

14PTSI-
C063443
-03

교통상황
예측기술
개발
최종보고서

2016

국토교통과학기술진흥원
국토교통부

국토교통 R&D Report

보안과제(), 일반과제(○) / 공개(○), 비공개()
국토교통기술연구개발사업 제3차년도 최종보고서

R&D / 14PTSI-C063443-03

교통상황 예측기술 개발 최종보고서

2016 . 6.

주관연구기관명 / 한국교통연구원
공동연구기관명 / (주)엘비씨소프트
(주)유투앤소프트
목원대학교
한양대학교
한국과학기술원

국토교통부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

본 보고서를 “교통상황 예측기술 개발”(개발기간 : 2012. 08. ~ 2015. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016 . 06

주관연구기관명 : 한 국 교 통 연 구 원 (대표자) 이창운



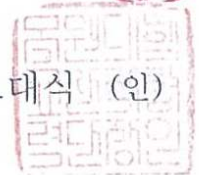
공동연구기관명 : (주) 엘 비 씨 소 프 트 (대표자) 이옥수



(주) 유 투 앤 (대표자) 오 승



목 원 대 학 교 산 학 협 력 단 (대표자) 고대식



한양대학교 에리카산학협력단 (대표자) 이지형



한 국 과 학 기 술 원 (대표자) 강성모



주관연구책임자 : 한 국 교 통 연 구 원 김영호

공동연구책임자 : (주) 엘 비 씨 소 프 트 권오영

(주) 유 투 앤 소 프 트 오 승

목 원 대 학 교 박은미

한 양 대 학 교 오 철

한 국 과 학 기 술 원 장기태

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	14PTSI-C06 3443-03	해 당 단 계 연 구 기 간	3	단 계 구 분	3/3
연 구 사 업 명	중 사 업 명	교통물류연구사업			
	세부 사업명	교통연구물류(R&D)			
연 구 과 제 명	대 과 제 명	교통상황 예측기술 개발			
	세부 과제명	교통상황 예측기술 개발			
연 구 책 임 자	김영호	해당단계 참 여 연구원 수	총: 28명 내부: 28명 외부: 명	해당단계 연 구 개 발 비	정부:600,000천원 민간:200,000천원 계:800,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 36명 내부: 36명 외부: 명	총 연구개발비	정부:1,998,000천원 민간:666,667천원 계:2,664,667천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국교통연구원 도로교통본부			참여기업명 (주) 유투앤소프트 (주) 엘비씨소프트	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위 탁 연 구	연구기관명:			연구책임자:	
요약				보고서 면수	
본 연구의 목표는 미래에 발생할 이벤트가 교통흐름에 미치는 영향을 예측하여, 지자체가 보유하고 있는 교통 정보 제공 시스템에 교통상황 예측 정보를 제공할 수 있도록 예측 교통정보를 산출하고 제공할 수 있는 기술을 개발하는 것이다. 미래에 발생할 이벤트(교통수요변화, 기상변화, 공사, 행사, 사고, 돌발 상황)가 교통 흐름에 미치는 영향을 사전에 예측하여 도로운영자가 선제적 교통제어전략(교통정보제공 등)을 수립할 수 있도록 미래 교통상황에 대한 예측정보를 산출하고 제공하는 교통상황예측 정보 제공 시스템을 개발하였다.				100page	

〈 요약문 〉

연구의 목적 및 내용	본 연구의 목표는 미래에 발생할 이벤트가 교통흐름에 미치는 영향을 예측하여, 지자체가 보유하고 있는 교통 정보 제공 시스템에 교통상황 예측 정보를 제공할 수 있도록 예측 교통정보를 산출하고 제공할 수 있는 기술을 개발하는 것이다. 미래에 발생할 이벤트(교통수요변화, 기상변화, 공사, 행사, 사고, 돌발 상황)가 교통 흐름에 미치는 영향을 사전에 예측하여 도로운영자가 선제적 교통제어전략(교통정보제공 등)을 수립할 수 있도록 미래 교통상황에 대한 예측정보를 산출하고 제공하는 교통상황예측 정보 제공 시스템을 개발하였다.				
연구개발성과	본 연구개발을 통해 제작한 최종 성과물은 교통상황 예측시스템으로, 지자체 ITS센터 등에서 시스템을 설치하여 미래 교통상황을 예측할 수 있는 소프트웨어 패키지를 제공한다. 현재 서울시 7개 도시고속도로를 대상으로 실시간 서비스가 제공되고 있다. 교통상황 예측 정보는 단기예측정보와 중·장기 예측정보로 구분된다. 단기예측 정보는 실시간(현재로부터 과거 30분) 교통 상황의 패턴을 반영하여 현재 시간을 기준으로 향후 1시간 이내를 예측하여 정보를 제공한다. 보다 정확한 단기예측정보를 위해 시·공간을 모두 고려하는 Modified K-Nearest Neighbor(KNN)이 개발되었다. 반면, 중·장기 예측정보는 실시간 교통 패턴을 반영하는 단기예측정보와 달리 요일별, 휴일별, 기상상황별로 구분된 패턴에 따른 최근 10일치 자료의 중간값(Median)을 사용한다. 이와 같이 예측된 단기예측정보와 중·장기예측정보를 기반으로 이용자에게 정보 제공시 두 정보가 일정 비율로 혼합된 정보(속도)를 사용한다. 이는 예측 1시간 전·후에서 단기예측정보와 중·장기예측정보의 차이를 줄여주며 예측 정보의 정확성을 향상 시켜주었다. 또한, 본 연구에서는 교통 상황에 영향을 미치는 이벤트 (기상, 공사 등)에 대한 예정정보를 활용하여 미래 교통상황에 대한 예측정보를 산출하는 알고리즘이 개발되었다. 기상을 반영한 예측 알고리즘은 예측 강우량과 관측 강우량을 바탕으로 중·장기 예측정보를 생성하며, 공사 알고리즘은 예측공사시간과 패쇄 차로수를 바탕으로 발생하는 정체를 예측 정보에 반영하였다. 개발된 모든 알고리즘은 실제 데이터를 바탕으로 정확도 검증이 이루어졌다.				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	본 연구를 통하여 개발된 교통상황 예측정보 제공 시스템은 교통정보센터에서 용이하게 활용할 수 있도록 실시간 교통정보제공을 위한 자료 가공 및 제공 방식과 동일하게 구축되었다. 실시간 정보에 기반을 둔 사후적인 교통관리 (reactive traffic management) 방식에서 예측정보를 통한 사전적 혼잡관리 (proactive traffic congestion management) 방식으로 전환하여 도로교통 운영 및 관리를 보다 효율적으로 수행하여 매년 30조원에 달하는 교통혼잡비용을 일부 저감할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 교통상황 예측정보는 스마트폰과 같은 모바일 디바이스 기반 환경에서 다양한 정보와 융합하여 이용될 경우 대중교통분야나 물류분야 등 다양한 사업 영역에서 막대한 경제적 가치를 창출할 수 있을 것으로 기대된다.				
중심어 (5개 이내)	교통 상황 예측 시스템	단기 예측	중장기 예측	선제적 교통제어 전략	빅데이터

◀ SUMMARY ▶

Purpose& Contents	There have been many approaches implemented in the practice to reduce traffic congestion. Among them efficient utilization of the existing road with traffic demand management is prevailing in most metropolitan cities. As a traffic demand management strategy the provision of predicted traffic information is considered as a viable option. In this research the methodology for the production and dissemination of traffic prediction information is proposed.				
Results	A predicted traffic information provision system is developed considering the future events such as construction, accidents, abrupt change in traffic demands, adverse weather. The traffic prediction algorithm is divided into long-term prediction and short-term prediction. The long-term prediction is made based on reproducible travel patterns using travel speeds collected on days with similar attributes. Meanwhile, the short-term prediction is included to reflect the variation of real-time traffic speeds by matching the currently observed traffic speed with the most similar historical data using K-nearest neighbor algorithm. The long-term prediction and long-term prediction is combined using a weight function. The weather information like forecast information and precipitation data is used for the traffic prediction for the rainy weather. The road construction data like construction period and the number of lanes closed are used to consider the impact by road construction on the future traffic conditions. The performance of the algorithm is evaluated using real data collected from the urban expressway network in Seoul Metropolitan City. The evaluation shows promising results for the applicability of this method in practice.				
Expected Contribution	The predicted traffic information provision system developed in the research is compatible with the traffic information provision system working in the traffic information center at the moment. The real time traffic forecast service for the urban expressways is currently in operation and the service will be expanded for the urban arterial roads in the near future. The developed system is useful for the proactive traffic management strategy and might save socio-economic costs which amount to \$ 25 billion every year. Moreover, the predicted traffic information combined with other big data can create added value in various areas like public transit and logistics using mobile devices.				
Keywords	Traffic prediction system	Short-term prediction	Long-term Prediction	Proactive traffic control	Big data

<Table of contents>

Chapter 1. Introduction	1
1. Research needs	1
2. Research objectives	2
3. Research scopes	3
 Chapter 2. State of the art	 4
1. Technology trend	4
2. Research trend	15
3. Patent trend	21
4. Policy trend	23
5. Implications	25
 Chapter 3. Research contents	 26
1. Research organization and strategy	26
2. Research contents	35
3. Research achievements	47
 Chapter 4. Research milestones and contributions	 84
1. Milestone accomplishments	84
2. Contributions	87
 Chapter 5. Applications and further research	 91
1. Applications	91
2. System Specifications	95
3. Further research	96
 Chapter 6. Representative research achievements	 98
 Chapter 7. References	 99

〈목 차〉

제1장 연구개발과제 개요	1
제1절 연구개발의 필요성	1
제2절 연구개발의 목적	2
제3절 연구개발의 범위	3
제2장 국내외 기술개발 현황	4
제1절 국내외 교통상황 예측정보 생성 관련 기술동향 검토	4
제2절 교통상황 예측정보 생성 관련 연구동향 검토	15
제3절 교통상황 예측정보 생성 관련 특허동향 검토	21
제4절 정부지원정책 현황	23
제5절 시사점 및 결론	25
제3장 연구개발 수행 내용 및 결과	26
제1절 연구개발 추진체계 및 전략	26
제2절 연구개발 내용	35
제3절 연구수행 성과 및 검증	47
제4장 목표달성도 및 관련분야 기여도	84
제1절 연차별 성과목표 및 달성도	84
제2절 관련분야 기여도	87
제5장 연구결과의 활용방안 및 추가연구 필요성	91
제1절 연구성과 향후 활용방안	91
제2절 시스템 사양	95
제3절 추가연구 필요성	96
제6장 연구개발과제의 대표적 연구실적	98
제7장 참고문헌	99

제1장 연구개발과제 개요

제1절 연구개발의 필요성

- 현재 교통 혼잡으로 인하여 막대한 사회·경제적 비용이 발생하는 도시권에서 혼잡 비용 절감을 위한 도로인프라 신설·확장은 예산제약 및 도로부지확보 등 측면에서 현실적으로 어려운 상황임
- 우리나라 대도시권에서 도로인프라의 신설 및 확장은 예산제약과 도로부지확보 측면에서 현실적으로 불가능
 - 기 구축된 시설물을 최대한 활용하기 위하여 교통상황 예측정보에 기반한 선제적 교통 제어 및 교통수요 분산 전략 필요
- 통행 중인 차량이 혼잡한 경로를 우회하기 위하여 실시간 정보를 활용하듯이, 통행 시작 전의 차량이 혼잡한 시간대를 피하기 위하여 예측 정보를 활용할 수 있는 여건 제공 필요
- 공공부문에서 다년간 막대한 예산을 투입하여 구축한 검지시스템으로부터 획득된 자료를 활용하여 다양한 부가가치 창출 필요
 - 도로운영자가 활용할 수 있는 선제적 교통운영전략 수립 근거 마련
 - 공공부문이 생성한 교통상황예측정보를 민간부문에 제공하여 신규 비즈니스 모델 개발 및 산업 발전의 토대 마련
- 공공부문 교통예측 정보 제공
 - 모든 국민이 무료로 이용하거나 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
 - 공공부문의 자료 미구축 구간의 경우, 버스나 택시, 통신사등의 민간 자료 활용 가능

제2절 연구개발의 목적

1. 최종목적

- 본 과제의 최종목표는 미래에 발생할 이벤트가 교통흐름에 미치는 영향을 예측하여, 지자체가 보유하고 있는 교통정보 제공시스템에 교통상황 예측 정보를 제공할 수 있도록 예측교통정보를 산출하고 제공할 수 있는 기술 개발
- 미래에 발생할 이벤트(교통수요변화, 기상변화, 공사, 행사, 사고, 돌발 상황)가 교통흐름에 미치는 영향을 사전에 예측하여 도로운영자가 선제적 교통제어전략(교통정보제공 등)을 수립할 수 있도록 미래 교통상황에 대한 예측정보 (도로관리청의 교통정보 생성 및 제공 단위별 통행속도 예측정보)를 산출하고 제공하는 교통상황예측정보 제공 시스템 개발

2. 연구개발단계(TRL, Technology Readiness Level)

- 본 과제의 최종 성과물인 교통상황예측 정보 제공시스템은 3차 년도에 시범사업 대상 지역인 서울시를 대상으로 도시고속도로 7개축을 대상으로 실시간으로 운영되며 사용 가능성을 증명하는 실용화 단계 (TRL-8)에 해당함

<표 1-1> 연구개발 단계(TRL)

구분		표기	단계별 설명	
기초연구 단계	TRL 1	☐	TRL 1	이론적 연구단계
	TRL 2	☐	TRL 2	기술적 개념정립 단계
실험 단계	TRL 3	☐	TRL 3	실험적 증명 단계
	TRL 4	☐	TRL 4	실험실 성능평가 단계
시작품 단계	TRL 5	☐	TRL 5	유사환경 시험 단계
	TRL 6	☐	TRL 6	유사환경 기술시범 단계
실용화 단계	TRL 7	☐	TRL 7	실제환경 시작품 데모 단계
	TRL 8	☒	TRL 8	시제품 설치 및 성능시험 단계
사업화 단계	TRL 9	☐	TRL 9	현장적용/사업화 단계

제3절 연구개발의 범위

1. 연구 범위

- 본 연구에서 개발하는 교통상황예측시스템에서 고려하는 미래의 이벤트는 교통수요의 변화, 기상 변화 (강우조건), 공사, 행사, 사고, 돌발상황 등이 포함됨
- 비교통정보의 취득이 가능한 경우 강설과 안개와 같은 기상변화도 반영하여 교통상황 예측이 확장될 수 있음

2. 테스트베드 범위

- 본 연구에서 개발되는 교통상황예측시스템은 연속류를 대상으로 개발되며 이를 위해 데이터 협조 및 교통예측시스템 시범구축, 효과평가 등을 위해서 지자체와 업무 제휴협약(MOU)을 체결
- 서울시 도시고속도로 7개축인 강변북로, 경부고속도로, 내부순환로, 동부간선도로, 북부간선로, 서부간선로, 올림픽대로에 적용되어 예측정보의 정확도가 검증되며, 도시부 도로 등 단속류에 대해서는 부분적으로 적용 가능성이 평가됨



<그림 1-1> 서울시 7개 도시고속도로

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내외 교통상황 예측정보 생성 관련 기술동향 검토

1. 국내 기술동향 검토

가. 한국도로공사

- 한국도로공사는(<http://www.roadplus.co.kr/>) 실시간 교통정보 및 교통상황예측정보를 생성하여 전국 고속도로를 대상으로 교통정보를 제공하고 있음
- 실시간 교통정보는 고속도로에 설치된 가변전광표지(Variable Message Sign, VMS) 및 인터넷 등 다양한 매체를 통하여 노선별 정체구간 및 구간별 예상통행시간 정보, 연계된 국도/지방도 정체구간 정보를 제공하고 있음
- 교통상황예측정보는 교통예보지원시스템을 구축하여 서울을 기준으로 주요 7개 도시 (목포, 광주, 대전, 대구, 울산, 부산, 강릉)까지 예상소요시간을 매시간대별로 제공하고, 주간 및 월간 예보 정보를 인터넷을 통하여 제공하고 있으나, 교통량과 기상 및 미래에 발생할 이벤트에 대한 영향은 고려하지 않고 과거 통행시간 자료를 바탕으로 산출된 정보를 제공하고 있음

■16시 00분 출발기준(요금소 기준)



본 정보는 교통량과 기상 및 돌발상황 등에 따라 달라질 수 있습니다.

주말 교통예보(9.13~9.14)

- 추석연휴기간 후 첫 주말로 평소 주말 대비 2.2% 감소한 410만대 예상
- 교통상황은 일부 나들이 차량이 예상되나, 평소 주말보다 원활
- 2만원대 '하이패스 행복단말기' 출시
- 9월 1일부터 2만원대 '하이패스 행복단말기' 100만대 한정 판매중

교통량 (단위:만대)		
구 분	토요일	일요일
전국교통량	410	337
수도권 ⇒ 지 방	42	33
지 방 ⇒ 수도권	40	37

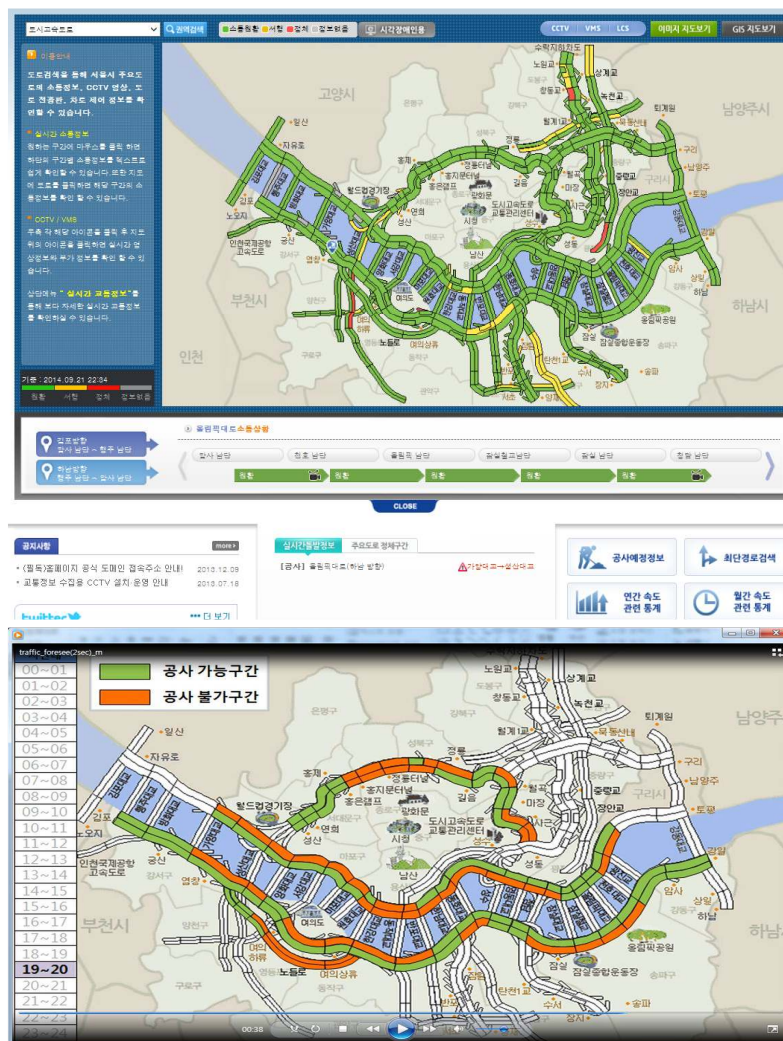
소요시간					
구 분	서울-대전	서울-강릉	서울-부산	서울-광주	서울-목포
토요일 지방방향	2:20	3:40	5:30	4:10	4:30
일요일 서울방향	2:00	3:30	4:30	3:10	5:00



<그림 2-1> 한국도로공사 교통상황예측정보 제공

나. 서울도시고속도로 교통정보

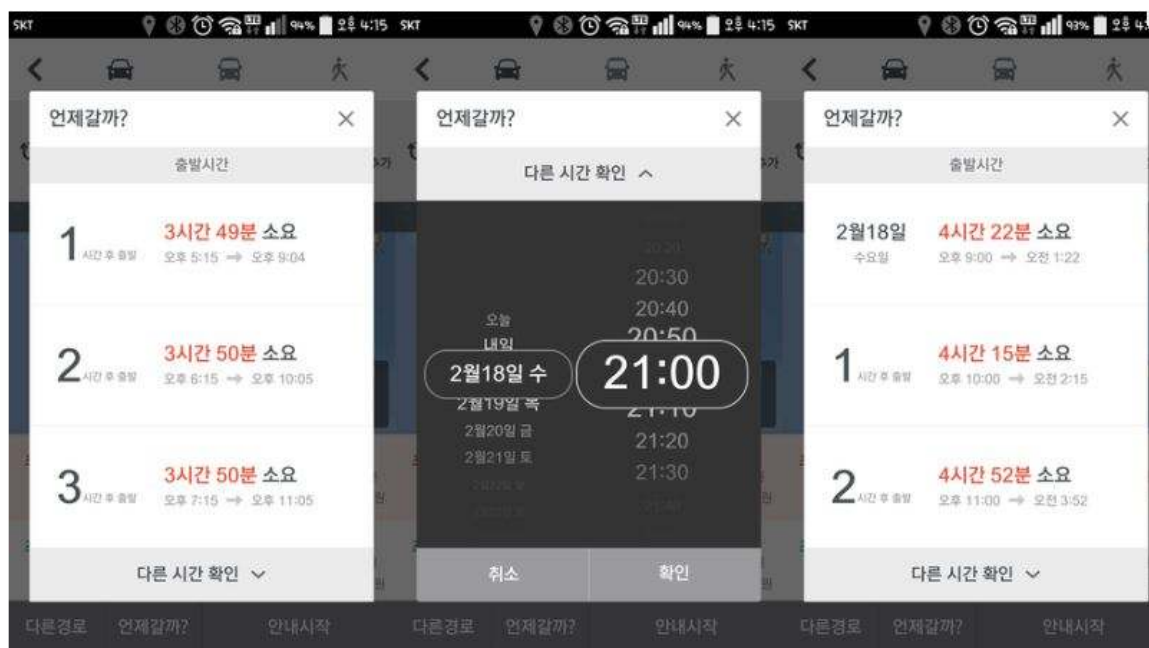
- 서울도시고속도로 교통정보(<http://www.smartway.seoul.kr/>)에서는 수집 및 제공된 실시간 교통소통 정보를 패턴화하여 소통통계정보를 제공함
- 한국도로공사의 패턴 DB와 유사한 DB를 구축하여 교통상황을 예측하는데 활용함
- 대규모 행사, 기상상황, 도로의 공사 정보를 별도로 텍스트화하고 서비스하고 있으나, 교통과 연계하여 각 이벤트로 인한 교통 여파를 분석하여 서비스하는 수준에 이르지 못하고 있음
- 즉, 각 이벤트 별 발생 예정 시간과 장소를 지도가 아닌 별도의 텍스트 정보로 인터넷을 통해 제공하고 있으며, 이용자는 이러한 정보를 기반으로 스스로 통행여부와 통행경로를 결정해야 하는 수준임
- 교통혼잡 및 정체정보를 패턴화하여 예측한 공사가능 시간정보를 시범적으로 제공한바 있음



<그림 2-2> 서울시 도시고속도로 교통정보 제공

다. SK T - Map 언제갈까

- SK 플래닛에서는 모바일 기반의 교통정보 제공서비스로 빠른 길찾기, 실시간 대중 교통 정보 기능, 통합검색 기능 등을 제공하고 있으며, 2012년에 출시된 T-map 4.0 버전에서는 '타임머신'이라는 기능을 통해 이용자가 설정한 기종점의 교통상황예측 정보를 제공하였고, 지금은 '언제 갈까'라는 이름으로 바뀌어 서비스 제공 중
- T-map의 '언제갈까' 기능은 해당 목적지로 특정시간에 도착·출발하기 위해 출발시간 예측·도착시간 예측정보를 제공 중임
- '언제갈까' 기능은 과거의 평균(요일·시간) 교통량을 기준으로 산출된 예측정보로서 과거의 반복적인 교통상황을 기준으로 예측정보를 제공하고 있음
- 그러나 미래에 발생할 것으로 예상되는 이벤트로 인해 비 반복적인 교통상황이 변화할 때 예측정보의 정확도(Accuracy)가 하락한다는 한계점을 보이고 있음

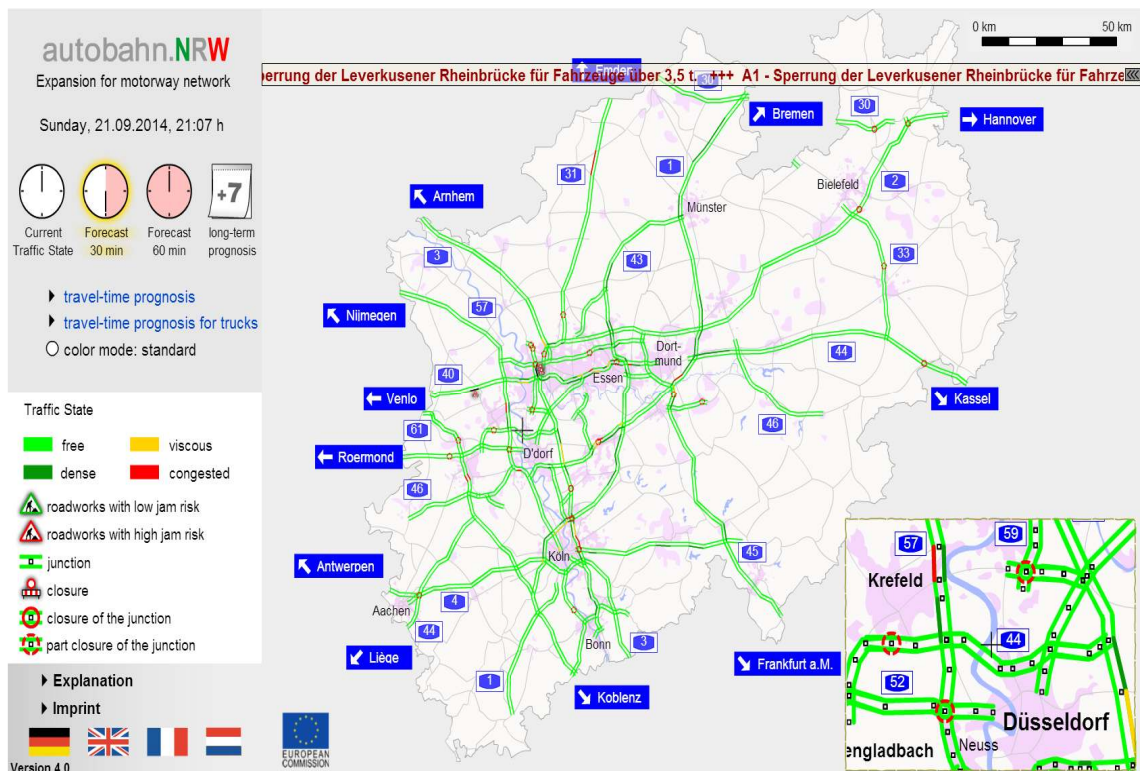


<그림 2-3> 언제갈까 기능 예시화면

2. 국외 기술동향 검토

가. 독일, Autobahn(OLSIM, On-Line traffic SIMulation)

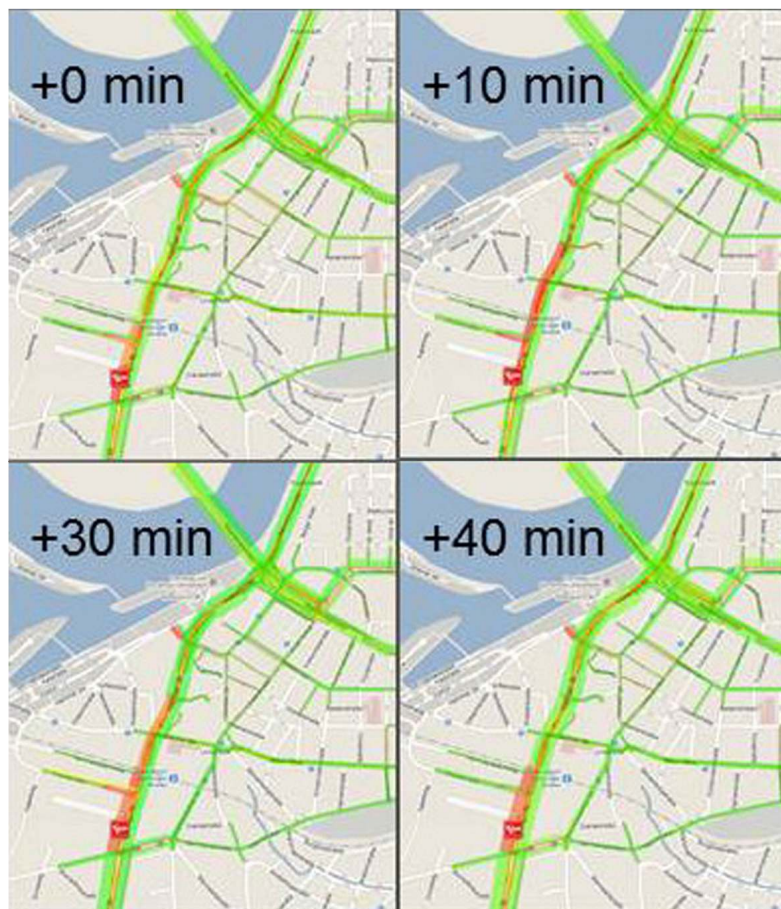
- Autobahn 주변지역의 인구밀도가 높아짐에 따라 교통량의 증가로 인해 발생하는 Autobahn 도로 네트워크의 교통체증을 해결하기 위해 독일 정부의 지원으로 개발된 시스템으로 약 4,000개 루프검지기로부터 데이터를 수집하여 실시간 교통상황 및 30분, 1시간 단위의 교통상황 예측정보 등을 Web을 통해 이용자들에게 제공함
- OLSIM에서는 수집 가능한 다양한 교통정보를 통해 현재 교통상황 및 예측결과를 Java Applet으로 구현된 Web에서 정보를 제공함
- 사고, 도로폐쇄 등의 이벤트 정보를 제공하기 위해 RDS/TMC 데이터가 발생하는 즉시 실시간으로 수집하여 Web으로 제공하고 있으며, 공사정보는 공사기간에 따라 일 단위, 2주 단위로 제공함
- 지도상에 표출되는 정보는 도로상태정보, 공사정보, 도로폐쇄 정보 등이며, 도로상태 정보의 경우 교통상황에 따라 색상으로 구분하며, 공사정보, 돌발상황정보, 도로폐쇄정보는 아이콘으로 표출함
- 공사정보의 경우 교통상황에 미치는 영향에 따라 Low jam risk, High jam risk로 구분하여 표출하고, 다양한 국적의 이용자를 고려하여 4개 언어로 정보 제공



<그림 2-4> 독일의 교통상황예측정보 제공

나. 독일, PTV-OPTIMA

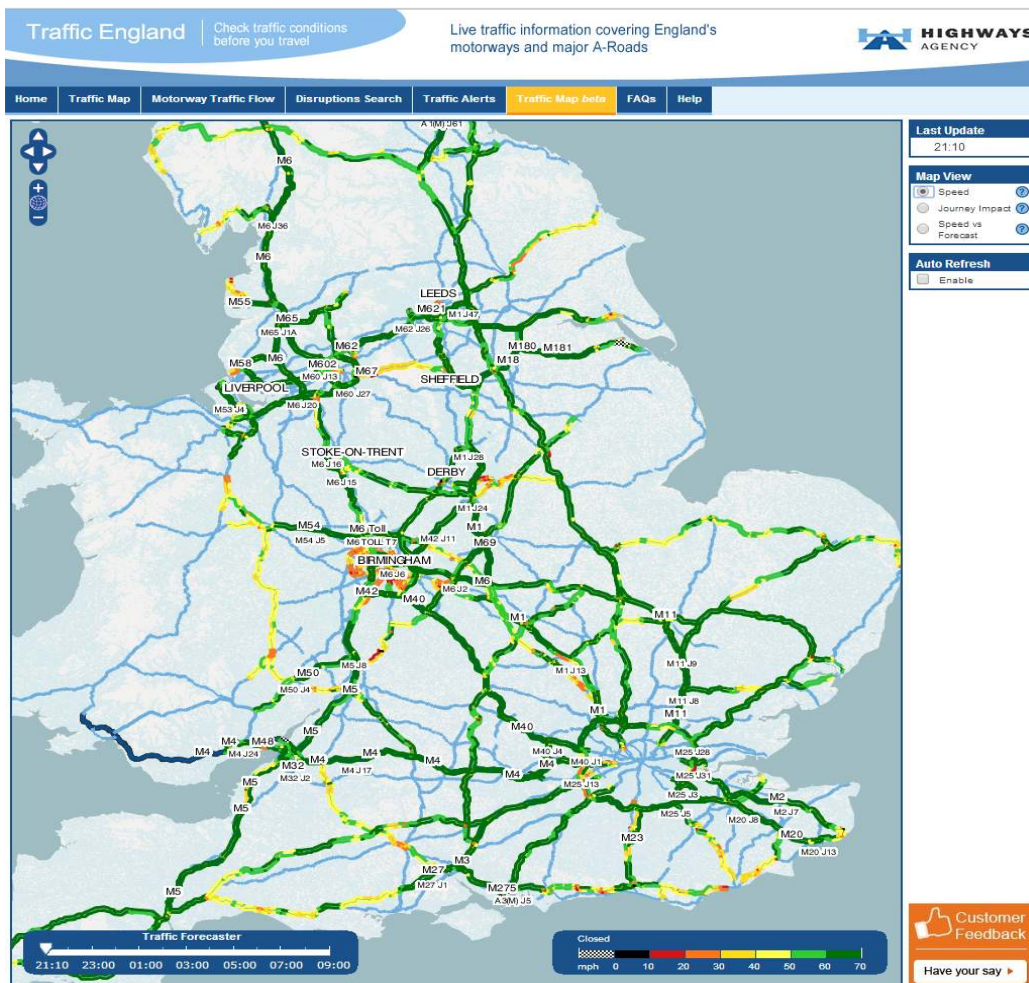
- 독일의 미시 교통류 시뮬레이션 제작 업체인 PTV에서는 실시간 교통상황 및 미래 교통상황을 반영하여 교통제어전략을 평가하기 위하여 PTV-OPTIMA를 개발 중임
- PTV-OPTIMA를 통하여 다양한 교통제어전략이 적용에 따른 미래 교통상황의 변화를 일정 시간 간격으로 확인할 수 있음
- 현재 상용화가 진행되었으며, 예측 정보의 정확도는 미래 시점에 대한 동적 O-D의 정확도에 크게 좌우됨



<그림 2-5> PTV-OPTIMA 서비스

다. 영국, Traffic England

- Traffic England는 영국의 도로관리청(Highway Agency)에서 운영하는 웹사이트로 교통량, 구간 속도, 공사 및 이벤트 정보 등을 웹사이트, 트위터 등을 통해 제공함
- 고속국도 및 주요 국도에 대한 교통정보를 제공하며, 현재의 평균속도, 지체, 사고, 정체, 공사정보, 날씨정보 및 행사 등의 정보를 제공함
- Traffic Map 기능은 지도상에서 현재 도로 소통상태를 표출하며, 아이콘을 활용하여 도로 폐쇄, 사고 및 혼잡 구간, 공사, 날씨, VMS 정보, CCTV 정보 등을 제공함
- 또한, 미래의 도로 폐쇄 정보 및 이벤트, 공사정보 등을 제공하며, 제공되는 각 정보들은 이용자의 선택을 통해 화면에 표출됨
- Traffic Map Beta 메뉴는 현재 개발 중인 메뉴로 지도상에 네트워크 속도 데이터를 표출하고, 이를 12시간까지 예측결과를 표출함
- 또한, 과거 이력 데이터를 이용한 예측된 결과를 현재 속도와 비교하는 기능을 제공하고 있음



<그림 2-6> 영국의 교통상황예측정보 제공

라. 프랑스, Autoroutes

- Autoroutes는 프랑스의 고속도로 운영회사의 연합(ASFA)에서 운영하는 웹사이트로서, 고속도로 이용에 관한 도로·요금·제한속도 등의 정보와 실시간 교통정보 및 기상·사고·영상정보, 교통상황예측정보 등을 제공하고 있음
- 고속국도 실시간 교통정보는 지역별로 현재의 평균통행속도, 지체, 사고, 정체, 공사, 도로정보 등을 지도에 아이콘 및 색상으로 표시하여 제공하고 있으며, 라디오 교통방송과 연계하여 해당정보를 제공하고 있음
- 교통상황예측정보는 현재를 기준으로 4개월 범위까지 정보를 제공하고 있으며, 1시간 간격으로 제작된 애니메이션으로 교통상황의 변화정보를 제공하고 있음
- 지도상에서는 예측된 교통상태별로 혼잡수준을 색상으로 표시하여 제공하고 있으며, 색상으로 표시된 링크를 선택하게 되면 해당 일의 24시간 이내의 교통상태를 혼잡, 정체, 소통원활로 구분하여 정보를 제공함

Traffic forecast



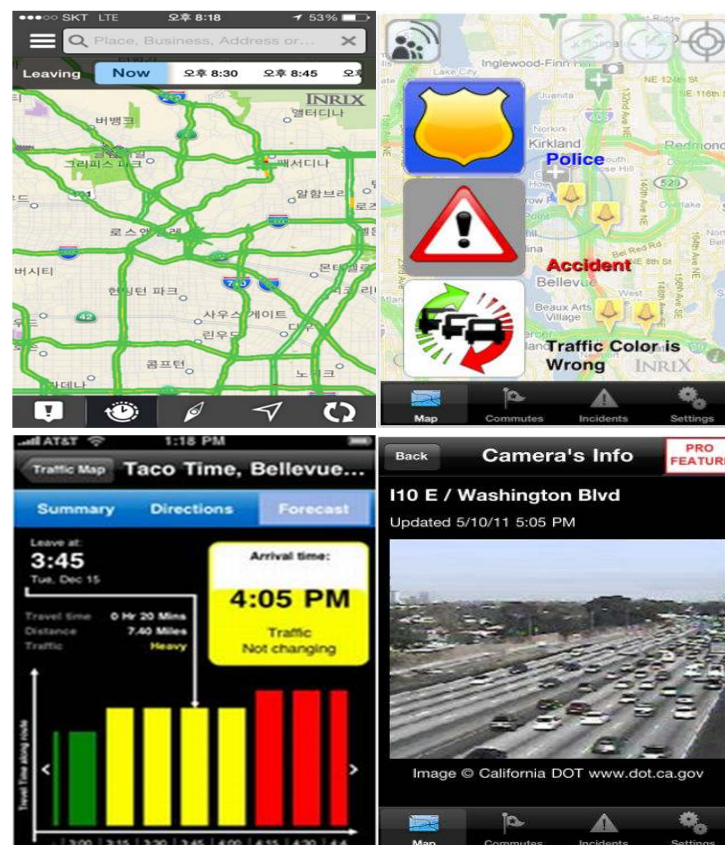
Traffic forecast



<그림 2-7> 프랑스의 교통상황예측정보 제공

마. 미국, INRIX XD-Traffic

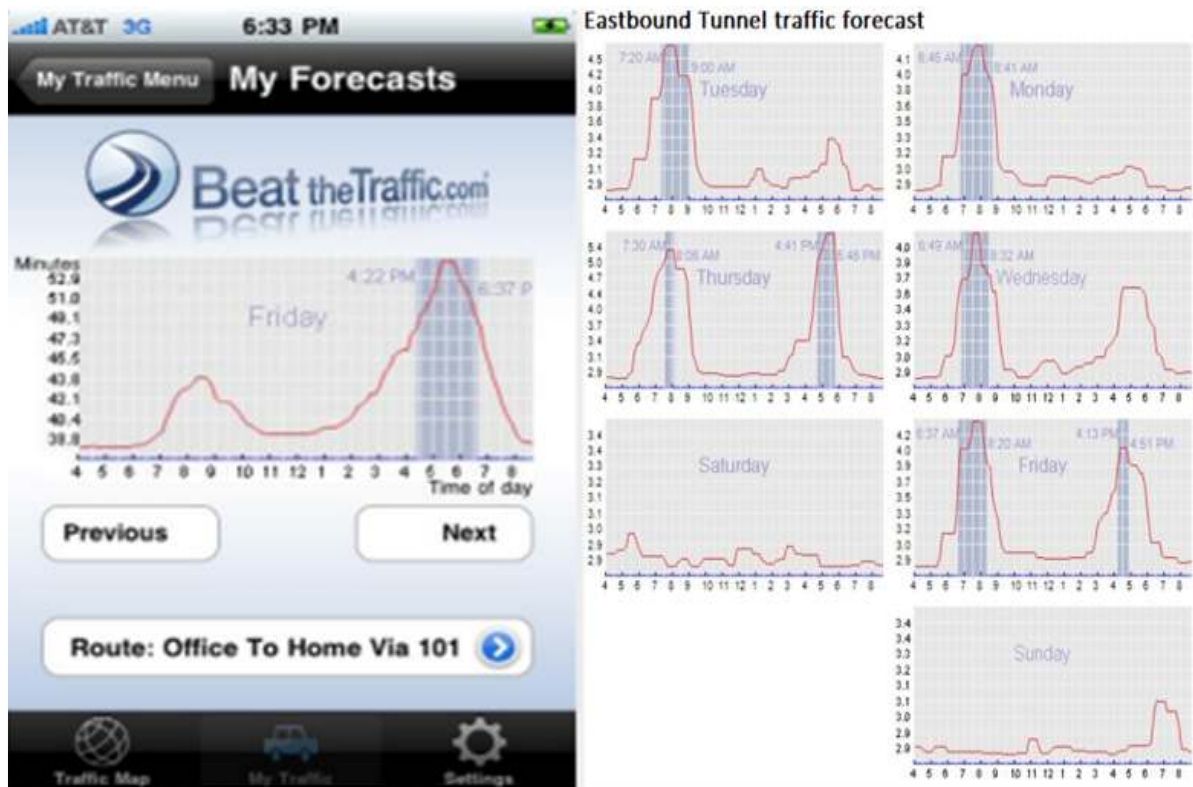
- INRIX는 미국에 있는 교통정보 제공업체로 미국의 100곳 이상의 대도시를 중심으로 실시간 교통흐름정보와 유고정보 등의 교통정보를 5분마다 텔레매틱스 단말에 제공하는 서비스를 실시하고 있으며, 교통 패턴을 분석하여 매 15분마다 앞으로 5일 정도의 미래 교통상황을 예측하고 있음
- INRIX는 고객 차량의 GPS 데이터, Historical 교통 데이터, Fleet 데이터, 주차정보, 모바일 정보, 사고정보, 이벤트 정보, 센서를 통해 수집되는 도로정보, 날씨정보 등을 수집하고, 이를 자체 솔루션을 통해 가공하여 다양한 형태로 이용자들에게 교통정보를 제공함
- INRIX의 Traffic 앱은 실시간 교통소통정보를 제공하며, 매일 24시간까지의 교통 상황예측정보를 제공함
- 유료서비스 이용시 이용자가 기종점 입력시 최적의 출발시각을 예측하여 교통정보를 제공하며, CCTV 화면 정보도 제공하고 있으며, 1년에 약 \$9.99의 이용요금이 발생함
- 또한 Community Traffic Reports 기능을 통해서 사용자가 다른 사용들과 사고나 공사로 인한 정체상황을 즉시 공유할 수 있음



<그림 2-8> INRIX의 교통상황예측정보 제공

바. 미국, Beat the Traffic

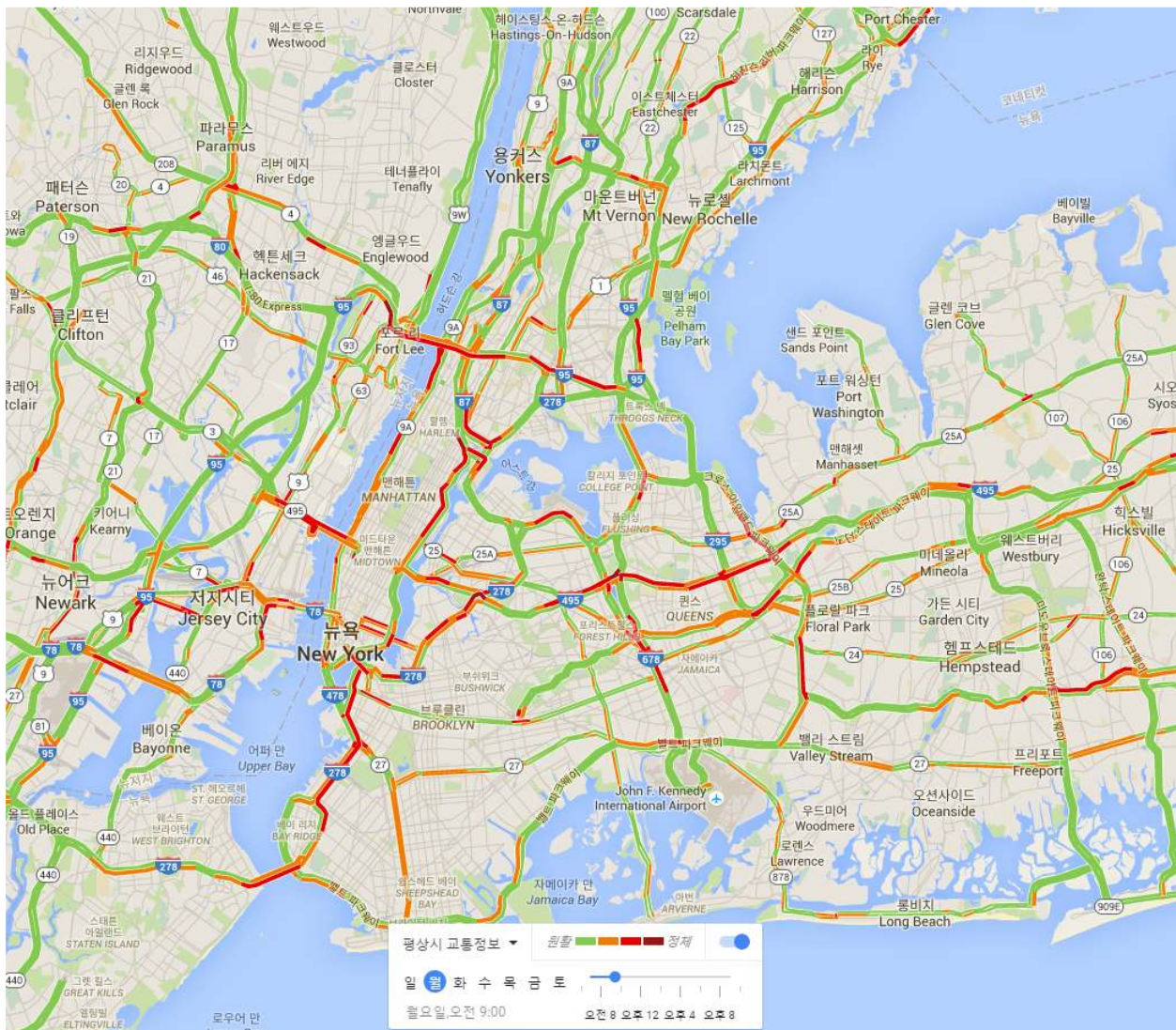
- Beat the Traffic은 미국의 Triangle Software사에서 개발한 앱으로 미국 및 캐나다 지역의 실시간 소통상황 정보를 구글맵을 기반으로 제공하는 시스템임
- Beat the Traffic은 평균속도, 사고, 주변 도로 공사 등의 실시간 교통정보 표출과 CCTV 이미지 화면 표출, 과거 데이터를 기반으로 교통상황예측정보를 제공하고 있음
- 교통상황예측정보는 요일별로 7일을 제공범위로 하고 있으며, 1시간 간격의 정보를 4시~20시까지 정보를 제공함
- 교통상황예측정보는 유료서비스로서, 1년에 약 \$19.95의 이용요금이 발생함
- 또한, 이용자가 지정한 기종점간 노선에 대한 통행시간 및 사고정보 등을 제공함



<그림 2-9> Beat the Traffic의 교통상황 예측정보 제공

사. 미국, Google map

- Google map은 미국의 구글사에서 제공하는 지도정보로서, 최근에는 전세계 50개국 600개 이상 도시의 도로정보 및 교통정보, 기상정보를 제공하고 있음
- 교통정보는 실시간 소통상황 정보와 교통상황예측정보를 제공하고 있음
- 교통상황예측정보는 '평상시 교통정보'라는 이름으로 요일별로 제공하고 있으며, 5분 간격의 정보를 6시~22시까지 정보를 제공함
- 인터넷을 통해 서비스를 이용할 수 있으며, 서비스 이용요금은 무료로 운영하고 있음



<그림2-10> 구글의 평상시 교통상황 예측정보 제공

3. 시사점

- 국외 교통상황예측정보 제공현황을 검토한 결과, 단기예측정보와 중장기예측정보의 정보제공범위를 구분하고 있음
- 단기예측정보는 현재시각 기준으로 1시간 이내를 정보제공범위로 하고 있으며, 5~15분 간격으로 정보를 제공하고 있음
- 중장기예측정보는 현재시각 기준으로 1시간 이후부터를 정보제공범위로 하고 있으며, 단기예측과 동일하고 5~15분 간격으로 정보를 제공하고 있음
- 국내 교통상황예측정보는 공공부문과 민간부문이 제공하고 있지만 다음과 같은 한계점을 가지고 있음
 - 공공부문은 대도시의 요금소를 기준으로 고속도로의 일부 구간에 한정된 예측정보를 제공하고 있으며 미래에 발생할 이벤트를 반영하지 못하는 등 기초연구 수준에 머물러 있음
 - 민간부문은 이벤트(기상변화, 공사/사고, 행사) 발생시 교통상황변화에 대응하지 못한다는 한계를 보이고 있어, 미래에 발생한 이벤트에 대한 비교통정보를 반영한 정보제공이 요구됨

제2절 교통상황 예측정보 생성 관련 연구동향 검토

1. 기상이 교통상황에 미치는 영향 관련 연구

- 국내에는 기상이 교통상황에 미치는 영향에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으나, 기상이 교통상황에 미치는 영향을 반영하여 교통정보를 제공하고 있는 사례가 없으며 관련 연구는 다음 표와 같음

<표 2-1> 기상이 교통상황에 미치는 영향 관련 연구 동향

연구자	내 용
이창 외 (2011)	기상변화가 대중교통서비스에 어떻게, 얼마나 영향을 미치는지 분석하기 위하여 강우가 서울시 버스서비스에 미치는 영향을 분석하였음. 분석결과, 비점두시간대에는 큰 영향이 없었으나, 오전점두시에 서비스가 가장 악화되는 것으로 나타남
황진수 외 (2011)	각 지자체의 동절기 전 대비를 철저히 하여 발생할 수 있는 피해를 최소화 하기위하여 교통측면에서 대설위험구간 지정과 강설시 교통대응전략을 마련하였음
백승걸 외 (2010)	강설조건이 기종점간 통행특성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 10년간 기상자료와 TCS 통행량 자료를 이용하여 강설일과 비강설일의 차종별 일통행량, 평균통행거리를 비교분석 하였으며, 강설수준별 통행량 관계를 제시하였음. 강설일 대비 비강설일의 통행량은 감소 하여, 통행거리도 감소한다는 것을 확인하였고 강설시 주말평일별 차종별로 통행특성의 차이가 있고, 강설수준에 따른 통행량의 차이도 있으나 그 정도는 크지 않다고 주장함
최기주 외 (2009)	다양한 기상요인의 영향정도에 따른 속도변화를 분석하여 고속도로 교통상황 분류를 목적으로 하였음. 서해대교의 RWIS와 VDS자료를 활용하였으며, 교통상황에 영향을 주는 기상요인은 날씨, 온도, 시정거리로 나타남. 그러나 보다 원활한 교통관리를 위하여 상황별 교통량-속도 모형을 추정하였으나 자료부족으로 설명력이 다소 낮게 나타남
심상우 외 (2009)	다양한 기상요인의 영향 정도에 따른 속도 변화를 분석하여 고속도로의 교통상황을 분류 하기 위하여, 서해대교의 RWIS와 VDS 자료를 활용하여 요인분석 하였음. 분석 결과 교통상황에 영향을 주는 기상요인은 날씨, 온도, 시정거리로 나타났으며 요인별로 분산분석 결과, 총 5개 유형의 교통상황으로 분류함
양충현 외 (2009)	교통시스템의 내부요소인 도로기하구조와 외부요소인 눈, 비, 안개 등의 기상조건에 의한 운전자의 행태를 분석하기 위하여 도로기하구조 조건과 기상상황이 운전자 행태에 미치는 영향에 대한 고찰을 하였음
백승걸	기상조건이 기종점간 통행특성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 1년간 전국적 강우일의

연구자	내 용
외 (2008)	고속도로 통행특성을 분석하였으며 강우일과 비강우일의 차종별 통행량, 총 통행거리, 평균통행거리를 비교하여 강우수준별 통행량 모형을 제시하였음. 강우일의 통행량 및 통행거리는 비강우일 때보다 감소한다는 것을 확인하였고, 강우시 주말 평일별 차종별로 통행특성의 차이는 있으나 강우수준에 따른 통행량의 차이는 크지 않은 것으로 나타남
권용석 (2003)	고속도로 장대교량에서 지형특성상 발생하는 불량기상조건에서 차량주행안정성을 유지하기 위한 교통운영방안을 마련하기 위하여 연구를 수행함. 횡풍에 의한 차로이탈정도, 노면결빙시 횡방향미끄럼 저항계수, 강풍 및 강수에 의한 관계를 파악하여 분석대상구간인 금강대교의 교통통제방안을 마련함
오주삼 외 (2002)	다양한 기상인자 중에서 안개에 의한 교통흐름 특성 변화를 분석하기위하여 도로조건이 동일하고 교통량이 유사한 경우에 대하여 안개의 유무에 따른 교통속도의 변화를 분석한 결과 자유 교통흐름에서 안개에 따른 속도 감소량은 1차로 하행에서 가장 큰 것으로 나타남
최정순 외 (1999)	기상조건에 따른 고속도로 교통류변화를 교통류율, 속도, 점유율, 서비스교통류율 측면에서 검토한 결과 속도-교통류율 관계는 우천시에 큰 차이가 없었으며, 임계점유율도 우천시에 크게 변하지 않음. 우천시 교통류율-점유율 관계식의 기울기는 맑은 날에 비해 감소하였으며 고속도로의 서비스교통류율은 우천시 맑은날에 비해 감소한 것으로 나타남

2. 교통예측 관련 연구

- 한국도로공사에서는 고속도로에 설치된 가변전광표지(Variable Message Sign, VMS)를 통하여 구간별 예상통행시간 정보를 제공하고 있음
- 또한 한국도로공사는 교통이력정보로부터 추출한 패턴자료를 이용하여 6개 도시(서울, 강릉, 목포, 광주, 대전, 부산)간 매시 출발 기준 예상소요시간정보와 주간, 월간 예보 정보를 인터넷을 통하여 제공하고 있음
- 이동통신사에서는 스마트폰 어플리케이션 등을 이용하여 빠른 길찾기 서비스, 사고 정보 등을 제공하고 있음
- 교통예측 관련 연구의 동향은 다음 표와 같음

<표 2-2> 교통예측 관련 연구 동향

연구자	내 용
윤병조 (2011)	택시 프로브 기법이 가지는 표본수가 적고 교통혼잡으로 자료수집 주기보다 구간통행시간이 큰 경우, 단일시간대 예측기법으로 다중시간대의 상태를 예측하지 못하는 단점을 해결하기 위한 기법을 개발하였음. 모형은 비모수회귀를 기반으로 개발되었으며 우수한 정확

연구자	내 용
	도를 보였음
장원재 (2011)	돌발상황 발생시 예측통행시간을 생성하기 위하여 모든 운전자가 차내 단말기를 통하여 상세한 교통정보를 이용할 수 있다는 가정 하에 경로기반 확률론적 변동부등식을 사용하였음. 또한 운전자 경로전환의사 반영을 위해 경로전환함수를 적용함
이승재 외 (2004)	최적경로 제공이나 통행시간 예측에 있어 기존보다 효율적인 통행시간 예측모형을 개발하고자 연구를 수행하였음. 기존의 통행시간 예측은 운전자가 통행을 시작할 때의 정보로 운전 중 달라지는 교통상황을 반영할 수 없으므로 예측된 통행시간 예측모형을 개발하였음. 예측모형은 단기통행예측과 장기통행 예측에 대하여 확률과정 모형과 칼만 필터링 예측모형을 통하여 모형을 개발하였음
장진 환 외 (2004)	통행시간 예측을 위하여 일반국도 1호선에 약 10km 간격으로 연속하여 설치된 AVI자료를 이용하고, 예측모형 평가를 위하여 프로브차량을 이용함. 칼만필터링 알고리즘을 이용하여 통행시간을 예측하였으며 5~15분 수집주기에 대해서는 MARE가 0.061~0.066으로 나왔으나 30분 주기에서는 0.078로 다소 높게 나타남
이승재 외 (2003)	CA모형을 기반으로 대규모 네트워크에 적용가능한 보다 현실적인 CA차량모형구축과 구축된 모형을 이용한 단기링크통행시간 예측을 분석하였음. 단기링크통행시간 예측을 위한 차량모의실험기는 차량묶음 방식과 링크기반 모의실험방식으로 하였으며, 기존 시계열자료 예측기법에서 고려할 수 없었던 차량의 행태 및 링크상에서 발생하는 이동류의 과포화, 뒷막힘현상 등의 메커니즘을 고려하여 기존의 예측기법에 비하여 우수한 예측력을 보였음
오세창 외 (2003)	차량검지기 데이터를 이용하여 통행시간 추정 및 예측에 관한 수집기법 및 추정 예측기법의 고찰을 통하여 고속도로 환경에 적합한 통행시간 추정 및 예측모형을 개발함. 연구결과 차량의 통과속도가 70km/h 이상에서는 기존 차량검지기 속도데이터를 통한 통행시간 산출방식을 적용하고 혼잡시에는 교통량을 이용한 추정모형에 의한 통행시간 산출 방식을 병용하는 것이 타당하다고 주장함
이의은 외 (2002)	시간처점 현상과 영업소 지체를 반영한 고속도로 다구간의 통행시간예측을 위하여 한국도로공사에서 운영중인 검지기의 교통량자료와 TCS자료를 활용하여 운전자 입장에서 원하는 고속도로 다구간의 통행시간을 예측하는 모형을 구축하였음. 예측에 사용된 모형은 선행신경망 형태로 구성하였으며, 역전파법을 이용하였음
이청원 외 (2002)	현재 시스템에서 제공되고 있는 정보들은 대부분 실시간 정보로 실제 이용자들이 경험하는 정보와 다를 수 있고, 이로인해 이용자들이 정보를 신뢰하지 못할 가능성을 해결하기 위하여 칼만필터를 이용한 경로통행시간 예측모형을 구축하였음.
최기주 외 (1998)	GPS를 이용한 링크통행시간 산출 기법을 제시하기 위하여 GPS 원시데이터, 수치도로지도, 무선데이터망을 이용하여 링크통행시간을 산출함. 실험결과 오차범위가 10%내외로 판

연구자	내 용
	명됨
박병규 외 (1995)	신경망이론에 의한 시계열 통행시간 예측모형을 개발하였으며, 예측된 통행시간과 학습정보에 의해 주어진 통행시간의 오차를 최소화 시키기위하여 역전파법을 이용하였음. 모형의 적합성 평가를 위해서는 시계열 분석방법인 Box-Jenkins 모형과 칼만필터 모형에 의해 예측된 통행시간을 비교하였음

3. 국외 연구동향

- 국외의 교통상황 예측에 관한 연구는 다음과 표와 같음

<표 2-3> 국외 예측 관련 연구 동향

연구자	내 용
Stathopoulos and Karlaftis (2004)	통행시간 분포에 대한 적합한 확률분포는 시·공간에 따라 다르지만, 와이블 분포를 가장 적합한 분포로 제시함. 또한 통행시간 분포 변화 분석을 위해 파라메타의 위치 변화와 분산의 크기 변화에 따른 검정을 한 결과, 연간, 월별(7,8월 제외), 요일별(평일, 주말 구분) 통행시간 분포는 유사하게 나타났으며, 평일과 주말은 다른 통행시간 분포를 나타냄
Vanajakshi (2004)	SVM(Support Vector Machine)을 이용한 예측 통행시간과 실시간 데이터와 과거 통행시간 패턴자료를 이용하여 예측한 통행시간과 비교함. 과거 통행시간 패턴자료를 이용하여 통행시간을 예측할 때 과거 통행시간 패턴자료가 주어진 시간대에 교통 특성을 대표할 수 있다는 전제를 기초로 평균값을 사용하였으며 과거 통행시간 패턴자료의 중요한 구성요소는 유사한 속성을 갖는 요일의 군집이라 제시함
Chandra Mouly Kuchipudi et al. (2003)	뉴욕의 고속도로에서 E-Z 태그를 이용한 AVI를 통하여 수집한 통행시간 자료를 이용해 구간과 경로 기반을 혼합한 통행시간 예측 모형을 칼만필터링을 적용하여 개발함
Giovanni Huisken et al. (2003)	로테르담 내의 고속도로에서 수집한 검지기 자료를 신경망 알고리즘을 이용해 통행시간을 예측하여 기존 알고리즘에 비해 우수함을 입증함
Steven I. Chein et al. (2003)	뉴저지의 실시간 검지기자료를 통하여 수집한 통행시간 자료를 칼만필터링을 적용하여 예측한 통행시간을 CORSIM을 통하여 산출한 통행시간 자료와 비교하여 통행시간 추정값에 대한 정확도를 평가함

연구자	내 용
Wu (2003)	통행시간 정보의 신뢰성을 평가하기 위해 과거 통행시간 패턴자료의 표준편차를 이용하였으며 표준편차가 높으면 통행시간 정보의 신뢰성이 낮다는 것을 의미함
Sherif Ishak, M.ASCE et al.(2002)	플로리다 올랜도의 interstate-4 62.5km를 대상으로 비선형 교통 예측 모델을 이용하여 통행시간의 정확성에 영향을 미치는 요인들에 대하여 조사하였으며, 혼잡지수 (congestion index), 조사시간 단위(prediction horizon), 교통류에 영향을 미치는 시간 (rolling horizon)이 영향을 미치는 것으로 나타남
Mahmassani and Liu(1999)	실시간 정보제공을 가정한 실험실 모의실험을 통해 생성된 실험자료를 분석하여 실시간 정보의 신뢰도가 통근자의 출발시간과 경로선택, 그리고 운전 중 경로전환행위에 영향을 미치는 중대 요인이라 결론지었다. 그들은 또한 운전자가 경로 전환을 통해 줄이고자 하는 통행시간에는 임계치 혹은 무차별 영역이 존재하며, 이 시간은 목적지까지의 잔여 통행시간과 체계적으로 연계되어 있다고 주장함
Hoffman and Janko (1990)	과거 통행시간 패턴자료에 대한 현재 링크 통행시간의 비율에 의해 장래 링크통행시간을 예측하였으며 과거 통행시간 패턴자료에서의 평균통행시간에 대한 현재 통행시간의 비율은 미래 시간대에 변하지 않는 것을 가정함
Lijuan Shi et al. (2011)	회귀분석을 통하여 강우량과 도로환경요소에 대한 도시부 고속도로의 자유속도의 변화에 대하여 분석하였다. 분석결과 자유속도는 강우량 0.01 in/hr미만, 0.01~0.03 in/hr, 0.03 in/hr이상에서 각각 3.7 %, 4.2 %, 4.8 % 감소하는 것으로 나타났다. 또한 용량은 각각 3.7%, 4.2%, 4.8% 감소하는 것으로 나타났음
Agarwal et al. (2005)	기상조건에 따른 교통류간의 상관관계의 규명을 통해 도로 용량과 속도 감소 정도를 추정하였다. Twin Cities 주변의 도시고속도로를 대상으로 비, 눈, 도로 노면 등의 변화에 따라 도로 용량 변화를 정량화하였음
Maze et al. (2005)	기상 조건이 교통류에 영향을 미친다고 가정하고 기상조건에 따른 교통안전, 교통수요, 교통류의 영향을 분석하였다. 이를 위해 자료 수집이 용이한 Twin Cities에 존재하는 Minneapolis/St. Paul에서 4년 동안의 기상 및 교통자료를 수집하여 날씨 변화에 따른 도로 용량, 속도, 안전, 수요 등의 관계를 분석하였음
Datla et al. (2007)	기상조건과 교통량의 관계를 캐나다의 Alberta에 있는 고속도로를 중심으로 약 350개 지점에서 교통자료와 기상자료를 수집하였다. 분석 결과 통근성 도로보다 여가성 도로의 경우 교통량은 강설량이 많고 기온이 낮을수록 감소하였음
Hassan	상기온이나 폭우시 교통량이 평일에는 3%, 주말에는 4%감소하며, 강설 시에는 평일에

연구자	내 용
and Barker (1998)	10%, 주말에는 15%감소한다고 하였음
HCM(1998)	비 혼잡 교통류에서 교통량이 교통용량의 80% 정도 수준에 이를 때까지는 교통량 증가에 따른 속도변화가 그다지 심하지 않다는 것을 인정하여 반영하였음
Brodsky and Hakkert (1998)	비가 내릴 경우 도로나 대중교통을 이용하는 통행자들이 승용차로 수단을 바꾸기 때문에 오히려 교통량이 증가한다고 주장하였다.
Khattach (1993)	눈보라와 같은 악천후는 출발시간과 목적지를 변화시키며, 상당한 수단 변경이 발생
Hall and Barrow (1988)	캐나다 온타리오주 Queen Elizabeth Way 도로상의 Burlington Skyway고속도로 교통관제센터 자료를 이용하여 비혼잡 상태의 교통량과 점유율관계를 지수함수식으로 표현하여 기상변화에 의한 연속류의 변화를 통계학적 방법으로 분석하였음

제3절 교통상황 예측정보 생성 관련 특허동향 검토

- 기상상황에 따른 교통류 영향분석 및 교통상황 예측기술 개발 관련 기술은 기상상황의 분석 및 이를 이용한 교통상황을 예측하여 통행 경로 및 통행 시간을 제공하는 것까지 다양한 요소 기술이 필요함
- 분석기간은 2002년에서 2012년까지 최근 10년간의 자료로 한정하여 조사하였으며, 공개 혹은 공고, 등록된 특허를 정리하였음
- 교통상황 예측기술 관련 특허 중 국가별 특허수를 살펴보면 대한민국, 미국, 일본 세 국가를 중심으로 특허가 골고루 분포되어 있으며, 등록국가 및 출원년도별 특허수를 살펴보면 일본과 미국은 2000년대 초반에 관련 특허를 주도하다가 현재는 특허 수가 감소하고 있고 대한민국은 2000년대 초반보다 2000년대 후반에 관련 특허 실적이 우수함
- 교통상황 예측기술과 관련된 출원인별 특허 수를 살펴보면, navigation과 관련된 기업들의 특허 출원이 두드러지는 것을 확인할 수 있음
- 우리나라의 경우, 기업체, 연구소, 학교 등 다양한 기관에서 관련 특허를 보유하고 있으며, 기업체는 엠엔소프트, LG전자, 현대오토넷, 에스케이 주식회사 등 전자·통신, 자동차, 네비게이션 관련 분야에서 본 기술의 특허를 보유하고 있었음
- 주요 특허의 명칭 및 본 연구와의 연관성, 활용방안은 다음과 같음

<표 2-4> 예측 관련 특허 동향 및 활용

특허명칭	출원년도	출원인	연관성	활용성
Traffic information providing system and car navigation system	2011년	HITACHI LTD.	■ 교통정보가 부족한 구간을 과거 자료 및 모형을 통해 예측 ■ 예측된 교통정보를 바탕으로 미래의 통행 시간 예측	■ 교통 정보 가공 과정에 참조
DYNAMIC TIME SERIES PREDICTION OF TRAFFIC CONDITIONS	2011년	INRIX INC.	■ 모형(Bayesian network)을 활용하여 미래의 교통상황을 예측	■ 모형을 통한 교통상황 예측 과정에 참조
패턴 데이터를 이용한 양방향 경로 탐색 장치 및 그 방법 (APPARATUS AND METHOD FOR SEARCHING BIDIRECTIONAL ROUTE WITH PATTERN DATA)	2010년	현대자동차주식회사 기아자동차주식회사 현대엠엔소프트 주식회사	■ 수집한 구간별 통행 시간을 시간대별 및 요일별로 패턴 데이터 생성 ■ 패턴 데이터를 이용하여 최적 경로를 탐색	■ 교통 정보의 패턴 데이터 생성 과정에 참조

특허명칭	출원년도	출원인	연관성	활용성
차량의 예측 통행량을 이용한 차량경로 탐색 장치 및 그 방법 (Apparatus and method of search for vehicle route using predicted traffic volume)	2010년	현대모비스 주식회사	■ 도로구간별 교통량을 교통 정보를 통해 예측 ■ 예측된 통행량을 바탕으로 최적 경로를 탐색	■ 교통 정보 해석 및 최적 경로 탐색 과정에 참조
교통정보를 활용한 행동계획 관리 시스템 SYSTEM OF MANAGING SCHEDULE USING TRAFFIC INFORMATION	2009년	이백진 외 5명	■ 실시간 교통정보와 실시간 기상정보 등을 이용하여 수립된 일정의 수행에 장애가 검출되었을 경우에 이를 통지해주고 자동으로 일정을 변경하는 교통정보를 활용한 행동계획 관리 시스템	■ 기상상황에 따른 교통 상황 예측시 참조
미래 예측형 교통 정보 가공 및 제공 방법 (METHOD FOR PROCESSING AND PROVIDING PREDICTED TRAFFIC INFORMATION)	2006년	주식회사 로티스	■ 미래의 교통 상황을 예측하기 위한 정보 가공 및 제공 방법 구축 ■ 실시간 속도 정보를 요일·시간별로 3차원 속도정보로 저장 ■ 출발노드와 도착노드까지의 최적 경로 및 도착예정시간 제공	■ 교통 정보 가공 과정에 참조
기상 정보 및 추정된 교통 정보를 이용한 경로 탐색 방법 및 시스템 (NAVIGATION SYSTEM AND METHOD FOR PROVIDING OPTIMAL ROUTE BY USING WEATHER INFORMATION AND ESTIMATED TRAFFIC INFORMATION)	2006년	팅크웨어 (주)	■ 링크별 코스트 값을 현재 교통 정보 및 기상 정보를 반영하여 결정하고, 링크별 코스트값을 참조하여 최적 경로를 판단 사용자에게 제공	■ 기상상황에 따른 교통 상황에 예측시 참조
과거 및 실시간 교통정보를 이용하여 교통상황의 예측 및 동적경로 안내를 제공하는 방법 및 시스템 (METHOD AND SYSTEM FOR TRAFFIC PREDICTION AND DYNAMIC ROUTE GUIDANCE BASED ON HISTORICAL AND REAL-TIME TRAFFIC INFORMATION)	2004년	한국 도로공사	■ 단기예측은 실시간 데이터를 이용하여 예측, 장기예측은 패턴화된 과거 이력정보를 이용 ■ 실시간 감지로 검지한 돌발상황의 영향까지 과거로부터 추출된 교통패턴에 적용하여 교통 상황 예측에 이용 ■ 과거이력정보 구축시 평일과 공휴일, 토요일의 교통 정보의 특성을 반영하기 위해 구분하여 정보 구축	■ 과거 이력 교통 정보 구축시 참조 ■ 단·장기 교통 상황 예측 과정에 참조

제4절 정부지원정책 현황

1. 관련법령, 정부 정책 및 담당기관

가. 녹색성장 기본법: 국무총리실(녹색성장정책과)

- 녹색성장위원회, 국회기후변화특위 위원회, 지식경제부, 국토해양부, 환경부 등이 3대 전략 11대 실천계획을 발표하고 특히 국민의 삶 제고와 환경 개선에서 교통체증 완화를 통한 삶의 질 제고, 기후변화 적응대책 추진으로 안전사회 구축 등의 실천계획을 제시함
- 녹색성장위원회 및 기획재정부, 국토해양부 등 12 부처에서 녹색기술 연구개발 종합대책을 수립하여 시행계획을 매년 수립하고 있으며, 5대 분야 27대 중점 육성기술 중 예측기술과 고효율화 기술에 대한 교통부문 연구개발 기술을 제시하고 있음
- 행정안전부는 녹색정보화를 통한 에너지 절감과 친환경 활동을 통해 2012년까지 이산화탄소 배출량을 10% 이상 감축하기 위한 계획으로서 정보자원의 운영 효율화를 위해 재난, 교통, 기상, 환경, 물류 등 민간수요가 높고 사회적 파급효과가 높은 100개 공유서비스를 선정하여 단계적으로 구축 활용해 나갈 계획임

나. 국토기본법: 국토해양부(국토정책과)

- 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)에서 4개 목표 및 6대 추진전략을 제시하고 있는데 이 중 녹색교통, 국토정보 통합네트워크 구축에 대한 추진계획으로 고속도로, 국도 등 도로 간 상호연계를 강화하기 위한 국가간선도로망의 지능화 및 첨단화를 제시함

다. 국가통합교통체계효율화법: 국토해양부(종합교통정책과)

- 국가기간교통망계획 제2차 수정계획(2001~2020)에서 4대 목표 및 5개 추진전략을 제시하고 있는데 이 중 간선도로망 투자효율성 제고 부분에 도로운영체계 고도화, 친환경도로체계 구축 등을 위한 지능형교통체계(ITS) 필요성을 제시함
- 제2차 국가교통기술개발계획(2009~2013)에서 3대 추진목표 중 이용자 중심의 교통서비스 구현을 위하여 도로 및 자동차 기술에서는 교통혼잡관리체계 구축 기술, 차세대 교통망 운영체계 기술 등을 계획하고 있음

라. 도로법: 국토해양부(도로정책과)

- 제2차 도로정비기본계획(2011~2020)에서 4대 중점과제와 10대 세부과제를 제시하고 있는데, 이 중 녹색도로운영체계 확립을 위한 도로교통수요관리와 도로기술 및 관리체계 선진화를 위한 도로관리체계 선진화 등에서 지능형교통체계(ITS)의 확대 구축의 필요성을 제시함

2. 정부지원 정책사업 종류와 현황

- 정부는 1999년 2월 ‘국가통합교통체계효율화법’의 제정을 통하여 국가 차원의 ITS계획 수립 및 시행을 위한 법적 근거를 마련하였음
- 2003년부터 국토해양부 주관으로 건설교통기술평가원에서 시행하고 있는 ‘교통체계 효율화’ 사업은 신개념 미래교통시스템에 필요한 첨단교통기술의 확보에 목표를 두고 있고 시행되고 있으며 구체적인 사업현황은 아래와 같음

<표 2-5> 주요 교통체계효율화사업 및 내용

주요사업	내용
교통정보 유통 혁신기술 개발	- 교통정보 수집 및 설계 - 교통정보 원시자료 수집기술
교통데이터 관리 및 통합연계	- 교통데이터 활용분야 대한 수요조사 및 활성화 방안수립 - 교통데이터 분석 및 품질관리 기술 - 교통데이터 운영관리, 저장 제공기술 개발 - 교통데이터 통합연계기술 개발 - 첨단교통조사체계 구축기술
ITS표준구현체계	- ITS 기술개발 및 기술기준 보급을 위한 참조모델 및 표준시스템 개발 - 도로기반 ITS 서비스를 위한 표준 플랫폼 기술 개발 - 국가 ITS 정보교환을 위한 표준 기반 구축

제5절 시사점 및 결론

- 보다 신뢰성 있는 교통정보의 제공과 효율적인 교통운영에 대한 국민들의 관심과 요구가 높아지고 있는 상황에서 미래에 발생할 교통상황에 대한 예측기술개발은 반드시 필요한 사업임
- 본 사업은 일부 학자들에 의하여 학술적인 연구로 추진되었고, 시범사업이 전 세계적으로도 몇몇 도시에 일부 시행되고 있으나 뚜렷한 성과를 도출한 사례는 아직까지 파악되지 않고 있으므로, 본 과제를 통하여 개발된 기술이 객관적으로 검증된다면 해외시장에서도 충분한 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 기대됨
- 본 연구는 국내에서 아직까지 시도된 적이 없고 충분한 검증이 이루어지지 않았다는 위험요인을 안고 있으나 교통류 및 교통운영 분야에서 세계적인 수준과 거의 동등한 경험을 가진 연구진이 연구를 수행하고 정부가 교통정보의 신뢰성을 향상시키려는 강력한 의지를 가지고 지원을 아끼지 않는 상황으로 기술의 개발 여건은 충분히 성숙되었다고 판단됨

제3장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 연구개발 추진체계 및 전략

1. 연구개발 추진체계

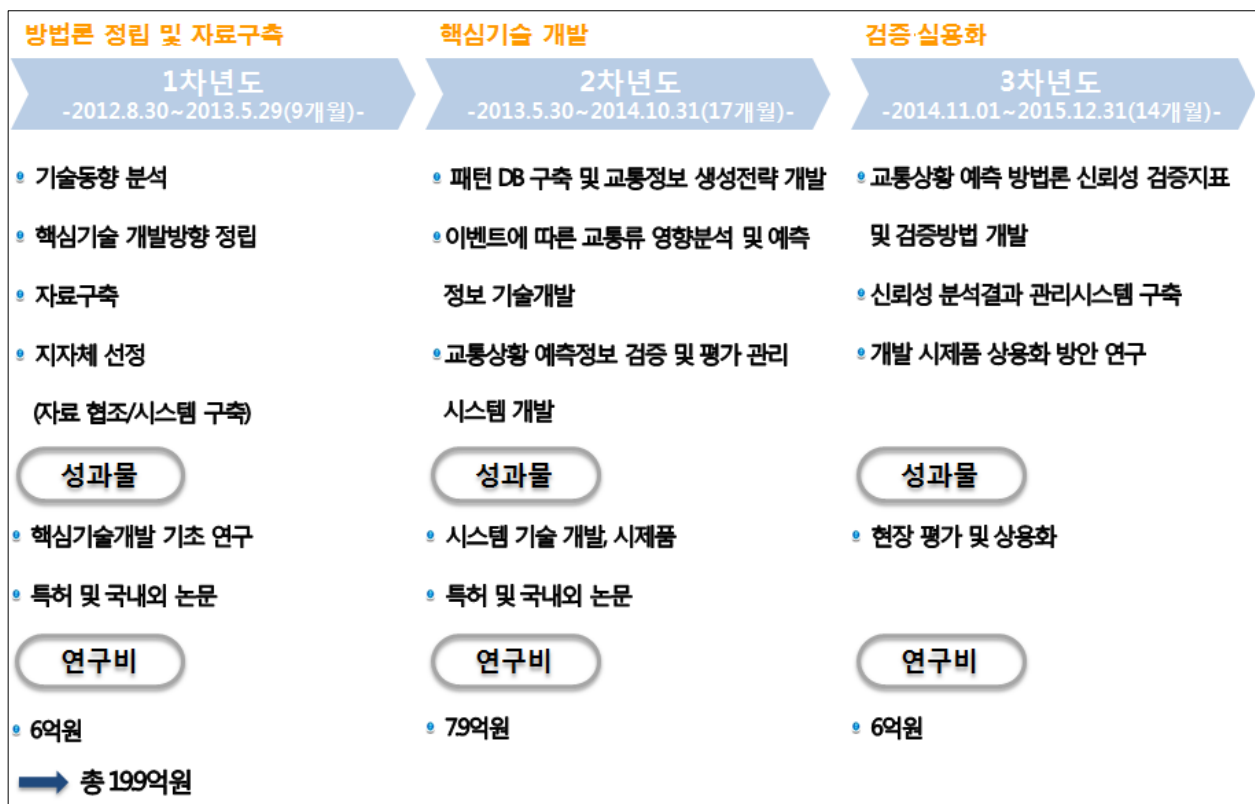
- 각종 이벤트를 고려한 교통상황 예측기술을 개발하기 위하여 관련 산-학-연간의 연구 체계를 구축하여 추진
- 산업체 : (주)엘비씨소프트, (주)유투앤소프트
- 대학 : 목원대학교, 한국과학기술원, 한양대학교
- 연구기관 : 한국교통연구원



<그림 3-1> 연구개발 추진체계

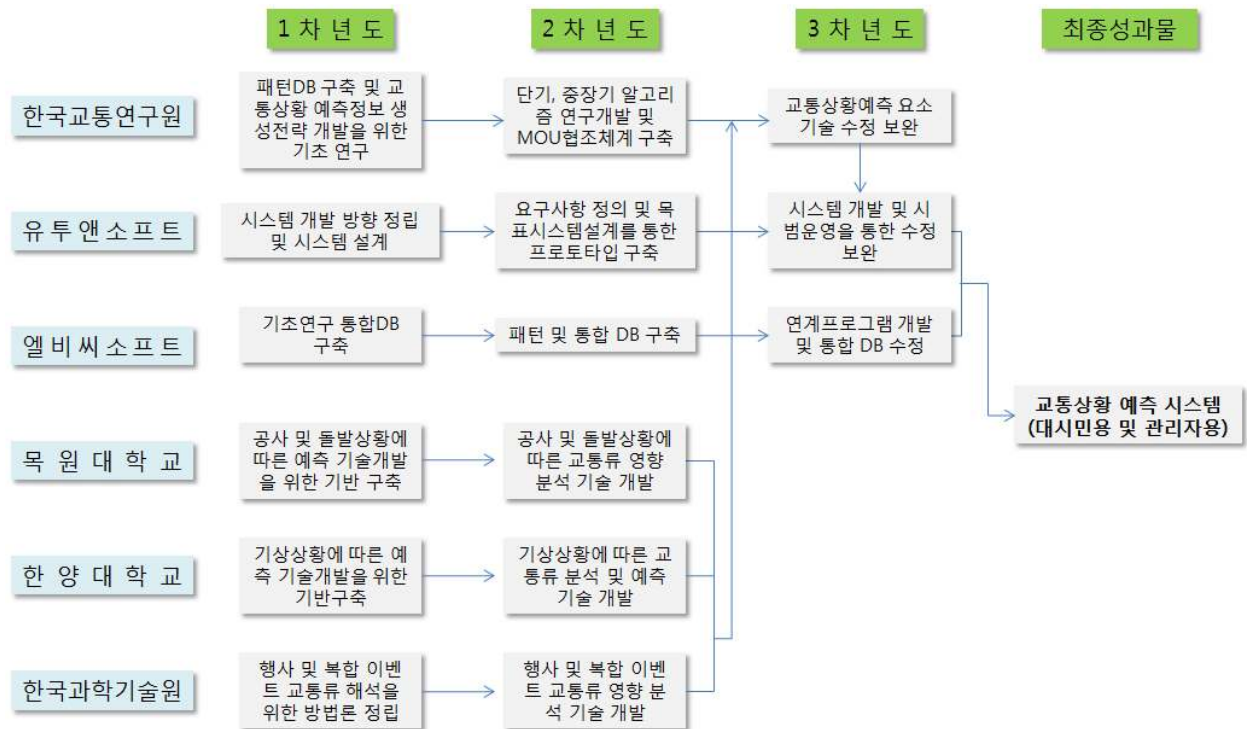
2. 연차별 연구수행 전략 및 로드맵

- 본 연구과제는 3개 년도에 걸쳐서 수행되며 연구수행과정에서 개발되는 교통상황예측알고리즘이 실제 현장 자료를 바탕으로 적용성 평가를 거쳐 실용성을 높이는 방식으로 추진하였음
- 방법론 정립 및 자료구축 단계 (1년차)
 - 국내외 교통상황예측 알고리즘 개발과 관련된 기술동향을 분석하여 본 연구의 핵심기술 개발방향을 정립함
- 핵심기술 개발 단계 (2년차)
 - 핵심기술 개발에 필요한 자료를 구축하며, 자료 협조와 시범 시스템 구축을 위한 지자체를 선정하고 업무 협약을 체결함, 핵심기술인 패턴 DB 구축, 이벤트에 따른 교통류 영향분석 기술, 교통상황예측 정보 생성 전략, 교통상황 예측 시스템을 개발함
- 검증 및 실용화 단계 (3년차)
 - 교통상황예측 방법론의 신뢰성을 검증할 수 있는 검증 지표 및 검증 방법론 개발, 신뢰성을 분석하고 관리할 수 있는 시스템 구축과 개발 시제품의 상용화 방안 연구



<그림 3-2> 연차별 연구수행 과정

○ 연구수행을 위한 각 차년도-기관별 연구주요내용은 다음과 같음



<그림 3-3> 연구수행 로드맵

3. 연구수행과정

가. 연구 재기획

(1) 재기획의 필요성

(가) 환경적 변화

- 기존의 교통정보 생성/제공은 공공부문에서 담당하였으나, 현재는 이동통신사, 인터넷 포털 사이트, 네비게이션 제작회사 등에서 교통상황 예측정보를 생산하고 배포하고 있음
- 교통상황 예측정보 생성을 민간부문에서 전담할 경우, 어느 시점에는 비용을 지불해야 취득 가능한 교통정보가 될 것임
- 따라서, 교통상황 예측정보의 생성/제공 부문에서 공공부문의 역할정립이 요구됨

(나) 테스트베드의 조정 필요성

- 기존의 테스트베드 대상도로는 서울-춘천 고속도로로서, 강일IC에서 조양IC까지 61.4km구간의 연속류 도로구간임
- 해당 구간의 선정이유는 신뢰성이 높은 교통자료가 수집되고 있으며, 기초과제 성격에 적합하고 모형화가 유리한 도로구간이기 때문임. 또한, 명확한 교통정체 패턴을 보이는 구간으로 다양한 이벤트가 발생하는 도로구간임
- 해당 구간의 교통자료는 총 120개의 지점검지기를 통해 30초 간격으로 교통량, 속도, 점유율 자료가 수집되고 있으며, 비교통자료는 기상자료와 사고 및 공사자료, TCS 자료가 수집되고 있음
- 현재 서울-춘천 고속도로와 같은 유사한 도로형태에 대하여 도로공사가 교통상황예측 관련 사업을 수행하고 있기 때문에 본 과제를 통하여 도출된 성과물의 실용화 가능성이 낮음
- 연구의 대상 테스트베드를 지방자치단체가 관리하고 있는 도시부 및 도시고속도로로 변경하여 실용화 가능성을 높이고, 향후 본 연구의 최종성과물에 대한 시너지 효과가 발휘되는 도로구간으로 변경함
- 지방자치단체에서 관리하고 있는 도로구간은 교통상황예측 관련 사업이 추진된 사례가 없으며, 본 연구의 최종성과물의 실용화 가능성이 높은 도로구간임

<표 3-1> 교통상황 예측기술 개발 테스트베드 검토

구분	관리주체	교통상황예측 관련 사업 수행현황	수행시기
고속국도	한국도로공사*	교통예보지원 시스템 고도화 사업	2013년 5월 15일 ~ 2013년 12월 20일
일반국도	지방국토관리청	통합관리를 위한 교통정보 연계 및 제공체계 개선 연구	2012년 12월 04일 ~ 2013년 9월 29일
도시고속도로	각 지방자치단체	없음	
도시부도로			
* 본 연구의 최종성과물을 한국도로공사에서 활용할 가능성은 불투명함			

(2) 재기획의 추진방향

(가) 과제 추진의 필요성 정립

- SOC 예산 급감에 대한 기존 도로의 효율적 활용이 요구되는 상황이며, 한정된 도로교통 인프라를 보다 효율적으로 이용하기 위한 새로운 시도가 필요한 시점임
- 세계 최고 수준의 스마트 인프라를 활용하여 교통상황 예측정보 사업 분야의 국제적 경쟁력 확보가 요구됨
 - 해외 교통선진국에서는 교통상황 예측정보 사업과 집중적인 연구를 추진하고 있는 상황에서 해외 교통선진국과 경쟁할 수 있는 기술력 확보가 필요함
 - 교통상황 예측정보 생성을 위해서는 교통자료 처리에 대한 원천기술 확보의 필요성이 증대됨
 - 스마트 모바일 단말기 보급률이 세계 최고인 대한민국에서 세계최고의 IT기술과 교통정보 융합기술의 개발 가능성은 매우 높음
- 교통상황 예측정보 생성 및 제공 분야에서 공공부문과 민간부문의 역할 정립이 요구됨
 - 공공부문에서는 다년간 막대한 예산을 투입하여 구축한 검지시스템(상시 획득가능자료)을 기반으로 모든 국민이 언제나 편리하게 이용할 수 있고 선제적 교통운영전략 수립에 활용할 수 있는 교통상황 예측정보를 산출할 수 있는 시스템 개발이 필요함
 - 공공부문에서 생성하는 교통상황 예측정보를 민간부문에 제공하여 이 정보를 활용한 비즈니스 모델을 개발하고 산업 발전의 토대를 마련할 필요가 있음

(나) 지방자치단체를 대상으로 하는 테스트베드 재선정

- 교통상황 예측정보의 활용 가능성이 높은 지방자치단체의 도로관리구간을 본 연구의 테스트베드로 재선정하여 추진함
- 국내 지방자치단체 중 테스트베드로서 적합한 도로구간을 보유하고 있는 지역을 검토하여 테스트베드로 재선정함
 - 구체적인 예로서, 국내 지방자치단체 중 서울시의 경우 도시 내 상이한 정체 패턴을 가진 도시고속도로 7개축을 보유하고 있으며, 도시고속도로 및 도시부도로의 교통수집자료의 신뢰도가 우수함
 - 뿐만 아니라, 정책 결정자 및 실무자의 교통상황 예측기술 개발에 대한 높은 이해도와 필요성을 공감하고 있음



<그림 3-4> 테스트베드 재선정 검토(예: 서울시)

(다) 최종연구결과의 실용성 제고

- 지방자치단체의 교통정보센터가 활용 가능한 교통상황 예측정보를 제공함
 - 지방자치단체의 교통정보센터에서 수집·축적한 교통 자료를 활용하여 교통상황 예측정보를 산출함
 - 현재 실시간으로 교통정보가 제공되고 있는 교통정보 제공시스템을 활용하여 교통상황 예측정보를 제공함
- 지방자치단체의 교통예보시스템 구축 사업과 연계함
 - 도시고속도로 및 도시부 도로를 사업 구간으로 설정하여 교통자료 및 비교통자료를 확보하고 해당 구간의 교통상황 예측모형을 구축함
 - 모형의 신뢰성을 검토한 후 사업 구간의 교통상황 예측정보를 인터넷 또는 스마트폰을 통하여 제공함
 - 교통상황 예측정보 제공시스템의 효과를 평가한 후 대상 지방자치단체의 도시부 도로를 포함한 전역을 대상으로 확장 사업을 논의함

(3) 재기획을 통한 조정 사항

- 재기획을 통해 본 연구의 사업기간, 연구추진체계, 테스트베드 변경, 연구항목 등을 변경
 - 연구의 성공적 결과도출이 가능하도록 사업기간을 변경함



<그림 3-5> 사업기간의 변경

- 연구추진체계는 연구항목의 변경에 따라 재조정됨



<그림 3-6> 연구추진체계의 변경

- 테스트베드는 기존 연속류 도로구간에서 연속류와 단속류가 포함된 도로구간으로 변경함



<그림 3-7> 테스트베드의 변경

- 기존의 연속류 도로구간은 한국도로공사에서 활용할 가능성이 낮으나, 지방자치단체의 연속류와 단속류가 포함된 도로구간은 활용가능성 및 실용화 가능성이 높은 도로구간임

- 연구항목의 변경은 연속류 모형 위주에서 연속류와 단속류를 포함하는 모형으로 변경하고, 교통량을 기반으로 하는 모형에서 범용 data인 속도를 기반으로 하는 모형으로 변경함
- 뿐만 아니라, 모형 알고리즘 개발 위주의 기초 연구에서 지방자치단체에서 실제 활용 가능한 시스템 구축 위주의 실용화 연구로 전환하여, 도로 운영자가 교통운영전략수립에 가이드라인으로 활용할 수 있도록 연구성과를 제시함



<그림 3-8> 연구항목의 변경

나. 연구성과물 활용 지자체 선정 및 협조체계 구축

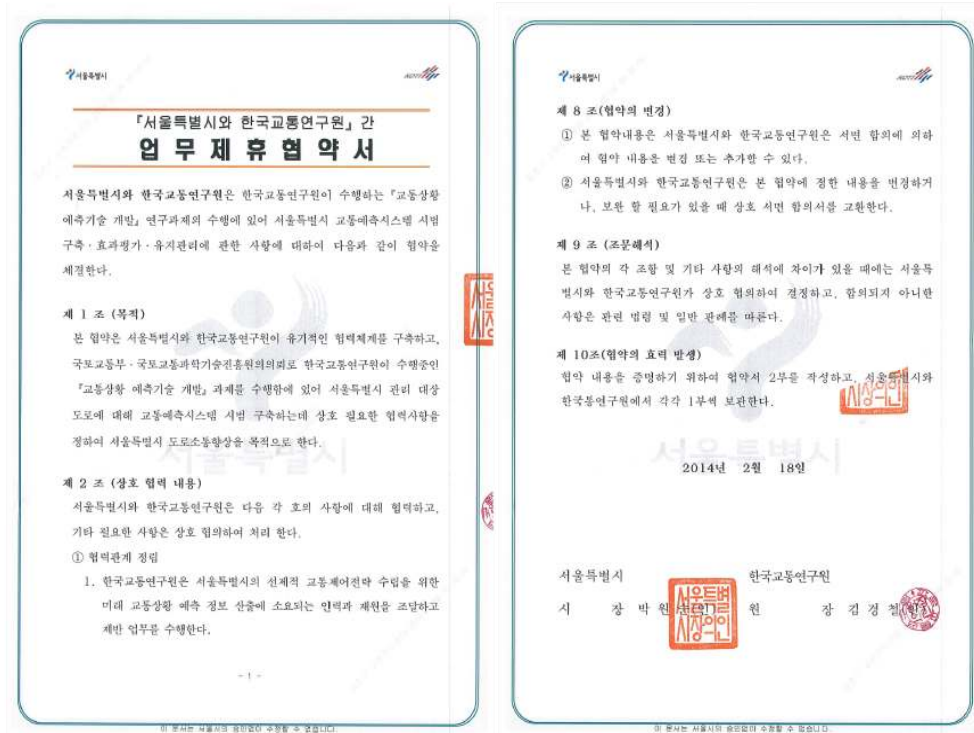
(1) 연구 성과물 활용 지자체 선정을 위한 공모

- 국내 교통정보센터를 구축·운영 중인 지방자치단체(33개¹⁾)를 대상으로 『교통상황 예측기술 개발』 테스트베드 선정을 위한 사전안내를 통해 테스트베드 유치 희망신청서를 접수 공모하였음
- 테스트베드 유치 희망신청서는 1개 지방자치단체(서울특별시 도시교통본부 교통정보센터)가 접수함
- 테스트베드 유치 희망신청서를 접수한 기관을 대상으로 테스트베드 유치계획서를 접수 받고, 평가를 거쳐 유치기관을 선정함
- 테스트베드 선정절차에 따른 서울특별시 도시교통본부 교통정보센터가 선정됨

1) 국내 33개 교통정보센터 : 국토해양부, 자동차·도로교통 분야 지능형교통체계(ITS) 계획 2020, 2012.

(2) 지자체 선정 후 협조체계(MOU) 구축

- 한국교통연구원이 수행하는 『교통상황 예측기술 개발』 연구과제를 수행하기 위해 서울특별시와 협조체계(MOU)를 구축함



2014. 02. 19(수) 주간보
이 보도자료는 2014년 2월 18일 오전 11:15부터 보도할 수 있습니다.

보도자료

담당부서 : 도시교통본부 교통정보센터
전화 : 2133-4950
교통정보담당 : 김연선
2133-4952
담당자 : 김진구
2133-4954

사진없음 ☐ 사진있음 ☐ 매수 : 6매

서울시 교통예보, 막히는 도로시간 미리 알고 피해갈 수 있다

- 서울시, 도로소통상황 미리 예측해 혼잡구간·시간 등 제공하는 교통예보 시행
- 올 추석(9.7~9)부터 경부고속도로(한남·양재) 등 도시고속도로 일일·주간 예보 제공
- 속도·교통량 등 빅데이터 분석 통해 한발 앞선 실시간 도로별 소통상황 안내
- 교통혼잡비용 증가 추세... 사전예보 수요 분산으로 혼잡완화의 새로운 대안
- 서울시-한국교통연구원, 18일 '교통예측기술개발' 기술개발 위한 협약 체결
- 15년부터 주요 시내도로로 교통예보 확대할 땜 전방관 등 통해 맞춤형 경로 안내

- ☐ 매일 일기예보를 통해 미리 눈·비 등 곳은 날씨에 대비하듯 앞으로는 서울시내 교통정보도 예보를 확인해 도로의 정체를 피할 수 있게 된다.
- ☐ 서울시는 도로 소통상황을 예측하여 혼잡구간과 시간대를 시민들에게 미리 알려주는 교통예측시스템을 구축해, 올 9월부터 앱·홈페이지를 통한 '교통예보' 서비스를 시험 시행한다고 밝혔다.



<그림 3-9> 교통상황 예측기술 개발 협조체계 구축(한국교통연구원, 서울특별시)

제2절 연구개발 내용

1. 반복정체시 교통상황 예측정보 생성 전략

- 본 연구에서는 향후 1시간을 기준으로 그 이전 예측은 단기예측, 그 이후 예측은 중장기예측으로 구분
- 또한 본 연구는 예측정보 생성을 위하여 지자체의 교통정보생성 단위 링크별 통행 속도 정보를 활용하였는데, 이는 교통정보 수집의 근간이 되는 속도값을 활용하여 범용성을 고려하고자 하였음
- 정보의 경우, 도로를 관할하는 기관을 통하여 대상링크에 대한 속도값과 교통량값을 확보하였고, 정보가 생성되지 않는 구간의 경우, 본 연구에서 개발된 알고리즘을 사용할 수 없으나 신설도로의 경우 동일한 상황이 일정기간(동일요일 10일)이 지나면 적용 가능
- 자료제공 주기의 경우 연산시간과 실용성을 고려하여 5분으로 적용하였으나, 각 대상지의 특성에 맞게 조정 가능
- 예측정보 생성을 위한 데이터는 대상구간 링크 속도값을 활용하였고, 실제 사용하기 위한 데이터 구성은 날짜-링크ID-시간-속도(-교통량, 공사예측시 필요)이며, 다음과 같음

	A	B	C	D	E
1	DATE	LINK_ID	TIME	SPEED	VOLUME
2	20090101	LRI2000010	0	92.24	68
3	20090101	LRI2000010	5	85.82	74
4	20090101	LRI2000010	10	86.65	61
5	20090101	LRI2000010	15	85.71	80
6	20090101	LRI2000010	20	83.25	75
7	20090101	LRI2000010	25	93.45	76
8	20090101	LRI2000010	30	88.74	68
9	20090101	LRI2000010	35	88.57	75
10	20090101	LRI2000010	40	83.87	79
11	20090101	LRI2000010	45	87.83	92
12	20090101	LRI2000010	50	85.15	71

<그림 3-10> 데이터 구성 요소

- 단기예측의 경우 실시간 교통상황을 반영한 KNN알고리즘을 사용
- 중장기예측의 경우 과거 동일한 패턴 속도값 10개의 중앙값(Median)을 사용
- 본 연구에서 제시하고자 하는 예측 방법의 평가는 예측값과 실측값의 차이의 통계량을 이용하여 분석하고, 평균절대백분율오차(MAPE : Mean Absolute Percentage Error)를 사용함

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|\tilde{T}^l(t) - T^l(t)|}{T^l(t)} \times 100$$

여기서,

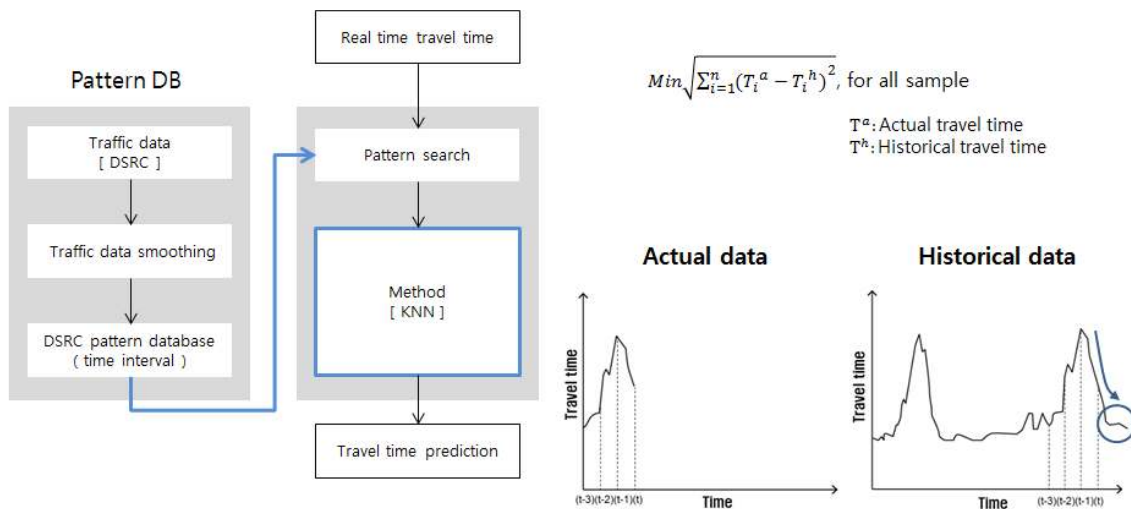
$\tilde{T}^l(t)$: t 시간대 예측통행시간

$T^l(t)$: t 시간대 실측통행시간

가. 단기 교통상황 예측정보 생성 전략

(1) KNN (K-Nearest Neighbors) 알고리즘

- k-Nearest Neighbor의 줄임말로 비모수 기반 예측모형임
- 데이터에 대한 특별한 가정이 필요 없고 간단하며 복잡한 비선형 문제의 예측력도 우수하며 계산시간 또한 짧음
- KNN 알고리즘을 통한 교통상황 예측에는 과거 이력자료 패턴구축, 패턴선정, 그리고 예측 등의 과정이 수행



<그림 3-11> KNN 알고리즘 개요

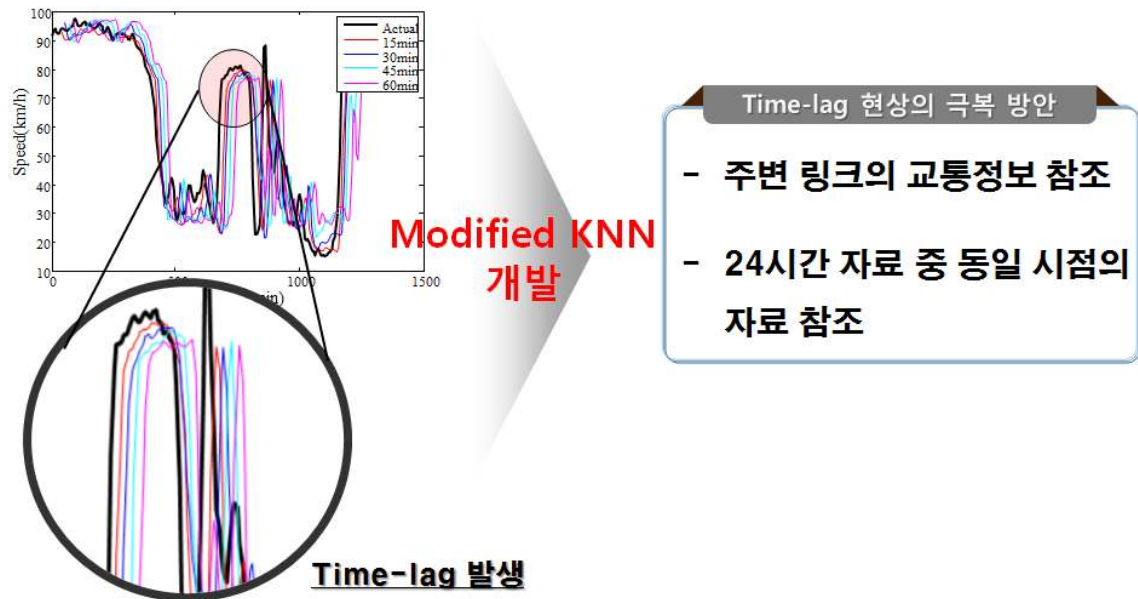
- 패턴선정에는 일반적으로 거리척도에 따른 유사성(Similarity)에 기반하여 선정
- 본 연구에서는 연산속도(computation cost)가 우수하며, KNN 알고리즘에서 가장 많이 사용되는 Euclidean distance를 적용하는데, 이는 기준값과 참조값의 상대적 차이를 의미함
- KNN 모형은 실시간 교통정보와 비교가능한 이력정보 중 유클리디안 거리가 가장 최소가 되는 K개의 이력자료(Nearest neighbourhood)를 선택하고, 이력자료의 평균적인 교통변화를 미래의 교통상황변화로 활용하는 모형임
 - 교통자료는 일련의 시간단위로 변화하는데 사전에 정의한 시간단위(Timeset) 만큼을 패턴을 비교할 기준정보로 두고, 동일 시간단위로 이력자료를 비교하여 유클리디안 거리를 계산함
 - 유클리디안 거리가 계산된 이력자료의 수는 여러 개로 구성되는 것이 일반적이며, 사전에 결정된 K개 만큼의 이력자료를 유클리디안 거리가 가장 짧은 값을 보이는 순으로 정렬하여 단기교통상황을 예측하기 위한 이력자료로 활용함
- KNN 모형을 이용하여 파라미터 변화에 따른 정확도를 검토한 결과, K=3, Timeset=6 값이 가장 안정적인 결과를 보였음
 - Timeset=6의 경우, 30분 교통정보를 패턴으로 설정하고 비교할 기준정보로 두기 때문에 통행속도의 Fluctuation을 일부 완화시킬 수 있음
 - K=3의 경우, 기준정보와 다른 패턴정보를 인식했을때 오차의 크기를 줄일 수 있기 때문에 정확도 제고 측면에서 적합한 기준으로 판단됨

시나리오 2 (돌밤)	기준 : 2013.12.01(일) *이벤트 자료 : Normal 5일(K=3, T=3) 비교: 추돌사고(2차로차단)				
		15분	30분	45분	60분
	6 월계1교 ~ 월릉JC	2.66%	3.33%	3.77%	3.89%
	7 월릉JC ~ 중랑교	3.19%	3.93%	4.73%	4.98%
	8 중랑교 ~ 장안교	9.80%	10.07%	10.96%	11.14%
	9 장안교 ~ 군자교	3.27%	4.29%	4.68%	5.14%
시나리오 6 (돌밤) 10일	기준 : 2013.12.01(일) *이벤트 자료 : Normal 5일, Event 5일(K=3, T=3) 비교: 추돌사고(2차로차단)				
		15분	30분	45분	60분
	6 월계1교 ~ 월릉JC	2.83%	3.49%	3.95%	4.07%
	7 월릉JC ~ 중랑교	3.09%	3.98%	4.49%	4.94%
	8 중랑교 ~ 장안교	6.71%	11.68%	14.31%	15.54%
	9 장안교 ~ 군자교	2.98%	4.44%	4.89%	5.37%
(돌밤) 10일 K=6	기준 : 2013.12.01(일) *이벤트 자료 : Normal 5일, Event 5일(K=6, T=3) 비교: 추돌사고(2차로차단)				
		15분	30분	45분	60분
	6 월계1교 ~ 월릉JC	2.63%	3.32%	3.44%	3.83%
	7 월릉JC ~ 중랑교	2.69%	3.60%	3.86%	4.14%
	8 중랑교 ~ 장안교	5.70%	9.59%	11.53%	12.19%
	9 장안교 ~ 군자교	2.98%	4.41%	5.18%	5.62%
(돌밤) 10일 K=6 T=6	기준 : 2013.12.01(일) *이벤트 자료 : Normal 5일, Event 5일(K=6, T=6) 비교: 추돌사고(2차로차단)				
		15분	30분	45분	60분
	6 월계1교 ~ 월릉JC	2.58%	3.05%	3.54%	3.84%
	7 월릉JC ~ 중랑교	3.18%	4.02%	4.28%	4.49%
	8 중랑교 ~ 장안교	5.55%	9.58%	11.80%	12.61%
	9 장안교 ~ 군자교	3.09%	4.46%	5.26%	5.84%

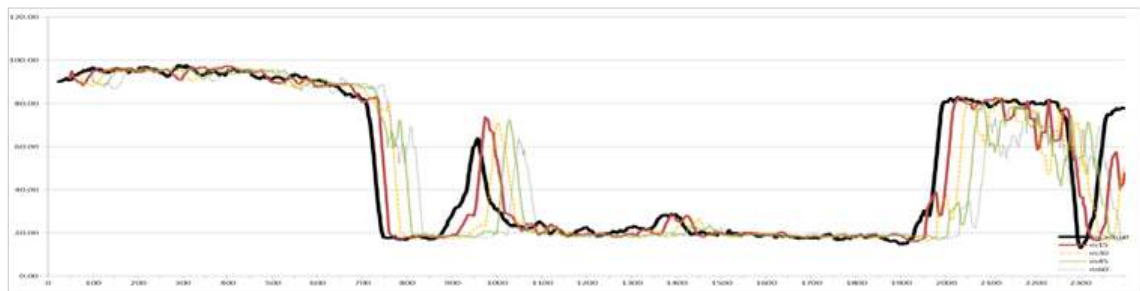
(그림3-12) 파라미터 변화에 따른 교통상황 예측결과(동부)

(2) 시공간상관을 고려한 단기 교통상황예측 모형

- 단기교통상황예측정보를 생성하기 위해 참조하는 이력자료는 동일 구간의 자료만을 패턴자료로 활용하기 때문에, 필연적으로 Time-lag 현상이 발생함



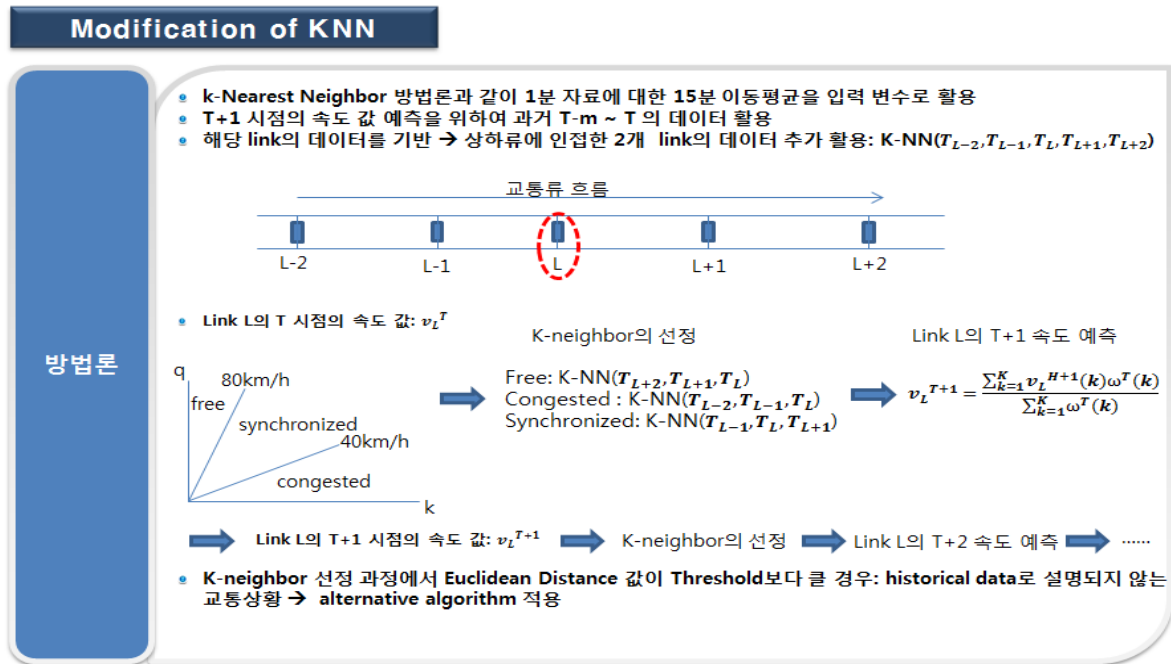
<그림 3-13> 패턴매칭 알고리즘의 한계



<그림 3-14> 예측시간 단위에 따른 시간차집현상(15분<30분<45분<60분 순서)

- 해당 검지만 사용하여 Traffic prediction을 수행하는 알고리즘은 예측값과 참값 사이에 Time-lag가 존재
- 예측시간(prediction horizon) 단위가 커짐에 따라 Time-lag 현상도 커지는 결과를 보였음
- 고속도로와 같은 연속류도로 뿐만 아니라 도시부 도로와 같은 시내 도로망에 대한 교통상황예측을 위하여 상하류간의 공간상관을 고려할 수 있는 모형이 필요함
- 공간상관을 고려한 단기교통상황예측 모형은 교통관리센터에서 제공하는 교통정보를 이용하여 multi-step ahead prediction이 가능하여야 함
- 도시부의 Network에 대한 분석과 돌발상황 등 이벤트를 포함한 예측이 가능해야함
- 본 연구에서는 기존 KNN 모형이 가지고 있는 Time-lag 현상을 개선하기 위해 공간상관을 고려한 "Modification of KNN" 모형을 구축하였음

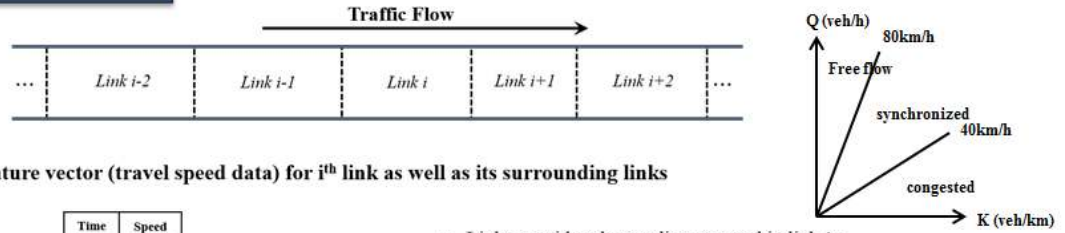
- "Modification of KNN" 모형은 교통상황(free, synchronized, congested)에 따라 인접한 2개의 상/하류부의 이력자료를 함께 고려함
- free 상황에서는 하류부에서 발생한 교통혼잡이 상류부로 전이되는 현상을 이용하기 때문에 하류부 이력자료를 함께 고려하여 예측정보를 생성함
- Synchronized 상황에서는 교통혼잡이 일정수준(크기)을 유지하고 있는 상태로 교통상황의 변화를 인식하기 위해 상/하류부의 이력자료를 함께 고려하여 예측정보를 생성함
- Congested 상황에서는 교통혼잡이 상류부에서 하류부로 회복되는 현상을 이용하기 때문에 상류부 이력자료를 함께 고려하여 예측정보를 생성함



<그림 3-15> Modification of KNN 모형 개요

- Step1: 교통상황(free, synchronized, congested)에 따라 인접한 2개의 상/하류부의 이력자료를 함께 고려함
- Step2: 과거 2년치의 historical data set의 같은 패턴 중 동일 시간의 data 고려
- Step3: Euclidean distance가 가장 가까운(낮은) 3개의 패턴 선정
- Step4: 선정된 3개 패턴의 이후 한 시간(t+1~t+12)동안 속도값의 평균을 단기 예측 값으로 결정

주변링크의 교통정보 참조



Step 1. Select a feature vector (travel speed data) for i^{th} link as well as its surrounding links

Time step	Speed (Link i)
0	83
1	79
2	80
3	78
...	...
$t-5$	83
$t-4$	85
$t-3$	82
$t-2$	72
$t-1$	51
t	45
$t+1$	?
...	...
$t+T$	?

Pattern L=6

- Links considered according to speed in link i : Link $_i$, Link $_1$, Link $_2$

- Free flow: Link i , Link $i+1$, Link $i+2$
 - Transition: Link i , Link $i+1$, Link $i-1$
 - Congested: Link i , Link $i-1$, Link $i-2$

- Speeds in selected links for Pattern L

Time step	Speed (Link i)	Speed (Link $i+1$)	Speed (Link $i-1$)
$t-5$	83	86	88
$t-4$	85	82	85
$t-3$	82	85	83
$t-2$	72	70	82
$t-1$	51	55	70
t	45	45	55

동일시점의 자료 참조

Step 2. Construct training set

Real data			Historical data		
83	86	88	82	82	78
85	82	85	78	88	82
82	85	83	85	85	83
72	70	82	83	88	89
51	55	70	78	85	87
45	45	55	77	88	86
			86	72	55
			53	85	55

Step 3. Calculate Euclidean distance and Take 3 patterns ($k=3$) with the lowest Euclidean distance

$$D = \sqrt{w_{i-1} \cdot d_{i-1} + w_i \cdot d_i + w_{i+1} \cdot d_{i+1}}$$

$$d_{i-1} = (V_{i-1}^t - V_{i-1}^h)^2 + (V_{i-1}^{t-1} - V_{i-1}^{h-1})^2 + \dots + (V_{i-1}^{t-n} - V_{i-1}^{h-n})^2$$

$$d_i = (V_i^t - V_i^h)^2 + (V_i^{t-1} - V_i^{h-1})^2 + \dots + (V_i^{t-n} - V_i^{h-n})^2$$

$$d_{i+1} = (V_{i+1}^t - V_{i+1}^h)^2 + (V_{i+1}^{t-1} - V_{i+1}^{h-1})^2 + \dots + (V_{i+1}^{t-n} - V_{i+1}^{h-n})^2$$

- Speed of link i at current time t : V_i^t
- Speed of link i at time t in historical data : V_i^h
- ※ w_i, w_1, w_2 : weight for each link
 - Free flow: 0.2, 0.5, 0.3
 - Synchronized: 0.3, 0.4, 0.3
 - Congested: 0.3, 0.5, 0.2

<그림 3-17> Modification of KNN 알고리즘

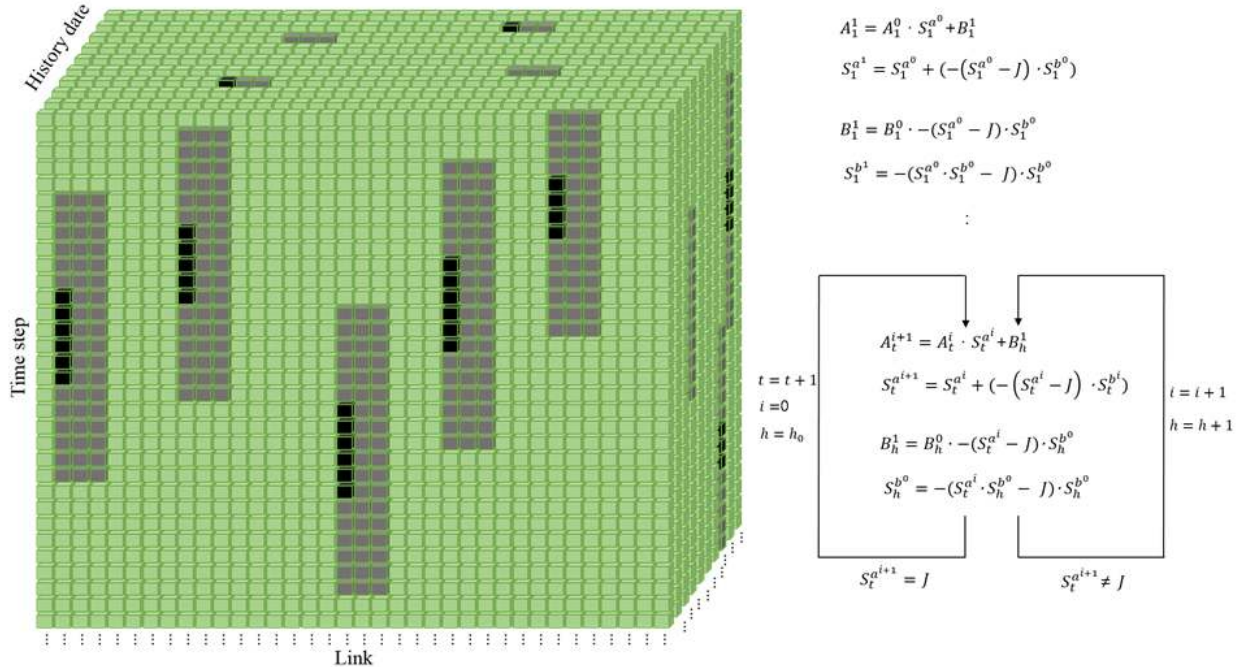
- 개발한 알고리즘은 평일 Normal Condition은 물론이거니와 공휴일과 기상, 명절, 공사, 사고 등의 이벤트 상황에도 동일하게 적용
- 과거이력자료에 각종 이벤트 상황이 녹아져있기 때문에 속도 값을 추정하는데 무리가 없음

나. 중장기 교통상황 예측정보 생성 전략

- 기존의 중장기 교통상황 예측 방법은 같은 패턴의 최근 10일간의 중앙값(median)으로 산출하였음
- 하지만, 과거 historical data에는 이벤트(사고, 공사 등)의 영향이 반영되어 있어 순수한 Normal condition으로 보기 어려움

- 이러한 이벤트의 영향을 받는 historical data의 section을 같은 패턴을 가지는 다른 날짜의 section으로 채워서 순수한 data set으로 구축함

- Normal data 구축 (이벤트 영향 받는 section 제거)
- 패턴을 고려한 최근 10일치 Normal 속도 값의 median



<그림 3-18> Normal data set 구축

- 위 그림은 하나의 도로축(ex.올림픽대로)에 대한 전체 링크의 속도 matrix이며 이벤트가 발생한 시간(검은색)과 이벤트의 영향을 받는 시공간(회색)이 표현됨
- 영향을 받는 구간(회색)은 시간적으로 사고가 발생하기 전 30분(6블럭)과 후 30분이며 공간적으로 이벤트가 발생한 링크 뒤로 두 개의 링크임
- 이렇게 표현된 구간을 오염된 구간이라고 표현하며, 각 요일은 속도 matrix와 상태 matrix를 가짐
- 오염된 구간은 같은 패턴의 11일치 이후의 데이터에서 오염되지 않은 구간으로 채워짐
- 만약, 11일치에서 모두 채워지지 않는다면, 11일치 이후(12일,13일..) 데이터에서 채워지며 1일치 데이터가 완전히 치료(normal condition으로 채워짐)될 때 까지 채워짐
- 이때, 11일 이후 데이터에서 한번 채워진 데이터는 오염된 상태로 표현되며, 다시 사용될 수 없음
- 위와 같은 방식으로 같은 패턴의 10일치 전체가 완전히 순수한 normal data만을

가진 matrix를 얻을 수 있으며, 이 10일치의 normal data의 중앙값(median)을 중장기 예측값으로 사용함

- 공휴일이나 매년 반복되는 동일한 행사, 선거와 같은 경우도 동일한 방법으로 중장기 예측값을 생성하나, 쌓여있는 데이터가 적어서 오염된 구간은 무시하고 10일치를 활용함

다. 가중치를 이용한 단기와 중장기 예측 결과 조합

- 단기예측결과 값과 중장기 예측 결과값을 연결할 때(1시간이후) 발생하는 속도 값의 차이(갑작스런 변화)가 발생
- 1시간 내의 단기 예측 결과값과 중장기 예측 결과값에 가중치(Weight)를 주어 합침으로써 이러한 문제 해결 가능
- 링크 상황에 따라 단기 예측시 후반부로 갈수록 증가하는 MAPE를 줄일 수 있음
- 현재 시간에 가까울수록 단기 예측 결과 값에 가중치를 크게 하며 1시간에 가까울수록 중장기 결과 값에 가중치를 더 크게 줌

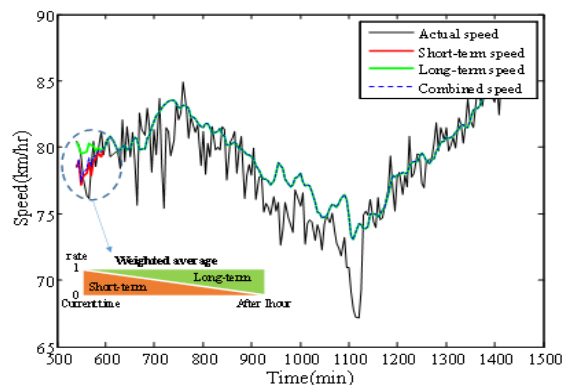
$$\hat{V}(t) = W(P) \cdot \hat{V}_s(t) + (1 - W(P)) \cdot \hat{V}_l(t)$$

$\hat{V}(t)$: Predicted Travel Speed at Time, t

$\hat{V}_s(t)$: Predicted Short-term Travel Speed at Time, t

$\hat{V}_l(t)$: Predicted Long-term Travel Speed at Time, t

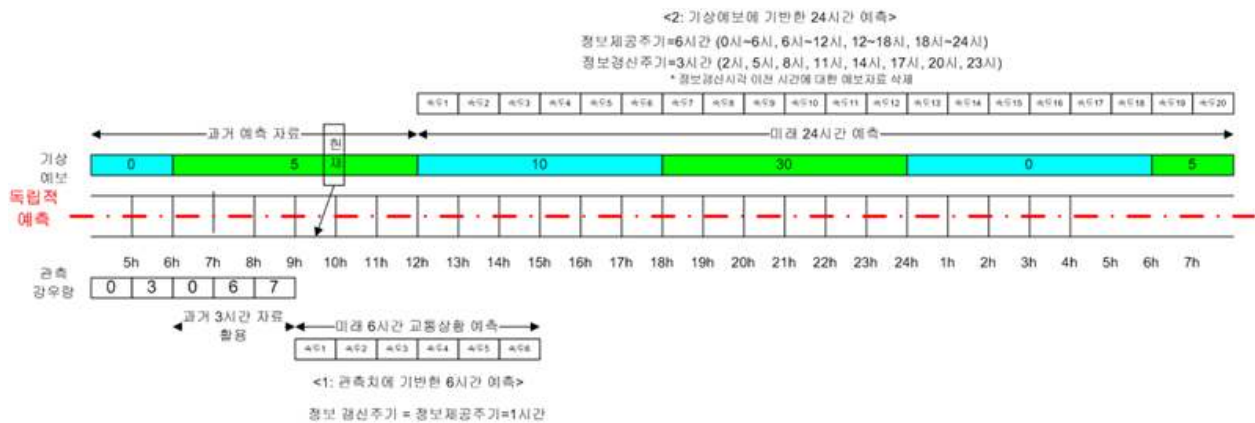
$W(P)$: Weight Function which returns weight value as a function of prediction horizon



<그림 3-19> Weight function을 사용한 단기와 중장기 합치기

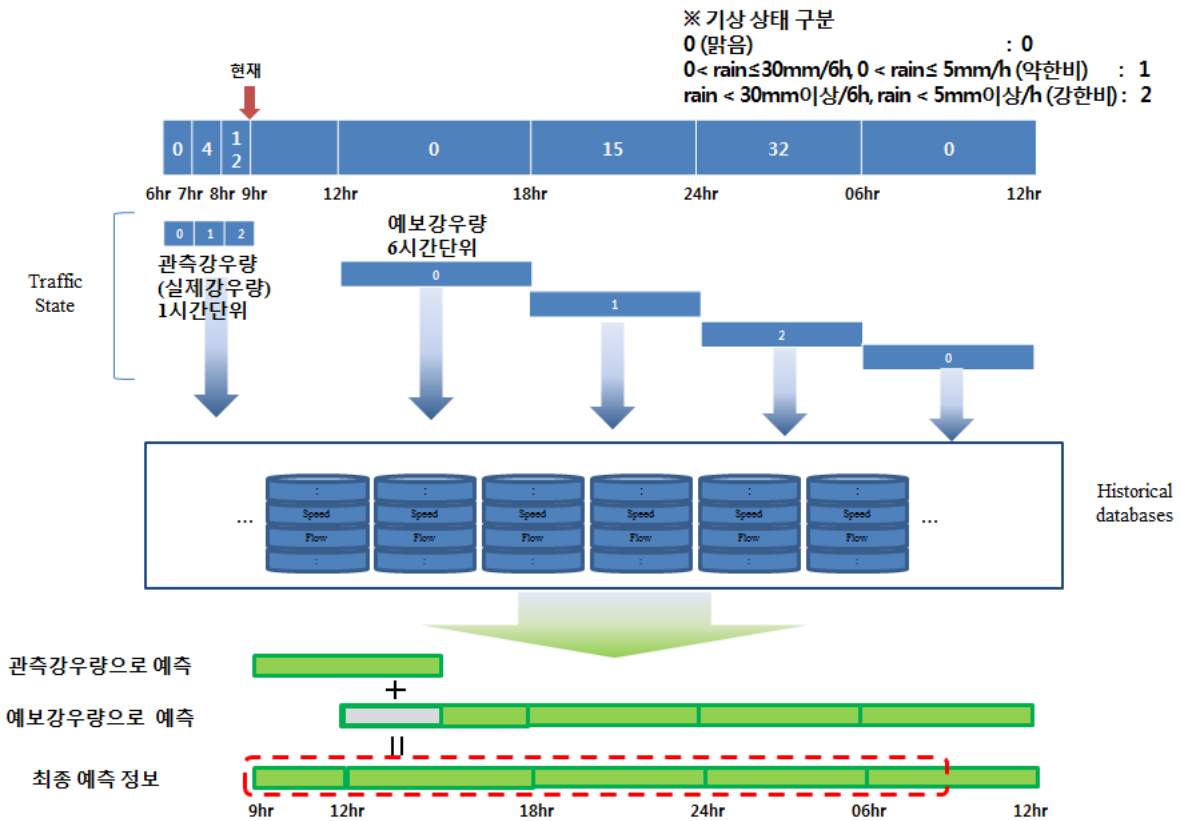
2. 강우에 따른 교통상황 예측정보 생성 전략

- 기상청에서 제공하는 기상 예보 정보 제공 주기는 6시간 단위(0시~6시, 6시~12시, 12시~18시, 18시~24시) 정보이며 3시간 단위로 정보가 갱신됨
- 관측 강우량 정보는 1시간 단위로 정보가 갱신됨
- Normal 상태의 중장기 예측값을 예보정보(향후 24시간)와 관측 강우량 정보(과거 3시간)에 강우정보가 포함될 경우 기상 패턴을 반영한 중장기 예측치로 대체함 (강우 정보가 없는 경우 normal 상태의 중장기 예측값을 적용-요일 제약)



<그림 3-20> 기상 예보 정보를 활용한 교통상황 예측

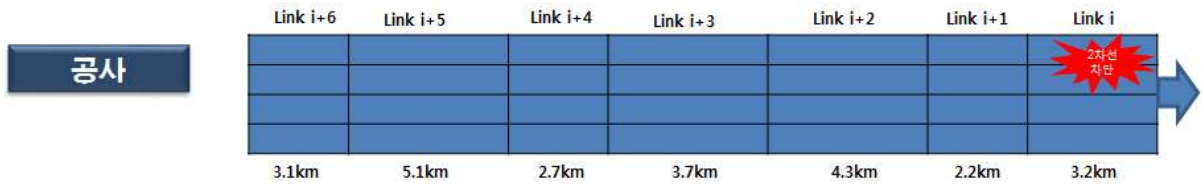
- 중장기 예측은 6시간 단위의 기상예보와 1시간 단위의 강우량 관측치를 기반으로 정보갱신주기(예보:3시간, 관측: 1시간)와 동일하게 반복 수행 (6시간 단위 기상예보를 기상청 구분 기준으로 분류하고 독립적으로 과거 자료에서 검색)
- 기상예보에 의한 교통상황 예측 <2>은 6시간 단위의 4개 기간 동안 수행하고 강우량 관측치에 의한 교통상황 예측<1>은 6시간까지 수행
- 예측<1>과 예측<2>는 historical data에서 동일한 기상 상황을 보이는 최근 자료 (10일치)를 요일에 관계없이 추출하여 median값 적용
- 예측<1>과 예측<2>는 가중평균을 적용하여 하나의 기상 상황을 고려한 중장기 예측치 생성 (현재는 예측 1의 값이 예측2를 대체함)
- 계측강우량은 과거 3시간 계측 자료를 활용
- 기상예보 정보와 관측치의 강우량 구분 기준 (기상청 구분 기준)
- 0 (맑음), 0~30mm/6h, 0~5mm/h (약한비), 30mm이상/6h, 5mm이상/h (강한비)



<그림 3-21> 기상 예보 정보를 활용한 교통상황 예측 알고리즘

3. 공사에 따른 교통상황 예측정보 생성 전략

- 공사 예정 정보를 활용하여 공사 발생 시 교통 상황을 예측할 수 있음
- 공사 관련 취득 정보: 공사 예정 지점, 공사 예정 시작 시간, 공사 예정 기간, 폐쇄 차로수
- 공사 예정 기간 동안 도로 용량(veh/h)과 예측 교통량 (veh/h) 을 비교하여 Queue의 길이를 계산
 - $\frac{(\text{링크의 차로수} - \text{공사로 인해 차단된 차로수})}{\text{링크의 차로수}} \times \text{도로용량} < \text{예측교통량}$ 이면 Queue 발생
 - $\frac{(\text{예측교통량} - \text{도로용량})}{12} \times \frac{1}{\text{링크의 차로수}} \times \text{정체시 차간 간격} = 5\text{분동안의 Queue 길이}$
- 중장기 예측치를 기준으로 Queue 길이의 영향을 받는 Link에 속도 감소 적용 (30±5 km/h 적용)
- Queue 발생 이후 공사도로용량이 예측 교통량 보다 크면 Queue는 줄어들며 Queue가 0보다 작으면 공사에 의한 정체는 사라짐



• 공사관련 취득 정보: 공사예정 지점, 공사예정 시작시각, 공사 예정 기간, 폐쇄 차로수

• 공사 예정 기간 동안 도로 용량(veh/h)과 예측 교통량(veh/h)을 비교하여 Queue의 길이를 계산

$\frac{(\text{링크의 차로수} - \text{공사로 인해 차단된 차로수})}{\text{링크의 차로수}} \times \text{도로용량} < \text{실제 교통량}$ 이면 Queue 발생

$\frac{(\text{실제교통량} - \text{도로용량})}{12} \times \frac{1}{\text{링크의 차로수}} \times \text{spacing in congestion} \left(\frac{m}{veh} \right) = 5\text{분 동안의 Queue 길이}$ $\therefore \text{spacing in congestion} : 15m/veh$

• Normal condition의 중장기 예측치를 기준으로 Queue 길이의 영향을 받는 Link에 Speed 감소 적용 ($30 \pm 5 \text{ km/h}$ 적용)

• Example

- Link i의 용량: 4800veh/h, Link i의 time t에서의 용량: 3600veh/h

$$\diamond \frac{(4-2)}{4} \times 4800 = 2400 < 3600 \Rightarrow \text{Queue 발생} \Rightarrow \text{Link i에 Speed 감소 적용 } (30 \pm 5 \text{ km/h 적용})$$

$$\diamond \frac{(3600-2400)}{12} \times \frac{1}{4} \times 15 = 375m \Rightarrow 5\text{분 동안의 Queue 길이} \Rightarrow \text{Link i의 길이를 넘어간다면 다음 Link i+1에도 속도감소 적용}$$

<그림 3-22> 공사정보를 반영한 Queue길이 산정 예시

4. 행사에 따른 교통상황 예측정보 생성 전략

가. 명절

- 명절의 경우, 연휴기간의 길이에 따라 방법론이 달라지는데, 명절당일을 기준으로 명절 전 연휴길이, 명절 후 연휴길이에 따라 패턴이 달라짐
- 명절당일은 종류구분없이 연차별로 통합하고, 각 D-2, D-1, D+1, D+2 별로 통합하며, D-3이 있는 경우 D-3이 있는 명절의 각 D-2, D-1의 데이터를 통합, D+3이 있는 경우 D+3이 있는 명절의 각 D+2, D-1의 데이터를 통합하는 #3의 예측 정확도가 상대적으로 가장 좋음
- 도출된 명절 패턴을 도식화하면 다음과 같이 구분할 수 있음

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	명절 당일 휴일 1 명절 당일 휴일 2 명절 당일 휴일 3	(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 3		휴일 3	(목)	금	토	일

<그림 3-23> 명절 패턴 구분

- 명절 전의 패턴은 명절 당일을 기준으로 2일전 까지 살펴보아야 하면 패턴1, 3일 전까지는 패턴2, 4일 전까지는 패턴3
- 명절 후의 패턴은 명절 당일을 기준으로 1일후 까지 살펴보아야 하면 패턴a, 2일 후까지는 패턴b, 3일 후까지는 패턴3
- 2014년 추석의 경우, 살펴보아야할 전체기간이 금, 토, 일, 월, 화, 수요일(대체휴일) 이므로, 명절 전 패턴은 패턴2, 명절 후 패턴은 패턴b에 해당함

나. 여름휴가철

- 휴가철의 경우, 매년 8월1일을 기준으로 전주 일요일부터 2주간을 여름휴가로 규정
- 이 2주간의 여름휴가철 동안 예측정보는 다른 과거이력자료는 참고하지 않고 매해 같은 기간의 동일한 요일값을 활용하여 예측값을 생성함

다. 행사일

- 매년 반복되는 행사일은 행사별로 별도의 패턴 자료를 구축하여 예측에 활용

5. 중장기 복합 상황시 예측

- 복합 상황은 비강우시, 강우시, 이벤트시로 구분됨
- 비강우시, Normal Condition알고리즘으로 예측후, 공사여부를 확인하여 공사알고리즘 적용
- 강우시, 기상알고리즘으로 예측후, 공사여부를 확인하여 공사알고리즘 적용
- 명절, 공휴일, 휴가철, 주기적인 이벤트시, 강우여부에 상관없이 각 알고리즘에 필요한 동일 교통상황의 속도값으로 예측값을 생성해내고, 공사여부를 확인하여 공사알고리즘 적용

6. 이벤트 자료 구축

- 데이터 기반의 예측이라 단기와 달리 이벤트 데이터가 없을시 예측이 되지 않음
- 사고 발생시 사고 지속시간과 폐쇄차로수 등의 사고정보가 미비한 실정이나, 이러한 정보를 입력하고 관리할 것을 도로관리청에 지속적으로 요구할 예정

제3절 연구수행 성과 및 검증

1. 교통상황 예측정보 제공시스템

- 본 연구개발을 통해 제작한 최종성과물은 교통상황 예측시스템으로, 지자체 ITS 센터 등에서 시스템을 설치하여 미래 교통상황을 예측할 수 있는 소프트웨어 패키지
- 현재 지자체 교통정보센터에서는 각 지자체별 다양한 실시간 교통상황 정보를 제공하고 있으나 미래 교통상황에 대한 정보는 제공하지 못하는 실정임
- 이에 지자체에 미래 교통상황 예측정보를 생성할 수 있는 소프트웨어를 제공함으로써 선제적 교통제어 전략수립 및 예측서비스를 지원하여 교통정보 제공의 질적 향상 도모를 목적으로 함
- 현재 서울시 7개 도시고속도로를 대상으로 실시간 서비스 중('15.11.01~)



<그림 3-24>교통상황 예측시스템 서비스 화면

- 단기 및 중장기 예측을 현재 시각기준으로 예측가능하고, 향후 1시간 이내는 5분 단위로, 그 이상은 1시간 단위로 예측값을 제공하고 있음
- 사용자 측면에서의 서비스뿐만 아니라, 관리자 측면에서 전날의 정확도를 확인할수 있는 신뢰성 분석 페이지가 있음
- 시스템 관리자 기능은 크게 파라미터 설정, 출발정보 입력 및 삭제, MAPE 정보 조회, Contour Map 정보 조회로 나뉘지며, 해당 기능은 로그인을 통해 인가된 관리자만 접근이 가능

- 예측을 위한 파라미터 설정으로 단기예측에 활용되는 K Value, Time Set, Modified K-NN 설정값, 탐색 범위, 가중치를 입력 할 수 있으며, 파라미터 설정값을 저장하면, 다음 예측 수행 시부터 파라미터가 적용된 예측 수행이 이루어짐

<그림 3-25> 예측 파라미터 입력 화면

<표 2-2> 예측 파라미터 입력 UI 설명

No.	설명
1	단기 예측 수행에 필요한 K Value 및 Time Set을 입력
2	Modified Knn Free 값 및 Sync 값 입력
3	과거 교통정보를 참조 할 범위 입력 (연단위 입력, 단위가 클수록 예측수행시간 증가)
4	예측 최종 결과값을 산출하기 위하여, 단기 및 중·장기 예측 수행 결과값에 가중치를 설정할 수 있으며, 이를 관리자가 직접 입력 가능
5	저장 버튼을 누르면 변경된 설정값이 저장 됨

2. 교통상황 예측정보 제공시스템의 기능

가. 돌발정보 관리

- 돌발정보 연계와는 별도로 관리자가 돌발정보를 입력할 수 있으며, 입력 된 돌발정보의 관리 및 삭제가 가능 함

<그림 3-26> 돌발정보 관리 화면

<표 2-3> 캘린더를 이용한 중·장기 예측정보 조회 기능 설명

No.	설명
1	돌발이 발생한 도로를 선택
2	선택한 도로의 방향을 선택
3	돌발정보 선택 (사고, 고장, 공사, 낙하물, 특별재난, 행사훈련, 공사)
4	돌발이 발생한 날짜를 달력으로 선택
5	돌발이 시작된 시간을 선택
6	돌발이 종료된 시간을 선택
7	돌발정보 저장 버튼을 누르면, 입력 정보가 저장되고, 메인페이지로 이동
8	입력한 돌발 정보가 표출 되며, 선택 가능 (다중선택 안됨)
9	돌발정보 리스트에서 돌발정보를 선택하고, 삭제 버튼을 누르면 돌발정보가 삭제된 후 메인페이지로 이동

나. MAPE 정보 확인

- 단기예측, 중·장기 예측 결과값에 대해 각 구간별, 방향별로 실측 대비 MAPE 결과를 제공
- MAPE값은 단기예측의 15분, 30분, 45분, 60분, 중·장기 전체에 대해 전일 24시간을 기준으로 산출하여 제공

구분	15분	30분	45분	60분	LongTerm
강변북로(구리 방향)	15.02	15.9	16.06	14.95	14.79
강변북로(영산 방향)	14.85	16.46	17.7	19.48	19.58
경부고속도로(서울 방향)	17.53	18.81	19.3	19.9	19.41
경부고속도로(신갈 방향)	15.68	16.88	17.7	15.87	15.4
내부순환(성산 방향)	11.54	12.81	13.43	14.35	14.59
내부순환(성수JC 방향)	12.52	14.59	15.79	18.08	18.53
동부간선도로(성수JC 방향)	11.05	11.95	11.75	10.91	10.68
동부간선도로(의정부 방향)	12.88	14.45	15.05	14.31	13.98
북부간선(구리 방향)	11.86	13.98	14.8	14.47	14.25
북부간선(종원JC 방향)	9.83	11.53	12.06	12.01	11.89
분당수서로(성남 방향)	7.2	6.88	6.51	5.39	5.28
분당수서로(청담대교 방향)	18.2	21.88	24.42	25.01	24.22
서부간선도로(금천IC 방향)	20.69	23.44	24.31	25.35	25.06
서부간선도로(성남대교 방향)	27.37	30.03	32.29	34.15	33.66

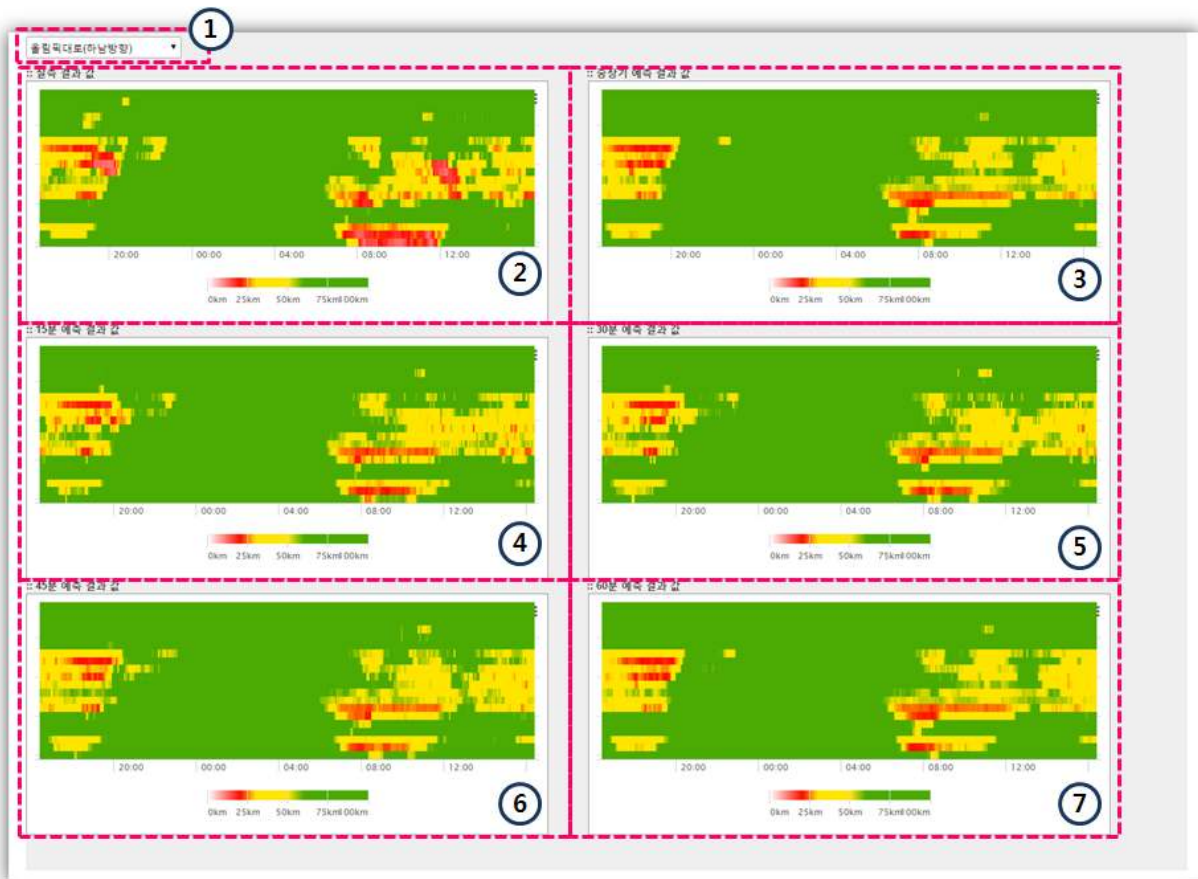
<그림 3-27> MAPE 결과 표출 화면

<표 2-4> 캘린더를 이용한 중·장기 예측정보 조회 기능 설명

No.	설명
1	도로 방향 별 단기 15, 30, 45, 60분 MAPE 정보와 중·장기 MAPE 정보 제공

다. 도로별 ContourMap 정보 조회

- 예측 결과의 신뢰성 검토를 위한 기능으로 도로 방향 별 ContourMap 조회가 가능하며, 관리자 입장에서 실측값과 예측값을 한눈에 비교 가능하도록 개발하였으며 예측결과의 신뢰성 검증을 지원함



<그림 3-28> ContourMap 정보표출 화면

<표 3-5> ContourMap 화면 UI 설명

No.	설명
1	도로 방향을 선택하여 신뢰성 검토를 진행
2	실측한 속도 정보를 그래프로 표출
3	중·장기 예측 정보를 그래프로 표출
4	단기 15분 예측 정보를 그래프로 표출
5	단기 30분 예측 정보를 그래프로 표출
6	단기 45분 예측 정보를 그래프로 표출
7	단기 60분 예측 정보를 그래프로 표출

3. 정성적 성과

- 미래교통상황을 단기 및 중장기로 구분하고, 또한 아무런 이벤트가 발생하지 않은 Normal Condition과 기상, 공사, 연휴 등 각종 이벤트 별로 예측 알고리즘을 연구하고 개발하였고, 본 연구를 통하여 개발한 알고리즘의 예측 가능범위는 다음과 같음

<표 3-6> 개발한 알고리즘의 예측 가능범위

		단기예측(1시간 이전)	중장기예측(1시간 이후)
Normal Condition		○	○
기상	강우	○	○
	강설	○	×
사고		○	○
공사		○	○
공휴일		○	○
명절		○	○
휴가철		○	○
예기치 않은 이벤트		○	×

- 각 상황별 테스트 검증을 실시하였고, 개발한 알고리즘은 MAPE기준 평균 10%대의 정확도를 나타냄

가. 반복정체 상황의 교통상황예측 알고리즘 검증

(1) 테스트구간 및 기간

- 서울 도시 고속도로 6개 축에 대한 예측 결과값에 대한 정확도 검증
- 기간: 2013/10/26 - 2013/11/01 (일주일)



<그림 3-29> 서울도시고속도로 Test 구간

(2) 결과

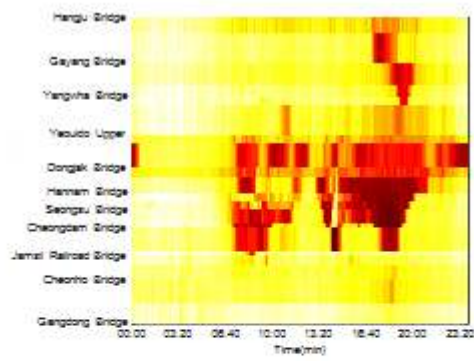
- 단기 예측에서 예측 시간이 길어질수록 MAPE는 점점 커짐
- 일반적으로 단기 예측이 중·장기 예측보다 낮은 MAPE를 보이며 단기와 중·장기를 합쳤을 경우 링크에 따라 더 좋은 결과 값을 보이기도 함
- 단기 예측은 10%내외의 MAPE 값을 가지며 중·장기는 16%정도의 MAPE 값을 가짐

<표 3-7> 일주일 동안의 올림픽대교 Link별 MAPE

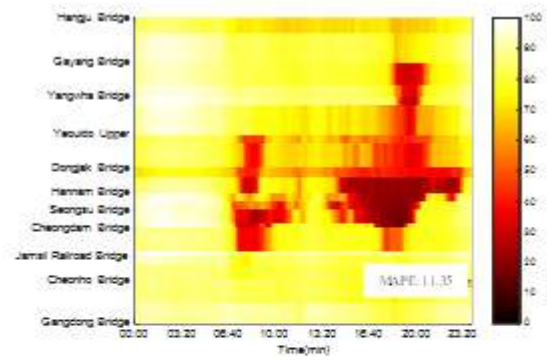
Link section	Short-term MAPE (%)				Long-term MAPE (%)	Combined MAPE (%)			
	15 min	30 min	45 min	60 min		15 Min	30 Min	45 min	60 min
천호대교→올림픽대교	3.3	3.8	4.1	4.4	5.4	3.4	3.9	4.2	5.04
올림픽대교→잠실철교	6.1	8.5	10.3	11.6	18.9	7.1	10.5	12.8	16.6
잠실철교→잠실대교	4.6	5.6	6.7	7.7	16.0	5.4	7.6	9.6	14.1
잠실대교→청담대교	7.1	10.5	12.7	14.6	21.6	8.0	12.3	15.1	19.3
청담대교→영동대교	9.6	14.5	19.1	22.2	25.5	10.4	16.1	20.2	23.3
영동대교→성수대교	9.2	13.6	16.9	19.1	19.6	9.4	13.9	16.5	18.9
성수대교→동호대교	11.8	15.7	18.1	20.7	21.1	12.2	16.0	18.0	19.6
동호대교→한남대교	8.7	11.3	13.9	16.2	15.1	8.9	11.4	13.2	14.0
한남대교→반포대교	8.6	13.1	16.8	18.8	17.0	8.6	12.7	15.1	15.0
반포대교→ 동작대교	7.1	8.63	9.6	10.3	10.7	7.0	8.2	8.8	9.2
동작대교→한강대교	12.1	17.8	22.1	25.0	28.3	12.8	19.1	23.2	27.2
한강대교→여의상류	6.4	7.6	8.3	8.8	9.6	6.4	7.6	8.2	9.5
여의상류→여의하류	4.9	6.1	6.7	7.1	7.8	5.0	6.1	6.6	7.9
여의하류→양화대교	6.2	7.5	8.5	9.3	12.3	6.6	8.4	9.6	11.8
양화대교→성산대교	7.4	9.2	10.5	11.1	14.4	7.9	10.2	11.8	14.1
Average	7.5	10.2	12.3	13.8	16.2	7.9	10.9	12.8	15.0

<표 3-8> 일주일 동안의 서울 도시 고속도로 전체 MAPE

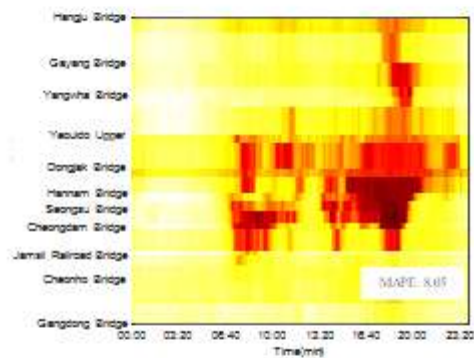
Expressway name	Short-term MAPE (%)				Long-term MAPE (%)	Combined MAPE (%)			
	15 Min	30 Min	45 min	60 Min		15 Min	30 Min	45 Min	60 min
올림픽대로	8.17	10.53	12.12	13.24	18.59	8.73	11.78	13.90	17.81
강변북로	8.86	11.06	12.43	13.36	19.62	9.28	12.18	14.18	18.48
경부	6.45	8.33	9.64	10.60	11.62	6.55	8.43	9.56	10.91
남부	6.15	7.94	9.25	10.41	14.31	6.43	8.67	10.30	13.33
동부	9.10	10.94	12.01	12.70	14.09	9.24	11.13	12.11	13.40
북부	9.11	11.22	12.50	13.35	17.91	9.45	12.10	13.79	16.87
Average	7.97	10.00	11.33	12.27	16.02	8.28	10.71	12.31	15.13



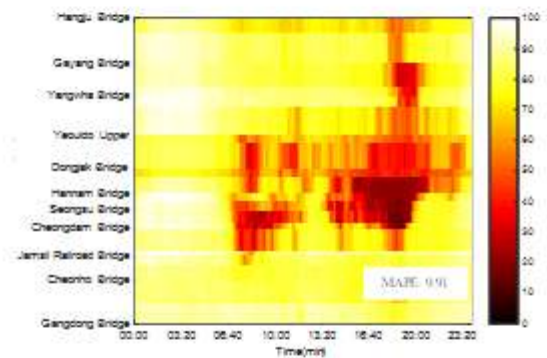
(a) Actual speed



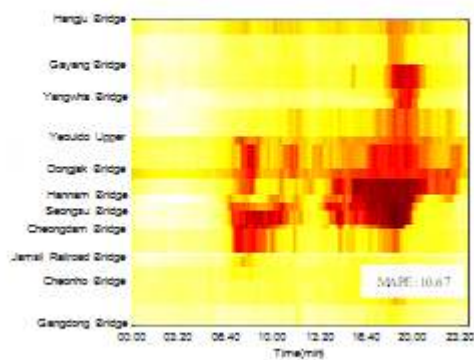
(b) Predicted speed by long-term



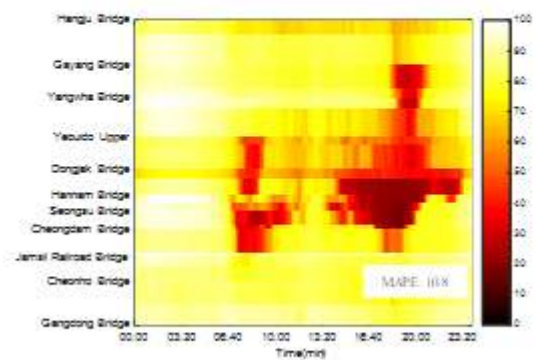
(c) Predicted speed with prediction horizon of 15 min



(d) Predicted speed with prediction horizon of 30 min



(e) Predicted speed with prediction horizon of 45 min



(f) Predicted speed with prediction horizon of 60 min

<그림 3-30> 올림픽대로 예측 결과 Contour 그래프 (2013/10/30)

나. 다양한 상황의 교통상황예측 알고리즘 검증

(1) 기상

- 본 연구에서 개발한 기상 알고리즘을 적용하여 2013년 05월~2013년 12월까지 강우가 발생한 날을 대상으로 기상 알고리즘 적용 전·후 MAPE결과 값을 비교 분석 하였음

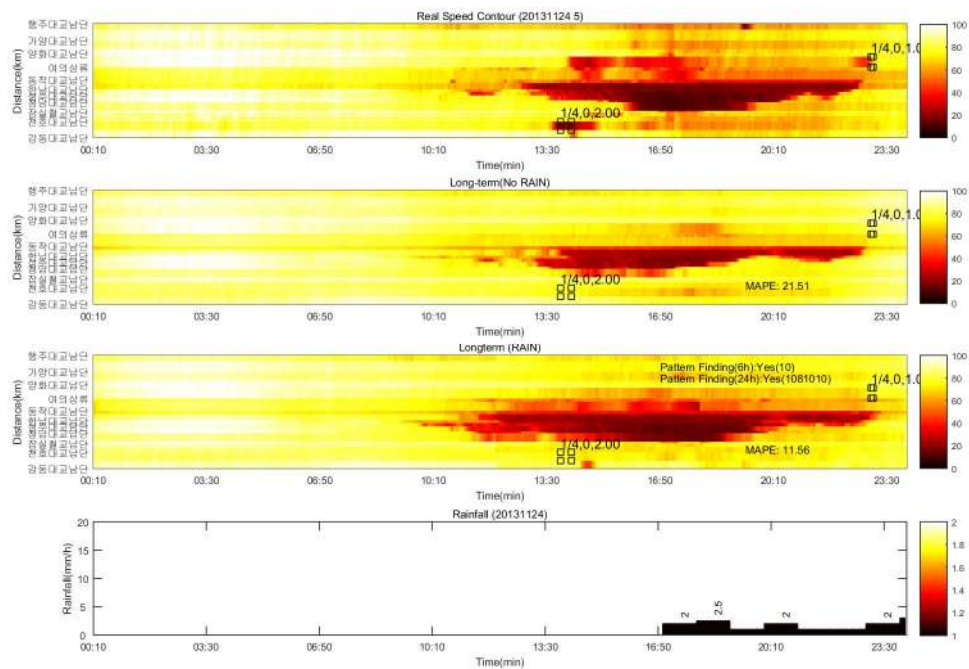
(가) 기상 알고리즘 적용 전·후 MAPE 결과값 비교 분석

<표 3-9> 기상 알고리즘 적용 전·후 MAPE 결과값 비교 분석(단위: %)

날짜	기상 알고리즘 적용 전 MAPE	기상 알고리즘 적용 후 MAPE	날짜	기상 알고리즘 적용 전 MAPE	기상 알고리즘 적용 후 MAPE
20131226	11.7	9.0	20130802	13.7	15.6
20131214	17.6	17.4	20130801	12.4	12.8
20131212	19.8	16.9	20130731	25.1	23.3
20131211	15.4	13.9	20130730	38.7	31.9
20131209	15.5	12.2	20130728	9.0	10.8
20131127	16.7	16.7	20130724	17.2	16.2
20131125	18.0	13.5	20130723	23.3	19.8
20131124	21.5	11.6	20130722	28.4	22.7
20131117	21.4	10.7	20130718	18.8	13.0
20131114	12.2	11.2	20130717	19.7	17.4
20131110	20.9	10.2	20130716	14.9	15.4
20131106	23.0	25.4	20130715	42.8	35.4
20131029	8.4	8.1	20130714	25.8	16.9
20131015	16.2	13.4	20130713	26.7	28.3
20131010	11.5	9.9	20130711	12.7	12.3
20131008	15.8	13.6	20130710	11.8	12.1
20131007	10.9	13.3	20130709	10.7	8.3
20130929	14.0	11.1	20130708	22.7	15.9
20130924	18.5	13.0	20130707	10.2	12.7
20130914	14.6	14.9	20130704	31.7	25.9
20130913	25.4	20.5	20130701	15.8	15.0
20130912	17.5	14.4	20130628	12.2	13.1
20130911	19.9	15.1	20130627	10.1	11.6
20130910	26.0	23.3	20130619	8.1	9.7
20130829	19.2	15.0	20130618	15.3	10.6
20130823	20.0	15.7	20130617	11.0	11.7
20130822	13.6	9.2	20130612	17.3	11.6
20130810	12.0	11.9	20130611	33.1	29.6
20130806	17.0	16.4	20130529	12.8	11.7
20130805	16.7	14.9	20130528	14.7	12.4
평균			평균	18.0	15.4

(나) 결과 Contour 그래프

- 아래 그래프는 기상 알고리즘이 적용된 그래프와 적용이 안 된 속도에 대한 Contour 그래프를 보여줌
- 첫 번째 Contour 그래프는 실제 속도에 대한 Contour 그래프 이며 두 번째 그래프는 Normal 알고리즘이 적용된 중·장기 예측 속도의 Contour 그래프임
- 세 번째 Contour 그래프는 기상 알고리즘이 적용된 중·장기 예측 결과임
- 강우 발생시 Normal 알고리즘에 의해 예측된 결과 값보다 기상 알고리즘을 적용한 예측 결과 값이 대체로 낮은 MAPE 값을 보임
- 13년도 11월 24일의 경우, 강우를 반영하지 않았을 때의 정확도는 21.5%인 반면, 기상알고리즘 적용시 11.6%의 정확도로 강우로 인한 정체심화를 예측함
- 예상 강우량을 활용한 기상 알고리즘을 통해 강우가 교통 상황에 미치는 영향을 반영할 수 있음



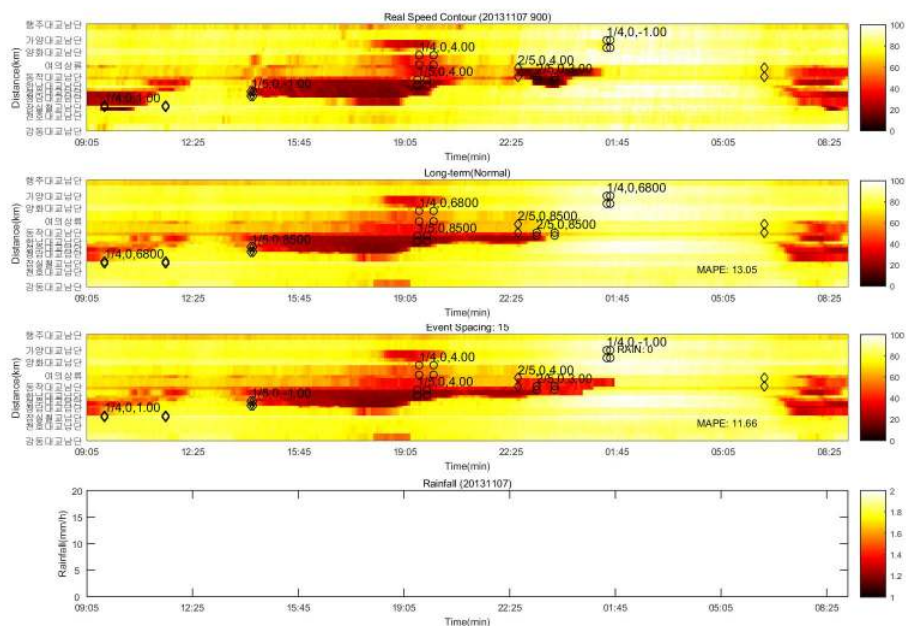
<그림 3-31> 기상 알고리즘이 적용된 예측 결과 그래프(2013/11/24)

(2) 공사 및 돌발 상황

- 공사 알고리즘은 중·장기 예측 알고리즘(Normal 또는 기상 알고리즘)이 적용된 예측값에 공사의 영향을 받는 시간과 공간에 적용됨
- 공사에 의해 발생 되는 정체를 중·장기 예측 알고리즘만으로는 예측할 수 없었으나 공사 알고리즘을 적용하면 공사에 의한 Queue 발생을 예측할 수 있음
- 보다 정확한 Queue 길이 산정을 위해서 각 링크별 정확한 용량산출이 필요함
- 사고와 돌발상황은 폐쇄차로수와 사고처리 시간 정보를 확보하여 공사 알고리즘과 유사하게 처리

(가) 공사 알고리즘이 적용된 예측 결과 그래프

- 첫 번째 Contour 그래프는 실제 속도에 대한 Contour 그래프이며 두 번째 그래프는 중·장기 예측 알고리즘이 적용된 Contour 그래프임
- 세 번째 Contour 그래프는 중·장기 예측 알고리즘에 공사 알고리즘이 적용된 예측 결과를 보여줌
- 다음 그림에서 ◇모양은 공사가 진행된 링크의 시작과 끝 시점을 나타냄
- 공사 알고리즘 적용시 MAPE 0~2.3%정도 향상됨



<그림 3-32> 공사 알고리즘이 적용된 예측 결과 그래프(2013/11/07)

(3) 명절

- 본 연구에서 개발한 추석과 설과 같은 명절 교통상황예측 방법론의 객관성 검증 및 실제 시스템 테스트를 위하여 중장기 예측값을 도출하여 각 명절 1~2주일 전부터 서울도시고속도로 7개축의 통행속도와 통행시간을 제공하였고, 명절 이후 실제 속도값과 비교하여 신뢰성분석을 실시하였음

(가) 2015년 추석 연휴 예측 개요

- 2015년 9월 25일부터 29일까지의 추석연휴 기간의 예측값을 활용하여 실제로 대시민 서비스를 제공하였고 예측 정확도를 검증하였음

일	월	화	수	목	금	토
					9/25	26
27(당일)	28	29	30			

=>패턴 1-b

<그림 3-33> 2015년 설연휴 일정 및 패턴

- 명절 전후패턴에 따라 활용한 과거 명절 데이터는 다음과 같음

명절 전	명절 당일	명절 후
● 2009년 추석 ● 2010년 설,추석 ● 2011년 설	● 2012년 추석 ● 2013년 설, 추석 ● 2014년 설 ● 2015년 설	● 09년 설~15년 설 ● 14년 설 ● 14년 추석

<그림 3-34> 활용한 과거이력 데이터

- 실제 제공하였던 대시민 서비스 화면은 다음과 같음



<그림 3-35> 2015년 추석연휴 교통예측 대시민 서비스 화면

(나) 예측결과

- 서울시7개축 도시고속도로를 대상으로, 명절 예측방법론에 의하여 실제 제공하였던 통행속도 예측값과 실측값의 정확도는 MAPE기준 약 12%의 정확도를 보임
- 날짜별로는 추석연휴 전날인 25일의 경우 예측정확도가 14%였고, 연휴 첫날인 26일은 10%, 설 당일인 27일은 18%, 28일은 11%, 29일은 8%, 22일은 12%의 정확도를 보임
- 도로별로는 경부고속도로의 경우 약 13%, 동부간선도로 11%, 올림픽대로 9%, 북부간선도로 13%, 강변북로 11%, 내부순환로 13%, 서부간선로 14%의 정확도를 보임

<표 3-10> 2015년 추석연휴 경부고속도로 통행속도 예측정확도

경부고속도로		25	26	27	28	29	Ave.
부 산 방 향	한남-잠원	39.7%	18.1%	35.1%	13.1%	9.1%	23.0%
	잠원-반포	26.7%	30.5%	23.2%	18.3%	20.2%	23.8%
	반포-서초	6.6%	15.2%	11.6%	9.5%	7.1%	10.0%
	서초-양재	4.2%	4.0%	4.2%	7.9%	4.9%	5.0%
	Ave.	19.3%	16.9%	18.6%	12.2%	10.3%	15.5%
서 울	양재-서초	17.2%	8.6%	12.8%	9.6%	8.7%	11.4%
	서초-반포	13.8%	5.3%	15.3%	7.1%	5.9%	9.5%

방	반포-한남	10.6%	1.9%	14.1%	2.5%	2.2%	6.3%
향	Ave.	15.2%	8.2%	15.2%	7.8%	6.8%	10.6%
Total Ave.							12.7%

<표 3-11> 2015년 추석연휴 동부간선도로 통행속도 예측정확도

동부간선도로		25	26	27	28	29	Ave.
분 당 방 향	수락지하차도→노원교	27.6%	12.4%	20.6%	10.4%	5.7%	15.3%
	노원교→상계교	31.4%	18.9%	24.6%	15.1%	11.1%	20.2%
	상계교→창동교	18.8%	11.0%	15.1%	14.3%	8.4%	13.5%
	창동교→녹천교	14.6%	13.2%	15.1%	11.1%	11.3%	13.1%
	녹천교→월계1교	8.9%	6.1%	10.6%	4.3%	7.0%	7.4%
	월계1교→월릉JC	6.9%	5.1%	10.5%	5.1%	4.3%	6.4%
	월릉JC→중랑교	9.2%	3.3%	20.2%	2.8%	1.9%	7.5%
	중랑교→장안교	7.2%	1.5%	16.6%	6.9%	3.7%	7.2%
	장안교→군자교	5.3%	1.4%	24.5%	2.2%	3.0%	7.3%
	군자교→성동JC	8.9%	2.9%	25.7%	3.0%	2.7%	8.6%
	성동JC→성수JC	14.8%	6.9%	19.2%	8.0%	9.2%	11.6%
	청담대교남단→탄천1교	9.0%	3.9%	14.5%	9.7%	11.3%	9.7%
	탄천1교→수서	2.8%	2.2%	9.7%	2.4%	2.4%	3.9%
	수서→북정	2.2%	1.4%	7.4%	3.2%	2.9%	3.4%
	Ave.	12.0%	6.4%	16.7%	7.0%	6.1%	9.6%
의 정 부 방 향	북정→수서	15.7%	4.3%	14.9%	6.2%	2.5%	8.7%
	수서→탄천1교	21.9%	6.6%	13.0%	10.9%	2.4%	11.0%
	탄천1교→청담대교남단	7.0%	3.1%	5.6%	4.1%	3.8%	4.7%
	성수JC→성동JC	11.9%	14.5%	34.0%	9.8%	10.5%	16.1%
	성동JC→군자교	16.9%	2.3%	44.4%	2.7%	3.0%	13.9%
	군자교→장안교	12.1%	14.1%	22.5%	4.3%	3.1%	11.2%
	장안교→중랑교	13.1%	4.2%	11.9%	2.1%	6.5%	7.6%
	중랑교→월릉JC	9.3%	7.1%	16.4%	7.6%	2.7%	8.6%
	월릉JC→월계1교	27.6%	21.1%	17.5%	13.4%	2.0%	16.3%
	월계1교→녹천교	14.0%	9.5%	23.1%	11.2%	4.1%	12.4%
	녹천교→창동교	19.3%	16.3%	26.4%	13.4%	7.2%	16.5%
	창동교→상계교	14.7%	16.4%	24.2%	13.4%	8.1%	15.4%
	상계교→노원교	12.4%	10.9%	12.7%	8.8%	8.5%	10.7%
	노원교→수락지하차도	9.0%	16.8%	16.7%	16.3%	16.0%	15.0%
	Ave.	14.6%	10.5%	20.2%	8.9%	5.8%	12.0%
Total Ave.							10.8%

<표 3-12> 2015년 추석연휴 올림픽대로 통행속도 예측정확도

올림픽대로		25	26	27	28	29	Ave.
강동 방향	행주대교남단→방화대교남단	4.6%	2.9%	16.7%	14.0%	8.6%	9.4%
	방화대교남단→가양대교남단	17.3%	6.0%	21.7%	8.8%	6.8%	12.1%
	가양대교남단→성산대교남단	15.1%	2.7%	8.2%	7.4%	9.1%	8.5%
	성산대교남단→양화대교남단	2.8%	2.2%	11.9%	5.1%	4.5%	5.3%
	양화대교남단→여의하류	3.0%	2.5%	7.0%	5.7%	5.1%	4.7%
	여의하류→여의상류	11.7%	6.3%	10.0%	6.4%	5.0%	7.9%
	여의상류→한강대교남단	16.7%	9.0%	16.5%	11.6%	7.4%	12.2%
	한강대교남단→동작대교남단	11.5%	6.5%	8.0%	7.6%	6.3%	8.0%
	동작대교남단→반포대교남단	23.9%	9.3%	28.7%	4.9%	3.1%	14.0%
	반포대교남단→한남대교남단	23.4%	10.3%	22.6%	9.1%	8.9%	14.9%
	한남대교남단→동호대교남단	11.7%	6.3%	12.3%	3.7%	3.0%	7.4%
	동호대교남단→성수대교남단	7.5%	4.1%	12.2%	3.9%	4.2%	6.4%
	성수대교남단→영동대교남단	10.9%	5.5%	17.1%	6.0%	2.8%	8.4%
	영동대교남단→청담대교남단	11.1%	8.0%	10.1%	9.5%	5.1%	8.8%
	청담대교남단→잠실대교남단	9.2%	6.6%	7.9%	6.6%	3.7%	6.8%
	잠실대교남단→잠실철교남단	24.0%	23.4%	22.6%	27.8%	25.7%	24.7%
	잠실철교남단→올림픽대교남단	4.4%	1.1%	1.7%	3.2%	2.9%	2.7%
	올림픽대교남단→천호대교남단	1.9%	1.7%	3.4%	3.0%	2.4%	2.5%
	천호대교남단→암사대교남단	10.8%	12.7%	15.5%	26.9%	25.7%	18.3%
	암사대교남단→강동대교남단	3.9%	7.9%	7.3%	12.9%	9.1%	8.2%
	Ave.	11.3%	6.8%	13.1%	9.2%	7.5%	9.6%
김포 방향	강동대교남단→암사대교남단	2.8%	2.7%	3.1%	6.9%	6.2%	4.3%
	암사대교남단→천호대교남단	8.8%	7.5%	8.2%	5.5%	9.2%	7.8%
	천호대교남단→올림픽대교남단	6.6%	5.9%	7.2%	7.6%	7.1%	6.9%
	올림픽대교남단→잠실철교남단	9.6%	2.1%	6.2%	3.4%	3.6%	5.0%
	잠실철교남단→잠실대교남단	6.7%	2.4%	23.3%	4.4%	5.3%	8.4%
	잠실대교남단→청담대교남단	5.2%	2.1%	12.6%	2.4%	2.8%	5.0%
	청담대교남단→영동대교남단	11.3%	2.5%	9.3%	4.7%	4.1%	6.4%
	영동대교남단→성수대교남단	17.7%	4.5%	14.2%	4.7%	2.6%	8.7%
	성수대교남단→동호대교남단	16.7%	10.9%	18.8%	8.7%	4.4%	11.9%
	동호대교남단→한남대교남단	11.9%	10.4%	13.9%	9.9%	6.9%	10.6%
	한남대교남단→반포대교남단	15.4%	13.7%	14.6%	17.7%	19.3%	16.1%
	반포대교남단→동작대교남단	14.0%	8.9%	18.1%	7.8%	8.7%	11.5%
	동작대교남단→한강대교남단	19.2%	6.9%	19.0%	10.4%	9.8%	13.0%
	한강대교남단→여의상류	12.0%	4.1%	14.3%	5.6%	2.6%	7.7%
	여의상류→여의하류	12.1%	7.6%	12.3%	9.3%	3.5%	9.0%
	여의하류→양화대교남단	16.0%	5.7%	13.9%	5.4%	3.9%	9.0%
	양화대교남단→성산대교남단	15.8%	8.6%	18.8%	6.6%	2.8%	10.5%
	성산대교남단→가양대교남단	7.9%	3.5%	12.5%	10.4%	4.3%	7.7%
	가양대교남단→방화대교남단	7.3%	6.8%	19.4%	6.9%	5.3%	9.1%
	방화대교남단→행주대교남단	10.1%	8.4%	19.7%	7.4%	2.8%	9.7%
	Ave.	11.4%	6.2%	14.0%	7.3%	5.8%	8.9%
Total Ave.							9.2%

<표 3-13> 2015년 추석연휴 북부간선도로 통행속도 예측정확도

북부간선도로		25	26	27	28	29	Ave.
서울 방향	구리시계→신내IC	7.3%	4.6%	27.3%	7.2%	6.4%	10.6%
	신내IC→목동IC	13.8%	5.5%	15.1%	4.6%	4.7%	8.8%
	목동IC→월릉JC	22.6%	12.5%	13.6%	30.1%	18.9%	19.6%
	월릉JC→하월곡	10.9%	12.9%	7.9%	9.0%	11.1%	10.4%
	하월곡→종암JC	3.7%	4.6%	20.0%	6.3%	6.9%	8.3%
	Ave.	11.7%	8.0%	16.8%	11.5%	9.6%	11.5%
구리 방향	종암JC→하월곡	7.2%	3.7%	19.9%	6.4%	3.4%	8.1%
	하월곡→월릉JC	9.9%	3.0%	25.7%	8.6%	5.6%	10.6%
	월릉JC→목동IC	9.4%	13.2%	33.4%	14.3%	9.0%	15.9%
	목동IC→신내IC	36.1%	26.5%	23.9%	34.7%	14.0%	27.0%
	신내IC→구리시계	13.8%	11.8%	10.0%	8.8%	9.5%	10.8%
	Ave.	15.3%	11.6%	22.6%	14.6%	8.3%	14.5%
Total Ave.							13.0%

<표 3-14> 2015년 추석연휴 강변북로 통행속도 예측정확도

강변북로		25	26	27	28	29	Ave.
강동 방향	김포→행주	9.7%	9.1%	10.3%	3.2%	2.1%	6.9%
	행주대교북단→방화대교북단	6.9%	3.1%	20.1%	6.7%	3.6%	8.1%
	방화대교북단→가양대교북단	10.9%	5.6%	28.8%	10.1%	8.4%	12.8%
	가양대교북단→난지IC	10.6%	6.5%	11.9%	16.3%	14.6%	12.0%
	난지IC→성산대교북단	7.8%	7.4%	14.4%	16.3%	16.1%	12.4%
	성산대교북단→양화대교북단	22.6%	23.2%	23.1%	23.7%	24.7%	23.5%
	양화대교북단→서강대교북단	15.5%	9.8%	12.0%	11.1%	11.5%	12.0%
	서강대교북단→마포대교북단	18.9%	6.6%	11.6%	4.9%	7.3%	9.9%
	마포대교북단→원효대교북단	12.9%	6.7%	11.6%	8.6%	9.5%	9.9%
	원효대교북단→한강대교북단	17.3%	12.3%	14.0%	13.0%	8.5%	13.0%
	한강대교북단→동작대교북단	15.2%	13.7%	13.0%	18.2%	18.0%	15.6%
	동작대교북단→반포대교북단	10.8%	9.1%	16.0%	10.2%	5.4%	10.3%
	반포대교북단→한남대교북단	12.2%	9.1%	18.1%	5.6%	6.8%	10.4%
	한남대교북단→동호대교북단	6.9%	10.9%	29.6%	9.6%	5.6%	12.5%
	동호대교북단→성수	9.7%	11.3%	20.2%	10.5%	7.1%	11.8%
	성수→영동대교북단	14.5%	7.0%	17.4%	2.6%	2.3%	8.8%
	영동대교북단→청담대교북단	10.7%	7.9%	16.5%	11.0%	9.1%	11.0%
	청담대교북단→잠실대교북단	13.5%	3.5%	2.8%	3.1%	2.3%	5.0%
	잠실대교북단→잠실철교북단	14.8%	5.3%	3.5%	8.8%	6.9%	7.9%
	잠실철교북단→올림픽대교북단	3.7%	2.5%	4.9%	3.2%	5.0%	3.9%
	올림픽대교북단→천호대교북단	11.7%	11.7%	12.9%	4.2%	5.2%	9.1%
	천호대교북단→구리시계	11.5%	9.5%	14.7%	13.2%	10.7%	11.9%
	구리시계→암사대교진입	22.9%	9.6%	15.4%	16.4%	15.1%	15.9%
	암사대교진입→강동대교	22.4%	13.9%	16.0%	16.6%	15.2%	16.8%
	Ave.	13.1%	9.0%	15.0%	10.3%	9.2%	11.3%
김포 방향	강동대교→암사대교진입	12.2%	13.6%	10.6%	15.0%	23.8%	15.0%
	암사대교진입→구리시계	17.4%	13.7%	23.4%	31.3%	31.9%	23.6%
	구리시계→천호대교북단	4.1%	2.2%	5.4%	1.8%	5.8%	3.9%
	천호대교북단→올림픽대교북단	3.5%	3.2%	4.2%	2.6%	3.4%	3.4%
	올림픽대교북단→잠실철교북단	15.7%	14.5%	13.4%	4.1%	3.4%	10.2%
	잠실철교북단→잠실대교북단	12.4%	12.8%	19.4%	2.0%	2.0%	9.7%
	잠실대교북단→청담대교북단	7.3%	5.1%	11.0%	9.5%	9.1%	8.4%
	청담대교북단→영동대교북단	17.4%	8.2%	17.3%	7.5%	8.4%	11.8%
	영동대교북단→성수	15.8%	17.1%	16.2%	11.8%	12.7%	14.7%
	성수→동호대교북단	4.1%	6.5%	9.5%	9.4%	5.0%	6.9%
	동호대교북단→한남대교북단	데이터 누락	7.6%	8.6%	22.7%	14.3%	13.3%
	한남대교북단→반포대교북단		11.2%	13.9%	24.2%	18.2%	16.9%
	반포대교북단→동작대교북단		10.9%	13.9%	8.8%	10.7%	11.1%
	동작대교북단→한강대교북단		9.8%	10.4%	9.0%	8.6%	9.5%
	한강대교북단→원효대교북단		4.5%	14.3%	4.7%	7.5%	7.7%
	원효대교북단→마포대교북단		4.1%	17.6%	14.5%	11.6%	12.0%
	마포대교북단→서강대교북단		10.6%	12.9%	11.9%	7.9%	10.8%
	서강대교북단→양화대교북단		11.0%	18.0%	15.7%	12.2%	14.2%
	양화대교북단→성산대교북단		6.9%	14.9%	10.0%	7.7%	9.9%
	성산대교북단→난지IC		22.8%	19.5%	27.2%	15.6%	20.6%
	난지IC→가양대교북단		9.6%	6.8%	11.5%	7.7%	8.3%
	가양대교북단→방화대교북단		6.0%	7.4%	5.5%	5.6%	5.4%
	방화대교북단→행주대교북단		5.8%	5.1%	4.3%	10.1%	6.8%
	행주대교북단→김포대교북단		6.8%	9.8%	7.8%	6.5%	7.0%
	Ave.	10.7%	9.3%	13.0%	11.0%	10.0%	10.9%
Total Ave.							11.1%

<표 3-15> 2015년 추석연휴 내부순환로 통행속도 예측정확도

내부순환로		25	26	27	28	29	Ave.
성수 대교 방향	성산대교북단→성산램프	11.1%	8.0%	26.0%	16.0%	19.1%	16.0%
	성산램프→연희램프	27.0%	36.8%	12.6%	8.5%	9.8%	18.9%
	연희램프→홍제램프	13.1%	23.6%	15.1%	10.4%	8.7%	14.2%
	홍제램프→홍은램프	24.2%	19.9%	30.4%	18.6%	9.8%	20.6%
	홍은램프→홍지문터널입구	36.2%	25.3%	29.9%	30.5%	21.2%	28.6%
	홍지문터널입구→정릉터널입구	19.4%	4.1%	10.2%	10.9%	7.9%	10.5%
	정릉터널입구→정릉터널출구	26.2%	9.4%	12.2%	2.9%	2.7%	10.7%
	정릉터널출구→정릉램프	10.0%	6.6%	11.9%	3.6%	3.3%	7.1%
	정릉램프→길음램프	5.6%	4.7%	7.9%	5.9%	4.0%	5.6%
	길음램프→종암JC	16.7%	17.0%	24.2%	15.2%	15.5%	17.7%
	종암JC→월곡램프	14.5%	14.0%	14.3%	7.6%	8.2%	11.7%
	월곡램프→마장램프	11.3%	10.7%	12.1%	6.2%	7.2%	9.5%
	마장램프→사근램프	12.2%	3.0%	11.6%	6.7%	8.1%	8.3%
	사근램프→성동JC	20.4%	6.1%	16.2%	9.2%	9.8%	12.3%
	Ave.	17.7%	13.5%	16.8%	10.9%	9.7%	13.7%
성산 대교 방향	성동JC→사근램프	11.1%	5.7%	4.8%	8.1%	9.2%	7.8%
	사근램프→마장램프	3.9%	3.6%	1.6%	6.7%	8.4%	4.8%
	마장램프→월곡램프	7.0%	2.6%	6.3%	7.6%	8.7%	6.4%
	월곡램프→종암JC	2.0%	3.4%	40.4%	7.9%	8.6%	12.4%
	종암JC→길음램프	1.9%	4.8%	35.4%	14.2%	13.9%	14.1%
	길음램프→정릉램프	6.6%	10.2%	22.8%	17.6%	8.8%	13.2%
	정릉램프→국민대램프	12.8%	7.9%	8.5%	13.6%	9.5%	10.4%
	국민대램프→정릉터널입구	12.3%	13.4%	15.3%	17.7%	19.2%	15.6%
	정릉터널입구→홍지문터널입구	12.1%	10.1%	24.9%	3.9%	5.5%	11.3%
	홍지문터널입구→홍지문터널출구	15.3%	9.7%	50.6%	8.6%	6.9%	18.2%
	홍지문터널출구→홍은램프	13.3%	8.8%	20.7%	7.6%	5.0%	11.1%
	홍은램프→홍제램프	7.9%	5.2%	22.3%	17.7%	4.3%	11.4%
	홍제램프→연희램프	7.9%	4.7%	29.7%	17.4%	5.1%	13.0%
	연희램프→성산램프	7.0%	7.5%	14.1%	16.0%	12.4%	11.4%
	성산램프→성산대교북단	8.9%	6.5%	13.5%	26.0%	26.9%	16.3%
	Ave.	8.5%	7.0%	21.9%	13.0%	10.2%	12.1%
Total Ave.							12.7%

<표 3-16> 2015년 추석연휴 서부간선도로 통행속도 예측정확도

서부간선도로		25	26	27	28	29	Ave.
성산 대교 방향	금천교→광명교	13.8%	7.8%	9.0%	5.3%	6.8%	8.6%
	광명교→고척교	7.6%	9.3%	31.4%	3.9%	2.5%	10.9%
	고척교→신정교	17.7%	19.0%	36.3%	12.4%	8.8%	18.8%
	신정교→목동교	18.3%	15.5%	30.2%	18.6%	19.1%	20.3%
	목동교→성산대교	12.1%	12.7%	14.4%	11.0%	9.3%	11.9%
	Ave.	13.9%	12.9%	24.3%	10.2%	9.3%	14.1%
안양 방향	성산대교→목동교	17.7%	7.3%	13.2%	20.5%	7.0%	13.1%
	목동교→신정교	12.6%	12.9%	27.9%	14.4%	9.7%	15.5%
	신정교→고척교	15.5%	4.0%	31.3%	10.3%	4.2%	13.1%
	고척교→광명교	27.2%	12.7%	23.6%	14.3%	8.4%	17.2%
	광명교→금천교	25.1%	11.0%	11.6%	11.6%	8.9%	13.7%
	Ave.	19.6%	9.6%	21.5%	14.2%	7.6%	14.5%
Total Ave.							14.3%

(4) 휴가철

- 본 연구에서 개발한 여름휴가철 예측을 위한 방법론의 객관성 검증 및 실제 시스템 테스트를 위하여 중장기예측값을 도출하여 2주전에 서울도시고속도로를 관리하는 서울시설공단에게 제공하였고 예측값을 바탕으로 실제값과 비교하여 신뢰성분석을 실시하였음

(가) 2014년 여름휴가예측 검증 개요

- 여름휴가철인 2014년 7월 27일(일)부터 8월 9일(토)까지 2주간 분석을 실시
- 대상구간은 경부고속도로와 동부간선도로 두 구간에 예측 및 실측값간의 MAPE 분석을 실시하였음

(나) 예측결과

- 여름휴가철 예측방법론에 의하여 실제 제공하였던 통행속도 예측값과 실측값의 정확도는 MAPE기준 약 13%의 정확도를 보임
- 평일의 경우 예측정확도가 14%였고, 주말의 경우 12%정확도를 보임
- 도로별로는 경부고속도로의 경우 약 14%, 동부간선도로 13%의 정확도를 보임

<표 3-17> 2014년 여름휴가철 경부고속도로 요일별 통행속도 예측정확도

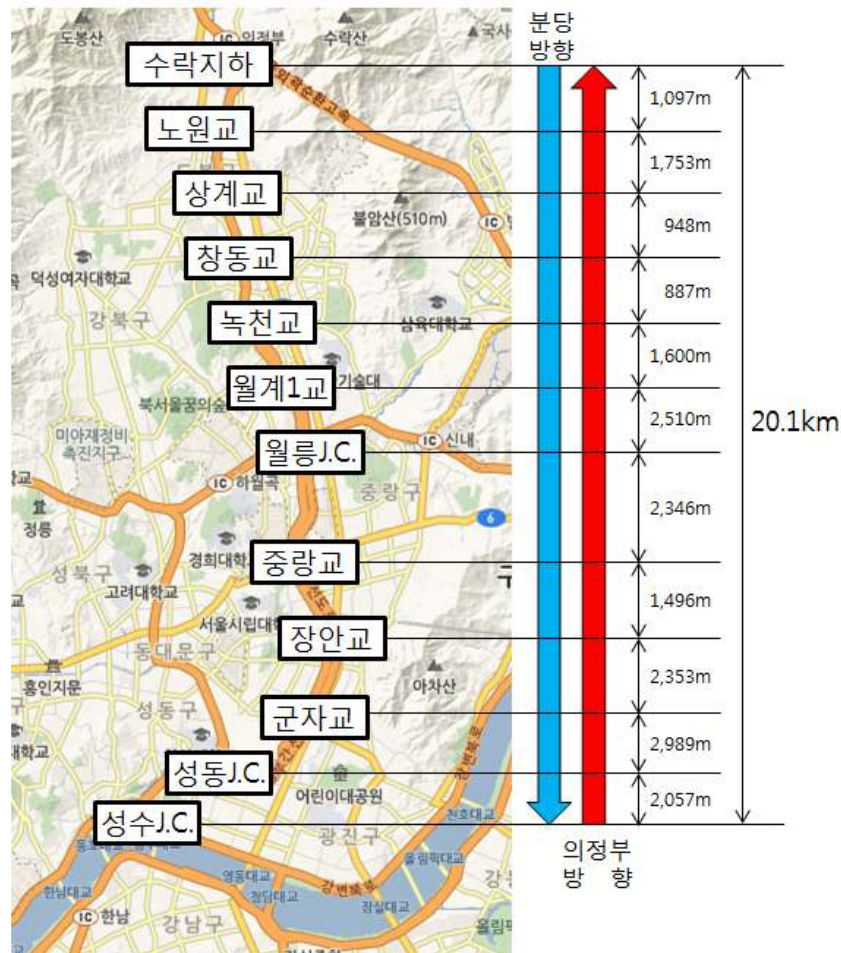
경부고속도로		일	월	화	수	목	금	토	Ave.
부 산 방 향	한남-잠원	20.0%	21.7%	19.2%	20.5%	21.4%	19.9%	21.5%	20.6%
	잠원-반포	16.4%	14.2%	9.4%	11.9%	18.1%	14.5%	19.8%	14.9%
	반포-서초	10.9%	13.9%	7.9%	11.8%	9.4%	13.2%	11.3%	11.2%
	서초-양재	8.6%	16.1%	14.5%	16.7%	10.9%	11.3%	24.2%	14.6%
	Ave.	14.0%	16.5%	12.8%	15.3%	15.0%	14.7%	19.2%	15.3%
서 울 방 향	양재-서초	16.6%	11.4%	8.4%	11.3%	12.4%	11.3%	12.8%	12.0%
	서초-반포	10.0%	12.0%	16.2%	23.1%	12.4%	12.5%	10.8%	13.8%
	반포-한남	3.5%	15.5%	24.4%	21.4%	11.5%	14.1%	6.2%	13.8%
	Ave.	10.0%	13.0%	16.3%	18.6%	12.1%	12.6%	9.9%	13.2%
Total Ave.									14.3%

<표 3-18> 2014년 여름휴가철 동부간선도로 요일별 통행속도 예측정확도

동부간선도로		일	월	화	수	목	금	토	Ave.
내 단 방 향	수락지하차도→노원교	15.6%	19.3%	27.9%	42.9%	27.5%	27.5%	28.2%	27.0%
	노원교→상계교	22.6%	25.9%	32.3%	40.9%	25.6%	25.7%	22.5%	27.9%
	상계교→창동교	15.0%	21.9%	19.8%	15.7%	15.6%	14.3%	14.2%	16.6%
	창동교→녹천교	17.6%	15.9%	17.1%	20.6%	17.4%	14.2%	14.0%	16.7%
	녹천교→월계1교	8.1%	7.6%	10.5%	9.8%	10.7%	9.9%	7.1%	9.1%
	월계1교→월릉JC	3.4%	6.3%	4.6%	4.1%	4.7%	5.1%	6.3%	4.9%
	월릉JC→중랑교	4.6%	6.0%	6.2%	13.5%	7.8%	4.1%	3.3%	6.5%
	중랑교→장안교	3.0%	5.1%	7.4%	17.4%	12.4%	6.1%	2.3%	7.7%
	장안교→군자교	3.3%	6.2%	7.5%	18.4%	13.6%	10.1%	3.6%	9.0%
	군자교→성동JC	4.1%	10.3%	9.1%	15.2%	14.5%	13.2%	6.7%	10.5%
	성동JC→성수JC	4.8%	6.9%	7.8%	13.0%	10.9%	12.9%	12.6%	9.8%
	Ave.	9.3%	11.9%	13.7%	19.2%	14.6%	13.0%	11.0%	13.2%
의 정 부 방 향	성수JC→성동JC	24.7%	22.8%	18.5%	21.6%	17.0%	18.3%	17.2%	20.0%
	성동JC→군자교	3.7%	8.1%	9.6%	5.3%	8.0%	8.2%	2.1%	6.4%
	군자교→장안교	3.7%	6.6%	9.0%	11.9%	8.8%	9.1%	5.4%	7.8%
	장안교→중랑교	3.4%	5.5%	3.7%	17.7%	11.1%	6.7%	5.6%	7.7%
	중랑교→월릉JC	4.1%	15.6%	11.1%	11.7%	14.5%	13.2%	13.3%	11.9%
	월릉JC→월계1교	8.1%	15.6%	13.9%	18.1%	15.7%	14.6%	20.3%	15.2%
	월계1교→녹천교	8.0%	18.2%	11.3%	11.9%	13.3%	16.0%	17.3%	13.7%
	녹천교→창동교	15.9%	35.1%	24.9%	22.3%	23.4%	28.8%	21.2%	24.5%
	창동교→상계교	3.3%	8.7%	6.2%	4.3%	13.0%	11.5%	25.8%	10.4%
	상계교→노원교	16.7%	9.1%	6.9%	7.5%	9.7%	9.8%	7.4%	9.6%
	노원교→수락지하차도	2.6%	3.3%	7.6%	3.7%	3.4%	5.2%	5.6%	4.5%
	Ave.	8.6%	13.5%	11.1%	12.4%	12.5%	12.9%	12.8%	12.0%
Total Ave.									12.6%

(5) 공휴일

- 동부간선도로 구간의 공휴일 예측 방법론을 적용하여 결과를 살펴보고자 함
- 공휴일 패턴은 각 공휴일의 종류별로 구분하여 패턴을 찾는 방법으로 동부간선도로에 적용하였음



<그림 3-36> 동부간선도로

○ 동부간선도로 공휴일의 예측 정확도는 약 18%의 정확도로 나타남

<표 3-19> 공휴일 패턴 검토 MAPE결과(단위 : %)

동부		신정	삼일절	어린이날	석가탄신일	현충일	광복절	개천절	크리스마스
성 남 방 향	수락~노원교	19.8	16.3	21.5	23.8	13.9	31.1	39.5	20.4
	노원교~상계교	26.3	22.4	20.3	29.1	23.0	43.6	40.8	24.4
	상계교~창동교	31.5	19.7	21.8	30.3	17.6	25.6	25.6	23.2
	창동교~녹천교	19.2	18.3	25.6	21.8	16.1	26.2	23.1	19.1
	녹천교~월계교	8.8	11.0	13.6	18.2	16.5	12.6	13.1	11.4
	월계교~월릉	6.3	4.5	2.6	3.6	5.0	7.0	15.9	4.9
	월릉~중랑교	5.1	3.5	3.2	3.5	2.9	4.6	16.8	4.7
	중랑교~장안교	5.1	3.5	3.2	3.5	2.9	4.6	16.8	4.7
	장안교~군자교	6.8	4.8	3.6	7.6	4.3	6.9	19.9	4.4
	군자교~성동JC	9.2	11.9	10.0	13.2	9.7	13.6	45.7	6.0
	성동JC~성수JC	14.2	17.6	15.1	20.8	19.5	19.0	30.2	12.3
의 정 부 방 향	성수JC~성동JC	24.5	24.4	16.4	11.8	10.9	31.7	22.1	23.0
	성동JC~군자교	6.9	7.2	5.4	17.7	5.9	5.6	18.1	5.7
	군자교~장안교	10.0	9.5	15.3	13.1	6.0	11.0	22.4	5.6
	장안교~중랑교	10.9	10.7	23.1	19.5	16.3	13.1	27.0	6.3
	중랑교~월릉	18.6	35.8	27.1	41.9	9.3	25.1	36.3	16.4
	월릉~월계교	48.0	42.7	35.4	46.8	118.5	63.9	74.6	30.1
	월계교~녹천교	21.2	22.8	26.3	33.1	18.9	28.6	31.5	26.1
	녹천교~창동교	28.7	26.7	24.8	25.5	16.7	33.1	33.5	24.7
	창동교~상계교	17.6	10.7	10.9	18.1	11.5	22.2	31.2	14.8
	상계교~노원교	18.0	10.2	8.5	13.0	10.0	23.0	24.9	9.7
	노원교~수락	13.4	8.2	14.9	21.6	22.8	29.4	30.8	5.1
평균		16.8	15.6	15.8	19.9	17.2	21.9	29.1	13.8
예측값 평균 : 18%									

다. 교통상황 예측 시스템 실시간 검증

- 본 연구를 통하여 개발한 교통상황 예측 시스템을 서울교통정보센터를 통하여 서울시 7개 도시고속도로를 대상으로 실제 대시민 서비스를 제공하였고 그에 따른 신뢰성분석을 진행하였음

(1) 1차 분석

(가) 분석 개요

- 서울시 도시고속도로를 대상으로 2015년 11월 1일(일)부터 25일(수)까지 분석을 진행
- 중장기예측의 경우 기상이나 공사등의 이벤트 알고리즘이 반영되지 않음
- 대상 기간 중 주중은 18일, 주말은 7일이었고, 비가 오지 않은 날이 14일이었고, 비가 온 날이 11일이었음

▶ 서울특별시 종로구 2015년 11월

일	월	화	수	목	금	토
1  1℃ 13℃	2  6℃ 15℃	3  7℃ 19℃	4  6℃ 20℃	5  9℃ 19℃	6  10℃ 19℃	7  9℃ 12℃
8  10℃ 12℃	9  10℃ 12℃	10  8℃ 14℃	11  7℃ 18℃	12  10℃ 21℃	13  11℃ 13℃	14  11℃ 14℃
15  11℃ 17℃	16  11℃ 14℃	17  11℃ 19℃	18  8℃ 13℃	19  7℃ 11℃	20  7℃ 14℃	21  5℃ 15℃
22  6℃ 16℃	23  7℃ 11℃	24  3℃ 9℃	25  1℃ 5℃	26	27	28

<그림 3-37> 해당 기간 서울시 기상정보

(나) 분석 결과

- 예측 시스템을 통하여 제공받은 예측값과 실측값을 사용하여 예측 정확도 분석을 한 결과 MAPE기준 약 18%정도의 정확도를 보임
- 15분에서 60분까지의 단기예측은 18%의 정확도를, 1시간 이후의 중장기 예측의 경우 19%의 정확도를 보임
- 주중 18일 동안은 17%의 정확도를, 주말 7일 동안은 18%의 정확도를 보임

- 비가오지 않은 14일 동안은 16%의 정확도를, 비가 온 11일 동안은 19.7%의 정확도를 보임
- 이는 해당 기간동안 평소에 비해 두배 가량 공사가 많이 진행되었고 이로 인해 MAPE값이 높아 보임

<표 3-20> 주중 도로별-예측주기별 정확도

도로 \ 예측주기		주 중					
		15분	30분	45분	60분	종장기	Ave.
강변북로	구리방향	14.5%	15.6%	15.8%	15.7%	15.5%	15.5%
	일산방향	12.7%	13.9%	14.3%	14.4%	14.4%	14.0%
경부고속	서울방향	17.3%	18.5%	19.0%	18.5%	17.6%	18.2%
	신갈방향	18.2%	18.9%	19.4%	18.4%	17.5%	18.5%
내부순환	성산방향	17.2%	19.0%	20.2%	22.3%	23.0%	20.4%
	성수방향	15.4%	16.7%	17.6%	19.3%	20.1%	17.8%
동부간선	성남방향	11.7%	12.5%	12.7%	12.4%	11.9%	12.3%
	의정부방향	15.5%	16.7%	17.2%	16.6%	16.2%	16.4%
북부간선	구리방향	13.0%	14.2%	14.8%	15.7%	15.4%	14.6%
	종암방향	13.6%	14.9%	15.6%	16.6%	16.4%	15.4%
서부간선	금천방향	24.0%	26.5%	27.3%	27.2%	26.2%	26.3%
	성산방향	19.7%	21.6%	22.2%	21.3%	20.8%	21.1%
올림픽	김포방향	11.7%	13.0%	13.7%	14.0%	13.6%	13.2%
	하남방향	12.3%	14.0%	14.8%	15.3%	14.8%	14.2%
Ave.		15.5%	16.8%	17.5%	17.7%	17.4%	17.0%

<표 3-21> 주말 도로별-예측주기별 정확도

도로 \ 예측주기		주말					
		15분	30분	45분	60분	종장기	Ave.
강변북로	구리방향	13.9%	15.6%	16.4%	17.5%	17.3%	16.2%
	일산방향	13.2%	14.8%	15.7%	16.7%	16.7%	15.4%
경부고속	서울방향	21.1%	22.9%	23.7%	23.5%	22.3%	22.7%
	신갈방향	15.3%	17.1%	18.1%	17.3%	16.4%	16.8%
내부순환	성산방향	17.4%	19.9%	21.8%	26.1%	26.9%	22.4%
	성수방향	20.1%	22.9%	25.1%	29.4%	30.4%	25.6%
동부간선	성남방향	11.8%	12.8%	13.4%	14.1%	14.3%	13.2%
	의정부방향	19.3%	20.9%	21.9%	22.2%	22.6%	21.4%
북부간선	구리방향	10.7%	12.2%	13.4%	15.4%	15.3%	13.4%
	종암방향	13.1%	14.3%	15.4%	17.1%	17.5%	15.5%
서부간선	금천방향	24.2%	28.6%	31.5%	35.7%	34.8%	30.9%
	성산방향	22.5%	26.1%	27.8%	29.2%	28.7%	26.9%
올림픽	김포방향	11.0%	12.7%	13.6%	14.6%	14.3%	13.2%
	하남방향	10.9%	12.8%	13.8%	15.2%	14.9%	13.5%
Ave.		16.1%	18.1%	19.4%	21.0%	20.9%	19.1%

(2) 2차 분석

- 서울시 도시고속도로를 대상으로 2016년 1월 24일(일)부터 30일(토)까지 분석을 진행
- 중장기예측의 경우 기상이나 공사등의 이벤트 알고리즘이 반영되었음
- 대상 기간 중 주중은 5일, 주말은 2일이었고, 비는 오지 않았음

▶ 서울특별시 종로구 2016년 1월

일	월	화	수	목	금	토
24	25	26	27	28	29	30
						
-18℃ -11℃	-14℃ -3℃	-9℃ 2℃	-5℃ 4℃	-6℃ 4℃	-1℃ 5℃	-3℃ 5℃

<그림 3-38> 해당 기간 서울시 기상정보

(나) 분석 결과

- 예측 시스템을 통하여 제공받은 예측값과 실측값을 사용하여 예측 정확도 분석을 한 결과 MAPE기준 약 14%정도의 정확도를 보임
- 15분에서 60분까지의 단기예측은 약 14%의 정확도를, 1시간 이후의 중장기 예측의 경우 약 14%의 정확도를 보임
- 주중 5일 동안은 약 15%의 정확도를, 주말 2일 동안은 약 12%의 정확도를 보임
- 실시간 분석 결과를 검토한 결과, 자유 교통류에서는 예측 정확도가 높은 반면 혼잡 교통류에서는 예측 정확도가 낮게 나타났음
- 이에 대한 원인은 혼잡시 기준 속도가 감소하여 동일한 절대 속도차가 발생하더라도 혼잡 교통류에서 오차율이 더 크게 나타났기 때문이며, 혼잡 교통류의 패턴 구분이 보다 세밀하게 수행되지 못하기 때문인 것으로 나타났음
- 이를 보완하기 위하여, 혼잡 교통류에 대한 패턴 구분을 보다 세밀히 수행하고 KNN의 파라미터에 대한 추가 조정작업을 수행할 것을 제안함

<표 3-22> 주중 도로별-예측주기별 정확도

도로 \ 예측주기		주 중					
		15분	30분	45분	60분	중장기	Ave.
강변북로	구리방향	10.1%	10.5%	10.5%	9.9%	9.9%	10.2%
	일산방향	12.2%	13.0%	12.9%	12.4%	12.4%	12.6%
경부고속	서울방향	12.2%	13.3%	13.6%	13.2%	13.1%	13.1%
	신갈방향	17.5%	18.7%	18.9%	16.6%	16.3%	17.6%
내부순환	성산방향	11.2%	12.2%	12.6%	13.1%	13.0%	12.4%
	성수방향	9.8%	10.5%	11.1%	12.0%	12.2%	11.1%
동부간선	성남방향	12.3%	12.9%	13.0%	12.8%	12.6%	12.7%
	의정부방향	9.4%	10.2%	10.2%	10.3%	10.3%	10.1%
북부간선	구리방향	11.1%	12.3%	13.0%	13.3%	11.9%	12.3%
	종암방향	7.8%	8.6%	9.2%	9.0%	8.9%	8.7%
서부간선	금천방향	4.8%	4.7%	4.5%	4.2%	4.2%	4.5%
	성산방향	8.1%	8.9%	9.2%	9.6%	7.0%	8.6%
올림픽	김포방향	16.2%	18.3%	19.2%	18.1%	18.4%	18.1%
	하남방향	17.6%	19.2%	19.7%	19.7%	18.0%	18.8%
Ave.		7.9%	8.8%	9.1%	9.0%	8.9%	8.8%

<표 3-23> 주말 도로별-예측주기별 정확도

도로 \ 예측주기		주말					
		15분	30분	45분	60분	중장기	Ave.
강변북로	구리방향	13.5%	14.6%	15.1%	15.1%	15.0%	14.7%
	일산방향	12.4%	13.1%	13.1%	12.8%	13.0%	12.9%
경부고속	서울방향	13.1%	14.0%	14.2%	13.5%	13.1%	13.6%
	신갈방향	15.9%	17.2%	17.4%	15.1%	14.5%	16.0%
내부순환	성산방향	12.5%	13.4%	13.8%	13.9%	13.8%	13.5%
	성수방향	18.0%	19.6%	21.1%	22.9%	23.4%	21.0%
동부간선	성남방향	17.4%	19.5%	20.9%	22.7%	22.1%	20.5%
	의정부방향	14.6%	15.7%	16.2%	15.8%	15.9%	15.6%
북부간선	구리방향	13.5%	15.0%	15.3%	14.9%	14.7%	14.7%
	종암방향	9.1%	9.9%	10.0%	10.0%	9.9%	9.8%
서부간선	금천방향	6.6%	6.6%	6.6%	6.3%	6.1%	6.5%
	성산방향	14.8%	15.8%	16.4%	16.0%	15.6%	15.7%
올림픽	김포방향	19.8%	21.3%	22.1%	22.5%	22.7%	21.7%
	하남방향	20.8%	22.2%	22.7%	22.1%	21.7%	21.9%
Ave.		10.4%	11.8%	12.1%	11.8%	11.6%	11.5%

라. 교통상황예측 시스템 도시부 도로 검증

- 도심권 예측 알고리즘은 연속류의 단기와 중·장기 예측 알고리즘과 같은 방법을 사용하지만, 단기 예측시 해당 link의 데이터만을 기반으로 예측함 (연속류에서 주위 link를 고려하는 것과는 달리 해당 link정보만 활용)
- 본 연구에서 개발한 알고리즘을 사용하여 서울시 4대문내의 도심권 도로에 대해서 그 적용성에 대해서 검토하였음

(1) 도심권 전체도로 MAPE와 RMSE 비교

- 도시부 도로의 예측 결과는 연속류 보다는 높은 MAPE 결과 값을 보임
- 이는 기준 속도가 80km/h이상인 연속류에 비해서 도시부 도로는 신호의 영향으로 기준속도가 낮기 때문에 상대적으로 큰 MAPE를 나타냄
- RMSE를 비교해 보면 대체로 5km/h 내외의 속도 차이를 보임
- 단기와 중장기를 혼합한 예측 결과값은 단기와 중장기 예측 결과값 보다 정확한 예측 결과를 보여줌
- 연속류와 다른 특성을 보이는 도시부 도로만의 예측 방법에 대한 추가적인 연구 필요함

<표 3-24> 일주일 동안의 도심권 예측값 비교

도로명	MAPE (%)					RMSE (km/h)				
	K-NN				중장기	K-NN				중장기
	15분	30분	45분	60분		15분	30분	45분	60분	
청계천로	22.4	24.1	24.8	25.4	22.1	5.9	6.2	6.3	6.4	5.9
사직로	16.9	18.2	18.7	18.8	17.5	5.9	6.2	6.3	6.3	5.9
자하문로	15.6	16.3	16.8	17.0	15.7	6.3	6.6	6.7	6.7	6.4
율곡로	18.9	20.7	21.2	21.2	19.7	4.6	4.8	4.9	4.9	4.6
장충단로	22.5	25.3	25.8	25.9	23.9	5.4	5.7	5.8	5.9	5.3
종로	16.4	18.4	19.1	19.6	18.2	4.6	5.0	5.1	5.2	4.8
새문안로	18.8	20.9	22.2	22.8	21.9	6.2	6.6	6.7	6.7	6.4
통일로	19.4	21.1	21.5	21.8	19.5	6.1	6.4	6.5	6.5	6.0
충정로	13.3	14.8	15.3	15.2	14.5	5.5	6.0	6.1	6.0	5.7
서소문로	22.9	25.1	25.5	26.0	25.9	10.9	11.7	11.7	11.9	12.9
세종대로	20.7	22.6	23.2	23.5	21.6	6.4	6.8	6.9	6.9	6.3
세종대로20길	23.8	26.0	26.8	27.2	23.4	7.1	7.4	7.4	7.3	7.8
세종대로21길	45.4	45.5	44.8	46.4	31.4	13.2	13.5	13.5	13.6	13.3
남대문로	22.7	25.2	26.1	26.5	23.5	5.8	6.1	6.1	6.0	5.9
충무로	22.3	22.5	22.8	22.6	19.3	6.1	6.1	6.0	5.9	5.7
소공로	23.5	25.5	26.5	26.5	22.9	5.1	5.4	5.5	5.5	5.1
우정국로	24.5	25.8	26.1	26.4	24.1	6.2	6.3	6.4	6.4	6.2
삼일대로	25.0	27.5	28.8	29.3	25.5	6.0	6.3	6.4	6.4	6.0
돈화문로	22.2	22.9	23.3	23.6	20.8	5.5	5.5	5.6	5.5	5.3
창경궁로	21.3	22.7	22.8	22.8	19.7	5.7	6.0	6.0	5.9	5.5

대학로	21.7	24.3	25.6	26.8	22.6	6.5	7.0	7.4	7.6	7.1
동호로	25.8	27.5	28.2	28.4	24.4	6.2	6.4	6.5	6.4	6.0
퇴계로	16.5	18.3	19.0	19.4	17.6	4.8	5.1	5.1	5.1	4.7
을지로	20.5	22.2	22.8	23.1	20.9	5.7	6.0	6.1	6.1	5.6
칠패로	26.2	30.3	32.4	34.4	35.7	8.8	9.6	10.1	10.3	10.6
무교로	27.6	31.5	32.8	33.1	43.7	9.6	10.9	11.4	11.5	14.6
Average	22.2	24.1	24.7	25.1	22.9	6.5	6.9	7.0	7.0	6.9

마. 기존 교통상황예측시스템 (T-map)과 비교 검토

- 교통상황예측시스템에서의 예측 결과값과 SKT T-map에서의 예측 결과 값 비교 분석해 보았음
- 세 명의 운전자가 일정한 시간 간격을 두고 출발함

(1) 테스트 구간 및 시간

- 대상지: 올림픽대로(잠실대로↔양화대교)와 강변북로(천호대교↔양화대교)
- Test 시간
 - 2015년 12월 18일 (금) 07:00부터 17:00까지
 - 2016년 02월 03일 (수) 07:00부터 17:00까지

(2) 결과

- 실제 운전하여 얻은 통행시간과 예측시스템의 예측통행시간과 T-map의 예측통행시간을 비교 (실제통행시간 vs. 예측시스템 예측통행시간, 실제통행시간 vs. T-map 예측통행시간)
- 교통정보센터의 실제 링크 속도 Data로부터 얻은 통행시간과 예측시스템의 예측통행시간과 T-map의 예측통행시간을 비교 (실제 링크속도로부터 산출된 통행시간 vs. 예측시스템 예측통행시간, 실제 링크속도로부터 산출된 통행시간 vs. T-map 예측통행시간)
- 실제 통행 시간과 예측통행 시간 비교에서는 T-map 예측통행시간이 낮은 MAPE값을 보이지만, 실제 링크속도로부터 산출된 통행시간과의 비교에서는 예측 시스템 예측통행시간이 더 낮은 MAPE값을 보임
- T-Map 예측통행시간은 차량으로부터 실시간으로 생성되는 교통 정보를 바탕으로 생성되며 예측 시스템의 예측통행시간은 지점 검지기로부터 수집된 5분 단위 링크 정보를 바탕으로 생성되는 차이가 있음
- 그러므로, 어떤 기준(Driving vs. Data)을 바탕으로 MAPE를 비교하느냐에 따라 정

확도가 달라짐

- 실제 Test한 통행시간과 실제 링크 속도 Data로부터 산출된 통행시간 사이의 차이 (11.0%, 17.9%)가 존재함

<표 3-25> 2015년 12월 18일 Test 결과

출발 시간	도착 시간	도 로	구간	Leng th(m)	Prediction Travel Time		Actual Travel Time		MAPE(Diving vs.)		MAPE(Data vs.)		MAPE (Diving vs. Data)
					KOTI	T-Map	Diving	Data	KOTI	T-Map	KOTI	T-Map	
7:04	7:28	올림픽 대로	잠실대 교->양화대 교	20,917	23.3	24.0	24.0	23.3	2.9	0.0	0.0	3.0	2.9
7:10	7:35	올림픽 대로	잠실대 교->양화대 교	20,917	24.8	24.0	25.0	25	0.8	4.0	0.8	4.0	0.0
7:37	8:09	올림픽 대로	잠실대 교->양화대 교	20,917	26.4	24.0	32.0	28.5	17.5	25.0	7.4	15.8	10.9
8:00	8:32	올림픽 대로	양화대 교->잠실대 교	20,373	28.8	33.0	32.0	32.8	10.0	3.1	12.2	0.6	2.5
8:15	8:50	올림픽 대로	양화대 교->잠실대 교	20,373	27.3	33.0	35.0	32.6	22.0	5.7	16.3	1.2	6.9
8:23	8:57	올림픽 대로	양화대 교->잠실대 교	20,373	26.6	33.0	34.0	32.9	21.8	2.9	19.1	0.3	3.2
9:00	9:21	강변북 로	천호대 교->양화대 교	21,628	24.3	29.0	21.0	25.4	15.7	38.1	4.3	14.2	21.0
9:10	9:34	강변북 로	천호대 교->양화대 교	21,628	23.8	29.0	24.0	23.5	0.8	20.8	1.3	23.4	2.1
9:14	9:39	강변북 로	천호대 교->양화대 교	21,628	23.8	29.0	25.0	23.5	4.8	16.0	1.3	23.4	6.0
10:00	10:30	강변북 로	양화대 교->천호대 교	22,254	31.9	33.0	30.0	31.8	6.3	10.0	0.3	3.8	6.0
10:15	10:42	강변북 로	양화대 교->천호대 교	22,254	31.2	33.0	27.0	27.7	15.6	22.2	12.6	19.1	2.6
10:22	10:51	강변북 로	양화대 교->천호대 교	22,254	31.9	33.0	29.0	27.7	10.0	13.8	15.2	19.1	4.5
13:00	13:23	올림픽 대로	잠실대 교->양화대 교	20,917	19.0	23.0	23.0	27.0	17.4	0.0	29.6	14.8	17.4
13:00	13:24	올림픽 대로	잠실대 교->양화대 교	20,917	19.0	23.0	24.0	27	20.8	4.2	29.6	14.8	12.5
13:23	13:53	올림픽 대로	잠실대 교->양화대 교	20,917	19.1	23.0	30.0	23.5	36.3	23.3	18.7	2.1	21.7
14:00	14:35	올림픽 대로	양화대 교->잠실대 교	20,373	22.5	31.0	35.0	24.3	35.7	11.4	7.4	27.6	30.6
14:00	14:34	올림픽 대로	양화대 교->잠실대 교	20,373	22.5	31.0	34.0	24.3	33.8	8.8	7.4	27.6	28.5
14:26	15:05	올림픽 대로	양화대 교->잠실대 교	20,373	25.1	31.0	39.0	24.5	35.6	20.5	2.4	26.5	37.2
15:00	15:37	강변북 로	천호대 교->양화대 교	21,628	27.8	38.0	37.0	32.7	24.9	2.7	15.0	16.2	11.6
15:00	15:33	강변북 로	천호대 교->양화대 교	21,628	27.8	38.0	33.0	32.7	15.8	15.2	15.0	16.2	0.9
15:23	15:51	강변북 로	천호대 교->양화대 교	21,628	27.7	38.0	28.0	28.9	1.1	35.7	4.2	31.5	3.2
16:02	16:49	강변북 로	양화대 교->천호대 교	22,254	40.3	53.0	47.0	43.3	14.3	12.8	6.9	22.4	7.9
16:15	17:05	강변북 로	양화대 교->천호대 교	22,254	38.6	53.0	50.0	46.4	22.8	6.0	16.8	14.2	7.2
16:19	17:14	강변북 로	양화대 교->천호대 교	22,254	40.3	53.0	55.0	46.4	26.7	3.6	13.1	14.2	15.6
Ave.									17.2	12.7	10.7	14.8	11.0

<표 3-26> 2016년 02월 03일 Test 결과

출발 시간	도착 시간	도 로	구간	Leng th(m)	Prediction Travel Time		Actual Travel Time		MAPE(Diving vs.)		MAPE(Data vs.)		MAPE (Diving vs Data)
					KOTI	T-Map	Diving	Data	KOTI	T-Map	KOTI	T-Map	
7:00	7:28	올림픽 대로	잠실대교->양화 대교	20,917	18.7	25.0	28.0	21.1	33.2	10.7	11.4	18.5	24.6
7:10	7:44	올림픽 대로	잠실대교->양화 대교	20,917	22.0	29.0	34.0	25.2	35.3	14.7	12.7	15.1	25.9
7:20	7:55	올림픽 대로	잠실대교->양화 대교	20,917	27.5	32.0	35.0	33.3	21.4	8.6	17.4	3.9	4.9
8:00	8:39	올림픽 대로	양화대교->잠실 대교	20,373	31.4	30.0	39.0	34.3	19.5	23.1	8.5	12.5	12.1
8:10	8:43	올림픽 대로	양화대교->잠실 대교	20,373	31.3	32.0	33.0	37.4	5.2	3.0	16.3	14.4	13.3
8:20	8:51	올림픽 대로	양화대교->잠실 대교	20,373	32.6	34.0	31.0	34.7	5.2	9.7	6.1	2.0	11.9
9:00	9:29	강변북 로	천호대교->양화 대교	21,628	27.3	34.0	29.0	33.4	5.9	17.2	18.3	1.8	15.2
9:10	9:37	강변북 로	천호대교->양화 대교	21,628	26.7	34.0	27.0	32.7 4	1.1	25.9	18.4	3.8	21.3
9:20	9:51	강변북 로	천호대교->양화 대교	21,628	27.3	34.0	31.0	29.8	11.9	9.7	8.4	14.1	3.9
10:00	10:36	강변북 로	양화대교->천호 대교	22,254	23.2	37.0	36.0	25.6	35.6	2.8	9.4	44.5	28.9
10:10	10:50	강변북 로	양화대교->천호 대교	22,254	23.6	37.0	40.0	24.1	41.0	7.5	2.1	53.5	39.8
10:20	11:01	강변북 로	양화대교->천호 대교	22,254	23.6	37.0	41.0	24.1	42.4	9.8	2.1	53.5	41.2
13:00	13:18	올림픽 대로	잠실대교->양화 대교	20,917	17.3	22.0	18.0	17.1	3.9	22.2	1.2	28.7	5.0
13:10	13:28	올림픽 대로	잠실대교->양화 대교	20,917	17.6	22.0	18.0	17.5	2.2	22.2	0.6	25.7	2.8
14:00	14:36	올림픽 대로	양화대교->잠실 대교	20,373	22.5	32.0	36.0	29.8	37.5	11.1	24.5	7.4	17.2
14:10	14:48	올림픽 대로	양화대교->잠실 대교	20,373	23.4	36.0	38.0	33.6	38.4	5.3	30.4	7.1	11.6
15:00	15:44	강변북 로	천호대교->양화 대교	21,628	28.5	34.0	44.0	41.7	35.2	22.7	31.7	18.5	5.2
15:10	15:55	강변북 로	천호대교->양화 대교	21,628	28.4	35.0	45.0	42.4	36.9	22.2	33.0	17.4	5.8
16:00	16:51	강변북 로	양화대교->천호 대교	22,254	26.7	41.0	51.0	37.8	47.6	19.6	29.4	8.5	25.9
16:10	17:11	강변북 로	양화대교->천호 대교	22,254	27.6	42.0	61.0	36.2	54.8	31.1	23.8	16.0	40.7
Ave.									25.7	15.0	15.3	18.4	17.9

4. 정량적 성과

- 본 과제는 연구개발과 DB구축, 서비스 제공등을 위하여 산-학-연으로 구성된 협동 연구기관을 구성하여, 다양한 세미나와 워크샵 개최하여 긴밀한 협조체계를 구축은 물론 진행사항들을 검토하였고, 자문회의를 통하여 전문가들의 다양한 의견을 수렴하고 보다 현실적이고 실현 가능한 결과를 도출하였음
- 연구개발을 통한 다양한 논문을 작성하여 대외적으로 검토는 물론, 신기술 동향을 파악하기 위하여 국내외 학회에 참석하였음
- 단순히 연구개발 뿐만 아니라 특허출원 및 소프트웨어 등록과, 핵심기술을 지자체와 MOU체결을 통하여 실제로 검증 및 실용화하여 대시민 서비스 제공을 하였고, 향후 해외수출 기대
- 총 3차년도 과제중 차년도별로 특허와 논문, 학술회의 발표등 다양한 정량적 성과 목표를 세움
- 특허등록이나 SCI 논문의 경우 심사기간이 1~2년 정도 소요됨에 따라 연구종료이전에 달성하지 못한 3건을 제외하고는 목표치보다 초과 달성하였음
- 각 차년도별 정량적 성과목표 및 실적은 다음과 같음

<표 3-27> 연구차년도별 정량적 성과목표 및 실적

1차년도				
성과물	목표(건)	실적(건)	달성도	비고
국내특허출원	1	1	100%	
학술회의논문 발표	4	5	125%	
학술지(국내외 등재 저널)논문 게재	-	1	100%	
인력양성 (학위)	-	1	100%	석사 1
2차년도				
성과물	목표	실적	달성도	비고
국내특허등록	-	1	100%	
국내특허출원	2	3	150%	
소프트웨어 등록	2	3	150%	
학술지(국내외 등재 저널)논문 게재	4	4	100%	
SCI 논문 게재	3	2	67%	
학술회의논문 발표	-	11	100%	
국내외 장단기 연수지원 성과	-	1	100%	
인력양성 (학위)	-	9	100%	석사7,박사2
3차년도				
성과물	목표	실적	달성도	비고
국내특허등록	1	2	200%	

국내특허등록 (심사 중)	-	2	-	
국내특허출원	-	3	100%	
국제특허출원	-	1	100%	
SCI 논문 게재	3	-	0%	
SCI 논문 (투고 중)	-	2	-	
소프트웨어 등록	2	3	150%	
교통상황 예측 시스템 구축	-	1	100%	
기술실시계약	-	3	100%	
학술지(국내외 등재 저널) 게재	-	2	100%	
학술지(국내외 등재 저널)논문 게재 (투고 중)	-	1	100%	
학술회의논문 발표	-	4	100%	우수논문1건
현장시험	-	1	100%	

○ 각 정량적 성과의 목록은 다음과 같음

<표 3-28> 특허 등록

No.	요소기술 구분	차년도	특허명칭	등록번호	등록년도	발명인 (등록권리자)
1	2-3	2차년	정체 시공간 패턴 자동인식 시스템 및 그 방법	10-1598343	20160223	박은미
2	A-1	3차년	교통영향권에 대한 중장기 예측방법	10-15878787	20160118	김영호
3	A-1	3차년	교통영향권에 대한 중장기 예측방법	10-15878787	20160118	김영호

<표 3-29> 특허 출원

No.	요소기술 구분	차년도	특허명칭	출원번호	출원일	출원인 (등록권리자)
1	1-가	1차년	교통 상황 예측 시스템	10-2013-0046745	20130426	김영호
2	1-3	2차년	교통링크 속도 예측 방법 및 이를 위한 장치	10-2014-0115669	20140901	김영호
3	2-3		정체 시공간 패턴 자동인식 시스템 및 그 방법	10-2014-0127113	20140901	박은미
4	2-2		미래 교통 상황 예측 시스템	10-2014-0128231	20140925	오승
5	A-1	3차년	교통링크 속도 예측 방법 및 이를 위한 장치	10-2015-0107356	20150729	김영호
6	A-1		교통링크 속도 예측 방법 및 이를 위한 장치	PCT/KR2015/008575	20150818	김영호
7	A-1		교통영향권에 대한 중장기 예측방법	10-2014-0145011	20141024	김영호
8	A-1		교통상황의 중장기 예측방법	10-2015-0183200	20151221	김영호

<표 3-30> 학술지(국내외 등재 저널) 게재

No.	요소기술 구분	차년도	구분	논문명	학술지명/학술대 회명	ISBN ISSN	주저자명	Vol. (No)	시작 페이지	끝 페이지	게재/발표 일자
1	1-2	1차년	일반	도로기상정보시스템(RWS)과 차량검지기(VDS) 자료를 이용한 강우수준별 통행속도예측	韓國ITS學會 論文誌 = The journal of the Korea institute of intelligent transport systems	1738-0774	정은비	12(4)	44	55	20130801

No.	요소기술 구분	차년도	구분	논문명	학술지명/학술대 회명	ISBN ISSN	주저자명	Vol. (No)	시작 페이지	끝 페이지	게재/발표 일자
2	1-3	2차년	일반	DSRC 자료를 이용한 고속도로 단기 통행시간 예측	대한토목학회논문집 = Journal of the Korean Society of Civil Engineers	1015-6348	김형주	33(5)	2465	2471	20131101
3	1-2		일반	기상 및 교통 자료를 이용한 교통류 안전성 판단 지표 개발	大韓交通學會誌 = Journal of Korean Society of Transportation	1229-1366	박현진	32(5)	441	451	20141001
4	1-3		일반	진화 게임을 이용한 VMS 정보에 따른 운전자의 행태 연구	大韓交通學會誌 = Journal of Korean Society of Transportation	1229-1366	김주영	32(5)	554	566	20141001
5	1-2		일반	고속도로 이력데이터에 포함된 정체 시공간 전개 패턴 자동인식 알고리즘 개발	大韓交通學會誌 = Journal of Korean Society of Transportation	1229-1366	박은미	32(5)	522	530	20141001
6	A-1	3차년	일반	선별적 데이터 학습 기반의 베이지안 네트워크를 이용한 단기차량속도 예측	Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering	2234-4772	김영호	17	399	406	20151231
7	A-1		일반	Application of Traffic State Prediction Methods to Urban Expressway Network in the City of Seoul	EASTS journal (J-stage)	-	박민주	11	1885	1898	201512

<표 3-31> SCI 논문 게재

No.	요소기술 구분	차년도	구분	논문명	학술지명/학술대 회명	ISBN ISSN	주저자명	Vol. (No)	시작 페이지	끝 페이지	게재/발표 일자
1	1-2	2차년	SCI	Multiple-Step Traffic Speed Forecasting Strategy for Winter Freeway Operations	Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board	10.3141/24 82-17	김승범	2482	133	140	20151028
2	1-2		SCI	Calculation of Additional Lost Green Time for Upstream Approaches at Diamond Interchanges Considering Downstream Queue Effects	KSCE Journal of Civil Engineering	1226-7988	김영호	19(7)	2252	2261	20150121

<표 3-32> 논문 투고

No.	요소기술 구분	차년도	SCI/ 일반	논문명	학술지명	ISBN ISSN	주저자명	투고 일자
1	A-1	3차년	SCI	Systematic relation of instantaneous and actual travel speeds	IEEE Transactions on Intelligent Transportation System	T-ITS-15-10- 0705	김형주	20151012
2	A-1		일반	k-NN을 활용한 단기 교통상황 예측: 서울시 도시화 고속도로 사례	大韓交通學會誌 = Journal of Korean Society of Transportation	1229-1366	김형주	20151007

<표 3-33> 논문 발표

No.	요소기술 구분	차년도	구분	논문명	학술지명/학술대회명	발표자	발표일자
1	1-2	1차년	발표	교통기본도의 모수 추정 방법론 개발	대한교통학회 제 68회 학술발표회	김형주	20130201
2	1-2		발표	거시적 교통시뮬레이션 기반 교통상황예측 기술	2013 한국ITS학회 추계학술대회	김형주	20130501
3	1-2		발표	C-ITS를 이용한 교통상황 감지 및 통행 시간	2013년 위치공학 및 C-ITS 응용 워크숍	김형주	20130401
4	1-2		발표	도로기상정보시스템(RWIS) 자료를 이용한 강우량에 따른 교통류 특성분석	2013 한국ITS학회 추계학술대회	정은비	20130501
5	1-3		발표	교통상황 예측정보제공의 현황 및 발전방향	2013 한국ITS학회 추계학술대회	김상곤	20130501
6	1-3	2차년	발표	Assessment of Travel Time Estimates based on Different Vehicle Speed Data: Spot Speed vs. Sampled Journey Speed in South Korean expressways	10th EASTS Conference	김형주	20130909
7	1-2		발표	고속도로 돌발상황 발생시 실시간 경로통행시간 예측 시스템 개발	대한교통학회 제69회 학술발표회	오현선	20131026
8	1-2		발표	도로기상정보시스템(RWIS) 자료를 이용한 강설수준에 따른 교통특성 분석 연구	대한교통학회 제69회 학술발표회	정은비	20131026
9	1-2		발표	A Framework to Predict Freeway Traffic Speed in Snowy Weather: Integration of Historical and Real-Time Patterns	93rd Transportation Research Board	정은비	20140110
10	1-2		발표	교통조건을 고려한 이상기후 시 속도변화 패턴 분석	2014 대한교통학회 추계학술대회	김미정	20140222
11	1-3		발표	교통상황 예측 알고리즘 비교 분석	2014 한국ITS학회 추계학술대회	강우진	20140509
12	1-2		발표	RWIS와 VDS 자료를 이용한 교통류 안전성 판단 기법 개발	2014 한국ITS학회 추계학술대회	박현진	20140509
13	1-2		발표	Automatic Identification of Spatio-Temporal Highway Congestion Patterns using Historic Database	The 9th International Conference on Embedded and Multimedia Computing	박은미	20140825
14	1-2		발표	안개에 따른 교통류 영향분석	2014 대한교통학회 추계학술대회	정은비	20140919
15	1-2		발표	교통상황 예측을 위한 알고리즘 비교 및 방안 검토	2014 대한교통학회 추계학술대회	강우진	20140919
16	1-2		발표	교통상황 예측 기술 개발	2014 한국계산과학공학회 추계학술대회	김영호	20141020
17	1-2		발표	A Comprehensive Framework for Predicting Traffic Speed on Urban Freeways in Foggy Weather Conditions	95th Transportation Research Board	정은비	201601
18	A-1	3차년	발표	Application of Traffic State Prediction Methods to Urban Expressway Network in the City of Seoul	11th EASTS Conference	박민주	20150911
19	A-1		발표	교통상황 예측 시스템 개발	2015 한국ITS학회 추계학술대회	박민주	20151023
20	A-1		발표	Traffic State Prediction Considering Changes In Traffic Demands	World Road Congress Seoul 2015	박민주	20151105
21	A-1		발표	Development of traffic forecast system	World Road Congress Seoul 2015	김영호	20151104

<표 3-34> 소프트웨어등록

No.	요소기술 구분	차년도	SW명칭	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명
1	2-2	2차년	k-NN(최근린기법)을 활용한 교통상황 단기에측	20140829	오승	20140901	C-2014-0233887	주식회사 유투앤
2	2-2		앞 뒤 링크를 고려한 교통상황 단기에측	20140829	오승	20140901	C-2014-023386	주식회사 유투앤
3	2-1		교통상황 예측 패턴 데이터베이스 추출모듈	20140920	권오영	20140926	C-2014-024183	주식회사 엘비씨소프트
4	B-1	3차년	실시간 교통연계프로그램 개발	20151217	권오영	20151224	C-2015-032725	주식회사 엘비씨소프트
5	C-1		기상 이벤트를 반영한 교통상황 예측	20151201	오승	20160112	C-2016-000967	주식회사 유투앤
6	C-1		공사 이벤트를 반영한 교통상황 예측	20151201	오승	20160112	C-2016-000968	주식회사 유투앤

<표 3-35> 현장시험

No.	요소기술 구분	현장시험명	시험일	시험장소	주요내용
1	C-1	교통상황 예측 대시민용 및 관리자용 서비스 제공	20150921 ~	서울교통정보센터	개발된 알고리즘을 활용하여 15년도 추석 교통상황 예측 서비스를 시작으로 시 운영중

* 현장시험: 개발기술의 보완이나 검증을 위하여 실험현장에 최초로 시험·적용하는 행위

<표 3-36> 기술실시계약

No.	요소기술 구분	제품명	사업화 형태	유형	업체명	대표자명	관련 특허출원
1	A-1	패턴DB 구축 및 교통상황 예측정보 생성전략 개발	기술이전	기술실시	(주) 엘비씨소프트	이옥수	10-2014-0115669 10-2015-0107356
2	A-1	패턴DB 구축 및 교통상황 예측정보 생성전략 개발	기술이전	기술실시	서울특별시	박원순	10-2014-0115669 10-2015-0107356
3	A-1	패턴DB 구축 및 교통상황 예측정보 생성전략 개발	기술이전	기술실시	(주) 엠큐닉	김예니	10-2014-0115669 10-2015-0107356

<표 3-37> 국내외 장단기 연수지원 성과

No.	요소기술 구분	국내외구분	유형	연수목적	연수명	연수기관	연수기간
1	1-3	국외	단기	학술연구	Short Course: Dynamic Traffic Flow Modelling And Control 2012	Technical University of Crete(그리스)	12.10.08~12

<표 3-38> 인력양성(학위)

No.	취득학위	이름	성별	논문명	학위취득일	학교명
O-1	석사	최수연	여	다차원 분석을 지원하는 교통 데이터웨어하우스 구축 및 활용기법	20140822	목원대학교
O-2	석사	심지섭	남	고속도로 무인과속단속시스템의 효과 분석 연구	20140822	카이스트
O-3	석사	여지호	남	스마트폰 의존도가 운전 중 스마트폰 사용에 미치는 영향 분석 연구	20150213	카이스트
O-4	석사	김수지	여	공간적 다양성을 반영한 보행통행에 영향을 미치는 환경 요인분석연구	20150213	카이스트
O-5	석사	김재환	남	철도운영기관간 연락운임정산 배분모형제안	20150814	카이스트
O-6	석사	홍성민	남	차량속도 및 배출가스 감소를 위한 고속도로 유출연결로 노면표시 설계기법	20130222	한양대학교
O-7	석사	장지용	남	In-vehicle 보행자 경고정보시스템의 효과평가 방법론 연구	20140221	한양대학교
O-8	석사	김미정	여	서비스수준별 강우 및 강설량에 따른 속도변화 패턴분석 연구	20150213	한양대학교
O-9	박사	최세로나	여	기상악화시 상황예측기반 고속도로 가변속도제한 운영기법 개발	20150213	한양대학교
O-10	박사	정은비	여	교통안전을 위한 차량간 협력기반 교통정보 및 제어시스템 설계 기법	20150821	한양대학교

5. 경제적 성과

가. 교통상황예측 S/W의 상용화 방안

- 전국 도시 교통관리시스템, 민간 포털 사이트, 네비업체 등에서 교통정보를 제공 중에 있음
- 1차적으로 각 지자체의 교통정보센터에 교통상황예측 S/W 판매하고 2차적으로 민간 포털사이트, 네비게이션 업체를 중심으로 교통상황예측 S/W를 판매를 목표로 함
- 각 지자체 교통정보센터, T-map 언제갈까?, 경기도 교통정보센터 통계 서비스, 한국도로공사 교통예보 서비스 등 민간 포털사 및 각 지자체 등으로 영역을 확대할 경우 국내 및 해외 시장까지 진출이 가능

<표 3-39> 교통상황예측 S/W 판매 예측 금액

구분	초기3년	4~6년	7년부터
판매목표	12	24	지자체 추가 구축 해외 시장 진출
연평균목표	4	9	-

나. 교통상황예측 S/W 운영주체 구성

○ 유지관리 기관

- 모형 및 시스템 개발 기관에서 유지관리 수행
- 한국교통연구원 및 참여 기업이 교통상황 예측 시스템 교육 및 홍보

○ S/W 유통 기관

- S/W 판매를 전문적으로 담당하는 업체 또는 시스템 기술 구축에 참여한 기업이 판매 가격, 기술료, 유지관리 비용, 영업비용 등을 결정후 판매 계약을 체결 함
- S/W 판매 가격은 유지관리의 기관의 기술료와 유지관리 비용, 판매기관의 영업비용을 상쇄할 수 있는 수준에서 결정 함

6. 정책적 성과

- SOC 예산 급감에 대한 기존 도로의 효율적 활용
 - 교통 혼잡을 개선하기 위하여 추가 도로시설을 구축하기 위한 부지와 예산확보가 현실적으로 불가능한 상황에서 한정된 교통인프라를 보다 효율적으로 이용하기 위한 새로운 접근 방안을 개발하였음
- 지자체 교통정보센터가 활용 가능한 예측정보 제공기술 확보
 - 교통정보 센터에서 수집·축적한 교통 자료를 활용하여 교통상황예측정보를 산출할 수 있는 기술 개발
 - 현재 실시간 교통정보가 제공되고 있는 교통정보제공시스템을 활용하여 교통상황예측 정보 제공함으로써 추가적인 인프라 구축비용을 절감할 수 있음
 - 교통상황 예측 정보를 활용하여 선제적 교통제어전략 수립에 활용 가능
- 예측교통정보 생성 및 제공 분야의 공공부문과 민간부문의 역할 정립
 - 공공부문에서 다년간 막대한 예산을 투입하여 구축한 감지시스템(상시 획득가능자료)을 기반으로 모든 국민이 언제나 편리하게 이용할 수 있고 선제적 교통운영전략 수립에 활용할 수 있는 교통상황예측정보를 산출할 수 있는 시스템을 개발하였음
 - 공공부문이 생성한 교통상황예측정보를 민간부문에 제공하여 이 정보를 활용한 비즈니스 모델을 개발하여 산업 발전의 토대 마련하였음
- 지자체 교통예보시스템 구축 사업과 연계
 - 도시고속도로 및 도시부 도로를 사업 구간으로 설정하여 교통 및 비 교통 자료를 확보하고 예측 모형 구축
 - 모형의 신뢰성 검토 후 사업 구간의 교통상황 예측정보를 인터넷 또는 스마트 폰을 통하여 제공
 - 예측 정보 제공 시스템의 효과 평가 후 대상 지자체의 도시부 도로를 포함한 전역을 대상으로 확장 사업 논의
- 통합 교통예보시스템 구축을 위한 기반 구축
 - 국도 및 지자체 도로에 대한 교통예보시스템을 구축한 후에 도로공사에서 구축한 교통예보지원시스템과 연계하면 전국 도로망에 대한 교통예보시스템 구축이 가능하고 이를 기반으로 전국 도로망에 대한 선제적 교통제어 전략 구축이 가능함

제4장 목표달성도 및 관련분야 기여도

제1절 연차별 성과목표 및 달성도

1. 1차년도

<표 4-1> 1차년도 성과목표 및 달성도

핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		최종 성과목표					해당 기관	예산 (백만)	정량적 성과					
				질적목표		목표 치	측정방법	검증방법			가중치	목표	달성			
1	교통상황 예측정보 생성	1-1	이력교통 및 비교통자료 패턴 분석 기술	①	교통패턴 특성화 지표 도출	1건	지표 도출여부	패턴 DB 및 패턴 DB 구축에 활용된 지표 제시	12.5	한국교통연구원	100	학술회의논문 발표: 1 건	학술회의논문 발표: 1 건			
				②	수요변동 및 용량변동 요인에 따른 패턴 DB 매칭 알고리즘 개발	60%	매칭 성공률		6.3		50					
		1-2	이벤트에 따른 교통류 영향분석 기술	①	기상상황에 따른 교통상황 예측기술 개발	1건	기존문헌 고찰여부	기존문헌 고찰서	2.8	한양대	22	학술회의논문 발표: 2 건	학술지 논문게재: 1건			
				1건		연구방법론 제시여부	기상상황에 따른 교통상황 예측을 위한 방법론	2.9	23							
				②	공사 및 돌발상황에 따른 교통류 영향권 분석 방법론 정립	1건	분석 방법론 제시여부	전문가평가	5.6	목원대학교	45					
				③	행사 및 복합이벤트 시 교통류 해석 기술 전략수립	1건	전략 도출	전문가평가	1.8	KAIST	15					
				④	교통자료 수집	1건	자료수집여부	수집된 교통자료 활용된 지표제시	1.9		15					
				⑤	CTM 기반 거시교통류 해석 및 예측 기법 개발	70%	거시교통류 해석 및 예 측의 정확도	실측자료를 통한 검증	1.9		15					
		1-3	교통상황 예측정보 생성전략	①	기상상황에 따른 단기교통상황 예측정보 생성전략 수립	1건	전략 도출	전문가평가	0.6	한양대	5	특허출원: 1 건 학술회의논문 발표: 1 건	특허출원: 1 건 학술회의논문 발표: 1 건 인력양성(학위): 1건			
					공사 및 돌발상황에 따른 단기교통상황 예측정보 생성전략 수립	1건			0.6	목원대	5					
					행사 및 복합이벤트 시 단기교통상황 예측정보 생성전략 수립	1건			0.6	KAIST	5					
				②	중장기 교통상황 예측정보 생성전략 수립	1건			20.0	한국교통연구원	160					
2	교통상황 예측정보 검증 및 평가	2-1	통합 DB 구축	①	교통정보 DB 테이블 구축	1건	DB테이블 구축	DB구축설계서 및 구축 DB비교	12.5	LBC soft	100					
				②	비교통정보 DB 테이블 구축	1건			12.1		97					
		2-2	교통상황 예측정보 검증 및 평가관리 시스템 개발	①	국내외 교통상황 예측기술 또는 시스템 현황 분석	1건	현황분석여부	현황분석서 작성	2.9	유투엔	23					
				②	목표시스템 구축을 위한 요구기능 도출	1건	요구기능정의서 작성여부	요구기능 정의서	3.7		30					
				③	목표시스템 요구기능 및 이용자를 고려한 최적시스템 설계	1건	목표시스템 설계여부	시스템 설계서	3.7		30					
				④	정의된 각각의 시스템 요구기능의 구현 여부 확인을 위한 테스트 케이스 작성	1건	단위 테스트 케이스 정의서 작성여부	단위테스트 계획서	3.8		30					
				⑤	시스템 설계에 따른 전체 목표시스템 구현 여부 확인을 위한 테스트 시나리오 작성	1건	시스템 테스트 시나리오 작성여부	시스템 테스트 시나리오	3.8		30					
		계								100				800	특허출원: 1 건 학술회의논문 발표 4 건	특허출원: 1 건 학술회의논문 발표: 5 건 학술지 논문게재: 1건 인력양성(학위): 1건

2. 2차년도

<표 4-2> 2차년도 성과목표 및 달성도

구분	핵심 성과물 (level1)		단위 성과물 (level2)		최종 성과목표						해당 기관	예산 (백만)	정량적 성과		
					질적목표		측정방법	검증방법	목표치	달성치			가중치	목표	달성
1 세 부	1	교통상황 예측정보 생성	1-1	기반구축	①	교통상황예측정보 생성 관련 국내외 기술동향 검토	기술동향 검토 여부	기술 동향 검토서	1건	1건	10.2	한국교통연구 원	36	-	-
					②	연구성과물 활용 지자체 선정 및 협조체계 구축	지자체 선정 및 협조체계 구축여부	MOU 체결	1건	1건	5.8		40		
			1-2	예측방법론 정립	①	패턴구분기준 정립	패턴구분기준 정립 여부	패턴구분기준 제시	1건	1건	5.8	한국교통연구 원	40	SCI 논문 : 2 건 학술지 논문게재 : 2 건	SCI 논문 : 1 건 학술지 논문게재 : 2 건 인력양성(학위) : 9 건 학술회의논문 발표: 11 건 국내외 장단기 연수지원: 1건
					②	기상변동에 따른 교통영향 분석	논문게재 기상-교통 관계 분석서	게재논문확인 분석서 제시여부	2건	3건	2.2	한양대	19		
					③	행사에 따른 교통상황 영향분석	논문게재	논문게재 (1건)	1건	1건					
					④	공사 및 돌발상황에 따른 교통영향 분석	논문게재	게재논문확인	1건	1건	4.8	목원대학교	41		
			1-3	예측정보 생성전략 수립	①	중장기 교통상황 예측정보 생성전략 수립	논문게재, 특허출원	논문게재(2건), 특허 출원(1건)	생성정보 정확도 90%	논문 2건 특허 1건 생성정보 정확도84%	11.7	한국교통연구 원	80	특허출원 : 1 건 SCI 논문 : 1 건 학술지 논문게재: 2 건	특허출원 : 1 건 SCI 논문 : 1 건 학술지 논문게재: 2 건
					②	단기 교통 예측정보 생성전략 수립	생성정보의 정확도	실측자료를 통한 검증	생성정보 정확도 90%	생성정보 정확도96%	1.2	KAIST	10		
					③	교통상황 예측정보 제공전략 기초 연구	전략 도출	전문가 평가	1건	논문 1건	11.7	한국교통연구 원	80		
	2	교통상황 예 측시스템 구축 및 평가	2-1	DB 구축	①	패턴 DB 구축	데이터 연계여부	원시데이터와 구축데이터 비교	1건	1건	18.5	LBOSOFT	159	S/W : 1 건	S/W : 1 건
					②	통합 DB 구축	DB테이블 구축	DB구축설계서와 구축 DB비교	1건	1건					
			2-2	시스템 구축	①	속도 데이터 기반 교통상황예측 시스템 프로토타입 구축	프로토타입 구축 여부	SW등록증 제출 및 시스템 시연	1건	S/W2건 특허 1건	15.9	유투앤	135	S/W : 1 건 특허출원 : 1 건	S/W : 2 건 특허출원 : 1 건
					②	이벤트를 반영한 교통상황 예측시스템 구축	시스템 구축 여부		1건						
			2-3	테스트베드 운영 및 신뢰성 검증	①	모형의 테스트베드 적용	생성정보의 정확도	실측자료를 통한 검증	생성정보 정확도 90%	생성정보 정확도83%	1.2	한양대	10	특허출원 : 1건 특허등록 : 1건	
										특허 1건	4.7	목원대학교	10		
										생성정보 정확도90%	1.2	KAIST	10		
계											100.0		704	논문(SCI) : 2 건 학술지 논문게재: 4 건 S/W : 3 건 특허출원 : 3 건 특허등록 : 1 건 학술회의논문발표 : 11건 국내외장단기연수지원: 1건 인력양성(학위) : 9건	

3. 3차년도

<표 4-3>3차년도 성과목표 및 달성도

연번	핵심성과명	핵심성과 설명	성과유형	성과달성 책임	질적성과				정량적성과	
					지표	목표	달성	가중치	목표	달성
1	교통상황 예측 요소기술	중장기 및 단기별 미래 발생 이벤트 (교통수요 변화, 기상변화, 공사 행사, 돌발상황, 행사)가 교통흐름에 미치는 영향을 반영하여 신뢰도 (MAPE 기준) 10%를 목표로 교통상황을 예측하는데 필요한 요소기술 개발	예측 기법	한국교통연구원	정보갱신 주기에 따른 실시간 미래 교통상황 예측정보의 신뢰도 평가	MAPE 10% 이하	상황별 7~15%	32	특허등록 : 1건 SCI논문 : 3건	특허등록 : 2건 특허출원 : 4건 SCI논문 : 2건 투고중 기술실시계약 : 3건 학술지논문 게재 : 2건 학술회의논문 발표 : 4건
2	실시간 데이터 연계시스템 구축	각 센터 별 수집서버 방안을 검토하여 서울시설관리공단과 TOPIS 내 데이터 수집 서버 설치 및 시스템 환경구성 구축	시스템	엘비씨소프트	실시간 데이터 연계 시스템	1건	1건	17	SW : 1건	SW : 1건 시스템 구축 : 1건
	패턴정보 생성 및 처리 프로그램 개발	누락구간별 데이터 DB 관리 및 패턴 정보 처리 방법론 검토와 신뢰성 검증을 통해 누락구간 데이터 패턴정보를 생성하는 소프트웨어 개발	소프트웨어	엘비씨소프트	패턴 정보 생성 및 출력 프로그램	1건	1건	17		
3	실시간 교통상황에 측정정보 제공 시스템	지자체의 실시간 교통정보 및 이벤트 정보를 연계받아 미래 교통상황을 예측하는 시스템	소프트웨어	(주)유투앤	교통상황 예측시스템 개발	1건	1건	17	SW : 1건	SW : 2건 현장 시험 : 1건
					테스트베드 시범운영	1건	1건	17		
계									특허등록 : 1건 SCI논문 : 3건 SW : 3건	특허등록 : 2건 특허출원 : 4건 SCI논문 : 2건 투고중 기술실시계약 : 3건 학술지논문 게재 : 2건 학술회의논문 발표 : 4건 SW : 3건 시스템구축 : 1건 현장시험 : 1건

제2절 관련분야 기여도

1. 중복성 검토

- SKT의 '언제갈까' 기능은 해당 목적지로 특정시간에 도착하기 위해 출발시간 예측·도착시간 예측 기능을 제공 중임
 - '언제갈까' 기능은 과거의 평균(요일·시간) 교통량을 기준으로 산출된 예측정보로서 과거의 반복적인 교통상황을 기준으로 예측정보를 제공하고 있음
 - 그러나 미래에 발생할 것으로 예상하는 이벤트로 인해 발생하는 비 반복적인 교통상황 변화를 반영하지 못하는 한계점을 보이고 있음
 - 비 반복적으로 발생하는 교통상황의 변화로 예측정보의 정확도(Accuracy)가 낮아짐
 - 따라서 비 반복적으로 발생하는 예측가능한 미래 이벤트에 대한 정의와 교통흐름에 미치는 영향을 고려하여 예측정보의 정확도 및 신뢰도 향상방안이 요구됨
- 도로관리청에서 효율적인 교통운영전략을 수립하는데 필요한 전체 Network 단위의 예측교통정보를 제공하지 않음
 - 기존회원중심의 이용자가 요청한 특정한 기·종점에 대한 통행시간정보 제공
 - 교통운영전략 수립에 필요한 Network 단위의 교통상황예측정보가 제공되지 않음

<표 4-4> 본 과제와 유사한 과제

(단위 : 억원)

부처명	사업명	과제명	예산	비 고
국토해양부	교통체계효율사업	u-Transportation 기반기술 개발	523	
국토해양부	교통체계효율사업	교통정보 혁신을 위한 제공·관리·평가 기술 개발	208	
한국도로공사		교통예보 지원시스템 기능개선 용역		
경찰청	도시지역 광역교통정보 기반확충사업	UTIS 사업		

<표 4-5> 연구과제별 중복성 검토결과

연구과제명	검토의견
u-Transportation 기반기술 개발	- 교통의 정보화, 자동화, 지능화, 첨단화 기능이 융합되어 언제 어디서나 누구에게나 접근 가능한 교통 서비스, 시스템 간에 유기적으로 연계된 교통 서비스, 이용자 맞춤형 교통 서비스, 이동 중 연속적인 정보 제공 서비스 제공 등을 통해 제2의 교통 혁명을 이루는 u-Transportation 시스템 구축을 위한 기반 기술을 개발하는 것이 본 연구개발의 최종 목표임 - 해당 과제는 실시간 교통정보 서비스의 틀을 벗어나 미래의 교통정보 제공을 위한 기반 기술의 개발이기 때문에 중복성 없음
교통정보 혁신을 위한 제공·관리·평가 기술 개발	- 기존 과제에서는 실시간 교통정보 제공을 위한 교통정보 가공기술의 개발하는 것임 - 해당 과제는 예보를 위한 교통정보의 가공 또한 유사한 기술을 활용할 수 있을 것으로 판단되어 기존 연구결과를 최대한 활용하여 연계 가능할 뿐 중복성 없음
교통예보 지원시스템 기능개선 용역	- 과거 교통자료의 패턴별 분석에 기반한 교통상황분석정보의 정확도 및 신뢰도 제고가 목적인 반면, - 해당 과제는 과거 교통을 이용한 패턴분석 및 기상·공사·교통사고 등 교통흐름에 영향을 미치는 인자를 고려하여 장래 예측정보를 산출하는 기술을 개발하는 것으로, 추진방법 및 최종성과물 등에서 중복성 없음
UTIS 사업	- 경찰청의 교통정보수집제공시스템은 차량단말기를 기반으로 교통정보 수집 및 실시간 정보제공시스템 구축 사업임 - 해당 과제는 실시간 정보의 수집 및 가공, 제공의 목적 보다는 예측정보를 제공하기 위한 기반기술의 개발로 기존 연구결과를 최대한 활용 가능할 뿐 중복성 없음

2. 본 과제의 차별성

- 본 과제는 ‘예측 가능한 교통환경 구현’으로 비전을 설정하고, 미래의 교통상황 예측정보 제공을 위한 기반 기술을 개발하는 과제임
- 한국도로공사는 과거의 이력 교통자료를 바탕으로 예측정보를 제공하고 있으나 본 과제에서는 실시간 교통상황을 반영한 예측정보를 제공하기 위함임
- 비 반복적으로 발생하는 미래 이벤트(교통수요의 변화·기상상황의 변화·공사 및 돌발상황에 따른 변화·복합이벤트에 따른 변화)에 대해 정의하고, 교통흐름에 영향을 미치는 인자를 고려하여 장래 예측정보를 산출하는 기술개발로 타 연구개발과제와 추진방법 및 최종성과물 등에서 차별화할 계획임
- ‘T-map’에서는 Event를 고려하지 않지만 본 과제에서는 Event를 고려할 계획임
- 본 과제는 미래 이벤트에 영향을 받는 교통DB와 영향을 받지 않는 교통DB를 명확히 구분하여 Event 상황을 미래 교통상황예측정보 산출에 포함할 계획임

3. 타 산업 및 국내외 연계·협력 가능성

- 현재 교통예측시스템이 민간 및 공공 분야에서 이용되고 있으며, 미국, 일본과 같은 ITS산업의 선진국들은 민간업체나 정부기관에서 시스템을 사용하여 서비스를 제공하고 있음
- 현재 실시간 교통상황을 웹 혹은 모바일로 자유로이 이용할 수 있는 우리나라에서는 개발이 성공적으로 이루어진다면 타 산업과의 연계 가능성은 매우 높다고 생각됨
- 기술력 및 정확도 면에서 현재 미국 등 타 국가에서 이용 중인 서비스보다 신뢰성을 높일 수 있다면 국내외에서의 협력가능성도 매우 높다고 생각됨

<표 4-6> 기존연구개발과제와의 차별화 및 연계·활용·통합 방안

연구과제명	기존연구개발과제와의 차별화 및 연계·활용·통합 방안
u-Transportation 기반기술 개발	■ 본 과제에서는 해당과제에서 개발된 실시간 교통정보 수집 및 교환에 대한 기술을 참고하여 미래의 교통정보를 서비스하기 위한 방법에 활용할 계획임
교통정보 혁신을 위한 제공·관리·평가 기술 개발	■ 본 과제에서는 해당과제에서 개발된 교통정보 제공 및 관리, 평가 기술을 연계·활용할 계획임
교통예보 지원시스템 기능개선 용역	■ 본 과제에서는 과거 교통 자료에 대한 패턴 분석을 위해 이벤트에 영향을 받은 교통 DB와 영향을 받지 않은 교통 DB를 명확히 구분하여 교통 패턴 DB를 구축할 계획임 ■ 또한, 예정된 기상, 공사, 교통사고 등 다양한 이벤트로 인한 미래의 교통상황에 대한 예측정보를 구축하여 기존 과제와 차별화할 계획임
UTIS 사업	■ 본 과제에서는 해당과제에서 구축된 실시간 교통정보를 최대한 연계·활용하여 교통 패턴 DB구축에 활용할 계획임

제5장 연구결과의 활용방안 및 추가연구 필요성

제1절 연구성과 향후 활용방안

1. 연구성과물의 활용 및 사업화 방안

가. 예측 교통정보 제공 방안

- 본 연구에서 개발된 교통상황예측 정보제공 시스템은 지자체 교통정보센터 운영자가 VMS와 스마트 폰을 통한 교통예보정보 제공 등 교통혼잡에 대한 선제적 대응 전략 수립과 교통분산 전략 수립에 활용될 수 있음
- 교통예보정보의 효과를 지속적으로 관측하여 교통예보정보에 대한 이용자의 수용성을 파악하고, 이를 바탕으로 최적 교통예보정보 제공 전략을 수립하여야 함

나. 교통상황예측 알고리즘의 활용 가능 범위

- 본 연구를 통하여 개발된 알고리즘은 도시고속도로와 같은 연속류 구간에서 활용이 가능하지만, 알고리즘과 입력자료에 대한 미세한 수정 보완을 거친 후 신호교차로를 포함한 단속류 구간에서도 적용이 가능할 것으로 판단됨
- 다만, 본 알고리즘은 과거 교통정보에 근거하기 때문에 과거에 관측되지 않은 교통 상황에 대해서는 예측 정보의 정확도가 현저하게 저하되므로 미시 교통시뮬레이션 툴과 적절히 보완하여 현실 교통제어에 활용하여야 함

2. 국토부 교통정보센터 교통예보시스템 도입 방안

가. 추진 필요성

- 우리나라 대도시권에서 도로인프라의 신설 및 확장은 예산제약과 도로부지확보 측면에서 현실적으로 불가능
 - 기구축된 시설물을 최대한 활용하기 위하여 교통예보정보에 기반한 선제적 교통제어 및 교통수요 분산 전략 필요
- 공공부문에서 다년간 막대한 예산을 투입하여 구축한 검지시스템에서 수집된 자료를 활용하여 새로운 서비스인 교통예보 제공

- 도로운영자가 활용 가능한 선제적 교통운영전략 수립 근거 마련
- 도로이용자는 통행 시작 전에 본인에게 가장 적절한 출발시각과 경로 선택
- 공공부문이 생성한 교통예보를 민간부문에 제공하여 신규 비즈니스 모델 개발 및 산업 발전의 토대 마련

나. 주요 내용

- 국토교통기술진흥원 발주로 '12~'15년까지 추진된 R&D 과제에서 교통상황예측시스템 개발
 - 서울시 도시고속도로 7개축을 대상으로 실시간 서비스가 성공적으로 운영 중이며, 서울시는 자체 예산 (4.8억)으로 도시부 간선도로에 확장 사업 계획 중
- 국가교통정보센터에 적재되고 있는 국토 37개 노선의 교통 및 비교통 정보를 기반으로 '국도교통예보시스템' 구축 가능
 - 현재 600개 관측 지점 중 150여 지점의 관측자료가 갱신주기 5분으로 실시간 연계 중이며 나머지 지점에 대해서도 연계할 계획

* 국도교통예보시스템 구축을 위해서 1년의 구축기간과 약 8억원의 구축 비용 소요 예상

<표 5-1> 국토부 예측정보시스템 구축 예상 비용

구분		내역		단가	공수	단위	금액	
1. 개발비	PM/기획	직접 인건비	고급기술자	5,799,380	6	M/M	34,796,280	
			중급기술자	4,648,875	6	M/M	27,893,250	
		인건비 소계						62,689,530
		제경비(직접인건비 110%)						68,958,483
		기술료((직접인건비+제경비)의 20%)						26,329,603
		PM/기획 소계				12 M/M	157,977,616	
	분석/설계/구현 테스트	직접 인건비	특급기술자	7,845,453	12	M/M	91,007,255	
			고급기술자	5,799,380	6	M/M	33,056,466	
			중급기술자	4,648,875	18	M/M	83,679,750	
			초급기술자	4,006,527	12	M/M	48,078,324	
		인건비 소계						255,821,795
		제경비(직접인건비 110%)						281,403,974
		기술료((직접인건비+제경비)의 20%)						107,445,154
		분석/설계/구현/테스트 소계				47.3 M/M	644,670,923	
		소 계				59.3 M/M	802,648,538	
	개발 소계						802,648,538	
	총계(만단위 이하 절사)						802,600,000	

※견적 기준

- 월 평균 근무일수는 21일로 산정, 구축기간 6개월
- 개발내용
 - 단기 및 중장기(이벤트반영) 예측 모듈 개발
 - 통합예측정보 생성모듈 개발
 - 예측 신뢰성 분석 모듈 및 정보연계 시스템 개발
 - 정보 연계 서비스 개발 및 단위/통합테스트

다. 기대효과

- 서울시 도시고속도로 7개축을 대상으로 한 온라인 테스트 결과, MAPE기준 약 15% 내외의 정확도를 나타내며, 현재 탑재 진행 중인 이벤트 상황 예측 알고리즘 적용 시 정확도가 향상될 것으로 기대됨
- 사후적 혼잡 관리개념인 기존 교통운영체계가 갖는 한계를 극복한 선제적 교통관리라는 사회적 요구에 대한 대안 제시 가능
- 기존 교통정보와 차별화된 교통예보 서비스를 제공함으로써 고도화된 교통정보 서비스에 대한 국민적 요구 충족

3. 기타 추진 계획

가. 서울시 교통예보 서비스 확대 사업 실시

- 시기: 2016년 4월 발주 예정
- 범위: 서울시 주요 간선도로 417km (일방향 6차로 이상)
- 예산: 4억 8천만원
- 사업의 배경 및 목적
 - 서울시는 실시간 도로혼잡 정보 등을 시민들에게 서비스하고 있으나, 실시간 교통정보의 한계로 인해 정체 발생 후 혼잡 정보 제공으로 사전 교통량 분산 등은 다소 한계가 있었음
 - 따라서, 그간 누적된 속도, 교통량 등 교통정보가 축적되었고, 한국교통연구원과 협업을 통해 빅데이터 기반 교통예측기술이 개발되는 등 교통예보에 대한 기본이 성숙됨에 따라 본 사업을 시행하게 되었음
 - 본 사업은 교통예측기술을 통해 교통혼잡을 도로이용자에게 다양한 매체(모바일, 홈페이지, 도로전광표지 등)를 통해 알리고, 교통수요를 분산시켜 도로 이용효율을 극대화하면서 선제적 교통관리의 기반을 조성하는 데 사업의 목적이 있음
- 기대효과
 - 정확한 교통예측을 통한 도로별/시간대별 교통혼잡 알림 등 교통수요분산 유도 및 도로이용효율 증진
 - 교통예보를 통한 시민의 통행스케줄 선택 지원 등 대시민교통정보 서비스 강화

나. 부산시 교통예보 사업 추진

- 시기: 2015년, 12월 발주 예정 부산시 ATMS 사업의 일환으로 교통예보 추진 검토
- 예산: 2014년 기확보 13.2억 (시스템: 8.9억, 자료수집장비: 4.3억)
- 범위: 동서고가도로 (향후 확대 예정)

다. 전국 주요 간선망 대상 '통합교통예보센터' 구축

- 시기: 2016년
- 내용: 도로공사의 '고속도로 교통예보지원시스템'과 국토부의 '국도 교통예보시스템' 연계
- * 향후, 통합교통예보센터에 지자체가 구축한 교통예보시스템 포함 가능

제2절 시스템 사양

- 본 시스템을 구축하기 위해서 사용되는 서버 시스템 권장사양은 다음과 같음

<표 5-2> 시스템 사양

본체 및 CPU	2.5GHz 2CPU(8core)
RAM	16GB Memory
HDD	500GB*2

- 1년간 서울도시고속도로 172개 링크의 실측 및 단기·중장기 예측값이 DB에 쌓이는 용량은 약 500GB
- 예측값은 시스템을 이용하여 언제든지 추출가능하므로 일정기간이후 쌓인 데이터들은 삭제하고 정확도부분만 계속하여 축적함
- 또한 소프트웨어 부문 활용한 부분은 다음과 같음

<표 5-3> 시스템 소프트웨어

항 목	상세 내용
Server OS	시스템 운영체제는 Linux를 기반으로 함
개발언어	개발 언어는 JAVA를 사용
데이터베이스	데이터베이스는 Oracle 10g를 사용

제3절 추가연구 필요성

1. 기술개발 필요성

- 현재까지 개발된 알고리즘은 도로의 선형과 기하구조가 단순한 연속류 도로에 최적화된 알고리즘으로 신호제어기와 다양한 부속시설이 설치된 단속류 도로에 현재 시스템을 그대로 활용하는 것은 어려움
- 현재 지자체 교통정보센터에는 단속류 도로에 대하여 지자체가 자체적으로 수집한 교통정보, 경찰청이 수집한 교통정보, 민간으로부터 제공받은 교통정보 등 다양한 원천 교통자료를 확보하고 있으나 이들 자료에 대한 통합 및 가공처리가 미흡하여 교통운영에 효율적으로 활용하지 못하는 상황임
- 이에 현재 지자체가 확보하고 있는 방대한 교통정보를 교통운영에 활용할 수 있는 연속 및 단속류의 미래 교통상황 예측정보를 생성할 수 있는 시스템의 패키지 개발이 필요함
- 본 시스템 패키지 개발을 통하여 지자체가 교통상황 예측 시스템을 개별적으로 개발함에 따라 발생하는 구축비용을 절감하고, 모듈별 API 제공을 통해 지자체 별로 지자체의 교통특성을 반영하여 예측정보를 생성하고 교통운영의 효율성을 제고할 수 있음
- 또한, 개발한 예측 시스템은 교통상황의 갑작스런 변화시 단기예측력이 다소 떨어지는데 이는 데이터 기반 예측시스템의 어려움이라고 판단되어 향후 연구사항으로 다음과 같은 연구를 수행하고자 함
 - 현재 단기예측시 사용되는 파라미터값은 알고리즘에 참조하고자 하는 과거 패턴값 k 개와 Time-series t 값을 고정하여 사용하고 있는데, 향후 연구시 각 교통상황별 파라미터값을 변화시켜 그 정확도를 향상시켜 보고자 함
 - 각종 돌발상황으로 인한 이벤트예측시, 해당 정보자체가 이력정보로 누적되지 않을 때가 있는데 각 돌발상황을 정보화 시킬수 있는 방안을 지자체와 협의하여 개발하고자 함

2. 기술개발 추진전략

- 교통상황 예측에 요구되는 지자체의 기반정보 수집 현황조사 및 분석
- 알고리즘의 성능 개선 및 분석된 기반정보를 중심으로 실시간 교통정보, 이벤트 반영 알고리즘 적용
- 개발된 시스템의 모듈화 및 성능검증을 통한 공인인증 취득

- 지자체에서 활용 가능하도록 기능의 API 구현 및 제공

3. 후속개발 연구내용

- 다양한 원천자료의 통합 및 가공처리 프로세스 개발
- 표준노드 링크 기반의 연속류 및 단속류 예측 정보 생성
- 소프트웨어 프로그램 공인인증 취득
- 모듈별 API 개발

4. 기술개발 최종 성과물

- 표준 노드-링크 기반으로 수집되는 실시간 교통상황 정보 및 이벤트(기상, 공사 등) 정보를 활용하여 지자체 주요 도로(연속류 및 단속류)를 대상으로 미래 교통상황을 예측하는 시스템의 패키지 상품

5. 사업화 대상 수요처

- 공공부문: 지자체 ITS 센터(47개)
- 민간부문: 각 포털사(2개), (주)민자 고속도로

6. 연구개발 과제 규모

<표 5-4> 연구개발 과제 규모

구분		1차년도	2차년도
연차별 연구비 (백 만원)	정부	294	294
	민간	196	196
합계		490	490

제6장 연구개발과제의 대표적 연구실적

						코드번호		D-12	
번호	구분 (논문 /특허 /기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	논문	Multiple-Step Traffic Speed Forecasting Strategy for Winter Freeway Operations	한양대학교	주저자	미국		20151028	단독사사	SCI
2	논문	Calculation of Additional Lost Green Time for Upstream Approaches at Diamond Interchanges Considering Downstream Queue Effects	한국교통연구원	주저자	한국		20150121	단독사사	SCI
3	특허 등록	교통영향권에 대한 중장기 예측방법	한국교통연구원	발명	한국		2016.01.18		
4	특허 등록	정체 시공간 패턴 자동인식 시스템 및 그 방법	목원대	발명	한국		2016.02.23		
5	기술 실시	패턴DB 구축 및 교통상황 예측정보 생성전략 개발	한국교통연구원		한국		2015.10.01		

제7장 참고문헌

- Behrisch, M., Bieker, L., Erdmann, J., Krajzewicz, D., 2011. SUMO-.Simulation of Urban MObility, The Third International Conference on Advances in System Simulation (SIMUL 2011), Barcelona, Spain.
- Ben-Akiva, M., Bierlaire, M., Koutsopoulos, H., Mishalani, R., 1998. DynaMIT: a simulation-based system for traffic prediction, DACCORS short term forecasting workshop, The Netherlands. Citeseer
- Chrobok, R., Hafstein, S., Pottmeier, A., Schreckenberg, M., 2004. OLSIM: Future Traffic Information, Proceedings of the IASTED International Conference, Applied Simulation and Modelling. Doc. Citeseer
- Kim, S., Rim, H., Oh, C., Jeong, E., Kim, Y., 2015. A multiple-step traffic speed forecasting strategy for winter freeway operations, Transportation Research Board 94th Annual Meeting.
- Kim, Y., Kang, S.-C., 2011. Innovative Traffic Demand Management Strategy: Expressway Reservation System. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board(2245), 27-35.
- Kotsialos, A., Papageorgiou, M., Diakaki, C., Pavlis, Y., Middelham, F., 2002. Traffic flow modeling of large441 scale motorway networks using the macroscopic modeling tool METANET. Intelligent Transportation Systems, 442 IEEE Transactions on 3(4), 282-292.
- Lam, K.F., Mui, H.W., Yuen, H.K., 2001. A note on minimizing absolute percentage error in combined forecasts. Computers & Operations Research 28(11), 1141-1147.
- Mahmassani, H., Hu, T., Jayakrishnan, R. , 1995. Dynamic Traffic Assignment and Simulation for Advanced Network Informatics (DYNASMART). Urban Traffic Networks: Dynamic Flow Modeling and Control Berlin/New York.
- May, A.D., 1990. Traffic flow fundamentals.
- Min, W., Wynter, L., 2011. Real-time road traffic prediction with spatio-temporal correlations. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 19(4), 606-616.
- Pascale, A., Nicoli, M., 2011. Adaptive Bayesian network for traffic flow prediction, Statistical Signal Processing Workshop (SSP), 2011 IEEE, pp. 177-180.
- Tam, M.L., Lam, W.H., 2009. Short-term travel time prediction for congested urban road networks, Transportation Research Board 88th Annual Meeting.
- Van Lint, J.W.C., 2004. Reliable travel time prediction for freeways: bridging artificial neural networks and traffic flow theory. TU Delft, Delft University of Technology.
- Vlahogianni, E.I., Karlaftis, M.G., Golias, J.C., 2014. Short-term traffic forecasting: Where we

are and where we're going. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 43, Part 1, 3-19.

Williams, B., 2001. Multivariate vehicular traffic flow prediction: Evaluation of ARIMAX modeling.

Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board(1776), 194-200.

Wu, C.-H., Su, D.-C., Chang, J., Wei, C.-C., Ho, J.-M., Lin, K.-J., Lee, D., 2003. An advanced traveler information system with emerging network technologies, 6th Asia-Pacific Conf. Intelligent Transportation Systems Forum.

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술연구개발사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.