한국ITS학회
The Korean Society of Intelligent Transport Systems

한국ITS학회 2024년도 추계학술대회

The 2024 Korean Society of ITS Fall Conference

ITS, Connected World

2024년 10월 24일(목) - 26일(토)

강릉 라카이샌드파인 리조트

주 최

한국ITS학회
The Korean Society of Intelligent Transport Systems

후 원

강릉시 GANGNEUNG CITY · 강릉관광개발공사 Gangneung Tourism Dvlpmnt Corp. · GWTO 강원관광재단 Gangwon Tourism Organization · 한국도로교통공사 KOROAD · TS 한국교통안전공단 Korea Transportation Safety Authority · KOTI 한국교통연구원 KOREA TRANSPORT INSTITUTE · Intelligent Transport Society of Korea 한국지능형교통체계협회 · kt · A2Z AUTONOMOUS · 올포랜드 · EASY TRAFFIC · 티머니 · GS건설 · LG유플러스 · SK telecom · neighbor system · DH 대흥정보 Daehung Infor · 롯데이노베이트 · SOUL · 싸인텔레콤 · WAYS1 웨이즈원 · (주)지앤티솔루션 www.gntsolution.com · 현대건설 · 대우건설 · STraffic · MONIC Maximum Quality-Based Electronic · OSCO · TRACOM · 보광토탈ENG(주)

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

의 의
"This work was supported by the Korean Federation of Science and Technology Societies(KOFST) Grant funded by the Korean Government."

환영사

존경하는 한국ITS학회 회원 여러분!

우리나라 지능형교통체계와 스마트 모빌리티 분야의 최대 학술모임인 한국ITS학회는 2024년 한국ITS학회 추계학술대회를 솔향 가득한 아름다운 도시 강릉시에서 성황리에 개최하게 된 것을 회원 여러분, 회원사, 그리고 참여해 주시는 모든 분과 함께 진심으로 기쁘게 생각합니다. 특히 강릉시는 2026년 ITS 세계총회를 개최하는 장소로 더욱 큰 의미를 지니고 있습니다.

이번 추계학술대회는 'ITS, Connected World'라는 주제로 관련 연구개발 현황을 살펴보고 앞으로 나아갈 방향과 새로운 연구개발 주제를 모색할 좋은 기회가 될 것으로 기대합니다. 최근 ITS 분야에서는 인공지능(AI)과 빅데이터 기술의 발전으로 인해 데이터 기반의 효율적인 스마트 교통 시스템 운영 및 스마트 모빌리티 서비스가 가속화되고 있으며, 궁극적으로 디지털 전환에 크게 기여하고 있습니다. 특히, 5G와 같은 초고속 통신망을 통한 차량 간의 실시간 정보 공유는 물론 차세대 지능형교통시스템(C-ITS)의 고도화를 통해 자율주행차량의 안전성과 신뢰성을 크게 높일 것입니다. 이러한 기술을 기반으로 교통 시스템의 통합과 최적화를 통해 교통 혼잡 완화는 물론 사고 예방에 기여하며, 더 나아가 세계를 하나로 연결하는 스마트 시티 구축과 지속 가능한 발전에 중요한 역할을 하게 될 것입니다.

우리는 단순한 ITS 기술 발전에 그치지 않고, 다양한 이해관계자와의 협력을 통해 지속 가능한 교통 시스템과 스마트 모빌리티를 실현해야 합니다. 이를 위해 현재 미국 National Academy of Engineering의 회원이신 Georgia Institute of Technology의 Patricia L. Mokhtarian 교수님께서 "How will autonomous vehicles affect travel time use and subsequent travel-related choices?"라는 주제의 기조연설을 준비해 주셨습니다. 이 발표는 자율주행차가 우리의 이동 패턴과 선택에 어떻게 변화시킬지에 대한 향후 연구 방향을 제시하는 중요한 기회가 될 것입니다.

또한, 강릉시 김홍규 시장님의 환영사와 더불어 주호영 국회부의장님, 강릉시 권성동 국회의원님, 한국교통안전공단 정용식 이사장님, 한국도로교통공단 서범규 이사장님, 한국교통연구원 김영찬 원장님, 경찰대학 이인상 치안정책연구소장님, 한국지능형교통체계협회 허청회 회장님께서 축사해 주시어 학술대회를 더욱 빛내주십니다.

이번 학술대회에서는 일반 세션과 포스터 세션을 통해 약 200편의 연구논문 발표가 있을 예정이며, 약 30개의 특별 세션과 15개의 ITS 및 스마트 모빌리티 업체의 전시 부스를 통해 기업, 정부 산하기관, 국책 연구원, 대학 연구소 등에서 수행한 ITS 분야 연구와 사업을 소개하고 그간의 성과를 공유하며 향후 연구를 위한 협업 체계를 공고히 할 것입니다. 특히, 학부생 논문 발표 세션, 한국지능형교통체계협회의 지자체 ITS 세션, 그리고 롯데이노베이터(주)의 자율주행차 시연이 함께

열릴 예정입니다.

세계 ITS의 중심 도시 강릉시에서 열리는 이번 추계학술대회의 다양한 학술 프로그램에 적극적으로 참여하시어 연구자 간의 연구 성과를 공유하고 학문적 식견을 넓히는 기회가 되기를 기원합니다. 우리나라 ITS와 스마트 모빌리티 기술이 전 세계의 변화를 주도하고 더욱 발전할 수 있는 계기가 되기를 바라며, 학회 회원 여러분의 적극적인 참여와 건승을 기원합니다.

감사합니다.

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 10월 24일(목)

발표장	라카이볼룸 I	한송	샌드파인	천연1	천연2	호해1	호해2	해운1	해운2	
12:00–17:00	등록		특별세션 A-0 (인천연구원) 11:00~12:30	등록						
13:00–14:30	특별세션 A-1 (ITSK-1) 능동적 교통사고 예방 및 대응을 위한 자율주행 순찰 서비스 개발	특별세션 A-2 (ITSK-2) 지자체 ITS 구축성과 및 향후 발전 방향 모색	특별세션 A-3 (한국도로교통공단-3) 국내 자율주행 시범운영 실태 및 안전성 확보 방안	특별세션 A-4 (서울대학교) 센서 음영 구간에서의 교통 정보 생성 및 플랫폼 개발	특별세션 A-5 (한국교통안전공단-2) 교통수단 다양화에 대응한 연구범위의 확장	특별세션 A-6 (아주대학교) 화물차 과적 · 적재불량 검지기술 개발 및 법제도 개선방향 모색	특별세션 A-7 (대구교통공사) 자율주행 기술 협업 및 미래모빌리티 사업의 성공 전략 모색	특별세션 A-8 (한국지방행정연구원 지방투자사업관리센터) 지방투자사업 타당성 조사 교통부문	특별세션 A-9 (㈜아이티텔레콤, 아이나비시스템즈) 레벨 4 자율주행 차량의 주변 환경 및 인지 증강 정보 융합 기반 협력 제어 기술 개발 현황	포스터 세션 및 부스전시
14:30–14:40	Coffee Break									
14:40–16:10	특별세션 B-1 (한국교통연구원-1) 제5차 광역교통시행계획 지방 대도시권 추진 방향	특별세션 B-2 (한국교통안전공단-1) V2X 보안 및 통신기술 융합	특별세션 B-3 (한양대학교) 다중 모빌리티 수단에 대한 이용자의 잠재선호 분석 툴 개발	특별세션 B-4 (한국교통연구원-3) 모빌리티 빅데이터 기반의 Connected World	특별세션 B-5 (한국도로교통공단-1) 교통안전연구 연구윤리세미나	특별세션 B-6 (한국교통연구원-2) 민자도로 효율성 제고 방안	특별세션 B-7 (한국도로교통공단-2) 고위험 운전자 교통사고 예방을 위한 면허제도 및 교육 개선 방안	특별세션 B-8 (한국건설기술연구원) 자율주행 리빙랩 구축 및 운영방안	특별세션 B-9 (한국철도기술연구원, 서울시립대학교) TRIPS 프로그램을 활용한 해외 협력 연구 및 활용 방안 논의	
16:10–16:30	Coffee Break									
16:30–17:00	▶개회식 • 개회사: 추상호(한국ITS학회장) • 환영사: 강릉시 김홍규 시장 • 축 사: 주호영 국회부의장, 권성동 국회의원, 한국교통안전공단 정용식 이사장, 한국도로교통공단 서범규 이사장, 한국교통연구원 김영찬 원장, 차한정책연구소 이인상 소장, 한국지능형교통체계협회 허청회 회장 ▶수원시 ITS아태총회 홍보 ▶강릉시홍보									
17:00–17:30	▶기조연설 • How will autonomous vehicles affect travel time use and subsequent travel-related choices? –Patricia L. Mokhtarian 교수 (Georgia Institute of Technology)									
17:30–18:00	▶정기총회									
18:00	▶만찬									

일시 : 2024년 10월 25일(금)

발표장	라카이볼룸 I	한송	샌드파인	천연1	천연2	호해1	호해2	해운1	해운2	
9:30–16:00	등 록									
09:30–11:00	특별세션 C-1 (국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 사업단)	특별세션 C-2 (한국전자통신연구원) 교통량 기반 지능형 교통정보 관제기술	특별세션 C-3 (ITSK-3) Lv 4/4+ 자율주행 데이터 상호호환성 확보를 위한 표준데이터 체계	연구논문세션 A-1 ITS(Ⅰ)	연구논문세션 A-2 ITS(Ⅱ)	연구논문세션 A-3 자율주행(Ⅰ)	연구논문세션 A-4 자율주행(Ⅱ)	연구논문세션 A-5 교통안전(Ⅰ)	연구논문세션 A-6 공유교통	
11:00–11:10	Coffee Break									
11:10–12:40	특별세션 C-1 (국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 사업단)	특별세션 C-4 (인천대학교 · 교통물류전략연구소) 스마트 첨단 물류시스템	특별세션 C-5 (학부생세션)	특별세션 C-6 ((주)노비) 친환경 ITS를 확대를 위한 교통에너지 신기술 개발 및 안전 확보 방안	연구논문세션 B-1 ITS(Ⅲ)	연구논문세션 B-2 (한국교통안전공단) 자율주행(Ⅲ)	연구논문세션 B-3 (아주대학교) 자율주행(Ⅳ)	연구논문세션 B-4 (ITSK-3) 교통안전(Ⅱ)	연구논문세션 B-5 (유아이네트웍스) 교통계획	포스터 세션 및 부스전시
12:40–13:30	중식									
13:30–15:00		특별세션 D-1 (한국전자기술연구원) 가상 시뮬레이션 환경 기반 자율주행 검증 기술	특별세션 D-2 (삼성교통안전 문화연구소) Lv.2~Lv.4 자율주행 안전성 이슈 및 발전방안	연구논문세션 C-1 교통 빅데이터(Ⅰ)	연구논문세션 C-2 인공지능(Ⅰ)	연구논문세션 C-3 자율주행(Ⅴ)	연구논문세션 C-4 English Presentation	연구논문세션 C-5 교통안전(Ⅲ)	연구논문세션 C-6 교통안전(Ⅳ)	
15:00–15:10	Coffee Break									
15:10–16:40				연구논문세션 D-1 모빌리티	연구논문세션 D-2 스마트시티	연구논문세션 D-3 교통 빅데이터(Ⅱ)	연구논문세션 D-4 인공지능(Ⅱ)	연구논문세션 D-5 탄소중립 및 탕재		

일시 : 2024년 10월 26일(토)

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

PROGRAM

특별 Session 24일 11:00–12:30

특별 Session A-0 인천연구원 발표장 : 샌드파인

주제 : 교통정책고도화를 위한 빅데이터 활용 연구(인천시 및 수도권을 중심으로)

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	통신빅데이터 기반 ITS 활용방안	SK텔레콤	최찬영
2	공공부문 이동 빅데이터 활용 및 발전 방안	경기연구원	김지윤
3	친환경 자동차 충전시설 이용현황분석	홍익대학교	김수재
좌장	정동재(인천연구원)		
토론	김도경(서울시립대학교), 신성일(서울연구원), 이창훈(자율주행기술개발혁신사업단), 정동재(인천연구원), 이태현(인천연구원)		

특별 Session 24일 13:00–14:30

특별 Session A-1 한국지능형교통체계협회 발표장: 라카이볼룸1

주제 : 능동적 교통사고 예방 및 대응을 위한 자율주행 순찰 서비스 개발

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 순찰서비스 정의 및 아키텍처 개발	한국지능형교통체계협회	장기훈
2	자율주행 순찰서비스 관련 법제도	한국도로교통공단	심태일
3	자율주행 순찰 서비스 운영/관리 체계	한국도로교통공단	권민수
4	자율주행 순찰차 디스패치를 위한 전략 구성	아주대학교	박하늘
좌장	장기훈(한국지능형교통체계협회)		
토론	김정완(국토교통과학기술진흥원), 김정화(경기대학교), 방수혁(한국교통연구원), 송문형(한국자동차연구원), 윤윤기(지능형자동차부품진흥원)		

특별 Session A-2 한국지능형교통체계협회 발표장: 한송

주제 : 지자체 ITS 구축성과 및 향후 발전 방향 모색

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	지자체 ITS 효과 및 성과 관리 방안	ITS Korea	
2	경기도 교통빅데이터플랫폼 도입 및 운영 사례	경기도 교통정보과	
3	도민의 편리한 이동 보장, 스마트 교통서비스 혁신 사례	경기교통공사	
4	안양시 자율주행버스 ITS 연계통합 방안	안양시청	
5	교통안전을 위한 우회전 보행자 알림이 구축 사례	시흥시청	

특별 Session A-3 한국도로교통공단

발표장: 샌드파인

주제 : 국내 자율주행 시범운영 실태 및 안전성 확보 방안

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 대중교통 판타G버스 운영사례 및 시사점	차세대융합기술연구원	임경일
2	서울시 자율주행 시범운행지구의 운영성과와 발전방향	서울연구원	정영제
3	자율주행 지정노선 중형버스 시범운영 지역 현장 점검	한국도로교통공단	류준범
좌장	류준범(한국도로교통공단)		
토론	박민주(한남대학교), 박준영(한양대학교), 여지호(가천대학교), 윤규근(서울대학교)		

특별 Session 24일 13:00–14:30

특별 Session A-4 서울대학교

발표장: 천연1

주제 : 센서 음영 구간에서의 교통 정보 생성 및 플랫폼 개발

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	고속도로 센서 미설치 구간 교통정보 생성을 위한 멀티모달 딥러닝 개발 및 적용	아주대학교	김의진
2	LAON AT-EVL System(Any Time Every Vehicle Location)	라온로드	박수민
3	네트워크 수준 교통제어전략의 실시간 평가를 위한 디지털 트윈 플랫폼 개발	서울대학교	윤현수
좌장	김동규(서울대)		
토론	김진희(연세대), 소재현(아주대), 권오훈(계명대), 박호철(명지대), 도우석(계명대), 조신형(서울시립대), 이현석(한국도로공사 도로교통연구원), 장경욱(모빌인포매틱스)		

특별 Session A-5 한국교통안전공단

발표장: 천연2

주제 : 교통수단 다양화에 대응한 연구범위의 확장

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	교통수단별 운전행태에 대한 고찰(교통문화실태조사)	한국교통안전공단	박지원
2	교통수단별 이용행태 변화에 대한 고찰	한국교통안전공단	이창훈
3	교통수단별 주행거리 지표 개발에 관한 연구	한국교통안전공단	김용환
4	쉐어링 교통수단 증가에 따른 운전자격 확인체계 구축에 관한 연구	한국교통안전공단	이유라
5	뉴-모빌리티수단의 평가체계 구축 방안 연구	한국교통안전공단	권지은
좌장	강희찬(한국교통안전공단)		
토론	김인희(KAIST), 남백(LG유플러스), 홍성민(화성시)		

특별 Session A-6 아주대학교

발표장: 호해1

주제 : 화물차 과적 및 적재불량 검지기술 개발 및 법제도 개선방향 모색

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	AI데이터 중심의 화물차 운송안전 향상기술 개발 연구	㈜유디엔에스	김종우
2	공용도로 테스트베드에서 고속축중기를 이용한 화물차 과적 검지 및 평가	군산대학교	전병욱
3	고속 주행 중 차량 제원 자동 계측 시스템 개발	한국전자기술연구원	박용주
4	과적단속용 고속축중기 성능평가 기준 개선 방안	(재)한국건설생활환경시험연구원	김태상
5	포장관리를 위한 과적 차량 단속 최적화: 다양한 이해관계자 상호작용을 게임이론의 관점에서	한국과학기술원	이진우
6	화물차 과적 관련 현행 법제도 분석 및 개선방향	아주대학교	윤정은
좌장	유성준(도로교통공단)		
토론	김동주(경찰청), 최윤혁(한국도로공사), 박종천(한국도로공사), 장석정(한국도로공사), 한상배(화물차공제조합)		

특별 Session 24일 13:00–14:30

특별 Session A-7 대구교통공사

발표장: 호해2

주제 : 자율주행 기술 협업 및 미래모빌리티 사업의 성공 전략 모색

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	모빌리티 특화도시 조성사업 추진경과 및 발전상	대구교통공사	권현숙
2	대구 (a)DRT의 현주소와 미래 전망	대구교통공사	김동규
3	자율주행기술 관련 현안 및 전망	㈜KT	송성주
좌장	한근수(대구교통공사)		
토론	김형철(충남연구원), 김수성(대구정책연구원), 홍정열(계명대학교)		

특별 Session A-8 한국지방행정연구원 지방투자사업관리센터

발표장: 해운1

주제 : 지방투자사업 타당성조사 교통부문

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	교통부문 발전을 위한 타당성 조사 사례 분석과 제도적 개선 방안	서울시립대학교	최민제
2	지방 교통사업 특성을 고려한 지침 개정 방향	한국지방행정연구원 지방투자사업관리센터	주재문
좌장	송지영(한국지방행정연구원)		
토론	김지훈(한국지방행정연구원), 박용덕(한국지방행정연구원), 김재영(한국지방재정공제회), 한명주(경기도공공투자관리센터), 김수재(홍익대학교)		

특별 Session A-9 ㈜아이티텔레콤, 아이나비시스템즈 발표장: 해운2

주제 : 레벨 4 자율주행 차량의 주변 환경 및 인지 증강 정보 융합 기반 협력 제어 기술 개발 현황

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	레벨4 자율주행 차량의 인지증강화를 위한 LTE-V2X OBU 및 RSU	아이티텔레콤	정우진
2	음영 지역에서 시멘틱 정보를 이용한 V2X 기반 인지 확장 연구 성과	케이스랩	주경진
3	V2V 협력 주행을 위한 측위기반 고정밀지도 데이터 설계 및 구축에 대한 연구	아이나비시스템즈	김진환
4	협력형 주행 자동화 시스템 유즈케이스, 시나리오 개발	한국자동차연구원	신유영
5	V2V 기반의 CPM 메시지를 활용한 협력형 MRM 개발	공주대학교	박홍식
6	자율주행차량 경로 계획을 위한 시공간 그래프 뉴럴 네트워크 기반의 경로 예측 모델 개발	KAIST	윤진원
7	인지 음영을 고려한 자율협력주행 테스트 시나리오 정의서 개발	KAIST	엄새얀
8	음영지역에서 인지 확장을 위한 시멘틱 정보기반 객체 매칭 방법	케이스랩	주경진
좌장	황재호(아이나비시스템즈)		

특별 Session 24일 14:40-16:10

특별 Session B-1 한국교통연구원 발표장: 라카이볼룸1

주제 : 제5차 광역교통시행계획 지방 대도시권 추진 방향

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	제5차 광역교통시행계획 부산울산권 추진 방향 제언	부산연구원	이원규
2	제5차 광역교통시행계획 대구권 추진 방향 제언	대구정책연구원	김수성
3	대전권 광역교통 통행현황과 광역교통시행계획 추진 방향 제언	충남연구원	김형철
좌장	박준식(한국교통연구원)		
토론	손상훈(제주연구원), 장경욱(㈜모빌인포매틱스)		

특별 Session B-2 한국교통안전공단 발표장: 한송

주제 : V2X 보안 및 통신기술 융합

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율협력주행 보안 동향	한국인터넷진흥원	이용필
2	자율협력주행 인증관리체계 및 관련 법령	한국교통안전공단	김동욱
3	통합 단말장치(DTG+C-ITS) 규격 개발(안)	㈜아이티텔레콤	송재환
좌장	김동욱(한국교통안전공단)		

특별 Session B-3 한양대학교

발표장: 샌드파인

주제 : 다종 모빌리티 수단에 대한 이용자의 잠재선호 분석 툴 개발

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	통행행태 기반 통합모빌리티서비스(MaaS) 개발	한양대학교	고준호
2	전동킥보드 이용자의 경로선택 영향요인 연구: 경로이탈율을 중심으로	한양대학교	최성택
3	통합교통체계시스템 설계 및 운영방안	명지대학교	박호철
토론	이수기(한양대학교), 여지호(가천대학교), 김수재(홍익대학교), 김지윤(경기연구원), 김승훈(국토연구원)		

특별 Session B-4 한국교통연구원

발표장: 천연1

주제 : 모빌리티 빅데이터 기반의 Connected World

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	모빌리티 빅데이터 분석시스템 Data driven Smart City 구현	한국교통연구원	이숭봉
2	TS 데이터 현황 및 활용 확대 방안	한국교통안전공단	윤진수
3	증거 기반 의사결정 지원시스템 구축 전략	충북대학교	송태진
좌장	김주영(한국교통연구원)		
토론	천승훈(한국교통연구원), 김상엽(전북연구원), 이진우(한국과학기술원), 남대식(인하대학교)		

특별 Session 24일 14:40–16:10

특별 Session B-5 한국도로교통공단

발표장: 천연2

주제 : 교통안전연구 연구윤리세미나

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	생성형 AI 시대 연구윤리 논의와 학술활동의 방향	명지대학교	김태황
사회	강애라(한국도로교통공단)		

특별 Session B-6 한국교통연구원

발표장: 호해1

주제 : 민자도로 효율성 제고 방안

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	민자고속도로와 스마트톨링	한국교통연구원	정유진
2	지하도로 사업의 효과 및 쟁점 고찰	한국교통연구원	서창범
좌장	장한별(한국교통연구원)		
토론	육동형(강릉원주대학교), 구석모(한국개발연구원), 배윤경(국토연구원)		

특별 Session B-7 한국도로교통공단 발표장: 호해2

주제 : 고위험 운전자 교통사고 예방을 위한 면허제도 및 교육 개선 방안

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	조건부 운전면허제도 개선 관련 도로교통법 개정방안	한국도로교통공단	정미경
2	사업용운전자 질병-교통사고 상관성분석 및 사고예방 대응방안	삼성교통안전문화연구소	장효석
좌장	류준범(한국도로교통공단)		
토론	이준(한국교통연구원), 김정화(경기대학교), 황순천(서울시립대학교), 김의진(아주대학교)		

특별 Session B-8 한국건설기술연구원 발표장: 해운1

주제 : 자율주행 리빙랩 구축 및 운영방안

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 리빙랩 설계 내용	동림TNS	유진우
2	자율주행 리빙랩 구축 방안	한국건설기술연구원	변상철
좌장	강경표(한국교통연구원)		
토론	이백진(국토연구원), 김재석(파주시청), 박만복(한국교통대학교), 정연식(영남대학교)		

특별 Session B-9 한국철도기술연구원, 서울시립대학교 발표장: 해운2

주제 : TRIPS 프로그램을 활용한 해외 협력 연구 및 활용 방안 논의

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	TRIPS: Introduction of Program of Evaluating the Route Adjustment Effect incorporating Smart Card Data	University of Seoul	Shin-Hyung Cho
2	User-Centric Data Analytics in Public Transportation: Monitoring, Prediction, and Planning	KTH Royal Institute of Technology	Zhenliang Ma
3	Measuring the Habitual Travel Behaviours of Public Transport Passengers Using Smart Card Data	The University of Queensland	Jiwon Kim
4	A Dynamic Choice Model to Estimate the User Cost of Crowding with Large Scale Transit Data	National University of Singapore	Prateek Bansal
좌장	Inhi Kim(KAIST)		
토론	Soyoung I. You(한국철도기술연구원), Dongkyu Oh(한국철도기술연구원), hin-Hyung Cho(서울시립대학교)		

특별 Session 25일 09:30–11:00

특별 Session C-1 국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 사업단 발표장: 라카이볼룸1

주제 : 「국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 육성사업」 취업지원 프로그램 (9:30–12:40)

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 소개	아주대학교	TBD
2	국토교통 DNA플러스 융합기술대학원 후속사업 추진 방향	국토교통과학기술진흥원	TBD
3	자율주행기술개발혁신사업단 및 참여기업 소개	자율주행기술개발혁신사업단	TBD
		오토노머스에이투지	조민영
		모라이	정응지
4	융복합물류사업단 및 참여기업 소개	융복합물류사업단	TBD
		트위니	김태형
		씽크포비엘	최도연
5	UAM국가전략사업단 및 참여기업 소개	UAM국가전략사업단	TBD
		한국공항공사	최한결
		대한항공	이동주
비고	(채용 설명회) 인사담당자의 기관소개, 업무특성, 근무환경 및 채용계획 등 취업 준비생이 자주 질문하는 사항을 중심으로 설명 (취업 멘토링) 취업 선배들의 성공 노하우 공유 및 애로사항 해결 등을 위한 자유로운 소통 추진		

특별 Session C-2 한국전자통신연구원 발표장: 한송

주제 : 교통량 기반 지능형 교통정보 관제기술

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	디지털트윈기반 교통 시뮬레이터와 스마트 교차로	㈜렉스젠	박찬호
2	Surveilance의 패러다임 확장: 고정형 영상감시부터 이동형 스마트 보안 모니터링까지	경북대	이종택
3	엣지-클라우드 교통영상 분석 AI 플랫폼 기술	ETRI	김광주
4	물류 환경에서 자율주행 이동체 관제 시스템	ETRI	남승우

특별 Session C-3 한국지능형교통체계협회 발표장: 샌드파인

주제 : Lv 4/4+ 자율주행 데이터 상호호환성 확보를 위한 표준데이터 체계

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 데이터 규격화 연구 진행 현황	스페이스인사이트	송재인
2	자율주행 메타데이터 규격화 연구 진행 현황	영남대학교	임영호
3	자율주행 데이터 카탈로그 및 OID(Object Identifier) 연구 진행 현황과 표준적합성시험방법 규격화 추진 현황	한국지능형교통체계협회	차태영

특별 Session 25일 11:10–12:40

특별 Session C-4 인천대학교 · 교통물류전략연구소 발표장: 한송

주제 : 스마트 첨단 물류시스템

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	블록체인기술을 활용한 AIOT 바이오 물류 플랫폼 개발 사업	㈜옵티로	오수영
2	의약품 배송 데이터 분석을 통한 콜드체인 개선점 제시	인천대학교	이지원
3	수산물 콜드체인 도입을 위한 위판장 운영 방향성 연구	인천대학교	박영웅
4	스마트항만과 ITS, 스마트 시티로 나아가다	교통물류전략연구소	마혜민
5	미래 ITS 기술과 결합된 스마트 출판물류센터	교통물류전략연구소	김영재
좌장	이향숙(인천대학교)		
토론	윤경준(배재대학교), 남대식(인하대학교), 박준영(한양대학교), 변희복(㈜소프트퍼즐)		

특별 Session C-5 학생위원회 학부생 특별발표세션 발표장: 샌드파인

좌장 : 박준영(한양대학교) **심사위원 :** 윤규근(서울대학교), 박재홍(한국건설기술연구원)

번호	발 표 제 목	저자
1	전국 모델과 지역별 모델을 통한 교통사고 심각도 예측의 일반화 성능 비교분석	김서영, 이주영
2	자율협력주행차량 혼재시 대응을 위한 도로시설 구축 방안 연구	김채원, 김정화
3	도시 이미지를 활용한 대중교통 수요예측에 관한 연구	고은서, 박기태, 노기민, 추상호
4	자율주행차량 실사고 및 주행행태기반 베이지안 네트워크를 통한 안전성 평가	지민경, 박준영
5	지능형 교통 시스템에서 영상 기반 도로 객체 탐지 능력 강화를 위한 Mask2Former와 SAM 기반의 Out-of-Distribution 객체 탐지 연구	송정훈, 노병준
6	자전거 이동 경로 빅데이터를 활용한 통행특성 분석	추동준, 김민송, 도명식
7	라이다 기반 교통 지표 산출 방안 연구: 교통 밀도 추정 및 차량 궤적 추출을 기반으로	조성은, 소재현
8	일반화 비용 기반 도심항공교통의 수요추정 방법론 개발: 대구 신공항을 중심으로	방태원, 김근우, 도우석, 권오훈
9	실시간 버스 혼잡도 예측을 위한 BIS 개선 방안 및 예측 알고리즘 개발	박성환, 최재혁, 김주향, 이지호, 박민주

학부생 특별세션 포스터 발표

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	이용자 특성에 따른 자율주행차 이용 선호도 분석	명지대학교	박현우, 박호철
2	딥러닝 기반 고속도로 위 돌발상황 검지 알고리즘 개발	아주대학교	풍태현, 신민제, 유현일, 최민영, 윤일수
3	차량의 궤적 예측 성능 향상을 위한 Diffusion 모델 기반 차량 궤적 데이터 증강 연구	순천향대학교	진주빈, 노병준
4	자율주행차량 도입에 따른 교차로 용량 변화와 도로 다이어트 가능성 분석	서울시립대학교	문경준, 변지혜, 이승현
5	양문형 버스 도입을 통한 BRT 정류장의 효율적 이용방안	동아대학교	이재민, 윤민옥, 김회경
6	실도로 자율주행 데이터 기반 회전교차로에서 자율주행차 운전 능력 평가를 위한 공간적 범위 분석	한양대학교	김승운, 오철
7	전기차 화재 사고와 직접 네트워크 효과: 온라인 여론과 판매량에 미치는 영향 분석	아주대학교	이규성, 임승유, 김의진
8	Taxonomy를 이용한 민관협력사업 도로 운영-유지관리 핵심성과지표 분류 및 특성 분석	계명대학교	손형주, 도우석, 권오훈
9	스마트카드 기반 실제 통행패턴과 대중교통 데이터 표준(GTFS)을 융합한 모빌리티 수단간 연계성 평가: GTX-A 연계교통망 확충사례를 중심으로	가천대학교	정은주, 박하현, 여지호

특별 Session 25일 11:10–12:40

특별 Session C-6 ㈜노바 발표장: 천연1

주제 : 친환경 ITS를 확대를 위한 교통에너지 신기술 개발 및 안전 확보 방안

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	친환경 ITS 도입 확대를 위한 교통에너지 신기술 개발	㈜펌프킨	최용길
2	친환경 차량 통합플랫폼 및 화재예방 시스템 개발	㈜노바	육동근
3	전기버스 도입 확대 방안	KD운송그룹	허덕행

특별 Session 25일 13:30–15:00

특별 Session D-1 한국전자기술연구원 발표장: 한송

주제 : 가상 시뮬레이션 환경 기반 자율주행 검증 기술

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	국제표준 정밀도로 지도 포맷을 활용한 자율주행 차량에 특화된 가상 도로환경 자동생성 프로세스 고도화	㈜모라이	전형석
2	자율주행 셔틀 및 택시 서비스를 위한 FMS 및 자율주행 시스템	토르드라이브	변성목
3	빅데이터 처리 프레임워크의 네이티브 연산 엔진 구조에 대한 비교 연구	KT NexR	민영근
4	디지털트윈에서의 자율주행 데이터셋을 활용한 실도로 주행 데이터 보완 및 활용	㈜모라이	전형석
5	멀티에이전트 기반 가상 환경에서의 교통 모니터링	한국전자기술연구원	성기호
6	그래픽스 엔진의 최적화를 고려한 실차 자세 데이터 기반 가상 차량 자세 추정 기법	한국전자기술연구원	성기호
7	자율주행 기술 검증용 가상환경 플랫폼에서의 IMU/GNSS 에뮬레이션	한국전자기술연구원	조용현
8	Tracker의 모델링 오차에 대한 수치적 분석 및 가상환경 플랫폼을 활용한 검증	한국전자기술연구원	조용현
9	단안깊이추정모델의 NVIDIA Orin 탑재	한국전자기술연구원	박진만
10	실시간 벡터화된 정밀 지도 생성	한국전자기술연구원	유재웅
11	주변 환경과 상호작용을 고려한 하이브리드 정밀 지도 기반 경로 예측	한국전자기술연구원	유재웅
좌장	민경원(한국전자기술연구원)		

특별 Session D-2 삼성교통안전문화연구소 발표장: 샌드파인

주제 : Lv.2~Lv.4 자율주행 안전성 이슈 및 발전방안

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행차 안전성 평가 시나리오 개발	아주대학교	고우리
2	자율주행 안전성 기술적/제도적 이슈	아주대학교	장정아
3	테슬라 자율주행기술 현황 및 시사점	삼성교통안전문화연구소	전제호
좌장	조준한(삼성교통안전문화연구소)		
토론	윤일수(아주대학교), 김동규(서울대학교), 홍정열(계명대학교), 박요한(삼성교통안전문화연구소)		

학술발표 Session Ⅰ 25일 09:30–11:00

SESSION A-1 ITS(Ⅰ) 발표장 : 천연1

좌장 : 조신형(서울시립대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	실시간 교통신호정보 지연시간 측정 및 분석에 관한 연구	이승철, 권순일
2	도로용량편람을 활용한 미시교통 시뮬레이션의 신호교차로 평가지표 적정성 분석	김승리, 이철기, 최병권
3	앞막힘 제어를 위한 신호체계 알고리즘 연구	김영욱, 이선하, 천춘근, 서지영
4	DSRC를 이용한 도시부 신호 운영을 위한 정보 가공에 대한 타당성 검토	신희준, 홍영석
5	신호 연동성 평가를 위한 DSRC 및 영상검지기 기반 차량 궤적 모사	안정은, 김민지, 한여희, 김영찬

SESSION A-2 ITS(Ⅱ) 발표장 : 천연2

좌장 : 박호철(명지대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	영상분석 기반 도시부도로 차량행태 특성 분석	길정원, 채준병, 권재경, 황재성, 이철기
2	고속도로 센서 미설치 구간 교통정보 추정	김태형, 민진홍, 김동규
3	연속류 내 상습 지정체 해소를 위한 시뮬레이션 기반 대응방안 연구	조민지, 이선하, 신승근, 서지영, 한지훈
4	도시부 돌발상황시 영향권 예측 모형 개발 및 검증	한재석, 차창준, 한경희, 이철기, 이상수
5	Payne-Whitham Model 기반 검지기 및 프로브 차량의 데이터 융합을 활용한 궤적 복원	최준희, 김동규

SESSION A-3 자율주행(Ⅰ) 발표장 : 호해1

좌장 : 문세동(서울대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	협력 주행을 위한 차선 정보 기반 차량 상태 결정 방법	권승원, 안예찬, 주경진, 최준현, 국태용
2	저속주행 자율주행 도시환경관리 서비스 차량이 도심교통류에 미치는 영향분석	김주영, 소재현
3	Lv.3 자율주행차 상용화 대비 안전교육 효과분석 – 제어권전환을 중심으로 –	김태근, 이다례, 한다정, 배광수
4	심층 강화 학습을 통한 공사 구간 차로 변경 최적화 연구	심현섭, 박신형
5	신호등이 없는 교차로에서 차량 안내를 위한 iTransformer의 궤적 예측	정수환, 이재현, 이재훈, 이수목

학술발표 Session Ⅰ 25일 09:30–11:00

SESSION A-4 자율주행(Ⅱ)

발표장 : 호해2

좌장 : 김원열(조선대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	실시간 교통신호정보 활용을 위한 데이터 표준 개발	이승철, 권순일, 서지현
2	RP-CNN을 이용한 자율주행차량 경로 예측 방법	이수행, 이지민, 문창주
3	KIS(KETI Infrastructure Stitching) Dataset:다수 엣지 기반 카메라/라이다 데이터 스티칭을 통한 인프라 데이터셋	이재원, 정혜인, 장달원, 이종설
4	다수 엣지 기반 카메라/라이다 센서 데이터 스티칭을 통한 자율주행차량 음영지역 데이터 확장 시스템	이재원, 정혜인, 장달원, 이종설
5	임베디드 시스템을 위한 PIL 기반의 군집 주행 테스트 프레임워크 구현	최형주, 문창주

SESSION A-5 교통안전(Ⅰ)

발표장 : 해운1

좌장 : 이태헌(인천연구원)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	무인단속 상습 적발자 분류 및 사고심각도 예측 연구	박동혁, 박준영, 권민정
2	고속도로 톨게이트 구간에서의 영업소 기하구조 및 교통류 특성을 고려한 실시간 사고 예측 모델 개발	박동혁, 박준영, 박현진
3	Random Parameter Multivariate Tobit Model을 활용한 상업용 차량 사고율에 영향을 미치는 요인 분석	박휘빈, 김정화, Chen TianTian
4	직진 · 우회전 공용차로 교차로 내 후행보행시간 적용에 관한 연구	오민석, 윤일수, 채희철
5	중고등학생 교통사고에 미치는 도로 환경 및 교통안전시설에 관한 연구	이상범, 안세영, 이재덕, 장일준

SESSION A-6 공유교통

발표장 : 해운2

좌장 : 김수재(홍익대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	실증적 전동킥보드 속도제어 실험:제한속도 하향의 효과와 공간적 특성 재발견	권현지, 김나연, 주신혜, 강희찬, 송태진
2	공유형 전동 킥보드 이용 행태 분석: 지역별, 성별, 시간대별 이용거리를 중심으로	김영국
3	Cross-classified Multilevel 모형을 활용한 서울시 공공자전거 심야 시간대 개별 통행거리와 이용시간 영향요인 분석	박종한. 장승화, 김새힘, 김태우, 고준호
4	배달대행 서비스 초소형전기차 대여 플랫폼 경제적 타당성에 관한 연구	송인회, 김응석
5	공간 단위 수정가능성 문제 최소화를 위한 최적 공간분할 및 단위에 관한 연구	오다인, 김현명, 김의진
6	공유 전동킥보드 서비스의 이용행태 분석 – 세종시를 중심으로	이희준, 박호철

학술발표 Session Ⅱ 25일 11:10–12:40

SESSION B-1 ITS(Ⅲ)

발표장 : 천연2

좌장 : 김의진(아주대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	스마트크루즈컨트롤 기반 운전모드의 연료절감 효과에 대한 실증적 연구	김은진, 박기현, 고수빈, 홍정열, 황호현, 유수재, 전우빈
2	루프 기반 경로 최적화의 계산 가속화를 위한 선형화 방법	김창영, 김근우, 장인권
3	전기회로와 도로교통 간의 유사성을 활용한 루프 기반 최단 경로 탐색법의 후처리 방안	박상훈, 김근우, 장인권
4	IoT 기반 공기오염원 측정 센서를 이용한 차량 내부 공기질 개선 및 실시간 모니터링 시스템 설계	염지환, 원희찬, 한정우, 이건희, 이학승, 국중진
5	해외 ITS 사업 및 ITS 수출 지원을 위한 표준 요구사항 분석	최지은, 김민영, 주정은

SESSION B-2 자율주행(Ⅲ)

발표장 : 호해1

좌장 : 김영국(한국교통연구원)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	자율주행차 사고분석을 위한 교통사고 조사서 및 통계원표 개선 방안 연구	강유정, 강유리, 배문수, 김천호, 김원기
2	자율주행 순찰서비스 유닛의 교통사고 현장대응 전략 수립을 위한 연구	고하영, 장기훈, 손승녀
3	자율차-일반차 혼재상황에서 돌발상황 발생시 교통운영전략 수립 – 화성시 리빙랩 도시 대상으로 –	김동우, 손영태, 전진숙, 하혜종, 정현숙
4	중요도-만족도 분석을 활용한 자율주행 대중교통 서비스 개선 우선순위 도출	김예진, 고우리, 윤일수
5	자율협력주행자동차 V2X 성능 평가항목 개발을 위한 기초 연구	김인영, 이영택, 윤일수
6	자율-비자율 혼합 차량 추종상황에서 주행행태 비교 분석	진현석, 오철

SESSION B-3 자율주행(Ⅳ)

발표장 : 호해2

좌장 : 정재훈(군산대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	Transformer 모델을 활용한 암체 운전자의 나들목 끼어들기 사전 예측	김진성, 노병준
2	전통적 통계 모형을 활용한 자율주행자동차 교통사고 영향요인 분석	이요셉, 김예진, 윤일수
3	영상 기반 차선 검출 및 Stanley 제어를 통한 Lane Following System	정진우, 박준범, 임지웅, 원종훈
4	자율주행차량을 위한 통합된 교통 데이터 통신 서버 시스템	정혜인, 이재원, 장달원, 이종설
5	ICP를 통한 LiDAR 기반 차량 추적 알고리즘 정확도 개선	차승민, 임지웅, 원종훈

학술발표 Session Ⅱ 25일 11:10–12:40

SESSION B-4 교통안전(Ⅱ)

발표장 : 해운1

좌장 : 장정아(아주대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	도심부 자율차 제어권 전환 발생 예측 모델 개발	김민경, 오철
2	다차로 하이패스 구간 기하구조 특성 및 교통량 변화를 고려한 해석가능 인공지능 기반 Risk Modification Function 개발	김호재, 박현진, 박준영
3	혼재 교통류에서 교통안전을 고려한 차간 주행유지 간격 도출 및 평가 – 지하고속도로를 중심으로	박근휘, 성예지, 김우원, 박준영
4	사용자 경험 기반 어린이 통학버스 만족도 및 차내 안전장치 우선순위 분석	박보현, 신강원
5	도심부 교통안전 취약지점 식별을 위한 최적의 네트워크 스크리닝 방법 연구	성예지, 박준영, 최새로나
6	주행시뮬레이션 기반 도로안전성 평가를 위한 평가지표 통합체계 개발	정아람, 오철, 조영

SESSION B-5 교통계획

발표장 : 해운2

좌장 : 김정화(경기대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	UAM 도입으로 인한 서울시 내 접근성 변화에 따른 서울시 아파트 가격의 변화 예측 〈2025 한국형 도심항공교통 로드맵 실증 노선을 바탕으로〉	김규성, 김민석, 송형근, 조여린, 최성택
2	도로사업 교통수요예측오차를 고려한 기대교통량 모형 개발	김기민, 박동주
3	GTX-A 이용 희망자들의 통행시간가치 산정 연구:동탄, 운정에서의 업무통행을 중심으로	김우경, 정문서, 정진호, 허연수, 최성택
4	머신 러닝 기법을 활용한 소멸위험지역의 위험요인분석: 충청권을 대상으로	김정연, 이영헌, 도명식
5	사회경제적 맥락에 따른 통행패턴의 표본 편향 분석: 2021 NHTS와 서울시생활이동데이터 간 비교를 중심으로	김지수, 김의진
6	다수단 네트워크에서의 경로 단위 속성을 고려한 Recursive Logit 경로선택모형 구축	문세동, 장성훈, 김동규

학술발표 Session Ⅲ 25일 13:30–15:00

SESSION C-1 교통 빅데이터(Ⅰ)

발표장 : 천연1

좌장 : 윤경준(배재대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	LLM 교통사고 경위 데이터 분석: 차대 자전거, 자전거대 차, 차대 보행자 관하여	강지훈, 고우리, 윤일수
2	다중 모빌리티 데이터 기반 통합 모빌리티 서비스 평가 지표 개발	김승민, 박호철
3	스마트 모빌리티 서비스 도입을 위한 이용자, 운영, 사회경제, 토지이용 특성별 버스정류장 분류	이영현, 한효림, 정용일, 송태진
4	DNN 기반 도심지 네트워크 교통상황 예측에 관한 연구	진종찬, 이경진, 윤일수
5	운전자 내 이질성을 고려한 차량 추종 행동에 대한 운전자 간 이질성의 영향	최세원, 최준희, 문세동, 김동규
6	교통분야 초거대 AI 기반 조성을 위한 승용차 및 대중교통 트립체인 데이터 구축	박유진, 구자헌, 이경재, 추상호

SESSION C-2 인공지능(Ⅰ)

발표장 : 천연2

좌장 : 여지호(가천대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	Kubeflow 시스템에서 AI 모델 배포 전략: BentoML 중심으로	김동길, 정태윤
2	검색 증강 생성 기반 택배 운송장 자동 인식 고도화에 관한 연구	정연비, 김유환, 김원열
3	지식 기반 강화학습을 활용한 미시적 교통 시뮬레이션의 O-D 행렬 보정	민동규, 김동규
4	교통상황 시나리오를 고려한 강화학습 기반 TOD 신호 제어에 관한 연구	이경진, 김인영, 윤일수
5	신호 교차로에서 시야 제한이 있는 데이터를 기반으로 한 주변 차량의 궤적 예측	이승현, 김동규
6	자기 지도 학습 기반 도로 노면 포트홀 이상 탐지에 관한 연구	이석채, 정회준, 권장우

SESSION C-3 자율주행(Ⅴ)

발표장 : 호해1

좌장 : 윤규근(서울대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	A Multi-Agent Driving Simulation 기반 자율주행차 주행행태 영향에 의한 비자율주행차 심리 생리적 작업부하 및 주행안전성 분석	김호선, 고지은, 오철
2	고속도로 합류 구간에서 자율주행차량간 협력/경쟁 개념 도입 연구	이유진, 박준호, 소재현
3	실시간 주행환경 분석 기반 통신 성능 모니터링 시스템	양은주, 서우창, 김봉섭, 윤경수
4	혼합 교통류 환경에서 주차 동선을 고려한 고속도로 휴게시설 주차관리전략 평가	이송하, 김우원, 박준영, 염춘호, 고주연
5	도심도로 기반 자율주행차 주행안전성 평가항목 개발	이영택, 김인영, 윤일수

학술발표 Session Ⅲ 25일 13:30–15:00

SESSION C-4 English Presentation

발표장 : 호해2

좌장 : 우수민(건국대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	긴 간격 시간 경로 복원: 계층적 트랜스포머 접근법	Yonghui Liu
2	시간 가변 콕스 모델을 사용한 고급 고속도로 충돌 분석	Fangzhou Wang, Kitae Jang
3	과실 교통사고에서 고령 및 비고령 택시 운전자의 부상 심각도에 대한 시간적 불안정성 비교	Reuben Tamakloe, Mahdi Khorasani, Inhi Kim
4	동남아시아를 중심으로 한 도로 연구: 서지학 및 주제 분석	Paolo Ian Lucero, Kitae Jang
5	RFM 지표 기반의 공유 전동킥보드 서비스 이용자 세분화	추범준, 김동규
6	차량 호출 서비스에서의 주의 분산 운전: 실태, 영향 및 대응 전략	Raihan Pasha Isheka, Kitae Jang

SESSION C-5 교통안전(Ⅲ)

발표장 : 해운1

좌장 : 장경욱(모빌인포매틱스)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	교차로 건조환경 영향에 따른 유형별 교통사고 예측 모형개발:데이터 상관성 모델링 기법의 적용	곽찬호, 홍정열
2	그래프 주의 집중 네트워크를 적용한 지하철 전송 시스템 다중결함 탐지	김승하, 서동현, 권장우
3	꼬리물기 무인교통단속장비의 설치 효과 분석	도승일, 박현수, 박신형
4	차량행태 기반 교통안전시설 안전성 분석	채준병, 길정원, 권재경, 황재성, 이철기
5	속도와 교통량을 활용한 교통혼잡지표 설계 및 분석	최철원, 박호철
6	ARIMA모형을 이용한 무인교통단속장비의 단속건수 유형별 특성	한효승, 양정훈, 박재훈, 윤일수, 송태진

SESSION C-6 교통안전(Ⅳ)

발표장 : 해운2

좌장 : 도우석(계명대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	우리나라 교통법규 위반 범칙금의 국제비교분석	김아람, 오주석, 김원중
2	생성 모델을 활용한 범주형-연속형 혼재 사고 데이터 증강 및 사고 심각도 추정	김은정, 김동규
3	과적단속용 고속축중기 성능평가 기준의 개선 방안	이동해, 이종석, 김태상
4	고속도로 2차 사고 심각도 영향요인 연구	박하정, 안세영, 이재덕, 정철현, 장일준
5	최고 제한속도 조정에 따른 고속도로 교통영향분석	백성채, 김태익, 박제진
6	세종특별자치시 교통사고 발생 추이와 특성	주재성, 안용준, 송양호

학술발표 Session Ⅳ 25일 15:10–16:40

SESSION D-1 모빌리티

발표장 : 천연1

좌장 : 문세동(서울대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	서울시 택시 운행 효율성 개선을 위한 수요 · 공급 분석 및 최적 운행 방안 연구	양민수, 유준재, 홍정열
2	외생성 및 시 · 공간적 요인의 종합적 분석을 통한 서울시 택시 수요 예측 모형 개발	김강현, 홍정열
3	XGBoost-SHAP 모델 기반 UAM 신뢰도 영향 요인 평가: 인지된 위험 및 가치를 중심으로	김태성, 조정우, 백승한, 박진서
4	의료취약지역에서의 응급의료서비스 개선을 위한 RTC 위치 결정 및 UAM 기반 서비스 영역분석	노세영, 도명식
5	보행자 영향을 반영한 우회전 용량 일반 모델 개발	오승민, 장기태, 천경훈
6	여름 휴가기간 시내버스 감차운행과 대중교통 수요 변화	황유성, 신강원

SESSION D-2 스마트시티

발표장 : 천연2

좌장 : 최성택(한양대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	데이터 분석을 통한 DRT 최적 정류소 입지 선정 및 수요 추정 프레임워크 개발 : 대구 국가산업단지를 대상으로	강승원, 권오훈, 박용진
2	분산 CCTV 환경에서의 연합학습 기반 도로 감시 시스템: 시공간 키포인트 트랜스포머 네트워크를 이용한 보행자 쓰러짐 감지	김병훈, 노병준
3	도심 환경에서 V2X 통신 위상 구조가 자율주행 차량 반응속도에 미치는 영향	김영환, 김동규
4	지역특성을 반영한 수요응답형 대중교통 서비스 OD 수요 예측 분석	장윤지, 권오훈, 여지호
5	건설자동화장비 실증분석을 통한 효율성 분석 및 활성화 방안	정유미, 도현철, 도명식
6	Pro Vision과 Digital Twin Simulation 연계 방안	최민기, 이선하, 천춘근, 김영욱

SESSION D-3 교통 빅데이터(Ⅱ)

발표장 : 호해1

좌장 : 홍정열(계명대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	교통분석용 네트워크의 센트로이드 커넥터 구축 기준 개선 연구	이상규, 김희조, 김동호, 박동주
2	Savitzky-Golay 필터링을 사용한 단기 O-D 행렬 추정 개선	이의진, 민동규, 김동규
3	가구통행실태조사와 변분 오토인코더를 활용한 도시간 통행 스케줄 생성	이희창, 김동규
4	서비스 밸류체인을 통한 데이터 기반 국토교통 산업 발전 방안 분석	전희진, 박희건, 정정호, 이종우, 이승봉, 천승훈
5	스마트카드데이터 기반 자료포락분석을 활용한 수도권 지하철 환승역 효율성 평가	한은서, 박호철

학술발표 Session Ⅳ 25일 15:10–16:40

SESSION D-4 인공지능(Ⅱ)

발표장 : 호해2

좌장 : 박만복(한국교통대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	교통분야에서의 대규모 언어 모델의 적용을 위한 기술 동향 분석 연구	강준희, 김수재, 김관용, 추상호
2	LLM 기반 교통사고 판결예측 시스템	민현식, 노병준
3	Visual LLM 기반 지정차로제 위반 검지	이상현, 이요셉, 윤일수
4	Video Diffusion를 활용한 차량 영상 센서 데이터 손실 보간 기법	임재균, 노병준
5	LLM 기반 화물차 적재 크기 초과 여부 판단	정한솔, 이상현, 윤일수
6	딥러닝 모델과 XAI 기법을 활용한 드론뷰 영상에서 도심 주행 차량의 차선 변경 궤적 예측 및 해석 연구	홍석준, 노병준

SESSION D-5 탄소중립 및 방재

발표장 : 해운1

좌장 : 김동규(서울대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	CCTV 영상 기반 다중운집 압사사고 취약성 평가체계 연구	문시현, 박성호, 윤일수
2	작업자 안전 모니터링 시스템 개발에 관한 연구	박찬희, 오현서
3	자동차 주행거리를 활용한 교통수요모형 기반 온실가스 배출량 산정: 제주특별자치도를 대상으로	고상희, 신강원
4	국내 수송부문 온실가스 배출량 산정모형 고도화를 위한 종단경사 보정계수 개발	김진재, 김대진, 이승봉, 천승훈
5	주행거리 시계열 변화를 고려한 교통수요관리정책의 온실가스 감축 원단위 고찰	김태경, 신강원

학술발표 Poster Session 24일 ~ 25일

좌장 : 신강원(경성대학교), 정연식(영남대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
ITS 1	5G-NR-V2V 센서 쉐어링 서비스 통신 성능 모니터링 도구	이신경, 송유승
ITS 2	LZ4 압축 알고리즘을 활용한 5G-NR-V2V 영상 전송 실험	김기태, 이신경, 김진우, 안경환, 박명욱, 송유승
ITS 3	가변형 적재불량 모형 장치를 이용한 적재불량 검지 평가 시나리오 설계	김성환, 최찬웅
ITS 4	레벨 4 이상의 커넥티드 자율주행 서비스를 위한 5G-NR-V2X 통신장치 실도로 성능분석	송유승, 이신경
ITS 5	경기도 빅데이터 플랫폼을 활용한 화물차 교통사고 위험구간 통행특성 분석	권영범, 이영란, 양수만
ITS 6	분기형 다이아몬드 인터체인지(DDI) 도입에 따른 교차로 운영 효율성 및 도로 서비스 수준 개선 효과 분석	김태희, 이의은
ITS 7	다중 진입 교차로 내 단일신호-복수경로에서 차량의 경로 예측	이호우, 노병준
ITS 8	2024년 ITS 분야 KS 표준화 동향 분석	주정은, 양륜호, 김재홍
ITS 9	Z세대의 이동 데이터 기반의 상권 특성 분석	박상현, 김준희, 양홍준, 최현권, 추상호, 장양중
공유교통 1	전기차 일 평균 주행거리 산정 및 내연기관차와의 비교 분석	변민우, 권오훈, 도우석, 김용환
공유교통 2	교통약자 수요응답형 대중교통 서비스 플랫폼 개발	이현준, 박찬, 서채연, 김혜진, 임애린, 정남진, 장유진, 박미예
공유교통 3	수요응답형 교통서비스(DRT) 지역별 도입전략에 관한 연구	김다현, 이종덕
공유교통 4	공유전동킥보드의 안전사고 저감을 위한 과금모델링 개발에 관한 연구	김윤성, 박제진
교통빅데이터 1	고속도로 합류 구간에서의 주행 조건에 따른 의사결정 구분 : 수치 분석을 기반으로	고은정, 장기태
교통빅데이터 2	Tagless Gate 도입에 따른 수도권 지하철 주기적 정산체계 구축방안	신성일, 박호철
교통빅데이터 3	서울시 지하철 재환승 정책에 따른 수입금 영향 분석	신성일, 남두희, 정경덕
교통빅데이터 4	대중교통 취약지역 분석을 통한 형평성 확보 방안 연구	심현섭, 박현수, 박신형
교통빅데이터 5	빅데이터 기반의 서울시 노인 무임승차와 도시철도 운영 효율성 분석	강현수, 조준현, 왕세빈, 권민지, 추상호, 장양중
교통빅데이터 6	UAM-DRT 연계 교통서비스 모델 개발 연구	김동현, 김재윤, 이동하, 박유진, 추상호, 장양중
교통빅데이터 7	손실 데이터와 데이터 대체 방법에 대한 연구	노용철, 신대교, 장준혁, 장수현
교통계획 1	미래 고속도로 물류 활동 효율화를 위한 화물차전용차로 선정 방법론	고수빈, 양민수, 홍정열
교통계획 2	수요응답형 광역 모빌리티 서비스 잠재 수요 분석 - 수원 당수 지구를 중심으로	김홍균, 이종덕, 박준식
교통계획 3	전남권 교통SOC의 주요 현안 및 개선방안	이상준
교통계획 4	대규모 복합대중교통망에 적합한 Turn Label 기반 K Loopless 경로탐색 알고리즘	이미영, 신성일
교통안전 1	교통안전시설 통합관제시스템을 위한 데이터 모델 설계	고정호, 이은진
교통안전 2	시각장애인의 이동권 보장을 위한 시각장애인용 음향신호기 기능개선 연구	이은진, 고정호
교통안전 3	긴급상황 영향권 분석 알고리즘 개발	안현준, 강지혜, 연준형, 장영제
교통안전 4	고령 화물차 운전자의 교통사고 발생 메커니즘 탐색: Mixed Logit Model과 Discriminant Analysis의 통합적 분석	김민지, 홍정열

번호	발표 주제	발표 및 제출자
교통안전 5	모바일 영상 장비로 수집된 영상 자료 활용 교통상충 분석 방향:SSM 지표 검토 중심으로	남상기, 정연식
교통안전 6	Time Series Transformer를 활용한 차량 궤적 예측	김성훈, 노병준
교통안전 7	안전한 개인형 이동장치(PM) 이용을 위한 제주형 도로환경 개선방안	양은혜, 강희찬
교통안전 8	스테레오 카메라 기반 무인 화물차 과적 단속 시스템	김윤태, 박진욱, 박용주
교통시설 1	접근로별 진입교통량을 고려한 터보형 회전교차로 도입 방안 연구	이현정, 박지수, 안우영
교통시설 2	중량정보 관리시스템 운영 방안	이치열, 김현석
교통시설 3	자중계 시스템 도입 시 이해관계자 분석 및 갈등조정방안	이치열, 김성현
교통시설 4	자중계 국내외 도입 사례	이치열, 김현석
교통시설 5	고중량 차량의 운행 관리 및 안전성 향상을 위한 자중계 시스템 도입 시 규제영향분석	김성현, 이치열
교통시설 6	자중계 시스템 도입 시 단계적 의무장착 방안	김현석, 김성현
물류 1	디지털 물류 실증 분석: 소상공인 물류 서비스 증대를 위한 V2V전략 및 효용 분석	류한별, 남대식
물류 2	편의점 물류 시스템에서 시간 창 최적화를 통한 정시 배송 및 통행 시간 최소화에 관한 연구	김용재, 강명구, 남대식
물류 3	드라이브 스루(DT)와 드론 기반 딜리버리 스루(DADT) 매장 주변의 시뮬레이션 기반 교통량 비교 분석	백경선, 노병준
물류 4	미래 UAM 노선 개발 및 서비스 운영을 위한 모빌리티 디지털트윈 개발	정은주, 박하현, 김민수, 여지호
스마트시티 1	스마트 모빌리티의 미래: 최신 통향과 미래 발전 전략	고은정, 김준석, 장기태
스마트시티 2	스마트교차로 데이터와 딥러닝 기반 영상 계수를 활용한 신호교차로 개선사례 연구	김지규, 손지언
스마트시티 3	서울시 폐교 부지 활용을 통한 지역형 및 근린형 모빌리티 허브의 입지 선정에 관한 연구	김민준, 이승재, 변지혜
인공지능 1	End to End 딥러닝 기반의 라이다 카메라 캘리브레이션	김준영, 김태형, 김봉섭, 윤경수
인공지능 2	소프트웨어 교육 플랫폼 발전을 위한 대규모 언어 모델 적용 기법에 관한 연구	김유환, 이태호, 안정우, 임동원, 정연비, 김원열
인공지능 3	거대 언어 모델(Large Language Model)을 이용한 객체 단위 통행 생성 방법 개발	심지윤, 원민수
인공지능 4	Range-Sequential Network 기반 HAR에 관한 연구	서홍일, 한윤상, 조형래, 서동환
자동차 1	전기자동차 배터리 이상 알림 긴급호출 장치 개발	김유원
자동차 2	자율주행차 이용요금추정 딥스택 인코더 전처리기 및 양방향 LSTM RNN 연구	임관수, 남두희
자동차 3	전기차용 고압/고내구 일체형 압출성형타입 에어서스펜션용 경량화부품 구조강도평가	박종경, 조규춘, 고영국, 강기원
자동차 4	모빌리티를 위한 방송망기반 고정밀 위치정보 서비스 아키텍쳐	서영우, 이용준
자율주행 1	실도로 기반 자율주행차량의 긴급차 지원 서비스	이신경, 조용우, 김주영, 송유승, 민경욱
자율주행 2	자율주행 시스템의 카메라 오류 대응을 위한 예측 데이터 생성 기술	김아람, 김인수, 박재홍
자율주행 3	ADAS 차량 운행을 대비한 고속도로 지원 방안 구상	김수희, 한동희
자율주행 4	인프라 센싱정보 융합을 위한 자율주행 전장부품 보안 설계	김인수, 김아람, 박재홍
자율주행 5	자율주행차량 테스트베드(K-City) VILS 서비스를 위한 차량 시스템 구성	박경국, 고한검, 조성우
자율주행 6	도심환경 자율주행을 위한 최소위험 매뉴버 결정 전략	안경환, 김진우, 박명욱, 김기태
자율주행 7	저해상도 라이다를 이용한 운전 가능 영역 검출 방법	유상진, 박만복
자율주행 8	정밀 지도 기반 정적 물체 회피를 위한 지역 경로 계획 및 성능 비교	이종윤, 박만복
자율주행 9	Sensor fusion 기반 차량 전면부 충돌 시스템에 대한 위험 평가	박상빈, 박만복

번호	발표 주제	발표 및 제출자
자율주행 10	경로와 차선 데이터를 이용한 저성능 GNSS 개선 방법에 대한 연구	안해주, 박만복
자율주행 11	자율주행 대중교통 서비스 수용성 분석: 판타G버스를 중심으로	김대연, 오경택, 강용신, 김형주
자율주행 12	자율주행 긴급차량을 활용한 효과적인 배회전략 수립	강지혜, 안현준, 김도연, 이진학, 김원호
자율주행 13	실내 위치 추정을 위한 LED 기반 AI 시스템	이준희, 최우성, 성명훈, 김재원, 정용규, 조소현, 우주, 정재훈
자율주행 14	악천후 조건에서 자율주행을 위한 라이다 필터링 알고리즘 조사	김지웅
자율주행 15	도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스 기술 개발	유하나
자율주행 16	공간패턴분석을 통한 자율주행차량의 도로 유형별 제어권 전환 영향 요인 분석	박휘빈, 이은선, 신치현
자율주행 17	자율주행시스템의 설계운영영역(ODD) 관리 연구 동향	이상우, 김성훈
탄소중립 및 방재 1	고속도로 통행제한 시 사회적 교통비용 산정 방법 연구	한동희, 김수희
탄소중립 및 방재 2	한빛원전 방사능 누출 등 중대사고 발생 시 방재대책 연구	남창식, 김윤성, 박제진
탄소중립 및 방재 3	Cell Transmission Model 기반 양방향 보행 시뮬레이션 프레임워크 개발 및 최적화	이재영, 원민수
탄소중립 및 방재 4	환경 인식과 사회적 바람직성 편향이 전기차 구매에 미치는 영향	왕방주, 장기태

CONTENTS

특별 Session

특별 Session A-6 아주대학교

1. 공용도로 테스트베드에서 고속축중기를 이용한 화물차 과적검지시험 및 평가 3
전병욱, 김학수, 김창용, 김승철, 김학근, 곽성종, 강기원

2. 과적단속용 고속축중기 성능평가 기준의 개선 방안 4
이동해, 이종석, 김태상

특별 Session A-9 ㈜아이티텔레콤, 아이나비시스템즈

1. V2V 협력 주행을 위한 측위기반 고정밀 지도 데이터설계 및 구축에 관한 연구 9
김진환, 김봉근

2. 협력형 주행 자동화 시스템 유즈케이스, 시나리오 개발 10
신유영, 이나라, 박정태, 이용기, 유시복

3. V2V 기반의 CPM 메시지를 활용한 협력형 MRM 개발 11
박흥식, 김문식

4. 자율주행차량 경로 계획을 위한 시공간 그래프 뉴럴 네트워크 기반의 경로 예측 모델 개발 12
윤진원, 오승민, 이강훈, 장기태

5. 인지 음영을 고려한 자율협력주행 테스트 시나리오 정의서 개발 13
엄새얀, 오승민, 윤진원

6. 음영지역에서 인지 확장을 위한 시맨틱 정보기반 객체 매칭 방법 14
정민영, 주경진, 안예찬, 서동수, 국태용

특별 Session D-1 한국전자기술연구원

1. 국제표준 정밀도로 지도 포맷을 활용한 자율주행 차량에 특화된 가상 도로환경 자동생성 프로세스 고도화 17
홍준, 전형석,

2. 자율주행 셔틀 및 택시 서비스를 위한 FMS 및 자율주행 시스템 18
변성목,진현태

3. 빅데이터 처리 프레임워크의 네이티브 연산 엔진 구조에 대한 비교 연구 19
민영근

4. 디지털트윈에서의 자율주행 데이터셋을 활용한 실도로 주행 데이터 보완 및 활용 20
홍준, 전형석

5. 멀티에이전트 기반 가상 환경에서의 교통 모니터링 21
성기호, 조용현, 유재웅, 민경원

6. 그래픽스 엔진의 최적화를 고려한 실차 자세 데이터 기반 가상 차량 자세 추정 기법 22
성기호, 심영보, 조용현, 유재웅, 민경원

7. 자율주행 기술 검증용 가상환경 플랫폼에서의 IMU/GNSS 에뮬레이션 23
조용현, 유재웅, 성기호, 이선영

8. Tracker의 모델링 오차에 대한 수치적 분석 및 가상환경 플랫폼을 활용한 검증 24
조용현, 성기호, 유재웅, 이선영

9. 단안깊이추정모델의 NVIDIA Orin 탑재 25
박진만, 조용현, 유재웅

10. 실시간 벡터화된 정밀 지도 생성 26
유재웅, 조용현, 성기호, 민경원

11. 주변 환경과 상호작용을 고려한 하이브리드 정밀 지도 기반 경로 예측 27
유재웅, 성기호, 조용현, 민경원

학술발표 Session Ⅰ

SESSION A-1 ITS(Ⅰ)

1. 실시간 교통신호정보 지연시간 측정 및 분석에 관한 연구 33
이승철, 권순일

2. 도로용량편람을 활용한 미시교통 시뮬레이션의 신호교차로 평가지표 적정성 분석 34
김승리, 이철기, 최병권

3. 앞막힘 제어를 위한 신호체계 알고리즘 연구 35
김영욱, 이선하, 천춘근, 서지영

4. DSRC를 이용한 도시부 신호 운영을 위한 정보 가공에 대한 타당성 검토 36
신희준, 홍영석

5. 신호 연동성 평가를 위한 DSRC 및 영상검지기 기반 차량 궤적 모사 37
안정은, 김민지, 한여희, 김영찬

SESSION A-2 ITS(Ⅱ)

1. 영상분석 기반 도시부도로 차량행태 특성 분석 41
길정원, 채준병, 권재경, 황재성, 이철기

2. 고속도로 센서 미설치 구간 교통정보 추정 42
김태형, 민진홍, 김동규

3. 연속류 내 상습 지정체 해소를 위한 시뮬레이션 기반 대응방안 연구 43
조민지, 이선하, 신승근, 서지영, 한지훈

4. 도시부 돌발상황시 영향권 예측 모형 개발 및 검증 44
한재석, 차창준, 한경희, 이철기, 이상수

5. Payne-Whitham Model 기반 검지기 및 프로브 차량의 데이터 융합을 활용한 궤적 복원 45
최준희, 김동규

SESSION A-3 자율주행(Ⅰ)

1. 협력 주행을 위한 차선 정보 기반 차량 상태 결정 방법 49
권승원, 안예찬, 주경진, 최준현, 국태용

2. 저속주행 자율주행 도시환경관리 서비스 차량이 도심교통류에 미치는 영향분석 50
김주영, 소재현

3. Lv.3 자율주행차 상용화 대비 안전교육 효과분석 – 제어권전환을 중심으로 – 51
김태근, 이다혜, 한다정, 배광수

4. 심층 강화 학습을 통한 공사 구간 차로 변경 최적화 연구 52
심현섭, 박신형

5. 신호등이 없는 교차로에서 차량 안내를 위한 iTransformer의 궤적 예측 53
정수환, 이재현, 이재훈, 이수목

SESSION A-4 자율주행(Ⅱ)

1. 실시간 교통신호정보 활용을 위한 데이터 표준 개발 57
이승철, 권순일, 서지현

2. RP-CNN을 이용한 자율주행차량 경로 예측 방법 58
이수행, 이지민, 문창주

3. KIS(KETI Infrastructure Stitching) Dataset: 다수 엣지 기반 카메라/라이다 데이터 스티칭을 통한 인프라 데이터셋 59
이재원, 정혜인, 장달원, 이종설

4. 다수 엣지 기반 카메라/라이다 센서 데이터 스티칭을 통한 자율주행차량 음영지역 데이터 확장 시스템 60
이재원, 정혜인, 장달원, 이종설

5. 임베디드 시스템을 위한 PIL 기반의 군집 주행 테스트 프레임워크 구현 61
최형주, 문창주

SESSION A-5 교통안전(Ⅰ)

1. 무인단속 상습 적발자 분류 및 사고심각도 예측 연구 65
박동혁, 박준영, 권민정

2. 고속도로 톨게이트 구간에서의 영업소 기하구조 및 교통류 특성을 고려한 실시간 사고 예측 모델 개발 66
박동혁, 박준영, 박현진

3. Random Parameter Multivariate Tobit Model을 활용한 상업용 차량 사고율에 영향을 미치는 요인 분석 67
박휘빈, 김정화, Chen TianTian

4. 직진·우회전 공용차로 교차로 내 후행보행시간 적용에 관한 연구 68
오민석, 윤일수, 채희철

5. 중고등학생 교통사고에 미치는 도로 환경 및 교통안전시설에 관한 연구 69
이상범, 안세영, 이재덕, 장일준

SESSION A-6 공유교통

1. 실증적 전동킥보드 속도제어 실험: 제한속도 하향의 효과와 공간적 특성 재발견 73
권현지, 김나연, 주신혜, 강희찬, 송태진

2. 공유형 전동 킥보드 이용 행태 분석: 지역별, 성별, 시간대별 이용거리를 중심으로 74
김영국

3. Cross-classified Multilevel 모형을 활용한 서울시 공공자전거 심야 시간대 개별 통행거리와 이용시간 영향요인 분석 75
박종한, 장승화, 김새힘, 김태우, 고준호

4. 배달대행 서비스 초소형전기차 대여 플랫폼 경제적 타당성에 관한 연구 76
송인회, 김응석

5. 공간 단위 수정가능성 문제 최소화를 위한 최적 공간분할 및 단위에 관한 연구 77
오다인, 김현명, 김의진

6. 공유 전동킥보드 서비스의 이용행태 분석 – 세종시를 중심으로 78
이희준, 박호철

학술발표 Session Ⅱ

SESSION B-1 ITS(Ⅲ)

1. 스마트크루즈컨트롤 기반 운전모드의 연료절감 효과에 대한 실증적 연구 83
   김은진, 박기현, 고수빈, 홍정열, 황호현, 유수재, 전우빈
2. 루프 기반 경로 최적화의 계산 가속화를 위한 선형화 방법 84
   김창영, 김근우, 장인권
3. 전기회로와 도로교통 간의 유사성을 활용한 루프 기반 최단 경로 탐색법의 후처리 방안 85
   박상훈, 김근우, 장인권
4. IoT 기반 공기오염원 측정 센서를 이용한 차량 내부 공기질 개선 및 실시간 모니터링 시스템 설계 86
   염지환, 원희찬, 한정우, 이건희, 이학승, 국중진
5. 해외 ITS 사업 및 ITS 수출 지원을 위한 표준 요구사항 분석 87
   최지은, 김민영, 주정은

SESSION B-2 자율주행(Ⅲ)

1. 자율주행차 사고분석을 위한 교통사고 조사서 및 통계원표 개선 방안 연구 91
   강유정, 강유리, 배문수, 김천호, 김원기
2. 자율주행 순찰서비스 유닛의 교통사고 현장대응 전략 수립을 위한 연구 92
   고하영, 장기훈, 손승녀
3. 자율차-일반차 혼재상황에서 돌발상황 발생시 교통운영전략 수립 – 화성시 리빙랩 도시 대상으로 – 93
   김동우, 손영태, 전진숙, 하혜종, 정현숙
4. 중요도-만족도 분석을 활용한 자율주행 대중교통 서비스 개선 우선순위 도출 94
   김예진, 고우리, 윤일수
5. 자율협력주행자동차 V2X 성능 평가항목 개발을 위한 기초 연구 95
   김인영, 이영택, 윤일수
6. 자율-비자율 혼합 차량 추종상황에서 주행행태 비교 분석 96
   진현석, 오철

SESSION B-3 자율주행(Ⅳ)

1. Transformer 모델을 활용한 얌체 운전자의 나들목 끼어들기 사전 예측 99
   김진성, 노병준
2. 전통적 통계 모형을 활용한 자율주행자동차 교통사고 영향요인 분석 100
   이요셉, 김예진, 윤일수
3. 영상 기반 차선 검출 및 Stanley 제어를 통한 Lane Following System 101
   정진우, 박준범, 임지웅, 원종훈
4. 자율주행차량을 위한 통합된 교통 데이터 통신 서버 시스템 102
   정혜인, 이재원, 장달원, 이종설
5. ICP를 통한 LiDAR 기반 차량 추적 알고리즘 정확도 개선 103
   차승민, 임지웅, 원종훈

SESSION B-4 교통안전(Ⅱ)

1. 도심부 자율차 제어권 전환 발생 예측 모델 개발 107
   김민경, 오철
2. 다차로 하이패스 구간 기하구조 특성 및 교통량 변화를 고려한 해석가능 인공지능 기반 Risk Modification Function 개발 108
   김호재, 박현진, 박준영
3. 혼재 교통류에서 교통안전을 고려한 차간 주행유지 간격 도출 및 평가 – 지하고속도로를 중심으로 109
   박근휘, 성예지, 김우원, 박준영
4. 사용자 경험 기반 어린이 통학버스 만족도 및 차내 안전장치 우선순위 분석 110
   박보현, 신강원
5. 도심부 교통안전 취약지점 식별을 위한 최적의 네트워크 스크리닝 방법 연구 111
   성예지, 박준영, 최새로나
6. 주행시뮬레이션 기반 도로안전성 평가를 위한 평가지표 통합체계 개발 112
   정아람, 오철, 조영

SESSION B-5 교통계획

1. UAM 도입으로 인한 서울시 내 접근성 변화에 따른 서울시 아파트 가격의 변화 예측 〈2025 한국형 도심항공교통 로드맵 실증 노선을 바탕으로〉 115
   김규성, 김민석, 송형근, 조여린, 최성택
2. 도로사업 교통수요예측오차를 고려한 기대교통량 모형 개발 116
   김기민, 박동주
3. GTX-A 이용 희망자들의 통행시간가치 산정 연구: 동탄, 운정에서의 업무통행을 중심으로 117
   김우경, 정문서, 정진호, 허연수, 최성택
4. 머신 러닝 기법을 활용한 소멸위험지역의 위험요인분석: 충청권을 대상으로 118
   김정연, 이영헌, 도명식
5. 사회경제적 맥락에 따른 통행패턴의 표본 편향 분석: 2021 NHTS와 서울시생활이동데이터 간 비교를 중심으로 119
   김자수, 김의진
6. 다수단 네트워크에서의 경로 단위 속성을 고려한 Recursive Logit 경로선택모형 구축 120
   문세동, 장성훈, 김동규

학술발표 Session Ⅲ

SESSION C-1 교통 빅데이터(Ⅰ)

1. LLM 교통사고 경위 데이터 분석: 차대 자전거, 자전거대 차, 차대 보행자 관하여 125
   강지훈, 고우리, 윤일수
2. 다중 모빌리티 데이터 기반 통합 모빌리티 서비스 평가 지표 개발 126
   김승민, 박호철
3. 스마트 모빌리티 서비스 도입을 위한 이용자, 운영, 사회경제, 토지이용 특성별 버스정류장 분류 127
   이영현, 한효림, 정용일, 송태진
4. DNN 기반 도심지 네트워크 교통상황 예측에 관한 연구 128
   진종찬, 이경진, 윤일수

5. 운전자 내 이질성을 고려한 차량 추종 행동에 대한 운전자 간 이질성의 영향 129
최세원, 최준희, 문세동, 김동규

6. 교통분야 초거대 AI 기반 조성을 위한 승용차 및 대중교통 트립체인 데이터 구축 130
박유진, 구자헌, 이경재, 추상호

SESSION C-2 인공지능(Ⅰ)

1. Kubeflow 시스템에서 AI 모델 배포 전략: BentoML 중심으로 133
김동길, 정태윤

2. 검색 증강 생성 기반 택배 운송장 자동 인식 고도화에 관한 연구 134
정연비, 김유환, 김원열

3. 지식 기반 강화학습을 활용한 미시적 교통 시뮬레이션의 O-D 행렬 보정 135
민동규, 김동규

4. 교통상황 시나리오를 고려한 강화학습 기반 TOD 신호 제어에 관한 연구 136
이경진, 김인영, 윤일수

5. 신호 교차로에서 시야 제한이 있는 데이터를 기반으로 한 주변 차량의 궤적 예측 137
이승현, 김동규

6. 자기 지도 학습 기반 도로 노면 포트홀 이상 탐지에 관한 연구 138
이석채, 정회준, 권장우

SESSION C-3 자율주행(Ⅴ)

1. A Multi-Agent Driving Simulation 기반 자율주행차 주행행태 영향에 의한 비자율주행차 심리 생리적 작업부하 및 주행안전성 분석 141
김호선, 고지은, 오철

2. 고속도로 합류 구간에서 자율주행차량간 협력/경쟁 개념 도입 연구 142
이유진, 박준호, 소재현

3. 실시간 주행환경 분석 기반 통신 성능 모니터링 시스템 143
양은주, 서우창, 김봉섭, 윤경수

4. 혼합 교통류 환경에서 주차 동선을 고려한 고속도로 휴게시설 주차관리전략 평가 144
이송하, 김우원, 박준영, 염춘호, 고주연

5. 도심도로 기반 자율주행차 주행안전성 평가항목 개발 145
이영택, 김인영, 윤일수

SESSION C-4 English Presentation

1. 긴 간격 시간 경로 복원: 계층적 트랜스포머 접근법 149
Yonghui Liu

2. 시간 가변 콕스 모델을 사용한 고급 고속도로 충돌 분석 150
왕방주(Fangzhou Wang), 장기태

3. 과실 교통사고에서 고령 및 비고령 택시 운전자의 부상 심각도에 대한 시간적 불안정성 비교 151
Reuben Tamakloe, Mahdi Khorasani, Inhi Kim

4. 동남아시아를 중심으로 한 도로 연구: 서지학 및 주제 분석 152
Paolo Ian Lucero, Kitae Jang

5. RFM 지표 기반의 공유 전동킥보드 서비스 이용자 세분화 153
추범준, 김동규

6. 차량 호출 서비스에서의 주의 분산 운전: 실태, 영향 및 대응 전략 154
Raihan Pasha Isheka, Kitae Jang

SESSION C-5 교통안전(Ⅲ)

1. 교차로 건조환경 영향에 따른 유형별 교통사고 예측 모형개발: 데이터 상관성 모델링 기법의 적용 157
곽찬호, 홍정열

2. 그래프 주의 집중 네트워크를 적용한 지하철 전송 시스템 다중결함 탐지 158
김승하, 서동현, 권장우

3. 꼬리물기 무인교통단속장비의 설치 효과 분석 159
도승일, 박현수, 박신형

4. 차량행태 기반 교통안전시설 안전성 분석 160
채준병, 길정원, 권재경, 황재성, 이철기

5. 속도와 교통량을 활용한 교통혼잡지표 설계 및 분석 161
최철원, 박호철

6. ARIMA모형을 이용한 무인교통단속장비의 단속건수 유형별 특성 162
한효승, 양정훈, 박재훈, 윤일수, 송태진

SESSION C-6 교통안전(Ⅳ)

1. 우리나라 교통법규 위반 범칙금의 국제비교분석 165
김아람, 오주석, 김원중

2. 생성 모델을 활용한 범주형-연속형 혼재 사고 데이터 증강 및 사고 심각도 추정 166
김은정, 김동규

3. 과적단속용 고속축중기 성능평가 기준의 개선 방안 167
이동해, 이종석, 김태상

4. 고속도로 2차 사고 심각도 영향요인 연구 168
박하정, 안세영, 이재덕, 정철현, 장일준

5. 최고 제한속도 조정에 따른 고속도로 교통영향분석 169
백성채, 김태익, 박제진

6. 세종특별자치시 교통사고 발생 추이와 특성 170
주재성, 안용준, 송양호

학술발표 Session Ⅳ

SESSION D-1 모빌리티

1. 서울시 택시 운행 효율성 개선을 위한 수요·공급 분석 및 최적 운행 방안 연구 175
양민수, 유준재, 홍정열

2. 외생성 및 시·공간적 요인의 종합적 분석을 통한 서울시 택시 수요 예측 모형 개발 176
김강현, 홍정열

3. XGBoost-SHAP 모델 기반 UAM 신뢰도 영향 요인 평가: 인지된 위험 및 가치를 중심으로 177
김태성, 조정우, 백승한, 박진서

4. 의료취약지역에서의 응급의료서비스 개선을 위한 RTC 위치 결정 및 UAM 기반 서비스 영역분석 178
노세영, 도명식

5. 보행자 영향을 반영한 우회전 용량 일반 모델 개발 179
오승민, 장기태, 천경훈

6. 여름 휴가기간 시내버스 감차운행과 대중교통 수요 변화 180
황유성, 신강원

SESSION D-2 스마트시티

1. 데이터 분석을 통한 DRT 최적 정류소 입지 선정 및 수요 추정 프레임워크 개발: 대구 국가산업단지를 대상으로 183
강승원, 권오훈, 박용진

2. 분산 CCTV 환경에서의 연합학습 기반 도로 감시 시스템: 시공간 키포인트 트랜스포머 네트워크를 이용한 보행자 쓰러짐 감지 184
김병훈, 노병준

3. 도심 환경에서 V2X 통신 위상 구조가 자율주행 차량 반응속도에 미치는 영향 185
김영환, 김동규

4. 지역특성을 반영한 수요응답형 대중교통 서비스 OD 수요 예측 분석 186
장윤지, 권오훈, 여지호

5. 건설자동화장비 실증분석을 통한 효율성 분석 및 활성화 방안 187
정유미, 도현철, 도명식

6. Pro Vision과 Digital Twin Simulation 연계 방안 188
최민기, 이선하, 천춘근, 김영욱

SESSION D-3 교통 빅데이터(Ⅱ)

1. 교통분석용 네트워크의 센트로이드 커넥터 구축 기준 개선 연구 191
이상규, 김희조, 김동호, 박동주

2. Savitzky-Golay 필터링을 사용한 단기 O-D 행렬 추정 개선 192
이의진, 민동규, 김동규

3. 가구통행실태조사와 변분 오토인코더를 활용한 도시간 통행 스케줄 생성 193
이희창, 김동규

4. 서비스 밸류체인을 통한 데이터 기반 국토교통 산업 발전 방안 분석 194
전희진, 박희건, 정정호, 이종우, 이승봉, 천승훈

5. 스마트카드데이터 기반 자료포락분석을 활용한 수도권 지하철 환승역 효율성 평가 195
한은서, 박호철

SESSION D-4 인공지능(Ⅱ)

1. 교통분야에서의 대규모 언어 모델의 적용을 위한 기술 동향 분석 연구 199
강준희, 김수재, 김관용, 추상호

2. LLM 기반 교통사고 판결예측 시스템 200
민현식, 노병준

3. Visual LLM 기반 지정차로제 위반 검지 201
이상현, 이요셉, 윤일수

4. Video Diffusion를 활용한 차량 영상 센서 데이터 손실 보간 기법 202
임재균, 노병준

5. LLM 기반 화물차 적재 크기 초과 여부 판단 203
정한솔, 이상현, 윤일수

6. 딥러닝 모델과 XAI 기법을 활용한 드론뷰 영상에서 도심 주행 차량의 차선 변경 궤적 예측 및 해석 연구 204
홍석준, 노병준

SESSION D-5 탄소중립 및 방재

1. CCTV 영상 기반 다중운집 압사사고 취약성 평가체계 연구 207
문시현, 박성호, 윤일수

2. 작업자 안전 모니터링 시스템 개발에 관한 연구 208
박찬희, 오현서

3. 자동차 주행거리를 활용한 교통수요모형 기반 온실가스 배출량 산정: 제주특별자치도를 대상으로 209
고상희, 신강원

4. 국내 수송부문 온실가스 배출량 산정모형 고도화를 위한 종단경사 보정계수 개발 210
김진재, 김대진, 이승봉, 천승훈

5. 주행거리 시계열 변화를 고려한 교통수요관리정책의 온실가스 감축 원단위 고찰 211
김태경, 신강원

학술발표 Poster Session

ITS

1. 5G-NR-V2V 센서 쉐어링 서비스 통신 성능 모니터링 도구 215
이신경, 송유승

2. LZ4 압축 알고리즘을 활용한 5G-NR-V2V 영상 전송 실험 216
김기태, 이신경, 김진우, 안경환, 박명욱, 송유승

3. 가변형 적재불량 모형 장치를 이용한 적재불량 검지 평가 시나리오 설계 217
김성환, 최찬웅

4. 레벨 4 이상의 커넥티드 자율주행 서비스를 위한 5G-NR-V2X 통신장치 실도로 성능분석 218
송유승, 이신경

5. 경기도 빅데이터 플랫폼을 활용한 화물차 교통사고 위험구간 통행특성 분석 219
권영범, 이영란, 양수만

6. 분기형 다이아몬드 인터체인지(DDI) 도입에 따른 교차로 운영 효율성 및 도로 서비스 수준 개선 효과 분석 220
김태희, 이의은

7. 다중 진입 교차로 내 단일신호-복수경로에서 차량의 경로 예측 221
이호우, 노병준

8. 2024년 ITS 분야 KS 표준화 동향 분석 222
주정은, 양륜호, 김재홍

9. Z세대의 이동 데이터 기반의 상권 특성 분석 223
박상현, 김준희, 양홍준, 최현권, 추상호, 장양중

공유교통

1. 전기차 일 평균 주행거리 산정 및 내연기관차와의 비교 분석 224
변민우, 권오훈, 도우석, 김용환

2. 교통약자 수요응답형 대중교통 서비스 플랫폼 개발 225
이현준, 박찬, 서채연, 김혜진, 임애린, 정남진, 장유진, 박미예

3. 수요응답형 교통서비스(DRT) 지역별 도입전략에 관한 연구 226
김다현, 이종덕

4. 공유전동킥보드의 안전사고 저감을 위한 과금모델링 개발에 관한 연구 227
김윤성, 박제진

교통빅데이터

1. 고속도로 합류 구간에서의 주행 조건에 따른 의사결정 구분: 수치 분석을 기반으로 228
고은정, 장기태

2. Tagless Gate 도입에 따른 수도권 지하철 주기적 정산체계 구축방안 229
신성일, 박호철

3. 서울시 지하철 재환승 정책에 따른 수입금 영향 분석 230
신성일, 남두희, 정경덕

4. 대중교통 취약지역 분석을 통한 형평성 확보 방안 연구 231
심현섭, 박현수, 박신형

5. 빅데이터 기반의 서울시 노인 무임승차와 도시철도 운영 효율성 분석 232
강현수, 조준현, 왕세빈, 권민지, 추상호, 장양중

6. UAM-DRT 연계 교통서비스 모델 개발 연구 233
김동현, 김재윤, 이동하, 박유진, 추상호, 장양중

7. 손실 데이터와 데이터 대체 방법에 대한 연구 234
노용철, 신대교, 장준혁, 장수현

교통계획

1. 미래 고속도로 물류 활동 효율화를 위한 화물차전용차로 선정 방법론 235
고수빈, 양민수, 홍정열

2. 수요응답형 광역 모빌리티 서비스 잠재 수요 분석 – 수원 당수 지구를 중심으로 236
김홍균, 이종덕, 박준식

3. 전남권 교통SOC의 주요 현안 및 개선방안 237
이상준

4. 대규모 복합대중교통망에 적합한 Turn Label 기반 K Loopless 경로탐색 알고리즘 238
이미영, 신성일

교통안전

1. 교통안전시설 통합관제시스템을 위한 데이터 모델 설계 239
고정호, 이은진

2. 시각장애인의 이동권 보장을 위한 시각장애인용 음향신호기 기능개선 연구 240
이은진, 고정호

3. 긴급상황 영향권 분석 알고리즘 개발 241
안현준, 강지혜, 연준형, 정영제

4. 고령 화물차 운전자의 교통사고 발생 메커니즘 탐색: Mixed Logit Model과 Discriminant Analysis의 통합적 분석 242
김민지, 홍정열

5. 모바일 영상 장비로 수집된 영상 자료 활용 교통상충 분석 방향: SSM 지표 검토 중심으로 243
남상기, 정연식

6. Time Series Transformer를 활용한 차량 궤적 예측 244
김성훈, 노병준

7. 안전한 개인형 이동장치(PM) 이용을 위한제주형 도로환경 개선방안 245
양은혜, 강희찬

8. 스테레오 카메라 기반 무인 화물차 과적 단속 시스템 246
김윤태, 박진욱, 박용주

교통시설

1. 접근로별 진입교통량을 고려한 터보형 회전교차로 도입 방안 연구 247
이현정, 박지수, 안우영

2. 중량정보 관리시스템 운영 방안 248
이치열, 김현석

3. 자중계 시스템 도입 시 이해관계자 분석 및 갈등조정방안 249
이치열, 김성현

4. 자중계 국내외 도입 사례 250
이치열, 김현석

5. 고중량 차량의 운행 관리 및 안전성 향상을 위한 자중계 시스템 도입 시 규제영향분석 251
김성현, 이치열

6. 자중계 시스템 도입 시 단계적 의무장착 방안 252
김현석, 김성현

물류

1. 디지털 물류 실증 분석: 소상공인 물류 서비스 증대를 위한 V2V전략 및 효용 분석 253
류한별, 남대식

2. 편의점 물류 시스템에서 시간 창 최적화를 통한 정시 배송 및 통행 시간 최소화에 관한 연구 254
김용재, 강명구, 남대식

3. 드라이브 스루(DT)와 드론 기반 딜리버리 스루(DADT) 매장 주변의 시뮬레이션 기반 교통량 비교 분석 255
백경선, 노병준

4. 미래 UAM 노선 개발 및 서비스 운영을 위한 모빌리티 디지털트윈 개발 256
정은주, 박하현, 김민수, 여지호

스마트시티

1. 스마트 모빌리티의 미래: 최신 통향과 미래 발전 전략 257
고은정, 김준석, 장기태

2. 스마트교차로 데이터와 딥러닝 기반 영상 계수를 활용한 신호교차로 개선사례 연구 258
김지규, 손지언

3. 서울시 폐교 부지 활용을 통한 지역형 및 근린형 모빌리티 허브의 입지 선정에 관한 연구 259
김민준, 이승재, 변지혜

인공지능

1. End to End 딥러닝 기반의 라이다 카메라 캘리브레이션 260
김준영, 김태형, 김봉섭, 윤경수

2. 소프트웨어 교육 플랫폼 발전을 위한 대규모 언어 모델 적용 기법에 관한 연구 261
김유환, 이태호, 안정우, 임동원, 정연비, 김원열

3. 거대 언어 모델(Large Language Model)을 이용한 객체 단위 통행 생성 방법 개발 262
심지윤, 원민수

4. Range-Sequential Network 기반 HAR에 관한 연구 263
서홍일, 한윤상, 조형래, 서동환

자동차

1. 전기자동차 배터리 이상 알림 긴급호출 장치 개발 264
김유원

2. 자율주행차 이용요금추정 딥스택 인코더 전처리기 및 양방향 LSTM RNN 연구 265
임관수, 남두희

3. 전기차용 고압/고내구 일체형 압출성형타입 에어서스펜션용 경량화부품 구조강도평가 266
박종경, 조규춘, 고영국, 강기원

4. 모빌리티를 위한 방송망기반 고정밀 위치정보 서비스 아키텍쳐 267
서영우, 이용준

자율주행

1. 실도로 기반 자율주행차량의 긴급차 지원 서비스 268
이신경, 조용우, 김주영, 송유승, 민경욱

2. 자율주행 시스템의 카메라 오류 대응을 위한 예측 데이터 생성 기술 269
김아람, 김인수, 박재홍

3. ADAS 차량 운행을 대비한 고속도로 지원 방안 구상 270
김수희, 한동희

4. 인프라 센싱정보 융합을 위한 자율주행 전장부품 보안 설계 271
김인수, 김아람, 박재홍

5. 자율주행차량 테스트베드(K-City) VILS 서비스를 위한 차량 시스템 구성 272
박경국, 고한검, 조성우

6. 도심환경 자율주행을 위한 최소위험 매뉴버 결정 전략 273
안경환, 김진우, 박명욱, 김기태

7. 저해상도 라이다를 이용한 운전 가능 영역 검출 방법 274
유상진, 박만복

8. 정밀 지도 기반 정적 물체 회피를 위한 지역 경로 계획 및 성능 비교 275
이종윤, 박만복

9. Sensor fusion 기반 차량 전면부 충돌 시스템에 대한 위험 평가 276
박상빈, 박만복

10. 경로와 차선 데이터를 이용한 저성능 GNSS 개선 방법에 대한 연구 277
안해주, 박만복

11. 자율주행 대중교통 서비스 수용성 분석: 판타G버스를 중심으로 278
김대연, 오경택, 강용신, 김형주

12. 자율주행 긴급차량을 활용한 효과적인 배회전략 수립 279
강지혜, 안현준, 김도연, 이진학, 김원호

13. 실내 위치 추정을 위한 LED 기반 AI 시스템 280
이준희, 최우성, 성명훈, 김재원, 정용규, 조소현, 우주, 정재훈

14. 악천후 조건에서 자율주행을 위한 라이다 필터링 알고리즘 조사 281
김지웅

15. 도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스 기술 개발 282
유하나

16. 공간패턴분석을 통한 자율주행차량의 도로 유형별 제어권 전환 영향 요인 분석 283
박휘빈, 이은선, 신치현

17. 자율주행시스템의 설계운영영역(ODD) 관리 연구 동향 284
이상우, 김성훈

탄소중립 및 방재

1. 고속도로 통행제한 시 사회적 교통비용 산정 방법 연구 285
한동희, 김수희

2. 한빛원전 방사능 누출 등 중대사고 발생 시 방재대책 연구 286
남창식, 김윤성, 박제진

3. Cell Transmission Model 기반 양방향 보행 시뮬레이션 프레임워크 개발 및 최적화 287
이재영, 원민수

4. 환경 인식과 사회적 바람직성 편향이 전기차 구매에 미치는 영향 288
왕방주(Fangzhou Wang), 장기태

화물차 과적 및 적재불량 검지기술 개발 및 법제도 개선방향 모색

특별 Session A-6

아주대학교

공용도로 테스트베드에서 고속축중기를 이용한 화물차 과적 검지 및 평가
전병욱, 김학수, 김창용, 김승철, 김학근, 곽성종, 강기원

과적단속용 고속축중기 성능평가 기준 개선 방안
이동해, 이종석, 김태상

포장관리를 위한 과적 차량 단속 최적화: 다양한 이해관계자 상호작용을 게임이론의 관점에서
이진우, 정윤경

공용도로 테스트베드에서 고속축중기를 이용한 화물차 과적검지시험 및 평가

Truck Overload Detection Test and Evaluation using High-Speed Weigh-in-Motion on Public Road Test Bed

전병욱	김학수	김창용	김승철	김학근	곽성종	강기원
(군산대학교 산학협력단, 연구교수)	(군산대학교 기계공학과, 석·박사통합과정)	(군산대학교 산학협력단, 책임연구원)	(군산대학교 산학협력단, 책임연구원)	(군산대학교 산학협력단, 연구교수)	(군산대학교 산학협력단, 책임연구원)	(군산대학교, 교수)

If a truck is driven with an overloaded condition, it can lead to road damage and bridge collapse, which increases the possibility of traffic accidents. Accordingly, the government is regulating and managing it through laws and systems. However, the existing management method is inefficient due to limited operating hours and drivers' detours, which consume a lot of time and are high in cost. Therefore, in order to improve these problems more effectively, research is being conducted on a method to continuously perform unmanned crackdowns by installing high-speed weigh-in-motion on the road.

In this study, a truck overload detection test and evaluation were performed using high-speed weigh-in-motion on a public road test bed. To this end, first, the tire condition and air pressure of the truck test vehicle were checked in the empty state, and then the load was loaded onto the vehicle to implement an overload state. In addition, an overload detection test was conducted in normal and abnormal lane driving conditions near 86-12 Jangguri-san, Bongdong-eup, Wanju-gun, Jeollabuk-do (Provincial Road 799), using HS-WIM (High-Speed Weigh-in-Motion) technology. Finally, the results of the overload detection test for the vehicle axle weight and gross weight were analyzed and evaluated.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다(RS-2022-00142239).

과적단속용 고속축중기 성능평가 기준의 개선 방안

Improvement Strategies for the Performance Test Standardof High-Speed Weigh-in-Motion System for Weight Enforcement

이동해
(KCL, 연구원)

이종석
(KCL, 선임연구원)

김태상
(KCL, 팀장)

본 연구는 고속축중기(High Speed Weigh in Motion, HS-WIM)의 성능평가 기준을 국외 표준과 비교하여 개선 방안을 제시하는 것을 목표로 한다. 현재 국내에서 적용되고 있는 고속축중기의 성능평가 기준은 ITS 성능평가 기준에 명시되어 있으나, OIML R134, ASTM E1318, COST 323, NMi WIM Standard와 같은 국외 표준과 비교했을 때, 정확도, 설치환경, 시험방법 측면에서 개선이 필요하다. 특히 국내 기준은 신뢰수준에 대한 고려가 미흡한데, 국외에서는 고속축중기를 용도별로 과적단속에 적용할 수 있도록 신뢰수준을 구분하고 있다. 본 연구는 이러한 차이점을 비교 분석하고, 국내 고속축중기 성능평가 기준의 개선 방안을 제시하였다. 특히 사전선별과 직접단속용 고속축중기의 정확도와 그에 맞는 신뢰수준을 고려할 수 있도록 국외 기준과 사용 현황을 검토 및 비교하였다. 아울러 온도 및 도로기하, 포장 평탄성에 대한 비교를 통해 국내 기준의 개선 방안을 수립하였다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다. (과제번호 RS-2022-00142239)

포장관리를 위한 과적 차량 단속 최적화: 다양한 이해관계자 상호작용을 게임이론의 관점에서

Optimal Over-Loaded Truck Enforcement for Pavement Management System: A Game Theoretical Model for Multiple Stakeholders

정윤경
(한국과학기술원 녹색성장지속가능대학원, 석사과정)

이진우
(한국과학기술원 건설및환경공학과, 부교수)

과적 화물차는 도로와 교량에 심각한 손상을 주며, 전체 유지보수 비용의 약 60%를 차지하는 주요 원인으로 지적된다. 특히 과적 차량은 도로 포장과 교량의 피로를 가속화시켜 구조물의 수명을 크게 단축시킨다. 이를 해결하기 위해 WIM(Weigh-In-Motion) 시스템을 도입하여 과적 화물차를 효과적으로 단속하는 것이 필요하다. WIM 시스템은 차량의 속도를 줄이거나 멈추지 않고도 축중과 차량 중량을 측정할 수 있어, 교통 흐름에 최소한의 영향을 미치며 과적 차량을 모니터링할 수 있다. 그러나 WIM을 모든 도로에 설치하는 것은 현실적으로 불가능하며, 과적 차량 운전자는 이를 피할 수 있다.

따라서 WIM 시스템의 설치 위치를 전략적으로 결정하는 것이 중요하다. WIM 설치에는 높은 비용이 수반되기 때문에 정부, 집행기관, 운전자 등 다양한 이해관계자들의 목적을 고려한 의사결정이 필요하다. 이 과정은 게임이론적 관점에서 해석될 수 있으며, 각 이해관계자는 자신의 이익을 극대화하려 한다. 정부는 도로 유지보수 비용을 줄이고 혼잡을 최소화 하고자 하며, 운전자는 최소 경로 비용을 원하며, 집행기관은 주어진 예산 내에서 최대의 효율을 추구해야 한다. 또한 WIM 설치로 인해 과적 차량의 경로가 변경되면 특정 도로에 추가적인 부하가 생길 수 있으며, 이에 따른 도로 유지보수 비용 증가도 고려해야 한다.

본 연구는 이와 같은 문제를 해결하기 위해, 다양한 차량 그룹 간의 상호작용을 고려하여 교통 흐름을 계산하고, 과적 화물차의 수를 줄일 수 있는 최적의 WIM 설치 위치를 도출하였다. 연구 결과, WIM 설치로 인해 과적 화물차의 이동 경로와 비용이 변화하며, 전략적인 WIM 설치는 과적 차량의 수를 효과적으로 감소시킬 수 있음을 확인했다. 결론적으로, 본 연구는 다양한 이해관계자의 목표를 고려하여 WIM 시스템의 최적 설치 위치를 선정함으로써 과적 화물차로 인한 도로 유지보수 비용을 줄이고, 교통 흐름을 개선할 수 있는 방안을 제시한다는 점에서 실질적인 의의를 가진다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 : RS-2022-00142239).

레벨 4 자율주행 차량의 주변 환경 및 인지 증강 정보 융합 기반 협력 제어 기술 개발 현황

특별 Session A-9

㈜아이티텔레콤, 아이나비시스템즈

V2V 협력 주행을 위한 측위기반 고정밀지도 데이터 설계 및 구축에 대한 연구
김진환, 김봉근

협력형 주행 자동화 시스템 유즈케이스, 시나리오 개발
신유영, 이나라, 박정태, 이용기, 유시복

V2V 기반의 CPM 메시지를 활용한 협력형 MRM 개발
박흥식, 김문식

자율주행차량 경로 계획을 위한 시공간 그래프 뉴럴 네트워크 기반의 경로 예측 모델 개발
윤진원, 오승민, 이강훈, 장기태

인지 음영을 고려한 자율협력주행 테스트 시나리오 정의서 개발
엄새얀, 오승민, 윤진원

음영지역에서 인지 확장을 위한 시멘틱 정보기반 객체 매칭 방법
정민영, 주경진, 안예찬, 서동수, 국태용

V2V 협력 주행을 위한 측위기반 고정밀 지도 데이터설계 및 구축에 관한 연구

A study on the Design and Construction of Positioning-Base High-Definition Map Data for V2V Cooperation Driving

김진환
(아이나비시스템즈, 책임연구원)

김봉근
(아이나비시스템즈, 선임연구원)

자율주행 기술의 발전과 함께 차량 간 통신(V2V) 기술의 중요성이 점점 더 부각 되고 있다. V2V(Vehicle-to-Vehicle) 기술은 주변 환경과 움직임에 대한 정보를 차량간 실시간으로 정보를 교환하여 주행 안정성과 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 본 연구는 자율주행 V2V 협력 주행을 위한 측위 기반 고정밀 지도 데이터설계 및 구축을 목표로 한다. 자율주행에서 고정밀 지도의 필요성은 자율주행시스템 구성에 사용되는 다양한 센서는 폭설, 강우 등에 이유로 차선 구분 오류가 발생 되고 센서의 인지 범위 한계가 있으며 지하도, 터널 음영지역, 복잡한 교통환경에서의 경로 이탈, 사고 등이 발생 시 정확한 위치정보를 추정하거나 대응이 어려운 점이 있다. 이를 보완하기 위해 자율주행 차량의 정확한 위치 측위를 위한 고정밀 지도 데이터로 구성한다.

고정밀 지도 구축을 위해 GPS, LiDAR, 카메라 등의 다양한 센서를 활용하여 도로 환경 자료를 수집하고, 수집된 데이터는 후처리 과정을 거쳐 3D 고정밀 지도(HD Map)를 생성한다. 국토지리정보원 고정밀 지도는 네트워크 레이어 2개, 구조물 계층 3개, 표지 및 노면표시 계층 3개, 시설물 계층 6개의 정보를 제공하고 있다. 이를 기반으로 고정밀 지도를 활용한 측위용 지도 모델을 설계하고 자율주행 차량이 자신의 위치를 정확히 추정할 수 있도록 측위용 고정밀 지도를 구축한다. 이 모델은 네트워크 계층 2개, 노면표시 계층 3개, 기타 시설물 계층 4개의 정보를 제공하고 있으며 이러한 지도 데이터는 차량 간 데이터를 실시간으로 교환하여 협력 주행을 구현하고 다양한 교통환경에서 효과적으로 테스트할 수 있으며, 이를 통해 자율주행 시스템의 안전성과 효율성을 높일 수 있을 것이다.

본 연구는 자율주행 차량의 측위 정확성을 높이기 위한 측위용 지도 데이터설계 및 고정밀 지도 구축을 진행하였으며, 향후 연구에서는 다양한 환경에서의 테스트가 필요하며 테스트 결과에 따라 자차 위치 정확도를 높이기 위해 기타 시설물이 추가될 수 있다. 이러한 연구 결과는 차량의 실시간 측위 정확도 향상과 주변 환경 인식 능력을 크게 개선하며 실시간 통신과 정밀 측위를 위한 기술적 기반을 제공할 것이다.

사사: 본 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT)의 자율주행기술개발혁신사업(과제명: 주변환경 정보 융합 기반 협력형 차량 제어 기술 개발, 과제번호: 20026184) 연구비 지원에 의해 수행됨.

협력형 주행 자동화 시스템 유즈케이스, 시나리오 개발

Development of Use Cases and Scenarios for Cooperative Drviing Automation Systems

신유영	이나라	박정태	이용기	유시복
(한국자동차연구원, 연구원)	(한국자동차연구원, 연구원)	(한국자동차연구원, 연구원)	(한국자동차연구원, 실장)	(한국자동차연구원, 연구위원)

본 논문은 차량간 정보 교환, 인프라와 차량의 정보 교환을 통한 협력형 주행 자동화 시스템의 개발과 평가를 위한 자율 시스템의 유즈케이스와 시나리오 그리고 시험 절차 개발을 목표로 한다. 이를 위해 협력형 주행 자동화 시스템에 대한 정의와 해당 시스템이 장착된 차량의 주행환경 분석을 시작으로 개발되는 유즈케이스, 시나리오 및 시험 절차를 정의하고 해당 주행환경에서 다양한 유즈케이스가 개발될 수 있도록 유즈케이스 템플릿을 개발한다.

유즈케이스와 시나리오 템플릿 개발에 앞서 협력형 주행 자동화 시스템이 장착된 차량이 주행하게 될 지역을 선정하여 TOD(tactical Operation Domain)와 ODD(Operational Design Domain)을 정의한다. 유즈케이스 템플릿 개발에는 협력형 자율 시스템 국제 표준과 PEGASUS 규격을 참고한다. 전체 개발 프로세스는 ISO 표준을 바탕으로 개발 방법론을 수립하고, 이를 토대로 다양한 연구 사례를 참고합니다. 특히, 자율주행 시스템의 테스트 시나리오를 제시하는 3450X 시리즈 표준을 기반으로 개발 방향을 제시한다.

최종적으로 협력형 주행 자동화 시스템 및 다양한 자율주행 시스템에 적용할 수 있는 유즈케이스 템플릿을 개발하고, 주행환경을 분석한 ODD를 기반으로 협력형 주행 시스템을 위한 유즈케이스와 시나리오를 도출하도록 한다.

사사: 본 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT)의 자율주행기술개발혁신사업(과제명: 주변환경 정보 융합 기반 협력형 차량 제어 기술 개발, 과제번호: 20026184) 연구비 지원에 의해 수행됨

V2V 기반의 CPM 메시지를 활용한 협력형 MRM 개발

Development of Cooperative Minimal Risk Manoeuvre for Automated Driving Systems using V2V based Collective Perception Message

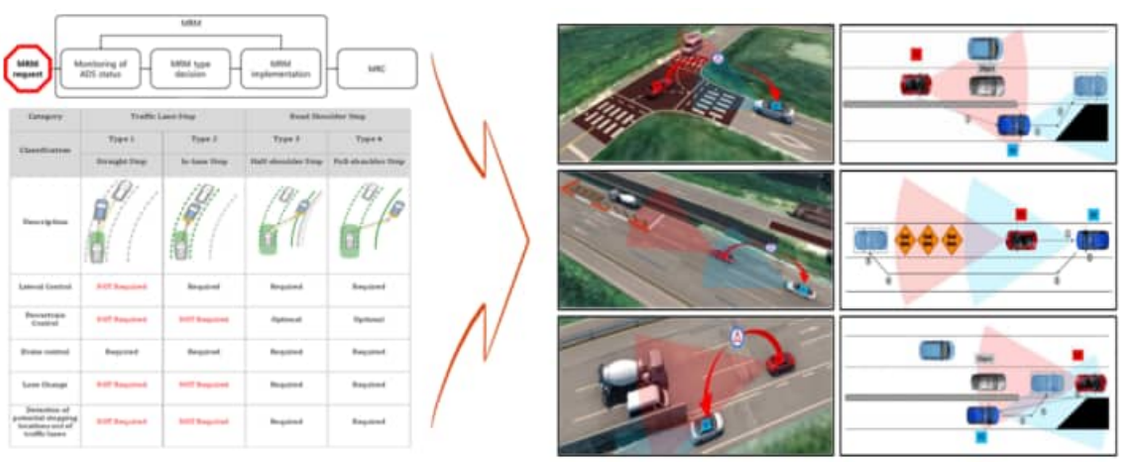
박홍식
(국립공주대학교 기계공학과, 박사과정)

김문식
(국립공주대학교 지능형모빌리티공학과, 부교수)

최근 자율주행차의 기술 한계를 극복하기 위한 다양한 방법들이 개발되고 있다. 특히, 차량 탑재형 센서를 활용한 주행상황 인지 성능의 한계를 극복하기 위해 다양한 형태의 V2I 통신 기반 인프라 기술이 개발되고 있다. 그러나 도로 인프라 기술은 구축 비용이 상대적으로 고가이며 대상 도로의 특성에 따라 기술적 한계가 존재하여 대상 범위가 제한적일 수 있다. 이에 대안으로 제시되고 있는 기술이 V2V 통신을 이용하여 차량 간 인지 정보를 공유하는 기술이다.

이러한 차량 간 협력을 기반으로 하는 자율 협력 주행 기술의 중요성이 부각되면서, SAE J3216 “Taxonomy and Definitions for Terms Related to Cooperative Driving Automation for On-Road Motor Vehicles”가 발간되었다. 이 문서에서는 자율 협력 주행을 인프라와 차량 간 통신 등을 활용하여 자율주행시스템의 주행 성능을 향상시키고 도로 사용자의 안전하고 효율적인 이동을 보조하는 자동화로 정의하고 있다. 협력 주행 단계는 Class A부터 D까지 분류되며, 단계가 높아질수록 고도화된 인지 정보를 공유한다. 공유된 인지 정보를 사용함으로써 자차의 센서만으로 습득한 주변 환경 정보를 활용하는 것보다 인식 범위를 확장할 수 있다는 이점이 있다.

본 연구에서는 협력 주행 시 사용되는 “ETSI TS 103 324” 문서의 CPM 메시지(Collective Perception M-essage)를 활용하여 협력 자율주행차의 Failure 상황에 대한 대응방안으로 협력형 MRM(Minimal Risk M-anoeuvre) 전략을 개발하고자 한다. 협력 주행 차량은 CPM 메시지를 활용하여 인지 범위를 확장할 수 있음에 따라, 주변 환경에 대한 정보를 파악하여 MRM 전략 수행이 가능해진다. 이에 따라, 기존의 차량 단독형 MRM 보다 안전하고 효율적으로 MRC(Minimal Risk Condition) 조건에 도달할 수 있다. 향후 연구에서는 제안한 협력형 MRM 전략을 다양한 주행 시나리오를 통한 시뮬레이션 평가 및 실차 실험을 수행할 예정이다.



<그림> 협력자율주행을 위한 협력형 MRM 전략 개발

사사: 본 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT)의 자율주행기술개발혁신사업 (과제명 : 주변환경 정보 융합 기반 협력형 차량 제어 기술 개발, 과제번호 : 20026184) 연구비 지원에 의해 수행됨

자율주행차량 경로 계획을 위한 시공간 그래프 뉴럴 네트워크 기반의 경로 예측 모델 개발

Trajectory Prediction for Autonomous Vehicles' Path Planning Using Spatio-Temporal Graph Neural Network

윤진원 (한국과학기술원 기계기술연구소, 연수연구원)

오승민 (한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 박사과정)

이강훈 (한국과학기술원 산업및시스템공학과, 박사과정)

장기태 (한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 교수)

레벨4 이상의 자율주행차량(Autonomous Vehicle, AV)의 개발에서 정확한 경로 계획은 매우 중요하다. 그러나 실도로에서 주행 중인 AV의 제어권 전환의 60%는 경로 계획 실패로 인한 것이며, 그 중 48%는 주변 차량들의 궤적을 잘못 예측하는 데서 기인하는 것으로 밝혀졌다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존의 여러 연구들이 차량 간 상호작용을 고려한 궤적 예측 모델을 개발하였지만, 특히 차로 변경(Lane Change, LC) 시나리오에서 3초 이상의 장기 미래 궤적을 정확하게 예측하는 것은 여전히 도전 과제로 남아있다. 따라서 본 연구는 AI를 통해 주변 차량들과의 상호작용을 모델링하여 효과적인 장기 궤적 예측을 달성하는 것을 목표로 한다. 본 연구는 특히 차로 변경 행태에 집중하며, 이를 위한 주요 방법론으로 시공간 그래프 신경망 (Spatio-Temporal Graph Neural Network, STGNN)을 활용한다. 이 모델은 1) 그래프 어텐션 네트워크(Graph Attention Network, GAT), 2) 다중 퍼셉트론(Multi-Layer Perceptron, MLP) 기반 차로 변경 의도 예측 네트워크 (Intention Network), 3) 게이트 순환 유닛(Gated Recurrent Unit, GRU)으로 구성된다. GAT는 공간적 관계를 포착하고, 의도 네트워크는 LC 행동을 예측하며, GRU는 이를 종합하여 미래 궤적을 예측한다. NGSIM(Next-Generation Simulation)의 US-101 데이터셋을 사용하여 모델의 성능을 검증한 결과, 제안된 모델은 1초 예측 구간과 같은 매우 단기적인 예측을 제외하고는 다른 최신 모델보다 가장 높은 예측 정확도를 보였다. 또한 정량적 분석 외에도 예측 궤적을 시각화하고, 주변 차량과의 상호작용을 고려하여 어텐션 가중치의 변화를 정성적으로 분석하였다. 이러한 결과는 다양한 LC 시나리오를 포함하여 본 연구에서 제안된 모델이 경로를 효과적으로 예측하는 것을 직관적으로 보여주었다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제고유번호: 2710006679, No.2023-00244929, 레벨4 자율주행 차량의 커넥티드 기반 인지 증강화 및 협력 자율주행 기술 개발).

인지 음영을 고려한 자율협력주행 테스트 시나리오 정의서 개발

Development of Test Scenario for Cooperative Autonomous Driving Considering Perceptual Blind

임새얀
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 석사과정)

오승민
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 박사과정)

윤진원
(한국과학기술원 기계기술연구소, 연수연구원)

자율주행차량(Autonomous Vehicle, AV) 기술이 고도화되고 상용화됨에 따라, AV의 주행 안전성을 확보하기 위한 테스트 시나리오의 개발이 필수적이다. 특히, 복잡한 도심 환경에서 자율주행차량은 주변 객체나 환경적 요인으로 인해 인지할 수 있는 범위가 저하되는 '인지 음영(Perceptual Blind)' 현상에 직면하게 되고, 이는 주행 안전성에 심각한 위협이 될 수 있다. 그러나 기존의 AV 테스트 시나리오는 주로 일반 차량 데이터를 기반으로 하거나, 첨단 운전자 보조 시스템(Advanced Driver Assistance System, ADAS)의 기능적 평가에 중점을 두고 있어 복잡한 도로 환경에서 발생할 수 있는 인지 음영 문제를 충분히 반영하지 못하였다. 이에 본 연구에서는 이러한 인지 음영 문제를 해결하기 위해 기존 시나리오 정의서의 한계를 분석하고, 인지 음영을 고려한 새로운 시나리오 정의서를 개발하고자 한다. 기존 시나리오 정의서는 인지 음영의 존재를 인지하고 있었지만, 이를 직접적으로 반영하지는 않았다. 본 연구에서는 다양한 인지 음영 사례를 분석하여 그 유형을 구체화하고, 이를 반영한 시나리오 정의서를 제시하였다. 또한, 자율주행차량이 실주행 환경에서 겪을 수 있는 다양한 위험 요소들을 반영하고, 차량 간 및 교통 인프라와의 데이터 공유를 기반으로 한 협력 주행의 필요성도 함께 고려하였다. 이를 통해, 자율주행차량의 인지 성능을 향상시키고, 안전성을 더욱 강화할 수 있는 실험적 테스트 시나리오와 정의서를 제안하는 것이 본 연구의 주요 목표이다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제고유번호: 2710006679, No.2023-00244929, 레벨4 자율주행 차량의 커넥티드 기반 인지 증강화및 협력 자율주행 기술 개발).

음영지역에서 인지 확장을 위한 시맨틱 정보기반 객체 매칭 방법

Semantic Information based Object Method for Cognivite Expansion in Occluded Areas

정민영	주경진	안예찬	서동수	국태용
(성균관대학교 정보통신대학 전자전기컴퓨터공학과)	(성균관대학교 정보통신대학 전자전기컴퓨터공학과) (주식회사 케이스랩 부설기술연구소)	(성균관대학교 정보통신대학 전자전기컴퓨터공학과) (주식회사 케이스랩 부설기술연구소)	(성균관대학교 정보통신대학 전자전기컴퓨터공학과) (주식회사 케이스랩 부설기술연구소	(성균관대학교 정보통신대학 전자전기컴퓨터공학과) (주식회사 케이스랩 부설기술연구소)

자율 주행 시스템(Autonomous Driving System, ADS)은 차량이 다양한 센서를 활용하여 주변 환경을 인식하고, 이를 바탕으로 경로를 계획하는 것을 목표로 한다. 하지만 객체가 가려지거나 음영 지역에서 인식이 어려워지는 문제가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 협력적 차량 간 통신(V2V)을 통해 가려진 객체의 정보를 실시간으로 공유하는 방법이 연구되고 있다. 본 논문에서는 음영 지역에서의 인지 확장을 위해 시맨틱 정보를 활용하여 객체를 인식하고 매칭하는 방법을 제안한다. 이 방법은 TOSM(Triplet Ontological Semantic Model)에 기반하여 객체의 시맨틱 정보를 추정하고 해당 정보를 객체에 등록된 시맨틱 정보와 매칭하여 높은 신뢰도의 인지 확장을 가능하게 한다.

자차(Ego-Vehicle)는 주변 차량과 음영 지역을 발생시킨 차량의 정보를 수집하여 시맨틱 정보를 등록한다. 시맨틱 정보는 Symbolic(상징적), Explicit(명시적), Implicit(암시적) 데이터로 구성되며, 각 차량의 크기, 색상, 속도, 위치, 상태 등의 정보를 포함한다.

객체 매칭은 자차의 센서를 통해 수집한 데이터를 바탕으로 수행된다. Symbolic 정보는 객체의 클래스 정보를 기반으로, Explicit 정보는 객체의 크기, 색상, 속도 등을 이용해 매칭하며, Implicit 정보는 객체의 위험도와 현재 상태 등을 포함하여 최종적으로 매칭 여부를 결정한다. 객체 매칭은 카메라와 다채널 거리 센서 데이터를 퓨전(Fusion)하여 정확도를 높이며, 매칭 신뢰도가 일정 기준 이상일 경우 매칭이 완료된다.

제안한 방법을 검증하기 위해 CARLA 시뮬레이터를 사용하여 자율 주행 차량이 음영 지역을 유발하는 차량을 인식하고 매칭하는 실험을 진행하였다. RGB-D 카메라 센서를 장착한 자차가 다른 차량을 YOLOv8n 모델을 이용하여 인식하고, 객체의 클래스, 색상, 자세, 이동 가능 여부 및 현재 장소 등을 추정하고 매칭하였다.

향후 연구에서는 제안한 방법에서 음영 지역에서의 인지 확장을 실현하고 협력적 자율 주행을 구현하는 것을 목표로 한다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제고유번호:2710006679, No.2023-00244929, 레벨 4 자율주행 차량의 커넥티드 기반 인지 증강화 및 협력 자율주행 기술 개발)

가상 시뮬레이션 환경 기반 자율주행 검증 기술

특별 Session D-1

한국전자기술연구원

국제표준 정밀도로 지도 포맷을 활용한 자율주행 차량에 특화된 가상 도로환경 자동생성
홍준, 전형석

자율주행 셔틀 및 택시 서비스를 위한 FMS 및 자율주행 시스템
변성목, 진현태

빅데이터 처리 프레임워크의 네이티브 연산 엔진 구조에 대한 비교 연구
민영근

디지털트윈에서의 자율주행 데이터셋을 활용한 실도로 주행 데이터 보완 및 활용
홍준, 전형석

멀티에이전트 기반 가상 환경에서의 교통 모니터링
성기호, 조용현, 유재웅, 민경원

그래픽스 엔진의 최적화를 고려한 실차 자세 데이터 기반 가상 차량 자세 추정 기법
성기호, 심영보, 조용현, 유재웅, 민경원

자율주행 기술 검증용 가상환경 플랫폼에서의 IMU/GNSS 에뮬레이션
조용현, 유재웅, 성기호, 이선영

Tracker의 모델링 오차에 대한 수치적 분석 및 가상환경 플랫폼을 활용한 검증
조용현, 성기호, 유재웅, 이선영

단안깊이추정모델의 NVIDIA Orin 탑재
박진만, 조용현, 유재웅

실시간 벡터화된 정밀 지도 생성
유재웅, 조용현, 성기호, 민경원

주변 환경과 상호작용을 고려한 하이브리드 정밀 지도 기반 경로 예측
유재웅, 성기호, 조용현, 민경원

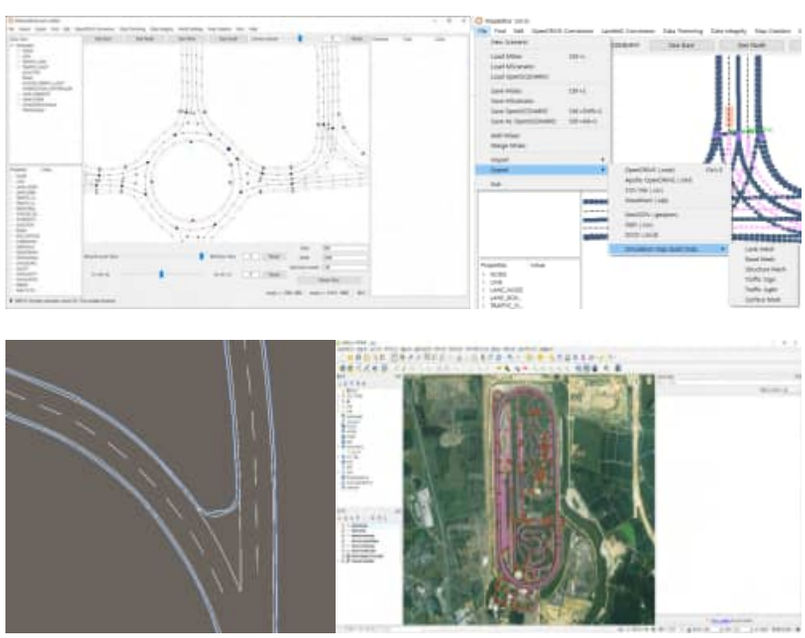
국제표준 정밀도로 지도 포맷을 활용한 자율주행 차량에 특화된 가상 도로환경 자동생성 프로세스 고도화

Optimizing the Auto-gen Process of the Virtual Road Environment for Autonomous Vehicle based on globally standardized HD map structure

홍준
((주)모라이, 대표이사)

전형석
((주)모라이, 상무이사)

자율주행 기술을 개발함에 있어 차량이 주행하는 도로 환경 및 도로 위에서 발생하는 다양한 상황들에 대해서 수치로 표현하는 것이 매우 중요하며, 다양한 인지 기술의 핵심적인 지향점이라고 할 수 있다. 특히 단순히 다종의 센서들이 각자 고유하게 갖고 있는 좌표계에서의 수치적 표현보다는 이를 실질적인 물리 공간에서 표현하는 것이 필수적이다. 이때 정밀도로 지도는 물리 공간을 수치로 표현하는 가장 핵심이자 기본적인 요소라고 할 수 있다. 또한 자율주행 기술개발을 효율화 할 수 있는 디지털 트윈 기술에서도 마찬가지로 정밀도로 지도 기반의 가상환경 생성 기술이 실제 환경과 가상환경 사이의 정합도를 결정짓는데 가장 큰 영향을 끼친다. 따라서 본 연구에서는 실제 환경의 수치데이터가 반영된 정밀도로 지도를 바탕으로 디지털 트윈 기반의 가상환경 제작에 최적화된 정밀지도 포맷을 고안하였다. 이 형태는 실제로 자율주행 차량에서 필요한 정보뿐만 아니라 디지털 트윈 시뮬레이터 구축에 필요한 다양한 수치 정보들을 담을 수 있다. 이렇게 고안된 정밀지도 포맷을 디지털 트윈 환경 안에서 활용할 수 있는 도로 환경을 자동으로 생성시키는 기술에 활용하였다. 이를 통해서 단순히 수치정보뿐만 아니라 속성정보까지 포함하여 구성된 정밀도로 지도를 확보하였으며 향후 실제 환경과 동일한 가상환경을 구축하는데 있어 많은 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.



사사: 본 논문은 “(과학기술정보통신부, 자율주행기술개발혁신사업단) 엣지연계 도심형 자율주행 서비스 검증을 위한 테스트 시나리오 생성 및 멀티에이전트기반 시뮬레이션SW 기술개발”로부터 지원받아 작성됨(과제 번호: 2710008554)

자율주행 셔틀 및 택시 서비스를 위한 FMS 및 자율주행 시스템

FMS and Autonomous Driving System for Self-Driving Shuttle and Taxi Service

변성목
(토르드라이브 선임연구원)

진현태
(토르드라이브 수석연구원)

출산율 저하와 더불어 초고령사회로 진입하고 있는 현재, 노동력의 고령화 및 감소는 대중교통 시스템의 안전 문제와 함께 인력난 및 도시-지방간 교통서비스 격차 심화 등의 큰 혼란을 초래하고 있다. 자율주행 기술은 이러한 대중교통 시스템 문제의 해결 방안의 하나로서 주목을 받고 있다. 특히, 자율주행차의 도입은 시스템의 무인화를 통한 인력난 해소와 더불어, 다중화된 센서를 활용함으로써 운전자의 고령화에 따른 인지 능력 및 반응 시간 저하로 인한 교통안전 문제를 해결할 수 있을 것으로 예상된다.

자율주행 기술을 활용한 대중교통 시스템에는 특정 노선을 주행하는 셔틀 형태나 택시 형태, 그리고 탑승을 원하는 고객들의 호출을 통합하여 노선을 융통성 있게 조율하는 수요응답형 형태 등 다양한 시스템이 존재한다. 서울시는 일부 도심 지역에서 자율주행 택시 및 자율주행 버스를 이용하여 심야시간대의 대중교통 서비스를 제공하고 있고, 해외에서는 Waymo 등 자율주행 택시 서비스가 활발히 이루어지고 있다.

본 논문에서는, 이처럼 특정 노선을 주행하는 자율주행 버스 및 출발지와 도착지가 자유롭게 설정할 수 있는 자율주행 택시 서비스를 대상으로, 양 서비스에 대응할 수 있는 자율주행 시스템과 복수의 자율주행 차량에 대응할 수 있는 중앙 관제 시스템 또는 Fleet Management System(이하 FMS)에 관해 기술하고, 시뮬레이션을 통한 시스템 연계, 그리고 판교지역을 대상으로 하는 시스템의 동작 예시를 제시한다.

자율주행 시스템은 노선버스와 같이 정해진 경로를 주행하는 셔틀 형태와 출발지 및 도착지에 대한 최적 경로를 탐색하고 주행하는 택시 형태의 두 가지의 주행방식을 설정할 수 있고, FMS는 서비스 형태에 따라 정해진 경로 또는 출발지 및 도착지를 각 자율주행 시스템에 전달하는 기능을 갖추었다. 각 시스템과 양 시스템 간의 연계를 검증하기 위해 오픈 소스 기반의 시뮬레이터인 CARLA를 활용하여, 정해진 경로를 전달하여 셔틀 형태의 주행 가능 여부를 확인하고 출발지와 도착지를 전달하여 택시 형태의 주행 가능 여부를 확인하였다. 그리고 실제 도로 환경에서의 적용 가능성 검토를 위해, 판교지역의 정밀지도를 활용하여 셔틀 및 택시의 모의 주행을 시행하였다.

본 논문에서는 각 주행 형태에 기반하여 각 시스템과 시스템의 연계를 검증하였으나, 다음에는 멀티에이전트 기반의 시뮬레이션을 활용하여, 복수의 차량을 통한 셔틀 및 택시 서비스를 운영함으로써 운영 중에 발생할 수 있는 문제를 파악하고 대응 방안을 검토 및 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021-0-01415, 엣지연계 도심형 자율주행 서비스 검증을 위한 테스트 시나리오 생성 및 멀티에이전트기반 시뮬레이션SW 기술개발)

빅데이터 처리 프레임워크의 네이티브 연산 엔진 구조에 대한 비교 연구

Study on Native Compute Engines of the Bigdata processing framework

민영근

(kt NexR, 수석연구원)

최근 몇 년에 걸쳐, Apache Spark는 빅데이터 처리 프레임워크로서 업계 상의 표준이 되었다. 그러나 실행 엔진을 구현한 방법은 Bytecode로 변환되는 Java/Scala 언어를 사용하고 있다. 실행 성능을 개선하기 위하여 WholeStageCodeGen 등의 개선이 있었고, 최근에는 성능을 근본적으로 개선하기 위하여 Bytecode가 아닌 네이티브 언어로 엔진의 일부분을 대체하는 연구 개발들이 진행되었다.

본 논문에서는 이러한 개선 작업중 Spark를 상업적으로 제공하는 Databricks의 Photon 엔진과 이와 유사한 방법으로 오픈소스로 제공되는 Apache Gluten, Apache Datafusion Comet의 구조와 구현 방법을 비교하였다.

Databricks Photon은 상용 제품으로서 가장 좋은 성능을 보여주었으며, Read/Write 및 Join 등의 다양한 연산들을 네이티브로 작성된 엔진으로 변환하여 구동하였다. Apache Gluten은 일종의 미들웨어로 데이터 처리는 Velox라는 별도의 오픈소스 엔진이 필요하며 Apache 재단으로 개발이 이관된지 얼마되지 않은 프로젝트이다. 또다른 Apache 프로젝트인 Apache Datafusion Comet은 In-Memory 데이터 저장 형식인 Apache Arrow 프로젝트에서 시작된 데이터 처리 엔진인 Datafusion을 Spark와 연계하는 프로젝트이다. Apache 재단의 프로젝트들은 Apache Arrow를 사용하여 JVM과 네이티브간의 데이터 형식을 변환없이 사용하고 있으며, Spark의 일부 연산을 각각 엔진에 맞게 변환하는 구조를 가지고 있다. Databricks Photon은 상용 제품으로서 별도의 설정없이 쉽게 사용할 수 있지만, Apache Gluten, Apache Datafusion Comet은 추가적인 설정이 필요하며, 관리 복잡도가 높은 편이다.

오픈소스로 활용할 수 있는 Apache 재단의 프로젝트 중에서는 외부 엔진 모듈을 별도로 사용하지 않는 Datafusion Comet이 좀 더 쉬운 방법을 가지고 있으며, Gluten은 엔진 모듈을 필요에 따라 선택할 수 있는 구조를 가지고 있다. 이러한 특성을 고려하여 목적에 맞는 네이티브 연산 엔진을 선택해야 한다.

사사: 본 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획 평가원의지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-01415, 엣지연계 도심형 자율주행 서비스 검증을 위한 테스트 시나리오 생성 및 멀티에이전트기반 시뮬레이션SW 기술개발)

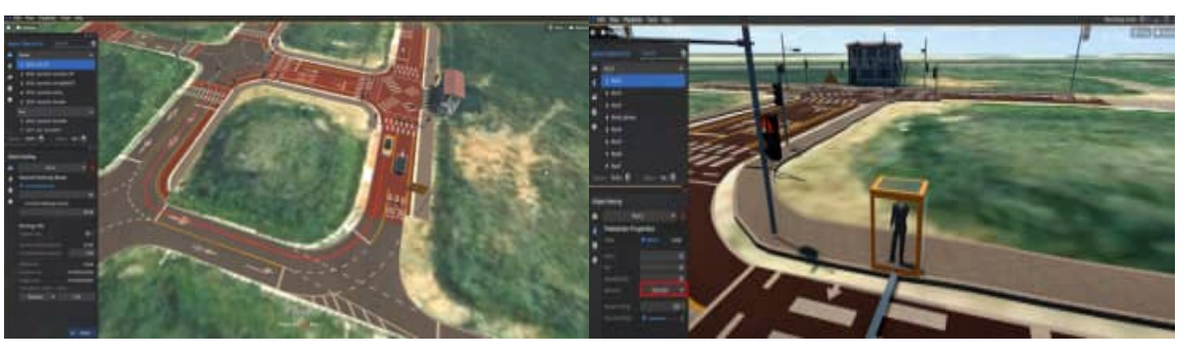
디지털트윈에서의 자율주행 데이터셋을 활용한 실도로 주행 데이터 보완 및 활용

Application of the Naturalistic Driving Dataset
reinforced by Synthetic dataset wihtin Digital Twin Environment

홍준
((주)모라이, 대표이사)

전형석
((주)모라이, 상무이사)

자율주행 기술개발을 위한 데이터-셋은 단순히 정량적인 분량뿐만 아니라 해당 데이터-셋의 질적인 요소도 매우 중요하다. 아무리 많은 데이터-셋이라고 하더라도 매우 평이한 상황에서만 취득되었거나 등의 이유로 인해서 질이 좋지 않은 데이터-셋을 활용하게 된다면 이를 통해 개발된 자율주행 기술의 성능은 매우 저하될 것이다. 하지만 실제 차량에서 취득 가능한 데이터-셋에는 그 다양성 및 위험도가 상당히 제한적일 수 밖에 없으며 다양하고 충분한 데이터를 확보하기 위해서는 기하급수적으로 많은 시간이 소요되게 된다. 따라서 본 논문에서는 그러한 실주행 데이터 구축의 어려움을 해결하기 위해서 디지털 트윈 기반의 가상환경에서 주행데이터를 확보하고 이를 활용하기 위한 방법론을 제시한다. 특히 인공지능 개발에 있어서 디지털 트윈에서 취득된 가상 데이터가 가지고 있는 장점과 실 주행 데이터가 가지고 있는 장점을 융합할 수 있는 학습 방법론을 소개하며 이를 통해 향후 복수의 도메인에서 취득된 데이터를 활용할 수 있는 기반 기술을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.



사사: 본 논문은 “(과학기술정보통신부, 자율주행기술개발혁신사업단) 현실-가상정보 융합형 엣지기반 자율주행 시뮬레이션 SW 기술개발” 로부터 지원받아 작성됨(과제 번호 : 2710007859)

멀티에이전트 기반 가상 환경에서의 교통 모니터링

Traffic Monitoring in a Multi-Agent Based Virtual Environment for test of autonomous vehicle system

성기호	조용현	유재웅	민경원
(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터)

본 논문에서는 멀티에이전트 기반으로 한 자율주행 시뮬레이션에서의 교통 모니터링 방법론을 제안한다. 기존의 자율주행 시뮬레이션 환경은 주로 단일 차량에 집중하여 단일 차량의 상태에 대해 모니터링을 하는 방식이었다. 그러나 본 연구에서는 다수의 차량을 포함한 교통 참여자들이 동시에 상호작용하는 복합적인 교통 상황을 모니터링할 수 있는 멀티에이전트 기반 시뮬레이션을 구축하였다. 각 차량, 보행자, 교통 신호와 이들 간의 상호작용을 실시간으로 모니터링 하는 형태로 교통 상황을 분석할 수 있게 한다. 이러한 접근 방식은 다수의 자율주행 차량을 동시에 모니터링하고, 다양한 교통 혼잡 및 사고 발생 시나리오를 처리하는 데 유리하다. 멀티에이전트 기반 가상 환경은 이러한 복잡한 교통 상황을 재현하고 가상에서 안전하게 실험할 수 있는 플랫폼을 제공하며, 이를 통해 교통 흐름 최적화, 사고 감지, 교통 혼잡 예측 등을 분석할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021-0-01415, 엣지연계 도심형 자율주행 서비스 검증을 위한 테스트 시나리오 생성 및 멀티에이전트기반 시뮬레이션SW 기술개발)

참고문헌

[1] 민경원, et al. "Level4 자율주행대응 멀티에이전트 시뮬레이션SW의 아케텍처 설계", 2022 제 29회 한국반도체학술대회

[2] 성기호, et al. "Lv4 자율주행 검증을 위한 자율주행 시뮬레이션 구조에 대한 연구", 2022 대한전자공학회 하계학술대회 PP2717-2719

[3] 심영보, et al. "주행시간 단축 및 차선변경 최적화를 위한 전역경로 계획 알고리즘", 2022 한국ITS학회 추계학술대회,PP1812-1812

[4] 박창규, et al. "CAV 서비스 검증을 위한 시뮬레이션 프레임워크 구조 설계", 2023 한국ITS학회 춘계학술대회

그래픽스 엔진의 최적화를 고려한 실차 자세 데이터 기반 가상 차량 자세 추정 기법

Virtual vehicle pose estimation method based on real vehicle pose data considering graphics engine optimization

성기호	심영보	조용현	유재웅	민경원
(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼 연구센터)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼 연구센터)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼 연구센터)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼 연구센터)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼 연구센터)

ADS(Autonomous Driving System)와 고도화된 ADAS(Advanced Driver Assistance System)의 검증에는 단순한 교통 상황뿐만 아니라, 다수의 차량이 상호작용하는 복잡한 교통 환경과 다양한 날씨 조건 등 실제 주행 상황을 반영한 테스트가 요구된다. 그러나 재현의 어려움과 위험성으로 인해, 실차 테스트는 효율적이지 않은 경우가 많다. 이를 해결하기 위해 시뮬레이션 기반의 테스트 방법이 주목받고 있으며, 실차 테스트와 시뮬레이션 간의 간격을 좁히기 위한 방법론으로 실제 차량과 가상 환경의 차량을 연계한 검증 방식이 제안되고 있다.

특히, 실차 데이터를 기반으로 가상 차량의 자세를 추정하는 방식은 차량의 역학적 움직임을 정밀하게 재현할 수 있어, 다양한 주행 환경 및 시나리오에서 자율주행 알고리즘의 성능을 신뢰성 있게 검증하는 데 유리하다. 이러한 실차 데이터 기반 테스트에서는 실시간으로 수집된 실차 자세 데이터를 가상 차량에 연계하는 것이 중요한데, 가상 차량의 자세 추정에는 가상 환경의 지형 데이터를 활용하게 된다. 하지만 그래픽스 엔진에서는 성능 향상을 위해 가상 환경의 지형을 포함한 다양한 형상에 최적화가 적용되기 때문에, 가상 환경의 지형 데이터를 이용한 자세 추정에는 그래픽스 엔진의 최적화를 고려한 구현이 필요하다.

본 논문에서는 그래픽스 엔진의 최적화를 고려하여, 실차에서 수집된 자세 데이터를 바탕으로 가상 환경에서 차량 자세를 추정하는 기법을 제안한다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021-0-01415, 엣지연계 도심형 자율주행 서비스 검증을 위한 테스트 시나리오 생성 및 멀티에이전트기반 시뮬레이션SW 기술개발)

참고문헌

[1] 민경원, et al. "Level4 자율주행대응 멀티에이전트 시뮬레이션SW의 아케텍쳐 설계", 2022 제 29회 한국반도체학술대회

[2] 성기호, et al. "Lv4 자율주행 검증을 위한 자율주행 시뮬레이션 구조에 대한 연구", 2022 대한전자공학회 하계학술대회 PP2717-2719

[3] 심영보, et al. "주행시간 단축 및 차선변경 최적화를 위한 전역경로 계획 알고리즘", 2022 한국ITS학회 추계학술대회,PP1812-1812

[4] 박창규, et al. "CAV 서비스 검증을 위한 시뮬레이션 프레임워크 구조 설계", 2023 한국ITS학회 춘계학술대회

자율주행 기술 검증용 가상환경 플랫폼에서의 IMU/GNSS 에뮬레이션

Emulation of the IMU/GNSS under the environment of virtual reality platform for autonomous vehicle technology verification

조용현 (한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 선임연구원)

유재웅 (한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 전임연구원)

성기호 (한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 선임연구원)

이선영 (한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 수석연구원)

본 연구에서는 가상환경에서 IMU 및 GNSS 신호를 구현하여 자율주행을 구성하는 기술 중 하나인 측위 (localization) 성능을 검증할 수 있는 플랫폼을 구축하였다. 사실적인 센서 신호를 구현하기 위해 IMU의 경우 turn on bias, random walk, bias instability를 구현했으며 GNSS의 경우 위성의 궤도를 시뮬레이션 하고 gps 위성 시계오차, range 및 range rate 잡음 수준에 따라 gps solution에도 영향이 미치도록 구현했다. 또한 Carla 기반 정밀지도에 구현된 건물 asset에 의해 urban canyon에 의한 GPS shadow가 구현되어 가시 위성에 따른 DOP 변화도 구현되었다.

자율주행 기술이 고도화됨에 따라 이를 양산하는 데 있어 충분한 검증이 수행될 필요성이 대두되고 있으며, 주행 중 마주하는 다양한 시나리오에 대해서 개발한 기술이 매번 정상적으로 작동하는지 검증하기 위해서 필수적이다1),2). 자율주행 기술 개발 초기 단계에서는 해당 기술을 검증하기 위해 해당 시나리오를 직접 세팅하여 여러 번의 반복 실험을 통해 기술의 안전성을 검증하였다. 그러나 보행자 무단 횡단, 앞 차의 급정거, 옆 차선 차량의 무리한 차선 변경 등 corner case scenario를 검증하는 데 있어 실험 환경을 구축하고 반복 테스트를 수행하는데 많은 자원이 소요되며, 실험에 참여하는 인원의 안전을 보장할 수도 없는 실정이다. 따라서 이를 극복하기 위해 현실과 유사한 가상환경을 구축하여 자율주행 기술을 검증하는 다양한 연구결과들이 발표되고 있으며, Carla와 같은 오픈 소스 가상 환경이 등장하여 자율주행 기술을 검증할 수 있는 연구 생태계를 조성하고 있다.

본 연구는 자율주행을 구성하는 측위, 객체 인식, 추적, 예측, 경로 계획과 같은 다양한 기술 중 측위 성능을 검증하는 플랫폼을 구축하기 위해 IMU와 GNSS에 대해 센서 바이어스를 포함한 정밀한 모델링 및 에뮬레이션을 수행하였다. IMU의 경우 Allan variance 특성을 고려하여 random walk와 bias instability가 나타날 수 있도록 noise를 구현했으며, GNSS의 경우 almanac을 활용해 위성의 궤도를 시뮬레이션하고 수신기의 range error 및 range rate error을 고려하여 GPS solution에 실제와 같은 잡음이 나타날 수 있도록 구현했다. 특히 GNSS의 경우 Carla를 기반 정밀지도 내에 구현된 건물 asset에 의해 신호가 가려지는 shadow가 구현되어 가시 위성의 분포에 따라 DOP(dilution of precision)가 변화하는 특성이 나타나도록 했다.

해당 연구 성과를 통해 다양한 스펙의 IMU 및 GNSS를 가상환경에서 손쉽게 구축하여 측위 성능을 검증할 수 있는 플랫폼을 구축했으며, 약결합(loosely coupled system) 및 강결합(tightly coupled system) 을 통한 INS/GNSS 통합 항법을 포함하여 SLAM(simultaneous localization and mapping)이나 정밀지도 작성과 같이 자율주행에서 측위가 활용되는 기술에 대한 효율적인 검증을 기대할 수 있다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원 자율주행 기술개발 혁신 사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제 번호 : 2021-0-01414, 과제명: 현실-가상정보 융합형 엣지기반 자율주행 시뮬레이션SW 기술개발)

참고문헌

1. 이인규, 이명수, 황영서, 김봉섭, 윤경수. (2021-11-17). 실도로 데이터를 활용한 주행시험장 기반 자율주행 VILS 테스트 기법에 대한 연구. 한국자동차공학회 추계학술대회 및 전시회, 전남.
2. 윤형석, 김세영, 김봉섭, 윤경수. (2022-11-16). 현실-가상 정보 융합을 위한 차량, AI솔루션, 엣지서버연계 Co-simulation 프레임워크 개발. 한국통신학회 학술대회논문집, 경북.

Tracker의 모델링 오차에 대한 수치적 분석 및 가상환경 플랫폼을 활용한 검증

Numerical analysis on the tracker's modeling error and its verification under virtual reality platform

조용현	성기호	유재웅	이선영
(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 선임연구원)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 전임연구원)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 선임연구원)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 수석연구원)

본 연구에서는 자율주행의 객체 인식 이후 물체의 위치 및 속도와 같은 동역학 정보를 얻기 위해 수행하는 추적(tracking) 단계에서 발생하는 모델링 오차를 수치적으로 분석하고, 해당 수치를 가상 환경1),2)에서 취득한 센서 정보를 바탕으로 검증했다. 등속 모델을 사용한 추적기에 대하여 추적 대상 차량의 가속 및 감속 상황에서 발생하는 속도 오차를 수식적으로 유도했으며, 수식을 통해 오차를 유발하는 다양한 모수 중 센서의 객체 인식에 소요되는 시간이 샘플링 시간보다 지배적임을 확인했다.

다중 객체 추적(multi object tracking) 은 카메라, 레이더, 라이다 등의 다양한 센서를 활용하여 물체를 인식한 이후 해당 물체의 동적 정보(위치, 속도, 방향각 등)에 대한 칼만 필터(Kalman filter)기반 상태 추정(state estimation)을 수행하는 기술로, 주변 객체들의 움직임을 예측하고 자차의 경로를 계획하는데 필요한 정보를 제공하는 역할을 수행한다. 한편 자율주행 기술이 점점 고도화 됨에 따라 AEB(Automatic Emergency Braking), ACC(Adaptive Cruise Control), RCTA(Rear Cross Traffic Alert), BSD(Blind Spot Detection)와 같은 주행보조시스템을 넘어 도심 내 완전 자율주행이 가능하기 위해선 추적 대상의 동역학 정보에 대한 보다 높은 추정 성능이 요구되는 실정이다.

해당 연구는 추적기에서 가장 보편적으로 사용되며 쉽게 구현할 수 있는 등속 모델을 사용했을 때 동일 차선에 있는 전방의 차량이 가속 및 감속을 하는 경우 추적기에서 발생하는 속도 오차의 원인을 밝히는데 초점을 뒀다. 측정치로 Lidar의 point pillars 후처리 결과인 객체의 중심 위치 및 방향각을 사용했기 때문에, Lidar가 point cloud를 위한 데이터 패킷을 생성하기 시작하는 시점으로부터 point pillar를 완수하여 인식을 완료하는데 걸리는 시간($t_{process}$)과 Lidar의 샘플링 시간($t_{sampling}$)이 어떤 영향을 미치는지 분석하여 속도오차를 수식으로 유도한 뒤 자율주행 검증용 가상환경 플랫폼에서 검증했다.

가상환경 플랫폼에서는 전방 차량의 가속/감속 시나리오를 재생하여 속도에 대한 ground truth 및 lidar 측정치를 취득했으며, 기존의 등속 모델 기반 추적기에 해당 라이다 측정치를 기반으로 속도값을 추정하여 ground truth 대비 속도 오차를 구한 결과 수식적으로 유도한 속도오차와 5% 이내의 차이를 가짐을 확인했다.

해당 연구 결과를 통해 자율주행 기술을 개발함에 있어 등속 모델을 사용하는 추적기 성능의 오차 원인을 명확하게 분석할 수 있으며, 특히 속도 추정 결과의 경우 수식을 통한 오차의 상한을 분석할 수 있어 추가적인 성능 개선을 위해 다른 동역학 모델을 사용하거나 필터의 종류를 바꾸는 등 시스템적인 개선 방향을 제시하는 가이드가 될 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원 자율주행 기술개발 혁신 사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제 번호 : 2021-0-01414, 과제명: 현실-가상정보 융합형 엣지기반 자율주행 시뮬레이션SW 기술개발)

참고문헌

1. 이인규, 김태형, 윤형석, 박지혁, 김봉섭, 윤경수. (2021-11-17). 주행시험장 기반 현실-가상 융합 VILS 개발에 대한 연구. 한국자동차공학회 추계학술대회 및 전시회, 전남.
2. 윤형석, 김세영, 김봉섭, 윤경수. (2022-11-16). 현실-가상 정보 융합을 위한 차량, AI솔루션, 엣지서버연계 Co-simulation 프레임워크 개발. 한국통신학회 학술대회논문집, 경북.

단안깊이추정모델의 NVIDIA Orin 탑재

Deployment of Monocular Depth Estimation Models on NVIDIA AGX Orin

박진만
(한국전자기술연구원
모빌리티플랫폼연구센터)

조용현
(한국전자기술연구원
모빌리티플랫폼연구센터)

유재웅
(한국전자기술연구원
모빌리티플랫폼연구센터)

단안 깊이 추정(Monocular Depth Estimation)은 자율 주행 및 로봇 공학 분야에서 중요한 연구 주제로, 단일 카메라를 사용해 깊이 정보를 추정하는 기술이다. 본 연구에서는 단안 깊이 추정 모델인 Depth Anything v2를 NVIDIA AGX Orin에 탑재하여 성능 테스트를 수행하였다. 이 모델을 TensorRT FP16과 FP32 형식으로 변환하여 성능을 비교하였으며, 실험은 VGA급에서 HD급 해상도까지 다양한 입력 해상도에 대해 수행되었다. 각 해상도에서의 연산 시간을 측정하여 모델의 효율성을 평가하였으며, 산타페 차량의 전방 그릴에 설치된 일반 컬러 카메라와 열 영상 카메라에서 수집한 낮과 야간 데이터를 각각 정성적으로 평가하여 두 센서의 깊이 추정 품질 차이를 분석하였다. 본 연구는 NVIDIA Orin 플랫폼에서 단안 깊이 추정 모델의 성능을 최적화하고, 다양한 센서와 환경 조건에 대한 적용 가능성을 평가하는 데 중점을 두었다. 앞으로는 더 다양한 차량 환경과 악천후 조건에서도 성능을 검증하고, 이를 통해 실제 자율 주행 시스템에의 적용 가능성을 확대할 계획이다.

사사: 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20014107, 주야간 대응이 가능한 열영상 융합형 3D 카메라 기술개발).

실시간 벡터화된 정밀 지도 생성

Online Vectorized High-Definition Map Construction

유재웅	조용현	성기호	민경원
(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 전임연구원)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 선임연구원)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 선임연구원)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 수석연구원)

본 논문은 자율주행 시스템에서 필수적인 고해상도 정밀 지도의 사전 구축 시간 및 비용의 한계를 지적하고, 이를 보완할 수 있는 유사 정밀 지도 생성 방법을 제안한다. 기존의 사전 구축된 정밀 지도는 레이블링 및 유지 관리 비용이 매우 높으며, 실시간으로 업데이트되는 것이 보장되지 않아 도로 환경 변화에 즉각적으로 대응하지 못하는 문제를 가지고 있다. 특히, 자율주행 차량이 주행하는 모든 도로에 대해 정밀 지도를 항상 최신 상태로 유지하는 것은 현실적으로 불가능하며, 이러한 문제를 해결하기 위해 실시간으로 주변 환경을 반영할 수 있는 유사 정밀 지도를 생성 및 활용해야 한다.

유사 정밀 지도 생성 방법에는 두 가지가 있으며, 첫 번째는 래스터화 (Rasterization) 방식이다. 래스터화 방식은 Bird's-Eye View (BEV) 에서 도로를 2D 이미지로 변환해 의미론적 분할 작업을 수행하여 도로 환경을 시각적으로 표현할 수 있다. 하지만 래스터화 방식은 도로의 구조적 정보가 손실될 수 있어 경로 계획과 같은 다운스트림 작업에서 제약이 있다. 두 번째는 벡터화 (Vectorization) 방식으로, 픽셀 정보를 벡터로 그룹화해 복잡한 도로 구조를 더 정확하게 표현할 수 있다. 대표적인 연구로는 HDMapNet1), VectorMapNet2), MapTR3) 등이 있으며, 이들은 다각형이나 선 형태로 도로를 벡터화하여 고정밀 지도를 생성한다.

최근 연구된 벡터화 방식의 모델인 MapTR 모델을 학습 및 추론 결과, 교차로 및 횡단보도와 같은 다각형으로 구성된 지도 요소의 예측 정확도가 낮다는 문제를 발견하였다. 이는 학습 모델이 기하학적 정보를 제대로 학습하지 못하는 데 원인이 있다고 분석되며, 이러한 문제를 보완할 수 있는 벡터화 방법의 연구가 필요하다.

본 연구는 벡터화 지도 생성의 정확도와 실시간성을 개선하기 위해 RT-DETR4) (Real-Time DEtection TRansformer) 모델의 몇 가지 모듈을 추가하여 기하학적 구조 학습을 강화하고, 실시간 추론 속도를 높인다. Hybrid BEV Encoder는 멀티 스케일의 특징을 빠르게 처리하여 인코더의 병목 현상을 줄이고, Uncertainty-minimal Query Selection은 초기 쿼리 선택에서 불확실성을 최소화하여 성능을 향상시킵니다. 또한, Geometry-guided Decoder는 도로의 기하학적 구조를 학습할 수 있도록 하고, Geometric Loss를 통해 거리와 각도 손실에 가중치를 부여하여 모델이 기하학적 최적화를 학습하도록 한다.

실험 결과, 제안된 모델은 기존 모델 대비 더 높은 정확도(mAP 71.8%)와 빠른 추론 속도(FPS 15.1)를 달성했다. 이는 기존 방식에 비해 실시간성과 정확성을 동시에 개선한 결과로, 향후 사전 구축된 정밀 지도가 없는 도로 환경에서도 자율주행에 필요한 유사 정밀 지도를 실시간으로 생성하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00391, "자율주행 레벨4급의 기능안전성 자율주행 인공지능 컴퓨팅 모듈 개발")

참고문헌

1. Li, Q., Wang, Y., Wang, Y., & Zhao, H. (2022, May). Hdmapnet: An online hd map construction and evaluation framework. In 2022 International Conference on Robotics and Automation (ICRA) (pp. 4628-4634). IEEE.
2. Liu, Y., Yuan, T., Wang, Y., Wang, Y., & Zhao, H. (2023, July). Vectormapnet: End-to-end vectorized hd map learning. In International Conference on Machine Learning (pp. 22352-22369). PMLR.
3. Liao, B., Chen, S., Wang, X., Cheng, T., Zhang, Q., Liu, W., & Huang, C. (2022). Maptr: Structured modeling and learning for online vectorized hd map construction. arXiv preprint arXiv:2208.14437.
4. Zhao, Y., Lv, W., Xu, S., Wei, J., Wang, G., Dang, Q., ... & Chen, J. (2024). Detrs beat yolos on real-time object detection. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 16965-16974).

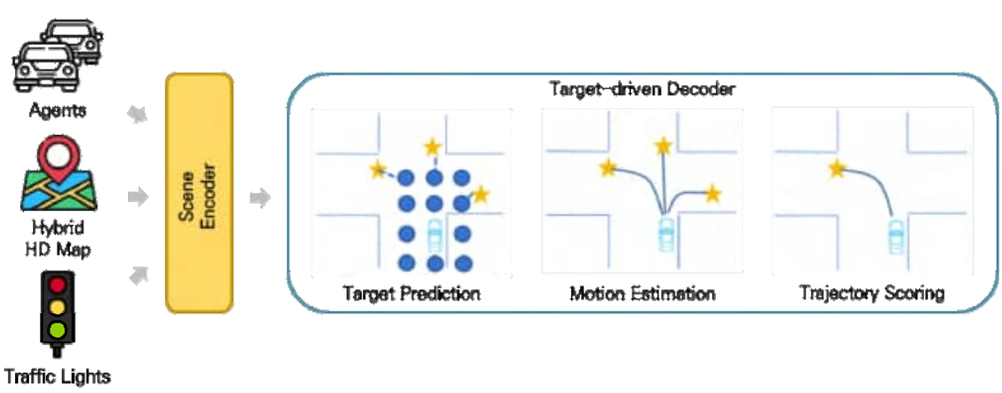
주변 환경과 상호작용을 고려한 하이브리드 정밀 지도 기반 경로 예측

Hybrid HD Map-based Trajectory Prediction considering Interaction with Surrounding Environment

유재웅	성기호	조용현	민경원
(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 전임연구원)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 선임연구원)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 선임연구원)	(한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼연구센터 수석연구원)

자율주행 경로 예측 기술은 크게 정밀 지도 기반 경로 예측과 인식 결과 기반 경로 예측으로 구분된다. 사전에 구축된 정밀 지도를 활용하는 경로 예측 알고리즘은 고해상도의 지도를 활용하여 차량의 현재 위치와 주변 환경을 정확하게 파악하고, 그 정보를 바탕으로 미래 주행 경로를 예측하는 방식이다. 정밀 지도는 도로, 차선, 신호등 위치 등의 상세한 정보를 제공하며, 이 정보는 자율주행 차량의 센서로부터 얻은 주변 환경 데이터와 결합하여 보다 정확한 경로 예측을 가능하게 한다. 다만, 사전 구축된 정밀 지도는 환경 변화나 도로 변경 사항에 대응하기 위해 지도의 주기적인 업데이트가 필요하므로, 시간과 비용이 부담될 수 있다. 인식 결과 기반 경로 예측 알고리즘은 사전에 구축된 정밀 지도를 사용하지 않고 다양한 센서로부터 얻은 주변 환경 및 동적 요소들에 대한 인식 결과를 활용하여 주행 경로를 예측한다. 정밀 지도가 없는 지역에서도 주행 가능하며 우회로, 도로 폐쇄 공사, 교통사고 등의 실시간 도로 상황을 반영할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 센서 성능 및 인식 알고리즘의 성능에 따라 경로 예측의 정확성이 제한될 수 있다. 특히 GPS 신호가 잡히지 않는 지역에서 정밀 지도와 인식된 실제 환경과 다를 때 Localization 딜레마가 발생하여 자율주행 차량의 의사 결정에 혼란을 초래할 수 있다.

본 논문에서는 실시간으로 변화하는 주변 환경에 대응 가능하도록 하이브리드 정밀 지도 기반 경로 예측 기술을 제안한다. 하이브리드 정밀 지도 기반 경로 예측이란 사전 구축된 정밀 지도 사용이 가능한 영역을 주행하는 경우 기존과 동일하게 정밀 지도 기반 경로 예측을 수행하고, 만약 정밀 지도가 존재하지 않는 영역을 주행하는 경우 전방위 카메라 및 라이다 등의 다중 센서로부터 주변 환경을 인식하고 실시간으로 생성된 유사 정밀 지도를 기반으로 경로 예측을 수행한다. 본 논문에서 제안한 경로 하이브리드 정밀 지도 기반 예측 기술은 아래 그림과 같이 주변 차량 및 주변 환경과의 상호작용을 통해 주행 시나리오 및 장애물 주의 3단계(Ignore, Normal, Caution)를 판단하고, 후보 경로를 생성 후 신경망 기반으로 최적 경로를 선택한다.



<Figure 11> Hybrid HD Map-based Trajectory Prediction Model Architecture

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00391, "자율주행 레벨4급의 기능안전성 자율주행 인공지능 컴퓨팅 모듈 개발")

Session A

ITS(I)

Session

A-1

실시간 교통신호정보 지연시간 측정 및 분석에 관한 연구
이승철, 권순일

도로용량편람을 활용한 미시교통 시뮬레이션의 신호교차로 평가지표 적정성 분석
김승리, 이철기, 최병권

앞막힘 제어를 위한 신호체계 알고리즘 연구
김영욱, 이선하, 천춘근, 서지영

DSRC를 이용한 도시부 신호 운영을 위한 정보 가공에 대한 타당성 검토
신희준, 홍영석

신호 연동성 평가를 위한 DSRC 및 영상검지기 기반 차량 궤적 모사
안정은, 김민지, 한여희, 김영찬

실시간 교통신호정보 지연시간 측정 및 분석에 관한 연구

Research on Real-Time Traffic Signal Delay Measurement and Analysis

이승철
(한국도로교통공단, 책임연구원)

권순일
(한국도로교통공단, 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. 이전 연구에서는 시스템 검증을 위해 현장에서 신호등과 모니터링 화면을 동시에 촬영하여 프레임 단위(30fps)로 지연시간을 측정하여 현장에서 신호등과 직접비교를 한다는 보수적인 접근 방법을 활용하였으나, 현장에서 촬영해야 하는 특성상 기상환경 및 공간환경, 무선통신환경에 영향을 받는다. 또한 동시간대 여러 지점에 대한 분석이 불가능하고, 이를 체계적으로 수집 관리하기 위한 시스템이 없었다. 교통신호제어기가 일반적인 인프라 시설이었다면, 센터와의 양방향 통신이 가능하고, 이를 이용하여 데이터 지연시간은 쉽게 측정할 수 있다. 하지만 교통신호시스템은 국가기반시설로 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 교차로 현장에서 바닥신호등, 보행신호연장시스템 등의 교통안전서비스를 지원하기 위해 사용되는 옵션보드를 활용하여 지연시간을 측정하는 시스템을 구축하였다. 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 달성하였다. 따라서 본 연구에서는 실내 테스트에서 발생한 오류를 제거하고, 실제 현장에서의 테스트를 수행하기 위해 대전광역시 내 교통신호제어기 50개소를 지정하여 장비를 설치하였다. 데이터는 용도지역, 교통신호제어기 및 기지국 간의 거리, 요일 등의 공간적, 시간대 특성을 구분하여 수집 및 분석하였다.

도로용량편람을 활용한 미시교통 시뮬레이션의 신호교차로 평가지표 적정성 분석

The appropriateness of intersection evaluation indicators in microscopit traffic simulation using the Korea Highway Capacity Manual

김승리
((주)이지트래픽, 대리)

이철기
(아주대학교 교통시스템공학과, 교수)

최병권
(화성시청 AI전략과, 주무관

교통 시뮬레이션은 다양한 교통 상황에서의 흐름을 이해하거나 예측하기 위해 실제와 유사한 가상의 도로를 모사하여 모의적 실험을 수행하고 도출된 결과를 분석하는 데 사용된다. 특히 미시교통 시뮬레이션은 개별차량 단위로 운전자의 운전 행태 등을 모형화하여 결과를 도출할 수 있어 교통운영 평가 및 교통 관리 전략 수립에 적합한 도구로 평가된다. 본 연구의 목적은 독일 항공 우주센터에서 개발한 교통 시뮬레이션 소프트웨어인 SUMO(Simulation of Urban MObility)를 활용하여 신호교차로 네트워크를 시뮬레이션하고, 도출된 결과 데이터를 도로용량편람의 신호교차로 서비스 수준 평가 척도인 제어지체 산정 식에 대입해 차량당 평균 제어지체를 계산함으로써 SUMO의 결과 데이터인 Time Loss와 도로용량편람의 제어지체 사이 유사성을 검증하는 것이다.

이를 위해 본 연구에서는 안성시 38번 국도 상에 위치한 만정사거리를 대상지로 선정하였으며, 실제 대상지에서 운영한 신호 이력과 주기별 차로군 용량에 따른 0.6~1.1 수준의 포화도를 반영하여 42개의 시나리오를 구성하였다. 시뮬레이션 네트워크 구축 시 도로용량편람의 제어지체 산정에 필요한 도착교통량(V)과 초기 대기 차량 대수(Q_b)를 추출하고자 SUMO의 시뮬레이션 검지기를 사용하였다.

분석 결과, 시나리오별 SUMO 시뮬레이션에서 추출된 개별차량의 Time Loss와 도로용량편람의 차량당 평균 제어지체는 신호 주기 및 포화도에 따라 유사한 변동패턴을 나타냈으며, 통계적 기법인 F-검정과 t-검정을 수행하였을 때 두 결과 데이터들은 통계적으로 유사하다는 결론을 도출할 수 있었다.

본 연구를 통해 SUMO를 활용하여 신호교차로 네트워크를 구성하고 시뮬레이션을 수행할 경우 Time Loss를 신호교차로의 서비스 수준 평가 척도로써 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, SUMO의 결과가 도로용량편람의 전통적인 평가 방법과 유사한 신뢰성을 가지며, 두 방법을 상호 보완적으로 활용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

향후 연구에서는 Digital Twin 기술이 교통 분야에서 주목받고 있는 만큼 SUMO와 같은 시뮬레이션 모형을 Digital Twin 플랫폼에 접목하여 데이터 간 연계 방안을 모색하고, 수집된 실시간 교통 데이터를 바탕으로 여러 시나리오의 신호 운영 방법을 시뮬레이션으로 수행함으로써 실시간으로 최적의 운영 방법을 도출하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

앞막힘 제어를 위한 신호체계 알고리즘 연구

A Study on the Signal Control Algorithms for Spillback Control

김영욱	이선하	천춘근	서지영
(국립공주대학교, 석사과정)	(국립공주대학교, 교수)	(국립공주대학교, 연구교수)	(국립공주대학교, 박사)

서울을 비롯한 수도권 도심부에서는 출·퇴근 교통량으로 증가로 인한 대기행렬이 연속됨에 따라 꼬리물기 현상은 교통 정체와 대기오염을 심화시키는 것을 자주 확인할 수 있다. 또한 대중교통 이용자의 편의를 위해 버스중앙차선 및 가로변전용차로 등을 혼재하여 운영되는 상황에서는 차선변경 등의 이유로 교통 흐름이 저해될 수 있어 효율적인 신호운영이 필요하다.

본 연구는 서울과 과천을 연결하는 과천대로를 대상으로 문제 해결을 위한 알고리즘을 구현하는 연구를 진행하였다. 대상지의 경우 첨두시간대 교통량이 많아 꼬리물기가 잦아 현장 교통 여건을 조사하고 도로의 기하구조 및 특성 등을 반영하여 차량의 흐름 및 보행자 동선을 모델링하였다. 또한 버스전용차선 및 버스노선을 고려하였으며, 현황 신호 및 교통량을 기반으로 현황 신호체계 및 네트워크를 구축하였다.

이에 본 연구에서는 앞서 구축한 현황 네트워크를 기반으로 꼬리물기를 최소화할 수 있는 신호 알고리즘을 연구하였다. 또한 대상지의 특성을 활용하여 좌회전 감응 및 버스전용차선의 단독 신호를 신규 알고리즘으로 구현하고, 꼬리물기가 우려되는 대기행렬 검지시 최소녹색시간 만족 이후 교통흐름에 방해가 되지 않는 신호현시를 구현하여 분석하였다.

알고리즘을 활용한 신호체계는 교통흐름 개선 및 혼잡도 완화에 효과가 있어 출·퇴근 시간의 꼬리물기 문제를 완화하는데 기여하고, 감응식 신호체계 도입 증가에 있어 이러한 연구는 교통 문제 해결에 있어 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

핵심어: 꼬리물기, 버스전용차로, 신호 알고리즘, 감응식 신호

DSRC를 이용한 도시부 신호 운영을 위한 정보 가공에 대한 타당성 검토

For the Operation of Urban Signals Using DSRC Feasibility Study for Information Processing

신희준
(명지대학교, 석사과정)

홍영석
(명지대학교, 연구교수)

현재 실시간 신호 제어를 위해 영상검지기(CCTV)와 루프 검지기 등이 사용되고 있다. 그러나 CCTV의 경우 검지 영역이 짧고 과포화 상태를 확인하지 못하며, 루프 검지기의 경우 설치 시 도로 파손이 발생하고 설치 수가 많지 않은 상황이다. 이러한 한계점을 극복하기 위해서는 RSE를 통과하는 하이패스 차량과 통신하여 구간별 통행 시간을 산출하는 DSRC를 활용하여 실시간 도시부 신호 운영을 위한 소통정보 제공이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 DSRC 데이터를 활용하여 도시부 신호 운영을 위한 정보 가공에 대한 타당성을 검토하고자 한다.

현재 고속도로의 하이패스 이용률은 90% 이상이고, 도시부 내에서의 장착률 또한 꾸준히 증가하는 추세이다. 또한 DSRC 수집 장치와 신호제어기를 통합한 정보 수집 체계에 대한 여러 연구가 진행 중이다. 이러한 연구를 통해 DSRC 통과 시 신호 링에 관한 정보를 연결하여 실시간 회전 정보를 수집이 가능할 것으로 보인다.

본 연구에서는 미시 교통 시뮬레이션 분석 프로그램인 VISSIM을 활용하여 가상 네트워크를 구성하고 연구의 목적에 맞는 데이터를 분석하였다. 분석 구간은 가장 기본적인 교차로 구조인 왕복 4차로 신호 교차로로 설정하였으며, 신호 주기, V/c, DSRC 차량 비율에 따른 시나리오를 생성하여 시나리오별 데이터 가공 및 분석을 수행하였다. 추가로 가상네트워크상에서 차종 분리하여 입력한 DSRC 차량뿐만 아니라 전체 교통량에서 DSRC 차량이 Ramdom하게 분포한다고 가정하고 추출한 차량의 평균 통행 속도를 비교분석 하였다.

분석 결과, 교통량이 증가하고 DSRC 비율이 증가할수록 전체 차량 대비 평균 통행 속도 오차율이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 네트워크상에서 차종 분리하여 입력한 DSRC 차량과 Ramdom하게 분포한다고 가정하고 추출한 차량의 평균 통행 속도 기반의 t-검증을 수행하였다. 검증 결과 95%의 유의 수준에서 오차율이 유사한 평균값을 가지는 것으로 분석되었다. 따라서 특정 조건에서 소통정보 제공을 위한 DSRC 기반 데이터 가공에 대한 타당성이 존재한다고 판단하였다.

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

신호 연동성 평가를 위한 DSRC 및 영상검지기 기반 차량 궤적 모사

Vehicle Trajectory Reconstruction through Fusion of Dedicated Short-range Communication and Video Detection Data for Signal Progression Evaluation

안정은	김민지	한여희	김영찬
(서울시립대학교, 석사과정)	(서울시립대학교, 박사과정)	(서울시립대학교, 연구교수)	(서울시립대학교, 교수)

도로축 내의 효율적인 신호 연동은 해당 구간을 주행하는 차량들이 정지하지 않고 교차로를 통과할 수 있도록 한다. 신호 연동의 효율성은 운전자들이 해당 교차로를 경험할 때의 만족도에 영향을 미치기 때문에 신호 연동이 효율적으로 되어있는지에 대한 평가가 필요하다. 해당 구간을 주행한 차량들의 주행 궤적 데이터를 이용하여 연동성을 평가할 경우 실제 차량들의 주행 행태를 고려한 연동성을 평가할 수 있다.

그러나 현재 도로에서 모든 차량들의 궤적 정보 수집은 비용 등의 문제가 있어 어렵다. 이에 기존 CV(Connected Vehicle), DSRC, 영상검지기 등의 정보수집원을 이용해 새로운 교통정보를 생성하는 연구들이 진행되고 있다. 2023년 6월 기준 국내 하이패스 보급률이 90% 이상으로 증가하였고 도로교통공단은 이러한 DSRC 정보를 이용하여 구간 통행시간 정보를 생성하는 기술을 개발하였다. DSRC 정보를 신호정보와 연계하여 수집하는 기술 또한 개발되었다. 신호정보와 연계되어 수집되는 DSRC 정보는 지점교통정보의 수집이 가능한 영상검지기 정보와 융합되어 보다 정확한 차량 궤적을 모사하는 데에 사용이 가능하다.

이에 본 연구에서는 DSRC와 영상검지기 정보를 이용하여 차량 궤적을 모사하는 방법론을 제시하였다. 우선 개별 교차로 단위로 수집되는 DSRC 정보를 전처리한다. 전처리 과정을 통해 특정 구간을 주행한 개별 차량에 대한 통행데이터를 생성한다. 개별차량의 통행시간을 기반으로 중위절대편차법(MAD, Median Absolute Deviation), Voting Rule 등을 이용해 이상치를 제거한다. 이후 전처리된 DSRC 데이터와 영상검지기 정보를 이용하여 DSRC 검지차량 궤적을 모사한다. 개별 차량이 해당 구간을 자유통행속도로 주행하고 대기행렬 가장 마지막에 위치한다 가정하고 1차 궤적을 생성하고 1차 궤적 생성 후 발생하는 실제 DSRC 데이터와의 오차는 대기행렬 내 차량의 위치, 차량 속도를 조정하여 보정한다. 마지막으로 앞서 모사한 DSRC 검지차량의 궤적을 기반으로 DSRC 비검지차량 궤적을 모사한다. DSRC 비검지차량 모사 시에는 Variational Theory를 사용하여 앞선 DSRC 검지차량을 따라가는 DSRC 비검지차량 궤적을 모사하였다.

제안 방법론을 통해 모사한 차량 궤적을 통해 신호 연동성을 평가하기 위해 미시적 시뮬레이션인 SUMO를 활용하여 시뮬레이션 분석을 시행하였다. 분석 결과, 모사된 차량 궤적을 통해 교통축의 신호 연동이 효율적으로 설계되어있는지 파악할 수 있었다.

본 연구는 DSRC와 영상검지기 정보를 융합하여 신호 연동성을 평가하기 위한 차량 궤적을 모사하는 방법론을 제시하였다. 제안 방법론을 통해 개별 차량 궤적 정보의 수집이 불가능한 상황에서 차량의 궤적을 모사하고 이를 통해 교통축의 연동성을 평가할 수 있었다. 제안 방법론을 통해 모사된 차량 궤적은 신호 연동성 평가뿐만 아니라 신호 운영에 대한 평가 또한 가능하게 할 것이라 기대한다.

사사: 본 연구는 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행되었습니다. (네트워크 제어를 위한 교통정체 및 혼잡 운영관리 기술 개발)

ITS(II)

Session A-2

영상분석 기반 도시부도로 차량행태 특성 분석
길정원, 채준병, 권재경, 황재성, 이철기

고속도로 센서 미설치 구간 교통정보 추정
김태형, 민진홍, 김동규

연속류 내 상습 지정체 해소를 위한 시뮬레이션 기반 대응방안 연구
조민지, 이선하, 신승근, 서지영, 한지훈

도시부 돌발상황시 영향권 예측 모형 개발 및 검증
한재석, 차창준, 한경희, 이철기, 이상수

Payne-Whitham Model 기반 검지기 및 프로브 차량의 데이터 융합을 활용한 궤적 복원
최준희, 김동규

영상분석 기반 도시부도로 차량행태 특성 분석

Analysis of Vehicle Behavior Characteristics on Urban Roads Based on Video Analysis

길정원	채준병	권재경	황재성	이철기
(아주대 DNA플러스융합학과 석사과정)	(아주대 DNA플러스융합학과 석사과정)	(아주대 교통공학과 박사과정)	(아주대학교 교통연구센터 연구원)	(아주대학교 교통시스템공학과 교수)

자율주행 기술이 발전함에 따라 자율주행차량의 비율이 증가하고 있다. 자율주행차량과 일반차량의 혼재 상황은 불가피하며 혼재 시 교통 운영 및 관리를 위하여 교통상황의 변화에 대한 다양한 연구가 진행 중이다. 현재 많은 연구에서 개별 차량들의 행태를 모사하여 교통상황을 시뮬레이션하고 분석할 수 있는 미시 교통시뮬레이션 프로그램들이 활용되고 있다. 시뮬레이션 프로그램 내에서 차량의 행태를 구현하기 위해 Carfollowing Model, Lane Change Model 등의 차량행태 모델을 사용하며 차간 거리, 차량 속도 및 가속도 등이 변수로 이용된다. 이러한 변수들을 조정하여 자율주행차량과 일반차량의 혼재 상황을 분석한다.

하지만 기존 차량행태 모델들은 해외에서 개발된 모델들로 우리나라 도로 특성과 운전자 습관을 충분히 반영하지 않아 정확한 행태모델이 적용된다고 볼 수 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내 교통환경에 맞는 차량행태 모델 개발 및 변수 설정을 위한 기초 연구로 객체인식 등 영상분석 기술을 활용하여 도시부도로의 차량행태 특성을 분석하고자 한다.

링크 길이, 차선 수, 제한속도 등에 따라 도시부도로 중 분석 대상지 네 곳을 선정하였다. 영상분석 기술은 현재 가장 널리 사용되고 있는 객체 인식 기술인 YOLO를 활용하였으며 높은 객체 인식 정확도를 위해 도로 수직 상공 약 100m에서 촬영한 영상을 바탕으로 분석하였다. 인식된 차량들의 좌표를 통해 속도, 정지 및 주행 시 차간거리를 산출하여 대상지별로 차량행태 특성과 분포를 분석하였다.

본 연구에서 분석한 차량행태 특성에 더해 분석 대상지 확대와 가·감속도 추가 분석을 통해 국내 교통환경을 반영한 차량행태 모델 개발 및 시뮬레이션 개별차량 변수 설정이 가능할 것으로 기대한다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.092021C28S01000,자율주행 혼재 시 도로교통 통합관제시스템 및 운영기술 개발)

고속도로 센서 미설치 구간 교통정보 추정

Estimating Traffic State of Sensor Uninstalled Areas

김태형
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

민진홍
(서울대학교 건설환경종합연구소, 연수연구원)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

차량 수가 증가하고 효율적이고 안전한 도로 운영에 대한 수요가 증가함에 따라 교통 상태 데이터를 수집할 수 있는 다양한 종류의 검지기가 상당 수 도로 상에 설치되었다. 효율적인 도로를 설계하고 안전한 교통 운영 전략을 실행하기 위해서는 다양한 전략이 필요하며, 이러한 전략을 위해서는 고해상도 실시간 교통 정보를 얻는 것이 중요하다. 도로 운영자는 일반적으로 VDS와 DSRC를 통해 5분마다 수집되는 교통량, 속력, 점유율을 사용하여 특정 위치의 교통 상황을 모니터링한다. 많은 검지기가 설치되었음에도 불구하고 센서의 부재로 인해 관측되지 않은 구간이 필연적으로 발생한다. 인근 센서의 교통 상태로 이러한 관측되지 않은 구간을 나타내는 경우가 많으며, 한국 고속도로에서는 이 구간의 길이는 1km에서 3km 정도이다. 통신 오류와 장치 고장으로 인한 센서 오작동으로 인해 이 길이는 더 늘어나기도 한다. 한국 경부고속도로의 경우 이러한 오작동으로 인한 데이터 누락률은 16%에서 48%에 달한다. 센서의 부재와 오작동으로 인한 불완전한 교통 정보로 인해 최적의 교통 운영이 이루어지지 않을 수 있다. 예를 들어, 후방 추돌을 예방하고 혼잡을 완화하기 위해 사전 속도 제어를 위해 교통 대기열의 꼬리를 정확하게 식별하는 것은 중요하다. 그러나 이 위치를 잘못 식별하면 혼잡이 악화되고 후방 추돌 가능성이 높아질 수 있다. 미국과 한국 고속도로에서 가장 일반적으로 권장되는 안전한 후행 거리는 제한 속도와 일반적인 후행 거리를 기준으로 약 100m이다. 따라서 100m 단위로 교통 정보를 확보하는 것은 안전한 교통 운영을 보장하는 데 필수적이다.

고해상도 교통 정보의 필요성으로 인해 교통 상태 추정에 대해 활발히 연구가 진행되고 있는 상태이다. 교통 상태 추정에는 부분적으로 관찰된 교통 데이터를 사용하여 특정 위치에서 교통량, 속도, 점유율과 같은 교통 상태 변수를 추정하는 것이 포함된다. 교통 상태 추정 방법에 대한 기존의 연구는 수학 이론에 기반한 모델 기반 방법과 머신러닝 알고리즘을 활용한 데이터 기반 방법의 두 가지 주요 접근 방식으로 분류된다. 데이터 기반 모델은 대규모 데이터 세트를 활용하여 관측된 데이터와 입력 데이터 간의 복잡한 관계를 이해하는 데에 탁월하지만, 데이터가 부족한 지역에서는 추정에 어려움을 겪고 있다. 최근 연구에서는 GPS 및 블루투스와 같은 방법을 통해 수집된 미시적 데이터를 통합하여 추정하는 방법을 모색하고 있다. 그러나 이러한 포괄적인 차량 수준의 데이터를 수집하는 것은 도로 운영자에게 어려울 수 있으며, 5분 간격으로 수집된 집계된 정지 데이터를 사용하여 교통 상태를 추정하는 연구도 계속되고 있다.

이 연구에서는 센서 오작동이 있는 지역과 센서가 없는 위치의 교통 상태를 추정할 수 있는 방법을 소개한다. 이 방법론은 특정 모델 가정에 의존하지 않고 교통 데이터의 복잡한 관계를 식별하는 데이터 기반 접근 방식과 관측되지 않은 지점을 효과적으로 추정하는 모델 기반 접근 방식을 결합한다. 데이터 기반 방법을 사용하여 복잡한 교통 데이터 관계를 발견하고, 대상 구간에 대한 미세 교통 시뮬레이션을 실행하여 미관측 지점들에 대한 정보를 얻어 모델을 훈련한다. 이 모델은 시뮬레이션 데이터에 내재된 수학적 이론과 센서와의 거리에 따른 교통 역학을 모두 학습하여 센서와의 거리에 관계없이 정확한 추정을 가능하게 합니다. 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. 딥러닝 모델의 성능을 MAPE, MAE, RMSE 지표를 활용하여 비교해보았다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

연속류 내 상습 지정체 해소를 위한 시뮬레이션 기반 대응방안 연구

A Study on the Simulation-Based Response Plan for the Resolution of Habitual Designated Objects in Continuous Flows

조민지	이선하	신승근	서지영	한지훈
(국립공주대학교, 석사과정)	(국립공주대학교, 교수)	(국립공주대학교, 석사과정)	(국립공주대학교, 박사)	(국립공주대학교, 박사과정)

연속류 내 상습적으로 발생하는 교통혼잡은 현대 도시에서 지속적으로 증가하는 문제로, 이는 경제적 손실과 사회적 불편을 초래한다. 특히, 상습 지정체의 주요 원인은 충격파와 관련이 있다. 충격파는 차량 간 속도변화의 불균형으로 발생하며, 특히 화물차의 저속주행이 문제를 악화시킨다.

본 연구에서는 연속류 하류부의 차량 속도를 조절하고, Adapted cruise control(적응형 크루즈 컨트롤)을 적용하여 차량 속도를 일정하게 유지하는 방안을 제안하고자 한다. 이를 통해 연속류 내 유령정체 해소와 전반적인 교통흐름의 안정화를 목표로 한다.

본 연구는 Microscopic Simulation을 활용하여 현황분석을 수행하고 검지기를 활용한 하류부 속도 조절과 Adapted cruise control(적응형 크루즈 컨트롤)을 적용한 차량 충격파 감소 시나리오를 통해 각 방안의 효과를 평가하여 가장 효과적인 방안을 모색하였다.

분석 대상지는 국도 39호선(쌍학교차로~율암교차로)을 대상으로 하며, 교통 네트워크(신호, 교통량, 기하구조)를 구축하여 상습 지정체 완화를 위한 대응방안 연구를 진행하였다.

향후 본 연구를 통해 삭제하고 차량 주행 안전성을 향상시키기 위해 다양한 차량 제어 대응방안 모색이 필요하며, 향후 원활한 차량 주행으로 차량 지정체 해소에 따른 배기가스 감소, 안전 주행으로 인한 사고율 감소 등을 기대해본다.

핵심어: 상습 지정체, 충격파, Adapted cruise control(적응형 크루즈 컨트롤), Microscopic Simulation

도시부 돌발상황시 영향권 예측 모형 개발 및 검증

Development and Verification of Influence Zone Prediction Model in the Unexpected Situation of Urban Areas

한재석	차창준	한경희	이철기	이상수
(아주대학교 교통공학과, 석사과정)	(아주대학교 DNA플러스융합학과, 석사과정)	(아주대학교 교통공학과, 박사과정)	(아주대학교 교통시스템공학과, 교수)	(아주대학교 교통시스템공학과, 교수)

최근 도시부 도로에서 교통 혼잡과 사고 발생률이 증가하고 있으며, 국내 누적 자동차 등록 대수는 2022년도 2,550만 대로 매년 약 2.3% 증가하고 있다. 또한, 도로 교통사고로 인해 발생한 사회적 비용은 2022년 26,283억 원으로 매년 평균 약 1.2%씩 증가하고 있다. 이에 따라 국민들에게 다양한 정보 제공을 위하여 수집장치의 발전 및 데이터가 다양화 되어가고 있다. 또한, 예측정보를 제공함으로써 운전자에게 다양한 선택지를 제공하는 서비스가 개발되고 있으나 대부분의 연구는 연속류, 정체 등 일반적인 교통상황에 대하여 제공하지만 돌발상황에 따른 예측정보를 제공하는데 한계가 있다.

이런 시대 흐름에 맞추어 다양한 정보를 제공하기 위하여 돌발상황 발생 시 교통 흐름을 예측하고 대응할 수 있는 시스템의 필요성이 커지고 있다. 본 연구는 돌발상황 시 교통신호와 도로 기하구조를 고려한 교통 흐름 변화를 예측하고, 이를 바탕으로 교통신호 및 도로 구조 요소에 따라 적합한 예측 모형을 개발하여 교통사고로 인한 교통류 변화와 그 영향을 사전에 예측하는 것을 목적으로 연구를 진행하였다.

본 연구에서 신호 교차로의 대기행렬 이론과 돌발상황에 의한 교통류 변화 이론을 검토하고, 관련된 교통사고 예측 연구를 분석하였다. 실제 도로에서 돌발상황 대한 데이터가 부족하므로, VISSIM 시뮬레이션을 통해 가상의 네트워크를 구축하고 시뮬레이션 데이터를 수집하였다. 연속된 두 개의 신호 교차로로 구성된 네트워크에서 다양한 교통변수를 변경하여 돌발상황 발생 시나리오를 생성하고, 각 시나리오의 대기행렬 발생 유형을 분석하였다. VISSIM 시뮬레이션을 이용해 교통정보 검지기를 설치하고, 링크 유출입 교통량과 돌발지점 통과 교통량을 이용하여 각 지점별 잔여 교통량을 추정하여 예측 검증을 실시하였다.

향후 교통사고 발생 시, 신속한 대응을 위한 기초 자료로 활용될 수 있으며, 궁극적으로 도로 네트워크 전반의 효율성을 증진하는데 도움을 줄 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2022년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.092021C28S01000,자율주행 혼재 시 도로교통 통합관제시스템 및 운영기술 개발)

Payne-Whitham Model 기반 검지기 및 프로브 차량의 데이터 융합을 활용한 궤적 복원

Payne-Whitham Model-based Reconstructing Vehicle Trajectory Using Data-Fusion of Trafffic Detector and Probe Vehicles

최준희
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

차량 궤적은 차량의 주행 과정에서의 위치 및 속성 정보를 알 수 있는 교통 데이터 중 하나이며, 교통 분야에서는 전역의 차량 궤적은 교통류 모델링, 통행시간 추정, 신호체계 최적화, 온실가스 배출 및 연료 소모량, 시뮬레이션 및 주행 안전 평가에 활용될 수 있다. 그러나 교통정보 수집 센서의 설치 한계로 전역의 차량 궤적 수집은 현실적인 어려움을 수반한다. 현실 세계에서의 교통정보 수집 센서는 크게 고정형 센서 및 이동형 센서로 나뉘어 있으며, 두 센서의 정보는 이질적이지만 상호보완이 가능하다. 기존 연구에서는 두 센서 중 하나의 센서를 기반으로 궤적 복원 연구를 수행하였으나, 각각 미시적인 차량 행태를 반영할 수 없는 점과 궤적 복원 과정에서의 오차가 누적되는 한계점이 존재하였다. 따라서 두 센서의 정보를 통해 전역의 차량 궤적을 복원하는 연구가 논의 될 필요성이 존재한다. 이에 본 연구는 차량 및 교통류를 정의할 수 있는 Payne-Whitham model을 활용하여 고정형 교통 센서와 이동형 교통 센서를 융합하여 구간 내 전체 차량 궤적을 복원하고자 한다. 이를 수행하고자, 고정형 교통 센서는 AVI(Automatic Vehicle Identification System)와 같은 차로 단위의 차량을 식별할 수 있고, 현실 세계와 유사하게 적은 비율(5-15%)로 점유하고 있는 프로브 차량의 샘플 데이터를 수집할 수 있음을 가정한다.

본 연구에서 활용하는 Payne-Whitham model은 차량 및 교통류 모델 중 하나로 압축성 유체 역학에 기반한 모형으로 거시적인 교통류부터 미시적인 차량 동역학을 모두 설명할 수 있는 장점을 보유하고 있다. Payne-Whitham model의 First order model로 교통류의 변화를 Fundamental diagram을 가정하고, 차량의 총량이 보존됨을 기반으로 교통류를 표현한다. 이어 Second-order model에서는 차량의 역학을 운전자가 Fundamental diagram으로 정의된 최적 속도를 유지하려는 행태를 가정하며, 반응시간과 충격파의 개념을 포함한다. 이를 통해 미시적인 차량의 주행을 표현한다. 본 연구의 실증을 위해 Ground truth를 확인할 수 있는 궤적 데이터셋 중 하나인 CitySim dataset을 활용하고자 한다. CitySim dataset은 미국 플로리다 주 올랜도에 위치한 고속도로에서 수집한 고해상도(30Hz) 데이터셋으로 연구를 수행하기 위해 데이터셋 중 0m, 600m 구간에 고정형 교통 센서가 설치되어있다고 가정하고, 프로브 차량의 시장 점유율이 5-15% 임을 가정해 이들 구간의 데이터를 임의로 추출하였다.

분석 결과, 본 연구에서 제안하는 방법 활용 시 5%의 프로브 차량 비율 기준 MAE(m), RMSE(m), MAPE(%)가 각각 22.16, 27.14, 10.98로 차량 추종모형 중 하나인 IDM (Intelligent Driver Model) 기반 Lagrangian method를 활용할 때의 결과인 27.21, 38.05, 12.85와 Fundamental diagram 기반 Eulerian method를 활용할 EO의 결과인 33.22, 43.27, 14.25보다 낮은 오차를 도출하였다. 이는 본 방법이 교통류와 차량의 동역학을 반영하여 차량의 궤적을 복원할 수 있음을 의미한다. 이를 통해 교통류 모델링, 통행시간 추정 및 온실가스 배출 및 연료 소모량을 추정하는데 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 향후, 본 방법론에 대한 확장이 필요할 것으로 예상되며, 차로변경 고려나 인공지능을 기반한 궤적 복원 방법론과 비교하여 평가하고자 한다.

사사: 본 연구는 국토교통부의 스마트시티 혁신인재사업 육성사업의 지원 및 정부(경찰청, 교육부)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원(No. 092021C26S0300, 실시간 교통안전시설 운용을 위한 인프라 정보 융합 및 관리기술 개발)과 한국연구재단의 지원(RS-2024-0041153, V2X 환경 내 주행 궤적 정보 복원을 위한 인프라 지원 전략 개발)을 받아 수행하였음

자율주행(I)

Session

A-3

협력 주행을 위한 차선 정보 기반 차량 상태 결정 방법
권승원, 안예찬, 주경진, 최준현, 국태용

저속주행 자율주행 도시환경관리 서비스 차량이 도심교통류에 미치는 영향분석
김주영, 소재현

Lv.3 자율주행차 상용화 대비 안전교육 효과분석 – 제어권전환을 중심으로 –
김태근, 이다례, 한다정, 배광수

심층 강화 학습을 통한 공사 구간 차로 변경 최적화 연구
심현섭, 박신형

신호등이 없는 교차로에서 차량 안내를 위한 iTransformer의 궤적 예측
정수환, 이재현, 이재훈, 이수목

협력 주행을 위한 차선 정보 기반 차량 상태 결정 방법

Vehicle State Decision Method based on Lane Information
for Cooperative Driving

권승원	안예찬	주경진	최준현	국태용
(성균관대학교 공과대학 지능형로봇학과)	(성균관대학교 정보통신대학 전자전기컴퓨터공학과) (주식회사 케이스랩 부설기술연구소)	(성균관대학교 정보통신대학 전자전기컴퓨터공학과) (주식회사 케이스랩 부설기술연구소)	(성균관대학교 정보통신대학 전자전기컴퓨터공학과) (주식회사 케이스랩 부설기술연구소)	(성균관대학교 정보통신대학 전자전기컴퓨터공학과) (주식회사 케이스랩 부설기술연구소)

ADAS(Advanced Driver Assistance Systems)은 자율주행 기술의 발전과 함께 자동차 산업에서 중요한 기술로 자리 잡고 있다. ADAS는 차량의 감지 및 제어 기능을 통해 운전자의 편의성을 높이고, 주행 중 발생할 수 있는 다양한 위험 요소를 사전에 인식하고 대응하여 안전성을 강화하는 시스템이다. 이 시스템은 차량의 주행 환경을 실시간으로 모니터링하여 운전자가 즉각적으로 반응하기 어려운 상황에서도 정확하게 대응할 수 있게 해준다. 최근 ADAS 기능을 갖춘 차량의 보급이 증가하고 있지만, 자율주행 레벨 3 이상의 고도화된 기술 상용화를 위해서는 아직 여러 기술적 과제가 남아 있다. 특히 차량 간 협력 주행을 위한 인식 및 판단 기술의 발전이 필요한 상황으로, 현존하는 ADAS 시스템은 이러한 점에서 한계를 드러내고 있다.

협력 주행은 차량 상태를 정확히 판단하고 이를 기반으로 적절한 주행 결정을 내리는 것이 필수적이다. 이때 차선 정보는 중요한 역할을 하며, 차선 변경 여부나 주변 차량의 위치 및 속도 정보는 차량이 최적의 주행 상태를 유지하도록 돕는다. 특히, 차선을 인식하고 그 안에서 점선과 실선을 구분하는 과정이 중요하며, 이를 위한 Segmentation 기법이 널리 연구되고 있다. 일반적으로 Semantic Segmentation 기법은 차선의 기본적인 구분이 가능하지만, 각 객체의 세부적인 차이를 명확히 표현하는 데는 한계가 있다. 이에 반해, Instance Segmentation 기법은 각 객체를 독립적으로 인식할 수 있어 차선의 점선과 실선을 명확하게 구분할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 이러한 차선 정보 기반의 차량 상태 결정 방법을 제안하고 있다. 차선 인식을 위한 전처리 과정과 Instance Segmentation 기법을 결합하여 차선 정보를 정확하게 검출하고 이를 차량의 상태 판단에 활용하는 방식이다. 이를 통해 자율주행 차량은 주행 중 실시간으로 주변 환경을 파악하고, 차선 변경 가능 여부나 주행 방향을 결정하며 안전한 협력 주행을 실현할 수 있다.

사사: 본 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT)의 자율주행기술개발혁신사업(과제명: 주변환경 정보 융합 기반 협력형 차량 제어 기술 개발, 과제번호: 20026184) 연구비 지원에 의해 수행됨

저속주행 자율주행 도시환경관리 서비스 차량이 도심교통류에 미치는 영향분석

Investigating the Impact of Low Speed
Autonomous Environmental Services Vehicle in Urban Traffic Flow

김주영
(아주대학교, 학석박사통합과정)

소재현
(아주대학교, 교수)

PBV(Purpose Built Vehcile)는 대중교통과 같은 이동 서비스뿐만아니라 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(Autonomous Environmental Services Vehicel, 이하 AESV)이 일반 교통류와 혼합되어 운행되었을 때, 교통류에 미치는 영향을 구하기 위해 시뮬레이션을 진행하였음. 시뮬레이션은 교통 매크로시뮬레이션인 VISSIM을 활용하였으며, 공간적인 범위는 판교 자율주행 테스트베드를 활용하였으며, 실제 네트워크에서 검증하기 전, toy network를 구성하여 연속류형태의 도로에서의 결과를 도출하였고, 이를 기반으로 실제 네트워크(판교 자율주행 테스트베드)에 적용하여 결과를 도출하였음. 결과, AESV의 속도 변화가 주변 차량의 평균속도와 평균지체에 큰 영향이 미치는 것을 확인 하였으며, 특히 AESV의 속도가 5km/h와 20km/h일 때 급격한 변화가 관찰되었음. 또한 Toy network에서는 안정성지표(속도 표준편차)가 변하는 모습을 확인하였으나, 실제 네트워크에서는 크게 변화하지 않은 것을 확인하였으며, 이는 연속류와 단속류의 차이로 해석됨. 결과 적으로 AESV의 속도, 경로, 네트워크 교통량이 교통 흐름에 각각 다양한 영향을 미친다는 것을 확인하였으며, 이 결과는 AESV의 속도, 경로, 네트워크 내 교통량을 고려한 적절한 운영 전략을 수립한다면, 교통 효율성과 안정성을 높일 수 있음을 시사함.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 RS-2023-00236825, 자율주행 Lv.4/4+ 기반 도시환경관리 서비스 기술 개발).

Lv.3 자율주행차 상용화 대비 안전교육 효과분석
- 제어권전환을 중심으로 -

Analysis of Safety Education Effectiveness According to Lv.3 Autonomous-Driving Vehicle

김태근	이다례	한다정	배광수
(한국도로교통공단 자율주행연구처)	(한국도로교통공단 자율주행연구처)	(한국도로교통공단 자율주행연구처)	(한국도로교통공단 자율주행연구처)

독일, 일본 등 일부국가에서는 Lv.3(SAE 기준) 수준의 자율주행차 운행을 이미 시작하였고, 국내에서도 머지않은 미래에 상용화 될 것으로 예측되고 있다. Lv.3 자율주행차의 자율주행시스템은 고속도로와 같이 비차량 요소의 접근이 제한된 환경조건에서 주로 가동될 것으로 예상되며, 자율주행시스템이 동적운전작업(DDT, Dynamic Driving Task)을 수행하는 상황에서 운전자의 전방주시의무는 크게 완화된다. 하지만 돌발상황 등 주위환경에 따라 자율주행시스템이 제어권전환을 요구할 수 있고, 이에 신속히 대응하기 위해 운전자는 항상 주의를 기울이고 있어야 한다.

그러나 최근 Lv.2 수준의 자율주행차 사고원인 중 운전보조시스템(ADAS)에 의존한 운전자 부주의로 인해 발생하는 사고가 증가하는 추세이며, Lv.3 자율주행차 운행시 돌발상황 등의 이유로 자율주행시스템에서 운전자로 신속한 제어권전환이 요구되는 상황에 노출되면 운전자 부주의 등으로 동일하게 사고가 발생 할 수 있는 문제이다.

위와 같이 예상되는 문제로 인해 자율주행차를 올바르게 운행하기 위한 신기술과 사용법에 대한 교육의 필요성에 공감대가 이루어지고 있으며, 이에 따른 운전자 교육 시나리오 개발과 프로세스 정립 등은 교통교육사업과 운전면허사업을 수행하고 있는 한국도로교통공단이 수행하여야 할 분야이다. 즉, 주위환경에 따라 운전주체가 변경 될 수 있는 Lv.3 자율주행차 제어권전환에 대응 할 수 있는 교육이 필요할 것으로 예상되며 본 연구를 통하여 Lv.3 자율주행차 제어권전환 교육 유무에 따른 효과와 결과를 분석하고자 한다.

본 실험에서는 자율주행차 모사 시뮬레이터를 활용하여 Lv.3 자율주행차 제어권전환 환경을 구성하였다. 실험참가자는 운전면허를 소지한 20~50代 성인남녀로 기존 시뮬레이터 실험 경험이 없는 자를 대상으로 하였다. 또한 제어권전환 교육에 따른 효과유무를 분석하기 위해 교육을 받은 그룹(A)과 교육을 받지 않은 그룹(B)으로 나누었으며 각각 32명으로 연령대와 성비를 동일하게 구성하여 실험의 균질성을 유지하였다.

본 실험의 자율주행차 제어권전환에 활용된 시나리오는 5종의 시나리오를 개발하여 사용하였다. 5종의 시나리오는 지난 3개년 1만2천여 건의 고속도로 교통사고를 분석하여 Lv.3 자율주행차의 자율주행시스템을 활용한 운행시 발생 가능한 돌발상황에서의 제어권전환 환경을 고려하여 개발하였다.

실험순서는 사전 교육(그룹A만 교육을 수행하며 그룹B는 기능안내로 대체함), 1차 실험, 1차 교육 및 설문, 2차 실험, 2차 교육 및 설문, 3차 실험, 설문 순서로 구성하여 각 교육 차수에 따라 시뮬레이터 실험을 통한 결과 값을 비교할 수 있게 하였다. 또한 각 차수별 실험진행시 준비된 시나리오를 임의적으로 구성하여 피실험자가 미리 시나리오를 예측할 수 없도록 하였다.

그룹별(A그룹, B그룹), 실험 차수별 시뮬레이터 로그데이터를 활용하여 제어권전환 시간, 제어권전환 거리, 제어권전환 후 횡·종 가속도 등을 분석하였다. 그 결과 A그룹은 B그룹 대비 제어권전환 후 횡방향 가속도 편차와 P2P 값은 각 22.3%, 13.4% 감소하고 종방향 가속도 편차와 P2P 값은 각 8.2%, 7.2% 감소하여 A그룹이 B그룹 대비 안정적으로 제어권전환을 수행하는 것으로 나타났으며 교육 유무에 따른 유의미한 결과 차이를 확인할 수 있었다. 특히 회피가 요구되는 특정 시나리오에서는 그 효과가 상대적으로 더 큰 것으로 나타났다.

본 연구를 통해서 Lv.3 자율주행차 운행에 따른 제어권전환 상황 발생 시 교육에 의한 효과를 확인 할 수 있었으며 이는 Lv.3 자율주행차 상용화 정착시 보다 안전한 자율주행 환경조성에 도움이 될 것으로 기대된다.

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

This work was supported by Korea Institute of Police Technology (KIPoT) grant funded by the Korea government(KNPA) (No.092021D75000000, AI driving ablility test standardization and evaluation process development)

심층 강화 학습을 통한 공사 구간 차로 변경 최적화 연구

Deep Reinforcement Learning for Optimizing Lane Changes in a Work Zone

심현섭
(서울시립대학교 교통공학과, 석사과정)

박신형
(서울시립대학교 교통공학과, 교수)

본 연구에서는 시뮬레이션과 심층 강화 학습을 활용하여 공사 상황에서 자율주행차량의 안전과 효율성을 개선하는 포괄적인 접근 방식을 제시한다. 먼저, VISSIM 시뮬레이션 도구를 사용하여 고속도로 내 공사 상황을 구현하고, 폐쇄된 차로에 위치한 차량들이 차로 변경을 시도하는 시나리오를 생성하였다. 이러한 시나리오에서 자율주행차량은 V2X(Vehicle-to-Everything) 통신을 통해 정보를 수집하고, 차로 변경을 시도하기 전에 공사 구간을 사전에 인지한다. 이 시나리오를 통해 공사로 인한 차로 폐쇄 상황에서 자율주행차량이 공사 구간을 피해 차로 변경을 시도하는 데이터를 수집하였다. 이후, DDPG(Deep Deterministic Policy Gradient) 알고리즘을 사용하여 자율주행 차량을 훈련하였다. 이 프레임워크를 통해 차량은 주어진 데이터에서 지속적으로 안전하고 효율적이며 쾌적한 운전 행동을 위해 학습한다. 특히, 차로 변경 행동은 안전성, 효율성 및 쾌적성에 따라 보상을 받으며, 각각의 보상 함수에 일정 가중치를 부여 우선순위를 설정하였다. DDPG 알고리즘으로 학습된 차량은 일반 차량에 비해 TTC(Time To Collision)값이 보다 크게 분포하는데, 이는상대적으로 안전성이 높음을 나타낸다. 효율성 측면에서는 일반차량이 선행차량과의 간격이 더 좁은 경우가 많이 발생하며, 정체 상황을 벗어나지 못한 것이 주요 원인으로 파악된다. 또한 가속도의 경우 변화가 적어 주행의 변동성이 낮음을 알 수 있다. 쾌적성의 경우 저크(가속도의 변화율)를 통해 결과를 비교하였다. 자율주행차량은 일반차량에 비해 급정지, 급가속에 대한 비율의 변동이 더 적음을 보이며 안정된 주행 능력을 보여준다.

결과적으로, 이 연구는 V2X 통신과 강화 학습 알고리즘을 갖춘 차량이 차로 변경 상황에서 자율주행차의 안전성, 효율성 및 쾌적성을 개선할 수 있음을 보여준다. 이러한 발견은 전반적인 교통안전과 혼잡을 개선하여 보다 지능적이고 안전한 자율주행시스템을 개발하는 데 기여할 수 있으며, 궁극적으로 미래의 교통 시스템에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다. 향후 연구로 실시간 기반 강화학습 모델을 위한 환경을 구축하고 기존 모델과 MOBIL(Minimizing Overall Braking Induced by Lane Change)을 비교하는 연구를 수행하고자 한다.

사사: 본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원 자율주행 기술개발 혁신사업의 연구비 지원(과제번호 RS-2021-KA162182)에 의해 수행되었습니다.

신호등이 없는 교차로에서 차량 안내를 위한 iTransformer의 궤적 예측

Trajectory Prediction of iTransformer for Guidance of Vehicle at Unsignalized Intersections

정수환 (아주대학교 소프트웨어학과, 학사과정)

이재현 (아주대학교 D.N.A. 플러스 융합학과, 석사과정)

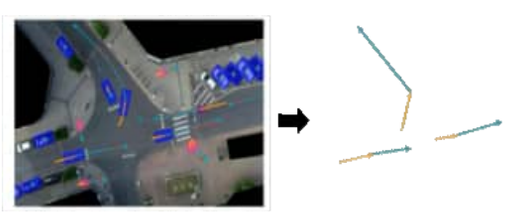
이재훈 (아주대학교 기계공학과, 학사)

이수목 (아주대학교 AI모빌리티공학과, 교수)

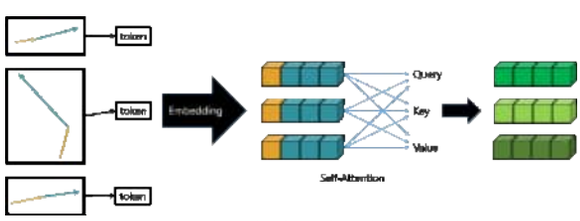
자율주행 산업이 발전하면서 차량의 움직임을 예측하는 trajectory estimation 연구가 중요시되고 있다. 하지만 자율주행 차량의 센서들의 한계(센서 인식 가능한 거리, 다른 차량에 가려진 차량 등)로 고정된 교차로에서 다양한 센서를 이용하여 차량이 보지 못하는 정보까지 인식해서 더 정확한 trajectory estimation을 인프라 측면에서도 연구되기 시작했다. 시계열 데이터인 차량의 움직임을 잘 예측하기 위해 RNN에서 주목받는 Transformer를 사용하는 연구가 늘어나고 있다. 하지만 우리는 복잡하고 추론 시간이 긴 Transformer 대신 iTransformer를 활용하여 짧은 추론 시간으로 비슷한 성능을 가지는 모델을 제시한다.

우리의 contribution은 다음과 같다.

- 우리는 iTransformer기반의 경로 예측 알고리즘을 제안하여 positional encoding이 필요 없는 간단한 구조로 인해 추론 시간이 빨라지는 경로 예측을 달성하였다.
- iTransformer를 적용하기 위해 차량 시퀀스 시계열 데이터를 토큰화하는 방법에 대해서 제안한다.



<그림 1> 데이터 세트에서 움직이는 차량만 추출



<그림 2> 추출한 차량 움직임을 토큰화

우리는 교차로 데이터인 inD Dataset, rounD Dataset에서 움직이는 차량만을 추출하여 100프레임(25프레임 = 1초, history 1초, ground truth 3초)씩 입력으로 사용하였다. inD에서 Average Validation ADE와 Average Validation FDE에서 우리 모델이 기존 Transformer를 활용한 모델보다 성능은 비슷하지만, 추론 시간이 빨라졌고, rounD Dataset 에서는 Transformer보다 성능도 좋아지고 추론 시간도 훨씬 빨라진 결과를 볼 수 있다. rounnD에서 Average Validation ADE와 Average Validation FDE에서 우리 모델이 기존 Transformer를 활용한 모델보다 성능이 좋아지고, 추론 시간도 훨씬 빨라진 결과를 볼 수 있다.

<표 1> 데이터 세트와 모델 별 성능 비교

Dataset	모델	Avg Validation ADE	Avg Validation FDE	Inference Time
inD	Transformer	0.442357719	1.363103271	1.59224E-06
	iTransformer	0.44540143	1.374310637	1.51778E-06
rounD	Transformer	0.401740104	1.56105125	4.89458E-06
	iTransformer	0.408886701	1.321100473	1.58977E-06

인프라 측면에서 차량의 움직임을 예측하기 위해 iTransformer를 활용하여 기존의 Transformer보다 비슷하거나 더 좋은 성능으로 더 빠른 추론 시간으로 실시간성이 중요한 trajectory prediction에서 강점을 보였다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.RS-2024-00403630, 능동적 교통사고 예방 및 대응을 위한 자율주행 순찰 서비스개발)

자율주행(II)

Session

A-4

실시간 교통신호정보 활용을 위한 데이터 표준 개발
이승철, 권순일, 서지현

RP-CNN을 이용한 자율주행차량 경로 예측 방법
이수행, 이지민, 문창주

KIS(KETI Infrastructure Stitching) Dataset: 다수 엣지 기반 카메라/라이다 데이터 스티칭을 통한 인프라 데이터셋
이재원, 정혜인, 장달원, 이종설

다수 엣지 기반 카메라/라이다 센서 데이터 스티칭을 통한 자율주행차량 음영지역 데이터 확장 시스템
이재원, 정혜인, 장달원, 이종설

임베디드 시스템을 위한 PIL 기반의 군집 주행 테스트 프레임워크 구현
최형주, 문창주

실시간 교통신호정보 활용을 위한 데이터 표준 개발

Development of data standards for utilizing real-time traffic signal information

이승철 (한국도로교통공단, 책임연구원)

권순일 (한국도로교통공단, 연구원)

서지현 (한국도로교통공단, 연구원)

최근 자율주행, ICT 기술발전 및 다양한 모빌리티가 등장에 따라 정부는 '2030 미래차 산업 발전전략'을 발표하였다. 정부는 전략추진을 통해 2030년까지 전기·수소차 국내 신차 판매비중 33%, 세계시장 점유율 10% 달성과 2027년까지 전국 주요 도로의 완전자율주행(레벨4) 세계 최초 상용화를 목표로 설정하였다. 그리고 자율주행차 실증을 위해 서울 상암과 경기 판교·대구 수성·세종·광주 등에서 지역 및 사업 특성에 맞춘 실증단지를 구축·운영을 진행하였다. 하지만 지자체별, 테스트 기관별 국제표준을 준용하여 사용 중에 있으나, 데이터 관리 방식 및 해석 방식이 상이함에 따라 설계 및 구축이 상이하게 되었다. 이에 따라 실증 사업의 성과가 특정 지역에 그치지 않고 자율주행차가 전국 운행으로 이어지기 위해 전국 호환성 데이터 국가 표준의 필요성이 대두되었다. 그리하여 '미래자동차 산업 발전 전략'(2019.10)과 '디지털 뉴딜'(2020.7)에 발맞춰 정부와 민간이 함께 자율주행차 서비스 활성화를 위한 '데이터 국가표준' 제정을 시작하였다. 관련 국가 인프라 구축 사업 및 '27년 레벨4 산업화 일정을 고려하여, 2025년 제정완료를 목표로 표준 개발과 동시에 관계기관 검토를 통한 보완 작업을 병행 하여 개발을 추진하게 되었다. 본 연구에서는 실시간 교통신호정보 활용을 위해 데이터 표준 제정에 참여하여 교통신호정보 데이터 표준을 추진하였다.

국제표준인 SAE J2735기반으로 신호정보 데이터 표준 방향을 설정하여 진행하였다. 먼저 센터 기반의 실시간 교통신호정보 수집 및 제공 기술에 대하여 「경찰청 교통신호제어기 표준규격서」에 반영되었다. 센터 기반 신호정보 수집 기술은 dual-vpn을 활용, 하나의 모뎀을 통해 지역신호센터와 경찰청 센터로 동시에 데이터를 전송할 수 있으며, 이를 통해 인프라 구축 및 통신비용을 절감할 수 있는 효과가 있어 지자체 재정 부담 감소하여 시스템 확대 구축 용이, 전국 단절없는 서비스 가능하다. 그리고 교통신호정보 활용 표준안(TLSM)을 도출하였다. TLSM(Traffic Light Status Message)는 기존 표준에서 신호정보와 방향정보(direction code)가 별도로 있어 연계가 필요했던 것과 달리, 자체 방향정보가 포함되어있어 MAP 메시지와 연계없이 활용될 수 있는 교통신호 정보를 전달한다. 방향정보(direction code)는 국내 교통신호제어기 규격의 내용을 반영하는 이동류가 적용되는 방향을 표현하는 코드가 정의하며, 이는 교통신호등이 적용되는 방향정보를 명시한다. TLS메시지는 도로 구간의 교통 흐름이나 교차로에서의 대략적인 이동 방향과 같은 기능이 필요한 다양한 응용 프로그램에 효과적으로 활용될 수 있다. 그리고 「경찰청 교통신호제어기 표준규격서」 자율주행 신호정보 표준(안)을 국가표준(KS), 국제표준(SAE)으로 제안하였다. 그 결과 TLSM(Traffic Light Status Message)는 MAP데이터 없이 신호제어기의 방향코드를 활용하여 이동방향을 인지하는 방법으로 한국 메시지만의 고유성을 인정받아 국제표준에 채택되어 2024년 개정판으로 반영되어 2024년 9월 배포되었다. 그리고 국가표준에 '24년 하반기 제정 예정이다. 이러한 표준안을 활용한 전국 10개 지자체, 2052개 교통신호제어기 정보 연계를 통해 실시간 교통신호정보 수집·제공 시스템 서비스를 제공하고 있으며, 추후 더 많은 지자체에 확대 구축될 예정이다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.092021C28S010000, 자율주행 혼재 시 도로교통 통합관제시스템 및 운영기술 개발)

This work was supported by Korea Institute of Police Technology (KIPoT) grant funded by the Korea government(KNPA) (No.092021C28S010000, Development of integrated road traffic control system and operation technology when autonomous driving is mixed with normal vehicles)

RP-CNN을 이용한 자율주행차량 경로 예측 방법

Trajectory Prediction for Autonomous Vehicles Using RP-CNN

이수행 (건국대학교, 학부과정)

이지민 (건국대학교, 석사과정)

문창주 (건국대학교, 교수)

도로 교통사고의 약 94%는 인적 오류로 인해 발생하며, 이는 인명 피해와 차량 손상 등 다양한 문제를 야기한다. 자율주행차는 이러한 문제를 해결하기 위한 중요한 기술로, 컴퓨터 기반 의사결정 시스템을 통해 교통 상황을 관리하고 있다. 자율주행차가 안전하게 주행하기 위해서는 주변 차량의 미래 경로를 예측하는 능력이 필수적이다. 기존 경로 예측 방식은 동역학적 모델, 딥러닝 기반 모델, 강화 학습 방식으로 발전해 왔으나, 각각의 방식은 고유의 한계를 가지고 있다. 동역학적 모델은 시간적 상관관계를 충분히 반영하지 못하며, 딥러닝 기반의 순환 신경망 모델은 시간적 상관관계를 반영하나, 계산 비용이 크고 돌발 상황에 취약하다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 시계열 데이터 분석에 우수한 Recurrence Plot과 이미지 분류에 최적화된 Convolutional Neural Network를 결합한 RP-CNN모델을 제시하였다. 실험에서는 24시간 동안 기록된 실주행 차량의 CAN 데이터를 학습 데이터로 활용하였다. 이 데이터를 Recurrence Plot 기법을 사용해 시계열 데이터를 이미지로 변환하고, Convolutional Neural Network를 통해 학습하여 차량의 미래 경로를 예측하였다. 예측된 경로는 Occupancy Grid Map에 시각화되었으며, 실험 결과 제안된 모델은 경로 예측에서 높은 정확도와 빠른 예측 시간을 보여 실시간 시스템에 적용 가능함을 확인하였다. 또한, 본 연구는 시뮬레이션이 아닌 실제 주행 데이터를 기반으로 학습 및 평가를 진행한 점에서 실무 적용 가능성을 높였다는 점에서 의의가 있다.

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

KIS(KETI Infrastructure Stitching) Dataset: 다수 엣지 기반 카메라/라이다 데이터 스티칭을 통한 인프라 데이터셋

KIS(KETI Infrastructure Stitching) Dataset:
Infrastructure dataset through multiple edge-based camera/lidar stitching

이재원 (한국전자기술연구원, 선임연구원)

정혜인 (한국전자기술연구원, 연구원)

장달원 (한국전자기술연구원, 책임연구원)

이종설 (한국전자기술연구원, 수석연구원)

자율주행차량 및 자율주행시스템의 객체 인지, 판단, 추적, 제어 등에 필요한 딥러닝 학습을 위해서는 다양하고 넓은 범위의 고품질 데이터셋이 필수적이다. 자율주행차량에서 수집되는 센서 데이터는 차량 중심의 데이터로 범위가 한정적이며, 자율주행 인프라에서 취득한 센서 데이터셋 구축은 아직 시작 단계이거나, 대부분 카메라 데이터셋만을 취득 및 구축하고 있다. 하지만 자율주행차량 및 인프라에서 복합 상황을 인지하고 자율주행차량의 센서 인지 범위 한계를 극복하기 위해 더 다양하고 넓은 범위의 시간동기화 된 카메라/라이다 데이터셋이 필요하다.

본 논문에서는 카메라, 라이다의 2차원/3차원 객체 검출을 위한 학습 데이터셋 구축을 목적으로, 3장의 HD급 이미지를 가로로 스티칭 한 이미지와, 단일 HD급 이미지, 그리고 모터를 회전시켜 센서 주변 360도를 스캔하는 회전형(spinning) 라이다와, 한 방향을 스캔하여 포인트를 검출하는 solid state 라이다 센서 데이터를 통합한 스티칭 데이터셋을 구축하는 방법을 제안한다. 특히 엣지 기반 데이터 취득 및 서버로의 전송방식을 사용해 이종 라이다 센서의 데이터를 결합함으로써, 각 센서에서 얻은 포인트 클라우드 데이터를 일관되게 통합할 수 있다. 구체적으로, 다수의 엣지 정보와 기하학적 회전변환을 이용해 서로 다른 라이다 데이터 간의 캘리브레이션을 수행하고, 이를 통해 3차원 객체 검출을 위한 고품질의 학습 데이터셋을 생성한다. 다수의 엣지에서 다양한 각도, 위치의 동일한 시각에서 취득한 카메라 이미지 데이터와, 라이다 데이터를 수집하므로, 이를 통합하면 객체 검출, 추적 등의 알고리즘 성능을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 예상한다.

이를 위해 본 논문에서는 인프라에서 카메라/라이다 센서를 통해 수집한 데이터셋 구축 과정 및 데이터셋 구조에 대해 설명한다. 데이터셋은 판교 제2테크노밸리 실증도로에서 취득하였으며, 카메라, 라이다 센서 데이터의 스티칭, 캘리브레이션 등을 통해 시간/공간 동기화 되어 어노테이션 작업을 수행 및 데이터셋을 구축하였다.

본 연구에서는 자율주행 인프라에서 수집한 다양한 센서 데이터를 활용하여, 고품질의 카메라/라이다 스티칭 데이터셋을 구축하는 방법을 제시하였다. 특히, 센서의 시간 및 공간 동기화와 이를 바탕으로 한 데이터 스티칭 기법을 통해, 자율주행차량 및 인프라의 인지 범위를 확장하고, 다양한 주행 환경에서의 객체 인식 및 추적 성능을 향상시키기 위한 기반을 마련하였다. 이를 통해 구축된 데이터셋은 자율주행 시스템의 딥러닝 학습과 알고리즘 검증에 있어 중요한 자료로 활용될 수 있으며, 객체 인식, 주행 경로 예측, 상황 인지 등 다양한 응용 분야에서 성능을 크게 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-01314,자율주행차량 음영지역 데이터 제공을 위한 주행환경 데이터 스티칭 기술개발)

다수 엣지 기반 카메라/라이다 센서 데이터 스티칭을 통한 자율주행차량 음영지역 데이터 확장 시스템

Autonomous vehicle shadow area data expansion system through multiple edge-based camera/lidar sensor data stitching

이재원 (한국전자기술연구원, 선임연구원)

정혜인 (한국전자기술연구원, 연구원)

장달원 (한국전자기술연구원, 책임연구원)

이종설 (한국전자기술연구원, 수석연구원)

현재 자율주행차량에는 카메라, 라이다, 레이더 등 다양한 센서들이 탑재되어 실시간으로 데이터를 수집, 처리하고 있다. 자율주행차량은 각각의 단일 센서로부터 많은 양의 데이터를 처리하지만, 센서의 감지 범위 한계가 존재하며, 다양한 이종 센서의 퓨전 및 동종 센서 간 데이터를 시공간적으로 결합하여 분석하여 센서의 한계 극복 방안이 필요하게 되었다. 이를 위해 차량뿐만 아니라, 센서 음영지역, 교차로 등 넓은 공간에 대해 센서 데이터를 획득/처리해야 하는 경우, 물리적 센서 데이터 확장 기술인 데이터 스티칭을 통해 자율주행 인프라 기반의 데이터 또한 자율주행차량의 센싱 범위 한계를 극복하는 데 중요한 요소가 되었다. 특히, 이러한 자율주행 인프라 데이터를 취득, 전송, 처리하기 위해서는 여러 센서에서 수집되는 Raw 데이터의 정제 및 동기화 과정이 필요하다.

본 논문에서는 단순히 카메라, 라이다 등의 센서 데이터를 수집, 전송하는 것이 아니라, 다수의 각 엣지에서 취득, 처리하는 센서 및 결과 데이터를 서버로 전송하고, 엣지 및 서버에서 각각 카메라, 라이다 센서 데이터를 스티칭하는 과정을 실험적으로 확인하였다. 이를 위해 카메라, 라이다, 레이더 센서의 최적화 된 배치 설계를 통해 센서조립체 및 센서조립체-지지대 간 마운트를 설계, 제작하고, 자율주행을 위한 인프라 시스템이 구축된 판교 제로시티 실증지 내 세 곳, 4개의 엣지 시스템을 구축 및 센서조립체를 설치하여 시스템 동작을 확인하였다.

본 논문에서 수행한 다수 엣지 기반 카메라/라이다 센서 데이터 스티칭을 통한 자율주행차량 음영지역 데이터 확장 시스템은 카메라, 라이다 센서 및 센서조립체 설계 및 제작, 센서조립체 설치를 위한 판교 제로시티 실증지 내 센서조립체 설치 위치 선정, 데이터 취득 및 확인, 센서 데이터 스티칭의 순서로 구성된다. 카메라, 라이다 센서의 경우 해상도, 최대 취득 속도, 채널 수, 탐지 거리 등을 고려하여 선정하였고, 센서조립체 설계는 판교 제로시티 실증지에 설치된 폴대의 최대 하중, 센서 발열로 인한 열 송출 등을 고려하여 제작되었다. 센서조립체 설치 위치는 세 곳을 정하여 각각 약 70m, 100m 간격으로 떨어져 있으며, 세 곳 중 한 곳에 2개의 센서조립체를 설치하여 전체 4개의 엣지 시스템을 구축하였다. 센서조립체는 두 가지 타입으로 설계 및 제작되었으며, 카메라 데이터 스티칭은 엣지에서, 라이다 데이터의 스티칭은 서버로 전송되어 수행하였다.

본 제안 시스템을 통해 센서 요구사항 확립, 센서조립체 설계 및 제작, 실도로에서 자율주행 인프라 데이터를 수집, 정제하고, 센서 데이터 스티칭을 통해 자율주행차량 음영지역에 대한 데이터 탐지영역 확장이 가능함을 확인하였다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-01314,자율주행차량 음영지역 데이터 제공을 위한 주행환경 데이터 스티칭 기술개발)

임베디드 시스템을 위한 PIL 기반의 군집 주행 테스트 프레임워크 구현

PIL-Based Test Framework for Embedded Systems in Cooperative Platooning

최형주
(건국대학교, 학부과정)

문창주
(건국대학교, 교수)

군집 주행은 차량이 협력적으로 주행하여 연료 효율성, 주행 안전성 등의 효과를 극대화할 수 있는 기술이다. 그러나 이러한 군집 주행 기술을 개발하고 검증하기 위한 실제 환경에서의 테스트는 비용, 안전상의 위험을 수반할 수 있다. 따라서 시뮬레이션 기반의 테스트 환경을 구축하는 것은 군집 주행 기술 연구 및 개발에 있어서 필수적인 요소로 자리 잡고 있다. 본 연구는 임베디드 시스템을 위한 PIL(Processor-in-the-Loop) 방식의 군집 주행 테스트 프레임워크를 구현하여, 이를 통해 실제 임베디드 프로세서에 군집 주행 알고리즘을 배치하고, 프로세서가 생성한 제어 신호를 시뮬레이터 서버에 반영하여 실제 프로세서의 성능 및 알고리즘을 효과적으로 모니터링 및 테스트할 수 있는 환경을 마련하였다. 오픈소스 자율주행 연구용 시뮬레이터인 CARLA Simulator를 사용하여 시뮬레이션을 통한 차량 주행 환경을 제공할 수 있도록 하였으며, 이를 ROS(Robot Operating System)과 결합하여 시뮬레이터 서버와 임베디드 시스템 간 실시간 통신이 가능하도록 구현하였다. 이와 같은 구조를 통해 시뮬레이터를 통해 수집된 차량 데이터를 기반으로 임베디드 시스템이 주행 신호를 생성하며, 주행 신호를 다시 시뮬레이터에 반영해 PIL 구조의 시뮬레이션 환경을 구성할 수 있었다. 또한 차량 간 통신인 V2V 통신 환경을 구현하기 위해 MQTT 기반의 BSM 메시지 통신 방식을 사용하였으며, 이를 통해 차량 간 데이터를 공유하여 협력적으로 주행할 수 있도록 하였다. 이와 같이 제안된 시스템의 성능을 검증하기 위해 간단한 군집 주행 알고리즘을 구현하였다. 해당 군집 주행 알고리즘을 사용하여 테스트한 결과, 직진 구간, 좌회전 구간, 정지 신호 구간 등의 주행 상황에서도 선행 차량과 적정한 거리를 유지하며 충돌 없이 주행하는 것을 모니터링하여 확인할 수 있었다. 이러한 군집 주행 시뮬레이션 과정에서 프레임워크의 통신 안정성과 지연 시간을 측정하였다. ROS 토픽의 발행 빈도와 주기를 통해 시뮬레이터 서버와 임베디드 시스템 간 통신이 안정적으로 제공됨을 확인하였으며, Network Time Protocol을 사용하여 시뮬레이터 서버와 임베디드 시스템 간 시간을 동기화하여 타 차량의 데이터가 V2V 통신을 통해 수신되기까지 지연 시간을 측정하여 제안하는 프레임워크가 실시간 통신을 지원할 수 있음을 확인하였다. 일련의 테스트를 통해, 임베디스 시스템을 위한 PIL 기반의 테스트 프레임워크가 실제 차량 혹은 센서 및 액추에이터 없이도 군집 주행 알고리즘 및 임베디드 시스템의 성능을 모니터링 및 테스트할 수 있는 개발 환경을 제공할 수 있음을 확인하였다.

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

교통안전(Ⅰ)

Session

A-5

무인단속 상습 적발자 분류 및 사고심각도 예측 연구
박동혁, 박준영, 권민정

고속도로 톨게이트 구간에서의 영업소 기하구조 및 교통류 특성을 고려한 실시간 사고 예측 모델 개발
박동혁, 박준영, 박현진

Random Parameter Multivariate Tobit Model을 활용한 상업용 차량 사고율에 영향을 미치는 요인 분석
박휘빈, 김정화, Chen TianTian

직진 · 우회전 공용차로 교차로 내 후행보행시간 적용에 관한 연구
오민석, 윤일수, 채희철

중고등학생 교통사고에 미치는 도로 환경 및 교통안전시설에 관한 연구
이상범, 안세영, 이재덕, 장일준

무인단속 상습 적발자 분류 및 사고심각도 예측 연구

A Study of Recidivist Traffic Offender Classification and Crash Severity Prediction

박동혁
(한양대학교 ERICA 교통물류공학과, 박사과정)

박준영
(한양대학교 ERICA 교통물류공학과/스마트시티공학과, 부교수)

권민정
(한국도로교통공단 교육관리처, 차장)

교통법규 위반 행동은 교통상황에 잠재된 위험을 운전자가 발견하고 적절하게 대처하지 못하도록 하여 교통사고 발생 확률과 사고 심각도를 높일 수 있다(Oh and Lee, 2007). 이에 관리기관은 교통안전을 강화하기 위해 무인 교통단속용 장비를 설치하고 있다. 무인 교통단속용 장비의 설치는 운전자의 주행행태와 교통 특성 변화를 유도함으로써 교통안전을 개선시키고 교통 사고 빈도와 사고 심각도를 크게 감소시키는 효과가 있다 (Joo et al., 2009). 2020년 어린이 보호구역 교통안전 강화대책의 일환으로 무인 교통단속장비를 확충하고 어린이 보호구역에 우선적으로 설치하고 있다. 경찰청 통계자료에 따르면 무인 교통단속장비 설치 증가에 따라 교통법규 무인단속 적발 건수도 함께 증가하고 있다. 2023년 무인 교통단속용 장비 설치 대수는 2019년 대비 약 2.8배 증가하였으며, 계속해서 확충할 계획이다. 기존 문헌에 따르면 무인 교통단속장비의 설치는 유의미한 교통사고 감소 효과를 나타낸다 (Kim and Park., 2009). Kim and Park (2009)은 경험적 베이즈 (Empirical Bayes, EB) 방법론을 활용하여 교차로에 설치된 무인단속 장비에 대한 사고 감소 효과를 제시하였다. 무인단속 장비 설치 전·후 사고 감소 효과는 최소 3.89%, 최대 29.23% 범위 내인 것으로 분석되었다. 무인 교통단속장비의 설치와 그 존재는 운전자에게 주행행태를 변화시킨다 (Tavolinejad et al., 2021; Chung et al. 2023). Tavolinejad et al. (2021)은 이란 택시 운전자를 대상으로 주행 데이터를 수집하여 분석한 결과 고정식 과속 카메라 인근에서 속도 준수율이 높은 것으로 나타났다. 그러나, 카메라 인근 구간을 분석한 결과 감속한 후 다시 가속하는 캥거루 주행이 포착되었다. Chung et al. (2023)은 어린이 보호구역 내 단속카메라에 접근하는 차량들의 속도가 제어되는 사실을 기반으로 영향권을 분석하였으며, 상·하류부 단속카메라로 인한 속도 제어 효과가 존재하는 구간을 도출하였다. 기존 연구에서는 통계 기반 모형을 개발하여 교통 법규 위반이 사고 심각도에 영향을 미친다는 것을 규명하였다 (Lee et al., 2022). Lee et al. (2022)은 어린이 보호구역 내 사고 발생 요인 및 심각도 요인을 분석하기 위해 순서형 프로빗 모형과 지역 변수를 고려한 임의 효과(random effects) 순서형 프로빗 모형을 활용하였다. 분석 결과, 교통사고 심각도에는 야간, 주말, 인적 요인, 운전자 차종, 법규 위반 등으로 분석되었다. Cohn et al. (2020)은 도심부 내 신호 및 지시 위반으로 인한 교통사고 중 39%가 부상을 입는다고 하였다. 신호위반단속 카메라를 설치할 경우 신호 위반 운전자의 교통 법규 위반 행위를 억제할 수 있다고 하였으며, 전체 사상자를 감소시키는데 효과적임을 밝혔다. 기존 문헌에서는 교통법규 위반 행위는 교통사고에 미치는 영향이 크며, 무인단속장비를 설치할 경우 사고 감소 효과가 있음을 제시하였다. 그러나, 교통법규 무인단속 장비에 빈번하게 적발되는 상습 교통법규 위반자가 미치는 교통 안전에 대한 연구는 미흡하였다. 본 연구는 무인 교통단속 상습 적발자를 식별하고 사고 위험 특성에 대해 분석하고자 한다. 이를 위해 무인 교통단속 데이터와 교통사고 이력 데이터를 활용하여 운전자 특성으로 설정한다. 그 다음으로 데이터 정제 방법론을 활용하여 이상치를 상습 적발자로 분류하고 비지도학습(Unsupervised learning)을 통해 위험 수준을 분류한 후 사고 심각도 모형을 개발하였다. 비지도학습은 라벨(label)이 정해지지 않은 데이터를 학습하는 기계학습 방법론이다. 군집을 구성하는 요인으로 사고 처리 비용, 벌점 등을 활용하였다. 또한, 교통법규 위반 유형, 재위반 경과시간, 누적 단속 횟수 등과 같은 교통법규 위반 특성을 군집별로 분석하였다. 사고 심각도 분석은 통계적 방법을 활용하여 교통 사고 결과와 유의미한 관련성이 있는 요인과 그 관계를 파악하는 것을 의미한다. 교통사고 심각도 수준은 사망, 중상, 경상, 물피 사고 등으로 구분할 수 있으며, 순서가 정해져 있다. 순서형 종속 변수를 활용할 수 있는 프로빗 모형과 로짓 모형 등을 활용하여 사고 심각도 모형을 개발하고자 한다. 상습 적발자를 규정하기 위해 활용한 변수인 운전자의 일반적인 고유 특성, 교통법규 위반 특성을 활용하여 사고 심각도 모형을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 모형을 기반으로 사고 심각도에 기여하는 무인단속 상습 적발자의 특성 및 요인을 식별하고 평가하였다.

사사: 본 연구는 한국도로교통공단 연구용역인 무인단속 효과제고를 위한 상습 적발자 관리방안 연구의 지원으로 수행되었음

고속도로 톨게이트 구간에서의 영업소 기하구조 및 교통류 특성을 고려한 실시간 사고 예측 모델 개발

Development of a Real-Time Crash Prediction Model for Main-Line Toll Plazas based on traffic and infrastructure design characteristics

박동혁
(한양대학교 ERICA 교통물류공학과, 박사과정)

박준영
(한양대학교 ERICA 교통물류공학과/스마트시티공학과, 부교수)

박현진
(한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원)

고속도로는 운전자들이 통행 시간을 보장받기 위해 이동하는 교통 시설로 다수의 차량들이 고속 주행하는 환경이다. 이러한 고속도로에서 속도 변화는 교통사고 빈도와 심각도에 영향을 미치는 주요한 인자 중 하나이다 (Choudhary et al., 2018). 고속도로의 분·합류부, 차로 감소 구간 등은 용량을 감소시키며 병목 현상(bottleneck)으로 인해 속도 변화를 유발한다 (Munoz and Daganzo, 2002). 그 중 고속도로 본선형 영업소는 병목 현상을 유발하여 사고 발생에 영향을 준다. 고속도로 본선에서의 병목 현상으로 인한 교통 지·정체는 후미추돌 발생 가능성을 높인다 (Li et al., 2014). 대한민국 고속도로 영업소에서 요금을 징수하는 방식은 고속도로 통행료 수납시스템(TCS, Toll Collection System)과 하이패스(Hi-pass)로 구분할 수 있다. TCS는 차량이 요금소를 통과하면 통행권을 운전자에게 자동으로 발권하고 출구에서 통행료를 지불하는 방식이다. 하이패스는 고속도로를 진·출입하는 차량에게 무정차 방식으로 통행요금을 수납하는 특징이 있다. TCS는 요금 수납에 정차하는 서비스 시간이 필요하지만 하이패스는 서비스 시간이 불필요하다는 차이가 있다.

본선형 영업소는 100~110km/h에 해당하는 본선과 직접적으로 연결되어 있고 하이패스 차로의 제한속도는 30km/h이지만, 이러한 기하구조 특성은 고속도로에 병목현상을 유발할 수 있다. 본선형 영업소의 존재는 여전히 지·정체 현상을 유발할 수 있어 다차로 하이패스를 도입하였다. 제한 속도는 80km/h이며, 차로 폭이 고속도로 본선과 동일하여 주행하는 차량들이 감속하는 크기가 이전보다 개선되었다. 그럼에도 불구하고 본선형 영업소는 후미 추돌 사고의 위험이 존재하는 도로 시설물에 해당한다. 개방형 요금(ORT, Open Road Tolling)인 스마트톨링 서비스는 시범사업 중으로 전국 고속도로에 설치되지 않았으며, 다수의 영업소가 다차로 하이패스, 하이패스, TCS가 혼용된 Hybrid Main-Line Toll Plazas 형태이다.

본 연구는 본선형 영업소에서 발생한 후미추돌 사고를 대상으로 실시간 사고 예측 모델을 개발하고자 한다. 이를 위해 교통류 검지기 데이터와 사고 이력 데이터를 결합하였다. 또한, 속도 변화와 같이 교통류 변화를 나타내는 지표를 산출하였다. 다음으로 산출한 지표를 기반으로 머신러닝 기법을 활용한 실시간 사고 예측 모델을 개발하고 성능을 검증하였다.

기존에는 실시간 사고 예측 연구는 본선, 엇갈림 구간, 진출구간 등에 대해 수행되었으나, 본선형 영업소에 대해 다룬 사례를 미흡하다 (Wang et al., 2015; Wang et al., 2019; (Hossain et al., 2019). 따라서, 본 연구의 목적은 고속도로 본선형 영업소를 대상으로 실시간 사고 예측 모델을 개발하는 것이다.

실시간 사고 예측 모델 개발 연구는 크게 통계학적(Statistical approach) 접근방법과 인공지능(AI, Artificial Intelligence) 및 데이터 마이닝(Data mining) 접근방법으로 나뉜다 (Hossain et al., 2019). 통계학적인 접근방법으로는 Logistic regression, Bayesian Classifier 등이 있다 (Hossain et al., 2019; Theofilatos et al., 2019; Sun etl al., 2014). 통계학적인 접근방법은 사고 예측에 미치는 영향 요인에 대한 해석력이 뛰어나지만 예측 성능이 떨어진다는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 인공지능 기법을 적용한 연구가 다수 수행되었다. 인공지능 및 데이터 마이닝 접근방법으로는 Neural network, Bayesian network, Classification tree, Genetic algorithm, Heuristic method 등이 있다 (Hossain et al., 2019; Sun et al., 2014; Cai et al., Yang et al, 2024).

본 연구에서는 본선형 영업소에서 발생한 후미추돌 사고를 대상으로 실시간 사고 예측 모델을 개발하였다. 교통류의 변화를 지표로 산출하기 위해 상·하류부 간의 교통류 변화와 시간 흐름에 따른 교통류 변화를 고려하였다. 실시간 사고 예측 모델로는 SVM(Support Vector Machine), Boosting, Neural Network 등 다양한 머신러닝 기법들을 활용하고 최적화를 수행하였다. 그 다음으로 예측 성능을 기반으로 최적 모델을 선정하였다. Black-box와 같이 모델 작동 구조를 파악하기 어려운 머신러닝 기법의 한계를 극복하고 주요한 사고 영향요인을 파악하기 위해 설명 가능한 인공지능(XAI, Explainable Artificial Intelligence) 기법인 SHAP(Shapley Additive Explanations)을 활용하였다.

사사: This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT). (No. 2022R1A2C1093424)

Random Parameter Multivariate Tobit Model을 활용한 상업용 차량 사고율에 영향을 미치는 요인 분석

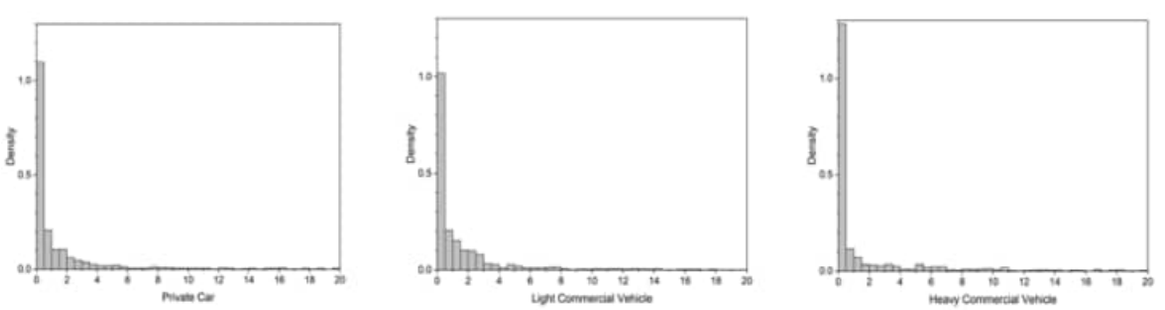
Analyzing Factors Affecting Commercial Vehicle Crash Rates
Using a Random Parameter Multivariate Tobit Model

박휘빈 (경기대학교, 석사과정)
김정화 (경기대학교, 교수)
Chen TianTian (한국과학기술원, 교수)

본 연구는 홍콩에서 상용차 비율이 교통사고율에 미치는 영향을 분석하고, 특히 도로 특성 및 시간대가 사고 발생에 어떤 역할을 하는지에 대해 분석을 진행하였다. 2015년부터 2017년까지의 데이터를 사용하여, 상용차 유형에 따라 사고 발생률이 어떻게 달라지는지를 분석하였다. 분석 대상에는 대중 버스, 택시, 경형, 중형, 대형 화물차가 포함되며, 도로 기하학적 특성, 교통 제어, 시간대 등의 변수들을 고려하였으며, 이를 통해 각 변수들이 교통사고 발생에 어떤 영향을 미치는지 평가하였다.

도로 구간별 교통사고율을 종속변수로 설정하였으며, 이는 각 도로 구간에서 차량 종류에 따라 사고가 발생하는 빈도를 나타낸다. 독립변수로는 도로의 기하구조(예: 차선 수, 도로 폭), 교통 제어(예: AADT, 일방통행 여부), 시간대와 같은 요인들이 포함되었다. 이러한 변수를 바탕으로, 각 요인이 차종별 교통사고율에 미치는 영향을 분석하기 위해 Random Parameter Multivariate Tobit Model을 사용하였다. 기존의 고정 매개변수 모형과는 달리, 무작위 매개변수는 설명 변수가 모든 도로 구간에서 동일한 영향을 미치는 것이 아니라, 구간에 따라 그 영향이 다르게 나타날 수 있도록 설계되었다. 각 도로 구간마다 다른 특성(예: 교차로 밀도, 도로 폭 등)이 사고율에 미치는 영향을 더욱 정교하고 현실적으로 분석할 수 있다. 분석을 위해 시뮬레이션 기반으로 Maximum Likelihood Estimation(최대우도추정법)을 사용하여 매개변수를 추정하였다. 신뢰성 있는 매개변수 추정을 위해 Halton Draws를 사용하여 500개의 난수를 생성하였다.

분석 결과, 상업용 차량의 유형이 사고율에 각기 다른 영향을 주었다는 것을 확인하였다. 예를 들어, 도로 폭이나 차선 수가 증가할수록 승용차와 경형 상용차의 사고율은 감소한 반면, 대형 상용차의 사고율은 증가하는 경향을 보였다. 또한 차종별 사고율을 시간대별로 분석한 결과, 특정 시간대에 따라 사고 발생 빈도가 차이가 나는 것을 확인하였다. 예를 들어, 승용차는 저녁 7시에서 11시 사이에 사고율이 높았으며, 이는 퇴근 시간과 맞물려 운전자들의 주의력이 낮아지기 때문으로 분석된다. 하지만, 경형 상용차는 오전 7시에서 11시 사이에 사고율이 높았으며, 대형 상용차는 오후 3시에서 7시 사이에 사고율이 증가하는 경향이 있었으며, 이는 상용차 운전자들의 피로와 관련이 있는 것으로 추정된다. 이러한 분석 결과는 차량 유형별로 맞춤형 교통 안전 대책이 필요하며, 도로 설계에서 상용차의 비율을 고려한 관리가 중요하다는 것을 상기시킨다. 따라서 향후에는 각 차량 유형별로 다른 교통 관리 및 도로 설계 전략이 필요하며, 이러한 맞춤형 접근 방식이 교통사고 감소에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.



직진·우회전 공용차로 교차로 내 후행보행시간 적용에 관한 연구

Development of Post-Walking Time in Intersection of Public for Straight and Right Turn

오민석
(한국도로교통공단, 연구원)

윤일수
(아주대학교 교통시스템공학과, 교수)

채희철
(롯데이노베이트, 책임)

보행자 안전 강화 대책으로 도로교통법상 우회전 일시정지가 도입된 이후 운전자의 안전에 대한 주의 환기는 점진적으로 늘어나고 있는 것으로 판단되나, 이에 따른 교통체계의 혼선 또한 지속적으로 발생하고 있다. 대표적으로 우회전 일시정지에 따른 직진 차량의 통행지체가 증가하였다. 특히 직진차로와 우회전차로가 공용인 차로이자 직진좌회전 신호가 동시 발현되는 교차로에서 우회전 일시정지로 인한 교통체계 상 문제가 가속화 되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 보행전시간을 현시시간 내 길게 부여하는 후행보행시간 개념을 적용하여 실제 현장에서 우회전 대기차량 수와 대기시간이 감소하는지에 대한 효과분석을 중점으로 수행하였다.

연구 수행을 위해 직진·우회전 공용차로가 존재하고 직진·좌회전 동시신호가 발현되는 교차로 중 편도1차로, 편도2차로로 운영되는 경기도 광주시 및 용인시 내 교차로 2개소를 선정하였다. 해당 교차로 내 위치한 횡단보도 방향별 현시 및 교통량을 고려하여 운전자 및 보행자의 혼선이 발생하지 않는 선에서 후행보행신호시간을 최소 6초·최대 15초 적용하였다.

관측된 결과값을 정량적으로 비교분석 한 결과, 우회전 대기차량 수의 경우 광주시교차로는 294대에서 134대로 전체 대비 10.9%로 약 54.4% 이상 감소하였고 용인시교차로는 273대에서 141대로 전체 대비 10.2%로 약 48.3%로 감소하였다. 우회전 대기시간은 광주시교차로가 현시대비 33.2%로에서 10.6%로로 감소하는 효과를 보였고 용인시교차로는 22.7%에서 10.2%로 감소하는 결과를 보였다. 다만, 일부 횡단보도 지점에서 후행보행시간 적용에도 불구하고 대기시간이 소폭 증가하는 결과를 보였는데 이는 횡단보도 발현 시간 내 무작위로 교차로에 접근하는 우회전 차량 분포에 따른 것으로 확인되었다.

후행보행시간 적용 전후에 대한 통계분석을 위해 T-검정분석을 채택하였고 분석결과 우회전 대기차량 수 및 우회전 대기시간 모두 후행보행시간 적용에 따른 효과성에 대해 상관관계가 있고 유의미한 것으로 나타났다. 또한 후행보행시간 적용 자체에 대한 유의미 비교를 위해 횡단보도 간 독립표본 분석 결과 또한 적용이 유의미한 것으로 나타났다.

다만 해당 연구는 우회전 차량의 무작위 발현이 고려되지 않은 점, 후행보행시간 적용에 따른 보행자 인지부조화에 따른 보행안전성이 미검토된 점, 교차로 상황 및 유형에 대해 일반화가 되지 않은 점이 향후 후행보행신호와 관련된 연구 과제에서 이루어져야 할 것으로 판단된다.

중고등학생 교통사고에 미치는 도로 환경 및 교통안전시설에 관한 연구

Study on the Impact of Road Environment and Traffic Safety Facilities on Traffic Accident Involving Middle and High School Student

이상범	안세영	이재덕	장일준
(가천대학교 도시계획학과 교통학전공)	(가천대학교, 연구교수)	(가천대학교, 연구교수)	(가천대학교, 교수)

최근 초등학교와 유치원 등 어린이 이용시설에 대한 어린이 보호구역 적용의 확대 및 어린이 교통안전 정책으로 어린이 교통사고 위험으로부터의 보호 수준이 높아지고 있다. 그러나 중학교와 고등학교의 경우 「도로교통법」상 어린이 보호구역의 지정 대상에서 제외되어 중·고등학생은 통학 중 교통사고의 위험으로부터 보호받지 못하고 있다. 특히 최근 전동킥보드 및 전기자전거에 대한 대여 사업의 확대로 중·고등학생의 교통사고 위험은 높아지고 있어 이에 대한 개선이 필요하다. 본 연구에서는 서울시 중·고등학생의 교통사고 중 통학 중 발생한 사고를 조사하여 중·고등학생의 교통사고 특성에 따라 사고 발생 지점을 유형화하고 사고다발지역에 대한 현장조사를 통해 도로 환경별 중·고등학생 사고 원인에 대해 분석하였다.

본 연구결과는 향후 중·고등학생 통학로 안전시설 설치 등 도로 환경 개선 대책에 참고자료로 활용될 것으로 기대된다.

공유교통

Session

A-6

실증적 전동킥보드 속도제어 실험:제한속도 하향의 효과와 공간적 특성 재발견
권현지, 김나연, 주신혜, 강희찬, 송태진

공유형 전동 킥보드 이용 행태 분석 : 지역별, 성별, 시간대별 이용거리를 중심으로
김영국

Cross-classified Multilevel 모형을 활용한 서울시 공공자전거 심야 시간대 개별 통행거리와 이용시간 영향요인 분석
박종한, 장승화, 김새힘, 김태우, 고준호

배달대행 서비스 초소형전기차 대여 플랫폼 경제적 타당성에 관한 연구
송인회, 김응석

공간 단위 수정가능성 문제 최소화를 위한 최적 공간분할 및 단위에 관한 연구
오다인, 김현명, 김의진

공유 전동킥보드 서비스의 이용행태 분석 – 세종시를 중심으로
이희준, 박호철

실증적 전동킥보드 속도제어 실험: 제한속도 하향의 효과와 공간적 특성 재발견

Experiments on Speed Control of E-scooters:
Rediscovering the Effects and Spatial Characteristics of Speed Limits

권현지	김나연	주신혜	강희찬	송태진
(충북대학교 석사과정)	(충북대학교 석박사통합과정)	(한국교통안전공단, 책임연구원)	(한국교통안전공단, 연구위원)	(충북대학교, 부교수)

Personal Mobility(이하 PM, 전동킥보드)의 이용률이 급증함에 따라 교통사고 증가로 인한 안전성 문제가 지속적으로 제기되고 있다. 국내 전동킥보드 가해 사고는 2021년 1,735건에서 2022년 2,386건으로 약 37.5% 증가하였다. 이는 PM 이용자뿐만 아니라 모든 도로 이용자에게도 중요한 공중보건 문제로, 주행 시 발생하는 위험 상황을 파악하는 것이 필수적이다. PM 속도에 대해서는 다양한 논의가 이어지고 있다. 일부에서는 속도제한이 안전관리에 필수적이라는 의견이 있는 반면, 다른 측면에서는 주행속도가 위험을 유발하는 주요 요인이 아니라고 보는 견해도 존재한다. 전동킥보드의 위험주행이 높은 속도로 발생할 가능성이 있더라도, 모든 구간에 동일한 제한속도를 적용하는 것은 적합하지 않을 수 있어 구간별로 특성과 환경에 맞춘 유연한 속도제한 정책이 필요하다. 전동킥보드가 새로운 교통수단으로 자리 잡기 위해서는 이 문제를 해결하는 것이 필수적이다. 본 연구는 빔모빌리티의 GPS 데이터를 활용하여 전동킥보드 주행속도에 따른 위험주행 변화를 분석하고, 속도제어가 필요한 구간과 그 공간적 특성을 도출하였다. 본 연구는 기존 연구와는 달리 PM 업체 중 하나인 빔모빌리티의 초 단위 주행 GPS 데이터를 활용하였으며, 실증적인 속도제어 실험을 통하여 속도에 따른 위험주행 변화를 분석하였다. 연구의 공간적 범위는 서울시 강남구, 송파구, 마포구, 성동구 및 광진구 일부이며, 시간적 범위는 실험 전 2023년 10월 15일~2023년 11월 4일(3주), 실험 시 2023년 12월 18일~2023년 12월 20일(3일)이다.

핫스팟 분석 결과, PM 위험주행·교통사고 Hotspot은 홍대입구역 일대, 뚝섬역~광나루역 일대, 강남구 일대, 은마아파트 일대, 석촌호수 일대로 도출되었다. 이 구간들의 지역 특성을 고려하며, 특성이 중복되지 않도록 빔모빌리티와의 협의를 통해 최종 속도제어 실험구간을 선정하였다. 주거시설 및 학원 밀집 지역인 은마아파트 일대(실험구간 A), 지하철역 일대인 뚝섬역~광나루역(실험구간 B), 상업시설이 밀집된 대학가 홍대입구역(실험구간 C)의 세 구간이다. 실험 후 속도제어 효과분석 결과, 세 실험구간은 제어한 속도별로 모두 상이한 위험주행 변화를 보였다. 이는 하나의 지자체 내에서도 속도제어 전략을 다양하게 적용할 필요가 있음을 시사한다. 또한, 오히려 속도를 낮출수록 속도의 편차가 증가하였으며, 이는 낮은 속도일수록 이용자가 일정한 속도를 유지하기 어렵고 도로 조건 등에 민감하게 반응한다는 것을 시사한다. 따라서, 속도를 무작정 낮추기보다는 지역별로 속도의 일관성을 유지할 수 있는 최적의 속도로 설정하는 것이 중요하다. 속도제어가 필요한 지역을 격자 단위로 도출한 후, 해당 지역의 공간적 특성을 확인하였다. 인구특성, 도로특성, 교통시설특성으로 구분하여 분석한 결과, 인구밀도가 높거나 도로 폭이 넓은 곳일수록 속도제어가 필요하다고 도출되었다. 결론적으로, 실험구간 A와 C에서 속도제어가 필요한 구간은 20km/h, 실험구간 B에서는 15km/h의 제한속도가 적합하다. 같은 지자체 안에서도 근거 없고 일괄적인 제한속도의 설정이 아닌 인구밀도가 높고 도로 폭이 넓은 공간에 속도를 제어하여야 한다. 본 연구는 실제 주행데이터를 활용한 실증적 분석을 통해 속도제어의 효과와 그에 따른 공간적 특성을 밝혀냈으며, 이를 통해 증거 기반의 안전 정책 수립에 기여할 수 있다는 점에서 의의가 있다.

공유형 전동 킥보드 이용 행태 분석: 지역별, 성별, 시간대별 이용거리를 중심으로

Analyzing shared e-scooter usage behavior: focusing on mileage by region, gender, and time of day

김영국

(한국교통연구원, 연구위원)

본 연구는 공유형 전동 킥보드의 이용 거리를 지역별, 성별, 시간대별로 분석하여 그 차이를 규명하는 데 목적이 있다. 공유형 전동 킥보드는 최근 도시 내 단거리 이동 수단으로 급격히 확산되고 있으며, 이에 따른 이용 패턴 분석은 도시 교통 정책 및 인프라 개선을 위한 중요한 자료를 제공할 수 있다. 본 연구에서는 대여 거리의 분포와 평균을 성별, 지역별, 시간대별로 나누어 다각적인 관점에서 분석하였다.

먼저 성별에 따른 분석 결과, 남성 사용자의 평균 대여 거리는 800m, 여성 사용자의 평균 대여 거리는 711.58m로 나타났다. 분산분석 결과 남성의 주행거리가 여성보다 통계적으로 유의하게 더 길게 나타났다. 성별에 따른 대여 거리 차이가 존재하여 이는 더 짧은 거리를 이동할때 여성이 전동화된 이동기기를 선호함을 시사한다.

시간대별 분석에서 모든 시간대에 남성이 여성보다 평균 이동거리가 더 길게 나타났다. 또한 0시부터 5시까지 남성과 여성 모두 대여 거리가 비교적 긴 경향을 보였다. 이후 시간대에는 대체로 감소하는 양상을 나타냈다. 시간대별 이동거리 편차는 야간시간에는 대중교통이 서비스되지 않아 사용자들의 이동거리가 대체로 길어지는 경향을 나타낸다. 특히 시 경계 지역에서 대중교통 이용 불가 시간대에 PM 이용행태를 공간적으로 분석하여 좀 더 정밀하게 분석할 필요가 있다.

지역별 분석에서는 송파구가 평균 1012.5m로 가장 긴 대여 거리를 기록하였으며, 동작구는 708.8m로 가장 짧은 대여 거리를 보였다. ANOVA 분석 결과, 지역별 대여 거리 차이에 대한 통계적 유의성이 확인되었다(F-값: 593.1120, p-값: 0.0000). 이는 지역별로 공유형 전동 킥보드 이용 패턴이 뚜렷하게 다르다는 것을 의미하며, 각 지역의 교통 환경이나 인프라 차이가 그 원인일 가능성이 높다. 지역별 이용거리 차이는 추가 자료를 보강하여 분석할 필요가 있다.

이 연구는 공유형 전동 킥보드의 효율적인 운영 및 인프라 구축을 위한 기초자료로 활용될 수 있으며, 성별 및 지역별 특성을 고려한 맞춤형 정책 수립에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Cross-classified Multilevel 모형을 활용한 서울시 공공자전거 심야 시간대 개별 통행거리와 이용시간 영향요인 분석

Analysis of Seoul Public Bike Trip Distance and Duration during Night Times by Applying Cross-classified Multilevel Models

박종한	장승화	김새힘	김태우	고준호
(한양대학교 도시대학원, 박사후연구원)	(한양대학교 도시대학원, 박사수료)	(한양대학교 도시대학원, 박사후연구원)	(한양대학교 도시대학원, 석사과정)	(한양대학교 도시대학원, 교수)

본 연구는 서울시 공공자전거 심야시간대 이용자의 통행행태에 영향을 미치는 요인을 조사하는 것을 목표로 하였다. 이를 위해 2021년 10월 주중 11일(주중 강수일 제외)동안 수집한 심야시간대 공공자전거 10,313건을 분석하였다. 연구팀은 이용자의 정확한 주행 특성을 식별하기 위해 GPS 기반의 자전거 주행궤적 데이터를 이용하여 네트워크에 일치시키는 맵 매칭 과정을 수행하였다. 이용자의 반복적인 대여와 다수의 대여소를 중복적으로 이용하는 공공자전거의 특징을 고려하기 위해 cross-classified multilevel model (CCMM)을 이용하여 공공자전거 이용자의 통행거리와 이용시간을 분석하였다. 그 결과 대여소와 회원 간의 이질성이 심야시간대 통행거리와 이용시간에 약 44%~52%의 임의적 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 심야시간대 공공자전거 이용자는 자전거전용도로와 자전거·보행자 겸용도로(분리)와 같은 자전거도로와 녹지 경로에서 통행거리와 이용시간에 긍정적인 관련이 있음을 발견하였다. 또한 따릉이 이용자 중 20·30대의 젊은 사람들은 자전거를 보다 길게 타는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 교통계획가와 정책입안자가 심야시간대 공공자전거 이용자의 통행행태에 대한 이해를 높여 한정된 예산에서 이용자 맞춤형 정책 및 운영전략을 수립하는 데 도움이 되기를 기대한다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
(No. NRF-2023R1A2C1006086, 자전거 주행궤적 빅데이터를 활용한 자전거 통행수요 예측 모델 개발)

배달대행 서비스 초소형전기차 대여 플랫폼 경제적 타당성에 관한 연구

research on economic feasibility of micro electric vehicle rental platform for delivery service

송인회
주식회사 마이브, 기술본부 이사)

김응석
(주식회사 마이브, 영업본부 이사)

2019년 우정사업본부는 택배용 이륜차 15,000 여대중 10,000대를 초소형 전기차로 대체하는 시범 사업을 추진하고 있다. 매년 이어지고 있는 운행 중의 사고를 최소화하고 악천후에도 안전하게 배송이 가능한 초소형 전기차로 교체하는 사업이며, 이는 국가 물류체계에서의 운송 수단의 전면적인 개편 사례로 세계적인 주목을 끌고 있다. 초소형전기차는 이륜차를 대체하는 이동수단으로써 배달 및 근거리 서비스용으로 보다 안전하고 편안한 교통환경을 제공할 수 있어 교통환경 오염을 방지하기 위한 교통수단으로 각광받고 있다. 하지만 1회 완충 시 평균 100Km 정도만 주행할 수 있고, 충전 시간 등의 제약과 차량의 가격 경쟁력이 다소 떨어져 배달용으로 구매에는 적지 않은 부담이 있다. 이에 배달 대행 기사에게 공급하는 차량 임대 플랫폼의 경제적 타당성을 연구하고, 공급자와 수요자의 적절한 임대 플랫폼의 가격 제안을 연구하여 타당성을 제안하고자 한다.

코로나19를 통해 배달대행 서비스는 많은 변화와 질적으로, 양적으로 발달했다. 야식 메뉴를 중심으로 일부 요식업에서만 사용되던 배달대행 서비스는 다양한 음식 뿐만 아니라 식자재, 문구, 생활용품과 기타 심부름 서비스 까지 확대되었다.

배달대행서비스는 실증을 통해 확인된 결과 식사시간을 중심으로 Pick-Time이 형성된다. 점심시간과 저녁시간 이후에 집중되는 패턴을 보이고 있다. 반면 점심시간 이후에는 자연스럽게 휴식시간이 형성된다.

배달대행서비스의 대표 이동수단인 이륜차는 약 95% 이상 사용하고 있고, 이에 대하여 초소형전기차와의 수익 및 유지관리비용에 대한 비교를 진행하였다. 그 결과 일일 수익에는 큰 변화가 없지만 월간, 연간 수익에서는 차이가 발생된다. 이는 날씨와 도로 환경에 제약이 비교적 심한 이륜차의 운휴율이 높기 때문이고, 실제 실증을 통해 확인한 결과 이륜차보다 초소형전기차의 피로도가 적기 때문에 근무시간에 차이가 발생되는 것으로 확인되었다. 유지비용도 적지 않은 차이가 발생된 것으로 보여졌다. 이는 구동 에너지 수집 비용 즉, 연료비에서의 차이 보다 유지관리 비용에서 차이가 발생된다.

이륜차의 배달대행 공유 서비스 상품은 존재 한다. 월간 임대료 약 40에서 50만원 수준으로 이용이 가능하다. 초소형전기차 공유 서비스의 많지 않은 지표 중 하나다. 공장 출고가 기준 약 1500만원에서 많게는 2000만원이 넘는 초소형전기차를 구매하여 배달대행 기사를 수행하기엔 부담이 많다. 저렴하고 안전한 교통수단 제공이 필요하다. 이에 이륜차에 비해 많은 비용을 지불하기에는 부담이 많다.

배달기사의 수익구조 분석을 진행하였다. 건당 3천원에서 많게는 8천원까지 되는 배달 수수료로 한시간에 5건에서 많게는 10건을 수행한다. 시간당 수익을 고려한 상품개발이 필요하다.

시간권, 일일권, 주간권, 월간건으로 구분하여 상품을 개발하였다. 이 때 이용권의 이용료는 이륜차와 동일한 수준으로 서비스 운영사의 수익이 보장되는 범위로 한정하여 대여 상품을 개발하였다. 운영사 수익률 30%로 월간 50만원 상품 기준 주간권과 일일권, 시간권을 개발하였다.

이 상품의 검증을 위해 배달 기사를 대상으로 상품에 대한 설문을 진행하였다. 아직 초소형전기차에 대한 의식과 이륜차 대비 기동성이 떨어진다는 우려로 상품에 대한 의사는 적지만 합리적인 가격인 것은 확인 되었다.

초소형전기차의 보급확산은 단순한 대기 환경 오염 예방차원이 아니라 배달 이륜차의 교통환경오염과 사고 위험, 주변 교통수단의 불안감등을 해소 할 수 있다. 실 예로 이륜차를 대신해 초소형전기차로 배달대행을 수행하는 실증 업체 의견으로 고객 항의가 매우 감소되었고, 교통사고 발생율과 사고 경중 또한 현저하가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

본 연구를 확장하여 플랫폼화 서비스를 연구중에 있다. 예를 들어 마트 배송 App.과 연동한 서비스를 제공하는 플랫폼 개발을 진행중에 있으며, 확장한 다양한 근거리 서비스로 확장 개발할 예정이다. 이는 e-모빌리티 산업의 발전을 견인할 B2B 중심의 딜리버리에 적합한 초소형 전기차의 배터리 문제를 극복할 수 있는 구체적인 해법을 제시하고 실증을 통해 효율성을 입증하는 과정을 진행할 것이다.

사사: 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 '초소형전기차 기반 배달 및 근거리 서비스 실증(P0022021)' 사업의 재원을 지원받아 수행된 연구결과임.

공간 단위 수정가능성 문제 최소화를 위한 최적 공간분할 및 단위에 관한 연구

A Study on the Optimal Space Division and Unit for the Minimization of Modifiable areal unit problem

오다인
(아주대학교 D.N.A.플러스융합학과, 석사과정)

김현명
(명지대학교 교통공학과, 교수)

김의진
(아주대학교 교통시스템공학과, 조교수)

1. 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. 그런 과정에서 공간 단위(지역 구역) 설정에 따라 인과적 영향 추론 및 회귀 분석 모델링 결과에 차이를 보이는데, MAUP(Modifiable Areal Unit Problem)라고 한다. 이는 구역 분할방법과 공간적 규모에 따른 정보 손실 수준의 차이로 발생하게 된다. 따라서 공간분할 방법과 단위(해상도)에 따라 성능이 어떻고, 그에 대한 각 변수의 영향은 어떻게 달라지는지를 이해함으로써 최적의 수요 분석을 위한 공간적 분할방법 및 단위, 변수 조합을 도출할 수 있다. 본 연구에서는 DRT 도입 전후의 대중교통 이용량을 비교하고, 사회경제적 요인 및 대중교통 접근성이 미치는 영향을 분석하여 DRT 도입이 큰 효과를 미칠 잠재적 지역을 식별한다. 회귀분석을 통해 사회인구통계적 요인 및 건축 환경 요인이 DRT 이용 발생률 및 대중교통 수요 증가에 미치는 영향 분석을 하고자 한다. 연구 결과는 MAUP를 최소화하고 분석결과의 민감도를 통해 분석 목적에 따른 적절한 공간 분할방법과 단위의 선정 기준을 도출한다.

2. 자료 및 실험설계

DRT 승차량과 버스 승차량의 변화를 확인하기 위해 다양한 데이터 소스가 통합되었다. 이러한 데이터는 포인트 수준의 데이터로 변환되어 다양한 공간 단위에서 인구, 사회경제학적 요인, 구축 환경, 버스 접근성, 토지 이용 등을 추출하는 데 사용되었다. 공간 단위(행정동 또는 클러스터 등)의 영향을 조사하기 위해 3개의 구역 시스템과 3개의 공간 해상도를 분석한다. '행정동'은 연구 대상지의 9개 지역을 대표하는 기존 행정 경계를 나타낸다. '헥사곤'은 육각형 격자를 사용하여 한 지역을 주어진 수의 구역으로 나누는 격자 기반 구역 시스템이다. 3개의 격자 규모로 반경 500m, 750m, 1000m의 격자를 비교하여 규모 효과를 분석한다. '클러스터'는 주거 지역의 분포를 기반으로 제안된 지리적 군집성을 나타낸다. K-means 군집에 대한 매개변수인 클러스터 수 K는 공간단위에 따른 규모 효과를 평가하기 위해서 2가지(500, 125)로 설정했다. DRT 서비스는 접근성 향상으로 통행의 일반화 비용을 절감할 수 있지만 앱을 통해 예약해야 하는 번거로움과 예상치 못한 대기 시간으로 인해 고정노선 대중교통보다 항상 선호되는 것은 아니다. 통행 수요는 다양한 위치에서 활동에 참여할 인구의 필요성에서 비롯된다. 구축된 환경과 인구, 사회경제학적 요인은 일반적으로 특정 공간 단위(행정동 구역)에서 집계된 통행 수요를 모델링하는데 사용된다. 행정동, 육각형 및 클러스터 등 다양한 공간 단위에서 DRT 채택이 버스 통행 및 대중교통 통행에 미치는 영향을 평가한다.

3. 연구결과 및 결론

종속 변수인 DRT 승차량, 버스 승차량에 대한 인구 사회학적 및 구축 환경 요인의 영향을 조사하기 위해 각각 선형 회귀 모델이 추정된다. 편향된 분포를 정규화하기 위해 상대적 DRT 승차량, 상대적 버스 승차량에 대한 로그 변환을 사용하여 정규 분포에 더 가깝다. 대부분의 공간 단위에서 버스 승객수가 감소한 구역의 비율이 높고, DRT 승객수는 전반적으로 증가하는 경향을 보였다. DRT의 도입으로 인해 총 대중교통 승객수는 일부 공간 단위에서 증가했다. 결론적으로, DRT의 도입은 일부 지역에서 버스 승객수 감소를 초래했지만, 전체 대중교통 승객수의 경우 증가했다.

인구 밀도는 낮을수록 대중교통 수요가 증가하고, 고령자 비율은 높을수록 DRT 및 대중교통 수요 증가가 적었다. 클러스터(k=500)이 Adjusted R2 값이 0.303으로 다른 단위들에 비해 DRT 승차량에 대한 설명력이 가장 높았다. 대중교통 이용률과 노인 비율은 대부분의 시스템에서 DRT 승차량에 유의미한 영향을 미치며, 버스 정류장 밀도는 Hexagon 시스템에서만 유의미하게 작용했다. 주요교통시설까지의 거리는 모든 시스템에서 유의미한 영향을 보이며, 거리가 멀수록 DRT 승차량이 증가하는 경향을 보였다. 연구를 통해 세밀한 공간단위 분석이 DRT 도입의 영향을 보다 정확하게 평가했다는 것을 확인할 수 있었다.

사사: 스튜디오G

공유 전동킥보드 서비스의 이용행태 분석 - 세종시를 중심으로

Analysis of Usage Behavior of Shared E-Scooters Services
A Case Study of Sejong

이희준
(명지대학교 교통공학과, 석사과정)

박호철
(명지대학교 교통공학과, 부교수)

공유 전동킥보드의 서비스는 도입 이후 도시 교통 시스템의 주요 Personal Mobility 대안 중 하나로 계속해서 이용량이 증가하여, 현재 도시 내 단거리 이동에 중요한 역할을 담당하고 있다. 국내 현황으로 공유전동킥보드 서비스를 운영 중인 빔(beam) 모빌리티의 자사 전동 킥보드의 이용량이 2022년 대비 2023년 약 67% 이상 증가한 것으로 나타났다. 또한 빔 모빌리티의 2023년 결산 리포트에 따르면 대중교통 접근성이 상대적으로 제한적인 지방 및 수도권을 중심으로 전동킥보드의 이용량이 크게 증가하였다. 주요 공유 전동킥보드의 서비스 이용시간은 출퇴근 시간으로 분석되어 공유 전동킥보드가 대중교통의 접근성을 향상시킴으로써 출퇴근 시간 First and Last Mile 통행의 중요한 수단으로써 역할을 하고 있음을 알 수 있다.

공유 전동킥보드의 도입과 함께 교통분야에서는 공유전동킥보드에 관련한 연구가 계속해서 진행되고 있는데 주로 사회경제지표와 공유전동킥보드와의 통행 특성을 매칭하여 어떤 특성이 공유전동킥보드의 이용에 영향을 미치는 요인인지 분석하는 연구가 활발히 진행되었다. 하지만 주요 연구의 분석 대상지역이 서울시로 한정되어 있어 대도심을 제외한 지방지역의 공유전동킥보드의 이용행태에 대한 분석은 저조한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 세종시의 공유 전동킥보드 데이터와 세종시 통계연보를 통해 구득한 세종시 지역별 사회경제지표를 매칭하여 세종시의 공유 전동킥보드 이용에 영향을 미치는 사회경제지표 요인을 분석하고자 하였다.

공유전동킥보드 데이터는 출발·도착을 분석할 수 있는 좌표데이터의 형태로써 세종시 지역별 사회경제지표에 매칭하기 위해 행정동 단위의 정보를 QGIS를 통해 매칭하였다. 전처리된 데이터를 바탕으로 pearson 상관계수 분석을 통해 통행거리별·시간대별 공유 전동킥보드 이용에 영향을 미치는 사회경제지표를 도착지와 출발지로 각각 구분하여 분석하였다.

분석결과 공유 전동킥보드의 통행거리에 유의한 영향을 미치는 사회경제지표 요인으로는 공통적으로 버스정류장·학교·평균연령·주거지역·3차산업 등으로 나타났다. (0~500)m, (500~1000)m 구간에서는 버스정류장의 수와 학교용지의 변수가 공유전동킥보드 이용과 반비례 관계를 나타내 버스정류장수와 학교용지의 면적이 많을수록 공유전동킥보드의 단거리 통행에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 1000m 이상의 장거리 이동에서는 평균연령이 서비스이용에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 평균연령이 높을수록 공유전동 킥보드의 이동거리가 짧아짐을 예상할 수 있다. 공유전동킥보드의 이용 시간대별 분석결과 첨두시간에는 학교와 버스정류장의 요인이 주요한 영향 변수로써 첨두시간에는 등하교 통행 및 First and Last Mile통행에 공유 전동킥보드가 이용되고 있는 것으로 분석된다. 비첨두시간에는 상업지역과 10대 인구수의 변수가 공유 전동킥보드 이용에 높은 상관성을 보이고 있어 비첨두시간에는 주로 여가통행을 위한 목적으로 공유전동킥보드가 이용되고 있는 것을 알 수 있다.

본 연구의 한계점으로는 구득한 데이터의 공유전동킥보드 서비스 지역이 주로 세종시의 주거지역으로 한정되어 있어, 세종시의 전반적인 지역 특성을 반영하지 못하는 한계점이 존재한다. 추후 데이터가 보완된다면 세종시의 전 지역을 대상으로 행정동 단위의 분석과 함께 그리드 단위로 세분화하여 공유 전동킥보드의 이용에 영향을 미치는 요인을 파악하고자 한다.

Session B

ITS(Ⅲ)

Session B-1

스마트크루즈컨트롤 기반 운전모드의 연료절감 효과에 대한 실증적 연구
김은진, 박기현, 고수빈, 홍정열, 황호현, 유수재, 전우빈

루프 기반 경로 최적화의 계산 가속화를 위한 선형화 방법
김창영, 김근우, 장인권

전기회로와 도로교통 간의 유사성을 활용한 루프 기반 최단 경로 탐색법의 후처리 방안
박상훈, 김근우, 장인권

IoT 기반 공기오염원 측정 센서를 이용한 차량 내부 공기질 개선 및 실시간 모니터링 시스템 설계
염지환, 원희찬, 한정우, 이건희, 이학승, 국중진

해외 ITS 사업 및 ITS 수출 지원을 위한 표준 요구사항 분석
최지은, 김민영, 주정은

스마트크루즈컨트롤 기반 운전모드의 연료절감 효과에 대한 실증적 연구

An Empirical Study on the Fuel-Saving Effects of Smart Cruise Control-Based Driving Modes

김은진	박기현	고수빈	홍정열	황호현	유수재	전우빈
(계명대학교 학석사과정)	(계명대학교 학석사과정)	(계명대학교 석사과정)	(계명대학교 교통공학과, 교수)	(한국교통안전공단, 차장)	(한국교통안전공단, 처장)	(한국교통안전공단, 연구원)

2021년 기준, 대한민국은 세계에서 10위권 내의 온실가스 배출국으로, 그중 수송 부문이 주요한 배출 원인 중 하나로 지목되고 있다. 이러한 온실가스 배출량을 줄이기 위하여 다양한 대안 중 경제성 및 실천 용이성 측면에서 우수한 '경제운전(Eco Drive)'이 주목을 받고 있다. 이는 운전자의 부적절한 운전 습관이 불필요한 연료 소비를 초래하고 이는 온실가스 배출량을 증가시키는 원인으로 작용하기 때문이다. 본 연구는 스마트 크루즈 컨트롤 모드가 연료 소비 및 배기가스 배출에 미치는 영향을 분석하고, 이를 통해 경제운전의 연료 절감 효과를 평가하고자 한다. 시나리오별 스마트 크루즈 컨트롤 모드 주행 데이터를 수집하여 연료 소비량을 분석하고, 배기가스 배출량 감소 여부를 정량적으로 검증한다. 또한, 한국교통안전공단에서 진행 중인 경제운전 체험교육에 참여한 운전자들을 대상으로 스마트 크루즈 컨트롤에 대한 인식 조사를 통해 현재의 인식을 파악하고, 운전 습관 개선을 통해 경제운전의 정착을 유도할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다. 스마트 크루즈 컨트롤과 경제운전 효과의 상관관계를 분석하기 위해 T-검정을 실시하였으며, 스마트 크루즈 컨트롤 모드를 사용한 그룹과 사용하지 않은 그룹 간 평균 차이를 비교하였다. 실험 데이터는 INFOCAR 사의 차량 스캐너를 이용하여 주행 속도, RPM, 공회전 시간, 순간 연비 등의 실시간 데이터를 수집하였다. 실험 주행 구간은 연속류 도로(대구외곽순환선)와 단속류 도로(25번 국도)로 설정하였으며, 주행 속도는 각각 60km/h, 80km/h와 75km/h로 구분하였다. 차량은 소형(현대 아반떼 1600cc), 중형(기아 K7 2500cc), 대형(BMW X7 3000cc) 등 세 가지로 나누어 배기량과 연료 특성을 고려하였다.

데이터 전처리 과정에서는 주행 데이터 중 핵심 변수를 선정하여 분석을 위한 데이터 프레임을 구축하고, T-검정을 통해 스마트 크루즈 컨트롤 모드와 일반 주행 모드 간 연비 효율성을 비교하였다. 이에 대한 결과는 스마트 크루즈 컨트롤 모드와 일반 주행 모드에 대한 전체 T-검정에서 스마트 크루즈 컨트롤 모드를 사용한 차량의 연비가 2.4158만큼 더 향상 되었으며 이는 일반 주행 모드에 비해 스마트 크루즈 컨트롤의 연비 효율성이 유의미하게 높음을 입증하였다. 차종별 T-검정에서는 스마트 크루즈 컨트롤 모드를 사용했을 때, 차량 중량 및 배기량이 높아질수록 스마트 크루즈 컨트롤의 연비 효율성 측면의 효과가 향상 되었다. 도로등급별 T-검정에서는 신호통제가 없으며 교통류의 영향이 적은 고속도로에서는 스마트 크루즈 컨트롤의 연비 증가율이 비교적 감소 하였으며, 교통류 및 기하구조가 복잡한 국도에서 스마트 크루즈 컨트롤의 연비효율성이 극대화된다는 결론을 얻을 수 있었다. 마지막으로 속도별 T-검정에서는 주행 속도 60km/h 일 때, 스마트 크루즈 컨트롤의 연비 효율성이 비교적 우수했으며 80km/h와 같은 비교적 높은 주행속도를 유지하기 위해 RPM이 증가하여 연비 효율성이 저하된다는 결과가 도출되었다. 이러한 결과를 바탕으로 스마트 크루즈 컨트롤의 경제적 이점과 경제운전 교육의 효과성을 정량적으로 제시하며, 향후 정책적·교육적 측면에서 경제운전의 확산을 위한 방안을 제언하고자 한다.

사사: 본 연구는 한국교통안전공단의 "스마트크루즈컨트롤 모드 운전에 따른 경제운전 효과분석" 연구의 일환으로 수행되었습니다.

루프 기반 경로 최적화의 계산 가속화를 위한 선형화 방법

Linearization Technique for the Computational Acceleration of Vehicle Routing Problem Based on the Loop-wise Route Representation

김창영 (한국과학기술원, 석사과정)
김근우 (한국과학기술원, 연구원)
장인권 (한국과학기술원, 교수)

1. 서론

차량 경로계획 문제(Vehicle Routing Problem)는 다수의 목적지와 제한된 기능/용량을 가진 배송 수단을 고려하여 최적의 경로를 계획하는 문제이다. 이 문제는 최근 전자 상거래의 확대, 차량 전동화 등으로 인해 많은 관심을 받고 있지만 다항 시간 내에 풀기 어려운(NP-hard) 문제로 분류되어 효율적인 해결책이 필요하다. 본 연구그룹은 이 문제를 효율적으로 해결하기 위해 루프 기반 경로 표현법을 개발하였으며 이를 활용한 경로 최적화문제의 수식을 제안하였으나 비선형 함수의 존재로 인해 여전히 많은 계산량을 요구한다. 이를 보완하기 위해 선형화 방안을 제안하고자 한다.

2. 루프 기반 경로 표현법

루프 기반 경로 표현법이란 인접 루프 간의 상쇄, 보강 등의 상호작용을 통해 경로를 표현하는 방법이다. 기존 링크 표현법에 비해 더 적은 수의 루프 변수로 경로를 표현하며, 항상 유입·유출량 보존을 만족하여 경로 연결성을 보장하기 위한 추가적인 제약조건이 필요하지 않다. 이 특성은 문제를 상당히 간소화하여 문제 복잡도를 효과적으로 감소시킨다.

3. 기존 수식의 비선형성 유발 요소

기존 수식은 루프 변수의 기준 방향(reference direction)과 다른 방향을 갖는 링크의 존재로 인해 음수 링크 값이 존재하며, 음수 링크 값은 경로를 지날수록 오히려 비용이 감소하는 모순을 유발한다. 이러한 모순된 현상을 피하고자 음수 링크 값을 양수로 변환하기 위해 절댓값 기호를 필요로 하며, 이는 비선형성을 유발한다.

4. 선형화 방안

본 연구에서는 전처리(preprocessing)를 통해 절댓값 기호를 소거함으로써 수식의 선형화를 달성하였다. 구하고자 하는 최적경로는 링크의 선형결합으로 볼 수 있으며 전처리 과정은 이를 구성할 수 있는 후보 링크들인 참조 링크(reference link)들을 선별하는 과정이다. 이러한 참조 링크 선정은 모든 인접 노드 간에 존재하는 링크의 방향을 양방향에서 단일방향으로 축소하여 풀고자 하는 도로 네트워크를 간소화하고 해의 영역(solution space)을 축소한다. 이를 통해 얻은 단방향 네트워크(unidirectional network)에서 참조 링크에 양수만 할당되도록 루프 변수 간의 대소 관계를 규정함으로써 절댓값 기호가 필요하지 않게 된다. 네트워크와 관련된 정보라면 어떤 정보든 간에 참조 링크 선정에 활용될 수 있으며, 본 논문에서는 망전류법을 활용하여 참조 링크를 선정하고 최단 경로 문제를 해결한다.

5. 제안 방법 적용 및 평가

제안한 방법의 성능 검증을 위해 100개의 다양한 크기($1\times1 \sim 100\times100$)를 갖는 격자 네트워크에서 기존 링크 기반 경로 표현법과 비교하였다. 상대오차는 정확해 방법(exact method)인 Dijkstra 방법의 결과값을 토대로 측정되었다. 그래프의 규모가 커질수록 연산속도 측면에서 제안 방법이 더 우수하였으며, 특히 노드가 10,000개인 네트워크에 대해서는 약 8배 더 빠른 수렴을 보인다. 또한 도출해의 최적성 측면에서도 제안 방법이 더 우수하였으며, 오차가 발생하더라도 대부분 1% 이내의 오차율을 가진다.

6. 결론

기존 방법 대비 계산시간과 도출해의 최적성 측면에서 제안 방법론이 우수함을 확인하였다. 네트워크의 규모가 클수록 제안 방법의 장점이 극대화되며, 이는 대규모 네트워크를 갖는 산업에 적용이 가능할 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2023-00236825, 자율주행 Lv.4/4+ 기반 도시환경관리 서비스 기술 개발).

전기회로와 도로교통 간의 유사성을 활용한 루프 기반 최단 경로 탐색법의 후처리 방안

Loop-wise Route Representation-Based Analogy between Electric Circuit and Roadway Traffic for the Shortest Path Problems

박상훈 (한국과학기술원, 석사과정)
김근우 (한국과학기술원, 연구원)
장인권 (한국과학기술원, 교수)

차량 경로 문제(Vehicle Routing Problem, VRP)는 주어진 조건에서 최적의 경로를 결정하는 조합 최적화 문제 중 하나이며, 최근 e-commerce 시장의 성장과 차량의 전동화, 공유화로 인해 많은 관심을 받고 있다. 차량 경로 문제는 대상 네트워크의 크기와 시스템 특성에 따라 문제의 복잡도가 증가할 수 있으므로, 실제 문제에 적용하기 위해서 다양한 연구개발이 이루어지고 있다. 이 중, 최단 경로 문제(Shortest Path Problem)를 해결하기 위해 주로 그래프 탐색 방법을 사용하는데, 이 방법은 적용의 편의성 및 계산 효율성 측면에서 강점이 있는 반면, 다양한 차량 경로 문제로의 확대 적용에는 제약이 있다. 이를 해결하기 위해, 링크 기반 네트워크 모델을 대상으로 선형계획법 혹은 혼합 정수 선형계획법도 활용되고 있다. 하지만, 최적설계 기반 방법은 네트워크의 크기가 증가할수록 설계 변수의 증가로 인해 계산량이 과도하게 증가하는 한계가 있다.

본 연구팀에서는 최근 전기회로와 도로교통 네트워크 간의 유사성을 기반으로 새로운 경로 표현법인 루프 기반 표현법(loop-wise route representation)을 제안하였다. 제안 방법은 기존 링크 변수 대신 가상의 루프 변수를 이용함으로써 적은 수의 설계 변수를 사용할 뿐 아니라 제약조건의 부가 없이 경로 연결성을 보장하기 때문에 문제의 복잡도를 완화할 수 있다. 하지만, 최적화 수식 상에서 음의 링크 값을 양의 링크 값으로 변환하기 위해 절댓값 기호를 사용하기 때문에 비선형 계획법의 사용이 필수적이다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 망전류법을 이용해 기준 링크(reference link)를 선택하고, 루프 변수 간의 대소 관계를 도출하였다. 기준 링크를 활용할 경우 링크 값이 항상 양의 값을 가지므로 절댓값 기호를 제거할 수 있으며, 이는 곧 선형계획법의 사용이 가능함을 의미한다.

또한, 망전류법을 통해 도출한 전류값이 미미할 경우 루프 변수에 대한 기준 링크의 설정이 잘못될 수 있으므로, 본 연구에서는 이를 해결하기 위한 후처리 방법을 제안한다. 최적화를 통해 도출한 최적경로 중 하나의 노드를 선택하고, 해당 노드를 기준으로 출발지와 도착지를 연결하는 2개의 개별 경로를 설정한다. 개별 경로를 구성하는 하부(sub) 네트워크에 대해 기준 링크를 재선정한 후, 초기 선정한 기준 링크와 방향이 일치하는지 확인한다. 만약 상이한 경우에는 후처리 과정을 통해 선정된 신규 기준 링크를 활용하여 최적경로를 재도출함으로써 계산 정확도를 개선할 수 있다. 본 연구에서는 10 × 10 및 100 × 100 격자 네트워크를 대상으로 제안 방법의 우수성을 검증하였다. 후속연구 추진을 통해, 향후 실제 대규모 도로교통 네트워크에도 적용 가능할 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2023-00236825, 자율주행 Lv.4/4+ 기반 도시환경관리 서비스 기술 개발).

IoT 기반 공기오염원 측정 센서를 이용한 차량 내부 공기질 개선 및 실시간 모니터링 시스템 설계

Improving Air Quality Inside Vehicles and Designing a Real-Time Monitoring System Using IoT-Based Air Pollution Source Measurement Sensor

염지환	원희찬	한정우	이건희	이학승	국중진
(상명대학교 전자정보시스템 공학과, 석사과정)	(상명대학교 전자정보시스템 공학과, 석사과정)	(상명대학교 전자정보시스템 공학과, 석사과정)	(상명대학교 전자정보시스템 공학과, 석사과정)	(상명대학교 전자정보시스템 공학과, 석사과정)	(상명대학교 전자정보시스템 공학과, 교수)

최근 실내 공기질 문제와 자동차 기술의 발전으로 인해 실내 공기질(Indoor Air Quality, IAQ) 관리의 필요성이 증가하고 있다. 대한민국은 2014년 '실내공기질 관리 기본 계획'을 통해 각 부처별 오염원의 유형, 관리 방법, 의무사항 등을 정의하고 있다.[1] 주된 실내 공기 오염물질은 PM10, CO2, HCHO, 총부유세균, CO, NO2, VOCs, Radon, Asbestos, O3 등으로 규정되며, 인체에 미치는 영향을 기준으로 단계를 나눈다.[2] 또한, 차량 기반의 ICT 기술의 발전으로 기존의 기계 시스템 아닌, 전자 시스템으로 차량이 연구되고 있으며, 이를 Connected Car 라고 부른다.

본 논문은 IoT 기반 센서 네트워크를 활용하여 차량 내부 공기질을 실시간으로 개선하고 모니터링할 수 있는 시스템을 설계하는 것을 목표로 한다. 제안된 시스템은 다양한 오염물질에 대해 센서를 통해 데이터를 수집하고, 클라우드와 연계된 IoT 장치들이 이를 분석하여 차량 내부 환경을 자동으로 제어한다. 주요 센서로는 온도와 습도 측정을 위한 SHT30, 기압과 고도를 측정하는 BMP280, CO_2를 검출하는 MICS-VZ-89TE, 일산화탄소(CO)를 감지하는 GSBT11-P110, 미세먼지를 측정하는 PMS9003M 등이 사용된다. 이들은 Arduino MKR 1010 보드를 통해 데이터가 통합되고, Wi-Fi를 통해 서버로 전송된다.

IAQ 서버는 Conventional Server Type(CST) 또는 Serverless Type(SLT)으로 구성되며, 수집된 데이터를 바탕으로 차량 내부 공기질을 제어한다. 특히 Connected Car Interface를 통해 실내 및 외부의 공기질을 비교하여, 차량 사용자가 외부 공기질이 더 좋을 경우 창문을 열도록 알림을 보내고, 공기질이 모두 나쁜 경우 공기청정기 작동을 유도하는 등의 방식으로 공기질을 관리한다.

본 연구는 스마트 그린 카 개발의 일환으로 차량 내부와 외부의 공기질을 통합 관리할 수 있는 지속 가능한 솔루션을 제안하며, 이를 통해 운전자와 탑승자의 건강과 안전을 보장할 수 있는 차량 공기질 관리 시스템을 제안하였다.

사사: 본 연구는 2024년도 환경부(MOE)의 재원으로 한국환경산업기술원(KEITI)의 「녹색복원 특성화대학원 전문인력 양성사업」의 지원을 받아 수행한 연구임.

해외 ITS 사업 및 ITS 수출 지원을 위한 표준 요구사항 분석

Analysis of the requirements of ITS standards for supporting oversea ITS projects and export of ITS

최지은 (ITS KOREA, 차장)

김민영 (ITS KOREA, 실장)

주정은 (ITS KOREA, 대리)

국내 ITS 민간기업은 ITS 국제협력센터, 한국국제협력단 등에서 해외 ITS 사업 입찰정보를 확인할 수 있으나, 해외사업 추진 및 수출되는 제품에 대한 기술규정, 국제표준 등 정보 부족으로 인해 해외사업 추진 및 수출에 어려움을 가진다. 국내 ITS 기술을 해외 현장 적용 및 수출 시 상호운용성 및 호환성 확보를 위해 표준 정보가 필요하다. 따라서, 본 연구는 국내 ITS 민간기업들에게 해외사업 추진 및 수출을 지원하기 위해 주요 ITS 사업분야에 대한 표준 정보를 분석하여 제공하는 방안을 마련하고자 하였다.

표준 측면에서 ITS 해외시장의 진입장벽을 해소하기 위해 ITS 표준체계를 분석하였다. TBT(Technical Barriers to Trade) 협정에서는 WTO(World Trade Organization) 회원국이 기술규정, 표준, 적합성평가절차를 개발, 채택, 적용 시 국제표준을 활용토록 규정하고 있다. 최근 5년간(2020년~2024년 7월) 해외 ITS 사업의 발주정보 570건을 대상으로 발주건수가 많은 ITS 사업분야, 대륙 및 국가를 분석하였다. 인프라 사업이 16%, 대중교통 사업이 14%, 교통관리 사업이 11% 순으로 발주건수가 높게 나타났다. 대륙별 발주건수의 비율은 아시아 36%, 아프리카 21%, 유럽 19%, 남미 8%, 중동 8%, 오세아니아 3%로 분석되었다. 아시아에서 ITS 사업을 10개 이상 발주한 국가는 몽골, 방글라데시, 스리랑카, 인도, 인도네시아, 중국, 필리핀, 파키스탄으로 분석되었다. 발주건수가 많은 ITS 사업분야인 인프라, 대중교통, 교통관리 분야를 중심으로 국제표준, 미국표준, 국내표준의 목록, 표준 적용범위, 주요 내용 등을 포함한 표준 분석서를 개발하였다. 도로전광표지(Variable Message Sign, VMS) 관련 표준은 ISO/TS 20684-10, NTCIP 1203, ITSK-00082-1, ITSK-00082-2, ITSK-00087이 있으며, VMS 기능 및 성능 요구사항, 데이터 교환 및 운영 환경 요구사항, 데이터 교환 프로토콜 등을 정의하고 있다. 대중교통정보 및 요금 관련 표준은 ISO 17185 series, ISO 24014 series, ISO/TR 14086, ISO/IEC 24192, ISO/TS 18234-5, SAE J2354, ITSK-00020, ITSK-00024와 연관되어 있으며, 대중교통 이용자 정보 요구사항, 메시지 셋, 결제 애플리케이션 요구사항, 요금관리시스템 등을 정의하고 있다. 교통관리센터 관련 표준은 ISO 14827 series, ISO/TS 19468, NTCIP 1102, NTCIP 2304, KS X ISO 14827-1, KS X ISO 14827-2, KS X 6921이며, 교통정보센터, 교통제어 및 관리 센터, 서비스 제공자, 교통제어 및 제어시스템 간 메시지 절차, 데이터 교환 사양 등을 정의하고 있다.

본 연구에서 개발된 표준 분석서는 민간기업이 해외 ITS 사업 추진 및 수출 시 대상국의 상호운용성 및 호환성을 확보하여 해외진출의 진입장벽을 완화시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 해외사업 및 수출시장 활성화에 기여할 수 있을 것이라 생각된다. 향후에는 민간기업들이 C-ITS, 자율협력주행분야 해외사업 및 수출시장을 선도할 수 있도록 관련 표준을 분석하는 후속 연구가 추진되어야 할 것이다.

사사: 본 연구는 국토교통부 '2024년 도로교통분야 ITS 표준화 위탁사업'에 의해 수행되었습니다.

자율주행(Ⅲ)

Session

B-2

자율주행차 사고분석을 위한 교통사고 조사서 및 통계원표 개선 방안 연구
강유정, 강유리, 배문수, 김천호, 김원기

자율주행 순찰서비스 유닛의 교통사고 현장대응 전략 수립을 위한 연구
고하영, 장기훈, 손승녀

자율차-일반차 혼재상황에서 돌발상황 발생시 교통운영전략 수립 – 화성시 리빙랩 도시 대상으로 –
김동우, 손영태, 전진숙, 하혜종, 정현숙

중요도-만족도 분석을 활용한 자율주행 대중교통 서비스 개선 우선순위 도출
김예진, 고우리, 윤일수

자율협력주행자동차 V2X 성능 평가항목 개발을 위한 기초 연구
김인영, 이영택, 윤일수

자율-비자율 혼합 차량 추종상황에서 주행행태 비교 분석
진현석, 오철

자율주행차 사고분석을 위한 교통사고 조사서 및 통계원표 개선 방안 연구

Selection of Accident Factors for Autonomous Vehicle:
Based on Case Analysis of Actual Accident of Autonomous Vehicle

강유정	강유리	배문수	김천호	김원기
(한국도로교통공단, 연구원)	(한국도로교통공단, 연구원)	(한국도로교통공단, 센터장)	((유)삼송, 팀장)	(한국도로교통공단, 사고조사연구원)

최근, 다양한 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS; Advanced Driver Assistance System)이 등장함에 따라 운전자의 주행 편의성을 증진시켜주고 있다. 그러나 기능의 한계를 인지하지 못한 운전자들의 시스템 의존도가 높아짐에 따라 사고와 직결되는 사례가 발생하고 있다.

도로교통법 및 교통사고조사규칙에 의거하여 사고가 발생한 경우 수사기관인 경찰에서는 사고 현장에 출동하여 사고 현장을 조사·분석한다. 조사된 사고 발생 경위 및 결과 등을 기재하기 위해 실황조사서를 작성하며 조사한 자료를 기반으로 통계적인 개요를 제공하기 위해 통계원표를 작성한다. 그러나 현재 작성되고 있는 문서는 운전자의 운전으로 운행되는 일반차의 사고 내용만을 담고 있다. 따라서 시스템의 알고리즘으로 작동되는 ADAS 차량 및 자율주행차를 포괄하지 못하여 시스템 관련 정보는 파악할 수 없다는 한계가 존재한다.

국내에서는 자율주행차 관련 법 및 제도의 선제적인 대안 마련이 요구되고 있는 상황임에 따라 본 연구에서도 자율주행차 사고조사·분석을 위한 맞춤형 실황조사서 및 통계원표를 개정하고자 한다.

자율주행차 맞춤형 실황조사서 개정을 위해 먼저 현황고찰을 수행하였으며 대체로 국내/외 모두 자율주행차 사고조사·분석을 위한 조사서 관련 연구는 매우 미비한 상황이다. 일부 연구에서 자율주행차 사고를 위해 제시한 항목을 통해서는 정확한 자율주행차 사고조사 및 원인규명에는 한계가 존재하며 국외 자율주행차 사고보고서의 경우 자율주행 시스템 작동 여부, 시스템 버전 등을 조사하고 있다는 차이가 존재하였다.

본 연구에서는 자율주행차 교통사고 원인 규명을 목적으로 현장조사, 사고분석, 실제 자율주행차 사고 사례 등의 측면에서 필요한 항목들을 선정하고자 하였으며 선정한 항목은 아래와 같다.

<자율주행 맞춤형 실황조사서 및 통계원표 개정 항목>

사고 개요	운전자 정보	차량 정보	사고 현장 상황	자율주행기술 및 사고원인
사고 유형 사고 관련자 출발지-목적지 구득 가능 데이터 데이터 정상 기록 여부	운행자 정보 운전면허 종류 자율주행 교육 이수 여부 사고 직전 운전자 행동	자율주행차 면허 여부 가/피해차량 자율차 차종 변속 레버 상태 전방 장애물 감지 여부 자율주행차 레벨 자율주행 보험 가입 여부 차량 충돌/센서 설치 위치 센서 작동 여부	조도 및 광도 전체 차로(편도) 차선 상태 차량별 신호 상태 ODD 주행 여부	통신 인프라 정보 (여부, 종류, 용도, 위치 등) 자율주행 시스템 (종류, 업체, 탑재 여부, 경보 종류, 인지 및 대처 여부) 사고유발원인 추가 제시

그러나 현재 제시하고자 하는 항목에 대한 타당성 및 객관성 확보가 미흡한 실정이며 향후 전문가 및 실 수요자 의견수렴을 통해 항목의 적절성, 항목별 배치의 타당성 등 객관성을 확보할 필요성이 있다. 또한, 실황조사서 및 통계원표는 교통경찰업무시스템(TCS)으로 연계되어 입력이 되고 있으나 해당 시스템의 특성을 고려하지 못하였다는 한계가 존재한다.

본 연구를 통해 자율주행차 교통사고에 대비하여 객관적인 사고 데이터 구축을 위한 기반 마련이 되기를 기대하며 정확한 원인규명을 통해 명확한 책임소재 구분이 가능하기를 기대한다.

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)

자율주행 순찰서비스 유닛의 교통사고 현장대응 전략 수립을 위한 연구

A Study on Developing Response Strategies for Traffic Accidents by Autonomous Patrol Service Units

고하영
(한국지능형교통체계협회, 선임연구원)

장기훈
(한국지능형교통체계협회, 실장)

손승너
(한국지능형교통체계협회, 본부장)

최근 3년간(2020~2022) 고속도로 교통사고로 인한 사망자 506명 중 약 17%(85명)는 2차 사고로 인한 사망자였으며, 2차 사고 치사율은 일반 교통사고 치사율 대비 약 7배 높은 것으로 나타났다. 이는 교통사고 발생 시 2차 사고를 예방하기 위한 초기 대응의 중요성을 명확히 보여준다. 112 신고를 통한 교통사고 처리에 평균 78.99분이 소요되며, 순찰 중 발견한 사고의 처리에는 평균 45.67분 걸려 더욱 적극적인 순찰 활동과 대응이 필요하다.

그러나, 교통경찰은 일반공무원보다 평균적으로 더 긴 근무 시간을 소화하고 있으며, 2022년 기준으로 교통경찰 1인당 처리한 교통신고 건수는 203건에 달해, 인력 확충에도 불구하고 업무 부담은 계속해서 늘어나고 있다. 이러한 상황 속에서 교통사고 발생 시 2차사고를 예방하기 위해 사고 초기 대응을 강화할 수 있는 방안의 마련이 시급하다.

또한, 교통사고 발생 시 정확한 사고 지점의 좌표를 파악하기 어려워 사고처리에 지연이 발생하고, 사고 현장에서 경찰이 직접 측량하는 과정에서 2차 사고의 위험이 존재하며, 수기 측량과 도면 작성 시 부정확한 약도로 인해 교통사고 재현에도 어려움이 따른다.

이에 따라 다중 센서 기반의 자율주행 및 로보틱스 기술을 활용한 순찰서비스의 개발이 필요하며, 본 연구는 이 중 교통사고 현장 대응 전략을 수립하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 국내 교통사고 현장 대응 매뉴얼을 분석하여, 자율주행 순찰 유닛이 경찰 행정 업무를 지원할 수 있는 임무를 규정하였다. 또한 유닛별 기능에 따라 도로 유형별 사고 대응 전략과 절차를 제시하여 교통사고 발생 시 신속하고 효과적인 대응 방안을 마련하고자 한다.

본 연구에서 도출한 자율주행 순찰서비스 교통사고 현장대응 전략은 향후 자율주행 순찰 유닛을 활용하여 교통사고 초기 대응을 신속하게 지원하는 데 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 경찰청 자율주행기술개발혁신사업의 지원을 받아 수행되었음(과제번호 : RS-2024-00403630)

자율차-일반차 혼재상황에서 돌발상황 발생시 교통운영전략 수립
- 화성시 리빙랩 도시 대상으로 -

Development Traffic Operation Strategies in Mixed Traffic Situations of Autonomous and Manual Vehicle When incident occurs
- A Case Study of Hwaseong City Living Lab -

김동우	손영태	전진숙	하혜종	정현숙
(명지대학교 교통공학과, 석사과정)	(명지대학교 교통공학과, 주임교수)	(명지대학교 교통공학과, 연구교수)	(명지대학교 교통공학과, 연구수)	(명지대학교 교통공학과, 박사과정)

자율주행 기술이 고도화됨에 따라 자율주행을 기반으로 하는 모빌리티 서비스 도입과 관련된 연구와 실증 사업이 증가하고 있으며, 향후 자율주행차가 상용화되어도 상당한 기간동안은 일반차와 자율주행차가 혼재되어 운행되는 도로 교통 상황이 지속될 것으로 전망된다. 따라서, 일반차와 자율차 혼재상황에서 발생할 수 있는 교통문제와 그에 따른 악영향을 최소화하기 위해서는 교통운영전략에 따른 자율차 주행지원 시스템이 필요하다.

본 연구에서는 자율주행모빌리티 리빙랩 도시로 선정된 화성시 남양읍을 공간적 범위로 한정하였으며, 다양한 실시간 교통 데이터를 수집하여, 수집된 데이터베이스가 자율차의 자율주행 지원을 위하여 혼재된 교통상황에 따라 원활하게 주행할 수 있도록 데이터 분류를 구체화하고, 이를 통해 빅데이터 분류체계인 교통관리 인덱스를 구축하였다. 교통관리 인덱스를 통한 교통운영 전략을 도출하여 운영전략 시행 전후를 비교분석하였다.

도로에서 돌발상황이 발생한 경우, 교통운영전략을 VISSIM 프로그램을 사용하여 시뮬레이션 모델링을 통하여 리빙랩에 대한 네트워크를 구축하고, 시뮬레이션 수행을 통하여 교통운영전략 시행 전후를 비교하였다. 분석한 결과, 평균 통행 시간이 감소하는 효과와 자율차의 운행, 전체적인 교통 흐름에도 긍정적인 영향을 주는 것으로 확인 되었다.

사사: 본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비 지원(RS-2023-00243530)으로 수행하였습니다.

중요도-만족도 분석을 활용한 자율주행 대중교통 서비스 개선 우선순위 도출

Deriving Improvement Priorities for Autonomous Public Transportation Services Using Importance-Performance Analysis

김예진 (아주대학교, 석박사통합과정)
고우리 (아주대학교, 석박사통합과정)
윤일수 (아주대학교, 교수)

전 세계적으로 자율주행 기술의 상용화를 위해 많은 노력이 이루어지고 있으며, 자율주행 대중교통 서비스 도입 또한 활발히 진행되고 있다. 그러나 자율주행 대중교통 서비스가 성공적으로 도입되기 위해서는 기존의 대중교통 서비스와 비교했을 때 경쟁력을 갖추어야 한다. 이를 위해서는 이용자 만족도를 높이는 것이 중요하며, 한정된 자원을 효과적으로 활용해 만족도를 극대화할 수 있는 개선 방안이 필요하다. 본 연구는 이러한 맥락에서 중요도-만족도 분석(IPA)을 통해 자율주행 대중교통 이용자들의 의견을 조사하고 이를 바탕으로 가장 효율적인 개선 방안을 도출하는 것을 목표로 하였다. IPA는 특정 제품이나 서비스에 대해 이용자가 느끼는 중요도와 만족도를 조사하고 이를 기반으로 발전 전략을 수립하는 방법론이다. 연구에서는 사전 설문을 통해 이용자 관련 지표 및 운영 관련 지표들을 도출한 후, 이를 바탕으로 본 설문에서 중요도와 만족도를 평가하여 개선이 필요한 항목 및 우선순위를 도출하였다.

사전 설문은 자율주행 대중교통 서비스에 대한 평가 항목을 도출하기 위한 목적으로 10명의 전문가를 대상으로 하였다. 이를 통해 평가지표 후보 목록을 도출하였고, 이중 우선순위가 높은 각 4개의 이용자 관련 지표와 운영 관련 지표를 본 설문에 사용할 것으로 선정하였다. 본 설문에서는 총 33건의 응답을 통해 자율주행 대중교통 서비스에 대한 이용자들의 중요도와 만족도를 리커트 7점 척도로 평가했다. 설문은 사전 설문에서 도출된 이용자 관련 지표인 신뢰성, 경제성, 접근성, 만족도와 운영 관련 지표인 편리성, 적절성, 정시성, 안전성 관련 질문으로 구성되었다.

설문 결과, 이용자 관련 지표에서 접근성이 가장 높은 중요도(평균 5.30점)와 만족도(평균 5.09점)를 기록했다. 운영 관련 지표에서는 정시성이 가장 높은 중요도(평균 5.76점)와 만족도(평균 5.45점) 모두에서 가장 높은 평가를 받았다. 이 결과는 자율주행 대중교통 서비스 이용자들이 서비스의 시간적 효율성과 접근성에 대해 높은 기대를 가지고 있음을 보여준다. 반면, 중요도는 높으나 만족도가 낮아 개선이 필요한 중점 항목으로는 적절성이 도출되었다. 적절성 항목은 노선과 배차 간격의 적절성을 포함하고 있으며, 설문 응답자들은 자유 의견에서도 노선의 다양성 부족과 긴 배차 간격에 대한 불만을 표시하였다. 이는 자율주행 대중교통 서비스의 효율성을 높이기 위해 반드시 개선되어야 할 요소로 해석할 수 있다.

IPA matrix를 도출 결과를 요약하면 다음과 같다. 유지강화 영역의 평가지표로는 접근성, 정시성, 편리성 등이 포함되었으며, 이 항목들은 현재 높은 중요도와 만족도를 기록하고 있으므로 서비스 품질을 유지하는 것이 중요하다. 반면, 자율주행 대중교통 서비스의 경쟁력을 높이기 위해 가장 시급하게 개선해야 하는 영역인 중점개선 영역에는 적절성 지표가 포함되었다. 이는 이용자들이 노선 적절성과 배차 간격에 대한 개선을 가장 필요로 하고 있음을 보여준다. 연구는 자율주행 대중교통 서비스가 타 교통수단과 비교하여 경쟁력을 갖출 수 있도록 발전 방안을 제시하였으며, 향후 자율주행 대중교통 서비스가 유상 운송 형태로 전환될 때 이용자의 만족도와 충성도를 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 연구과제(과제번호 RS-2021-KA160637) 지원으로 수행하였습니다.

자율협력주행자동차 V2X 성능 평가항목 개발을 위한 기초 연구

Basic Study on the Development of V2X Performance Evaluation Items
for Connected Automated Vehicles

김인영
(아주대학교, 석박사 통합과정)

이영택
(아주대학교, 석박사 통합과정)

윤일수
(아주대학교, 정교수)

자율협력주행(Connected automated vehicle, CAV)은 단독 자율주행(stand alone)의 한계(사각지대 인지, 통신음영구역, 도로상황 및 이벤트 등)를 극복하기 위해 보행자, 인프라, 주변 차량 등과의 협력을 수행한다. 특히, 레벨 4 이상의 고도 자율주행차(automated vehicle, AV)부터는 자율주행시스템이 실제 운전자 특성을 모사하고 다양한 상황, 이벤트에 대해 유연하게 반응할 수 있어야 한다. 이를 위해 SAE J2735, J3186 등의 표준에서는 다양한 메시지를 제시하여 안전한 주행을 도모하고 있다. 최근 J3186 표준에서는 MSCS(maneuver sharing and coordinating service) 서비스를 발표하여 주변 차량의 의도를 파악할 수 있도록 하였다. 국내에서는 차량 간 주행 조율을 지원하기 위한 인프라 가이던스를 개발 중이다. 이렇듯, 최근에는 개발된 AV의 기능이 주변상황을 명확히 인지하고 도로교통법을 준수하여 적절히 반응 및 제어하는 것에 대한 중요성을 인지하고 이를 위한 다양한 서비스를 제공하는 연구를 수행해오고 있다. 다만, V2X(vehicle to everything) 관련 연구동향을 살펴보면 V2X Use Case(5GAA, 3GPP, C-ITS 아키텍쳐 등) 및 V2X 통신 기술 평가(메시지 송수신 확인 및 신뢰도, 주기, 지연 등) 관련 가이드라인에서는 V2X를 위한 평가 시나리오 개발과 개발된 시나리오 기반 V2X 통신 기능에 초점을 맞추어 차량, 인프라 별 각각에 대해 평가를 진행하고 있다. 이로 인해 V2X 통신의 종합적인(즉, 내외부 시스템 기반 협력주행) 성능 평가를 위한 방법이 부재한 실정이다. KNCAP에서는 V2X 통신장치 평가를 위한 세부 시험방법 및 평가방법을 개정 중에 있으나 안전 서비스 항목이 충분하지 않다. CAV는 수많은 소프트웨어 기능이 내외부와 유기적으로 연결되고 작동되므로 다양한 평가항목에 대해 평가를 수행하여 충분한 협력주행의 안전성을 확보해야 한다. 이를 통해 실도로 주행 시 발생할 수 있는 치명적인 사고를 예방할 필요가 있다. 여기서, 내부는 차량을 의미하며 외부는 차량 외 인프라, 환경 등을 의미한다. 따라서, 본 연구에서는 '상황별 내외부 간 V2X 기능이 원활하게 작동하는가'에 초점을 맞춰 협력주행 성능 평가를 위한 평가대상과 항목 도출을 위한 방법을 제시하고자 한다. 본 연구의 내용적 범위는 다음과 같다. 본 연구에서 제안하는 차량 V2X 성능 평가방법은 실도로와 유사한 테스트베드 내에서 안전성이 확보된 차량의 V2X 메시지 송·수신 기능에 대한 성능을 검증하기 위함이다. 발생가능한 모든 V2X 시나리오를 커버할 수 있는 평가항목을 도출하여 다양한 상황에서의 성능평가를 지원하고자 한다. V2X 성능 평가항목을 개발하는 절차는 다음과 같다. 국내외 V2X Use Case 관련 문서를 검토하여 대표 Use Case를 유형화하였다. 그다음으로 도로교통법을 검토하여 Use Case와 매칭 후 송·수신 되어야하는 정보를 최종적으로 도출하여 평가항목에 활용하고자 하였다.

사사: 이 논문은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비지원(22AMDP-C162184-02)에 의해 수행되었습니다.

자율-비자율 혼합 차량 추종상황에서 주행행태 비교 분석

Analysis of driving behavior in mixed vehicle following situations with autonomous and manual vehicles

진현석
(한양대학교 스마트시티공학과, 석사과정)

오철
(한양대학교 교통·물류공학과, 교수)

자율주행 기술의 발전에 따라 국내외에서 자율주행차 (Autonomous Vehicle, AV)의 도로 운행이 점차적으로 허용되고 있다. AV가 완전 자율주행을 실현하기 위해서는 실시간으로 변화하는 도로 환경과 다양한 교통 상황에서 안전하게 주행할 수 있는 능력이 필요하다. 이를 실현하기 위해 실제 도로에서 수집한 AV의 주행데이터를 활용한 주행안전성 분석이 중요하다. 그러나, 실제 AV를 활용한 실험은 시간적, 공간적 제약이 존재한다. 이런 제약을 극복하기 위해 시뮬레이션을 활용한 AV의 주행안전성 분석이 필요하다. AV는 비자율주행차 (Manual Vehicle, MV)와 마찬가지로 도로의 기하구조, 선행차의 주행행태 등에 따라 주행 특성이 달라질 것으로 예상된다. 시뮬레이션에 AV와 MV를 구현 시 다양한 변수를 고려해 실험환경에 맞는 주행 특성의 구현이 요구된다. 본 연구에서는 자율-비자율 혼재상황을 보다 현실성 있게 시뮬레이션에 구현하기 위한 주행행태 특성을 도출하는 것이 목적이다. 본 연구는 waymo 데이터 중 단속류에 해당하는 주행데이터를 활용해 혼재교통 상황에서 속도 및 가속도를 분석하고 추종상황별 후행차의 주행 특성을 비교하였다. 또한, 속도 구간별 차량이 수행하는 대표 가·감속도를 도출하고, 이를 기반으로 추종 상황별 차량 거동 제어 로직 파라미터를 조정하였다. 분석 결과, 속도-가속도 및 속도-감속도 모델을 가장 잘 설명하는 함수는 가우스 함수로 나타났다. 또한, 추종상황별 차량의 거동 제어 로직의 파라미터가 다르게 도출되었다. 본 연구의 결과는 AV와 MV가 서로 다른 방법으로 가·감속을 수행하고 추종상황별 주행 특성에 차이가 있음을 의미한다. 본 연구의 방법론을 활용 시 실도로 데이터를 시뮬레이션에 보다 현실적으로 반영할 수 있다. 이를 통해 시뮬레이션 기반의 연구에서 혼재교통 내 추종상황별 주행 특성을 정확하게 구현하고, 차량의 주행안전성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 연구에서는 속도에 영향을 미치는 요인들을 추가 분석하여, 세분화된 환경에 맞는 속도-가속도 모델을 도출할 필요성이 있다.

자율주행(Ⅳ)

Session

B-3

Transformer 모델을 활용한 얌체 운전자의 나들목 끼어들기 사전 예측
김진성, 노병준

전통적 통계 모형을 활용한 자율주행자동차 교통사고 영향요인 분석
이요셉, 김예진, 윤일수

영상 기반 차선 검출 및 Stanley 제어를 통한 Lane Following System
정진우, 박준범, 임지웅, 원종훈

자율주행차량을 위한 통합된 교통 데이터 통신 서버 시스템
정혜인, 이재원, 장달원, 이종설

ICP를 통한 LiDAR 기반 차량 추적 알고리즘 정확도 개선
차승민, 임지웅, 원종훈

Transformer 모델을 활용한 얌체 운전자의 나들목 끼어들기 사전 예측

Proactive Prediction of Selfish Cutting-in Vehicle (SCV) at Interchanges using Transformer Model

김진성
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 학사과정)

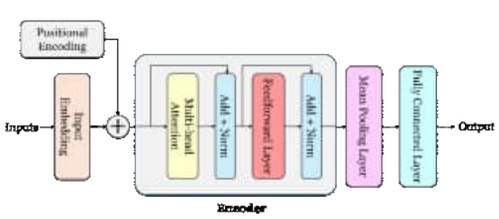
노병준
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 조교수)

램프구간에서 고의적으로 진출입 지점에 가까워져서야 차선 변경을 하는 "얌체 운전" 행위는 교통 흐름을 방해하는 주요 요인 중 하나이다. 특히, 고속도로 출구나 나들목, 좌회전 및 우회전 구간에서는 긴 대기 행렬로 인해 일부 운전자들이 미리 차선을 변경하지 않고 진출입 직전에 급작스럽게 차선을 변경하는 얌체 운전이 빈번하게 발생한다. 이는 주변 차량의 급정거와 불필요한 차선 변경을 유발하여 교통 체증을 가중시키고 전체적인 교통 효율성을 저하시킨다. 따라서 얌체 운전자의 차선 변경을 사전에 예측하여 통제를 유도할 수 있는 시스템 도입이 필요하다. 기존의 교통 관리 시스템은 이러한 얌체 운전자의 차선 변경을 사전에 예측하고 대응하는 데 한계가 있다. 현재 일부 교통 당국에서는 드론을 사용하여 교통 상황을 모니터링하고 있으나, 이는 주로 드론이 실시간으로 상공을 순찰하는 방식에 의존하며, 수동으로 교통 위반자를 식별하는 수준에 머무르고 있다. 이러한 방식은 교통 혼잡 상황을 종합적으로 분석하거나 얌체 운전자의 패턴을 자동으로 감지하는 데 있어 실시간 대응이 어렵다.

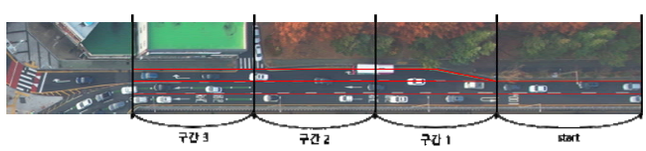
본 연구에서 드론으로 촬영된 영상 기반의 차량 정보를 활용하여 나들목 얌체 운전자의 무리한 끼어들기를 사전에 예측하는 Transformer 기반 방법론을 제안한다. 제안한 시스템은 이러한 차량을 Selfish Cutting-in Vehicle(SCV)로 정의하며, 컴퓨터 비전 및 딥러닝 기술을 적용하여 차량이 진입로에 도달하기 전에 차선 변경 여부를 예측하고자 한다. 본 연구에서 제안하는 Transformer 모델 구조는 <그림 1>과 같다. 차량의 속도, 가속도, 각도, 주변 차량과의 거리 등 총 9개의 특성을 입력 데이터로 사용해서 차선 변경 여부를 이진 분류로 예측한다. 또한 SCV를 탐지하기 위해 <그림 2>와 같이 시작 구간을 제외한 나머지 세 개의 구간을 위험성에 따라 분류하였다. 구간 1부터 구간 3까지는 차선 변경이 발생할 시점을 예측하는 구간으로 설정하였으며, 예측은 Transformer 모델을 활용한 순차적인 방식으로 진행된다. 시작 구간의 차량 정보로 구간 1에서의 차선 변경을 예측한 후, 구간 1에서 수집된 차량 정보를 바탕으로 구간 2에서의 차선 변경을 예측한다. 마지막으로 구간 2의 차량 정보로 구간 3에서의 차선 변경 예측을 수행한다.

본 실험에서 Transformer 모델은 다른 순차 모델인 Recurrent Neural Network(RNN), Long Short-Term Memory(LSTM)에 비해 모든 평가지표에서 우수한 성능을 보였다. 구간 1과 구간 3에서는 모든 지표가 약 0.85 이상의 높은 성능을 기록하며, SCV와 non-SCV 예측에서 높은 성능을 보였다. 또한, 구간 2에서는 모든 지표가 약 0.75 이상으로 다른 구간보다 상대적으로 성능이 다소 떨어진 반면, 다른 비교 모델들과의 비교에서 여전히 높은 성능을 보였다. 특히, Transformer 모델은 교통 흐름에 가장 큰 영향을 미치는 SCV의 Recall 값이 약 0.927로 높아, 실제 차선 변경 차량 중 이를 정확하게 예측한 비율이 높다는 점에서 Transformer 모델의 효율성을 입증하였다.

이를 통해 본 연구에서 제안한 방법론이 실제 교통 환경에서 높은 신뢰성과 실효성을 보유하고 있음을 확인하였다. 이러한 시스템은 교통 안전 향상과 얌체 운전자의 예방적 관리에 중요한 시사점을 제공하며, 실제 교통 상황에서 SCV의 사전 예측을 통해 교통 체증을 완화하고 전체적인 교통 효율성을 증대시키는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.



<그림 1> Transformer 모델 구조



<그림 2> 도로 구간 정의

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

전통적 통계 모형을 활용한 자율주행자동차 교통사고 영향요인 분석

Analysis of Factors Influencing Autonomous Vehicle Accidents Using Traditional Statistical Model

이요셉 (아주대학교, 석박사 통합사과정)

김예진 (아주대학교, 석박사 통합사과정)

윤일수 (아주대학교, 교수)

국자율주행자동차는 운전자의 편의성 증대, 교통사고 저감에 혁신적인 대안으로 주목받고 있으며, 이에 따라 자율주행 임시운행을 허가받은 차량도 2016년 11대에서 2023년 430대로 급격히 증가하고 있다. 다만, 자율주행자동차에 대한 국민 불신도는 2018년 54%, 20119년 49%, 2020년 46%로 점차 낮아지고 있는 추세이긴 하나, 소비자들이 자율주행자동차의 안전성을 완전히 믿지는 못하는 것으로 나타났다. 이는, 안전한 자동차를 지향하는 자율주행차가 안전하지 않을 수도 있다는 불안감 때문으로 판단되며, 소비자들의 불안감 불식을 위해서는 기술 신뢰성 고취, 사고 원인 규명 체계의 정의, 관련 제도적 장치 마련 등이 필요하다.

미국자동차공학회에서 정의한 자율주행 레벨 3 이상의 자율주행자동차는 사람이 아닌 자율주행 시스템이 주행 전반의 업무를 담당하며, 교통사고가 발생하는 경우 비자율주행자동차 교통사고와 달리 다양한 형태의 예측하기 어려운 위험요소가 존재할 수 있다. 이에 따라, 비자율주행자동차의 교통사고와 자율주행자동차의 교통사고는 영향요인이 상이할 것으로 판단된다. 따라서, 자율주행자동차와 관련된 규정 및 제도적 장치 마련을 위해서는 자율주행자동차가 관여된 교통사고의 영향요인 규명이 우선되어야 한다.

교통사고의 영향요인 분석을 위해서는 많은 표본의 교통사고에 대한 상세한 정보가 포함된 데이터가 필요하다. 이에 따라 비자율주행자동차의 교통사고 영향요인 분석은 활발히 수행되어 다양한 해석이 제시되어 왔다(Park et al., 2013; Limet al., 2014). 반면, 자율주행자동차의 교통사고 영향요인 분석은 임시운행이 허가된 자율주행자동차의 교통사고여야 한다는 점, 기업기술비밀(confidential business information)을 제외한 데이터의 수집, 한정된 공간적 범위 등으로 인해 미미하게 수행되었다.

따라서, 본 연구에서는 기존 자율주행자동차 데이터의 한계점을 일부 해소할 수 있는 NHTSA 자율주행자동차 교통사고 데이터를 기반으로 교통사고 영향요인 분석을 수행하고자 한다. 다만, 700건의 자율주행자동차 교통사고 데이터는 머신러닝·딥러닝을 적용하여 분석하기에는 무리가 있다고 판단하여 전통적 통계모형 중 이분형 로지스틱 회귀모형을 활용하여 영향요인 분석을 수행하도록 하였다. 모형을 구성하기 위해 입력된 종속변수는 부상발생 유무로 설정하였으며, 입력된 독립변수는 자율주행자동차의 주행거리, 운전자 유무, ADS 사용 여부, 자율주행자동차의 주행 속도, ODD 구간, 도로유형, 표면, 설명 및 도로 환경적 요소, 자율주행자동차와 충돌대상물의 충격부위 등 28개의 항목을 설정하였다.

본 연구는 자율주행자동차 실사고 데이터를 기반으로 교통사고 심각도에 영향을 미치는 영향요인을 도출하고, 정량화하는데 의의가 있으며, 향후 모형의 개발 및 해석 수행 결과는 자율주행자동차 상용화를 위한 규정 및 제도적 장치 마련에 기반이 될 수 있을 것으로 기대한다.

영상 기반 차선 검출 및 Stanley 제어를 통한 Lane Following System

Lane Following System by Vision based Lane Detection and Stanley Control

정진우	박준범	임지웅	원종훈
(인하대학교 자율항법연구실, 학부연구생)	(인하대학교 자율항법연구실, 학부연구생)	(인하대학교 자율항법연구실, 박사과정)	(인하대학교 전기컴퓨터공학과, 교수)

최근 자율주행 기술의 발전으로 첨단 운전자 보조 시스템의 중요성이 대두되고 있으며, 특히 차선 유지 보조 시스템은 운전자의 안전성과 편의성을 향상시키는 필수적인 시스템으로 자리잡았다. 특히, 정밀한 차선 검출 기술의 경우 GPS 센서의 다중 경로 오차와 같은 위치 추정 성능 저하 상황에서 차량의 안전한 주행을 위해 더욱 필요한 기술이다.

본 연구에서는 정확한 위치 추정이 불가한 환경에서도 안정적인 경로 추종을 위해 카메라 영상 기반 차선 검출 기법과 Pixel Error Modeling을 결합하여 Stanley Method 기반의 Lane Following System(LFS)을 제안한다. 차선 검출 기법은 다양한 환경적 변수에도 강건한 동작을 위해 Edge 기반으로 주행 차선을 검출한다. 검출한 차선으로부터 경로점 추출 시, 안정적인 차량 제어를 위해 Moving Average Filter(MAF)를 활용한다. 이후 Pixel 좌표계 상에서 목표 조향각을 직접적으로 도출하기 위해 Pixel Error Model을 설계한 후, Stanley Method에 적용해 LFS 기반으로 차량을 제어한다.

본 연구에서 제안하는 LFS는 자율주행 연구를 목적으로 개조한 상용 차량을 기반으로 직선로, 곡선로를 포함한 고속 주회로에서 검증한다. HD Map을 기준으로 GPS 기반의 Stanly Method를 이용한 Trajectory와 제안하는 LFS의 Trajectory를 비교하여 LFS의 안정성 및 유효성을 입증한다.

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

자율주행차량을 위한 통합된 교통 데이터 통신 서버 시스템

An Integrated Traffic Data Communication Server System for Autonomous Vehicles

정혜인 (한국전자기술연구원, 연구원)

이재원 (한국전자기술연구원, 선임연구원)

장달원 (한국전자기술연구원, 책임연구원)

이종설 (한국전자기술연구원, 수석연구원)

최근 자율주행 분야에서 아직 운전자의 차량 제어 역할이 큰 부분·조건부 자동화 단계를 넘어 고도·완전 자동화를 위한 연구가 이루어지고 있다. 주행 환경의 넓은 범위와 음영 지역을 탐지하기 위해, 자율주행차량은 차량의 센서만 사용하는 것이 아니라 주변의 인프라에서 획득한 데이터를 함께 사용할 수 있다. 이 논문에서는 실시간으로 엣지-서버의 센서 데이터 통신과 차량-서버 및 서버-서버 간 교통 데이터 통신을 위한 통합 서버 시스템을 소개한다. 통합 서버는 엣지 센서체, 자율주행차, 보행자 검지기·신호 제어기, LDM 서버와 단방향·양방향 통신한다. 각 인프라 또는 차량과 주고받는 데이터의 종류에 따라 ROS2 메시지, 소켓, REST api 등의 다양한 방법을 사용하여 효율적인 통신을 구축하였다.

본 연구의 선행 연구로서 다수의 엣지 센서체를 제작하고 실제 도로 환경에 설치했다. 정확한 환경 탐지 및 객체 검출을 위해 넓은 범위의 도로와 그 위의 객체 형상 및 위치를 나타낼 수 있는 라이다, 객체의 클래스와 도로 차선을 탐지하기 위한 카메라, 먼 거리의 객체 속도를 감지하기 위한 레이더를 함께 사용한다. 이종 센서의 데이터 스티칭을 위한 센서 캘리브레이션으로는 카메라-라이다-레이더 간 좌표계 통일을 위한 TF(transform) 변환과 GPIO 모듈을 통한 센서들의 프레임 타이밍 동기화를 적용했으며 일부 엣지에서는 3개 카메라의 이미지가 스티칭된다. 자율주행을 위한 데이터셋 구축을 위해 차도의 폴대에 센서체를 설치하고 3종류 센서의 raw 데이터를 수집하였다.

서버는 4개의 엣지에서 얻은 센서 데이터와 객체·차선 정보를 수신한다. 각 엣지는 카메라, 라이다, 레이더의 raw 데이터를 로깅함과 동시에 카메라 이미지에서 딥러닝 기반의 객체 및 차선을 검출하며, 데이터들은 Compressed Image, Pointcloud2, String 타입의 ROS2 메시지 변환되어 서버로 실시간 전송된다. 서버에서는 좌표 변환과 스티칭이 적용된 라이다 포인트클라우드에서 딥러닝 기반 객체 검출이 이루어진다. 객체는 자전거, 버스, 승용차, 오토바이, 보행자, 소형 트럭, 대형 트럭의 7개 클래스와 크기, 위치, 방향 등의 정보를 포함한다. 통합 서버 내의 엣지 데이터 처리 프로세스, 자율주행차 통신 프로세스, LDM 통신 프로세스 간의 데이터는 각각 필요한 field에 따라 정의한 ROS2 Custom Message와 공유 메모리를 이용하여 효율적으로 교환되도록 했다.

서버와 자율주행차는 각자의 센서로부터 검출된 객체 정보를 REST api를 통해 교환한다. 차량에서의 GET·PUT 요청이 있을 때마다 한 프레임에서 탐지되는 다수의 객체를 한 번에 송·수신하기 위해 객체들을 배열화하였다. 서버와 차량에서의 객체 데이터는 ROS2 Custom Message로 변환되어 이후 LDM 서버 통신 프로세스에 전달된다. 더하여, 서버는 별개의 소켓 통신 프로세스를 통해 보행자 검지기와 신호 제어기로부터 데이터를 수신한다. 보행자 검지기는 카메라와 라이다 범위 내 보행자가 탐지될 때 자신의 함체 및 센서 ID, 신호등 상태, 차량과 보행자 상태 등을 전송한다. 신호 제어기는 교차로 및 신호등 ID, 각 신호등의 상태 및 통과 신호 잔여 시간 등을 전송한다. 마지막으로, 서버는 인프라와 차량에서 검출한 객체를 string 형식의 LDM 메시지로 변형하고, 소켓 통신을 통해 LDM 서버에 전달한다. 객체는 Layer 4의 완전 동적정보 (highly dynamic data)로, 각 객체는 고유 ID, 클래스, 위치, 방향, 크기 등의 정보를 포함한다.

엣지에서의 센서 데이터 수신과 서버 내 프로세스 간 객체 데이터는 ROS2 표준 Message와 Custom Message를 이용하여 간편한 데이터 field 정의 및 접근과 데이터의 배열화를 구축했다. 서버-차량 간의 REST 통신은 30hz의 빠른 요청에도 각 프레임 내 다수 객체를 안정적으로 교환했다. 그 외 인프라 서버들과의 소켓 통신은 정의된 프로토콜에 알맞게 송·수신됨을 확인하였다. 빠른 센서 속도와 ROS 통신에도 불구하고, 서버 객체 검출에서 소모되는 시간 때문에 다른 서버로의 데이터 전송이 지연되는 한계가 있었다. 이것을 보완하기 위해, 라이다 범위를 분할하거나 필요없는 부분을 제거하는 방식의 객체 검출을 고려해 처리 속도를 높이는 향후 연구를 계획하고 있다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-01314, 자율주행차량 음영지역 데이터 제공을 위한 주행환경 데이터 스티칭 기술개발)

ICP를 통한 LiDAR 기반 차량 추적 알고리즘 정확도 개선

Improvement of Accuracy of LiDAR-based Vehicle Tracking Algorithm by ICP

차승민
(인하대학교 자율항법연구실, 학부연구생)

임지웅
(인하대학교 자율항법연구실, 박사과정)

원종훈
(인하대학교 전기컴퓨터공학과, 교수)

자율주행 시스템에서 LiDAR를 활용하여 주변 환경을 인지할 필요가 있다. 이때, LiDAR에서 취득한 Point Cloud를 처리하여 자율주행에 필요한 정보를 얻을 수 있다. 주변 차량들에 대한 경우, Clustering 알고리즘을 통하여 각각의 Point들을 군집화해 하나의 객체로 인지하며 이때 객체로 인지된 주변 차량들의 크기, 위치를 활용하여 경로를 계획하고 주행한다.

하지만 더 고도화된 자율주행을 위해서는 주변 객체들의 추가적인 정보를 취득할 필요가 있다. Clustering만으로는 취득할 수 없는 정보들을 얻기 위해 시스템의 상태를 추정할 수 있는 알고리즘인 칼만 필터를 기반으로 한 객체 추적을 통해 이전 프레임과 현재 프레임에 존재하는 객체가 서로 같은 객체인지 알 수 있으며 객체의 상대 속도를 구할 수 있다(Li et al, 2010). 일반적인 객체 추적 알고리즘의 경우, Clustering을 통해 취득한 차량의 위치를 이용해 추적한다. 이때 차량의 위치로 중심점을 사용하게 되면 LiDAR가 차량을 관측하는 위치나 다른 객체로 인한 가려짐에 따라 정확하지 않은 중심점을 가지게 된다(Petrovskaya and Thrun, 2009). 이러한 문제는 차량 추적 과정을 통해 구한 상대 속도의 정확성을 떨어뜨리게 된다.

본 논문에서는 위와 같은 칼만 필터를 기반으로 한 차량 추적 알고리즘의 문제를 해결하고 그 성능을 더 높이기 위해 Iterative Closest Point(ICP) 알고리즘을 활용한 차량 추적 알고리즘을 제안한다. ICP 알고리즘을 통해 부정확한 차량의 중심점을 보정하여 추적 차량의 속도와 heading에 대한 정확성을 높이고 그 성능을 분석한다.

참고문헌

1. Li, X., Wang, K., Wang, W., & Li, Y. (2010). “A multiple object tracking method using Kalman filter”, IEEE international conference on information and automation, pp. 1862-1866
2. Petrovskaya, A., & Thrun, S. (2009). “Model based vehicle detection and tracking for autonomous urban driving”, Autonomous Robots, pp. 123-139

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

교통안전(II)

Session

B-4

도심부 자율차 제어권 전환 발생 예측 모델 개발
김민경, 오철

다차로 하이패스 구간 기하구조 특성 및 교통량 변화를 고려한 해석가능 인공지능 기반 Risk Modification Function 개발
김호재, 박현진, 박준영

혼재 교통류에서 교통안전을 고려한 차간 주행유지 간격 도출 및 평가 – 자하고속도로를 중심으로
박근휘, 성예지, 김우원, 박준영

사용자 경험 기반 어린이 통학버스 만족도 및 차내 안전장치 우선순위 분석
박보현, 신강원

도심부 교통안전 취약지점 식별을 위한 최적의 네트워크 스크리닝 방법 연구
성예지, 박준영, 최새로나

주행시뮬레이션 기반 도로안전성 평가를 위한 평가지표 통합체계 개발
정아람, 오철, 조영

도심부 자율차 제어권 전환 발생 예측 모델 개발

Development of a model to predict the occurrence of autonomous vehicle takeover in urban areas

김민경
(한양대학교 스마트시티공학과, 석박사통합과정)

오철
(한양대학교 교통물류공학과, 교수)

자율주행 기술의 발전을 위해 전세계적으로 자율주행 운행구역을 선정하고 자율주행차 testing을 수행하고 있다. 자율주행 운행구역에서 자율주행차 시험주행 중 위험이 발생할 수 있는 상황에서는 테스트 드라이버가 제어권 전환을 수행하고 있다. 특히 도심부 도로는 연속류에 비해 차량의 정지, 감속, 차로변경 등 다양한 거동변화가 발생할 수 있으므로 자율주행 중 제어권 전환 빈도가 높다. 따라서 도심부에서 자율주행차의 주행안전성 확보를 위해 제어권 전환이 발생하는 지점을 파악하고 선제적으로 제어권 전환이 발생하는 지점을 찾아내어 자율주행차 주행안전성을 향상시킬 필요가 있다. 이에 따라 본 연구의 목적은 세종시의 자율주행차 주행데이터를 활용하여 제어권 전환 발생 지점을 도출하고 제어권 전환을 예측할 수 있는 평가지표를 활용하여 제어권 전환 발생 예측 모델을 개발하는 것이다.

본 연구에서는 세종시 자율주행 오픈랩에서 제공하는 자율주행차 주행데이터를 활용하여 자율주행차가 자율주행모드로 주행하다 비자율주행모드로 변경한 지점인 제어권 전환 발생 지점을 도출하였다. 제어권 전환은 자율주행모드로 주행하다 현행법상 자율주행이 불가능한 어린이보호구역이나 기하구조 및 도로시설물, 다양한 교통상황에 따라 자율주행에 영향을 받는 경우 테스트 드라이버가 비자율주행모드로 변경하는 것이다. 제어권 전환 발생 지점을 예측하기 위해 제어권 전환이 발생하기 전 구간의 주행행태를 분석하였다. 제어권 전환 발생 전 주행행태 분석에 앞서 제어권 전환 발생 이전 구간인 제어권 전환 영향권을 설정하였다. 제어권 전환 영향권은 총 4가지의 시나리오로 설정하였으며 앞서 도출한 제어권 전환 발생 지점을 기준으로 3초, 5초, 7초, 9초 이전의 데이터를 추출하여 제어권 전환 영향권 데이터셋을 구축하였다. 또한 제어권 전환 발생 지점과 동일한 지점에서 제어권 전환이 발생하지 않는 데이터, 즉 자율주행모드로 주행한 데이터를 추출하여 제어권전환 미발생 영향권으로 설정하였다. 제어권 전환 영향권과 제어권 전환 미발생 영향권의 속도, 가속도, jerk, lane offset, TTC 등 총 8개의 차량 종방향 및 횡방향 평가지표, 차량간 상호작용 평가지표를 산출하였다. 제어권 전환 영향권과 제어권 전환 미발생 영향권의 평가지표 산출값을 활용하여 머신러닝 기반의 제어권 전환 발생 예측 모델을 개발하였다. 두 영향권에서의 8개 평가지표 산출값을 입력변수로 설정하였으며, 제어권 전환 영향권을 1, 제어권 전환 미발생 영향권을 0으로 설정하여 머신러닝의 출력변수로 활용하였다. 제어권 전환 영향권을 다르게 설정한 시나리오 4개의 분석을 수행하여 분류정확도가 가장 높은 시나리오와 예측 모델을 도출하였다. 본 연구에서 제시한 제어권 전환 발생 예측 모델은 자율주행차 주행안전성 향상방안 마련에 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 제어권 전환 발생 지점을 예측하고 자율주행 기술이 향상됨으로써 Lv.4 수준의 자율주행차로 한 단계 나아갈 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(No. RS-2021-KA160881, 자율협력주행을 위한 미래도로 설계 및 실증 기술 개발)

다차로 하이패스 구간 기하구조 특성 및 교통량 변화를 고려한 해석가능 인공지능 기반 Risk Modification Function 개발

Development of XAI-based Risk Modification Function based on traffic and design information of Multi-lane Hi-pass toll plaza

김호재
(한양대학교, 석박사 통합과정)

박현진
(한국도로공사 선임연구원)

박준영
(한양대학교, 조교수)

다차로 하이패스 도입 시 본선형 기준 제한속도 80km/h의 다차로 하이패스 차로, 제한속도 30km/h의 단차로 하이패스 및 정지하여 요금 지불 후 출발하는 Toll Collection System (TCS)차로가 혼재되어 합류부에서 교통류들 간의 상대속도 차이가 존재하게 되며, 이에 따라 급가감속 행태가 증가하는 상황이 우려된다. 안전한 분류 및 합류 주행을 위해 차로변경 금지구간, 방호벽 설치 등의 시설개선이 이루어졌지만, 여전히 안전성 개선에 대한 연구는 미비한 상태이다. 최근 머신러닝을 활용한 CMF 개발 연구가 진행되었다. 머신러닝 모델은 변수들 간의 비선형적 관계를 파악하여 보다 정확하고 세밀한 CMF를 도출할 수 있으며, 상호작용 효과와 상관관계를 처리할 수 있다. 또한, 동적으로 업데이트되어 새로운 데이터가 추가됨에다라 지속적으로 학습 가능하며, 시간과 환경 변화에 민감하게 반응하여 유효한 CMF를 유지할 수 있다. 이러한 머신러닝 기반의 CMF 개발 연구는 기본의 머신러닝 기법이 변수들의 영향력을 파악할 수 없는 블랙박스(Black Box)를 해결 가능한 해석 가능 머신러닝 기법의 발전으로 인하여 가능하게 되었다. 또한, 점 추정치 형태의 CMF는 처리된 위치에서 구현된 대책이 안전에 미치는 영향을 완전히 이해할 수 없으며, 시간에 따른 처리 효과, 해당 요소가 데이터셋에 포함된 수준 외의 다른 수준으로 변화했을 때의 결과를 파악하지 못하는 한계가 있다. 이에 따라, 최종적으로 특정 대안의 효과 및 안전성 개선 연구를 위해서는 시간 경과 또는 요인 변화에 따른 CMF를 통합한 Crash Modification Function을 개발하는 것이 필수이다. 본 연구는 고속도로 다차로 하이패스 구간에 대해 안전 대책을 개발하고 사고 발생 위험성을 감소시키기 위해 머신러닝 모델을 기반으로 사고 발생 위험 요인을 식별하고 Crash Modification Function을 도출하는 것을 목표로 한다. 데이터 수집의 한계로 인하여 시뮬레이션을 통해 수집된 데이터를 활용하였으며, 이에 따라 본 연구에서는 개발된 모형을 Crash Modification Function이 아닌 Risk Modification Function (RMF)로 정의하였다.

본 연구에서는 다양한 요소를 포함한 실제 다차로 하이패스 구간 데이터 수집의 제약으로 인하여 미시 교통류 시뮬레이션 VISSIM을 활용하였다. 분석 대상 구간은 서울 TG를 중심으로 상류부 2km, 하류부 2km 총 4km 연장의 구간을 설정하였으며, 시뮬레이션 시나리오는 교통량, 차로폭, 하이패스 속도제한, 다차로 하이패스 운영 차로 수 등을 선정하였다. 해석 가능한 머신러닝 기법을 기반으로 고속도로 다차로 하이패스 구간 사고 발생 위험 요인을 식별하고 이를 통해 RMF를 개발하였다. 해석가능한 머신러닝 기법은 모델의 복잡성을 해결 가능하며, 블랙박스 문제를 해결하여 투명성과 설명력을 확보 가능하다. 사고 발생 위험 요인 식별과 결과를 해석하고 RMF를 개발하기 위한 방법론에는 각각 대표적인 머신러닝 기법인 LightGBM과 SHAP (SHapley Additive exPlanations)이 활용되었다. 개발된 머신러닝 기반 RMF의 검증을 위하여 기존에 활용된 통계적 RMF 개발 방법론 중 하나인 음이항 회귀모델을 활용한 RMF와의 비교검증을 수행하였다. 음이항 회귀모델은 사고 발생 빈도 데이터를 처리하는 데 자주 사용되는 통계모델로 다차로 하이패스 구간에서 도출된 사고 데이터와 환경 변수를 입력으로 하여 각 변수의 회귀계수를 추정하고, 이를 통해 변수별 RMF를 도출하였다. 통계적 CMF와 머신러닝 기반 RMF는 두 가지 측면에서 비교검증되었다. 첫째, RMSE를 활용하여 두 모델의 예측 성능을 비교하고, 각 모델에서 도출된 RMF의 신뢰성을 검증하였다. 둘째, 변수간 상호작용을 고려한 머신러닝 기반 RMF는 통계적 CMF의 인과 관계 기반 접근과 비교하여 정확성을 검증하고, 유용성을 평가하였다.

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

혼재 교통류에서 교통안전을 고려한 차간 주행유지 간격 도출 및 평가 - 지하고속도로를 중심으로

Assessment of Maintaining Vehicle Spacing under Autonomous Vehicle Environment - Focusing on Underground Highways

박근휘
(한양대학교 스마트시티공학과, 석사과정)

성예지
(한양대학교 교통물류공학과, 석사과정)

김우원
(한양대학교 스마트시티공학과, 석사과정)

박준영
(한양대학교 교통물류공학과, 스마트시티공학과, 부교수)

지하도로란 지상교통의 원할한 소통을 위하여 지하에 설치하는 도로로서 도시 내 주요지역을 연결하거나 도시와 도시 간 상호 연결, 도시와 인접 지역을 연결하는 역할을 수행하는 도로이다. 도로 지하화는 지하공간을 활용하여 기존의 지상 도로의 교통정체를 해소하고 대기오염, 소음 저감 등 도시 환경개선 및 지상 공간의 새로운 가치를 창출할 수 있어 세계적인 추세로 자리 잡았다(유완규, 2023). 현재 국내의 지하도로는 서울시 신월여의지하도로와 서부간선지하도로가 개통되어 있으며, 부산시 만덕-센텀 도시고속화도로가 올해 11월 개통을 목표로 건설 중에 있다. 또한 정부는 국토종합계획(20~40), 제2차 국가도로망종합계획(21~30), 제2차 고속도로 건설계획(21~25) 등을 근거로 서울외곽순환선, 경부선, 경인선의 일부 구간의 지하화 계획을 발표하였다. 이에 따라 지하도로 특성을 고려하여 기하구조, 지하도로 구조물, 방재 및 안전시설 등의 기준 규정이 마련되고 있다. 특히 지하고속도로의 경우, 설계속도 100m/h 이상의 10~30km의 초장대 터널을 의미하며, 곡선부에서의 전방 상황 인지 곤란과 화재 발생 시 대규모 참사로 이어질 수 있다는 우려로 인해 교통 안전 측면의 개선대책 마련이 필요한 상황이다. 2022년 고속도로에서 발생한 사고 중 안전거리 미확보로 인해 발생한 사고 건수는 1,357건으로 전체 4,860건의 사고 중 27.9%에 해당하며, 이는 안전운전 의무불이행(60.0%) 다음으로 높은 수치이다(도로교통공단, 2022). 또한 지하도로와 도로 환경이 유사한 터널의 평균 치사율은 전체 교통사고 치사율의 2.4배로, 운전자의 안전이 더욱 취약하다(한국도로공사, 2023). 따라서 지하고속도로 건설 시, 교통사고 발생 확률과 사고 심각도를 감소시키기 위해 지하도로 환경을 고려하여 운전자가 유지하여야 하는 적정 차간 간격에 관한 연구가 필요하다. 이에 본 연구는 VISSIM 미시교통시뮬레이션을 활용하여 향후 건설될 제한속도 100km/h 이상의 지하고속도로의 분류부 및 합류부를 구현하고 지하고속도로의 주행행태 모사한다. 또한 가까운 미래에는 자율차와 비자율차가 한 도로에서 함께 주행하는 혼재 교통류가 등장할 것이므로 자율주행차의 영향을 함께 고려하여야 하는데, 해당 가상 교통 네트워크에 자율차의 MPR(Market Penetration Rate)을 달리하여 자율차를 투입함으로써 혼재 교통류를 구현하도록 한다. 이러한 가상 환경 아래에서 분합류부의 유출입 교통량에 따른 혼재 교통류에서의 지하고속도로 내 적정 차간 간격을 도출하고자 한다. 본 연구를 통해 도출된 혼재 교통류 및 지하고속도로 환경에서의 적정 차간 간격은 지하고속도로 교통 안전을 증진시키기 위한 개선대책의 기초 자료로써 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

사용자 경험 기반 어린이 통학버스 만족도 및 차내 안전장치 우선순위 분석

Analysis of User Experience-Based Satisfaction with Children's School Buses and the Prioritization of In-vehicle Safety Equipments

박보현
(경성대학교 석사과정)

신강원
(경성대학교 교수)

「도로교통법」에 따른 어린이 통학버스는 13세 미만인 어린이를 교육 대상으로 하는 18종의 시설에서 어린이의 통학 등에 이용되는 자동차와 「여객자동차 운수사업법」에 따른 여객자동차운송사업의 한정면허를 받아 어린이를 여객대상으로 하여 운행되는 운송사업용 자동차를 말한다. 어린이 통학버스로 사용할 수 있는 자동차는 승차정원이 9명 이상인 자동차로, 「자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙」에서 정한 장치 및 구조(어린이 보호표지, 등화장치, 좌석 안전벨트, 하차확인장치 등)를 갖추어야 한다. 그러나 다양한 안전장치가 있음에도 불구하고 어린이 통학버스 교통사고의 심각성은 증대하고 있어 여전히 어린이 통학버스의 안전성에 대한 제고가 필요한 상황이다. 이에 따라 어린이 탑승자 안전성 확보를 위해 안전성 보강 기술이 적용된 한국형 어린이 통학버스가 개발 중이다. 본 연구에서는 한국형 어린이 통학버스에 대한 만족도 조사와 더불어 상품기획 분야에서 주로 활용되는 분석기법인 KANO 모델과 TIMKO의 고객만족계수를 사용하여 어린이 통학버스의 안전성을 증진시키기 위한 장치에 대한 우선순위를 고찰해보고자 한다.

먼저 초등학생(141인)을 대상으로 한국형 어린이 통학버스 탑승 체험 프로그램을 진행한 후 차량에 대한 만족도 설문조사를 실시하였다. 설문조사 결과, 한국형 어린이 통학버스의 전반적 만족도는 81.0점, 안전성 만족도는 89.7점, 편리성 만족도는 71.5점으로 나타났으며, 편리성보다 안전성이 높은 점수를 받은 것을 확인할 수 있다. 또한, 차량 안전장치에 대한 개별 만족도의 경우 95% 이상의 응답자가 어린이 전용 좌석 및 어린이용 3점식 안전벨트가 안전하다고 답하였으나, 좌석의 규격 및 레그룸의 간격은 비교적 좁다는 의견이 존재하였다. 그리고 21%의 응답자가 어린이용 3점식 안전벨트의 장착이 어렵다고 응답한 반면, 안전벨트를 장착한 후 조절장치는 사용하기 편리하다고 답변하였다. 다음으로 KANO 모델을 활용하여 한국형 어린이 통학버스 차량 안전 장치 우선순위를 도출하였다. 통학버스 관리자 및 전문가 31인을 대상으로 수행한 설문을 통해 총 8개의 차량 안전 장치의 품질요소를 구분하였다. 그 결과, 일원적 품질요소 3개, 매력적 품질요소 5개로 구분되었으며, 당연적 품질요소, 무관심 품질요소, 역 품질요소는 없는 것으로 나타났다. 그 후 TIMKO의 고객만족계수를 적용하여 차량 안전 장치 우선순위 도출한 결과, 중요도가 높다고 판단된 상위 3개의 안전 장치는 어린이 전용 좌석, 어라운드뷰, 어린이용 3점식 안전벨트인 것으로 나타나 차량 좌석에 관한 안전 장치의 우선 도입이 필요하다고 판단된다. 본 연구를 통해 한국형 어린이 통학버스에 대한 실제 만족도 및 어린이 통학버스의 안전성을 향상시키는 필수적인 차량 안전 장치를 도출할 수 있었으며, 개별 장치에 대한 우선순위를 제안하였고 이러한 연구결과는 향후 어린이 통학버스의 안전성을 증진시키기 위한 기술 개발에 기여할 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행한 결과입니다.
(RS-2022-00143581)

도심부 교통안전 취약지점 식별을 위한 최적의 네트워크 스크리닝 방법 연구

Applying an optimal network screening method for identifying traffic risk hotspots in urban areas

성예지
(한양대학교 교통물류공학과, 석사과정)

박준영
(한양대학교 스마트시티공학과, 부교수)

최새로나
(한국교통안전공단 모빌리티플랫폼처, 차장)

도심 지역은 높은 인구 밀도와 복잡한 교통 흐름으로 인해 교통사고 발생 위험이 높다. 전체 교통사고 중 약 80%는 일반국도 및 고속국도가 아닌 도심부 도로에서 발생하며, 교차로에서의 사고는 전체 사고의 약 50%를 차지하고 있다. 특히 보행자, 자전거 이용자, 어린이, 노약자 등 교통 약자가 많이 이용하는 도심부에서는 이들의 보호가 더욱 중요하다. 따라서 교통안전 취약구간을 식별하고 관리하는 것은 도심부 교통안전 향상에 필수적이라고 판단된다.

본 연구는 도심부 교통사고 데이터를 활용하여 동적 프로그래밍(DP) 기반의 동적 구간 길이(DSL) 방법을 이용해 교통안전 취약구간(Hotspot)을 식별하고자 하였다. 이를 위해 기존의 슬라이딩 윈도우(SW)와 CRP 방법과 비교 평가를 수행하였다.

분석 대상 도로는 전국 17개 지자체 중 대표 지역을 선정하고, 각 지역의 도로가 공정하게 비교될 수 있도록 차로수, 보도 설치 유무, 제한속도 등의 조건을 만족하는 도로를 기준으로 선정하였다. 연구에 사용된 데이터는 2020년부터 2022년까지의 교통사고 데이터, 개별차량운행기록(DTG) 데이터, 도로 기하구조 데이터를 바탕으로 하였으며 좌표 데이터를 기준으로 분석 대상 도로 내 데이터를 추출하여 분석에 활용하였다.

분석 결과는 경험적 베이지안(EB) 추정치를 활용하여 DSL 방법이 교통안전 취약지역을 효과적으로 식별하는지 평가하였으며, 기존의 SW 및 CRP 기법과 비교하여 성능을 확인하였다. 추가적으로 구간 일관성 테스트와 방법 일관성 테스트를 통해 시간 및 공간적 일관성을 평가할 수 있다.

사사: This work was supported by National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government MSIT). (No. 2022R1A2C1093424)

주행시뮬레이션 기반 도로안전성 평가를 위한 평가지표 통합체계 개발

An Integrated Driving Behavior Analysis Framework for Road Safety Assessment using Driving Simulations

정아람
(한양대학교 교통물류공학과, 박사후과정)

오철
(한양대학교 교통물류공학과, 교수)

조영
(한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 선임연구원)

주체차량의 종·횡방향 주행행태는 주체차량의 차량거동에 의해 나타나며 운전자의 인지·반응과 판단에 따라 결정된다. 종방향 주행행태는 가·감속과 같은 선·후행 차량간 추종상황에서는 주체차량과 선행차량 간의 상호작용에 따라 차량간 상호작용에 따른 주행행태가 나타난다. 추종상황에서 주체차량의 주행행태는 선행차량의 주행행태에 영향을 받아 변화할 수 있다. 또한 주행상황에서는 주체차량의 종·횡방향 주행행태와 차량간 상호작용에 따른 주행행태가 복합적으로 발생한다. 안전성 평가 시 각 주행행태를 개별적으로만 고려한다면 사고발생에 영향을 미치는 요인들을 종합적으로 고려하지 못할 수 있다. 따라서 주체차량의 종·횡방향 주행행태와 및 주체차량과 선행차량 간 상호작용에 따른 주행행태를 종합적으로 고려하는 것이 안전성 평가에 있어 중요한 요소가 될 수 있다. 본 연구는 주체차량의 종·횡방향 주행행태와 및 주체차량과 선행차량 간 상호작용에 따른 주행행태 특성을 종합하여 하나의 지표로 나타낼 수 있는 통합방안을 개발하는 것이 목적이다.

종횡방향 및 차량간 상호작용에 따른 주행행태 평가지표를 종합적으로 고려하기 위해서는 주행행태 변수들에 대한 비교가 가능해야 한다. 따라서 다양한 특성의 주행행태를 고려하여 안전성을 평가하고 주행행태 특성을 잘 나타낼 수 있는 지표의 중요도를 파악해야 한다.

도로주행 시뮬레이션은 운전자가 사고발생의 위험성 없이 주행환경에 몰입하며 운전을 수행함으로써 운전자의 주행특성이 고려된 데이터를 수집할 수 있는 유용한 도구로 운전자 주행행태 분석 연구에서 활발하게 이용되고 있다. 본 연구에서는 고속도로 연결로에서의 주행행태 자료를 수집하기 위해 도로주행 시뮬레이션을 이용하여 평가지표를 도출하였다. 랜덤포레스트는 분류 (classification) 문제에 사용할 수 있는 머신러닝의 앙상블 기법 중 하나로 성능이 우수하고 과적합을 방지하는데 효과적이다. 본 연구에서는 주행행태 평가지표별로 평가지표가 안전성에 미치는 상대적인 중요도를 분석하기 위한 방법으로 랜덤포레스트 기법을 사용하고 결과로 도출되는 mean decrease gini를 해당 평가지표가 안전성 평가에 미치는 상대적인 중요도로 정의하였다. 평가지표별 상대적 중요도는 종·횡방향 및 차량간 상호작용에 따른 안전성이라는 주행행태 특성의 가중치를 산출하였다. 가중치는 주행행태 자료를 수집한 도로교통상황에서 종·횡방향 및 차량간 상호작용에 따른 주행행태 중 안전성에 미치는 영향의 정도를 나타낸다. 가중치를 정규화된 평가지표에 적용함으로써 평가지표를 통합하였다. 통합 지표는 교통관리 시스템, 첨단교통기능을 포함하는 커넥티드 차량 또는 자율주행차 개발, 도로 설계 시의 안전성 검토 등 다양한 분야에서 활용할 수 있다.

교통계획

Session

B-5

UAM 도입으로 인한 서울시 내 접근성 변화에 따른 서울시 아파트 가격의 변화 예측 〈2025 한국형 도심항공교통 로드맵 실증 노선을 바탕으로〉
김규성, 김민석, 송형근, 조여린, 최성택

도로사업 교통수요예측오차를 고려한 기대교통량 모형 개발
김기민, 박동주

GTX-A 이용 희망자들의 통행시간가치 산정 연구: 동탄, 운정에서의 업무통행을 중심으로
김우경, 정문서, 정진호, 허연수, 최성택

머신 러닝 기법을 활용한 소멸위험지역의 위험요인분석: 충청권을 대상으로
김정연, 이영헌, 도명식

사회경제적 맥락에 따른 통행패턴의 표본 편향 분석: 2021 NHTS와 서울시생활이동데이터 간 비교를 중심으로
김지수, 김의진

다수단 네트워크에서의 경로 단위 속성을 고려한 Recursive Logit 경로선택모형 구축
문세동, 장성훈, 김동규

UAM 도입으로 인한 서울시 내 접근성 변화에 따른 서울시 아파트 가격의 변화 예측 <2025 한국형 도심항공교통 로드맵 실증 노선을 바탕으로>

Prediction of changes in apartment prices in Seoul due to changes in accessibility in Seoul due to the introduction of UAM <Based on the 2025 Korean Urban Air Traffic Roadmap Demonstration Route>

김규성	김민석	송형근	조여린	최성택
(한양대학교 도시공학과, 학사과정)	(한양대학교 도시공학과, 학사과정)	(한양대학교 도시공학과, 학사과정)	(한양대학교 도시공학과, 학사과정)	(한양대학교 도시공학과, 학사과정)

한국 정부는 2025년까지 '한국형 도심항공교통(K-UAM)'의 실증 및 상용화를 목표로 하고 있으며, UAM 도입으로 서울 등의 대도시 교통 접근성이 개선될 것으로 기대된다. 본 연구에서는, UAM 도입 시나리오별 서울 주요 교통 결절지(김포공항역,서울역,수서역)까지의 접근성 변화가 서울시 아파트 가격에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 서울시 내 주요 UAM Vertiport 계획을 고려하여, 연구의 공간적 범위를 서울시 전체로 설정하였고 시간적 범위를 UAM 상용화 예정년도인 2025년으로 설정하였다. 수도권에서 가장 일반적인 주택 유형이며 표준화된 특성으로 접근성 기반의 가격 분석에 적합한 아파트를 연구 대상으로 설정하였다. 관련 선행 연구에서는 UAM의 정책적 로드맵에 기반한 실증적 분석이 부족하며, 핵심 변수인 'UAM을 이용한 3 핵심까지의 시간거리'가 소비자의 통행비용과 시간가치를 반영하지 않아 현실성이 결여 되었다는 한계가 존재하였다. 본 연구는 '2025 한국형 도심항공교통(K-UAM) 로드맵 실증 노선'을 기반으로 UAM이 도시공간구조에 미치는 잠재적 영향과 실증적 분석을 제공함으로써, 현재와 미래의 도시 발전 방향에 대한 중요한 통찰을 제공한다. 특히 소비자가 중요시하는 통행시간을 고려한 일반화 비용을 독립 변수로 삼아 현실성 있는 UAM 도입 시나리오별 서울시 아파트 가격 변화를 추정함으로써, 정책 결정 및 도시계획에 실질적 기여를 할 수 있다. 연구의 방법으로는 동별 인구중심점 구축 후 인구중심점에서 주요 교통 결절지까지의 일반화 비용을 도출하였다. 헤도닉 가격 모형을 통해 UAM 도입 시나리오별 변화하는 일반화 비용을 바탕으로 아파트 가격의 변화율을 추정하였다. 시나리오 설정은 다음과 같다. 시나리오 A: UAM 도입 전(A-0)-> UAM 도입 직후 실증노선 상에만 5개의 버티포트 존재(A-1)-> 구별 버티포트 존재(A-2)-> 동별 버티포트 존재(A-3) // 시나리오B: UAM 도입 전(B-0)-> UAM 도입 직후 가격 2000원/km, 속도200km/h(B-1)-> UAM 가격 700원/km, 속도260km/h (B-2)-> UAM 가격 500원/km, 속도 320km/h (B-3). 시나리오 A의 결과로 A1, A2에서는 도입 전과 비교하였을 때 높은 아파트 가격의 변화량을 보여주지 않았지만 A3에서는 중랑구, 종로구를 중심으로 50% 가량 아파트의 가격이 상승한 것을 관찰하였다. 시나리오 B의 결과로는 가격이 낮아지고 속력이 올라갈수록 점증적으로 아파트 가격이 상승함을 관찰하였다. (B2:46%, B3:65% 가량의 아파트 가격 상승) 특히 결절지로의 교통 인프라가 부족하고 접근성이 낮은 강북, 성북 지역을 중심으로 높은 아파트 가격의 상승률을 관찰하였다. 즉 UAM의 도입 직후 교통 접근성 발달로는 아파트 가격의 높은 상승률을 기대하기는 힘들지만 버티포트의 개수가 증가하고 가격과 속도가 수요자의 효용에 부합하게 된다면, 버티포트의 밀집도가 높은 지역, 비교적 교통 결절지까지의 접근성이 낮은 강북 지역, 장거리 통행이 이루어지는 지역을 중심으로 아파트 가격의 상승과 지역발전이 기대된다. 본 연구를 바탕으로 향후 버티포트의 입지 선택과 발전 방향, 도시개발과 지역의 발전에 긍정적인 영향을 기대한다.

도로사업 교통수요예측오차를 고려한 기대교통량 모형 개발

Development of an Expected Traffic Volume Model for Traffic Demand Forecast Errors in Road Projects

김기민
(한국지방재정공제회, 부연구위원)

박동주
(서울시립대학교, 교수)

본 연구는 국내 도로사업의 교통수요 예측오차를 감안하여 보다 효율적인 기대교통량 추정모형의 개발을 목적으로 수행되었다. 이를 위해 본 연구에서는 1999년부터 2010년까지 수행된 예비타당성조사 및 타당성재조사 사업들 가운데 62건의 도로사업(690개 구간)의 자료를 활용하였다.

본 연구에서는 장래 추정교통량에서 오차를 감안 할 수 있는 기대교통량을 도출 할 수 있는 모형식을 제안하였다. 그간 수행된 도로사업의 교통수요추정결과를 활용한 구간교통량의 추정을 위한 모형은 Hoque et al. (2021)에서 제안한 분위회귀 모형을 차용하되, 5%, 50%, 95% 분위만 제공한 것에 착안하였다. 본 연구에서는 일반적으로 활용되는 50% 분위를 기본으로 제시하고 해당 분위의 신뢰구간을 적용한 구간 교통량을 제시하였으며, 5% 등위의 분위회귀식을 모두 부록으로 제시하였다. 이외에도 각 분위별 회귀식 도출시 부트스트랩을 활용하여 제한된 자료의 한계를 넘어서고자 노력하였다. 또한 각 분위별로 신뢰구간도 제시하여, 좁게는 분위별 신뢰구간을 활용하고 넓게는 연구자별로 분위 회귀모형을 선택하여 활용할 수 있도록 하였다. 또한, 본 연구에서는 사업구간과 주변구간을 구분하여 분석 결과를 제시하였다. 본 연구는 기존 연구에서 시도하지 않았던 주변구간에 대한 기대교통량 추정식을 제안하여, 기존 연구와 차별성을 지니고 있다.

기대교통량 추정은 경제성분석시 시행하는 민감도 분석시 활용이 가능할 것으로 예상된다. 현재는 일률적으로 편익(Benefit)추정의 -20%에서 +20%간의 구간 변화를 모든 사업에서 동일하게 적용하고 있다. 이를 사업별 특성을 감안하여 좁게는 신뢰구간만, 넓게는 분위별로 선택하여 민감도 분석을 시행할 수 있을 것으로 예상된다. 이를 통해서 사업시행에 대해서 판단하는 의사결정자들에게 좀 더 신뢰할 수 있는 자료를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 '도로사업의 교통수요 예측오차를 고려한 기대교통량 추정' 박사학위논문(2024.08)의 일부내용을 발췌하여 작성되었습니다.

GTX-A 이용 희망자들의 통행시간가치 산정 연구: 동탄, 운정에서의 업무통행을 중심으로

A Study on the Value of Travel Time in GTX-A traveler: Focusing on Commuter in Dongtan, Unjeong

김우경	정문서	정진호	허연수	최성택
(한양대학교 도시공학과, 학부생)	(한양대학교 도시공학과, 학부생)	(한양대학교 행정학과, 학부생)	(한양대학교 도시공학과, 학부생)	(한양대학교 도시공학과, 교수)

수도권 과밀화 문제를 해결하기 위해 등장한 1기, 2기 신도시는 서울 도심 지역과 거리가 멀어 통근 통행 시간이 과다하였다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 '09년 수도권 광역급행철도 계획이 수립되어, 현재 '24년 3월 동탄-수서 구간만 'GTX-A' 노선으로 개통하였고, 올 연말 운정-서울역 구간 개통을 앞두고 있다.

GTX-A 노선은 기존 교통수단 比 통행 시간을 48% 감소시키는 대신 통행요금은 2.4배가량 비싸다(운정-삼성 구간 기준, 대조군은 지하철). 이와 같은 Trade-off, 즉 GTX-A 지역의 양 끝단 지역에 거주하는, 통근 통행을 목적으로 GTX-A 노선을 이용할 동탄·운정신도시 거주민에게 GTX-A의 통행 시간가치가 어떠한지 설문조사를 통해 분석하였고, 이외에도 GTX-A를 이용하거나 이용하지 않는 요인에 관해서도 조사하여 해당 요인의 수단 선택 영향도를 다항로짓모형을 이용해 분석하였다.

이 연구를 통해 GTX를 포함한 교통수단 (GTX, 광역버스, 지하철, 승용차) 선택의 영향 요인을 규명하고, GTX 이용자들의 통행 시간가치를 추정하여 다른 교통수단과의 비교를 수행한다.

설문조사의 경우 서울 내 주요 업무지역·대중교통수단 환승지역에서 동탄·운정행 버스를 퇴근 시간대에 대기하는 인원을 대상으로 진행하였다. 설문조사는 설문 참여와 회수, 결과 정리가 쉬운 Google Forms를 활용해 진행하였고, 직업 관련 질문에서 대학원생이나 주부로 응답한다면 설문조사에서 이탈되도록 설정하였다. 이를 통해 동탄과 운정 각각 유효표본 152건을 확보하였다.

통행 시간가치는 통행자가 단위 시간을 줄이기 위해 내고자 하는 금액을 의미한다. 이를 측정하기 위해서는 수단(GTX·버스·지하철·승용차)별로 다르게 설정된 소요 시간·지불요금이 제시되어야 한다. 기존 통행 시간가치의 경우 단순히 업무/비업무 통행으로 구분되었으나, 이번 설문조사를 바탕으로, 응답자가 선택한 수단의 통행 시간가치를 동탄과 운정지역을 구분하여 추산할 수 있다.

통행자가 수단을 선택하는 이유에는 소요 시간과 지불요금 외에도 소득, 성별, 소유하는 자가용 수와 같은 다양한 이유가 있다. 이와 같은 요소가 각 수단을 선택하는 데 미치는 영향의 정도를 다항로짓모형을 통해 분석할 수 있다. 본 설문조사 결과를 활용해 주어진 수단별로 응답자의 수단 선택 요소와 그 요소가 영향을 미치는 정도를 파악할 수 있었다.

연구 결과 비용과 시간은 GTX 선택과 음의 관계이며, 단거리 통행일수록 GTX를 선택하지 않는다는 기존 상식에 부합하는 결과가 도출되었다. 또한 나이와 소득이 높을수록, 남성일수록 GTX를 선택하며, 기존 대중교통의 통행 시간가치에 비해 GTX의 통행 시간가치가 낮음을 보였다(각각 7,110원/시간, 4,950원/시간). 이는 GTX에 관한 만족도가 기존 대중교통보다 높아 통행 시간을 줄이는 것에 비용을 더 내지 않기를 원하는 것으로 해석할 수 있다. 한편, 승용차의 통행 시간가치는 1,150원/시간으로 다소 낮게 도출되었는데 이는 표본 수 부족, 대중교통 이용자에게 설문조사를 진행하는 등 표본의 편중 등의 이유가 있다.

본 연구를 통해 동탄·운정 거주자의 GTX 이용에 관한 통행 시간가치를 추정할 수 있었다. 향후 연구 시 사용하지 않은 변수의 추가 투입을 통해 효용함수를 재계산할 수 있다. 이외에도, 설문조사 표본 수를 늘리고, 표본 편향을 줄이는 노력이 필요하며, GTX-B·C 노선 등 미개통 지역의 통행 시간가치도 비교 분석할 수 있다.

사사: 이 연구는 한양대학교 도시공학과에서 진행하는 '도시공학종합설계'의 결과물이며, ITSK에서 주관하는 미래내일일경험 프로젝트에서 연구비를 지원받았습니다.

머신 러닝 기법을 활용한 소멸위험지역의 위험요인분석: 충청권을 대상으로

Analysis of the Extinction Risk Factors using Machine Learning Targeting the Chungcheong Region

김정연
(국립한밭대학교 도시공학과, 석사과정)

이영헌
(국립한밭대학교 도시공학과, 박사수료)

도명식
(국립한밭대학교 도시공학과, 교수)

많은 도시가 저출산 및 고령화로 인한 인구감소가 사회적 문제로 크게 대두되고 있다. 한국의 합계출산율은 1970년도부터 급격하게 감소하여 2023년도 기준 0.72명으로 감소하여 2000년대 진입 이후 세계적으로 낮은 수준을 차지하고 있다. 그에 반해 고령자는 2023도 기준 65세 이상 고령인구는 우리나라 인구의 18.3%로, 향후 계속 증가하여 '25년에는 20.6%로 우리나라가 초고령사회로 진입할 것으로 전망된다.

초고령사회로 진입하여 인구가 감소하면 교통수요가 줄어들테고, 교통인프라를 유지하거나 개발하기가 경제적으로 어려워지게 된다. 특히, 대중교통의 의존도가 높은 고령인구에게는 교통 접근성은 아주 중요한 문제가 된다. 또한, 도시 상태 유지의 어려움 및 사회 기반 등이 무너지게 되면서 균형적인 발전이 불가능해진다. 그리하여 인구 감소에 따른 다양한 도시의 공간적 구조가 변형되어야 한다. 그러기 위해서는 지방소멸위험에 미치는 요인을 찾아내야 한다.

전국 시군구를 대상으로 2021~2022년도 기준 국가통계포털 자료를 사용하였다. 머신 러닝(Machine Learning)기법은 알고리즘에 다양한 데이터를 제공하여 분석 내에서 연관성과 패턴을 파악하여 습득할 수 있도록 훈련하도록 하고, 분석 기반으로 예측 또는 결정을 내리게 된다. 본 연구는 전국 시군구 지방소멸위험지수를 목표값(Target Value)으로 설정한 후 6가지 분야에 해당하는 독립변수 데이터를 가지고 머신 러닝(ML) 기법을 통해 컴퓨터 알고리즘에 학습을 시킨 후, 충청권의 지방소멸위험지수를 추출 혹은 예측하고자 한다.

지방소멸위험지수는 20~39 여성을 65세 인구로 나눈 값으로 2022년 자료를 가지고 전국 261개 시군구에 적용하였고, 추출된 지방소멸위험지수를 통해 QGIS 3.28.14를 활용해 각 시군구의 시각화지도를 제작했다. 총 261개의 시군구 중 소멸위험매우낮음으로 나온 지역은 존재하지 않았고, 가장 많은 시군구가 해당하는 단계는 소멸주의로 나타났다. 이후 시군구의 지방소멸위험지수와 18개의 독립변수의 데이터를 가지고 머신 러닝 기법을 통해 분석한 후 충청권의 데이터를 적용하여 결과를 도출 및 예측하고자 했다.

머신 러닝기법을 통해 지역 소멸위험에 미치는 영향이 높다고 판단할 수 있는 변수들과 앞서 참고하였던 선행연구와 비교 진행하고 지역의 매력도를 높이는 역할을 하는 변수들을 추출한 후, 머신러닝기법에 충청권 시군구의 분석결과와 주요 요인에 관한 문제점을 해결할 수 있는 대안 방안은 추후 밝히기로 한다.

향후 연구로 첫 번째는 다양한 변수의 발굴 및 소멸가능성을 줄이기 위한 대안과 관련된 추가적인 연구를 진행할 것이고, 두 번째로는 지방소멸위험지수는 20~39세 여성인구와 65세이상인구 자료를 활용하였기에 구체적인 인구감소를 전부 설명하기에 한계점이 존재함으로, 종속변수의 다양한 지표 선정을 통해 실질적인 지방소멸위험을 나타내는 변수와 관련된 추가적인 연구를 진행할 것이다.

사회경제적 맥락에 따른 통행패턴의 표본 편향 분석: 2021 NHTS와 서울시생활이동데이터 간 비교를 중심으로

Analysis of Sample Bias in Travel Patterns within a Socioeconomic Context:
A Comparing Study between 2021 NHTS and KT Life Movement Data in Seoul

김지수
(아주대학원 D.N.A.플러스융합학과)

김의진
(아주대학원 D.N.A.플러스융합학과)

1. 연구 배경 및 필요성

현대 사회에서 개개인의 활동은 다양한 공간에서 이루어지며, 그 과정에서 필연적으로 통행이 발생한다. 통행은 단순히 목적지로의 이동을 의미하는 것이 아니라, 그 이면에는 개인의 복잡한 의사결정이 포함되어 있다. 통행의 유형, 이동 수단 선택 등 모두 의사결정에 따른 결과로 나타나며, 이러한 결정은 개인의 사회적, 경제적 배경, 시간적 제약, 이동 목적 등 다양한 요인에 의해 복합적으로 형성된다. 이처럼 통행은 개개인의 활동과 선택에 의해 발생하는 동적 과정으로, 이를 이해하기 위해서는 다차원적 분석이 필수적이다.

과거의 교통 연구들은 주로 하나의 데이터 자료만을 활용하여(Sadeghvaziri, E., & Tawfik, A, 2020) 특정 집단에 대해 통행 패턴을 분석하거나(Lidbe, A et al,.2021), 개인적 요인과 통행 요인만으로 통행 패턴을 규명하는 방향으로 통행을 연구해왔다. 하지만 최근 들어, 공간적 요인 역시 중요한 영향을 미친다는 점이 부각되고 있다. 각 개인이 속한 공간의 특성은 이동 경로와 방식에 큰 영향을 미치며, 이는 곧 교통 수요의 예측과 자원 배분에 중요한 변수로 작용한다. 다시 말해, 의사결정 과정을 대리해서 나타내는 공간 변수를 활용함으로써 통행 의사결정 과정을 간접적으로 파악할 수 있다.

이에 본 연구는 데이터 기반 통행 의사결정 연구의 신뢰성을 높이기 위해 설문조사 데이터인 가구통행실태조사 자료(NHTS)와 서울시생활이동데이터(KT) 간 차이를 비교 분석함으로써, 통행 패턴 분석에서 주로 활용되는 NHTS의 편향(Bias)를 발견하고, 공간적 요인을 활요한 회귀 분석을 통해 통행 의사결정 과정에 대한 해석을 제시하고자 한다. 즉, 본 연구에서는 단편적인 통행 분석을 넘어, 복합적인 요인을 고려한 분석을 중점적으로 다룬다.

2. 자료 및 실험 설계

기존 통행 패턴 분석에 활용되는 NHTS는 1% 내외의 표본률을 갖고 있어 대표성이 부족한 문제가 존재한다. 이를 보완하기 위해 NHTS 뿐만 아니라 KT 자료를 함께 활용하였다. 분석 대상의 공간적 범위를 서울특별시로 한정하였고, 보다 구체적인 분석을 위해 공간 분석 단위를 426개의 행정구역으로 설정하였다. 통행 집단을 반영하는 특성을 개인 특성, 통행 특성으로 결정하였고, 공간적 지표과 설문조사 지표를 추가적으로 활용하였다. 같은 조건으로 구축된 두 데이터를 활용하여 각 통행 집단에 대한 SRMSE와 Zerocell 비율에 대한 결과를 도출함으로써, NHTS의 통행 정보가 어떤 집단에 대한 설명력이 부족한지 결과를 도출한다. 그리고 독립변수인 공간 특성 변수, 설문 변수와 종속변수인 SRMSE 간 회귀분석을 통해서 각 독립변수의 유의성을 평가함으로써, 데이터간 차이를 설명하는 주요 요인을 규명한다.

일반적으로 설문조사에 참여하는 사람들은 교통 수단을 많이 이용하거나 이동이 활발한 집단일 가능성이 크다. 그리고 응답자의 시간적 여유나 교육수준은 설문조사에 참여하는 데 중요한 요소로 작용하곤 한다(von Szombathely et al., 2018). 이러한 Bias는 특정 집단의 통행 패턴을 과대 반영하거나 또는 충분히 반영하지 못하는 결과로 이어질 수 있다. 이에 가설 '고령층 및 저소득층은 교통 소외 계층으로서 과소 설명될 것이다.'을 설정하여, NHTS에서 발생하는 Bias의 주요 원인을 사회경제적 구조에서 찾고자 한다.

3. 연구 결과 및 결론

SRMSE 및 Zerocell 비율 결과, NHTS에서 고령층 및 젊은 층 집단의 통행 정보에 대한 설명력이 부족하며, 30대-60대의 이동은 잘 반영되었음을 발견하였다. 이동 목적의 경우 일상적인 이동은 잘 보고되지만 비정기적 이동 또는 짧은 이동이 누락되는 경향이 있어 특정 이동목적에 대해서 통행 정보가 덜 설명된다는 것을 알 수 있었다. 그리고 회귀분석 결과 '데이터 간 차이에 영향을 미치는 주요 변수'로 (1)가구수, (2)3차 산업 사업체규모, (3)분산, (4)소득분위 5분위, 6분위가 도출되었다. 이를 통해 네 종류의 변수들이 두 데이터간 차이에 작용하여 NHTS의 편향성을 발생시킨다고 해석할 수 있다.

참고 문헌

1. Sadeghvaziri, E., & Tawfik, A. (2020, May). Using the 2017 National Household Travel Survey Data to Explore the Elderly's Travel Patterns. In International Conference on Transportation and Development 2020 (pp. 86-94). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
2. Lidbe, A., Adanu, E. K., Penmetsa, P., & Jones, S. (2021). Changes in the travel patterns of older Americans with medical conditions: a comparison of 2001 and 2017 NHTS data. Transportation research interdisciplinary perspectives, 11, 100463.
3. Von Szombathely, M., Albrecht, M., Augustin, J., Bechtel, B., Dwinger, I., Gaffron, P., ... & Strüver, A. (2018). Relation between observed and perceived traffic noise and socio-economic status in urban blocks of different characteristics. Urban Science, 2(1), 20.

다수단 네트워크에서의 경로 단위 속성을 고려한 Recursive Logit 경로선택모형 구축

A Recursive Logit Path Choice Model Integrating Path-Based Attributes in Multimodal Networks

문세동
(서울대학교 건설환경종합연구소, 박사후연구원)

장성훈
(홍콩이공대학 건설환경공학부, 조교수)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

재귀 로짓(recursive logit; RL) 모형은 Fosgerau et al. (2013)에 의해 처음 제안되었으며 기존 경로선택 모형에서 경로의 선택 집합(choice set)을 생성해야 한다는 문제점을 해결하기 위해 개발되었다. 재귀 로짓 모형은 통행자들의 경로 선택 행태를 개별 링크 선택의 연속으로 표현함으로써 경로의 선택 집합을 별도로 생성할 필요가 없으며, 개별 링크 선택은 로짓 모형으로 표현된다. 재귀 로짓 모형은 링크 단위 속성(link-based attribute)에 기반한 모형으로, 이들 속성은 개별 링크의 속성값들을 더하면 전체 경로의 속성값이 되는 성질인 링크 가산성(link-additivity)이 성립한다는 기본 가정을 두고 있다. 통행시간 및 링크 길이 등은 여기에 부합하는 링크 단위 속성이다. 그러나, 대중교통 요금의 경우에는 환승할인 등 통합요금제에 영향을 받고 통행경로에 따라 결정되는 속성이며, 이로 인해 개별 링크의 요금의 합계로 표현하기가 곤란하다. 이와 같은 경로 단위 속성(path-based attribute)은 링크 단위 속성의 합으로 직접 표현되지 않아 재귀 로짓 모형에 반영하기가 어렵다. 이는 재귀 로짓 모형의 활용에 한계를 유발하며, 특히 여러 교통수단을 환승하여 이용하는 다수단 통행에서는 단일 수단 통행보다 경로 단위 속성이 더욱 복잡하게 결정되므로 이것이 더욱 문제가 된다. 따라서 본 연구에서는 다수단 네트워크에서 경로 단위 속성을 고려한 재귀 로짓 모형을 구축하는 것을 목표로 한다.

본 연구에서 제안하는 경로 단위 속성을 고려한 재귀 로짓 모형(recursive logit with path-based attributes, RL-PA) 모형의 구축에서는 경로 단위 속성을 링크 단위의 값으로 변환하는 방법론이 핵심적이다. 이를 위해 먼저 경로 단위 속성과 링크 단위 값 사이의 관계식을 세운 뒤, 이를 행렬로 표현하고, 해당 방정식의 정확한 해가 존재하지 않아 링크 단위 값의 최적 근사해를 구하기 위해 Moore-Penrose Pseudoinverse를 사용하였다.

본 연구에서는 이러한 방법론을 서울특별시의 도로, 버스, 철도 네트워크와 2016~2017년의 서울특별시 출근통행 데이터(가구통행실태조사 데이터, 대중교통 스마트카드 데이터)에 적용하였다. 또한, 본 연구에서는 경로 단위 속성인 비용(대중교통의 경우 요금)을 링크 단위의 값으로 변환하여 적용하였다. 그 외에도 링크 단위 속성값인 통행 시간, 환승 횟수와 Link size (LS)를 반영하였다. 본 연구에서는 벤치마크 모형인 다항로짓 모형(multinomial logit; MNL)과 4가지의 재귀로짓 모형 (RL, RL-PA, RL-LS, RL-PA-LS) 및 4가지의 nested recursive logit 모형(NRL, NRL-PA, NRL-LS, NRL-PA-LS)를 비교하였다. 그 결과 우선 통행시간, 환승횟수, 비용에 대한 계수는 모두 음(-)의 값을 보였으며, 이는 통행시간이 길고 환승횟수가 많으며 비용이 높을수록 해당 경로의 선호도가 떨어진다는 직관에 부합한다. 다음으로 경로 단위 속성인 비용이 반영되었을 때 재귀로짓 모형과 nested recursive logit 모형 양쪽 모두 모형 적합도(log-likelihood) 및 예측 정확도(RMSE, MAE, MAPE)가 개선되었다.

본 연구에서 구축한 모형을 통해 경로 단위 속성이 경로 선택에 미치는 영향(예: 통행 비용이 경로 선택에 미치는 영향)을 재귀 로짓 모형을 통해서 분석할 수 있다. 또한, 경로 단위 속성을 재귀 로짓 모형에 반영함으로써 모형 추정 및 예측 정확도 측면에서 개선됨을 입증하였다. 향후 연구에서는 본 연구에서 구축한 모형으로 통행자의 시간가치와 같은 정책적으로 유용한 지표를 도출하고, 다른 경로 단위 속성(환승 페널티, 경로의 우회 정도, 통행자의 피로도 등)도 반영하며, 경로 단위 속성을 링크 단위 값으로 변환하는 과정에서 오차율을 줄이기 위한 기법을 개발하고자 한다.

Session C

교통 빅데이터(I)

Session

C-1

LLM 교통사고 경위 데이터 분석: 차대 자전거, 자전거대 차, 차대 보행자 관하여
강지훈, 고우리, 윤일수

다중 모빌리티 데이터 기반 통합 모빌리티 서비스 평가 지표 개발
김승민, 박호철

스마트 모빌리티 서비스 도입을 위한 이용자, 운영, 사회경제, 토지이용 특성별 버스정류장 분류
이영현, 한효림, 정용일, 송태진

DNN 기반 도심지 네트워크 교통상황 예측에 관한 연구
진종찬, 이경진, 윤일수

운전자 내 이질성을 고려한 차량 추종 행동에 대한 운전자 간 이질성의 영향
최세원, 최준희, 문세동, 김동규

교통분야 초거대 AI 기반 조성을 위한 승용차 및 대중교통 트립체인 데이터 구축
박유진, 구자헌, 이경재, 추상호

LLM 교통사고 경위 데이터 분석: 차대 자전거, 자전거대 차, 차대 보행자 관하여

LLM Based Analysis of Traffic Accident Description Data:
Focusing on Car-to-Bicycle, Bicycle-to-Car, and Car-to-Pedestrian Accidents

강지훈 (아주대학교, 석사과정)
고우리 (아주대학교, 석박사통합과정)
윤일수 (아주대학교, 교수)

본 연구는 도심 도로에서 자주 발생하는 차대 자전거, 자전거대 차, 차대 보행자 사고 데이터를 바탕으로 LLM(Large Language Model)을 활용하여 사고 경위에서 각 객체의 움직임을 예측하는 방법을 분석하였다. 기존의 TF-IDF(Term Frequency-Inverse Document Frequency) 기법은 단어 빈도에 의존하여 문맥을 반영하지 못하는 한계가 있었으나, LLM은 문장 내 의미를 더 깊이 이해하고 복잡한 사고 상황에서도 정확한 예측을 가능하게 한다.

본 연구는 2012-2014년 경찰청에서 수집된 교통사고 데이터를 사용했으며, LLM을 학습시키기 위해 총 300개의 데이터를 무작위로 추출하였다. 이후 테스트 데이터 60개와 거동 정보가 없는 60개를 사용해 LLM의 성능을 평가하였으며, 정확도(accuracy), 정밀도(precision), 재현율(recall), F1 점수 등으로 성능을 측정하였다.

LLM은 거동 정보가 명시된 데이터에서 80%의 정확도를 보였으며, 정밀도는 94.19%, 재현율은 90.18%, F1 점수는 90.91%로, 특히 복잡한 상황에서도 뛰어난 성능을 발휘하였다. 반면, 거동 정보가 명시되지 않은 데이터에서는 정확도가 45%로 낮았으나, 여전히 정밀도는 79.15%로 중요한 데이터를 잘 포착하였다.

결론적으로, 본 연구는 LLM이 교통사고 데이터 분석에서 기존 TF-IDF 기법을 보완하며, 복잡한 사고 설명을 더 정확하게 처리할 수 있음을 입증하였다. 향후 연구에서는 더 많은 데이터를 사용해 성능을 더욱 개선하고, LLM의 예측 결과에 대한 설명 가능성을 높이는 방향으로 연구를 확장할 필요가 있다.

사사: 본 논문은 국토교통부 자율주행 기술개발 혁신사업 '주행 및 충돌상황 대응 안전성 평가기술 개발(RS-2021-KA160637)' 과제 지원에 의해 수행되었습니다.

다중 모빌리티 데이터 기반 통합 모빌리티 서비스 평가 지표 개발

Development of Integrated Mobility Service Evaluation Metrics Based on Multimodal Mobility Data

김승민
(명지대학교, 석사과정)

박호철
(명지대학교, 부교수)

도시화가 급속히 진행되면서 대중교통 시스템과 이동 서비스에 대한 관심이 그 어느 때보다 커지고 있다. 특히 대중교통 인프라의 효율성 향상을 위한 개발이 가속화되고 있지만, 이러한 발전이 공간적 불평등을 초래하고 있다는 문제점이 지적되고 있다. 현재의 대중교통 시스템은 비용 효율성과 운영 효율성에 초점을 맞추는 경향이 있으며, 이에 따라 도시 내 일부 지역은 교통 서비스의 질이 저하되는 반면 다른 지역은 우수한 서비스를 누리는 공간적 불균형이 심화되고 있다. 이러한 불균형은 이동성 및 접근성 측면에서 특히 취약 계층에 큰 영향을 미치며, 도시 내 생활 수준과 경제 활동에도 영향을 미친다.

기존의 이동성 연구들은 교통 환경 내에서 개인의 이동을 정량적으로 평가하는 다양한 방법을 제시해 왔으나, 여러 교통 수단을 포괄한 연구는 여전히 제한적이다. 도시 내 다양한 모빌리티를 통합적으로 평가할 수 있는 체계적 방법론의 필요성이 제기되고 있다. 본 연구는 다중 모빌리티를 고려한 평가 지표를 개발하여 대중교통 네트워크의 이동성 및 접근성을 평가하는 것을 목적으로 한다. 본 연구에서 다루는 모빌리티는 전통적인 버스와 지하철 외에도 개인 이동 수단(PM), 수요 응답형 교통(DRT), 보행자 이동성까지 포함한다.

본 연구의 주요 목표는 개발된 평가 지표를 통해 도시 내 우수한 이동성 서비스 지역과 취약 지역을 구분하는 것이다. 이를 통해 각 지역의 이동성 격차를 분석하고, 취약한 지역에 영향을 미치는 요인을 파악하여, 미래의 지속 가능한 교통 시스템 구축을 위한 정책적 제언을 제공할 수 있다. 또한, 이러한 분석 결과는 도시 교통 서비스의 공간적 불균형을 해소하고, 특히 교통 약자 및 저소득층의 이동 편의성을 증진하는 데 기여할 것으로 기대된다. 본 연구는 향후 도시 교통 정책 수립에 중요한 기초 자료로 활용될 수 있으며, 보다 포용적이고 공평한 대중교통 시스템 구축을 위한 새로운 방향성을 제시할 것이다.

스마트 모빌리티 서비스 도입을 위한 이용자, 운영, 사회경제, 토지이용 특성별 버스정류장 분류

Bus Stop Classification by Users, Operations, Socioeconomic, and Land Use Characteristics for Introducing Bus Stop-based Smart Mobility Service

이영현 (충북대학교, 석사과정)

한효림 (충북대학교, 석사과정)

정용일 (충북연구원, 연구위원)

송태진 (충북대학교, 부교수)

대중교통은 도시의 환경적, 경제적, 사회적 문제를 해결하는 데 중요한 역할을 한다. 스마트 시티의 도래로 DRT와 마이크로 모빌리티와 같은 새로운 모빌리티 서비스가 등장하고 있다. 기존 대중교통은 대중교통의 수용력과 효율성을 높이고 시민 만족도와 경제 성장에 긍정적인 영향을 미친다. 새로운 모빌리티 서비스를 기존 수단과 효과적으로 통합하기 위해서는 기존 승객의 대중교통 이용 패턴을 이해하는 것이 필수적이다. 기존 연구에서는 승객 하차를 추정하여 이용 패턴을 발견하기 위한 토대를 마련하거나 이용 패턴을 분석하였다. 그러나 이는 개별 정류장의 이동 특성을 면밀히 분석하는 데 한계가 있다. 모든 정류장의 수요가 동일하지 않기 때문에 본 연구에서는 승객 이용 정기성과 흑자 노선 비율을 기준으로 버스정류장을 유형으로 분류하고 각 유형별 공간적 특성을 파악하였다. 그 결과 승객의 이용 정기성과 흑자 노선 비율에 따라 버스정류장의 특성에 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 정류장의 다양한 특성에 따라 버스정류장이 분류되고 각 특성에 적합한 모빌리티가 다른 것으로 나타났다. 이러한 결과는 지역마다 다른 모빌리티 서비스가 적용되어야 함을 시사한다. 이 연구는 기존 대중교통 서비스와 새로운 모빌리티 서비스를 연계하고, 궁극적으로 지속 가능한 대중교통 서비스를 위한 효율적인 정책 방향을 제시하는 데 활용될 수 있다.

DNN 기반 도심지 네트워크 교통상황 예측에 관한 연구

A study on traffic situation prediction in urban area networks based on DNN

진종찬 (아주대학교, 석사과정)
이경진 (아주대학교, 석박사통합과정)
윤일수 (아주대학교, 교수)

본 연구는 Lv.4 자율주행 자동차 상용화에 대비하여 네트워크 단위 교통상황 예측 모델을 개발하는 것을 목적으로 한다. 자율주행자동차는 운전자 없이 스스로 주행 경로를 실시간으로 계산하고, 카메라, 라이더, 레이더 등의 센서를 통해 수집한 주변 상황 정보를 바탕으로 최적의 경로를 선택하며 주행한다. 이 과정에서 개별 링크 단위의 교통 예측은 한계가 있으며, 전체 교통 네트워크를 고려한 예측이 필수적이다. 또한, 기존 연구들은 개별 링크 단위에 집중하여 자율주행차 상용화로 인해 변화하는 교통흐름을 충분히 반영하지 못했다. 본 연구에서는 이러한 한계를 보완하고자 심층신경망(deep neural network, DNN)을 기반으로 네트워크 단위에서 교통 패턴을 분석하고 예측하는 모델을 개발하여 자율주행자동차와 일반차량이 혼재된 상황에서도 효과적인 교통상황 예측이 가능하게 한다.

분석 대상은 부천시청 일대의 4×4(16개) 교차로 네트워크로 설정되었으며, VISSIM 시뮬레이션을 통해 교통 패턴 데이터를 생성하였다. 다양한 시간대와 도심 교통 특성을 반영하기 위해 클러스터링을 통해 교통 패턴을 5개 유형으로 분류하였고, 자율주행자동차 점유율, 교통량 변화, 돌발상황 등을 조건으로 추가하여 총 3,960가지의 교통 패턴을 도출하였다. 이를 바탕으로 DNN 모델을 학습하여 네트워크 단위의 교통상황을 예측한다.

TTI(Travel time index) 표준편차를 네트워크 단위 교통상황 판단을 위한 지표로 선정하였다. TTI는 자유속도와 첨두시 통행률을 비교하여 도로 혼잡을 평가하는 지표로, 네트워크상 모든 링크의 TTI 표준편차를 통해 교통흐름을 예측한다. DNN 모형을 구축하고 이를 MAD(mean absolute deviation), RMSE(root mean square error), SMAPE (symmetric mean absolute percentage error) 등의 성능지표를 통해 평가하여 모델의 정확도를 검증하였다.

모델 구축 후에는 SHAP(shapley additive explanations) 기법을 적용하여 각 변수의 중요도를 확인하였다. 이를 통해 예측 모델에서 교통 예측에 기여하는 변수들의 기여도를 정량적으로 분석하고, 변수들의 상대적 중요성을 평가하였다. SHAP을 활용한 변수 중요도 분석은 모델의 해석 가능성을 높이며, 향후 교통상황 예측 모델의 성능을 더욱 개선하는 데 기여할 것이다.

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

운전자 내 이질성을 고려한 차량 추종 행동에 대한 운전자 간 이질성의 영향

Effects of inter-driver heterogeneity on car-following behavior considering intra-driver heterogeneity

최세원
(서울대학교
건설환경공학부,
석박사통합과정)

최준희
(서울대학교
건설환경공학부,
석박사통합과정)

문세동
(서울대학교
건설환경종합연구소,
연수연구원)

김동규
(서울대학교
건설환경공학부,
교수)

본 연구는 운전자 간 이질성뿐만 아니라 운전자 내 이질성을 고려한 차량 추종 행태 분석을 목적으로 한다. 기존의 Car-following 모델은 모든 운전자가 동일한 운전 성향을 가진다고 가정하고 있지만, 실제 운전자는 상황에 따라 공격적, 중립적, 소극적인 운전 행동을 보인다. 이러한 운전자의 이질성은 자율주행 시스템의 안전성과 성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구에서는 운전자 간 이질성과 운전자 내 이질성을 분석하며, 두 특성에 대한 인과성을 파악하고자 한다.

본 연구에서 사용된 데이터는 독일 고속도로에서 드론을 이용하여 수집된 highD 데이터로, 이 데이터는 자연스러운 주행 환경에서 차량의 궤적을 정확하게 기록한 자료이다. 수집된 데이터는 차량의 위치, 속도, 가속도, 시간 간격 등의 다양한 정보를 포함하고 있어, 운전자 간 및 운전자 내 이질성을 분석하는 데 유용한 기반이 되었다. 데이터는 고해상도 카메라를 통해 정밀하게 기록되었으며, 이를 바탕으로 각 차량의 주행 궤적을 상세하게 분석할 수 있었다.

데이터의 전처리 과정에서는 Kernel smoothing 기법을 사용하여 데이터의 잡음을 최소화하고, 측정된 값의 신뢰성을 높이기 위한 보정 작업을 수행하였다. 이를 통해 데이터에서 발생할 수 있는 불규칙성을 제거하고, 더욱 일관된 분석 결과를 도출할 수 있었다. 추가적으로, 연구에서는 가속도 및 속도 등의 변수에 대한 노이즈 제거 작업을 통해 데이터의 정확도를 더욱 향상시켰다.

연구 방법으로는 운전자 간 이질성(inter-driver heterogeneity)과 운전자 내 이질성(intra-driver heterogeneity)을 분리하여 각각 분석하였다. 운전자 간 이질성 분석에서는 속도, 가속도, 감속도, time gap 등 다양한 변수를 활용하여, K-means clustering 기법을 통해 운전자를 Timid, Neutral, Aggressive 세 가지 성향으로 분류하였다. 이러한 분류는 각 운전자의 평균 주행 패턴을 기반으로 이루어졌으며, 각 성향 그룹 간의 특성을 명확하게 구분할 수 있었다.

운전자 내 이질성 분석에서는 Intelligent Driver Model(IDM)을 사용하여 각 운전자의 주행 궤적을 보정한 후, Cosine similarity를 통해 궤적의 유사성을 평가하였다. 이 과정을 통해 동일한 운전자가 시간에 따라 주행 성향이 어떻게 변하는지를 파악하였으며, 이질성의 정도를 수치적으로 나타낼 수 있었다. 또한, Cosine similarity를 사용하여 궤적 간의 차이를 정량적으로 측정함으로써, 주행 패턴의 변화 양상을 보다 명확하게 분석할 수 있었다.

연구 결과, 운전자 간 이질성은 운전자 내 이질성에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이 두 변수 사이에는 강한 상관관계가 존재함을 확인할 수 있었다. Inter-driver heterogeneity가 높은 운전자는 Intra-driver heterogeneity 역시 높은 경향을 보였으며, 이는 운전자의 성향이 주행 중에도 변동할 수 있음을 시사한다. 이러한 결과는 운전자의 이질성을 반영한 보다 정교한 Car-following 모델 개발의 필요성을 강조하며, 자율주행 차량의 안전성과 성능 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

결론적으로, 본 연구는 운전자 간 및 운전자 내 이질성을 고려한 차량 추종 모델링을 통해 자율주행 차량의 주행 안전성과 성능 향상에 기여할 수 있는 가능성을 제시하였다. 향후 연구에서는 이러한 이질성을 고려한 더욱 정교한 모델의 개발이 필요하며, 다양한 교통 상황에서의 적용 가능성을 탐구할 필요가 있다.

사사: 본 연구는 국토교통부의 스마트시티 혁신인재사업 육성사업의 지원 및 정부(경찰청, 교육부)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원(No. 092021C26S0300, 실시간 교통안전시설 운용을 위한 인프라 정보 융합 및 관리기술 개발)을 받아 수행하였음.

교통분야 초거대 AI 기반 조성을 위한 승용차 및 대중교통 트립체인 데이터 구축

Building Trip Chain Data for Passenger Cars and Public Transit to Establish a Hyper-scale AI Framework in Transportation

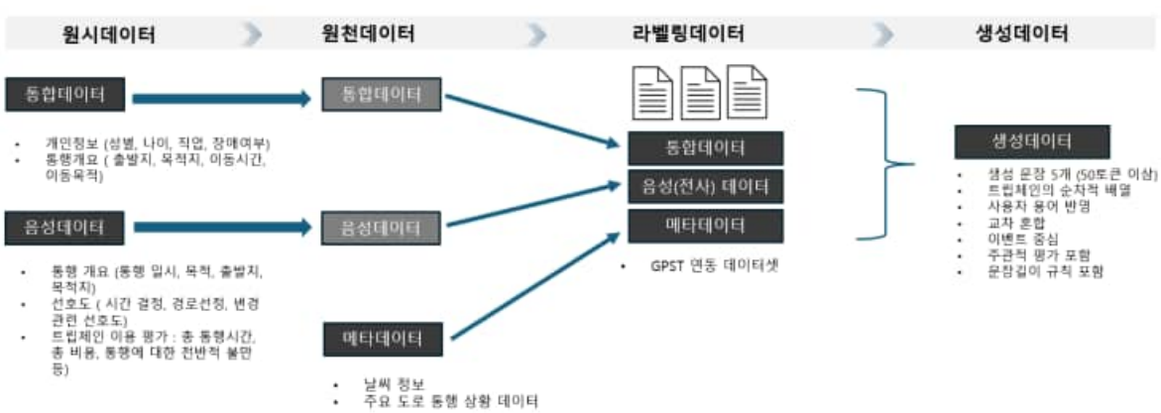
박유진 (홍익대학교 도시계획과, 석사과정)

구자헌 (홍익대학교 도시계획과, 박사과정)

이경재 (홍익대학교, 박사후연구원)

추상호 (홍익대학교 도시공학과, 교수)

챗GPT의 등장으로 인공지능 기술의 활요잉 일상화・보편화되고, 기존의 '분류형' 중심의 기술에서 '생성형AI"로 대전환 중으로 산업 분야에서도 초거대 AI 중심의 AI 산업 재편이 진행 중에 있다. 또한 정부에서는 체계적인 데이터 자원을 확보하여 AI용 데이터 부족 문제를 해소하고 국내 기업·기관 등의 AI 도입 및 개발에 대한 진입장벽을 완화하기 위해 고품질・대규모 AI 데이터를 구축개방하여 초거대 AI 발전 기반을 조성하고 있다. 그 중 교통물류 분야에서는 초거대 AI 기술을 통한 수요자 중심의 안전한 모빌리티 혁신 실현 및 초지능화된 스마트 물류 시스템을 견인할 수 있는 데이터 구축의 필요하다. 이에 본 연구에서는 승용차와 대중교통 이용자의 트립체인 데이터를 설계하고 수집하고자 한다. 승용차와 대중교통 각 5,000건의 트립체인 데이터 수집을 목표로한다. 데이터는 크게 원천데이터, 라벨링 데이터, 메타데이터, 생성형 데이터로 구성된다. 원천데이터는 통행자 특성 정보, 출도착지・GPS좌표 등의 통행 정보와 함께, 통행 과정에서 통행자의 직접적인 발화 내용은 담은 음성데이터로 구성된다. 라벨링 데이터는 원천데이터를 가공한 형태로 통합데이터와 음성을 텍스트로 전사한 데이터로 구성된다. 메타데이터는 통행자의 통행 환경(기온, 강수량 등의 날씨정보, 주요 구간 교통상황 정보 등) 정보를 담고 있다. 마지막으로 생성형 데이터는 통합데이터와 음성데이터를 결합하여 5문장으로 요약한 텍스트 데이터를 의미한다. 데이터는 스마트폰 어플리케이션을 통해 수집되며, 음성의 경우 통행 시작 시점, 통행 중, 통행 종료시점에서 통행자가 직접 음성을 녹음하여 수집한다.



이렇게 수집된 데이터는 사용자 경험 개선, 효율적인 경로 안내, 교통 관리 및 계획 지원 등 다양한 분야에서 활용될 수 있으며, 특히 네비게이션 시스템에서 사용자의 이전 이동경로와 선호도를 분석하여 개인화된

맞춤형 경로를 제안하는데 기여할 수 있을 것이다.

사사: 본 연구는 한국지능정보사회진흥원의 지원으로 수행되었음(26. 트립체인 데이터)

인공지능(I)

Session

C-2

Kubeflow 시스템에서 AI 모델 배포 전략: BentoML 중심으로
김동길, 정태윤

검색 증강 생성 기반 택배 운송장 자동 인식 고도화에 관한 연구
정연비, 김유환, 김원열

지식 기반 강화학습을 활용한 미시적 교통 시뮬레이션의 O-D 행렬 보정
민동규, 김동규

교통상황 시나리오를 고려한 강화학습 기반 TOD 신호 제어에 관한 연구
이경진, 김인영, 윤일수

신호 교차로에서 시야 제한이 있는 데이터를 기반으로 한 주변 차량의 궤적 예측
이승현, 김동규

자기 지도 학습 기반 도로 노면 포트홀 이상 탐지에 관한 연구
이석채, 정회준, 권장우

Kubeflow 시스템에서 AI 모델 배포 전략: BentoML 중심으로

AI Model Development Strategy in Kubeflow System: Focusing on the BentoML

김동길
(강원ICT융합연구원, 팀장)

정태윤
(강릉원주대학교 전자공학과, 교수)

AI 기술의 발전과 활용이 산업 전반에 혁신을 일으키면서, AI 모델의 개발, 배포, 운영 전략의 중요성이 커지고 있다. 성공적인 AI 모델 적용을 위해서는 MLOps(Machine Learning Operations) 접근이 필수적이며, BentoML은 이러한 MLOps의 핵심 도구로서 AI 모델 배포를 효과적으로 지원한다.

BentoML의 주요 기능은 AI 모델의 패키징 및 버전 관리로, 이를 통해 모델을 REST API로 간편하게 배포하고 다양한 플랫폼에서 효율적으로 운영할 수 있다. 또한, Swagger UI를 통해 API 명세서를 체계적으로 관리할 수 있어, 엔드포인트, 요청 및 응답 구조, 배포 상태 등을 명확하게 문서화할 수 있다. 이는 모델의 안정적인 운영과 디버깅, 유지보수를 더욱 효율적으로 할 수 있게 한다.

본 논문에서는 AI 모델 배포의 핵심 문제를 해결하기 위해 Kubeflow와 BentoML의 통합을 제안한다. Kubeflow는 배포 및 스케일링을 지원하며, BentoML은 모델 패키징과 배포를 간소화하여 효율성을 극대화한다. 이들 도구의 결합은 통합 모델 관리, 자동화 및 확장성, 유연한 배포 옵션, 모델 버전 관리 및 롤백을 통해 AI 모델의 배포를 성공적으로 실행할 수 있음을 보여준다.

검색 증강 생성 기반 택배 운송장 자동 인식 고도화에 관한 연구

A Study on advanced Visual Document Understanding based on Retrieval augmented Generation

정연비
(조선대학교 정보통신공학과, 석사과정)

김유환
(조선대학교 컴퓨터공학과, 학부생)

김원열
(조선대학교 인공지능공학과, 조교수)

택배 및 물류 과정의 자동화 기술에 대한 요구는 지속적으로 증가하는 택배 물동량에 비례하여 증가한다. 택배 과정은 집화, 수집, 운송의 세 가지 단계로 나뉘며, 특히 집화 과정에서 운송장에 기입된 정보를 자동으로 추출하는 연구의 필요성이 대두되고 있다. 또한 최근에는 이를 위해 딥러닝 기반 택배 운송장 영상 인식 자동화 기술이 연구되고 있다. 딥러닝 기반 택배 운송장 영상 인식의 주요 장점 중 하나는 대량의 데이터로 학습된 모델을 통해 복잡한 수작업을 최소화하고, 송장 정보를 자동으로 추출할 수 있다는 점이다. 이는 기존의 수작업 처리 방식보다 빠르고 효율적이며, 최근에는 딥러닝 기반의 VDU(Visual Document Understanding, 시각 문서 이해) 모델이 발전하면서, 영수증과 송장 등 택배 운송장과 유사한 문서에서 필요한 정보를 자동으로 추출하고 구조화하는 기술이 활발히 개발되고 있다. 하지만 기존 VDU 모델을 대한민국 송장 데이터셋에 적용할 경우, 한국어 학습량의 부족과 대한민국의 독특한 주소 체계로 인해 주소 정보의 검출 정확도가 낮아지는 문제점이 발생한다. 이를 해결하기 위해 본 연구는 주소 교정을 위한 LLM(Large Language Model, 거대 언어 모델)에 대한민국 주소록 DB에 RAG(Retrieval Augmented Generation, 검색 증강 생성)를 적용하여 방대한 양의 주소 정보 학습 비용을 제거하면서도, 최적화된 프롬프트 엔지니어링을 통해 주소 검출 성능을 향상시키고자 한다. 제안한 방법은 VDU 단계와 교정 단계로 나뉜다. 먼저 VDU 단계에서, 딥러닝 기반 VDU 모델을 통해 송장 이미지 데이터에서 필요한 송장 정보를 JSON 형태로 추출하여 반환한다. VDU 모델의 낮은 주소 정보 검출 정확도를 향상시키기 위해 이후 교정 단계에서 RAG를 적용한 LLM을 통해 오탈자를 수정한다. LLM은 RAG를 통한 사전 지식과 적절한 프롬프트를 제공받아 대한민국 주소 정보에 대한 사전 지식을 가지고 검출된 주소에 오탈자가 포함되었는지 여부를 판단할 수 있다. 또한 오탈자가 포함된 경우 실제 존재하는 주소 정보 중 어떤 주소에서 오탈자가 발생한 것인지 추론하는 과정을 통해 교정이 가능하다. 따라서 제안한 방법을 통해 학습 비용 없이도 택배 운송장에서 이름, 전화번호, 주소 정보를 정확하게 추출할 수 있으며, 작업 효율 향상을 기대할 수 있다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 21HCLP-C162922-01).

지식 기반 강화학습을 활용한 미시적 교통 시뮬레이션의 O-D 행렬 보정

Fine-tuning O-D matrices of Microscopic Traffic Simulation Using Guided Reinforcement Learning

민동규
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

교통 시뮬레이션은 교통 시스템의 계획·운영 단계의 문제를 이해하고 해결하기 위한 표준적 접근 방식으로 떠오르고 있다. 최근에는 현실의 교통 시스템을 모사하기 위해 미시적 교통 시뮬레이션이 널리 채택되고 있는데, 이는 복잡한 교통 시스템에서 차량의 경로 선택, 교통류의 보존 및 혼잡 전파와 같은 이론적 역학에 대한 분석적 표현이 존재하지 않는 경우 최선의 대안으로 평가받기 때문이다. 이때 미시적 교통 시뮬레이션을 현실과 가깝게 구현하기 위해서는 다양한 입력 파라미터에 대한 정산(Calibration) 과정을 거쳐야 하며, 이는 시뮬레이션에서 얻은 데이터를 주어진 참값 데이터와 일치시키는 작업을 뜻한다. 본 연구에서는 특정 링크에 대해 목표하는 교통량 데이터 시퀀스를 재현하고자 입력 파라미터 중 하나인 출발지-목적지 쌍의 교통류율을 추정한다. 이 문제는 전통적으로 O-D 행렬 추정 문제로 불리는데, 닫힌 형태의 해석적 해가 존재하지 않아 수치적으로 접근해야 하며, 탐색 공간이 매우 넓어 특정 조건을 만족하는 해를 탐색하기 어려우며, 지역해가 다수 존재하는 비볼록적인 성질을 가지고 있으므로 상당히 도전적인 문제로 알려져 있다.

더불어 미시적 교통 시뮬레이션에는 제시된 성질 외에 O-D 행렬 추정 문제를 어렵게 하는 근본적인 성질이 존재하는데, 매 단계마다 계산된 모든 차량의 속성이 다음 단계로 연계된다는 것이다. 본 논문은 이러한 순차적 속성에 집중한다. 이는 이전 단계에서 잘못 추정된 O-D 행렬이 입력되는 경우 교통 시스템이 비현실적인 방향으로 구현될 수 있음을 시사한다. 따라서, 현실적인 교통 시스템을 재현하기 위해서는 O-D 행렬을 추정할 때 교통 네트워크에 잔류하는 차량에 의한 순차적 영향을 고려할 필요가 있다. 그러나 잔류 차량의 효과를 모델링하여 O-D 행렬 추정에 반영하는 것은 굉장히 어려우며, 일부 연구에서는 이를 제어 불가능한 노이즈로 간주하고 감수하는 방향으로 문제를 간접적으로 해결해왔다. 그 이유는 주어진 교통 상황에서 모든 차량의 경로 선택과 같은 상호작용을 전부 예측하는 것이 도전적이기 때문이다. 이러한 학술적 흐름에 따라, 미시적 교통 시뮬레이션에서 잔류 차량의 순차적 영향을 반영할 수 있는 새로운 접근법이 필요한 실정이다.

이에 본 연구는 잔류 차량의 영향을 반영하여 미시적 교통 시뮬레이션의 데이터 오류를 더욱 감소시킬 수 있도록 기존의 해를 보정하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 지식 기반 강화학습을 활용한 수요 보정 프레임워크를 제안한다. 첫째, 미시적 교통 시뮬레이션의 순차적 속성을 고려하여, 목표하는 전체 기간 동안의 교통량 데이터 시퀀스에 대해 최소한의 에러를 산출하는 문제를 매 단계마다 기존의 해를 얼마나 보정할 것인지 결정하는 순차적 결정 문제로 공식화한다. 둘째, 각 시간 단계마다 보정의 대상이 될 대략적인 해를 계산한다. 본 연구에서는 O-D 행렬을 탐색하는 상위 최적화 문제를 풀기 위해 SLSQP(Sequential Least Squares Quadratic Programming)을, 교통류를 배정하는 하위 최적화 문제를 풀기 위해 Frank-Wolfe 알고리즘 기반의 Static Traffic Assignment 방법을 활용하였다. 셋째, 네트워크 상태와 함께 위에서 계산한 대략적인 해를 상태의 맥락으로 추가하고, 매 시간 단계에서의 가상 데이터와 참값 데이터의 차이로서 계산된 보상을 전체 시퀀스에 대해 최대화하는 방향으로 싱글 에이전트를 학습시킨다. 이 때 에이전트는 각 O-D 쌍마다 -1부터 1 사이의 실수를 행동으로서 결정하며, 결정된 행동은 기존의 해를 보정하는 계수로 적용된다. 본 연구에서는 연속적 행동 공간에 적합한 Soft-Actor-Critic 알고리즘이 적용되었다. 가상 실험은 SUMO로 구현된 Nguyen-Dupuis 네트워크에서 수행되었다. 연구 결과 제안된 방법은 미시적 교통 시뮬레이션의 데이터 재현율을 효과적으로 제고하였다. 대략적으로 계산된 수요의 경우 15.97대/5분의 RMSE를 산출한 반면, 제안된 방법을 통해 보정된 수요의 경우 7.68대/5분의 RMSE를 산출하여 51.9%의 오류 감소 효과를 보였다. MAE 오류에 대한 커널 밀도 추정 결과에 따르면 본 방법론을 통해 수요를 보정하는 경우 기존보다 더 0에 가깝고 대칭적인 분포가 나타났다. 특히 제안된 방법은 잔류 차량이 많아지는 피크 시간대의 교통 상황에 더욱 효과가 존재하는 것으로 나타났다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었으며, 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터(No. 092021C28S02000), 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(No. 2022R1A2C2012835), 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단(No. RS-2024-00409860)의 지원을 받아 수행된 연구임.

교통상황 시나리오를 고려한 강화학습 기반 TOD 신호 제어에 관한 연구

Reinforcement Learning-Based Time-of-Day Signal Control Considering Traffic Scenarios

이경진
(아주대학교, 석박사통합과정)

김인영
(아주대학교, 석박사통합과정)

윤일수
(아주대학교, 교수)

본 연구는 기존 Time-of-Day(TOD) 신호 제어 방식의 한계를 극복하기 위해 강화학습(Reinforcement Learning, RL) 알고리즘을 적용하여 TOD 시간 경계를 동적으로 조정하는 방법을 제안한다. TOD 신호 제어 방식은 교통 운영자의 경험에 기반해 사전에 정해진 시간 경계를 사용하지만, 교통 패턴의 급격한 변화나 돌발 상황에는 적절히 대응하기 어려운 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 연구에서는 다양한 교통상황 시나리오를 활용하여 강화학습 알고리즘이 실시간으로 교통 상황에 반응할 수 있도록 하고, 기존 TOD 방식을 보완하는 방안을 모색하였다.

본 연구는 도시 교통 특성(계절, 요일, 교통량 등)과 다양한 조건(자율주행차 점유율, 돌발상황, 교통량 변화 등)을 반영하여 시뮬레이션 데이터를 구축하고, 이 데이터를 바탕으로 교통 패턴을 분류하여 학습 시나리오를 생성하였다. 알고리즘으로는 Deep Q-Network(DQN)를 선택하였으며, 이 알고리즘은 심층 신경망을 이용해 최적의 TOD 시간 경계를 학습하고 조정할 수 있도록 설계되었다. 에이전트는 30분 또는 1시간 단위로 TOD 경계를 조정하며, 차량 대기행렬의 길이를 보상 함수로 활용하여 교통 흐름 최적화를 목표로 한다.

결론적으로, 본 연구는 다양한 교통 패턴에 적응할 수 있는 RL 기반 TOD 신호 제어 알고리즘을 개발하여 교차로 신호 제어의 효율성을 높이는 것을 목표로 하였다. 향후 연구에서는 연동 교차로로 알고리즘을 확장하고, 실시간 교통 데이터를 활용하여 알고리즘의 실효성을 검증하는 작업이 필요하다.

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

신호 교차로에서 시야 제한이 있는 데이터를 기반으로 한 주변 차량의 궤적 예측

Robust Trajectory Prediction of Surrounding Vehicles for Autonomous Vehicle Using Partial Observable Sensor Data in Signalized Intersection

이승현
(서울대학교, 석박사통합과정)

김동규
(서울대학교, 교수)

주변 차량의 궤적 예측은 안전하고 효율적인 자율주행자동차의 의사결정을 위한 핵심 요소 중 하나이다. 특히 차로 변경이나 회전과 같이 차량 간 상충이 발생하는 환경에서 이는 특히 중요하다. 이를 위해 많은 연구들이 주변 차량의 궤적을 예측하는 연구를 수행했다. 최근의 연구들은 노드 링크 수준의 지도보다 더욱 정교화된 차로단위의 고화질의 지도와 차량의 지붕 위에 설치된 높은 시점의 센서에서 수집된 결측이 거의 없는 데이터를 함께 이용해 높은 궤적 예측 성능을 보여주었다. 그러나 이러한 궤적 예측 연구들은 모든 도로에 대해 고화질의 지도가 구축된 제한적인 환경과 결측이 없는 데이터에만 활용이 가능하다는 한계점이 있다. 더욱이 대부분의 연구가 고속도로 데이터에 기반하거나 소수의 목표 차량만을 대상으로 하고 있어, 실제 자율주행 환경에서의 적용에는 어려움이 있다. 이러한 제약들은 현실 세계의 복잡하고 다양한 주행 상황에 대응하는 데 한계로 작용할 수 있다. 본 연구는 이러한 기존 연구의 한계점을 극복하고자 한다. 차체와 유사한 높이에 센서가 설치된 상황을 가정하여, 차량들이 서로를 가리는 현상이 발생하는 데이터셋을 SUMO(Simulation of Urban MObility)를 이용해 수집하여 활용한다.

본 연구는 자연어 처리 분야에서 활용되는 시퀀스 기반의 생성형 인공지능 모델인 트랜스포머의 구조를 개량하여 주변 차량들의 시공간적 특성을 함께 고려할 수 있는 트랜스포머 모델 기반의 인코더-디코더 모델을 설계하여 주변 차량의 궤적 예측에 사용하였다. 더욱이 궤적을 예측하는 차량의 대수를 제한하지 않고 입력 데이터에서 수집된 차량의 전부를 예측할 수 있도록 하였다. 0.2초 간격으로 5초 동안 수집된 데이터를 기반으로 이후 5초 동안 주변 차량들의 궤적을 예측할 수 있도록 모델을 훈련시켰다. 또한, 차량들의 좌표를 기존 위경도 좌표계에서 시퀀스가 시작될 때의 자율주행자동차의 좌표를 기준으로 상대좌표로 전처리하였다. 이를 통해 데이터를 수집하는 위치와 좌표에 편향되지 않게 훈련이 이루어질 수 있도록 하였다. 주변 차량의 각도 데이터는 60분법에서 모델이 각도 데이터 간의 유사도를 평가하기 용이하다고 알려진 단위원좌표계로 변환하여 사용하였다. 다른 차량에 의해 가려져 결측이 발생한 데이터는 0의 값으로 마스킹하여 처리하였으며 모델에서 이러한 마스킹 된 값은 attention value를 계산할 때 제외할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 제안한 모델의 성능을 평가하기 위해 5초 동안 최대 39대의 차량에 대한 데이터가 자율주행자동차 주변에서 동시에 수집되는 복잡한 교통 상황을 포함한 시뮬레이션 환경을 구현하였다. 평가 결과, 제안된 모델은 평균 제곱 오차(Mean Squared Error, MSE) 기준으로 12.39의 성능을 보였다. 또한 최종 변위 오차(Final Displacement Error, FDE)의 평균값은 2.91로 이는 많은 차량 수와 결측이 존재하는 실제 데이터 수집환경에서도 본 모델이 안정적인 예측 성능을 유지할 수 있음을 시사한다.

본 연구는 실제 자율주행 환경에 더 가깝게 접근한 주변 차량 궤적 예측 모델을 제안하였다. 기존 연구의 한계점을 극복하고자, 차체와 유사한 높이의 센서 설치를 가정하고 차량 간 가림 현상이 발생하는 데이터셋을 미시교통 시뮬레이션을 이용해 수집하여 활용하였다. 본 연구는 시뮬레이션으로 생성된 데이터를 사용했다는 점에서 한계점을 가진다. SUMO를 통해 생성된 데이터는 실제 도로 환경의 복잡성과 불확실성을 완벽히 반영하지 못할 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 본 모델의 실용성과 신뢰성을 높이기 위해 시뮬레이션에서 수집된 데이터로 학습한 모델을 실제 도로에서 수집된 데이터에 도메인 적응 학습(domain adaptation learning)을 적용하여 평가하는 것이 필요하다. 이를 통해 시뮬레이션 데이터를 기반으로 훈련된 모델의 한계를 극복할 수 있을 것으로 기대한다.

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.

자기 지도 학습 기반 도로 노면 포트홀 이상 탐지에 관한 연구

Study on self-supervised learning-based pothole anomaly detection in roads

이석채 (인하대학교 전기컴퓨터공학과)
정회준 (인하대학교 전기컴퓨터공학과)
권장우 (인하대학교 컴퓨터공학과, 교수)

포트홀은 도로 안전 및 차량 성능에 중요한 영향을 미치는 문제로, 포트홀 탐지는 도로 유지 관리에서 매우 중요한 역할을 한다. 기존의 전통적인 포트홀 탐지 방법들은 주로 통계적 기법과 이미지 처리 기술에 의존해왔으나, 이들은 인력과 시간이 많이 소모되고 정확도가 떨어지는 한계가 있었다. 이에 따라, 인공지능(AI) 기술을 활용한 자동화된 포트홀 탐지 시스템의 필요성이 대두되고 있다.

본 연구에서는 비지도 학습 기반의 딥러닝 방법론을 통해 포트홀 탐지 성능을 향상시키고자 한다. 특히, 자기 지도 학습(self-supervised learning) 기법을 활용하여 라벨링되지 않은 데이터에서도 높은 탐지 성능을 발휘할 수 있는 방법을 제안한다. 연구에 사용된 데이터는 카메라와 드론을 통해 다양한 도로 조건에서 촬영된 이미지로, ResNet-18을 기반으로 특징을 추출하고 Mahalanobis 거리 측정을 통해 포트홀을 탐지한다. 데이터는 비지도 학습 방식을 적용해 클러스터링을 진행하며, SSD(Self-Supervised outlier Detection) 모델을 활용하여 클러스터 간 거리 기반으로 이상치를 탐지하는 방법을 제시한다. 이 모델은 비지도 학습 환경에서 정상 데이터를 기반으로 이상 포트홀을 감지하는 데 효과적이다. 실험 결과, SSD 모델은 AutoEncoder 모델과 비교하여 AUROC(Area Under Receiver Operating Characteristic Curve) 점수에서 58.2%의 성능을 기록하였으며, AutoEncoder 모델은 26.4%를 기록했다. 이를 통해 비지도 학습을 활용한 포트홀 탐지에서 SSD가 더 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

향후 연구에서는 실시간 데이터 수집 및 처리 기술을 발전시키고, 다양한 도로 환경에서도 안정적인 탐지를 목표로 한다. 또한 포트홀 종류별 특성을 분석해 도로 유지 관리 시스템에 적용 가능한 방안을 모색할 예정이다. 이러한 연구 결과는 도로 안전 및 유지 관리에 기여할 수 있는 중요한 가능성을 제시하고 있다.

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

자율주행(Ⅴ)

Session

C-3

A Multi-Agent Driving Simulation 기반 자율주행차 주행행태 영향에 의한 비자율주행차 심리 생리적 작업부하 및 주행안전성 분석
김호선, 고지은, 오철

고속도로 합류 구간에서 자율주행차량간 협력/경쟁 개념 도입 연구
이유진, 박준호, 소재현

실시간 주행환경 분석 기반 통신 성능 모니터링 시스템
양은주, 서우창, 김봉섭, 윤경수

혼합 교통류 환경에서 주차 동선을 고려한 고속도로 휴게시설 주차관리전략 평가
이송하, 김우원, 박준영, 염춘호, 고주연

도심도로 기반 자율주행차 주행안전성 평가항목 개발
이영택, 김인영, 윤일수

A Multi-Agent Driving Simulation 기반 자율주행차 주행행태 영향에 의한 비자율주행차 심리 생리적 작업부하 및 주행안전성 분석

Evaluation of Driver Psychophysiological Workload and Safety Performance of Manual Vehicles Affected by Autonomous Vehicle Behavior in Multi-Agent Driving Simulation

김호선
(한양대학교 스마트시티공학과, 박사과정)

고지은
(한양대학교 교통물류공학과, 박사후연구원)

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. 그러나, 불완전한 autonomous driving system (ADS)이 장착된 AV는 교통사고 예방에 한계가 존재한다. 이러한 한계가 존재하는 AV에 대한 공도 주행안전성 평가를 위해 해외에서는 PEGASUS 프로젝트, NATM과 같은 시나리오 기반 평가체계를 개발중이다. 또한, 다양한 operation design domin (ODD)에서 발생할 수 있는 시나리오를 생성하여 주행안전성을 분석한 연구가 진행됨에 따라 AV의 안전성 향상을 위해 노력중이다. 그러나, AV의 주행행태로 인해 운전자가 두려움을 느낀다는 최근 연구 결과와 특정 ODD의 경우 manually driven vehicle (MV)보다 더 높은 스트레스가 발생한다는 연구결과가 발표되었다. 이와 같은 결과는 AV의 자체적인 안전성 평가뿐만 아니라 AV와 상호작용하는 MV의 주행안전성을 고려한 AV 알고리즘 개발 필요성을 시사한다. 뿐만 아니라, 운전자의 심리 생리적 작업부하 정도를 파악하여 자율주행차의 ODD 진입조건과 평가 기준에 반영할 필요가 있다. 즉, AV의 운전능력을 평가하기 위해서는 다양한 ODD에서 AV의 주행행태를 분석하고 상호작용이 발생하는 시나리오에서 MV의 주행안전성에 영향을 미치지 않고 운전자의 심리 생리적 작업부하를 평가하여 기준에 반영하여야 한다.

AV의 ODD 진입조건의 경우 MV의 주행안전성에 영향을 미치지 않으며, 운전자의 심리 생리적 작업부하에 영향을 미치지 않는 것으로 정의하였다. 본 연구에서는 기존연구에서 도출한 AV의 주행안전성이 저하되는 ODD의 위험순위를 기반으로 MV와의 상호작용 시나리오를 구성하였다. 또한, Multi-agent driving simulation (MADS) 실험환경을 구축하였으며, 실제 상암 자율주행차 시범운행지구에서 운행중인 AV 주행데이터를 활용하여 AV 거동을 구현하였다. 구성한 시나리오는 자율차 비신호교차로 좌회전 시 대향차로 직진차량과 상충 시나리오, 자율차 비신호교차로 좌회전 시 대향차로 우회전차량과 상충 시나리오, 자율차 교차로 우회전 시 진입도로 직진차량과 상충 시나리오, 자율차 회전교차로 진입 시 회전차량과 상충 시나리오, 자율차 정지 시 후행차량과 상충 시나리오 총 5개의 시나리오로 구성하였다. 각 시나리오에서 AV는 ODD에 진입하고 있는 MV를 검지하여 ODD 진입조건을 구분하였다. MV 운전자는 뇌파 수집 장비를 장착한 상태로 시나리오별 AV와의 상호작용을 경험하고 그에 따른 주행안전성 및 생체 심리적 작업부하 정도를 분석하였다.

본 연구로부터 도출된 결과는 AV의 운전능력을 평가하는데 필수적인 평가기준을 정립함과 동시에 혼재교통류에서 빈번히 발생하는 MV와의 상호작용 측면에서 MV의 주행안전성을 저하시키지 않는 기준을 제시한다. 특히, 자율차 정지 시 후행차량과 상충 시나리오에서 도출된 결과를 기반으로 다른 시나리오에서 발생하는 MV의 주행안정성의 저하가 후행차량의 주행안전성에 영향을 미치는 기준을 마련할 수 있다. 본 연구의 결과는 AV 운전능력 평가를 위한 기준 수립, 자율주행차의 안전성 향상을 위한 알고리즘 고도화, 인프라 가이던스 기반 정보 생성 등에 기여할 것으로 판단된다.

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)

고속도로 합류 구간에서 자율주행차량간 협력/경쟁 개념 도입 연구

Study on introducing the concept of cooperation/competition among autonomous vehicles at highway merging sections

이유진
(아주대학교 D.N.A.플러스 융합학과 석사과정)

박준호
(아주대학교 D.N.A.플러스 융합학과 박사과정)

소재현
(아주대학교 교통시스템공학과, 조교수)

이 연구는 고속도로 합류 상황에서 협력과 경쟁 개념을 적용하여 자동화 차량의 특정 움직임을 제어하는 전략을 비교한다. 이해를 높이기 위해 각 개념을 먼저 사회학적 관점에서 분석한다. 이 분석을 바탕으로 자동화 차량의 협력은 "공동 목표/이익, 자원의 공유, 상호작용"이라는 주요 용어로 정의되며, 경쟁은 "개인 목표/이익, 자원의 개인 소유, 개인 행동"으로 정의된다. 이러한 주요 용어를 반영하여 협력의 목적은 시스템 비용을 최적화하는 것이고, 경쟁의 목적은 개인 비용을 최적화하는 것이다. 시뮬레이션을 통해 자동화 차량의 움직임을 구현하며, 동적 프로그래밍(DP) 모델을 사용하여 차량 궤적을 예측하고 최적화였다. 결과는 이동성 및 안전성 지표 측면에서 분석하였다. 이동성 지표에는 속도와 지연이 포함되고, 안전성 지표에는 충돌, 충돌 회피 시간(TTC), 감속 및 침범 후 시간을 포함했다. 시스템 수준의 최적화를 통해 협력 시나리오에서의 차량들은 이동성과 안전성 지표 모두에서 높은 평균 값을 나타내며 고르게 분포된 운전 결과를 보인다. 반면, 개별 수준의 최적화를 통해 경쟁 시나리오에서의 차량들은 운전 결과에서 큰 변동을 보이고, 이동성 및 안전성 지표의 평균 값은 낮게 나타났으나, 이들 지표의 최고값과 최저값은 경쟁 시나리오에서 관찰되었다.

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

실시간 주행환경 분석 기반 통신 성능 모니터링 시스템

Communication performance monitoring system based on real-time driving environment

양은주 (지능형자동차부품진흥원, 센터장)
서우창 (지능형자동차부품진흥원, 선임연구원)
김봉섭 (지능형자동차부품진흥원, 실장)
윤경수 (지능형자동차부품진흥원, 본부장)

지금까지 실차 기반 자율주행차량의 운행과 시험은 분명한 목적으로 수행되는 경우가 많았다. 예를 들어 실차 기반 통신 반경 테스트, 자율주행 교차로 통과 테스트, 차선 변경을 통한 cut-in/cut-out 테스트 등 주어진 시나리오에 대해 그 기능 또는 성능을 만족하는지에 대해 초점을 맞추어 수행되고 있다. 그러나 이러한 테스트들을 평가하기 위해 수집되고 분석되는 데이터는 많은 항목들이 중복되는 경우가 많다.

본 연구는 다양한 실차 기반 테스트를 수행하며 연계한 데이터들을 특정 목적에만 사용하지 않고 데이터간 통합 분석을 통해 지금까지 서로 연관성을 두지 않은 실차 테스트 데이터를 복합적으로 분석하여 데이터만으로 실주행 환경을 파악해보자는 것으로 시작되었다. 다르게 말하면 잘 설정되고 준비된 실도로에서 예측 가능한 실차 테스트 결과가 도출되는 것이 아닌, 잘 설정했음에도 불구하고 예측하지 못한 테스트 결과(낮은 성능)가 나왔을 때 그 테스트 데이터만을 분석하여 원인을 파악할 수 있는 시스템을 구축하는 것을 목표로 연구가 시작되었다.

실도로 주행을 통해 취득한 주행환경 데이터를 분석하여 여러 가지 자율주행 기능 및 성능을 평가하는 것이 가능하지만, 그 중 통신 성능을 평가하는 것으로 시작해 보았다. 그 이유는 자율협력주행을 위해 가장 기본이 되는 요소가 통신이기도 하지만 실도로 주행에서 그 성능의 편차가 가장 큰 요소 또한 무선을 기반으로 하는 차량 통신이라고 할 수 있다. 이러한 이유로 차량 통신은 최소한 일관성있는 성능을 내지 못한다는 오해를 불러일으켰으며, 나아가 이것은 자율주행의 기능 안전에 심각한 위험을 초래할 수 있는 것으로 비춰지기도 했다.

본 연구를 통해 실차 주행 환경을 상세히 분석할 수 있도록 데이터를 취득하고 통합 분석하여 통신 성능에 영향을 미칠 수 있는 다양한 동적 요소들을 도출할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 특히 주행환경을 기반으로 한 통신 성능을 복합적으로 분석하는 것에 더 나아가 협력주행을 위한 자율주행 서비스(또는 데이터)의 송수신이 원활하지 않는 통신 음영 또는 통신 단절 전에 취득한 데이터를 기반으로 이러한 상황을 예측할 수 있는 방안을 제시할 수 있으므로 오히려 통신 성능이 일시적으로 나쁘더라도 이를 감안한 안전한 자율주행이 가능하도록 할 수 있다. 또 자율주행차량의 안전성 시험과 평가 관점에서 본 연구를 통해 적재된 데이터들은 재현 가능한 다양한 통신 성능 환경의 생성이 가능하므로 보다 자율주행 시뮬레이션과 연계하여 눈에 보이지 않는 무선 환경에 대한 실질적인 디지털 트윈의 실현을 가능하게 할 수 있다. 주행환경 취득 데이터는 통신 성능 분석에만 그치지 않고 이를 기반으로 데이터 통합 및 데이터 학습을 통해 다양한 자율주행 기능과 성능에 대한 평가를 가능하게 하여 미래 모빌리티의 자율주행 기술에 대한 상용화를 앞당길 수 있을 것으로 기대한다.

사사: This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.2022-0-00199, 커넥티드 자율주행을 위한 5G-NR-V2X 성능 검증)

혼합 교통류 환경에서 주차 동선을 고려한 고속도로 휴게시설 주차관리전략 평가

Evaluation of Parking Management strategies in Expressway Rest Areas Considering Parking lots allocation involving human-driven and autonomous vehicles

이송하 (한양대학교 스마트시티공학과, 박사과정)

김우원 한양대학교 스마트시티공학과, 석사과정)

박준영 (한양대학교 교통물류공학과, 스마트시티공학과, 부교수)

염춘호 (서울시립대학교 국제도시과학대학원, 부교수)

고주연 (서울시립대학교 도시과학대학원, 연구교수)

고속도로 휴게시설은 이용자의 안전 운행과 편의 증진을 위한 도로 부대시설로, 다양한 특성의 도로 이용자(차량, 보행자 등)가 상호 작용하고 있는 공간으로 도로 이용자 간 교통 상충이 불가피하게 발생한다. 특히, 주차는 어려운 운전 작업 중 하나로, 적절한 주차 기동 생성 및 제어, 주변 장애물 회피 수준에 따라 복잡성이 결정된다. 이러한 복잡성을 해결하기 위해서는 V2X 기술을 바탕으로 새로운 주차관리 시스템 적용이 필요하다. 미국 자동차공학에 따르면, 전체 주차 공간 검색 프로세스 동안 지능형 주차 인프라와 상호작용이 가능한 기술 수준을 자율주행 Level 4단계 수준으로 정의하였다. 이러한 지능형 주차시스템을 구축하기 위해서는 차량별 주차경로 계획과 이에 대한 관리 방안이 체계적으로 수립되어야 한다. 또한, Level 4 수준의 자율주행 차량이 상용화되더라도, 단기적으로 비 자율주행 차량과 자율주행 차량이 혼재할 가능성이 높다. 이러한 환경 속 기존의 고속도로 휴게시설 내 교통체계를 유지하는 것은 차량별 주행 행태를 고려되지 않아 교통사고 위험과 교통혼잡을 야기할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구는 주차관리를 중심으로 시뮬레이션을 활용하여 혼합 교통류 환경 속 고속도로 휴게시설 내 교통체계 관리전략에 대해 분석을 수행하였다. 새로운 주차 인프라 도입이 아니라 기존의 주차 인프라를 활용한 경우의 주차 구역 구분 방식 및 주차면 비율에 따른 관리 전략을 비교하여 평가하여 적합한 혼합 교통류 환경 시 고속도로 휴게시설 내 주차관리 전략을 도출하고자 하였다. 그래서 시뮬레이션 분석 환경상 휴게시설에 가까운 주차 구역에 비 자율주행 차량이 주차하고, 자율주행 차량은 상대적으로 먼 주차 구역으로 위치할 수 있도록 주차 동선을 설계하여 총 8가지의 주차 동선 시나리오와 비 자율주행 차량과 자율주행 차량이 혼재된 주차관리 전략을 평가지표별로 비교하였다.

사사: Thiswork is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Grant RS-2022-00142565).

도심도로 기반 자율주행차 주행안전성 평가항목 개발

Development of Driving Safety Evaluation Items for Automated Vehicles Based on Urban Roads

이영택
(아주대학교, 석박사 통합과정)

김인영
(아주대학교, 석박사 통합과정)

윤일수
(아주대학교, 교수)

교통사고의 경우 전 세계적으로 꾸준히 발생하고 있으며 2021년에는 119만 명의 교통사고 사망자가 발생하였다. 이러한 교통사고의 대부분은 인간 운전자의 실수로 발생하고 있으며 사고를 감소시키기 위하여 첨단운전자지원시스템(advanced driver assisstacne system, ADAS)이 개발되었다. 또한, ADAS 개발에 이어 교통사고를 줄이고 교통류에 대한 안전성을 제고시킬 것으로 기대되는 자율주행차 개발에 노력하고 있다. 고도화된 자율주행시스템(automated driving system, ADS)의 상용화를 통해 인간 운전자를 보조하거나 운전에서 아예 배제하여 교통사고로 인한 사망자를 줄일 수 있을 것으로 기대하고 있다.

그러나, 고도화되어가는 AV의 개발에서 중요한 문제 중 하나는 안전성을 검증해야한다는 과제를 남겨두고 있다. AV의 개발뿐만 아니라 인프라 환경, 센서 기술, 인공지능(aritificial intelligence, AI) 기술과 같이 자율주행 기술과 관련된 기술이 고도화되어 도입이 임박한 것으로 기대되었다. 그러나, AV에 적용되는 기술이 고도화되어가는 것에 비례하여 하드웨어와 소프트웨어 또한 복잡해지면서 고장 문제, 사이버 보안과 주행 안전성에 대한 신뢰도가 저하되었다. 특히, 테슬라, 웨이모와 같은 자율주행 기술 개발을 집중적으로 하는 기관에서 제작한 AV가 교통사고에 관여됨에 따라 주행 안전성 신뢰도 악화에 영향을 미쳤다.

따라서, 본 연구에서는 실제 도심도로에서 레벨 4 수준 AV의 주행안전성을 평가하는 항목을 도출하고자 하였다. 이를 위하여 AV의 주행안전성을 평가하는 연구를 고찰한 이후 AV의 주행안전성을 평가하기 위한 항목을 도출하기 위하여 관련 교통 법규와 규제를 선정하였다. 이후에 선정한 법규와 규제를 토대로 도심도로 기반 AV 주행안전성 평가항목을 도출하였다. 이를 통해 레벨 4 수준의 AV를 평가하는 데 있어 기초적인 간이드라인으로 활용되어 안전성을 개선시키는 데 도움이 될 것으로 생각된다.

본 연구의 목적인 도심도로에서 AV의 주행안전성을 평가하기 위한 항목을 도출하기 위하여 「도로교통법 및 하위법령, 「부분 자율주행시스템의 안전기준(이하‘ 안전기준’)」, 「UN Regulation No.157(이하, ‘UN R157’)」을 선정하여 검토하였다. 법규 및 규제에서 본 연구의 목적과 범위에 맞추어 도심도로에서 자동차의 주행 행동 및 자율주행기능 관련 항목만을 선별하였다. 이때, 「도로교통법」, 안전기준, 「UN R157」순으로 우선순위를 두어 중복되는 항목이 존재하는 경우 항목을 대체할 수 있도록 하였다. 또한, 일부 항목의 경우 데이터에 대하여 정밀한 측정이 필요하거나 실제 상황에서 평가하기에 적합하지 않은 항목은 PG와 시뮬레이션에서 평가하도록 대체하였다.

「도로교통법」에서 57개의 항목, 안전기준에서 28개의 항목, 「UN R157」에서 6개의 항목을 선정하여 주행안전성 평가항목에 적합한지 판단하기 위해 5점 척도의 선정지표를 정의하여 적합성을 판단하였다. 선정 지표 평균 4점을 기준으로 그룹화를 진행하였다. 평균 4점 이상인 첫 번째 그룹은 AV의 주행안전성과 밀접하며 해당 내용이 명확하고 평가용 데이터 측정이 용이한 항목들로 구성되었다. 두 번째 그룹은 해당 내용이 불명확하거나, 주행안전성과 관련성이 부족하거나, 데이터 측정이 용이하지 않거나, 현재 기술 수준으로 구현이 어렵다고 판단되는 항목으로 구성되었다. 그 결과 「도로교통법」에서 38개, 안전기준은 27개, 「UN R157」에서 4개의 평가항목을 도출하였다. 이후에 도출된 항목들에 대하여 평가항목에 대한 정의, 평가지표, 평가에 필요한 입력값과 그에 대한 단위, 주기, 평가지표에 대한 기준값으로 세부내용을 구성하였다.

사사: 본 논문은 국토교통부 자율주행기술개발혁신사업 ‘주행 및 충돌상황 대응 안전성 평가기술개발(RS-2021-KA160637)’ 과제 지원에 의해 수행되었습니다.

English Presentation

Session C-4

긴 간격 시간 경로 복원: 계층적 트랜스포머 접근법
Yonghui Liu

시간 가변 콕스 모델을 사용한 고급 고속도로 충돌 분석
Fangzhou Wang, Kitae Jang

과실 교통사고에서 고령 및 비고령 택시 운전자의 부상 심각도에 대한 시간적 불안정성 비교
Reuben Tamakloe, Mahdi Khorasani, Inhi Kim

동남아시아를 중심으로 한 도로 연구: 서지학 및 주제 분석
Paolo Ian Lucero, Kitae Jang

RFM 지표 기반의 공유 전동킥보드 서비스 이용자 세분화
추범준, 김동규

차량 호출 서비스에서의 주의 분산 운전: 실태, 영향 및 대응 전략
Raihan Pasha Isheka, Kitae Jang

긴 간격 시간 경로 복원: 계층적 트랜스포머 접근법

Enhancing Trajectory Recovery for Long Interval Time: A Hierarchical Transformer Approach

Yonghui Liu

(Cho Chun Shik Graduate School of Mobility, Korea Advanced Institute of Science (KAIST), PhD Student)

Trajectory recovery refers to inferring missing trajectory information from noisy and incomplete data. Most existing works addressing this problem are based on overly simplified machine learning methods or deep learning Seq2Seq models that fail to fully leverage the rich information available from road networks. This often leads to suboptimal performance, especially when there is a long-time interval between two consecutive points in a trajectory, as the uncertainty and complexity increase sharply. In this study, we introduce a hierarchical transformer model for trajectory recovery, designed to fully utilize map information to reconstruct complete trajectories from sparsely sampled data in an end-to-end manner. Unlike most Seq2Seq models that recover trajectories autoregressively, which is resource-intensive in both time and space, our method first maps the raw trajectory with noise and sparseness onto the road network. The remaining trajectory is then divided into different blocks and generated parallelly in the condition of the previously generated trajectory. For long target sequences, this approach significantly reduces both time and space consumption, with the reduction scaling quadratically with the number of blocks. Notably, the time complexity is reduced cubically compared to autoregressive decoding. A case study using an open-source taxi trajectory dataset confirms the effectiveness of our approach. The proposed hierarchical transformer achieves comparable performance to autoregressive transformers while offering better running efficiency. Specifically, it improves accuracy, F1 score, MAE, and MAE_RN by 25.6%, 18.4%, 22.0%, and 26.2%, respectively, for trajectories with the long interval time of up to 240 seconds. This improvement is primarily due to the hierarchical decoder's ability to mitigate error accumulation inherent in autoregressive decoding. Furthermore, we investigate incorporating heuristic information between consecutive points to guide trajectory recovery for each block. The experimental results show that although the overall performance of the model has not significantly improved, its convergence speed has been improved.

사사: Trajectory Recovery, Transformer, Rule-based, Heuristic Model

시간 가변 콕스 모델을 사용한 고급 고속도로 충들 분석

Advanced Freeway Crash Analysis with a Time-Varying Cox Model

왕방주(Fangzhou Wang)
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 박사과정)

장기태
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 교수)

Traditional studies on traffic crash frequency often rely on aggregated data and static factors. While these methods provide valuable insights, they struggle to capture dynamic changes. This study applies a Cox proportional hazard model with time-varying covariates to analyze the time intervals between crashes, offering a more adaptable approach that addresses the limitation of traditional models dependent on highly aggregated data. By incorporating both static geographical factors (such as slope and curvature) and time-varying factors (such as weather and traffic flow), the Cox model provides a deeper understanding of crash intervals. In comparison to the negative binomial model, the Cox model not only maintains strong explanatory power for traditional variables like curvature and slope but also show greater significance in accounting for dynamic factors such as traffic volume, rain and snow. This method provides decisions-makers with a more accurate tool for assessing crash risks and offers a reliable basis for developing dynamic traffic safety management measures.

과실 교통사고에서 고령 및 비고령 택시 운전자의 부상 심각도에 대한 시간적 불안정성 비교

Comparing Temporal Instability in Injury Severities Between Elderly and Non-Elderly Taxi Drivers in At-Fault Crashes

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

Mahdi Khorasani
(Korea Advanced Institute of Science & Technology, Daejeon)

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

With the aging population in South Korea, the number of taxi drivers aged 64 and older has increased significantly. The COVID-19 outbreak has heightened the appeal and convenience of more private transportation options, particularly taxis, leading daily commuters to favor taxis over public transit. Although researchers have closely examined the risk factors for taxi crashes, the stability of these factors over time and across different age groups has yet to be thoroughly investigated. Using a crash record dataset from Seoul spanning 2017 to 2023, we analyzed the temporal stability of crash risk factors among elderly and non-elderly at-fault taxi drivers across the pre-COVID, COVID, and post-COVID periods. Log-likelihood ratio tests revealed significant variability in risk factors, driven by instability across different time periods and age groups. Subsequently, a random parameters binary logit framework was employed to develop separate models, analyzing the impact of various risk factors on the occurrence of fatal or severe injury (FSI) crashes. The results showed that factors such as late-night to early morning hours, dry road conditions, signal violations, elderly non-at-fault parties, and posted speed limits of 80 km/h significantly increased the likelihood of FSI outcomes across most models. Out-of-sample analysis revealed a significant increase in FSI crashes in recent years, strongly associated with elderly taxi drivers. Elderly taxi drivers who violated traffic signals were found to be most significantly involved in FSI crashes. In the era of global aging, implementing mandatory measures for elderly drivers—such as enhanced safety training and education for elderly taxi drivers, infrastructure improvements like improved lighting and signal visibility at night and at intersections, and reduced speed limits in high-risk areas—could help mitigate crash risks.

Keywords: Elderly; Taxi driver; Crash; Fatal; Injury severity; COVID-19

동남아시아를 중심으로 한 도로 연구: 서지학 및 주제 분석

A review of road safety research in Southeast Asia: insights from bibliometric and thematic analyses

Paolo Ian Lucero
(한국과학기술원, 박사과정)

Kitae Jang
(한국과학기술원, 교수)

According to a 2023 World Health Organization report on road safety, high-income countries have the least share (8%) when it comes to the global count of road traffic deaths. In contrast, a bulk of road crash fatalities (92%) come from upper-middle, lower-middle, and low-income countries. The motivation for this paper lies in exploring these road safety outcomes based on income classification in Southeast Asia, a diverse region sharing certain characteristics and common challenges while having a wide range of income levels. This review paper aims to determine road and traffic safety research across economic classifications in Southeast Asia through bibliometric analysis and thematic analysis. By identifying road safety research trends and themes with a regional focus, more valuable insights may be obtained that may further lead to better road safety strategies and, thus, reduce road traffic deaths in the future. The findings of this literature review show a general landscape of similarities and differences in terms of road safety research between income classifications in Southeast Asia and suggest careful consideration in relation to the reframing of research focus to cater to the road safety needs of any country with respect to its economic status.

RFM 지표 기반의 공유 전동킥보드 서비스 이용자 세분화

User Segmentation of Shared E-Scooter Services Based on Recency, Frequency, and Monetary Scores

추범준
(서울대학교 건설환경공학부, 석사과정)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

정보통신 기술의 발달로 인해 공유 전동킥보드는 차세대 교통수단으로 자리매김하고 있다. 특히 퍼스트 마일(first-mile)과 라스트 마일(last-mile) 구간에서의 이동 편리성을 제공함으로써 도심 내 이동 문제를 해결하는 중요한 역할을 하고 있다. 하지만 이러한 새로운 교통수단을 성공적으로 운영하기 위해서는 이용자 행태 분석이 필수적이며, 더 나아가 지역별 교통 특성을 고려한 맞춤형 전략이 필요하다.

본 연구는 이러한 필요성에 따라, RFM 지표(Recency – 최근성, Frequency – 빈도, Monetary – 경제성)와 시계열 클러스터링 방법론을 결합하여 공유 전동킥보드 이용자를 분석하고, 이를 통해 이용자의 가치를 평가 및 분류하는 것을 목표로 한다. RFM 분석은 사용자가 최근 얼마나 자주 서비스를 이용했고, 얼마나 자주 반복했으며, 경제적으로 얼마나 중요한지에 대한 종합적인 평가를 제공하여 사용자 분류에 활용된다.

본 연구는 인구수를 기준으로 행정구역을 분류하고, 각 분류 내에서 가장 전동킥보드 사용이 활발한 지역을 대표 구역으로 선정하여 분석을 진행했다. 분석에 사용된 지역은 연천군, 안성시, 평택시로, 총 700만 건 이상의 공유 전동킥보드 사용 기록을 활용하여 사용자별 월별 RFM 지수를 도출했다. 이후 Hierarchical Clustering을 통해 비슷한 시계열 패턴을 가진 사용자들을 분류하고, 이를 통해 각 지역의 이용 행태를 파악했다.

연구 결과, 평택시는 저가치 이용자가 가장 많은 비중을 차지했으며, 이들은 주로 30대 초반의 사용자로 나타났다. 평균적으로 이용 거리가 길고 지불 금액도 상대적으로 높아 저가치 이용자라도 잠재적으로 고가치 이용자로 전환될 가능성이 있음을 시사한다. 중가치 이용자는 유사한 연령대이지만 지불 금액은 낮고, 이용 빈도도 높지 않았다. 고가치 이용자는 소수의 그룹으로, 서비스에 대한 충성도가 높아 지속적인 사용이 이루어지고 있었다. 안성시의 경우, 젊은 사용층이 두드러졌으며 저가치와 중가치 이용자가 다수를 차지했는데, 이들은 평균적인 이용 금액과 거리가 짧았다. 고가치 이용자는 상대적으로 소수였지만 일정한 지불 금액을 유지하며 지속적으로 서비스를 이용했다. 연천군은 전반적으로 적은 사용자 수를 보였으나, 저가치 이용자가 높은 평균 지불 금액과 상대적으로 긴 이용 거리를 보였다. 이는 단발적인 사용이 많고 고가치 이용자로의 전환이 더디게 이루어지는 경향을 나타냈다.

이 연구는 이용자 이탈 가능성을 예측하는 데 있어 RFM 지표의 겹침 현상이 중요한 역할을 한다는 사실을 발견했다. 저가치와 중가치 이용자 간의 지표 분포가 겹치는 정도에 따라 서비스 이용자의 이탈 가능성이 달라졌으며, 겹침이 큰 지역에서는 사용자 이탈 가능성이 높아지고 반대로 겹침이 적은 지역에서는 고가치 이용자로의 전환 가능성이 높았다. 이를 바탕으로 서비스 운영자들은 지역별 이용자 특성에 맞춘 차별화된 타겟팅 전략을 수립할 수 있다.

또한, 본 연구는 서비스 운영 효율성 개선에도 기여할 수 있다. 지역별로 전동킥보드 수요를 정확히 파악함으로써 효율적인 자원 배분 및 운영 관리가 가능해진다. 수요가 높은 지역에서는 더 많은 전동킥보드를 배치하고, 유지 보수 빈도를 늘려 사용자 만족도를 높일 수 있다. 더 나아가, 이 연구에서 적용된 RFM 기반 시계열 분석 및 군집화 방법론은 공유 전동킥보드뿐만 아니라 다른 교통수단에도 적용 가능하며, 이를 통해 다양한 교통 수단의 사용자 행태를 종합적으로 분석할 수 있는 기반이 될 것이다.

본 연구는 공유 전동킥보드 서비스의 운영 효율성 및 이용자 만족도를 높이는 데 중요한 통찰을 제공하며, 나아가 지속 가능한 도시 교통 체계를 구축하는 데 기여할 것이다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다. 또한 본 연구에 사용된 데이터를 제공해주신 Deer에 감사드립니다.

차량 호출 서비스에서의 주의 분산 운전: 실태, 영향 및 대응 전략

A Literature Review of Distracted Driving in Ride-Hailing Service: Prevalence, Impacts, and Mitigation

Raihan Pasha Isheka
(Cho Chun Shik Graduate School of Mobility, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST))

Kitae Jang
(Cho Chun Shik Graduate School of Mobility, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST))

The rise of ride-hailing services (RHS), facilitated by mobile apps, has reshaped current urban transportation worldwide, offering convenient and flexible mobility solutions. However, the increasing reliance on mobile devices for navigation, ride management, and communication has introduced a critical safety issue: distracted driving. This literature review provides the prevalence, types, and impacts of distracted driving among ride-hailing drivers. Distractions are categorized into cognitive, visual, operational, and auditory types, with an analysis of their effects on driver performance and crash risks. The findings explain that distracted driving is prevalent across various ride-hailing services, particularly on motorcycle-based platforms, and significantly contributes to road traffic crashes. Furthermore, the emotional state of drivers, interactions with passengers, and the operational demands of ride-hailing exacerbate distraction-related risks. Despite growing concern, current regulations and mitigation strategies addressing distracted driving remain inadequate. Also, this review highlights the need for comprehensive regulatory measures, technological interventions, driver education, safety training, and organizational policies to reduce the dangers of distracted driving in ride-hailing services from the company and enhance urban road safety.

Keywords: ride-hailing services, distracted driving, driver safety

교통안전(Ⅲ)

Session

C-5

교차로 건조환경 영향에 따른 유형별 교통사고 예측 모형개발:데이터 상관성 모델링 기법의 적용
곽찬호, 홍정열

그래프 주의 집중 네트워크를 적용한 지하철 전송 시스템 다중결함 탐지
김승하, 서동현, 권장우

꼬리물기 무인교통단속장비의 설치 효과 분석
도승일, 박현수, 박신형

차량행태 기반 교통안전시설 안전성 분석
채준병, 길정원, 권재경, 황재성, 이철기

속도와 교통량을 활용한 교통혼잡지표 설계 및 분석
최철원, 박호철

ARIMA모형을 이용한 무인교통단속장비의 단속건수 유형별 특성
한효승, 양정훈, 박재훈, 윤일수, 송태진

교차로 건조환경 영향에 따른 유형별 교통사고 예측 모형개발: 데이터 상관성 모델링 기법의 적용

Traffic Accident Prediction Models by Crash Types Vased on Intersection Built Environment: Application of Data Correlation Modeling Techniques

곽찬호
(계명대학교 도시계획 및 교통공학과 박사수료)

홍정열
(계명대학교 교통공학과 조교수)

국내 교통사고 사망자 중 35.5%는 보행자 사고로 발생하고 있으며, 이는 OECD 평균인 18%에 비해 두 배 이상 높은 수치이다. 이러한 높은 보행자 사고율은 주로 교통안전 체계가 여전히 자동차 중심으로 설계되어 있기 때문으로, 보행자 보호를 위한 대책이 다른 국가에 비해 부족한 상황이다. 특히 교차로와 같은 복잡한 교통 환경에서 보행자들이 더 큰 위험에 노출되고 있는 점이 문제로 지적된다. 따라서 본 연구는 대구광역시를 중심으로 2019년부터 2023년까지 5년간의 교통사고 데이터를 기반으로 보행자와 차량 간의 충돌 사고에 초점을 맞추어 교차로 주변의 건조 환경 요소들, 예를 들어 횡단보도 길이, 신호등 설치 여부, 지하철 출입구 위치 등이 차대-보행자 사고에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 통해 교차로에서 발생하는 보행자 교통사고의 주요 원인을 정밀하게 분석하고, 이를 바탕으로 보행자 교통사고 예측 모형을 개발하고자 하였다.

기존의 교통사고 분석 방법론을 고도화하여 본 연구에서는 데이터 상관성 모델링 기법을 적용함으로써 보행자 사고 발생에 영향을 미치는 다양한 요인들을 통합적으로 분석하였다. 그 결과, 더 높은 정확도와 신뢰성을 갖춘 예측 모형을 개발할 수 있었다. 특히, GEE(Generalized Estimating Equation), GLMM(Generalized Linear Mixed Models), 그리고 MMM(Multivariate Marginal Model)이라는 세 가지 통계 기법을 적용하여 각각의 방법론이 데이터 상관 구조를 처리하는 방식의 차이를 통해 반복 측정 데이터나 군집화된 데이터에서 발생하는 문제들을 해결하였다. 예를 들어, GEE는 반복 측정 데이터나 군집화된 데이터에서 상관관계를 고려하여 정확한 추정치를 구하는 방법으로, 교차로 내 보행자 사고와 주변 환경 간의 상관관계를 분석하는 데 유용한 것으로 나타났다. GLMM은 고정 효과와 랜덤 효과를 모두 고려하여 교차로별로 상이한 환경적 특성을 반영할 수 있었으며, MMM은 여러 상관된 결과 변수를 동시에 다루어 다양한 교차로의 건조환경 변수들이 교통사고에 미치는 영향을 동시에 분석할 수 있었다. 이를 통해 단일 요인뿐 아니라 복합적인 요인들이 교차로 사고에 미치는 영향을 심층적으로 분석하였다. 본 연구의 목적은 이러한 데이터 기반의 분석을 통해 교차로에서 발생하는 보행자 사고를 줄일 수 있는 방안을 제시하는 것이다. 기존의 직관에 의존한 전통적인 사고 예측 방법론에서 보다 정밀하고 데이터에 기반한 사고 예측 방법론을 적용하고 이 결과에 따른 보행자 사고 감소 전략을 개발하였다. 이를 통해 교차로 설계뿐만 아니라, 도시 교통 시스템 전체에서 보행자 안전을 강화하는 방안을 도출할 수 있을 것으로 기대한다.

그래프 주의 집중 네트워크를 적용한 지하철 전송 시스템 다중결함 탐지

Using Graph Attention Networks for Multi-Fault Detection in Equipment

김승하
(인하대학교 컴퓨터공학과, 학사)

서동현
(인하대학교 일본언어문화학과, 학사)

권장우
(인하대학교 컴퓨터공학과, 정교수)

설비의 결함 진단은 ITS분야 중 유지보수 및 안전성을 특히 더 고려해야하는 교통과는 뗄 수 없는 분야이다. 그 중, 많은 인원이 사용하는 대중교통은 그 특성상 사용하는 인원의 규모차이로 인해 유지보수 측면 뿐만 아니라 안전성을 위해서도 설비에 대한 결함 진단은 중요하다. 각 모듈들에 센서를 부착하여 전체적인 모니터링을 가능케 하는 기술은 현재 자율주행차와 전기차등의 분야에서 어느정도의 가능성을 보이고 있다. 취득되는 데이터들이 있다면 그곳에 딥러닝을 적용하는 것 또한 가능할 것이며 이러한 관점에서 여러 설비에 부착된 센서데이터들을 활용한 결함진단에 딥러닝을 적용하고자 하는 연구가 발전하고 있다.

본 연구에서는 지하철 열차 보깅을 1:2 규모로 설계된 고장 시뮬레이션 실험 플랫폼에서 수집된 다중 결함 데이터를 활용하여 기존의 많이 연구되는 단일 모듈의 결함이 아닌 다중 결함 탐지를 진행하고자 한다. 각 4개의 모듈에서 각기 다른 채널을 가진 데이터로 3축 가속도계 센서를 기반으로 취득된 데이터이다. 각 모듈마다 존재하는 결함의 종류는 각 Motor 5가지, Gearbox 9가지, LeftAxlebox 5가지, RightAxlebox 2가지로 각기 다른 결함 가짓수를 가진다. 데이터의 모델 입력 크기를 적절히 조정하기 위해 기존 64kHz로 샘플링된 데이터를 여러 다양한 윈도우 크기로 리샘플링하여 raw, fft 전처리를 적용하여 모델 입력으로 활용한다. Transformer기반의 FeatureNeck을 설계하여 각 Node의 특징 벡터를 추출하게 되며 이 벡터를 활용하여 Graph Attention Layer에 입력하여 각 Node의 주변 노드와의 관계성을 학습하게 된다. 이후 간단한 Mlp층에 입력하여 각 노드별 결함 진단을 수행한다. 동일 모델에 대한 단일 결함 탐지와 다중 결함 탐지 성능에 대한 비교를 위해 각 단일 클래스에 대해 학습 및 평가를 수행한다. 단일 결함 탐지에 적용 시 정밀도 0.99, 재현율 0.99 F1점수 0.99, 정확도 99.04%를 달성한다. 이후 다중 클래스에 대해 학습 및 평가를 수행한다. 결과 Motor는 72.73% 정확도이며 해밍로스는 0.11, Gearbox는 % 정확도, 해밍로스 0.17, Left Axle Box는 63.64%정확도, 해밍로스 0.17, Right Axle Box는 95.45% 정확도, 해밍로스 0.04를 달성하였다. Graph Attention Convolution의 다중결함 진단의 적용가능성을 탐색하엿고 그 가능성을 볼 수 있다.

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

꼬리물기 무인교통단속장비의 설치 효과 분석

Analysis of the Effectiveness of Installing Automated Traffic Enforcement Cameras for Intersection Blocking Violations

도승일
(서울시립대학교, 석박사통합과정)

박현수
(서울시립대학교, 박사수료)

박신형
(서울시립대학교, 교수)

최근 5년간 서울시 강남구에서 발생한 교통사고 중 약 34%가 교차로에서 발생했으며, 주요 원인은 교통신호 미준수와 꼬리물기이다. 꼬리물기는 교통 흐름을 방해하고 연간 751억 원의 사회적 손실을 초래한다. 현재 꼬리물기 단속은 경찰의 현장 단속에 의존하고 있지만, 인력 부족과 공정성 논란 등으로 실효성에 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 경찰청은 무인교통단속장비를 설치해 교통법규 위반을 단속하고 있으며, 무인교통단속장비 설치 지역에서 교통사고 건수는 2배, 교통사망사고는 4배 이상 감소한 것으로 분석되었다. 그러나 무인교통단속장비가 교차로에서 발생하는 꼬리물기 단속에 효과적인지는 여전히 의문이다. 따라서, 본 연구의 목표는 무인교통단속장비가 교차로에서 꼬리물기 단속에 미치는 효과 분석에 있다.

국내에서는 무인교통단속장비의 효과를 분석할 때 주로 실제 교통사고 데이터를 사용하고 있으나, 단속장비 설치 전후 3년 또는 5년 이상의 교통사고 자료가 필요하다는 한계가 있다. 국외에서는 교차로 안전성을 평가하기 위해 대리안전지표(Surrogate Safety Measure)를 사용하는데, 이는 차량 속도, 가속도 등 매개변수를 활용하여 교통 상황의 충돌 위험을 계산하는 방법이다. 꼬리물기는 교차로에서 차량 간 후방 및 측면 충돌 사고에 영향을 미치므로, 본 연구에서는 사고 유형별 위험성을 측정할 수 있는 대리안전지표 중 하나인 TTC(Time to Collision)를 검토하였다. TTC는 두 차량이 현재 속도와 방향으로 주행할 경우 충돌까지 소요되는 시간을 의미하며, 안전성 평가에 널리 사용되는 지표이다.

연구 대상지는 상시 교통량이 많고 꼬리 물림으로 인한 차량 정체가 빈번히 발생하는 서울시 강남구 국기원사거리로 선정되었다. 꼬리물기 위반은 도로교통법 제25조에 근거하여 단속되며, 이는 교차로에 무리하게 진입한 차량이 정체로 인해 제때 빠져나가지 못하는 상황을 의미한다. 국기원사거리에서 최근 3년간 발생한 교통사고 유형을 분석한 결과, 측면 충돌 사고가 30%로 가장 많이 발생하였다. 본 연구에서는 꼬리물기 단속 효과를 평가하기 위해 교차 상충하는 차량 데이터를 활용하였으며, 차량 데이터를 추출하기 위해 YOLO(You Only Look Once) 딥러닝 알고리즘을 사용하였다. YOLO는 다양한 객체를 실시간으로 탐지하는 딥러닝 알고리즘으로, 차량 종류를 구분하고 통과 시간, 속도, 차간거리 등의 정보를 추출하였다. 이를 기반으로 200대 차량의 데이터를 분석하여 교차로 안전성을 평가한 결과, 첨두시간에 꼬리물기가 발생한 차량 중 약 80%는 안전하게 주행하였으나 나머지 20%는 위험한 상태에서 주행하는 것으로 나타났다.

본 연구는 무인교통단속장비가 꼬리물기 단속을 통해 교차로 안전성을 어느 정도 향상하는지 평가하였으며, YOLO 알고리즘을 통해 추출된 데이터를 대리안전지표인 TTC에 적용하여 분석을 진행하였다. TTC는 속도와 차간거리만을 활용해 차량의 특성을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있으며, 분석 기간도 짧아 정확한 특성을 파악하는 데 어려움이 있다. 따라서 향후 연구에서는 분석 기간을 늘리고, TTC의 단점을 보완한 MTTC, TIT, TET 등의 지표를 적용하여 더욱 정확한 교차로 안전성 평가를 진행할 예정이다.

사사: 본 연구는 경찰청과 과학기술사업진흥원 영상분석 기술기반 교통단속 장비 및 운영 플랫폼 개발의 연구비 지원 (과제번호 2024-SCPO_B_0320)에 의해 수행되었습니다.

차량행태 기반 교통안전시설 안전성 분석

Analysis of Traffic Safety Facility Effectiveness Based on Vehicle Behavior

채준병	길정원	권재경	황재성	이철기
(아주대 DNA플러스융합학과, 석사과정)	(아주대 DNA플러스융합학과, 석사과정)	(아주대 교통공학과, 박사과정)	(아주대학교 교통연구센터, 연구원)	(아주대학교 교통시스템공학과, 교수)

교통사고 예방 및 교통안전을 위해 다양한 교통안전시설이 도입되었으며, 그중 과속방지턱 및 고원식 횡단보도, 무인교통 단속장비 등을 통해 차량의 속도를 줄임으로써 사고를 예방하고 있다. 특히 교통안전시설은 고속 주행으로 인한 대형 사고를 방지하여 교통사고의 빈도뿐만 아니라 피해규모를 억제하는 이중의 안전장치를 제공한다. 또한 어린이 보호구역 내에서 과속방지턱과 고원식횡단보도, 무인교통 단속장비의 설치로 감속을 유도하여 운전자들에게 속도 준수 의식을 강화하고 어린이들의 안전을 도모할 수 있다.

본 연구는 도심부 교통 환경에서 과속방지턱과 고원식횡단보도, 무인교통 단속장비가 차량 주행 행태 및 교통 안전성에 미치는 실질적인 영향을 검증하는 것을 목적으로 한다. 교통안전시설은 이론적으로 차량 속도 감소와 교통사고 발생 억제 역할을 하지만, 이러한 시설이 실제로 차량 주행 행태와 교통 흐름에 어떤 영향을 미치는지에 대한 구체적인 연구는 여전히 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 YOLOv8 알고리즘을 활용하여 교통안전시설이 도심부 교통 환경에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

연구 방법으로는 도심부 교통 환경에서 교통안전시설이 설치된 구간과 설치되지 않은 구간을 비교 분석하기 위해 드론을 활용한 영상 촬영을 수행한다. 촬영 지점은 차량 주행 특성을 명확히 파악할 수 있고, 교통안전시설의 효과를 정확히 분석할 수 있는 장소로 선정한다. 드론은 도로 상공 100m 높이에서 비행하며, 분석 구간 내 차량 주행 행태를 고해상도 영상으로 기록한다. 또한 영상 데이터는 YOLOv8 알고리즘을 통해 차량 객체를 탐지하여 위치 좌표를 반환하고 탐지된 차량의 Bounding Box에서 차량 크기 계산 및 차선 정보를 추출한다. 이를 바탕으로 교통안전시설 내 차량의 속도 및 가속도, 차간거리 등 주행 패턴 변화를 분석한다. 분석된 데이터는 SSAM(Surrogate Safety Assessment Model)의 대리안전척도 중 TTC(Time To Collision) 및 DR(Deceleration Rate)을 활용하여 교통안전시설의 안전성을 평가한다.

본 연구를 통해 교통안전시설이 속도 저감, 사고 예방, 사고 심각도 감소에 실질적인 효과가 있는지 검증하고, 이를 바탕으로 도심부 교통 안전성을 향상시키기 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.092021C28S01000, 자율주행 혼재 시 도로교통통합관제시스템 및 운영기술 개발)

속도와 교통량을 활용한 교통혼잡지표 설계 및 분석

Design and Analysis of Traffic Flow and Speed congestion Index

최철원
(명지대학교, 석박사통합과정)

박호철
(명지대학교, 부교수)

자동차 이용률이 증가하면서 이동성은 향상되었지만, 교통 혼잡과 화석 연료 소비 증가로 인한 환경 오염 등 여러 심각한 문제도 함께 발생하고 있다. 특히 고속도로에서의 교통 정체는 해당 구간뿐만 아니라 인근 지역에도 큰 영향을 미치며, 잦은 Stop and Go 패턴으로 인해 교통 흐름이 불안정해진다. 기존의 혼잡 지표는 주로 도로의 속도를 기준으로 혼잡을 측정해왔다. 그러나 동일한 속도 조건에서도 도로별 제한 속도가 다를 경우, 도로 혼잡을 과소추정할 가능성이 있다. 이에 본 연구는 도로 네트워크의 성능을 평가하기 위해 도로별 제한 속도와 실제 주행 속도의 감소율을 반영한 새로운 혼잡 지표를 개발하는 것을 목표로 한다. 먼저 기존 혼잡 지표에 대한 문헌 조사를 실시한 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) 등은 도로의 속도만을 반영하는 데 그쳤다. 따라서 이러한 지표들은 도로별 제한 속도에 따른 혼잡의 차이를 충분히 반영하지 못하는 한계가 있음을 확인하였다. 고속도로의 통행 속도의 상대적인 감소와 교통량 비율을 반영한 새로운 교통 혼잡 지표와 기존 지표를 비교 분석한 결과, 도로별 통행 속도의 감소를 통해 혼잡이 심각한 구간과 혼잡이 전이되는 구간을 파악할 수 있었다. 이를 통해 교통 혼잡 관련 통계자료 제공, 교통 정책 의사결정 지원, 도로 인프라 투자, 정책 효과의 사전·사후 평가 등 다양한 혼잡 개선 대책 마련에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

ARIMA모형을 이용한 무인교통단속장비의 단속건수 유형별 특성

Analysis of Violation Patterns Captureed by Automated Traffic Enforcement Systems Using the ARIMA Model

한효승	양정훈	박재훈	윤일수	송태진
(한국도로교통공단, 연구원)	(한국도로교통공단, 차장)	(한국도로교통공단, 과장)	(아주대학교, 교수)	(충북대학교, 교수)

무인교통단속장비는 90년대 후반부터 운전자들의 안전운전을 유도하고 교통법규 위반이 잦은 곳에서 발생하는 교통사고를 예방하기 위해 설치되었다. 최근 민식이법 시행으로 어린이보호구역 내 무인교통단속장비 설치가 증가하고 있으며, 향후에도 지속적인 증가가 예상된다.

무인교통단속장비는 초기 설치비와 지속적인 유지비가 들어가기 때문에 그 효율성을 극대화 하기 위해서는 단속건수의 과거추세를 통해 그 특성을 분석하여 활용할 필요가 있다.

본 논문에서는 시계열모형 중 ARIMA를 통해 17개 시·도 경찰청 무인교통단속장비 중 단속건수가 TOP 10에 해당하는 170개의 장비를 대상으로 분석을 실시하였으며, 분석결과를 토대로 과거추세에 대한 패턴을 분류하였다. 과거추세별 유사한 패턴들의 지점들의 특성을 파악하기 위해 다변량 회귀분석을 통해 단속건수에 영향을 주는 요인들이 무엇인지 도출하였다.

교통안전(Ⅳ)

Session

C-6

우리나라 교통법규 위반 범칙금의 국제비교분석
김아람, 오주석, 김원중

생성 모델을 활용한 범주형-연속형 혼재 사고 데이터 증강 및 사고 심각도 추정
김은정, 김동규

과적단속용 고속축중기 성능평가 기준의 개선 방안
이동해, 이종석, 김태상

고속도로 2차 사고 심각도 영향요인 연구
박하정, 안세영, 이재덕, 정철현, 장일준

최고 제한속도 조정에 따른 고속도로 교통영향분석
백성채, 김태익, 박제진

세종특별자치시 교통사고 발생 추이와 특성
주재성, 안용준, 송양호

우리나라 교통법규 위반 범칙금의 국제비교분석

International Comparison and Analysis of Traffic Fines in Korea

김아람
(한국도로교통공단
교통과학연구원, 연구원)

오주석
(전남대학교,
학술연구교수)

김원중
(청주대학교,
교수)

우리나라 교통 현황의 국제 비교 결과(도로교통공단, 2022)를 보면 2020년 기준 OECD 회원국 중 우리나라 도로연장 1km당 자동차 보유대수는 253.8대(OECD 평균 76.2대)로 2위 수준이나 자동차 1만 대당 교통사고 건수는 74.2건(OECD 평균 27.0건)으로 회원국 중 최하위, 인구 10만 명당 교통사고 사망자수는 5.9명(OECD 평균 4.7명)으로 29위의 하위권에 머물러 자동차 보급수준에 비해 교통안전문화 수준은 발전하지 못하고 있음을 보여주고 있다.

이에 관련해 정부에서는 우리나라 도로이용자들의 교통안전 의식이 매우 낮음에도 불구하고 외국에 비해 현저히 낮은 범칙금 제도를 운영하고 있어 도로이용자에게 책임을 부여하는 데 미흡한 점이 있어 개선이 필요하다고 지속적으로 지적하고 있다(국토해양부, 2011; 국토해양부, 2016; 국토교통부, 2022).

그러나 도로교통법 위반행위에 따르는 제재의 정도가 지나치게 무겁거나 형평성에 위배된다면 국민들에게 큰 부담으로 작용하거나 법에 대한 수용도가 낮아질 수 있기 때문에 국민들이 납득하고 수용할 정도의 범위 안에서 가장 효과적인 제재수준을 찾는 것은 매우 중요한 일이다.

이에 따라 우리나라의 교통위반에 따른 범칙금에 대한 재검토가 필요한 시점으로, 이에 앞서 본고에서는 우리나라와 외국의 교통위반에 따른 처벌 수준을 비교하여 우리나라 범칙금의 상대적 위치를 파악하고자 하였다.

도로교통법에서 정하는 벌금 및 범칙금 부과 대상 위반행위는 제156조 및 제157조에서 정하고 있다. 본 연구에서는 이 가운데 위반행위의 고의성이 강하거나 위반행위가 사고로 이어질 경우 인명피해의 심각성이 크게 우려되는 다섯 가지의 항목을 분석대상으로 속도위반, 음주운전, 횡단보도 보행자 횡단방해, 중앙선침범, 앞지르기 위반과 같이 선정하였다.

우리나라 교통법규 위반 범칙금 제도와 비교할 대상 국가로 미국, 영국, 독일, 호주, 일본 등 다섯 개 나라를 선정하였다. 교통법규 위반 금전적 제재 수준을 국제 비교함에 있어 환율 외에 1인당 GDP, 최저임금, 비교물가수준, 빅맥지수와 같은 경제지표들을 추가적으로 고려해 각국의 통화가치와 물가수준 등이 비교 결과에 반영될 수 있도록 하였다.

주요 교통법규 위반행위에 대한 우리나라와 비교 대상국가 간의 범칙금 비교 결과, 국가의 소득규모나 물가, 통화가치 등의 요인을 동일하게 가정한 조건에서도 우리나라의 범칙금이 최소 2~3배 낮은 것으로 나타나고 있다. 특히 속도위반은 비교 대상국의 범칙금이 우리나라 대비 평균 5.3~7.7배까지 더 큰 것으로 나타났다. 이는 비교 대상국들이 교통사고 발생 시 사고 피해규모에 가장 큰 영향을 미치는 주행속도에 대한 규제를 얼마나 중요하게 여기고 있는지 알 수 있는 근거이다. 아래 <표 1>은 조사국가를 대상으로 한 위반항목별 범칙금에 대하여 우리나라를 1로 하였을 때를 기준으로 하여 배수로 표현한 것이다.

<표 1> 조사국가 위반항목별 비교

위반항목	조사국가 평균값(배수)				
	1인당 GDP	최저임금	비교물가	빅맥지수	경제지표 평균
속도위반(21~40km/h)	5.42	5.30	7.22	7.72	6.42
음주운전	0.39	0.33	0.32	0.41	0.36
보행자 횡단방해	2.20	2.12	2.98	3.14	2.61
중앙선 침범/통행구분 위반	2.55	2.53	3.60	3.53	3.05
앞지르기 방법 위반	2.53	2.50	3.58	3.58	3.05

단, 본 연구의 결과만으로 우리나라의 교통 범칙금을 반드시 인상해야 한다고 단정하기는 어렵다. 앞서 선행연구 검토 결과에서 보듯, 범칙금 인상은 위반억제와 사고 감소에 일부 효과가 있지만 그 효과가 독립적인 것으로 단정하기는 이르고, 일관성 있는 효과를 가진다는 근거 역시 부족하다. 따라서 단순히 우리의 교통 범칙금 수준이 주요 선진국에 비해 상대적으로 낮다는 사실이 범칙금 인상의 당위성을 제공하기에는 부족하다는 것이 본 연구의 한계점이라고 볼 수 있다. 다만 향후 교통 범칙금 인상 필요성에 대한 국민적 공감이 형성된 후 인상의 규모를 결정하는 데 있어 본 연구의 결과가 유용하게 쓰일 것으로 기대할 수 있다.

생성 모델을 활용한 범주형-연속형 혼재 사고 데이터 증강 및 사고 심각도 추정

Generative AI for Class Imbalance in Crash Severity Estimation with Mixed Data Types

김은정
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

교통사고의 심각도를 정확하게 추정하는 것은 사망자 수를 줄이고 도로 안전을 확보하는 데 중요한 요소이지만, 사고 데이터에서 발생하는 심각한 클래스 불균형으로 인해 모델에서 매개변수 편향 및 과적합 문제가 발생하여 정확한 추정이 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 변분 오토인코더와 베이지안 가우시안 혼합(VAE-BGM)을 결합한 새로운 생성 모델을 사용한 데이터 증강 기법을 도입하였다. 이 모델은 베이지안 추론과 오토인코더 기법의 강점을 결합하여 데이터 불균형과 사고 심각도 추정에서 혼합 데이터 유형의 복잡성을 효과적으로 관리한다. 또한, 고속도로에서 사고 심각도에 영향을 미치는 요인을 보다 포괄적으로 분석하기 위해 전통적인 사고 관련 변수와 차량 검출 시스템(VDS)에서 실시간으로 수집한 데이터를 통합하였다. 본 연구는 VAE-BGM의 효과를 Synthetic Minority Oversampling Technique(SMOTE), Adaptive Synthetic(ADASYN) 샘플링, Conditional Tabular Generative Adversarial Network(CTGAN) 등 다양한 데이터 증강 기법과 비교하여 평가하였다. 연구 결과, VAE-BGM은 사고 심각도 모델의 성능을 향상시키는 데 있어 다른 데이터 증강 방법보다 뛰어난 성과를 나타냈다. 특징 중요도(Feature Importance) 분석을 통해 사고 유형, 원인, 주변 교통량이 주요 요인으로 식별되었으며, 사고 심각도 모델에서 현장 VDS 정보의 통합 중요성이 강조되었다. 본 연구는 교통 안전 분석에서 방법론적 접근을 발전시킬 뿐만 아니라 전통적인 사고 관련 변수와 현장 VDS 데이터를 결합하여 고속도로에서 사고 심각도에 영향을 미치는 요인에 대한 심층 분석을 제공한다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

과적단속용 고속축중기 성능평가 기준의 개선 방안

Improvement Strategies for the Performance Test Standardof High-Speed Weigh-in-Motion System for Weight Enforcement

이동해
(KCL, 연구원)

이종석
(KCL, 선임연구원)

김태상
(KCL, 팀장)

본 연구는 고속축중기(High Speed Weigh in Motion, HS-WIM)의 성능평가 기준을 국외 표준과 비교하여 개선 방안을 제시하는 것을 목표로 한다. 현재 국내에서 적용되고 있는 고속축중기의 성능평가 기준은 ITS 성능평가 기준에 명시되어 있으나, OIML R134, ASTM E1318, COST 323, NMi WIM Standard와 같은 국외 표준과 비교했을 때, 정확도, 설치환경, 시험방법 측면에서 개선이 필요하다. 특히 국내 기준은 신뢰수준에 대한 고려가 미흡한데, 국외에서는 고속축중기를 용도별로 과적단속에 적용할 수 있도록 신뢰수준을 구분하고 있다. 본 연구는 이러한 차이점을 비교 분석하고, 국내 고속축중기 성능평가 기준의 개선 방안을 제시하였다. 특히 사전선별과 직접단속용 고속축중기의 정확도와 그에 맞는 신뢰수준을 고려할 수 있도록 국외 기준과 사용 현황을 검토 및 비교하였다. 아울러 온도 및 도로기하, 포장 평탄성에 대한 비교를 통해 국내 기준의 개선 방안을 수립하였다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다. (과제번호 RS-2022-00142239)

고속도로 2차 사고 심각도 영향요인 연구

Highway Secondary Incident Severity Factor Study

박하정	안세영	이재덕	정철현	장일준
(가천대학교 도시계획학과)	(가천대학교, 연구교수)	(가천대학교, 연구교수)	(가천대학교 도시계획학과)	(가천대학교, 교수)

본 연구는 고속도로에서 발생하는 2차 사고의 심각도에 영향을 미치는 요인을 분석하고, 이를 줄이기 위한 방안을 제시하였다. 최근 몇 년간 국내 전체 교통사고 건수는 감소하는 추세를 보이고 있으나 2차 사고로 인한 사망자는 여전히 발생하고 있으며, 그 치사율은 일반사고에 비해 약 6.3배 높다. 본 연구는 한국도로공사에서 제공한 최근 10년간의 고속도로 2차 사고 데이터를 바탕으로 주요 요인들을 분석하였으며, 상관관계 분석을 통해 주야, 사고차량수, 사고유형, 사고차종 등이 2차 사고의 심각도에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 개선 방안으로는 전방 사고 알림 시스템 도입, 야간 시인성 향상, 신속한 사고대응체계 구축을 제시하였다. 이러한 방안은 2차 사고 예방 및 피해 최소화에 기여할 수 있으며, 실질적인 교통안전 대책으로서 효과가 기대된다.

사사: 이 논문은 행정안전부 국민수요맞춤형 생활안전 연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00407311)

최고 제한속도 조정에 따른 고속도로 교통영향분석

Analysis of Highway Traffic Impacts Due to Speed Limit Adjustments

백성채
(전남대학교 건축토목공학과, 석박사통합과정)

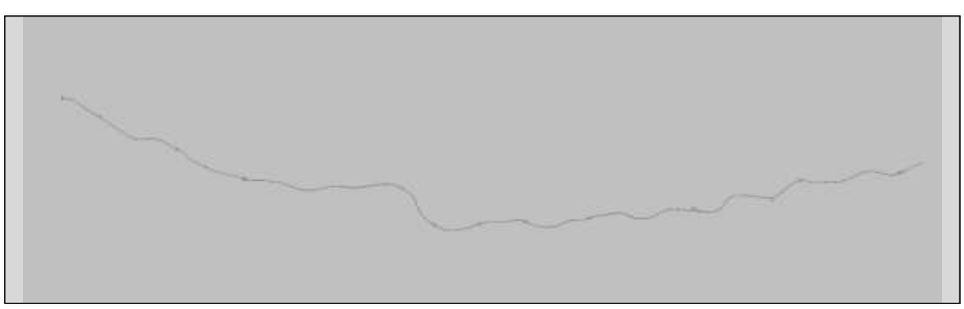
김태익
(한국자동차연구원, 선임연구원)

박제진
(전남대학교 토목공학과, 부교수)

본 연구는 고속도로의 최고 제한속도 조정이 교통지표에 미치는 영향을 분석하기 위한 시뮬레이션 기반 연구다. 최근 차량 성능 향상 및 도로 여건 개선으로 인해 제한속도를 상향해야 한다는 의견과, 교통사고 예방을 위해 제한속도를 하향해야 한다는 상반된 의견이 존재하는 상황에서 이에 대한 구체적인 분석이 필요하다고 생각하여 연구를 진행하게 되었다. 연구 대상은 포천-세종 고속도로 구간으로 설정되었으며, 이 구간에 대한 교통 특성을 반영한 VISSIM 시뮬레이션을 통해 다양한 제한속도 조건에서 교통의 흐름을 분석하였다.

국내외 사례를 통해 기존 연구들이 제한속도 조정이 교통 안전성 및 효율성에 미치는 영향을 분석한 결과, 제한속도 상향 시 통행 속도는 증가하고 교통 흐름의 효율성도 개선되는 경향이 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 동시에 속도 변동성이 증가하면서 사고 발생 빈도와 치명도가 함께 증가하는 문제점도 나타났다. 이에 반해 제한속도 하향은 사고율과 사고의 심각도를 감소시키는 긍정적인 효과가 있었으나, 지역적 특성이나 도로 유형에 따라 그 효과는 달라질 수 있었다.

연구 결과, 제한속도를 상향했을 때 본선 구간과 연결로, 휴게시설 영향권에서 교통 밀도가 감소하고 속도가 증가하는 긍정적인 변화를 보였으나, 상충 횟수(교차 충돌, 후미 추돌, 차선 변경 상충)가 모두 증가하는 경향이 나타났다.



<그림 1> 대상지 구간 VISSIM basemap

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원(과제번호 RS-2021-KA160881)에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

세종특별자치시 교통사고 발생 추이와 특성

Trends and Characteristics of Traffic Accidents in Sejong City

주재성 (대전세종연구원 전문연구위원)
안용준 (대전세종연구원 책임연구위원)
송양호 (대전세종연구원 연구위원)

행정안전부는 지자체의 안전관리 책임성을 강화하고 취약분야에 대한 자율적 개선을 유도하기 위하여 2016년부터 지역안전지수를 공표하고 있으며, 6개 분야 중 교통사고 분야를 통해 지역의 교통안전을 평가하고 있다. 세종시는 2023년 지역안전지수 교통사고 분야는 전년 3등급 대비 2개 등급이 하락한 5등급으로 8개 특·광역시 중 최하위로 나타났다. 다만, 한국도로교통공단의 교통사고분석시스템(TAAS)에 따르면, 세종시는 반경 100m를 기준으로 하는 교통사고 다발지역이 없어 지점에 대한 접근에 앞서 교통사고의 특성을 분석하는 과정이 필요할 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 세종시의 교통사고 발생 추이와 특성을 분석하였다. 연구는 최근 5년간 국내 및 세종시의 교통사고 추이, 세종시 교통환경 변화를 확인하고, 교통사고의 특성을 요인별로 교차분석하였다. 그 결과 읍면동·사고유형별, 도로종류·도로형태별, 법규위반별 분석 결과가 유의미하다고 판단되었다.

세종시의 전체 교통사고 4,621건 중 57.3%에 해당하는 2,647건이 동 지역에서 발생하나, 전체 사망자 68명 중 42명이 면 지역에서 발생하였다. 중상·경상·부상신고 사고가 대부분 동 지역에서 발생하나, 면 지역에서 사망사고의 비중이 높았다. 이에 도로종류 및 도로형태에 따른 사고의 특성을 분석하였으며, 도로종류별로 53.3%인 2,464건이 시도에서, 도로형태별로 53..3%인 2,464건이 교차로에서 발생하였다. 이에 사망자를 분석한 결과 28명이 시도에서 발생하였으며, 사망자가 42명으로 가장 많이 발생한 단일로-기타 도로형태에서 15명이 시도에서 발생한 것으로 확인되어 시도를 대상으로 한 교통사고 예방이 필요함을 확인하였다. 법규위반별로는 안전순전불이행이 전체의 57.2%인 2,643건으로 과반수이며, 2순위는 신호위반(16.1%), 3순위는 안전거리미확보(9.3%) 등으로 나타났다. 특히, 사고내용별로 사망자의 63.2%인 43명이 안전운전불이행으로 발생하였다. 다만, 명확한 사고원인을 파악하기 어려운 안전운전불이행을 제외하면 중앙선침범과 신호위반이 각각 4.4%인 3명의 사망자가 발생하였다. 추가로 법규위반별 도로종류에 따른 사고발생을 분석한 결과, 신호위반 및 중앙선침범은 모두 시도에서 사장 많이 발생하였으나, 중앙선침범은 국가 및 시에서 설치하지 않은 기타 도로가 2순위로 나타났다.

세종시의 교통사고 추이 및 읍면동별, 사고종류별, 도로종류별, 도로형태별, 법규위반별 특성을 분석한 결과, 동 지역에서 주로 발생하나 사망사고는 면 지역에서 많고, 시도는 교차로에서 사고 많으나 일반국도는 단일로와 교차로가 유사함을 확인하였다. 또한, 안전거리미확보는 일반국도에서 주로 발생하고, 안전운전불이행 외에 신호위반, 중앙선침범 등의 사고가 위험한 것으로 분석되었다. 다만, 직접적인 교통안전 증진을 위해서는 복수의 교통사고 특성을 반영한 공간 분석을 통해 세종시 교통환경에 맞는 취약지역의 선별이 필요하며, 이에 따라 좌표정보를 수집하여 추가적인 분석이 필요하다.

Session D

모빌리티

Session

D-1

서울시 택시 운행 효율성 개선을 위한 수요 · 공급 분석 및 최적 운행 방안 연구
양민수, 유준재, 홍정열

외생성 및 시 · 공간적 요인의 종합적 분석을 통한 서울시 택시 수요 예측 모형 개발
김강현, 홍정열

XGBoost-SHAP 모델 기반 UAM 신뢰도 영향 요인 평가: 인지된 위험 및 가치를 중심으로
김태성, 조정우, 백승한, 박진서

의료취약지역에서의 응급의료서비스 개선을 위한 RTC 위치 결정 및 UAM 기반 서비스 영역분석
노세영, 도명식

보행자 영향을 반영한 우회전 용량 일반 모델 개발
오승민, 장기태, 천경훈

여름 휴가기간 시내버스 감차운행과 대중교통 수요 변화
황유성, 신강원

서울시 택시 운행 효율성 개선을 위한 수요·공급 분석 및 최적 운행 방안 연구

A Study on Demand-Supply Analysis and Optimal Operation Strategies for Improving Taxi Operation Efficiency in Seoul

양민수
(계명대학교 교통공학과, 학석사과정)

유준재
(계명대학교 교통공학과, 학석사과정)

홍정열
(계명대학교 교통공학과, 교수)

서울시의 택시 기본요금 인상 이후, 택시 운행 효율성의 저하가 나타났다. 일 평균 운행 거리는 280km에서 272km로 감소하였으며, 실차율은 70%에서 60.7%로 하락하였다. 이러한 변화는 택시 운행 효율성 저하, 택시기사 이탈, 심야시간 운행 저조 등의 문제와 복합적으로 작용하여 서울시의 심야시간 승차난을 더욱 심화시켰다. 이에 본 연구는 2023년 서울시 택시 데이터를 활용하여 자치구별, 요일별, 시간대별 택시 수요 및 공급 현황을 분석하고, 이를 토대로 택시 운행 효율성을 개선할 방안을 모색하는 것을 목적으로 한다.

본 연구는 2023년 서울시 택시 DTG 데이터를 바탕으로 운행정보, 시간정보, 위치정보를 구축하여 진행되었다. 승·하차 위치정보가 누락된 샘플의 경우, GIS 기술을 활용해 X, Y 좌표로 보완하였다. 또한, 자치구 단위의 택시 O-D(출발지-도착지) 분석을 통해 서울 외 지역에서 발생한 통행을 제외하였다. 분석 결과, 서울시에서 가장 빈번하게 발생하는 택시 O-D 통행은 강남구, 송파구, 강서구 등의 자치구에서 집중되었으며, 특히 출·퇴근 시간대와 심야시간대에 이러한 통행이 두드러졌다. 또한, 전체 택시 통행의 76%가 0~10km의 단거리 통행에 집중되어 있음을 확인하였다. 개인택시와 법인택시의 운행 패턴을 비교한 결과, 개인택시는 자율적인 운행 방식을 통해 일관된 공급 패턴을 유지한 반면, 법인택시는 회사 차원의 운행 조정을 통해 수요가 많은 시간대에 집중적으로 운행 대수를 증가시키는 경향을 보였다. 택시 운행 효율성을 제고하기 위해 본 연구에서는 비모수적 선형 계획법인 DEA(자료포락분석, Data Envelopment Analysis)를 적용하여 자치구별 의사결정단위(DMU)를 설정하고, CCR(고정 산출 모형)과 BCC(변동 산출 모형)를 활용하여 효율성을 분석하였다. 이를 통해 각 자치구별로 최적의 운행 시간과 장소를 도출하였다.

연구 결과, 서울시 택시 운행 효율성을 개선하기 위한 몇 가지 구체적인 방안이 도출되었다. 첫째, 택시 수요와 공급 간 불균형이 시간대 및 지역별로 뚜렷하게 나타났으며, 특히 출·퇴근 시간대와 심야시간대에 수요가 집중되는 것으로 분석되었다. 이러한 수요 집중을 해결하기 위해서는 택시 기사들이 최적의 운행 시간과 장소를 예측할 수 있는 방안이 필요하다. 택시 운행 효율성을 높이기 위해서는 공차 거리를 줄이는 것이 중요한데, 이를 위해 수요가 높은 시간대와 지역을 사전에 예측하고, 그에 맞춰 운행을 집중시키는 전략이 필요하다. 둘째, 법인택시의 유연한 운행 조정 방식이 수요에 따라 공급을 최적화할 수 있음을 확인하였다. 이를 바탕으로, 개인택시도 유사한 방식으로 운행 패턴을 조정하거나 데이터 기반의 예측 시스템을 활용하여 수요 집중 시간대에 맞춰 운행을 조정할 필요가 있다. 이를 통해 택시 공급 효율성이 향상될 것으로 기대된다. 셋째, 택시 기사들이 실시간으로 수요가 높은 지역과 시간대를 예측할 수 있도록 데이터 기반의 예측 시스템이나 앱을 도입하는 것이 필요하다. 이를 통해 기사들은 불필요한 배회를 줄이고 대기 시간을 단축할 수 있으며, 연료비 절감과 차량 유지비 절감에도 기여할 수 있다. 나아가 이러한 시스템의 도입은 환경적 측면에서도 긍정적인 효과를 가져올 것으로 기대된다. 결론적으로, 본 연구는 서울시 택시 운행 효율성을 극대화하기 위해 지역별, 시간대별 수요 예측 및 최적의 운행 전략 수립이 필요함을 강조한다. 이를 통해 승차난 문제를 완화하고, 택시기사의 수익성을 높이며, 승객의 만족도를 향상시킬 수 있을 것이다. 또한, 데이터 기반의 운행 계획을 통해 도시 교통 혼잡을 줄이고, 경제적·환경적 비용 절감에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

외생성 및 시·공간적 요인의 종합적 분석을 통한 서울시 택시 수요 예측 모형 개발

Taxi Demand Forecasting Model in Seoul Through Comprehensive Analysis of Exogenous and spatio-temporal Factors

김강현
(계명대학교, 박사과정)

홍정열
(계명대학교, 교수)

택시는 지하철과 버스의 통행 서비스 제공이 어려운 목적지까지 승객을 이동시키며 승객의 통행 니즈에 즉각적으로 대응할 수 있는 승객 맞춤형 서비스를 제공하는 준대중교통수단이다. 그러나, 현재 택시는 특정 시간대 또는 장소에 따라 택시를 호출하는 수요자에게 택시 공급이 원활하게 이루어지지 않아 수요-공급 간 불균형이 지속적으로 발생하고 있다. 이로 인해 수요자 측면에서 택시 승차난, 운전자 측면에서 택시 운전자 감소, 교통·운영 측면에서 교통혼잡 등의 복합적인 문제를 초래하고 있는 실정이다. 이러한 택시 수요·공급 불균형을 시작으로 파생되어 발생되는 다양한 택시 문제에 대해 구체적인 대책 방안을 마련하기 위해서는 우선적으로 시간별, 공간별로 정확한 택시 수요 예측과 영향요인을 파악하는 것이 중요하다. 이에 본 연구에서는 서울시 택시정보시스템(STIS: Seoul Taxi Information System)으로부터 추출한 택시주행기록데이터를 활용하여 시간대별 택시 수요를 미시적 및 거시적 공간단위로 집계하였으며 추가적으로 택시 수요 예측에 영향을 미치는 사회·인구학적 요인, 예를 들어 차종별 자동차등록대수(월별), 자치구별 유동인구(일별), 인구(일별), 상점 개폐업수(분기), 직장인구(분기), 전체 점포 수(분기)와 시간대별 강수량(mm), 일별 미세먼지(㎍/㎥), 기온(°F) 등의 환경적요인, 그리고 일별 코로나 확진자 수(명)과 같은 이벤트 요인, 지하철 역별 승·하차 수요(시간대별), 버스 역별 승·하차 수요(시간대별)의 교통요인, 마지막으로 서울시 자치구별 인접행렬 등의 공간적 요인들을 수집 및 활용하였다. 또한, 본 연구에서는 시간대별 택시 수요로 구축된 시퀀스 데이터 분석에 적합한 택시 수요의 추세 및 패턴, 계절성 등을 반영하여 SARIMAX(Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables), 서울시 자치구별 인접행렬을 통한 공간적 특성을 반영한 STARMAX(Spatio-Temporal AutoRegressive Moving Average with Exogenous Variables) 통계 기반의 방법론과 머신러닝 기반의 LSTM(Long Short-Term Memory) 방법론을 적용하여 택시수요모형을 구축하였으며 각각의 모형에서 도출된 예측값과 실측값을 성능평가지표를 통해 비교·분석함으로써 향후 택시 수요 예측이 가능한 최적의 택시 수요 추정 모형을 개발하고자 하였다. 본 연구결과로부터 서울시 자치구별 공간적 자기상관성과 시간적 요인, 외생 요인들을 통제하는 STARMAX 모형이 성능평가지표를 통한 예측값과 실제값과의 오차가 타 모형에 비해 가장 작은 것으로 나타나, 택시 수요를 예측하는데 가장 정확도가 높은 모형인 것으로 도출되었다. STARMAX모형에서는 비계절성 요인, 계절성 요인, 외생요인 등 다양한 영향요인이 유의한 것으로 나타났으며 이 중 외생요인으로는 환경적요인(강수량), 사회·인구학적 요인(전체 점포 수, 관광객, 유동인구), 교통요인(지하철 역별 승·하차 수요, 버스 역별 승·하차 수요), 이벤트요인(코로나19 확진자 수), 공간적요인(서울시 자치구별 인접행렬) 등 변수들이 도출되었다. 본 연구의 결과는 택시 운영 관리와 정책 수립에 있어 실질적인 기초자료를 제공하며, 특히 공간적·시간적 패턴을 반영한 STARMAX 모형이 향후 택시 수요 예측 및 공급 전략에 있어 중요한 기여를 할 수 있음을 시사한다. 추가적으로, 다양한 외생적 요인과 공간적 상호작용을 반영한 예측 모형은 택시 수요-공급의 불균형 해소뿐만 아니라 도시 교통 혼잡 완화 및 효율적인 대중교통 시스템 구축에도 유용하게 적용될 수 있다. 향후 연구에서는 더 넓은 지역과 다양한 변수의 적용을 통해 모형의 확장성과 예측 정확도를 검증하는 것이 필요하며, 이를 통해 택시뿐만 아니라 다른 교통수단의 수요 예측에도 본 모형의 활용 가능성을 탐색할 수 있을 것이다.

사사: 본 연구는 티머니복지재단에서 지원하여 수행중인 “택시수요추정분석”연구의 일환으로 작성되었습니다.

XGBoost-SHAP 모델 기반 UAM 신뢰도 영향 요인 평가: 인지된 위험 및 가치를 중심으로

Assessing the Influence of Perceived Risks and Benefits on Trust in UAM with an XGBoost-SHAP Model

김태성	조정우	백승한	박진서
(한국교통연구원, 연구원)	(한국교통연구원, 부연구위원)	(한국교통연구원, 부연구위원)	(한국교통연구원, 선임연구위원)

최근 전 세계적으로 도심 인구 증가로 인한 교통혼잡과 대기오염 문제가 대두되고 있으며, 이는 대기오염과 높은 경제적 비용의 문제를 야기하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 친환경 신교통수단으로 도심항공교통(Urban Air Mobility, UAM)이 많은 주목을 받고 있다. 정부가 발표한 UAM 최초 상용화 시점을 1년 앞둔 현재 법제도, 인프라 구축, 연구개발(R&D), 수요예측 분야 등에서 연구가 활발히 진행되고 있으나, UAM 사회적 수용성과 관련된 개별 수요자의 특성을 심층적으로 분석한 연구는 아직 부족한 실정이다. 이에, 본 연구는 Perceived Benefit 및 Perceived Risk가 UAM에 대한 신뢰도에 영향을 미치는 요인을 분석하고자 한다. 구체적으로, Perceived Benefit은 Perceived Ease of Use, Perceived Usefulness으로 구성하고 Perceived Risk는 Psychological Risk, Physical Risk, Performance Risk, Security Risk, Social Risk, Privacy Risk, Time Risk, Financial Risk, Overall Risk으로 구분하고 설문조사를 설계하였다. 국내 수도권 시민 대상 설문조사(n=942)에서 수집된 데이터를 토대로 eXtreme Gradient Boosting(XGBoosting)과 SHapley Additive exPlanations(SHAP)을 활용하여 UAM 신뢰도에 영향을 주는 요인의 중요도를 예측하고 해석한 주요 결과는 다음과 같다.

먼저 Perceived Benefit 부문 중 Perceived Ease of Use(인지된 용이성)는 신뢰도를 가장 높이는 요인으로 분석되었다. 또한, Perceived Usefulness(인지된 유용성)의 'UAM 서비스 상용화 시 이동수단 선택에 대한 선택지의 증가'가 신뢰도를 높이는 중요한 요인으로 분석되었다. 다음으로 Perceived Risk 부문 중 Overall Risk인 '전반적으로 UAM 서비스는 위험할 것'은 UAM에 대한 신뢰도를 가장 낮추는 요인으로 분석되었다. 두 번째로 UAM에 대한 신뢰도를 크게 낮추는 요인은 Physical Risk 중 'UAM 기체로의 인명피해'로 분석되었으며, 세 번째로 신뢰도를 크게 낮추는 요인은 Performance Risk 중 'UAM 기체의 비행 중 고장이나 오작동으로 인한 부상'인 것으로 나타났다.

분석 결과를 종합해 볼 때, UAM 신뢰도를 높이기 위해서는 향후 UAM 서비스 이용 절차를 명확하고 간결하게 구성할 필요가 있으며, 이는 이해하기 쉽고 공감할 수 있는 정보의 제공이 중요하다는 점을 시사한다. 또한, UAM에 대한 신뢰도를 높이기 위한 방안으로 신교통수단인 UAM의 인지도 및 도입 계획 확산이 필요할 것으로 사료된다. 마지막으로 UAM에 대한 신뢰도를 낮추는 요인인 기체 결함에 대한 우려를 완화하기 위해서는 항공 선진국인 미국, 유럽 등 수준의 UAM 기체 인증 시스템 마련이 필요하며, 일반 시민들에게도 진행 상황을 포함한 투명한 정보가 제공되어야 함을 시사한다.

사사: 본 연구는 한국교통연구원 "도심항공모빌리티(UAM) 산업 생태계 구축 방안(1) -다수단 연계를 고려한 도심항공교통 도입 방안-"(M23-15) 과제의 지원으로 수행되었다.

의료취약지역에서의 응급의료서비스 개선을 위한 RTC 위치 결정 및 UAM 기반 서비스 영역분석

RTC Location Selection and UAM-Based Service Area Analysis for Improving Emergency Medical Services in Local Areas

노세영
(국립한밭대학교 도시공학과, 석사과정)

도명식
(국립한밭대학교 도시공학과, 교수)

최근 저출생으로 인한 비수도권, 중소도시부터 인구 감소의 위기에 직면하여 지방소멸이란 용어로 심각한 위기감을 느끼도 있다. 지방소멸은 지역경제 및 산업, 일자리 기반을 위축시킬뿐더러 인구 감소로 인한 재정 적자로 인해 의료, 대중교통 등의 생활 인프라의 이용이 취약해져 농촌 지역의 의료기관 폐쇄율이 증가하게 될 것으로 보인다. 주요 도시 외 지역은 열악한 의료시설 분포로 인해 실제로 응급상황 발생시 적절한 치료를 받을 수 있는 응급시설까지의 이송거리가 매우 길어지고 이에 따른 소요시간이 길어지게 만드는 요인으로 응급의료기관과의 접근성이 매우 중요한 요소로 작용된다. 응급의료시설의 위치와 배치가 중요하며. 응급의료서비스는 응급환자의 발생 위치와 응급상황과 더불어 도로교통체계, 시민의식, 예방노력 등 사회 시스템과도 많은 관련이 있다. 대도시뿐만 아니라 소규모 지역과 농촌까지 포함하도록 확장하여 다양한 지역 현안을 해결하고 주민들의 삶의 질을 높이는 것을 목표로 하는 Smart region의 개념 도입으로 긍정적인 영향을 미칠 것으로 본다. 따라서 농촌 지역의 응급 의료 서비스 커버리지를 개선하기 위한 RTC(Regional Trauma Center)의 위치 결정 방법론을 제안하고, 기존 지상 구급차 및 eVTOL로 환자를 이송하는 성능을 평가하고자 하며, 거리가 균일한 기능의 특성을 가진 UAM(Urban Air Mobility)을 사용하여 농촌 지역의 응급 의료 서비스 가능성을 확인하고자 한다.

본 연구의 공간적 범위는 대전광역시, 세종특별자치시, 충청남도, 충청북도를 포함하는 중부권 핵심 지역인 충청권을 대상으로 하였으며, 시간적 범위는 연구의 분석 시점에서의 최신 데이터의 가용성을 기준으로 하여 2022년 기준으로 연구결과의 실효성을 극대화하기 위해 설정하였다. 충청권 지역 내 응급의료기관 입지현황 및 교통안전정보관리시스템에서 제공하는 충청권 시군구 사고다발지점에 따른 경위도 좌표 기반 위치를 파악하였다. 응급의료시설 유형 중 2차, 3차 의료기관으로서의 기능을 수행하는 종합병원의 위치를 파악하고 교통사고 사상정도를 고려한 발생건수(빈도) 기반의 교통사고 통합지표인 다발도와 사상자수 기반의 교통사고 통합지표인 심각도를 함께 고려하여 통합지수가 높은 지점으로 2022년 기준 과거 3년간 누적된 충청권 시군구별 교통사고 다발지점 36개를 선정하였다. Ambulance와 UAM을 이용한 응급의료기관과의 유클리드와 하버사인 기법을 기반으로 한 통행거리 및 수단별 적정속도를 적용하여 통행시간을 산정하였다. 충청권 내의 RTC(권역외상센터)는 천안시, 청주시, 대전광역시의 인구가 밀집된 주요 도시에 위치해 있으며 응급 의료 서비스 취약지역까지 최소거리 및 시간으로 도달하여 RTC의 역할을 수행할 수 있는 종합병원 2개를 선정하였다. 기존 3개의 RTC를 제외한 충청권 내 종합병원과 교통사고다발지점 간의 통행거리 및 통행시간을 산정하여 기존 RTC 위치를 기준으로 방향별 위치한 종합병원 간의 우선순위 비교를 통해 충청남도 홍성의료원과 건국대학교 충주병원이 선정되어 GIS분석기법으로 접근성을 파악하였다. 의료 서비스 공급이 부족한 농촌 지역을 대상으로 UAM을 이용한 응급의료서비스 범위를 확대하면 환자 이송 시간 단축에 상당한 영향을 미칠 것으로 파악되어 충청권 내 지역의 공공 서비스 범위는 왕복 125km로 통행시간은 45분이 산정하여 골든타임 45분을 기준으로 한 서비스 범위를 설정 후 UAM와 Ambulance의 시간 절감효과 및 서비스 범위를 비교하였다.

Smart region의 개념을 도입하여 농촌 지역의 EMS 문제해결책을 제시하고, 주요 도시 RTC 3개를 제외한 기존의 종합병원 중 추가적인 RTC 입지 선정을 위해 농촌 지역의 응급 의료 서비스 커버리지를 개선하고자 RTC의 위치 결정 방법론을 제시하여 선정하였다. UAM을 사용하여 도시와 농촌 지역까지 수용할 수 있는 농촌 지역 응급 의료 서비스의 가능성을 파악하였다. 향후 운영 비용 추정 및 UAM이 EMS로 활용될 때의 경제적 유용성 평가를 실시하여 농촌 지역 의료 서비스 강화를 위한 주요 기관과의 협력 및 Smart region의 효율적 관리 범위를 설정할 필요가 있다.

보행자 영향을 반영한 우회전 용량 일반 모델 개발

Development of a General Model for Right-Turn Capacity Considering Pedestrian Effect

오승민
(한국과학기술원
조천식모빌리티대학원, 박사과정)

장기태
(한국과학기술원
조천식모빌리티대학원, 교수)

천경훈
(한국과학기술원
기계기술연구소, 연수연구원)

대부분의 신호 교차로에서 우회전은 직진과 함께 이루어지며, 이때 직진과 평행하게 횡단보도를 건너는 보행자와 자전거가 우회전 용량을 감소시킨다. 따라서, 교통 흐름을 정확하게 분석하고 평가하기 위해서는 보행자의 영향을 반영한 우회전 용량 모델이 필요하다. 미국의 HCM 및 한국의 도로용량편람의 기존 모델들은 보행자로 인한 우회전 차단을 고려하여 녹색 신호 동안의 우회전 용량을 계산하는 절차를 제시하고 있지만, 이러한 모델은 특정 국가의 관측 데이터를 바탕으로 설계되어 다른 국가나 지역에 적용하기 어려울 수 있다. 또한, 다양한 교통 상황을 충분히 반영하지 못해 확장성에 한계가 있다. 특히, 2022년 한국 정부의 보행자 안전을 강화하기 위한 우회전 규칙 개정 이후, 충돌 구역(Conflict zone)의 변화가 우회전 용량에 미치는 영향을 기존 모델은 제대로 반영하지 못하고 있다. 더 나아가, 대형 차량과 자율주행차량(Autonomous Vehicle, AV) 등 차량의 유형에 따라 보행자와의 충돌 구역과 우회전 행동이 달라져 우회전 용량에도 큰 영향을 미친다. 따라서, 본 연구에서는 우회전 충돌 구역에 따른 정책 변화, 혼합된 교통 조건 등 선행 연구에서 다루지 못한 다양한 변수를 반영한 보다 일반적이고 확장된 우회전 용량 모델을 개발하였다. 이 모델은 보행자에 의해 차단되지 않은 녹색 신호 시간을 이론적으로 도출하며, 제안된 시나리오는 VISSIM을 활용한 미시적 시뮬레이션과 현장 데이터를 비교 분석하여 검증되었다. 충돌 구역의 길이를 변경하는 시나리오에서는 충돌 구역이 길어질수록 보행자가 구역을 점유하는 시간이 길어져 우회전 용량이 감소하는 경향을 확인하였으며, 이는 교통안전과 효율성 간의 절충 필요성을 시사한다. 실제 데이터의 주기별 보행자 점유율과 제안된 모델의 추정값을 비교한 결과, 매우 유사한 점유율을 보여 기존 HCM 모델의 과대평가된 점유율과 대조적이었다. 또한, 다양한 우회전 행동을 가정한 AV가 유입된 상황에서도, 제안된 모델을 통해 예상되는 우회전 용량을 산출할 수 있었다.

여름 휴가기간 시내버스 감차운행과 대중교통 수요 변화

Impact of Reduced City Bus Operations on Public Transportation Demand During the Summer Vacation Period

황유성
(경성대학교 도시공학과 석사과정)

신강원
(경성대학교 도시공학과 교수)

다수의 도시에서 여름 휴가기간 동안 통학 및 통근 수요 감소를 예상하여 대중교통 운행횟수 및 노선을 조정하고 있다. 부산광역시는 여름 휴가기간 동안 시내버스 노선의 운행횟수를 감축하여 운행하였으며, 교통카드 DB 분석결과, 6월 대비 여름 휴가기간인 7~8월 기간 시내버스의 평일 평균 승차수요는 약 11.5만명, 도시철도의 경우는 약 8.9만명 감소하는 것으로 나타나 여름 하계기간 중 대중교통 운행 조정의 필요성은 일부 합리성을 가지고 있다. 그러나 여름 휴가기간, 방문 관광객이 많은 부산광역시 특성상 관광지가 밀집된 생활권을 경유하는 일부 노선에서 수요가 오히려 증가하는 경향도 나타날 수 있다. 따라서 본 연구에서는 여름 휴가기간 시내버스 감차운행 시행 전·후를 대상으로 교통카드 DB와 스마트교차로 DB를 활용하여 시내버스 노선별 수요변화 및 노선 경유 생활권의 통행량 변화를 비교 분석하고, 이를 바탕으로 여름 휴가기간 시내버스 노선의 운영전략을 제안하고자 한다.

부산의 시내버스 노선별 수요변화와 감축 운행횟수를 살펴보면, 전체 147개 노선 중 16개 노선은 여름 휴가기간에 수요(인/대/회)가 더 증가한 것으로 분석되었으며 그 중 4개 노선에는 감차 운행이 시행된 것으로 나타났다. 특히 관광지를 경유하는 일부 노선은 여름 휴가기간 감차운행 전 대비 여름 휴가기간에 일평균 이용객이 1,403인 증가하였으나 운행 횟수는 14회/일 감소한 것으로 나타났다. 이는 여름 휴가기간 시내버스 감차 운행이 변화하는 승객 수요를 적절히 반영하지 못하고 있음을 방증한다고 판단된다.

한편 부산의 62개 생활권별로 여름 휴가기간 통행량 변화를 분석하기 위해 권역 내 대중교통 승하차지점(시내버스 정류소, 도시철도역)의 교통카드 수요와 스마트교차로 교통량을 통해 감차운행 전후의 통행 패턴 변화를 비교 분석하였다. 분석 결과 6개의 생활권에서 여름 휴가기간 대중교통 수요와 교통량이 모두 증가한 것으로 나타났으며 38개 생활권은 대중교통 수요와 교통량이 모두 감소한 것으로 분석되었다. 여름 휴가기간 동안 생활권별 통행 특성 변화를 살펴봤을 때 교통량이 증가한 생활권은 모두 해안 관광지 인근에 위치하였으며 교통량이 감소한 생활권은 대체적으로 내륙에 분포한 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구에서는 분석결과를 바탕으로 시내버스 노선별 승차 수요 변화량, 노선 경유 생활권의 대중교통 수요 변화량, 노선 경유 생활권의 교통량 변화량 지표를 이용하여 여름 휴가기간 중 운행횟수 감축 필요성이 낮은 노선을 제안하였다. 본 연구의 분석과정 및 결과는 향후 휴가 및 명절 연휴기간 감차운행 및 첨두 시 증차운행 전략 수립에 기여할 것으로 기대된다.

스마트시티

Session

D-2

데이터 분석을 통한 DRT 최적 정류소 입지 선정 및 수요 추정 프레임워크 개발: 대구 국가산업단지를 대상으로
강승원, 권오훈, 박용진

분산 CCTV 환경에서의 연합학습 기반 도로 감시 시스템: 시공간 키포인트 트랜스포머 네트워크를 이용한 보행자 쓰러짐 감지
김병훈, 노병준

도심 환경에서 V2X 통신 위상 구조가 자율주행 차량 반응속도에 미치는 영향
김영환, 김동규

지역특성을 반영한 수요응답형 대중교통 서비스 OD 수요 예측 분석
장윤지, 권오훈, 여지호

건설자동화장비 실증분석을 통한 효율성 분석 및 활성화 방안
정유미, 도현철, 도명식

Pro Vision과 Digital Twin Simulation 연계 방안
최민기, 이선하, 천춘근, 김영욱

데이터 분석을 통한 DRT 최적 정류소 입지 선정 및 수요 추정 프레임워크 개발: 대구 국가산업단지를 대상으로

Developing a Framework for Optimal DRT Stop Location Selection and Demand Estimation through Data Analysis: Focusing on the Daegu National Industrial Complex

강승원 (계명대학교, 석사과정)

권오훈 (계명대학교, 부교수)

박용진 (계명대학교, 명예교수)

본 연구는 최근 도심지역 수요응답형 대중교통 수단(Demand Responsive Transit) 서비스 도입 필요성에 따라 DRT 운영 설계를 위한 사전 분석 프레임워크를 제안하는 것을 목표로 한다. 새로운 지역에 DRT 서비스를 도입하여 운영하기 위해서는 DRT 정류소 선정과 각 정류소별 승하차 인원 등 수요 추정 과정이 필요하다. 이러한 수요와 OD에 따라 DRT 운영규모, 노선 형태 등 상세 설계가 가능하다. 그러나 기존 DRT 운영 자료의 부족과 신규 개발 지역의 OD 정보 부재 등으로 적정 수요 추정이 어려운 실정이다. 이에 대한 해결안으로 제한된 정보 내에서 실무적으로 DRT를 운영할 수 있는 수준의 정류소별 승하차 인원을 산정하는 프레임워크를 제안하고자 한다. 이를 대구광역시 도시 외곽 택지개발 지역인 대구 국가산업단지 지역을 대상으로 적용하여 결과를 제시하였고, 추후 대구시 여러 지역에 맞게 적용할 계획이다.

제안된 프레임워크는 데이터 수집 및 전처리, DRT 정류소 위치 선정, 정류소 서비스 범위 분석, 정류소별 수요 추정, 그리고 DRT 운영 시나리오별 승하차 인원 산정 순으로 개발하였다. 데이터 수집 및 전처리 단계에서는 교통카드 OD 자료로 대중교통 이용 패턴을, 택시운행정보관리시스템(TIMS) 자료로 대중교통 미지원 지역의 승하차 정보를 분석했다. 국토지리정보원과 한국산업단지공단에서 격자별 인구 및 종업원 수 데이터를 수집하여 수요 예측에 활용했다. DRT 정류소 위치 선정을 위해 공단지역, 버스 미운행 주거지역에서 TIMS 자료를 밀도 기반 클러스터링(DBSCAN) 분석을 통해 택시 승차 밀집 구간을 중심으로 정류소 신설을 계획한다. 정류소 서비스 범위 분석은 격자 중심점과 정류소 간 최단거리 계산 후, 각 격자를 가장 가까운 정류소에 배정하여 신설 정류소 포함 정류소별 서비스 범위를 설정하였다. 정류소는 공단지역, 주거지역, 주거지역 겸 DRT 신설 정류소로 분류된다. 정류소별 수요 추정을 위해 해당 지역의 기존 버스 승차자 수와 지역 인구 수를 활용해 추정 수단분담률을 계산한다. 공단지역 정류소는 전체 인구와 종업원 수에 추정 수단분담률을 곱하여 수요를 예측한다. 주거지역 겸 DRT 정류소는 접근성 개선을 고려해 DRT 서비스 접근 가능 격자 수와 기존 정류소 접근 격자 수의 비율을 인근 기존 버스 승차자 수요에 곱해 산출한다. 기존 주거지역 정류소는 현재 버스 승차 수요를 그대로 적용한다. DRT 운영 시나리오별 승하차 인원 산정을 위해 환승연계형, 통근형 등 노선 유형에 따른 시간대별 수요를 분석했다. 교통카드 OD와 TIMS 데이터를 활용해 지역별 시간대 승하차 비율을 계산했다. 정류소 유형에 따라 주거지역은 교통카드의 시간대별 승하차 비율, 공단지역은 TIMS 데이터를 기반으로 각 노선의 시간대별 승하차 비율을 적용하여 추정하였다.

대구 국가산업단지는 도시 외곽에 위치하여 산업단지 특성상 대중교통 연계가 부족하고, 비첨두시 수요가 낮아 DRT 서비스 도입이 적합하다. 개발된 프레임워크를 대구 국가산업단지에 적용한 결과는 다음과 같다. 대구시의 교통카드 OD 자료(약 87만 건)를 통해 기존 대중교통 이용 패턴을 파악하였고, 1년간의 택시 운행 데이터(34,923건)를 분석하여 대중교통 서비스가 미흡한 지역의 수요를 추정하였다. TIMS 데이터의 밀도 기반 클러스터링 분석으로 14개의 최적 DRT 정류소를 선정했다. 산업단지 내 기존 및 신설 정류소의 서비스 범위를 분석하고, 정류소 유형별 수요를 추정했다. DRT 운영 시나리오 분석 결과, 환승연계형은 20분 배차간격으로 오전 7시 예측 최대 재차 인원이 26.5명이어서 15인승 차량 용량을 초과할 수 있다. 또한, 통근 A, B형은 25분 배차간격으로 비첨두시 수요가 낮아 환승연계형으로의 유연한 운행이 필요하다.

본 연구에서 제시하는 방법론의 장점으로는 제한된 데이터로도 DRT 초기 운영에 필요한 개략적인 수요 예측이 가능하여 실무적으로 다수의 DRT 도입 후보 지역에 분석 적용이 가능하다. 다만, 한계점으로는 거시적인 수준의 분석으로 구체적인 개별 이동의 OD 산정이 어렵고, 타 수단 이용자의 DRT로의 전환수요를 반영하지 못하며, 기존 버스와의 수요 분배 문제를 고려하기 어렵다. 향후 연구로는 시간대별 수요 변동, 계절적 요인, 장기적 인구 변화를 고려한 정교한 프레임워크 개발이 필요하다. 또한, 다양한 지역에 적용하여 실효성과 확장성을 검증해야 한다. 이를 통해 도시 규모, 인구 밀도, 지형, 사회경제적 요인이 다른 지역에서의 결과를 비교 분석하여 DRT 시스템의 효과적인 설계와 운영을 위한 보다 정확하고 신뢰할 수 있는 수요예측 모델을 개발할 필요가 있다.

사사: 이 논문은 대구광역시에서 2024년 대구형 DRT 운영 타당성 용역 과제의 지원을 받아 수행된 연구임.

분산 CCTV 환경에서의 연합학습 기반 도로 감시 시스템: 시공간 키포인트 트랜스포머 네트워크를 이용한 보행자 쓰러짐 감지

Federated Learning-based Road Surveillance System in Distributed CCTV Environment: Pedestrian Fall Detection using Spatio-Temporal Keypoints Transformer Networks

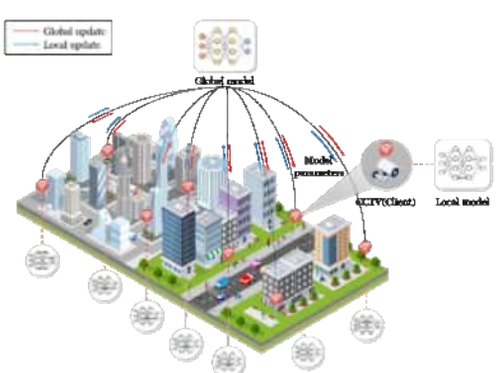
김병훈
(순천향대학교 미래융합기술학과, 석사과정)

노병준
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 조교수)

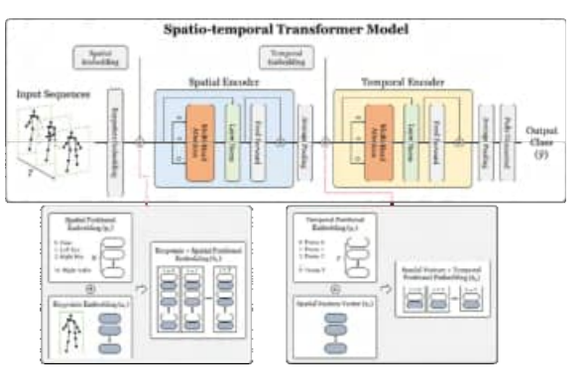
보행자 쓰러짐은 신체적, 정신적 건강에 심각한 영향을 미치며, 특히 도로 환경에서의 쓰러짐은 교통안전에 직접적인 위협이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 지능형 CCTV와 컴퓨터 비전 및 딥러닝 기술을 결합하여 보행자 쓰러짐을 감지하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 현재의 교통안전 시스템은 데이터를 서버에서 관리하는 중앙집중식 학습 방식을 사용하고 있어, CCTV와 중앙 서버(교통정보센터) 간의 데이터 공유 과정에서 개인정보 유출과 통신 병목 현상 등의 문제가 발생한다. 또한, 도심 전반에 걸쳐 설치된 수많은 CCTV는 설치 방향, 위치, 조명 조건 등이 다양해 성능이 불안정하다.

이러한 문제를 해결하기 위해 연합학습 기술을 도시 CCTV 시스템에 접목하는 것은 매우 효과적이다. 그림 1에서 볼 수 있듯이, 연합학습은 개별 CCTV가 로컬 데이터를 학습하고 모델 파라미터만 중앙 서버와 공유함으로써 보행자의 개인정보를 보호하고 데이터 병목 현상을 완화할 수 있다. 또한, 모델 간 파라미터 공유를 통해 환경 변화로 인해 발생할 수 있는 모델 성능 불안정 문제를 효과적으로 해결할 수 있다. 이러한 연합학습에는 경량화된 모델이 필수적이나, 기존에 널리 사용되는 이미지 기반의 쓰러짐 감지 모델은 파라미터 수가 많고 조명 변화 및 가려짐에 취약하다. 따라서 적은 파라미터로 정밀한 시공간적 특징을 추출할 수 있는 모델의 구축은 필수적이다.

본 논문에서는 분산 CCTV 환경에서의 보행자 안전을 확보하기 위한 연합학습 기반의 쓰러짐 감지 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 그림 2와 같이 시공간적 특징을 효과적으로 추출하기 위한 키포인트 트랜스포머 기반의 모델을 연합학습 프레임워크에 통합한다. 이러한 시스템은 적은 파라미터로 통신 효율을 보장하면서 정확한 쓰러짐 감지 성능을 달성할 수 있어 도로교통 환경에서 효과적인 쓰러짐 감지 시스템을 구현할 수 있다. 실험에서는 제안한 시스템을 AI-Hub의 “낙상사고 위험동작 영상-센서 쌍 데이터”에 적용하고, 기존에 널리 사용되는 모델들과의 비교를 통해 제안 모델의 타당성과 적용 가능성을 검증하였다. 그 결과, 제안한 모델이 대부분의 평가 지표에서 기존의 쓰러짐 인식 방법보다 우수한 성능을 보이는 것을 확인하였으며, 기존의 중앙집중식 학습방식에 비해 다양한 환경에서도 강력한 성능을 유지한다는 것을 입증하였다.



<그림 1> 연합학습 개념도



<그림 2> 제안한 쓰러짐 감지 모델의 구조

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

도심 환경에서 V2X 통신 위상 구조가 자율주행 차량 반응속도에 미치는 영향

V2X Communication Topology Impacts on Automated Vehicle Reaction Time under Urban Condition

김영환
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

자율주행차량은 인간 운전자와 달리 반응속도가 거의 없고, 다른 차량들과의 정보 통신을 통해 협력적인 주행이 가능하기 때문에 빠르고 효율적인 상충 제어가 가능하다. 이러한 과정에 작용하는 통신, V2X 통신은 차량과 소통 가능한 모든 대상들과의 통신을 포괄하는 통신으로, 이러한 V2X 통신은 자율주행차량의 주행 환경, 다양한 환경 변수에 따라 필연적인 지연이 발생하곤 한다. 이러한 V2X 통신의 필연적 지연은, 기계적 반응속도가 거의 없는 자율주행차량의 협력적 주행에서의 차량 의사결정 지연에 영향을 미쳐, 자율주행차량의 반응속도에 결과적인 영향을 미친다. 본 연구는 다양한 변수가 작용하는 V2X 통신 환경, 자율주행차량 협력적 주행 환경에서 각 차량들의 V2X 통신 노드들의 busy time을 분석하고자 하며, 이러한 도심 환경 속 차량 통신 노드의 V2X busy time 변화를 통해 각 시나리오에서의 자율주행차량 반응속도를 비교 분석해보고자 한다.

본 연구에서는 V2X 통신에 미치는 영향을 분석하기 위해 실제 차량들로 실험이 진행된 다양한 V2V, V2I 통신에 대한 환경 변수들 값을 사용하여 시뮬레이션을 통해 차량 통신 노드 busy time을 분석하고자 한다. 본 연구에서 사용하는 시뮬레이션은 통신 노드 간 관계 분석에 사용되는 OMNeT++ 시뮬레이션과, 마이크로 차량 시뮬레이터인 SUMO 시뮬레이션을 연계하여 사용할 수 있는 Veins라는 라이브러리를 사용한다. OMNeT++에서 SUMO를 라이브러리 형태로 불러와 SUMO 내 차량 간 시뮬레이션을 호출하여 각 차량을 OMNeT++ 내 통신 노드로써 대입, 노드 간 관계를 분석할 수 있는 시뮬레이션이다.

독일 에를랑겐시와 뉘른베르크시에 걸쳐 있는 프리드리히 알렉산더 에를랑겐-뉘른베르크 대학교 인근 부지에 대해 샘플 테스트베드로써 사용하였으며, 200대의 차량이 서로 상호작용 하는 테스트베드이다. 해당 테스트베드에 대해 하나의 RSU를 두어, V2I, V2V 구조에 따라 자율주행차량 반응속도 영향을 비교해보았다. V2V는 모든 차량들이 서로 V2V 통신을 진행할 때, 다섯 대당 한 대씩 leader vehicle로써 V2V를 담당하는 경우, 10대당 한 대씩 V2V 통신하는 경우, 20대당 한 대씩 V2V를 하는 시나리오에 대해 그 결과를 비교하고, 또한 V2X 통신의 communication range를 제한하여 그 영향력도 분석하였다. 그 결과, V2V 통신이 V2I에 비해 그 횟수가 더 많아 자율주행차량 반응속도에 확실하게 영향을 미친 것을 볼 수 있었다. V2V 통신 횟수가 줄어들은 시나리오가 더 작은 busy time을 가진 것을 볼 수 있었다. 또한 V2I가 존재하는 경우가 존재하지 않는 경우에 비해 확실히 busy time이 늘어나는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구 내에는 차량이 200대밖에 없었던 바, 각 시나리오들 사이에 시간의 차이가 그렇게 크지 못하였다. 따라서 테스트베드 내 차량 약 2,000대에 3,600초 범위의 시흥시 테스트베드를 대상으로 확장 연구를 진행할 계획이다. 본 테스트베드는 실제 차량들의 trip, OD에 맞추어 calibration 된 시뮬레이션 테스트베드이다. 또한 보다 상세한 V2X topology 시나리오를 설정하여 각 시나리오 간 결과 비교분석을 진행할 계획이다. 본 연구에서는 자율주행차량의 협력적 주행 환경에서 군집주행을 가정하여 각 군집의 leader vehicle들끼리 V2V 통신을 함을 가정하여 시나리오를 형성하였지만, 이후 확장 연구에서는 보다 상세한 V2X topology 시나리오 가정이 가능할 것이다.

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)

지역특성을 반영한 수요응답형 대중교통 서비스 OD 수요 예측 분석

OD Demand prediction analysis of demand response public transportation service reflecting regional characteristics

장윤지 (계명대학교, 석사과정)

권오훈 (계명대학교, 부교수)

여지호 (가천대학교, 조교수)

DRT(Demand Responsive Transport) 서비스는 대중교통 접근성을 높이고, 대기 시간과 이동의 불편을 줄이며, 교통 혼잡을 완화하는 데 기여할 수 있다. 특히 인구 밀도가 낮거나 교통 서비스가 부족한 지역에서 중요한 역할을 하고 있다. 최근 지역별 통합 연계형 교통 서비스(MaaS) 구축이 증가함에 따라, 기존 대중교통이 어려운 지역에서 DRT 운행이 증가하고 있다. 그러나 DRT 운영을 위한 수요 파악은 필수적임에도 불구하고, 기존 운영 자료가 부족하여 수요 예측이 어렵다. DRT 수요 예측 모형을 개발하기 위해서는 지역의 사회경제적 특성, 인구 구조, 교통 패턴 등의 다양한 변수를 고려해야 한다. 본 연구는 특정 지역(영종도)의 운행 데이터를 활용하여 다른 지역에도 적용 가능한 모형을 개발하고자, 지역적 특성과 사회경제지표만을 활용한 DRT 수요 예측 모형을 개발하는 것을 목표로 한다.

분석 대상지는 수요응답형 교통 서비스(I-MOD)가 운영된 인천 영종도이며, 2021년 12월 1일부터 2022년 11월 30일까지의 I-MOD 데이터를 사용하였다. 또한, I-MOD 데이터에서 중복 호출을 제거하고, 250m * 250m 격자로 구분하여 인구수, 유동 인구 및 사회경제지표(일평균 버스 승하차 수, 버스 정류장 수, 버스 정류장 위차, 노선별 운행 횟수, 토지이용상화명 등)를 구축하였다. 수요 예측 분석에 앞서 주요 변수 간의 상관관계 분석을 통해 OD 수요 예측에 영향을 미치는 중요한 요소들을 도출하였다. N개의 모델을 학습한 다음에 N개의 모델을 각각 비교해 가장 좋은 모델을 채택하는 AutoGluon과 모델 의사결정 과정을 설명 가능한 EBM(Explainable Boosting Machine) Model을 비교한 결과, AutoGluon을 이용한 앙상블 모델이 더 우수한 예측 성능을 보여, AutoGluon을 사용하여 일평균 수요 데이터와 시간대별 수요 데이터를 각각 분석하였다.

격자별 다른 변수들 간 상관관계 분석 결과, 승차격자 관련 변수 간 상관관계와 하차격자 관련 변수 상관관계 모두 격자 내 '격자 내 노선 일평균 운행횟수 합계'와 '격자 내 노선 수' 간의 매우 강한 양의 상관관계로 도출되었다.

수요를 특정변수로 지정하고 다른 변수들 간 상관관계 분석한 결과, 일평균 수요 데이터와 시간대별 수요 데이터 모두 비슷한 경향을 보이며 '하차 격자의 유동인구', '승차 격자의 유동인구', '승차 격자의 일평균 버스 승차 수' 순으로 상대적으로 높은 양의 상관관계가 도출되었으며 '하차격자의 용도지역구분', '승차격자와 지하철과의 최단직선거리'는 비교적 강한 음의 상관관계로 도출되었다.

AutoGluon 패키지를 이용한 앙상블 모델의 일평균 수요 예측 결과, '하차 격자의 유동 인구', '승차 격자의 일평균 버스 승차 수', '승차 격자의 토지이용상황명'이 중요한 변수로 도출되었으며, 각 OD의 실제 수요 값의 평균은 Test Data에서 0.0815명/일, Train Data에서 0.0823명/일이며, 모형의 MAE(Mean Absolute Error)는 각각 0.0675명/일과 0.0606명/일로 도출되었다. Test Data와 Train Data의 MAE 차이가 0.0069로 비교적 작아, 모델의 일반화 성능이 양호하다는 결과를 보여준다. 시간대별 수요 데이터에서는 '하차 격자의 인구수', '하차 격자의 유동 인구', '시간대'가 중요한 변수로 도출되었으며, 실제 OD 수요 값의 평균은 Test Data에서 0.004296명/시간, Train Data에서 0.004317명/시간이며, 모형의 MAE는 각각 0.002769명/시간과 0.00333명/시간으로 도출되었다. Test Data와 Train Data의 MAE 차이가 0.00056으로 매우 작아, 모델의 일반화 성능이 양호하다는 결과를 보여준다. MAE가 다소 크게 나타나는 이유는 수요가 적은 OD의 예측은 비교적 오차가 적으나, 수요가 많은 주요 OD의 경우 모형이 수요를 과소 예측하는 경향이 있다. 이는 해당 지역의 특정 요인이 반영되지 않았기 때문으로 판단된다. 일평균 수요 데이터와 시간대별 수요 데이터에서 실제 수요 값과 예측 수요 값을 상위 20% 비교해본 결과, 두 데이터 모두 실제 수요와 예측 수요의 이동 패턴이 비슷하게 나타났으며, 이 결과는 모형을 통하여 수요가 많은 OD의 정확한 수요 값을 예측하는 데는 한계가 있지만, 해당 지역의 DRT 이용 경향을 파악하는 데 활용이 가능함을 보여준다. 또한, 다른 지역에서도 적용 가능한 지역적 변수를 사용했기 때문에, 타 지역에서도 본 연구의 모형을 적용할 수 있어 추후 검증이 가능하다.

향후 수요 예측을 위해서는 시간대뿐만 아니라 요일, 첨두시 등 다양한 입력 변수를 고려하여 더 세분화된 수요 예측이 필요하다. 또한, 특정 수요가 많은 OD에 대한 면밀한 분석을 통해 과소 추정되는 요인을 식별하고, 모형에 반영하거나 보정 계수를 도입하는 등 보정 방안을 마련해야 한다. 나아가 개발된 모형을 다른 지역에 적용하여 정확성을 검증하고, 모형을 고도화하여 지역 특성을 반영한 모델을 개발할 필요가 있다. 이를 통해 지역적 특성과 사회경제지표를 반영한 DRT 수요 예측이 가능해지며, DRT 운영의 기본 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

사사: 한국산업기술진흥원의 산업혁신기반구축사업 지원을 받아 수행된 연구임

건설자동화장비 실증분석을 통한 효율성 분석 및 활성화 방안

Efficiency evaluation and activation plan through
empirical analysis of construction automation equipments

정유미
(국립한밭대학교 도시공학과, 박사과정)

도현철
(국립한밭대학교 도시공학과, 박사수료)

도명식
(국립한밭대학교 도시공학과, 교수)

현재 건설산업은 전통 생산방식에서 크게 벗어나지 못하며, 다른 산업에 비해 상대적으로 낮은 디지털화 수준을 보이고 있다(국토교통부, 2022). 이에 따라, 우리 정부도 건설산업의 생산성 및 효율성 향상을 위해 스마트 건설 활성화 정책을 지속적으로 발표하는 등 스마트 건설 도입을 적극적으로 확대하고 있다. 건설에서 생산성은 품질·건설비용·공사기간 등을 결정하는 중요한 요인이다(Van Tam, 2024). 나아가, 건설자동화는 전통적인 건설 방법에 비해 작업 속도와 정밀도, 안전성을 크게 높일 수 있으며(Castro-Lacouture, 2023), 새로운 기술 및 장비의 도입으로 초기 도입 비용은 높을 수 있지만 장기적으로 인건비 및 공기 절감으로 전체적인 건설비용을 낮출 수 있을 것으로 기대된다(Chea et al., 2020). 따라서, 본 연구에서는 건설자동화 장비에 대한 실증 분석을 통해 스마트 건설의 품질 및 생산성을 기반으로 효율성을 평가하고, 이를 바탕으로 건설자동화의 현장 활용 촉진을 위한 방안을 제안하고자 한다.

본 연구에서는 건설자동화의 성능을 평가하기 위해 토공 현장에서 사면절토, 관로터파기, 토공이동의 세 가지 토공 작업을 대상으로 실증을 수행하였다. 각 작업 구간에 대해 전통적인 방법과 머신가이던스(Machine Guidance, 이하 MG), 머신컨트롤(Machine Control, 이하 MC) 및 무인운반차량과 원격 자동화 장비의 도입 후, GNSS 측량을 통해 품질 검증과 생산성을 비교 분석하였다. 또한, 건설 자동화 장비(굴삭기 및 덤프)를 활용하여 효율성을 검토하고, 현장에서의 장비 활용을 촉진하기 위한 전략을 마련하는 것을 목표로 하고 있다.

본 실증연구는 세종5-1생활권 국가시범 도시를 대상으로 전 기종 MG·MC 기능이 가능한 디젤 및 전기굴착기, 원격기능이 탑재된 전기 및 디젤 굴착기, 무인 운반 장비를 활용하여 실증을 수행하였다. 기존 전통 방법과 MG·MC을 이용하여 Pix4D mapping을 활용하여 생산성 및 품질을 평가하였으며, 무인이동장치 토공이동은 일반덤프와 무인운반장치의 생산성 비교 분석으로 실증을 진행하였다. 품질검사는 네트워크 RTK, Total Station, 드론측량 등의 방법으로 측정하였으며, 생산성 검증을 위해 드론 데이터를 정합해 3D 모델링을 통해 토공량 산정하였으며, 한국건설기술연구원에서 제시한 「2021 건설공사 표준품셈」을 적용해 작업효율을 비교하였다.

분석결과, 건설자동화장비 실증분석 결과, 품질 평가는 사면절토 및 관로터파기의 MG·MC유인은 허용오차 기준을 충족하였으며, MG·MC원격 및 일반방법은 작업자의 숙련도 등의 차이로 허용오차 기준을 충족하지 못한 것으로 나타났다. 생산성 평가는 사면절토, 관로터파기 모두 표준품셈 대비 유사하거나 빠른 것으로 나타났다. 토공이동의 경우, 일반 덤프의 1/3 용량 장비임에도 불구하고, 표준품셈 대비 약 81.14~69.21%의 효과를 확인하여 향후 기술의 발전으로 생산성 향상 가능성을 확인하였다.

나아가, 실증장비의 5G 신호와 원활한 통신을 위해 수신 장비 위치 조정 및 추가 신호 증폭기 설치가 필요하며, 다양한 토공작업 환경과 작업자의 경력 및 연령별 능력 평가가 이루어져야 한다. 또한, 자율주행운반장비 특례 인정 등의 관련 규정의 개선 및 ICT(건설자동화) 장비 인증 절차 등을 통해 현장 적용 절차 간소화를 통해 건설 장비의 활성화를 확장할 필요가 있다. 나아가, 향후 스마트 건설 기술 실증에 실제 현장과 동일한 조건 및 스마트건설기술 능력평가를 구분하여 실증을 반영한 후속 연구가 필요 할 것으로 판단된다.

사사: 본 연구는 LH(한국토지주택공사)의 “스마트시티 국가시범도시(5-1생활권)에 적용된 스마트건설 기술 요소 가이드라인 수립 연구”에 의해 수행되었습니다.

Pro Vision과 Digital Twin Simulation 연계 방안

Integration Strategy Between Pro Vision and Digital Twin Simulation

최민기	이선하	천춘근	김영욱
(국립공주대학교, 석사과정)	(국립공주대학교, 교수)	(국립공주대학교, 연구교수)	(국립공주대학교, 석사과정)

최근 가상 현실(VR) 및 Digital Twin 기술은 실제 물리적 공간을 가상으로 구현하여 사용자에게 몰입감 있는 체험을 제공하는 도구로 큰 주목을 받고 있다. 이 두 기술은 특히 물리적으로 특정 장소에 방문할 필요 없이 다양한 환경을 경험할 수 있게 해주며, 이를 통해 연구, 교육, 산업 등 다양한 분야에서 폭넓은 활용 가능성을 보여주고 있다. 그 중에서도 Apple이 출시한 Vision Pro와 같은 VR 기기의 등장은 이러한 기술의 성장과 대중적인 관심이 얼마나 빠르게 증가하고 있는지를 잘 보여주는 사례이다.

Vision Pro는 최첨단 기술을 바탕으로 사용자가 실제 공간에 있는 것처럼 현실적이고 생동감 넘치는 가상 경험을 제공하는데, 이러한 VR 기술의 발전은 Digital Twin 기술과의 결합을 통해 더욱 큰 시너지를 낼 수 있다. Digital Twin 기술은 대규모 데이터를 활용해 현실 세계의 환경을 가상으로 복제하는 기술로, 이는 단순한 시각적 재현을 넘어 실시간 데이터를 기반으로 현실과 동일하게 작동하는 가상 모델을 제공한다. 이러한 특성 덕분에 Digital Twin은 다양한 산업에서 중요한 역할을 하고 있으며, 특히 교통 시뮬레이션 분야에서는 그 유용성이 두드러진다. Digital Twin을 통해 도시의 교통 흐름이나 인프라 설계 등을 가상으로 재현하고 실험함으로써, 실제 상황에서 발생할 수 있는 문제를 미리 예측하고 해결할 수 있다.

교통 시뮬레이션 분야에서 대표적인 도구로 자리 잡은 PTV Vissim은 2D 및 3D 시각화와 함께 정량적 분석 기능을 제공하는 강력한 소프트웨어이다. 이 도구는 전 세계적으로 교통 흐름 분석, 교차로 평가, 대중교통 계획 등에 널리 사용되고 있으며, 그 정확성과 유연성 덕분에 많은 교통 전문가들에게 신뢰받고 있다. Vissim은 현실적인 교통 상황을 가상 환경에서 시뮬레이션할 수 있을 뿐만 아니라, 각종 교통 데이터와 시각적 정보들을 정밀하게 재현할 수 있어 복잡한 교통 문제를 시각적으로 이해하고 분석하는 데 매우 효과적이다. 특히, 3D 시각화를 통해 교통 상황을 더 직관적으로 파악할 수 있으며, 이를 통해 다양한 교통 시나리오를 검토하고 비교할 수 있다. 이뿐만 아니라, Vissim은 시각적 데이터뿐만 아니라 정량적 데이터를 생성하는 기능도 갖추고 있어, VR 기술과 결합될 경우 그 효과가 배가될 수 있다. VR을 통해 사용자는 단순히 화면을 통해 시뮬레이션 결과를 보는 것을 넘어, 마치 실제 교통 환경 안에 들어간 듯한 몰입감 있는 체험을 할 수 있게 된다. 예를 들어, 특정 도로 상황을 가상 현실 안에서 직접 경험하고, 교차로에서의 차량 흐름이나 보행자 이동 경로를 실제와 같이 확인할 수 있는 것이다. 이러한 체험은 단순히 교통 분석 결과를 수치로 확인하는 것을 넘어, 실제로 그 상황을 겪으며 보다 직관적이고 실질적인 분석과 판단을 가능하게 한다. 또한, Vissim의 정량적 분석 기능은 교통 시뮬레이션 결과를 데이터 기반으로 구체적으로 분석할 수 있도록 해주며, 이를 VR 환경에서 시각화함으로써 더 정밀하고 실질적인 교통 시뮬레이션을 제공할 수 있다. 이는 교통 연구자나 정책 결정자들에게 매우 중요한 도구가 될 수 있으며, 교통 흐름 개선, 도시 인프라 계획, 교통 안전 평가 등의 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 이러한 점에서, Vissim과 VR 기술의 결합은 교통 시뮬레이션의 정확성과 몰입감을 동시에 제공할 수 있는 미래지향적인 방법이라고 할 수 있다.

핵심어 : Pro Vision, Vissim, Digital Twin, Simulation, VR

교통 빅데이터(II)

Session

D-3

교통분석용 네트워크의 센트로이드 커넥터 구축 기준 개선 연구
이상규, 김희조, 김동호, 박동주

Savitzky-Golay 필터링을 사용한 단기 O-D 행렬 추정 개선
이의진, 민동규, 김동규

가구통행실태조사와 변분 오토인코더를 활용한 도시간 통행 스케줄 생성
이희창, 김동규

서비스 밸류체인을 통한 데이터 기반 국토교통 산업 발전 방안 분석
전희진, 박희건, 정정호, 이종우, 이승봉, 천승훈

스마트카드데이터 기반 자료포락분석을 활용한 수도권 지하철 환승역 효율성 평가
한은서, 박호철

교통분석용 네트워크의 센트로이드 커넥터 구축 기준 개선 연구

Advancing Centroid Connector Construction Standards in Traffic Analysis Networks: A Comprehensive Literature Review

이상규
(서울시립대학교
교통공학과,
석사과정)

김희조
(서울시립대학교
교통공학과,
석·박사통합과정)

김동호
(한국교통연구원
교통빅데이터연구본부,
책임전문원)

박동주
(서울시립대학교
교통공학과·도시빅데이터
융합학과, 교수)

국가교통DB에서 제공하는 교통분석용 네트워크는 교통 시설의 확충 및 교통정책의 방향 결정에 필수적인 기초 데이터로 활용된다. 그러나 현재 KTDB 네트워크 구축 방법에는 문제점이 있으며, 특히 센트로이드 커넥터의 배치와 관련된 타당성 문제가 지적되고 있다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하고 교통 네트워크의 신뢰도를 높이기 위해 센트로이드 커넥터 구축 기준을 재검토하고자 진행되었다.

국내 문헌을 통한 분석 결과, 센트로이드 커넥터 인근에서 발생하는 예측 교통량과 관측 교통량의 오차율은 상당히 높은 것으로 확인되었다. 이를 해결하기 위한 다양한 접근법, 예를 들면 커넥터의 개수 증가 및 존 세분화, 등이 제시되었으나 여전히 필요한 오차율보다 높은 수치를 보인다. 국외 문헌에 따르면, 적절한 커넥터 위치 선정, 비용 설정, 그리고 존당 커넥터 연결 개수 조정이 관측과 예측 교통량의 오차율을 줄이는데 크게 기여한다는 사실이 확인되었다.

본 연구에서는 센트로이드 커넥터의 적절한 구축 기준 설정을 위해 다양한 국내외 연구 동향과 진행 내용을 고찰하였다. 그 결과, 존의 설정 규모, 센트로이드 위치, 커넥터의 개수 및 속성 등이 통행 배정에 큰 영향을 미치며, 활용 가능한 데이터에 따라 서로 다른 커넥터 구축 방법이 요구된다는 결론을 도출하였다.

연구의 평가 기준으로는 도로의 관측교통량과 배정교통량의 오차율을 기반으로 평가하였으며, 이를 바탕으로 센트로이드 커넥터 구축 방안의 타당성을 평가하였다. 최종적으로, 본 연구는 통행배정에 있어 센트로이드 커넥터의 요소들이 어떠한 영향을 미치는지와 각각의 데이터 요건과 네트워크 특성 및 공간적 범위에 따라 어떠한 방식으로 적용되어야 하는지에 대한 지침을 제시할 예정이다.

Savitzky-Golay 필터링을 사용한 단기 O-D 행렬 추정 개선

Enhancing Short-Term Origin-Destination Matrix Estimation Using Savitzky-Golay Filtering

이의진
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

민동규
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

Origin-Destination(OD) 행렬은 도시 교통 네트워크의 교통흐름 역학을 이해하고 효과적인 교통 관리, 인프라 계획 및 정책 개발을 촉진하는 데 필수적인 도구이다. 전통적으로 OD 행렬은 시간별 또는 일별 집계를 사용하여 추정되므로 더 작은 시간 단위에서 발생하는 단기 트래픽 변동을 포착하지 못한다. 그러나 교통 상황이 급격하게 변할 수 있는 도심부에서는 보다 미시적인 OD 행렬을 추정하는 것이 중요하다. 다만, 고해상도 데이터의 경우 많은 정보를 담고 있다는 장점이 있음에도 불구하고 교통 디텍터 데이터에 존재하는 고유한 노이즈 및 변동으로 인해 OD 행렬 예측의 정확성에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 교통 데이터는 갑작스러운 교통 급증, 신호, 혼잡을 포함한 복잡한 상호 작용을 반영하여 신뢰할 수 없는 OD 행렬 추정으로 이어지는 경우가 많기 때문이다. 이 문제를 극복하기 위해 본 연구에서는 OD 추정에 사용하기 전 교통 디텍터 데이터를 평활화하는 전처리 단계로 Savitzky-Golay(SG) 필터를 사용한다. SG 필터는 이동 창 내에서 데이터 포인트의 하위 집합에 다항식을 맞추는 데이터 평활화 기술이다. 단순한 평활화 기술과 달리 SG 필터는 교통흐름의 역학을 정확하게 포착하는 데 중요한 최고점 및 최저점과 같은 신호 특성을 보존한다.

본 연구는 대한민국 대전시의 도시 네트워크에 대한 교통 상황을 시뮬레이션하는 도시 이동성 시뮬레이션(SUMO) 소프트웨어를 통해 생성된 교통 데이터를 활용한다. 이 네트워크에는 주요 도로 구간에 분산된 3개의 교통 디텍터가 포함되어 있어 5분 간격으로 상세한 교통흐름 데이터를 생성한다. 디텍터 데이터는 SG 필터를 사용하여 전처리되어 다양한 창 길이에 대한 가장 효과적인 매개변수를 결정한다. 전처리 단계에 이어 평활화된 데이터는 OD 행렬 예측을 목표로 하는 기계 학습 모델을 훈련하는 데 사용된다. 이 연구에 사용된 기본 모델은 데이터의 복잡하고 비선형적인 관계를 모델링하는 능력으로 인해 회귀 작업에 매우 적합한 인공 신경망의 일종인 Multi-Layer Perceptron(MLP)이다.

MLP 모델의 예측 기능을 향상시키기 위해 평활화된 교통 데이터와 SG 필터의 잔여 오차(원본 데이터와 평활화된 데이터 간의 차이를 나타냄)가 모두 입력 데이터로 사용된다. 이 이중 입력 접근 방식을 통해 모델은 교통흐름 패턴의 장기 추세(평활화된 데이터에서)와 단기 편차(오류 데이터에서)를 모두 포착할 수 있다. 성능은 평균 제곱 오차(MSE), 평균 절대 오차(MAE) 및 결정 계수(R^2)와 같은 일반적인 회귀 측정항목을 통해 평가되었다. 분석 결과는 SG 필터를 적용하면 OD 행렬 추정의 정확도가 8%가량 향상된다는 것을 보여준다. 특히, SG 필터에서 창 길이 45와 다항식 차수 4를 사용하는 모델은 가장 낮은 MSE와 가장 높은 R^2 값으로 최상의 결과를 얻었다. 이는 교통 데이터를 평활화하면 소음과 변동이 줄어들어 모델이 OD 흐름을 유도하는 기본 교통 추세에 집중할 수 있음을 나타낸다. 대조적으로, 평활화 없이 원시 데이터에 대해 훈련된 모델은 단기 변동과 장기 트래픽 패턴을 구별하는 데 어려움을 겪었고, 이로 인해 OD 행렬 예측에서 더 높은 오류가 발생했다.

이 연구의 주요 기여는 교통 데이터 평활화와 고급 기계 학습 모델의 결합이 더 높은 시간 해상도에서도 OD 행렬 추정의 정확도를 크게 향상시킬 수 있다는 점을 입증한 것이다. 매끄러운 추세와 오류 변동을 모두 포착함으로써 모델은 실시간 교통 관리 및 의사 결정에 중요한 교통흐름에 대한 보다 안정적이고 상세한 예측을 제공할 수 있다. 이러한 연구 결과는 특히 역동적이고 빠르게 변화하는 환경에서 도시 교통 관리에 중요한 영향을 미칠 것이다. 향후 연구에서는 이 방법론을 실시간 OD 행렬 추정에 적용하고 스마트 교통 시스템에 통합하는 방법을 추가로 탐색할 계획이다.

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.

가구통행실태조사와 변분 오토인코더를 활용한 도시간 통행 스케줄 생성

Variational autoencoder for inter-city travel diary generation using household travel survey data

이희창
(서울대학교 건설환경공학부, 석박사통합과정)

김동규
(서울대학교 건설환경공학부, 교수)

정확한 교통수요 예측을 위해서는 현실에서 나타나는 교통 패턴의 시간 정보, 공간 정보, 통행 목적 등의 정보를 실시간으로 정확하게 파악하는 것이 중요하다. 교통수요 분석, 교통 정책 및 교통사업 분석에 필요한 기초자료를 구축하기 위하여, 국가교통DB(KTDB)에서는 여객 및 화물의 교통에 관한 국가교통조사를 5년마다 실시하고 있다. 그러나 가구통행실태조사와 같은 대면 조사는 상당한 양의 조사 비용이 발생하며, 해마다 조사 비용이 증가하면서 2010년 2.54%였던 표본율은 2016년 1.25%로 감소하였고, 팬데믹으로 인하여 2021년 조사는 0.22%까지 감소하였다. 가구통행실태조사의 낮은 표본율로 인해 통행분포 행렬에서 수집되지 못하는 막대한 양의 제로셀이 발생하며, 이것은 교통수요 예측에 희소한 통행 패턴이 반영되지 못하게 함으로써 교통수요 예측의 정확도를 떨어뜨리는 원인이 된다. 특히 2016년 가구통행실태조사로 수집된 통행 중 도시간 통행은 10%에 불과했으며, 가능한 도시 O-D pair 26,569쌍 중 3,458쌍만이 관측되었다. 지방 소멸과 수도권 집중으로 도시간 양극화가 심해지는 상황에서, 가구통행실태조사에 기반한 교통수요 예측은 지방의 희소한 O-D 패턴을 과소평가하며 교통 인프라 편중을 초래한다. 또한 잘못된 교통수요 예측으로 인해 잘못된 의사결정이 내려지면 불필요한 SOC 인프라 건설로 국민의 소중한 세금이 낭비될 수 있다.

본 연구는 딥러닝 정보 생성 모델의 일종인 VAE를 사용하여 가구통행실태조사의 시공간 분포 및 통행목적, 개인정보의 분포를 학습하여 가구통행실태조사로 관측되지 않는 도시간 통행 데이터를 생성하는 것을 목적으로 한다. VAE는 복잡한 고차원의 데이터를 단순한 분포를 갖는 잠재 공간으로 압축함으로써 현실과 유사하면서도 학습 데이터와 다른 다양한 데이터를 생성해낸다. 본 연구는 2016년 대구경북권의 가구통행실태조사 데이터를 학습 데이터로 활용하며, 대구경북권의 공간 데이터를 간단한 그리드로 표현하고 ConvLSTM 레이어로 처리하여 시공간 데이터를 효율적으로 학습하고자 하였다. 또한 가구통행실태조사의 표본율을 고려해 모집단 크기를 100배로 가정하고 그만큼의 통행 데이터를 VAE로 생성한 후 가구통행실태조사와 분포를 비교해 검증하였다.

이 연구는 VAE를 활용하여 도시 내부 통행 및 도시간 통행 정보의 분포를 학습하고 통행 데이터를 생성하였다. 가구통행실태조사의 질적 특성 및 시간 속성의 분포를 유지하면서, 가구통행실태조사로 수집되지 않는 다양한 도시간 O-D 조합을 생성하여 가구통행실태조사의 제로셀을 보완하였다. 통행목적, 성별, 연령, 통행 수단 등 질적 정보과 도착 시각, 활동 시간, 통행 시간 등 시간 속성의 분포는 생성된 데이터와 학습 데이터에서 유사하게 나타났다. 공간적 특성은 가구통행실태조사에서 관측되지 않았던 다양한 조합이 관측되었으나, 학습 데이터로 사용된 가구통행실태조사 자체의 도시간 O-D의 다양성 부족으로 인하여 공간 분포의 차이가 관측되었다. 본 연구는 내비게이션 데이터, 교통카드 데이터와의 합성을 통한 교통정보 생성 모델의 현실성과 다양성 향상 방법을 제안한다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

서비스 밸류체인을 통한 데이터 기반 국토교통 산업 발전 방안 분석

A Study on Data-Driven Development Strategies for the Land and Transport Industry through Service Value Chains

전희진	박희건	정정호	이종우	이승봉	천승훈
(한국교통연구원, 연구원)	(한국교통연구원, 연구원)	(한국교통연구원, 연구원)	(한국교통연구원, 부연구위원)	(한국교통연구원, 부연구위원)	(한국교통연구원, 연구위원)

디지털 대전환이 가속화되면서 데이터 기반의 가치 창출이 다양한 산업에서 새로운 경제 구조로 자리잡고 있다. 특히 국토교통 분야는 국가 인프라와 밀접한 연관성을 가지며, 이를 데이터 중심의 산업 구조로 재편성하는 것이 중요한 과제로 대두되고 있다. 본 연구에서는 국토교통 분야에서 데이터 기반의 가치 창출을 극대화하기 위한 서비스 밸류체인 개념에 대해 논의하고, 이를 통해 기업들이 적극적으로 참여할 수 있는 데이터 산업 생태계를 구축하는 방향을 제시한다.

서비스 밸류체인은 데이터의 수집, 가공, 제공 및 재활용하는 과정에서 발생하는 부가가치를 극대화하는 개념으로, 이를 통해 단순히 데이터를 모으는 데 그치지 않고 데이터가 산업 전반에 걸쳐 지속적으로 활용되며 새로운 비즈니스 모델을 창출할 수 있는 선순환 구조를 만드는 것을 목표로 한다.

본 연구는 일본의 OURANOS 에코시스템과 독일의 Gaia-X for Future Mobiltiy(이하 GX4FM) 사례를 통해 이러한 서비스 밸류체인이 국토교통 분야에서 실제로 어떻게 적용될 수 있는지 제시한다. OURANOS 에코시스템은 다양한 산업 간 데이터의 상호운용성을 촉진하여 데이터를 통합하고 활용함으로써 새로운 부가가치를 창출하는 방식을 제시한다. 또한 GX4FM의 사례는 온디맨드 셔틀 등 서비스와의 연계를 통해 교통 인프라를 최적화하고, 다양한 모빌리티 서비스 제공자 간의 데이터를 통합하여 교통 흐름의 효율성을 증대한 사례로, 국토교통 데이터 활용의 혁신적 가능성을 보여준다.

본 연구에서는 이러한 글로벌 사례들을 통해 국토교통 데이터의 잠재력을 극대화할 수 있는 방법을 제시하며, 이를 바탕으로 한국의 국토교통 데이터 산업이 어떻게 발전할 수 있을지 방향성을 모색한다. 특히 서비스 밸류체인을 기반으로 다양한 기업이 참여할 수 있는 데이터 생태계를 구축하는 것이 중요하며, 이를 통해 공공과 민간이 협력하여 데이터 기반의 새로운 비즈니스를 창출하는 방안을 논의한다. 국토교통 분야에서 서비스 밸류체인을 도입하는 것은 단순한 기술 혁신을 넘어, 국토교통 데이터의 경제적 가치를 실현하고 다양한 이해관계자들이 함께 참여할 수 있는 구조를 만드는 핵심 전략이 될 것으로 기대된다.

사사: 본 논문은 국토교통과학기술진흥원 “국토교통 데이터 산업 활성화를 위한 생애주기별 기반환경 조성 및 실증서비스 개발(3차년도)” 사업의 지원으로 수행되었음(RS-2022-00144012)

스마트카드데이터 기반 자료포락분석을 활용한 수도권 지하철 환승역 효율성 평가

Efficiency Evaluation of Subway Transfer Station in Metropolitan Area based on Data Envelopment Analysis using Smart Card Data

한은서
(명지대학교 교통공학과, 석사과정)

박호철
(명지대학교 교통공학과, 부교수)

최근 도시화와 인구 집중으로 인해 수도권 지역의 대중교통 시스템은 지속적인 발전과 확장을 필요로 하며, 하나의 노선이 모든 이용객의 기종점을 한 번에 연결하는 데 한계가 있어, 필연적으로 환승이 발생하게 된다. 특히, 수도권 지역은 지하철과 버스의 복잡한 환승 구조를 통해 많은 사람들이 효율적으로 이동할 수 있도록 설계되어 있으나, 이러한 시스템 내에서 여러 불편 요소가 존재하고 이를 개선하기 위한 지속적인 연구가 요구되고 있다. 이러한 문제의 해결책 중 하나로 제시되는 것이 MaaS(Mobility-as-a-Service)이며, 이는 대중교통을 포함한 다양한 이동 수단을 통합하여 사용자에게 하나의 통합된 서비스를 제공하는 것을 목표로 하는 서비스이다. 이용자 맞춤형 이동을 제공함으로써 대중교통의 접근성과 효율성을 크게 향상하고자 하나, 이는 통합된 데이터의 관리 및 운영, 실시간 교통 정보 제공의 복잡성 등의 어려움이 존재한다. 따라서, MaaS 기반의 통합 교통서비스를 구현하기 위해 필수요소 중 하나인 환승 효율성에 초점을 맞추고 이를 평가 및 개선하는 방안을 제시하려고 한다. 우선 스마트카드데이터를 통해 수단 간 변경이 이뤄지는 통행을 환승 통행으로 하여 새로운 환승 통행데이터를 구축하고 환승역을 평가할 수 있는 여러 변수를 추가 조사하였다. 전체 통행 중에 환승 통행은 약 30%로 이 중 버스에서 지하철로 환승하는 경우가 약 49% 정도로 가장 많이 발생하였다. 최종적인 분석 데이터셋에는 환승역별로 역 면적, 역 심도, 개찰구 수, 엘리베이터 수 등 해당 역의 시설적인 특성을 나타낼 수 있는 변수와 주변 버스정류장까지의 환승 통행 수, 평균 환승거리, 평균 환승시간 등의 조사값과 스마트카드데이터에서 산출한 이용자 평균 환승시간을 변수로 활용하였다. 산출인 환승역별 평균 환승시간이 고정되어 있을 때, 효율성을 달성하기 위해 어느 변수가 영향을 주는지 이에 따른 효율성이 어떻게 평가되는지를 확인하기 위하여 자료포락분석(DEA; Data Envelopment Analysis)을 실시하였다. 자료포락분석은 변수간 상대적 효율성을 비교하는 분석기법으로 투입과 산출이 다수일 때, 이를 단일한 값으로 계산하여 상대적 효율성을 산출하는 비모수적 방법론이다. 상대적 효율성을 측정하기 위한 대상으로 의사결정단위인 DMU를 설정하며 개별 DMU 중 가장 효율성이 높은 DMU를 기준으로 효율성을 평가한다. 본 연구에서의 DMU는 개별 환승역이며 역별 평균 환승시간이 고정되어있을 때 효율성을 달성하기 위해 어느 투입요소가 영향을 주는지를 판단하고자 하기에 Input-Oriented CCR Model을 활용하였다. 이때, 산출변수는 평균 환승시간뿐 아니라 효율적인 환승일수록 같은 시간에 더 긴 거리를 이동할 수 있는지를 평가할 수 있는 '환승거리당 시간'도 추가적으로 고려하였다. DEA의 기본 모형에서는 효율적인 DMU가 모두 효율성 값이 1로 동일하게 나타나기 때문에 이들 사이의 순위를 매기는 것이 어렵기에 추가적으로 Anderson and Pearson Method를 활용하여 효율성 차이를 정량화하였다. 또한, 어떤 투입요소가 DMU의 효율성에 영향을 미치는지 분석하기 위하여 효율성이 1인 DMU와 아닌 그룹으로 구분하여 이항변수를 만들어 이항 로지스틱 회귀분석을 통해 그 영향을 확인하였다. 분석 결과, 버스에서 지하철로 환승하는 경우의 역 효율성이 낮게 평가되는 경우(전체 105개 역 중 58개 역 비효율)가 가장 빈번하게 발생하였고, 환승역의 심도, 주변 버스정류장의 수, 혼잡도, 환승 가능 노선 수, 환승 통행 경로 수가 환승 효율성에 부정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 지하철에서 버스로 환승하는 경우에는 전체 중 32개 역이 비효율적으로 평가되었으며, 환승역의 심도, 환승역의 출입구 개수, 주변 버스정류장의 수가 환승 효율성에 부정적인 영향을 미쳤다. 지하철에서 지하철로 환승하는 경우에는 전체 중 32개 역이 비효율적이며 환승역의 출입구 수, 엘리베이터 수, 평균 환승도보시간, 평균 환승평면거리가 환승 효율성에 부정적인 영향을 미쳤다. 결론적으로 수도권 환승역을 대상으로 여러 환승 특성을 고려하여 역별 환승 효율성을 평가해본 결과, 이용자들이 실제로 환승 시 시간을 직접적으로 고려하지 않고 행동하는 패턴을 보였다. 이는 환승역의 물리적 시설이나 구조적 요소들이 더 큰 영향을 미치고 있다는 것을 시사하며, 효율성 개선을 위해서는 통행시간을 줄이기 위한 동선을 개선하거나 출구/환승경로 최적화와 같은 시설적 개선이 우선시되어야 한다.

인공지능(II)

Session

D-4

교통분야에서의 대규모 언어 모델의 적용을 위한 기술 동향 분석 연구
강준희, 김수재, 김관용, 추상호

LLM 기반 교통사고 판결예측 시스템
민현식, 노병준

Visual LLM 기반 지정차로제 위반 검지
이상현, 이요셉, 윤일수

Video Diffusion를 활용한 차량 영상 센서 데이터 손실 보간 기법
임재균, 노병준

LLM 기반 화물차 적재 크기 초과 여부 판단
정한솔, 이상현, 윤일수

딥러닝 모델과 XAI 기법을 활용한 드론뷰 영상에서 도심 주행 차량의 차선 변경 궤적 예측 및 해석 연구
홍석준, 노병준

교통분야에서의 대규모 언어 모델의 적용을 위한 기술 동향 분석 연구

A Study on the Technical Trends for Applying Large Language Models in the Field of Transportation

강준희	김수재	김관용	추상호
(홍익대학교, 박사후연구원)	(홍익대학교, 연구교수)	(홍익대학교, 연구교수)	(홍익대학교 도시공학과, 교수)

대규모 언어모델(Large Language Model, LLM)이란 기존 사전학습 언어 모델보다 대규모의 데이터셋에서 얻은 지식을 바탕으로 요약, 번역, 예측, 생성 등을 수행하는 딥러닝 알고리즘이다. 주로 프롬프팅 기법을 활용하여 모델에 지시를 제공하는 형태로 일종은 통제된 생성 및 분류를 수행한다. 사전학습 언어모델은 일반적으로 각 하류 작업의 수행을 위해 특정 작업 및 도메인에 걸맞은 데이터로 미세조정(fine-tuning)을 거쳐 활용하는 반면, 거대 언어모델은 사전학습에 사용된 학습 파라미터의 수가 기하급수적으로 거대하여 원하는 하류 작업 및 특정 도메인을 위한 특화학습에는 다소 자원적인 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 ChatGPT, GPT-4로 대표되는 대규모 언어모델의 정의 및 개념과 더불어 그 발전 과정을 고찰하고, 모델의 구성요소와 개발단계를 정립하고자 한다. 아울러 대규모 언어 모델의 적용 분야를 다양한 측면에서 검토하고, 특히 교통분야에서의 활용방안에 대해 제시하고자 한다.

사사: 본 연구는 한국지능정보사회진흥원의 지원으로 수행되었음(26. 트립체인 데이터)

LLM 기반 교통사고 판결예측 시스템

LLM-based Traffic Accident Sentencing Prediction System

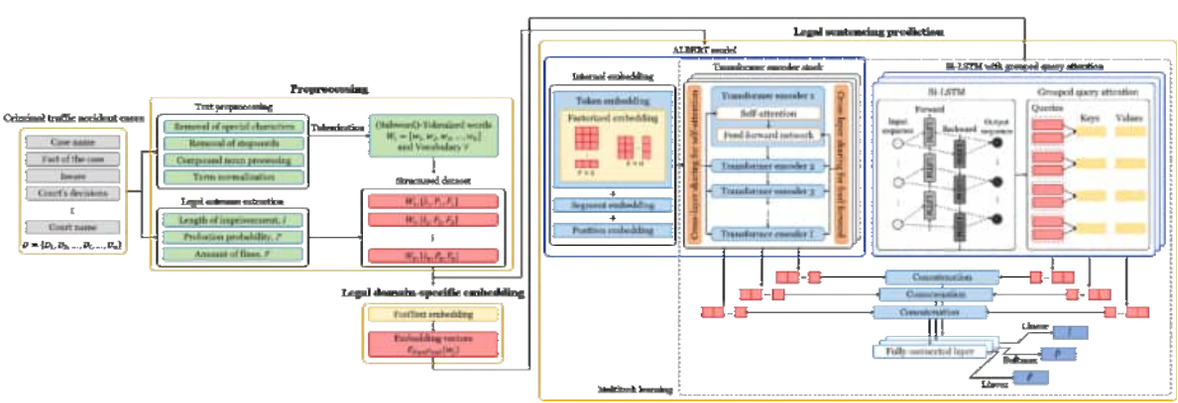
민현식
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 학사과정)

노병준
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 조교수)

교통사고는 운전자의 과실, 도로 환경, 기상 상태, 차량 결함 등 다양한 요인으로 발생하며, 경제적·사회적 피해를 초래한다. 이러한 사고에 대한 법적 처리는 형사 사건과 민사 사건으로 구분되며, 특히 형사 사건은 과속이나 음주 운전과 같은 중대한 위법 행위를 다룬다. 형사 사건에서의 과실 판단은 복잡한 절차를 요구하며 형량에 큰 영향을 미친다. 그러나 기존의 과실 판단 방식은 주관적 요소에 의존하여 결과의 일관성과 신뢰성에 한계가 있다. 이에 따라 형사 교통사고 사건에서 객관적이고 일관된 과실 평가 시스템의 도입이 필요하다.

본 연구는 도로교통법 위반 사건에 대한 대규모 언어 모델(LLM) 기반 판결예측 시스템 개발에 주안점을 두고 있다. 제안하는 판결예측 시스템의 전체 구조는 <그림 1>과 같다. 본 연구에서 제안한 시스템은 1) 전처리, 2) 법률 도메인 특화 임베딩, 3) 법적 판결예측으로 구성된다. 먼저, 전처리 모듈에서 징역, 집행유예, 벌금에 대한 법적 판결 정보를 추출하고 특수 문자 제거, 불용어 처리, 용어 정규화를 수행한다. 이후, ALBERT 토크나이저를 통해 문장을 단어 또는 서브워드로 분리한다. 법률 도메인 특화 임베딩 모듈에서는 Out of Vocabulary(OOV) 문제를 해결하기 위해 FastText 임베딩을 활용하여 희귀한 법률 용어도 효과적으로 처리한다. FastText 임베딩은 법률 도메인의 특성을 반영하여 Grouped query attention(GQA)-Bidirectional Long Short-Term Memory(BiLSTM)에 입력되며, ALBERT 임베딩과 함께 법적 판결예측을 개선하는 역할을 한다. 법적 판결예측 모듈에서는 ALBERT와 GQA-BiLSTM를 병렬로 사용하여 판결예측 성능을 극대화한다. 이 모듈은 Multitask Learning 접근법을 통해, 세 가지 처벌 유형을 동시 학습하여 예측 정확도를 높이고, 징역의 기간, 집행유예의 확률, 벌금의 금액을 예측값으로 출력한다.

제안한 시스템의 성능평가는 징역 및 벌금 예측에서 Mean Absolute Error(MAE)와 Root Mean Square Error(RMSE)를, 집행유예 확률 예측에서 Accuracy, Precision, F1-score를 기준으로 수행되었다. 그 결과, 본 시스템은 징역, 벌금, 집행유예 예측 모두에서 기존 Recurrent Neural Network(RNN) 계열 모델 및 Large Language Model(LLM)(Llama 3.1, Ko-BERT, T5)보다 우수한 성능을 보였다. 본 연구에서 제안한 LLM 기반 교통사고 판결예측 시스템은 법률 분야에서 인공지능의 응용 확대, 법률 전문가의 의사결정 지원, 판결의 일관성 향상에 기여할 것으로 기대된다.



<그림 1> LLM 기반 교통사고 판결예측 시스템 전체 구조도

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

Visual LLM 기반 지정차로제 위반 검지

Detection of Lane Designation Violations Based on Visual LLMs

이상현
(아주대학교, 석사과정)

이요셉
(아주대학교, 박사과정)

윤일수
(아주대학교, 교수)

본 논문은 도로 교통의 중요성을 강조하며, 교통 흐름의 효율성을 높이고 안전성을 확보하기 위한 방법으로 지정차로제를 소개한다. 지정차로제는 차량 유형에 따라 차로 사용을 규제하여 혼잡을 줄이고 사고를 예방하는 제도이다. 교통량 증가와 복잡한 도로 환경 속에서 지정차로제의 필요성이 더욱 커지고 있으며, 특히 전기차와 자율주행차 등장으로 인해 기존 제도의 수정이 필요하다. 지정차로제의 성공적인 시행을 위해서는 효과적인 관리 및 감시 시스템이 필수적이며, 인공지능(AI)을 활용한 감지 시스템 도입 가능성이 논의되고 있다. 이에 본 논문은 대형 언어 모델을 이용한 지정차로 위반 감지 기술을 제안하고, 교통 시스템의 효율성을 높이는 방안을 모색한다.

본 연구는 도로 주행 영상을 visual LLM(large language model)모델에 입력해 상황을 설명하고, 이를 바탕으로 multi-modal CNN을 학습시켜 지정차로제 위반을 검지하는 모델을 개발하는 것을 목표로 한다. LLM 프롬프트를 정의하고, multi-modal CNN을 end-to-end 방식으로 학습시켜, 전처리된 데이터와 이미지를 함께 입력하며 학습을 진행하였다. 연구에서는 CNN의 보편적인 모델을 사용하고, LLM을 사용한 모델과 사용하지 않은 모델의 성능을 비교하여 제안한 모델의 효과성을 입증하고자 한다.

향후 실험을 통해 visual LLM의 높은 정확성을 확인하고, 다양한 컴퓨터 비전 모델에 적용할 수 있는 가능성을 모색해낸다. 하지만 LLM의 편향성 문제를 경계해야 하며, 데이터 검토와 학습 성능 향상을 지속해야 한다. 이 연구는 이미지 분석 성능을 향상시켜 교통 분야에서 저렴한 비용으로 큰 도움을 줄 가능성을 제시하고 있다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.RS-2024-00403630, 능동적 교통사고 예방 및 대응을 위한 자율주행 순찰 서비스개발)

Video Diffusion를 활용한 차량 영상 센서 데이터 손실 보간 기법

Loss Interpolation Method for Vehicle Video Sensor Data using Video Diffusion

임재균
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 학사과정)

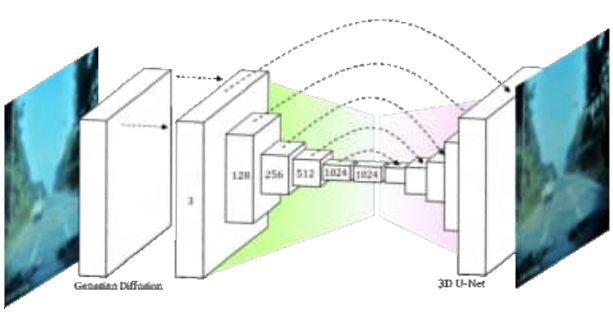
노병준
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 조교수)

자율주행 차량의 안전한 주행환경을 위해서 다양한 카메라를 활용하여 주변 환경을 인식하는 것은 중요하다. 그러나 실제 주행환경에서는 환경적 요인이나 기술적인 문제가 주행환경에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 이에 따라, 다양한 주행환경에서 발생하는 손상이나 손실을 효과적으로 복원하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 실제 주행환경에서는 환경적 요인이나 기술적 문제로 인해 영상 데이터가 손상되거나 일부 정보가 손실될 가능성이 존재한다. 특히, 고속도로와 같은 고속 주행 환경이나 복잡한 도심 지역에서는 데이터 손실이 발생하는 경우 차량의 주행 결정에 심각한 오류를 초래하여 안전성에 직접적인 위협이 될 수 있다. 따라서 손상된 영상을 효과적으로 보간하고 복원할 수 있는 새로운 방법론이 필요하다.

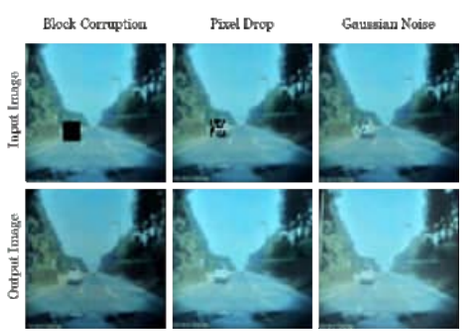
본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 영상의 손실된 부분을 탐지하는 Video Diffusion 방식을 기반으로 한 새로운 영상 보간 방법을 제안한다. 제안한 방법론은 크게 세 단계로 구성되며, 구조는 그림 1과 같다. 1) 블랙박스 영상에서 차량이 등장하는 특정 영역에 의도적으로 손상을 추가해 데이터 손실 상황을 재현한다. 2) Gaussian Diffusion을 사용해 손상된 프레임의 영역을 마스킹한 후, 주변 프레임의 정보를 이용해 점진적으로 보간한다. 3) 3D U-Net을 통해 시공간적 특징을 추출하여 데이터의 보간 정밀도를 높이고 전체 영상의 시공간적 일관성을 유지하도록 한다.

본 실험에서는 자율주행 환경에서 발생할 수 있는 다양한 데이터 손실 상황을 재현하기 위해, 직접 수집한 블랙박스 데이터를 사용하여 차량이 등장하는 특정 영역에 노이즈 추가, 픽셀 드롭아웃, 블록 손상의 세 가지 손상을 의도적으로 가하였다. 실험 데이터는 64×64 해상도의 이미지 시퀀스에서 10개의 연속 프레임으로 구성되었으며, 이 중 최대 3개의 프레임에 손상을 가한 후 실험을 진행하였다. 평가 지표로는 Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)와 Structural Similarity Index Measure (SSIM)를 사용하였다. 실험 결과, 블록 손상에 대한 SSIM은 약 0.9636, PSNR은 약 21.59로 평가되었고, You Only Look Once version 8 (YOLOv8) 탐지 정확도는 약 0.04의 차이를 보였다. 노이즈 손상의 경우 SSIM은 약 0.9414, PSNR은 약 19.99로 평가되었으며, YOLOv8 탐지 정확도 차이는 약 0.03으로 나타났다. 픽셀 드롭아웃 손상의 경우 SSIM은 약 0.9713, PSNR은 약 23.24로 나타났고, YOLOv8 탐지 정확도 차이는 약 0.02로 매우 적게 나타났다. 이러한 결과는 제안한 방법이 손상된 데이터를 효과적으로 보완할 수 있음을 보여준다.

본 연구는 Video Diffusion을 활용해 자율주행 시스템에서 발생하는 데이터 손실 문제를 효과적으로 해결하는 방법을 제안한다. 실험 결과, 제안한 방법이 다양한 손상 상황에서도 시공간적 일관성을 유지하며, 영상 보간에서 뛰어난 성능을 보이는 것으로 확인되었다. 이를 통해 자율주행 차량의 안전한 주행 환경을 위한 핵심 기술인 비디오 인페인팅 분야에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.



<그림 1> 제안된 영상 보간 프레임워크의 전체 아키텍처



<그림 2> 손상 유형별 원본 영상과 Video Diffusion 보간 결과 비교

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

LLM 기반 화물차 적재 크기 초과 여부 판단

LLM-based Determination of Oversize Load Trucks using Image

정한솔 (아주대학교, 석사과정)
이상현 (아주대학교, 석박사통합과정)
윤일수 (아주대학교, 교수)

본 연구는 대형언어모델(large language model, LLM)을 활용하여 화물차 적재 불량 문제를 해결하는 방안을 제안하며, 특히 OpenAI GPT-4o 모델의 멀티모달 기능을 활용하여 현행 법 상 세부 단속기준 중에서 화물차 적재 크기 초과 여부를 판단하는 시스템을 구축하고자 한다. 기존의 육안 단속 방식의 한계를 극복하기 위해, GPT-4o를 활용한 이미지 분석 방식의 분류 정확도를 기반으로 활용 가능성 판단을 목표로 한다. 적재 불량 단속 자동화시스템 도입을 위한 기초 연구로서, 이를 통해 적재 불량, 특히 적재 크기 초과로 인한 도로 교통사고를 예방하는 것을 목표로 한다.

이미지 분석에는 이순신대교 및 기타 대교 도로 등에서 수집된 CCTV 화물차 이미지를 활용했다. 이때, 각 화물차 이미지에서 객체 탐지 알고리즘(you only look once, YOLO) 모델을 통해 도출한 bounding box 기준으로 적재 영역을 1차적으로 추출하였다. 이를 통해, LLM 모델이 해당 영역을 중점적으로 이미지를 분석하여 화물차의 적재 크기 초과 여부를 판단하도록 하였으며, 해당 전처리 과정을 통해 분석 효율성 및 성능을 높이고자 하였다.

다음으로는 선행 연구 기반의 다양한 프롬프트 엔지니어링 전략을 검토하였다. 그중에서 본 연구에 적합할 것으로 판단되는 기법들을 적용하여, zero-shot, one-shot(정답만 제공), one-shot(정답 및 추론 과정 포함), few-shot의 4개의 prompt를 설계 및 test case를 구성하였다. 최종적으로 각 프롬프트 방식을 통해 100개의 평가 이미지를 대상으로 분류 성능을 평가하였다.

평가 결과, zero-shot 프롬프트가 가장 높은 정확도를 기록하였으며, 이는 예시 없이도 사전 학습된 지식을 바탕으로 안정적인 성능을 발휘할 수 있었기 때문으로 해석되었다. 반면, few-shot 프롬프트에서는 제공된 두 개의 예시와 평가 이미지 간의 충분한 일치가 이루어지지 않아 오히려 성능 저하가 발생할 가능성이 존재할 수 있다고 판단되었다. 또한, one-shot 프롬프트의 두 가지 방식 중, 추론 과정이 포함된 one-shot 프롬프트가 단순 정답만 제공된 one-shot 프롬프트보다 더 나은 성능을 보였는데, 이는 모델이 예시를 통해 단순 정답뿐만 아니라 문제 해결의 논리적 흐름까지 학습함으로써 더 정밀한 판단을 내릴 수 있었기 때문으로 해석된다. 이러한 결과는 추후 다양한 프롬프트 전략에 대한 더 많은 연구가 필요함을 시사한다. 향후 연구에서는 few-shot 프롬프트에서 더 많은 예시를 추가하고, 다양한 추론 과정을 반영하여 prompt engineering을 고도화함으로써 적재 크기 초과 판단의 정확도를 더욱 향상시키고자 한다. 이를 통해 향후 연구에서는 화물차 적재 상태에 대한 자동화된 분석 및 분류 시스템의 성능을 한층 더 개선할 것을 기대한다.

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

딥러닝 모델과 XAI 기법을 활용한 드론뷰 영상에서 도심 주행 차량의 차선 변경 궤적 예측 및 해석 연구

Trajectory Prediction and Interpretation of Urban Driving Vehicle Lane Changes in Drone View: using Deep Learning Model and XAI Techniques

홍석준
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 학사과정)

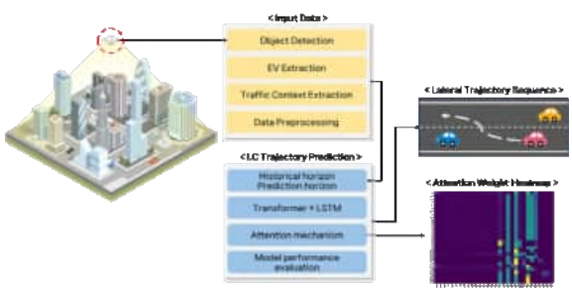
노병준
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 조교수)

차선 변경은 도로상 가장 위험한 기동 중 하나로 뽑힌다. 차선 변경은 전체 도로 사고의 약 9%를 차지하며 미국에서 매년 약 24만에서 61만 건의 차선 변경 관련 충돌 사고가 발생한다. 차선 변경 기동은 다른 차선 차량과의 간섭으로 인해 차량 안전에 지대한 영향을 미치며 특히, 고속으로 주행하는 교통 흐름에서 더욱 심각한 사고의 위험성이 존재한다. 이러한 차선 변경 기동을 예측하는 것은 매우 중요한 과제로, 이를 제대로 수행하지 못하는 경우 위험한 결정을 내리거나 과도하게 보수적인 운전을 진행하게 되어 운전 시스템의 안전성이나 효율성을 저해함과 동시에 사고 위험성으로 탑승자의 안전까지 위협할 수 있다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위해 정확한 차선 변경 궤적 예측 연구가 필요하다.

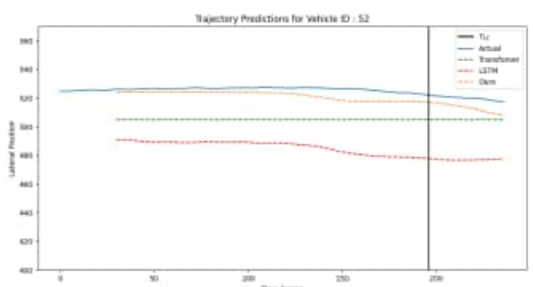
본 논문은 궤적 예측에서 뛰어난 성능을 보이는 LSTM(Long Short-Term Memory)과 중요 부분에 선택적 집중이 가능한 Transformer 모델을 결합하여 도심 도로 상황에 최적화된 차선 변경 궤적 예측 모델을 제안한다. 또한, XAI(Explainable AI) 기법인 Attention Weight Heatmap을 활용하여 모델에 대한 이해를 증대시키려 한다. 이를 통해 복잡한 도심 교통 상황에 대한 정밀한 분석으로 정확하고 신뢰할 수 있는 차선 변경 궤적 예측 모델 개발을 목표로 한다.

본 연구에서는 드론 비전을 활용하여 도심 도로에서 추출한 차량 정보 데이터를 바탕으로 차선 변경 궤적 예측을 수행하는 새로운 모델을 제시하였다. 제시한 모델을 대전 유성구 구성동 도로의 차량을 드론으로 촬영된 영상 데이터에서 추출한 차량 정보를 적용하여 효과를 검증하였다. 차선 변경 궤적 예측 모델은 제안한 모델이 1초 입력, 1초 예측에서 RMSE는 약 22.87, MAPE는 약 4.54로 우수한 예측 성능을 보였다. 이는 해당 모델이 도심 차량의 차선 변경 궤적 예측 시 매우 효과적임을 시사한다. 또한, Attention Weight Heatmap을 활용하여 차선 변경과 차선 유지 상황에 대한 시점 분석을 진행하였다. 차선 변경 상황일 때 다양한 시점에 대한 집중과 패턴이 존재하여 복잡한 차량 간의 상호작용이 모델 예측에 영향을 미치는 것을 확인하였다.

본 연구에서 제안한 차선 변경 궤적 예측 모델은 도심 도로의 현실적인 교통 흐름과 변수들을 고려하여 다양한 실제 도심 도로 상황에 적합하게 적용할 수 있다는 것을 확인하였다. 또한, XAI 기법을 활용해 모델의 예측 과정을 해석하여 예측 결과에 대한 신뢰성을 높이는데 기여하였다. 이를 통해 도심 도로 흐름 관리를 위한 자료로 활용되어 운전 시스템과 탑승자의 안전성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.



<그림 1> 연구 진행 프레임워크



<그림 2> 모델별 차선 변경 궤적 예측 그래프

사사: 본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원 자율주행기술개발혁신사업의 연구비 지원(과제번호 RS-2023-00233952)에 의해 수행되었습니다.
본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구 결과로 수행되었습니다 (2021-0-01399).

탄소중립 및 방재

Session

D-5

CCTV 영상 기반 다중운집 압사사고 취약성 평가체계 연구
문시현, 박성호, 윤일수

작업자 안전 모니터링 시스템 개발에 관한 연구
박찬희, 오현서

자동차 주행거리를 활용한 교통수요모형 기반 온실가스 배출량 산정: 제주특별자치도를 대상으로
고상희, 신강원

국내 수송부문 온실가스 배출량 산정모형 고도화를 위한 종단경사 보정계수 개발
김진재, 김대진, 이승봉, 천승훈

주행거리 시계열 변화를 고려한 교통수요관리정책의 온실가스 감축 원단위 고찰
김태경, 신강원

CCTV 영상 기반 다중운집 압사사고 취약성 평가체계 연구

A Study on the Vulnerability Assessment Framework for Crowd Crush Using CCTV

문시현 (아주대학교, 통합과정)

박성호 (아주대학교, 연구조교수)

윤일수 (아주대학교, 교수)

CCTV 영상 기반 다중운집 압사사고 취약성 평가체계 연구는 다중운집 상황에서 발생할 수 있는 압사사고를 예방하기 위해 CCTV와 인공지능(AI) 기술을 활용한 취약성 평가체계를 구축하는 것을 목적으로 한다. 연구의 주요 배경은 2022년 이태원 압사사고와 같은 대형 사고에서 드러난 안전관리 사각지대를 해결하고, 주최자가 없는 비계획적인 대규모 행사에서도 효과적인 안전관리가 가능하도록 하기 위함이다.

연구는 다중운집 상황에서 발생하는 위험 요소들을 체계적으로 분석하는 데 중점을 두고 있으며, 다중운집 밀도, 보행 속도, 압력, 에너지와 같은 주요 변수들이 위험 요인으로 설정된다. 특히, CCTV로 촬영된 영상을 바탕으로 군중 밀집 상황을 실시간으로 모니터링하고, 인공지능 기술을 활용해 압사사고 발생 가능성을 평가하는 체계를 개발하는 것이 핵심이다.

연구 방법으로는 먼저 관련 이론과 선행 연구를 고찰하여 다중운집 상황에서 발생할 수 있는 위험 요소를 파악하였다. 다중운집의 위험은 보행자 간 상호작용에 따라 발생하는 보행 밀도와 압력에 의해 증가하며, 보행 밀도가 높아지면 군중 간 충돌과 압박이 발생해 사고로 이어질 가능성이 커진다. 이러한 요인들을 바탕으로 계층 분석법(AHP)을 사용하여 위험 요소들을 평가하고, 이를 통해 취약성을 평가할 수 있는 핵심 평가지표를 도출하였다.

AHP 설문조사는 교통공학 전문가 14명을 대상으로 진행되었으며, CCTV 수집 용이성, 데이터 해석의 명료성, 다양성과 대표성, 대안 수립 용이성이라는 4개의 평가 기준을 설정하였다. 설문 결과, 다중운집 밀도가 핵심 평가지표로 선정되었으며, CCTV를 통해 실시간으로 군중 밀도를 측정하고 이를 바탕으로 다중운집의 취약 단계를 산정하는 방안을 제시하였다. 평가 체계는 총 3단계로 구성되며, 첫 번째 단계에서는 분석 구간을 이동시설(계단, 수평이동시설 등)로 분류하고, 두 번째 단계에서는 군중 밀도를 기반으로 초기 취약 단계를 설정한 후, 마지막 단계에서 추가적인 위험 요소(다중운집 이동 유무, 노면 경사, 노면 습윤 상태, 인구의 연령 및 성별 특성 등)를 고려하여 최종 취약 단계를 산정한다.

AHP 설문을 통해 도출된 추가적인 위험 요소들은 다중운집 이동 유무, 노면 경사, 노면 습윤 상태, 인구의 연령 특성, 성별 특성으로, 각 요인들은 사고 발생 가능성과 사고 발생 시 심각도를 기준으로 평가되었다. 설문 결과, 다중운집 이동 유무와 노면 경사가 가장 중요한 요인으로 평가되었으며, 최종 취약 단계를 조정하는 데 반영된다.

본 연구의 결론으로, CCTV와 AI 기술을 활용한 다중운집 압사사고 취약성 평가체계는 실시간으로 위험 요소를 분석하고 대응책을 마련할 수 있는 실질적인 방안을 제시한다. 이러한 시스템은 주최자가 없는 대규모 행사에서도 유용하게 활용될 수 있으며, 다중운집 상황에서의 안전관리를 체계적으로 수행할 수 있는 방법을 제공한다. 향후 연구에서는 경찰과 공무원 등 현장 안전관리 종사자들을 대상으로 추가적인 설문조사를 통해 체계를 보완하고 실증할 계획이다.

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

작업자 안전 모니터링 시스템 개발에 관한 연구

A Study on the Development of Worker Safety Monitoring System

박찬희
(한국전자통신연구원 자율주행지능연구실, 인턴연구원)

오현서
(한국전자통신연구원 자율주행지능연구실, 연구전문위원)

본 논문은 건설 현장에서 사고를 예방하고 사고 발생을 알리는 작업자 안전 모니터링 시스템 설계와 구현에 관한 연구이다.

작업자 안전 모니터링 서비스를 제공하는 시스템은 웨어러블 디바이스와 MDS 플랫폼, 그리고 경광등으로 구성이 된다. 웨어러블 디바이스는 작업자의 맥박, 체온, 그리고 낙상 정보를 검출하고 검출된 정보를 블루투스와 LoRa 통신으로 MDS 플랫폼으로 전달하는 기능을 제공한다. MDS 플랫폼은 다수의 웨어러블 디바이스로부터 수신한 정보를 분석하여 작업자의 안전을 모니터링하고 이상이 발생하면 경광등으로 경고 정보를 전송하는 기능을 제공하며 경광등은 경고음을 발생하고 알리는 기능을 제공한다.

MDS 플랫폼은 우분투 OS 기반으로 블루투스, LoRa, C-V2X와 LTE 통신을 지원하고 C언어의 통신 라이브러리를 제공하여 산업 안전과 재난 안전 서비스에 활용이 가능한 특징을 가지고 있다. 이러한 MDS 플랫폼을 활용하여 웨어러블 디바이스와 연동하는 기능과 경광등을 연동하는 기능, 그리고 작업자 안전 모니터링 서비스를 C 언어로 구현을 하여 각각의 기능을 검증하였다. 작업자 안전 모니터링 시스템의 구축하고 서비스 기능이 구현되었는지를 시험하였으며 작업자의 낙상이나 체온 또는 맥박에 이상이 있는 경우에 자동으로 경고음이 발생하는지를 확인하였다.

설계된 작업자 안전 모니터링 시스템은 최소한의 기본적인 시스템 구성으로 산업 현장에 적용이 가능한 서비스 모델이며 향후 C-V2X와 LTE 통신을 확장하여 C-ITS 및 자율주행과 서버 연동 서비스 활용을 연구할 계획이다.

사사: 본 논문은 국토교통부와 한국교통과학기술진흥원에서 지원하는 철도기술개발 사업(RS-2021-KA163166)의 일환 수행되었습니다.

자동차 주행거리를 활용한 교통수요모형 기반 온실가스 배출량 산정: 제주특별자치도를 대상으로

Estimation of Greenhouse Gas Emissions Based on Transportation Demand Models Using Vehicle Mileage: Focusing on Jeju

고상희
(경성대학교, 박사과정)

신강원
(경성대학교, 교수)

2023년 12월 온실가스 종합정보센터(GIR)에서는 지자체별 온실가스 감축 목표 달성을 위한 기초자료로서 지자체별 부문별 온실가스 배출량 산정결과를 발표하였다. 그중 각 지자체의 도로수송부문 온실가스 배출량은 연료공급량 기준(Tier2) 배출량과 VKT 기준(Tier3) 배출량으로 구분하여 제시됐으며, VKT 기준 배출량으로 감축 대책을 수립할 것을 권고하고 있다. 다만, 제주특별자치도의 경우 VKT 기준 배출량 산정 시 역외세입차량(제주등록차량 중 제주 외 주행차량)으로 인한 과대산정 우려가 있어 VKT 기준 배출량을 연료공급량 기준 배출량으로 제시하고 있다. VKT 기준 배출량은 KTDB를 활용한 교통수요모형의 결과물을 이용하여 산정할 수 있으나, 자동차 등록지와 실 운행지의 불일치 문제, 내부통행 과소 추정 문제 및 통행 방향성 이슈가 있어 배포되고 있는 KTDB 적용 시 온실가스 배출량의 추정오차가 발생한다. 실제 배포된 KTDB OD를 활용하여 산정한 제주의 VKT기반 2021년도 도로수송부문 온실가스 배출량은 901천t CO2eq로 산출되어 Tier 2배출량(1,448천t CO2eq)에 비해 과소 추정되는 현상이 나타나고 있다.

따라서 본 연구에서는 온실가스 감축 정책 평가가 용이한 교통수요모형 기반의 배출량 산정모형을 실제 운행되고 있는 자동차 주행거리 자료를 활용하여 보정하였으며, 보정모형의 평가를 위해 통과교통의 영향이 적은 제주도를 분석대상으로 보정 전·후 교통수요모형 기반 온실가스 배출량 산정 결과를 비교 분석하였다. 구체적으로 본 연구에서는 제주특별자치도의 역외세입차량 데이터와 자동차 주행거리 데이터를 활용하여 도내운행차량에 대한 주행거리를 수정하고 수정된 자동차 주행거리를 반영하여 제주권 KTDB OD의 내부통행 추정을 수행하였다. 또한, 등록지 기준의 자동차 주행거리와 제주권 KTDB OD는 통행의 방향성 불일치가 발생하므로 OD를 PA로 변환하여 총량 일치성을 제고하였다.

전술한 실주행 차량의 자동차 주행거리, 내부통행 보정, 통행 방향성 보정을 적용한 OD를 활용한 교통수요모형 기반 도로수송부문 온실가스 배출량 산정결과 배출량은 1,234천t CO2eq로 분석되었으며, 이 값은 연료공급량 기준 배출량(Tier2, 1,448천t CO2eq)과 보정 전에 비해 상대적으로 유사한 수준으로 나타났다. Tier2 산정치와 본 연구에서 제시한 산정치의 차이는 각 도로구간의 시간대별 실제 속도를 반영하면 감소될 수 있을 것으로 판단되어, 교통수요모형을 이용한 온실가스 배출량 산정을 위해서는 실주행 차량의 주행거리 및 내부통행의 보정 뿐 아니라 시간대별 동적 속도자료의 적용도 필요하다고 판단된다.

사사: 본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행한 결과입니다. (RS-2023-002458571)

국내 수송부문 온실가스 배출량 산정모형 고도화를 위한 종단경사 보정계수 개발

Enhancing the Korean Greenhouse Gas Emission Estinmation Model through the Development of Road Gradient Correction Factor

김진재 (한국교통연구원 교통기술연구본부, 연구원)

김대진 (인하대학교 아태물류학부, 조교수)

이숭봉 (한국교통연구원 교통기술연구본부, 부연구위원)

천승훈 (한국교통연구원 AI·빅데이터플랫폼연구팀, 팀장)

기후변화의 요인으로 꼽히는 온실가스 배출량 저감을 위한 노력이 전 세계적으로 이뤄지고 있다(IPCC, 2022). 우리나라 또한 2050년 net-zero(탄소중립)달성을 위해 NDC를 '19년 17년 대비 24.4%로 처음 제시하였다. 국내 수송부문 배출량 중 96.5%는 도로에서 발생하고 있으며(Greenhouse Gas Inventory and Research Center, 2022), 도로에서 발생하는 온실가스 배출에 대한 국가 및 지자체 단위의 정밀한 측정 및 저감 계획수립이 수송부문 NDC 달성에 필수적이지만, 현재 우리나라가 사용중인 배출량 산정식(국립환경과학원, 한국교통안전공단)은 제한된 요인들만을 활용중이며(NIER, 2008-2012; KTSA, 2021), 집계 및 활용하는 데이터 또한 단순 통계성 데이터이다(Kim, Lee, Nam, et al, 2024). 현재까지의 배출량 산정체계를 활용하는 경우 모니터링 및 평가체계의 한계로 인해, NDC 감축목표달성 및 향후 목표 상향조정 등의 상황에 있어 지자체단위의 계획수립에 어려움이 존재한다. 이에 본 연구는 주행환경 및 효율성 개선 측면에서 연구되고 있는 경사도를 배출량 산정에 있어 활용하고자 한다. 경사도의 경우, 현재 연구가 시도되고 있는 감가속 및 개별차량의 통행특성 반영에 비해, 꾸준히 연구되어왔으며, 경사도로 활용하고자하는 DEM(수치표고자료, Digital Elevation Model) 데이터 또한 공공데이터 포털을 통해 접근가능하다는 이점들이 존재한다.

본 연구는 수송부문 온실가스 배출량 산정에 대한 고도화된 알고리즘 개발에 있어 추가 영향요인으로 도로경사도를 고려하는 것이 목적이며, 연구는 다음과 같이 구성된다. 우선, 온실가스 배출에 관한 국내외 선행연구 및 국가별 모형에 대한 탐색적 분석을 통해 국내 모형 간, 국내/외 모형 간의 차이 및 경사도(도로선형)과 관련된 연구들에 대한 추가적인 연구동향 분석을 통해 기존 경사도가 적용된 사례들과 연료소모량과 경사도 간의 상관성을 파악하고자 한다. 연료소모량과 온실가스 배출량이 비례하기에, 본 연구에서는 온실가스 배출량에 중요한 영향인자로 경사도를 활용하여 배출계수를 고도화하는 방안을 검토하였다. 고도화는 현재 국가승인통계에 활용되는 한국교통안전공단의 2021 승인국가 온실가스 배출계수 모형 내 경사도에 대한 보정계수를 개발 및 적용하는 방식으로 진행하였으며, 경부고속도로 전 구간을 활용하여 보정계수에 대한 신뢰도를 검증하였다. 이후, 본 연구의 결론과 시사점 제시와 함께, 국내 온실가스배출모형의 고도화에 필요한 향후 연구를 제시하였다.

보정계수 산정은 MOVES matrix를 활용하여 -10%~+10%의 도로 기울기에 대해 도로기울기 0%를 기준으로 도로기울기 1%당 온실가스 배출량 변화량을 상대적 비율로 정의하였다. 배출계수는 기울기 0%를 기준으로 도출된 결과이며, 5~120km/h 속도 구간에 대해 매 5km/h마다 MOVES-Matrix 기반의 시뮬레이션을 통해 분석된 연료소모량(STP)의 상대적인 변화율을 보정계수로써 활용하는 방식으로 진행하였다. 분석대상지는 전국 6레벨 네트워크 기준의 도로망 중 경부고속도로 전 구간을 활용하였다. 분석결과, 기울기를 고려하는 경우 경사도를 고려하지 않았던 기존 배출량 대비 약 58.86%가 더 발생하는 것으로 분석되었다. 도로 경사도 제한이 있는 고속도로를 대상으로 한정적인 분석이 진행되었음에도 높은 수치를 나타냄이 확인되었으며, 지자체 단위의 배출량 산정에 있어서는 배출량의 편차가 더 크게 나타나는 것으로 확인되었다. 향후 기울기를 비롯한 차량의 초단위 궤적데이터를 활용하여 가속도 등에 대한 종합적인 고려가 진행된다면, 국내 오염물질 배출에 대한 보다 세밀한 분석이 가능할 것으로 판단된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2023-00242291).

주행거리 시계열 변화를 고려한 교통수요관리정책의 온실가스 감축 원단위 고찰

Evaluation of Greenhouse Gas Emission Reduction Efficiency of Traffic Demand Management Policies Considering Temporal Variations in Vehicle Mileage

김태경
(경성대학교 도시공학과 석사과정)

신강원
(경성대학교 도시공학과 교수)

우리나라의 각 지자체는 도로 수송 부문 온실가스 배출량 감축을 위해 승용차 요일제, 자동차 탄소포인트제, 5등급 차량 운행 제한 등 다양한 교통수요관리 정책을 추진하고 있다. 하지만 대부분의 교통수요관리 정책의 효과 분석에 있어서는 지역적 특성이나 정책 대상 차량의 주행거리 변화를 반영하지 못하고 있으며, 일부 교통수요관리정책의 감축 원단위는 제시되지 못하고 있다. 한편, 2013년부터 2023년까지 우리나라 자동차의 일 평균 주행거리는 지속적으로 감소하고 있어 주행거리 감축을 목표로 하는 교통수요관리 정책의 효과를 명확히 확인하는 데 어려움이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 주행거리 시계열 변화를 고려하여 주요 교통수요관리 정책(승용차 요일제, 자동차 탄소포인트제, 5등급 차량 운행제한) 시행에 따른 온실가스 감축 원단위를 산정하고자 한다.

먼저 승용차 요일제 도입에 따른 기존 감축 원단위는 2021년 휘발유 승용차의 일 평균 주행거리에 연비를 적용해 산정되었으나, 이는 승용차 요일제 가입 차량의 주행특성을 반영하지 못한 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 2018~2022년 부산광역시 승용차 요일제 신규 가입 차량을 대상으로, 가입 전후의 주행거리 변화와 전일 평균속도와 시간대별 속도를 반영해 감축 원단위를 재산정하였다. 주행거리 시계열 변화를 고려하지 않았을 때, 승용차 요일제 가입 차량의 주행거리는 가입 전 28.0km/대에서 가입 후 21.7km/대로 22.5% 감소한 것으로 나타났으나, 승용차 요일제 미가입 차량의 주행거리 변화를 고려했을 때 승용차 요일제 신규 가입 차량의 주행거리는 11.1% 감축된 것으로 재산정됐으며, 온실가스 감축 원단위는 전일 속도를 반영했을 때 0.124t CO2eq/대, 시간대별 평균 속도를 반영했을 때 0.140t CO2eq/대로 산출되었다. 자동차 탄소포인트제의 경우, 기존 연구는 정책 대상 차량의 주행거리 변화만을 바탕으로 온실가스 감축 효과를 산정하고 있다. 그러나 승용차의 일 평균 주행거리는 2020년 37.9km/대에서 2022년 35.2km/대로 7.1% 감소한 것으로 나타나, 주행거리의 시계열 변화를 반영할 필요가 있다. 자동차 탄소포인트제 미가입차량의 주행거리 변화를 반영하여 자동차 탄소포인트제 가입차량의 주행거리 감축 효과를 재산정한 결과, 정책 가입 후 주행거리가 4.5% 감소한 것으로 분석되었으며, 이에 따른 감축 원단위는 0.1017t CO2eq/대로 재산출하였다. 5등급 차량 운행제한에 대한 분석은 제4차 미세먼지 계절관리제를 통해 신규 운행지역으로 포함된 부산시와 대구시를 대상으로 분석을 수행하였다. 5등급 외 차량의 주행거리 변화를 용도별, 차종별, 유종별로 분석하였으며, 5등급 비사업용 승합차 및 화물차량과 사업용 화물차량에서 주행거리 감축 효과가 두드러지는 것으로 확인되었다.

자동차 주행거리의 시계열적 감소를 반영한 결과, 승용차 요일제, 자동차 탄소포인트제 감축 원단위 산정 결과는 기존의 감축 원단위보다 낮은 것으로 분석되었다. 따라서 교통수요관리정책의 온실가스 감축효과 분석을 위해서는 개별 차량의 주행거리 감소현상을 반영할 필요가 있다고 볼 수 있다. 또한 자동차등록대수 증가에 따른 총 통행거리 변화를 반영한 교통수요관리정책의 온실가스 감축 원단위 산정 연구가 지속적으로 추진되어야 할 것으로 판단된다.

사사: 본 연구는 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행한 결과입니다. (RS-2023-002458571)

Poster Session

5G-NR-V2V 센서 쉐어링 서비스 통신 성능 모니터링 도구

5G-NR-V2V Sensor Sharing Service Communication Performance Monitoring Tool

이신경
(ETRI, 책임연구원)

송유승
(ETRI, 책임연구원)

초고속, 대용량 통신특성을 검증하기 위한 센서 쉐어링 서비스는 Ego 차량과 주변 차량 간 V2V 통신으로 인지한 도로 객체 정보 또는 실시간 영상정보를 공유함으로써 주행환경에 대한 인지능력을 향상시킬 수 있다. 이를 위해 차량 간 직접통신을 통해 실도로 센서 쉐어링 서비스의 통신 성능 모니터링을 수행하였으며, 차내에 장착된 인지 센서와 자체개발 IP 기반 차량 통신 장치(OBU, On-Board Unit)를 연동할 수 있는 테스트 도구를 사용하였다.

실시간 Sensor Sharing 서비스는 5G-NR-V2X 통신 장치(OBU)와 외부 장비/장치(center, application 등) 간에 공통으로 활용할 수 있는 통합 인터페이스를 적용한다. 통합된 통신 프로토콜을 기반으로 기존 WSR(WSM Request) add 프로세스를 통해 수신하고자 하는 V2X 메시지에 대한 정보(PSID)를 등록하는 절차는 포함하였으며, 나아가 각 모듈이 메시지를 전달하는 과정에서 상태정보를 추가할 수 있는 확장 메시지(Extensible message)의 송/수신을 구현하였다.

센서 쉐어링 서비스의 통신 성능은 차량 간의 위치정보와 메시지의 시간 정보(TIMESTAMP)를 통해 특정 지역에서의 서비스 성능을 계산한다. 이때 통신 장치의 하위 모듈들이 시간 정보와 GPS 값을 Extensible Message의 Status Package에 포함하고 있어 추가적인 장비 설치나 RTT(Round Trip Time) 메시지 전송 없이 응용 프로그램의 구동만으로 성능 모니터링을 가능하게 한다.

5G-NR V2V 성능검증 도구는 차량에 장착되어 실도로를 주행할 시 카메라 영상정보를 송수신하며, 차량 간 서비스에 대한 통신 성능(PDR, Throughput, Latency 등)을 로그로 생성한다. 이는 실제 교통상황, 날씨와 같은 악조건 정보뿐만 아니라 위치정보와 시간 정보도 함께 저장되며 1분마다 파일(.csv)로 생성된다. 실시간으로 저장된 센서 쉐어링 통신 성능 로그 파일은 실차 주행 이후 서비스 지역의 서비스 성능 분석에 활용된다. 또한, 성능검증 도구는 로그 파일을 선택하면 각각의 성능정보를 기준으로 도로 색을 단계적으로 변환하여 지도에 표출한다. 2대 이상의 차량에 5G-NR-V2X 통신 장치, 라우터, 테스트 도구 응용 프로그램을 설치하여 다양한 악조건이 포함된 실도로 환경에서 통신 성능 데이터를 수집하고 있으며, 5G-NR V2V 성능검증 도구를 통해 악조건에서의 통신 성능을 확인할 수 있다. 현재 지속해서 센서 쉐어링 데이터를 수집하고 있는 실도로 구간으로는 연구단지 순환도로, 반석역-세종 버스터미널 구간의 국도, 그리고 세종시청-국책연구단지 순환도로 구간이 있다.

본 논문에서는 5G-NR-V2X 통신 장치와 성능검증 도구를 이용한 실시간 센서 쉐어링 서비스가 다양한 악조건 환경에서도 차량 간 통신 성능을 효율적으로 모니터링하고 분석할 수 있음을 확인하였다. 이를 통해 특정 지역의 통신 성능정보를 수집할 수 있으며, 대용량 서비스 제공을 위한 유용한 정보로 활용할 수 있다.

사사: 본 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00199, 커넥티드 자율주행을 위한 5G-NR-V2X 성능 검증)

LZ4 압축 알고리즘을 활용한 5G-NR-V2V 영상 전송 실험

Vehicle Experiment Study on 5G-NR-V2V Video Transmission Using the LZ4 Compression Algorithm

김기태	이신경	김진우	안경환	박명욱	송유승
(ETRI, 선임연구원),	(ETRI, 책임연구원),	(ETRI, 선임연구원)	(ETRI, 책임연구원)	(ETRI, 선임연구원)	(ETRI, 책임연구원)

5G-NR을 활용한 차량간 통신(V2V)은 통신은 기존의 4G-LTE 기반 통신과 비교했을 때 실시간 데이터 처리와 전송 대역폭을 크게 개선할 수 있습니다. 차량간 영상 전송을 이용한 See-Through 기술이 효율적으로 구현되기 위해서는 대용량의 실시간 영상 데이터를 지연 없이 전송하는 기술이 중요합니다. LZ4 알고리즘은 블록 기반 압축 방식을 사용하여 압축률이 상대적으로 낮다는 단점이 있으나, 병렬 및 고속 작업 처리를 할 수 있어 고속 네트워크 환경에서 실시간 데이터를 빠르게 압축 및 복원하여 전송하는 작업에 적합합니다. 본 연구에서는 LZ4 압축 알고리즘을 활용하여 5G-NR 기반 차량간 통신(V2V)에서 See-Through 영상 전송 성능을 실제 차량을 통해 실험을 통해 평가하고, 압축률과 패킷 손실시 생기는 이미지 노이즈를 분석했습니다.

실험에 이용된 차량은 트렁크에 Sub-6GHz를 이용하는 5G-V2X 게이트웨이가 설치되어 있고, 안정적인 송수신을 위해 차량의 지붕에 추가로 5.9Ghz 통신을 위한 안테나를 추가로 부착하여 실험을 진행했습니다. 동일하게 구성된 2대의 차량을 이용해 약 388m의 구간을 약 15Km/h의 속도로 주행하면서 카메라로 수집된 차량의 전방 영상을 실시간으로 전송했습니다.

LZ4 압축을 이용한 영상 전송 시스템은 다음과 같이 구성됩니다. 기존의 See-Through 기능을 위한 영상 전송 시스템을 구현할 때는, 이미지를 직렬화 후 데이터를 분할 하여 패킷에 담아 보냅니다. 그러나 LZ4 압축 알고리즘을 사용할 경우 수신 측에서 압축을 해제하기 위해 압축 전 데이터의 용량을 알아야 하므로, 이미지를 특정 크기로 분할 하여 전송합니다. 이미지를 분할 하는 기준은 패킷의 Payload 크기를 이미지 채널 수(RGB)로 나눈 후, 그 값을 제곱근 하여 얻은 값을 가로와 세로 크기로 설정하고 격자 형태로 전방 이미지를 나누어 전송합니다. 이번 실험에서는 2.9KB 크기의 Payload를 가지는 패킷 기준에 따라 31X31 크기의 이미지로 전송합니다.

2대의 차량을 이용해 실험을 진행했으며, 한 차량은 영상을 카메라로부터 받아 전송하고 한 차량은 수신하여 이미지의 손실률 및 압축률을 계산하고 동영상과 로그형태로 실험 결과 자료를 저장합니다. 전송되는 영상의 해상도는 640x480이며 사전에 설정된 Payload 크기에 따라 자동으로 여러 패킷으로 나누어져 전송됩니다. 영상을 수신하는 차량은 시작 지점에 주차되어 있고 다른 차량이 경로를 주행하면서 전방의 영상을 발신합니다. 수집된 자료를 분석해 보면, 카메라로 수집된 차량 전방 이미지의 복잡도에 따라 압축률에 큰 차이가 있습니다.

LZ4 압축 알고리즘을 이용한 5G-V2V 영상 전송을 위한 시스템을 개발하여 실제 차량에 탑재된 5G-NR-V2X 게이트웨이를 통해 실험을 진행했습니다. 총 663개의 프레임을 수집 한 결과, 평균 약 23%의 압축률을 기록했습니다. 또한, 패킷 손실이 발생했을 때 영상 전송 시스템마다 각기 다른 유형의 노이즈가 발생하는 것을 확인했습니다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 정보통신●방송연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [2022-0-00199, 커넥티드 자율주행을 위한 5G-NR-V2X 성능 검증]

가변형 적재불량 모형 장치를 이용한 적재불량 검지 평가 시나리오 설계

Scenario Design for Evaluating Load Defect Detection Using a Variable Load Defect Model Device

김성환
((재)자동차융합기술원, 연구원)

최찬웅
((재)자동차융합기술원, 선임연구원)

최근 화물차의 적재 기준 초과, 편중 적재, 덮개 미설치 등 다양한 적재 불량으로 인해 적재물 낙하, 도로 파손, 교통사고 등의 사고가 증가하고 있어, 이를 단속할 기준이 필요하다. 그러나 국내외에서 적재 불량에 대한 명확한 단속 기준이 제시되지 않고 있어, 적재 불량 단속을 위한 검지 평가 기준이 요구된다.

본 연구에서는 고속축중기(HS-WIM, High Speed Weigh-in-Motion)와 차량 프로파일링 시스템(VPS, Vehicle Profiling System)을 연동한 적재 불량 검지 평가 시나리오를 제안하고자 한다. 이를 위해 10km 이상의 비공용 직선 도로를 갖춘 새만금 자율주행 테스트베드를 활용하였다. 또한, 적재 불량을 모사하는 장치는 폭, 길이, 높이가 가변적으로 조절 가능한 모형을 사용하였으며, 화물 차량의 적재 기준 초과를 검지하는 이미지 분석 결과를 바탕으로 적재 불량에 대한 성능 평가 기준을 제시하였다.

Recent increases in cargo truck issues such as exceeding loading standards, uneven loading, and the absence of covers have led to a rise in incidents such as cargo falls, road damage, and traffic accidents, highlighting the need for enforcement standards. However, clear enforcement standards for load violations are not specified domestically or internationally, creating a demand for detection and evaluation criteria for load violations.

This study proposes a detection and evaluation scenario for load violations by integrating High-Speed Weigh-in-Motion (HS-WIM) systems with Vehicle Profiling Systems (VPS). For this purpose, we utilized the Saemangeum autonomous driving testbed, which features a straight road longer than 10 kilometers. Additionally, a load violation simulation device was used, which can adjust in width, length, and height. Based on image analysis results for detecting exceeding load standards, this study presents performance evaluation criteria for detecting load violations.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음. (과제번호:RS-2022-00142239)

레벨 4 이상의 커넥티드 자율주행 서비스를 위한 5G-NR-V2X 통신장치 실도로 성능분석

On-road Performance Analysis of 5G-NR-V2X Communication Devices for Level 4 and above Connected Autonomous Driving Services

송유승
(ETRI 책임연구원)

이신경
(ETRI 책임연구원)

최근 C-ITS 위한 V2X 통신기술은 커넥티드 차량을 위한 단순한 안전 및 편의 서비스 제공에서 점차 자율주행 서비스 고도화 및 특정 조건에서의 자율주행 난제를 극복하기 위해 다방면으로 검토 및 활용되고 있다. 특히, 차량용 통신기술은 차량에 탑재된 센서만으로 인식이 불가한 센싱 음영구역 및 커버리지 한계를 극복하고 실시간으로 주행도로 상황을 주변의 커넥티드 차량 혹은 인프라와 협업을 통해 확장된 정보를 사전에 획득하거나 다양한 공유정보 융합을 통해 자율주행 서비스 고도화에 크게 기여하고 있다. 본 논문에서는 개발된 3GPP Release 16 기반의 5G-NR-V2X 통신장치 시제품을 활용하여 실도로에서 차량 간 통신 성능을 검증한 결과를 소개한다. 자율주행 서비스 고도화를 위해 실 도로 환경에서 차량 간 전송속도, 지연시간, 통신 커버리지, 패킷 수신율 등을 측정함으로써 커넥티드 자율주행 관련 다양한 응용 서비스 요구사항들을 만족할 수 있는지를 파악할 수 있는 기초 자료로 활용된다. 정확한 데이터 분석을 위해 별도의 분석 도구를 개발하였으며 차량 간 통신 시 다양한 통신 간섭 요소들이 함께 고려될 수 있도록 수목이 우거진 도로, 이동 차량이 많은 도심 주행로 및 고속으로 주행하는 차량이 포함된 고속국도 등과 같은 주행 도로를 포함하여 실도로 환경에서의 통신장치 성능분석을 수행하였다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 차세대 자율주행 차량통신 기술개발사업의 일환으로 수행하였음.[2022-0-00199, 커넥티드 자율주행을 위한 5G-NR-V2X 성능 검증]

경기도 빅데이터 플랫폼을 활용한 화물차 교통사고 위험구간 통행특성 분석

Exploring the Truck Drivers' Behavior in Accident-Prone Using Gyeonggi-do Big Data Platform

권영범
(경기교통공사, 주임)

이영란
(경기교통공사, 팀장)

양수만
(경기교통공사, 대리)

교통사고의 심각도는 가해운전자의 차종에 따라 많은 편차를 보인다. 2023년 기준 승용차의 교통사고 100건당 사망자 수가 0.91명인 것에 비해 화물차의 교통사고 100건당 사망자 수는 2.44명으로, 화물차의 교통사고당 사망자 수는 승용차의 교통사고당 사망자 수의 2배 이상의 값을 보인다. 화물차의 교통사고 심각도가 다른 차종들에 비해 현저히 높기 때문에 지방자치단체 및 공공기관에서는 화물차의 교통사고를 감소시키기 위해 여러 노력을 하고 있다.

이에 경기도는 경기도 소재 시·군의 정책결정자 및 경기도 소재 공공기관을 위해 경기도 교통 빅데이터 플랫폼을 구축하여 운영하고 있다. 경기도 교통 빅데이터 플랫폼은 경기도 공공데이터의 허브(Hub)로서, 경기도 내 각 시·군에서 보유한 데이터와 유관기관의 데이터를 수집, 연계, 제공하는 역할을 한다. 경기도 빅데이터 플랫폼은 단순한 데이터 제공뿐 아니라 교통사고 발생구간 예측, 유동인구 밀집도 예측, 대기오염-교통량 상관관계 등의 데이터 분석 결과도 제공하고 있다.

본 연구에서는 경기도 교통 빅데이터 플랫폼에서 제공하는 화물차 교통사고 다발구역 정보를 통해 화물차 교통사고 다발구역 내에서의 화물차 운전자의 통행특성을 분석하였다. 화물차 운전자의 통행특성은 화물차량의 디지털 운행기록계(Digital Tachograph)에서 수집되는 차량의 위경도 좌표, 순간속도, 방위각을 활용하였다. 본 연구의 공간적 범위는 경기도 북부의 시·군으로 하였으며, 시간적 범위는 2023년으로 설정하였다. 분석결과 화물차 교통사고 다발구간에서 화물차 운전자의 특성에 유의미한 차이가 있는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구 결과는 화물차 교통사고 다발구역의 예측 및 화물차 교통사고 다발구간의 특성 분석을 통한 교통사고의 감소 등에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 경기도의 「경기도 지능형교통체계(ITS) 고도화 사업(2단계) 사업관리 용역」의 지원을 받아 수행되었습니다

참고문헌

1. 임준범, & 유수재. (2015). DTG 자료를 활용한 화물자동차 운전행태 분석과 개선방향 연구. 교통기술과정책, 12(5), 28-33.
2. 조종석, 이현석, 이재영, & 김덕넝. (2017). 화물차 DTG 데이터를 활용한 고속도로 졸음운전 위험구간 분석. 대한교통학회지, 35(2), 160-168.
3. 박진수, 이수범, & 박준태. (2022). 사업용 화물자동차 운행특성에 따른 위험운전행동 및 교통사고 위험도 분석 연구. 한국 ITS 학회 논문지, 21(2), 152-166.
4. 이상완, 임준혁, 김주애, & 조국. (2023). 민식이법 시행이 화물차 위험운전 행동에 미친 영향 분석: 디지털운행기록장치 (DTG) 데이터를 활용하여. 국토계획, 58(6), 100-113.
5. 정영훈, 한여희, & 김영찬. (2021). 디지털운행기록장치 (DTG) 데이터를 활용한 사업용 차량 위험운전행동 분석. 대한교통학회 학술대회지, 24-24.
6. 박용성. (2017). 자동차운행기록계 (DTG) 기반 운전자 위험운전행동 기준 현황. 오토저널, 39(9), 38-42.
7. 김형준, 전교석, 장정아, & 윤일수. (2020). 메타분석을 이용한 버스 및 트럭 교통사고 심각도요인분석. Journal of Korean Society of Transportation, 38(6), 520-535.

분기형 다이아몬드 인터체인지(DDI) 도입에 따른 교차로 운영 효율성 및 도로 서비스 수준 개선 효과 분석

Analysis of Intersection Operational Efficiency and Road Level of Service Improvement through Diverging Diamond Interchange (DDI) Implementation

김태희
(명지대학교 교통공학과, 석사과정)

이의은
(명지대학교 교통공학과, 교수)

분기형 다이아몬드 인터체인지(DDI)는 교차로 설계에서 최근 주목받고 있는 혁신적인 방식으로, 교차로에서 좌회전으로 인한 상충을 줄이고 교통 흐름을 개선하는 데 효과적이다. 기존의 교차로 설계 방식이 교통 혼잡과 지체 문제를 해결하는 데 한계를 보이는 상황에서, DDI는 여러 국가에서 성공적으로 적용된 사례를 통해 새로운 해법으로 떠오르고 있다. 본 연구는 명지교차로에 DDI를 도입하여 교통 혼잡을 완화하고 도로 서비스 수준을 향상시킬 수 있는지를 검토하며, 그 효과를 미시적 시뮬레이션 모델(VISSIM)을 통해 분석하였다.

본 연구의 주요 목적은 DDI 도입이 명지교차로의 운영 효율성과 도로 서비스 수준에 미치는 영향을 평가하는 것이다. 이를 위해 현재 교차로에서 발생하는 교통 혼잡과 지체 현황을 분석하였고, DDI 도입 후 교통 신호 운영 및 지체 시간 개선 효과를 미시적 시뮬레이션 모델을 사용하여 평가하였다. 연구 과정에서는 도로 공간과 신호 체계의 효율적인 활용, 그리고 기존 도로 인프라의 유지 가능성을 고려하여 DDI가 경제적으로도 유리한 대안이 될 수 있는지를 분석하였다.

DDI는 좌회전 상충을 줄이고 교차로에서 차량 간 상충 지점을 크게 감소시킬 수 있는 방식이다. 기존 다이아몬드 인터체인지와 비교했을 때, DDI는 상충 지점이 26곳에서 14곳으로 줄어들며, 그 중 교차 상충 지점은 2곳에 불과하다. 이러한 설계적 특징은 사고 위험을 크게 줄이고, 교차로에서의 차량 흐름을 원활하게 만들어준다. 또한, DDI는 교차 신호를 두 단계로 단순화하여 신호 대기 시간을 줄이고 교차로 용량을 크게 향상시킬 수 있다. 이처럼 DDI는 교통 체증을 완화하고 교차로 운영 효율성을 높이는 데 매우 효과적인 설계로 평가받고 있다.

특히, 출퇴근 시간대와 같은 첨두 시간에 교차로 혼잡이 두드러지며, 이는 운전자와 인근 지역 주민 모두에게 불편을 초래한다. DDI 도입을 통해 이러한 좌회전으로 인한 지체를 감소시키고, 신호 체계를 단순화하여 교차로 용량을 증가시킬 수 있다. 이를 통해 DDI는 현재의 교차로 문제를 해결하는 것뿐만 아니라, 향후 교통량 증가에도 효과적으로 대응할 수 있는 설계적 대안으로 자리잡을 수 있다.

본 연구에서는 오전 9시부터 10시까지의 첨두시간을 기준으로 미시적 시뮬레이션 모델(VISSIM)을 사용하여 DDI 도입의 효과를 분석하였다. 시뮬레이션 결과, DDI 도입 후 교차로에서 평균 지체 시간은 73.58% 줄어들어 인접 교차로의 병목 현상이 개선되었다. 또한, 좌회전 교통량의 지체 시간이 감소하여 향후 교통량 증가에도 효과적으로 대응할 수 있을 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 DDI가 기존 교차로보다 효율적으로 교통 흐름을 관리하고 서비스 수준을 높일 수 있음을 입증한다.

결론적으로, DDI 도입은 명지교차로의 교통 흐름을 개선하고 도로 서비스 수준을 높이는 데 매우 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 또한, 기존 인프라를 효율적으로 활용하여 적은 비용으로도 높은 성과를 기대할 수 있어 경제적으로도 타당한 대안으로 평가된다. DDI는 향후 교통 수요 증가에도 효과적으로 대응할 수 있을 뿐만 아니라, 교통 혼잡을 크게 완화하고 운영 효율성을 증대시킬 수 있는 설계이다. 향후 연구에서는 장기적인 성과 분석에 대한 추가 연구가 필요하며, 교통 흐름뿐만 아니라 안전성과 지속 가능성 측면에서도 더욱 심층적인 평가가 이루어져야 할 것이다.

<표 1> Diverging Diamond Interchange 서비스수준 분석

구분	명지교차로	
	교차로 제어지체(초/대)	서비스수준
현재	61.97	D
DDI 도입시	16.37	B

다중 진입 교차로 내 단일신호-복수경로에서 차량의 경로 예측

Vehicle Path Prediction in Multi-Leg Imtersections with Single Signal and Multiple Paths

이호우
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 학사과정)

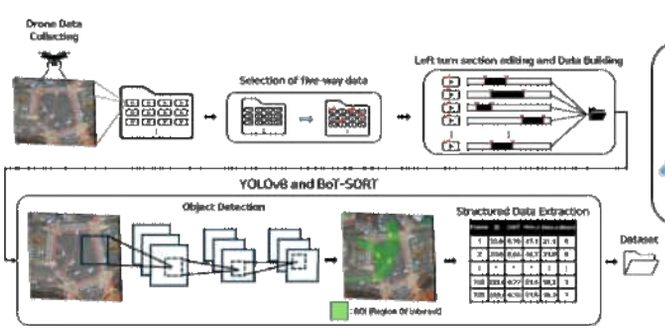
노병준
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 조교수)

오거리 등과 같이 복잡한 신호 체계를 가진 다중 진입로 교차로는 운전자의 진입로 오인지, 차선 이탈 등의 사고 및 위험상황이 빈번하게 발생하며, 교통흐름에도 악영향을 미친다. 예를 들어, <그림 1>에 나타난 오거리의 좌회전 경로를 살펴보면, 단일 좌회전 신호에서 두 갈래로 갈라지는 복수의 좌회전 교차로이다. 이는 교차로 내 차량의 움직임이 겹치는 점이 많아 사고 위험을 높이는 요소로 작용하며, 좌회전 차량들이 통행 속도 저하 등 교통 흐름에도 악영향을 미쳐 신호 대기열이 불필요하게 길어지는 현상이 발생한다. 따라서, 다중 진입 교차로 내 단일신호-복수경로에서 차량의 경로 예측을 통해 해당 차량에게 올바른 경로를 안내하고, 후방 차량에게 전방 차량의 경로를 사전에 알려주는 등의 조치 등으로 진입로 오인지, 차선 이탈 등의 위험 상황을 예방할 수 있는 연구가 필요하다.

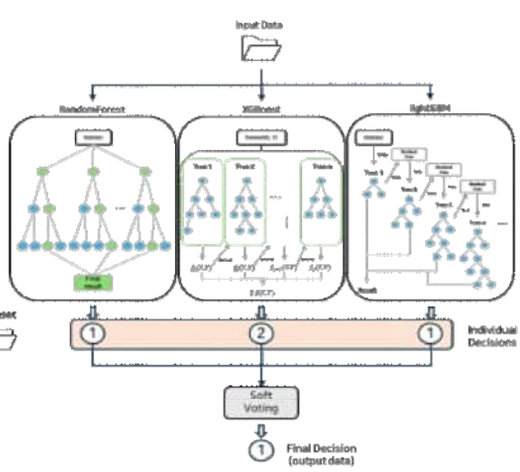
본 연구에서는 앙상블 기반 머신러닝 모델링을 활용하여 이러한 다중 진입 교차로에서의 복수경로에 대한 차량 경로 예측 방법론을 제안한다. 제안하는 시스템은 드론 영상을 활용하여 차량의 궤적을 추출하고, 차량 궤적 추출 시 <그림 1>과 같이 You Only Look Once version 8 (YOLOv8) 기반의 모델과 Bag of Tricks for SORT (BoT-SORT) 알고리즘을 활용한다. 다음으로, <그림 2>와 같이 추출된 차량 궤적 정보를 앙상블 기반 머신러닝 모델링의 입력으로 활용하여 복수의 진입 경로에 대한 예측을 수행한다. 본 연구에서 활용된 앙상블 기반 머신러닝 모델은 랜덤 포레스트, XGBoost, LightGBM 등의 세 개의 베이스 모델로 구성되어 있으며, Soft Voting을 통해 최종적인 결과를 예측한다.

본 실험에서는 제안한 모델의 성능을 검증하기 위해 대전시 유성구 충남대 오거리를 테스트 베드로 설정하고, 해당 테스트 베드 상공에서 수집한 드론 영상 데이터를 활용하였다. 해당 테스트 베드는 단일 좌회전 신호로부터 두 갈래의 좌회전(내측 좌회전 및 외측 좌회전)에 대한 진입을 가지고 있으며, 본 실험에서는 차량의 정확한 궤적 예측이 아닌, 차량의 내측 또는 외측 좌회전 중 어떤 경로로 진입할 것인지 사전에 분류하는 것을 목표로 한다. 실험 결과, 좌회전 경로 예측의 정확도는 약 97%로 나타났으며, 다중 진입 교차로 내 복수의 좌회전 경로에 대한 차량 궤적 예측에 대한 가능성을 보였다.

본 연구에서 제안한 차량 경로 예측 방법론의 고도화를 통해 다중 진입 교차로 내 복잡한 경로에 대한 선택 문제를 해결하여 교통사고 예방과 교통 흐름 개선에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 차량의 경로 이탈이나 진입로 오인 문제를 효과적으로 예방할 수 있을 것으로 기대되며, 이를 통해 차량 운전자는 복수 경로 교차로에서도 신속하고 정확한 경로 선택이 가능해지고, 후속 차량에게도 앞 차량의 좌회전 경로에 대한 사전 정보를 제공하여 급정지나 예기치 못한 차선 변경 등의 사고를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.



<그림 1> 데이터셋 구축



<그림 2> 모델 프레임워크

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

2024년 ITS 분야 KS 표준화 동향 분석

Analysis of Korean Industrial Standards(KS) Standardization Trends in ITS Sector in 2024

주정은 (ITS Korea, 연구원)

양륜호 (ITS Korea, 부장)

김재홍 (ITS Korea, 연구원)

1. 개요

ITS 관련 기술 발전에 따라 C-ITS, 자율협력주행 등 ITS 분야에 신규 서비스 도입이 확대되고, 서비스 간 융·복합이 지속적으로 추진됨에 따라 국내·외적으로 서비스 제공의 호환성 확보를 위한 표준의 중요성이 증대되고 있다. 국내에서도 이와 관련된 다양한 표준화가 추진되고 있는데, 특히 국가기술표준원에서 고시하는 ITS 분야 KS는 주로 국제표준화기구(ISO)의 ITS 분야 담당 기술위원회인 TC 204에서 제정된 주요 국제표준을 수용하여 제정(부합화 제정)하고 있다. 이에, 본 논문은 국제 규격과 국내 규격과의 조화를 위해 추진되고 있는 ITS 분야 KS 표준화 동향을 분석하고, 최근 제정된 주요 표준을 소개함으로써 ITS 산업계가 이를 적절히 활용할 수 있도록 지원하는데 그 목적이 있다.

2. KS 표준 운영 현황 (2024년 9월 기준)

ITS 분야 KS는 2024년 9월까지 국제표준을 부합화한 표준 130종과 고유표준 4종을 포함하여 총 134종을 운영 중이다. 지능형차량도로, 전자지불, 통신, 여행자정보제공 등 ITS 관련 다양한 국제표준을 부합화한 KS 운영 중으로, 이외에도 국내 ITS 기술환경을 반영한 통신 분야 2종, 전지지불 분야 1종, 통합교통정보 분야 1종의 고유표준이 제정되었다. 특히 KS의 대응 국제표준은 자율주행, 자율협력주행, C-ITS 등 지능형차량도로 분야 서비스를 지원하는 차량 및 장비 자동인식(WG 4, 휴면), 차량 및 도로경고·제어 시스템(WG 14), 노매딕장치(WG 17), C-ITS(WG 18) 작업반에서 평균 66%로 높은 부합화율을 나타내었다.

3. 2024년 KS 제·개정 완료 표준 현황

'24년 9월까지 국내 ITS 표준 중 KS에서 1종의 표준이 부합화 제정되고, 5종의 표준이 개정 완료되었다. 신규 제정 완료된 표준은 전자지불 분야 1종으로, 전자요금징수(EFC) 국제표준화를 담당하는 작업반 ISO/TC 204/WG 5에서 제정된 국제표준을 부합화한 표준이다. 이 표준은 EFC 분야 용어, 행위자(통행료 징수자, 통행료 서비스 제공자 등) 별 수행역할 및 책임, EFC 서비스 단위 별 설명과 동작 다이어그램 등을 제공하여 차량 통행료 징수 서비스 관련 국내 이해관계자들의 참조 가능성을 높을 것으로 기대된다.

개정 완료된 KS는 전자지불 분야 3종, 통신 분야 1종, C-ITS 분야 1종으로 대응 국제표준의 변경사항을 KS에 반영하여 국내표준을 최신화하였다. 이 중 전자지불 분야 표준 3종은 신규개발된 EFC 용어 표준(ISO/TS 17573-2), 데이터 사전 표준(ISO 17573-3)을 반영하여 용어, 데이터 정의 및 참고문헌 등을 업데이트하여 해당 분야 내 국제적 상호운용성을 확보하기 위한 표준 정비 활동이 추진되었다.

이처럼 올해 제·개정된 KS는 주로 전자지불 분야에 해당되는 것으로 나타났다. 전자지불 분야 국제표준화를 담당하는 ISO/TC 204/WG 5는 최근 스마트시티, 친환경 모빌리티, C-ITS 등을 통해 ITS 분야 서비스 간 융·복합이 확대됨에 따라 유럽 중심의 전자요금징수 분야 국제표준 정비 활동을 추진 중이다. 또한, WG 5는 단순한 통행료 징수 뿐 아니라 최근 전기도로시스템, 비용 효율적 탄소규제방안 등 EFC 최신기술 및 탄소중립 실현이라는 ITS 분야 트렌드를 반영한 신규 아이템 발굴 중으로, 국내에서도 KS 도입여부를 검토하고, 수정사항을 반영하여 KS 개정을 추진하는 등 지속적인 KS 개발 및 정비 활동이 필요하다.

4. 맺음말

'24년 9월 기준 ISO/TC 204 국제표준은 총 343종이 제정되어 있으며 이 중 130종이 KS로 수용되어 운영 중인 것으로 조사되어 약 38%의 부합화율을 보이고 있다. 이 중 자율협력주행, C-ITS 등 부합화 필요성이 높은 차량/도로용 경고 및 제어시스템 분야(WG 14), C-ITS 분야(WG 18) 표준 대부분은 KS로 부합화 되어 있어 국제환경에서 이슈가 되는 국제표준을 중심으로 KS 개발을 진행 중인 것으로 분석된다.

최근 ITS의 범위가 스마트시티, 모빌리티, 빅데이터 등 다양한 융·복합 서비스 및 신기술로 확장되고 있을 뿐 아니라, 탄소중립, 디지털화 등 ITS 분야 국제목표달성을 지원하기 위한 분야 간 융합에 따라 전자요금징수 등 전통적인 ITS 분야에서도 신규 아이템 발굴 및 기존 표준 정비활동이 이루어지는 만큼, 시의적절한 국내 KS 수용이 필요하다. 이처럼 국내 산업계가 세계적인 기술 변화를 이해하고 참조함은 물론 국내 ITS 시스템의 국제조화 달성을 지원할 수 있도록 지속적인 모니터링과 표준의 보급이 필요할 것으로 판단된다.

사사: 본 논문은 국가기술표준원 '2023년도 표준개발협력기관 지원사업' 수행의 일환으로 작성되었음

Z세대의 이동 데이터 기반의 상권 특성 분석

Analysis of Commercial Area Characteristics Based on Z Generation Mobility Data

박상현	김준희	양홍준	최현권	추상호	장양중
(홍익대학교 도시공학과 학부)	(홍익대학교 도시공학과 학부)	(홍익대학교 도시공학과 학부)	(홍익대학교 도시공학과 학부)	(홍익대학교 도시계획과, 교수)	((주) 엠큐닉, 전무)

Z세대는 1990년대 중후반에서 2010년대 초반에 태어난 세대를 지칭하며, 최근 새로운 소비 중심층으로 떠오르고 있다. 따라서 Z세대의 다양한 이동과 소비 패턴을 분석할 필요가 있으며, 변화하는 소비 패턴에 대한 유동적이면서 지속적인 데이터의 수요가 증가하고 있다. 또한 맞춤형 마케팅 서비스 및 전략을 수립할(B2B) 필요도 있다.

Z세대는 온라인 쇼핑, 모바일 결제 등 디지털 환경에서의 소비가 증가하였다. 이들은 단순히 상품에 집중하기 보다는 SNS 등 온라인 트렌드에 따라 소비하는 경향을 보여주고 있다. 또한 경험의 가치를 중시하며 공유문화가 활성화되어 있다. Z세대는 '서울 공화국' 현상으로 지방의 Z세대들이 일자리와 학업을 위해 서울로 이동하는 경향을 보이며, 대부분이 자차가 없는 사회초년생으로 대중교통 중심의 이동 패턴을 지니고 있다. 따라서 Z세대의 유동인구 데이터와 상권 데이터를 비교분석하면 이들의 소비패턴을 파악하고 예측할 수 있다.

본 연구는 Z세대의 이동과 상권 데이터를 분석하여 최적의 비즈니스 입지 및 전략을 수립하고자 한다. 이를 통해 Z세대의 취향을 반영한 상권을 개발하고 유연한 비즈니스 모델(BM)을 구축하여 지역 특화 서비스 및 상품을 제공할 수 있을 것이다.

본 연구의 수행방법은 이동 데이터를 추출 및 분석하여 인사이트를 도출한다. 데이터 추출과정은 데이터 전처리, 데이터 추출 및 가공, 시각화의 순서로 진행된다. 이렇게 추출된 데이터와 상권 데이터를 결합하여 Z세대가 주로 방문하는 상권의 특성을 도출하고, 해당 상권의 미래 성장 가능성을 예측한다. 그리고 이를 기반으로 상권 활성화 전략을 제안하며 지역별 상권 개발에 관한 정책적 시사점을 도출한다.

본 연구를 통해 상권의 최적화와 맞춤형 상권 형성이 가능하며, Z세대를 타겟으로 한 효율적 마케팅 전략수립이 가능할 것으로 기대된다. 이를 통해 상권 내 업종 구성을 다변화하고 최적화된 입지를 선정할 수 있게 된다. 또한, 스마트 시티 개발의 기초자료로 활용될 수 있으며, 도시 내 상업 지역의 조화로운 발전과 교통, 인프라, 상업 지역 배치 등 효율적인 토지이용계획 수립에 기여할 수 있을 것이다.

사사: 본 논문은 고용노동부의 "도시·교통·IT분야 청년 일경험 지원(프로젝트형)"사업으로 지원되었다.

전기차 일 평균 주행거리 산정 및 내연기관차와의 비교 분석

A comparative analysis of the average driving distances between electric vehicles and conventional vehicles

변민우 (계명대학교, 석사과정) **권오훈** (계명대학교, 부교수) **도우석** (계명대학교, 조교수) **김용환** (한국교통안전공단, 연구원)

우리나라의 자동차 등록대수는 2023년 기준 25,949,201대로 2017년 이후 지속적으로 증가하고 있다. 내연기관차는 2017년부터 증가했으나 2023년에는 전년 대비 85,191대 감소하였다. 한편, 전기차 등록대수는 2019년 (코로나 19시기) 이후 매년 급격하게 증가하고 있다. 내연기관차와 비교했을 때 전기차의 등록대수는 증가하고 있으나, 실제 전기차 이용자들의 용도별, 차종별, 지역별 주행거리 및 분포에 대한 통계 자료 및 분석·연구는 내연기관차 대비 부족한 실정이다.

본 연구는 자동차검사정보를 활용하여 전기차와 내연기관차의 일 평균 주행거리를 연도별로 산정하고, 세부 분류별 일 평균 주행거리 산정, 차종별 분포의 특성 비교 분석, 그리고 t-검정을 통해 전기차, 내연기관차의 통계적 차이를 비교 분석하였다. 본 연구에 활용한 자동차검사정보는 한국교통안전공단의 자동차검사통합시스템(VIMS, Vehicle Inspection Management System)에서 수집했다. 본 연구는 2023년도 유효표본을 활용하여 분석하였다. 본 연구는 하이브리드를 제외한 전기차를 분석했으며, 내연기관차는 휘발유, 경유, LPG 자동차를 포함한다. 차종 분류기준은 「자동차관리법 시행규칙」 별표1(자동차의 종류)에 따라 승용차, 승합차, 화물차, 특수차로 구분하였고, 특수차는 표본수가 부족하여 분석에서 제외하였다. 본 연구에서는 전기차와 내연기관차의 연도별, 용도별, 차종별, 지역별 일 평균 주행거리의 통계적 유사성을 검증하기 위하여 독립표본 t-검정을 수행하였다. 본 연구는 아래 두 개의 귀무가설을 설정했다.

- 귀무가설 Ⅰ : 전기차와 내연기관차의 용도별 차종별 일 평균 주행거리는 동일하다.
- 귀무가설 Ⅱ: 전기차와 내연기관차의 용도별 지역별 일 평균 주행거리는 동일하다.

전기차와 내연기관차의 일 평균 주행거리를 비교 분석 결과는 다음과 같다. 연도별 비교 분석 결과, 전기차는 2019년부터 2022년까지 13~17%의 높은 증가율을 보이며, 2023년에는 1.2% 증가해 2022년과 비슷한 수준을 유지하였다. 반면 내연기관차는 2021년을 제외하고 매년 감소하며, 2022년에는 약 8.7% 감소한 것으로 나타났다. 용도별 차종별 비교 분석 결과, 비사업용 승용차와 승합차에서 전기차는 하루 평균 11.6km, 75km 더 긴 주행거리를 보였고, 사업용 화물차는 내연기관차가 전기차보다 하루 평균 62.6km 더 긴 주행거리를 보였다. t-검정을 통한 비교 결과, 비사업용 승합차를 제외한 모든 차종에서 내연기관차와 전기차는 통계적으로 유의미한 차이가 있었다 (Reject H_0). 용도별 지역별 비교 분석 결과, 모든 지역에서 비사업용 전기차가 내연기관차보다 더 긴 주행거리를 보이며, 세종시에서 14.6km/일로 가장 큰 차이가 나타났다. 반면, 사업용 차량에서는 내연기관차가 더 긴 주행거리를 보이며, 울산시에서 67.1km/일로 가장 큰 차이가 나타났다. t-검정 결과, 모든 지역에서 전기차와 내연기관차의 일 평균 주행거리는 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 승용차 용도별 밀도 분포 분석 결과, 비사업용 승용차에서 전기차 39km/일, 내연기관차 20.5km/일에서 가장 높은 밀도를 보이고, 사업용 차량에서는 전기차가 43.8km/일, 내연기관차가 38.7km/일에서 가장 높은 밀도를 보였다. 승합차 용도별 밀도 분포 분석 결과, 비사업용 승합차에서는 전기차와 내연기관차가 모두 22.7km/일에서 가장 높은 밀도를 보였다. 사업용 차량에서는 전기차가 203.5km/일, 내연기관차가 61.9km/일에서 각각 높은 밀도를 보였다. 화물차 용도별 밀도 분포 분석 결과, 비사업용 화물차는 전기차가 30.9km/일, 내연기관차가 14.4km/일에서 최고점을 보였고, 사업용 화물차는 두 차종의 주행거리가 유사하나 전기차가 더 긴 주행거리를 운행하는 경향을 보였다.

본 연구는 전기차와 내연기관차의 일 평균 주행거리를 산정하고 연도별, 용도별, 차종별, 지역별로 통계적 비교 분석을 수행하였다. 비사업용 차량에서 전기차는 내연기관차보다 긴 주행거리를 보였는데 이는 저렴한 전비, 전기차 보급률 상승, 충전 인프라 확충 등이 원인으로 추정되며, 사업용 차량에서 승합 전기차의 경우 경제성과 운영 효율성이 높은 주행거리의 원인으로 시사된다. 그러나 사업용 화물차는 적재 한계로 내연기관차가 더 긴 주행거리를 보였으며, 이 적재 한계 해결 시 전기차 전환률이 높아질 것으로 예상한다. 세종시에서는 전기차 보조금 지원 등과 같은 정부 정책이 영향으로 전기차 주행거리가 높게 나타난 것으로 추정되고, 울산시는 자동차 및 조선업 관련 운송 수요가 원인으로 추정된다. 반면, 제주시에서는 전기차 자동차 대여사업 수요 증가가 원인으로 추정된다. 본 연구는 전기차와 내연기관차 비교 분석을 실시했으며, 향후 주행거리에 영향을 미치는 요인 분석과 분포 모형 추정 등에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

사사: 본 연구는 한국교통안전공단 “주행거리통계 분석 과정 고도화 및 통계연구 용역”의 지원으로 수행되었음

교통약자 수요응답형 대중교통 서비스 플랫폼 개발

Development of a Demand Responsive Transit service platform for transportation vulnerable people

이현준 박찬 서채연 김혜진 임애린 정남진 장유진 박미예

((주) 에이아이네트웍스)

본 논문에서는 인공지능(AI) 기반 최적 경로 알고리즘을 활용하여 수요응답형 대중교통 서비스 플랫폼의 핵심 요소인 최적 경로 및 효율적인 경로 설계를 제안한다. 이러한 알고리즘을 통한 최적 경로 제공은 교통 약자 및 일반 이용자의 시공간적 활동 범위를 확장시키며, 서비스의 효율성과 이용자 만족도 향상에 직접적으로 기여한다. 수요에 기반한 유연한 경로 설정 및 서비스 플랫폼 개발은 수요응답형 대중교통 서비스의 이용률을 높이는 동시에, 교통 약자를 포함한 모든 이용객의 편의성과 만족도를 증대시키는 데 중요한 역할을 한다. 더 나아가, 이러한 접근은 지역사회의 지속 가능한 발전에도 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

최근 인구 감소로 인해 노선버스의 적자 노선이 증가하고, 지자체의 교통 예산 또한 매년 증가하는 추세이다. 이런 문제를 해결하기 위한 대안으로 수요응답형 교통 체계(DRT) 플랫폼이 전국적으로 확산되고 있다. DRT는 이용자의 수요에 따라 구간 및 정류장을 탄력적으로 운영하는 서비스로, 특히 교통 약자의 이동 편의성을 향상시킬 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 국토교통부 조사에 따르면, 대중교통의 최소 서비스 기준을 충족하지 못하는 취약지역이 존재하며, 전체 인구의 30%를 차지하는 교통 약자들은 대중교통 이용 비율이 높으며, 이들의 수요에 맞춘 DRT 서비스는 기존의 노선을 효과적으로 대체할 수 있는 대안으로 주목되고 있다. 본 논문에서는 VRP Routing에 기반한 DRT Platform을 개발하는 것을 목표로 한다.

2. 본론

2.1 VRP Routing 알고리즘

VRP 라우팅 알고리즘이 동작하기 위해서는 모든 정류장의 위치 정보(node_info)와 정류장 간의 이동 시간 정보(link_info)가 필요하다. 이 두 정보를 상시 데이터화하여 유지하고 있으며, 이를 기반으로 새로운 이용자(승객)의 요청이 발생할 경우, 해당 승객의 요청을 수행할 수 있는 최적 경로를 탐색한다. 라우팅 알고리즘이 동작하기 위해 필요한 정보는 [표 1]에 제시되어 있으며, 이를 바탕으로 승객의 요청을 효율적으로 처리할 수 있는 최적 경로를 찾아낸다.

<표 1> Routing 동작 시 필요 정보

No	내용
1	현재 운행 중인 경로
2	호출된 요청의 출발/도착 정류장
3	차량의 현재 위치로부터 요청된 출발 정류장까지의 소요시간
4	차량의 현재 위치로부터 운행 중인 다음 정류장까지 소요시간

2.2 VRP Routing 알고리즘을 적용한 앱 내 차량 호출

이용자는 앱을 실행한 후 출발지와 도착지를 입력하고 탑승 인원을 선택하여 차량을 호출할 수 있다. 인공지능 기반의 최적 경로 알고리즘을 통해 가까운 두 대의 차량이 추천되며, 이용자는 원하는 차량을 선택하여 호출을 진행한다. 호출된 차량에 대한 차량번호, 도착 예정 시간, 탑승 좌석, 승차 및 하차 예상 시간을 제공하여, 이용자가 효율적으로 승차지로 이동할 수 있도록 돕는다. 차량 도착 후 좌석 배치도를 통해 탑승 좌석을 확인할 수 있으며, 탑승 중인 차량의 이동 경로를 앱 내 지도에서 실시간으로 확인할 수 있다. 이러한 정보 제공을 통해 이용자는 필요한 정보를 손쉽게 확인할 수 있어 이동 계획이 간편해지며, 배차 정보 제공으로 대기 시간을 줄이고 이동 시간을 단축할 수 있다.

3. 결론

본 논문은 교통 약자와 일반 이용자들의 수요에 따라 경로 설정 알고리즘을 적용한 수요응답형 대중교통(DRT) 서비스 플랫폼을 개발하여, 이용자의 편의성과 이동 효율성을 향상시키는 방안을 제시한다. 본 연구에서는 앱을 통해 차량 추천 및 시간, 경로 제공 결과를 확인하였으며, 생성된 시간 및 경로는 추가적인 검증이 필요하다. 향후 알고리즘을 발전시켜 천안시에서 시범 운영할 계획이며, 이를 통해 이용자의 이동 편의성을 증대시키고 교통 약자의 불편을 해소하는 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대된다. 결과적으로, DRT 서비스 플랫폼 개발은 서비스의 효율성을 제고하고, 지역사회의 경제적 및 사회적 발전에 기여할 것으로 전망된다.

사사: 본 논문은 천안시 미래모빌리티 혁신 역량+사업의 지원으로 작성되었음.

수요응답형 교통서비스(DRT) 지역별 도입전략에 관한 연구

A study on Regional Adoption Strategies for Demand-Responsive Transportation Services

김다현
(한국교통연구원, 청년 인턴)

이종덕
(한국교통연구원, 부연구위원)

본 연구는 수요응답형 교통서비스(DRT)의 지역별 도입 전략을 대도시권과 지방권으로 구분하여 심층적으로 분석한다. 수요응답형 교통서비스(DRT)는 승객의 실시간 수요에 따라 유연하게 운행 경로와 스케줄을 조정할 수 있는 대중교통 시스템으로, 전통적인 정기 노선버스나 지하철과는 달리 교통 수요의 변화에 즉각적으로 대응하는 장점을 가진다. 연구의 주요 목적은 각 지역의 교통 특성과 요구를 반영하여 수요응답형 교통서비스(DRT)의 효과적인 도입 전략을 제시하고, 이 시스템이 교통 서비스 개선에 어떻게 기여할 수 있는지를 밝히는 것이다.

대도시권에서는 교통 혼잡과 대중교통 이용의 비효율성을 해소하기 위해 기존 교통망과의 통합 및 데이터 기반의 최적화를 통해 수요응답형 교통서비스(DRT) 운영 효율성을 극대화해야 한다. 이를 통해 대중교통의 통합성과 접근성을 향상하기 위한, 실시간 수요 예측과 교통 흐름 조절이 가능해져 교통 체증 완화와 이용자의 편리함을 증대시킬 수 있다. 지방권에서는 고령화 및 인구 감소 등의 지역적 특성을 고려하여 교통 서비스의 접근성을 높이고 주민들의 이동 편의를 증진시키는 방안이 필요하다. 이 지역에서는 수요응답형 교통서비스(DRT)의 수요 예측 및 맞춤형 서비스 제공을 통해 교통 격차를 해소하고, 지역 주민들이 필요한 교통 서비스를 효율적으로 제공할 수 있는 전략이 논의될 것이다.

연구는 문헌 조사와 사례 분석을 통해 지역 특성에 맞춘 수요응답형 교통서비스(DRT) 도입 전략을 도출한다. 특히, 셔클 데이터를 활용하여 각 도시의 교통 패턴과 수요를 분석하고, 이를 바탕으로 지역별 수요응답형 교통서비스(DRT) 운영 사례를 연구한다. 셔클 데이터는 실시간 교통 정보와 승객 수요를 상세히 반영하여 DRT 운영의 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 또한, 성공적인 수요응답형 교통서비스(DRT) 운영 사례를 분석하여 정책적 권고사항을 도출하고, 각 지역의 인구 및 대중교통 현황을 분석하여 최적의 수요응답형 교통서비스(DRT) 운영 모델을 제안한다.

본 연구는 수요응답형 교통서비스(DRT)가 지역의 교통 문제를 해결하고 교통 서비스의 접근성을 향상하기 위한 실질적인 정책 방안을 제시하며, 지역별 특성에 맞는 맞춤형 수요응답형 교통서비스(DRT) 도입 전략을 통해 교통 효율성을 높이고 지역 사회의 이동 편의를 증진하는 데 기여할 것이다. 이를 통해 수요응답형 교통서비스(DRT)가 향후 대중교통의 혁신적인 모델로 자리 잡을 수 있는 기틀을 마련하고, 지속 가능한 도시 교통 시스템의 발전에 이바지할 것으로 기대한다. 연구 결과는 정책 입안자와 교통 전문가에게 실질적인 정보를 제공하여, 수요응답형 교통서비스(DRT) 시스템의 성공적인 도입과 운영을 위한 기초 자료로 활용될 것이다.

공유전동킥보드의 안전사고 저감을 위한 과금모델링 개발에 관한 연구

A Study on Developing a Pricing Model to Reduce Safety Accidents in Shared Personal Mobility

김윤성
(전남대학교 도시방재협동과정, 박사과정)

박제진
(전남대학교 토목공학과, 교수)

1. 서 론

최근 공유전동킥보드의 이용이 급격히 증가하면서 PM 안전사고 발생률도 증가하고 있는 실정이다. PM 관련 사고는 주로 헬멧 미착용, 불법 주행, 음주 운전 등 사용자 행동에 기인하며, 이는 사용자 안전의 중요성 및 경각심을 강조하는 등 사회경제적으로 시사하는 바가 크다. 기존의 PM 안전 대책은 운영 효과가 제한적이므로, 보다 혁신적인 접근이 필요하다. PM 안전사고를 줄이기 위해서는 사용자의 안전행동을 유도할 수 있는 경제적 인센티브 제공이 필요하다. 본 연구는 과금 모델을 통해 사용자에게 PM 관련 안전장비 사용 시 할인, 사고 발생 시 페널티를 부과하는 구조를 제안하고, 시뮬레이션과 사용자 피드백을 통해 제안된 모델의 효과를 검증하며, 이를 통해 공유전동킥보드의 안전한 이용 환경 조성에 기여하고자 한다.

2. 연구 방법론

2.1 사고 데이터 : 주요 공유전동킥보드 운영사로부터 지난 3년간의 사고 기록을 수집하였다. 수집된 데이터는 사고 유형, 발생 원인, 사고 발생 시간대 및 위치 등을 포함한다.

2.2 이용 데이터 : 사용자 설문조사를 통해 전동킥보드 이용 패턴, 안전장비 사용 여부, 사고 경험 등을 수집하였다.

2.3 과금모델 설계 기본 요금 구조 : 공유전동킥보드의 이용 시간과 이동거리에 따라 기본 요금을 설정하였다. 이는 사용자에게 공정한 비용을 부과하기 위해 필요하다. 안전장비 착용 시 요금 할인을 제공하는 구조를 설계하였다.

2.4 충격 크기 계산 : 충격 크기는 속도에 따라 변하며, 속도를 30km/h에서 5km/h 단위로 낮추어 각 속도에서의 충격 크기를 계산하였다. 충격 크기 $F = \frac{1}{2}mv$ (여기서 m은 질량, v는 속도)

3. 결과 및 분석

충격 크기와 속도의 관계에 있어서 충격 크기는 속도 제곱에 비례하므로, 속도를 낮추면 충격 크기가 급격히 감소한다. 이를 통해 안전사고 발생 시 피해를 줄일 수 있다.

3.1 반응시간과 이동거리 : 운전자가 위험 상황을 인지하고 실제로 브레이크를 밟기까지 걸리는 반응 시간은 일반적으로 1.5초에서 2.5초로 간주된다. 반응시간 동안 이동하는 거리는 속도에 비례하여 증가한다. 다음 공식으로 계산할 수 있다.

$d_r = v \times t$
여기서, d_r는 반응시간 동안 이동한 거리 (미터), v는 속도 (미터/초), t는 반응시간 (초)
속도 25km/h (약 6.94 m/s): 반응시간이 2초일 때 이동거리 d_r=6.94m/s×2s=13.88m
속도 30km/h (약 8.33 m/s): 반응시간이 2초일 때 이동거리 d_r=8.33m/s×2s=16.66m

3.2. 신체적 피해 분석 : 속도가 증가함에 따라 충격량이 증가하고, 이에 따른 신체적 피해도 심각하게 커지고 피해 범위는 속도에 따라 다음과 같이 발생할 가능성이 있다.

- 5km/h 이하 : 경미한 타박상 및 찰과상, 경미한 삠
- 10km/h : 찰과상 및 타박상, 경미한 골절, 근육 및 인대 손상
- 15km/h : 골절, 관절 손상, 뇌진탕
- 20km/h : 복합 골절, 내부 장기 손상, 중증 뇌진탕
- 25km/h 이상 : 심각한 골절 및 복합 골절, 심각

본 연구는 속도와 충격량의 관계, 반응시간 동안의 이동거리, 그리고 속도에 따른 신체적 피해의 범위를 분석하여, 전동킥보드의 안전을 보장하기 위한 속도 제한의 필요성이 존재한다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 공유전동킥보드의 안전사고 저감을 위한 과금 모델을 제안하고, 이를 통해 PM 사고 발생을 줄일 수 있음을 확인하였다. 정부 및 운영사에게는 이러한 과금 모델 도입을 통해 PM 안전사고를 줄이는 정책적 시사점을 제공한다.

5. 본 연구는『2024년 재난안전 전문인력 양성 교육가관 지원사업』으로, 본 연구를 기원해 준 광주광역시에 감사드립니다.

고속도로 합류 구간에서의 주행 조건에 따른 의사결정 구분: 수치 분석을 기반으로

Decision-making according to driving conditions at freeway merging section: Based on numerical analysis

고은정
(KAIST 조천식 모빌리티대학원, 연수연구원)

장기태
(KAIST 조천식 모빌리티대학원, 교수)

합류에 대한 위치 결정은 합류부를 통과하는 차량 간에 발생하는 상충을 사전 예방하고 경로 설계에 앞서 주행 안전을 확보하기 위해 중요한 부분이다. 고속도로 합류부에서의 합류 결정은 상호작용을 구축하는 차량들의 현재 교통 상태에 따라 달라질 수 있다. 본 연구는 합류 구간에서 운전자 간 상호작용이 이루어지는 의사결정 과정을 면밀히 분석하고, 보다 효과적인 의사결정 전략을 제안하기 위해 수행되었으며, 합류 구간에서 발생하는 상충 가능성을 줄이고, 효율적인 교통 흐름을 유도할 수 있는 운전 전략을 도출하는 것을 목표로 하였다.

이를 위해 본 연구는 합류부 내 가속차로를 주행하는 합류 차량과 본선에서 주행 중인 통과 차량을 분석 대상으로 정의하고, 이들의 행동과 의사결정을 명확히 구분하였다. 다음으로, 다양한 주행 상태에 따른 선택 전략을 확인하기 위해 변수의 범위를 설정하고, 의사결정 기준 값의 도메인을 도출하였다. 분석 결과는 주어진 선택에 따라 변화하는 현재 교통 상태와 의사결정, 그리고 예측 가속도의 확률로 제시되었다.

본 연구의 주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 합류 및 통과 차량의 주행 상태가 유사하고 두 차량 간의 간격이 좁을 때 상충 발생 가능성이 높아진다. 이는 운전자가 도로 환경을 빠르게 인식하고 즉각적으로 반응하지 못할 경우 충돌 위험이 크게 증가할 수 있음을 시사한다. 둘째, 주행 조건에 따라 차량들은 '전진 차선 변경 및 양보', '상충', '후진 차선 변경 및 비양보'의 세 가지 의사결정을 선택할 수 있으며, 선택은 각 차량의 속도, 가속도, 거리와 같은 다양한 요인에 의해 영향을 받는다. 셋째, 충분한 주행 조건의 차이로 인해 명확한 합류 결정을 유도할 수 있는 상황을 제외하면 대부분의 주행 상황에서 상충이 발생할 가능성이 존재한다. 이는 주행 중 선택이 대다수의 경우에서 불확실성을 동반하기 때문에, 운전자 간의 상충이 완전히 제거되기 어려움을 의미한다. 넷째, 합류부에서 운전자는 상대 차량의 주행 전략을 고려하여 자신의 주행 결정을 조정해야 하며, 이를 통해 보다 안정적이고 안전한 교통 상태를 유지할 수 있다.

본 연구의 중요한 결과에도 불구하고, 합류 결정을 더 잘 이해하기 위해서는 향후 연구가 필요하다. 먼저, 제안된 의사결정의 합리성을 검증하기 위해 실제 도로 환경 또는 실험 데이터를 활용한 후속 연구가 필요하다. 이를 통해 제안된 모델이 실제 교통 상황에서 얼마나 잘 작동하는지 확인할 수 있을 것으로 사료된다. 다음으로, 연구의 분석 범위를 확대함으로써, 다양한 상황에 적용 가능한 일반화된 의사결정 모델을 구축할 수 있을 것으로 사료된다. 결론적으로, 본 연구는 고속도로 합류부에서의 차량 상호작용을 고려하여 효과적인 의사결정 방안을 제시함으로써, 교통 안전성과 효율성을 높이는 데 기여할 수 있는 중요한 기초자료를 제공한다. 향후 연구에서는 본 연구에서 도출된 이론적 모델을 실제 데이터로 검증하고, 다양한 교통 상황에 적용할 수 있는 구체적인 전략을 제시함으로써 도로 안전성 증진에 기여할 수 있을 것이다.

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

Tagless Gate 도입에 따른 수도권 지하철 주기적 정산체계 구축방안

Toward Periodic Revenue Allocation of Seoul Metropolitan Subway System
According to Installation of Installation of Tagless Gate

신성일
(서울연구원)

박호철
(명지대학교)

현행 지하철 수입금 배분 방식은 개별승객의 지하철 Gate Tag 정보에 의해서 생성된 자료를 기반으로 적용된다. 교통카드에서 생성된 전체 Tag 기록을 대상으로 승객의 경로선택모형을 구축하고 이들 경로에서 나타나는 기여도를 추정하여 수입금을 배정한다. Tag Gate는 Tag 단말기가 소속되어 있는 운영기관에서 자료가 생성되며 이들 자료는 교통카드의 Pairing 작업을 통해서 승객의 출발, 수단, 도착의 모든 과정에 포함되는 지하철 수단이용을 요금-수입금 배분 방식을 적용한다. 한편 수도권 버스-지하철 통합대중교통 요금체계는 COVID19 이후 Tagless Gae 도입의 필요성에 의해서 계획이 추진되고 있다. 따라서 향후 Tagless Gate가 본격적으로 운영되는 요금체계에서 현재 지하철 수입금 배분체계의 전개 방향을 진단하고 새로운 시스템 구축에 요구되는 방안 마련이 필요하다.

본 연구는 Tagless Gate가 운영되는 시점에서 현행 통합대중교통 수입금 배분의 2가지 방향인 버스-지하철, 지하철-지하철의 정산과정이 일일 단위의 주기성을 띠는 상황을 염두에 두고 방안을 검토하였다. 우선 Tagless Gate의 도입이 완료되는 시점을 가정하여 승객의 교통카드자료는 가상머신에 통합적으로 관리 및 생성되는 상황이 나타날 것으로 판단하였다. 이러한 상황에서 주기적 정산체계는 1일 단위로 정산이 진행되는 과정을 염두에 두고 시간대별로 나타나는 수도권 지하철의 Network 변화상황을 반영하는 방안을 제안하였다. 또한 수도권 지하철 운영기관이 정산과정에서 매일 참여하고 리포트를 제공받는 방안으로 검토하였다.

서울시 지하철 재환승 정책에 따른 수입금 영향 분석

Revenue Impact Analysis of Re-Transfer Policy of Seoul Subway

신성일
(서울연구원)

남두희
(한성대학교)

정경덕
(서울교통공사)

지하철 재환승은 일정 시간 내에 지하철 역사를 이용한 승객에게 요금을 부과하지 않는 제도이다. 현재 서울시 지하철은 재환승 제도를 도입하여 15분 내에서는 별도의 요금부과 없이 지하철 역사의 편의시설을 사용할 수 있으며, 재환승을 통해 반대편 승강장으로 넘어가는 상황을 허용함으로써 승객의 편의를 도모하고 있다.

한편 재환승 정책이 시행되기 전에는 승객에게 부과된 요금은 수도권 지하철 운영기관의 전체 수입으로 배분되었다. 따라서 재환승 정책으로 인한 수입금 배분의 감소가 운송기관별로 미치는 영향이 상이하다. 이는 재환승에 의해서 승객의 경로선택과 이로 인한 지하철 운송기관의 수입금 배분에 영향을 미치게 된다.

본 연구는 서울시의 재환승에 따른 승객의 지하철의 합리적 이동경로선택과 함께 운송기관의 수입금 배분 전략을 통합하여 개별 운송기관의 수입금에 미치는 영향을 분석하는 모형을 구축한다. 현재 교통카드자료는 버스는 이동 노선이 구체적으로 인지되기 때문에 승객의 이동경로가 정확하게 분석된다. 한편 지하철은 환승에 의한 승객의 이동경로의 불확실성으로 승객의 이동경로에 따라서 지하철 운송기관이 배분되는 수입금이 결정되는 구조이다. 따라서 수도권 지하철에서 나타나는 승객의 이동경로를 추정하는 방안이 필요하며, 재환승으로 분류되는 승객을 구분하고 모형으로 설정하는 방안의 검토가 요구된다.

구축된 모형은 재환승을 시행하기 전과 후로 구분하고 재환승 시간의 변화에 따라 승객의 요금이 수입금으로 변화하는 과정을 추적한다. 이를 위해 재환승 전, 5분, 10분, 15분, 20분의 재환승에 민감도에 따른 운영기관이 받는 수입금의 영향을 분석한다. 현재의 수도권 통합요금체계는 환승할인과 거리비례요금제의 2중 구조로 개별승객의 요금이 배분되는 상황에서 서울시에 한정된 재환승 정책이 수도권 전체의 통합대중교통 요금체계로 미치는 영향에 대한 검토 연구의 성격으로 결론을 도출한다.

서울 지하철 '무료 재승차' 15분으로 확대...10월 7일부터

기자 손지민

대중교통 취약지역 분석을 통한 형평성 확보 방안 연구

Equity Solutions through Analysis of Public Transport Vulnerable Areas

심현섭
(서울시립대학교 교통공학과, 석사과정)

박현수
(서울시립대학교 교통공학과, 박사수료)

박신형
(서울시립대학교 교통공학과, 교수)

도시 교통 체계에서 대중교통은 승용차를 소유하지 않은 주민들에게 이동권을 보장하는 필수 서비스로 자리 잡고 있다. 그러나 동일한 지역에 거주한다고 해서 모든 주민이 양질의 서비스를 제공받는 것은 아니므로, 서비스 형평성에 대한 문제가 제기되고 있다. 또한 국가와 지자체는 노선 체계 개편 및 시설 확충 등 대중교통 서비스 개선을 위해 지속적인 노력을 기울이고 있으나, 이러한 접근 방식은 대중교통 노선 길이를 증가시켜 서비스의 품질을 저하시키고, 지자체의 재정 부담을 가중시킬 우려가 있다. 따라서 본 연구에서는 파주시를 대상으로 취약지역을 판별하고 여러 특성을 고려하여 기존 시설 개편 혹은 신규 모빌리티 도입 등 모빌리티 개선 방향을 제시하고자 한다. 이를 위해 오픈소스 기반의 지리정보시스템 소프트웨어인 QGIS를 활용하여, 대중교통 접근성에 대하여 분석하였다. 파주시 전체를 100m 단위의 hexagon으로 구분하여 각각의 ID를 추출하였다. 이후 각 그리드의 중심점으로 시설물까지의 접근성을 평가하였다. 또한 접근성을 평가 할 때 버스 노선 개수, 빈도 등을 가중치로 활용 하였다. 분석 결과, 많은 주민들이 대중교통 수단을 이용하고자 하나, 인근 버스 정류장까지의 거리와 대기 시간 등의 요소로 인해 실제 이용에 어려움을 겪고 있음을 확인하였다. 특히, 특정 지역에서는 주요시설과의 접근성이 떨어져 대중교통 서비스 이용이 어려운 상황이 발생하는 것으로 나타났다. 이 연구는 파주시 내 대중교통 서비스의 현황을 명확히 파악하고, 이를 바탕으로 이동성 향상 및 형평성 강화를 위한 정책적 제언을 제공하는 데 기여하고자 한다. 이러한 분석은 대중교통 취약지역 주민들의 이동 편의를 증진시키고, 사회적 불평등을 해소하는 데 중요한 기초 자료가 될 것으로 기대된다. 향후 연구로 현재 운영하고 있는 모빌리티 수단인 DRT 혹은 PM등의 추가 수단들을 함께 고려하여 취약지역 분석에 더 개선된 분석을 수행하고자 한다.

빅데이터 기반의 서울시 노인 무임승차와 도시철도 운영 효율성 분석

Analysis of Senior Citizens' Free Transportation and Urban Rail Operation Efficiency Based on Big Data in Seoul

강현수	조준현	왕세빈	권민지	추상호	장양중
(홍익대학교 도시공학과 학부)	(홍익대학교 도시공학과 학부)	(홍익대학교 도시공학과 학부)	(홍익대학교 도시공학과 학부)	(홍익대학교 도시계획과, 교수)	((주) 엠큐닉, 전무)

고령화 사회에 진입하면서 서울시의 노인 무임승차 제도가 대중교통 운영에 큰 영향을 미치고 있다. 이 제도는 노인의 이동권을 보장하는 기본적인 복지 정책이지만, 동시에 대중교통 운영에 재정적인 부담과 혼잡을 유발하는 문제로 대두되고 있다. 이는 승객 전체에게 부정적인 영향을 미치는 것을 넘어 대중교통 서비스의 수준을 낮출 가능성이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 노인 무임승차가 교통 혼잡에 미치는 영향을 구체적으로 파악하고, 빅데이터 기반의 예측 모델을 통해 문제를 해결할 수 있는 실질적인 방안을 제시할 필요가 있다.

본 연구는 서울시 내 노인 무임승차로 인해 발생하는 대중교통 혼잡도를 빅데이터로 분석하고, 노선별 혼잡도와 이용패턴을 분석한다. 데이터를 통해 노인들이 주로 이용하는 시간대, 노선, 지역 등을 분석하여 무임승차로 발생하는 운영 문제를 알아보고 개선 방안을 제시하고자 한다. 교통카드 사용 내역, GPS기반의 실시간 교통 혼잡도 데이터, 대중교통 운행시간표 및 승객 탑승률 데이터를 수집하여 노인 무임승차로 인한 노선별, 지역별, 시간별 혼잡도를 분석하고, 분석한 결과를 시각화 하여 혼잡도 히트맵과 그래프를 작성한다.

본 연구를 통해 노인 무임승차로 인한 대중교통 혼잡도를 구체적으로 분석함으로써, 효율적인 교통 정책을 설계할 수 있는 기초 데이터를 제공하고자 한다. 특히, 빅데이터 분석을 통해 시간대별, 노선별로 혼잡이 발생하는 주요 원인을 규명하고, 이를 개선하기 위한 정확한 예측 모델을 구축함으로써 정책 효과를 사전에 평가할 수 있다. 결과적으로, 대중교통 운영의 효율성을 높이고, 승객들의 불편을 최소화하는 동시에, 노인 복지 정책을 지속적으로 유지할 수 있는 실질적이고 실행 가능한 대안을 제시하고자 한다.

사사: 본 논문은 고용노동부의 "도시·교통·IT분야 청년 일경험 지원(프로젝트형)"사업으로 지원되었다.

UAM-DRT 연계 교통서비스 모델 개발 연구

Developing an Integrated UAM-DRT Transportation Service Model

김동현	김재윤	이동하	박유진	추상호	장양중
(홍익대학교 도시공학과 학부)	(홍익대학교 도시공학과 학부)	(홍익대학교 도시공학과 학부)	(홍익대학교 도시계획과 석사)	(홍익대학교 도시공학과 교수)	((주) 엠큐닉 전무)

세계적인 도시 인구 과밀화는 심각한 교통 체증과 사회 환경 문제를 야기하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 등장한 도심항공교통(UAM)은 지상 교통수단의 한계를 극복하고 새로운 이동 방식을 제시하고 있다. 특히 서울의 경우 출퇴근 시간대 심각한 교통 혼잡을 겪고 있어 UAM의 활용 가능성이 상대적으로 매우 높다.

하지만 UAM을 통해 '교통체증 감소'라는 목표를 달성하기 위해서는 단순히 새로운 수단을 도입하는 것만으로 충분하지 않으며, 기존 승용차 이용자들이 UAM으로 수단 전환하는 것이 필수적이다. 이를 위해서는 승용차 이용자들이 UAM 이용을 유도할 수 있는 효과적인 방안이 필요하다.

본 연구는 UAM 도입을 통해 승용차 이용을 감소하여 교통체증을 완화하는 데 초점을 두고자 한다. UAM 이용자의 출근 시 이동패턴인 '집-출발 버티포트-도착 버티포트-직장'의 형태를 고려하여, '집-버티포트' 및 '버티포트-직장' 구간에 노선형 DRT(수요응답형 버스) 서비스를 제공하는 모델을 제시하고자 한다. 이를 통해 승용차 이용자들이 UAM 이용을 선택하도록 유도하고 효율적인 교통 시스템 구축에 기여할 수 있을 것이다.

본 연구의 수행 방법으로 먼저 국내외 UAM 및 DRT 관련 문헌 연구를 통해 승용차 이용자들의 수단 전환에 영향을 미치는 요인을 분석하고 이를 기반으로 UAM-DRT 연계 서비스 모델을 구축한다. 또한, 서울시 토지이용 데이터(주거 및 업무지역), 2020 수도권 장래 교통 수요예측, 서울시 생활 인구 데이터 등을 활용하여 DRT의 운행 경로를 설정하고자 한다. 마지막으로 기존의 K-UAM 관련 SP 조사 결과를 바탕으로 UAM-DRT 연계 서비스의 전환율을 도출하고 실질적인 승용차 감소 효과를 분석한다.

본 연구를 통해 제시된 UAM-DRT 연계 서비스 모델은 향후 서울시의 교통 체증 완화 및 환경 개선에 기여할 것이며, 향후 UAM 도입 및 활용에 정책적 시사점을 제공할 것으로 기대된다.

사사: 본 논문은 고용노동부의 "도시·교통·IT분야 청년 일경험 지원(프로젝트형)"사업으로 지원되었다.

손실 데이터와 데이터 대체 방법에 대한 연구

A Study on Missing Data and Imputation Techniques

노용철 (한국전자기술연구원, 연구원)

신대교 (한국전자기술연구원, 수석연구원)

장준혁 (한국전자기술연구원, 선임연구원)

장수현 (한국전자기술연구원, 책임연구원)

자율주행 기술은 자율차 센서만으로 자율 주행이 어려우며, V2X(Vehicle-to-Everything) 통신을 활용하여 완전 자율 주행 기술이 구현 가능하다. V2X 통신에서 발생하는 네트워크 보안, 데이터 통신 품질 등의 요소가 중요하며, 특히, 통신 상태에 따라 통신 지연 및 데이터 손실이 발생한다. V2X는 차량과 인프라 간의 실시간 통신을 가능하게 하지만, 네트워크 장애로 인한 데이터 손실은 자율 주행의 성능 및 주행 모니터링에 심각한 영향을 미칠 수 있다.

본 논문에서는 자율 주행 시스템의 V2X 통신에서 발생하는 데이터 손실 문제를 해결하기 위해 IoT, 멀티미디어 분야들에서 데이터 손실에 대한 대응 방법을 조사한다. 평균/중앙값 대체법(Mean/Median Imputation), 가장 빈번한 값 대체법(Most Frequent Value Imputation)과 같은 기존의 대체 기법들이 논의되며, 이러한 방법들은 데이터 특성을 보존하는 데 한계가 있다. 이러한 한계를 해결하기 위해 UMAP을 활용한 차원 축소 및 DBSCAN을 이용한 클러스터링 기반 접근법을 제안한다. 제안된 방법은 자율 주행 차량의 CAN(Controller Area Network) 시스템에서 발생하는 시계열 데이터의 특성을 더 잘 반영하여 데이터 대체하여 향상된 성능을 보인다. 이상 탐지 데이터셋을 활용한 성능 평가 결과, 제안된 모델이 정확도, 정밀도, F1-Score 측면에서 기존의 대체 방법보다 이상 탐지에서 우수한 성능을 보인다. 제안된 방법의 추가 검증을 위해 다양한 데이터셋에 대한 향후 연구를 제안한다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부의 2021년 자율주행기술개발혁신사업인 '자율주행차량의 차세대 내부 네트워크 보안 및 초고속 무결성 부여 기술 개발'(제 2021-0-01348)와 '차량 보안 위협 방지를 위한 공격 대응 및 지능형 RSU 기술 개발'(제 2021-0-01277)의 지원을 받았습니다.

미래 고속도로 물류 활동 효율화를 위한 화물차전용차로 선정 방법론

Study on the dedicated truck lanes selection framework for improving domestic logistics on highway

고수빈
(계명대학교 교통공학과, 석사과정)

양민수
(계명대학교 교통공학과, 학석사과정)

홍정열
(계명대학교 교통공학과, 교수)

2022년 화물공제조합 통계에 따르면, 약 29,000건의 화물차 교통사고가 발생하여 150명이 사망하고 43,000명이 부상을 당하는 등 심각한 인적 피해가 발생하였다. 이러한 사고를 줄이기 위해 다양한 정책이 제시되고 있으며, 그 중 하나로 화물차를 일반 교통과 물리적으로 분리하여 교통 상충을 줄이고 화물 운송의 효율성을 높일 수 있는 화물차 전용차로의 도입이 고려되고 있다. 화물차 전용차로는 미국 등 여러 국가에서 대형사고 방지, 통행시간 단축, 화물 운송의 정시성 제고, 환경오염 감소 등의 목적으로 특정 고속도로 구간에 설치되어 왔으며, 지속적인 연구와 프로젝트를 통해 구간이 확장되고 있다.

본 연구는 국내 고속도로 링크별(IC-IC 간 또는 IC-JC 간) 통행 및 사고 데이터를 기반으로 각 구간의 특성을 분석하여 화물차 전용차로 도입에 적합한 구간을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 2020년부터 2022년까지 3년간의 고속도로 사고 데이터를 수집하여 링크별 차종별 사고율, 교통량, 화물차량 비율, 화물 수송 실적, 차로 수, 터널 유무, 버스 전용차로 유무 등의 변수를 구축하였다.

화물차 전용차로 구간을 선정하기 위해 각 링크의 물리적, 운영적 특성에 따라 유사한 링크들을 군집화하는 과정이 첫 단계로 수행되었다. 군집화 방법으로는 거리 기반 Heirarchical clustering, 밀도 기반 Optics, 확률 기반 Bayesian Mixture 모델을 적용하였으며, 이 중 Shillouette Coefficient가 가장 높은 Heirarchical clustering을 최종적으로 사용하였다. 또한, 변수 간 상관 관계를 고려하여 주성분 분석과 요인 분석을 통해 변수들을 "도로 용량 대비 교통량", "기하구조에 따른 사고 건수", "물류 흐름에 따른 화물차 교통량"으로 그룹화하였다.

분석 결과, 총 4개의 군집으로 나눌 수 있었으며, 이 중 Cluster 4는 화물차 비율 38.5%, 화물차 사고율 55.7%로 다른 군집보다 높은 수치를 보였다. 이에 따라 Cluster 4의 구간을 잠재적 화물차 전용차로 구간으로 선정하였다. 해당 구간들의 화물차 전용차로 적정성을 평가하기 위해 의사결정 프레임워크를 구축하였다. 버스 전용차로 설치 기준 및 해외 사례를 참고하여 첫째, 화물차 비율 30% 이상을 기준으로 하였으며, 둘째, 차로 길이는 최소 400m 이상 확보해야 하며, 셋째, 터널 구간에서는 차선 변경이 어려워 제외하였다.

최종적으로 Cluster 4에 포함된 중부내륙선 고령JCT-남성주IC 구간(10.6km)을 화물차 전용차로 도입에 적합한 구간으로 선정하였다. 이 구간은 고령 산업단지 인근에 위치하여 화물차량과 일반 차량 간 상충이 자주 발생할 것으로 예상된다. 향후 연구에서는 제안된 화물차 전용차로 구간에 대해 시뮬레이션을 통한 사전/사후 평가를 진행하여 통행시간, 상충 정도, 오염물질 배출량 등의 효과를 분석할 예정이다. 이러한 연구는 화물차 전용차로 도입에 대한 정책적 의사결정의 근거를 제공할 것으로 기대된다.

수요응답형 광역 모빌리티 서비스 잠재 수요 분석 - 수원 당수 지구를 중심으로

Analysis of Potential Demand for M-DRT Service
- Focusing On Suwon Dangsu District

김홍균 (한국교통연구원, 연구원)
이종덕 (한국교통연구원, 부연구위원)
박준식 (한국교통연구원, 선임연구위원)

수요응답형 광역 모빌리티는 둘 이상의 시·도간 광역 통행을 서비스하기 위한 '수요응답형 여객자동차 운송사업'을 말한다. 광역 대중교통 수단이 부족한 신도시 지역에 적기에 대중교통 서비스를 공급하기 위해 광역교통 수요에 능동적인 대응을 할 수 있는 모빌리티 서비스이다.「여객자동차 운수사업법」및 동법 시행령 개정으로 수요응답형 모빌리티 서비스의 광역 도입이 늘어날 것으로 보인다.

본 연구의 목적은 광역 DRT 도입을 위한 잠재 수요 분석에 있다. 교통 수요 추정 방법은 크게 직접 수요 추정과 교통 수요 4단계 모형으로 나뉜다. 연구의 공간적 범위는 광역 DRT 시범 운행 지역인 수원 당수지구로 설정하였다. 전통적인 교통 수요 4단계 모형에 머신러닝(ML)을 결합해 직접 수요 추정의 특성을 반영하여 분석을 진행하였다. 이를 통해 산출된 잠재 수요는 현재 실증 운행 중인 수원시 광역콜버스(M-DRT) 운행 실적과 비교 분석하였다..

먼저, 통행발생의 통행량 산출을 위해 2기 신도시 4곳(김포 한강신도시, 파주 운정신도시, 수원 광교신도시, 분당 판교신도시)의 9개년 교통량 데이터를 바탕으로 LSTM(Long Short-Term Memory) 기법을 이용해 수원 당수지구의 토지이용률에 따른 기준 연도 교통량을 추출하였다. 2기 신도시 교통량 데이터는 선행연구에서 분석한 데이터를 활용하였으며 LSTM의 과적합 문제를 해결하기 위해 드롭아웃(Dropout)을 적용하였다. 통행분포 단계에서는 경기도 수원시에서 서울특별시로의 O/D 데이터를 활용하여 중력모형을 적용한다. 수원시 광역콜버스(M-DRT) 실증 운행은 2024년 2월 26일부터 시작하여 월평균 5천여 명의 운송 실적을 기록하였다. 앞서 추정한 수원 당수지구의 광역DRT 수요와 월평균 운송 실적을 비교분석한다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00143647)

전남권 교통SOC의 주요 현안 및 개선방안

Major Issues and Improvement Plan for Transportation Infrastructure in Jeonnam

이상준
(전남연구원, 부연구위원)

전라남도의 교통SOC 주요 현안은 교통 인프라 확충, 교통사업 경제성 확보, 전남의 특성화 전략 구축, 미래 모빌리티 경쟁력 확보 등이 있다. 이 같은 현안에 대한 개선방안은 다음과 같다. 첫째, 전라남도는 인구소멸과 교통인프라 부족으로 인해 예비타당성조사 사업의 타당성 확보가 매우 어려운 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전남 교통인프라 확충에 가장 큰 저해요인으로 지목되는 예비타당성조사의 평가대상 및 평가방식의 개선방안이 필요하다. 평가대상은 총사업비 1,000억 원 이상 대상사업만 포함하는 개선안을 제안하였다. 평가방식은 지역낙후도 점수를 가·감점제로 변경하고 평가항목의 사전가중치는 수도권과 비수도권을 인구 소멸지역과 비소멸지역으로 특성에 부합되는 조정안을 제시하였다. AHP 종합평가 방식은 공정성이 강화된 평가주체 변경과 개별 평가위원의 AHP점수 공개의 필요성을 강조하였다.

둘째, 전남에 활력을 불어줄 미래 신성장 동력 확보로 교통 인프라 확충 전략이 필요하다. 무엇보다도 광주·전남권 연계를 통한 다른 지역과의 차별성 강조가 중요하다. 따라서 산업분야·선도기업의 사전 선정으로 수요 맞춤형 특구 개발 전략을 구축해야한다. 기회발전 특구 조성은 AI, 반도체, 해상풍력, 재생에너지, 수소산업, 이차전지 산업 등 전략산업 기반 기회발전특구 지정·활성화 등이 있다. 최첨단 미래산업인 첨단의료 복합단지, 우주발사체 산업 클러스터, 미래 첨단소재 국가산단 조성 및 앵커사업 유치가 필요하다. 글로벌 에너지 중심지 도약 전략으로는 해상풍력 발전단지, 재생에너지 집적화 단지, 수소산업 생태계 구축과 풍력발전보급촉진특별법 제정 등이 시급히 정비해야 할 사안이다.

셋째, 스마트 교통인프라 특별회계법 신설이 필요하다. 현재 예비타당성조사 평가방식으로 자율주행시스템, UAM 같은 스마트인프라는 사업 타당성 확보가 어려울 것으로 예상된다. 특히 국가에서 수립된 상위계획은 예비타당성조사 과정을 거치면서 사업이 탈락되거나 장기간 지연됨에 따라 관련 정책의 비일관성과 비효율성으로 이어져 사업이 좌초되는 사례도 비일비재하다. 무엇보다도 미래 스마트 교통인프라 투자를 통해 혁신과 성장동력 확보가 가능한 방안은 기존 예비타당성조사 제도의 한계를 인정하고 미래 모빌리티인프라 도입을 위한 특별회계 설치가 필요하다. 또한 전남 지자체 단독사업 추진보다는 광주·전남 또는 초광역 남부권과 같은 연합체 구성을 통한 미래 스마트 교통인프라 추진 전략도 하나의 대안이 될 수 있다.

대규모 복합대중교통망에 적합한 Turn Label 기반 K Loopless 경로탐색 알고리즘

Turn Label Based K Loopless Path Search Algorithm
Applicable for Large Scaled Integrated Public Transit Network

이미영
(국민경제위원회)

신성일
(서울연구원)

최적경로탐색의 표지적용은 노드표지(Node Label), 링크표지(Link Label), 회전표지(Turn Label)가 소개되었다. Lee (2024)는 Turn Label을 적용한 경로탐색기법을 개발 및 수도권 지하철과 같은 환승이 연속으로 나타나는 대규모 복합대중교통망에 최적해법을 증명 및 시연하였다. 한편 K경로탐색기법은 Node 및 Link Label이 소개되었으며 Turn Label은 적용된 연구가 존재하지 않는다. 2개의 연속된 Link로 표현되는 Turn Label을 K경로탐색에 적용하기 위해서는 매우 복잡한 Turn Label간의 연결관계를 K의 수가 증가해도 유지하는 방안이 요구된다. 그러나 실제 대규모 복합대중교통망과 같은 실제 Network에 Turn Label이 적용되는 상황을 정확하게 컴퓨팅하기 곤란하다. 이러한 이유로 인해 실제 교통망에 활용하는 방안을 구축한 사례를 마련하기 어렵다.

본 연구는 진입경로에 기반하는 네트워크변형기법을 적용하는 전체경로삭제알고리즘에 Turn Label을 반영하여 K 갠의 경로를 순차적으로 탐색하는 알고리즘 구축을 시도한다. 이를 위해서는 진입링크기반 네트워크 변형이 진행되는 과정에서 Turn Label을 자동으로 인식하는 방안을 마련하기 위해서 Turn Label과 Turn Label 간의 Mapping 관계를 유지하는 방안을 구축하였다. 따라서 K개의 증가에 따른 네트워크의 확장이 가중되어도 효과적으로 K 개의 Loopless 경로를 순차적으로 탐색하는 안정적인 방안을 마련하였다

교통안전시설 통합관제시스템을 위한 데이터 모델 설계

Design of Data Models for Road Traffic Safety Facilities Integrated Management System

고정호
(한국도로교통공단, 책임연구원)

이은진
(한국도로교통공단, 책임연구원)

보행 잔여시간 표시기, 바닥형 보행신호등과 같은 교통안전시설 보조장치는 국민의 교통안전 향상을 위하여 경찰청 규격으로 제정되어 노변 환경에 설치되고 있으나, 신호정보의 취득 및 전송 방법, 전원의 공급 문제 등으로 인해 현장 시공 및 유지보수의 애로사항, 설치가 확대되어 갈수록 지주에 설치되는 제어 함체로 인해 도시 미관 저해, 장치 간 통합 제어의 제약 등의 문제점이 있고, 지자체나 업계에서는 이를 개선하고자 하는 요구와 노력이 지속되어 왔다.

이에 한국도로교통공단에서는 앞서 나열된 문제점을 해결하고, 디지털화되는 미래교통환경에 대응하고자 x86 또는 x64 기반의 범용 하드웨어(Universal Hardware)와 리눅스와 같은 범용 운영체제(Universial Operation System)를 기반으로 가상화(Virtualization), 마이크로 서비스 아키텍처(Microservices Architecture), 컨테이너화(Containerization) 개념을 도입한 통합게이트웨이(i-GW)를 중심으로, 메시지 브로커(Message Broker)를 통한 데이터 교환을 통해 기존에 하드웨어로 구현하던 교통안전시설 보조장치의 기능 일부 또는 전부를 통합 관제(제어 및 모니터링)하는 제어시스템인 교통안전시설 통합관제시스템(Road Traffic Safety Facilities Integrated Management System)의 현장 운영 안정성 검증을 위해 시범운영을 진행하고 있다.

이러한 제어시스템에서 데이터 모델은 시스템의 전체적인 성능 등을 고려하여 선정할 필요가 있으며, 현재 마이크로 컨트롤러를 사용하는 대부분의 교통안전시설은 RS-485, 이더넷 등의 통신 방식과 무관하게 바이트 배열(Byte Array)의 데이터 구조를 사용하고 있다. 바이트 배열은 비트(bit) 단위의 연산도 가능해 데이터 크기가 가장 적어 효율적인 메모리 사용이 가능한 장점이 있지만 가독성이 좋지 않고, 데이터의 추가 등 유연성과 확장성에 한계가 있기 때문에 체계적인 장치 관리에는 한계가 있다.

이에 본 논문에서는 전세계적으로 가장 널리 사용되는 단말 관리 프로토콜인 SNMP(Simgple Network Management Protocol)와 CWMP(Cpe Wan Management Protocol)에 대해 연구하고, 이들 프로토콜의 주요 개념인 관리객체(Management Objects)와 RPC(Remote Procedure Call), Event Inform을 통해 장치(Equipments and Devices)의 상태를 모니터링하고 제어하도록 하며, JSON(JavaScript Object Notation)을 데이터 구조로 사용하도록 데이터를 모델링하였다.

교통안전시설 통합관제시스템에서 사용하는 JSON 기반의 데이터 모델은 바이트 배열(Byte Array)에 비하면 데이터의 크기가 크고, 오버헤드(Overhead)가 커지는 단점이 있지만, 기가비트(Giga bit)의 통신 속도를 지원하는 이더넷(Ethernet)을 기반으로 하는 통합관제시스템에서는 큰 문제가 없고, 체계화된 계층적 구조의 데이터 모델을 가짐으로써 고수준의 관리가 용이하며, 가독성이 좋고, 정보의 추가에 대한 확장성과 유연성을 가지는 장점이 있다. 이에 교통안전시설의 체계적이고 효율적인 관리가 가능해질 것으로 기대된다.

시각장애인의 이동권 보장을 위한 시각장애인용 음향신호기 기능개선 연구

A Study on the Improvement of Accessible Pedestrian Signal for Ensuring the Mobility Rights of the Blind People

이은진
(한국도로교통공단, 책임연구원)

고정호
(한국도로교통공단, 책임연구원)

시각장애인은 이동권 제한으로 인하여 일상생활을 유지하는데 어려움이 있다. 외출시 어려움을 해소하고자 횡단보도를 안전하게 건널 수 있도록 2000년 1월에 경찰청 표준 규격 제정을 통해 '시각장애인용 음향신호기'(이하 음향신호기)가 도입되었으며, 보행신호등이 있는 철주에 설치되어 보행신호와 위치를 음향으로 안내한다.

규격 제정 이후 2022년까지 6회에 걸쳐 규격 개정이 이루어졌으나, 음향신호기 규격 개정 필요성에 대해 의견이 지속적으로 접수되어 2023년 한국도로교통공단에서는 한국시각장애인연합회와 함께 전국 시각장애인 398명을 대상으로 음향신호기의 사용 현황과 개선 의견을 수렴하여 기능 개선 항목을 선정하고, 음향신호기 개발을 통해 2024년 3월부터 6월까지 정부서울청사별관사거리에서 시범운영을 2차례에 걸쳐 진행하였다.

20대부터 60대까지의 연령대별 남녀 시각장애인 평가단 구성하여 만족도와 선호도를 평가한 이번 시범운영에서 적용된 기능들은 ① 안내멘트 축약, ② 보행 및 대기 잔여시간 안내, ③ 대각선 횡단보도 안내, ④ 압버튼 알림음 송출, ⑤ 스피커 추가설치 기능이 있으며, '보행 및 대기 잔여시간 안내 기능'은 바탕음 4회마다 잔여시간을 안내하는 1안과 잔여시간 10초 이하부터 양방향 스피커가 번갈아가며 숫자를 송출하는 2안으로 나누어 선호도를 조사하였다.

평가를 진행한 참가자들은 잔여시간 안내 기능에 만족도가 높았으며 잔여시간 10초 이하부터 안내하는 2안에 더욱 만족했다. 또한, 안내멘트가 축약되어 바탕음을 들을 수 있는 시간이 길어져 보행에 도움이된다는 반응이었다. 압버튼 알림은, 스피커 추가 설치는 이용자에게 있어 명확한 안내가 가능하여 긍정적인 반응이었다. 다만, 안내 멘트 축약 등 기존과 달라지는 부분이 있기에 전국 시각장애인을 대상으로 추가적인 의견 수렴을 진행하고 있다.

시범운영 결과와 함께 추가적인 의견 수렴을 통해 최종적으로는 경찰청 교통안전심의위원회에서 승인을 통해 「시각장애인용 음향신호기 표준규격」에 반영이 되며, 이를 통해 시각장애인의 이동권 제한의 한 부분을 개선하는 것에 기여할 것으로 기대된다.

긴급상황 영향권 분석 알고리즘 개발

Development of Impact Zone Analysis Algorithm for Emergency Situation

안현준 (서울연구원, 연구원)

강지혜 (서울연구원, 연구원)

연준형 (서울연구원, 연구원)

정영제 (서울연구원, 연구위원)

교통사고와 같은 긴급상황 발생 시 신속한 대응을 위해 사고로 인해 영향을 받는 범위를 정확하게 분석하는 것이 필수적이다. 특히 도로망을 중심으로 한 영향권은 사고 발생 위치, 도로의 교통량, 차량의 통제 및 사고 처리 시간에 따라 달라지며, 이를 효과적으로 관리하기 위한 알고리즘 개발이 요구된다. 따라서 본 연구는 센터 관리용으로서 사고 DB를 구축하여 사고 발생 시 후방에 존재하는 차량 운전자에게 상황 전달 등 향후 도로 관리 대책 및 의사결정을 지원하기 위해 대기행렬 이론을 기반으로 한 긴급상황 영향권 분석 알고리즘을 제안하였다.

본 연구에서 영향권은 공간적인 개념으로서 사고 발생지점으로부터 해당 도로 진행 방향 기준 후방으로 도로 소통에 영향을 끼치는 거리로 정의하였다. 알고리즘의 경우, 먼저 사고 발생지점, 사고 발생 링크의 교통량, 차로 수 및 통제 차로 수, 사고 발생 및 사고 종료 시점 등의 변수를 입력 데이터로 정의하였다. 그리고 사고로 인해 통제된 차로에서 발생하는 대기행렬길이를 예측하기 위해 대기행렬 이론을 적용하였다. 이를 통해 여러 가지 상황별 영향권을 산출하였다.

본 연구에서 개발된 알고리즘은 긴급상황 발생 시 대기행렬 이론을 기반으로 실시간 교통 데이터를 활용하여 유사 상황에서의 영향권을 신속히 파악할 수 있다. 이는 운영자에게 정보 제공 위치에 대한 판단의 척도를 제시하고 긴급차량 및 현장대응챠랑 관련 교통관리전략에 활용하는데 기여할 수 있다. 즉, 교통사고와 같은 긴급상황 발생 시 신속하고 정확한 영향권 분석을 통해 현장 대응 및 의사결정 지원 시스템의 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 추후 연구는 실제 데이터를 바탕으로 알고리즘의 성능을 검증하고 다양한 교통 상황에서의 실증 분석을 시행할 필요가 있다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 : RS-2023-00245890)

고령 화물차 운전자의 교통사고 발생 메커니즘 탐색: Mixed Logit Model과 Discriminant Analysis의 통합적 분석

Exploring the Traffic Accident Mechanism of Elderly Truck Drivers:
An Integrated Analysis Using Mixed Logit Model and Discriminant Analysis

김민지
(계명대학교 교통공학과 학부과정)

홍정열
(계명대학교 교통공학과 교수)

도로교통공단 교통사고분석시스템(TAAS)에 따르면 고령운전자(65세 이상)의 2023년 교통사고비율은 20%, 사망사고비율은 29.2%이며 매년 그 비율이 증가하는 추세이다. 이 때문에 최근 들어 고령운전자의 사고 위험성이 제기되고 있으며 그에 대한 방안으로 고령운전자 운전면허 자진반납 제도가 시행되고 있다. 또한 제한된 특정 조건하에서 운전할 수 있는 조건부 면허제 도입도 검토되고 있다. 반면 사업용 화물차 운전자의 평균연령은 2012년부터 51세를 넘어섰으며 고령운전자들이 많은 편이나 사업용 화물차 운전자들은 생업을 중단할 수 없는 현실이기에 시행되고 있는 면허 반납이나 조건부 면허 제도의 검토에는 실효성 차원의 문제가 있다. 또한 사업용 화물차 운전자들은 대부분 운전경력이 길고, 운전을 직업으로 하고 있어 다른 차종을 운전하는 고령운전자와 비교해 운전행태 및 안전운전에 대한 차이점이 있을 수 있다. 따라서 화물차 고령운전자들의 통행 안전성과 사고를 유발하는 영향요인을 명확히 파악할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 실제 고령운전자들이 제1당사자인 교통사고데이터를 수집·분석을 통해 고령 화물차 운전자들과 다른 차종의 운전자들을 비교해 사고위험도를 평가하고 고령 화물차 운전자들이 사고발생에 취약한 영향 요인이 무엇인지 밝혀내어 미래에 증가할 고령운전자들에 대비한 안전 정책 방안을 제시하는 것이 본 연구의 목적이다.

본 연구에서는 한국도로공사의 교통사고속보자료를 2015년부터 2022년까지 수집하였으며, 전국 고속도로에서 발생한 교통사고를 대상으로 하였다. 해당 기간 동안 고속도로에서 발생한 전체 교통사고 건수는 64,622건이며, 그 중 65세 이상 고령운전자에 의한 전체 사고 건수는 7,418건이다. 분석을 위한 교통사고데이터는 발생지점, 사고등급, 주사고 원인, 사고 시 도로 환경 등의 내용들을 포함한다. 연구는 두 가지의 단계를 거친다. 먼저 화물차 고령운전자의 사고에 영향을 주는 요인을 탐색하기 위하여 혼합효과 로짓모형(Mixed Logit Model)을 적용하였으며, 화물차 고령운전자와 타 차종의 고령운전자들의 사고특징 및 빈도를 비교하기 위해 판별분석(Discriminant Analysis)을 수행하였다. 혼합효과 로짓모형(Mixed Logit Model)이란 특정 대안의 선택 확률을 전통적인 로짓분포와 계수에 대하여 확률밀도 함수를 혼합하여 만든 모형을 말하며, 고령 운전자 개인별 운전특징의 다양성, 다양한 대체효과, 확률오차의 다양한 상관관계 분석이 가능하고, 각 운전자 행태의 이질성을 유연하게 반영할 수 있다는 특징을 가진다. 이 모형을 통해 고령운전자 사고 발생 확률을 예측할 수 있으며, 교통사고발생과 연관있는 요인들을 도출할 수 있다. 판별분석은 두 개 이상의 그룹 간 차이를 설명하는 변수들을 이용해 그룹을 구분하거나 예측하는 기법이므로 이 방법을 통해 화물차 고령 운전자와 타 차종 고령 운전자 그룹의 특성을 기반으로 분류 기준을 도출하고, 사고 발생 빈도나 사고 원인 같은 특성에서 이 두 그룹이 유사한지 차이가 있는지를 분석할 수 있다. 분석 결과를 통하여, 본 연구는 고속도로 교통사고 데이터를 활용하여 고령 화물차 운전자와 타 차종 고령 운전자 간의 사고 특성을 비교하고, 고령 화물차 운전자들의 사고 발생에 영향을 미치는 주요 요인들을 규명하였다. 혼합효과 로짓모형을 통해 고령 화물차 운전자들의 사고 발생 확률을 예측하고, 이들의 운전 행태에 따른 이질성을 반영한 사고 원인을 도출하였으며, 판별분석을 통해 두 그룹 간의 사고 특성 차이가 통계적으로 유의미함을 확인하였다. 이러한 결과는 고령화 사회로의 진입에 따라 증가할 것으로 예상되는 고령 화물차 운전자의 안전성 문제를 해결하기 위한 정책적 대응의 필요성을 강조하며, 특히 사업용 화물차 운전자의 특성을 고려한 맞춤형 안전 정책의 도입이 중요함을 시사한다. 현재 대한민국의 고령화율은 19.3%로 초고령 사회를 눈앞에 두고 있다. 본 연구에서 산출된 영향요인들을 바탕으로 이에 대한 정책적 방안과 고령자들도 안전하게 운전할 수 있는 환경을 마련하는 데에 기여하는 것을 기대한다.

사사: This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No.2021R1A2C1095641).

모바일 영상 장비로 수집된 영상 자료 활용 교통상충 분석 방향: SSM 지표 검토 중심으로

Direction for Traffic Conflict Analysis Using Image Data Collected from Mobile Devices: Focused on Review of SSM

남상기
(영남대학교 도시공학과, 박사수료)

정연식
(영남대학교 도시공학과, 교수)

전통적 교통안전 분석은 주로 경찰에서 수집한 과거 3~5년 사고 기록 데이터 기반으로 분석 및 모델링 연구에 의존해왔다. Safety pyramid 이론에 의하면, 교통사고로 이어질 수 있는 경미한 사고나 비충돌 이벤트의 빈도는 매우 높음에도 불구하고, 전통적 접근 방식에서는 다뤄지지 않았다. 이를 보완하기 위해 차량 간 실제 충돌이 발생하지 않았지만, 충돌로 이어질 수 있는 위험한 상황까지 포함하는 교통 상충 기법이 제안되었다.

교통 상충 기법은 차량간 시공간적 이동 궤적에 대한 분석을 기반으로 진행되기 때문에, 영상을 통해 수집된 자료를 활용하는 것이 일반적이었다. 특히, 최근 수행된 연구는 대부분 고정식 영상 수집 장치를 통해 수집된 자료가 활용되어 공간적 영역 확대에 대한 한계가 존재해 왔다. 최근, 모바일 영상 관련 기술의 성장으로 기존 고정식 영상 수집 자료의 활용에 대한 한계 극복 환경이 조성되고 있다. 이러한 배경하에, 본 연구는 영상자료 기반 교통 상충 기법을 활용한 교통안전 연구를 고찰한다.

첫 번째로 SSM 정의 및 기존 연구 고찰 파트에서 영상자료 기반 교통 상충 연구에 활용된 대체안전지표(surrogate safety measure: SSM) 총 35개 지표를 고찰하여, 정의 및 장단점에 대해 고찰하였다. 다음으로 각 연구에 활용된 영상자료의 수집 장비에 따라 구분하여, 장소, 수집 자료 및 도출한 SSM에 대해 제시하였다.

다음으로 모바일 영상자료 활용 안전 분석 방안에서는 모바일 영상 자료 기반 SSM 구축 방안과 모바일 영상 자료 기반 SSM 활용 방안으로 나눠진다. 모바일 영상 자료 기반 SSM 구축 방안은 영상 자료 수집, 수집 자료의 전처리 (영상 안정화, 노이즈 제거, 해상도 조절 등), 위험 요소 식별(불필요한 데이터 제거, 움직임 분석), SSM 지표 산출 (SSM 지표 결정 및 필요 데이터 도출 후 SSM 지표 산출) 순으로 진행된다.

모바일 영상 자료 기반 SSM 활용 방안에서는 모바일 영상 자료는 고정식 영상 자료에 비해 더욱 광범위하고 세밀한 분석이 가능할 것이며, 동적환경에서 데이터 수집이 가능하므로 AI 기술과 Edge-computing 기술 도입 시 객체와의 상호 작용에 즉각적 대응이 가능할 것으로 보인다.

마지막으로 모바일 영상 자료의 경우 고정식 영상 자료가 가진 한계를 넘어 동적환경에서도 데이터 수집이 가능 할 것으로 보이며, AI 기술 및 Edge-computing 기술 도입 시 객체와의 상호작용에 즉각적 대응이 가능 할 것으로 보여 교통 안전에 있어서 정교한 교통안전 진단 및 예방 조치가 가능할 것으로 예상된다.

사사: 본 연구는 2024년도 경찰청 재원으로 과학치안진흥센터 및 자율주행기술개발혁신사업단의 지원을 받아 수행하였습니다.(RS-2023-00260576 자율주행자동차 교통사고 조사·분석 기술 개발을 위한 교통사고 재현S/W 개발)

Time Series Transformer를 활용한 차량 궤적 예측

Vehicle Trajectory Prediction with Time Series Transformers

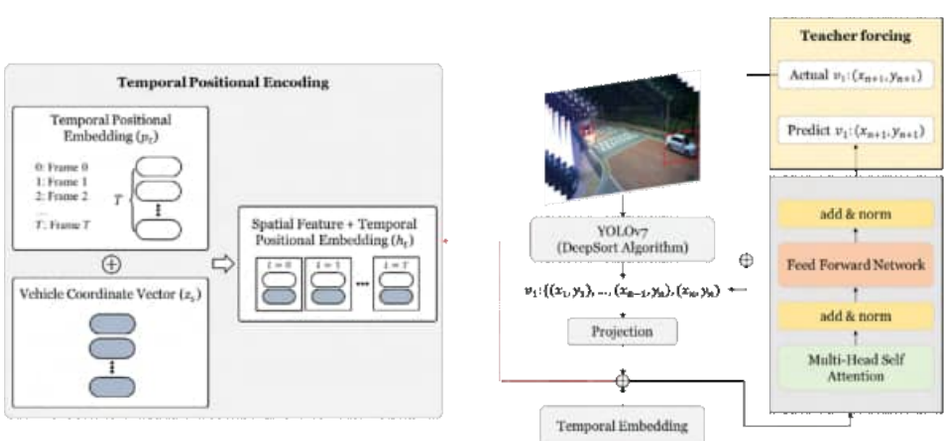
김성훈
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 학사과정)

노병준
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 조교수)

차량 궤적 예측은 자율주행 차량, 교통관제 시스템, 스마트 교통 시스템 등 다양한 교통 관련 기술에서 핵심적인 역할을 담당하고 있다. 차량의 궤적은 시간에 따른 위치 변화뿐만 아니라 속도, 가속도, 방향 등의 동적인 움직임을 포함하며, 이를 정확하게 예측하는 것은 도로 위 차량 간 충돌 방지 및 교차로와 같은 복잡한 구간에서의 차량 흐름 관리에 필수적이다. 이를 통해 교통 혼잡을 완화하고, 사고를 예방하며, 전체적인 교통 시스템의 안전성과 효율성을 향상할 수 있다. 그러나 도심 환경에서의 복잡한 교통 상황과 다양한 변수가 존재하는 실제 궤적 데이터를 효과적으로 학습하고 예측하는 것은 여전히 도전적인 과제로 남아있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여, 본 연구에서는 <그림 1>에 나타난 것과 같이, CCTV로부터 획득한 차량 궤적 데이터를 기반으로 차량의 궤적을 예측하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법론은 크게 1) 차량 궤적 데이터 추출부와 2) Time Series Transformer를 활용한 궤적 예측부로 구성된다. 차량 궤적 데이터 추출부는 CCTV 영상에서 획득한 정보로부터 대표적인 객체 탐지 모델인 You Only Look Once version 7 (YOLOv7)를 활용하여 차량을 감지하고, 객체 트래킹 알고리즘인 Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric (Deep SORT)를 활용하여 차량의 궤적 정보를 획득한다. 이를 통해 각 차량의 이동 경로가 정량화되며, 시간에 따른 차량의 위치 변화가 시계열 데이터로 구축된다. 다음으로, Time Series Transformer를 활용하여 수집된 궤적 데이터가 학습되며, 이때, Transformer는 Attention 메커니즘을 사용해 과거의 궤적 데이터에서 중요한 정보를 추출하고, 이를 통해 차량의 향후 이동 경로를 예측한다.

본 실험에서는 경기도 오산시 내 설치된 CCTV 영상을 활용하여 제안하는 방법론을 검증하고자 한다. 영상은 초당 30 프레임으로 기록된 2시간 분량이며, 차량의 궤적 구간은 평균적으로 약 1-2분 동안의 이동 정보를 제공한다. 학습과 검증에는 전체 영상 중 약 80%와 20%를 각각 활용하였으며, 성능 평가 지표는 Root Mean Square Error (RMSE)를 활용하였다. 실험 결과, 차량 궤적 예측에 대해 RMSE 0.3의 성능을 달성하였다. 이를 통해 제안한 방법론이 실제 도심 교통 상황에서 차량 궤적을 예측하는 데 있어 유효함을 확인할 수 있다. 향후 연구에서는 추가적인 환경적 요인, 예를 들어 교차로 복잡도, 주변 보행자 및 기타 교통 흐름과 같은 요소들을 반영하여 더욱 정밀한 예측 모델을 개발함으로써 자율주행 차량 및 교통 관리 시스템의 실효성을 한층 더 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.



<그림 1> 연구 진행 도식화 프레임워크

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

안전한 개인형 이동장치(PM) 이용을 위한제주형 도로환경 개선방안

Jeju-Specific Road Environment Improvement Strategies for Safe Personal Mobility (PM) Usage

양은혜
(한국교통안전공단, 선임연구원)

강희찬
(한국교통안전공단, 연구위원)

2024년 우리나라의 공유 개인형 이동장치(PM) 보급 30만대를 기록하였다는 업계 보고가 있으며 공유 개인형 이동장치 공급이 시작한 2021년 이후부터 개인형 이동장치의 교통사고 건수는 급격하게 증가하고 있고 최근 3년(2021~2023년) 개인형 이동장치 교통사고는 총 6,510건, 사망자 69명이 발생하였다.

제주도에서는 2020년 전동 킥보드를 타던 20대가 도로에 있는 볼라드와 충돌하여 사망한 사고가 있었다. 전동 킥보드는 바퀴가 작고 속도가 빠르며 별도의 안전장치가 없기에 도로환경에 영향을 많이 받는 특징으로 작은 요소에도 큰 사고로 이어질 수 있다. 차량과 보행자 등 고전적인 교통안전과 사고 예방을 위해서 다양한 노력을 하고 있다. 하지만 여전히 도로기반시설과 교통안전시설에 대한 기준은 미흡한 실정으로 특히 개인형 이동장치 등 새로운 교통수단에 대한 니즈에 대해서는 거의 반영하지 못하고 있다.

도로를 신설하거나 개선하고, 교통안전시설 등을 설치하기 위해서는 경찰이나 지자체의 승인은 받아야 하지만 개인형 이동장치를 고려하는 별도의 기준이 제대로 마련되지 않고 대부분 심의위원의 경험에 따라 결정된다. 심의위원들은 개인형 이동장치를 포함한 모빌리티에 대한 경험과 인식이 낮아 이에 대한 고려가 되지 않고 여전히 기존 차량소통 중심으로 결정되는 사례가 많다.

지역마다 교통환경 특성이 다르고 심의 운영절차, 승인절차 등 각각 다르기에 본 연구에서는 제주특별자치도를 중심으로 개인형 이동장치이용을 위한 도로환경 개선방안을 마련하고자 한다.

2023년 기준 개인형 이동장치 교통사고 중 대인사고를 차지하는 비율은 46%로 전체 차종대비 약 2.5%로 높으나 개인형 이동장치 대 사람 사고 사망자수는 3명, 치사율은 0.27%로 전체 차종대비 가장 낮은 교통사고 특징을 가지고 있다. 이에 예상되는 원인은 개인형 이동장치 이용 시 주로 자전거도로와 보도를 주행하기 때문이다. 개인형 이동장치가 자전거도로를 이용할 수 있게 되었지만 자전거도로의 형태가 전용보다는 자전거보행자 겸용도로로 대부분 구축되어 있어 보행자와 함께 도로를 이용하는 사례가 많아 개인형 이동장치 대 사람사고 비율이 높은 것으로 예상된다. 교통사고 발생지역을 살펴봐도 보행자 사고 많은 곳과 개인형 이동장치 가해 사고 많은 곳이 일치하는 것으로 분석되었다.

도로환경(물리적) 문제요인을 살펴보면 개인형 이동장치와 자동차, 보행자의 분리, 개인형 이동장치의 주차시설 부족과 무단방치, 자전거도로, 보도 등 도로 포장문제, 보행자 안전 휀스와 같은 도로 경계차단시설의 부재 등이 있다. 관리적 문제요인으로는 교통법규준수, 통행방법에 대한 교육 필요와 청소년기부터 개인형 이동장치 등 모빌리티에 대한 교육 미흡 등이 있으며 제도적 문제요인으로는 개인형 이동장치에 대한 법과 지침의 개정 필요 문제가 있다.

개인형 이동장치의 도로환경 개선을 위해서는 개인형 이동장치의 주행성, 안전성, 인지성으로 구분하여 개인형 이동장치 이용자 입장과 보행자 입장에서 교통안전시설을 설치하는 것이 중요한 것이다.

향후 제주도의 특징을 담기 위해서 제주도 내부 지자체와 경찰 등 전문가의 인터뷰 및 설문조사를 실시하여 지역특성에 맞고 제주도에 필요한 도로환경 개선방안에 대한 추가 연구를 진행할 예정이다.

사사: “본 연구는 한국교통안전공단 2024년 자체 연구과제로 수행되었음”

스테레오 카메라 기반 무인 화물차 과적 단속 시스템

Stereo Camera-Based Unmanned Truck Overload Enforcement System

김윤태 (한국전자기술연구원, 연구원)

박진욱 (한국전자기술연구원, 선임)

박용주 (한국전자기술연구원, 책임)

이 논문은 스테레오 비전 기술을 활용하여 화물차의 제원을 측정하고, 이를 과적 단속에 활용할 수 있는 방법을 제시한다. 이 시스템은 스테레오 카메라를 활용한 화물차의 실시간 무인 과적 탐지를 목표로 한다. 현재 상용화된 스테레오 카메라는 짧은 베이스라인으로 근거리 객체 탐지에 주로 사용되며, 대형 차량 감지에는 한계가 있다. 거리 측정 범위와 정확도 문제로 인해 스테레오 카메라와 딥러닝 기반 객체 인식 기술의 결합이 필요하지만, 딥러닝 기반 2D 객체 검출은 GPU 성능 의존도와 속도 문제로 상용화가 어렵다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 0.4 MP의 저해상도 스테레오 카메라를 사용하여 현실적인 베이스라인을 직접 설정하고, 이를 통해 화물차의 과적 여부를 정밀하게 판단할 수 있는 시스템을 제안한다. 실험을 통해 최적화된 파라미터를 적용하여 거리 측정의 정확도를 높였으며, 대부분의 연산을 CPU에서 처리함으로써 GPU 사용을 최소화하여 전력 소비를 줄이고, 저사양 서버에서도 원활하게 구동될 수 있는 경량화된 알고리즘을 개발하였다.

시스템은 크게 세 가지 구성 요소로 나눌 수 있다. 물체를 감지하는 카메라 유닛, 영상 데이터를 처리하는 처리 유닛, 그리고 서버와의 데이터 송수신을 담당하는 네트워크 유닛이다. 이 시스템은 멀티스레드 환경에서 동작하여 실시간 물체 감지 및 거리 측정을 수행하며, 복잡한 도로 환경에서도 정밀한 물체 인식이 가능하다. 이 시스템은 도로를 주행하는 화물차의 적재 상태를 실시간으로 분석하며, 30 FPS의 영상 데이터를 바탕으로 1~2초 이내에 탐지된 객체까지의 거리를 측정할 수 있다. 이 시스템의 알고리즘은 다양한 도로 조건과 높은 속도로 이동 중인 차량에서도 높은 정밀도를 유지하며, 과적 여부를 신속하게 판단할 수 있도록 개발되었다.

사사: 본 연구는 국토교통부(MOLIT)와 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.
(RS-2022-00142239, AI 데이터 중심의 화물차 운송 안전 향상기술 개발 사업)

접근로별 진입교통량을 고려한 터보형 회전교차로 도입 방안 연구

A Study on the Introduction of Turbo-Roundabouts Considering Traffic Volume by Access Road

이현정 (국립공주대학교 도시융합시스템공학과, 석사과정)

박지수 (국립공주대학교 도시교통공학과, 학사과정)

안우영 (국립공주대학교 도시교통공학과, 교수)

터보형 회전교차로는 2차로형 회전교차로의 회전차로 내 발생하는 엇갈림(Weaving)현상과 진·출입 차량과의 충돌 등을 방지하기 위해 1998년 네덜란드에서 개발된 교차로로, 나선형 모양의 중앙교통섬을 중심으로 진·출입부와 회전부에서 차선을 물리적으로 분리하는 연속적인 나선형 경로로 구성된다. 운전자는 교차로 진입 전 차로를 미리 선택하여 교차로에 진입한 후 차선을 변경하지 않은 상태로 교차로를 통과한다. 이러한 운영방식으로 터보형 회전교차로는 2차로형 회전교차로에 비해 상충지점이 10개가 감소하는 등 회전부 내의 상충 및 차선변경 혼란 문제를 해결하는 장점이 있다.

터보형 회전교차로는 해외에서 교통사고 감소 및 용량 개선 등의 효과로 인해 적극적으로 설치하고 있는 회전교차로 유형이다. 국내에서도 2차로형 회전교차로의 안전성을 보완하고자 2022년 8월에 터보형 회전교차로 설치 조건 및 기준을 제시하였다. 그러나, 회전교통량 비율과 주도로 및 부도로의 교통량에 영향을 많이 받는 터보형 회전교차로 특성상 「회전교차로 설계지침, 국토교통부(2022)」에서 제시하고 있는 전체 통과 교통량만으로는 설치 가능여부를 판단하기 어렵다.

따라서, 본 연구에서는 터보형 회전교차로의 통행 특성을 반영할 수 있는 Micro Simulation인 VISSIM을 통해 터보형 회전교차로 주도로 왕복 4차로, 부도로 왕복 3차로 유형과, 주도로 왕복 4차로, 부도로 왕복 2차로 유형에 관하여 접근로 방향별 교통량 시나리오를 설정하고 시나리오별 비교분석을 통해 터보형 회전교차로 유형에 따른 접근로 방향별 적정교통량 기준을 마련하고자 한다.

접근로 방향별 적정교통량 분석을 위해 총 4가지 조건을 기준으로 432개(2×8×9×3) 분석 시나리오를 작성하였다. 조건 1은 터보형 회전교차로 유형 부도로 왕복 3차로, 부도로 왕복 2차로 2가지로 하였으며, 조건 2로 교통량의 경우 교차로 전체 통과교통량을 기준으로 400~3200대/시 8단계로 구분하였다. 조건 3으로 좌회전과 우회전 비율을 10%, 20, 30%씩 증가시켰으며, 조건 4는 주도로 부도로 비율 (9 : 1), (8 : 2), (7 : 3) 3가지로 가정하였다. 4가지 조건을 종합하여 접근로 방향별 지체도 분석을 통해 적정교통량을 산정하였다.

분석결과, 좌회전 비율이 10%일 경우, 부도로 왕복 3차로 유형에서는 적정교통량이 2,800대/시(지체도 18.40~114.50초/대), 부도로 왕복 2차로 유형에서는 적정교통량 2,800대/시(지체도 18.82~84.08초/대)로 분석되었다. 좌회전 비율이 20%일 경우, 부도로 왕복 3차로 유형에서는 적정교통량이 2,400대/시(지체도 16.17~49.97초/대), 부도로 왕복 2차로 유형에서는 적정교통량 2,400대/시(지체도 16.55~67.95초/대)로 모든 분석에서 우회전 비율 30%, 주도로 부도로 비율 9 : 1일 때 지체도가 가장 낮으며, 우회전 비율 10%, 주도로 부도로 비율 7 : 3일 때 지체도가 가장 높게 분석되었다.

부도로 교통량 비율이 30% 이하일 때, 좌회전 비율이 10% 이하의 경우, 적정교통량 2,400~2,800대/시, 좌회전 비율이 20% 이하의 경우, 적정교통량 2,000~2,400대/시, 좌회전 비율이 30% 이하의 경우, 적정교통량 1,600~2,000대/시에서 터보형 회전교차로 설치가 적절한 것으로 판단된다.

중량정보 관리시스템 운영 방안

Operational Strategy for Weight Information Management System

이치열 (한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 전임연구원)

김현석 (한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 연구위원)

(추진 전략) 화물자동차 및 타이어식 건설기계에 장착하여 운영하는 자중계에 관한 정보 관리시스템의 구축·운영 방안은 기존에 유사 시스템을 운영 중인 국내외 사례를 분석하여 참조하고 기술 기능적 측면, 법·제도적 측면 및 관리 운영 측면에서 방안을 마련

(국내외 운영 사례 분석) 국내 환경부 및 국토부 운영 사례와 세계적으로 가장 앞선 것으로 평가되는 호주의 사례를 분석하여 운영 방안 마련

• 국내의 경우, 현재 환경부(한국환경공단)에서 운영중인 가축분뇨 등에 관한 전자인계관리시스템, 교통안전법 시행규칙에 따라 운영하는 국토교통부(교통안전공단)의 디지털 운행기록 분석시스템 및 화물자동차 자동 가변축 운영 실태 등 국내의 운영사례 분석

• 해외의 경우, 2014년 중차량 관리를 위해 관련법을 제정하고 관련 정보시스템과 관리 조직을 운영하는 호주의 사례 등을 검토하여 국내 자중계 중량정보 관리시스템 운영 방안에 활용

중량정보 관리시스템 운영 전략 개념도

(운영 방향 모색) 자중계 중량정보 관리시스템의 운영 방향을 기술적 측면과 법·제도적 측면, 운영 측면 등으로 나누어서 검토

• (기술적 측면) 정보시스템의 하드웨어, 소프트웨어가 갖추어야 할 기능 및 품질 요건을 확립하고 허가 결정의 핵심요소로 작용하고 적시에 정확한 정보를 제공할 필요성이 높은 만큼 데이터의 품질 확보 및 표준화 방안 정립

• (법·제도적 측면) 개인 정보의 관리 및 유출 문제, 오류 관리 등을 포함하여 정보시스템 운영에 필요한 관리 기능에 대한 법제화 방안 마련

• (운영 측면) 현장 장비를 포함한 통신 및 센터시스템 등 정보 관리시스템 운영 전문화 및 효율성 등을 고려해 관련 전문 조직 및 기관이 운영하는 방안 등을 검토

사사: 본 연구는 한국건설기술연구원의 고중량 차량 자동운행허가 시스템 도입 연구(2차)(과제번호 20240450-001)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

자중계 시스템 도입 시 이해관계자 분석 및 갈등조정방안

Stakeholder Analysis and Conflict Mediation Measures in the introduction of an On-board Weighing System

이치열 (한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 전임연구원)

김성현 (한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 연구위원)

(이해관계자 분석의 필요성) 자중계는 화물적재 즉시 차량 중량을 확인할 수 있어 화주 강요 대응, 적재 중량 확인을 통한 적정운임 산정, 과적 운행의 사전예방, 대형 화물을 운반하는 차량에 대한 관리 등이 가능하고 스마트 톨링 등 미래 모빌리티 환경에도 대응할 수 있어 과적의 원인 제거와 해결 방안의 좋은 솔루션으로 작용할 수 있다. 그러나, 규제정책은 관련 이해관계자들의 의견과 요구사항 등 종합적인 검토가 필요하다.

(이해관계자 분석) 운행제한(과적) 차량과 관련한 제도, 정책 및 업무 체계에서 이해관계자는 크게 도로관리청, 운송회사, 운전자로 구분할 수 있고 법을 제·개정하는 국회의원, 다양한 종류의 화주, 단속장비를 제조하는 업체 등도 이해관계자 범주에 포함할 수 있다.

• 국회의원 : 차량의 운행제한 및 단속 등 규제 공급자인 국회의원은 국가 제도의 설계자로서 규제에 있어 핵심적이고 실질적인 주체이다. 이러한 국회의원은 국민의 대리자로서 국가 이익을 대변하는 게 타당하다. 따라서 국회의원은 자중계 도입에는 긍정적이라 판단한다. 다만 위반 행위를 더 잘 단속하고 중차량 허가 업무의 효율적인 관리를 위해 관리 당국이 도입하는 자중계에 적용되는 보조금의 지급 여부, 규제(장착)의 대상, 기술적인 내용 등에 대해 행정적 조화를 이룰 수 있는 추가 제안을 필요로 한다.

• 공무원 : 도로를 소유하고 관리하는 도로관리청은 중차량을 모니터링하고 관리할 수 있는 시스템이 필수적인데, 도로상에 설치하는 고속축중기와 함께 자중계는 중차량 정보관리를 위한 가장 효과적인 대안으로 떠오르고 있다. 특히 중차량 운행허가 업무를 담당하는 심사자 및 관리자는 허가 차량의 운행 경로, 속도, 위치 및 중량 정보를 획득하여 관리할 수 있어 자중계 의무 도입을 강력하게 지지한다. 단속원과 담당 도로관리청은 효율성과 처리량을 증가시켜 단속업무의 개선을 원한다. 자중계를 통하여 획득 및 수집되는 중량정보는 단속업무의 효율을 증가시킴과 동시에 단속원의 안전 또한 향상시킬 수 있어 단속 기관은 자중계 도입에 긍정적이다.

• 운송회사 및 화주 : 화물 운송회사들은 도로관리청이 규정 준수 여부를 검사하기 위해 빈번하게 정차시키는 행위에 대한 부담없이 효율적인 방법으로 화물을 운송하기를 원한다. 따라서 자중계 도입이라는 추가 규제를 선호하지 않을 수 있다. 그러나 화물 운송회사들은 규제 조건이 시장의 모든 주체에게 동일하게 시행되고 적용된다면 공정한 경쟁에도 관심이 있다. 일부 운송회사는 단속원의 빈번한 정차 요구, 운행허가를 위한 추가 행정 업무 또는 대규모의 장비 비용이 없다면 적절한 규정 준수에 관심을 가질 수 있다.

• 단속장비 제조업체 : 장비 제조업체와 공급업체는 법적으로 요구되거나 시장에서 요구하는 제품 또는 장비를 생산한다. 제조업체는 낮은 유지관리 비용, 잘 정립된 기술 및 높은 신뢰성을 갖춘 제품을 생산하는데 관심을 갖고 있으며, 제조업체는 자중계의 의무 도입 및 장착 등과 같은 규제로 인해 발생하는 추가 비용을 전가하거나 일부를 스스로 흡수할 수 있다. 장비 제조업체와 공급업체는 궁극적으로 생산성 향상 및 차별화된 제품을 시장에 제공하여 수익을 창출하기를 원하기 때문에 자중계 도입에 많은 기대를 나타낸다.

• 운전자 : 일반적으로 운전자는 그들의 차량과 도로에서 안전하고 편안한 환경에서 업무를 수행하기를 원한다. 화물자동차 운전자가 과적 운행을 하는 원인으로 잘 알려진 주된 이유는 화주의 강요나 지시・요구, 월급 부족으로 이윤을 남기기 위해 또는 과적으로 기름을 절약하여 이윤을 남기기 위함이다. 운전자는 과적으로 인한 부정적인 영향을 줄여 운전자의 안전을 향상시키고 적재량에 비례하여 적정 운임을 산정할 수 있는 자가 계중 솔루션인 자중계의 이점을 누릴 것으로 예상된다. 다만, 운송회사와 마찬가지로 자중계의 장착 및 운영에 일정 비용 이상이 발생하는 것에 대해서는 부정적이다.

(갈등조정방안) 새로운 규제 도입 시 효율적인 규제를 만들기 위해서는 이해관계자들을 대상으로 민주적 참여 방법에 의해 절차적 정당성을 확보해서 규제의 저항을 감소시키고 순응을 확보하는 것이 규제 집행의 목적을 달성하는 효과적인 방안이다. 즉, 새로운 규제를 형성하는 과정에서 이해관계자들을 참여시켜 투명성과 공정성을 높이고, 반대 의견 또한 이해함으로써 소통을 통한 상호 신뢰도를 높이는 것이 중요하다. OECD는 규제 제정을 위해 시민 또는 이해관계자의 공공 참여를 통한 정책 결정절차의 10가지 성공 조건을 제시한 바 있다. 과적에 대응하여 자중계 의무 장착을 도입하는 안전 규제같은 경우도 OECD가 제시하는 성공 조건을 충분히 고려하고 적용할 필요가 있다.

사사: 본 연구는 한국건설기술연구원의 고중량 차량 자동운행허가 시스템 도입 연구(2차)(과제번호 20240450-001)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

자중계 국내외 도입 사례

Domestic and international introduction cases of on-board weighing system

이치열
(한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 전임연구원)

김현석
(한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 연구위원)

(환경부) 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제37조의2 및 제37조의3에 따라 환경부(한국환경공단에서 위탁 시행)는 가축분뇨 등에 관한 전자인계관리시스템을 운영하고 있으며, 가축분뇨 및 액비살포 차량에 전자인계서의 검증 장비로써 자중계를 사용하고 있음

(국토부) 불법 및 편법적인 과적을 방지하기 위해 2021년 7월부터 생산하는 가변축 트럭은 적재량 이상의 화물을 적재하면 가변축이 자동으로 내려와 하중이 분산되도록 하여야 하며, 화물중량 감지를 위해 자중계를 장착하여 사용중임

중량센서(④) 등 환경부 자중계의 기본 구성

일본의 자중계 장착 사례

호주의 지능형 접근관리 프로그램(IAP)에서 사용중인 다양한 자중계

(일본) 과적으로 인한 사고 방지를 위해 1967년 공포된 토사 등을 운반하는 대형화물차에 의한 교통사고 방지 등에 관한 특별조치법(1967년 법률 제131호) 제6조에 따라 적재량 5톤 및 총중량 8톤 이상의 덤프트럭에 자중계 설치를 의무화하여 2021년 기준으로 약 19만대의 덤프트럭에 자중계를 설치하여 운영중임

• 토사 등 운반 대형자동차에 장착하는 자중계의 기술상 기준을 정하는 성령(2000년 3월 29일 개정)을 통해 자중계에 관한 기술 기준을 마련하여 운영중임

• 계량법 제2조제4항 및 동법 시행령 제2조제2항제3호에 따라 자중계를 특정 계량기로 분류하고 있으나 계량법 제16조제1항 및 동법 시행령 제5조제2항에 자중계를 사용 제한의 특례에 관한 특정 계량기로 규정하여 검정 및 승인없이도 거래 및 증명에 사용할 수 있도록 함

(미국) 민간 부문 주도하에 자중계를 운전자 스스로 장착하여 사용하고 있으며, 30여개 업체가 제작·공급하고 약 350만대의 트럭에 장착되어 운영중임

(유럽) 유럽에서는 2019년 7월 12일 EU 위원회의 이행 규정에 의거하여 Council Directive 96/53/EC에 따라 자중계 장치의 상호 운용성 및 호환성 구현을 위한 균일한 기술 조건을 보장하는 세부 조항을 마련하여 운영중임

(호주) 2014년 2월 10일부터 시행한 대형차량에 관한 국가 법률 제7장 지능형 접근관리 프로그램에 따라 대형 화물차량에 텔레매틱스 또는 자중계를 장착하여 운송을 관리하고 있음

• 지능형 접근관리 프로그램(IAP, Intelligent Access Program) : GPS 기술과 자중계를 사용하여 차량의 움직임을 원격으로 모니터링하여 대형 중차량의 도로 접근을 관리하는 프로그램

• 일반적으로 차량 길이 26미터 이상, 총중량 68.5톤 이상의 대형차량에 장착을 의무화하고 있음

사사: 본 연구는 한국건설기술연구원의 고중량 차량 자동운행허가 시스템 도입 연구(2차)(과제번호 20240450-001)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

고중량 차량의 운행 관리 및 안전성 향상을 위한 자중계 시스템 도입 시 규제영향분석

Analysis of the regulatory impact on the introduction of an On-board Weighing System for Operation Management and Safety of Heavy-weight Vehicles

김성현
(한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 연구위원)

이치열
(한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 전임연구원)

(규제영향분석의 필요성) 규제영향분석(Regulatory Impact Analysis; RIA)은 규제법안의 비용과 편익을 체계적으로 식별하고 평가하는 메커니즘으로 거의 모든 OECD 가입국에서 규제의 품질을 보증하기 위한 기초적인 도구로 활용하고 있으며, 유럽위원회(European Commission)와 그 외 많은 국가에서도 활용하고 있다(OECD,2006). 과적은 사회문제에 해당하는 대표적인 사례로 여겨진다. 논의가 비약적일 수 있으나 개인의 경제적 이익 추구로 인한 도로인프라 훼손이나 대형사고에 따른 인명 피해는 충분히 사회적으로 다룰 필요가 있고 가치가 있는 중대한 문제로 판단된다. 그러나 정부가 진정으로 개입할 사회문제인지 판단하는 것은 매우 중요한 사안이기 때문에 규제가 우리 사회에 미치게 될 영향과 효과를 광범위하게 평가해야 할 필요성이 생긴다.

(행정규제 영향분석 심사) 행정규제기본법 제2조제1항제5호에서는 규제영향분석을 정의하고 있는데, 같은 법 제7조에서는 모든 신설 강화 행정규제는 규제영향분석서를 작성해야 한다고 규정하고 있다. 국무조정실에서는 규제영향분석서 작성 방법을 위한 지침서를 배포 운영하고 있으며, 신설하고자 하는 규제가 규제심사 대상 혹은 비대상인 경우에 대해 각각의 심사 절차를 규정하고 있다.

(규제영향 분석모형) 정부에서 수행하는 규제영향분석의 목적은 규제로 인하여 국민의 일상생활과 사회·경제·행정 등에 미치는 여러 가지 영향을 사전에 예측·분석하여 규제 도입 및 강화의 타당성을 판단하는 기준을 제시하는 것이다. 이를 위해 관련 법령인 행정규제기본법을 마련하여 규제의 위임 범위, 유형과 중요도 등을 규정하고, 규제영향분석서 작성 지침을 마련하여 배포하는 등 규제영향분석에 대한 제도적 기반을 갖추고 있다.

• 국내의 경우 규제의 특성별로 규제영향분석이 활발히 이루어지지 않는 만큼 규제영향분석 모형에 관한 연구 또한 활발하지는 않은 실정이다. 2021년 경기연구원(박진아외 2인)에서 수행한 지방자치단체 규제영향분석 모형 구축 연구에서는 지방자치단체에서 자치법규 규제를 신설하거나 강화할 경우 활용할 수 있는 규제영향분석 모형을 제시하고 있다. 해당 연구는 지방자치단체에서 규제 업무를 담당하는 공무원을 대상으로 수행한 심층 인터뷰 내용을 참고하여 지방자치단체에서 활용할 수 있는 규제영향분석 모형을 수립하여 제시한 것인데, 자치법규 위임사무를 대상으로 하는 기본형과 자치사무 혹은 위임사무 중에서도 지역에 미칠 영향력이 클 것으로 예상되는 규제를 대상으로 하는 심화형으로 구분하여 제시하고 있다.

• 지방자치단체 규제영향분석 모형 중 심화형 규제영향분석서의 경우는 기본형의 규제개요 항목에 더하여 규제사무의 유형을 구분하는 항목을 추가하였고 본문에서는 규제 신설 및 강화의 필요성, 규제대안 검토, 규제내용의 적정성 검토, 규제의 경제·사회적 영향력, 비용편익 분석, 의견 수렴 계획의 6가지 항목을 제시하였다. 심화형의 경우는 기본형과 달리 규제대안 검토와 비용편익 분석 항목을 추가하여 기본형에 비해 심도깊은 분석이 이루어질 수 있도록 하고 있다.

(규제분석의 방향) 심화형 분석모형은 기본형에 대비하여 피규제 집단 및 이해관계자에 대한 식별항목을 심화함과 더불어 해당 규제로 인해 받게 될 영향력이 무엇인지 기술하고 있으며, 이를 바탕으로 비용편익 분석을 실시한다는 측면에서 자중계 도입규제와 관련해 활용성이 높다. 특히, 심화형 규제영향분석 모형에서는 의견수렴 계획에 관한 내용으로 규제담당 부서에서 해당 규제에 대한 입법과정에서 이해관계자 의견, 규제개혁위원회 등 전문가 의견, 시민 의견수렴 등의 계획을 명시하도록 하고 있는데, 이 같은 의견수렴 계획은 자중계 도입규제 시에도 모두 진행하는 것이 바람직하다.

사사: 본 연구는 한국건설기술연구원의 고중량 차량 자동운행허가 시스템 도입 연구(2차)(과제번호 20240450-001)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

자중계 시스템 도입 시 단계적 의무장착 방안

A step-by-step mandatory installation plan for the introduction of an On-board Weighing System

김현석
(한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 연구위원)

김성현
(한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 연구위원)

(의무장착 범위) 자중계 도입의 효과 및 경제성 등을 고려하여 의무장착을 제도화하는 것은 자중계의 조기 확산에 매우 중요하다. 자중계 의무장착 대상 및 범위를 설정하기 위한 기준 또는 근거를 마련하기 위해서 본 연구에서는 3가지 방안을 검토한다. 대상 범위의 표본 크기를 설정하는 통계적 방법이나 수학적인 방법론이 존재하는 것이 아니기 때문에 차량 운행제한과 관련한 법·제도적인 측면과 관리·운영 측면을 고려하여 방법의 합리화를 도모한다. 우선, 도로법의 운행제한차량 단속 기준에 따른 장착 대상의 범위설정 방안, 둘째는 적재중량을 기준으로 한 범위설정 방안, 그리고 제한차량 운행허가 관리를 포함한 중차량 관리를 목적으로 한 장착 대상 범위설정을 검토하였다.

(운행제한 단속기준에 따른 범위) 도로법 제77조 및 동법 시행령 제79조에 의거하여 축하중(軸荷重)이 10톤을 초과하거나 총중량이 40톤을 초과하는 차량은 운행을 제한하고, 법 제78조제3항 및 시행령 제80조의2에서는 화물자동차 적재량을 측정하기 위해 최대 적재량이 4.5톤 이상인 화물자동차의 운전자가 고속국도 진입 요금소를 통과할 때는 적재량 측정장비가 설치된 차로로 통행하도록 규정하고 있다. 국토교통부 통계누리의 2021년 8월 자동차 등록현황 통계 자료에 의하면 5톤 이상의 화물자동차 등록대수는 약 28만대에 이른다. 한편, 2021년 6월 기준 국내 건설기계 등록현황을 살펴보면 도로교통법상 도로를 운행하는 건설기계(덤프트럭, 기중기, 콘크리트믹서트럭, 콘크리트펌프, 아스팔트살포기, 노상안정기) 대수는 약 10만대 수준이고, 이는 자중계 장착 대상 범위에 해당한다. 따라서, 5톤 이상의 화물자동차 28만대와 건설기계 10만대를 합하여 약 38만대의 차량을 자중계의 장착 대상 범위로 설정하는 것이 가능하다.

(적재중량에 따른 범위) 과적(過積/Overloading)은 화물차에 규정된 적재중량 또는 적재용적을 넘어 화물을 싣는 법률위반행위로 일반적으로 적재화물의 치수보다는 적재중량에 관련된 경우가 많다. 자중계의 가장 큰 장점은 운전자(사용자)가 사전에 차량에 탑재한 화물의 무게를 알 수 있다는 것이다. 따라서 운전자(사용자)가 운행 안전이나 사회규범 준수에 대한 인식이 높은 경우에는 과적운행의 사전 예방을 위한 가장 효과적인 장치로 사용 가능성이 크다. 특히, 중소형 화물자동차의 적재중량 위반현황이 심각한 점 등을 감안할 때 자중계 장착에 관한 당위성은 높다고 할 수 있다. 그러나 이를 위해서는 300만대에 달하는 차량에 자중계를 장착하고 관리해야 하므로 투입 예산 및 정책 실행 측면에서 실효성이 부족하거나 다소 비현실적이다.

(중차량 관리에 따른 범위) 2001년~2021년의 국내 최대 적재량별 화물자동차 등록현황을 살펴보면 적재량이 1톤 이하, 3톤 이상 5톤 미만, 5톤 이상 8톤 미만의 화물차량은 꾸준히 증가함을 알 수 있고 10톤 이상 12톤 미만의 화물차량은 계속해서 감소함을 알 수 있다. 가장 특징적인 현상은 중차량인 적재량 20톤 이상의 화물자동차의 비율이 2001년 대비 2023년에는 348%로 급격하게 증가했음을 알 수 있다. 이처럼 증가한 화물 운송량의 많은 부분을 중·소형의 화물자동차와 20톤 이상의 대형 중차량이 담당한 것으로 유추할 수 있다. 화물차량의 안전사고 관리 측면에서 수치상의 표면적인 내용만 살펴보더라도 적재량이 20톤 이상인 중차량은 안전 운행을 위한 사전 허가된 노선을 제공함과 동시에 운행 중 모니터링을 통해 안전사고를 관리하는 것이 바람직하다. 이러한 관점에서 20톤 이상인 중차량 10만여대와 건설기계 10만여대를 자중계 우선 장착 대상 차량으로 설정하되, 다음과 같이 자중계 장착 대상 범위 및 단계를 구체화하여 추진하는 방안이 바람직하다.

- (1단계) 20톤 이상의 화물자동차 중에서 일반형 화물자동차와 건설기계 중 기중기 및 덤프트럭
- (2단계) 20톤 이상의 화물자동차 중에서 특수용도형 차량, 건설기계 중 도로 운행이 가능한 건설기계
- (3단계) 1, 2단계 추진 이후 최대 적재량 15톤 이상 20톤 미만의 화물자동차를 대상

사사: 본 연구는 한국건설기술연구원의 고중량 차량 자동운행허가 시스템 도입 연구(2차)(과제번호 20240450-001)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

디지털 물류 실증 분석:
소상공인 물류 서비스 증대를 위한 V2V전략 및 효용 분석

The Design of First-mile Logistics Services for Small Business Expedited Delivery and Its Field Implementations

류한별
(인하대학교 물류전문대학원, 박사과정),

남대식
(인하대학교 아태물류학부, 조교수)

코로나 팬데믹 이후 쿠팡과 같은 거대 유통사와 소상공인의 격차는 크게 벌어지고 있는 실정이다. 이는 이커머스 및 물류 시장이 지속적으로 성장함에 따라 당일배송과 같은 빠른 배송 서비스에 대한 사용자의 기대치가 높아진 결과이기도 하다. 소비자는 당일 및 익일 배송 등의 빠른 배송을 선호하지만 개별 소상공인이 이러한 요구사항을 충족하기에는 현실적으로 한계가 있다. 소상공인은 일반적으로 적은 물량을 처리하고 최소한의 재고를 유지하기 때문에 풀필먼트센터와 같이 재고를 외부에 저장하는 3자물류(3PL)서비스와는 다른 물류 서비스가 필요하다. 본 연구에서는 소상공인의 물류서비스 경쟁력을 향상하기 위한 방안으로 당일배송을 수행할 수 있는 퍼스트마일 물류 네트워크를 구축하는 전략을 설계하고 이를 인천시에 적용한 결과를 제시한다. 해당 네트워크는 대중교통 네트워크 설계기법을 물류에 적용한 배송최적화 방법으로, 이를 인천지역 소상공인에 대해 실증한 결과이다. 제안한 방법론에 대한 상세한 평가 방법으로는 설문조사와 실제 운행데이터를 통해 제안한 물류 서비스가 신속한 배송 목표를 달성하고 이 서비스가 소상공인의 물류 경쟁력 및 매출에 어떻게 기여했는지를 평가한다. 또한 차량 주행거리 감소, 환경적비용 감소 등의 신 물류서비스의 사회적 효과를 측정하였다. 연구 결과에 따르면 소규모 비즈니스의 수익과 사회적 효용이 모두 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구는 새로운 물류서비스 개발을 위한 정책과 전략을 개발하는데 시사점을 제공할 것으로 기대한다.

편의점 물류 시스템에서 시간 창 최적화를 통한 정시 배송 및 통행 시간 최소화에 관한 연구

A Study on Time Window Optimization for On-Time Delivery and Minimization of Travel Time in Convenience Store Logistics Systems

김용재 (인하대학교 물류전문대학원, 석사과정)
강명구 (인하대학교 물류전문대학원, 석사과정)
남대식 (인하대학교 아태물류학부, 조교수)

1. 연구 배경 및 목적

편의점은 시간 민감성이 높은 상품을 취급하기 때문에, 물류 운영에서 정시성 확보가 요구된다. 본 연구의 분석 사례인 A사의 경우, 매일 특정 시간에 중앙 물류센터에서 각 지역의 편의점 점포로 수요량만큼의 상품을 납품한다. 이때 각 점포별로 배송이 완료되어야 하는 시간인 '점착시간'이 존재한다. 그러나 교통 상황 등 외부 변수로 인한 통행 시간의 불확실성으로 인해 트럭들이 점착시간을 정확히 맞추지 못할 수 있으며, 이를 보완하기 위해 점착시간보다 60분 이른 시간부터 30분 늦은 시간까지의 도착을 허용하는 총 90분의 시간 창(Time Window, TW) 방식을 채택하고 있다. 하지만 현재의 TW 설정은 비효율적인 자원 활용과 정시 배송 실패를 초래할 수 있다. TW가 지나치게 넓으면 불필요한 차량 증가로 자원이 낭비되며, 너무 좁으면 통행 시간의 변동성으로 인해 정시 배송 실패 확률이 높아진다.

본 연구는 편의점 물류 시스템에서 최적의 TW를 찾아 자원 활용을 극대화하고, 정시 배송 실패 횟수와 총 통행 시간을 동시에 최소화하는 것을 목표로 한다. 또한, 기존에 정해진 점포별 점착시간을 재설정하여 전체 시스템의 효율성을 향상시키고자 한다.

2. 연구 방법론

본 연구는 Bi-Level 최적화 접근법을 적용한다. 상위 레벨에서는 TW를 조정하며, 하위 레벨에서는 조정된 TW에 따라 차량 경로 문제(Vehicle Routing Problem, VRP)를 해결한다. 구체적인 단계는 아래와 같다.

1. 데이터 수집 및 분석: A사의 중앙 물류센터와 각 점포의 위치 정보, 트럭 수 및 용량, 점포별 수요량, 점착시간, 트럭별 방문 경로 및 순서, 그리고 실제 배송 완료 시간을 수집한다.

2. 상위 레벨 최적화: 초기 TW를 설정하고, 이를 기반으로 TW의 폭을 늘리거나 줄이는 방향으로 조정한다. 이때 정시 배송 실패 횟수와 총 통행 시간을 고려하여 TW의 조정 방향을 결정한다.

3. 하위 레벨 VRP 해결: 상위 레벨에서 결정된 TW에 따라 VRP를 해결하여 최적의 차량 경로와 스케줄을 도출한다. 이를 통해 각 트럭의 정시 배송 확률과 총 통행 시간을 계산한다.

4. 반복 실행: 상위 레벨과 하위 레벨의 최적화 과정을 반복하여 정시 배송 실패 횟수와 총 통행 시간을 최소화하는 최적의 TW와 점착시간 설정을 찾는다.

5. 다목적 최적화 적용: 정시 배송 실패 횟수와 총 통행 시간이라는 두 가지 목적 함수를 동시에 최소화하기 위해 다목적 최적화 기법을 적용한다.

연구의 예상 결과

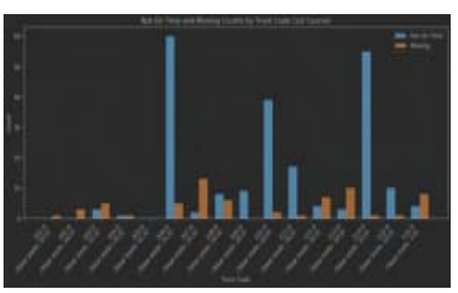
본 연구를 통해 아래와 같은 결과가 도출될 것으로 기대한다.

1. 최적의 TW 및 점착시간 도출: 변동성에 의한 영향을 최소화하면서 자원 활용을 극대화할 수 있는 최적의 TW와 점포별 점착시간을 제시한다.

2. 정시 배송 실패 횟수 감소: 최적화된 TW와 VRP 해법을 통해 정시 배송 실패 횟수를 줄일 수 있다.

3. 총 통행 시간 감소: 효율적인 경로 계획과 스케줄링을 통해 총 통행 시간과 거리를 최소화하여 운영 비용을 절감한다.

4. 자원 활용 효율성 향상: 트럭 수와 용량의 최적 활용을 통해 물류 운영의 효율성을 높인다.



<그림 1> 정시 배송 실패 횟수 분석

<그림 2> 최적의 차량 경로 분석

드라이브 스루(DT)와 드론 기반 딜리버리 스루(DADT) 매장 주변의 시뮬레이션 기반 교통량 비교 분석

Simulation-Based Comparative Analysis of Traffic Volume Near Drive-Thru (DT) and Drone-Assisted Delivery Thru (DADT) Stores

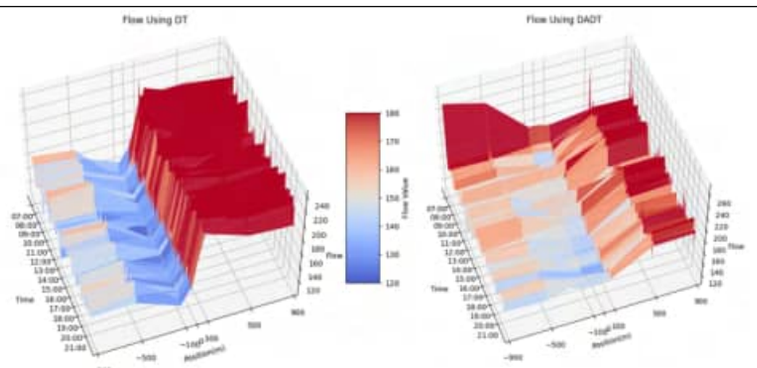
백경선
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 학사과정)

노병준
(순천향대학교 AI·빅데이터학과, 조교수)

2020년 이후 코로나19로 인한 팬데믹 상황에서 비대면 소비 문화가 확산됨에 따라 맥도날드, 스타벅스 등의 유명 프랜차이즈 매장을 중심으로 차에 탄 채 주문한 물품을 받을 수 있는 '드라이브 스루(Drive-Thru)' 매장 수가 기하급수적으로 증가하였다. 통계적으로 살펴보면, 2010년 전국 60여 곳에 불과했던 드라이브 스루 매장이 2021년 기준 약 500곳 이상으로 집계되었다. 또한 2010년에 발표된 통계에 따르면, 맥도날드의 드라이브 스루 매출은 전체 매출의 약 60% 이상을 차지하였다. 버거킹의 경우에는 전체 매출의 약 62%를 드라이브 스루가 차지하는 등, 매장 운영의 입장에서 드라이브 스루의 중요성이 점점 더 커지고 있다.

그러나, 이러한 드라이브 스루 매장은 매장이 위치한 도로의 교통 혼잡을 유발하고, 운전자와 보행자의 안전을 위협할 수 있다는 문제를 야기한다. 특히, 2017년부터 드라이브 스루 매장과 관련된 민원은 꾸준히 증가하여 2020년 기준 549건으로 집계되었다. 또한 드라이브 스루 매장 민원 유형 중 '차량 통행 방해' 문제가 약 51.4%로 집계되어 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서, 드라이브 스루 매장의 편의성은 유지하면서 교통량을 획기적으로 줄일 수 있는 방안이 필요하다.

본 연구에서는 고객이 차량에 탑승한 채 근처 주차장이나 공터에 주차한 상태에서, 소형 드론을 이용하여 주문한 물품을 고객에게 배달하는 시스템인 'Drone-Assisted Delivery Thru(DADT)'를 고안하였다. 이 시스템은 고객이 지정된 장소에서 차량에 탑승한 채 대기하면, 매장 내에서는 고객의 차량을 감지하고, 고객의 지정 장소 도착 시간에 맞추어 물품을 실은 드론이 차량의 창문으로 물품을 배달하는 구조를 따른다. 본 연구는 전체적인 시스템의 구현보다는 몇 가지 가설을 통해 고안된 시스템의 실효성을 입증하는 데 중점을 둔다. 따라서, 고안된 DADT 시스템이 기존의 드라이브 스루 시스템에 비해 도로의 교통 혼잡을 유발하지 않고, 교통 흐름에도 거의 영향을 주지 않을 것이라는 가설을 설정하였다.



<그림 1> 시나리오 DT, DADT의 Flow 비교

본 연구의 실험에서는 드라이브 스루 매장을 이용하는 경우와 고안한 DADT 시스템을 이용한 경우에 대해 시뮬레이션을 통한 교통량 비교를 통해 제시한 가설에 대한 검정을 수행하였다. 실험은 도시 교통 시뮬레이션인 Aimsun을 활용하였다. 실험에서는 두 시나리오에서 차량의 매장 이용 여부를 제외하고 모든 조건은 통제하였으며, 교통량은 시간당 500대부터 2,500대까지 500대 단위로 설정하여 이 중 약 5%가 드라이브 스루 또는 DADT 시스템을 이용하도록 설정하였다. 타겟 매장을 기준으로 앞과 뒤 약 -900m 지점부터 900m 지점까지 400m 지점마다 검지기를 설치하여 교통량을 측정하였다. 실험 결과는 아래와 같으며, 그 결과를 살펴보면, 고안한 DADT 시스템이 드라이브 스루보다 교통 흐름이 원활하게 유지되어 교통 혼잡을 줄이는 데에 효과적이라는 결론을 도출할 수 있다. 이를 통해 고안한 DADT 시스템이 기존 드라이브 스루의 대안책이 될 수 있을 것으로 기대된다.

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

미래 UAM 노선 개발 및 서비스 운영을 위한 모빌리티 디지털트윈 개발

Development of Mobility Digital Twin for UAM Route Planning and Service Operations

정은주 (가천대학교 스마트시티학과, 석사과정)

박하현 (가천대학교 스마트시티학과, 학사과정)

김민수 (가천대학교 스마트시티학과, 학사과정)

여지호 (가천대학교 스마트시티학과, 조교수)

본 연구는 도심 항공 모빌리티(Urban Air Mobility, UAM) 노선 개발 및 서비스 운영을 위한 혁신적인 모빌리티 디지털트윈 기술을 제안한다. UAM 기술의 급속한 발전과 상용화 임박에 따라, 실제 운영 환경을 고려한 효과적인 노선 계획 및 운영 알고리즘 개발의 중요성이 증대되고 있다. 이에 본 연구에서는 오픈소스 기술을 활용한 모빌리티 디지털트윈 플랫폼을 구축하여, UAM 서비스의 전 과정을 시뮬레이션하고 평가할 수 있는 시스템을 제안한다. 본 시스템의 주요 특징으로는 UAM에 최적화된 파라미터 설계, 유연한 노선 구현, 그리고 다양한 교통수단과의 연계 모빌리티 시스템 구현이 있다. 이를 통해 데이터 기반의 승객 수요 예측, 최적 버티포트 위치 선정, 연계 교통수단 개발, 효율적인 버티포트 설계, 그리고 다양한 서비스 운영 알고리즘 개발이 가능해진다. 제안된 디지털트윈 기술은 UAM 시스템 운영에 특화되어 있어 보다 정밀하고 효율적인 운영을 가능케 한다. 이는 UAM 서비스의 실효성을 높이고, 다양한 변수와 상황을 반영한 운영 시나리오를 사전에 테스트할 수 있는 혁신적인 방법을 제시한다.

사사: 이 (성과)는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2024-00415360).

스마트 모빌리티의 미래: 최신 통향과 미래 발전 전략

The future of smart mobility: latest trends and future development strategies

고은정
(KAIST 조천식 모빌리티대학원 연수연구원)

김준석
(KAIST 조천식 모빌리티대학원 연수연구원)

장기태
(KAIST 조천식 모빌리티대학원 교수)

스마트 모빌리티는 기술의 혁신과 함께 급격히 발전해 왔으며, 현대 사회의 이동 방식을 근본적으로 변화시키고 있다. 스마트 모빌리티란, 간단히 말해, 정보 통신 기술을 이용해 이동성을 최적화함으로서, 효율적인 교통수단과 서비스를 제공하는 것을 의미한다. 이 개념은 자율주행차량을 비롯하여, 지능형도로시스템, 로봇, 전기자동차, 드론 배송, 공유 모빌리티 등의 다양한 요소를 포함하고 있으며, 교통 혼잡과 환경오염을 줄이고 이용자의 편의를 극대화하는 것을 목표로 하고 있다.

자율주행의 발전은 스마트 모빌리티의 가장 대표적인 요소 중 하나로 손꼽힌다. 최근 자율주행 기술은 인공지능(AI), 센서 기술, 고성능의 클라우드 컴퓨팅의 발전에 힘입어 빠르게 발전하고 있다. 이러한 발전은 교통사고를 줄이고, 운전자의 피로를 덜어주며, 교통 효율성을 높이는 데 크게 기여할 것으로 기대된다.

지능형도로시스템 또한 스마트 모빌리티의 중요한 구성 요소이다. 이 시스템은 교통 상황을 실시간으로 모니터링하고, 이를 바탕으로 최적의 교통 신호를 조정하거나 사고를 예방하는 등의 기능을 수행한다. 이는 차량 간 통신 및 차량과 인프라 간 통신 기술을 바탕으로 이루어지며, 교통 혼잡을 줄이고 도로 안전성을 높이는 데 중요한 역할을 하고 있다. 더 나아가, 이 시스템은 자율주행차량과 같은 미래 스마트 모빌리티의 운영을 지원하는 데 필수적인 인프라로 자리 잡고 있다.

또한, 최근 빠른 성장세를 보이는 커넥티드 로봇 역시 스마트 모빌리티의 중요한 부분으로서 미래 도시 환경에서 중요한 역할을 수행할 것으로 기대된다. 로봇의 발전은 다양한 형태와 기능을 통해 사람들의 이동성을 향상시키고, 물류와 서비스 분야에서도 혁신을 가져오고 있다. 자율주행 로봇, 의료용 로봇, 서비스 로봇 등 다양한 종류의 스마트 모빌리티 로봇들이 등장하고 있으며, 이들은 도시의 이동성과 효율성을 극대화하는 데 큰 기여를 하고 있다.

이와 같이, 스마트 모빌리티의 발전은 환경적, 사회적, 경제적 측면에서 다각적인 긍정적 영향을 미치고 있다. 먼저, 환경적으로는 탄소 배출량 감소와 에너지 효율성 증대를 통해 기후 변화 대응에 중요한 기여를 하고 있으며, 사회적으로는 교통 사고 감소와 이동성 향상을 통해 인간의 삶의 질을 향상시키고 있다. 또한, 경제적으로는 새로운 산업과 일자리 창출을 촉진하며, 도시의 경제적 활력을 증대시키는 데 중요한 역할을 하고 있다.

스마트 모빌리티의 다양한 장점에도 불구하고, 스마트 모빌리티의 더 나은 발전을 위해서는 해결해야 할 과제도 존재한다. 자율주행과 같은 새로운 기술의 안전성 문제, 네트워크와 통신 체계의 개선, 실시간성의 확보 등이 대표적인 예이다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 하드웨어적인 기술 개발과 함께 소프트웨어 측면의 발전이 함께 이루어져야 할 것으로 사료된다. 현재 스마트 모빌리티는 단순히 교통수단의 혁신을 넘어서, 이동체 관점에서 모든 모빌리티 분야로 확장되고 있으며, 도시의 구조와 사람들의 생활 방식을 근본적으로 변화시키고 있다. 인간의 이동성을 혁신적으로 개선하고, 보다 스마트하고 연결된 사회를 효과적으로 유도하기 위해서는 원격 제어, 복합 인지를 비롯하여 특정 지역 네트워크망 확보 등의 해결 방안 탐구를 통해 효율적인 모빌리티 서비스를 지원해야 할 것이다.

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

스마트교차로 데이터와 딥러닝 기반 영상 계수를 활용한 신호교차로 개선사례 연구

A Case Study on Signalized Intersection Improvement Using Smart Intersection Data and Deep Learning-Based Traffic Counting

김지규
(인천연구원, 연구원)

손지언
(인천연구원, 연구위원)

본 연구는 신호 교차로 개선을 위해 스마트교차로 데이터를 활용한 사례를 다룬다. 스마트교차로는 교차로 내 교통흐름을 실시간으로 모니터링하고, 데이터를 수집할 수 있는 시스템으로, 교통 신호 최적화를 위한 중요한 정보를 제공한다.

이번 연구에서는 교차로 1지점을 개선하기 위하여 총 7개 교차로에 대한 시간대별 교통량 및 신호운영(TOD)을 수집하였다. 7개 교차로 중 스마트교차로 데이터와 딥러닝 영상계수를 통한 데이터를 적절히 배치하여 비교검증을 통해 자료의 신뢰성을 확인하였다. 인천시 교차로 중 개선대상인 1곳과 주요축 상 3개의 교차로에 대하여 스마트교차로 데이터를 수집하였으며, 딥러닝(DL) 모델을 통해 총 5개 지점의 데이터를 수집하였다. 딥러닝 영상계수로 수집한 교차로는 개선대상지점, 동일지점, 인접 교차로 3지점으로 선정하였으며, 스마트교차로와 중복된 지점 2지점을 비교하였다. 이렇게 스마트교차로로 수집된 데이터와 딥러닝 영상계수 데이터를 상호 비교하여 정확도를 검증하였으며, 교차로별 주요·보조축별 유입·유출량을 비교하고 현장조사를 바탕으로 자료의 보완 및 검증을 진행하였다.

검증된 데이터를 바탕으로 교통 시뮬레이션 툴인 VISSIM을 활용하여 신호 체계의 최적화를 수행하였다. VISSIM을 통해 다양한 시나리오를 분석하여 도시경관개선 및 교차로 내 신호의 효율성을 향상시키고, 교통 혼잡 완화 및 차량 소통 개선 효과를 기대할 수 있는 최적의 신호 패턴을 도출하였다.

본 연구는 스마트교차로에서 수집한 데이터를 딥러닝 영상계수를 효과적으로 활용하여 현장조사 재원의 효율성 제고 및 교차로 신호 최적화를 달성하는 방법론을 제시하며, 향후 인천시의 교통 정책 수립과 교차로 개선에 실질적인 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

서울시 폐교 부지 활용을 통한 지역형 및 근린형 모빌리티 허브의 입지 선정에 관한 연구

A Study on Site Selection for Subcentral and Community Mobility Hubs Using the Closed School in Seoul

김민준 (서울시립대학교, 학석사연계과정)
이승재 (서울시립대학교, 정교수)
변지혜 (서울시립대학교, 조교수)

서울시의 학령인구는 점점 줄어들어 폐교되는 학교들이 등장하고 있으나, 폐교 부지들을 활용하지 못하고 있어 방치함으로 인해 문제가 나타나고 있다. 또한 서울시는 '2040 서울도시기본계획안'에서 근린형, 지역형, 광역형 총 3가지 규모의 모빌리티 허브를 조성한다고 발표하였지만, 지역형 및 근린형 모빌리티 허브의 입지 선정과 관련된 구체적 계획은 미비한 상황이다. 이러한 두 가지 문제점을 동시에 해결하기 위해 해결책으로 서울시 폐교 부지에 모빌리티 허브 도입안을 제안하며, 본 연구는 서울시 폐교 부지들 중, 지역형 및 근린형 모빌리티 허브 도입에 최적인 폐교는 어느 곳인지 분석을 진행하였다. 분석은 폐교들의 대중교통 접근성을 산정하는 방식으로 진행하였으며, 대중교통 접근성은 각 교통시설이 지니는 서비스면적 영향력과 서비스 수준으로 정의하였다. 분석 결과 서울시 전 지역 내에 지역형 모빌리티 허브 도입에 적합한 폐교 부지는 총 20개가 선정되었으며, 근린형 모빌리티 허브 도입에 적합한 폐교 부지는 총 33개가 선정되었다. 본 연구를 추후 발전시킨다면 폐교 부지 문제 해결 및 모빌리티 허브 입지 선정에 도움이 될 것이며, 나아가 다른 교통 시설 도입을 위한 입지 선정 방안에도 활용할 수 있을 것이다.

End to End 딥러닝 기반의 라이다 카메라 캘리브레이션

An end-to-end deep learning based lidar and camera calibration

김준영	김태형	김봉섭	윤경수
(지능형자동차부품 진흥원, 주임)	(지능형자동차부품 진흥원, 팀장)	(지능형자동차부품 진흥원, 실장)	(지능형자동차부품 진흥원, 본부장)

자율주행 시스템의 환경 인식은 안전하고 효율적인 동작을 위한 필수적인 요소이며, 이를 위해 다양한 센서들이 각자의 방식으로 환경 정보를 수집한다. 카메라와 라이다가 가장 대중적으로 사용되는데, 라이다는 레이저를 이용하여 주변 환경의 3차원 거리를 점군 형태로 측정하며, 카메라는 2차원 시각 정보를 영상 형태로 제공한다. 두 센서의 데이터가 결합 된다면, 자율주행 시스템은 주변 환경에 대한 깊이(Depth) 정보와 특징(Feature) 정보를 동시에 활용할 수 있다. 이처럼 이종 센서가 제공하는 정보는 상호 보완적일 수 있기 때문에, 센서 데이터를 적절히 결합하면 환경 인식의 정확도와 신뢰성이 향상될 수 있다. 이러한 이종의 센서 데이터 융합을 위해서는 센서 간 좌표계를 정확하게 맞추기 위한 캘리브레이션 과정이 필수적으로 선행되어야 한다.

기존의 라이다와 카메라의 캘리브레이션 방법들은 특정한 표적(또는 패턴)을 사용하였다. 이종 센서가 동일 표적을 계측한 데이터로부터 센서 간 좌표 변환이 계산되었으며, 이는 센서 간의 캘리브레이션에 사용되었다. 이러한 방법들은 캘리브레이션의 정밀도를 향상시킬 수는 있으나, 환경 변화에 민감하여 동적 환경에서 사용하는 데 한계가 있다. 또한 라이다는 카메라에 비해 데이터의 밀도가 낮다. 이는 캘리브레이션에 사용될 특징점이 라이다의 측정 위치 또는 자세에 따라 유실되는 문제를 발생시킬 수 있다. 따라서 라이다와 카메라 간 특징점을 정확하게 매칭시키기에 어려움이 있다. 이를 해결하기 위해 측위 센서를 활용한 보정 방법이 연구되어 왔다. 그러나 측위 센서의 누적 오차 및 시간 동기화 문제로 캘리브레이션의 정밀도를 보장하는데 여전히 한계가 있다. 최근에는 공개 데이터셋(KITTI, Waymo 등)의 증가와 인공지능 관련 HW, SW 발전에 의한 딥러닝 기반 캘리브레이션 연구가 활발히 진행되고 있다. 딥러닝 기반 캘리브레이션 방법들은 기존 방법들이 갖는 한계의 극복 가능성을 보여주고 있다. 복잡한 환경에서도 정밀도가 높기 때문이다.

본 논문은 이러한 배경에 따라 End-to-end 딥러닝 기반 라이다 카메라 캘리브레이션 방법을 제안한다. 불필요한 연산의 감소를 위하여, 라이다 데이터는 Deep ResNet18, 카메라 데이터는 ResNet18 네트워크를 간소화시켜서 특징 레이어를 추출하였다. 또한 본 논문은 Parametric ReLU(PReLU) 활성화 함수를 채택하였다. 기존의 ReLU(Rectified Linear Unit) 활성화 함수는 비선형 데이터를 빠르게 학습할 수 있는 장점이 있지만, 네트워크의 일부 뉴런이 '죽은(ReLU dead)' 상태가 되어 학습이 제대로 이루어지지 않는 문제가 발생할 수 있다. 입력 값이 0보다 작은 경우 출력이 0으로 고정되기 때문이다. PReLU는 ReLU와 유사한 특성을 가지면서도, 입력 값이 0보다 작은 경우 학습 가능한 매개변수 α를 통해 음수 영역의 기울기를 조절할 수 있다. 이를 통해 네트워크는 음수 영역에서도 비선형성을 학습할 수 있게 되어, 더 나은 성능을 발휘할 수 있다. 라이다와 카메라 데이터의 특징 추출 레이어를 연결하여 합성된 특징은 CNN(Convolutional Neural Network) 입력으로 사용되며, 그 결과로 라이다 좌표계 상의 회전(rotation)과 변위(translation)가 출력된다. 네트워크의 학습 과정에서 사용된 손실 함수는 두 가지로 구성되었다. 첫 번째로, 라이다와 카메라 간의 회전 오차를 최소화하기 위해 L2 Norm 손실 함수를 사용하였다. 이는 예측된 회전 값과 실제 값 간의 차이를 정량화하여 회전 오차를 줄이는 데 기여한다. 두 번째로, 포인트 클라우드 간의 정합도를 평가하기 위해 RMSE(Root Mean Square Error) 손실 함수를 활용하였다. 실험은 KITTI Odometry Dataset을 이용하여 진행되었으며, 학습 데이터와 검증 데이터의 비율은 8:2이다. 또한 다양한 무작위 에러(error)를 발생시켜 학습 과정에서 모델의 일반화 성능을 강화시켰다. 각도 에러(roll, pitch, yaw)는 1~20도 범위 내, 변위 에러(x, y, z)는 1.5~0.1m 범위 내에서 무작위로 부여되었다. 실험 결과 각도 오차와 측위 에러는 각각 평균 0.25도, 0.09m로 나타나 높은 정밀도를 보였다. 다만, z축의 위치 에러가 x, y축의 위치 에러에 비해 높았다. 이는 2차원에서 추정된 깊이 데이터를 3차원으로 변환할 때 다양한 형태로 나타날 수 있기 때문에 발생한 문제로 분석되었다.

향후 z축 위치 에러의 최소화를 위해 다중 시점에서의 데이터를 활용하거나, 2차원 영상으로부터 깊이 정보를 추측할 수 있는 모델을 개발할 예정이다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-01314, 자율주행차량 음영지역 데이터 제공을 위한 주행환경 데이터 스티칭 기술개발)

소프트웨어 교육 플랫폼 발전을 위한 대규모 언어 모델 적용 기법에 관한 연구

A Study on the evolution of large language model-based software education platforms

김유환	이태호	안정우	임동원	정연비	김원열
(조선대학교 컴퓨터공학과, 학부생)	(조선대학교 인공지능공학과, 학부생)	(조선대학교 인공지능공학과, 학부생)	(조선대학교, 인공지능공학과, 학부생)	(조선대학교 정보통신공학과, 석사과정)	(조선대학교 인공지능공학과, 조교수)

인공지능, 빅데이터, 사물인터넷 등 다양한 신기술들은 전 세계 산업과 사회 전반에 걸쳐 급격한 혁신을 이끌고 있으며, 이에 따라 프로그래밍과 컴퓨팅 사고력은 현대 사회에서 필수적인 역량으로 자리 잡고 있다. 이러한 기술들이 일상과 업무의 모든 측면에 점점 더 깊이 통합됨에 따라, 소프트웨어(SW) 교육의 필요성은 그 어느 때보다 중요해지고 있다. SW 교육은 이러한 기술 변화에 신속하게 대응하고, 미래의 혁신을 주도할 인재를 양성하기 위한 핵심 분야로 부상하고 있으며, 그 중요성은 지속적으로 증대되고 있다. 그러나 전통적인 교육 방식만으로는 빠르게 변화하는 기술 환경에 효과적으로 대응하기 어려우며, 더욱 효율적이고 개인화된 교육 방법과 도구가 요구되고 있다.

이러한 필요성을 충족하기 위한 대안으로 대규모 언어 모델(LLM)을 활용한 SW 교육 플랫폼이 주목받고 있다. LLM을 기반으로 한 교육 플랫폼은 시공간의 제약을 뛰어넘어 학습자에게 맞춤형 질의응답 서비스 등의 유용한 학습 지원 체계를 제공할 수 있다. 이러한 플랫폼은 학습자의 개별 수준에 맞춘 피드백을 즉각적으로 수행하여 학습 성과를 극대화한다. 그러나 LLM 기반 시스템의 정보 제공 과정에서 발생할 수 있는 신뢰성과 정확성의 문제는 여전히 중요한 도전 과제다. LLM이 종종 사실과 다른 정보를 생성하는 '환각(hallucination)' 현상은 잘못된 교육 콘텐츠를 제공할 가능성을 높이며, 이는 학습자의 잘못된 이해를 초래할 수 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 기술적 개선이 필요하다.

이를 해결하기 위해 본 연구에서는 검색 증강 생성(Retrieval-Augmented Generation, RAG) 기법을 적용한다. RAG는 LLM의 성능을 크게 향상시키는 중요한 기술 중 하나로, 모델이 답변을 생성하기 전에 외부 데이터베이스에서 관련 정보를 검색하여 최신 정보를 통합하는 방식이다. RAG는 LLM이 학습된 지식 외에도 실시간으로 갱신되는 외부 데이터를 활용할 수 있게 함으로써, 더 정확하고 신뢰성 있는 응답을 생성할 수 있도록 돕는다. 이는 특히 기술이 빠르게 발전하는 SW 교육 분야에서 매우 유용하며, 학습자가 항상 최신 정보와 지식을 바탕으로 학습할 수 있도록 보장한다.

본 연구에서 적용하는 RAG 기법의 핵심은 최신 데이터의 갱신만으로도 플랫폼이 정확한 정보를 반영할 수 있다는 점이다. 즉, RAG를 통해 학습 시스템은 지속적으로 업데이트되는 외부 정보를 활용하여 학습 콘텐츠를 최신 상태로 유지할 수 있으며, 이를 통해 별도의 학습 자료 제작 비용을 절감할 수 있다. 동시에 학습자는 신뢰할 수 있는 최신 자료로 교육을 받기 때문에, 정보의 정확성에 대한 우려를 줄이고 더 나은 교육을 제공받을 수 있다.

이처럼 LLM과 RAG 기법을 결합한 SW 교육 플랫폼은 SW 교육의 혁신적 발전을 촉진할 것으로 기대된다. 이러한 플랫폼은 기존의 교육 방법보다 더 효과적이고 신뢰성 있는 교육 서비스를 제공하며, 학습자의 성취도를 높이는 데 기여할 것이다. 앞으로 이러한 기술이 발전함에 따라 SW 교육은 더욱 개인화되고 체계적인 방식으로 혁신될 것이며, 이는 미래 인재 양성에 중대한 기여를 할 것으로 전망된다.

사사: "본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음"(2024-0-00062)

거대 언어 모델(Large Language Model)을 이용한 객체 단위 통행 생성 방법 개발

Development of an Agent-based Travel Generation Method Using Large Language Models

심지윤
(한국교통연구원, 연구원)

원민수
(한국교통연구원, 부연구위원)

모빌리티 예측은 다양한 데이터와 예측 모델링 기술을 사용하여 개인 또는 집단 수준에서 사람의 움직임을 추정하는 것이며, 단순히 통행 경로를 예측하는 것을 넘어서, 사회 전반의 효율성과 안전성을 증진하는 데 중요한 기초 데이터를 제공할 수 있다. 이를 위해서는 개인의 특성, 환경적 요소 등 다양한 요인이 개인의 모빌리티에 어떠한 영향을 미치는지 이해하고 모델링해야 한다.

기존의 모빌리티 예측 방법은 시공간적 규칙성과 개인 움직임의 통계적 특성을 밝히는 데 중점을 두었다. 최근에는 딥러닝 모델의 시공간적 모델링 기능을 활용하여 예측 성능을 개선하였지만, 여전히 개인 통행의 단기·장기적인 시공간 종속성, 이외에도 예측이 불가한 복잡한 시공간 패턴을 다루는 데 한계가 있었다. 이를 해결하기 위해 대규모 사전 학습 데이터를 기반으로 맥락 이해 및 추론까지 가능한 거대 언어 모델(Large Language Model; 이하 LLM)을 고려할 수 있다. 이에 본 연구는 LLM을 통해 개인 속성뿐만 아니라 실제 통행일지를 반영하여 현실성 있는 객체 단위 통행 생성 프레임워크를 제안하고, 이를 통해 통행 생성 분야에서의 LLM 가능성을 검토하고자 하였다.

통행일지 학습 및 예측 모델은 거대 언어 모델 중 사전 학습 언어 모델이자 텍스트 생성에 특화된 GPT(Generative Pre-trained Transformer) 모형을 사용하였으며, 이중 OpenAI에서 개발한 GPT-4를 기반으로 분석하였다. 통행일지 예측을 위해서는 크게 개인의 속성과 이들의 통행일지 데이터가 필요하다. 개인 속성정보는 나이, 성별, 소득, 직업(직종), 학생 여부, 면허 유무의 6종이 필요하며, 통행일지는 통행 시작·종료 시간, 출발·도착지 장소 유형, 통행목적, 이용 교통수단의 정보로 정의된다.

본 연구에서 제시하는 LLM 기반 객체단위 통행 생성 프레임워크는 두 단계로 구성된다.: (1) 개인 모빌리티 패턴 학습: 개인 속성정보에 따른 통행패턴 학습을 목표로 한다. 구체적으로 개인의 속성을 그룹화하여 각 그룹에 따라 통행 빈도, 통행 시간대, 주요 목적지를 파악하며, 이를 기초로 모델이 그룹별 통행패턴을 이해할 수 있도록 학습시킨다. (2) 통행 생성: 두 번째 단계에서는 학습된 모빌리티 패턴을 바탕으로 LLM 모델은 객체 단위의 통행을 생성한다. 이때 반드시 추론(reason) 과정을 거쳐 LLM 모델이 스스로 생각하여 예측하도록 하고, 추론 오류가 발생한 부분을 파악하여 데이터 혹은 프롬프트를 개선하여 모델의 성능을 지속적으로 개선하도록 하였다.

이후 전술한 개인 속성, 통행일지 정보가 모두 포함된 한국교통연구원의 개인통행 실태조사(2021) 데이터를 가공하여 통행 생성 가능성을 확인하였다. 통행 시작·종료 시간 분포, 출발·도착지 장소 유형, 통행목적, 이용 교통수단의 정확도를 확인한 결과, 대부분 항목에서 70% 이상의 정확도를 보였다. 하지만 통행목적은 13개의 목적 중 하나를 예측해야 하기에 정확도가 다른 항목에 비해 약 40%로 낮게 나타났다.

본 연구는 ChatGPT를 활용해 개인의 실제 모빌리티 특성을 반영한 통행 생성이 가능함을 확인하였다. 통행 생성 프레임워크를 설계하고, 이에 맞춰 입력 데이터를 가공 및 프롬프트 엔지니어링을 수행함으로써 LLM 기반 통행 생성 기술의 가능성을 국내 데이터를 기반으로 시도하였으며, 이후 적용 및 확장 연구의 기반 연구로 의미가 있을 것이다.

현재는 전국 대상자의 1% 표본 조사이자 주로 평일, 하루의 평균적인 통행을 다룬 개인통행 실태조사 자료를 이용하였기에 이와 유사한 조건의 통행을 생성하는 데 그쳤으며, 예측 성능 검증 및 개선을 위한 추가 연구가 필요하다. 향후 전수에 가깝고, 다양한 시간의 통행 정보가 포함된 데이터를 활용하여 주간·야간, 주중·주말의 통행일지 또한 현실적으로 생성할 수 있을 것이다. 또한 날씨, 대규모 행사 등과 같은 외부 요인들을 고려하면 더욱 정교하고 현실적인 통행일지를 생성할 수 있으며, 더 나아가 POI(Point of Interest) 정보를 통해 통행 거리, 시간, 노선까지 반영한다면 다양한 목적의 모빌리티 예측 시뮬레이션에 활용할 수 있을 것이다.

사사: 이 연구는 산업통상자원부가 출연하고 한국산업기술진흥원에서 발주하여 시행한 “실시간 개방형 모빌리티 서비스 플랫폼 구축 및 산업 생태계 조성(P0025249)” 사업의 지원으로 수행되었습니다.

Range-Sequential Network 기반 HAR에 관한 연구

A Study on HAR based on Range-Sequential Network

서홍일	한윤상	조형래	서동환
(한국해양대학교, 박사과정)	(한국해양대학교, 석사과정)	(한국해양대학교, 교수)	(한국해양대학교, 교수)

최근 서비스 산업에서 무인 시스템이 상용화됨에 따라 human activity recognition(HAR)에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. HAR은 카메라, IMU, 그리고 레이더와 같은 센서를 이용하여 일상생활에서 발생할 수 있는 사람의 행동을 분류하는 기술이다. 카메라를 이용한 HAR은 이미지 내 사람의 행동을 분류하므로 행동을 추론하기 위한 정보가 풍부하고 기개발된 이미지 분류 모델을 활용하기 용이하여 우수한 성능을 보이지만, 카메라의 좁은 화각으로 인해 행동 관측 범위가 좁고 이미지에 포함된 개인정보로 인해 보안위험이 있다. 스마트워치에 탑재된 IMU 데이터 기반 방법은 단일 객체에 대한 행동분류 정확도가 높지만, 센서를 손목에 부착해야하는 불편함이 있다. 이에 반해 레이더 기반 HAR은 관측 범위가 넓고 센서와의 접촉이 불필요하고 개인정보에 대한 위험이 없어 각광받고 있다. 이 기술은 소형화가 가능한 FMCW 레이더를 주로 이용하며 TX와 RX의 차인 IF 신호를 뉴럴 네트워크에 입력하여 사람의 행동을 분류한다. 입력되는 데이터는 IF 신호에 시간 영역을 기준으로 STFT을 취한 값의 모든 Range에 대한 합인 Time-Doppler(TD) map을 주로 활용한다. 그러나 TD map은 매 Range마다 계산되는 Time-Doppler 값의 합이므로 뉴럴 네트워크에 입력데이터 중 배경 영상의 비율이 크다.따라서 본 논문에서는 Range-Time-Doppler(RTD) map에서 micro-Doppler signatures(MDSs)의 Range에 따른 Feature Extraction을 통해 HAR 성능을 개선하는 Range-Sequential Network를 제안한다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2021-KA162922602820634902O1).

전기자동차 배터리 이상 알림 긴급호출 장치 개발

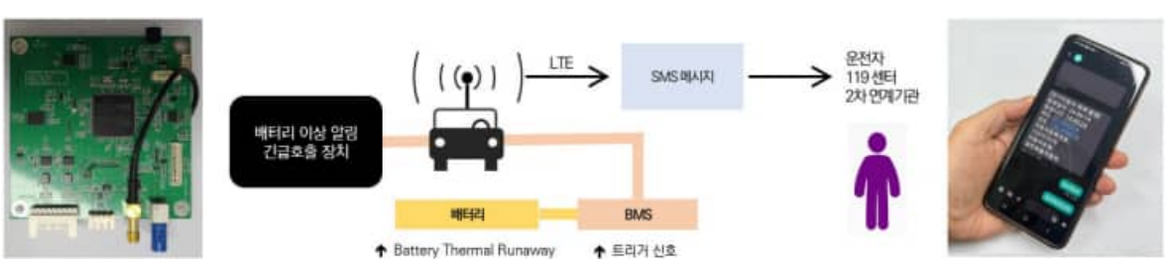
Development of an Emergency Call Device for Electric Vehicle Battery Alert Notification

김유원
(주식회사 이노카, 부사장)

최근 국내외적으로 전기자동차 보급이 늘어나면서 전기자동차 배터리와 관련된 화재 사고도 증가하고 있다. 배터리 열폭주에 의한 전기자동차 화재는 다른 차종에 비해 화재 진압이 쉽지 않고, 많은 시간과 장비가 필요하다는 특징이 있다. 따라서 전기자동차 배터리 열폭주(Battery Thermal Runaway)를 예방하는 기술 개발이 중요하지만, 아직 상용화에 이르지 못하여, 현실적인 대안으로 전기차 배터리 열폭주와 같은 이상 징후 발생 시 신속하게 그 사실을 자동으로 차량 소유자, 소방서 및 2차 연계 기관에 통보하여 초기 화재 진압 등의 조치가 빠르게 이루어지도록 하는 것이 필요하다. 이를 위한 전기자동차 배터리 이상 알림 긴급호출 장치의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 실시간 전기자동차 배터리 이상을 감지하여 알려주는 긴급호출 장치 하드웨어 및 소프트웨어를 개발하고 프로토타입을 제작하였다. 긴급호출 장치는 차량의 IGN, B+, CAN 인터페이스 등을 지원하고, IoT 기반의 LTE 통신 모듈을 적용하여 개발 하였다. 긴급호출 장치는 차량에 기본 장착되어 전기자동차 배터리 BMS(Battery Management System)와 CAN으로 연동되어 배터리 열폭주 트리거 메시지를 수신하면, BWM(Battery Warning Message) 메시지를 생성하여 SMS(Short Message Service) 문자 메시지에 실어서 긴급호출 장치에 미리 저장된 수신처 전화번호로 전송한다. BWM 메시지는 전기자동차 화재 발생 일자 및 시간, 차량 위치(위도, 경도), 자동차 등록번호, 자동차 유형 등의 정보로 구성된다. 개발된 장치의 기능 및 성능 분석을 위하여 자동차 신호 및 BMS 트리거 신호 CAN 메시지 시뮬레이션이 가능한 시험 환경을 구성하여 연구실 기반에서의 기능 평가를 진행하여, 배터리 열폭주 트리거 신호 발생 시, 긴급호출 장치는 BWM 메시지를 생성하고, SMS 또는 MMS(Multimedia Messag) 메시지를 전송하여, 수신자가 자동차 화재 발생 사실을 인지하는 것이 가능함을 확인하였다.

본 논문을 통하여 개발된 전기자동차 배터리 이상 알림을 위한 긴급호출 장치는 전기자동차 배터리 화재 발생 시 신속하게 사고 발생 사실을 운전자, 소방서 및 2차 연계 기관에 통보하는 것이 가능하여, 신속한 화재 대응 및 진압이 가능할 것으로 판단된다. 또한 전기자동차 화재에 따른 피해 확산 또는 2차 사고를 예방하여 소중한 인명과 재산 피해를 줄이는 것이 가능할 것으로 판단하며, 사회적 비용을 절감할 수 있을 것으로 판단한다. 향후 긴급호출 장치를 전기자동차에 기본 장착이 가능한 형태의 시제품을 제작하여 실차 기반의 장착성 검토, 기능 및 성능 시험을 전기자동차 안전성 평가 환경에서 통합적으로 진행할 계획이다.



<그림 1> 전기자동차 배터리 이상 알림 긴급호출 장치 및 프로시져

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행되었음 (과제번호 RS-2023-00243574: 전기자동차 안전성 평가 및 통합 안전 기술 개발)

자율주행차 이용요금추정 딥스택 인코더 전처리기 및 양방향 LSTM RNN 연구

Deep Stacked autoencoders and Bidirectional LSTM RNN for Autonomous Vehicle

임관수
(한성대학교, 대학원생)

남두희
(한성대학교, 교수)

최근 자율주행차의 발전과 함께, 이동 서비스의 효율성을 높이기 위한 요금 추정 시스템의 필요성이 대두되고 있다. 본 연구에서는 자율주행차 이용 요금을 효과적으로 추정하기 위해 딥스택 인코더(Deep Stack Encoder) 전처리기와 양방향 LSTM(Long Short-Term Memory) RNN(Recurrent Neural Network) 모델을 활용할 예정이다. 자율주행차의 요금 구조는 다양한 요소에 의해 영향을 받는다. 교통량, 기후, 시간대, 사용자 행동 등 많은 변수가 존재한다. 기존의 요금 추정 방법은 이러한 변수들을 충분히 반영하지 못하는 경우가 많아 복잡한 패턴을 학습할 수 있는 딥러닝 기법이 필요하다. 수집한 데이터의 차원을 줄이고, 노이즈를 제거하기 위해 딥스택 인코더를 활용한다. 이 단계에서 입력 데이터의 의미를 보존하면서 효과적으로 피처를 추출할 수 있도록 한다. 전처리된 데이터를 이용해 양방향 LSTM RNN을 설계한다. 양방향 RNN은 과거와 미래의 정보를 모두 반영하여 예측의 정확성을 높일 수 있다. 여러 하이퍼파라미터를 조정하여 모델의 성능을 최적화한다.모델의 성능을 RMSE(Root Mean Square Error), MAE(Mean Absolute Error) 등의 지표로 평가한다.자율주행차의 요금 추정 시스템의 정확성을 향상시켜 사용자에게 신뢰할 수 있는 정보를 제공할 수 있고 자율주행차 서비스의 가격 책정, 정책 결정 및 시장 전략에 기여할 것으로 기대된다.

전기차용 고압/고내구 일체형 압출성형타입 에어서스펜션용 경량화부품 구조강도평가

Structural strength evaluation of lightweight parts for high-pressure/high-durability integrated extrusion molding type air suspension for electric vehicles

박종경 (군산대학교 산학협력단, 선임연구원)

조규춘 (군산대학교 산학협력단, 선임연구원)

고영국 (군산대학교 산학협력단, 선임연구원)

강기원 (군산대학교 기계공학부, 교수)

본 연구의 목적은 전기차용 고압/고내구 일체형 압출성형타입 에어서스펜션용 경량화부품 강도평가에 관한 연구로서 고압/고내구 경량소재를 적용 부품 구조 강도 경향 파악, 하이드로 포밍을 적용 일체형 압출공정을 통한 제품의 구조 경향 파악 및 응력분포기반 에어서스펜션 부품 형상 최적 설계기술 분석을 목적으로 하며 하이드로포밍 공법을 적용한 전기차용 에어서스펜션 일체형 경량화 부품(피스톤, 가이드 튜브) 구조 경향 파악을 통해 부품의 최적 두께를 선정 및 구조해석을 통한 부품의 최적 형상을 선정한다. 연구 방법으로 경량화 소재 적용 부품개발, 생산성을 고려한 성형 공정개발, 신뢰성 구조내압해석 및 시험 평가를 통한 제품 신뢰성 분석을 진행하였다. 이와 관련하여 에어서스펜션 국내외 경쟁사 및 연구 동향 분석, 경량화를 위한 에어서스펜션 시스템 소재 및 최적 두께 선정, 구조 해석을 통한 경량화 에어서스펜션 시스템 구조 강건성 확보, 에어서스펜션 부품 신뢰성시험(파열, 내구성능시험)으로 진행했다.

사사: 본 연구는 2023년도 중소벤처기업부에서 지원하는 “지역특화산업육성+(R&D) 지역스타기업육성사업” 사업지원으로 수행되었습니다. (과제번호 : S3367344)

모빌리티를 위한 방송망기반 고정밀 위치정보 서비스 아키텍쳐

High-precision GNSS Service Architecture based on Broadcast Network for Mobility

서영우
(KBS 미디어기술연구소)

이용준
(현대모비스)

자율주행 및 모빌리티 관련 기술이 계속 진화하면서 모빌리티 기기의 정확한 위치를 확인하는 기술의 성능이 점점 중요해지고 있다. 자율주행 차량의 경우 카메라에 의한 비전(vision) 기술과 라이다(LiDAR) 및 레이더(ladar) 등 고가의 센서 기술을 적용할 수 있지만 일반 차량이나 공용 모빌리티 주행장치의 경우는 주행보조를 위한 센서로 GPS가 거의 유일하다고 볼 수 있다. 특히 모빌리티 시스템에서 활용하는 지도는 기존의 차도 중심의 서비스에서 HD MAP을 통해 차선이나 골목까지 식별할 수 있는 섬세한 기술로 진화하고 있다. 따라서 위치정보의 정확성이 높아질 수 있으면 각종 모빌리티 단말, 차량 주행 보조, 주차 시스템 등에서 고정밀 지도 기반의 위치 서비스로 효율적으로 사용할 수 있다.

RTK는 위치 정확도를 개선하기 위한 보정정보를 방송 및 통신 네트워크를 통해 수신함으로써 기존 위치 정확도를 cm 수준까지 개선할 수 있는 획기적인 기술로서, 기존의 통신망 만을 사용하는 시스템에 비해 방송망의 데이터캐스팅 서비스를 사용하면 과도한 데이터 통신 비용 없이도 정밀 측위 뿐 아니라 다양한 재난안전 정보 및 멀티미디어 정보를 정밀위치 정보와 연동해서 수신가능 하다.

차량의 내비게이션 시스템의 경우 개발하고 적용하는 데는 통상적으로 수 년 이상의 상당한 시간이 소요되므로 고정밀 위치정보 서비스를 현재 출시되고 있는 차량이나 모빌리티 단말에서 빠른 시일에 사용하기 위해서는 기존 아키텍쳐와 연동되어 구동할 수 있는 방법을 고안하는 것이 필요하다. 즉 기존 설치 시스템에 방송과 통신 모뎀을 활용하여 부가적으로 설치하는 형태로 아키텍쳐를 설계한다면 관련 기술의 상용화를 진행하는데 크게 도움이 될 수 있다.

본 연구에서는 정밀위치 보정 정보를 방송통신 네트워크를 통해 GPS의 위치 정확도를 cm 수준까지 개선할 수 있는 High Precision GNSS (HP-GNSS) 기술 및 서비스 시나리오를 탑재할 수 있는 기존 시스템과 연동가능한 아키텍쳐를 제안한다. 기본적으로 방송망의 데이터캐스팅 서비스에 기반하면서 기존 모빌리티 단말의 튜너 시스템 등 자원을 최대한 사용하도록 하여, 시스템 구현에 큰 변화 없이도 정밀 측위 서비스를 적용할 수 있도록, 튜너부와 GNSS 수신기 처리부 등을 설계한 시스템 아키텍쳐를 제안한다. 또한 서비스 시나리오로는 위치기반 서비스를 지상파에 특화된 자동차 대상의 다양한 재난안전 및 멀티미디어 정보 서비스와 연계하여 브로드 캐스팅 형태의 다양한 서비스를 자동차 내부에서 활용가능하도록 하며, 향후 4차 산업 혁명의 위치기반의 모빌리티 서비스에서 위치기반 서비스를 통해 차별화되는 데이터 및 미디어 서비스를 구현할 수 있다. 특히 UAM(Urban Air Mobility), PBV(Purpose Built Vehicle)를 중심으로 하는 미래도시의 구현에 있어서 끊어지지 않는 안정적인 정밀 GPS 서비스의 구현은 매우 중요한데, 수백 m의 송신타워로부터 안정적으로 전송되는 보정신호는 도심항공 서비스의 성공적인 안착 및 자동차 기반 모빌리티 서비스의 글로벌 경쟁력 확보에도 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

제안된 기술은 현재 중점적으로 개발하고 있는 OSR 방식의 서비스에 대한 안정성을 확보하고 DMB 방송 표준화부터 우선적으로 추진 중이며, 향후 지상파 UHD 모바일 방송 및 디지털 오디오의 데이터 캐스팅 형태까지 확대해서 관련 개발을 진행할 예정이다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00141819)

실도로 기반 자율주행차량의 긴급차 지원 서비스

Enhanced Autonomous Driving Service for Emergency Vehicles on Real-roads

이신경 (ETRI, 책임연구원) **조용우** (ETRI, 선임연구원) **김주영** (ETRI, 선임연구원) **송유승** (ETRI, 책임연구원) **민경욱** (ETRI, 책임연구원)

자율주행 시스템은 초고속 V2X 통신을 활용하여 주위 차량과 주행협상 메시지를 공유 및 융합 처리함으로써 복잡한 주행환경에서도 안전한 주행을 실현할 수 있다. 특히, 구급차와 같은 긴급 차량은 경광등 및 사이렌을 통해 위급 상황을 알리며 자율차 감지 거리 밖에서 빠르게 진입하는 경우가 많으므로 이를 인지하기 위해 긴급 차량의 위치 및 의도를 V2V 통신으로 사전에 전달하면 자율주행차량은 길 터주기와 같은 선제적 양보 운전 대응이 가능해진다.

자율주행차는 위험 구간(비신호 교차로, 회전교차로, 합류로 등)을 주행하는 데 있어 긴급메시지(EDM, Emergency Driving Message)를 송신하는 차량에 양보 주행을 수행함으로써 긴급 차량의 출동을 지원할 수 있다. 주행 중 카메라 센서와 라이다 센서, 레이더 센서 등으로 주변 환경을 인지하고, 근접한 차량이 긴급 차량일 경우 고정밀 지도위에 가상의 정지선을 생성하여 정차한 후 BSM(Basic Safety Message)의 위치정보로 긴급 차량 통과가 확인되면 재주행한다. 또한, 긴급 차량은 주행위험 구간에 진입하기에 앞서 주행 의도 메시지를 자동으로 전송하여 주변 차들의 빠른 양보를 유도할 수 있다. 이를 위해 목적지까지의 주행 경로 중 선제적 메시지 전송이 가능한 구간을 고정밀 지도에 미리 설정할 수 있도록 하였으며, 해당 구간에 진입 시 EDM이 주위 차량에 자동으로 방송된다.

자율주행 시스템이 초고속 V2X 통신을 통해 긴급 차량과 주행협상 메시지를 공유 및 융합 처리함으로써 협력주행이 이루어지는 기능은 인천 청라지구 로봇랜드와 K-City 회전교차로에서 실도로 시험을 통해 검증하였다. 실도로 시험에 앞서 시험로 내에서 5.9GHz 주파수 대역의 일부 채널이 이미 사용되고 있어, 기존 서비스와의 혼선을 피하고자 별도의 채널설정을 통한 차량 간 통신을 제공하였다. 인천 청라지구 로봇랜드에서는 긴급 차량이 직진도로로 합류하기 위해 EDM을 방송했을 때 자율주행차량이 정차 후 긴급 차량의 합류를 허용하고 재주행하는 시나리오를 테스트하였으며, K-City에서는 회전교차로 내 자율주행차량이 주행 중일 때 긴급 차량이 EDM을 방송하며 진입을 시도하면, 자율주행차량이 긴급 차량과의 충돌을 피하고 정차 후 재주행하는 것을 확인하였다.

본 논문에서는 자율주행 시스템이 V2X 통신을 통해 긴급 차량의 주행을 지원하고, 복잡한 교통상황에서도 안전한 주행을 실현할 수 있음을 확인하였다. 실도로 시험을 통해 협력주행 알고리즘의 유효성을 검증했으며, 자율주행차량이 긴급 상황에 효과적으로 대응할 수 있음을 보여주었다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 자율주행기술개발 혁신사업의 일환으로 수행하였음. [2021-0-01140, 초고속 V2X 통신기반 자율주행서비스 기술 개발]

자율주행 시스템의 카메라 오류 대응을 위한 예측 데이터 생성 기술

Predictive Data Generation Technology for Handling Camera Failures in Autonomous Driving Systems

김아람 (와이즈오토모티브, 주임 연구원)

김인수 (와이즈오토모티브, 이사)

박재홍 (와이즈오토모티브, 대표이사)

본 논문에서는 자율주행 시스템의 카메라가 화이트 아웃 또는 블랙 아웃과 같은 상황으로 인해 정상적인 데이터 수집에 어려움이 발생할 경우, 이전에 수신된 데이터를 바탕으로 주행 환경을 예측하여 이를 차량의 주행 판단에 활용하는 기술을 연구한다.

카메라가 정상적으로 작동하지 않는 상황에서 단일 프레임을 이용해 깊이 추정과 소실점 탐색을 통해 인식 가능한 거리를 계산하고, 객체의 종류, 크기, 위치를 분석한다. 또한 연속된 프레임을 통해 객체의 이동 방향, 형태, 속도를 파악하여 n초 후의 이동을 예측한다. 예측된 데이터는 주행 판단 시스템에 전달되어 자율주행 차량이 정상 주행을 유지하거나 안전하게 주행할 수 있도록 지원하는 것을 목표로 한다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00277078, 자율주행을 위한 다중다종 센서 융합의 인공 신경망 구동 최적화 및 통합 인지 기술 개발)

ADAS 차량 운행을 대비한 고속도로 지원 방안 구상

Research on support plans for the operation vehicles using the ADAS on expressway

김수희
(한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원)

한동희
(한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원)

레벨4 자율주행차가 상용화전까지는 레벨2, 3 자율주행차가 지속적으로 증가할 것으로 예상되므로 고속도로 관리 측면에서 대응을 준비해야한다. 현재 고속도로상에는 레벨2 자율주행 수준의 ADAS(첨단운전자보조시스템, Advanced Driver Assistacne System) 사용 차량이 운행 중이며 레벨2 자율주행 수준의 ADAS 사용시 운전자는 항시 전방주시를 해야 하며 사고 시에도 운전자에게 책임이 있으며. ADAS 오작동, 기능해제 등 사용상의 불편함 및 문제점들이 제기되고 있다.

이에 본 연구에서는 현재 수준인 레벨2 수준의 ADAS 차량의 안전성과 운전편리성, 피로경감성 등의 효과를 증진시켜 운행의 효율성 향상을 도모하고자 고속도로 측면에서 지원 방안을 도출하여 제시하였다.

세부적으로 레벨2 자율주행 수준의 ADAS 차량 운전자의 사용경험 설문조사를 통해 사용특성, 문제점, 불편사항, 요구사항 등을 분석하고 자율주행 관련 전문가 및 관계자의 의견도 참고하여 도로 측면에서의 필요 사항도 반영하였다.

또한 공공재(公共財)인 고속도로를 사용함으로써 얻을 수 있는 가치로 이동편리성 확보, 교통안전성 향상, 생산성 증대, 사회적비용 절감, 국가경쟁력 강화로 도출하였다.

마지막으로 상기의 사항들을 반영하여 자율주행기능(ADAS) 향상 지원 방안을 도출하여 내용을 정립하였다.

특히, ADAS 사용자의 요구사항은 안정된 소통상태 유지, 도로상태 최적유지, ADAS 성능/기술 개발 지원, 알기쉽고 안전한 ADAS 사용법 안내 등으로 나타났으며 도로관리 측면에서는 ADAS 기능해제 구간에 대한 모니터링 및 정확한 안내, 운전자의 의무 및 책임 교육, 도로유지관리 철저 등이 필요한 것으로 나타났다.

결론적으로 최근 들어 ADAS 차량의 안전성을 비롯한 다양한 문제들이 서서히 표면화되고 있으며 향후 지속적인 증가가 예상되므로, 고속도로의 효율적이고 안전한 교통관리를 위해서는 이러한 ADAS차량의 통행 및 관련 기술에 대한 지속적 모니터링을 통하여 적절한 대응 조치 및 관리 방안을 준비할 필요가 있다.

인프라 센싱정보 융합을 위한 자율주행 전장부품 보안 설계

Design of secure autonomous driving electronic components for convergence of infrastructure sensing information

김인수 (와이즈오토모티브, 이사)

김아람 (와이즈오토모티브, 주임연구원)

박재홍 (와이즈오토모티브, 대표이사)

자율주행 시스템을 구성하는 전장부품인 자율주행 인지부는 차량에 부착된 센서를 이용하여 주행환경을 파악하고 적절한 경로생성에 필요한 정보를 제공한다. 최근 차량 센서가 가지고 있는 시야나 처리능력의 한계를 보완하기 위해 인프라 센서의 정보를 융합하여 주행판단을 하는 전장부품 기술이 연구되고 있다. 인프라 센서의 정보를 효과적으로 이용하기 위해서는 인프라 센서가 제공하는 정보의 무결성을 검사할 수 있는 전장부품 보안 기술이 요구된다.

본 논문은 인프라 센서 데이터의 이상 감지 및 처리를 통해 보안성을 개선한 자율주행 전장부품의 통신 장치 및 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 잘못된 정보를 송신하는 인프라 센서 및 통신 장치의 정보를 이상동작 의심 블록체인으로 생성하여 차량 간에 공유하고, 인프라 센싱 메시지의 수신시 이상동작 의심 블록체인을 검색하여 인프라 센서의 신뢰도를 결정하며, 인프라 센서의 신뢰도에 따라 센싱 메시지의 인증 및 무결설 검사 빈도를 차등 적용하여 전장부품의 동작 효율과 안전성을 개선할 수 있다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00404139, 전장부품의 보안성 검증을 위한 평가(V&V) 시스템 기술개발)

자율주행차량 테스트베드(K-City) VILS 서비스를 위한 차량 시스템 구성

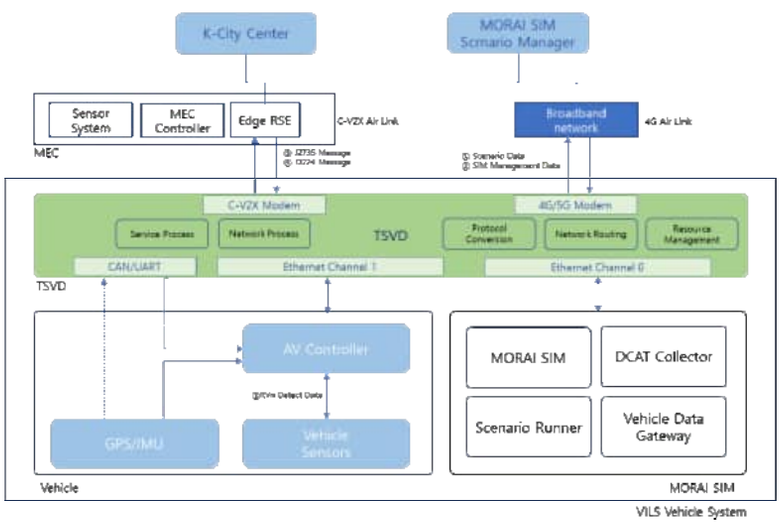
Vehicle system configuration for VILS service of autonomous vehicle test bed (K-City)

박경국
(오스코, 전무)

고한검
(자동차안전연구원 K-City연구처, 차장)

조성우
(자동차안전연구원 결함조사본부, 본부장)

자율주행차량의 상용화 과정에서 다양하고 복잡한 테스트 환경을 제공하기 위한 테스트베드는 필수적인 요소이다. 차량의 기능적인 성능뿐만 아니라 자율주행 성능을 결정하는 알고리즘에 대한 검증을 위해 시뮬레이션 환경을 통한 반복적이고 재현가능한 시험환경은 반드시 필요하다. K-City는 자율주행차량 시험의 특성상 고난이도의 시나리오에 따른 높은 테스트 비용과 위험성을 해결하고 정확한 시험데이터를 제공하기 위해 차량 주행 인프라와 더불어 VILS환경을 제공함으로써 테스트 효율을 극대화하는 것을 목표로 하고 있다.



VILS 서비스르 위한 차량 시스템은 크게 시나리오에 따라 가상데이터를 생성하고 모니터링하는 시뮬레이터(MORAI SIM)와 차량-시뮬레이터, 시뮬레이터-인프라와의 연계를 위한 통신 서비스를 제공하는 테스트베드 서비스 단말(TSVD), 차량으로부터 수집된 데이터를 분석하여 통계정보를 제공하는 분석시스템(DCAT)으로 구성된다.

시뮬레이터는 센터에서 생성된 시나리오 데이터를 기반으로 가상 데이터를 생성하여 J2735 형태의 메시지를 생성하며, 차량이 시뮬레이션 데이터를 활용하여 주행할 수 있는 정보를 제공하며, 차량으로부터 주행정보를 수집하여 분석시스템에 전달한다. 분석 시스템은 시나리오 데이터와 실제 차량 주행 정보를 분석하여 제공한다.

TSVD는 각 장치별 데이터 연계를 위한 네트워크를 제공하고, V2X와 이더넷 등 이기종 통신간 연계를 위한 프로토콜 변환 기능을 제공한다. 차량 시스템의 네트워크와 VILS 시스템의 네트워크 연결을 위한 라우팅 서비스를 제공하며, LTE 망을 통해 관제 시스템이나 인터넷에 접속이 가능하도록 네트워크 서비스를 제공한다.

또한 C-V2X 기반의 인프라 연계를 위해 Edge RSU에서 전송되는 J2735, J3224 등의 메시지를 VILS와 차량측에 전달하는 기능을 수행한다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 22AMDP-C162184-02: Lv.4 자율주행 차량 테스트베드 환경 구축)

도심환경 자율주행을 위한 최소위험 매뉴버 결정 전략

Minimal Risk Maneuver Decision Strategy for Autonomous Driving in Urban Environments

안경환 (ETRI, 책임연구원)　**김진우** (ETRI, 선임연구원)　**박명욱** (ETRI, 선임연구원)　**김기태** (ETRI, 선임연구원)

최소위험 매뉴버 (MRM: Minimal Risk Maneuver)는 자율주행 차량의 HW 실패나, 자율주행시스템 HW/SW 실패, 운행설계영역 (ODD: Operational Design Domain) 이탈등 정상적인 자율주행이 불가능한 상황에서 주/정차와 같은 최소위험조건 (MRC: Minimal Risk Condition)을 달성하기 위한 비상 대응 기능을 의미한다. 기존 자율주행시스템은 앞서 언급한 MRM 동작조건이 만족되었을 때, 긴급 정차를 수행하거나, 차선을 유지하면서 정차, 차선 변경등을 통해 최우측차로 정차, 갓길 또는 안전지대 주차와 같은 MRM 모드를 수행하였다. 그러나 이러한 기존 MRM 모드는 자동차 전용도로 환경과 같이 횡방향 도로 구조(차선)만 존재하는 환경에 적합한 방식으로 정지선등 다양한 종방향 도로 구조가 존재하는 도심 환경에서는 MRC 달성 이후 안전 확보 및 법적 규제를 준수하기 힘든 문제점이 존재하였다. 기존 MRM 모드 결정 전략은 차선이 존재하지 않는 교차로등의 환경에서 대응 방법이 정의되지 않거나, 횡단보도나 교차로내에 정차를 하는 등 도심환경에 대한 안전한 대응이 정의되지 않았다.

본 논문에서는 이러한 도심 환경에서도 안전한 MRM 전략 결정을 위해 종방향 도로 구조도 함께 고려하는 전략을 제시한다. 본 논문에서는 도로 구조를 미고려한 정차 방법 2종과 도로 구조를 고려한 주정차 4종을 제시한다. 각 정차 방법에 대한 결정은 도로 구조에 대한 정보 획득 가능 여부, 각 방향별 객체 인지 가능 여부, 신호등 인식 가능 여부, 차량 HW 정상작동 여부에 따라 결정될 수 있다. 먼저 도로 구조 미고려 정차는 e-stop (emergency stop), c-stop (comfort stop)의 2가지 정차 방법이 있다. c-stop은 전방 객체 인지가 가능할 경우에 마지막 조향각을 유지하며, 최대한 현재 조향각 기준 전방 차량과 충돌하지 않도록 편안하게 정차하는 방법이다. e-stop의 경우 MRM 시스템의 최종 정차 방법으로 모든 정차 방법이 불가능할 경우 실행되며, 전방 객체 및 신호등 인지 불가, 도로 구조 정보 획득 불가 등의 경우에 실행될 수 있다.

도로 구조를 고려한 정차 방법은 i-stop (in-lane stop), sl-stop (stopline stop), d-stop (driving stop), r-stop (right lane stop) 4가지가 있다. 먼저 본 논문에서는 종방향 도로 구조를 고려하기 위해 도로를 3가지 MRM 영역 (Red/Yellow/Blue)으로 구분한다. Red 영역은 횡단보도, 교차로, 회전교차로, 합류와 같이 주정차시 위험성이 존재하거나 법적 규제가 있는 영역으로 정의되며, Yellow 영역은 Red 영역 전까지 편안한 정차를 위한 감속으로 정차할 수 없는 영역을 의미한다. Blue 영역을 Red와 Yellow를 제외한 영역으로 자동차 전용도로의 경우 Blue 영역에 주로 해당된다. 또한 횡단보도, 교차로등 차선이 존재하지 않는 환경에서도 자차가 주행해야하는 가상의 차선이 존재한다고 가정한다. i-stop은 종방향 도로 구조를 고려하지 않아도 되는 환경에서 차선을 유지하며 전후방 차량과 충돌이 없도록 정차하는 방법이다. sl-stop은 횡단보도등 정지선이 존재하는 환경에서 정지선 앞에 정차하는 방법이다. d-stop은 횡단보도 및 교차로내에 정차하지 않기 위해 주변 차량과 충돌없이 주행한 뒤 일반 차선에서 정차하는 방법이다. r-stop은 차선변경을 통해 우측차로 또는 갓길로 정차하는 방법으로 교차로와 같은 종방향 도로구조가 존재하지 않는 구간에서 발생하며, 주변 차량과 충돌이 발생하지 않도록 주행 및 정차한다. 각 정차 방법은 현재 자차가 존재하는 MRM 영역과 객체 및 신호 인지 가능 여부에 따라 본 논문에서 제시하는 매뉴버 결정방법으로 최종 결정된다. 본 논문에 따른 최소위험 매뉴버 결정 전략에 따르면 자동차 전용도로뿐만 아니라 도심 도로에서의 다양한 종횡방향 도로 구조 및 객체 인지, 신호등 인지등을 고려함으로써 미래의 충돌 위험성을 최소화할 수 있고, 법규 규제등에도 대응할 수 있다.

사사: 이 논문은 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 결과임(No.20014121)

저해상도 라이다를 이용한 운전 가능 영역 검출 방법

Detection Method Of Workable Area Using Low Resolution Lidar

유상진
(한국교통대학교, 석사과정)

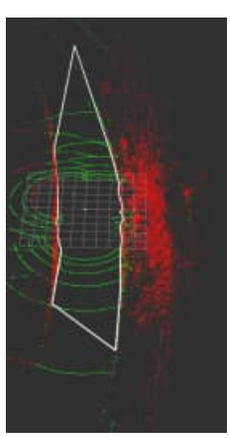
박만복
(한국교통대학교, 공학박사)

자율주행 차량이 안전하고 효율적으로 운영되기 위해서는 주변 환경을 정확하게 인식하고, 운전 가능 영역을 검출하는 것이 필수적이다. 라이다 센서는 다양한 환경 조건에서도 안정적인 성능을 발휘하여 야간이나 악천후에서도 효과적으로 운전 가능 영역을 검출할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 라이다를 이용해 운전 가능 영역을 검출하는 방법을 제안한다. 본 연구에서 사용한 라이다 센서는 Velodyne사의 VLP-16 센서 3개로, 차량 기준 360도 범위를 감지한다. 운전 가능 영역을 검출하기 위해 첫 번째로 지면과 비지면을 분류하였다. 우선 각 센서의 좌표계에서 차량 좌표계 기준으로 변환을 적용하였다. 그 후, 처리 시간을 줄이기 위해 Voxel 필터를 적용하였다. 차량 좌표계 기준으로 x, y를 이용해 grid를 생성한 후, 각 grid에 포함되는 포인트 클라우드의 z 정보를 활용해 각각의 grid별 최소 z값을 저장하였다. 각 gird 마다 최소 z 값에 임계값을 더한 값보다 z가 작은 포인트는 지면 포인트로, 큰 포인트는 비지면 포인트로 분류하였다. 이런 방식으로 지면과 비지면을 분류하게 되면 모든 grid에 지면, 비지면 포인트가 생기는 문제가 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해 포인트 클라우드의 링 정보를 사용하였다. 차량 좌표계 기준으로 각도 범위를 설정한 후, 해당 범위 내에서 비지면 포인트를 찾는다. 비지면 포인트가 검출된 각도 범위 중 가장 작은 각도를 시작점으로, 큰 각도를 끝점으로 설정하여 그 범위 내에 있는 지면 포인트를 비지면 포인트로 재분류하였다. 최종적으로 분류된 비지면 포인트를 사용하여 운전 가능 영역을 검출하였다. 차량 좌표계 기준으로 각도 범위로 나누어 각 각도 범위에 속하는 비지면 포인트 중 거리가 가장 짧은 포인트를 저장하고, 모든 각도 범위에서 최소 거리를 갖는 비지면 포인트를 찾아 그 포인트 내의 범위를 운전 가능 영역으로 설정하였다.

제안된 방법의 검증을 위해 rivz 상에서 시각적으로 결과를 확인하였다. 향후 연구에서는 다른 검증 방안을 적용하여 결과를 비교할 계획이다. 다양한 주행 상황에서의 성능을 평가하거나, 다른 알고리즘과의 비교 분석을 통해 제안된 방법의 우수성을 입증할 예정이다.

<Fig. 1. flow-chart>



<Fig. 2. drivable-area>

사사: 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명 : 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호 : 20018448). 또한, 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 '자율주행기술개발혁신사업'의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]

정밀 지도 기반 정적 물체 회피를 위한 지역 경로 계획 및 성능 비교

Regional Path Planning and Performance Comparison for HD Maps-Based Static Object Avoidance

이종윤
(한국교통대학교, 석사과정)

박만복
(한국교통대학교, 공학박사)

자율주행 기술의 목표는 차량이 스스로 주변 환경을 인지하고, 다양한 주행 상황에서 안전하게 출발지에서 목적지까지 주행하는 것이다. 이러한 자율주행 시스템에서 경로 계획은 필수적인 구성 요소로, 차량이 장애물을 회피하거나 주행 경로를 수정하는 데 있어 중요한 역할을 한다. 그러나 실 도로 주행 시, 예상치 못한 동적 그리고 정적 장애물이 경로에 나타나거나 돌발 상황이 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 자율주행 시스템은 카메라, LIDAR, RADAR 등 다양한 센서를 사용하여 주변 환경을 실시간으로 인식하고, 장애물을 회피하기 위한 지역 경로 계획 알고리즘을 활용해 안전한 주행 경로를 생성할 필요가 있다

본 연구에서는 정적 장애물을 인식한 후 생성된 후보 지역 경로들을 비용 함수로 계산하여 최적의 경로를 생성하는 알고리즘을 제안하였다. 전역경로를 따라 주행 중 전방에 정적 장애물을 인지하였을 때 지역 경로의 후보군을 생성해 비용함수로 비용을 계산하여 최적의 경로를 생성한다. 이 때 비용함수는 주행 안정성을 위한 경로의 매끄러움 비용 즉 곡률 비용과 장애물과의 거리를 고려하여 효율적으로 회피를 하게 하는 장애물 회피 비용 함수 등이 있다. 제안된 알고리즘은 장애물을 회피하면서도 경로의 곡률을 최소화하여 더 매끄럽고 자연스러운 주행 경로를 생성하였다. 특히, 비용 함수 기반의 경로 최적화가 다른 알고리즘 대비 안정성과 효율성에서 뛰어난 성능을 발휘하는 것을 검증하였다.

본 연구를 통해 장애물을 인식 후 생성된 지역 경로가 다른 알고리즘보다 개선되는 것을 검증하였다. 향후 연구는 이번 지역 경로 생성 방법을 가지고 고속도로에서 자율주행 차량의 합류를 위한 차선변경 가능 판단 및 지역 경로 계획으로 고속에서도 안전하게 차선 변경하는 알고리즘을 연구 진행할 예정이다.

사사: 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명: 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호: 20018448). 또한, 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 '자율주행기술개발혁신사업'의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]

Sensor fusion 기반 차량 전면부 충돌 시스템에 대한 위험 평가

Assessment of risk for vehicle front collision system with sensor fusion

박상빈
(한국교통대학교, 석사과정)

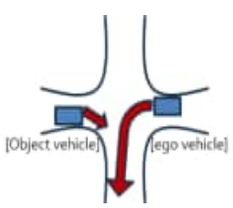
박만복
(한국교통대학교, 공학박사)

최근 자율 주행 기술의 발전과 함께 차량의 안전성을 높이기 위한 다양한 충돌 방지 시스템에 대한 연구가 활발히 개발되고 있다. 특히, 차량 전방 충돌 위험을 사전에 인지하고 대응하는 기술은 운전자의 안전을 보장하는 핵심 요소로 부각되고 있다. 현재 대부분의 충돌 방지 시스템은 단일 센서를 기반으로 작동하지만, 이는 복잡한 도로 환경에서 충분한 정확성을 제공하지 못하는 한계가 존재하였다.

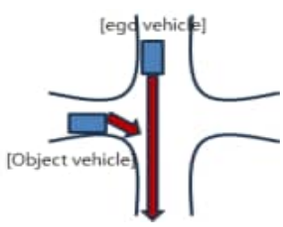
$$R_i = \min(\alpha * (\frac{d_{critical} - d_i}{d_{critical} - d_{safe}}) + \beta * (\frac{v_{critical} - v_i}{v_{critical} - v_{safe}}) + \gamma * (\frac{ttc_{critical} - ttc_i}{ttc_{critical} - ttc_{safe}}), 1) * 100$$본 연구에서는 다양한 센서를 융합한 새로운 차량 전방 충돌 위험 평가 시스템을 제안한다. LIDAR, RADAR, CAMERA 등의 센서로부터 수집된 데이터를 통합하여 상대 차량 간 거리, 상대 속도, 충돌 예상 시간(TTC) 등을 기반으로 실시간 위험도 분석 수식을 도입하여, 다양한 센서 데이터를 융합한 전방 충돌 위험 평가 시스템을 제안하였다. 위험도 $R_i(\%)$는 다음같이 제안하였다.

각각의 임계값(critical, safe)들은 실제 도로 주행 데이터를 기반으로 설정되었으며, d_i, v_i, ttc_i는 ego Vehicle의 실시간으로 측정된 실제 데이터로 임계값과 계산되어 위험도(R)가 산출된다.

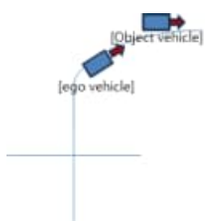
제안된 시스템 방법의 성능을 검증하기 위해, 실제 도로 주행 환경을 모사한 k-city 시뮬레이션 실험을 수행하였다. 실험에는 도로 조건(교차로(Crossroad), 합류로(Confluence))을 포함한 시나리오에서 자율 주행 차량이 실제 도로 주행 중 마주할 수 있는 다양한 전방 충돌 위험 상황을 재현하였다. 제안된 시스템과 기존 단일 센서 기반 시스템의 성능을 비교한 결과, 단일 센서 기반 시스템에 비해 예측 정확도가 약 20% 향상되었다. 특히, 복잡한 교차로 및 합류로 같은 고위험 구간에서 전방 충돌 위험을 초기에 인지하여 충돌 방지를 하는 것에 탁월한 성능을 검증하였다.



<Fig. 1> Intersection Scenario 1



<Fig. 2> Intersection Scenario 2



<Fig. 3> Confluence Scenario

사사: 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명 : 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호 : 20018448). 또한, 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 '자율주행 기술개발혁신사업'의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]

경로와 차선 데이터를 이용한 저성능 GNSS 개선 방법에 대한 연구

Research on Improving Low-Performance GNSS Using Path and Lane Data

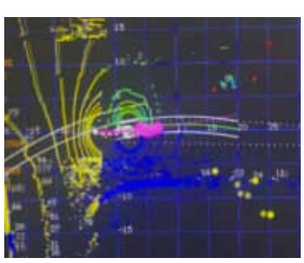
안해주
(한국교통대학교, 학사과정)

박만복
(한국교통대학교, 공학박사)

자율주행 차량 운행에 필요한 핵심 기능 중 하나는 차량의 위치 판단이다. 차량의 정확한 위치 판단은 안전한 주행, 충돌 방지, 그리고 경로 추적을 위해 필수적이다. 위치 판단을 위해서는 차량이 인식하고 있는 현재 위치를 바탕으로 센서 데이터를 분석해야 하며, 이 과정에서 GPS(Global Positioning System)와 같은 위치 추적 기술이 중요한 역할을 한다. 그러나 저성능 GPS는 도심 지역, 터널, 고층 건물과 같은 복잡한 환경에서 신호 차단이나 다중 경로 현상으로 인해 위치 정확도가 저하될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 정밀 지도와 차선 데이터를 활용하여 저성능 GPS의 성능을 개선하는 방법을 제안한다.

본 연구에서는 정밀 지도와 차선 데이터를 활용하여 각 주행 경로를 비교하고, 이를 통해 저성능 GPS의 성능을 개선하는 연구를 진행하였다. 자율주행 차량은 경로 추종을 통해 주행하였으며, 장애물 회피 등 지역 경로가 바뀌는 경우는 제외하고 진행한다. 정밀 지도를 활용한 경로 생성은 주행 경로 링크와 노면선 표시 데이터 등을 사용하여 이루어졌으며, 차량의 출발점은 차량 위치를 기준으로 정밀 지도 데이터 내 도착 지점을 설정한 후, 전역 경로 탐색 알고리즘인 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘을 통해 경로를 생성하였다. 차선 데이터는 카메라 센서를 통해 양쪽 차선을 인식한 후, 이를 기반으로 중앙 경로를 예측한다. 다만, 카메라 센서로 수집한 차선 데이터는 도로 곡률 반경이 클 경우 정확도가 떨어질 수 있어, 인식 거리를 최대 20m로 제한한다. 또한 데이터를 수집하는 주기마다 곡률을 측정하여, 곡률이 0.2rad 이하인 데이터 중 최대 거리를 넘지 않는 영역을 검출 거리로 설정한다. 설정한 검출 거리를 바탕으로 정밀 지도 데이터를 주행하고 있는 차량 위치를 기준으로 가져와 차선 기반 경로와 비교하는 과정을 거치게 된다. 차선 경로와 정밀 지도 경로 기반 경로를 각 3차식 곡선 모델을 사용하여 나타내었다. 3차선 곡선 모델에는 각 데이터의 Offset, Heading angle, Curvuture, Derivative Curvature가 포함되었다. Curvature의 설정 범위마다 조건을 설정하여 Offset 차이를 이용한 횡방향 보정을 진행하였다.

제안한 개선된 저성능 GPS의 성능을 검증하기 위해, 저성능 GPS와 고성능 GPS를 동시에 측정을 진행하였다. 본 연구에서는 교차로와 같은 차선 데이터가 존재하지 않는 상황에서는 위치 보정의 정확성이 저하될 수 있다. 저성능 GPS로는 Ublox GPS를, 고성능 GPS로는 MBC GPS를 사용하였다. 측정된 데이터를 바탕으로 검증한 결과, 고성능 GPS와의 차이가 존재하지만, 기존 저성능 GPS 대비 위치 판단이 개선됨을 확인하였다. 이러한 개선은 자율주행 차량이 복잡한 도로 환경에서 더 안전하고 효율적으로 주행할 수 있도록 도와줄 것이라고 기대한다.



<Fig. 1> 경로 및 차선 비교

사사: 이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명 : 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호 : 20018448). 또한, 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 '자율주행 기술개발혁신사업'의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]

자율주행 대중교통 서비스 수용성 분석: 판타G버스를 중심으로

Analysis of Acceptance of Autonomous Public Transportation Services: Focusing on Panta-G-Bus

김대연	오경택	강용신	김형주
(차세대융합기술연구원 경기도자율주행센터, 전임연구원)	(차세대융합기술연구원 경기도자율주행센터, 전임연구원)	(차세대융합기술연구원 경기도자율주행센터, 센터장)	(차세대융합기술연구원 경기도자율주행센터, 선임연구원)

자율주행자동차 상용화 시대가 점차 다가오는 시기에 정부는 자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률 제정('19.04.30.) 및 시행('20.05.01.)과 모빌리티 혁신 로드맵 발표('22.09.20.) 등 자율주행 산업 생태계 조성 및 활성화를 위한 노력을 하고 있다. 국내에서 자율주행자동차를 활용한 여객운송 서비스를 운영하기 위해서 자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률 제9조에 따라 지정된 시범운행지구 내에서만 가능하다. '24년 7월 기준 전국에 36개의 시범운행지구가 지정받아 자율주행 기업이 전국단위에서 자율주행 기술을 활용한 실증 및 서비스가 가능해졌다. 대표적으로 경기도 판교, 안양, 시흥, 서울 상암, 청계천, 청와대 등에서 실도로를 활용한 자율주행 여객운송 서비스가 운영되고 있다. 본 연구에서는 경기도 판교제로시티 자율주행차 시범운행지구에서 운행되는 판타G버스 서비스 탑승객 대상 설문조사를 통해 자율주행 대중교통 서비스에 대한 수용성을 분석했다.

차세대융합기술연구원에서 운영하는 판타G버스는 경기도 판교제로시티 자율주행차 시범운행지구에서 판교 제1테크노밸리와 제2테크노밸리 내 5.9km의 노선에서 국내 최초 출퇴근 시간을 포함한 07:30~19:00(기점기준)까지 운행하는 자율주행 대중교통 서비스이다. 판타G버스 탑승객 500명을 대상으로 2023년 10월 31일부터 11월 15일까지 16일 간 일대일 개별 면접조사를 진행했다. 거주지, 직장 위치, 자동차 보유대수, 운전면허 보유 등 응답자 기본사항 및 특성부터 자율주행자동차 인지 및 안전성, 자율주행 대중교통 이용 의향, 이용 장점 등의 자율주행자동차에 대한 인식, 자율주행 기반 대중교통 수단에 대한 의견, 판타G버스 지불 의향 요금 등의 판타G버스 서비스 만족도에 대해 조사하기 위한 문항을 설계했다. 판타G버스 서비스 수용성 설문조사 결과를 살펴보면 판교 자율주행 대중교통 서비스 이용 의향이 있다고 답변한 탑승객은 410명(82%)이며 이유로는 이동의 편리성 기대가 41.2%로 가장 높았으며, 예약 편의 서비스 기대 14.9%, 정시성 기대 12.4% 등이 있다. 이용 의향이 없는 이유로는 위험하다가 27.8%로 가장 높았으며, 비싼 요금 20%, 이동시간 지체 16.7% 등이 있다. 자율주행자동차 이용 장점으로 교통사고 감소 효과가 22.2%로 가장 높았으며, 운행 편의성 증진 20.4%. 교통법규 준수 17.8% 등이 있다. 판교 자율주행 대중교통 서비스를 이용하고자 하는 이유는 무엇인지에 대한 1순위 결과로 '목적지까지 이동의 편리성 기대'가 41.2%로 가장 높게 나타났고, 다음으로 '예약편의서비스 기대' 14.9%, '배차시간 및 배차간격 준수 기대' 12.4%, '기존 교통수단보다 이동 시간 단축 기대' 12.2% 등의 순으로 높게 나타났다. 1순위부터 3순위까지 복수응답으로 분석 시 '목적지까지 이동의 편리성 기대'가 66.3%로 1순위 결과와 동일하게 나타났으나 '예약편의 서비스 기대'가 후순위로 밀려 아직까지 어플리케이션을 활용한 대중교통 예약 시스템 등에 익숙하지 않다고 판단했다. 판타G버스 서비스 요금 지불용의액의 경우 지불 최대 요금은 평균 1,327.2원으로 성남시 시내버스 요금(1,450원)보다 다소 낮게 나타났다. 대중교통의 자율주행 여부와 무관하게 낮은 요금 지불을 통해 효용을 극대화 하려는 소비자의 심리가 반영됐다고 보여진다.

설문조사 결과를 종합하면 자율주행 대중교통 이용을 확대하기 위해서는 기존 대중교통 수단과 동일한 결제방식, 높은 정시성, 접근성 등을 고려한 운영방안 고려가 필요하다. 추가적으로 위험성, 비싼 요금, 이동시간 지체 등 이용의향이 없는 이유에 대한 해결방안을 함께 제시한다면 자율주행 대중교통 수요를 높일 것으로 기대된다. 분석 결과를 바탕으로 경기도 내 지자체의 자율주행 서비스 운영계획 설계 시 기초자료로 활용하여 판교제로시티 자율주행자동차 시범운행지구 모델을 확산하고자 한다. 향후에는 판타G버스 서비스가 유상운송 서비스를 했을 때 탑승객의 자율주행 서비스 수용성에 대한 변화를 연구할 예정이다.

사사: 위 논문은 경기도자율주행센터의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

자율주행 긴급차량을 활용한 효과적인 배회전략 수립

Establishing Effective Patrol Strategies Using Autonomous Emergency Vehicles

강지혜	안현준	김도연	이진학	김원호
(서울연구원, 연구원)	(서울연구원, 연구원)	(서울연구원, 연구원)	(서울연구원, 연구원)	(서울연구원, 선임연구위원)

교통 순찰은 사고 예방과 신속한 대응을 위해 중요한 경찰 활동이다. 주로 고속도로와 도시 지역에서 정기적으로 이루어지며, 경찰은 순찰을 통해 존재감을 높여 교통 안전을 확보하고 있다. 그러나 기존의 순찰 전략은 인력과 시간의 제약으로 인해 한계가 존재한다. 이를 보완하기 위해 자율주행 기술을 도입하여 보다 효율적이고 효과적인 순찰 체계를 구축할 필요성이 대두되고 있다. 따라서 이 연구에서는 자율주행 긴급차량을 활용한 배회 전략 수립을 목표로 하며, 경찰의 고속도로 및 일반 순찰 전략을 분석하여 자율주행 기술 도입의 필요성을 제기한다.

본 연구의 목적은 기존 순찰 전략의 문제점을 파악하고, 이를 해결하기 위해 자율주행의 도입 가능 여부를 분석하는 것이다. 특히 자율주행차가 대체할 수 있는 역할을 구분함으로써 경찰 순찰의 효율성을 높이는 방안을 모색하였다. 연구 방법으로는 문헌 고찰을 통한 역할 구분과 순서형 로지스틱 분석, GIS 분석을 활용하여 배회 전략을 수립하였다. 이러한 분석을 통해 교통사고 구급 출동 데이터를 기반으로 신속하고 효과적인 대응 방안을 도출하고자 하였다. 이 과정에서 자율주행차의 운용 가능성과 실제 적용 가능성을 검토하며, 실질적인 데이터에 기반한 전략을 제안하였다.

결과적으로 본 연구는 기존의 순찰 전략에서 자율주행으로 보완 가능한 부분을 확인하였고, 이를 위한 배회 전략을 수립하여 향후 순찰 공백을 채울 수 있는 가능성을 제시한다. 연구 결과는 자율주행 기술의 경찰 업무 적용에 대한 새로운 시각을 제공하며, 향후 연구와 실제 운영에 기여할 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 : RS-2023-00245890)

실내 위치 추정을 위한 LED 기반 AI 시스템

LED color temperature based positioning stand system

이준희	최우성	성명훈	김재원	정용규	조소현	우주	정재훈
(국립군산대학교)	(국립군산대학교)	(국립군산대학교)	(국립군산대학교)	(국립군산대학교)	(국립군산대학교)	(국립군산대학교)	(국립군산대학교)

자율주행 시스템에서 위치 추정 기술은 반드시 필요하며, 차선 단위로 정밀한 위치 추정을 할 수 있어야한다. 현재 가장 많이 사용하는 GPS는 주파수 신호를 사용하여 위치를 추정하고 있다. 그러나 GPS의 주파수 신호는 약하기 때문에 터널이나 실내 공간과 같은 GPS 음영지역이 발생하게 된다. 비전 시스템, WIFI, 핑거 프린팅 등 실내 공간 위치 추정을 위한 실험이 많이 진행되고 있으나, 계산이 복잡하고 많은 하드웨어를 필요로한다는 단점이 존재한다. 본 연구에서는 흔히 사용하는 LED의 색온도를 이용하여 실내 공간에서의 위치를 추정하는 시스템을 제안한다.

본 연구에서 GPS로 위치 추정이 불가능한 실내 공간에서 위치 추정을 위한 LED 색온도 AI 시스템을 제안하였다. 터널과 비슷한 실험 환경을 구성하여 실험을 진행하였으며, 5cm 이내의 오차 범위로 추정하였다. BPF를 통해서 외부 광원에 대한 간섭을 줄일 수 있었지만, 빛의 흔들림에 대한 보정이 필요할 것으로 보인다. 향후 빛의 흔들림에 대한 보정 실험과 실시간으로 위치 추정 실험을 계획하고 있다. 이러한 문제가 해결된다면 본 연구에서 제안한 LED의 색온도를 이용하여 실내 공간에서의 위치 추정이 가능할 것으로 기대된다.

사사: This research was supported by the MISP(Ministry of Science, ICT & Future Planning), Korea, under the National Program for Excellence in SW supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Promotion)(2023-0-00065)

악천후 조건에서 자율주행을 위한 라이다 필터링 알고리즘 조사

A Survey on LiDAR Filtering Algorithms for Autonomous Navigation in Adverse Weather Conditions

김지웅
(한국생산기술연구원, 선임연구원)

자율주행기술이 급격히 발전하면서 보다 다양한 환경조건에서 자율주행자동차의 활용이 시도되고 있다. 이러한 시도에서 가장 중요한 것은 자율주행자동차의 안전성을 확보하는 것이다. 많은 경우에 자율주행자동차의 사고는 센서를 통한 인지 오류로부터 발생한다. 센서의 불확실성은 주변 환경의 특성에 따라 다르게 나타나기 때문에, 센서의 불확실성을 충분히 고려한 인지 알고리즘의 설계가 중요하다.

본 논문에서는 다양한 센서 중에서도 라이다 센서에 주목한다. 라이다 센서는 정확도가 높고 고해상도의 풍부한 데이터를 빠르게 측정할 수 있어서 자율주행자동차에 가장 많이 활용되는 센서 중 하나이다. 실외 도로환경에서 동작하는 자율주행자동차는 다양한 날씨조건에 직면한다. 많은 날씨조건에서 라이다 센서기반의 인지기술은 신뢰성 있게 동작하지만, 강한 눈 또는 비, 안개 등과 같은 악천후 날씨 조건에서는 신뢰성을 보장할 수 없다.

라이다 센서는 TOF(Time of Flight) 기반의 광학적 거리센서이다. 그래서 악천후 상황에서는 눈과 비의 입자에 의한 빛의 산란 및 흡수 때문에 라이다 신호가 왜곡되어 정확한 거리측정이 어려울 수 있다. 또한 눈이나 비의 입자를 물체로 인식함으로써 실제 물체와 노이즈를 구분하기 어려운 문제가 발생한다. 뿐만 아니라, 지면 또는 사물의 표면이 물에 젖거나 습해지면, 라이다 신호가 반사되는 강도가 약해지기 때문에 거리측정이 어렵게 된다. 따라서 광학적 특성을 고려한 데이터 필터링 과정이 필요하다.

본 논문에서는 악천후 환경에서 라이다 센서로부터 측정된 데이터의 필터링 알고리즘 조사 결과를 제시한다. 현재까지 많은 연구자들에 의해 눈, 비 등에 대한 라이다 측정 오류를 극복하기 위한 다양한 필터링 알고리즘이 개발되어 왔으며, 일부는 오픈소스로 공개되어 쉽게 활용할 수 있다. 각 알고리즘마다 서로 다른 특성을 가지고 있으므로, 개별 특성에 대한 이해를 바탕으로 적절히 활용한다면 기존 자율주행기술의 성능 개선에 많은 도움이 될 수 있다. 따라서 다양한 필터링 알고리즘에 대한 조사 연구를 통해 주어진 상황 및 목적에 알맞은 기법을 효율적으로 활용할 수 있도록 정보를 제공하고, 미해결 문제를 바탕으로 향후 보완해 나가야 할 방향을 제시하고자 한다.

사사: 본 논문은 한국생산기술연구원 기본사업 "스마트 모빌리티 핵심 요소기술 개발(KITECH JA-24-0001)"의 지원으로 수행한 연구입니다.

도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스 기술 개발

Road traffic infrastructure monitoring and emergency recovery support service technology development

유하나
(한국도로공사, 차장)

본 연구는 자율주행 기술을 활용하여 도로 인프라의 안전성을 확보하고, 긴급 상황 발생 시 신속한 복구를 지원하는 서비스 개발을 목표로 한다. 자율차에 탑재된 다양한 센서를 통해 도로 상태, 교통시설, 기상 조건 등을 실시간으로 모니터링하고, 인공지능 기술을 기반으로 이상 징후를 탐지하여 긴급 상황 발생 시 신속하게 대응할 수 있는 체계를 구축한다.

자율차에 탑재된 카메라, 레이더, LiDAR 등 다양한 센서를 활용하여 도로(표지판, 신호등, 차선, 노면표시) 정보를 탐지하고 정밀도로지도와 비교를 통해 도로변화정보를 생성한다. 이 정보는 자율차가 활용하는 정밀도로지도를 갱신하는데 활용된다. 현재 정밀도로지도는 갱신하는데 1년 이상의 기간이 소요되는데 이 기간을 획기적으 단축시킬 수 있을 것으로 기대한다. 또 자율차에 부착된 센서로 포트홀, 표지판, 차선, 노면상태, 신호등과 같은 도로 인프라의 상태를 실시간으로 검지한다. 딥러닝 기술을 활용하여 센서 데이터를 분석하고, 정상 상태와의 차이를 파악하여 이상 징후를 탐지한다. 현재 인력기반 및 신고 등을 통해 인프라의 이상징후를 탐지하고 있는것에 비해 객관적 기준을 바탕으로 신속하고 정확하게 이상징후를 탐지할 수 있을것으로 기대한다.

이상 징후가 감지되면 즉시 도로유지관리 기관에 알림을 전송하고, 인근 차량이 해당 구간을 우회하거나 감속운행이 가능하도록 전파한다. 필요한 경우 긴급 복구 작업을 수행할 수 있도록 유지보수 담당자에 직접 작업을 배정하고, 보수가 완료되는 시점까지 확인하는 등의 복구 지원 서비스을 한다.

본 연구는 현재 요소기술이 탑재된 5대의 자율주행 기반의 모니터링 차량 제작이 완료되었으며, 2024년까지 시험도로에서 개발된 기술의 성능을 테스트하고 자율주행임시운행허가를 취득할 계획이며, 최종적으로 2025년까지 서비스 기술 개발을 완료하고, 2026년부터는 화성시를 기반으로 한 리빙랩을 통해 실제 도로 환경에서 서비스를 운영하며 성능을 검증하고 개선해 나갈 계획이다.

실시간 모니터링을 통해 도로 상태를 지속적으로 관리하여 사고 발생 가능성을 낮추어, 자율 및 일반 차량에게 안전한 도로 환경을 조성할 것이다. 또한, 이상 징후를 조기에 탐지하고 신속하게 대응하여 교통혼잡을 해소하고, 피해를 최소화할 것이다. 본 연구를 통해 개발되는 자율차 기반 도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스는 자율차와 일반차량에게 안전하고 효율적인 도로 환경을 제공하는데 기여 할 것이다. 또한, 리빙랩 실증을 통해 검증된 서비스 성능을 바탕으로 다른 지역으로 확산, 자율차 기반의 서비스 확대 등이 기대된다.

사사: 이 논문은 2024년도 국토교통부의 재원으로 자율주행기술개발혁신사업-도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스 기술개발(RS-2021-KA160853)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

공간패턴분석을 통한 자율주행차량의 도로 유형별 제어권 전환 영향 요인 분석

Analyzing Influencing Factors of Autonomous Vehicle Disengagement by Road Types through Spatial Pattern Analysis

박휘빈
(경기대학교 석사과정)

이은선
(경기대학교 석사과정)

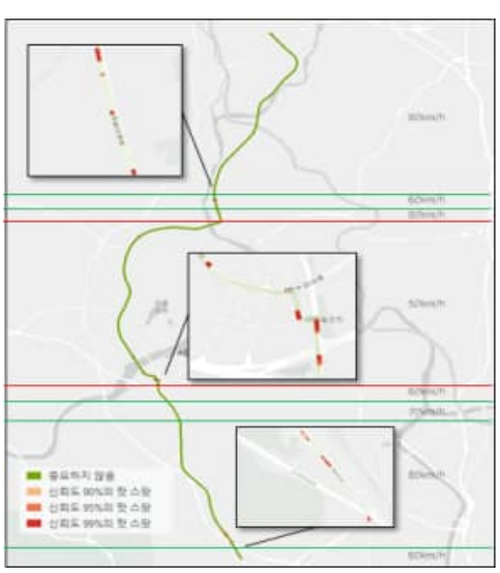
신치현
(경기대학교 교수)

자율주행자동차 시범운행지구가 전국적으로 확대되면서 실도로에서 Lv.3 자율주행기술을 탑재한 다양한 형태의 자율주행차량에 대한 실증이 증가하고 있다. 현재 대부분의 자율주행차량 실증은 실제 거주민이 생활하고 있는 도심부 도로에서 진행되고 있으며, 복잡한 교통상황과 다양한 주행 요인으로 인해 자율주행차량의 안전성 문제가 제기되고 있다. 이에 본 연구에서는 자율주행차량의 안전성을 위협하는 제어권 전환 영향 요인을 분석하고 안전성 향상 방안을 제안하고자 한다.

본 연구는 판교와 세종 자율주행자동차 시범운행지구에서 수집된 다양한 도로 유형 및 형태의 자율주행차량 실도로 주행 데이터를 활용하여 도로 유형별 제어권 전환 다발 지점을 도출하고 이를 통해 제어권 전환에 영향을 미치는 정적 도로 환경 요인을 제시하였다. 우선적으로, 제어권 전환이 발생하는 표본의 구체적인 위치를 파악하기 위해 Getis-Ord Gi* 통계 기반의 핫스팟 분석을 사용하여 통계적으로 유의한 핫스팟과 콜드스팟을 식별하였다. 이후 도로환경요인이 제어권 전환에 미치는 영향을 분석하기 위해 두 집단 간 차이 검정을 진행하였다. 도로환경요인은 범주형(이산형) 변수와 연속형 변수로 구성되어 있어 범주형 변수는 카이제곱 검정, 연속형 변수는 정규성 검정 후 모수적 또는 비모수적 검정을 사용하여 분석을 수행하였다.

분석 결과, 판교 도심부 도로에서는 본선 차로수, 횡단보도 개수 등이 영향을 미쳤으며 세종 도심부 도로에서는 교차로 유무, 주의표지 개수, 중앙분리대 유무 등이 영향 요인으로 도출되었다. 세종 간선도로에서는 포켓차로 개수와 진출입로 유무 등이 제어권 전환에 영향을 미치는 것으로 도출되었다. 이러한 분석 결과를 바탕으로, 제어권 전환의 주요 원인을 파악하고 이를 감소시키기 위한 도로 유형별 운행환경 개선안과 자율주행 센서의 개선 방향을 제안하였다. 도로 및 교통안전시설의 개선을 중점으로 하여, 도심부 도로에는 주의표지 위치 조정, 차선 재도색 등을 제안하였으며, 간선도로에는 시선유도표지 추가 등을 제안하였다.

<판교 제어권 전환 다발 지점 분석>



<세종 제어권 전환 다발 지점 분석>

자율주행시스템의 설계운영영역(ODD) 관리 연구 동향

Research trends in operational design domain(ODD) management for autonomous driving systems

이상우
(한국전자통신연구원 책임연구원)

김성훈
(한국전자통신연구원 책임연구원)

자율주행시스템의 핵심 기술 개발을 넘어 실증 및 상용화가 활발히 진행됨에 따라 자율주행시스템의 ODD(Operational Design Domain)에 대한 관심도 커지고 있다. ODD는 자율주행 시스템이 안전하게 작동할 수 있는 환경과 조건을 정의하는 개념으로 자율주행 시스템이 어떤 물리적 도로 구조, 교통 상황, 주변 환경, 그리고 동적 조건에서 안전하게 작동할 수 있는지를 명확히 규정하고 있으며 ODD를 통해 시스템의 설계 범위와 제한을 명확히 하는 것은 자율주행 시스템이 작동 범위 내에서 안전하게 운행할 수 있도록 하는 데 필수적이라 할 수 있다.

ODD의 개념은 자율주행 기술이 발전하면서 도입되었으며 초기의 자율주행 시스템은 상대적으로 단순한 환경에서만 작동하도록 설계되었지만, 기술이 점차 복잡하고 다양한 도로 환경으로 확장되면서 각 시스템이 안전하게 작동할 수 있는 조건을 명확하게 정의할 필요성이 높아졌습니다. 이러한 필요성에 따라 국제자동차공학회(SAE)가 자율주행 기술의 레벨을 정의할 때 ODD를 중요한 개념으로 포함시키게 되었고(SAE J3016), 이후 연구와 실험을 통해 ODD의 중요성은 더욱 부각되었으며 관련된 표준화 작업도 활발히 진행되고 있다.(ISO 34503, ASAM OpenODD 등)

ODD의 중요성은 여러 측면에서 생각해 볼 수 있다. 우선, ODD는 자율주행 시스템의 안전성을 보장하는 핵심 요소로써 자율주행시스템이 ODD 내에서 작동한다는 것은 해당 환경에서 안전하게 운행할 수 있다는 것을 의미하며, 만약 ODD를 벗어나는 상황이 발생한다면 시스템은 즉시 대처하여 안전성을 확보해야 한다는 것을 의미한다. 또한, 규제 및 승인 과정에서도 ODD는 자율주행 차량의 안정성을 평가하는 기준으로 활용될 수 있으며 각 도로교통 관리기관이나 구제 기관들은 ODD에 근거하여 시스템의 안전성을 판단하고 승인 여부를 결정하기 때문에, 정확한 ODD 정의는 필수적이라 할 수 있다.

한편 ODD는 자율주행 시스템의 개발과 운영에도 큰 영향을 미치게 되며 개발자들은 ODD를 토대로 시스템의 센서, 알고리즘, 그리고 대응 전략을 설계하고 최적화하고, 이를 통해 개발 비용을 절감하고 효율적인 시스템을 만들 수 있다. 또한, ODD는 사용자에게 자율주행 시스템의 안전한 작동 범위에 대한 정보를 제공함으로써 시스템에 대한 신뢰도를 높여주는 역할도 하게 된다. 하지만 ODD와 관련하여 극복해야 할 과제들도 많이 존재한다. 실제 도로와 환경 조건이 매우 다양하므로 모든 상황에 ODD를 적용하는 것은 쉽지 않고 자율주행시스템이 동작하는 동안 다양한 이유(공사, 날씨 등)로 설계된 ODD를 이탈하게 되는 경우를 만나게 된다. 이러한 경우 자율주행시스템은 레벨 3의 경우 운전자에게 폴백을 요청하거나 레벨 4의 경우 MRM(Minimal Risk Maneuver)를 수행하여야 하며 자율주행 시스템이 효과적으로 ODD 이탈 유무를 모니터링하기 위해서는 도로 인프라, 교통 관리 시스템, 다른 차량과의 정보 교환이 원활하게 이루어져야 하며 이를 위한 기술적, 제도적 발전이 필요하게 된다.

자율주행 기술의 발전함에 따라 ODD도 더욱 정교하고 복합적인 환경을 포함할 것이며 이를 위해서 인공지능, 센서 기술, 그리고 통신 인프라 등의 지속적인 발전이 요구된다. ODD는 앞으로 자율주행 시스템이 더 복잡한 도로 환경에서도 안전하고 효율적으로 운행할 수 있도록 지원하는 중요한 역할을 하게 될 것으로 예상된다.

본 논문에서는 자율주행시스템의 ODD 개념 및 발전 방향을 기술하고 관련 표준화 현황을 살펴본다. 또한 MRM 수행에 주요 원인이 되는 ODD 이탈과 관련하여 최근 연구 사례를 중심으로 분산 ODD 속성 인식 연구 및 ODD 경계 인식 연구에 대해 고찰해 본다.

사사: 본 논문은 2024년 산업통산자원부 및 한국산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20014121)

고속도로 통행제한 시 사회적 교통비용 산정 방법 연구

A Study on the Method for Estimating Social Traffic Costs Due to Highway Lane Closures

한동희
(한국도로공사 수석연구원)

김수희
(한국도로공사 수석연구원)

2017~2022 동안 전국 고속도로에서는 총 1,143건의 재난(화재, 풍수해 등)이 발생하였으며, 통행제한은 총 643건 시행되었다. 통행제한 중에서 전면차단 357건, 전체 차로수 중 70% 차로 차단 222건, 30% 차단 64건으로 조사되었으며, 2022년의 경우 70% 차로 차단 유형(55건)이 전면차단 유형(61건)에 근접할 만큼 증가하는 것으로 나타났다. 고속도로와 같이 제한된 진·출입 시설을 가지고 있는 도로에서의 돌발상황 발생과 처리를 위해 시행되는 통행제한(차로차단)은 심각한 정체를 유발시킬 수 있다.

풍수해, 대형교통사고와 같이 돌발적으로 발생하는 재난상황으로 고속도로의 특정 지점이 전면적, 부분적으로 차단되면, 국가 간선 교통네트워크의 기능을 심각하게 상실하게되고 이로 인하여 통행비용이 크게 증가하게 된다. 그리고 증가되는 통행비용은 차단이 발생한 지점의 교통여건에 따라 그 규모가 매우 다르게 발생한다.

본 연구에서는 고속도로 차로차단이 발생하게 되었을 대상구간의 도로조건 및 교통 조건을 반영하여 증가되는 통행비용을 산정하는 방법론을 정립하였다. 본 연구의 내용은 크게 두 부분으로 나뉠 수 있는데 고속도로가 부분적으로 차단되었을 때는, 해당 시간대의 평균적인 교통량과 차로차단으로 인해 감소된 도로의 처리가능 교통량을 산정하여 변화된 통행비용을 산정하는 것이다. 두 번째로, 고속도로가 전면 차단되었을 때는, 기존 고속도로 이용차량이 국도로 우회하게 되는 상황을 반영해야 한다. 이를 위해서는 전국 고속도로의 진출입 IC를 기본 단위로 국도 우회경로를 개발해야 한다. 본 연구에서는 전국도로의 GIS기반의 표준노드링크와 도로속성 데이터(도로등급, 차로수, 제한속도 등)을 활용하여 고속도로를 우회할 수 있는 국도우회경로를 개발하였다. 또한 전면차단으로 인해 고속도로 이용차량이 국도우회 경로를 이용하게 됨에 따른 통행비용의 변화를 산정하기 위해서는 국도우회 경로를 이용하는 평상시의 교통수요를 추정하여 반영해야 해야 현실적인 고속도로 전면차단의 통행비용 증가량을 산정할 수 있으며, 이를 위해서 ITS국가교통정보센터의 국도의 통행속도 자료 등을 활용하여 교통수요를 추정하는 방법론을 적용하였다.

우리고속도로가 건설된지 50여년이 흐른 현 시점에서 고속도로의 비탈면관리, 구조물관리 및 터널 등과 같은 시설물 관리는 고속도로 이용자들의 편리하고 안전한 통행을 위해 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 따라서 매년 최적의 상태를 유지하기 위해 상당한 예산과 인력을 투입하여 고속도로 유지관리를 추진하고 있다. 다만 한정된 예산에서 개별 고속도로 구간단위의 사업을 시행함에 있어서 대상구간에 문제가 발생하였을 때, 즉 차로차단이 발생하였을 때의 사업대상 구간의 상대적인 통행비용 증가량의 차이는 매우 합리적인 의사결정 기준이 될 수 있다고 판단된다. 따라서 본 연구의 결과는 국가의 중요한 교통네트워크인 고속도로의 효율적인 유지관리를 시행하는데 중요한 역할을 할 수 있다고 판단된다.

한빛원전 방사능 누출 등 중대사고 발생 시 방재대책 연구

Research on disaster prevention measures in the event of a serious accident as radiation leak from Hanbit Nuclear Power Plant

남창식
(전남대학교 도시방재협동과정, 박사과정)

김윤성
(전남대학교 도시방재협동과정, 박사과정)

박제진
(전남대학교 토목공학과, 교수)

1. 서 론

1980년대 체르노빌 원전사고와 2011년 후쿠시마 원전사고로 인해 원전 안전성에 대한 관심이 급증하였으며, 국내에서도 경주지진과 포항지진 이후 원전 안전 문제가 주목받고 있다. 부산, 울산, 전남 등 비상계획구역 내 광역지자체는 주민대피 매뉴얼과 훈련을 통해 대비하고 있지만, 비상계획구역 밖의 광주광역시는 매뉴얼 작성 책임이 없어 대비가 미흡하다. 후쿠시마 사고 방사능 누출 사례를 고려할 때 광주시도 주민 보호를 위한 실효성 있는 매뉴얼 작성이 필요하다. 본 연구는 한빛원전 중대사고 발생 시 광주시를 중심으로 방재대책 수립 및 시뮬레이션을 통해 방사성물질 도달시간과 방사선량을 산정하여 주민 보호조치 향상 방안을 제안한다.

2. 한빛원전 중대사고 가정 시뮬레이션

본 연구에서는 한빛원전에서 발생 가능한 사고를 설정하고, 방사선 피해 범위(주민피폭선량)를 평가하기 위하여 시뮬레이션은 주민 피폭선량 계산 및 선량한도 기준을 판별할 수 있는 K-REDAP을 적용하였다.

3. 시뮬레이션 수행결과 검토 및 평가

주민피폭선량을 측정하기 위한 풍향은 영광군에서 광주광역시에 영향을 미칠수 있는 북서풍과 서북서풍으로 설정하였으며, 풍속은 영광군의 10년간의 평균풍속(2.35m/s)을 최대풍속은 태풍 콩레이의 순간 최대풍속(39.6m/s)을 적용하였다. 주민피폭선량 변화를 보면, 북서풍과 서북서풍에 의해 광주지역으로 도달하는 방사능 물질은 정방향으로 진행하다 일정구간 이후 남쪽으로 꺽이는 모습을 볼수 있다. 풍속이 낮을 경우(2.35 m/s) 에서는 선원지로부터 지속적으로 20km 지역까지 광주방향으로 확산이 된 후 40km부터 80km까지 남쪽방향으로 방향을 트는 것으로 확인된다. 39.6 m/s의 풍속 시 피폭선량은 1.07 mSv/2days로 가장 높은 피폭선량을 나타내며 이러한 결과들은 주민보호조치 조건에 미치지 못하므로 본 시뮬레이션 결과 광주지역은 옥내대피만으로 주민의 안전을 확보할 수 있다고 판단된다.

3.1 원전 안전분야 현장조치 행동매뉴얼 실효성 검토

광주시에서 작성한 현장조치 행동매뉴얼은 방사능 방재법의 적용이 없으며, 국가 방사능 방재체계와 별도로 독자적으로 수행되는 문제점이 있으므로 이를 위해 광주광역시가 국가 방사능 방재체계에 포함되어야 한다.

3.2 효율적인 방사능방재 교육훈련 방안 검토

광주광역시는 방사능의 영향을 직접적으로 받을 가능성이 낮으므로 주민동원 형태의 방사능 방재훈련은 불필요할 것으로 분석되며, 매년 행정안전부 주관으로 실시하는 전국단위 민방공 대피훈련(년간 3회) 시 기회교육 개념으로 현장에서 실질적인 교육훈련이 실시되어야 할 것으로 분석된다.

3.3 원전안전 방사능방재대책 강화방안 검토

광주광역시는 원전 방사선비상계획구역에 속하지는 않지만 방사능 재난 시 여러 물자지원, 구호 및 의료서비스 제공 등의 요구가 있을 수 있으며, 광주광역시를 “긴급보호조치계획 인접구역”으로 정의하고 평상시 협력체계 강화를 위한 관련 법령 개정이 필요하다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 후쿠시마 원전사고 및 한빛원전의 고장 등으로 인한 지역주민의 우려를 수용하고 시뮬레이션을 수행하여 광주광역시에 미치는 영향을 도출하고 방사능누출 현장조치 행동매뉴얼에 대한 실효성을 검토하여 개선안을 도출하였다.

4.1. 광주광역시가 국가방사능 방재체계에 포함되어야 한다.

4.2. 광주광역시의 상황에 맞는 주민 보호조치(주민소개 → 옥내대피)가 수행되어야 한다.

4.3. 광주광역시와 같은 방사선 비상계획구역의 인접지역은 긴급보호조치계획 인접구역으로 분류하고 방사능재난 시 전남도의 비상계획구역 내 기초지자체와의 협업이 이루어져야 한다.

4.4. 본 연구결과에 부합하는 사고대응 인력확보가 필요하다.

5. 본 연구는『2024년 재난안전 전문인력 양성 교육가관 지원사업』으로, 본 연구를 기원해 준 광주광역시에 감사드립니다.

Cell Transmission Model 기반 양방향 보행 시뮬레이션 프레임워크 개발 및 최적화

Development and Optimization of a Bidirectional Pedestrian Simulation Framework Based on the Cell Transmission Model

이재영
(한국교통연구원, 연구원)

원민수
(한국교통연구원, 부연구위원)

다중 운집 사고는 주로 도시 내 밀집된 공간에서 발생하며, 보행자의 자유로운 이동이 제한될 때 더욱 위험하다. 이러한 상황에서 군중의 물리적 압력이 더해지면 대형 참사로 이어질 수 있어 예방과 신속한 대응이 필수적이다. 사고 발생 가능성을 최소화하기 위해서는 실시간으로 군중 밀도를 모니터링하고, 위험 상황을 사전에 경고할 수 있는 예측 시스템 구축이 필요하다. 그러나 현재 사용되는 CCTV 기반 모니터링 시스템은 특정 구역에 국한되며, 설치 및 유지 비용이 높아 광범위한 모니터링에는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 **Cell Transmission Model(CTM)**을 기반으로 한 양방향 보행 시뮬레이션 프레임워크를 개발하고, 이를 모바일 통신 데이터로 검증하였다. 연구 과정에서는 먼저 1) 단방향 보행 CTM을 구축하고, 2) 이를 양방향 보행 CTM으로 확장하여 경계 셀을 재설정하고 유입량을 조정하는 방식으로 진행했다. 또한, 다중 운집 사고를 구현하기 위해 체류 개념을 추가했다. 검증 단계는 1) 대상지 선정, 2) 보행 네트워크 구축, 3) 시뮬레이션 적용, 4) 모바일 통신 데이터와의 비교 검증 순으로 이루어졌다. 대상지는 이태원 참사가 발생했던 이태원역 부근으로, 20×20 셀 단위로 보행 네트워크를 구축했다. 시뮬레이션 결과, 모바일 통신 데이터와의 높은 유사도를 보였다. 본 연구에서 개발한 시뮬레이션은 대규모 행사나 혼잡한 보행 환경에서 군중 밀집을 예측하고, 사고 가능성을 조기에 경고하는 데 활용될 수 있다. 특히, 대형 이벤트(콘서트, 스포츠 경기 등)나 도시 재난 관리(대피 상황)에서 실시간 대응 시스템의 기초 자료로 사용할 수 있다. 다만, 본 연구는 모바일 통신 데이터에 의존하기 때문에 데이터 수집의 정확성과 실시간 처리 속도에 따라 성능이 제한될 수 있으며, 현실의 복잡한 보행 패턴을 완벽히 반영하지 못할 수 있다는 점에서 추가적인 환경에서의 검증이 필요하다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술사업화진흥원)의 재원으로 경찰청의 지원을 받아 수행된 연구임
(RS-2023-00282509)

환경 인식과 사회적 바람직성 편향이 전기차 구매에 미치는 영향

The Impact of Environmental Awareness and Social Desirability Bias on EV Purchase

왕방주(Fangzhou Wang)
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 박사과정)

장기태
(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원, 교수)

Recently, researches have increasingly explored how environmental awareness influences consumers′ purchase of electric vehicles (EVs), but the potential impact of social desirability bias in this area has not yet been completely investigated. To fill this gap, this study focuses on the Chinese market, examining consumer preferences for electric vehicles, particularly in terms of price sensitivity and the value attributed to CO2 emission reductions. Utilizing a stated preference experiment and an inferred valuation method, the experimental design considers key attributes such as vehicle purchase price, operating costs, maximum driving range, and percentage of CO2 emission reductions, and compares self-voted valuations with socially inferred valuations. The results reveal that CO_2 emission reductions and price are key factors of purchase decisions, with social desirability bias significantly affecting consumers′ willingness to pay (WTP). Respondents were willing to pay 4,530 RMB for CO2 emission reductions, higher than the 3,270 RMB they predicted others would pay, possibly reflecting their desire to appear more environmentally conscious. This study accurately quantifies the effect of social desirability bias on WTP by creating a clear distinction between consumers′ preferences while making personal choices and when expecting the choices of others.