한국ITS학회
The Korea Institute of Intelligent Transport Systems

한국ITS학회 2024년도 춘계학술대회

The 2024 Korea Institute of ITS Spring Conference

Inclusive ITS Technologies

2024년 4월 25일(목) – 27일(토)

제주한라대학교 한라컨벤션센터

주 최	후 원
한국ITS학회 The Korea Institute of Intelligent Transport Systems	강릉시 GANGNEUNG CITY, 수원시 SUWON CITY, KADIF 자율주행기술개발혁신사업단, 한국지능형교통체계협회, 도로교통공단, 한국교통연구원 KOREA TRANSPORT INSTITUTE, 한국교통안전공단, 차세대융합기술연구원, kt, LG유플러스, SiliconCube, OSCO, 올포랜드, EASY TRAFFIC, 티머니, GS건설, SK telecom, neighbor system, TNS 동림TNS, 동원티앤씨 DONGWON TNC, 롯데이노베이트, SOUL, 송암시스템주식회사, MONIC, WAYS1 웨이즈원, 현대건설, 다원 ENG, (주)동해종합기술공사, 싸인텔레콤, STraffic, TRACOM, HYOSUNG HEAVY INDUSTRIES, KATIA 교통영향평가협회, (주)지음엔지니어링 Jium Traffic Engineering Co.,Ltd.

문의처 www.kits.or.kr Tel. 02.3413-0041~2 E-mail. info@kits.or.kr

환영사

존경하는 한국ITS학회 회원 여러분!

우리나라 지능형교통체계와 스마트 모빌리티 분야의 최대 학술 모임인 한국ITS학회는 2024년 한국ITS학회 춘계계학술대회를 아름다운 섬 제주에서 성황리에 개최하게 된 것을 회원 여러분, 회원사, 그리고 참여해 주시는 모든 분과 함께 기쁘게 생각합니다.

금번 춘계학술대회는 'Inclusive ITS Technologies'라는 주제로 관련 연구개발 현황을 살펴보고 앞으로 나아갈 방향과 새로운 연구개발 주제 등을 모색할 좋은 기회가 될 것으로 기대합니다. Inclusive ITS 기술은 장애인, 고령자, 저소득 계층 등의 교통 약자를 포함한 모든 사람들에게 안전하고 편리한 이동성과 접근성을 제공하기 위해 AI, 자율주행 등의 첨단기술을 활용하는 것으로 ITS와 모빌리티 분야의 매우 중요한 주제로 다루고 있습니다. 이를 위해 국제표준화기구(ISO) 및 한국자율주행산업협회 조성환 회장님께서 "자율주행, 동향과 미래 전망"이라는 주제의 기조연설을 준비해 주셨습니다.

또한, 김성훈 제주한라대학교 총장님의 환영사와 더불어 주종완 국토교통부 도로국장님, 권용복 한국교통안전공단 이사장님, 서범규 도로교통공단 이사장님, 이인상 경찰대학 치안정책연구소장님, 오원석 자율주행기술개발혁신사업단 이사장님, 김창연 한국지능형교통체계협회 회장님께서 축사해 주시어 학술대회를 더욱 빛내주십니다.

금번 학술대회에서는 일반 세션과 포스터 세션을 통해 250편이 넘는 연구논문 발표가 있을 예정이며, 약 40개의 특별 세션과 12개의 ITS와 스마트 모빌리티업체의 전시 부스 등을 통해 기업, 정부산하기관과 국책연구원, 연구단, 대학연구소 등에서 수행한 ITS 분야 연구와 사업을 소개하고 그간의 성과를 공유하며, 향후 연구를 위한 협업체계를 공고히 하게 될 것입니다. 특히, YSC위원회 특별세션, 학부생 논문발표세션, 한국지능형교통체계협회의 지자체 ITS세션, 그리고 라이드플럭스의 자율주행차 시연이 함께 개최됩니다.

아름다운 섬 제주에서 열리는 이번 춘계학술대회의 다양한 학술 프로그램에 적극적으로 참여하시어 연구자들 상호 간의 연구성과를 공유하고 학문적 식견을 넓히는 계기가 되기를 기원합니다. 우리나라 ITS와 스마트 모빌리티 기술이 전 세계를 선도하고 발전시키는 계기가 될 수 있기를 기원하며, 학회 회원 여러분의 적극적인 참여와 건승을 기원합니다.

감사합니다.

2024년 4월 25일

한국ITS학회 회장 추 상 호

2024년 추계학술대회 위원회 명단

조직위원회

- 위 원 장 : 권장우(인하대학교)
- 부위원장 : 도명식(한밭대학교), 서동환(한국해양대학교), 장일준(가천대학교), 장기태(한국과학기술원)
- 위 원 : 김회경(동아대학교), 박동주(서울시립대학교), 박만복(한국교통대학교), 박제진(전남대학교), 박호철(명지대학교), 성주현(한국해양대학교), 신강원(경성대학교), 오철(한양대학교), 원종훈(인하대학교), 윤일수(아주대학교), 이건우(한양대학교), 홍정열(계명대학교)

학술위원회

- 위 원 장 : 김동규(서울대학교)
- 부위원장 : 김인희(한국과학기술원)
- 위 원 : 김기천(건국대학교), 김선영(국립군산대학교), 김의진(아주대학교), 권오훈(계명대학교), 김정화(경기대학교), 김현미(한국항공대학교), 박준영(한양대학교), 변지혜(서울시립대학교), 소재현(아주대학교), 송태진(충북대학교), 안우영(국립공주대학교), 이향숙(인천대학교), 장기태(한국과학기술원), 정연식(영남대학교), 정재훈(국립군산대학교)

2024년 추계학술대회 프로그램

일시 : 2024년 4월 25일(목)

발표장	금호세계교육관 A603호	금호세계교육관 A505호	금호세계교육관 A503호	금호세계교육관 A501호	금호세계교육관 B316호	금호세계교육관 B315호	금호세계교육관 B309호	금호세계교육관 B209호	금호세계교육관 B206호	금호세계교육관 B107호	금호세계교육관 B106호	
12:30–17:00	등록											포스터 세션 및 부스전시
13:30–15:00	**특별세션 A–1** (KADIF) 자율주행 리빙랩 추진 현황	**특별세션 A–2** (KADIF) 자율주행 기업 간담회	**특별세션 A–3** (KADIF) 자율주행 AI · SW	**특별세션 A–4** (KADIF) 자율주행 AI 운전능력평가	**특별세션 A–5** (도로교통공단–1) 도로교통공단 교통안전연구	**특별세션 A–6** (ITSK–1) 지자체 TS 사업 발전 방향 연구	**특별세션 A–7** (도로교통공단–2) 조건부 운전면허제도 연구	**특별세션 A–8** (티머니) 대중교통 발전방향 토의 및 미래교통전략	**특별세션 A–9** (YSC위원회) ITS Technologies 및 카섹터드 모빌리티 최신 연구 공유	**특별세션 A–10** (한국교통연구원–4) 복지측면의 고령자 대중 교통 요금 지원 정책화 방안	**특별세션 A–11** (한국전자기술연구원) 새만금 자율운송 상용차 실증지원 인프라 조성	
15:00–15:10	Coffee Break											
15:10–16:40	**특별세션 B–1** (KADIF) 자율주행 컴퓨팅플랫폼, 인지예측, 제어안전 기술협의체	**특별세션 B–2** (KADIF) MEC개발, edge RSU, LDM–SDSM, 돌발상황 검지	**특별세션 B–3** (KADIF) 자율주행 데이터 수집 · 가공 및 시뮬레이션 검증	**특별세션 B–4** (KADIF) 자율차 사고재연	**특별세션 B–5** (한국교통연구원–1) 대도시권 대중교통체계 혁신방안	**특별세션 B–6** (ITSK–2) ITS산업 현황 및 글로벌 트렌드	**특별세션 B–7** (한국건설기술연구원–1) 자율협력주행 시대를 대비한 도로 설계 방향 및 이슈	**특별세션 B–8** (차세대융합기술연구원) 경기도자율주행센터 2.0 비전 및 입주기업 연구 성과 소개	**특별세션 B–9** (국토연구원) 첨단교통기술 발전과 국토 변화	**특별세션 B–10** (한국도로공사) 고속도로 자율협력주행지원 인프라 및 통신체계 관련 추진연구 공유 및 홍보	**특별세션 B–11** (도로교통공단–3) Lv.4 대응 교통안전 인프라 표준 및 평가기술 개발	
16:40–17:00	Coffee Break											
17:00–17:30	▶**개회식** • 개회사: 추상호회(한국ITS학회장) • 환영사: 김성훈(제주한라대학교 총장) • 축 사: 국토교통부 도로국장, 한국교통안전공단 이사장, 도로교통공단 이사장, 경찰대학 치안정책연구소장, 자율주행기술개발혁신사업단 이사장, 한국지능형교통체계협회 회장 ▶**강릉시홍보** ▶**Plug N Go 모빌리티 연구회 소개(한국ITS학회 권장우 수석부회장**											
17:30–18:00	▶**기조연설** • 자율주행, 동향과 미래 전망 (국제표준화기구(ISO)/한국자율주행산업협회 조성환 회장)											
18:50	▶**만찬**											

일시 : 2024년 4월 26일(금)

발표장	금호세계교육관 A603호	금호세계교육관 A505호	금호세계교육관 A503호	금호세계교육관 A501호	금호세계교육관 B316호	금호세계교육관 B315호	금호세계교육관 B309호	금호세계교육관 B209호	금호세계교육관 B206호	금호세계교육관 B107호	금호세계교육관 B106호	
9:30–16:00	등 록											포스터 세션 및 부스전시
09:30–11:00	**특별세션 C–1** (KADIF) 자율주행 차량플랫폼, 표준체계 기술협의체	**특별세션 C–2** (KADIF) 인프라가이던스 서비스, 통행우선 알고리즘, 통합 시뮬레이션, 협력인지 · 주행	**특별세션 C–3** (KADIF) 자율주행 통신 · 보안	**특별세션 C–4** (KADIF) 경찰청 소관 시흥시 통합TB	**특별세션 C–5** (서울연구원) 미래 스마트 Payment 사업의 쟁점과 추진 전략	**특별세션 C–6** (한국건설기술연구원–2) 자율주행 지원 물리인프라	**연구논문세션 A–1** C–ITS	**연구논문세션 A–2** ITS 정책 및 기타(Ⅰ)	**연구논문세션 A–3** ITS 정책 및 기타(Ⅱ)	**연구논문세션 A–4** ITS 정책 및 기타(Ⅲ)	**연구논문세션 A–5** ITS 정책 및 기타(Ⅳ)	
11:00–11:10	Coffee Break											
11:10–12:40	**특별세션 D–1** (시립대 · 경기연구원) Human · Mobility	**특별세션 D–2** (홍익대학교) 최신 연구동향 파악 및 학술연구교류	**특별세션 D–3** (한국교통연구원–2) 지하도로 민간투자사업 위험관리 및 운영 방안	**특별세션 D–4** (한국교통연구원–3) 자율주행기반 교통약자 모빌리티 서비스 구현방안	**특별세션 D–5** (네이처모빌리티) 초소형 전기차 기반 모빌리티 연계 방안 연구	**특별세션 D–6** (한국교통안전공단) 교통혼잡에 대응하는 통행 관리 정책	**특별세션 D–7** (아주대학교) 국토교통 DNA플러스 특화프로그램 첨단교통 모빌리티 분야 이슈	**특별세션 D–8** (ITSK–3) 국가교통정보센터 데이터 분석 및 활용	**특별세션 D–9** (유아이네트웍스) 모빌리티와 디지털 트윈 미래 발전방향	**특별세션 D–10** (학생위원회)		
12:40–13:30	중식											
13:30–15:00	**연구논문세션 B–1** International(Ⅰ)	**연구논문세션 B–2** 교통 빅데이터 및 AI(Ⅰ)	**연구논문세션 B–3** 교통 빅데이터 및 AI(Ⅱ)	**연구논문세션 B–4** 교통 빅데이터 및 AI(Ⅲ)	**연구논문세션 B–5** 교통 빅데이터 및 AI(Ⅳ)	**연구논문세션 B–6** 자율주행(Ⅰ)	**연구논문세션 B–7** 자율주행(Ⅱ)	**연구논문세션 B–8** 자율주행(Ⅲ)	**연구논문세션 B–9** 자율주행(Ⅳ)	**연구논문세션 B–10** Personal Mobility	**연구논문세션 B–11** 물류	
15:00–15:10	Coffee Break											
15:10–16:40	**연구논문세션 C–1** International(Ⅱ)	**연구논문세션 C–2** 교통 빅데이터 및 AI(Ⅴ)	**연구논문세션 C–3** 교통 빅데이터 및 AI(Ⅵ)	**연구논문세션 C–4** 교통 빅데이터 및 AI(Ⅶ)	**연구논문세션 C–5** 교통 빅데이터 및 AI(Ⅷ)	**연구논문세션 C–6** 자율주행(Ⅴ)	**연구논문세션 C–7** 자율주행(Ⅵ)	**연구논문세션 C–8** 자율주행(Ⅶ)	**연구논문세션 C–9** 탄소중립	**연구논문세션 C–10** Smart City	**연구논문세션 C–11** 재난 및 방재	

일시 : 2024년 4월 27일(토)

시간	내용
9:30–11:50	워크샵 및 세미나 / 견학
12:20–13:30	중식

PROGRAM

특별 Session 25일 13:30–15:00

특별 Session A-1 자율주행기술개발혁신사업단 발표장 : 금호세계교육관A603호

주제 : 자율주행 리빙랩 추진 현황

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 리빙랩 상세설계 결과	㈜동림TNS	김동수
2	(가안) 리빙랩 추진 현황–센터	㈜엠큐닉	장양중
3	(가안) 리빙랩 추진 현황–데이터	ITS–K	김상헌

특별 Session A-2 (비공개) 자율주행기술개발혁신사업단 발표장: 금호세계교육관A505호

주제 : 자율주행 기업 간담회

특별 Session A-3 자율주행기술개발혁신사업단 발표장: 금호세계교육관A503호

주제 : 자율주행 AI · SW

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 AI 서비스 통합프레임워크 기술	한국전자통신연구원	최정단
2	자율주행 AI SW 기술	한국전자통신연구원	민경욱
3	커넥티드 자율주행 서비스 엣지 AI 요소 기술개발	테슬라시스템	오광만
4	자율주행차량 음영지역 데이터 제공을 위한 주행환경 데이터 스티칭 기술 개발	한국전자기술연구원	이종설

특별 Session A-4 자율주행기술개발혁신사업단 발표장: 금호세계교육관A501호

주제 : 자율주행AI 운전능력평가

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	AI 운전능력평가 표준화 및 평가 프로세스 개발	도로교통공단	윤진수
2	도로교통법 기반 자율주행AI 안전주행평가 시나리오 개발	명지대학교	전진숙
3	실도로 기반 Lv.4 자율주행차량 운전능력 평가기술 개발	도로교통공단	배광수
4	함께 만들어요, DREAM기술! 자율주행운전능력평가 프레임워크	한양대학교	오철

특별 Session A-5 도로교통공단 발표장: 금호세계교육관B316호

주제 : 도로교통공단 교통안전연구

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 모니터링 지표를 활용한 도시부 자율주행차 차종별 위험요인 분석: 판교제로시티를 중심으로	차세대융합기술연구원	이응주
2	AHP 기법을 활용한 자율주행 대응 교통안전시설 인프라 정보제공 우선순위 도출	한국지능형교통체계협회	임혜진
좌장	소재현(아주대)		
토론	김형주(차세대융합기술연구원), 권민정(도로교통공단), 고지근(지티엑스에이운영㈜)		

특별 Session A-6 한국지능형교통체계협회 발표장: 금호세계교육관B315호

주제 : 미래 여건 및 ITS 산업발전을 고려한 지자체 ITS 사업 진단 및 발전 방향 모색

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	지자체 ITS 사업 분석 및 진단	ITSK	이근희
2	지자체 ITS 사업 현황 및 방향 I	지자체&기업1	
3	지자체 ITS 사업 현황 및 방향 II	지자체&기업2	
토론	지자체 ITS 사업 당위성 및 사업발전 방향(지자체 ITS 담당자, ITS 기업 관계자 등)		

특별 Session A-7 도로교통공단 발표장: 금호세계교육관B309호

주제 : 조건부 운전면허 제도 개선을 위한 운전능력 평가시스템 개발

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	국내 수시적성검사 실효성 평가 및 제3자 신고제 도입 방안	삼성화재	장효석
2	고령운전자 교통사고 방지를 위한 차량안전 기술	한국자동차연구원	박선홍
3	조건부 운전면허제도 개선을 위한 도로교통법 개정방안	도로교통공단	정미경
좌장	류준범(도로교통공단)		
토론	김남선(치안정책연구소), 박신형(서울시립대학교), 장한별(한국교통연구원), 권오훈(계명대학교), 지연환(경찰청)		

특별 Session A-8 티머니 발표장: 금호세계교육관B209호

주제 : 대중교통 발전방향 토의 및 미래교통전략

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	수도권 대중교통 결제시스템 추진 과정	서울연구원	신성일
2	3기 교통카드시스템 추진방향	티머니	김무준
3	티머니, 태그리스 결제서비스 추진전략	티머니	이주학
4	MaaS의 중심, 티머니GO의 확대	티머니	최소윤
토론	권태윤(㈜네이버시스템), 이창훈(KADIF), 김형수(한국건설기술연구원), 김채만(경기연구원), 천승훈(한국교통연구원), 조신형(서울시립대학교), 박호철(명지대학교)		

특별 Session A-9 YSC위원회 발표장: 금호세계교육관B206호

주제 : ITS Technologies 및 커넥티드 모빌리티 최신 연구 공유

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	Vehicle Simulator를 이용한 수동변속 소형 전기트럭 성능 평가	인하대학교	최길수
2	도심환경에서 배달로봇을 위한 현저성 기반 강건한 위치인식 기술	인하대학교	조영근
3	ARM 펌웨어 프레임워크 명세 기계화 가능성	인하대학교	김지응
4	전기차용 리튬이온배터리의 안전한 급속충전 프로토콜 개발 전략	인하대학교	김홍근
5	적대적 생성 신경망 기반 자율주행 열화상 데이터 객체 탐지	아주대학교	이수목
6	UGV 상에서 3D 레이저 라인 센서를 이용한 빠르고 정확한 이격 측정	인하대학교	정진만
좌장	박호철(명지대학교)		
토론	김의진(아주대학교), 조신형(서울시립대학교), 임준범(한국교통안전공단)		

특별 Session A-10 한국교통연구원 발표장: 금호세계교육관B107호

주제 : 복지측면의 고령자 대중교통 요금지원 정책화 방안

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	복지측면의 고령자 대중교통 지원제도 개선방향	한국교통연구원	박태윤
2	2017년 제주교통복지카드 도입: 회고와 전망	제주연구원	손상훈
좌장	임서현(한국교통연구원)		
토론	고준호(한양대학교), 신강원(경성대학교), 김채만(경기연구원), 박기준(경남연구원)		

특별 Session A-11 한국전자기술연구원 발표장: 금호세계교육관B106호

주제 : 새만금 자율운송 상용차 실증지원 인프라 조성

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	새만금 자율운송 상용차 실증지원 인프라	자동차융합기술원	박현배
2	공간정보기반 디지털트윈 디지털허브시스템 구성 및 서비스 소개	LX공간정보연구원	조국
3	상용차 자율운송 지원을 위한 V2X 통신 및 보안 기술	한국전자기술연구원	정한균
4	정적 엣지형 Smart RSE를 위한 소형 안테나 성능 평가	한국전자기술연구원	진성근
5	국제기준(UNECE/WP29)에 부합하는 차세대 e-Call(Emergency Call) 기술 동향	㈜텔러스	김선건
6	자율주행관련 주요 UN Regulation 이슈 및 대응전략	한국첨단자동차기술협회	김정민
7	MobileIP를 이용한 V2X 통신장치 이동성 통신기술 연구	한국전자기술연구원	성동규
좌장	정한균(한국전자기술연구원)		
토론	박현배(자동차융합기술원), 조국(LX공간정보연구원), 김선건((주)텔러스), 김정민(한국첨단자동차기술협회), 성동규(한국전자기술연구원)		

특별 Session 25일 15:10–16:40

특별 Session B-1 자율주행기술개발혁신사업단 발표장: 금호세계교육관A603호

주제 : 자율주행 컴퓨팅플랫폼, 인지예측, 제어안전 기술협의체

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	컴퓨팅 플랫폼 분과 – Lv.4 자율주행 아키텍처기반 컴퓨팅 플랫폼 상용화 기술개발	현대모비스	이승용
2	인지예측 분과 – 자율주행 인지예측/지능제어 차량부품 시험기준 및 표준 평가 기술개발	한국자동차연구원	노형주
3	인지예측 분과 – LV.4 자율주행차량 전방위 멀티카메라 기반 주변상황인지예측 기술개발	이인텔리전스	배경렬
4	제어/안전 설계 분과 – 혼합현실 기반 자율주행 부품 및 시스템 평가 기술개발	한국자동차연구원	이재관
5	제어/안전 설계 분과 – T-Car 기반 자율주행 인지예측/지능제어 차량부품/시스템 통합평가 기술개발	한국자동차연구원	이재관

특별 Session B-2 자율주행기술개발혁신사업단 발표장: 금호세계교육관A505호

주제 : MEC개발, edge RSU, LDM-SDSM, 돌발상황검지

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	Edge RSU 기반 Sensor Data Sharing Service 효과 분석	한국교통대학교	문철
2	인프라센서 정보공유를 위한 MEC 개발 현황	한국교통대학교	송석일
3	LDM과 SDSM 메시지 연동	LG유플러스	이기욱
4	도로 상태 검지를 위한 센서 및 센서 네트워크 기술	ETRI	박주덕

특별 Session B-3 자율주행기술개발혁신사업단 발표장: 금호세계교육관A503호

주제 : 자율주행 데이터 수집·가공 및 시뮬레이션 검증

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	공개형 다중센서 자율주행 AI 학습데이터 핵심기술 개발	카카오모빌리티	홍승환
2	자율주행용 수집/활용 데이터에 대한 개인정보 처리 기술개발	한국생산기술연구원	유수정
3	현실-가상 환경기반 자율주행 검증용 시뮬레이터 개발 및 합성 데이터셋 구축	한국전자기술연구원	이선영
4	Fall back MRC에 따른 운영권 SW 안전성 및 대응방안 검증 기술 개발	지능형자동차부품진흥원	임태호
5	자율주행 관련 법규 및 규제 대응 서비스 시나리오 실효성 검증 기술개발	한국전자기술연구원	임태범

특별 Session B-4 자율주행기술개발혁신사업단

발표장: 금호세계교육관A501호

주제 : 자율차 사고재연

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 기록장치 데이터 추출 및 분석시스템 개발	한국자동차연구원	강호준
2	자율주행 기록장치 데이터 추출 및 분석을 위한 보완 시스템 구축	펜타시큐리티시스템㈜	김민철
3	자율주행 교통사고조사 법적 처리절차 수립방안	도로교통공단	천정환
4	자율주행자동차 교통사고 조사 · 분석 기술 개발을 위한 교통사고 재현 S/W 개발	(유)삼송	김천호

특별 Session B-5 한국교통연구원

발표장: 금호세계교육관B316호

주제 : 대도시권 대중교통체계 혁신방안

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	수입금공동관리 준공영제의 시내버스 원가보상을 위한 요금과 재정지원의 적정 분담방안	한국교통연구원	박준식
2	광역버스 대기시간 패턴 분석	한국철도기술연구원	오동규
3	수도권 대중교통 정기권의 쟁점과 대안	경기연구원	김서정
좌장	박준식(한국교통연구원)		
토론	김상엽(전북연구원), 손상훈(제주연구원), 장경욱(모빌인포매틱스), 김수성(대구정책연구원), 서상언(대구정책연구원), 김숙희(수원시정연구원), 김점산(경기연구원), 박기준(경남연구원), 윤태관(국토연구원), 이원규(부산연구원)		

특별 Session B-6 한국지능형교통체계협회

발표장: 금호세계교육관B315호

주제 :

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	ITS 산업 현황 및 트렌드 분석	한국지능형 교통체계협회	김애정
2	V2X 글로벌 트렌드(미국/중국)	한국퀄컴	이창훈
3	한국도로공사 사업 동향	한국도로공사	임도훈

특별 Session B-7 한국건설기술연구원

발표장: 금호세계교육관B309호

주제 : 자율협력주행 시대를 대비한 도로 설계 방향 및 이슈

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	리빙랩 실증을 위한 자율주행 서비스 공간 운영 시스템 개발 계획	한국건설기술연구원	임기원
2	자율주행 모빌리티를 위한 도로 인프라 안전성 평가	한양대학교	오철
3	실증구간 자율주행 서비스 공간 설계방안	한국도로협회	김보성
좌장	윤덕근(한국건설기술연구원)		
토론	이승준(한국도로공사), 강영균(현대건설), 이현애(현대오토에버)		

특별 Session B-8 차세대융합기술연구원

발표장: 금호세계교육관B209호

주제 : 경기도자율주행센터 2.0 비전 및 입주기업 연구성과 소개

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	경기도자율주행센터 2.0 비전	차세대융합기술연구원	임경일
2	판교 자율주행 데이터 개방사업 및 경진대회 성과	차세대융합기술연구원	최승현
3	시티아이랩 연구성과 소개 : 지능형 객체 인식 기술을 활용한 실시간 교통 혼잡도 예측 시뮬레이션 운영	시티아이랩㈜	우성주
좌장	김형주(차세대융합기술연구원), 임경일(차세대융합기술연구원)		
토론	임시윤(경기도), 강용신(차세대융합기술연구원), 정종우(시티아이랩), 남진우(솔리드뷰), 신상화(디스이즈엔지니어링), 박한나(모빌위더스), 이용채(디바인테크놀로지)		

특별 Session B-9 국토연구원

발표장: 금호세계교육관B206호

주제 : 첨단교통기술 발전과 국토 변화

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	책자 소개: 첨단교통기술 발전과 국토 변화	국토연구원	이백진
2	빅데이터로 국토교통 읽기	국토연구원	장요한
3	원격활동시대의 일상과 도시체계 전망	경희대학교	조창현
4	철도기술의 발전과 국토공간 접근성 개선	한국철도기술연구원	이상근
좌장	고준호(한양대학교)		
토론	박범진(한국건설기술연구원), 박경아(한국교통연구원), 김정화(경기대학교)		

특별 Session B-10 한국도로공사

발표장: 금호세계교육관B107호

주제 : 고속도로 자율협력주행 지원 인프라 및 통신체계관련 추진연구 공유 및 홍보

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 차량 센서 기반 도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스	한국도로공사	유하나
2	자율운송 상용차용 V2X Hub 기술기반 화물운송 주행관리 SW 통합단말 플랫폼 기술	한국도로공사	유하나
3	암호화 사이버 위협 대응 기술개발	한국도로공사	윤원재
4	C-ITS 인프라 호환 plug-in SW 및 맵 데이터 관리 체계 개발	뱀부스	정재헌

특별 Session B-11 도로교통공단

발표장: 금호세계교육관B106호

주제 : 'Lv 4 대응 교통안전 인프라 표준 및 평가기술 개발' 과제연구내용공유

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	I2X 기반 교통안전시설 연계장치 개발	하나텍시스템	이진우
2	Lv.4 대응 교통안전시설 인프라 정보 DB구축 및 센터연계 SW개발	네이버시스템	이태영
3	Lv.4 대응 교통안전시설 인프라 현장 적합성 평가 및 분석도구 개발	한국자동차연구원	송문형
좌장	명묘희(도로교통공단)		
토론	윤철희 박사 (치안정책연구소), 이기영 박사 (한국도로공사 도로교통연구원), 박상민 박사(한국교통연구원)		

특별 Session 26일 09:30–11:00

특별 Session C-1 자율주행기술개발혁신사업단 발표장: 금호세계교육관A603호

주제 : 자율주행 제어/안전 설계, 차량플랫폼, 표준체계 기술협의체

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	제어/안전 설계 분과 – 악의 조건 주행 환경에서 연속 대응 가능한 Hyper 자차 위치 인식 기술 개발	아이나비시스템즈	황재호
2	제어/안전 설계 분과 – Lv.4 자율주행시스템 고장재현 및 통합 안전검증 기술개발	㈜에스더블유엠	유한민
3	차량플랫폼 분과 – 지정구역기반 Point-to-Point 이동 Lv.4 승합차급 자율주행 차량플랫폼 기술개발	소네트	김기섭
4	차량플랫폼 분과 – 지정노선 기반 다목적 자율주행 중형버스 차량플랫폼 기술 개발	우진산전 오창공장	안국진
5	차량플랫폼 분과 – 거점기반 Lv.4 자율주행 대형트럭 차량플랫폼 기술개발	스카이오토넷	김태근
6	표준 분과 – 글로벌 역량 확보를 위한 자율주행차 핵심 국제표준 및 특허 선도기술 연구	한국표준협회	최동근

특별 Session C-2 자율주행기술개발혁신사업단 발표장: 금호세계교육관A505호

주제 : 인프라가이던스 서비스, 통행우선 알고리즘, 통합 시뮬레이션, 협력인지 · 주행

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	MC(Maneuver Coordination) 관점에서 본 인프라 가이던스 기술	한국건설기술연구원	고자경
2	인프라 가이던스를 위한 교통류 최적화 알고리즘 고도화	한양대학교	박준영
3	인프라 가이던스 통합 시뮬레이션	웨이즈원	정보경
4	인프라 가이던스를 활용한 자율협력주행 기술개발	A2Z	현승화

특별 Session C-3 자율주행기술개발혁신사업단 발표장: 금호세계교육관A503호

주제 : 자율주행 통신 · 보안

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	초고속 V2X 통신기반 자율주행 서비스 기술 개발	한국전자기술연구원	윤상훈
2	협력주행을 위한 차량 보안프로토콜 개발	한국전자기술연구원	신대교
3	차량 보안 위협 방지를 위한 지능형 RSU 기술 개발	펜타시큐리티㈜	윤건
4	다중 통신기술 네트워크 로드밸런싱 기술 개발 현황	대구경북과학기술원	최지웅

특별 Session C-4 자율주행기술개발혁신사업단

발표장: 금호세계교육관A501호

주제 : 경찰청 소관 시흥시 통합TB

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	경찰청 소관 통합테스트베드 운영 현황 및 구축 계획	자율주행기술개발 혁신사업단	안진우
2	Lv.4 대응 교통안전 인프라 표준 및 평가기술 개발	도로교통공단	강윤원
3	Lv.4 자율협력주행 대응 교통객체 인지고도화 및 악조건 해소기술 개발	한국건설기술연구원	이석기
4	실시간 교통안전시설 운용을 위한 인프라 정보 융합 및 관리 기술 개발	한국자동차연구원	유시복
5	자율주행 혼재 시 도로교통 통합관제시스템 및 운영기술 개발	한국지능형교통체계 협회	손승녀
6	협력적 교통제어전략 도입을 위한 교통정보 음영구간 정보생성 및 운영관리 기술개발	한국전자기술연구원	정성환
7	네트워크 제어를 위한 교통정체 및 혼잡 운영관리 기술 개발	도로교통공단	고광용
8	돌발상황 및 재난 발생 시 도로교통 네트워크 통제를 위한 현장제어 기술 개발	지능형자동차부품진흥원	윤경수

특별 Session C-5 서울연구원

발표장: 금호세계교육관B316호

주제 : 미래 스마트 Payment 사업의 쟁점과 추진 전략

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	수도권 신교통카드 사업 추진 배경과 추진 방향	서울연구원	신성일
2	신교통카드 시스템 체계에서 수도권 도시철도 정산 방안의 변화 전망	고려대학교	오윤석
좌장	남두희(한성대학교)		
토론	이창훈(KADIF), 박호철(명지대학교), 이호웅(동원대학교), 이동민(서울시립대학교), 이승준(도로교통연구원)		

특별 Session C-6 한국건설기술연구원

발표장: 금호세계교육관B315호

주제 : 자율주행 지원 물리 인프라

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	라이다센서 전용 자율주행 지원 물리인프라 개요	한국건설기술연구원	박범진
2	라이다센서 전용 표지판과 성능평가방법론	한국건설기술연구원	김영민
3	물리인프라와 자율주행차량의 협력주행	㈜라이드플럭스	정하욱
4	자율주행용 정밀도로지도 개발 소개	한국지능형교통체계 협회	어효경
좌장	변상철(한국건설기술연구원)		
토론	이백진(국토연구원), 강경표(한국교통연구원), 한영준(서울연구원), 김경범(제주도청)		

특별 Session 26일 11:10–12:40

특별 Session D-1 시립대 & 경기연구원 발표장: 금호세계교육관A603호

주제 : 사람과 공간을 연결하는 모빌리티 혁신을 꿈꾸는 연구자 클러스터

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	빅데이터를 활용한 모빌리티 형평성 분석 –도로 이용자를 중심으로–	강릉원주대학교	육동형
2	빅데이터와 ICT를 접목하는 기술의 가능성과 위험성	Univ. of Windsor	김용훈
좌장	김도경(서울시립대학교)		
토론	류시균(경기연구원), 구동균(경기연구원), 김지윤(경기연구원), 최찬영(SK텔레콤), 김재영(한국지방재정공제회), 유승규(인제대학교), 박지훈(대구정책연구원), 김상엽(전북연구원)		

특별 Session D-2 홍익대학교 발표장: 금호세계교육관A505호

주제 : 최신 연구동향 파악 및 학술연구교류

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	시공간 이질성을 반영한 트랜스포머 모형 기반의 도시철도 동적 혼잡도 예측	홍익대학교	이경재
2	통행수단 절대적 · 상대적 효용을 고려한 수단선택모형 개발	홍익대학교	구자헌
좌장	유봉석(와이비에스)		
토론	장진영(강원연구원), 송재인(스페이스인사이트), 임이정(자율주행기술개발혁신사업단), 김수재(홍익대학교)		

특별 Session D-3 한국교통연구원 발표장: 금호세계교육관A503호

주제 : 지하도로 민간투자사업 위험관리 및 운영 방안

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	지하도로 민간투자사업 위험요인 도출 및 대응 방안	한국교통연구원	배범준
2	지하도로 디지털화를 위한 준비 방안	아주대학교	윤일수
좌장	장한별(한국교통연구원)		
토론	변상철(한국건설기술연구원), 류준범(도로교통공단), 채찬들(한국교통연구원)		

특별 Session D-4 한국교통연구원 발표장: 금호세계교육관A501호

주제 : 자율주행기반 교통약자 모빌리티 서비스 구현방안

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행기반 교통약자 모빌리티 서비스 구현방안: 리빙랩 실증 검토사항	한국교통연구원	박태윤
좌장	박경아(한국교통연구원)		
토론	최정단(한국전자통신연구원), 손진우(오토노머스에이투지), 임대빈(엔제로), 권정호(엘지유플러스), 이혜진(한국과학기술원), 임병철(씨엘모빌리티), 배정규(세스트), 도유미(한국지체장애인협회)		

특별 Session D-5 (주)네이처모빌리티 발표장: 금호세계교육관B316호

주제 : 초소형 전기차 기반 모빌리티 연계 방안 연구

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	초소형 전기차 기반의 모빌리티 서비스 보급 및 확산 방향	국토연구원	심지섭
2	모빌리티 시뮬레이션 기반의 초소형 전기차 효과평가	가천대학교	여지호
3	초소형 전기차 이동서비스 만족도 및 요금제 분석	서울시립대학교	변지혜
토론	손상훈(제주연구원), 김수지(국토연구원), 김성회(한국과학기술원)		

특별 Session D-6 한국교통안전공단 발표장: 금호세계교육관B315호

주제 : 교통혼잡에 대응하는 통행 관리 정책

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	버스정류소의 혼잡위험도 관리에 관한 연구	한국교통안전공단	임준범
2	혼잡지역 PM 주행 관리 통한 안전 강화방안 연구	한국교통안전공단	주신혜
3	혼잡구역을 회피한 대중교통대체-전세버스 정차구역 선정 방안 연구	한국교통안전공단	정우진
좌장	김현진(한국교통안전공단)		
토론	김인희(KAIST), 박준영(한양대학교), 김지윤(경기연구원)		

특별 Session D-7 아주대학교 발표장: 금호세계교육관B309호

주제 : 국토교통 DNA플러스 특화프로그램: 첨단교통 모빌리티 분야 이슈 토크

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	C-ITS 통신방식의 변화	아이티텔레콤	김진관
2	LLM의 등장과 교통분야의 적용	아주대학교	김의진
3	ITS 산업전환	한국지능형교통체계협회	김수지

특별 Session D-8 한국지능형교통체계협회 발표장: 금호세계교육관B209호

주제 : 국가교통정보센터 데이터 분석 및 활용

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	국가교통정보센터 데이터 기반 교통서비스 지표 분석	한국지능형교통체계협회	장기훈
2	ITS 진단평가체계 개발 기획	한국지능형교통체계협회	손승녀

특별 Session D-9 유아이네트웍스

발표장: 금호세계교육관B206호

주제 : 모빌리티와 디지털 트윈 미래 발전방향

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	모빌리티 기반의 데이터 방향	유아이네트웍스	전용현
2	신호최적화 알고리즘 적용 방안	유아이네트웍스	박산하
3	디지털 트윈 미래 발전방향	유아이네트웍스	전용현
토론	박호철(명지대학교), 조신형(서울시립대), 최성택(한양대학교)		

특별 Session D-10

발표장: 금호세계교육관B107호

주제 : 학생위원회 학부생 특별발표세션

좌장 : 박준영(한양대학교) **심사위원 :** 탁세현(한국교통연구원), 양인철(한국건설기술연구원)

번호	발 표 제 목	발표자
1	고속도로 돌발 상황 검지 알고리즘 개발 : 딥러닝 객체 검지 기술을 활용하여	서민수, 이은호, 조한결, 한동규, 윤일수
2	스마트카드 데이터를 이용한 통행발생 모델링에서공간 단위 수정가능성 문제의 정도 평가	오다인, 김의진
3	회전교차로에서 자율주행차 운전능력 평가를 위한 시뮬레이션 기반 평가지표 및 안전성 영향권 분석	김승운, 오철
4	중요 물체 검출기법을 결합한 운전자 행동 인식 모델	김승하, 김준희, 권장우
5	라이다 데이터를 이용한 3D Object Detection 최적 방법론 제안 : 라이다 데이터 구조를 기반으로	조성은, 유성민, 유지혜, 소재현
6	VR 시뮬레이터를 통한 지하도로 환경에서의 운전자 주행행태 분석	김혁진, 이동민
7	시계열 머신러닝 기법을 이용한 공항 단기 주차수요 예측 : 김포공항 사례를 중심으로	이창엽, 김현미
8	통행 의사결정의 이질적 구조 추론을 위한 Generative Flow Networks과 Bayesian Networks	임승유, 이규성, 김의진
9	AI 기반 교통신호 최적화 기법의 개발과 평가	최범규, 권의영, 권순규, 차정은, 김회경

특별 Session D-10

발표장: 로비 세미나홀

주제 : 학생위원회 학부생 포스터 발표

좌장 : 박준영(한양대학교) **심사위원 :** 탁세현(한국교통연구원), 양인철(한국건설기술연구원)

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	수요응답형 교통수단 도입에 따른 지역별 버스통행량 예측 모형 구축: 인과관계 분석을중심으로	아주대학교	조한결, 김의진
2	IoT 센서를 이용한 시설물의 변위 분석 방법	동서대학교	김민건, 유덕현, 윤창원
3	COVID-19 이후 통행 패턴의 복합성 분석: 서울시 중심업무지구의 통근행태를 중심으로	아주대학교	김지수, 김의진
4	Entropy Rate를 활용한 Parking Regularity에 영향을 미치는 운전자 및 차량이용 특성 분석	서울대학교	이기준, 이청원
5	대중교통 수단 분담률 향상을 위한 시나리오: 반사실 설명에 기반하여	아주대학교	이규성, 임승유, 김의진
6	MFCC를 이용한 엔진음 분류 시스템에 대한 연구	한국공학대학교	허진, 이재명

학술발표 Session Ⅰ 26일 09:30–11:00

SESSION A-1 C-ITS

발표장 : 금호세계교육관B동 309호

좌장 : 이기영(한국도로공사)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	표준 노드 링크 DB를 활용한 자율주행차 고정밀지도 관리 방법	박완규, 홍동원, 최현민, 문창주
2	실시간 교통신호정보 지연시간 측정 방안에 관한 연구	이승철, 권순일
3	메타버스 환경 내 GNSS 기반 실시간 객체 정보 동기화 지연이 운전행태에 미치는 영향분석	김민, 오태호, 김인희
4	V2N 통신을 위한 DDS 기반 실시간 데이터 수집 플랫폼 구현 및 평가	김수홍, 문정민, 문창주
5	TOD 신호제어 운영 개선 방법 연구	문시현, 이요셉, 윤일수
6	예약 기반 교차로 제어 시스템에 횡단보도의 영향의 분석	최유진, 안희진

SESSION A-2 ITS 정책 및 기타(Ⅰ)

발표장 : 금호세계교육관B동 209호

좌장 : 박호철(명지대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	계량경제방법을 적용한 교통량 예측결과 평가 모형 개발 연구	김기민, 박동주
2	부산시 동백패스 이용행태 분석	이원규, 유한솔, 김지윤
3	보행환경 개선에 따른 보행자 안전성 분석 : 서울시 보호구역을 중심으로	김민서, 김도경
4	고령화 사회의 교통과 건강: 경제활동 참여 고령자의 삶의 질 향상에 관한 연구	박지현, 추상호
5	수도권 통행자의 통행시간가치 산정 연구	김병관, 공민선, 이상석
6	서울시 도시철도 첨두시간 혼잡도를 분산시키는 정책을 위한 통행자의 사회인구학적인 특성에 따른 변수의 가치 추정 모델	원동진, 박신형

SESSION A-3 ITS 정책 및 기타(Ⅱ)

발표장 : 금호세계교육관B동 206호

좌장 : 황순천(서울시립대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	실시간 교통신호상태정보 제공에 따른 운전행태분석	한향미, 최은진
2	운행속도 기반 초소형전기차 자동차전용도로 진입 안전성 분석	이솔, 김성회
3	우회전 교통사고 절감을 위한 개선 방안	박경철, 김민영, 박민준
4	무인 과적단속 체계 도입 및 법제도 개선을 위한 기초연구	윤정은, 윤일수, 고우리
5	게임 이론을 기반으로 분석한 지속 가능한 교통과 ITS	김영국
6	자율주행 이동식 충전기 운영을 위한 동적경로선택모형	서문정, 이승현, 변지혜

SESSION A-4 ITS 정책 및 기타(Ⅲ)

발표장 : 금호세계교육관B동 107호

좌장 : 김의진(아주대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	지하철 좌석 유무에 따른 승객행태 변화 분석	조홍준, 김도경
2	도시철도 인프라의 혼잡도를 고려한 시설 별 통행시간가치 추정 연구	주윤호, 김정화
3	도시철도 조조할인 제도 개선안 효과 분석	도승일, 박신형
4	수정된 IPA 기법을 활용한 청주시 시내버스 서비스 개선 방향	황슬비, 김나연, 송태진
5	버스 공영차고지 조성에 따른 생활권별 대중교통 서비스 변화 분석: 부산광역시 강서공영차고지 조성을 사례로	황유성, 신강원

SESSION A-5 ITS 정책 및 기타(Ⅳ)

발표장 : 금호세계교육관B동 106호

좌장 : 변지혜(서울시립대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	DEA 모형을 활용한 민자고속도로 운영 효율성 평가에 관한 연구	서창범, 박동주
2	도로용량편람 교통량비율 회귀식 개정의 필요성 – 고속도로 연결로 접속부–	이환승, 박호철
3	한국형 크라우드배송 설계 및 운영방안 연구	민석원, 박동주
4	컨테이너 운송차량 통행유형별 통행행태 분석 연구	장진원, 박성경, 박동주
5	사업용 차량 운행시간 개정에 따른 고속도로 화물차 휴게시설 신규위치 선정 연구	이성준, 김우원, 박준영

학술발표 Session Ⅱ 26일 13:30–15:00

SESSION B-1 International(Ⅰ) 발표장 : 금호세계교육관A동 603호

좌장 : 이동우(서울시립대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	치명적/심각한 개인 이동 수단 운전자 과실 사고의 중요 요인	Reuben Tamakloe, Kaihan Zhang, Inhi Kim
2	기업들 사이의 경량 전기 자동차 채택에 영향을 미치는 요인	Reuben Tamakloe, Livingstone Divine Caesar, Inhi Kim
3	동일한 충돌 그룹에서 위험 요인 패턴 분석: ADAS와 ADS의 비교 연구	Mahdi Khorasani, Reuben Tamakloe, Inhi Kim
4	서울 상암 지역에서의 자율주행차량의 위험주행상황 영향 요인 식별	응우엔 투이 링, 김태우, 김새힘, 고준호
5	Variational Autoencoder Spatial Temporal Graph Convolutional Network: 결측 데이터 기반 속도 예측을 위한 딥러닝 프레임워크	Tengfeng Lin, Hwasoo Yeo, Inhi Kim

SESSION B-2 교통 빅데이터 및 AI(Ⅰ) 발표장 : 금호세계교육관A동 505호

좌장 : 이향숙(인천대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	무인 드론 기체 내 승객 위험 행동 감지를 위한 다중 비전 모델 스케줄링 시스템	김병훈, 노병준
2	시공간 종속성을 활용한 트랜스포머 모델 설계 및 교통 데이터 임퓨테이션	김종호, 장기태
3	멀티모달 딥러닝을 활용한 고속도로 교통정보 추정	김태형, 민진홍, 김동규
4	자연어처리 기반의 도로교통사고 판결예측 시스템	민현식, 윤준영, 노병준
5	PVD 데이터를 활용한 실시간 사고 위험 예측 및 사고 요인 식별 연구	박동혁, 박준영
6	시뮬레이션을 통한 인공지능 기반 교차로 신호 최적화 및 검증 연구	박준호, 이솔, 소재현

SESSION B-3 교통 빅데이터 및 AI(Ⅱ) 발표장 : 금호세계교육관A동 503호

좌장 : 김성후(한양대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	정형 및 비정형데이터를 활용한 AI 기반 교통사고 심각도 예측 모형 개발	박하늘, 소재현
2	외곽 검출로 보강한 Pyramid ViT 기반 Image Segmentation 방법	배주원, 서동환
3	MLOps 기반 차량 위치에 따른 Vision AI 모델 선별 및 호출 기법	신현서, 이지민, 박완규, 문창주
4	강화학습을 활용한 System Optimum 동적 통행 배정: 도심지 대규모 네트워크로의 확장	윤현수, 김동규
5	강화학습 기반 TOD plan 시간 경계 조정에 관한 연구	이경진, 박성호, 윤일수
6	데이터 증강을 이용한 도로 위 상황 분류	이상현, 정한솔, 문시현, 윤일수

SESSION B-4 교통 빅데이터 및 AI(Ⅲ)

발표장 : 금호세계교육관A동 501호

좌장 : 구동균(경기연구원)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	다중 에이전트 강화학습을 이용한 혼합 교통류 도심부 자율주행자동차 속도 조화 전략 개발	이승현, 김동규
2	Multiple Instance Learning을 활용한 화물 운송업자 분류 모델 개발	이광섭, 이요셉, 윤일수
3	차로별 교통정보 생성 모델을 위한 고속도로 센서 설치 간격에 대한 고찰	이의진, 함승우, 김동규
4	RGB-T 이미지를 활용한 경량 중요 객체 검출 시스템 연구	이준표, 정회준, 최정무, 권장우
5	자율주행을 위한 딥러닝 기반 저조도 이미지 개선 모델 제안	인해교, 문창주

SESSION B-5 교통 빅데이터 및 AI(Ⅳ)

발표장 : 금호세계교육관B동 316호

좌장 : 문세동(서울대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	도로환경 교통사고 상해도 예측을 위한 iGLAD 기반 머신러닝 모델 성능 비교	정승윤, 최용순, 백세룡, 김천호
2	딥러닝 기반 이미지 내 화물차 적재 크기 초과 여부 판단	정한솔, 이상현, 윤일수
3	CARLA Simulator 환경에서 운전 습관 분석 : 거대 언어 모델 기반 프레임워크	최현민, 인해교, 신현서, 문창주
4	드론 비전을 활용한 Transformer 기반 차량 차선 변경 예측 모델	홍석준, 임재균, 김병훈, 노병준
5	범주형-연속형 혼재 교통사고 데이터 증강을 통한 데이터 불균형 문제 해소	김은정, 김동규

SESSION B-6 자율주행(Ⅰ)

발표장 : 금호세계교육관B동 315호

좌장 : 김인희(한국과학기술원)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	LiDAR Object Tracking을 활용한 안전 임계 거리 기반 Adaptive Cruise Control 알고리즘	강윤도, 차승민, 임지웅, 원종훈
2	CAV 협력 차선변경 지원전략 개발: DQN 접근법 기반으로	김승환, 박준영
3	대규모 언어모델과 대리안전지표 기반의 자율주행 위험상황 인식 시스템 개발	민동규, 김동규
4	고속 자율주행을 위한 샘플링 기반 Frenet Frame 최적 경로 생성	방상우, 박준범, 배노혁, 임지웅, 원종훈
5	HD Map을 활용한 자율주행 레이싱용 Frenet 경로 계획 기법 성능 분석	배노혁, 박준범, 방상우, 노영진, 원종훈

SESSION B-7 자율주행(Ⅱ)

발표장 : 금호세계교육관B동 309호

좌장 : 최민제(서울시립대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	Model Predictive Control 기반 1:15 scale RC car의 경로 추종 성능 향상	이은재, 배현철, 이세인, 안희진
2	Waymo Open Dataset 기반 자율차의 주행행태분석	이호윤, 지정훈, 오철
3	혼합교통류 환경에서 자율차 주행 행태에 영향을 미치는 위험요인 도출	지정훈, 이호윤, 오철
4	의무 차선 변경 상황에서의 인간-상호작용을 고려한 자율 주행 경로 계획	최재희, 장기태
5	LV4/4+ 자율주행 자동차 개발을 위한 시나리오 기반 컨텐츠 메시지 세트 개발 연구	전소영, 오주현, 김영윤
6	LV4/4+ 자율주행 자동차 개발을 위한 HMI의 가시성 및 요소 인지에 관한 연구	정소정, 이연주, 이혁수

SESSION B-8 자율주행(Ⅲ)

발표장 : 금호세계교육관B동 209호

좌장 : 이창훈(자율주행기술개발혁신사업단)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	자율주행 연구의 시뮬레이션 시나리오 실험 설계에 관한 문헌 연구	김호연, 노치우, 오수민, 이상수
2	자율주행차 안전성 평가 시나리오 개발: 소로 구간을 중심으로	강지훈, 고우리, 윤일수
3	자율주행 모빌리티를 위한 도로 인프라 안전성 평가	구예서, 조영, 오철
4	단속류 자율-비자율차 혼재상황 안전성 평가를 위한 통합 평가지표 개발	김민경, 김호선, 오철
5	테스트베드 내 자율주행자동차 안전성 검증 절차 개발 연구	김인영, 윤일수, 정한솔
6	차량 궤적 데이터 기반 고속도로 정체 단계별 속도 저감 원인 분석	오승민, 천경훈, 장기태

SESSION B-9 자율주행(Ⅳ)

발표장 : 금호세계교육관B동 206호

좌장 : 박만복(한국교통대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	강화학습을 이용한 자율협력주행차량(CAV) 기반 회전교차로 운영제어전략	정재은, 천경훈, 김인희
2	보행 방향 변화 예측 및 변화 시점 감지를 위한 보행자 자세 지표 추출	남동하, 장기태
3	다중 센서를 적용한 Multi Object Tracking 개선 알고리즘 개발	유상진, 박만복
4	역 투영 변환 기반 실시간 차선 검출 알고리즘	정진우, 방상우, 임지웅, 원종훈
5	블랙박스 영상데이터 기반의 자율주행 Fallback Edge case 구축 연구	주혜연, 김정화, 윤현정

SESSION B-10 Personal Mobility

발표장 : 금호세계교육관B동 107호

좌장 : 김수재(홍익대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	보도이용 허용을 위한 PM 행태분석	이주현, 이동민, 김승민
2	공간적 자기상관성 분석을 통한PM(개인형 이동수단) 주차구역 지정의 효과 분석	양윤철, 위정란, 신희철, 김동규
3	전동킥보드-차량운전자간 안전인식의 상호이해가 운전행태에 미치는 영향	오태호, 임재혁, Reuben Tamakloe, 김인희
4	공유 전동킥보드 서비스의 교외 지역에서의 라스트마일 통행시간 단축 효과 분석	이희창, 문세동, 김동규
5	생존분석을 활용한 공유 자전거 수명 모델링	최준희, 김동규
6	이탈 사용자 분류를 통한 공유 킥보드 서비스의 잠재 수요 연구	추범준, 민진홍, 김동규

SESSION B-11 물류

발표장 : 금호세계교육관B동 106호

좌장 : 김동규(서울대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	플랫폼 기반 정책서비스 제공 방안 연구	박하영, 윤진수, 김세연, 황슬비, 송태진
2	Fuzzy-AHP-TOPSIS 및 MICMAC를 활용한 물류 보세창고의 선택 평가연구	방선호, 진가영, 신광섭, 하민호
3	콜드체인 식품기업의 3PL 선정 요인에 관한 연구	이지원, 조서희, 이향숙
4	인천 국제공항의 화물 운영 효율성 및 환경영향 분석 연구	진가영, 이향숙
5	택시, 드론, 철도를 결합한 도시 물류체계 최적화 알고리즘	권동훈, 유승희, 강상혁, 박현, 강승모

학술발표 Session Ⅲ 26일 15:10–16:40

SESSION C-1 International(Ⅱ) 발표장 : 금호세계교육관A동 603호

좌장 : 여지호(가천대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	완전한 교통 예측 시스템을 위한 프레임워크 개발:문헌 검토	Lucas Kervin Joshua, 김인희
2	컴퓨터 비전 기반 거리 환경 복잡성에 따른 자전거 운전자의 안전 인식 영향분석	Lurong Xu, 김인희
3	장시간 간격을 가진 여행에서의 최단 경로 강화 궤적 복구	Yonghui Liu, Inhi Kim
4	서울시민의 자율주행자동차 수용성에 영향을 미치는 요인 분석	Minarta Ria Roida, 박종한, 윤덕근, 고준호

SESSION C-2 교통 빅데이터 및 AI(Ⅴ) 발표장 : 금호세계교육관A동 505호

좌장 : 오윤석(고려대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	차선 폐쇄 심각성을 반영한 고속도로 공사구간 용량 산출을 위한 보정계수 개선	김지영, 이동민
2	모빌리티 데이터를 활용한 현행 고속도로 건설공사 사후평가 개선방안 검토	김태균, 나예진, 조재현, 심재엽
3	이항 로지스틱 회귀모형을 이용한 고속도로 콘존단위 일일 교통안전등급 산정	변민우, 권오훈, 유봉석, 김석근
4	화물 모빌리티를 이용한 속보성 제조업 산업활동 지표 개발 – 수도권과 지방 5대 광역시를 대상으로 –	김동호, 김수재, 박동주
5	DTG 데이터를 활용한 화물자동차 적재상태 추정 방법론 개발: 동력전달계와 주행저항 고려	탁지훈, 최정범, 박동주

SESSION C-3 교통 빅데이터 및 AI(Ⅵ) 발표장 : 금호세계교육관A동 503호

좌장 : 오태호(한국과학기술원)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	신호운영체계 개선을 위한 교통량 추정모형 고도화 프로세스	김진재, 곽명신, 이채영, 천승훈
2	수면 부족이 심전도 및 운전 성능 변화에 미치는 영향:졸음운전 위험성 예측 연구	박수연, 김도경
3	데이터 큐브 모델을 활용한 상업용 차량 위험운전 행동 다차원 분석	진주빈, 노병준
4	신호 교차로 딜레마 구간에서의 좌회전 차량 추돌 위험성 평가	최세원, 최준희, 문세동, 김동규
5	드론 궤적데이터를 활용한 고속도로 합류 구간에서의 차로 변경 차량 안전 분석	최재원, 문세동, 김동규

SESSION C-4 교통 빅데이터 및 AI(Ⅶ)

발표장 : 금호세계교육관A동 501호

좌장 : 도우석(계명대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	신호교차로의 지점 및 구간정보 융합을 통한 포화도 추정방법 개발	이민형, 안휘근
2	통합환승할인제도에 따른 이용자 요금절감효과와 공간적 차이 분석	김새힘, 임승빈, Minarta Ria Roida, 고준호
3	철도 수요예측방법론 개선을 위한 철도 이용자 통행행태 기초분석	손형근, 김희조, 김현승, 원주희, 이태구, 박동주
4	교통카드 데이터를 활용한 교통약자의 도시광역통행 행태 분석	최동준, 이용주
5	데이터 기반 접근확률 추정을 통한 고속철도 통행배정 알고리즘 개발	홍서영, 박호철

SESSION C-5 교통 빅데이터 및 AI(Ⅷ)

발표장 : 금호세계교육관B동 316호

좌장 : 소재현(아주대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	시뮬레이션 기반의 드라이브 스루 매장과 드론 스루 매장 주변의 교통량 분석	백경선, 송정훈, 김병훈, 노병준
2	시계열 데이터 여건에 따른 모형 선택 딜레마 연구	김영웅, 이현수, 황아진, 이동우
3	데이터 산업 생태계 사례 검토- 유럽 Gaia-X 프로젝트를 중심으로 -	전희진, 박희건, 정정호, 천승훈
4	위상수학적 데이터 분석을 활용한 Point Cloud Data 분석 방법 연구	정성연, 이석채, 김지현, 손건우, 권장우
5	Prophet 모형의 교통량 분야 활용연구	김성민, 김우진

SESSION C-6 자율주행(Ⅴ)

발표장 : 금호세계교육관B동 315호

좌장 : 민진홍(서울대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	자율주행 현장대응차량의 교통사고 상세 대응 전략 수립을 위한 기초 연구	김도연, 강지혜, 이진학, 정영제, 김원호
2	자율주행 도시환경관리 서비스 차량 도입으로 인한 교통류에 미치는 영향 분석	김주영, 소재현
3	자율주행차 주행안전성 평가를 위한 시뮬레이션 기반 ODD 및 평가지표 분석	김호선, 김민경, 오철
4	자율주행차량 데이터 기반 우회전 교통류 주행안전성 평가	이상재, 박준영, 오철
5	실도로 주행데이터를 통한 자율주행차 주행안전성 분석	이영택, 이상현, 윤일수
6	도로 환경에 따른 자율주행 안전성 평가 연구	이지원, 탁세현

SESSION C-7 자율주행(Ⅵ)

발표장 : 금호세계교육관B동 309호

좌장 : 박용우(서울시립대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	공공도로에서의 자율주행 차량 평가 방법론 연구	이홍석
2	도심 자율주행 기술 검증을 위한 소형 테스트베드	배현철, 이은재, 이세인, 한제협, 안희진
3	관제 기반 테스트베드 연동형 복합 테스트를 위한 C-VILS 시스템 설계	김정호, 정지원, 김재영, 조성우, 고한검
4	자율주행 검증을 위한 가상시험환경 플랫폼 구축	고한검, 김한아, 이원상, 김종화, 최인성
5	자율주행자동차 공회전 제어 기법의 환경적 효과에 대한 분석	정지효, 김회경
6	도로관리 관점에서 자율주행 긴급차량의 도입효과 분석	강지혜, 김도연, 연준형, 정영제, 김원호

SESSION C-8 자율주행(Ⅶ)

발표장 : 금호세계교육관B동 209호

좌장 : 강민지(서울시립대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	시뮬레이션 기반 자율차 혼재 상황에서 고속도로 휴게소 교통안전 분석	김우원, 이송하, 박준영, 염춘호
2	미시 시뮬레이션 분석 자율차-일반차 혼재율에 따른 비신호 교차로 교통상황 변화 추정에 대한 연구	김동우, 정현숙, 전진숙
3	혼합 교통 환경에서의 다차로 비신호 교차로 우선순위 제어 전략	김영환, 문세동, 김동규
4	도심지 교통정보 취득을 위한 자율주행 자동차 점유율 산정 연구	진종찬, 김예진, 윤일수
5	로지스틱 회귀 분석 기반 일반차량 및 자율주행차량 이용수요 예측 모형 연구	이서윤, 김현명
6	Lv 4+ 자율주행 테스트 시나리오 개발을 위한 인지 음영 기반 자율주행차량 위험 사례 분석	오승민, 최재희, 장기태, 윤진원

SESSION C-9 탄소중립

발표장 : 금호세계교육관B동 206호

좌장 : 김동규(서울대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	교통 · 차량 연계 시뮬레이션을 활용한 전기차 군집환경의 주행 전비 지표 개발	김동민, 윤진원, 장기태
2	승용차요일제 시행에 따른 온실가스 감축 원단위 산정에 관한 연구 : 부산광역시를 대상으로	김태경, 고상희, 신강원
3	화물차량 주행특성 및 기상 데이터 기반 미세먼지 농도 예측 연구	박근휘, 박준영
4	어린이 통학버스 무공해차 전환에 따른 온실가스 감축 효과 분석	박보현, 신강원
5	탄소저감형 통합교통서비스(S-MaaS)의 수단선택모형 구축을 위한 SP조사 설계	박유진, 구자헌, 이경재, 김수재, 추상호
6	공간적 형평성을 고려한 급속충전소 입지분석에 관한 연구 : 영월군을 중심으로	우동혁, 김경석, 신정웅, 이채민

SESSION C-10 Smart City

발표장 : 금호세계교육관B동 107호

좌장 : 문세동(서울대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	지점검지체계 기반 대응식 신호제어 운영을 위한 신호제어용 교통정보 정의	김민지, 한여희, 김영찬
2	혼합 정수 계획법 기반 다중 연동폭 최적화 모형 개발	김민혁, 김영찬
3	실시간 신호운영정보 기반 최적경로 선택 전략 개발	김세현, 전준수, 한여희, 김영찬
4	자율주행차량 수요응답형 교통수단 도입 효과 분석	오동희, 박준영
5	유전자 알고리즘 기반 신호 최적화 방법론	전준수, 한여희, 김영찬
6	AHP기법을 이용한 스마트 건설기술 활성화 방안 마련	정유미, 도명식

SESSION C-11 재난 및 방재

발표장 : 금호세계교육관B동 106호

좌장 : 권오훈(계명대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	지역특성 기반 군집분석을 활용한 강설에 따른 사고율 예측 방법론 개발	김승환, 성예지, 조은경, 이채원, 박준영
2	도로 환경 빅데이터 보정을 위한 시계열 예측 알고리즘 개발 및 활용 방안 연구	이용익, 박성균, 이동우
3	비전도성 유해 화학물질 누액감시센서 개발	이중성, 김수희, 김채규, 김동언
4	세그멘테이션을 활용한 하천면적 및 도시침수 예측모형 연구	홍성민, 김도경
5	악천후 기상 조건에서 가변형 속도제어 시스템 운영 시 인접구간 후광효과 분석	이송하, 박준영, 이태헌

학술발표 Poster Session 25일 ~ 26일

좌장 : 000(00대학교), 000(00대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
C-ITS 1	신뢰성 및 투명성 확보를 위한 블록체인 기반 인프라-자율차간 저장 방법 연구	김선겸, 김형수
C-ITS 2	교통시뮬레이션을 활용한 고속도로 유입연결로 패턴 비교	유예지, 김인희
C-ITS 3	차량 2D 인식 결과를 이용한 3D 공간 정보 추정 방법	김승오, 노현호, 안재훈, 송석일
ITS 정책 및 기타 1	광역버스 준공영제 서비스평가 개선방안 연구	고승렬, 윤상원
ITS 정책 및 기타 2	제한차량 운행허가 가이드라인 제정	김현석, 이치열, 김종식
ITS 정책 및 기타 3	우리나라 대도시권 광역교통축 우선순위 선정 방법론 연구	정동우, 윤상원, 박준식
ITS 정책 및 기타 4	스마트교차로 시스템 성능평가 개선 방안 연구	장경찬
ITS 정책 및 기타 5	국내 ITS 추진현황 및 발전방향	윤영민, 장경찬, 김현준, 조용성
ITS 정책 및 기타 6	광역교통 정보센터 구축 방안 연구	김소형, 박준식
ITS 정책 및 기타 7	고속도로 구간속도단속 내 우회가능시설이 속도편차에 미치는 영향	배솔, 김성회
ITS 정책 및 기타 8	과적단속용 고속축중기 도입을 위한 요구사항 및 정확도 감소 요인 분석	이동해, 이종석, 김호룡, 김태상
ITS 정책 및 기타 9	22년 도로교통 사고비용 추계	심태일, 이세원, 전재현, 최미선
ITS 정책 및 기타 10	스마트 어린이보호구역의 필요성과 도입 방안	이희원, 이지선
ITS 정책 및 기타 11	도시교통정보센터 돌발정보서비스 활용도 제고 방안 연구	이승철, 권순일
ITS 정책 및 기타 12	가속도 기반 자율주행 패턴에 대한 이용자 만족도 평가 연구	황순천, 이동민, 김승민, 김혁진
ITS 정책 및 기타 13	자율협력주행을 위한 주행 환경 메시지의 표준 개발 현황	장은혜, 박수진, 최종찬, 유재준
ITS 정책 및 기타 14	충청권 내 지역간 통행시간에 따른 승용차 대비 대중교통 접근용이성	노세영, 정유미, 도명식
ITS 정책 및 기타 15	국내 고속도로 과포화 상태 분석 시뮬레이터 개발을 위한 기초 연구	박휘빈, 이은선, 박효빈, 신치현
ITS 정책 및 기타 16	도시 내 하천 및 항만을 활용한 수상교통의 현황과 유형 분류	강지민, 김도경
ITS 정책 및 기타 17	이면도로 유형별 특성과 정비방안 연구	이희원, 이지선
ITS 정책 및 기타 18	차량 궤적 데이터 기반 고속도로 합류구간 차로 변경 상호작용 분석	오승민, 장기태
ITS 정책 및 기타 19	WIM 최적 위치 선정을 위한 차종별 교통흐름과 수요변화에 대한 연구	정윤경, 이진우
공유교통 1	운행제한 위반차량의 계측불응 단속시스템 성능평가 방안	김성현, 김진우
공유교통 2	공유 PM 불법주정차 단속 법령 및 정책 고찰 연구	박현석, 하정아
공유교통 3	자율주행 셔틀 내 탑승객 안전정보 제공 서비스 만족도 조사에 관한 연구	이동한, 예진해, 오영달, 박선홍
공유교통 4	수요-공급 불균형 문제 해결을 위한 공유 모빌리티 재배치 방법 개발	남동하, 장기태
공유교통 5	휴리스틱 접근법 기반의 수요 응답형 교통 서비스 알고리즘 구축 연구	박현수, 조신형, 박신형
공유교통 6	마이크로 모빌리티에 대한 추월 안전성 분석: 마이크로 모빌리티 경험 및 도로 조건이 미치는 영향	박현철, 오태호, 임재혁, 김인희

번호	발표 주제	발표 및 제출자
공유교통 7	V2G를 고려한 로보택시의 최적 일일 충전 전략 수립	이은지, 이진우
공유교통 8	공유 킥보드 이용 경험이 주차존의 인센티브에 미치는 영향 분석	오종호, 홍두선, 이청원
공유교통 9	공유자전거 수요예측을 위한 공간-시간적 자기주의 그래프 컨벌루션 네트워크 활용 및 그 결정요인	Kaihan Zhang, Reuben Tamakloe, 김인희
공유교통 10	수요응답형 모빌리티의 보행 시간 및 차내 운행 시간 사이의 상관관계	안이찬, Khaknazar Mukash, 김현명, 이진우
공유교통 11	수요응답형 광역 모빌리티 서비스 실증운행 현황 분석 및 평가	김홍균, 이종덕, 박준식
교통 빅데이터 및 AI 1	개인화된 운전자 지원을 위한 대규모 언어 모델 기반 에이전트	서자산, 첸 티앤티앤
교통 빅데이터 및 AI 2	샘플링된 차량 궤적 데이터를 이용한 신호 교차로에서의 딥러닝 기반 차량 대기열 예측 모델	이혜진, 여화수
교통 빅데이터 및 AI 3	주성분 분석(PCA)을 통한 해양 교통사고 환경 요인 특성 분석	박보영, 장기태
교통 빅데이터 및 AI 4	그래프 신경망을 활용한 신호 교차로에서의 차선 단위 대기행렬길이 예측	나채민, 김현수, 여화수
교통 빅데이터 및 AI 5	수도권 의료 접근성 향상을 위한 맞춤형 의료 택시 플랫폼 구축에 관한 연구	이용령, 조아라, 김정민, 최민제, 이승재
교통 빅데이터 및 AI 6	사용자 안전성 보장을 위한 손가락 인식을 통한 드론 제어	송정훈, 백경선, 김병훈, 노병준
교통 빅데이터 및 AI 7	고속도로 통행제한 시 모빌리티 데이터 기반의 우회전략 구상	한동희, 김수희
교통 빅데이터 및 AI 8	비동시적 액터-크리틱 프레임워크의 교통 신호 제어 적용을 위한 비교 연구	김현수, 여화수
교통 빅데이터 및 AI 9	맞춤형 손실함수 기반 합성인구 생성 성능 향상 기법	권동현, 김인희
교통 빅데이터 및 AI 10	철도 이용 전 과정을 고려한 통행 실태조사 및 통행 특성 분석	한수현, 원민수
교통 빅데이터 및 AI 11	빅데이터 기반의 화물차 통행행태 분석	오연선, 원민수
교통 빅데이터 및 AI 12	siamese network를 이용한 위험 상황 판단에 관한 연구	김민서, 최기도, 성주현
교통 빅데이터 및 AI 13	시선추적기를 활용한 고속도로 공사구간 이동식 차로 안내 차량 효과 분석	박용우, 조신형, 박신형
교통 빅데이터 및 AI 14	공간인공지능을 이용한 스쿨존 내 보행자의 치명적 · 중증적 부상 탐색	Kaihan Zhang, Reuben Tamakloe, 김인희
교통 빅데이터 및 AI 15	모바일 통신 데이터를 이용한 지역 간 철도 이용객의 접근통행 특성분석 알고리즘 개발	이재영, 원민수
교통 빅데이터 및 AI 16	모바일 통신데이터 기반의 기종점 통행량 보정 방안	이해선, 원민수
교통 빅데이터 및 AI 17	개인단위 통행행태 예측을 위한 다차원 모빌리티 지표(MDMI) 개발	심지윤, 원민수, 최수정, 이재현
교통 빅데이터 및 AI 18	수동 소나 신호의 저주파 분석을 이용한 선박 분류에 관한 연구	김유환, 정연비, 문지환, 허효주, 김원열
교통 빅데이터 및 AI 19	기계 학습 기반 도로전광표지 이상 탐지 방법	배지홍, 박형철, 이경철
교통 빅데이터 및 AI 20	차량궤적데이터 기반 국내 고속도로 연결로 합류부 영향권 적정성 검토	한은서, 박호철
교통 빅데이터 및 AI 21	검색 증강 생성과 거대 언어 모델에 기반한 시각 문서 이해 체계에 관한 연구	정연비, 김유환, 문지환, 허효주, 김원열
교통 빅데이터 및 AI 22	교통카드자료를 활용한 버스-지하철 환승 접근성 추정 모형	이미영, 신성일
교통 빅데이터 및 AI 23	지하철 승객 이동 기반의 환승 접근성 추정 모형	이미영, 신성일
교통 빅데이터 및 AI 24	Turn Label 기반 K-경로탐색 알고리즘 : 전체경로삭제기법을 중심으로	이미영, 신성일
교통 빅데이터 및 AI 25	Neural Network 기반 Monocular Depth Estimation을 활용한 택배 부피 측정에 관한 연구	김민재, 이진세, 서동환

번호	발표 주제	발표 및 제출자
드론 융합기술 1	드론 분광영상 정보를 이용한 수변지역 생태교란식물 분석	김용석, 윤창원, 한경림
드론 융합기술 2	드론 이미지의 webGL구현방법 연구	윤창원, 김용석
드론 융합기술 3	보행자 안전 강화를 위한 드론 기반 인파 측정 및 위험도 분석	윤소정, 이윤지, 백성채, 박제진
드론 융합기술 4	YOLO 및 SORT 기반 실시간 드론 객체추적 방법	김기주, 박만복
Smart City 1	다기능 AI 도로반사경 홍보 및 마케팅 전략	김현석, 오주삼
Smart City 2	맨홀 부착형 IoT 센서 모듈 개발 연구	박현석, 조용성, 하정아, 김영진, 김병곤
Smart City 3	스테레오 이미지 감지 기술 기반 생활도로 장애물 강건 탐지 기술 연구	장봉주, 정인택
Smart City 4	상태분류와 유효수명 예측 기반 경제적 유지보수 전략	조해찬, 여화수
Smart City 5	도심 네트워크를 위한 동적 시뮬레이션 레벨 할당을 활용한 다중 레벨 교통 시뮬레이션	김예은, 전수제, 여화수
Smart City 6	MaaS 플랫폼 이용 의사에 미치는 영향 요인 분석 : 대구광역시를 대상으로	강승원, 권오훈, 도우석
Smart City 7	서울특별시 교통환승체계의 지하철 이용 영향분석에 관한 연구 – 지하철 2호선 역세권을 중심으로 –	백성채, 윤소정, 박제진
Smart City 8	주소DB 기반 필기체 송장 내 주소 검색 및 보정 알고리즘에 관한 연구	서홍일, 한윤상, 서동환
자율주행 1	지상파 DMB 망을 통한 GNSS 정밀위치 보정정보 서비스의 구현	서영우, 이용준
자율주행 2	자율주행 인공지능 학습용 데이터셋 구축을 위한 동적객체 자동 어노테이션 프로세스 연구	최윤조, 홍승환
자율주행 3	다종센서 기반 자율주행 인공지능 학습데이터셋 구축	최윤조, 홍승환
자율주행 4	고속도로 ADAS 사용 실태 및 시사점	김수희, 한동희
자율주행 5	자율주행 인프라 기반 보행자 경로 예측 시스템 개발을 위한 보행자 인식 알고리즘 개발 연구	김명현, 김인희
자율주행 6	자율주행차 사고 요인 선정 : 자율주행차 실사고 사례분석을 기반으로	천정환, 강유리, 김원기, 배문수, 김천호, 강유정
자율주행 7	도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스 기술 개발 연구	하용수, 신영섭, 차태영, 김상헌, 김경환, 조용성
자율주행 8	자율주행 Lv.4 상호호환성 확보를 위한 데이터 표준 체계 연구	신영섭, 하용수, 차태영, 김상헌, 김경환, 조용성
자율주행 9	차량 간 통신을 활용한 긴급자동차 피양 구현	김주영, 조용우, 송유승, 이신경, 민경욱
자율주행 10	주행안전성을 고려한 자율주행차량 교차로 통행 시나리오	임관수, 남두희
자율주행 11	자율주행 오픈데이터 기반 인간운전차량과 자율주행차량의 도시 교통 내 Stop-and-go 거동 분석	채수성, 윤진원, 장기태
자율주행 12	도로파손 객체탐지 CNN 모델에 기반한 탐지오류 이미지의 히스토그램 분석	김민석, 류승기
자율주행 13	시나리오 기반 주행 데이터를 활용한 운전자의 적대적 행동 탐색적 분석	임재혁, 김인희
자율주행 14	자율차-보행자간 의사소통을 위한 프로젝션 기술의 현장 평가 방법론	이현미, 장정아, 소재현
자율주행 15	자율주행 분야 메타데이터 활용방안에 관한 연구	임영호, 정연식
자율주행 16	메타분석을 이용한 자율주행자동차 MPR에 따른 교통류 영향분석 (도시부 도로를 중심으로)	조민경, 박상민, 정하림
자율주행 17	RSS를 고려한 자율주행자동차 차량 추종 모형 개발	박상민, 이민영, 이수연
자율주행 18	반응표면법을 이용한 LiDAR 세척 요인 최적화 연구	이현미, 장정아, 손성호, 이웅수, 정현기, 이장민

번호	발표 주제	발표 및 제출자
자율주행 19	자율주행자동차 교통사고 조사를 위한 법 개정 방향 도출 및 교통사고 조사 절차 수립 연구	천정환, 장영석, 박기정, 배문수, 김태림, 이한빈
자율주행 20	카메라-GPS 융합 기반 저성능 GPS 개선 알고리즘 개발	안해주, 박만복
자율주행 21	인프라 라이다 군집화 시 인접객체 분할방법에 대한 연구	홍인준, 박만복
자율주행 22	자율주행 차량의 자세 추정 정확도 향상 알고리즘 개발	나윤필, 박만복
자율주행 23	공동 시뮬레이션을 활용한 교통류 안전성 평가 방안	심현섭, 강민지, 박신형
자율주행 24	Pure Pursuit 및 PID 제어기 융합 경로 측정 알고리즘	박상빈, 박만복
재난 및 방재 1	도로결빙 사고 대응을 위한 결빙취약구간의 설정 관리	박근형
재난 및 방재 2	이슬점 온도 산출을 통한 도로 구간별 도로살얼음 위험도 분석	박근형
재난 및 방재 3	도로변 다종 복합센서 기반의 이상감지 서비스 시나리오 설정 연구	최우철
재난 및 방재 4	랜덤 키 유전자 알고리즘 사용한 교통망 취약성 문제 풀이 알고리즘 개발	유승규, 안용준
재난 및 방재 5	서울시 녹색교통지역 도로의 교통혼잡지표 분석	최철원, 박호철
재난 및 방재 6	자전거도로 노면상태 자동감지 기술 적용을 위한 정책적 검토	최우철, 정인택
재난 및 방재 7	지하철 역에서 보행자 흐름 분석을 위한 새로운 접근: 타원형 이변량 관계를 활용하여	민건규, 가동주, 정성용, 이청원
탄소중립 1	데이터 협력 기반 탄소중립 플랫폼 아키텍처 설계	조은아, 조범철, 김영석, 문경환
탄소중립 2	광역버스 친환경 차량 도입 로드맵 구축 연구	윤상원, 고승렬, 박준식
탄소중립 3	전기차 공공충전소 입지 선정 문제의 CBD 지역 고려	안이찬, 우수민, 이진우

CONTENTS

특별 Session

특별 Session A-9 YSC위원회

1. Vehicle Simulator를 이용한 수동변속 소형 전기트럭 성능 평가 3
최재승, 최길수
2. 도심환경에서 배달로봇을 위한 현저성 기반 강건한 위치인식 기술 4
박주용, 이정우, 최은철, 조영근
3. ARM 펌웨어 프레임워크 명세 기계화 가능성 5
김지응
4. 적대적 생성 신경망 기반 자율주행 열화상 데이터 객체 탐지 6
이수목

특별 Session D-10

1. 고속도로 돌발 상황 검지 알고리즘 개발 : 딥러닝 객체 검지 기술을 활용하여 9
서민수, 이은호, 조한결, 한동규, 윤일수
2. 스마트카드 데이터를 이용한 통행발생 모델링에서 공간 단위 수정가능성 문제의 정도 평가 11
오다인, 김의진
3. 회전교차로에서 자율주행차 운전능력 평가를 위한 시뮬레이션 기반 평가지표 및 주행안전성 영향권 분석 13
김승운, 오철
4. 중요 물체 검출기법을 결합한 운전자 행동 인식 모델 14
김승하, 김준희, 권장우
5. 라이다 데이터를 이용한 3D Object Detection 최적 방법론 제안 : 라이다 데이터 구조를 기반으로 16
조성은, 유성민, 유지혜, 소재현
6. VR 시뮬레이터를 통한 지하도로 환경에서의 운전자 주행행태 분석 17
김혁진, 이동민
7. 시계열 머신러닝 기법을 이용한 공항 단기 주차수요 예측: 김포공항 사례를 중심으로 18
이창엽, 김현미
8. 통행 의사결정의 이질적 구조 추론을 위한 Generative Flow Networks과 Bayesian Networks 19
임승유, 이규성, 김의진
9. AI 기반 교통신호 최적화 기법의 개발과 평가 21
최범규, 권의영, 권순규, 차정은, 김회경

특별 Session D-10

1. 수요응답형 교통수단 도입에 따른 대중교통 수단전환: 인과추론 접근법 25
조한결, 김의진
2. IoT 센서를 이용한 시설물의 변위 분석 방법 27
김민건, 유덕현, 윤창원
3. COVID-19 이후 통행 패턴의 복합성 분석: 서울시 중심업무지구의 통근행태를 중심으로 28
김지수, 김의진
4. Entropy Rate를 활용한 Parking Regularity에 영향을 미치는 운전자 및 차량이용 특성 분석 30
이기준, 이청원

5. 대중교통 수단 분담률 향상을 위한 시나리오: 반사실 설명에 기반하여 31
이규성, 임승유, 김의진

6. MFCC를 이용한 엔진음 분류 시스템에 대한 연구 33
허진, 이재명 105

학술발표 Session Ⅰ

SESSION A-1 C-ITS

1. 표준 노드 링크 DB를 활용한 자율주행차 고정밀지도 관리 방법 39
박완규, 홍동원, 최현민, 문창주

2. 실시간 교통신호정보 지연시간 측정 방안에 관한 연구 40
이승철, 권순일

3. 메타버스 환경 내 GNSS 기반 실시간 객체 정보 동기화 지연이 운전행태에 미치는 영향분석 41
김민, 오태호, 김인희

4. V2N 통신을 위한 DDS 기반 실시간 데이터 수집 플랫폼 구현 및 평가 42
김수홍, 문정민, 문창주

5. TOD 신호제어 운영 개선 방법 연구 43
문시현, 이요셉, 윤일수

6. 예약 기반 교차로 제어 시스템에 횡단보도의 영향의 분석 44
최유진, 안희진

SESSION A-2 ITS 정책 및 기타(Ⅰ)

1. 계량경제방법을 적용한 교통량 예측결과 평가 모형 개발 연구 47
김기민, 박동주

2. 부산시 동백패스 이용행태 분석 48
이원규, 유한솔, 김지윤

3. 보행환경 개선에 따른 보행자 안전성 분석: 서울시 보호구역을 중심으로 49
김민서, 김도경

4. 고령화 사회의 교통과 건강: 경제활동 참여 고령자의 삶의 질 향상에 관한 연구 50
박지현, 추상호

5. 수도권 통행자의 통행시간가치 산정 연구 51
김병관, 공민선, 이상석

6. 서울시 도시철도 첨두시간 혼잡도를 분산시키는 정책을 위한 통행자의 사회인구학적인 특성에 따른 변수의 가치 추정 모델 52
원동진, 박신형

SESSION A-3 ITS 정책 및 기타(Ⅱ)

1. 실시간 교통신호상태정보 제공에 따른 운전행태분석 55
한향미, 최은진

2. 운행속도 기반 초소형전기차 자동차전용도로 진입 안전성 분석 56
이솔, 김성회

3. 우회전 교통사고 절감을 위한 개선 방안 57
박경철, 김민영, 박민준

4. 무인 과적단속 체계 도입 및 법제도 개선을 위한 기초연구 58
윤정은, 윤일수, 고우리

5. 게임 이론을 기반으로 분석한 지속 가능한 교통과 ITS 59
김영국

6. 자율주행 이동식 충전기 운영을 위한 동적경로선택모형 60
서문정, 이승현, 변지혜

SESSION A-4 ITS 정책 및 기타(Ⅲ)

1. 지하철 좌석 유무에 따른 승객행태 변화 분석 63
조홍준, 김도경

2. 도시철도 인프라의 혼잡도를 고려한 시설 별 통행시간가치 추정 연구 64
주윤호, 김정화

3. 도시철도 조조할인 제도 개선안 효과 분석 65
도승일, 박신형

4. 수정된 IPA 기법을 활용한 청주시 시내버스 서비스 개선 방향 66
황슬비, 김나연, 송태진

5. 버스 공영차고지 조성에 따른 생활권별 대중교통 서비스 변화 분석: 부산광역시 강서공영차고지 조성을 사례로 67
황유성, 신강원

SESSION A-5 ITS 정책 및 기타(Ⅳ)

1. DEA 모형을 활용한 민자고속도로 운영 효율성 평가에 관한 연구 71
서창범, 박동주

2. 도로용량편 교통량비율 회귀식 개정의 필요성 – 고속도로 연결로 접속부 – 72
이환승, 박호철

3. 한국형 크라우드배송 설계 및 운영방안 연구 73
민석원, 박동주

4. 컨테이너 운송차량 통행유형별 통행행태 분석 연구 74
장진원, 박성경, 박동주

5. 사업용 차량 운행시간 개정에 따른 고속도로 화물차 휴게시설 신규위치 선정 연구 75
이성준, 김우원, 박준영

학술발표 Session Ⅱ

SESSION B-1 International(Ⅰ)

1. 치명적/심각한 개인 이동 수단 운전자 과실 사고의 중요 요인 81
Reuben Tamakloe, Kaihan Zhang, Inhi Kim

2. 기업들 사이의 경량 전기 자동차 채택에 영향을 미치는 요인 82
Reuben Tamakloe, Livingstone Divine Caesar, Inhi Kim

3. 동일한 충돌 그룹에서 위험 요인 패턴 분석: ADAS와 ADS의 비교 연구 83
Mahdi Khorasani, Reuben Tamakloe, Inhi Kim

4. 서울 상암 지역에서의 자율주행차량의 위험주행상황 영향 요인 식별 84
응우엔 투이 링, 김태우, 김새힘, 고준호

5. Variational Autoencoder Spatial Temporal Graph Convolutional Network: 결측 데이터 기반 속도 예측을 위한 딥러닝 프레임워크 85
Tengfeng Lin, Hwasoo Yeo, Inhi Kim

SESSION B-2 교통 빅데이터 및 AI(Ⅰ)

1. 무인 드론 기체 내 승객 위험 행동 감지를 위한 다중 비전 모델 스케줄링 시스템 89
김병훈, 노병준

2. 시공간 종속성을 활용한 트랜스포머 모델 설계 및 교통 데이터 임퓨테이션 90
김종호, 장기태

3. 멀티모달 딥러닝을 활용한 고속도로 교통정보 추정 91
김태형, 민진홍, 김동규

4. 자연어처리 기반의 도로교통사고 판결예측 시스템 92
민현식, 윤준영, 노병준

5. PVD 데이터를 활용한 실시간 사고 위험 예측 및 사고 요인 식별 연구 93
박동혁, 박준영

6. 시뮬레이션을 통한 인공지능 기반 교차로 신호 최적화 및 검증 연구 94
박준호, 이솔, 소재현

SESSION B-3 교통 빅데이터 및 AI(Ⅱ)

1. 정형 및 비정형데이터를 활용한 AI 기반 교통사고 심각도 예측 모형 개발 97
박하늘, 소재현

2. 외곽 검출로 보강한 Pyramid ViT 기반 Image Segmentation 방법 98
배주원, 서동환

3. MLOps 기반 차량 위치에 따른 Vision AI 모델 선별 및 호출 기법 99
신현서, 이지민, 박완규, 문창주

4. 강화학습을 활용한 System Optimum 동적 통행 배정: 도심지 대규모 네트워크로의 확장 100
윤현수, 김동규

5. 강화학습 기반 TOD plan 시간 경계 조정에 관한 연구 101
이경진, 박성호, 윤일수

6. 데이터 증강을 이용한 도로 위 상황 분류 102
이상현, 정한솔, 문시현, 윤일수

SESSION B-4 교통 빅데이터 및 AI(Ⅲ)

1. 다중 에이전트 강화학습을 이용한 혼합 교통류 도심부 자율주행자동차 속도 조화 전략 개발 105
이승현, 김동규

2. Multiple Instance Learning을 활용한 화물 운송업자 분류 모델 개발 106
이광섭, 이요셉, 윤일수

3. 차로별 교통정보 생성 모델을 위한 고속도로 센서 설치 간격에 대한 고찰 107
이의진, 함승우, 김동규

4. RGB-T 이미지를 활용한 경량 중요 객체 검출 시스템 연구 108
이준표, 정회준, 최정무, 권장우

5. 자율주행을 위한 딥러닝 기반 저조도 이미지 개선 모델 제안 109
인해교, 문창주

SESSION B-5 교통 빅데이터 및 AI(Ⅳ)

1. 도로환경 교통사고 상해도 예측을 위한 iGLAD 기반 머신러닝 모델 성능 비교 113
정승윤, 최용순, 백세룡, 김천호

2. 딥러닝 기반 이미지 내 화물차 적재 크기 초과 여부 판단 114
정한솔, 이상현, 윤일수

3. CARLA Simulator 환경에서 운전 습관 분석: 거대 언어 모델 기반 프레임워크 115
최현민, 인해교, 신현서, 문창주

4. 드론 비전을 활용한 Transformer 기반 차량 차선 변경 예측 모델 116
홍석준, 임재균, 김병훈, 노병준

5. 범주형-연속형 혼재 교통사고 데이터 증강을 통한 데이터 불균형 문제 해소 117
김은정, 김동규

SESSION B-6 자율주행(Ⅰ)

1. LiDAR Object Tracking을 활용한 안전 임계 거리 기반 Adaptive Cruise Control 알고리즘 121
강윤도, 차승민, 임지웅, 원종훈

2. CAV 협력 차선변경 지원전략 개발: DQN 접근법 기반으로 122
김승환, 박준영

3. 대규모 언어모델과 대리안전지표 기반의 자율주행 위험상황 인식 시스템 개발 123
민동규, 김동규

4. 고속 자율주행을 위한 샘플링 기반 Frenet Frame 최적 경로 생성 124
방상우, 박준범, 배노혁, 임지웅, 원종훈

5. HD Map을 활용한 자율주행 레이싱용 Frenet 경로 계획 기법 성능 분석 125
배노혁, 박준범, 방상우, 노영진, 원종훈

SESSION B-7 자율주행(Ⅱ)

1. Model Predictive Control 기반 1:15 scale RC car의 경로 추종 성능 향상 129
이은재, 배현철, 이세인, 안희진

2. Waymo Open Dataset 기반 자율차의 주행행태분석 130
이호윤, 지정훈, 오철

3. 혼합교통류 환경에서 자율차 주행 행태에 영향을 미치는 위험요인 도출 131
지정훈, 이호윤, 오철

4. 의무 차선 변경 상황에서의 인간-상호작용을 고려한 자율 주행 경로 계획 132
최재희, 장기태

5. LV4/4+ 자율주행 자동차 개발을 위한 시나리오 기반 컨텐츠 메시지 세트 개발 연구 133
전소영, 오주현, 김영윤

6. LV4/4+ 자율주행 자동차 개발을 위한 HMI의 가시성 및 요소 인지에 관한 연구 134
정소정, 이연주, 이혁수

SESSION B-8 자율주행(Ⅲ)

1. 자율주행 연구의 시뮬레이션 시나리오 실험 설계에 관한 문헌 연구 137
김호연, 노치우, 오수민, 이상수

2. 자율주행차 안전성 평가 시나리오 개발: 소로 구간을 중심으로 138
강지훈, 고우리, 윤일수

3. 자율주행 모빌리티를 위한 도로 인프라 안전성 평가 139
구예서, 조영, 오철

4. 단속류 자율-비자율차 혼재상황 안전성 평가를 위한 통합 평가지표 개발 140
김민경, 김호선, 오철

5. 테스트베드 내 자율주행자동차 안전성 검증 절차 개발 연구 141
김인영, 윤일수, 정한솔,

6. 차량 궤적 데이터 기반 고속도로 정체 단계별 속도 저감 원인 분석 142
오승민, 천경훈, 장기태

SESSION B-9 자율주행(Ⅳ)

1. 강화학습을 이용한 자율협력주행차량(CAV) 기반 회전교차로 운영제어전략 145
정재은, 천경훈, 김인희

2. 보행 방향 변화 예측 및 변화 시점 감지를 위한 보행자 자세 지표 추출 146
남동하, 장기태

3. 다중 센서를 적용한 Multi Object Tracking 개선 알고리즘 개발 147
유상진, 박만복

4. 역 투영 변환 기반 실시간 차선 검출 알고리즘 148
정진우, 방상우, 임지웅, 원종훈

5. 블랙박스 영상데이터 기반의 자율주행 Fallback Edge case 구축 연구 149
주혜연, 김정화, 윤현정

SESSION B-10 Personal Mobility

1. 보도이용 허용을 위한 PM 행태분석 153
이주현, 이동민, 김승민

2. 공간적 자기상관성 분석을 통한 PM(개인형 이동수단) 주차구역 지정의 효과 분석 154
양윤철, 위정란, 신희철, 김동규,

3. 전동킥보드-차량운전자간 안전인식의 상호이해가 운전행태에 미치는 영향 155
오태호, 임재혁, Reuben Tamakloe, 김인희

4. 공유 전동킥보드 서비스의 교외 지역에서의 라스트마일 통행시간 단축 효과 분석 156
이희창, 문세동, 김동규

5. 생존분석을 활용한 공유 자전거 수명 모델링 157
최준희, 김동규

6. 이탈 사용자 분류를 통한 공유 킥보드 서비스의 잠재 수요 연구 158
추범준, 민진홍, 김동규

SESSION B-11 물류

1. 플랫폼 기반 정책서비스 제공 방안 연구 161
박하영, 윤진수, 김세연, 황슬비, 송태진

2. Fuzzy-AHP-TOPSIS 및 MICMAC를 활용한 물류 보세창고의 선택 평가연구 162
방선호, 진가영, 신광섭, 하민호

3. 콜드체인 식품기업의 3PL 선정 요인에 관한 연구 163
이지원, 조서희, 이향숙

4. 인천 국제공항의 화물 운영 효율성 및 환경영향 분석 연구 164
진가영, 이향숙

5. 택시, 드론, 철도를 결합한 도시 물류체계 최적화 알고리즘 165
권동훈, 유승희, 강상혁, 박 현, 강승모

학술발표 Session Ⅲ

SESSION C-1 International(Ⅱ)

1. 완전한 교통 예측 시스템을 위한 프레임워크 개발: 문헌 검토 171
Lucas Kervin Joshua, 김인희

2. 컴퓨터 비전 기반 거리 환경 복잡성에 따른 자전거 운전자의 안전 인식 영향분석 172
Lurong Xu, 김인희

3. 장시간 간격을 가진 여행에서의 최단 경로 강화 궤적 복구 173
Yonghui Liu, Inhi Kim

4. 서울시민의 자율주행자동차 수용성에 영향을 미치는 요인 분석 174
Minarta Ria Roida, 박종한, 윤덕근, 고준호

SESSION C-2 교통 빅데이터 및 AI(Ⅴ)

1. 차선 폐쇄 심각성을 반영한 고속도로 공사구간 용량 산출을 위한 보정계수 개선 177
김지영, 이동민

2. 모빌리티 데이터를 활용한 현행 고속도로 건설공사 사후평가 개선방안 검토 178
김태균, 나예진, 조재현, 심재엽

3. 이항 로지스틱 회귀모형을 이용한 고속도로 콘존단위 일일 교통안전등급 산정 179
변민우, 권오훈, 유봉석, 김석근

4. 화물 모빌리티를 이용한 속보성 제조업 산업활동 지표 개발 – 수도권과 지방 5대 광역시를 대상으로 – 180
김동호, 김수재, 박동주

5. DTG 데이터를 활용한 화물자동차 적재상태 추정 방법론 개발: 동력전달계와 주행저항 고려 181
탁지훈, 최정범, 박동주

SESSION C-3 교통 빅데이터 및 AI(Ⅵ)

1. 신호운영체계 개선을 위한 교통량 추정모형 고도화 프로세스 185
김진재, 곽명신, 이채영, 천승훈
2. 수면 부족이 심전도 및 운전 성능 변화에 미치는 영향: 졸음운전 위험성 예측 연구 186
박수연, 김도경
3. 데이터 큐브 모델을 활용한 상업용 차량 위험운전 행동 다차원 분석 187
진주빈, 노병준
4. 신호 교차로 딜레마 구간에서의 좌회전 차량 추돌 위험성 평가 188
최세원, 최준희, 문세동, 김동규
5. 드론 궤적데이터를 활용한 고속도로 합류 구간에서의 차로 변경 차량 안전 분석 189
최재원, 문세동, 김동규

SESSION C-4 교통 빅데이터 및 AI(Ⅶ)

1. 신호교차로의 지점 및 구간정보 융합을 통한 포화도 추정방법 개발 193
이민형, 안휘근
2. 통합환승할인제도에 따른 이용자 요금절감효과와 공간적 차이 분석 194
김새힘, 임승빈, Minarta Ria Roida, 고준호
3. 철도 수요예측방법론 개선을 위한 철도 이용자 통행행태 기초분석 195
손형근, 김희조, 김현승, 원주희, 이태구, 박동주
4. 교통카드 데이터를 활용한 교통약자의 도시광역통행 행태 분석 196
최동준, 이용주
5. 데이터 기반 접근확률 추정을 통한 고속철도 통행배정 알고리즘 개발 197
홍서영, 박호철

SESSION C-5 교통 빅데이터 및 AI(Ⅷ)

1. 시뮬레이션 기반의 드라이브 스루 매장과 드론 스루 매장 주변의 교통량 분석 201
백경선, 송정훈, 김병훈, 노병준
2. 시계열 데이터 여건에 따른 모형 선택 딜레마 연구 202
김영웅, 이현수, 황아진, 이동우
3. 데이터 산업 생태계 사례 검토 – 유럽 Gaia-X 프로젝트를 중심으로 – 203
전희진, 박희건, 정정호, 천승훈
4. 위상수학적 데이터 분석을 활용한 Point Cloud Data 분석 방법 연구 204
정성연, 이석채, 김지현, 손건우, 권장우
5. Prophet 모형의 교통량 분야 활용연구 205
김성민, 김우진

SESSION C-6 자율주행(Ⅴ)

1. 자율주행 현장대응차량의 교통사고 상세 대응 전략 수립을 위한 기초 연구 209
김도연, 강지혜, 이진학, 정영제, 김원호

2. 자율주행 도시환경관리 서비스 차량 도입으로 인한 교통류에 미치는 영향 분석 210
김주영, 소재현

3. 자율주행차 주행안전성 평가를 위한 시뮬레이션 기반 ODD 및 평가지표 분석 211
김호선, 김민경, 오철

4. 자율주행차량 데이터 기반 우회전 교통류 주행안전성 평가 212
이상재, 박준영, 오철

5. 실도로 주행데이터를 통한 자율주행차 주행안전성 분석 213
이영택, 이상현, 윤일수

6. 도로 환경에 따른 자율주행 안전성 평가 연구 214
이지원, 탁세현

SESSION C-7 자율주행(Ⅵ)

1. 공공도로에서의 자율주행 차량 평가 방법론 연구 217
이홍석

2. 도심 자율주행 기술 검증을 위한 소형 테스트베드 218
배현철, 이은재, 이세인, 한제협, 안희진

3. 관제 기반 테스트베드 연동형 복합 테스트를 위한 C-VILS 시스템 설계 219
김정호, 정지원, 김재영, 조성우, 고한검

4. 자율주행 검증을 위한 가상시험환경 플랫폼 구축 220
고한검, 김한아, 이원상, 김종화, 최인성

5. 자율주행자동차 공회전 제어 기법의 환경적 효과에 대한 분석 221
정지효, 김회경

6. 도로관리 관점에서 자율주행 긴급차량의 도입효과 분석 222
강지혜, 김도연, 연준형, 정영제, 김원호

SESSION C-8 자율주행(Ⅶ)

1. 시뮬레이션 기반 자율차 혼재 상황에서 고속도로 휴게소 교통안전 분석 225
김우원, 이송하, 박준영, 염춘호

2. 미시 시뮬레이션 분석 자율차-일반차 혼재율에 따른 비신호 교차로 교통상황 변화 추정에 대한 연구 226
김동우, 정현숙, 전진숙

3. 혼합 교통 환경에서의 다차로 비신호 교차로 우선순위 제어 전략 227
김영환, 문세동, 김동규

4. 도심지 교통정보 취득을 위한 자율주행 자동차 점유율 산정 연구 228
진종찬, 김예진, 윤일수

5. 로지스틱 회귀 분석 기반 일반차량 및 자율주행차량 이용수요 예측 모형 연구 229
이서윤, 김현명

6. Lv 4+ 자율주행 테스트 시나리오 개발을 위한 인지 음영 기반 자율주행차량 위험 사례 분석 230
오승민, 최재희, 장기태, 윤진원

SESSION C-9 탄소중립

1. 교통 · 차량 연계 시뮬레이션을 활용한 전기차 군집환경의 주행 전비 지표 개발 233
김동민, 윤진원, 장기태

2. 승용차요일제 시행에 따른 온실가스 감축 원단위 산정에 관한 연구: 부산광역시를 대상으로 234
김태경, 고상희, 신강원

3. 화물차량 주행특성 및 기상 데이터 기반 미세먼지 농도 예측 연구 235
박근휘, 박준영

4. 어린이 통학버스 무공해차 전환에 따른 온실가스 감축 효과 분석 236
박보현, 신강원

5. 탄소저감형 통합교통서비스(S-MaaS)의 수단선택모형 구축을 위한 SP조사 설계 237
박유진, 구자헌, 이경재, 김수재, 추상호

6. 공간적 형평성을 고려한 급속충전소 입지분석에 관한 연구: 영월군을 중심으로 238
우동혁, 김경석, 신정웅, 이채민

SESSION C-10 Smart City

1. 지점검지체계 기반 대응식 신호제어 운영을 위한 신호제어용 교통정보 정의 241
김민지, 한여희, 김영찬

2. 혼합 정수 계획법 기반 다중 연동폭 최적화 모형 개발 242
김민혁, 김영찬

3. 실시간 신호운영정보 기반 최적경로 선택 전략 개발 243
김세현, 전준수, 한여희, 김영찬

4. 자율주행차량 수요응답형 교통수단 도입 효과 분석 244
오동희, 박준영

5. 유전자 알고리즘 기반 신호 최적화 방법론 245
전준수, 한여희, 김영찬

6. AHP기법을 이용한 스마트 건설기술 활성화 방안 마련 246
정유미, 도명식

SESSION C-11 재난 및 방재

1. 지역특성 기반 군집분석을 활용한 강설에 따른 사고율 예측 방법론 개발 249
김승환, 성예지, 조은경, 이채원, 박준영

2. 도로 환경 빅데이터 보정을 위한 시계열 예측 알고리즘 개발 및 활용 방안 연구 250
이용익, 박성균, 이동우

3. 비전도성 유해 화학물질 누액감시센서 개발 251
이중성, 김수희, 김채규, 김동언

4. 세그멘테이션을 활용한 하천면적 및 도시침수 예측모형 연구 252
홍성민, 김도경

5. 악천후 기상 조건에서 가변형 속도제어 시스템 운영 시 인접구간 후광효과 분석 253
이송하, 박준영, 이태헌

학술발표 Poster Session

C-ITS

1. 신뢰성 및 투명성 확보를 위한 블록체인 기반 인프라-자율차간 저장 방법 연구 257
김선겸, 김형수

2. 교통시뮬레이션을 활용한 고속도로 유입연결로 패턴 비교 258
유예지, 김인희

3. 차량 2D 인식 결과를 이용한 3D 공간 정보 추정 방법 259
김승오, 노현호, 안재훈, 송석일

ITS 정책 및 기타

1. 광역버스 준공영제 서비스평가 개선방안 연구 260
고승렬, 윤상원

2. 제한차량 운행허가 가이드라인 제정 261
김현석, 이치열, 김종식

3. 우리나라 대도시권 광역교통축 우선순위 선정 방법론 연구 262
정동우, 윤상원, 박준식

4. 스마트교차로 시스템 성능평가 개선 방안 연구 263
장경찬

5. 국내 ITS 추진현황 및 발전방향 264
윤영민, 장경찬, 김현준, 조용성

6. 광역교통 정보센터 구축 방안 연구 265
김소형, 박준식

7. 고속도로 구간속도단속 내 우회가능시설이 속도편차에 미치는 영향 266
배솔, 김성회

8. 과적단속용 고속축중기 도입을 위한 요구사항 및 정확도 감소 요인 분석 267
이동해, 이종석, 김호룡, 김태상

9. 22년 도로교통 사고비용 추계 268
심태일, 이세원, 전재현, 최미선

10. 스마트 어린이보호구역의 필요성과 도입 방안 269
이희원, 이지선

11. 도시교통정보센터 돌발정보서비스 활용도 제고 방안 연구 270
이승철, 권순일

12. 가속도 기반 자율주행 패턴에 대한 이용자 만족도 평가 연구 271
황순천, 이동민, 김승민, 김혁진

13. 자율협력주행을 위한 주행 환경 메시지의 표준 개발 현황 272
장은혜, 박수진, 최종찬, 유재준

14. 충청권 내 지역간 통행시간에 따른 승용차 대비 대중교통 접근용이성 273
노세영, 정유미, 도명식

15. 국내 고속도로 과포화 상태 분석 시뮬레이터 개발을 위한 기초 연구 274
박휘빈, 이은선, 박효빈, 신치현

16. 도시 내 하천 및 항만을 활용한 수상교통의 현황과 유형 분류 275
강지민, 김도경

17. 이면도로 유형별 특성과 정비방안 연구 276
이희원, 이지선

18. 차량 궤적 데이터 기반 고속도로 합류구간 차로 변경 상호작용 분석 277
오승민, 장기태

19. WIM 최적 위치 선정을 위한 차종별 교통흐름과 수요변화에 대한 연구 278
정윤경, 이진우

공유교통

1. 운행제한 위반차량의 계측불응 단속시스템 성능평가 방안 279
김성현, 김진우

2. 공유 PM 불법주정차 단속 법령 및 정책 고찰 연구 280
박현석, 하정아

3. 자율주행 셔틀 내 탑승객 안전정보 제공 서비스 만족도 조사에 관한 연구 281
이동한, 예진해, 오영달, 박선홍

4. 수요-공급 불균형 문제 해결을 위한 공유 모빌리티 재배치 방법 개발 282
남동하, 장기태

5. 휴리스틱 접근법 기반의 수요 응답형 교통 서비스 알고리즘 구축 연구 283
박현수, 조신형, 박신형

6. 마이크로 모빌리티에 대한 추월 안전성 분석: 마이크로 모빌리티 경험 및 도로 조건이 미치는 영향 284
박현철, 오태호, 임재혁, 김인희

7. V2G를 고려한 로보택시의 최적 일일 충전 전략 수립 285
이은지, 이진우

8. 공유 킥보드 이용 경험이 주차존의 인센티브에 미치는 영향 분석 286
오종호, 홍두선, 이청원

9. 공유자전거 수요예측을 위한 공간-시간적 자기주의 그래프 컨벌루션 네트워크 활용 및 그 결정요인 287
Kaihan Zhang, Reuben Tamakloe, 김인희

10. 수요응답형 모빌리티의 보행 시간 및 차내 운행 시간 사이의 상관관계 288
안이찬, Khaknazar Mukash, 김현명, 이진우

11. 수요응답형 광역 모빌리티 서비스 실증운행 현황 분석 및 평가 289
김홍균, 이종덕, 박준식

교통 빅데이터 및 AI

1. 개인화된 운전자 지원을 위한 대규모 언어 모델 기반 에이전트 290
서자산, 첸 티앤티앤

2. 샘플링된 차량 궤적 데이터를 이용한 신호 교차로에서의 딥러닝 기반 차량 대기열 예측 모델 291
이혜진, 여화수

3. 주성분 분석(PCA)을 통한 해양 교통사고 환경 요인 특성 분석 292
박보영, 장기태

4. 그래프 신경망을 활용한 신호 교차로에서의 차선 단위 대기행렬길이 예측 293
나채민, 김현수, 여화수

5. 수도권 의료 접근성 향상을 위한 맞춤형 의료 택시 플랫폼 구축에 관한 연구 294
이용령, 조아라, 김정민, 최민제, 이승재

6. 사용자 안전성 보장을 위한 손가락 인식을 통한 드론 제어 295
송정훈, 백경선, 김병훈, 노병준

7. 고속도로 통행제한 시 모빌리티 데이터 기반의 우회전략 구상 296
한동희, 김수희

8. 비동시적 액터-크리틱 프레임워크의 교통 신호 제어 적용을 위한 비교 연구 297
김현수, 여화수

9. 맞춤형 손실함수 기반 합성인구 생성 성능 향상 기법 298
권동현, 김인희

10. 철도 이용 전 과정을 고려한 통행 실태조사 및 통행 특성 분석 299
한수현, 원민수

11. 빅데이터 기반의 화물차 통행행태 분석 300
오연선, 원민수

12. siamese network를 이용한 위험 상황 판단에 관한 연구 301
김민서, 최기도, 성주현

13. 시선추적기를 활용한 고속도로 공사구간 이동식 차로 안내 차량 효과 분석 302
박용우, 조신형, 박신형

14. 공간인공지능을 이용한 스쿨존 내 보행자의 치명적·중증적 부상 탐색 303
Kaihan Zhang, Reuben Tamakloe, 김인희

15. 모바일 통신 데이터를 이용한 지역 간 철도 이용객의 접근통행 특성분석 알고리즘 개발 304
이재영, 원민수

16. 모바일 통신데이터 기반의 기종점 통행량 보정 방안 305
이해선, 원민수

17. 개인단위 통행행태 예측을 위한 다차원 모빌리티 지표(MDMI) 개발 306
심지윤, 원민수, 최수정, 이재현

18. 수동 소나 신호의 저주파 분석을 이용한 선박 분류에 관한 연구 307
김유환, 정연비, 문지환, 허효주, 김원열

19. 기계 학습 기반 도로전광표지 이상 탐지 방법 308
배지홍, 박형철, 이경철

20. 차량궤적데이터 기반 국내 고속도로 연결로 합류부 영향권 적정성 검토 309
한은서, 박호철

21. 검색 증강 생성과 거대 언어 모델에 기반한 시각 문서 이해 체계에 관한 연구 310
정연비, 김유환, 문지환, 허효주, 김원열

22. 교통카드자료를 활용한 버스-지하철 환승 접근성 추정 모형 311
이미영, 신성일

23. 지하철 승객 이동 기반의 환승 접근성 추정 모형 312
이미영, 신성일

24. Turn Label 기반 K-경로탐색 알고리즘: 전체경로삭제기법을 중심으로 313
이미영, 신성일

25. Neural Network 기반 Monocular Depth Estimation을 활용한 택배 부피 측정에 관한 연구 314
김민재, 이진세, 서동환

드론 융합기술

1. 드론 분광영상 정보를 이용한 수변지역 생태교란식물 분석 315
김용석, 윤창원, 한경림

2. 드론 이미지의 webGL구현방법 연구 316
윤창원, 김용석

3. 보행자 안전 강화를 위한 드론 기반 인파 측정 및 위험도 분석 317
윤소정, 이윤지, 백성채, 박제진

4. YOLO 및 SORT 기반 실시간 드론 객체추적 방법 318
김기주, 박만복

Smart City

1. 다기능 AI 도로반사경 홍보 및 마케팅 전략 319
김현석, 오주삼

2. 맨홀 부착형 IoT 센서 모듈 개발 연구 320
박현석, 조용성, 하정아, 김영진, 김병곤

3. 스테레오 이미지 감지 기술 기반 생활도로 장애물 강건 탐지 기술 연구 321
장봉주, 정인택

4. 상태분류와 유효수명 예측 기반 경제적 유지보수 전략 322
조해찬, 여화수

5. 도심 네트워크를 위한 동적 시뮬레이션 레벨 할당을 활용한 다중 레벨 교통 시뮬레이션 323
김예은, 전수제, 여화수

6. MaaS 플랫폼 이용 의사에 미치는 영향 요인 분석: 대구광역시를 대상으로 324
강승원, 권오훈, 도우석

7. 서울특별시 교통환승체계의 지하철 이용 영향분석에 관한 연구 – 지하철 2호선 역세권을 중심으로 – 325
백성채, 윤소정, 박제진

8. 주소DB 기반 필기체 송장 내 주소 검색 및 보정 알고리즘에 관한 연구 326
서홍일, 한윤상, 서동환

자율주행

1. 지상파 DMB 망을 통한 GNSS 정밀위치 보정정보 서비스의 구현 327
서영우, 이용준

2. 자율주행 인공지능 학습용 데이터셋 구축을 위한 동적객체 자동 어노테이션 프로세스 연구 328
최윤조, 홍승환

3. 다종센서 기반 자율주행 인공지능 학습데이터셋 구축 329
최윤조, 홍승환

4. 고속도로 ADAS 사용 실태 및 시사점 330
김수희, 한동희

5. 자율주행 인프라 기반 보행자 경로 예측 시스템 개발을 위한 보행자 인식 알고리즘 개발 연구 331
김명현, 김인희

6. 자율주행차 사고 요인 선정: 자율주행차 실사고 사례분석을 기반으로 332
천정환, 강유리, 김원기, 배문수, 김천호, 강유정

7. 도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스 기술 개발 연구 333
하용수, 신영섭, 차태영, 김상헌, 김경환, 조용성

8. 자율주행 Lv.4 상호호환성 확보를 위한 데이터 표준 체계 연구 334
신영섭, 하용수, 차태영, 김상헌, 김경환, 조용성

9. 차량 간 통신을 활용한 긴급자동차 피양 구현 335
김주영, 조용우, 송유승, 이신경, 민경욱

10. 주행안전성을 고려한 자율주행차량 교차로 통행 시나리오 336
임관수, 남두희

11. 자율주행 오픈데이터 기반 인간운전차량과 자율주행차량의 도시 교통 내 Stop-and-go 거동 분석 337
채수성, 윤진원, 장기태

12. 도로파손 객체탐지 CNN 모델에 기반한 탐지오류 이미지의 히스토그램 분석 338
김민석, 류승기

13. 시나리오 기반 주행 데이터를 활용한 운전자의 적대적 행동 탐색적 분석 339
임재혁, 김인희

14. 자율차-보행자간 의사소통을 위한 프로젝션 기술의 현장 평가 방법론 340
이현미, 장정아, 소재현

15. 자율주행 분야 메타데이터 활용방안에 관한 연구 341
임영호, 정연식

16. 메타분석을 이용한 자율주행자동차 MPR에 따른 교통류 영향분석(도시부 도로를 중심으로) 342
조민경, 박상민, 정하림

17. RSS를 고려한 자율주행자동차 차량 추종 모형 개발 343
박상민, 이민영, 이수연

18. 반응표면법을 이용한 LiDAR 세척 요인 최적화 연구 344
이현미, 장정아, 손성호, 이웅수, 정현기, 이장민

19. 자율주행자동차 교통사고 조사를 위한 법 개정 방향 도출 및 교통사고 조사 절차 수립 연구 345
천정환, 장영석, 박기정, 배문수, 김태림, 이한빈

20. 카메라-GPS 융합 기반 저성능 GPS 개선 알고리즘 개발 346
안해주, 박만복

21. 인프라 라이다 군집화 시 인접객체 분할방법에 대한 연구 347
홍인준, 박만복

22. 자율주행 차량의 자세 추정 정확도 향상 알고리즘 개발 348
나윤필, 박만복

23. 공동 시뮬레이션을 활용한 교통류 안전성 평가 방안 349
심현섭, 강민지, 박신형

24. Pure Pursuit 및 PID 제어기 융합 경로 측정 알고리즘 350
박상빈, 박만복

재난 및 방재

1. 도로결빙 사고 대응을 위한 결빙취약구간의 설정 관리 351
박근형

2. 이슬점 온도 산출을 통한 도로 구간별 도로살얼음 위험도 분석 352
박근형

3. 도로변 다종 복합센서 기반의 이상감지 서비스 시나리오 설정 연구 353
최우철
4. 랜덤 키 유전자 알고리즘 사용한 교통망 취약성 문제 풀이 알고리즘 개발 354
유승규, 안용준
5. 서울시 녹색교통지역 도로의 교통혼잡지표 분석 355
최철원, 박호철
6. 자전거도로 노면상태 자동감지 기술 적용을 위한 정책적 검토 356
최우철, 정인택
7. 지하철 역에서 보행자 흐름 분석을 위한 새로운 접근: 타원형 이변량 관계를 활용하여 357
민건규, 가동주, 정성용, 이청원

탄소중립

1. 데이터 협력 기반 탄소중립 플랫폼 아키텍처 설계 358
조은아, 조범철, 김영석, 문경환
2. 광역버스 친환경 차량 도입 로드맵 구축 연구 359
윤상원, 고승렬, 박준식
3. 전기차 공공충전소 입지 선정 문제의 CBD 지역 고려 360
안이찬, 우수민, 이진우

ITS Technologies 및 커넥티드 모빌리티 최신 연구 공유

특별 Session A-9

YSC위원회

Vehicle Simulator를 이용한 수동변속 소형 전기트럭 성능 평가
최길수
도심환경에서 배달로봇을 위한 현저성 기반 강건한 위치인식 기술
조영근
ARM 펌웨어 프레임워크 명세 기계화 가능성
김지응
전기차용 리튬이온배터리의 안전한 급속충전 프로토콜 개발 전략
김홍근
적대적 생성 신경망 기반 자율주행 열화상 데이터 객체 탐지
이수목
UGV 상에서 3D 레이저 라인 센서를 이용한 빠르고 정확한 이격 측정
정진만

Vehicle Simulator를 이용한 수동변속 소형 전기트럭 성능 평가

Performance Evaluation of Manual Transmission Mini e-Truck using Vehicle Simulator

최재승
(인하대학교, 석사 과정)

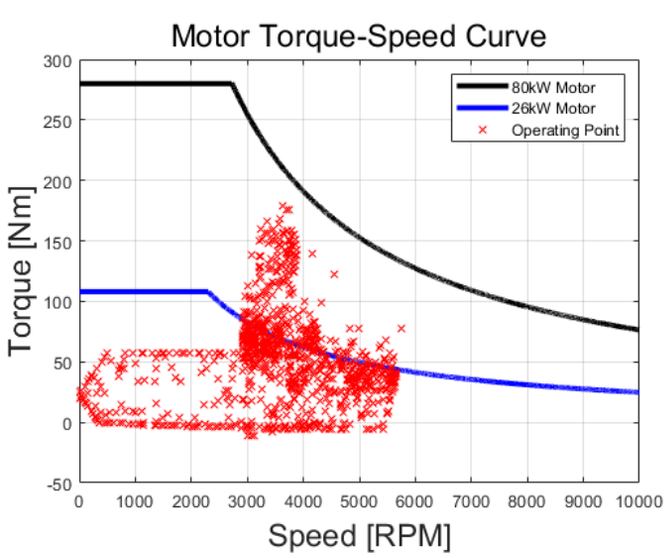
최길수
(인하대학교, 교수)

전기차 산업의 급격한 성장으로 SUV, 해치백, 세단 등 다양한 차종에 대한 전동화가 진행되고 있다. 상용차도 이에 편승하여 친환경적이고 경제적인 운송 솔루션에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 소형 전기트럭은 협소하고 복잡한 시내 주행환경에서 효율적으로 사용할 수 있으며 저소음 주행 특성이 있다. 또한, 구동 모터의 저속 고토크 특성으로 순간 가속력과 언덕 주행 성능이 뛰어나다.

일반적인 전기차의 경우 구동 모터의 넓은 운전 범위로 인해 변속기의 필요성이 낮지만, 소형 전기트럭에서는 다양한 적재량 및 동작 조건을 충족하기 위해 다단 변속기의 활용이 필요하다. 또한, 최적의 변속 전략을 통해 추가적인 에너지 절약이 가능하다. 그러나 차량 내 제한된 공간으로 인해 배터리 및 모터의 용량 확장이 제한적이므로 한정된 수납공간을 효율적으로 활용해야 한다.

본 논문에서는 오픈소스 프로그램 ADVISOR를 활용하여 전기트럭 파워트레인 성능 향상 및 차량 모델링에 대한 평가를 진행하였다. 실제 차량 제원 기반으로 배터리 수납공간을 고려하여, 배터리 용량 최대화를 위한 셀 및 모듈 구조 변경을 진행하였다. 또한 주행 성능 향상을 위해 기존에 사용한 유도전동기를 효율과 출력밀도가 우수한 영구자석형 동기전동기로 변경하였다. 수동 변속기의 적용으로 운전자는 다양한 주행 조건에서 유연하게 대응할 수 있고, 도심 내 단거리 운송이나 적재 조건에서 효율적인 운행이 가능하다.

제시된 접근법은 다른 타입의 차량에도 널리 적용될 수 있을 것으로 기대되며, 후속 연구로 경제성 평가와 실 도로 주행환경에서 성능 검증이 필요하다.



<그림 1> 설계 변경 전후 모터 성능 곡선 비교

사사: 본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음 (2022-0-01127). 한국 AVL University Partnership Program을 통해 제공된 AVL Cruise 결과를 활용함.

도심환경에서 배달로봇을 위한 현저성 기반 강건한 위치인식 기술

Salience-guided Ground Factor for Robust Localization of Delivery Robots in Complex Urban Environments

박주용 (HL Clemove, 인하대학교 전기컴퓨터공학과)

이정우 (HL Clemove, 인하대학교 전기컴퓨터공학과)

최은철 (HL Clemove, 인하대학교 전기컴퓨터공학과)

조영근 (HL Clemove, 인하대학교 전기컴퓨터공학과)

배달 로봇을 위한 도시 환경, 특히 캠퍼스나 도시와 같은 지역에서는 많은 맞춤형 기능이 표준 도로 의미 분류를 무시합니다. 이러한 과제를 해결하기 위해 우리 논문에서는 SOD(Salient Object Protection)를 활용하여 이러한 고유한 기능을 추출하고 이를 향상된 로봇 루프 폐쇄 및 위치 파악을 위한 중추 요소로 사용하는 방법을 소개합니다.

기존의 기하학적 특징 기반 위치 파악은 조명 및 모양 변화의 변동으로 인해 방해를 받습니다. 의미론적 분할보다 SOD를 선호하는 것은 표준화되지 않은 수많은 도시 특징을 분류하는 복잡성을 피하는 것입니다. 일관된 지반 특징을 달성하기 위해 MC-IPM(Motion Compensate IPM) 기술이 구현되어 왜곡 보상을 위한 모션을 활용하고 이어서 모멘트 계산을 통해 가장 관련성이 높은 두드러진 지반 특징을 선택합니다. 철저한 평가를 위해 실제 도시 시나리오에 대한 돌출성 탐지 및 위치 파악 성능을 검증했습니다.

사사: 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음(2022-0-01127)

ARM 펌웨어 프레임워크 명세 기계화 가능성

Feasibility of Mechanizing Arm Firmware Framework Specification

김지응
(인하대학교, 조교수)

본 연구의 목표는 소프트웨어 명세를 명확하고 안전하게 제공하는 방법을 제시하는 것 이다. 이를 위해 소프트웨어 정의 차량에서도 활용 될 수 있는 소프트웨어 명세 중 하나인 Arm 펌웨어 프레임워크 명세를 함수형 및 증명 보조 언어인 Coq으로 변환하여 작성하고, 이를 통하여 기계화 명세 작성에 필요한 여러 구성 요소를 조사한다.

소프트웨어 명세는 소프트웨어 기능, 성능 수준(적용 가능한 경우) 및 관련 사항의 설명을 의미 한다. 이러한 소프트웨 명세는 모든 영역의 소프트웨어 개발에서 매우 중요한 지표가 되며, 이는 소프트웨어 정의 차량에서도 마찬가지이다. 실제로, 소프트웨어 정의 차량 영역에서 소프트웨어 명세에 문제가 발생하면 다양한 문제가 생길 수 있다. 예를 들어, 특정 엣지 케이스를 충분히 고려하지 않아 실패 안전 메커니즘이 부재할 경우 사고가 발생할 수 있다. 또한 소프트웨어 요구 사항에 지정된 보안 조치가 부족하면 사이버 보안 취약점이 노출될 수 있다. 더불어 표준 부족으로 인해 여러 모듈이나 장치 간의 상호 운용성 문제가 발생할 수도 있다. 이러한 위험을 완화하기 위해서는 소프트웨어 정의 차량 시스템의 개발에는 사양 검토, 테스트 및 유효성 검사 과정을 철저히 포함해야 한다. 그러나 현재의 소프트웨어 명세 동향으로는 해결할 수 없는 부분이 많다. 현재의 소프트웨어 명 세들 및 규정들 대부분은 자연어로 작성되어 있어 명확한 해석이 어렵고, 명세가 길어지면 모든 부분이 모순 없이 일치하는지 확인하기 어렵다. 이에 대한 대안으로, 명세를 명확하고 결정적으로 만들어 애매모호성을 줄이고, 명세의 일관성과 애매모호성을 쉽게 확인할 수 있는 새로운 방법의 명세 작성이 필요다. 따라서 이를 위하여 Arm 펌웨어 프레임워크 명세 중 몇 가지 샘플링을 통해 기계화 명세가 가져야 할 형태를 검증하고, 확장 가능성을 타진해 본다.

본 연구에서 제안하는 방법론은 명세의 안전성과 유지 보수성을 혁신적으로 높여줄 수 있는 장점이 있지만, 실용화에는 아직 많은 문제가 있다. 우선, 명세를 기계화하는 데에는 상당한 비용이 든다. 따라서 이를 자동화하거나 보조하여 쉽게 작성할 수 있는 도구가 필요하다. 또한, 동시성과 같이 기계화 명세에서 다루기 어려운 부분들도 존재한다. 동시성에서 발생할 수 있는 모든 엔티티(객체) 간의 상호작용을 기계화 명세에 포함하면 명세의 복잡성이 크게 증가할 것으로 예상된다. 그러나 이를 너무 간단하게 처리하면 기계화 명세가 시스템을 명확하게 설명하지 못할 수 있는 단점이 있다. 따라서 시스템의 운영 환경 및 요구사항에 맞는 적절한 수준의 동시성 상호작용을 정의하는 것이 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

“본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음”(2022-0-01127)

적대적 생성 신경망 기반 자율주행 열화상 데이터 객체 탐지

Domain Adaptive Thermal Traffic Object Detection
via Generative Adversarial Networks

조범식 **이수목**

(아주대학교, 석사과정) (아주대학교, 조교수)

논 문 요 약

가시광선 영역의 카메라에 비해서 야간 객체 탐지 및 적대적 기후 변화에서 상대적으로 높은 신뢰성을 갖고 LiDAR, Radar 등에 비해 상대적으로 낮은 가격을 갖으며, 특히 군 수송장치, 물류센터, 비행장 등 야간의 활용이 큰 특수환경에서의 열화상 카메라에 대한 활용성이 큰 편이다. 자율주행용 열화상 데이터는 FLIR ADAS[1], KAIST dataset[2](Hwang et al, 2015) 등을 이용하였으나, 턱없이 부족한 데이터셋 종류와 크기로 인해 적절한 학습에 어려움을 겪고 있다. 이에 더해, 열화상 객체 탐지에 대한 부족한 연구로 인해 센서가 가지는 잠재력 대비 자율주행 환경에서의 낮은 활용 상황이 초래되었다.

이러한 한계를 해결하기 위해, 본 연구에서는 열 열상에서 객체 탐지 모델을 훈련시키기 위한 도메인 적응 기법을 제안한다. 구체적으로는, 기존의 생성형 모델을 이용하여 RGB 데이터셋을 유사한 열 이미지로 변환해 학습 데이터의 총량을 증가시키고, 변환된 학습 데이터에 적합한 객체 탐지 학습 기법을 제안한다. 이를 통해, 실제 열 영상 시나리에 더 적합한 알고리즘이 개발 가능하고, 향상된 성능을 보일 수 있음을 입증하고자 한다. 이를 입증하기 위해, 본 연구에서는 자율주행용 RGB 데이터셋인 KITTI와 열화상 데이터셋인 KAIST, FLIR 데이터셋을 이용한 도메인 변화환경에서 실시간 객체 탐지 기술인 YOLO를 사용할 때, 열 객체 탐지에서 성능 향상을 보임을 증명하였다.

본 연구는 MDD와 CycleGAN을 통합하여 새로운 도메인 적응 기술을 제안한다. 이를 통합하기 위해, 우리는 증강된 열 데이터와 실제 열화상 데이터 사이의 도메인 격차를 최소화하기 위한 손실 함수를 제안하였다. 제안된 손실 함수를 기반으로한 증강 데이터를 통해, 화상 카메라 데이터 기반 객체 탐지 성능평가를 통해 제안된 알고리즘의 유효성을 검증하였다.

사사: 본 논문은 국토교통부 자율주행 기술개발 혁신사업 ‘주행 및 충돌상황 대응 안전성 평가기술개발(22AMDP-C160637-02)’ 과제 지원에 의해 수행되었습니다.

1) https://www.flir.com/oem/adas/adas-dataset-form/
2) https://soonminhwang.github.io/rgbt-ped-detection/

학생위원회 학부생 특별발표세션

특별
Session
D-10

고속도로 돌발 상황 검지 알고리즘 개발 : 딥러닝 객체 검지 기술을 활용하여
서민수, 이은호, 조한결, 한동규, 윤일수

스마트카드 데이터를 이용한 통행발생 모델링에서공간 단위 수정가능성 문제의 정도 평가
오다인, 김의진

회전교차로에서 자율주행차 운전능력 평가를 위한 시뮬레이션 기반 평가지표 및 안전성 영향권 분석
김승운, 오철

중요 물체 검출기법을 결합한 운전자 행동 인식 모델
김승하, 김준희, 권장우

라이다 데이터를 이용한 3D Object Detection 최적 방법론 제안 : 라이다 데이터 구조를 기반으로
조성은, 유성민, 유지혜, 소재현

VR 시뮬레이터를 통한 지하도로 환경에서의 운전자 주행행태 분석
김혁진, 이동민

시계열 머신러닝 기법을 이용한 공항 단기 주차수요 예측 : 김포공항 사례를 중심으로
이창엽, 김현미

통행 의사결정의 이질적 구조 추론을 위한 Generative Flow Networks과 Bayesian Networks
임승유, 이규성, 김의진

AI 기반 교통신호 최적화 기법의 개발과 평가
최범규, 권의영, 권순규, 차정은, 김회경

고속도로 돌발 상황 검지 알고리즘 개발 : 딥러닝 객체 검지 기술을 활용하여

Developing a Highway Emergency Situation Detection Algorithm:
Utilizing Deep Learning Object Detection Technology

서민수	이은호	조한결	한동규	윤일수
(아주대학교, 학부생)	(아주대학교, 학부생)	(아주대학교, 학부생)	(아주대학교, 학부생)	(아주대학교, 교수)

1. 서론

돌발상황이란 사고차, 고장차, 낙하물, 보행자, 기타노면잡물 등으로 인해 도로상에서 불규칙하게 일어나는 상황을 말한다. 돌발상황에서는 운전자가 반응할 시간이 부족하여 사고의 위험성이 더욱 커지고 2차 사고를 야기할 가능성이 크다. 특히, 고속도로는 일반도로에 비해 주행속도가 높아 교통사고 발생시, 피해 규모가 일반도로에 비해 상대적으로 심각하다. 돌발상황 검지 알고리즘은 지능형교통체계(Intelligent Transport Systems, ITS), 차세대 지능형교통체계(Cooperative-ITS, C-ITS), 자율주행에 적용할 경우 2차 사고를 예방하는데 도움이 될 수 있다. 이에 본 연구에서는 고속도로 상에서 발생하는 돌발 상황을 정의하고, 정의된 돌발 상황 중 일부를 감지할 수 있는 AI 알고리즘을 개발하고자 한다.

2. 자료 및 실험설계

본 연구는 고속도로 주행 상황의 차량주행 사진 데이터를 활용하였다. 사진 데이터는 차량의 내부에서 촬영한 것으로, 돌발상황 검지 알고리즘을 구현하기 위하여 다양한 상황을 포함하도록 하였다. 본 연구에서 사용된 총 사진데이터는 6,628장으로, 고속도로 주행상황이 아닌 경우, 빛번짐이 심한 경우, 이물질로 인하여 차량인식이 불가한 경우 등을 불량데이터로 간주하였고, 총 4,200장을 선별하였다.

선별한 사진 데이터는 총 9개의 객체클래스와 6개의 상황클래스로 분류하였다. 객체클래스는 사진에서 나타나는 객체를 정의한 것으로 정상차량, 사고차량, 고장차량, 정체차량, 특수차량, 교통통제인원, 보행자, 장애물, 교통제어시설이다. 상황클래스는 사진데이터에서 확인할 수 있는 상황을 분류하기 위하여 정의한 것으로 사고 및 고장상황, 정상상황, 도로 위 보행자상황, 도로 위 낙하물(장애물)상황, 공사중상황, 정체상황으로 분류하였다. 사진에 다양한 상황이 혼재하는 경우에는 사고 및 고장상황, 공사중상황, 도로 위 보행자 상황, 도로 위 낙하물 상황 순으로 우선순위를 두어 분류하였고, 정체상황은 선행차량과 후행차량 사이에 2대 이상의 차량이 들어갈 수 있을 것으로 보이는 간격이면 정상상황, 차간간격이 그보다 좁으면 정체상황으로 분류하였다. 분류 결과 선별된 4,200장의 데이터 중 사고 및 고장상황 57장, 정상상황 3,367장, 도로 위 보행자 상황 29장, 도로 위 낙하물 상황 321장, 공사중 상황 73장, 정체상황 353장으로 나타났다. 분류된 상황별 데이터를 이용하여 모델을 학습시키기 위해 labelIMG 프로그램으로 데이터라벨링을 수행하였다.

학습을 위한 데이터를 구축한 이후, 돌발상황 검지를 위한 모델로 ResNet을 선정하였다. ResNet은 딥러닝 구조의 심층 신경망 모델의 일종으로, 입력 데이터를 그대로 전달하고, 네트워크에서 잔차를 학습하는 과정을 가지고 있다. 이를 통해 학습과정에서의 기울기 소실문제를 방지하고 네트워크의 학습 성능을 증가시킬 수 있는 강점을 가진 모델이다(Hayou et al., 2021). ResNet은 객체 검지와 이미지 분류를 동시에 수행할 수 있기 때문에 본 연구에서 수행하고자 하는 돌발상황 검지에 적합하다고 판단하였다(Sarwinda et al., 2021). ResNet으로 구축한 고속도로 주행데이터를 학습시킨 후 새로운 고속도로 주행 장면을 검지하였다. 이후 정확도를 높이기 위한 Hyperparameter tuning과정을 통해 모델의 성능을 높이고자 하였다.

3. 연구결과 및 결론

현재 ResNet을 이용하여 돌발상황 검지 알고리즘을 구축하고, 모델을 고도화하는 과정을 수행중이다. 모델을 고도화 하는 과정은 Grid Search 방법을 이용한 Hyperparameter tuninng이다. Grid Search 방법은 Random Search와 Latin Hyper Cube에 비하여 높은 성능을 나타낼 수 있기 때문에 선정하였다. ResNet모델의 고도화 이후에는 다른 모델을 이용하여 돌발상황 검지 알고리즘을 구축하고, ResNet과의 비교를 통해 돌발상황 검지에 더 적합한 모델을 찾고자 한다. 현재 구축하고 있는 모델은 객체검지와 상황분류를 한번에 하는 것이 아닌 두 번에 걸쳐서 하는 형태로, 객체검지 결과를 바탕으로 상황을 분류하는 모델이다. 객체검지 모델은 YOLO를 이용하였고, 상황분류는 VGG-Net을 이용하여 모델을 구축하고 있다.

References

Hayou, S., Clerico, E., He, B., Deligiannidis, G., Doucet, A., & Rousseau, J. (2021, March). Stable resnet. In International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (pp. 1324-1332). PMLR.

Sarwinda, D., Paradisa, R. H., Bustamam, A., & Anggia, P. (2021). Deep learning in image classification using residual network (ResNet) variants for detection of colorectal cancer. Procedia Computer Science, 179, 423-431.

Sanghyun Lee, Jinyoung Kim, Jongmin Noh, Hwanpil Lee, Soomok Lee, Ilsoo Yun. (2023). Development of a Emergency Situation Detection Algorithm Using a Vehicle Dash Cam. The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, 22(4), 97-113.

스마트카드 데이터를 이용한 통행발생 모델링에서 공간 단위 수정가능성 문제의 정도 평가

Assessing the extent of modifiable areal unit problem in modelling transit trip generation using smart card data

오다인
(아주대학교 교통시스템공학과)

김의진
(아주대학교 교통시스템공학과)

서론

DRT, 공유자전거, 전동킥보드 등 도시 내 신규 대중교통으로 등장함에 따라 이들의 효과적인 운영 및 서비스 지역 선정을 위해선 기존 대중교통 수요에 대해 공간적으로 세밀한 예측이 필요하다. 이때 공간적 해상도가 증가할수록 예측이 어렵지만 운영자에게 더 유용한 정보가 되고, 해상도가 감소할수록 예측은 쉽지만, 정보의 유용성은 떨어진다. 따라서 공간적 해상도에 따라 예측 모형의 성능이 어떻게 다르고, 그에 대한 각 변수의 영향은 어떻게 달라지는지를 이해함으로써 최적의 수요분석을 위한 공간적 해상도 및 변수 조합을 도출할 수 있다. 본 연구에서는 버스 통행 발생량 예측에 초점을 맞춰 최적의 공간적 예측 단위를 도출하는 방법론을 개발하고자 한다. 공간적 단위는 250m~1,000m 반경의 육각형 그리드를 기반으로 설정되며, 공간 가중 회귀(Geographically Weighted Regression, GWR) 모형을 활용해 다양한 해상도별 예측 성능, 변수 영향력 등을 비교하고, 이를 바탕으로 분석 목적에 따른 적절한 공간적 해상도와 선정 기준을 도출한다.

자료 및 실험설계

본 연구는 개인통행실태조사 자료(2021년)을 활용하였고, 공간적 범위는 실제 DRT, 공유자전거 등 신규 대중교통 서비스가 운영되어 온 충청북도 청주시로 한정하였다. 활용한 독립변수는 산업체 종사자 인구, 행정구역 인구수, 인구밀도, 주거시설 면적, 업무시설 면적, 상업시설 면적, 기타시설 면적, 판매시설 대중교통 접근시간, 교육시설 대중교통 접근시간, 광역교통시설 대중교통 접근시간, 의료시설 대중교통 접근시간이며, 스마트카드 데이터의 버스정류장 승차량을 종속변수로 활용하였다.

QGIS 소프트웨어를 활용하여 청주시를 1,000m, 500m, 250m 단위의 육각형 그리드로 분할한 뒤 각 해상도별, 그리드별로 앞서 설명한 변수들을 할당한다. 활용한 독립변수들은 읍면동 단위나 지점정보로 수집되므로 이를 특정 그리드에 할당하기 위해선 별도의 전처리 과정이 필요하다. 지점정보인 버스정류장 승하차 정보는 그리드 내에 속한 모든 점의 속성값을 합하여 반영하였고, 읍면동 단위 정보는 그리드와 중첩되는 면적 비율을 기반으로 가중평균 하여 반영했다. 예를 들어 하나의 그리드가 2개의 읍면동을 30%와 70%의 면적 비율로 포함한다면, 각 읍면동의 속성을 비율에 가중평균해서 반영된다. 이후 해상도별 그리드 데이터를 활용해 GWR 모형을 추정하여 그리드별 버스 승차량을 예측하였다. MAE(Mean Absolute Error), RMSE(Root Mean Squared Error) 등을 통해 예측 결과를 평가하고, 그리드별 유의미한 변수들을 비교하였다. 이후 예측오차와 그리드의 크기를 비교하며 최적의 해상도를 도출했다.

본 연구에서 사용한 GWR 모형은 지리적 위치를 기반으로 한 데이터의 공간적 변이를 모형화하는 기법이다. 구체적으로는 Adaptive bisquare을 활용해 데이터가 공간적으로 밀집된 지역에는 작은 반경, 희박한 지역에서는 더 큰 반경, 가까운 관측치에는 높은 가중치, 멀리 떨어진 관측치에는 낮은 관측치를 부여하는 메커니즘으로 공간적 가중치를 부여했다. Adaptive bisquare는 bandwidth를 하이퍼로 갖는데, 이는 해상도별로 조율해야 한다. 본 연구에서는 관측치의 좌표, 종속변수, 독립변수의 배열에 따라 여러 bandwidth 크기에 대해 모델의 성능을 평가하여 모형 적합도를 최대화하는 최적 bandwidth를 선택하여 설정했다. 이를 통해 해상도별 최적의 모형을 추정하고, 이를 비교 분석했다.

연구결과 및 결론

1,000m, 500m, 250m 반경의 그리드로 각각 분석을 진행한 결과, 모형 적합도를 기준으로 해상도 500m일 때의 예측력이 가장 뛰어난 것으로 나타났다. 이는 해상도에 비례해서 예측력이 향상되는 것이 아닌 최적 해상도가 존재함을 나타낸다. 변수별 영향을 살펴보았을 때, 1,000m에서는 주거시설 면적, 상업시설 면적, 교육시설 접근시간에 유의한 변수로 추정됐고, 250m에서는 주거시설 면적 대신 업무시설 면적이 유의한 변수로 추정됐다. 가장 많은 변수가 유의하게 나타난 500m의 경우 여기에 더해 사업체 종사자 수, 인구수 등이 추가로 유의한 변수로 도출됐다. 이는 공간적 변수의 영향력을 가장 효과적으로 나타내는 특정 해상도가 존재함을 보여준다. 본 연구의 결과는 향후 단순 그리드 기반이 아닌 주어진 공간 정보와 수요패턴을 반영해 가변적인 최적 그리드 도출이 가능할 수 있음을 보여준다. 이를 향후 연구과제로 하여 지역별 최적 승차수요 예측 모형을 만들 수 있을 것이다.

회전교차로에서 자율주행차 운전능력 평가를 위한 시뮬레이션 기반 평가지표 및 주행안전성 영향권 분석

Analysis of Driving Safety Impact Zones and Evaluation Indicators for Autonomous Vehicle Performance in Roundabouts

김승운
(한양대학교 교통물류공학과, 학부생)

오철
(한양대학교 교통물류공학과, 교수)

NHTSA (National Traffic Safety Administration)에서 조사한 보고서에 따르면, 교통사고의 94%는 사람의 실수로 인해 발생한다. 또한, 사망자 중 약 30%가 음주와 관련되어 있다. autonomous vehicle (AV)은 인적요인에 의해 발생한 사고를 효과적으로 감소시킴으로써 교통안전을 근본적으로 향상시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 그러나, 불완전한 autonomous driving system (ADS)이 장착된 AV는 다양한 알고리즘의 부재로 인해 복잡한 인지 및 판단이 필요한 operation design domain (ODD)에서 주행안전성이 크게 저하될 수 있다. 또한, 실제 도로에서는 다양한 ADS 수준의 차량과 일반차량이 혼재된 혼합교통류가 오랜 기간 지속될 것으로 판단되며, 혼합교통류 환경에서는 ODD에 따라 주행안전성이 크게 저하될 수 있다. 본 연구의 목적은 VISSIM을 활용하여 ODD에 해당하는 회전교차로에서 AV와 manual driven vehicle (MV)의 주행안전성 분석을 통해 회전교차로의 영향권과 주행안전성 저하 지점을 도출하는 것이다.

본 연구에서는 AV가 목적지까지 주행하는데 마주하는 다양한 ODD 조건을 통과함에 있어 주행안전성 측면에서 위험이 없어야 한다는 전제조건을 AV의 운전능력 평가로 정의한다. AV의 운전능력 평가를 위해 ODD가 존재하는 구간에서 AV가 영향을 받기 시작하는 지점과 영향이 끝나는 지점을 도출할 필요가 있으며, 다양한 평가지표 중 ODD별 운전능력을 평가하기 적합한 평가지표를 도출할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 AV의 운전능력 평가가 필요한 ODD 중 회전교차로를 대상으로 AV와 MV가 혼재된 교통류 환경을 구현하였다. 또한, 종방향 평가지표 및 차량간 상호작용 평가지표를 활용하여 주행안전성 분석을 수행하고 요인분석을 통해 회전교차로에서의 AV 운전능력 평가 시 적합한 평가지표를 도출하였다. 요인분석을 통해 도출된 평가에 적합한 평가지표를 우수 평가지표로 정의하고 AV가 회전교차로를 통과함에 따라 변화하는 우수 평가지표를 분석함으로써 회전교차로의 영향권을 도출하였다.

본 연구에서 활용한 방법론과 도출된 결과는 AV 기술의 개발 및 정책 결정에 중요한 기준을 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 기술 개발 측면으로 운전능력이 특히 저하되는 ODD에 특화된 센서 또는 알고리즘 개발을 촉진하여 AV의 인식 능력을 고도화할 수 있다. 또한, AV에 적합한 인프라 가이던스 제공을 통해 혼합교통류 환경의 교통사고를 효과적으로 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서 분석에 활용한 ODD는 회전교차로에 국한되어 있으며, 실제 도로환경에서는 다양한 ODD가 존재한다. 따라서, 다양한 ODD 환경에 대해 본 연구와 동일한 분석을 수행할 필요가 있다.

사사: 이 논문은 2023년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제명: 실도로 기반 Lv.4 자율주행차량 운전능력 평가기술 개발/ 과제번호: RS-2023-00238253)

중요 물체 검출기법을 결합한 운전자 행동 인식 모델

SoSTransformer : Sailent Obeject detection SwinTransformer

김승하
(인하대학교 HCI 연구실,
학부연구원)

김준희
(인하대학교 HCI 연구실,
학부연구원)

권장우
(인하대학교 HCI 연구실,
지도교수)

비디오 데이터 분석의 중요성이 점점 커짐에 따라서 여러 분야에서의 발전과 적용이 빠르게 이루어지고 있다. 특히 교통 안전과 자율주행 차량의 발전은 비디오 분석 기술의 발달과 긴밀하게 연관되어 있다. 교통 안전의 측면에서 운전자의 이상 행동은 주요한 교통사고 원인들 중 하나이다. 본 연구에서는 운전자 행동 인식률을 개선하기 위해 행동 인식 모델에 중요 물체 검출(Sailent Object Detection) 기법을 결합한 NukkiFormer를 제안한다. 이를 통해 운전자의 상태를 더 높은 정확도로 모니터링 함으로써 잠재적인 교통사고를 예방하고, 자율 주행 차량의 발전에 기여한다.

본 연구에서는 운전자의 이상 행동 탐지를 위해 윈도우 기반의 어텐션 메커니즘을 사용하여 정보의 밀도가 불균일한 비디오에서도 우수한 성능을 낼 수 있는 모델인 SwinTransformer에 중요 물체 검출(SOD) 모델인 BasNet을 결합하였다. 데이터가 입력되면 먼저 SOD 모델을 통과하여 중요 물체, 즉 운전자 객체를 검출해낸다. 이후 검출된 운전자 이미지가 SwinTransformer를 통과하며 운전자의 행동을 분류한다.

NukkiFormer의 도입은 특히 정보의 밀도가 높고 변화가 잦은 도로 환경에서 운전자의 주의 분산, 피로, 그리고 다른 위험 행동을 효과적으로 감지하는 데 중점을 둔다. 본 모델의 핵심은 운전자 주변의 복잡한 배경과 관련 없는 객체들을 필터링하여, 분석의 정확도를 극대화하는 것이다. 중요 물체 검출 기법을 결합한 행동 인식 모델은 배경이 아닌 운전자의 모습에 더 집중할 수 있게 되고, 이는 다양한 차량 환경에서의 강건성을 제공한다.

실험 과정에서는 AI HUB에서 제공하는 운전자 비디오 데이터를 사용하였다. 운전 중 발생할 수 있는 이상 행동을 포함한 7가지 행동(졸음 운전, 음주 운전, 물건 찾기, 통화, 휴대폰 조작, 차량 제어, 운전자 폭행)을 클래스로 가지는 비디오 데이터를 통해 모델을 학습 및 평가하였다. 실험 결과, NukkiFormer모델은 Top-1 accuracy에서 81.77%의 성능을 보였으며, 이는 백본이 되는 SwinTransformer의 기존 77.71%를 넘어섬을 확인할 수 있다. 즉 앞에서 SOD 모델인 BasNet의 중요 물체 검출에 의해 한번 처리된 프레임 데이터가 정확도에 영향을 주고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 현재 비디오 분야에서 높은 성능을 보이고 있는 Swin Transformer 계열의 모델들에 대한 base 모델에 대하여 입력에 대해 적절한 처리를 통하여 해당 모델의 성능을 높일 수 있는 가능성을 보여준 실험이다. Swin Transformer의 변종 모델에 대하여 각 분야별 입력에 대한 적절한 처리를 통한 입력으로 모델의 성능을 높여줄 가능성을 보였다.

결론적으로, 본 연구는 운전자의 이상 행동 탐지에 있어서 최근 여러 모델의 base가 되는 Swin Transformer 모델에 대해 입력 단에 SOD 헤드를 달아서 모델이 수행할 기능에 대한 적절한 처리를 통해서 모델의 성능이 상승하였음을 보였다. 이를 통해 다양한 변종 모델들에 대해 각 모델의 입력이 되는 데이터에 대한 분석을 통해 적절한 처리를 이용한다면 전체 모델 성능을 개선 할 수 있는 결과를 확인 가능하였다. 이는 인공지능 모델의 정확한 추론이 필요한 자율 주행 차량 분야에 있어서 다양한 데이터에 대한 적절한 처리를 통한 성능 향상 가능성을 보여주었다. 앞으로 이러한 다양한 고성능 모델들은 실시간 교통 상황 모니터링, 교통 사고 예방, 그리고 자율 주행 시스템의 안정성 및 신뢰성 향상에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 2024 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음 (2022-0-01057)

References

Liu, Z., Lin, Y., Cao, Y., Hu, H., Wei, Y., Zhang, Z., Lin, S., & Guo, B. (2021). Swin Transformer: Hierarchical Vision Transformer using Shifted Windows.

Josh Beal, Eric Kim, Eric Tzeng, Dong Huk Park, Andrew Zhai, and Dmitry Kislyuk. Toward transformer-based object detection. arXiv preprint arXiv:2012.09958, 2020.

Dosovitskiy, A., Beyer, L., Kolesnikov, A., Weissenborn, D., Zhai, X., Unterthiner, T., ... & Houlsby, N. (2021). An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale. *arXiv preprint arXiv:2010.11929*.

Bertasius, G., Wang, H., & Torresani, L. (2021). Is Space-Time Attention All You Need for Video Understanding? *arXiv preprint arXiv:2102.05095*.

Arnab, A., Dehghani, M., Heigold, G., Sun, C., Lučić, M., & Schmid, C. (2021). Vivit: A Video Vision Transformer. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*(pp. 6836-6846).

Haofeng Li, Guanqi Chen, Guanbin Li, Yizhou Yu, "Motion Guided Attention for Video Salient Object Detection," in International Conference on Computer Vision (ICCV), 2019.

라이다 데이터를 이용한 3D Object Detection 최적 방법론 제안 : 라이다 데이터 구조를 기반으로

Proposing an optimal methodology for 3D Object Detection using lidar data : based on lidar data structure

조성은	유성민	유지혜	소재현
(아주대학교 교통시스템공학과 학부과정)	(아주대학교 교통시스템공학과 학부과정)	(아주대학교 교통시스템공학과 학부과정)	(아주대학교 교통시스템공학과 조교수)

자율주행자동차의 상용화가 가속화되며 자율주행자동차와 도로의 차량, 보행자 자전거 등의 도로 이용자들간의 조화로 운 주행이 가능할지에 대한 관심이 높아지고 있다. 이를 위해서는 정확한 3차원 공간 기반의 상황 인지 기술이 필수적이 며 카메라만으로는 인지 성능 한계가 있어 라이다를 활용한 3D 상황 인지 기술을 필요로 한다. 카메라 영상만을 이용해 물체 검출을 할 경우 주변 환경 변화에 민감하여 성능에 영향을 받고, 차량의 깊이 정보, 차량 간의 거리, 차량의 지향 각을 정확히 알 수 없다는 단점이 있다. 따라서 이러한 문제들을 해결하기 위해 최근 자율주행 연구에서는 라이다 데이터를 적극적으로 사용하기 시작하였다. 이때, 라이다 데이터에서 얻어진 3D 포인트 클라우드 데이터는 주변에 대한 2차원적 거리뿐만 아니라 깊이를 포함한 3차원 정보까지 정확히 제공한다.

이러한 3차원 정보가 담긴 3D 포인트 클라우드 데이터는 객체의 정확한 위치, 크기, 형태를 파악하는 데 매우 도움이 된다. 그러나 3D 포인트 클라우드 데이터의 객체 탐지 방법론의 최적화 연구를 통해 데이터를 효율적으로 활용하여 탐지 정확도와 신뢰성을 향상시킬 필요가 있다. 자율주행자동차 시스템은 주변 환경에 대한 정확한 3D 인식을 필요로 하기에 객체 탐지의 정확도와 신뢰성이 높아질수록, 주변 객체를 더 정확하게 인지하며 이는 잠재적 위험 회피에 대한 성능 향 상을 이끌고 자율주행자동차의 안전한 경로 계획까지 도모할 수 있다.

이에 본 연구에서는 라이다 기반의 3D 포인트 클라우드 데이터를 통한 3D Object Detection을 수행하였다. 이를 위해 라이다가 장착된 고정밀데이터 수집차량이 주간에 자동차 전용도로를 주행하며 수집한 데이터를 사용하였으며 해당 차량 이 자동차전용도로 주행 상황에서 맞닥뜨린 다양한 교통환경 데이터에 기반한 모델의 비교를 통해 최적 3D Object Detection 방법론을 제시하였다. 3D 포인트 클라우드 데이터를 이용한 3D Object Detection은 분석 모델에 입력하는 데이터 구조에 따라 다양하며 point와 pixel과 volume이 합쳐진 voxel에 따라 분석 방법론이 달라진다. 따라서 point 구조 기반의 분석과 voxel 구조 기반의 분석, 그리고 point와 voxel이 병합된 구조 기반의 3D Object Detection 모델링을 진행하고 Detection 성능 비교 분석을 통해 최적화된 3D Object Detection 방법론을 제안하려 한다.

본 연구는 자율주행자동차의 신뢰성과 경로 계획의 안전성을 향상시키는 것을 목표로, 라이다로부터 얻은 3차원 포인트 클라우드 데이터를 활용한 3D Object Detection의 최적 방법론을 제안하였다. 이 과정에서, 포인트 클라우드 데이터의 구조적 다양성을 고려하여, point 기반, voxel 기반, 그리고 point와 voxel의 통합 구조 기반의 3D Object Detection 모델을 체계적으로 비교 분석하였다. 본 연구를 통해 자율주행자동차 시스템이 주변 환경을 보다 정밀하게 인식하고, 잠재적 위험을 효과적으로 회피하는 데 필수적인 정보를 제공받으며 자율주행자동차의 안전한 경로 계획 및 실행을 지원함으로써, 자율주행 기술의 전반적인 발전에 기여하고자 한다. 이를 통해 라이다 기반 3D Object Detection 기술에 대한 이해를 심화시키고, 이 분야의 연구 및 개발에 있어 새로운 방향을 제시할 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부 국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 육성사업의 연구비 지원(과제번호 RS-2022-00156089)에 의해 수행되었습니다.

VR 시뮬레이터를 통한 지하도로 환경에서의 운전자 주행행태 분석

Analyzing driver behavior in underground road environments using a VR simulator

김혁진
(서울시립대학교 교통공학과 학부과정)

이동민
(서울시립대학교 교통공학과 및 스마트시티학과 교수)

도시화와 자동차의 대량 보급은 세계 주요 도시들의 교통 수요의 증가를 가져왔으며, 이는 교통시설 공급 부족으로 인한 교통체증 문제를 심화시켰다. 이러한 문제에 대응하기 위한 방안으로 지하도로의 개발이 대두되고 있다. 도로 주변 지역의 높은 지가 등으로 인해 지상 도로의 수평적 확장이 제한되는 상황에서, 지하도로를 통한 입체적 확장은 교통시설의 용량을 증가시킬 수 있는 해결책 중 하나로 부상하고 있다. 지하도로는 연속류로 구성되어 이동성이 확보되며, 지상의 소음 및 대기오염 문제에서 자유롭고 기상 제약을 덜 받는다는 장점이 있어 지속해서 건설되고 있다. 하지만, 지하도로는 지상도로와 달리 폐쇄적이고 어두운 환경에서 주행해야 한다. 또한, 내벽으로 인해 곡선부에서의 시거가 제한되고 지하도로 내 동일한 주행환경의 반복은 운전자의 집중력 저하를 유발할 수 있다. 이러한 지상도로와 다른 환경 특성으로 인해 운전자의 주행행태도 다르게 나타난다. 하지만, 지하도로 내에서의 운전자 주행행태에 관한 연구는 아직 미흡한 상태이며, 구조 시설에 관련된 연구에 치중되어 있다.

이에 본 연구는 지하도로에서의 운전자 주행행태를 밝히기 위해 VR 시뮬레이터를 활용한 연구를 수행했다. 선행연구 검토를 통해 기존 VR 시뮬레이터 연구에서 활용하는 방법론과 지표들을 확인했다. 선행연구에서 검토된 지표들을 바탕으로 본 연구에서는 운전자의 안전에 민감한 안전거리 확보, 충돌 위험성, 차선 유지 능력 및 주의 능력을 확인하고자 공주거리, 정지거리, TTC, SDLP, SD Headway, Completion Time 등 차량 조작과 관련된 주행 지표를 분석했다. 동일한 주행환경에서 지상도로와 지하도로의 운전자 주행행태를 비교 분석하기 위해 신월·여의 지하도로와 같은 기하구조를 가진 3D 기반 VR 시나리오 만들었다. 지상부 도로 또한 동일한 기하구조로 구현한 후 두 시나리오를 비교 분석했다. 피실험자는 30명을 모집하여 실험을 진행했고 본선부 주행행태를 위주로 분석했다. 주행 상황 중에는 선행 차량의 감속, 정지 이벤트를 추가하여 주행행태를 분석했다.

선행 차량이 갑자기 정지하는 상황에서 운전자들은 지상 환경에 비해 지하 환경에서 상대적으로 높은 감속도를 보였고, 그럼에도 정지 시 선행 차량과의 간격은 더 작게 나타났다. 이는 선행 차량의 정지를 인지하기 어려워 안전거리 확보가 어려운 것으로 판단된다. 또한, 지하도로 벽체로 인한 폐쇄적 공간의 영향으로 선행 차량의 속도 변화를 인지하기 어려워 공주 거리가 길게 나타났고 TTC가 짧게 나타나 높은 충돌 위험성이 있는 것으로 판단된다. 추가로 지하도로 환경의 특수성을 고려하기 위해 SDLP, SD Headway, Completion Time 등의 지표를 고안하여 분석했다. SDLP는 차량 중심과 차선 중심의 차이의 합을 주행거리로 나눈 값으로 차선 유지 능력 또는 안정성을 나타낼 수 있다. SD Headway는 주행 중 차두시간의 표준편차를 나타내는 지표로 운전자의 주의 유지 능력을 나타낼 수 있다. Completion Time은 운전 작업을 수행하는 데 필요한 시간으로 전반적인 운전 부하에 따른 주행 능력을 나타낸다. 하지만, 이러한 지표에서는 지상도로와 지하도로 간의 유의미한 차이가 발견되지 않았다. SDLP는 핸들 조향이 거의 없는 직선부 구간에서 변별력이 없었기에 기하구조를 세분화한 분석이 필요할 것으로 보인다. SD Headway는 거리에 따른 변동성을 분석했지만, 주행시간에 따른 집중도와 연관하여 분석할 필요가 있다. Completion Time은 본선부 주행의 다양한 작업 부하보다 주행속도에 의해 지배적인 영향을 받아 변별력이 떨어진 것으로 판단된다. 향후 분류부와 합류부 등 다양한 환경에서 분석을 진행할 때 변별력을 가진 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 서울시에서 운영 중인 지하도로 환경에서 지상부와 비교하여 주행행태가 어떻게 변하는지 살펴볼 수 있었다. 지하도로에서는 선행 차량의 정지나 속도 인식이 어려워 공주거리가 길며 TTC도 짧게 나타나 충돌 위험성이 높기에 추가적인 안전 대책이 필요하다. 본 연구 결과를 통해 지하도로 안전 대책 마련의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 다만, 지하도로의 특수성을 살펴보기 위한 추가적인 지표들은 변별력이 없었기에 이를 보완하여 지하도로만의 특수성을 반영한 주행 행태 분석 연구를 진행할 예정이다.

시계열 머신러닝 기법을 이용한 공항 단기 주차수요 예측: 김포공항 사례를 중심으로

Airport Parking Demand Forecasting using Machine Learning Time Series Models: Case Study for Gimpo International Airport

이창엽
(한국항공대학교, 학사과정)

김현미
(한국항공대학교, 조교수)

김포공항은 국제선과 국내선이 별도의 여객터미널에서 운영 중이며, 주차시설은 국내선 주차장(제1주차장, 제2주차장)과 국제선 주차장(주차장, 주차빌딩)으로 구분되어 있다. 이 중 단기 주차 수요가 높은 국내선 주차장의 경우 여객터미널과 근접하게 위치한 제1주차장의 주차 혼잡이 극심한 상황이다. 2019년의 김포공항 주차장 이용실적을 살펴보면, 국내선 제1주차장은 연중 357일이 주차 면수 대비 80%를 초과, 268일은 주차 면수 대비 100%를 초과하여 주차수요가 발생하였다. 반면, 국내선 제2주차장은 연중 4일만 주차 면수 대비 80%를 초과하여 주차 수요가 발생하였다. 이처럼 김포공항은 국내선 주차장 간 주차수요 및 용량 대비 이용률의 불균형이 존재하며 이로 인해 이면 주차, 장애인구역 불법주차 등이 지속적으로 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 주차장 운영 전략이 수립되어야 하며 이를 위해선 공항 주차장의 단기 수요 예측이 선행되어야 한다.

이에 본 연구에서는 김포공항의 주차장 이용실적과 항공여객운송 실적 데이터, 기상 데이터 등을 분석하여 주차 수요에 영향을 미치는 요인을 선별하고, 시계열 머신러닝 기법을 적용하여 김포공항의 단기 주차 수요 추정 모델을 제시하고자 한다. 연구의 공간적 범위는 주차 혼잡이 발생하는 국내선 제1주차장으로 설정하였다. 우선적으로 공항 주차수요에 영향을 미치는 요인들을 분석하기 위해 제1주차장 입차 대수와 국내선 출발 여객 수를 비교 분석한 결과, 오전 시간대 제1주차장 입차 대수는 2시간 이후 국내선 출발 여객 수와 유사한 증감 패턴을 보였다. 또한 수도권 강수일과 비강수일의 제1주차장 입차 대수를 비교한 결과, 비강수일의 입차 대수가 강수일의 입차 대수보다 일일 평균 94대 더 많은 것으로 나타났으며, 두 집단의 차이는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 주차수요 유발요인을 바탕으로 시계열 머신러닝 기법인 SARIMA, Facebook Prophet, XGBoost를 적용하여 공항 단기 주차수요 예측 모형을 개발하였다. 2019년 1월 1일부터 2019년 9월 30일까지의 시간대별 데이터를 학습 데이터로 설정하여 모형을 구축하고, 2019년 10월 1일부터 2019년 12월 31일까지의 시간대별 입차 대수를 예측하여 실제 관측값과의 비교를 통해 최적 모형을 선정하였다. 분석 결과 ARIMA 기반의 모형으로는 일주일 주기, 06시부터 11시까지의 출발 여객 수를 외생변수로 고려한 SARIMA(1,0,1)(0,1,0) 모형이 가장 우수한 성능을 보였다. Prophet 모형은 06시부터 11시까지의 출발 여객 수를 고려한 모형이 가장 우수한 성능을 보였다. XGBoost 모형은 1시간 이전 시간대의 제1주차장 입차 대수와 06시부터 11시까지의 출발 여객 수를 고려한 모형이 가장 우수한 성능을 보였다. 유형별 선정된 세 모형의 예측 성능을 RMSE(Root Mean Square Error)로 비교하였을 때, XGBoost가 27.70, SARIMA가 33.90, Prophet이 36.02로 XGBoost 모형이 가장 우수한 예측 성능을 보였다. 본 연구 결과는 김포공항 국내선 주차장의 첨두시 운영 전략 수립을 위한 기초 연구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

키워드: SARIMA, Facebook Prophet, XGBoost, 공항주차수요, 기상정보

통행 의사결정의 이질적 구조 추론을 위한 Generative Flow Networks과 Bayesian Networks

Inferring Heterogeneous Structure of Travel Decision Making
Using Generative Flow Networks and Bayesian Networks

임승유
(아주대학교 교통시스템공학과)

이규성
(아주대학교 교통시스템공학과)

김의진
(아주대학교 교통시스템공학과)

1. 서론

불확실한 미래의 통행 패턴의 변화에도 강건한 교통수요모형이 가져야 할 핵심 특성은 통행 패턴 안에서 인과관계를 추론하고, 이를 바탕으로 예측을 수행하는 것이다 (Brathwaite et al., 2018). 이러한 인과관계로부터 착안한 활동기반 교통수요모형(Activity Based Travel Demand Models, ABMs)은 인간의 다차원적인 통행 의사결정 과정을 인과적으로 설명하여 교통수요 예측의 정확성을 높였다 (Lim et al., 2013). 개인의 특정 활동을 실현하기 위해 동반되는 일련의 통행들은 개인의 특성에서부터 비롯된 통행 의사결정 구조에 따라 결정되므로, 사람들이 어떠한 의사결정을 토대로 선택하여 통행하는지에 대한 인과관계를 규명하는 것이 현실적인 통행 패턴의 이해와 예측을 위해 중요하다 (Joubert et al., 2020).

본 연구에서는 개인 속성 정보가 포함된 가구통행조사 자료로부터 통행 의사결정 구조를 DAG(Directed Acyclic Graph)의 형태로 추론하는 Bayesian Network (BN)을 구성하여 통행 의사결정 구조를 분석한다. 기존 BN의 최적 DAG를 찾는 구조학습 알고리즘은 두 가지 문제를 갖고 있다. 첫째, 통행자들의 평균적인 의사결정 구조인 단일 DAG만을 추론하기 때문에 개인의 특성에 따라 다양하게 나타나는 이질적 의사결정 구조를 분석하기에 적합하지 않다. 둘째, DAG의 노드 수가 증가할수록 계산량이 지수적으로 증가하므로 결과에 대한 예측 신뢰도가 낮다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 본 연구는 지도학습 기반의 생성형 모형인 Generative Flow Networks(GFlowNet)(Bengio et al., 2021)을 강화학습 환경에 활용함으로써, 전체 DAG 구조 생성을 위한 결합분포를 Bayesian 관점의 사후분포로 근사하여 다양한 DAG 후보들을 도출하는 모형을 개발했다. GFlowNet은 BN의 구조학습에 활용되며, 이후 구조 내 조건부 확률은 BN을 통해 추정된다. 이를 통해 개인의 특성과 통행 의사결정 간의 관계성을 구조적으로 파악하고자 한다.

2. 자료 및 실험설계

본 연구의 자료수집 수단인 2016년 가구통행 조사자료에서 분석 대상지역을 인구밀도와 통행 발생도가 높은 서울시로 한정하였다. 또한, 분석 대상자를 하루 동안의 총 통행수가 4번 이하이며 만 14세 이상인 사람들로 한정하였다. 가구통행조사에서 가구 및 개인 특성과 통행 의사결정을 반영하여 GFlowNet-BN에서 사용된 변수 목록은 다음과 같이 설정하였다. 첫째로, 개인 특성을 의미하는 변수로 운전면허 보유 여부, 고용 여부, 자동차 보유대수 총 세 종류의 변수를 활용하였다. 둘째로, 통행 의사결정 기준을 반영하는 변수로 통행목적, 도착시간대, 통행시간, 교통수단 총 네 종류의 변수를 선정하였다. 이와 같은 사회경제적 지표와 의사결정을 반영하는 변수들은 사회 구성원의 특징을 대표하기 위해, 그리고 GFlowNet-BN으로 DAG를 강화 학습하는 과정에서 likelihood-equivalence Bayesian Dirichlet(BDe) 점수를 보상점수로 활용하기 위해 모두 범주형 변수로 구성하였다.

선행 연구에서 개인 특성 변수들로 인구생성 이후 통행목적, 도착시간대, 통행시간, 교통수단을 선택하는 순서로 의사결정을 하는 것을 가정하고서 구조를 학습하였으나, 이를 확장하여 본 연구에서는 GFlowNet-BN의 생성 모델을 통해 비어있는 구조에서부터 의미있는 여러 DAG들을 추출함으로써 개인 특성에 따라 달라지는 의사결정 구조를 분석하여 통행 패턴 맥락을 이해하고 해석하는 것을 결과로 제시한다.

3. 연구결과 및 결론

GFlowNet-BN이 학습한 사후분포를 기반으로 만들어진 다양한 통행 의사결정 구조를 통해, 구조를 미리 가정하여 학습하지 않았음에도 전반적으로 통행 순서에 따라 그래프의 구조가 형성되었으며 해석할 수 있는 인과관계로 구성되었음을 보아 합리적인 의사결정 구조를 도출하였음을 정성적으로 판단할 수 있다. 다시 말해, 앞 순서의 통행이 뒷 순서의 통행에 영향을 주고 있음이 확인되므로 이러한 관계는 시간적 요소가 내포되었다고 해석할 수 있으며, 이는 "도착시간대"와 "교통수단" 변수 간 연결된 노드들을 통해 분석할 수 있다. 또한, 의사결정 구조에서 마지막 순서의 노드로"통행목적"이 설정되었으므로 다른 통행 변수들의 관계를 통해 개인이 어떠한 활동을 하였는지 추론할 수 있다. 또한, 서로 다른 구조들을 비교함으로써 통행 의사결정에 어떠한 차이가 있는지를 행동 이론에 기반하여 분석할 수 있다. 추가로, GFlowNet-BN에 대한 정량적 평가를 위해 BN의 기존 구조학습 알고리즘인 Bayesian Search와 비교한 결과 MAE의 측면에서 더 우수한 결과가 도출됐다. 그러므로 본 연구에서 도출된 통행 의사결정의 이질적 구조들을 통해, GFlowNet-BN 모형은 현실 속에서의 복합적인 통행 원리를 파악할 수 있음을 시사한다.

References

BRATHWAITE, Timothy; WALKER, Joan L. Causal inference in travel demand modeling (and the lack thereof). Journal of choice modelling, 2018, 26: 1-18

임광균; 김시곤; 정성봉. 교통수요 예측을 위한 활동기반 접근 방법: 경향과 작용현황 고찰: 경향과 작용현황 고찰. 대한토목학회논문집, 2013, 33.2: 719-727.

JOUBERT, Johan W.; DE WAAL, Alta. Activity-based travel demand generation using Bayesian networks. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2020, 120: 102804.

BENGIO, Emmanuel, et al. Flow network based generative models for non-iterative diverse candidate generation. Advances in Neural Information Processing Systems, 2021, 34: 27381-27394.

DELEU, Tristan, et al. Bayesian structure learning with generative flow networks. In: Uncertainty in Artificial Intelligence. PMLR, 2022. p. 518-528.

AI 기반 교통신호 최적화 기법의 개발과 평가

Development and Evaluation of AI-Based Traffic Signal Optimization Method

최범규	권의영	권순규	차정은	김회경
(동아대학교 컴퓨터공학과 학부생)	(동아대학교 컴퓨터공학과 학부생)	(동아대학교 컴퓨터공학과 학부생)	(동아대학교 도시공학과 학부생)	(동아대학교 도시공학과 교수)

급격한 도시화와 차량 이용률의 지속적인 증가는 도시 전반에 걸쳐 교통 혼잡, 환경오염, 사고 위험 증가와 같은 도시교통 문제를 발생시켜 궁극적으로 도시의 지속 가능성과 삶의 질을 저해하고 있다. 본 연구는 인공지능(AI) 기술의 최신 발전을 바탕으로, 복잡한 도시 교통 환경에서의 신호 시스템 최적화 기법을 개발하고 실증적인 결과 도출하여 평가하는 것으로 목표로 한다.

교통 혼잡의 중심지에서 발생하는 복잡한 교통 패턴을 분석하고 이를 개선하기 위해 LSTM(Long-Short Term Memory), DNN(Deep Neural Network)과 같은 딥 러닝 모델을 적용하며, 실시간으로 변화하는 교통흐름을 예측하고 이에 기반한 교통신호 최적화 방안을 개발한다.

실제 교통 데이터를 기반으로 한 예측 모델은 교통량, 속도, 요일 및 공휴일의 영향 등 다차원의 변수가 포함되어 있으며, 연구에서는 이를 종합적으로 분석하고 교차로를 통과하는 차량의 효율성을 극대화하고자 한다. 이를 위해 유전 알고리즘과 같은 최적화 기법을 활용하여, 각기 다른 시나리오에 대해 가장 효율적인 신호 파라미터의 조합을 찾아낸다.

개발된 AI 기반 프레임 워크는 교차로 내 차량 평균 속도를 9.6% 향상시켜, 연산교차로를 통과하는 차량에 대해 하루 총 384시간을 절약할 수 있는 가능성을 확인하였다. 이는 통행 시간 감소뿐만 아니라, 연료 소비 절감과 배출 가스 감소와 같은 환경적 이점도 기대할 수 있다.

향후 연구에서는 교차로 내 전체 데이터를 확보하여 모델의 성능을 지속적으로 개선해 나갈 계획이다. 이를 통해 더욱 정교한 교통 상황 예측 및 최적화 모델을 개발하고, 차량의 지체와 대기행렬의 길이를 감소시키는 방안을 도출할 것이다. 뿐만 아니라, 연구 범위를 단일 교차로에서 연속된 교차로 네트워크로 확장하여 광범위한 교통 시스템의 개선 효과를 극대화하고자 한다. 본 연구에서 제안하는 AI를 통한 교통신호 최적화 기법은 부산시뿐만 아니라 다른 도시의 교통 체계 개선에도 적용 가능한 기술이라고 판단된다.

사사: 본 연구는 동아대학교 컴퓨터공학과 교과목 도전학기I의 결과물입니다.

학생위원회 학부생 포스터 발표

특별 Session D-10

세미나홀

수요응답형 교통수단 도입에 따른 지역별 버스통행량 예측 모형 구축: 인과관계 분석을중심으로

조한결, 김의진

IoT 센서를 이용한 시설물의 변위 분석 방법

김민건, 유덕현, 윤창원

COVID-19 이후 통행 패턴의 복합성 분석: 서울시 중심업무지구의 통근행태를 중심으로

김지수, 김의진

Entropy Rate를 활용한 Parking Regularity에 영향을 미치는 운전자 및 차량이용 특성 분석

이기준, 이청원

대중교통 수단 분담률 향상을 위한 시나리오: 반사실 설명에 기반하여

이규성, 임승유, 김의진

MFCC를 이용한 엔진음 분류 시스템에 대한 연구

허진, 이재명

수요응답형 교통수단 도입에 따른 대중교통 수단전환: 인과추론 접근법

Modal Shift toward Public Transit by Introduction of Demand-Responsive Transit: A Causal Inference Approach

조한결
(아주대학교 교통시스템공학과)

김의진
(아주대학교 교통시스템공학과)

1. 서론

최근 대중교통 소외지역에 기존의 농어촌버스를 대체하는 수요응답형 교통수단(Demand Responsive Transit, DRT)이 도입되면서 DRT와 관련된 수요모형에 관련된 연구들이 활발하게 이루어지고 있다(Lee et al., 2023). 또한, 특정한 사건의 발생에 따른 인과관계를 추론하는 모형에 관한 연구도 교통계획 분야에서 활발히 이뤄지고 있다(Sung H G., 2023). 여기서 DRT 수요모형의 핵심은 DRT가 시내버스와 같은 기존 대중교통수단의 수요에 어떠한 영향을 미치는지 파악하는 것으로, 이를 위해 DRT 도입과 대중교통 수요의 변화 사이의 명확한 인과관계를 도출하는 것이 필요하다.

DRT에 관한 연구들은 주로 운영비용과 경로 선정 등 노선 측면의 미시적인 관점에서의 운영에 관한 연구들이 대부분이며(Park et al., 2019), DRT가 운영 중인 지역 관점에서의 대체 교통수단과의 관계 및 거시적인 교통수요예측의 관점에서 바라본 연구는 부족하다. 수요응답형 교통수단을 효율적으로 운영하기 위해서는 DRT 및 기존 대중교통수단의 수요에 영향을 미치는 요소들이 무엇인지 분석하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 DRT가 도입되기 이전과 도입된 후 버스 통행량에 유의미하게 영향을 미치는 변수들이 어떻게 다른지 확인하였다. 그 후 도입 전 자료로 학습한 버스 통행량 예측모형으로 도입 후 버스 통행량을 예측한 후 이를 도입 후 실제 대중교통(버스+DRT) 통행량과 비교하여, DRT 도입이 유발한 대중교통(버스+DRT)으로의 수단 전환량을 도출했다. 마지막으로 이러한 DRT 도입의 영향력이 지역에 따라 어떻게 달라지는지 설명하기 위해 대중교통 서비스 수준, 사회경제적 속성 등을 활용했다.

2. 자료 및 실험설계

본 연구의 공간적 범위는 실제 DRT가 운행되어 충분히 상용화된 지자체인 충청북도 청주시를 대상으로 했으며, 데이터는 DRT가 도입된 2023년 전후 4개월의 청주시 시내버스 및 DRT 승하차량을 활용했다. 또한 버스 통행량 예측모형 구축을 위해 해당 기간의 청주시의 기상데이터 및 공휴일 여부 등을 활용했으며, 그 외 지역에 따른 DRT 도입 영향력 분석을 위해 청주시 시내버스의 배차간격, 지역별 인구밀도, 지역별 주차요금, 지역별 고속철도 오송역 접근성 및 지역별 사회경제적 지표(65세 이상 고령자 비율, 가구원수, 고용률)를 사용하였다.

DRT 도입 전과 도입 후의 버스 통행량 예측을 위한 시계열 모형은 Bayesian Structural Time Series (BSTS) 모형을 활용하였다(Moraffah et al., 2023). 반응변수로는 버스 통행량 예측을 진행하는 청주시의 DRT 도입지역의 버스 통행량을 활용하였으며 공변량으로는 각 DRT 도입지역의 버스 통행량과 유사한 성격을 가지고 있는 청주시의 DRT 미도입 지역의 버스 통행량을 활용하였다. 또한, DRT가 유발한 수단 전환량이 큰 지역과 작은 지역의 대중교통 서비스 수준, 사회경제적 속성을 비교하여 영향요인을 도출하였다.

3. 연구결과 및 결론

우선 DRT 도입 전과 도입 후 버스통행량 예측에 영향을 미치는 시계열 독립변수들을 비교한 결과, 공통적으로 평균기온이 지역별 버스 통행량에 가장 큰 영향을 미치고 평균 운량, 주말 여부에 대한 변수가 그다음으로 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 또한, DRT 도입에 따른 수단전환 효과를 보기 위해서 DRT가 도입되지 않은 시점의 데이터와

DRT 미도입지역의 데이터로 실제 DRT가 도입된 시점의 대중교통(버스+DRT) 통행량과 DRT가 도입된 시점에서의 버스 통행량을 예측한 값의 차이를 비교한 결과 11개의 DRT가 도입된 읍면들 중 내수읍, 미원면, 북이면, 오송읍, 오창읍, 옥산면, 현도면의 7개 읍면 지역에서 유의미한 수단 전환이 발생했음을 확인했다. 즉, 이들 지역에 DRT를 포함한 대중교통 수단분담이 유의미하게 상승한 결과가 나타났다. 마지막으로 수단 전환이 발생한 지역들 중 수단 전환량이 가장 큰 지역(오창읍)과 낮은 지역(북이면)의 비교분석 결과 인구밀도와 대중교통의 서비스 수준이 유의미한 요인으로 도출됐다.

References

Lee, J. H., Kim, J. W., Jung, J. H., & Kim, J. H. (2023). The Relationship Between Built Environment and the Ridership of Demand Responsive Transit Using Direct Demand Model: A Case Study of Yeongjong Island, Incheon, 2023, 1-14.

Sung, H. (2023). Causal impacts of the COVID-19 pandemic on daily ridership of public bicycle sharing in Seoul. Sustainable cities and society, 89, 104344.

Park, K. J., Song, K. W., & Jung, H. Y. (2019). A study on the route selection method for demand response transport (DRT) replacement for bus services in vulnerable areas: Focused on region vulnerable to public transportation of Gyeongsangnam-do in Korea. Journal of Korea Planning Association, 54(4), 71-78.

Moraffah, R., Sheth, P., Karami, M., Bhattacharya, A., Wang, Q., Tahir, A., ... & Liu, H. (2021). Causal inference for time series analysis: Problems, methods and evaluation. Knowledge and Information Systems, 63, 3041-3085.

IoT 센서를 이용한 시설물의 변위 분석 방법

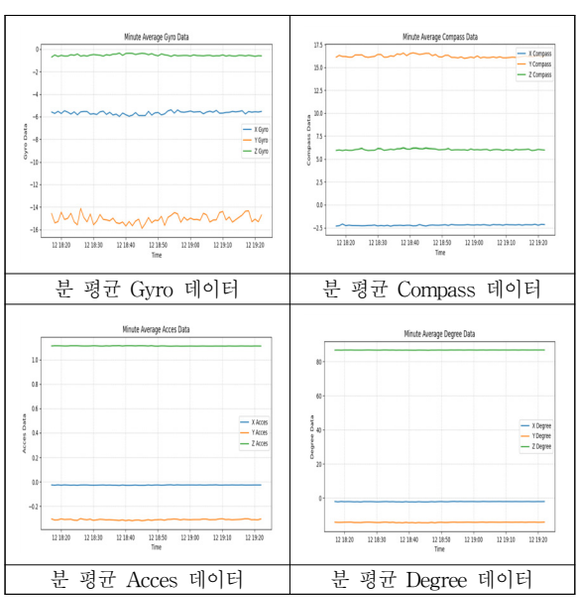
Facility Displacement Analysis Method Using IoT Sensor

김민건
(동서대학교 인공지능응용학과 4학년)

유덕현
(동서대학교 컴퓨터공학과 3학년)

윤창원
(동서대학교 인공지능응용학과 교수)

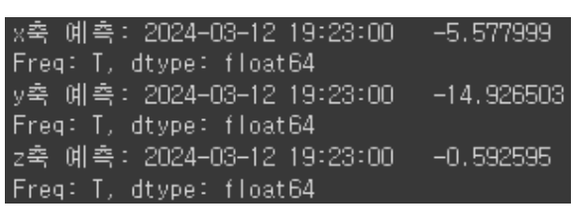
우리나라는 1920년대부터 점차 도시화가 진행됨에 따라 도시의 규모가 확대되고, 도시적 생활양식이 전국적으로 확산이 되면서 100년이 지난 현재 2024년, 30년 이상 된 노후화된 시설물들은 급증할 것으로 예상되고 있다. 이러한 시설물에 대하여 심각한 위험을 사전 예방하기 위해서 시설물의 상태에 대한 적정수준의 관리가 필요하다. 본 논문에서는 부산시 사하구 **대학교 S3 공학관 건물을 대상으로 2024.03.07.~2024.03.15. 기간 동안 IoT 센서를 활용하여 건물의 기울기, 침하 등에 연관된 데이터를 취득하여 파이썬을 통하여 정제한 후 비-계절성 ARIMA 모델을 이용하여 시설물의 안전상태를 살펴보았다. matplotlib을 활용하여 정제된 데이터를 시각화하였고, ARIMA 비-계절성 모델 활용하여 Date Time에 따른 예측 값을 추출하였다. 또한 이에 따른 예측 값을 정제된 데이터와 비교 분석을 실행하여 예측 값이 정상범위 내에서 출력되는 것을 확인할 수 있었다. 이를 바탕으로 정제된 데이터 그래프를 통하여 1차 분석을 진행하고, ARIMA 시계열 예측 값으로 2차 분석을 진행하는 변위 분석 방법을 제시한다. 향후 노후화 건물들의 빅데이터를 구축하고, ARIMA 및 LSTM 모델을 통하여 신뢰도를 높이는 방안과 시설물의 수명 예측 및 수명 연장을 위한 유지 보수 방안을 중심으로 추가적인 연구를 진행할 계획이다.



분 평균 Gyro 데이터 | 분 평균 Compass 데이터

분 평균 Acces 데이터 | 분 평균 Degree 데이터

<그림 1> 분 평균 데이터 정제 자료



<그림 2> gyro x, y, z 축 ARIMA 시계열 예측 값

본 논문에서는 IoT 센서 데이터와 ARIMA 모델을 활용한 시설물의 변위 분석 방법을 제시하였다. 제시한 분석 방법을 토대로 다양한 시설물에서 장기적으로 활용될 경우 시설물의 상태를 신속하고 객관적으로 분석할 수 있으며, 시설물 점검을 하는데 실용적인 방안으로 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

사사: 본 성과는 정부(중소벤처기업부)의 재원으로 수행된 연구데이터 (과제번호:RS-2023-00257195)를 기반으로 수행되었음

COVID-19 이후 통행 패턴의 복합성 분석: 서울시 중심업무지구의 통근행태를 중심으로

Complex Analysis of Commuting Patterns Post-COVID-19: Focus on Commuting Behavior in Seoul's CBD

김지수
(아주대학교 교통시스템공학과)

김의진
(아주대학교 교통시스템공학과)

1. 서론

통행은 개인의 활동 목적을 실현시켜주는 일상에서의 연결 고리 중 하나이며, 그 중 통근을 목적으로 하는 통행은 도시 내부에서 가장 많은 비중을 차지하고 있다(Park et al., 2020). 이는 도시 내 교통 혼잡에 가장 큰 영향을 주는 요인으로 직결되며, 이러한 통근 통행의 주요 특징은 제한된 시·공간적 범위 내의 단일적인 통행이라는 점이다. 그러나, COVID-19 이후 재택근무와 유연근무가 등장함에 따라 출퇴근 시간의 제약이 점차 사라지고 있으며, 탄력적인 근무를 선호하는 사람들이 증가함에 따라 회사들도 근로 환경을 개선하고 있다(Lee et al., 2023). 이처럼 변화하는 흐름에 맞춰 유연근무를 자유롭게 허용하는 직종도 있으나, 산업 및 기업 특성으로 인해 이러한 흐름이 반영되지 못하는 경우들이 공존한다. 그러므로, 도시 내부 통행이 가장 많은 서울시를 대상으로 이러한 사회적 변화를 통행 패턴의 변화를 중심으로 구체적인 분석을 진행하는 것을 본 연구의 목적으로 설정한다.

서울시는 크게 3개의 중심업무지구(CBD)로 구성되어 있으며 유사 직종끼리 특정 지역에 밀집되어있어 통근 통행의 분석 대상으로 적합하다(Seo., 2013). 즉, 중심업무지구의 통근자들을 통해 나이, 성별과 같은 개인 특성과 업종별 사업체 규모와 같은 업무지구 특성을 분석하여 COVID-19 이후의 통근 통행에서 시·공간적 범위 내의 복합적인 통행이 이루어지고 있음을 분석하려 한다. 이를 바탕으로, 사람들의 통행 목적과 통행 정보가 담긴 KT 생활이동데이터 자료를 통해 시간적 범위에서 퇴근 통행(퇴근시각 및 통근시간)에 대하여 최적의 군집 분석을 수행한 이후, 랜덤 포레스트를 활용하여 공간적 범위 안에서의 통행 패턴을 설명하는 모형을 개발하고자 한다.

2. 자료 및 실험설계

본 연구의 공간적 범위는 KT 생활이동데이터 자료(2021년)에서 균일한 행동 특성을 보일 것으로 예상되는 서울특별시로 한정하였고, 이때 더욱 세밀한 공간적 분석을 위해 3개의 업무지구에서 5개의 업무지구로 확대하였다. 시간적 범위는 일상적인 통행이 일어나는 목요일의 통행으로 한정하였으며, 직장에서 집으로 이동하는 퇴근 통행 목적(WH, Work to Home)으로 한정하였다.

KT 생활이동데이터 자료에서 개인 특성과 업무지구 특성을 반영하여 랜덤 포레스트에서 사용된 변수 목록은 다음과 같이 설정하였다. (1)개인 특성을 의미하는 변수로 성별, 나이, 퇴근 시각, 통근 시간(평균 이동 시간) 총 네 종류의 변수를 활용하였고, (2)업무지구 특성을 의미하는 변수로는 업종별 사업체 규모, 구별 가구 수, 구별 소득분위, 구별 버스PT거리, 구별 지하철역PT거리, 구별 공시지가(원/m^2) 총 여섯 종류의 변수를 활용하였다. 그리고 KT 생활이동데이터의 퇴근 시각과 통근 시간으로 군집 분석한 결과값을 종속변수로 활용하였다. 이때 개인 특성을 의미하는 변수 중 퇴근 시간과 통근 시간을 제외한 변수들은 데이터 수집된 형태에 따라 모두 범주형 변수로 구성하였다.

군집 분석에 있어서 K Means와 GMM(Gausian Mixture Model) 알고리즘에 대한 2가지 경우와 Nomalization와 Standardization feature Scaling에 대한 2가지 경우, Cluster 개수가 2~10인 9가지 경우, 총 36가지 경우의 수에 대해 시도하고 Log-Likelihood 값이 가장 높은 값을 가지는 GMM Nomalization(군집 개수 6)으로 선정하였다.

그리고 해당 군집 분석 결과를 타겟변수로 설정하여 랜덤 포레스트 모형을 구축하고, 이를 통해 통근 패턴에 영향을 미치는 변수 중요도 및 SHAP 결과를 분석함으로써 통근에 영향을 미치는 주요 변수들을 도출한다.

3. 연구결과 및 결론

10가지 설명변수로 구성된 랜덤 포레스트 모형 기반 분석 결과, '통근 패턴에 영향을 미치는 주요 변수'로 크게 3가지 종류가 나타났으며 (1)나이, (2)업종별 사업체 규모, 그리고 (3)성별로 산정할 수 있었다. 이와 같은 본 연구의 결과는 개인 특성 변수와 업구지구 특성 변수들이 통근 패턴에 유의미한 영향을 미친다는 것을 알 수 있으며, 더 나아가 COVID-19 이후 중심업무지구에 대한 통근 행태를 시사한다. 뿐만 아니라 퇴근 통행에 대한 최적의 군집 분석 결과를 통해서 군집별 시·공간적 특성 분석과 업무지구별 군집 분포 분석을 이끌어내었으며, 이로써 통근 패턴에 영향을 미치는 변수들을 기반으로 통행 행태 맥락에서의 복합성을 설명하였다.

References

Park, Seunggwan, Woo, Myungje. (2022). A Study on Urban Spatial Structure and Major Factors Associated with Jobs-Housings Balances: Focusing on the Job-Housings Index Reflecting Commuting Distance and Spatial Regression Analysis. 한국지역개발학회 학술대회, 556-574.

JiYoung Lee, GyuHyun Kwon. (2023). A Study on the factors influencing Employees' Acceptance intention to Work From Home: Focusing on Organizational culture and Technical aspects. Journal of Korea Technology Innovation Society, 26(6), 791-816.

Seo, Kyoung Hee, Lee, Young Min. (2023). A Study on the Effect of Flexible Work System on Work and Life Satisfaction of Workers during COVID-19. THE JOURNAL OF SOCIAL SCIENCE, 30(3), 25-48.

Min Cheol Seo. (2013). The Functional Changes of Seoul CBD between 1997 and 2013. 국토지리학회지, 47(3), 303-321.

Entropy Rate를 활용한 Parking Regularity에 영향을 미치는 운전자 및 차량이용 특성 분석

Exploring the Impact of Driver and Car Usage Characteristics on Parking Regularity Using Entropy Rate

이기준
(서울대학교 건설환경공학부, 학사과정)

이청원
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

최근 주거 지역에서의 주차 문제가 심각하며, 균형 잡힌 도시 교통시스템을 개발하고 유지하기 위해 효과적인 주거지 주차 정책이 중요하다. 주차 정책을 개발하는 데 있어 운전자들의 주차패턴 특성을 고려할 필요가 있다. 주차패턴과 개인 특성을 함께 고려한 기존 연구는 Parking Regularity에 대한 정량적 분석이 부족했다. 본 연구는 운전자들이 일주일간 거주지 주차면에 주차한 시간대를 응답한 설문으로부터 Entropy Rate를 추정하였다. Entropy Rate는 사건이 발생한 순서와 반복되는 정도를 모두 고려하여 사건의 나열이 가진 규칙성을 정량화할 수 있는 특성이 있어 이를 거주지 주차면에 대한 Parking Regularity 지표로써 활용하였다. 추정된 Entropy Rate는 0과 1 사이의 단위 구간에 분포해 있고 0도 일부 포함하고 있어, Zero-Inflated Beta Regression을 활용하여 운전자 특성과 차량이용 특성이 거주지에서의 Parking Regularity에 미치는 영향을 분석하였다. 모형 추정 결과, 운전자 특성 중에서는, 30대 이하인 경우와 단독주택에 거주하는 경우, 배우자가 있는 경우, 동거자가 없거나 1명인 경우 거주지 주차장을 더 불규칙하게 이용하는 것으로 나타났으며, 직장인 혹은 월 평균 소득이 300만 원 미만인 운전자는 더 규칙적인 거주지 주차패턴을 가지는 것으로 나타났다. 차량이용 특성 중에서는, 동승자가 없거나 거주지에서 노외주차장에 주차하는 운전자의 경우 더 규칙적으로 거주지에 주차하는 경향이 있었다. 추가로, 나이대와 거주 주택 유형, 동거자 수, 직업, 동승자 수, 거주지 주차장 유형이 Entropy Rate 분포의 분산에 유의하게 영향을 미치는 것으로 밝혀졌으며, 거주지 주차패턴이 매일 동일한 운전자(Entropy Rate = 0)의 비율은 운전자 특성에 따라 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과를 고려할 때, 계획단위의 운전자 특성과 주차패턴을 함께 고려하여 주거지 주차 정책을 수립할 필요가 있을 것이다.

대중교통 수단 분담률 향상을 위한 시나리오: 반사실 설명에 기반하여

Scenario for Improving Public Transportation Modal Share: Based on Counterfactual Explanations

이규성 (아주대학교 교통시스템공학과)
임승유 (아주대학교 교통시스템공학과)
김의진 (아주대학교 교통시스템공학과)

1. 서론

전 세계의 대도시에서는 차량 보급의 증가에 따른 교통혼잡과 대기 오염이 주요 관심사이다(Haghshenas et al., 2012). 특히, 대중교통 수단분담률의 증가는 지속 가능한 교통을 위한 중요한 요인으로 인식되며, 각 지자체에서는 대중교통 수단분담률 목표치를 설정하고, 이를 달성하기 위한 정책을 수립하고 있다. 그러나 대중교통 수단분담률 목표치 달성을 위한 직접적인 방안을 제시하는 방법론이 없어 구체적인 정책 수립에 어려움이 있다.

본 연구는 인과관계를 설명하는 새로운 데이터 기반 기법인 반사실 설명(Counterfactual Explanation)을 활용하여 대중교통 수단분담률을 높이는 구체적인 조건을 도출하고자 한다. 반사실 설명은 지도 학습 모형에서 사용되는 분석기법으로 특정 데이터 포인트에 대한 모형의 예측이 원하는 예측이 아닐 때 이를 원하는 예측으로 바꾸기 위해 입력변수를 어떻게 변화시켜야 하는지 예제 기반으로 설명한다. 즉, 모형 내 각 변수의 인과적 관계를 설명하는 것이 아닌 원하는 예측을 어떻게 달성할 수 있는지 실질적인 예시를 제공하므로 복잡한 기계 학습 모형에도 범용적으로 활용할 수 있다(Verma et al., 2020).

본 연구에서는 반사실 설명을 활용하여 대중교통 수단분담률이 낮은 지역에 대해 목표 수단분담률을 설정하고 해당 목표를 달성하기 위한 조건을 도출한다. 이를 통해 직관적인 대중교통 수단분담률 증가 방안을 제시하고자 한다.

2. 자료 및 실험설계

본 연구는 개인 통행실태조사 자료(2021년)를 활용하고, 공간적 범위는 서울특별시로 한정한다. 분석에는 행정동별 대중교통 수단분담률, 평균 공시지가, 고용밀도, 인구밀도, 인구 대비 고용 비율, 지하철역 밀도, 버스 정류장 밀도, 도로밀도, 차량 통행시간/대중교통 통행시간, 차량 연료비/대중교통 교통비의 총 10개 변수를 활용하였으며, 이 중 행정동별 대중교통 수단분담률을 종속변수(연속형 변수)로 설정한다. 서울시 426개 행정동 특성을 나타내기 위한 자료들은 기존 통계 데이터를 사용하였고, 차량과 대중교통 각각의 이동시간과 비용은 행정동 중심 간의 이동을 기준으로 웹 크롤링한 데이터를 사용하였다.

Random Forest(RF) 모형을 학습시킨 후 변수 중요도가 높고, 실제 대중교통 정책으로 연계되는 변수를 Actionable 변수로 설정한다. Actionable 변수는 원하는 예측(수단분담 목표치)을 달성하기 위해 조절할 수 있는 변수다. 대중교통 수단분담률 목표치 달성 시나리오는 RF 모형이 대중교통 수단분담률을 잘 묘사하는 행정동 중(오차 2% 미만), 대중교통 수단분담률이 가장 작은 행정동을 대상으로 생성했다. 이후 Diverse Counter Factual Explanations(Dice) 모형을 통해 목표 행정동의 대중교통 수단분담률 5%, 8% 상승을 위해 Actionable 변수를 최소로 조정하는 반사실 설명 예제를 각각 도출한다. 즉, 목표 수단분담률을 달성하기 위해 조정되어야 하는 가장 효율적인 방안(행정동의 특성)과 그 조정된 값을 확인하고, 각각의 특성별로 벤치마킹을 위한 가장 유사한 행정동을 도출한다. 앞선 과정들을 통해 목표 행정동의 대중교통 수단분담률 상승을 위한 대안 제시를 반사실 설명을 활용하여 직관적으로 제시하고자 한다.

3. 연구결과 및 결론

행정동별 차량 통행시간/대중교통 통행시간, 차량 연료비/대중교통 교통비, 버스 정류장 밀도, 지하철역 밀도, 도로밀도 총 5개의 Actionable 변수를 선정하였고, RF 모형을 통해 가장 예측이 잘되며 대중교통 수단분담률이 작은 행정

동을 도출하여 목표 행정동으로 설정하였다. 목표 행정동을 기반으로 Dice를 통해 생성된 반사실 설명을 생성한 결과는 다음과 같다. 본 연구의 목표 행정동 중 하나인 성북구 정릉4동의 대중교통 수단분담률은 46%로 나타났다. 이를 5% 상승시키기에 가장 효과적인 Actionable 변수 조합은 차량 통행시간/대중교통 통행시간과 지하철역 밀도이며 이들을 각각 0.56, 0.32개/km^2에서 0.7, 0.71개/km^2로 향상해야 한다. 즉 버스 전용 차로, 대중교통 접근성 개선, 배차간격 조정을 통해 대중교통 통행시간을 25% 감소시키고, 지하철 밀도를 약 2배 높여 대중교통 목표치를 달성할 수 있다. 이에 대한 벤치마크로는 차량 통행시간/대중교통 통행시간을 양천구 신계 4동의 수준으로 향상해야 하고, 지하철역 밀도는 영등포구 여의도동의 수준으로 증가해야 한다. 8% 상승에 가장 효과적인 Actionable 변수는 차량 통행시간/대중교통 통행시간과 버스 정류장 밀도이며, 이들을 다양한 대중교통 정책들을 통해 각각 0.56, 10.9개/km^2에서 0.72, 24.7개/km^2로 향상해야 한다. 구체적으로는 차량 통행시간/대중교통 통행시간이 노원구 상계10동 수준으로 향상해야 함을 의미하고, 버스 정류장 밀도가 성북구 동선동 수준으로 향상해야 한다. 본 연구에서 도출한 결과를 통해 목표 행정동의 대중교통 수단분담률 상승 목표치에 따른 Actionable 변수의 조정값을 알 수 있으며 해당 값을 다른 행정동과 비교하여, 목표 행정동에 대해 직관적인 대중교통 정책의 방향성을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

References

HAGHSHENAS, Hossein; VAZIRI, Manouchehr. Urban sustainable transportation indicators for global comparison. Ecological indicators, 2012, 15.1: 115-121.

VERMA, Sahil; DICKERSON, John; HINES, Keegan. Counterfactual explanations for machine learning: A review. arXiv preprint arXiv:2010.10596, 2020, 2.

MFCC를 이용한 엔진음 분류 시스템에 대한 연구

A Study on Engine Sound Classification System Based on Machine Learning Using MFCC

허진
(한국공학대학교 전자공학부)

이재명
(한국공학대학교 전자공학부)

엔진을 정확히 분류하는 것은 자동차 생산 공정에서 중요한 품질관리 요소일 뿐만 아니라, 엔진의 수리 및 유지보수에 있어 중요한 과제중 하나이다. 그 중 엔진의 소음을 이용해 엔진을 분류하는 것은 청음훈련을 통해 고도로 숙달된 엔지니어들의 노하우로 꼽힌다. 하지만 이러한 청음훈련을 통해 엔진을 구분하는 것은 긴 시간과 노력이 필요할 뿐만 아니라, 검사자의 피로도, 집중력 등 주관적 요인에 영향을 받는다. 따라서 본 연구에서는 자동차 엔진의 음향적 특성을 이용해 장치의 음향 데이터를 기반으로 신경망을 훈련시켜 엔진을 구별하는 시스템을 제안한다.

작동음의 데이터 수집을 위해 가상 엔진과 실제 엔진음을 병용하였다. 가상 엔진을 사용함으로서 엔진의 개수 뿐만 아니라 엔진의 속도, 노이즈에 따른 다양한 엔진음 데이터를 수집하여 다양한 상황에서의 엔진음을 학습 및 평가에 사용하였다.

수집한 작동음은 푸리에 변환을 적용해 주파수 대역에서 표현하고, 이를 시간의 변화에 따라 나타내는 Short Time Fourier Transform 알고리즘을 사용해 Spectrogram으로 나타낸 후, 인간의 귀 특성을 이용한 Mel-Filter를 적용해 Mel-Spectrogram으로 변경한다.

그 후 Discrete Cosine Transform을 적용해 Cepstral 계수를 추출해 Mel-Spectrogram의 행렬을 압축해 특징 벡터화 시킴으로서 연산량을 낮춘 MFCC(Mel-Frequency Cepstral Coefficient) 데이터를 1차원 배열로 Reshape하여 학습 및 평가에 사용하였다. MFCC는 음성분야에서 많이 활용되는 방법이었지만, 최근의 연구에서는 생체 신호처리, 전기부하 신호판별, 모터의 고장 판별 등에서도 사용되고 있다.

추출한 데이터를 0.5초 간격으로 나눈 후, 변환시킨 MFCC 데이터를 이용해 완전 연결 신경망과 SVM(Support Vector Machine)을 학습시키고 테스트 데이터셋을 통해 성능을 평가하였다. 종 성능 평가 결과 MFCC 데이터를 0에서 1까지 Normalization 했을 때 완전 연결 신경망의 경우에는 99.96%, SVM의 경우에는 100%의 정확도를 보였다. Normalization을 진행하지 않은 raw data의 경우에 완전 연결 신경망은 100%, SVM 모델은 99.96%의 정확도를 보였다. 따라서 설계한 모델을 통해 엔진음을 이용한 엔진 구분 시스템이 정확하게 엔진을 구분할 수 있음을 확인하였다.

사사: 본 논문은 중소벤처기업부에서 지원하는 2022년도 산학연 플랫폼 협력기술개발사업(S3312174)의 지원을 받아 수행된 연구임.

Session A

C-ITS

Session A-1

표준 노드 링크 DB를 활용한 자율주행차 고정밀지도 관리 방법

박완규, 홍동원, 최현민, 문창주

실시간 교통신호정보 지연시간 측정 방안에 관한 연구

이승철, 권순일

메타버스 환경 내 GNSS 기반 실시간 객체 정보 동기화 지연이 운전행태에 미치는 영향분석

김민, 오태호, 김인희

V2N 통신을 위한 DDS 기반 실시간 데이터 수집 플랫폼 구현 및 평가

김수홍, 문정민, 문창주

TOD 신호제어 운영 개선 방법 연구

문시현, 이요셉, 윤일수

예약 기반 교차로 제어 시스템에 횡단보도의 영향의 분석

최유진, 안희진

표준 노드 링크 DB를 활용한 자율주행차 고정밀지도 관리 방법

Management Approach for High-Definition Map for Autonmous Vehicles using Standard Node-Link DB

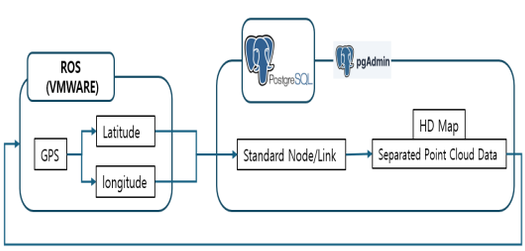
박완규	홍동원	최현민	문창주
(건국대학교, 학부과정)	(건국대학교, 석사과정)	(건국대학교, 석사과정)	(건국대학교, 교수)

현재 자율주행 기술은 운전의 편의성을 높이는 것 뿐만 아니라 교통 안전성과 효율성을 증대시키는데 큰 잠재력을 가지고 있다. 이러한 기술의 발전에 있어서 센서의 성능에만 의존하기에는 고성능 센서의 가격, 기상 환경, 센서의 오작동 등 자율주행의 성능을 저해할 수 있는 요소들이 많다. 이러한 문제들은 고정밀지도(high-definition map;HD map)와 센서의 결합으로 해결에 도움을 줄 수 있다. 그러나 고정밀지도의 데이터 용량이 매우 크며, 주행 범위를 벗어날 경우 새로운 정밀 지도를 다운로드하거나 모든 곳의 지도를 보유하고 있어야 하는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하고자 ITS 국가 교통정보센터의 표준 노드 링크 DB 활용하여 도로 고정밀지도 정보를 링크 단위로 관리하는 시스템을 개발하여 필요한 지역의 지도만 다운로드하고 주변 지역의 지도는 제외할 수 있도록 하는 효율적인 관리 방식을 제안한다.

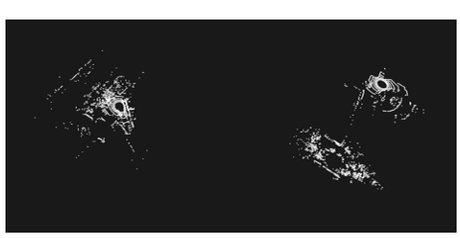
차량 GPS 센서로부터 GPS 데이터를 수집하고 도로 표준 노드/링크 데이터와 링크 단위로 분할한 고정밀지도를 PostgreSQL DB에 저장하여 <그림 1>과 같이 구축하였다. 센서로부터 수집된 GPS 데이터는 PostgreSQL DB에 전송된다. 수신된 GPS 데이터를 기반으로 설정한 반경 내의 링크에 해당하는 고정밀지도 포인트 클라우드 데이터를 불러온다. 고정밀지도 데이터를 PCD 파일 형식으로 획득한 후, 정해진 링크 단위로 좌표 값들을 나누는 작업을 수행한다. PostgreSQL 내의 쿼리를 사용하여, GPS 좌표를 기준으로 설정한 반경 내의 링크의 식별자(ID) 정보를 확인한다. 검색된 노드/링크 정보를 기반으로 링크에 해당하는 고정밀지도 데이터를 불러온다.

링크 판별 알고리즘은 다음과 같다. 최초의 시작 노드와 링크를 source node와 source link로 초기화를 한다. 수신한 GPS 데이터를 기준으로 반경 내에 있고 차량의 heading 값과 동일하다면 해당 source node와 source link를 데이터베이스에 업로드한다. source node와 source link를 데이터베이스에 업로드한 후에는 다음 노드/링크와 현재 source node와 source link를 비교하여 같다면 해당 링크의 포인트 클라우드 데이터를 불러온다.

<그림 2>는 분할된 포인트 클라우드 데이터이다. 이를 통해 고정밀지도를 링크 단위로 분할할 수 있고 특정 링크에 해당하는 고정밀지도 포인트 클라우드 데이터를 불러올 수 있다는 것을 확인했다.



<그림 1> 전체 시스템 흐름도



<그림 2> 분할된 PCD

사사: 본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 「대학혁신지원사업」의 연구결과입니다.

실시간 교통신호정보 지연시간 측정 방안에 관한 연구

Research on Real-Time Traffic Signal Delay Measurement Methods

이승철
(도로교통공단, 책임연구원)

권순일
(도로교통공단, 연구원)

자율주행, ICT 기술발전 및 실외이동로봇 등의 모빌리티 등장에 따라 실시간 교통신호정보의 필요성은 날이 갈수록 중요해지고 있다. 우리나라에서 국가주도로 진행된 ITS사업에서 한계점이 있다면, 교통정보수집 단말기 보급과 관리의 문제점이다. 또한 지자체에서 첨단 인프라를 구축하고, 이를 유지관리하는 비용 부담이 가중되면서, 교통정보를 제대로 수집·제공하지 못한 부분도 큰 문제점으로 작용했다. 이러한 단점을 보완하고, 실시간 교통신호정보를 활용하기 위해 개발된 방식이 센터 방식이다. 센터 기반의 실시간 교통신호정보 수집 및 제공시스템은 최근 들어 많은 지자체에서 도입하고 있지만, 데이터 신뢰성 확보를 위한 노력이 필요하다. 먼저 지자체로 확대되기 이전 시스템 검증을 위해 현장에서 신호등과 모니터링 화면을 동시에 촬영하여 프레임 단위(30fps)로 지연시간을 측정하여 현장에서 신호등과 직접 비교를 한다는 보수적인 접근 방법을 활용하였으나, 현장에서 촬영해야 하는 특성상 기상환경 및 공간환경, 무선통신 환경에 영향을 받는다. 또한 동시간대 여러 지점에 대한 분석이 불가능하고, 이를 체계적으로 수집 관리하기 위한 시스템이 없다. 이를 위해 센터 기반의 실시간 교통신호정보 지연시간에 대한 체계적인 관리시스템을 구축하기 위하여 본 연구는 진행되었다. 교통신호제어기가 일반적인 인프라 시설이었다면, 센터와의 양방향 통신이 가능하고, 이를 이용하여 데이터 지연시간은 쉽게 측정할 수 있다. 하지만 교통신호시스템은 국가기간시설로 분류되어 보안 가이드라인을 준수하게 되어있다. 이 때문에 현장의 교통신호제어기는 도시교통정보센터로 일방향으로 정보를 전송하게 되어있다. 즉, 센터에서 직접 교통신호제어기와 통신하여 지연시간을 측정할 수 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 교차로 현장에서 바닥신호등, 보행신호연장시스템 등의 교통안전서비스를 지원하기 위해 사용되는 옵션보드를 활용하여 지연시간을 측정하는 시스템을 구축하고자 하였다. 옵션보드를 활용한 지연시간 측정시스템을 개발하고, 시스템 성능을 검증하기 위해 현장에서 테스트하기 전 실내 테스트를 먼저 진행하였다. 실내 테스트는 임의의 교차로 신호정보를 생성하고, 이를 센터로 전송하였으며, 이 정보를 실내 모니터링 시스템에서 정보를 수신받아 지연시간을 측정하였다. 측정결과 평균지연시간은 68ms로 센터 기반의 실시간 교통신호정보 활용 목표 수준인 100ms 이하로 목표 수준을 달성하고 있다. 하지만 본 연구에서는 실시간 교통신호정보 지연시간 측정을 위한 시제품을 개발하여 실내 테스트에 그쳤다는 한계점이 있다. 따라서 향후 추가 실내 테스트를 통한 오류 제거 및 실제 현장에서의 테스트를 통한 데이터 수집이 필요하다. 더불어 실제 현장으로부터 수집한 데이터를 통해 도로구간, 기지국 등의 공간적 특성 및 요일 등의 시간대 특성에 관한 분석을 수행하여 운영관리 방안을 수립할 필요가 있다.

사사: 이 논문은 경찰청 자율주행기술개발혁신사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No.202300200402)

메타버스 환경 내 GNSS 기반 실시간 객체 정보 동기화 지연이 운전행태에 미치는 영향분석

The Impact of GNSS-based Real-time Object Synchronization Delay on Driving Behavior in Metaverse

김민 (조천식모빌리티대학원, 연구원)
오태호 (조천식모빌리티대학원, 연구원)
김인희 (조천식모빌리티대학원, 부교수)

자율주행기술은 운전자 편의성 및 안전성 증진을 위해 전 세계적으로 개발에 집중하고 있으며, 개발 가속화를 위해 보다 효율적인 시스템 테스트방식을 강조시키고 있다. 자율주행기술 개발 초기에는 현실에 테스트 시나리오 상황을 구현함으로써 시스템 검증을 수행하였으며, 이는 시간, 비용 및 안전 측면에서 매우 비효율적인 문제가 있었다. 최근 가상현실 기술의 발전으로 자율주행차량 테스트의 새로운 장이 열렸다. 가상환경은 디지털트윈 기술을 활용하여 실제 도로 환경을 모사할 수 있을 뿐만 아니라, 물리 역학, 빛, 날씨와 같은 내외부 환경요인을 고려할 수 있는 특징이 있다. 이에 수많은 연구가 자율주행 테스트를 위해 보다 현실적인 가상환경 구축을 위해 co-simulation, network-based multi agent simulator 등과 같은 연계를 수행하였다. 그러나, 가상환경은 모든 자율주행 시스템 구성요소가 현장 도로에서 예상대로 작동하는지 확인하기 위한 사전 검증단계의 수단으로써 실제 환경에서의 재검증이 필수적으로 요구된다. 이에 상호작용이 요구되는 시나리오의 경우 여러 대의 실제 차량을 활용하였으며, 한 대의 차량으로 여러 대의 차량 효과를 내어 보다 안전하고 효율적인 실증테스트를 위한 관련 연구는 미비한 실정이다. 따라서, 현실과 가상환경이 결합한 융합환경 플랫폼(Mixed Environment Platform) 구축함으로써 현실 및 가상환경 실험의 장단점을 상호보완하는 것은 필요하다.

본 연구의 목표는 융합환경 플랫폼 구축을 위한 기초연구로 실제 차량 정보를 가상환경 내 실시간 연동 시 네트워크 지연에 따른 운전자 행동 변화를 분석하여 실시간 연동을 위해 요구되는 최소 지연시간의 분석을 수행하고자 한다. 이를 위해, TCP/IP 기반 차량 GNSS 정보 연계 시스템 개발 및 Car-following 주행 시나리오 실험을 통한 행동 데이터 분석을 수행하였다. Unity 엔진을 기반으로 구축된 가상환경에 현실 차량 정보 실시간 동기화 및 맵핑을 통해 자연스러운 움직임을 구현하였다. 실제 주행으로부터 측정된 네트워크 지연시간 수집 후 random sampling 기법을 통해 car-following 시나리오를 위한 programmed vehicle의 행동을 구현하였다.

실험 결과, 가상환경 내의 운전자는 일정 수준 이상의 높은 지연시간으로 인해 비정상적인 움직임을 보이는 차량에 의해 분석 지표인 핸들 및 브레이크 조작, 속도 및 앞 차량과의 거리에 영향을 받았으며, 이는 운전자의 정상 주행을 방해하였다. 따라서, 실제 운전자가 지연시간으로 인한 영향을 받았기에 자율주행차량 또한 가상환경 내의 지연시간으로 인해 비정상적인 움직임을 보이는 차량에 의한 영향을 받을 수도 있다고 판단되며, 더 나아가 이는 시뮬레이션의 정확성 및 신뢰성에 영향을 끼칠 수 있는 것으로 판단된다.

본 연구의 결과는 실시간 동기화가 필요한 시나리오(예: 원격주행 등)에서 요구되는 최소 지연시간을 제시함으로써 이러한 시나리오에 필요한 최소한의 조건을 평가할 수 있는 기준을 제시하였다. 더 나아가 향후 가상환경과 현실 차량 간의 양방향 통신이 구현되었을 때도 이러한 수치는 정확도 및 이용자 체감 품질 평가에 이용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 가상환경 내 TCP/IP 기반 차량 GNSS 정보 연계 시스템 개발로 인해 한 대의 실제 차량으로 다양한 시나리오에 대해 실증테스트가 가능하므로 자율주행차량 알고리즘 테스트 방법에 새로운 기술 제공으로 안전하고 효율적인 자율주행 시스템의 상용화를 가속화에 이바지할 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2023-00233952)

V2N 통신을 위한 DDS 기반 실시간 데이터 수집 플랫폼 구현 및 평가

Implementation and evaluation of a DDS-based real-time data collection platform for V2N communication

김수홍 (건국대학교, 학사과정)

문정민 (건국대학교, 석사과정)

문창주 (건국대학교, 교수)

본 논문에서는 소프트웨어 정의 차량(Software Defined Vehicle, SDV)의 패러다임 변화 속에서 실시간 데이터 수집의 필요성이 증대됨에 따라, 기존 IoT 통신 프로토콜인 MQTT의 한계를 극복하고자 DDS(Data Distribution Service)를 기반으로 한 V2N(Vehicle-to-Network) 통신 플랫폼을 제안하고 평가한다. SDV는 클라우드 기반 서비스를 통해 차량 기능을 지속적으로 개선하며, 이 과정에서 생성되는 방대한 양의 데이터 처리는 차량의 성능과 사용자 경험 개선에 필수적이다. 그러나 MQTT는 저전력 및 소규모 IoT 환경에 최적화되어 있어 대규모 데이터 처리와 불안정한 네트워크 환경에서의 요구사항을 충족시키는 데 한계가 있다.

이에 따라, DDS 기반의 플랫폼을 도입하여 실시간 데이터 분산을 위한 데이터 중심의 퍼블리시-서브스크라이브 모델을 활용한다. DDS는 엄격한 시간 제약 조건 하에서도 데이터를 효율적으로 배포할 수 있으며, 다양한 Quality of Service(QoS) 정책을 통해 실시간성, 확장성, 및 높은 수준의 상호 운용성을 제공한다. 연구자들은 DDS와 MQTT 기반 플랫폼의 성능을 비교하기 위해 커넥티드 카, 엣지(RSU), 클라우드 서버를 포함하는 3단계 아키텍처를 구현하고, 실시간 차량 데이터 수집 및 전송 속도를 측정한다.

성능 평가 결과, 데이터 크기가 작을 때는 DDS와 MQTT 플랫폼이 비슷한 성능을 보였으나, 데이터의 크기가 커지고 차량의 수가 증가함에 따라 MQTT 플랫폼은 성능 저하가 발생하는 반면, DDS 플랫폼은 일정 수준의 latency를 유지하며 성능 저하가 덜했다. 특히, 큰 데이터 사이즈에서 DDS 플랫폼의 우수함을 관찰하였다.

결론적으로, MQTT는 소규모 IoT 통신에 적합하나 대규모 데이터 처리와 불안정한 네트워크 환경에서는 DDS가 더 나은 선택이 될 수 있다. 이러한 결과는 향후 V2N 환경에서의 차량 데이터 처리를 위한 플랫폼 선택에 중요한 기준을 제공한다. DDS 플랫폼의 적용은 SDV의 급격한 데이터 증가에 대응하고, 대용량 데이터 처리에서 발생할 수 있는 성능 저하 문제를 해결할 수 있는 대안으로 제시된다.

TOD 신호제어 운영 개선 방법 연구

A Study on the Improvement of TOD Signal Control Operations

문시현
(아주대학교, 석사 과정)

이요셉
(아주대학교, 석박사 통합과정)

윤일수
(아주대학교, 정교수)

TOD 신호를 효과적으로 운영하기 위해서는 운영 계획을 주기적으로 점검하고 갱신할 필요가 있다.(이지선 외, 2021) TOD 신호의 계획은 「평면교차로 설계 지침」에 따라, 교통 수요 및 포화교통량을 추정하고 신호시간을 결정하는 정주기식 신호 결정 과정에서 추가적으로 일정한 시간대별 교통량을 구분하여 각각의 시간대에 정주기식 신호 결정 과정을 수행하여야 한다(국토교통부, 2015). 일반적으로 하루 24시간은 비첨두, 오전 첨두, 오후 첨두로 구분된다. 다만, 이러한 방법은 주기적으로 운영 계획의 갱신이 필요한 상황에서 시간대 구분의 기준이 정량적으로 표현하기 어려울 뿐만 아니라, 운영자의 주관이 개입되기도 하며, 분석 과정이 복잡하여 주기적인 운영 계획 갱신에 적합하지 않을 수 있다.

따라서, 본 연구는 K-MEANS와 밀도 기반 클러스터링(density-based spatial clustering of applications with noise, DBSCAN) 클러스터링을 통해 TOD 신호 운영 계획을 갱신하고 기존 TOD 운영 계획과 비교 및 분석하고자 한다. 더 나아가, 향후 연구를 통해 유전자 알고리즘(genetic algorithm, GA)를 적용한 TOD 분류 기법과 비교하여 클러스터링 기반 TOD 시간 분할의 효과를 검증하고자 한다.

최종적으로 본 연구는 최적화 분석 기법인 GA와 클러스터링 기반 분석 기법들을 비교하기 이전의 선제적 연구이다. 본 연구에서 도출된 기존 TOD, DBSCAN, K-means 의 신호제어지체 비교를 통해 클러스터링 기반 분석 기법을 통해 신호제어지체를 줄이는 효과가 있는지를 검증하고, 향후 연구를 통해 genetic algorithm 기반 TOD 시간 분할 결과와 비교하여 효과적인 TOD 시간 분할 방법 고안에 기여하고자 한다.

클러스터링 수행 후 갱신한 TOD 신호와 기존 TOD 신호의 신호제어지체를 비교한 결과, 클러스터링 기법으로 갱신한 TOD 신호의 지체가 최대 약 40초까지 감소한 것을 확인하였다. 또한 각 TOD 신호들의 하루 평균 지체를 계산한 결과 기존 104.2초에서 K-MEANS 클러스터링의 경우 93.6초로, DBSCAN의 경우 93.4초로 지체가 약 10초가량 줄어든 것을 확인하였다.

K-MEANS 및 DBSCAN 두 방법 모두 유사한 정도로 지체를 감소시켰으나, DBSCAN이 더 지체를 감소시킨 것으로 확인할 수 있었다. 이는 데이터 포인트의 밀도로 분류하는 DBSCAN의 특징이 첨두시간이 오전, 오후 구분 없이 몰려있는 대상구간에 더 적합하기 때문이라고 판단된다.

분석 결과, 클러스터링을 통한 기존 TOD 갱신은 지체를 완화할 수도 있으며, 클러스터링 기법의 경우 분석 목적에 맞추어 오전첨두 및 오후첨두가 뚜렷한 구간일 경우 K-MEANS와 같은 Partitial 클러스터링 기법을 적용하고, 오전첨두 및 오후첨두가 나눠지지 않고 일정 시간 동안 몰려있는 구간의 경우 DBSCAN과 같은 Density 클러스터링 기법을 적용하는 것이 유리하다고 판단된다.

사사: 이 논문은 2023년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 092021C29S01000, 네트워크 제어를 위한 교통정체 및 혼잡 운영관리 기술 개발)

예약 기반 교차로 제어 시스템에 횡단보도의 영향의 분석

An Analysis on the Effect of Pedestrians Crosswalks on Reservation-based Autonomous Intersection Management

최유진
(한국과학기술원 전기전자공학부)

안희진
(한국과학기술원 전기전자공학부 조교수)

At intersections, the management of vehicles inside is crucial to not only enhancing overall traffic mobility, but also to prevent accidents and guarantee safety. With pedestrians present, the precise coordination of vehicles inside become even more significant of an consideration, as it has been reported that up to 22% of fatalities in road accidents were those of pedestrians [1]. Thus, in the development of intersection management methods, the inclusion of pedestrians is an integral part which must be considered.

Traditionally, vehicles at intersections have been managed with traffic light systems. Due to the unpredictability of human drivers' movements, the resource allocation of time is a mush safer option than the resource allocation of space, which require precise and predictable movements. Much research has been done on optimizing the timing of traffic signals [2], as well as in conjunction with vehicle control [3].

However, continuous advances in Connected Autonomous Vehicle(CAV) technology are paving the way for new and more efficient intersection management methods that don't rely on traffic signals. The movement of CAVs and the underlying mechanisms of their control systems are much more predictable than their human driven counterparts, opening the way for methods that can operate under the premise that vehicle movement is precise and predictable. Optimization is a commonly used method for intersection management as can be seen [4]. The Autonomous Intersection Management(AIM) system, a method developed by K. Dresner and P. Stone [5] manages vehicles inside the intersection by having approaching vehicles request reservations space-time inside the intersection. The acceptance or rejection of the reservation request is dependent on any pre-existing reservations.

AIM has proven to an efficient and effective method of intersection management in the presence of CAVs. It has shown to effectively reduce travel time delay by up to 99% at 100% CAV penetration. In addition, it is capable of operating in real time, as it is significantly less computationally expensive compared to other methods, such as those that employ optimization.

In this paper, we include the presence of pedestrians on in the AIM system with pedestrian crossings. Multiple simulations with varying levels of incoming traffic flow rate are run to analyze the effect of pedestrians on AIM's effectiveness in reducing travel time delay. This paper shows that AIM is more effective than the traditional traffic light scenario, even in the presence of pedestrians

사사: 본 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('20026184')

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2023-RS-2023-00259991)

ITS 정책 및 기타(I)

Session

A-2

계량경제방법을 적용한 교통량 예측결과 평가 모형 개발 연구

김기민, 박동주

부산시 동백패스 이용행태 분석

이원규, 유한솔, 김지윤

보행환경 개선에 따른 보행자 안전성 분석 : 서울시 보호구역을 중심으로

김민서, 김도경

고령화 사회의 교통과 건강: 경제활동 참여 고령자의 삶의 질 향상에 관한 연구

박지현, 추상호

수도권 통행자의 통행시간가치 산정 연구

김병관, 공민선, 이상석

서울시 도시철도 첨두시간 혼잡도를 분산시키는 정책을 위한 통행자의 사회인구학적인 특성에 따른 변수의 가치 추정 모델

원동진, 박신형

계량경제방법을 적용한 교통량 예측결과 평가 모형 개발 연구

Development of an Evaluation Model for Traffic Volume Forecasting Applying Econometric Methods

김기민
(서울시립대학교, 박사수료/한국지방재정공제회, 부연구위원)

박동주
(서울시립대학교, 교수)

본 연구는 국내에서 시행된 예비타당성조사 도로사업을 대상으로 계량경제적 평가 방법을 적용하여, 교통수요추정결과를 분석대상 네트워크를 대상으로 평가하는 연구이다. 그간 수행된 장래교통량 추정결과에 대한 평가는 예측교통량과 실제교통량을 비교하는 방식으로 이루어져 왔다. 하지만, Odeck&Welde(2017)는 계량경제적 평가방법을 도입하여 노르웨이의 유료도로에 대한 교통량 추정결과를 정확성, 추정편의, 추정효율성으로 평가하여 더 체계적인 평가방법을 제안하였다. 이에 본 연구도 해당연구의 방법을 차용하되 추정효율성을 교통추정결과 검토에 적합한 방안으로 개선하여, 추정연계성으로 평가하는 방안을 제안하였다. 그리고, 검토시 사업노선과 그 외 노선인 주변구간으로 구분하여 검토하였다.

그간 수행된 기존 연구에서는 해외의 경우, MPE(Mean percentage error)기준으로 약 20% 과다 추정된 것으로 알려져 있다. (Odeck&Welde, 2017)

본 연구에서는 총 65건의 도로 사업에 대해서 695구간을 대상으로 교통수요추정 결과에 대해서 평가를 수행하였다. 분석대상은 사업유형별로는 신설이 28건, 확장이 29건, 신설과 확장이 모두 포함된 경우는 7건으로 구성되어 있으며, 도로유형별로는 국도가 33건으로 가장 많은 비중을 차지하였고, 그 이후로 산업단지 진입도로 9건, 고속도로 8건 등이다.

본 연구에서 검토한 정확성은 기존문헌에서 수행한 방법을 차용하여 MPE(Mean percentage error), MAPE(Mean absolute percentage error)로 분석하였다. 추정편의는 Odeck&Welde, 2017에서 제안한 모형을 차용하여 검토하였으며, 추정연계성은 본 연구에서 개선하여 제안한 모형식을 바탕으로 분석하였다.

분석결과, 전체구간인 695건의 경우, MPE가 9.8%로 과소추정되었고, 사업구간은 -14.3%로 과다추정되었으며, 주변구간의 경우에는 과소추정인 14.8%로 검토되었다. 흥미롭게도 사업구간만 과다 추정된 점은 주목할 만한 사항으로 보인다. MAPE에는 전구간은 43.2%, 사업구간 40.5%, 주변구간은 43.7%로 예측교통량와 실제교통량의 차이가 약 40%이상 발생하고 있음을 알 수 있다. 추정편의 분석결과 전체 구간에 대해서 귀무가설인 예측치와 실측치 차이의 평균이 '0'를 기각하지 못하였다. 하지만 사업구간과 주변구간은 그러지 못하여서 편의가 존재함을 알 수 있다. 추정 연계성의 경우에는 사업구간이 예측치 오차와 기준연도 오차간에 연관되어 있지 않은 것으로 분석되었고, 그 외 주변구간과 전구간은 귀무가설을 기각하여 오차간의 연관이 되어 있는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서는 국내 도로사업 65건에 대해서 교통수요추정결과에 대해서 그간 수행된 방법인 정확성 이외 추정편의, 추정 연계성을 적용하여 평가하였다. 평가 결과 국내 도로사업은 MPE로는 해외의 평균 오차인 20%보다는 낮은 것으로 확인되었으나, MAPE 기준으로는 40%이상으로 확인되었다. 추정편의의 경우, 전구간은 귀무가설을 기각하지 못하여 잘 추정된 것으로 알 수 있었다. 추정 연계성의 경우에는 사업구간 이외는 전구간과 주변구간은 장래연도 오차와 기준연도 오차간에 연관이 있는 것을 알 수 있었다. 이를 통해서 기존에 교통수요추정결과에 대한 단순한 평가 방법이에외 계량경제 평가방법을 국내사업에 최초로 도입하였고, 추정 연계성이라는 평가 방법을 제안 한 것이 본 연구의 학술적 기여사항으로 볼 수 있다. 다만, 본 연구에서는 도로사업에 국한하여 자료를 검토하였고 사업구간에만 발생되는 과다추정에 대한 현상의 원인을 분석하지 못한 한계가 존재한다. 향후 다양한 사업유형에 대해서 자료를 확대하여 분석할 필요가 있으며, 사업구간과 주변구간간 과다 추정과 과소추정 경향에 대한 원인을 분석하여 장래 교통수요추정시 개선할 수 있는 방안을 제안할 필요가 있다.

부산시 동백패스 이용행태 분석

Analysis of Dongbaek Pass Behavior in Busan

이원규
(부산연구원 선임연구위원)

유한솔
(부산연구원 연구위원)

김지윤
(부산연구원 연구원)

부산시에서는 대중교통 통합정기권인 '동백패스'를 2023년 8월부터 시행 중이다. 본 연구의 목적은 국내 대중교통 정기권 사례분석과 시민들의 '동백패스'의 이용현황('23.8~'23.12)과 설문조사 조사 등을 통해 이용행태를 분석하고 '동백패스'의 활성화 방안을 검토하는 것이다.

동백패스는 동백전 후불교통카드로 부산 대중교통수단을 월 4만 5천원을 초과하여 사용 시에 최대 4만 5천원까지 사용한 그 다음 달에 동백전(정책지원금)으로 대중교통 이용요금을 환급해 주는 서비스이다.

동백패스는 '23년 12월 현재, 320,256명이 소지하고 있으며, 이 중 이용자는 75.6% 수준인 242,218명이고 환급을 받은 이용자는 51.8%인 166,031명이다. 연령별 동백패스 이용 비율은 '10대' 84.6%, '60대' 79.3%, '20대' 79.2%, 환급 비율은 '10대' 57.14%, '20대' 57.12%, '50대' 52.9%이다. 그리고 연령별 평균 환급금액은 '60대' 29,750원, '70대 이상' 27,822원, '50대' 27,807원, '20대' 26,236원, '30대' 25,850원, '40대' 25,445원, '10대 이상' 23,534원이다.

동백패스 이용건수는 '23년 8월에 4,395,883건에서 '23년 12월에 12,171,589건으로 7,775,975건(176.9%), 월평균 29.0% 증가하였고 동백패스 1인당 평균 교통수단 이용건수는 '23년 8월의 44.77회에서 '23년 12월에는 50.25회로 5.48회(12.2%) 증가하였다.

<'동백패스' 이용현황>

구분	소지자	이용자	환급자	미환급자
'23.8	137,634명	98,197명(71.3%)	47,713명(34.7%)	50,479(36.7%)
'23.12	320,256명	242,218명(75.9%)	166,031명(51.8%)	76,187(23.8%)
비고	182,622명(+132.7%)	144,027명(+146.7%)	118,381명(+17.1%p)	25,708명(-2.9%p)

전문가들은 '동백패스의 대중교통 이용 활성화 도움 정도'에 대해서는 '(매우)조금 도움이 됨'에 77.1%로 응답하였고, 동백패스가 대중교통 활성화 도움 이유로는 '동백패스로 환급받을 경우 대중교통 요금 인하효과가 발생하므로' 45.7%, '동백패스' 이용 실적에 따라 따른 환급금을 받을 수 있으므로' 37.0%, 동백패스 이용 활성화 방안으로는 'App카드로 이용할 수 있도록 시스템을 개선' 26.8%, '현재 45,000원 환급기준을 일정 금액 하향' 15.3%, '타 도시(김해, 양산)까지 연계한 광역대중교통 수단 포함' 14.4%, 'K-패스 등과 연계 또는 통합' 11.0% 순으로 응답하였다.

시민들은 '동백패스의 대중교통 이용 활성화 도움 정도'에 대해서는 '(매우)조금 도움이 됨'에 69.7% 동백패스가 대중교통 이용 활성화에 도움이 되는 이유로는 '동백패스 이용 실적에 따라 따른 환급금을 받을 수 있으므로' 43.5%, '동백패스로 환급받을 경우 대중교통 요금 인하효과가 발생하므로' 27.0%, '동백전과 연계되어 환급금을 원하는 곳에 사용할 수 있으므로' 12.4%, '동백패스 이용 활성화 방안으로는 '현재 45,000원 환급기준을 일정 금액 하향' 22.6%, '앱(App) 카드로 이용할 수 있도록 시스템을 개선' 21.4%, '타 도시(김해, 양산)까지 연계한 광역대중교통 수단 포함' 18.2%, "동백패스' 발급과정 간소화' 12.0% 순으로 응답하였다.

'동백패스 시행 효과로는 대중교통 통행량 증가 유도, 시민들의 '동백패스'에 대한 대중교통 활성화 효과 인정, '동백패스'의 통학 및 경제활동 지원, 타 대중교통 정기권 대비 상대적 높은 혜택, '동백패스'의 승용차 대중교통 유도에 따른 온실가스 감축 등으로 분석되었다.

사사: 이 연구는 부산연구원에서 수행한 연구(부산시 동백패스 이용현황 분석 및 활성화 방안)의 내용을 바탕으로 작성되었습니다.

보행환경 개선에 따른 보행자 안전성 분석: 서울시 보호구역을 중심으로

Analysis of Pedestrian Safety according to the Improvement of the Walking Environment: Focused on Pedestrian Protection Zone in Seoul

김민서
(서울시립대학교 교통공학과, 석사과정)

김도경
(서울시립대학교 교통공학과 & 도시빅데이터융합학과, 교수)

고령화, 출산율 감소 등 인구구조의 변화가 지속되고 소수자, 약자에 대한 사회적 관심이 높아짐에 따라 교통 분야에서도 교통약자 정책에 대한 중요도는 높아진다고 말할 수 있다. 소위 민식이법이라고 불리는 어린이보호구역 내 사고에 대한 처벌을 가중하는 법률 개정안 사례를 보듯이 어린이 사고에 대한 경각심은 일반 교통사고에 비해 높다. 또한 노인 인구가 증가하고, 장애인의 권익보장에 대한 목소리가 커짐에 따라 그동안 어린이보호구역에 비해 소외되어왔던 노인보호구역과 장애인보호구역의 운영도 보다 더 활성화될 것으로 생각된다. 실제로도 보호구역 운영은 확대되고 있는 실정이다. 기존의 보호구역 지정시설이었던 학교, 노인복지시설을 넘어 학원가, 노인의 통행이 잦다고 판단되는 공원, 시장 등과 장애인복지시설과 같이 교통약자를 실효성 있게 보호할 수 있는 곳에 보호구역을 지정하고 있다. 보호구역으로 지정될 경우 여러 안전시설이나 규제가 적용되게 되는데, 노란 신호등, 어린이승하차 시설 등 운전자의 주의력을 높이고 어린이의 안전을 증진하기 위한 시설 역시 새로 도입되고 있다. 이에 본 연구에서는 보호구역에서 운영되어 온 안전시설이나 규제와 보호구역으로의 지정이 사고 예방에 대한 어떻게 효과를 갖는가 알아보고자 하였다. 따라서 보호구역 지정 이후 해당 도로에서 최초 사고가 발생하기까지의 기간을 생존분석에 적용해 보고자 하였다. 이전에도 보호구역의 안전, 효과에 관해 분석한 연구는 다수 진행되었으나, 이처럼 사고 발생까지의 경과 기간을 생존분석으로 진행한 연구는 수행되지 않았다. 본 연구에서는 보호구역 지정 이후 첫 사고까지의 기간을 생존 기간으로 간주하고, 사고가 발생하는 것을 사망으로 보았다. 경과 기간 분석에 생존분석을 적용한 이유는, 생존분석은 절단 데이터에 대한 고려가 가능하기 때문이다. 전체 보호구역 중 지정 이후 현재까지 사고가 한 번도 발생하지 않은 구간도 존재하므로 이를 고려할 수 있는 방법을 적용하고자 하였다. 연구에 사용된 사고자료는 서울 내 보호구역 구간에서 발생했던 보행자 사고 데이터로 한정하였다. 차대차 사고를 제외하고 보행자 사고만 분석한 것은 보호구역에서의 교통약자의 개념에 차량 운전자는 포함되지 않는다고 보았기 때문이다. 고령 운전자의 주행 안전에 대한 이슈가 존재하나, 본 연구와는 거리가 멀다고 판단하였다. 보호구역 내 보행자 사고 데이터를 구한 후 이를 각 보호구역 구간 정보에 매칭시켜 보호구역 지정 시점과 그 이후 최초 사고 발생 시점 사이의 시간을 구하였다. 사고 경과 기간과 보호구역 특성 정보를 대조해 안전시설, 도로의 특성의 사고 위험에 대한 영향을 추정해보고자 하였다. 또한 사고 데이터에 포함된 사고 심각도 및 피해자 정보를 통해 중상 이상 사고, 어린이 피해 사고를 별도로 선별해 전체 사고와 다른 특성을 갖는지 알아보고자 하였다.

사사: 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO.2022M3J6A1084845)

고령화 사회의 교통과 건강: 경제활동 참여 고령자의 삶의 질 향상에 관한 연구

Transportation and Health in an Aging Society:
A Study on the Quality of Life Improvement for Economically Active Elderly

박지현
(홍익대학교 도시계획과 박사과정)

추상호
(홍익대학교 건설도시공학부 교수)

팬데믹 이후, 저출산 및 고령화는 주요 사회적 문제로 부상하였으며, 특히 고령화 사회에서 노인성 질환(노화, 치매 등)과 경제활동에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

OECD 회원국 중 대한민국은 65세 이상 취업자 수가 3,265천 명에 달하며, 고용률은 36.2%로 상당히 높은 수준을 나타내고 있다. 2023년 통계청 자료에 따르면, 경제활동에 참여하는 고령자는 비취업 고령자에 비해 상대적으로 건강한 상태를 유지하고 있으며, 일상생활에서 느끼는 스트레스의 비중이 낮은 것으로 나타났다.

교통 분야에서는 고령자의 이동 편의성 및 통행 특성, 교통 안전, 고령 인구의 교통수단 이용 요금 등에 관한 다양한 연구가 진행 중이다. 이에 본 연구에서의 차별화를 확보하고, 고령화 사회의 동향을 파악하기 위해 총인구 대비 노인 인구 비율과 주요 노인성 질환인 치매 환자의 데이터를 활용하였다.

이와 함께, 교통 이용 패턴과의 연계성을 탐구하고자 하였으나, 데이터의 특성상 시점에 따른 차이가 발견되었고, 이에 본 연구를 사례 연구의 범위 내에서 의의를 부여하고자 하였다.

본 연구는 고령화 사회에서 교통이 노인성 질환을 앓고 있는 고령자의 일상생활에 어떠한 긍정적 역할을 하는지, 그리고 그들의 이동성과 건강 상태 간의 상호작용이 어떠한 영향을 미치는지를 중점적으로 조사하였으며, 향후 연구에서는 확보된 데이터의 신뢰성과 안정성을 더욱 철저히 검증하고, 이를 바탕으로 보다 심도 있는 연구를 진행할 예정이다.

수도권 통행자의 통행시간가치 산정 연구

A Study on the Value of Travel Time in Metropolitan Area

김병관
(경기연구원 모빌리티연구실)

공민선
(경기연구원 모빌리티연구실)

이상석
(경기연구원 모빌리티연구실)

통행시간가치는 통행에 소요되는 통행시간에 대하여 통행자가 지불할 용의가 있는 금전적 가치를 의미한다. 통행시간가치는 통행 특성과 통행자 특성이 변화함에 따라 계속 변화하고 있다. 또한, 통행시간가치는 교통SOC 사업과 교통수단 도입에 따른 효과분석, 통행자의 통행행태 분석, 교통시설과 교통수단의 요금수준 등 교통정책 결정을 위한 중요한 기초자료로 활용되고 있다. 특히, 통행시간가치는 도로, 철도, 공항 등 교통시설 투자 사업에 따른 통행시간 절감편익을 산출함에 있어서 반드시 필요한 요소라 할 수 있고 교통시설 투자 사업의 경제적 타당성을 판단함에 있어서 가장 결정적인 영향을 미치게 된다. 하지만 기존 연구에서의 수도권 통행시간가치는 전국 지역간 통행을 기반으로 분석된 결과여서 수도권 통행특성을 반영하기에는 한계가 있을 수밖에 없다. 수도권은 전국과 비교하였을 때 교통혼잡 수준이 높고 대중교통 공급 및 서비스 수준이 높다. 이에 따라 대중교통 이용률이 높다고 할 수 있다. 또한, 통행자의 통행목적 등 통행특성이 다르고 소득 및 경제활동 등 통행자 특성이 다르다. 이에 기존 연구와 다르게 수도권 통계자료와 통행조사 자료, 오픈소스 기반의 첨단교통정보를 이용하여 수도권 현실을 보다 잘 반영할 수 있는 통행시간가치를 산정하였다. 수도권 개인교통수단에 대한 업무, 비업무, 통근, 여가, 총목적 통행의 통행자 통행시간가치는 31,064원/시간·인, 25,631원/시간·인, 11,374원/시간·인, 24,127원/시간·인, 26,758원/시간·인으로 산정되었다. 또한 수도권 대중교통수단에 대한 업무, 비업무, 통근, 여가, 총목적 통행의 통행자 통행시간가치는 26,850원/시간·인, 20,966원/시간·인, 12,083원/시간·인, 19,814원/시간·인, 21,937원/시간·인으로 산정되었다. 본 연구의 통행시간가치는 기존 연구 결과와 비교하여 비교적 높게 산정되었고 업무 통행 대비 그 외 목적 통행의 통행시간가치도 상대적으로 높게 산정되었다. 이러한 결과는 대규모 수도권 통행자료와 첨단교통 자료를 활용한 결과라 생각한다. 향후 수도권에 대하여 보다 합리적으로 적용될 수 있는 기준 및 기초자료로 활용될 수 있을 것이라 기대된다. 또한, 본 연구는 코로나19의 영향 기간인 2021년 통행조사 자료를 활용하였기에 통행자에게 중요하게 인식되는 통행이 주로 이루어져 통행시간가치가 높게 산정되었을 수 있다고 생각한다. 따라서 향후 보완조사와 지속적인 연구를 통해 검증이 필요하며 변화를 검토할 필요가 있다.

서울시 도시철도 첨두시간 혼잡도를 분산시키는 정책을 위한 통행자의 사회인구학적인 특성에 따른 변수의 가치 추정 모델

Estimating the Value of Variables according to the Sociodemographic Characteristics of Passengers for the Policy of Distributing Congestion at the Peak Time of Seoul Metropolitan Subway

원동진
(서울시립대학교, 석사과정)

박신형
(서울시립대학교, 부교수)

최근 국내,외에서 개인 차량 증가로 인해 교통혼잡 증가, 환경오염 발생 등의 다양한 문제가 발생하고 있으며, MaaS(Mobility as a Service)는 이를 해결하기 위한 방법 중 하나로 통행자들에게 서비스와 편의성을 제공하여 대중교통의 수요를 증가시킨다. 하지만 수도권은 도시화의 지속적인 심화로 인해 인구 밀집도가 50%까지 증가하였으며, 코로나 팬데믹 이전인 2019년 서울시 도시철도의 수단분담률은 41.6%로 매년 증가하는 추세였다. 이에 따른 첨두시간 높은 대중교통 혼잡도가 승객의 서비스를 해치고 있으며, 승객이 많은 노선에서는 인명사고 또한 발생함에 따라 안전 문제로 대두되고 있다. 추가로 수도권 대중교통 무제한 정기 이용권인 '기후동행카드'와 지속 가능성을 고려하여 교통수단을 하나로 연결하는 MaaS가 실체화된다면 수도권 장래 대중교통의 수단분담률은 더욱 증가할 전망이다. 한편 서울시는 대중교통 혼잡도를 분산하기 위해 2015년 6월부터 오전 06시 30분 이전 탑승객에게 20%의 요금할인을 해주는 조조할인 정책을 시행하였으나 효과는 미미했다. 하지만 수도권에는 2023년 기준으로 645개의 도시철도역과 12,585개의 버스정류장이 존재하며, 다양한 통행 방식이 가능해졌다. 실시간으로 대중교통의 혼잡도 정보를 제공하는 플랫폼이 도입되어, 특히 평일 오전 첨두시간에는 통행 패턴이 비슷해 혼잡도 예측이 가능해졌다. 이러한 배경 속에서, 향후 도입 예정인 MaaS는 어플을 통해 통행 방법과 통행 비용을 설정하는 것이 가능하게 될 것이다. 이런 시스템에서 요금할인 제도가 도입된다면, 혼잡한 통행 경로를 변경하는 데 도움이 될 것으로 예상된다. 본 연구는 효과적인 대중교통 정책을 위한 사회인구학적 특성에 따른 세밀한 통행방법 선택 요소 분석에 초점을 맞추었다. 이를 위해, 통행구간의 사회인구학적 특성에 따른 적절한 통행대안과 할인요금 설정이 서울시 첨두시간 도시철도의 혼잡도 분산에 기여할 수 있을 것이라 가정하였다. 이를 검증하기 위해 설문조사를 통해 통행에 영향을 미치는 요소들의 가치를 분석하였고, 이를 바탕으로 통행변경 정책을 위한 새로운 모델을 제안하였다. 설문조사는 서울시 첨두시간 대중교통 이용자를 대상으로 진행되었으며, 명시적 선호 접근법을 활용해 통행요소가 통행대안 선택에 미치는 영향도를 분석하였다. 분석은 MNL(Multinomial Logit)의 동질성 모델과 이질성 모델을 사용하였다. 분석 결과 걷는 시간, 차내 시간, 혼잡도, 수단간 환승, 할인요금 등이 모두 통계적으로 유의미한 영향을 미침을 확인하였다. 또한, 통행행태 조사에서 88%의 응답자가 통행 선택에 지도 어플을 사용하였고, 64%의 응답자가 요금 할인이 있다면 통행방법을 변경할 의사가 있다는 결과를 얻었다. 이 결과는 MaaS 도입과 적절한 할인요금 제공이 통행대안 선택에 큰 영향을 미칠 수 있음을 시사하며, 이를 통해 혼잡도를 분산시키는 효과적인 대안이 될 수 있음을 보여준다. 지정 도착시간이 있는 통행과 없는 통행의 변인에 따른 민감도 차이를 시장 세분화하여 분석한 결과, 양자 간에 상이한 민감도를 보였다. 이는 요금할인제도에서 비교적 SAT(Scheduled Arrival Travel)가 많은 오전 첨두시간과 UAT(Unscheduled Arrival Travel)가 많은 오후 통행시간의 모델을 다르게 적용한다면, 더 효율적인 정책의 실현이 가능하다는 것을 보여준다. 성별에 따른 분석 결과, 여성이 남성보다 도보 거리, 혼잡도, 수단 간 환승에 대한 민감도가 높은 것으로 나타났다. 이는 여성이 남성보다 통행 중 육체적 피로를 더 느낄 수 있음을 시사하며, 성별에 따른 맞춤형 통행 대안이 통행경로 변화를 더 쉽게 유도할 수 있음을 밝혀준다. 향후 연구에서는 혼잡도 데이터를 활용하여 혼잡한 구간에 대한 경로를 분석하고, 통행대안을 조사하여 효율적인 정책 수립을 위한 할인요금 및 혼잡도 분산 정도를 예측할 계획이다. 또한 혼잡한 통행 경로의 다른 특성들을 살펴 해당 경로에 적용한다면, 더욱 효과적인 대중교통 정책을 수립하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

ITS 정책 및 기타(II)

Session

A-3

실시간 교통신호상태정보 제공에 따른 운전행태분석

한향미, 최은진

운행속도 기반 초소형전기차 자동차전용도로 진입 안전성 분석

이솔, 김성회

우회전 교통사고 절감을 위한 개선 방안

박경철, 김민영, 박민준

무인 과적단속 체계 도입 및 법제도 개선을 위한 기초연구

윤정은, 윤일수, 고우리

게임 이론을 기반으로 분석한 지속 가능한 교통과 ITS

김영국

자율주행 이동식 충전기 운영을 위한 동적경로선택모형

서문정, 이승현, 변지혜

실시간 교통신호상태정보 제공에 따른 운전행태분석

Analysis of driver behavior by providing real-time traffic light status information

한향미
(도로교통공단, 연구원)

최은진
(도로교통공단, 책임연구원)

본 연구는 차내 정보 제공시스템을 통해 운전자에게 신호의 상태변화를 실시간으로 제공하는 것이 운전자의 운전행동에 어떤 영향을 미칠지를 분석하고자 하였다. 실시간 신호상태의 정보는 향후 다양한 서비스로 발전할 수 있으나, 그에 앞서 운전자들이 제공되는 정보에 대해 어떻게 반응하는지를 분석하여 안전한 서비스를 제공할 수 있도록 할 필요가 있다.

신호정보제공에 따른 운전자의 반응은 신호등화의 변경시점과 브레이크 제동, 차량의 출발에 소요되는 반응시간과 교차로 구간별 속도의 변화를 분석하였다. 또한 주행시험 전후 피시험자를 대상으로 서비스에 대한 사전 사후 설문을 실시함으로서 운전자의 성향과 서비스에 대한 만족도를 조사하고자 하였다.

실시간 교통신호상태정보 제공에 따른 설문조사는 일반설문과 사전설문, 사후설문으로 구성하여 피시험자 60명을 대상으로 수행하였다. 일반설문에서는 운전 경험, 주행보조장치 사용 및 목적에 관한 설문, 주행 중 경험한 상황에 대한 설문 등에 응답하도록 하였다. 주행 중 경험한 황색신호 진입경험, 신호위반 경험 등의 설문으로 연령대별 운전성향을 확인할 수 있었다.

사전설문과 사후설문은 동일한 문항으로 구성하였으며, 사전설문은 주행시험 전에 신호정보제공에 대한 사전 선호도를 조사하였고 사후설문은 주행시험 후에 신호정보제공에 대한 사후 만족도를 조사하였다. 신호정보제공에 대한 사전, 사후설문 응답을 선호도, 운전행동, 교통안전, 편의성에 대해 연령대별 차이를 분석하였다.

장치조작에 익숙한 20~30대는 신호정보제공에 대한 기대 및 선호도가 낮게 나타났으며 60대 이상에게 운전편의성 및 선호도에 대해 높은 만족도를 보였다. 연령대가 낮은 운전자에게서는 단순 정보제공의 의미, 고령운전자에게서 차량속도 조절 등 운전편의 효과를 확인 할 수 있었다.

주행시험은 동일한 경로를 주행하되 잔여시간정보를 제공하지 않는 일반주행과 정보를 제공하는 2번의 주행시험을 실시하였고, 반응시간과 주행속도를 분석하였다.

잔여시간 정보를 제공하는 경우 브레이크 제동상태에 대한 반응시간은 전 연령대에서 통계적으로 유의미한 반응시간 감소 효과가 있음을 확인하였다. 브레이크 반응시간은 평균 0.38초 감소하였고 특히 고령운전자 그룹에서의 반응시간이 66%가량 감소했다. 반면 2030대 운전자 그룹에서는 등화가 변경되기 전에 예측반응하는 비율이 크게 증가하는 효과도 있었다. 그러나 예측반응은 제동상태의 변화가 있었던 것을 의미하므로 차량이 실제 움직인 예측출발과는 차이가 있다. 동일 데이터 분석 시 실제 2030대 운전자 그룹에서 등화가 변경되기 전에 예측 출발한 빈도는 정보를 제공하기 전과 후 모두 7%로 변화가 없었기 때문이다.

신호정보제공에 따른 주행속도의 변화는 적색등화 상태로 교차로 접근시의 평균속도가 약 2km/h 감소하였으나, 녹색등화시에는 구간의 평균주행속도에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. 다만, 일반주행 시 차량의 속도는 정지선으로부터 차량의 위치에 영향을 많이 받지만 잔여시간정보를 제공할 때는 거리보다 잔여시간의 영향이 더 크다는 사실을 확인하였다.

실시간 신호상태정보의 제공은 예측 가능한 정보를 운전자에게 직접 제공함으로써 운전자가 예측 출발, 과속 등의 부정적인 운전행동을 할 수 있어, 제한적으로 서비스 되고 있는 실정이다. 그러나 본 연구의 결과로 미뤄볼 때 신호정보의 제공은 특히 고령운전자의 인지반응 문제를 크게 개선할 수 있을 것으로 보인다. 또한 실제 정보를 제공하더라도 개별 운전자의 주행속도가 크게 증가하지 않았다는 사실도 확인할 수 있었다. 다만, 운전자의 특성에 따라 정보의 제공방법을 달리해야 할 필요는 있을 것으로 보인다. 신호정보의 제공은 잔여시간정보를 숫자로 제공하는 방법 이외에도 다양한 방법이 있을 수 있고, 이를 연령대나 운전자 특성에 맞추어 제공한다면, 오히려 교차로 운영효율과 딜레마존 같은 교차로의 교통안전문제를 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

운행속도 기반 초소형전기차 자동차전용도로 진입 안전성 분석

Safety of Micro Electric Vehicles Entering Motorways Based on Operating Speed

이솔
(한국과학기술원, 연수연구원)

김성회
(한국과학기술원, 연구조교수)

초소형자동차는 '자동차관리법' 제3조 및 동법 시행규칙 제2조에 의거하여 기존 경차 분류체계를 일반형과 초소형으로 구분하였으며, 초소형자동차는 일반 경형 자동차보다 크기, 배기량, 최고출력 등이 낮게 제한되어 있다. 이 중 초소형전기차(Micro Electric Vehicle)는 배터리 기반 자동차로 내연기관 대비 환경친화적인 근거리 교통수단으로 꾸준한 산업시장의 성장세를 기록하고 있으며, 2030년까지 1억 4,000만 대 수준의 누적 보급대수 확대를 전망하고 있다. 초소형전기차는 상용차로써 영역을 확대하고 있다. 우정사업본부는 우편배달용 교통수단으로 초소형전기차의 도입을 계획하고 있으며, 2022년 기준 1,304대의 초소형전기차가 우편배달용으로 사용되고 있다. 또한 2021년 단종된 한국GM의 다마스와 라보의 대체 수단으로 '소상공인의 발'로 주목받고 있다.

그러나 초소형전기차는 안전상의 이유로 일반도로를 제외한 자동차전용도로와 고속도로 진입이 불가능한 운행의 제약이 있다. 이러한 제약으로 불필요한 우회가 발생하고 있으며, 우회거리의 증가로 통행시간, 통행비용 등 사회적비용이 증가하고 이용자는 이용 편의성에 불편함을 겪고 있다. 당초 초소형전기차는 안전장치의 부재 및 최고속도의 제한으로 고속주행이 필요한 자동차전용도로와 고속도로의 진입을 제한하였다. 그러나 최근 안전성에 대한 보완으로 에어백 및 ABS 등 안전장치가 장착되었으며, 일반 경형자동차의 80% 수준까지 안전성이 확대되었다. 또한 80km/h라는 초소형전기차의 제한된 최고속도로 고속으로 주행하는 일반 차량과의 속도 차이로 사고 발생 위험이 높다는 의견도 제기되고 있다. 자동차전용도로의 경우 도로교통법시행규칙 제19조에 의거 최고속도 90km/h로 명시되어 있고, 실제 운영중인 자동차전용도로는 70km/h, 80km/h 등 최고속도가 제한되어 있어 단순히 주행속도 측면에서 초소형전기차는 자동차전용도에서도 주행이 가능한 성능을 확보하고 있다.

그럼에도 불구하고 초소형전기차에 대한 부정적인 인식으로 자동차전용도로 진입 규제가 유지되고 있으며, 초소형전기차는 현재 일반도로만 주행이 가능한 실정이다. 최근 이러한 문제점과 규제 완화를 위해 전라남도 목포, 무안, 신안 인근 자동차전용도로에 초소형전기차를 주행할 수 있도록 2023년 12월부터 2024년 11월까지 시범사업을 추진하고 있다. 본 실증은 초소형전기차의 자동차전용도로 주행 안전성 검증과 자동차전용도로 진입 규제 해소를 목표로 하고 있다. 그러나 현재까지 실증에 대한 분석결과가 제시되지 않아 일부 일반 차량 이용자들은 여전히 부정적인 인식을 갖고 있다.

따라서 본 연구는 자동차전용도로와 유사한 기하구조를 갖춘 일반도로를 주행하는 일반 차량 및 초소형전기차의 운행 데이터를 분석하여 일반 차량과 초소형전기차의 평균통행속도 및 속도편차를 비교하고자 하며, 초소형전기차의 자동차전용도로 진입 안전성을 분석하고자 한다.

사사: 본 연구는 산업통상자원부의 '초소형 전기차 기반 모빌리티 연계형 이동서비스 실증사업[과제번호: P0022025]'과 국토교통부 국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 육성사업의 연구비 지원(과제번호 RS-2022-00156089)에 의해 수행되었습니다.

우회전 교통사고 절감을 위한 개선 방안

Measures to Reduce Traffic Accidents Caused by Vehicles Turning Right

박경철
(경기연구원, 모빌리티연구실장)

김민영
(아주대학교, 박사과정)

박민준
(경기연구원, 연구원)

국내 도로횡단 중 차량에 의한 교통사고 사상자수는 2018년 19,589명에서 2022년 14,010명으로 연평균 7.8%로 꾸준히 감소하고 있다. 그러나, 우회전 사상자수는 2018년 4,585명에서 2020년 3,951명으로 감소하다 다시 증가하여 2022년에는 4,230명에 달한다. 도로횡단 중 교통사고 사상자수에서 우회전 사고 비중도 최근까지 지속적으로 증가하여 2022년에는 30.2%에 달할 정도이다. 특히, 성인에 비해 키가 작은 어린이 교사고 예방을 위해 만든 스쿨존에서 발생하는 어린이 보행자 사고건수는 0.7%로 오히려 증가하고 있다.

우회전 사고예방을 위해 2022년부터 도로교통법이 강화되었다. 2022년 7월 12일부터 횡단보도 주변에 횡단하려는 의지를 가진 보행자가 있다면 일시정지를 의무화하였으며, 2023년 1월 22일부터 적색 등화시 일시정지 의무를 더욱 명확히 법령에 수록하였다. 우리나라의 일시정지 후 우회전은 해방 이후부터 있던 통행방법인데 갑자기 단속한다고 하니 제도가 전면적으로 바뀐 것으로 많은 시민들이 오해하고 있다. 또한 초기 우회전 홍보물은 너무 복잡하여 시민들에게 거부감과 혼란을 줬으며, 논란 중심의 자극적인 언론들로 '우회전은 복잡하다'는 부정적인 인식이 확산되었다. 특히, 대법원 판례와 경찰의 단속지침의 차이는 전문가 사이에서도 논란 중이다.

경기연구원이 수행한 수도권 시민대상 설문조사(2023. 12)에 따르면, 우회전 제도 변경으로 10명 중 약 6명의 운전자가 스트레스를 받고 있다. 운전자의 75.3%는 우회전 일시정지 중 뒷차량에게 보복성(경적이나 헤드라이트 위협 등) 행동을 받은 경험이 있으며, 78.3%는 일시정지하지 않아도 되는 상황에서 앞차량의 일시정지로 답답함을 경험한 것으로 나타났다. 운전자들의 40.3%는 우회전 통행방법에 대해 잘 안다고 응답했지만 실제 확인결과, 정확한 우회전 방법을 알고 있는 비중은 0.3%밖에 되지 않았다. 어떻게 보면 우회전으로 인한 사회적 혼란은 당연한 결과이다.

본 연구에서는 실질적 우회전 사고를 절감할 수 있는 다양한 대안을 제시하였다. 첫째, 우회전 전용신호등 설치이다. 우회전 전용신호등은 교통정체와 운전자 혼란을 최소화하면서 보행자를 보호할 수 있는 최선의 방법이다. 둘째, 교통섬 삭제와 교차로 회전반경 축소 등 교차로의 기하구조를 개선해야 한다. 교통섬은 빠른 속도로 우회전을 할 수 있게 하지만 횡단하는 보행자 사고율을 높이기 때문에 과감하게 제거해야 된다. 또한, 보행자가 많은 교차로는 회전반경을 축소하여 우회전 차량 속도를 낮추고 보행자의 횡단거리를 단축시켜야 한다. 셋째, 대형차량의 사각지대 개선이다. 대형차 관련 사망률은 승용차의 2배 이상이다. 버스와 트럭 등 상용 대형차에 대한 사각지대 방지장치 의무화가 시급하다. 또한, 어린이 사고예방을 위한 횡단보도에 높이가 있는 '(가칭)세이티브 아일랜드' 설치를 제안하였다. 마지막 대안은 운전석을 현행 좌측에서 우측으로 이동하는 것이다. 통행 방향은 현재와 같이 우측통행을 유지하면서 운전석만 이동하는 방식으로 운전자 혼란은 최소화하면서, 우회전 사각지대를 줄여 사고 예방이 가능하다. 이상의 다양한 대안도 중요하지만, 우회전으로 인한 사망사고를 막기 위해 가장 중요한 것은 형식적인 일시정지가 아닌 운전자 스스로 우회전 시 무조건 서행하는 교통문화를 하루 빨리 정착해야 할 것이다.

사사: 본 논문은 경기연구원으로부터 지원받은 연구임

무인 과적단속 체계 도입 및 법제도 개선을 위한 기초연구

A Study on the Introduction of Overload Enforcement System and Enhancement of the Legal Framework

윤정은
(아주대학교, 박사과정)

윤일수
(아주대학교, 교수)

고우리
(아주대학교, 박사과정)

도로 위를 달리는 과적 화물차는 대형사고를 부르는 원인으로 지목되고 있다. 경찰청 통계자료에 따르면 고속도로에서 발생한 사망사고 중 절반 이상이 화물차 관련 사고인 것으로 나타났으며, 특히 화물차 치사율은 화물차가 아닌 경우보다 2.5배 높은 것으로 나타났다(경찰청, 2022). 무리한 과적으로 차량제어가 곤란한 상태에서의 교통사고는 대부분 대형사고로 이어져 엄청난 인명피해를 가져온다. 이렇게 화물차 사고는 대형사고 유발 가능성 및 치사율이 높으며 교량 등 시설물에 과도한 충격을 주어 시설물의 붕괴를 초래할 수 있다. 특히 과적으로 인해 도로포장, 교량과 같은 구조물을 파손시켜 운행하는 자동차의 손상이나 대형 교통사고를 유발하여 도로교통 안전을 위협하고 막대한 사회적 비용을 발생하게 한다.

현행법상 과적 운행에 대한 법규는 도로법에 규정되어 있고, 도로관리기관에서 과적 단속을 시행하고 있지만, 법적 제한 및 단속 전담인력 운영의 한계로 과적 차량은 지속적으로 발생하고 단속 효과 또한 미비한 실정이다. 과거에는 과적단속을 위해 별도의 공간에 정차하여 사람(단속원)이 이동식 축중기나 저속축중기를 이용하여 검측을 했다면, 이제 다가올 미래에는 지하도로 및 스마트톨링 운영하에 시대적인 변화에 따라 별도의 공간도 필요없고 단속원도 필요없이 고속으로 주행하는 무정차, 무인 검측체계로의 혁신이 필요할 때이다. 이미 과속, 신호위반 등은 센서와 카메라를 사용하여 직접 단속을 집행하고 있다. 미래에는 과적 또한 고속축중기를 이용한 무인, 무정차, 직접단속 체계로 변화해야 하는 시기라고 사료된다.

따라서 과적 화물차의 효율적인 단속을 위하여 검측기술의 정확도 향상 등 단속방안을 발전시키고, 단속업무 통합시스템 운영 방안 확대 등 기존 단속체계 개선이 필요한 시점이며, 더불어 도로인프라를 이용하는 국민의 교통 안전성 향상도 필요하다. 특히 AI, 빅데이터 기술들을 활용한 무인 자동 단속기술 등 신기술 개발이 필요하며, 개발된 신기술의 실용화를 위한 운영방안과 법적 제도적 개선도 필요하다.

이에 본 연구에서는 무인, 무정차 과적단속 관련 실태를 조사하고 현재 과적단속 체계의 한계점을 시사하여 향후 과적 화물차에 적극 대응하기 위한 단속체계 개선 방향을 도출하고자 하였다. 무인 과적단속 체계 관련 동향을 검토한 결과, 해외 주요 국가에서는 고속축중기를 통한 직접단속 체계를 도입 및 확대하려는 추세임을 알 수 있었고, 국내도 마찬가지로 고속축중기를 통한 무인, 무정차 단속이 필요한 실정임을 확인하였다. 현행과 같은 방식으로는 단속효과도 미비하고, 단속업무를 위해 소요되는 인력이나 단속장비의 기술적 한계 등 효과적인 단속 실효성을 확보하기 어려운 한계가 있기 때문이다. 이에 AI, 빅데이터 등을 활용한 무인 단속 자동화 등 신기술 개발이 시급하며 이를 적용할 법적 제도적 기반 마련 또한 필요하다.

무리한 과적은 차량 제어를 곤란하게 하고 제동거리를 증가시켜 추돌사고의 위험이 높아질 수 밖에 없다. 이러한 과적차량이 일으키는 교통사고는 대부분 대형사고로 이어져 엄청난 인명피해를 가져온다는 점에서 과적이 교통안전에 미치는 영향은 매우 심각하다고 할 수 있다. 과적차량을 근원적으로 줄이기 위해서는 새로운 안전관리 체계를 구축하여 교통안전 패러다임을 대전환해야 할 필요가 있다. 따라서 단속 실효성을 확보하기 위해서는 고속주행 중 무인, 무정차로 과적을 검지하고 단속하는 방식이 필히 도입되어야 한다. 이는 과적방지 효과와 함께 과적 검문소에서 발생하는 지체 및 배기가스 감소 뿐만 아니라, 도로 안전성 향상, 단속업무 및 도로 유지관리를 위해 소요되는 비용 절감 등 다양한 효과를 기대할 수 있을 것이다.

사사: 이 논문은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비지원(RS-2022-00142239)에 의해 수행되었습니다.

게임 이론을 기반으로 분석한 지속 가능한 교통과 ITS

Sustainable Transport and ITS Aanalyzed Based on Game Ttheory

김영국
(한국교통연구원, 연구위원)

반복되는 죄수의 딜레마 게임은 마치 일상생활에서 사람들이 대중교통을 이용할 것인가 승용차를 탈 것인가를 고민하는 것과 유사하다. 게임 이론과 달리 대중교통 이용자와 자가용 승용차를 타는 사람들이 혼재해 있는 도시의 교통상황은 각자의 선택에 따른 개인 효용(Utility)의 많고 적음의 변화뿐만 아니라, 사회적 측면에서의 외부효과(Externalities, 교통혼잡, 오염 발생, 탄소 배출 등)도 함께 달라지기 때문에 더 복잡한 구조이다. 수단선택에 따라 개인별로 느끼는 효용의 정도(程度)에 차이가 있고 외부효과도 도로 위에 차량의 밀도에 따라 증감하는 교통 정체의 수준이 달라진다. 지하철 이용으로 전환하는 사람이 늘어나 객차 내 승객수가 증가하면 통행시간에는 변화가 없더라도 차내가 복잡해져 개인의 효용은 감소할 수 있다. 따라서 해석할 때 각 수단 선택자들 효용의 변화에 미치는 요인들을 검토해야 하고 더불어 외부효과에 따라 시스템에 미치는 영향을 고려해야 하는 등 주의를 기울여야 한다.

대도시 권역 출퇴근 시간대는 늘 정체 현상이 발생한다. 즉, 현재의 통행 조건이라면 대중교통 이용자가 승용차로 수단 전환을 하는 경우 정체 현상을 가중해 승용차 이용자 전체의 효용을 감소시킨다. 대중교통에서 승용차로 전환하면서 편리함이라는 효용을 얻을지라도 이러한 효용이 정체로 인한 스트레스보다 클 수 있을지 판단이 필요하다. 출퇴근 시간 대중교통 내의 혼잡 또한 대중교통으로의 수단 전환을 막는 중요한 요인이다. 짐짝처럼 실려 숨쉬기 어려운 상황을 경험해 본 사람은 아무리 경제적인 수단이라 하더라도 지하철이나 버스로 수단을 옮겨가기 쉽지 않다. 이처럼 매일 우리 앞에는 통행수단에 대한 선택지가 주어져 있지만 개인의 선호에 따라 또 어쩌면 중독적 경향에 의해 습관적으로 선택하고 있는지도 모른다. 사람의 선호를 바꾸기 어렵고 중독적 경향을 벗어나 새로운 선택을 유도하기 위해서는 그만큼 정교한 대책이 필요하다.

도시는 다양한 선호를 가진 대중들이 함께 공간을 공유하며 이용하고 있다. 대중의 선호는 그 스펙트럼이 넓고 다양하다. 지하철의 혼잡(crowding)과 도로 위의 혼잡(congestion)은 같은 듯 다르다. 어떤 이는 앞의 혼잡은 견디지만, 뒤의 혼잡은 참을 수가 없고, 또 다른 어떤 이는 그 반대 성향을 보인다. 따라서 정책을 개발하고 집행하는 데에는 다양한 선호에 대한 조사와 그 효과를 분석하여 수립하는 주도면밀함이 필요하다. 이 과정에서 유의해야 할 점은 사회가 어느 방향으로 진화하는 것이 바람직한가에 대한 통찰이 우선이고 그 위에서 제도가 설계되어야 한다는 점이다.

게임 이론을 바탕으로 살펴본 대중교통과 승용차 선택의 문제는 개인 효용의 증감과 사회적 외부효과를 함께 검토하여 정책 수립이 필요함을 알려준다. 이기적 속성을 지닌 플레이어들이 참여하는 게임에서 마음씨 좋은 전략을 기반으로 한 상호 협력이 최선의 결과임을 증명하였다. 대중교통과 승용차의 선택에서도 부정적 외부효과를 최소화하면서 개인의 효용을 극대화시키는 균형점을 찾아서 계획을 세워야 할 것이다. 앞서 살펴본 바와 같이 ITS를 적극 활용하여 대중교통 이용의 효율을 높이고 부정적 외부효과를 최소화 하는 방향으로 적용할 경우 지속 가능한 교통체계를 이루어 나아가는데 도움이 될 것이다.

자율주행 이동식 충전기 운영을 위한 동적경로선택모형

Dynamic Vehicle Routing Problems for Operating Autonomous Mobile Chargers for Electric Vehicles

서문정
(서울시립대학교 교통공학과, 석사과정)

이승현
(서울시립대학교 교통공학과, 부교수)

변지혜
(서울시립대학교 교통공학과, 조교수, 교신저자)

1992년 유엔기후변화협약 이후 가입 당사국들은 온실가스 배출량 감축을 위한 국가정책을 수립 및 시행하고 있으며, 2015년 파리협정을 통해 2020년 만료되는 교토의정서 대체를 위한 새로운 기후변화협약을 맺었다. 이에 발맞춰 대한민국도 2020년 10월 28일 '2050 탄소중립 선언'을 통해 기후 위기에 능동적으로 대응하기 위해 노력하고 있다. 특히, 수송부문에서는 탄소배출을 감소시키기 위해 기존 화석연료수단에서 친환경 수단으로의 전환이 필수적이며, 미래형 교통수단으로 주목받는 자율주행차량 또한 친환경차 동력을 기반으로 개발되고 있다. 그러나 빠른 시장 점유 증가율을 보이던 전기차는 최근 보조금의 축소 및 충전 인프라 부족 등으로 증가세가 완만해지고 있다. 충전 인프라 부족을 극복하고자 전기차 이동식 충전기가 새롭게 등장하였으며, 최근 IT 기술의 발전과 함께 자율주행 이동식 충전기가 완성단계에 이르렀다. 자율주행 이동식 충전기는 기존의 전기차 충전소보다 비교적 적은 공간을 차지하여 주차 공간을 효율적으로 운영할 수 있을 뿐만 아니라 충전기가 스스로 이동하여 전기차 소유자의 충전 대기 시간을 최소화함으로써 충전 인프라 부족으로 인한 전기차의 완만한 시장점유율 증가세를 어느 정도 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 아직 자율주행 이동식 충전기의 효율적 운영에 대한 연구가 부족하며, 본 연구에서는 I) 실시간 충전 요청 시 충전이 필요한 정도에 따라 수락 여부를 결정하며, ii) 제한된 환경 아래에서 충전 횟수 및 운영 효율을 최적화하는 전기차의 자율주행 이동식 충전기를 위한 동적경로선택모형을 설계한다. Dynamic Vehicle Routing Problem with Stochastic Requests (DVRPSR)기법을 활용하여, 충전기 최적 경로, 충전 요청 차량 위치, 요청 수락 여부, 충전 우선순위 등을 고려하여 자율주행 이동식 충전기의 실시간 최적 충전 경로를 계획한다. 이를 기반으로 가상의 네트워크에서 DVRPSR 기법의 적용성과 효과를 평가하고, 실제 상황에 적합하게 구현하기 위한 시사점을 도출한다.

본 연구에서 개발한 자율주행 이동식 충전기의 효율적 운영 기법을 통해 전기차에 대한 이용자의 수용성과 편리성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대하며, 이를 통해 기후 위기에 능동적으로 대응할 수 있을 것으로 기대한다.

사사: 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2023R1A2C2008054).

ITS 정책 및 기타(Ⅲ)

Session

A-4

지하철 좌석 유무에 따른 승객행태 변화 분석

조홍준, 김도경

도시철도 인프라의 혼잡도를 고려한 시설 별 통행시간가치 추정 연구

주윤호, 김정화

도시철도 조조할인 제도 개선안 효과 분석

도승일, 박신형

수정된 IPA 기법을 활용한 청주시 시내버스 서비스 개선 방향

황슬비, 김나연, 송태진

버스 공영차고지 조성에 따른 생활권별 대중교통 서비스 변화 분석: 부산광역시 강서공영차고지 조성을 사례로

황유성, 신강원

지하철 좌석 유무에 따른 승객행태 변화 분석

Analysis of Change in Passengers Behavior according to Subway Seats

조홍준
(서울시립대학교 교통공학과 석사과정)

김도경
(서울시립대학교 교통공학과 &
도시빅데이터 융합학과 교수)

지하철은 현대 도시에서 핵심적인 대중교통 수단으로, 많은 승객들이 사용하는 만큼 지하철의 혼잡이 자주 심하게 발생하고 있어 이를 효율적으로 해결하기 위한 여러 방안이 지속적으로 연구되고 있다. 지하철 열차 내의 혼잡을 완화하기 위한 방법 중 하나인 열차 내의 좌석을 없애 공간을 늘리는 방법(또는 접의식 의자)은 과거에 일본, 우리나라에 시행되었지만 장거리 승객들의 민원, 접이식의자 고장, 고령화 등의 이유로 폐지되었다. 하지만 최근에 2024년 1월부터 4호선에 열차 1량(3번칸)에 출근시간대 하루에 1번 좌석을 제거하여 실증 운행하고 있다.

따라서 본 연구에서는 현재 실증하고 있는 4호선 '좌석 없는 칸'을 활용하여 열차내 좌석을 제거함에 따른 효과, 변화를 분석하고자 한다. 첫 번째로 기존차와 좌석이 없는 차의 혼잡도(재차인원)를 비교하여 혼잡도 감소효과, 승객의 선호도를 분석해보았다. 두 번째로 한 열차에서 좌석이 없는 칸과 좌석이 있는 칸의 공간별(창문 쪽, 출입구, 통로) 밀도를 비교하여 좌석이 없을 시의 변화를 비교해보았다.

기존차의 경우 2,3,4번칸의 기존에 설치된 CCTV의 01/29~02/02(월~금) 오전 약 8시 영상을 확보하였고, 좌석이 없는 차의 경우 2,3,4번칸에 카메라를 직접 설치하여 01/22~01/26(월금) 오전 약 8시 영상을 확보하였다. 그 후 영상을 보고 역별 승·하차 인원, 재차인원을 카운팅하여 혼잡도, 공간별 밀도를 추출하였다.

분석 결과, 3번칸이 좌석을 없애기 전에 세 칸 중 가장 혼잡도가 높았지만 좌석을 없앤 후 혼잡도가 가장 낮아졌다. 혼잡이 줄어들었지만 옆의 두칸의 혼잡도가 심해졌고 이는 승객들은 좌석 없는 칸을 비선호한다는 것을 의미한다. 공간별 밀도는 통로 쪽의 경우, 좌석을 없앤 칸이 더 줄어들었다. 열차내 손잡이의 위치는 그대로이기 때문에 통로가 넓어지는 효과가 크게 나타나지 않았다. 하지만 전체적으로 열차 내 밀도가 고르게 분포하였고 이는 사고위험이 낮아지고 열차내 승객이 더 많이 탑승할 수 있는 장점이 있다.

향후 승하차 시간을 비교하여 좌석을 없애는 것에 대한 추가적인 효과를 확인하는 것이 필요하고 열차 전체에 좌석을 없애는 것에 대한 효과 분석이 필요해 보인다.

사사: 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO.2022M3J6A1084845)

도시철도 인프라의 혼잡도를 고려한 시설 별 통행시간가치 추정 연구

Estimating the Value of Travel Time by Facility Considering The Congestion in Urban Rail Infrastructure

주윤호
(경기대학교, 석사 과정)

김정화
(경기대학교, 조교수)

본 연구는 현재까지 추가 연장되는 도시철도의 통행에 대한 중요성 및 통행에서 발생하는 혼잡 현상을 배경으로 시작하였다. 특히 도시철도 시설 내 혼잡에 대한 인식이 높아지고 있는 상황에서 출퇴근 시간에 발생하는 도시철도 시설의 혼잡이 도시철도 이용객의 통행시간가치에 미치는 영향을 추정하고자 한다. 이를 위해 CVM 설문 기법인 SP설문조사를 통해 수도권 도시철도를 이용하는 이용객들에게 가정의 상황에 대한 혼잡도 변화가 있는 경로 선택에 대한 질문을 진행하고, 이를 통해 도시철도 객차 내, 승강장, 그리고 환승통로를 대상으로 혼잡도를 고려한 통행시간가치를 추정하였다. 본 연구를 진행하기 위한 설문조사는 SP조사를 포함한 설문으로 수도권 출퇴근 통행자 412명을 대상으로 각 시설에 대하여 10개의 문항에 대한 유효응답을 취득하였다. 다항로짓모형을 활용한 분석 결과 차량 내, 승강장, 환승통로에 대한 각각의 VOT는 6,375원, 8,295원, 2,460원의 결과가 나왔으며 승강장에서의 대기시간이 이용자들의 시설에 대한 시간가치 중 가장 큰 값으로 나타났다. 본 연구의 결과를 통해 혼잡 완화에 따른 통행시간 가치를 계산하고, 각각의 시설에 있어 혼잡 상황에 대한 승객의 효용에 미치는 영향을 평가함으로써 도시철도 운영에 대한 효과적인 의사결정을 지원하는 새로운 평가 지표를 제시하였으며, 이러한 결과는 광역통행권의 거대화와 함께 증가하는 철도 수요에 대응하여 광역교통체계를 보다 효율적으로 운영하기 위한 중요한 정보를 제공할 것으로 기대된다.

사사: 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022R1F1A1072540)

도시철도 조조할인 제도 개선안 효과 분석

Analysis of the Effectiveness of Improved Early Bird Discount Policy on Urban Railways

도승일
(서울시립대학교, 석박사통합과정)

박신형
(서울시립대학교, 부교수)

도시화의 지속적인 심화로 인하여 수도권의 인구밀집도는 증가하고 있다. 현재 수도권 인구는 우리나라 전체인구의 약 50%를 차지하고 있다. 정부는 이런 상황을 해결하기 위해, 교외와 서울 간의 환승연계시스템, 중앙버스차로, 광역버스 등을 도입하여 대중교통의 활성화를 추진하고 있다. 서울의 대중교통 수단분담률은 65%로, 전국 평균인 40%보다 높고, 해외의 대도시 평균 수단분담률인 38%보다 매우 높은 수준을 보여준다. 이러한 높은 대중교통 수단분담률은 첨두시간에 대중교통 혼잡도를 높이는 원인이 되고 있다. 특히 도시철도의 오전 첨두시간대 수단분담률은 전체 통행의 29%를 차지할 정도로 혼잡도가 높은 상황이다. 최근에는 도시철도 9호선과 김포공항역의 높은 혼잡으로 인하여 인명피해가 발생하는 등, 지하철 혼잡도 문제는 더욱 심각해지고 있다. 따라서, 첨두시간대 대중교통 혼잡도 개선은 시민들의 우려 완화하고, 쾌적하고 안전한 이동을 제공하기 위해 필수적이다. 대중교통 혼잡도를 해결하기 위한 기본적인 접근법은 시스템을 확장하고 용량을 증가시키는 것이다. 도시철도 편성 증편은 장기적인 투자와 체계적인 계획이 필요하며, 자원과 예산에 상당히 부담을 주지만, 요금 할인을 통한 혼잡 시간 분산 정책은 비교적 적은 비용과 시간을 소요하면서도 효과적인 이용 환경 개선이 가능하게 한다. 서울시는 대중교통 혼잡도를 완화하기 위하여 2015년부터 오전 6시 30분까지 대중교통 이동 요금의 20%를 할인하는 조조요금할인제도를 시행하였다. 조조요금할인제도의 결과로 약 22만 명이 혜택을 받아 하루 평균 약 5억의 교통비가 할인되는 결과를 가져왔다. 그러나 기존 조조할인 제도는 기대했던 전환율에 미치지 못하는 결과를 보여줬으며, 이는 대중교통 혼잡도를 분산하기 위한 정책 개선이 필요함을 보여준다. 따라서 첨두시간대 이용객을 비첨두시간대로 유도하기 위해 시행 중인 조조요금할인제도의 효과를 분석하고, 연내 시행 예정인 요금 인상에 맞추어 보다 효과적인 할인정책 활용방안을 마련할 필요가 있다. 본 연구에서는 오전 첨두시간대의 수요를 효과적으로 분산하고, 도시철도 이용 환경을 더욱 쾌적하고 안전하며 편리하게 만들기 위해 조조할인 제도의 효과를 평가하고자 한다. 오전 첨두시간 지하철 이용자들을 대상으로 지하철 조조할인 제도의 이용 의사와 지하철 조조할인을 수용하는 데 영향을 미치는 요인을 분석하고자 설문조사를 진행하였다. 설문을 진행하기에 앞서 효과적인 제도 개선안을 제시하고자 문헌을 통해 해외 조조할인 제도를 검토하였다. 대부분 도시에서는 국내에서 시행되고 있는 정책보다 할인율이 높고, 조조할인 적용 시간도 긴 편이었다. 따라서 본 연구에서는 기존 조조할인 적용 시간보다 30분 연장한 개선안, 기존 할인율보다 인상된 할인율을 적용한 개선안, 조조할인 적용 시간 연장 및 할인율을 인상한 개선안과 같이 3가지 개선안을 제시하였다. 본 연구에서는 지하철 조조할인 제도의 이용 의사와 지하철 조조할인 수용하는 데 영향을 미치는 요인을 분석하고자 설문조사를 진행하였다. 설문조사는 서울, 경기, 인천에 거주하는 오전 9시 이전 도시철도 이용자를 대상으로 실시하였다. 설문 항목은 응답자의 개인 특성과 지하철 조조할인 제도 이용현황에 관한 질문으로 구성하였다. 설문 응답자의 개인 특성을 파악하기 위하여 성별, 직업, 지하철 이용 빈도 등의 항목을 설정하였고, 본 연구에서 제안하는 조조할인 제도 개선안 이용 여부를 확인하기 위한 항목도 마련하였다. 지하철 조조할인 제도 이용에 미치는 요인을 자세히 분석하고자 출발 시간과 직업을 세분화하여 분석하였다. 지하철 조조할인 제도의 목표는 오전 첨두시간대의 수요를 첨두시간 이전으로 분산시키는 것이므로, 조건 변화에 따른 첨두시간대 승객의 출발 시간 선택 패턴을 파악하는 것이 중요하다. 이를 위해 지하철 이용 시간대를 '07시 이전'을 pre-peak, '07~08시'를 peak, '08시 이후'를 post-peak로 구분하였다. 또한 직업에 따른 승객의 선택 행태를 분석하기 위해, 직업을 출근시간이 고정된 출근자, 출근 시간이 유연한 출근자, 그 외로 세분화하여 분석하였다. 분석 결과 현재 지하철 조조할인 제도를 이용하는 이용자들의 비율은 낮다. 이용자들의 대부분은 짧은 조조할인 제도 적용 시간 때문이라고 응답하였다. 또한, pre-peak 이용자들이 개선된 조조할인 제도를 이용할 확률이 가장 높았고, 출근 시간이 유연한 출근자가 개선된 조조할인 제도를 이용할 확률이 가장 높았다. 따라서 개선된 지하철 조조할인 제도는 peak 시간대 혼잡도를 줄여줄 것으로 예상되며, 이는 지하철 이용자들의 만족도를 높이고, 지하철 시스템의 효율성을 향상하는 데 기여할 것으로 기대된다.

수정된 IPA 기법을 활용한 청주시 시내버스 서비스 개선 방향

Improvement of Cheongju City Bus Service Using Revised IPA

황슬비
(충북대학교, 석사과정)

김나연
(충북대학교, 석박사통합과정)

송태진
(충북대학교, 부교수)

청주시는 승용차에서 시내버스로의 수단전환 및 대중교통 이용 활성화를 위해 시내버스 노선 개편 등 이용 환경 개선을 도모하고 있으나 시민들은 생활수준 향상에 따라 이동성 뿐만 아니라 시설이용 만족도에 높은 가치를 두고 있는 추세이다. 따라서 향후 청주시의 시내버스 활성화를 위해서는 현실적인 이용자 측면에서의 편의나 요구사항을 반영하여 서비스 개선을 함께 도모하는 등 이용자 만족도를 제고할 수 있는 방향으로의 운영이 필요하다. 이에 본 연구는 시내버스 실 이용자인 청주시민을 대상으로 시내버스 만족도 조사를 수행하여 현재 시내버스 서비스 제공의 현황을 진단하였다. 시내버스 서비스에 대한 전반적 만족도 조사 결과 시내버스 이용 유도를 위해서는 이용자 만족도의 제고가 필요한 것으로 파악되었다. 서비스 측면의 세부 개선 필요사항을 도출하기 위해 만족도 조사 결과를 기반으로 다양한 논의가 진행중인 수정된 IPA 기법 중 두 가지 기법을 활용하여 시내버스 서비스 만족도 향상을 위한 개선점을 분석하였다. 그 결과 중요 실행요소로 작용하여 지속적인 유지관리가 필요한 속성, 현재 서비스 만족도는 낮으나 이용자의 기대감을 충족하는 경우 매력적인 요소로 작용할 수 있어 중점적인 개선이 필요한 속성, 중요하지 않은 실행요소이나 향후 중요도가 향상되는 경우를 대비해 점진적인 개선이 필요한 속성, 서비스 제공 시 당연히 갖추고 있어야 하는 기본요소로 투자순위는 후순위로 두되, 다른 속성 개선 시 부가적인 개선을 도모할 필요가 있는 속성의 4가지로 구분하여 서비스 개선방향을 제시하였다. 해당 결과는 향후 청주시 대중교통 이용률의 향상을 위한 목적으로 서비스 측면의 개선방향을 수립하고 서비스 개선의 우선순위를 정하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이라 기대된다.

버스 공영차고지 조성에 따른 생활권별 대중교통 서비스 변화 분석: 부산광역시 강서공영차고지 조성을 사례로

Analysis of changes in public transportation services by living area following the construction of public bus garages: As an example, the construction of Gangseo garage in Busan

황유성
(경성대학교 도시공학과 석사과정)

신강원
(경성대학교 도시계획학과 교수)

부산광역시는 시내버스 준공영제 시행과 함께 버스 공영차고지를 조성하여 도심에 위치한 민영 버스차고지들을 공영차고지로 통합·이전해왔다. 구체적으로 청강리(2012년), 금정(2016년), 강서(2023년)지역에 3개의 버스 공영차고지를 조성하였으며, 차고지를 기/종점으로 발착하는 버스노선의 특성상 3개의 공영차고지 조성 시기마다 시내버스 노선 개편이 이루어졌다. 이러한 노선 개편은 대중교통 서비스가 취약한 외곽지역에 시내버스 서비스가 일부 확대되는 효과도 있지만, 노선의 운행거리 증가에 따른 배차간격 증가 등 버스 서비스 저하도 예상되어 차고지 조성에 따른 노선개편에는 찬반 의견이 상존하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 대중교통 노선의 공급성과 지역 연결성을 반영한 지역별 대중교통 서비스 평가 방법론을 제안하여, 부산 강서 공영차고지 조성으로 인한 시내버스 노선 개편 전후를 대상으로 부산의 62개 생활권별 대중교통 서비스의 변화를 분석하였다.

부산 강서 버스공영차고지는 최근 명지지구 등 도시개발로 인구가 증가했지만 대중교통 노선이 부족하던 강서지역에 위치하고 있으며, 강서 버스공영차고지를 중심으로 총 20개의 시내버스 노선의 운행계통이 크게 변경되었다. 개편된 노선들의 평균 운행거리는 약 0.9km 증가하였으며, 노선개편에 따른 타 노선 차량들의 증감차가 발생하여 부산 시내버스 전체 평균 운행시간은 4분, 배차간격은 1분 증가한 것으로 나타났다. 노선개편에 따른 대중교통서비스 변화를 살펴보기 위해 대중교통시설 좌표데이터와 대중교통 운행계통 데이터를 가공하였으며, 노선 개편 이전인 2023년 4월과 개편 이후인 2023년 10월의 부산시 대중교통 DB를 구축하여 Grid(100m×100m) 분석을 수행하였다. 구체적으로 Grid별로 TSA 분석을 수행한 후 일일 대중교통 운행횟수인 노선 공급성과, 각 Grid에서 이용 가능한 대중교통 노선이 환승 1회까지 연결 가능한 생활권 수인 지역 연결성을 산정하였다. 분석 결과 전체 Grid의 평균 노선 공급성 점수는 개편 전후 0.132점에서 0.134점으로, 지역 연결성 점수는 0.635점에서 0.636점으로 나타났다. 이처럼 시내버스 노선 개편으로 인해 부산광역시의 전체 대중교통 노선의 공급성과 연결성은 소폭 증가한 것으로 나타났으나, 개편 후 도심 몇몇 지역에서는 대중교통 서비스가 저하된 것으로 나타났다. 본 연구를 통해 제안한 노선 공급성과 지역 연결성 지표를 부산광역시 62개 생활권별로 살펴보면, 강서구 일대인 명지, 가락·녹산 생활권의 대중교통 서비스 수준은 향상된 것으로 나타났으나, 사하구와 북구 일대 생활권의 대중교통 서비스는 저하된 것으로 나타났다. 이처럼 공영차고지 조성 후 기존의 대중교통 취약지역이던 강서지역의 대중교통서비스가 확대됨에 따라 인구분포를 고려한 부산 전체의 대중교통 서비스는 소폭 상승한 것으로 나타났으나, 기존의 노선들이 외곽으로 연장됨에 따라 도심지역의 몇몇 생활권들은 서비스가 감소한 것으로 나타나 적정 대중교통 서비스 수준에 대한 논의가 필요하다고 판단된다. 본 연구에서는 대중교통 서비스 평가를 위해 다양한 자료 기반의 노선 공급성 및 지역 연결성 지표를 제안하였으나, 향후 이용자 요구사항을 반영할 수 있는 추가 지표 발굴이 필요하다고 판단된다.

ITS 정책 및 기타(Ⅳ)

Session

A-5

DEA 모형을 활용한 민자고속도로 운영 효율성 평가에 관한 연구

서창범, 박동주

도로용량편람 교통량비율 회귀식 개정의 필요성 – 고속도로 연결로 접속부–

이환승, 박호철

한국형 크라우드배송 설계 및 운영방안 연구

민석원, 박동주

컨테이너 운송차량 통행유형별 통행행태 분석 연구

장진원, 박성경, 박동주

사업용 차량 운행시간 개정에 따른 고속도로 화물차 휴게시설 신규위치 선정 연구

이성준, 김우원, 박준영

DEA 모형을 활용한 민자고속도로 운영 효율성 평가에 관한 연구

A study on the evaluation of private highway operation efficiency using the DEA model

서창범
(한국교통연구원, 부연구위원)

박동주
(서울시립대학교, 교통공학과 교수)

우리나라 민간투자사업은 1990년대 중반부터 본격적으로 추진되었다. 민간투자사업은 국가 재정절감에 기여히고, SOC 시설의 조기 확충 및 경제활성화를 도모하였지만 MRG제도의 부작용과 높은 통행료 등으로 부정적 인식이 증대하였다.

이에 정부는 2018년에 민간투자사업의 공공성 정책을 추진한 바 있고, 운영평가제도를 강화하여 시행중에 있다. 이에 운영 과정과 결과를 동시에 고려하는 평가체계로 보완될 필요가 있으며, 이를 통한 연구결과를 정책에 반영하기 위해 과학적 방법에 근거한 객관적인 평가체계 도입이 필요하다.

DEA 방법론은 효율성을 확보하기 위해 어떠한 투입요소와 산출요소가 조정되어야 하는지 파악이 가능한 방법이다. 본 연구를 통해 도로 관리 및 운영에 실제 투입되는 실적 데이터를 기반으로 객관적인 평가를 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

주요 연구 방법은 우선 효율성과 관련한 문헌 및 선행연구를 검토하고 DEA 방법을 적용하고자 한다. 효율성 평가 모형의 구축 및 실증분석을 통해 시사점을 도출하고 정책적으로 활용가능한 시행방향을 제시하고자 한다. 연구의 범위는 현재 운영중인 20개의 민자고속도로를 대상으로 하였다. 연구의 주요 과정에 따른 방법론은 첫째, 평가항목 및 지표는 기존의 평가제도를 준용하여 선정하였다. 둘째, 지표에 사용될 다양한 변수는 인과관계를 검토하여 선정하였다. 셋째, DEA 모형을 사용하여 평가항목별로 효율성 분석을 수행하였다. 마지막으로 평가결과를 종합하고 결론을 제시하였다.

우선 분석방법으로 DEA 모형을 활용하였는데 DEA 모형은 선형계획법에 기반한 최적화 이론을 따르고 있다. 이 모형의 장점은 측정단위가 상이한 경우에도 적용이 가능하고, 평가 대상간 상대적인 효율성 파악을 통해 벤치마킹 할 수 있는 대상을 찾아주어 개선방안의 도출이 가능하다는 것이다. 효율성이 확보된 경우 도출되는 값은 1이며, 1 이하는 비효율성을 나타낸다. 자신이 어느정도의 수준인지 알 수 있고, 목적에 대한 달성 목표도 탐색할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 모형을 통해 비효율적인 집단은 효율화가 되기 위한 전략과 실천방안을 모색하는 것이 중요하다고 판단된다.

효율성평가 모형 구축 절차는 우선 평가항목의 설정, 평가지표의 구축, 사용될 변수의 선정, DEA 분석, 결과의 종합순으로 이루어진다. 모형은 명확한 목표 및 간결한 지표, 자료구득의 용이성 등을 고려하여 평가 모형을 구축하였다. 효율성 평가 항목은 현재 운영평가의 항목인 도로안전성, 이용편의성, 관리적정성 세가지 항목을 준용하였다. 또한 도로 운영상의 중요하다고 판단된 9개의 평가 내용을 조합하여 최종 5개의 평가지표 즉, 사고예방, 사고대응, 이용자 편의, 운영비 집행, 적정계획 이행으로 효율성 평가지표를 구성하였다. 다음으로는 변수의 선정이다. 이때 산출변수는 현재 운영평가에서 제시하고 있는 평가방법에 사용되는 데이터를 사용하였고, 투입변수로는 실제 민자고속도로에서 투입되는 인적, 장비, 운영비를 선정하였다.

20개 민자고속도로의 운영 효율성 분석 결과, 사고대응 부문이 0.87로 가장 높은 효율성을 나타내었고, 그 다음으로 운영비 집행, 이용자 편의, 사고 예방, 유지관리 적정계획이행 순으로 분석되었다. DEA 모형을 활용한 효율성 평가모형은 도로 특성별로 결과를 분해하여 개선사항을 제시 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

민자고속도로는 향후 지속 증가될 것으로 예상되며, 노후화 등의 문제로 운영에 대한 관심이 더욱 커질 것으로 판단된다. 본 연구는 DEA 모형을 활용하여 민자고속도로의 운영상의 취약점 및 개선량을 파악할 수 있었으며, 평가기능, 평가내용, 평가방식, 평가결과를 과학적이고 객관적인 방향으로 개선할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 본 연구는 정책적으로도 민자고속도로 노선의 효율적 운영방안 및 개선사항을 제시할 수 있어 중장기 운영체계 수립시 활용성이 높을 것으로 판단된다.

도로용량편 교통량비율 회귀식 개정의 필요성
- 고속도로 연결로 접속부 -

The Necessity of Revising the Regression Equation for Traffic Volume Ratios in the Highway Capacity Manual

이환승
(명지대학교, 석박사통합과정)

박호철
(명지대학교, 부교수)

국내 도로용량편람은 1992년 최초로 만들어진 이후, 2001년, 2013년 약 10년 주기로 2회에 걸쳐 개정되고 있다. 현재 사용되고 있는 도로용량편람은 2013년이 최신으로 약 10년 이상의 기간 동안 개정되고 있지 않는 실정이다. 최근 국내는 자율주행차량 도입 등 도로 상황이 급변하게 변화되고 있으나, 이를 반영할 편람 및 지침의 필요성이 요구되고 있다. 특히 연결로 접속부의 경우 서비스척도를 평가하는 밀도 및 밀도 산출에 필요한 교통량 비율의 회귀식이 2013년 개정되지 않으면서 2001년 도로용량편람의 값을 약 20년 이상의 기간 동안 사용하고 있다. 연결로 접속부는 다양한 교통류의 혼재된 도로 특성으로 인해 사고의 위험성이 존재하며, 변화된 도로 상황을 구현할 수 있는 회귀식 개정이 필요한 상황이다. 본 연구에서는 고속도로 연결로 접속부 분류 후 합류 유형인 매송 IC 합류부와 분류부를 대상으로 차량궤적데이터를 수집하였다. 수집한 데이터를 기반으로 VISSIM 시뮬레이션 분석을 통해 교통량비율 회귀식을 산출하고 이를 기반으로 밀도를 산출하여 개정의 필요성을 검토하였다.

한국형 크라우드배송 설계 및 운영방안 연구

A Study of Design and Operation Plan of Korean-Crowdshipping Services

민석원
(서울시립대학교 교통공학과, 석박사통합과정)

박동주
(서울시립대학교 교통공학과, 정교수)

Crowdshipping이란 화물을 배송하는 과정에 불특정한 일반 대중이 자발적으로 참여하며 그에 상응하는 보상을 받는 시스템(B.Rai et al., 2017)으로, 공유·플랫폼 물류의 핵심으로써 최근 관련 시장이 성장하고 있다. 실제 국내외 다양한 Crowdshipping 서비스(배민 커넥트, 쿠팡 플렉스 등)가 출시되고 있어 대중에게도 익숙한 물류 개념으로 자리를 잡는 과정 중에 있고, 특히 한국 대도시권은 높은 인구밀도, 잘 갖춰진 대중교통 시스템을 통해 장래 Crowdshipping 참여율과 효용성이 높을 것으로 기대된다.

또한 장래 화물차 운전자의 부족 문제와 화물차로 인한 온실가스 배출, 도로 혼잡 등 사회적 부편익에 대한 대응 방안을 마련할 필요가 있다. 실제로 일본은 2024년 4월부로 자동차 운전 업무에 대한 연간 시간 외 노동시간 상한이 960시간으로 제한됨에 따라 발생하는 '2024년 문제'로 인해 운송 지연과 새벽배송 중단 등 물류대란을 눈 앞에 두고 있다. 한국도 화물차 운전자의 고령화와 장기적인 노동시간 단축 기조에 대응하기 위해 대체 운송방안에 대한 연구와 시스템 구축이 필요하다.

Crowdshipping 서비스의 운영형태는 일정 시간동안 기업이 대중을 고용하는 형태인 'Dedicated Crowdshipping'과, 여객통행자가 자신의 통행과정에서 자신의 통행경로 또는 목적지의 인근 수요지로 배달을 수행하는 형태인 'Ad-hoc Crowdshipping'으로 구분할 수 있다. 즉, 음식물 또는 택배 등을 배송하기 위한 국내의 Crowdshipping 서비스 대부분은 Dedicated Crowdshipping을 통해 운영된다고 볼 수 있다. 그러나, 당초에 예정되어 있던 통행을 효율적으로 활용함으로써 통행 본래의 목적과 물류배송이라는 두 목적을 하나의 통행으로 모두 달성가능한 Ad-hoc Crowdshipping이 중심이 되는 말단배송체계가 바람직할 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 Ad-hoc Crowdshipping을 중심으로 하여 한국의 도심 내 말단배송체계 재구조화를 위한 연구를 진행하고자 한다. 그 과정에서 Crowdshipping 서비스 수요집단과 공급집단의 규모 및 특성 분석, 연계배송을 위한 환적노드, 이른바 Parcel Locker의 적정 설치지점 도출 및 이를 통한 배송시스템의 물리적 구조 개편, Crowdshipping 서비스 하에서의 화물-배송인 매칭프로세스 개발, 서비스 도입의 효과추정 및 최적 운영시나리오에 기반한 화물배송 체계의 최종적 모습을 구상한다.

본 연구의 정책적, 경제적, 기술적 의의는 상당하리라고 여겨진다. 추후 관련사업을 시행하는 과정에서 중요한 참고자료로 사용될 수 있다. 배송비용과 사회적 비용이 트럭 대비 상대적으로 적은 자전거 등이 주요 배송유닛으로써 참여하는 사업모델을 제시함으로써 물류사의 수익성과 국가적 차원의 편익을 증대시킬 수 있다. 또한 나아가 본 연구의 실증이 이루어진다면, 녹색도심물류의 선두주자로 발돋움할 발판을 마련함으로써 국가 브랜드 이미지 향상에 크게 기여할 수 있다.

컨테이너 운송차량 통행유형별 통행행태 분석 연구

Study of Analyzing the Travel Patterns by Container Transport Vehicle's Travel Type

장진원
(서울시립대학교
교통공학과 &
스마트시티학과
석박사통합수료)

박성경
(서울시립대학교
교통공학과
석사과정)

박동주
(서울시립대학교
교통공학과 &
도시빅데이터융합학과
교수)

컨테이너 운송은 국가 경제와 물류의 핵심 요소이며, 다양한 갈등의 원인이 되기도 한다. 2022년 기준, 국내 GNI 대비 수출입 비율은 100.6%에 달하며, 전체 물동량 중 컨테이너 물동량이 12.7%를 차지한다. 대부분의 컨테이너 운송(국가 총 물동량의 92.8%, 컨테이너 물동량의 96.4%)은 도로를 통해 이루어져 컨테이너 운송차량에 대한 분석이 중요하다. 또한, 안전운임제 폐지를 둘러싼 논란과 화물연대본부의 파업 등 컨테이너 운송은 갈등의 진원지이기도 하다. 이에 따라, 컨테이너 트레일러를 대여하고 반납할 수 있는 공유물류체계의 구축이 추진되고 있으며, 트레일러 대여소의 위치 선정 및 유출입량 관리를 위해 운송차량의 통행량 및 행태 분석이 필수적이다.

이에 따라 본 연구는 국내 컨테이너 운송차량 통행 데이터 검토를 통해 기초적인 통행행태를 분석하는 것을 목적으로 한다. 이는 컨테이너 운송차량의 통행유형(공차, 영차(공컨적재/영컨적재)별 O/D를 구축하고, 특징을 분석하는 것을 기초 전제로 하며, 컨테이너 운송차량 원시자료 가공, 컨테이너 운송차량 통행행태 기초통계, 컨테이너 운송차량 OD 통행량 분석, 시군구별 유출입량 분석 등으로 구성된다.

컨테이너 운송차량 OD 구축의 세부 방법으로는, 우선 국가교통사업의 일환인 '화물자동차통행실태조사' 원시자료를 활용하여 상차량과 하차량의 보정작업을 수행한다. 두 번째로, 컨테이너 운송차량의 보정된 상차량과 하차량을 바탕으로 운송량을 산정하여 영차여부를 판별한다. 세 번째로, 컨테이너 운송차량 통행행태 기초통계를 토대로 컨테이너 운송차량 통행행태를 도식화한다. 네 번째로, 컨테이너 운송차량 통행을 OD단위로 분할하여 OD 통행량을 구축하여 통행유형별 통행량을 분석한다. 다섯 번째로, 시군구별 컨테이너 운송차량 유출입량을 집계하여 시군구별 유출입량을 분석한다. 이때 방향별 통행량의 불균형이 있을 뿐 아니라, 공차통행은 항만 소재 시군구 내부통행, 공컨테이너 적재통행은 부산 강서구→광주(광산구)·여수, 영컨테이너 적재통행은 울산(남구)·구미→부산 강서구 통행이 상위권을 차지하는 등, 통행유형별로 상이한 특징이 확인되었다.

이러한 내용을 바탕으로 컨테이너 운송차량 OD를 구축하여 통행행태를 분석하였다는 의의가 있으나, 통행유형별 특징을 명확하게 분류 및 개념화하지 못했으며 각 특징의 발생 원인을 분석하지 못했다는 한계가 존재한다. 향후 운송차량의 통행유형을 중심으로 각 기종점 및 OD pair의 특징을 유형화하고, 발생 원인을 분석하고자 하는 방향 등을 분석할 예정이다.

사사: 본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 국토교통연구기획(연구개발과제명 : 화물 컨테이너 트레일러 공유물류체계 구축 기술 개발(RS-2023-00303643)) 사업의 지원에 의해 수행되었습니다

사업용 차량 운행시간 개정에 따른 고속도로 화물차 휴게시설 신규위치 선정 연구

Identifying Rest Area Locations for Freight Traffics based on Commercial Vehicle Operation Law Changes

이성준
(한양대학교 교통물류공학과 석박통합과정)

김우원
(한양대학교 스마트시티공학과 석사과정)

박준영*
(한양대학교 교통물류공학과/ 스마트시티공학과, 부교수)

고속도로는 일반도로 대비 주행속도가 높아 교통사고 발생 시 심각한 사고로 이어질 가능성이 커 이에 대한 대책 및 노력이 필요하다. 최근 5년간 고속도로 사망률은 점차 감소하여 2022년 3.79%로 나타났으나 부상자 수는 2021년 대비 6.3% 증가하였고, 전반전으로도 증가하는 추세를 보인다. 화물자동차 운수사업법 시행규칙이 개정됨에 따라 도로 휴게시설 이용자 수요가 변화하게 되며, 이에 따라 국내 고속도로 내 휴게시설 추가 설치의 필요성에 대한 고려가 필요하다. 고속도로 휴게시설 관련 연구 및 최적 입지 관련 기존 연구를 고찰하였다. 따라서 본 연구에서는 화물차 통행 행태 기존 휴게시설을 기반으로 고속도로 구간 내 휴게시설의 신규위치를 선정한다. 분석을 토대로 도출된 휴게시설이 미치는 영향을 확인하고자 한다. 개별차량의 통행 데이터 및 휴게시설 데이터 등을 통해 고속도로 휴게시설 이용 특성을 분석하고, 화물차 휴게시설 최적 위치를 제안하는 것을 목적으로 한다. 고속도로 교통량 데이터 및 휴게시설 데이터를 기반으로 고속도로 화물차의 휴게시설 최적 위치를 분석하였다. 본 연구의 공간적 범위는 전국 고속도로에 설치되어 운영 중인 휴게소를 대상으로 선정하였다. 최적 입지 선정을 위한 방법론으로 K-Means Clustering, K-Medoids Clustering 등을 고려하였다. K-Means Clustering은 기하공간상에 k개의 중심점(Centroid)을 무작위로 배치한 다음 각 중심점과 instance와의 거리를 기준으로 특정 군집에 데이터를 배정한다. K-Medoids 알고리즘은 K-Means Clustering과 거의 유사하지만, 군집의 대푯값으로 군집에서 가장 중심에 위치한 실제 인스턴스를 사용하다는 점이 다르다. 이와 같은 방법론 등을 활용하여 화물차 휴게시설 신규위치를 선정하고자 한다.

사사: 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1A2C1093424).

Session B

International(I)

Session B-1

치명적/심각한 개인 이동 수단 운전자 과실 사고의 중요 요인

Reuben Tamakloe, Kaihan Zhang, Inhi Kim

기업들 사이의 경량 전기 자동차 채택에 영향을 미치는 요인

Reuben Tamakloe, Livingstone Divine Caesar, Inhi Kim

동일한 충돌 그룹에서 위험 요인 패턴 분석: ADAS와 ADS의 비교 연구

Mahdi Khorasani, Reuben Tamakloe, Inhi Kim

서울 상암 지역에서의 자율주행차량의 위험주행상황 영향 요인 식별

응우엔 투이 링, 김태우, 김새힘, 고준호

Variational Autoencoder Spatial Temporal Graph Convolutional Network: 결측 데이터 기반 속도 예측을 위한 딥러닝 프레임워크

Tengfeng Lin, Hwasoo Yeo, Inhi Kim

치명적/심각한 개인 이동 수단 운전자 과실 사고의 중요 요인

Critical Factors in Fatal/Severe Personal Mobility Device Rider At-Fault Crashes

Reuben Tamakloe
(Cho Chun Shik Graduate School of Mobility, Korea Advanced Institute of Science (KAIST))

Kaihan Zhang
(Cho Chun Shik Graduate School of Mobility, Korea Advanced Institute of Science (KAIST))

Inhi Kim
(Cho Chun Shik Graduate School of Mobility, Korea Advanced Institute of Science (KAIST))

Personal Mobility Devices (PMDs) have experienced a remarkable surge in popularity, emerging as a preferred mode of urban transportation. However, this trend has raised significant safety concerns, accompanied by a notable increase in PMD-related accidents. Studies suggest that PMD user behavior, particularly in urban settings, plays a critical role in these accidents, highlighting the importance of thoroughly investigating key factors, especially those contributing to fatal or severe outcomes. Interestingly, there is a noticeable research gap regarding the analysis of factors leading to fatal or severe PMD accidents, particularly those involving PMD riders at fault. This study aims to fill this gap by identifying distinct groups of PMD rider-at-fault accidents and examining cluster-specific associations and determinants of fatal or severe outcomes using PMD accident data from Seoul between 2017 and 2021. A comprehensive approach, utilizing Cluster Correspondence Analysis (CCA) and Association Rules Mining (ARM), is employed to categorize PMD accidents into homogeneous groups, revealing unique risk factor patterns within each cluster and exploring the combination of factors associated with fatal or severe outcomes. CCA identifies three distinct groups: PMD-vehicle, PMD-pedestrian, and single-PMD accidents. ARM analysis reveals that fatal or severe accidents are linked to dry road conditions, male PMD users, and weekdays, regardless of the cluster. Speeding violations and side collisions are associated with fatal or severe PMD-vehicle accidents, while traffic control violations are related to fatal or severe PMD-pedestrian accidents at pedestrian crossings. Unsafe riding practices primarily cause single-PMD accidents during daytime hours. Based on these findings, recommendations include engineering improvements, awareness campaigns, educational efforts, and law enforcement actions. The insights gained from this research provide a basis for informed decision-making and the development of policies aimed at enhancing PMD safety.

기업들 사이의 경량 전기 자동차 채택에 영향을 미치는 요인

Factors Influencing Light-Duty Full Electric Vehicle Adoption among Companies

Reuben Tamakloe
(Cho Chun Shik Graduate School of Mobility, Korea Advanced Institute of Science (KAIST))

Livingstone Divine Caesar
(Texas A&M University at Galvestone)

Inhi Kim
(Cho Chun Shik Graduate School of Mobility, Korea Advanced Institute of Science (KAIST))

Light-duty commercial vehicles exacerbate urban transportation challenges, including congestion and pollution. Battery Electric Vehicles (BEVs) offer a solution, but understanding companies' concerns is crucial. Using data from California, this study identifies five main concerns: limited range, hauling capacity, battery life, cost, and charging infrastructure. Analysis reveals common patterns among companies without EVs and lacking dedicated parking. Variability in concern probabilities highlights the need for tailored interventions. Construction firms are particularly concerned about range and hauling capacity. Limited BEV experience reduces concerns, while for-profit organizations prioritize range over cost. Targeted interventions addressing these factors can promote BEV adoption in commercial fleets, addressing urban transportation and environmental challenges.

동일한 충돌 그룹에서 위험 요인 패턴 분석: ADAS와 ADS의 비교 연구

Analyzing Risk Factor Patterns in Homogeneous Crash Groups: A Comparative Study of ADAS and ADS

Mahdi Khorasani
(Ph.D. Candidate, Korea Advanced Institute of Science & Technology)

Reuben Tamakloe
(Research Professor, Korea Advanced Institute of Science & Technology)

Inhi Kim
(Associate Professor, Korea Advanced Institute of Science & Technology)

The integration of Autonomous Vehicles (AVs) into transportation systems holds promise for mitigating driver-related issues and enhancing overall road safety. Various studies have highlighted the potential of AVs in reducing human errors and ensuring safer driving environments through advanced driver assistance systems (ADAS) and automated driving systems (ADS). However, there is limited knowledge in understanding the differences between the risk factors associated with ADAS- and ADS-engaged AV crashes. Understanding the distinct risk factor patterns associated with different types of crashes involving these technologies is crucial for further improvements in AV safety. This study aims to comprehensively analyze the variations and disparities within critical homogeneous crash clusters involving ADAS and ADS technologies. By employing Cluster Correspondence Analysis (CCA), the research automatically identifies significant factors contributing to crash occurrences, providing valuable insights for enhancing AV safety measures. CCA is utilized as an unsupervised machine learning technique to identify patterns in crash datasets and categorize attributes into meaningful clusters. The analysis revealed five homogeneous clusters of ADAS-engaged crashes and three clusters of ADS-engaged crashes, each exhibiting distinct risk factor patterns. Specifically, ADS-engaged Remotely Controlled AVs are prone to striking backing vehicles, causing damage to their rear left, while AV rear-end crashes are almost four times more frequent in ADS-engaged crashes. Furthermore, ADAS-engaged AV crashes with non-vehicular fixed objects typically occur during rainy or cloudy weather conditions resulting from inappropriate high-speed lane-change/road departure maneuvers. Interestingly, in ADAS-engaged AV crashes, frontal ones are more frequent than rear-ends. The perspectives uncovered through this study lay the groundwork for making well-informed decisions and enacting policies aimed at improving AV safety.

서울 상암 지역에서의 자율주행차량의 위험주행상황 영향 요인 식별

Identification of Factors affecting Hazardous Driving Events for Autonomous Vehicles in Sangam, Seoul

응우엔 투이 링 (한양대학교 석사과정)
김태우 (한양대학교 석사과정)
김새힘 (한양대학교 박사후연구원)
고준호 (한양대학교 교수)

Previous research has shown that human mistakes are often the cause of traffic accidents. To tackle this problem, Autonomous Vehicles (AV) have emerged as a crucial solution, not just for their safety benefits but also for their economic and social value. Around the globe, many countries are incorporating AVs into their transport networks. For instance, in South Korea, since 2021, six self-driving cars have been operational in the Sang Am area. By 2024, AV usage expanded across more regions, including self-driving bus services in Cheonggyecheon, robot taxi services in Gangnam, and nighttime autonomous bus services in Yeouideo. AVs could become a vital part of our transport systems due to their advantages. Thus, ensuring AV safety is paramount. This study introduces an algorithm to spot hazardous driving events (HDEs) for eight self-driving taxis car across two routes in the Sang Am area, following the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport's guidelines for 11 dangerous event types. The findings will shed light on common dangers in the area, evaluating how factors like operating hours, segment type, number of lane, land use, AV stop, bus stop, illegal parking and bicycle lane might influence AV incidents. Results from a multi-nominal logistic regression model will pinpoint key factors, enhancing our understanding of vehicle operation aspects. For example, a gap of about 30 meters before an AV reaches a traffic light could trigger dangerous situations, such as sudden acceleration and sudden deceleration, because in complex settings, AVs need to make decisions for various scenarios. Addressing this, adding more alert systems or improving smart interactions between AVs and other road vehicles might help. Therefore, identifying what influences AV-related dangers is crucial for boosting system performance and safety, aiding managers in planning infrastructure development for future AV integration into transport systems.

Acknowledgement: This work was supported by Korea Institute of Police Technology (KIPoT) grant funded by the Korea government (KNPA) (No. 092021C28S01000, Development of integrated road traffic control system and operation technology when autonomous driving is mixed with normal vehicles).

Variational Autoencoder Spatial Temporal Graph Convolutional Network: 결측 데이터 기반 속도 예측을 위한 딥러닝 프레임워크

Variational Autoencoder Spatial Temporal Graph Convolutional Network:
A Deep Learning Framework for Velocity Prediction with Missing Data

Tengfeng Lin
(KAIST, 박사과정)

Hwasoo Yeo
(KAIST, 교수)

Inhi Kim
(KAIST, 교수)

Traffic speed prediction within Intelligent Transportation Systems (ITS) is essential for improving congestion management, enhancing residents' quality of life, reducing traffic accidents, and minimizing energy consumption. The advancement of technology and computing power has increased the demand for accurate traffic forecasting, essential for developing user-friendly applications that provide real-time driver information and optimize traffic management through high-resolution data collection and analysis. However, data sparsity, caused by equipment failures, communication interruptions, and environmental noise, presents a significant challenge, leading to the loss of crucial spatial-temporal information and compromising the integrity of predictive models. This paper explores the application of Variational Autoencoders (VAEs), generative models renowned for their effectiveness in imputing missing data, including in the transportation sector. VAEs offer a probabilistic framework for encoding and decoding data, thereby enabling the accurate reconstruction of missing information by learning the underlying data distribution. Despite their potential, the incorporation of spatial-temporal dynamics in VAE-based traffic speed prediction has been limited. We propose a novel Spatial-Temporal Deep Learning Model that integrates VAEs with Spatial-Temporal Graph Convolutional Neural Networks (VSTGCN) to address data sparsity in traffic speed prediction across large-scale road networks. Our model leverages the strengths of VAEs in managing missing data while incorporating spatial-temporal relationships essential for accurate forecasting. The findings demonstrate that this integrated approach significantly enhances traffic speed prediction, especially in scenarios with incomplete data, thereby providing a robust solution to the challenges posed by data sparsity in ITS. This advancement represents a significant contribution to traffic management and planning, highlighting the potential of combining generative models with spatial-temporal analysis to improve the efficiency and reliability of ITS.

Acknowledgement: This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2021R1C1C1006405).

교통 빅데이터 및 AI(I)

Session

B-2

무인 드론 기체 내 승객 위험 행동 감지를 위한 다중 비전 모델 스케줄링 시스템

김병훈, 노병준

시공간 종속성을 활용한 트랜스포머 모델 설계 및 교통 데이터 임퓨테이션

김종호, 장기태

멀티모달 딥러닝을 활용한 고속도로 교통정보 추정

김태형, 민진홍, 김동규

자연어처리 기반의 도로교통사고 판결예측 시스템

민현식, 윤준영, 노병준

PVD 데이터를 활용한 실시간 사고 위험 예측 및 사고 요인 식별 연구

박동혁, 박준영

시뮬레이션을 통한 인공지능 기반 교차로 신호 최적화 및 검증 연구

박준호, 이솔, 소재현

무인 드론 기체 내 승객 위험 행동 감지를 위한 다중 비전 모델 스케줄링 시스템

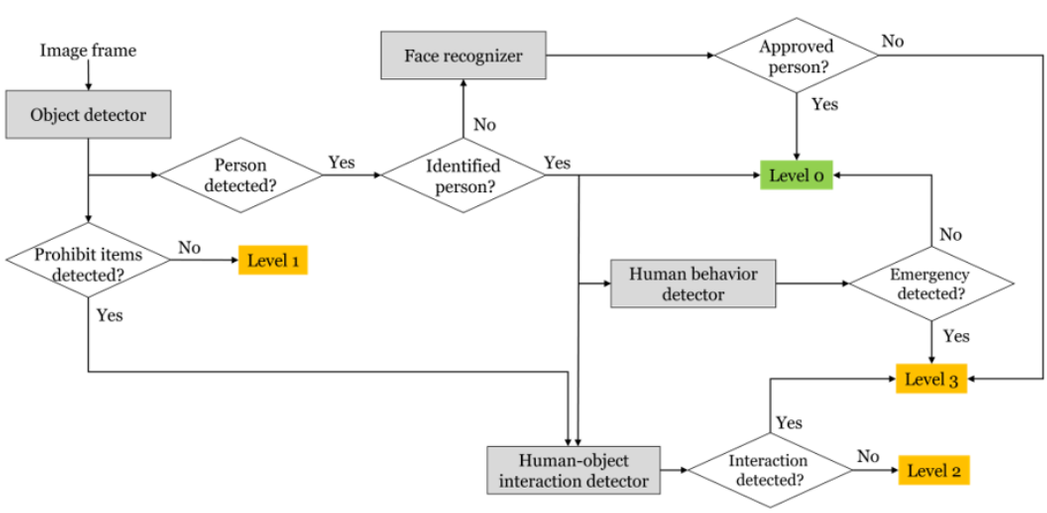
Multi-Vision Model Scheduling System for Passenger Risk Behavior Detection in UAM

김병훈
(순천향대학교 AI·빅데이터학과 학사과정)

노병준
(순천향대학교 AI·빅데이터학과 학사과정)

딥러닝 기술의 발전으로 도심항공교통(Urban Air Mobility, UAM)의 비행 제어 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이는 착륙 위치 추정 및 장애물 감지와 같은 분야에서 혁신을 이끌고 있다. 이러한 기술 발전은 UAM 시스템의 안전성을 크게 향상시켜 승객의 안전을 보장하는 데 기여하고 있다. 그러나 UAM 기내에서 발생할 수 있는 다양한 위험 상황에 대한 연구는 상대적으로 부족하며, 특히 UAM 환경에서의 제한된 대응 수단은 이러한 위험 상황에 효과적으로 대처하기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위한 기존 연구는 대부분 인간 자세 추정, 위험 물품 감지 등 특정한 작업에 집중되어 있어, UAM 기내에서 발생할 수 있는 다양한 상황을 종합적으로 인식하는 데 한계가 있다. 또한, 딥러닝 모델의 높은 연산 요구는 배터리로 작동하는 UAM 시스템의 지속 가능성에 부정적 영향을 끼치며, 최종적으로 운영 비용 증가로 이어질 수 있다. 따라서, 기내에서 발생할 수 있는 위험 상황을 효과적으로 식별하고 대응할 수 있는 효율적인 모델 개발은 중요한 연구 과제로 남아 있다.

본 논문에서는 승객의 안전과 보안을 위한 새로운 기내 위험 감지 프레임워크를 소개한다. 제안된 프레임워크는 금지품목 감지, 위험/비정상 행동 인식과 같은 특정 목적을 가진 여러 경량 모델으로 구성되며, 이러한 모델들을 효율적으로 조정하는 스케줄러를 통해 전력 소비를 줄이고 모델 성능을 최적화한다. 스케줄러는 현재 상황을 고려하여 적절한 모델과 위험 수준을 결정하고 실행되며, 기존의 멀티 스레드 기반 병렬처리와 비교하였을 때, CPU 사용률은 44.7% 감소하였으며, CPU 메모리 사용률은 1.6% 감소하였다. 또한 GPU 사용률과 GPU 메모리 사용량도 기존 대비 소폭 감소되었다. 전력 소비는 138.18W에서 96.53W로 약 30% 줄어들었음을 확인할 수 있다. 이러한 절감 효과는 본 방법의 효율성을 입증할 뿐만 아니라, 추론 시간이 동일하게 유지되는 것으로 보아, 성능 저하 없이 자원 사용 효율성을 개선하였다는 것을 보여준다. 이러한 스케줄러를 통해 기내 승객의 안전과 보안을 강화하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.



<그림 1> 제안한 모델 스케줄러의 흐름도

사사 : 본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구 결과로 수행되었습니다(2021-0-01399).

시공간 종속성을 활용한 트랜스포머 모델 설계 및 교통 데이터 임퓨테이션

Transformers with Spatial-Temporal Dependencies for Traffic Data Imputation

김종호
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 석사과정)

장기태*
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 교수)

도로에 매설된 루프 검지기는 차량의 통과 시 발생하는 자기장의 변화를 감지하여 교통량, 밀도, 속도 등의 교통 데이터를 수집한다. 그러나 검지기의 오작동, 통신 오류, 악천후 등의 다양한 원인으로 인해 데이터 누락이 자주 발생한다. 본 연구는 교통 데이터의 시간적 및 공간적 종속성을 고려하여, 누락된 교통 데이터를 추정하는 Spatial-Temporal Transformer Networks (STTN) 모델을 개발하였다. 이 모델은 Transformer Encoder에 Spatial Transformer와 Temporal Transformer를 하위 구성 요소로서 포함하며, 각각의 Transformer 간의 Residual Connection을 통해 결합된 구조로 설계되었다. 더불어, Spatial 및 Temporal Transformer의 각 구조에서 산출된 어텐션 스코어에 마스킹 처리를 하여 누락된 정보에서 생성된 컨텍스트 정보를 제거하였다. 이를 통해, STTN은 교통 데이터의 시간 및 공간적 패턴을 학습하고, 임퓨테이션 과정에서 필요한 정보를 추출하는 능력을 향상시켰다. 본 모델의 학습 및 검증은 실데이터인 PeMS D4 데이터 셋을 기반으로 수행되었다. 모델 평가는 누락률이 10%에서 90%에 이르기까지 다양한 조건 하에서 수행됐다. 평가 결과, 90%의 데이터가 누락된 데이터셋에서도 본 모델은 평균적으로 MAE 3.26mi/h, RMSE 5.76mi/h의 결과를 나타내며, 교통 데이터의 임퓨테이션을 매우 정밀하게 수행하였음을 확인하였다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2024-00200105, Lv.4 대응 교통안전 인프라 표준 및 평가기술 개발).

멀티모달 딥러닝을 활용한 고속도로 교통정보 추정

Multimodal Deep Learning for Traffic State Estimation

김태형
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

민진홍
(서울대학교 건설환경종합연구소, 연수연구원)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

기술이 발전하면서 교통량, 속도, 점유율과 같은 교통정보를 수집하는 방법은 다양화되었지만, 이러한 교통정보는 검지기가 설치되어 있는 곳만을 부분적으로 수집하고, 데이터들은 결측률이 높아 불완전한 경우가 많다. 연속적이고 신뢰도가 높은 정확한 교통정보는 교통 혼잡 완화 및 사고 예방 등 교통 운영에 필수적이며, 교통 인프라의 효율성을 높이고 새로운 교통 시설 투자의 우선 순위를 도출할 수 있다. 이런 이유로 검지기가 설치되어 있지 않은 곳의 교통정보와 검지기 데이터의 잡음을 줄이기 위해 교통정보를 추정하는 연구가 활발하게 진행되어 오고 있다. 주로 교통류이론와 차량추종모형과 같은 모델 기반의 교통정보 추정 연구가 진행되어 왔으나, 모델은 한정된 파라미터의 수로 인해 표현할 수 있는 복잡도가 낮아서 범용적으로 사용되기 어려운 한계를 가지고 있다.

다양한 유형의 검지기는 서로 다른 방식으로 교통정보를 수집하고, 그로인해 서로 다은 특성을 가지고 있다. 최근 특히 의료분야에서 다양한 검지기로부터 수집한 정보를 융합하여 각 데이터의 불완전성을 서로 보완할 수 있는 멀티모달 딥러닝 모델이 각광받고 있으며, 다양한 검지기로 교통정보를 수집하는 교통분야에서도 활용할 수 있다고 알려져 있다. 검지기에 따라 수집하는 정보의 종류가 다르거나, 수집하는 정보의 해상도가 다르거나, 결측이 발생하는 빈도 등이 다른데 멀티모달 딥러닝 모델을 통해 서로 다른 특성을 가지는 데이터를 하나의 완결된 정보로 활용하면 정보의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

멀티모달 딥러닝 모델은 여러 개의 모달리티를 모델의 학습에 활용하는데, 모달리티는 특정 자원으로부터 수집한 데이터 표현 방식으로, 교통정보 추정문제에서는 검지기의 유형을 의미한다. 서로 이질성(heterogenity)와 상호연결성(interconnection)을 바탕으로 레이더식 VDS, 영상식 VDS, 루프식 VDS, AVC, DSRC 등의 검지기가 수집한 정보를 학습한다. 멀티모달 딥러닝 모델은 크게 전처리 단계, 모달리티별 특성 추출 단계, 데이터 결합 후 추정하는 과정으로 나뉜다. 각 유형의 검지기로부터 얻은 교통정보(교통량, 속도, 밀도)를 활용하여 시공간적 상관성을 잘 반영할 수 있는 gated-recurrent unit(GRU)로 특성을 추출하고, 추출한 특성을 융합하여 특정 지점의 교통정보를 추정하는 모델을 multi-layer perceptron(MLP) 기반으로 구성했다.

본 연구에서는 주변의 다양한 검지기들의 교통정보를 딥러닝 모델에 입력하여 목표하는 지점의 교통정보를 추정하는 모델을 구축했으며, 2022년 10월 1일부터 12월 31일까지 3개월 간의 경부고속도로 천안나들목 ~ 동탄분기점 구간에서 검증해보았다. 교통정보를 추정하고자 하는 목표 지점이 대상지 중앙에 있는 경우, 주변에 검지기가 조밀하게 설치되어 있는 경우, 주변에 검지기가 드물게 설치되어 있는 경우와 같이 3가지 경우로 나눠서 멀티모달 딥러닝 모델의 성능을 MAPE, MAE, RMSE 지표를 활용하여 비교해보았고, 기존 통계적인 모델과도 비교해 보았다. 주변 검지기와 가까울수록, 주변 검지기의 신뢰도가 높을수록 멀티모달 딥러닝 모델은 더 우세한 결과를 나타냈다. 기존 통계적인 모델과 성능을 비교했을 때는 대부분의 경우에는 멀티모달 딥러닝 모델이 우수하게 나왔으나, 주변에 검지기가 가깝게 설치되어 있는데 급격한 변화가 있는 곳에서는 통계적인 모델이 다소 좋은 모습을 볼 수 있었으나, 주변 검지기와 조금만 멀어져도, 검지기의 결측이 많을수록, 교통량이 조금만 많아져도 멀티모달 딥러닝의 성능이 기존 통계적인 모델에 비해 우수했다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

자연어처리 기반의 도로교통사고 판결예측 시스템

Natural Language Processing-based Judgement Prediction System for Road Traffic Accidents

민현식[1)]
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 학사과정)

윤준영[2)]
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 학사과정)

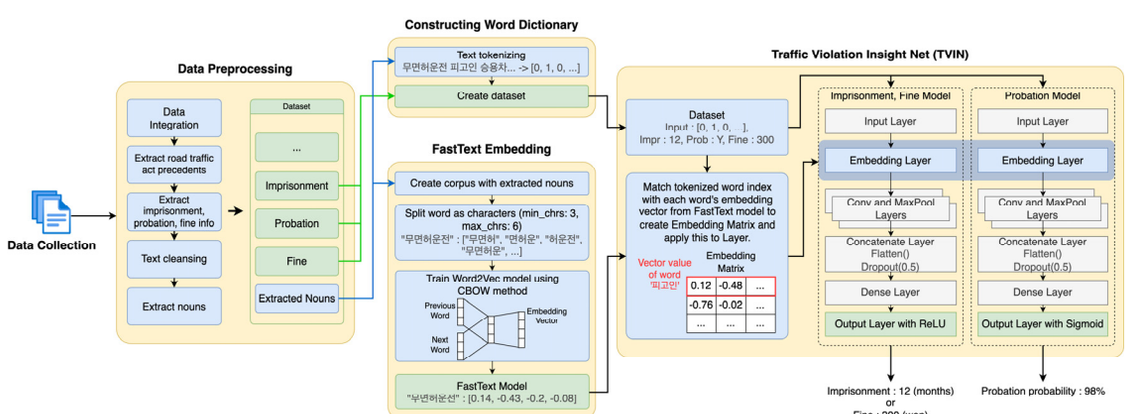
노병준*
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 교수)

본 연구는 도로교통사고 상황에서 발생한 도로교통법 위반 사건에 대한 판결을 예측하기 위한 자연어처리 시스템 개발에 주안점을 두고 있다. 교통사고 판결문에 포함된 복잡한 정보를 객관적으로 분석하고 이해하기 위해, 자연어처리 기술을 활용한 TVIN(Traffic Violation Insight Net)을 제안한다.

제안하는 도로교통사고 판결예측 시스템의 전체 구조는 <그림 1>과 같다. 먼저 데이터 수집 및 전처리 과정에서는 분석에 필요한 다양한 판결문 데이터들을 수집 및 가공한다. 가공된 데이터셋을 바탕으로 단어사전 구축 및 FastText 임베딩을 수행하고, Traffic Violation Insight Net (TVIN)을 활용하여 도로교통사고에 대한 법원의 판결을 예측하여 도출한다.

본 시스템은 37,407건의 '도로교통법' 관련 판결문 데이터를 기반으로 하여 징역, 집행유예, 벌금 예측을 수행하며, 객관적이고 실제 법률적 상황에 맞게 평가하기 위해 징역 오차율 지표, 집행유예 오차확률 지표, 벌금 오차율 지표를 포함한 성능 평가 지표를 산출한다. 징역 오차율 지표(Imprisonment Error Rate)는 교통사고 치사 후 유기 도주 사례에 적용되는 최고 가중형 징역 기간인 12년(144개월)(양형위원회 교통범죄 양형기준, 2023)의 5%에 해당하는 7.2개월을 오차 범위로 설정한다. 집행유예 오차확률 지표(Probation Error Probability)는 예측 확률과 실제 확률에 대한 오차가 5% 이내이면 정답이라 간주한다. 벌금 오차율 지표(Fine Error Rate)는 위험 운전 교통사고, 어린이 교통사고, 교통사고 후 도주 사례에 부과될 수 있는 최대 벌금 3000만 원(양형위원회 교통범죄 양형기준, 2023)의 5%, 즉 150만 원을 오차 범위로 정한다. 징역, 집행유예, 벌금 예측의 정확도는 각각 96.13%, 94.85%, 95.49%의 높은 정확도를 달성함으로써 법률적 상황에서의 유용한 적용 가능성을 보여준다.

본 연구에서 제안하는 자연어처리 기반의 도로교통사고 판결예측 시스템은 법률 분야에서 인공지능의 응용 확대와 사법 접근성 향상, 법률적 지원 개선을 통해 사법 취약계층의 권익 보호에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.



<그림 1>자연어처리기반의 도로교통사고 판결예측시스템 구조

사사: 본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구 결과로 수행되었음(2021-0-01399)

PVD 데이터를 활용한 실시간 사고 위험 예측 및 사고 요인 식별 연구

Real-Time Crash Prediction and Influencing Factor Exploration using Probe Vehicle Data

박동혁
(한양대학교 교통물류공학과, 박사과정)

박준영*
(한양대학교 교통물류공학과/스마트시티공학과, 부교수)

교통사고는 운전자와 인근 환경 등 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하여 발생하는 특성이 있다. 데이터 수집 기술의 발전으로 인해 실시간 교통상황과 개별 차량의 주행 패턴을 더욱 쉽게 얻을 수 있게 되었다. 지능형교통체계(Intelligent Transportation System, ITS)는 교통상황을 실시간으로 수집하여 교통 소통 정보를 기반으로 의사결정에 도움을 주고 있다. 그러나, 기존 ITS는 교통류 단위의 데이터 수집에는 도움을 주고 있으나 개별 차량의 위험에 대해서는 파악하는데 어려움이 있다. 국내에서는 주행 중 운전자에게 주변 교통상황과 급정거, 낙하물 등의 사고 위험 정보, 전방 정보 등에 대한 것을 실시간으로 제공하기 위해 C-ITS (Cooperative Intelligent Transportation System) 실증사업(pilot test)을 수행하였다. C-ITS의 효과를 분석하기 위해 700대의 프로브 차량(probe vehicle)에 OBU (On-Board Unit)를 부착하였으며, 이를 통해 개별 차량의 주행 궤적 데이터를 수집하고 분석이 가능하게 되었다. 본 연구는 PVD(Probe Vehicle Data)와 내비게이션 기반 급감속 위험 운전 이벤트 데이터를 활용하여 실시간 사고 위험 예측 분석을 수행하고 설명 가능한 인공지능 기법을 활용하여 사고 요인을 식별하는 것을 목적으로 한다. 국내에서는 C-ITS 실증사업 규모의 고속도로 PVD 데이터를 수집한 사례가 미흡하며, 차량 간의 상호작용 정보를 포함하는 ADAS (Advanced Driver Assistance System)를 결합하여 시계열 사고를 예측한다는 차별성이 있다. 본 연구는 실시간 사고 예측 및 사고 요인 식별을 위해 사고 이력 자료와 PVD, 급감속 위험 운전 이벤트 데이터를 활용하였다. 시간적 범위는 2021년으로 설정하였다. 공간적 범위는 경부선, 수도권제1순환선, 중부선을 대상으로 수도권 내 85.4km 구간에 해당한다.

PVD 데이터를 활용한 실시간 사고 예측 및 사고 요인 식별 연구의 방법은 다음과 같다. 먼저, PVD, 급감속 위험 운전 이벤트 데이터와 사고 이력 자료를 매칭하였다. PVD는 국내 C-ITS 실증사업 구간을 대상으로 C-ITS OBU를 설치한 700대의 차량에서 수집한 데이터로 개별 차량 주행 궤적 데이터와 ADAS 데이터를 결합한 자료이다. 급감속 위험 운전 이벤트 데이터는 스마트폰 내비게이션은 SKT T-map에서 3초간 40km/h 이상 감속할 때, 기록되는 데이터이다. 위·경도 좌표를 가장 인접한 고속도로 이정에 매칭하여 사고 이력 자료를 융합하였다. 다음으로는, 대표적인 딥러닝 기반 시계열 분석 방법 중 하나인 LSTM(Long Short-Term Memory)을 기반으로 실시간 시계열 사고 예측 모델을 개발하였다. LSTM은 입력 게이트(input gate), 삭제 게이트(forget gate), 출력 게이트(output gate)를 은닉층(hidden layer)에 구성하여 전달할 정보의 양을 결정하는 구조를 지니고 있으며, 가중치를 업데이트하는 역전파 과정(back-propagation)에서 손실(loss)이 비정상적으로 감소하는 그래디언트 소실 문제(gradient vanishing problem)를 해결하였다. 출력 값(output value)을 예측하는 매 시점(time-step)마다 전체 입력 값(input value) 대신 연관성이 높고 중요한 부분에 집중하는 어텐션 매커니즘(Attention mechanism) 기반의 layer를 추가로 구성하였다. 마지막으로 SHAP(SHapley Additive exPlanations)을 활용하여 실시간 시계열 사고 예측 모델을 분석하고 사고 요인을 식별하였다. SHAP은 대표적인 설명 가능한 인공지능(explainable artificial intelligence) 기법 중 하나로 게임 이론(game-theory) 기반의 shapley value를 활용하여 black-box 모형의 출력 값(output)을 설명하는 방법론이다. 본 연구에서는 SHAP을 기반으로 종속변수와 입력변수 간 양·음의 상관관계를 확인하고 입력 변수의 중요도를 식별하였다.

본 연구의 결과물은 향후 개별 차량 데이터 수집이 대규모로 가능한 시대에 도달하였을 때 V2X(Vehicle to Everything) 통신 기술을 기반으로 운전자가 위험 상황에 신속하게 대응할 수 있도록 전방 상황 정보를 사전에 제공하여 사고를 예방하는 것에 기여할 것이다. 또한, 사전에 위험 상황을 식별하고 대응하기 위한 교통류 관점의 선제적 교통안전 관리 전략을 수행하는데 활용이 가능하다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00142565)

시뮬레이션을 통한 인공지능 기반 교차로 신호 최적화 및 검증 연구

AI-based Intersection Signal Optimization and Validation through Simulation

박준호
(아주대학교 D.N.A.플러스 융합학과 석박사통합과정)

이솔
(한국과학기술원 박사후연구원)

소재현
(아주대학교 교통시스템공학과, 조교수)

연구는 인공지능을 활용하여 교차로의 신호를 최적화하고, 시뮬레이션을 통해 그 효과를 검증하였다. 이를 위해 교통량을 데이터를 기반으로 TOD를 분할하고, 각 TOD별 최적 신호시간을 배분하는 방식으로 교차로 신호를 최적화를 진행하였다. 교통량 데이터는 강원도 원주시내 국도 5호선과 42호선에 해당하는 일부 도로 구간의 교통량 데이터를 수집하여 연구에 활용하였다. TOD 분할은 K-Means Cluster 방법을 이용하였다. 방향별 회전교통량 및 비율, 총교통량을 변수로 설정하였고, 비슷한 특성을 가진 시간대끼리 군집화를 통해 TOD를 분할하였다. 이후 TOD별 신호 최적화를 진행하였다. 신호 최적화는 Deep Q-Network 방법을 활용하여 교차로 모든 방향에 대해 차량들의 대기시간을 감소시키는 방향으로 강화학습을 진행하였다. 최초에는 현시 순서별로 최대 녹색시간을 적용한 후에, 차량들의 대기시간의 합을 계산하여 녹색시간을 조정해나가며 해당 교차로의 최적 신호 Table을 도출하였다. 위 과정을 통해 얻어진 교차로별 최적신호는 시뮬레이션을 활용하여 신호 적용 전/후 교차로 제어지체를 계산하여 최적 신호의 효과를 검증하였다. 검증 결과, 교차로의 평균 제어지체가 10%이상 개선되는 효과를 나타내었다. 국도 42호선의 경우, 최소 7.9%, 최대 17.2%의 제어지체 개선 효과가 나타났고 국도 5호선의 경우 최소 10.2%에서 최대 90.6%로 높은 제어지체 개선 효과를 나타냈다.

교통 빅데이터 및 AI(II)

Session

B-3

정형 및 비정형데이터를 활용한 AI 기반 교통사고 심각도 예측 모형 개발

박하늘, 소재현

외곽 검출로 보강한 Pyramid ViT 기반 Image Segmentation 방법

배주원, 서동환

MLOps 기반 차량 위치에 따른 Vision AI 모델 선별 및 호출 기법

신현서, 이지민, 박완규, 문창주

강화학습을 활용한 System Optimum 동적 통행 배정: 도심지 대규모 네트워크로의 확장

윤현수, 김동규

강화학습 기반 TOD plan 시간 경계 조정에 관한 연구

이경진, 박성호, 윤일수

데이터 증강을 이용한 도로 위 상황 분류

이상현, 정한솔, 문시현, 윤일수

정형 및 비정형데이터를 활용한 AI 기반 교통사고 심각도 예측 모형 개발

Development of AI-based traffic accident severity prediction model using structured and unstructured data

박하늘
(아주대학교 교통연구센터, 연구원)

소재현
(아주대학교 교통시스템공학과, 조교수

본 연구는 교통사고 심각도 예측을 위해 정형데이터와 비정형데이터를 모두 고려해야 함을 강조한다. 정형데이터는 주로 사고 발생 이전 상황을 다루고, 비정형데이터는 주로 사고 발생 과정의 위험요인을 다룬다. 따라서, 이러한 다양한 원인을 고려하기 위해 두 데이터를 함께 사용한 연구가 필요하다. 연구는 기존의 통계적 방법과 함께 머신러닝 및 딥러닝을 활용하여 예측 모델을 구축하였으며, 인공지능 모델로써 다항 로지스틱 회귀모형, XGBoost, BERT 등을 활용하였다. 세 가지 모델에 대해 각각 정형데이터, 비정형데이터, 통합데이터에 대해 모델링 하였으며 성능평가를 수행하였다. BERT 모델의 성능이 가장 우수했으며, 그 중 정형 미 비정형 통합데이터를 사용한 모델이 가장 우수한 성능을 보였다. 성능이 가장 우수한 BERT 모델의 어텐션 메커니즘(attention mechanism)에 기반하여 사고 원인을 추출한 결과, 정형 및 비정형데이터에 기반한 원인이 고루 도출되었다. 연구 결과를 토대로 교통사고 원인을 분석하고, 사고자료 작성 양식의 기본 틀을 마련하는 등 교통 안전을 제고할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-01352, 자율주행 관련 법규 및 규제 대응 서비스 시나리오 실효성 검증 기술 개발)

외곽 검출로 보강한 Pyramid ViT 기반 Image Segmentation 방법

Pyramid ViT-based Image Segmentation Method enhanced with Edge Detection

배주원
(한국해양대학교, 박사과정)

서동환
(한국해양대학교, 교수)

본 논문은 Edge Detection을 통해 얻은 Edge 이미지의 특징과 딥러닝 기반 Image Segmentation 모델의 Feature를 결합하여 테두리 영역의 정보를 포함하여 물체의 픽셀 영역을 정확하게 검출하는 Image Segmentation 방법에 대해 제안한다. 제안하는 방법은 Pyraimid Vision Transformer의 이미지 특징 크기가 축소되는 정보에 원본 이미지와 Edge 검출 이미지를 추론하는 U-Net 모델의 CNN Feature를 결합한다. 이러한 구조를 통해 Edge에 대한 공간 Feature와 고성능의 ViT에 사용되는 Feature를 결합하여 미세영역에 정확하게 Segmentation을 수행한다.

사사: 이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00092,첨단 DNA 및 상호작용(Interactive) 기술을 활용한 택배 및 소포 접수 자동화 시스템 핵심기술개발)

MLOps 기반 차량 위치에 따른 Vision AI 모델 선별 및 호출 기법

Technique for Selecting and Invoking Vision AI Models Based on MLOps for Vehicle Location

신현서	이지민	박완규	문창주
(건국대학교, 학부과정)	(건국대학교, 석사과정)	(건국대학교, 학부과정)	(건국대학교, 교수)

자율주행 기술의 핵심 요소 중 하나인 Vision AI 시스템은 시야 내의 환경을 인식하고 해석하는 능력을 가지고 있다. Vision AI 시스템은 주변 환경의 시각적 정보를 처리하여 차량이 주행 중에 다양한 상황에 대응할 수 있도록 도와준다. 현재 대다수의 Vision AI 시스템은 고정된 데이터셋에서 학습되어 있기 때문에, 도로 환경이 변할 때 효과적으로 대응하지 못하는 문제점이 있다. 또한 한정된 데이터셋으로 인해 도로의 다양한 특성, 교통 상황에 대한 학습이 미흡하여 이로 인해 다양한 도로 환경에서의 신뢰성 있는 운행이 어려워지고 있다. 실제 도로에서 발생하는 동적인 상황에 대응하기 위해서는 해당 환경에 맞는 데이터셋이 필수적이며, 이 데이터셋을 실시간으로 반영하여 Vision AI 모델을 재학습하는 과정이 필요하다. 따라서 정확성 향상을 통한 안전성을 보장하기 위해 도로에 특화된 데이터셋을 수집하고 Vision AI 시스템을 업데이트함으로써, 차량은 다양한 도로 환경에서 안전하게 운행할 수 있도록 한다. 이러한 배경 아래, 도로 환경에 특화된 Vision AI 시스템을 제안하여 자율주행 차량의 정확도 향상을 위한 방안을 제시하였다. 환경 변화에 맞는 AI 모델을 사용하기 위해 도심과 교외 위치 상태에 맞는 데이터셋을 분류하여 사용하였고, 이를 이미지 클라우드와 데이터베이스를 연동하여 추후 MLOps 시스템에서 모델 업데이트 시 사용할 수 있게 하였다. 차량에 맞는 AI 모델을 불러오기 위해서는 차량의 현재 위치 상태 파악이 핵심이기에 모델 호출 트리거를 구현하는 데에 중점을 두었다. 사전에 구분한 도심과 교외 GPS 정보를 통해 차량의 위치 상태를 1차로 파악하였고, 차량의 블랙박스에서 현 시점에 가장 많이 인지되는 객체를 쿼리하여 위치 상태에 변동이 있다면 이를 반영하여 모델을 호출하도록 하였다,

사사: 본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 『대학혁신지원사업』의 연구 결과입니다.

이 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국지능정보사회진흥원의 지원을 받아 구축된 “승용 자율주행차 주간 도심도로 데이터”, “차량 및 사람 인지 영상”, “야생동물 활동 영상 데이터”을 활용하여 수행된 연구입니다. 본 연구에 활용된 데이터는 AI 허브(aihub.or.kr)에서 다운로드 받으실 수 있습니다.

강화학습을 활용한 System Optimum 동적 통행 배정: 도심지 대규모 네트워크로의 확장

A Reinforcement Learning Approach of System Optimum Dynamic Traffic Assignment: Extension to Large-scale Urban Networks

윤현수
(서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부 교수)

대도시 지역에서 교통 혼잡과 그로 인한 사회경제적 비용의 증가는 점차 심각한 문제로 대두되고 있다. 이 문제를 해결하기 위해 다양한 교통운영 전략이 제안됐으며, 특히 첨단 교통정보 시스템의 발달로 Wardrop의 제2 균형원칙, 즉 시스템 최적(System Optimum, SO) 조건을 만족시키는 방향으로 네트워크의 총 통행시간 비용을 최소화하는 통행 배정 방안이 재조명받고 있다. 이러한 통행 배정 문제의 복잡성은 도로 이용자 간 상호작용으로 인해 발생하는 역학적 복잡성을 모형화하는 과정에서 기인한다. 특히, 교통운영 관점에서의 혼잡 관리에는 시간의 변화에 따른 교통량의 부하 정도를 정확히 모사하는 동적 통행 배정 (dynamic traffic assignment, DTA)가 적합하기에, SO 조건을 만족하는 해를 구하는 것은 난도가 높은 문제이다.

본 연구에서는 SO-DTA 문제에서 활용할 교통류 부하 모형(dynamic network loading)으로 미시교통 시뮬레이션인 Simulation of Urban Mobility (SUMO)를 이용하였다. 미시교통 시뮬레이션을 활용하게 되면 거시적 교통류 모형(macroscopic traffic flow model) 대비 현실과 유사한 교통류를 묘사할 수 있다는 장점이 있으나, DTA 문제의 해를 구하는 복잡도가 크게 상승하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 교통류 네트워크의 변화를 마르코프 결정 과정(Markov decision process)로 모형화한 후, 강화학습을 통해 해를 도출하였다. 제안된 강화학습 프레임워크에서 agent는 각 차량이 노드에 도착할 때마다 연결된 edge에 배정하여 목적지까지 안내하게 된다. 가상의 중형 네트워크인 Nguyen & Dupuis 네트워크에 적용 후 Iterative method 과 비교결과, 매우 유사한 수준의 네트워크 총 통행시간의 결과가 도출되었다. 또한, 대규모 네트워크로의 확장을 위해 k-path 알고리즘을 활용하여 path 집합을 생성한 후, link-based formulation을 path-based formulation으로 확대하였다. 시흥시 배곧동에 위치한 도심지 대규모 네트워크에 본 연구의 프레임워크를 적용결과, Nguyen-Dupuis 네트워크와 마찬가지로 Iterative method와 유사한 수준의 네트워크 총 통행시간을 도출할 수 있음을 확인하였다.

본 연구의 실험 결과는 제안된 강화학습 기반의 SO-DTA 프레임워크가 도시 교통 시스템의 복잡성과 동적 특성을 고려하여 전체 네트워크의 효율성을 개선할 수 있음을 보여준다. 또한, 학습된 policy는 전이를 통해 다양한 개별행태 모형(disaggregated behavioral model)으로 손쉽게 확장될 수 있다. 더욱이, 제안된 접근 방식은 수요의 불확실성이 존재하는 상황에서도 적용될 수 있으며 향후 다양한 교통 관리 및 운영 문제에 대한 새로운 해결책을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행되었으며(No.092021C28S02000, 협력적 교통제어전략 도입을 위한 교통정보 음영구간 정보생성 및 운영관리 기술개발), 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

강화학습 기반 TOD plan 시간 경계 조정에 관한 연구

Adjustment TOD breakpoints Based on Reinforcement Learning

이경진
(아주대학교, 석박사통합과정)

박성호
(아주대학교, 연구조교수)

윤일수
(아주대학교, 교수)

본 연구는 Time-of-Day(TOD) 신호제어 방식의 한계를 인식하고, 강화학습(reinforcement learning, RL)을 활용해 TOD break points를 조정하는 새로운 방법론을 제안한다. 기존 방식이 변화하는 교통 패턴에 능동적으로 대응하지 못한다는 한계를 감안하여, 실시간 데이터에 기반한 유연한 TOD 신호 계획을 수립하고자 한다. 이 연구는 부천시청 일대의 독립교차로를 대상으로 하루 중 평일을 임의로 선정하여 연구를 수행한다. 선행연구들은 주로 군집분석 기법을 활용해 TOD break points를 결정했다. 그러나 이 방법들은 고정된 신호주기에 초점을 맞춰 유연성이 부족했다. 한편, 강화학습을 활용한 연구는 실시간으로 환경 변화에 대응하는 신호최적화에 주력하고 있었으며, 강화학습을 활용한 TOD break points 조정 방법론은 효율적인 교통 운영에 기여할 가능성을 확인하였다. 이 연구는 강화학습 기반의 에이전트를 설계하여 TOD plan breakpoints를 교통상황에 맞게 1시간 단위로 적절히 조정하도록 한다. 에이전트는 교차로의 실시간 교통 상태를 파악하고, 이에 따라 TOD plan을 앞당기거나 지연시켜 적용한다. 목표는 교차로 소통 원활화이며, 이를 위해 상태, 행동, 보상을 정의하고 파이썬과 파이토치를 사용하여 구현한다. 알고리즘의 성능 평가는 VISSIM 시뮬레이션을 통해 이루어진다. 연구는 부천시청 일대의 독립교차로 시뮬레이션 네트워크에 알고리즘을 적용하고, 지체시간과 TTI 지표를 통해 알고리즘의 효과를 평가한다. 연구는 TOD 신호 계획의 유연성을 개선하고자 강화학습을 기반으로 한 TOD break points 조정 방법론을 제안한다. 실제 교통 상황에 적용하고 알고리즘의 효과를 검증한 후, 이를 다양한 유형의 교차로 및 네트워크 단위로 확장하는 것을 향후 과제로 제시한다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.092021C29S01000, 네트워크 제어를 위한 교통정체 및 혼잡 운영관리 기술 개발)

데이터 증강을 이용한 도로 위 상황 분류

Classifying Road Situations Using Data Augmentation

이상현	정한솔	문시현	윤일수
(아주대학교, 석사과정)	(아주대학교, 박사과정)	(아주대학교, 석사과정)	(아주대학교, 교수)

본 연구는 도로 교통 데이터의 관리와 최적화를 위해 데이터 증강 기술을 활용하는 것을 목표로 한다. 최근 도로 교통 시스템은 계속해서 증가하는 차량 수와 인구 밀도, 그리고 다양한 문제에 직면하고 있다. 발전하는 정보 통신 기술과 센서 기술 덕분에 도로 교통 데이터의 양과 다양성이 증가하였지만, 이를 효과적으로 활용하여 시스템을 최적화하는 것은 여전히 어려운 과제로 여겨진다.

본 연구에서는 교통 데이터 증강(data augmentation)을 통해 앞선 데이터 관련 문제를 해결하고자 한다. 교통 데이터를 보다 다양하고 풍부하게 만들어 예측 모델의 정확도를 향상시키고, 모델의 일반화 성능을 향상시키는 것을 목표로 한다. 연구에서는 국내 고속도로 주행 데이터를 수집하여 사고/고장 상황과 도로 위 노면잡물 등의 희소한 데이터를 증강한다. 이후, 증강된 데이터와 증가되지 않은 데이터를 실험적으로 평가하여 효과를 검증한다.

이 연구의 주요 차별성은 이미지 내 bounding box 데이터에 노이즈를 추가하여 데이터를 증강하는 점에 있다. 이를 통해 기존 모델의 학습 성능을 개선할 수 있을 것으로 예측한다. 또한, 도로 주행 데이터를 증강함으로써 교통 컴퓨터 비전 분야에 적용할 수 있는 새로운 방법을 제시한다.

향후 연구 방향으로는 다양한 교통 분야에서 이러한 데이터 증강 기술을 활용하여 AI 성능을 향상시키는 연구를 진행할 예정이다. 또한, 기존의 데이터 증강 방법과의 차이를 고려하여 기존 방법과 연구 하는 방법. 두 방법을 모두 활용할 수 있는 방안을 탐구하고자 한다. 이와 같은 연구는 교통 AI 분야에 큰 이점을 가져올 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 및 경찰청의 연구비 지원(RS-2023-00230558)에 의해 수행되었습니다.

교통 빅데이터 및 AI(Ⅲ)

Session

B-4

다중 에이전트 강화학습을 이용한 혼합 교통류 도심부 자율주행자동차 속도 조화 전략 개발

이승현, 김동규

Multiple Instance Learning을 활용한 화물 운송업자 분류 모델 개발

이광섭, 이요셉, 윤일수

차로별 교통정보 생성 모델을 위한 고속도로 센서 설치 간격에 대한 고찰

이의진, 함승우, 김동규

RGB-T 이미지를 활용한 경량 중요 객체 검출 시스템 연구

이준표, 정회준, 최정무, 권장우

자율주행을 위한 딥러닝 기반 저조도 이미지 개선 모델 제안

인해교, 문창주

다중 에이전트 강화학습을 이용한 혼합 교통류 도심부 자율주행자동차 속도 조화 전략 개발

Speed Harmonization in Urban Transportation Network under Mixed-Traffic Environment Using Multi-agent Reinforcement Learning

이승현
(서울대학교, 석박사통합과정)

김동규
(서울대학교, 교수)

도시에 거주하는 인구의 증가로 인해 도심부 도로에 가해지는 부하는 점차 증가한다. 도심부 도로의 부하는 때때로 교통 혼잡의 발생으로 이어지고 교통 혼잡은 불필요한 에너지의 소비와 경제적 손실을 가져온다. 이러한 교통 혼잡을 완화하기 위해 교통 신호를 최적화하는 방법들이 주로 연구되어왔다. 그러나 교통 신호의 최적화와 신호 주기 조절은 실시간으로 수행하기 어렵고 잦은 신호 주기 변경은 일반 자동차 운전자에게 피로감을 주어 사고 발생의 위험도를 높일 수 있다. 이에 도로 이용의 제한과 같은 방법이 연구되었으나 교통 수요가 밀집되어 있는 도심부에서 도로 이용을 제한하는 것은 실현 가능성이 낮다. 기존에는 교통 혼잡을 완화하기 위해 제어할 수 있는 요소가 교통 신호와 도로의 이용여부와 같은 인프라에 제한되어있었지만 자율주행자동차와 일반자동차가 함께 도로를 이용하는 혼합 교통류 환경에서는 자율주행자동차 또한 제어의 요소로 활용될 가능성이 있다.

속도 조화 전략은 자율주행자동차를 제어해 혼잡을 완화하는 방법들 중 주변 차량들과의 속도 분산을 줄여 속도차로 인해 발생하는 혼잡의 전파를 방지하는 전략이다. 고속도로와 같은 차량의 진출입이 적고 이동 방향의 변화가 제한적인 환경에서는 속도 조화 전략을 통해 차량 간 속도의 분산을 줄이고 혼잡한 구간에 진입하기 전 속도를 선제적으로 감속해 혼잡 전파를 줄이는 전략이 연구되어왔고 속도 조절을 통해 혼잡을 빠르게 완화하거나 예방할 수 있음이 선행 연구들을 통해 확인되었다. 그러나 도심부에서는 차량의 회전이 잦고 교통 신호로 인해 교통류가 연속적으로 형성되지 못해 이러한 환경에서의 속도 조화 전략은 구현에 어려움을 가지고 있었다. 이에 본 연구는 기계학습의 다양한 방식 중 환경과 상호작용하며 최적의 행동 정책을 학습하는 강화학습 방법론을 이용해 속도 조화 전략을 구현하려 하였다.

본 연구는 자율주행자동차를 각각의 에이전트로서 제어하는 다중 에이전트 강화학습 기반의 속도 조화 전략을 개발하였다. 세 곳의 신호 교차로가 연속한 가상의 도심부 도로 네트워크를 기반으로 속도 조화 전략을 개발하였으며 그 과정에서 에이전트 간 협력을 위해 학습 데이터를 공유하지만 각자의 행동 정책을 학습하는 centralized traning decentralized execution(CTDE) 구조를 활용하였다. 차량의 가속도를 원활히 제어하기 위해 0.1초를 step length로 설정하였고 agent의 action space를 -3m/s^2 ~ 3m/s^2로 설정하였다. 출구 링크의 혼잡을 평가해 출구 링크의 통행이 원활할 때 보상을 부여하고 이에 추가로 도심부의 잦은 정차가 필요한 환경에서 반응시간 지체로 인한 혼잡 전파 및 탑승자의 불편함을 예방하기 위해 종방향의 저크를 평가해 0.6m/s^3 이하의 가속도 변화를 보일 때 추가적인 보상을 부여하였다. 전체 네트워크의 차량 중 매 step 10대의 제어 차량을 유지하며 학습을 수행하였다.

학습이 완료된 모델의 보상 반환값을 평가하였을 때 아무런 제어를 하지 않은 차량의 주행 기록을 평가했을 때 대비 10.3% 더 높은 보상을 획득하였으며 전체 차량의 속도 분산은 약 7.3% 감소하였다. 또한, 일반자동차 대비 자율주행자동차의 연료 소비와 CO2 배출량 모두 약 7.0% 감소하였다. 본 연구의 결과를 통해 거시적인 교통정보와 미시적인 차량 주변 정보를 함께 이용해 감가속도의 변화가 적게 주행하면서도 도심부 혼잡을 줄일 수 있음을 확인하였다. 본 연구는 기존에 연속류 기반 고속도로만을 대상으로 하던 속도 조화 전략의 적용범위를 도심부 단속류 도로로 확장하였고 그 효과를 확인하였음에 그 함의를 갖는다. 본 연구에서는 자율주행자동차의 속도에 한정하여 제어를 수행하였으나 향후 본 연구에서 설계한 프레임워크를 기반으로 여타 경로제어 및 차로변경 알고리즘과 함께 활용한다면 도심부 혼잡을 줄이고 원활한 자율협력주행을 구현할 수 있을 것이다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행되었으며(No.092021C28S02000, 협력적 교통제어전략 도입을 위한 교통정보 음영구간 정보생성 및 운영관리 기술개발), 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

Multiple Instance Learning을 활용한 화물 운송업자 분류 모델 개발

Development of a cargo transporter classification model using Multiple Instance Learning

이광섭
(SK텔레콤, Teleco Data 사업팀)

이요셉
(아주대학교, 석박사 통합과정)

윤일수
(아주대학교, 정교수)

국토교통부의 「교통부문수송실적보고」에 따르면 2017년~2021년의 국내 화물 운송은 도로를 통한 운송이 약 90%에 달하며, 대부분의 화물 운송은 화물차 및 특수차량을 통해 이루어진다(국토교통부, 2021). 화물 운송은 그 특성상 일반 차량의 통행과 달리 도로의 유지보수 및 교통안전의 측면에서 체계적인 관리가 필요하다. 이에 따라 화물의 적재량, 주행 차로 지정, 제한속도 등을 규제하고 있으며, 국가 차원의 유류비, 차량 보조금 지원 등을 수행하고 있다(이재민, 2008).

도로를 통한 화물 운송이 국내 화물 운송의 대부분을 차지하는 만큼, 지능형교통체계(intelligent transport systems, ITS), 빅데이터 기반 교통 서비스를 활용하여 효율적인 화물 운송을 지원하는 운송 관리 시스템(transportation management system, TMS) 역시 연평균 16.2%씩 성장할 것으로 예상되는 추세이다(Grand view research, 2022).

도로를 통한 화물 운송의 체계적인 관리를 위해서는 화물차량의 기종점 통행량 조사(origin-destination, O-D) 및 분석이 필수적이다. 다만, 기존의 조사 방법은 예산과 시간, 인력의 한계로 신뢰도 제고에 한계가 있다(김주영 외, 2019). 이렇듯, 화물차의 O-D 분석은 화물 운송 계획 및 관리, 교통물류 정책수립, 도로 안전성의 증진 및 국내 물류 현황 분석에 활용되는 만큼 신뢰성 있는 데이터를 구축할 수 있는 방법론에 대한 연구가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 높은 신뢰성을 가지고 있는 모바일 이동통신 데이터 분석을 통해 화물차와 일반차량의 트립 체인 데이터 비교·분석을 수행하고자 한다. 또한, 향후 연구를 통해 일반차와 화물차의 트립 체인 데이터 학습을 기반으로 화물 운송업자 분류 모델 개발을 위한 방법론을 제시하고자 한다.

본 연구는 향후 개발할 MIL을 활용한 화물 운송업자 분류 모델 개발에 앞서, 모델의 학습 데이터에 해당하는 모바일 이동통신 데이터의 기초분석 결과를 기반으로 모델 구성의 방향성을 설정하였다. 본 연구에서는 수집된 모바일 이동통신 데이터의 특수성을 고려하여, 데이터의 구조 및 세부사항을 검토하였으며, 차량별 트립체인 데이터를 구성할 수 있었다. 또한, 차종별 트립체인 데이터의 비교·분석 결과, 일반차량과 화물차의 상이점을 도출하였다.

기초분석 결과, 일반차량과 화물차는 주행 시간, 트립 및 세부 트립의 수, 직선 통행 거리 등에서 일부 상이점을 보이는 것으로 나타났으며, 주행 시간대 및 체류 시간 분석에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 다만, 화물 운송 주행 특성을 고려하였을 때, 해당 부분은 시간적 범위의 협소함때문인 것으로 판단되기 때문에, 향후 분석에 있어 시간적 범위를 확장하여 모델의 학습에 용이하도록 재구성할 예정이다.

향후 분류모델의 구성에 있어, 일반적인 예측 모델을 통한 예측은 차량별 트립 데이터의 특수성인 데이터의 다양성 및 트립 체인별 길이 등을 간과할 수 있다. 따라서, 다양한 길이와 인스턴스를 학습할 수 있는 MIL 모델을 활용할 수 있도록 하였으며, 기초분석에서 차종별로 큰 차이를 보이는 인스턴스에 가중치를 줄 수 있는 attention 메커니즘을 적용할 예정이다.

사사: 본 논문은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비지원(RS-2022-00142239)에 의해 수행되었습니다.

차로별 교통정보 생성 모델을 위한 고속도로 센서 설치 간격에 대한 고찰

Consideration on highway sensor installation intervals for traffic information generation model by lane

이의진
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

함승우
(서울대학교 건설환경종합연구소, 연수연구원)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

현대의 지능형 교통 시스템(ITS)의 발전으로 인한 교통흐름 최적화 기술은 도로 교통 시스템에 혁신적인 변화를 가져오고 있다. 특히, 자율협력주행(CAV) 차량의 지속적인 도입이 예상됨에 따라, 단순히 운전자에게 정보를 제공하는 수준을 넘어 기반 인프라와의 직접적인 연결이 가능해졌다. 교통 분야에서 이러한 새로운 패러다임이 도래함에 따라 분석에 투입되는 미시 교통정보의 품질은 상당한 수준을 필요로 한다.

기존 센서 기술의 경우 센서가 설치된 구간에서 상대적으로 정확한 정보를 제공하는 데에는 탁월한 성과를 보여주고 있다. 그러나 이러한 정보는 주로 교통흐름의 대표적인 특성만을 다루고 있으며, 구간 사이의 미시적인 교통정보는 여전히 부재한다. 특히나 차로별 교통량, 속도, 및 점유율과 같은 세부적인 데이터가 필요한 지능형 교통 체계에서는 이러한 미시 정보가 결측되면 정확한 흐름 최적화가 어려워진다. 더욱이, 센서를 설치할 수 있는 자원은 제한적이다. 실제로 모든 도로 구간에 센서를 배치하는 것은 비용적으로 현실적이지 않으며, 센서가 점차 고도화됨에 따라 이를 유지보수하는 비용도 만만찮은 현실이다. 따라서 센서의 한계를 극복하고 효율성을 높이기 위해서는 결측 정보를 생성하고 보정하는 모델이 필수적으로 요구된다.

본 논문은 이러한 배경 아래에서, 효율적인 미시적 교통정보 생성 모델을 위한 센서의 학습 데이터 효율성 평가를 수행하고자 한다. 학술적으로 모델의 정확도를 향상시키는 연구도 물론 중요하지만, 전체 교통망에서의 결측정보를 생성하기 위해서는 보다 가볍고 실용적인 모델의 개발이 요구되기 때문이다. 따라서 입력 센서의 특성을 조정함으로써 실용적으로 활용할 수 있는 모델을 개발하기 위한 요건을 분석하고자 한다. 보다 세부적으로, 본 연구는 경부고속도로에 설치된 센서 중 가장 성능이 뛰어나고 결측률이 적은 레이더식 VDS 센서의 교통정보 데이터를 활용하여, 모델에 투입하는 센서 개수와 거리에 따른 조합을 다양하게 변화시키며 성능을 비교한다. 이후, 교통 혼잡도의 기준이 되는 평균속도의 예측 결과를 중심으로 데이터를 비교 분석하였다.

본 논문의 주요 목적은 제한된 센서 자원 상황에서 미시적 교통정보를 생성하는 모델의 정확도를 향상하기 위한 학습 센서 데이터의 특성을 파악하는 것이다. 첫째로 경부고속도로에서의 동탄JC - 안성IC 사이 구간에 설치된 15개의 레이더식 차량 검지 시스템(VDS) 센서에서 수집된 데이터를 활용하여, 센서 개수 조합(1개, 2개, 3개, 4개)별로 딥러닝 모델을 구축하여 비교하였다. 모델의 비교를 통해 기준 센서로부터의 평균 거리와 센서 개수에 따른 결과를 산출하였을 뿐 아니라, 기준 센서로부터 가장 가까운 센서와의 거리에 따른 정확도의 분포를 도출하였다. 둘째로 첨두시간대의 데이터만 별도로 추출한 모델에 대해서, 센서 3개의 조합 상황에서 기준센서의 데이터를 추정한 모델의 정확도를 비교하였다. 이러한 분석 결과를 토대로 고속도로 센서의 비용분석을 진행하고 최적의 고속도로 센서 설치 간격을 정하기 위한 기준을 제안하였다. 정확도를 비교하는 과정에서는 MAE와 RMSE 오차지표를 활용하여 결과를 산출하였다.

본 연구는 교통흐름 최적화와 더불어, 제한된 센서 하에서의 미시 교통정보 생성에 초점을 맞추어 전반적인 지능형 교통 시스템의 발전에 기여할 것으로 기대된다. 그뿐 아니라 경부고속도로의 21번 레이더식 VDS 센서의 차선별 교통 데이터를 기반으로 한 모델의 성능 비교를 통해, 어떠한 센서 간격 배치가 내부 정보 생성에 유리한지에 대한 통찰을 제공하는 것이 이 연구의 중요한 의의이다. 이러한 결과는 새로운 센서의 도입 위치 및 센서 유지보수 우선순위 결정에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행되었으며(No.092021C28S02000, 협력적 교통제어전략 도입을 위한 교통정보 음영구간 정보생성 및 운영관리 기술개발), 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성 사업으로 지원되었습니다.

RGB-T 이미지를 활용한 경량 중요 객체 검출 시스템 연구

Research on Lightweight Salient Object Detection System Utilizing RGB-T Images

이준표	정회준	최정무	권장우
(인하대학교 전기컴퓨터공학과)	(인하대학교 전기컴퓨터공학과)	(인하대학교 컴퓨터공학과)	(인하대학교 컴퓨터공학과)

자율주행 차량 시스템의 발전은 현대 교통 및 물류의 패러다임을 재정립하고 있다. 이러한 시스템의 필수 구성 요소 중 하나는 컴퓨터 비전 기술이다. 컴퓨터 비전 기술은 자율주행 차량이 도로 상황을 인식하고 상황에 맞는 동작을 수행하는 데 필수적이며, 도로의 다양한 요소들과 상호작용하며 안전하게 운행할 수 있도록 돕는다. 최근 몇 년간 컴퓨터 비전 기술은 많은 기술적 도약을 이루었으나, 여전히 극복해야 할 한계점들이 존재한다. 특히 실제 운행 상황에서 발생하는, 안개, 극심한 날씨 조건, 맞은편 차량의 헤드라이트 불빛과 같은 요인으로 인해 안정적인 데이터 수집이 어려운 상황에서는 RGB 카메라 기반 비전 인식 시스템이 원활하게 동작하지 못하는 경우가 있다. 이러한 악조건에서는 컴퓨터 비전 시스템의 객체 인식 능력이 크게 저하되어, 자율 주행 차량의 안전성과 신뢰성에 심각한 영향을 미칠 수 있다. RGB 카메라 기반 비전 인식 시스템의 한계점에 대한 해결책으로, RGB 카메라와 열화상 카메라를 이용하는 RGB-T 비전 인식 시스템이 대두되었다. 열화상 카메라는 물체 표면의 열복사를 감지하므로 실제 운행 상황에서 발생하는 악조건하에서도 작동할 수 있다.

본 연구에서는 MobileNetV2 기반의 중요 객체 검출 모델을 안드로이드 기기에 탑재하고, RGB-T 이미지의 중요 객체 검출 (Salient Object Detection) 작업을 수행하였다. 이를 통해, 다양한 환경 조건에서도 효과적으로 주변을 인식하고, 자율주행 차량의 안전성과 신뢰성을 향상하는 시스템을 구축하는 것을 목적으로 한다.

본 연구에서는 RGB 이미지와 열화상 이미지를 활용하여 RGB 카메라와 열화상 카메라를 사용하여 수집한 총 6,821쌍의 이미지로 이루어진 데이터셋을 활용하였다. 이 데이터셋은 주간 및 야간 상황에서 취득한 이미지를 포함하고 있다. 이러한 특징은 모델이 다양한 실제 환경에서의 중요 객체 검출 능력을 갖출 수 있도록 돕는다. 또한 일부 RGB 이미지에 랜덤한 노이즈를 추가하여 실제 환경에서 발생할 수 있는 외부 요인들로 인한 영향을 모델이 학습하도록 하였다. 예를 들어, 실제 환경에서는 빛의 반사, 그림자, 또는 기타 시각적 장애물 등으로 인해 이미지에 노이즈가 발생할 수 있으며, 이러한 조건들을 모델이 사전에 학습함으로써 실제 상황에서의 성능을 향상할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서 사용된 총 7,418쌍의 이미지 중 약 34%에 해당하는 2,500쌍의 무작위로 선택된 이미지 쌍을 모델 학습에 사용하였다. 이는 모델이 다양한 상황에서 객체 검출 능력을 충분히 학습할 수 있는 양이며, 나머지 데이터는 검증 및 테스트 용도로 활용되었다. 이를 통해 모델이 주간과 야간, 다양한 노이즈 조건을 포함한 상황에서도 높은 성능을 발휘할 수 있도록 만드는 것이 본 연구의 핵심 목표 중 하나이다.

본 연구에서는 모바일 및 임베디드 시스템에서 RGB 이미지와 열화상 이미지를 이용한 중요 객체 검출 작업을 수행할 수 있는 경량 모델에 대한 실험을 진행하였다. 이후 연구에서는 상용 안드로이드 시스템에 열화상 카메라를 부착하고, 해당 열화상 카메라에서 취득한 열화상 이미지와 RGB 이미지를 정합한 뒤 실시간 영상분할(Semantic Segmentation) 작업을 수행 가능한 경량 모델 및 시스템을 개발하고자 한다.

사사: 본 연구는 2024 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음 (2022-0-01057)

자율주행을 위한 딥러닝 기반 저조도 이미지 개선 모델 제안

Deep Learning-Based Low-Light Image Enhancement Model for Autonomous Driving

인해교
(건국대학교, 석사과정)

문창주
(건국대학교, 교수)

자율주행 시스템에서 차량은 다양한 센서로부터 주변 환경에 대한 정보를 습득하고, 이를 바탕으로 적절한 판단과 정을 통해 동체를 제어한다. 만일 자율주행 차량이 운행 중에 부정확한 정보를 습득하거나 주변 물체에 대한 정보 결손이 발생할 경우, 심각한 사고로 이어질 수 있다. 때문에, 자율주행 기술의 안전성을 향상하기 위해서는 센서를 통한 정확한 환경 인식 기술이 중요하다.

하지만 빛을 이용하여 시각적 정보를 수집하는 카메라의 특성상 야간과 같은 저조도 환경에서는 객체 탐지 성능이 제한된다. 이러한 카메라의 취약점은 야간환경에서 운행 중인 자율주행 차량에 부정확한 정보를 제공할 수 있다. 따라서, 각각의 센서들이 가지고 있는 단점을 파악하고 개선하는 연구가 중요하게 대두되는 상황이다.

본 논문에서는 야간과 같은 저조도 환경에서 자율주행 차량이 정확한 정보를 습득할 수 있도록 저조도 이미지를 향상된 이미지로 변환하는 딥러닝 모델을 제안하였다. 자율주행에 있어 인지 정보의 갱신은 판단의 속도를 좌우하기 때문에, 매우 빠른 실시간 처리를 요구한다. 하지만 기존의 모델은 고해상도 이미지에 대하여 빠른 출력주기를 달성할 수 없다. 본 논문에서 개발한 모델의 경우 1920×1080의 고해상도 이미지를 입력으로 사용하였음에도 실시간 수준의 짧은 추론시간을 달성할 수 있었다. 또한, 해당 모델의 경우 학습 단계에서 일반-저조도 이미지 쌍을 필요로 하지 않기 때문에, 추후 다양한 데이터를 적용하여 학습을 진행할 수 있다.

논문에서 제시하는 모델은 적대적 생성 신경망(Generative Adversarial Network)을 기반으로 하는 신경망 구조이며, 생성자는 U-net 구조의 신경망을 사용하였다. 모델 학습 시에는 Content Loss와 Segmentation Loss를 추가로 적용하여 조도 개선 성능을 높일 수 있었다. 본 연구에서 제안하는 Segmentation Loss는 자율주행 분야에서 컴퓨터 비전 기술의 가장 주요한 목표인 객체 탐지의 성능을 높이고자 사용되었다.

본 연구를 통해 자율주행 차량이 다양한 주행 상황에서 빠르고 안정적으로 저조도 이미지를 개선하고, 나아가 자율주행 기술의 안전성과 신뢰성을 높일 것으로 기대한다. 또한, 저조도 이미지 개선 기술은 카메라 센서의 본질적인 취약점을 보완할 수 있기에, 자율주행 분야뿐만 아니라 컴퓨터 비전 기술이 사용되는 다양한 산업 분야에 적용될 수 있다. 예시로 야간 CCTV 영상 개선, 드론 운행, 산업 및 가정용 로봇에 활용되어 저조도 환경에서 나타나는 문제를 해결할 수 있을 것이다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0020536, 2024년 산업혁신인재성장지원사업)

교통 빅데이터 및 AI(IV)

Session

B-5

도로환경 교통사고 상해도 예측을 위한 iGLAD 기반 머신러닝 모델 성능 비교

정승윤, 최용순, 백세룡, 김천호

딥러닝 기반 이미지 내 화물차 적재 크기 초과 여부 판단

정한솔, 이상현, 윤일수

CARLA Simulator 환경에서 운전 습관 분석 : 거대 언어 모델 기반 프레임워크

최현민, 인해교, 신현서, 문창주

드론 비전을 활용한 Transformer 기반 차량 차선 변경 예측 모델

홍석준, 임재균, 김병훈, 노병준

범주형-연속형 혼재 교통사고 데이터 증강을 통한 데이터 불균형 문제 해소

김은정, 김동규

도로환경 교통사고 상해도 예측을 위한 iGLAD 기반 머신러닝 모델 성능 비교

Research on iGLAD Data-based Machine Learning Model to Predict Traffic Accident Injuries

정승윤	최용순	백세룡	김천호
(유한회사 삼송, 대리)	(유한회사 삼송, 대리)	(유한회사 삼송, 과장)	(유한회사 삼송, 차장)

사망자는 2,735명이다. 이 수치를 1년으로 계산을 해보면 1일 사고 건수는 약 540 건이며 하루에 발생되는 부상자는 772명, 사망자는 7명이다. 이렇듯 교통사고는 실 생활에서 빈번히 발생되며 인명 피해도 매우 큰 문제로서 전세계적으로도 사회적 문제 중 하나 주목받고 있으며 교통사고의 인명피해를 줄이고자 차량 긴급구난체계 서비스가 개발되었다. 차량 사고 시 신속한 구난을 위한 서비스로 교통사고 발생 시 e-call 단만기를 통해 자동으로 교통사고정보를 e-call 센터에 전송시켜 응급구난기관과 긴급구조대, 교통관리기관에 전달되는 시스템이다. 하지만 응급구난 기관에서 사고현장으로 출동 시 모든 상황을 대비하기 어려운 점이 있다. 이를 위해 필요한 부분이 사고에 대한 상해도 예측이다. 본 연구에서는 머신러닝을 활용하여 교통사고 DB인 iGLAD의 학습을 통한, 상해도 예측 가능 모델에 대하여 알아보고자 하였다. 또한 머신러닝 앙상블 기법을 활용하여 여러 모델들의 정확도를 비교 분석하여 최적의 모델을 선정 하고자 한다. iGLAD(Initiative for the Global Harmonization of Accident Data)는 전 세계 적으로 일관된 방식의 데이터 수집 및 분석을 통하여 교통사고 예방과 안전성 향상을 위한 정책과 기술 개발에 기여하는 것을 목표하고 교통사고 데이터의 표준화 데이터 베이스이다. iGLAD는 발생 사고에 대한 정보를 총 123개로 분류되어 있으며 각각 25개의 항목, 52개 항목, 40개 항목, 6개 항목으로 나뉜다. 이 중 상해도 예측을 위한 머신러닝을 위해서 항목은 7가지로 선정하였다. 1개의 타겟과 6개의 퓨처로 분류되어 머신러닝의 학습에 활용하였다. 타겟은 상해도, 첫번째 퓨처는 iGLAD의 대분류 사고의 유형, 다음은 충격력을 나타내는 차량의 속도, 차량의 무게 및 충돌 후 가속도, 마지막으로 탑승자를 직접적으로 보호하는 장치인 안전 밸트, 에어백등 1개의 타겟, 6개의 퓨처 총 7가지 항목을 선정하였다. 본 연구는 머신러닝 기법중 앙상블 기법을 사용하였다. 활용된 모델로는 Random Forest (랜덤 포레스트), SVM (서포트 벡터 머신), AdaBoost (아다부스트), CatBoost (캣부스트)가 있으며 해당 모델들로 학습하기 전 표준화 작업인 normalization을 진행하였다. 또한 GridSearch를 이용해서 최적화된 초모수(Hyperparameter) 적용하였으며, 각 최적화된 초모수를 적용하여, 학습 Accuracy, recall, precision, f1 score 값을 도출하였다. 연구 모델들은 교통사고 데이터베이스로 학습을 시키고 그 결과를 예측하였다. 또한 예측에 대한 결과 값은 Accuracy, Error Ratem, Recall, F1 Score 등을 고려하여 비교 분석하였으며 이중 Accuracy 값을 최우선적으로 비교 분석하였다. 그 결과 Random Forest 86.04%, Cat boost 79.09%, SVM 46.05%, AdaBoost 38.99%로 Randon Forest 모델이 가장 적합한 모델로 선정되었다. 또한 Randon Frest의 feature importance를 살펴보면 충돌 후 속도변화가 상해 예측에 있어 가장 중요도가 높게 나왔다.다음으로 차량의 무게, 안전벨트 사용여부, 사고발생시 충돌 속도, 사고분류, 에어백 작동 여부 순으로 중요도가 부포되어 있다. 교통사고로 인하여 발생되는 속도의 변화는 교통사고로 인하여 발생되는 힘의 크기과 같기 때문에 운전자에게 발생될 수 있는 상해도와 연관이 높은 것으로 예상된다.

사사: 본 연구는 2023년도 경찰청의 재원으로 과학치안진흥센터 및 자율주행기술개발혁신사업단의 지원을 받아 수행하였습니다.(RS-2023-00260576 자율주행자동차 교통사고 조사·분석 기술 개발을 위한 교통사고 재현 S/W 개발)

딥러닝 기반 이미지 내 화물차 적재 크기 초과 여부 판단

Deep Learning-based Determination of Oversize Load Trucks using Image

정한솔
(아주대학교, 석사과정)

이상현
(아주대학교, 석박사통합과정)

윤일수
(아주대학교, 교수)

도로 안전성을 위협하는 다양한 요인들이 존재하지만, 그중에서도 대형사고를 유발할 가능성이 높고 도로 교통상황에 막대한 부정적인 영향을 주는 요인은 적재 불량 화물차이다. 화물차 사고 건수의 합계는 전반적으로 감소하는 추세이지만, 전체 사고 대비 화물차 사고의 비율은 변동 폭이 1% 미만으로 큰 개선 없이 유지되는 것으로 관측되었다. 이에 따라 도로 안전 개선을 위해서는 안전기준에 미달하는 화물차에 대한 철저한 단속 및 관리가 필요하다고 판단된다. 다만, 현재 국내 화물차 적재 위반 단속 체계의 경우, 기존의 단속 방식이 인력에 의존적이고, 적재 불량의 구체적인 판단기준이 명확하지 않다는 문제점이 있다. 이에 본 연구는 도로 안전을 위협하는 요인 중 하나인 화물차의 적재 불량 문제에 주목하고, 세분화된 적재 불량유형을 분류하고자 할 때 딥러닝 기반 이미지 분석의 활용도를 검토하여 향후 딥러닝을 활용한 자동화 단속 체계 도입을 위한 기초 연구를 수행하고자 한다.

본 연구는 딥러닝 모델을 활용한 이미지 분석을 통해 「도로법」 및 「도로교통법」 기준에 따른 적재 용량 초과 여부를 판단하는 데 목적이 있다. 분석에 활용한 화물차 이미지의 공간적 범위는 이순신대교 및 기타 CCTV가 설치된 대교 위 도로 및 기상환경 재현 실증도로이며, 시간적 범위는 수집 용이성을 고려하여 2021년과 2023년으로 설정하였다. 연구의 수행 절차는 먼저 화물차 적재 관련 현행법 단속기준 검토를 통해 화물차 과적 및 적재 불량의 기준을 분석하며, 분석에 활용할 적재 화물차 이미지 수집 및 전처리 후 최종적으로 이미지 분류 딥러닝 모델을 학습시켜 화물차의 단속기준 적재 용량을 초과 여부를 판단하는 순서로 수행하였다.

화물차 이미지를 활용하여 적재 불량 여부를 판단하기 위해서는 화물차 적재 영역이 집중적으로 분석되어야 할 필요성에 따라 1차로 객체를 탐지 알고리즘을 통해 동일한 적재 영역 크기(456×456)에 따라 자르는 전처리 작업을 수행하였으며, 이미지 전처리를 통해 생성한 동일한 크기의 적재 영역 이미지를 최종적으로 이미지 분류에 활용할 EfficientNet 모델을 적용하여 정상 적재 및 적재 용량(폭, 길이, 높이) 초과로 분류하였다. 모델 학습에 있어서 학습 이미지 부족의 한계를 보완하고 모델 학습의 효율을 높이기 위해 대규모 이미지 데이터셋인 ImageNet으로 사전 학습된 가중치를 적용하여 학습을 진행하였다. 또한, EfficientNet network의 마지막 분류기 layer 일부만 수정 및 학습시켜 두 가지 클래스에 따라 분류하도록 모델을 구축하였으며, 딥러닝 모델 학습 시 각 하이퍼파라미터는 시행착오법을 통해 가장 높은 성능을 보이는 값으로 선정하였다.

분석 결과, 모델의 정확도와 재현율은 모두 0.900으로 높은 성능을 보였으며, 이는 딥러닝 기반의 이미지 분석이 화물차 적재 크기 초과 판단에 유효함을 보여준다. 모델은 정상 적재와 적재 크기 초과를 구분하는 데에 상당한 정확성을 가지나, 향후 실시간 분석을 가능하게 하고 정확도를 더욱 향상시키기 위해 추가 연구의 필요성이 존재한다. 결론적으로, 본 연구는 화물차의 적재 크기 초과 문제를 효율적으로 단속할 수 있는 기술적 기반을 마련하고, 도로 안전을 개선하기 위한 딥러닝 기반의 자동화 시스템 개발의 중요성을 강조한다. 향후 연구에서는 더 다양한 유형의 화물차 적재 불량을 분류하고, 다양한 위치와 각도에서 촬영된 이미지를 포함하여 모델의 범용성을 향상시킬 필요가 있으며, 다양한 딥러닝 모델의 성능을 비교 분석하여 가장 효과적인 모델을 선택하는 작업도 중요한 향후 과제로 생각된다.

사사: 본 논문은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비지원(RS-2022-00142239)에 의해 수행되었습니다.

CARLA Simulator 환경에서 운전 습관 분석: 거대 언어 모델 기반 프레임워크

Driving Behavior Analysis in a Simulator Environment: A Large Language Model-Based Framework

최현민	인해교	신현서	문창주
(건국대학교, 석사과정)	(건국대학교, 석사과정)	(건국대학교, 석사과정)	(건국대학교, 교수)

교통사고는 전 세계적으로 큰 사회적, 경제적 손실을 초래하는 주요 원인 중 하나다. 이러한 사고는 높은 비율로 과속, 급감속, 신호위반 등 운전자의 부적절한 운전 습관에서 기인한다. 따라서, 운전 습관을 정확하게 분석하고 이를 개선하기 위한 방안을 모색하는 것은 교통안전을 위해 매우 중요하다. 따라서 CARLA simulator 환경에서 거대 언어 모델을 기반으로 한 프레임워크를 사용해, 연구자들은 실제 도로 환경에서 발생할 수 있는 위험을 최소화하면서, 차량으로부터 얻은 데이터를 통해 운전 습관을 상세하게 분석하였다. 또한, 거대 언어 모델을 활용함으로써, 운전자의 운전 패턴과 의사 결정 과정에서 나타나는 복잡한 비언어적 신호를 분석하고 이해하였다. 거대 언어 모델을 통해 운전자별로 습관 정보를 Documentation하여 정리하고, 추후 운전자 식별 연구, 완전 자율주행 연구를 위한 학습 데이터 등에 활용될 수 있는 가치 있는 데이터를 생성할 수 있다. CARLA Simulator 환경에서 취득한 학습 데이터셋을 ChatGPT API를 활용해 모델의 Fine-Tuning을 진행하고, 평가하고자 하는 운전 데이터를 해당 모델에 Input하게 되면, 운전 습관에 대한 분석 결과가 Documentation되어 Output으로 출력하는 프레임워크를 구축하였다. 실제 운전자의 운전 습관을 가상 환경으로 정확히 재현하는 것은 불가능하므로, 원활한 테스트를 위해 CARLA simulator 내에 존재하는 Tesla model3의 autopilot mode를 활용해 주행 차량의 운전 습관을 분석하는 방법으로 테스트를 진행하였다. 세 가지 시나리오를 설정하고, 각각의 경우에 대하여 필요한 차량 데이터를 취득하였다. 일련의 테스트를 통해, 학습된 거대 언어 모델을 기반으로 운전 습관에 대한 분석 프로세스가 올바르게 진행되었다는 것을 확인하였다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술 진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0020536, 2024년 산업혁신인재성장지원사업)

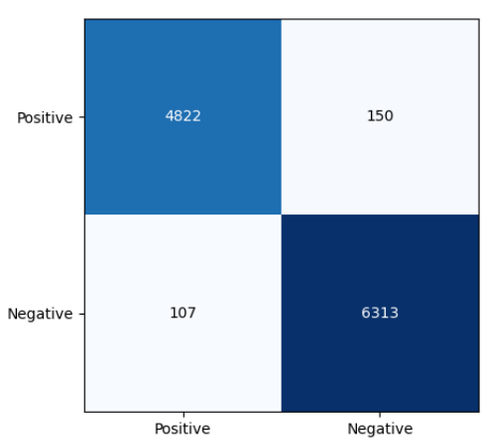
드론 비전을 활용한 Transformer 기반 차량 차선 변경 예측 모델

Transformer-based vehicle lane change prediction model using drone vision

홍석준[1)]	임재균[2)]	김병훈[3)]	노병준*
(순천향대학교 AI·빅데이터학과 학사과정)	(순천향대학교 AI·빅데이터학과 학사과정)	(순천향대학교 AI·빅데이터학과 석사과정)	(순천향대학교 AI·빅데이터학과 교수)

최근 자율주행 차량이 각광받고 있으며, 이에 따라 자율주행과 관련된 다양한 연구들이 이루어지고 있다. 자율주행 차량이 주변 차량의 행동을 예측하는 것은 매우 중요한 기능으로 이를 제대로 수행하지 못할 경우, 위험한 결정을 내리거나 과도하게 보수적인 운전을 하게 되어 운전 시스템의 안전성이나 효율성을 저해할 수 있다. 이러한 주변 차량의 행동 중 차선 변경 움직임은 다른 차선의 차량과 위험한 간섭을 일으켜 사고의 원인이 될 수 있기 때문에 교통 흐름과 자율주행 차량의 안전에 지대한 영향을 끼치게 된다. 이런 사고 위험은 차량의 움직임을 통해 감지될 수 있으며, 이를 분석함으로써 차선 변경 움직임을 예측할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 기존 연구는 레이더, 라이다 그리고 다른 센서를 활용하여 차선 변경을 예측하였는데, 이는 차량이나 도로의 구조물들에 가려 측정에 방해되거나 각 센서가 오작동하는 상황으로 인해 자율주행 차량의 결정에 영향을 미치게 되어 운전자의 안정성을 위협할 가능성이 있다. 따라서, 전체적인 교통 흐름을 파악할 수 있고, 주변 차량의 상태를 파악하여 차선 변경을 예측하는 모델의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 드론 비전을 활용하여 주변 차량 간의 상호작용을 파악하는 차선 변경 예측 방법론에 대해 제안한다. 제안된 방법론은 드론으로 수집된 차량의 탑뷰(top-view) 영상에서 예측하고자 하는 대상 차량과 주변 차량 정보를 추출한 데이터를 활용한다. Transformer 모델을 활용하여 특정 차량의 움직임에 대해 집중하여 차선 변경을 더 정확히 예측하도록 한다. Transformer 모델의 Accuracy는 0.977로 다른 딥러닝 모델에 비해 0.02 높은 성능을 보였으며, 혼동 행렬에서 적은 오분류를 보이며 차선 변경과 차선 유지를 잘 분류한다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 해당 모델이 차선 변경 상황을 정확하게 인식하는 데 매우 효과적임을 시사한다. 이러한 모델을 통해 자율주행 차량은 차선 변경 움직임에 대한 능동적인 운전 결정을 내릴 수 있다. 이를 통해 사고 위험을 줄여 안전성을 개선할 수 있으며, 전체적인 교통 시스템의 효율성을 증대시키는 데도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.



<그림 1> Transformer 혼동 행렬

사사 : 본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구 결과로 수행되었습니다(2021-0-01399).

범주형-연속형 혼재 교통사고 데이터 증강을 통한 데이터 불균형 문제 해소

Mixed Categorical-Continuous Crash Data Augmentation with Consideration of Spatial Heterogeneity

김은정
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

현재 교통 안전 연구에서는 머신러닝과 딥러닝 기법을 활용하여 교통사고의 위험을 예측하는 연구가 지속적으로 발전 하고 있다. 이러한 예측 모델들이 안정적인 성능을 유지하고 과적합 문제를 방지하기 위해서는 충분한 양의 학습 데이터를 확보하는 것이 중요하다. 그러나 교통사고 데이터는 그 발생 빈도가 낮고 비반복적인 특성을 가지고 있어, 전체 량 검지 시스템(VDS) 데이터 내에서 사고 데이터의 비율이 매우 낮다는 문제가 있다. 이러한 데이터 불균형 문제를 해결하기 위해 여러 연구가 진행되었으나, 대부분은 다수 집단의 데이터를 줄이는 언더샘플링이나 소수 집단의 데이터를 증강하는 오버샘플링 기법에 초점을 맞추었다. 그러나 이러한 기존 연구들은 데이터의 복잡한 구조나 변수 간의 상관관계, 도로의 기하학적 특성을 고려하지 않고 데이터를 증강했다는 한계가 있다.

이에 본 연구는 확률 분포를 고려하여 데이터를 생성하는 VAE(Variational Autoencoder) 기법을 기반으로 하여, 데이터의 형태에 따라 다른 생성 함수를 적용함으로써 데이터를 효과적으로 증강한다. 연구 대상 지역은 경부 고속도로의 남이JC부터 한남IC까지의 구간으로 선정하였으며, 이 구간에서 2017년에 발생한 사고 데이터를 422건에서 5,147건으로 증강하였다. 또한, 도로의 기하학적 특성을 나타내는 변수들을 포함시킴으로써 데이터를 더욱 효과적으로 증강하였다. 그 결과, SMOTE 및 일반 VAE 기법을 사용한 데이터 증강에 비해 본 연구에서 제안한 방법을 사용한 데이터 증강이 예측 모델의 정확도를 더욱 향상시키는 것으로 나타났다. 본 연구는 확률 분포를 고려한 VAE 기반의 데이터 증강 방법이 데이터 불균형 문제를 해결하고 교통사고 예측의 정확성을 높일 수 있는 유의미한 접근법임을 시사한다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

자율주행(I)

Session

B-6

LiDAR Object Tracking을 활용한 안전 임계 거리 기반 Adaptive Cruise Control 알고리즘

강윤도, 차승민, 임지웅, 원종훈

CAV 협력 차선변경 자원전략 개발: DQN 접근법 기반으로

김승환, 박준영

대규모 언어모델과 대리안전지표 기반의 자율주행 위험상황 인식 시스템 개발

민동규, 김동규

고속 자율주행을 위한 샘플링 기반 Frenet Frame 최적 경로 생성

방상우, 박준범, 배노혁, 임지웅, 원종훈

HD Map을 활용한 자율주행 레이싱용 Frenet 경로 계획 기법 성능 분석

배노혁, 박준범, 방상우, 노영진, 원종훈

LiDAR Object Tracking을 활용한 안전 임계 거리 기반 Adaptive Cruise Control 알고리즘

Safety Critical Distance-based Adaptive Cruise Control Algorithm using LiDAR Object Tracking

강윤도	차승민	임지웅	원종훈
(인하대학교 자율항법연구실 학사과정)	(인하대학교 자율항법연구실 학사과정)	(인하대학교 자율항법연구실 박사과정)	(인하대학교 전기공학과 교수)

Advanced Driver Assistance System(ADAS)는 차량 운행의 안전성과 효율성 및 편리성을 제공한다. 고도화되는 자율주행 연구에서 운전자와 차량의 안전은 필수적으로 고려해야 할 요소이다. ADAS 기능들 중 Adaptive Cruise Control(ACC) 시스템은 다양한 교통 상황에서 전방 차량과 거리를 유지하며 동시에 속도를 제어하는 기능으로 운전자의 안전성을 향상시킨다(Liu et al, 2020).

ACC 시스템은 전방 차량과의 상대 속도 및 상대 거리를 통해 안전거리를 도출한다. 또한 안전 임계 거리는 차량이 속도를 줄여 최종적으로 전방 차량과 유지하는 거리를 의미한다. 정확한 안전 임계 거리를 유지하며 전방 차량을 추종하는 것은 운전자의 안전성을 높여주지만 기존의 알고리즘에선 안전 임계 거리의 기준이 명확하지 않아 알고리즘마다 성능 차이가 존재한다. 이를 개선하고자 본 논문에서는 안전 임계 거리 기반 ACC 알고리즘을 제안한다. LiDAR Object Tracking을 통해 전방 차량과의 거리가 안전거리에 도달하면 ACC 시스템으로 제어 모드를 바꿔 전방 차량을 안전 임계 거리에서 추종할 수 있도록 한다. 또한 ACC 시스템 성능에 적합하도록 상대 거리 유지에 최적화된 PID_{ACC} 제어기를 제안한다. 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 전방 차량의 정속 주행 상황에서 안전 임계 거리와 종방향 Jerk를 구해 기존의 알고리즘과 비교한다.

실험 결과 ACC 모드에서 차량 감속 후 안전 임계 거리가 기존 알고리즘(Duan and Zhao, 2017)의 경우 오차가 2~4m로 나왔으며 제시한 알고리즘의 오차는 0~2m가 발생했다. 또한 PID_{ACC} 제어기를 사용하여 안전 임계 거리를 유지하며 전방 차량을 추종한다. Jerk의 경우 기존의 알고리즘은 최대 $5.5579m/s^3$, 평균 $0.2336m/s^3$의 결과가 나온 반면, 제시한 알고리즘은 최대 $3.5017m/s^3$, 평균 $0.1728m/s^3$으로 비교적 안정된 수치를 나타냈다.

References

1. Liu, Y., Fu, C., Tang, X., Guo C., & Hu, M. (2020). “A Comparison of Mode Switching Strategies for Adaptive Cruise Control”, 4th CAA International Conference on Vehicular Control and Intelligence (CVCI), pp. 465-470

2. Duan, S., and Zhao, J. (2017). “A model based on hierarchical safety distance algorithm for ACC control mode switching strategy”, 2nd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC), pp. 904-908

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 092021D75000000, AI 운전능력평가 표준화 및 평가 프로세스 개발).

CAV 협력 차선변경 지원전략 개발: DQN 접근법 기반으로

Cooperative Lane Change Support Strategy for CAV: Using Deep Q-network Learning Approach

김승환
(한양대학교 교통물류공학과, 석박사통합과정)

박준영
(한양대학교 교통물류공학과 스마트시티공학과, 부교수)

최근 자율주행 기술은 급격한 발전을 이루며 도로 안전 및 효율성 증진을 위한 중요한 연구 분야로 부상하고 있다. 이러한 기술의 발전을 통해 자율주행차량(Autonomous Vehicle, AV)은 운전자의 피로를 덜어주고 인적 요인을 제거하여 보다 이상적이고 일정한 주행행태를 교통류에 반영함으로써 교통류에 긍정적인 영향을 가져올 것으로 기대된다.

하지만 이러한 기술 개발에도 불구하고 차량 중심의 자율주행만으로는 다양한 차량들이 혼합되어 동적으로 변하는 교통류 상황에서의 기대했던 만큼의 긍정적인 영향을 가져오기에는 한계가 있다. 이에 따라 최근에는 AV의 기술 개발과 더불어 V2X(Vehicle-to-Everything, V2X) 통신 기반 도로 인프라의 지원을 포함하는 자율주행 수준의 자율협력주행차량(Connected Autonomous Vehicle, CAV) 대한 연구와 개발의 필요성이 강조되고 있다. CAV는 V2X 환경에서 수집된 다양한 데이터를 활용하여 협력 주행을 실현하고 이를 통해 기존의 차량 중심 자율주행의 한계를 극복하고 교통 효율성과 안전성을 증진하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

차선변경은 자율주행 기술의 큰 과제 중 하나이며 주변 차량과의 양보와 협력과 같은 복잡한 상호작용을 요구한다. 이러한 복잡한 상호작용으로 인해 차선변경은 기존의 차량 중심 자율주행 기술의 기능적인 한계가 드러나는 시나리오 중 하나이다.

이에 따라 본 연구에서는 인프라의 지원을 포함한 CAV가 V2X 통신을 기반으로 협력 차선변경을 실현하여 차선변경 문제에 대한 해결책이 될 수 있음을 제안한다. V2X 환경에서 실시간으로 주변 차량의 데이터를 수집하고 이를 토대로 정해진 협력 차선변경 알고리즘에 따라 양보와 협력을 적절히 유도하여 협력 차선변경을 실현한다면 차선변경 문제 해결과 더불어 교통 효율성 및 안전성을 증진 시킬 수 있을 것으로 기대된다.

강화학습은 다양하고 복잡한 교통 환경의 변화에 따라 유연하게 적응하고 대응할 수 있는 방법론으로서 에이전트가 환경과 상호작용하면서 실시간으로 학습할 수 있는 프레임워크를 제공한다. 이는 AV가 실제 도로에서 발생하는 다양한 상황에 빠르게 적응하고 개선할 수 있도록 도와준다. 이러한 강화학습의 강점에 따라 강화학습은 최근 자율주행 분야에서 유망한 프레임워크로 부상하였다.

이에 따라 본 연구에서는 강화학습 기반의 협력 차선변경 알고리즘을 개발하고 알고리즘의 교통류 관점에서의 효과를 평가한다. 이를 통해 강화학습 기반 협력 차선변경에 대한 효과를 제시하고 향후 V2X 환경에서 CAV의 차선변경 전략으로서 강화학습 기반 협력 차선변경 알고리즘을 제시하고자 한다. 미시교통시뮬레이션 VISSIM을 활용하여 강화학습 환경을 구축하였고 VISSIM COM을 활용하여 강화학습 기반 협력 차선변경 알고리즘을 구현하고 학습을 진행하였다. 개발된 알고리즘에 따른 협력 차선변경의 효과를 이동성, 안전성, 환경성으로 나누어 교통류 관점에서의 효과를 분석 및 평가하였다.

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00142565)

대규모 언어모델과 대리안전지표 기반의 자율주행 위험상황 인식 시스템 개발

Developing an Autonomous Driving Hazard Perception System Based on Large Language Model and Surrogate Safety Indicator

민동규
(서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부 교수)

오늘날 자율주행 시스템은 인적 오류로 인해 발생하는 대부분의 교통사고를 예방하고자 그 해결책으로서 선진국을 중심으로 많은 학술적이고 사회적 관심을 받고 있으며, 상당한 투자와 기술 개발이 이루어지고 있다. 그러나, 자율주행의 미성숙한 시스템으로 인한 사상 사고는 여전히 발생하고 있으며, 이러한 교통안전 이슈는 자율주행 기술의 신뢰를 실추하고 있다. 특히 최근 테슬라 자율주행 시스템으로 미국에서 2019년 이래 4년간 736건의 교통사고가 발생한 것으로 나타났으며, 이는 테슬라뿐만 아니라 여러 자율주행 시스템이 소형 차량, 응급 차량, 보행자 등 다양한 객체와의 복잡한 상호작용에 의한 잠재적 위험 상황 등 난해한 상황에서의 인식 정확률이 부족하다는 평가를 불러온다. 즉, 자율주행 제반 기술이 나날이 발전하고 있음에도 불구하고 여전히 인공지능이 해석하기 어려운 long-tail case에서의 사례는 존재한다. 이에 따라 본 연구는 단순 객체 인식보다 추론 능력이 필요한 잠재적 위험 상황에서 이를 인식하고 대응할 수 있는 자율주행 시스템을 개발하고자 한다. 특히 인간의 추론 능력에 비견하는 대규모 언어 모델(LLM; Large Language Model)과 교통안전 분야의 도메인 지식(Domain knowledge)에 기반한 대리안전지표(SSM; Surrogate Safety Measure)를 활용하여 기존 연구와 차별화되는 자율주행 위험상황 인식 시스템을 개발한다.

본 연구는 기존의 객체 인식 기반 자율주행 시스템의 단점을 보완하기 위하여 언리얼 엔진 기반의 CARLA 주행시뮬레이터에서 구현된 자율주행차량으로부터 1인칭 시점의 카메라 센서 이미지, 대리안전지표를 포함한 주변 객체 정보, 차량의 주행 정보를 구득한다. 이어서 구득한 데이터를 이미지 및 텍스트로 재가공하여 GPT-4 Vision 기반의 위험상황 인식기술 및 제어기술을 개발하고, 미리 가정된 위험 시나리오에 대해 개선점을 평가하고자 한다. CARLA에서 구현된 Ego-vehicle은 자율주행 모드로 시뮬레이터에서 자동으로 운행되며, 터미널에 출력된 주변 객체의 식별자, 객체 종류, 유클리드 거리, TTC(Time to Collision)에 대한 4가지 객체 정보와 ego-vehicle의 속도, 가속도, 가속 강도, 조향 각도, 감속 강도에 대한 5가지 정보를 추출하고, 전방 카메라 센서로부터 RGB 이미지를 구득한다. 추출된 정보는 GPT-4 Vision의 입력 데이터로서 활용되며, GPT-4는 주어진 정보를 기반으로 현재 자율주행차의 상황을 교통안전 측면에서 해석하고 위험한 상황인지 판단한다. GPT-4의 답변에 따라 차량 제어 명령은 CARLA에 전달하며, 차량 제어 후 교통안전 측면에서의 평가지표를 계산한다. 미리 설정된 위험환경 시나리오는 인간이 상식적 수준에서 비교적 용이하게 판단이 가능한 반면, 단순 객체인식 만으로는 판단하기 어려운 상황이어야 하므로, 적절한 방해물이 있는 상황을 가정하였다. 본 연구에서 가정된 시나리오는 주정차 차량이 존재하여 시야가 제한된 상황에서 어린이가 보행자도로에서 차도를 향해 5m/s의 속도로 무단횡단을 시도하는 상황이며, 자율주행차는 약 30m 전방에서 이러한 잠재적 위험을 감지하고 적절한 조치를 통해 교통사고를 예방하여야 한다. 위험 상황으로 판단되면 즉시 3초간 50%의 강도로 감속 페달을 작동하는 것으로 가정하였다.

개발된 시스템을 적용한 결과, GPT-4 Vision은 주어진 정보로부터 자율주행차의 잠재적 위험 상황을 효과적으로 인식할 수 있는 것으로 나타났다. 판단 근거로는 주정차 차량으로 인해 가려진 영역과 갑작스러운 보행자의 돌발 행동 가능성을 고려하여 정지할 준비를 하여야 한다고 언급하였다. 기존 시스템과의 퍼포먼스 비교를 위해 상황 인식 시점으로부터 3초간 어린이 보행자와의 거리, TTC, 자율주행차량의 가속도를 0.1초 단위로 추출하여 비교한 결과, 제안된 시스템이 교통안전적 측면에서 우수한 것으로 나타났다. 기존 시스템 대비 보행자와의 최근접 거리 기준 약 5.6m의 여유 거리를 확보하였으며, 최종 TTC가 9배 가량 증가한 것으로 나타났다. 본 연구는 대규모 언어 모델 및 대리안전지표를 활용하여 자율주행 위험상황 인식 시스템의 확장 가능성을 시사하며, 추후 자율주행 시스템의 신뢰성을 증대하는 효과가 존재할 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었음.

고속 자율주행을 위한 샘플링 기반 Frenet Frame 최적 경로 생성

Sampling-based Frenet Frame Optimal Path Generation for High-Speed Autonomous Driving

방상우	박준범	배노혁	임지웅	원종훈
(인하대학교 자율항법연구실 학부연구생)	(인하대학교 자율항법연구실 학부연구생)	(인하대학교 자율항법연구실 학부연구생)	(인하대학교 자율항법연구실 박사과정)	(인하대학교 전기공학과 교수)

자율주행 알고리즘의 고도화에 따라 자율주행 차량은 더욱 복잡한 도로 환경 문제에 직면하게 됐다(Sun et al, 2021). 역시서 복잡한 도로 환경 문제란 교차로, 보행자 난입 및 추월 상황과 같은 인간의 감각적인 판단을 자율주행 알고리즘으로 해결하려는 시도를 의미한다. 그중 보행자 난입 및 추월 상황의 경우 장애물을 회피하는 방식의 경로를 생성함으로써 문제를 해결하려는 노력이 계속해서 이루어져 왔다. 이때, 주변의 환경, 차량의 역학을 고려하여 경로를 생성하는 방식인 Motion Planning에 대한 연구가 지속적으로 진행되었다. Motion Planning 차량의 운동학, 충돌 회피 및 기타 요구 사항에 따라 주어진 초기 상태에서 최종 상태로의 주행할 수 있는 경로를 찾는 과정이다. Motion Planning을 통한 경로는 저속 보다 고속 환경으로 갈수록 고려해야 할 상황들이 많아진다. 예를 들어, 장애물에 대한 회피 경로를 생성했지만, 경로의 큰 곡률, 차량의 미끄러짐 등의 변수에 의해 자기 차량이 온전히 추종하지 못할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 고속 상황에서의 경로 생성 과정에서 Frenet Frame을 활용한 경로 생성 방법을 제안한다.

본 논문은 Frenet Frame을 활용하여 기준 경로를 표현한다. 이때 기준 경로의 종/횡방향 벡터를 기준으로 자기 차량 및 장애물의 위치 또한 Frenet Frame 상에서 표현이 가능하다. 또한 자기 차량을 Frenet Frame 상에서 표현하면 인간이 실제 운전하며 경로를 예상하는 것과 같은 형상의 경로를 5차 다항식을 통해 표현이 가능하다는 장점이 있다. 이때, 자기 차량으로부터 종/횡방향에 대해 수많은 경로를 샘플링한다. 그후, 비용 함수를 통해 경로의 속도, 곡률, 장애물 회피를 고려한 최적의 경로를 도출할 수 있다.

본 논문은 고속 환경에서 추월 및 장애물 회피를 실증하기 위해 드라이빙 시뮬레이터를 활용하여 자율주행 실험 환경을 구축하였다. 드라이빙 시뮬레이터에는 GPS, IMU, LiDAR, Camera 등의 센서가 존재하여 시뮬레이터 내에 존재하는 객체에 대한 정보를 수집할 수 있으며, 이 정보를 기반으로 여러 회의 충돌 회피에 대한 실험을 진행하여 최종적으로는 기존의 알고리즘과 제안된 알고리즘과의 성공률 및 시각화된 경로를 통해 성능을 입증한다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 092021D75000000, AI 운전능력평가 표준화 및 평가 프로세스 개발).

HD Map을 활용한 자율주행 레이싱용 Frenet 경로 계획 기법 성능 분석

Performance Analysis of Frenet Path Planning using HD Map for Autonomous Driving Racing

배노혁	박준범	방상우	노영진	원종훈
(인하대학교 자율항법연구실 학부연구생)	(인하대학교 자율항법연구실 학부연구생)	(인하대학교 자율항법연구실 학부연구생)	(인하대학교 자율항법연구실 석사과정)	(인하대학교 전기공학과 교수)

4차 산업혁명과 과학기술이 발전됨에 따라 인류의 삶을 바꿀 첨단기술들이 등장하였다. 그중 하나인 자율주행 자동차(Autonomous Vehicle)기술은 센서(IoT), 통신(Mobile 및 Network) 빅데이터, 인공지능 기술 등이 융합된 기술로 주변 환경을 인식한 후 이를 반영해 자동차를 자율적으로 주행하는 기술이다. 여기에 해당하는 자율주행(Autonomous Driving) 기술에서의 경로 계획은 다양한 센서를 통해 실시간으로 차선, 표지판, 신호 등을 감지해 도로교통법을 준수하며 상황에 맞는 경로를 계획하는 것을 의미한다(김상태, 2016). 자율주행 자동차가 일반 도로를 주행하는 경우 자동차 전용 도로에서 차선을 유지하며 제한 속도, 교통 신호 등의 도로교통법을 준수하며 주행하는 경로를 계획해야 한다. 그러나 레이싱의 경우 일반 도로에서의 신호 및 속도 규제에서 벗어나, 트랙이라는 특수한 환경에서 상대 자동차와 주행 시간을 겨루는 경기로써 주행 가능 영역 내에서 주행 시간을 단축하도록 하는 경로를 계획해야 한다. 따라서 레이싱에 적합한 경로 계획이란, 주행 가능 영역에서 주행 속력을 최대화하거나 주행 거리를 최소화하여 주행 시간을 단축하는 경로를 계획하는 것을 의미한다. 이때 주행 속력은 경로의 곡률에 반비례하므로 곡률이 최소가 되는 경로를 계획한다면 주행 속력을 최대화하는 경로를 계획할 수 있다(Heilmeier et al, 2019).

본 논문은 레이싱 트랙에 대한 정보를 취득하기 위해 High-Definition Map(HD Map)을 활용해 Cartesian Frame 상의 주행 가능 영역과 기준 경로의 정보를 취득한다. 취득한 기준 경로를 기준 축으로 하는 Frenet Frame 상의 기준 경로에 대한 Tangent Vector와 Normal Vector를 이용해 주행 가능 영역을 생성한다. 이때 Frenet Frame으로 표현된 기준 경로의 Normal Vector의 방향에 대한 주행 가능 영역까지의 길이를 Quadratic Programming(QP)의 제약조건으로 활용함으로써 주행 가능 영역 내에서 경로가 계획되도록 한다. 그리고 주행 거리 최소화 혹은 곡률 최소화를 목적으로 하는 QP의 목적함수를 구성해 제약조건과 목적에 부합한 최단 경로 혹은 최소 곡률 경로를 계획한다. 각 기법에 대해 계획된 경로의 곡률과 최대 속력, 속력의 변화율, 예상 주행 시간을 그래프와 수치를 통해 성능을 분석한다.

References

1. Heilmeier, A., Wischnewski, A., Hermansdorfer, L., Betz, J., Lienkamp, M., Lohmann, B. (2019). “Minimum curvature trajectory planning and control for an autonomous race car”, Vehicle System Dynamics, 58. pp. 1-31

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 092021D75000000, AI 운전능력평가 표준화 및 평가 프로세스 개발).

자율주행(II)

Session

B-7

Model Predictive Control 기반 1:15 scale RC car의 경로 추종 성능 향상

이은재, 배현철, 이세인, 안희진

Waymo Open Dataset 기반 자율차의 주행행태분석

이호윤, 지정훈, 오철

혼합교통류 환경에서 자율차 주행 행태에 영향을 미치는 위험요인 도출

지정훈, 이호윤, 오철

의무 차선 변경 상황에서의 인간-상호작용을 고려한 자율 주행 경로 계획

최재희, 장기태

LV4/4+ 자율주행 자동차 개발을 위한 시나리오 기반 컨텐츠 메시지 세트 개발 연구

전소영, 오주현, 김영윤

LV4/4+ 자율주행 자동차 개발을 위한 HMI의 가시성 및 요소 인지에 관한 연구

정소정, 이연주, 이혁수

Model Predictive Control 기반 1:15 scale RC car의 경로 추종 성능 향상

A Comparative Study of Path Tracking Controllers of a 1:15 Scale Car

이은재	배현철	이세인	안희진
(한국과학기술원 전기및전자공학부)	(한국과학기술원 전기및전자공학부)	(한국과학기술원 전기및전자공학부)	(한국과학기술원 전기및전자공학부 교수)

율주행 산업이 발전함에 따라 자율주행 자동차의 비율은 점점 높아진다. 이러한 상황속에서 안전한 주행을 보장하기 위해서는 사람이 운전하는 자동차 HV과 자율주행 자동차 AV간의 상호작용 그리고 AV들 사이의 상호작용이 중요한 요소이다. 즉, 다수의 자동차간의 움직임을 제어하는 것이 핵심적인 기술인 것에 반하여 현재 많은 주행 차량의 제어 기술을 현실에서 검증하는 것은 어려움이 있다. 특히 도심의 교차로와 같이 주행 경로가 차량마다 다른 경우 사고의 확률도 높아지게 되는데 이 때 발생하는 금전적인 부담이나 인명 사고와 같은 안전적인 부담은 현실에서의 검증을 더욱 어렵게 만든다.

본 프로젝트에서는 앞서 말한 문제점을 해결하기 위한 현실을 1:15 비율로 축소한 현실의 실험 공간에서 같은 비율로 축소된 RC 자동차를 decision-making을 통한 global path가 주어진 상황에서 정확한 경로 추종을 위한 제어 기술을 비교하고 분석한다. 비교한 기술은 pure pursuit과 PID 기술을 함께 활용한 제어 기법 그리고 모델예측제어(MPC)를 활용한 제어 기법을 사용하였고 외곽도로를 따라 이동할 수 있는 waypoints를 생성하여 cross track error와 heading error의 값을 비교했다. 또한, 각 구간 별 차선 변경 횟수 0회, 2회, 4회로 설정한 easy, medium 그리고 hard의 경로를 사용하여 비교했다. 이러한 비교는 시뮬레이션이 아닌 현실 환경의 적용이라는 점에서 센서 노이즈, 통신 노이즈가 반영된다는 의미가 있다.

보고서는 다음과 같이 구성되어 있다. 2장은 전체적인 시스템 구조도와 1:15 비율로 축소한 실험 공간과 RC 자동차를 활용하여 제작한 자율주행 자동차에 대해 설명한다. 3장에서는 pure pursuit과 PID를 활용한 제어 기술과 MPC를 활용한 제어 기술에 관한 내용을 포함하고, 4장에서 실험을 위한 설정과 실험 결과를 분석한다. 마지막 5장에서는 실험 결과를 바탕으로 제어기에 따른 경로 추종 성능에 대한 고찰을 포함하고 있다.

사사: 본 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('20026184'), 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2023-RS-2023-00259991)

Waymo Open Dataset 기반 자율차의 주행행태분석

Analysis on Driving Behavior of an Autonomous Vehicle Using Waymo Open Dataset

이호윤
(한양대학교 교통물류공학 석사과정)

지정훈
(한양대학교 교통물류공학 석사과정)

오철
(한양대학교 교통물류공학 교수)

캘리포니아 내 4단계 자율차의 실도로 주행 시범운영이 활성화되면서 Waymo와 nuScense 등 자율차의 주행데이터를 활용한 다양한 연구가 수행되고 있다. 자율주행 4단계는 국제자동차공학회의 자율주행 단계 분류 기준에 의거, Operational Design Domain (ODD, 자율주행시스템을 운영하기 위한 특정 조건) 내 운전자의 개입 없이 대부분 조건에서 자율주행시스템이 작동하는 단계를 의미한다. Waymo는 2019년부터 4단계 자율차의 실도로 주행데이터를 수집 및 제공하고 있다. 본 연구의 목적은 Waymo의 자율차 주행데이터를 활용하여 도로 설계요소에 따른 자율차의 주행행태를 비교·분석하는 것이다. 본 연구에서는 자율차의 주행행태를 종·횡방향 주행 안전성 평가지표를 통해 수치화하여 분석하였다. 종방향 주행행태 분석을 위한 속도 및 가속도, jerk 값과 횡방향 주행행태를 정량화하기 위한 yaw 값을 주행 안전성 평가지표의 변수로 설정하였다. 구간별 자율차의 주행 안전성을 비교·분석하기 위해 각 변수에 대한 표준편차와 Safety Reliability Index (SRI), time-varying-volatility, peak to peak jerk를 평가지표로 선정하여 자율차의 주행 안전성을 수치화하였다. 산출된 주행 안전성 평가지표를 기반으로 도로 설계요소에 대한 자율차의 종방향 및 횡방향 주행행태의 변화를 분석하였다. 도로 설계요소는 Waymo의 주행 영상자료와 Lidar 기반 탑뷰 영상을 활용하여 단일로와 교차로로 분류하였다. 도로의 선형과 교통 제어신호의 유무 등을 기반으로 하여 단일로 및 교차로를 다시 6가지 도로 유형으로 세분화하였다. 향후 자율차의 주행데이터를 활용한 연구에서 데이터 가공 및 분석의 참고자료로 본 연구의 방법론이 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구 결과는 기존 ODD 개선 및 신규 ODD 설정의 기초자료로 활용되어 4단계 자율차의 도입 시기를 단축할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(RS-2022-00143579)

혼합교통류 환경에서 자율차 주행 행태에 영향을 미치는 위험요인 도출

Identification of risk factors affecting autonomous driving behavior in mixed traffic conditions

지정훈
(한양대학교 교통물류공학 석사과정)

이호윤
(한양대학교 교통물류공학 석사과정)

오철
(한양대학교 교통물류공학 교수)

자율차와 비자율차가 혼재된 혼합교통류 환경에서 자율차는 복잡한 도로·교통 환경을 고려한 주행 전략이 필요하다. 이러한 도로·교통 환경은 도로기하구조, 기상조건 및 주변 동적·정적 객체를 포함한 다양한 요인들이 존재한다. Waymo open dataset과 같이 실제 자율차의 주행 궤적을 수집한 자료들이 생겨남에 따라 자율차 주행 행태에 영향을 미치는 다양한 요인에 대한 분석이 가능해지고 있다. 본 연구의 목적은 자율차의 주행 전략에 영향을 미치는 다양한 요인들 가운데 가장 위험하게 작용하는 요인을 확인하는 것이다. 연구 수행 절차는 3개의 파트로 구성하였다. 파트 1은 데이터 수집 및 가공 단계이다. 실제 자율차 데이터인 waymo open dataset을 수집하였으며, 해당 데이터셋은 주행 궤적 데이터, 영상 자료를 포함한다. 이후 주행 궤적 데이터는 이상치 검지 및 제거, 주행 정보 추가생성 등의 과정을 통해 가공하였다. 영상 자료는 데이터셋의 segment별 도로기하구조를 확인하는데 활용하였다. 파트 2는 평가지표 선정 및 산출 단계이다. 가공된 주행 궤적 데이터를 기반으로 종방향과 횡방향 관점의 평가지표를 산출하였다. 이후 segment별 AV(Autonomous vehicle)과 MV(Manual Vehicle)을 기준으로 평가지표를 집계하였다. 다수의 산출된 평가지표 가운데 통계적으로 유의미한 평가지표를 선정하기 위해 집단 간 통계 비교를 수행하였다. 통계 비교를 수행하기 앞서 K-S(Kolmogorov-Smirnov) 검정을 수행하여 정규성을 확인하였다. 정규성이 만족하는 경우 모수적 검정인 T-test를 수행하고, 정규성을 만족하지 않는 경우 비모수적 검정인 Mann whitney U-test를 수행하였다. 집단 간 통계 비교를 통해 통계적으로 유의미한 평가지표를 선정하여 분석에 활용하였다. 파트 3은 주행 위험인자 도출 단계이다. 앞서 구분한 도로기하구조를 바탕으로 AV와 MV의 평가지표 값을 비교하여 가장 차이가 크게 나타난 도로기하구조를 위험 도로기하구조로 정의하였다. 이후 주행 궤적 데이터와 영상 자료를 통해 보행자 유무, 버스정류장 유무, 주정차 유무, 시간, 날씨, 횡단보도 유무 등 자율차의 주행 행태에 영향을 줄 수 있는 주행 영향인자를 도출하였다. 최종적으로 머신러닝 기법 중 하나인 랜덤포레스트를 활용하여 분류 기법을 수행하였다. 분류 모델의 설명변수는 주행 영향인자이며, 목표변수는 위험 도로기하구조이다. 머신러닝 분석 결과를 통해 자율차의 주행에 가장 부정적인 영향을 주는 자율차 주행 위험인자를 도출하였다. 본 연구의 방법론은 혼합교통류 환경에서 자율차 주행에 미치는 영향을 분석하는 연구의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(RS-2022-00143579)

의무 차선 변경 상황에서의 인간-상호작용을 고려한 자율 주행 경로 계획

Interaction-aware path planning for autonomous vehicle in mandatory lane-changing scenario

최재희[1)]
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 석사과정)

장기태*
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 교수)

자율주행차량(Autonomous Vehicle, AV) 기술에 대한 연구는 교통 체증 완화와 운전자 피로도 감소를 목표로 활발히 이루어지고 있다. 현도로 상황은 인간 운전자와 자율주행차량이 혼재되어 있는 과도기에 있으며, 인간과 다른 주행 행태를 가지고 있는 자율주행으로 인해 문제가 발생하고 있다. 인간의 주행 방식을 모사하여 위험 상황을 줄이기 위해 자율 주행 경로 계획에 인간-상호작용을 고려하는 것이 필요하다. 특히, 의무 차선 변경(Mandatory Lane-Changing, MLC) 상황에서 인간 운전자는 목표 지점에 가기 위해 빈번하게 상호작용을 일으키며 차선 변경을 시도하기 때문에 이러한 상황에 적합한 자율주행 경로 계획이 필요하다.

상호 작용을 고려한 자율 주행 경로 계획에 대한 기존 연구는 의무 차선 변경 상황과 자유 차선 변경(Discretionary Lane-Changing, DLC) 상황을 구분하지 않고 모델링을 했다는 점에 한계점을 가지고 있다. 또한, 검증 과정에서 주변 차량을 IDM으로 모델링하거나 NGSIM 데이터를 이용하였기 때문에 개발한 모델에 대한 실제 사람 운전자의 반응을 평가하기 어렵다. 이를 극복하기 위해 의무 차선 변경 상황을 추출하여 분석하고 운전 시뮬레이터를 통해 모델링한 자율주행 경로 계획을 검증한다.

본 연구는 의무 차선 변경 상황에서 인간 운전자와 상호작용하며 안전하게 차선 변경할 수 있는 자율 주행 경로 계획 모델링을 최종 목표로 한다. 본 논문에서는 해당 연구의 중간 과정으로 교통상의 상호작용에 대한 정의를 참고하여 이에 대한 기준을 확률로 기반하여 제시한다. 미국 교통부에서 구축한 NGSIM(Next Generation Simulation) 의 US-101 도로 데이터에서 의무 차선 변경 상황을 추출하고 상호작용하는 경우와 그렇지 않은 경우를 구분한다. 그 결과, 347개의 의무 차선 변경 사례 중 36개의 사례에서 상호 작용이 일어난 것을 확인하였다. 311개의 상호 작용이 일어나지 않은 경우와 비교해 보았을 때 상호 작용을 일으킨 경우, 차선 변경 시간이 더 오래 걸렸고 차선 변경 차량과의 차간 거리가 좁게 나타났으며, 더 느린 횡방향 속도를 보였다.

위의 결과로 CARLA 기반 주행 시뮬레이터를 이용해 의무 차선 변경하는 시나리오를 만들어 운전자의 행동에 대한 데이터를 만들고, 제시한 상호 작용 기준식을 토대로 차선 변경 성공/실패에 대한 기준치를 만든다. 최종적으로 자율 주행 경로 계획을 모델링하고 주행 시뮬레이터로 해당 모델을 검증한다.

사사: 본 연구는 국토교통부 국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 육성사업의 연구비 지원(과제번호 RS-2022-00156089)에 의해 수행됨

LV4/4+ 자율주행 자동차 개발을 위한 시나리오 기반 컨텐츠 메시지 세트 개발 연구

Study on the Development of scenario-based content message sets for LV4/4+ autonomous vehicle development

전소영
(한국교통대학교 석사과정)

오주현
(한국교통대학교 석사과정)

김영윤
(한국교통대학교 교수)

LV4/4+ 이상의 CAV(Connected and Automated Vehicle)의 보편화를 이루기 위하여 고려해야 할 부분에는 도로 상황 및 차량 간 소통 알고리즘뿐만 아닌 차량과 사람과의 소통도 중요하다. CAV의 보편화를 위해서 IG(Infra Guidance)구간에서 CAV의 제어 상황을 사람이 이해하기 쉽게 컨텐츠화하여 탑승자 및 일반 차량 운전자의 주행 안정성과 신뢰성을 높일 수 있도록 하는 사용자 중심 HMI 연구가 필요하다.

본 연구의 목표는 HMI에 표출할 '컨텐츠 메시지 세트'를 도출하고 메시지를 적용할 상황 및 조건에 대한 구조를 도식화하여 HMI 플랫폼의 변화와 상황의 변화에 대응할 수 있도록 범용적 메시지 가이드라인을 도출하는 것이다. 연구 범위는 시나리오 기반 디자인 방법론을 바탕으로 컨텐츠 메시지 세트 및 적용 구조도를 도출하고 그 과정과 결과물에 대한 검증까지이다.

1차 연구로 핵심 주행 케이스에서 분석한 주행 맥락을 기반으로 상황 시나리오를 작성하여 사람과 차량이 소통해야 할 내용의 메시지 절차를 정리했으며 사용자 인식 체계와 연결지어 분류했다. 인식 체계 정리표를 기반으로 세부 이벤트 상황에 대한 메시지 표출 절차 심화 분석 후 메시지 인식 요소 시각화 작업을 진행했다. 각 상황 별 시나리오의 차량별 컨텐츠 메시지 세트를 사용자 저니맵(User Journey map) 형식을 차용하여 주행 상황에 맞춰 나타나야 할 컨텐츠 메시지를 종합하였으며, 이를 주행 시 반드시 나와야 할 공통 메시지와 주행 중 안전상 필요에 의해 나타나는 특화 메시지로 그룹화했다. 최종적으로 차량과 시나리오에 대응하는 컨텐츠 메시지 적용 여부를 표시하는 분석표를 도출하였다.

- **상황 별 메시지 세트 적용 구조도**

* S1~S10 : 이벤트를 뜻함

유스케이스 구분		상세 명칭		운행 차량	Message Set									
					상황 별 이벤트									
					S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
1	회전교차로 진입	1-1	CAV 단독 회전차로 진입	CAV 차량	M1	M2	X	M4	M5	X	X	M8	M9	M10
		1-2	CAV 회전차로 우선 진입	CAV 차량	M1	M2	X	M4'	M5	X	X	M8	M9	M10
				CHV 차량	M1	M2	X	M4	M5	M6	X	M8	M9	M10
		1-3	회전차량 사이로 CAV 진입	CAV 차량	M1	M2	M3	M4	M5	M6	X	M8	M9	M10
				CHV 차량 1	M1	M2	X	M4	M5	X	M7	M8	M9	M10
				CHV 차량 2	M1	M2	X	M4	M5	M6	X	M8	M9	M10
		1-4	선행 CAV 즉시 진입 후 후행 CAV 감속 진입	CAV 차량 3	M1	M2	X	M4	M5	X	X	M8	M9	M10
				CHV 차량 1	M1	M2	X	M4'	M5	X	X	M8	M9	M10
				CAV 차량 2	M1	M2	M3	M4	M5	M6	X	M8	M9	M10
				CAV 차량 1	M1	M2	X	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10

- **상황 별 메시지 세트 세부 제목**

	내용	공통/특화
M1	IG 구간 진입 메시지 세트	공통
M2	IG 구간 진입 속도 감속 상황 메시지 세트	공통
M3	이벤트 상황 속도 감속 및 일시정지 메시지 세트	특화
M4	IG 구간 진입 안전 확인 메시지 세트	공통
M5	회전교차로 진입 메시지 세트	공통

	내용	공통/특화
M6	이벤트 상황 차량 거리 유지 메시지 세트	특화
M7	이벤트 상황 진입 차량 주의 메시지 세트	특화
M8	회전교차로 주행 메시지 세트	공통
M9	회전교차로 주행 완료 메시지 세트	공통
M10	IG 구간 종료 메시지 세트	공통

상황 별 메시지 세트 적용 여부 분석표를 도출하기 위한 템플릿의 적합성을 평가하기 위하여 총 5명의 디자인 분야 전문가에게 전문가 휴리스틱 테스트를 요청했으며, 해당 결과에서 기준 점수 8.50 이상(사용자를 위한 메시지 결과물 적합도 조사 : 평균 8.53, 도출된 메시지 기능정의 및 체계 신뢰도 조사 : 평균 9.34)을 달성하여 연구 과정의 적합성을 검증했다.

결과물로 도출된 컨텐츠 메시지 및 적용 여부 분석표는 네비게이션뿐만 아닌 스마트폰 등 다양한 플랫폼에 적용이 가능하며, 추후 6대 서비스 HMI 디자인 가이드라인에 적용할 수 있는 지표 역할을 할 수 있을 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 국토교통부 / 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다. (과제번호 RS-2022-00142565)

LV4/4+ 자율주행 자동차 개발을 위한 HMI의 가시성 및 요소 인지에 관한 연구

Study on the Visibility and Recognition factor for HMI Elements in LV4/4+ Autonomous Vehicles

정소정 (한국교통대학교 석사과정)

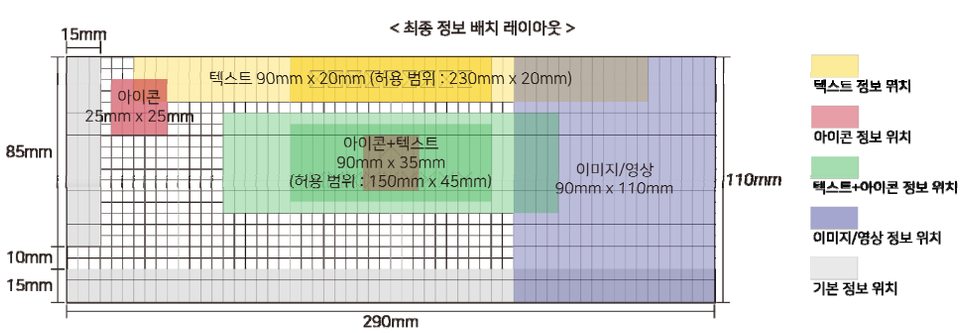
이연주 (한국교통대학교 석사과정)

이혁수 (한국교통대학교 교수)

자동차 시장의 HMI 디스플레이는 차량 주행 정보 외에도 미디어, 영상 등의 다양한 컨텐츠를 포함하여 사용자에게 전달한다. 정보가 다양해짐에 따라 디스플레이의 비율과 레이아웃에 변화가 생겼고, 기존 정보 표시 유형에 대한 고민이 요구되었다. 기술의 발전으로 시중에 판매되는 차량은 대부분 운전자가 있다는 전제하에 운전을 보조하는 다양한 기능이 탑재(자율주행 LV2)되었으며, 이에 따라 현행 차량의 디스플레이 또한 운전자 중심의 설계와 레이아웃을 제공하고 있다. SAE(Society of Automotive Engineers)가 정의한 자율주행 단계 기준에 따르면 차세대 차량인 자율주행 LV4는 운전자 없이도 운행할 수 있다는 상황을 가정하고 있으며, 이에 따라 기존의 운전자 중심 디스플레이와는 상이한 레이아웃과 정보를 포함할 것으로 예상된다. 또한 차세대 차량의 탑승자에게 주행 관련 정보를 제공하여 자율주행 기술에 대한 신뢰도와 심리적 안정감을 제공해야 할 필요성이 예상된다. 이처럼 현재의 차량과 상이한 제도적·기술적 특성을 보유한 차세대 LV4/4+ 차량에 최적화된 디스플레이 레이아웃 가이드라인을 제안하는데 그 연구의 목적이 있다.

연구 목표 단계에서는 차세대 자율주행 자동차를 사용하는 탑승자들이 확인하고자 하는 정보인 '주행 상태'나 일반적인 정보에 집중하여 다양한 기능들을 표출할 때의 인지 반응을 실험을 통해 분석하고, 이를 통해 최적의 디스플레이 레이아웃을 구성하는 것을 목표로 한다. 선행 연구 단계에서는 국내 자동차 인포테인먼트 시스템 내 텍스트, 아이콘 및 이미지 등을 사용자에게 최적화 모델로 제공하기 위해 요소 분석의 기반 자료로 선행 연구 논문의 인지율 관련 실험 데이터를 참고하였다. 실증 연구 단계에서는 출시된 차량들의 HMI의 정보 레이아웃을 분석하고, 각 차량의 정보 표출 방식 자료들을 수집하였다. 이를 통해 자율주행 자동차 HMI에 적합한 정보 유형 및 표출 방식들을 정의하고, 최적의 레이아웃 도출을 위한 실험 표본을 제작하였다. 실험을 통해 레이아웃 내에 포함될 텍스트, 아이콘, 이미지의 크기, 위치, 표시 방법들을 조합한 질문에 대한 답변을 분류하였다. 피실험자들의 답변으로 자율주행 자동차의 HMI 설계에 필요한 기반을 마련하고자 하였다. 마지막 가이드라인 도출 단계에서는 실험 결과를 바탕으로 LV4/4+ 자율주행 자동차 내 디스플레이에 탑재할 레이아웃 가이드라인을 제공한다.

주요 연구 결과로는 i)자율주행 자동차 HMI의 경우 일반 차량 대비 시선 의존도 차이, ii)자율주행, 비자율주행 차량 기능 변화에 따른 레이아웃 구성, iii)차량 HMI에서 제공하는 정보량의 차이를 통해 미래 자율주행 자동차 내부 디스플레이에도 적용시켜 운전자에게 필요한 정보들을 효과적으로 전달할 수 있는 기준을 제시함으로써, 자율주행 시스템이 원활하게 작동하고 운전자의 안전을 보장하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대한다.



사사: 본 연구는 국토교통부 / 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다. (과제번호 RS-2022-00142565)

자율주행(Ⅲ)

Session

B-8

자율주행 연구의 시뮬레이션 시나리오 실험 설계에 관한 문헌 연구

김호연, 노치우, 오수민, 이상수

자율주행차 안전성 평가 시나리오 개발: 소로 구간을 중심으로

강지훈, 고우리, 윤일수

자율주행 모빌리티를 위한 도로 인프라 안전성 평가

구예서, 조영, 오철

단속류 자율-비자율차 혼재상황 안전성 평가를 위한 통합 평가지표 개발

김민경, 김호선, 오철

테스트베드 내 자율주행자동차 안전성 검증 절차 개발 연구

김인영, 윤일수, 정한솔

차량 궤적 데이터 기반 고속도로 정체 단계별 속도 저감 원인 분석

오승민, 천경훈, 장기태

자율주행 연구의 시뮬레이션 시나리오 실험 설계에 관한 문헌 연구

Survey on Scenario Designs and Metrics of Automated Vehicles Studies

김호연 (아주대학교, 박사과정)
노치우 (아주대학교, 통합과정)
오수민 (아주대학교, 석사과정)
이상수 (아주대학교, 교수)

본 연구는 시뮬레이션 기반의 자율 주행 연구의 활용성을 높이기 위해 기존 연구의 문헌 고찰을 통해 시나리오 실험 설계의 발전 방향을 제시하였다. 문헌 검토 결과, 시나리오 실험 연구의 주제는 크게 Human Behavior Analysis, Traffic Flow Analysis, Automated Vehicle Driving Development and Assessment 주제로 대분류될 수 있으며, 이를 비롯한 구체적인 설계 내용은 도로(시나리오의 공간적 범위), 주행 상황 구성, 시나리오 등장 객체, 기타 환경의 내용으로 설명할 수 있다.

분류된 카테고리별로 도출된 특성을 정리한 결과, 기존 연구의 단편적인 시나리오 설계로 인해 연구 결과를 통해 현실 적용성을 판단하기 어려우며, 그에 따라 시뮬레이션 기반 자율주행 연구의 활용 가능성 및 영향력이 낮아 발전시킬 필요가 있을 것으로 판단하였다. 이에 실제 도로 주행 시의 다양한 주행 상황을 현실적으로 구현하기 위한 미래 연구 방향을 카테고리별로 제시하였다. 또한 각 연구 주제의 소분류에 따라 주로 활용되는 평가지표를 제시하여 향후의 자율주행 연구와 실제 현장 평가를 지원하고자 하였다.

본 연구의 결과를 바탕으로 향후 자율 주행 상용화를 위한 사회적 검증 과정이 적합하게 이뤄질 수 있을 것으로 기대한다.

자율주행차 안전성 평가 시나리오 개발: 소로 구간을 중심으로

Development of Automated Vehicle Safety Evaluation Scenarios: Focused on Small Roads

강지훈
(아주대학교, 석사과정)

고우리
(아주대학교, 석박사통합과정)

윤일수
(아주대학교, 교수)

자율주행(automated driving) 기술이 완전 자율주행으로 향하면서, 정부에서는 자율주행기술 개발 혁신산업을 진행하고 있다. 이를 통해 자율주행에 대한 국민적 관심과 수요가 늘고 있지만, 사고 발생과 안전성에 대한 우려도 여전히 제기되고 있다. 또한, 사고 발생 시 책임 주체에 대한 모호한 기준, 늘어나는 자율주행 사고 등 여전히 자율주행 상용화 과정에서 해결해야 할 문제가 많다. 본 연구는 도심도로 중 소로에 관한 자율주행 시나리오 형성하고자 하였다. 소로는 도심 도로에서 가장 큰 비율을 차지하고 있으며 복잡한 기하구조와 다양한 객체가 존재하기에 소로에 관한 연구를 진행했으며 실제 교통사고 데이터를 바탕으로 전처리 과정을 거친 뒤 소로 구간 시나리오 개발을 진행하였다.

단어의 상대적 중요성을 파악할 수 있는 TF-IDF 기법을 활용하여 데이터 전처리 과정을 진행하면서 중요도가 높은 객체 거동 관련 단어 13개를 추출했다. 또한, 실제 데이터를 구간 유형에 따라 가로구간, 비신호교차로, 신호교차로, 회전교차로으로 나뉘었으며, 사고 유형에 따라 차대차, 차대오토바이, 오토바이대차로 구분하였다. 이후, 거동 정보의 키워드에 따라 분류를 진행하고 이를 기반으로 시나리오 형성을 진행하였다. 가로구간 32건, 비신호교차로 38건, 신호교차로 38건, 회전 교차로 9건 총 117건을 도출하였고 사고 과정을 바탕으로 시나리오 분류를 진행하였다.

본 연구는 실제 데이터를 전처리 과정을 거쳐 소로 구간의 자율주행 사고 시나리오 117건을 제시하였다. 이를 통해, 비교적 연구가 적은 소로 구간 시나리오 구성 의미를 가지며 추후 자율주행 상용화 과정에서 활용될 것으로 기대한다. 하지만 차량과 이륜자동차로만 연구가 진행되어 보행자, 자전거, 동물에 대한 분석이 필요하다. 또한, 일반 자동차 사고데이터를 바탕으로 진행했으며 추후 실제 자율주행 사고 데이터를 통해 신뢰성 있는 시나리오 구축 필요가 있다.

사사: 본 논문은 국토교통부 자율주행 기술개발 혁신사업 '주행 및 충돌상황 대응 안전성 평가기술 개발(RS-2021-KA160637)' 과제 지원에 의해 수행되었습니다.

자율주행 모빌리티를 위한 도로 인프라 안전성 평가

Evaluation of Road Infrastructure Safety for Autonomous Mobility

구예서	조영	오철
(한양대학교 교통·물류공학과, 박사과정)	(한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 수석연구원)	(한양대학교 교통·물류공학과, 교수)

Victoria Transport Policy Institute의 2023년 보고서에 따르면, 2060년까지 AV 비율이 50%를 넘지 못할 것으로 전망하였다. 따라서 모든 차량이 자율주행에 도달할 때까지 혼합교통류 환경이 상당기간 지속될 것이다(Lee et al., 2017). Jo, 2023은 V2X 통신 지원 여부 및 차량제어 주체에 따라 AV와 MV, 협력차(human driven vehicle, HDV)와 자율협력차(connected human driven vehicle, CHV)로 차종을 구분하였다. 교통 시스템에 새로운 차종이 혼입됨에 따라 혼합교통류 환경에 대한 교통 안전성 연구가 요구된다.

「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률」제 6조에서는 자율주행자동차의 운행 지원을 고려하여 「도로법」 제48조제1항에 따른 자동차전용도로 중 안전하게 자율주행 할 수 있는 구간을 자율주행 안전구간으로 명시하고 있다. 다양한 도로 기하구조를 대상으로 자율주행의 안전성을 파악하고 더 나아가 혼합교통류 환경에서의 도로 인프라 안전성을 평가하는 것이 필요하다. 기존 도로 인프라 시설과 안전성 평가 방법은 human driver 중심으로 설계되어, 안전한 혼입교통류 환경을 위한 법률 제정을 위한 기준과 절차가 요구된다. 본 연구는 혼합교통류 환경에서 도로 인프라 안전성을 평가하는 새로운 방법론을 개발하였다. 도로 인프라의 주행안전성을 상대 평가하기 위한 기준으로써 평지 및 직선구간을 선정하였다. 평지 및 직선구간 대비 다른 도로 설계 요소의 평가지표별 상대적 변화량을 정규화하여 안전성 취약 점수인 safety penalty로 정의하였다. 최종적으로 도로 안전성을 잘 반영할 수 있는 평가지표들을 통합하여 integrated risk score (IRS)를 개발하였다.

개발된 방법론을 적용하기 위해 다수의 주행 시뮬레이션이 실시간으로 연동된 멀티 에이전트 주행 시뮬레이션(multi-agent driving simulation, MADS) 실험을 수행하여 AV와 MV를 추종하는 MV의 주행 데이터를 활용하였다. 고속도로의 기하구조와 가·감속차로 등 일부 도로 시설물을 포함하여 43개 도로 설계 요소를 도로 인프라 안전성 평가 대상으로 자율차 시장 점유율에 따른 도로 인프라 안전성을 평가하였다. 안전성이 낮게 도출된 도로 구간에 추가적인 첨단 인프라 시설 설치 등 대안을 마련하여 선제적으로 사고를 예방할 수 있다. MPR에 따라 안전성이 낮은 도로 설계 요소가 달라지므로 AV 보급률 등을 토대로 우선적인 시설 개선이 필요한 구간을 식별하고 도로 인프라 예산 계획을 수립하는 근거로 활용 가능하다. 본 연구는 통합 평가지표 IRS를 기반으로 효율적인 우선 순위 도출 및 의사결정 지원이 가능하여 실용성이 높을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(No.RS-2021-KA160881, 자율협력주행을 위한 미래도로 설계 및 실증 기술 개발)

단속류 자율-비자율차 혼재상황 안전성 평가를 위한 통합 평가지표 개발

An integrated driving safety evaluation index by the proportion of autonomous vehicles in mixed traffic flow

김민경
(한양대학교 스마트시티공학과, 석박사통합과정)

김호선
(한양대학교 스마트시티공학과, 박사과정)

오철
(한양대학교 교통물류공학과, 교수)

자율주행환경은 도로에 모든 차량이 자율주행차로 구성되기 전까지 자율주행차와 비자율주행차가 혼재되어 주행하는 환경이며, 자율주행시스템 기술의 발전에 따라 자율주행차의 혼입률 (Market Penetration Rate, MPR)은 점차 증가하고 있다. 자율주행차와 비자율주행차의 혼재상황은 서로 다른 주행행태로 인해 안전성이 저하될 수 있으며 MPR에 따라 교통안전성이 달라질 수 있다. 혼재상황에 대한 선제적인 안전성 분석이 필요하며 실도로 주행데이터의 부족으로 가상환경 기반의 연구가 주를 이루고 있으나 가상환경 기반으로 수행된 많은 연구들이 적절한 평가지표를 활용하는 지에 대한 근거와 검증이 부족한 실정이다. 가상환경 기반의 혼재상황 연구는 실도로 환경을 유사하게 구현하는 것이 중요하며 자율주행차 거동 구현이 필수적이다. 따라서 본 연구의 목적은 real-world 자율주행차 데이터 (Autonomous Vehicle data, AVD)를 활용하여 시뮬레이션 환경에서 자율주행차의 주행행태를 구현하고 시뮬레이션의 도로위험구간을 정의하는 상호작용 평가지표 중 실도로 위험구간 식별에 효과적인 주요평가지표를 도출하여 통합평가지표를 개발하는 것이다.

본 연구에서는 실제 도로를 주행하는 자율주행차로부터 수집된 AVD를 활용하여 주행안전성 분석 및 주행행태 분석을 수행하였다. 주행안전성 분석의 경우 감속도 기반 위험 발생 비율을 의미하는 autonomous driving risk index (ADRI)를 산출하고 ADRI 기반 위험구간을 도출하였다. 주행행태 분석결과의 경우 시뮬레이션 환경에서의 자율주행차 거동 구현에 활용하였다. 또한, 시뮬레이션 환경을 실제와 유사하게 구축하기 위해 실도로 환경과 동일하게 교통량, 신호현시, 도로 기하구조, 버스정류장 등을 구현하였다. 시뮬레이션 시나리오의 경우 MPR 20부터 80까지 20의 단위를 증가시킨 4개의 시나리오에 대해 분석을 수행하였다. 시뮬레이션을 통해 수집한 MPR별 데이터를 활용하여 평가지표별 결과를 도출하였으며, 앞서 도출한 ADRI 결과와 유사한 결과를 나타내는 평가지표를 도출하기 위해 ADRI 기반 실도로 위험구간을 출력변수, 시뮬레이션 기반 평가지표별 위험구간을 입력변수로 설정하여 DT 분석을 수행하였다. DT 분석 결과로 산출되는 Information gain을 통해 선정된 주요 평가지표별 가중치를 적용함으로써 통합평가지표를 개발하였다.

분석결과 MPR 20 시나리오의 가장 위험한 구간은 편도 4차로 도로의 신호교차로이며 우회전을 수행하기 전 구간이다. 해당 구간에서는 우회전 수행을 위한 감속하는 경우 안전거리를 확보하지 못한 후행차량이 추돌할 수 있으며 교통섬으로 이동하는 보행자 또는 자전거로 인해 차량이 정지하는 경우 후행차량과 상호작용이 발생하여 상충 가능성이 증가할 수 있다. MPR 40의 가장 위험한 구간은 1개의 차로로 차로수가 감소하며 우회전을 수행하여 주도로와 합류하는 구간이다. 우회전 차량이 주도로에 합류하며 주도로의 직진차량과 차량간 상호작용이 발생하여 상충가능성이 증가할 수 있다. 또한 비신호횡단보도에서 보행자 횡단으로 인해 차량 정지 시 후행차량이 주체차량을 추돌할 가능성이 증가한다. MPR 60 시나리오의 가장 위험한 구간은 편도 2차로 도로의 비신호교차로 접근 구간이다. 비신호교차로를 횡단하는 보행자로 인해 차량이 정지하는 경우 후행하는 차량에 의해 후미추돌이 발생할 수 있으며 비신호교차로 통과 전 감속을 시작하여 주의운전하는 경우 후행차량과의 상호작용이 발생하여 상충이 발생할 수 있다. MPR 80 시나리오에서 통합 평가지표 기반 가장 위험한 구간은 편도 3차로 도로의 신호교차로이며 신호에 의한 정지 및 출발이 빈번하게 발생하는 구간이다. 해당 구간의 최우측차로는 우회전 전용차로이며 우회전차로에서 직진하려는 차량 또는 직진차로에서 우회전하려는 차량은 필수적으로 차로변경을 수행하여야한다. 차로변경 시 차량간 상호작용으로 인해 안전성이 저하될 수 있다. 본 연구에서 제시한 통합 평가지표 산출 방법론은 향후 시뮬레이션 기반 차량간 상호작용에 따른 주행안전성 분석 시 평가지표 선정에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은2023년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제명: 실도로 기반Lv.4 자율주행차량 운전능력 평가기술 개발/ 과제번호: RS-2023-00238253)

테스트베드 내 자율주행자동차 안전성 검증 절차 개발 연구

Study on the Development of Safety Validation Procedure for Automated Vehicles in Test Track

김인영
(아주대학교, 석박사 통합과정)

윤일수
(아주대학교, 정교수)

정한솔
(아주대학교, 석사과정)

Lv.4 자율주행자동차(Automated vehicles, AV) 기술이 발전하면서 이와 더불어 복잡해진 자율주행시스템(autonomous driving system, ADS)의 안전성을 확보하기 위한 다양한 시험 방법(실도로, 테스트 트랙, 시뮬레이션)이 제안되어오고 있다. 특히, AV 평가 관련 문서에서는 AV의 실도로 주행 전 테스트 트랙 혹은 시뮬레이션을 통해 반복적으로 ADS의 안전성을 검증하고 검증을 통해 발견된 기능의 오작동들을 줄여나가 AV가 위험한 상황에 노출되는 것을 줄일 수 있도록 권고하고 있다. 또한 AV 기능 개발 시 다양한 이벤트 및 상황이 포함된 시나리오를 기반으로 안전성을 전반적으로 평가(verification) 및 검증(validation)하도록 제안되어오고 있다. 이때 안전성 평가는 개발된 ADS 기술이 예측 가능한 다양한 환경(도로, 날씨, 이벤트 등) 및 시나리오에서 명시된 요구사항을 충족하는지 객관적으로 확인하는 것을 의미한다. 안전성 검증은 예측할 수 없는 다양한 환경(noise 주입, 랜덤 이벤트 생성, long-term 테스트 등) 및 시나리오를 주입하여 critical한 상황에서도 명시된 요구사항을 적절히 수행하는지 전반적으로 검증하는 것을 의미한다.

이렇듯 AV의 안전성 검증 중요성이 증대되고 있고 이를 위한 다양한 연구들이 진행되고 있으나 대부분이 시나리오 개발 방법론에 초점을 두고 있어 시나리오를 활용한 구체적인 검증 절차에 대한 연구는 부재한 실정이다. AV 상용화 전 각각의 시험 방법을 통해 안전성을 검증해야 하므로 ADS 기술을 신속히 검증할 수 있는 안전성 평가 및 검증과 관련된 절차 혹은 가이드라인이 선행적으로 연구되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 개발된 시나리오를 기반으로 ADS의 안전성을 평가 및 검증할 수 있는 체계적인 절차와 지침을 제시하고자 한다. 특히, 시험 방법 중 테스트 트랙(K-City)을 대상으로 방법론을 개발하고자 한다. 본 연구를 통해 개발된 기술을 평가하고자 하는 개발자들에게 안전성을 평가 및 검증할 수 있는 절차를 제공함으로써 신속하고 많은 시험 기회를 부여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비지원(22AMDP-C162184-02)에 의해 수행되었습니다.

차량 궤적 데이터 기반 고속도로 정체 단계별 속도 저감 원인 분석

Analysis of Causes for Speed Reduction at Different Stages of Highway Congestion Based on Vehicle Trajectory Data

오승민[1]
(한국과학기술원
조천식모빌리티대학원, 박사과정)

천경훈[2]
(한국과학기술원
기계기술연구소, 연수연구원)

장기태[*]
(한국과학기술원
조천식모빌리티대학원, 교수)

오늘날 고속도로 정체는 이동성 저하, 물류비용 증가, 교통사고 등 심각한 사회 문제를 유발하여 교통공학자들이 해결해야할 주요 문제이다. 차량 간 다양한 상호작용으로 속도 저감이 발생하면 연이은 감속 주행으로 인해 정체로 심화된다. 따라서, 고속도로 내 주요 속도 저감 원인과 명확한 정체 발생 메커니즘을 파악하는 것이 중요하다. 대부분 선행연구는 고속도로 정체 현상을 거시적인 관점에서 분석하고 교통 흐름의 변화를 모델링하는 것에 초점을 맞추었다. 일부 연구는 NGSim(Next-Generation Simulation) 등의 차량 궤적 데이터를 활용하여 미시적 분석을 수행하였으나, 기존 차량 궤적 데이터는 낮은 해상도와 심한 노이즈로 미세 메커니즘을 분석하기엔 한계가 존재하였다. 또한, 특정 상호작용에 초점을 맞추어 정체 현상을 해석하여 다양한 속도 저감 원인을 함께 도출하여 연계한 연구는 아직 부족한 실정이다. 본 연구는 정체 형성 과정의 고정밀 차량 궤적 데이터를 미시적 관점으로 분석하여 고속도로 정체 단계별 속도 저감의 원인을 도출하고 유형화한다. 병목 현상이 발생하는 영상 기반 차량 궤적 데이터를 활용하였고, 1차로 주행 차량을 분석 대상으로 선정하였다. 연속 웨이블릿 변환(Continuous Wavelet Transform)을 적용하여 개별 차량별 속도가 감소하고 평균 웨이블릿 기반 에너지가 최대인 구간을 주요 속도 저감 구간으로 정의하였다. 속도 저감 원인을 분류할 수 있는 여러 변수가 포함된 데이터셋을 구성하였고, '차량 추종', '차로 변경', '측면 상호작용', 세 가지 속도 저감 원인을 정의하였다. 더 나아가, 경사 누적 곡선(Oblique Cumulative Curve), 속도 및 밀도 분석 등을 통해 3상 교통 이론 기반 정체의 3단계를 구분하였으며, 단계별로 앞서 분류한 속도 저감 원인 유형을 분석하였다. 본 연구 결과를 통해 속도 저감의 대표적 원인을 도출 및 분류할 수 있었으며, 정체 단계별 속도 저감 현상이 다르게 분포하며 경향성 또한 다양함을 확인할 수 있었다.

사사: 본 연구는 국토교통부 국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 육성사업의 연구비 지원(과제번호 RS-2022-00156089)에 의해 수행되었습니다.

자율주행(Ⅳ)

Session

B-9

강화학습을 이용한 자율협력주행차량(CAV) 기반 회전교차로 운영제어전략

정재은, 천경훈, 김인희

보행 방향 변화 예측 및 변화 시점 감지를 위한 보행자 자세 지표 추출

남동하, 장기태

다중 센서를 적용한 Multi Object Tracking 개선 알고리즘 개발

유상진, 박만복

역 투영 변환 기반 실시간 차선 검출 알고리즘

정진우, 방상우, 임지웅, 원종훈

블랙박스 영상데이터 기반의 자율주행 Fallback Edge case 구축 연구

주혜연, 김정화, 윤현정

강화학습을 이용한 자율협력주행차량(CAV) 기반 회전교차로 운영제어전략

Operational control strategy for roundabouts using reinforcement learning in connected and automated vehicle systems

정재은
(카이스트 조천식모빌리티대학원, 석사과정)

천경훈
(카이스트 기계기술연구소, 연수연구원)

김인희
(카이스트 조천식모빌리티대학원, 부교수)

회전교차로는 일반 신호 교차로에 비해 상충 지점이 적으며, 교통 신호로 인한 불필요한 정지를 유발하지 않기 때문에 신호 교차로의 대안 교차로로 수십 년간 각광 받아왔다. 회전교차로의 특성상, 진입 차량은 회전하는 차량들 사이에 간격 (gap)을 탐색 및 채택 여부를 결정하며 진입 여부를 결정하게 된다. 이처럼, 진입 차량의 진입 여부는 회전 차량의 행태에 의해 결정되기 때문에 회전 차량의 협력은 차량의 진입에 불필요한 지연을 감소시켜줄 것이다.

최근 V2X(Vehicle to Everything) 통신 기술 및 자율협력주행차량(Connected and Automated Vehicle, CAV)의 급격한 발전은 주변의 차량과 및 인프라와 통신하며 교차로 내에서의 협력 주행을 머지않은 미래에 지원하게 될 것이다. 따라서 여러 기존 연구들은 CAV를 통한 교차로 운영 전략을 연구해왔으며, 안전성 및 효율성 면에서 시스템 성능을 향상할 수 있다는 것을 확인하였다. 하지만 기존 연구들은 대부분 신호 교차로를 대상으로 하였으며, 회전교차로에 대한 연구는 100% CAV 환경에서 궤적계획 (Trajectory planning)을 기반으로 시스템 최적화를 달성하고자 했다. 따라서 기존 CAV 기반 회전교차로 제어전략의 인간운전자와 CAV가 혼재되는 상황에서의 검증이 필요하며, 매 순간 많은 양의 계산을 요구하기 때문에 실시간 제어에 적합하지 않을 것이다.

본 연구는 회전교차로에서 진입부와 회전부의 선행 차량 정보를 바탕으로 회전 차량의 속도 제어 모델을 개발하는 것을 목표로 하였다. 제안된 CAV 제어 모델은 딥러닝과 강화학습을 결합한 Dueling Deep Q-Network (Dueling-DQN) 아키텍처를 기반으로 하며, 미시적 교통 시뮬레이션 툴인 VISSIM을 사용하여 모델의 환경(environment)을 구성했다. 시뮬레이션을 통해 에이전트는 진입부와 회전부의 선행 차량의 위치와 속도를 상태(state)로 관찰하고, 선행 차량의 속도를 유지하거나 감속 또는 가속할지 결정(action)합니다. 보상(reward)은 회전교차로 내에서의 속도 변화를 통해 학습된다.

실험에서는 드론 비디오를 통해 수집된 궤적 데이터를 기반으로 한 회전 교차로의 기하학적 구조와 통행량을 활용하여 네트워크를 구축했다. 실험은 100% CAV을 가정하여 수행되었으며, 하나의 진입로에서 회전교차로로 진입하는 상충 구간(conflict area)을 대상으로 평가를 진행했다. 진입 구간 상류부 30m와 회전구간 상류부 50m를 제어 구간으로 설정하여 학습된 속도 제어 모델을 회전 차량에 적용했다. 제어 모델 평가는 제어전략이 적용 전과 비교하여 진입 구간의 궤적과 회전교차로의 전반적인 성능(지체시간, 속도)을 기준으로 하였다.

실험 결과, 제어전략이 적용된 경우에는 제어 전과 비교해 진입 구간에서 차량의 정지시간이 감소했으며, 회전교차로의 평균 지체시간이 감소하고 평균 통행속도가 증가한 것으로 나타났다. 이는 CAV의 실시간 속도 제어를 통한 간격(gap)의 조정이 진입 차량의 교차로 진입을 원활하게 하고, 결과적으로 교통흐름을 증진할 수 있음을 시사한다.

본 연구는 강화학습을 기반으로 한 회전교차로에서의 효율성을 향상하기 위한 CAV의 속도 제어전략을 제시하였다. 연구를 통해, CAV를 활용한 회전교차로의 속도 제어 모델이 교통흐름과 안전성 향상에 기여할 수 있음을 입증하였다. 이는 미래 도로 교통 관리 및 계획에 중요한 시사점을 제공하며, 다가올 CAV 환경에 활용 가능한 제어전략 개발의 밑거름이 될 수 있을 것으로 기대된다.

하지만 본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있다: (i) 100% CAV 환경 가정 (ii) 단일 진입부 기하구조 가정 (iii) 검증과정에서의 모델 칼리브레이션 부재. 따라서, 이러한 한계들을 개선하기 위해 다음과 같은 향후 연구들은 추후 수행될 예정이다: (i) 다양한 혼입률 시나리오를 통한 제어전략 개발 (ii) 다중 진입부에 대한 전략 확장 (iii) 실제 궤적 데이터를 활용한 시뮬레이션 파라미터 보정.

사사: 본 연구는 국토교통부 국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 육성사업의 연구비지원(과제번호 RS-2022-00156089)에 의해 수행되었습니다.

보행 방향 변화 예측 및 변화 시점 감지를 위한 보행자 자세 지표 추출

Pedestrian Pose Parameters for Prediction and Detection of Gait Direction Changes

남동하
(한국과학기술원, 박사과정)

장기태
(한국과학기술원, 교수)

자율주행 기술이 발전하고 적용 범위가 확장됨에 따라 보행자와 혼재된 환경에서 사용가능한 자율주행 기술이 요구된다. 보행은 인간 이동의 가장 기본적인 형태이며 모든 이동에서 가장 우선시 되는 이동방식이나 차량과 달리 다각적으로 이동방향이 변할 수 있어 자율주행 시스템의 안전성과 통행 효율을 높이기 위해서는 보행자의 미래 행동을 예측하는 방법이 필요하다. 기존의 보행자 행동 예측 모델은 보행자의 과거 궤적(tracklet)을 입력으로 하여 보행자의 위치, 속도 정보를 통해 미래의 궤적을 예측하였다. 하지만 보행 운동의 다중 모드(multi-modal)적인 특성으로 인해 위치와 속도만으로는 예측의 불확정성이 높다는 문제가 있어 최근에는 보행자 의도를 나타내는 시각적 신호로 자세 정보를 추가로 적용하는 시도가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 보행자의 방향 전환에 대한 의도를 포함하는 관절 자세 정보를 특정하고 위치를 기반으로 하는 방향 전환 감지에 비해 각 특징 정보가 얼마나 선행되어 나타나는지를 보이는 것을 목표로 한다. 본 연구에서는 자율주행 시스템에서 보행자의 자세 정보를 얻는 방법으로 주로 사용되는 카메라 비디오 데이터에 Mediapipe Pose을 적용하여 관절 위치 정보를 추정한다. 이를 통해 보행 중 머리, 어깨, 골반의 방향의 추이를 관측하고 변화 양상으로부터 보행 방향 전환과 높은 상관 관계를 가짐을 확인하였고, 방향 전환 시점을 추출하여 위치를 기반으로 얻어낸 보행 방향 전환 시점과 비교하여 보행 방향 전환 의도를 사전에 인식할 수 있는 파라미터로 활용될 수 있음을 보였다. 본 연구의 결과는 보행자와 자율주행 시스템 간의 상호작용이 일어나는 상황에서 보행자의 미래 궤적을 예측하고 이로부터 안전한 경로를 생성하는 기술의 초석으로 적용될 수 있다는 점에 의의가 있다. 추후 연구에서는 깊이 카메라(Depth Camera)와의 센서 퓨전을 통해 보행자 인식 불량으로 인한 외란을 감소시키고, 더 다양한 보행 동작에 대해 확장하여 더욱 정확한 보행자 동작 추정이 가능하도록 발전시킬 계획이다.

다중 센서를 적용한 Multi Object Tracking 개선 알고리즘 개발

Development of Multi-Object Tracking Improvement Algorithm with Multi-Sensors

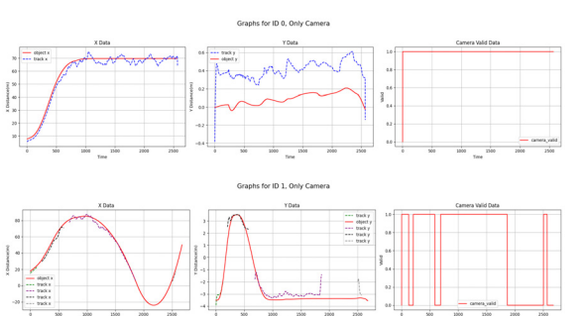
유상진[1)]
(한국교통대학교, 석사과정)

박만복[2)*]
(한국교통대학교, 공학박사)

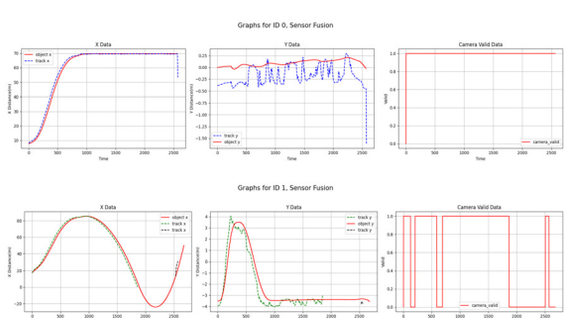
과거 자율주행 기술의 경우 대부분 운전자 보조 기술로 사람이 운전을 편하게 하기 위한 기술이 대부분이었다. 최근 기술의 발전으로 운전자 보조뿐만 아니라 차의 소프트웨어가 직접 판단하고, 제어한다. 이러한 상황에서는 차량이 도로의 상황을 인식하고 판단하는 것이 매우 중요하다. 도로의 상황을 인식하기 위해서는 여러 가지 센서를 사용하는데, 각각의 센서마다 장단점이 있다. 카메라의 경우 장애물에 의해 가려져 인식이 안 될 수 있고, 가려진 객체에 대해 낮은 정확도를 보인다. 레이더의 경우 도로의 신호등, 표지판 등이 나타내는 신호를 감지할 수 없다. 이처럼 각각의 센서들이 단점을 갖는데 이는 자율주행 차량이 상황을 판단하는데 매우 큰 장애물이다.

본 논문에서는 자율주행 차량의 상황 판단 중 다른 차량의 위치에 대한 정보를 보다 정확하게 얻기 위해 다중 센서를 적용하여 센서 융합을 진행한 MOT(Multi Object Tracking)을 구현했다. 실제 환경에서는 원하는 상황을 얻기 어렵기 때문에, CarMaker 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 시뮬레이션을 진행하고 데이터를 취득했다. 시뮬레이션의 경우, 카메라 센서의 정확도가 매우 떨어지고. 레이더 센서의 정확도는 매우 높다. 센서 융합의 방법으로는 고전적 방법인 Nearest Neihbor(NN) 알고리즘을 사용하여 구현했다. NN알고리즘의 경우 한 센서에서 얻은 위치 정보를 기준으로 다른 센서에서 얻은 위치 정보 중 가장 가까운 위치 정보와 매칭한다. 각 센서에서 인식한 객체의 수에 따라 상황을 나누어 매칭을 진행했다. 매칭이 된 경우 레이더의 종방향 위치, 카메라의 횡방향 위치 정보를 사용하여 단순 융합했다. 레이더, 카메라 중 하나의 센서에서 더 많은 객체를 인식한 경우, 그 센서의 정보만을 사용했다. 센서에서 얻은 정보를 융합하여 나온 결과를 바탕으로 track을 구성했다. track은 칼만 필터, track의 id를 바탕으로 구성했다. track에 아무 정보가 없고, 융합된 결과가 있을 때 track에 융합 값을 추가한다. 그 후, 칼만 필터를 사용하여 예측을 진행하고 예측값과 융합의 결과 값을 NN알고리즘을 사용하여 비교하여 매칭한다. 매칭이 되면 센서를 융합하여 얻은 결과를 사용하여 track을 update한다. track이 일정 기간 동안 업데이트 되지 않으면 track을 삭제한다.

이러한 프로세스를 갖고 MOT를 진행한 결과, 카메라 단일 센서를 사용한 결과보다 카메라, 레이더 센서 융합을 하여 사용한 결과가 더 좋은 성능을 보였다.



<Fig. 1. single-sensor>



<Fig. 2. multi-sensor>

사사: 2024년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음

역 투영 변환 기반 실시간 차선 검출 알고리즘

Real-Time Lane Detection Algorithm Based on Inverse Perspective Mapping

정진우	방상우	임지웅	원종훈
(인하대학교 자율항법연구실 학부연구생)	(인하대학교 자율항법연구실 학부연구생)	(인하대학교 자율항법연구실 박사과정)	(인하대학교 전기공학과 교수)

자율주행 기술의 고도화로 정교해지는 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)는 차량의 필수적인 시스템으로 정밀한 차선 검출 기술을 필요로 한다. 이는 GPS 신호의 부정확성이나 센서의 장애와 같은 상황에서 차량의 정확한 위치 추정 및 경로 설정에서 더욱 중요하다. 기존의 Dead Reckoning(DR)이나 고가의 라이다 센서 대신, 카메라 기반의 차선 검출 시스템은 상대적으로 비용 효율적이며, 정확한 차선 검출 결과를 통한 차량 제어는 뛰어난 성능을 제공할 수 있다(Jeon et al, 2021).

차선 검출 기술의 발전을 위한 연구는 날씨 및 조도의 변화, 부분적 가림과 같은 다양한 환경적 변수들에도 견딜 수 있는 견고한 탐지기 개발에 초점을 맞추고 있다. 색공간에서의 필터링을 통한 차선 검출은 밝기 및 지면 상태의 변화에 강건하지 않으며, 투영 변환을 통해 왜곡된 차선을 보정하여 검출된 차선 정보는 여전히 이미지 좌표계에 국한되어 있으며, 고정된 관심 영역에 의존하는 한계를 가진다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 역 투영 변환 기반 차선 검출 알고리즘을 제안한다. Inverse Perspective Mapping(IPM) 알고리즘을 활용하여 계산 효율적으로 이미지 왜곡 정보를 보정하며, 가우시안 필터링 및 Canny 에지 검출 기법을 적용하여 잡음에 강건하게 차선을 검출한다. 특히, 차선 검출의 정확도를 높이기 위해 슬라이딩 윈도우 기법을 적용하여 효율적으로 차선을 인지하며, 2차 다항식 근사를 활용하여 차선의 연속성을 유지하고 차선이 부분적으로 가려지거나 사라진 부분에 대한 보간을 수행한다. 이후, 실제 도로 상황에서 얻은 Ground Truth(GT) 데이터를 사용, 제안하는 알고리즘의 성능을 검증한다.

References

Jeon, J., Hwang, Y., Jeong, Y., Park, S., Kweon, I. S., & Choi, S. B. (2021). “Lane detection aided online dead reckoning for GNSS denied environments”, Sensors, 21(20), 6805, pp. 1-19

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 092021D75000000, AI 운전능력평가 표준화 및 평가 프로세스 개발).

블랙박스 영상데이터 기반의 자율주행 Fallback Edge case 구축 연구

Constructing Autonomous Driving Fallback Edge Cases Based on Black-Box Video Data

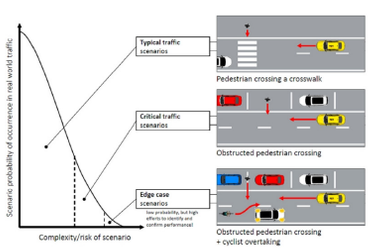
주혜연
(경기대학교 도시·교통공학과, 석사과정)

김정화
(경기대학교 도시·교통공학과, 조교수)

윤현정
(한국전자통신연구원, 자율주행지능연구실)

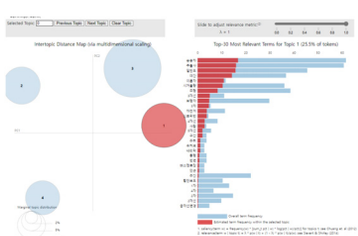
자율주행 기술이 고도화되면서 자율주행차량의 안전성 평가 기술의 중요성이 부각되고 있다. 현재 안전성을 확보하는 방법으로 자동차 안전도 평가(NCAP)가 존재하며, 도로 위를 주행하는 모든 차량은 안전성을 보장할 수 있는 평가 제도가 요구되므로 자율주행차량 또한 NCAP 내 포함되어 평가가 진행되고 있다. 그러나, 자율주행차량은 일반 차량과 달리 복잡한 환경에서 특정 상황을 대응할 수 있어야 하므로 다양한 환경에서의 평가가 요구되어 시나리오 기반 접근법이 제시되고 있다(PEGASUS Project Consortium, 2019; de Gelder et al., 2020; Riedmaier et al., 2020).

시나리오 접근법은 실도로 운행 및 시뮬레이션 등을 통해 다양한 환경을 고려하여 조절할 수 있기 때문에 다양한 환경에서의 종합적 평가를 가능하게 한다는 장점이 존재한다. 이와 관련하여 선행 연구들은 자율주행차량의 안전성과 효율성 향상을 위해 위험 상황에 대응하는 시나리오와 평가 방법에 대한 연구가 지속되고 있다. 그러나, 실제 차량과 충돌하는 경우 크게 다치거나 사망할 가능성이 있는 가장 취약한 자전거와 같은 도로 사용자들(EI Hamdan)을 고려하지 않은 한계점을 가지고 있다. 사고 상황에 대한 대부분의 시나리오가 두 차량간의 사고 시나리오로, 발생 빈도가 높은 주요 사고에 대한 것이기 때문에 Edge case와 같은 발생 빈도가 낮고, 복잡성이 높은 상황을 위한 시나리오에 대한 연구가 상대적으로 부족한 실정이다. 예측하기 어려운 상황에 대한 사고 상황을 대비하지 않으면 치명적인 사고로 이어질 수 있기 때문에 예측하기 어려운 상황에 대비하기 위한 Edge case 시나리오가 필요하다. Edge case는 발생 가능성에 따라 Typical, Critical, Edge case로 시나리오를 분류 한 것으로 발생 빈도는 낮고, 복잡성은 높은 예측하기 어려운 시나리오를 의미한다(Najm, 2007).



[그림 1] 시나리오 분류(Najm, 2007)

[그림 2] Pegasus Layer project



[그림 3] Python을 이용한 LDA 시각화

본 연구에서는 “한문철 TV”의 웹상에 공개된 블랙박스 영상 데이터를 활용하여 토픽 모델링을 통해 시나리오를 개발하였다. “한문철 TV” 채널은 평소에 잘 일어나지 않는 사고 상황을 다루는 영상 데이터로 웹크롤링을 통해 데이터를 구축하였으며, 토픽 모델링을 통해 주사고원인을 중심으로 그룹 간의 특성을 분석하였다. 도출된 시나리오에 돌발상황 및 Fallback 특성을 반영하기 위해 돌발상황 키워드에 해당하는 판례 데이터와 fallback 원인 키워드를 분석하여 구체화하였으며, 이를 통해 최종 Edge case를 도출하였다. 최종 Edge case 시나리오 테스트에 있어 우선순위 선정 및 특성 도출을 위해 블랙박스 영상데이터를 기반으로 피해 정도와 빈도수 점수를 산정하여 최종적으로 피해 정도 기반의 산점도를 생성하였다. 추후 연구자가 Edge case 테스트에 있어 빈도수, 피해 정도를 기준으로 우선순위를 정하는데 기초자료로 활용될 것으로 사료된다.

사사: 이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-01352, 자율주행 관련 법규 및 규제 대응 서비스 시나리오 실효성 검증 기술 개발)

Personal Mobility

Session B-10

보도이용 허용을 위한 PM 행태분석

이주현, 이동민, 김승민

공간적 자기상관성 분석을 통한PM(개인형 이동수단) 주차구역 지정의 효과 분석

양윤철, 위정란, 신희철, 김동규

전동킥보드-차량운전자간 안전인식의 상호이해가 운전행태에 미치는 영향

오태호, 임재혁, Reuben Tamakloe, 김인희

공유 전동킥보드 서비스의 교외 지역에서의 라스트마일 통행시간 단축 효과 분석

이희창, 문세동, 김동규

생존분석을 활용한 공유 자전거 수명 모델링

최준희, 김동규

이탈 사용자 분류를 통한 공유 킥보드 서비스의 잠재 수요 연구

추범준, 민진홍, 김동규

보도이용 허용을 위한 PM 행태분석

Behavior Analysis of Personal Mobility for Permitting Sidewalk Usage

이주현 (서울시립대 교통공학과 박사과정)
이동민 (서울시립대 교통공학과 교수)
김승민 (서울시립대 교통관리학과 석사과정)

퍼스널모빌리티(PM)는 미래교통환경에서 First & Last-mile 핵심 역할을 담당하게 될 수단으로, 교통편의 증진 잠재력과 산업적 잠재가치가 큰 교통수단이다. 하지만 최근 관련 교통사고 증가로 부정적인 인식이 증가하고 도로교통법 개정을 통해 교통안전 관련규정(안전모 착용, 면허 보유, 보행로 이용금지)이 강화됨에 따라 PM의 이용량 증가가 완만해지고 있다. 해외에서는 PM 활성화를 위해 규제를 완화하는 등의 정책을 펼치고 있으며, PM의 잠재가치를 실현하기 위해 많은 연구가 이뤄지고 있으나 국내에서는 이러한 연구가 미흡한 실정이다.

일본에서는 2023년 7월 1일부터 도로교통법을 개정하여 PM의 이용활성화를 위해 보도통행을 허용하되 6km/h의 속도로 통행할 수 있도록 하였다. 일본과 같이 PM의 이용을 활성화하기 위한 대책을 마련하며, 보행자의 안전을 보장할 수 있는 대책마련이 필요할 것으로 판단된다.

국내 공유 PM의 통행권과 주행행태를 분석한 결과 대전시의 공유 PM을 이용하는 사람들은 전체 주행의 9.1%에 해당하는 통행을 보도로 통행하고 있는 것으로 나타났다. 또한 50km/h 이상으로 운영되는 차도를 주행하는 통행의 경우 차량과의 주행속도 차이가 큰 것으로 나타나 안전성 및 교통혼잡 문제 발생 가능성이 존재한다. 따라서 PM 이용자의 안전성과 이용활성화를 위해 보도 통행을 허용하되 보행자의 안전성도 확보할 수 있는 통행 방안 마련이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 보도통행 방안을 마련하기 위하여 VR 시뮬레이터를 이용한 PM 이용자의 보도통행시 행태를 분석하였다. PM 시뮬레이터는 실제 전동킥보드 부품을 사용한 드라이빙 시뮬레이터를 이용하여 주행행태를 측정하였다.

피실험자는 PM 주행경력을 가진 건강한 성인을 대상으로 41명을 모집하였다. 실험결과를 일반화 할 수 있는 성별, 연령별 분포를 모집하기 위해 실제 PM 이용자의 성별 및 연령별 분포를 검토하였으나, 이용률이 떨어지는 40대 이상의 인원을 제외하였으며, 개정된 도로교통법상 원동기 면허를 소지할 수 없는 10대를 제외하여 모집하였다.

시뮬레이터 실험의 시나리오는 각 구간별로 다른 보도폭과 보행량을 구현하였고 일본이 PM 보도주행을 하기 위해 속도제한(6km/h)을 허용하고 있음을 고려하여 보행로 통행 시 기기 제한속도를 시나리오별로 10km/h, 15km/h, 20km/h로 부여하여 분석을 수행하였다.

분석결과 제한속도가 높을수록 속도의 평균과 표준편차가 증가하였으며, 보행자 밀도가 많고 보도폭이 감소함에 따라 속도가 줄어드는 경향을 확인할 수 있었다. 이를 통해 보행밀도가 높을수록 보도폭이 좁을수록 속도가 감소하고 표준편차가 크게 나타나 사고 발생 위험성이 증가하는 것을 확인했다. PM 이용자들은 보행밀도가 높거나 보도폭이 좁은 경우 추월 및 교차 시 상대적으로 더 낮은 속도가 관측되었으며, 이는 보행자를 회피하여 주행하는 것에 어려움이 있으며 낮은 속도로 주행하게 된 것으로 판단된다.

보행자의 안전성을 고려하기 위하여 보행자와의 상충과 안전영역 침범에 대한 분석을 수행한 결과 보행자의 보행속도와 차이가 10km/h 이상 나는 상황에서 발생하는 상충은 주행속도가 높은 경우에 상대적으로 더 많이 발생하였다. 이러한 경우에는 교통사고 발생 시 심각도가 높을 수 있기 때문에 각별한 주의가 필요할 것으로 판단된다. 더불어 보행밀도에서 보도 폭이 2배일 때, 보행자 안전영역을 침범하는 경우 약 2배 증가하는 것을 확인하였다. 따라서 PM 활성화를 위해 보도통행을 허용하되 일정 이상의 보행밀도와 특정 보도폭 미만의 보도에서는 PM 통행을 금지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

본 연구결과를 통해 PM의 보도통행 허용을 위한 공학적 판단의 근거자료로 활용할 수 있을 것으로 판단되며, 최근 증가하고 있는 PM 이용자의 행태를 분석하였다는 점에서 의의가 있을 것으로 판단된다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 「스마트시티 혁신인재육성사업(2019-2023)」으로 지원되었습니다.
This work is financially supported by Korea Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) as 「Innovative Talent Education Program for Smart City」.

공간적 자기상관성 분석을 통한 PM(개인형 이동수단) 주차구역 지정의 효과 분석

Verification of the Effects of Designating Personal Mobility Devices Parking Areas through Spatial Autocorrelation Analysis

양윤철	위정란	신희철	김동규
(우송대학교 철도경영학과 학부과정)	(한국교통연구원 전문연구원)	(한국교통연구원 선임연구위원)	(한국교통연구원 연구원)

서울시를 대상으로 한 설문조사 결과 무단방치로 인한 불편 문제가 심각한 것으로 드러났다. 이러한 지적에 서울시는 2022년에 191개의 공유 개인형 이동수단(PM)의 주차구역을 지정한 바 있으나 주차구역의 지정이 PM의 무단방치 문제 개선에 효과가 있는가에 대한 이론적 검증은 없었다. 이에 본 연구에서는 주차구역 지정의 효과를 분석하고자 개인형 이동수단 주차구역 지정 후 PM 견인 다발지역(Hot Spot)의 증감 여부를 분석하였다. 분석 방법으로는 공간적 자기상관성 분석기법 중 Moran's I(전역적 자기상관분석)와 LISA(국지적 자기상관) 분석기법 적용하였다. 분석결과 Moran's I는 2022년과 2023년 각각 0.29, 0.33으로 견인 데이터는 인접한 지역간 유사한 특성을 갖는 양(+)의 자기상관성을 갖고 있었다. 또한, 국지적 구조를 파악하기 위해 LISA 클러스터링을 통해 주차구역 지정 후 주차구역 근방 300m 내 92개의 HH 헥사곤(Hot Spot) 수가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구를 통해 주차구역의 지정을 통해 PM 견인 다발 지역(Hot Spot)이 감소하는 것을 확인하였으며, PM에 관한 정책 결정시 무단방치로 인한 PM의 견인 수를 줄이고자 한다면 주차구역 지정이 검토되어야 할 것으로 보인다.

전동킥보드-차량운전자간 안전인식의 상호이해가 운전행태에 미치는 영향

The impact of mutual understanding of safety perception between e-scooter riders and vehicle drivers on driving behavior

오태호	임재혁	Reuben Tamakloe	김인희
(조천식모빌리티대학원, 연구원)	(조천식모빌리티대학원, 연구원)	(조천식모빌리티대학원, 연구교수)	(조천식모빌리티대학원, 부교수)

신규 마이크로 모빌리티 교통수단으로서 전동킥보드의 채택은 전 세계적으로 증가하고 있으며, 퍼스트마일과 라스트마일을 아우르는 솔루션을 제공한다. 하지만, 급진적인 전동킥보드의 사용은 도로 안전과 관련된 문제를 야기한다. 예를들어, 전동킥보드 이용자는 다른 차량과 도로공간을 공유하는 경우가 많아 충돌가능성이 높아질 수 있다. 수많은 연구에서 차량 운전자의 관점에서 전동킥보드와 차량의 안전한 추월 행동을 조사했지만, 운전자와 전동킥보드 이용자의 서로 다른 안전수준에 대해서는 미비한 수준이다.

본 연구는 두 그룹 간의 안전 인식 수준 차이를 조사 및 분석하고 추월 시나리오를 접하기 전후의 행동 변화를 평가하여 이러한 격차를 해소하는 것을 목표로 하였다. 이를 위해, 전동킥보드 이용자가 이전에 자신이 운전하던 차량에 의해 추월당하는 상황을 경험할 수 있는 Unity 기반의 순차 시뮬레이션 프로세스를 개발하였다. 이는 동일한 참가자가 참여하는 차량 시뮬레이터에서 얻은 주행궤적을 전동킥보드 시뮬레이터 실험 중에 반복재생하였다. 이 혁신적인 방식으로 참가자는 전동킥보드 시뮬레이터 탑승 시 이전에 자신이 했던 차량 추월 기동을 경험하고, 서로 다른 도로이용자 측면에서 다른 안전인식 수준을 분석할 수 있었다.

분석 결과에 따르면 참가자의 상당수(64%)가 추월 시나리오에서 전동킥보드 이용자 관점에서 안전감이 떨어지는 것을 경험한 것으로 나타났다. 추월을 시작할 때 추월 차량의 상대 속도와 가속도와 같은 요인이 참가자들의 위협 인식에 큰 영향을 주었다. 또한 상대 속도, 가속도, 스티어링 각도 등의 변수는 안전하다고 느낀 참가자와 그렇지 않은 참가자 간에 유의미한 차이가 나타났으며, 안전 인식 수준의 격차와 전동킥보드와 차량 사이의 측면 거리 사이에는 주목할 만한 상관관계가 나타났다. 더 넓은 측면 거리를 유지한 참가자들은 전동킥보드 측면의 안전인식 수준을 더 잘 공감한 것으로 판단된다.

본 연구는 순차적 시뮬레이션 접근을 통해 추월 차량의 운전대를 잡았던 전동킥보드 이용자가 직접 추월 행동을 경험하면 도로 안전에 대한 인식이 높아졌다. 이러한 연구 결과는 도로안전에 중요한 의미를 가지며, 운전자 교육 프로그램에 이러한 접근 방식을 적용할 수 있음을 시사한다. 취약한 도로 이용자의 안전을 개선하기 위해 이러한 개입을 통합함으로써 마이크로 모빌리티 운송과 관련된 위험을 완화하기 위한 선제적 조치를 수행할 수 있다.

사사: 본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2023-00233952)

공유 전동킥보드 서비스의 교외 지역에서의 라스트마일 통행시간 단축 효과 분석

Assessing the effect of shared e-scooter services on last-mile travel time enhancement in suburban areas

이희창
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

문세동
(서울대학교 건설환경종합연구소, 연수연구원)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

대중교통 체계를 효율적으로 설계하기 위해서는 간선 대중교통 수단과 last-mile 수단 간의 연계가 잘 이루어져야 한다. 공유 전동킥보드는 기존의 대중교통 서비스와 비교하면 대기시간이 없고 운영 비용이 적으면서도 경로 선택에 제약이 없어 자동차와 같은 편의성을 제공한다. 이 덕분에 교통수단이 제한되는 교외 지역에서는 공유 전동킥보드가 간선 서비스를 보조하는 효율적인 last-mile 수단으로 기능할 수 있다. 이 때문에 기존의 많은 연구가 공유 전동킥보드를 대중교통의 last-mile 수단으로서 평가하는 방법론을 제안해 왔다. 그러나 주로 민간 업체가 운영하는 공유 전동킥보드의 특성상 기존의 연구는 공유 전동킥보드 수요가 많은 시내 중심부를 위주로 이루어져 왔다. 교외 지역에서 공유 전동킥보드 서비스가 라스트마일 통행시간에 미치는 영향을 비교하는 연구는 제한적이며, 이 때문에 그 효과를 정확히 평가하기가 어렵다. 이 연구는 교외 지역에서 공유 전동킥보드 서비스 도입으로 생기는 라스트마일 통행시간의 단축 효과를 측정하고 기존 대중교통 시스템과의 관계를 탐구한다.

스마트카드 데이터와 공유 전동킥보드 데이터를 사용하여 노선버스, 전동킥보드, 그리고 두 수단을 모두 포함하는 multimodal 통행의 라스트마일 통행시간을 추정한다. 노선버스의 통행시간 추정은 대기시간과 차내시간의 확률분포를 각각 가정하고 그 평균을 취함으로써 이루어진다. 전동킥보드의 통행시간은 서비스에 접근하는데 필요한 접근시간과 이동시간으로 이루어진다. 그 중 접근시간은 전동킥보드 배치 대수가 적은 교외 지역에서 통행시간의 큰 비중을 차지하는 요소이다. 접근시간은 전동킥보드의 배치 대수나 수요에 따라 변화가 큰 요소이지만, 본 연구에 사용된 데이터는 이용자가 어플리케이션을 켠 후부터 서비스를 이용하기까지 걸린 시간 정보를 기록하고 있어 접근시간의 추정을 가능하게 한다. 각 수단의 통행시간 추정치를 비교함으로써 본 연구는 공유 전동킥보드의 도입으로 생기는 라스트마일 통행시간의 변화를 정량화한다.

이 연구는 공유 전동킥보드의 도입으로 평내호평 지구가 가장 가까운 지하철역에서 20분 내에 거의 모든 지역에 접근이 가능한 20-minute neighborhood로 전환되었음을 보여준다. 버스노선이 자주 다니는 연선으로부터 멀리 떨어진 지역을 전동킥보드가 커버하는 효과가 발생한다. 공유 전동킥보드 도입 후에 last-mile 통행시간이 30% 이상 감소한 지역은 전체 면적의 65.4%에 해당한다. 이 연구는 또한 공유 전동킥보드를 통한 라스트마일 통행의 개선 정도를 평가하기 위한 정량적인 방법을 제공하며, 공유 전동킥보드가 효과적이지 않을 수 있는 지역을 도출한다. 여기에 더해 교외 지역에서 대중교통과 라스트마일 수단 간 통합 정도를 개선하기 위한 잠재적인 해결책을 제안한다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다. 또한 본 연구에 사용된 데이터를 제공해주신 Deer에 감사드립니다.

생존분석을 활용한 공유 자전거 수명 모델링

Modeling the Life of Bike Sharing System Using Survival Analysis

최준희
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

교통분야에서는 공유 자전거의 효율적이고 지속가능한 운영과 관련하여 이동성의 관점과 신뢰성의 관점에서 연구가 수행되었다. 이 중 공유 자전거의 운영 과정 중 재배치 문제와 관련하여 공유 자전거의 고장은 중요한 문제로 고려되고 있다. 서울특별시가 운영하는 공유 자전거인 "따릉이"의 고장 비율도 전체 운영 자전거 중 9~10%이며, 이러한 공유 자전거의 고장은 관리 인력의 추가적인 요구 및 사고 위험을 높이는 원인이 된다. 그러나 실제 데이터를 활용하여 자전거의 고장 시기나 부품의 교체 시기와 관련한 연구는 미흡한 실정이다. 또한, 공유 자전거 운영 과정에서 자전거 고장은 원활한 공유 자전거 공급을 방해하고 이용자를 다른 수단으로 전환함으로써, 이동시간이 증가하는 원인이 될 수 있다. 이에 본 연구는 생존분석을 통해 공유 자전거의 고장 유형 별 고장 영향 요인 및 발생 시간을 모델링 하고자 한다.

본 연구에서 활용하는 생존분석 방법론은 Kaplan-Meier Estimation과 Cox's Prorportional Hazard Model이다. Kaplan-Meier Estimation은 생존분석에서 활용되는 비모수 통계 모형으로 관측된 정상 운영 시간으로부터 정상 운영 확률을 추정하고, 관찰 시간에 따라서 고장이 발생한 시점에서의 고장 발생률을 계산할 수 있는 방법론이다. 해당 방법론은 적은 표본에 대해서 적용할 수 있으며, 시계열적으로 최적의 시각화 및 단순화할 수 있는 장점이 존재한다. Cox's Prorportional Hazard Model은 변수와 고장 간 회귀 모형을 만드는 통계법으로 생존 함수에 영향을 미치는 주요 변수의 위험률(Hazard ratio)의 상대위험을 추출해 상관관계를 분석하는 역할을 수행한다. 여기서 위험률은 관찰 시간에서 발생할 확률을 의미하며, 두 그룹 간 위험률을 비교하기 위해 본 연구에서는 1개의 기준 변수를 통해 비교하고자 하였다. 분석을 위해 서울특별시 공공자전거 따릉이의 2015년 1월부터 2018년 6월까지 총 3년 6개월 기간 동안의 데이터 및 고장이력을 수집하였으며, 총 10,231,510건의 사용이력, 13,964건의 고장이력이 존재한다. 고장이력의 경우, 7가지(기타, 체인, 타이어, 단말기, 안장, 페달, 파손, 잠금장치 불량)로 구분하였다. 공유 자전거의 고장패턴을 관찰하고자 공유 자전거의 사고이력 전까지의 누적 이용시간을 도출하였다. 이어 본 연구에서 사용되는 자전거의 Left censored에 대한 불확실성을 소거하고자 초기 도입된 공유 자전거의 사용이력을 추출하였으며, 지역에 대한 영향요인을 도출하고자 개별 자전거ID가 자주 대여 및 반납이 수행되는 정류장 상위 10개소의 센트로이드가 소속된 자치구를 운영 지역으로 정의하였다. 또한, 계절에 대한 관계성 분석을 위해 고장 등록일자를 기준으로 계절 변수를 정의하였다.

분석 결과, 누적 사용시간 600시간 전후로 고장이 발생하며, 750시간부터는 체인 부분의 고장이 급격하게 발생하는 것을 확인하였다. 고장 발생은 체인, 타이어, 안장 및 단말기, 페달 순으로 발생되었다. Cox's Prorportional Hazard Model를 활용한 계절성에 대한 비교 결과는 여름과 겨울에 체인과 단말기에서 많은 고장을 발생하였는데 이는 강설과 강우로 인하여 체인과 단말기의 습기가 유입되어 고장으로 연계된 것으로 추정할 수 있다. 안장과 페달의 경우에는 겨울에 발생이 높게 도출되었는데 이는 겨울의 기온이 낮아 금속 부분에 균열이 자주 가는 것으로 추정된다. 자치구 간 비교에 있어서는 대체로 이질성을 보이는 것으로 도출되었다. 용산구와 은평구의 경우 타이어, 체인, 안장에 대한 고장이 빈번하게 발생하는 지역으로 확인되었다.

본 연구는 자전거 부품에 대한 교체 주기와 자전거의 종합검사가 필요한 임계 주행시간을 제안하였으며, 부품에 대한 계절 영향과 지역에 대한 이질성을 분석하는데 기여가 있다. 이를 통해서 공유 자전거 운영자가 효율적인 자전거 운영과 관련한 기준을 정의할 수 있을 것으로 기대한다. 향후 연구로는 기상 등의 요인과 인근공원 간의 인접성과 같은 추가적인 요인에 대한 검토와 공유 자전거와 다르게 Free-floating 방식으로 운영되는 전동킥보드의 고장과 관련하여서도 생존분석을 적용해서 분석할 필요가 있을 것이다.

사사: 이 논문은 국토교통부 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

이탈 사용자 분류를 통한 공유 킥보드 서비스의 잠재 수요 연구

Uncovering User Churn Patterns and Retention Opportunities in Shared E-Scooter Services Through Data-driven Analysis

추범준	민진홍	김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 석사과정)	(서울대학교 건설환경종합연구소, 연수연구원)	(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

도입 이후 가파르게 증가하던 공유 전동 킥보드의 수요가 제한적인 규제와 정책으로 인해 감소하기 시작했다. 전체 수요 파이의 크기가 줄어드는 이 시점에서 공유 전동 킥보드와 같은 모빌리티 서비스(MaaS) 제공자는 신규 사용자뿐만 아니라 기존 사용자에게서도 잠재 수요를 찾아야 한다. 이러한 수요 문제를 해결하기 위해 여러 연구가 진행되었으나, 대체로 재배치 및 거치 최적화 문제같이 충실하게 서비스를 이용하는 사용자들의 수요를 더욱 충족시키는 데에 초점을 맞추었다. 따라서 본 연구는 한때 서비스를 이용했지만, 현재는 더 이상 이용하지 않는 이탈 사용자들의 이탈 원인을 분석하여 MaaS 서비스의 잠재 수요를 재점화하고자 한다.

사실 이탈 사용자의 개념은 통신 및 매체 서비스에서 오랫동안 연구되어 왔다. 특히 OTT 서비스 구독 같은 구독형 수익모델이 통신 및 매체 서비스 제공자의 주력 수익원이 된 요즘, 새로운 서비스 이용자를 모집하는 것만큼 기존 서비스 이용자들을 지키는 것이 중요해졌다. 지능형 교통 시스템(ITS) 시대가 도래하면서 교통에서도 통신 및 매체의 노하우가 융합되어야 한다. MaaS 같은 교통 플랫폼 서비스가 발전하고 있는 것처럼, 본 연구는 기존 통신 및 매체 플랫폼 서비스 제공자들의 시각을 빌려 최첨단 교통 서비스 이용자를 바라보고자 한다.

본 연구는 서울의 주요 공유 전동 킥보드 서비스인 Deer의 사용자 데이터를 바탕으로 진행된다. 데이터의 시간적 범위는 서비스 이용에 날씨의 영향이 상대적으로 적은 9월과10월로 설정했으며, 공간적 범위는 지대의 고저차가 비교적 작고 대학교, 상권, 다수의 지하철이 있는 서울 광진구 지역으로 한정한다. 사용자들은 전체 사용자 대비 평균 이용 횟수와 평균 이용 기간을 기준으로 충실 사용자, 이탈 사용자, 일반 사용자로 분류한다. 이후, 이러한 분류에 따른 탐색적 데이터 분석을 수행한다.

분석 결과, 사용자 분류는 서비스 이용을 위해 앱을 시작한 위치, 킥보드에 탑승한 위치, 킥보드를 하차한 위치 등의 공간적 정보와 유의미한 상관관계를 보였으며, 주말 및 주중 이용 패턴과 같은 시간적 정보와도 상관성이 있는 것으로 나타났다. 반면, 사용자 이탈 원인으로 예상되었던 수요 대비 실제 탑승 비율은 사용자 분류와 유의미한 상관관계를 보이지 않았다. 또한, 충실 사용자가 다른 사용자 그룹에 비해 킥보드까지 도보로 이동하는 시간이 길게 나타났으나, 이는 인과 관계가 불확실하므로 신중한 해석이 요구된다. 본 연구는 사용자 이탈의 잠재 기간을 설정하여 이탈을 예측하는 모델을 설계하는 단계까지는 이르지 못했으나, 탐색적 분석을 통해 얻은 결과를 바탕으로, 충분히 상세한 데이터가 제공된다면 예측 모델 설계의 가능성을 확인했다. 향후 연구에서는 이러한 예측 모델의 설계뿐만 아니라, 본 연구에서 사용된 사용자 분류 및 분석 결과를 바탕으로 실제 운영 전략을 개발하여 충실, 이탈, 일반 사용자 간의 행태 변화를 분석할 수 있을 것이다. 더 나아가, 수익 데이터와 사용자 행태 분석을 결합하여 동적 가격 책정 전략을 수립하는 것도 가능할 것이다. 마지막으로, 수치적인 데이터로 표현하기 어려운 규제와 법안의 영향 분석과 극단적인 이탈이 아닌, 점진적으로 서비스 이용이 감소하는 사용자들의 수요 증대 요인 분석은 미래 모빌리티 플랫폼 발전에 있어 중요한 시사점을 제공할 것이다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

물류

Session

B-11

플랫폼 기반 정책서비스 제공 방안 연구

박하영, 윤진수, 김세연, 황슬비, 송태진

Fuzzy-AHP-TOPSIS 및 MICMAC를 활용한 물류 보세창고의 선택 평가연구

방선호, 진가영, 신광섭, 하민호

콜드체인 식품기업의 3PL 선정 요인에 관한 연구

이지원, 조서희, 이향숙

인천 국제공항의 화물 운영 효율성 및 환경영향 분석 연구

진가영, 이향숙

택시, 드론, 철도를 결합한 도시 물류체계 최적화 알고리즘

권동훈, 유승희, 강상혁, 박현, 강승모

플랫폼 기반 정책서비스 제공 방안 연구

Definition and prioritization of logistics platform policy service indicators

박하영	윤진수	김세연	황슬비	송태진
(한국교통안전공단, 연구원)	(한국교통안전공단, 선임연구원)	(한국교통안전공단, 선임연구원)	(충북대학교, 석사과정)	(충북대학교, 부교수)

공공 및 민간 부문에서 독립적으로 구축·운영되는 물류 시스템은 이로 인해 정보가 분절되고 데이터의 연계 및 활용이 어려운 상황이다. 공공 부문 물류 정보는 부처 또는 기관에서 독립적으로 데이터를 생성·관리하고 있으며, 민간 또한 경쟁적 환경과 정보보호 이슈로 정보 공유의 제약이 크다.

이러한 문제를 해결하기 위해 정부 부처 및 기관, 민간 간 협력 관계를 도모하고 정보의 공동 활용 방식으로 물류 사업 전반의 디지털 전환사업을 추진 중이다. 물류 정보 통합 연계 플랫폼을 통해 데이터의 수집 및 연계, 가공 및 분석으로 정책서비스를 제공하는 기능을 구현하고자 한다.

본 연구에서는 8개의 정책서비스를 도출하고 이에 대한 핵심 지표를 정의하며, 적용 우선순위를 도출하였다.

정책 서비스 (안) 별 주요 내용 및 서비스 프로세스, 기대효과 등 구체적인 시나리오 작성 및 데이터 흐름도(DFD) 분석하였다. 개별 서비스가 정상적으로 구현되기 위한 필수 정보를 핵심 지표를 선정하고 핵심 지표 분류 기준을 선정하여 지표의 타당성과 방향성을 파악하였다.

정책서비스의 적용 우선순위를 선정하기 위해서 실현 가능성, 중요도를 기준으로 5가지의 평가항목을 설정하였다. 정보처리 절차의 복잡성, 별도의 기술 필요 여부, 제공 정보의 수, 타 서비스 포괄 가능성, 복합 서비스 산출 가능성의 항목에 대해 분석하여 점수화하였고 해당 점수를 기반으로 환산 계수를 적용해 우선순위를 도출하였다. 8개 서비스 중 1순위로 '물류시설투자 기초 분석 서비스'가, 2순위로 컨테이너 항만터미널 운영 최적화 및 효율화 지원 서비스가 선정되었다.

본 연구를 통해 정책서비스 별 핵심 지표를 선정하고 적용을 위한 우선순위를 도출하였다. 지표 정의는 정책서비스 별 플랫폼에서 제공해야 할 정보의 핵심적인 요소를 명확히 분석하여 서비스의 운영 타당성과 방향성을 파악하였으며, 이를 통해 물류 정보 통합 연계를 위한 구체적인 실현 방안을 수립할 수 있게 되었다.

또한 적용 우선순위 도출은 플랫폼의 정책서비스 제공을 위해 우선순위가 높은 서비스부터 집중적으로 개발하여 제공할 수 있는 방향을 수립하게 되었다.

향후 플랫폼 기반 정책서비스 제공을 통해 물류 운영의 효율성 및 산업 발전에 기여할 것으로 예상한다.

사사: 이 논문은 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 국가연구개발사업 (RS-2022-00142845)입니다.

Fuzzy-AHP-TOPSIS 및 MICMAC를 활용한 물류 보세창고의 선택 평가연구

A Study on the Evaluation and Selection of Logistics Bonded Warehouses Using Fuzzy-AHP-TOPSIS and MICMAC

방선호	진가영	신광섭	하민호
(인천대학교 동북아물류대학원, 박사과정)	(인천대학교 동북아물류대학원, 박사과정)	(인천대학교 동북아물류대학원, 교수)	(인천대학교 동북아물류대학원, 교수)

Logistics centers play a pivotal role in the efficient functioning of supply chain networks, necessitating their careful evaluation and selection. This study proposes a comprehensive methodology integrating Fuzzy Analytic Hierarchy Process (AHP), Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), and Matrice d'Impacts Croisés Multiplication Appliquée à un Classement (MICMAC) for the evaluation and selection of logistics centers. Initially, the Fuzzy AHP is employed to determine the weights of various criteria involved in the evaluation process, considering the imprecise and uncertain nature of decision-making in logistics. Subsequently, TOPSIS is utilized to rank the alternative logistics centers based on their performance against the identified criteria. Lastly, MICMAC analysis is conducted to identify the influential criteria and their interrelations, providing insights into the underlying dynamics affecting the selection process. The proposed methodology offers a systematic and structured approach to address the complexities and uncertainties inherent in logistics center selection. Through a case study application, the effectiveness and practical applicability of the methodology are demonstrated, illustrating its potential to support decision-makers in making informed and robust decisions regarding logistics center selection. The findings highlight the significance of considering both quantitative and qualitative factors along with their interdependencies in the evaluation and selection process, thus contributing to enhancing the efficiency and competitiveness of supply chain operations.

사사: This work is supported by the Korea Agency for infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(Grant RS-2022-00156324).

콜드체인 식품기업의 3PL 선정 요인에 관한 연구

Research on 3PL Selection Factors for Cold Chain Food Companies

이지원
(인천대학교 동북아물류대학원, 박사과정)

조서희
(인천대학교 동북아물류대학원, 석사)

이향숙
(인천대학교 동북아물류대학원, 교수)

이홍승, 김준환(2021)에 따르면 1인 가구의 증가로 인해 현대인들은 바쁜 생활 속 집에서 간편하게 먹을 수 있는 가정 간편식, 밀키트, 냉동 식품 등 비축형 식품소비에 관심을 가지기 시작했다. 또한, 임성관, 오예은, 박근식(2022)에 따르면 전자상거래 플랫폼을 이용한 신선식품의 구매 추세도 증가하고 있음을 알 수 있다. 소비자들의 간편식에 대한 수요 증가, 급속동결 냉동 및 해동기술의 발달, 온라인 유통채널의 당일배송 및 새벽배송 서비스는 신선 식품과 냉동 조리식품의 매출 증가로 이어지고 있다. 이러한 식품 소비 트렌드에 맞춰 식품 제조 기업들은 간편하게 조리할 수 있는 냉장 및 냉동 간편식품을 앞다퉈 출시하고 있다.

냉장 및 냉동식품의 성장은 콜드체인 서비스 수요의 증가를 의미하며, 온도 모니터링 등 콜드체인 관제서비스와 콜드체인 물류서비스 업계의 성장으로 이어지고 있다. 이에 맞춰 3PL 기업은 콜드체인 식품에 걸맞는 물류 서비스를 발전시킬 필요가 있다. 선일석, 이충효, 안성진(2019)에 따르면 콜드체인 3PL은 일반적인 3PL과는 다른 시각에서 접근할 필요가 있기 때문이다. 선일석, 안성진(2018)에 따르면 콜드체인은 상품의 선도 유지 및 안전성 확보를 위해 적정한 온도로 관리하는 체계이므로 일반 상온 물류체계와는 다른 특수성을 갖는다. 또한, 김창봉, 박상안, 백진희(2017)에 따르면 식품 산업은 식자재부터 제품의 가공, 생산, 최종 소비자에게 도달하기까지 복잡한 유통구조로 되어있으므로 자체적으로 콜드체인을 관리하기에 한계를 두고 있다. 따라서 콜드체인 식품 기업은 콜드체인 역량이 뛰어난 기업에 3PL을 맡길 것이며, 파트너십 관계를 더욱 견고히하여 고객 만족에 대응하고자 할 것이다. 그러므로 3PL 기업은 화주기업인 콜드체인 식품 기업의 3PL 선정고려사항과 요구하는 필요사항을 알아보고 참고하여 경영전략을 모색할 필요가 있다.

본 연구는 증가하는 콜드체인 식품 시장의 성장세 속에서 콜드체인과 식품이라는 특수성을 고려하여 연구를 진행하고자 한다. 따라서 본 연구는 콜드체인 식품 기업이라는 화주의 입장에서 3PL 기업에게 요구하는 콜드체인 물류 역량 및 서비스는 무엇이 있는지 알아보고, 콜드체인 3PL 서비스에 대한 만족도는 어떠한지 살펴보고자 한다. 또한, 콜드체인 3PL 기업에게도 콜드체인 식품 역량을 발전하기 위한 의견을 확인해보고자 한다.

분석 결과 화주사인 콜드체인 식품 기업은 물류서비스 가격, 물류서비스 역량, 물류서비스 신속성, 콜드체인 인프라, 콜드체인 숙련도, 파트너십 능력, 요청사항 수용 능력, 커뮤니케이션 능력에 대해 만족도와 중요도가 높은 것으로 나타났다. 반면, 물류정보시스템, 콜드체인 조직 보유, 기업 이미지, 재무적 신뢰도는 상대적으로 중요도와 만족도가 낮은 것으로 나타났다. 본 연구 결과를 바탕으로 콜드체인 식품 3PL 기업의 경쟁력 강화를 위한 요인의 우선순위를 도출했다는 것에 의미가 있다고 사료된다.

사사: 본 논문(저서)은 교육부 및 한국연구재단의 4단계 두뇌한국21 사업(4단계 BK21 사업)으로 지원된 연구임

인천 국제공항의 화물 운영 효율성 및 환경영향 분석 연구

An Analysis of the Operation Efficiency and Environmental Impact of Cargo at Incheon International Airport

진가영
(인천대학교 동북아물류대학원, 박사과정)

이향숙
(인천대학교 동북아물류대학원, 교수)

공항의 운영 효율성 연구는 전통적으로 활발히 수행되고 있으나, 환경으로 인한 영향까지 고려한 연구는 미미한 상황이다. 본 연구는 세계 주요 국제공항의 운영 효율성 및 환경적 영향을 분석한 것으로, 각 공항의 운영 현황을 연도별로 평가해보고, 인천 국제공항의 관점에서 개선책 및 전략을 제시하고자 한다. 이를 위해 2018년부터 2022년까지 세계 20개 국제 공항을 대상으로 화물부문 연도별 효율성 변화를 분석하고, 공항 운영에 영향을 미치는 다양한 요인을 탐색하였다. 연구 결과, 홍콩 국제공항, 멤피스 국제공항, 테드 스티븐스 앵커리지, 루이빌 무함마드 알리 국제공항 등은 최적의 규모 효율성을 지속적으로 유지하는 것으로 나타났다. Covid-19 팬데믹 기간의 변화를 살펴보면 공항 효율성이 전반적으로 하락하다가 2021년부터 점차 회복하는 패턴을 보였다. 인천 국제공항의 규모 효율성은 0.635~0.762로 상대적으로 낮아 개선이 필요한 상황으로 평가되었다. 한편, 기술적 효율성은 인천국제공항을 포함한 10개 공항에서 최적 수준을 달성하였다. 이어서 환경 영향을 고려하기 위해 공항별 비행기 이착률을 부정산출요인으로 선정하여 분석하였다. 홍콩 국제공항, 테드 스티븐스 앵커리지 국제공항, 루이빌 무함마드 알리 국제공항은 지속적으로 높은 효율성을 달성한 반면, 인천 국제공항, 마이애미 국제공항, 로스앤젤레스 국제공항 등은 부정산출요인으로 인해 효율성이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 환경 오염을 줄이기 위해서는 운행편수를 단순히 늘리는 것보다 효율적으로 스케쥴을 편성하는 것이 중요하다는 것을 시사한다. 본 연구의 결과는 향후 공항의 효율성 향상을 위한 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

택시, 드론, 철도를 결합한 도시 물류체계 최적화 알고리즘

Optimization Algorithm for Urban Logistics System Integrating Taxis, Drones and Metro

권동훈	유승희	강상혁	박현	강승모
(고려대학교 건축사회환경공학과 석박사통합과정)	(고려대학교 건축사회환경공학과 석박사통합과정)	(고려대학교 건축사회환경공학과 석박사통합과정)	(고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정)	(고려대학교 건축사회환경공학부 교수)

전 세계적으로 도시지역으로의 인구집중이 심화되고 있으며, 국내의 경우 도시지역 거주 비율이 91.8%로 매우 높은 수치를 나타내고 있다. 이러한 인구집중 현상과 동시에 국내 택배 물동량은 꾸준히 증가하여 2022년 물동량은 2015년 기준 2배 넘게 증가하였다. COVID-19와 함께 당일배송, 지정시간 배송 등 다양한 형태의 배송 수요가 발생하였으며, 급변하는 배송서비스 요구에 대비한 새로운 물류기지 건설, 배송 차량 및 배송원 등 추가적인 인프라 투입을 통한 배송 방법의 다각화가 필요하다. 그러나 도시지역의 경우 도로혼잡으로 인해 소비자 요구에 따른 서비스 제공에 한계가 있으며, 높은 재정투입이 필요한 실정이다.

승객·물품 통합 수송은 통행 수요와 퍼스트마일, 라스트마일 비용을 잠재적으로 줄일 수 있는 전략적인 방법이다(Cavallaro et al., 2023). Ji et al.(2020)은 철도, 트럭, 택시를 이용하여 운영 비용과 철도 허브 구축 비용을 고려한 승객·물품 공유 수송 네트워크를 제시하였고, Machado et al.(2023)은 도시 외곽에 있는 버스 차고지에서 물품을 실어 시내 중심까지 물품을 배송할 수 있는 버스 네트워크 최적화 알고리즘을 제시하였다. Cheng et al.(2023)은 드론과 이를 탑재할 수 있는 버스를 결합하여 승객·물품 통합 경로 최적화 알고리즘을 제시하였다. 이처럼 이전의 연구에서는 수단 간 통합연계 운송 방법을 제시하였으나, 라스트마일에서 기존의 배송 방법과 동일하게 화물차량 또는 인력이 투입되어야 하며, 물품 보충을 위해 도심 외부 차고지로 반복적인 이동이 필요하다. 또한, 버스노선은 고정되어있기 때문에 수단 통합으로도 서비스되지 않는 지역이 발생할 수 있다. 이러한 방법들은 차량 수가 용량과 물품 수량에 따라 결정되기 때문에 다수의 차량이 요구되거나, 유연한 경로를 제시할 수 없는 한계가 존재한다.

현재 지속적인 택배 물동량 증가 및 배송 수요 다양화에 대비한 새로운 인프라가 필요한 상황이나, 과밀한 도시지역의 추가적인 차량투입은 도로혼잡을 더욱 가중하며 과도한 재원 필요 등의 한계가 존재한다. 본 연구에서는 철도, 택시와 같은 기존 수단과 새로운 친환경 수단인 드론을 활용하여 수단간 연계를 통한 물품의 최적 운송경로를 제시한다. 기존 지하철역을 이용함으로써 추가적인 인프라 구축을 최소화하여 택시가 물품을 계속 보충할 수 있도록 한다. 택시는 승객과 물품을 운송할 수 있으며 택시에 장착된 드론은 물품을 배송하여 택시의 이동거리 감소와 배송시간 단축 효과를 기대할 수 있다.

본 연구에서는 Adaptive Large Neighborhood Search(ALNS) 알고리즘을 적용하여 문제를 풀이한다. ALNS 알고리즘은 경로 탐색, 스케줄링 관련 연구 분야에 널리 적용되고 있는 메타휴리스틱 방법으로써(Turkeš, 2021) 단순한 여러 개의 operator를 경쟁시켜 더 좋은 해를 출력하는 알고리즘을 채택하며 해를 점차 개선하는 형식이다(Pisinger & Ropke, 2007). 또한, 드론의 비행 시작 지점을 바꿔가며 해 개선 여부를 확인하는 Swap Local Search를 적용하여 ALNS 결과로 제시된 경로를 개선하였다.

사사: 이 논문은 2024년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2021R1A2C2004125)

Session C

International(II)

Session C-1

완전한 교통 예측 시스템을 위한 프레임워크 개발:문헌 검토

Lucas Kervin Joshua, 김인희

컴퓨터 비전 기반 거리 환경 복잡성에 따른 자전거 운전자의 안전 인식 영향분석

Lurong Xu, 김인희

장시간 간격을 가진 여행에서의 최단 경로 강화 궤적 복구

Yonghui Liu, Inhi Kim

서울시민의 자율주행자동차 수용성에 영향을 미치는 요인 분석

Minarta Ria Roida, 박종한, 윤덕근, 고준호

완전한 교통 예측 시스템을 위한 프레임워크 개발: 문헌 검토

Developing a Framework for a Complete Transport Forecasting System: A Literature Review

Lucas Kervin Joshua
(KAIST, PhD Student)

김인희
(KAIST, 부교수)

This research proposal suggests developing a framework for a full transportation forecasting system using the agent-based modeling (ABM). In trip based (four step approach) modelling, motorists (represented by aggregated data) tend to follow a script based on socio demographic data and statistical tools. Due to the evolving complexity of commuter's decision making, ABM seeks to expand on the simplistic behavior of an individual motorist (to be called agents) from the four-step approach to make decisions in real time. It is intended to take advantage of these complex behaviors where the trip based model fails to analyze. Agent Based Modelling in literature has been studied with methodologies for each trip based models: for trip generation (1st step), constructing of Origin-Destination Matrix (2nd step), and Modal Split (3rd step), and private trip assignment (4th step). This proposal seeks to determine the research gap of transport agent-based modelling as there is a disconnect to current models following the sequence of the four-step approach. There is lacking methodologies for a multi modal assignment especially for the public transportation and for calibration and validation.

사사: This work was supported by The Ministry of Land, Infrastructure, and Transport(MOLIT, KOREA) (No. RS-2022-00141102).

컴퓨터 비전 기반 거리 환경 복잡성에 따른 자전거 운전자의 안전 인식 영향분석

Assessing the Impact of Street-Level Built Environment Complexity on Cyclists' Perceived Safety: A Computer Vision Approach

Lurong Xu[1),2)]
[1)]KAIST, Visiting Student Researche

김인희[2)]
[2)]KAIST, 부교수

In the realm of urban transportation, the concept of perceived safety emerges as a pivotal determinant in promoting cycling. This perception is intricately shaped by the visual and spatial cues present in the urban environment, hinting at the complex role of street-level built environment (BE) features in influencing a cyclist's sense of safety. While extensive research has been conducted on the impact of individual BE features on perceived safety (e.g.,the presence of cycling facilities, traffic volume, the ratio of greenery and sky exposure), a comprehensive understanding of how the cumulative complexity of these features affects cyclists' perceptions has been largely overlooked. This study delves into the street-level BE complexity by examining three distinct subcategories: color, texture, and visual richness. Employing an innovative approach, it leverages Computer Vision (CV) technology to extract street-level BE complexity from Street View Images (SVIs) and utilizes an online crowdsourcing database to gather cyclists'subjective safety perceptions. The Generalized Additive Model (GAM) is applied to explore the non-linear dynamics between street-level BE complexity and cyclists' perceived safety. The findings indicate that BE complexity positively influences perceived safety up to a certain threshold. By unveiling the nuanced relationship between urban design and cyclists'safety perceptions, this study contributes valuable insights to the enhancement of urban cycling experiences, advocating for cycling as a sustainable transportation mode through a nuanced understanding of cyclists' psychological safety needs.

사사: This research was supported by a grant(code RS-2023-00233952) from R&D Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

장시간 간격을 가진 여행에서의 최단 경로 강화 궤적 복구

Shortest Path Enhanced Trajectory Recovery from Trip Across Long Interval Time

Yonghui Liu
(Cho Chun Shik Graduate School of Mobility, Korea Advanced Institute of Science (KAIST), PhD Student)

Inhi Kim
(Cho Chun Shik Graduate School of Mobility, Korea Advanced Institute of Science (KAIST), PhD Student)

To facilitate the advancement of intelligent transportation system (ITS) and autonomous vehicles (AVs), accurately tracking the trajectories of various traffic participants is crucial. However, a lot of data sets published with incomplete trajectories concerning privacy issues. In this paper, we study the problem of trajectory recovery of trip data that contains incomplete trajectories across long interval time. Most existing works addressing this problem based on overly simplified traditional methods or deep learning models that failed to leverage the rich information available from road networks, which result in poor performance. In this study, we introduce a trajectory recovery model based on a pretrained deep learning model, capable of reconstructing complete trajectories from privacy preserved trip data. Firstly, we employ Graph Attention Networks (GAT) to model constraints imposed by road structures, enhancing the model's understanding of traffic networks. Then, a transformer layer is adopted to extract spatial and temporal features, following by a multi-task decoder to recovery missing trajectory information. Furthermore, considering the effectiveness of widely used data-driven methods largely depends on the scale and quality of the data, deep learning models face data scarcity when applied to real world scenarios. To overcome this limitation, this study introduces a pre-training sub-tasks that learns intrinsic traffic characteristics from generated datasets and extends its applicability to road networks lacking of data. Experiments on an open source taxi trajectory dataset confirm the effectiveness of our approach..

사사: trajectory recovery, transformer;, pre-train

서울시민의 자율주행자동차 수용성에 영향을 미치는 요인 분석

Factors Affecting the Acceptance of Autonomous Vehicles in Seoul

Minarta Ria Roida
(한양대학교
석박통합과정)

박종한
(한양대학교
박사후연구원)

윤덕근
(한국건설기술연구원)

고준호
(한양대학교 교수)

In an era where autonomous vehicles are on the brink of transforming transportation, this study is imperative for understanding the multifaceted factors that influence individuals' readiness to embrace this technology. With South Korea aiming to have fully autonomous buses by 2025 and Level 4 Autonomous Driving by 2027 to reach 50% adoption by 2035, it is crucial to look into what societal and individual factors affect how willing people are to adopt autonomous vehicles. This research dives into these factors, looking at people's backgrounds, travel, and what they think about autonomous vehicles. This research employs an ordinal logistic regression with random parameters to capture the nuanced and varied preferences across different demographics, providing a robust analysis that informs both theoretical understanding and practical application in the field. The findings are interesting because socio-demographic factors such as gender, household size, and occupation significantly influence AV acceptance for private vehicle users, aligning AV features with their lifestyles. Meanwhile, public transit users focus on cost, travel time, and environmental efficiency, mirroring their priorities in shared mobility contexts. This result reflects how each group's commuting habits shape their AV adoption perspectives. For further example, larger families seem more open to autonomous vehicles, with a 34.5% increase in willingness from private vehicle respondents. People who work in production or general labor are also much more open, likely because it could make their commutes easier. People with mid and high incomes also show increased openness. Travel time for public transport and the necessity of transfers are significant factors only for public transport users, with waiting time causing a 0.5% increase in willingness and each additional transfer leading to a 48% increase; revealing the value of autonomous vehicles in providing efficient, seamless travel experiences. Economic related to the AV is also important for all users, with a 60.1% increase in willingness if the technology is cost-effective. Social networks have a significant impact, with an 81.5% increase in willingness to be influenced by what others think. In conclusion, by understanding people's needs, highlighting the benefits, and considering social influences, we can increase acceptance and adoption rates, paving the way for a smoother integration of autonomous vehicles into our lives.

사사: This work is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(Grant RS-2021-KA160881, Future Road Design and Testing for Connected and Autonomous Vehicles).

교통 빅데이터 및 AI(V)

Session

C-2

차선 폐쇄 심각성을 반영한 고속도로 공사구간 용량 산출을 위한 보정계수 개선

김지영, 이동민

모빌리티 데이터를 활용한 현행 고속도로 건설공사 사후평가 개선방안 검토

김태균, 나예진, 조재현, 심재엽

이항 로지스틱 회귀모형을 이용한 고속도로 콘존단위 일일 교통안전등급 산정

변민우, 권오훈, 유봉석, 김석근

화물 모빌리티를 이용한 속보성 제조업 산업활동 지표 개발 – 수도권과 지방 5대 광역시를 대상으로 –

김동호, 김수재, 박동주

DTG 데이터를 활용한 화물자동차 적재상태 추정 방법론 개발: 동력전달계와 주행저항 고려

탁지훈, 최정범, 박동주

차선 폐쇄 심각성을 반영한 고속도로 공사구간 용량 산출을 위한 보정계수 개선

Improvement of Correction Coefficients for Highway Construction Zone Capacity Estimation Reflecting Lane Closure Severity

김지영
(서울시립대학교 교통공학과 석사과정)

이동민
(서울시립대학교 교통공학과 & 스마트시티공학과 교수)

현재 KHCM(Korea Highway Capadity Manual 2013) 상 용량 산정 방식은 설계속도별 기본 도로용량에 공사구간의 개방 차로수와 보정계수를 곱하여 산정하는 방식이다. 이는 4차로 개방과 2차로 폐쇄, 2차로 개방과 1차로 폐쇄의 상황을 정확하게 반영하지 못하기 때문에 KHCM 2013 상 고속도로 공사구간 도로용량은 실제 용량과 차이가. 이러한 한계점을 극복하기 위해 본 연구에서는 US HCM의 LCSI(Lane Closure Severity Index)를 참고하여, 차로 폐쇄의 심각성을 반영하여 보정계수를 개선하고자 하였다. 이를 해결하기 위해 UC HCM의 LCSI를 적용하고자 하였으나 US HCM(7th)의 LCSI는 차로 폐쇄의 심각성을 반영하기 위해 회귀식의 하나로 쓰이는 변수로 본 연구에서는 KHCM의 곱셈 방식에 적용하기 어렵다고 판단하였다. 따라서 LCSI를 변형하여 차로수를 대체할 수 있는 새로운 보정계수를 만들고자 하였다. 우선, 비율로 되어 있는 LCSI(Lane Closure Severity Index)를 차로수 단위로 변환할 수 있도록 역수화 과정을 거쳤다. 역수화란, 어떤 수나 비율의 역수를 취하는 과정을 의미하며, 이는 값의 단위나 척도를 다르게 표현할 때 자주 사용된다. 이 경우에는 LCSI의 비율 값을 차로수 단위로 변환하기 위해 역수화를 시도했다. 그러나 이러한 역수화 과정을 거친 후에도, 공사구간의 개방 차로수와 역수화된 LCSI값 사이에는 큰 차이가 발생했다. 또한 동일한 차로 폐쇄 비율을 가진 경우에도 변환 후의 값이 동일하게 나오는 한계가 있었다. 이를 개선하고자 α β 두 개의 파라미터를 도입하였다. α파라미터는 차로 폐쇄 비율이 동일하더라도 개방 차로수가 다른 경우를 구분하기 위해 추가되었고, β파라미터는 LCSI를 차로수 단위로 변환하기 위해 추가되었다. 개선된 보정계수를 바탕으로, 본 연구에서는 유전 알고리즘을 활용한 두 가지 접근 방식을 시도하였다. 첫 번째 방식에서는 유전 알고리즘을 이용하여 α값을 0과 1 사이로 설정하고, β값과 공사구간의 용량은 회귀모형을 사용하여 산출하였다. 두 번째 방식에서는 목표 용량을 미리 지정한 뒤, 유전 알고리즘을 통해 최적의 α β값을 찾아내는 방법을 적용하였다. 본 연구를 통해 개발된 새로운 보정계수는 고속도로 공사구간에서의 도로용량을 더 정확하게 산정할 수 있게 하며, 이는 교통 흐름을 효율적으로 관리하고 교통 혼잡을 완화하는 데 크게 기여할 것으로 예상한다. 더불어, 이 연구의 방법론은 고속도로 공사구간에 한정되지 않고, 차로가 폐쇄되는 다양한 상황에서도 적용 가능하다는 점에서 그 유용성이 더욱 높아질 것이다. 실제 본 연구를 통해 고속도로 공사구간에서의 용량 산출을 더욱 정확하게 할 수 있으며, 그로 인해 교통 흐름과 전반적인 교통 관리를 개선하는 데 크게 기여할 것으로 기대된다. 향후 연구에서는 본 연구로 도출된 새로운 보정계수와 기존의 LCSI 방법론 사이의 파라미터 연관성을 명확히 하는 것이 중요한 과제로 고려되어야 한다. 특히, 새로운 α β파라미터와 LCSI의 상호작용 및 그 영향을 깊게 이해하는 것이 필요하다. 이를 위해 통계적, 기계학습, 또는 최적화 알고리즘 등 다양한 방법들을 적용해 보는 것이 유용할 것으로 예상한다. 또한, 실제 교통 데이터와의 비교 분석을 통해 새로운 보정계수의 유효성을 검증할 필요가 있다. 마지막으로, 본 연구의 방법론을 다양한 교통 상황과 지리적 조건에 적용해 보는 것도 중요하다. 이는 새로운 보정계수와 방법론의 범용성을 평가하는 데 큰 도움이 될 것이다.

핵심용어 : 공사구간, 용량산정, LCSI(Lane Closure Severity Index), 유전 알고리즘, 보정계수

사사: 이 논문은 국토교통부의 「스마트시티 혁신인재육성사업(2019-2023)」으로 지원되었습니다.

This work is financially supported by Korea Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) as 「Innovative Talent Education Program for Smart City」.

모빌리티 데이터를 활용한 현행 고속도로 건설공사 사후평가 개선방안 검토

Study of the Improvement Plan for the Post Evaluation of the Current Highway Construction Using Mobility Data

김태균	나예진	조재현	심재엽
((주)스튜디오갈릴레이 상무)	((주)튜디오갈릴레이 선임)	((주)스튜디오갈릴레이 주임)	(한국도로공사 미래전략처 연구원)

본 연구는 현행 고속도로 건설공사 사후평가 시 다양한 모빌리티 데이터를 활용하여 보다 종합적이고 정량적으로 사후평가 방안을 마련하고자 하였음. 현행 건설공사 사후평가는 사업지 대상에 제한된 수요분석을 기반으로 한정적인 측면에서 평가지표를 제시하고 있는 한계가 있음. 따라서 본 연구에서는 지역연계성 및 접근성성 등 종합적인 측면에서 건설공사의 사후평가 결과를 제시하고자 민간 내비게이션 데이터(아니나비 데이터)의 실제 통행속도 자료를 활용하여 각 편익항목에 대한 정량화된 지표를 산출하였으며, 경로탐색 api(카카오맵)과 결합하여 분석하였음. 뿐만 아니라 한국안전공단에서 관리하고 있는 DTG(차량운행기록계)데이터를 바탕으로 고속도로 내 화물통행의 이동특성을 분석하여 통행유발지역 분석 및 시간대별 화물이동특성의 차이 등을 파악하였음. 이를 통해 고속도로 건설에 따른 파급효과를 기존보다 객관적이고 정량적으로 제시가 가능하였으며, 다양한 빅데이터 분석에 대한 건설공사 사후평가의 활용방안을 제시함.

이항 로지스틱 회귀모형을 이용한 고속도로 콘존단위 일일 교통안전등급 산정

Daily Traffic Safety Rating for Conzone Unit on Expressway Using Binary Logistic Regression Model

변민우	오훈	유봉석	김석근
(계명대학교 도시계획및교통공학과, 석사과정)	(계명대학교 교통공학과, 부교수)	(와이비에스, 대표이사)	(한국도로공사, 차장)

국내 고속도로 교통사고의 주요 원인은 대부분 인적요인(졸음, 주시태만 등)이 차지하고 있어 고속도로 교통사고의 감소를 위해서는 교통예보 시스템을 활용한 전국·구간·콘존 단위 등의 교통안전등급 정보 제공을 통하여 운전자의 자발적인 안전운전 유도와 경각심 고취가 필요하다. 본 연구는 한국도로공사 고속도로 교통사고 데이터와 본부별 기상정보를 활용하여 일자별 기상정보, 교통량, 사고건수 등과 같은 고속도로 교통안전에 영향을 미치는 다양한 요인 간의 인과관계를 체계적으로 분석하고, 로지스틱 회귀분석을 활용해 일일 교통안전등급을 산출하는 방법론을 개발 및 적용함으로써 도로 이용자의 교통안전성 제고와 사망자 감소에 기여할 것을 기대한다.

평일/휴일(주말+공휴일)/명절연휴에 따라 교통류 흐름 및 특성이 상이하여 대안 1(평일/휴일+명절연휴), 대안 2(평일/휴일), 대안 3(전체) 세 가지 대안으로 설정해 모형학습을 시행하였다. 대안별 로지스틱 회귀분석 모형의 정확성 성능을 비교해 보았을 경우, AUC 기준으로는 62%~63%대의 수치를 보이고, Accuracy는 96%대의 수치를 보였다. 세 가지 대안 중 대안 1이 AUC에서 가장 유리하게 나타났고, 대안 3이 Accuracy에서 가장 유리하게 나타났다. 전반적인 정확성 성능은 비슷한 수준이며 큰 차이가 없어, 대안 3이 모형의 수가 적어 실무에서의 활용 편의성이 크며, 교통예보 시스템에 적용이 용이한 장점이 있어 최종모형으로 선정하였다. 최종 선정한 대안 3의 모형에서는 P-value가 높은 평균 기온, 콘존길이는 후진제거법 적용 후 독립변수에서 탈락하고, Z value를 기준으로 가장 높은 영향을 미치는 요인은 정체길이로 나타났고, 다음으로 평균 강수량, 평균 적설량, 평균 풍속, 작업건수, 교통량 순으로 나타났다.

최종 대안으로 선택된 로지스틱 회귀분석 모형을 통해 도출된 사고발생 확률을 교통안전등급화 기준에 따라 안전, 주의, 위험, 심각 4개 등급으로 나누는 방안을 제시하고자 한다. 교통안전등급화 기준 산정을 위하여 사고발생 확률 경계값을 변화시켜가며 적합한 기준을 도출하였다. Test Dataset 기준으로 모형에서 예측된 각 콘존 일일 교통사고 발생 확률을 임의로 정한 교통안전등급화 기준에 따라 등급화하고 각 해당 등급에서의 실제 교통사고 발생률(해당 등급으로 분류된 총 데이터 중 실제 사고가 발생한 데이터의 비율)이 해당 등급화 기준의 사고발생 확률 범위에 부합하는지 확인해가며 등급화 기준을 조정하였다. 그 결과, 교통안전등급화 기준을 안전등급은 사고발생 확률 2.4% 미만, 주의등급 2.4% 이상~5.0% 미만, 위험등급 5.0% 이상~6.9% 미만, 심각등급 6.9% 이상으로 제안하였다.

본 연구에서 제안한 로지스틱 회귀분석 모형과 교통안전등급화 기준을 활용하여 일일 교통안전등급을 산출하는 방법론은 도로 이용자에게 교통안전등급을 사전 제공함으로써 운전자의 자발적인 안전운전 유도와 경각심 고취를 통해 교통안전성 제고와 사망자 감소에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 한국도로공사 “일일 교통안전등급 산출에 관한 연구”에 지원으로 수행되었음

화물 모빌리티를 이용한 속보성 제조업 산업활동 지표 개발
- 수도권과 지방 5대 광역시를 대상으로 -

Development of Faster Manufacturing Industry Activity Indicators using Freight Mobility

김동호
(한국교통연구원
교통빅데이터연구본부
책임전문원)

김수재
(홍익대학교
도시공학과
박사)

박동주
(서울시립대학교
교통공학과
교수)

경제 부분에서 소비의 비중이 높아지면서 제조업 생산동향 지표가 경기 판단을 위한 중요한 자료로 활용되고 있다. 통계청에서는 지역별 제조업 생산동향을 파악하기 위해 제조업생산지수를 작성하여 제공하고 있다. 그러나 지역별 제조업생산지수는 월 단위의 조사주기와 공표주기 때문에 2개월의 시차가 발생하여 시의성이 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 특히, 공공과 민간에서는 코로나19 등과 같이 사회경제적 위기가 발생시 신속하게 제조업 생산동향을 파악하여 대응할 수 없다. 이러한 한계점 때문에 지역별 속보성 제조업생산지수의 필요성이 지속적으로 부각되고 있다. 최근 지역별 제조업 생산동향 밀접한 관련이 있는 화물 모빌리티의 활용성이 증가하고 있다.

이러한 배경하에 본 연구는 화물 모빌리티 데이터를 이용하여 수도권과 지방 5대 광역시 지역을 대상으로 속보성 제조업생산지수를 추정하기 위한 방법론을 개발하였다. 첫째, 수도권과 지방 5대 광역시의 제조업 생산동향과 관련된 모빌리티 특성을 이동성, 규모성, 효율성, 연결중심성으로 정의하고, 제조업생산지수와 시계열 상관성 및 Granger 인과성 관계를 분석하였다. 수도권과 지방 5대 광역시의 이동성, 규모성, 효율성, 연결중심성은 제조업생산지수와 같은 방향으로 경기에 순응하고,동행하는 것으로 나타났다. Granger 인과성 분석 결과, 수도권과 지방 5대 광역시의 이동성, 규모성, 효율성은 제조업생산지수와 양방향 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 둘째, 시계열 상관성 및 Granger 인과성 분석 결과를 토대로 수도권과 지방 5대 광역시의 이동성, 규모성, 효율성과 제조업생산지수를 이용하여 다변량 시계열 모형인 패널 VAR 모형을 구축하였다. 구축된 모형을 이용하여 추정된 수도권과 지방 5대 광역시의 속보성 제조업생산지수는 높은 정확도를 보이고 있다.

본 연구는 화물 모빌리티를 활용하여 수도권과 지방 5대 광역시의 제조업 생산동향과의 시계열 상관성과 인관성 관계를 규명하고, 속보성 지표를 파악할 수 있는 방법론을 개발했다는 점에서 큰 의의가 있다. 본 연구에서 개발한 방법론을 통해 추정되는 수도권과 지방 5대 광역시의 속보성 제조업생산지수는 공공기관 및 민간기업의 정책 및 전략 수립에 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

DTG 데이터를 활용한 화물자동차 적재상태 추정 방법론 개발: 동력전달계와 주행저항 고려

Development of a Methodology for Estimating the Load Status of Freight Vehicles Using DTG Data: Consideration of Powertrain and Driving Resistance

탁지훈
(서울시립대학교)

최정범
(서울시립대학교)

박동주
(서울시립대학교)

본 연구는 교통계획 및 교통공학 분야에서 중요한 자료로 활용되는 화물자동차의 적재상태(공차 및 영차) 정보를 효과적으로 추정하는 새로운 방법을 제시한다. 기존의 화물자동차 적재상태 정보 수집 방법은 직접조사 방법과 시스템 수집 방법(WIM)으로 구분되나, 두 방법 모두 비용 및 시간 소모가 크고 정확성이 떨어지는 등의 한계를 가지고 있다.

이에 본 연구에서는 DTG 데이터를 기반으로, 특히 순간 속도와 rpm 간의 관계를 분석하여 화물자동차의 적재상태를 판단하는 방법을 개발하였다. 이를 위해, 뉴턴의 제2법칙을 기반으로 한 차량 동역학적 접근 방법과 차량의 동력전달계, 주행저항의 영향을 분석하여 화물자동차 적재상태 추정에 필요한 기본 전제를 제시하였다. 특히, KDB(Kernel Density Estimation)를 활용하여 기어단수를 구분하고, 주행궤적 경사도를 추정하는 방법을 포함하여 화물자동차의 적재상태의 보다 정확한 추정을 목표로 한다.

본 연구에서는 SVM과 BNN 모형을 비교 분석하여 적재상태 추정에 가장 적합한 모형을 선정하고, BNN 모형을 통해 약 89.28%의 정분류율을 달성했다. 특히 속도 범위 69~80km/h에서 95%의 높은 정분류율을 보임으로써, 본 연구의 실용성을 입증했다.

본 연구는 차량 동역학의 기초 원리를 현실 데이터에 적용한 독창적인 접근 방식을 제시함으로써, 교통계획 및 물류시스템의 최적화를 위한 새로운 방향을 제시한다. 다양한 톤급의 화물차량에 대한 추가적인 데이터 수집과 외부 영향요인을 고려한 모델의 고도화가 필요함에도 불구하고, 본 연구는 교통관리 및 환경 정책 수립에 중요한 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 「DTG 데이터를 활용한 화물자동차 적재상태 추정 방법론 개발: 동력전달계와 주행저항 고려」는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2020R1A2C1006919)

교통 빅데이터 및 AI(VI)

Session

C-3

신호운영체계 개선을 위한 교통량 추정모형 고도화 프로세스

김진재, 곽명신, 이채영, 천승훈

수면 부족이 심전도 및 운전 성능 변화에 미치는 영향:졸음운전 위험성 예측 연구

박수연, 김도경

데이터 큐브 모델을 활용한 상업용 차량 위험운전 행동 다차원 분석

진주빈, 노병준

신호 교차로 딜레마 구간에서의 좌회전 차량 추돌 위험성 평가

최세원, 최준희, 문세동, 김동규

드론 궤적데이터를 활용한 고속도로 합류 구간에서의 차로 변경 차량 안전 분석

최재원, 문세동, 김동규

신호운영체계 개선을 위한 교통량 추정모형 고도화 프로세스

Process of Improving Traffic Volume Estimation Models for Signal Operation System Advancement

김진재	곽명신	이채영	천승훈
(한국교통연구원 교통빅데이터연구본부, 연구원)	(한국교통연구원 교통빅데이터연구본부, 연구원)	(한국교통연구원 교통빅데이터연구본부, 연구원)	(한국교통연구원 AI·빅데이터플랫폼연구팀, 팀장)

2022년 기준 서울시에서는 도심 24개소, 시계 38개소, 교량 21개소, 간선 46개소, 도시고속 10개소로 총 139개 지점에서 교통량을 조사하고 있다. ITS국가교통정보센터에서 제공하고 있는 표준노드링크를 기준으로 서울시에는 11,887개 링크가 존재하여 검지기가 설치된 링크는 139개 지점으로 전체 표준노드링크 대비 1.1% 링크에 대한 교통량 정보만 수집하고 있는 상황으로 서울시 전역에 대한 교통량 파악에 어려움이 있다. 또한, 설치되어 있는 대부분의 검지기는 총 교통량만 수집하고 있어, 차종별 교통현황 파악이나 차종별 맞춤형 교통수립 및 신호운영 최적화의 입력자료로 활용됨에 있어 어려움이 존재한다. 해당 문제의 해결을 위해, 본 연구는 교통량 추정(전수화) 모형의 설계와 활용 데이터 셋 구성에 따른 전수화 모형의 정확도(MAPE)에 대한 연구를 진행하였다.

교통량 추정 모형은 여러 데이터확대(Data Augmentation)모형들(Random Forest, XGboost, Light GBM 등)에 대해 앙상블기법을 활용하여 모형의 강건성을 확보하였다. 개별 모형의 입력변수로는 통행량, 속도, 차로수, 도로연장, 도로등급(유형) 등을 선정하였으며, 시간단위 링크 교통량을 출력변수로 설정하였다.

활용 데이터 셋으로는 서울시가 제공받는 Tmap 데이터와 ViewT가 활용중인 Tmap 데이터가 있으며 이 두 데이터 셋 간의 비교분석을 통해 Tmap 데이터 유형간의 비교 및 모형 고도화에 따른 정확도 개선을 분석하였다. 기초 데이터 셋은 앞서 설정된 입력변수(통행량, 속도 등) 만을 활용한 전수화 모형이었으며, 각 데이터 셋에 대한 MAPE는 서울시(10.5), ViewT(9.2)로 나타났다

이후 고도화 과정에서 ViewT 데이터셋은 모형 내 입력변수(시공간적 연결성 변수)를 추가하여, 모형의 개선(MAPE 9.2→7.0)을 이뤘다. 서울시의 경우 활용가능 데이터의 한계로 인해 해당 과정이 미수행되었다. ViewT기반 모형은 고도화 과정 중 데이터를 추가(관측교통량 조사지점 확대)했음에도 모형의 정확도가 낮아지기도 하였는데(7.0→7.5), 이는 해당 지점들에서 충분한 관측교통량이 집계되지 않아 발생한 문제로 파악되었다. 최종 고도화 모형은 요일과 시간에 대한 데이터셋을 분리하였으며, 평일/주말만을 구분한 모형과 평일/주말에 대해 시간별로 분류한 모형으로 세분화하여 분석을 진행하였다. 서울시의 경우, 평일/주말에 대해 시간별로 교통량을 추정하였을 때, MAPE가 5.5까지 개선되었으며, ViewT의 경우, 평일/주말만을 구분한 모형이 MAPE가 6.6으로 개선됨을 확인할 수 있었다.

본 연구는 실제 데이터를 활용하여 적절한 데이터셋의 추가가 예측정확도에 미치는 영향을 파악할 수 있었다는 점에서 학술적인 의의를 가지며, ViewT 모형을 통해 향후 서울시 데이터 기반 교통량 추정모형의 고도화 시 필요한 분석과정을 파악하였다는 점에서 실무적인 의의를 가진다. 서울시 전역의 교통량 추정모형을 고도화함에 따라, 향후 시나리오 분석을 통한 서울시 혼잡 및 혼잡위험 도로 판별, 추정 교통량기반의 녹색교통지역 및 주요 도로에 대한 교통혼잡, 오염물질 배출량 등에 대한 지표 제시, 개별차량 통행패턴 분석을 통한 신호체계 유연화 및 효율화와 같은 활용체계 마련이 가능할 것으로 판단된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2023-00242291).

수면 부족이 심전도 및 운전 성능 변화에 미치는 영향: 졸음운전 위험성 예측 연구

Effects of Sleep deprivation on ECG and Driving Performance Changes: A Study on the Predictive Risk of Drowsiness Driving

박수연
(서울시립대학교 교통공학과, 석사과정)

김도경
(서울시립대학교 교통공학과 & 도시빅데이터융합학과 교수)

졸음은 의식이 희미해져 수면 상태로 넘어가는 각성과 수면 사이의 단계를 의미한다. 특히, 운전과 같이 정확한 판단력과 신속한 반응이 요구되는 활동에서 졸음은 큰 위험 요소로 간주된다.

국내 19세 이상 일반 성인 1,675명을 대상으로 23.6%가 졸음운전 경험이 있었고, 그 중 33.1%에서는 적어도 한달에 한 번 이상 졸음운전을 경험하였다는 연구결과가 있는 만큼 졸음운전의 위험에 노출이 되어있다(S.S.Jun,2017).

또한, 2019년부터 2023년 6월 말까지 고속도로에서 발생한 졸음운전 사고는 1,642건으로 상당히 높은 수치를 나타내고 있으며, 사망자 232명, 부상자 1,138명으로 총 1,270명의 사상자가 발생하여 심각한 사회적 문제임을 보여주고 있다(TASS,2023).

일반적으로 졸음과 관련된 생체 신호로는 수면 상태에서의 뇌파(electroencephalography: EEG)와 심박변이도(heart rate variability: HRV) 등이 있다. 이를 활용한 다양한 연구가 시도되고 있으며, 특히 심박동(heart rate: HR)과 심박변이도는 항공 및 자동차 운전 환경 등 다양한 분야에서 작업자의 피로도 연구에 사용되고 있다. 특히, 심전도는 뇌파에 비해 측정이 용이하여 심박변이도를 통해 운전 중 각성 또는 졸음 상태를 판별하는 임상적인 데이터 분석이 중요하다(Y.S.HEO, 2017).

본 연구는 수면 부족이 졸음 운전의 위험성에 미치는 영향을 과학적 방법을 통해 평가하고, 수면 패턴을 기반으로 한 수면 시작 시간 예측 모델을 개발하는 것을 목적으로 하였다.

첫 번째 모델에서는 생존분석 기법을 적용하여 개인의 수면 패턴에 따른 수면 시작 시간을 예측하였다. 이이 모델을 통해, 시간이 경과함에 따라 변화하는 수면 패턴을 파악하여 잠재적인 수면 장애를 조기에 발견할 수 있는 가능성을 제시하였다. 또한, 수면 박탈 그룹과 비박탈 그룹 간에 졸음 발생 확률에 유의미한 차이가 있음을 로그랭크 검정과 Cox 회귀분석을 통해 확인하였다.

두 번째 모델에서는 paired t검정 및 상관분석을 사용하여 수면 박탈 상태와 비박탈 상태에서의 졸음 운전 위험성을 비교 분석함으로써, 수면 부족이 졸음 운전에 미치는 영향을 세부적으로 확인하고 관련 주요 변수들을 도출하였다.

이러한 연구 결과는 수면 부족이 졸음 운전 위험성에 미치는 영향을 과학적으로 입증하는 동시에, 개인의 수면 패턴을 활용하여 수면 시작 시간을 예측하는 모델을 개발함으로써 수면 관련 연구 및 안전 운전의 예방 및 관리 전략 수립에 중요한 기반을 마련할 것이다. 본 연구는 수면과 관련된 다양한 분야의 연구자들에게 유용한 정보를 제공하며, 교통안전 개선을 위한 정책 수립에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NO.2022M3J6A1084845)

데이터 큐브 모델을 활용한 상업용 차량 위험운전 행동 다차원 분석

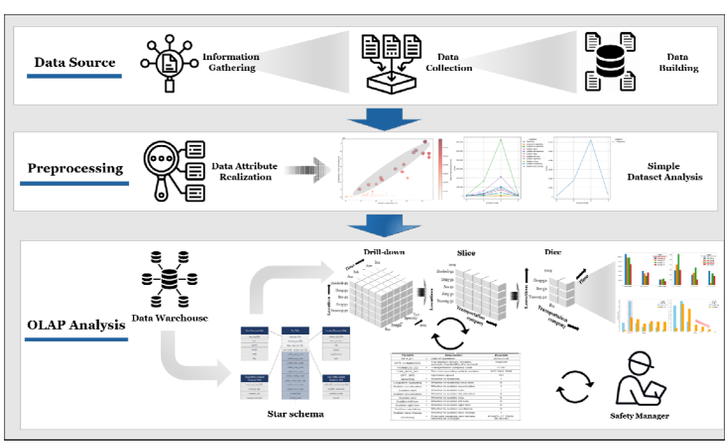
Multi-dimensional Analysis of Commercial Vehicle Risky Driving Behavior Using Data Cube Model

진주빈
(순천향대학교, 학사과정)

노병준
(순천향대학교, 교수)

도로 교통사고는 부상, 장애, 인명 손실까지 이어져 현대 사회의 심각한 위험을 초래한다. 이 중 상업용 차량(특히 대형 화물차량)의 사고는 그 특성상 인명 피해의 심각성이 더 크다. 따라서, 이러한 상업용 차량의 사고를 예방하기 위한 다양한 관점의 노력이 필요하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 운행기록장치(Digital TachoGraph, DTG) 데이터를 활용한 위험운전 행동에 관한 많은 분석 결과들이 존재하지만, 위험운전 행동을 다양한 관점에서 조망하는 연구는 여전히 부족한 실정이다. 또한, 이러한 분석 결과를 운수업체와 연관 지어 상업용 차량의 위험운전 행동 패턴을 기반으로 하는 안전 교육 및 평가 기준 설정 등과 같은 연구는 전무하다. 따라서 본 연구에서는 기존의 관계형 데이터 분석(Relational Database, RDB) 방법과 달리 데이터 큐브 모델 및 OLAP(On-line Analytic Process) 기법을 활용하여 운송업체별 위험운전 행동을 다양한 관점에서 반영할 수 있도록 다차원적 분석을 수행하고자 한다.

본 논문에서 제안하는 전반적인 프레임워크는 [그림 1]과 같다. 데이터 큐브 모델과 OLAP 기법을 통해 운수업체별 위험운전 행동의 패턴을 식별하고, 이를 다양한 차원에서 조망하였다. 운수업체의 규모와 위험운전 행동 사이의 상관관계를 분석하여, 위험운전 행동을 많이 하는 운수업체일수록 면허 정지, 취소가 높고 버스회사가 많다는 결론을 도출하였다. 또한, 한국교통안전공단이 제시한 DTG 정보 기반의 11대 위험운전 유형 중 급가속, 급감속, 급차선변경이 가장 자주 발생한다는 사실을 파악하여 본 연구에서의 측정값으로 사용하였다.



<그림 1> 연구 진행 도식화 프레임워크

분석 결과로써, 위험운전 행동을 많이 하는 운수업체와 적게 하는 운수업체의 비교 분석 결과 재직자의 현재 경력이 10년 미만이고 전체 경력이 오래될수록 위험운전을 하는 경향이 있으며, 50대 중후반의 운전자가 많다는 사실을 확인하였다. 이러한 분석은 상업용 차량 운전자의 안전 교육 및 평가 기준 설정, 사고 예방을 위한 정책 수립에 중요한 기초 자료를 제공한다. 상업용 차량의 위험운전 행동에 대한 이해를 높임으로써, 더 안전한 도로 환경을 조성하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구에서는 다양한 지역 및 시간대에 대한 분석을 확대하여, 위험운전 행동 패턴을 더욱 상세히 밝히는 데 집중할 필요가 있다. 또한, 실시간 데이터 기반의 예측 모델 개발을 통해 실시간 교통관리 및 사고 예방에 기여할 수 있는 시스템 설계 방향을 제안할 수 있다. 이러한 연구는 상업용 차량에 관련된 교통안전 정책 수립에 있어 실질적인 영향력을 발휘하며, 일반 운전자들의 안전운전 습관 형성에도 기여할 것으로 기대된다.

사사 :본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구 결과로 수행되었습니다(2021-0-01399).

신호 교차로 딜레마 구간에서의 좌회전 차량 추돌 위험성 평가

Risk Assessment for Left-Turn Vehicles in the Dilemma Zone at Signalized Intersections

최세원	최준희	문세동	김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)	(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)	(서울대학교 건설환경종합연구소, 연수연구원)	(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

도시 교통 체계에서 신호 교차로는 중요한 역할을 한다. 이곳은 차량, 보행자, 자전거 등 다양한 방향에서 오는 교통 흐름이 복잡하게 얽혀 있어, 교통사고가 자주 발생한다. 특히 신호 교차로에서는 차량의 회전과 차로 변경이 고속도로에 비해 빈번하게 발생하며, 이로 인해 충돌 위험이 높아진다. 신호가 바뀌는 순간인 딜레마 구간은 신호를 보고 정지할지 그대로 교차로를 지나갈 것인지 결정하기 어려운 상황이므로 일반적인 주행에 비해 위험도가 다른 양상으로 나타날 것이다.

실제 사고 데이터 수집의 어려움을 극복하기 위해, 대리 안전 지표가 사용되는 경우가 많다. 이러한 지표는 잠재적인 사고나 충돌을 예측하고 평가하는 데 활용된다. 특히 실제 사고 데이터가 없는 경우에도 효과적으로 차량의 충돌 가능성을 평가하는 데 사용될 수 있다. 도로 유형 데이터에 따라 적합한 대리 안전 지표를 선정하여 차량의 위험도를 평가하는 것은 매우 중요하다.

이 연구에서는 UCF-SST City-Sim 데이터셋 중 신호 교차로인 Intersection A의 궤적 데이터를 사용하여 차량의 위험도를 평가한다. 데이터셋에는 30 FPS로 총 1140분 동안 녹화된 드론 비디오에서 추출한 궤적 데이터가 포함되어 있다. Intersection A의 경우에는 좌회전 차로가 각각 2개씩 8개 차선이며, 우회전 차로는 각각 1개씩 4개 차로이다. 직진차선 23개를 포함하여 총 35개의 차선으로 이루어져 있다.

이 연구는 신호 교차로에서의 차량 회전 시 추돌 위험성을 평가하는 데 초점을 맞추고 있다. 우선, 신호 교차로 궤적 데이터를 활용하여 회전 하는 차량의 앞 뒤 차량을 분석대상으로 선정한다. 정지 신호 전후에 차량들 사이의 동적 관계를 분석하고, 이 데이터를 바탕으로 Time To Collision(TTC)를 계산하여 신호 교차로 상황에서의 충돌 잠재 위험도를 평가한다. 회전 차로와 회전 후의 차로 앞 뒤 20m를 관심 구역으로 설정하여 해당 구역에서 정지 신호 전후의 차량들의 TTC분포를 관찰한다.

딜레마 구간에서는 TTC의 분포가 매우 변칙적으로 나타났다. 일반 주행 구간에서는 TTC의 분포가 일정하여 비교적 예측가능한 주행이 가능한 것으로 보인다. 대부분의 추돌 위험 상황을 유발하는 요인은 정지된 선행차량과 출발하려는 후행차량간의 상호작용이다.

신호 교차로에서의 차량 회전과 관련된 추돌 위험도를 평가함으로써 자율 주행차량의 도입율이 증가하면서 안전한 주행 판단에 중요한 기여를 할 수 있다. 특히, 정지 신호 부근에서 회전하는 차량의 행동 패턴을 분석함으로써, 충돌 위험이 높은 지역을 식별하고 이러한 지역에서 차량의 위험도를 정확히 평가한다. 이는 자율 주행차량이 이러한 위험 지역을 인지하고 주행 결정을 내릴 때 정보를 제공한니다. 따라서, 이 연구는 도심 교통 안전 강화와 자율 주행차량의 안정성 향상에 기여할 것으로 기대된다.

현 단계의 연구는 기존의 궤적 데이터에 기반한 분석 방법에 집중하지만, 추후 연구로 미래 궤적의 예측과 동적 특성의 반영을 통해 더욱 정밀하고 신뢰성 높은 위험도 평가를 실현할 수 있는 새로운 모델 개발을 목표로 할 수 있다. 이러한 방향으로의 연구 확장은 실시간으로 변화하는 교통 상황에 능동적으로 대응할 수 있는 시스템을 구축하며, 이는 자율 주행차량의 안전성을 강화하고 교통 사고 감소에 기여를 할수 있다. 따라서, 향후 연구는 현재의 연구 결과를 기반으로 하여, 보다 발전된 기술과 방법론을 탐구하고 적용함으로써 이 분야에서의 중요한 발전을 이루어 내는 것을 목표로 한다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업과 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (Innovative Talent Education Program for Smart City) (No. 0583-20240014, 실시간 교통안전시설 운용을 위한 인프라 정보 융합 및 관리 기술 개발)

드론 궤적데이터를 활용한 고속도로 합류 구간에서의 차로 변경 차량 안전 분석

Analysis of Vehicle Safety at Highway Merging Areas Using Drone Footage Data

최재원
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

문세동
(서울대학교 건설환경종합연구소, 연수연구원)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

고속도로에서 합류구간은 운전자들이 합류 주행을 수행하기 위해 고속도로 본선과 다른 주행 행태가 드러나는 구간이다. 상대적으로 작은 속도에서 출발한 차량들이 합류부 구간을 통해 가속하여 본선의 주변 차량들과 긴밀하게 상호작용하며 합류해야 한다. 따라서 진입로의 합류구간은 교통안전을 위해 충분한 가속차로 길이가 필요하고, 합류하는 위치에 따른 위험도가 변하기 쉽다. 합류하는 차량들의 안전한 주행에 영향을 미치는 요소들을 확인하기 위해서는 위험한 상황에 대해 다각적으로 살펴볼 필요가 있고, 가장 먼저 가속하여 합류하는 위치가 안전에 영향을 미치는지 분석해 볼 필요성이 존재한다.

고속도로에서 차량들의 주행을 분석하는 데에는 여러가지 센서나 장비들이 활용될 수 있지만 최근에 가장 활용성이 높은 데이터에는 드론을 통해 촬영한 영상데이터가 있다. 영상데이터는 초당 높은 프레임을 통해 자세한 차량들의 주행 습관을 분석하는데 용이하다. 이러한 데이터 중에서 드론을 이용한 데이터는 다른 설치형 영상 데이터에 비해 분석하고자 하는 정확한 위치를 자유롭게 선정할 수 있어 고속도로의 까다로운 영역에 대한 분석이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 드론을 통한 궤적데이터를 활용한 안전 분석을 사용함으로써 추후 연계될 연구들에서 공간적인 제약을 감소시킬 수 있도록 하였다.

활용한 데이터는 University of Central Florida의 City-sim 데이터와 독일의 exi-D 데이터셋을 활용하여 분석을 진행하였다. 모두 약 한시간 가량 수집된 궤적데이터로, City-sim의 합류부 길이는 약 255m, exi-D의 합류부 길이는 약 190m이다. 수집된 데이터는 교통량이 많고 적은 부분들을 포함하여 다양한 합류 상황들을 모두 포함하고 있다.

램프를 통해 고속도로 본선에 합류하는 차량들의 주행에 대한 데이터이다. 이 궤적 데이터를 활용하여 차량들이 검지된 점들을 바탕으로 위경도 기반 차량이 지나간 궤적을 50cm의 정사각형으로 구분된 그리드를 기준으로 활용도를 파악하고자 하였따. 차량이 점유하고 있는 도로의 영역을 확인하여 고속도로 합류구간에서 차량들이 활용하고 있는 구간을 먼저 확인하였고, 활용도가 낮아지는 구간들이 보통의 합류 행태와 다른 안전도를 보일 것으로 예상할 수 있었다. 또한 차량들의 합류구간 점유율 분석을 바탕으로 랜덤하게 수집된 수집시간 단위의 변화에 따라 점유율 분포가 실제와 달라지는 지를 확인하여 짧은 수집 시간이라는 특성을 가진 드론 데이터의 분석이 유효할 수 있음을 확인하였다.

합류시의 차로변경에 대한 분석을 위해 합류시작 및 완료지점에 대한 분석을 수행하였고, 합류부의 끝으로 갈수록 합류 시작과 완료 지점이 가까워지는 것을 확인하여 보통의 합류행태에 비해 급격한 차로변경이 이루어짐을 확인할 수 있었고, 본선과 합류시의 속도 또한, 합류 구간의 막바지에 다다를수록 속도 분포가 커지는 것을 확인할 수 있었다.

대리안전지표인 Surrogarte Safety Measure(SSM)을 통해 이렇나 행태가 안전에 영향을 미치고 있는지를 확인해 본 결과, City-sim의 PET 분석에서는 합류에 위치가 끝에 이를수록 평균 PET값이 감소하였고, 편차 또한 커지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 전체 상황 대비 PET가 1초 이하인 위험상황이 발생할 확률도 급격하게 커지는 것을 확인할 수 있었다. exi-D의 경우 TTC를 활용해 분석해본 결과 마찬가지로 합류에 필요한 길이가 가장 긴 지점에서 TTC가 1.5초 이하인 위험상황이 발생할 확률이 크게 나타났다. 또한, 합류구간이 끝난 이후에 갓길을 통한 합류에서도 위험한 상황이 발생할 확률이 높은 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 차량의 합류패턴과 관련된 안전지표를 모두 분석하는 평가 접근 방식을 제안하면서, 드론 데이터를 활용하여 차량의 합류지점에 따라 위험 발생확률이 커질 수 있음을 확인하였다. 향후 연구에서는 합류하는 차량의 안전도를 다각적으로 분석하여 합류하는 위치를 포함한 모든 상황들에 대한 검토를 통해 다양한 장소에서 수집된 위험상황들을 기반으로 안전에 영향을 미치는 요인들에 대한 추가분석을 수행할 수 있을 것이다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No. 0583-20240014, 실시간 교통안전시설 운용을 위한 인프라 정보 융합 및 관리 기술 개발) .

교통 빅데이터 및 AI(Ⅶ)

Session

C-4

신호교차로의 지점 및 구간정보 융합을 통한 포화도 추정방법 개발

이민형, 안휘근

통합환승할인제도에 따른 이용자 요금절감효과와 공간적 차이 분석

김새힘, 임승빈, Minarta Ria Roida,, 고준호

철도 수요예측방법론 개선을 위한 철도 이용자 통행행태 기초분석

손형근, 김희조, 김현승, 원주희, 이태구, 박동주

교통카드 데이터를 활용한 교통약자의 도시광역통행 행태 분석

최동준, 이용주

데이터 기반 접근확률 추정을 통한 고속철도 통행배정 알고리즘 개발

홍서영, 박호철

신호교차로의 지점 및 구간정보 융합을 통한 포화도 추정방법 개발

Degree of Saturation Estimation Method Combining Spot and Section Data at Signalized Intersections

이민형
(도로교통공단, 책임연구원)

안휘근
(도로교통공단, 연구원)

우리나라 대부분의 신호교차로는 TOD 신호제어를 활용해 신호시간을 결정하고 있으나 실제 교통수요 패턴과 상이한 경우 과도한 지체나 녹색시간을 낭비하게 된다. 실시간 신호제어는 교차로 주변의 교통상황 정보를 실시간으로 수집하여 각 이동류에 필요한 적정 신호시간을 산정함으로서 TOD 신호제어에서 나타나는 문제점에 대응이 가능하며, 도시부 신호교차로의 신호시간을 효율적으로 운영하기 위한 대안으로 활용이 가능하다.

신호교차로에서 활용 가능한 교통정보를 생성측면에서 분류하면 크게 지점, 구간, 위치기반 검지 3가지로 분류 할 수 있으며 기술 및 환경에 따라 장단점이 존재한다. 따라서 최근 자율주행자동차가 탑재된 센서의 정보를 융합하여 다양한 정보를 생성하는 프로세스와 신호교차로의 복수의 검지체계 정보를 융합하여 신뢰도 높은 교통상황변수 생성을 위한 방법에 대해 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 3가지 수집체계 중 지점검지체계의 교통량과 구간검지체계의 통행시간을 융합하여 최종적으로 교차로의 운영 및 평가에 가장 널리 활용되는 포화도를 추정하는 모형을 개발하였다.

모형개발의 절차는 총 5단계로 구성되어 있다. 첫째, 사전에 정의된 지점점지체계와 구간검지체계에서 수집되는 교통량과 통행시간의 수집주기 및 수집기간을 정의하고 지체와 포화도의 관계를 정립하기 위한 사전데이터를 구축하는 과정으로 시작된다. 둘째, 사전에 정의된 수집주기에 따라 일정기간 수집된 사전데이터는 교통량을 포화도로 통행시간을 지체로 변화하는 과정을 수행한다. 셋째, 변환된 사전데이터는 지점검지체계의 수집특성에 따라 비포화영역의 값만이 수집되므로 한 쌍으로 수집된 포화도와 지체를 좌표변좌표변환을 활용하여 과포화 영역으로 확장한다. 넷째. 좌표변환 결과 기존 HCM에서 정의하는 지체와 포화도의 관계로의 변환되나 구간검지체계의 수집특성의 경우 HCM에서 정의하는 수집특성과의 차이가 발생하므로 과포화에서 구간교통정보수집시스템의 특성을 반영하여 최종적인 지체와 포화도의 관계를 정립한다. 모형의 최종단계는 수집 및 변환된 지체와 포화도의 관계를 활용하여 신규데이터를 활용한 포화도 추정으로 k-NN을 활용하여 수집된 신규데이터의 포화도를 추정하게 된다.

포화도 추정모형의 평가는 1,050개의 변형된 사전데이터를 활용하여 학습을 수행하였으며 새로운 450개의 신규데이터를 활용하여 학습된 모형의 평가를 수행하였다. 평가결과 시각적으로는 전체 포화도 영역에서 높은 정확도를 보이며 포화도가 증가할수록 높은 정밀도를 보여주는 것으로 평가할 수 있으며, 결정계수(Coefficient of determination)는 0.971로 높은 설명력을 보인다.

본 연구는 신호교차로에서 활용 가능한 교통정보 융합 모형의 개발 및 평가 수행을 통해 다중 교통정보 융합을 위한 방법론을 제시하는 것을 중점으로 진행되었다. 평가의 진행에서도 교통정보의 수집률을 100%로 가정하여 개발 모형의 절차의 타당성을 입증하였다. 다만 본 연구에서 수행하지 못한 통행시간의 수집율을 비롯하여 사전데이터의 수집율 등에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 현실 적용성이 높은 모형이 될 것으로 판단된다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.092021C29S01000, 네트워크 제어를 위한 교통정체 및 혼잡 운영관리 기술 개발)

This work was supported by Korea Institute of Police Technology (KIPoT) grant funded by the Korea government (KNPA) (No.092021C29S01000,Development of Traffic Congestion Management System for Urban Network)

통합환승할인제도에 따른 이용자 요금절감효과와 공간적 차이 분석

Analysis of savings and spatial differences from integrated public transit fare systems

김새힘	임승빈	Minarta Ria Roida	고준호
(한양대학교 박사후연구원)	(한양대학교 석사과정)	(한양대학교 석박사통합과정)	(한양대학교 교수)

서울의 통합환승할인제도는 교통 카드 사용자가 환승을 포함한 통행에 대한 요금을 절약할 수 있도록 한다. 2004년에 도입된 이 요금 시스템은 서울 수도권 내에서 운영되는 버스 및 지하철에 적용된다. 본 연구의 목적은 서울의 통합환승할인제도의 대중교통 요금 절약과 그 공간적 차이를 경험적으로 분석하는 것이다. 이를 위해 2023년 5월 10일 하루동안 이루어진 교통 카드 데이터를 분석하였다. 원시 데이터 세트는 총 14,541,714건의 통행을 기록했지만, 본 연구에서는 환승이 포함된 3,451,927건의 통행 기록만을 활용하였다. 제외된 통행에는 단일 모드(환승 없음) 및 조기 할인이 적용되는 시간인 6시 30분 이전에 이루어진 비표준 요금 여행이 포함되었으며, 장애인, 외국인이 만든 통행도 분석에서 제외되었다. 분석 결과, 환승을 한 승객은 한 번의 통행당 평균 1,382원/통행을 절약한 것으로 나타났다. 통합환승할인제도가 없는 경우 평균 요금은 2,997원/통행으로 추정되어, 승객은 요금을 46% 절약하는 것으로 나타났다.

요금 절약을 더 자주하는 사람을 식별하기 위해 출발지의 특성을 고려하여 공간 회귀 모델을 개발하였다. 이를 위해 개별 환승 통행은 행정동별로 집계되었으며, 오전 6시 30분에서 오전 10시까지의 아침 통행만을 이용하였다. 아침 통행 출발 버스 정류장이나 지하철역이 거주지와 동일하다고 가정하였다. 개발된 모델은 행정 구역의 사회 경제적 특성과 요금 절약액이 관련되어 있으며, 대중교통 서비스가 더 낮은 지역의 시민들이 요금 체계의 수혜자가 될 가능성이 높다는 것을 밝혀냈다. 이 연구는 사회적 시각에서 통합환승할인제도의 요금 절약 영향을 이해하기 위한 첫 번째 시도로 의미가 있다.

철도 수요예측방법론 개선을 위한 철도 이용자 통행행태 기초분석

Basic Investigation of Railway User Travel Patterns for Advancing Railway Demand Forecasting Methodologies

손형근	김희조	김현승	원주희	이태구	박동주
(서울시립대학교 교통공학과·도시빅데이터융합학과 석사과정)	(서울시립대학교 교통공학과·도시빅데이터융합학과 석·박사통합과정)	(국가철도공단 미래전략연구원 정책개발처 물류혁신부 차장)	(국가철도공단 미래전략연구원 정책개발처 물류혁신부장)	(국가철도공단 미래전략연구원 정책개발처장)	(서울시립대학교 교통공학과·도시빅데이터융합학과 교수)

본 연구는 철도 수요예측방법론의 개선방안 제시를 위한 그 첫걸음으로 철도 이용자의 접근통행 및 열차 대기 행태에 관하여 분석하였다. 이는 접근시간과 대기시간이 대중교통 이용자의 만족도와 직결되어 수단 및 경로 선택에 주요한 영향을 미치는 항목이면서 동시에 차외시간의 대부분을 차지하는 요소이기 때문이다. 따라서 철도 이용자의 접근통행 및 열차 대기 관련 행동특성의 분석을 통해, 분석 결과 반영을 통한 철도 수요예측방법론의 개선 가능성을 검토하고자 하였다.

철도 이용자의 통행행태 분석을 위해 활용된 자료는 지난해(2023년) 실시된 '지역간 대중교통 이용자 통행실태조사' 결과자료다. 지역간 대중교통 이용자 통행실태조사는 지역간 대중교통수단 이용자의 의사결정 행태 파악을 위해 기획된 조사로, 기존에 수행되고 있던 개인통행실태조사와 여객교통시설물조사를 결합하여 구성되었다. 통계적으로 유의미한 철도 이용자의 통행행태 도출을 위해 분석 범위를 경부선 축으로 한정하고, 접근시간 90분 및 대기시간 60분을 초과하는 데이터를 제외하는 등의 전처리 과정을 수행하여 총 9,881건의 철도 통행을 대상으로 통행특성을 분석하였다.

분석 결과 먼저 지역간 철도 이용을 위한 평균 접근통행시간은 33.5분으로 산출되었다. 특히 수도권 및 부산·울산·경남 지역에서의 접근통행시간은 다른 지역보다 높게 나타났는데, 이는 비교적 넓은 광역권의 범위 및 지역별 철도 접근통행 특성에서 비롯되는 것으로 풀이되었다. 접근통행시간은 접근수단과 무관하게 넓은 분포를 가지고 있으며, 승용차-버스-도시철도 순으로 접근수단의 이용시간 및 거리가 짧은 것으로 나타났다. 접근통행을 위한 수단선택 양상은 지역별 교통현황에 따라 상이하게 나타났는데, 도시철도가 운행 중인 지역에서는 도시철도의 비중이, 다른 지역에서는 승용차의 비중이 크게 나타나는 것으로 확인되었다.

이어서 대기시간 분석을 수행하며 본 연구에서는 '목적활동시간'과 '실제 대기시간'의 개념을 도입하였다. 목적활동시간은 철도 이용자가 열차 대기 외 다른 목적의 활동을 사전에 계획하고 수행한 시간으로, 곧 대기에 순수하게 활용되지 않은 시간이다. 실제 대기시간은 이러한 목적활동시간이 배제된 대기시간으로, 조사된 총 대기시간에서 목적활동시간을 차감하는 방식으로 계산하였다. 평균 실제 대기시간의 계산 결과 평균 총 대기시간보다 2.4분 낮은 수치를 나타내었다.

전체 지역간 철도 이용자 중 37.%는 철도역에서 열차 대기 중 다른 활동을 수행하는 것으로 조사되었다. 이 중 46%의 이용자는 사전에 다른 활동을 계획하고 철도역에 도착하는 것으로 분석되었다. 다른 활동을 하는 이용자들의 대부분은 식사나 간식, 매장 방문 등과 같은 구매 활동을 하는 것으로 나타났으며, 전체 대기시간 중 절반 정도를 다른 활동에 사용하는 것으로 계산되었다.

대체적인 지역간 철도 이용자의 대기시간은 17~20분 정도로 분석되었다. 지역이나 열차운행횟수 등 대부분 특성에서 큰 차이가 없었으며, 일반적으로 고속철도의 대기시간이 일반철도보다 소폭 높게 나타났다. 다만 도보나 PM(Personal Mobility)을 이용하는 경우, 출근 목적 통행인 경우, 정기권 이용자인 경우 대기시간이 짧은 것으로 분석되었다. 이는 해당 특성이 열차를 놓치거나 좌석 예매 실패에 대한 부담이 비교적 적기 때문인 것으로 보여지며, 특히 정기적·고정적인 철도 통행자일수록 대기시간이 짧아짐을 확인할 수 있었다.

상기한 '지역간 대중교통 이용자 통행실태조사 결과'는 교통 분야에서 다방면으로 활용 가능성이 높은 기초자료로 평가할 수 있다. 특히 철도교통 분야에서 철도 수요분석을 위한 기초자료로서 조사를 통해 수집된 다양한 변수의 적용 및 활용이 가능하므로, 철도 수요분석 측면에서 그 활용가치가 매우 높을 것으로 기대된다. 한편으로 철도운영기관 측면에서도 이용자 특성 파악을 통해 이를 바탕으로 다양한 철도 서비스 정책 수립에 활용될 수 있을 것이다.

사사: 본 연구는 국가철도공단의 「철도 수요예측방법 개선 연구 용역」의 지원을 받아 수행되었습니다.

교통카드 데이터를 활용한 교통약자의 도시광역통행 행태 분석

Analysis of the Urban Mobility Patterns of Transportation Vulnerable Using Transportation Card Data

최동준
(아주대학교 교통공학과 석사과정)

이용주
(아주대학교 TOD도시교통연구센터 연구부교수)

만 65세 이상의 고령층과 임산부, 어린이 등을 포함하는 우리나라의 교통약자 인구는 최근 약 1,551만명에 달하여 10명 중 3명이 교통약자인 것으로 나타났으며, 저출산·고령화가 심화됨에 따라 증가추세가 가속화되어 2030년에는 1,900만명을 상회할 것으로 예측하고 있다. 한편, 정부의 지역 성장거점 육성과 3기 신도시 개발 등으로 도시 집중화 분산에 따른 광역통행 수요가 나날이 증가하고 있는 가운데, 광역화된 생활권에서의 사회·경제활동을 위한 광역통행 수요가 함께 증가하고 있다. 이로 인해 교통약자의 도시광역통행 수요도 증가할 전망이며, 교통약자의 이동권 보장은 더욱 중요해지고 있다. 이에 발맞춰 정부는 2027년까지 교통약자의 도시광역 이동권 보장 및 증진을 위해 자동차 전용도로에서 운행이 가능한 버스(저상 좌석버스)의 표준모델 개발 및 시범 운영을 추진하고 있다. 다만, 교통약자가 체감할 수 있는 성공적인 정책 실현과 효율적인 저상 좌석버스의 운영 전략 개발을 위해서는 교통약자의 도시광역통행에 대한 정확한 현황파악과 함께 수요특성을 반영한 도입이 필수적이다.

이에 본 연구에서는 2023년 수도권 교통카드 데이터를 활용하여 이용자 및 수단 특성과 시간적 특성, 공간적 특성에 따른 교통약자의 통행행태를 분석하고 일반인과의 비교를 통해 교통약자의 도시광역통행에 대한 수요특성을 도출하였다. 또한, 이러한 연구 결과를 바탕으로 저상 좌석버스의 효율적인 도입 방식과 함께 후속연구에 대한 시사점을 제시하였다.

<그림 1> 연구 흐름도

사사: 본 연구는 국토교통부 자동차전용도로 주행이 가능한 저상 좌석버스 표준모델 개발 사업의 연구비 지원(과제번호 RS-2023-00253588)에 의해 수행되었습니다.

데이터 기반 접근확률 추정을 통한 고속철도 통행배정 알고리즘 개발

High-Speed Railway Traffic Assignment Algorithm through Data-Driven Approach Probability Estimation

홍서영
(명지대학교, 석박통합과정)

박호철
(명지대학교, 부교수)

최근 고속철도의 수요는 장거리 통행수요 증가에 따라 꾸준히 증가하는 추세를 나타내고 있다. 고속철도의 설계 및 건설에는 막대한 투자 비용이 필요하지만 인프라 예산은 제한되어 있어 대안들을 평가하기 위한 기초 자료로서 철도 수요예측은 중요한 역할을 담당한다. 전통적인 수요예측 4단계 모형 중 가장 마지막 단계인 통행배정 모형은 분석 정확도 확보에 한계가 존재한다. 일반적으로 철도 수요예측에 활용되는 분석 시뮬레이션 프로그램에서는 하나의 행정동에 복수의 철도역이 있는 경우 모든 통행량을 가장 가까운 단일 역에 일률적으로 배분한다. 이러한 방식은 이용자의 통행패턴을 정확하게 반영하는데 한계가 존재한다. 실제 철도를 이용하는 이용자들의 패턴은 복수의 철도역 대안이 있는 경우 거리, 대중교통 접근성, 열차 운행 횟수 등 다양한 용인에 따라 철도역을 선택할 수 있다. 본 연구에서는 기존 한계를 극복하고 보다 현실적인 대중교통 통행배정 알고리즘을 개발하기 위해 실제 데이터를 사용하여 수도권 내 고속철도역의 존별 접근 확률을 추정하고 기계학습 기반의 수요예측 알고리즘을 개발하였다. 분석결과 개발된 모형은 수도권 이용자들의 출발지 특성과 관련된 영향요인이 고려되었으며 고속철도 역 수요를 실제값과 비교하였을 때 의미있는 수준의 오차율을 나타냈다. 본 연구에서 개발된 모형은 향후 교통 정책 및 노선을 평가하는데 활용될 수 있으며, 철도 운영에 있어 보다 효율적인 방안을 수립하는데 기여할 수 있을 것이다.

교통 빅데이터 및 AI(Ⅷ)

Session

C-5

시뮬레이션 기반의 드라이브 스루 매장과 드론 스루 매장 주변의 교통량 분석

백경선, 송정훈, 김병훈, 노병준

시계열 데이터 여건에 따른 모형 선택 딜레마 연구

김영웅, 이현수, 황아진, 이동우

데이터 산업 생태계 사례 검토- 유럽 Gaia-X 프로젝트를 중심으로 -

전희진, 박희건, 정정호, 천승훈

위상수학적 데이터 분석을 활용한 Point Cloud Data 분석 방법 연구

정성연, 이석채, 김지현, 손건우, 권장우

Prophet 모형의 교통량 분야 활용연구

김성민, 김우진

시뮬레이션 기반의 드라이브 스루 매장과 드론 스루 매장 주변의 교통량 분석

Simulation-based Analysis of Traffic Volume near the Drive-Thru and Drone-Thru Location

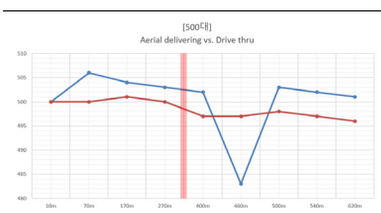
백경선	송정훈	김병훈	노병준*
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 학사과정)	(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 학사과정)	(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 석사과정)	(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 교수)

최근 코로나19로 인한 팬데믹 상황에서 비대면 소비 문화가 확산됨에 따라 맥도날드, 스타벅스 등 유명 프랜차이즈 매장을 중심으로 차에 탄 채로 주문한 음식을 받아갈 수 있는 '드라이브 스루(Drive-Thru)' 매장 수가 폭발적으로 증가하였다. 통계적으로 살펴보면, 2021년 기준 전국의 드라이브 스루 매장은 약 500곳 이상으로 집계되었다. 미국의 경우를 살펴보면, 미 전역에 약 20만개 이상의 드라이브 스루 매장이 있으며, 주요 매장 매출 중 약 70%가 드라이브 스루를 통해 발생하는 등 매장 운영의 입장에서 드라이브 스루의 중요성은 점점 커지고 있다.

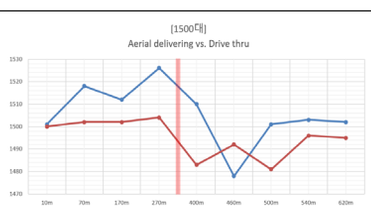
그러나, 이러한 편리함의 이면에는 드라이브 스루 매장이 존재하는 도로의 교통 혼잡을 유발하고, 운전자와 보행자의 안전을 위협할 수 있다는 문제가 존재한다. 특히, 드라이브 스루 매장 근처의 교통유발계수는 평일 1,503건으로 일반적인 업무시설의 약 32배가량 높은 것으로 나타났다. 따라서, 드라이브 스루 매장의 편의성은 유지한 채 교통량을 획기적으로 줄일 수 있는 방안이 필요하다.

본 연구에서는 매장 주차장 또는 근처 공터의 공간을 활용하여 고객이 차량에 그대로 탑승한 채 주차한 뒤, 소형 드론을 이용하여 주문한 음식을 근거리로 배달하는 '드론 스루(Drone-thru)' 시스템을 고안하였다. 본 연구는 전체 시스템의 직접적인 구현보다 몇 가지 가설을 통해 고안한 시스템의 실효성을 평가하는데 중점을 둔다. 고안된 시스템은 주문자가 지정된 장소에서 차량에 탑승한 채 대기하면, 매장 내에서 주문자의 차량을 감지하고, 주문자의 지정 장소 도착시간에 맞추어 음식을 실은 드론이 차량의 운전석 창문 쪽으로 음식을 배달하는 구조이다. 이는 기존의 드라이브 스루 시스템에 비해 도로의 교통 혼잡을 유발하지 않고, 교통 흐름에도 거의 영향을 주지 않을 것이라는 가설을 설정하였다.

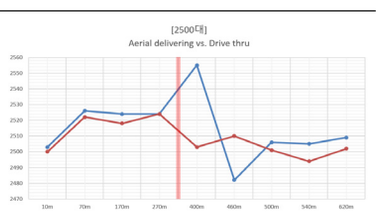
본 연구의 실험에서는 드라이브 스루 매장이 존재하는 경우와 고안된 드론 스루 시스템을 이용한 경우에 대해 시뮬레이션을 통한 교통량 비교를 통해 제시한 가설의 검정을 수행하였다. 실험은 도시 교통 시뮬레이터인 Simulation of Urban Mobility (SUMO)를 활용하였다. 두 환경에서 차량의 경로 및 차량 대기 시간, 주차장 (지정 장소) 여부를 제외하고 모든 조건은 통제하였고, 교통량은 시간 당 500대, 1,500대, 2,500대, 이 중 약 10%가 드라이브 스루 또는 드론 스루를 이용하도록 설정하였다. 타겟 매장을 기준으로 앞과 뒤 약 100m 지점마다에 검지기를 부착하여 시간당 교통량을 측정하였다. 실험 결과는 아래 그림과 같으며, 그 결과를 살펴보면, 제시된 드론 스루 시스템이 드라이브 스루보다 교통 혼잡을 줄이는 데 효과적이라는 결론을 도출할 수 있다. 이를 통해 고안된 드론 스루 시스템이 기존 드라이브 스루의 대안 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.



<그림 1> 500대일 때의 교통량



<그림 2> 1,500대일 때의 교통량



<그림 3> 2,500대일 때의 교통량

사사: 본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구 결과로 수행되었습니다(2021-0-01399).

시계열 데이터 여건에 따른 모형 선택 딜레마 연구

Tackling Modeling Selection Dilemmas
under the Data Availability in Travel Demand and Behavior Analytics

김영웅	이현수	황아진	이동우
(서울시립대학교, 연구원)	(서울시립대학교, 연구원)	(인천대학교, 도시행정학과, 학부과정)	(서울시립대학교, 조교수)

현대 도시는 많은 사람들이 모여 생활하며 경제활동을 수행한다. 이러한 도시 생활을 원활하게 하기 위해 필수적인 것이 바로 도시 인프라이다. 도시 인프라는 도로, 철도, 지하철, 공항, 전기, 통신, 상·하수도 등을 포함하며, 도시의 기본적인 생산과 생활을 지원하는 기본적인 시설들이다. 특히 철도는 도시 인프라의 핵심 구성요소로, 사람과 물류의 효율적인 이동을 가능하게 함으로써 경제 활동과 도시 생활의 질을 개선하는 데 중요한 역할을 한다. 철도 인프라에 대한 정확한 수요예측은 자원의 낭비를 방지하고 필요한 지역에 충분한 서스를 제공함으로써 운영 효율성을 높이고, 이를 통해 열차의 배차간격, 정시성, 편의성 등 여러 측면에서 서비스를 최적화하여 이용자의 만족도를 향상시킬 수 있다. 지금까지의 철도수송수요예측은 자기회귀누적이동평균모형(ARIMA)과 계절적 자기회귀누적이동평균모형(SARIMA)같은 통계적 모형이 주로 사용되어 왔다. 그러나 이러한 통계모형은 강한 선형성에 대한 가정을 바탕으로 하기 때문에, 비선형적 패턴을 포착하는데 한계를 지닌다. 반면, 기계학습 모형은 복잡한 비선형 관계를 효과적으로 파악하고, 대량의 데이터에서 유용한 정보를 추출하고, 예측 모형을 자동으로 조정하여 보다 정확한 예측을 가능하게 하기 때문에 기계 학습 모형이 철도수송수요 예측에 점점 더 활용되고 있다. 다만, 다양한 기계학습 알고리즘 중 어떤 알고리즘이 도시 내 인프라 수요예측에 적합한지에 대한 논의는 계속해서 이루어지고 있다. Alencar et al(2021)은 단변량 시계열 기계학습모형인 Prophet과 다변량 기계학습모형인 XGBoost, LGBM, LSTM을 통해 카쉐어링 수요를 예측하고, 성능을 비교하였고, Kragmar et al(2023)은 폐수처리장 모니터링시스템의 데이터를 활용해 전통적 통계모형인 ARIMA, SARIMA, ETS와, 다변량 기계학습모형인 LSTM, XGBoost 모형 각각의 성능을 비교하였으며, 모형선정 - 데이터학습 - 분석에 이르는 파이프라인 분석소요시간 및 예측성능을 종합적으로 비교하였다. 대부분의 경우 다변량 모형은 단변량 시계열모형보다 높은 예측성능을 보이나, 단변량 Prophet 모형은 장기 시계열 예측에서 다변량 모형에 비해 높은 예측성능을 보이기도 하였다. 단변량 Prophet 모형은 비정상적 이벤트의 처리에서 높은 예측성능을 보인다는 장점을 가지고 있기 때문에 COVID-19로 인해 비정상적인 시계열을 가진 현 상황속에서 높은 예측성능을 보일 것으로 생각된다. 따라서 본 연구는 비정상적 이벤트가 반영된 시기의 철도수송실적 데이터를 활용하여 단변량 시계열 예측모형인 Prophet과 다변량 시계열 예측모형인 XGBoost의 성능을 비교하였다. 또한, 다변량 모형의 변수중요도, 대리모형(SHAP)을 활용하여 철도수송수요에 영향을 미칠 수 있는 외부요인의 영향력을 계량화하였다. 분석결과, 평균절대오차율(MAPE)기준 단변량 Prophet 모형은 0.07~0.20, 다변량 시계열 예측모형인 XGBoost는 0.06~0.22로 확인되었다. 또한, 잔차의 정규성 확인하기 위해 잔차의 QQ-plot을 확인한 결과 Prophet 모형이 XGBoost에 비해 높은 정규성이 확인되었다. 또한 철도수송수요에 영향을 미칠 수 있는 외부요인을 확인하기 위하여 SHAP을 통해 역별 다변량 XGBoost 모형을 해석한 결과, 휴가철, 휴일에 수송수요가 크게 증가함이 확인되었다. 본 연구에서는 단변량 시계열 예측모형인 Prophet과 다변량 시계열 예측모형인 XGBoost의 성능을 비교하였다. 이를 통해 활용할 수 있는 데이터가 제한되거나 철도수송수요 등 주기성이 강한 시계열 데이터의 경우 시간적 자기상관성을 모델링한 단변량 시계열 모형이 다변량 기계학습 모형에 비해 안정적인 예측결과를 보이는 것을 확인하였다. 다만, 다변량 XGBoost와 비교해 단변량 Prophet 모형은 외부요인에 따른 수송수요의 한계변화량의 계량화가 어려워 실용적 활용에서 한계가 존재한다. 따라서, 기계학습 알고리즘의 선택은 분석의 목표·활용 방향성에 맞춰 활용한다면 보다 효율적인 전략수립에 도움이 될 것이라고 생각된다.

사사: 이 연구는 대한민국 정부(MSIT)로부터 지원받은 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행되었습니다. (지원번호: NRF-2022R1F1A1074860).

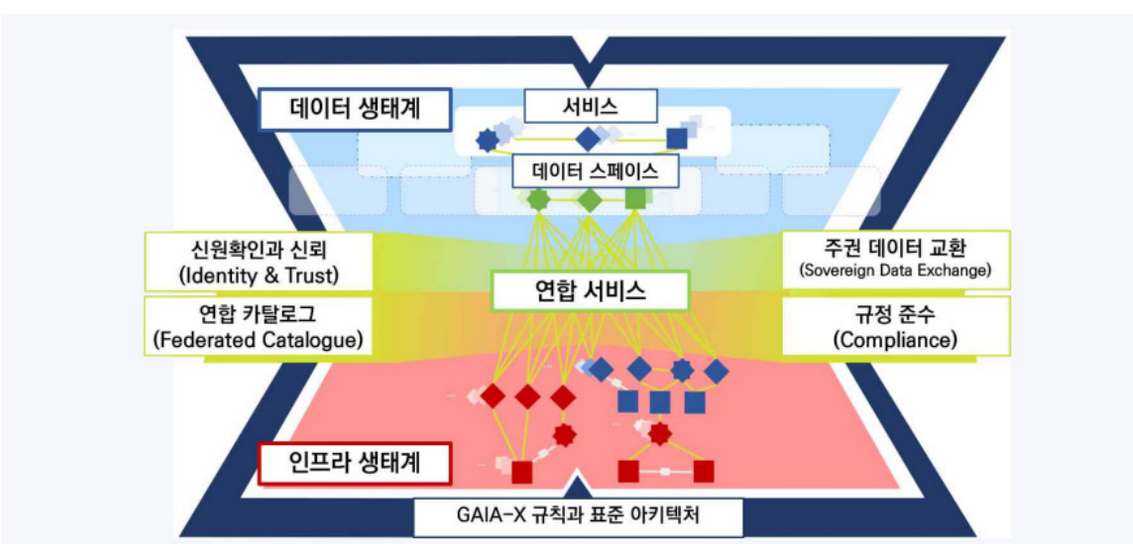
데이터 산업 생태계 사례 검토
- 유럽 Gaia-X 프로젝트를 중심으로 -

Exploring Data Industry Ecosysetems: The Case of European Gaia-X Project

전희진 (한국교통연구원, 연구원) **박희건** (한국교통연구원, 연구원) **정정호** (한국교통연구원, 연구원) **천승훈** (한국교통연구원, 연구위원)

최근 데이터의 중요성이 커지며 가용 데이터에 대한 수요가 급증함에 따라 데이터를 어떻게 얻고 활용할 것인지가 기업과 개인의 경쟁력을 결정하는 데 중요한 요소가 되고 있다. 특히, 국토교통 분야는 대용량 및 비식별 데이터 활용이 필수이나, 서비스 기업은 데이터 수집·가공·활용을 위한 기술 및 전문인력 확보의 한계로 산업 활성화에 어려움을 겪고있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 유럽의 데이터 산업 발전을 위한 산업 중심 민간 부문의 연합 데이터 인프라 이니셔티브인 Gaia-X의 관련 백서들에 대한 고찰을 바탕으로, 데이터 공유 및 활용의 중요성을 인지하여 경쟁력 있는 데이터 생태계와 기반 기술을 개발함으로써 국가 미래성장 동력을 확보할 수 있는 국토교통 데이터 산업 생태계 활성화 방안을 제시하고자 하였다.

Gaia-X는 2019년 10월 독일 디지털 정상회의(Digital Gipfel)에서 처음으로 소개되었으며, 심화 단계에 이른 미·중 디지털 패권 경쟁에 대응하는 기조를 바탕으로 추진되었다. 독일에서 시작하여 유럽연합으로 확대되는 이 프로젝트는 역내 데이터 역량 강화를 목표로 하며 참여하는 주체의 의사결정권과 데이터 주권을 보장한다는 점에서 타 글로벌 클라우드 시장 기업들과 차별화된다. 또한 유럽 데이터 전략의 핵심 축으로서 산업 내, 산업 간 데이터 공유 활성화 및 데이터 스페이스 구축에 일조하며, Gaia-X 협회 및 워킹그룹이 발행한 백서를 통해 인프라 및 데이터 기반 생태계를 구축하기 위한 규칙, 표준 및 아키텍처 등의 자세한 내용을 제시하고 있다. 백서를 2개의 섹션 및 6개 구분으로 분류하여 검토 및 시사점을 도출하였다.



사사: 본 논문은 국토교통과학기술진흥원 “국토교통 데이터 산업 활성화를 위한 생애주기별 기반환경 조성 및 실증서비스 개발(3차년도)” 사업의 지원으로 수행되었음 (RS-2022-00144012)

위상수학적 데이터 분석을 활용한 Point Cloud Data 분석 방법 연구

A Study on Point Cloud Data analysis method using Topological Data Analysis

정성연	이석채	김지현	손건우	권장우
(인하대학교 전기컴퓨터공학과)	(인하대학교 전기컴퓨터공학과)	(인하대학교 전기컴퓨터공학과)	(인하대학교 전기컴퓨터공학과)	(인하대학교 컴퓨터공학과)

최근 자율 주행 차량의 발전과 함께 3D 객체 인식 기술에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 객체 인식에서 LiDAR (Light Detection and Ranging)는 빛을 발사하여 그 반사를 통해 물체와의 거리를 측정함으로써 주변 환경의 3차원 이미지를 구축한다. 이로 인해 생성되는 대량의 Point Cloud Data(PCD)는 자율주행 차량이 주변 객체를 정확히 식별하고 이해하는 데 필수적인 요소가 되었다. 이러한 PCD는 데이터 처리 및 분석을 통해 자율주행 시스템의 안전성과 정확성을 크게 향상시킬 수 있다. 그러나 포인트 클라우드는 그 크기와 복잡성 때문에 처리하기 어렵다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해, 3D 데이터를 처리하기 위한 다양한 딥러닝 모델들이 개발되고 있다. 하지만 기존의 딥러닝 기반 PCD 처리 모델들은 로컬 구조와 패턴 인식, 객체의 스케일 변화와 회전 같은 변형에 대한 민감성과 같은 여러 문제에 직면해 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해, 본 연구는 PCD의 지역적 특성을 수학적으로 계산하고 분석하여 직접 기계 학습 모델에 적용할 수 있는 새로운 접근법인 Topological Data Analysis(TDA)를 소개한다. TDA는 복잡한 데이터 구조를 이해하고 표현하기 위한 기법으로, 데이터의 기본적인 형태를 분석하여 중요한 특성과 패턴을 파악한다. 이 기법을 LiDAR 데이터 처리에 적용함으로써, 본 연구는 기존 딥러닝 모델이 갖는 한계를 극복하고, 보다 정교하고 강건한 인공지능 모델을 개발하는 것을 목표로 한다.

PCD를 통해 지속성 호몰로지를 생성하기 위해 주어진 점들로부터 복합체를 생성하는 방법으로 Vietoris-Rips Filtration을 사용한다. 이를 통해 생성된 지속성 호몰로지를 기계에 입력하기 위해서는 지속성 호몰로지에서 특징을 추출할 수 있는 추가적인 연산이 필요하다. 지속성 호몰로지는 (탄생-죽음) 페어를 이루는 Diagram 형태로 제공되며 이를 처리하기 위해 Betti Curve, Persistence Landscape, Heatmap Kernel 등의 기법이 쓰인다. 본 연구에서는 지속성 호몰로지를 처리하기 위한 기법들 중, Diagram을 평면화하여 특징 값을 추출하는 Persistence Landscape 기법을 사용하여 지속석 호몰로지에 대한 후처리를 진행했으며 각 데이터에 대해 생성된 지속성 호몰로지의 표준 분석을 위하여 Diagram을 0과 1사이로 표준화할 수 있도록 스케일링을 적용했다. 이를 통해 생성된 정보는 PCD 처리를 위해 제안된 모델인 DGCNN에 Persistence Landscape 정보를 추가적으로 제공할 수 있도록 구성했다.

본 연구에서는 3D 컴퓨터 비전에서 널리 사용되는 표준 데이터셋 중 하나인 ModelNet40 데이터를 사용했다. 해당 데이터는 3D CAD 모델의 컬렉션으로 구성되어 있으며 40개의 카테고리로 분류된 총 12308개의 mesh 모델을 포함한다. 이 카테고리에는 의자, 책상, 침대, 컴퓨터, 램프, 테이블, 기타 등 일상생활에서 흔히 볼수 있는 다양한 물체들부터 실제 LiDAR를 사용하여 도로위에서 수집될 수 있는 차량, 보행자, 자전거 등의 데이터 또한 포함되어 있다. 각 3D 모델은 정점과 면으로 구성된 mesh로 표현되어 있어 이를 Point Cloud 형태로 변환시키기 위한 전처리를 진행했으며 인공지능 모델 학습을 위해 9840개의 학습 데이터와 2468개의 테스트 데이터로 나누어 실험을 구성했다. 각 데이터를 이루고 있는 점들 중, 1024개의 샘플을 uniform하게 추출해 사용했으며 Cross Entropy Loss와 SGD를 사용하여 학습을 진행했다.

실험 결과 TDA 정보를 담은 모델의 경우 기존 모델보다 학습 초반 매우 정확도가 떨어지는 모습을 보이지만 학습이 이뤄진 후반부에서는 기존 모델 대비 3, 4% 정도의 성능 향상을 보였다. 이는 모델이 주어진 TDA 정보를 학습 초반에는 노이즈로 처리를 하지만 학습 후반부 모델이 포인트 클라우드의 기하적 구조를 이해하면서 기존 모델 대비 학습 효율이 증가한 것으로 예측된다. 향후 연구에서는 오직 TDA 정보만을 사용한 인공지능 모델의 구현 가능성을 확인하고자 한다.

사사: 본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음 (No. 2022-0-01127).

Prophet 모형의 교통량 분야 활용연구

A Study on the Use of the Prophet Model in the Traffic Volume Analysis

김성민
(큐빅웨어 본부장)

김우진
(큐빅웨어 과장)

교통량은 교통분야의 필수적 기초자료 중 하나로 광범위한 분야에서 활용되고 있으며, 최근 탄소중립, 소음지도 작성 등 활용가치가 더욱 높아지고 있다. 다만 공공에서 수집하고 있는 교통량 데이터에는 결측지, 이상치, 예측치에 부재로 데이터의 활용성을 저해하고 있다. 교통량은 시계열 데이터이며, 계절, 주기, 휴일 등에 영향을 크게 받는 데이터이다. 따라서 이러한 데이터의 특성을 적절히 반영할 수 있는 모형의 적용을 통해 결측치에 대한 보완, 이상치에 대한 판단, 예측치 추정을 해야 한다. 2017년 페이스북에서 개발한 Prophet 모형은 추세함수, 계절성 반영함수, 휴일반영 함수를 반영할 수 있기에 교통량 분야에 활용하기에 매우 적합한 모형으로 보여진다. 따라서 본 연구에서는 Prophet 모형을 활용하여 교통량 예측 모형을 구축하여 결측치에 대한 보완, 이상치에 대한 탐지, 예측 가능성 분야로의 활용을 검토하고자 하였다.

본 연구에서는 2020년부터 2024년까지 총 4개년의 서울시 상시 관측교통량 데이터를 수집하였다. 수집된 관측교통량은 평균 3만 5천대 수준이며, 약 15%의 결측치를 가지고 있는 것으로 분석되었다. 2020년부터 2022년까지 3개년 데이터는 모형 구축에 활용하였고, 2023년 데이터는 모형의 검증에 활용하였다. F-03(정릉터널)에 대한 모형을 구축한 결과 하이퍼파라마타 최적화 전 MAPE는 3.9%, 하이퍼파라메타 최적화 후 MAPE는 2.7%로 나타나 높은 예측 성능을 보이는 것으로 분석되었다. 하이퍼파라메타 최적화를 통해 MAPE 5%이내인 일자가 최적화 전 206일에서 282일로 향상되어 예측 신뢰도가 매우 높아진 것으로 분석되었다. 타지점인 A-12 지점과 A-24 지점의 적용을 통해 교통량 수준의 차이가 있어도 Prophet 모형이 적용가능한 수준으로 예측이 이루어지는 것으로 분석되었다. 타 모형과의 성능검토를 위해 LSTM 모형과 비교분석을 수행하였으며 Prophet 모형의 MAPE는 2.7%, LSTM 모형의 MAPE는 9.0%로 분석되어 교통량 예측 문제에 있어서는 LSTM 모형보다 Prophet 모형이 더 적합한 구조를 가지고 있다고 판단된다.

Prophet 모형은 계절성, 공휴일 및 이벤트 등의 영향을 잘 반영함으로써 높은 예측 정확도를 보이는 모형으로 판단되며, 빠른 구동속도를 활용한 다양한 테스트, 직관적인 파라메타 조정 등에 강점이 있어 활용성에 큰 가치가 있을 것으로 보인다. 향후 연구로는 날씨, 통행속도 등 교통량에 영향을 미치는 외생변수 추가구축, SARIMA, LSTM, RNN 등 다양한 시계열 모형과의 성능비교, 공간적 범위 확대, 시간단위 세분화를 통해 모형의 신뢰도와 활용 가능성을 제고할 필요가 있다.

자율주행(Ⅴ)

Session

C-6

자율주행 현장대응차량의 교통사고 상세 대응 전략 수립을 위한 기초 연구

김도연, 강지혜, 이진학, 정영제, 김원호

자율주행 도시환경관리 서비스 차량 도입으로 인한 교통류에 미치는 영향 분석

김주영, 소재현

자율주행차 주행안전성 평가를 위한 시뮬레이션 기반 ODD 및 평가지표 분석

김호선, 김민경, 오철

자율주행차량 데이터 기반 우회전 교통류 주행안전성 평가

이상재, 박준영, 오철

실도로 주행데이터를 통한 자율주행차 주행안전성 분석

이영택, 이상현, 윤일수

도로 환경에 따른 자율주행 안전성 평가 연구

이지원, 탁세현

자율주행 현장대응차량의 교통사고 상세 대응 전략 수립을 위한 기초 연구

A Basic Study for Establishing Detailed Response Strategies to Traffic Accidents for Autonomous Emergency Response Vehicles

김도연	강지혜	이진학	정영제	김원호
(서울연구원, 연구원)	(서울연구원, 연구원)	(서울연구원, 연구위원)	(서울연구원, 부연구위원)	(서울연구원, 선임연구위원)

자율주행 기술은 도시교통의 다양한 분야에서 근본적인 문제점의 해소와 이를 극복하기 위한 특별한 기회를 제공할 수 있는 미래 기술로 기대되고 있다. 특히 구급·구난 등의 긴급상황과 관련된 분야에서 주목받고 있는데, 해당 분야에 자율주행 기술을 활용하면 인력 부족으로 인한 시공간적 제약과 교통사고 대응 시 안전 문제 등에 효과를 볼 수 있을 것으로 기대된다. 지난 연구에서는 교통사고의 구급·출동 데이터로 시공간적 특성 분석을 진행하여 자율주행 기반의 긴급차량을 효과적으로 활용할 수 있는 시공간을 분석하여 거시적 관점에서 운영 전략을 수립하는 기초 연구를 진행하였다. 이번 연구에서는 자율주행 기반의 긴급차량이 교통사고 대응을 위해 현장에 도착했을 때, 미시적 관점에서 운영 전략을 수립하기 위한 기초 연구를 진행하고자 한다.

전체 교통사고 치사율보다 2차 사고의 치사율은 7배 정도 높아 교통사고 발생 시 초동 조치는 중요한 대응 과정 중 하나이다. 초동 조치로 2차 사고를 예방할 수는 있지만, 초동 조치를 시행하고 현장을 보호해야 하는 대응 인원들은 위험에 노출되어 있다. 해당 과정을 자율주행 기반의 긴급차량으로 대응하면 신속한 현장 출동과 안전한 초동 조치 대응도 가능할 것으로 기대된다. 이에 본 연구에서는 자율주행 기반의 긴급차량 교통사고 상세 대응 전략 수립을 위한 기초 연구를 진행하였다. 기존 교통사고 대응을 위한 국내외 전략과 공사장 교통 관리지침 등 관련된 내용을 조사하였으며 경찰, 한국도로공사 등에 방문하여 현장 관계자를 대상으로 인터뷰를 진행하여 내용을 분석한 결과 자율주행 기반의 긴급차량이 교통사고에 대응하기 위한 전략과 기준들을 도출하였다. 본 연구에서 도출한 자율주행 기반의 긴급차량 상세 현장 대응 전략 기준은 향후 교통사고 현장에서 효과적인 대응을 지원하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 전망된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2023-00245890).

자율주행 도시환경관리 서비스 차량 도입으로 인한 교통류에 미치는 영향 분석

Impact on the introduction of Autonomous Driving-Based Urban Environment Management Service

김주영
(아주대학교, 학석박사통합과정)

소재현
(아주대학교, 교수)

PBV(Purpose Built Vehcile)는 대중교통과 같은 이동 서비스뿐만 아니라 휴식, 물류, 상업, 의료 등 다양한 서비스를 추가로 제공하는 서비스로 활용 용도/목적에 따라 다양한 형태와 기능을 가진 차량임. 최근 이러한 PBV에 대한 관심이 증대되고 있으며 시장이 빠르게 확장되고 있지만, 이와 관련한 연구는 부족한 실정임. PBV에는 다양한 종류가 있지만 그 중 자율주행 도시환경관리 서비스 차량은 일반 자율차와는 달리 차선 내 운행이 아닌 차선 밖 운행(측도운행), 청소 효율성을 위해 저속주행(5~10km/h)이 불가피한 차량임. 후행차량이 Ego차량을 추종한다면 충격파로 인해 상류부에 부담을 주어 심각한 경우에는 교통 혼잡에 영향을 미침. 다른 PBV에 대해서 영향력들을 다 연구함이 필요하지만, 자율주행 도시환경관리 차량의 경우 일반 자율주행 차량과 다른 자율주행 ODD나 운행 특성을 고려했을 때, 다른 PBV들과는 가장 다르고 도심 교통에 영향을 많이 줄 수 있기에 자율주행 도시환경관리 서비스 차량을 우선적으로 고려하고자함. 따라서, 자율주행 도시환경관리 서비스 차량의 도입으로 인한 교통류에 미치는 영향을 분석하고 추후 도시환경관리 서비스 차량의 운행전략을 도출하는 것을 목표로 함.

자율주행 Lv.4/4+기반 도시환경관리 서비스차량(이하 Ego차량)이 일반 교통류와 혼합되어 운행되었을 때, 교통류에 미치는 영향을 구하기 위해 시뮬레이션을 진행하였음. 시뮬레이션은 교통 매크로시뮬레이션인 VISSIM을 활용하였으며, 공간적인 범위는 상암DMC를 활용하였음. Ego차량의 운행행태를 DLL파일을 수정하여 구현하였음. 또한, Ego차량의 청소 효율을 높이기 위한 다양한 경로 계획에 대해 선행연구를 진행하였음. 먼저, 실내 로봇 청소기의 경로계획에 대해 조사한 결과, 랜덤기법과 바둑판기법 등 여러 경로 계획이 각각의 장단점을 서술하고 있음. 따라서 본 연구에서는 LOS별 교통량에 따른 Ego차량의 도입 전, Ego차량의 도입 후(2가지 경로)를 비교하는 방식을 활용하였음.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2023-00236825, 자율주행 Lv.4/4+ 기반 도시환경관리 서비스 기술 개발).

자율주행차 주행안전성 평가를 위한 시뮬레이션 기반 ODD 및 평가지표 분석

Analysis of ODD and Evaluation Indicators for Autonomous Vehicle Driving safety Based on Traffic Simulation

김호선
(한양대학교 마트시티공학과, 박사과정)

김민경
(한양대학교 스마트시티공학과, 석박사통합과정)

오철
(한양대학교 교통물류공학과, 교수)

NHTSA (National Traffic Safety Administration)에 따르면 교통사고의 94%가 사람의 실수로 인해 발생하며, 사망자 중 약 30%가 음주와 관련되어 있으나 autonomous vehicle (AV)은 이를 효과적으로 감소시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 즉, 자율주행차의 도입은 운전자의 실수로 인해 발생하는 교통사고를 제거함으로써 교통안전을 근본적으로 향상시킬 수 있다. 그러나, 불완전한 autonomous driving system (ADS)이 장착된 AV는 교통사고 예방에 한계가 존재한다. 또한, 도로상에 다양한 ADS 수준의 차량과 일반차량이 혼재된 혼합교통류가 상당 기간 지속될 것이며, 혼합교통류 환경에서는 불안정한 교통흐름이 발생할 수 있다. 본 연구의 목적은 operation design domain (ODD)별 AV의 운전능력을 평가하기 위한 평가지표를 도출하고 그에 따른 평가 우선순위를 도출하는 것이다.

본 연구에서는 AV가 목적지까지 주행하는데 마주하는 다양한 ODD 조건을 통과함에 있어 주행안전성 측면에서 위험이 없어야 한다는 전제조건을 AV의 운전능력 평가로 정의한다. AV에 영향을 미치는 ODD의 특성과 실제 자율주행차 데이터 분석을 통해 ODD 내 차량의 거동 특성을 고려함으로써 ODD별 혼재 교통상황에서 운전능력을 평가하기 위한 평가지표를 선정하는 방법론을 제시하였다. 교차로, 불법주정차, 버스 정류장, 자전거 도로 및 mid-block 횡단보도 등에 해당하는 ODD를 교통 시뮬레이션 환경에 구축하였으며, 실제 AV 주행 데이터 분석을 통해 시뮬레이션 환경에서 차량 거동을 구현하였다. 종방향 평가지표와 차량간 상호작용 평가지표를 활용하여 주행안전성 분석을 수행하였으며, 분석 결과를 기반으로 ODD별 요인분석을 통한 적정 평가지표를 도출하였다. 본 연구에서 도출한 적정 평가지표는 ODD별 AV의 운전능력을 평가하는데 있어 중요하게 작용된다. 특히, 교차로 유형과 관계된 ODD의 경우 속도의 변화량과 관계된 평가지표가 AV의 운전능력 평가에 효과적인 것으로 확인되었다. 불법주정차, 버스정류장과 같이 다른 차량으로 인해 AV가 정상적인 주행을 방해받는 구간의 경우, 차두시간과 차간거리와 같은 차량간 상호작용 측면의 평가지표가 AV의 운전능력을 평가하는데 적합한 평가지표로 도출되었다. 추가로 본 연구에서는 도출된 운전능력 평가지표를 활용하여 ODD의 평가 중요도 우선순위를 결정하였다. 교차로 횡단보도, 불법주정차, mid-block 횡단보도 ODD가 높은 평가 우선순위로 도출되었으며, 교차로 및 mid-block 횡단보도의 경우 보행자와의 상충이 빈번하게 발생하는 구간인 것에 영향을 받은 결과로 판단된다.

본 연구에서 도출한 결과는 AV 기술의 개발 및 정책 결정에 중요한 기준을 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 기술개발 측면으로 운전능력이 특히 저하되는 ODD에 특화된 센서 또는 알고리즘 개발을 촉진하여 AV의 인식 능력을 고도화할 수 있다. 교통안전 및 규제 정책 개선 측면으로 AV의 운전능력에 크게 영향을 미치는 ODD를 중점적으로 모니터링함으로써 효과적인 비상 상황 대응이 가능토록 한다. AV에 적합한 인프라 설계 및 개선을 통해 혼합교통류 환경의 교통사고를 효과적으로 감소시킬 수 있다. 본 연구에서 분석에 활용한 ODD는 실제 AV에 영향을 미칠 수 있는 ODD 일부에 국한되어 있으며, 상암 자율주행차 시범운행지구라는 특수한 교통상황에서 분석된 결과이다. 따라서, 교통량과 차종 등 추가적인 ODD 구현 및 분석을 통해 다양한 ODD 환경에 대해 본 연구와 동일한 분석을 수행할 필요가 있다.

사사: 이 논문은 2023년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제명: 실도로 기반 Lv.4 자율주행차량 운전능력 평가기술 개발/ 과제번호: RS-2023-00238253)

자율주행차량 데이터 기반 우회전 교통류 주행안전성 평가

A Methodology to evaluate safety of right-turn traffic at intersection using real-world autonomous vehicle driving data

이상재
(한양대학교 교통물류공학과 박사과정)

박준영
(한양대학교 교통물류공학과, 스마트시티공학과 부교수)

오철
(한양대학교 교통물류공학과, 스마트시티공학과 교수)

도로교통법이 개정되어, 전방 신호등이 적색 신호 상황에서 우회전 하는 경우, 정지선 및 교차로 앞에서 일시정지가 의무화 되었다. 우회전 전 일시정지를 통해 우회전 차량의 속도감속을 유도하여 사고심각도가 낮아질 수 있다. 개정된 법안에 따라, 교통섬이 있는 우회전 교차로에서는 보행자가 통과할 때 까지 정지하여야 하지만, 교통섬에서 충분히 감속하지 않거나 정지하지 않아 사고가 발생할 수 있다. 우회전 도로의 일시정지를 유도하기 위해, 일시정지 안내 표지판 및 노면 표시와 같은 교통안전 대응책을 도입할 수 있다. 또한 사고를 유발하지 않고 안전하게 주행하는 자율차량(Autonomous vehicle; AV)이 도입된다면, 사고심각도를 감소시킬 수 있다. 따라서 본 연구는 AV의 교통류 내 비율(Market penetration rate; MPR) 증가 및 안전대응책을 도입하였을 경우, 안전성 변화를 시뮬레이션하여 분석하였다. 실제 AV 주행 데이터를 활용하여, AV의 주행행태를 교통류 시뮬레이션 상에 반영하였다. AV 주행 데이터는 세종시 자율주행 빅데이터 관제센터 오픈랩에서 제공하는 자율주행 데이터를 활용하였다. 해당 AV 데이터는 세종특별자치시청 인근 도로를 시계방향으로 순환하여 주행하며, 주행시간은 22년 5월 1일 16~21시까지 수집되었다. AV의 주행데이터는 미시적 차량 추종 모형인 IDM(Intelligent driver model)의 파라미터를 조정하여 반영할 수 있다. IDM 파라미터는 안전차두시간, 최대 감속도, 희망 감속도와 같은 선행차량으로 인해 변화하는 주행행태가 반영된 파라미터 값이다. 수집된 주행궤적 데이터에서 도출한 IDM 파라미터값을 모형에 적용한다면 해당 주행행태를 시뮬레이션 상에 반영할 수 있다. 본 연구에서는 개별차량주행 안전성 평가지표 2개와 상충 관련 안전성 평가지표 2개로 총 4개의 평가지표를 활용하였다. 개별차량 주행 안전성 평가지표는 속도 및 가속도의 표준편차이며, 상충 관련 안전성 평가지표는 Post encroachment time (PET), DeltaS이다. 4개의 평가지표 모두 도심부도로의 안전성을 평가할 때 주로 활용된다. 속도와 가속도 표준편차는 도심부에서 발생하는 사고건수 및 상충 유발 빈도를 측정할 수 있다. PET는 교차로와 같은 Crossing이 발생하는 도심부도로에서 주로 활용되며, DeltaS는 사고가 발생하지 않는 시뮬레이션 상에서 상충을 정량적으로 파악할 수 있는 지표이다. 분석 시나리오는 AV의 MPR(0%, 25%, 50%, 75%, 100%) 및 교통량(첨두 및 비첨두), 안전 대응책 적용 유무를 기준으로 총 20개의 시나리오를 설정하였다. 해당 시나리오는 각 10회씩 무작위 시드를 적용하여 수행하였으며, 각 시나리오별 평균 안전성 평가지표를 기준으로 AV의 MPR 별 안전성 변화 및 대응책 적용 유무에 따른 개선효과를 분석하였다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호RS-2022-00142565)

실도로 주행데이터를 통한 자율주행차 주행안전성 분석

Analysis of Automated Vehicle Driving Safety Through Real-World Road Data

이영택 (아주대학교, 석박사 통합과정)
이상현 (아주대학교, 석박사 통합과정)
윤일수 (아주대학교, 교수)

인구 증가와 더불어 자동차의 보유 대수가 2023년에는 국내 인구의 절반 이상이 자동차를 보유한 것으로 나타났다. 자동차의 보급률이 증가함에 따라 도로 혼잡, 교통사고, 환경 문제가 심화되고 있다. 이에 자동차 제작사들은 첨단운전자지원시스템(advanced driver assistance system, ADAS)을 개발하였다. 국제자동차기술자협회(SAE International, SAE)에서 정의한 자율주행 기술 수준에 따르면 ADAS는 레벨 2 수준이며 자율주행은 레벨 3로 정의되는데 현재 전 세계적으로 레벨 3, 4 수준의 자율주행차 기술 개발을 진행하고 있다.

그러나, 자율주행차의 고도화에 따른 상용화가 다가옴에도 불구하고 자율주햄차의 안전성 검증이 여전히 중요한 문제점으로 남아있다. 자율주행차 개발이 진행되어감에 따라 주행안전성 또한 높아질 것이라는 기대와 달리 잇따른 테슬라, 우버, 웨이모 등 자율주행차의 사고가 이를 반증하고 있다. 이로 인하여 소비자는 자율주행차가 대면할 것으로 예상되는 상황과 예상치 못한 돌발 상황 등 다양한 환경에서의 자율주행차의 주행 능력에 대하여 확신하지 못하는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 실제 고속도로에서 레벨 4 수준의 자율주행차의 주행안전성을 분석하는 것이다. 자율주행차의 주행안전성을 객관적으로 분석하고 평가할 수 있는 항목을 도출하기 위하여 관련된 교통 법규와 기준을 검토하였다. 또한, 다양한 환경에서 자율주행차의 주행안전성을 분석하기 위해 고속도로 직선로, 곡선로, 터널 구간 등 다양한 요소가 포함된 고속도로 구간을 선정하였다. 자율주행차는 2023년 10월 20일부터 11월 13일까지, 오전 10시부터 오후 5시까지 주행하여 데이터를 수집하였다.

본 연구의 목적인 실제 고속도로에서 자율주행차의 주행안전성을 평가하기 위한 항목을 도출하기 위하여 관련 교통 법규를 검토하였다. 관련된 교통 법규에서 고속도로 상에서 자동차가 준수하여야 할 주행 행동과 관련된 항목만을 선별하였으며 이외의 항목들은 모두 제거하였다. 이후에 자율주행차의 주행안전성을 평가하기에 적합한 항목을 도출하기 위한 선정 지표를 정의하였다. 적합하다고 판단되는 항목들에 대하여 중복되거나 유사한 의미를 가진 항목의 경우 하나의 평가항목으로 구성하였다. 이후에 평가항목 또는 평가지표에 대한 정의, 평가항목의 평가지표, 평가용 데이터, 평가용 데이터 단위, 평가용 데이터 수집 주기, 평가지표 기준으로 구성하여 실제 고속도로 기반 자율주행차의 주행안전성 평가항목을 도출하였다.

수집한 자율주행차의 데이터 중에서 자율주행 비율이 높은 데이터를 임의로 선택하여 자율주행차의 주행안전성 분석을 수행하였고 총 36개의 평가지표 중 일부 지표의 경우 특정 데이터가 별도로 필요하여 이를 제외하였다. 본 연구에서 도출한 실제 고속도로 기반 자율주행차의 주행안전성 평가항목을 토대로 주행안전성을 분석해본 결과 안전하다고 검증되었다. 다만, 본 연구에서는 고속도로만을 선정하여 주행 환경이 제한되었으며 선정된 도로 구간이 모든 도로 상황을 대표할 수 없다는 한계점을 제시하였다. 두 번째로 교통량이 많은 첨두시간대를 제외하고 오전 10시부터 오후 5시까지 주행하여 모든 상황을 대표하여 주행안전성을 분석하지 못한 점과 평가항목이 교통 법규를 토대로 도출하였지만 모든 환경에서의 주행안전성을 보장할 수 없다는 한계점을 제시하며 실제 상황을 고려하여 평가항목에 대한 보완하기를 향후 연구과제로 제시하였다.

사사: 본 논문은 국토교통부 자율주행기술개발혁신사업 '주행 및 충돌상황 대응 안전성 평가기술개발(RS-2021-KA160637)' 과제 지원에 의해 수행되었습니다.

도로 환경에 따른 자율주행 안전성 평가 연구

Assessment of Autonomous Vehicle Safety in Varied Road Environments

이지원
(한국교통연구원, 연구원)

탁세현
(한국교통연구원, 연구위원)

본 논문에서는 자율주행차량의 안전한 운행을 위한 도로 환경에 대한 종합적인 분석을 수행하였다. 자율주행차량의 안전성을 평가하기 위해, 기존 연구에서는 주로 차량의 주행 경로 설정 후 평가를 진행한 반면, 본 연구에서는 도로 환경을 분류하고 실제 자율주행차량을 기반으로 데이터를 수집하여 자율주행 차량이 직면할 수 있는 다양한 한계 상황을 제시하였다. 이러한 접근은 도로 환경에 대한 전반적인 계획 수립과 개선 방향 제시에 있어 기존 방법론의 한계를 극복할 수 있다.

본 연구는 전국 국도의 약 16%에 해당하는 950km 구간을 대상으로 실차 주행 실험을 진행하였다. 이 과정에서 수집된 자율주행 데이터는 GPS위치 정보, 자율주행 해제 횟수, 자율주행 해제 원인 및 결과 등이 포함되었다. 자율주행 해제 원인으로는 넓은 차로 폭, 낮은 곡선 반경, 교차로 기하구조, 회전 교차로,분합류 구간, 병목 구간,차선 상태 불량, 공사 구간, 갓길 점령, 높은 교통량 등이 있으며, 해제 결과로는 급정지, 중앙선 침범, 차선 이탈, 차선 근접 주행, 자율주행 해제, 차선 변경 실패, 충돌 위험, 낮은 속도 주행 등의 이벤트가 포함되어 있다. 또한, 도로의 환경에 대한 데이터를 디지털 도로 대장을 기반으로 도출하였다. 도로 링크와 차량의 위치 정보를 매칭하여 자율주행 해제 시 도로 환경을 분석하고, 이를 통해 도로 환경에 따른 자율주행 안전성을 평가하였다.

분석 결과, 총 244건의 자율주행 해제 사례가 발생하였으며, 그중 자율주행 해제가 32.79%, 차선 변경 실패가 19.67%, 차선 근접 주행이 13.52%로 나타났다. 자율주행 해제 원인으로는 작은 곡선 반경이 19.18%, 분합류 구간이 15.10%, 기타 13.06%로 집계되었다.

본 논문은 도로 유형에 따른 자율차 안전성 분석의 필요성을, 도로 환경에 대한 종합적인 접근 방식이 자율주행차량의 안전성 평가 및 개선에 기여할 수 있음을 보여준다. 더불어, 본 연구는 특정 도로 조건에서 자율주행 시스템이 직면하는 주요 문제점들을 식별하고, 이를 바탕으로 시스템의 개선 방향을 제시한다. 이러한 분석은 자율주행차량의 도입과 관련하여 자율주행 개발자, 정책 입안자, 그리고 도로 인프라 관리자들에게 유용한 인사이트를 제공할 것으로 기대된다.

자율주행(Ⅵ)

Session

C-7

공공도로에서의 자율주행 차량 평가 방법론 연구

이홍석

도심 자율주행 기술 검증을 위한 소형 테스트베드

배현철, 이은재, 이세인, 한제협, 안희진

관제 기반 테스트베드 연동형 복합 테스트를 위한 C-VILS 시스템 설계

김정호, 정지원, 김재영, 조성우, 고한검

자율주행 검증을 위한 가상시험환경 플랫폼 구축

고한검, 김한아, 이원상, 김종화, 최인성

자율주행자동차 공회전 제어 기법의 환경적 효과에 대한 분석

정지효, 김회경

도로관리 관점에서 자율주행 긴급차량의 도입효과 분석

강지혜, 김도연, 연준형, 정영제, 김원호

공공도로에서의 자율주행 차량 평가 방법론 연구

Research on Automated Driving Vehicle Evaluation Methodology on Public Roads

이홍석
(한국산업기술시험원, 선임연구원)

이 연구는 공공도로에서 자율주행 차량의 평가 방법론을 탐구한다. 자율주행 기술의 발전이 사회에서 점점 중요해지면서, 이러한 차량들이 도로 위에서 안전하고 효과적으로 운행될 수 있는지 평가하는 것이 중요한 과제가 되었다. 본 연구는 자율주행 차량의 공공도로 운행 적합성을 평가하기 위한 도구와 방법론을 제안하며, 이를 통해 차량의 운행 적합성을 정량화하고 평가할 수 있는 기반을 마련한다.

논문에서는 자율주행 차량을 평가하기 위한 관련 장비를 설명하고 해당 장비를 이용하여 평가할 수 있는 두 가지 방식을 설명하고 각각의 장단점에 대하여 기술적으로 분석한다. 그리고 현재 자율주행 차량의 기술 수준을 고려했을 때 평가하기 어려운 항목들을 식별합니다. 이는 악천후 조건, 도로 공사, 경찰관의 수신호, V2X 및 사이버보안 위협, 사용자-기계 인터페이스 등을 포함한다.

이 논문에서는 한국 도로교통법규 준수 여부와 특정 운행 지역의 도로적합성 평가를 위한 방법론을 제시하며, 이는 자율주행 차량이 한국의 다양한 도로 조건에서 안전하게 운행할 수 있는지를 평가하는 데 중점을 둔다. 연구 수행을 위한 작업 프로세스는 교통 규정 명세, 데이터 라벨링 요구 사항, 데이터 수집 및 셋 개발, 인공지능 모델의 훈련과 검증, 그리고 교통 규정 준수 확인기의 구현의 단계로 구성된다.

연구는 해당 방식으로 평가를 할 때에 예상되는 문제들을 사전에 식별하고 이를 해결하기 위한 방안을 기술하였다.

마지막으로, 이 연구는 특정 지역에서의 자율주행차량 운행 적합성 평가를 위한 AI 모델 개발과 이를 바탕으로 한 다양한 시나리오에서의 도로교통법규 위반 가능성 평가까지 확장할 계획임을 밝히며 결론짓는다. 이러한 평가 방법론은 자율주행차량이 도로 상에서의 안전성과 법규 준수 여부를 보장하는 데 중요한 기여를 할 것이다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.RS-00238253, 실도로 기반 Lv.4 자율주행차량 운전능력 평가기술 개발)

도심 자율주행 기술 검증을 위한 소형 테스트베드

Small-scaled testbed for urban autonomous driving technology verification

배현철	이은재	이세인	한제협	안희진
(한국과학기술원 전기및전자공학부)	(한국과학기술원 전기및전자공학부)	(한국과학기술원 전기및전자공학부)	(한국과학기술원 안보과학기술대학원)	(한국과학기술원 전기및전자공학부 조교수)

자율주행 서비스의 최종 목표는 도로와 상관없이 어디서든 자율주행 서비스를 제공하는 것이다. 현재 국내 고속도로에서의 자율주행 서비스가 제공되어 활발하게 이용되는 반면에 아직 도심의 자율주행 서비스는 해결해야 할 문제점이 많다. 특히, 도심 도로의 특성상 차량이 밀집되어 있다는 점과 보행자를 비롯한 다양한 도로 장애물이 존재한다는 점은 자율주행 차량 한 대만이 해결하기에는 어려운 문제를 만든다. 이를 해결하기 위해 세계적으로 V2V (Vehicle-to-Vehicle) 또는 V2X (Vehicle-to-Everything)를 통한 주변 차량 혹은 사물과의 정보 공유를 통한 자율주행 시스템 개발이 활발하게 진행되고 있다.

하지만, 정보 공유를 통한 자율주행 기술 개발의 활발한 연구와 다르게 이를 적용하고 검증할 공간은 굉장히 제한적인 상황이다. 이는 기존 자율주행 차량의 기술 적용 및 검증을 위하여 한 대의 차량을 중심으로 하는 시스템을 제작하고 실도로 주행을 통해 실현 가능성을 검증한 것과는 다르게 기술 적용을 위해 여러 대의 자율주행 차량과 서로 간의 상호작용이 필요하기 때문이다. 또한, V2X 기술에서 많이 이용하는 인프라의 센서 정보를 공유하기 위한 센싱, 통신 시스템이 갖추어지지 않은 것 역시 기술 적용 및 검증이 어려운 또 다른 이유이다. 국내외적으로 앞서 말한 기술들의 적용 및 검증을 위해 M-City, K-City와 같이 자율주행 실험을 위한 테스트베드를 제작하지만, 실제 도심의 교차로와 비슷한 수준의 복잡한 교통 상황을 구현하거나 차량 및 주변 사물과의 충돌과 같은 취약 상황을 만들기에는 어려움이 있다.

도로와 차량의 크기를 축소한 소형 테스트베드는 위의 문제를 해결할 수 있다. 실제로 미국의 델라웨어 대학교, 영국의 케임브리지 대학교, 그리고 미국의 애리조나 주립대 등에서는 1:15 비율 이상으로 축소한 도로와 차량을 사용하여 Multi-agent 제어를 연구하고 결과를 테스트베드에 적용 및 검증한다. 하지만 이러한 테스트베드들은 자율주행 기술의 제어 분야에 초점이 맞춰져 있으며 대부분의 도로의 형태가 왕복 2차로인 간단한 형태로 복잡한 도심의 교차로와 차이가 있다.

본 논문에서는 현실의 도심 4지 교차로를 1:15 비율로 축소한 소형 테스트베드를 제안한다. 테스트베드의 중심에는 왕복 4, 5차로의 교차로를 위치하여 복잡한 교통 상황을 구현하고자 하였고 도류로를 추가하여 합류, 분류와 같은 차량 간 다양한 상호작업을 만들고자 한다. 또한, 소형 자율주행 차량에 카메라를 설치하여 센서 데이터를 기반으로 인지-판단-제어 기술을 전부 필요로 하는 풀스택 자율주행 차량을 제작하고자 하며 센서 및 고성능 컴퓨팅 모듈이 설치된 지능형 인프라의 제작으로 다양한 V2X 기술에 적용할 수 있는 미래지향형 자율주행 검증 환경을 제안한다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2023-RS-2023-00259991).

본 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('20026184')

관제 기반 테스트베드 연동형 복합 테스트를 위한 C-VILS 시스템 설계

C-VILS System Design for Complex Testing with Control Center Based Testbed Interworking

김정호*	정지원	김재영	조성우	고한검
((주)모라이, 매니저)	((주)모라이, 대표이사)	((주)모라이, 매니저)	(한국교통안전공단 자동차안전연구원, 실장)	(한국교통안전공단 자동차안전연구원, 차장)

정부는 2027년 Lv.4/4+ 자율주행차 상용화를 위해 'Lv.4/4+ 자율주행차 기술개발'을 촉진하기 위한 자율주행 실험도시(이하, K-City) 기반 자율주행차 테스트베드 기틀 마련의 필요성에 합의하였다.

더욱 복잡해진 Lv.4/4+ 자율주행차 기술의 개발 및 상용화를 위해서는 자율주행차의 안전성 확보가 필수적이며, 이를 검증하기 위한 실도로와 유사한 테스트베드 평가환경 구축이 필요하다.

본 논문에서는 Lv.4/4+ 자율협력주행 3단계(가상시험운영 환경 - 테스트베드 - 리빙랩) 실증환경 구축을 통한 자율주행 기술 및 자율협력주행 서비스 안전성을 검증하고자 '관제 연동형 차량 기반의 가상 자율협력주행 재현 기술(C-VILS)' 시스템을 제안하였다. 이를 통해 Lv.4/4+ 자율주행 차량 테스트베드를 융합형 Lv.4/4+ 자율주행 및 자율협력주행 기술검증 공간으로 활용하고 융합형 Lv.4/4+ 자율주행 및 자율협력주행 안전성 검증을 위한 관제 기반 실도로 환경의 평가 수행 공간으로 고도화 시킬 수 있다. 또한 Lv.4/4+ 자율주행 및 자율협력주행 차량 뿐만 아니라 자율주행 서비스의 안전성을 검증할 수 있는 '테스트베드 환경을 구축'하고 관제와 연동된 '차량 기반 자율협력주행 재현 시뮬레이터'와 연계하여 평가에 활용할 수 있는 시스템을 구축하고자 하였다.

본 시스템에서 관제 시스템은 실시간 데이터 모니터링 및 이를 기반으로 의사결정을 할 수 있는 구조로 구성된다. 인프라 시스템에서 송신되는 실제 인프라 정보를 바탕으로 실제와 동일한 테스트 환경을 제공할 수 있다.

In-Vehicle은 차량에 장착되는 장비로써 인프라를 통해 전송되는 정보 및 시나리오를 구동하게 하는 주체가 된다. 또한 시나리오 정보 및 자차량의 상황을 시뮬레이터 화면을 통해 실시간으로 확인이 가능하다.

Vehicle은 In-Vehicle에서 전송되는 정보 및 자체 알고리즘을 기반으로 자율주행을 수행한다. Localization module을 통해 테스트 차량의 현 위치를 실시간으로 차량에 탑재된 HMI로 전달하여 실제 위치와 시뮬레이터상 위치를 실시간으로 맞춘다. 테스트 차량에 주입된 시나리오 상의 가상 객체를 바탕으로 엣지 케이스 테스트 등을 수행할 수 있다.

관제화면에서는 관제센터로부터 전송되는 인프라 및 타 차량 정보를 테스트 차량에 제공한다. 테스트 차량에서 구동할 시나리오는 관제센터에서 사전 인지 및 승인이 가능하며, 모니터링되고 있는 테스트 차량의 상태정보도 실시간으로 체크가 가능하다. Vehicle system은 In-Vehicle에서 테스트 차량에 데이터를 제공한다. 원하는 테스트 시나리오를 선정하여 테스트 차량에 주입하고 가상 객체를 생성하여 테스트 차량의 자율주행 알고리즘 등을 검증한다.

해당 시스템들을 통해 구축된 C-VILS로 실제 도로 상황에서의 자율주행 차량 동작을 테스트 및 개발할 수 있다. 테스트가 진행되면 실제 차량과 시뮬레이션 환경 간에 실시간으로 데이터 송수신이 이루어진다. 테스트의 모든 상황을 관제실에서 확인이 가능하며, 인프라 정보에 대한 정보도 함께 송출하게 된다.

자율협력주행 관련 개방형 실험 및 테스트 환경 조성으로 다양한 도로·교통·기상·환경 등을 고려한 운행설계영역(ODD, Operation Design Domain) 내에서 기술개발 기반을 마련하고, 실도로 주행 전 다양한 시나리오 기반의 기술검증을 통해 공로상의 자율주행 기술의 안전성 향상을 향상 시킬 수 있다.

본 논문에서 제안하는 시스템이 'Lv.4/4+ 자율협력 기반의 자율주행 기술개발 평가 지원을 위한 테스트베드' 고도화에 기여할 것으로 기대한다. 추후 해당 시스템을 K-City 내에 적용할 것이고, 연계를 위한 기반 기술을 지원하는 방안이 함께 모색되어야 할 것이다.

사사: 본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원 자율주행기술개발혁신사업의 연구비 지원(과제번호 RS-2021-KA162184)에 의해 수행되었습니다(국문과제명 : Lv.4 자율주행 차량 테스트베드 환경 구축, 영문과제명 : Establishment of Testbed Environment for Lv.4 Automated Vehicle)

자율주행 검증을 위한 가상시험환경 플랫폼 구축

Establishment of Virtual Test Environment Platform for Autonomous Driving Verification

고한검	김한아	이원상	김종화	최인성
(자동차안전연구원 K-City연구처, 차장)	((주)모라이, 매니저)	((주)모라이, 매니저)	((주)모라이, 실장)	(자동차안전연구원 K-City연구처, 처장)

An autonomous vehicle is a vehicle that recognizes and judges its surrounding environment and plans a driving route so that it can be driven without a driver's manipulation. Algorithms are the most important factor in these autonomous vehicles. Autonomous driving algorithms are being advanced by many companies and OEMs, and as autonomous driving algorithms advance in the future, complexity is expected to increase and various errors will occur. Research is actively underway at home and abroad to provide simulations to solve errors and verify algorithms.

In this study, we will develop a variable extended virtual test environment platform and real data-based scenarios that can verify autonomous driving algorithms. Cloud and infrastructure will be built to develop a variable expansion virtual test environment platform, and technology that can be tested in parallel to reduce algorithm test time using the cloud will be developed. In the real data-based scenario, the risk will be calculated from the data actually collected from the actual vehicle and infrastructure, and parameters will be extracted to build one pipeline derived as a concrete scenario.

사사: 이 논문은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비지원(RS-2023-00233952)에 의해 수행되었습니다.

자율주행자동차 공회전 제어 기법의 환경적 효과에 대한 분석

Analysis of the Environmental Effects of Autonomous Vehicle Idling Control System

정지효
(동아대학교 도시공학과 석사과정)

김회경
(동아대학교 도시공학과 교수)

도심 도로망에서 차량으로부터 배출되는 온실가스는 보행자들의 건강을 해칠 뿐만 아니라 도시 전체적인 공기 질을 악화시키는 원인이 되고 있다. 본 연구는 최근 소개되고 있는 정보통신 기술(ICT : Information and Communication Technology)의 접목을 통해 도심 도로망을 주행하는 차량의 온실가스 배출량을 감축시켜 지속가능한 도시환경을 조성하는 것을 목표로 한다.

본 연구에서는 ICT를 차량과 인프라(신호 교차로) 간의 통신(V2I(Vehicel-to-Infrastructure))에 활용하여 교통신호 정보를 공유한 후 이 정보를 기반으로 차량 개별적으로 공회전 제어 여부를 판단하고 시행하는 기술을 제안한다. 부산광역시 해운대구를 미시적 시뮬레이션 모델인 VISSIM을 통해 구축하여 도로망에서의 신호대기 중인 차량으로부터 배출되는 온실가스양을 분석하여 본 연구에서 제안하는 자율주행자동차 공회전 제어 기법을 평가한다.

1시간 동안 진입과 진출을 완료한 차량 대수는 15,888대 수준이며 개별 차량들의 평균 통행시간은 719초이고, 그 중 공회전한 시간은 평균 통행시간의 50.5%에 해당하는 363초이며, 본 연구에서 소개된 공회전 제어기법을 통해 제어된 공회전 시간은 평균 통행시간의 47.6%에 해당하는 342초이다. 또한, 본 연구에서 소개된 공회전 제어기법을 통해 제어된 평균 공회전 시간은 평균 공회전 시간의 94.3%를 차지하였다.

본 연구의 결과는 환경을 개선하는 공공의 편익을 도모하는 차원에서 정석적으로 평가가 가능하고 에너지 효율을 개선함으로써 정량적 평가가 가능하다. 교통신호정보가 공유되게 되면서 교통 관련 기업들이 충분히 참고할 수 있으며 특히, 자율주행 자동차 사업에서 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 차종별, 연료별, 연식별 기준 시간이 상이할 수 있어 향후에는 실질적으로 현장에서 사용될 경우를 대비하여 정교한 분석이 필요할 것이다.

사사 : 이 성과는 정부(환경부)의 재원으로 한국환경산업기술원의 녹색복원 특성화대학원 사업의 지원을 받아 수행된 연구임

도로관리 관점에서 자율주행 긴급차량의 도입효과 분석

The Effect Analysis of the Autonomous emergency response vehicles
From a Road Management Perspective

강지혜	김도연	연준형	정영제	김원호
(서울연구원, 연구원)	(서울연구원, 연구원)	(서울연구원, 연구원)	(서울연구원, 부연구위원)	(서울연구원, 선임연구위원)

최근 도시 환경에서 자율주행 기술의 발전이 빠르게 진행되고 있으며, 도로 청소, 배달, 방범순찰 등과 같은 도로관리 및 서비스 분야에서도 혁신적인 변화를 가져오고 있다. 이와 함께 도로관리 기관은 자율주행기술을 활용하여 도로 안전 및 효율성을 향상시키는 방안을 모색하고 있으며, 이러한 기술의 도입은 다양한 장점을 제공한다. 도로에서 발생하는 긴급상황에 대응하고 도로 관리 비용을 절감하여 효율적인 운영을 가능케 함으로써, 인적자원에 의존하지 않고도 신속하게 대응할 수 있게 된다. 이러한 측면에서 자율주행 기술을 도로관리 및 서비스에 도입하는 것은 도로 안전 및 관리에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

본 연구에서는 도로에서 발생하는 긴급상황 대응관리 영역에서 적용될 수 있는 자율주행기반의 긴급차량 도입을 제안하였으며, 이에 따른 효과를 분석하였다. 연구에서 제안한 자율주행 긴급차량은 자율주행 기술을 활용하여 도로교통 안전관리를 진행하는 차량으로 정의된다. 이에 자율주행 긴급차량을 기반으로 하는 교통관리의 영역 및 서비스를 도출하고, 도입효과를 제시하였다. 도입 효과로는 크게 운영효율성, 안전성, 서비스 측면 향상이 기대된다. 3가지 도입효과에 대한 각 지표평가와 현장 관계자들과 자율주행 긴급차량의 도입으로 기대하는 사항에 대해서 응급 및 교통분야의 전문가인터뷰를 진행하였다. 종합된 내용을 분석하여 도로관리 관점에서 제시할 수 있는 자율주행 긴급차량의 영역과 서비스를 도출하였다.

도출된 자율주행 긴급차량의 영역은 법적으로 자율주행 운행이 가능한 영역과 불가능한 영역을 구분하였다. 또한, 도로 내 사고취약구간 상시 순찰과 현장차량을 활용한 도로 모니터링, 신속한 초동조치 방안제공 등의 도로관리를 위한 서비스를 제시하였다. 본 연구에서 도출된 자율주행 긴급차량 영역과 서비스는 LV.4/4+ 자율주행 환경에서 도로를 관리하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 : RS-2023-00245890)

자율주행(Ⅶ)

Session

C-8

시뮬레이션 기반 자율차 혼재 상황에서 고속도로 휴게소 교통안전 분석

김우원, 이송하, 박준영, 염춘호

미시 시뮬레이션 분석 자율차-일반차 혼재율에 따른 비신호 교차로 교통상황 변화 추정에 대한 연구

김동우, 정현숙, 전진숙

혼합 교통 환경에서의 다차로 비신호 교차로 우선순위 제어 전략

김영환, 문세동, 김동규

도심지 교통정보 취득을 위한 자율주행 자동차 점유율 산정 연구

진종찬, 김예진, 윤일수

로지스틱 회귀 분석 기반 일반차량 및 자율주행차량 이용수요 예측 모형 연구

이서윤, 김현명

Lv 4+ 자율주행 테스트 시나리오 개발을 위한 인지 음영 기반 자율주행차량 위험 사례 분석

오승민, 최재희, 장기태, 윤진원

시뮬레이션 기반 자율차 혼재 상황에서 고속도로 휴게소 교통안전 분석

Safety Evaluation for Inside Traffic of Expressway Rest Area Under Autonomous Driving Environments Using Simulation

김우원	이송하	박준영	염춘호
(한양대학교 스마트시티공학과 석사과정)	(한양대학교 스마트시티공학과 박사과정)	(한양대학교 교통물류공학과/스마트시티공학과 부교수)	(서울시립대학교 국제도시과학대학원 부교수)

자율주행 자동차는 운전의 피로를 줄이고, 이동 시간을 휴식, 업무 등과 같은 시간으로 활용할 수 있어 큰 인기를 끌고 있다. 정보통신산업진흥원에서 발간한 2023 자율주행차 시장동향 보고서에 따르면 2022년 전 세계 자율주행차 시장 규모는 약 163조 5,000억원을 기록한 것으로 추산되며 향후 2030년에는 약 2,342조 8,000억까지 성장할 것으로 전망했다. 한편 고속도로의 휴게소와 같은 경우는 출입이 제한되어 있다 보니 많은 차량들이 휴게시설로 모이기 마련이고, 차량과 보행자들이 혼재되어 있는 복잡한 상황에선 사고가 빈번하게 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 차량과 보행자의 안전을 위해 자율주행 자동차와 일반 자동차가 혼재된 고속도로 휴게시설에 대한 안전성 평가를 진행한다. 분석대상지는 2010-2022년 고속도로 사고자료 중 발생지점이 휴게시설인 데이터에 대해 통계분석을 수행하였을 때 사고빈도가 높고, EPDO값이 큰 휴게소를 계산하여 경부고속도로에 위치한 입장거봉포도휴게소(서울방향)으로 선정하였다. 미시교통 시뮬레이션인 VISSIM을 이용하여 네트워크 환경을 구축하고 자율주행차의 행태를 구현하기 위해 Wiedemann 74 모형의 파라미터들을 수정하였다. 휴게소를 사이에 둔 안성IC-북천안IC 구간을 통행한 버스 및 화물차량의 교통량을 비교하였을 때 전체 교통량 중에서 약 27%로 나타나 승용차와 화물차를 구분하여 시나리오를 구성하였다. 또한 자율차의 MPR을 4가지(0%, 25%, 5%, 100%)로 분리하여 자율차의 전환율에 따른 시나리오 분석을 진행하고 DRAC, PET 등과 같은 안전지표를 활용한 휴게소 내 안전성 평가를 수행한다.

미시 시뮬레이션 분석 자율차-일반차 혼재율에 따른 비신호 교차로 교통상황 변화 추정에 대한 연구

A Study on Estimating Changes in Traffic Conditions Based on the Micro Simulation Analysis of Autonomous Vehicle-Conventional Vehicle Mix at UnsignalizedIntersections

김동우
(명지대학교
교통공학과,
학부연구생)

정현숙
(명지대학교
교통공학과,
박사과정)

전진숙
(명지대학교
교통공학과,
연구교수)

자율주행 자동차 기술의 발전은 현대 교통 시스템을 변화시키고 운전의 편의성을 증대시키는 데 큰 영향을 미치고 있으며, 다양한 방면에서 긍정적인 영향을 보일 것으로 판단된다. 자율주행 자동차의 혼재율이 100%가 되기까지 일반 자동차와의 혼합 교통류 상황이 오랜 기간 유지될 것으로 전망되어, 자율주행 자동차가 혼재된 상황에서 교통 흐름의 변화를 파악하는 것에 필요성을 느꼈다.

선행연구에서는 연속류를 기반으로 특성을 분석하는 연구가 주로 진행되었으며, 도심부 단속류의 경우 신호 운영 등 인프라 관련 운영 최적화 전략에 관한 연구가 대다수이다. 본 연구에서는 비신호 교차로 내 자율주행 자동차와 일반 자동차로 이루어진 혼합 교통류의 특성을 조사하고 자율주행 자동차 혼재율에 따른 교통 흐름의 변화를 파악하는 데 초점을 맞춰 실도로 네트워크 정보를 기반으로 자율주행 자동차 혼재율과 교통량 변화에 따라 시나리오별 혼합 교통류에 미치는 영향을 파악하였다.

본 연구를 통해 비신호 3지 교차로에서 자율주행 자동차의 혼재율이 증가함에 따라 평균 통행속도 증가, 정지 지체 및 대기행렬길이 감소 등 기존 네트워크에 긍정적인 영향을 끼치는 것을 알 수 있었으며, 서비스 수준별 시나이로 분석 결과를 통해 혼재율에 따라 자율주행 자동차의 도입이 주는 영향의 민감도가 다르게 나타난다는 것을 파악하였다.

혼합 교통 환경에서의 다차로 비신호 교차로 우선순위 제어 전략

Intersection Priority Strategy for Multi-lane Unsignalized Intersection under Mixed Traffic Environment

김영환
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

문세동
(서울대학교 건설환경종합연구소, 연수연구원)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

신호등은 교차로를 비롯한 다양한 교통 혼잡 지점 및 상충 지점에서의 주된 차량 제어 방법으로 사용되어 왔다. 그러나 신호 교차로는 주기적인 강제 정차를 통해 상충 제어를 하는 만큼, 차량 지체의 가장 큰 원인 중 하나로도 지목되고 있다. 자율주행이 상용화되지 않은 실제 도로 환경에서는 회전 교차로, 비신호 교차로 등의 일부 예외를 제외하면, 신호등 외의 상충 지점 운전자 통제 방법이 존재하지 않았기에 지체의 원인이 됨에도 불구하고 사용할 수밖에 없는 유일무이한 제어 방법이었다. 하지만 차량 간 소통이 가능한 자율주행자동차들(CAV)이 상용화되기 시작하면 교차로 진입 이전에 차량들의 현재 위치 정보를 기반으로 통행권 부여 및 전후 차량간의 관계를 통한 안전 보장으로 비신호 교차로 제어 운영이 가능할 것이다.

본 연구는 현재와 같이 도로 위 인간 운전 차량(HDV)들의 비율이 100%인 상태에서 출발하여 CAV의 시장 점유율이 점차 늘어날 때 새로운 교차로 제어 전략의 효율이 점차 증가하는 것을 확인하고자 한다. 대조군으로써 기존의 고정된 신호 주기, 그리고 동적 신호 주기를 가진 신호 교차로 제어 전략을 사용하며, 비신호 교차로 제어 전략으로는 대기열 길이 기반 통행권 부여 전략과 점유 기반 제어 전략을 사용하여 분석한다. 총 네 가지의 교차로 제어 전략을 시뮬레이션 상에서 적용하였을 때, 총 통행시간과 TTC 지표를 비교분석하며, 연구의 대상이 되는 기하구조는 3차로 4지 교차로로, 도로용량편람(KHCM)을 근거로 400 pcph에서 4,800 pcph까지의 교통량을 설정, CAV 시장 점유율 0%부터 100%까지 증가시켜가며 시뮬레이션한다. 시뮬레이션 내에서 각 차량들의 car-following 변수들은 드론에 의해 기록된 실제 교차로 궤적 데이터셋을 이용하여 보정한다.

본 연구에서 제안하는 교차로 제어 전략인 대기열 길이 기반 통행권 부여 전략은 교차로에 도착하는 차량 대기열의 길이가 가장 긴 곳부터 교차로 통행권을 부여한다. CAV와 HDV가 혼재하는 혼합 교통에서 HDV들은 제어가 불가능하고, 각 HDV들은 다른 차량이나 네트워크와 소통할 수 없으므로 이들은 안전을 위하여 교차로 진입시 일단 정지하되 CAV들을 부여된 통행권에 따라, 감가속을 최소화하며 운행하도록 제어한다. 또 다른 전략인 점유 기반 제어 전략은 각 차량별 점유, 그리고 점유 예정 공간을 타일 단위로 배정하여 추돌 사고를 방지하는 방법론이다. 해당 전략을 통해 동시 통행이 허용되는 비신호 교차로에서도 추돌사고를 최소화할 수 있다.

총 통행시간과 TTC를 비교 분석해본 결과, 대기열 길이 기반 통행권 부여 전략은 기존의 신호 제어 전략 대비 교통량과 CAV 점유율에 무관하게 항상 낮은 통행시간을 보여주었다. 점유 기반 제어 전략은 동적 신호 제어 전략이나 대기열 길이 기반 통행권 부여 전략보다는 높은 총 통행시간을 보여주었고, 고정 신호 제어 전략과는 총 통행량에 따라 그 우열이 뒤집히는 모습을 보여주었다. 하지만 TTC 분석 결과, 점유 기반 제어 전략이 훨씬 안정적인 TTC 지표값을 보임으로써 더 안전한 제어 전략임을 보여주었다.

하지만 본 연구에서 제안하는 전략들은 여전히 차량들의 교차로 도착 정도, 그리고 자율주행 기술의 발전 정도와 CAV의 상용화 속도에 따라 실제 교통상황에 적용하는 속도 및 제어 효율이 큰 영향을 받는다. 평균적인 교통량과 CAV 시장 점유율 수준에 따른 교차로 제어 전략 효율을 제시하는 연구이나 특정 상황으로 인해 HDV 비율이나 통행량이 갑자기 증가할 경우 신호등에 비해 지체가 오히려 증가할 수 있다는 것이다. 따라서 향후 V2X 통신을 최적화하고, CAV 예측 정확도 향상에 초점을 두어 더 다양하고 도전적인 조건 하에서 시뮬레이션을 통한 적용 가능성을 테스트할 필요가 있을 것으로 사료된다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업과 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (Innovative Talent Education Program for Smart City) (No. 0583-20240014, 실시간 교통안전시설 운용을 위한 인프라 정보 융합 및 관리 기술 개발)

도심지 교통정보 취득을 위한 자율주행 자동차 점유율 산정 연구

Rate of Autonomous Vehicles for the Collection of Traffic Information in Urban Areas

진종찬 (아주대학교, 석사과정)
김예진 (아주대학교, 박사과정)
윤일수 (아주대학교, 교수)

자동차 등록 대수의 증가와 교통량의 상승은 도심지 교통 문제의 심각성을 증가시키고 있다. 이에 따라, 정보통신기술(information and communication technologies, ICT)을 활용한 교통 시스템 구축 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 차세대 지능형 교통체계(cooperative intelligent transport systems, C-ITS)의 핵심 요소로 커넥티드 차량(connected vehicle, CV)과 차량과 다양한 요소(vehicle to everything, V2X) 통신 기술을 이용한 자율주행 차량의 역할이 강조되고 있다. 이러한 차량들은 실시간으로 교통정보를 수집하며, 이 정보는 교통 운영의 효율성과 안전성을 향상시키는데 기여한다. 효과척도(measures of effectiveness, MOE)는 도로의 교통상황을 나타내어 서비스 수준을 구분할 수 있게 하는 지표이다. C-ITS, V2X 통신을 기반으로 신뢰성 있는 실시간 정보 수집을 위해서는 MOE를 정확하게 측정하는 것이 중요하다. 도로에 주행하는 자율주행 차량이 많을수록 MOE 측정을 위한 데이터를 많이 수집할 수 있지만 모든 차량이 도심지에서 CV 또는 자율주행 자동차로 운영되긴 어렵다. 따라서 적정 비율의 CV 및 자율주행 자동차로 교통정보를 취득할 수 있게 해야 한다.

본 연구는 CV와 자율주행 자동차의 비율을 달리한 값과 모든 차량이 CV 및 자율주행 자동차인 경우의 값을 비교하여 최적의 비율을 산정하기에 앞서, 대상 구간의 토이 네트워크 구축을 통해 교통정보를 수집·분석하였으며, 이를 기반으로 MOE 별 개별차량 데이터를 수집하고자 하였다. 선행 연구를 통해 프로브 차량 및 C-ITS를 활용한 실시간 데이터 수집의 경우 차량의 비율에 따라 상이한 신뢰도를 보이는 것으로 확인했다. 적정 비율의 프로브 차량 확보는 교통정보의 신뢰성과 다양성, 실시간성에 크게 기여할 것으로 기대된다. 다만, 대부분의 연구는 신호 규제가 없는 연속류를 대상으로 수행되었으며, V2X가 가능한 자율주행 자동차가 아닌 단말기를 탑재한 CV를 대상으로 수행되었다. 따라서, 본 연구에서는 혼잡도가 높은 단속류 도심지를 대상으로 자율주행 자동차의 비율에 따라 수집할 수 있는 교통정보의 해상도를 비교하였으며, 도심지 교통정보 취득을 위한 자율주행 자동차의 최소비율을 추정하고자 하였다.

MOE는 교통정보 중 차량의 기본적인 주행행태를 보여주는 통행시간 및 지점속도, 공간평균속도와 도심지의 혼잡한 정도를 보여주는 지체와 정지 횟수로 총 7개를 선정하였다. MOE 별 개별차량 데이터 수집를 수집하여 기초 통계 분석을 하였다. 전체 구간 별로는 통행시간 303.76초, 지점속도 48.67km/h, 지체 192.88초, 정지 횟수 2.11번의 평균치를 나타냈고, 공간평균속도는 18.37km/h를 나타냈다. 교차로 별로는 상동역 사거리에서 대기행렬길이가 최대 91대, 통과 교통량이 218대로 나타났다.

본 연구에서는 대상 구간의 시뮬레이션을 통해 MOE 별 개별차량 데이터를 수집하였다. 다만, 본 연구에서 수행한 시뮬레이션은 교통량 데이터의 수급 및 토이 네트워크의 범위에 있어서 한계가 존재한다. 따라서, 더욱 넓은 범위의 네트워크의 구성을 통한 시뮬레이션을 수행하여 MOE를 산정하는 과정이 필요하다. 또한, 향후 연구를 통해 다양한 시나리오에서 CV 및 자율주행 자동차의 비율을 1%, 2%, 3% 등으로 나누어 개별차량 데이터를 추출하며, 자율주행 차량의 비율이 100%일 때와 비교하여 적정 자율주행 차량의 비율을 도출하고자 한다. 이러한 연구 결과는 도심지 교통정보 취득을 위한 자율주행 차량의 점유율을 도출하여 교통정보 수집과 자율주행 차량 상용화에 도움될 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.092021C29S01000, 네트워크 제어를 위한 교통정체 및 혼잡 운영관리 기술 개발)

로지스틱 회귀 분석 기반 일반차량 및 자율주행차량 이용수요 예측 모형 연구

A Study on the Forecasting Model for Use of General Vehicles and Autonomous Vehicles Based on Logistic Regression Analysis

이서윤
(명지대학교, 석사과정)

김현명
(명지대학교, 교수)

미래 도로 환경에서 도로사업의 가치를 평가하기 위해 장래 일반차량 및 자율주행차량의 거시적 이용 수요 예측 방법론 구축의 필요성이 제기되고 있다. 자율주행차량 보급에 따른 이용 수요는 지속적으로 증가할 것으로 예측되고 있으며, 이에 따른 도로 환경 및 도로의 가치는 자율주행차량 보급 및 이용 수준에 따라 달라질 것이다. 미래 도로 환경에서 도로 사업의 가치를 제대로 평가하기 위해서는 시기별로 일반차량 및 자율주행차량의 거시적 이용 수요 예측이 필수적이며, 장래 자율주행차량 이용 수요 분석을 위해 미래의 사건의 발생 가능성을 예측하는데 사용되는 로지스틱 회귀분석을 적용하였다.

본 예측 모형은 현재까지의 국내 자동차 등록대수와 해외의 자율주행 관련 선행연구 고찰을 기반으로 보수적, 보편적, 낙관적 시나리오로 나누어 2015년부터 2050년까지 자율주행 단계별(0단계 ~ 5단계) 등록대수 및 신차 판매대수를 예측하였다.

본 연구가 향후 자율주행차의 단계별 장래 이용수요 예측 연구에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 한국도로공사에서 발주한 '미래도로 투자평가체계 개선 연구'의 연구과제 중 일부를 발췌하여 작성되었음

Lv 4+ 자율주행 테스트 시나리오 개발을 위한 인지 음영 기반 자율주행차량 위험 사례 분석

Safety Issue Analysis of Autonomous Vehicles Based on Perceptual Blind for Developing Level 4+ Autonomous Driving Test Scenarios

오승민[1)] (한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 박사과정)

최재희[2)] (한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 석사과정)

장기태[3)] (한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 교수)

윤진원[*] (한국과학기술원 기계기술연구소, 연수연구원)

자율주행차량(Autonomous Vehicle, AV)의 기술 발전으로 실도로 내 자율주행 사례가 증가하면서 도심부 내 주변 객체나 환경적 요소로 AV가 인지할 수 있는 범위가 제한, 저하되는 '인지 음영(Perceptual Blind)'으로 인한 위험 상황이 빈번히 발생하고 있다. 오늘날 Lv 4+ 자율주행 테스트 시나리오를 개발하기 위해서는 실제 도로에서 발생할 수 있는 다양한 인지 음영 상황을 파악하고 시나리오 개발에 반드시 고려해야 한다. 따라서, 본 연구는 미국 캘리포니아 차량관리국(Department of Motor Vehicles, DMV)의 AV 주행 기록 데이터를 활용하여 AV와 일반 차량 간의 사고 유형 차이를 이해하고 인지 음영 기반 AV 위험 사례를 분석하였다. AV 사고 부위, 충돌 전 움직임뿐만 아니라 사고 설명 또한 종합적으로 고려하여 사고 유형을 새롭게 분류하고, 복잡한 도심부의 인지 음영 상황을 제어권 전환 데이터를 활용하여 도출하여 선행 연구와 차별성을 보여주었다. 자율주행 모드 활성화 여부를 고려하여 AV 사고 형태를 충돌 대상에 따라, 그 중 차대차사고에 대하여 10가지 유형으로 분류하였다. 제어권 전환 데이터 또한 단계적 분류를 통해 인지 부족 유형의 제어권 전환 원인을 분석하였고, 인지 음영 유형 및 구체적 사례를 도출하였다. 분석 결과, AV의 안전 운전 기동으로 인해 AV가 사고 주체인 경우는 적으나, 예상치 못한 AV 행동으로 인한 일반차량의 추돌 사고가 빈번하게 발생함을 확인하였다. 인지 음영 유형은 크게 3가지로, '센서 시야 또는 AV가 인지할 수 있는 범위 외 영역의 물체를 인지하지 못함', '장애물이 AV 시야를 차단하여 폐색이 발생함', '카메라 또는 센서에 직접적인 영향으로 인지 능력이 저하됨'로 분류할 수 있었다. 향후 연구로 본 연구에서 수집된 인지 음영 유형과 구체적 사례를 활용하여 Lv 4+ 자율주행 테스트 시나리오 개발을 수행할 예정이다. 또한, 인지 음영을 고려한 테스트 시나리오를 다양하게 설계하여 상황별 인지 음영 해소 전략을 새롭게 마련할 것이다.

사사: 이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2023-00244929, 레벨4 자율주행 차량의 커넥티드 기반 인지 증강화 및 협력 자율주행 기술 개발).

탄소중립

Session

C-9

교통 · 차량 연계 시뮬레이션을 활용한 전기차 군집환경의 주행 전비 지표 개발

김동민, 윤진원, 장기태

승용차요일제 시행에 따른 온실가스 감축 원단위 산정에 관한 연구 : 부산광역시를 대상으로

김태경, 고상희, 신강원

화물차량 주행특성 및 기상 데이터 기반 미세먼지 농도 예측 연구

박근휘, 박준영

어린이 통학버스 무공해차 전환에 따른 온실가스 감축 효과 분석

박보현, 신강원

탄소저감형 통합교통서비스(S-MaaS)의 수단선택모형 구축을 위한 SP조사 설계

박유진, 구자헌, 이경재, 김수재, 추상호

공간적 형평성을 고려한 급속충전소 입지분석에 관한 연구 : 영월군을 중심으로

우동혁, 김경석, 신정웅, 이채민

교통·차량 연계 시뮬레이션을 활용한 전기차 군집환경의 주행 전비 지표 개발

Development of driving efficiency index under traffic with multiple electric vehicles using Co-simulation

김동민 (한국과학기술원, 박사과정)
윤진원 (기계기술연구소, 박사후연구원)
장기태 (한국과학기술원, 교수)

전기동력 기반의 차량(전기차)은 내연기관 대비 짧은 주행거리와 기후에 따른 전비 변동 등으로 인한 주행거리 불안증(range anxiety) 문제를 가지고 있으며, 그로 인해 전기차 배터리의 정확한 에너지 소비 모델을 개발하기 위한 연구와 함께 전기차의 에너지를 효율적으로 사용하기 위한 최적 전비 주행(eco-driving) 전략들이 연구되고 있다. 그러나 기존의 최적 전비 주행 관련 연구들은 대부분 개별 차량 관점에서의 최적해를 도출하고 있는데, 이 경우 도출된 개별 최적해에 대한 사용자 평형이 오히려 시스템 차원의 비효율성을 초래할 수 있어, 다수의 전기차량에 대한 시스템 관점의 최적 전비 주행 전략 연구에 대한 새로운 시사점이 도출되어야 한다. 이에 따라 본 연구에서는 다수의 전기차가 존재하는 군집환경에서 시스템 차원의 주행 전비 특성에 대해 분석하기 위한 지표 개발을 목표로 한다. 이를 위해 본 연구에서는 미시 교통 시뮬레이션과 차량 동력을 모사한 시뮬레이터를 연계(Co-simulation)하여 다음의 과정으로 실험을 수행하였다; 1) 가상 도로 환경 선정 및 교통류 모형 기반 6가지 시나리오 생성, 2) 교통 시나리오 내 전기차 동력 모델(차량 동력 시뮬레이터의 ego-vehicle)에서 수집된 데이터 기반의 전기차 동력에너지 소비모델 개발, 3) 전기차 동력에너지 소비모델을 활용하여 외부 차량들의 전기동력 에너지 추정, 4) 주행 전비 산출 및 교통류 분석 지표 구축, 5) 주행 전비 분석 및 교통류 대리지표 선정. 본 연구는 전기차 군집환경의 주행 전비 지표로 ESR (Effective Speed Range)을 제안하며, 기존 연구 사례에서 주로 제시하는 다른 대표적인 지표 (차량 속도, 차량 밀도 관련 변수)들과 함께 상관도 분석을 수행하였다. 분석 결과 개별 차량들의 평균 주행 전비는 LS (Link Speed)와 상관성이 가장 높았고, 교통 시스템 관점에서의 통합 주행 전비는 ESR과 가장 높은 상관관계를 가지고 있음을 확인하였다. 본 연구에서 제안한 지표는 개별 차량 단위의 데이터 취득이 어려운 교통 인프라 수준에서 실질적인 대리지표로써 활용이 가능할 것으로 기대된다. 추후 연구에서는 단속류 환경에서도 ESR의 유효성을 실험을 통해 입증할 계획이며, 향후 네트워크 차원의 교통 제어 등으로도 활용할 계획이다.

사사: 본 연구는 dSPACE 코리아의 지원을 받아 수행된 연구임

승용차요일제 시행에 따른 온실가스 감축 원단위 산정에 관한 연구: 부산광역시를 대상으로

A Study on the Calculation of the Intensity for Greenhouse Gas Reduction according to the Implementation of the Self Carfree Day System For Busan Metropolitan City

김태경 (경성대학교 석사과정)

고상희 (경성대학교 박사과정)

신강원 (경성대학교 교수)

우리나라는 도로 수송부문 온실가스 배출량 감축을 위해 교통수요관리정책 등을 통해 2018년 대비 2030년 내연기관 자동차의 총 주행거리 4.5% 감축을 목표로 하고 있다. 여러 지자체는 승용차요일제, 승용차마일리지, 대중교통 인센티브정책 등의 교통수요관리정책을 시행 중에 있으며, 일부 교통수요관리 정책의 온실가스 감축 원단위는 한국환경공단과 KOTEMS에서 제공되고 있다. 그러나 기존 승용차요일제 시행에 따른 온실가스 감축 효과 분석 연구는 가입 전·후의 주행거리 변화를 반영하고 있지 않으며 지자체별 특성을 반영하지 못하는 한계를 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 부산광역시를 대상으로 승용차요일제 가입 차량의 주행거리를 조사하여 온실가스 배출량 감축 효과를 분석하고 정책 시행에 따른 온실가스 감축 원단위를 제시하였다.

주행거리 데이터를 활용하여 산출한 2020년 기준 부산광역시 승용차요일제 미가입차량의 2021년 1대당 일평균 주행거리는 28.2km로 2019년 대비 소폭 감소(-9.6%)하는 것으로 분석되었다. 그러나, 2020년 승용차요일제 신규 가입차량의 1대당 일평균 주행거리는 가입 전(2019년) 26.5km에서 가입 후(2021년) 19.6km대로 약 26% 감소하여 승용차요일제 가입 후 주행거리가 크게 줄어든 것으로 나타났다. 한편, 부산의 6대 중생활권 별 승용차요일제 가입차량의 주행거리 변화는 -22.8% ~ -27.9%로 나타나, 승용차 요일제 가입차량의 지역 분포는 주행거리 감축에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

또한, 차량 속도에 따른 온실가스 배출특성을 비교·분석하기 위해 중생활권 별 전일 평균속도와 시간대별 평균속도(첨두, 비첨두, 심야)를 기준으로 승용차 요일제 가입에 따른 온실가스 감축량을 산출하였다. 비교분석 결과, 2020년 부산광역시 승용차요일제 신규 가입차량의 온실가스 감축량은 전일 평균속도 반영 시 479tCO_2eq./년, 시간대별 평균속도 반영 시 538tCO_2eq./년으로 나타나 혼잡을 반영한 시간대별 평균속도를 적용했을 때 감축 효과가 더 큰 것으로 분석되었다. 승용차요일제 시행에 따른 온실가스 감축 원단위를 산정해보면, 전일 평균속도 기준 '0.429tCO_2eq./대/년', 시간대별 평균속도 기준 '0.482tCO_2eq./대/년'으로 산출되어 본 연구에서 산출한 원단위가 기존 원단위(0.279tCO_2eq./대/년, 0.195tCO_2eq./대/년)보다 더 큰 것으로 분석되었다. 따라서, 더욱 현실적인 승용차요일제의 온실가스 감축 효과를 산정하기 위해서는 승용차요일제 가입 차량의 주행거리 변화와 승용차요일제 가입차량의 통행이 제한되는 시간대의 속도를 반영하여 활동도를 상세화할 필요가 있다고 판단된다. 다만, 등록지 기반의 평균속도를 반영했다는 한계가 있으므로 향후 승용차요일제 가입 차량의 실주행 경로 통행속도 기반 온실가스 감축 원단위 고도화가 필요하다고 판단된다.

사사: 본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행한 결과입니다(RS-2023-002458571).

화물차량 주행특성 및 기상 데이터 기반 미세먼지 농도 예측 연구

Prediction of fine dust concentration using driving behavior of truck and weather data

박근휘
(한양대학교 스마트시티공학과 석사과정)

박준영
(한양대학교 교통물류공학과, 스마트시티공학과 부교수)

미세먼지는 발생원에 따라 자연적인 것과 인위적인 것으로 구분되며, 인위적인 발생원이 대부분이다. 미세먼지(PM_{10})의 배출원 중 도로이동오염원이 차지하는 양은 전체 146,383톤 중 3,498톤으로 약 2%이며 초미세먼지($PM_{2.5}$)의 배출원 중 도로이동오염원이 차지하는 양은 57,317톤 중 3,218톤으로 약 5%이다(국가미세먼지정보센터, 2021). 이때 총 배출량 대비 도로이동오염원의 미세먼지 배출량의 비율은 낮은 편으로 볼 수 있지만 차량이 이동하면서 발생되는 비산먼지까지 포함할 경우 배출 기여율은 다소 증가할 수 있다. 또한 한국환경연구원에 따르면 수도권의 경우 도로이동오염원 미세먼지 배출량 중 대형화물차의 배출 비중이 약 59%로 상당한 비중을 차지하고 있다. 따라서 수도권 내 미세먼지 농도를 예측할 시, 도로이동오염원 중 미세먼지 및 초미세먼지 배출 기여도가 높은 화물차의 영향을 고려하여 미세먼지 농도를 예측할 필요가 있다. 본 연구에서는 시계열 예측 모형 및 딥러닝 모델을 활용하여 2017년 1월부터 2023년 9월까지의 일자별 서울특별시 미세먼지 농도를 예측하였다. 이때 미세먼지 농도에 영향을 미칠 수 있는 기온, 강수, 풍향, 풍속과 같은 기상 데이터와 함께 도로이동오염원의 영향을 반영할 수 있는 지점 교통량 및 통행속도와 같은 교통 데이터를 영향변수로 함께 고려하였다. 또한 도로이동오염원 중 미세먼지 농도 미치는 영향이 비교적 큰 화물차의 주행특성을 DTG 데이터 기반으로 예측 결과를 해석하였다. 예측 결과를 해석하는 데에 활용한 화물차 주행특성은 2022년 네 달 가량의 DTG 데이터를 한국교통안전공단에서 정의하고 있는 11대 위험운전행동 정의에 기반하여 가공 및 활용하였다. 또한 본 연구는 서울특별시의 데이터를 자치구 단위로 수집하여 군집분석을 통해 유사한 특징을 갖는 자치구끼리 나누었다. 이에 따라 다중선형회귀 모형과 ARIMAX, LSTM을 활용하여 군집별 미세먼지 농도 예측 모델을 개발하고 예측 정확도를 기반으로 모형을 검증하였다. 가까운 미래에 미세먼지 농도가 높게 나타나는 자치구를 예측하고 해당 자치구를 통행하는 화물차의 주행특성을 기반으로 예측된 결과를 해석함으로써 화물차의 과속 및 급가속 등이 미세먼지 농도에 미치는 영향을 파악하고 이를 개선할 교통 및 도로 개선대책을 제시하여 미세먼지 감축 및 탄소중립에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

어린이 통학버스 무공해차 전환에 따른 온실가스 감축 효과 분석

Analysis of greenhouse gas reduction effects by converting children's school buses to zero-emission vehicles

박보현
(경성대학교 석사과정)

신강원
(경성대학교 교수)

우리나라는 2030년까지 친환경차 450만대 보급과 온실가스 29.7백만톤 감축을 목표로 하고 있고, 특히 경유차가 86.27%를 차지하는 어린이 통학버스는 별도의 무공해차 전환 추진계획에 따라 2024년부터 신차 100% 무공해화, 2035년까지 모든 어린이 통학버스를 무공해차로 전환할 계획을 가지고 있다. 또한 2024년 1월부터 대기관리권역 내에서는 경유 어린이 통학버스의 신규 등록 제한이 시행되어 어린이 통학버스의 무공해차 전환은 가속화되고 있으나, 어린이 통학버스의 무공해차 전환에 따른 정량적인 효과 분석에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 어린이 통학버스 중 학교안전공제중앙회에 등록된 총 23,387대(2022년 기준)의 주행거리를 차종, 용도, 권역별로 상세 조사하여 경유 어린이 통학버스의 무공해차 전환에 따른 주행거리 기반의 온실가스 감축 효과를 분석하였다.

주행거리 조사 결과, 경유 어린이 통학버스의 일평균 주행거리는 47.98km/대, 그 외 차량(통학버스와 동일차종)의 평균주행거리는 42.22km/대로 나타나 어린이 통학버스 주행거리가 상대적으로 더 긴 것으로 분석되었다. 또한 K-S 검정결과, 경유 어린이 통학버스의 주행거리 분포는 그 외 차량의 주행거리 분포와도 다른 것으로 분석되었으며, 경유 어린이 통학버스의 차종별 평균 주행거리는 승합대형, 승합중형, 승용대형 순으로 나타났다. 한편, 이분산 t-test 분석 결과 대기관리권역 내 어린이 통학버스의 주행거리가 그 외 지역 차량의 주행거리보다 긴 것으로 나타났고, 사업용 통학버스의 주행거리는 비사업용 통학버스에 비해 약 1.9배 더 긴 것으로 분석되었다(α= 0.05). 이러한 분석 결과는 여러 시설에 중복으로 등록하여 운행하는 사업용 통학버스의 운행 특성에 기인하는 것으로 판단된다. 조사된 경유 어린이 통학버스 주행거리를 이용하여 온실가스 배출 원단위를 산정한 결과, 경유 어린이 통학버스의 평균 온실가스 배출 원단위는 6.96tCO2eq./대/년으로 분석되었으며, 차종, 용도, 권역에 따른 온실가스 배출 원단위의 특성은 주행거리와 동일한 패턴으로 나타났다.

또한, 본 연구에서는 분석된 경유 어린이 통학버스 온실가스 배출 원단위를 적용하여 어린이 통학버스 무공해차 전환에 따른 온실가스 감축 잠재량을 산정하였다. 구체적으로 전환 대상 지역(전국, 대기관리권역) 및 전환 규모(국가 목표 전환, 차령 제한 전환)에 따라 4개의 시나리오를 설정하여 감축 잠재량을 산정하였다. 시나리오 분석 결과, 2035년 온실가스 감축량은 S2(전국, 차령 제한 전환) 적용 시 550,321.71tCO2eq/년으로 가장 높고, 다음으로 S4(대기관리권역, 차령 제한 전환)가 523,776.02tCO2eq/년으로 높은 것으로 분석되었다. 따라서, 현재 대기관리권역 내 어린이 통학버스 경유 자동차의 사용 제한 제도를 전국으로 점진적으로 확산 시행할 필요가 있다고 판단된다.

사사: 본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행한 결과입니다. (RS-2023-002458571)

탄소저감형 통합교통서비스(S-MaaS)의 수단선택모형 구축을 위한 SP조사 설계

Design of Stated Preference survey to Construct a Mode Choice Model for Sustainable Mobility-as-a-Service

박유진	구자헌	이경재	김수재	추상호
(홍익대학교 도시계획과, 석사과정)	(홍익대학교 도시계획과, 박사과정)	(홍익대학교 도시계획과, 박사과정)	(홍익대학교 도시계획과, 연구교수)	(홍익대학교 도시공학과, 교수)

도시교통이 발전함에 따라, 최근에는 전동 킥보드나 공유자전거와 같은 새로운 교통수단들이 급속도로 도입되고 있다. 이는 통행 시 여러 선택지가 있음을 의미함과 동시에 개개인의 비교 기준에 따라 선택 결과가 다양해짐을 뜻하기도 한다. 교통 정보 서비스를 제공하는 측면에서, 이용객의 기준에 맞추어 적절한 선택지를 제공하는 것은 매우 중요하다. 따라서 다양한 교통수단을 하나의 통합된 서비스로 제공하는 통합교통서비스(Mobility-as-a-Service, 이하 MaaS)가 국내뿐만 아니라 세계적으로 주목받고 있다.

MaaS는 이용자가 설정한 하나의 통행에 대하여 여러 교통수단의 조합을 동시에 제시할 뿐만 아니라 예약·결제 서비스까지 일괄 제공되는 모빌리티 서비스이다. 이는 이용자가 개인의 기준에 의거한 수단선택이 용이하도록 도움을 준다. 장거리 통행일수록 효율적인 이동 수단의 조합을 파악하는 것이 어려워, 평균 통행 거리가 늘어난 현대 사회에서 MaaS의 역할은 매우 중요하다. 주목할 점은, MaaS에서 제공하는 서비스의 방향성에 따라 이용자가 선택하는 수단이 달라질 수 있다는 것이다. 따라서 이러한 MaaS의 영향력을 지속적으로 국제사회의 뜨거운 감자인 '탄소 중립'과 접목시킨 지속가능한 통합교통서비스(Sustainable Mobility-as-a-service, 이하 S-MaaS)가 대두되었다.

교통수단에 의해 발생하는 온실가스의 비율이 매우 높은 만큼 탄소저감형 교통수단의 이용을 유도하는 것은 매우 중요하다. 그러나 개인이 통행 수단을 선택하는 기준은 다양하기 때문에 무조건적으로 친환경 교통수단 이용을 요구하는 것은 부적절하다. 따라서 본 연구에서는 S-MaaS 잠재 이용객의 선호도를 파악할 수 있도록 SP조사를 설계하고자 한다. 기존의 교통수단과 탄소저감형 교통수단 중 어떤 수단을 선택할 것인지에 대하여 대안별, 상황별 속성을 제공하는 문항 설계를 통해 추후 설문 결과를 바탕으로 수단선택모형을 구축하여 선택에 영향을 미치는 요인을 도출할 수 있도록, 더 나아가 개인 특성 및 상황에 따른 맞춤형 대안 제공에 도움을 주는 것을 목표로 한다.

사사: 본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 「탄소중립 수송부분 감축전략 고도화 기술 개발」의 지원을 받아 수행되었습니다(RS-2023-00245871).

공간적 형평성을 고려한 급속충전소 입지분석에 관한 연구: 영월군을 중심으로

A Study on the Location Analysis of Fast Charging Station Using Spatial Equity: Focusing on Yeongwol, Gangwon

우동혁	김경석	신정웅	이채민
(국립공주대학교 도시융합시스템공학과 석사과정)	(국립공주대학교 도시교통공학과 교수)	(국립공주대학교 도시융합시스템공학과, 석사과정)	(국립공주대학교 도시교통공학과 학부과정)

현대사회에서 자동차는 필수 이동수단으로 여겨지고 있으며, 그 수가 매년 증가하고 있다. 자동차의 운행이 증가할수록 배출되는 탄소(COx), 질소(NOx), 미세먼지 등의 배기가스 배출량 또한 증가하고 있다. 이에 정부는 내연기관 자동차의 친환경 자동차 전환을 위해 다양한 정책을 시행하고 있으며 친환경 자동차 등록대수는 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 이러한 친환경 자동차 등록대수 증가와 더불어 전기충전소 공급에 대한 요구도 증가하고 있다. 하지만 충전소를 지속적으로 공급하는 것은 한계가 있어, 기존 충전소의 효율적인 사용과 충전소 신규입지 시 적절한 입지에 설치하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구는 영월 군 내 위치한 급속충전소의 입지 적정성을 분석하고 추후 급속충전소 설치 후보지를 도출하고자 한다.

분석 전 기초자료 구축을 위해 영월군 격자형 상주인구데이터를 포인트 형식으로 변환하고 인구가 거주하지 않는 지역을 삭제하였으며 영월군 내 위치한 급속충전소 위치 데이터를 확보하였다. 이후 영월군을 1km² 단위의 격자로 분할하여 확보된 데이터를 격자에 삽입하였다.

본 연구의 분석은 영월군에 영월군 상주인구데이터를 QGIS 프로그램 내 생활 SOC 분석 툴킷에 입력하여, 형평성을 고려한 전기차 급속충전소 입지 후보지별 입지 우수정도에 따라 9등급으로 나누어 도출하였다. 이후 실제 영월군에 입지한 급속충전소 설치 위치와 비교하였다. 비교 결과 15개소 급속충전소 중 1등급 15개로 다수의 충전소의 입지가 공간적 형평성을 고려한 것으로 분석되었다. 이외로 6등급 1개소, 9등급 3개소로 분석되었다. 이후 영월군에 입지한 급속충전소와 상주인구데이터를 변수로 설정하여 급속충전소 추가 설치 시 고려할 수 있는 후보지를 도출하였으며, 1,128개 셀 중 상위 10개 셀 모두 쌍룡역 인근으로 조사되어 추후 설치를 고려할 수 있다.

사사: 본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 지원사업(탄소중립 수송부문 감축전략 고도화 기술개발)으로 수행되었음 (과제번호 RS-2023-00245871)

Smart City

Session

C-10

지점검지체계 기반 대응식 신호제어 운영을 위한 신호제어용 교통정보 정의

김민지, 한여희, 김영찬

혼합 정수 계획법 기반 다중 연동폭 최적화 모형 개발

김민혁, 김영찬

실시간 신호운영정보 기반 최적경로 선택 전략 개발

김세현, 전준수, 한여희, 김영찬

자율주행차량 수요응답형 교통수단 도입 효과 분석

오동희, 박준영

유전자 알고리즘 기반 신호 최적화 방법론

전준수, 한여희, 김영찬

AHP기법을 이용한 스마트 건설기술 활성화 방안 마련

정유미, 도명식

지점검지체계 기반 대응식 신호제어 운영을 위한 신호제어용 교통정보 정의

Definition of Traffic Information for Adaptive Traffic Signal Control based on Point Detector System

김민지
(서울시립대학교, 석박사과정)

한여희
(서울시립대학교, 연구교수)

김영찬
(서울시립대학교, 교수)

과거부터 전 세계적으로 도시 내 교통흐름을 모니터링하기 위해 지점 검지 시스템이 활발히 도입되었다. 최근에는 인공지능 시스템의 발달로 기존 루프검지기에서 영상검지기, 레이더 검지기 등을 통해 보다 정밀한 정보 생성이 가능해졌으며, 실시간으로 통과교통량, 대기행렬 길이, 평균속도 등이 수집되고 있다. 이러한 교통정보를 이용해 도로 혼잡을 개선하기 위해 여러 도시에서 대응식 신호제어(ATSC, Adaptive Traffic Signal Control)를 운영하고 있다. ATSC는 변화하는 교통상황을 바탕으로 신호주기, 녹색시간, 옵셋 등의 신호제어변수를 조정하여 효율적인 교통흐름을 도모한다. 이러한 ATSC의 운영 효과는 입력자료로 사용되는 교통정보의 정확도에 영향을 받는다.

이에 본 연구는 지점검지기 기반의 다양한 교통정보가 수집되는 환경에서 효율적인 대응식 신호제어를 위한 교통정보를 분석해보고자 한다. 실제 영상검지기에서 수집되는 통과교통량, 초기 대기행렬(Residual queue), 최대 대기행렬(Maximum queue)를 이용해 교통수요를 정의하였다. 이후, 스마트 신호운영 실시간 제어 시스템인 CAERUS (Control Algorithm for Delay Reduction Using Travel Time)를 이용해 개별적으로 정의된 교통수요에 따른 신호제어의 효과를 평가하였다. 분석 결과, 비포화 상황에서는 모두 유사한 결과를 보였으나, 과포화 상황에서는 통과교통량과 초기 대기행렬로 정의된 교통수요 사용 시 해당 주기에 교차로를 통과하지 못한 차량에 가중을 둠에 따라 가장 우수한 결과를 보였다. 본 연구는 지자체별로 다양한 지점검지기가 도입되고 있는 상황에서 지점검지 정보 기반의 신호제어 운영 시 활용 가능할 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행되었습니다 (네트워크 제어를 위한 교통정체 및 혼잡 운영관리 기술 개발).

혼합 정수 계획법 기반 다중 연동폭 최적화 모형 개발

Development of a Multiple Bandwidth Optimization Model Based on Mixed Integer Programming

김민혁
(석사과정, 서울시립대학교)

김영찬
(서울시립대학교, 교수)

최근 사회적으로 대다수의 인구가 도심 지역에 집중되면서, 이로 인한 사회적 문제가 대두되고 있다. 도심 지역 내 교통 혼잡 문제는 이러한 문제들 중 하나로, 그에 대한 해결 방안이 시급한 상황이다. 현재 차량의 교차로 통과 속도를 증가시키고, 차량 지체를 감소시키거나 교차로 간 연동성을 증가시키기 위해 다양한 신호 최적화 방법이 개발 중에 있다. 그러나 도심 네트워크의 교통 효율성을 효과적으로 개선하기 위해서는 단순히 개별 교차로의 지체를 줄이기보다는 네트워크 내 여러 교차로들에 대한 연동성을 증가시키는 것이 보다 큰 효과를 불러올 수 있다. 연동성 증가라 함은 단순 주요 연동폭만을 최대화 시키는 것이 아닌, 보조 연동폭까지 개선 대상에 포함시켜 최대한 네트워크 내 교차로들 간 연동성을 증가시키는 것이 중요하다.

본 연구는 이진 변수를 활용한 선형 프로그래밍 모델을 개발하여 도심 교차로의 신호 시스템을 최적화하는 방법에 초점을 맞추고 있다. 본 연구의 목적은 단순 주요 연동폭 확장만이 아닌 보조 연동폭까지 확장을 시켜 도심 내 교통 흐름을 개선하고 차량의 지체를 감소시키는 것이다. 해당 모델은 각 교차로에서 녹색 신호의 시작 시점과 종료 시점을 결정함으로써 전체 교통 네트워크의 효율성을 극대화한다.

본 연구는 모델의 방법론과 더불어 실제 대상 네트워크를 대상으로 모델의 효과를 분석하고자 한다. 따라서 연구 결과는 제안된 모델이 교통 흐름의 효율성을 확실히 개선할 수 있음을 보여준다. 이는 교차로 간 주요 연동폭 및 보조 연동폭 증가를 통해 교차로에서의 지체 감소, 정체 완화 뿐 아니라 전반적인 교통 효율의 향상으로 이어진다. 본 연구를 통해 도심 교통 시스템의 효율성과 안전성을 개선하는 데 기여할 수 있다.

사사: 본 연구는 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행되었습니다. (네트워크 제어를 위한 교통정체 및 혼잡 운영관리 기술 개발)

실시간 신호운영정보 기반 최적경로 선택 전략 개발

Optimal Route Choice based on Real-Time Traffic Signal Information

김세현	전준수	한여희	김영찬
(서울시립대학교, 석사과정)	(서울시립대학교, 석사과정)	(서울시립대학교, 연구교수)	(서울시립대학교, 교수)

1990년대에 지능형교통시스템(ITS, Intelligent Transport Systems)이 도입된 이후, 첨단교통정보시스템(ATIS, Advanced Traveller Information Systems)의 발전으로 차량의 교통정보에 대한 접근성이 향상되었다. 운전자에게 목적지까지 최단 혹은 최적의 경로를 제공해 주는 내비게이션 시스템은 이를 대표하는 기술이다. 이는 운전자에게 목적지까지의 최적의 경로를 제공하기 위해 교통정보를 실시간으로 수집, 분석, 제공하여 쾌적한 운전 환경을 조성하고 있다. 최근에는 신호정보 개방사업으로 운전자가 실시간 교통 신호운영정보를 안내받을 수 있게 되었다. 교통 신호에 의한 영향은 단속류인 도시부 네트워크 환경에서 예상 도착 시간과 실제 도착 시간과의 차이가 생기는 주요한 요인이다. 실시간으로 정확한 신호운영정보 제공이 가능한 상황에서 이러한 이점을 활용하여 최적경로 안내 서비스를 개선시킬 필요가 있다.

이에 본 연구는 실시간 신호운영정보를 반영하는 최적경로 선택 전략을 개발하고자 한다. 차량의 출발지와 목적지를 기반으로 경로를 설정하고 이를 바탕으로 '후보 경로'와 '경로 채택률'을 정의하였다. 이후, 자유통행시간과 신호에 의한 지체를 이용해 차량의 통행시간을 산출하였다. 최종적으로 분석 네트워크 환경에서 연동폭의 크기가 서로 다른 후보 경로들의 경로 채택률을 비교하였다. 분석 결과, 연동폭의 크기와 경로 채택률이 비례하는 경향을 확인하였다. 본 연구는 실시간 신호운영정보를 직접적으로 반영한 경로 안내 시스템을 위한 기반의 과정으로 볼 수 있다. 차후 제안된 최적경로 선택 전략을 바탕으로 제약 조건이 완화된 연구가 필요하다.

사사: 본 연구는 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행되었습니다(네트워크 제어를 위한 교통정체 및 혼잡 운영관리 기술 개발).

자율주행차량 수요응답형 교통수단 도입 효과 분석

Operational Impact of autonomous vehicle demand-responsive transit(DRT) system

오동희
(한양대학교 스마트시티공학과, 석박사통합과정)

박준영
(한양대학교 교통물류공학과, 부교수)

농어촌 지역에서는 교통약자를 위한 서비스로 수요응답형 교통(Demand Responsive Transit, DRT) 시스템을 도입하고 있다. 실시간 데이터 활용이 가능해지고 자율주행 기술이 발전함에 따라 자율주행이 가장 먼저 도입될 분야는 대중교통으로 예상되며, 이에 따라 수요응답형 교통수단에 자율주행 기술이 접목될 것으로 기대된다. 자율주행 수요응답형 서비스를 적용하면 기존 방식에 비해 실시간으로 발생하는 수요에 반응할 수 있으며, 인간 운전자와 달리 일관된 승차감을 유지하고, 최적의 경로를 업데이트하며 주행할 수 있다. 기존 연구에서는 자율주행 수요응답형 대중교통 서비스가 상용화되었을 때 도로교통에 미치는 영향성 및 기존 방식과의 비교 등 효과 분석과 관련된 연구결과 및 사례가 미비하다. 특히 자율주행 수요응답형 대중교통의 상용화를 고려한 다양한 시나리오에 대해 충분한 사전분석이 필요한 실정이다. 이를 위해 본 연구에서는 수요응답형 교통수단이 운영되고 있는 양산시를 연구지역으로 선정하였으며, 중시적 시뮬레이션을 활용하여 자율주행 수요응답형 교통수단의 주행행태를 반영한 교통류를 구현하고, 자율주행의 여부에 따라 수요응답형 교통 시스템의 운영성과 경제성에 대한 효과평가를 수행하고자 한다. 양산시에서 운영되는 현시, 시간대별 교통량, 수요응답형 노선 자료 등을 수집함으로써 네트워크 환경을 구축하였으며, 제약 조건 기반 알고리즘 설계를 통해 DRT 차량이 실시간 경로를 생성하였다. AIMSUN 시뮬레이션 프로그램의 UI Scripting을 기반으로 차량의 노선을 배정함으로써 실시간 교통 환경에 따른 차량의 주행을 유도한다. 첨두/비첨두 시간대 및 평일/주말 교통량에 따른 시나리오별 차량의 주행 결과를 도출하고 차량의 지체시간과 호출 후 대기시간을 통해 자율주행 수요응답형 교통수단의 운영성을 평가한다. 또한 차량 운행비용 절감 편익, 유지관리비 등 기존 수요응답형 노선과의 경제성 분석 결과를 비교하였다. 본 연구에서 도출된 결과는 실제 양산시에서 수집한 수요데이터를 기반으로 AIMSUN을 활용한 중시적 시뮬레이션을 수행함으로써 향상된 결과 활용성을 기대할 수 있다. 향후 지자체에서 자율주행 수요응답형 교통수단 도입을 고려할 때 참고자료로 활용할 수 있다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00142565)

유전자 알고리즘 기반 신호 최적화 방법론

Methodology for Traffic Signal Optimization Based on Genetic Algorithm

전준수
(서울시립대학교, 석사과정)

한여희
(서울시립대학교, 연구교수)

김영찬
(서울시립대학교, 교수)

우리나라의 교통혼잡비용은 약 58조 원으로 추정되며, 도시부도로에서만 전체의 34.9%에 해당하는 약 20조 원의 교통혼잡비용이 발생한다. 이는 국내총생산의 1%에 해당하는 수치이다. 도시부도로에서 발생하는 교통혼잡은 증가하는 교통수요와 비효율적인 신호운영으로 인해 발생한다. 단속류 구간으로 구성된 도시부도로의 특성상 신호교차로의 효율적인 운영방안을 통해 원활한 교통흐름을 지원할 수 있다. 이러한 목적으로 현재까지 도시부도로의 소통상황 개선을 위한 다양한 신호 최적화 연구가 진행되었다. 본 연구는 신호 교차로 축을 대상으로 연동폭 최대화 방법론 기반의 신호주기와 옵셋에 대한 최적화 방법론을 제시하였다.

제안 방법론을 통해 분석 대상 축의 양방향 직진 이동류에 대한 효율적인 이동성을 지원하는 신호를 설계하였다. 기존 연동폭 최대화 방법론은 양방향에 대한 모든 교차로를 정지하지 않고 통과하는 녹색시간인 연동폭(Bandwidth)의 합을 최대화한다. 본 연구에서는 기존의 연동폭과 이차 연동폭을 함께 최적화하는 신호를 설계하고자 한다. 이차 연동폭(Secondary Band)이란 둘 이상의 교차로를 연속으로 통과하는 녹색시간을 의미한다. 이차 연동폭을 고려하는 신호 설계는 기존 방법론과 달리 연동폭을 이용하지 못하는 상황을 고려할 수 있는 특징이 있다. 이차 연동폭을 최대화하기 위해 차량이 주행하며 교차로에서 적색신호로 인해 대기하는 시간을 추가통행시간(ETT, Extra Travel Time)으로 정의하였다. 교차로에서 발생하는 지체는 교통량의 영향이 없는 상황에서 신호로 인한 대기시간으로만 가정하였다. 차량은 전 구간을 동일한 속도로 주행한다.

본 연구에서는 유전자 알고리즘을 활용하여 추가통행시간 최소화를 통해 연동폭과 이차 연동폭을 동시에 최대화하는 신호를 설계하였다. 유전자 알고리즘(GA, Genetic Algorithm)은 메타 휴리스틱 알고리즘으로 전역 탐색 최적화 방법론이다. GA는 생물학적 진화의 개념에 착안하여 염색체로 구성된 해집단이 세대를 거듭하며 최적해를 탐색한다. 염색체 내에는 한 개 이상의 유전자가 존재하며 적합도를 기준으로 선택, 교차, 변이의 과정을 거치며 새로운 염색체를 생성한다. 다양한 최적화 문제 해결에 활용되며 신호 최적화에 적용하여 여러 연구에서 GA 기반 신호 설계의 효과를 확인하였다.

본 연구는 유전자 알고리즘을 활용하여 이차 연동폭 기반의 최적 신호를 설계하였다. 경기도 고양시 화정로 일대를 분석 대상지로 설정하여 기존 연동폭 최대화 방법론과 비교하였다. 이를 위해 신호주기 및 옵셋을 최적화를 위한 유전자 알고리즘을 설계하였다. 제안 방법론은 기존 연동폭 최대화 방법론과 유사한 크기의 연동폭을 생성하였다. 또한 연동폭 이외의 녹색시간을 고려한 신호를 생성하여 기존 방법론보다 효율적인 신호를 설계하였다. 본 연구의 방법론은 교차로 수가 많거나 녹색시간이 짧아 연동폭 최대화가 어려운 상황에서도 효과적일 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행되었습니다. (네트워크 제어를 위한 교통정체 및 혼잡 운영관리 기술 개발)

AHP기법을 이용한 스마트 건설기술 활성화 방안 마련

Revitalization of Smart Construction Technology Using AHP Method

정유미
(한밭대학교, 박사과정)

도명식
(한밭대학교, 교수)

최근 全 산업 분야는 AI, 로봇, ICT 등 자동화 및 IT 기술을 기반으로 한 정보화 혁명으로 상당 수준 생산성에 향상에 기인하고 있다. 반면, 건설 산업은 타 산업과 달리, 낮은 디지털화 수준(건설업은 약 6%, 농업은 10%, 제조업은 28%)로 다소 낮은 수준의 적용률을 보이고 있다. 이는 기존의 생산방식에서 크게 벗어나지 못하고 있으며, 기술 인력의 고령화 등으로 인한 한계로 파악되고 있다(국토교통부, 2022). 이러한 문제 해결을 위해 국내외 많은 국가에서 건설의 생산성 및 안전성, 친환경성, 효율성 제고를 위해 스마트 건설기술 도입을 확산하고 있으며, 2023년 건설 산업의 핵심 기술 동향으로 스마트 건설기술이 대두되고 있다(한국건설기술연구원, 2023). 따라서, 본 연구에서는 스마트 건설기술 도입의 우선순위 의사결정 및 활성화 도모를 위해 스마트 건설기술의 평가지표 구축을 통해 설문조사를 기반으로 상대적 중요도 도출 후 활성화 방안을 제안하고자 한다.

본 연구에서는 스마트 건설기술의 기술요소를 평가하기 위해 AHP기법을 활용하여 분석을 진행하였으며, AHP 설문지 체계도는 기존의 이론 및 사례 분석 등을 기반으로 STIM 구조(Service, Technology, Infrastructure, Management Architecture)에 의한 4가지 평가지표로 설계하였다. 또한, AHP 설문조사는 스마트 건설기술 활성화를 위한 정책 방안 중 가장 핵심적인 정책 요소를 파악하기 위함으로, 전문가 그룹을 산업계와 연구계 및 학계 두 분야로 분류해 각각의 분야에서 스마트건설 기술 활성화를 위해 공공부문 가중치 산정하였다. 나아가, 각 분야의 결과를 활용해 스마트 건설기술 활성화를 위한 활성화 방안을 도출을 목적으로 한다.

본 분석방법론으로 AHP(Analytic Hierarchy Process, 계층적 의사결정기법)은 다수의 의사결정 대안에 대해서 계층적 분석과 상대적인 비교 통해 최적의 대안을 찾으며 수학적 요소와 심리학적 요소가 결합된 의사결정 방법으로(김채복 외, 2013), AHP 의사결정 기법을 통해 평가 기준에 대한 상대적 중요도를 분석하고 평가 기준에 따라 스마트건설 기술 요소의 공공부문의 우선순위를 도출할 수 있다. 본 분석에서는 전문가를 대상으로 계획한 AHP 설문의 목적은 공공부문에서 스마트건설 기술의 활성화를 위해 정책의 중요도로가 상대적으로 높은 분야를 파악하기 위한 설문 조사 설계하였으며, 세부분야 별 상대적 가중치 산정을 위해 대분류의 4개 평가항목의 가중치를 기준으로 각 평가항목에 속한 세부 분야의 가중치를 곱해 점수를 도출해 전체적 중요도 및 순위를 분석하였다. 또한, 스마트 건설기술 평가지표를 STIM 모형은 다층형 유시티(Multi-Layered U-City) 개념에 기초한 모형로 마련하였으며, 본 연구의 모형인 STIM 모형은 4개의 레이어가 하나의 시스템으로 통합된 유시티 아키텍처(Ubiquitous City Architecture)에 기반을 둔다.

분석결과, 연구계 및 학계의 경우 관리분야의 공공부문과 서비스분야의 경제성 중요도가 높게 분석되었으며, 상대적으로 관리분야의 민간부문과 인프라 분야의 이동형 인프라가 낮은 순위로 분석되었다. 또한, 산업계는 기술분야의 설계단계기술과 관리분야의 공공부문, 인프라분야의 지능형인프라의 중요도가 높게 분석되었으며, 상대적으로 서비스분야의 기술성, 인프라분야의 이동형 인프라, 기술 분야의 유지관리 단계 기술이 상대적으로 중요도가 낮게 도출되었다.

더불어, 연구계 및 학계 전문가와 산업계 전문가 모두 스마트건설 기술 활성화를 위해 법제도 중요도를 높게 판단하고 있으며, 이를 위해 '기술의 표준화 사업'을 기술개발과 연계하여 진행함으로써 파편화된 기술개발 제어와 데이터의 생성 및 관리 측면에서의 관리 방안의 강화가 이루어져야 스마트건설 기술의 활성화가 이루어 질 것으로 판단하고 있다. 기술, 서비스, 관리분야는 스마트 인프라 없이는 작동할 수 없으며, 전통 건설기술에서 스마트건설 기술로 넘어가는 허들 중 하나인 무선통신망 및 서버 등과 같은 인프라를 공공재로 활용할 수 있다면 더욱 많은 건설기술의 참여율을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 나아가, 향후 기술의 발달로 인한 새로운 스마트 건설기술을 평가지표에 포함한 후속 연구가 요구된다.

재난 및 방재

Session

C-11

지역특성 기반 군집분석을 활용한 강설에 따른 사고율 예측 방법론 개발

김승환, 성예지, 조은경, 이채원, 박준영

도로 환경 빅데이터 보정을 위한 시계열 예측 알고리즘 개발 및 활용 방안 연구

이용익, 박성균, 이동우

비전도성 유해 화학물질 누액감시센서 개발

이중성, 김수희, 김채규, 김동언

세그멘테이션을 활용한 하천면적 및 도시침수 예측모형 연구

홍성민, 김도경

악천후 기상 조건에서 가변형 속도제어 시스템 운영 시 인접구간 후광효과 분석

이송하, 박준영, 이태헌

지역특성 기반 군집분석을 활용한 강설에 따른 사고율 예측 방법론 개발

Development of Crash Rate Prediction Methodology based on Snowfall Information and Regional Clustering Analysis

김승환	성예지	조은경	이채원	박준영
(한양대학교 교통물류공학과, 석박사통합과정)	(한양대학교 교통물류공학과, 석박사통합과정)	(한양대학교 교통물류공학과, 학사과정)	(한양대학교 교통물류공학과, 학사과정)	(한양대학교 교통물류공학과 스마트시티공학과, 부교수)

기상 상황은 교통류에 영향을 미치는 중요한 환경적 요인의 하나로서 기상 상황에 따라 교통류의 특성은 크게 변화한다. 그중 강설은 운전자의 시인성 및 노면 마찰력을 저하시켜 운전자의 행동을 위축시키고, 도로의 조건을 열악하게 함으로써 교통사고를 발생시킬 수 있다. 김미정(2015)은 강우 및 강설량에 따른 서비스 수준별 교통류 속도 변화에 대한 패턴을 분석하였다. 도로 기상정보시스템 자료와 차량 검지기 자료를 이용하여 이상기상 시 속도변화량에 따른 강우 및 강설 수준의 분류 기준을 제시하였으며 서비스 수준별 기상 조건에 따른 속도 변화 패턴을 분석하였다. 최진헌 외(2015)는 강설은 운전환경에 영향을 주어 사고를 유발하는 환경적 요인이라고 하였으며, 이에 따라 순서형 프로빗을 활용하여 강설상황 시 교통사고의 심각도 모형을 개발하였다. 이를 통해 강설량 및 일누적강설량이 사고 심각도에 영향을 주는 변수임을 도출하였다.

강설은 지역별 온도, 위치 등 지역 상황에 따라 그 특성이 매우 다르다. 사고 특성 또한 교통량, 차량 등록대수, 경제수준 등 지역에 따른 다양한 교통특성 및 사회경제지표에 따라 매우 다르다. 이에 따라서 강설에 따른 교통안전을 파악하기 위해서는 강설 및 사고 특성에 따라 유사한 지역을 군집화하여 군집 단위의 분석이 필요하다. 곽하영 외(2016)은 2단계 군집분석을 통해 강원도를 중심으로 지형과 교통사고와의 관계를 분석하였다. 지형과 교통사고의 상관관계를 파악하고 2단계 군집분석을 활용하여 지형적 요소에 따른 교통사고 유형화를 시도하였다. 권민정(2008)은 도시특성을 반영한 교통사고 예측모형을 개발하였다. 사회경제지표를 이용하여 유사한 도시들을 군집으로 분류하고 각 유형들에 따른 교통사고의 특성을 분석하였다. 군집 분석을 통해 분류된 3개의 도시 유형에 따라 교통사고 예측모형을 개발하였다.

교통사고는 교통안전을 평가하는 정량적 기준으로서 사용 되고 있다. 이에 따라 적절한 안전 조치 및 안전 관리를 위해서는 교통사고 예측은 필수적이다.

본 연구에서는 강설량에 따른 지역별 사고 예측 모델을 개발을 목표하였다. 이를 위해 지역단위의 교통 및 사회경제 데이터와 기후 데이터를 활용하여 강설 및 사고 특성에 따라 지역을 군집화하고 군집별 사고 예측 모델을 개발하였다. 이를 통해 강설 상황에서의 교통 운영 관리의 기초 자료로서의 역할을 목표하였다. 전국 시군구 단위의 교통사고, 교통특성, 사회경제지표, 기후 데이터를 활용하여 K-means 클러스터링 기법을 통해 군집 분석을 진행한다. 군집분석을 통해 도출된 군집의 강설 및 사고 특성을 파악하고 군집별 강설 특성을 포함한 사고 예측 모델과 강설 특성을 제외한 예측 모델을 개발하고 두 모델의 예측 사고를 기반으로 강설에 따른 지역 교통안전을 정량화하는 방법론을 개발한다.

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00142565)

도로 환경 빅데이터 보정을 위한 시계열 예측 알고리즘 개발 및 활용 방안 연구

Development of Time Series Modeling and
its Application of Data Imputation for Road Environment

이용익
(서울시립대학교, 연구원)

박성균
(인천대학교, 도시공학과, 학부과정)

이동우
(서울시립대학교, 조교수)

본 연구는 도로환경 변화를 감지하는 가시거리 센서 데이터의 누락 및 이상치 문제를 시계열 모형을 통해 해결하였다. 우리나라는 교통사고로 인해 2022년 약 26조 원 규모의 막대한 사회적 손실을 입고 있다. 교통사고를 유발하는 요인으로는 운전자의 부주의와 도로의 물리적 결함 등이 있는데, 그 중 도로의 물리적 결함은 미연의 사고를 예방하는 조치를 취함으로써 방지할 수 있다. 그 방법 중 하나로 도로 위 가시거리 센서를 운용중에 있다. 문제는 가시거리 센서의 단가가 비싸고 A/S가 어렵다는 것이다. 이러한 문제를 인식하고 2022년 조중호 등이 ITS학회에서 보급형 도로환경센서 및 안개 가시거리 추정식 개발 연구를 수행하였다. 그러나 여전히 센서의 잠재적인 결함과 이상치 대응에 관한 실증 연구는 부재하여 본 연구를 수행하게 되었다. 시계열 분석은 과거부터 현재까지의 시간에 흐름에 따른 데이터를 바탕으로 미래의 변화 추세를 예측하는 방법론이다. 도로 위 가시거리 역시 시간 흐름에 따라 유동적이며 특히, 기상환경의 변화에 큰 영향을 받기 때문에 시계열 모형으로 문제를 해결하는 것이 타당하게 판단되었다. 시계열 모형으론 자기회귀누적이동평균모형(ARIMA)와 계절적 자기회귀누적이동평균모형(SARIMA) 같은 통계적 모형부터 CNN, LSTM 등 딥러닝을 활용한 모형까지 다양하게 존재한다. 그 중 본 연구에서는 비정상적 이벤트에 대한 강점을 가진 Prophet모형을 채택하였다. 가시거리 센서의 블랙아웃 상황을 관리자가 예측할 수 없다는 점, 모델링 비전문가도 이해하기 쉬운 직관적인 파라미터를 제공한다는 점에서 Prophet 모형을 채택하게 되었다. 활용 데이터로 과거 연구에서 개발되었던 보급형 센서와 상용중인 센서를 모두 활용함으로써 보급형 개발 센서의 실효성을 다시 한번 확인하였다. Prophet 모형 분석 결과, MAPE 11%내의 블랙박스 상황을 예측할 수 있었다. 연구의 한계점으로 센서가 측정할 수 있는 기상환경은 11개이나, 데이터 생성 상황이 실험설계로 이루어져 안개상황만 구득하였고, 실제 도로에서 취득된 데이터가 아니라는 점이다. 그러나 본 연구를 통해 실제 도로위에서 운용중인 센서 데이터를 활용하여 블랙아웃 상황에 대응할 수 있는 가능성을 확인하였다. 추후, 실제 도로에서 센서의 이상치 또는 블랙아웃 상황에 대응한 자동적인 시계열 파이프 라인을 개발함으로써 교통사고 절감에 기여하는 연구로 확장해 나갈 예정이다.

사사: 이 연구는 대한민국 정부(MSIT)로부터 지원받은 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행되었습니다(지원번호: NRF-2022R1F1A1074860).

비전도성 유해 화학물질 누액감시센서 개발

Development of a leakage detection sensor for non-conductive hazardous chemicals

이중성	김수희	김채규	김동언
(신우에프에이, 상무)	(신우에프에이, 주임)	(신우에프에이, 대리)	(신우에프에이, 대표)

유해화학물질은 2,300여종(2022, 환경부고시)으로 물질군 별: 유독물질(1,989), 제한물질(101), 금지물질 (106),사고대비물질(96), 물질종류 별 : 산성물질, 알칼리물질, 유기용제, 오일 등으로 구분되며 현재까지는 전도성(conductivity) 물질인 산성물질, 알카리물질 누액을 감지하는 기술이 대부분을 차지하고 있다.

누액감지센서는 산업체에서 가장 많이 사용하는 물의 누수를 감지하는 센서를 물의 성질과 비슷한 전도성화학물질(산·알카 리물질)을 감지하는 용도로 사용되면서 산업현장에서 산·알카리 화학물질이 아닌 오수, 빗물에 의해서도 누액이 감지되는 오작동 문제와 최근 유해화학물질 누출사고가 발생되면서 관리법 강화로 산·알카리 전도성화학물질과 누수, 빗물을 구분 감지하는 누액감지센서가 개발되어 왔으나 화학종 감지에 제한적인 문제 즉, 유기용재, 오일 등 비전도성 화학물질 누액을 감지하기 위해서는 기술개발이 필요한 상황이다.

본 연구에서는 물의 특성과 비슷한 산, 알카리 물질(전도성)이 아닌 유기용제, 오일(비전도성 화학물질)의 누액을 감지하는 감지센서와 특히 이들 물질은 유기물(탄화수소 성분)로 인화·폭발성이 있는 물질로 누액감지센서도 방폭형으로 개발되어야 실효성이 있기 때문에 방폭형 누액감지센서를 개발하고 기존의 Sensor Network는 유선으로 구축되어 있어 다양한 현장에 설치제약, 유지보수 범위가 넓어 고비용 등 단점이 있어서, 저전력 광대역 무선통신(LoRa)을 적용한 제어·경보 시스템을 개발하고자 하며, 스마트폰, 상황실 모니터링을 통해 경보 등을 동시에 확인할 수 있도록 확장성을 높이고자 한다.

[연구개발성과의 활용방안 및 기대효과로는 방폭형, LoRa 기반 무선 통신제어시스템의 차별화된 누액감지시스템 개발을 통해 설치가 용이하한 무선통신, 안전형 보급형태로 화학물질 누출 사고, 노동자 안전사고 노출을 저감하여 실질적인 화학물질 누출에 대응하는 사회적 안전망 구축에 기여하고자 한다.

사사: 산업집적지경쟁력강화사업 지원

세그멘테이션을 활용한 하천면적 및 도시침수 예측모형 연구

Research on prediction model of river area and urban inundation using segmentaiton

홍성민
(서울시립대학교, 석사과정)

김도경
(서울시립대학교,
교통공학과·도시빅데이터융합학과 겸용교수)

매년 여름, 도시침수 문제는 사회적 화두가 되어왔으며, 피해가 계속해서 발생하고 있다. 특히 강남역 일대는 12년간 5번째 침수를 겪으며 재산과 인명피해가 발생하는 상황이다. 서울시는 2015년에 강남역 일대 종합배수개선대책을 발표하고 1조 4천억원을 투입했지만, 2022년에도 12명이 사망하고 7명이 실종되는 등 침수로 인한 피해가 계속되고 있다. 이에 대책 마련이 시급하다. 본 연구는 세그멘테이션 기술을 활용하여 하천의 수위면적을 탐지하고 픽셀 수로 정량화한 후, 시간에 따라 변하는 면적을 기상 데이터와 결합하여 머신러닝으로 도시침수를 예측한다.

데이터 구축을 위해 용인시의 재난 CCTV 화면을 1분 간격으로 촬영한 이미지 데이터를 사용했다. 이 데이터는 2022년 7월 30일부터 8월 7일까지 촬영된 것으로, 실제 침수가 발생하여 인도와 하천의 경계선을 임계값으로 설정하여 하천면적 및 범람 유무를 예측한다. 세그멘테이션 모델로는 Detectron2를 사용하였고, 기상 데이터로는 기상청의 방재기상관측(AWS) 데이터를 활용했다.

모델로 예측한 하천면적을 픽셀 수로 환산하고 기상 데이터와 결합하여 분석했다. 최종 독립변수는 F검정과 다중공선성 분석을 통해 선정하였고, 머신러닝 모형으로는 회귀모형을 사용하여 Catboost, RandomFroest, XGBoost 등의 모델들을 연구실험 모형으로 사용하였고 , 결과로는 Catboost, LightGBM, GradientBoosting을 결합한 VotingRegressor 모델이 가장 우수한 결과를 보였다. 이 모델의 결정계수는 0.967이며, RMSE는 약 16.5로 오차율은 약 0.66%이다. 또한, 인도와 하천의 경계선을 임계값으로 설정하여 범람예측을 진행했을 때의 정확도는 약 92%였다.

도시침수의 피해방지 대책을 개선하는 중요성은 더욱 높아지고 있다. 현재 많은 방재기관에서도 인력으로 이를 해결하고 있지만, CCTV가 점검중이거나, 밤과 같은 어두운 상황에서라면 인력으로 해결이 불가능에 가깝다. 본 연구를 통한 하천면적 예측 모델을 활용한다면, 이를 쉽게 해결할 수 있을 뿐만아니라, 재난 CCTV 시스템과 연계하여 관측시설 설비비용을 절감하고 실시간으로 대피 알림 문자를 제공하여 인명피해와 재산피해를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO.2022M3J6A1084845)

악천후 기상 조건에서 가변형 속도제어 시스템 운영 시 인접구간 후광효과 분석

Investigating distance halo effect of
variable speed limit system operation on adverse weather conditions

이송하
(한양대학교 스마트시티공학과, 박사과정)

박준영
(한양대학교 교통물류공학과, 스마트시티공학과 부교수)

이태헌
(인천연구원 교통물류연구부 연구위원)

운전자의 적절한 주행속도 선택은 교통사고 발생에 큰 영향을 끼칠 수 있는 도로 안전관리에 중요한 요소이다. 특히, 일반 기상 조건과는 달리 악천후 조건은 타이어와 노면 사이의 마찰력이 낮아져 차량 조종성과 안정성이 저하되기 때문에 운전자의 주행속도에 대해 적절한 제어가 필요하다. 악천후 조건에서 운전자의 속도와 과속 행동을 제어하기 위해 단속, 도로 설계 및 기술이 적용된다. 이러한 전략 중 상·하류부 교통 특성을 포착할 수 있는 ITS 기술을 통해 필요 상황에 따라 가변적으로 제한속도를 조정하는 가변 속도제어 시스템(Variable Speed Limit, VSL)을 활용할 수 있다. 해당 시스템은 교통정보와 발생하는 기상정보를 기반으로 데이터 수집을 통해 도로 상황에 따라 제한속도를 변경하여 안전운전을 지원할 수 있다는 이점을 가지고 있다. 이러한 이점을 바탕으로 VSL의 운영 효율성을 높이기 위해서는 운전자의 실제 준수율이 중요하지만 대부분의 VSL 관련 연구는 실제 교통조건이 아닌 시뮬레이션 환경을 대상으로 하는 연구가 다수이다. 이에 본 연구는 국내 고속도로 구간에 설치·운영 중인 VSL 시스템 중 서해안 고속도로 서해대교에 설치된 VSL 시스템을 대상으로 제한속도 변경에 따른 운전자의 실제 준수율을 평가하였다. 기존의 교통안전 시설물의 효과분석 방법론에 많이 활용되는 미국 도로 안전 편람에 명시된 방법론이 아닌 속도 단속 카메라 전후의 인접 구간에서 운전자들의 주행행태의 변화 양상을 기반으로 평가하는 후광효과 기법(Halo effect)을 바탕으로 VSL의 운영 효율성을 평가하였다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00142565)

Poster Session

신뢰성 및 투명성 확보를 위한 블록체인 기반 인프라-자율차간 저장 방법 연구

Research on storage methods between blockchain-based infrastructure and autonomous vehicles to ensure reliability and transparency

김선겸
(한국건설기술연구원, 수석연구원)

김형수
(한국건설기술연구원, 연구위원)

본 연구는 자율차가 통신기술을 이용하여 주변 차량 및 도로 인프라와 교통상황 정보를 공유함으로써 차량운행의 안전성 향상을 추구하는 도로 환경에서 인프라 RSU가 차량으로부터 수집한 정보를 통해 최적 주행 궤적 정보를 추출 및 블록화를 통해 블록체인 네트워크를 생성하여 정보의 투명성과 신뢰성을 보장하는 저장 방법을 제안한다. 이를 통해 사고 원인을 명확하게 분석할 수 있는 근거로 활용할 수 있다.

본 연구은 차량이 정보를 수집하고 인프라 가이던스 구간에서 RSU와 접속하여 수집된 정보를 RSU에게 전달하는 단계, 수집한 정보를 토대로 최적 주행 궤적 정보를 생성하여 이를 포함한 가이던스 메시지를 생성하여 차량에 제공하는 단계, 가이던스 메시지를 받은 차량과 전달한 인프라 간에 합의를 하여 해당 정보를 블록화 하는 단계(On-chain), 해당 정보를 본래 차량에게 제공 및 해당 인프라 가이던스 구간에 재 진입한 본래 차량에게 요청을 통해 필요한 정보를 제공하는 단계의 총 4단계로 구성된다.

수집 단계에서는 차량-CAV(자율차) 또는 CV(커넥티드카)는 탑재한 센서로부터 주변 정보 및 본인의 거동 정보를 수집하며, 전송 단계에서는 차량은 인프라 가이던스 구간에 도달했을 때 수집 정보 및 연결 정보를 RSU로 전송한다. 최적 주행 궤적 정보 생성단계에서는 RSU는 다수의 차량으로부터 정보를 수집하고 최적의 우선순위 및 주행 궤적 정보를 각 개별 자율차에게 전달한다. 세 번째 검증 및 승인단계에서는 전달받은 차량은 해당 주행 궤적에 대한 동의를 승인과 함께 확인 메시지를 RSU에게 전달, RSU는 이전에 주행 궤적 정보와 동일함이 확인이 되면 동일하게 승인 하며, 최종적으로 승인된 정보를 블록화하여 블록체인 네트워크에 추가한다. 마지막으로 수집된 정보를 보낸 차량에게 추가된 정보를 배포하며, 삭제되었거나 사고가 발생하거나 필요한 경우, RSU에게 해당 정보를 검색하여 요청하여 기록된 정보를 획득할 수 있다.

블록체인 기반 차량 주행 궤적 정보 저장 방법 제안을 통해 협력 주행 기반 도로환경에서의 인프라 시스템 및 정보의 신뢰성 및 투명성을 확보할 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00142565).

교통시뮬레이션을 활용한 고속도로 유입연결로 패턴 비교

Comparison of “Zipper” and “Non-Zipper” route patterns on highway merging using traffic simulation.

유예지
(카이스트 연구원)

김인희
(카이스트 부교수)

도시 교통은 현대 도시의 중요한 부분으로서, 그 효율성과 안전성은 도시의 경제적 성장과 사회적 발전에 직접적인 영향을 미친다. 특히 고속도로와 그에 따르는 유입연결로는 도시와 외부 지역 간의 교통을 원활하게 연결하는 주요한 요소이다. 고속도로 유입연결로는 교통 네트워크의 주요 반복정체구간으로서, 본선 교통류와 연결로 교통류가 상충되는 지점이다. 합류 지점에서는 램프에서 합류하는 느린 차량을 피하기 위해 본선 도로의 차량이 속도를 줄여야 하며 이로 인해 유입연결로 인접한 도로의 용량저하 및 교통정체가 발생한다. 이에 따라 도로의 효율적인 운영은 교통 체증 해소와 교통 안전성 강화는 주요한 문제이다. 기존 연구에서는 고속도로에 램프에 차량들이 본선으로 진입할 때 뒤따르는 차량이 일정 거리 이상일 경우, 일정 간격에 따라 본선에 진출할 수 있는 규칙기반(Rule-based) 병합 방법을 이용해왔다. 그러나 고속도로 램프에서 차량들이 본선으로 진입할때 차량 간 조정, 속도, 교통량 등의 다양한 변수로 인해 이를 시뮬레이션 상에서 움직임과 현실 상황의 교통흐름을 동일하게 구현하는데 어려움이 발생한다. 본 연구에서는 고속도로 진입시 램프의 정체현상을 최소화하기 위해 본선차량과 진입하는 차량의 상호작용을 통해 고속도로 병합 효율성을 향상시키는 것을 목표로 한다. 또한, 기존 연구에서 사용되는 수학적 이론을 이해하고, 시뮬레이션에 고속도로 유입연결로 진입시 새로운 알고리즘을 이용하여 기존의 방법과 비교해 보는 것을 목표로 한다. 본 연구에서는 개별차량에 대한 분석이 가능한 VISSIM 시뮬레이션을 활용하여 합류전, 합류, 합류후 구간으로 구분하고, 연결로 교통량에 따라 패턴을 나누어 병합 전후의 구간별 속도 및 지체시간 분석을 진행하였다. 이 결과 새로운 알고리즘을 적용한 시뮬레이션에서 실제 교통흐름과 더 유사한 결과가 나타났으며, 진입로의 유입 증가 수준에 따라 주요 도로와 진입로의 교통 속도에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 연결로 교통류와 본선 교통류간의 관계에 대한 미시적 분석을 수행하여 기존 교통류이론과 비교하여 고속도로 합류구간에 대한 분석방법을 제시하며, 합류부에서 발생되는 교통와해 현상을 분석하는 것에 대한 기초이론을 제공한다는 데에 의의를 둔다.

차량 2D 인식 결과를 이용한 3D 공간 정보 추정 방법

Method for Estimating 3D Spatial Information Using Vehicle 2D Recognition Results

김승오	노현호	안재훈	송석일
(국립한국교통대학교 컴퓨터공학과, 학부과정)	(국립한국교통대학교 컴퓨터공학과, 학부과정)	(국립한국교통대학교 컴퓨터공학과, 학부과정)	(국립한국교통대학교 컴퓨터공학과, 교수)

혼잡한 도심 도로, 장애물 등으로 인한 자율주행차량의 센싱 음영지역에 대한 보완을 위해 인프라 카메라를 이용한 센싱 데이터 공유 기술 이용되고 있다. 주로 2D 객체 검출 기술을 이용하는 단안 인프라 카메라는 카메라 설치 위치, 각도에 따라 도로의 객체에 대한 왜곡이 발생할 수 있다. 단안 카메라에 대한 2D 객체 정보를 3D 객체정보로 변환하는 기술 개발을 통해 정확한 도로 상황인식 필요하다.

이 논문에서는 Yolo와 같은 기존 2D객체 인식 모델을 통해 인식된 객체들의 정보를 이용하여 3D 위치 정보를 추정하는 기술을 개발한다. 이 논문에서 개발하는 3D 위치 정보 추정 모델은 2D 객체 인식을 통해 도출된 차량 타입, 바운딩 박스(Bounding Box), 이동방향 (Heading)을 입력으로 하여 회귀를 통한 차량 밑면 중심과 차량 넓이, 길이, 높이를 추정한다. 개발하는 3D위치 정보 추정 모델을 학습하기 위해서 교통대에 설치된 인프라 카메라로 촬영한 비디오 데이터에 어노테이션을 수행하여 학습 데이터를 생성한다. 차량 객체를 bus, car, truck 클래스로 구분하고, 차량별 바운딩 박스, 차량 밑면 중심, 이동방향, 차종에 따른 실제 넓이, 길이, 높이를 어노테이션하였다.

어노테이션을 통해서 총 3,773건의 학습 데이터 생성하였으며 이를 이용하여 개발한 3D 정보 추정 모델을 학습하여 추정한 차량의 밑면 중심, 넓이, 길이, 높이에 대한 MSE(Mean Square Error)와 MAE(Mean Absolute Error)를 측정하여 모델의 정확도를 검증한다. 또한 개발한 모델을 Yolo 8과 함께 엣지(Edge) 장치인 Jetson Nano에 설치하여 실제 도로에서 차량에 대한 실시간 3D위치 추정이 가능함을 실험하였다.

사사: 2023년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음

광역버스 준공영제 서비스평가 개선방안 연구

A Study on the Improving of Service Evaluation for Metropolitan Bus Quasi-Public System

고승렬
(한국교통연구원 주임연구원)

윤상원
(한국교통연구원 부연구위원)

광역버스는 대도시권 내 둘 이상의 시·도에 걸쳐 운행되고 있는 노선 여객자동차운송사업을 의미하며, 광역급행형 시내버스와 직행좌석형 시내버스로 구분된다. 수도권에는 305개의 노선이 운행중에 있으며, 지방 대도시권에는 15개 노선이 운행 중이다.

국토교통부는 “버스 공공성 및 안전강화 대책(‘18.12.)”, “버스분야 발전방안(’19.05.)”등을 통해 광역버스의 국가사무화 계획을 발표하였다. 그리고 2020년, 버스 운전직 종사자의 주 52시간 근로제 도입, 휴게시간 확대 등에 따른 버스업체의 경영악화 및 광역버스 서비스 중단 위협에 대응하기 위해 광역버스 준공영제 시행하였다. 2023년 12월 말 기준, 광역버스 준공영제 노선은 142개로 수도권 광역버스 노선의 약 46.5%를 차지하고 있다.

광역버스 서비스평가는 준공영제 노선 운송사업자에 대한 정례적이고 세부적인 서비스 평가체계 도입을 통해 평가의 객관성·공정성을 확보하기 위해 도입되으며, 광역버스 서비스평가 결과는 한정면허 갱신 및 성과이윤 지급 등을 위한 기초자료로 활용하고 있다.

광역버스 서비스평가는 가용성, 신뢰성, 안전성, 근로자 복지, 편의 향상 등 총 5개 분야, 11개 평가항목으로 구분하여 평가항목별 적합성 및 적정성 등 평가하고 있으며, 서비스 평가항목별 세부사항에 따라 BMS 자료조사, 문헌조사, 현장조사, 탑승조사 등을 통해 절대평가 방식으로 평가하고 있다. 하지만, 노선별 평가점수의 변별력이 크지 않는 평가항목이 존재하고, 현장조사를 통해 평가되는 항목은 투입되는 인력과 비용에 비해 노선간 큰 격차가 발생하고 있지 않음.

본 연구에서는 광역버스 서비스 평가 관련 제도 개선방안 마련을 위해 기존 평가체계를 시행하면서 나타났던 문제점 분석하여, 타 사업에서 수행하고 있는 내용 중 광역버스 서비스 평가에 활용될 수 있는 사항 검토한 결과를 바탕으로 평가항목별 중요도, 변별력, 평가방식의 효율성 등을 종합적으로 검토 후 평가항목 또는 평가방식 개선방안 제시하고자 한다.

제한차량 운행허가 가이드라인 제정

A Study on the Guidelines of Permit Operation for Overlimit Vehicles

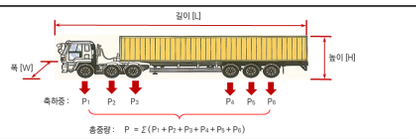
김현석
(한국건설기술연구원
도로교통연구본부,
연구위원)

이치열
(한국건설기술연구원
도로교통연구본부,
전임연구원)

김종식
(한국건설기술연구원
도로교통연구본부,
수석연구원)

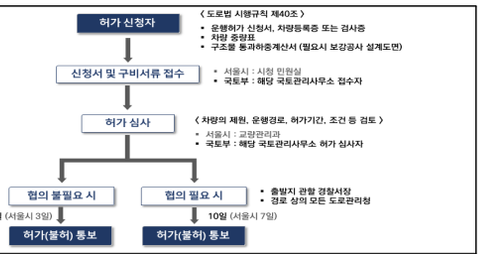
(개요) 제한차량이란 차량의 축하중 10톤, 총중량 40톤, 폭 2.5미터, 높이 4미터, 길이 16.7미터 등을 초과하는 차량으로, 도로관리청은 도로의 구조를 보전하고 도로에서의 차량 운행으로 인한 위험을 방지하기 위하여 필요하면 대통령령으로 정하는 바에 따라 도로에서의 운행을 제한할 수 있으나 이러한 제한차량도 도로관리청의 운행허가를 받은 경우는 부여받은 조건하에서 도로를 운행할 수 있음

(현황) 그러나 현행 제한차량 운행허가 제도는 「차량의 운행제한 규정」에 따라 제출해야 하는 서류 및 허가심사 문서에 관한 작성 방법과 허가 절차 개선 등을 반영한 가이드라인을 제정할 필요성이 있음



구 분	차량 규격			차량 중량	
	폭[W]	길이[L]	높이[H]	축하중[Pn]	총중량[P]
운행제한기준 (도로법)	2.5 m	16.7 m	4.0(4.2) m	10 톤	40 톤
적재제한기준 (도로교통법)	차로너비 (최소 2.75~3.0m) 및 후사경으로 후방 확인 가능 범위	• 2륜차 외 자동차 - 차량길이의 110% • 2륜차 - 승차장치 길이+03m - 적재장치 길이+03m	화물차 4.0(4.2) m 소형3륜차 2.5 m 2륜차 2.0 m	적재중량의 110%	

차량의 운행제한 기준



제한차량 운행허가 업무 흐름도

(문제점) 현행 운행허가 신청시 필요서류 및 처리기한, 허가기간 등 관련 절차나 서식 등에 있어 민원인 편의성 제고 및 행정업무 효율적 처리 필요

- 도로관리청별 요구서류 종류 및 양식 불일치로 민원인의 혼선을 유발하며 운행경로상 교차로간 거리 기입 등 불필요한 요청이 빈번함
- 협의가 불필요한 경우에는 5일 이내, 필요한 경우는 10일 이내로 처리기간이 규정되어 있으나, 일부 담당자는 미비 사항이 보완 완료될 때까지 서류 접수를 보류하는 등 민원인이 업무처리 기한을 예측하기 어려움
- 대형장비의 경우 동일 규격의 화물을 동일 노선으로 반복 운행하는 경우 허가 서류를 간소화하고 허가기간을 연장하는 등 제도 개선이 필요함
- 축하중 제한을 하지 않아 2축 타이어식 건설기계인 크레인의 경우 총중량 40톤 이내이나 축하중은 약 20톤으로서 특별허가 대상에서 누락됨

(개선방안) 위와 같이 운행허가 관련 서식, 민원처리 일수, 허가기간 등 운행제한차량 허가 서비스 개선을 위한 법적 근거 및 가이드라인 제정이 필요함

- 운행제한차량 허가 신청시 제출하는 서식 종류를 일원화하고 작성 요령 및 방법을 표준화하여 운행허가 신청인의 편의성 제고
- 정밀 점검 및 구조 해석이 불필요한 경우는 15일 이내로 하고, 필요한 경우는 30~90일, 허가 신청후 15일 이내로 처리기간 규정
- 허가기간을 필요 일수로 규정하고 있는바, 허가기간에 대해 합리적 구분 및 산정 방식을 마련하여 제도 개선
- 구조물통과하중계산서 제출을 생략할 수 있는 경우에 대하여 타이어식 건설기계 축하중 제한 규정 명시 등 제도상의 허점 보완

사사: 본 연구는 한국건설기술연구원의 운행제한차량 단속시설 정비 및 제도개선 연구(과제번호 20230692-001)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

우리나라 대도시권 광역교통축 우선순위 선정 방법론 연구

A Study on Metropolitan Transportation Axis Priority Selection Methodology in Korea Metropolitan Area

정동우
(한국교통연구원, 주임연구원)

윤상원
(한국교통연구원, 부연구위원)

박준식
(한국교통연구원, 선임연구위원)

기존 광역교통을 개선하는 정책 방안으로는 '광역교통개선대책'과 '대도시권 광역교통시행계획'이 대표적이나 '광역교통개선대책'은 해당 사업지 중심의 중소규모 사업 위주로 추진되었고 '대도시권 광역교통시행계획'은 5년 주기로 수립되고 광역교통시설 요건에 적합하고 지자체간 합의가 선결된 사업만이 반영되어 교통축의 혼잡 해소를 위한 즉각적인 대응과 근본적 문제 해결에 한계를 가지고 있었다.

이러한 한계를 극복하고 교통축 범위 광역교통 혼잡을 효과적으로 해소시키기 위하여, 2022년 교통혼잡 해소의 필요성이 큰 주요 교통축을 광역교통축으로 지정하여 교통축별 광역교통대책을 수립할 수 있도록 「대도시권 광역교통관리에 관한 특별법」(이하 광역교통법)과 동법 시행령이 개정되었다.

이후 2023년 「광역교통축 지정을 위한 도로 및 철도 최소 혼잡 기준」이 고시되어 광역교통축을 지정하기 위한 근거가 마련되었으나 해당 기준을 만족하는 대도시권 내 모든 교통축을 광역교통축으로 지정하여 일괄적으로 광역교통대책을 추진하기는 처음 추진하는 정책의 특성상 시행착오 등을 최소화하고 효율성을 극대화하기 위해 교통축별 우선순위에 따라 광역교통축을 지정하여 순차적으로 사업을 추진할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 효율적인 광역교통대책 수립을 위해 순차적 '광역교통축' 지정에 활용할 수 있는 광역교통축 우선순위 선정 방법론을 제시하였다.

본 연구의 공간적 범위는 서울·인천·경기를 포함한 수도권이며, 교통축별 비교를 위한 지표는 광역교통법 시행령에 명시된 둘 이상의 시·도를 연결하는 도로 및 철도 혼잡도 외에 광역버스 혼잡도를 추가하였다.

지표별 혼잡도는 현재 추진 중인 인프라 사업들과의 중복을 고려하기 위하여 현재와 장래로 시점을 구분하여 분석하였다. 이때 장래 분석은 장래 시뮬레이션 분석이 가능한 도로와 철도 혼잡도만 포함하였다.

지표별 가중치 설정을 위한 평가구조는 관련 법령, 정부부처 의견, 전문가 자문 등을 종합 고려하여 계층화 분석법(AHP : Analytic Hierarchy Process)에 따른 3계층의 평가구조를 설정하였으며 지표별 가중치는 계층화 분석법에 따른 전문가 10인의 설문결과를 종합하여 선정하였다.

광역교통축 선정을 위한 수도권 교통축은 국토교통부 대도시권광역교통위원회(2024), 「광역교통축 지정 및 광역교통축별 교통대책 수립을 위한 연구」에서 재설정한 서울 중심의 8개 교통축과 인천 중심의 2개 교통축을 반영하였다.

도로 혼잡도는 교통축 내 개별도로의 V/c와 교통량 값의 곱에 평균을 활용하여 표준화 점수를 산정하였으며, 철도 혼잡도는 교통축 내 철도노선의 혼잡도 평균을 활용하여 표준화 점수를 산정하였다. 광역버스는 교통축별 광역버스 평균 만차운행 비율을 활용하여 표준화 점수를 산정하였다. 지표별 표준화 점수는 교통축별 평가점수 최대값을 5점으로 하여 비율에 따라 점수를 부여하는 방식으로 산출하였다.

수도권 11개 교통축의 우선순위 선정 결과, 현재 수도권에서 광역교통 문제가 심화되고 있는 서울-김포/강화축이 1순위로 나타났으며, 향후 본 연구를 통해 제시된 방법론이 비수도권의 광역교통축 선정에도 활용될 수 있기를 기대한다.

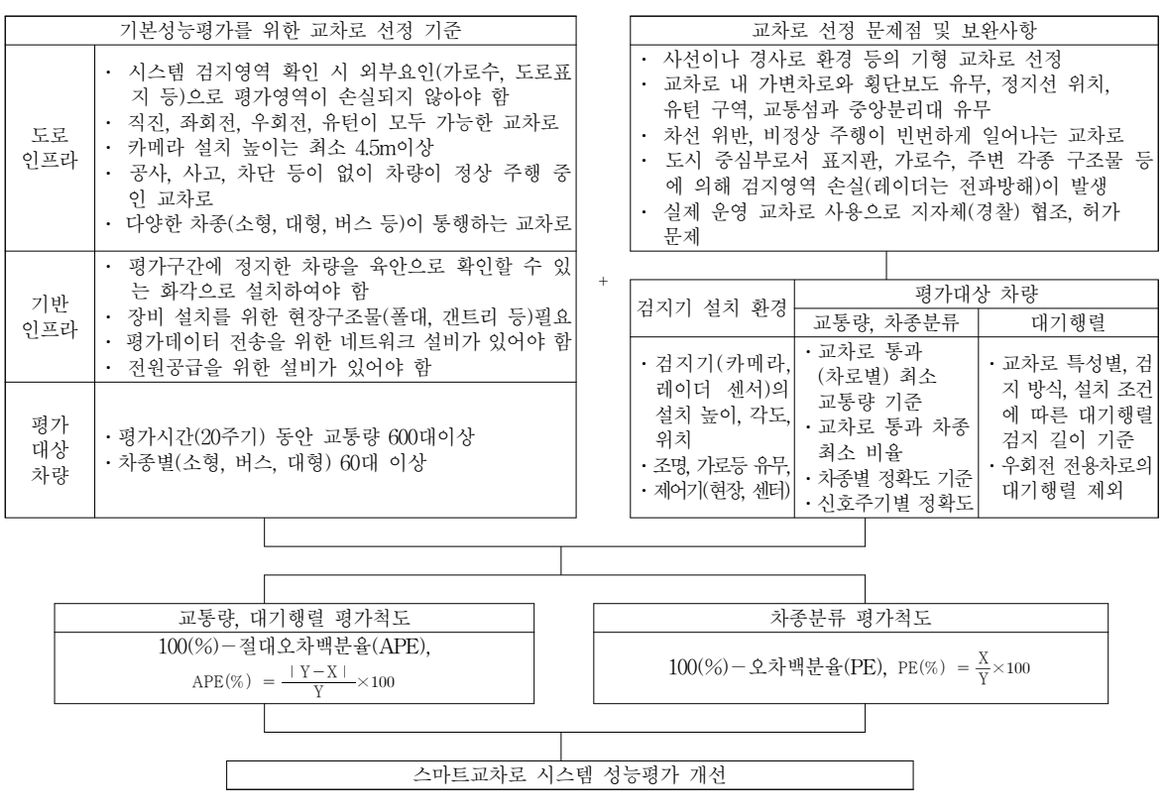
스마트교차로 시스템 성능평가 개선 방안 연구

A Study on the Improvement of smart intersection system performance evaluation

장경찬
(한국건설기술연구원, 수석연구원)

스마트교차로 시스템(SIS, Smart Intersection System)은 교차로 부근 교통 구조물에 카메라나 레이더 등의 센서를 설치하고 교차로를 통행하는 차량을 각 방향별로 교통량, 차종, 대기행렬 정보를 검지하여 이용자에게 교통정보를 제공하거나 교통관제, 신호계획 및 신호운영을 최적화 하는데 활용되는 시스템이다. 최근 각 지자체에서는 국고지원 등을 활용하여 스마트교차로 시스템 도입을 확대하고 있으며 스마트교차로 시스템의 도입 증가와 함께 여러 가지 검지기술에 따른 기술적 특징과 성능 수준의 구분, 신뢰도 확보를 위해 스마트교차로 시스템의 성능평가 필요성에 대한 요구가 있었다. 이에 국토교통부는 「자동차·도로교통분야 ITS성능평가 기준」(제2023-21호, 2023.01.06.)에 스마트교차로 시스템의 성능평가를 추가하여 개정 후 고시하였다. 따라서 이후 도입되는 스마트교차로 시스템은 성능평가 기준에 따라 차로당 방향별 교통량 정확도, 차로당 방향별 차종분류 정확도, 차로별 대기행렬 교통량 정확도를 평가하여 사업 시행 전이나 준공 시 성능을 검증할 수 있으며, 도입 이후에도 정기평가를 통해 성능 수준을 관리 할 수 있게 되었다. 이에 본 연구에서는 스마트교차로 시스템의 성능평가 시행과 함께 제도의 시행 초기 문제점과 보완 사항을 점검하고 정확한 평가가 이루어지기 위한 세부 개선 사항을 수립하여 개선 방안을 도출하였다.

본 연구는 현재까지 진행된 영상 또는 레이더 검지방식을 사용하는 스마트교차로 시스템의 기본성능평가 7회 시행 과정과 5개 지자체 44개 교차로의 약 150방향 준공평가 시행 과정 및 결과를 토대로 평가환경, 평가결과 분석을 통해 개선 방안을 도출하고 검지 방식의 특성에 따라 유불리가 없도록 하며 평가 유형별로 검지 정확도에 작용하는 변수들을 고려하여 평가용 교차로 선정 세부 기준과 평가방법 개선 방안을 제시하였다.



<그림> 스마트교차로 시스템 성능평가 개선 방안 도출

사사: 본 연구는 한국건설기술연구원 평가인증사업으로 수행되었습니다(과제번호 20240017, 2024년 ITS장비 성능평가 사업).

국내 ITS 추진현황 및 발전방향

Current Status and Future Direction of ITS in korea

윤영민 (한국건설기술연구원 수석연구원)

장경찬 (한국건설기술연구원 수석연구원)

김현준 (한국건설기술연구원 전임연구원)

조용성 (한국건설기술연구원 전임연구원)

국가통합교통체계효율화법 제2조(정의)에 따르면 ITS(Intelligent Transport Systems, 지능형교통체계)란 교통수단 및 교통시설에 대하여 전자·제어 및 통신 등 첨단 교통기술과 교통정보를 개발·활용함으로써 교통체계의 운영 및 관리를 과학화·자동화하고 교통의 효율성과 안전성을 향상시키는 교통체계이다.

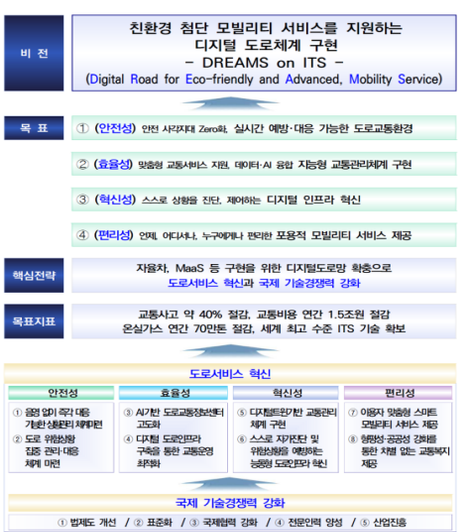
이러한 ITS의 서비스 분야에는 교통관리, 대중교통, 전자지불, 교통정보유통, 부가교통정보제공, 지능형차량·도로, 화물운송 등이 있다. ITS가 도입된 이유는 날로 증가하는 자동차로 인한 교통혼잡 문제와 교통사고를 감소시키기 위해 도로확장 및 신규도로 건설 등 도로 인프라를 지속적으로 확충해 왔음에도 불구하고 다양하고 복잡한 교통 환경에 대응하는 데에는 한계가 있어 기존 인프라 시설의 관리 및 운영방법에 있어 지능화를 추진하는 것이 보다 효율적인 방안으로 대두되었기 때문이다.

[ITS 추진 현황]

위와 같이 1993년부터 현재까지 30년 동안 우리나라의 ITS는 빠르게 변화하는 도로 및 교통 환경, IT 기술 발전에 대응하며 꾸준히 성장해 왔으나 최근 지속되고 있는 인구감소, 고령화, 1인 가구 증가, 여가시간 증가 등 사회적 변화, 저성장 경제 및 기후 변화, 탄소중립 시대로의 전환, 미래 도로교통기술 등 다양한 환경변화에 적응할 수 있도록 ITS 환경도 변화해 나가야 할 것이다.

도입, 성장 및 확산, 성숙단계를 거쳐 2030년까지의 미래 ITS를 책임질 "ITS 기본계획 2030(국토교통부)" 은 친환경 첨단 모빌리티 서비스를 지원하는 디지털 도로체계 구현을 비전으로 하여 안전성, 효율성, 혁신성, 편리성 등 4개 분야별로 목표를 설정하고 있는 만큼 향후 미래 ITS 방향은 최근 CITS 통신 방식이 CV2X로 확정 된 점을 감안하여 자율주행 인프라 구축에 필요한 법, 제도 마련 및 다양한 센서 기반의 ITS 수집 장치뿐만 아니라 기존 ITS시설물을 포용할 수 있는 구체적인 중장기적 전략 마련이 필요하다.

※ 본 연구는 한국건설기술연구원 평가인증 사업(2024년 ITS 장비 성능평가 사업)의 지원을 받아 수행하였습니다.



[ITS 2030 추진방향(국토교통부)]

광역교통 정보센터 구축 방안 연구

A Study on the Establishment of a Metropolitan Transportation Information Center

김소형
(한국교통연구원, 주임연구원)

박준식
(한국교통연구원, 선임연구위원)

최근 특·광역시를 중심으로 한 대도시권의 인구 밀집으로 주거공간이 확대·팽창하여 광역통행이 지속적으로 늘어남에 따라 광역교통의 양적, 질적 문제가 심화되고 있다. 이에 혼잡도로 개선사업, 광역도로 개선사업, 간선급행버스체계 사업 등 다양한 교통인프라 사업의 기본계획 수립을 통한 교통시설 지속적인 확충에도 광역 간, 대도시권 내 교통난은 더욱 심화되고 있는 실정이다. 이러한 상황에도 광역교통 혼잡구간 발생 등 문제 상황 발생 시 교통 데이터 관리주체 상이로 인한 신속한 자료 구득의 어려움으로 교통정책 마련 지연되어 정책 신뢰도가 저하되어 광역교통 정책을 원활히 추진하기 위한 실시간 대도시권 광역교통 통계 취합 수집과 광역교통 정책 등을 모니터링할 수 있는 광역교통 정보센터 구축이 필요한 상황이다

연구를 위해 기 법정계획과 기존 광역교통 관련사업 및 시스템에서 수집된 데이터와 신규 사업 및 시스템을 통해 수집되는 데이터를 분석 하였다. 또한 대도시권광역교통위원회 각 과에서 개별 과제 단위로 수집, 보유한 데이터 파악하고 각 과의 업무에 필요한 데이터 조사를 위해 각 과의 담당자를 대상으로 대면 설문조사를 실시하였다. 그리고 선진사례를 벤치마킹하기 위해 국내외 광역센터 구축 및 운영사례를 조사하여 데이터 수집 범위 및 방법을 조사하고 기능 설정 및 표출 정보를 검토하였다. 최종적으로 데이터의 연계방안을 검토하고 구축 근거 마련을 위한 법제도 개선사항을 도출하였다.

기존 광역교통 관련데이터와 대도시권광역교통위원회의 업무분석 결과, 신설될 광역교통 정보센터에서는 광역교통 업무 활용에 필요한 데이터를 타 교통 데이터와 융합하여 데이터 추출, 가공, 분석, 융합의 기능을 수행이 필요하며 교통관련 기관에서 운영 중인 교통 빅데이터 시스템과 차별화된 통계지표 및 기능 제공과 주요 도로의 교통상황을 실시간으로 모니터링하여 소통상황 정보를 제공하고 돌발상황 및 특별상황에 대응하는 기능이 필요한 것으로 파악되었다. 연계 및 수집된 데이터를 활용한 광역교통 정보센터의 주제영역별 광역교통정보 DB는 실시간 교통정보영역(소통정보, CCTV, 교통안전 및 취약지점 정보, 교통수단 운행 정보), 통행정보 영역(교통카드, 통신, 지하철 혼잡도, 교통 예측, 광역버스 실시간 운행 및 이용), 시설 및 수단 정보 영역(광역도로 시설 현황, 광역철도 노선 현황, 광역버스 노선 현황, 광역버스 차량 관리실태, 환승센터 시설 현황, 광역버스 회차 환승시설 현황), 정책 및 제도 정보 영역(광역버스 인면허, 광역버스 이용 만족도 조사, 대중교통 요금, 통합 환승요금 정산기준, 연락 운임 정산기준, 광역교통시설 부담금 현황, 광역교통 재원 현황), 기초통계 및 지도 서비스 정보 영역(사회경제지표, 국토교통통계, 위성 및 인터넷 지도. 경로탐색) 등으로 구성되어야 한다. 광역교통 실시간 모니터링을 위해서는 실시간 모니터링, 대광위 업무 및 광역교통 정보 제공의 지도 서비스에서 광범위하게 사용됨에 따라 성능 및 안정성 측면을 고려한 이중화 및 부하 분산 구성이 필요하며 또한 통계 기반 데이터를 활용한 다양한 분석 수행을 위한 OLAP 처리를 위한 서버로서 사용자의 다양한 질의 성능 보장을 위해 충분한 자원(CPU & Memory) 확보가 필요하다.

고속도로 구간속도단속 내 우회가능시설이 속도편차에 미치는 영향

Effect of Detour Facilities within Highway Section Speed Enforcement on Speed Deviation

배솔
(국립공주대학교, 박사과정)

김성회
(한국과학기술원, 연구조교수)

고속도로는 교통안전 확보를 위해 상습 과속지역, 교통사고 위험지역 등을 중심으로 속도단속장비를 구축·운영하고 있다. 이러한 속도단속장비는 다양한 선행연구를 통해 교통사고 빈도 및 사고심각도 감소와 같은 교통안전 측면에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인하였다. 속도단속장비는 지점속도단속과 구간속도단속으로 구분할 수 있다. 지점속도단속은 단속장비가 구축된 특정 지점의 순간속도를 측정하는 방식이며, 구간속도단속은 특정구간 시종점에 단속장비를 설치하고 시종점의 순간속도와 시종점의 통행시간에 따른 평균통행속도를 측정하여 과속 차량을 단속하는 방식이다. 구간속도단속은 단속장비 앞에서만 일시적으로 감속하여 단속을 의도적으로 회피하는 캥거루 운전을 방지할 수 있으며, 구간을 통과하는 교통류의 속도 차이를 감소시켜 차량 간 충돌 위험을 감소시킬 수 있다. 선행연구에 따르면 과속 또는 저속으로 인한 차량 간 속도편차는 사고 발생 위험의 증가로 교통사고 발생확률에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

그러나 일부 구간속도단속 구간 내 휴게소, 졸음쉼터, 진출입로 등 우회가능시설의 위치로 단속 실효성의 문제점이 제기되고 있다. 우회가능시설을 이용하는 운전자는 시종점에서만 제한속도를 준수하고 그 외 구간을 과속할 수 있으며, 제한속도 이하의 평균통행속도를 준수하기 위해 휴게소, 졸음쉼터 등을 이용하거나, 진출입로를 빠져나와 의도적으로 단속을 회피할 수 있다. 이러한 운전 행태는 구간속도단속 효과인 과속 방지와 속도편차 감소에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 거시적인 관점에서 구간속도단속 구간을 통과하는 교통류의 평균통행속도는 제한속도 이하이며 시종점을 통과하는 대다수의 차량은 제한속도를 준수하는 것으로 볼 수 있으나, 미시적인 관점에서는 우회가능시설을 이용함에 따라 과속이 발생하는 것을 알 수 있다. 이렇듯 우회가능시설이 위치한 구간속도단속 구간 내 과속하는 차량에 의해 속도편차가 증가할 것으로 예상되며, 이는 도로의 안전에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 도로교통공단에서는 이러한 문제점을 인지하고 해결방안으로 구간단속구간 내 우회가능시설 인근 추가적인 단속장비를 구축하여 연계하는 다중구간속도단속장비 방식을 제시하고 있다.

구간속도단속 관련 선행연구에서는 단속장비 구축에 대한 효과 검증 중심의 연구가 수행되었으며, 우회가능시설과 같은 단속장비의 맹점으로 인한 부정적인 영향에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 통행속도 데이터를 활용하여 구간속도단속 구간 중 우회가능시설이 위치한 구간의 속도편차를 분석하고자 하며, 우회가능시설이 속도편차에 미치는 영향을 도출하고자 한다.

과적단속용 고속축중기 도입을 위한 요구사항 및 정확도 감소 요인 분석

Analysis of Requirement and Factors Contributing to Poor Accuracy for Introducing High Speed Weigh-in-motion System for Overload Enforcement

이동해	이종석	김호룡	김태상†
((재)한국건설생활환경 시험연구원, 연구원)	((재)한국건설생활환경 시험연구원, 선임연구원)	((재)한국건설생활환경 시험연구원, 선임연구원)	((재)한국건설생활환경 시험연구원, 수석연구원)

1990년대부터 2000년대 초까지 WIM(Weigh-in-motion) 시스템과 해당 시스템의 성능 요구사항이 개발되기 시작했다. 2010년도부터는 국가별로 자국의 실정에 맞추어 WIM 시스템을 설계 및 운영하는 데 중점을 두었으며, 120 km/h 이상으로 고속 주행하는 차량의 무게를 다소 정확하게 계측할 수 있을 만큼 고속 주행 중 계측 기술이 발전하였다. 그러나 본래 목적에 맞게 고속축중기(High Speed Weigh-in-motion)를 과적단속용으로 활용하기에는 현재까지 다소 어려움이 있다. 일부 국가만이 고속축중기를 직접단속(direct enforcement)에 활용하고 있으며, 대부분의 국가에서 체계화된 사전선별(pre-screening) 용도로 사용하고 있다. 국내의 경우 2010년대부터 고속축중기를 도입하여 사용하고 있지만 낮은 정확도로 인하여 제한적인 사전선별 및 모니터링에 그친다. 이로 인해 이동단속반이 추가적으로 수동 검차를 이어나가고 있다. 매년 화물차의 과적으로 인해 꾸준히 발생하는 인명피해를 최소화하려면, 과적단속용 고속축중기 도입을 위한 요구사항을 법적으로 지정하는 것이 필수적이고, 정확도가 감소하지 않는 방안을 강구해야 한다.

본 연구는 과적단속용 고속축중기를 국내에서도 도입 및 운용할 수 있도록 국내외 WIM 시스템 성능평가기준과 국가별 운용 실태를 조사하였다. 국내의 ITS 성능평가기준은 ASTM E1318, COST 323, OIML R134, NMi International WIM Standard에 비해 용어정의, 설치장소, 성능평가 제시 기준이 미흡한 것으로 나타났다. 이를 보완하기 위해 정확도 평가와 관련된 용어정의와 사용목적에 따른 신뢰수준 척도를 추가하고, 정확도 감소를 최소화하기 위한 설치장소의 온도 및 기하조건을 종합하여 제시하였다.

아울러 온도, 속도 등 잘 알려진 검측영향인자(influence factor)외에도 검측 과정에 영향을 주는 이차적 검측영향인자(secondary influence factor)에 대해 통계분석을 실시하고, 그 영향을 파악하였다. 약 800개의 WIM 시스템 계측 데이터와 이동단속반의 검차 데이터를 비교한 결과, 정상 주행보다 비정상 주행에서 15%p 더 큰 오차가 발생하는 것으로 나타났다. 가감속 주행은 총중량 정확도 변화에 영향을 주기보다 전후방 차축의 하중분포에 영향을 주어 축하중 정확도 변화를 야기하는 것으로 분석되었다. 축하중 중에서도 가변축 하중에서 더 많은 오차가 관측되었다. 특히 선형회귀분석으로부터 후방 차축 하중의 오차율과 가변축 하중의 오차율이 선형관계에 있음을 확인하였다. 이러한 분석결과는 가감속에 대한 축하중 오차나 가변축 하중의 오차를 보상하는 데 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다(과제번호 RS-2022-00142239).

22년 도로교통 사고비용 추계

Estimation of road traffic accident costs in 2022

심태일	이세원	전재현	최미선
(도로교통공단 책임연구원)	(도로교통공단 책임연구원)	(도로교통공단 책임연구원)	(도로교통공단 연구원)

도로교통사고로 인한 각종 피해와 손실을 화폐적 가치로 환산하는 것은 도로교통안전 분야의 의사결정에 보다 나은 객관성과 정확성을 기하기 위하여 중요하다. 이에 2022년 도로교통사고로 인한 인적·물적 피해비용, 사회기관비용을 화폐가치로 환산하여 도로교통 사고비용을 추계하였다.

2022년 한 해 동안 발생한 우리나라의 도로교통사고는 1,243,627건으로 2,735명이 사망하고, 1,937,785명이 부상한 것으로 집계되었다(교통사고분석시스템 통합DB 기준). 분석결과 2022년 도로교통사고로 인한 사고비용은 약 26.3조원으로 전년(2021년) 대비 2.6% 감소하였고 우리나라 연간 GDP의 1.2% 수준, 국가예산의 4.3%에 해당하였다. 사고비용 중 사망자와 부상자의 발생 등 인적 피해비용이 약 48.0%(12조 6,040억원)로 가장 많은 부분을 차지하였고, 차량손상 등 물적 피해비용이 약 45.6%(11조 9,763억원), 교통경찰, 보험회사, 구조·구급 등 사회기관비용은 약 6.5%(1조 7,030억원)로 나타났다. 본 연구에서 분석·제시된 도로교통 사고비용은 도로교통안전 분야의 의사결정 지표 또는 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

스마트 어린이보호구역의 필요성과 도입 방안

Development Strategies of Smart School Zone Standard Model

이희원
(한국교통연구원 도로교통연구본부 연구원)

이지선
(한국교통연구원 도로교통연구본부 연구위원)

교통안전은 이미 사회적으로 매우 중요한 관심사가 되었고 특히 어린이 교통안전은 사회 구성원 모두가 관심을 가지고 개선의 노력을 기울이는 분야가 되었다. 그러한 노력의 결과로써 최근 5년 교통사고 사망자는 연평균 7.5% 감소하였고 특히 보행자와 어린이 사망자는 연평균 10.1%와 19.5% 감소하는 등 큰 성과를 거두었다. 하지만 어린이 보행자 사망자는 0.27명으로 0.19명인 OECD 평균에 비해 여전히 높은 상황이고 특히 최근 3년간 어린이 교통사고 사망자의 약 61.5%가 보행 중에 발생하고 있는 점을 고려한다면 어린이 보행환경의 개선이 더욱 필요함을 알 수 있다.

최근 과학적인 분석과 인공지능 기반 교통안전 기술을 통해 저비용 고효율의 안전한 어린이 교통환경 구축을 목표로 하는 스마트 어린이보호구역의 도입이 전국적으로 늘어나고 있다. 하지만 개별 지자체 단위에서 개별적으로 사업이 추진되고 있고 중앙정부 차원의 통합적인 관리와 일원화된 평가체계는 부족한 상황이다. 이러한 관점에서 본 연구는 차량과 보행자 각각의 측면에서 필요한 스마트 어린이보호구역의 서비스 기능을 정의하였고 더불어 어린이보호구역의 통학로 유형별로 어떠한 서비스 기능이 제공되어야 하는지에 대한 방안을 제시하였다.

첫째로, 스마트 어린이보호구역의 운영 측면에서 다양한 현장 상황에 따라서 보다 유연하게 대응할 수 있도록 불법주행에 대한 단속 기능과 보행자 안전관리 기능을 필요에 따라 분리 운영할 수 있는 서비스 기능을 제안하였다. 둘째로, 교차로, 단일로, 이면도로 등 통학로의 도로 유형에 따라 현장에서 운영할 세부적인 기능을 선택할 수 있는 서비스 기능을 제안하였다. 더불어, 지자체, 경찰청, 119 안전신고센터 등 다양한 외부 시스템과 연계 운영할 수 있는 서비스 기능을 함께 제안하였다. 본 연구는 인공지능 등 첨단기술을 통해 시설개선 위주의 기존 어린이보호구역 정비모델을 운영개선 중심으로 개편함으로써 저비용 고효율의 어린이 교통안전 체계를 구축하는데 중요한 기반을 제공할 것이다.

사사: 이 논문은 행정안전부에서 시행한 취약계층·시설 등 안전사고 예방기술개발사업 ‘스마트 어린이보호구역 구축을 위한 인공지능기반 통합 안전기술 개발(RS-2021-ND630011)’의 연구지원으로 수행되었습니다.

도시교통정보센터 돌발정보서비스 활용도 제고 방안 연구

Research on Enhancing UTIC's Real-Time Incident Information Service

이승철
(도로교통공단, 책임연구원)

권순일
(도로교통공단, 연구원)

도로교통공단에서 운영 중인 도시교통정보센터는 전국 주요 도시에 설치된 첨단교통인프라로부터 실시간 교통정보를 수집하여, 이를 표준화 및 가공 분석의 과정을 통해 지자체 또는 민간 기업으로 정보를 제공하는 국내 교통정보의 허브센터 기능을 수행하고 있다. 그중 돌발정보 제공 서비스는 2차 사고 예방 및 교통혼잡 완화를 목적으로 2014년부터 시스템 구축 후 현재까지 이어져 오고 있다. 교통사고와 공사, 그리고 각종 행사 및 집회 등의 돌발교통상황은 심각한 정체를 유발할 뿐만 아니라 교통사고의 위험까지 높이기 때문에 실시간으로 관련 정보를 운전자에게 제공할 필요가 있다. 돌발정보는 현재에도 중요한 정보로써 활용되고 있지만, 미래 다양한 교통수단들이 등장하는 교통환경에서도 중요한 역할을 할 것이다. 현재 자율주행자동차는 차량에 센서들을 부착하여 주행 중 도로의 정보들을 수집하지만, 교통정보를 수집할 수 있는 범위의 한계가 존재한다. 센서의 정보 수집 범위를 벗어난 구간에 대해서는 정보를 수집할 수 없어, 인프라를 통한 정보 수집이 필요하다. 따라서 본 연구는 기존 돌발정보관리시스템의 문제점을 분석하고, 활용도를 제고하기 위한 목적으로 수행되었다. 먼저 돌발정보관리시스템의 데이터 현황을 분석하고, 민간 기업에서의 데이터 활용 이력과 요구사항 등을 분석하여, 운영관리 개선방안을 수립하였다. 이를 통해 현장 경찰관 입력 문제를 개선하기 위한 현재 실적평가 지표 개선방안 및 현장 입력 정보의 의존도 감소방안을 제시하였다.

가속도 기반 자율주행 패턴에 대한 이용자 만족도 평가 연구

A Study on User Satisfaction Evaluation of Acceleration-Based Automated Driving Patterns

황순천	이동민	김승민	김혁진
(서울시립대학교 스마트시티학과 연구교수)	(서울시립대학교 교통공학과 & 스마트시티학과 교수)	(서울시립대학교 교통관리학과 석사과정)	(서울시립대학교 교통공학과 학사과정)

자율주행 기술이 빠르게 발전함에 따라 자율주행 기술을 직·간접적으로 체험할 수 있는 기회가 대중에게 제공되고 있지만, 이용자 관점에서 편안한 승차감을 기대할 수 있는 선호하는 자율주행 패턴에 대해서는 연구가 미비하다. 본 연구에서는 주행 시뮬레이터와 자율주행이 가능한 실험차를 활용하여 종·횡방향 가속도에 대한 이용자 측면 만족도 평가를 수행하였다. 주행 실험을 통하여 도출한 5가지 종·횡방향 가속도 값을 활용하여 자율주행 패턴을 가상환경 시뮬레이션으로 구현하였으며, 그 중 3가지 값에 대해서는 실차 기반 자율주행으로 구현하여 만족도 및 불안감 수준 평가실험을 추가 진행하였다. 연구 결과, 실험 참가자들은 종방향 가속도에 비하여 횡방향 가속도에 더 민감한 평가를 하였으며, 불안감 수준도 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 이용자 측면 자율주행 패턴 평가연구 필요성과, 시뮬레이터 기반 평가방법의 적정성을 제시하였다.

사사: 본 연구는 2021년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.092021C26S02000, Lv.4 자율협력주행 대응 교통객체 인지고도화 및 악조건 해소기술 개발).

자율협력주행을 위한 주행 환경 메시지의 표준 개발 현황

Standardization of RSA & TIM Messages for Automated Cooperative Driving

장은혜	박수진	최종찬	유재준*
(한국전자통신연구원, 책임연구원)	(한국표준협회, 위원)	(한국산업지능화협회, 국가표준코디네이터)	(한국전자통신연구원, 책임연구원)

협력형 자율주행을 위해 차량과 차량(V2V), 차량과 도로 인프라(V2I)가 서로 주고받는 정보를 인식하기 위한 V2X 데이터의 종류와 형식에 대한 표준이 우선되어야 한다. 미국자동차공학회(SAE)에서는 V2X 통신을 위한 메시지 규격을 정의하는 표준에 대한 제, 개정을 지속적으로 수행하고 있고, 대표적으로 SAE J2735이 사용되고 있다. SAE J2735는 차량의 기본 상태에 대한 정보(Basic Safety Message, BSM), 교통신호정보(Signal Phase and Time, SPaT), 지도정보(MAP), 여행자정보(Traveler Information Message, TIM), 노변경고(Roadside Alert, RSA) 등의 메시지를 다룬다. 유럽전기통신표준화기구(ETSI)에서도 차량의 상태 정보를 주변 차량에 전달하기 위해 전송되는 메시지(Cooperative Awareness Message, CAM)(ETSI EN 302 637-2) 및 협력형 인지 확장을 위한 메시지(Cooperative Perception Message, CPM)(ETSI TS 103 324)와 같은 V2X 통신 메시지를 표준화하였다. 국내의 경우, 지능형교통체계협회에서 제정한 정보 교환을 위한 메시지(Cooperative Intelligent Transport System, C-ITS)가 있으며, 최근에는 협력형 자율주행 시스템에서 구현될 수 있는 개념적 시나리오와 차량 안전 기본 메시지(Basic Safety Message, BSM)가 국가표준으로 제정, 고시되었다(23.06). 또한 현재 한국표준협회의 주도하에 J2735를 기반으로 국내의 정황 및 사업 의견들을 반영하여 관련 메시지를 재논의 및 정의하고 있다.

본 논문에서는 현재 수행 중인 자율주행차 분야의 데이터 표준개발을 위한 주행 환경 메시지 구성안을 소개한다. 주행 환경 메시지는 도로상황, 교통정보, 긴급 상황 알림 등 주행 환경 정보에 대한 메시지로, 노변 경고 메시지(Road Side Alert, RSA)와 여행자 정보 메시지(Traveler Information Message, TIM)를 포함한다. 선행 표준인 SAE J2735와 C-ITS를 기반으로 RSA와 TIM 메시지의 데이터 프레임과 데이터 요소를 활용하여 국내 실정에 맞게 주변 환경 메시지를 구성하였다. 주변 환경 메시지는 총 2개의 메시지, 52개의 데이터 프레임과 28개의 데이터 요소로 정의되었다. RSA 메시지는 차량 또는 여행자에게 주변의 위험에 대한 경고를 보내는데 사용되는 메시지로, 이를 통해 전달되는 주요 정보는 메시지 생성 순서(msgCnt), 메시지 생성 시간(timeStamp), 경고나 위험의 유형(typeEvent), 이벤트에 대한 추가 설명(desception), 메시지 긴급성의 우선순위(priority), 진행 방향 각도가 속한 구간(heading), 메시지표출 거리(extent), 해당 이벤트의 위치 정보 요약(위치, 방향, 속도 등)(position), 메시지와 관련된 추가적인 정보(furtherInfoID) 및 지역 확장 정보(regional)이다. 지역 확장(regional)을 정의하는 데이터 프레임(RoadSideAlert-KOR)은 메시지 식별 정보(msgID), 식별자 유형의 정보들로 표현되는 지역(regions), RSA 메시지를 통해 제공되는 이벤트 정보(events), 객체의 이동 동작에 대한 세부 정보(state), 검지한 객체 정보(detectedObject) 등을 포함한다.

TIM 메시지를 통해 전달되는 주요 정보는 메시지 생성 순서(msgCnt), 메시지 생성 시간(timeStamp), 다른 형식의 지원 메시지에 연결하는 데 사용되는 고유 값(packedID), 텍스트 문자열 형태의 유효한 인터넷 스타일 URI/URL(urlB), 하나 이상 포함된 여행자 정보 메시지 셋(dataFrames)과 지역 확장 정보(regional)를 포함한다. 지역 확장(regional)을 정의하는 데이터 프레임(TravelerInformation-KOR)은 메시지 식별 정보(msgID)와 TIM 메시지 본문의 TravelerDataFrame과 관련하여 추가로 전달되는 정보(additionalInfo)로 구성된다.

이들 메시지는 현재 주행 중인 도로에서 앞으로 발생할 위험 요소(예, 보행자 또는 낙하물 출현과 같은 객체 방해물 속성 정보, 역주행 또는 저속 주행 차량과 같은 특이 이동 물체 방향과 속도 정보)에 대한 알림을 제공하거나 경보 및 도로표지판 등 다양한 유형의 정보를 구비된 장치로 전송하여 여행자와 실시간 정보(예, 도로상황, 교통 체증, 사고, 날씨 등)를 교환하는 데 사용될 수 있다. 추후 이러한 메시지들이 현장에서 정확하고 효율적으로 활용될 수 있도록 추후 다양한 메시지들을 포괄하는 작업을 수행할 예정이다.

사사: 본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원에서 지원하는 “자율주행차 분야 데이터 표준개발 및 실증체계 구축·운영” 과제(20014881)와 관련하여 수행되었습니다.

충청권 내 지역간 통행시간에 따른 승용차 대비 대중교통 접근용이성

Accessibility of Public Transportation Compared to Passenger Cars According to Travel Time Between Regions Within the Chungcheong Area

노세영
(한밭대학교 도시공학과, 석사과정)

정유미
(한밭대학교 도시공학과, 박사과정)

도명식
(한밭대학교 도시공학과, 교수)

산업화와 도시화로 인한 인구의 수도권 집중, 지역개발정책의 불균형 등 사회·경제·문화적 요인으로의 지역 격차로 인한 심각한 문제들이 대두되고 있다. 지방소멸, 소외지역, 취약지역, 도시쇠퇴, 축소도시 등 물리적 쇠퇴의 문제까지 이르러 여러 가지 요인이 지역 불균형과 관련이 있다. 지역 불균형은 이 문제를 더욱 심화시키고 지속 가능하지 않은 방향의 결과를 보이고 있으며 지역 간의 상호작용이 중요하다고 판단되어 충청권 내 지역을 인구이동과 통행 등의 상호작용이 활발한 네트워크 구조로 이해하여 이들 지역 간의 접근성을 분석하는 것이 전반적 공간구조 파악에 효과적인 방법이 될 수 있다. 추후에 소외지역 혹은 취약지역을 판별하는 데에 좋은 방법이 될 수 있다고 판단된다.

이 같은 배경에서 본 연구의 목적은 충청권 네트워크 기반 각 지역을 기점으로 충청권의 교통수단별 접근도를 파악하고자 단순 중력모형을 이용하여 승용차와 대중교통수단의 통행시간 데이터를 기반한 통행 분포량을 산정하고 승용차 대비 대중교통 비율을 통해 각 지역별로 접근도를 파악하여 소외지역을 판별할 수 있으며 이를 기반으로 향후 충청권을 대상으로 한 대중교통체계 개선방안을 제시하고자 한다.

본 연구는 수도권과 인접해 있는 지리적 이점과 더불어 공공기관의 이전 및 대기업들의 투자로 인해 창출되는 풍부한 일자리를 가진 충청권을 대상으로 지역별 수단에 따른 접근도를 가지고 비교·분석하고자 공간적 범위로 설정하였으며 분석하고자하는 대상의 단위는 세종특별자치시와 대전광역시를 포함한 36개의 충청권 시군구로 설정하였다. 시간적 범위로는 장래 비교·분석을 위해 현재 연도 2023년과 대상지 내의 장래 개발계획이 모두 반영되는 시점인 2035년을 고려하여 최종적으로 2035년으로 설정하였다.

장래 교통수요를 추정하기 위하여 거시적 교통수요 추정 프로그램인 TransCAD 9.0 S/W를 사용하였고 분석의 공정성을 위하여 기초자료로 한국교통연구원의 국가교통DB센터(KTDB)에서 구축한 O/D 및 네트워크 분석용 자료를 활용하여 진행하였다. 2019년의 기준연도 분석자료로 활용했지만, O/D의 보간을 통해 분석연도를 2022년으로 설정하고, 통행배정모형의 정산을 수행하여 장래 연도 2035년의 교통 수요를 추정하였다. 교통수단을 승용차, 버스, 화물차로 구분하고 다차종으로 배정하는 Muli-class 통행배정방법으로 적용하였다. 기종점 간의 통행 분포량을 산정하기 위해 충청권 OD를 구축한 뒤 유출, 유입통행량을 도출하고 중력모형을 변형하여 파라메타 값을 모두 1로 가정했을 때의 승용차와 대중교통의 접근시간과 차내시간을 합산한 통행시간 데이터를 기반으로 통행 분포량을 도출하였다. 승용차 대비 대중교통 통행시간 증감률에 따른 접근도를 비교하여 소외지역을 발굴하였다.

$$T_{ij} = K \cdot \frac{O_i^{\alpha} \cdot D_j^{\beta}}{C_{ij}^{\gamma}}$$

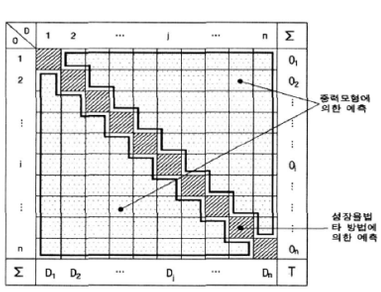
여기서, T_{ij} : i존에서 j존으로의 장래통행분포량

O_i^{α} : i존의 장래 유출통행량

D_j^{β} : j존의 장래 유입통행량

C_{ij}^{γ} : i, j간 장래 마찰인자

K, α, β, r : 계수



본 연구를 통해 세종특별자치시와 대전광역시를 포함한 충청권 전체의 광역 대중교통체계 구축과 지역 간의 대중교통의 연계성, 접근성을 향상시키는 정책방안이 필요하며 또한 충청권 광역교통 소외지역을 발굴하여 그에 따른 대중교통체계를 개선할 방안을 제시하고자 한다.

국내 고속도로 과포화 상태 분석 시뮬레이터 개발을 위한 기초 연구

Preliminary Research on the Development of a Simulator for Oversaturated Freeway Facility Analysis in Korea

박휘빈	이은선	박효빈	신치현
(경기대학교, 석사과정)	(경기대학교, 석사과정)	(경기대학교, 학부과정)	(경기대학교, 교수)

고속도로의 효율적인 운영과 관리를 위해서는 고속도로를 구성하고 있는 고속도로 기본구간, 엇갈림 구간, 연결로 접속부를 개별적으로 분석하는 것이 아닌, 하나의 체계로서 종합적으로 평가할 필요가 있다. 현재 국내 도로용량편람은 고속도로 종합분석을 다루고 있으나, 주로 정상류 상태에 초점을 맞추고 있어 과포화 상태에서의 고속도로 시설을 분석하고 평가할 수 있는 구체적인 방법론이 부재하며 이에 대한 체계적인 분석이 어려운 실정이다. 이를 위해 과포화 상태의 고속도로 시설 분석 방법론 및 국내 도로 환경에 적합한 고속도로 종합분석 시뮬레이터 개발이 필요하다.

본 연구에서는 과포화상태 분석 방법론 및 고속도로 종합분석 시뮬레이터 개발을 위한 기초 연구로써 국내·외에 제시된 고속도로 종합분석 방법론을 고찰하고, 국내 고속도로 시설 현황 조사를 통해 과포화 상태 분석을 위한 합리적인 수준의 공간적 범위를 검토하고자 한다.

본 연구는 국내·외에 제시된 고속도로 종합분석 방법론을 고찰하였다. 국내에는 미국이나 독일과 달리 아직 과포화 상태를 분석할 수 있는 계산 엔진이나 소프트웨어의 개발이 이루어지지 않았으며, 미국의 도로용량편람에 제시된 복잡한 과포화 분석 방법론을 고려할 때, 국내 여건에 맞는 보다 단순화된 방법론의 개발이 필요함을 파악하였다. 또한, 과포화 상태 분석에 있어서 시공간적 범위 설정은 중요한 요소로, 국내 도로용량편람도 이에 대응하는 시공간적 범위에 관한 기준을 설정할 필요성이 있음을 파악하였다.

이를 바탕으로, 국내 고속도로 여건을 반영할 수 있는 합리적인 공간적 범위 선정을 위해 과천-봉담 도시고속화도로, 부산외곽순환고속도로 등 수도권 및 대도시 주변의 고속도로를 대상으로 고속도로 Segment 간 간격, 한 Segment의 평균 길이, 본선부, 가감속차로, 고어부 길이 등을 조사하였다. 조사 결과, 도시부 고속도로의 Segment 간 간격이 지방부 고속도로에 비해 상대적으로 좁은 경향을 보였으며, Segment 간 간격이 매우 근접한 경우 도로용량편람의 영향권 기준 적용 시 영향권이 중첩되는 구간이 발생하였다. 본 조사에서는 가감속 차로와 고어부를 합한 구간을 영향권으로 설정하여 분석을 진행하였으며, 상기 조사 방법이 국내 고속도로 종합분석에 적합한 것으로 판단하였다.

본 연구는 국외 고속도로 종합분석 방법론 고찰을 통해 국내 도로용량편람 과포화 분석 방법론의 개발 방향을 제시하였으며, 국내 고속도로 시설 현황 조사를 통해 국내 도로 여건에 적합한 공간적 범위 설정에 필요한 기초 자료를 마련하였다.

도시 내 하천 및 항만을 활용한 수상교통의 현황과 유형 분류

The Current Status and Classification of Waterbrone Transportation Utilizing Urban Rivers and Ports

강지민
(서울시립대학교, 석사과정)

김도경
(서울시립대학교,
교통공학과·도시빅데이터융합학과 겸용교수)

세계의 많은 도시는 하천이나 항만을 중심으로 발전하였다. 런던의 중심을 가로지르는 템스 강(Thames River), 허드슨 강(Hudson River)과 이스트 강(East River), 뉴욕 항(New York Harbor) 등에 둘러싸인 뉴욕, 오사카시의 도톤보리천(道頓堀川), 도쿄의 스미다강(隅田川), 코펜하겐의 코펜하겐 항구(Copenhagen Harbor)와 이엔강(Inderhavnen), 함부르크의 엘베 강(Elbe River)과 함부르크 항구(Hamburg Port), 홍콩의 빅토리아 하버(Victoria Harbour)등의 수만은 사례를 찾아볼 수 있으며, 한강이 가로지르고 있는 서울 역시 마찬가지다. 이에 세계의 각 도시들은 하천이나 항만에서 수상교통을 운영하여 관광객을 유치하거나 시민들이 통근 수단으로 이용할 수 있게 하는 등 수상의 공간을 다양하게 활용하고 있으며, 과학기술의 발전과 환경문제에 대한 관심 증가 등의 이유로 수상 공간의 활용에 대한 관심이 증가하고 있다. 하지만, 현재 장거리를 이동하는 해상교통과 달리 도시 내의 수상교통에 관한 연구는 잘 이루어지지 않고 있어서, 새로운 수상교통을 도입하고자 할 때 시민이나 관광객들이 어떤 형태의 수상교통을 선호하는지 알기 어려운 상황이다. 본 논문에서는 세계 여러 도시의 하천과 항만에서 현재 운영되고 있는 수상교통을 조사하고, 공통적으로 나타나는 특성을 바탕으로 유형을 분류하여, 향후에 각 수상교통 유형에 관한 이용자들의 선호도를 조사하는데에 활용하여, 수상 교통의 효율적인 개발과 운영에 기여하고자 한다.

먼저, 세계 7개국(한국, 일본, 홍콩, 미국, 영국, 덴마크, 독일)의 도시에서 하천이나 항만을 활용하여 운영 중인 31개의 도시 내 수상교통에 대해 조사하였다. “제공 서비스”, “노선 형태”, “선착장 수”, “노선 수”, “이용 시간”, “요금”, “운영 시간”, “정원”, “선박 형태”, “속도”의 10가지 속성에 관하여 조사를 수행하였다. 조사된 31개의 도시 내 수상교통 중 관광 목적의 수상교통 23개, 통근 목적의 수상교통 5개, 통근 및 관광 겸용의 수상교통 3개가 운영되고 있는 것으로 확인되었다.

이렇게 조사된 내용을 바탕으로 수상교통의 유형을 총 17가지로 분류하였다. 전체 수상교통을 관광용, 통근용, 통근 및 관광용의 3가지 용도로 구분한 후, 소형, 중형, 대형, 특대형의 선박 크기를 바탕으로 다시 한번 분류하였다. 그런 다음, 조사된 여러 속성에서 중 “제공 서비스”를 기준으로 유형을 나눈 후, 나머지 조사된 속성의 도메인이 동일하거나 유사하게 나타나는 것들 끼리 묶어, 최종적으로 A부터 Q의 17가지 유형으로 수상교통을 분류할 수 있었다. 각 수상교통 유형은 개방형(A), 밀폐형(B), 낮~저녁 체험형(C), 특정 시간대 체험형(D), 파티형(E), 고속레저형(F), 특정 시간대 식사 및 관람형(G), 단체형(H), 중급단체형(I), 고급 식사 및 관람형(J), 단거리형(K), 퇴근시간대 다(多) 노선 다(多) 선착장형(L), 종일 중형 선박 다 노선 다 선착장형(M), 종일 중대형선박 다 노선 다 선착장형(N), 자연경관 관람 가능형(O), 중급 자연경관 관람 가능형(P), 특대형 선박 24시간형(Q)이다.

분류된 수상교통 유형을 바탕으로, 향후 연구에서는 설문조사를 통해 수상교통의 각 유형과 속성별 이용자들의 선호도를 조사하고 분석하여, 어떠한 특성의 이용자들이 어떠한 유형의 수상교통을 선호하는지, 혹은 수상교통의 이용을 결정할때 어떠한 속성을 중요하게 생각하는지 등을 알아보고자 한다.

이면도로 유형별 특성과 정비방안 연구

Maintenance Methods of Living Streets According to their Characteristics

이희원
(한국교통연구원 도로교통연구본부 연구원)

이지선
(한국교통연구원 도로교통연구본부 연구위원)

이면도로는 보행자와 차량이 공존하고 소규모 상업활동까지 이루어지는 매우 복합적인 생활공간이다. 보행과 자전거 등의 수단이 중심이 되는 이면도로도 있고 혹은 주변 간선도로와의 연결기능을 수행하는 통과교통 기능의 이면도로도 존재한다. 이면도로의 특성을 토지이용과 교통 양쪽의 측면에서 볼 때 매우 복합적인 특성과 기능을 갖는 공간임에도 불구하고 그동안의 이면도로 정비는 획일적이고 특색이 없이 진행됨으로써 문제를 해결하지도 못하고 본래의 활력을 잃어버리는 상황이 반복되었다. 특히 도로의 물리적 환경을 개선하는 부분에만 초점을 맞춰 많은 예산 투자에도 주민들이 느끼는 개선효과는 미미하고 이용주체 간 갈등이 발생되는 경우도 있었다.

본 연구에서는 토지이용과 교통의 측면에서 이면도로의 유형을 분류하고 각각의 특성을 분석하였다. 특히 교통의 측면에서는 이면도로를 도로기능 측면에서 지구내부 이동로와 외부 간선도로 연계로 구분하고 교통특성을 고려하여 단순 접속형태와 신호교차로 접속형태로 분류하였다. 이에 따라 주거지역, 상업지역, 업무지역 각각에 분포된 이면도로를 표본으로 선정하고 토지이용 특성과 교통 측면의 특성을 분석하였다. 교통운영 측면에서는 불법주차, 통과교통, 조업차량 주차 등이 주요 문제로 지적되었고 교통안전 측면에서는 과속, 비신호교차로 통행우선권, 이륜자동차 불법 주행 등이 문제로 지적되었다. 한편 가로미관 측면에서도 노점상과 특색 없는 거리 등이 개선이 필요한 항목으로 조사되었다.

분석한 결과를 토대로 본 연구에서는 교통운영과 안전, 가로미관 및 방재 등 다양한 측면에서 개선방안을 제시하였다. 먼저 불법주차의 경우 건축물 단위, 지구 단위 각각에서의 대안을 제시하였고, 한편 교통 측면에서의 단속은 건축이나 토지이용 등 다른 법적 규제 수단과 병행하는 방안을 제시하였다. 교통안전 측면에서 통과교통의 문제는 교통정온화 사업의 연장선에서 관리가 필요한 지역과 반대로 상업 업무 기능의 활성화를 위해 소통기능을 강화하는 지역으로 구분하여 정비하는 방안이 필요함을 지적하였다. 더불어 비신호교차로의 운영에서도 표지판 설치를 통해 통행우선권을 정착시키는 노력이 필요함을 제시하였다.

차량 궤적 데이터 기반 고속도로 합류구간 차로 변경 상호작용 분석

Analysis of Lane Change Interactions at Highway Merge Sections
Based on Vehicle Trajectory Data

오승민[1)]
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 박사과정)

장기태*
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 교수)

고속도로 합류부는 차로 감소로 인한 병목현상(Bottleneck effect)이 발생하는 대표적인 반복정체구간이다. 이는 필수적인 차로 변경으로 많은 상충이 발생하며, 합류구간에서 종종 일어나는 부적절한 차로 변경 행동은 원활한 본선 교통 흐름을 간섭하고 정체를 야기하는 요인이 된다. 선행 연구는 Gipps, 허용간격모형(Gap acceptance model) 등 차로 변경 행태(Behavior)를 묘사하기 위한 모형을 개발하고 미시적 교통 시뮬레이션에 적용하여 교통 흐름 변화를 분석하는데 초점을 맞추었다. 그러나, 실제 차로 변경 행태는 매우 복잡하고 다양하며 주변 차량과의 상호작용에 대한 명확한 규명과 교통 흐름에 미치는 영향에 대한 구체적인 분석은 아직 부족한 실정이다. 본 연구는 고속도로 합류구간을 드론으로 촬영한 고정밀 차량 궤적 데이터를 미시적 관점으로 분석하여 고속도로 합류구간에서 일어나는 의무 차로 변경(Mandatory lane change)의 상호작용 과정과 정체 유발의 영향 정도를 분석하였다. 합류부의 4차로에서 본선의 3차로로 차로 변경하는 차량과 3차로 주행 차량을 분석 대상으로 선정하였으며, 차로 변경 이전의 측면 이동 궤적을 연속 웨이블릿 변환(Continuous wavelet transform)에 적용하여 차로 변경 시 운전자 심리로 주행 행태가 변화하는 예상(Anticipation)의 시작 시점을 결정하였다. 이를 통해 고속도로 합류구간 내 발생하는 차로 변경의 발생 지점(합류구간 끝 지점과의 거리), 차로 변경 동안 변화된 차로 변경 차량, 후행 차량의 속도 등 다양한 변수를 통계 분석하여 합류구간 차로 변경의 상호작용을 규명하고 미시적인 행동 패턴을 관찰하였다. 이러한 미시적 분석 결과는 향후 고속도로 합류구간 차로 변경을 능동적으로 제어하는 지능형교통시스템(Intelligent Transportation Systems, ITS) 기반 최적 제어 전략을 수립하는데 기초자료로 활용될 수 있다.

WIM 최적 위치 선정을 위한 차종별 교통흐름과 수요변화에 대한 연구

Traffic Assignment and Demand Response for Multiple Vehicle Classes for Optimal Weigh-In-Motion Location Planning

정윤경
(한국과학기술원 건설및환경공학과 위촉연구원)

이진우
(한국과학기술원 건설및환경공학과 부교수)

과적 화물차량은 도로의 유지 비용을 증가시키며 수명을 단축시키는 등 전체 도로 인프라에 악영향을 준다. 과적 화물차량을 단속하는 방법으로는 WIM (Weigh-In-Motion) 시스템이 존재한다. WIM은 화물차량의 중량과 높이를 계측하여 규정을 위반할 경우 해당 차량의 통행을 제한한다. WIM을 통해 과적 화물차량을 단속할 수 있지만 현실에서는 예산과 같은 제약조건으로 인해 화물차가 다니는 모든 도로에 WIM을 설치할 수 없는 상황이다. 따라서 주어진 예산 조건에서 효과적인 과적 화물차량 단속을 위한 WIM의 위치를 설정하는 것은 중요하다.

실제 도로 환경에서는 일반차량, 화물차량, 과적 화물차량이 서로 영향을 주고받아 경로를 결정하지만, 기존에 진행된 연구에서는 이들의 관계를 고려하지 못했다. 따라서 본 연구에서는 세 그룹의 통행행태와 상호작용 등을 고려하여 WIM에 따른 경로 및 수요 변화를 정의하는 것에 목적을 둔다. 본 연구에서는 일반차량과 화물차량의 통행비용 함수를 다르게 설정하고, 과적 화물차량의 경우 WIM이 설치된 링크 통행 시 발생하는 페널티를 고려하여 수학적 모델을 구축하였다. 페널티는 실제 단속으로 인한 영구적인 페널티와 차주의 시간가치로 표현된다. 각각의 운전자는 자신의 통행시간을 최소화하는 경로를 탐색하지만, 과적 화물차량 차주의 경우 WIM이 설치된 링크 통과 시 발생하는 페널티를 고려하여 경로를 탐색한다. 따라서 본 연구의 수학적 모델은 동일한 네트워크상에서 WIM 위치에 따른 페널티를 고려한 일반차량, 화물차량, 과적 화물차량의 차종별 통행비용의 합을 최소화하는 것이다.

수학적 모델링을 토대로 Sioux falls network 상에서 WIM 설치 위치 등에 따른 과적 화물차량의 detour 등의 교통흐름을 관찰하였다. 또한, WIM을 회피하기 위한 과적 화물차량의 경로가 기존 경로에 비해 통행비용이 충분히 클 경우 해당 차량은 더 이상 과적하지 않고 일반 화물차량으로 이전된다고 가정하여 해당 변화에 따른 전체 교통류 변화를 분석하였다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호: RS-2022-00142239).

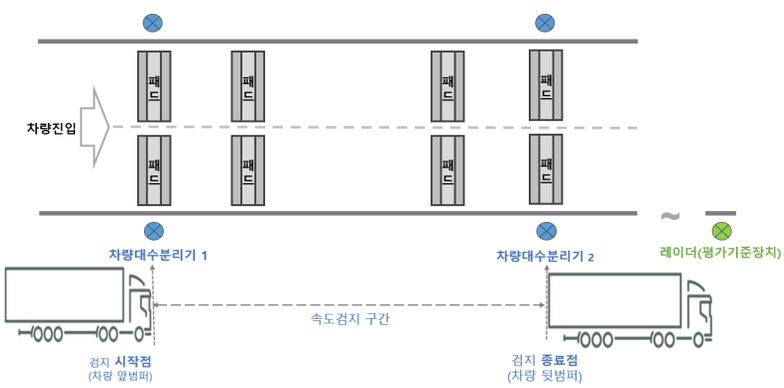
운행제한 위반차량의 계측불응 단속시스템 성능평가 방안

Performance Evaluation of Non-compliance Control System for Vehicles Violating Driving Restrictions

김성현
(한국건설기술연구원, 연구위원)

김진우
(한국건설기술연구원, 연구위원)

운행제한 위반차량에 계측불응 단속시스템은 주행하는 차량의 축하중 또는 총중량을 측정할 수 있는 노면에 설치된 기계적 장치로부터 발생하는 신호를 이용하여, 차량의 속도를 산출하는 장치이며 단속의 근거는 도로법 시행령」제80조 제5호에 따라 단속장비를 통과할 때 규정속도(10km/h)를 초과하여 운행하는 경우 측정방해행위로 고발조치 하여야 한다. 하지만 시스템의 부재로 단속을 시행하지 못하고 있으며 본 연구과제에서 시스템을 개발하여 단속장비를 활용하기 위해서는 장비의 성능평가 기준 마련하여 단속장비에 대한 성능의 신뢰성을 확보하여야한다.



[그림 1] 운행제한 위반차량 계측불응 단속시스템 성능평가 방법

장비	점검기준	내용	비고
계측불응 시스템	점검횟수	정기평가(분기), 과적검문소 준공시 평가 실시	
	기준값	평가 기준장비	
	시험 대상차량	시험차량 또는 4.5톤 이상 운행차량	
	측정횟수	속도≦10(10회), 10<속도≦15(10회), 15<속도≦20(10회), 속도> 20(10회)	총회수 40회
	합격기준	속도 정확도 90% 이상	

[그림 2] 계측불응 시스템 성능평가 기준

계측불응 단속시스템 성능평가 세부규정을 마련하여 속도측정의 신뢰성 및 일관성을 확보하고, 속도 정확도 90% 이하인 장비는 교정하여 재검사하여 성능이 합격인 장비를 운영해야한다. 만일 정확도 기준 미달인 장비는 운영중지하고 재점사하여도 정확도 미달인 장비는 교체하여 운영한다.

- (세부규정)성능평가의 일관성 및 신뢰성확보를 위해 '계측불응 단속시스템 성능평가 매뉴얼제정

- (장비 운영) 고장 혹은 정확도 점검 결과 합격기준 미달인 장비는 운영 중지, 보정후 재검사 실시

향후 고정식 과적검문소에서는 계측불응 시스템의 성능평가, 설치 및 운영과 관련한 훈령 및 매뉴얼 등 제도화 방안 마련 필요하다

사사: 본 연구는 한국건설기술연구원「비정상 주행속도 프로파일 추정기술을 이용한 중량계측 불응 단속시스템 개발)(과제번호 20240154)」의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

공유 PM 불법주정차 단속 법령 및 정책 고찰 연구

Share PM Research on illegal parking enforcement laws and policies

박현석
(한국건설기술연구원 수석연구원)

하정아
(한국건설기술연구원 수석연구원)

공유 PM의 무분별한 방치 또는 불법주차로 인한 차량의 통행 방해와 보행로 상의 위험 문제가 지속적으로 발생하고 있음에 따라 차량과 사람의 안전한 통행환경 확보가 절실히 요구된다. 유동 인구가 많은 장소, 좁은 통행로 및 통학로 등 공유 PM의 무분별한 방치와 더불어 쓰러진 채 주차되어 있거나 차도에 방치된 불법주차로 인해 비사용자의 안전(불편) 문제가 발생하고 있으며, 지자체에서는 이에 대한 문제 해결을 위해 법제도 개선 등의 다양한 노력을 수행 중에 있다. 이에, 관리 주체인 지자체의 공유 PM 불법주정차 단속관련 법령 및 정책 현황을 분석하는 연구를 수행하고자 한다.

국내의 공유 PM 불법주정차와 관련한 정책으로는 4차산업혁명위원회가 2020년 「제8차 규제·제도 혁신 해커톤」에서 협의한 내용을 기반으로 주정차 금지구역 13곳을 선정하고 주정차 운영 가이드라인을 정의하여 업체의 자발적 주차관리 권고와 위반 시 과태료 및 견인 조치 등에 대한 근거를 마련하였다.

지자체 중 서울시는 전동킥보드 불법 주정·차 방지를 위해 2021년 7월 조례 개정을 통해 전국 최초로 견인제도를 도입하였으며, 즉시 견인구역과 일반 구역으로 구분하여 시행하고 있다. 주차 공간 확보를 위해서는 대중교통 접근성, 자전거도로 연계 등을 고려하여 유효 보도폭 2m 이상 보도, 가로수 사이 등에 주차구역 마련 추진하고, 공유기업의 GPS기반 반납제한구역설정, 상습 주차 위반자 페털티 부여, 데이터 공유 및 수거율 향상 노력 시 불법주정차 신고가 들어오더라도 60분간 견인 유예하는 정책 추진하고 있다. 이외에도 광주광역시, 대구광역시, 원주시, 세종시, 광명시 창원시, 김해시 등 다수의 지자체에서 불법 주정차 또는 방치된 공유PM 수단에 대하여 강제 견인 및 운영기관의 견인료 부과 시행을 위한 조례 시행 및 개정 중에 있다.

국외는 공유 PM 사용 및 주차에 대해 법제도적 측면에서 허용 범위를 제시하고 있으며, 위반시 과태료 등을 부과하는 방법을 적용중이다. 주차문제의 경우, 전용주차장 설치를 통한 주차 유도와 불법주차 이용자에 대한 패널티 부과 등의 방안을 적용중이며, 효율적인 관리를 위한 허가제를 도입하고 있는 실정이다.

국내 정책의 경우 전동킥보드 불법주정차 및 무단방치 해결을 위한 국내 정책은 서울시를 시작으로 인력 중심의 신고 제도 및 시스템이 도입되고 있으며, 신고 접수 후 운영기관의 자진 수거와 일정 유예시간 이후에는 강제 견인 조치를 취하고 있다. 유예시간 적용은 지자체마다 상이한 것으로 나타났으며, 강제 견인 시 운영기관에 견인료 및 보관료를 부과하는 정책이 도입됨에 따라 PM 운영기관의 재정악화 문제도 확인하였다.

국외의 경우도 공유 PM 주차에 대해 전용주차장 설치를 통한 주차 유도와 불법주차 이용자에 대한 패널티 부과 등을 적용중이나, 규제에도 제도 정착이 어려운 경우 공유 PM 이용자체를 불가토록 하는 사례도 확인하였다.

사사: 본 논문은 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비 지원(주요사업)사업으로 수행되었습니다(과제번호 20240121-001, 영상 AI 기반 공유형 PM(Personal Mobility) 불법주정차 검지 기술 개발)

자율주행 셔틀 내 탑승객 안전정보 제공 서비스 만족도 조사에 관한 연구

A study on satisfaction survey of passenger safety information service in Self-driving shuttle

이동한	예진해	오영달	박선홍*
(한국자동차연구원 연구원)	(한국자동차연구원 연구원)	(한국자동차연구원 선임연구원)	(한국자동차연구원 책임연구원)

현재 국내외에서 자율주행 기반 미래 모빌리티 서비스가 활발히 추진되고 있으며, 특히 자율주행 셔틀은 특정 구간 내에 대중교통을 대체하는 공유형 교통수단으로 발전할 것으로 전망되고있다. 이러한 가운데, 자율주행 셔틀 운행 상황에서 발생할 수 있는 실내 탑승객 안전사고를 예방하기 위한 안전정보 제공 기술이 절실히 요구되고 있다. 본 연구에서는 자율주행 셔틀 운행 상황과 연계하여 탑승객에게 안전정보를 제공하는 서비스에 대한 신뢰성과 만족도를 확인하는 것을 목표로 한다.

본 연구에서 안전정보 제공 서비스란 자율주행 셔틀 내부에 장착된 카메라를 통하여 탑승객의 상태(입석, 착석 및 쓰러짐)와 운행 데이터를 연계하여 디스플레이 및 음성을 통하여 탑승객에게 안전관련 정보를 제공하는 것을 말한다. 탑승인원, 긴급상황 발생, 급선회/급정거 사고 다발 구간, 문 열림/닫힘, 정류장 진입, 교차로 안내 관련 메시지 표출 정보를 시각 및 음성을 통해 탑승자 및 외부 도로 이용자에게 제공한다.

만족도 조사는 서면 설문지를 통해 진행되었으며, 총 7가지의 설문 지표(유효성, 효율성, 신뢰성, 수용성, 시인·가독성, 심미성 및 종합 만족도)를 국제 표준(ISO 9241-11:2018)을 재정의 및 선정하였다. 만족도 평가를 위해 탑승객은 자율주행 셔틀에 2회 탑승한 후 각각 동일한 설문지를 응답하였다. 1회차 탑승 시에는 별도의 설명 없이 응답을 유도하였고, 2회차 탑승 시에는 안전정보 제공 서비스 및 자율주행 셔틀에 대한 설명을 제공하여 1회차와의 응답 차이를 확인하였다. 응답자는 충남, 세종, 대전에 거주하는 80명을 대상으로 기록상의 오류 및 누락 검증, 주관식 설문 내용의 부호화 과정, 입력 자료의 오류 확인 및 입력 내용의 논리적 흐름 등 오류 확인을 거친 후 SPSS 프로그램을 이용하여 통계 분석을 진행하였다. 자율주행 셔틀 내 탑승객 안전정보 제공 서비스 만족도를 평가하기 위해 5점 Likert 척도가 사용되었으며, 이를 100점 환산 기준으로 점수를 산출하였다. 또한, IPA(Importance Performance Analysis) 분석을 통해 만족도를 평가하고 개선이 필요한 우선 순위를 분석하였다. 종합적인 만족도 평가 결과와 IPA 분석 결과를 통해 안전 정보 제공 서비스의 만족도 수준을 확인할 수 있었다. 자율주행 셔틀 탑승 후 만족도 영역에 대한 점수는 80.2점으로 높은 수준을 보였으며, 세부 영역별로 신뢰성 영역에 대한 만족도가 78.6점으로 가장 높게 나타났다. 세부적으로 탑승경험 전반적 만족도(80.0점)와 자율주행셔틀 재이용 의사(82.5점)는 80점 이상으로 매우 높은 점수를 보였으나, 안전정보 및 자율주행 전반적 만족도는 78.1점으로 상대적으로 낮은 점수를 보인다. IPA 분석 결과, 중요도는 높으나 만족도가 낮아 우선적으로 개선이 필요한 영역은 도출되지 않았지만, 신뢰성과 효율성은 중요도가 높아 유지 강화가 필요하다.

본 평가를 통하여 도출한 결과들을 통하여 자율주행 셔틀 안전정보 제공 서비스의 개선 및 최적화를 지원하고자 하며, 일반 대중들의 자율주행에 대한 신뢰성과 수용성을 향상시킬 수 있는 저변을 확보할 수 있을 것으로 기대한다.

사사: 이 연구는 산업통상자원부(한국산업기술기획평가원)에서 시행한 ‘무인 자율주행기술의 언택트 서비스 실용화 기술개발 및 기술 실증(20015573)’의 지원을 받아 수행하였음.

* 교신저자, E-mail : sunhpark@katech.re.kr

수요-공급 불균형 문제 해결을 위한 공유 모빌리티 재배치 방법 개발

Development of Shared Mobility Relocation Methods to Reduce Demand-Supply Imbalance

남동하
(한국과학기술원, 박사과정)

장기태
(한국과학기술원, 교수)

단방향 공유 모빌리티 시스템은 원래의 스테이션으로 반환해야하는 왕복 방식에 비해 높은 편의성 및 유연성을 갖는 반면 운영 도중 수요와 공급의 불균형이 발생하는 문제를 가지고 있다. 그로 인해 효율적으로 교통 서비스를 제공하기 위해서는 수요를 기반으로 하는 모빌리티 서비스의 재배치(relocation)가 필수적이다. 한정적인 모빌리티 공급량으로 인해 발생할 수 있는 모든 수요에 대해 일대일로 대응하는 것에는 한계가 있기 때문에 운영 중 나타나는 불확실한 모빌리티 분포 변화가 수요 분포를 잘 만족시키도록 하는 강인한(robust) 모빌리티 배치 방법이 요구된다. 이를 위해 본 연구에서는 모빌리티가 운영 중 옮겨질 수 있는 위치의 가능성을 기반으로 모빌리티의 주변 공간에 대한 공급 영향력 분포를 정의하고, 수요에 대응할 수 있는 모빌리티 서비스의 재배치 방법론을 제안한다. 재배치에 대한 영향력 분포 모델을 검증하기 위해 시뮬레이션 환경을 구성하고, 재배치 방법을 적용하지 않았을 때와 비교하여 수요-공급 불균형 감소 효과를 확인하였다. 결과적으로 영향력 분포 모델을 통한 재배치 방법을 적용했을 때 그렇지 않은 경우에 비해 수요-공급 간 RMSE(Root Mean Square Error)는 23.8% 감소하였고 서비스 이용으로 인해 이동된 모빌리티 분포에 대해서도 불균형 문제가 9.95% 개선되었음을 확인하였다. 제안하는 방법을 이용해 더욱 효과적으로 수요-공급 불균형 문제를 해결할 수 있으며 이는 사용 실패율(using failure rate)와 서비스에 대한 접근 시간(access time)의 감소로 이어질 것으로 기대한다. 추후 연구에서는 단순한 2D 그리드 형태의 네트워크가 아닌 실제 네트워크에 적용 가능하도록 영향력 분포 모델을 확장하고 공유 모빌리티 시스템의 이용 데이터를 활용하여 실제 환경에서도 제안하는 재배치 방법이 유효함을 입증할 계획이다.

휴리스틱 접근법 기반의 수요 응답형 교통 서비스 알고리즘 구축 연구

Establishment of a Demand Responsive Transport Algorithm Incorporating Heuristic Approach

박현수
(서울시립대학교, 박사수료)

조신형
(서울시립대학교, 연구교수)

박신형
(서울시립대학교, 부교수)

최근 정보통신기술(Information & Communications Technology, ICT)의 발전으로 인해 농촌뿐만 아니라 도시 지역에서도 다양한 유형의 수요 응답형 교통 서비스(Demand Responsive Transport, DRT)가 개발 및 운영되고 있다. 하지만, 지금까지 개발된 DRT 서비스는 수요가 적은 지역에 거주하는 거주민, 첨두 시간대의 통근자, 특정 정류장이나 환승 허브를 이용하는 개인으로 제한된다는 한계점이 있다. 또한, DRT 서비스의 대부분은 사전 예약을 통해 수집된 정보를 바탕으로 노선을 계획하기 때문에 차량이 파견된 이후에는 노선 변경이 불가능하거나 제한되어 운영 효율성이 저하된다. 본 연구에서는 특정 승객과 고정된 정류장 또는 목적지에 대한 제약 없이 완전 유연한(Fully flexible) 경로를 가지는 DRT 서비스 알고리즘을 구축하는 것을 목표로 한다. DRT 서비스 알고리즘에는 스케줄링 문제를 해결하기 위해 삽입 휴리스틱(IH) 접근 방식이 포함되며, DRT 용량 및 승객이 원하는 승하차 시간과 같은 제약 조건을 고려하면서 여행 시간 비용을 최소화하는 목적 함수를 활용한다. 제안하는 DRT 서비스 알고리즘을 평가하기 위해 분석적, 운영적, 승객 관점에서 7가지 지표를 도입하였으며, Sioux Falls network 환경에서 사례연구를 수행하였다. 그 결과 유사한 출발지와 목적지를 가진 승객의 여행을 효율적으로 공유함을 확인하였다. 또한 이용자 요청 건수(수요)와 DRT 투입 대수(공급)에 따른 민감도 분석을 수행하여, 알고리즘의 효율성과 확장성을 확인하였다. 본 연구에서 제안하는 DRT 알고리즘은 향후 여러 검증을 통해 실제 네트워크에서 실제 수요 기반의 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2022R1I1A1A01064168)

마이크로 모빌리티에 대한 추월 안전성 분석: 마이크로 모빌리티 경험 및 도로 조건이 미치는 영향

Analysis of Overtaking Safety for Micro-Mobility:
The Impact of Cross-Modal Experience and Road Conditions

박현철	오태호	임재혁	김인희
(한국과학기술원 석사과정)	(한국과학기술원 연구원)	(한국과학기술원 연구원)	(한국과학기술원 부교수)

마이크로 모빌리티는 대중교통에 대한 접근성을 높이고 도시 교통의 효율성을 향상시키는 중요한 역할을 하지만, 동시에 심각한 안전 문제를 제기한다. 특히, 마이크로 모빌리티 사용자들은 차량과의 충돌로 인한 부상이나 사망의 위험에 처해있으며, 이는 주로 차량의 추월 상황에서 더욱 심각하다. 본 논문은 마이크로 모빌리티의 안전 문제를 이해하고 효과적인 해결책을 개발하는 것의 중요성을 강조하며 이를 위해 세 가지의 연구 질문을 제시한다.

첫 번째 연구 질문은 자전거 및 전동킥보드에 대한 이전 사용 경험이 운전자의 추월 행동에 어떤 영향을 미치는지 탐구한다. 이를 위해 운전자가 마이크로 모빌리티를 추월하는 과정에서 보이는 추월 대상과의 측면 거리, 속도, 그리고 시각적 주의력에 어떻게 영향을 미치는지를 분석한다. 두 번째 연구 질문은 노면 상태가 운전자의 추월 행동에 어떤 변화를 주는지를 평가하기 위해 다양한 도로 조건에서 운전자의 추월 행동을 조사한다. 노면 조건에 따른 추월 행동뿐만 아니라, 마이크로 모빌리티에 대한 경험이 있는 운전자가 노면 조건에 따라 변하는 마이크로 모빌리티의 취약점을 이해하고 더 안전하게 추월하는지를 조사한다. 마지막으로, 자전거 대비 전동킥보드를 추월할 때 드러나는 추월 행동의 차이점에 대해 조사한다. 이를 통해 추월 과정에서 추월 대상에 따라 운전자가 느끼는 안전성과 편안함에 영향을 미치는 요소를 식별한다.

이를 위해 26~43세 사이의 30명의 참가자를 대상으로 한 가상 현실 기반의 실험이 수행되었다. 참가자들은 다양한 운전 상황을 현실적으로 모사할 수 있는 6축 주행 시뮬레이터를 활용하여, 왕복 2차로 도로를 배경으로 네 가지의 시나리오를 수행했다. 각 시나리오는 참가자들이 다양한 도로 조건에서 자전거와 전동킥보드를 추월하는 상황으로 구성되었다. 실험에서는 운전자와 추월 대상 사이의 최소 측면 간격, 추월 속도, 운전자가 추월 대상을 바라보는 빈도가 수집되었다.

연구 결과는 운전자의 마이크로 모빌리티 사용 경험이 이들을 추월하는 동안 안전한 추월 행동을 유도하는 중요한 역할을 한다는 것을 보여준다. 운전자는 전동킥보드에 대한 경험이 있는 경우 더 넓은 측면 간격을 유지했으며, 안좋은 도로 조건에서는 측면 간격이 증가하고 추월 속도가 감소하는 경향이 있다. 추월 대상에 따른 차이점 분석에서는 전동킥보드를 추월할 때와 자전거를 추월할 때 운전자의 행동 사이에 명확한 차이가 있음을 보여준다. 이러한 차이는 추월 과정에서 느껴지는 안전성과 편안함에 영향을 요소를 이해하는 데 도움이 된다.

결론적으로 이 논문은 마이크로 모빌리티 사용의 안전 문제에 대해 분석하며, 도로 인프라 및 운전자 경고 시스템의 설계에 도움이 되는 인사이트를 제공한다. 이 연구는 도시 계획, 도로 안전 분야의 연구자들에게 유용한 정보를 제공하며 마이크로 모빌리티의 안전한 주행을 촉진하기 위한 정책 및 인프라 개발에 기여할 수 있다.

사사: 본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥의 지원(과제번호 RS-2023-00233952)과 국토교통부 국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 육성사업의 연구비 지원(과제번호 RS-2022-00156089)에 의해 수행되었습니다.

V2G를 고려한 로보택시의 최적 일일 충전 전략 수립

Optimal Daily Charging Strategy for Robotaxis accounting for Vehicle-to-Grid

이은지
(한국과학기술원 건설및환경공학과, 석사과정)

이진우*
(한국과학기술원 건설및환경공학과, 부교수)

도로 교통 분야에서 전기화, 지능화, 네트워킹, 공유 등 4대 신기술이 빠르게 발전하고 있다. 이는 화석 자원의 의존성을 줄여 환경오염의 문제를 해결함과 더불어 도심의 주차난과 교통체증을 줄이고 주행 안전성을 높일 수 있는 장점이 있다. 나아가 기술들의 융합은 로보택시와 DRT(Demand Response Transit) 등의 새로운 교통 서비스의 탄생으로 이어졌다. 로보택시는 전통적인 택시와 비교하여 운전자를 요구하지 않아 운임이 저렴할 수 있고, 알고리즘에 의해 즉시 차량이 배치된다. 또한 차량의 경량화와 소형화로 주행에 필요한 에너지를 절감할 수 있다는 장점이 있다.

전기로 운영되는 로보택시의 초기 대규모 도입은 많은 양의 전력이 요구된다. 대부분의 신재생 에너지가 생성되는 낮 외의 시간과 전력 소모가 급격히 증가하는 여름에는 전력망에 과도한 부하가 발생하여 정전으로 이어질 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 전력망을 고려한 로보택시의 충전 관리 시스템이 필수적이다.

따라 본 연구에는 에너지저장장치로써 V2G(Vehicle-to-Grid)가 가능한 로보택시에 대해 하루 관점의 충전 전략을 수립하고 이에 대한 이해관계자 이익에 관하여 연구하였다. 이때, 로보택시는 낮 동안 발생한 과잉 재생산에너지를 저장하여 에너지 생산의 통제와 버려지는 과잉 에너지를 최소화한다. 로보택시 운영에 있어 소모되는 직·간접적 요소들을 고려하여 비용함수를 구축하였고, VKT(Vehicle Kilometers Traveled)와 SoC(State of Charge) 등을 고려한 제약조건을 설정하여 충전 최적화를 위한 수학적 문제를 설정하였다. 다음의 세 가지 시나리오에 대하여 분석한다. 1. 에너지저장장치로써 활용하지 않을 시의 로보택시의 일일 충전 전략 / 2. 에너지 저장 장치로써의 소규모 로보택시 도입 시 일일 충전 전략과 기업 관점에서의 이익 / 3. 에너지저장장치로써의 대규모 로보택시 도입 시 일일 충전 전략과 도시 관점에서의 이익기업에서는 비용이 저렴한 낮의 전력을 로보택시에 저장하여 저녁 이후 전력망에 역충전/판매 함으로써 이익을 창출하며, 이를 통해 도시의 전력 관리자는 시간별 전력 수요와 공급의 차이를 줄여 전력망을 안정화할 수 있다. 본 연구는 대규모의 로보택시 도입 시에 에너지저장장치로써 전력 수요와 공급의 격차를 줄여 전력망의 안정적인 관리에 활용이 가능할 것으로 기대한다.

공유 킥보드 이용 경험이 주차존의 인센티브에 미치는 영향 분석

Exploring the Impact of the Shared E-scooter Experience on Incentives in Parking Zone Scheme: A Stated Preference Approach

오종호
(서울대학교 건설환경공학부, 석박통합과정)

홍두선
(서울대학교 건설환경종합연구소, 연수연구원)

이청원
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

공유 킥보드를 보행로에 무질서하게 반납하여 보행자의 안전 문제, 도시 미관 저해 등 다양한 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 공유 킥보드 업체들은 Dockless 방식이 아닌 지정된 주차존에 공유 킥보드를 반납하는 정책을 시도하고 있다. 하지만 주차존에서 목적지까지의 추가적인 통행이 발생하기에 Egress time이 증가한다는 단점이 있다. 이로 인한 공유 킥보드 선호도 감소를 막기 위해 공유 킥보드 업체들은 주차존에 반납 시 요금할인 등의 인센티브를 제공하는 정책을 시도하고 있다. 또한, 공유 킥보드 경험 여부가 공유 킥보드의 이용의사에 영향을 주기에 공유 킥보드 경험여부를 고려할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 공유 킥보드 이용 경험이 주차존의 인센티브에 미치는 영향을 분석함으로써 공유 킥보드 주차존 인센티브 정책을 제시하고자 하였다. 현재 공유 킥보드 주차존은 한국의 일부 지역에만 도입되어 있기에, 가상의 First/Last mile 상황에서 이용자의 수단에 대한 선호도를 관측할 수 있는 Stated Preference (SP) experiment를 진행하였다. 본 연구에서 고려한 수단인 공유 킥보드와 공유 자전거는 공유 모빌리티라는 특성을 공유하기에 두 수단 사이에 Correlation이 존재할 가능성이 있다. 따라서 본 연구는 Correlated된 두 수단을 하나의 Nest로 구성하여 분석하는 Nested Logit Model을 활용하였다. 또한, 이용자 거주지의 대중교통 접근성이 주차존의 인센티브에 미치는 영향을 고려하기 위해 대중교통 접근성의 인센티브에 대한 Interaction effect를 고려하였다. 모형 추정 결과, 공유 킥보드 경험자와 미경험자 모두 공유 킥보드와 공유 자전거 사이에 Correlation이 존재함을 확인하였다. 또한, 공유 킥보드 미경험자의 경우 이용자 거주지의 대중교통 접근성의 인센티브에 대한 Interaction effect는 모두 유의하지 않음을 확인하였다. 한계대체율을 통해 산출한 Egress time 1분당 인센티브는 경험자의 경우 2.162 ~ 4.129% 요금할인, 미경험자의 경우 5.091% 요금할인으로 산출되었다. 이는 주차존 도입 시 공유 킥보드의 선호도를 유지하기 위해서는 경험자보다 미경험자에게 더 많은 인센티브가 필요함을 알 수 있다.

사사: 본 논문은 부천 스마트시티 챌린지 지원에 의하여 연구되었음

공유자전거 수요예측을 위한 공간-시간적 자기주의 그래프 컨벌루션 네트워크 활용 및 그 결정요인

Utilization of a spatial-temporal self-attentive graph convolutional network for predicting shared bicycle demand and identifying its determinants

Kaihan Zhang (조천식모빌리티대학원, 박사과정)
Reuben Tamakloe (조천식모빌리티대학원, 연구교수)
김인희 (조천식모빌리티대학원, 부교수)

This study tackles the challenge of forecasting urban spatial-temporal patterns for shared bicycle usage, presenting a novel Deep Attentive Adaptation Network model. This model is designed to transfer knowledge within and across cities to predict shared bicycle flows, leveraging a shared embedding space and domain adaptation techniques. Its architecture features a self-attention mechanism that captures complex spatial correlations in urban data effectively. The methodology details the model's approach to processing data from both source and target domains, aiming to align their distributions and unearth broader spatial dependencies. Experiments conducted on datasets from New York, Chicago, Shanghai, and Shenzhen, with varied periods allocated for training and testing, provide empirical support. The results illustrate the model's learning efficiency through the training process's loss curve and comparisons of predicted versus actual trips. It is found that factors such as water proximity, time of day, and temperature are significant predictors of bicycle sharing usage, highlighting the critical role of geographical and temporal influences on urban mobility. Moreover, the analysis emphasizes the relevance of urban features like commercial zones and social services, indicating that areas with higher commercial activity and accessible social facilities tend to experience increased shared bicycle usage. In conclusion, this research offers a robust framework that merges spatial-temporal knowledge transfer with attentive deep learning, enabling precise forecasts of shared bicycle usage. By addressing key challenges in automated cross-domain knowledge acquisition and prediction, it contributes meaningful insights to urban mobility, supporting the advancement of smarter, more sustainable cities.

사사: 이 논문은 2021년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1C1C1006405)

수요응답형 모빌리티의 보행 시간 및 차내 운행 시간 사이의 상관관계

Tradeoff between walking time and in-vehicle time in Demand Responsive Transport (DRT)

안이찬	Khaknazar Mukash	김현명*	이진우*
(한국과학기술원, 박사과정)	(한국과학기술원, 학사과정)	(명지대학교, 교수)	(한국과학기술원, 부교수)

수요응답형 모빌리티(Demand Responsive Transit, DRT)는 개인의 이동 수요를 유연하고 효율적으로 충족시키기 위한 혁신적인 교통 시스템으로, 도시 교통의 중요한 역할을 담당한다. 이는 사용자가 필요한 시간과 장소에서 서비스를 받을 수 있도록 함으로써, 전통적인 고정 노선 대중교통 시스템의 한계를 극복하고 더욱 개인화된 여행 경험을 제공한다. DRT는 교통혼잡이 빈번하게 발생하는 도심 지역뿐만 아니라 대중교통의 접근성이 제한된 농어촌 지역과 심야 시간 등에서도 폭넓게 이용될 수 있다. 또한, 대중교통 활성화를 위한 퍼스트-라스트 마일 솔루션으로도 활용될 수 있어, 대중교통의 사용을 촉진함으로써 현재 떠오르는 높은 차량 의존도와 낮은 대중교통 이용률이라는 문제를 해결할 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 이러한 다양한 장점으로 인해 DRT는 이상적인 대체 교통 서비스로 주목받고 있다.

기존 DRT 시스템 최적 계획 및 운영을 위한 다양한 선행연구들이 수행되었으나, 대부분은 최적의 차량 대수와 분포, 최적 경로, 재배치 등에 초점을 맞추었다. 또한, 이 연구들은 대부분 DRT가 퍼스트-라스트 마일 솔루션으로도 고려될 수 있음을 간과했으며, 승객이 픽업되고 하차할 수 있는 가상 정류장의 중요성과 승객들의 보행 시간과 차내 운행 시간을 충분히 고려하지 않았다. DRT 시스템의 효율성과 사용자 만족도를 동시에 향상시키기 위해서는 이러한 요소들이 포함되고 시스템에 어떠한 영향을 미치는지 분석할 필요가 있다.

본 연구에서는 DRT 시스템에서 발생하는 승객들의 보행 시간과 차내 운행 시간을 중점으로 최적화된 계획과 운영을 지원할 수 있는 방법론을 제시한다. 해당 방법론에서는 차량의 수, 가상 정류장의 수, 승객의 픽업 및 하차 절차 등 다양하고 실질적인 변수를 고려하여 서비스의 효율성을 극대화하는 것을 목표로 한다. 이를 위해, 서비스 지역의 크기, 차량의 용량, 승객 생성 밀도, 평균 이동 거리 등 여러 요소를 고려하여, 사용자의 door-to-door DRT 이용에 소요되는 총 시간을 최소화하기 위한 최적화 모형을 설계하고, 승객들의 보행 시간, 출발지에서의 대기시간, 차내 이동 시간 등을 포함한 시간적 요소들을 분석한다. 수치적 사례 연구를 통해 모델의 적정성을 검증하였으며 DRT 차량의 수와 승객들의 수요 등 다양한 변수가 변함에 따라 결정변수들의 최적값의 변화를 확인하고 상관관계를 분석하였다.

수요응답형 광역 모빌리티 서비스 실증운행 현황 분석 및 평가

Analyze and evaluate the status of Metropolitan Demand-responsive Transportation Service

김홍균
(한국교통연구원, 연구원)

이종덕
(한국교통연구원, 부연구위원)

박준식
(한국교통연구원, 선임연구위원)

여객자동차운수사업법에서는 수요응답형 여객운송사업을 노선 및 사업구역을 미리 정하지 아니하고 여객의 수요에 따라 운행구간을 정하여 여객운송을 하는 사업으로 정의하고 있다. 수요응답형 모빌리티 서비스는 택시와 같이 특정 구역에서 제공되는 서비스와 노선이 고정되어있는 전통적인 대중교통의 간극을 메울 수 있다는 기대로 최근 다양한 지역에서 운영되고 있다. 현재 운영중인 대부분의 수요응답형 서비스는 서비스 범위를 특정 구역으로 한정하여 운영중에 있으나, 필요에 따라 서비스 범위를 조정하면 보다 다양한 형태로 수요응답형 모빌리티 서비스를 시행할 수 있을 것으로 기대된다. 실제로 2023년 하반기부터 수도권에서 광역 통행 수요를 수요응답형으로 서비스하고자 하는 노력이 시작되었다.

본 연구는 수요응답형 광역 모빌리티 서비스(이하 광역 DRT)가 광역 대중교통이 부족한 지역에 서비스되어 실질적인 효과가 있을 것으로 기대하고, 현재 실증 운행중인 광역 DRT 운행 현황을 분석 및 평가하여 그 실현 가능성을 살펴보고자 한다. 현재 실증 운행중인 광역 DRT는 장거리 광역통행을 위해 서비스되고 있으며 이용자의 실시간 호출이나 사전예약을 통해 이용할 수 있다. 광역 DRT 노선은 서울과 경기 광주시, 시흥시, 화성시, 용인특례시, 수원특례시를 잇는 5개 노선에서 운영하고 있으며, 각 노선의 특성에 맞게 운행 차종을 소형, 중형, 대형을 혼용하여 운영하고 있다.

실증운행을 가장 먼저 시작한 시흥시 광역 DRT 노선은 약 6개월간 운영되었으며, 최근에는 수원시 광역 DRT 노선이 24년 2월말 개통하여 약 1개월 가량 운영되고 있다. 최근 3개월간 출퇴근시간 평균 재차율을 살펴보면, 소형 버스로 운행하는 광주시 광역DRT가 66.5%, 중형과 대형 버스로 운행하는 시흥시 광역DRT가 59.2%, 대형 버스로 운행하는 화성시 광역DRT 19.8%, 용인시 광역DRT 38.3%로 나타났다. 수원시 노선의 경우 2월 말 개통으로 약 2개월간 운영하였을때의 평균 재차율은 약 39.5%로 나타났다.

전반적으로 5개 광역DRT 노선 모두 개통 후 3개월간 출퇴근 시 평균 재차율이 상승하는 추세를 보였으나, 서울특별시로의 출퇴근 수요가 적은 비첨두시에는 상대적으로 저조한 재차율을 보인 것으로 나타났다. 이는 수요응답형 서비스를 광역교통 노선에 적용한 한계로 판단된다. 따라서 향후 광역 대중교통 운영 목적에 부합하면서 수요응답형 모빌리티 서비스 운영이 효율적으로 이루어질 수 있도록, 비첨두시 운영효율화 및 가변정류장 도입 등 고도화된 서비스 실증을 수행한다면, 광역 DRT 운영 효율성이 보다 확보될 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00143647).

개인화된 운전자 지원을 위한 대규모 언어 모델 기반 에이전트

Large Language Model-based agent for personalized driver assistance

서자산 첸 티앤티앤
(KAIST 조천식 모빌리티 대학원)

최근 생성 AI의 발전은 ChatGPT, Claude, LLaMA와 같은 강력한 대규모 언어 모델(LLMs)의 개발로 이어졌으며, 이들은 인상적인 지식 습득, 계획 및 추론 능력을 보여주었습니다. VLM 기반 에이전트는 LLMs가 복잡한 작업 범위를 수행할 수 있는 잠재력을 추가로 해제합니다: LLMs는 AI 에이전트의 두뇌로서, 에이전트가 환경을 감지하고, 정보에 기반한 결정을 내리고, 그런 다음 행동을 취하는 과정을 제어할 수 있습니다. 이 연구는 디지털 트윈 플랫폼을 위한 혼합 현실 헤드업 디스플레이(MR-HUD) 시스템 내에서 LLM 기반 주행 에이전트를 개발하는 것을 목표로 합니다. 이 시스템은 맥락에 맞는 추천, 동적 내비게이션 및 위험 경고를 포함한 개인화된 실시간 주행 지원을 제공합니다. LLM 기반 에이전트는 메모리, 인식, 제어(LLMs), 그리고 행동의 네 가지 모듈을 가지고 있습니다. 제어 모듈은 두 개의 LLM에 의해 실행됩니다: 첫 번째, 가벼운 LLM은 운전자의 데이터를 입력하여 교통 인식과 상호 작용을 상세히 설명하는 주행 개인화 프로필을 출력합니다. 두 번째 LLM은 시각 인코더와 통합되어, 개인화된 프로필에 기반한 주행 지원을 제공하기 위해 실시간 교통 데이터를 처리합니다. 이 시스템의 사용성과 효과는 실제 주행 시나리오에서 테스트될 예정이며, 특히 자율 주행 차량을 위한 증강 현실 헤드업 디스플레이(AR-HUD) 시스템 개발에 있어 잠재적인 응용 가능성이 있습니다.

샘플링된 차량 궤적 데이터를 이용한 신호 교차로에서의 딥러닝 기반 차량 대기열 예측 모델

Deep Learning-based Queue Forecasting Model
for Signalized Intersection Using Sampled Vehicle Trajectory

이혜진
(한국과학기술원, 박사과정)

여화수
(한국과학기술원, 교수)

교통 혼잡은 도시 지역에서 흔히 발생하는 문제로, 혼잡을 완화하고 도로를 효율적으로 관리하기 위해서는 대기열 길이의 정확한 예측이 필요하다. 대기열 길이 예측에 관한 기존 연구는 정적 센서의 공간적 한계로 인해 혼잡한 교통 상황에서 대기열 길이를 예측하는 데 어려움을 겪었다. 차량 데이터를 활용한 연구는 차량의 표본 크기가 충분하지 않을 경우 예측 성능이 불안정하고 확률론적 모델링은 실제 교통 상황을 정확하게 반영하지 못하는 경우가 많다. 이러한 한계를 극복하기 위해 본 연구에서는 교통 공학의 충격파 이론을 이용해 샘플링된 차량 궤적을 처리하여 대기열 길이를 예측하는 딥러닝 기반의 새로운 방법론을 제안한다.

본 방법론은 차량 특성 추출, 대기열 추정 및 예측의 세 단계로 구성된다. 차량 특성 추출 단계에서는 대기열 내 차량 궤적을 분석하여 충격파 이론을 반영한 특성 데이터를 추출한다. 대기열 추정 단계에서는 앞서 추출된 데이터를 기반으로 상류, 대상 도로, 하류 각각의 대기열 길이를 추정한다. 대기열 길이 추정은 충격파 이론을 기반으로 차량 궤적 데이터를 통합하고 각 도로마다 심층 신경망을 병렬로 연결하여 각 신호의 대기열 길이를 추출한다. 본 프레임워크에서는 대기열 길이를 예측하기 위해 장단기 메모리(LSTM)를 활용하여 인접 링크 데이터를 고려하여 다음 주기에 해당하는 대상 도로의 대기열 길이를 예측한다. 이전 연구들과는 달리 하류 도로를 예측에 사용함으로써, 대상 도로의 정체나 하류 도로의 과포화 상태를 모델에 반영할 수 있었으며, 각 링크의 개별 특성이 대상 도로의 대기열 길이에 미치는 영향력을 분석하였다. 평균 절대 오차(MAE)는 최저 약 차량 3대 수준으로 제안된 대기열 길이 추정 및 예측 통합 구조 모델의 잠재력을 입증하였다. 요약하면, 본 연구는 충격파 이론을 적용한 딥러닝 모델을 개발하여 신호가 있는 교차로의 다양한 교통 수요 상태에서도 샘플링된 차량 데이터를 기반으로 정확하고 효율적으로 대기열 길이를 예측할 수 있다. 이 연구는 기존의 한계를 극복하고 다양한 실시간 교통 시스템의 기반이 될 수 있다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2023-00230485, NPU 기반 시계열 빅데이터의 인공지능 처리 통합 SW 패키지 개발).

주성분 분석(PCA)을 통한 해양 교통사고 환경 요인 특성 분석

An Analysis on the Characteristics of Environmental Factor in Maritime transportation accidents using Principal component Analysis (PCA)

박보영
(한국과학기술원, 박사과정)

장기태
(한국과학기술원, 교수)

중앙해양안전심판원의 통계에 따르면, 최근 5년간(2018년~2022년) 연평균 국내 해양 사고는 약 2,876건에 달한다. 전체 인명피해는 연평균 약 496명으로 부상자 수는 점차 줄어들고 있다. 그러나 자세히 들여다보면 사고 심각도가 높은 사망 및 실종자 수는 매년 유사한 수치를 보여 지난 5년 평균 피해 수는 109명으로 전체 인명피해의 약 22%를 차지한다. 따라서 심각도가 높은 해양 교통사고를 예방하기 위해 사고 원인 규명에 대한 연구가 절실히 필요한 상황이다.

해양 교통사고는 기상과 지형 조건과 같은 환경 요인, 해역 내 선박 통항량, 선박의 규모, 인적 요인, 기계 결함 등 다양한 원인으로 발생한다. 또한 위와 같은 요인이 단일 원인이 아닌 두 가지 이상의 요인이 복합적으로 상호작용하여 사고가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 다양한 변수를 고려하기 위해 기상정보(기온, 풍속, 파고 등)을 수집하였고, 격자별(해양 격자 3단계) 선박 통항량, 통항 선박의 길이, 너비 등에 대한 제원 정보를 분석하여 원인 변수로 선정하였다. 시간적 범위는 3년(2018년 9월~2022년 8월)이며, 우리나라의 연근해에서 일어나는 어선 및 비어선 사고에 대해 분석하였다.

본 연구에서는 해양 교통사고의 원인 도출을 위해 주성분 분석을 수행하였다. 주성분 분석은 본 연구에서 활용한 기상 조건 및 선박의 규모와 같이 상관관계가 높을 경우 변수를 재정립하여 사고 요인을 도출하는데 유용하다. 또한 주성분 분석은 저차원으로 줄이는 과정에서 정보의 손실이 적고, 주성분 도출 시 가장 기여가 크고 중요한 변수를 찾아내기에 적합하다. 본 연구에서 제시한 결과들을 통해 복합 요인으로 발생하는 해양 교통사고를 더욱 간결하게 설명하고 주요 변수 식별 결과를 토대로 해양 교통사고 저감에 대한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

그래프 신경망을 활용한 신호 교차로에서의 차선 단위 대기행렬길이 예측

Spatial-Temporal Deep Learning Model
for Lane-level Queue Length Prediction at Signalized Road Network

나채민
(한국과학기술원
건설및환경공학과, 석사과정)

김현수
(한국과학기술원
건설및환경공학과, 박사과정)

여화수
(한국과학기술원
건설및환경공학과, 교수)

차량 수의 증가 등으로 인해 도로 정체가 지속적으로 심화되며, 해결의 필요성이 대두되고 있다. 이를 위해 제안된 다양한 해결 방안 중에서도 정확하게 교통 상태를 예측하는 것은 교통 시스템을 관리, 계획하는 것에 큰 도움을 준다. 특히 미래에 쌓일 대기행렬 길이를 예측함으로써, 이러한 정체 문제를 해결하는 데 기여할 수 있다. 그리하여 본 연구에서는 도심 내 신호 교차로에서의 차선 단위 대기행렬 길이 예측에 주목하고자 한다. 예측된 대기행렬 길이는 신호 최적화 및 신호 교차로의 성능 예측에 활용 가능하며, 통행 시간을 예측할 수 있다는 다양한 장점이 있다.

기존의 대기행렬 길이에 대한 연구는 직접 탐지와 추정을 위주로 이루어졌으며, 예측에 초점을 맞춘 몇몇 연구 또한 한계가 존재한다. 이들 대부분은 직선으로 이어진 제한된 네트워크 형태만을 고려하여 현실성이 부족하고, 도심 네트워크를 분석한 몇몇 연구들도 대기행렬에 큰 영향을 미치는 신호 정보를 고려하지 않았다. 특히 신호에 따라서 접근로 내 차선 간 대기행렬 길이 차이가 크게 다르기 때문에, 차선 단위에 대한 정확한 대기행렬 길이를 예측할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 실제 네트워크와 신호 정보를 예측에 활용함으로써, 보다 현실적인 환경에서의 차선 단위 대기행렬 길이를 예측하고자 한다.

다양한 도심 네트워크에 대한 확장성을 높이고자, 十자 형태의 네트워크 내 중심 사거리에 쌓이는 대기행렬 길이를 고려하였다. 차선 단위로 전달되는 대기행렬의 행태 표현을 위해, 그래프의 노드를 각 차선으로 정의하였으며 엣지는 차선 간의 연결성을 내포하도록 하였다. 이때 차량의 최대 대기행렬 길이는 적색 시간 동안 정지선 후방으로 형성된 차량에 의해 정의됨에 따라, 차선 변경으로 인한 대기행렬 길이에 대한 영향이 없다고 가정하였다. 즉, 엣지는 차선 변경에 대한 연결 정보는 제외하고, 교차로 내에서의 차선 간 좌회전, 직진, 우회전에 대한 연결에 대해서만 정의된다. 이외에도 네트워크 구조 및 신호 정보를 적절히 학습할 수 있도록, 각 노드에 차선의 길이 및 신호 정보를 제공했다. 신호는 해당 시간에 녹색 신호를 받음으로써 대기행렬 길이에 영향을 미치는 경우 1, 반대의 경우 0의 값으로 고려된다. 이렇게 구축된 15분 길이의 그래프 데이터는 공간적 분포를 이해하기 위해 Graph Convolutional Network (GCN)을 통과한 뒤 시간에 따른 변화 예측에 용이한 Long Short Term Memory Network (LSTM)을 거쳐, 최종적으로 미래의 1주기 (150초) 동안의 대기행렬 길이를 예측한다.

예측을 위해 2021년 12월 4일부터 10일까지 경기도 부천시 4x4 크기의 네트워크에서 수집된 실제 교통 수요 데이터를 활용하였으며, 네트워크가 구현된 AIMSUN 교통 시뮬레이션으로부터 추출된 대기행렬 길이를 활용하였다. 데이터는 각기 다른 교통 수요 1500개 및 해당 시간대별 신호 계획 6가지로 구성되며, 각각 약 1000, 250, 250개의 훈련, 검증, 실험 데이터셋으로 분할되었다. 十자 형태로 주위에 연결된 4개의 교차로의 15분 길이 정보를 활용해, 중심 사거리에 쌓이는 150초 동안의 대기행렬 길이를 예측하였다. 그 결과, 차선별 평균 MSE는 3.5308 veh, MAE는 1.1632 veh로 높은 정확도를 보임을 확인하였다. 결론적으로 그래프로 구성된 시계열 데이터를 활용해, 대기행렬 길이의 시공간적인 특징 및 네트워크에 대한 확장성을 고려하였다. 특히 교차로의 실제 신호를 고려하여 1주기 전체에 대한 예측 정확도를 높였으며, 신호에 따라 크게 상이한 양상을 보이는 차선 각각의 대기행렬 길이를 예측하였다는 점에서 신호 제어에 높은 활용도를 가질 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 국토교통부 자율주행기술개발혁신사업의 연구비 지원(RS-2021-KA160548, 교통약자(장애인, 노약자, 교통소외지역 등) 이동지원 모빌리티 서비스 기술개발) 에 의해 수행되었습니다.

수도권 의료 접근성 향상을 위한 맞춤형 의료 택시 플랫폼 구축에 관한 연구

Medical Taxi Platform for Improving Healthcare Accessibility in the Capital Region

이용령	조아라	김정민	최민제	이승재
(서울시립대학교 교통공학과 석·박사통합과정)	(서울시립대학교 교통공학과 석사과정)	(서울시립대학교 교통공학과 석사과정)	(서울시립대학교 교통공학과 연구교수)	(서울시립대학교 교통공학과 교수)

본 연구에서는 수도권 중심의 의료 체계에 대응하고 가속화되는 고령화 시대를 대비하고자, 택시 플랫폼 기반 맞춤형 의료 수송 서비스를 제안하고자 한다. 현재 수도권에 위치한 5개의 상급 종합병원에서는 비수도권 환자의 진료 수요가 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다. 이에 따라 2028년까지 수도권 대학병원 분원 설립 계획이 등장하였으며, 수도권 중심의 강력한 의료체계가 형성될 것으로 예상된다. 따라서 의료기관과의 협력을 통해 제공되는 맞춤형 의료 택시 플랫폼 서비스 제공에 초점을 맞추고자 한다. 비슷하게 2018년 우버에서는 의료기관들과 파트너십을 맺고 환자를 병원에 데려다주는 '우버 헬스'를 출시하였다. 그 결과 진료 예약 취소 횟수가 감소하고 출석률이 5~10% 증가하는 효과도 나타났음을 확인했다. 따라서 본 연구에서는, 수도권 내 의료 접근성 개선을 통해 의료 서비스의 질적 향상에 기여할 것을 최종 목표로 한다.

먼저, 비수도권 지역 환자들의 진료 수요 충족을 위해 서울역, 수서역 등 주요 철도역과 버스 터미널에서 각 병원까지 환자를 직접 수송하는 맞춤형 택시 서비스의 필요성을 제기한다. 기존에 운영되어 온 병원 셔틀 버스 서비스는 병원 인근의 도시철도역에서만 운행되어, 외부 지역에서 오는 환자들에게는 실질적인 도움이 되지 못했다. 또한, 셔틀 버스의 배차 간격이 길고, 휠체어 이용객을 고려하지 않는 단체 버스 형식의 차량을 사용하는 등의 문제로 인해 환자들의 편의성이 크게 저해되었다. 따라서, 이러한 한계를 극복하기 위해 기존의 셔틀 버스와는 차별화된 맞춤형 택시 및 DRT 서비스를 제안하고자 한다, 철도역 및 버스 터미널에서 직결되는 환자 수송 뿐만 아니라, 휠체어 이용객을 포함한 모든 환자들의 요구를 충족시킬 수 있는 차량을 제공함으로써, 환자들의 의료 접근성과 편의성을 대폭 향상시킬 수 있다. 더욱이, 이러한 서비스는 침체된 수도권 택시 업계에 새로운 비즈니스의 기회를 제공하여, 택시 업계의 시장 확대 및 서비스 다양화에 기여할 수 있는 잠재력을 내포하고 있다.

이용자의 대부분이 거동이 불편한 환자 혹은 디지털 소외계층인 노인임을 고려하여 택시의 호출방식을 간소화하는 방법을 제안한다. 기존 택시 앱 이용시에는 앱 접속 후 출발지와 도착지를 입력한 후 매칭을 기다려야 한다. 그러나 맞춤형 택시는 철도역 및 터미널의 QR 존에서 코드를 촬영만 하면 호출되는 시스템을 갖춘다. 여기서 QR코드는 각 종합병원 별로 목적지가 특정되어있어 환자가 택시를 호출할 때 목적지를 입력해야 하는 번거로움과 종종 발생할 수 있는 주소 오기의 위험을 없앨 수 있다.

기종점이 고정된 형태의 DRT 서비스도 가능하다. 이 경우, 기종점 순환은 각 병원과 철도역 및 버스 터미널을 왕복하는 것을 의미하며, 합승의 형태로 수송될 수 있다. 서울에 위치한 14개의 상급 병원간 인접성을 기준으로 클러스터링하여 DRT 운행 구역(노선)을 나누고, 각 클러스터에 포함된 병원에 정차하여 환자를 승하차시킬 수 있다.

이러한 택시 플랫폼 기반의 의료 집중 수송 서비스가 상용화될 경우, 수도권 의료기관을 방문하는 비수도권 지역 환자들이 보다 편리하게 병원에 도착하고 귀가할 수 있다. 특히 DRT 서비스의 경우 의료기관에 집중한 노선으로, 보다 효율적인 동선과 요금으로 신속하게 이동할 수 있다. 나아가, 수도권 내 외래 환자도 유용하게 서비스를 이용할 수 있을 것이며, 요양 시설 등으로 서비스를 점차 확장할 수 있을 것이다. 이는 노년층 및 휠체어 이용자 등에게 병원 방문과 같은 필수적인 통행을 불편함 없이 가능하게 할 수 있는 점에서 유의미하며, 집중되는 수도권 의료 체계 대응에 효과적이다.

사사: 이 학술발표는 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

사용자 안전성 보장을 위한 손가락 인식을 통한 드론 제어

Drone control through fingerprint recognition for user safety assurance

송정훈	백경선	김병훈	노병준*
(순천향대학교 AI·빅데이터학과 학사과정)	(순천향대학교 AI·빅데이터학과 학사과정)	(순천향대학교 AI·빅데이터학과 석사과정)	(순천향대학교 AI·빅데이터학과 교수)

코로나19 팬데믹을 거치면서 비대면 소비가 확대되고 있다. 이에 따라, 스타벅스, 맥도날드 등 유명 프랜차이즈를 중심으로 차에서 주문하고 음식을 받을 수 있는 '드라이브 스루(Drive-thru)' (운전 (Drive)을 하는 상태로 서비스를 받고 지나간다 (Through)의 이미) 서비스를 제공하는 매장의 수가 급증했다. 미국은 약 20만 개의 드라이브 스루 매장이 운영 중이며, 국내의 경우에도 2021년을 기준으로 약 500개 이상의 드라이브 스루 매장이 운영되고 있다. 이들 매장의 매출 상당 수는 드라이브 스루를 통해 발생하며, 이는 매장 운영에 있어서 드라이브 스루의 역할이 점점 더 중요해지고 있음을 나타낸다. 그러나, 드라이브 스루 시스템은 매장 앞에 음식을 받기 위한 차량의 대기열이 늘어서면서 교통 혼잡을 빚는 문제가 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 위해서, 본 연구에서는 드라이브 드루의 편의성은 그대로 유지하며 대기열을 획기적으로 줄일 수 있는 방법 중 하나인 소형 드론을 활용한 근거리 음식 전달 시스템인 '드론 스루(Drone-thru) 시스템'을 제안한다. 고객이 차량 내에서 어플리케이션 등을 통해 음식을 주문하고, 지정된 장소 (근처 공터 또는 매장 주차장 등)에서 대기하면, 소형 드론이 음식을 고객에게 배달해주는 구조이다. 제안하는 시스템은 크게 1) 네트워크 통신 기반 차량 접근 인식 모듈, 2) 영상 기반 타겟 차량 인식 모듈, 3) 접근 안전성 확인 모듈로 구성되며, 그 구조는 <그림 1>과 같다. 먼저, 네트워크 통신 기반 차량 접근 인식 모듈에서는 주문 차량의 지정된 장소에의 접근 여부를 무선 네트워크 통신 및 GPS 센서를 통해 확인한다. 타겟 차량(주문 차량)이 접근하는 중이라면, 주변 교통 정보 기반의 예상 도착 시간을 통해 배달 드론의 이동 경로 및 도착 시간 등의 정보를 계산한다. 다음으로, 드론이 지정 장소 근처로 이동 후 타겟 차량의 확인을 위해 드론 내 탑재된 카메라를 활용하여 차량의 색상, 번호판 등의 정보를 통해 해당 차량을 식별 및 확인하는 과정을 거친다. 마지막으로 접근 안전성 확인 모듈에서는 타겟 차량 주변의 공간 확보 여부, 운전자의 드론 접근 인지 등을 확인하고, 드론의 움직임에 대한 안전성이 확보되었다면 타겟 차량의 운전석으로 천천히 이동하여 물건을 전달하는 방식이다.

본 연구에서는 드론 스루 시스템을 구성하는 세 모듈 중 접근 안전성 확인 모듈을 구성하는 부분 중 하나인 운전자의 드론 접근 인지 및 위험상황에서의 드론 컨트롤 제스처 인식 부분에 중점을 둔다. 운전자의 드론 접근 인지 및 위험상황에서의 드론 컨트롤 제스처 인식은 컴퓨터 비전 분야에서 주로 사용되는 MediaPipe의 손가락 인식 모델을 활용하였으며, 사용자(운전자)의 펴진 손가락 개수를 파악하고 그 개수에 따라 지정된 명령을 수행함으로써 사용자의 안전성을 확보하는 실험을 진행하였다. 예를 들어, 사용자가 주먹을 쥔 상태일 때는 드론이 그 자리에 정지하여 호버링(hovering) 모드에 들어가며, 다시 사용자가 주먹을 펴면 이동을 재시작하여 사용자가 드론의 접근에 대한 안전성을 2차적으로 고려하여 드론의 이동을 컨트롤할 수 있다. 본 실험을 통해 손가락 인식을 통한 드론 제어의 가능성을 확인할 수 있었고, 향후 연구에서 이를 고도화하여 드론을 활용하여 드라이브 스루를 대체할 수 있는 시스템 및 서비스로 발전할 수 있을 것으로 사료된다.

<그림 1> 드론을 활용한 음식 배달 서비스 설계도

사사: 본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구 결과로 수행되었습니다(2021-0-01399).

고속도로 통행제한 시 모빌리티 데이터 기반의 우회전략 구상

study of on detour strategies at freeway lane closures using mobility data

한동희
(한국도로공사 수석연구원)

김수희
(한국도로공사 수석연구원)

31개 노선, 약 4천km가 넘는 국내 고속도로에서는 거의 매일 다양한 원인에 의한 돌발상황이 발생하고 있으며, 이로 인한 고속도로 차로차단이 발생하고 있다. 미리 예정되어 있는 유지보수 등 도로점용 공사 외에도 대형 교통사고나 비탈면 붕괴 등과 같은 재난재해 등으로 인해 많은 통행제한이 발생하고 있는 실정이다. 2022년 기준, 3개월간(7~9월) 풍수해로 인한 비탈면 유실로 인해 9건의 부분 차단과 3건의 전면 차단이 발생하였으며, 2021년 1~3월의 경우, 대형 교통사고로 인해 총 49건의 부분 차단과 22건의 전면 차단이 시행되었다.

효과적인 돌발상황 대응전략은 고속도로 교통관리의 핵심사항이라고 할 수 있다. 통상적으로 교통혼잡은 반복적 혼잡(recurrent congestion)과 비반복적 혼잡(nonrecurrent congestion)으로 분류할 수 있다. 반복적 혼잡은 교통수요가 도로의 용량을 초과하여 정체가 반복되는 혼잡이며, 오전, 오후 첨두시 정체를 예로 들 수 있다. 비반복적 혼잡은 공사, 유지보수, 행사와 같이 예측할 수 있는 사건들과 교통사고, 차량의 고장, 급작스런 기후변화 등 예측할 수 없는 사건들에 의해서 발생하며, 이러한 비반복적 혼잡의 원인이 되는 상황들을 돌발상황(Incident)라고 한다. 고속도로와 같이 제한된 진·출입 시설을 가지고 있는 도로에서의 돌발상황 발생과 돌발상황 처리를 위해 시행되는 통행제한은 심각한 정체를 유발시킬 수 있다. 따라서 통행제한으로 인한 교통영향을 정밀하게 예측하여 적정한 통행제한 방안을 시행하고, 통행제한의 정보를 효율적으로 제공하여 차량의 우회를 유도하는 전략의 시행은 그 필요성이 매우 높다고 판단된다.

고속도로는 일반도로와 다르게 IC, JC와 같이 제한된 진출·진입 시설을 가진 특성상, 통행제한 발생 시, 일반도로에 비해 도로 소통 및 이용자의 고속도로 이용 서비스 수준에 미치는 영향이 상당히 크게 나타난다. 따라서 고속도로 운영관리의 측면에서 실증적 데이터를 기반으로 고도화된 의사결정과 정보 제공을 통해 통행제한의 영향을 최소화하는 것이 중요하다. 현재의 정보제공은 고속도로 상에 설치된 도로전광표지(Variable Message Sign, 이하 VMS)를 통해 주로 이루어지고 있으나, 고속도로 통행제한 발생 시, 통행제한 발생 위치를 기준으로 실무자의 주관적인 관점에 의해 인근 3개 VMS를 수동적으로 선택하여 문안을 입력하는 방식으로 운영되고 있다. 이러한 방식은 통행제한 발생 위치 인근에서만 우회 정보를 제공하기 때문에 통행제한 발생 구간으로 접근 중인 이용자에게 사전 정보를 제공할 수 없으며, 통행제한 발생 시, 통행제한 발생 위치 인근의 우회도로에 우회 교통량이 집중되는 문제를 발생시킬 수 있다.

본 연구에서는 개별차량의 통행경로자료를 이용하여 특정 고속도로구간에서 통행제한이 발생하였을 때 고속도로상의 우회경로를 생성하고 그 정보에 기반하여 효율적인 우회정보를 제공하는 방안을 제안하였다. 그리고 우회정보를 제공하기 위해서 고속도로망에 설치되어있는 1,700여개의 VMS를 통해 광역적으로 활용하는 방안을 검토하였다. 이는 통행제한 즉, 차로차단이 발생한 고속도로 구간에 대한 정보를 고속도로 네트워크 상의 운전자 들에게 체계적이고 효율적으로 제공하여 고속도로 이용 편의성을 향상시키는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

비동시적 액터-크리틱 프레임워크의 교통 신호 제어 적용을 위한 비교 연구

Comparative Analysis for Application of Asynchronous Actor-Critic Framework to Traffic Signal Control

김현수
(한국과학기술원 건설및환경공학과, 박사과정)

여화수
(한국과학기술원 건설및환경공학과, 교수)

최근 도시화가 빠르게 진행됨에 따라 도시 확장 및 교통량 증가로 인한 도시 교통 문제가 심화되고 있다. 교통 정체로 인한 사회/경제적 손실이 증가함에 따라, 이를 해결하기 위한 효과적인 방법으로 교통 신호 최적화 방법에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 따라, 복잡한 제어 문제를 해결할 수 있는 인공지능 및 강화학습을 적용하는 연구가 활발히 진행 중이다.

강화학습을 활용한 최근의 교통 신호 제어 연구들은 Actor-Critic framework을 활용한 Multi-agent policy gradient 방법론을 바탕으로 진행되고 있다. 이들의 대부분은 정해진 시간 간격(time-step or time-interval)마다 신호제어를 위한 action을 결정하는 동시적 의사결정(Synchronous decision-making)을 기반으로 한다. 다시 말해, 모든 에이전트(교차로)들이 모두 같은 시간 간격마다, 똑같은 순간에 의사결정을 내리게 된다. 같은 시간 간격 및 순간을 공유해야 하는 이유 중 하나는 현재의 policy gradient 기반의 방법론들이 에이전트들의 동시적 의사결정을 가정하고 있기 때문이다.

이러한 가정을 지닌 Actor-Critic framework을 교통 신호 제어에 그대로 적용하기에는 두 가지 문제점이 존재한다. 첫째, 동시적 의사결정은 개별 신호 교차로들의 지역적인 교통 상황별 최적 전략을 수립하는 데 불리하다. 실제 교통 신호 제어 변수 중 Cycle time이 교차로마다 다르고 교차로마다의 신호 현시 구성이 천차만별인 것을 고려하면, 이러한 제약은 상당히 비현실적이다. 둘째, 이러한 제약은 최근의 교통 신호 제어 연구들로 하여금 보행자 횡단보도를 위한 최소녹색시간을 무시하게끔 만든다. 최소녹색시간을 반영한 제어 전략을 수립할 경우, 에이전트마다 의사결정을 내리는 시간 간격이 달라질 수밖에 없기 때문이다.

본 연구에서는 위에서 언급한 두 가지 문제점을 다루기 위해 비동시적 의사결정(Asynchronous decision-making)이 가능한 Asynchronous Actor-Critic framework을 활용한다. 본 연구는 해당 framework을 사용하지 않은 다양한 방법론들과의 교통 신호 제어 성능 비교를 통해, 비동시적 의사결정 방법론의 교통 신호 제어에의 미래 적용 가능성을 탐색하는 비교 연구를 진행했다. 비교 방법론으로는 COSMOS, 동시적 의사결정 방법론인 IQN(Independent Q-Learning), IAC(Indepentend Actor Critic), PressLight 등을, 비동시적 의사결정 방법론인 A-IACC(의사결정(Asynchronous Independent Actor with Centralized Critic), A-IAICC(의사결정(Asynchronous Independent Actor with Independent Centralized Critic) 등을 선택하였다.

비교실험을 위해 경기도 부천시의 4x4 대규모 도시 네트워크를 AIMSUN 교통 시뮬레이터에 구현하였다. 실제 2021년 9월 9일 오전 8~9시의 피크타임 교통 수요를 입력하였으며, 지형적 특성 정보와 신호 운영 형태 정보 등을 반영하여 실제 교통 흐름을 최대한 모방하였다. 비교실험 결과, 동시적 의사결정 방법론들보다 비동시적 의사결정 방법론들이 대부분의 신호 제어 성능 평가 지표들을 개선하였다. 이러한 결과는 각 에이전트의 개별적인 상황 및 전략에 따라 비동시적 의사결정을 내림으로써 에이전트들로 하여금 합리적이고 유연한 대처를 가능케 한 결과라고 해석할 수 있다.

본 비교 연구를 통해 비동시적 의사결정 프로세스의 교통 신호 제어 연구에의 긍정적인 적용 가능성을 확인하였다. 또한, 일반적인 신호 제어 외에도 교통사고, 갑작스러운 교통 체증, 응급차량 통행 등의 특별한 시나리오 등에 비동시적 의사결정 방법론을 응용할 수 있다면 보다 유연한 신호 시스템을 설계할 수 있을 것이다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

맞춤형 손실함수 기반 합성인구 생성 성능 향상 기법

Customized Loss Function-Based Technique for Enhancing Performance in Synthetic Population Generation

권동현
(한국과학기술원 박사과정)

김인희*
(한국과학기술원 부교수)

활동기반 모형(activity based model)은 분석가 혹은 분석지역에 따라 요구되는 모델링 기법이 다양하고, 지역마다 국가마다 수집가능한 데이터가 상이함으로 표준화되지 않은 채로 개발되고 있다. 또한 분석 목적에 맞는 고도의 모델링 기법이 요구되어 완전한 도입에 어려움을 겪는다. 최근 심층 생성모델(deep generative model)을 통해 정확성과 다양성을 동시에 수반한 혁신적인 방법론이 등장했고, 활동기반 모형 수행에 적합하도록 정제되고 개선되었다. 그러나 생성모델의 특성상 다양한 샘플을 생성하기 위한 noise가 수반되고 종종 불가능한 인구조합이 생성되는 것을 관찰할 수 있다. 예를 들어 초등학생으로 구분된 인구정보가 15세 이상, 20세 미만, 직장유형은 전문직, 운전면허 보유로 구성되어 있으며, 신뢰성 측면에서 가용불가능한 데이터로 남아있게 된다. 이러한 현상은 인구의 모든 경우의 수를 직접 파악할 순 없지만, 분석가의 관점에서 불확실한 조합들에 대해서는 학습 단계에서 맞춤형 손실함수 정의를 통해 방지될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 불가능한 속성조합에 대해 분석가가 직접 입력하여 학습을 진행할 수 있도록 실용적인 손실함수를 개발하였다. 연구의 효과성을 검증하기 위해 정확도와 다양성을 측정할 수 있는 Precision값과 Recall 값을 종합적으로 F1 score를 도출하여 사용하였고, 설정한 불가능한 속성조합의 생성비율을 비교하였다. 본 연구는 추후 활동기반 모형 모델링 과정에서 올바르게 집계되지 않은 인구정보로 인해 부정확한 교통수요를 유발하고 결국 예측 정확성을 저해시키는 가능성을 사전에 제어할 수 있다.

사사: 본 연구는 국토교통부 국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 육성사업의 연구비 지원(과제번호 RS-2022-00156089)에 의해 수행되었습니다.

철도 이용 전 과정을 고려한 통행 실태조사 및 통행 특성 분석

A Study on Passenger Travel Survey and Analysis of Travel Characteristics Considering the Entire Railway Journey Process

한수현
(한국교통연구원, 연구원)

원민수
(한국교통연구원, 부연구위원)

철도통행은 최초 출발지부터 출발역, 도착역, 최종 도착지까지 통행 전 과정에 걸쳐 승차권 구입, 일정 지연, 접근통행, 역내 체류 등 다양한 통행 활동 및 상호작용이 발생하는 통행이다. 특히, 통행 활동 중 접근시간과 대기시간은 철도 수요예측을 위한 수단분담모형 변수 중 총 통행시간을 구성하여 철도 수요예측에 있어 중요한 요소로 작용한다. 따라서 정확한 수요예측을 위해서는 접근시간과 대기시간에 대한 면밀하고 정확한 분석이 필요하다. 그러나 현재 KDI 예비타당성조사 지침과 KTDB 배포자료에 따르면 차외시간은 접근 거리와 버스 평균 통행속도(20km/h)를 이용하여 산출한 값을 적용하고 있으며, 대기시간은 여객교통시설물 이용실태조사 자료를 전국적으로 동일하게 이용하고 있어 수요예측의 정확성 측면에서는 한계가 존재한다. 본 연구에서는 기존 여객 통행 조사 문항을 참고하여 철도 전 과정에서 발생하는 통행 특성을 반영하는 문항을 추가하여 경부선 통행을 중심으로 '2023년 철도 이용자 통행실태 조사'를 실시하였다. 기존 대합실에서 대면으로 이루어진 여객 통행 조사와 달리 본 조사에서는 예비조사를 통해 대합실, 플랫폼, 열차 객실 좌석 비치 등 배부 장소에 따라 이용객의 탑승상태를 탑승대기, 탑승 직전, 탑승 완료로 구분하여 조사지를 배포함으로써 응답률, 대기시간 차이를 확인 후 대기시간 편향이 적고 응답률이 높게 나타난 승차 직전 이용객을 대상으로 했다는 점에서 차별점이 있다. 또한, 역사 내 체류 중 탑승 대기 외 다른 활동 여부를 조사하고 체류시간 중 활동 시간을 제외한 실제 대기시간 개념을 제시하고 평균 실제 대기시간은 20분 내외라는 결과를 도출함으로써 대기시간에 대한 대안을 제시하였다. 또한 희망하는 시간 및 수단 탑승 여부를 조사하여 일정 지연 여부와 원인을 분석하고 철도 공급량 증가가 필요함을 시사하고자 한다. 그 외에도 본 연구에서는 통행자 특성에 대한 기초 통계와 더불어 출발 지역 분포, 승차권 구입 시기, 평균 접근시간, 일정 지연, 도착 지역 분포 등 철도통행 전반에 발생하는 통행 특성 조사 결과를 분석함으로써 철도 이용 현황과 철도 수요예측 개선을 위한 기초자료 구축을 위한 근거자료를 제시하고 철도 공급량 확대 필요성을 시사하고자 한다.

빅데이터 기반의 화물차 통행행태 분석

Freight traffic behavior analysis based on big data(DTG))

오연선
(한국교통연구원 빅데이터연구본부, 연구원)

원민수
(한국교통연구원 빅데이터연구본부, 부연구위원)

2022년 기준 전국화물O/D 구축단계는 전국화물통행실태조사 결과를 기반으로 전수화를 수행하는 과정으로써 발생량 및 도착량을 산정한 후 조사 기반 통행분포 모형을 적용하여 지역간 통행량을 산출하는 과정으로 이루어진다.

조사결과에 대한 오류값을 검수 및 보정하는 과정을 시작으로 교통량자료 등 실측값과 비교분석을 통한 검증 및 보완 단계를 반복적으로 수행함으로써 최종적으로 화물운송 및 통행을 반영한 전국화물O/D를 도출하게 된다.

본 연구에서는 검증 및 보완 단계에서 비교분석 자료로써 기존 전수화 및 현행화에서 활용한 교통량조사 자료 및 주행거리 자료에 추가적으로 영업용화물자동차 운행기록계(DTG) 자료 등 빅데이터를 활용하는 방안을 모색하고자 하며 연구내용은 DTG자료에서 통행을 추출하는 과정에서부터 분석대상 자료로부터 통행거리, 통행시간 등 통행지표 산출결과와 전수화 활용 방안으로 구성하였으며 이 과정에서 화물자동차 운행특성을 분석하고 화물자동차O/D 보완검증 단계에서 적용방안을 도출하고자 한다.

siamese network를 이용한 위험 상황 판단에 관한 연구

A Study on the Identification of Risk Situation Using Siamese Network

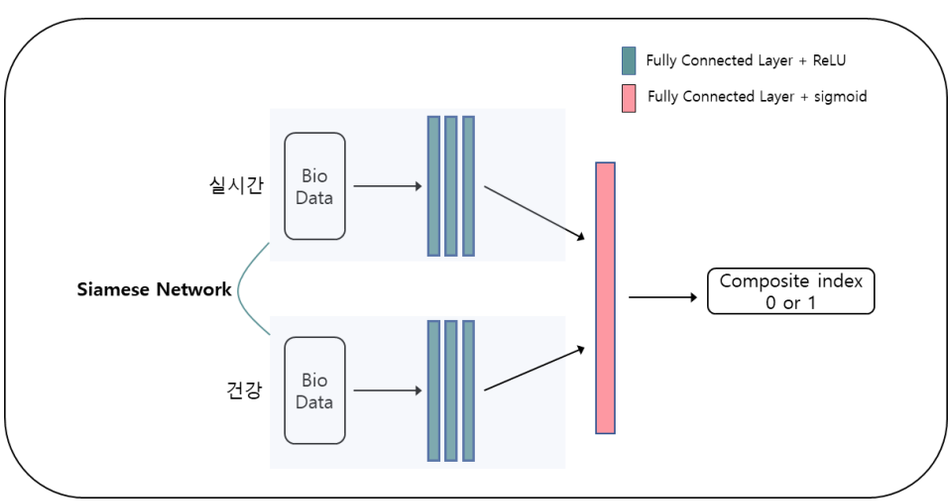
김민서
(국립한국해양대학교
해사인공지능융합전공 &
해양인공지능융합전공)

최기도
((주)머제스 대표이사)

성주현
(국립한국해양대학교
해사인공지능·보안학과 &
해양인공지능융합전공)

최근 웨어러블 디바이스의 보급으로 사용자의 건강 상태 및 활동상태를 지속적으로 파악할 수 있게 되었다. 주로 손목 등에 착용하는 웨어러블 디바이스는 센서가 소음, 이산화탄소 농도와 같은 환경 요인과 혈압, 체온, 심박수 등 생체 요인의 수치를 측정한다. 이 환경 및 생체 요인의 수치들로 사용자의 현재 건강 상태, 활동상태, 스트레스 정도 등을 유추할 수 있다. 그러나 이러한 방식은 개인의 건강상태를 고려하지 않아 적절하게 적용하기 어려울 수 있다. 따라서 개인의 평소 건강상태를 고려한 위험도 측정 방법이 필요하다.

본 논문에서는 웨어러블 디바이스를 활용하여 사용자의 생체 데이터를 수집하고, 이를 사용자의 일상적인 데이터와 비교하여 위험 상황을 감지하는 판단 알고리즘을 제안한다. 먼저 웨어러블 디바이스로부터 다양한 항목의 생체 데이터를 수집하고, 이 데이터 중 수치의 변화가 있을 경우 사용자가 위험 상황에 처할 수 있는 항목으로 선별한다. 실시간으로 수집되는 데이터를 평소 수집된 사용자의 데이터와 비교한다. 두 데이터 간의 차이 정도는 siamese network를 통해 계산할 수 있다. 같은 weight map을 공유하는 두 네트워크는 실시간으로 수집된 데이터와 사용자의 건강수치 데이터의 결과값을 비교한다. 즉 두 결과값의 차이가 크다면 사용자가 평소 상태와 달라져있음을 알 수 있다. 이렇게 비교한 수치가 일정 수준 이하인 경우 건강상태로 판단하고 '0'으로, 주의가 필요한 경우 위험상태로 판단하여 '1'로 표기함으로써 사용자가 현재 건강한 상태인지, 활동을 지속할 수 있는 상태인지 모니터링 할 수 있다.



<그림 1> 네트워크 흐름도

사사: 본 연구는 2023년도 정부(중소벤처기업부)의 재원으로 산학연CollaboR&D(RS-2023-00224563) 연구비의 지원을 받아 수행되었습니다.

시선추적기를 활용한 고속도로 공사구간 이동식 차로 안내 차량 효과 분석

A Study on the Effectiveness of Vehicles with Lane Control System in Work Zone using Eye Trackers

박용우
(서울시립대학교, 연구교수)

조신형
(서울시립대학교, 연구교수)

박신형
(서울시립대학교, 부교수)

고속도로 공사구간은 도로용량을 감소시켜 혼잡을 야기하고 불규칙한 교통흐름을 발생시키므로 교통 안전상 많은 위험 상황이 발생한다. 특히, 차로를 차단하는 공사구간 진입 시 적절하지 않은 차로변경은 사고 발생 위험을 증가시킬 가능성이 있다. 한국도로공사에서는 공사구간 진입 차량의 사전 차로변경을 유도함으로써 공사장 인부 또는 이용객의 안전 향상을 위하여 공사구간 진입 전 주의 구간에 이동식 차로 안내 차량 배치를 추진하고 있다. 이동식 차로 안내 차량은 운전자가 사전에 공사구간을 인지할 수 있어 공사구간 진입 이전 안전한 차로 변경을 유도할 수 있지만 실제 이러한 효과가 있는 지를 확인할 필요가 있다. 본 연구는 시선추적기를 활용하여 이동식 차로안내 차량 인지가 공사구간 통행에 어떠한 효과를 미쳤는지를 확인하고자 한다. 고속도로 공사구간 내 이동식 차로안내 차량 배치 이전과 배치 이후를 시뮬레이션으로 구현하고 피실험자를 대상으로 주행 실험을 실시하였다. 실험 시 시선추적기(Eye Tracker)를 착용하여 공사구간에 설치된 시설물 주시 횟수 및 주시시간을 측정하였다. 그리고 실제 차로변경 위치와의 비교를 통해 운전자의 시설물 인지 특성이 공사구간 주행 안전성에 어떠한 영향을 미치는 지 확인하였다. 그 결과, 공사구간 내 이동식 차로안내 차량을 배치할 경우 시설물 주시 횟수 및 시간이 감소되지만 배치 이전과 비교해 안전하게 차로 변경을 하는 것으로 결과가 나타났다. 본 연구는 공사구간 내 이동식 안내 차량의 효과를 입증하였기에 향후 고속도로 공사구간 내 이동식 안내 차량을 배차할 경우 공사구간 진입 차량의 차로변경을 사전에 유도함으로써 교통사고 발생 가능성을 감소시켜 공사장 인부 또는 이용객의 안전이 향상될 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 한국도로공사의 지원으로 수행되었습니다.

공간인공지능을 이용한 스쿨존 내 보행자의 치명적·중증적 부상 탐색

Exploring Fatal and Severe Pedestrian Injuries in School Zones Using Geospatial Artificial Intelligence

Kaihan Zhang (조천식모빌리티대학원, 박사과정)
Reuben Tamakloe (조천식모빌리티대학원, 연구교수)
김인희 (조천식모빌리티대학원, 부교수)

To enhance pedestrian safety near educational establishments, various initiatives like establishing school zones and traffic calming measures have been implemented. Despite recognition in literature of urban infrastructure and design factors, including the built environment and streetscape quality, in promoting urban traffic safety, their precise impact on pedestrian-involved accident fatalities or severe injuries (FSI) within school zones remains unclear.This study employs Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI) for a comprehensive assessment of these influences.The methodology encompasses three steps: 1) Mining temporal-spatial patterns of pedestrian crashes in school zones; 2) Analyzing street-level built environment features at persistent hotspot locations through deep learning; 3) Assessing the built environment's impact on FSI crash frequency individually and collectively at macro and micro scales. Analyzing a dataset of 20,484 pedestrian-vehicle crashesin Seoul from 2017 to 2021, the study notes FSI crashesspatial and temporal variations, with central business and industrial areas being high-risk. A negative correlation was found between walkability, streetlight presence, and FSI rates, whereas positive correlations exist with openness, enclosure, bus transit infrastructure, commercial facilities density, and road network complexity. Remarkably, areas with over 5% greenery showed a nonlinear reduction in FSI frequency. By leveraging GeoAI, this research deepens our understanding the role of built environment and streetscape design in pedestrian safety in school zones, guiding future safety improvements around educational institutions.

사사: 이 논문은 2021년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1C1C1006405)

모바일 통신 데이터를 이용한 지역 간 철도 이용객의 접근통행 특성분석 알고리즘 개발

Development of an Algorithm to Analyze Access Trips for Regional Railway station Using Mobile Phone Data

이재영
(한국교통연구원, 연구원)

원민수
(한국교통연구원, 부연구위원)

철도는 거점성, 고속 정시성, 환경성 등 타 수단에 비해 경쟁력 있는 수단이다. 특히 고속철도가 개통됨에 따라 서울과 주요 도시를 2시간대로 연결하며 전국이 반나절 생활권에 진입하였다. 이로 인한 이점과는 반대로 철도 역사는 철도의 소음 및 주변 환경에 미치는 영향으로 인해 점점 도심 밖으로 밀려나고 있다. 철도 역사가 도심 외곽지역에 위치하기 때문에 해당 위치까지 도달하기 위한 접근통행은 철도 이용을 결정하는 중요한 고려사항이 되었다. 따라서 정확한 철도 수요를 예측하기 위해서는 접근통행에 대한 조사가 필요하다. 현재 국토교통부에서는 5년마다 교통수요 분석 수행을 위한 기초자료를 구축하고자 개인통행실태조사를 실시하고 있다. 조사 대상자가 기입한 수단 통행을 통해 접근통행에 대한 간접적인 자료는 구득할 수 있지만, 직접적으로 접근통행을 조사하는 항목은 존재하지 않는다. 접근통행에 대한 간접적인 조사는 철도 수요예측의 오류를 초래할 가능성이 있으며, 이는 철도 투자사업 예비타당성조사 미통과로도 이어질 수 있다. 위와 같은 오류를 범하지 않기 위해서는 실증데이터를 통한 접근통행 분석이 이루어져야 한다. 따라서 본 연구는 모바일 통신 데이터를 활용하여 지역 간 철도역까지의 접근통행 특성분석 알고리즘을 개발하였다. 알고리즘의 순서는 1)데이터 전처리 2)접근통행의 정의 3)접근통행 군집 4)특성분석과 같으며, 오송역을 기준으로 Case Study를 진행하였다. 총 22,503건의 통행을 통해 12개의 접근통행 군집이 도출되었으며 이는 청주시, 청주시 오송읍, 청주시 옥산면, 청주시 오창읍, 세종시 북부, 세종시 남부, 세종시 부강면, 세종시 장군면, 대전시 반석역 인근, 대전시 유성온천역 인근, 대전시 둔산동 일대, 대전서남부터미널 일대이다. 특성분석 결과, 세종시 북부의 통행거리가 남부의 통행거리보다 길에도 불구하고 통행시간이 10분정도 짧으며, 부강면은 통행 거리에 비해 시간이 길었다. 대전의 경우, 통행시간이 90여분이 걸리는 데에도 불구하고 오송역까지의 수요가 존재하였다. 이는 세종시 북부에 대중교통이 몰린 경향이 존재하며, 호남권 기차의 대전역 배치가 존재하지 않아서인 것으로 논의되었다. 본 연구의 결과는 철도수요 예측 시 추가설명자료로 활용될 것으로 판단된다.

모바일 통신데이터 기반의 기종점 통행량 보정 방안

A study on adjusting origin-destination trips using mobile phone data

이해선
(한국교통연구원 연구원)

원민수
(한국교통연구원 부연구위원)

모바일 통신데이터는 개인의 실시간 이동 정보를 담고 있어 교통 수요의 기초 자료로서 효용 가치가 높다고 평가되고 있으나, 모바일 통신데이터에 대한 신뢰도가 입증되지 않은 상태이기에 기존 통행실태조사를 대체하기는 어렵다고 보고 있다. 이에 본 연구에서는 모바일 통신데이터가 기존 통행실태조사의 대체 및 보완 자료로 활용될 수 있도록, 모바일 통신데이터와 통행실태조사의 통행량 차이를 보정하는 방안을 제시하였다.

먼저 통행실태조사자료와 모바일 통신데이터의 통행량 차이가 두드러지게 나타나기 시작하는 시군구 단위의 기종점 통행량을 분석 단위로 설정하고, 통행목적을 전체, 통근, 통학, 귀가, 기타 다섯 가지로 분류하여 각 자료를 기준으로 통행목적별 기종점 통행량을 구축하였다. 이후 이를 기반으로 통행목적별 통행량 차이를 설명할 자료(인구수, 종사자수 등)를 수집하여 연계하고, 의사결정나무분석을 수행하여 어떤 특성을 가질 때 통행량 차이가 나타나는지 확인하였다.

분석 결과 전체 통행에서는 통행거리, 출발지 기지국수, 출발지 인구수, 도착지 기지국수, 도착지 생산인구수를 따라 통행량 차이가 발생하는 것으로 나타났으며, 통근 통행에서는 통행거리, 출발지 기지국수, 출발지 생산인구수, 도착지 생산인구수에 따라 통행량 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 또한 통학 통행에서는 통행거리, 출발지 생산인구수, 출발지 기지국 밀도, 도착지 수용학생수, 도착지 생산인구 비율에 따라 통행량 차이가 발생하는 것으로 나타났으며, 귀가통행은 통행거리, 도착지 인구수, 도착지 생산인구수, 출발지 인구수, 출발지 기지국수, 출발지 생산인구수에 따라 통행량 차이가 발생하는 것으로 나타났고, 기타 통행은 통행거리, 출발지 기지국수, 출발지 인구수, 도착지 기지국수, 도착지 생산인구수에 따라 통행량 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 이를 기반으로 전체 통행은 7가지로, 통근 통행은 5가지로, 통학통행은 6가지로, 귀가통행은 7가지로, 기타 통행은 6가지로 각 마디(node)의 분기기준인 절단값을 활용하여 통행량 보정대상(유형)을 정리하여 제시하였으며, 각 유형별 최종마디(terminal node)의 평균, 표준편차값을 보정기준으로 두고 평균표준편차일치법을 활용하여 보정 통행량을 산출하는 방법을 제시하였다.

본 연구는 통행실태조사자료를 기준값으로 설정하고 연구된 것으로, 향후 참값으로 볼 수 있는 자료가 수집되었을 때 본 연구가 모바일 통신데이터의 검증 및 보정 방법의 초석이 되기를 기대해본다.

사사: 본 연구는 국토교통부의 2023년 국가교통조사 및 분석 사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

개인단위 통행행태 예측을 위한 다차원 모빌리티 지표(MDMI) 개발

Development of Multi-dimensional Mobility Indicators (MDMI)
for Predicting Individual Travel Behavior

심지윤	원민수	최수정	이재현
(한국교통연구원, 연구원)	(한국교통연구원, 부연구위원)	(경북대학교, 석사과정)	(경북대학교, 조교수)

개인의 이동정보를 담고 있는 공간데이터를 활용하여 도출해 낸 모빌리티 지표들은 각각 개인의 이동에 대한 다양한 특성을 나타내고 있다. 그러나 이러한 특성들은 공통적인 개인의 시공간 행태에 기반하기 때문에 상호 독립적이지 않다. 즉, 통행거리가 클수록 활동반경 장축의 길이가 길고, 활동공간이 넓을 가능성이 크다. 따라서 다양한 모빌리티 지표 간의 관계를 규명하고, 이들을 요약해 내는 통합적 모빌리티 지표를 도출 해내는 것은 데이터에 기반하여 개인의 모빌리티 특성을 이해하는 데 중요하다고 할 수 있겠다. 이에 본 연구에서는 새롭게 개발한 다차원 모빌리티 지표(MDMI; Multi-Dimensional Mobility Indicators)를 통해 사람의 모빌리티 특성을 16가지 유형으로 구분할 수 있음을 제안하였다.

분석은 국가교통조사 중 개인통행 실태조사(2021년) 자료를 활용하였으며, 각 지표는 다양한 모빌리티 특성을 요약하여 핵심적인 정보를 추출할 수 있는 주성분 분석(Principal Component Analysis)을 활용하였다. 그동안 모빌리티 특성을 분석하기 위해서 통행횟수, 통행거리, 통행시간 등 집계적인 지표들이 활용되어 왔으나, 이러한 지표들은 복잡한 개인의 삶과 개인이 활동하는 공간을 모두 설명하기에는 한계가 있었다. 최근 내비게이션 및 스마트폰 등 개별 장치의 사용으로 전수에 가까운 통행 기록이 수집되고 있는데, 이것의 GPS 기반 위치정보를 활용하여 모빌리티 특성을 객관화된 정량 수치로 제시할 수 있다. 이러한 개별 단위 모빌리티 데이터를 활용하여 각 유형의 장소(집, 직장, 학교, 기타장소)에 머무른 시간, 활동공간의 모양 및 면적, 하루 중 활동의 변화 횟수 및 시간을 고려하는 복잡성(Complexity)의 지표를 주성분 분석의 변수로 활용하였다.

주성분 분석 결과, 개인 모빌리티의 주요한 특징을 잘 설명할 수 있는 4개의 주성분을 MDMI 지표로 선택하였다. 4개의 지표는 ①활동공간과 통행거리(S/L), ②집 안과 집 밖 활동 비중(I/O), ③복잡성과 활동반경의 원형성(M/C), ④직장에서 보내는 시간(N/W)이다. 각 지표의 평균을 중심으로 크고 작은 유형으로 구분되며, 이에 따라 개인의 모빌리티 유형은 총 16가지로 구분된다. 각각의 주성분은 1개 이상의 모빌리티 특성을 담아내고 있기에 이를 다차원적인 모빌리티 지표라 할 수 있다.

본 연구에서 개발한 다차원 모빌리티 지표 MDMI는 다양한 방식으로 개인단위 통행행태의 설명 및 예측이 가능하다. 먼저 MDMI 유형별 개인 및 가구의 특성, 교통수단 분담률 등을 비교·분석할 수 있다. 일례로 한 개인의 가구원 중 미취학 아동이 있을 경우, 이 사람은 아이와 함께 집 안에서 보내는 시간이 많은 I(In-home) 유형에 속할 가능성이 크다. 반대로 특정 MDMI 유형에 제약(constrain)을 설정할 수도 있는데, 직장인이 빈번한 유형은 회사라는 닻(anchor)이 있기에 일과 시간 중에는 이곳으로부터 멀리 벗어나기 어렵다는 제약을 가정할 수 있다. 이외에도 MDMI는 더욱 실제적인 사람의 특성을 파악할 수 있기에 합성인구 생성 단계에서 발생하는 샘플링 제로(sampling zero), 구조적 제로(structural zero) 등의 문제를 해결하기도, 디지털트윈이라는 가상공간에서 객체(agent)의 특성을 반영하는 데 적용할 수 있다. 마지막으로 MDMI는 현실성 높은 도시 시뮬레이터 구축을 통해 교통 현안에 대한 시의성 있는 예측 정보의 제공이 가능하며, 정부 정책의 실시간성 효과 파악, 다양한 정책 결정, 도로 교통관리 전략 평가 및 대안 제시 등이 가능할 것으로 기대된다.

사사: 이 글은 한국교통연구원에서 수행한『모바일 결합정보를 활용한 국민 모빌리티 분석』사업의 내용을 활용하여 작성하였음

수동 소나 신호의 저주파 분석을 이용한 선박 분류에 관한 연구

A Study on Vessel Classification using Low-Frequency Analysis of Passive Sonar

김유환	정연비	문지환	허효주	김원열
(조선대학교 컴퓨터공학과)	(조선대학교 정보통신공학과)	(조선대학교 인공지능공학과)	(조선대학교 지구과학교육과)	(조선대학교 인공지능공학과, 조교수)

소나(Sonar: SOund Navigation And Ranging)는 수중에서 음파를 방사하여 고체나 액체 경계에서 반사되는 원리로 대상을 탐지하는 기술이다. 물은 전자파에 대해 높은 흡수율을 가지므로 레이더 등 전자파를 활용한 방식보다 초당 1500m의 속도로 전파되는 음파를 이용한 소나가 수중환경에서 물체 탐지에 효과적이다. 대상의 위치 및 거리 측정하는 기능을 통해 군사 및 해양과학, 탐사, 상업, 재난 구조 분야 등 광범위하게 활용되고 있다. 그러나 수중에서 환경적 영향 및 해양생물에 의한 소음 등으로 인해 선박 분류 정확성에 대한 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 수중환경에서 소나 활용의 효율성을 향상시키기 위해 소음에 대한 영향을 최소화하고 선박을 정확하게 분류하는 방법에 대해 제안한다. 소나의 종류는 접근 방식에 따라 탐지기가 설치된 선박에서 직접 신호를 내어 반향파를 수신받는 능동(Active) 방식과 단순히 주위 선박이 내는 음향을 청음하는 수동(Passive) 방식으로 나뉜다. 수동 소나는 에너지 손실이 큰 능동 소나보다 더 멀리 있는 선박을 추적하는 것이 가능하다. 하지만 바닷속의 환경, 자연환경, 다양한 음원 소스, 다중 표적 신호 등의 노이즈로 인해 SNR(Singnal-Noise Ratio)이 낮은 문제가 있다. 즉, 단순히 수동 소나가 수신한 신호를 전처리 없이 사용하기에는 한계점이 존재한다. 그러므로, 주로 외부에서 전달되는 음파를 받아들인 소나 신호에서 선박에 대한 특징을 추출하는 기법도 매우 중요하다. 본 연구에서는 소나 신호를 배경 소음에 대한 강인성을 가지는 MFCC(Mel-Frequency Cepstral Coefficient)의 입력으로 사용한다. MFCC는 선박의 프로펠러, 엔진 등의 반복되는 저주파 신호의 기계적 음향 특성을 강조하여 추출하는 장점이 있다. 추출된 특징 맵을 신경망 학습에 용이하게 만들기 위해 RGB 3채널 이미지로 변환하였다. 선박의 분류 정확도를 향상시키기 위해 신경망은 Conventional ViT(Vision Transformer)와 트랜스포머에서 효율성을 향상시킨 VMamba(Visual State Space Model)으로 실험을 수행하였다. 제안한 기법의 유효성을 평가하기 위해 오픈 데이터셋인 DeepShip으로 실험을 수행하였다. 실험결과 ViT, VMamba 각각 84.2%, 99.3%의 정확도를 나타냈으며 ViT보다 VMamba가 15%나 향상된 성능을 달성하였다. 이를 통해 MFCC와 VMamba를 활용하여 소나 신호의 소음 영향을 최소화하고, 선박 분류 정확도를 대폭 향상시킬 수 있음을 입증하였다.

기계 학습 기반 도로전광표지 이상 탐지 방법

Methods of Anomaly Detection for Variable Message Sign(VMS) Equipment Based on Machine Learning

배지홍
(에스트래픽(주) MaaS 사업부, 책임연구원)

박형철
(에스트래픽(주) MaaS 사업부, 책임연구원)

이경철
에스트래픽(주) MaaS 사업부, 상무)

우리나라의 경제 발전에 따라 1966년 약 5만 대에서 2023년 약 2,595만 대로 국내 차량이 폭발적으로 증가하였다. 특히, 자율주행 자동차의 등장으로 차량 증가 속도가 더욱 빨라질 것으로 예상된다. 이에 따라 교통사고 발생 가능성이 증가할 수 있다. 대부분의 교통사고는 운전자의 실수나 인적 요인에 의해 발생하지만, 자율주행 자동차의 보급으로 인해 운전자의 개입이 줄어들면서 새로운 안전 문제가 제기될 수 있다. 이에 대비하여 안전한 교통체계를 위해 ITS(Intelligent Transport Systems, 지능형교통체계) 설비가 필수적이다.

ITS 설비 이상 탐지에서 중요한 성능지표는 높은 이상 탐지율과 실시간성이다. 기존의 규칙 기반 이상 탐지 방법은 설비의 종류가 늘어나고 설비 간에 관계성이 높아짐에 따라 이상을 확인하기 위한 패턴이 복잡해지면서 정확도가 저하되고 있다. 이상 탐지가 필요한 시나리오에 따라 결과 해석이 중요한 경우, 규칙 기반 이상 탐지를 사용하는 것이 적합하지만, ITS 분야는 설비 간 관계성이 있고 고차원의 데이터가 발생하기 때문에 규칙 기반 이상 탐지의 정확도는 낮은 경향이 있다. 이러한 규칙 기반 이상 탐지 방법의 한계를 극복하기 위해 기계 학습 기반의 이상 탐지 방법이 필요하다. 기계 학습 기반의 이상 탐지는 복잡한 데이터 패턴에서 비정상 패턴을 파악하는 효과적인 방법으로 간주된다. 하지만 현재 우리나라의 교통 특성을 반영한 ITS 설비 이상 탐지 연구가 부족한 실정이다. 그러므로 ITS 분야에서 높은 이상 탐지 정확도를 확보하기 위해서는 기계 학습 기반의 이상 탐지가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 기계 학습 기반의 ITS 설비 이상 탐지 방법을 제안하고 실험 결과를 분석한다.

본 논문에서는 ITS 설비 이상 탐지 관련 기존 연구에 대해 논하고, 기계 학습 기반 이상 탐지에 대해서 논한다. 또한, 지도학습, 비지도학습, 준지도학습 알고리즘을 활용하여 기계 학습 기반 이상 탐지의 학습 및 적용 과정, 데이터 전처리 기법, 그리고 학습 알고리즘의 종류를 다룬다.

본 논문의 실험에서는 ITS 설비 중 도로전광표지(Variable Message Sign, VMS)에서 수집되는 실제 데이터를 이용하여 기계 학습 알고리즘인 지도학습, 비지도학습, 준지도학습을 이용한 이상 탐지 실험을 수행한다. 또한, 데이터 전처리 기법을 준지도학습 알고리즘에 적용하여 이상 탐지 모델을 학습하고 검증하며, 기존의 기계 학습 알고리즘을 사용한 모델들과의 성능을 비교한다.

본 논문은 기계 학습 기반의 이상 탐지 방법이 ITS 설비 이상을 효과적으로 탐색할 수 있음을 보여주며, 실제 데이터를 활용하여 실험을 수행함으로써 연구의 실질성을 강조한다.

사사: 본 연구는 에스트래픽(주)의 지원으로 수행되었습니다.

차량궤적데이터 기반 국내 고속도로 연결로 합류부 영향권 적정성 검토

Assessing the Suitability of Influence Area of Domestic Highway Entrance-Ramp based on Vehicle Trajectory Data

한은서
(명지대학교 교통공학과, 석사과정)

박호철
(명지대학교 교통공학과, 부교수)

연결로-고속도로 접속부에서는 유출·유입 차량에 의해 본선 차량의 주행이 영향을 받고, 이러한 영향을 미치는 범위를 영향권이라 하며, 도로용량편람(2013)에서는 합류가 시작되는 지점부터 하류 방향으로 400m까지의 구간을 영향권으로 칭한다. 합류부는 교통류의 상충이 가장 심한 구간으로 많은 선행연구에서는 고속도로 합류부 영향권을 분석을 위해 차량 간의 상충인 교통류의 난류현상을 분석지표로 사용한다. Theophilopoulos(1986) 및 한국도로공사(1996)의 연구는 고속도로 연결로 합류부의 난류현상의 분석방법을 합류부 영향권 내 차량 속도의 표준편차(CV)를 통하여 도출하고 있다. 가장 일반적으로 사용되는 방법이지만, 실제 데이터를 통해 구간별 CV를 산출해보면 기존 정의하는 영향권을 제대로 나타내지 못하는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 구득한 매송IC 드론 데이터를 통하여 고속도로 합류부의 교통류 난류현상을 교통상충이론을 따르는 교통안전대체지표(Surrogate Safety Measure; SSM)를 통해 산정하는 방안을 제시하고 정의된 영향권이 현 교통류를 제대로 반영하고 있는지에 대한 적정성을 검토해보고자 한다.

본 연구에서는 서해안고속도로 매송IC 상행 합류부 지점을 드론 촬영 지점으로 선정하여 차량궤적데이터를 수집하였다. 해당 데이터의 평균 순간속도는 5.99m/s, 최대 순간속도는 20m/s로 순간적인 속도 변화가 큰 혼잡상황으로 볼 수 있으며, 평균교통량은 4,676대/시로 15분 동안의 급격한 속도변화 및 높은 교통량을 보이는 것을 확인할 수 있다. 전체 600m 구간을 50m 단위로 세분화하여, 각 차로의 데이터를 0.1초 단위로 세분화하여 SSM 지표를 산출하였다. SSM은 실제 발생한 교통사고분석이 아닌 교통사고를 유발할 수 있는 위험 상황을 계량화한 교통안전평가 대체지표이며, 교통류의 안정성이 낮아지면 상충이 발생하고 SSM을 통해 상충을 평가할 수 있기에 합류부 영향권 산정을 위한 지표로 사용하고자 한다. 본 연구에서는 선두차량과 추종차량들의 궤적을 반영할 수 있는 time-to-collision(TTC), deceleration rate to avoid collision(DRAC), stopping distance index(SDI)의 SSM을 산출하여 합류부의 영향권을 산정하였다. SSM을 산출하기 이전에 개별차량에 대한 합·분류부에서 나타나는 통행행태를 정의하였으며, 정의한 통행매커니즘을 기반으로 난류가 발생하는 상황에서 SSM이 유사한 행태를 보이는지 매송IC 개별차량 데이터를 통해 검증하였다. 검증 결과 TTC가 실제 차량 속도 데이터와 유사한 행태를 보여 TTC를 분석지표로 활용하였으며, DRAC와 SDI는 고속도로 합류부의 영향권을 파악하기에 다소 부적합한 값으로 나타났다. 분석결과, 도식화한 CV 결과보다 개별차량 데이터를 통해 도출한 TTC가 영향권을 더욱 명확하게 보이는 것으로 나타났으며, 차로별 TTC 분포를 살펴보면 연속류에서의 TTC 임계값인 3.0초 미만의 값을 1차로 대비 2,3차로에서 더욱 빈번하게 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 합류부에 의한 영향은 주로 2,3차로에서 발생하나 일부 구간에서는 1차로의 영향도 존재하였다.

추가로 각 구간별 차량 위치에 따른 TTC 분포를 세분화하여 최대 TTC(PDF에서 최대 TTC값)과 TTC 임계값인 3초 이하의 비율을 산출하였다. 분포를 통해 영향권을 파악하기 위해 최대 TTC값이 특정 값 이하이면서 TTC 3초 이하의 비율이 특정 값 이상인 구간은 직접 영향권, 최대 TTC값이 특정 값 이하 또는 TTC 3초 이하의 비율이 특정 값 이상인 구간은 간접 영향권으로 정의하여 영향권을 구분하였다. 최대 TTC값은 2~3초(0.5초 단위), TTC 3초 이하의 비율은 40~50%(5% 단위)로 경우를 나눠서 전체 9개의 시나리오로 구성하여 영향권을 판단하였다. 분석 결과 1차로의 경우 300m 구간, 2차로의 경우 100m 구간, 차로의 경우 150~550m 구간이 직접영향권으로 구분되었다. 이는 연결로가 위치하는 180m 구간 전에 2차로에서 연결로를 미리 인지하여 100m 구간에서 1차로로 미리 차로변경을 하는 행태가 나타나는 행태로 볼 수 있다. 또한 간접영향권까지 고려해보면 합류부 이전 본선 구간 및 1차로의 특정 구간에서도 영향이 있는 것으로 판단되어 기존에 정의된 영향권 구간인 400m보다 더 넓은 범위로 영향권을 정의할 수 있었다.

검색 증강 생성과 거대 언어 모델에 기반한 시각 문서 이해 체계에 관한 연구

A Study on Visual Document Understanding based on Retrieval augmented Generation and LLM.

정연비	김유환	문지환	허효주	김원열
(조선대학교 정보통신공학과, 석사과정)	(조선대학교 컴퓨터공학과)	(조선대학교 인공지능공학과)	(조선대학교 지구과학교육과)	(조선대학교 인공지능공학과, 조교수)

영수증, 운송장, 논문과 같이 형식을 포함하는 문서들은 하나의 페이지에 이름, 번호, 내용 등 다양하고 구조화되지 않은 텍스트를 매우 많이 포함한다. 따라서 사람이 이러한 문서들에 포함된 정보 중 필요한 것만을 추출하기에는 많은 시간과 노력이 필요하다. 이를 해결하기 위해 다양한 자동화 방법론을 통한 시각 문서 이해에 관한 연구가 진행되고 있다. 특히 딥러닝 기반 방법론은 다양한 형식에도 강인한 특성 추출 성능으로 인해 큰 관심을 받고 있다. 딥러닝 기반 시각 문서 이해 작업은 기계가 자동으로 문서 이미지의 정보를 멀티모달 딥러닝 모델에 입력하여 해석하고, 사용자가 원하는 정보로 가공하는 단계를 포함한다.

최근 딥러닝 기반 시각 문서 이해에 관한 연구는 인코더-디코더 구조와 End-to-End 구조로 나뉘어 진행되고 있다. 인코더-디코더 구조의 딥러닝 모델은 이미지에서 글자를 추출하여 글자들의 위치정보 등 특징을 인코딩하고, 인코딩된 정보들을 디코더에 넣어 텍스트를 생성한다. Layout LM 계열, Doc-former가 인코더-디코더 구조의 대표적 모델에 해당한다. 특히 현재 시각 문서 이해 분야에서 State of the Art 성능을 보이는 Geo-Layout LM은 Layout LM 계열 모델에 기하학적 사전학습 기법을 적용하여 중요 정보 추출 태스크에서 97% 이상의 정확도를 보인다. 반면 End-to-End 구조의 딥러닝 모델은 OCR 작업 등 추가적인 모듈이 없이 딥러닝 모델에 이미지를 입력하여 원하는 구조의 텍스트를 생성한다. 이 구조에 해당하는 대표적인 모델로는 Donut이 있다. Donut 모델은 OCR 전처리 과정을 제거하고, 단순한 사전학습 기법만을 적용하여 계산량과 적용성에서의 발전 가능성을 보여준다.

하지만 딥러닝 기반 시각 문서 이해 모델들은 매우 많은 데이터를 사전학습하고, 태스크에 맞는 데이터 셋을 통해 미세 조정하는 작업을 거쳐야 한다. 특히 Geo-Layout LM의 경우 모델에 다수의 Head를 탈부착하는 형태로 이러한 과정이 이루어진다. 반면, Donut 모델은 사전학습 과정을 최대한 단순화하였으나 상대적으로 낮은 성능 문제를 가진다.

최근 거대 언어 모델에 관한 활발한 연구로 자연어 생성을 비롯한 NLP 분야의 획기적인 발전이 진행 중이다. 거대 언어 모델은 방대한 데이터 셋으로 수천억 개의 파라미터를 업데이트하므로 방대한 지식을 보유하고 있다. 그러나 수천억 개의 파라미터를 원하는 작업에 맞게 미세 조정하기 위해서 많은 연산 자원이 요구되고 시간이 오래 걸리는 문제가 있다. 이러한 학습 비용을 절감하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 검색 증강 생성은 언어 모델에게 태스크에 관련된 외부 데이터 소스의 정보를 웹 또는 로컬 파일에서 검색하여 제공해 텍스트 생성을 보완하는 기술로, 학습 비용을 절감할 수 있는 방법론 중 하나이다. 검색 증강 생성 기술을 적용하면 학습 비용을 아끼면서도 거대 언어 모델이 특정 작업에 대해 더 잘 이해할 수 있게 되며, 실시간으로 갱신되는 현실 세계의 정보를 실시간으로 업데이트할 수 있다. 한편, 2023년 이래로 U-reader, Doc-LLM 등 시각 문서 이해 작업에 거대 언어 모델을 접목하는 연구가 진행되고 있다. 그러나 거대 언어 모델 접목 연구가 아직 초기 단계에 있어 거대 언어 모델을 사용하지 않는 기존 시각 문서 이해 모델들의 성능에 한참 미치지 못하는 실정이다. 이러한 점을 보완하기 위해 검색 증강 기법을 시각 문서 이해 작업에 적용하게 된다면, 영수증이나 운송장 정보 추출 등 특정 작업에서 자주 쓰이는 정보를 거대 언어 모델에게 제공하여 텍스트 생성 성능을 향상할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 최초로 시각 문서 이해 작업에 검색 증강 생성 기법에 기반한 거대 언어 모델을 적용해 기존 실험들과의 성능 비교를 진행한다. 이러한 연구를 통해 사용자는 시각 문서에서 원하는 정보를 효율적으로 추출할 수 있으며, 더 나은 작업 효율과 정확도를 달성할 수 있다. 또한, 거대 언어 모델에 검색 증강 생성 기법을 적용함으로써 학습 비용을 절감하고, 모델의 성능을 향상할 수 있는 잠재력을 높일 수 있다.

사사 : 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 21HCLP-C162922-01).

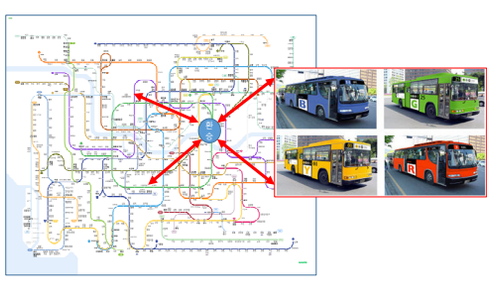
교통카드자료를 활용한 버스-지하철 환승 접근성 추정 모형

Bus-Subway Transfer Accessibility Estimation Model Using Transport Card Data

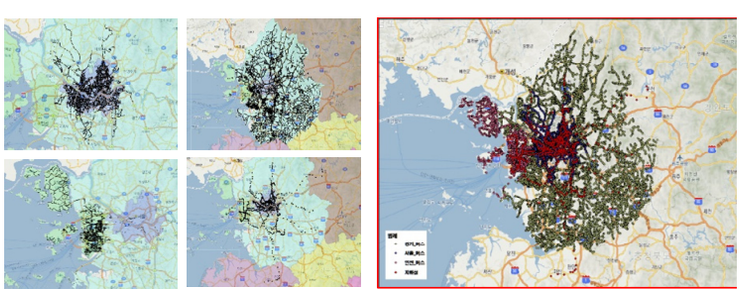
이미영
(국민경제위원회, 서울연구원)

신성일
(국민경제위원회, 서울연구원)

교통카드자료는 승객이 이용하는 대중교통관련 정보에서 버스와 지하철 간에 환승과 관련된 내용을 포함한다. 본 연구는 환승통행을 토대로 버스-지하철 환승접근성을 추정 방안을 마련한다. 접근성(Accessibility)의 초기 개념은 거시적 도시공간 구조 및 교통망에 대한 특정 지점의 집중도를 나타내는 개념이었으나, 최근의 빅데이터에 기반한 교통카드자료는 버스의 광역, 시내, 마을, 순환의 분류와 함께 승객의 속성자료를 구분하기 때문에 보다 다양한 환승접근성을 추정하는데 활용될 수 있다. 연구는 버스-지하철 환승접근성 추정을 위해서 지하철 환승역에서 지하철 통행과 버스 통행으로 통행시간에 기반한 접근성을 합산하는 방안을 마련한다. 따라서 기존의 버스-지하철 환승접근성은 지하철역과 버스와의 단방향 통행에 의한 개념보다 확장된 추정방안이다. 이러한 2단계 통행을 합산하는 방안을 구축하게 되면 지하철 환승을 중심으로 버스가 미치는 중심성과 지하철이 미치는 중심성을 구분하여 분석할 수 있게 된다.



버스-지하철 환승 접근성의 개념 (버스-지하철, 지하철-지하철)



수도권 버스정류장 및 지하철 역사

지하철 승객 이동 기반의 환승 접근성 추정 모형

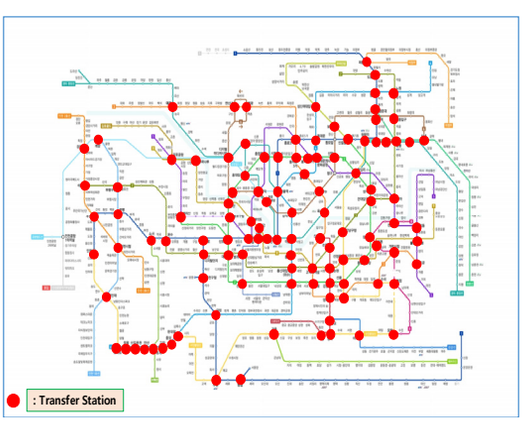
Toward Estimating Transfer Accessibility of Subway Network Using Passengers' Movement

이미영
(국민경제위원회, 서울연구원)

신성일
(국민경제위원회, 서울연구원)

수도권 지하철 환승역을 이용하는 승객은 보행통행이 발생하는 상황에서 카드자료가 기록되지 않기 때문에 환승지점을 추정하지 못하는 문제가 발생한다. 따라서 환승역에 대한 기능적 측면에서 TagIn 및 TagOut 자료외에 환승의 기능에 대한 정확한 추정을 파악하기 어렵다. 특히 환승역을 중심으로 통행의 발생이 나타나는 접근성을 추정하지 못하는 한계가 존재한다. 본 연구는 승객의 이동을 추정하는 모형을 구축하여 환승역의 접근성을 산정하는 방안을 마련한다. 이를 위해 최초 TagIn 및 최종 TagOut 카드 정보를 기반으로 환승이 예상되는 역사를 산정하고 환승역사를 중심으로 이탈통행 (Production Trip)과 접근통행(Atrraction Trip)을 합산하여 접근성을 산정하는 방안을 마련한다.

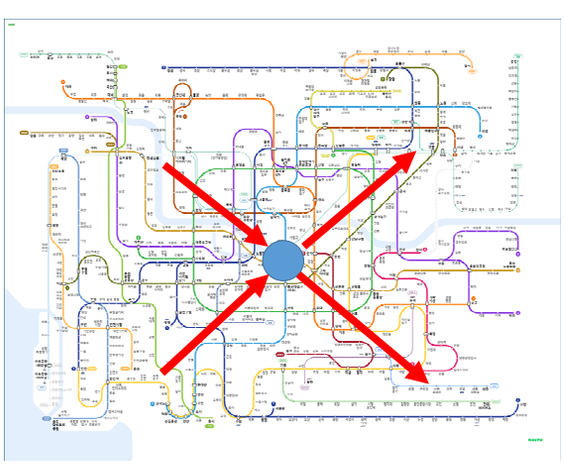
<그림>은 지하철 환승역을 나타낸 것으로 승객의 이동에 대한 정보가 교통카드자료에 포함되지 않는다. 승객의 환승역에 접근통행과 환승후 이탈통행을 구분하는 모형적 절차가 요구된다. 이는 교통카드자료의 모든 통행을 <표>로 Trip Chian 으로 나타낸 표의 S에서 환승역을 추정하는 방안을 마련하는 것이다.



(2022.5.31, Tuesday)

Sequence	Trip Chain	Count	Sequence	Trip Chain	Count
1	S	5934399	21	BSS	603
2	BS	1028076	22	BBSBB	525
3	SB	982691	23	SSB	471
4	BSB	219220	24	SBBSB	470
5	SBB	37342	25	BBBBS	401
6	BBS	28370	26	SBBBS	223
7	BSBB	7963	27	SBSBB	197
8	BBSB	6384	28	SBSBS	159
9	SBS	5194	29	BBSBS	99
10	SBBB	3515	30	BSSB	76
11	SS	3458	31	SSBB	9
12	BBBS	2171	32	BSSBB	4
13	SBBS	2090	33	SSS	4
14	SBSB	1272	34	BBSS	2
15	BSBBB	1115	35	SSSB	2
16	BSBS	1110	36	BBSSB	2
17	BBBSB	724	37	BSSS	2
18	SBBBB	685	38	SSBBS	1
19	BSBBS	666	39	BSSBS	1
20	BSBSB	608	40	SSBBB	1

Subway Stations and Trip Chain with Subway Trips in Seoul Metropolitan Area



Attraction and Production Trips of Transfer Station

Turn Label 기반 K-경로탐색 알고리즘: 전체경로삭제기법을 중심으로

Turn Label Based K-Path Algorithm: Focused on Entire Path Deletion Technique

이미영
(국민경제위원회, 서울연구원)

신성일
(국민경제위원회, 서울연구원)

K 경로탐색은 출발지에서 도착지까지 통행비용이 순차적으로 K개의 나열된 경로를 탐색한다. 전체경로삭제기법은 K번째 경로를 탐색하기 위해서 K-1번째의 경로를 삭제하는 네트워크 변형기법을 적용하는 방안으로 메모리는 증가하나 탐색속도 측면에서 효율성이 높다. 지금까지 K 경로탐색에 적용되는 Label은 노드와 링크였다. 노드표지(Node Label)은 2개의 노드를 동시에 탐색하는 기법을 적용하는 한편, 링크표지(Link Label)은 2개의 링크를 동시에 탐색하는 방안이 사용된다. 이들 두 알고리즘의 차이는 노드표지에 비해서 링크표지는 2 링크의 사이에 존재하는 회전점수를 반영하는 측면에서 네트워크의 변형이 요구되지 않는 장점이 존재한다. 이를 위해서 링크표지는 극한의 개념이 도입되어 중간노드를 탐색하는 과정에서 노드는 '도달' 개념이 아닌 '진행' 개념이 적용된다. 링크표지의 기법적인 확장은 교통망에서 합리적인 통행에 해당되는 U-Turn, P-Turn과 같은 노드재방문의 순환통행이 가능하도록 활용된다. 따라서 노드표지와 링크표지가 적용되는 전체경로삭제기법을 중심으로 하는 K 경로탐색은 이러한 표지의 활용에 장점이 정확하게 구현되는 것이 가능하다. 한편 지금까지 제안된 Node와 Link의 Label 방식을 보다 확대하는 차원의 연구가 Lee (2024)에 의해서 검토되었다. Lee(2024)는 Node, Link, Turn(1.5)Link, 2-Link, 2.5-Link Label의 확대가 가능할 것으로 예측하고 다음의 최소단위인 1.5 Link로서 Turn Label의 적용을 최적경로탐색에 수행하였다. 연구결과를 볼 때, 기존의 Label의 방식에 의한 장점을 포함하면서 보다 정교한 통행함수를 표현하는 것이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 Turn Label은 최근의 자율주행과 같은 보다 섬세한 교통망의 비용을 판단하고 예측하는 AI 적용에 적합한 것으로 평가되는 측면을 연구는 강조하였다.

본 연구는 Turn Labe을 K경로탐색에 적용하는 방안을 모색하는 것이 목표이다. 이를 위해 Turn을 기초탐색 단위로 하는 자료구조를 구축하고 네트워크의 확장이 진행되는 상황에 이를 접목하는 과정이 전체경로삭제에서 요구된다. 본 연구는 이러한 컴퓨팅 과정을 직접구현하고 대규모 네트워크에 적용하는 상황에서 나타나는 문제점 및 개선방안을 검토하고 평가한다.

Neural Network 기반 Monocular Depth Estimation을 활용한 택배 부피 측정에 관한 연구

A Study on Parcel Box Volume Measurement
using Neural Network-based Monocular Depth Estimation

김민재
(한국해양대학교, 박사과정)

이진세
(한국해양대학교, 석사과정)

서동환
(한국해양대학교, 교수)

최근 택배 서비스의 무인화가 진행됨에 따라 물류센터에서의 자동화를 넘어 무인 택배접수 시스템이 구축되고 있다. 무인 택배 접수 시스템 내에서 상자의 부피 측정은 요금 산정 및 공간 활용의 효율성 증대를 위한 중요한 수단으로 간주된다. 부피 측정을 위해서 대부분의 접근법은 ToF 센서와 카메라를 이용하여 상자의 가로, 세로, 높이를 측정한다. ToF 센서는 상자와의 절대거리를 측정하고 이를 이용하여 카메라는 가로와 세로 길이를 측정한다. 그러나 ToF 센서의 정확한 거리측정을 위해서는 초기값 설정이 필수적이고 광학 왜곡에 취약하다. 따라서 본 논문에서는 Neural Network 기반 Monocular Depth Estimation을 활용한 택배 부피측정에 관한 연구를 수행한다. Monocular Depth Estimaion은 스테레오 비전의 Disparity Map을 생성하는 접근법을 Neural Network로 대체하여 단안 카메라에서 측정된 이미지를 활용하여 Depth Map을 생성하는 기술이다.

사사: 이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00092,첨단 DNA 및 상호작용(Interactive) 기술을 활용한 택배 및 소포 접수 자동화 시스템 핵심기술개발)

드론 분광영상 정보를 이용한 수변지역 생태교란식물 분석

Analysis of ecologically disturbed plants in waterside areas using drone spectroscopic image information

김용석
(동아대학교 디자인환경대학
조경학과 교수)

윤창원
(동서대학교 소프트웨어융합대학
인공지능응용학과 교수)

한경림
(한국폴리텍대학
석유화학공정기술교육원
화학공정운전과 교수)

전국에 걸쳐 분포하고 있는 생태계교란식물은 생태 · 경제 · 보건적 측면에서 우리에게 직 · 간접적으로 많은 피해를 발생시키고 있다. 이들 식물은 번식력이 강하기 때문에 관리와 제거가 쉽지 않은 부분이 있으며, 이를 정량적으로 표현하기가 매우 어려운 현실이다. 본 연구에서는 실험지역을 중심으로 드론 초분광 센서 자료와 지상분광 스펙트럼을 취득하였다. 드론 초분광영상의 품질 정확도를 확보하기 위하여 GPS측량을 수행하였고, 약 17cm의 위치정확도를 확보하였다. 지상분광계를 이용하여 실험지역의 7종 식물에 대하여 분광 라이브러리를 구축하고, 드론 초분광 센서를 8월과 10월에 각각 취득하였다. 취득된 초분광 자료로 각 식물별 스펙트럼 자료를 계산하였고, 0.08~0.36의 분광각을 도출하였다. 대부분 0.5이하의 양호한 값을 얻을 수 있었으며, 실험지역에 많이 서식하는 단풍잎돼지풀과 가시상추를 추출하였다. 그 결과 10월이 8월보다 단풍잎돼지풀은 약 29.6%, 가시상추는 31.5%가 확산되는 것을 알 수 있었다. 향후, 보다 많은 자료를 기반으로 정밀한 분광각 표준 라이브러리를 구축하여 표준화된 지표를 산정한다면 생태계교란식물 탐지에 보다 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

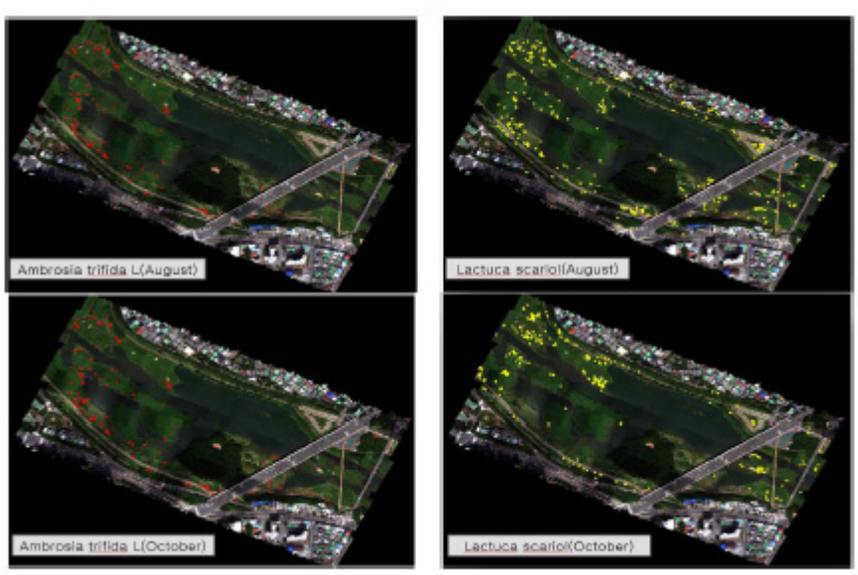


Fig. 1. Ambrosia trifida detection and analysis. Fig. 2. Lactuca scariol detection and analysis.

본 연구를 통하여 전국에 서식하고 있는 많은 생태계교란식물을 탐지하는 방법을 기존 인력조사에서 첨단 드론 초분광을 적용하는 방법을 제시하였다. 또한, 생태계교란식물 관리방안 수립 등에 있어 드론 초분광 센서를 이용한다면 넓은 지역을 신속하고 효율적으로 조사할 수 있으며, 관련 대책을 마련하는데 실용적인 방안으로 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

사사: 이 성과는 정부(중소벤처기업부)의 재원으로 수행된 연구임(과제번호 : RS-2023-00257195)

드론 이미지의 webGL구현방법 연구

Research on webGL implementation method of drone images

윤창원
(동서대학교 소프트웨어융합대학 인공지능응용학과 교수)

김용석
(동아대학교 디자인환경대학 조경학과 교수)

현재 드론을 이용한 시설물에 대한 다양한 안전점검 방법이 진행되고 있으며, 특히 webGL을 이용하는 경우 2D이미지의 렌더링 과정에 최적화가 필요하고 일부기능을 제한하여야 하는 문제가 있어서 이를 해결하기 위한 지속적인 기술개발과 연구가 필요한 실정이다. 본 연구는 오차행렬과 2차원 투영 과정을 통하여 정확도를 개선하는 webGL구현 방안에 대하여 수행하였다.

$$F_1 = \frac{2}{\frac{1}{Pre} + \frac{1}{Rec}} = 2\frac{Pre \times Rec}{Pre + Rec}$$

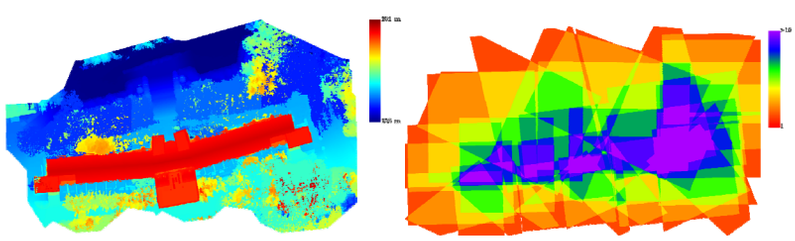
$$|\widetilde{e_x}| = \sqrt{\cos^2\varepsilon + (\sin\delta\sin\varepsilon)^2}$$

$$|\widetilde{e_y}| = \sqrt{\cos^2\delta}$$

$$|\widetilde{e_z}| = \sqrt{\sin^2\varepsilon + (\sin\delta\sin\varepsilon)^2}$$

<오차행렬 및 2차원 투영 과정 설계>

드론으로 취득한 데이터를 편집 프로그램을 이용하여 정사처리와 색상보정을 통해서 정상영상을 제작하고, 지도 및 영상을 토대로 수치표면모델(DSM)을 제작하였다.



<동서대학교 테스트대상 건물의 DSM 및 중첩렌더링 이미지>

동서대학교 테스트대상 건물 중 산학협력관의 webGL 제작이미지는 아래와 같으며, 이미지의 정합보는 평면 및 지형지리 보정정확도에서 개선된 수치를 나타내었다.

<동서대학교 테스트대상 건물의 webGL 이미지>

본 연구는 드론 2D이미지의 webGL구현 방안에 대하여 2023년 10월, 11월 부산시 사상구 동서대하교 교내 건물을 촬영한 이미지를 토대로 수행하였다. 오차행렬과 2차원 투영과정으로 분류정확도와 데이터의 alignment를 개선하였고, 본 연구의 결과를 토대로 향후 webGL의 제약사항을 극복하고 보다 개선된 품질을 얻는 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

※ 본 성과는 정부(중소벤처기업부)의 재원으로 수행된 연구입니다(과제번호 : RS-2023-00257195)

보행자 안전 강화를 위한 드론 기반 인파 측정 및 위험도 분석

Drone-Based Crowd Measurement and Risk Analysis for Enhanced Pedestrian Safety

윤소정
(전남대학교 도시방재안전협동과정, 석사과정)

이윤지
(전남대학교 토목공학과, 학사과정)

백성채
(전남대학교 건축토목공학과, 석박사통합과정)

박제진
(전남대학교 토목공학과, 부교수)

2022년 10월 이태원에서 대규모 인파로 인한 과밀집 압사사고 발생 이후, 지능형 CCTV의 도입이 재난안전 종합대책에서 중요한 역할을 하고 있다. 현장의 특수한 상황을 인식하기 어려운 기존 CCTV의 한계를 극복하기 위해 인공지능과 딥러닝 기술을 적용한 이상 현상 감지 및 예방 시스템이 개발되고 있는 추세이다. 그러나 이러한 기술의 실생활 적용 및 기존 시스템 효과의 개선에 있어서는 한계가 존재하기에, 본 연구에서는 공간적 제약이 없는 드론을 사용하여 인파 사고를 예방할 수 있는 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 고정형 CCTV의 적용범위를 확대하기 위해 드론을 활용하였다. 또한 학습된 인파를 고속으로 탐지하는데 적합한 단일 단계방식 알고리즘(1-Stage detector)의 한 유형인 YOLO(You Only Look Once)를 채택하였다. 이후 드론의 고도와 Payload(임무수행장치)의 각도에 변화를 주어 객체탐지에 가장 적합한 파라미터를 선정하기 위해 실제 촬영을 통한 실험을 진행하였다. 대상지역의 면적과 객체 탐지율을 고려하여 시나리오를 설정하였으며, 드론의 고도는 10m, 15m, 20m, 탑재된 Payload의 각도는 30°, 45°, 60°, 75°, 90°로 촬영하였다. 연구수행 결과, 가장 효율적인 드론의 파라미터는 고도 20m에서 카메라 각도 45°로, 해당 시나리오에서 밀집된 모든 인원이 탐지되었음을 확인할 수 있었다. 드론의 고도제한이 150m에 해당하나, 실제 실험환경에서는 객체인식 수준이 중요하기에 고도를 제한하였다. 또한 객체 인식률은 고도 10m, Payload 각도 45°일 때 가장 높게 측정되었다. 대상지 면적 계산을 위해 GSD(Ground Sample Distance)를 산출하였으며, 단위 면적당 객체 수를 도출해 냄으로써 촬영 대상지의 위험수준을 평가하였다.

<표 1> 사전 기획연구 결과

고도(m)	각도(°)	mAP				
		1명	3명	5명	7명	평균
10	30	0.93	0.77	0.78	0.69	0.69
	45	0.94	0.89	0.87	0.76	0.86
15	60	0.89	0.88	0.85	0.72	0.83
20	60	0.92	0.87	0.80	0.72	0.83

향후 본 연구결과를 바탕으로, 지방자지단체에서 주관하는 대규모 축제 및 고정형 CCTV 설치가 어려운 장소에서 드론 탐지기술의 활용이 가능할 것으로 예상된다. 이를 통해 인력 및 장비의 적재적소 배치와 효율적인 배분 등이 가능할 것이며, 과밀집 인파사고와 같은 신종 도시재난 예방에 큰 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 향후에는 고정형 CCTV 영상과 드론 탐지기술을 통합하여 다중 밀집지역에 대한 최적의 영상분석 기술에 대한 연구를 수행해 보고자 한다.

YOLO 및 SORT 기반 실시간 드론 객체추적 방법

Real-time Drone Object Tracking Method Based on YOLO and SORT

김기주
(한국교통대학교, 학사과정)

박만복*
(한국교통대학교, 공학박사)

최근 타 국의 무인기 침입, 무인기를 이용한 불법 촬영으로 인한 사생활 침해, 테러에 준하는 위협과 같은 무인기를 이용한 사건, 사고가 증가하고 있다. 이에 따라 대 무인기 무기에 대한 관심도가 올라감으로써, 대 무인기 무기에 대한 개발이 가속되고 있다. 대 무인기 무기 중 하나로, 맹금류의 새를 훈련시켜 무인기를 낚아채는 방식이 있었으나, 멀티콥터의 프로펠러에 맞아 새가 다치거나, 큰 기종의 무인기를 상대하기에는 무리가 있다는 점, 동물학대의 여지가 있는 점 등의 한계가 존재한다. 따라서 최근 드론을 잡는 드론인 Anti-Drone 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 이 Anti-Drone 시스템의 눈 역할을 하는 드론의 인식과 추적에 관한 방법에 대하여 연구하였다. Anti-Drone 시스템의 영공 상의 무인기를 실시간으로 인식하고, 대응하는 부분에 있어 처리속도와 정확성은 매우 중요한 요소이다. 본 논문에서는 객체검출에 있어 실시간성과 정확성이 뛰어나다고 알려진 YOLOv5를 기반으로 객체를 검출하였다. YOLOv5로 검출된 객체를 추적함에 있어 간단하고, 효과적이며, 처리속도가 탁월한 다중 대상 추적 알고리즘인 SORT를 사용하였다. YOLOv5 학습은 고정익과 회전익, 두 개의 클래스로 이루어진 약 1700장의 데이터를 학습 데이터셋 80%, 검증 데이터셋 20%의 비율로 나누어 학습과 검증을 진행하였다. 학습에 사용된 하드웨어 환경으로 CPU는 Intel의 I9-9940X(14코어)를, GPU는 NVIDIA TITAN RTX를, RAM은 64GB DDR4 RAM을 사용하였다. 소프트웨어 환경으로 Linux Ubuntu 18.04 LTS 기반으로 학습이 진행되었고, 개발환경은 Anaconda를, cuda는 10.2 버전을 사용하였다. SORT의 수행과정은 다음과 같다. 학습된 YOLOv5의 출력을 칼만필터의 입력으로 사용하여 이전 프레임의 객체를 이용해 다음 프레임의 객체의 위치를 예측한 후, IOU 유사도를 구해 추적되고 있는 객체와 그렇지 않은 객체를 분류한다. 또한, 추적되고 있는 객체는 칼만필터를 통해 객체를 추적하기 위한 측정치를 갱신한다.

YOLOv5 학습 결과 두 개의 클래스(fixed-wing / rotary-wing)에 대한 mAP-50은 0.96이 나왔다. YOLOv5와 SORT를 사용하여 드론 객체(fixed-wing, rotary-wing)를 추적한 결과는 <Fig. 1>과 같다. FPS는 154가 나와 실시간성 보장이 가능하며, 카메라가 고정되어 있고, 객체가 카메라에서 사라지지 않는 경우 두 개의 클래스에 대해 ID가 유지되며, 추적이 수행됨을 확인하였다.

<Fig. 1> Result of the SORT Left(fixed-wing) Right(rotary-wing)

사사: 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 '자율주행기술개발혁신사업'의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]. 또한, 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 RS-2021-KA160501).

다기능 AI 도로반사경 홍보 및 마케팅 전략

A Study on P4romotion and Marketing Strategies for Multi-functional AI road reflector

김현석
(한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 연구위원)

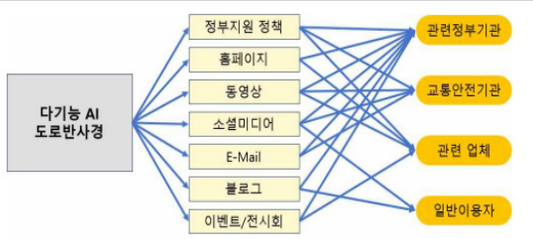
오주삼
(한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 연구위원)

(개요) 도로의 구조·시설기준 제38조(도로의 안전시설 등)에 의거하여 도로반사경 등 도로안전시설을 설치하도록 규정하고 있으며 도로반사경의 세부 설치 및 관리 지침은 "도로안전시설 설치 및 관리지침[시행 2022.6.16]을 기준으로 설치 운영되고 있음

(현황) 기존 도로반사경의 여러 문제점을 해결하여 이용자에게 교통안전 증진 효과를 제공할 필요가 있음. 따라서 기존 도로반사경에 다양한 IT 기술과 인공지능(AI) 기술이 접목되어 스마트 도로반사경, 디지털 도로반사경, 다기능 AI 도로반사경 등 다양한 명칭으로 발전해오고 있음. 본 논문에서는 이러한 다기능 AI 도로반사경의 확대 설치를 위한 홍보 및 마케팅 전략을 수립하고자 함

구 분	도로반사경(기존)	다기능 AI 도로반사경	비고
정보수집	거울기능을 이용한 반사기능	카메라 영상	
정보처리		객체검지	AI 기능 적용
정보제공		전자모니터	
시야	볼록렌즈	카메라 시야각	
운전자 정보인지	시각	시각/청각	

다기능 AI 도로반사경 특징



다기능 AI 도로반사경의 홍보매체 분석

(홍보전략) 교통관리에서 더 높은 안전성을 확보하고 운전자에게 효율적으로 교통상황 정보를 제공할 수 있도록 하기 위해서는 다양한 이해관계자에게 긍정적인 메시지를 전달하고 다기능 AI 도로반사경 채택을 촉진하기 위한 홍보 전략이 필요함

- 다기능 AI 도로반사경에 대한 홍보는 일반 시민들을 대상으로 하는 것이 아니기 때문에 전략 수립시 이해관계자별로 전략을 구분하여 세분화하는 것이 적절함
- 매체별 인식 추이를 살펴보면 스마트폰이 중요한 매개체로 자리잡고 있음을 알 수 있음. 따라서 다기능 AI 도로반사경에 대한 홍보물 또는 정보 전달을 위한 전략 수립시 스마트폰을 전달 매체로 활용하는 것이 효과적임
- 또한 요즘 중요한 매체로 자리잡고 있는 유튜브를 통해 다기능 AI 도로반사경에 대한 홍보 영상을 보여주는 방법으로 신제품이나 신기술을 홍보할 경우 효과 극대화를 꾀할 수 있음

(마케팅전략) 전체적으로는 제품의 다각화 및 부가 기능 확장을 통해 시장 규모를 확대하는 전략이 필요함

- 타 시스템과의 연계 및 통합 체계 구현으로 단일 시스템이 아닌 통합 관제시스템 구성이 가능한 제품 및 서비스를 출시함. 즉, 신규로 지주를 포함하여 설치하는 것보다 기존 지주에 다기능 AI 도로반사경을 추가로 설치하여 기존 시스템의 고급화 또는 고기능화에 초점을 두는 것이 시장 진입에 효과적임
- 보다 장기적으로는 표준화 및 인증기준 제정 등을 통해 안정화된 시장을 형성할 필요가 있으며 해당 제품에 대해서 최초로 생산 및 판매를 위한 표준 설정에도 유리할 것으로 보임. 향후 꾸준한 시장 점유율 확보를 통해 한국뿐만 아니라 세계적으로도 다기능 AI 도로반사경 분야에서는 본 제품을 표준화할 필요가 있음
- 해외진출 역량이 부족한 중소기업을 지원하기 위해 운용중인 대·중소기업 동반진출 지원사업을 적극 활용할 필요가 있는데 이는 해외 네트워크 및 인프라를 활용한 공동 마케팅 및 해외진출 지원이 가능한 사업으로, 2021년 기준으로 이미 190억원(1,320개사)의 지원 프로그램 운영 실적이 있음

사사: 본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 국토교통기술사업화지원사업인 [다기능 AI 반사경 연구 개발 2단계(2023.1.1~2024.3.31)](과제번호 RS-2021-KA160804)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

맨홀 부착형 IoT 센서 모듈 개발 연구

Research on development of manhole-attached IoT sensor module

박현석	조용성	하정아	김영진	김병곤
(한국건설기술연구원 수석연구원)	(한국건설기술연구원 전임연구원)	(한국건설기술연구원 수석연구원)	(한국건설기술연구원 수석연구원)	(한국건설기술연구원 연구위원)

지중매설물의 유지관리를 위해 해당 공사정보를 현장에서 확인하거나, 해당 구간 내 별도 공사를 위해 타 사업자 등이 기존 공사 정보를 확인할 때 기존 공사 정보의 시점이 되는 맨홀 위치 등을 특정하여 확인해야 하는데, 현장에서는 다양한 목적으로 설치된 타 맨홀 들이 혼재되어 있는 경우가 많다. 이에 공사 정보와 현장을 정확히 매칭하여 확인시키는 방법으로 본 연구는 공사 정보의 현장 매칭을 용이하고 하기 한 맨홀부착 RFID 태그를 개발하였다.

이를 위해 RFID 태그를 설계하였고, 맨홀 부착형 RFID 시스템에 활용할 센서는 다음 3가지 방식으로 최종 선정하였다. 첫째, 안티메탈(Anti-metal), 폴리카보네이트(Polycarbonate), 세라믹(Ceramic) Tag1로 안티메탈(Anti-metal) 속성으로 주변 금속에 의한 성능 저하를 최소화하도록 설계되었으며, 내장재는 폴리카보네이트(Polycarbonate), 외장재는 세라믹(Ceramic)으로 만들어져 외부 압력과 온도에 저항이 강하도록 설계·제작된 모듈이다. 두 번째, Anti-metal, PCB Tag2로 안티메탈(Anti-metal) 속성으로 주변 금속에 의한 성능 저하를 최소화하도록 설계되었으며, 가격 경쟁력을 고려하여 PCB기판에 회로를 인쇄하고 동일 소재의 PCB를 덮어 제작하여 다소 외부의 충격과 열에 약한 특성을 보인다. 세 번째, NFC 타입의 RFID Tag로 스마트폰의 NFC 리더 기능으로 리더기 역할을 수행할 수 있는 장점을 가진 방식이다.

설계한 맨홀 부착형 RFID 센서를 대구, 광주, 서울 공중선 지중화공사 시범구간의 맨홀에 시범 설치하였다. 센서 모듈은 맨홀 틀에 부착하였으며 부착한 개수는 총 36개이다. 태그 동작의 안정성 및 유지관리 적정성 측면에서 시범구축을 통해 적정 센서 선정 테스트를 진행한 결과, Tag 1이 아스콘 포장에 의해 발생하는 열(250℃)과 압력 저항성이 가장 우수하였고, 시간이 지남에 따라 수분 증발로 리딩 거리도 증가한 것으로 결과 되었다. 별도의 리더기 없이 스마트폰으로 인식 가능하여 사용성이 우수한 NFC 태그의 경우 열 및 압력 저항성이 가장 낮고, 인식거리를 근거리(3cm 이하)로 해야 사용이 가능해서, 현장 활용에 제한적인 것으로 분석되었다.

향후 연구로는 현장에서 되메움재로 사용되는 콘크리트의 구성물에 대한 유전 상수와 통신 성능에 대한 고찰을 통해 맨홀 부착형 마운트의 강도 및 형태 보완 연구가 필요하며, 전자기장이 약한 NFC의 원활한 동작을 위해 더블 코일을 적용하여 자기장을 증폭하는 방법을 탐색하고 적용 가능성을 확인하는 연구를 수행할 것이다.

사사: 본 논문은 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비 지원(주요사업)사업으로 수행되었습니다(과제번호 20240173-001, Smart QSE 기반 공중선 지중화 혁신기술 및 도로성능복원기술 개발)

스테레오 이미지 감지 기술 기반 생활도로 장애물 강건 탐지 기술 연구

Research on Robust Residential Street Obstacle Detection Technology based on Stereo Image Sensor

장봉주
(한국건설기술연구원, 수석연구원)

정인택*
(한국건설기술연구원, 수석연구원)

대도시의 발전과 함께 유입되는 인구 증가로 인해 도시 생활 환경 역시 날로 복잡해지고 있다. 특히 생활도로에서 가중되는 복잡성은 중대한 교통사고 유발인자로써 도시 생활 안전을 유지하는 데 큰 저해 요소로 작용하고 있다[1]. 여기서, 생활도로는 이면도로와 골목으로 불리며, 차도와 보도의 구분이 없는 좁은 도로를 말한다[2]. 불법 주정차 차량, 상가 입간판, 노상 적치물 등과 함께, 적절하지 않은 곳에 설치된 각종 도시 인프라 또한 앞서 언급한 여러 종류의 장애물들과 어우러져 위험 인자로 작용하는 경우도 적지 않다. 특히 최근 전기 자전거, 스쿠터, 전동휠 등 다양화된 개인형 및 공공 모빌리티의 폭발적인 증가는 골목을 비롯한 이면도로를 주로 통행 및 주정차하면서 도시 생활환경을 더욱 복잡하고 위험하게 만들고 있다. 국토교통부의 「2022년도 국가 보행교통 실태조사」에 따르면, 생활도로에서 보차혼용 도로의 교통사고(8.72건/km)가 보차분리 도로(5.68건/km) 보다 53.5% 많이 발생하는 것으로 나타났다[3].

이러한 이유로 본 논문에서는 도시 생활도로에서의 차량 및 보행자, 특히 어린이와 노약자들과 같은 교통약자들의 교통 안전을 위한 스테레오 영상 감지 기술 기반의 생활도로 장애물 탐지 기술을 제안하였다. 안전을 저해하는 생활도로 내 장애물들(불법 주정차 차량, 상가 입간판, 노상 적치물 등)에 대한 즉각적인 대응을 위해, 실시간 탐지 및 알림 서비스를 제공할 수 있는 엣지 플랫폼 단말에 탑재 가능한 실시간 깊이영상 처리 알고리즘을 개발하였으며, 이를 전기 자전거 등과 같은 기동성이 좋은 모빌리티에 장착하여 생활도로 상의 장애물을 탐지하고, 위치와 현장 상황을 관제센터에 실시간으로 알릴 수 있는 시스템을 구축하였다.

구축된 시스템을 이용하여 생활도로에서 현장 실험을 수행한 결과, 다양한 장애물들과 그 크기를 인식할 수 있음을 확인하였으며, 높이 3cm 정도의 도로 돌출부 및 하수구 요철 등을 잘 구분할 수 있음을 확인하였다. 향후 AI 적용 등을 통해 본 기술을 개선하여, 생활도로 뿐만 아니라, 다양한 도시환경에서 안전을 저해하는 위험 요소를 탐지할 수 있는 보행자 기반 교통 안전 기술로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

References

[1] 신상영, 서울시 생활도로 관리실태와 개선방안, 서울연구원 연구보고서, 2021.
[2] 나무위키, https://namu.wiki/w/이면도로.
[3] 국토교통부, 2022년도 국가 보행교통 실태조사, 2023.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비지원(주요사업)사업으로 수행되었습니다(과제번호 20240143-001, 미래 건설산업 견인 및 신시장 창출을 위한 스마트 건설기술 연구 (4/4)).

† Corresponding author: Intaek Jung, jungintaek@kict.re.kr

상태분류와 유효수명 예측 기반 경제적 유지보수 전략

Economic maintenance strategy using state classification and remaining useful life prediction

조해찬
(한국과학기술원 석박사 통합과정)

여화수
(한국과학기술원 교수)

기존의 스마트시티 인프라의 유지보수 전략은 주기적으로 정비를 수행하는 시간 기반 정비(Time-Based Maintenance)에 의존해왔다. 최근 스마트 팩토리 분야에서 유지보수 시에 센서에서 취득한 데이터를 바탕으로 장비의 유지보수를 결정하는 상태 기반 정비 (Condition-Based Maintenance)에 관한 연구가 시작되고 있다. 이에, 상태 기반 정비의 공개 데이터를 바탕으로 상태 기반 정비에 핵심으로 여겨지는 상태 분류 모델과 유효수명 예측 모델을 개발하고 이를 유지보수에 적용 시 얻게 되는 경제적인 효과성에 대해서 분석한다. 나아가 스마트시티 인프라에 상태 기반 정비를 적용하기 위한 방법론을 제안하여 차세대 스마트시티 인프라를 경제적으로 관리할 수 있도록 함.

상태 분류 모델의 경우 머신러닝 기반의 KNN (K-Nearest Neighbors), SVM (Support Vector Machine), RF (Random Forest) 모델과 딥러닝 기반의 FNN (Feedforward Neural Network)와 CNN (Convolutional Neural Network) 모델을 이용하였으며 시계열 분야에서 가장 많이 사용되는 UCR timeseries 데이터 내 Wafer에서 KNN, SVM, RF는 99.7%, 96.5%, 99.7%의 성능을 FNN과 CNN은 각각 92.6%, 87.7%의 성능을 보이는 것을 확인함. UCR timeseries 데이터 내에서 머신러닝 기반의 모델이 딥러닝 기반의 모델보다 높은 성능을 보이는 것은 데이터 수가 상대적으로 적기 때문으로 보인다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2023-00230485, NPU 기반 시계열 빅데이터의 인공지능 처리 통합 SW 패키지 개발)

도심 네트워크를 위한 동적 시뮬레이션 레벨 할당을 활용한 다중 레벨 교통 시뮬레이션

Multi-Level Traffic Simulation using Dynamic Simulation Level Assignment for Urban Network

김예은
(한국과학기술원
건설및환경공학과, 연수연구원)

전수제
(한국과학기술원
건설및환경공학과, 석사과정)

여화수
(한국과학기술원
건설및환경공학과, 교수)

교통 시뮬레이션은 일반적으로 마이크로스코픽, 메조스코픽, 매크로스코픽의 세 가지 레벨로 나뉘며, 시뮬레이션 레벨은 연구의 목적이나 연구 범위에 맞게 선택된다. 도심지의 경우에는 네트워크의 복잡성을 고려할 때, 마이크로스코픽 레벨이 가장 적절하다. 하지만, 마이크로스코픽을 대규모 도심 네트워크 전체에 적용하는 것은 계산 비용 측면에서 매우 비효율적이다. 이를 해결하기 위해 시뮬레이션의 계산 비용과 정확성 사이의 절충을 고려한 다중 레벨 교통 시뮬레이션을 활용한다. 다중 레벨 교통 시뮬레이션은 관심 지역을 마이크로스코픽 레벨로, 그 외 지역을 메조스코픽 또는 매크로스코픽 레벨로 시뮬레이션하여 관심 지역의 상세한 정보를 제공함과 동시에 계산 비용의 부담을 줄일 수 있다.

본 연구에서는 일정 시간 동안의 도로 상태에 따라 도로별 시뮬레이션 레벨을 결정하는 동적 레벨 할당 모듈을 다중 레벨 교통 시뮬레이션과 결합한다. 다중 레벨 교통 시뮬레이션은 서로 다른 두 레벨의 행동 모델을 가지기 때문에 레벨 전환 과정에서 오차를 줄이고, 교통 정체가 자연스럽게 전파되고 소실되는 것이 중요하다. 이를 고려하여 도심지에 적합한 동적 시뮬레이션 레벨 할당을 활용한 다중 레벨 교통 시뮬레이션을 개발한다.

다중 레벨 교통 시뮬레이션의 행동 모델은 시뮬레이션 레벨에 따라 다르며, 마이크로스코픽 레벨의 행동 모델은 asymmetric repulsive-force model(ARM)을 차량 추종 모델로 사용하고, 메조스코픽 레벨의 행동 모델은 urban cell transmission model(UCTM)을 사용한다. 두 모델 간의 인터페이스에서 오류가 필연적으로 발생하기 때문에 이러한 잠재적 오류를 줄이기 위해, 도로별 레벨은 매 사이클이 아닌 일정 주기를 간격으로 전환된다. 각 도로는 Uniform Link라는 데이터 구조를 가지며, Uniform Link는 Micro Link와 Meso Link라는 각 도로의 마이크로스코픽, 메조스코픽 레벨을 표현하는 데이터 구조를 동시에 포함한다. 각 시뮬레이션 레벨은 레벨별로 개별적인 데이터 구조인 Micro Link와 Meso Link에 의해 시뮬레이션되며, 데이터 구조 간의 시공간적 전환을 위한 인터페이스를 설계하여 두 레벨 간의 정확한 데이터 전달과 매끄러운 레벨 전환이 가능하게 한다. 시뮬레이션 레벨의 시간적 전환은 특정 시점을 기준으로 도로의 시뮬레이션 레벨이 전환됨을 의미하고, 공간적 전환은 서로 다른 시뮬레이션 레벨을 가진 인접한 두 도로 사이의 데이터 전환을 의미한다.

제안한 동적 레벨 할당의 중요성을 검증하기 위해 개발한 다중 레벨 교통 시뮬레이션을 통해 3X3 형태의 가상의 네트워크에서 총 30분동안 실험을 진행하였다. 검증은 (1) 마이크로 케이스: 전체 네트워크를 마이크로스코픽 레벨로 시뮬레이션한 경우, (2) 메조 케이스: 전체를 메조스코픽 레벨로 시뮬레이션한 경우, (3) 고정 케이스: 관심 지역만 마이크로스코픽 레벨, 그 외 지역을 메조스코픽 레벨로 시뮬레이션한 경우, 그리고 (4) 동적 케이스: 동적 레벨 할당으로 결정된 시뮬레이션 레벨로 시뮬레이션한 경우까지 총 4가지 시뮬레이션의 연산 속도와 정확도 비교를 통해 진행된다. 정확도는 전체 네트워크를 마이크로 케이스를 참값으로 가정하여 나머지 케이스와의 RMSE를 계산하여 비교하였다. 분석 결과, 동적 케이스의 연산 속도는 마이크로 케이스에 비해서 평균적으로 약 4~5배 빠르고, 고정 케이스와는 비슷한 수준의 연산 속도를 보였다. 또한, 마이크로 케이스를 기준으로 구한 RMSE는 고정 케이스에 비해서 더 낮은 값을 보였다. 이를 통해 고정 케이스와 비교하여 동적 케이스가 더 높은 시뮬레이션 효율을 가짐을 알 수 있다.

결론적으로 동적 레벨 할당을 활용하면 관심 지역 내에서도 특별한 변화가 없거나, 교통량이 적은 지역의 경우에는 해당 지역을 메조스코픽 레벨로 시뮬레이션할 수 있다. 따라서 다른 시뮬레이션 연산 비용은 낮추면서, 기존의 다중 레벨 교통 시뮬레이션보다 더 다양한 시나리오에서도 높은 정확성을 유지할 수 있다.

사사: 본 연구는 국토교통부 자율주행기술개발혁신사업의 연구비 지원(RS-2021-KA160548, 교통약자(장애인, 노약자, 교통소외지역 등) 이동지원 모빌리티 서비스 기술개발) 에 의해 수행되었습니다.

MaaS 플랫폼 이용 의사에 미치는 영향 요인 분석: 대구광역시를 대상으로

An effect analysis of the factors affecting the willingness to use a MaaS platform:
A case of Daegu city in South Korea

강승원
(계명대학교 도시계획및교통공학과, 석사과정)

권오훈
(계명대학교 교통공학전공, 부교수)

도우석
(계명대학교 교통공학전공, 조교수)

MaaS (Mobility as a Service)는 다양한 교통수단의 이용 가능 여부를 확인하고 예약 및 결제를 하나의 플랫폼에서 할 수 있는 통합 모빌리티 서비스를 의미한다. MaaS의 도입은 대중교통 이용자의 이동성과 편의성 향상을 기여하며, 궁극적으로 대중교통의 활성화를 목표로 한다. MaaS를 체계적으로 도입하고 활성화하기 위해서는 MaaS 사용자의 서비스 이용 의사에 미치는 영향 요인을 분석하는 것이 중요하다.

MaaS 잠재 이용자에 대한 이용의사를 분석하기 위해 정재훈, 권오훈(2023)은 구조방정식(Structural Equation Modeling)을 활용하여 MaaS 서비스 만족도에 영향을 미치는 요인을 분석하고 만족도를 증진할 수 있는 개선 방안을 도출했다. 서지민(2020)은 송도국제도시를 대상으로 순서형 로지스틱 모형을 활용하여 대중교통 이용과 MaaS 이용 간 관계를 분석하였다. 김원철(2015)은 구조방정식 모형을 활용하여 시외버스 서비스 만족도에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. I H V Gue(2021)는 필리핀 바기오 시의 공공용 차량과 개인 차량 간의 통근 선호도를 나타내는 의사결정 나무 모형을 개발하여 교통수단 선택 방안을 도출하였다. 기존 연구에서는 의사결정 나무, 구조방정식, 로지스틱 모형 등을 활용하여 MaaS 사용자에 대한 이용 의사를 분석했다. 또한 MaaS 이용 의사에 영향을 미치는 요인을 도출하고 MaaS 도입에 필요한 주요 요인을 분석하여 개선 방안을 도출했다.

그러나 기존 연구는 MaaS 이용 의사에 대한 분석과 서비스 만족도에 영향을 미치는 요인 분석에 초점을 맞추었으나, MaaS 잠재 이용자의 주 수단별 분류를 통한 이용의사 분석은 제한적이다. 또한, 대부분의 연구는 개별적인 교통수단에 대한 만족도와 이용 의사에 집중하였으며, MaaS 전체 플랫폼에 대한 통합적인 접근은 부족한 실정이다. 본 연구는 대구광역시의 MaaS 플랫폼 이용 의사에 영향을 미치는 요인을 세부적으로 분석하고, 이를 통해 MaaS 플랫폼의 이용률을 높이는 전략을 도출했다는 점에서 차별성이 있다.

본 연구는 MaaS 이용 의사에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 대구광역시의 전 연령을 대상으로 설문조사를 실시하고 설문조사 데이터를 설문자의 주 수단별로 의사결정 나무 및 랜덤 포레스트 모형에 적용하여 MaaS의 이용 의사에 영향을 미치는 핵심변수와 각 변수에 대한 직관적 해석을 제공한다. 설문조사는 2023년 11월 23일부터 동년 12월 22일까지 약 한 달간 수행하여 총 728부(오프라인 410부, 온라인 318부 & 남성 287부, 여성 441부)의 샘플을 수집했다.

설문조사에서 수집한 샘플은 의사결정 나무 및 랜덤 포레스트 모형에 적용하여 MaaS 이용 의사에 미치는 영향을 분석했다. 의사결정 나무는 모형의 특성상 시각화가 용이하여 해석이 직관적이고 특성별 중요도의 비교가 가능하다. 모형의 종속변수는 주 통행수단별 MaaS 이용의사로 설정하고 독립변수는 개인특성(성별 및 연령대), 직장(직업 및 근무시간), 대중교통 이용(월 평균 대중교통 비용, 대중교통 이용 시 불편사항, 환승 횟수), 통행관련 요인(주 통행 목적, 주 통행 수단, 수단별 일 통행시간·비용), MaaS 도입관련 요인(MaaS 도입 시 희망 서비스)로 설정했다.

수단별 MaaS 이용 의사 설문조사 결과 자가용 이용자 총 375명 중 50.1%가 MaaS 이용 의사가 있는 것으로 나타났다. 자가용 이용자의 MaaS 이용 여부는 대중교통 이용으로의 수단 전환을 의미하여 대중교통 수단 분담율의 증가로 기대할 수 있다. 설문 데이터를 의사결정 나무 모형으로 분석한 결과, 전체 설문자를 고려했을 때 월 평균 대중교통 비용, 나이, 환승 횟수가 MaaS 이용 여부에 영향을 미치는 주요 요인으로 나타났다. 주 수단이 자가용인 설문자는 나이, 월 평균 대중교통 비용, 환승 횟수가 한 요인으로 나타났다. 주 교통 수단이 대중교통인 경우, 통행 목적이 주요 요인으로 나타났다. 랜덤 포레스트 모형을 활용한 분석 결과, 전체 설문자와 주 교통 수단이 자가용일 때는 월 평균 대중교통 비용, 연령대, 대중교통 불편 사항이 MaaS 이용 여부에 영향을 미치는 주요 요인이다. 반면, 주 교통 수단이 대중교통일 때는 월 평균 대중교통 비용, 대중교통의 불편 사항, MaaS를 운영할 때 원하는 서비스가 주요 요인으로 나타났다.

본 연구의 결과를 통해 월 평균 대중교통 비용, 이용자 나이, 환승 횟수, 주 통행 목적, 대중교통의 불편 사항, MaaS 운영 시 희망 서비스가 MaaS 이용 의사에 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

사사: 이 논문은 대구형 MaaS 플랫폼 도입 타당성 및 기본구상 수립 용역 과제의 지원을 받아 수행된 연구임.

서울특별시 교통환승체계의 지하철 이용 영향분석에 관한 연구
- 지하철 2호선 역세권을 중심으로 -

Analysis of the Impact of Transfer Systems on Subway Usage on Seoul's Line 2 Station Influence Area

백성채
(전남대학교 건축토목공학과, 석박사통합과정)

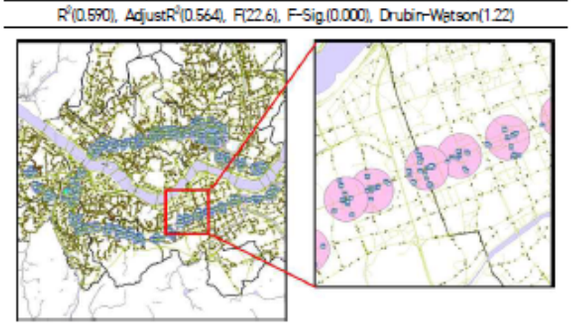
윤소정
(전남대학교 도시방재안전협동과정, 석사과정)

박제진
(전남대학교 토목공학과, 부교수)

도시의 외연적 확장이 자동차 중심의 도시구조를 조성하면서 교통문제 및 환경오염과 같은 사회적 비용을 증가시켰다. 이에 따라 대중교통 중심의 개발 모델인 TOD(Transit Oriented Development)가 주목받고 있는 실정이다. 본 연구에서는 TOD의 원칙을 바탕으로 서울특별시 지하철 2호선을 중심으로 한 대중교통 이용패턴과 환승체계가 지하철 이용에 미치는 영향을 분석하였다. 특히, 지하철 역사 500m 이내를 역세권으로 정의하고, 2022년 데이터를 사용하여 다중회귀분석 및 요인분석을 실시하였다. 분석 결과, 버스 일평균 승하차인원은 지하철 이용에 정(+)의 영향을 미쳤으며, 자전거 거치대수는 부(-)의 영향을 주었다. 또한, 환승시설과 관련된 여러 변수들 중 버스노선수, 택시정류장수, 버스정류장 거리, 평균역간 거리, 환승여부, 심도 등이 정(+)의 영향을 주었으나, 버스정류장수와 최소역간 거리는 통계적으로 유의하지 않았다. 변수에 대한 요인분석 결과 1) 택시 및 자전거, 2) 버스정류장 및 지하철 거리, 3) 버스 및 환승과 보행 관련 변수로 3개의 군집이 형성되었다. 분류된 군집들에 대한 다중회귀분석 결과, 시설 내부 환승 및 버스 관련 변수가 지하철 이용에 정(+)의 영향을 주는 것으로 나타났으며, 특히 주말 및 평일 일평균 승하차인원에 더욱 유의미한 영향을 미쳤다. 반면, 군집2(거리관련)는 주말 승하차인원에는 정(+)의 영향을 주었으나, 평일에는 그 영향이 유의미하지 않았다. 본 연구에서 수행한 환승 체계와 관련된 변수들이 지하철 이용에 미치는 영향을 확인할 수 있었고, 이를 통해 대중교통 노선 설치의 효율성 및 접근성 개선을 위한 정책 수립에 도움이 될 것으로 판단된다.

<Table 1> Multiple Linear Regression Results for Average Daily Boarding on Seoul Line 2 (After Backward Elimination)

Explanatory Variables	Unstandardized Coefficients		t-Vaule	P-Value
	B	Std. Error		
Intercept	47254.02	10406.92	4.54	P<0.001
Stop_bus	-1201.60	510.10	-2.36	P<0.01
Passenger_bus	1.84	0.23	8.03	P<0.001
Rack_bike	-252.08	96.98	-2.63	P<0.01
R^2(0.590), AdjustR^2(0.564), F(22.6), F-Sig.(0.000), Drubin-Wetson(1.22)				



<Figure 1> Bus Stop Counts within Seoul line 2 Station Influence Area

주소DB 기반 필기체 송장 내 주소 검색 및 보정 알고리즘에 관한 연구

A Study on Address Search and Correction Algorithm within Handwritten Invoice using Address Database

서홍일
(한국해양대학교, 박사과정)

한윤상
(한국해양대학교, 석사과정)

서동환
(한국해양대학교, 교수)

Visual Document Understanding(VDU)는 문서 내 텍스트 영역을 검출하고 디지털화하는 기술로 전통적인 Optical Character Recognition(OCR)에 비해 이미지 내 세부 라벨링 작업을 최소화할 수 있어 세부 전처리 과정을 필요로 하지 않으므로 최근 각광받고 있다. VDU 모델은 이미지 내 Feature를 추출하는 Encoder와 음절을 분류하는 Decoder로 구성되어 텍스트값과 클래스를 출력하고 목적에 맞게 추가적으로 학습되어 사용된다. 그러나 VDU 모델은 단어 단위의 교정은 가능하지만 음절 단위로 분류하여 출력되므로 단어 내 음절교정은 가능하지만 문맥상 교정은 어렵다. 특히, 주소, 전화번호, 이름으로 구성된 필기체 송장은 고유명사로 이루어져 있고 음절 오인률 이 매우 높으므로 주소 DB를 반영하지 않는다면 단어 및 문맥을 활용한 교정이 어렵다. 송장 내 전화번호와 이름은 각 음절별 분포가 완전히 무작위적이므로 교정 정확도가 낮은 수준이지만 주소는 구성의 규칙성을 가지므로 번지수를 제외하면 세부 주소의 일부만 명확하다면 교정이 가능하다. 따라서 본 논문에서는 행정안전부의 건물 DB 기반 필기체 송장인식을 위한 VDU 모델의 출력주소 보정 알고리즘에 관한 연구를 수행하였다. 건물 DB 내 도로명주소, 행정동주소, 법정동 주소에 대한 분류체계에 관한 분석을 통해 세부주소에 따른 전체주소 검색, 단어 유사도 추출 기반 오타 보정을 통해 필기체 송장 내 주소를 보정한다.

사사:이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00092,첨단 DNA 및 상호작용(Interactive) 기술을 활용한 택배 및 소포 접수 자동화 시스템 핵심기술개발)

지상파 DMB 망을 통한 GNSS 정밀위치 보정정보 서비스의 구현

Implementation of High Precision GNSS position correction information service through terrestrial DMB network

서영우
(KBS 미디어기술연구소)

이용준
(현대모비스)

GPS와 같은 위치정보를 제공하는 위성 신호는 상공에서 지표면의 수신기까지의 전송과정에서 전리층, 대기권 굴절 등 다양한 요인들과 수신 환경 인근의 지형 및 건물에 의한 전파의 반사 등에 의해 측위 오차가 발생하게 된다. 이러한 오차를 보정하기 위해 다양한 형태의 위치정보 보정기술 및 서비스들이 상용화되고 있다. 특히, 고정밀(High Precision : HP) GNSS 보정정보 서비스 기술은 GPS, 갈릴레오 등과 같은 글로벌 위치정보 위성에 대해서 다양한 형태의 기준국(Base Station)을 통해 RTK(Real-Time Kinematic)기술 등을 활용하여 cm 급의 위치 보정정보 정확도를 구현하는 기술로서 방송과 통신망을 통한 다양한 형태의 데이터 서비스가 가능하다. 지상파 방송망을 통한 위치 보정정보의 전송은 무선 이동통신 방식에 비해, 고출력 고위도 송신에 의한 넓은 전파 커버리지를 통해 전국을 동시에 커버하는 실시간 데이터 네트워크를 경제적으로 구축할 수 있으며, 데이터 전송과정의 프로세싱 시간이 거의 없어 여러 단말기에서 동시에 실시간 보정 데이터를 수신할 수 있다.

지상파 방송 네트워크 중 DMB 방송은 이동중인 사용자에게 멀티미디어 및 데이터 서비스를 200MHz VHF 대역을 통해서 제공하는 서비스로서 모바일 단말에 HP GNSS 보정정보를 제공하는데 있어 최적의 조건을 가지고 있다. 국내 지상파 DMB 방송은 Eureka-147을 기반으로 MPEG-4 AVC, MPEG-4 BSAC 및 MPEG-2, MPEG-4, HEVC 코덱등을 사용하여 미디어 서비스를 제공하면서 Eureka-147에서 규정하고 있는 MOT(Multimedia Object Transfer), TDC(Transparent Data Channel) 및 IP 터널링(tunneling) 등의 다양한 데이터 전송 프로토콜을 통해 데이터 서비스가 가능하다. 지상파 VHF 대역은 GHz대역의 통신 서비스에 비해 커버리지의 크기가 수십 km 이상으로 넓으며 송신타워의 위치에 따라 상공 500m 이상도 수신이 가능하므로 해상, 항공까지 아우르는 HP GNSS 보정정보 데이터망을 구축할 수 있다.

본 논문에서는 지상파 DMB 방송 시스템을 통해 GNSS 보정정보를 효율적으로 전송하기 위한 다양한 전송프로토콜을 제안한다. 이를 위해 데이터 전송 방식에 있어서 파일 전송, 패킷 전송 프로토콜의 개념을 설명하고 또한 선택적으로 오디오 및 비디오 등 타 미디어와 동기화를 위해 제공되는 트리거 프로토콜의 개념을 도입한다. 파일 전송 프로토콜은 반복 전송을 통해 단방향인 방송망을 통해 일단의 파일을 전송하는 프로토콜로서 MOT 프로토콜로 정의된다. 패킷 전송 프로토콜은 가변 혹은 고정 길이의 데이터 단위인 패킷을 연속적으로 전송하는 프로토콜이며, 교통정보, 측위보정정보 등 실시간으로 변화하는 데이터의 전송을 위해 사용되며 TDC로 정의된다. 그리고 트리거 프로토콜을 통해서 특정 시간 기준에 맞춰 수신기가 특정 동작을 할 수 있도록 제어가 가능하다. 그리고 IP 터널링을 통해서 UDP, TCP, HTTP 등의 프로토콜로 데이터를 전송할 수 있다. 이 과정에서 측위 보정정보의 인코딩 요소 그리고 이를 RF 방송망을 통해 전송하기 위한 변조와 복조 등의 기술 등이 고려될 수 있다.

본 논문에서 제안하는 다양한 형태의 프로토콜을 통해 안정적인 HP GNSS 보정정보를 전송할 수 있으며 클라우드 및 통신망 서비스와의 연계를 통해 난시청 지역에서도 수신이 가능한 효율적인 서비스 구축이 가능하다. 이러한 지상파 DMB HP GNSS 서비스는 높은 고도에서 운용되는 드론이나 근교 바다를 항해하는 배들과 같이 일반 통신망의 연결이 어려운 상황에서도 데이터를 제공할 수 있어 향후 모빌리티 서비스 공간의 확대를 위해 중요한 역할을 하게 될 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00141819)

자율주행 인공지능 학습용 데이터셋 구축을 위한 동적객체 자동 어노테이션 프로세스 연구

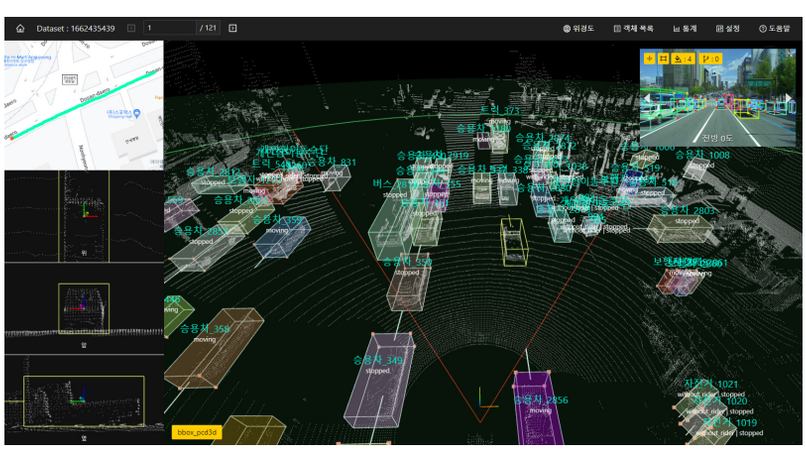
A Study on Automatic Annotation Process for Dynamic Objects in the Construction of Autonomous Driving AI Training Datasets

최윤조
(주식회사 카카오모빌리티)

홍승환
(주식회사 카카오모빌리티)

자율주행에서 인지, 판단, 제어 등 핵심기술을 개발하는데 있어서 양질의 학습데이터 구축은 매우 중요하다. 학습데이터의 품질은 개발 기술의 성능에 직접적인 영향을 미치며, 이는 자율주행의 안정성 확보와도 직결된다. 본 연구에서는 효율적으로 고품질의 자율주행 인공지능 학습데이터셋을 구축하기 위한 자율주행 AI 학습데이터 어노테이션 자동화 프로그램을 개발하였다.

자율주행 인공지능 학습용 데이터 어노테이션 프로그램은 아래 그림과 같으며, 카메라, 라이다 등 다종센서 기반의 3차원 바운딩 박스 생성이 가능하다. 프리셋 파일을 통해 요구되는 클래스 및 속성정보를 정의하고, 이를 기반으로 학습데이터셋을 구축할 수 있다. 또한 수집시스템의 이동경로를 시각화하여 지도를 기준으로 수집 차량의 위치 및 자세 정보를 확인할 수 있다. 데이터 어노테이션 작업을 효율적으로 지원하기 위해 동적객체 맞춤 자동화 어노테이션 알고리즘, 동적객체 인지 및 추적 자동화 알고리즘 등 어노테이션 자동화를 위한 기능을 개발하였으며, 어노테이션 프로그램에 자동화 기능을 탑재하여 어노테이션 작업 성능 향상에 기여하였다.



<그림> 자율주행 인공지능 학습용 데이터 어노테이션 프로그램

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-01176, 클라우드 기반 융합형 자율주행 지능학습 데이터 생성/제공을 위한 데이터 수집·가공 핵심기술 개발)

다종센서 기반 자율주행 인공지능 학습데이터셋 구축

A Study on the Construction of a Multisensor-Based Autonomous Driving AI Training Dataset

최윤조
(주식회사 카카오모빌리티)

홍승환
(주식회사 카카오모빌리티)

자율주행에서 주변환경에 대한 정확한 인식과 이에 기반한 정확한 판단 및 제어는 매우 중요하다. 인공지능 기반의 인지 및 판단 기술은 자율주행에서 핵심적인 기술로 자리매김하고 있으며, 인공지능 기술 개발에 있어서 모델을 학습하기 위한 실제 주행환경을 반영할 수 있는 양질의 충분한 양의 학습데이터가 매우 중요한 역할을 하고 있다.

본 연구에서는 자율주행 인공지능 학습데이터를 수집하기 위한 차량 플랫폼을 개발하였으며, 전방위 카메라 6대, 128채널의 전방위 라이다 1대, 서라운드 레이더 5대를 탑재하였다. 학습데이터를 수집하기 위해 자율주행자동차 시범운행지구와 국토지리정보원에서 정밀도로지도가 구축된 고속국도를 중심으로 학습데이터를 수집하였으며, 다양한 환경조건을 고려하여 데이터 수집을 진행하였다.

또한 자율주행 기술 연구에서 활발하게 사용되고 있는 nuScenes, KITTI 등 다양한 자율주행 오픈소스 데이터셋과 호환이 가능한 데이터셋 스키마를 정의하였으며, 메타데이터에는 데이터셋 로그 정보, 수집 센서 정보, 데이터 기준 프레임 정보, 수집 데이터 상세정보, 수집시스템 위치 및 자세 정보, 인스턴스 정보, 개별 라벨링 정보, 프리셋 등이 포함된다. 이러한 데이터셋 스키마를 기반으로 차량 및 엣지-인프라 시스템 수집 데이터셋에 대해 자율주행 인공지능 학습용 데이터셋을 구축하였으며, 공공데이터포털과 ETRI 나눔에 공개하였다.

<그림> 학습데이터셋 예시 (좌: 차량 수집 데이터, 우: 엣지-인프라 수집 데이터)

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-01176, 클라우드 기반 융합형 자율주행 지능학습 데이터 생성/제공을 위한 데이터 수집·가공 핵심기술 개발)

고속도로 ADAS 사용 실태 및 시사점

User Experience and Implications of Advanced Driver Assistance System on Expressway

김수희
(한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원)

한동희
(한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원)

현재 고속도로에서는 자율주행 레벨2 수준의 ADAS사용 차량이 운행되고 있으며 레벨3 자율주행차 상용화와 함께 더욱 확대될 것으로 전망하고 있다.

2027년 완전자율주행차(레벨4) 상용화가 된다고 하더라도 레벨4 완전자율주행차의 운행은 많지 않을 것으로 예상되며 레벨 2, 레벨3 자율주행 수준의 ADAS 차량은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

자율주행 레벨2 수준의 ADAS 기능은 앞차와 간격 유지, 차로유지 기능에 해당되며 운전편리성, 운전피로 경감 등 장점도 있지만 도로주행환경에 따른 기능해제 가능성, ADAS 기능 해제 발생 시 즉각적 대응 미흡, ADAS 기능의 올바르지 또는 안전하지 않은 과도한 사용 등으로 인한 잠재적 위험성을 갖고 있다는 단점도 있다. 따라서, 고속도로 ADAS 사용 차량의 지속적 모니터링이 필요할 것으로 판단되며, ADAS 차량의 운행에 대비한 고속도로 대응이 필요할 것으로 판단된다.

이에 본 고에서는 현재 고속도로상 설문조사를 통하여 ADAS 사용자 경험, 필요사항 등의 고속도로 ADAS사용 실태를 분석하고 시사점을 제시하였다.

특히, ADAS차량 운행 시 교통안전성을 최대한 확보하고 운전편리성, 피로경감성을 더욱 높일 수 있도록 ADAS 사용실태 및 특성을 고려한 차별화된 대응이 필요하다.

이러한 선제적 대응을 통하여 새로운 차원의 고속도로 서비스로의 전환, 고속도로 이용자 서비스의 질적 제고를 도모할 수 있을 것으로 판단된다.

자율주행 인프라 기반 보행자 경로 예측 시스템 개발을 위한 보행자 인식 알고리즘 개발 연구

Research on the development of a pedestrian recognition algorithm to develop a pedestrian path prediction system based on autonomous driving infrastructure

김명현
(한국과학기술원 연구원)

김인희
(한국과학기술원 부교수)

완전한 자율주행 차량 도입은 차량 관점에서의 주행 알고리즘 개발 뿐만 아니라, 도로 정보와 상호작용할 수 있는 인프라 개선이 필수적이다. 이는 자율주행 차량의 안정성과 효율성을 향상시키기 위해 차량간 정보 소통 뿐만 아니라 보행자, 장애물과 같은 주행환경 정보를 수집하여 단일 차량 시점에서 인지할 수 없는 정보를 보완한다. 최근 상용화되어 실제 운행중인 자율차는 인프라 통신기반이 아닌 자율차 관점에서의 인식 알고리즘을 통한 주행 서비스를 제공중에 있으나, 인식 오류와 미인지로 인한 안정성 문제가 여전히 존재하며, 이는 도로이용자의 생명과 직결된 중대한 문제이다.

이 연구에서는 자율주행 차량 테스트베드에 구축된 인프라를 통해 자율주행 차량이 인식하지 못하는 물체의 접근, 위치 등을 설치된 카메라, 라이다 및 레이더와 같은 센서를 활용하여 차량 주변의 물체를 인식하고 정보를 전달하는 시스템을 개발했다. 특히 인프라 관점에서의 보행자 감지 알고리즘 개선을 통해 기초 경로를 파악하여, 추후 보행자 경로 예측 알고리즘 개발을 위한 기초 데이터셋으로 활용이 가능하도록 모델 성능을 개선하였다.

자율주행 차량의 안전하고 효율적인 운행을 위해서는 보행자의 경로를 정확히 예측하는 것이 필수적이다. 보행자 경로 예측 기술은 차량이 보행자와의 충돌을 피하고, 사고 발생 가능성을 최소화함으로써 보행자의 안전을 증진할 수 있다. 또한, 이 기술은 차량이 도로 상황을 실시간으로 파악하고, 보행자의 움직임에 따라 경로를 조정함으로써 교통 흐름을 개선하고 운행 효율을 높이는 데 기여할 수 있다. 따라서 보행자 경로 예측은 자율주행 차량의 핵심 기능 중 하나로, 차량의 성능과 안전성을 결정짓는 중요한 요소이다.

보행자의 경로 추적은 보행자를 인식하는 과정이 선행되어야 한다. 기존 연구에서는 실시간성 측면과 성능적인 측면을 모두 고려했을 때 YOLO(You Only Look Once) 모델이 주로 활용되었으나, 차량 내에 설치된 카메라를 기반으로 보행자를 인식함으로, CCTV 인프라와 같이 광범위한 scene을 대상으로 보행자를 감지하는 것에 한계가 존재한다. 본 연구에서는 YOLO, SSD(Single Shot Multibox Detector)를 통해 사용했을 때 보행자가 검출되지 못하거나, 검출되어도 confidence score가 낮은 문제점이 존재하다는 것을 파악했다. 이에 반해 Faster R-CNN (ResNet50, ResNet101 기반)은 작은 물체에 대한 성능 차이를 보이며, 본 연구에서는 이를 가장 우수한 모델로 선정했다. 이는 보행자 검출을 통해 데이터셋을 제작하고, 보행자 경로 예측을 위한 데이터셋으로 활용될 수 있습니다.

본 연구를 통해 차량이 독립적으로 인지하지 못하는 주변 환경 정보를 보완하며, 자율주행 차량의 주행 알고리즘에 필수적인 데이터를 제공한다. 인프라 관점에서의 보행자 감지 알고리즘의 성능을 개선한다. 35.3% 더 높은 confidence score 출력하며 더욱 신뢰할 수 있는 결과를 제공하고, 보행자의 경로 예측 알고리즘개발의 기반을 마련한다. 자율주행 차량이 보행자와의 충돌을 피하고, 사고 발생 가능성을 최소화하여 보행자의 안전을 증진시킨다. 자율 주행 차량의 안전하고 효율적인 운행을 위한 기술적 기반을 제공하며, 차량과 인프라 간의 상호작용을 통해 자율주행 시스템의 전반적인 성능을 향상시키는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대한다.

자율주행차 사고 요인 선정: 자율주행차 실사고 사례분석을 기반으로

Selection of Accident Factors for Autonomous Vehicle:
Based on Case Analysis of Actual Accident of Autonomous Vehicle

천정환	강유리	김원기	배문수	김천호	강유정
(도로교통공단, 지소장)	(도로교통공단, 연구원)	(도로교통공단, 사고조사연구원)	(도로교통공단, 센터장)	((유)삼송, 팀장)	(도로교통공단, 연구원)

교통사고의 요인(Factor)은 사고를 발생시키는 직접적인 연관성은 없지만 사고에 영향을 줄 수 있는 잠재적인 가능성을 의미하며 원인(Cause)은 사고에 직접적인 영향을 주어 차량/인적 등에 피해를 발생시키는 결과를 초래한다(교통사고공학연구소, 2013). 단독요인으로 사고가 발생할 수도 있지만 대체로 다양한 요인이 복합적으로 작용해 사고가 발생하는 경우가 다수 있으며 사전에 위험요인을 인지함으로써 운전자들의 안전 운전을 유도하여 사고를 예방할 수 있다. 자율주행기술이 점진적으로 개발되고 있는 상황에서 DMV, NHTSA 등에 제출된 실사고 보고서를 기반으로 자율주행차 사고요인에 대해 도출함으로써 선제적으로 자율주행차의 사고위험요인을 파악하고자 한다.

미국 캘리포니아 자동차 차량 관리국(DMV)에서는 자율주행차 시범운행을 허가하며 자율주행차 사고로 인해 재산피해, 신체 상해가 발생할 경우 10일 이내 교통사고 보고서를 의무 제출하도록 규정하고 있다. 이에 2019년~2024년 3월까지 제출된 캘리포니아 DMV 실사고 데이터 554개를 기반으로 분석을 진행하였으며 제조사 정보, 사고 차량 정보(일시, 차량 주행 상태, 차량 충돌 묘사, 충돌 부위), 상해 정보, 상세 사고 정보(자율주행차 여부, 도로·환경 요소, 사고 상세정보), 확인자 등에 대한 내용이 포함되어 있다. NHTSA에서는 충돌 전 30초 이내에 ADS를 사용하였거나, 재산피해 또는 부상이 발생한 충돌의 경우 보고서를 의무 제출하도록 규정하고 있으며 2021년 7월 ~ 23년까지 제출된 NHTSA 실사고 데이터 1,080개를 수집하였다. NHTSA에서는 시간대, 자율주행 레벨, 날씨, 조도, 도로 노면, 도로 상태, 사고 직전 주행 상태, 충돌 부위, 차량 에어백 전개 여부, 견인 여부, ODD 운행 여부, ADS 장착 및 자동시스템 작동 건수, 활용 가능한 데이터 항목 등이 조사되고 있으며 이는 자율주행차 사고에 영향 요인으로 작용하여 조사되고 있음을 시사한다.

위 항목들을 기반으로 자율주행차에 영향을 미칠 수 있는 요인을 내부와 외부로 구분하였으며 내부요인으로는 제어권전환, 운전자 개입 여부 등과 같이 운전자와 관련된 인적 요인과 자율주행차 레벨, 센서 설치 위치, ADAS 작동 여부, 센서 활성화 여부 등과 같이 차량의 결함으로 인해 사고에 영향을 미칠 수 있는 차량 요인을 제시하였다. 외부요인으로는 활용 통신, 송/수신된 정보의 정확성 등 통신과 관련된 V2X(V2I, V2N, V2V etc), 관제센터 내 오류, 변동데이터 확보 여부 등과 같이 자율차 관제·관리가 이루어지는 관제센터, 차량 시스템의 해킹 여부, ODD 주행 여부 등의 도로·환경요인 측면에서 제시하고자 하였다.

현재 사고분석·처리체계는 별도의 요인에 따른 분석 보다는 분석의뢰 기관에서 요구하는 속도, 회피가능성 등에 대한 분석이 진행되고 있어 일반차량과 특성이 상이한 자율주행차를 반영하기에 한계가 있다. 또한, 자율주행차의 경우 보다 많은 책임소재 구분이 가능하기에 자율주행차 요인에 따른 사고분석·처리 체계를 제시할 필요가 있으며 향후 연구로써 자율차 사고요인들을 반영한 자율주행차 맞춤형 교통사고 실황조사서를 개정할 필요성을 제시하는 바이다.

사사: 본 연구는 2023년도 경찰청의 재원으로 과학치안진흥센터 및 자율주행기술개발혁신사업단의 지원을 받아 수행하였습니다. (RS-2023-00260576 자율주행자동차 교통사고 조사 ·분석 기술 개발을 위한 교통사고 재현 S/W 개발)

도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스 기술 개발 연구

Road traffic infrastructure monitoring and emergency recovery support service technology development

하용수	신영섭	차태영	김상헌	김경환	조용성
(ITS Korea, 주임)	(ITS Korea, 대리)	(ITS Korea, 차장)	(ITS Korea, 적합성평가팀장)	(ITS Korea, 센터장)	(ITS Korea, 상임이사)

글로벌 자동차 시장의 가장 주요한 화두는 전기차(전동화)와 함께 Lv.4 수준의 완전 자율주행차 상용화라 할 수 있다. 이와 같은 미래 모빌리티의 핵심 기술로 각광받고 있는 자율주행은 현재 Lv.3 수준의 기술력을 보이고 있으며, 한국자동차연구원에 따르면 자율주행차 시장 규모는 2025년 1,549억 달러(약 209조 원), 2035년 1조 달러(약 1,347조 원)로 연평균 40% 이상의 가파른 성장을 보일 미래 핵심 산업으로 예측된다. 현재 Lv.3 수준의 단계를 넘기 위해 선진국들을 중심으로 Lv.4 자율주행 개발 및 상용화를 위한 인적, 물적 자원의 집중화가 보이고 있으며, 이에 발맞춰 우리나라는 자율주행자동차법('20년 5월 시행)을 근거로 자율주행차의 도입 및 확산, 자율주행 기반 교통물류체계의 발전을 통하여 2027년에 세계 최초로 자율주행 Lv.4/4+ 자율주행자동차 상용화를 목표로 세부 과제를 추진하고 있다.

Lv.4/4+의 자율주행차량은 주어진 ODD(Operational Design Domain, 운행가능영역)에서 운전자 개입 없이 스스로 운전이 가능해야 하며, 차량의 인지, 판단, 제어 기능에 무결성이 확보되는 것이 무엇보다 중요하다. 하지만 자율주행의 가장 첫 번째 단계인 인지 기능을 수행하는 센서는 시공간적인 범위에서 제한적이며 특히, 악천후, 일반차량 중심으로 설계된 복잡한 기하구조의 도로 공간, 다양한 유형의 교통 객체가 혼재된 상황에서 벌어지는 돌발상황 등에 대해 시의적절한 대처를 하지 못하는 한계를 가지고 있다. 이러한 한계는 특정 ODD 구간에서 자율주행차량의 제어권 전환을 요구하는 등 자율주행 상태를 유지할 수 없도록 하는 경우를 발생시키고 자율주행차량의 안전성과 효율성을 감소시켜 자율주행차량 도입 및 기술 발전을 저해하고 도로 사용자 불만족 증가로 인해 자율주행차에 대한 사회적 수용성을 저감 시키는 심각한 요인으로 작용할 수도 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는, 자율주행차량의 센서 인식 및 운전 제어권 전환에 영향을 미칠 수 있는 원인 중 도로 인프라의 파손 및 훼손 등으로 인한 자율주행 운행이 불가능하거나 운행 성능에 기능 저하를 유발할 수 있는 상황 발생을 최소화하기 위해 Lv.4/4+ 기반의 자율주행 시스템을 갖춘 순찰차를 이용하여, 자율주행 ODD 저하, 안전사고 발생 등 자율주행에 위험 요인이 될 수 있는 도로교통 인프라 대상을 자율주행 취약 구간으로 선정하고, 자율주행 취약 구간을 물리(Physical), 디지털(Digital) 인프라 및 긴급상황(Emergency)으로 구분해 실시간으로 모니터링 한다. 그 후 인프라 복구 우선순위에 따라 긴급복구 차량을 배차하여 자율주행 인프라의 신속한 정상화를 지원한다. 이 과정에서 특정 자율주행 인프라에 발생할 수 있는 경로 차단 및 긴급복구 차량 배차로 인한 교통 혼잡문제를 예측정보기반 단기(우회) 최적경로 생성 기술 및 교통상황 대응 인프라 모니터링 실시간 자율주행차량 배분(Patrol) 및 배차(Dispatch) 기술 개발을 통해 최소화 시킨다. 또한 자율주행기반 도로교통 인프라 검지 차량 5대를 시험도로 및 리빙랩에서 다양한 조건에서 실주행하며 일정한 Use-Case에 따라 평가를 진행하고 그 데이터를 분석하여 자율주행차량 관련 기술 및 도로 인프라 검지 센서 고도화를 추진하고자 한다.

향후 V2X 통신 기반의 도로 인프라 및 주행 상황에 대한 다차원 검지정보(도로 인프라 검지정보, 자율주행차 검지정보 등)를 활용해 자율주행 취약 구간의 도로 인프라 상태와 교통상황에 대한 실시간 대응을 제공하여 자율주행차량의 주행 성능 향상과 미래 도시 교통상황의 개선을 목표로 한다.

사사: 이 연구는 정부(국토교통부)의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2021-KA160853)

자율주행 Lv.4 상호호환성 확보를 위한 데이터 표준 체계 연구

A study on data standard systems to secure mutual compatibility for automated driving Lv.4

신영섭	하용수	차태영	김상헌	김경환	조용성
(ITS Korea, 대리)	(ITS Korea, 주임)	(ITS Korea, 차장)	(ITS Korea, 적합성평가팀장)	(ITS Korea, 센터장)	(ITS Korea, 상임이사)

4차 산업혁명 주요기술(빅데이터, 클라우드 등)과 자율주행 분야와 관련된 센서의 발전으로 생성·생산·유통되는 데이터가 시간당 4테라바이트(TB) 규모로 급증하였으며, 기술의 발전과 더불어 계속해서 방대해질 것이다. 초창기 자율주행차량은 차량 자체 센서 중심의 기술을 고도화하는 전략이었으나, 센서 인식 오류 등의 문제로 인해 자율주행차량의 사망사고가 발생하는 등 센서 중심의 자율주행차량의 한계가 드러나면서 안전한 자율주행을 위한 통신 및 ITS 분야가 융합된 자율협력 주행의 필요성이 나타나게 되었다. 이에 따라 자율협력 주행의 안정성을 확보하기 위한 차량-차량, 차량-현장장비, 현장장비-센터 등 시스템 간 실시간으로 연계되는 데이터도 증가하고 있으며, 다양한 자율주행차 비즈니스 모델을 통한 신서비스 창출 및 융합화로 인한 데이터 역시 증가하는 상황이다.

시장조사업체 프레지던스리서치(Precedence Research)의 조사에 따르면, 자율주행차량 산업의 시장규모는 2022년 1,261억 9,000만 달러(약 163조 4,413억 원)를 기록한 것으로 추산되었으며, 연평균성장률(CAGR) 38.8%를 보이며 2030년에는 1조 8,084억 4,000만 달러(약 2,342조8,340억 원)까지의 성장을 예측하고 있다. 정부는 자율주행 산업이 4차 산업혁명 시대를 이끌어 갈 주요 산업으로 인식하고 자율주행 기반 교통체계의 상용화를 통해 글로벌 경쟁력을 확보하고, 지속 가능한 산업생태계 조성을 위해 자율주행기술개발혁신사업을 추진하고 있다. 그러나 과제별 독립적인 시스템 개발 및 데이터 생산이 진행되어 동일 의미의 데이터를 다른 명칭으로 부여하여 중복 관리가 되거나 시스템 간 상이한 알고리즘으로 동일한 명칭의 데이터를 산출하여 다른 의미로 활용하는 등의 사례가 급증하면서 데이터 중복 및 데이터 상호호환성에 관한 문제가 발생하고 있다. 자율주행 분야의 데이터 표준 및 관리체계 부재로 인한 생성 데이터들의 신뢰성 및 활용성이 감소하고 있으며, 각 연구과제에서 수집/가공/분석/적재/제공되는 데이터의 종류와 양이 방대하므로 데이터 표준 및 관리체계에 관한 정립이 필요한 상황이다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여 본 연구과제에서는 자율주행기술개발혁신사업 內 국토교통부 소관 22개의 세부과제에서 생성되고 연계되는 데이터를 대상으로 메타데이터 정의하고, 이를 활용한 데이터 카탈로그를 구성하여 데이터에 대한 명칭, 형식, 의미, 데이터 간 관계 등에 대한 정립 및 향상된 데이터 리터러시로 신속하면서 고품질의 데이터 기반 서비스 및 시스템을 제공하고자 하며 각 연구과제에서 수집/가공/분석/적재/제공되는 데이터를 취합 및 분석하여 표준 데이터 규격 및 아키텍처를 개발하고, 모든 데이터에 대해 고유한 식별자를 할당하여 OID(Object IDentifier)기반 데이터 거버넌스 체계를 구축해 자율주행 분야의 서비스 및 시스템 간 연계되는 데이터의 중복을 최소화함으로써 명확하고 신속한 의사소통을 가능하게 하고자 한다. 또한 데이터 형식 및 규칙을 데이터 표준에 맞게 적용함으로써 잘못된 데이터 사용으로 인한 의사 결정 오류 감소를 통한 데이터 신뢰성 확보 및 효율적인 데이터 활용을 도모하고자 한다. 마지막으로, 국토교통부 소관 연구과제에서 개발한 서비스 및 시스템 간 원활한 데이터 연계 및 상호호환성 확보를 위하여 24시간 사용이 가능한 자체 테스트 및 표준적합여부를 확인할 수 있는 환경과 결과에 대한 피드백을 제공해 이용자 스스로 시스템 고도화를 할 수 있는 WEB 기반 플랫폼 제공을 목표로 한다.

위 명시된 연구 내용의 각 단계에서 해당 내용과 관련된 연구진 및 이해당사자들 의견을 수렴·검토·반영할 수 있는 채널을 관리 및 운영 및 진행하여 본 연구과제의 신뢰성과 효율성을 확보한다.

사사: 이 연구는 정부(국토교통부)의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-KA00245915)

차량 간 통신을 활용한 긴급자동차 피양 구현

Developing yielding system for emergency vehicles using V2V Communications

김주영 조용우 송유승 이신경 민경욱

(한국전자통신연구원 초지능창의연구소 모빌리티로봇연구본부 자율주행지능연구실)

최근 인공지능 분야의 빠른 발전에 따라 대표적인 응용 서비스 중 하나인 자율주행 기술 역시 날로 고도화되고 있다. 이에 따라 차량에 탑재되고 있는 자율주행 옵션 역시 기존 운전자의 안전을 위한 보조장치 정도에서 특정 환경에 한해 어느 정도 스스로 주행할 수 있을 정도로 그 수준이 높아지고 있다. 그럼에도 현재의 자율주행 기술은 여전히 미국자동차공학회(Society of Automotive Engineers, SAE) 레벨 2-3 수준에 머무르고 있으며, 이를 극복하기 위해서는 많은 과제들이 산적해 있는 상황이다.

한편 도로교통법 제29조(긴급자동차의 우선 통행 관련 법규)에 따르면 경찰, 소방, 구급차와 같은 긴급자동차가 접근하는 상황에서는 해당 차량이 먼저 주행할 수 있도록 반드시 양보해야 한다는 것이 명시돼 있다. 법규를 논외로 하더라도 한시가 시급한 위급상황에서 긴급차량이 적절한 양보를 받지 못해 고귀한 생명이 위협받는 상황이 발생하지 않도록 자율주행차 역시 사람이 주행하는 것과 유사하게 양보하여 주행하는 것은 수준 높은 자율주행을 위한 필수 요소 중 하나라 할 수 있다. 이를 위해 본 논문에서는 차량 간(Vehicle-to-Vehicle, V2V)통신을 이용해 긴급차량이 접근할 때 자율주행차가 적절히 피양(避讓)할 수 있는 시스템을 구현하였다.

자율주행은 일반적으로 인식, 판단, 제어의 세 부분으로 나뉘어 동작한다. V2V 통신이 탑재돼 있지 않은 자율주행 차량은 자체 센서를 이용하여 주변의 차량과 사람 등 객체를 인식하여 주행한다. 이 경우 센서의 상태와 인식 알고리즘의 성능에 따라 오인식의 가능성이 존재할 뿐 아니라 교통량이 많아 혼잡한 상황에서는 주변에 존재하는 객체들로 인해 음영 지역이 발생하여 특정 구역은 아예 인식이 불가할 수도 있다. 또한 긴급차량의 경우 긴급주행임을 알리기 위해 경광등 및 전조등을 점등하고 사이렌을 작동하는 데 이러한 긴급주행 상태 인식은 일반적인 객체 인식과는 달라 새로운 알고리즘의 개발과 마이크와 같은 추가 센서의 장착이 필요하다. 하지만 V2V 통신을 통해 관련 정보를 주변 차량들이 송수신한다면 이런 문제를 상당 부분 단순화할 수 있다.

자율주행차와 긴급자동차가 OBU(On Board Unit)를 장착할 경우 V2V 무선 통신을 통해 다양한 정보를 주고받을 수 있다. 기본적으로 서로의 위치를 공유하는 것은 물론, 긴급자동차의 경우 긴급주행 및 양보 요청 여부까지 주변 차량에 송수신 함으로써 추가적인 센서 탑재와 알고리즘 개발 없이 정확한 상황 인식을 할 수 있다. 단, 이때 통신으로 전달되는 정보는 각 차량에서 스스로 위치를 인식한 뒤 통신 시스템을 통해 전달되는 데까지 시간이 소요되므로 이러한 지연으로 인한 오차가 발생할 수 있다. 물론 이때 발생하는 시간 지연은 대단히 짧지만, 고속으로 이동하고 또 접촉이나 추돌로 인한 사고 발생 가능성을 최소화 해야 하는 차량 주행상황에서는 유의미한 차이를 만들 수 있으므로 적절히 보상할 필요가 있다. 이를 위해 구현된 시스템에서는 각 주변 차량의 기존 이동 속도를 고려하여 V2V 통신으로 전달받은 위치를 다소 조정하였다. 조정된 위치들을 바탕으로 자율주행차는 향후 자차가 주행할 경로과 긴급차가 진행하고 있는 경로를 비교해 긴급자동차의 주행을 방해할 지 판단할 수 있다. 긴급차의 주행을 방해할 것으로 예상되는 경우 도로와 주행 상황에 맞춰 경로를 조정함으로써 피양을 수행한다.

이를 통해 자율주행차가 긴급자동차의 진로를 방해하지 않고 적절히 피양할 수 있는 시스템을 구현하였다. 정확한 기능 검증을 위하여 시뮬레이션 테스트는 물론 제네시스 G80과 기아 카니발 등을 기반으로 구성된 자율주행차량에도 피양 시스템을 탑재하여 실차 실험을 통해 검증하였다. 향후 인천 청라지구, K-City 등에서 추가적인 검증을 진행할 예정이다.

사사: 이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-00891, (총괄/1세부)자율주행 AI 서비스 통합 프레임워크 개발)

This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.2021-0-00891, Development of AI Service Integrated Framework for Autonomous Driving)

주행안전성을 고려한 자율주행차량 교차로 통행 시나리오

Intersection Scenario for autonomous vehicle considering driving safety

임관수
(한성대학교, 대학원생)

남두희
(한성대학교, 교수)

"한국형 뉴딜 종합계획"에 따른 관계부처 합동의 "자율주행 기술개발 혁신사업"이 진행되고 있다, 자율주행차 전용 테스트베드로 "K-City", "상암", "새만금", "세종시" 등이 활용되고 있다. 유럽이 선제적으로 자율주행시스템 레벨3 및 레벨4를 위한 자율주행 차량에 대한 실증 및 표준화 작업 추진중이다. 현재 국내에서는 실도로 중심의 테스트베드를 구축중이며 동일 주행방향의 기능 즉 차선변경 및 유지 등의 제한적인 자율주행시스템 실증을 목적으로 추진하고 있다.

이는 국제표준인 ISO에서 자율주행에 대한 표준은 개념 정의 수준이거나 차선변경 및 유지등에 한하여 테스트 시나리오를 정의하고 있다. 이에 자율주행차량의 동일 주행 방향이 아닌 상충 교통류에 대한 교차에서의 교통류 상충, 통행우선권 등을 고려한 개념적 시나리오를 개발함으로써 자율주행차량의 주행 안전성을 확보 및 자율주행시스템의 비상대응을 최소화 시키고자 한다.

본 연구의 내용은 자율주행차량의 교차로 통행 시나리오를 개발함에 있어 유럽의 기 수립된 또는 수립중인 시나리오를 분석한 후 교차로 형태별 상충 대상에 따른 통행우선권을 고려한 시나리오를 개발하는 것으로 다음과 같다.

① 관련자료 수집 및 검토, ② 교차로 형태별 상충 대상검토, ③ 교차로 형태별 통행우선권 검토, ④ 자율주행차량의 교차로 통행 시나리오 개발이다.

본 연구에서 개발된 시나리오는 향후 구축되는 도심형 실증 테스트베드에서 자율주행 레벨4의 대표 서비스로 제시되는 교차로 통행 실증 기능 시나리오로 사용 및 이를 기반한 테스트 시나리오로 발전시킬 수 있다.

또한 시나리오 구성 체계를 확립하여 실증을 통한 시나리오의 상세화를 거쳐 교차로 통행의 안전성을 고취시킬 수 있다.

자율주행 오픈데이터 기반 인간운전차량과 자율주행차량의 도시 교통 내 Stop-and-go 거동 분석

Heuristic Stop-and-go Behavior Study of Human-driven Vehicles and Autonomous Vehicles under Urban Traffic using Autonomous Driving Open Dataset

채수성
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 박사과정)

윤진원
(한국과학기술원 기계기술연구소, 박사후 연구원)

장기태*
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 교수)

운전자의 개입이 불필요한 자율주행 레벨 4 이상의 완전자율주행 상용화는 글로벌 모빌리티 시장의 주요 관심사 중 하나이다. 완성차 업체는 물론 우버 같은 차량 공유 회사와 구글, 아마존 등의 IT 기업들도 자율주행 분야에 뛰어들고 있으며, 이들은 사고 발생 가능성을 줄이고 운전자가 운전에 집중하지 않아도 되는 편의성을 제공하는 것을 목표로 자율주행 기술을 발전시키고 있다. 그러나 인간 운전자와 달리 자율주행 시스템은 여전히 모든 종류의 상황을 처리할 수 없으며, 지나치게 안전지향적이고 인간과 같은 유연성을 보이지 못하는 한계가 존재한다. 이러한 한계로 인해 자율주행 시스템의 신뢰성과 효율성에 대한 요구가 대두되고 있으므로, 인간의 주행 거동 특성을 반영한 자율주행 기술 개발이 필요하다. 본 연구는, 자율주행차량과 인간이 운전하는 차량 간 거동의 차이를 분석하기 위해 자율주행 오픈 데이터세트를 이용하였으며, 차량 주행 중 정차한 시점을 중점으로 분석을 진행하였다. 신호 교차로의 정지선 앞에서 차량이 정차한 상황, 도로 주행 중 차량이 정차하게 되는 상황에서의 차두거리(Spacing Space Headway), 정차 후 재출발(Stop-and-go) 시 각 차량의 속도와 가속도 등을 통해 자율주행 차량의 거동을 분석하였다. 현재 자율주행 시스템의 한계를 이해하고, 향후 인간과 유사한 거동을 보이는 자율주행 차량을 개발하기 위한 기초 연구로써, 이를 통해 자율주행 기술의 효율성을 제고하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2023-00244929, 레벨4 자율주행 차량의 커넥티드 기반 인지 증강화 및 협력 자율주행 기술 개발).

도로파손 객체탐지 CNN 모델에 기반한 탐지오류 이미지의 히스토그램 분석

Histogram Analysis of Detection Error Images in CNN Model for Road Damage Detection

김민석
(한국건설기술연구원 학생연구원,
과학기술연합대학원대학교 통합과정)

류승기*
(한국건설기술연구원 선임연구위원,
과학기술연합대학원대학교 교수)

자율주행차가 사계절 안전하게 운행하기 위해서는 도로 표면의 불안정한 상태 즉, 포트홀, 균열, 낙하물, 결빙 등을 정확히 파악하는 것이 중요하며, 특히 도로 파손 위치와 형태를 자동으로 탐지하는 것은 안전한 차량 주행을 위해 무엇보다도 중요하다. 그러나 현재 사용하고 있는 자율주행차의 영상 기반 전방 객체 탐지 기술의 경우, 전방 주행 차량, 보행자, 이륜차 등과 같은 배경 대비 큰 객체를 탐지하는 인공지능 모델이 대부분이고, 포트홀, 균열과 같은 작은 객체를 탐지하는 인공지능 모델의 연구는 적다. 최근 자율주행차 분야에서 도로 불량 상태 즉, 포트홀과 같은 작은 객체를 탐지하는 연구 사례가 논문으로 발표되고 있으나, 배경과 검출 객체 사이의 저대비 조건에서의 객체 탐지오류에 관한 연구는 드물다. 본 연구는 저대비 조건에서의 객체 탐지 CNN 모델의 성능을 분석했고, 객체를 탐지하지 못하는 이미지를 대상으로 히스토그램 분석을 수행하였고, 그 결과 탐지오류를 발생시키는 이미지와 정탐 이미지 사이에서 유의미한 특징을 찾을 수 있었다. CNN 모델의 예측값으로 나온 저대비 및 고대비의 이미지를 추출하여 히스토그램 분석하였고, 다음으로 여러 분석 방법을 통해서 오탐지(FN)와 정탐지(TP) 이미지 사이의 색분해 특성을 분석하였다. 본 연구는 여러 단계의 이미지 정제와 처리를 거쳤으며, 먼저, 사용한 이미지 유형은 실제 주행하는 도로 이미지이고, 색분석을 위해 CNN 모델의 인지영역(ROI) 만을 추출하여 히스토그램을 분석했다. ROI 이미지는 128×960 해상도이고, 학습에 사용한 데이터는 9,931장, 실험데이터는 2,116장으로 구성하여 구축한 CNN 모델로 테스트하였다. 실험에 사용한 CNN 모델은 한국건설기술연구원에서 개발한 시멘틱 세그멘테이션 기반 KICT-Net, 오픈 소스 모델을 수정한 U-Net, Attention U-Net, R2U-Net, Recurrent U-Net 총 5개의 CNN 모델을 구축하여 실험에 사용했다. 5개 CNN 모델의 탐지 성능은 표1과 같으며, Precision은 KICT-Net이 우수한 반면 Recall은 U-Net이 상대적으로 좋았고, F1 성능은 R2U-Net이 좋게 나타났다. 결과적으로 탐지오류는 모든 모델에서 일반적으로 발생하였다.

<표 1> CNN 모델 실험결과

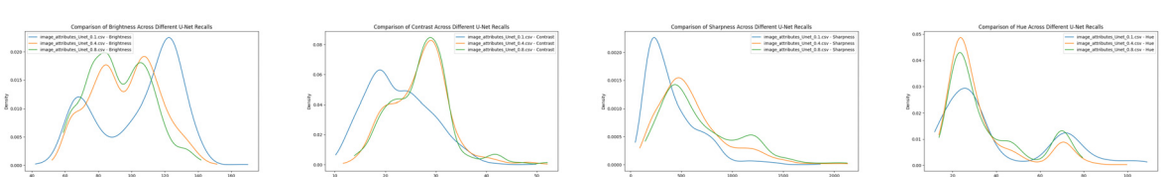
Model	Precision	Recall	F1-score
KICT-Net	0.92	0.52	0.54
U-Net	0.53	0.57	0.54
Attention U-Net	0.51	0.54	0.52
R2U-Net	0.67	0.54	0.57
Attention Residual U-Net	0.55	0.53	0.54

본 연구는 탐지오류 이미지를 상세하게 분석하여, 탐지오류가 발생하는 원인을 찾고자 히스토그램 분석 방법을 사용했다. 모델별 미탐지 이미지를 추출하기 위해 CNN 모델별 Recall 결과를 사용했다. Recall 결과에서 임계값 조건 ≤ 0.1, ≤ 0.4, ≥ 0.8에 따라 추출한 이미지(표 2)를 대상으로 히스토그램 분석을 수행했고, 히스토그램 파형에서 유의미한 특징적 패턴을 도출하고자 했다.

<표 2> CNN 모델 탐지오류 이미지 분류

Model	Recall ≤ 0.1	Recall ≤ 0.4	Recall ≥ 0.8
KICT-Net	1828	2024	15
U-Net	743	708	186
Attention U-Net	1433	2031	1
R2U-Net	2097	2116	0
Attention Residual U-Net	1706	2074	0

히스토그램을 분석한 결과, CNN 모델별 탐지오류 이미지 사이에서 유의미한 비슷한 파형 패턴을 확인할 수 있었고, 구체적으로는 밝기(B), 대비(C), 색조(H), 선명도(S) 별로 특징을 분석하였다. 그 결과 CNN 모델은 공통적으로 특정 조건의 색 특성에서 탐지오류가 발생한다는 것을 확인했다.



<그림 1> U-Net 모델의 조건 별 파형 패턴 결과

사사: 본 논문은 한국건설기술연구원 목적형 R&R(과제번호 20240171-001, 미래교통 스마트 인프라 핵심기술개발)의 지원으로 수행하였음

시나리오 기반 주행 데이터를 활용한 운전자의 적대적 행동 탐색적 분석

Exploratory Analysis of Driver Adversarial Behavior through Scenario-Based Driving Data

임재혁
(한국과학기술원 위촉연구원)

김인희
(한국과학기술원 부교수)

자율주행차량의 개발 및 상용화를 위해 테스트 및 검증은 필수적이며 중요한 단계이다. 시뮬레이션을 활용한 테스트 및 검증은 비용 효율성, 안전성 그리고 테스트 환경의 다양성 및 제어 능력 측면에서 상대적으로 우수한 선택지로 여겨진다. 하지만 실제 도로 환경은 매우 고차원적이며 드물지만 중대한 안전 위험을 초래하는 사건들(long-tail safety-critical events)이 발생하는데, 이를 시뮬레이션에서 정확하게 재현하는 것은 여전히 도전적인 과제다. 이에 따라 실제 도로 환경의 복잡성과 실제 세계에서 발생하는 빈도와 패턴을 더 잘 반영되게 하도록 도로 내 카메라, 영상 촬영 등으로 수집한 실제 도로 데이터(Naturalistic Driving Data)를 기반으로 한 기계 학습 접근 방식을 통해 시뮬레이션의 효율성을 높이려는 다양한 연구가 진행되고 있다.

본 연구는 자율주행차량과 일반 차량이 혼재하는 미래 도로 환경에서 일반 차량 운전자들의 적대적 주행 행동이 도로 안전성에 미치는 영향을 고려하기 위해 가상 환경 내에서 시나리오 기반 주행 테스트를 진행하여 추출된 주행 데이터를 통해 적대적 운전 행동을 탐구한다. 실제 도로 환경에서 발생할 수 있는 중요하고 실현 가능한 상황들을 선별하여 시나리오를 정의하였으며, 해당 시나리오를 기반으로 미시적 교통 시뮬레이션인 Simulation of Urban MObility(SUMO)와 게임엔진 Unity 3D의 Co-simulation을 통해 현실성이 높은 가상의 테스트 환경을 구축했다. SUMO를 통해 설정한 주변 차량과 Unity 내 ego-vehicle 역할을 수행하는 실험 참가자들의 주행 데이터를 통해 차량 간의 상호작용을 분석했다.

이 연구는 주행 행동에 대한 통계분석을 통해 보편적 주행 행동과 적대적 주행 행동을 정의하는 것을 목표로 한다. 실험 참가자들의 주행 데이터를 분석하여 적대적 주행 행동을 파악하고, 이를 바탕으로 향후 연구에서 적대적 주행 행동으로 정의된 운전자들의 데이터를 활용하여 적대적 주행 행동 모델을 개발할 예정이다. 이 모델은 시뮬레이션 내에서 주변 차량의 주행 패턴에 적용되어, 자율주행차량의 안전성 검증 과정에서 발생하는 유의미한 상황의 빈도를 증가시켜 효율성을 높일 것이다. 본 연구는 자율주행차량과 인간 운전자가 혼재하는 도로 환경에서의 안전성 검증을 위한 새로운 시각을 제공한다.

사사: 본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00141102)

자율차-보행자간 의사소통을 위한 프로젝션 기술의 현장 평가 방법론

Field experiment methodology of projection technology for autonomous vehicle-pedestrian communicationField experiment methodology of projection technology for autonomous vehicle-pedestrian communication

이현미
(아주대학교 TOD기반도시교통연구센터, 박사후연구원)

장정아
(아주대학교 TOD기반도시교통연구센터, 연구교수)

소재현
(아주대학교 교통시스템공학과, 교수)

도로에서의 원활한 흐름은 운전자와 보행자 간의 효율적인 의사소통에 근거한다. 이러한 의사소통은 주로 비언어적이며 명시적인 행동으로 이루어지는데, 특히 도로 이용자가 예상치 못한 행동을 할 때 이러한 의사소통은 더욱 중요하게 작용한다. 자율주행 기술의 발전으로 인해 운전자가 없는 자율주행차량이 등장하면서 빛, 손짓, 소리 등의 명시적 의사소통을 자율주행차가 대신하여야 한다. 현재 일부 도심 지역에서는 운전자가 없는 로보택시의 서비스가 시범적으로 운행되고 있으며, 이로 인해 차량과 보행자 간의 새로운 상호작용이 요구되고 있다. 이러한 상황에서 기존의 운전자와 보행자 간 의사소통을 대체할 eHMI(Enhanced Human-Machine Interface)기술이 제안되었다. eHMI는 자율주행차량의 상태와 의도를 명확하게 보행자에게 전달하여 상호작용을 개선하는 데 중요한 역할을 하고 전 세계적으로 자동차 제조사와 기술 기업들은 시각적 eHMI 기술에 투자하고 있으며, 이러한 기술의 발전은 자동차 산업의 발전과 함께 진행되고 있다.

외부 인간-기계 인터페이스(External Human-Machine Interface, eHMI)는 기계나 자동화 시스템의 의도나 상태를 사람에게 전달하는 수단으로 정의된다(Vinkhuyzen and Cefkin, 2016). 특히, 최신 자동화 기술인 자율주행차량 및 로봇에서는 중요한 역할을 담당하며, 자율주행차량의 현재 상태와 의도를 보행자에게 명확하게 전달하여 보행자 간의 상호작용을 개선하는 데 핵심적인 역할을 한다(Kyriakidis et al., 2019). 레벨 4 이상 자율주행차량의 경우 운전자가 없어 사람 간의 직접적인 의사소통이 제한되기 때문에 자율주행 기술이 발전함에 따라 eHMI의 중요성이 계속해서 증가하고 있으며, 국토교통부가 2020년 발표한 레벨 4 자율주행자동차의 제작 안전 가이드라인에서는 사고 저감을 위한 상호작용 기술 항목으로 eHMI 기술을 언급하고 있다(Lee and Woo, 2021).

자율주행차량의 의사소통에 사용되는 시각적, 청각적, 또는 촉각적 eHMI 기술들은 여전히 개발 및 연구 중에 있다. 그 중에서도 시각적 eHMI 기술은 차량의 특정 동작을 구체적으로 표현할 수 있으며 기존의 비자율차와 보행자 간의 의사소통 방식과 유사하기 때문에 외부 환경에서 보행자의 상황인식과 이해를 향상시키는 데 효과적이다. 따라서 본 연구는 시각적 eHMI를 활용한 의사소통에 초점을 맞추고자 한다.

사사: 본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비지원으로 수행하였습니다(과제번호 RS2021_KA162419)

자율주행 분야 메타데이터 활용방안에 관한 연구

A Study on the Utilization of Metadata in the Autonomous Driving Field

임영호
(영남대학교 도시공학과, 박사과정)

정연식
(영남대학교 도시공학과, 부교수)

초창기 자율주행 기술은 센서 위주 기술개발로 진행되었으나, 센서에만 의존하는 기술한계를 인지하여, 차량과 차량, 차량과 인프라간 협력을 통한 이른바 연결기반 자율주행 차량(Connected Autonomous Vehicle, CAV) 기술개발 방향으로 전환되었다. 그러나 CAV 기술은 실시간 교통정보 공유과정에서 데이터 규격과 명칭은 각기 다르게 사용될 가능성이 존재하며, 호환성에 대한 이슈를 해결해야 한다. 데이터 규격과 명칭, 호환성 문제는 데이터 재사용 및 관리에 많은 시간과 비용이 소요되며, 이러한 문제 해결방안으로 메타데이터를 제시할 수 있다. 메타데이터는 '데이터 설명을 위해 구조화하는 데이터'로 직·간접적인 정보를 통해 데이터 재사용 및 관리에 투자되는 시간과 비용 절감이 가능하다. 따라서 본 연구는 다양한 분야에서 적용되는 메타데이터 사례조사를 통해 자율주행 분야 메타데이터 활용방안을 도출하는 것이다.

메타데이터 적용 분야는 대표적으로 도서 및 출판, 의료 및 보건, 엔터테인먼트, 문화유산인 것으로 나타났다. 도서 및 출판분야는 제목, 작가, 국제표준간행물번호(International Standard Serial Number, ISSN) 등 기본정보와 장르, 주제 등 유사한 항목을 그룹화 및 검색 가능하게 하였다. 의료 및 보건 분야는 환자정보, 의료기록, 연구데이터, 의료장비 관리 등 메타데이터를 통해 데이터 관리 및 보안에 활용하고 있다. 엔터테인먼트 분야는 콘텐츠 관리, 검색, 미디어 산업 유통 시스템 향상을 위해 활용하고 있다. 문화유산 분야는 문화재 위치정보, 문화재 설명 및 유지보수 등 관리를 위해 활용하고 있다. 앞서 메타데이터 활용 사례를 검토한 결과, 공통적 요인은 검색, 관리, 공유 및 보관 등 확인할 수 있었으며, 온라인뿐만 아니라 오프라인에 존재하는 정적 및 동적객체에도 활용 가능한 것을 알 수 있었다. 예를 들면 사진 및 휴대전화에도 메타데이터를 확인할 수 있다. 사진에서는 카메라 모델, 해상도, 위치정보와 휴대전화에서는 소프트웨어버전, IMEI(International Mobile Equipment Identity) 등 메타데이터로 활용이 가능하다.

메타데이터 적용 사례를 검토한 결과, 자율주행 메타데이터 활용방안은 다음과 같다. 첫째 실시간 통정보에서 확인 불가한 목적, 제조사, 소프트웨어 버전, 수집 환경 등 쉽게 설명할 수 있으며 데이터 재사용 및 관리로 생산성 향상을 기대할 수 있다. 둘째 지역별, 장비별, 서비스별 또는 사업별, 기관별 등 목적 및 주체에 맞는 그룹화로 효율적 검색과 체계적 분류가 가능하다. 셋째 데이터 내 민감 정보를 포함하고 있는 경우 접근권한 설정으로 보안 및 기밀성 유지가 가능하고 다양한 형식의 비정형데이터 구조화가 가능하다. 마지막으로 카탈로그 구성 시 데이터 간 상관관계 표현으로 목록 및 정보를 한눈에 파악할 수 있는 시각화가 가능하다. 따라서 자율주행 분야 메타데이터는 사용자에게 정확한 데이터 설명으로 데이터 가치를 높이고 호환성 확보 및 광범위한 활용이 가능할 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통과학기술진흥원(RS-2023-00245915)의 지원을 받아 수행되었습니다.

메타분석을 이용한 자율주행자동차 MPR에 따른 교통류 영향분석 (도시부 도로를 중심으로)

Analysis of Impact on Mixed Traffic Flow with Automated Vehicle Using Meta-analysis (Focusing on Urban Road)

조민경
(한국교통연구원
도로교통연구본부, 연구원)

박상민
(한국교통연구원
도로교통연구본부, 부연구위원)

정하림
(한국교통연구원
모빌리티전환연구본부, 연구위원)

자율주행자동차의 글로벌 시장은 2040년까지 모든 차량이 SAE 레벨 2 이상의 자율주행 기능을 포함할 것으로 예측하고 있으며, 2040년까지 레벨 3 자율주행 시스템이 자동차 시장의 큰 부분을 차지 할 것으로 예측하고 있다. 또한, 기존 고속도로, 자동차전용도로와 같은 연속류 도로에서 도시부 도로로 자율주행 운행가능영역(operational design domain, ODD)로 확장되고 있다. 자율주행자동차의 시장 점유율(market penetration rate, MPR)이 증가하면 교통 효율이 증가할 것으로 예측하고 있다. 자율주행자동차와 일반자동차가 혼재된 혼합 교통류에서 교통 운영 기법 및 전략 도출을 위해서는 자율주행자동차의 MPR에 따른 교통류의 영향을 분석하는 것이 필요하다. 이에 다양한 국내외 연구들에서 자율주행자동차의 MPR에 따른 혼재 교통류 연구들이 진행되었으나, 각 연구들은 독립적으로 시행되어, 연구 결과에 따라 서로 다른 경향을 보인다. 따라서 본 연구에서는 선행 연구를 기반으로 계량적 분석이 가능한 메타분석(meta-analysis)를 이용하여 도시부 도로에서 자율주행자동차의 MPR이 혼합 교통류에 미치는 영향을 도출하고자 한다.

도시부 도로에서 자율주행자동차의 MPR이 혼합 교통류에 미치는 영향분석을 위해 메타분석을 이용하였으며, 크게 데이터 수집, 데이터 전처리, 메타분석 순으로 진행하였다. 데이터 수집 파트에서는 데이터 수집을 위한 연구 주제 및 키워드 선정, Google Scholar 및 RISS 등 연구 검색 엔진을 이용한 데이터 수집으로 구성되어 있으며, 데이터 전처리 파트에서는 수집된 연구에서 활용할 수 있는 데이터 선정, 이미지 데이터 처리 도구를 이용한 데이터 코딩으로 구성되어 있다. 주요 파트인 메타분석 파트에서는 기초 분석 데이터 생성, 이질성 검정, 통계모형 선정, 출판 편의 진단, 통합 효과크기 추정의 5단계를 거쳐 분석된다.

본 연구에서는 도시부 도로의 대표적인 기하구조인 신호 교차로를 대상으로 메타분석을 수행하였으며, 관련 연구들을 수집하여 진행하였다. 수집한 연구들은 공통적으로 VISSIM을 이용한 미시교통 시뮬레이션 분석을 수행하였으며, 자율주행자동차 MPR에 따른 효과분석 지표로는 평균 지체시간(average delay)을 이용하여 이동성 효과를 제시하였다. 분석 대상 논문들이 다루는 지표와 혼재 수준 범위를 고려하여 다음 표와 같이 25%를 기준으로 분석 조건을 설정하고 분석을 수행하였다. 분석 결과 MPR 50% 이상, 75% 미만의 조건에서는 지체시간 감소가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났으며, MPR 75% 이상, 100% 미만 조건의 경우 효과 크기가 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 11.76초의 지체시간 감소 효과가 나타나는 것으로 나타났다. 또한 MPR 100% 조건의 경우 효과 크기가 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 45.06초의 지체시간 감소 효과가 있는 것으로 나타났다. 신호교차로에서 자율주행자동차의 MPR에 따른 효율을 얻기 위해서는 자율주행자동차의 MPR을 충분히 높이는 것이 필요하며, 자율주행자동차와 일반자동차 혼재기인 과도기에는 교통 운영 기법 및 전략을 도입하여 이동 효율을 높이는 것이 필요할 것으로 판단된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 : RS-2022- 00141102)

RSS를 고려한 자율주행자동차 차량 추종 모형 개발

Development of Car-following model of Automated Vehicle Considering RSS

박상민
(한국교통연구원
도로교통연구본부, 부연구위원)

이민영
(한국교통연구원
도로교통연구본부, 연구원)

이수연
(한국교통연구원
도로교통연구본부, 연구원)

국내외 민간 및 공공에서 자율주행 기술 개발 및 안전성 확보에 노력하고 있으며, 국내에서는 이미 레벨 3에 해당하는 부분 자율주행자동차의 안전기준이 연속류 도로를 대상으로 제정되어 있다. 따라서 고속도로, 자동차 전용도로와 같은 연속류 도로에서 자율주행자동차들이 일반자동차와 혼재되어 주행하는 자율주행자동차 혼재기가 도래할 것으로 예측하고 있으며, 다양한 연구들에서 자율주행자동차 혼재기에 대한 이동성과 안전성 분석을 수행하고 있으며, 이동성과 안전성에 긍정적인 영향을 끼친다는 연구 결과들과 부정적인 영향을 끼친다는 연구 결과들이 상반되어 존재한다. 이를 교통류 측면에서 분석하기 위해서는 미시교통시뮬레이션에 자율주행자동차 주행 행태 모형을 개발하여 사용하고 있으며, 기존 차량 추종 모형의 파라미터를 변경하여 사용하고 있어 자율주행자동차의 주행 행태를 모사하는데 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 자율주행자동차에서 안전한 운행을 지원하기 위해 개발된 모델 중 하나인 Responsibility Sensitive Safety(RSS) 모형을 고려하여 자율주행자동차의 차량 추종 모형을 개발하고자 하였다.

본 연구에서는 미시교통시뮬레이션 모형인 VISSIM을 사용하였으며, 차량 추종 모형으로는 Intelligent Driver Model(IDM)과 RSS을 통합하여 자율주행자동차의 차량 추종 주행 행태 모형을 개발하였다. IDM의 경우 전방 차량의 실제속도, 상대속도, 차간거리에 따라 가속도가 유동적으로 변하기 때문에 미시교통시뮬레이션에서 자율주행자동차의 주행행태를 구현하는 데 적합하다고 볼 수 있으며, RSS의 경우 차량이 예측할 수 없는 상황에서도 안전한 거리와 속도를 유지하도록 설계가 가능하여 보다 고도화된 자율주행자동차의 주행행태를 구현할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 기존 VISSIM의 Weidmann 99 모형의 파라미터를 변경하여 사용된 모델과 IDM, 본 연구에서 제안한 모형의 효과를 이동성, 안전성으로 구분하여 평가하고자 하였다.

본 연구에서는 RSS를 고려한 자율주행자동차의 차량 추종 모형을 개발하는 방법을 제시하였다. 하지만 본 연구에는 몇 가지 한계가 존재한다. 우선 자율주행자동차의 센서에 대한 부분을 고려하지 못하였다는 한계가 존재한다. 또한, 자율주행자동차의 주행행태에 대해 실 주행 데이터를 통해 검증하지 못한 한계가 존재한다. 따라서, 본 연구에서 제안한 모형과 자율주행자동차의 실 주행 데이터를 통해 검증하고 이를 보완한다면 보다 현실적인 자율주행자동차의 차량 추종 모형을 개발 할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 산업통상자원부 한국산업기술진흥원의 “미래차 디지털 융합산업 실증플랫폼 구축”의 지원으로 수행되었음(과제번호 P0018599)

반응표면법을 이용한 LiDAR 세척 요인 최적화 연구

Optimization of factors on LiDAR Cleaning rate using Response Surface Analysis

이현미	장정아	손성호	이웅수	정현기	이장민
(아주대학교 TOD기반도시교통연구센터, 박사후연구원)	(아주대학교 TOD기반도시교통연구센터, 연구교수)	(한국교통안전공단 자동차안전연구원 미래차연구처, 책임연구원)	(한국교통안전공단 자동차안전연구원 미래차연구처, 책임연구원)	(한국교통안전공단 자동차안전연구원 미래차연구처, 선임연구원)	(한국교통안전공단 자동차안전연구원 미래차연구처, 연구원)

자율주행 차량은 라이다, 레이더, 카메라 및 초음파 센서를 포함한 다양한 센서를 사용하여 주변 환경의 실시간 데이터를 수집한다. 이는 차량이 적절히 주변 환경을 탐지하고 응답하며 예기치 않은 장애물에 즉각적인 결정을 내릴 수 있도록 하는 가장 기본적인 과정이다. 센서의 정확도와 성능은 먼지, 비, 눈 등의 오염물질과 다양한 기타 환경 요인에 의해 영향을 받으며, 특히 오염물질에 노출된 라이다 센서의 성능 저하는 부정확한 데이터 인식을 통해 잠재적으로 위험한 상황을 초래할 수 있다. 이에 따라 눈, 먼지, 모래 및 진흙과 같은 환경 오염물질로 인한 자율 주행 차량에 사용되는 센서의 성능 저하 상황에서 이를 효율적으로 세척하는 방안에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 실험설계법을 적용하여 30가지 사례만을 사용하였고, 외부 가시성 방해물로부터 센서의 성능을 최적으로 유지하는 최적화 조건을 제시하였다. 그리고 클리닝 최적화 도출을 위한 모드 프로세스를 공개함으로써 센서 클리닝 제조사의 자체 기술 개발 장벽을 낮춰 궁극적으로 보다 안전하고 효율적인 자율주행 구현에 기여할 수 있다.본 연구에서는 라이다 세척을 위한 효과적이고 효율적인 세척 조건을 추출하기 위한 최적 조건을 탐색하는 것을 목표로 한다. 라이다 세척의 영향요인들을 정의 및 선정하여 실험계획에 따라 세척요인들을 적절하게 조합하여 세척률을 측정하고. 측정한 자료를 기반으로 통계적 방법에 따라 분석하여 최적의 세척 조건을 찾는 일련의 과정을 실험계획법에 따라 진행하였다.

사사: 본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비지원으로 수행하였습니다(과제번호 RS2021_KA162419)

자율주행자동차 교통사고 조사를 위한 법 개정 방향 도출 및 교통사고 조사 절차 수립 연구

(Development of Act Amending and Procedure for Investigation of Traffic Accident for Autonomous Vehicles)

천정환	장영석	박기정	배문수	김태림	이한빈
(도로교통공단, 지소장)	(도로교통공단, 연구원)	(도로교통공단, 사고조사연구원)	(도로교통공단, 센터장)	(한국자동차연구원, 선임연구원)	(도로교통공단, 연구원)

최근 국내외에서는 자율주행자동차의 급속한 시장 규모 성장과 기술 고도화에 따라 자율주행자동차 상용화를 위한 정책 및 도입 실증 연구가 활발히 진행되고 있다. 완전 자율주행자동차의 상용화는 2035년에 이루어질 것으로 예상하고 있으며, 자율주행자동차 또는 부분 자율주행자동차와 인간 운전자의 혼재가 상당 기간 지속될 것으로 예측하고 있다. 자율주행자동차의 점진적 상용화 단계가 장기간 소요될 것으로 예상됨에 따라, 일반 운전자와 자율주행자동차의 교통사고 역시 현재 발생하는 교통사고의 양상과 다를 것이며, 두 주체의 상이한 주행 행태로 인한 교통사고 발생 건수가 증가할 것으로 예상된다. 이러한 자율주행자동차의 점진적 상용화 시대에 맞추어, 국내에서는 자율주행자동차의 교통사고를 심층적으로 조사하여 사고 발생 원인과 해결책을 제시하고자 국토교통부는 자동차손해배상 보장법에 근거하여 2020년 10월 자율주행교통사고조사위원회를 출범하였다. 자율주행자동차 사고조사 처리 및 관리계획을 수립하여 자율주행자동차의 교통사고 발생 시 효율적인 사고 처리 방법을 마련하고 있다.

하지만, 교통사고 조사에 필요한 항목과 절차를 규정하는 현행 법령에 의하면, 자율주행자동차 교통사고 발생 시 자율주행자동차의 관점에서 조사해야 할 항목과 절차, 방법론이 체계적으로 정비되지 않은 실정이다. 이에 본 연구에서는 자율주행자동차의 교통사고 발생 시 교통사고 조사 항목과 절차를 규정하는 법 개정안 도출 방향을 제시하고, 자율주행자동차 교통사고 조사 절차를 수립하고자 한다. 교통사고 조사 항목과 방법을 규정하는 도로교통법, 교통안전법, 자동차손해배상 보장법 등 현재 공포되어 있는 법령의 조항들을 검토하여 자율주행자동차 교통사고 조사를 수행하기에 적합한 개정 방향과 사고 절차를 제안한다.

본 연구는 자율주행자동차의 교통사고 조사 항목과 절차를 마련하는 데 의의가 있으며, 본 연구의 결과를 향후 자율주행자동차의 교통사고 조사 시 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

사사: 본 연구는 2024년도 경찰청의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행하였습니다(092021D74000000, 자율주행 기록장치 데이터 추출 및 시스템 개발).

카메라-GPS 융합 기반 저성능 GPS 개선 알고리즘 개발

Improved low-performance GPS performance based on camera-GPS fusion

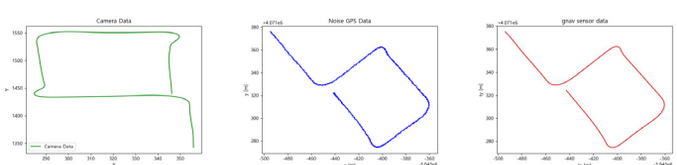
안해주[1]
(한국교통대학교, 학사과정)

박만복[2*]
(한국교통대학교, 공학박사)

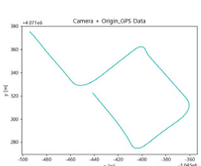
자율주행 차량에서 정확한 정보를 얻기 위해 다양한 기술들이 자율주행 차량 기술이 개발되고 있다. 그중에서도 측위 측정 기술은 자율주행 기술에서 중요한 요소이다. 정확한 측위 측정 기술을 위해서는 성능이 좋은 GPS(Global Positioning System)가 필요하다. 하지만 성능이 좋아도 비용 문제와 도심 음영 구간에서는 정확한 위치를 알아낼 수 없다는 단점이 있다. 그렇기에 현재 비용 절감이나 성능 개선 등 문제를 해결하기 위해 GPS를 다양한 센서와 융합하여 성능을 개선하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

본 연구에서는 저성능 GPS를 카메라와 융합하여 정확한 측위 값과 비교하는 연구를 진행하였다. 연구 테스트는 카메이커 프로그램을 통해 시뮬레이션 내에서 진행하였다. 시뮬레이션 상 지정한 경로에 따른 카메라를 통해 얻어낸 Lane Data와 기존 GPS Data를 사용하였다. 기존 정답 값인 Lane Data가 회전 구간 시 차선을 불안정하게 인식하기 때문에 시나리오의 경로를 기준으로 정답 값보다 기존 GPS 값이 시나리오의 경로와 보다 유사한 모습을 나타냈다. 저성능 GPS를 구현하기 위해 기존 GPS 값에 Pseudo noise를 추가하였다. 저성능 GPS의 데이터를 얻은 후, 정답 값과 비교하는 과정을 거쳤다. 첫 번째로 데이터 정규화이다. 센서마다 데이터 개수 차와 단위가 다르기 때문에 전처리 하는 과정을 거쳤다. 두 번째는 보정 조건이다. 일정 거리 별 반복해서 보정을 진행한다. 하지만 정답 값은 회전 시에는 데이터가 부정확하기 때문에 Heading Angle를 계산 후, 일정 값 이상이면 보정을 하지 않는다. 보정은 정답 값의 상대 좌표와 저성능 GPS Data의 상대 좌표를 이동 거리 차를 계산하였다. 알고리즘 성능 평가는 데이터 보간을 통해 코사인 유사도를 계산해서 기존 데이터와의 비교를 진행하였다.

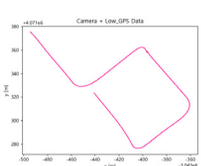
저성능 GPS의 성능 개선을 위해 시뮬레이션 상에서 일정 주기마다 측정되는 카메라와 GPS 센서 값을 바탕으로 GPS를 개선하는 알고리즘을 개발하였다. 제안한 알고리즘으로 보정한 GPS와 기존, 저성능 GPS Data를 비교한 결과, 저성능 GPS의 성능이 개선됨을 확인하였다.



<FIG. 1> Camera Data Waypoint(Left) and Low GPS Waypoint(Middle) and Original GPS(Right)



<FIG. 2> Camera + Orgin GPS



<FIG. 3> Camera + Low GPS

사사: 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 '자율주행기술개발혁신사업'의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055].

또한, 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명 : 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호 : 20018448)

인프라 라이다 군집화 시 인접객체 분할방법에 대한 연구

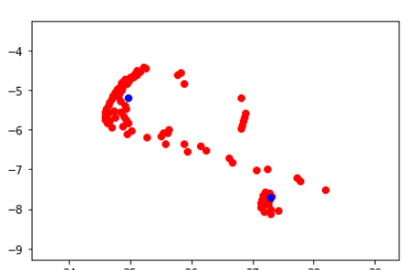
홍인준[1]
(한국교통대학교, 석사과정)

박만복[2*]
(한국교통대학교, 공학박사)

자율주행 차량의 안전한 운행을 위한 방법으로 도로변에 라이다 등의 센서를 설치하여 정보를 송신하는 방법이 연구되고 있다. 라이다 센서는 빛을 이용하여 객체를 포인트 클라우드의 형태로 인식한다. 포인트 클라우드 데이터(PCD)를 이용하여 군집화를 수행할 때 인접해 있는 객체의 경우 하나의 객체로 분류되는 문제가 있다. 해당 문제는 보행자의 검출에서 많이 발생하는 문제이며 해당 부분에 대해 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 보행자의 분할 뿐만 아니라 차량과 보행자의 관계에서도 분류가 가능하도록 적용하여 테스트해 보았다.

대부분의 라이다를 이용한 객체 분류에는 DBSCAN과 같은 알고리즘이 있으며 많이 사용되고 있다. 포인트 클라우드 데이터의 군집화에는 점들의 분포를 이용한 경우가 많다. 차량과 보행자를 분류하는 경우 점의 밀도와 스케일의 차이가 크기 때문에 인접해 있는 객체에 대하여 하나의 객체로 인식하게 되는 현상이 발생한다. 보행자 만을 분류하는 경우에는 Kernel Densty Estimation을 이용하여 PCD의 분포를 예측하고 밀도가 큰 부분을 객체의 중심으로 설정하는 방법이 있다. 또한 Kernel Densty Estimation(KDE)의 많은 연산량을 해결하기 위해 PCD를 일정한 크기의 Grid로 나누어 해당 셀 마다 밀도를 추정하는 방법이 연구되었다. KDE를 사용한 방법을 차량이 포함된 도로변의 객체 분류에 적용할 경우 차량과 보행자의 크기 차이 및 반사면이 있어야 PCD가 찍히는 특성 때문에 재대로 된 결과가 나오지 않는다. 또한 KDE의 경우 관심영역 내의 모든 PCD를 Kernel의 분포에 맞춰 밀도를 계산해야 하는데 크기가 일반 차량 뿐만 아니라 크기가 큰 버스 등의 경우 너무 많은 연산이 필요한 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 KDE의 연산 시 Grid에 맞춰 다운샘플링 및 밀도가 변하지 않게 PCD의 개수를 유지한 채로 연산을 수행하였고, 또한 m단위의 거리가 아니라 Grid의 셀을 기준으로 객체 크기에 따라 스케일을 조절하면서 연산을 하였다.

본 논문에서는 도로변에 설치된 라이다를 이용하여 차량 및 보행자가 포함된 객체 분류 시 인접해 있는 객체를 하나의 객체로 분류하는 문제를 해결하기 위해 방법을 제시하고 테스트 해 보았다. KDE의 연산을 기존 방법에서 약간 수정하고, 밀도 연산 시 객체 크기에 따른 스케일을 다르게 주어 보행자끼리의 분할 뿐만 아니라 차량과 보행자의 경우에서도 하나의 객체로 분류하지 않고 2개의 객체로 분류할 수 있도록 설계하였다. 해당 알고리즘을 교내 회전교차로에 설치된 라이다를 이용하여 얻은 데이터로 테스트한 결과 차량의 PCD의 분포가 희박한 경우를 제외하면 잘 동작함을 확인하였다.



<Fig. 1> Result of vehicle and pedestrians

사사: 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 '자율주행기술개발혁신사업'의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]. 또한 , 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2021-KA160501).

자율주행 차량의 자세 추정 정확도 향상 알고리즘 개발

Development of an Algorithm to Improve the Accuracy of Pose Estimation for Autonomous Vehicles

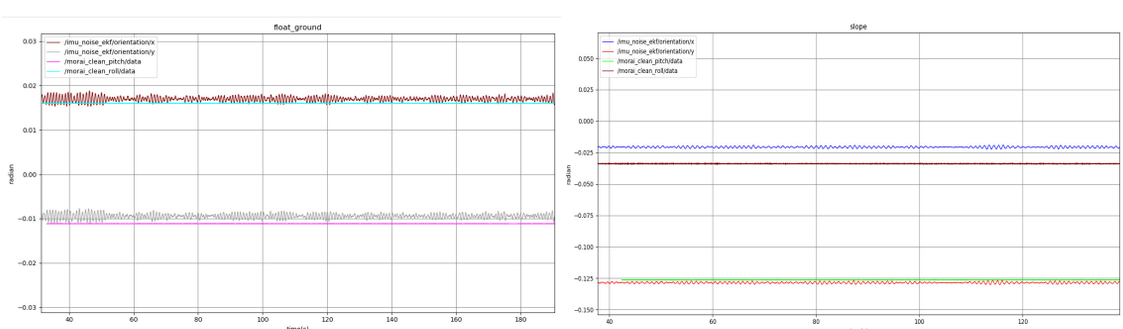
나윤필[1]
(한국교통대학교, 학사과정)

박만복[2*]
(한국교통대학교, 공학박사)

자율주행 차량의 안전한 운행을 위해서는 차량의 자세 정보를 정확하게 추정하는 것이 중요하다. IMU 센서는차량의 가속도와 회전 속도를 측정하여 차량의 자세 정보를 정확하게 추정하는 역할을 한다. 운전 경로를 계획하고 제어하는 데 도움을 주고 GPS와 같은 위치 추정 시스템과 결합하여 위치 추정의 정확도를 향상하는 등 자율주행차량의 안전성, 효율성 및 신뢰성을 향상하는 데 중요한 역할을 한다. 이러한 특성 때문에 IMU 센서값을 보정하여 자세 추정의 정확도를 향상하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 IMU 센서값을 보정하여 정확한 자세를 추정하는 방법에 대하여 연구하였다.

IMU 센서를 사용하여 차량의 자세를 추정하는 방법에는 오일러 각도 추정, 쿼터니언 추정, 확장 칼만 필터 등 여러 가지 방법이 있다. 오일러 각도 추정 방법은 구현이 간단하여 연산 속도가 빠르지만 차량 회전 시에 오차가 누적된다. 쿼터니언 추정 방법은 회전으로 인한 각속도 누적 오차를 줄일 수 있지만 비선형성에 대한 정확도가 낮다. 따라서 센서 노이즈로 인한 오차 누적 문제와 비선형 시스템에 대한 추정 문제를 고려하여 IMU 센서값을 보정하는 방법으로 확장 칼만 필터를 선택하였다. 확장 칼만 필터를 위한 초기 상태 변수, 공분산 및 측정 및 프로세스 노이즈 공분산 행렬을 초기화하고 중력 가속도를 고려하여 중력 벡터를 센서의 로컬 좌표계로 회전 변환하여 정의했다. 선형 가속도의 각 축에 가해지는 중력 가속도를 제거함으로써 중력의 영향을 제거한 선형 가속도를 얻어 센서의 움직임만을 반영하여 정확도를 향상할 수 있게 된다. 예측 단계에서 상태 벡터 및 각속도와 시간 간격을 기반으로 상태 벡터의 예측값을 반환하고 야코비안 행렬을 통해 비선형 상태인 시스템 및 측정 모델을 선형화한다. 이를 통해 칼만 필터 부분에서 확장 칼만 필터를 구현하고 IMU 데이터를 필터링하여 정확한 선형 가속도를 추정하는 데 사용된다. 이후 중력 가속도를 제거한 후 보정된 선형 가속도와 각속도를 사용하여 보다 정확한 자세를 추정한다.

본 논문에서는 자율주행차량의 안전성, 효율성 및 신뢰성을 향상하기 위해 IMU 센서값을 보정하여 정확한 자세 추정 방법에 대하여 연구하였다. 선형 가속도를 보정하는 과정에서 중력가속도를 제거하여 움직임을 더욱 정확하게 추정할 수 있게 설계하였고, 확장 칼만 필터를 사용하여 센서 노이즈로 인한 오차 누적 문제와 비선형 시스템에 대한 추정 문제를 해결하였다. 해당 알고리즘은 실제 사용되는 IMU센서인 myahrs+ 센서와 모라이 시뮬레이션 환경에서 테스트를 진행했다. myahrs+에서 특정 각도의 자세 정보를 얻고 시뮬레이션을 통해 특정 각도의 경사로에서 자세의 정답 값과 myahrs+의 노이즈 값을 반영한 센서 값을 확장 칼만 필터를 통해 보정하여 추출하여 비교해보았다. 위 검증 방법을 통해 평지 및 경사로에서 보정을 통한 자세 값이 정답 값으로 추정됨을 확인하였다.



<Fig. 1> Result of the EKF flat gournd(Left) and slope(Right)

사사: 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 '자율주행기술개발혁신사업'의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]. 또한 , 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2021-KA160501).

공동 시뮬레이션을 활용한 교통류 안전성 평가 방안

Traffic safety evaluation method using Co-simulation

심현섭
(서울시립대학교 교통공학과, 석사과정)

강민지
(서울시립대학교 교통공학과, 연구교수)

박신형
(서울시립대학교 교통공학과, 부교수)

본 연구에서는 차량 동역학 시뮬레이션(CarMaker)과 미시적 교통류 시뮬레이션(VISSIM)을 기반으로 자율주행차의 주행 결과를 위한 교통류 안전성 평가 방법을 제안한다. 우리는 CarMaker와 VISSIM을 함께 활용하여 자율주행 자동차와 주변 교통 상황을 반영한 시뮬레이션을 수행한다. 공동 시뮬레이션을 통한 교통류 평가를 위해 다음과 같은 순서로 연구를 진행하였다. 먼저, 자율주행차량의 주행행태가 다른 상황에 대한 상황을 고려하고자 하였으며, 자율주행차의 가감속 범위를 조정하여 공격적인 주행행태, 일반적인 주행행태, 수비적인 주행행태로 분류하였다. 둘째, 혼잡도로 인한 결과 비교를 위해 혼잡 시나리오와 비혼잡 시나리오를 각각 고려하여 교통량 변화에 따른 분석을 수행하였다. 자율주행차의 주행 행동 변화로 인해 발생하는 시나리오를 관찰하기 위한 분석 대상지로는 위빙 섹션을 분석 영역으로 선택했으며 합류 및 분류가 발생하는 구간을 300m로 설정하여 해당하는 데이터만을 분석에 활용하였다. 자율주행차 한 대가 주행하는 동안 후행 차량에 미치는 영향을 분석하기 위해, 영향 범위를 거리에 따라 A, B, C 구간으로 나누어 평가하였다. 교통류 평가는 주변 교통량의 평균 속도, 가속도, 감속도를 이용하여 수행되었고 안전성 평가에는 대리 안전 지표인 TTC(Time to Collision)를 분석에 활용하였다. 결과는 자율주행차의 주행 행동이 주변 교통류에 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 안전성 평가에 따르면 자율주행차가 공격적인 주행행태로 주행 시 혼잡한 상황에서 위험한 상황을 발생시키는 것으로 분석되었다.

공동 시뮬레이션을 통해 동역학적 요소와 교통류를 반영한 시뮬레이션을 통해 더욱 정밀한 분석 환경을 제공하였으며, 자율주행차 1대에 대한 주행이 주변 교통류 영향 및 안전성 평가에 대한 연구 결과를 얻었다. 향후 연구로는 실제 자율주행 차량을 활용하여 주변 교통류에 대한 안전성 평가를 수행연구가 필요할 것으로 보인다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원(과제번호 RS-2021-KA162182)의 지원으로 수행하였습니다.

Pure Pursuit 및 PID 제어기 융합 경로 측정 알고리즘

Pure Pursuit and PID Controller Fusion Path Measurement Algorithm

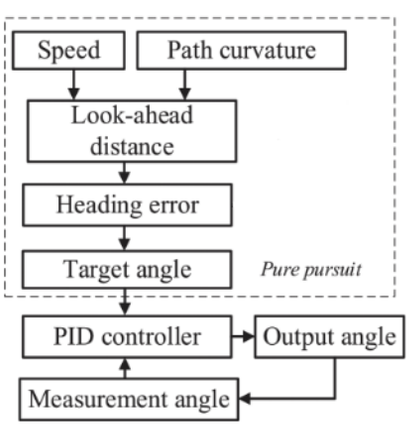
박상빈[1]
(한국교통대학교, 석사과정)

박만복[2*]
(한국교통대학교, 공학박사)

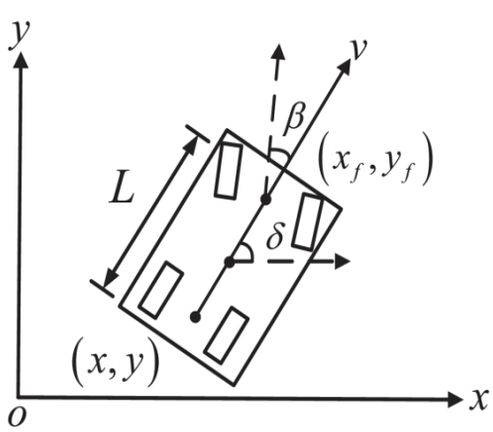
최근 자동차 산업에서는 자동차의 자율 주행 시스템 개발에 많은 관심이 집중되고 있다. 특히, 차량의 경로 추적 성능은 자율 주행의 안정성과 직결되는 중요한 요소 중 하나이다. 효율적인 경로 추적을 위해 순수 추구(Pure Pursuit) 알고리즘과 PID(Proportional-Integral-Derivation) 제어기를 결합한 새로운 접근 방식을 제안한다. P.P 알고리즘은 그 구현의 단순성으로 인해 널리 사용되지만, 전방 주시 거리의 선택과 불연속적인 출력 각도 변화로 인해 경로 추적 오류와 차량의 불안정성을 야기할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 순수 추구 알고리즘의 기본 원리에 PID 제어기를 통합하여, 차량의 조향각을 보다 정밀하게 조절함으로써 경로 추적 성능을 향상시키고자 한다.

본 연구에서 제안하는 방법은 차량의 속도와 경로의 곡률을 고려하여 적절한 전방 주시 거리를 동적으로 결정한다. 이를 위해, 전방 주시 거리는 l_0, 속도 (v)에 대한 상관 계수 k_1, 그리고 경로 곡률 (w)에 대한 상관 계수 k_2를 이용하여 $l_c = l_0 + k_1 v + k_2 w$ 계산된 새로운 전방 주시 거리를 구하였다. 이렇게 결정된 전방 주시 거리를 바탕으로 순수 추구 알고리즘을 적용하여 기본 조향각을 계산하고, 이후 PID 제어기를 통해 차량의 실제 조향각을 최적화하였다. 이 과정을 통해, 연속적이고 부드러운 조향각 변경을 유도하여 차량의 경로 추적 오류를 최소화하고 주행 안정성을 높였다.

제안된 방법의 효율성을 검증하기 위해, 운동학적 자전거 모델을 기반으로 한 차량 모션 모델을 설정하고, 단일 순수 추구 알고리즘과 비교 실험을 수행하였다. 실험 결과, 제안된 순수 추구 알고리즘과 PID 제어기의 결합은 단일 순수 추구 알고리즘에 비해 우수한 경로 추적 성능을 보였다. 특히, 복잡한 곡률 경로 조건에서의 안정적인 경로 추적이 가능함을 검증하였다.



<Fig. 1> PID controller and pure pursuit Algorithm



<Fig. 2> kinematic bicycle model

사사: 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 '자율주행기술개발혁신사업'의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]. 또한, 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명 : 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호 : 20018448)

도로결빙 사고 대응을 위한 결빙취약구간의 설정 관리

Management of Setting Freezing vulnerable section for Road Icing Accident Response

박근형
(한국건설기술연구원 수석연구원)

도로결빙 사고는 기온이 낮아져 도로 위에 물이 얼어붙어 생성된 얼음으로 인해 발생하는 교통사고이며, 주로 겨울철 새벽이나 밤늦게 기온이 급격히 떨어질 때 더 자주 발생한다. 도로결빙은 차량의 제동력을 상실시키고 조향 능력을 저하시켜, 운전자가 차량을 제어하기 어렵게 만들어 사고 위험을 증가시키는 역할을 수행하게 된다. 운전자가 도로결빙을 사전에 인지하지 못한 상태에서 급제동 등이 발생하였을 경우, 타이어와 도로 사이의 마찰력이 감소하여 차량이 멈추는 데 필요한 거리가 크게 늘어나며, 조향력이 현저히 떨어져 조향 조작에 차량이 즉각적으로 반응하지 못하여 충돌 또는 도로 옆으로 미끄러지는 등 다양한 형태의 사고로 이어질 수 있다.

도로결빙 사고는 겨울철 도로관리에서 매우 중요하다. 운전자에게 정보 제공하여야 하며, 위험성을 제거하도록 도로를 관리하여야 한다. 도로관리자는 기상 데이터, 지형적 요소, 사고 데이터 분석을 통하여 도로결빙 사고 우려가 있는 구간은 결빙취약구간으로 지정하여 관리하여야 한다.

기상 데이터 분석은 과거의 기상 데이터와 현재의 기상 예보를 분석하여 기온이 급격히 떨어지거나 강설·강수량이 많은 지역을 식별하여야 하며, 지형적 요소 고려는 그늘진 지역, 교량, 고도가 높은 지역, 경사가 급한 도로 등 지형적으로 결빙이 발생하기 쉬운 구간에 대한 검토이며, 사고 데이터 분석는 과거에 결빙 관련 사고가 발생했던 사고 이력에 대한 요소를 분석하는 것이다.

본 연구에서는 기상 데이터, 지형적 요소, 사고 데이터를 기반으로 도로구간별 위험 분석을 통하여 결빙취약구간 설정 및 관리 방안을 설명하고자 한다. 국토교통부는 고속도로, 일반국도 등 간선도로에 464개소의 결빙취약구간을 선정하고 관리하고 있으며, 겨울철 제설관리기간 동안에 중점 관리를 통해 도로결빙 사고를 저감하기 위한 업무를 수행하고 있다.

사사: 본 연구는 2024년 국토교통부의 정부수탁과제 “도로제설시스템 운영관리“ 지원에 의한 연구임

이슬점 온도 산출을 통한 도로 구간별 도로살얼음 위험도 분석

Analysis of icing risk for each road section through dew point temperature calculation

박근형
(한국건설기술연구원 수석연구원)

도로 주변의 기상 조건은 운전자의 안전과 차량의 통행 능력에 큰 영향을 미칠 수 있다. 다양한 도로기상 조건들이 있으며, 각각의 위험성을 이해하는 것이 중요하다. 안개는 운전자의 시야를 크게 제한하여 도로 상황을 정확히 파악하기 어렵게 만들며, 충돌 사고의 위험을 증가시키는 위험성을 안고 있다. 도로결빙은 기온이 영하로 떨어지면 도로 표면에 얼음이 형성되어 차량의 제동 거리를 급격히 증가시키고, 결빙 사고의 위험을 높이게 된다. 이외에 도로에 영향을 주는 도로기상 요소는 폭우, 폭설, 강풍 등이 있으며, 차량의 이동성을 제한하고 도로상 사고를 유발할 수 있다.

특히 도로결빙은 기온 저하로 인해 도로표면의 수분으로 생성된 얼음으로 인해 발생하며, 시간적으로는 주로 새벽이나 밤늦게 발생하여 운전자가 즉시 파악하기 어려운 특성을 가지고 있으며, 차량의 제동력과 조향 능력을 상실 또는 저하시켜 차량 제어가 어려운 상황에서 사고 위험이 증가된다.

이러한 도로결빙 여부를 사전에 파악하기 위해서는 해당 지역의 이슬점 온도를 산출하여야 한다. 이슬점 온도는 공기가 물기를 더 이상 가질 수 없을 때, 포화 상태에 도달하여 공기 중의 수증기가 응결되기 시작하는 온도이며 공기가 물방울로 변하기 시작하는 온도이다. 도로 상의 이슬점 온도를 측정하여 공기중의 수증기 양과 결빙 위험성을 산출하는 판단 팩터가 될 수 있다. 도로 상의 이슬점 온도를 산출하기 위해서는 상대습도, 대기 온도, 노면 온도를 수집하여야 하며, 도로순찰 차량에 노면온도 자동 수집 장치를 부착하여 운행 구간의 노면온도를 수집함에 의해 이슬점 온도 및 결빙 위험성을 산출할 수 있다.

본 연구에서는 지난 겨울 동안에 전국 60여대의 도로순찰 차량에서 수집된 구간별 노면온도를 분석하여 도로 구간별 위험 분석을 시행하였으며, 기상 상태별, 구조물별 노면온도와의 상관 관계를 분석하였다.

사사: 본 연구는 2024년 국토교통부의 정부수탁과제 “도로제설시스템 운영관리“ 지원에 의한 연구임

도로변 다종 복합센서 기반의 이상감지 서비스 시나리오 설정 연구

A Study on the Establishment of Anomaly Detection Service Scenario Based on Multi-Sensors on the Roadside

최우철
(한국건설기술연구원/전임연구원)

최근 기후 변화, 인프라 노후화, 신유형 모빌리티의 등장, 불특정 범죄사고 발생 등으로 인해 관측, 예측이 어려운 도심 이상상황의 발생 빈도가 증가하고 있다. 국민들의 생활안전 이상상황을 모니터링하는 가장 강력한 수단은 CCTV이다. 하지만 CCTV는 야간 상황에 취약하고 사생활 침해 문제가 발생하는 등 여러 가지 단점이 제기되고 있다. 이에 본 연구는 일반 CCTV 영상에서 즉각적인 상황 파악이 어려운 생활안전 위협상황 관제를 위해 도로변 다종 복합센서 구축을 통한 이상감지 서비스 구현방안을 제시하고자 한다.

주 감지수단으로는 열화상카메라와 기상관측센서로 설정하였다. 열화상카메라는 열화상 카메라는 열화상 검출기를 통해 검출된 적외선 열에너지를 이미지 처리 과정을 통해 시각화 시켜주는 장치이며, 열을 가진 물체가 발산하는 복사열을 감지하기 때문에 조명의 유무와 상관없이 물체를 확인할 수 있다. 이에 야간상황 객체 인식 및 감시, 소방, 교통, 방범, 시설물 관리, 해상 감시 등 매우 다양한 분야에서 활용되고 있다. 열화상 카메라부터 수집되는 열화상 원시데이터는 객체 유무 확인 및 분류과정을 거쳐 저품질, 비식별화 대상 데이터를 삭제하는 전처리 작업을 수행하였다. 원시데이터 품질 확인 후 결함 객체 박스형태의 가공 가이드라인을 생성한 뒤 원천데이터로 저장하는 프로세스를 적용하였다. 기상관측센서의 경우 열화상이미지의 딥러닝 분석과정에서 객체 온도변화 감지의 서비스 향상을 위해 함께 구축하였다. 이를 통해 현장의 외부/지면 온도(℃), 습도(%), 대기압(hpa), 일산화탄소(CO), 휘발성 유기화합물(VOCs, Volatile Organic Compounds) 데이터 수집 및 입력값 설정이 가능하였다. 보다 체계적인 테스트베드 학습 DB 구축을 위해 수집, 정제, 가공, 검수 프로세스를 정립하였다. 첫째, 데이터 수집 단계는 촬영계획 수립, 데이터 수집, 전처리/메타 데이터(환경정보) 입력, 수집 데이터 검수로 구성하였다. 둘째, 데이터 정제 단계는 원시데이터에서 정상, 비정상 데이터를 분류하고, 비정상 데이터의 삭제, 정제 데이터의 검수로 구성하였다. 셋째, 데이터 가공 단계에서는 학습 데이터 라벨링을 위해 데이터 라벨링 타입 선정, 라벨링 데이터 포맷 정의, 라벨링 데이터 정보구조 정의, 라벨링 데이터 파일형식을 정의하였다. 넷째, 데이터 검수 단계에서는 최종 생성된 원천 데이터와 라벨링 데이터의 오류를 검사하고, 이상 유무를 식별하였다.

다종 복합센서 및 학습 DB 프로세스 구축을 통해 생성되는 데이터를 토대로 지자체 관제센터, 영상분석 개발자 등 집단 심층토의를 통한 사용자 요구사항 분석을 수행하여 도로변 다종 복합센서 기반의 이상감지 서비스 시나리오를 설정하였다. 첫째, 보행자, 자동차, 킥보드, 자전거 등 동적 객체를 탐지하고, 탐지된 객체들이 복합적으로 활동할 때 위험사항을 감지하는 주야간 동적 객체 감지 서비스이다. 열화상카메라의 장점인 야간 객체감지에 특화되어 일반 RGB CCTV를 보완, 대체 가능한 서비스모델이다. 둘째, 화재, 불법 흡연, 오염물질 배출 등 급격한 객체의 온도변화를 감지하여 실시간적으로 재난상황을 감지하고 골든타임을 확보 가능한 급격한 객체의 온도변화 감지 서비스이다. 셋째, 여름철 고온의 도로 및 시설물들의 온도 변화, 겨울철 도로 결빙 등 시계열적으로 나타나는 공간, 객체별 상대적 온도변화를 감지하여 대형사고를 예방하는 시계열적 객체의 상대 온도변화 감지 서비스이다.

본 연구는 CCTV에서 즉각적인 확인이 어려운 이상상황 감지를 위해 도로변 다종 복합센서 기반의 이상감지 서비스 시나리오를 설정하였다. 실질적인 데이터 기반의 이상감지 서비스 시나리오를 도출한 기술적, 실용적 의의를 함께 갖는다. 향후 본 데이터를 통한 시나리오 유형별 AI 예측모델 적용 및 검증, 실질적인 지역 및 공간분석 등이 수행되어 본 서비스 시나리오가 현장에 적용되기를 기대한다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비지원(주요사업)사업으로 수행되었습니다 (20240143-001, 미래 건설산업 견인 및 신시장 창출을 위한 스마트 건설기술 연구).

랜덤 키 유전자 알고리즘 사용한 교통망 취약성 문제 풀이 알고리즘 개발

Development of algorithm to solve transportation network vulnerability problem using random key genetic algorithm

유승규
(인제대학교 조교수)

안용준
(대전세종연구원 책임연구위원)

네트워크 취약성은 네트워크 서비스를 크게 감소시킬 수 있는 민감성으로 정의할 수 있다. 교통망에서 취약성은 중요한 주제로 고려되어 왔으며, 그동안 많은 연구들이 진행 되어왔다. 그러나 대부분의 기존 문헌에서는 하나의 링크 또는 노드가 한 번에 제거될 때 네트워크의 효율성을 정량화하여, 각 링크 또는 노드

의 중요성을 평가하였다. 그러나 이러한 접근 방식은 여러 링크나 노드가 동시에 중단되는 경우 계산과정에서 중요한 문제점이 발생한다. 예를 들어 100개의 링크 중 10개의 링크가 동시에 중단되는 경우 1E+13개의 시나리오가 존재하며 이를 계산하여 각 시나라오의 중요도를 평가하는 것은 시간적 한계가 존재한다.

이 문제를 해결하기 위해 Wang et al. (2016)은 최악의 상황에서 다중 구간의 조합 복잡성 문제를 해결하기 위해 전역 최적화 접근 방식을 제안하였고 Xu et al. (2017)는 교통망 취약성의 상한과 하한(취약성 범위)을 도출하기 위한 최적화 접근법을 제안하였다. 먼저 binary integer bi-level program(BLP)를 통하여, 목적함수식을 구성하였다. 그런 다음 제안된 식을 풀기 위해 하위 수준 함수식의 Karush-Kuhn-Tucker(KKT) 조건을 활용하여 BLP 문제를 단일 수준 혼합 정수 선형 계획법(MILP)으로 재구성 하였다. Xu et al. (2017)는 네트워크 취약성 문제를 해결하기 위한 새로운 접근 방식을 제안했지만, 이 연구 역시 큰 규모의 네트워크에 MILP를 풀기 위해서는 시간적 한계가 존재한다.

본 논문의 주요 목적은 네트워크 취약성 문제에 대한 풀이 알고리즘을 제시한다. 특히 다중 링크의 동시disruption(중단)이 발생시 상한과 하한으로 구성된 취약성을 해결하기 위한 램덤키 유전 알고리즘(RKGA)를 연구 하였다. 기본적으로 본 연구에서 제시된 램덤키 GA 알고리즘의 population는 인코딩 및 디코딩이라는 이중 절차를 통해 생성되며 인코딩 절차에서는 염색체의 대립유전자에 대해 난수(키)가 생성된 다음, 염색체의 유전자에 대해 인코딩된 솔루션이 디코딩되는 2중 절차를 제시하였다. RKGA의 효율성을 검증하기 위해서 본 연구에서는 소규모 네트워크와 중간 규모 네트워크에서 분석이 진행되었다. RKGA 알고리즘에서는 하나의 초기 모집단에서 다중 링크의 disruption(중단)이 발생하면 상한 및 하한 문제가 동시에 해결되고 다중 링크 중단 횟수 제한이 처리되므로 RKGA는 계산 효율성을 갖는 것으로 분석되었다.

Wang, D. Z., Liu, H., Szeto, W. Y., & Chow, A. H. (2016). Identification of critical combination of vulnerable links in transportation networks - a global optimisation approach. Transportmetrica A: Transport Science, 12(4), 346-365.

Xu, X., Chen, A., & Yang, C. (2017). An optimization approach for deriving upper and lower bounds of transportation network vulnerability under simultaneous disruptions of multiple links. Transportation research procedia, 23, 645-663.

서울시 녹색교통지역 도로의 교통혼잡지표 분석

Analysis of Traffic Congestion Index in Seoul's Green Transportation Zone

최철원
(명지대학교, 석박사통합과정)

박호철*
(명지대학교, 부교수)

서울시의 인구는 2010년 이후로 지속적으로 감소하고 있으나, 수도권지역 통근자의 통근거리 증가와 가구당 차량대수 증가로 도로교통혼잡은 증가하고 있다. 한국교통연구원의 발표에 따르면 2020년 서울에서 차가 막혀 도로위에서 버려진 교통혼잡비용은 14조에 달하며 인근 경기권 및 인천권 포함 시 약 31조의 비용이 발생하는 것으로 분석되었다. 교통정체를 해소하고 효율성을 향상시키기 위하여 교통신호제어 등의 교통수요정책이 시행되고 있다. 기존의 혼잡지표는 도로의 속도를 통하여 혼잡을 측정하였다. 동일한 속도라도 도로별 제한속도가 다를 시 도로혼잡을 과소추정이 될 가능성이 높다.

본 연구는 도로시설 관리자 측면에서 도로 네트워크의 수행능력을 나타내기 위하여 도로별 제한속도와 실제 운행속도의 감소분을 통한 혼잡지표를 개발하는 것을 목적으로 한다. 분석에 앞서 기존 혼잡지표관련 문헌조사 결과, 혼잡시간지표(Travel Time Index, TTI), 도로혼잡지표(Roadway Congestion Index, RCI), 혼잡심각도지표(Congestion Severity Index, CSI), 통행률지표(Travel Rate Index, TRI), 밀도혼잡지수(Occupancy Congestion Index, OCI)는 기존 도로의 속도만을 반영하였으며, 해당 지표들은 도로별 제한속도에 따른 혼잡의 영향을 파악하기는 어려운 것을 확인하였다.

본 연구의 공간적 범위는 서울시의 4대분 내 한양도성지역으로 설정하였다. 서울 한양도성 지역은 차량 운행속도를 간선도로 50km/h, 이면도로 30km/h로 제한하는 안전속도 5030을 시행중이며, 「지속가능 교통물류 발전법」제 42조에 따른 녹색교통진흥 특별대책지역으로 지정되어 자동차 통행관리 시스템이 설치된 상태로 진·출입 교통량에 대한 전수조사가 이루어져있어, 도로별 제한속도 및 교통량 파악에 용의하다. 본 연구의 시간적 범위는 한양도성내 교통량 데이터의 기준인 2021년을 기준으로 하되 자료수집이 어려운 경우 취득가능한 최신자료를 활용하였다.

분석결과, 도로별 통행속도의 감소분을 통하여 혼잡이 심각한 구간의 우선순위를 파악할 수 있었으며 이를 통해 교통혼잡 관련 통계자료, 교통정책 의사결정지원, 도로 인프라 투자, 정책효과 사전·사후 평가 등 다양한 혼잡 개선대책 마련에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

자전거도로 노면상태 자동감지 기술 적용을 위한 정책적 검토

Policy Review for Application of Automatic Bicycle Road Surface Detection Technology

최우철
(한국건설기술연구원/전임연구원)

정인택*
(한국건설기술연구원/수석연구원) *교신저자

삶의 질을 추구하는 사회 전반의 분위기에 따라, 건강과 레저 활동을 위한 자전거 이용인구(월 1회 이상)는 1,340만명에 이를 만큼 증가하고 있다. 이에 반해 자전거 사고로 인한 사망자수 역시 매년 꾸준히 170명 이상으로 발생하고 있으며, 부상자수도 매년 10,000명 이상으로 발생하고 있다(행정안전부, 2021년). 현재 자전거도로의 노면상태 및 위험요소에 대한 데이터 수집은 자전거도로 이용자들의 민원 제보에만 의존하고 있으며, 지자체별로 자전거도로의 위험요소 관리를 위한 최소한의 관리기술 및 통합 모니터링 시스템 또한 부재한 상황이다. 이에 한국건설기술연구원은 IoT 센싱 기술을 이용하여 장애물, 노면파손 등 자전거도로의 위험요소를 자동으로 탐지할 수 있는 기술을 개발 중에 있다(한국건설기술연구원, 2023). 해당기술의 상용화를 위해서는 자전거도로 관련 법·제도 및 정책 분석을 통해 지자체에 적용 가능한 방안을 모색해야 한다.

관련 법률 검토 결과는 다음과 같다. 「도로교통법」의 경우 자전거도로 통행방법(제9조, 제13조의2), 자전거횡단도 설치(제15조의2), 운전자 준수사항(제50조) 등 자전거도로 관련 법률적 지위 및 관련 내용이 지정되어 있으나, 자전거도로 안전 및 관리 관련 내용은 없다. 「자전거이용 활성화에 관한 법률」의 경우 제3조에서는 자전거 전용도로, 자전거·보행자 겸용도로, 자전거 전용차로, 자전거 우선도로 등 자전거도로의 유형을 설정하였다. 본 연구의 자전거도로 노면탐지 구역 설정 시 해당 유형들을 고려하여 연구의 범위를 선별할 필요가 있다. 제4조제4호에 의거 실질적인 자전거 이용 여건의 개선은 지방자치단체의 조례로 정함에 따라 지방자치단체를 주요 수요처로 설정하고 테스트베드 시범지역에 대해 논의가 필요하다. '23년 1월 신설된 제5조의2에 따라 지자체는 관할 내 자전거 통행 위험지역에 대한 조사 필요하며, 제11조의2에 따라 지자체는 자전거 통행에 방해가 되지 않도록 자전거도로 안전을 확보해야 한다. 「자전거 이용시설의 구조·시설 기준에 관한 규칙」에서는 자전거도로의 통행용량, 설계속도, 폭, 포장 및 배수 등의 기준을 설정하고 있으며, 자전거 통행 장애 요소를 고려한 통행용량 산출의 적정성 검토가 필요할 것으로 판단된다. 제5조 자전거도로의 폭은 하나의 차로를 기준으로 1.5m 이상으로 하며, 다만 지역 상황 등에 따라 부득이하다고 인정되는 경우 1.2m 이상으로 설정 가능하다. 이를 고려한 유효폭 측정 및 관리가 필요하다.

관련 정책으로 '23년 5월 발표된 「자전거 이용 활성화 계획 수립 지침」이 있다. 동법 제5조 제3항에서 정하는 5가지 사항 중 '1. 자전거 이용시설의 정비의 기본방향', '3. 자전거 이용자의 안전성 확보를 위한 방안', '4. 제5조의2에 따른 자전거 통행 위험지역에 대한 조사' 및 '자전거 이용시설에 대한 정비·개선' 등이 본 연구와의 관련성이 매우 높은 조목이다. 자전거 이용시설 정비방안 중 자전거도로 시설기준 항목은 유효폭, 보도폭, 측방여유 폭, 분리공간 폭 등이 있으며, 현황조사가 필요한 항목은 단절노선, 위험시설, 노후시설, 시설 과부족 등이 있다. 자전거 이용 안전 제고 방안으로는 자전거 교통사고 자료 분석, 자전거 통행 위험지역 조사, 자전거 통행 위험지역 시설 정비방안 마련을 필요로 한다. 도로교통공단의 교통사고 분석시스템 자료 등을 활용하여 위험지역 선정 및 사고분석 수행이 가능하며, 주요 위험지역에 대해서는 현장 조사를 통해 시설 및 교통운영 문제 등을 필요로 한다. '22년 발표된 「자전거 이용시설 설치 및 관리 지침」의 경우 자전거도로의 설계 원칙 및 일반 설계 기준, 횡단 구성, 자전거도로 안전시설, 유지관리 등이 세부적으로 제시되어 있다. 포장 및 배수시설, 교량 및 터널, 도로교통시설(난간, 조명 등), 신호 및 노면표시 등의 유지관리 항목과 5등급으로 구성된 자전거도로 포장상태 서비스 수준에 대한 참고가 가능하다.

지금까지 정부 및 지자체에서 요구하는 자전거도로의 정비 방향 및 방안, 서비스 수준 등 자전거도로 노면상태 자동감지 기술 적용을 위한 정책적 검토를 수행하였다. 향후 테스트베드를 기반으로 기술검증을 거쳐 실질적인 기술성과의 지자체 적용을 통해 안전한 자전거도로의 관리가 이루어지길 기대한다.

참고문헌

미래 건설산업 견인 및 신시장 창출을 위한 스마트건설기술 연구(한국건설기술연구원, 2023)

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 연구운영비지원(주요사업)사업으로 수행되었습니다 20240143-001, 미래 건설산업 견인 및 신시장 창출을 위한 스마트 건설기술 연구).

지하철 역에서 보행자 흐름 분석을 위한 새로운 접근: 타원형 이변량 관계를 활용하여

A New Approach for Pedestrian Flow Analysis: Elliptic Bivariate Relationship in Metro Station

민건규	가동주	정성용	이청원*
(서울대학교 건설환경공학부)	(서울대학교 건설환경종합연구소)	(서울대학교 건설환경종합연구소)	(서울대학교 건설환경공학부) (*Corresponding Author),

세계의 많은 대도시에서는 지하철을 운영하고 있으며, 많은 이용자들을 빠르고 효율적으로 운송하는 중요한 교통수단으로 자리잡고 있다. 그러나, 첨두시간대에는 수요가 급증하여 역사 내 승객이 누적되어 혼잡으로 인한 사고 발생 확률이 높아지는 한계점이 있다. 이러한 문제로 보행자 안전을 고려할 때, 지하철 역사에서의 보행자 사고 예방을 위한 보행류 모니터링이 중요한 과제로 부각되고 있다. 본 연구의 목적은 교통류 소통상태를 파악하는 새로운 방법 중 하나인 elliptic bivariate relationship의 보행류 적용 가능성을 검토하는 것이다. Elliptic bivariate relationship은 vehicle accumulation과 travel time을 활용하여 교통류 소통상태를 파악하는 방법론으로, 두 가지 파라미터($|\lambda|$, ϕ)를 활용하여 혼잡의 규모와 혼잡 진행 과정을 해석한다. 본 연구에서는 pedestrian accumulation과 travel time의 elliptic bivariate relationship이 보행류 소통상태 해석에 적용 가능한지 확인하였다. 본 연구는 서울 지하철 5호선 여의나루역의 개찰구 앞 보행통로 영상 데이터를 활용하여 보행자 데이터를 수집했다. 다양한 보행류 데이터 수집을 위해 첨두시간대(08:00~09:00, 18:00~19:00)와 비첨두시간대(12:00~13:00)에 데이터를 수집하였다. 분석 결과, ϕ가 증가함에 따라 $0<\phi\leq\pi$에서 역사 내 보행통로의 밀도가 증가하고, $\pi<\phi\leq2\pi$에서는 보행통로의 밀도가 감소함을 확인하였다. 또한, $|\lambda|$가 증가할수록 역사 내 보행로의 밀도가 증가하였다. 이러한 결과는 elliptic bivariate relationship의 두 가지 파라미터($|\lambda|$, ϕ)가 혼잡 진행 과정과 규모를 모니터링하는 데 유용한 지표임을 보여주었고, elliptic bivariate relationship이 보행류에 적용 가능함을 보여준다.

사사: This work was supported by the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korea Government(MSIP) (NRF-2010-0028693)(NRF-2014R1A13052320).

데이터 협력 기반 탄소중립 플랫폼 아키텍처 설계

Architecture Design of Carbon Neutral Platform based on Data Cooperation

조은아	조범철	김영석	문경환
(한국교통연구원, 연구원)	(한국교통연구원, 선임연구위원)	(마켓쿠킨, 대표)	(마켓쿠킨, 부대표)

연구의 배경

물류는 생산, 소비, 유통 등 경제 활동에서 상품과 소비를 연결하는 중요한 역할을 수행하는 산업으로 자리매김했다. 물류산업의 탄소 배출량은 전체 배출량에서 상당한 비중을 차지하고 있고 앞으로도 증가할 것이다. 그래서 스웨덴, 노르웨이는 물류 분야의 탄소세 부과로 온실가스 감소를 유도하고 있으며, 유럽연합은 2030년까지 5톤 이상 트럭의 탄소 배출량을 45% 감축, 2035년까지 65% 감축, 40년 90% 감축을 목표로 하고 있다. 이처럼, 선진국에서는 국제 기후변화 협약, 화물에 대한 탄소중립 정책을 수립하여 시행 중이며 향후 확대하고 있다.

우리나라 상황을 보면 대기업 중심으로 ESG 경영 차원에 실천하면서 각 기업에서 배출량을 관리한다. 정부는 녹색물류전환사업을 추진하면서 화주 및 물류 기업에 온실가스를 감축하기 위한 시스템 및 장비를 제공하는 사업을 수행하고 있으나, 물류산업 전반에 대한 정책은 아니기 때문에 물류 부문에서 탄소 배출에 대한 국가 차원의 종합적인 인벤토리가 요구된다. 그러나, 탄소중립의 핵심 자료가 되는 국내 화물 운송 데이터는 화주, 차주, 물류 회사, 공공기관 등 다양한 주체가 각자의 방식으로 데이터를 관리하고 있어, 물류 산업 전반의 탄소중립 구현을 위한 기반을 마련하는데 한계가 있다. 따라서, 공공과 민간이 협력하여 물류 화물 운송 부문의 탄소 중립의 기초자료 확보가 필수적이다.

탄소중립 플랫폼

물류 산업 활성화를 위해서는 화물 운송 정보의 통합 및 표준화가 필요하지만, 민간 데이터에는 기업의 영업 정보가 포함되어 있어, 데이터 협조가 어려운 실정이다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 공공과 민간이 협력하여 데이터 표준화 및 통합에 대한 노력이 필요하다.

본 연구에서 제시하는 탄소중립 플랫폼은 공공과 민간이 함께 탄소중립을 활용한 화물 운송정보의 표준화 체계를 구축하고, 이를 기반으로 통합 데이터 관리 및 분석을 위한 효율적 관리 시스템이다. 탄소중립 플랫폼은 화물 운송 관련 데이터를 수집 및 중앙 집중화하여, 에너지 소비와 배출량 등을 모니터링하고 분석함으로 탄소중립을 실현하고자 하는 기업의 노력을 지원한다. 민간에서는 탄소중립 플랫폼을 통해 탄소 배출량을 감축하기 위한 노력을 추적하고 검증 가능하다. 공공에서는 수집된 데이터를 활용하여 정책 결정에 활용 가능하다. 이를 통해 물류 시스템의 친환경 및 디지털 전환을 지원하고, 화물 운송의 효율성을 높이며 시장의 공정성을 유지하는데 기여한다.

사사: 본 연구는 2024년 정부(국토교통부)의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 국가연구개발사업임(RS-2022-00142845)

광역버스 친환경 차량 도입 로드맵 구축 연구

A Study on Establishing a Roadmap for Introducing Eco-friendly Vehicles for Metropolitan Buses

윤상원
(한국교통연구원, 부연구위원)

고승렬
(한국교통연구원, 주임연구원)

박준식
(한국교통연구원, 선임연구위원)

2050 탄소중립 실현, 친환경 메가트렌드 확산 등에 따라 광역버스 등 대중교통수단에 전기·수소 등 무공해 친환경 차량 도입 및 확대 필요성 증가하고 있다. 광역버스의 경우, 2021년 4월부터 친환경 대용량 2층 전기버스가 도입된 이후 2022년 말 기준으로 총 16개 노선에 60대의 차량이 운행중에 있다. 향후 그린모빌리티 확대를 위해 광역버스 노선에 수소버스도 도입될 전망으로 체계적인 친환경 대중교통수단 도입 및 활성화를 위하여 연차별 차량 도입, 인프라 확충계획 등 로드맵 마련 필요하다. 이에 본 연구는 친환경 대중교통으로 전환 유도 및 대중교통 탄소중립에 기여하기 위해 광역버스의 친환경 차량 도입 로드맵을 구축하고 그 효과를 분석하는 것을 목적으로 한다.

본 연구는 친환경 차량 관련 국가정책 자료, BMS를 활용한 광역버스 노선 및 차량 세부 자료, 지자체 협조를 통한 광역버스 차고지 자료, 수소버스 충전소 관련 현황 및 계획 자료 등을 활용하여 국가 면허 광역버스의 친환경 차량 도입 로드맵을 구축하였다. 실효성 있는 로드맵 구축을 위해 광역버스 관련 정책 방향, 친환경 차량 및 인프라 운영 여건 등을 종합하여 아래의 로드맵 구축 전략을 수립하였다. 우선, 광역교통 기본계획, 대중교통 기본계획 등 국가 정책 방향을 고려하여 전기·수소 버스의 균형있는 도입계획을 고려하였다. 그리고, 현재 전기버스 운영 노선은 향후 전기버스 위주로 전환하고, 현재 수소충전소 인근 차고지를 이용 가능한 노선은 수소버스 위주로 전환하고, 현재 2층 경유버스는 2층 전기버스로 확대하는 등 현재의 친환경 차량 도입의 현실적인 여건을 고려하였다. 나머지 차량에 대해서는 인프라 제약이 큰 수소버스 도입을 우선적으로 고려하되, 수소충전소 입지가 어려운 차고지를 이용하는 노선에 대해서는 전기버스로 전환하는 전략을 수립하였다. 다만, 수소충전소는 입지 제약 외에도 관련 법에 따라 다수의 관련기관 협의절차가 필요하여 2개 시나리오(보수적/전향적)로 구분하여 로드맵을 구축하였다. 그리고, 현재 1층 버스로 운행중인 첨두시 혼잡노선은 2층 전기버스로 전환하도록 하였다. 마지막으로, 모든 노선에 대해 전기 또는 수소차량의 전환이 결정되면, 노선별 운행차량의 차령을 기준으로 해당 연료 차량으로 전환하는 것으로 가정하여 연차별 로드맵을 구축하였다.

국가 면허로 운행 중이거나, 향후 국가 면허로 전환이 예상되는 광역버스 274개 노선, 2,743대 차량을 대상으로 분석한 결과, 보수적 시나리오에서는 향후 2033년까지 전체 67.0% 차량이 1층 전기버스로, 21.8% 차량이 2층 전기버스로, 11.2% 차량이 1층 수소버스로 전환되는 것으로 나타났으며, 전향적 시나리오에서는 향후 2033년까지 전체 55.4% 차량이 1층 전기버스로, 21.8% 차량이 2층 전기버스로, 22.8% 차량이 1층 수소버스로 전환되는 것으로 나타났다. 광역버스의 친환경 차량 전환에 따라 연료비 절감 등 운송비용이 감소 할 수 있어, 준공영제 하에서는 재정지원금 절감이 가능하다. 2033년까지 시나리오별로 3,582억원~3,667억원의 재정지원 절감 효과가 발생할 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 두 개 시나리오 동일하게 대기오염 비용은 약 3,812억원의 절감 효과가 발생하는 것으로 나타났다. 마지막으로 기존 1층버스 혼잡노선의 2층 전기버스 전환에 따라 2033년까지 연평균 하루 600회의 서울 진입 버스 교통량 감소의 효과도 기대되는 것으로 나타났다.

본 연구는 광역버스 분야의 친환경 차량 도입의 구체적 실행방안을 연차별 로드맵으로 제시하여 향후 2050 탄소중립 실현 등 국가정책 추진에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

전기차 공공충전소 입지 선정 문제의 CBD 지역 고려

Modeling CBD areas in the site selection problem of public electric vehicle charging stations

안이찬
한국과학기술원, 박사과정)

우수민*
(건국대학교, 조교수)

이진우*
(한국과학기술원, 부교수)

전통적인 내연기관 차량에 비해, 전기차는 온실가스 배출, 소음 및 대기오염을 줄일 수 있는 친환경적인 교통수단으로 각광받고 있다. 전기차 보급률이 지속적으로 증가함에 따라, 급증하는 충전 수요를 충족시키기 위해서는 충전 인프라의 확장이 필수적이다. 그러나 전기차 수 대비 공공급속 충전소의 비율은 여전히 높고 심지어 증가하고 있다. 공공급속 충전소에서 각 충전기에 대한 수요가 증가함과 더불어 전기차는 내연기관 차량에 비해 긴 충전 시간을 지니고 있어 추가적인 대기행렬이 발생할 수 있다. 또한, 충전소의 수는 일반 주유소의 수보다 현저히 적으며, 이는 접근성 감소로 이어지게 된다.

기존 선행연구에서 최적 충전 인프라 계획을 위해 여러 분석 모델들이 확률적 모델에 기반하여 설계되었다. 이들은 사용자의 대기시간과 이동시간을 모두 고려하여 도시 네트워크 내 공공 충전소와 충전기의 최적 밀도를 결정하였으나, 대기시간을 다루는 데 있어 한계가 존재하였다. 또한, 확률적 효과를 현실적으로 반영할 수 없는 결정론적이고 균일한 도착을 가정하거나, 각 정류장에서의 수요 급증을 방지하기 위한 제약을 크게 단순화하였다.

본 연구에서는 제한된 예산 하에 시스템 효율성과 사회적 공정성(equity)을 고려한 공공급속 충전인프라의 최적 계획을 위해 연속 근사(Continuum Approximation, CA) 접근 방식을 제안한다. M/G/k 대기열 모델을 사용하여 대기시간과 이동시간을 추정하고, 공간적 이질성(heterogeneity)이 고려된 지역에서의 사용자의 평균 대기시간과 이동시간에 소요된 비용의 가중합으로 정의된 거시적 서비스 지표를 도출한다. 본 연구에서 제시하는 수학적 모델은 다음과 같은 세 그룹의 요소를 포함한다: (i) 계획 요소, 공간적으로 이질적인 충전소 밀도 및 충전소당 충전기 수; (ii) 운영 요소, 전기차 충전소 배정 방법; (iii) 외생적 요소, 예상 충전 수요 및 교통 상황. 제안된 모델은 최적 계획 문제에 대한 일반적인 솔루션과 효율적인 수치기반의 솔루션을 같이 제안하며, 다양한 시나리오에서의 수치적 사례 연구를 통해 모델의 적정성을 검증하고 실용적인 이해를 달성한다.