

20RDRP-
B076268-07

국토교통기술지역특성화사업 최종보고서

2020

국토교통과학기술진흥원
국토교통연구과

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개() 발간등록번호()
국토교통기술지역특성화사업 제7차 연도 최종보고서

R&D / 20RDRP-B076268-07

도시부 간선도로 관리를 위한 ICT 융합형 스마트 교통시스템 인프라 구축 기술 개발 최종보고서

2020. 05. 27.

협동연구기관 / 계명대학교
공동연구기관 / 한국과학기술원
한국교통연구원
서울대학교
(주)위니텍
위탁연구기관 / 도로교통공단
대구대학교

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

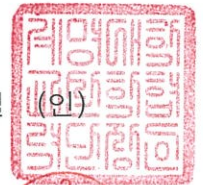
제 출 문

국토교통부 장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

‘도시부 간선도로 관리를 위한 ICT 융합형 스마트 교통시스템 인프라 구축 기술 개발’(연구개발 기간 : 2016. 06. 27. ~ 2020. 02. 29) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 05 . 27 .

협동연구기관명 : 계명대학교 산학협력단 (대표자) 남 재 열 (인)



공동연구기관명 : 한국과학기술원 (대표자) 신 성 철 (인)



한국교통연구원 (대표자) 오 재 학 (인)



서울대학교 산학협력단 (대표자) 윤 의 준 (인)

(주) 위니텍 (대표자) 추 교 관 (인)



협동연구기관책임자:	계명대학교	박 신 형
공동연구기관책임자:	한국과학기술원	장 기 태
	한국교통연구원	채 찬 들
	서울대학교	김 동 규
	(주) 위니텍	이 원 재

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	20RDRP-B076268-07	해당 단계 연구 기간	2016.06.27.~ 2020.02.29	단계구분	1/1
연구사업명	중사업명	국토교통기술지역특성화 사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	대경권 국토교통 지역특성화 기술개발			
	세부과제명	도시부 간선도로 관리를 위한 ICT 융합형 스마트 교통시스템 인프라 구축 기술개발			
연구책임자	박 신 형	해당단계 참여연구원 수	총: 40명 내부: 40명 외부: 명	해당단계 연구비	정부: 76,500 천원 민간: 25,500 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 102,000 천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 115명 내부: 115명 외부: 명	총 연구비	정부:1,980,500 천원 민간:661,167 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:2,641,667 천원
연구기관명 및 소속 부서명	계명대학교 산학협력단			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: 도로교통공단			연구책임자: 김은정	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	보안등급: 일반 ○ 국가 연구개발 사업의 관리 등에 관한 규정 제 24조의 4(분류기준) ① 연구개발과제 보안등급은 다음 각 호와 같이 분류한다. <개정 2014.11.28> 1. 보안과제: 연구개발성과 등이 외부로 유출될 경우 기술적·재산적 가치에 상당한 손실이 예상되어 보안조치가 필요한 경우로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 과제 가. 세계 초일류 기술제품의 개발과 관련되는 연구개발과제 나. 외국에서 기술이전을 거부하여 국산화를 추진 중인 기술 또는 미래핵심기술로서 보호의 필요성이 인정되는 연구개발과제 다. 「산업기술의 유출방지 및 보호에 관한 법률」 제2조제2호의 국가핵심기술과 관련된 연구개발과제 라. 「대외무역법」 제19조제1항 및 같은 법 시행령 제32조의2에 따른 수출허가 등의 제한이 필요한 기술과 관련된 연구개발과제 마. 그 밖에 중앙행정기관의 장이 보안과제로 분류되어야 할 사유가 있다고 인정하는 과제 2. 일반과제: 보안과제로 지정되지 아니한 과제 ② 연구개발과제 수행 과정 중 산출되는 모든 문서에는 제1항에 따라 분류된 보안등급을 표기하여야 한다. ③ 「보안업무규정」에 따른 I 급비밀, II 급비밀, III 급비밀 또는 이에 준하는 대외비
-------------------------	---

	로 분류된 과제와 「군사기밀보호법 시행령」에 따른 군사 I 급비밀, 군사 II 급비밀, 군사 III 급비밀 또는 이에 준하는 대외비로 분류된 과제에 대해서는 제1항 및 제2항에도 불구하고 관련 법령에서 정하는 바에 따른다. ○ 본 연구는 국가 연구개발 사업의 관리 등에 관한 규정에 입각해 볼 때, 보안 과제 분류기준에 해당하는 사항(기술적·재산적 가치 손실, 초일류 기술제품, 기술이전, 수출허가 등)이 없어 일반과제로 분류함
--	---

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호	16	4			8	3					

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설 · 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

보고서 면수

- 3세부 협동: 도시부 간선도로 교통안전체계 구축 기술 개발
 - 빅데이터 기반 실시간 교통사고위험도 예측 시스템 구축
 - 실주행자료 기반 교통안전시설물 효과분석 시스템 구현
 - 돌발상황 감지 및 유사시 교통관리계획(TMP) 운영체계구축
- 3세부 공동1: 경로형 교통정보 구축 및 활용기술 개발
 - 도시부 간선도로 교통류 모니터링 기술 개발
 - 기존 도시부 교통정보 수집 및 가공체계와의 연계방안
 - 경로형 교통정보 제공
- 3세부 공동2: 교통상황 예측 정보 생성 및 제공 방안 연구
 - 기간별 교통예측정보생성 전략 수립
 - 교통상황 예측 정보제공 시스템 구축
- 3세부 공동3: 교통정보 수집 체계 및 정보제공방안 연구
 - 교통운영 및 교통안전에 적합한 최적 교통정보 수집 체계 연구
 - 최적 교통정보 수집 인프라 설계안 평가방안 연구
- 3세부 공동4: 도시교통정보시스템 실용화를 위한 테스트베드 구축
 - 데이터베이스 분석/설계 및 교통정보 DB 구축
 - 정보생성 알고리즘의 시스템 적용기술 개발
 - 교통정보시스템 테스트베드 구축

120 page

요약문

연구의 목적 및 내용

■ 최종목표

- 본 연구는 대구광역시 도시부 간선도로 관리를 위하여 ICT 융합형 교통 인프라를 설계하고, 다양한 소스를 통해 수집되는 교통정보를 활용한 교통운영관리체계 및 교통안전관리체계를 구축하는 것을 목표로 함
- 이를 위하여 최적 ICT 융합 교통정보 수집 인프라 설계 가이드라인을 마련하고, 교통현안 문제 수준에 따른 최적의 교통운영 관리기법 및 빅데이터 기반 교통 안전관리체계 구축기술을 개발함
- 최종적으로 본 연구를 통해 개발된 기술을 대구광역시 교통정보센터 시스템에 적용하여 연구개발 성과물의 효과를 극대화하기 위한 테스트베드를 구축·운영함

■ 연구 내용

- 최적 ICT융합 교통정보수집 인프라 설계 연구
 - 지자체의 교통 정보수집 인프라 현황 및 요구 수준 분석
 - ATMS와 UTIS 현황 분석 및 대구광역시 요구사항 수집·분석
 - 도시부 간선도로 교통 운영 및 교통안전 관리에 적절한 최적 교통 정보수집 체계 연구
 - 민간 및 타기관 정보 연계를 고려한 교통정보 누락구간 보완 전략 수립 및 알고리즘 개발
 - UTIS 데이터 고도화를 통한 신뢰성 검증 및 활용성 검토
 - 통합교통정보를 활용한 수집인프라 설계안 개발
 - 최적 교통 정보 수집 인프라 설계안 평가방안 연구
 - 수집인프라 평가를 위한 기술조사 및 평가지표 개발
 - 통합교통정보를 활용한 수집인프라 설계안 평가
- 도시부 간선도로 교통운영 관리 기술개발
 - 도시부 간선도로 교통류 모니터링 기술
 - 프로브(Probe) 차량 기반의 현 소통정보 생성기술 고도화
 - 기존 도시부 교통정보 수집 및 가공체계와의 연계 방안 연구
 - UTIS, ATMS 및 목표시스템과의 연계방안
 - 수집체계 연계 교통정보 생성 알고리즘 개발 및 검증
 - 통행시간 기반 링크 소통정보의 단기, 중장기 예측 기술 고도화
- 도시부 간선도로 교통 안전체계 구축 기술개발
 - 빅데이터 기반 실시간 교통사고 위험도 예측모형 개발
 - 데이터 마이닝 기법을 이용한 교통사고 위험도 산출모형 개발 및 검증
 - 실주행자료 기반 교통안전시설 효과검증 및 활용방안 구축
 - 교통안전시설 효과분석 방법론 개발 및 효과검증

	· 교통안전시설의 효과에 따른 활용방안 마련 - 돌발상황 검지 및 유사시 교통관리계획(TMP) 운영체계 구축 · 교량시설물 Inventory DB 구축을 통한 교량 피해도 예측 및 중요도 결정 기술 개발 · 유사시 교통관리계획 운영체계 구축 및 TMP 운영 가이드라인 작성 ○ 연구결과 실용화를 위한 테스트베드 구축 - 지자체와의 연구 협조체계 구축 · 시스템 개발 협의 정례화 · 대구시 요구사항 조사 및 반영 방안 마련 · 광역교통시스템 구상 - 지자체 및 지자체 교통정보센터를 통한 실용화 방안 · 목표시스템 구상 및 아키텍처 설계 · DB 개선방안 마련 · 서비스 제공 모듈 설계 - 실용화를 위한 테스트베드 구축 · 파일럿 시스템 개발 · 시스템 성능 검증 · 대구시 시스템 활용 방안 마련
연구개발성과	○ 최종 성과물 - 적용 지자체에 최적화된 ICT 융합 교통인프라 설계 가이드라인 - 교통 운영관리기법 (알고리즘 및 시스템 S/W) - 교통 안전체계구축 (알고리즘 및 시스템 S/W 등) · TMP 운영 가이드라인 · 교통안전시설 효과검증 보고서 - 테스트베드 운영 실적 ○ 정량적 성과물 - 국내·외 논문 게재: 16건 - 학술발표: 46건 - 특허 출원·등록: 5건 / 4건 - 소프트웨어등록: 3건 - 실무매뉴얼: 4건
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 활용계획 - 기존 국가 및 지자체 교통정보 등과 연계하여 정보제공방식 개선 - 경로형 교통자료 및 개발 시스템을 활용한 중·장기 교통관리 정책 제시 - 서비스 유형별로 운영자를 위한 서비스는 교통정보센터 내 상황판, 운영단말 등을 통한 실시간 모니터링 및 다양한 정책수립에 활용 가능 - 지역에 특화된 교통운영, 교통안전 정보제공 서비스는 ITS센터가 구축된

	전국의 지자체에서 벤치마킹 가능 - 교통상황예측 정보제공 시스템을 이용한 교통혼잡 선제적 대응 전략 수립 ○ 기대효과 - 기술적 측면 · 기존 교통정보와 차별화된 교통예보 서비스를 제공함으로써 고도화된 교통 정보 서비스에 대한 국민적 요구 충족 · 교통운영 및 안전 측면에서의 통합된 정보제공시스템을 구축함으로써 도시 부 혼잡 및 교통사고 관리 효과 제고 가능 - 경제적 산업적 측면 · 도시부 혼잡완화와 교통사고 감소를 통한 탄소배출량 저감 및 사회적 비용 절감 효과 기대 · 대구시 이외에 인근의 영남권 시·군 지자체의 교통정보화 사업으로의 파급 효과 기대 · 재난 발생 시 신속하고 효율적인 대응을 통해 사회경제적 손실 최소화				
국문핵심어 (5개 이내)	ICT 융합	교통운영	교통안전	교통관리계획	교통관리시스템
영문핵심어 (5개 이내)	ICT Convergence	Traffic Operation	Traffic Safety	Traffic Management Plan	Traffic Management System

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	9
2. 연구수행내용 및 성과	21
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	96
4. 연구개발성과의 활용 계획	109
붙임. 참고 문헌	113

<별첨> 주관연구기관의 자체 평가 의견서

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발의 필요성

(1) 연구개발 배경

○ 도시부 도로의 교통 혼잡 증가

- 2015년 7대 대도시 도시부 도로의 교통혼잡비용은 총 21조 2,929억 원으로 추산되며, 이는 2010년 대비 17.8%가 증가한 것으로, 국내 도시부 도로의 혼잡은 지속적으로 증가하는 추세임
- 대구광역시의 도시부 도로 교통혼잡비용은 2015년 기준 1조 7,681억 원으로 추산되며, 이는 2010년 대비 21.6%가 증가하여 전국 평균치보다 급격한 상승률을 보이고 있음
- 또한, 대구광역시는 교통혼잡비용은 7개 대도시 중 4위이나 연평균 증가율이 4.5%로 2위로 나타나 교통 혼잡 개선대책 수립이 시급한 실정임

<도시부 도로의 교통혼잡비용 추이 및 예측>

단위: 억 원

도시명	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	연평균 증가율
서울	61,014	67,355	71,037	72,315	74,584	79,542	80,147	84,144	88,000	91,177	94,353	4.5%
부산	32,167	32,897	34,803	36,496	37,920	36,226	35,720	39,041	39,146	39,882	40,618	2.4%
대구	11,396	12,012	13,166	13,371	14,203	14,543	15,284	15,555	16,456	17,069	17,681	4.5%
인천	19,735	19,702	21,618	23,487	24,489	24,624	25,279	25,375	27,846	28,951	30,057	4.3%
광주	7,883	8,414	9,205	9,473	9,506	9,316	9,634	9,655	10,179	10,408	10,637	3.0%
대전	8,918	9,739	10,383	10,505	10,872	11,089	11,861	11,901	12,220	12,544	12,869	3.7%
울산	3,346	4,292	4,672	4,569	4,838	5,390	5,626	6,178	6,170	6,442	6,714	7.2%
계	144,459	154,412	164,885	170,217	176,412	180,729	183,550	191,850	200,018	206,473	212,929	4.0%

출처: 한국교통연구원 보도자료(2014.4.22)

○ 열악한 대구광역시 교통안전 환경

- 2014년 전국의 교통사고 발생건수는 1,129,374건이며, 사망자수는 4,762명, 부상자수는 1,792,235명임
- 대구광역시는 도로연장 1km 당 사고건수, 사망자수, 부상자수가 전국 16개 광역지자체들 중 각각 2위, 2위, 3위로 나타나 교통안전 측면에서 아주 열악한 실정임

<전국 광역지자체 교통사고 현황(2014년 기준)>

시도	교통사고 현황			도로연장 (km)	도로 1km 당 사고건수		도로 1km 당 사망자수		도로 1km 당 부상자수	
	발생건수(건)	사망자수(명)	부상자수(명)			순위		순위		순위
서울	201,723	400	292,979	8,239	24.48	1	0.05	9	35.56	2
부산	66,660	168	100,038	3,276	20.35	5	0.05	7	30.54	6
경기	251,534	910	406,059	12,859	19.56	6	0.07	1	31.58	5
강원	34,169	223	61,305	9,775	3.50	15	0.02	17	6.27	14
충북	34,912	253	59,530	6,645	5.25	10	0.04	14	8.96	10
충남	48,565	405	86,371	6,892	7.05	9	0.06	4	12.53	9
전북	40,553	335	67,760	8,170	4.96	12	0.04	11	8.29	11
전남	33,258	417	56,545	10,553	3.15	16	0.04	12	5.36	16
경북	58,281	480	94,570	12,342	4.72	13	0.04	13	7.66	13
경남	64,188	416	101,050	12,241	5.24	11	0.03	15	8.26	12
제주	12,511	92	19,774	3,196	3.91	14	0.03	16	6.19	15
대구	61,760	185	92,092	2,665	23.17	2	0.07	2	34.56	3
인천	60,531	149	95,714	2,772	21.84	3	0.05	6	34.53	4
광주	39,060	101	64,347	1,802	21.68	4	0.06	5	35.71	1
대전	36,053	100	58,438	2,067	17.44	7	0.05	10	28.27	7
울산	26,620	108	39,749	1,777	14.98	8	0.06	3	22.37	8
세종	1,043	20	1,846	400	2.61	17	0.05	8	4.62	17
계	1,129,374	4,762	1,792,235	105,673	10.69	-	0.05	-	16.96	-

출처: 도로교통공단 TAAS 교통사고분석시스템 (<http://taas.koroad.or.kr>)

○ ITS 기술의 진보

- 정부에서는 2000년대부터 도로혼잡의 대책으로 신규도로확충 대신 정보통신 기술을 활용한 지능형교통체계(ITS)를 전국적으로 구축하여 교통운영관리를 통한 혼잡개선을 추진하고 있음
- ITS 초기에는 Loop, VDS 등 지점 검지기를 통해 교통정보를 생성하였으나, 이는 수집정보의 특성 상 예측된 통행속도의 정확도에 한계가 있어, 최근에는 DSRC, 프로브카 등을 활용한 구간 검지체계를 구축하는 추세임
- 또한, 최근 ICT 기술의 진화로 방대한 양의 정보가 빠른 속도로 처리되고, 기관 간 정보가 효율적으로 연계될 수 있는 환경이 구축되었으며, 정부의 정보공유 정책에 힘입어 공공-민간의 교통정보 교류도 활성화가 시작되었음
- 이에 민간정보 연계를 통한 저비용 고효율의 정보수집구간 확대, 차량위치정보 생성을 통한 교통운영의 효율화, 빅데이터 등 다양한 정보를 활용한 안전서비스 개발 등 보다 진화된 ITS 기술의 도입 및 발전이 가능함

(2) 연구개발 목표

- 본 연구는 대구광역시 도시부 간선도로를 대상으로 교통운영 및交通安全 측면의 최적 관리를 위한 ICT 융합형 교통인프라 설계 및 구축기술을 개발하는 것을 주요 목표로 함
- 이를 위해 현재 운영 중인 대구광역시 교통정보센터의 교통정보 수집, 연계, 가공 및 제공시스템의 정밀한 분석과 운영자의 요구사항 분석을 통해 해당 시스템에 적합한 ICT 융합형 교통정보 수집 인프라를 설계함
- 교통운영 측면에서 수집되는 구간교통정보를 바탕으로 경로형 교통정보를 생성하고, 이를 활용하여 대구광역시의 교통현안 문제수준에 따른 다양한 교통운영 관리기법을 개발함
- 交通安全 측면에서 현장 인프라로부터 수집된 정보 이외에 타 기관 교통정보, 민간 정보, 관련 빅데이터 등 다양한 정보를 활용함으로써 시스템 운영자 및 도로 운전자를 위한交通安全체계를 구축함
- 본 연구를 통해 개발된 기술의 성능과 효과를 검증하고, 현재 운영 중인 대구광역시 교통정보센터 시스템에 반영 가능하도록 이식성과 호환성을 고려한 테스트베드를 구축·운영함

(3) 주요 연구내용

- 최적 ICT융합 교통정보수집 인프라 설계 연구
 - 지자체의 교통 정보수집 인프라 현황 및 요구 수준 분석
 - ATMS와 UTIS 현황 분석 및 대구광역시 요구사항 수집·분석
 - 도시부 간선도로 교통 운영 및交通安全 관리에 적절한 최적 교통 정보수집 체계 연구
 - 민간 및 타기관 정보 연계를 고려한 교통정보 누락구간 보완 전략 수립 및 알고리즘 개발
 - UTIS 데이터 고도화를 통한 신뢰성 검증 및 활용성 검토
 - 통합교통정보를 활용한 수집인프라 설계안 개발
 - 최적 교통 정보 수집 인프라 설계안 평가방안 연구
 - 수집인프라 평가를 위한 기술조사 및 평가지표 개발
 - 통합교통정보를 활용한 수집인프라 설계안 평가
- 도시부 간선도로 교통운영관리 기술개발
 - 도시부 간선도로 교통류 모니터링 기술
 - 경로형 교통정보분석을 통한 교통량 산정 알고리즘 개발
 - 기존 도시부 교통정보 수집 및 가공체계(지자체 교통정보센터 등)와의 연계 방안 연구
 - 도시부 교통정보 자료 및 가공체계분석
 - 수집체계 연계 교통정보 생성 알고리즘 개발 및 검증

- 도로 네트워크 교통 예측정보 생성전략 수립
- 대중교통 시스템 분석을 통한 링크통행시간 정보 생성 연구

○ 도시부 간선도로 교통안전체계 구축 기술개발

- 빅데이터 기반 실시간 교통사고 위험도 예측모형 개발
 - 교통사고 위험도 산정을 위한 요소 정의 및 위험도 지수 개발
 - 데이터 마이닝 기법을 활용한 예측 모델 개발
- 실주행 자료 기반 교통안전시설의 효과 검증 및 활용방안 구축
 - 교통안전시설 효과분석 방법론 개발 및 효과검증
 - 교통안전시설의 효과에 따른 활용방안 구축
- 돌발상황 감지 및 유사시 교통관리계획(TMP) 운영체계 구축
 - 교량 피해도 예측 기술 개발 및 중요도 결정
 - 유사시 교통관리계획 운영체계 구축

○ 연구결과 실용화를 위한 테스트베드 구축

- 지자체와의 연구 협조체계 구축
 - 지자체 및 관련기관 협조체계 구축
 - 테스트베드 구축 협의체 구성
 - 대구광역시 교통정보센터 장기적 협조체계 구상
- 지자체 및 지자체 교통정보센터를 통한 실용화 방안
 - 구축 알고리즘을 이용한 시스템 적용 기술 개발
 - 지자체 교통정보센터를 통한 적용기술 효과평가
 - 서비스별 최적 정보제공 기술개발
- 실용화를 위한 테스트베드 추진
 - 실용화를 위한 법제도 개선사항 검토 및 개선안 도출
 - 서비스 테스트베드 시스템 개발 및 검증

(4) 연구의 필요성

○ 대구광역시 현안 교통문제 해결

- 대경권은 다수의 산업공단이 분포되어 지속적인 교통망 확충이 이루어지고 있는 지역이며, 그 중 대구광역시는 교통혼잡 및 교통안전의 문제가 타 대도시(서울시 및 6대 광역시)에 비하여 높은 편으로 이에 대한 대응책 마련이 필요함
 - 대구광역시 2014년 교통혼잡도는 7개 대도시 중 4위이나 교통혼잡도 증가율은 2위임
 - 대구광역시 2014년 교통안전지수는 7개 대도시 중 6위이며 대구시 중구는 54.4점으로 227개 시군구 중 최하위임
- 이에 교통혼잡 및 교통안전과 관련된 현안문제에 대한 대책마련이 시급함

○ 구축된 인프라를 활용한 선제적 교통제어 방법 연구 필요

- 공공부문에서 다년간 막대한 예산을 투입하여 구축한 검지시스템으로부터 획득된 자료의 효율적 활용이 부족한 실정임
- 다년간 축적된 교통정보를 통해 생성된 교통상황 예측정보에 기반한 선제적 교통제어 및 교통수요 분산 전략 개발이 필요함
- 대구광역시 또한 교통종합정보 웹사이트에서 대구광역시 주요 간선도로의 실시간 교통소통정보를 제공해 주고 있지만, 축적한 교통 정보를 활용하고 있지는 못함
- 통행 중인 차량이 혼잡한 경로를 우회하기 위하여 실시간 정보를 활용하듯이, 본 연구의 결과물을 통해 도로이용자는 통행시작 전의 차량이 혼잡한 시간대를 피하기 위하여 예측 정보를 활용할 수 있는 여건을 제공할 수 있으며, 도로운영자는 선제적 교통운영 전략 수립 근거 마련에 도움을 줄 수 있음
- 이에 기 구축된 교통정보를 교통정보 예측기술에 적극 활용하는 기술개발이 필요함

○ 교통 분야의 빅데이터 활용도 증가

- 정부3.0에서 추진하는 데이터 개방의 확대로 데이터 분석의 효용성 및 가치가 증대됨
- 교통 분야의 다양한 데이터가 수집/연계되면서 대용량 데이터 수집을 통한 실시간 데이터 분석 및 활용이 가능함
- 빅데이터 기술을 활용하여 교통 소통정보 이외에 교통사고 통계, 날씨 등의 다양한 데이터를 융합한 서비스를 제공하여 사용자들의 정보 이용 만족도를 높이고, 교통사고 줄이기 운동 등의 지자체 현안에 도움이 될 수 있는 시스템 개발이 가능함
- 또한 데이터 수집 및 분석 기술의 고도화를 통해 양질의 서비스 제공이 가능하며 다양한 공공분야에 민간서비스를 활용하여 사회현안 해결 및 사회적 비용감소 효과를 창출할 수 있음

○ 교통량 증가로 인한 교통사고 위험도 증가

- 교통량의 꾸준한 증가와 고령운전자 증가 등 많은 요인에 의하여 교통사고로 인한 위험은 지속적으로 증가하고 있음
- 이에 빅데이터 기반의 실시간 교통사고 위험도 예측을 통한 정보제공은 운전자에게 사고에 대한 대비와 주의를 높일 필요가 있음
- 기존의 사고예보 시스템은 단순 기상조건 및 요일 등 간단한 분석을 기반으로 하고 있으며, 이에 대한 세부적이고 실질적인 교통사고 위험도 예측 모형이 필요함

○ 재난·재해 대응형 교통관리계획 개발

- 재해·재난 발생 시 교통 인프라 시스템의 중요한 링크 중의 하나인 교량의 물리적 손상 및 기능손실은 일상적인 사회 활동 및 상업 활동을 저해하여 상당한 사회경제적 손실을 초래함. 또한 사후 재난 대응 및 복구기간 및 비용에 상당한 영향을 미침
- 따라서 재해·재난발생 시 교량의 손상여부에 따른 교통패턴 변화에 대한 이해와 대응은

중앙정부 및 지자체 공무원 및 교통관리 관계자에게 신속한 재난대응 의사결정을 위하여 상당히 중요함

- 또한 선진국에서는 국민의 안전과 복지에 보다 많은 관심을 가지고 있으며 이를 통하여 도로 및 교통과 관련하여 접근성과 이동성을 고려하던 과거와는 달리 재해·재난으로 인한 피해를 최소화하는 것을 목적으로 함. 따라서 이를 위해 재난 시 교통운영 및 제어, 시민의 대피 등 교통과 관련된 교통방재체계의 구축이 필요함
- 이에 교량의 손상도를 고려한 시나리오 기반 교통관리계획 및 운영체계 개발은 교통관리자가 자연재해에 신속하고 효율적으로 대응함으로써 재난 발생 시 신속한 응급재난복구를 유도하고 교통시스템으로 인한 사회경제적 손실을 최소화 할 수 있음
- 이는 향후 재해·재난 발생 시 교량을 통제하고 부상자들을 신속하게 긴급 대피소 및 병원과 같은 중요 시설물까지 이동시킬 수 있는 체계를 유지함으로써 선진국으로서의 방재 시스템 구축이 가능하며 가이드라인의 일부를 제시함으로써 발생할 수 있는 시민들의 혼란과 인명피해를 최소화하여 국민의 삶의 질을 향상 시킬 수 있음

(5) 연구의 중요성

가) 기술적 측면

- 공공-민간 교통정보 연계를 통한 정보수집범위 확대
 - 정부 및 지자체에서는 2000년대부터 ITS 사업을 확충하며 주요 도로에 다양한 교통정보 수집 시스템을 구축하여 운영 중이나 모든 도로에 대한 정보를 수집하는데 한계가 있음
 - 민간에서는 스마트폰 이용 증대와 함께 프로브카 기반 교통정보를 수집하여 활용하고 있음
 - 최근 공공-민간 정보의 교류가 이루어지며 교통정보 누락구간에 대한 대응으로 추가 인프라 설치를 최소화하여 이를 보완하는 기술개발이 가능할 것으로 판단되며, 이를 통해 저비용으로 교통정보의 수집범위의 확대가 가능함
 - 본 연구를 통한 경로형 교통자료의 구축은 실제 교통자료에서 얻어지는 통행패턴을 기반으로 하므로 보다 정밀하고 현실적인 교통 분석이 가능함
- 대구시 교통정보시스템 알고리즘 고도화 필요성
 - 기 구축되어 운영 중인 교통정보 시스템은 교통소통정보 위주의 속도정보만 제공하고 있으나 점차 사용자들의 요구사항이나 지자체의 서비스 기대치가 높아지고 있음
 - 본 연구를 통해 대구시 교통 환경과 현황에 맞는 알고리즘을 구현하여 시스템에 적용해 보다 신뢰성 높은 소통정보를 제공할 수 있음
 - 대구시 교통정보시스템에 기 구축된 가공알고리즘에서 교통정보 확대 및 실시간 정보를 이용한 안내 서비스 품질개선의 효과 창출이 가능함

나) 경제 산업적 측면

- 혼잡비용발생과 도로신설의 어려움
 - 현재 교통 혼잡으로 인하여 막대한 사회·경제적 비용이 발생하는 도시권에서 혼잡비용

절감을 위한 도로인프라 신설 및 확장은 예산제약 및 도로부지 확보 등 측면에서 현실적으로 어려운 상황임

- 특히, 대구광역시 2015년 기준 1조 7,681억 원의 교통 혼잡 비용이 발생할 것이라고 예측되어 이를 위한 대책수립이 시급한 상황임
- 이에 기 구축된 시설물을 최대한 활용함과 동시에 교통상황 예측정보에 기반한 선제적 교통제어 및 교통수요 분산 전략 수립이 중요함

○ 기 수집된 정보의 효율적 활용

- 하이패스 단말기, 센서 데이터 등 기술의 발달로 하루에 약 1백만 대의 차량의 주행 궤적 자료가 다양한 수집단위 및 수집범위로 누적되고 있음
- 수집된 자료를 통하여 차량들의 시간·공간적으로 연결된 경로형 교통자료로 활용가능성이 높으나 이에 대한 연구나 적용사례는 적은 실정임
- 이에 기 수집된 정보와 추가로 연계 가능한 정보를 활용한 스마트 교통시스템을 구축하여 기 수집된 정보의 효율성을 높여 경제 산업적 효율성을 증대시킬 수 있음

다) 사회문화적 측면

○ 대경권 도시부 간선도로 효율적 교통운영 및 교통시스템 구축 필요

- 대경권은 다수의 산업공단이 분포되어 있으며, 지역 내 교통망이 늘고 있어 이를 관리할 수 있는 효율적 교통시스템 구축이 필요하며 기 구축된 도로교통시설을 효율적으로 활용하여 교통혼잡 제어 및 안전을 향상시킬 수 있는 방안의 필요성이 대두됨
- 이를 위해 교통시스템 및 정보제공 인프라 개선이 요구되며 이는 본 연구를 통해 구축되는 경로형 교통자료를 통하여 해결할 수 있음

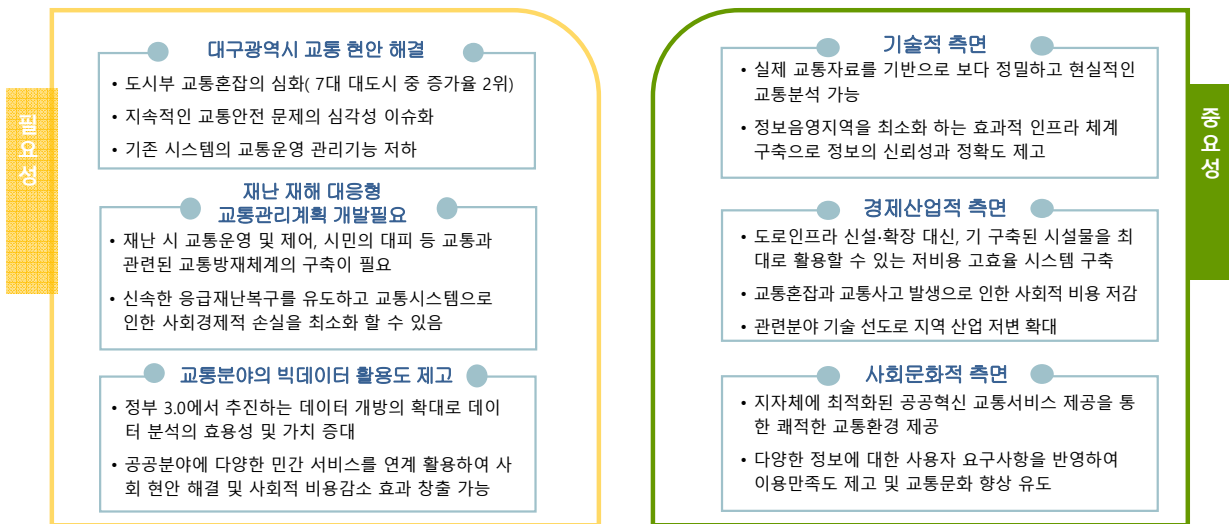
○ 공공부문 교통예측 정보 제공

- 공공부문이 생성한 교통상황예측정보를 민간부문에 제공하여 신규 비즈니스 모델 개발 및 산업 발전의 토대 마련
- 대구광역시의 선제적 교통운영 전략 수립에 활용할 수 있도록 미래에 예측 가능한 이벤트를 고려하여 예측된 교통정보를 공공부문이 구축한 인프라로부터 수집된 자료를 기반으로 산출할 수 있는 시스템 개발 (민간 자료 활용 가능)

○ 지자체에 최적화된 공공혁신 교통서비스 증가 전망

- 기 구축되어 운영 중인 교통정보 시스템은 교통소통정보 위주의 속도정보를 제공하고 있으나 다양한 정보에 대한 사용자들의 요구사항이나 지자체의 서비스 기대치가 높아지고 있음
- 교통 소통정보와 교통사고 통계, 날씨 등의 다양한 데이터와 접목시켜 분석한 결과물을 사용자들에게 제공함으로써 사용자들의 요구사항을 만족시키고, 교통사고 줄이기 운동 등의 지자체 현안에 도움이 될 수 있는 시스템 개발이 가능

- 대구시 교통 현안 해결을 위해 과학적이고 체계적인 교통운영 및 교통안전 관리의 필요성 증대
- 인프라 기술, 교통운영 및 교통안전관리 전략, 통합교통정보시스템 구축 등 도시교통관리를 위한 주요 핵심분야 개선 필요
- 장래 교통환경 및 기술 변화를 고려하여 기존 시스템을 지역 특성에 최적화된 스마트 교통시스템으로 고도화 필요



<그림 1> 연구개발의 필요성 및 중요성

(6) 연구의 차별성

가) 최적 ICT 융합 교통정보수집 인프라 설계

- 교통정보 수집체계 개선안 마련
 - 대구시 ATMS가 구축된 2011년 이후, 기존 교통정보수집체계의 효용성에 대한 진단 전무
 - 기존 수집체계에 대한 진단을 통한 개선안 마련
- 다양한 정보 소스와의 연계방안 마련 및 개별 교통정보시스템의 통합 연계성 강화
 - 정부 및 지자체 등 공공기관 중심으로 교통정보가 수집 및 제공되어오던 방식에서 최근 ICT 기술의 발달로 민간에서도 다양한 방식으로 정보를 수집·제공하고 있음
 - 공공기관의 교통정보시스템도 ATMS, UTIS, BMS 등 별도의 시스템으로 운영되어 연계성 결여
 - 공공정보와 민간정보를 연계하여 교통정보의 신뢰성을 높이고 개별 시스템의 연계성을 강화하여 통합된 교통정보 분석 및 제공체계 구축
- 장래 활용성을 고려한 ICT 융합형 정보수집체계 설계
 - 교통현안에 따른 임기응변식 정보수집체계 설치 및 운영으로 초래되는 예산 낭비와 운영효율성 저하를 지양하기 위해 장래 기술개발수준 및 관련 정책을 고려하여 시스템의 지속가능성과 활용성을 확보할 수 있는 ICT 융합형 정보수집체계 설계
 - 국내외 교통정보제공기술 5건 이상 조사 및 통합교통정보 수집 인프라 설계 기준항목 5건 이상 정립

나) 통합 스마트 도시교통관리시스템 구축

○ 경로형 교통자료를 활용한 현 도로링크 소통정보 고도화

- 현행 프로브 차량기반의 교통정보 생성방식에서는 불가능했던 경로형 교통량 정보 분석을 통한 특정 이벤트나 시간대에서 우회가능한 경로 도출 및 시각화가 가능함
- 기존의 지점검지를 통한 교통정보 추정방식을 개선한 경로형 통행정보를 통해 보다 정확한 구간 통행속도 산출 및 차량의 통행행태 분석이 가능하여 도시부 도로 이용자들에게 보다 유용한 소통정보 제공 가능

○ 민간정보연계를 통한 정보수집범위 확대

- 현재 대구시에 구축된 DSRC, UTIS 이외에 프로브카 기반 민간정보를 연계·활용하여 도로이용자의 경로정보를 생성함으로써 교통정보 누락구간에 대한 정보수집의 범위를 확대함
- 기존의 정보누락구간 내 단순한 민간정보 연계방식이 아닌 민간정보 활용가능 수준에 따라 차별화된 보완전략을 수립하여 수집인프라 설치를 여부를 판단하고, 각 수준별 적합한 정보누락구간 보완 알고리즘 개발하여 기존 방식 대비 선도적이고(교통정보 신뢰도 30% 이상 개선) 차별화된 민간정보 활용방안을 마련함

○ 네트워크 효율성 및 안전성을 고려한 이용자 및 운영자 서비스 제공전략 개발

- 교통운영 및 교통안전과 관련된 서비스를 제공함에 있어 현장실험을 통해 필요로 하는 정보만을 효율적으로 제공하는 방안 개발
- 주로 이용자 정보제공에만 초점을 두고 있는 기존 교통정보시스템과 달리 개인 운전자뿐만 아니라 네트워크 전체의 효율성과 안전성을 함께 증진시킬 수 있도록 운영주체의 의사결정 지원체계 구축

○ 유고시 교통관리계획(Traffic Management Plan, TMP) 수립을 통한 재난대응력 강화

- 대구시는 지진위험도가 크고 과거 여러 차례 대형 참사를 겪은 바 있음에도 불구하고, 재난재해 발생 시 효과적인 긴급대피 및 복구를 위한 교통관리계획이 적절히 수립되어 있지 않음
- 유고시 재난 대응력을 강화하기 위해 교통관리계획 가이드라인을 개발·제공함으로써 도시 내 주요 링크의 소실 또는 차단 시 적절한 우회경로를 제공하고, 재난 대응력을 강화할 수 있는 체계적 프로세스를 제시

	단위 기술	기존 기술	본 연구
교통안전영관리	교통상황예측 정보 생성 및 제공 방안 연구	• 분 단위 링크 속도(VDS)를 이용한 링크 정보 기반의 연속류 예측 정보 생성 • 단기 KNN, 중장기 동일패턴 Median 이용한 예측 • 대구시 교통상황에 맞는 단속류/연속류 알고리즘 부재	• 개별차량 통행시간(DSRC)을 이용한 단속류 맞춤형 예측 정보 생성 • 데이터 특성을 반영한 대구시 최적모형 개발
	경로형 교통정보 구축 및 활용 기술 개발	• 최단경로가 한 개 간선도로인 링크에서 발생하는 이동정보를 사용하여 일부 통행정보 누락 • 대구시 간선도로에만 RSE가 설치되어 집산도로 이하 도로에서는 교통정보 생성 X → 교통음영지역 발생 • RSE의 오작동 등으로 인한 교통정보 신뢰성 감소 • 단일 지점/구간 단위의 통행량 수집 및 분석	• DSRC+UTIS+BIS 정보연계를 통해 교통정보 신뢰도 30% 이상을 개선하여 음영지역 해소 • 궤적정보를 이용하여 Probe차량정보 극대화 → 표본 수에 대한 의존성 개선, 정확한 소량정보 제공 가능 • 기기 고장이나 오검지 등에 대한 탄력적인 대응 → 신뢰성 있는 교통정보 생성 가능 • 기종점과 같은 지점 간 통행 특성 추정 • 통과교통량의 유입·유출 경로 등 경로 기반의 네트워크 분석
교통안전전체	도시부간선도로 교통안전체계 구축 기술 개발	• 과거 단순 기상조건, 돌발정보 및 요일 등의 간단한 변수를 이용하여 빈도분석 수준에서의 결과를 바탕으로 위험도 제공 • 교통안전시설물의 효과에 대한 검증 없이 경험 또는 관행에 의한 설치 운영 → 시설물 설치의 정량적 기준 부재로 단순히 사고 건수를 통한 설치 여부 판단 • 재해·재난 시 교량의 물리적 손상 및 기능 손실에 대비한 교통관리계획 전무	• 실시간 수집 데이터를 활용하여 요인들 간의 의존성 영향을 받지 않는 데이터 마이닝 기법의 사고 위험도 예측 모형 개발 • 교통안전 취약지점 특성 파악을 통한 맞춤형 교통안전시설물 설치방안 마련 → 도로 환경에 따라 시설물 설치의 정량적 효과를 제시함으로써 설치 우선순위 선정 방안 마련 • 3건의 가상 지진 시나리오 시뮬레이션 테스트 결과 기반 교통관리계획 매뉴얼 제공 → 실제 대구시에서 발생한 지진의 잔여지 대상으로 시나리오 구축
교통정보수집인프라	UTIS 데이터 신뢰성 검증, ATMS와의 연계 및 활용성 검토	• 개별차량의 이동경로에 따른 운행정보의 낮은 활용도 • 도시교통정보센터의 시스템 상에서 가공된 링크의 속도정보만 제공	• 초단위 위치정보 생성/노드 - OBE영역 조정을 통한 기존 데이터+경로교통정보+링크별 세부교통정보 생성 → 기존의 단순 교통정보에서 다양한 정보 생성을 위한 데이터 기반 확보
	교통정보수집체계 및 정보제공방안 연구	• 교통정보활용의 신뢰성 및 효율성 문제 • 정보수집체계 개선계획 부재 및 관련 기준 미비 • 민간 등 외부정보의 활용성 낮음 • 민간정보 통합 교통정보시스템에 대한 수집 인프라 평가기술 부재 • 의사결정권자의 주관적 판단에 의존한 교통정보수집체계 운영	• 국내외 교통정보제공기술 5건 이상을 조사하여 예산 제약 및 정보의 불확실성을 고려한 수집성능을 최대화하는 정보수집 알고리즘 개발 추가적 수집장치 설치 최소화를 위한 민간 등 외부연계 정보 적극 활용 • 수집 인프라 설계 기준 항목 5건 이상을 정립하여 구축된 수집인프라 설계 평가를 위한 합리적인 기준 마련

<그림 2> 기존 기술 대비 개발 기술의 차별성

나. 연구개발의 목표 및 내용

(1) 연구개발의 최종목표

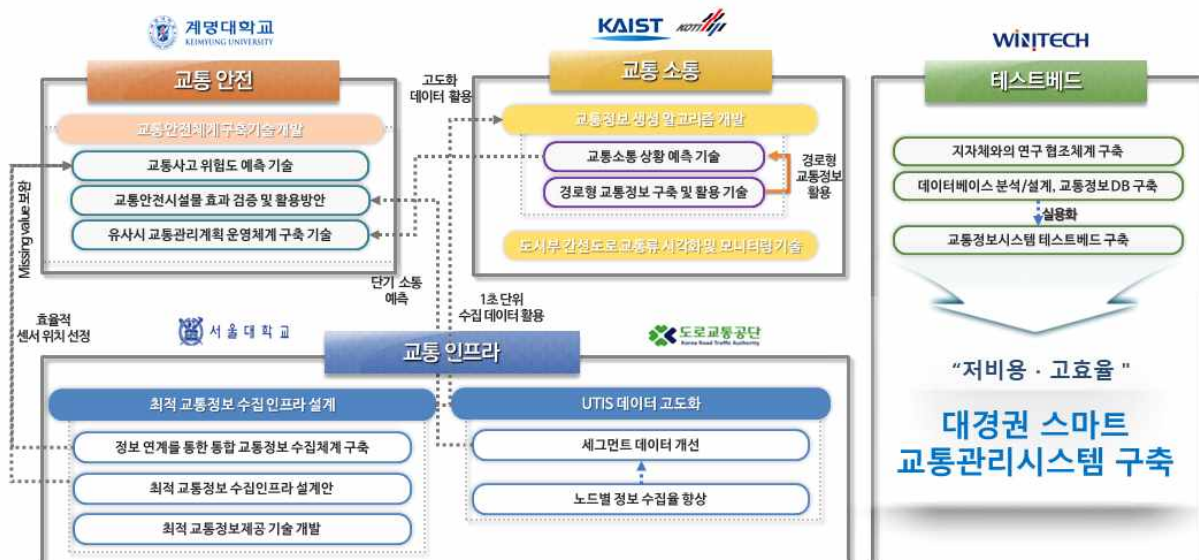
- 본 연구는 대구광역시 도시부 간선도로의 교통운영 및交通安全 측면에서 최적의 관리를 위하여 ICT 융합형 교통 인프라 설계와 다양한 교통정보를 활용한 교통운영 관리체계 및交通安全관리체계 구축을 목표로 함
- 이를 위하여 현재 운영 중인 대구광역시의 교통 정보수집 체계 현황 및 운영자의 요구 수준 분석을 통한 최적 ICT 융합 교통정보 수집 인프라 설계 가이드라인을 개발함
- 교통운영 측면에서는 수집된 교통정보의 통합을 통해 도시부 간선도로의 경로형 통행정보 생성 알고리즘을 개발하여 대구광역시의 교통현안 문제수준에 따른 최적의 교통운영 관리기법을 개발함
- 交通安全 측면에서는 현재 운영 중인 인프라로부터 수집된 정보와 타 기관의交通安全정보, 민간정보를 통합한 빅데이터 기반 실시간 교통사고 위험도 예측 기술을 개발하고交通安全시설물 활용방안을 마련하며, 돌발상황 발생에 대비한 유사시 교통관리계획(TMP) 운영체계를 구축함
- 최종적으로 본 연구를 통해 개발된 기술을 현재 운영 중인 대구광역시 교통정보센터 시스템에 적용하여 연구개발 성과물의 효과를 극대화 할 수 있도록 테스트베드를 구축·운영함
- 도시부 간선도로를 대상으로 본 연구과제의 성과를 도출한 후 중소도시, 농어촌 등 대경권 전역에 연구성과를 확산하기 위한 구체적 계획을 지역특성을 반영하여 제시함



<그림 3> 연구개발의 비전 및 목표

(2) 연구개발 내용

- 최적 ICT융합 교통정보수집 인프라 설계 연구
 - 지자체의 교통 정보수집 인프라 현황 및 요구 수준 분석
 - ATMS와 UTIS 현황 분석 및 대구광역시 요구사항 수집·분석
 - 도시부 간선도로 교통 운영 및 교통안전 관리에 적절한 최적 교통 정보수집 체계 연구
 - 최적 교통 정보 수집 인프라 설계안 평가방안 연구
- 도시부 간선도로 교통운영관리 기술개발
 - 도시부 간선도로 교통류 모니터링 기술
 - 기존 도시부 교통정보 수집 및 가공체계(지자체 교통정보센터 등)와의 연계 방안 연구
 - 수집체계 연계 교통정보 생성 알고리즘 개발 및 검증
- 도시부 간선도로 교통안전체계 구축 기술개발
 - 빅데이터 기반 실시간 교통사고 위험도 예측모형 개발
 - 실주행 자료 기반 교통안전시설의 효과 검증 및 활용방안 구축
 - 돌발상황 감지 및 유사시 교통관리계획(TMP) 운영체계 구축
- 연구결과 실용화를 위한 테스트베드 구축
 - 지자체와의 연구 협조체계 구축
 - 지자체 및 지자체 교통정보센터를 통한 실용화 방안
 - 실용화를 위한 테스트베드 추진

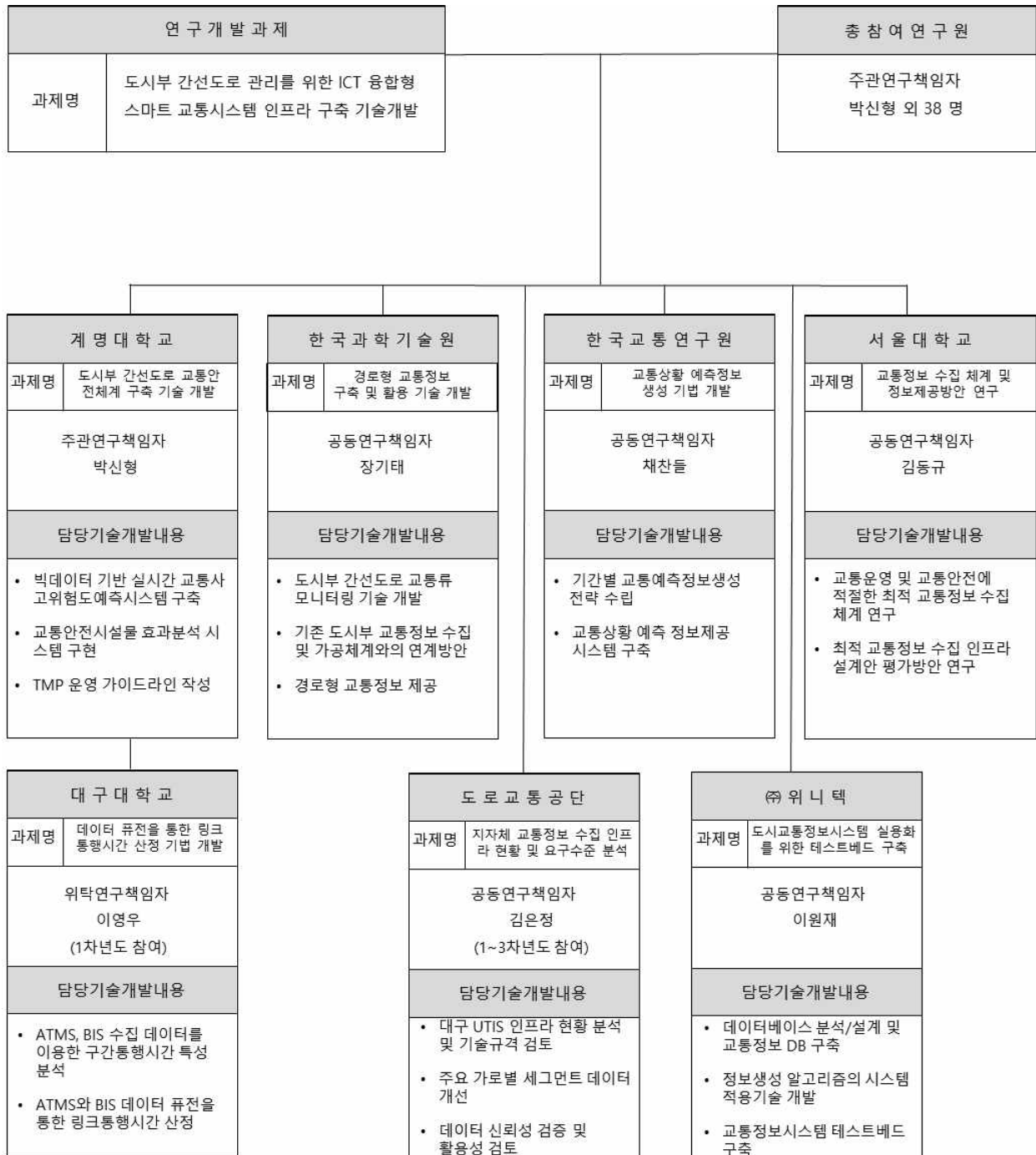


<그림 4> 연구개발 내용

2. 연구수행내용 및 성과

가. 연구개발 추진체계 및 전략

(1) 연구개발 추진체계



<그림 5> 연구추진체계

(2) 연구개발 추진전략

가) 참여연구진 구성

- 본 연구에서는 세부 연구내용에 따라 우수한 전문성을 가진 기관이 참여하여 양질의 연구결과를 도출하고, 연구의 최종목표인 도시교통정보시스템 테스트베드 구축 및 실용화를 달성하고자 함



<그림 6> 참여연구기관 조직도

<참여연구진의 우수성>

참여기관	연구수행능력의 우수성
계명대학교 산학협력단	- 대경권 유일의 단일 교통공학전공 프로그램 - 대구, 경북 지자체의 교통 분야 프로젝트 수행 경험 및 실적이 우수하고, 지자체와의 원활한 협력관계 구축 - 참여교수진의 교통안전분야 연구실적 다수 보유 - 일반대학원 도시계획 및 교통공학과, 융합공학대학원 교통안전공학과를 운영하고 있어 대학원 연구역량이 대경권 내에서 가장 우수함
한국과학기술원	- 교통정보데이터 처리 및 교통정보생성 분야 다수의 연구실적 보유 - 빅데이터 분석, 개별행태자료 분석 및 처리, 통행시간 예측 알고리즘 개발 등을 목표로 하는 연구과제 수행 중
한국교통연구원	- 국가 교통정책 및 기술을 연구, 개발하는 국내 최고의 교통연구기관 - 최근 서울특별시를 대상으로 교통상황 예측기술을 개발하는 연구를 성공적으로 완료한 바 있음
서울대학교 산학협력단	교통정보 예측을 위한 검지기 통합, 교통운영 평가지표 개발 및 효과평가 등에 관한 다수의 연구경험을 보유
도로교통공단	본 연구에서 활용하는 UTIS 데이터를 이용한 연구경험이 우수하며, 시스템에 대한 이해도가 높고, 관련데이터 수집 및 활용에 유리한 전문기관임
(주)위니텍	- 대구시 교통정보시스템(ATMS)을 구축하였으며, 현재 시스템 운영 및 유지관리 중이므로 시스템에 대한 이해도가 아주 높음 - 대구시 ATMS 유지관리를 위해 대구시 담당부서 및 공무원들과의 상시적인 협의체계를 구축하고 있음 - 교통부문 이외에도 재난, 범죄 등의 분야에서 정보시스템을 구축한 경험이 많음

나) 협조체계 구축

- 본 연구는 시스템 적용 대상 지자체의 요구수준을 반영하고, 교통운영 및 안전 측면의 현안을 해결하며, 지역 특성을 고려한 최적의 시스템을 실용화 하는 것이 주된 목표이므로 지자체와의 협력체계를 구축하는 것이 필수적임
- 대구광역시 ATMS를 운영하고 있는 교통정책과를 비롯하여 BIS를 운영하고 있는 버스운영과 실무자 및 관리자, 도로교통공단 연구원, (주)위니텍 관계자 등이 배석하여 연구 수행을 위한 실무회의를 가진 바 있으며, 대구시에서 요구사항 제안, 데이터 및 시스템 활용 협조 등 연구 수행을 위한 협조체계를 구축함
- 연구 수행기간동안 지속적으로 대구시와 연구내용을 공유하였으며 공식적인 대구시의 검토의견과 요청사항은 상호 협의하여 연구에 반영하였음
- 기타 실용화를 위한 노력도 지자체와의 협력을 통해 추진함
(기술 이전을 통한 ATMS 고도화)

"질리와 정의와 사랑의 나라를 위하여" 계명대학교 산학협력단 ACE 첨가 가치 창조 대학 수신자 대구광역시청(교통정책과장) (경유) 제목 2016년도 국토교통과학기술지역특성화사업 신청을 위한 자료 협조 요청 1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다. 2. 국토교통부 국토교통과학기술진흥원에서는 정부의 지역균형발전 기조에 부응하여 지역의 연구인프라를 조성하고, 지역의 현안 및 애로사항을 해결하기 위한 목적으로 국토교통과학기술지역특성화사업 2016년도 연구과제에 정부출연금을 지원하고 있습니다. 3. 이에 대구광역시에서 운영 중인 첨단교통정보시스템(ATMS)의 정보제공 서비스 다양화 및 고도화, 관련 인프라의 최적화를 위해, "대경권 도시부 간선도로 관리를 위한 ICT 융합형 스마트 교통시스템 인프라 구축 기술개발" 연구과제 신청에 필요한 사항을 다음과 같이 요청하오니 협조하여 주시기 바랍니다. 가. 과제정보 1) 사업명: 국토교통과학기술지역특성화사업 - 추진근거: 건설기술진흥법, 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정(대통령령) 및 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 시행규칙(미래창조과학부령) 등 2) 과제명: "(대경권)도시부 간선도로를 위한 ICT융합형 스마트 교통시스템 인프라 구축 기술개발" 3) 총 연구기간: 2016년 6월 ~ 2020년 2월(3년 8개월) 4) 총 정부출연금: 2,000백만원 5) 참여자별: 주관연구기관(합동연구기관)은 반드시 대경권 소재 연구기관(대학, 연구소, 기업 등)이어야 하며, 참여 연구진은 최소 50% 이상 대경권 연구진으로 구성 - 대구시는 성과작업 대상 지자체로서 협력 기관으로 참여하고, 최종결과물은 대구시 시스템에 적용하여 서비스 개선 나. 협조사항: 대구시 교통정보 자료 협조, 시스템 개선을 위한 지자체 요구사항 제공 (예) 실시간 및 이력 교통정보, 버스운행정보, 교통정보수집체계 현황 정보, 교통사고 정보, 관련부서 현안 및 요구사항 등 붙임 1. 연구개발계획서(안) 1부(발도송부) 2. 2016년 국토교통과학기술지역특성화사업 시행 공고문 1부 3. 2016년 국토교통과학기술지역특성화사업 시행 공고 안내서 1부 4. 기타 연구과제 신청서류 각 1부(발도송부), 끝. 계명대학교 산학협력단장	우리 가족의 행복지킴이 『2016 재난대응 안전한국훈련 실시』 / 5.16. ~ 5.20 대구광역시 수신 계명대학교총장 (경유) 제목 "국토교통과학기술지역특성화사업" 공모사업 연구과제 관련 자료 지원 계획 알림 1. 계명대학교 산학협력단 연구지원실-722(2016. 05. 13.)호와 관련입니다. 2. 국토교통부 국토교통과학기술진흥원에서 공모하는 "국토교통과학기술지역특성화사업"인 "(대경권)도시부 간선도로 관리를 위한 ICT융합형 스마트 교통시스템 인프라 구축 기술개발" 연구과제에 우리시가 협력기관으로 참여하여 연구에 필요한 실시간 교통정보와 버스운행정보 및 주차정보 등의 자료를 지원할 계획이며, 3. 향후 위 연구과제와 관련하여 시스템 개선을 위한 우리시 요구사항을 제시할 수 물론 최종 연구결과물은 우리시 시스템에 적용하여 서비스를 개선하고자 하오니 업무에 참고하시기 바랍니다. 끝. 대구광역시청 주무관 전순홍 교통개선팀장 신상철 교통정책과장 심원섭 건설교통국장 첨조자 전시물주무관 류영희 버스운영과장 정역수 연구수 시청 교통정책과-7225 연구수 주 41905 대구광역시 중구 동명로 194, (동인동1가, 대구광역시청) / http://www.daequ.go.kr 전화번호 053-803-4761 팩스번호 053-803-4739 / knight703@daegu.go.kr / 부분공개(5) 대구시의 공공화 패! 국민행이 120
--	---

<그림 7> 주관기관 협조요청 공문 및 대구시 지원 알림 공문

다) 데이터 수집 및 가공 방안 마련

- 연구수행에 차질이 없도록 데이터 수집 시스템별 협조체계 구축 및 데이터 가공 방안을 마련함

<데이터 수집 시스템별 구축 방안 마련>

수집 시스템	구축 방안
ATMS	• 대구시 교통정보센터 내 ATMS 시스템의 수집정보를 암호화하여 외부로 반출 가능 • 교통정보센터와 본 과제의 공동연구기관인 위니텍 본사의 연구과제시스템을 VPN을 통해 데이터 연계 가능 • 교통정보센터 내에서 알고리즘 연구에 필요한 데이터로 1차 가공하여 연구진에 제공가능 • 본 연구를 위해 대구광역시로부터 협조 공문을 이미 받았으며, 대구시 ATMS를 구축하고 현재 유지관리를 수행하고 있는 ㈜위니텍이 공동연구기관으로 참여하므로 데이터 활용에 어려움이 없음
UTIS	• UTIS 데이터는 경찰청 중앙교통정보센터에서 전국데이터를 수집하여 가공하고 있음 • 지역에서 수집되는 데이터를 중앙교통정보센터로 전송하기 전에 지역의 UTIS 표준프로그램 단말을 통해 별도 저장 가능함 • 중앙교통정보센터에서 연구목적으로 수집데이터의 사용을 허가받아 현재 대구시 교통정보센터에서 지역의 교통정보를 저장하고 있으므로 • 데이터의 수집 절차와 허가 프로세스를 검토하여 연구 활용이 가능함을 사전에 확인
민간데이터	• 도로교통공단 자체 민간데이터와 국토교통부를 통한 민간통신사업자 데이터 활용 가능 • 현재 제공 중인 경찰청 도시교통정보센터의 소통정보는 OBE수집정보(1순위), 국토부(2순위), 동부NTS(민간)(3순위)의 정보로 구성됨 • 동부NTS는 중앙센터로 5분 단위 실시간 교통정보를 제공 중이고 도로교통공단에서 동부NTS 원시데이터 협조 방안 수립 계획을 진행 함 • 국토교통부에서는 공공 및 민간으로부터 교통정보를 제공받고 있음 • 따라서 국토교통부와 경찰청을 통해 본 연구에서 공공데이터 활용가능

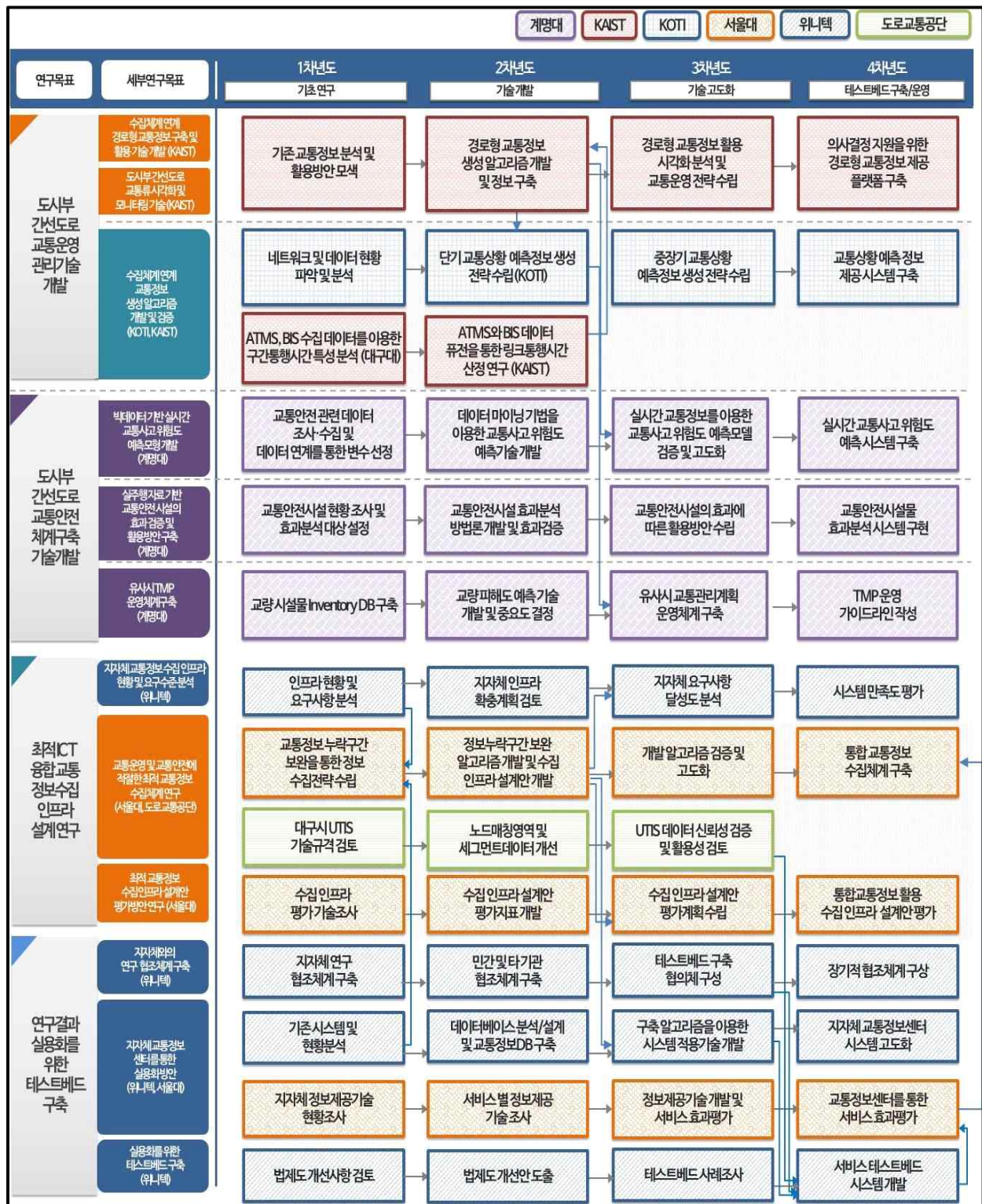
라) 연구개발의 사업화 계획 마련

- 연구개발 성과의 사업화를 위해 개발기술을 활용한 제품개발 계획과 비즈니스 모델 구축 및 사업화 추진전략을 마련함

제품개발 계획	1차년도	○ 제품 및 서비스 시스템 요구사항 정의 및 수립 - 기 구축되어 운영 중인 시스템을 분석하고 지자체 요구사항 및 지역특성을 반영한 서비스와 운영에 필요한 기술 등을 도출
	2차년도	○ 서비스 통합시스템과 구성 제품별 H/W, S/W 설계 및 개발 - 목표 성능 및 사양과 상세 구조 설계를 반영한 무선안내용 통신 모듈 H/W, S/W 개발 및 구현 - 서비스 시스템 요구사항을 반영한 관계 서버/클라이언트 시스템 설계 및 플랫폼 개발
	3차년도	○ 개별 기능 및 성능 시험과 통합 시험 절차 수립
	4차년도	○ 신뢰성 및 인증 완료 - 제품별 인증 시험 진행 후, 인증서 및 시험성적서 획득

신뢰성인증 확보 계획	신뢰성 목표 설정	- 고객니즈 수집/분석, 시장 Claim 분석, 경쟁사 분석 등의 요구 신뢰성 파악
	제품별 자체 신뢰성 검증 체계 수립	- 제품별 시험 항목 및 신뢰성 평가기준과 통합 시험 절차 수립 - 자체 평가기준으로 시험 후 기능 및 성능 검증 완료
	제품에 대한 신뢰성 확보 및 인증	- 정확한 검증 없이 제품 출하 시 막대한 사업 손실, 사업성 악화, 기업 이미지 손상을 미연에 방지하기 위해 공인인증기관을 통한 제품별 검증 시행
비즈니스 모델 구축	형태 및 규모	○ 상용화 형태 : 소프트웨어 제품 ○ 수요처 : 대구시 외 지방자치단체 ○ 사업화시기 : 연구 종료 후 ○ 사업화형태 : 정부 및 공공기관의 교통정보시스템 구축사업
	추진전략	- 수요/공급자 관점의 시장전망과 수요파악, 제도적/환경적 측면을 고려한 면밀한 시장진입 계획을 수립하여 단계적 시장 진입 - ITS 서비스 분야에서 각 해당 지자체별 여건에 부합된 상용화된 통신망과의 접목을 통한 단계적 사업화 진행 - 교통인프라 설계, 교통운영관리 및 교통안전관리 등이 필요한 국내·외 목표시장에 대한 니즈를 분석하여 실질적인 서비스 모델 발굴 - 시험설치를 통해 제품의 성능을 입증하여 서비스 공급자에게 제품을 홍보, 각종 사업에 참여할 수 있는 기반을 수립
	제품 홍보	- 회사의 기 영업조직을 이용한 국내 지자체, 기타 관련 협회 및 표준화 단체를 통한 적극적인 제품 홍보 - 국내 Reference Site 구축을 통해서 서비스 모델 검증하고 사용자가 편리성을 경험할 수 있는 기회 제공으로 상품의 우수성 홍보 - 국내외 관련 IT 전시회 등을 활용한 적극적 홍보 추진
	판매 전략	- 대구시 구축 기반을 바탕으로 설치지역 확대추진 - 정부 및 공공기관과의 시범 사업을 통한 기술의 우수성 및 제품 도입의 타당성 검토를 통한 확대 사업으로 연계 - 국내외 영업망을 통하여 관련 제품 마케팅 - 경쟁제품과 차별화된 기능 및 성능 제시와 수요처 중심의 필요성 부각을 통한 전문적 기술영업에 의한 시장 확보

(3) 연차별 연구수행 전략 및 로드맵



<그림 8> 연구로드맵

나. 연구개발 내용

(1) 협 동 : 도시부 간선도로 교통안전체계 구축 기술 개발

가) 빅데이터 기반 실시간 교통사고 위험도 예측 기술 개발

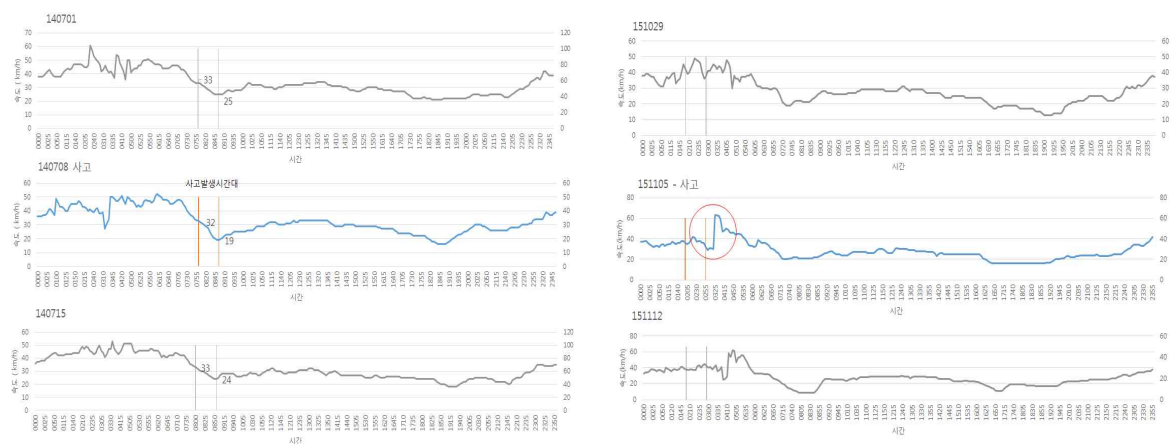
○ 데이터의 활용 가능성 및 모형 적용 변수의 타당성 검토

- 대구광역시 교통정보 수집체계를 분석하고, 교통사고 위험과 관련 있는 데이터를 수집
- 대구광역시 교통정보시스템(ATMS)의 수집 단위를 기준으로 교통사고 이력데이터와 교통소통정보 데이터의 가공 및 통합

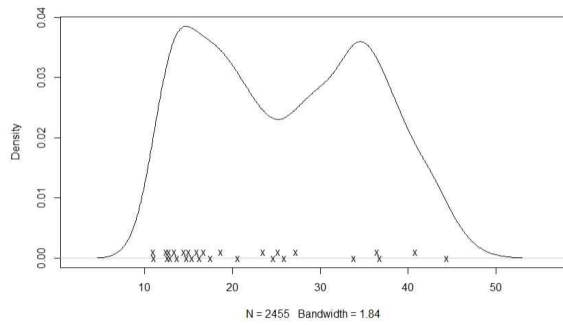
<사고 영향 요소 분석을 위한 데이터 활용변수 목록>

사고 이력 데이터	실시간 수집 데이터	비고
1당 운전자 정보 (성별, 나이, 상해도)	링크 평균 속도	특성 변수
2당 운전자 정보 (성별, 나이, 상해도)	링크 평균 통과시간	
사고유형	링크 교통량	
법규위반	차량대기행렬길이	
도로종류	검지기점유율	
DSRC 일련번호	DSRC 일련번호	공통 변수
날짜	날짜	
기상상태	기상상태	
요일	요일	
사고발생시간대	사고발생시간대	
노면상태	노면상태	

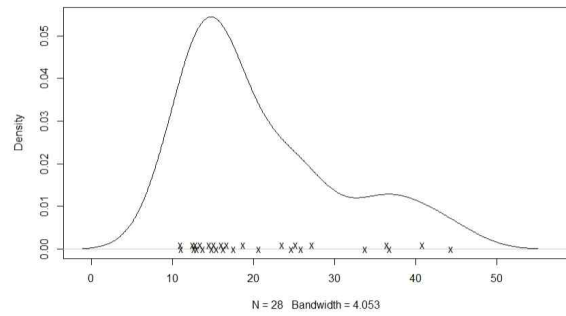
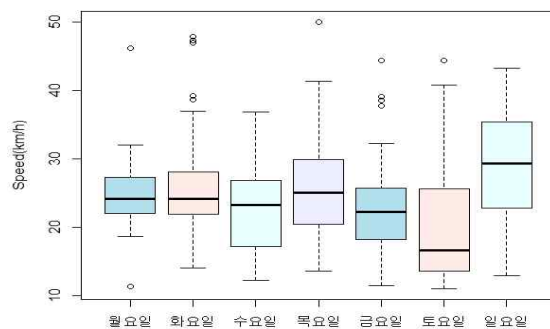
- 구축한 통합 데이터 테이블을 활용하여 사고 위험요인 도출을 위한 데이터 간의 관계분석 수행



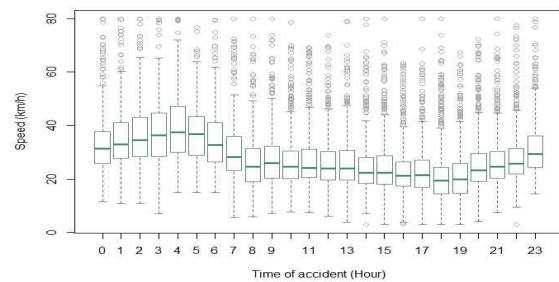
<그림 9> 교통사고 발생과 평시 상태의 링크 통행속도 추이 비교 분석



<평상시 교통속도 분포>



<교통사고 발생 시 교통속도 분포>



<그림 10> KDE를 이용한 교통사고 발생과 변수와의 관계분석

○ 교통사고 위험도 예측 알고리즘 개발

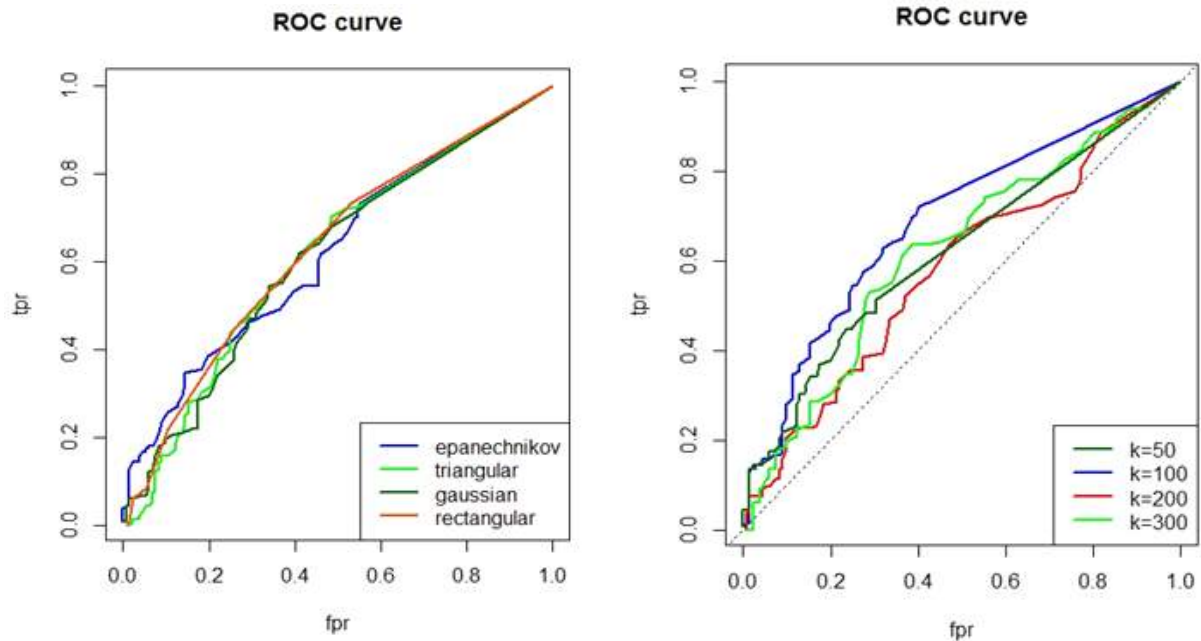
- 기상, 프로브카 집계 데이터(교통량 대리 변수), 링크 통행속도·시간의 표준편차 데이터를 추가하여 통합 데이터 테이블 보완
- 위험도 영향도를 산정하기 위해 Random Forest model을 이용하여 중요도 평가 실시
 - Random Forest는 변수의 정확도와 노드 불순도 개선 정도에 따라 중요도를 산출함
 - 불순도를 측정하는 지수로서 지니계수(Gini index)를 활용하여 입력변수에 따른 위험을 분류하고, 지니계수의 평균 감소량이 큰 변수가 중요도 높게 산출

$$G_i = 1 - \sum_{k=1}^n p_{i,k}^2$$

(여기서, $p_{i,k}$ 는 I번째 노드에 있는 훈련 샘플 중 클래스 k에 속한 샘플의 비율)

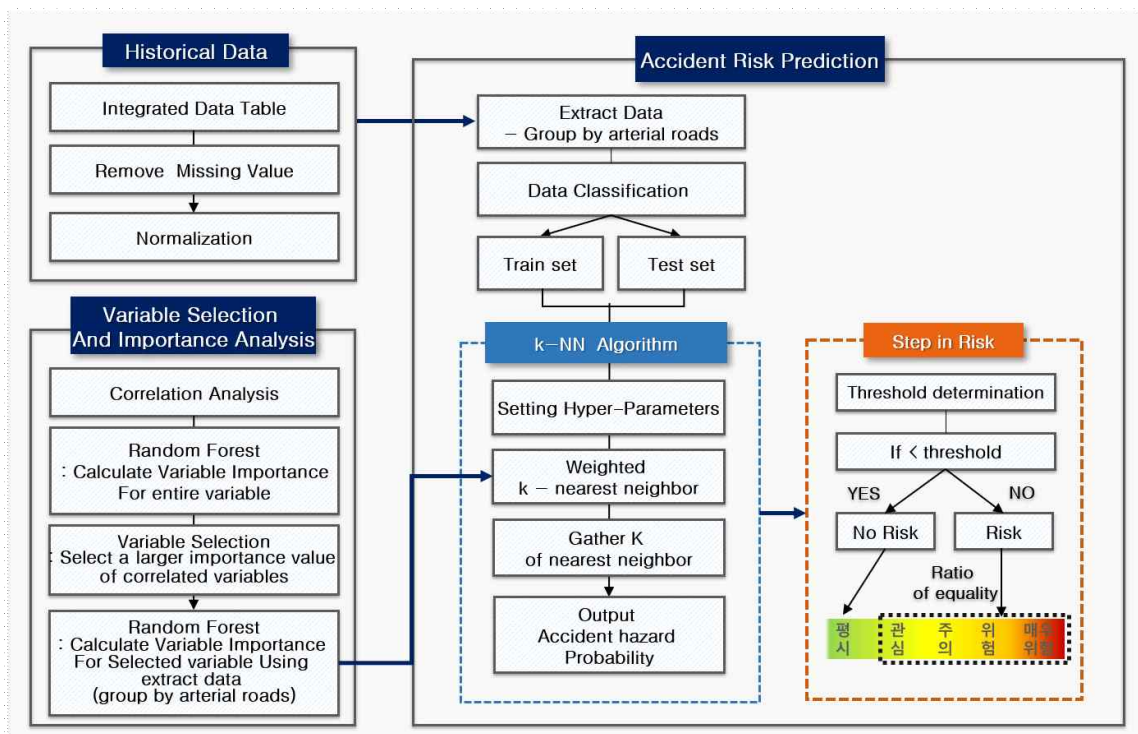
- 다양한 데이터 마이닝 기법 중 선정하여 교통사고 위험 예측 알고리즘 개발
 - k-최근접 이웃 알고리즘은 다른 예측 알고리즘에 비해 비교적 가볍고 이식이 수월함
 - 또한, 여러 보정과정을 거칠 경우 훨씬 좋은 성능을 나타내므로 본 연구의 예측 알고리즘으로 선정
 - 교통사고 발생은 드문 이벤트이므로 적은 값의 교통사고 위험 예측에 어려움이 있지만 k값 조절을 통해 적은 값의 교통사고 위험을 찾아내는 데에 유용함
 - 활용데이터의 불균형(Imbalance) 문제는 SMOTE(Synthetic Minority Over-Sampling Technique) 기법을 활용하여 보정함

- 성능 비교를 통해 거리산정, 커널함수 등의 최적의 하이퍼 파라미터 선정



<그림 11> KDE를 이용한 교통사고 발생과 변수와의 관계분석

- 교통사고 위험도 예측 알고리즘 고도화 및 실시간 교통자료 적용 알고리즘 개발
 - 도로 기하구조 DB 구축과 원 핫 인코딩을 통해 활용변수를 확대하고, 알고리즘 성능향상을 위한 로직 변경

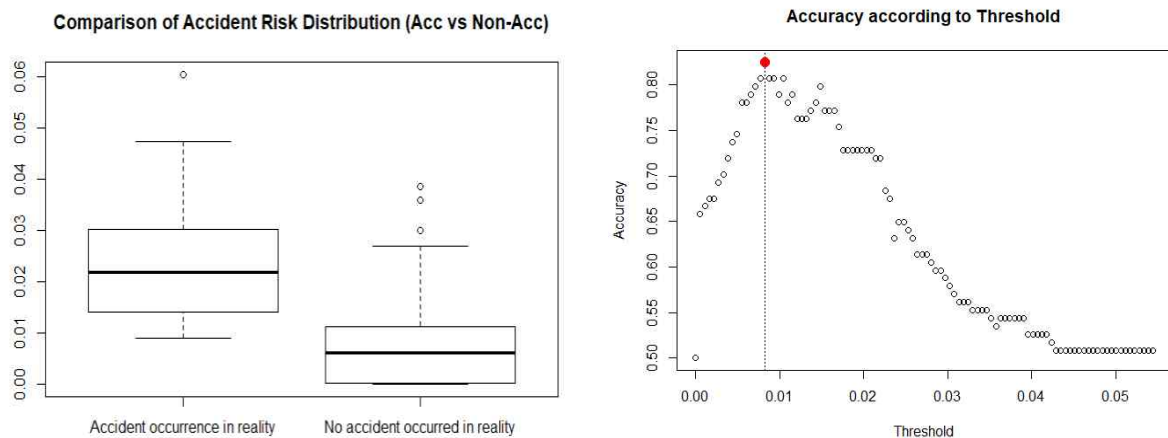


<그림 12> 개발 모델의 로직 수정·보완

- 고도화 알고리즘을 이용한 예측결과의 정확도 확인 및 개선 알고리즘의 성능 비교를 위한 평가 척도 선정
 - 모형의 확률 예측, 불균형 데이터 특성을 고려하여 적합한 평가 척도 선정
- 사고 위험도의 결과 값을 실제 사고 데이터와 매칭하여 비교
 - 사고가 발생하지 않았을 때 대비 실제 사고가 발생했을 때의 사고 위험도 값이 예측 값이 큰 것으로 나타남
 - 예측 결과의 위험수준 분류를 위한 threshold별 정확도 비교 수행
- 사고 위험 False Positive Rate (= 1 - true negative)별 True Positive Rate의 비율을 나타내는 ROC Curve를 통해 예측한 결과의 정확도는 83.3%로 나타남

<최종 활용변수의 Random Forest 분석 결과>

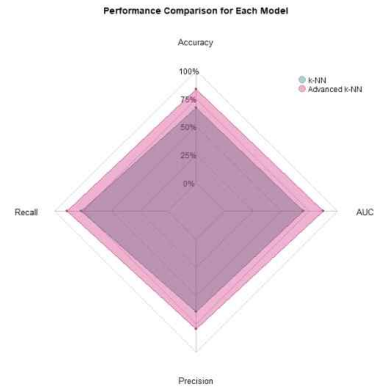
Variables	Mean Decrease Accuracy	Mean Decrease Gini	Variable Importance	Variable Weight
POSSIBLE_CNT	32.607	104.9264	105.3958	0.203072
AVGPasstime	17.99167	140.5063	140.6716	0.266918
SDPasstime	28.69267	128.7947	128.4896	0.24395
Temperature	7.877912	98.13382	98.39012	0.185691
Rainfall	2.078584	10.98516	11.12488	0.021231
LANES	8.946275	2.858609	2.754478	0.005138
MAX_SPD	12.60726	1.342507	1.23869	0.002251
DIST	14.30843	37.70579	37.82748	0.071748



<그림 13> 사고 위험도 결과 값 분포 비교 및 예측결과의 threshold에 따른 정확도

- 알고리즘 고도화 과정을 거쳐 지표별 모델 성능을 확인하고, 약 22.6%의 성능 개선율을 확인함

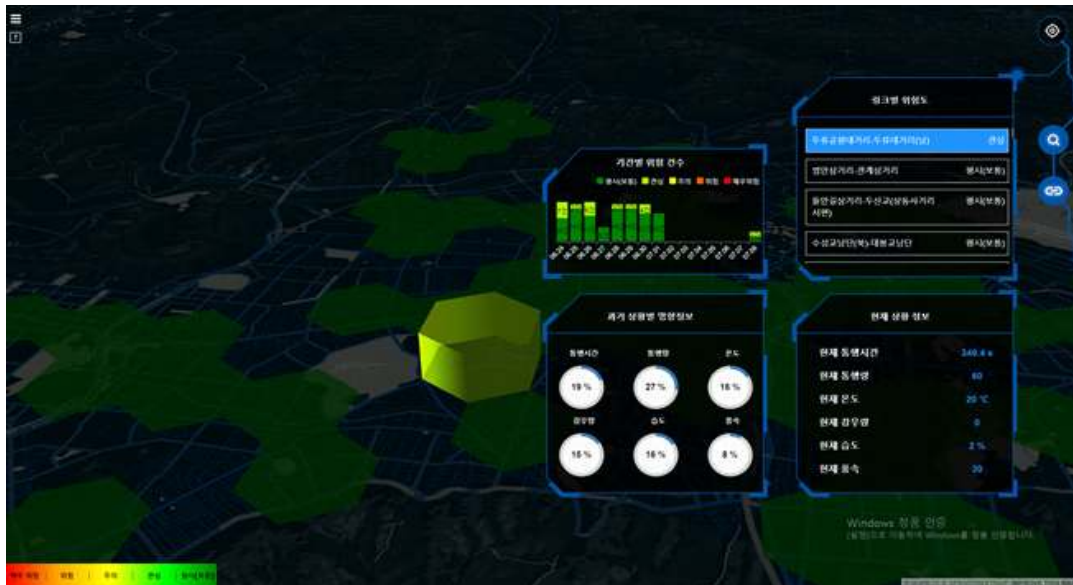
Model	Accuracy	Recall	Precision	AUC
k-NN	0.67	0.765	0.643	0.701
Advanced k-NN	0.833	0.894	0.797	0.878
Diff	0.163	0.129	0.154	0.177
PI (Performance Improvement)	24.33%	16.86%	23.95%	25.24%



<그림 14> 개선 알고리즘의 성능 비교

○ 교통사고 위험도 예측 알고리즘 시스템 구현

- 매끄러운 구현을 위해 연산 횟수와 연산 속도 등을 고려한 알고리즘 체계화 수행
- 맵의 유형, 위험 범례, 보조 정보 등의 교통사고 위험도 표출 및 정보 제공 방안 제시
- 위험 정보 서비스 제공에서 산출속도 향상 및 알고리즘의 정확도 유지를 위한 적정 학습 주기(기간별 정확도) 검토
 - 시간이 지남에 따라 통계적 특성이 변할 수 있다는 'Concept Drift' 개념을 반영하여 알고리즘의 성능 저하를 막기 위해 학습 데이터의 주기별 정확도 문제를 검토함
- 일부 수집 정보의 누락, 데이터 용량으로 인한 부하 등 시스템 운영 시 애로사항 도출



<그림 15> 교통사고 위험도 예측 알고리즘의 시스템 반영

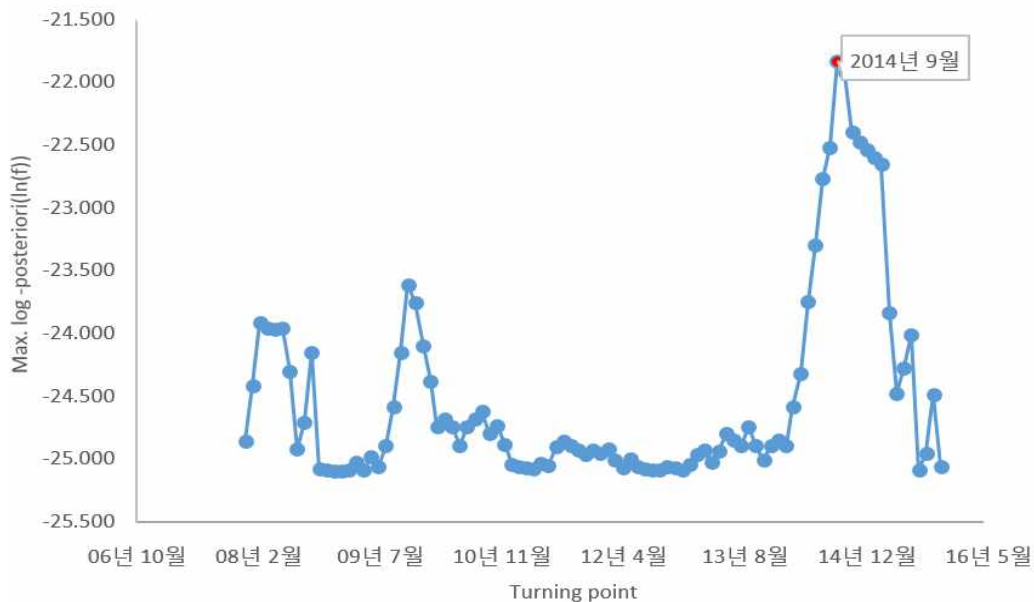
나) 실주행 자료 기반 교통안전시설의 효과 검증 및 활용방안 구축

○ 대구광역시 교통안전시설 현황 조사 및 분석 대상 시설 선정

- 무단횡단 금지시설, 무인단속카메라, 어린이보호구역, 회전교차로, 신호기 등 교통안전시설의 설치 이력 및 현황 자료를 수집함
 - 2016년 3월 기준 대구광역시에 설치되어 있는 무인단속카메라는 총 287대임
 - 2015년 12월 기준 대구시에 설치된 무단횡단 방지시설은 총 348개로, 총 설치거리는 2,941m임
- 기존 문헌을 고찰하여 수집된 대구광역시 교통안전시설 종류 중 효과분석에 적합한 시설을 선정하였음
 - 교통안전시설물의 경우 다양한 시설물에 대한 분석이 진행되었으나, 주로 고속도로에 초점이 맞추어져 있음
 - 기존 연구에서 진행된 교통안전시설물은 수집된 대구시 교통안전시설물 자료와 차이가 있으므로 중앙분리대와 무단횡단 금지시설에 대한 연구에 중점을 두기로 결정함
 - 또한, 무인단속카메라는 차량의 속도 변화에 영향을 미친다는 기존 연구 결과를 토대로 무인단속카메라 인근에서 주행하는 차량들의 속도 변화를 관찰하고자 함
 - 이에 따라 교통안전시설의 효과 분석을 위한 대상 시설로 무단횡단 금지시설과 무인단속카메라를 선정함

○ [무단횡단 금지시설 효과분석] 대구광역시 도시철도 3호선 설치에 따른 사고 변화 분석

- 3호선 고가선로 설치 전·후 분석을 통해 사고 발생 건수에 어떠한 차이가 있는 지를 분석함
- TPA(Turning Point Analysis) 기법을 이용하여 3호선 하부 도로의 사고 변화 시점인 TP(Turning Point)를 추정하였음
 - 분석 결과, 2014년 9월에 가장 높은 로그사후확률 값을 보여주었으며, 이는 2014년 9월이 3호선 인근 보행자 사고건수의 변화 시점임을 의미함
 - 2014년 9월을 기준으로 이전 월별 평균 사고건수 λ 는 2.26건/월, 이후 월별 평균 사고건수 ϕ 는 3.4건/월로 나타났으며, 이를 통해 3호선 인근 보행자 횡단 사고는 월 평균 1.2건이 증가함을 나타냄
 - 대구광역시 전체 횡단사고에 대한 3호선 인근 횡단사고의 비율을 비교해보면, 2008년부터 2014년 9월 이전 대구시 전체 횡단사고 건수 8,008건 중 2.3%인 184건이 3호선 인근에서 발생하였고, 2014년 9월 이후부터 2015년까지는 대구시 전체 횡단사고 1,564건 중 1.1% 증가된 3.4%(53건)가 3호선 인근에서 발생하였음
 - 이는 3호선 건설로 인한 도로환경 변화가 요인으로 작용했다고 볼 수 있으며, 도시철도의 이용률 증가와도 관련성이 있을 것으로 추정됨



<그림 16> 도시철도 3호선 인근 횡단 사고 Turning Point

- 대구시 도시철도 3호선 구간 내 설치된 무단횡단 금지시설을 대상으로 교통안전시설 효과 평가 시행 및 가이드라인 수립 절차 검토
- 2007년부터 2016년까지 3호선 공단역~용지역 약 15km 구간 내 사고 건수 및 도로 환경을 조사
- 통계 분석을 통해 3호선 공사가 완료된 시점인 2014년 9월 이후 횡단 중 보행사고가 증가한 것을 확인
- 사고 특성을 파악하기 위해 2014년까지 자료를 토대로 무단횡단 금지시설 설치 유무에 따른 사고 비교 결과, 무단횡단 금지시설이 설치된 곳의 평균 사고건수가 약 2배 높은 것으로 분석됨
- 무단횡단 금지시설이 사고를 유발하는 것으로 생각될 수 있으나, 평균 사고건수가 높은 지점의 특징은 통행유발시설(백화점, 시장, 대형마트 등)이 존재하는 곳임
- 무단횡단 금지시설이 설치된 지점과 통행유발시설이 설치된 지점에 대해 카이제곱검정을 시행한 결과, 무단횡단 금지시설과 통행유발시설은 서로 상관관계가 있는 것으로 나타나 통행유발시설이 있는 곳에 무단횡단 금지시설이 주로 설치됨을 알 수 있으며, 이는 보행자의 통행량이 많은 곳에 설치됨을 의미함
- 무단횡단 금지시설이 설치된 지점이 사고가 많이 발생한다고 하여 사고발생에 양(+)적인 의미를 가진다기보다 통행량이 많은 지역이기 때문에 무단횡단방지시설이 없을 경우에 더 많이 발생할 수 있었던 사고가 설치로 인해 감소하였다고 추론할 수 있음
- 3호선 역사가 건설되는 지점은 통행유발시설로 인해 보행량이 증가할 수 있으므로 무단횡단 금지시설을 설치하는 것이 적절함

- 실제 3호선 건설 후 무단횡단 금지시설이 설치된 7개 지점에는 모두 3호선 역사가 위치하고 있어 본 연구에서 제시하는 교통안전시설 설치를 위한 통계분석, 문제점 진단 절차에 부합되는 결과라고 판단됨
- 단순비교방법과 경험적 베이즈 방법을 새로 설치된 무단횡단 금지시설 설치 지점에 적용하여 무단횡단 금지시설의 효과 분석을 진행함
- 본 연구에서는 교통안전시설의 효과 분석 프로세스와 함께 교통안전시설 효과 평가 방법론을 제시하고 사례 분석을 통해 검증함

<단순비교방법을 이용한 효과 분석>

구간 번호	설치 전	설치 후	차이	증감률	설치 전	설치 후	차이	증감률	설치 전	설치 후	차이	증감률
	사고건 수/년	사고건 수/년			EPDO/ 년	EPDO/ 년			EPDO/ 건/년	EPDO/ 건/년		
35	0.25	0.50	0.25	100%	0.50	18.00	17.50	3500%	0.50	18.00	17.50	3500%
58	0.00	0.00	0.00	0%	0.00	0.00	0.00	0%	0.00	0.00	0.00	0%
74	0.67	0.00	-0.67	-100%	21.33	0.00	-21.33	-100%	21.33	0.00	-21.33	-100%
112	0.00	0.00	0.00	0%	0.00	0.00	0.00	0%	0.00	0.00	0.00	0%
118	0.00	0.00	0.00	0%	0.00	0.00	0.00	0%	0.00	0.00	0.00	0%
125	0.33	0.00	-0.33	-100%	10.67	0.00	-10.67	-100%	10.67	0.00	-10.67	-100%
144	0.00	1.00	1.00	0%	0.00	152.50	152.50	0%	0.00	76.25	76.25	0%

<경험적 베이즈 방법을 이용한 효과 분석>

구간 번호	개선 전 사고건수 (07~08)	개선 후 사고건수 (15~16)	과분산 계수	예측 사고건수 (15~16)	가중치	기대사고 건수 (15~16)	사고증감률(%)	
							경험적 베이즈	단순 사고비교
35	0	1	0.65	0.16	0.9	0.24	311	-
58	0	0	0.65	0.18	0.89	0.16	-100	0
74	1	0	0.65	0.18	0.89	0.16	-100	-100
112	0	0	0.65	0.17	0.90	0.15	-100	0
118	0	0	0.65	0.18	0.90	0.16	-100	0
125	0	0	0.65	0.14	0.92	0.12	-100	0
144	0	2	0.65	0.19	0.89	0.39	414	-

○ 대구광역시 내 설치된 무단횡단 금지시설 효과 분석 진행

- 2단계 군집분석을 활용하여 대구광역시에 설치된 무단횡단방지시설 설치 구간을 7개의 군집으로 분류
- 군집분석은 토지이용, 도로등급, 학교유무, 아파트 유무, 서비스인구(명/m2)를 활용
- 경험적 베이즈 방법을 활용한 Before & After 분석 진행

$$E(k|K) = wE(k) + (1-w)K$$

$E(k|K)$: 분석 지점의 기대 사고건수
 $E(k)$: 참조그룹을 통한 예측 사고건수
 K : 분석 지점의 실제 사고건수
 w : 가중치

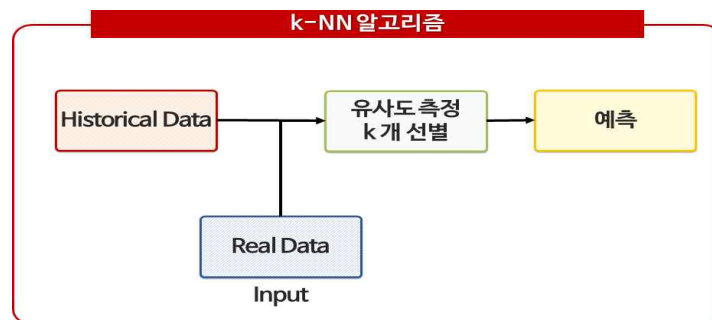
- SPF(Safety Performance Function)로 기대 사고건수를 산출하고 설치 이후 사고건수를 비교하여 각 군집별 사고감소율을 산출함
- 군집별 특성과 사고감소율을 토대로 각 군집에 대한 시설 설치의 효과를 정리

<군집별 특성에 따른 사고감소율>

군집	특성	사고 감소율	순위
1	상업지역(상업지역이지만 인구 밀도가 군집 4보다는 낮은 지역)	12.3%	5
2	학교가 있는 지역	61.4%	2
3	아파트 및 학교가 없으며 다른 군집에 속하지 않는 지역	30.7%	4
4	상업지역(인구밀도가 가장 높은 중심상업지구)	78.3%	1
5	주거지역 및 상업지역(도로의 등급이 높고 아파트 단지)	36.5%	3
6	주거지역(도로의 등급이 낮고 인구 밀도가 높은 지역)	-36.6%	7
7	주거지역(도로의 등급이 높고 인구 밀도가 낮은 지역)	9.6%	6

○ 개별 시설에 대한 효과 판단 방법론 검토

- 개별 시설에 대한 효과 판단 방법론 개발을 위해, k 최근접 이웃(k-NN) 방법론을 활용하여 무단횡단 금지시설 효과 분석 방법론에 관한 고도화 방안을 검토
- k-NN 알고리즘은 k 최근접 접근이웃으로 변수들 간의 유사도(distance)를 비교하여 거리가 가장 가까운 k개를 찾는 방법임
- k-NN 모형은 현재 교통 환경 조건과 유사한 교통 환경 조건이 과거에도 존재한다는 가정에서 출발하며, 분석 대상 교통 환경 조건 자료와 가장 유사한 이력자료의 결과를 활용하여 예측을 하는 방법임
- 이력자료 패턴을 찾기 위한 유클리디안 거리 계산은 무단횡단 금지시설 연장, 버스 정류장 수, 도로 폭, 제한속도, 횡단시설 이격 거리를 변수로 활용
- k-NN 알고리즘 적용 결과, 7개 결과로만 산출되었던 지난 방법론과 다르게 개별 시설에 대한 사고감소율 산출이 가능함



<그림 17> 개별 무단횡단 금지시설 효과 분석 방안

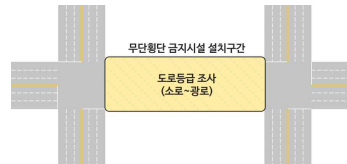
○ 실무자를 위한 무단횡단 금지시설 설치 가이드라인 작성

- 실무진들이 참고할 수 있도록 무단횡단 금지시설에 관한 설치 규정(형상, 재질, 설치 방안 등) 및 고려해야 할 사항을 가이드라인에 추가
 - 도로 기하구조 특성에 따라 7개의 군집으로 분류하는 방법과 함께 군집별 사고감소율 분석 결과를 기반으로 설치로 인한 정량적인 효과를 확인할 수 있는 순서로 매뉴얼 구성
 - 분석 결과를 정리하여 실제 실무진이 설치 예상지점의 효과 여부를 판단하고 우선순위를 선정할 수 있는 가이드라인을 작성
 - 교통안전시설 설치 및 관리의 효율화를 위한 관리 대장 작성 방안을 부록에 추가

무단횡단 금지시설
설치 가이드라인(안)



2019. 11



<그림 18> 무단횡단 금지시설 설치 가이드라인

○ [무인단속카메라 효과분석] 무인단속카메라 설치 효과 분석 방법론 개발

- 교통안전시설 중 대구광역시에 설치한 무인단속카메라 설치 현황 파악
- DTG 자료를 활용한 무인단속카메라 전·후 속도 차이를 비교하여 분석 대상 및 변수 선정
- 교통안전시설 중 무인단속카메라 설치 효과에 관한 방법론 개발
 - 사고 및 차량 속도 데이터를 활용한 설치 효과 방법론 개발
- 데이터 마이닝 기법인 K-means 알고리즘을 활용하여 무인단속카메라 설치지점 군집화

<무인단속카메라 85개 지점 군집분석 결과>

구분		군집 번호	특징	포함 지점 수	평균 갈래 수	평균 차로수 (왕복)		평균 제한속도 (km/h)		횡단 보도 유무
						주도로	부도로	주도로	부도로	
단속 로 류	교차로	1	대로(주), 중로(부), 고속	12	3.9	9.8	4.9	70.8	44.2	-
		2	중로(주), 중로(부), 중속	12	3.8	7.4	5.8	60.0	57.7	-
		3	중로(주), 소로(부), 고속	11	3.0	6.5	3.1	60.9	45.5	-
		4	중로(주), 소로(부), 중속	6	4.0	6.7	2.0	61.7	33.3	-
	단로	5	대로, 횡단보도 有	4	-	9.8	-	65.0	-	유
		6	중로, 횡단보도 有	15	-	6.2	-	58.0	-	유
		7	대로, 횡단보도 無	5	-	10.2	-	66.0	-	무
		8	중로, 횡단보도 無	10	-	6.0	-	57.0	-	무
연속류		9	중로, 중속	10	-	6.1	-	64.0	-	-

- 무인단속카메라 설치지점에 따라 사고건수, 사고심각도 변수를 활용하여 CRP (Continuous Risk Profile) 분석을 통해 군집별 특성 파악
 - 대로인 군집7에서는 야간에 카메라 설치 직전 지점에서, 중로인 군집8에서는 주·야간 각각 카메라 설치 직전, 직후 지점에서 사고밀도가 감소함
 - 교차로에 해당하는 군집1~4에서는 공통적으로 카메라 설치 이후 카메라 직전(교차로 접근로) 지점에서 사고 밀도가 높아짐
- 무인단속카메라 설치군집에 따라 사고건수 및 사고 심각도를 정량화하여 설치 효과 파악
 - 교차로의 경우, 무인단속카메라 설치 시 부도로의 평균 왕복 차로수가 5~6차로일 때

교차로 직전 구간에서 사고 건수와 사고 1건당 사고심각도 모두 증가함

- 단일로에서는 횡단보도가 존재하는 지점에서 무인단속카메라를 설치할 경우, 사고 건수 및 심각도의 변화폭이 낮음

<군집별 무인단속카메라 효과 사고 발생빈도에 대한 정량화 지표>

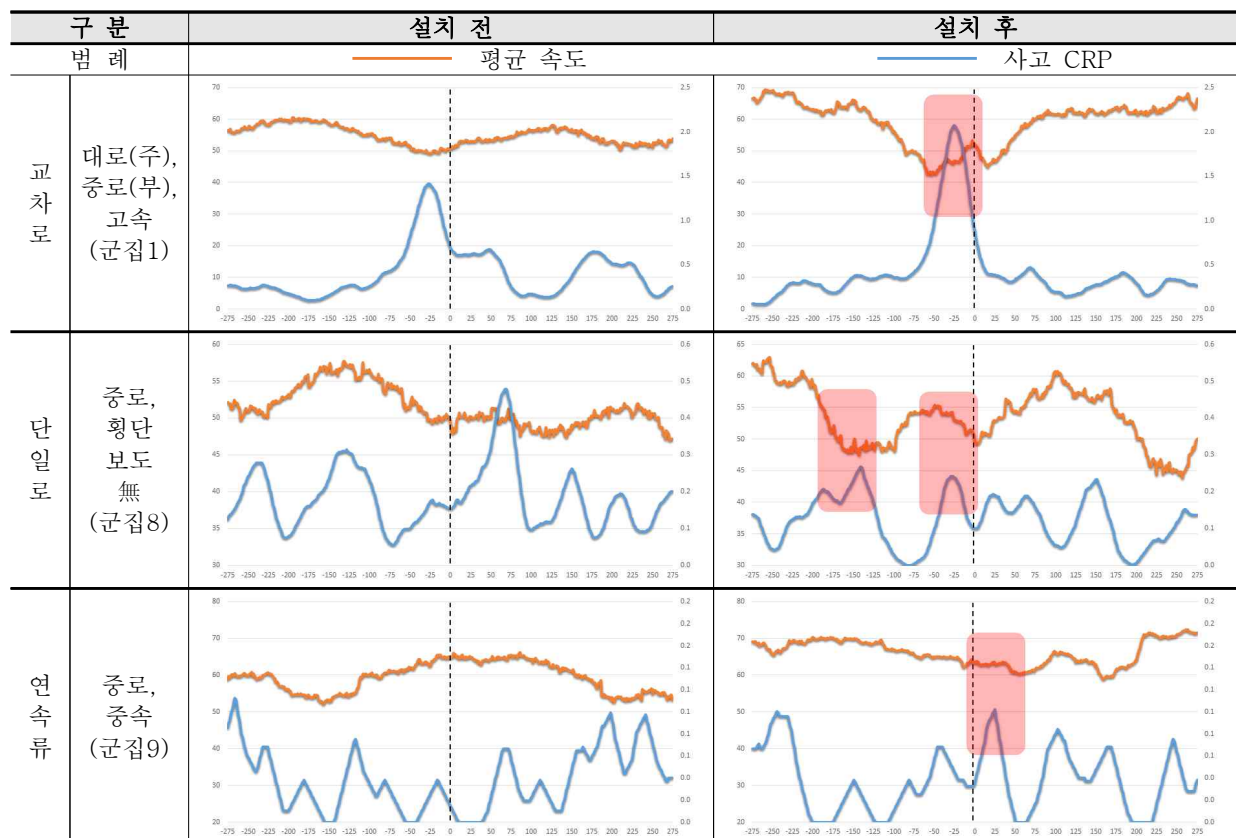
구간	군집1			군집2			군집3			군집4			군집5			군집6			군집7			군집8			군집9		
	주간	야간	전체	주간	야간	전체	주간	야간	전체	주간	야간	전체	주간	야간	전체	주간	야간	전체	주간	야간	전체	주간	야간	전체	주간	야간	전체
A	13	-39	-20	1	-8	-4	25	22	23	80	-24	15	90	5	43	-24	129	32	4	-12	-3	-49	-38	-44	70	-6	12
B	72	70	71	24	-18	3	177	-83	-19	50	27	38	33	-39	-7	8	10	9	-17	-39	-29	36	-53	-21	-49	-96	-64
C	46	21	31	108	10	48	53	-18	12	64	38	50	45	-2	16	8	-12	-4	-24	-67	-49	-13	-31	-22	183	3	99
D	-51	36	-19	-16	71	31	9	40	24	-50	35	0	-20	13	-4	7	-18	-5	47	1936	144	-54	-34	-46	-	-1	97
E	-37	-20	-29	31	146	78	-63	-14	-30	-79	56	-65	-18	21	3	-42	15	-15	228	88	127	17	-72	-27	51	-40	-5
F	-25	-19	-22	30	47	39	65	-9	40	21	-18	2	84	36	54	15	16	15	-10	17	-1	-44	-33	-40	-65	-33	-52
전체	-5	12	4	-41	27	33	38	-16	8	3	13	8	28	8	17	-8	12	3	0	-16	-8	-24	-45	-34	34	-24	0

A:-275~200m, B:-200~-100m, C:-100~0m, D:0~100m, E:100~200m, F:200~275m

- 무인단속카메라 설치로 인한 사고 증감 원인을 파악하기 위해 차량의 속도 특성을 이용하여 사고와의 연관성을 파악

- 교차로 군집은 카메라 설치 지점에서 설치 전에 비해 설치 후 차량의 속도가 급감하여 사고 밀도가 증가하는 추세를 보이며, 단일로 군집 또한 카메라 설치 지점에서 속도가 감소하여 설치 후 사고 밀도가 증가하는 추세를 보임
- 이는 무인단속카메라 설치로 인해 속도가 급격하게 변화하는 현상으로 인해 사고 발생 빈도 및 사고 밀도가 증가하는 것으로 판단됨

<군집별 사고건수 CRP 결과 및 속도 분포>

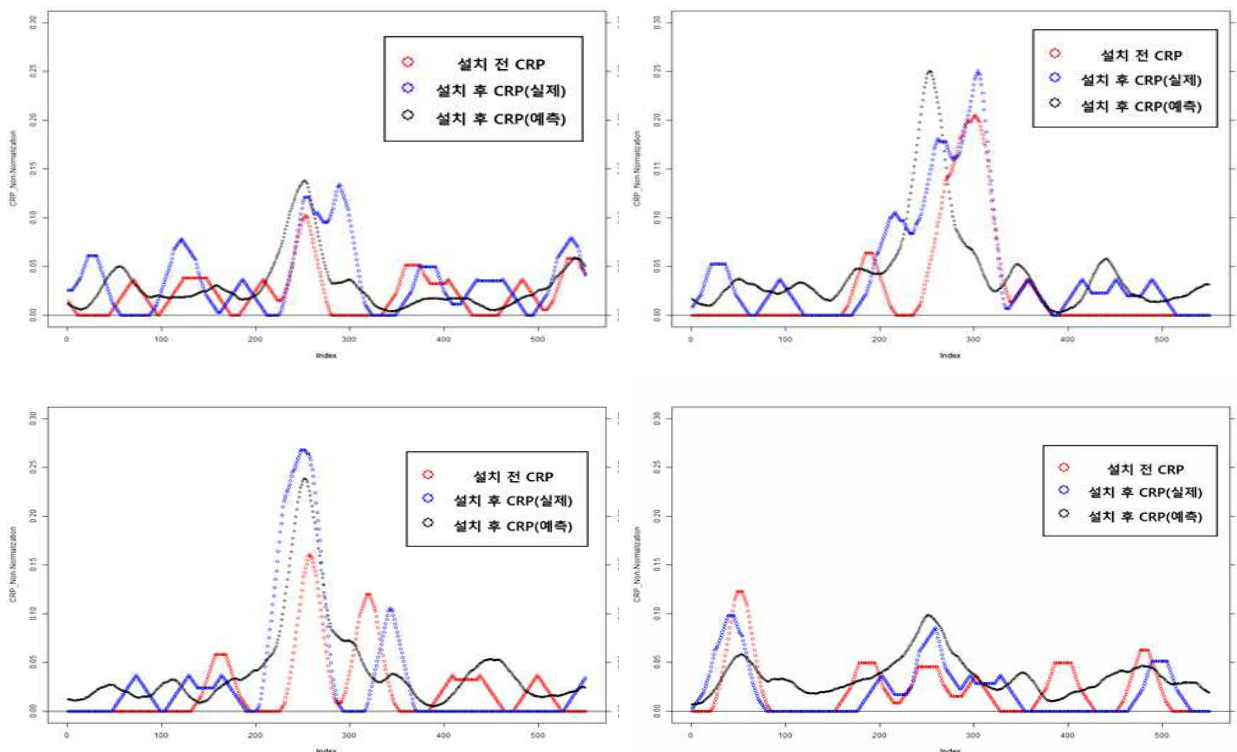


○ 무인단속카메라 우선순위 선정 가이드라인 제작

- 가이드라인은 무인단속카메라 종류, 기존의 설치방법, 무인단속카메라 설치 효과분석을 통한 우선순위 선정, 설치 지점에 대한 평가, 향후 시스템 도입 방법 등에 대한 내용으로 구성
- 무인단속카메라 설치 효과분석을 통해 활용된 알고리즘을 적용하여 후보 지점별 카메라 설치 후 사고건수 및 사고 심각도 증감량을 예측
- 후보 지점 중 사고 건수 및 사고 심각도 증감량이 큰 후보 지점을 설치 우선순위로 선정
- 해당 연구 결과를 반영하여 무인단속카메라 설치 지점 우선순위 선정 프로그램 개발

○ 무인단속카메라 설치지점 효과 평가 알고리즘 고도화

- 군집기반 설치지점 우선순위 산정 기법은 군집 내 설치지점들의 균일성을 보장해주지 못하는 한계점이 있으며, 이를 해결하기 위해 사고 CRP를 이용한 거리기반 설치 효과분석을 수행
- 알고리즘 고도화 방안을 위해 k-최근접 이웃 알고리즘(k-NN)을 활용하여 성능 평가
- 상호상관계수(Cross Correlation Coefficient)를 통해 계산된 거리 매트릭스를 활용해 적정 k개수를 선정
- k값이 9개일 때 많은 지점에서 CRP 추정값과 실제값이 비슷하게 나타나는 경향을 확인하였으며, RMSE값이 0.22, MAPE값은 38.79%로 예측의 설명력도 높게 나타남



<그림 19> 실제 및 추정된 CRP 비교

다) 돌발상황 검지 및 유사시 TMP 운영체계 구축

○ 교량시설물 Inventory DB 구축

- Inventory DB를 구축하기 위해 시설안전관리사업소와 한국시설안전공단에서 제공하고 있는 대구시 교량 정보를 수집하여, 아래의 29가지 항목을 기준으로 교량시설물 Inventory DB를 구축함

순번	교량 구분	순번	교량 구분
1	교량 명칭	16	상행
2	교량 위치	17	하행
3	시설 규모	18	경간구성
4		19	주경간 형식
5	설계하중	20	부경간 형식
6	준공일자	21	발침 종류
7	시설등급	22	신속이음 종류
8	내진적용 여부	23	허부 통과제한높이(m)
9	설계활하중	24	교각 형식
10	허용통행하중	25	교각 갯 수
11	연장	26	교각 기초형식
12		27	교대 형식
13		28	교대 기초형식
14	폭	29	교차하천 최고수심 (m)
15			

시도별 교량시설물 현황 (단위: 개)	대구	경북	충청	전북	전남	경남	제주	합계
교량	1,234	567	890	123	456	789	12	3,071
교각	1,234	567	890	123	456	789	12	3,071
교대	1,234	567	890	123	456	789	12	3,071
교차하천	1,234	567	890	123	456	789	12	3,071
최고수심	1,234	567	890	123	456	789	12	3,071
기타	1,234	567	890	123	456	789	12	3,071

<그림 20> 교량 구분 항목 및 Inventory DB 구축 현황

○ 지진 시나리오 선정 및 응답가속도 예측

- 지진 응답가속도 예측을 위해 2010년 이후 대구시 인근에서 발생한 지진 중 진원지 2곳을 선정하였으며, 시나리오는 진원지별로 규모 6.0과 6.5의 지진이 각각 발생하는 것으로 가정함
- 가정된 지진 시나리오에 따른 각 교량의 위치에서의 응답가속도는 진원거리를 고려하여 산정하였으며, 산정식은 우리나라 환경을 반영하여 개발한 감쇠식을 사용함

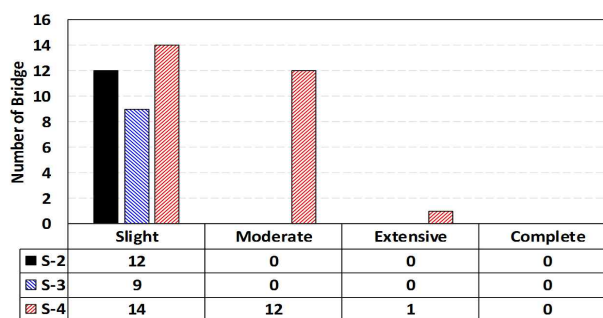
Bridge	Fault Distance(km)		Spectral Acceleration (g)			
			Mw 6.0		Mw 6.5	
	Epicentral	Hypocentral	Sa(0.3sec)	Sa(1.0sec)	Sa(0.3sec)	Sa(1.0sec)
호국교	15.8	18.7	0.295	0.161	0.452	0.287
철암교	13.7	17.0	0.330	0.179	0.496	0.311
서면교	16.0	18.9	0.292	0.160	0.448	0.285
북천교	16.1	19.0	0.290	0.159	0.447	0.284
산천교	16.6	19.4	0.283	0.155	0.437	0.279
달서교	12.2	15.8	0.358	0.194	0.530	0.329
이원교	12.0	15.6	0.362	0.196	0.535	0.332
학성교	20.0	22.4	0.240	0.133	0.377	0.246
상인교	6.5	11.4	0.497	0.267	0.698	0.417
달천교	14.8	17.9	0.311	0.170	0.472	0.298
수성교	12.4	15.9	0.354	0.192	0.525	0.327
서면교	17.1	19.8	0.276	0.152	0.428	0.274
연호교	18.4	18.4	0.301	0.165	0.469	0.292
가평교	16.6	19.4	0.283	0.155	0.437	0.279
범안교	17.1	19.8	0.276	0.152	0.428	0.274
매천교	13.7	17.0	0.330	0.179	0.496	0.311
태전교	18.0	20.6	0.264	0.146	0.412	0.265
황금교	12.6	16.1	0.350	0.190	0.521	0.324
화천교	3.7	10.7	0.530	0.282	0.736	0.441
진정교	27.1	28.9	0.178	0.101	0.282	0.168
불초교	18.4	20.9	0.259	0.143	0.405	0.261
영원교	16.6	19.4	0.283	0.155	0.437	0.279
화동교	13.6	16.9	0.331	0.180	0.498	0.312
성서교	8.6	13.2	0.433	0.234	0.620	0.376
성서교	8.6	13.2	0.433	0.234	0.620	0.376
출암교	18.4	20.9	0.259	0.143	0.405	0.261
방천교	13.2	16.6	0.339	0.184	0.507	0.317
세천교	12.3	15.9	0.356	0.193	0.528	0.328
안남교	19.7	22.1	0.244	0.135	0.382	0.249
RAIP-교	8.9	13.4	0.427	0.230	0.613	0.372
RAIP-교	8.0	13.5	0.425	0.229	0.610	0.370
상인교	4.9	11.1	0.509	0.272	0.712	0.426
파동교(기/발출방향)	9.0	13.5	0.425	0.229	0.610	0.370
파동교(기/상인방향)	9.0	13.5	0.425	0.229	0.610	0.370
파동교	9.0	13.5	0.425	0.229	0.610	0.370
상동교	10.0	14.1	0.404	0.217	0.584	0.357
신천교	8.2	13.6	0.421	0.227	0.605	0.368
홍천교	17.9	20.5	0.265	0.146	0.414	0.266
봉리교(수출방향)	3.5	10.6	0.533	0.284	0.740	0.443
봉리교(터코노방향)	3.5	10.6	0.533	0.284	0.740	0.443
지랑교	3.7	10.7	0.530	0.282	0.736	0.441
지랑교	3.7	10.7	0.530	0.282	0.736	0.441
상천교(구)	13.7	17.0	0.330	0.179	0.496	0.311
홍천교	13.3	16.6	0.337	0.183	0.505	0.316
하양교	16.6	19.4	0.283	0.155	0.437	0.279
화천교	16.7	19.5	0.282	0.155	0.435	0.278

Bridge	Fault Distance(km)		Spectral Acceleration (g)			
			Mw 6.0		Mw 6.5	
	Epicentral	Hypocentral	Sa(0.3sec)	Sa(1.0sec)	Sa(0.3sec)	Sa(1.0sec)
호국교	3.7	10.7	0.530	0.282	0.736	0.441
철암교	5.9	11.6	0.491	0.264	0.691	0.413
서면교	8.7	13.3	0.431	0.233	0.618	0.374
북천교	6.8	11.6	0.491	0.264	0.691	0.413
산천교	7.6	12.6	0.454	0.245	0.646	0.388
달서교	12.4	15.9	0.354	0.192	0.535	0.327
이원교	12.5	16.0	0.352	0.191	0.533	0.326
학성교	11.9	15.5	0.364	0.197	0.537	0.333
상인교	13.2	16.6	0.339	0.184	0.507	0.317
달천교	2.3	10.3	0.548	0.291	0.757	0.455
수성교	5.6	11.5	0.495	0.266	0.696	0.415
서면교	8.4	13.1	0.437	0.237	0.626	0.378
연호교	2.7	10.4	0.544	0.289	0.752	0.451
가평교	11.8	15.2	0.352	0.192	0.532	0.326
범안교	1.7	10.1	0.654	0.294	0.764	0.459
매천교	11.8	15.5	0.366	0.198	0.540	0.334
태전교	13.6	16.9	0.331	0.180	0.498	0.312
황금교	4.3	10.9	0.520	0.278	0.725	0.434
화천교	16.6	19.4	0.283	0.155	0.437	0.279
진정교	10.8	14.7	0.387	0.208	0.564	0.347
불초교	5.3	11.3	0.501	0.269	0.703	0.420
영원교	32.9	34.4	0.145	0.084	0.231	0.156
화동교	14.1	17.3	0.323	0.176	0.487	0.306
성서교	13.6	16.9	0.331	0.180	0.498	0.312
성서교	13.6	16.9	0.331	0.180	0.498	0.312
출암교	2.0	10.2	0.551	0.293	0.761	0.457
방천교	13.4	16.7	0.335	0.182	0.502	0.315
세천교	18.4	20.9	0.259	0.143	0.405	0.261
안남교	3.2	10.5	0.537	0.286	0.745	0.446
RAIP-교	8.3	13.0	0.439	0.238	0.628	0.379
RAIP-교	8.3	13.0	0.439	0.238	0.628	0.379
상인교	12.3	15.9	0.356	0.193	0.528	0.328
파동교(기/발출방향)	8.2	12.9	0.441	0.239	0.631	0.381
파동교(기/상인방향)	8.2	12.9	0.441	0.239	0.631	0.381
파동교	8.2	12.9	0.441	0.239	0.631	0.381
상동교	7.0	12.2	0.467	0.252	0.662	0.395
신천교	7.7	12.6	0.452	0.244	0.644	0.387
홍천교	1.4	10.1	0.556	0.295	0.766	0.461
봉리교(수출방향)	16.5	19.3	0.284	0.156	0.439	0.280
봉리교(터코노방향)	16.5	19.3	0.284	0.156	0.439	0.280
지랑교	20.3	22.6	0.237	0.132	0.372	0.244
지랑교	20.3	22.6	0.237	0.132	0.372	0.244
상천교(구)	5.3	11.3	0.501	0.269	0.703	0.420
홍천교	5.1	11.2	0.505	0.270	0.707	0.423
하양교	3.3	10.5	0.536	0.285	0.743	0.445
화천교	1.1	10.1	0.558	0.296	0.768	0.462

<그림 21> 시나리오별 교량별 응답가속도 값

○ 시나리오별 교량별 지진피해 분석

- 모든 교량에 대하여 4개의 지진 시나리오를 고려하였을 때, 예상되는 손상수준별 초과확률을 산정함
 - 교량별 손상수준 초과확률은 앞서 산정한 응답가속도와 최대지반가속도를 활용하여 구조물이 특정 한계상태에 도달할 확률을 의미함
 - 구조물의 한계상태는 Hazus의 정의를 차용하여 4단계(경미한 피해, 일반적 피해, 심각한 피해, 완전한 손상)로 구분함
- 지진피해 분석결과, 대구 수성구 동북동쪽 4km 지역에서 규모 6.5로 가정한 시나리오(시나리오 4)에서 보다 많은 피해가 예상됨



<그림 22> 손상수준별 초과확률이 50%를 초과하는 교량 수

○ 돌발상황 시나리오 구축

- 돌발상황 시나리오 구축을 위해 교량별 지진피해분석 결과를 기반으로 붕괴위험이 높으면서 교통량이 많은 상위 3개(중동교, 경대교, 침산교) 교량을 선정함
- 돌발상황 시나리오는 중동교, 경대교, 침산교 순으로 교량 차단을 실시하며, 시나리오 1에서는 1개 교량, 시나리오 2에서는 2개 교량, 시나리오 3에서는 3개 교량 차단을 가정하여 시나리오를 구축함

<돌발상황 시나리오 구축>

구 분	시나리오 설정
시나리오 1	중동교 차단에 따른 교통혼잡 영향 분석
시나리오 2	중동교, 경대교 차단에 따른 교통혼잡 영향 분석
시나리오 3	중동교, 경대교, 침산교 차단에 따른 교통혼잡 영향 분석

○ 시나리오별 네트워크 혼잡비용 분석

- 교량차단으로 인한 영향을 살펴보기 위해 수요추정 프로그램인 EMME/4를 활용하여 시나리오별 혼잡비용(교량차단 전과 차단 후의 비용차이) 분석을 수행함
- 시나리오별 네트워크 혼잡비용 분석결과 교량차단 수가 증가할수록 혼잡비용이 증가하는 것으로 나타났으며, 그 결과는 아래의 표와 같음

<시나리오별 네트워크 혼잡비용>

단위 : 백만 원/년

구 분	운행비용	통행시간비용	총 비용
시나리오 1	1,502	4,057	5,559
시나리오 2	4,721	8,929	13,200
시나리오 3	10,633	20,435	31,068

○ TMP 시행 시 시나리오별 네트워크 혼잡비용 분석

- TMP 시행 시 시나리오별 네트워크 혼잡비용 분석은 TMP를 시행했을 때와 시행하지 않았을 때의 비용차이 분석을 의미함
- TMP 시행은 교통관리계획 중 효과가 클 것으로 판단되는 대중교통 이용활성화 정책을 가정하였으며, 해당 정책의 시행범위(예: 버스 투입범위) 및 시행강도(예: 버스 투입율 등)에 따라 차단된 교량 주변의 승용차 O-D 통행이 동일한 기종점의 버스 통행으로 전환되는 것으로 분석함
 - 단, 대중교통 이용활성화 정책 관련 홍보는 시나리오를 통해 구현할 수 없으므로 기존 대구광역시 신천동로 차단¹⁾ 시와 동일하게 차단 위치를 SMS, 매스컴, 대구시청 홈페이지, 교통정보센터 등을 통해 제공한 것으로 가정함
- TMP 시행 시 시나리오별 네트워크 혼잡비용 분석 결과, 모든 시나리오에서 대중교통 이용활성화 정책의 시행범위와 강도의 증가에 따라 도로 혼잡비용의 감소량이 증가하는 것으로 나타남

<TMP 시행 시 시나리오별 네트워크 혼잡비용>

단위 : 백만 원/년

구 분		운행비용			통행시간비용			총 비용			증감률		
		10%	20%	30%	10%	20%	30%	10%	20%	30%	10%	20%	30%
시나리오 1	1km	-152	-126	-236	-12	-62	-73	-164	-188	-309	-4%	-5%	-8%
	2km	-175	-314	-512	-118	-124	-259	-293	-438	-771	-8%	-12%	-21%
	3km	-367	-897	-1217	-233	-520	-803	-600	-1417	-2020	-16%	-38%	-54%
	4km	-714	-1354	-1897	-415	-697	-1085	-1129	-2051	-2982	-30%	-55%	-79%
시나리오 2	1km	-241	-369	-485	-137	-275	-338	-378	-644	-823	-4%	-7%	-9%
	2km	-679	-1358	-1942	-568	-1057	-1589	-1247	-2415	-3531	-14%	-27%	-39%
	3km	-1254	-2031	-3011	-918	-1594	-2260	-2172	-3625	-5271	-24%	-40%	-59%
	4km	-1565	-2693	-3852	-1089	-1809	-2641	-2654	-4502	-6493	-30%	-50%	-72%
시나리오 3	1km	-126	-397	-536	-89	-358	-466	-215	-755	-1002	-1%	-3%	-4%
	2km	-709	-1416	-2205	-634	-1227	-2373	-1343	-2643	-4578	-5%	-10%	-18%
	3km	-1220	-2432	-3459	-1021	-2082	-2849	-2241	-4514	-6308	-9%	-17%	-24%
	4km	-1874	-3308	-4374	-1386	-2572	-3188	-3260	-5880	-7562	-13%	-23%	-29%

1) 대구광역시에서 시행하고 있는 우천 시 하천 범람을 대비한 도로 차단계획 중 하나

○ 가이드라인 개발을 위한 지진 대응 교통관리계획 수립

- 지진 대응 교통관리계획은 도로에 한하여 수립되므로 지진 발생에 따른 도로 손상 정도에 따라 사용 가능한 전략들을 분류할 필요가 있음
- 따라서 과거의 지진 피해 시나리오를 고려하여 5단계로 나누어 제안한 도로손상규모(Road Damage Scale) 개념을 차용하여 교통관리 전략들을 분류함

<도로 손상 규모(Road Damage Scale)>

RDS	피해 설명
1	이 범주의 도로 상태는 양호하며, 지진 발생 이후 단순한 보수 작업을 통해 일반차량 및 구호차량 등을 이용 가능한 상태이다. 대개 이런 피해는 도로의 질이 좋고 진원지로 부터 멀리 떨어져 있을 때 발생한다.
2	이 범주의 도로 상태는 약간의 균열과 길어깨 또는 보도가 손상된 상태이다.
3	이 범주의 도로는 큰 균열이 있고, 낙석 또는 해일 등으로 도로의 일부가 파손된 상태를 나타낸다. 도로는 상태에 따라 일 방향 또는 양 방향을 모두 사용할 수는 있지만, 도로의 파손을 뚜렷하게 볼 수 있다.
4	이 범주의 도로는 접근이 어려울 정도로 큰 균열이 있거나, 낙석 등으로 인해 도로가 차단된 상태를 나타낸다. 해당 범주의 도로들은 재건 또는 큰 보수를 필요로 한다.
5	이 범주의 도로는 완전히 파손되어 접근할 수 없고 이용할 수 없는 상태를 나타낸다. 해당 범주의 도로는 완전한 재구축을 필요로 한다.

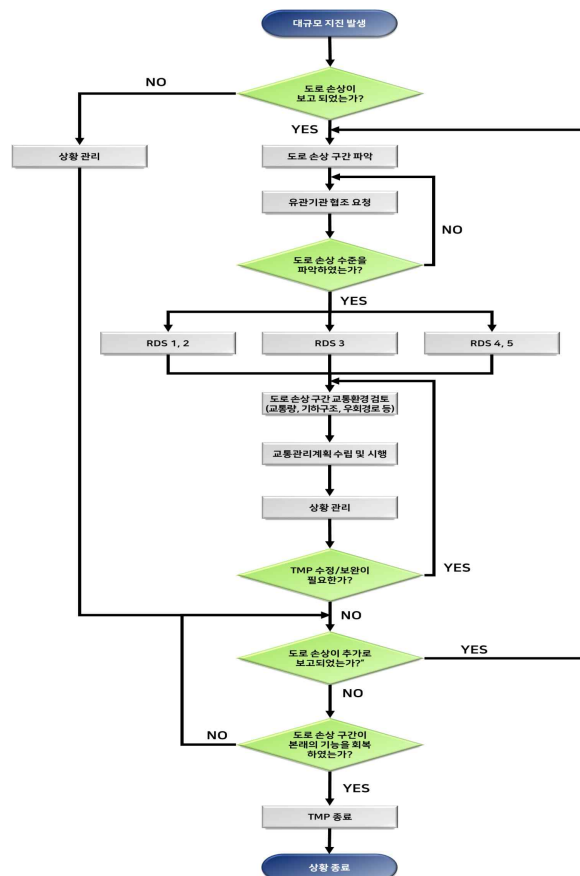
- 도로손상규모에 따라 분류한 교통관리전략들을 포함하여 지진 대응을 위한 교통관리계획 수립 절차를 총 4단계로 분류하여 제시함
- 도로 파손/손상 보고 단계
 - 주체 : 일반시민, 상황관리총괄반(또는 교통관제센터 직원)
 - 내용 : 시민들의 제보나 CCTV 등을 이용한 실시간 도로 파손 및 손상 구간 파악
- 유관기관 협조 요청 단계
 - 주체 : 경찰청(교통경찰), 병원(대학 병원, 적십자 등), 수색·구조·구급반
 - 내용 : 도로 파손/손상 구간 파악 및 보고(수색·구조·구급반), 교통통제(교통경찰), 인명 구조(수색·구조·구급반, 병원)
- RDS 분류 단계
 - 주체 : 교통대책반
 - 내용 : 수집된 자료(현장 사진, 파손 규모, 위치 등)를 검토하여 RDS 분류 수행
- 교통 환경을 고려한 교통관리계획 수립 단계
 - 주체 : 교통대책반 및 사회질서유지반
 - 내용 : 교통량, 기하구조, 우회도로, 주변환경 여건 등을 고려한 교통관리계획 수립



<그림 23> 교통관리계획 수립 절차

○ 의사결정 프로세스

- 앞서 제시한 지진 대응 교통관리계획 수립 절차는 교통관리계획을 수립하기 위한 것이므로 담당 실무자가 지진발생 직후부터 상황 종료까지 활용하는데 한계가 있음
- 따라서 담당 실무자가 보다 빠르고 체계적이며 명확한 의사결정을 할 수 있도록 전반적인 대응 프로세스를 도식화하여 나타냄



<그림 24> 교통관리계획 수립 절차

○ 실무자를 위한 지진 대응 교통관리계획 가이드라인 작성

- 분석 결과를 근거로 제시하여 대규모 지진 발생 시 실무진이 불필요한 지체 없이 지진 대응 교통관리계획을 수립할 수 있는 가이드라인을 작성



지진 대응 교통관리계획
가이드라인(안)

2019. 00



목 차

제 1 장 지진 대응 교통관리계획	3
1.1 지진 대응 교통관리계획의 개요	3
1.2 국내 지진 발생 현황	7
제 2 장 지진 대응 교통관리전략	10
2.1 임시교통관리전략(Temporary Traffic Control)	10
2.2 홍보 전략(Public Information)	13
2.3 교통운영전략(Traffic Operation)	15
제 3 장 지진 대응 교통관리계획 수립	16
3.1 지진 대응 교통관리계획 수립 절차	16
3.2 지진 발생에 따른 도로 손상 분류	17
3.3 도로 손상 척도에 따른 교통관리전략 분류	18
3.4 의사결정 알고리즘	25
[부록] 지진 대응 교통관리계획 사례 분석	27
참고문헌	32

<그림 25> 지진 대응 교통관리계획 가이드라인

(2) 공 동 1 : 경로형 교통정보 구축 및 활용 기술 개발

가) 도시부 교통정보 수집 및 가공체계 현황 분석

- 기 구축 도시부 교통정보 수집 체계에 대해 조사 분석을 수행함
 - 국내외 도로교통 정보수집에 사용되는 교통정보인 UTIS(Urban Traffic Information System), DSRC(Dedicated Short Range Communication), VDS(Vehicle Detection System) 등 다양한 경로로 취득한 교통자료의 수집 및 가공체계 분석

검지 장치	수집 데이터 및 교통정보 가공 방식				Time-Space diagram을 통한 비교	장점	단점
ATMS (DSRC)	검량명	설명	검량명	설명			

<그림 26> 도시부 교통정보 수집 및 가공체계 현황 분석

- 수집 데이터의 자료 구조 및 산출 가능한 교통량, 속도 등의 정보, 각 데이터가 갖는 장단점에 대해 비교함

나) 기존 교통정보 가공체계 간 연계 방안 제시

- 교통정보 가공 체계 간 연계를 통해 경로자료 분석 체계 구축 방법을 제시함
 - 현재 대구시 도로망에 관련하여 축적되어 있는 데이터 현황 파악 및 분석을 통해

경로자료 분석에 요구되는 데이터를 정의함

- 이를 기반으로 데이터베이스를 구축하여 경로형 교통자료 추출 및 분석을 위한 기반을 마련함

다) 경로형 알고리즘 교통정보 구축

○ 개별차량 자료 분석체계 구축 및 경로형 자료 생성

- ATMS 기반 DSRC 원시 자료에서 취득되는 차량정보, 정보생성일시, 통행 상태 등의 정보를 이용하여 개별통행 자료를 유효한 통행 단위(기점에서 종점까지의 경로단위)로 구분함
- DSRC 원시 자료 내에는 시 외부 진출입, 통행 종료 등을 구분할 수 있는 별도 데이터가 없어 동일 차량의 DSRC 기록 간 시간차를 중심으로 기종점을 구분함



<그림 25> DSRC 기반 경로형 교통정보 수집

- 1차 가공된 DSRC 자료를 기반으로 개별 차량에 대한 기종점을 추정하고 도시 전체 단위에서 이를 집계함

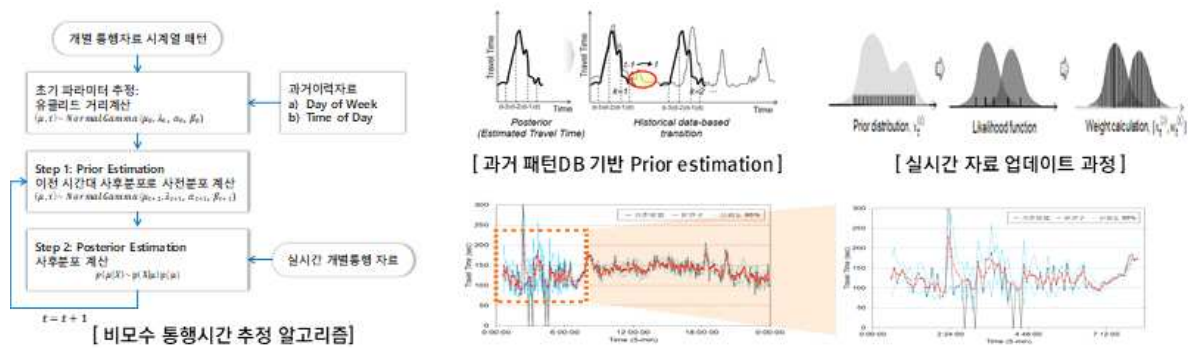
○ 교통정보 취득 인프라 오류, 미비 등으로 인해 교통정보 생성이 어려운 지역을 대상으로 해당 정보를 추정함

- 대구광역시 도시부 174개의 RSE 검지기에서 취득한 통행정보로 간선도로 이상 654개의 DSRC 기준 링크에 교통정보가 제공됨
- RSE와 같이 교통정보 취득 인프라가 부족한 지역은 교통정보 생성이 어려워, 정보 음영이 발생하며 이를 소통정보 음영지역이라 정의하고 이에 대한 소통정보를 추정함

라) 실시간 자료와 패턴 DB 융합 기술 구축

○ 실시간 자료와 패턴 DB와의 융합을 통해 개선된 링크 통행시간을 도출함

- 링크 교통정보 생성 시 샘플 누락 및 희소 샘플 수를 사용하는 경우 낮은 신뢰성의 교통정보가 생성되는 한계를 가짐
- 시계열 및 분포 특성 등 도시부 링크 통행시간 특성 분석을 통해 베이스 추론 기반의 실시간 자료와 패턴 DB와의 융합 알고리즘을 이용하여 개선된 통행 시간을 도출함

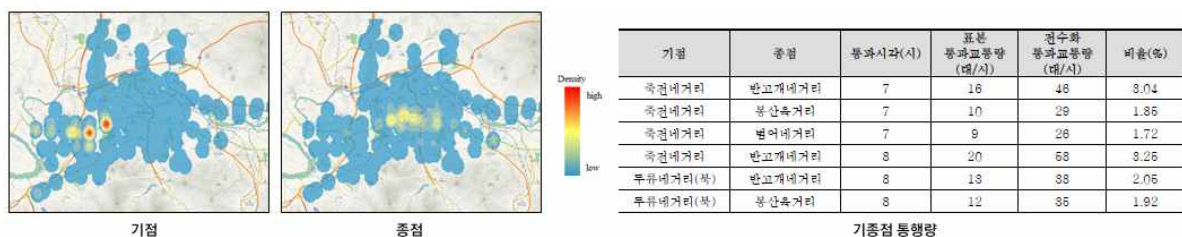


<그림 26> 실시간 자료 및 패턴 DB 융합 기술 기반 링크 소통정보 생성 고도화

마) 개별 통행자료를 활용한 구간별 통과교통량 기중점 산정

- 개별 통행 자료를 활용하여 전체 기중점 및 특정 구간 통과교통량의 기중점을 추정함
 - 특정 도로 구간의 통행 차량에 대한 기중점 추정은 전체 도로 네트워크에서 해당 구간의 중요도 평가 지표로 사용할 수 있음
 - 기존 지점 및 구간 교통 자료는 개별 차량에 대한 추적이 어려웠으나, 경로형 교통 자료는 개별 통행의 전체 주행 경로 정보를 바탕으로 특정 구간을 지나는 차량들의 기중점 정보 산출이 가능함
 - DSRC 원시자료를 가공하여 개별 차량의 기중점 단위 경로정보를 생성하고 특정 링크를 통행한 차량들을 검색하여 기중점 단위로 통행량을 집계하고 이를 전수화함
 - 추정 교통량의 전수화 방안은 실측 교통량 조사를 통한 교통량 N^d 와 대구광역시 개별 통행 자료로부터 산정한 표본 교통량 N^p 를 통해 각 교차로에 대한 표본을 $\hat{p}$ 을 적용함

· 교차로 교통량 표본율 : $\hat{p} = \frac{N^p}{N^d}$



<그림 27> 두류네거리→반고개네거리 구간통과교통량 기점 및 종점 통행량 분포

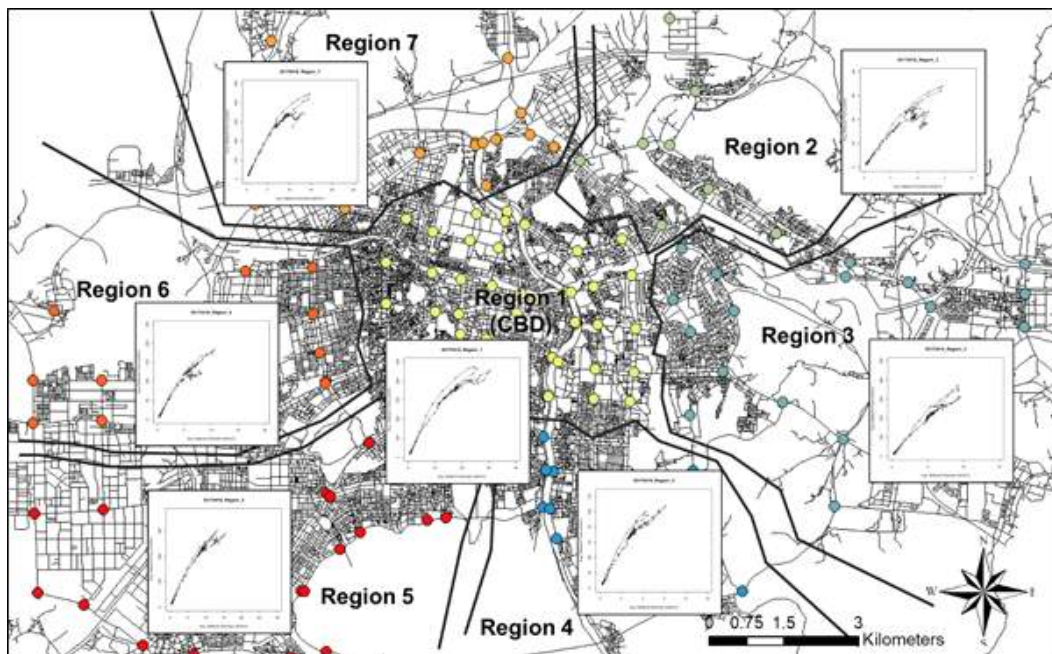
- 주요 구간에 대해 교통량 유출입 지점을 분석하고 GIS를 활용하여 이를 시각적으로 제시함
 - 대구광역시 내 통행량이 높은 지점/구간을 중심으로 교통량 유출입 지점을 분석하고 지점 및 경로단위로 이를 시각화함



<그림 28> 신세계 백화점 도착 통행량 유입경로 분석

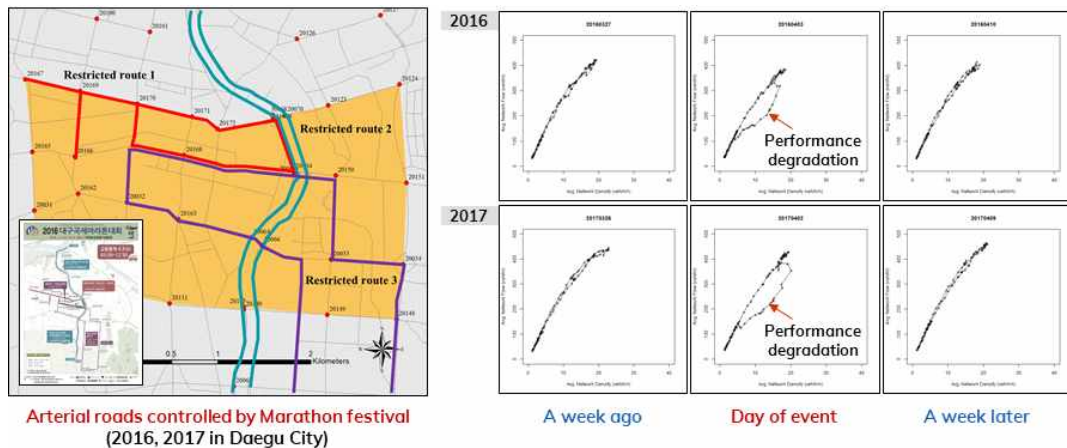
바) 교통 운영자의 의사결정 지원을 위한 교통 상황 모니터링 기법 제시

- 도시 전체 네트워크 단위의 교통 상태 모니터링을 위해 거시적 교통기본도 (Macroscopic Fundamental Diagram; MFD)를 적용함
 - MFD를 통해 네트워크 내 통행 인자간의 관계 및 상태를 해석하고 교통 상태 및 성능을 도시 네트워크 단위에서 정량적으로 측정 및 평가함
 - 교통 제어 및 정책 수립 등의 교통 운영 의사결정과 관련하여 도로 네트워크가 최적의 성능을 낼 수 있는 방안에 대해 효과를 분석 및 결정할 수 있음
- 미시적 레벨에서 네트워크 내 개별 교통 정보를 생성하고 이를 거시적 모델의 입력 값으로 사용하는 방식으로 네트워크 해석 모델을 구축함
 - 대구광역시의 DSRC 원시자료를 가공하여 도로 네트워크의 평균 교통류(Average Network Flow)와 평균 밀도(Average Network Density)를 사용하여 MFD를 산출함
 - 대구광역시 내 7개 분석 지역(Region)에 대해 도시 전체 네트워크 단위 교통 상태를 모니터링 함



<그림 29> 대구광역시 7개 지역 내 MFD 추정 및 분기 현상 관측

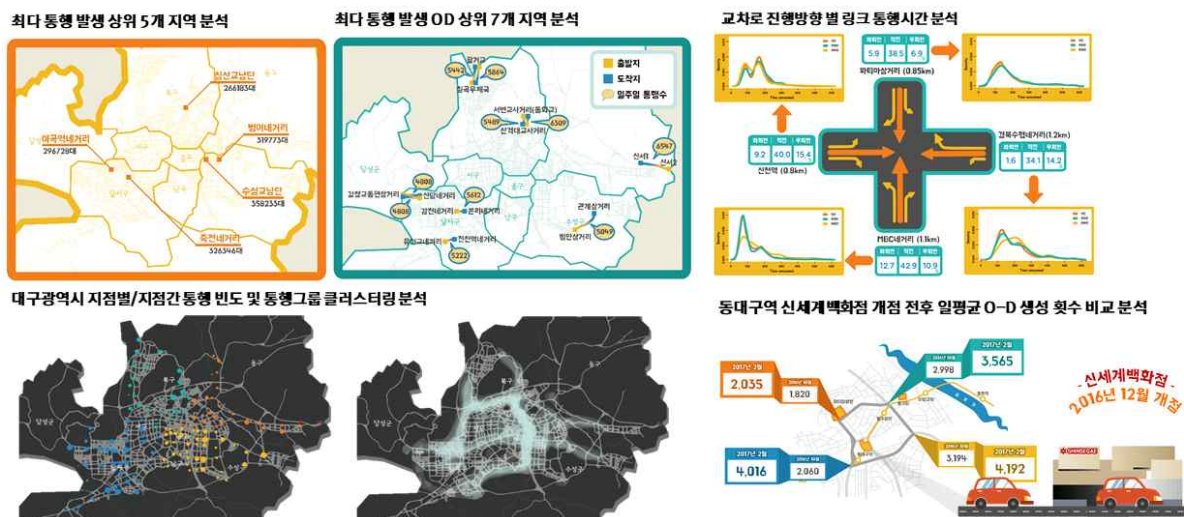
- 해당 MFD 내에서 반복적으로 나타나는 오전, 오후 분기현상을 발견하고, 도로 네트워크에 대한 정책적/기술적 제어를 통해 오후 네트워크 성능 향상 여지를 제시함
- 또한 축제, 유고 상황 등의 이벤트 발생 시 이에 대한 영향권을 파악하고 교통 운영에 대한 의사결정이 가능함



<그림 30> 대구 국제 마라톤 대회 전후 기간 같은 요일 MFD 비교

사) 경로형 자료 시각화 및 의사결정 지원 체계 구축

- 경로형 교통정보를 기반으로 도시부 통행 특성을 시각화하고 이를 의사결정 자료로서 제시함
- 신규통행정보는 도로이용자(시민) 및 교통운영자에게 대구광역시 통행에 대한 이해를 돕기 위해 ATMS-DSRC 체계로부터 수집된 데이터를 활용하여 생성한 정보임
- 대구광역시 ATMS를 기반으로 수집된 교통 빅데이터를 활용·분석하여 교차로(node)에서 구간(link), 지역(zone), 도시 전체(network)와 같이 다양한 단위에서의 신규 교통정보를 생성하고 이를 시각화함

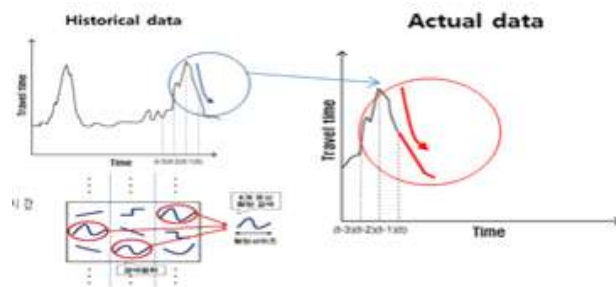


<그림 31> 경로형 자료 기반 신규 교통정보 도출 및 시각화

(3) 공 동 2 : 교통상황 예측정보 생성 기법 개발

가) 단기 교통 예측정보 생성전략 수립

- 본 연구의 단기예측을 위해 k-NN(k-Nearest Neighbors) 알고리즘을 활용함
 - k-NN알고리즘은 데이터에 대한 특별한 가정이 필요 없고 간단하며 복잡한 비선형 문제의 예측력도 우수하며 계산시간 또한 짧음
 - 또한 k-NN 알고리즘을 통한 교통상황 예측 시 최근 이력자료를 기반으로 과거 이력자료 패턴구축, 패턴선정, 예측 등의 과정이 수행되므로, 강우나 행사 등 각종 이벤트 시에도 예측 가능

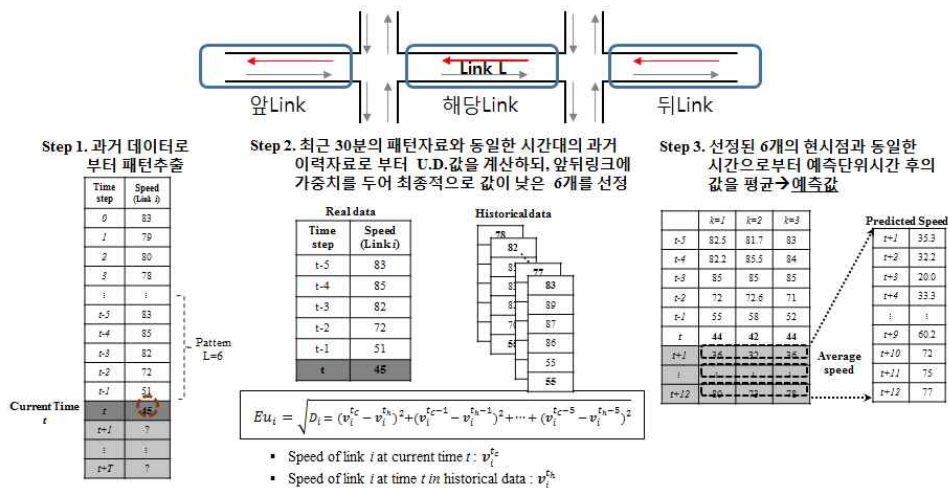


<그림 34> k-NN 알고리즘 기본 개념도

- 패턴은 일반적으로 거리척도에 따른 유사성에 기반하여 선정
- 본 연구에서는 연산속도(Computation cost)가 우수하며, k-NN 알고리즘에서 가장 많이 사용되는 Euclidean distance를 적용
- k-NN 모형은 실시간 교통정보와 비교 가능한 이력자료 중 유클리디안 거리가 최소가 되는 K개의 이력자료를 선택하고, 이력자료의 평균적인 교통변화를 미래의 교통상황변화로 활용하는 모형임
- 교통자료는 일련의 시간단위로 변화하는데 사전에 정의한 시간단위 만큼을 패턴을 비교할 기준정보로 두고, 동일 시간단위로 이력자료를 비교하여 유클리디안 거리를 계산함
- 유클리디안 거리가 계산된 이력자료의 수는 여러 개로 구성되는 것이 일반적이며, 사전에 결정된 K개만큼의 이력자료를 유클리디안 거리가 가장 짧은 값을 보이는 순으로 정렬하여 단기교통상황을 예측하기 위한 이력자료로 활용함
- k-NN 모형을 이용하여 파라미터 변화에 따른 오차율을 검토한 결과, 최근 2년간의 이력자료에서 패턴을 찾되, K=6, Timeset=6 값이 가장 안정적인 결과를 보였음
- k-NN알고리즘의 한계
 - 단기교통상황예측정보를 생성하기 위해 참조하는 이력자료는 동일 구간의 자료만을 패턴자료로 활용하기 때문에, 필연적으로 시간처짐(Time-lag) 현상이 발생함
 - 즉, 현재 교통상황을 반영하기 때문에, 속도가 저하되거나 상승되는 것이 나타나는 것을 기반으로 예측을 하여 예측 단위시간만큼 시간처짐 현상이 발생함

○ 단기예측 알고리즘 모형 개발

- 이러한 시간처짐을 극복하기 위해 상하류 간의 공간상관을 고려할 수 있는 "Modified k-NN"을 개발하였음
- Modified k-NN의 경우 예측하고자 하는 해당링크의 상하류부 링크를 고려한 예측 방법으로 해당 링크와 상하류 링크에 각각 0.5:0.25:0.25의 가중치를 두어 유클리디안 거리를 선정하는데 반영하여 예측하게 됨
- 또한 과거 이력자료를 24시간이 아닌 예측하고자 하는 시간대와 동일한 시점에서만 자료를 찾아오게 하여 시간처짐을 개선하고자 하였음



<그림 35> Modified k-NN의 개념도

○ 타 예측모형과 성능비교

- 예측모형으로 ANN, Kalman-Filtering, ARIMA 알고리즘을 활용하고 있는데, 본 연구의 Modified k-NN알고리즘과 예측값 검증을 수행하였음
- 동일한 대상지역에 Modified k-NN, S-ARIMA, ANN, Kalman-Filtering 모형으로 단기예측을 수행
- 단기예측분석은 60분 이내 5분단위로 예측이 실시되나 예측 시간대별로 오차율 추이를 보기 위하여 편의상 15분, 30분, 45분, 60분 예측값과의 오차율(MAPE)을 살펴보았음
- 그 결과, Modified k-NN의 경우 실측-각 예측시간대별 속도추이가 유사하고 시간처짐도 개선된 모형을 확인할 수 있고, 퇴근시간 전에 잠시 속도가 상승할 때에도 예측값이 실측값을 따라가려는 경향을 보임
- S-ARIMA모형의 경우 출퇴근 시간에 속도가 갑자기 하락하거나 상승할 때 과대추정을 하여 예측값을 생성하였고, 시간처짐 현상이 발생함
- ANN모형의 경우 출퇴근 시간에 속도가 갑자기 하락하거나 상승할 때 시간처짐 현상이 발생하고, 퇴근시간 전에 잠시 속도가 상승할 때에 과대추정을 함
- Kalman-Filtering모형의 경우, 전반적으로 시간처짐으로 정확도가 낮으며, 예측단위 시간만큼 시간처짐이 발생하는 것을 확인

○ 예측 알고리즘 적용 범위

- 본 연구는 미래교통상황을 현재 시점으로부터 1시간 후를 기준으로 1시간 이전을 단기예측으로, 1시간 이후를 중장기예측으로 구분하였음

○ 오차율 검증 방법

- 생성된 예측값의 오차율을 검증하기 위하여 예측값과 실측값의 차이의 통계량을 이용하여 MAPE(평균절대백분율오차, Mean Absolute Percentage Error)를 사용하여 오차율을 검토하였음

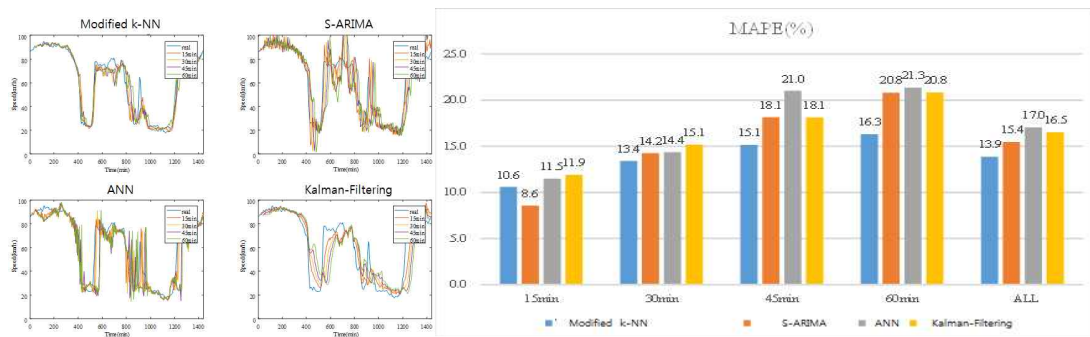
$$MAPE = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \left| \frac{x_i - x_{reference}}{x_{reference}} \right| \right) \times 100$$

여기서, x_i = 관측된 값

$x_{reference}$ = 참조값(참값)

n = 관측된 값의 총 수

- 오차율은 100km/h 기준으로 10km/h의 오차가 생겼을 때 MAPE 10%값을 나타나게 됨

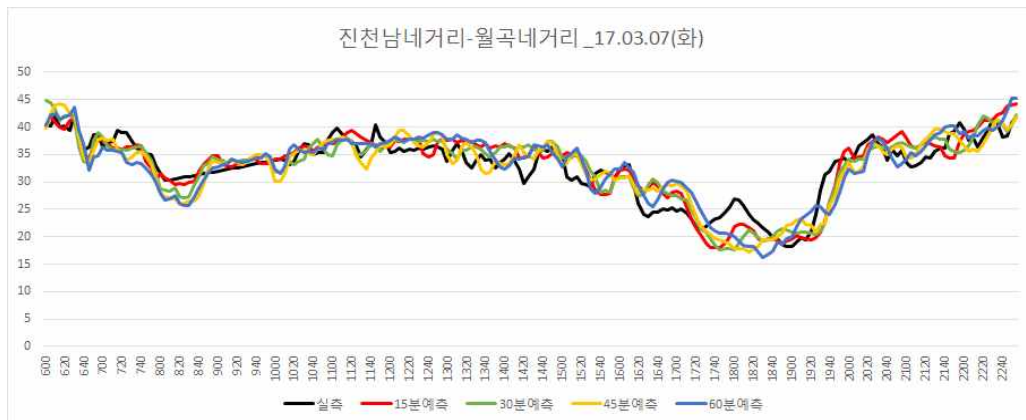


<그림 36> 예측성능 비교

- 4가지 모델을 정량적인 수치로 비교하기 위하여 MAPE 오차율로 예측정확도를 검증하였음
- 각 예측시간별 오차율을 살펴보면 전체 평균으로 Modified k-NN 13.9%, S-ARIMA 15.4%, ANN 17.0%, Kalman-Filtering 16.5%로 Modified k-NN의 오차율이 가장 적음
- 실제 컴퓨팅 속도와 예측 성능을 비교하였을 때, 타모형에 비해 우수하다고 판단됨

○ 대구시 25개 도로 단기예측 수행

- 대구시 국채보상로를 포함하여 총 25개의 도로에 같은 방법으로 단기예측을 수행하였음
- 25개의 도로별 예측 오차율은 방향1 14.0%, 방향2 14.7%로 전체 평균 14.4%의 오차율을 보임
- 이중 상화로-앞산순환로의 경우 오차율이 각 방향별로 9.1%, 8.4%로 가장 정확한데, 이는 유료도로인 앞산터널 이용자가 적고 전반적으로 교통량자체가 적어 패턴이 일정한 이유로 판단됨
- 아래 그래프는 진천남네거리-월곡네거리 구간의 실측 및 예측값 속도 그래프인데 해당 구간의 전체 MAPE 오차율은 7.5%임



<그림 37> 상화로-앞산순환로 실측 및 예측값 속도 추이

- 요일별 정확도를 살펴보면 화요일의 정확도가 14.1%로 가장 높았고 수요일의 정확도가 15.9%로 가장 낮은 것을 알 수 있었음

<요일별 속도 MAPE 오차율(단위:%)>

날짜	EB					WB					전체 Avg.
	15분	30분	45분	60분	Avg.	15분	30분	45분	60분	Avg.	
일	14.1	14.4	14.4	14.6	14.4	14.7	15.0	15.2	15.1	15.0	14.7
월	13.7	14.1	14.3	14.3	14.1	14.3	14.7	15.0	15.2	14.8	14.4
화	13.5	13.9	14.1	14.3	14.0	13.8	14.2	14.5	14.6	14.3	14.1
수	14.6	15.1	15.3	15.5	15.1	15.1	15.7	16.0	16.2	15.7	15.4
목	14.3	14.7	14.9	15.1	14.8	14.5	14.9	15.2	15.4	15.0	14.9
금	13.8	14.3	14.5	14.8	14.4	14.6	15.1	15.3	15.5	15.1	14.7
토	14.0	14.4	14.6	14.8	14.4	14.3	14.6	14.9	15.0	14.7	14.6
Avg.	14.0	14.4	14.6	14.8	14.4	14.5	14.9	15.2	15.3	15.0	14.7

○ 적용 가능성

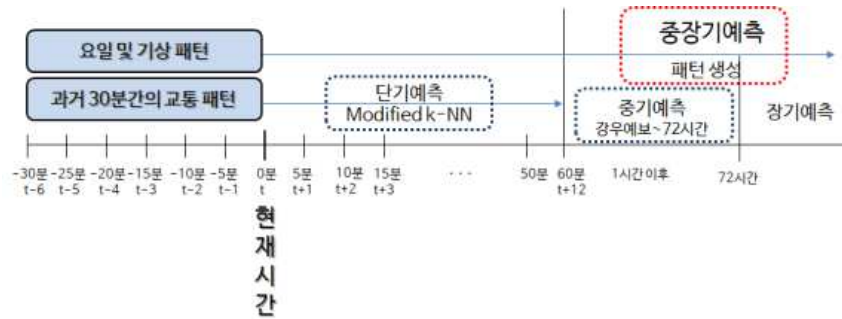
- 대구시 주요도로 25개축을 대상으로 한 단기예측의 오차율은 15%내외로 전반적으로 정확하다고 판단됨
- 공휴일(3월1일)과 강우시(3월2일)에도 평일과 오차율이 유사하여 실시간 교통상황을 반영한 단기예측 알고리즘을 대구시에 운영할 수 있을 것이라고 판단됨

나) 도시부 중장기 교통상황 예측 알고리즘 개발

○ 중장기 교통상황 예측

- 대구광역시 교통종합정보센터에서 보유한 도시부 교통데이터(DSRC, Link정보 등)를 활용한 중장기예측 기술 개발을 수행하였음
- 현재 시간으로부터 1시간 기준으로 그전까지 예측하는 것을 단기예측, 그 후를 예측하는 것을 중장기예측으로 구분하였음
- 단기예측을 위해 Modified k-NN알고리즘을 제안하였음
- 중장기예측을 위해 패턴 생성 방법론 연구 필요
- 현재 기상청에서 강우예보는 72시간 후까지 6시간 단위로 예보하고 있음

→ 중기와 장기의 기준



<그림 38> 중장기 예측 시간적 개념도

○ 중장기 교통상황 예측의 목표

- 본 중장기 교통상황 예측의 목표는 Normal condition의 예측, 강우 시 예측, 명절연휴 예측을 위한 연구를 수행하였음

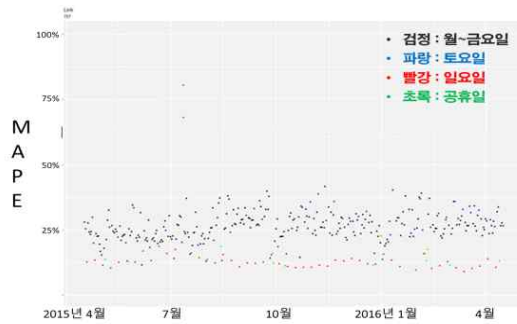
○ 활용 데이터

- 시간적 범위 : 2015년 1월 ~ 2017년 6월(총 30개월)
- 공간적 범위 : 대구시 50개 도로측
- 데이터 가공
 - 개별단위 차량 정보 → 5분 단위 링크 속도정보로 변환
 - 25, 75%ile 정보생성(이상치 제거를 위한 경계값 생성)
 - 전체데이터 중 누락데이터가 약 12% → 보완실시(Linear)

⇒ 향후 실제 시스템에서는 공동연구기관의 누락보완 데이터를 활용하여 보다 질 높은 데이터로 예측력이 상승할 것으로 기대됨

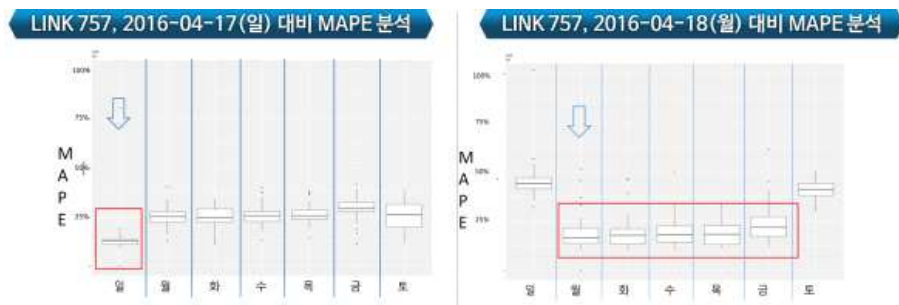
○ Normal condition 예측_패턴 구분

- 중장기 예측에서 패턴 데이터에 대한 근거를 마련하기 위해 MAPE를 활용하여 요일별 교통 패턴을 분석
- MAPE 분석
 - 대상으로 : 달구벌대로, 국채보상로
 - 분석기간 : 2016년 4월 17일(일) ~ 23일(토)
 - 과거자료 : 2015년 4월17일 ~ 2016년 4월 22일
 - 방법 : 분석기간 하루와 과거 365일간의 데이터와 MAPE분석



<그림 39> 4/17(일)-과거 1년간의 MAPE 분석

- 각각의 요일별 집단이 비슷한 오차율 보임
- Box plot를 이용하여 요일별로 MAPE 분포 분석을 시행하였음
 - 일요일 데이터들이 낮은 MAPE 값의 분포를 보임
 - 월~금요일 데이터들이 낮은 MAPE 값의 분포를 보임
- ⇒ 요일별로 패턴의 특성이 다르며, 평일의 경우 서로 비슷한 분포를 보임



<그림 40> Box plot을 활용한 요일별 MAPE 분포

- 기준일의 요일별 정확도 분포 검토
 - 달구별대로, 국채보상로 전체 링크에 대한 요일별 패턴 조사
 - 분석기간에 대해 해당 도로의 모든 링크를 대상으로 하여 중간값의 오차율이 가장 낮은 요일 분포를 조사

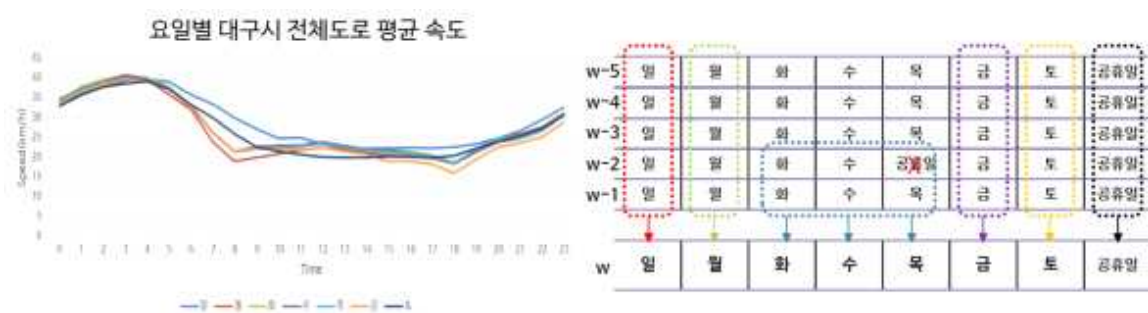


<그림 41> 기준일 대비 요일별 유사패턴 비율

→ 기준일의 요일별 유사 패턴 비율을 살펴보면 월, 일, 금, 토요일은 각자의 요일 패턴과 유사하였고, 화, 수, 목요일끼리 유사하였음

○ Normal condition 예측_패턴구분

- 기본(Normal)적인 예측을 위해선 평소의 교통 패턴 분석이 필요
- 대구시 전체도로의 요일별 평균속도 패턴을 보면 다음과 같음
 - 월요일의 경우, 속도가 일찍 떨어지고 출근시간대에 평소보다 평균속도가 낮음
 - 금요일의 경우, 속도가 늦게 회복되고 퇴근시간대에 평소보다 평균속도가 낮음
 - 일, 토요일의 경우, 속도가 늦게 떨어지고 상대적으로 완만한 추이를 보임
- 기본적으로 요일별 속도패턴이 다르기 때문에 요일별로 구분하고 화수목요일을 그룹화하였음



<그림 42> 요일별 전체 평균속도 및 요일 패턴 구분방법

○ 예측 결과

- 2016년 7월 1일 ~ 2017년 6월 30일 까지 1년 동안 예측의 전체 오차율 평균은 15.6%로 나왔고 도로별-요일별로는 다음과 같음
 - 이는 본 연구의 중장기 예측 질적 성과인 20%를 달성하였음

○ 강우에 따른 속도 분석

- 일반적으로 강우 시에는 도로위의 차량 평균 속도가 떨어지는 경향을 보임
- 하지만 도심권의 경우 신호영향과 원 속도자체가 높지 않기 때문에 비가 오지 않을 때와 큰 차이를 보이지 않을 수도 있음
- 시간당 30mm 이상의 집중호우 시 속도와 동일요일 평상시 패턴 속도의 추이는 다음과 같음(16년 7월 24일)
 - 집중호우가 내린 날의 대구시 전체 평균속도 : 29.9km/h
 - 동일요일 대구시 전체 평균 속도 : 31.3km/h

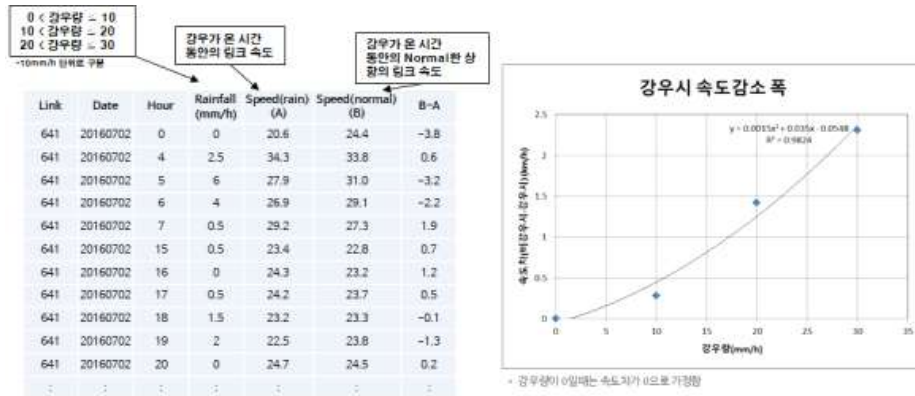
○ 강우에 따른 속도 감소

- 2016년 07월 01일 ~ 2017년 06월 30일 동안의 강우가 발생한 시간 동안의 링크 속도 감소폭 추출

- 도시부 도로는 고속도로와 달리 기준속도가 낮고 신호의 영향으로 강우로 인한 속도 감소가 크지 않음

$$v_d = v^{normal} - v^{rain}$$

*normal : 동일 요일의 10일치 중앙값으로 산출



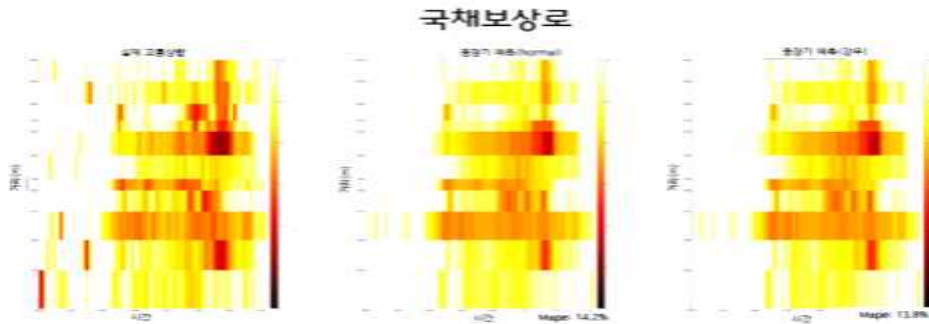
<그림 43> 강우량에 따른 속도감소 폭

- 강우 시 예측을 위한 기본 기상 예보 데이터
 - 관측강우량 vs. 예보강우량
 - 현재 예보 강우량은 6시간 단위로 정보가 제공됨
 - 또한, 강우량이 특정 지역에서만 수집하여 대구시 전체를 대표하기에 한계가 있음
⇒ 정확한 예측을 위한 시·공간적 한계 존재
- 강우량에 따른 교통상황 예측
 - 예보 강우량을 바탕으로 예측
 - 현재 강우 예보 간격 6시간 단위로 강우량에 따라 전체적인 속도 감소 적용

<강우량에 따른 감속도 기준>

강우량(mm/h)	감속도(km/h)
0 < 강우량 ≤ 10	0.4
10 < 강우량 ≤ 20	1.2
20 < 강우량 ≤ 30	2.3
30 < 강우량 ≤ 40	3.7
40 < 강우량 ≤ 50	5.4

- 예측 결과
 - 국채보상로를 기준으로 예측한 결과, 감속도를 적용하였을 때 오차율이 13.8%로 일반적인 예측에 따른 오차율인 14.2%에 비해 정확하였음



<그림 44> 강우량을 활용한 예측 결과

○ 명절연휴 예측 방법론

- 추석과 설 패턴이 비슷하여 통합하여 적용
- 명절 일자별로 구분하여 통합, 명절 연휴 전 후 날도 구분하여 통합
- 명절 당일(D-Day)의 경우 요일과 관계없이 전체 명절의 당일(D-day) Historical Data 통합
- 연휴 길이별로 Historical Data를 구분하여 일자별로(D±1, 2 등등) 통합

명절 전					명절 당일		명절 후				
	D-4	D-3	D-2	D-1 (D-day)		D-Day	(D-day)	D+1	D+2	D+3	
휴일 1			월 화 수 목 금	화 수 목 금 토 (수) (목) (금) (토) (일)	패턴 1	설·추석 명절 당일 통합 분석	휴일 1 (토) (일) (월) (화) (수)	일 월 화 수 목			패턴 a
휴일 2		금	토	일 (월)	패턴 2		휴일 2 (금)	토	일		패턴 b
휴일 3	금	토	일	월 (화)	패턴 2		휴일 3 (목)	금	토	일	패턴 c

<그림 45> 명절 연휴 길이에 따른 예측 방법론

○ 예측 결과

- 달구벌대로를 대상으로 2017년 설 명절 연휴 예측을 실시하였음
- 2017년 설 명절 패턴
 - 명절 당일 전 패턴은 패턴1, 명절 당일 후 패턴은 패턴b로, 다음의 과거 데이터를 사용
<2017년 설 명절 패턴>

명절 당일 이전 패턴	20170126	20170127	20170128	20170129	20170130	명절 당일 이후 패턴
	D-2	D-1	D-day	D+1	D+2	
패턴 1	20160913	20160914	20160915	20160209	20160210	패턴b
	20150925	20150926	20160208	20150928	20150929	
	20150216	20150217	20150927			
			20150219			

- 2017년 설 명절 예측 오차율은 평균 18%로 날짜별로 오차율은 다음과 같음

<설 명절 예측 결과>

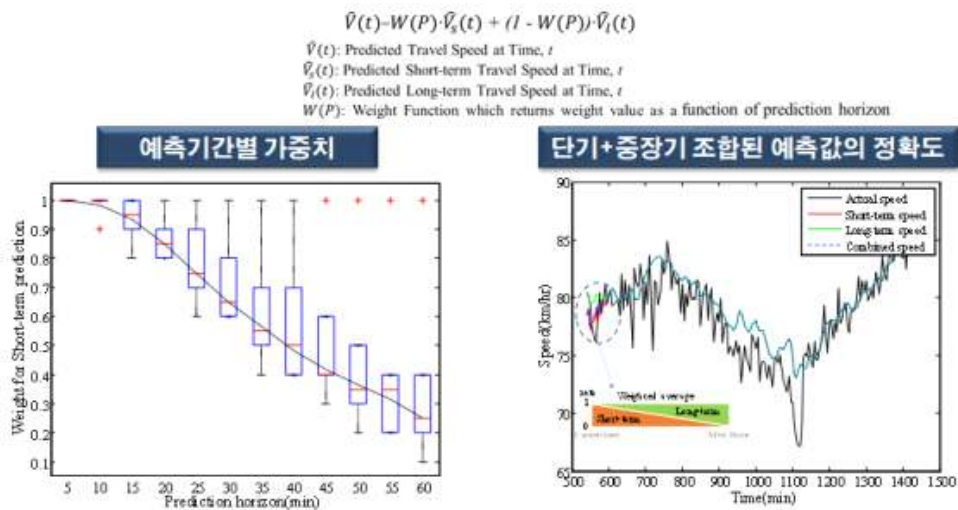
20170126	20170127	20170128	20170129	20170130	Avg.
D-2	D-1	D-day	D+ 1	D+ 2	
18%	12%	15%	22%	25%	18%

- 데이터양을 늘리면 정확도가 보다 향상될 것으로 기대됨

다) 단기예측 정보와 중장기예측 정보의 융합 방안 연구

○ 단기 및 중장기 예측 정보의 융합 방안

- 단기예측은 현재 상황을 반영한 가까운 미래예측 시, 중장기의 경우 일반적인 패턴을 반영한 비교적 먼 미래예측 시 유리함
- 향후 60분 예측값을 전후로 서로 다른 알고리즘의 사용으로 예측값의 차이 발생
- 향후 60분까지 5분단위로 단기예측값과 중장기예측값을 조합하되, 예측기간 별로 가중치를 달리하여 예측값의 정확성 향상과 예측값간의 차이 제거
- 추후 시스템 적용 시 weight 변경 가능



<그림 46> 단기 및 중장기 예측값 간의 가중치 도출

- 단기 및 중장기 예측값을 조합하여 최적의 가중치를 도출하였고, 5분단위의 단기 및 중장기 예측 가중치는 다음 표와 같음

<단기 및 중장기 예측값 간의 가중치 도출>

Weight	5min	10min	15min	20min	25min	30min
단기 W(P)	1	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75
중장기 (1-W(P))	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
Weight	35min	40min	45min	50min	55min	60min
단기 W(P)	0.7	0.65	0.6	0.5	0.3	0.1
중장기 (1-W(P))	0.3	0.35	0.4	0.5	0.7	0.9

○ 효과 검증

- 시간적 범위: 2017.03.01.~2017.03.15
- 공간적 범위: 대구시 25개 도로측
- 1시간 이내의 단기예측 MAPE, 중장기예측 MAPE와 융합된(단기+중장기) 예측 MAPE를 비교
- 단기와 중장기 융합을 통해 예측 정확도 전체적으로 1%이상 상승

<가중치를 적용한 예측정확도 결과>

구 분	5min	10min	15min	20min	25min	30min
단기MAPE(%)	12.3	13.1	13.7	14.1	14.4	14.6
중장기MAPE(%)	15.0	14.9	14.9	14.9	14.9	14.8
단기+중장기 MAPE(%)	12.3	12.9	13.2	13.3	13.4	13.4
구 분	35min	40min	45min	50min	55min	60min
단기MAPE(%)	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2
중장기MAPE(%)	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8
단기+중장기 MAPE(%)	13.3	13.3	13.3	13.2	13.4	14.2

라) 이벤트에 의한 교통상황 영향 분석

○ 이벤트에 의한 영향권역 설정 방법론 개발

- 이벤트에 의한 영향권 분석은 이벤트 시와 평시 교통패턴과의 오차율(MAPE1)과 평시 교통패턴과 동일한 요일의 실측값의 오차율(MAPE2) 차이가 난다는 점에서 착안하는데, 이는 평시 교통패턴도 매일 완전히 동일할 수 없어서 발생하는 오차율과 평시와 이벤트 교통패턴이 달라지는지의 오차율을 확인하여 두 오차율의 차이가 일정 임계값 이상일 경우 영향권으로 설정함
- 이벤트 시작 및 종료시간이 있는 경우 시작·종료 시간 내의 임계값을 확인
- 이벤트 시작 및 종료시간이 있는 경우 하루 임계값을 확인
- 이때, 평시 실측값은 이벤트날짜 전 동요일 3주 동안의 중앙값(Median) 속도이고, 평시 교통 패턴 값은 평시 실측 속도 값을 생성한 주보다 이전의 10주 동안의 중앙값으로 생성하며, 이벤트 값은 해당 이벤트 날짜의 속도 값을 의미함



<그림 47> 이벤트 권역 설정방법

- 임계값의 경우, 행사가 개최될 때 평시 패턴속도와 정확도 비교에서 약 10%가량 차이가 나기 때문에 임계값은 10%로 함

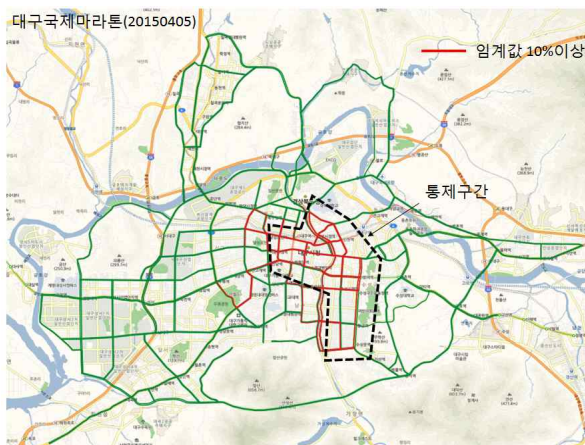
- 연구결과, 행사가 없는 일반적인 날의 패턴속도의 오차율은 대략 10%로, 행사시의 20%에 비해 10%가량 차이가 났고, 이에 임계값을 10%로 하여 영향권역을 설정하였음

○ 대구국제마라톤

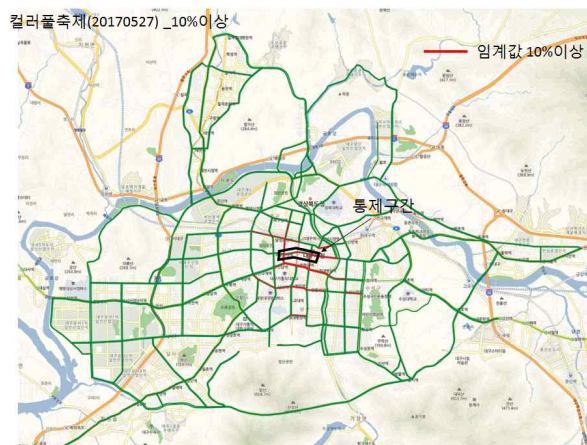
- 대구국제마라톤의 경우, 2016, 2017년의 마라톤날짜의 데이터를 수집하지 않아 2015년 데이터로 영향권역을 설정하였음
 - 2015 대구국제마라톤 일자 : 2015년 4월 5일(일)
- 대구국제마라톤은 5~12시30분까지 국채보상로를 비롯하여 달구벌대로, 신천동로 등 도로를 통제하였고 4월 5일의 통제구간과 임계값이 10%이상인 영향권역은 다음과 같음

○ 컬러풀축제

- 컬러풀축제는 2017년 데이터로 영향권역을 설정하였음
 - 2017 컬러풀축제 일자 : 2017년 5월 27(토)~28일(일)
- 컬러풀축제는 11~24시까지 국채보상로 일부를 통제하였고, 5월27일의 통제구간과 임계값이 10%이상인 영향권역은 다음과 같음



<그림 48> 대구국제마라톤_20150405_영향권역



<그림 49> 컬러풀축제_20170527_영향권역

○ 적용 가능성

- 도로통제 시간정보를 제공받아 수행한 이벤트 영향권역 설정은 대구국제마라톤과 컬러풀축제를 대상을 실시하였데, 임계값 이상인 링크를 필터링 하여 속도추이 그래프를 살펴본 결과, 행사시작시간을 기하여 이벤트날짜의 속도가 떨어지는 것을 확인하였음
- 도로운영자는 이렇게 추출된 링크를 다음 행사시에 고려하여 우회도로 유도등의 선제적제어가 가능할 것으로 기대됨

마) 예측 신뢰성 평가 및 그에 따른 예측알고리즘 보완

○ 예측 신뢰성 평가

- 예측 신뢰성 평가를 위해 2대의 차량으로 국채보상로와 달구벌대로 일부 구간에서 드라

이빙 테스트를 실시하고, 측정된 소통정보(통행속도-시간)와 예측값 간의 정확도를 비교

- 이를 위해 다음과 같은 시공간적 범위를 설정하였음

- 공간적 범위 : 달구벌대로(만촌네거리~두류네거리, 9개 링크, 약 8.2km), 국채보상로(동산네거리~무열대삼거리, 7개 링크, 약 6.1km)
- 시간적 범위 : 2020년 1월 30일(목) ~ 2월 1일(토), 출퇴근 및 점심시간



<그림 50> 드라이빙 테스트 구간

- 테스트 날짜의 속도 데이터를 활용하여 단기 및 중장기 예측데이터를 융합한 60분 이내의 단기 예측과 그 이후의 중장기 예측값을 산출하여 예측 신뢰성 평가를 실시하였고, 오차율은 약 10% 내외로 목표치인 20%를 달성하였음

<단기 및 중장기 예측값 신뢰성 검증 결과_달구벌대로>

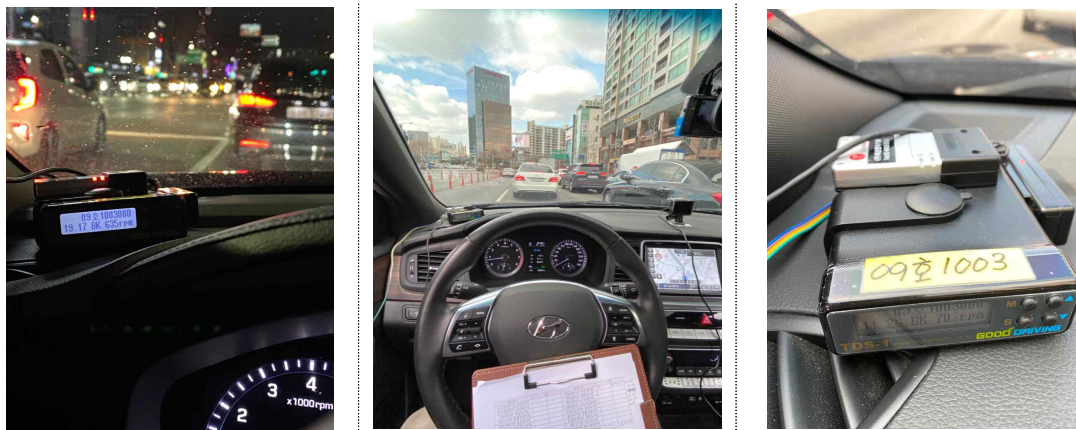
달구벌대로(MAPE,%)		단기 예측				중장기 예측	전체 평균
DATE	Link	15	30	45	60		
20200130(목)	757	9.6	10.6	11.9	15.2	14.7	12.4
20200130(목)	131	6.7	6.9	6.6	5.6	5.7	6.3
20200130(목)	542	6.5	6.9	7.0	7.3	7.2	7.0
20200130(목)	421	5.9	5.4	5.2	5.0	5.2	5.3
20200130(목)	543	12.6	12.5	12.3	12.3	13.5	12.6
20200130(목)	423	7.2	7.0	6.9	7.4	8.2	7.4
20200130(목)	441	6.8	7.2	7.3	7.8	8.5	7.5
20200130(목)	124	3.5	3.3	3.2	3.0	3.8	3.4
20200130(목)	1122	12.1	12.4	12.3	13.0	13.6	12.6
평균		7.9	8.0	8.1	8.5	8.9	8.3
20200131(금)	757	13.6	13.4	13.1	15.0	15.0	14.0
20200131(금)	131	5.9	6.1	5.7	4.8	5.2	5.6
20200131(금)	542	7.1	7.6	8.1	8.9	8.9	8.1
20200131(금)	421	6.1	5.7	5.5	5.6	5.8	5.8
20200131(금)	543	9.7	10.4	10.6	11.3	13.3	11.1
20200131(금)	423	11.6	12.2	12.4	12.6	12.6	12.3
20200131(금)	441	7.4	7.7	8.0	8.6	8.9	8.1
20200131(금)	124	3.6	3.6	3.4	3.3	4.1	3.6
20200131(금)	1122	11.8	12.2	12.1	13.2	14.1	12.7
평균		8.6	8.8	8.8	9.2	9.8	9.0
20200201(토)	757	9.4	11.5	13.7	19.8	20.9	15.0
20200201(토)	131	7.4	7.6	7.1	5.6	5.8	6.7
20200201(토)	542	6.1	6.8	7.5	9.6	10.4	8.1
20200201(토)	421	8.5	10.5	11.9	15.0	15.2	12.2
20200201(토)	543	10.5	10.5	10.7	10.5	11.0	10.6
20200201(토)	423	11.6	12.8	13.8	16.5	17.0	14.4
20200201(토)	441	8.5	9.4	9.7	10.4	11.8	10.0
20200201(토)	124	3.3	3.5	3.4	3.5	4.8	3.7
20200201(토)	1122	19.6	20.6	20.7	21.5	23.1	21.1
평균		9.4	10.3	10.9	12.5	13.3	11.3

전체 평균	8.6	9.0	9.3	10.1	10.7	9.5
-------	-----	-----	-----	------	------	-----

<단기 및 중장기 예측값 신뢰성 검증 결과_국채보상로>

국채보상로 (MAPE,%)		단기 예측				중장기 예측	전체 평균
DATE	Link	15	30	45	60		
20200130(목)	606	15.8	15.5	14.7	14.8	16.9	15.5
20200130(목)	434	10.2	10.1	9.7	9.0	10.3	9.9
20200130(목)	430	7.9	8.6	9.1	10.5	10.8	9.4
20200130(목)	362	9.4	9.3	9.3	10.4	10.8	9.8
20200130(목)	590	11.6	11.6	11.4	11.1	12.0	11.5
20200130(목)	554	5.9	5.8	6.1	5.9	5.9	5.9
20200130(목)	510	4.3	4.2	4.0	4.5	4.9	4.4
평균		9.3	9.3	9.2	9.5	10.3	9.5
20200131(금)	606	15.0	16.5	18.0	18.8	19.0	17.4
20200131(금)	434	10.7	10.4	9.3	10.1	11.6	10.4
20200131(금)	430	12.7	14.7	16.0	19.0	19.7	16.4
20200131(금)	362	9.9	10.9	11.7	12.7	13.1	11.7
20200131(금)	590	12.4	14.8	15.5	16.1	17.2	15.2
20200131(금)	554	7.3	7.1	6.7	6.8	7.3	7.1
20200131(금)	510	5.1	5.1	5.0	5.4	6.1	5.3
평균		10.5	11.4	11.8	12.7	13.4	11.9
20200201(토)	606	18.5	20.8	21.3	25.1	26.0	22.3
20200201(토)	434	9.3	10.7	12.1	16.3	17.0	13.1
20200201(토)	430	7.7	9.1	10.1	13.5	14.2	10.9
20200201(토)	362	10.0	12.0	13.4	19.4	20.9	15.2
20200201(토)	590	10.2	12.3	13.6	19.1	20.9	15.2
20200201(토)	554	8.2	8.3	8.4	8.4	8.6	8.4
20200201(토)	510	5.1	5.1	5.3	5.3	6.1	5.4
평균		9.9	11.2	12.0	15.3	16.2	12.9
전체 평균		9.9	10.6	11.0	12.5	13.3	11.5

- 드라이빙 테스트를 위해 2대의 차량에 디지털 운행 기록계(DTG, Digital Tacho Graph)를 설치하여 각 링크를 지날 때의 시간으로 링크의 통행시간을 산출하였고, 이를 예측 값과 비교 검증하는 실험을 실시하였음



<그림 51> 드라이빙 테스트 모습

- 이를 T-Map에서 제공하고 있는 ‘다른 시간 출발’이라는 구간 예측 시간과 비교 검증을 추가로 실시하였고, 드라이빙 테스트와 예측값의 오차율은 약 12%였고 T-Map의 경우 약 13%의 오차율을 보였고 목표치인 오차율 20%이내를 달성하였음

<드라이빙 테스트에 따른 예측값 오차율 검증_달구벌대로>

	출발시간		소요시간(초)	예측시간(초)		오차율(MAPE, %)	
				KOTI	T-Map	KOTI	T-Map
20200130(목)	출근시간1	7:05:59	1,123	1,042	1,080	8	4
	출근시간2	8:22:51	1,348	1,348	1,620	0	17
	점심시간1	11:12:20	2,194	1,376	1,320	59	66
	점심시간2	11:43:08	1,295	1,298	1,260	0	3
	점심시간3	12:32:55	1,168	1,238	1,260	6	7
	퇴근시간1	17:12:40	1,336	1,485	1,440	10	7
	퇴근시간2	17:43:45	1,345	1,528	1,440	12	7
	퇴근시간3	18:23:35	1,490	1,566	1,620	5	8
평균 오차율						12	15
20200131(금)	출근시간1	7:02:07	1,128	1,031	1,020	9	11
	출근시간2	7:32:46	1,165	1,053	1,560	11	25
	출근시간3	8:02:37	1,216	1,162	1,620	5	25
	점심시간1	11:02:59	1,356	1,450	1,320	6	3
	점심시간2	11:32:24	1,208	1,415	1,320	15	8
	점심시간3	12:02:52	1,311	1,339	1,260	2	4
	퇴근시간1	17:41:40	1,670	1,715	1,860	3	10
	퇴근시간2	18:21:50	1,703	1,812	1,800	6	5
	퇴근시간3	19:13:00	1,310	1,919	1,920	32	32
평균 오차율						10	14
20200201(토)	출근시간1	7:32:50	1,025	1,053	1,080	3	5
	출근시간2	8:02:10	996	1,144	1,080	13	8
	출근시간3	8:32:30	1,130	1,356	1,140	17	1
	점심시간1	11:13:20	1,320	1,468	1,320	10	0
	점심시간2	12:13:25	1,242	1,323	1,260	6	1
평균 오차율						10	3
평균 오차율						11	12

<드라이빙 테스트에 따른 예측값 오차율 검증_국채보상로>

	출발시간		소요시간(초)	예측시간(초)		오차율(MAPE, %)	
				KOTI	T-Map	KOTI	T-Map
20200130(목)	출근시간1	7:52:30	846	836	960	1	12
	출근시간2	8:34:25	1070	1044	1080	2	1
	점심시간1	11:16:23	934	1098	960	15	3
	점심시간2	11:58:52	1086	1086	1320	0	18
	퇴근시간1	17:22:13	974	1231	1140	21	15
	퇴근시간2	17:52:01	1164	1257	1260	7	8
	퇴근시간3	18:34:15	1253	1516	1380	17	9
평균 오차율						9	9
20200131(금)	출근시간1	7:13:20	689	750	960	8	28
	출근시간2	7:43:17	839	783	1020	7	18
	출근시간3	8:10:10	1050	903	1020	16	3
	점심시간1	11:13:19	860	1100	1020	22	16
	점심시간2	11:41:40	925	1111	1020	17	9
	점심시간3	12:09:58	885	1118	960	21	8
	퇴근시간1	17:51:57	1328	1445	1140	8	16
	퇴근시간2	18:34:00	1875	1755	1320	7	42
	퇴근시간3	19:19:40	1277	1884	960	32	33
평균 오차율						15	19
20200201(토)	출근시간1	7:40:48	907	775	900	17	1
	출근시간2	8:10:00	745	903	900	17	17
	출근시간3	8:37:44	753	1094	960	31	22
	점심시간1	11:50:15	945	1109	960	15	2
평균 오차율						19	11
평균 오차율						14	14

(4) 공 동 3 : 교통정보 수집 체계 및 정보제공방안 연구

가) 정보연계를 통한 통합교통정보 수집체계 구축

○ 교통정보 누락구간 현황 및 보완 우선순위 선정

- 누락구간에서의 누락링크 정의

- 현재 대구광역시의 DSRC 체계를 MOCT 체계로 노드링크체계를 세분화 후 DSRC 체계 내 1개 링크를 구성하는 MOCT 링크들 중 링크길이가 가장 긴 링크를 제외한 링크를 달구벌대로 누락링크, 즉 수집 장치 설치 후보링크로 정의함

<과업대상구간 누락링크 수>

구분	달구벌대로 (강창역~고산역)	
	노드	링크
DSRC 노드링크체계 (대구시 운영 노드링크)	39	38
MOCT 노드링크체계 (국가표준노드링크)	117	116
본 연구에서의 누락링크	-	79

- 교통정보 누락링크 보완 우선순위 선정 알고리즘 개발

- 1안 : Robust Optimization

- Robust Optimization은 해를 탐색하는 과정에서 모든 발생가능 상황에 대한 시나리오를 고려하여 목적함수의 최적값을 제시하고 robust level을 통해 의사결정권자가 허용하는 수준의 목적함수 값을 적용하여 가능해의 범위를 확대할 수 있는 장점이 있음
- 링크의 위계에 대한 변수를 삽입하여 중요도로의 가중치를 높임
- 의사결정권자의 입장에서는 제약식 ②를 통해 가용한 예산수준을 반영할 수도 있음

$$\begin{aligned}
 & \min \sum_{s \in S} \sum_{j \in J} -h_{js} l_j X_j q_s \\
 & \text{subject to } \sum_{j \in J} -h_{js} l_j X_j \leq p Z_s^*, \quad \forall s \in S \quad \cdots \text{ ①} \\
 & \text{where } 0 \leq p \leq 1 \\
 & \sum_{j \in J} X_j = k, \quad \cdots \text{ ②} \\
 & X_j \in \{0,1\}, \quad \forall j \in J \quad \cdots \text{ ③}
 \end{aligned}$$

(J : 설치후보링크군 집합, S : 시나리오 집합(링크별 혼잡상태에 따라 구분),

l : 링크 길이, h : 혼잡가중치(정체, 서행, 원활의 3단계로 구분), p : robustness level,

X : 해당 링크의 정보보완 유무, k : 정보보완 링크수의 합, q_s : 시나리오별 발생 확률,

Z_s^* : 시나리오별 optimal objective value)

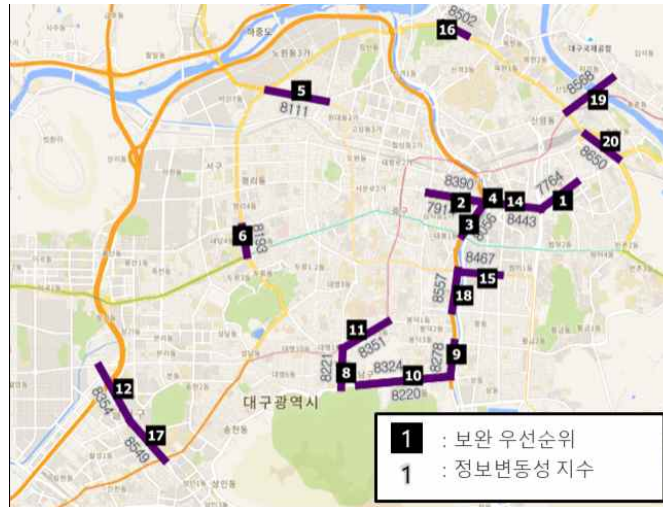
- 2안 : Network Sensor Location Model

$$E[Tr(\sum_{V \in Z=z})] = \frac{\sum_{V \in Z=z} \sum_{V \in Z=z} [n(Z=z) \cdot Tr(\sum_{V \in Z=z})]}{n(V)}$$

$$Z^* = \arg \min E[Tr(\sum_{V \in Z=z})]$$

Z : 센서 위치의 집합
 z : 정해진 센서 위치
 $Tr(\sum_{V \in Z=z})$: $Z=z$ 일 때 속도 정보의 공분산 행렬

- 네트워크 속도 정보의 변동량을 가장 최소화하는 센서 위치를 찾는 모형으로서 센서 위치의 우선순위를 찾을 수 있음
- 정보 변동성 최소화의 개념은 하나의 링크의 정보를 고정함에 따라 다른 링크들의 정보가 변하는 기댓값이 줄어드는 것을 의미
- 모형에 따라 구한 링크 보완 우선순위는 아래와 같음



<그림 55> 모형에 따른 링크보완 우선순위

○ 정보누락 보완 대상구간 분류

- 정보 제공 시나리오 4가지 분류(대구권 국가표준노드링크 : 총 4824개)
 - 시나리오 1 : 공공 데이터가 국가표준노드링크에 알맞게 제공될 경우(86개 링크)
 - 시나리오 2 : 공공 데이터에 비해 민간 데이터가 세부정보를 제공할 경우(2,354개 링크)
 - 시나리오 3 : 공공 데이터가 제공되지 않고 민간 데이터만 제공될 경우(1,905개 링크)
 - 시나리오 4 : 공공 데이터와 민간 데이터가 모두 제공되지 않는 경우(468개 링크)
- 링크 현황 분석
 - DSRC 제공 링크의 1개당 국가표준노드링크 개수 현황

1개당	1개	2개	3개	4개	5개	6개	7개	8개	9개	13개
개소수	86	117	111	70	68	34	8	6	4	2

○ 교통정보 누락구간 보완 알고리즘 개발

- 교통정보 누락구간 보완 알고리즘 개발을 위한 전략 수립

- 달구벌대로의 자료를 통하여 블라인드된 자료를 추정하는 방식의 연구를 진행함
- 연속된 링크의 정보를 이용하여 추정

- 각 모형별 연구 결과

· 단순평균법

- 전후 2개씩 4구간의 평균값으로 결과를 내는 경우
- 가장 단순하고 직관적이며, 별다른 계산 절차가 필요하지 않음

· GLS

- Generalized Least Squared 로서 회귀분석의 일종임
- 신천대로를 대상으로 대상 링크의 2구간 전, 1구간 전, 1구간 후, 2구간 후의 링크들을 독립변수로 하는 모형 확립
- 결측값으로 인해 연결된 링크의 자료를 안정적으로 확보하기 힘든 단점이 있음
- 대상 링크에 유사 상황이 생겨 평소와 다른 속도값을 낼 경우 적합도가 크게 떨어짐

· RNN

- 딥 러닝을 활용한 머신 러닝 방식 중 하나
- 반복적 머신러닝이 가능하므로 시간형 자료에 적합함
- 타 모형과 다르게 입력값 선정이 자유로우며, 달구벌대로 비 결측 링크 19개 중 목표 링크 1 개를 제외한 18개 링크의 값을 입력값으로 선정하여 모형 제작함

<RNN 모형 자료 특성>

구 분	설 명	값
Layer Structure	딥 러닝 내부의 레이어 구조	18-12-1
Batch Size	한 번에 입력하는 값의 수	2
Learning rate	한 번당 변경하는 구간 크기	0.01
Epoch	반복 학습 iteration 횟수	1000

· Bayesian Network

- Bayesian network는 구조(네트워크)와 확률이라는 두 가지 요소로 구분됨
- 연구자의 사전 지식에 기반한 구조 설계가 가능하며, 설계된 구조를 바탕으로 자료 기반(data-driven)의 확률 학습이 가능함
- 불확실성이 높은 문제에 대한 예측력이 높을 뿐 아니라 연구자에 의해 도식화된 네트워크를 해석하여 문제에 대한 이해를 높여줄 수 있는 방법론
- 불완전한 정보에도 편의되지 않은 확률 도출 가능하여 다양한 상황에서 분석 가능
- 대상(타겟)링크와 상관관계가 높은 주변 5개 링크를 입력값으로 선정하여 가장 기본적인 구조인 Naive Bayesian network를 구성함(하나의 부모 노드만을 가지는 구조)

<알고리즘 별 평균오차>

방 식	평균오차	비 고
평균법	13.8%	기존 방식
GLS	11.1%	신뢰도 20% 향상
RNN	5.1%	신뢰도 60% 이상 향상
Bayesian Network	8.2%	신뢰도 40% 이상 향상

○ 연계 민간정보 수집수준에 따른 수집전략 개발

- 정보 제공 시나리오 4가지 분류에 따른 수집 및 제공전략

· 시나리오 1

- 이 경우 공공 데이터가 기준에 알맞게 제공되므로 공공 데이터를 원용할 수 있음

· 시나리오 2

- 민간 데이터를 활용하여 공공 데이터를 정밀화함
- RNN, GLS 등의 방법 사용가능

· 시나리오 3

- 민간 데이터를 원용하여 정보 제공

· 시나리오 4

- 주변 데이터를 이용하여 정보 생성
- 베이지안 네트워크, GLS, RNN, 평균법 등 사용

○ 개발 알고리즘 검증에 위한 현장 테스트 계획 수립, 수행 및 결과분석

- 현장 테스트 계획 수립 및 실행

- 현장 조사를 통해 속도 데이터의 True-value를 구하여 알고리즘에 적용하였음
- 각 2회에 걸쳐 성서 IC 하부도로와 신남역 근방의 오전첨두/오후첨두의 속도 데이터 True-value를 구함

○ 테스트 결과에 따른 알고리즘 보완

- 순환형 신경망(RNN) 모형 보완

· 모형 자체 고도화

- 2016년과 2017년에 걸쳐 총 80주의 데이터를 사용하여 모형을 고도화함
- 기존 구현 방식(R 이용)에 비해 범용성이 높은 패키지(Keras 2.2.2)를 이용하여 다양한 데이터 적용 가능
- Deep-RNN 레이어 적용 테스트

· Hyper-parameter 최적화

- Grid Search 방식을 통하여 RNN 모형의 Hyper-parameter를 최적화 하였음

· 다른 모형과의 비교

<다른 모형과의 비교(RMSE 기준)>

모 형			RMSE
RNN	GRU×3+ Dense×2 (Epoch = 1000)	SELU 이용	3.119
		Hyper Tangent 이용	3.303
	LSTM (Epoch = 1000)	SELU 이용	3.319
		Hyper Tangent 이용	3.233
Statistical Methods	근접링크평균	근접 4링크 평균	7.220
		근접 6링크 평균	7.296
		근접 8링크 평균	6.923
	OLS 회귀분석		6.857
	능형회귀분석(α=0.01)		7.543

- 통계적 모형에 비해 50% 이상 향상된 RMSE 기록
- 현장 테스트 결과에 따른 알고리즘 고도화
- 네트워크 센서 위치 모형 보완
 - 다중 위치 선정 센서 위치 모형
 - 기존 모형(1개 센서 위치 지정)을 다중 센서 위치 모형으로 고도화함
 - 이를 통해 10개까지의 센서 최적화 위치를 선정할 수 있었음

$$Z^* = \arg \min E[Tr(\sum_{S|Z=z})]$$

$$= \arg \min \frac{\sum_{\forall S \forall Z} \sum_{S|Z=z} [n(Z=z) \times Tr(\sum_{S|Z=z})]}{n(S)}$$

Z : 센서 위치의 집합

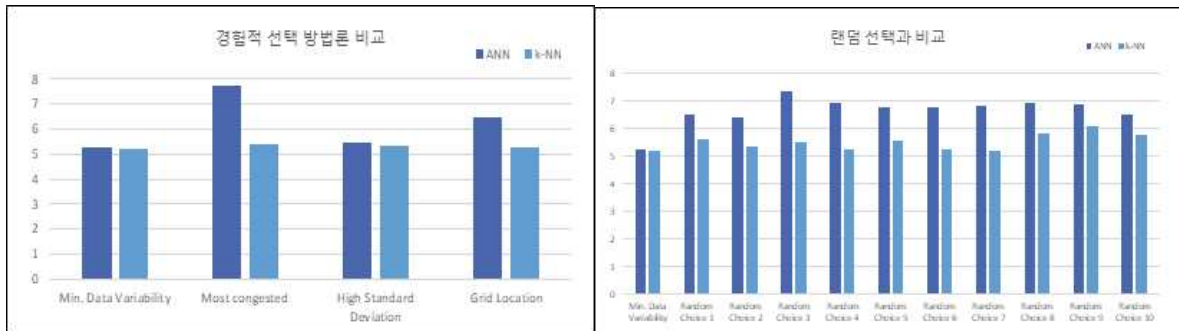
z : 정해진 센서 위치

$Tr(\sum_{S|Z=z})$: $Z=z$ 일 때 속도 정보의 공분산 행렬

- 유전 알고리즘을 통한 센서 위치 탐색
 - 유전 알고리즘의 일종인 Evolutionary Strategy(진화 전략)를 도입
 - 본 모형에 적절한 진화전략으로서 Plus Strategy를 도입하여 전수조사에 비해 빠른 속도로 최적의 센서 위치를 확보할 수 있는 기술 개발
- 보완 모형을 통한 최적 센서 위치 탐색
 - 다중 위치 선정 센서 위치 모형에 유전 알고리즘을 적용하여 10개까지의 최적 센서 위치를 선정하였음
 - 일반적으로 사용 가능한 경험적 방법과 비교하였을 때 매우 낮은 정보변동성을 얻을 수 있는 것으로 나타남
- 테스트베드 내 통합교통정보 활용 개발알고리즘 적용 지원
 - 연구진이 실제로 알고리즘을 구동할 때 사용하는 프로그래밍 코드를 기반으로 공동 연구기관이 이해하고 실제 적용할 수 있도록 코드의 내용과 요구조건에 대해 협의
 - 알고리즘 적용 결과를 성공적으로 도출하기 위해 메일 송·수신 외에도 기술지도 형식으로 업무협의를 진행함

○ 알고리즘 신뢰도 평가결과

- 데이터 변동성은 정보 다양성을 최소화하는 것으로, 다른 정보들의 예측을 용이하게 하는데 Representative Selection 방법으로 대표 링크 정보로 활용할 수 있는지 탐구함
- 정보 변동성이 낮은 지점데이터 대신 다른 지점의 데이터를 모형의 Input Data를 활용하고, 지점을 무작위적으로 추가해주는 경우의 RMSE를 비교
- 네트워크 교통정보 수집 센서의 등거리법, 표준편차 최소화 위치의 중간적 특성을 지님



<그림 56> 데이터 변동성 분석 결과

- 데이터 변동성이 낮은 지점의 데이터를 Input Data로 활용한 경우의 RMSE가 더 작은 경향을 보여 데이터 대표성과 유의미한 관계를 가진다고 해석됨

나) 수집 인프라 설계 및 최적 교통정보제공 기술 개발

○ 인프라 평가기술 조사

- 서울시 도시고속도로 교통관리시스템 효과분석 및 평가 사례
- 도시교통정보시스템(UTIS) 평가 사례
- MMDI(Metropolitan Model Deployment Initiative) 사업 효과평가 사례
- U.S. DOT(Department of Transportation) 교통정보시스템 데이터 품질 평가 사례
- Battelle 연구소 텍사스 주 교통데이터 품질평가 사례
- ITS 성능평가기준 검토

○ 수집 인프라 설계안 평가지표 개발

<국내외 수집 인프라 설계안 평가지표 검토>

구분	평가대상 시스템 혹은 규정	평가지표
국내	ITS 성능평가기준	지점검지 - 교통량·속도 정확도 영상 이용한 구간검지 - 인식률 프로브카 기반 구간검지 - 통신 정확도
	서울시 도시고속도로 교통관리 시스템	통행시간 · 통행속도 · 교통량 이력, 대기오염도, 사망률, 부상자율, 운영비용 절감분, 이용자 및 운영자 만족도
	도시교통정보시스템(UTIS)	정확성, 포괄성, 완전성, 적시성, 유효성
국외	미국 뉴욕/뉴저지, 피닉스, 샌안토니오, 시애틀의 ITS 시스템	운영 효율성, 편익-비용비, 안전성, 소비자 만족도, 에너지 소비/대기오염, 공공편익
	오스틴, 피츠버그의 ITS 시스템	속도 정확성, 교통량 정확성, 적시성, 유용성
	ITS 시스템 전체	정확성, 완전성, 유효성, 적시성, 포괄성, 접근성

- 대구시 교통정보 수집 인프라 설계안 평가를 위한 평가지표 개발

<수집 인프라 설계안 평가지표>

평가지표 기준항목	세부항목	기준
도시부도로 간선도로 교통정보 수집 가능 비율	교통정보 수집 가능 도로 길이	90%
	교통정보 수집 가능 교차로 수	90%
정보 수집 밀도	RSE 개수	개
	RSE 밀도	1개/km 이하
	정보 수집 단위시간	5분 이하
수집 가능 교통정보	속도	가능
	교통량	가능
	대기열	가능
정보 신뢰도	정보 정확도	95% 이상
	정보 지체	5초 이하
	정보 변동성	NSLM 최적
정보 수집률	동시간 결측 RSE 최대 비율	15% 이하
	RSE당 결측 시간 최대 비율	15% 이하
	OBE 보급률	15% 이상

○ 인프라 설계안 보완 및 평가계획 수립

- 평가지표 항목 현실화
 - 자문의견을 토대로 인프라 설계안 평가항목을 현실화함
- 평가 기준 세분화
 - 평가 기준을 기존의 합/불합격 방식이 아닌 LOS방식으로 세분화, 실제 취약점과 현재 수준에 대해 자세한 정보 제시
 - 기준항목별 취약 판정 도입으로 실제 교통정보 인프라의 취약 여부에 대해 판정할 수 있도록 하여 정책 시행에 대한 판별 기준이 될 수 있도록 함

<인프라 설계안 보완 및 평가계획 수립>

평가지표 기준항목	세부항목	기준						항목평가	비고
		평가기준							
		A	B	C	D	E	F		
		일반판정 기준			취약판정 기준				
도시부도로 간선도로 교통정보 수집 가능 비율	교통 정보 수집 가능 도로 길이	90% 이상	80% 이상	70% 이상	60% 이상	50% 이상	기타	1개 항목 이상 D 이하면 취약	달구벌대로, 신천대로
	전국표준노 드링크 대비 수집 길이	90% 이상	80% 이상	70% 이상	60% 이상	50% 이상	기타		달구벌대로, 신천대로
정보 수집 밀도	RSE 밀도 (길이)	0.2 이상	0.16 이상	0.12 이상	0.08 이상	0.04 이상	기타	2개 항목 이상 D 이하면 취약	개/km
	RSE 밀도 (면적)	0.6 이상	0.5 이상	0.4	0.3	0.2	기타		개/km ²
	정보 포출 단위시간	1	3	5	10	15	기타		분
수집 가능 교통정보	속도	가능			불가능			2개 항목 이상 불가능시 취약	
	교통량	가능			불가능				
	대기열	가능			불가능				
정보 신뢰도	정보 정확도	99% 이상	95% 이상	90% 이상	85% 이상	80% 이상	기타	2개 항목 이상 D 이하면 취약	
	정보 지체	5 이하	10 이하	15 이하	20 이하	25 이하	기타		단위시간 기준
	정보 변동성	200% 이하	250% 이하	300% 이하	350% 이하	400% 이하	기타		최적값 대비/ 센서 추가시만 측정
정보 수집률	결측 RSE 비율 (결측/관측)	1% 이하	3% 이하	5% 이하	7% 이하	9% 이하	9% 초과	2개 항목 이상 D 이하면 취약	미관측 제외
	RSE당 결측 시간 최대 비율	1% 이하	3% 이하	5% 이하	7% 이하	9% 이하	9% 초과		미관측 제외
	OBE 보급률	20% 이상	16% 이상	12% 이상	8% 이상	4% 이상	4% 미만		대상 차량 기준

○ 교통정보를 활용한 다양한 서비스의 정보제공기술 조사

- 집단표출형 정보제공기술 (가변전광표지판, 웹 기반 교통정보시스템)
- 개별표출형 정보제공기술 (Car Navigation System 및 Head-Up Display, HUD)
- 대구시 교통정보수집체계
- 미국 IntelliDrive
- 일본 Smartway
- 일본 VICS

<교통정보 제공기술 조사>

교통정보 제공기술 분류	기술명	사 례
집단표출형	가변전광표지판	울산광역시 가변전광표지판
	웹 기반 교통정보시스템	서울도시고속도로 교통정보
		한국도로공사 교통지도
		구글맵스 교통혼잡정보 지도
		511 New York 교통혼잡정보 지도
개별표출형	내비게이션	아이나비 차내 설치형 내비게이션
		T-map 내비게이션 어플리케이션
		테슬라 모터스 대화면 내비게이션
	헤드업 디스플레이	기아 K7 헤드업 디스플레이
		제너러 360 Virtual Urban Windscreen

○ 서비스별 정보제공 매체 선정, 전략 수립, 대안 제시, 대안 평가

- 기존 정보제공 매체 조사

· 각 기관 또는 지역별 서비스 제공 매체 조사

<현재 각 기관/지역별 서비스 제공 현황>

교통정보 제공주체	속도	교통량	구간 통행 시간	CCTV	VMS	돌발 및 통제	최단시간 경로탐색	교통예보	공영 주차장
서울	O	O	X	O	O	O	O	O	O
대구	O	X	X	O	O	O	O	O	O
부산	O	X	X	O	O	O	O	O	O
울산	O	X	X	O	X	X	X	X	O
대전	O	O	X	O	X	X	O	X	O
광주	O	X	X	O	X	O	O	X	X
인천	O	X	X	O	O	O	X	X	O
경기도	O	O	O	O	O	O	X	X	X
제주	O	O	X	O	O	O	X	X	O
전주	O	X	O	O	X	X	X	X	O
창원	O	X	X	O	X	O	X	X	X
뉴욕	O	X	X	O	O	O	O	O	O
일본 (VICS)	O	X	X	X	O	O	X	X	O
독일 (베를린)	O	O	X	X	X	O	X	X	O
프랑스 (ASFA)	O	X	O	X	X	O	O	O	X
영국	O	O	O	O	O	O	X	O	X
호주(퀸즐랜드)	O	X	X	O	X	O	X	O	X

- FGI(Focus Group Interview)를 통한 정보제공 대안 평가

- 교통 분야 전문가 4인으로 이루어진 그룹을 통한 FGI 진행
- 운영/분석용으로는 대부분의 정보를 제공해야할 필요성이 있음
- 운영/분석용 정보는 실시간정보는 시간적으로 집계된 정보가 필요한 것으로 나타남
- 교통 이용자용으로는 속도, 구간통행시간, 돌발정보 등을 우선적으로 제시할 필요가 있다는 결론을 도출함
- 이용자용으로는 차량 내비게이션이 가장 적절하나, 운영/분석용으로는 부적절하며 DB형태 또는 특정 단말기/웹 형태가 적절

○ 평가결과분석을 통한 서비스별 최적 제공방안 선정

- FGI 분석을 통한 서비스 제공방안 선정

- 운영/분석용 서비스
 - 운영/분석용 서비스의 경우엔 크게 실시간 정보를 통해 얻는 정보와, 분석을 위해 집계된 정보를 얻는 것으로 나눌 수 있음
 - 웹, 실시간 단말기 등을 통해 제공할 수 있는 정보는 최대한 많은 정보를 제공하는 것이 좋으나, 집계 정보에 대해서는 표출 정보보다는 링크 특성정보가 더욱 중요함

<운영/분석용 서비스 최적 제공방안>

제공주체 \ 교통정보	속도	교통량	구간통행시간	CCTV	VMS	돌발 및 통제	최단시간 경로탐색	교통예보	공영 주차장
웹 (실시간 정보)	○	○	○	○	○	○	X	○	○
단말기 (실시간 정보)	○	○	○	○	○	○	X	○	○
DB (집계 정보)	○	○	○	X	X	○	X	○	○

- 교통 이용자용 서비스
 - 이용자용 서비스는 크게 웹 등 정주형 시스템으로 얻을 수 있는 사전 정보와 어플리케이션 등 실시간으로 얻을 수 있는 정보의 차이가 있음
 - 다만 어플리케이션의 경우 이용에 제약이 있을 수 있어 웹을 통하여 어플리케이션에 준하는 서비스를 제공하는 것을 고려할 필요가 있음

<교통 이용자용 서비스 최적 제공방안>

제공주체 \ 교통정보	속도	교통량	구간통행시간	CCTV	VMS	돌발 및 통제	최단시간 경로탐색	교통예보	공영 주차장
웹 (사전정보)	○	X	○	○	X	○	X	○	○
어플리케이션 (실시간 정보)	○	X	○	X	X	○	○	○	○

○ 교통정보 제공서비스 효과평가

- 교통정보센터 운영자 대상 SP조사를 통한 만족도 조사

- 서비스 이용자들이 만족할 수 있도록 교통정보제공방안을 개발하는 것이 본 연구과제의 목적이므로, 다른 기관에서 제공 중인 정보제공서비스를 참고하고 본 연구과제에서 개발한 서비스의 이용자들의 요구수준을 정확하게 파악하는 것이 매우 중요함
 - 연구진이 개발한 교통정보제공방안을 반영하여 공동연구기관에서 교통정보제공솔루션(TISO)를 개발하였고 이를 시범 운영하여 서비스를 체험하는 것이 가능함
- 만족도 조사 대상, 과정 및 결과
- 대구광역시 교통정보센터 운영자 8명을 대상으로 시스템 구성, 이용 빈도, 이용 효과 등 전반적인 시스템 이용 만족 요소에 대해 질문함
 - 응답대상 중 절반이 일주일 4회 이상 시스템을 이용하는데, 이용하는 목적은 주로 실시간 소통정보 확인을 위해서였음(75%)
 - 시스템의 응답속도에 대해 불만을 가진 운영자가 많았으며, 어떤 정보를 제공해야 하는지도 중요하지만 편의성과 직결되는 시스템 구성요소 개선이 더욱 시급하다는 점을 알 수 있음

<만족도 조사 결과>

구분	설 문 항 목	전혀 아니다	아니다	보통이다	그렇다	매우 그렇다	평균 점수
시스템 구성	정보시스템의 메뉴가 명확하게 구분이 되어 필요한 정보를 쉽게 찾을 수 있다			3	4	1	9.9
	손쉽게 기능조작이 가능하다			1	5	2	10.2
	정보시스템의 정보가 항상 일관성 있게 제시되었다			2	3	3	10.2
	화면 구성이 잘되어 있어 보기 편리하다			2	6		9.9
	시스템의 응답속도가 적정하다			4	3	1	9.7
	서비스 구성이 효율적으로 설계되었다			1	6	1	10.1
이용 효과	제공되는 소통정보가 교통정보 분석에 유용하다				6	2	10.4
	다양한 교통정보를 분석하는 지표로 사용하였다			3	4	1	9.9
	타 시스템과 비교 하였을 때 제공되는 정보에 만족 한다			1	6	1	10.1
총점	722.92	0	0	154.87	434.73	133.32	80.5
설문자수	8						
만족도	90.4						

(5) 공 동 4 : 연구결과 실용화를 위한 테스트베드 구축

- 기구축 인프라 및 시스템 현황 분석
 - 대구시 인프라 현황 및 요구사항 분석
 - 대구시 교통정보 관련 인프라 현황조사 및 분석
 - 현안 및 요구사항 수집을 위한 설문조사 및 인터뷰를 통한 이용자 요구사항정의서 도출
 - 대구시 교통정보관련 기구축 시스템 분석
 - 시스템 현황 파악 및 분석서 도출
 - 대구시 교통정보관련 기구축 시스템의 교통정보 보유현황 및 유형, 데이터 구조 분석
 - 기구축 시스템 데이터베이스 현황 파악 및 분석서 도출
 - 지자체와의 연구협조체계 구축
 - 관계부서 협의사항 조사 및 지자체와의 협조체계 구축
 - 법제도 개선사항 검토
 - DSRC, UTIS, 민간정보 등 수집·연계 가능한 데이터와 관련된 법제도 개선사항 검토



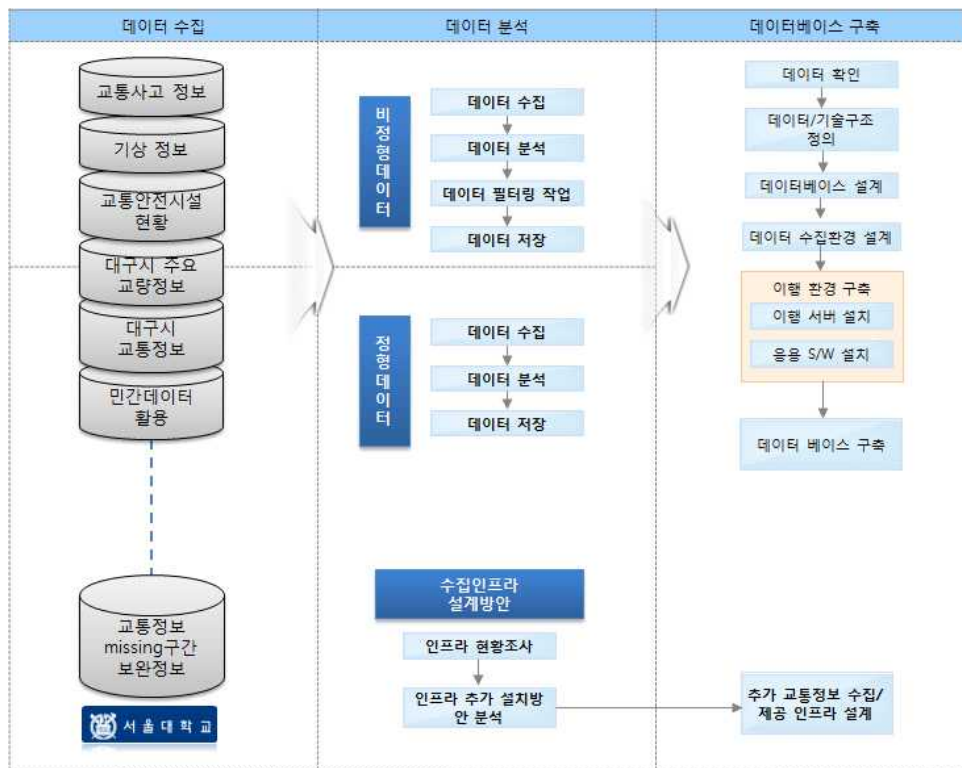
<그림 57> 기존 시스템 및 현황분석



<그림 58> 시스템 현황 분석 과정

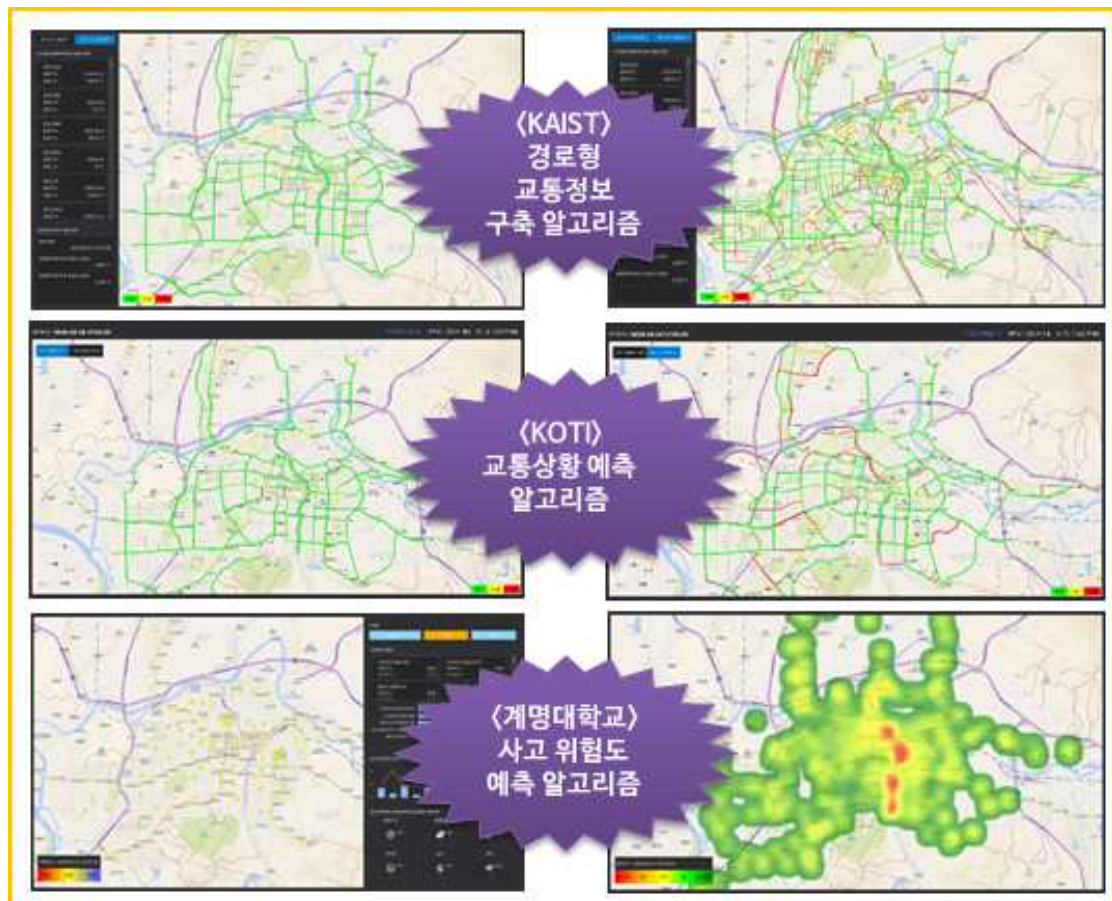
○ 데이터베이스 분석/설계 및 교통정보 데이터베이스 구축

- 데이터베이스 분석/설계
 - 분석의 대상이 되는 각종 교통정보 데이터베이스의 분석 및 설계
 - 교통정보 데이터베이스에 대한 데이터모델 및 논리 데이터베이스 설계서 작성
 - 빅데이터 기반의 데이터베이스 아키텍처 정의
- 교통정보 데이터베이스 구축
 - 분석의 대상이 되는 대구시 교통정보의 수집
 - 데이터베이스 아키텍처 및 설계에 따른 교통정보 데이터베이스 구축
- 민간 및 타 기관 협조체계 구축
 - 대구시 교통정보센터에 연계 가능한 민간 및 타기관 정보연계와 관련된 협조사항 도출
 - 관계기관 협조체계 구축
- 지자체 인프라 확충계획 검토
 - 대구시 인프라 확충 및 투자계획 검토
 - 대구시 ITS 기본계획 검토
- 법제도 개선안 도출
 - 정보 수집·연계 기술 및 개인정보 활용 등 관련 법제도 개선안 도출



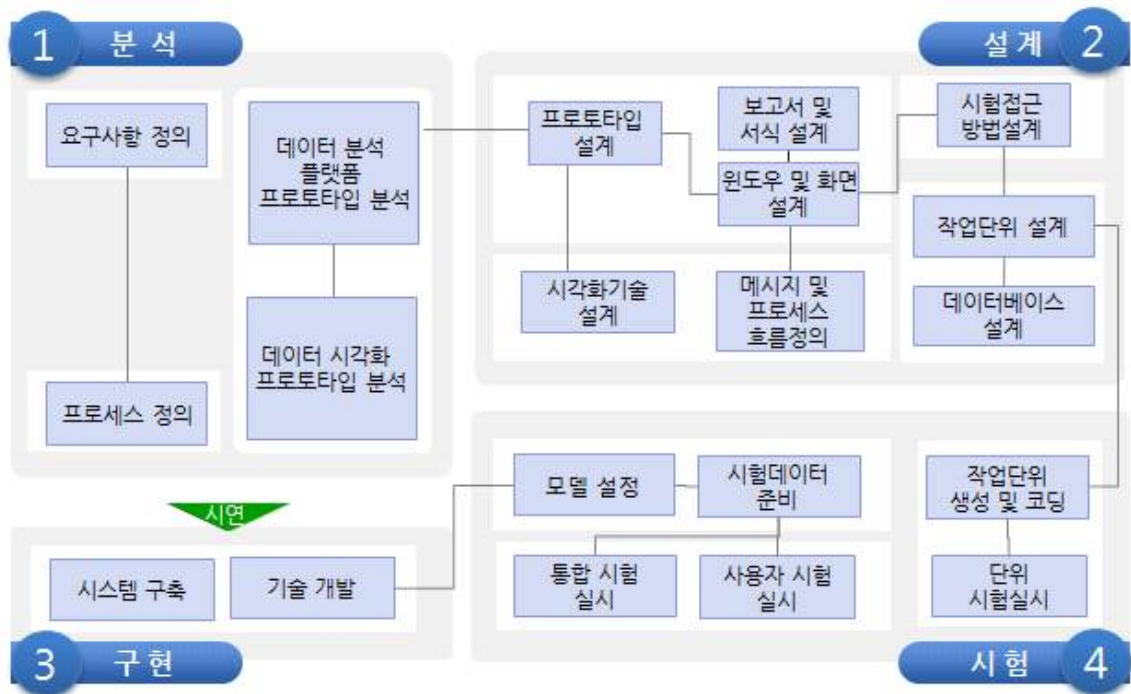
<그림 59> 데이터베이스 구축

- 각 기관에서 구축된 알고리즘을 이용한 시스템 적용기술 개발
 - 데이터 분석 알고리즘의 시스템 적용 기술 개발
 - 2차년도 및 3차년도에 개발된 일부 알고리즘을 실제 데이터베이스 및 시스템 환경에서 운영 가능하도록 시험 개발
 - 알고리즘을 시스템에 적용 가능한 응용 아키텍처 설계
 - 데이터 분석 결과의 시스템 시각화 기술 개발
 - 데이터 분석 알고리즘의 결과물을 효과적으로 표출할 수 있는 시각화 기술 시험 개발
 - GIS Engine을 이용한 다양한 시각화 기술(히트맵, GIS BI 등) 설계



<그림 60> 분석 알고리즘의 시각화 기술 개발

- 지자체 요구사항 달성도 분석
 - 인프라 설계안 내 지자체 요구사항 달성도 분석
 - 관계자 협의를 통한 인프라 설계안 보완
- 테스트베드 협의체 구성
 - 테스트베드 구축을 위한 협의체 구성 및 테스트베드 협조사항 사전 검토
- 테스트베드 사례조사 및 구축계획 수립



<그림 61> 단계별 기술 개발 프로세스

○ 서비스 테스트베드 시스템 개발

- 교통정보제공 서비스 시스템 개발

- 교통안전체계, 경로형 교통정보, 교통상황 예측정보 등의 알고리즘이 반영된 서비스 개발
- 1차, 2차 및 3차년도의 결과물을 이용하여 상용화를 고려한 응용시스템의 분석 및 설계

- 교통정보제공 서비스 시스템 테스트베드 구축

- 정보제공 서비스 테스트베드 환경 구축
- 정보제공 서비스 테스트베드의 시험운영 및 시스템 개선

- 시스템 만족도 평가(SP조사)

- 대구시 교통정보센터 운영자 및 이용자 대상 만족도 평가(SP조사)

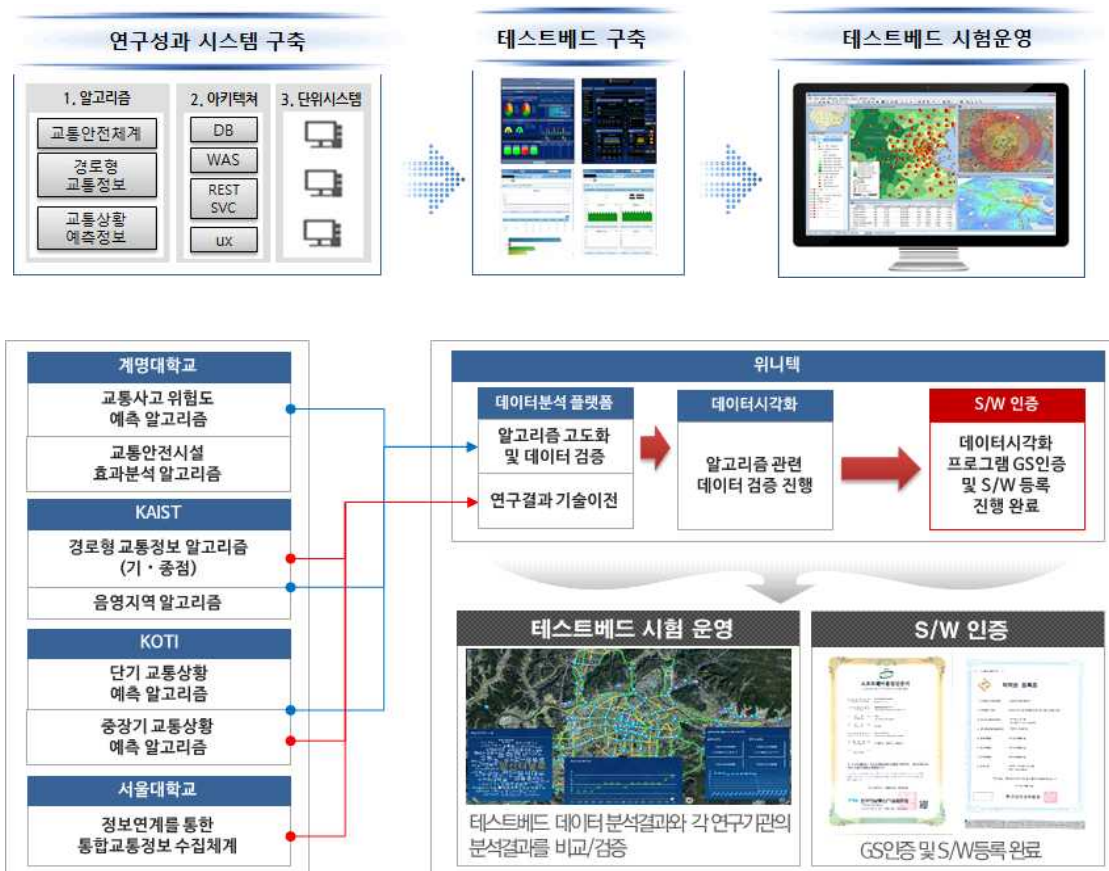
- 장기적 협조방안 수립

- 개발기술의 지속적 운영을 위한 협조사항 검토 및 협조방안 수립
- 최신 ICT융합 기술을 고려한 대구시 교통정보센터 구상(안) 마련



<그림 62> 서비스 개발 및 시스템 구축

- 테스트베드 운영 및 분석데이터 비교/검증
 - 테스트베드 운영 및 모니터링
 - 분석데이터 비교/검증



<그림 64> 테스트베드 구축 및 시험운영

다. 연구수행 성과

(1) 정성적 성과

가) (협동) 도시부 간선도로 교통안전체계 구축 기술 개발

○ 빅데이터 기반 교통사고 위험도 예측 기술 개발

- 개발 알고리즘은 실시간 도로 상황과 주변 환경들을 반영한 위험도 정보 생성을 목적으로 하였으며, 동적·정적의 다양한 형태의 변수들을 활용함
- 여러 변수 중 정밀한 분석을 위해 앙상블 기법의 랜덤포레스트 방법론을 활용하여 교통사고 위험에 영향을 끼치는 변수의 중요도를 산정하고, 중요도에 따라 가중치를 부여하여 위험 예측에 반영할 수 있도록 함
- 연산속도와 정확도 향상을 위해 필요 변수만을 활용할 수 있도록 변수의 선정 기준을 마련하고, 확률 결과에서 가장 중요한 적정 임계값 선정 기준을 제시함
- 또한, 장기적으로 시스템 운영 시 고려가 필요한 학습데이터 적정 기간에 대하여 기간별 정확성을 검토하고, 데이터 교체시기와 관련하여 향후 데이터 분포 변화 시점을 파악하는 change point detection에 대한 연구를 향후 과제로 제시함
 - 학습데이터의 기간이 길수록 학습량이 많아져 예측의 정확도는 올릴 수 있지만 연산속도의 문제가 있고, 기간이 짧을수록 시스템 운영 측면에서는 용이하다는 트레이드오프 관계를 지니고 있음
- 개발 알고리즘의 성능은 예측결과와 실제 사고 발생여부의 비교를 통해 약 83%의 정확도를 나타냄

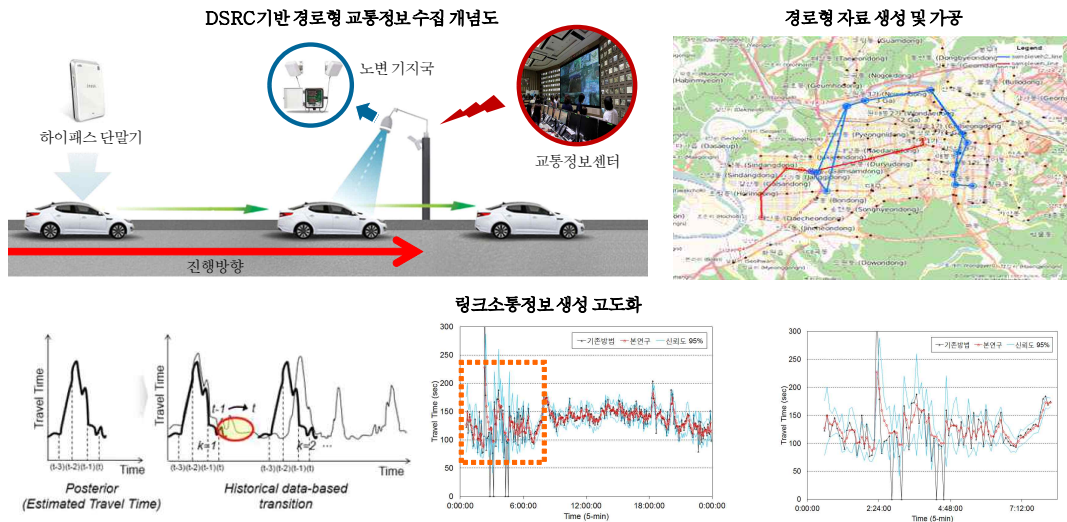
○ 무단횡단 금지시설 설치 가이드라인

- 무단횡단 금지시설의 경우 국토교통부의 도로안전시설 설치 및 관리 지침에 설치기준이 제시되어 있으나 도로 폭원에 따른 설치 기준만 제시되어 있고, 시설의 효과를 극대화할 수 있는 정량적 기준은 명시되어 있지 않음
- 대구광역시의 무단횡단 금지시설은 담당 실무자의 경험적인 판단이나 보행자 사고 발생 건수를 기준으로 무단횡단 금지시설이 설치하고 있음
- 사고 건수를 기준으로 설치하는 방안은 사고건수의 통계적 오류를 고려하지 못함으로써 실제로는 효과가 미미하거나 역효과가 발생할 수 있어 예산 낭비의 우려가 있으며, 예산의 제약 하에서 설치 효과를 높이기 위해 지자체 담당 공무원이 대상 지점별 무단횡단 금지시설 설치 효과를 검토하고 예산 집행의 우선순위를 선정하기 위한 매뉴얼 제공이 필요
- 매뉴얼을 통해 무단횡단 금지시설의 설치 효과가 높은 지점에 대한 직관적 기준을 제시하여 대구광역시 내 무단횡단 금지시설 설치 시 시설 설치의 효과를 높이고 무분별한 설치를 방지함으로써 예산을 절감할 것으로 기대됨

- 무인단속카메라 가이드라인 개발 및 소프트웨어 제작
 - 교통안전시설 중 하나인 무인단속카메라의 경우 설치지점에 대한 구체적인 방법이 제시되고 있지 않음
 - 따라서 데이터 마이닝 기법을 활용하여 무인단속카메라 설치에 따른 분석 방법론을 활용하여 설치 효과를 파악함
 - 설치 효과 평가 알고리즘 고도화 과정을 통해 해당 알고리즘이 높은 예측력을 보여 주는 것을 확인함
 - 향후 우선순위 설치 지점 가이드라인을 통해 쉽게 사고 감소 효과가 큰 설치 지점을 선정할 수 있으며, 소프트웨어(프로그램)를 활용하여 쉽고 간편하게 우선순위 지점을 선정할 수 있음
- 교통관리계획(TMP) 운영 가이드라인 작성
 - 대구광역시의 경우 대규모 지진 대응에 관한 연구 및 체계가 미흡한 실정임
 - 대형 지진 발생으로 인한 도로 단절 시 담당 실무자는 체계적인 프로세스가 아닌 경험적 판단에 따라 의사결정을 수행하게 되므로 심각한 오류를 범할 수 있음
 - 또한 잘못된 의사결정은 구난, 식량보급, 피난을 더욱 어렵게 만들 수 있으며, 이에 따른 피해액은 이루어 말할 수 없을 정도로 커질 것으로 예상됨
 - 본 연구에서 제시하는 매뉴얼은 대규모 지진 발생으로 인한 도로 단절 시 발생하는 교통정체를 완화하고, 인명 및 재산 피해를 경감할 수 있는 “지진 대응 교통관리계획(TMP)” 가이드라인을 제시함
 - 또한 담당 실무자가 불필요한 지체 없이 초동대응을 할 수 있도록 지진 대응 교통관리계획(Traffic Management Plan) 수립 절차 및 의사결정 프로세스를 함께 제공함
 - 담당 실무자는 매뉴얼에서 제시한 기법들을 실현함으로써 도로이용자 혼란 방지, 2차사고 예방, 도로 회복 촉진 등을 기대할 수 있음

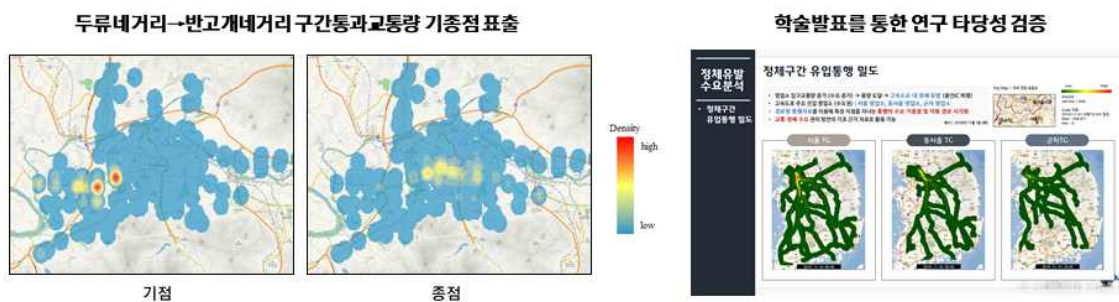
나) (공동1) 경로형 교통정보 구축 및 활용 기술 개발

- 도시부 교통정보 수집 및 가공체계 현황 분석
 - 국내의 도로교통 정보수집에 사용되는 교통정보인 하이패스 교통정보, 루프검지기 정보, 도시교통정보시스템(UTIS) 등 다양한 경로를 통해 수집되는 교통 자료의 수집 및 가공 체계 분석
 - 각각의 교통수집 체계에 대한 특성과 가공 및 저장 체계 분석
- 기존 가공체계 간 연계 방안 모색 및 교통정보 데이터베이스 구축
 - 다양한 경로로 수집되는 교통정보 자료 중 본 연구에서 취득이 가능한 교통정보에 대해 교통통합DB를 구축
- 경로형 교통정보 구축 알고리즘 개발



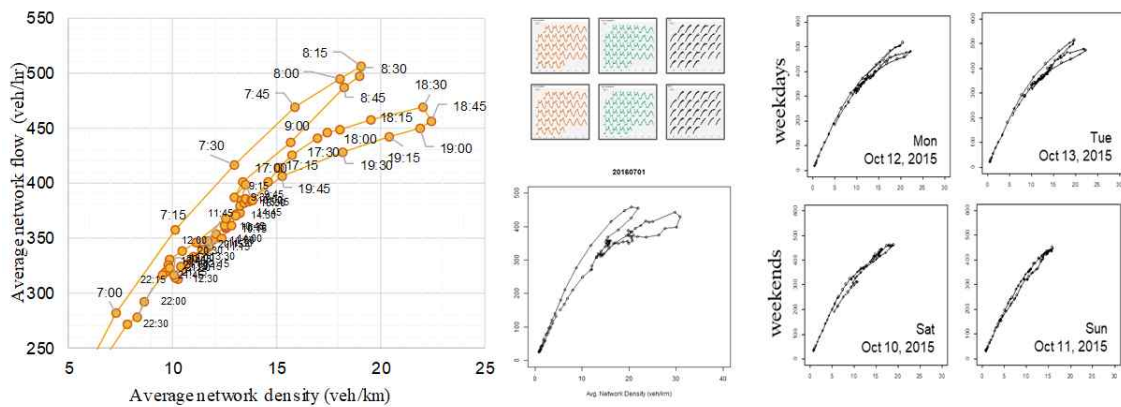
〈그림 56〉 개별차량 자료 분석체계 구축 및 경로형 자료 생성

- 개별차량 자료 분석체계의 데이터베이스를 구축하고, 이를 가공하여 개별차량의 경로형 자료 생성
- 교통수집장치 미설치로 인한 공간적 교통정보 음영지역에 대해 경로형 교통정보 및 도로 네트워크 정보를 활용하여 통행속도를 추정, 교통정보 누락율 20% 감소
- 실시간 통행정보 및 패턴 DB 융합 기술 구축을 통해 교통정보 데이터 오류 및 결손데이터들을 보정 및 생성하여 12.2% 향상된 정확도의 링크 통행시간을 추정
- 개별 통행자료를 활용한 구간별 통과교통량 기·중점 산정
 - 특정 구간을 통과하는 교통류의 기·중점을 산정하고 이에 대한 활용방안 제시
 - 도시 내 주요 간선 구간의 통과교통량을 중심으로 유입·유출 경로를 분석
 - 동일 방법론을 고속도로부에 확장 적용하여 학술 발표를 통해 적절성을 검증



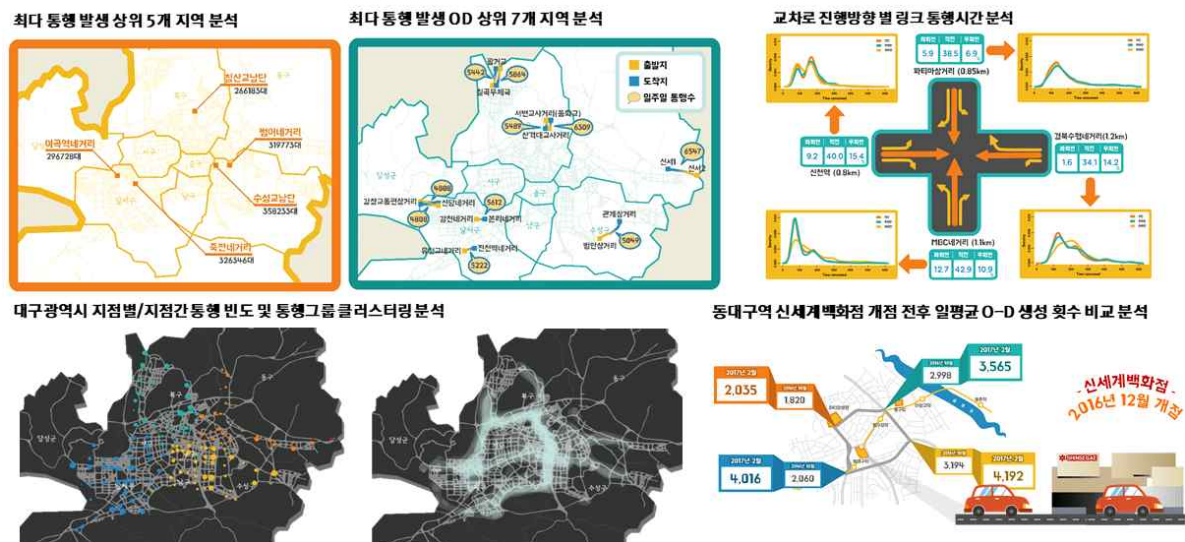
〈그림 57〉 특정 구간 통과차량경로

- 경로형 교통정보 기반 모니터링 및 신규 교통정보 시각화
 - 거시적 교통기본도(Macroscopic Fundamental Diagram) 기반의 도시 교통 네트워크의 상태 및 성능 진단 지표 제시
 - 미시적 단계에서 네트워크 내 개별 교통정보를 생성하고 이를 거시적 모델의 입력값으로 사용하는 방식의 네트워크 해석 모델을 구축



<그림 58> 거시적 교통기본도 기반 교통 상태 및 성능 모니터링

- 경로형 교통정보를 활용하여 교차로 회전방향별 통행패턴, 상습 정체구간 유입·유출 경로 및 기종점 통행량, 기종점 통행량 기반 통행 클러스터 등 신규 교통정보를 생성
- 교통운영 의사결정 시 도시의 통행특성을 이해할 수 있도록 이러한 신규 교통정보를 시각화



<그림 59> 신규 교통정보 생성 및 시각화

다) (공동2) 단기 및 중장기 교통 예측 알고리즘

- 전 세계적으로 교통예측기술 개발하고 있고, 특히 일부 유럽국가와 미국에서 유·무료로 서비스를 제공하고 있으나, 아직 초보적인 수준으로 각종 이벤트 발생 시 이를 반영하지 못한 채 일반적인 패턴수준의 정보만 제공하고 있는 수준이기에, 본 연구는 기상이나 사고, 명절 등의 이벤트를 반영한 미래 교통상황 예측 알고리즘을 개발하되 오차율 20%이내를 목표로 함

라) (공동3) 교통정보 수집체계 및 정보제공방안 연구

- 교통정보 누락구간 보완 알고리즘 개발

- 정보 제공 시나리오 4가지 분류에 따른 수집 및 제공전략
 - 공공 데이터와 민간 데이터의 수집 수준에 따라 제공 가능한 방법론의 세분화
 - 공공 데이터만으로 부족한 경우를 보완하는 알고리즘 개발
- 순환신경망 모형 개발 및 고도화
 - 통계적 모형에 비해 50% 이상 향상된 RMSE 기록
- 네트워크 센서 위치 모형
 - 보완 모형을 통한 최적 센서 위치 탐색
 - 다중 위치 선정 센서 위치 모형에 유전 알고리즘을 적용하여 10개까지의 최적 센서 위치를 선정하였음
 - 일반적으로 사용 가능한 경험적 방법과 비교하였을 때 매우 낮은 정보변동성을 얻을 수 있는 것으로 나타남
 - 본 연구 내용은 TRB-2019 Presentation Accepted 되었음
- 인프라 설계안 보완 및 설계방안 수립
 - 평가지표 항목 현실화
 - 자문의견을 토대로 인프라 설계안 평가항목을 현실화함
 - 평가 기준 세분화
 - 평가 기준을 기존의 합/불합격 방식이 아닌 LOS방식으로 세분화, 실제 취약점과 현재 수준에 대해 자세한 정보 제시
 - 기준항목별 취약 판정 도입으로 실제 교통정보 인프라의 취약 여부에 대해 판정할 수 있도록 하여 정책 시행에 대한 판별 기준이 될 수 있도록 함
- 마) (공동4) 연구결과 실용화를 위한 테스트베드 구축
 - 테스트베드 구축에 필요한 분석 및 개발 산출물 작성

<개발 산출물 목록>

No.	보고서명	내용	작성일	비고
1	현행시스템 분석 보고서	대구시 기구축 교통정보시스템 아키텍처 구성 분석	2016.12	
2	요구사항 정의서	대구시 요구사항 정의	2016.12	
3	데이터베이스 분석 보고서	대구시 기구축 교통정보시스템 데이터베이스 분석/설계	2016.12	
4	테이블관계도	DB 테이블 관계 설명	2017.11	
5	테이블정의서	DB 테이블 정의	2017.11	
6	데이터전환계획서	테스트를 위한 기존 교통데이터 전환 계획	2017.11	

7	아키텍처구성도	테스트베드를 위한 아키텍처 설계	2017.11	
8	구축데이터베이스검증	DB구축 및 검증	2017.11	
9	프로세스정의서	각 연구기관의 알고리즘 적용 프로세스 및 프로세스별 기능을 정의	2018.11	
10	아키텍처구성도	성과물 적용 시스템을 구현하기 위한 하드웨어 구성도 및 서버 설명	2018.11	
11	테이블정의서	데이터베이스 분석/설계에 따른 테이블 정의	2018.11	
12	프로그램정의서	각 기관의 성과물을 적용한 프로그램(시스템) 및 프로그램별 세부 프로세스 정의	2018.11	
13	단위테스트	- 단위테스트 사양서 : 프로그램 별 테스트 개요 및 사양 설명 - 단위테스트 결과서 : 단위테스트 사양서에 따른 프로그램 테스트 결과서	2018.11	
14	통합테스트	- 통합테스트 목록 : 각 기관에서 연구한 알고리즘이 적용된 시각화 프로그램 테스트 목록 - 통합테스트 설명 : 통합테스트 목록에 따른 테스트 개요 및 사양 설명 - 통합테스트 결과서 : 통합테스트 설명에 따른 프로그램 테스트 결과서	2018.11	
15	테스트베드 운영계획 및 결과서	테스트베드 개요, 운영계획 및 사용자 설문조사에 따라 문제점 검토	2019.11	
16	테스트베드 시험운영 결과서	테스트베드 시험운영 문제점 및 개선 및 데이터 검증 방안	2020.03	

○ 테스트베드 실용화를 위한 품질 평가 완료

- 한국정보통신기술협회의 국제표준 기반에 근거한 소프트웨어 품질평가 진행하여 GS인증 1등급의 시험결과를 받음

○ 기술 가치 및 사업화 방안에 대한 객관성 확보를 위한 기술신용평가(TCB) 수행

- 기술의 가치를 기술성, 권리성, 시장성, 사업성 측면에서 종합적으로 분석/평가하는 기술 가치 평가를 진행함

(2) 정량적 성과

- 본 과제는 연구개발과 DB구축, 서비스 제공 등을 위하여 산-학-연으로 구성된 협동 연구기관을 구성하여, 다양한 세미나와 워크숍을 개최하여 긴밀한 협조체계 구축과 진행사항들을 검토하였고, 자문회의를 통하여 전문가들의 다양한 의견을 수렴하여 연구개발에 반영함
- 연구개발의 결과물을 논문으로 작성하여 대외적으로 검증받았으며, 신기술 동향을 파악하기 위하여 국내외 학회에 참석하였음
- 연구개발 외에 특허출원·등록 및 소프트웨어 등록 등을 진행하여 연구개발의 실용화를 위한 기반을 마련함
- 총 3년 8개월의 연구 기간 동안 계획한 연차별 특허와 논문, 학술회의 발표 등의 정량적 성과목표치 달성하였으며, 당초 계획 대비 4건의 특허등록과 21건의 학술발표, 2건의 논문게재를 초과 달성하였음
- 각 정량적 성과의 목록은 다음과 같음

<특허 등록>

No.	요소기술 구분	성과 연도	특허명칭	등록번호	등록년도	발명인 (등록권리자)
1	1-아	2018	특정행사에 의한 교통영향권의 예측방법	10-1954394	2019	김영호 박민주 강우진 채찬들 (계명대학교 산학협력단)
2	1-자	2018	교통 정보 수집 장치 설치의 우선순위를 결정하는 방법 및 시스템	1019238100000	2018	김동규, 고승영, 윤상원, 양재환, 남기도, 김찬웅 (서울대학교 산학협력단)
3	1-자	2019	교통 속도 추정 방법 및 시스템	1020599020000	2019	김동규, 양재환 (서울대학교 산학협력단)
4	1-자	2020	이용자 선호다양성을 반영한 경로 생성방법, 이를 구현하는 컴퓨터 프로그램 및 이를 수행하도록 구성되는 생성 시스템	1020701210000	2020	조신형, 고승영, 김동규 (서울대학교 산학협력단)

< 특허 출원 >

No.	요소기술 구분	성과 연도	특허명칭	출원번호	출원일	출원인 (등록권리자)
1	1-가	2020	교통사고 위험을 예측하는 위험 예측 시스템 및 방법	10-2020-0021176	2020.02.20	박신형, 권오훈, 강민지 (계명대학교 산학협력단)
2	1-아	2018	특정행사에 의한 교통영향권의 예측방법	10-2014-0039433	2017.03.28	김영호 박민주 강우진 (한국교통연구원)
3	1-자	2016	교통 정보 수집 장치 설치의 우선순위를 결정하는 방법 및 시스템	10-2017-0010570	2017.1.23	김동규, 고승영, 윤상원, 양재환, 남기도, 김찬웅 (서울대학교 산학협력단)
4	1-자	2019	교통 속도 추정 방법 및 시스템	10-2019-0071612	2019.6.17	김동규, 양재환 (서울대학교 산학협력단)
5	1-자	2019	이용자 선호다양성을 반영한 경로 생성방법, 이를 구현하는 컴퓨터 프로그램 및 이를 수행하도록 구성되는 생성 시스템	10-2019-0054383	2019.5.19	조신형, 고승영, 김동규 (서울대학교 산학협력단)

< 학술지(국내외 등재 저널) 게재 >

No.	요소 기술 구분	성과 연도	구분	논문명	학술지명/학술 대회명	ISBN ISSN	주저자 명	Vol. (No)	시작 페이지	끝 페이지	게재/발표 일자
1	1-가	2016	KCI	의사결정나무를 이용한 고속도로 공사구간 사고심각도에 관한 연구	대한교통학회지	1229-1 366	박용우	34(6)	535	547	2016.12
2	1-가	2017	SCOPUS	Analysis on work zone characteristics in South Korean Expressways using text mining technique	Advanced Multimedia and Ubiquitous Engineering	1876-1 100	권오훈	448	134	139	2017.05
3	1-다	2017	SCOPUS	Seismic Performance Evaluation of a Prestressed I-type Girder Bridge in Daegu for ICT based Disaster Management in Daegu Metropolitan City	Advanced Multimedia and Ubiquitous Engineering	1876-1 100	장준호	448	140	143	2017.05

4	1-나	2018	KCI	교통정보서비스 표출기준 개선 및 상세교통정보 기반 서비스 제공방안 연구	한국IT서비스 학회지	1975-4 256	배광수	17	85	100	2018.12
5	1-다	2018	SCOPUS	Traffic Big Data Analysis for the Effect Evaluation of a Traffic Management Plan	Advanced Multimedia and Ubiquitous Engineering	1876-1 100	박용우	518	841	847	2018.11
6	1-가	2018	SCOPUS	Development of a Crash Risk Prediction Model Using the k-Nearest Neighbor Algorithm	Advanced Multimedia and Ubiquitous Engineering	1876-1 100	강민지	518	835	840	2018.11
7	1-마	2017	KCI	DSRC 기반 프로브 자료를 이용한 거시 교통류 모형 추정 방법	한국ITS학회 학회지	1738-0 774	심지섭	16(6)	29	41	2017.12
8	1-라	2018	KCI	도시부 경로자료를 이용한 통행의 공간적 규칙성 분석	한국ITS학회 학회지	1738-0 774	이수진	17(6)	96	110	2018.12
9	1-라	2019	KCI	경로형 통행데이터 기반 고속도로 우회행태 분석	한국ITS학회 학회지	1738-0 774	이수진	19(1)	58	70	2020.02
10	1-자	2017	KCI	데이터 수집의 이산적 특성을 고려한 네트워크 센서 위치 모형	한국ITS학회 논문지	2384-1 729	양재환	16(5)	38	48	2017.10
11	1-자	2019	KCI	도로기하구조가 기상상태에 따라 고속도로 교통사고 심각도에 미치는 영향 분석	한국ITS학회 논문지	2384-1 729	박수진	18(2)	12	28	2019.4

<SCI 논문 게재>

No.	요소 기술 구분	성과 연도	구분	논문명	학술지명/학술대 회명	ISBN ISSN	주저자 명	Vol. (No)	시작 페이지	끝 페이지	게재/ 발표 일자
1	1-나	2018	SCI	Continuous Risk Profile and Clustering-Based Method for Investigating the Effect of the Automated Enforcement System on Urban Traffic Collisions	Journal of Supercomputing	0920-8542	Shin Hyoung Park	1-22	1	22	2018.11
2	1-나	2020	SCI	Comparative risk factor analysis on bi-level injury severity of taxi and private car crashes in Seoul, South Korea	Traffic Injury Prevention	1538-9588	Noh, Yu na	21	1	7	2020.02
3	2-마	2019	SCI	Empirical evaluation of influential factors on bifurcation in macroscopic fundamental diagrams	Transportation Research Part C: Emerging Technologies	0968-090X	Jisup Shim	102	509	520	2019.03
4	2-마	2020	SCI	Evaluation of Section Speed Enforcement System Using Empirical Bayes Approach and Turning Point Analysis	Journal of Advanced Transportation	0197-6729	Jisup Shim	2020	1	11	2020.02
5	2-가 2-나	2017	SCI	Development of an Asymmetric Car-Following Model and Simulation Validation	IEEE	1524-9050	박민주	PP 99	1	12	2019.08

<인력양성(학위)>

No.	취득학위	이름	성별	논문명	학위취득일	학교명
1	석사	박용우	남	교량 전면 차단 시 교통관리계획의 효과분석에 관한 연구	2017.02	계명대학교
2	석사	강민지	여	DSRC 데이터를 활용한 k-NN기반 교통사고 위험 예측 기법	2018.02	계명대학교
3	석사	백세흠	남	순서형 프로빗 모델을 활용한 공사구간 심각도에 관한 연구	2018.02	계명대학교
4	석사	박신형	남	도심부 무인단속카메라 설치에 따른 교통사고 발생 변화에 관한 연구	2019.02	계명대학교
5	석사	이은진	여	고속도로 터널부 구간과속단속 실효성 분석	2019.02	계명대학교
6	석사	박현수	남	k-NN 알고리즘을 활용한 도시부 도로 공사구간 통행속도 예측에 관한 연구	2020.02	계명대학교
7	석사	구은모	여	버스 통행시간의 특성 및 예측	2017.02	한국과학기술원
8	박사	변지혜	여	교통기반시설 건설에 따른 외부효과 추정: 도로확장의 유발효과와 역세권의 부가가치	2017.08	한국과학기술원
9	석사	고은정	여	게임이론을 활용한 고속도로 합류부 운전자의 의사결정에 관한 연구	2018.08	한국과학기술원
10	석사	이재윤	남	딥 강화학습 기반 다중 자율주행 차량 제어	2018.08	한국과학기술원
11	석사	이수진	여	도시부 경로통행자료를 이용한 개별 운전자의 통행규칙성 연구	2019.02	한국과학기술원
12	석사	남기도	남	A Dynamic User Equilibrium Model of Battery Electric Vehicles Considering En-route Recharging Behaviors	2017.02	서울대
13	박사	황재민	남	A design model of express line added to existing urban rail network	2017.08	서울대

<소프트웨어등록>

No.	요소기술 구분	성과 연도	SW명칭	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명
1	1-가	2018	케이-최근접 이웃 알고리즘을 활용한 교통사고 위험 예측	2018.05.01	계명대학교 산학협력단	2018.05.09	C-2018-011562	한국저작권위원회
2	1-나	2019	무인단속카메라 설치 지점 우선순위 선정 프로그램	2019.11.01	계명대학교 산학협력단	2019.11.08	C-2019-032613	한국저작권위원회
3	1-차	2019	교통정보제공 솔루션	2019.08.01	(주)위니텍	2019.08.09	C-2019-022175	한국저작권위원회

<저술>

No.	요소 기술 구분	도서명	ISBN	저자	발행자	발행일	비고
1	1-사	월간교통_KOTI Special Edition	1228-307X	박민주	한국교통연구원	2018.08.10.	

<기술실시계약>

No.	요소기술 구분	제품명	사업화 형태	유형	업체명	대표자명	관련 특허출원
1	1-가	케이-최근접 이웃 알고리즘을 활용한 교통사고 위험 예측	기술이전	프로그램 저작권	(주) 위니텍	추교관	C-2018-011562
2	1-라	베이즈 추론 기반 통행시간 추정 알고리즘	기술이전	프로그램 저작권	(주)위니텍	강은희	C-2018-01228
3	1-바 1-사 1-아	「특정행사에 의한 교통영향권의 예측방법, 교통링크 속도 예측 방법 및 이를 위한 장치」 기술 실시 계약	기술이전	프로그램 저작권	(주) 위니텍	추교관	10-1954394
4	1-자	NSLP를 통한 Network Sensor의 최적화된 위치 선정(노하우)	기술보유자 기술이전	노하우 저작권	(주)위니텍	추교관	10-19238100000

<소프트웨어 품질인증>

No.	요소기술 구분	상호	소프트웨어명칭	인증등급	인증번호	인증연월	인증기관
1	1-차	(주)위니텍	교통정보제공 솔루션v1.0	1등급	19-0329	2019.07.29	한국정보통신기술협회

<현장시험>

No.	요소기술 구분	현장시험명	시험일	시험장소	주요내용
1	1-바 1-사	드라이빙 테스트	200130 ~ 200201	대구광역시 달구벌대로 국채보상로	예측 신뢰성 평가를 위한 드라이빙테스트 시험

<국내외 학술회의 발표>

No.	요소 기술 구분	논문명	발표년월	학술회의명	발표자	비고
1	1-나	도로환경변화에 따른 보행자 횡단사고 발생 요인에 관한 연구: 대구도시철도 3호선 하부도로를 중심으로	2016.09	대한교통학회 제75회 추계학술발표회	김민경	
2	1-다	Analysis on work zone characteristics in South Korean Expressways using text mining technique	2016.12	The 8th International Conference on Computer Science and its Applications (CSA 2016)	Oh Hoon Kwon	
3	1-다	Seismic Performance Evaluation of a Prestressed I-type Girder Bridge in Daegu for ICT based Disaster Management in Daegu Metropolitan City	2016.12	The 8th International Conference on Computer Science and its Applications (CSA 2016)	Chunho Chang	
4	1-가	KNN 알고리즘을 이용한 교통사고 위험도 예측 모형 개발 : 대구광역시 도시부 간선도로를 중심으로	2017.04	한국ITS학회 2017년도 춘계학술대회	강민지	
5	1-나	도심부 연속류 구간 무인단속카메라 설치 효과분석에 관한 연구: 대구광역시를 중심으로	2017.04	한국ITS학회 2017년도 춘계학술대회	박신형	
6	1-나	도로환경변화에 따른 횡단 중 보행사고 특성 분석: 대구 도시철도 3호선을 중심으로	2017.04	한국ITS학회 2017년도 춘계학술대회	박용우	
7	1-다	A Review on Estimating Work Zone Capacity and Queue Length for Developing Transportation Management Plans	2017.09	12th International Conference of Eastern Asia Society For Transportation Studies	Se Hum Back	
8	1-나	Study on the Analysis of the Effect of Automated Speed Enforcement Cameras in Urban Areas	2017.09	12th International Conference of Eastern Asia Society For Transportation Studies	Shin Hyung Park	
9	1-가	Development of an Advanced Traffic Accident Prediction Model For Urban Arterial Roads Based On Traffic Big-data	2017.09	12th International Conference of Eastern Asia Society For Transportation Studies	Min Ji Kang	
10	1-나	Before-and-After Study for Analyzing Influential Factors on Pedestrian Road Crossing Accidents by Overpass Monorail Construction	2017.09	12th International Conference of Eastern Asia Society For Transportation Studies	Yong Woo Park	
11	1-나	K-means and CRP-based Characteristic Investigating Method of Traffic Accidents with Automated speed Enforcement Cameras	2018.04	The 12th International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering	Shin Hyung Park	

12	1-다	Traffic Big Data Analysis for the Effect Evaluation of a Traffic Management Plan	2018.04	The 12th International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering	Yong Woo Park	
13	1-다	Estimation of the Blocking Duration of Accidents on Highways using the Ordered Probit Model	2018.07	18th COTA International Conference of Transportation Professionals	Se Yeon Kim	
14	1-나	Development of Effect Analysis Techniques for Installation of Jaywalking Prevention Facility using Cluster Analysis and Empirical Bayes Method	2019.09	13th International Conference of Eastern Asia Society For Transportation Studies	Yong Woo Park	
15	1-가	Performance Evaluation of Machine Learning Algorithm for Crash Risk Prediction	2019.09	13th International Conference of Eastern Asia Society For Transportation Studies	Min Ji Kang	
16	1-라	개별 통행자료 기반 통행시간 및 신뢰구간 추정: 대구 도시부 도로 사례	2017.04	한국ITS학회 2017년도 춘계학술대회	김형주	
17	1-라	대규모 개별통행자료를 활용한 도시부 통행패턴 분석: 대구광역시를 중심으로	2017.04	한국ITS학회 2017년도 춘계학술대회	이수진	
18	1-라	Evaluating Urban Network Performance Using Individual Vehicle Trip Data	2017.05	18th IEEE International Conference on Mobile Data Management	Jisup Shim	
19	1-라	Analysis of Mobility Patterns Using Trip Data	2017.05	18th IEEE International Conference on Mobile Data Management	Sujin Lee	
20	1-마	Effects of Trip Characteristics on Macroscopic Fundamental Diagram in Urban Network	2017.07	Traffic and Granular Flow 2017	Jisup Shim	
21	1-라	Confidence Interval for Predicted Travel Time based on Probe Vehicle Data on Congested Freeways	2017.07	Traffic and Granular Flow 2017	Hyungjoo Kim	
22	1-마	경로형 Hi-Pass자료를 이용한 고속도로 통행분석 및 시각화	2018.04	한국 ITS학회 2018년도 춘계학술대회	이수진	
23	1-라	경로형 데이터 기반 고속도로 우회 패턴 분석	2019.04	2019년도 한국ITS학회 춘계학술대회	이수진	
24	1-마	Regularity of vehicle trips in urban areas	2019.10	IEEE Intelligent Transportation System Conference	Sujin Lee	
25	1-마	MT -LinAdapt : A Human-centric machine learning based individual drivers' route choice model for personalized route recommendation	2020.01.	Transportation Research Board 99th Annual Meeting	Bingrong Sun	
26	1-라	경로형 통행 데이터 기반 고속도로 통행 특성 분석	2020.02.	대한교통학회 제 82회 학술발표회	이수진	COVID-19로 연기

27	2-다	이벤트를 고려한 교통상황 예측 알고리즘 개발	2016.10.	2016 ITS 추계학술대회	강우진	
28	2-가 2-나	DSRC 데이터를 활용한 단속류 교통예측정보 생성	2017.10	2017 대한교통학회 추계학술대회	강우진	
29	2-다	이벤트를 고려한 교통상황 예측 알고리즘 개발	2017.10	2017 ITS 추계학술대회	강우진	
30	2-가 2-나	Application of Traffic Prediction Methods in Big City	2017.11	AKC 2017	박민주	
31	2-다	이벤트로 인한 교통영향권역 설정에 관한 연구	2018.04.	2018 ITS 춘계학술대회	강우진	
32	2-나	도시도로 통행속도의 증장기 예측 기법에 관한 연구	2018.11.	2018 ITS 추계학술대회	강우진	
33	2-가 2-나	Traffic Prediction for Arterials: Seoul's Case Study	2018.09.	6th ADB Transport Forum 2018	박민주	
34	2-가 2-나	교통정보 수집장치에 따른 교통상황 예측력 검증	2019.04.	2019 ITS 춘계학술대회	강우진	
35	1-자	Robust Optimization을 활용한 교통정보수집장치 설치 우선순위 선정방안	2017.02	제76회 대한교통학회 학술발표회	윤상원	
36	1-자	도로네트워크의 강건설계에 대한 게임이론적 접근	2017.02	제76회 대한교통학회 학술발표회	양재환	
37	1-자	The Analysis of Factors Affecting Crash Injury Severity by Bus Type in South Korea	2017.09	12th EASTS (International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies)	윤상원	
38	1-자	A Network Sensor Location For Traffic Flow Estimation In Daegu Metropolitan Area	2017.09	12th EASTS (International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies)	양재환	
39	1-자	Correlation between Traffic, Pedestrian Volume and Passenger Safety around Traffic Island	2017.09	12th EASTS (International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies)	유현종	

40	1-자	PATH SET GENERATION MODEL CONSIDERING INDIVIDUAL RISK PREFERENCE FOR TRAVEL TIME RELIABILITY	2018. 01	97th Transportation Research Board Annual Meeting	조신형	
41	1-자	그리드 서치를 이용한 순환형 신경망 모형의 하이퍼 파라미터 최적화 -대구시 DSRC 속도에 대한 결측 데이터 추산 사례-	2018. 11	SMART MOBILITY: New Horizon(2018년도 추계학술대회 및 정기총회)	양재환	
42	1-자	보행사고취약구간 선정을 위한 안전성능함수 개발	2018. 11	SMART MOBILITY: New Horizon(2018년도 추계학술대회 및 정기총회)	박수진	
43	1-자	데이터 변동성과 예측 정확도 간의 관계에 관한 연구	2019.04	2019년 한국ITS학회 춘계학술대회	양재환	
44	1-자	Investigation of the effects of aggregation interval and prediction horizon for travel time prediction	2019.09	대한교통학회 81회학술발표회 추계학술대회	최재원	
45	1-자	교통정보 수집 인프라 평가방안 및 정보제공방안 개발	2019.09	대한교통학회 81회학술발표회 추계학술대회	최재원	
46	1-나	상세교통정보수집을 위한 도시교통정보시스템 프로토콜 개선	2017.10	한국ITS학회 추계학술대회	이승철	

(3) 경제적 성과

- 각 기관의 연구결과 알고리즘을 대구시의 현황에 맞게 분석하여 시각화 프로그램 및 데이터 분석 알고리즘의 시스템 적용 기술 및 시각화 기술 개발 완료
- ‘교통정보제공 솔루션’이라는 패키지화된 솔루션을 개발함으로써 사업 적용 시 생산성 및 실용성 향상
- ITS 구축사업 설계 물량산출 및 설치지점 선정기간 단축 (기존대비 20% 절감)
- 데이터 가공프로세스 정립으로 인한 시스템 개발 기간 단축
- 전반적인 ITS 구축사업 및 유지보수, 지표분석 용역 등의 관리 프로세스 개선
 - 2019년도 대구 교통정보관련시스템 현장장비 재배치, 노후장비 교체 계획 적용
 - 2019년도 대구 교통관련기초조사 용역 수집데이터 및 조사데이터 비교 실시
 - 2020년도 대구경북권내 ITS 신규 사업 설계 지원

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 연차별 성과 목표

(1) 1차년도

구분	핵심성과		단위성과		총괄 성과점검기준						양적 성과목표	
	(level1)		(level2)		질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	목표치	달성치
협동	A	빅데이터기반실시간 교통사고 위험도 예측 모형개발	A-1	교통안전 관련 데이터 분석 및 활용변수 선정	① 데이터분석 결과 및 최종선정 변수 목록	분석서	100%	데이터 활용가능성 및 모형적용 변수의 타당성 검토	전문가 검토의견서 (3인이상)	2	학술대회 2건 보고서 3건	학술대회 1건 논문게재 1건 보고서 3건
	B	실주행 자료 기반 교통안전 시설의 효과 검증 및 활용 방안 구축	B-1	교통안전시설 현황 조사 및 효과분석 대상 선정	② 효과분석 대상 선정	효과분석대상 확보	100%	선정된 대상의 적절성 및 분석가능성 검토	전문가 검토의견서 (3인이상)	1		
	C	돌발상황 감지 및 유사시 TMP 운영 체계구축	C-1	교량시설물 Inventory DB구축	③ 데이터베이스 구축	데이터베이스	100%	데이터베이스 구축보고서 검토	전문가 검토의견서 (3인이상)	2		
위탁	D	ATMS, BIS 데이터 퓨전을 통한 링크통행시간 산정	D-1	ATMS, BIS 수집데이터를 이용한 구간통행시간 특성분석	④ 구간통행속도 특성분석 결과	분석서	100%	ATMS 및 BIS 구간통행속도 특성 분석서 검토	전문가 검토의견서 (3인이상)	1	보고서 1건	보고서 1건
공동 1	E	경로형 정보 구축및 분석	E-1-1	도시부 교통정보 자료 수집 및 가공 체계 분석	⑤ 데이터 간 가공체계분석 결과	비교분석서	100%	DSRC, 루프검지기 등 교통자료의 구조적, 가공방법 체계 포함	분석서	1	보고서 2건	보고서 2건
			E-1-2	기존 교통정보 가공체계 간 연계 방안 제시	⑥ 연계방안 방법론	방법론 보고서	100%	각 교통자료 동일구간 오류치 상호보완 방법 포함, 가공체계 간 특성 고려의 적절성 평가	전문가 검토의견서 (2인이상)	1		

공 동 2	F	교통상황 예측 정보 생성 및 제공 방안 연구	F-1	네트워크 및 데이터 현황 파악	⑦	대구시 보유 데이터 현황지표 및 네트워크 파악	분석서	100%	대구시 보유 데이터 분석서	전문가 검토의견서 (3인이상)	1	학술발표 1건 보고서 1건	학술발표 1건 보고서 1건
				대구시 교통 정체 현황 분석	⑧	대구시 교통 정체 패턴 분석	분석서	100%	정체 분석서	전문가 검토의견서 (3인이상)	1		
공 동 3	G	정보연계를 통한 통합교통정보 수집체계 구축	G-1	교통정보 누락구간 현황 및 보완 우선순위 선정	⑨	누락구간 현황 및 보완우선순위	15개 이상 누락구간 검토	100%	교통정보 누락구간 검토 구간수 확인	교통정보 누락구간 조사분석서	3	보고서 2건	보고서 2건
	H	수집인프라 설계 및 최적 교통정보제공 기술 개발	H-1	정보제공기술 조사	⑩	국내외 교통정보제공기술	5건 이상	100%	조사내용의 적절성 및 정보제공기술 종류 확인	교통정보 제공기술 조사분석서	1		
공 동 4	I	UTIS 데이터 수집체계 및 가공방법 개선	I-1	대구 UTIS 기술규격 분석	⑪	기술규격보고서	보고서	100%	UTIS 기술규격보고서 검토	전문가 검토의견서 (3인이상)	2	보고서 1건	보고서 1건
공 동 5	J	데이터베이스 분석/설계 및 교통정보 데이터베이스 구축	J-1	지자체 교통정보 수집 인프라현황 및 요구수준 분석	⑫	현행시스템 분석서	3건	100%	현행시스템, 데이터베이스, 요구사항 분석 보고서 작성	분석 성과물 확인	4	-	보고서 1건
계					종합점수(100점) = ∑ (성과목표별 달성평점 ×가중치)						20		

(2) 2차년도

구분	핵심성과		단위성과		총괄 성과점검기준						양적 성과목표		
	(level1)		(level2)		질적 성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	목표치	달성치
협동	A	빅데이터기반실시간 교통사고 위험도 예측 모형개발	A-2	데이터마이닝기법을 이용한 교통사고 위험도 예측기술개발	①	교통사고위험도 예측알고리즘	위험도 수준 예측 정확도 70% 이상	100%	참값/표본수*100	검증용 데이터(test dataset) 적용을 통한 모형 예측치 정확도 측정(참값: 위험도 수준 예측이 올바른 경우의 수)	2	학술발표 4건 논문-비SCI 3건	학술발표 7건 논문-비SCI 3건
	B	실주행 자료 기반 교통안전 시설의 효과 검증 및 활용 방안 구축	B-2	교통안전시설 효과분석 방법론 개발 및 효과검증	②	교통안전시설 효과분석 방법론	교통안전시설 2개 이상 분석 및 분석서	100%	방법론의 적절성 평가 및 사전사후분석을 통한 사고감소효과제시	학술 발표 및 논문 게재를 통한 연구 내용 적절성 검증	1.5		
	C	돌발상황 감지 및 유사시 TMP 운영체계구축	C-2	교량 피해도 예측 기술 개발 및 중요도 결정	③	취약도에 따른 교량차단 우선순위	분석서	100%	우선순위 설정 합리성 평가	학술 발표 및 논문 게재를 통한 연구 내용 적절성 검증	1.5		
공동 1	D	경로형 정보 구축 및 분석	D-2-1	경로형 교통정보 구축 알고리즘 구축	⑤	알고리즘 구축, 누락정보 보완결과	현행 대비 링크 정보 누락을 10% 이상 감소	100%	결과비교를 통한 정확도 평가	현행 대비 정확도 향상 정도 측정 (5% 이상)	1.6	논문-SCI 1건 논문-비SCI 1건 학술발표 1건	논문-SCI 1건 논문-비SCI 2건 학술발표 6건
			D-2-2	실시간 자료와 패턴 DB 융합기술 구축	⑥	융합방안 방법론 및 결과	융합 기술 보고서, 정확도 70%	100%	유사패턴 측정 알고리즘 적절성 및 정확도 평가	정확도 측정	1.4		
공동 2	E	교통상황 예측 정보 생성 및 제공 방안 연구	E-2-1	단기 교통 예측정보 생성전략 수립	⑦	도시부 단기 교통 예측 알고리즘	MAPE 20%이내	100%	(예측치-실측치)/실측 치*100	알고리즘 정확도 테스트	1	논문-SCI 1건 학술발표 2건 특허출원 1건	논문 SCI 1건 학술발표 3건 특허출원 1건
			E-2-2	이벤트에 의한 따른 교통상황영향분석	⑧	이벤트시 교통 상황 분석표	분석서	100%	이벤트에 의한 교통상황 영향 분석표	특허 출원	1		
공동 3	F	정보연계를 통한 통합교통정보 수집체계 구축	F-2	통합교통정보를 활용한 누락구간 보완 알고리즘 개발	⑨	교통 정보 신뢰도 개선	신뢰도30% 개선	100%	(보완 전 · 후 신뢰도차)/ 보완 전 신뢰도*100	보완 알고리즘 적용해 도입 시 정보 신뢰도 측정	3	논문-비SCI 1건 학술발표 1건 설계서 1건	논문-비SCI 1건 학술발표 3건 설계서 1건
	G	수집인프라 설계 및 최적 교통정보제공 기술 개발	G-2	통합교통정보 수집 인프라 설계	⑩	통합 교통 정보 수집 인프라 설계 기준	기준항목 5건 이상	100%	교통정보수집인프라 설계 보고서작성	분석/설계 성과물 확인	1		
공동 4	H	데이터베이스 분석/설계 및 교통정보 데이터베이스 구축	H-2	데이터베이스 분석/설계 및 교통정보 데이터베이스 구축	⑫	데이터베이스 분석/설계/구축 서 및 아키텍처 정의	5건	100%	교통정보 데이터베이스 분석/설계 및 구축 보고서 작성	분석/설계 성과물 확인	4	-	
위탁	I	UTIS 데이터 수집체계 및 가공방법 개선	I-2	교통소통정보 정확도 향상을 위한 기술개발	⑪	데이터 수집 및 가공 방법론 개발	교차로 노드 10개, 가로구간 링크 10개 이상 분석	100%	방법론 적절성 평가	현황대비 정보 수집을 10% 향상	2	보고서 1건 학술발표 1건	보고서 1건 학술발표 1건
계					종합점수(100점) = ∑ (성과목표별 달성평점 ×가중치)						20		

(3) 3차년도

구분	핵심성과		단위성과		총괄 성과점검기준						양적 성과목표	
	(level1)		(level2)		질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	목표치	달성치
협동	A	빅데이터기반실시간 교통사고 위험도 예측 모형개발	A-3	실시간 교통정보를 이용한 교통사고 위험도 예측모델 검증 및 고도화	① 실시간 교통자료 적용 알고리즘 개발 및 교통사고위험도 예측 알고리즘 개선	실시간 교통자료 적용을 통한 위험도 수준 예측 정확도 80% 이상	100%	S/W 등록 예측정확도=참값/표본수*100	실시간 교통정보 적용을 통한 위험도 예측 알고리즘 개선 모형 정확도 측정 및 S/W 등록여부	1	학술발표 4건 논문 SCI 1건 논문 비SCI 1건 S/W 등록 1건 보고서 1건	학술발표 3건 논문 SCI 1건 논문 비SCI 2건 S/W 등록 1건 보고서 1건
	B	실주행 자료 기반 교통안전 시설의 효과 검증 및 활용 방안 구축	B-3	교통안전시설의 효과에 따른 활용방안 구축	② 교통안전시설 활용방안	교통안전시설 활용 가이드라인	100%	매뉴얼 작성 여부 및 안전시설물 활용 적절성 평가	학술 발표 및 논문 게재를 통한 연구 내용 적절성 검증	2		
	C	돌발상황 검지 및 유사시 TMP 운영 체계구축	C-3	유사시 교통관리계획 운영체계 구축	③ 우회경로 결정 알고리즘	시스템최적(S0) 평형상태 충족	100%	최적화를 위한 TMP 적용 전후의 통행비용 비교 (평형상태 충족 조건: 통행비용 개선이 10% 미만)	시뮬레이션 테스트	2		
공동 1	D	경로형 정보 구축및 분석	D-3-1	개별 통행자료를 활용한 구간별 통과교통량의 기·종점 산정	④ 알고리즘 정확도 향상, 기종점분석	정확도 80%, 기종점 분석 보고서	100%	결과비교를 통한 정확도 평가, 분석 매뉴얼 작성	알고리즘 정확도 측정	1.5	논문 비SCI 1건 보고서 1건	논문 비SCI 1건 보고서 1건
			D-3-2	주요 교통량 유입지점 분석	⑤ 유입 및 유출지점 분석	분석방법 및 결과 보고서	100%	분석 매뉴얼 작성, 유입 및 유출지점 분포도 포함	학술 발표 및 논문 게재를 통한 연구 내용 적절성 검증	1.1		

공동 2	E	교통상황 예측 정보 생성 및 제공 방안 연구	E-1	중장기 교통상황 예측정보 생성전략 수립	⑥	도시부 중장기 예측 알고리즘	MAPE 20%이내	100%	(예측치-실측치)/실측치*100	현행 대비 정확도 향상 정도 측정 (5% 이상)	1.2	논문SCI 1건 학술발표 2건	학술발표 3건
				예측 정보 제공을 위한 단기, 중장기 예측 정보 융합 연구	⑦	융복합알고리즘	MAPE 20%이내	100%	(예측치-실측치)/실측치*100	현행 대비 정확도 향상 정도 측정 (5% 이상)	1.2		
공동 3	F	정보연계를 통한 통합교통정보 수집체계 구축	F-3	교통정보 누락구간 보완 알고리즘 검증	⑧	정보수집 개선효과	선정구간 내 정보수집을 개선효과 50% 이상	100%	대상구간 내 기존 정보수집을 (A)과 알고리즘을 통한 정보수집을(B) 비교 (정보수집을 개선효과(%) = (B-A)/A*100)	교통정보 누락구간 보완 알고리즘 검증 보고서	3	논문 비SCI 1건 학술발표 1건 보고서 2건	논문 비SCI 1건 학술발표 3건 특허출원 1건 특허등록 1건 보고서 : 2건
	G	수집인프라 설계 및 최적 교통정보제공 기술 개발	G-3	서비스별 정보제공기술 분석	⑨	서비스별 정보제공 기술	서비스별 정보제공기술 분석서	100%	기존 연구 및 문헌조사를 통한 서비스별 정보제공 대안 제시	학술 발표 및 논문 게재를 통한 연구 내용 적절성 검증	1		
공동 4	H	데이터베이스 분석/설계 및 교통정보 데이터베이스 구축	H-3	구축 알고리즘을 이용한 시스템 적용기술 개발	⑪	프로토타입 시스템 품질 평가	6건	100%	공인인증평가기준(ISO/IEC9126-2, 25051)에 따른 자체 평가(기능성, 사용성, 이식성, 효율성, 유지보수성, 신뢰성 측정 보고서 작성)	품질측정결과 보고서 확인	4	-	-
위탁	I	UTIS 데이터 수집체계 및 가공방법 개선	I-3	방법론 검증 및 적용	⑩	알고리즘 신뢰성 검증	현행대비(3차년도 실측조사기준) 10% 향상	100%	교통정보수집률=[(변경후)교 통정보수집건수-(변경전)교통 정보수집건수]/(변경전)교통 정보수집건수]	도시교통정보센터 교통정보 추출 (30일 간)	2	논문 비SCI 1건 보고서 1건	논문 비SCI 1건 보고서 1건
계				종합점수(100점) = ∑ (성과목표별 달성평점 ×가중치)							20		

(4) 4차년도

구분	핵심성과		단위성과		총괄 성과점검기준						양적 성과목표	
	(level1)		(level2)		질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	목표치	달성치
협동	A	빅데이터기반 실시간 교통사고 위험도 예측 모형개발	A-4	실시간 교통사고 위험도 예측 시스템 구축	① 교통사고 위험도 예측 알고리즘 구현 적합성	테스트베드(교통 센터) 내 알고리즘 구현	100%	시스템 구현을 통한 결과치의 적합성 및 신뢰성 검증	학술발표 및 논문 게재를 통한 연구 내용 적절성 검증	2	특허출원 1건 논문 SCI 1건 학술발표 1건 매뉴얼 1건 S/W 등록 1건	특허 출원 1건 논문 SCI 1건 학술발표 2건 매뉴얼 3건 S/W 등록 1건
	B	실주행 자료 기반 교통안전 시설의 효과 검증 및 활용 방안 구축	B-4	교통안전시설물 효과분석 시스템 구현	② 효과분석 알고리즘 구현 적합성	테스트베드(교통 센터) 내 알고리즘 구현	100%	시스템 구현을 통한 결과치의 적합성 및 신뢰성 검증	학술발표 및 논문 게재를 통한 연구 내용 적절성 검증	1		
	C	돌발상황 감지 및 유사시 TMP 운영 체계 구축	C-4	TMP 운영 가이드라인 작성	③ TMP 운영 가이드라인	시나리오 3건 이상 시뮬레이션	100%	시나리오별 TMP 운영방안의 효용성 검증	시뮬레이션 테스트	2		
공동 1	D	경로형 정보 서비스 제공 플랫폼 구축	D-4-1	경로형 교통정보 시각화 및 정보제공 플랫폼 구축 방안 제시	④ 경로형 교통정보 제공 플랫폼 구축 방법론	방법론 보고서	100%	효율성을 고려한 기존 교통정보 제공 플랫폼 활용 방안 포함하여 비교	학술발표 및 논문 게재를 통한 연구 내용 적절성 검증	1	논문SCI 1건	논문 SCI 1건 논문 비SCI 2건 학술발표 4건
			D-4-2	경로형 자료 시각화 및 의사결정 지원체계구축	⑤ 경로형 교통정보 시각화 방법론 및 활용전략 수립	방법론 보고서	100%	경로형 정보 제공의 시각화 방법 2가지 이상 제시, 기간별 통행분석 수행 내용 포함	학술발표 및 논문 게재를 통한 연구 내용 적절성 검증	1		
공동 2	E	교통상황 예측 정보 생성 및 제공 방안 연구	E-1	교통상황 예측 정보 제공 시스템 구축	⑥ 예측 신뢰성 평가·검증 시스템 구축 및 테스트	MAPE 20%이내	100%	구축된 시스템의 정확도 검증 (예측치-실측치)/ 실측치*100	시뮬레이션 테스트	3	학술발표 1건	논문 SCI 1건 학술발표 1건
공동 3	F	정보연계를 통한 통합교통정보 수집체계 구축	F-4	통합교통정보 수집체계 구축	⑦ 알고리즘 구현 적합성	테스트베드(교통 센터) 내 알고리즘 구현	100%	테스트베드(교통 센터) 내 개발 알고리즘 적용의 적합성 평가	학술발표 및 논문 게재를 통한 연구 내용 적절성 검증	2	학술발표 2건 보고서 1건	특허출원 2건 특허등록 2건 학술발표 3건 보고서 1건
	G	수집인프라 설계 및 최적 교통정보제공 기술 개발	G-4	수집인프라 설계안 평가	⑧ 수집인프라 설계안 평가	수집인프라 설계안 평가서	100%	평가내용의 적절성 검토	학술발표 및 논문 게재를 통한 연구 내용 적절성 검증	2		
공동 4	H	데이터베이스 분석/설계 및 교통정보 데이터베이스 구축	H-1	교통안전체계 서비스 테스트베드 시스템 개발	⑨ 국제표준(ISO/IEC 9126-2, 25051)에 따른 소프트웨어의 품질 평가	-	100%	한국정보통신기술협회(TTA)의 GS 인증 시험 실시	공인시험성적서 확인	6	SW등록 1건 테스트베드 시스템 1건	SW등록 1건 테스트베드 시스템 1건
계					총합점수(100점) = ∑ (성과목표별 달성평점 ×가중치)					20		

나. 목표 달성여부

(1) 협 동 : 도시부 간선도로 교통안전체계 구축 기술 개발

구분	목 표	달성도 (%)	내 용
1 차 년 도	데이터 활용 가능성 및 모형 적용 변수의 타당성 검토	100	■ 교통사고 위험과 관련한 기존 연구들을 검토하고 교통사고에 영향을 주는 데이터를 수집 및 데이터 간 연계기술을 개발함 ■ 통합 데이터를 활용하여 교통사고 위험과의 관계 분석을 함으로써 사고 영향 변수로서의 활용 가능성과 타당성을 검토함
	교통안전시설 현황 조사 및 효과분석 대상 선정	100	■ 교통안전시설 효과 분석 대상을 선정하기 위해 대구광역시 주요 교통시설물 현황을 조사하였고 실제 대구광역시에서 문제가 될 것으로 판단되는 효과분석 대상 시설을 선정함
	교량시설물 Inventory DB구축	100	■ 대구광역시 지진취약도 함수 개발 및 피해 인덱스 DB 구축을 수행하기 위해 교량 구조형식에 따라 분류하여 Inventory DB를 구축함
2 차 년 도	데이터 마이닝 기법을 이용한 교통사고 위험도 예측 기술 개발	100	■ 실시간 교통자료 및 사고 위험요인 간의 복합적 상관관계를 반영한 모형 구조를 도출하였으며, 대구광역시 내 링크정보를 활용하여 특정 도로 기하구조에 대한 위험도를 예측할 수 있도록 설계함
	교통안전시설 효과분석 방법론 개발 및 효과검증	100	■ 교통안전시설 중 무단횡단방지시설과 무인과속단속카메라 설치에 따른 사고 변화를 분석하였으며, 각 교통안전시설물이 사고에 미치는 효과를 수치화하여 제시함
	교량 피해도 예측 기술 개발 및 중요도 결정	100	■ 대구시 대표 교량(아양교)에 대한 해석 모델링 구축 ■ Pushover 해석을 통하여 3단계의 한계상태를 정의하였으며, 이 결과 값을 적용하여 비선형 시간이력해석을 통해 지진취약도 분석을 수행함 ■ 대구에 발생 가능한 지진을 선정하여 비선형 시간이력해석을 수행하였으며, 교량의 시스템 수준에 대한 지진응답을 평가함
3 차 년 도	실시간 데이터 적용 알고리즘 개발 및 교통사고 위험도 알고리즘 개선	100	■ 개발 모델의 성능을 향상시키기 위해 변수를 추가하거나 재조정하는 과정을 거쳐 변수 선정 기준을 마련하고, 개발 알고리즘의 특성을 반영한 평가 척도들을 검토하여 적합한 척도들을 선정함 ■ 선정한 평가 척도들을 기준으로 고도화 알고리즘의 성능을 검증한 결과, 4차 연도(2017) 개발 알고리즘보다 향상된 성능을 나타냄

	교통안전시설의 효과에 따른 활용방안 구축	100	■ 대구광역시 전체로 연구의 범위를 확장하여 연구 결과를 보완하였고 군집분석을 통해 도로 특성별로 시설 설치에 따른 효과를 정량적으로 산출함 ■ 연구 결과로 시설 설치 가이드라인을 작성하였고, 실제 실무자들이 가이드라인을 참고하여 시설을 설치할 시 시설 설치로 인한 효과를 증대시킬 것으로 기대됨
	유사시 교통관리계획 운영체계 구축	100	■ 현실모사를 위한 네트워크 정산(현행화)을 시행하고 교량 차단 전·후 네트워크 혼잡비용을 산출하여 교통관리계획(TMP)의 효과를 분석하였음 ■ 유사시(재난 상황 시) 도로 네트워크의 피해정도에 따라 대구시 공무원이 대처할 수 있는 교통관리 의사결정 알고리즘을 도출함
4차년도	실시간 교통사고 위험도 예측 시스템 구축	100	■ 간선도로별 도로 링크의 교통사고 위험 확률을 예측할 수 있도록 하고, 개발 알고리즘을 시스템에 탑재함 ■ 단계별로 검증 시나리오를 마련하여 알고리즘을 개선할 있도록 함
	교통안전시설물 효과분석 시스템 구현	100	■ 무단횡단방지시설과 무인과속단속카메라의 정량적인 설치 효과를 근거로 하여 연구 성과인 가이드라인과 효과 분석 프로그램을 개발함 ■ 실제 업무를 담당하는 실무자들을 대상으로 내용의 적절성과 의견을 수렴하고 실무 활용을 위한 홍보를 추진
	TMP 운영 가이드라인 작성	100	■ 지자체 실무진들을 대상으로 내용의 적절성과 의견을 수렴하여 타 지자체에서 활용 가능한 표준화된 가이드라인을 제시함 (달성도 100%)
5차년도	모니터링 결과 검토 및 알고리즘 재점검	100	■ 시스템에 적용한 알고리즘 결과를 모니터링하고, 시간 산출 등 개선사항에 대해 보완함
	교통안전시설물 효과 분석 실무 활용 가능성 검토	100	■ 본 연구의 성과물인 설치 가이드라인을 활용하기 위해 실무자들의 입장에서 반영되어야 할 내용을 가이드라인에 추가함으로써 실무 활용성을 높임
	유사시 교통관리계획(TMP) 운영 가이드라인 활용 가능성 검토	100	■ 담당 실무진과의 공청회를 통해 교통 환경 및 지리적 여건을 고려한 교통관리전략의 활용 가능성과 수립 절차의 적절성을 검토함 ■ 또한 교통 전문가 자문의견을 통해 가이드라인 추가 보완 사항을 도출함 ■ 실무진 의견과 자문의견을 종합적으로 검토하여 가이드라인에 반영함

(2) 공 동 1 : 경로형 교통정보 구축 및 활용 기술 개발

구분	목 표	달성도 (%)	내 용
1 차 년 도	도시부 교통정보 자료 수집 및 가공 체계 분석	100	■ 수집 장치 간 수집 데이터 및 교통정보 가공방법 비교
	기존 교통정보 가공체계간 연계 방안	100	■ 교통정보 가공 체계 간 연계를 통한 경로자료 분석체계 구축 방법론 제시
2 차 년 도	경로형 교통정보 구축 알고리즘 개발	100	■ 경로형 교통정보 구축 알고리즘 개발
	실시간 자료와 패턴 DB 융합 기술 개발	100	■ 실시간 자료와 패턴 DB 융합 기술 기반 링크정보 생성 기술
3 차 년 도	개별 통행자료를 활용한 구간별 통과교통량의 기·종점 산정	100	■ 개별 통행 기종점 추정 및 구간통과 교통량의 기종점 산출
	주요 교통량 유입지점 분석	100	■ 주요 간선도로 교통량 유입지점 분석 및 활용 방안 제시
4 차 년 도	경로형 교통정보 제공 플랫폼 구축 및 모니터링 기술 제시	100	■ 교통 운영자의 의사결정 지원을 위한 교통 상황 모니터링 방법론 제시
	경로형 자료 시각화 및 의사결정 지원 체계 구축	100	■ 교통 빅데이터 기반 신규통행정보 생성 및 시각화
5 차 년 도	경로형 교통정보 분석 기술 안정화	100	■ 교통 운영 의사결정 방법론 및 통행 정보 가공 및 표출 방법론 재점검

(3) 공 동 2 : 교통상황 예측 정보 제공 시스템 구축

구분	목 표	달성도 (%)	내 용
1 차 년 도	네트워크 및 데이터 현황 파악	100	■ 대구시가 제공한 교통 소통데이터(DSRC 데이터)를 검토 및 활용하여 현재 대구시 교통정보 수집 현황을 파악하였고, 도시부 도로의 네트워크 구성과 체계를 파악하였음 ■ 또한 비교통 데이터를 파악하여 이중 기상정보를 본 연구에 활용하였음
	대구시 교통 정체 현황 분석	100	■ 교통 소통자료를 활용하여 반복적으로 정체가 발생하는 요일별-시간별-링크별 속도분석을 통해 대구시내 교통정체 현황 분석과 상습정체 구간을 파악하였음
2 차 년 도	단기 교통 예측정보 생성전략 수립	100	■ k-NN 알고리즘을 기반으로 한 단기 교통 예측 알고리즘은 시간 처짐을 개선하여 도시부내에 사용할 수 있도록 알고리즘 변수를 조정하였음 ■ 최신데이터를 활용하여 당초 질적 목표인 정확도 MAPE기준 20%를 넘어선 15%를 달성하였음
	이벤트에 의한 교통상황 영향 분석	100	■ 반복되는 이벤트로 인한 교통 영향권 설정에 관한 연구로, 개발한 방법론으로 특허출원을 달성하였으며 도로 운영자는 본 방법론으로 사전에 영향권을 파악하여 우회정보를 제공함으로써 사회비용절감에 기여할 수 있을 것으로 기대됨 ■ 또한 현재 대상지인 대구시뿐만 아니라 소통정보와 통제정보만 있다면 타 지자체에도 사용가능하여 그 활용가능성도 우수하다고 판단됨
3 차 년 도	중장기 교통상황 예측정보 생성전략 수립	100	■ 현재 수집되어 축적된 데이터를 필요한 형태로 가공하여 예측알고리즘을 개발함 ■ 일반적인 상황뿐만 아니라, 강우, 명절 등의 이벤트를 반영한 예측이 가능하다는데 의의가 있고, 정확도 역시 상황별로 모두 목표치인 오차율 20%이하를 달성하였음
	예측 정보 제공을 위한 단기, 중장기 예측 정보 융합 연구	100	■ 알고리즘을 실제 시스템에 반영 및 서비스할 때 발생하는 문제점을 해결하기 위한 연구로, 서로 다른 방법론으로 개발된 단기 및 중장기 예측 알고리즘을 융합하는 연구를 대구시 25개 도도를 대상으로 수행하여 시간 처짐 개선과 목표 오차율 20%이하를 달성하였음
4 차 년 도	교통상황 예측 정보 제공 시스템 구축	100	■ 지금까지 연구개발한 예측 알고리즘을 실제 시스템에 적용하기 위해 서비스 제공 항목에 관해 연구하였고, 구간 예측정보를 제공하기 위해 단순 통행속도를 미래의 구간별 통행시간으로 제공하는 방법을 연구하였으며, 최신동향 검토를 통해 시스템에 제공하고자 하는 정보를 확정하였음 ■ 지금까지 개발한 예측 알고리즘이 시스템에 제대로 반영이 되었는지 알고리즘의 단계별 검토를 공동기관과 협업을 수행하였고, 시스템을 통해 도출한 예측 정확도의 오차율이 목표치인 20%이하를 달성하였음
5 차 년 도	예측 신뢰성 평가 및 그에 따른 예측알고리즘 보완	100	■ 예측 신뢰성 평가 검증을 위해 실시한 드라이빙 테스트 실험을 통해 정확도를 평가하였고, 결과 약 12%의 오차율로 목표치인 20%이하를 달성하였음

(4) 공 동 3 : 교통정보 수집체계 및 정보제공방안 연구

구분	목 표	달성도 (%)	내 용
1 차 년 도	정보연계를 통한 통합교통정보 수집체계 구축	100	■ 누락구간 현황 및 관련 기술 조사 - 정보누락구간 현황조사(달구벌대로 중심) - 정보보완 우선순위 선정을 위한 방법론 검토 ■ 교통정보 누락구간 테스트베드 후보지 선정 - Robust Optimization을 활용한 정보보완 우선순위 방법론 구축 - 대구시 데이터를 활용한 모형 Calibration 및 정보보완 우선순위 선정
	수집인프라 설계 및 최적 교통정보 제공 기술 개발	100	■ 수집인프라 설계안 평가기술 조사 - 국내외 교통정보 수집기술 및 수집기술 별 평가 기술 조사
2 차 년 도	교통정보 누락구간 현황 및 보완 우선순위 선정	100	■ 대구시 교통정보시스템 체계에 대한 분석을 통해 국가표준 노드링크체계 기준의 교통정보 누락구간 현황 제시하고, 국가표준 노드링크체계를 기준으로 달구벌대로 116개 링크 중 76개의 정보누락구간 후보군을 검토하여 당초 목표였던 15개 이상의 누락구간 검토하였음
	정보제공기술 조사	100	■ 정보제공기술 관련 2개 유형별 10건의 국내외 최신 교통정보 제공기술 조사를 수행하였음
3 차 년 도	누락구간 보완기술 고도화 및 수집인프라 설계안 평가계획 수립	100	■ 누락구간 보완알고리즘 고도화 - 2차 현장조사 계획 작성 - 누락구간 알고리즘 보완을 위해 빅데이터를 이용한 데이터 보완 알고리즘 도입 ■ 인프라 설계안 평가계획 수립 - 인프라 설계안 평가항목 세분화 정보제공 서비스 효과평가 - 국내 및 해외의 정보제공 사례 조사, 각 사례별 제공 정보 비교 - 정보제공 서비스 방안 마련을 위한 FGI 진행 작업 준비
4 차 년 도	통합교통정보를 활용한 누락구간 보완 알고리즘 개발	100	■ 2차연도(2017)에 기 개발된 알고리즘 고도화 ■ 네트워크 센서 위치 모형의 경우, 1개의 지점만을 지정하는 모형에서 다수의 지점을 지정할 수 있는 모형으로 고도화 하였으며, 해당 모형에 유전자 알고리즘을 적용하여 빠른 해를 탐색하였고, 빅 데이터를 이용할 수 있게 제작함 ■ 순환형 신경망 알고리즘의 경우, 달구벌대로 전체에 대한 80주간의 데이터를 이용하였고, Hyper-parameter을 최적화하여 높은 정확도를 이끌어 냈으며, 적응성을 높여 다른 데이터 역시 사용할 수 있는 방향으로 고도화함
	통합교통정보 수집 인프라 설계	100	■ 2차연도(2017)에 기 개발된 인프라 설계안 고도화 ■ 평가 항목을 현실화하였고, 평가 기준을 LOS 단위로 신설함. 또한, 항목별 평가를 제안하여 현재 상황의 취약점을 파악할 수 있는 방안을 마련
5 차 년 도	테스트베드 내 알고리즘 적용상황 모니터링 및 보완	100	■ 테스트베드 내 알고리즘 구현 상황을 모니터링하고, 알고리즘 고도화를 통한 특허 관련성과 완료

(5) 공 동 4 : 연구결과 실용화를 위한 테스트베드 구축

구분	목 표	달성도 (%)	내 용
1 차 년 도	기 구축 인프라 및 시스템 현황 분석	100	■ 기 구축 시스템 사업종료 이후 데이터베이스 변경사항을 확인하여 현행 데이터베이스를 분석하고 결과물을 산출물로 작성하고, 시스템 운영 시의 문제점이나 개선사항 등을 시스템 관리자와 운영 담당자들과 면담하여 요구사항을 정리하고, 요구사항을 정의하였음
2 차 년 도	데이터베이스 분석/설계 및 교통정보 데이터베이스 구축	100	■ 현행 데이터베이스 분석/설계 결과를 토대로 구축을 진행하였으며, 지자체의 인프라 확충계획 및 협조체계 구축을 위한 협의를 진행하였음
3 차 년 도	구축 알고리즘을 이용한 시스템 적용기술 개발	100	■ 데이터 전환 및 각 기관의 연구결과 알고리즘을 적용하여 시각화 하는 기술을 개발하였으며 테스트베드 구축계획을 수립하였음
4 차 년 도	교통안전체계 서비스 테스트베드 시스템 개발	100	■ 교통정보 서비스 시스템 개발 및 테스트베드 구축을 완료하고 데이터 검증을 진행하였으며 데이터 시각화 프로그램 및 GS인증 및 S/W등록을 완료하였음
5 차 년 도	테스트베드 운영 및 모니터링	100	■ 테스트베드 내 개발 알고리즘 적용의 적합성 평가 및 시험운영 결과서를 작성하였음

다. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속 연구의 필요성)

- 본 연구는 안전·운영·인프라 측면의 필요 기술들을 개발하고, 자체 검증을 거쳐 테스트베드 적용과 실용화 성과를 거두어 소기의 목적을 달성하였으나, 개발 기술의 상용화를 위해 테스트베드의 사후 효과평가 과정을 필요로 함
- 일부 개발 기술에 대한 검증의 한계점과 후속 연구를 통한 효과평가 방안을 다음과 같이 제시함
 - ‘빅데이터 기반 교통사고 위험도 예측 위험 기술’은 개발 알고리즘을 기술 이전하여 대구 교통센터 상황판을 통해 교통사고 위험도 정보를 제공하고 있으나, 정보 제공 기간이 길지 않아 예방대책으로 인한 사고 감소 효과평가를 수행하는 데에는 한계가 있음
 - 충분한 정보 제공 기간을 둔 이후에 위험도로 대응과 사고 감소를 비교하여 위험도 모니터링에 따른 선제적인 도로관리의 효과분석을 후속 연구로서 수행 가능함
 - ‘경로형 알고리즘 교통정보 구축’은 기종점 통행량에 대한 실측자료의 부재로, ‘개별 통행 자료를 활용한 구간별 통과교통량 기종점 산정’을 검증하는 데에 한계가 있음
 - 대구광역시의 DSRC 시스템은 차량 식별 번호에 대해 고속도로의 DSRC 시스템과 다른 암호화 및 ID부여 체계를 가지고 있어 시외 통행, 외부 유입 차량을 구분하는 데에 어려움이 있으며, 향후 지자체-고속도로 DSRC 시스템 연계에 관한 후속 연구를 통해 보완 가능함
- 또한, 본 연구의 성과를 제고하기 위해 다음과 같은 후속 연구를 제시할 수 있음
 - ‘유사시 TMP 운영체계 구축’은 분석 대상인 대구광역시에서 실시간 교통량 정보 수집체계가 갖추어져 있지 않아 우회 경로 정보를 제공하는 데에 한계가 있음
 - 교통량 정보 수집의 인프라 제약이 해결될 경우, 주변 도로의 교통량 정보를 활용한 최적의 우회경로 분석과 우회경로 정보 제공에 대한 교통 분산 전략 수립에 활용할 수 있음

4. 연구개발성과의 활용 계획

가. 연구개발성과의 활용 방안

(1) 기존 국가 및 지자체 교통정보 등과 연계하여 정보제공방식 개선

- 기존 교통정보 수집 인프라의 활용성을 극대화함으로써 저비용 고효율의 교통관리 체계 및 정보시스템 구축이 가능하고, 대구시 교통정보센터 시스템과의 연계를 통해 즉시 정보 제공이 가능한 형태이므로 개선된 교통정보제공 방식의 특화된 교통정보 제공이 가능함
- 개발 알고리즘을 통해 지도상에 시각화하여 표출하고 시각적 활용성을 높임
- 교통정보 이용자, 운영자의 요구사항을 반영한 교통정보서비스 제공을 통해 서비스 이용 만족도를 증대하고 정보의 전달력을 보완함



<그림 67> 연구개발성과의 활용방안

(2) 지자체 교통정보센터 내 상황판, 운영단말 등을 통한 실시간 모니터링 및 다양한 정책수립에 활용

- 신규 교통정보를 이용하여 시민들에게 교통에 대한 이해를 도울 수 있는 유용한 통행정보 생성에 활용이 가능함
- 교통상황예측 정보 및 교통사고 위험도 정보 제공 시스템을 통해 교통 혼잡 및 교통사고 관리에 대한 선제적 대응 전략 수립에 활용

(3) 개발 매뉴얼의 지자체 활용

- 교통안전시설물 설치 가이드라인 및 유사시 교통관리계획 매뉴얼은 대구광역시 맞춤형으로 개발하여 담당 실무자가 즉시 활용가능하며, 효과적인 시설물 설치와 유사시에 대한 초동대응 가능
- 교통안전시설물 우선순위 선정 개발 프로그램은 고정 예산 대비 시설 설치로 인한 효과를 높일 수 있어 지자체 예산의 효율성 증대를 기대할 수 있음
- 유사시 교통관리계획의 다양한 기법들을 통해 인명 및 재산 피해 경감, 교통사고·통행시간·환경오염 비용 절감 등을 효과적으로 유도 가능함

(4) 대구 ITS 기본계획과의 연계

- 민간정보와의 연계를 통해 공공교통정보의 정밀화로 VMS 안내 자료의 고도화가 가능하며, 최적 센서 위치 선정 기술은 CCTV 추가 설치 시 정보 생성에 적합한 위치 선정에 활용할 수 있음
- 또한, 향후 C-ITS의 V2X 통신 기반 서비스 구현 시 V2X 센서와 자율주행서비스를 위한 정보 수집 센서의 위치 선정에 활용이 가능함

(5) 교통 빅데이터 융·복합 기술 기반 대도시권광역교통 사업 연계

- 다중 센서 및 수단으로부터 수집된 빅데이터 융·복합을 통해 도시부 통행분석 기술을 광역 전단위로 확장 적용이 가능
- 광역거점 통행과 지역 내 통행의 특성을 고려하여 단절 없는(seamless) 광역교통 서비스를 위한 기술적 체계 및 정책 마련

(6) 스마트 교차로 연계 기반의 교통관제 및 운영 전략 수립

- 스마트 교차로의 지능형 CCTV로 수집되는 영상검지 데이터와 경로형 알고리즘의 기종점 데이터 융합을 통해 활용성 극대화 가능
- 교차로별 회전 통행 특성과 기종점 수준의 도시단위 특성을 연계한 교통관제 및 운영 전략을 제시
- 시간에 따른 거시적(macro), 미시적(micro) 통행 특성을 함께 고려함으로써 교통 상황을 체계적으로 진단하고 교차로 신호 최적화, 중·장기 교통계획 등을 통해 도시의 교통 문제 개선 가능

나. 연구개발성과물의 최종수요처 및 활용계획

구분	과제명	최종 성과물	수요처	활용계획
3세부 협동	도시부 간선도로 교통안전체계 구축 기술 개발	빅데이터 기반 교통사고 위험도 예측 기술	국토교통부/ 지방자치단체	- 지자체 교통시스템과의 연계를 통해 교통관리자가 선제적으로 교통사고 위험에 대응할 수 있도록 정보 제공 - 유사 지자체 등 유관 기관과의 기술지도 및 업무협의를 통해 기술을 연계하고 확장 적용이 가능하며, 향후 V2V 기술과 접목하여 개별차량의 교통사고 위험을 예측하는 등 차세대 ITS에서 활용 가능
		무단횡단 금지시설 설치 가이드라인	국토교통부/ 지방자치단체	- 무단횡단 금지시설 설치 지점의 우선순위를 선정하기 위한 참고자료로 활용
		무인단속카메라 설치 가이드라인	국토교통부/ 지방자치단체/ 경찰청	- 무인단속카메라 설치 지점의 우선순위를 선정하기 위한 참고자료로 활용
		유사시 교통관리계획(TMP) 운영 가이드라인	국토교통부/ 지방자치단체	- 유사시 교통관리계획 매뉴얼을 담당 실무자에게 제공함으로써 유사시 초동대응이 가능함 - 또한 유사시 교통관리계획의 다양한 기법들을 통해 인명 및 재산 피해 경감, 교통사고, 통행시간·환경 오염 비용 절감 등을 효과적으로 유도할 수 있음
3세부 공동1	경로형 교통정보 구축 및 활용 기술 개발	경로형 교통정보 제공 플랫폼 구축 및 시각화용 교통정보 모니터링 기술 제시	국토교통부/ 지방자치단체	- 기존 교통정보 자료수집 체계 간 연계 활용을 통한 데이터 신뢰도 및 효율성 개선 - 경로형 교통자료 및 모니터링 기술을 활용한 중·장기 교통 운영 정책 제시

3세부 공동2	교통상황 예측 정보 제공 시스템 구축	단기 및 중장기 예측 알고리즘	국토교통부/ 지방자치단체	- 대구광역시의 교통정보를 활용하여 예측 시스템에 활용 - 향후, 전국 각 지자체 및 고속도로의 경로형 교통정보를 활용하여 예측 정보 생성 및 제공 가능 - 교통예측정보를 활용한 ICT 분야의 새로운 시장 구축 및 비즈니스 모델 개발 기반 제공
3세부 공동3	교통정보 수집체계 및 정보제공방안 연구	- 통합교통정보 수집인프라 설계안 구축 및 평가기술 - 민간 등 외부데이터를 활용한 통합 교통정보 수집전략 - 교통 관련 서비스 이용효율 극대화를 위한 최적 정보제공 기술	국토교통부/ 지방자치단체/ 교통정보 수집·관리 기관/ 교통정보 수집 인프라 설치 기관	- 대구광역시 ATMS 3단계 구축사업의 수집 인프라 설계안 구축에 반영 - ATMS의 민간데이터 연계를 통한 공공 교통정보의 고도화 - 교통정보 제공기술 서비스 평가 및 개선방안 제시
		- 누락구간 보완 기술	국토교통부/ 지방자치단체/ 경찰청	- 기존 UTIS에 개선방안 반영 - 빅데이터를 이용한 음영 데이터 예측 및 고도화 - 정보생성에 적합한 CCTV 위치선정 - VMS 안내자료 고도화 - 안전서비스 제공을 위한 기반정보 누락구간 정보생성을 위한 알고리즘에 활용 - V2X 서비스를 위한 센서의 최적 설치 위치 선정에 활용
3세부 공동4	연구결과 실용화를 위한 테스트베드 구축	소프트웨어 (교통정보제공솔루션 v.1.0)	국토교통부/ 지방자치단체	- 연구를 통해 개발된 교통 관련 알고리즘의 성능과 효과를 검증하거나, 타 지자체나 공공기관 등 현재 운영 중인 시스템에 반영 가능하도록 이식성과 호환성을 고려한 교통정보제공 솔루션 제공

붙임. 참고문헌

1. Abdel-Aty, M. A., & Pemmanaboina, R. (2006). Calibrating a real-time traffic crash-prediction model using archived weather and ITS traffic data. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 7(2), 167-174.
2. Abdel-Aty, M., Uddin, N., & Pande, A. (2005). Improving safety and security by developing a traffic accident prevention system
3. Anbazhagan, P., Srinivas, S., & Chandran, D. (2012). Classification of road damage due to earthquakes. *Natural hazards*, 60(2), 425-460.
4. Anderberg, M. R.(1973). "Cluster Analysis for Applications, Monographs and Textbooks on Probability and Mathematical Statistics"
5. Anowar, S., Alam, M. D., & Raihan, M. A. (2008). Analysis of accident patterns at selected intersections of an urban arterial. In *Proceedings of the 21st ICTCT Workshop*. Melbourne, Australia.
6. Bae, W. S., & Roh, S. W. (2005). A study on k-means clustering. *Communications for Statistical Applications and Methods*, 12(2), 497-508.
7. Basöz, N. I., Kiremidjian, A. S., King, S. A., & Law, K. H. (1999). Statistical analysis of bridge damage data from the 1994 Northridge, CA, earthquake. *Earthquake Spectra*, 15(1), 25-54.
8. Bauer, K. M., Harwood, D. W., Hughes, W. E., & Richard, K. R. (2004). Safety effects of narrow lanes and shoulder-use lanes to increase capacity of urban freeways. *Transportation Research Record*, 1897(1), 71-80.
9. Calgary (2016). *Temporary Traffic Control Manual*.
10. California department of transportation (2015), *Transportation Management Plan Guidelines*.
11. Chung, K., & Ragland, D. R. (2009). "The continuous risk profile approach for the identification of high-risk locations on urban arterials"

- cation of high collision concentration locations on congested highways” , In Transportation and traffic theory 2009: golden jubilee (pp. 463-480), Springer, Boston, MA.
12. Chung, K., & Ragland, D. R. (2009). The continuous risk profile approach for the identification of high collision concentration locations on congested highways. In Transportation and Traffic Theory 2009: Golden Jubilee (pp. 463-480). Springer US.
 13. Davis, G. A. (2000). Accident reduction factors and causal inference in traffic safety studies: A review. *Accident Analysis & Prevention*, 32(1), 95-109.
 14. El-Basyouny, K., & Sayed, T. (2009). Urban arterial accident prediction models with spatial effects. *Transportation research record*, 2102(1), 27-33.
 15. Elvik, R. (2002). The importance of confounding in observational before-and-after studies of road safety measures. *Accident Analysis & Prevention*, 34(5), 631-635.
 16. Federal Highway Administration (2005). Developing and Implementing Transportation Management Plans for Work Zones.
 17. Hauer, E. (1997). Observational before/after studies in road safety. estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety.
 18. Hauer, E., & Persaud, B. (1997). Safety analysis of roadway geometric and ancillary features (No. Research Report).
 19. Hirst, W. M., Mountain, L. J., & Maher, M. J. (2004). Sources of error in road safety scheme evaluation: a quantified comparison of current methods. *Accident Analysis & Prevention*, 36(5), 705-715.
 20. Hwang, H., Jernigan, J. B., & Lin, Y. W. (2000). Evaluation of seismic damage to Memphis bridges and highway systems. *Journal of Bridge Engineering*, 5(4), 322-330.
 21. Kononov, J., & Janson, B. (2002). Diagnostic methodology for the detection of safety problems at intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1784(1), 51-56.

22. Kwon, O. H., Yoon, Y., & Jang, K. (2014). Evaluating the effectiveness of the law banning handheld cellphone use while driving. *Safety science*, 70, 50-57.
23. Li, J., Van Zuylen, H. J., & Wei, G. (2014). Diagnosing and interpolating loop detector data errors with probe vehicle data. *Transportation Research Record*, 2423(1), 61-67.
24. Lin, L., Wang, Q., & Sadek, A. W. (2015). A novel variable selection method based on frequent pattern tree for real-time traffic accident risk prediction. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 55, 444-459.
25. Min, W., & Wynter, L. (2011). Real-time road traffic prediction with spatio-temporal correlations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(4), 606-616.
26. Mun, S. R. (2012). Evaluation of road safety audit on existing freeway by empirical bayes method. *International Journal of Highway Engineering*, 14(2), 117-129.
27. Nour-Eddin, E. F. (2006). Bayesian and evidential approaches for traffic data fusion: methodological issues and case study (No. 06-1510).
28. Oh, J. S., Oh, C., Ritchie, S. G., & Chang, M. (2005). Real-time estimation of accident likelihood for safety enhancement. *Journal of transportation engineering*, 131(5), 358-363.
29. Pascale, A., & Nicoli, M. (2011, June). Adaptive Bayesian network for traffic flow prediction. In *2011 IEEE Statistical Signal Processing Workshop (SSP)* (pp. 177-180). IEEE.
30. Persaud, B. N., Retting, R. A., & Lyon, C. A. (2004). Crash reduction following installation of centerline rumble strips on rural two-lane roads. *Accident Analysis & Prevention*, 36(6), 1073-1079.
31. Persaud, B., & Lyon, C. (2007). Empirical Bayes before-after safety studies: lessons learned from two decades of experience and future directions. *Accident Analysis & Prevention*, 39(3), 546-555.
32. Persaud, B., Lan, B., Lyon, C., & Bhim, R. (2010). Comparison of empirical Bayes and full Bayes approaches for before-after road safety evaluations. *Accident Analysis & Prevention*

n, 42(1), 38-43.

33. Pirdavani, A., Magis, M., De Pauw, E., Daniels, S., Bellemans, T., Brijs, T., & Wets, G. (2014). Real-time crash risk prediction models using loop detector data for dynamic safety management system applications. In Second international conference on traffic and transport engineering (ICTTE). ICTTE Press.
34. Qiu, T. Z., Lu, X. Y., Chow, A. H., & Shladover, S. E. (2010). Estimation of freeway traffic density with loop detector and probe vehicle data. *Transportation Research Record*, 2178(1), 21-29.
35. Roshandel, S., Zheng, Z., & Washington, S. (2015). Impact of real-time traffic characteristics on freeway crash occurrence: Systematic review and meta-analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 79, 198-211.
36. Roy, N., Paultre, P., Proulx, J. (2010). Performance-based seismic retrofit of a bridge bent: design and experimental validation. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 37(3), 367-379.
37. Shen, J., & Gan, A. (2003). Development of crash reduction factors: methods, problems, and research needs. *Transportation Research Record*, 1840(1), 50-56.
38. Shim, J., Yeo, J., Lee, S., Hamdar, S. H., & Jang, K. (2019). Empirical evaluation of influential factors on bifurcation in macroscopic fundamental diagrams. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 102, 509-520.
39. Shinozuka, M., Feng, M. Q., Lee, J., & Naganuma, T. (2000). Statistical analysis of fragility curves. *Journal of engineering mechanics*, 126(12), 1224-1231.
40. Sun, J., & Sun, J. (2016). Real-time crash prediction on urban expressways: identification of key variables and a hybrid support vector machine model. *IET intelligent transport systems*, 10(5), 331-337..
41. Syed, M. E. (2014). Attribute weighting in k-nearest neighbor classification (Master's thesis).

42. Tam, M. L., & Lam, W. H. (2009). Short-term travel time prediction for congested urban road networks (No. 09-2313).
43. Van Erp, P. B. (2015). Incorporating the information and uncertainties of loop-detector and floating car data in freeway traffic state estimation.
44. Van Lint, J. W. C. (2004). Reliable travel time prediction for freeways. Netherlands TRAIL Research School.
45. Wan, P., Wu, C., Lin, Y., & Ma, X. (2016). Optimal threshold determination for discriminating driving anger intensity based on EEG wavelet features and ROC curve analysis. *Information*, 7(3), 52.
46. Westerman, M., Litjens, R., & Linnartz, J. P. (1996). Integration of probe vehicle and induction loop data: Estimation of travel times and automatic incident detection.
47. Wolfe, A. C. (1982). The concept of exposure to the risk of a road traffic accident and an overview of exposure data collection methods. *Accident Analysis & Prevention*, 14(5), 337-340.
48. Xuegang Jeff Ban, Yuwei Li, Alexander Skabardonis & J. D. Margulici (2010). Performance Evaluation of Travel-Time Estimation Methods for Real-Time Traffic Applications, *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 14:2, 54-67.
49. Yang, K., Yu, R., Wang, X., Quddus, M., & Xue, L. (2018). How to determine an optimal threshold to classify real-time crash-prone traffic conditions?. *Accident Analysis & Prevention*, 117, 250-261.
50. 경찰청 (2014). 교통안전표지 일람표.
51. 경찰청. (2017). 보행사고 예방을 위한 안전시설 설치 가이드북
52. 경찰청. (2019). 안전속도 5030 설계·운영 매뉴얼
53. 곽영훈. (2006). Empirical Bayes Method를 이용한 사고 잦은 지점 사전-사후 개선효과 분석에 관한 연구. 한양대학교 석사학위논문.

54. 교육부 (2018). 지진재난 위기대응 실무매뉴얼.
55. 국토교통부 (2018). 도로 공사장 교통관리지침.
56. 국토교통부. (2012). 도로안전시설 설치 및 관리 지침
57. 기상청 (2019). 2018 지진연보.
58. 기상청. https://www.weather.go.kr/weather/earthquake_volcano/scalelist.jsp [검색일자 : 2019년 8월 22일]
59. 기용걸, 안계형, 김은정, 배광수. “UTIS 구간통행속도 결측치 보정모델.” 한국 ITS 학회논문지 10.6 (2011): 63-73.
60. 김정석, 강승림. (2003). 중앙분리대의 사고감소효과 분석에 관한 연구. 대한교통학회지, 21(2), 45-60.
61. 김민경, 강민지, 권오훈, 박신형. (2016). 도로환경변화에 따른 보행자 횡단사고 발생 요인에 관한 연구: 대구도시철도 3호선 하부도로를 중심으로. 대한교통학회 학술대회지, 75, 223-238.
62. 김병환. (2017) 무단횡단 금지시설 개선방안에 관한 연구. 전남대학교 석사학위논문.
63. 김서정. (2009). 고속도로 노면요철포장(Rumple Strips)의 교통사고감소 효과분석. 석사학위논문. 중앙대학교
64. 김성민, 천승훈, 송태진, 김관용. “차량이동경로 데이터를 활용한 Select Link Analysis 에 관한 연구.” 한국 ITS 학회 학술대회 (2017): 429-434.
65. 김시윤, 김승직, & 장준호. (2018). Hazus-MH 방법을 이용한 대구시 교량의 시나리오 지진에 의한 피해 예측. 한국공간구조학회지, 18(4), 89-96.
66. 김은미, & 홍태호. (2015). 불균형 데이터 환경에서 변수가중치를 적용한 사례기반추론 기반의 고객반응 예측. 지능정보연구, 21(1), 29-45.
67. 김종태. (2013). 횡단보도내 야간조명 설치로 인한 보행자 교통사고 방지효과 분석. 석사학위논문. 전남대학교

68. 김종학, 고용석, 김준기. “모바일 빅데이터의 국토교통 분야 활용 및 시사점.” 국토정책 Brief 499 (2015): 1-6.
69. 김형주, 장기태, 권오훈. (2016). Turning Point Analysis 를 이용한 실시간 교통량 변화 검지 방법론 개발. 대한교통학회지, 34(3), 278-290.
70. 대구광역시. “2017년 교통 관련 기초조사 (II) - 교통량 및 차량속도 조사.” 대구경북연구원 (2017): 53-6270000-000203-11.
71. 도로교통공단 TAAS 교통사고분석시스템 (<http://taas.koroad.or.kr>)
72. 박민호, 박규영, 장일준, 이수범. (2006). 중앙분리대 설치에 따른 사고전환효과 분석. 대한교통학회지, 24(2), 113-124.
73. 박민호, 박규영, 장일준, 이수범. (2006). 중앙분리대 설치에 따른 사고전환효과 분석. 대한교통학회지, 24, 113-124.
74. 박준태, 홍지연, & 이수범. (2010). 기상특성에 따른 교통사고 안전성 평가지표 개발: 고속도로를 대상으로. 대한교통학회지, 28, 157-163.
75. 백승엽. (2012). 무단횡단교통사고 예방대책에 관한 연구. 서울시립대학교 박사학위논문.
76. 백태현, 손슬기, 박병호. (2016). 공간적 특성을 고려한 어린이 교통사고 모형 개발. 대한교통학회지, 34, 489-498.
77. 여화수. (2017). 교통 빅데이터를 활용한 교통상태예측시스템의 미래. 월간교통, 23-27.
78. 연지윤, 김현미, 김원규. “무선통신기반 교통정보수집체계하에서의 차량주행궤적정보 결측치 보정방안.” 대한교통학회지 27.4 (2009): 175-181.
79. 윤여일, 이수범, 이준범, 박길수, 문정식. (2017). 교차로에서의 도로·교통안전시설물의 교통사고 감소효과도 추정. 대한교통학회지, 35(2), 129.
80. 이동민, 강재홍, 성낙문, 정봉조. (2007). C-G Method를 이용한 고속도로 노면요철 포장의 교통사고감소 효과분석. 한국도로학회논문집, 9(2), 77-87.
81. 이민영(2009). “2단계 군집분석 방법의 이론 고찰과 응용방안” , 중앙대학교 석사논문

82. 이수일, 김태호, 정국영. (2008). Bayesian 방법을 이용한 노면요철포장 설치에 따른 사고전환 효과분석. 서울시연구, 9(4), 185-197.
83. 임상미(2018), KNN(K-nearest neighbors) 기반 음악 매칭 애플리케이션을 이용한 사운드 아트, 중앙대학교, 석사학위논문)
84. 임성한. “지점 및 구간검지기 자료 융합을 통한 통행시간 예측.” 서울시립대학교 대학원 박사학위 논문 (2011).
85. 전광성, 황규백 (2008). 대규모 데이터를 위한 k-최근접 이웃 학습 기반의 효율적인 협력적 여과 기법. 한국정보과학회 학술발표논문집, 35(1C), 376-380.
86. 정연식, 최기주. “GPS probe 및 루프 검지기 자료의 융합을 통한 통행시간추정 알고리즘 개발.” 대한교통학회지 17.3 (1999): 97-116.
87. 천승훈, 김찬성, 김진우, 김성민. “빅데이터와 KTDB Lab platform.” 월간교통 (2015): 56-62.
88. 천승훈, 김현명. “카 내비게이션 자료의 교통분야 활용방안.” 월간교통 (2013): 54-59.
89. 최언숙, & 조성진. (2011). 최적의 상호상관관계를 갖는 이진 수열의 설계. 한국전자통신학회 논문지, 6, 539-544.
90. 한국개발연구원 (2008). 도로·철도부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판).
91. 한국교통연구원 (2012). 국가도로교통방재체계 구축방안.
92. 한국교통연구원 (2017). 대중교통 기반의 지진 대응 긴급 수송대책 분석.
93. 황인선. (2014). 무인교통단속장비 설치운영 및 설치 전·후 효과 분석에 관한 연구. 석사학위논문. 아주대학교

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술지역특성화 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술지역특성화 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.