

**교통예보 제공실태와 교통예보시스템
도입방안 연구**

**교통예보 제공실태와 교통예보시스템
도입방안 연구**

치안정책연구소 교통대책연구실

책임연구관 김 남 선

목 차

제1장 서론	1
제1절 연구의 배경 및 필요성	1
제2절 연구의 목적 및 내용	2
1. 연구의 목적	2
2. 연구의 내용	3
3. 활용방안 및 기대효과	5
제2장 이론적 고찰 및 선행연구	8
제1절 이론적 고찰	8
1. 교통예보와 교통예보시스템의 정의	8
2. 지점속도를 이용한 모형	9
3. 교통류 특성관련 모형	10
4. 자료수집 및 처리방법	19
제2절 선행 연구 고찰	24
1. 송상규, 명절, 연휴 장거리 고속도로 통행시간 예측모형 개발, 2010	24
2. 김태곤, 안현철, 김승길, 실시간 BIS자료를 이용한 간선도로의 버 스도착시간 예측모형구축에 관한 연구, 2009	25
3. 김선용 외, 기상청 예보시스템 개발, 2001	26
4. 김택영, 박건우, 강형구, 이상훈, 인공신경망을 이용한 안개소산시 간 예측, 2008	28
5. 최병철, 황사의 발생 및 예보, 2006	29
6. Eric Horvitz 외, Prediction, Expectation, and Surprise:	

Methods, Designs, and Study of a Deployed Traffic Forecasting Service, 2005	32
---	----

제3장 교통예보 제공실태 36

제1절 국내사례	36
1. 한국도로공사	36
2. TPEG	44
제2절 외국사례	48
1. 미국 INRIX Traffic	48
2. 과거이력데이터 기반 도로교통정보	58

제4장 교통예보시스템의 도입방안 69

제1절 교통예보시스템 도입시 고려사항	69
제2절 교통예보서비스의 내용 및 조직구성	72
제3절 교통예보시스템 도입방안	75
1. 서비스 구성	76
2. 시스템 구성	78
제4절 교통예보시스템 기반의 교통관리전략	83
1. 전략의 개요	83
2. 교통예보시스템의 단계별 추진전략	84

제5장 결론 87

참고문헌 90

I. 국내문헌	90
II. 외국문헌	92
III. 기타	94

표 목차

<표 1> Extreme Accuracy	47
<표 2> Extreme Coverage	47
<표 3> Extraordinary Application	48
<표 4> Congestion Alerts	49
<표 5> Journalistic Incident Data	49
<표 6> Traffic Maps	50
<표 7> Traffic Cameras	50
<표 8> 동적유류비 정보	51
<표 9> 도로 기상 현황 및 예보	51
<표 10> 지도데이터 및 기타 운전자서비스	52
<표 11> 제공서비스의 요구사항과 기반기술	70
<표 12> 제공서비스의 자료수집 및 제공방법	74

그림 목차

〈그림 1〉 연구의 절차	4
〈그림 2〉 각 블록의 밀도와 교통량 관계	13
〈그림 3〉 전진반복 전·후방 탐색법의 시공간 도해	15
〈그림 4〉 패턴매칭을 통한 통행시간 예측방법	18
〈그림 5〉 자료수집시점과 이용자경험의 시공간적 차이	22
〈그림 6〉 도착시점 기준 여행시간 변환 알고리즘	23
〈그림 7〉 예측모형 검증결과	25
〈그림 8〉 ARIMA모형과 비교결과	25
〈그림 9〉 AWIPS/D2D의 시스템 구성	26
〈그림 10〉 기상청 황사감시 및 예보업무 수행절차	29
〈그림 11〉 시애틀의 교통모델링을 위한 교통체증 예보 툴(Tool) ..	30
〈그림 12〉 정체 구역에 대한 경찰과 소방차에 의한 보고양식	31
〈그림 13〉 교통흐름의 잠재적 정체요인에 대한 학습예측모델	31
〈그림 14〉 모바일과 컴퓨터의 상황선택적 환경설정	32
〈그림 15〉 교통시스템에서 기상조건의 영향에 대한 예측모델	32
〈그림 16〉 미래상황 학습모델	33
〈그림 17〉 30분후의 미래예측모델	33
〈그림 18〉 데이터 수집 및 연계환경	34
〈그림 19〉 교통예보지원시스템 화면디자인	35
〈그림 20〉 교통예보지원시스템 교통상황총괄 화면	36
〈그림 21〉 교통예보지원시스템 종합차트	37
〈그림 22〉 교통예보지원시스템의 영업소 진입조절 지원시스템	38
〈그림 23〉 교통예보지원시스템의 관리자 모니터링	39

<그림 24> 한국도로공사 교통예보 사례1	40
<그림 25> 한국도로공사 교통예보 사례2	41
<그림 26> 미국 INIRX Inc.사의 실시간 교통정보 및 예보	42
<그림 27> 시간-지능형 경로안내 서비스	51
<그림 28> 과거이력데이터 기반 도로교통정보 예측시스템 구성도	53
<그림 29> 워싱턴 주 Seattle/Tacoma metro지역 도로네트워크 ...	54
<그림 30> Representative Traffic Information Provider 흐름도	55
<그림 31> Historical Data Analyser 수행절차	56
<그림 32> Representative Traffic Information Client routine ...	57
<그림 33> Step A	59
<그림 34> Step B	60
<그림 35> Step C	60
<그림 36> Step D	61
<그림 37> Step E	61
<그림 38> Step F	62
<그림 39> 교통량 집중과 강우로 인한 정체사례	63
<그림 40> 교통예보시스템의 구성도	67
<그림 41> 교통예보시스템을 위한 조직구성도(예시)	68
<그림 42> 교통예보시스템 서비스 제공체계	69
<그림 43> 교통예보시스템 구성 개념도	72

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 필요성

근래 들어, 경제, 사회, 문화, 기술적으로 다양한 변화가 심화되고 있고 현대인의 생활을 변화시키고 있다. 이런 측면에서 교통은 우리의 일상에서 매일매일 반복되는 생활의 한 부분으로 깊숙이 자리잡고 있으며 이용자의 교통서비스 요구도 다양화·고급화·개인화되고 있다. 그리고 국가기관은 이런 공공의 교통이용자의 요구에 귀를 기울여 대국민 편의증진을 위한 차원에서 요구사항을 해결할 수 있는 대안제시와 대책마련에 노력하여야 한다.

기존의 교통정보제공은 현재시점의 정보를 바탕으로 서비스하기 위한 노력에 치우친 경향이 있었고, 이러한 현재시점 정보는 첫 단추를 잘못 끼운 것과 같이 연쇄효과를 야기하여 개인이용자나 공공기관의 교통관리에도 근본적인 정보 불일치에 의한 한계성을 지니고 있다. 이렇게 생산된 정보의 연속적인 이용은 잘못된 정보제공으로 인한 교통 혼잡발생의 악순환으로 이어진다. 선진화된 사회로 나아가기 위해서는 예측의 개념이 담긴 교통예보가 필요한 시점으로, 교통서비스를 개인화하고 실시간으로 업데이트하여 전방교통상황 변화에 따라 네비게이션의 경로변경 등 미래정보에 대한 대응이 이루어 져야 하며 돌발상황정보는 교통속보로 운전자에게 실시간으로 알려서 주의운전을 통한 안전사고방지 등의 사전인식 및 대응기회를 제공해야 한다.

도로교통의 서비스수준을 일정이상 유지해 나가기 위하여 사전정보 취득이 가능한 기상, 행사, 공사정보를 이용하여 취약한 도로를 미리 진단

하고 교통재난을 예방하기 위한 교통재난방지시스템으로의 확장대응도 필요하다. 기존에 진행된 연구에서 마라톤, 박람회, 국제회의, 불꽃놀이 등 대규모 행사, 축제, 시위, 교통경호 등 행사관련 돌발상황에 대한 체계화된 대처방안 및 표준메뉴얼이 없는 것이 현실이다. 현재, 행사의 교통관리는 경호팀에 부속하여 시행되거나 경호계획이 없으면 경찰병력에 의존하는 원시적인 방법으로 운영되고 있어, 행사의 규모, 유형, 장소별로 체계화된 교통관리전략의 수립방안이 필요하다. 또한 행사정보를 이동경로상 행사구간을 지나가는 교통이용자에게 네비게이션이나 스마트폰 상에 교통속보 등으로 사전에 고지하여 이용자들의 불편을 최소화하고 개별적으로 대응할 수 있도록 유도할 필요가 있다.

제2절 연구의 목적 및 내용

1. 연구의 목적

본 연구에서는 그 동안 국내에서 본격적인 시도가 이루어지지 않았던 교통예보분야에 대한 개념을 새롭게 정립하고 향후 도입방향을 제시하고자 한다. 또한 그 동안 정확도에 대한 불신과 자신감 결핍에 기인하여 소외되어 왔던 교통예보분야를 새롭게 인식하고, 도착시점의 여행정보제공과 미래의 교통예보를 위한 방안을 수립한다. 이동교통류를 대상으로 실시간 교통속보제공을 통한 교통혼잡 및 안전사고를 최소화하고 미래시점 교통관리전략 수립에도 기여하고자 한다.

교통예보의 개념정립과 함께 교통정보의 기능을 재정립하고 교통상황을 진단하기 위한 교통예보지표(교통상황, 여행시간, 도로상태, 돌발상황 등을 감안)를 개발하여 이를 기반으로 교통예보서비스 제공하기 위한 교

통예보시스템 구축방안을 제시한다. 따라서, 본 연구는 교통예보를 위하여 현재 분산되어 있는 교통정보를 연계·통합관리하고, 미래시점 교통상황에 대해 교통측면에서 효율적으로 대응하기 위한 예측정보를 생성하고 예보하기 위한 기초연구 및 도입방안을 마련하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구의 내용

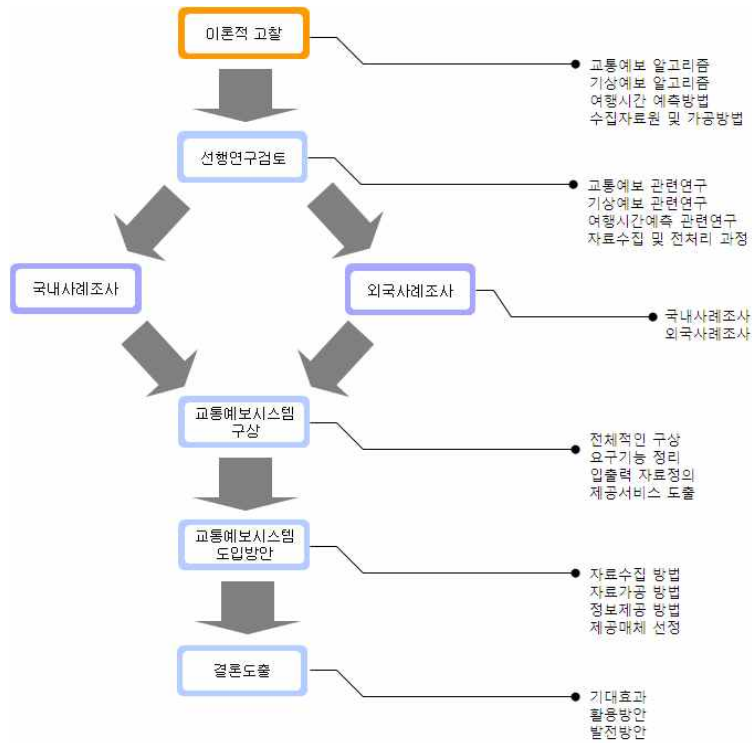
교통예보를 위한 주요내용으로는 데이터베이스(DB) 등의 이력자료를 통한 과거와 현재시점의 교통자료를 축적하여 패턴화하고 이를 미래시점의 교통예측자료로 변환하여 교통예보에 활용하는 방안을 제안한다. 이를 위해 첫째, 기존의 교통정보제공을 위한 전자지도 노드-링크체계에 과거이력자료와 미래예측자료를 추가하여 현재진행위치기반의 실시간 목적지 도착시간 기준시점의 여행시간 서비스를 제공할 수 있는 체계를 개발하여야 한다. 둘째, 교통혼잡 발생요소, 교통환경 변화요소, 기상상태, 돌발상황(사고, 행사, 공사 등) 등 교통영향요소에 대한 지표를 개발하여 교통정보시스템의 노드-링크에 가중치를 부여하는 방식으로 교통예보에 활용할 필요가 있다. 셋째, 도로이용자의 진행경로상에 필요한 돌발상황 정보를 차량주행중 이용매체를 통해 실시간 교통속보형태로 제공해야 한다. 넷째, 주행 전(Pre-Trip) 여행시간정보를 도착지 시간기준으로 예측하여 제공해야 한다. 다섯째, 내일, 주간, 월간 등 교통예보를 실시하고 임의의 미래시점에서 개별이용자의 출발지-도착지 설정에 의한 교통예보를 실시해야 한다.

이러한 교통예보시스템을 운영하기 위해 ‘교통예보센터’와 같은 전문 운영조직을 신설하여야 하고 국가재난 및 위기상황 발생시 재난방재청, 국가재난정보센터 등 관련 유관기관과 정보 및 통제관리를 연계하여 효율적인 대응에 기여하여야 한다. 본 연구의 주요내용 및 절차는 다음과 같다.

- 관련이론고찰
- 선행연구검토
- 개발사례검토
- 교통예보시스템 개발방안 제시
- 결론도출

연구의 절차는 관련이론을 고찰하고 선행연구자료를 검토하며 기존의 개발사례를 바탕으로 교통예보시스템의 개발방안을 제시한다. 교통예보시스템의 개발방안에서는 입력자료와 출력자료를 도출하고 입력자료원을 제시하여 현실성 있는 방안이 되도록 하고 결론을 도출하는 단계로 진행된다.

<그림 1> 연구의 절차



3. 활용방안 및 기대효과

가. 활용방안

아직 세계적으로도 서비스가 활성화되지 않아 이 교통예보시스템은 혼잡도 개선, 에너지 절감, 공해배출 감소, 도시생활의 쾌적성 향상뿐 아니라, 그 뒷단의 혼잡정보 수집을 위한 무선통신시스템, 도로정보 분석을 위한 데이터마이닝엔진, 예측정보 도출을 위한 교통모델과 고성능 알고리즘, 이를 시스템으로 구현하기 위한 클라우드 컴퓨팅기술, 수집된 정보를 공공정보로서 제공하는 오픈 API 및 서비스 플랫폼 등 매우 많은 도전적인 기술개발을 촉진할 것이다. 더 나아가 이 교통예보정보가 공공정보로 공개되면, 이를 기반으로 한 수많은 스마트폰이나 내비게이터용 애플리케이션이 경쟁적으로 개발될 것이고, 이는 다른 경제적 효과와 맞물려 다시 많은 인접영역으로 경제적 파급효과를 만들어 낼 것이다. 이용자 측면에서는 휴대폰이나 인터넷 조회를 통해 자신이 가야하는 곳에 갈 수 있는 가장 한산한 시간과 경로를 택하도록 함으로써, 교통 분산효과는 물론 도시생활의 쾌적성이 크게 향상될 것이다. 물론 기술적 측면에서는 도전적 과제에 대한 수많은 특허와 비즈니스모델도 개발되고 관련 지적재산권도 다수 확보될 것이다. 교통예보시스템은 실현성이 높고 파급효과가 크다는 점에서 좋은 신규 연구 분야이며 경찰의 교통서비스 제공의 새로운 출발점이 될 수 있다. 하나의 성공사례를 통해 선진시스템의 유용성과 선도성을 입증할 수 있다면, 이는 많은 후속 시스템의 개발로 연결될 것이다. 활용방안의 세부내용은 다음과 같다.

- 이용자 맞춤형 고급서비스 제공을 위한 새로운 경찰교통 분야의 선점효과가 있다.

- 행사 및 공사에 대한 교통관리 표준시스템을 마련하여 체계화된 대응을 할 수 있다.
- 행사 및 공사의 원활한 진행으로 교통혼잡 및 교통사고의 위험성 최소화할 수 있다.
- 사전관리 개념의 교통서비스 제공하여 미래교통관리의 기반을 마련한다.
- 태풍, 폭설, 폭우, 강풍, 산사태, 산불 등의 자연재해에 의한 국가재난상황과 전면전, 국지전, 테러 등과 같은 국가위기상황 발생 시 교통부문의 시스템화된 교통상황관리를 통해 시설 및 인명의 피해를 최소화할 수 있다.
- 유관기관에서 운영하고 있는 교통정보를 연계하여 전국적인 교통예보 서비스를 제공할 수 있다.
- 중앙교통정보센터의 기능을 활용하여 교통정보를 연계하고 경찰교통예보센터를 설립하여 교통예보자료를 산출하며 교통방송 및 도시교통정보시스템(UTIS)을 통하여 제공하는 일련의 과정을 일괄처리시스템으로 구축할 수 있다.
- 스마트폰 앱 (Smart Phone Application) 서비스를 통해 출퇴근 경로 등 등록된 상시이용경로에 대해 알람형태로 매일아침 출근 전 교통예보를 제공할 수 있다.
- 향후에는 교통지수를 개발하여 일기예보와 같이 기상, 행사, 공사 자료를 바탕으로 공중파, 인터넷, 라디오, 노변방송, DSRC 등 방송매체를 통해 내일교통예보 및 주간교통예보를 할 수 있는 시스템으로 발전시킬 수 있다.
- 또한, 양질의 정보제공을 위한 재원의 선순환을 위해 통신정보사업자(ISP)에게 예보정보를 판매하여 수익모델을 창출하거나 해외수출

아이템으로 발전시켜 나갈 수 있다.

나. 기대효과

- 이용자 맞춤형 고급서비스 제공을 위한 새로운 교통분야의 선점효과가 있다.
- 행사 및 공사에 대한 교통관리 표준시스템을 마련하여 체계화된 대응을 할 수 있다.
- 행사 및 공사의 원활한 진행으로 교통혼잡 및 교통사고의 위험성 최소화할 수 있다.
- 사전관리 개념의 교통서비스 제공하여 미래교통관리의 기반을 마련한다.
- 태풍, 폭설, 폭우, 강풍, 산사태, 산불 등의 자연재해에 의한 국가재난상황과 전면전, 국지전, 테러 등과 같은 국가위기상황 발생 시 교통부문의 시스템화된 교통상황관리를 통해 시설 및 인명의 피해를 최소화할 수 있다.
- 유관기관에서 운영하고 있는 교통정보를 연계하여 전국적인 교통예보 서비스를 제공할 수 있다.
- 중앙교통정보센터의 기능을 활용하여 교통정보를 연계하고 경찰교통예보센터를 설립하여 교통예보자료를 산출하며 교통방송 및 도시교통정보시스템(UTIS)을 통하여 제공하는 일련의 과정을 일괄처리시스템으로 구축할 수 있다.

제2장 이론적 고찰 및 선행연구

제1절 이론적 고찰

1. 교통예보와 교통예보시스템의 정의

“예보”라 함은 앞으로 일어날 일을 미리 알린다는 뜻이다. 인간은 예로부터 미래에 일어날 일에 관하여 관심이 많았다. 미래의 불확실성을 해소하고 미래상황에 대비하고자 하는 인간의 본성 또는 관성과 관련이 있다. 고대시대의 제사장이나 중세시대의 천문가가 일반인 보다 우월적 지위에 있었던 것은 이런 이유에서 기인한다. 매일 뉴스에서 일기예보를 보도하는 것도 그날의 날씨가 현재를 살아가는 인간생활에 많은 영향을 주기 때문이다. 기상예보의 사전적 정의는 “바람, 비, 구름, 눈 등 대기 중에서 일어나는 모든 현상을 관찰하고 측정된 자료를 토대로 기상상태를 예측하여 미리 알리는 일”이다.

따라서 교통예보를 도로부문에 한정하여 정의하면, “교통에 영향을 미치는 도로, 차량, 기상, 인간심리 등의 모든 현상을 관찰하고 측정된 자료를 토대로 교통상태를 예측하여 관심있는 이용자에게 미리 알리는 행위”로 정의할 수 있다. 그리고 교통예보시스템은 “정확하고 신속한 교통예보를 하기 위해 구성되는 여러 구성요소들 간의 유기적인 활동”이라고 정의할 수 있다. 그러므로 교통예보시스템의 구성요소는 교통영향요인에 관한 자료를 수집, 처리, 가공, 분석, 예측하여 이용자가 원하는 정보를 생성하는 역할을 수행하게 된다.

2. 지점속도를 이용한 모형

도로상에 설치된 루프검지기 영상검지기 등 검지기에서 수집된 속도데이터를 이용하여 구간통행시간을 예측하는 방법으로 단거리 통행시간예측이나 혼잡이 극심하지 않은 경우에 적합하다. 또한 TCS정보와는 달리 구간별 교통상황을 고려한 통행시간을 산출할 수 있다. 그러나 심한 교통류가 불안정하여 정체가 급격히 확산되거나 감소하는 경우 일정한 시점의 데이터를 이용한 통행시간 예측은 시간처짐현상(Timelag)을 고려할 수 없는 한계가 있다. 따라서 지점검지데이터를 활용한 소요시간은 통계적 기법 등 정체를 예측할 수 있는 과정이 포함되어야 한다.

또한 지점검지기로부터 구간통행시간을 추정하는 과정상 오차가 발생하며 이러한 문제는 링크의 길이가 커질수록 심각해진다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 과거통행시간 이력데이터의 적절한 구축과 적용알고리즘을 구축해야 한다. 유소영(2004)은 지점검지기를 이용한 정보수집체계에 있어 일반적으로 1분~5분단위의 집계를 이용해 데이터수집 및 추정을 하고 있으며 특히 국내의 교통정보수집주기의 경우 5분을 대부분 사용하고 있어 통행시간 데이터수집 및 추정에 있어서 적절한 집계간격을 결정하는 모형개발의 필요성에 의해 연구되었다. 링크 및 경로통행시간추정을 위한 적정 집계간격 결정모형으로 Gajewski(2001) 등이 제시한 CVMSE(Cross Validated Mean Square Error)방법을 이용하였으며 통행시간예측을 위한 적정 집계간격 결정모형으로는 MSE(Estimated Mean Square Error)방법론을 루프검지기에 데이터에 맞게 수정한 FMSE(Forecasting Mean Square Error)방법을 적용하였다.

3. 교통류 특성관련 모형

가. 교통량-점유율 관계모형¹⁾

교통량-점유율 관계모형은 혼잡정도를 용이하게 나타내기 위한 값으로 변형한 단위인 VPLUSKO와 통행속도 관계가 역수임을 적용하여 구간통행속도를 추정하였다. VPLUSKO는 $VOL + K \cdot OCC$ 로 구해지며 각 시간간격별 VPLUSKO의 역수를 곱하여 통행속도를 계산한다.

$$VPLUSKO = VOL + K \cdot OCC$$

여기서,

VOL :교통량(대/시간)

OCC :점유율(%)

K :교통량과 점유율의 가중치 계수(일반적으로 20)

$$SPD = \alpha / (V + K \cdot OCC)$$

여기서,

SPD :통행속도(km/h)

α :보정계수

개발된 모형은 추정하고자 하는 일평균 통행속도(Average Daily Travel Speed)에 대한 정보를 필요로 하며 VPLUSKO의 역수와 일평균 통행속도로 계산된 값을 이용하여 통행속도를 추정한다.

1) 김영찬, 최기주, 김도경, 오기도, 단일루프검지기를 이용한 간선도로 실시간 통행속도 추정 방법론, 대한교통학회지 제15권 제4호

VPLUSKO는 일평균통행속도의 영향을 받으며 통행속도추정력은 다소 떨어지나 계산 및 적용이 용이하고 계산된 통행속도가 교통상태의 변화를 정확히 반영한다는 장점이 있다.

나. 유출입 누적차 모형²⁾

유출입 누적차 모형은 대상구간의 유입부와 유출부에 각각 검지기가 설치되어 있을 경우 유입하는 교통량과 유출하는 교통량의 유출입차를 계산하고 이를 시간에 따라 연속적으로 누적하여 계산된 누적교통량을 대상구간에 존재하는 차량대수로 하여 통행시간을 추정한다. 유출입누적차를 적용하는 방식은 유출입 누적차와 통행시간의 관계를 선형관계로 보는 기법과 곡선관계로 보는 기법의 두 가지를 설정하였다.

$$\textcircled{1} \text{ 직선식} : T(k) = T_0 + \alpha \left[\sum_{k=0}^k \{u(k) - v(k)\} \cdot \Delta k \right]$$

여기서,

$T(k)$: k 시간대의 평균통행시간(초)

$u(k)$: k 시간대 동안의 유입교통량(대/분)

$v(k)$: k 시간대 동안의 유출교통량(대/분)

Δk : 단위시간(분)

$$\textcircled{2} \text{ 곡선식} : T(k) = T_0 + \alpha \left[\sum_{k=0}^k \{u(k) - v(k)\} \cdot \Delta k \right]^\beta$$

$$\textcircled{3} \text{ 밀도식} : T(k) = T_0 + \alpha \frac{[\{u(k) - v(k)\} \cdot \Delta k]^\beta}{v(k)}$$

유출입 누적차를 이용한 모형은 밀도를 적용한 모형보다 전이성과 변

2) 이주헌, 동적 통행배정 모형을 위한 통행시간 추정기법에 관한 연구, 대한교통학회 제35회 학술발표회 논문집, 1999

수의 수집 및 계산이 용이하여 전산 모형으로 구축되는 동적통행배분 모형의 적용시에 유용할 것으로 주장하였다.

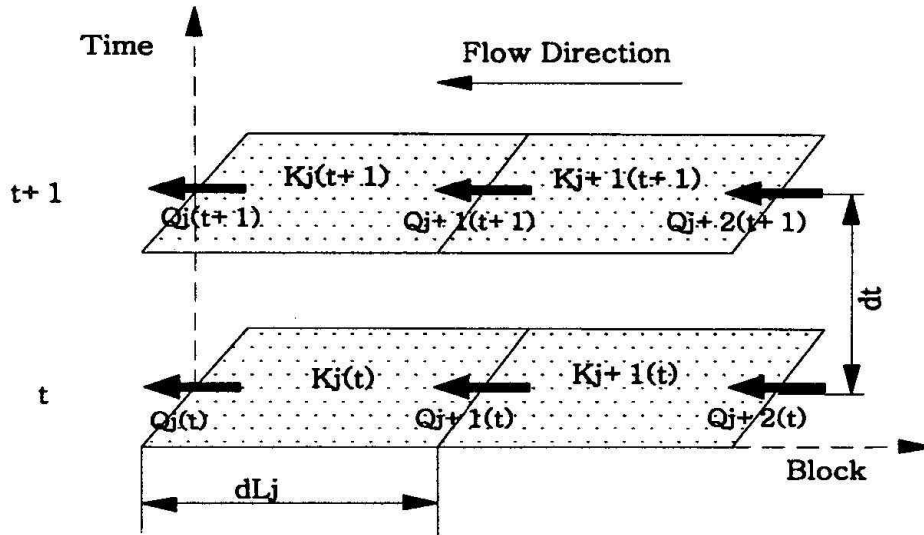
유출입 누적4차 모형은 대항 구간 중간에서 유출입하는 교통량이 없다는 가정하에 정확한 교통량 데이터가 수집될 경우 좋은 추정력을 보일 것으로 언급되었다. 그러나 현실적으로 통행시간을 산출해야 하는 대부분의 대상구간은 유출입 지점이 있으므로 유출입 누적차 모형을 적용하는데 공간적인 한계가 있으며 유출입 교통량과 통행시간을 관계가 명확하지 않아 유출입 누적차 만으로는 정확한 통행시간 추정에 오차가 발생할 수 있는 한계점을 갖는다.

정현영(1998)³⁾은 동적통행시간예측을 위한 방법으로 블록밀도법을 도입하여 가로상의 일정한 구간을 세분화하고 몇 개의 블록으로 분할한 후 교통류를 유체근사화 시키고 각 블록의 밀도를 일정시간마다 갱신해 나가는 방법을 제시하였다. 이 방법은 각 블록의 밀도와 최하류 블록에서의 유출교통량을 이용하여 시뮬레이션 시간마다 모든 블록에서 밀도를 수정하여 통행시간을 구하는 방법으로서 연구에서는 밀도-교통량관계를 직선이 아닌 곡선관계로 가정하여 교통현상을 반영하였고, 단속류를 대상으로 거시적인 접근을 시도하여 교차로구간은 Greenberg 모형, 비교차로구간은 Underwood 모형을 적용하는 Edie의 복합모형을 적용하였다.

아래 그림은 블록밀도법에서 각 블록의 밀도와 블록간의 교통량을 표현한 그림으로 각 블록에 주어진 밀도의 초기치와 최하류 블록의 유출교통량을 이용하여 각 시뮬레이션마다 모든 블록에서 밀도를 수정해 가는 방법을 설명하고 있다.

3) 정현영, 심용운, 블록밀도법을 이용한 동적통행시간 예측, 대한교통학회 제34회 추계학술발표회

<그림 2> 각 블록의 밀도와 교통량 관계



여기서,

$Q_{it}(t)$: 시간 t에서 t+1까지 블록에서 유출하는 교통량

$k_i(t)$: 블록 j에서 시각t의 밀도

dt : 시뮬레이션 시간

dLj : 블록 j의 길이

다. 구간정보기반 통행시간 추정

1) 자동차량인식장치(AVI)를 이용한 방법

자동차량인식장치(AVI)란 카메라에 의해 수집된 차량번호판 사진의 영상처리를 통해 통과차량에 대한 정보를 수집하는 장비로서 통일 도로

구간에 설치할 경우 통행시간 데이터를 수집할 수 있는 일종의 구간검지 장치이다. 최근 ITS시설이 설치된 국도에서 교통정보를 수집하고 있다.

장진환(2004)⁴⁾ 등은 일반국도 1호선상의 10Km 간격을 두고 설치된 연속된 2개의 AVI에서 수집된 데이터를 사용하였다. 구간통행 데이터 수집시 항상 문제가 되는 이상치 제거를 위하여 별도의 알고리즘을 이용하였고 칼만필터링 알고리즘을 이용하여 통행시간을 수집주기별(5분, 10분, 15분, 30분)로 예측하였다. 구간통행시간을 산출하는 AVI 등을 이용한 모형은 구간 내 교통상황 파악이 불가능하고 통과교통량이 적을 경우, 표본수 부족으로 인한 결측치 보완 알고리즘을 필요로 하며 이상치 발생시에는 이상치 제거 알고리즘을 적용해야 한다.

출발기준 예상통행시간을 제공할 경우 대상구간이 길고 교통혼잡이 심각할수록 통행시간 정보의 오차와 시간처짐현상이 심하게 되므로 이러한 한계를 극복하기 위한 방법을 필요로 한다.

유정훈(2008)⁵⁾은 국도와 시가지 도로의 교통신호 및 주변도로 유출입 교통량에 의한 교통흐름의 단절이 빈번하여 VDS 지점정보를 이용한 통행시간의 추정과 신뢰성 확보가 어렵다. 이를 극복하기 위하여 교통정보 시스템의 수집가반이 다른 VDS와 AVI의 정보를 하나의 틀 안에서 융합하는 모형을 연구하였으며 이를 통해 실시간 교통정보 제공을 위한 통행시간 추정모형을 제시하였다.

VDS와 AVI의 장점을 살리고 단점을 보완하기 위해 통행시간을 “교차로간 구간순행시간”과 “교차로 통과지체”의 합으로 구성한 모형식을 이용하였다. “교차로간 순행시간”은 시간처짐이 발생하지 않고 통계적으로 신뢰도가 높은 VDS의 구간순행시간 측정값을 이용하였으며, “교차로 통

4) 장진환, 백남철, 김성현, AVI 자료를 이용한 동적 통행시간 예측, 대한교통학회지 제22권 제7호

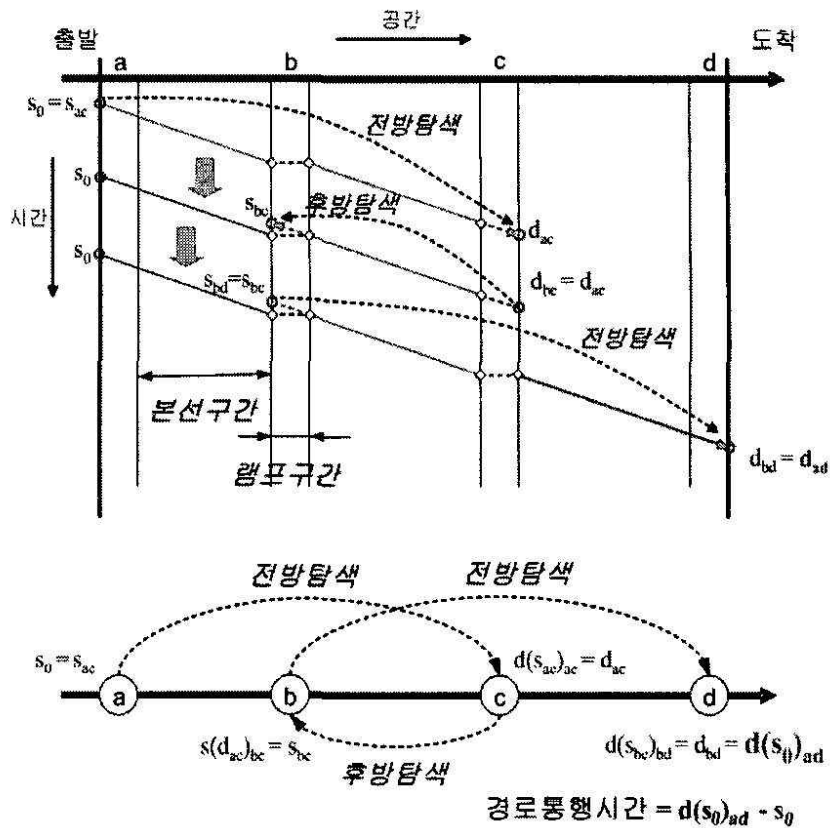
5) 유정훈, 지점과 구간기반 자료를 활용한 실시간 통행시간 추정모형, 한국도로학회 논문집 제10권 제1호

과시체”는 이전에(5~15분) 측정된 AVI 통행시간값과 VDS 구간순행시간을 활용하여 간접적으로 측정하여 이용하였다.

2) TCS 데이터를 이용한 방법

남궁성(2005)⁶⁾은 전진반복 전·후방탐색법을 통하여 TCS 데이터를 이용한 경로통행시간과 고속도로 통행시간에 포함될 수 있는 휴게소 체류시간 등 노상 외 통행시간을 제거하는 방법을 제안하였다.

<그림 3> 전진반복 전·후방 탐색법의 시공간 도해



6) 남궁성, 고속도로 경로통행시간 산출을 위한 전진반복 전·후방 탐색법(PIFAB)의 개발, 대한교통학회지 제12권 제2호

제시된 모형이 실제 현장에 확대·적용되기 위해서는 도착교통량이 적은 영업소를 포함한 단위구간의 TCS 통행시간 결측가능성이 있으며 통행시간 변동을 고려한 최대구간길이 선정 등에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

라. 신경망 모형

신경망이론은 병렬처리가 가능하고 복잡한 추론이나 판단을 쉽고 빠르게 해줄 수 있는 인간의 두뇌작용에 대한 호기심에서 출발하였으며 현재 패턴인식, 최적화 문제, 예측 등의 다양한 분야에서 연구개발 및 실용화가 진행되고 있다. 신경망이론은 비모수추정법으로서 데이터의 분포에 내재하는 함수식에 대한 별도의 가정이 필요 없으며 잡음(Noise)이 있는 데이터에도 잘 적응한다. 또한 다양한 패턴에 대해서 효과적이고 사용자가 요구하는 정보를 습득할 수 있으나 현재까지의 패턴이 향후 발생패턴을 충분히 이용할 수 있는 수준이어야 하므로 방대한 데이터와 많은 노력을 필요로 한다. 의도된 패턴을 적용하기 위해서 입·출력 패턴의 설계가 필수적으로 요구되며 실제 연산 시 일반적으로 시간이 많이 소요되고 선행학습을 해야 하기 때문에 지역전이성이 떨어지는 것이 한계점으로 지적된다. 현재까지도 많은 신경망이론이 논문에서 적용되고 있으나 체계적인 과정이 정립되어 있지 못하고 직관적인 부분이 많다. 그 이유는 신경망이론에서 해(Solution)를 제시하는 과정이 명확하게 설명되지 않으며 최적모형구조를 찾아내기 위해 경험적 시험방법에 의존해야 하는 단점이 있기 때문이다.

마. 패턴데이터 기반 모형

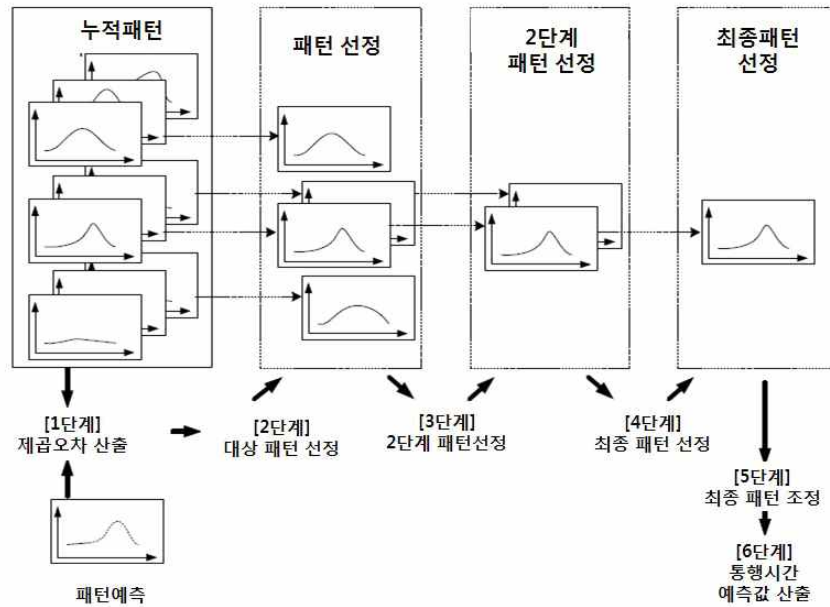
패턴데이터 기반 모형은 과거 통행시간 데이터의 특성을 통계적으로 분석하고 분류하는 패턴매칭을 이용하여 통행시간을 예측하는 방법으로

최근에 활발히 연구되고 있다. 이는 교통데이터가 교통특성에 의해 일정한 패턴을 반복한다는 전제를 기본으로 일정한 패턴을 인식하고 그 패턴과 통행시간의 상관관계를 찾아냄으로서 대상구간의 통행시간을 산출해내는 방식이다. 또한 현재 교통상황의 변화를 반영하기 위해 현재와 과거의 교통데이터를 적절히 활용하여 장래상황을 예측하는 방법이며 패턴매칭은 교통상황을 분석하고 적절히 패턴을 구분하여 통행시간 예측모형의 변수 또는 파라미터로 활용하기도 한다. 현재의 수집된 실시간 교통정보와 과거 분석데이터를 기반으로 데이터 융합기법을 통한 미래의 통행량 및 통행시간을 예측하는 방법으로서 최근에는 신경망이론, 퍼지이론을 이용하여 과거데이터와 실시간데이터를 적절하게 적용하는 다양한 연구가 진행되고 있다.

이영인(2005)⁷⁾ 등은 영상검지기 데이터 및 AVI 데이터의 특성을 효과적으로 통합하기 위하여 영상검지기 데이터를 이용한 KHCM 방식의 추정법을 이용하여 링크별 통행시간을 파악하고, 이러한 특성을 보정계수로 적용하여 AVI에서 수집된 구간통행시간 정보에 반영함으로써 데이터 융합기법을 도출하였고, 평가결과(RMSE, EC) 또한 우수하였다. 또한 실제차량은 시·공간적인 이동을 하기 때문에 동시간대의 링크통행시간을 이용한 정보는 실제통행시간과 비교시 시간차집현상이 심한 것으로 나타났다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 칼만필터링을 활용한 다주기 예측모형의 평가결과(RMSE, EC), 현실을 잘 반영하는 것으로 증명되었으나 시·공간적으로 한정된 데이터 활용으로 공간전이성과 교통상황변화가 심할 경우 신뢰성이 저하되는 문제가 있어 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

7) 이영인, 김성현, 윤지현, 데이터 융합기술을 활용한 다주기 통행시간예측에 관한 연구, 대한교통학회지 제23권 제4호

<그림 4> 패턴매칭을 통한 통행시간 예측방법



패턴데이터 기반 모형은 방대한 데이터를 필요로 하며 현재 통행시간 또는 과거 통행시간 패턴이 미래에도 주기적으로 반복된다는 가정을 전제해야 하는 한계가 있다. 또한 정확한 패턴분류가 선행되어야 하며 타 모형에 비해 특히 교통상황이 급격히 변화하는 경우 패턴분류의 어려움으로 인해 모형이 이를 설명하기 어렵다. 또한 실제 적용상에 많은 시간이 요구된다는 점과 시간처짐현상이 발생한다는 문제점이 있다.⁸⁾

8) 송상규, 명질, 연휴 장거리 고속도로 통행시간 예측모형 개발, 아주대학교 대학원, 2010

4. 자료수집 및 처리방법

가. 이상치 처리방법

일반적으로 자료를 수집하여 대푯값을 산정할 경우 여행시간의 시계열적 변환은 불규칙하며 동일집계간격 내에서 변동이 큰 이상치를 포함하고 있다. 그래서 동일집계간격 내에서 이상치를 제거하기 위하여 여행시간의 분포를 정규분포로 가정한 후 평균값에서 표준편차의 몇 배수 이상 차이가 나는 관측치를 이상치로 간주하는 방법을 사용한다. 집계간격내 여행시간 대푯값 산정시 중위절대편차를 이용한 이상치 제거모형을 적용하면 다음과 같다.

$$MAD = \text{median} |x_i - x_{med}|$$

여기서,

MAD : 중위절대편차(Median Absolute Deviation)

x_i : 집계간격 내에서 수집된 i 번째 통행시간 관측값

x_{med} : 집계간격 내에서 수집된 통행시간 관측값의 중앙값

MAD 를 정규분포의 표준편차로 근사화시키면 다음과 같이 된다.

$$\hat{\sigma} = K \cdot MAD$$

여기서,

K : MAD 를 정규분포의 표준편차와 동일하게 만드는 조정계수

Symmetric Distribution에서 MAD 는 1사분위수와 2사분위수 사이 (또는 2사분위수와 3사분위수)의 거리이므로 다음의 확률식이 성립한다.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} &= p(|X-\mu| \leq MAD) = P\left(\left|\frac{X-\mu}{\sigma}\right| \leq \frac{MAD}{\sigma}\right) \\ &= p(|Z| \leq \frac{MAD}{\sigma}) \end{aligned}$$

이때, $\sigma = 1$ 인 정규분포에서 $\frac{MAD}{\sigma} = \Phi^{-1}(3/4) \approx 0.6745$ 이므로 $\hat{\sigma} = 1.4826 \cdot MAD$, z_i^{MAD} 로 근사화한 후 이를 미리 설정된 제거변수와 비교하여 $z_i^{MAD} > z_{cut}$ 이면, 이상치로 판단한다. 이때 표준정규분포에서 $z = 3$ 일 때, 확률이 99%이므로 일반적으로 $z_{cut} = 3$ 으로 설정한다.

나. 극단치 보정방법

중위절대편차를 이용한 이상치 제거는 집계간격 내에서 비정상적인 여행시간을 갖는 개별차량을 제거하는 것이다. 개별차량의 이상치가 제거되었다고 집계간격 내 차량수가 적을 경우에는 대푯값이 짧은 시간대에 급격한 변동을 보일 수 있다. 따라서 극단치에 대한 데이터의 평활화가 필요하다. 평활화의 기본모형은 다음과 같다.

$$\hat{t} = \widehat{t_{n-1}} + k(t_n - t_{n-1})$$

여기서,

\hat{t} : n 시간대의 평활화된 여행시간 대푯값

t_{n-1} : n 시간대의 평활화된 여행시간 대푯값

t_n : n 시간대의 평활화된 여행시간 대푯값

k : 평활상수(0~1), $k = e^{-|t_n - t_{n-1}|}$

즉, n 시간대의 평활화된 여행시간 대푯값은 직전시간대의 평활화된 값을 기본으로 하여 n 시간대의 여행시간 변동량을 더해주는데 본 모형에서는 k 값을 0.3으로 적용함으로써 현재의 가중치 0.3을 주고 이전주기에 0.7을 주어 평활화한다.

다. 결측치 보정방법

차량빈도가 낮은 시간대나 링크의 경우, 차량통행 데이터가 누락될 수 있으며 이러한 결측값이 발생할 경우 예측값의 정확도가 낮아질 수 있다. 따라서 결측값 발생시 선형보간법과 계열평균법 등의 데이터 보정방법을 이용한다.

1) 선형보간법

선형보간법은 결측값의 바로 이전값과 결측값 이후의 값을 이용하여 결측값 이전값과 이후값의 떨어져 있는 만큼 가중치를 두어 결측값을 추정하는 방법이다.

$$X_{i+1} = \begin{cases} X_{n-1} + \frac{l+1}{k+1}(X_{i+k} - X_{i-1}) & l = 0, \dots, k-1 \\ SYSMIS & i = 1 \text{ or } i+k-1 = n \end{cases}$$

여기서,

k : 결측주기수

l : 결측시간대

2) 계열평균법

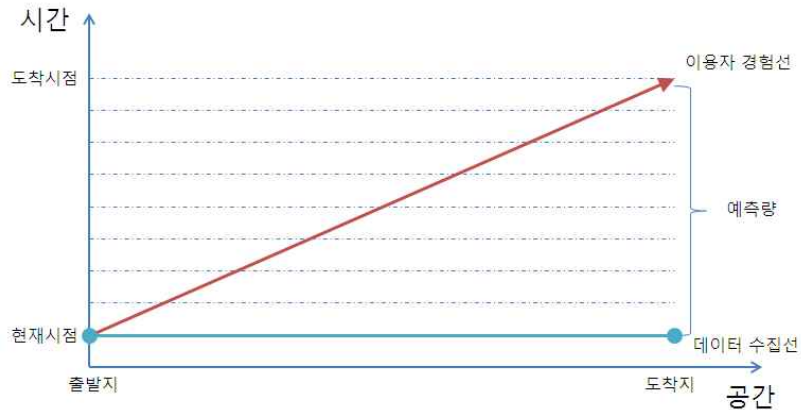
계열평균법은 모든 데이터의 평균값을 결측값에 대체하는 방법이다. 선형보간법으로 결측치 보정이 불가능할 경우 동일패턴의 동일시간대 데이터의 평균을 이용하여 보정할 수 있다.

$$X_{i+1} = \text{결측되지 않은 모든 관측값의 평균}$$

라. 도착시간 기준 데이터 변환

여행시간 정보는 그 정보를 이용하고자 하는 사람입장에서 보면 자신보다 앞서 자신이 가고자 하는 경로를 여행한 사람들이 경험한 결과이다. 또한 출발시점에서 산정하는 정보가 실시간정보라 할지라도 개별 정보이용자가 경험할 시점은 미래시점이므로 시간이 흐를수록 점차적으로 과거의 정보를 이용하는 셈이 된다.

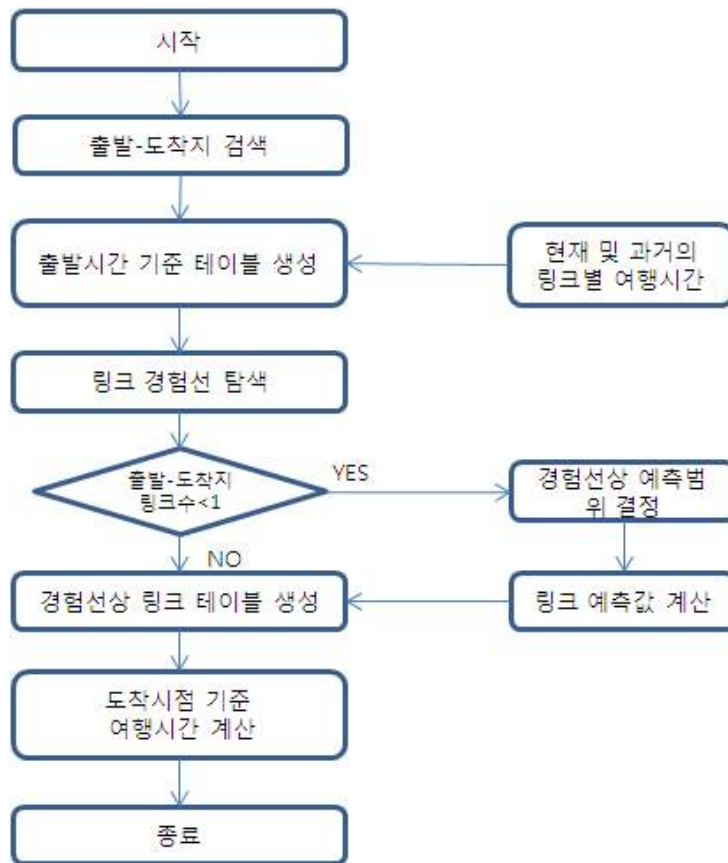
<그림 5> 자료수집시점과 이용자경험의 시공간적 차이



따라서 이때 정보이용자가 필요로 하는 정보는 앞서간 사람의 출발시각이 아닌 본인이 경험하고자 하는 시각에서의 여행시간이다. 앞서 경험한 사람들로부터 얻어진 여행시간은 정보이용자 입장에서는 이미 과거의

정보이기 때문에 정보 이용자가 원하는 여행시간정보를 제공하기 위해서는 정보이용자의 출발시간과 앞서간 사람이 출발했던 시간과의 차이만큼 예측을 해 주어야 한다. 따라서 예측대상은 도착시간에 따른 여행시간기준으로 미래시점에서 정렬되어야 한다. 기준선 설정을 통한 도착시간 기준 데이터 변환 알고리즘의 순서도는 다음과 같다.

<그림 6> 도착시점 기준 여행시간 변환 알고리즘



경험선 탐색을 통한 도착시점 기준 여행시간 변환 알고리즘은 현재의 링크여행시간을 기준으로 테이블을 생성하고 이용자가 경험할 미래의 경험선을 탐색하여 경험선에 해당하는 미래시간에 맞추어 단위링크의 여행시간을 예측하도록 구성되어 있다.

제2절 선행 연구 고찰

1. 송상규, 명절, 연휴 장거리 고속도로 통행시간 예측모형 개발, 2010

대상구간을 거리별로 대도시 6개 구간(서울~대전, 서울~부산, 서울~광주, 서울~강릉, 서서울~목포, 동서울~북대구)을 대상으로 기존의 단거리 구간에서 단기간의 데이터를 이용한 예측에 머무르고 있는 기존 연구와의 차별화로 운전자에게 실제로 제공이 가능한 연휴 및 명절 장거리 구간의 통행시간 예측모형을 개발함으로써 출발시각 기준의 통행시간을 제시함.⁹⁾

$$L_t = 0.400(Y_t - S_{t-m}) + (1 - 0.400)L_{t-1}$$

$$S_t = (1.438E-05)(Y_t - L_t) + (1 - (1.438E-05))S_{t-m}$$

$$F_{t+k} = L_t + S_{t+k-m}$$

여기서,

L_t : 수준 모형식

S_t : 주기 모형식

F_{t+k} : k시점의 예측 모형식

t : 시간

m : 계절성의 길이

9) 송상규, 명절, 연휴 장거리 고속도로 통행시간 예측모형 개발, 한국도로공사 고속도로 제77호, 2010

<그림 7> 예측모형 검증결과

거리(km)	구간명	방향	명 절	연 류
2000이하	서울-대전	귀성	16.5	5.5
		귀경	25.3	13.5
200~300	서울-강릉	귀성	20.2	7.4
		귀경	24.9	12.2
	서울-광주	귀성	18.7	9.4
		귀경	48.9	9.1
	동서울-북대구	귀성	27.5	8.1
		귀경	36.4	7.5
300~400	서서울-목포	귀성	15.4	8.8
		귀경	23.3	7.7
400이상	서울-부산	귀성	21.2	12.4
		귀경	21.6	10.7

<그림 8> ARIMA모형과 비교결과

예측모형		오차율(%)	선정	예측모형		오차율(%)	선정
모형 1	단순계절모형	25.92		모형 2	단순계절모형	26.88	
	윈터스기법모형	25.46			윈터스기법모형	26.18	
	윈터스승법모형	27.40			윈터스승법모형	26.29	
	ARIMA(0,1,4)(1,1,0)	26.47			ARIMA(1,0,1)(1,1,0)	27.64	
모형 3	단순계절모형	25.33	○	모형 4	단순계절모형	26.56	
	윈터스기법모형	25.67			윈터스기법모형	26.54	
	윈터스승법모형	25.60			윈터스승법모형	27.12	

2. 김태곤, 안현철, 김승길, 실시간 BIS자료를 이용한 간선도로의 버스도착시간 예측모형구축에 관한 연구, 2009¹⁰⁾

안태곤(2009)의 연구에서는 연구대상 간선도로에 대해 실시간의 버스 교통특성 자료를 조사하여 버스운행특성을 확인하고, 연구대상구간을 버스정류장, 교차로 및 순행구간의 단위구간으로 세분하여 각 단위구간에

10) 김태곤, 안현철, 김승길, 실시간 BIS자료를 이용한 간선도로의 버스도착시간 예측모형구축에 관한 연구, 대한토목학회 논문집 제29권 제1D호, 2009

대해 지수평활법, 가중평활법 및 Kalman Filter법을 적용하여 최적의 단위구간 통행시간 예측모형을 구축하고자 하였으며, 버스정류장에서 실시시간의 버스도착시간을 예측하기 위한 통합모형을 제시하고자 하였다. 아래의 식은 통합모형식과 변수들이다.

$$Y = \beta_1 l X_{bs} + \beta_2 m X_{nd} + \beta_3 n X_{sc}$$

여기에서

Y : 버스 도착 예정시간(sec)

X_{bs} : 버스정류장 통행시간 예측값(sec)

X_{nd} : 교차로 통행시간 예측값(sec)

X_{sc} : 순행구간 통행시간 예측값(sec)

l : 버스정류장의 개수

m : 교차로의 개수

n : 순행구간의 길이

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$: 회귀계수

통합모형은 버스정류장, 교차로 및 순행구간으로 구성되므로 이를 위해 각 단위구간별 시간대별 서비스시간의 예측값과 관측값 사이의 상관관계가 높은 서비스시간 예측모형을 중심으로 통합모형과 변수들이 선정되었다.

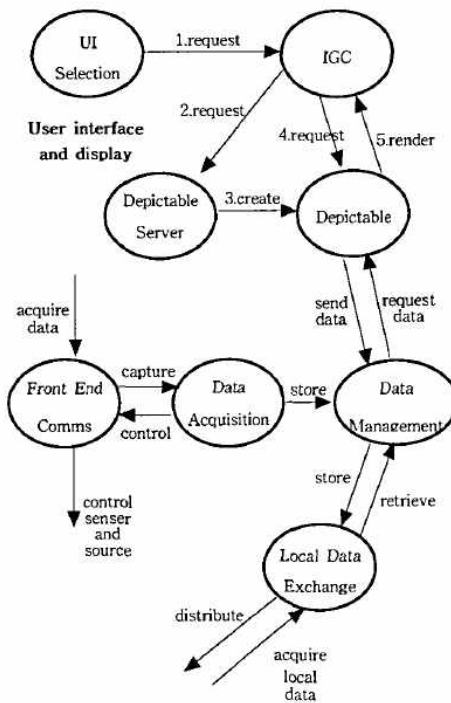
3. 김선용 외, 기상청 예보시스템 개발, 2001¹¹⁾

이 논문은 기상청의 예보종합지원시스템의 자료처리과정과 시험버전 표출요소 중 수치예보자료와 고층자료를 표출하는 과정에 대해 소개하고 있다. 논문의 주요내용은 다음과 같다. 예보종합지원시스템은 미국 기상청에서 기상대 예보지원시스템으로 사용하고 있는 AWIPS(Biere, 1998)

11) 김선용 외, 기상청 예보시스템 개발, 한국기상학회 대기 제11권 1호, 2001

의 D-2D 기능을 모체로 하고 있다. 이 시스템에서 사용된 프로그램 언어는 시스템의 유지와 개선에 편리한 C++로서 각 기능은 이 언어 고유의 변수형태인 class를 통하여 구현되고 있다. 이 class 간의 자료와 정보의 교환을 나타내는 시스템의 구성은 아래 그림과 같다.

<그림 9> AWIPS/D2D의 시스템 구성



그림에서 Front End Communications process는 레이더와 위성자료 등 원격자료 서버와 연결을 유지하고 자료를 수신하는 기능이 있으며, 새로운 자료가 수신되면 알려주지만 자료를 변환하지는 않는다. Data Acquisition process는 레이더 자료를 flat 파일형태로 부호화하고 위성 과 격자자료는 nerCDF로 변환하여 저장하며, 문자자료는 데이터베이스에 저장한다. 자료가 저장되면 디코더는 Notification 서버에 알리고 Notification 서버는 적절한 통지를 IGC(Interactive Graphics

Capability)와 같은 워크스테이션 프로세스에게 보내게 된다. Local Data Exchange class는 기상대에서 특별히 필요한 지역자료를 교환할 수 있는 기능으로, 서로 다른 많은 local 자료원으로 부터 저속전화라인 보다 빠르게 자료를 받아서 D-2D 데이터베이스에 저장한다. 이렇게 저장된 자료는 QC 수행 후 emergency managers 와 general public에 이용할 수 있도록 가공된다. IGC process는 그래픽과 이미지 표출을 만들어 내고 다루는 역할을 한다. IGC는 사용자 interface로 부터 온 요청을 받아서 필요한 자료를 출력, loading, unloading, animation, 중첩 등을 하기 위한 객체를 생성한다. User interface process는 Tcl/Tk 언어로 쓰여졌으며 사용자가 표출요구를 하기 위해 제공되며, C++로 작성된 interface가 IGC 프로세스와 통신하기 위해 Tcl/Tk scripts를 지원하도록 개발되었다. 이 논문은 교통예보시스템의 도입시 예보관련 자료의 개괄적인 처리 프로세스 개발에 참고가 될 것으로 판단된다.

4. 김택영, 박건우, 강형구, 이상훈, 인공지능망을 이용한 안개소산시간 예측, 2008¹²⁾

안개 예보치는 관측소가 있는 지역의 지리적 요건 등을 포함한 많은 기상요소들을 통한 예보이다. 따라서 각 관측지점별로 독창적이면서도 경험적인 요소가 많이 포함되어 있으며, 종관 예보와는 달리 각 관측지점 별 사용하는 기상요소가 다르다는 특징이 있다. 일반적으로 안개소산에 영향을 끼치는 기상요소는 일사량, 바람, 안개의 두께와 농도 등이 있다. 일출시간 이후 지표면이 가열되면서 안개입자가 증발, 하층에서부터 점차 소산되기 시작한다. 바람이 강하면 상층과의 대기혼합으로 역전층이 파괴되어 안개가 소산된다. 안개가 두꺼울수록, 시정이 나쁠수록

12) 김택영, 박건우, 강형구, 이상훈, 인공지능망을 이용한 안개소산시간 예측, 한국정보과학회 2008 가을 학술발표논문집 제35권 제2호(C), 2008

소산시간이 더 오래 소요된다.

<표 1> 안개소산시간 예측을 위한 입력변수

입력변수	변수속성
풍향	8방위
풍속	knots
시정	meter
전운량	octa
실링	feet
기온	℃
노점	℃
습도	백분율
강수량	mm

<표 2> 원주기상대 안개소산예보 정확율

총 안개발생 횟수	예보와 실황 오차	
	30분 이내	1시간 이상
43	34	9
예보 정확율 : 79.1% (30분 이내의 오차는 정확한 예보로 간주) * 관련근거 : 2007년 원주기상대 국지예보팀		

5. 최병철, 황사의 발생 및 예보, 2006¹³⁾

13) 최병철, 황사의 발생 및 예보, 대한설비공학회 설비저널 제35권 제4호, 2006

황사란? 모래먼지 입자의 크기가 $20\mu\text{m}$ 이하의(우리나라에서 관측된 황사의 크기는 일반적으로 $1\sim 10\mu\text{m}$ 정도)로 중국과 몽골의 사막지대 및 화토고원 일대에 강한 바람이나 저기압이 통과할 때 그곳에 있는 작은 모래, 황토, 먼지 등이 공중으로 비산하여 상층으로 불려 올라가 상층의 강한 편서풍을 타고 멀리까지 날아가 지면 부근으로 침적하면서 부유하거나 시정장애를 일으키는 현상을 말한다. 황사는 주로 $1\sim 2\text{km}$ 고도의 기류를 따라 움직이며, 때에 따라 우리나라 상공에서는 $4\sim 5\text{km}$ 의 고도에서 관측되기도 하며, 태평양상공에서는 이보다 더 높은 고도에서 관측되기도 한다.

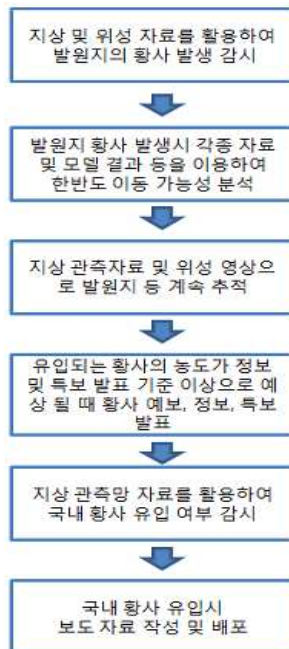
황사 추적도를 이용한 예보 기법은 발원지로부터 이동해온 황사가 상층 흐름을 타고 이동한 것이므로 대기 하층의 유선장과 기압계의 이동, 전 시간의 위치 강도를 분석한 자료를 활용한다.

추적도는 지상으로부터 500hPa 고도까지의 대기 온위를 가지고 상층 예상 흐름을 감안하여 시간에 따른 이동 경로를 추적하고 있다, 따라서 전구모델의 예상도 변화에 따라 궤적이 달라지므로 전시간의 추적도와 비교 상층흐름의 예상 변화를 고려하여 이용하여야 한다. 즉, 이 황사추적도를 황사기류의 진행방향을 72시간 예보하여 나타낸 예장 자료이므로 실제 상층흐름과 다소 차이가 있어 오차범위가 더 크게 나타난다.

황사예보모델을 이용한 황사예측모델의 결과는 1일 2회 수행하며 연직 적분된 미세먼지 농도, 지상의 미세먼지 농도와 각 지역별 연직 농도 및 시간별 예보장을 제공하고 있다. 황사의 영향영역 및 농도예상을 하고 있으나 지역모델 예보장에 강한 상관관계를 갖고 있음을 유의 하여야 한다. 또한 황사예보 모델은 48시간 이후의 황사농도를 정량적으로 예측한 자료지만 발원지의 식생 및 지표정보의 지속적인 개선이 이루어져야 보다 정확한 발생량의 추정이 가능하다. 황사발생에 영향을 미치는 기상 요소 및 먼지발생 임계값 등을 산정하는 과정이 지속적으로 개선되어야

한다. 황사의 위성영상분석에서 황사로 분석되는 영역은 황사 또는 부유물질 등 에어러솔 가능 영역을 의미하며 적외 파장역에서 에어러솔에 의해 발생하는 지구장파복사량의 차이를 이용하여 생성할 수 있다. 적외 1채널과 적외 2채널의 위도 온도차를 이용하여 영상을 분석한다. 이는 구름이 존재할 때 분석이 불가능한 단점을 지닌다. 황사예보 및 특보 발표 기준은 강도에 따른 예보 기준으로 약한황사, 보통황사, 강한황사가 있으며, 이와는 따로 황사특보를 황사주의보와 황사경보 나뉘어 제공하고, 어느 기준 이상이면 황사 정보를 발표하게 된다. 황사예보 업무 수행절차는 다음과 같다.

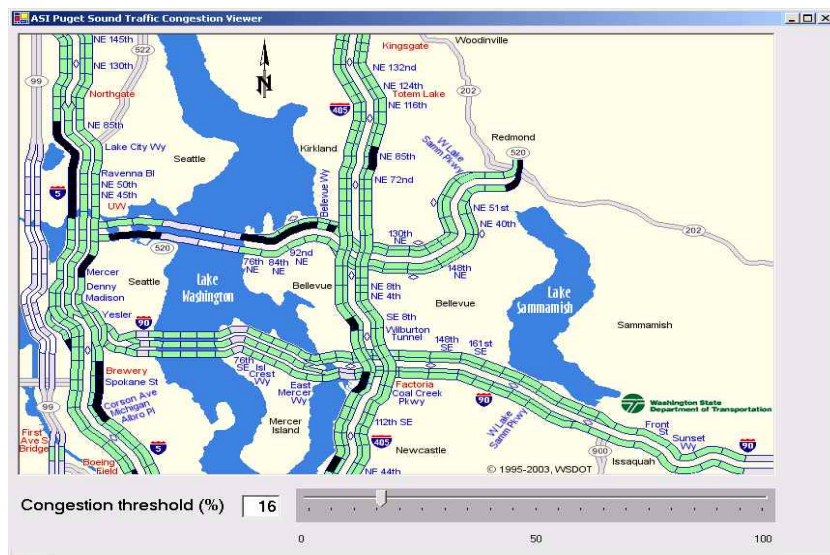
<그림 10> 기상청
황사감시 및 예보업무
수행절차



6. Eric Horvitz 외, Prediction, Expectation, and Surprise: Methods, Designs, and Study of a Deployed Traffic Forecasting Service, 2005 14)

교통 흐름 패턴을 모니터하고 다가올 혼잡을 중계하여 이정보를 모바일 사용자에게 제공된다. 접근방법은 휴대용의 기기들의 실시간 센싱으로 지역적 탐색에 의한 데이터의 추론절차를 기반으로 한다. 이 정보들은 기본적인 교통상태에 대한 정책결정을 위해 Washington Department of Transportation (WSDOT)의 센서네트워크에 의해 제공된다.

<그림 11> 교통모델링을 위한 교통체증 예보 툴(Tool)



- 14) E. Horvitz, J. Apacible, R. Sarin, and L. Liao. Prediction, Expectation, and Surprise: Methods, Designs, and Study of a Deployed Traffic Forecasting Service, Proceedings of the Conference on Uncertainty and Artificial Intelligence 2005., AUA Press, July 2005.

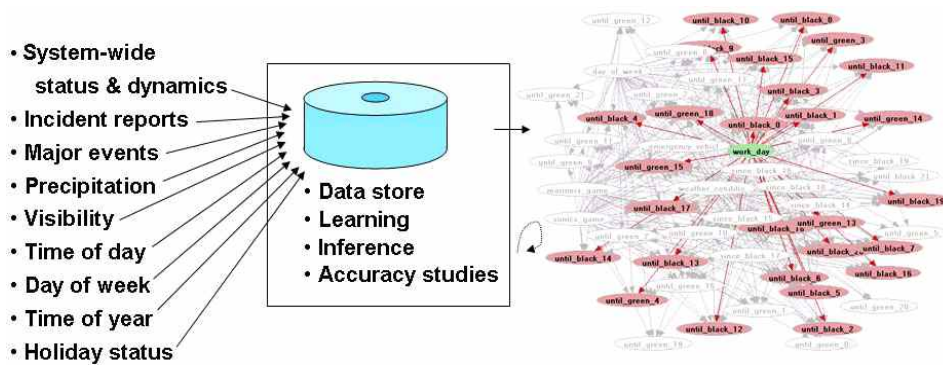
예보 틀은 Percent Time Cell에 따라 주요 문제지점을 나타낸다. 시애틀의 교통체증을 나타내기 위해 몇 개월 동안 수집된 교통흐름 데이터를 시스템에 의해 분석한다. 현재정보의 수집과 학습모델은 다음과 같다. 변화하는 교통자료의 수집은 ‘사고보고서(Incident Report)’를 통하여 시시각각으로 운영자에 의해 수집된다. 사고보고서에는 다양한 교통 문제가 포함되어 있다.

<그림 12> 사고보고 양식, 정체 구역에 대한 경찰과 소방차에 의한 보고

```
Operator ID: Nick
Heading: INCIDENT
Message:INCIDENT INFORMATION
Cleared 1637: I-405 SB
JS I-90 ACC BLK RL CCTV
1623 - WSP, FIR ON SCENE
```

다음 그림은 교통정체와 흐름을 예측하기 위한 케이스별 속성과 전체적인 과정을 보여주는 그래픽 모델이다.

<그림 13> 교통흐름의 잠재적 정체요인에 대한 학습예측모델의 개요

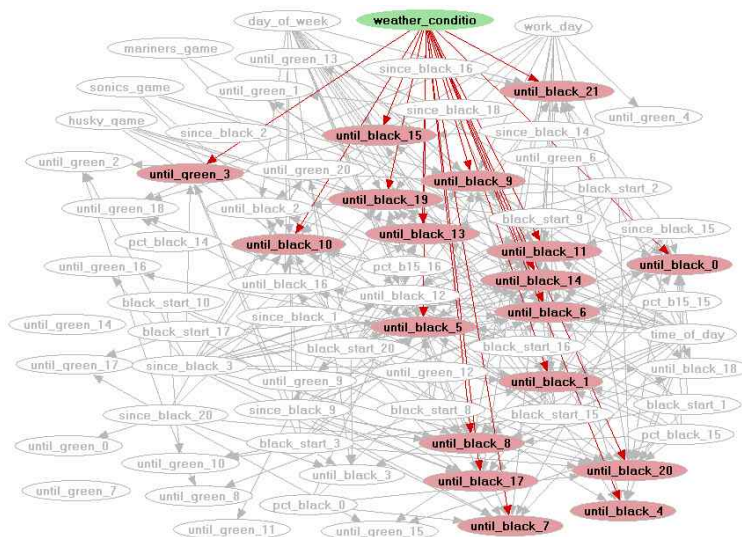


아래 그림은 컴퓨터 이용자의 환경설정 화면으로 세부항목을 이용자 개개인이 임의로 체크할 수 있도록 구성되어 있다. 세부항목은 ‘이용자의 경로상에 30분 이내에 정체가 발생한다면?’, ‘이용자의 경로상에 정체가 발생한다면?’, ‘이용자의 경로상에 정체가 해소된다면?’ 등의 항목을 체크하여 이메일이나 SMS로 보내줄 수 있도록 하고 있다.

<그림 14> 모바일과 컴퓨터의 상황선택적 환경설정

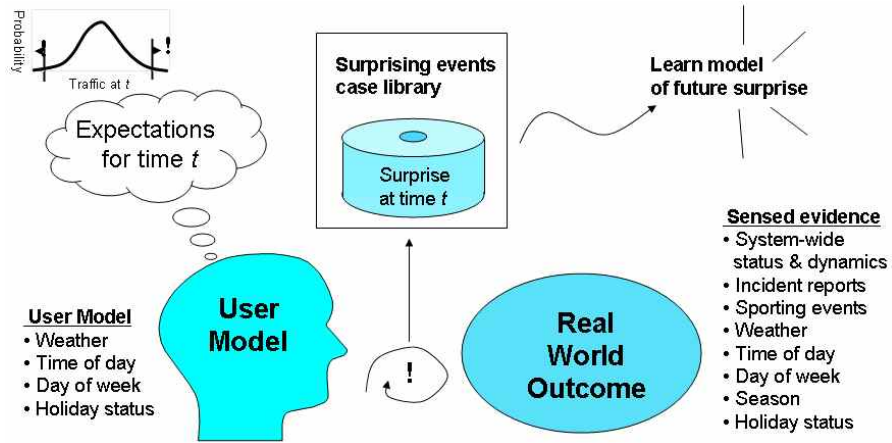


<그림 15> 교통시스템에서 기상조건이 미치는 영향에 대한 예측모델



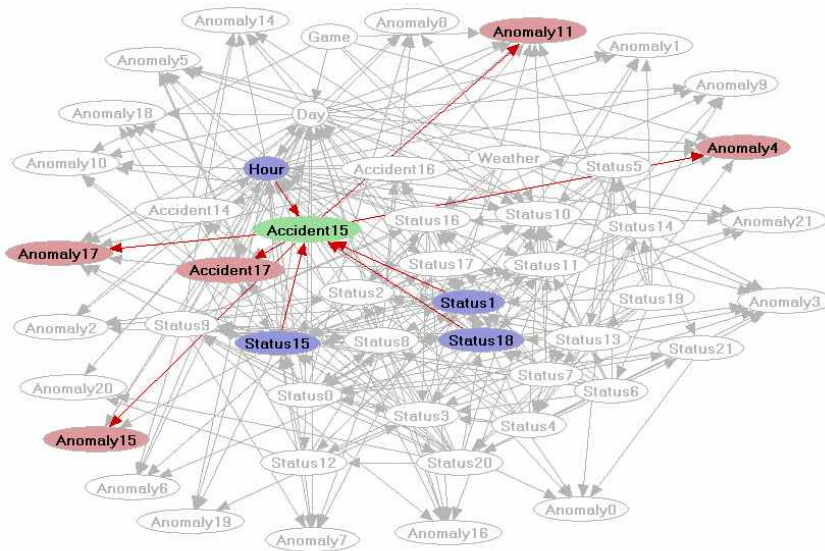
이용자 모델은 케이스 라이브러리에 내장된 세부적인 과거자료와 구축된 미래모델에 의해 정의되고 도출된다.

<그림 16> 미래상황 학습모델



아래 그림은 현재사고발생으로 인한 정체지점 15에 대해 30분 후에 미칠 영향을 미래예측모델에 의해 분석된 것을 보여주고 있다.

<그림 17> 30분후의 미래예측모델



제3장 교통예보 제공실태

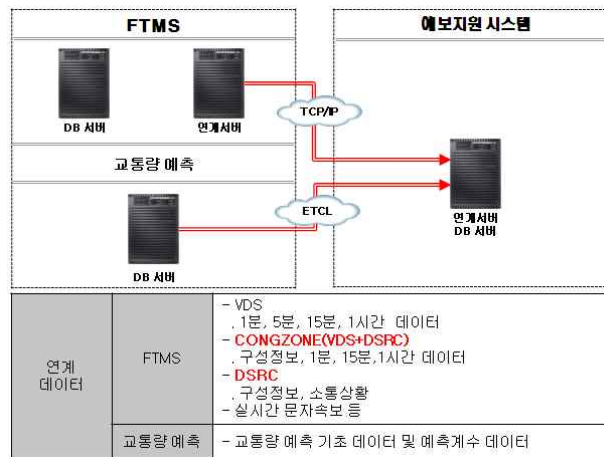
제1절 국내사례

1. 한국도로공사

가. 데이터 수집 및 연계환경

데이터 수집은 기존VDS 데이터와 신규VDS, CONGZONE, DSRC 데이터를 연계하고 교통량 예측을 위한 데이터를 수집한다. 더불어 마이닝 기법을 적용하여 특별기간계수, 명절예측분석, 휴가예측분석 등을 실시한다. 또한, “ITS 운영체계 개선”에 따른 연계환경이 변화하여 DB LINK 방식에서 TCP/IP 방식으로 전환하여 연계한다.

<그림 18> 데이터 수집 및 연계환경



나. 정보제공 화면디자인

교통예보지원시스템은 익스플로러 7, 8버전 호환성을 갖추도록 설계되었고 화면디자인은 메인 및 서브디자인을 미려하게 구성하였다. 하이포탈과 같은 프레임 셋을 적용하였으며, 교통예보지원시스템 로고를 도안하여 시인성을 높였으며, 사용자 접근성을 고려한 색상배정 및 메뉴배치로 구성되었다.

<그림 19> 교통예보지원시스템 정보제공 화면



다. 교통상황 총괄디자인

교통상황을 종합적으로 볼 수 있는 총괄화면디자인을 갖추고 있으며 1024*768, 1280*1024, 4096*3072 등 다양한 화면해상도를 지원할 수

있도록 설계되었다. 또한 도착기준 소요시간을 대체하여 영업소 진입조절 조치가 가능하고 정체상황을 표 형태로 보완하여 시인성을 높였다.

<그림 20> 교통상황 제공화면



라. 교통예보지원시스템 종합차트

교통예보지원시스템의 종합차트는 과거 2년 데이터를 설정으로 조회할 수 있으며, 정체길이의 봉차트 조회, 차트확대, VDS 예측 소요시간 조회, TCS 예측 소요시간 예측모델링, 데이터 선택 조회(지수평활, 아리마, 베이지안), 지역본부별 추가 예보구간 전용 종합차트 등이 여러 가지 기능구현이 가능하도록 하였다.

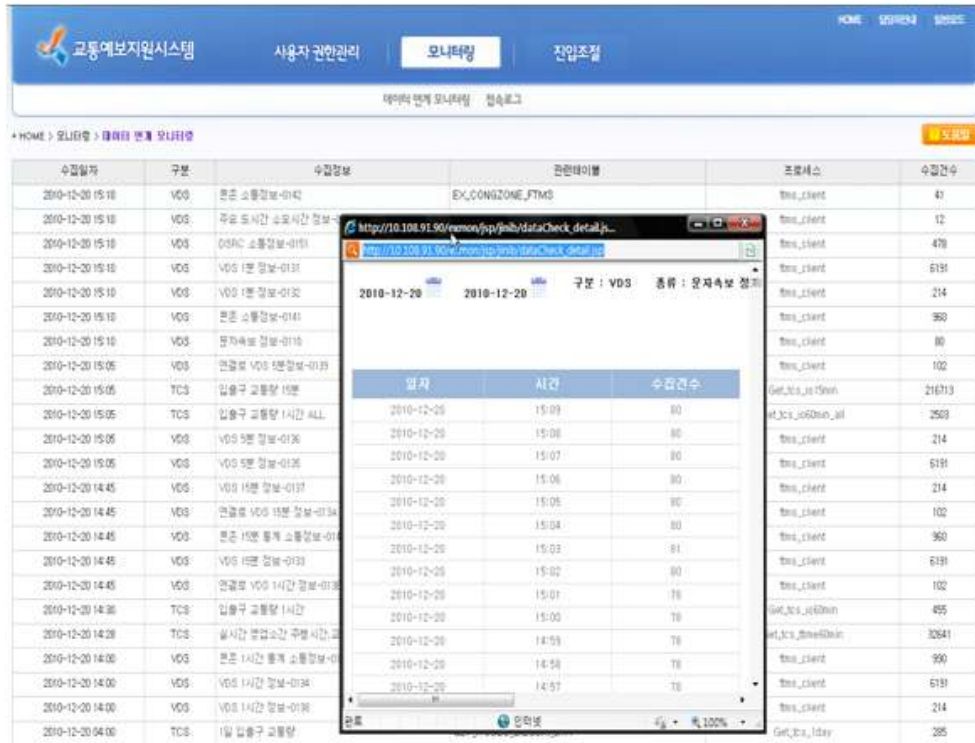
<그림 21> 교통예보지원시스템 종합차트



마. 영업소 진입조절 지원시스템

교통예보지원시스템의 영업소 진입조절 지원시스템은 조절지시를 위한 통합 화면으로 구성되어 있으며, 정체 및 속도를 기준으로 반영되고, 조절 영업소의 진입 교통량을 조회하여 그래프로 구현하였다. 또한, 영업소 간 설치된 VDS, CONGZONE 별 소통현황 제공(녹색 : 71km/h 이상, 황색 : 70km/h~31km/h , 적색 : 30km/h 이하)하고, 실시간 교통데이터를 5분단위로 반영하고 있다. SMS 전송은 항상 전송, 시작 시 전송, 종료 시 전송, 2시간 단위로 전송으로 구분하여 전송하도록 되어 있다.

<그림 23> 관리자 모니터링 화면

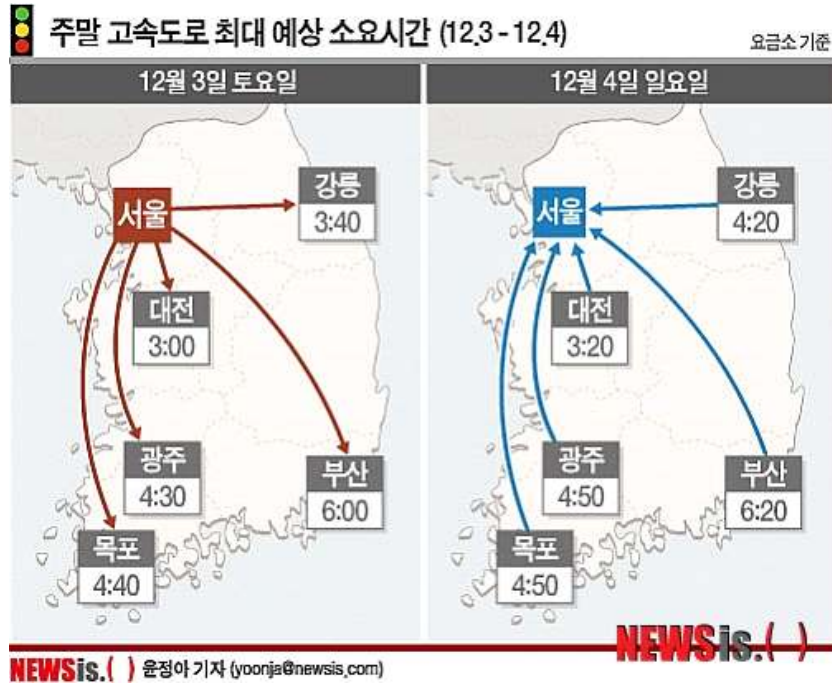


사. 교통예보 정보제공

한국도로공사는 “OASIS시스템”의 이력자료를 기반으로 주말교통예측 및 설날, 추석 등 특송기간에 대한 예측정보를 자체보도 및 언론사를 통해 제공하고 있다. 제공자료는 381만대, 일요일 325만대의 차량이 고속도로를 이용할 것으로 집계했다. 이번 주말 고속도로를 이용해 수도권을 빠져나가는 차량은 40만대(토요일), 수도권으로 들어오는 차량은 36만대(일요일)로 예측된다. 주요 대도시 간 최대 소요시간은 지방방향으로 서울~대전 3시간, 강릉 3시간40분, 부산 6시간, 광주 4시간30분, 목포 4시간40분으로 전망된다. 서울방향으로는 대전~서울 3시간20분, 강릉 4시간20분, 부산 6시간20분, 광주 4시간50분, 목포 4시간50분이 걸릴 것

으로 보인다.15)

<그림 24> 교통예보 정보제공



15) 이번 주말 고속도로는 어떨까(12월3~4일), newsis, 2011-12-02 08:00

<그림 25> 교통예보 정보제공(계속)



지방 방향으로 토요일의 경우 경부선은 오산~천안분기점, 영동선은 여주~문막의 구간에서, 일요일의 경우 서울 방향으로 경부선은 천안분기점~안성, 영동선은 문막~여주분기점 등의 구간에서 서행·정체가 예측된다. 특히 영동선은 강원권 스키장 이용차량으로 혼잡이 가중될 수 있다. 도로공사는 "이번 주말은 강원 영동지방에 비 또는 눈이 예보돼 해당 지역을 운행할 운전자는 차량에 반드시 눈길 안전운행을 위한 월동장

비를 사전에 대비해야 한다"고 말했다. 한편 다음 주중 하루 교통량은 평소와 비슷한 378만대의 차량이 고속도로를 이용할 것으로 예상된다. 이때는 대부분의 스키장이 개장돼 평소보다 장거리 운행이 늘어날 것으로 예상되므로 일부 구간에서 정체될 가능성이 있다.

2. TPEG16)

가. 개요

TPEG(Transport Protocol Expert Group)은 DMB 방송 주파수를 이용해 자동차 내비게이션 단말기에 실시간 교통 정보, 여행 정보 등을 보여주는 기술을 말한다. 원래는 유럽방송연맹(EBU) 산하 협회의 이름이자 이들이 만든 교통 및 여행정보를 전송하는 국제표준을 뜻하는 말이었다. 하지만 우리나라가 DMB에 이어 DMB를 기반으로 한 TPEG 상용화에 성공하면서 일반적으로 실시간 교통정보 서비스를 뜻하는 말로 굳어졌다. TPEG은 어느 길이 막히는 지 알려주는 실시간 교통 정보 서비스다. DMB 주파수를 이용하며 전송된 정보를 내비게이션 단말기로 수신하는 것이 일반적이다.

<그림 26> TPEG의 교통정보서비스



16) 서동민, [IT세상]막히는 도로 정보를 실시간으로 알려주는 유용한 기술 TPEG, 2011년 12월 25일 검색(http://navercast.naver.com/contents.nhn?contents_id=5338)

나. TPEG의 원리

교통정보 수집업체들은 수만 대의 택시, 버스, 물류차량 등에 장비를 설치해 정보를 수집한다. 교차로마다 설치한 위치 발신기 혹은 GPS를 통해 수집 차량들이 지나간 시간을 계산하고 이 자료를 바탕으로 도로 상황을 판단한다. 여기에 한국도로공사로부터 고속도로와 국도의 정보를 받고, 교통방송으로부터 사고와 공사 정보 등을 받아 최종적으로 DMB 사업자에 전달한다. DMB 사업자들은 수집업체로부터 받은 정보를 디지털로 변환해 송신소에서 내비게이션 단말기로 전송한다. 단말기로 전송된 이 정보가 내비게이션 맵과 연동해 최종적으로 화면에 표시된다.

나. TPEG에서 제공하는 서비스

TPEG의 서비스는 크게 혼잡교통정보(CTT), 안전운전정보(SDI), 유고정보(REI), 뉴스정보(NWS), 관심지점정보(POI) 등으로 나뉜다. 이 외에 DMB 방송사마다 조금씩 다른 정보를 제공한다.

1) 혼잡교통정보

혼잡교통정보(Congestion and Travel Time Information)는 내비게이션 맵에 교통 혼잡도를 표시해주는 것을 말한다. 주로 도로 위에 3~4종의 색으로 혼잡도를 표현하는데, 이를테면 파랑/녹색은 '원활', 노랑은 '서행', 빨강은 '정체'를 나타낸다. 이를 통해 진입 예정인 도로의 교통체증을 확인할 수 있을 뿐 아니라, 목표 지점에 도착할 때의 예상 시간을 짐작할 수 있다. 또 정체 구간을 피해 다른 경로로 우회할 때 매우 유용하다. TPEG의 대표 서비스인 혼잡교통정보(CTT)이다. 파랑/녹색은 원활, 노랑은 지체, 빨강은 정체 등으로 도로 상황을 표시해 준다. 주변의 자세한 교통 상황도 알 수 있고(좌) 큰 흐름도 알 수 있다(우). TPEG의

대표 서비스인 혼잡교통정보(CTT)이다. 파랑/녹색은 원활, 노랑은 지체, 빨강은 정체 등으로 도로 상황을 표시해 준다. 주변의 자세한 교통 상황도 알 수 있고 큰 흐름도 알 수 있다.

<그림 27> TPEG의 혼잡교통정보



2) 안전운전정보

안전운전정보(Safety Driving Information)는 사고다발지역, 과속방지턱, 주행도로의 규제속도, 단속지점 등 소위 ‘안전운전’ 정보를 자동으로 업데이트 해준다. 일반적인 내비게이션에서는 이들 정보를 최신으로 유지하려면 기기에서 메모리카드를 빼내서 PC와 연결하여 업데이트해야 하는 번거로움이 있었는데, TPEG을 쓰면 주행 중에 자동으로 정보를 내려 받는다. 다만 TPEG 수신이 원활한 지역에서 데이터를 조금씩 수신한 후 한 번에 업데이트를 하는 방식이기 때문에 업데이트 완료에 수일이 소요되는 경우도 있다.

3) 유고정보

유고정보(Road Event Information)는 교통사고, 행사, 재난, 도로공사 등의 정보를 말하며, 돌발상황정보라고 하기도 한다. 도로 위에서는 갑작스러운 사고로 인해 정체 현상이 생기는 일이 많은데, 이 정보를 확인하면 해당 지점을 우회할 수 있다. TPEG을 통해 운전하면서도 안전 운

전 정보 업데이트를 할 수 있다.

<그림 28> TPEG의 안전운전정보 업데이트



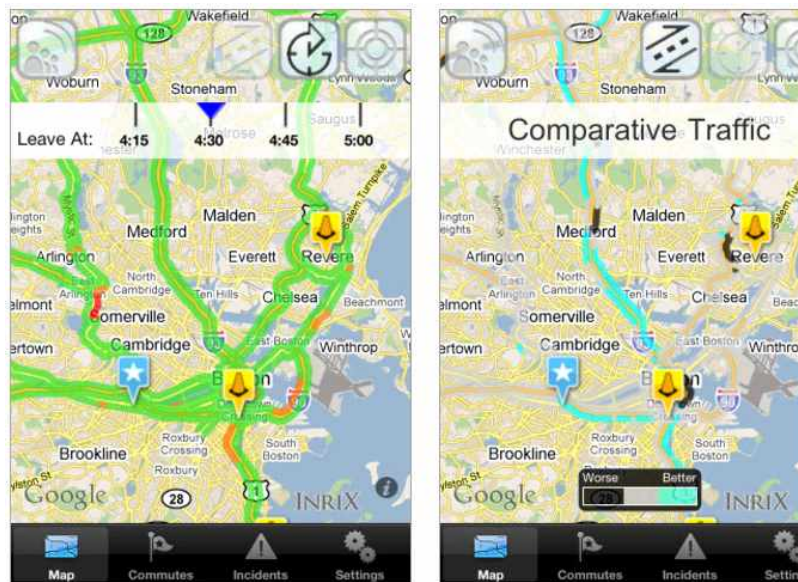
제2절 외국사례

1. 미국 INRIX Traffic

가. 개요

미국 INRIX Inc.사에서 운영하는 교통정보 및 예보제공 사례로써 언어는 영어, 중국어, 네덜란드어, 프랑스어, 독일어, 헝가리어, 이탈리아어, 스페인어로 제공되고 있다. 또한, INRIX Traffic은 실시간 교통사고, 미래시점의 15분 단위의 교통상황예측 및 경로를 비교할 수 있는 정보를 제공하고 있다.¹⁷⁾

<그림 29> 미국 INRIX Inc.사의 실시간 교통정보 및 예보 앱(Application)



17) <http://itunes.apple.com/kr/app/inrix-traffic-get-there-faster/id324384027?mt=8>, 2011년 12월 02일 검색

1) 기본정보

혁신적 기술로 세계 최대 규모의 교통 네트워크로부터 데이터 융합을 통한 교통 서비스 제공의 선두기업이며 운전자 서비스, 편리한 개발자 앱과 도구모음의 결과인 최고급 교통정보를 제공하고 있다. 최근에는 국제적으로 Ford Motor Company, MapQuest, Microsoft, NAVIGON AG, TeleNav, I-95 Corridor Coalition, Tele Atlas, deCarta, ITIS Holdings, TCS, Telmap, ANWB, ADAC을 포함한 100개 기업 이상의 고객 및 산업체와의 파트너십을 맺고 있다. INRIX는 차내, 온라인, 모바일 장치를 통한 개인 내비게이션, 맵핑, 통신, 기타 위치기반 서비스 응용기법을 위한 기술로 세계 최대 규모의 교통네트워크에서 최상의 데이터를 조합하고 있다. 서비스 제공은 국제적 범위에서(현재 북미 260,000mile 이상, 유럽 18개국 400,000km 이상) 실시간 정보 제공하고 있다. Washington D.C., Kirkland에 본사를 두고 있으며 국제지사는 독일에 위치하고 있다.

2) 기술적 특징

자사만의 수집체계인 Smart Driver Network를 이용하여 2백만 대 이상의 GPS차량과 모바일장치, 도로센서, 수백 개 이상의 기타 자료원(source)으로부터 교통관련 정보를 수집. 이에 따른 결과로 정확한 실시간, 과거이력, 예측 교통정보 가공이 가능하다. 3rd Generation Routing Engine은 세계 최초로 시간-지능형 경로안내 서비스로써, 실시간, 예측 시간, 과거기록 교통정보를 20개 국가의 거의 모든 도로에 대해 제공하고 있다. 또한 동적 연료비, 친환경 경로안내, 전기자동차 경로서비스 등 다양한 주행 중 운전자 서비스를 통해 시간·경제적 절약을 도모하고 있다. INRIX DevZone, Mobile Development Kit, white label apps와 같

은 강력한 개발도구 및 모바일 통근자, 전기차량 이용자를 위하여 교통 정보 획득을 용이하게 하는 개별서비스를 포함한 풍부한 개발자 최적 응용기법과 도구를 제공하고 있다.

3) 서비스 정보

가) Traffic Information

INRIX는 다른 어떤 업체보다도 대도시지역내의 도로와 국가들을 포괄하는 고품질 교통정보를 제공하고 있다. 고속도로, 간선도로와 국도를 포함한 2급 도로 상에서 정확한 실시간, 과거기록, 예측 교통정보 서비스를 제공하고 있으며, 지속적인 교통기술 개발을 통해 교통정보 산업에서 가장 종합적으로 적합한 서비스를 제공하고 있다고 주장한다.

나) Directions & Driver Services

INRIX 3rd Generation Routing Engine을 통해 교통상황이 통행 중에 어떻게 변화할지를 예측하여 실시간으로 업데이트하고 있으며 동적 연료비, 도로 및 기상상황과 같은 주행 중 운전자 서비스와 결합하여 운전자가 어디를 가든 시간을 절약할 수 있는 서비스를 제공하고 있다.

다) Applications & Tools

지속적으로 다양하게 축적되는 전문 개발자용 포트폴리오 제공하고 개발자용 도구를 통하여 INRIX 정보를 필요에 맞추어 쉽고 빠르게 제작이 가능하다.

4) 서비스 이점

교통정보를 직접적으로 제공하기도 하고, 광범위하게는 파트너 업체를

통해 제공하기도 하며 최고의 교통정보를 조합하여 수준 높은 교통서비스를 제공함으로써 이용자 만족도를 높이며, 모바일 어플리케이션 개발자 kit와 많은 API는 빠른 정보전달 능력을 갖추고 있다.

가) 승용차

차량제조업자, 장비공급자, 통신서비스 제공자에게 모바일폰 어플과 차량 내 서비스 통합을 통한 이점을 제공하고 단일 상업적·기술적 인터페이스, 단일 데이터 포맷, 유럽 및 북미의 단일 서비스 셋을 제공함으로써 업체의 기술개발 용이하게 한다. 표준으로 제공하는 프로토콜은 RDS-TMC, TPEC, VoiceXML, XML 등이다.

나) 휴대폰

어플 개발자, 장비 OEM, 무선 제공자들에게는 교통정보와 통행시간 정보를 제품에 접목하기 용이한 시스템 방식으로 고객 개인별 교통정보 과거이력과 경로 안내를 이용하는 일일 통근자들에게 예측 정보 제공에 도움을 주고 있다.

- ① Mobile Development Kit
- ② Traffic-Optimized Routes
 - 지역별 교통상황에 대한 현재 최적경로, 장래예측 정보
- ③ Real-Time Traffic Reports
- ④ Driver Services
 - 사고·유고 구간 진입 전 경고, 최단거리의 최저요금 주유소 안내, 기상 상황을 고려한 경로 안내
- ⑤ Traffic Forecasts
 - 현재, 1시간 후, 1주 후, 1년 후에 대한 교통상황 정보 예측
 - 현재 교통상황, 요일, 날씨, 사고, 공사 등과 같은 요소를 분석하여 장래 교통을 정확하게 예측할 수 있는 유일한 업체

다) 공공부문

지역기관, 연방정부에 민간 교통정보 제공의 선두업체로써, 특별히 도로네트워크 운영 및 관리수행능력을 돕기 위한 실시간, 예측, 과거이력 교통정보와 관련된 요구사항을 이행하고 있다.

라) 운송업체

교통관리 해결방안 전문가를 통한 향상된 계획 및 서비스를 제공하여 더 나은 임무수행을 하도록 한다. 신속한 서비스, 교통지도 오버레이, 최적경로, 익일 교통계획, 혼잡세 안내 등의 서비스 제공하고 있다.

마) 인터넷 및 미디어

웹 포털사이트, 인공위성 라디오, HD 라디오 서비스제공자는 INRIX의 실시간 교통정보, 사고안내, 교통예보를 통해 새로운 고객을 유치하고, 기존고객의 충성도를 향상시키고 있다.

나. 서비스 콘텐츠

1) Traffic Information

가) Traffic Flow Data Solutions

(1) XD™ Traffic

XD™ Traffic은 운전자에게 글로벌 네트워크에 대한 실시간, 예측가능 교통데이터 정보를 제공하고 있다.

<표 3> Extreme Accuracy

- 속도, 지체, 병목구간에 대한 종합적 세부사항
 - 교통현황, 요일특성, 기상상태, 휴일, 사고 등에 관한 요소
 - 정확한 최단경로와 예측 통행시간 제공 가능
 - 운전자가 통행 중 정체구간 진입 전에 구간의 상황을 보거나 들을 수(음성 알람) 있도록 함
- 정교한 알고리즘은 주어진 시간에서 가장 정확한 속도를 제공
 - 수 백 가지의 데이터로부터 최상의 데이터를 지능적으로 조합함
 - 지역 교통 제공자와의 커뮤니티, 교통부서, 전략적 파트너십을 통한 수집
 - GPS차량
 - F.A.S.T(Fully Automated Speed Testing)으로 불리는 인공지능기술은 지속적으로 계획과 실제 상황에 대한 분석을 통해 ETA와 통행시간 예측, 경로안내능력을 향상시킴
 - 교통데이터는 매 60초 마다 최신으로 업데이트됨
- 예측을 통한 정확하고 완성도 높은 사고데이터
 - 교통 흐름에 영향을 미치는 사고, 공사, 도로차단, 스포츠경기행사, 콘서트
 - 예측치보다 느린 교통류 흐름에 대한 지체 알람

<표 4> Extreme Coverage

- 주도시와 국가를 포괄하는 글로벌한 제공범위
 - 더 많은 국가와 도로: 현재 빠른 글로벌 확장을 통해 8개 국가에서 운영 중
 - 2011년도에 20개 이상국가에서 제공할 것임
 - 고속도로, 간선도로, 도시 및 2차 국도 상의 450,000마일 이상/720,000km의 실시간 교통정보
 - INRIX Connected Services를 이용한 단일화된 교통정보시스템
- 고속도로와 국도를 위한 확장된 범위 및 최대 가시성
 - 2차도로 및 간선도로의 정확한 실시간 속도예측을 가능하게하는 SpeedVaves 기술을 사용한 유일한 교통정보
 - 다른 기법과 비교하여 70%이상 정확성 증가
 - 도로 네트워크 상의 현재 및 예측 교통 상황에 기반하여 가장 정확한 경로와 대안도로 옵션을 보증함

<표 5> Extraordinary Application

- 다양한 XD™ 교통정보는 아래 사항을 포함하여 이용자 개별 문제를 해결
 - **통근서비스**
 - 운전자의 통행시간 절감의 목적이 배달이든, 일상 통근을 위해 시간절약을 위한 것이든 최적 출발시간, 통행시간, 도착시간, 최단경로가 항상 필요한 일일 운전자를 위한 강력한 해결책을 제시
 - **교통 예측**
 - 속도, 기상조건, 학교 스케줄, 예정된 이벤트(운동경기, 콘서트 등)에 대한 기존의 모형 및 가정을 토대로 실제로 신뢰할 수 있는 교통예측 및 도착예정시간을 제공함
 - **Traffic Ahead**
 - 통근 중 직면할 수 있는 사고에 대해 운전자에게 사전 경고를 주고 예측치 못한 지체를 피하기 위해 필요한 대안경로를 제공함
 - **Friend Ahead**
 - XD Traffic은 트위터, 페이스북, Foursquare와 같은 운전자가 관심있는 소셜네트워크사이트의 정보를 연결하기 위한 제3의 Application Programming Interfaces(APIs)의 사용이 용이함. 운전자는 친구들이 근처에 있거나 만남을 위한 최적방법을 결정할 때 알림을 받음

(2) INRIX Real-time Traffic Flow

교통지도의 표출, 교통시간, 알림 및 기타 실시간 응용기법의 시스템인 INRIX Real-time Flow는 각 국가의 도로네트워크를 아우르는 실시간 정보를 제공한다. 실시간 도로센서데이터와 택시, 서비스차량, 공항 셔틀서비스, 차량, HGV(고화물적재차량), 장거리 배달트럭 등 GPS를 장착한 상업용 차량 및 고객장치로부터 실시간 정보포인트를 융합하여 제공하고 있다.

(3) INRIX Predictive Traffic Flow

분/시간/일/주 및 최대 1년 후에 대한 특정노선의 장래교통상황을 예측하고 있으며 일반적으로 현재 교통상황, 요일별, 계절별, 휴일, 현재

및 장래 기상상황, 사고, 도로공사, 학교 스케줄, 스포츠경기, 콘서트 등과 같은 교통영향요소를 input자료로 조합한다. 현재 및 장래상황에 대한 동적정보와 관련된 예측이 가능하다.

(4) INRIX Historical Traffic Flow


24시간 동안 개별도로구간에 대한 평균속도를 무접속 장치를 이용해 기록하며 평균속도 기록은 북미 백만 마일 이상, 유럽 50만km이상의 구간에서 이용이 가능하다.

(5) 제공 서비스 종류


<표 6> Congestion Alerts

	<ul style="list-style-type: none"> • 돌발상황 및 심각한 정체에 대한 교통정보 실시간 공지 및 알람 • 북미 및 유럽 20개 국가에 대해 이용가능
--	---


<표 7> Journalistic Incident Data

	<ul style="list-style-type: none"> • 유럽의 승용차 동호회, 북미의 Clear Channel Total Traffic Network을 포함한 지역의 주요 사고 정보 제공자와의 파트너십을 기반으로 함 • 사고, 공사, 등 교통흐름에 영향을 미치는 이벤트들은 리포터, 교통카메라, 지점정보 네트워크를 이용한 유인교통운영센터에서 수집됨 • 교통 정체 예상 후 개인 및 사업체에게 유고의 영향력 및 추정해소기간정보 제공
---	---

<표 8> Traffic Maps

	<ul style="list-style-type: none"> • 도로 구간에 교통상태 별로 색으로 구분된 이미지를 포함 • 저널리스트릭 유고 데이터(이용자 제보)와 도로 카메라가 이용자의 지도에 표출
---	--

<표 9> Traffic Cameras

	<ul style="list-style-type: none"> • 교통카메라의 이미지는 휴대폰, 웹사이트, 내비게이션으로 전송 • 유명 교통 카메라 이미지 수집업체인 Vizion과의 독점적 파트너십을 통하여 INRIX 고객에게 제공되며 어플리케이션의 유료버전에서 이용 가능
--	--

2) Directions & Driver Services

INRIX 3rd Generation Routing Engine을 통해 교통상황이 통행 중에 어떻게 변화할지를 예측하여 실시간 업데이트를 하고 동적연료비, 도로 및 기상상황과 같은 주행 중 운전자서비스와 결합하여 운전자가 어디를 가든 시간을 절약할 수 있는 서비스를 제공하고 있다.

가) 3rd Generation Routing Engine for Turn-By-Turn Directions

시간-지능형 경로안내 서비스를 제공하며 실시간, 예측, 과거이력 교통정보의 융합으로 일반적으로 이용하는 “traffic avoidance”경로안내

알고리즘과 상이한 정보를 생성하고 있다.

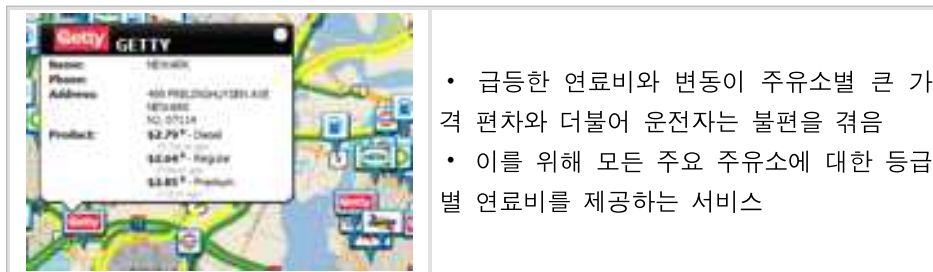
<그림 30> 시간-지능형 경로안내 서비스



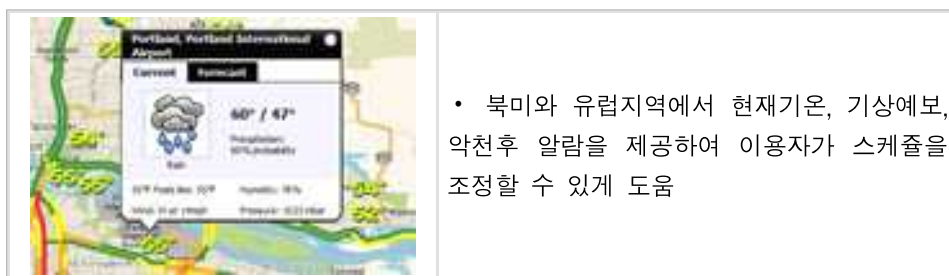
나) Driver Service

Tele Atlas, Clear Channel, OPIS, Yelp! 등의 기업들과 파트너십을 맺어 연계하고 있다.

<표 10> 동적유류비 정보



<표 11> 도로 기상 현황 및 예보



<표 12> 지도데이터 및 기타 운전자서비스

	<ul style="list-style-type: none"> • 맵데이터 및 기타 다른 동적 서비스 등의 주행관련 콘텐츠를 위해 실시간 최신 업데이트
--	---

지속적으로 다양하게 축적되는 전문 개발자용 포트폴리오 제공하며 개발자용 도구를 통하여 INRIX 정보를 필요에 맞추어 쉽고 빠르게 제작이 가능하도록 지원하고 있다.

다) Personalization Service

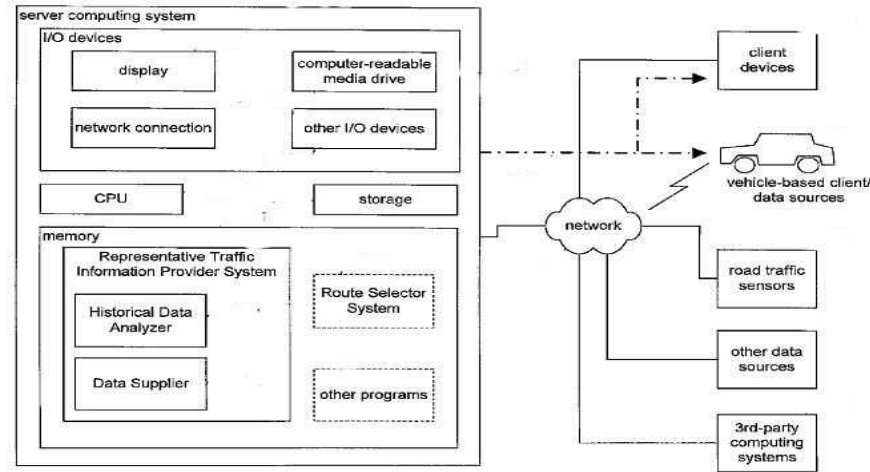
이용자가 쉽게 특정 선호도를 지정할 수 있게 해주는 웹포탈 플랫폼과 경고, 지도 표출서비스를 제공함으로써, 개발자는 개인의 요구에 맞춘 교통알람, 통근경로 제안, 기타 주의사항을 인터넷, 문자, 스마트폰, 내비게이션을 통해 전달이 가능하다.

2. 과거이력데이터 기반 도로교통정보

가. 과거이력데이터 기반 도로교통정보 분석과 가공

과거이력데이터 기반 도로교통정보 예측시스템은 향후 통행에 대한 이용자 만족도를 향상시키기 위해 도로 교통류에 대한 과거이력 정보를 분석하여 장래 도로 교통류 정보를 가공하기 위한 기술이다.

<그림 31> 과거이력데이터 기반 도로교통정보 예측시스템 구성도



구성도에서 I/O devices 부분의 Other I/O devices는 키보드, 마우스, 헤드셋, 스피커 등을 말한다. 구성도 아래부분에 위치한 memory의 other programs은 실시간으로 교통정보를 이용자에게 제공하기 위한 과거이력데이터 기반 교통예측 프로그램이다. 또한 그림의 우측에 위치한 자료수집 부분의 other data sources은 휴일, 계절변동, 특정요일·시간대, 도로 공사, 보수작업 등 도로계획정보 등을 포함하며 과거이력 데이터의 특정일 관련 카테고리 결정요소에 관한 부분이다.

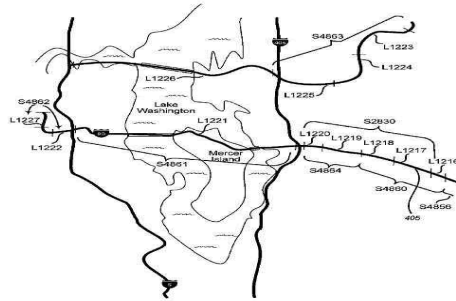
1) Data Supplier component

저장정보 및 기타자료에서 Representative Traffic Information Provider system이 사용할 데이터를 획득한다. 정보는 Historical Data Analyzer 요소로써 사용하고 과거 교통이력 분석시스템에 이용한다. 획득된 데이터가 과거이력 원자료일 때 데이터 공급원은 데이터의 다양한 에러를 감지하고 수정하여 송출한다.

2) Route Selector system

Route Selector system은 과거이력 분석시스템의 가공된 교통류 정보를 이용한다. representative traffic flow information을 기반으로 통행경로정보 선택, 평균속도, 교통류 정보를 이용자가 출발지·목적지와 관련된 정보를 요청하면 특정 지역, 요일, 시간대별 정보를 획득하여 경로대안 선택, 통행시간을 제공한다. 선택된 경로정보는 과거이력 시스템에 제공하여 정보이용 가능여부를 공지하고, 다른 사람들이 볼 수 있도록 정보를 저장한다.

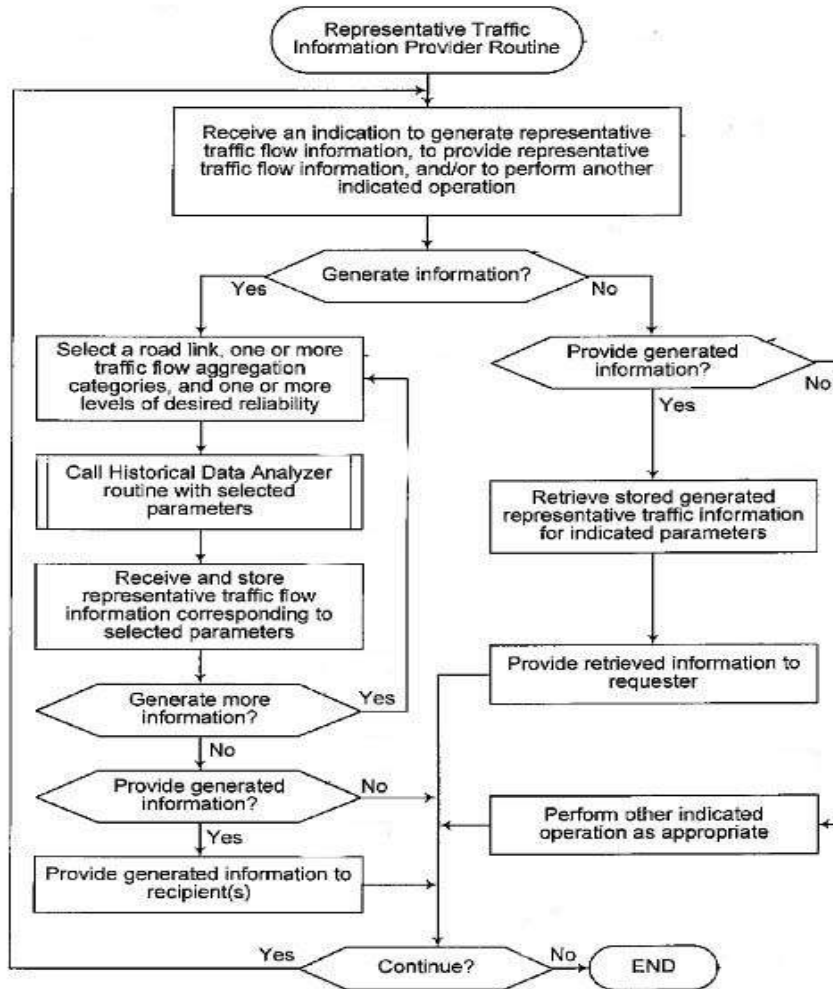
<그림 32> 워싱턴 주 Seattle/Tacoma metro 지역의 도로네트워크



특정링크의 평균속도를 계산하기 위한 데이터가 부족한 경우, 전 도로구간의 평균속도를 도로의 특정 링크속도로 대체한다.

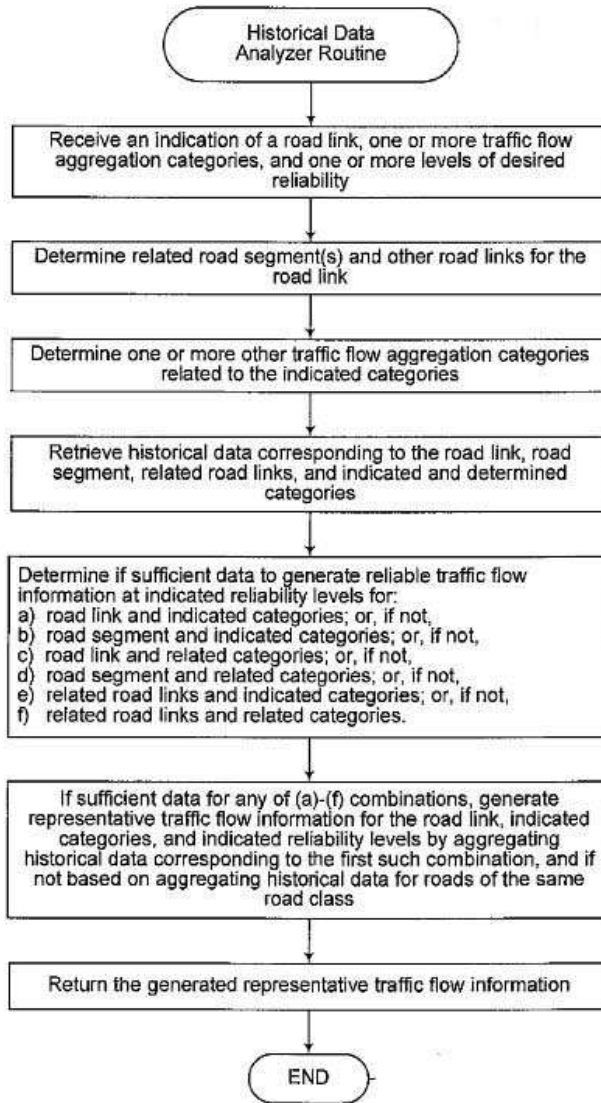
RTIP(Representative Traffic Information Provider System) 소프트웨어 시스템 수행을 통해 정보를 제공한다.

<그림 33> Representative Traffic Information Provider 흐름도



Historical Data Analyser는 수행을 통해 카테고리별 교통류 특성 및 특정링크를 위한 대표적 교통류 흐름을 나타내는 점유율, 교통량 등 다양한 교통류 정보를 가공할 수 있다.

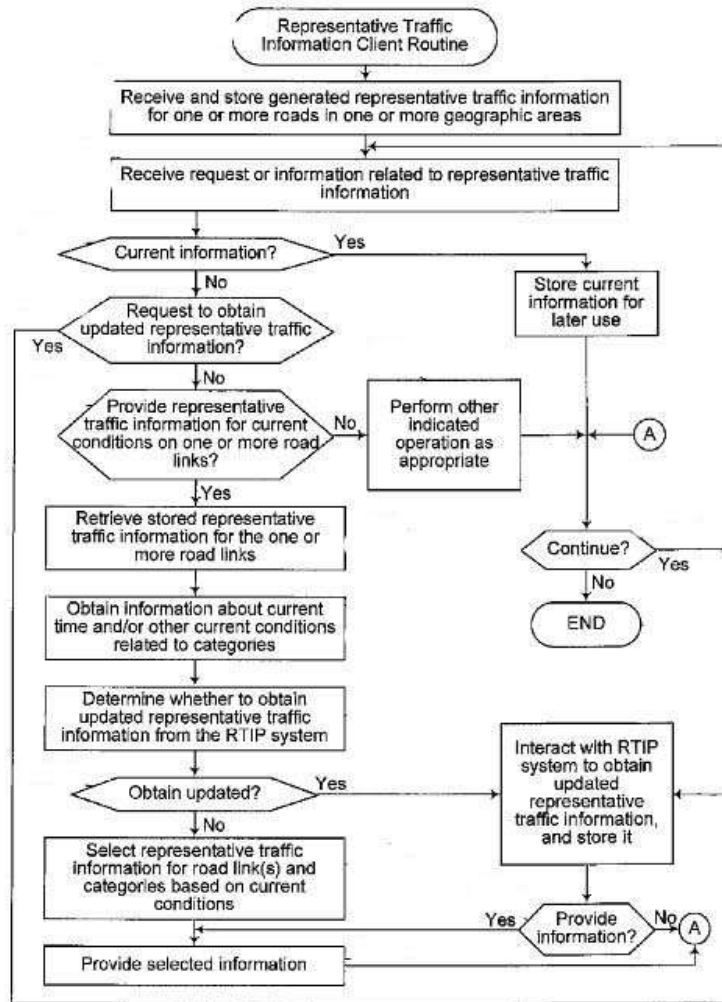
<그림 34> Historical Data Analyser 수행절차



가공된 대표 교통류 정보 획득 및 사용을 위한 이용자장치로서 DVD나 CD 등을 이용해 이용자장비에 네트워크를 다운로드하거나, 장비에 이미 장착된 네트워크를 이용하여 지도상의 도로에 대한 교통류 정보를 획득

및 저장할 수 있다.

<그림 35> Representative Traffic Information Client routine 흐름도



나. 장래 교통상황을 위한 시계열 미래예측

시계열 미래예측이란, 현재 및 예측 장래 교통 상황의 발생확률 등과 같은 도로의 통행수준 향상을 위해 장래 교통상황을 예측하기 위한 기술이다. 수많은 도로구간(segment) 각각에 대하여 장래 시계열예측을 반복적으로 수행하기 위하여 다양한 입력데이터를 조합하는 확률기술을 사용하여 가공된다. 예를 들어, 주어진 지역에서 도로 네트워크의 지속적 변화에 대한 현재 상황기반 실시간 정보로 가공하는 것이다. 관측기록 교통상황에 기반하여 장래 교통상황의 예측에는 Bayesian 알고리즘 및 다양한 모형을 이용하고 있다. 예측된 장래 교통상황정보는 원활한 통행을 돕기 위해 이용되며, 다양한 시간조건별 도로 교통상황 예측자료를 바탕으로 최적경로 계획을 산출한다. 모형은 장래예측 시계열 데이터를 이용하여 다중 시점에서의 교통상황 예측을 위해 자동으로 가공, 유지, 이용된다. 사용되는 예측모형의 종류는 다음과 같다.

- Bayesian(또는 Belief) networks,
- 의사결정나무(decision tree),
- HMM(hidden Markov model),
- 계열회귀분석나무(autoregressive tree),
- 신경망 이론(neural network) 등

1) 입력(INPUT) 데이터

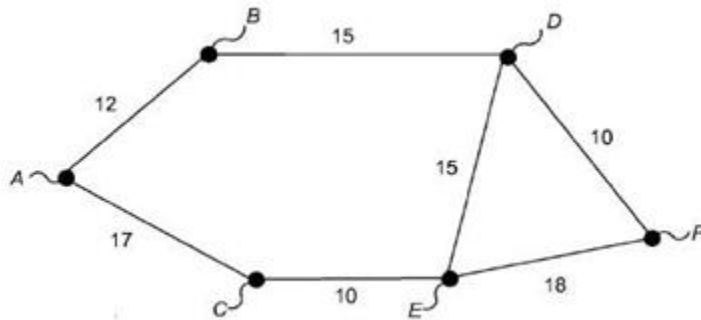
- 다양한 도로 네트워크 구간의 현재 및 과거 교통량 정보
- 현재 및 최근 교통사고 정보
- 현재, 최근, 향후 도로 공사 정보

- 현재, 과거, 장래 예측 날씨상황(강수량, 기온, 풍향 및 풍속 등)
- 현재 과거, 장래 계획 이벤트 일정(이벤트 종류, duration, 장소, 참여자 수 등)
- 학교 스케줄(학기 중, 방학, 주변 학교 수 및 위치)

2) 출력(OUTPUT) 데이터

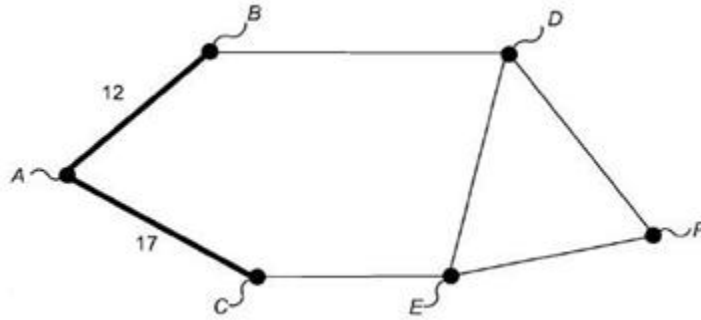
- 데이터의 가공을 통해 현재 및 예측 장래 교통상황은 특정 기간의 평균속도, 교통량, 점유율 등 다양한 방식으로 측정 및 표현됨

<그림 36> Step A



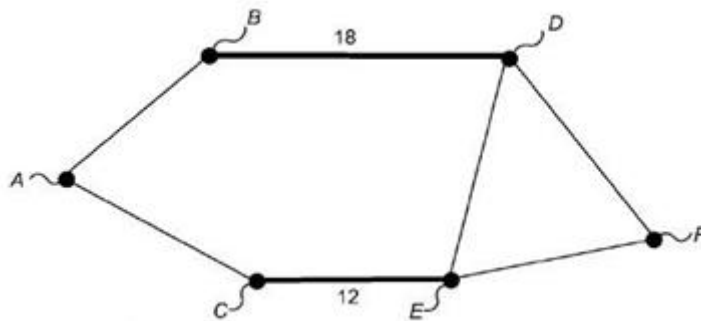
Step A : 출발점 A에서 도착점 F간의 잠재적 다중 통행경로를 나타낸다. 각 링크에 제시된 숫자는 두 노드간의 예측통행시간이다. 시점 T1(예: 5시)에서 동시에 측정되는 단일시점 예측통행시간을 제시하며, 반대로 1B~1E는 일정한 시간간격 별로 예측되는 교통상황정보를 나타낸다.(예: 15분 간격)

<그림 37> Step B



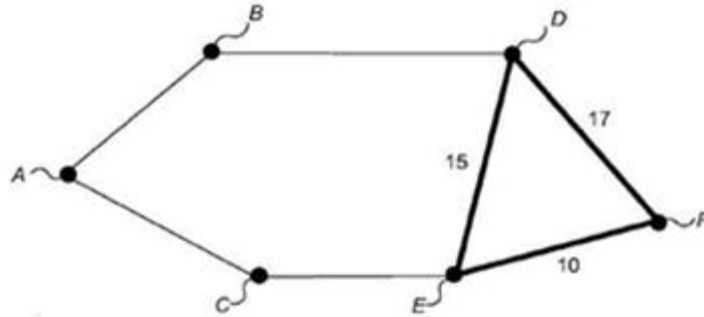
Step B : 경로선택 프로세스의 시작 시점 T1부터 단위시간 후 T2 동안의 시점 A에서 각 선택경로에 대한 예측통행시간을 제시한다. 예를 들어, 단위시간 15분인 경우, 시작 시각 오후 5:00~5:15동안 예측되는 통행시간을 제시한다.

<그림 38> Step C



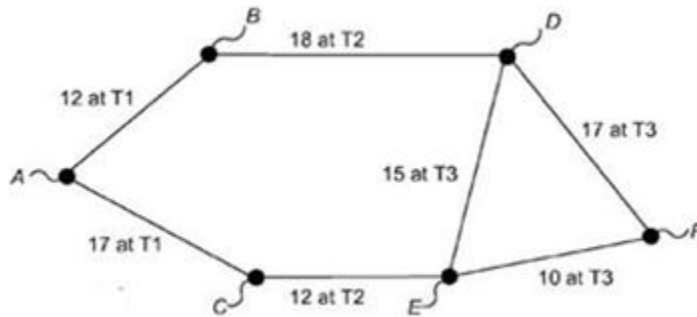
Step C : 두 번째 시간 간격인 T2~T3 동안 두 번째 선택 노드에서 다음 노드로의 예측통행시간을 제시한다. 예를 들어, 오후 5:15~5:30분 동안 경로 BD, CE에 대한 예측 통행시간을 제시한다.

<그림 39> Step D



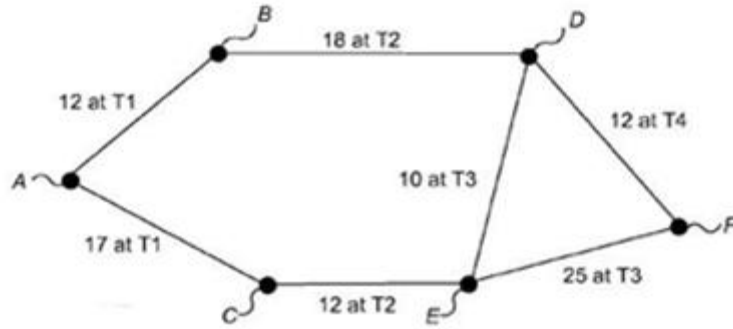
Step D : 세 번째 시간간격인 T3~T4 동안의 세 번째 선택노드에서 다음노드로의 예측통행시간을 제시한다. 예를 들어, 구간 DF, DE, EF에 대한 오후 5:30~5:45동안의 예측통행시간을 제시한다.

<그림 40> Step E



Step E : 다중 장래 시점으로 예측된 통행시간을 전부 보여준다. 각 링크의 라벨은 시점 A에서 종점 F까지의 예상통행시간을 시점 A를 출발할 때 동시에 예측된 통행시간이 아닌, 각자 일정시간 후의 다중시점에서 계산하여 제시한다.

<그림 41> Step F



Step F : "Step E"에서 제시했던 예측통행시간에 대한 시간의 흐름에 따른 수정 결과이다. 각 예측 시점이 가까워져서 더욱 정확한 인풋데이터가 가공되면, 업데이트를 통해 예측통행시간의 수정이 이루어진다.

제4장 교통예보시스템의 도입방안

제1절 교통예보시스템 도입시 고려사항

앞서, ‘이론적 고찰’부문에서 교통예보를 “교통에 영향을 미치는 도로, 차량, 기상, 인간심리 등의 모든 현상을 관찰하고 측정된 자료를 토대로 교통상태를 예측하여 관심있는 이용자에게 미리 알리는 행위”로 정의하였고 교통예보시스템은 “정확하고 신속한 교통예보를 하기 위해 구성되는 여러 구성요소들 간의 유기적인 활동”이라고 정의하였다.

교통예보시스템의 도입에 앞서 체계적인 서비스를 제공하기 위하여 사전에 몇 가지 고려사항을 검토할 필요가 있다. 우선, 불확실하고 비정형적인 교통상황에 대한 이용자의 예측가능성 확대하고 교통상황 대응에 도움이 될 수 있는 유용한 시스템이어야 한다.

따라서 교통예보시스템은 실시간 교통상황 모니터링이 가능한 도시교통정보시스템(UTIS)의 실시간 교통정보를 기반으로 버스정보시스템(BIS), 신호교차로 검지시스템 등의 자료융합으로 운영되어야 한다.

다음 그림은 2007년 2월 13일 19시~24시 사이에 서울 강남지역에서 발생한 극심한 교통정체 사례로써, 설날 전 주에 교통량이 집중된 상황에서 오후의 갑작스런 강우로 인해 교통이 마비된 사례이다.¹⁸⁾

18) 김준기, 신성일, 서울시 교통정체 예보 및 경보체계 구축방안, 대한교통학회 교통 기술과 정책 제4권 제3호, 2007년

<그림 42> 교통량 집중과 강우로 인한 정체사례
(적색은 구간속도가 5Km/h 이하를 나타냄)



교통예보시스템의 제공서비스는 교통지수예보, 주행전 도착시점기준 여행시간, 주행중 위치기반(LBS) 돌발상황 교통속보, 등록경로에 대한 돌발상황예보, 도로기상 상황예보 등 실현가능한 서비스로 구성되어야 한다. 교통예보시스템 도입 시 주요 고려사항은 다음과 같다.

- 국내외 사례분석과 전문가 자문, 설문조사, 공청회 등을 통해 이용자 요구사항 및 제반사항을 고려하고 이에 따라 도입시점 및 제공 서비스를 선정해야 한다.
- 교통예보시스템을 통해 교통예보를 실시하기 위한 법적·제도적 기반을 검토하여 필요하면 제정 또는 개정 등을 통하여 명확한 시행 근거를 갖추어야 한다.
- “교통예보센터” 또는 “교통예보팀” 등 교통예보를 위한 별도의 조직을 구성하고 각 구성원이 업무를 효과적으로 수행할 수 있는 조직체계를 편성함과 동시에 구성원의 전문성을 확보하여야 한다.
- 교통예보를 위한 자료수집 및 가공처리는 경찰청 전자지도의 표준

노드-링크(Node-Link)체계에서 링크여행시간(Link Travel Time) 단위로 처리하고 정보제공은 전국적, 지역적, 이용자별 경로검색을 기준으로 한다.

- 정확하고 신속한 교통예보 실시에 필요한 교통사고정보, 교통통제 정보, 공사정보, 행사정보, 도로상태정보, 기상정보 등을 실시간으로 수집·분석할 수 있는 “교통영향 요인분석 지원시스템”을 개발하여야 한다.
- 교통예보를 위한 “교통예보지원시스템”의 과거정보 관리체계, 실시간 자료수집체계, 자료의 전처리체계, 자료가공체계, 여행시간 산출체계 및 교통예보 제공체계가 수립되어야 하며 이를 처리할 수 있는 첨단장비의 개발이 병행되어야 한다.
- 교통예보의 핵심이라 할 수 있는 “한국형 교통예보용 여행시간 예측알고리즘” 개발과 이를 처리할 수 있는 프로세서(Processor)의 개발이 병행되어야 한다.
- 자료의 수집 및 제공은 기존에 운영하고 있는 경찰과 유관기관의 교통인프라를 최대한 연계하여 활용하고 내용과 절차를 매뉴얼화하여야 한다.
- 이용자가 교통예보를 최대한 편리하게 이용할 수 있도록 다양한 매체를 활용하여야 한다. 특히, 교통예보의 특성상 개인별 이용의 유용성이 큰 만큼 모바일 기기에 대해 TPEG¹⁹⁾, 스마트폰 앱(APP), 소셜네트워크서비스(SNS) 등 정보제공환경을 갖추어야 하며 알람 기능, 속보기능, 위치기반(LBS)서비스 등 편리한 기능을 갖춘 서비스를 발굴하여야 한다.

19) TPEG(Transport Protocol Expert Group)이란. DMB채널을 활용하여 실시간 교통정보와 여행정보 등을 수신 받아 운전자가 최적의 주행을 하게끔 도와주는 지능형 길안내 시스템이다.

제2절 교통예보서비스의 내용 및 조직구성

교통예보시스템의 제공서비스의 내용은 전체적으로 4가지로써 교통지수 예보서비스, 여행시간 예보서비스, 돌발상황 예보서비스, 도로상태 예보서비스로 구성된다.

첫째, 교통지수 예보서비스는 교통상황의 종합적인 상황을 지수로 표현한 것으로서 과거이력자료에 의한 시간별, 요일별, 월별, 계절별 교통상태와 교통사고, 교통통제, 공사, 행사, 기상상태 등 교통영향변수를 종합하여 지역적, 전국적인 교통지수를 산출하여 예보한다.

둘째, 여행시간 예보서비스는 출발 전, 주행 중 경로검색에 대하여 미래 도착시점 기준의 여행시간을 산출하여 예보하며 주행 중에도 도착시점 기준으로 정보를 지속적으로 업데이트하여 실시간으로 제공한다.

셋째, 돌발상황 예보서비스는 교통사고, 교통통제, 공사, 행사 등에 대하여 현재상황과 지속시간, 파급효과 등을 산출하여 현재 위치기반(LBS) 및 미래 이용자 경로기반으로 제공한다.

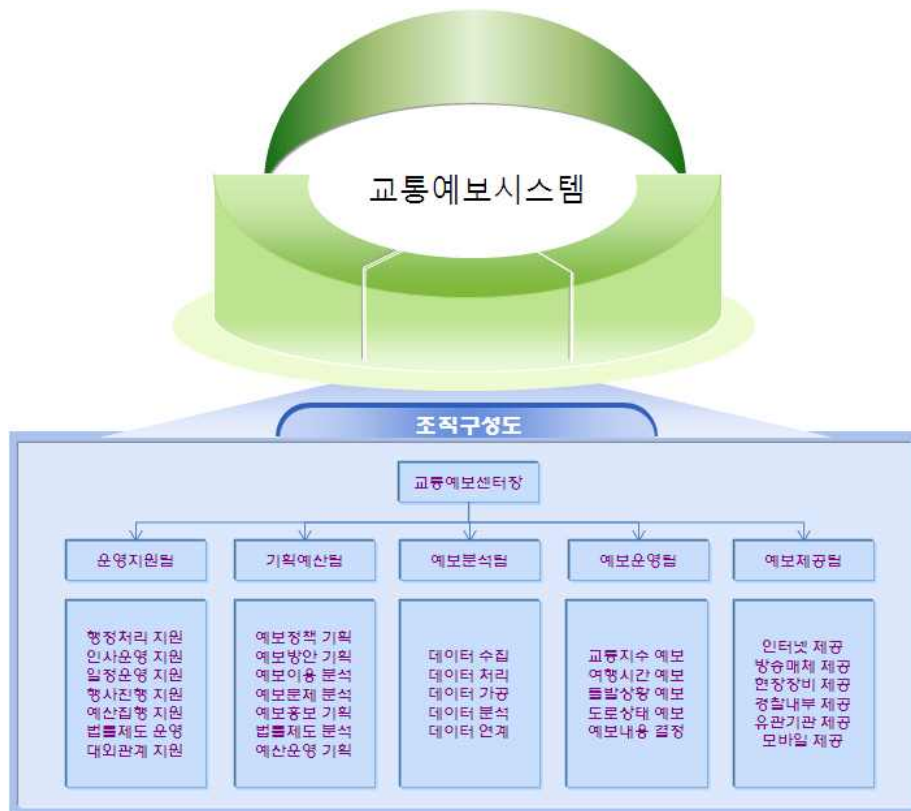
넷째, 도로상태 예보서비스는 도로의 기하구조 및 제한속도를 중심으로 도로노후상태, 침수상태, 결빙상태, 안전상태, 기상상태 등을 고려하여 제공한다. 아래의 그림은 교통예보시스템에서 제공하는 서비스를 개략적으로 설명하고 있다.

<그림 43> 교통예보시스템의 구성도



교통예보시스템을 운영하기 위한 조직은 교통예보센터장을 중심으로 운영지원팀, 기획예산팀, 예보분석팀, 예보운영팀, 예보제공팀으로써, 5개 팀으로 구성된다. 각 팀은 교통예보에 필요한 고유의 업무를 수행하는데 세부 내용은 다음과 같다.

<그림 44> 교통예보시스템을 위한 조직구성도(예시)



- 운영지원팀은 일반행정 지원, 인사운영 지원, 일정운영 지원, 행사 진행 지원, 예산집행 지원, 법률제도 운영, 대외관계 지원 등의 행정관련 업무를 중심으로 역할을 수행한다.
- 기획예산팀은 예보정책 기획, 예보방안 기획, 예보이용 분석, 예보 문제 분석, 예보홍보 기획, 법률제도 분석, 예산운영 기획 등의 기

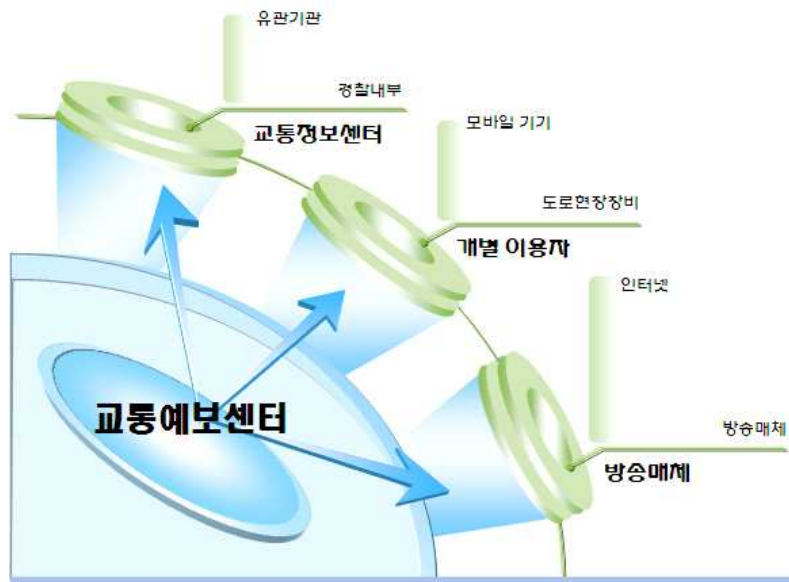
획과 예산관련 업무를 중심으로 역할을 수행한다.

- 예보분석팀은 예보분석에 필요한 데이터의 수집, 처리, 가공, 분석, 연계 등의 데이터관련 업무를 중심으로 역할을 수행한다.
- 예보운영팀은 교통운영에 필요한 교통지수예보, 여행시간 예보, 돌발상황 예보, 도로상태 예보, 예보내용 결정 등의 예보관련 업무를 중심으로 역할을 수행한다.
- 예보제공팀은 예보제공 유형별로 방송매체, 인터넷, 모바일 기기, 현장장비, 경찰내부, 유관기관 등의 예보정보의 제공업무를 중심으로 역할을 수행한다.

제3절 교통예보시스템 도입방안

교통예보체계에서는 이용자 중심의 예보서비스가 제공되어야 할 것이며 이용자가 요구하는 정보를 연속적으로 제공하기 위해서는 실시간 자료수집 네트워크의 가동이 이루어 가능하다. 또한 이렇게 수집된 정보는 실시간으로 가공·처리되어 이용자에게 도착지까지 지속적인 실시간 업데이트된 교통예보를 제공해야 한다. 교통예보 제공 시에는 개인통행 기반 정보는 교통수요자의 위치와 상황을 인지하여 여건에 적합한 정보를 제공하기 위해 기본적인 위치기반 정보가 매핑되고 동시에 정보수집원으로서의 역할을 수행해야 한다. 교통예보서비스는 각 지방자치단체별로 ITS가 구축되어 운영되고 있는 도시를 우선대상으로 한다.

<그림 45> 교통예보시스템 서비스 제공체계



1. 서비스 구성

교통예보서비스의 핵심은 이용자가 다양한 통신매체를 이용하여 연속적이고 실질적인 교통정보의 연계성을 확보하며 목적지까지 편리하고 효율적으로 최적의 경로로 도착할 수 있도록 유도하는 교통예보를 제공하는 것이다. 이 서비스는 다양한 통신매체를 이용하여 제공할 수 있는데 특히, 모바일 통신기기를 이용한 위치기반서비스와 출퇴근 전 교통예보 알람서비스를 제공할 때 교통비서와 같은 역할의 수행이 가능할 것으로 보인다. 아래 표는 제공서비스를 구현하기 위해 필요한 이용자 요구사항과 사용될 기반기술을 정리한 것이다.

<표 13> 제공서비스의 요구사항과 기반기술

제공서비스	요구사항	기반기술
교통지수 예보	• 시간/일/주간/특정일의 교통지수 산출	• 교통이력자료 패턴인식기술 • 교통영향요인 가중치 산정기술
여행시간 예보	• 이용자 경로산정 • 소요시간 산정	• 과거이력자료 패턴인식 기술 • 이상자료 검출기술 • 이상치, 결측치 보정기술 • 실시간 수집자료 융합기술 • 링크별 대푯값 산출기술 • 링크별 대푯값 예측기술 • 경로산정기술 • 소요시간 산정기술
도로상태 예보	• 검색경로상 도로상태 파악	• 기하구조 파악기술 • 노후상태 파악기술 • 침수상태 파악기술 • 결빙상태 파악기술 • 안전상태 파악기술 • 기상영향 파악기술
돌발상황 예보	• 검색경로상 돌발상황 영향산출	• 교통사고 영향산출기술 • 교통통제 영향산출기술 • 도로공사 영향산출기술 • 도로행사 영향산출기술

교통예보시스템의 서비스는 교통지수예보, 여행시간 예보, 돌발상황 예보, 도로상태 예보 4가지 측면에서 구성된다.

교통예보서비스를 제공을 위한 요구사항은 다음과 같다.

- 교통지수 예보의 요구사항 : 시간/일/주간/특정일의 교통지수 산출
- 여행시간 예보의 요구사항 : 이용자 경로산정 및 소요시간 산정
- 도로상태 예보의 요구사항 : 검색경로 상 도로상태 파악
- 돌발상황 예보의 요구사항 : 검색경로 상 돌발상황의 영향 산출

교통예보시스템의 서비스 구현을 위한 기반기술은 다음과 같다.

- 교통지수 예보의 기반기술은 교통이력자료를 이용한 패턴인식기술, 교통영향요인의 가중치를 산정하는 기술 등이 필요하다. 예를 들어, 특정시간대에 대한 교통패턴, 도로상태, 돌발상황, 기상상태 등을 각각 산출하며 추가로 교통 예보전문가의 의견을 반영하여 이를 종합하여 교통지수를 산출한다. 아래 식은 교통지수를 설명하기 위해 임의로 작성한 예시이다.
 - $\text{교통지수} = \text{예보전문가 의견지수} * (a * \text{교통패턴}) + (b * \text{도로상태}) + (c * \text{돌발상황}) + (d * \text{기상상태})$
- 여행시간 예보의 기반기술은 과거이력자료를 통한 교통패턴 인식기술과 이상자료 검출기술, 이상치와 결측치 보정기술, 실시간 수집자료 융합기술, 링크별 대푯값 산출기술, 링크별 대푯값 예측기술, 경로산정기술, 소요시간 산정기술 등이 필요하다.
- 도로상태 예보의 기반기술은 도로의 기하구조 파악기술, 노후상태 파악기술, 침수상태 파악기술, 결빙상태 파악기술, 안전상태 파악기술, 기상영향 파악기술 등이 필요하다.

- 돌발상황 예보의 기반기술은 교통사고로 인한 영향산출기술, 교통 통제 영향산출기술, 도로공사 영향산출기술, 도로행사 영향산출기술 등이 필요하다.

2. 시스템 구성

교통예보시스템의 시스템 구성은 이용자를 중심으로 모든 정보의 구성 및 제공이 이루어지며, 이를 보다 원활하고 효율적으로 사용하기 위해 유기적인 구성이 가능하도록 하였다. 즉, 시스템 중심의 정보전달 체계로써 각 정보의 실시간성과 미래 교통상황 예측정확도 유지를 위한 다양한 요소들의 자료연계전달체계가 필요하며 이들 구성원 간에도 유기적인 융합을 통해 예보체계를 구축하도록 한다. 또한 교통예보체계를 구성하는 요소로는 교통예보센터, 지역센터, 현장인프라, 차량, 통신망, 정보제공매체로 이루어지며, 이 구성요소의 유기적 관계는 궁극적으로 미래의 불확실성을 해소하여 인간생활을 풍요롭게 만드는 요소로 귀결된다. 교통예보체계의 통신시스템은 교통예보센터, 지역센터, 차량, 정보제공매체를 유기적으로 연결하게 되며 이용자의 서비스 요구사항에 따라 데이터 수집주기, 처리용량 및 속도, 데이터 통신방식 등이 결정되어야 한다.

<그림 46> 교통예보시스템 구성 개념도



교통예보시스템의 수집자료는 다음과 같다.

- 교통지수 예보의 수집자료 : 교통이력자료, 링크기반의 교통량/속도/점유율, 기상관련 강우량/적설량/온도/습도, 교통사고, 도로공사, 도로행사, 교통통제 등
- 여행시간 예보의 수집자료 : 교통이력자료, 링크기반의 교통량/속도/점유율/통행시간 등
- 도로상태 예보의 수집자료 : 도로제한속도, 도로노후지수, 도로침수구간, 도로결빙구간, 도로안전지수, 기상관련의 강우량/적설량/가시거리/온도/습도/풍속 등
- 돌발상황 예보의 수집자료 : 교통사고관련의 파급기간/구간/차단차로, 공사관련의 기간/구간/차단차로수, 행사관련의 기간/구간/차단차로수, 교통통제관련의 기간/구간/통제차로수 등

교통예보시스템의 자료수집원은 다음과 같다.

- 교통지수 예보의 자료수집원 : 경찰청UTIS, 지자체BIS, 도로공사 DSRC, 신호검지기, AVI, 순찰차/시민제보 등
- 여행시간 예보의 자료수집원 : 경찰청UTIS, 지자체BIS, 도로공사 DSRC, 신호검지기, AVI, 순찰차/시민제보 등
- 도로상태 예보의 자료수집원 : 경찰청, 각 경찰서, 지자체, 국토해양부, 한국도로공사, 기상청 등
- 돌발상황 예보의 자료수집원 : 경찰청, 각 경찰서, 지자체, 국토해양부, 한국도로공사 등

돌발상황과 관련한 도로공사, 안전시설 공사 및 유지보수 계획 등은 교통예보센터와 한국도로공사, 지방자치단체, 경찰서 등의 해당

부서 담당자의 업무연결점(Contact Point)을 지정하고 시스템적으로 연속적인 자료수집이 가능하도록 일정기간(긴급, 1주, 1개월) 단위로 수집체계를 갖추어 파악한다.

아울러, 이력자료가 충분하지 않은 이벤트에 관해서는 돌발상황의 전·후(Before & After)에 대한 계획 대비 실제현장의 경험자료를 누적하여 확보해야 하며 이를 위해 과거이력자료를 장기간에 걸쳐 분류·저장할 수 있는 하드웨어와, 이 자료를 이용하여 Case 별로 미래계획의 유효한 영향도를 산출할 수 있는 소프트웨어 및 전문가를 보유해야 한다.

<표 14> 예보서비스의 수집자료 및 수집원

제공서비스	수집자료	자료수집원
교통지수예보	<ul style="list-style-type: none"> • 교통이력자료 • 링크기반 교통량/속도/점유율 • 강우량/적설량/온도/습도 • 교통사고 • 도로공사 • 도로행사 • 교통통제 	<ul style="list-style-type: none"> • 경찰청UTIS • 지자체BIS • 도로공사DSRC • 신호검지기 • AVI • 순찰차/시민제보
여행시간 예보	<ul style="list-style-type: none"> • 교통이력자료 • 링크기반 교통량/속도/점유율/통행 시간 	<ul style="list-style-type: none"> • 경찰청UTIS • 지자체BIS • 도로공사DSRC • 신호검지기 • AVI • 순찰차/시민제보
도로상태 예보	<ul style="list-style-type: none"> • 도로제한속도 • 도로노후지수 • 도로침수구간 • 도로결빙구간 • 도로안전지수 • 강우량/적설량/가시거리/온도/습도/풍속 	<ul style="list-style-type: none"> • 경찰청 • 지방자치단체 • 국토해양부 • 한국도로공사 • 기상청
돌발상황 예보	<ul style="list-style-type: none"> • 사고파급기간/구간/차단차로수 • 공사기간/구간/차단차로수 • 행사기간/구간/차단차로수 • 교통통제기간/구간/통제차로수 	<ul style="list-style-type: none"> • 경찰청 • 지자체 • 국토해양부 • 한국도로공사

<표 15> 제공서비스의 제공방법 및 제공매체

제공서비스	제공방법	제공매체
교통지수예보	<ul style="list-style-type: none"> • 교통영향변수 들을 교통지수로 변환하여 예보로 제공 	<ul style="list-style-type: none"> • 교통방송 • 공중파방송 • 인터넷방송 • 인터넷 • 스마트폰 앱(APP)
여행시간 예보	<ul style="list-style-type: none"> • 교통주요변수(MOE)를 과거이력자료를 기반으로 패턴분석 • 지수평활, 아리마(ARIMA), 베이지안방법 등을 이용한 미래예측 • 노드-링크기반 전자지도 표출 	<ul style="list-style-type: none"> • UTIS단말기 • 네비게이션(TPEG) • 인터넷 • 스마트폰 앱(APP)
도로상태 예보	<ul style="list-style-type: none"> • 현재 도로정보 기반으로 미래의 도로 상태정보 도출 • 미래 기상정보 기반으로 미래의 기상 상태정보 도출 • 노드-링크기반 전자지도 표출 	<ul style="list-style-type: none"> • UTIS단말기 • 네비게이션(TPEG) • 인터넷 • 스마트폰 앱(APP)
돌발상황 예보	<ul style="list-style-type: none"> • 예정된 공사, 행사, 통제정보를 기반으로 미래 돌발상황 및 파급도(Shock-Wave) 제공 • 노드-링크기반 전자지도 표출 	<ul style="list-style-type: none"> • UTIS단말기 • 네비게이션(TPEG) • 인터넷 • 스마트폰 앱(APP)

제4절 교통예보시스템 기반의 교통관리전략

1. 전략의 개요

지속적으로 증가하고 있는 교통수요에 대처하기 위한 교통시설 공급정책은 막대한 교통투자재원이 소요되므로 현실적으로 많은 한계를 지니고 있다. 따라서 많은 재원을 투자하지 않고 이러한 문제를 해결하려는 시도로 통행자들의 통행패턴을 조정하여, 교통수요를 근원적으로 감축시키거나 효율이 높은 수송수단을 이용하게 하는 등, 교통수요를 시간적·공간적으로 재조정하여 교통 혼잡문제를 해결하고자 하는 교통관리 정책이 추진되었다. 초기형태의 교통관리방안은 주로 도심부나 업무밀집지역에 위치한 기업들의 자발적 참여로 시행되었고, 기업들은 정부의 지원과 세제혜택을 통해서 카풀, 밴풀 등의 프로그램을 단편적으로 시행하였기 때문에 효과가 국지적이면서 연속성을 확보하지 못하는 한계를 지니고 있었다. 따라서 초기에는 출근시차제, 자율근무시간제, 주차요금정책 등 주로 소극적·간접적 방법에만 치중하여 왔으나 점차 도심통행허가제, 기업에 대한 첨두시 통근통행 감소의 의무화 등과 같이 직접적이고 강제적인 방법까지 도입하여 교통문제를 해결하려는 노력이 이루어지고 있다. 최근 선진국은 교통관리 목표를 공해와 같은 환경개선을 위한 정책으로 활용하고 있다는 점에서 시사하는 바와 같이 우리나라도 단순한 교통 혼잡문제의 해결을 기대하는 초기의 소극적·자발적·간접적인 교통관리 정책에서 벗어나 더 이상 완화될 수 없는 최악의 교통 혼잡이나 환경보존 등과 같은 당면한 사회·환경문제를 해결하기 위해서 강제적이고 직접적인 교통수요관리 정책이 추진되어야 하는 단계이다.²⁰⁾ 만약 교통예보시스템에

20) 임정실, 문영준, The Fully Networked Car 교통체계 도입과 운영방안, 대한교통학회 교

의한 예보정보제공으로 인해 승용차 출퇴근이 시간적·공간적인 분배가 이루어지고 교통사고로 인한 돌발상황이나 폭설, 폭우 등의 기상상태로 인해 야기되는 국지적·지역적인 교통혼잡 및 교통대란을 회피하거나 완화할 수 있게 된다면 교통혼잡 개선에 기여할 수 있을 것이다. 더 나아가 국지적 집중의 예측으로 대중교통으로 전환된다면 교통관리측면에서는 획기적인 교통혼잡완화 효과를 이룰수 있을 것이다. 아울러, 첨단차량과 첨단도로 인프라를 통한 통신 및 정보연계시스템 구축으로 TPEG, 네비게이션, 스마트 폰 등 모바일 기반의 이동기기(Nomadic Device)와의 연계는 정보수집과 제공서비스의 연속성을 확보할 수 있다는 점에서 교통혼잡에 대응하는 능동적인 교통관리수단으로 새로운 정책적 전환을 추진할 수 있는 토대를 제공할 것이다.

2. 교통예보시스템의 단계별 추진전략

교통예보시스템은 국가ITS기본계획과 경찰ITS기본계획상 적합한 추진 시기를 고려하여 목표를 명확히 제시하여야 한다. 일단 시간적으로는 2020년을 목표연도로 하고, 공간적으로는 우리나라 전체를 대상으로 하여 1, 2, 3단계로 로드맵을 구성하여 추진전략을 세운다.

1) 준비단계 : 기반조성 및 사업계획 수립(2012년~13년)

- 기반조성단계로써 이용자 요구사항파악 및 사업계획 수립
- 교통예보를 위한 핵심 연구 진행
- 교통예보시스템 기본계획 수립

2) 1단계 : 단위영역 시범사업 실시단계(2014년~15년)

통 기술과 정책 제7권 제5호, 2010년

- 초기시작단계로써 시범사업 추진을 위한 타당성 검토
- 경찰청이 주체가 되는 서비스 중심으로 시스템 구현
- 기술이 검증되고 효과가 큰 단위서비스를 중심으로 서비스 선정

3) 2단계 : 수도권 권역사업 실시단계(2016년~17년)

- 성장, 확산단계로써 정보제공은 주요 간선도로 및 도시부 도로를 대상으로 하고 서비스 영역을 수도권 전역으로 확대
- 2단계에서 검증된 단위서비스를 위주로 제공서비스 선정
- 시범사업의 결과를 바탕으로 수도권 권역사업 실시설계 추진

4) 3단계 : 전국사업 실시단계(2018년~20년)

- 성숙·고급화 단계로써 2단계 사업의 미비점을 개선하여 전국사업으로 확대
- 기 제공한 단위서비스를 신기술 개발 등 새로운 교통여건에 따라 개선·보완
- 이용자 요구사항변화 및 세부에 기반한 고급서비스의 확대

<표 16> 교통예보시스템 단계별 추진전략

단계	기간	목표	사업범위
준비단계	2012년~13년	기반조성 및 사업계획 수립	내부진행
1단계	2014년~15년	시범사업단계	단위영역
2단계	2016년~17년	성장·확산단계	수도권
3단계	2018년~20년	성숙·고급화 단계	전국권

<그림 47> 교통예보시스템 개발 로드맵



제5장 결론

도로의 효율성을 높이는 일은 도로의 건설만큼 중요하며, 특히 교통수요가 폭발적으로 증가하는 출·퇴근시간에는 심각한 교통정체를 피하기 위하여 많은 이용자가 교통예측정보를 요구하고 있다. 몇 해전 한국도로공사는 교통데이터를 수작업으로 처리하여 주요노선의 예상 소요시간을 언론과 인터넷에 제공한 일이 있었지만 그 결과는 참담히 실패하고 말았다. 그러나 이 사건은 교통예보의 중요성 인식과 함께 주먹구구식의 수작업 보다 체계적이고 과학적인 교통예보가 절실히 필요하다는 것을 일깨워준 계기가 되었다. 그러나 교통예보 전문가의 부족, 과학적인 교통예보를 지원할 수 있는 자동화된 정보시스템의 부재, 미흡한 교통예보 전달체계는 빠른 교통예보를 시행하는데 장애물로 작용한다.

교통예보의 궁극적인 목표는 이용자 측면에서 보면 불확실성을 줄여서 예측 가능한 삶을 영위하는 것이고 관리자 측면에서는 교통량의 분산에 있다. 이는 교통혼잡이 예견되는 상황에서 효과적인 해결책의 하나가 될 수 있으며 시간적 분산은 차량들이 한곳으로 집중되지 않게 여러 경로에 배분되도록 교통정보를 적절히 제공하는 것이다. 교통정보의 제공으로 인하여 시간적·공간적 분산이 제대로 이루어 졌을 때 비로소 교통정보가 제 역할을 다했다고 할 수 있다. 경찰은 정확하고 신속한 교통예보를 위하여 다음과 같이 4가지 방향에서 접근하여야 한다.

- 교통예보를 위한 제도 및 조직을 정비하여야 한다. 교통예보를 위한 조직을 구성하고 업무를 효과적으로 수행할 수 있는 법적·제도적 뒷받침이 필요하다. 또한 “교통예보센터” 또는 “교통예보팀”을 만들어 운영의 전문성을 확보하여야 한다. 이용자의 출발시간, 주

행경로, 돌발상황, 기상상태 등 많은 변수가 예상소요시간 산정에 영향을 미치기 때문에 필수적으로 많은 양의 과거 교통데이터 이력자료의 구비와 분석이 없이는 과학적인 교통예보가 불가능하다. 따라서 석·박사급 및 경험 많은 교통전문가를 중심으로 교통예보 전문팀을 운영하여야 한다. 이러한 교통예보팀의 지속적인 운영은 데이터의 비교·분석 및 예측 등 관련기술을 축적·발전시켜 교통공학 적 운영기법과 전략수립에도 발전적으로 기여하게 될 것이다.

- 교통예보를 지원할 수 있는 정보네트워크를 개발·구축하여야 한다. 개별 이용자의 여행시간예측을 위해서는 대량의 과거데이터 뿐만 아니라 도시교통정보시스템(UTIS), 신호교차로 검지기정보, 버스정보시스템(BIS)의 실시간 운행정보, 교통정보수집장치(AVI) 등의 정보를 실시간으로 분석해야 하기 때문에 수작업으로는 불가능하다. 다양한 교통데이터를 데이터베이스화하고 링크별 여행시간 예측모형을 개발하여야 하며, 예측된 여행시간을 교통예보팀이 손쉽게 활용할 수 있도록 시스템이 구성되어야 한다. 개발된 예측시스템은 시범운영으로 예측모형을 검증하고 변화하는 교통환경을 반영하기 위해 주기적인 개선활동과 함께 점차로 정확도를 높여가야 한다.
- 교통예보용 이력관리시스템 및 예측시스템을 개발하여야 한다. 여행시간 예측알고리즘은 다양한 수집원에 대한 데이터의 수집과 이들 데이터를 퓨전하여 융합하는 기술이 필요하다. 또한 이상치, 결측치를 제거하고 보정하는 데이터 처리기술이 필요하다. 이렇게 기초적인 여행시간이 도출되면 여기에 돌발상황, 기상상태 등의 환경요소를 감안하여 최종적인 여행시간을 산정한다. 이러한 일련의 과정을 처리하여 정밀도 있는 교통예보를 수행할 수 있는 “교통예보용 이력관리시스템 및 예측시스템”의 개발이 필요하다.
- 이용자가 교통예보를 최대한 편리하게 이용할 수 있도록 다양한 매

체를 통하여 제공하여야 한다. 언제 어디서나 이용이 편리한 유비쿼터스(Ubiquitous)적 교통예보서비스를 실현하여야 한다. 또한 아무리 유용한 교통예보라 할지라도 이용자가 필요한 시기에 필요한 장소에서 필요한 정보를 제공받는 저스트인타임(Just-In-Time)의 개념에 입각하여 정보의 제공이 이루어져야 할 것이다. 그렇게 하기 위해서 도로의 현장장치, 방송, 인터넷 등은 물론, 스마트 폰, 태블릿PC 등 모바일 기반의 앱(APP)과 소셜네트워크서비스(SNS) 등 다양한 매체를 이용하여 차별화된 서비스의 제공이 필요하다. 특히 앱(APP)을 이용하여 매일아침 출·퇴근 경로를 등록하고 이 경로에 대해 교통예보를 실시한다면, 예보로서의 가치와 활용성 측면에서 차별화된 서비스가 될 수 있을 것으로 생각된다.

결론적으로 이용자가 진정으로 원하는 교통정보는 현재의 교통정보가 아닌, 미래의 교통정보이다. 선진화된 시스템에 의한 교통예보는 이런 관점에서 이용자의 니즈(Needs)를 적극적으로 수용하여 서비스에 반영하는 것이다. 따라서 우리나라 도시부 교통을 책임지고 있는 경찰의 “교통예보시스템 구축에 의한 교통예보실시”는 국민들을 위한 경찰의 교통서비스를 한 단계 진보시키는 선진화된 서비스로써 정책적인 추진이 반드시 필요하다고 판단된다.

참고문헌

I. 국내문헌

- 김영호, 스마트 트랜스포트와 교통예보, 한국교통연구원 월간교통, 2011
- 이성원, 세계 교통수요 장기 전망, 한국교통연구원 월간교통, 2011
- 김영찬, 최기주, 김도경, 오기도, 단일루프검지기를 이용한 간선도로 실시간 통행속도 추정 방법론, 대한교통학회지 제15권 제4호, 1997
- 이주현, 동적 통행배정 모형을 위한 통행시간 추정기법에 관한 연구, 대한교통학회 제35회 학술발표회 논문집, 1999
- 정현영, 심용운, 블록밀도법을 이용한 동적통행시간 예측, 대한교통학회 제34회 추계학술발표회, 1998
- 김남선, 이승환, 오영태, 신경망을 이용한 고속도로 여행시간 추정 및 예측모형 개발, 대한교통학회지 제18권 제1호, 2000
- 장진환, 백남철, 김성현, AVI 자료를 이용한 동적 통행시간 예측, 대한교통학회지 제22권 제7호, 2004
- 유정훈, 지점과 구간기반 자료를 활용한 실시간 통행시간 추정모형, 한국도로학회 논문집 제10권 제1호, 2008
- 남궁성, 고속도로 경로통행시간 산출을 위한 전진반복 전·후방 탐색법 (PIFAB)의 개발, 대한교통학회지 제12권 제2호, 2005
- 이영인, 김성현, 윤지현, 데이터 융합기술을 활용한 다주기 통행시간예

측에 관한 연구, 대한교통학회지 제23권 제4호, 2005

김태곤, 안현철, 김승길, 실시간 BIS자료를 이용한 간선도로의 버스도착시간 예측모형구축에 관한 연구, 대한토목학회 논문집 제29권 제1D호, 2009

송상규, 명절, 연휴 장거리 고속도로 통행시간 예측모형 개발, 아주대학교 대학원, 2010

송상규, 명절, 연휴 장거리 고속도로 통행시간 예측모형 개발, 한국도로공사 고속도로 제77호, 2010

김선용 외, 기상청 예보시스템 개발, 한국기상학회 대기 제11권 1호, 2001

김택영, 박건우, 강형구, 이상훈, 인공지능망을 이용한 안개소산시간 예측, 한국정보과학회 2008 가을 학술발표논문집 제35권 제2호(C), 2008

최병철, 황사의 발생 및 예보, 대한설비공학회 설비저널 제35권 제4호, 2006

김준기, 신성일, 서울시 교통정체 예보 및 경보체계 구축방안, 대한교통학회 교통 기술과 정책 제4권 제3호, 2007

임정실, 문영준, The Fully Networked Car 교통체계 도입과 운영방안, 대한교통학회 교통 기술과 정책 제7권 제5호, 2010

II. 외국문헌

E. Horvitz, J. Apacible, R. Sarin, and L. Liao. Prediction, Expectation, and Surprise: Methods, Designs, and Study of a Deployed Traffic Forecasting Service, Proceedings of the Conference on Uncertainty and Artificial Intelligence 2005., AUAI Press, July 2005.

Bellman R., Dynamic programming, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1957.

Bay, S.D., & Pazzani, M.J. (1999). Detecting Change in Categorical Data: Mining Contrast Sets. Knowledge Discovery and Data Mining

Chickering, D. M., Heckerman, D., & Meek, C. (1997). A Bayesian approach to learning Bayesian networks with local structure. Proceedings of UAI 97

Heckerman, D. & Geiger, D. (1995). Learning Bayesian Networks: A Unification for Discrete and Gaussian Domains. Proceedings of UAI 95

Horvitz, E., & Barry, M. (1995) Display of Information for Time-Critical Decision Making. Proceedings UAI 95

Horvitz, E., Koch, P., Sarin, R., Apacible, J. & Subramani, M. (2005) Bayesphone: Precomputation of Context-Sensitive Policies for Inquiry and Action in Mobile Devices, Proc. of User Modeling 2005.

Meek, M., Thiesson, B. & Heckerman, D. (2002). Staged mixture

modeling and boosting. Proceedings of the UAI 2002

Nodelman, U. & Horvitz, E. Continuous Time Bayesian Networks for Inferring Users' Presence and Activities with Extensions for Modeling and

Evaluation, Microsoft Research Technical Report MSR-TR-2003-97, December 2003.

Nodelman, U., Shelton, C.R., & Koller, D. (2003). Learning Continuous Time Bayesian Networks. Proceedings of UAI 2003

Robbins, D., Cutrell, E., Sarin, R., & Horvitz, E. (2004). ZoneZoom: Map Navigation with Smartphones with Recursive View Segmentation, Advanced Visual Interfaces 2004.

Vandaele, N. Van Woensel, T., & Verbruggen, N.(2000). A Queuing-Based Traffic Flow Model. Transportation Research-D: Transportation and Environment, 5(2)

Wong, W., Moore, A.W., Cooper, G.F., & Wagner, M.(2003). Bayesian Network Anomaly Pattern Detection for Disease Outbreaks. ICML 2003

Ⅲ. 기타

서동민, [IT세상]막히는 도로 정보를 실시간으로 알려주는 유용한 기술 TPEG(http://navercast.naver.com/contents.nhn?contents_id=5338), 2011-12-25검색

이번 주말 고속도로는 어떨까(12월3~4일), newsis, 2011-12-02검색
<http://www.police.go.kr>, 2011-12-02검색

<http://www.koroad.or.kr>, 2011-12-02검색

<http://itunes.apple.com/kr/app/inrix-traffic-get-there-faster/id324384027?mt=8>, 2011-12-02검색

책임연구보고서 2011-13

교통예보 제공실태와 교통예보시스템 도입방안 연구

2011년 12월 20일 발행

발행인 : 한 광 일

발행처 : **치안정책연구소**

경기도 용인시 기흥구 연남로 74

홈페이지 : www.psi.go.kr

이 책의 무단 복제를 금합니다.

이 책자에 게재된 내용은 연구자 개인의 의견이며
치안정책연구소 공식견해가 아님을 밝혀둡니다.



POLICE SCIENCE INSTITUTE