

대한교통학회
제2기 교통분석 고급과정
강의 교재

ITS의 주요기법

—첨단교통체계의 주요기법—

아 주 대 학 교

교수 이 승 환

목 차

1. 첨단교통체계 개괄

- 1.1 첨단교통체계의 도입 배경 및 개념
- 1.2 첨단교통체계 도입의 필요성
- 1.3 첨단교통체계 도입의 필요성
- 1.4 외국의 첨단교통체계 개발동향
- 1.5 국내동향
- 1.6 KITS 개요

2. 첨단 교통체계의 주요기법

- 2.1 간선도로 교통관리체계
- 2.2 고속도로 교통관리체계
- 2.3 주행차량 자동인식체계
- 2.4 주행안내 체계
- 2.5 대중교통정보체계
- 2.6 화물운송정보체계
- 2.7 차세대 도로 및 차량제어체계

1. 첨단교통체계 개괄

1.1 첨단교통체계(ITS)의 도입배경 및 개념

- 심화되는 교통문제에 대한 직접 대처방안은 수요증가를 수용하는 충분한 교통시설 공급이나, 토지공간 한계, 수요증가에 못 미치는 공급속도, 투자재원 제약등으로 시설공급을 통한 교통문제 해결은 한계가 있음을 선진국의 경험을 통해 인식하기에 이르름

- 선진국은 교통문제 해결을 위해 전적으로 교통공급에 의존하기 보다는 교통시설이 용효율성을 극대화하는 교통정책에 눈을 돌려왔으며, 교통체계개선(TSM:Transportation System Management), 교통수요관리 등 다양한 정책을 추진

- 첨단교통체계(IVHS: Intelligent Vehicle and Highway System 또는 ITS: Intelligent Transportation System)는 교통체계의 효율성 및 안전성제고를 위해 기존 교통체계의 정보/통신/제어 등 첨단기술을 접목시킨 차세대 교통체계

- 첨단교통체계(ITS)의 주요내용은 다음과 같음

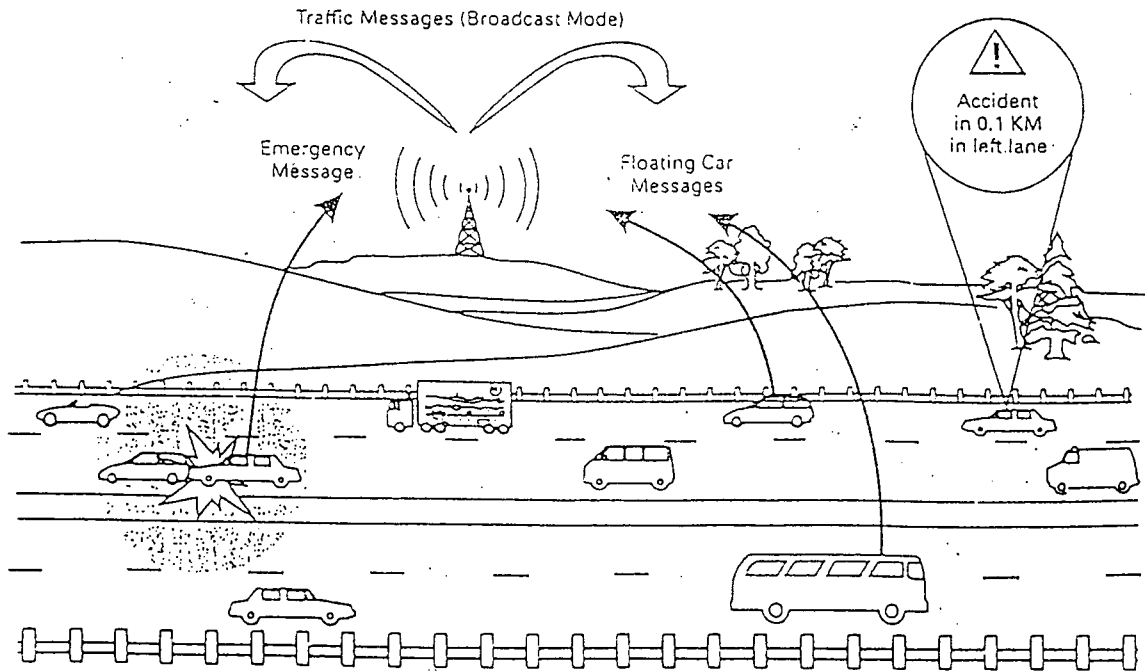
- 도로에 교통량·차량번호 및 중량을 감지할 수 있는 장치를 설치하여 교통흐름을 전산 프로그래밍에 의한 최적신호체계로 관리하고 통행요금징수 과적차량단속 등의 업무를 자동화(도로교통관리체계)

- 차량에 장착된 모니터를 통하여 출발지에서 목적지까지의 최단경로와 소요시간, 주차장상황등 운전자가 필요로하는 각종 교통정보를 신속·정확하게 파악(도로교통정보체계)

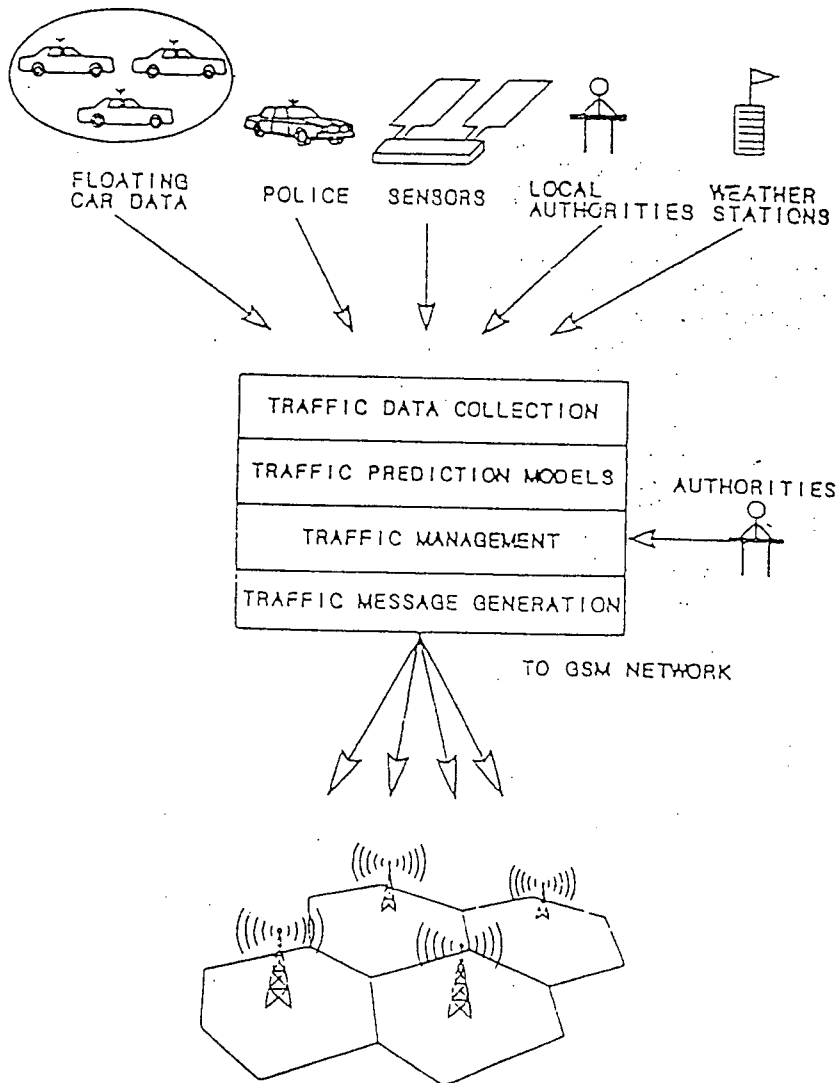
- 대중교통센터에서 무선통신, GPS(Global Positioning System),등으로 차량위치를 자동파악하여 대중교통정보를 이용자 및 일반시민에게 제공하고, 운영을 최적화하며, 이용자에게 최대편익을 제공(첨단대중교통체계)

- 화물정보센터에 설치된 컴퓨터로 각 차량 및 화물의 위치를 자동파악하여 화물차운행을 최적화하고 이용자에게 최대의 편익을 제공(화물운송정보체계)

- 차량에 고성능 센서와 자동제어장치를 부착하여 운전을 자동화함으로써 교통사고를 예방하고 도로소통능력을 증대(차세대도로 및 차량제어체계)



<유럽 SOCRATES 사업의 ITS개념>



<유럽 SOCRATES 사업의 정보수집 및 처리기능>

1.2 첨단교통체계 도입의 필요성

- 첨단교통체계는 21세기 정보화시대에 부합되는 교통체계로서 거시적으로는 도로 이용효율을 극대화하고 안전성을 제고시키며, 미시적으로는 운전자를 포함한 국민 개개인에게 최대의 편익을 제공

- 교통수급상의 불균형으로 인하여 교통문제가 심화되고 있으나 재원의 한계성때문에 지금까지의 시설공급 정책만으로는 교통문제 해결에 한계

- 도로혼잡 및 교통사고로 인한 경제적 손실액은 '91년의 경우 GNP 대비 5%(10조원: 교통혼잡 4.9조원, 교통사고 5.1조원)

- '93 - '98동안 고속도로 및 국도투자소요는 28.6조원이나 조달규모는 23.5조원으로 5.1조원 부족전망

- 재원의 한계성을 극복할 수 있는 대안으로 첨단교통체계의 구축필요

- 도로교통은 도로망의 복잡성, 운전자의 다양성 등으로 지금까지는 자동화·정보화가 부진했으나 지속적인 연구개발로 머지않은 장래에 실현될 전망

- 우리는 아직 교통시설이 부족하여 운영효율화보다는 교통시설확충에 보다 많은 투자를 해야할 시기이고, 장래 적정 규모를 갖추기까지 계속되어야 하나, 앞으로는 “교통시설운영의 효율화”를 전제로한 시설공급정책을 수립할 필요

- 따라서 기존시설에 첨단교통체계를 접목하는 노력은 물론 새로이 건설되는 교통시설에도 첨단교통체계를 수용할 수 있는 준비를 갖추어야 함

- 교통문제 해결을 위해서도 중요하나 관련산업 국가경쟁력제고를 위하여도 긴급

- 기계·전자·통신 등 관련산업을 고도화하고 새로운 시장과 고용창출의 효과가 막대(향후 20년간 미국에서만 2,000억불 이상의 산업으로 성장 전망)

- 선진국은 장차 수입차에 모니터, 센서, 자동제어장치등의 부착의무화 전망

- 따라서 국가차원의 ITS연구개발이 시급

1.3 첨단교통체계 도입의 기대효과

- 교통소통증진 및 교통체증비용 감소

- 자동주행 차세대 도로체계: 도로능력 50-100%향상

- 주행안내체계: 수도권 구축시 연간 4,500억원의 편익발생

- 미국의 예: 교통체증비용 24-28% 감소

- 효과적 교통수요관리 및 교통규제를 위한 기반기술 제공
- 교통사고 감소
 - 도입시 20-50%의 교통사고 감소 효과 기대
 - 미국의 예: 매년 3천명의 교통사고 사망자와 40만명의 부상자 감소
- 실시간 교통정보의 자동제공으로 통행의 편의성 및 안락성 제공, 통행시간 단축으로 에너지 절감 및 생산성 증대
- 고용창출 및 관련기술 발전, 관련제품의 국제경쟁력 제고

1.4 외국의 첨단교통체계 개발동향

● 미국, 유럽, 일본 등 선진외국에서는 '80년대 중반부터 민·학·연·관이 공동참여하여 범국가적인 사업으로 추진중

-주행안내 시스템(Route Guidance)등은 거의 실용화 단계에 있으며 지능형 차량 및 도로체계(Collision Warning and Intelligent Cruise Control)등은 현장 시험중

● 미국의 경우

-교통부(D.O.T)와 자문기구인 ITS America를 중심으로 본격 개발중

※'91년에 추진근거법인 육상교통효율화법(ISTEA)을 제정하고 국가기본 계획을 수립중(통합아키텍처 확정: '96년 상반기)

-향후 20년간 31조원을 공공부문에서 투자할 계획이며 자동주행도로체계를 전 고속도로에 구축을 목표로하고 있음

● 유럽의 경우

-주요 자동차 생산업체에서 '86년부터 PROMETHEUS(Program for a European Traffic System with Highest Efficiency and Unprecedented Safety), EU(DGVII 및 XIII)에서 '88년도부터 DRIVE(Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe)라는 2개의 대형 프로젝트를 수행중

-차량 위치 및 안내정보체계(독일: Ali-Scout 또는 Euro-scout, 영국: Auto-Guide)를 영국과 독일에서 현장 시험중이며, 거의 실용화 단계

● 일본의 경우

-건설성, 경찰청, 통산성, 우정성, 운수성 등 5개 부처 주관하에 '85-'92기간중 4,600억원을 이미 투입 개발중에 있으며, VICS(Vehicle Information and Communication System)는 개발완료하여 상용화단계

-현재 진행중인 프로젝트

ARTS(Advanced Road Transportation System)

SSVS(Super Smart Vehicle System)

PVS(Personal Vehicle System)

ASV(Advanced Safety Vehicle)

-관계부처 협의체로서 '94년에 VERTIS/IMC(Inter-Ministry Committee for Vehicle, Road & Traffic Intelligent System)를 설립, 통합추진체계 구축

1.5 국내동향

■국가 ITS(K.ITS)기본 계획 추진현황

●'93년 10월 사회간접자본(SOC)투자기획단에서 첨단도로교통체계(IVHS)를 도로교통관리체계, 도로교통정보체계, 대중교통/화물정보체계, 차세대도로/차량제어 체계등 4개 분야로 분류 추진계획(안)수립하였으며, 범 부처회의에서 공동으로 추진키로 결정

●추진방법으로서는 분야별·부처별로 세부과업을 지정하고, 각 체계별로 기본계획, 기본설계, 상세설계, 시범운영 등의 과정을 거쳐 시스템 개발을 하도록 함

-현재 건설교통부, 경찰청이 공동주관으로 국가 ITS기본계획의 수립을 위한 2개년도에 걸친 연구용역을 발주하여 2차년도 연구용역 수행중으로, 내년 상반기중 ITS기본계획(안)을 확정예정(주용역기관: 대한교통학회)

-수도권 ITS 기본설계를 '96년부터 착수예정(건설교통부 및 경찰청)

-ITS시범운영사업은 건설교통부/경찰청이 주관하여 '96년에 기본설계 → 실시설계 → 설치 → 시범운영의 과정을 시행예정

■국내 기술동향

●1980년 서울에 도시교통관제 시스템(UTCS: Urban Traffic Control System)이 도입된 후 부산, 대구, 인천, 대전, 광주등 광역시에 설치 운영중이며, 교통소통에 많은 기여를 하였으나 운영상제약 및 교통혼잡처리 등에 한계가 있어, 이를 극복하기 위한 첨단 신호제어시스템이 1991년부터 3개년에 걸쳐 개발되어 서울시 일부구간에서 시범운영되었으며, '96년부터 설치예정

●고속도로 관리시스템(FTMS: Freeway Traffic Management System)이 1992년부터 2년에 걸쳐 외국기술진과 공동으로 개발되어, 서울-대전간 고속도로구간에 설치되어 운영중

●상기한 UTCS와 FTMS는 개발초기단계로서 향후 지속적으로 기능추가, 보완, H/W개선등이 요구됨

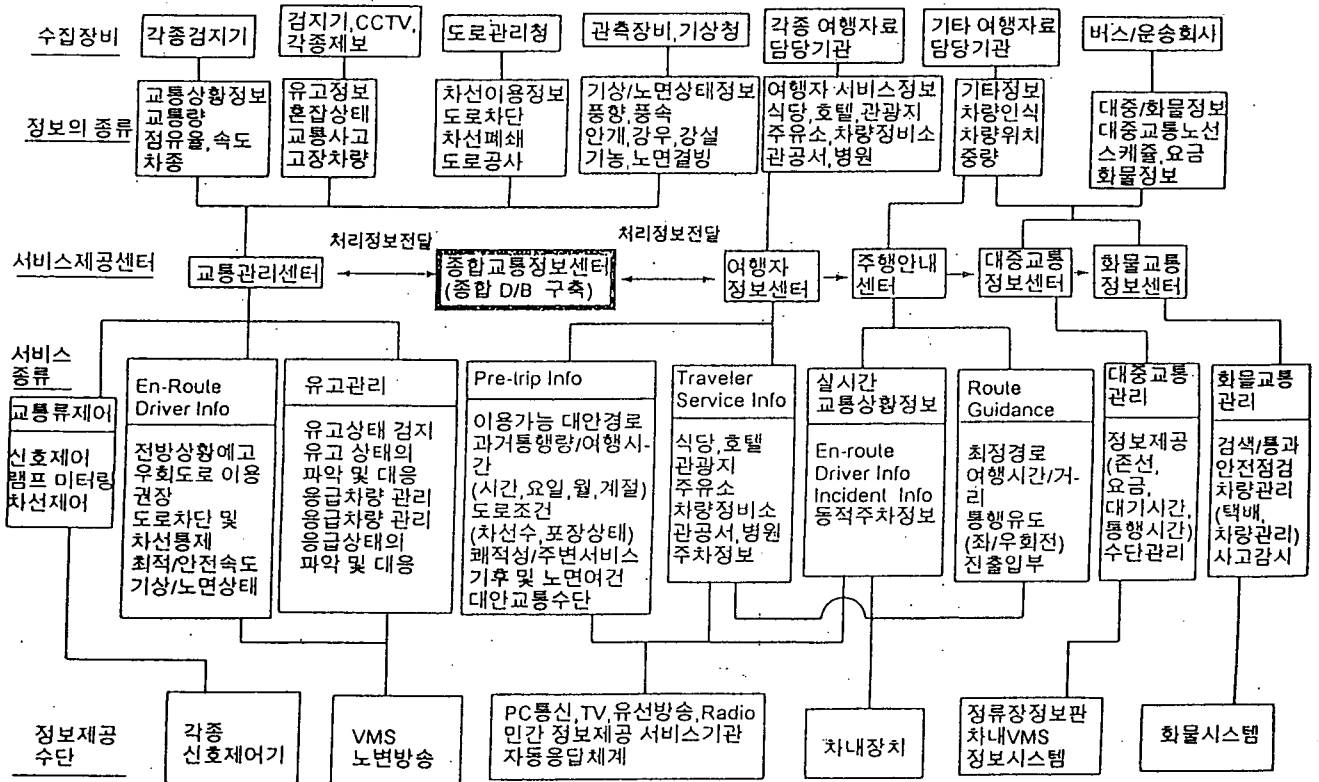
● 국내 기술수준을 볼때 전자, 통신 기술을 바탕으로 ITS구축에 필요한 세부기술개발능력은 부분적으로 갖고 있으나, 전체적인 통합시스템기술, 알고리즘기술, 자동차제어 기술등은 취약

● 국내에서 개발중인 시스템으로서 GPS를 이용한 차량위치 파악후 이를 개별차량에 알려주는 차량항법체계, 차량의 고유번호를 인식하는 자동차량인지 시스템이 있으나 성과가 낮고, 그 밖의 기술연구도 여러분야에 걸쳐 산발적으로 이루어지고 있어 기술집약의 취약성을 갖고 있음

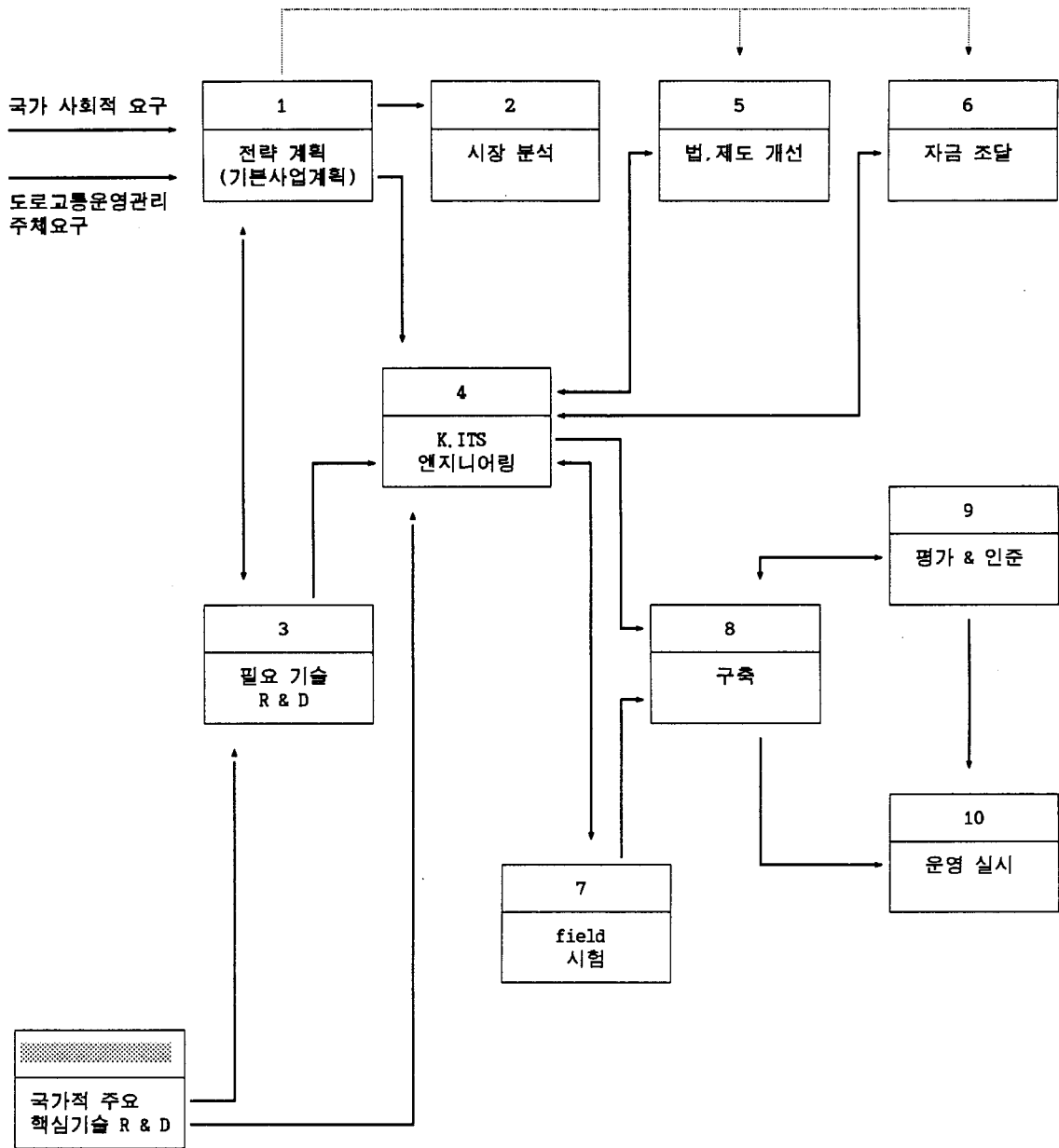
● 따라서 국내 교통체계의 외국 기술의존이나 중복투자를 막기 위한 기술개발 및 구축을 위하여 국가 기본계획수립과 조직적 기술투자(예: G7 선도기술사업)의 필요성이 크게 대두

1.6 K.ITS 개요

■ K.ITS 서비스 체계



■ K.ITS 구축사업 연관도



(주) - K.ITS 시스템 엔지니어링
 : 분석 정의 + 설계 + 개발 + 시험
 - R & D : 분석 연구 + 개발 + 파일럿트 실험

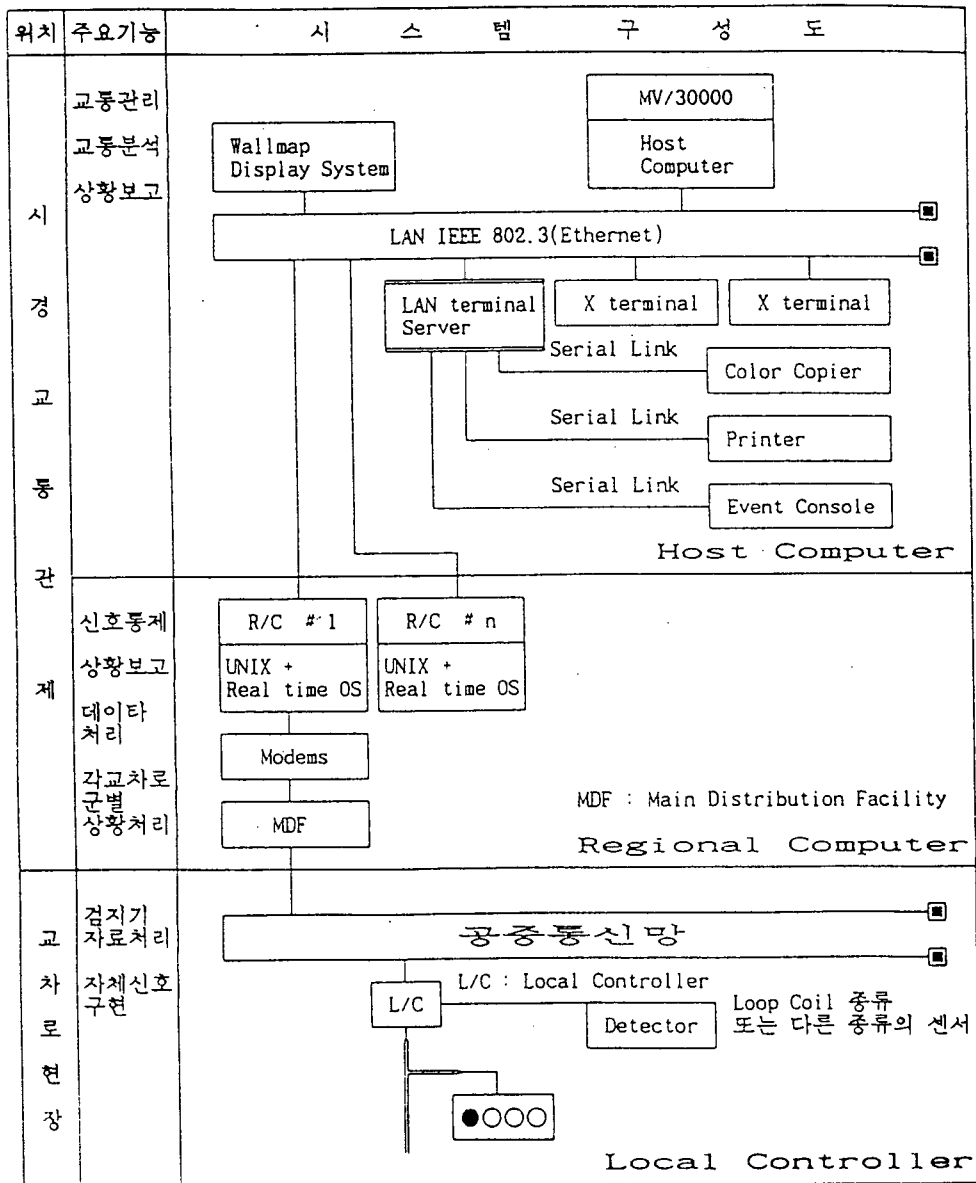
2. 첨단 교통체계의 주요기법

2.1 간선도로 교통관리시스템

간선도로교통관리시스템의 대표기능은 실시간신호제어이며, 이러한 기능은 첨단신호시스템의 구축으로 가능하다. 첨단신호시스템은 서울시에서 연구개발비를 지급하여 도로교통안전협회, 교통개발연구원, 아주대 교통연구소, 금성산전등이 1991년부터 1993년까지 3년의 기간에 걸쳐 공동으로 개발한 것으로, 현재 현장 및 검증시험을 완료한바 있다. 첨단신호시스템은 전역에 걸친 교통관리시스템이 구축되기 위해서는 광역제어 등과 같은 기능이 추가로 개발되어야 한다.

가. 첨단교통신호제어시스템.

■ 시스템 구성

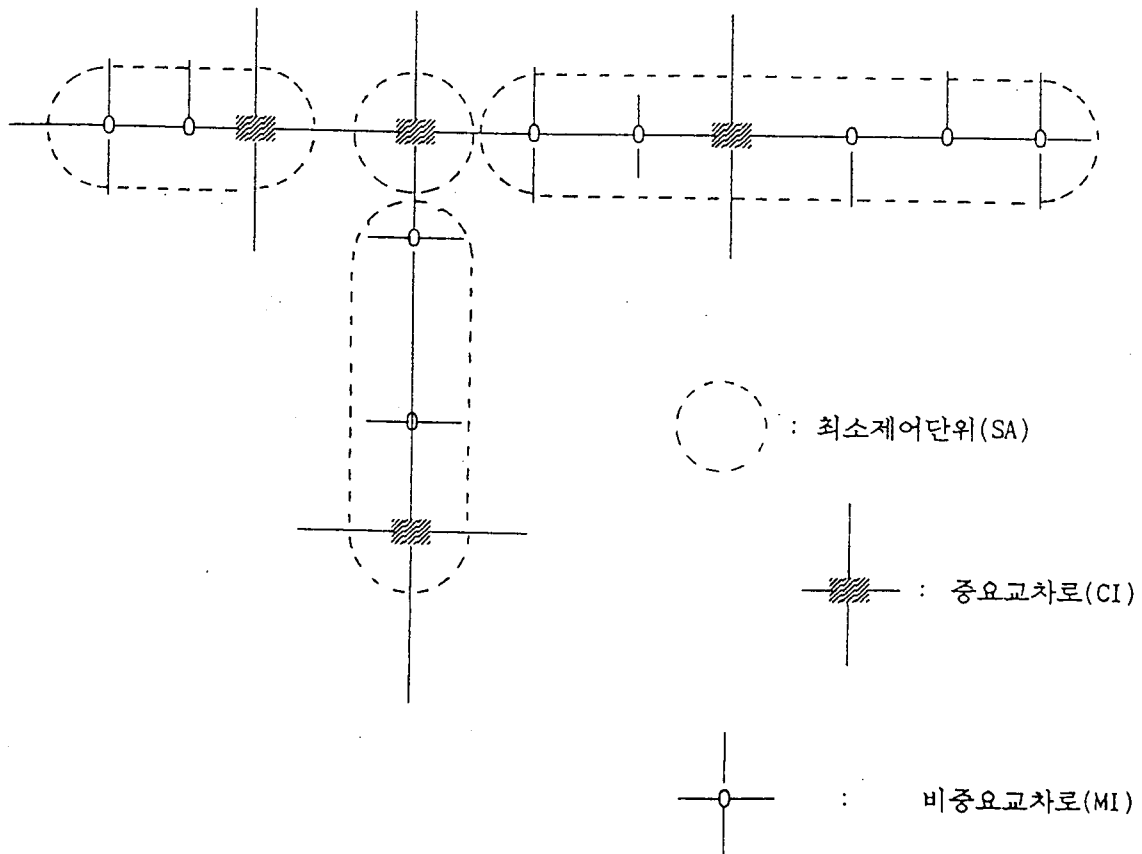


<첨단 신호제어 시스템 구성체계>

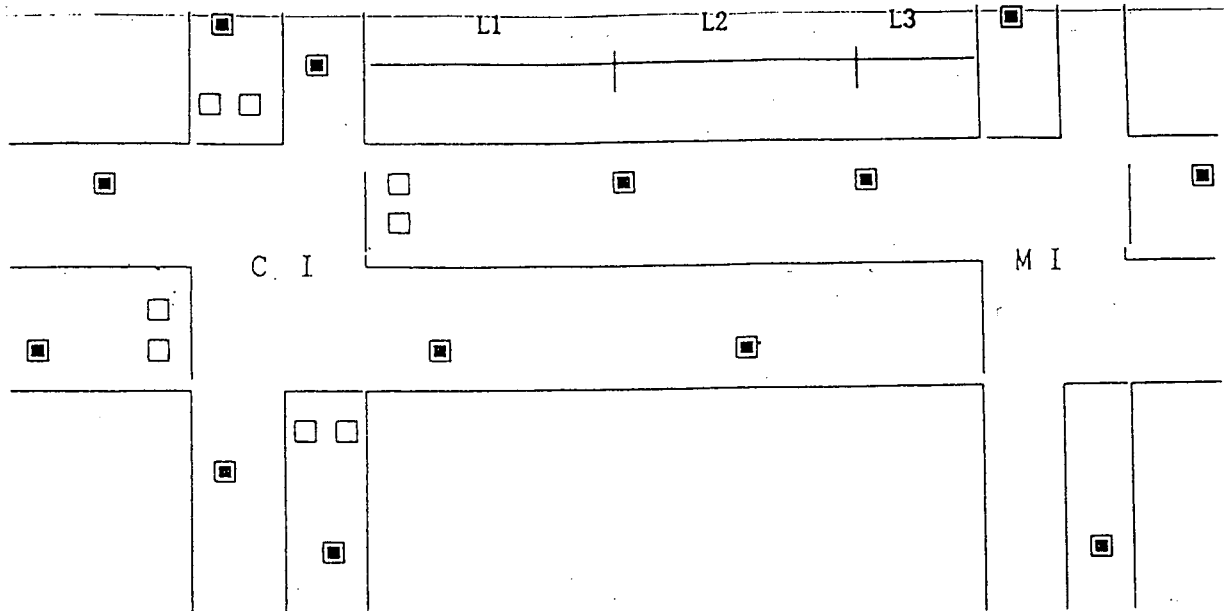
■ 신호제어 알고리즘 개요

· 첨단 신호시스템 신호제어의 기본개념은 실제 교통상황에 대응하여 매주기별로 신호시간을 조정하는데 있다. 신호제어의 효율성은 신호제어의 최소단위를 어떻게 설정하느냐에 따라 크게 달라진다. 첨단 시스템에서는 서울의 교통혼잡이 대부분 간선도로상의 동일한 지점에서 반복적으로 발생되고 있으므로, 중요교차로(critical intersection : CI)의 현장자료를 집중적으로 수집하여 중요 교차로를 중점 제어함으로서 제어지역의 원활한 교통소통을 기하도록 하고 있다.

· 최소 제어교차로군은 최소 1개 교차로로서 10개 교차로까지 구성되며 (<그림 1> 참조) 한 개의 중요교차로를 포함하고 있어야 한다. 제어교차로군은 가능한 연속되는 노선상에 구성되는 것을 원칙으로 하며, 운영자가 사전에 정의한다. 첨단 신호시스템의 검지기체계는 정지선에 설치되는 포화도 검지기, 링크중간에 설치되는 대기차량길이 예측 검지기, 상류부교차로에 설치되는 앞막힘 예방검지기로 구성된다. 첨단 신호시스템의 각 검지기의 명칭 및 위치도를 개략적으로 나타내면<그림 2>와 같다. 각 검지기는 개별차량의 점유시간과 비점유시간을 매 20msec마다 검색한다. 검지자료의 일차자료를 처리하여 포화교통류율, 포화도, 대기행렬의 길이, 주행속도, 링크의 혼잡상태 등을 추정한다.



<그림 1> 제어교차로군



□ :정지선 검지기
 ■ :대기행렬 혹은 앞막힘 예방검지기

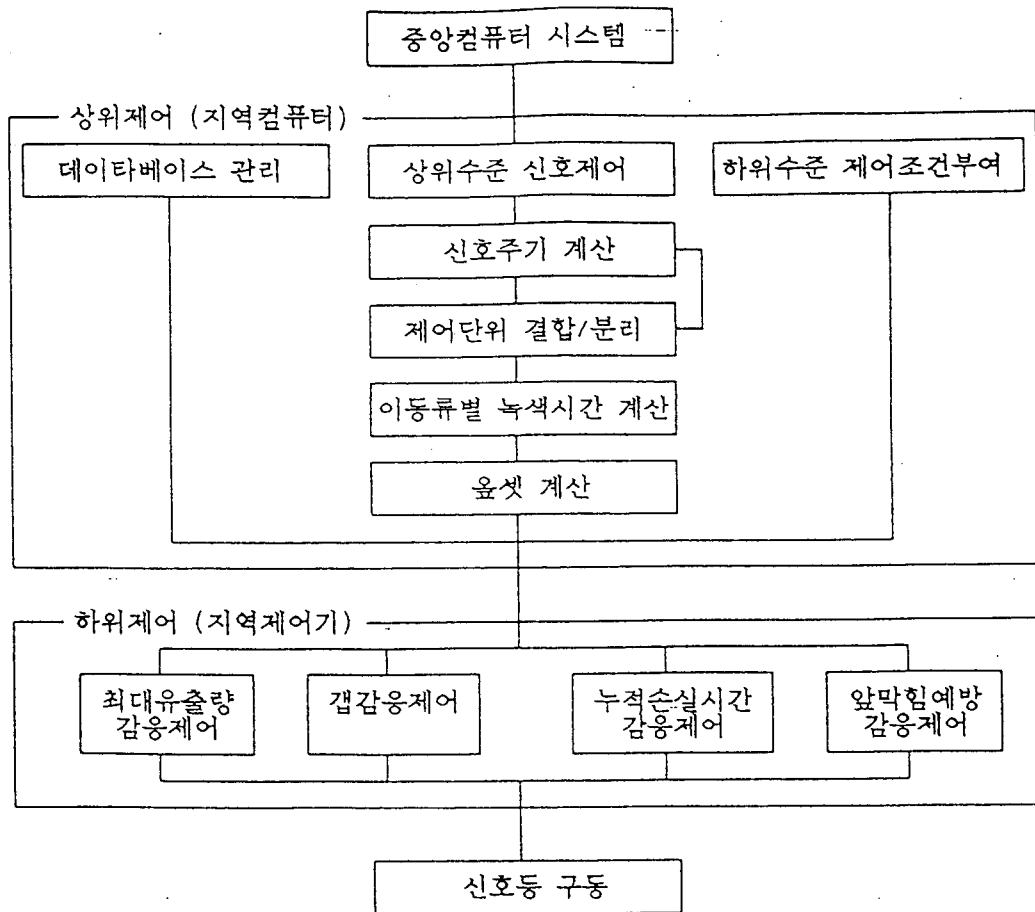
<그림 2>검지기 명칭 및 위치 개략도

■ 계층제어

· 첨단 신호시스템은 계층적으로 분산구성된 개별시스템별로 교통류를 계층제어한다. 신호제어는 상위수준과 하위수준의 2단계로 이루어지는데, 신호시간은 상위수준인 지역컴퓨터에서 1차 계산된 후, 하위수준인 현장제어기에서 2차조정을 거쳐 신호등을 구동시킨다. 신호주기, 이동류별 녹색시간, 윗셋 등의 신호제어변수는 1차적으로 상위수준인 지역컴퓨터에서 앞주기의 검지자료를 토대로 계산된다. 하위수준인 현장제어기에서는 계산된 신호제어변수를 교차로의 소통상황에 의해 조정하여 신호등을 구동시키는 일련의 과정을 거친다. <그림 3>은 첨단 신호시스템 계층제어의 기본개념을 나타낸 것이다.

· 상위수준인 지역컴퓨터에서는 신호제어, 신호관련 데이터베이스의 관리와 통제처리 및 하위수준(지역제어기) 신호제어의 조건부여등이 이루어진다. 상위수준 신호제어는 검지기에서 수집, 처리된 정보를 이용하여 신호제어변수인 신호주기, 녹색시간, 윗셋을 결정하고 현장제어기에 전송하는 것을 의미한다. 또한 하위수준 감용제어의 필요조건을 판단하여 감용제어의 실행명령을 전달한다.

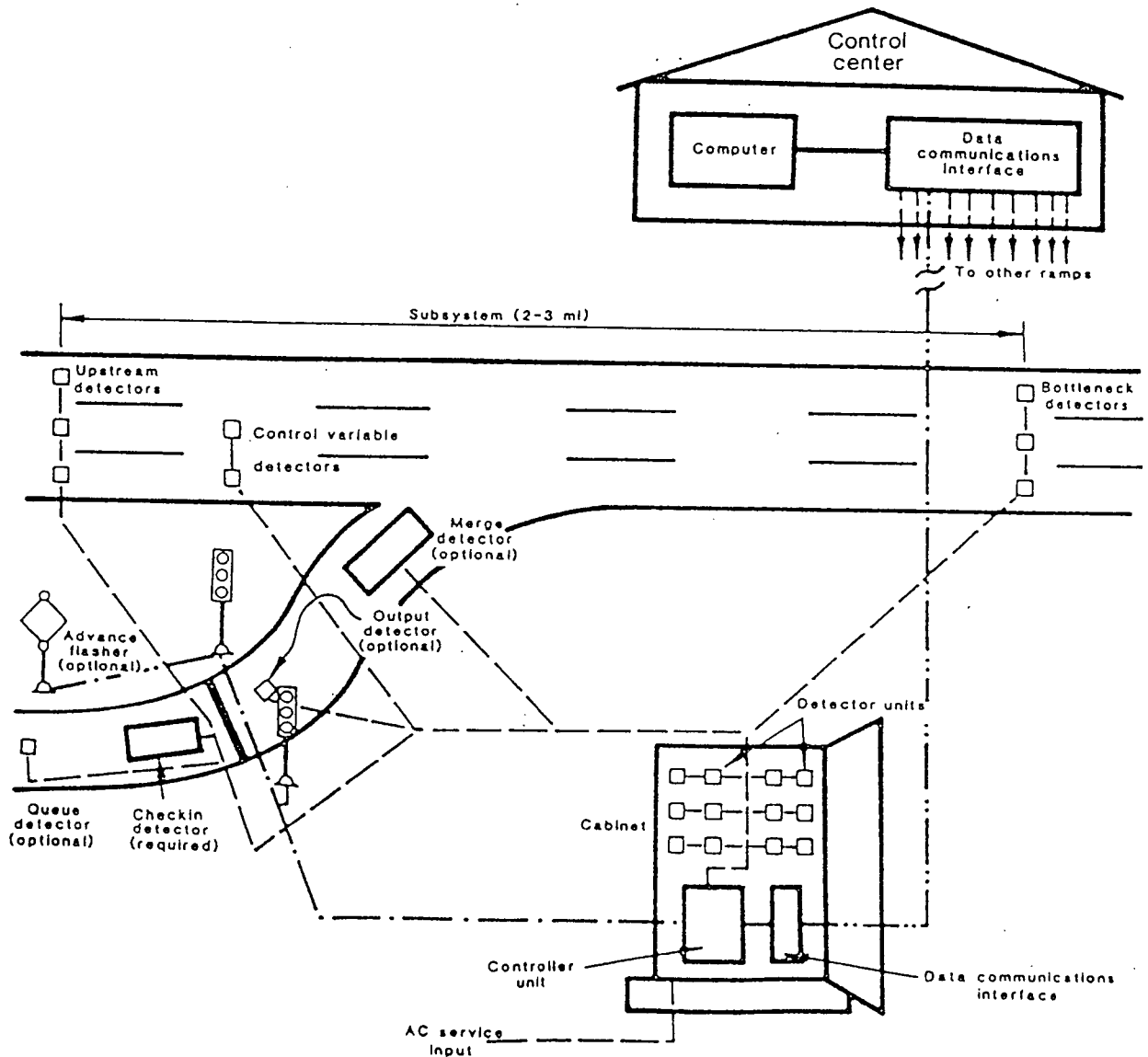
· 하위수준(현장제어기)에서는 과도한 대기차량으로 인하여 정상상태의 신호운영이 불가능한 경우, 대기차량수를 관리하고 앞막힘현상을 예방하기 위하여 녹색시간을 조기 종결하거나 현시를 생략하는 등의 현장감응제어를 수행한다. 현장제어기는 감응제어정보를 지역컴퓨터에 전송하여 지역컴퓨터에서 다음주기의 신호제어변수를 계산하는데 고려하도록 한다.



<그림 3> 신호제어의 계층제어 개념도

3) 진입램프미터링 효과분석

고속도로교통관리시스템의 구축시 발생하는 기대효과는 정보제공을 통한 차량분산, 교통사고감소 등 다양하지만, 진입램프미터링으로 인한 효과가 대표적이다. 진입램프미터링이란 고속도로본선으로 진입하는 교통량을 효율적으로 통제하여 본선의 수송능력을 극대화하고자 하는 기법이다. 램프미터링을 실시할 경우 고속도로본선의 지체도감소, 여행시간단축, 통과차량대수의 증가 등의 효과가 기대된다. 진입램프미터링을 위한 현장장비는 <그림 6>과 같다.



<그림 6> 진입램프미터링 현장장비

■ 교통상황별 신호제어전략

<표 1> 교통상황별 제어목표 및 제어전략 구축방향

| 교통상황 | 혼잡상태 | 제어목표 | 제어방향 |
|-------|--|---|--|
| 한산상태 | · 차량대기 미형성 | · 지체 및 정지수 최소화 · 과속 방지 · 신호무시경향 예방 | · 교통수요에 따른 녹색시간 배분 · 차량균출현 고려한 녹색신호시작 |
| 근포화상태 | · 차량대기가 형성되어 있으나 늘어나지 않음 · 지체가 특정지역에 영향을 미침 | · 신호손실시간 최소화 · 지체발생 억제 · 원활한 교통류 유지 | · 교통수요에 따른 녹색시간 배분 · 교통수요에 따른 신호현시방법 조정 · leading-green or lagging green · 대기차량을 고려한 녹색신호시작 |
| 과포화상태 | · 차량대기가 형성되어 상류교차로에 미치는 수준까지 연장 | · 대기차량길이 제어 · 대기차량분산 · spill-back현상 예방 · 교통수요 억제 | · 대기차량 교통류에 대한 녹색시간 연장 · spill-back현상시 상부교차로 녹색시간 축소 · 유입차량 진입 억제 |

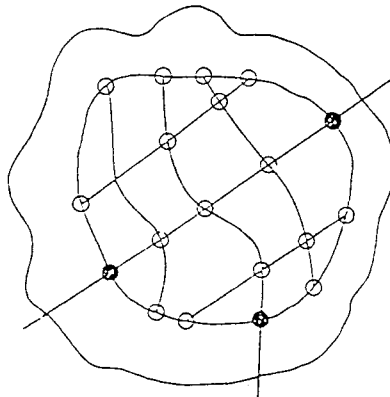
출처: 서울특별시 교통신호제어 시스템 기술개발(3차년도), 중앙시스템 개발보고서, 1993

나. 기타 관련 제어 전략

■ 광역제어

신호제어시스템이 분산처리의 목적으로 대상도시를 수개로 분할하여 지역컴퓨터단위로 제어할 경우 상위개념의 광역제어를 필요로 한다. 광역제어에서 대표적인 기능은 외부통제기법(external metering)이 있다. (<그림 4>참조) 특정 지역에 교통수요가 집중하여 만성적인 혼잡이 발생할 경우 주요 유입부에서 대상지역의 진입교통량을 통제하는 기법을 말하는데 혼잡교통류제어의 대표적인 기법이다.

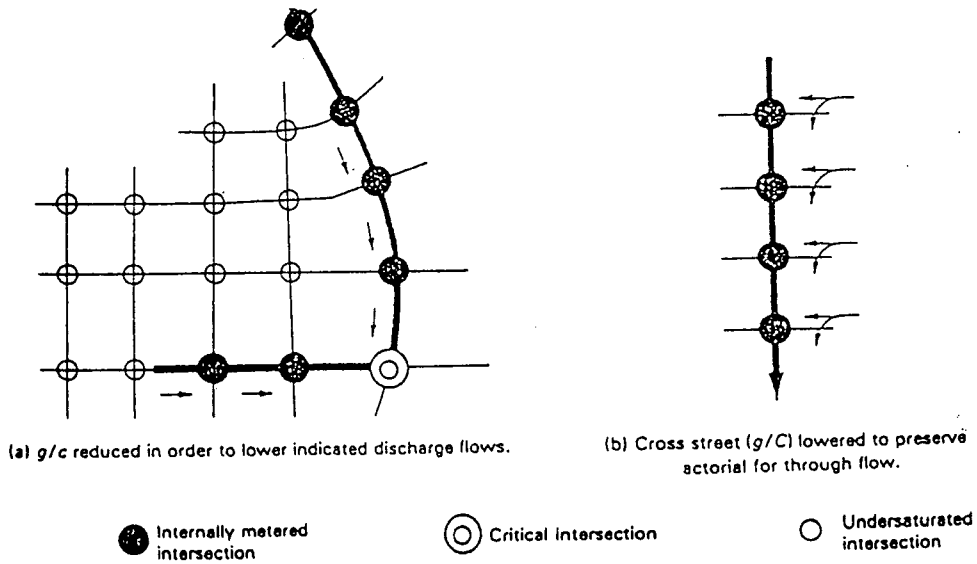
현재 개발된 신신호시스템은 지역컴퓨터수준까지 개발되어 있다. 광역제어를 위한 상위 컴퓨터수준의 소프트웨어개발에 착수하여, 신신호시스템의 확대설치와 함께 구축되도록 해야 한다.



<그림 4> 외부진입통제의 개념도

■ 내부미터링

혼잡교차로에서 발생한 대기행렬의 길이가 과도하게 길어져 상류부교차로를 차단할 위험이 있는 경우, 상류부 교차로의 신호시간을 조정해서 대기행렬의 길이가 적정수준에 유지하도록 제어해야 한다. 이때 상류 교차로의 유입방향 신호시간을 줄여 하류교차로의 유입교통량을 감소시키는데 이러한 기법을 내부미터링(internal metering)이라 한다. (<그림 5> 참조) 유입방향 신호시간을 통제할 경우 유입교통류는 간선도로의 직진, 부도로부터의 좌우회전 교통류가 되는데 직진과 좌회전 교통류는 현행 신호체계에서 통제가 가능하지만, 우회전교통류는 통제하지 못한다. 따라서, 혼잡교차로제어를 위하여 필요한 교차로에서는 우회전신호통제가 요청된다.



<그림 5> 내부미터링 개념도

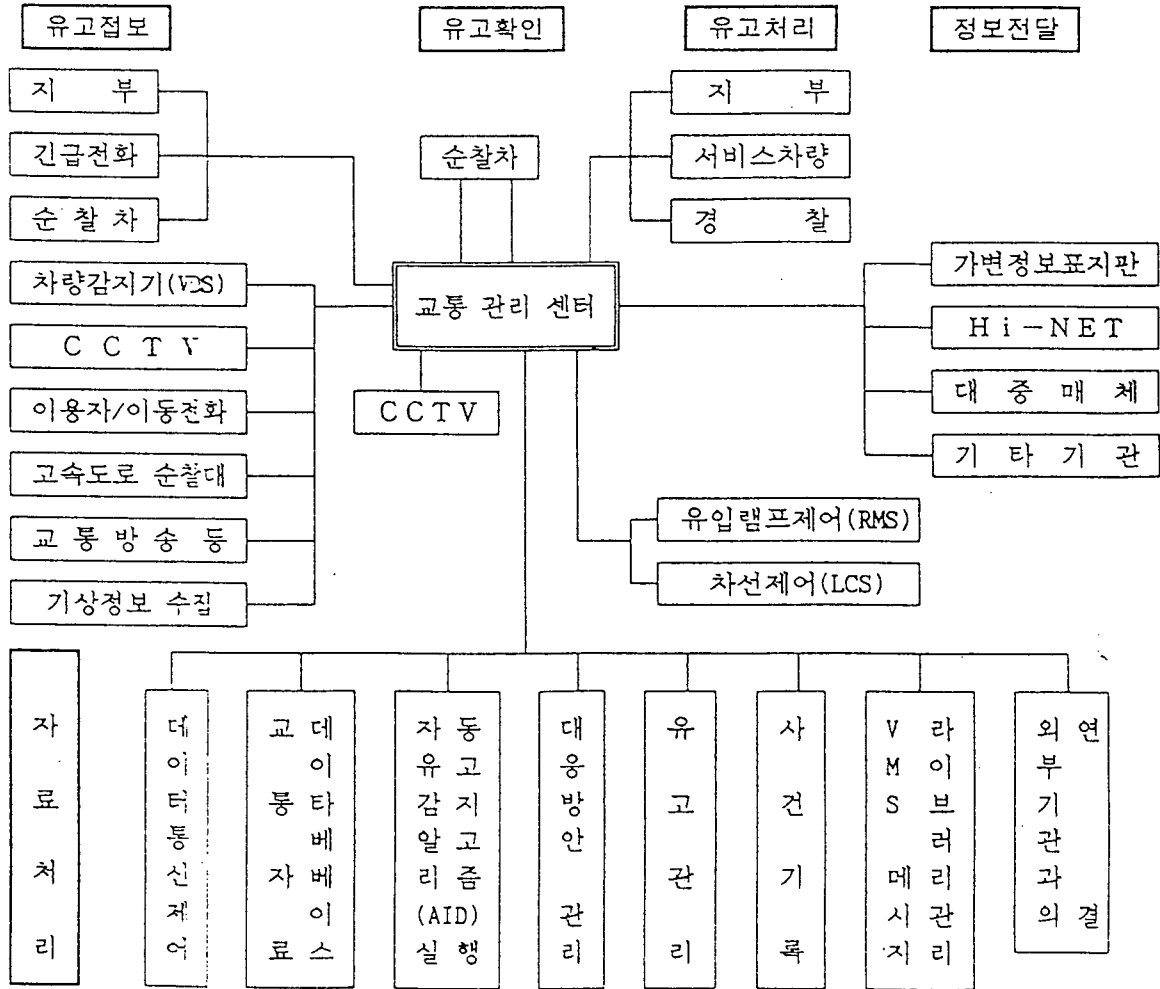
2.2 고속도로 교통관리시스템

가. 고속도로 교통관리시스템(Freeway Traffic Management System : FTMS)

● 목표

- 교통류관리
- 고속도로 기능 회복
- 교통사고감소
- 신속한 유고처리
- 실시간 교통정보 수집 및 제공

나. 시스템 구성요소



다. 현장장비 구성

1) 차량관리 시스템(Vehicle Detection Subsystem)

- 실시간 교통정보수집
- 유고감지

2) CCTV

3) 가변정보 표지판(Variable Message Sign)

- 교통상황(하류부, 대체도로)
- 교통사고 정보
- 차선이용안내
- 기상정보

4) 유입램프 제어 시스템(Ramp Metering System)

5) 차선제어표지(Lane Control Sign)

- 차선 사용유무 및 진출입 표시

6) 기상감지시스템(Weather Information System)

라. 교통류 관리기법

1) 교통축제어

과거에는 고속도로 수송효율의 극대화를 제어목표로 교통을 관리, 제어해 왔으나 최근에는 고속도로본선을 중심으로 영향권내의 주변도로의 제어를 동시에 실시한다. 특히 도시고속도로망이 발달해 있는 미국의 텍사스주, 캘리포니아주 등의 대도시 지역에서는 주요 도시고속도로를 중심으로 교통축제어의 개념으로 도시교통을 관리한다. 이를 위해서 고속도로교통관리시스템과 간선도로 교통신호제어시스템을 연계하여 교통축에 포함하는 도로들의 소통증진을 위하여 제어이론을 개발하고, 이에 따른 시스템을 구현해 왔다.

교통축제어의 기본전략은 기본적으로 '통제(restriction)'와 '분산(diversion)'의 두가지 측면을 포함한다. 통제란 고속도로진입 교통수요가 용량을 초과하지 않도록 물리적시설을 통하여 통제하는 것을 말하며, 분산이란 교통축상에서 교통수요가 과도하게 집중되는 구간의 교통량을 용량의 여유분이 있는 구간으로 우회하게 하는 것이다. 통제는 고속도로진입로, 본선, 주변교차로에 있는 각종 신호기들을 연계시킴으로써 가능하며, 분산은 각종 정보판이나 여행자정보시스템을 통하여 설치할 수 있다.

교통축제어를 위해서는 기존에 고속도로와 신호교차로제어에 사용되는 다양한 기법들을 동원해야 하며, 다음과 같다.

- 고속도로와 평형한 도로의 신호연동
- 고속도로인터체인지와 직교하는 교차로의 신호연동

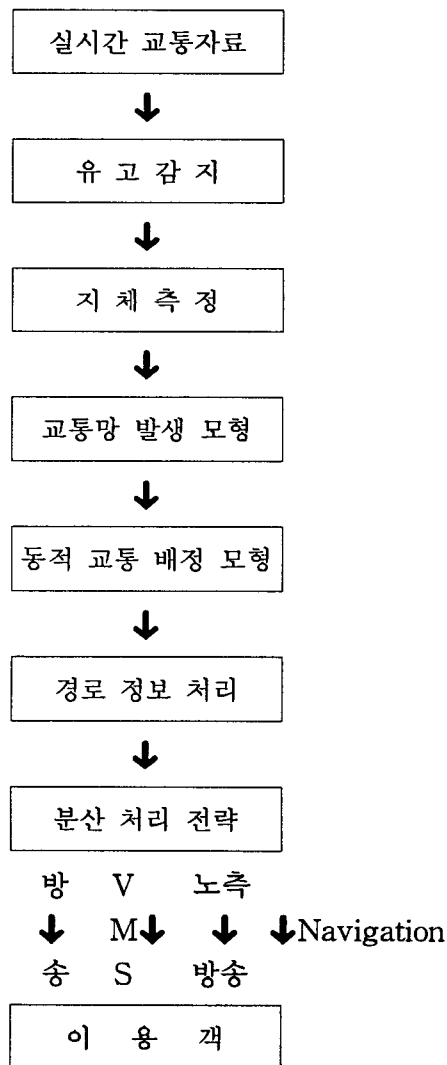
- 진입램프통제시 인접교차로까지 증가하는 대기차량길이 통제
- 진입램프미터링과 주변교차로와의 연계
- 유고의 조기인지와 신속한 대체방안

2) 교통류 분산처리

교통네트워크상의 한 Link에 유고(Incident)나 정체(Congestion)가 발생하였을 때 그 Link를 포함하는 경로를 이용하려고 하거나 이용하고 있는 이용객 교통을 분산해야 할 필요가 있다. 이런 교통분산처리 체계는 이용객의 상태에 따라 통행전(Pre-trip)정보전달, 통행중 외부장치(VMS, 노측방송등)나 내부장치(Navigation 장비)에 의한 정보전달에 의해 실현될 수 있다.

이 교통분산처리 체계는 앞에서 서술한 축제어(Corridor Control)체계와 밀접한 관련이 있는데 축제어 체계는“제어”라는 측면이 강조되고 이 교통분산처리 체계는 “관리”의 입장에서 취급된다.

교통분산처리 체계는 대체로 다음과 같은 구성을 이루고 있다.



■ 미터링 방법

- 고정시간식 제어(Pre-Timed Metering)
 - 단일진입 제어(Single-Entry Metering)
 - 차군 제어(Platoon Metering)
 - Tandem Metering
 - 2차선 제어(TwoAbreast Metering)

- 교통량-감응식 제어(Traffic-Responsive Metering)
 - 수요-용량 제어(Demand-Capacity Control)
 - 점유율 제어(Occupancy Control)
 - 주행선 제어(Shoulder Lane Space Control)
 - 간격수락합류제어(Gap Acceptance Merge Control)

- 통합적 램프제어(Integrated Ramp Control)
 - 통합적 고정시간식 제어(Integrated Pre-Timed Metering)
 - 통합적 교통량감응식 제어(Integrated Traffic Responsive Metering)

■ 미터링 효과

미터링 효과에 관하여 북미 대도시에서 조사보고된 결과를 수록하였는 바 <표2>와 같다.

<표 2> 북미 대도시의 램프미터링 효과

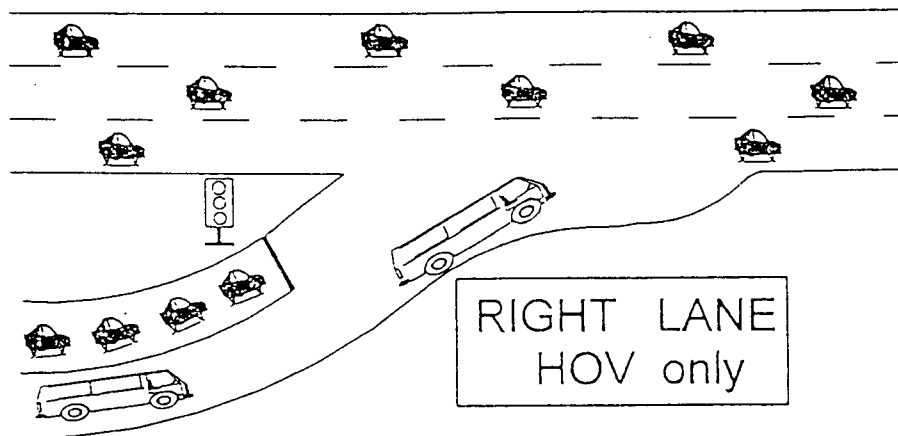
| Location | Length (Mi) | Time Period (Hr) | Travel Time Improvement (Percent) | Congested Freeway Travel, Minute-Mile, Reduction (percent) |
|------------------------------|----------------|-------------------------------------|---|--|
| Minneapolis(Minnesota) | | | | |
| 1-35W | | 7:15-8:15 a.m. | 34 | 95 |
| Inbound | 16.6 | 6:30-9:30 a.m. | 14 | 100 |
| | | 4:30-5:30 p.m. | 19 | 59 |
| outbound | 12.7 | 3:30-6:30 p.m. | 19 | 92 |
| Chicago(Illinois) | | | | |
| Eisenhower Expressway | | | | |
| Inbound | 9.4 | 2-hr a.m. peak | 9 | 22 |
| | | 4-hr a.m. peak | 5 | 23 |
| Los Angeles(California) | | | | |
| Santa Monica Freeway | | | | |
| Inbound | 13.5 | 6:30-9:30 a.m. | 40 | 100 |
| Houston(Texas) | | | | |
| Gulf Freeway | | | | |
| Inbound | 6 | 7:00-8:00 a.m. | 60 | 66 |
| Los Angeles(California) | | | | |
| Harbor Freeway | | | | |
| Outbound | 4 | 3:45-6:15 p.m. | 55 | 80 |
| Detroit(Michigan) | | | | |
| Lodge Freeway | | | | |
| Inbound | 6 | 2:30-6:30 p.m. | 33 | 89 |
| Toronto(Canada) | | | | |
| Queen Elizabeth Way (QEW) | | | | |
| Inbound | 3.9 | 7:00-9:00 a.m. (good conditions) | 45 | 45 |
| | | 7:00-9:00 a.m. (good conditions) | 59 | 40 |

자료: ITE, 'Traffic Control Systems Handbook', 1985.

4) 다인승차량 우선진입방안

다인승차량에 우선권을 부여하는 방안이 교통수요관리의 주요방안으로 실시된다. 고속도로의 경우 다인승차량의 우선정책으로 국내에서는 통상 다인승차량전용차선제를 실시하여 왔다. 경부고속도로의 다인승차량저나용차선제가 상당한 효과를 보고 있는 것으로 평가되고 있으나, 이 제도의 문제점은 도로의 용량을 충분히 활용하지 못하고 있다는 사실에 있다. 다인승차량전용차선은 교통수요가 부족해서 항상 용량이 낭비되며, 일반차선은 극심한 정체로 인하여 용량저하현상이 발생한다.

다인승차량우선진입제는 램프미터링시스템이 구축된 경우 실시가 가능하며 다인승차량우선정책으로 효과적인 방안이다. <그림 7>에 이러한 방안의 개념도가 있다. 고속도로진입램프를 2차선을 확보하여 좌측차선은 일반차량이 통과하게 하면서 미터링을 하며, 우측차선은 다인승차량에게 제공하여 이 차선은 미터링을 실시하지 않고 자유롭게 고속도로로 진입하게 하는 방안이다. 이 경우 일반차량은 진입램프에서 신호로 인하여 고속도로에 진입하기까지 지체하게 되지만, 다인승차량은 진입시 지체를 지체를 경험하지 않는다. 일단 본선에 진입한 차량은 램프미터링의 효과로 고속도로본선을 혼잡없이 주행할 수 있다. 이 방안은 고속도로의 용량을 최대한 활용하면서 다인승차량에게 혜택을 주는 방안으로 향후 도시고속도로교통관리센타가 구축되면서 동시에 실시될 것을 적극 추천한다.



<그림 7> 다인승차량 진입우선제 개념도

5) 유출부 처리

고속도로 차량의 원활한 유출을 보장하지 않고는 고속도로의 제기능찾기가 쉽지 않다. 원활한 유출을 위해서는 고속도로주변 도로를 대상으로 다음과 같은 방안을 시행해야 한다.

제1단계. 주변교차로 신호시간 조정

제2단계. 주변도로 기하구조 변경

제3단계. 고속도로로부터 진출하는 차량에 우선권부여

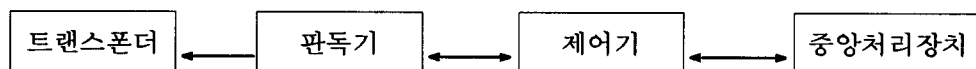
신호시간 조정은 많은 비용이 소요하지 않는 방법이다. 이를 위해서는 고속도로교통관리시스템과 신호제어시스템이 연계하여 운영되어야 하며 이러한 제어방식을 '교통축제어(corridor control)'라 일컫는다. 고속도로교통축의 원활한 수송체계를 확보하기 위해서는 영향권에 있는 주변도로를 통합제어하는 방식이 바람직하다. 가능하다면 고속도로의 기하구조를 변경해야 하며, 최후의 방법으로는 통행방식에 대한 원칙을 재고하는 제3단계를 고려해야 한다. 고속도로에서 진출하는 차량이 시가지도로의 차량보다 도로사용에서 우선권을 가지게 하는 것이다. 텍사스주를 중심으로 미국의 일부는 이러한 제도를 채택하여, 시가지도로의 혼잡인 고속도로의 본선으로 역류하는 현상을 방지하는데 효과를 얻고 있다.

2.3 주행차량 자동인식체계

가. 주행차량 자동인식 체계 구성 및 적용분야

1) 주행차량 자동인식 체계 구성

주행차량 자동인식(Automatic Vehicle Identification) 체계는 특정 지점을 지나는 차량의 속성을 자동으로 인식하는 기술이다. 주행차량 자동인식 체계는 차량에 부착되는 트랜스폰더, 트랜스폰더로부터 차량의 속성 정보를 읽어 들이는 판독기, 트랜스폰더와 판독기 간의 통신을 제어하는 제어기, 제어기와 연결되어 차량의 속성 정보를 관리하는 중앙처리장치로 구성된다.



무선 통신 기술의 발달은 차량과 도로부 간의 정보를 신속하고 정확하게 이동시킬 수 있는 능력을 제공하고 있다. 특히, 차량과의 양방향 통신은 자유로이 정보전달이 가능하여 주행차량 자동인식이 향후 추진될 한국 첨단교통체계내 전 분야에 걸쳐 활용될 수 있다.

2) 적용분야

주행차량 자동인식 체계는 유료 도로의 전자식 요금징수(Electronic Toll Collection), 전자식 혼잡료 징수(Electronic Road Pricing), 교통정보제공(Advanced Traveler Information System), 주차요금지불, 대중교통요금지불 분야 등에 폭넓게 적용될 수 있다. 최근에는 단차선에 적용하던 것을 다차선으로 확대 적용하려는 연구가 이루어지고 있으며, 이러한 기술적인 발달은 주행 중에 수행할 수 있는 편리성과 다양한 요금 지불을 통합화할 수 있는 가능성을 보여준다.

전자식 요금징수는 주행차량 자동인식이 가장 활용되는 분야로서 미국, 유럽, 일본 등에서는 이미 설치되어 운영 중에 있다. 고속도로 요금소에서 주행차량 자동인식 체계의 도입은 국내의 고속도로 지체를 완화시키며, 현재 개발 단계에 있는 국내의 FTMS(Freeway Traffic Management System) 분야와 연계되어 차량의 통행 시간, 통행 속도 등의 정보를 수집하는 데 활용될 수 있다.

나. 인식체계의 분류 및 비교

1) 인식체계의 분류

유도루프 체계는 땅 밑에 매립되어 있는 유도루프 안테나가 매우 낮은 주파수 대역을 사용하여 차량 하부에 부착된 트랜스폰더와 통신을 통해 차량의 속성정보를 식별하게 된다. 번호판 인식체계는 카메라가 차량의 번호판(또는 차량 후면 전체)의 상을 잡고 디지털 타이즈 시킨 다음 압축하여 플로피 디스크나 중앙 데이터베이스에 저장되는 체계이다. 광학바코드 체계는 다양한 폭 또는 색으로 부호화된 바코드가 차량 몸체의 외부에 부착되고, 이 라벨을 레이저 스캐너가 판독함으로써 차량을 인식하는 체계이다. 초음파 체계는 주행차량 자동인식 판독기에서 송신된 전자기 신호가 트랜스폰더의 리튬-크리스탈면을 가로 질러 표면파를 생성하면서 판독기에게 차량의 속성 정보를 전송하게 되는 체계이다. 마이크로파 체계는 주행차량 자동인식 체계 내 판독기의 무선주파 모듈에서 변조를 통해 무선주파를 트랜스폰더로 송신하고, 다시 트랜스폰더로부터 수신된 무선주파 신호를 복조하여 차량의 속성을 읽는 방식으로 구동한다. 트랜스폰더의 간단한 조작으로 차량에 대한 많은 정보를 얻을 수 있는 장점이 있다. 적외선 통신 체계는 투광기가 적외선을 방사하고 수광기는 차량으로부터 반사된 차량의 속성 정보를 인식하게 된다. 다음은 각 체계의 장단점을 나타낸 것이다.

<표 3> 인식체계별 장단점

| 구분 | 장점 | 단점 | |
|----------|---|---|---|
| 유도 루프체계 | - 통신의 신뢰성이 확보됨 - 차선-교차 판독의 가능성 감소 - 전기적 간섭이 매우 적음 | - 전송률이 낮음 - 트랜스폰더 전원을 차량으로부터 공급 - 환경적인 조건에 영향을 받음 | |
| 번호판 인식체계 | - 트랜스폰더가 필요 없음 - 번호판은 속성상 복제가 어려움 - 차선 간 간섭이 없음 | - 환경적, 물리적 장애를 많이 받음 - 상대적으로 신뢰도가 낮음 - 국제적인 번호판 표준이 결정되어야 함 | |
| 광학 바코드체계 | - 번호판 인식기보다 높은 속도로 차량의 속성 정보를 읽을 수 있음 - 차선 대 차선 간의 간섭이 작음 - 단순하고 부착이 용이하며 생산가도 낮음 | - 환경적, 물리적 장애를 많이 받음 - 복제가 가능 - 검색중 저속과 정확한 라벨 부착이 요구됨 | |
| 초음파 체계 | - 트랜스폰더 복제가 불가능 - 제작비용이 저렴함 - 자료 전송을 위한 전원이 불필요 | - 통신 범위를 4.5m 이하로 제한됨 - 자료 전송률에 제약이 받음 - 트랜스폰더는 재프로그램이 불가능 | |
| 마이크로파 체계 | 능동형 | - 통신 가능 범위가 큼 - 신뢰성 우수 - 전기적 간섭 가능성이 적음 | - 생산 단가가 높음 - 차선 간 전기적 간섭 가능성이 큼 - 트랜스폰더의 전원은 차량으로부터 공급 |
| | 수동형 | - 차량 전원과 연결할 필요가 없음 - 능동형에 비해 트랜스폰더 회로가 덜 복잡 | - 능동형에 비해 신뢰도가 낮음 - 전기적 간섭 가능성이 큼 - 운영범위가 작음 |
| 적외선 통신체계 | - 전자기 간섭에 대한 저항성 - 단기간의 체계 구성과 생산비 저렴 - 통신 범위 조절 가능 - 적외선 장치의 설치와 유지가 쉬움 | - 환경적, 물리적 장애를 많이 받음 | |

2) 인식체계의 비교

주행차량 자동인식 체계간의 장·단점을 비교하기 위한 척도로는 신뢰성, 다중 판독 능력, 전기적 간섭에 대한 저항성 등의 기술적인 측면과 트랜스폰더의 전원 조달 방식이나 생산 비용 등과 같은 경제적인 측면으로 크게 대별될 수 있다. 그 외에 전자기의 인체에 대한 안전성, 트랜스폰더의 복제 저항력 등이 있다. 동일한 통신 매체를 사용하더라도 체계에 사용되는 구성원의 비용이 다르므로 자동인식 체계간의 비용-효과적인 비교는 수행하기 어려우며 다음 표와 같은 상대적인 비교만이 수행될 수 있다고 본다.

<표 4> 자동인식 체계 비교

| 방안 평가척도 | 유도 루프 | 바코드 | 초음파 | 초단파 | 적외선 |
|------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| 신뢰도 | 높음 | 낮음 | 중간 | 높음 | 높음 |
| 복제저항력 | 중간 | 낮음 | 높음 | 중간 | 중간 |
| 다중 판독 능력 | 낮음 | 낮음 | 높음 | 높음 | 높음 |
| 간섭 저항력 | 높음 | 높음 | 낮음 | 낮음 | 높음 |
| 환경 저항력 | 중간 | 낮음 | 높음 | 높음 | 낮음 |
| 안전도 | 높음 | 높음 | 높음 | 높음 | 높음 |

주행차량 자동인식 체계는 차량과 도로부의 양방 통신을 기초로 하여, 높은 차량의 속도에서 신뢰성 있는 통신과 고 속의 자료전송률(대략, 1 Mbps/s)을 가져야 하며, 이러한 기능을 수행할 수 있는 통신 매체는 적외선과 마이크로파를 들 수 있다.

적외선의 경우는 높은 자료 전송률을 실현시킬 수 있고 주파수가 아직은 타 분야에 의해 점유되어 있지 않은 장점을 지닌 반면, 환경에 대한 저항력이 약하다. 마이크로파는 타 인식 매체에 비해 높은 통신의 신뢰도가 보장되고 있는 매체인 반면, 다경로 전달(multiple propagation paths)에 의한 수행도의 부정적인 영향과 차선간의 전자기적인 간섭, 대형차량에 의한 소형차의 가려짐 등이 적외선에 비해 상대적으로 문제가 되는 부분이며, 전용 주파수 할당이 반드시 필요로 하는 점 등을 단점으로 들 수 있다.

다. 해외 개발 동향 및 운영사례

1) 유럽

EC의 후원 하에 1988년부터 추진된 DRIVE 프로그램은 주행차량 인식기술 분야에 기술 지원을 해오고 있으며, 표준화 기구인 CEN/CENELEC/ETSI에 주행 차량 인식 기술에 관련한 제공하고 있다. 1989년에 DRIVE I 은 주행차량 자동인식 체계에 대한 통신의 신뢰성을 실험하기 위한 프로젝트인 PAMELA를 추진하여 1990년에 실험을 완료하였으며, 이 실험 결과를 토대로 DRIVE II에서는 4가지 주요 프로젝트를 전개하고 있다. 이들 프로젝트를 소개하면 다음과 같다.

- CASH - 다차선형 요금징수 체계(3 세대)의 기능 사양을 소개하면 다음과 같다.
- ADEPT - 산업계, 전문가로 구성된 그룹에서 다차선형 요금 징수 체계의 현지 실증 작업 추진
- GAUDI - 스마트카드를 사용한 다중 서비스 개발에 관한 연구 수행
- ADS - 기존 자동요금징수의 기술사양을 확정하고 현장실험을 통하여 적합성과 효과 평가

2) 미국

현재 미국의 전자식 요금징수 생산업체는 활발한 활동을 하고 있으나 ITS 전략 계획자들은 국가적인 ITS 아키텍처 수립을 1996년 중반으로 잡고 있으며, 이로 인해 전자식 요금징수 체계 관련 기술도 계획된 시점까지 가서야 일반적인 의견 수렴이 가능하리라 본다.

전자식 요금 징수 체계와 ETTM 체계 사용자들은 특정 통신 프로토콜을 규정하는 초안을 제시하였으며, 대표적인 초안으로는 IVHS America의 ETTM 사용자 그룹에 의해 제안된 "ETTM User Requirement for Future National Interoperability(Draft Version 2.0)"을 들 수 있다. 차량과 도로부 통신 프로토콜에 대한 또 다른 제안은 표준화 기구인 ASTM에서 제시한 것으로 제안명은 "Standard for Dedicated Short Range, Two-Way Vehicle to Roadside Communications Equipment(Draft 4, 1994)"이다. <표 5>는 두 기관에서 각각 제출한 전용 차량대 도로부 통신 안이다.

<표 5> ETTM 사용자 그룹과 ASTM의 차량 대 도로부 통신(VRC) 안

| | ETTМ 사용자 그룹 안 | ASTM안 |
|---------|---|---------------------------------------|
| 반송파 주파수 | 902 - 928 MHz 2.45 또는 5.8 GHz | 규정안함 |
| 변조방식 | ASK (다운링크와 능동형 업링크) FSK(backscatter 업링크) | ASK |
| 자료 전송률 | 550 Kbps ± 10 % | 500 Kbps |
| 자료 크기 | 512 비트 | 512 비트 |
| 조회방식 | 능동형과 수정 backscatter | 능동형 |
| 안테나 위치 | 모든 태그의 위치 수용 | 상황에 따라 조정 |
| 통신 프로토콜 | 수정 HDLC와 비독점 TDMA | TDMA/Adaptive Slotted Aloha Access |

미국에서 혼잡료 징수 정책에 대한 가장 큰 장벽은 사생활 보호법이 지방정부가 혼잡료를 징수하거나, 통행료 미지불 차량을 검지하기 위해 차량들을 구별하는 행위를 제약하는 점이다. 결국, 미국에서 도로 혼잡료 징수 정책이나 자동 통행료 징수 체계가 널리 보급되기 위해서는 국민들이 이들 체계가 가져다 줄 수 있는 효과(교통혼잡완화, 대기오염감소, 삶의 질 향상 등)에 대한 충분한 인지를 통해서만 가능할 것으로 보인다.

3) 아시아

일본은 일본도로공단(Japan Highway Public Corporation)내에서 1990년 경부터 전자식 요금징수체계에 관한 조사 연구가 진행되고 있다. 건설성은 1993년 6월에 책정한 “도로기술 5개년 계획”중에 자동요금 징수를 차세대 도로 교통 체계의 주요 항목 중 하나로 규정하였다. 민간 차원으로 토요다 사는 1980년부터 마이크로파 ID 트랜스폰더를 사용하여 몇 개의 체계를 구현하였다. 1991년에 수송용차량 통제, 차량 진입관리 분야에 읽기/쓰기 트랜스폰더를 적용하여 수송용 차량이 회사 게이트 주변의 공공도로에서 지체하는 시간을 줄이게 되었으며, 전자식 요금징수 체계와 전자식 혼잡료 징수 체계, 통행시간 측정체계를 개발하였다.

홍콩에서는 유도 루프 안테나 트랜스폰더와의 통신을 통해 차량의 속성 정보를 식별하는 방안인 유도 루프 체계를 개발하였다. 홍콩의 자동 요금 징수는 개인의 사생활 침해, 1997년 중국의 경제특구화를 앞두고 영연방 정부의 행정력 약화, ERP 재원의 사회환원등 시민 편의 증진에 관한 홍보부족, 체계를 단순한 요금징수의 기능보다는 혼잡감소의 수단으로 이용하겠다는 정부의 약속불신으로 성공을 거두지 못하였다.

싱가폴의 혼잡료 징수 체계는 종이 기반체계가 성공적으로 평가받고 있는 사례이다. 그러나 싱가포르 공공 사업부는 감시체계를 인력으로 하기 때문에 파생되는 비용소모와 허가증이 종이로 만들어진 관계로 사기와 위조에 노출될 위험 등으로 인해, 이 체계를 대체하기 위한 대안으로 전자기를 이용한 전자식 혼잡료 징수 체계를 실험하기로 하였다.

라. 이용자의 수용여부 및 관련 법제도

1) 이용자의 수용여부

주행차량 자동인식의 주 적용대상인 요금징수 체계는 고객이 사생활을 보호받기를 원하는 경우 주행차량 자동인식 차선을 선택하지 않고 기존의 인력식이나 자기식을 이용할 수 있도록 요금소 설계를 하는 것이 대안이 될 수 있으나, 이러한 접근방식은 주행차량 자동인식 체계를 도입하여 요금소 용량을 증가시키고 도로에서 발생하는 지체를 감소시키자는 본래의 취지를 제약하게 될 수 있다. 또한, 주행차량 자동인식 체계의 도입목적이 특정인에게 편리함을 주기보다는, 도로를 사용하는 모든 사람에게 혜택이 돌아가도록 하는 것이기 때문에, 물리적인 차선구분을 통한 사생활 보호보다는 고객의 개인정보를 완전하게 보호할 수 있는 스마트 카드와 주행차량 자동인식을 결합하는 방법(예를 들어, 스카트 카드를 이용한 사생활 보호전략)이 가장 바람직한 접근방법이라 본다.

2) 관련 법제도

국내 개인의 사생활 보호에 관련한 법규로는 1994년 1월 7일에 제정된 법률 제 4734호 “공공기관의 개인 정보 보호에 관한 법률”이 있다. 이 법은 공공기관의 컴퓨터에 의하여 처리되는 개인 정보의 보호를 위하여 그 취급에 관한 필요한 사항을 정함으로써 공공 업무의 적정한 수행을 도모함과 아울러 국민의 권리와 이익을 보호하는 것을 목적으로 제정되었다.

트래스폰더와 도로부의 통신을 위하여 전용 주파수 확보는 보다 큰 주파수 대역확보(자료전송량에 관련)라는 점과 타 서비스의 주파수 대역과 차별화 됨으로써, 전자기적 간섭의 영향이 극복될 수 있는 두가지 장점을 제공한다. 전용 주파수 확보와 더불어 국내 주행차량 자동인식의 도입을 위해 선행되어야 할 부분은 체계의 표준화이다. 표준화를 통해 운전자는 동일한 주행차량 자동인식장치(차량탑재장치)를 가지고 서로 상이한 체계들을 동시에 사용할 수 있고, 체계간에 내부요소들을 상호 교환할 수 있도록 해야 한다.

마. 개발방향

1) 개발방향 설정

주행차량 자동인식은 사용자의 편리성과 교통 수요 관리 측면의 필요에 의해 발전되었다고 해도 과언은 아니며, 주행차량 자동인식의 기술 발전 단계를 세대별로 특징을 설명하면 다음과 같다.

<표 6> 주행차량 자동인식체계의 세대별 특징

| 구 분 | 특 징 |
|------|--|
| 1 세대 | <ul style="list-style-type: none"> - 읽기 전용 주행차량 자동인식 - 트랜스폰더는 대개 수동형 - 개방형 요금체계에 효과적 |
| 2 세대 | <ul style="list-style-type: none"> - 읽고 쓰기형 주행차량 자동인식 - 양방향통신이 가능 - 가변메모리 사용 - 거리별 요금제인 곳에 사용이 용이 - 교통정보제공 가능 |
| 3 세대 | <ul style="list-style-type: none"> - 다차선형 - 스마트 카드 기술과 통합하여 수행 - 도로의 구조를 크게 변경시키지 않고 설치 - 적용분야 다양 |

1세대와 2세대는 해외의 전자식 요금징수분야에서 효과적으로 사용되고 있는 기술이며, 이들의 도입효과는 해외의 운영사례를 통해 증명되고 있다. 아울러, 기술적인 측면에서 볼 때, 1세대와 2세대는 현재 국내의 기술능력으로 충분히 단기간에 성취될 수 있는 기술인 반면, 3세대는 선진외국에서조차 개발과 실험만이 진행되고 있고 실제 운영되는 사례는 없다. 1세대와 2세대는 3세대에 비해 적용분야에 있어 제약을 받는다는 것이며, 3세대는 고속의 요금처리를 수행하는 도심 혼잡료 징수 체계와 전자식 요금징수 체계간에 결합해 줄수 있는 체계이고, 향후 주차요금지불과 같이 늘어나는 적용 분야를 감안할 때, 국내 개발을 위한 최종목표는 3세대 체계가 되는 것이 바람직하다. 아울러, 기술적인 난이도를 필요로 하는 3세대 체계를 개발하기 위해서는, 국내기술의 자급도 수준과 기업의 의지 그리고 장래의 국내의 시장성을 분석하는 등, 전반적으로 개발의 타당성 및 사회경제적 효과를 심도있게 분석해야 한다.

2) 향후과제

주행차량자동인식에 관한 국내외의 개발사례와 해외 사례를 검토하고 분석한 결과, 트랜스폰더를 이용한 주행차량의 자동인식 기술은 전자식 요금징수뿐만아니라 교통수요 관리 측면의 혼잡료 징수, 통행시간 측정 등에 널리 활용될 수 있는 기술이다. 특히, 고속도로의 기존 요금징수체계는 주행차량 자동인식 체계의 도입을 대비하여 확장성을 가지고 설계된 관계로 보다 적용이 용이한 부분이다.

국내에 주행차량 자동인식 체계를 도입하여 체계가 제공해줄수 있는 다양한 서비스를 얻기 위해서는, 빠른 시일내에 향후 개발될 체계간의 호환성을 보장하는 차량과 도로 부통신에 관한 규정과 한국ITS내에서 주행차량 자동인식이 제공해줄 수 있는 서비스를 모두 만족시키기 위한 전체적인 아키텍처가 수립되어야 된다.

2.4 주행안내 시스템

가. 일반적인 주행안내 시스템

운전자가 도로 또는 도로망을 통해서 목적지까지 운행경로를 찾기위한 필요 구성요소는 다음의 세 가지로 요약될 수 있다. 즉, Route planning, Navigation, Replanning (여행하는 도중 정체현상이나 사고등에 의한 재경로선택)이며 세가지 요소를 해결하기 위한 체계적인 방안이 곧 주행안내 시스템(Route guidance system)이다. 고전적으로 주행안내는 도로, 도로지도, 도로표시, 등의 요소로 이루어져 왔으나 낮선지역에서의 운행문제, 도로망의 확장보다 차량의 증가율이 빠른데 따른 급격한 교통상황 변화, 다양한 교통 체증의 원인 등으로 전통적인 주행안내는 한계를 갖게 되고 새롭고 보다 적극적인 해결책을 필요로 하게 되었다. 이를 위한 요구 사항을 정리하면 다음과 같다.

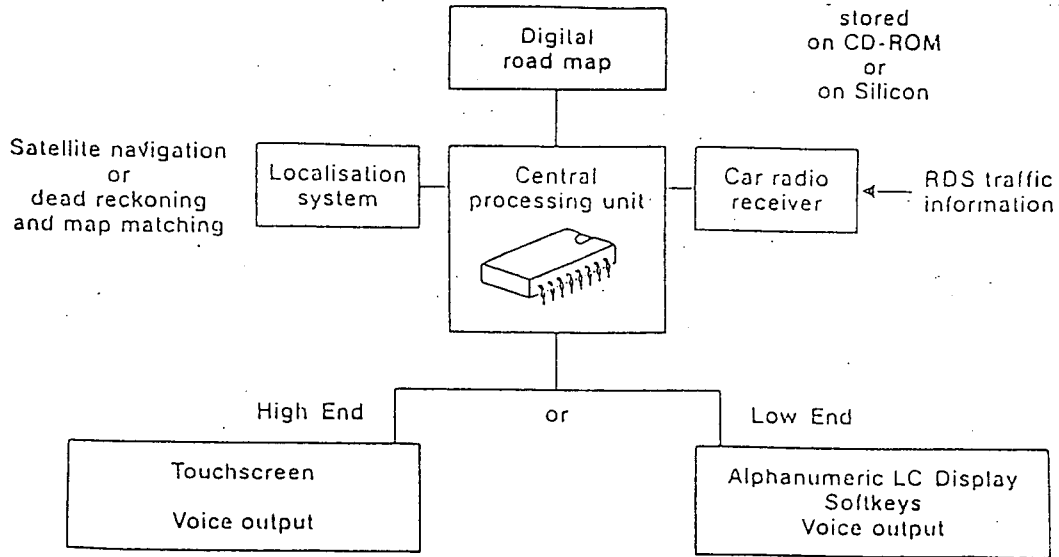
- 도로 수송의 효율향상
- 평균교통량 상태 고려
- 우회로, 막힌 길을 피하기 위한 운행법
- 더 나은 경로계획
- 빈번한 경로 변경
- 입출력 장치의 편리성

또한 주행안내 시스템을 구성하는 방식을 크게 다음과 같이 구분할 수 있다.

- Autonomous Route Guidance System: 자율 주행안내 시스템
- Infrastructure-Based Route Guidance System: 기간시설에 기반한 주행안내 시스템

나. 자율 주행안내 시스템(Autonomous Route Guidance System)

이 방식은 방송매체를 제외한 외부 도로변 장치와 독립적인 작동이 가능하게 설계되어 있고, 전자지도를 차량장치에 내장하여, Dead-reckoning과 Map matching 기법으로 현재의 차량위치를 산출한다. 최적경로 산출은 방송매체로부터 수신한 교통정보를 기반으로 차량장치에 의해서 계산되어지며 이에 따른 정보를 운전자에게 제공한다. <그림 8>은 이러한 시스템의 일반적인 구조를 보여준다.



<그림 8> 주행안내 시스템의 일반구조

① 방송에 의한 교통정보 전송

- RDS: Radio Data System
 - FM 라디오 방송채널을 이용한 교통정보 전송
 - digital에 의한 전송
 - 50 - 100bps의 전송률(분당 50messages)
- 입출력 장치
- input: touchscreen, softkeys, voice
- output: voice, LCD display(graphic, text)

② 장점

- 직접사용 가능
- 정보의 상관성이 적은 고속도로 등에서 유용함
- 최적 경로의 운전자의 요구, 필요성에 따라 변경 가능

③ 단점

- 사용자가 매체기구, 이용료를 지불함
- 교통관리를 할 수 없음

다. 기간시설에 기반한 주행안내 시스템

Infrastructure-Based Route Guidance System은 다음과 같은 구성요소를 갖는 복잡한 기반시설의 지원을 받는다.

- Dead-reckoning 항법장치
- 정보 송수신 장치
- 도로변 정보 송수신 장치: Beacon
- 중앙처리 컴퓨터 시스템
- 중·장거리 데이터 네트워크
- 교통관제 센터

수행과정을 간단히 살펴보면 다음과 같다. 먼저 도로망의 중요지식과 실제상황을 토대로 최적의 경로를 찾는 일을 수행한다. 실제 교통상황은 비콘네트워크상 비콘간의 차량여행시간을 측정함으로써 획득한다. 정보는 비콘으로 보내지고, 각각의 비콘을 통해 목적지로 도달할 수 있는 최적의 경로를 보내준다. 각 차량은 여행시간을 비콘을 통하여 교통관제센터로 교통상황을 전송하게 되고, 비콘은 모든 가능한 경로와 추천경로 및 현재 정보를 전송중인 비콘의 위치를 차량으로 보낸다. 비콘의 위치정보는 차량항법장치의 오차를 수정하고 이를 기준으로 계속해서 차량의 현 위치를 계산하게 된다. 차량장치는 목적지에 따라 적당한 경로를 선택하고 저장한다. 차량장치는 차량의 현위치, 선택된 경로, 안내 정보등을 화면에 계속적으로 출력한다.

①장점

- 차량에 장착되는 저가의 시스템
- 완전한 동적 경로안내체계

②단점

- 기반시설이 필요
- 교통정보의 획득, 처리, 분포를 위한 기반시설의 초기 설치비용의 과다 및 장시간 소요

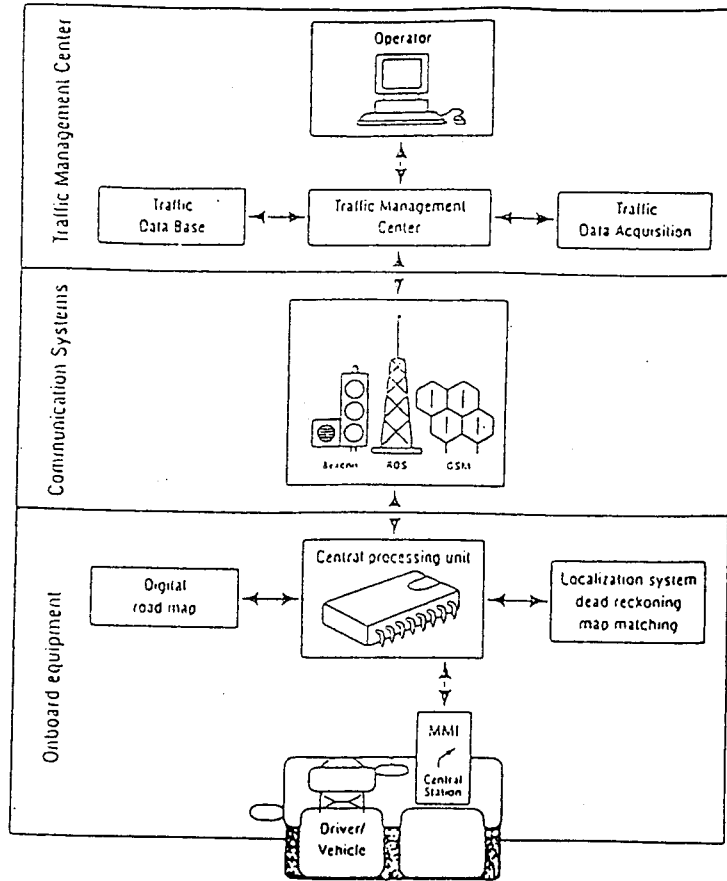
라. Dual-Mode 주행안내 시스템

Dual-Mode Route Guidance System은 위에서 살펴본 두가지 방식의 장점만을 채택한 안내 체계로 시스템의 구성요소는 다음 세가지로 볼수 있다.

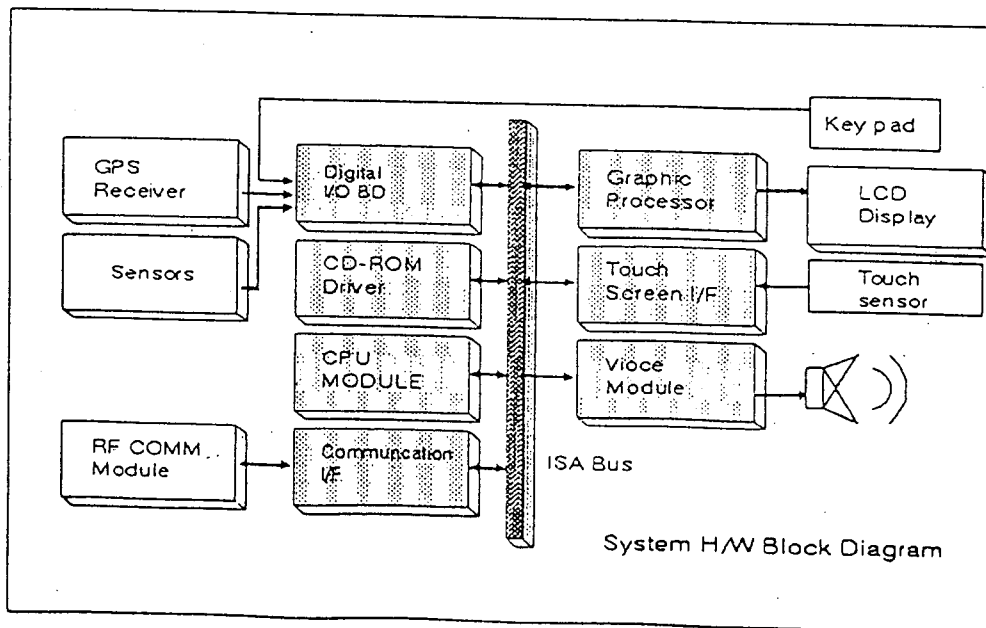
- 차량간 안내장치
- 교통관제센터
- 통신망

각 시스템 구성요소를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

- 차량내 장치의 구성요소(<그림 9> 참조)
 - 전자 지도: 지도정보는 주요 도로망에 대한 정보로 제한됨. 지도상에 나오지 않는 구역에 대한 정보는 항법장치나 도로변 장치로부터 얻을 수 있음
 - 항법장치
 - 외부통신 interface: RDS-TMC, 이동통신, 비콘과의 양방향 통신 등이 가능해야 함
 - 사용자 인터페이스
 - CPU



<그림 9>Dual-Mode주행안내 시스템의 구성요소



<그림 10>차내장치의 일반적 구성

- 도로변 장치: beacon network
 - 현재의 교통량 정보를 중앙 컴퓨터로 보냄
 - 적외선 또는 초고주파를 이용하여 차량과 통신
 - beacon network이외의 지역은 공중 통신망이 담당함

- 교통관제센터
 - 교통관리
 - 상업 정보 안내(주차장, 호텔, 서비스 등)

<표 7> 주행안내 시스템별 비교

| 구 분 | ADVANCE | EURO-SCOUT (DRG & DI) | PROMETHEUS DUAL-MODE RGS | LISB-SYSTEM |
|---------------------|---|--------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 차량위치계산 | GPS 지자기, 바퀴센서 | 지자기 센서 바퀴센서 | GPS or 지자기, 바퀴센서 | 지자기 센서 바퀴센서 |
| 차량위치보정 | Map matching | 비콘수신 정보 | Map matching, 비콘수신정보 | 비콘 수신정보 |
| 전자지도 | 차량내(계층적세 부정보) | 중앙컴퓨터 | 차량내(주요도로) 중앙컴퓨터(세부) | 중앙컴퓨터 |
| 최적경로계산 | 차량장치내 | 중앙 컴퓨터 | 차량내 & 중앙컴퓨터 | 중앙컴퓨터 |
| 안내출력 | LCD(세부),음성 | LCD(단순), 음성 | LCD(단순), 음성 | LCD(단순), 음성 |
| 데이터입력 | 터치스크린, 하트키보드 | 하드키보드 | 터치스크린, 키, 음성인식 | 하드키보드 |
| 통신장치 | 양방향 무선(장거리) | 적외선 비콘 | RDS-TMC, 이동통신, 비콘 | 적외선 비콘 |
| 통신내용(down-ling) | 교통상황정보 | 최적경로정보 | 교통상황(RDS), 최적경로(비콘) | 최적경로 |
| 운행중 교통상황 수집 및 보고 | ○ | ○ | x/○ | ○ |
| 교통상황 분석·제어 | 분산형-경로제어 집중형-상황분석 | 집중형-경로제어 집중형-상황분석 | 분산형-경로제어 집중형-경로제어 집중형-상황분석 | 집중형-경로제어 집중형-상황분석 |
| 연구촉점 | 동적 주행 안내, 차량 항법 장치, 운행차량에 의한 교통상황 탐지 | 동적주행안내, Park & Ride | 광범위한 동적 주행 안내 | 동적 주행안내의 본격적인 실험 |

2.5 대중교통정보시스템

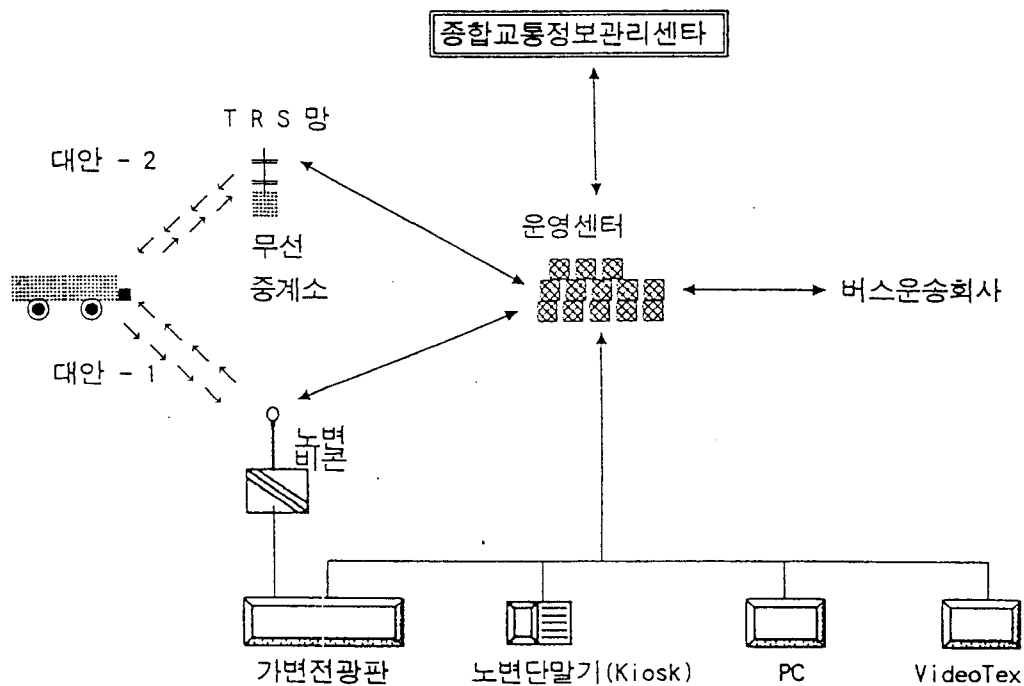
가. 개요

대중교통정보시스템은 크게 2가지 서비스 제공이 가능하다.

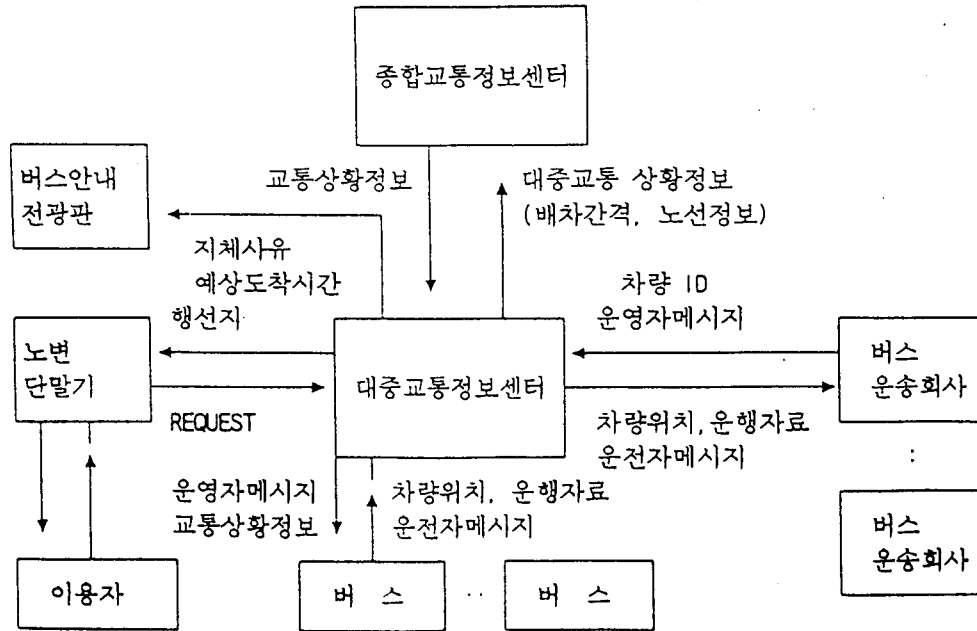
첫째가 대중교통정보제공이고, 둘째가 대중교통운영 및 관리이다. 대중교통정보는 대중교통이용자에게 환승정보, 다음차량 예상도착시간, 늦을 경우 지체 사유, 행선지 도착 시간 등을 정류장에서, 차내에서, 가정이나 사무실등에서 제공받을수 있다. 이러한 서비스를 통하여 대중교통서비스의 질을 제고할 수 있는 계기가 마련될수 있다. 또한 대중교통운영 및 관리는 운송회사 중심의 서비스로서 차량에 지능형차량장비를 설치하여 얻어지는 자료를 이용하여 차량시설물 관리, 차량운행 계획 및 스케줄링, 운전자 관리 등을 하게된다. 지능형 장비로는 자동승객계수기, 자동요금수집기, 자가진단, 통신장비등으로 구성된다.

대중교통정보시스템은 일정노선을 운행계획에 따라 차량이 운행하는 운행특성으로 인하여 장비구성방안이나 운영방안이 비교적 단순하다고 볼수 있다.

나. 체계구성



<그림 11> 대중교통정보체계의 구성



<그림 12> 대중교통정보체계의 정보흐름

2.6 화물운송정보시스템

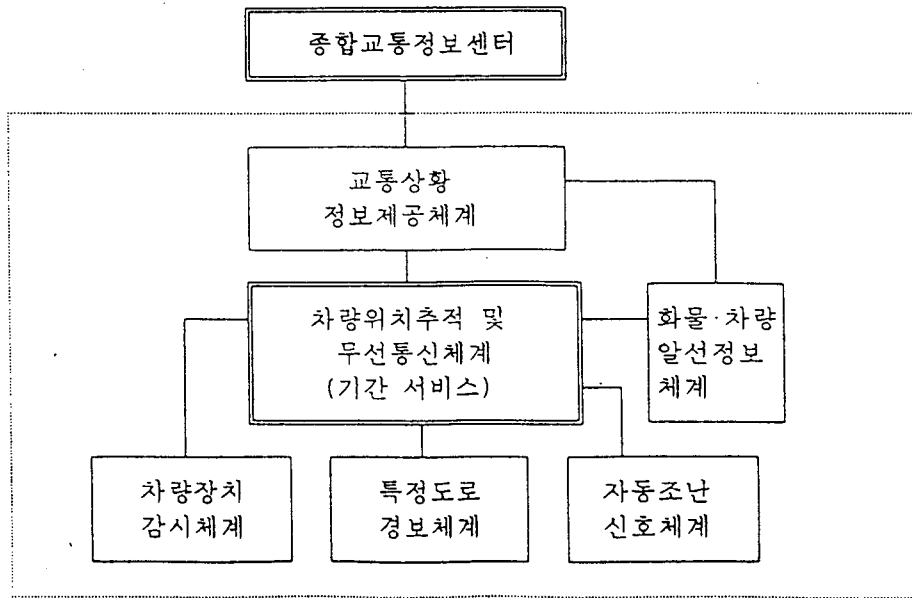
가. 화물운송정보체계 분야별 세부서비스

| 화물운송정보체계의 서비스 | 세부 서비스 |
|----------------|--|
| 실시간 차량군 관리 | 차량위치자동파악 양방향 무선통신 |
| 화물·차량 알선 정보 | 화주·차량 연결 |
| 교통상황정보 제공 | |
| 화물차량안전을 위한 서비스 | 차량장치자동검색 노변차량자동검색 특정도로경보체계 자동조난신호체계 |

나. 체계 및 서비스 구상

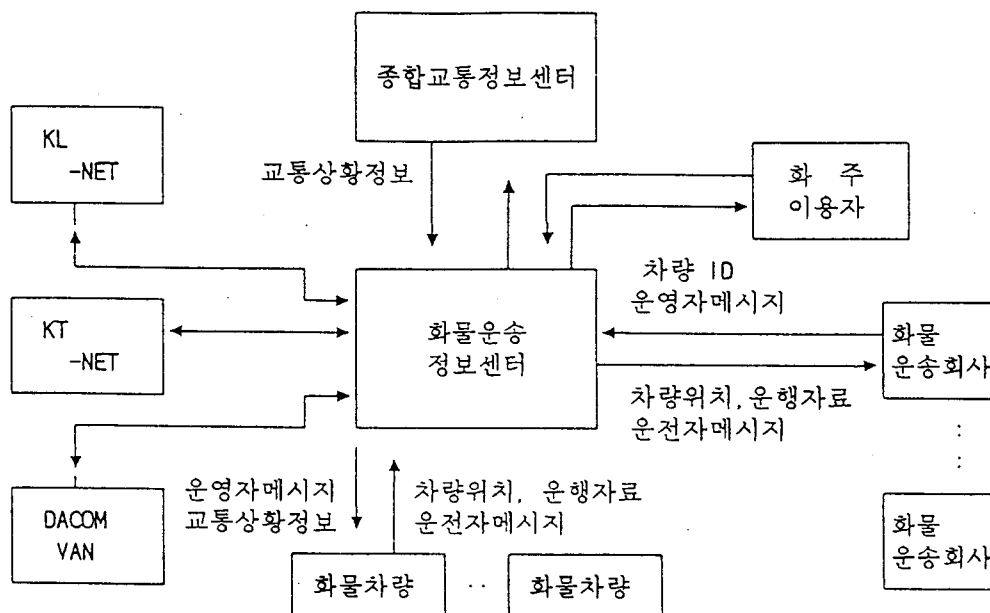
화물운송정보체계의 구성은 <그림 13>에서 보이는 바와 같이 주요 6개의 서비스가 서로 유기적으로 연결되어 있다. 실시간 차량군 관리체계는 현재 도로망에 운행중인 차량들의 실제위치를 주어진 시간간격으로 실시간에 가깝게 파악하여 일차적으로 운송업자나 화주에게 전달함으로써 차량 및 화물의 이동상황의 파악은 물론 배차계획, 업무지시 등을 가능케하고 이러한 차량의 위치정보와 차량의 상태정보(공차, 회차, 운송, 기타)는 화물·차량의 알선정보체계의 입력자료로 이용된다. 알선정보체계는 화물차량의 상태정

보와 화자의 물량정보(출발지등)를 이용하여 가장 효율적인 방법으로 차량과 화주를 연결해 줄수 있다.



<그림 13> 화물운송정보체계의 모형

차량의 상태감시체계는 운행중인 차량의 주요 핵심장치의 이상시에 자동으로 운영센터에 이상상황 내역이 접수됨으로서 필요한 조치를 취할수 있도록한다. 이러한 차량장치 감시체계 역시 차량위치추적 및 통신체계와 연계됨으로서 차량과 운영센터와의 정보전달이 이루어 질 수 있다. 이와 같이 실시간 차량군 관리체계는 모든 서비스를 제공하는데 필요한 기간서비스의 역할을 담당한다. <그림 14>은 화물운송정보체계와 사용자 그룹 그리고 유관기관의 정보흐름을 나타낸다.



<그림 14> 화물운송정보체계의 정보 흐름도

다. 실시간 차량군 관리체계

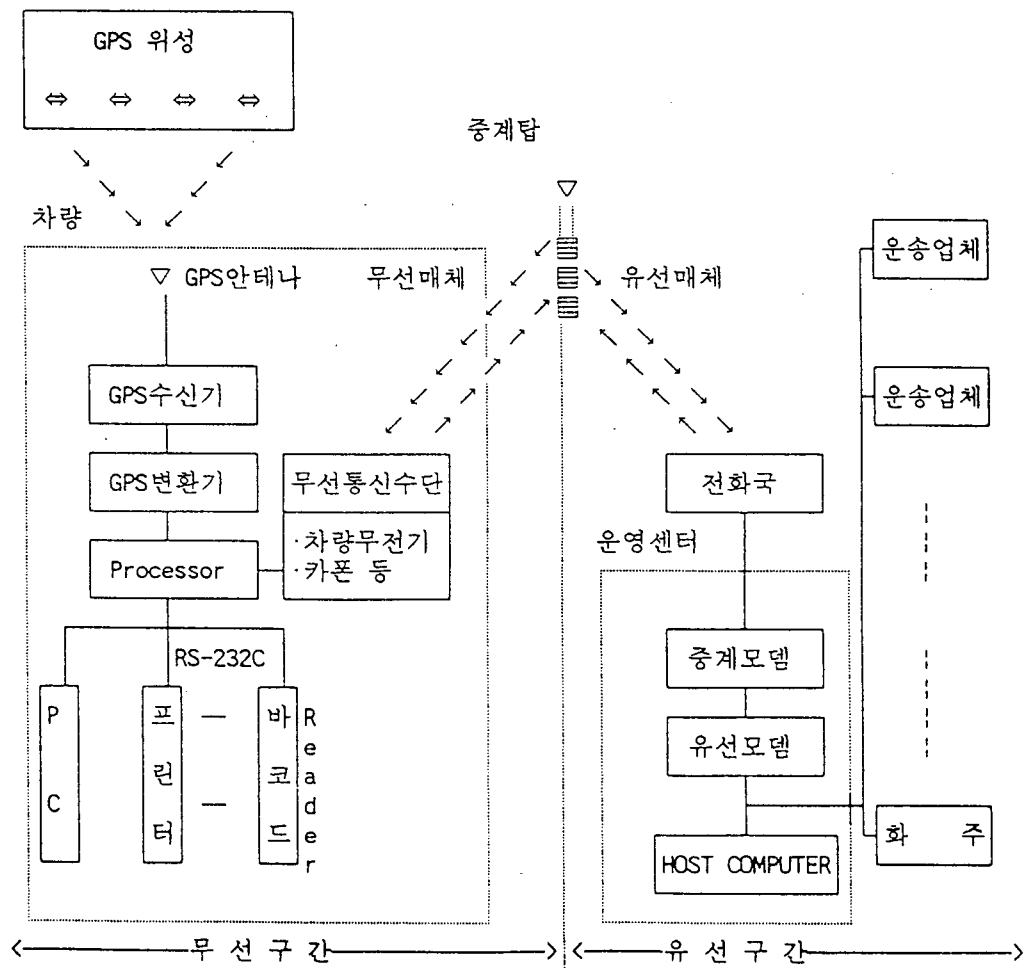
■ 단위별 기능

| 구 분 | 차 량 | 운 영 센 터 | 이 용 자 |
|---------|--|---|-------------------------------------|
| 역할 및 기능 | 역할: 차량위치수집 기능: -차량위치제공 -교통상황제공 -원격지 영업 | 역할: 차량과 이용자의 중계 기능: -차량모니터링 -알선정보이용 -교통상황정보제공 | 기능: -차량군 관리 -수배송계획 -긴급업무지시 |
| 필요장비 | -차량위치추적장치 -무선통신장비 -기타 주변장비 (PC, 프린터, 바코드, 스캐너 등) | -무선통신장비 -차량모니터링 S/W -컴퓨터시스템 | -무선통신장비 -차량모니터링 S/W -컴퓨터시스템 |

■ 서비스 목표별 구현방법

| 서 비 스 목 표 | 구 현 방 법 |
|-------------|---------------------------|
| 기간서비스의 기반조성 | 양방향통신망 구축 |
| 차량군관리의 합리화 | 화주 및 운송업자에 대한 정확한 차량장치 제공 |
| 귀로공차율 감소 | 운송업자와 운행중인 운전자간의양방향통신기능 |

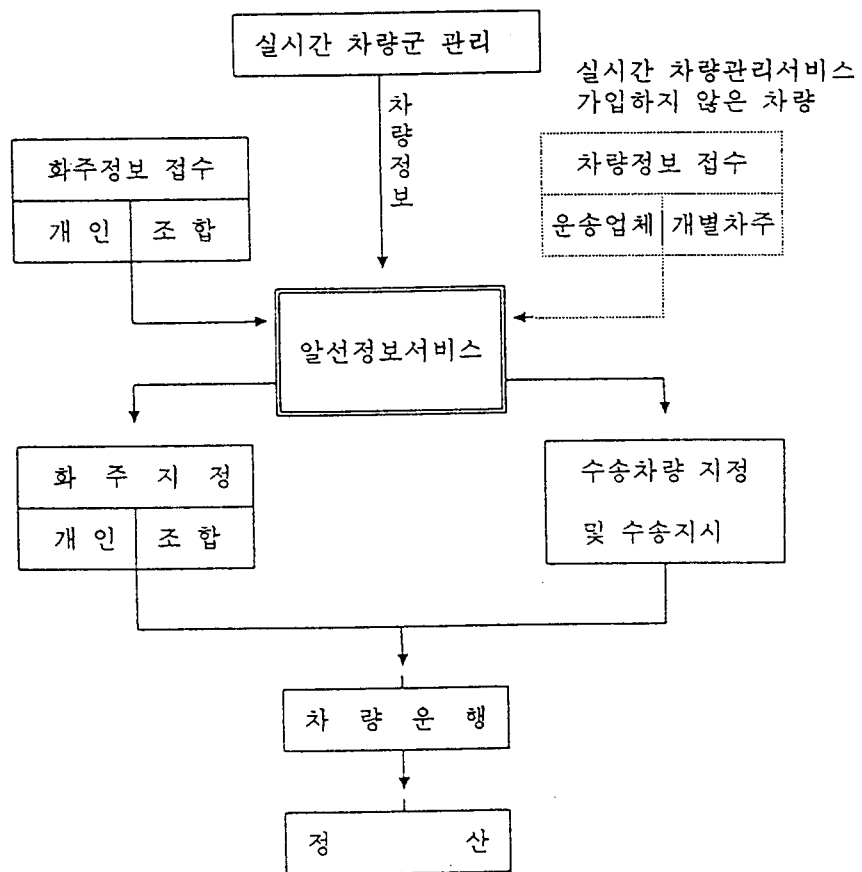
■ 실시간 차량군 관리체계 구성



<그림 15> 실시간 차량군 관리시스템의 체계도(GPS 경우)

라. 알선정보 서비스 체계

■ 알선정보 서비스의 개념도



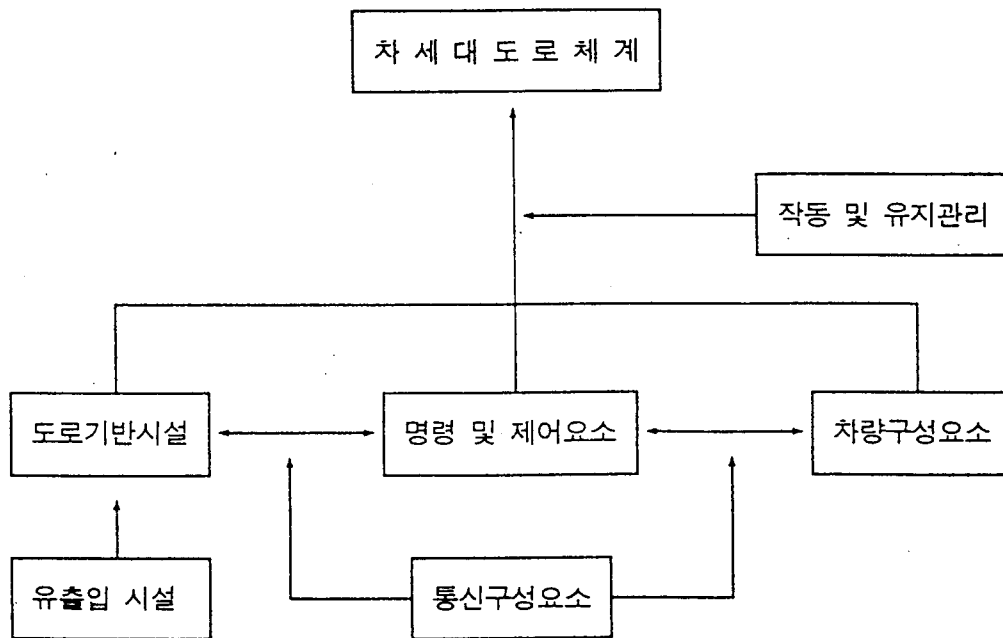
<그림 16> 알선정보서비스의 개념도

2.7 차세대 도로 및 차량 제어 시스템

가. 차세대 도로체계 목표

- 안전성 제고
- 도로용량증대
 - 속도증가
 - 소요차선폭 감소
 - 밀도증가
 - 불규칙적 운전행태제거
- 주행서비스제고

나. 체계구성요소



<그림 17>차세대도로체계의 구성요소

다. 체계설계 요소

■시스템 설계요소의 분류

- 설계요소분류
 - 구조적 기반
 - 주 행
 - 차량 - 도로간 상호작용
 - 교통류 분리
 - 에너지원(Power Source)

1)주행

- 측면(조향)제어(Lateral Control)
- 전후제어(Longitudinal Control)
- 비상시 작동: 탐지 → 전달 → 경고
 - 시스템 침입자 ·전달실패 ·불분명한 시야 ·감지실패
 - 도로파손 ·운전불능 ·기계적인 고장

2)구조적 기반(Structural Service)

- 기하구조
- 포장구조
- 유출입 시설
- 구조형태

3) 교통류 분리

- 분리구조
- 분리대
- 차량의 형태

4) 자동차 - 도로간 상호작용

- 통신
- 타이어와 도로의 마찰

5) 에너지원

- 내연기관 ○전기 ○혼합

■ 도로 구성 요소

차세대 도로체계의 설계개념을 위한 각 대안은 횡단구성요소의 형태별로 구분될 수 있다. 일반적인 도로횡단 구성요소는 차선으로 구성된 차도부, 길어깨, 중앙분리대, 보도 등으로 구성되나, 차세대도로체계는 운영형태에 따라 전환차선, 차선분리대 등 새로운 구성요소가 추가된다.

1) 첨단 차선

차세대도로체계에서 첨단차량은 자동제어가 가능한 첨단차선에서만 운행되는 것을 원칙으로 한다. 첨단차선폭은 기존차선폭보다 1.2배 - 1.5배 정도 줄일 수 있다.

2)차선분리대

기존도로에서는 안전을 위해 일부 차선간에 표지병과 같은 것이 존재하나, 차세대 도로체계에서는 첨단차량간의 충돌, 옆차선으로의 스키딩 등 차선이탈로 인한 안전 사고 방지를 위해 차선사이에 차선분리대가 존재할 수 있다.

3)전환차선(Transition Lane)

기존도로의 일부 차선에 첨단차선을 설치하는 경우 기존차선과 첨단차선사이에는 차선변경을 위한 전환차선이 존재할 수 있다.

4)비상차선(Breakdown Lane)

비상차선이 설치된 경우 시스템의 이상시에는 첨단차량은 첨단차선옆에 위치한 비상차선으로 주행할 수 있다.

5)유입 및 유출램프(On-Off Lamp)

전환차선이 없는 형태일 때 차세대도로의 진출입을 위해서 On-Off램프가 필요하다. 전환차선이 있는 경우라도 구간에 따라 On-Off램프는 필요하다.

라. 운영형태별 개발방향

■ 기존도로에서 일반차량과 첨단차량의 혼용 운영

1) 모든 차량을 대상으로 하는 형태

○ 노차간 조명시스템

일반적으로 도로조명은 계속 켜져 있으나, 차량이 지나가는 것을 감지하여 차량이 지나갈 때만 점등되고, 지나간 후에는 소등되게 하는 시스템이다.

○ 경고조명 시스템

가이드 라이트 시스템은 산악지역의 시계가 좋지 못한 커브길 등에 발광체를 설치하여 운전자에게 대향차의 존재 및 도로선형을 전달시키는 기능, 전망이 좋지 못한 교차점이나 T자형 도로에서 주도로측의 차량위치 및 속도를 검출하여 경보나 표지의 점멸등으로 상충가능성을 감소시키는 도로경계기능 그리고, 짙은 안개·우기시에 광막 현상을 아주 낮게하여 운전자에게 전방의 도로선형 및 차량의 존재를 인식시키는 가이드라이트 기능으로 구분할 수 있다. 이 시스템의 도입은 정면충돌·추돌이나 노외 이탈사고등을 방지할 수 있어 교통안전을 제고시킨다.

2) 첨단화된 차량만을 대상으로 하는 형태

○ 도로구조 정보제공시스템

운전자의 눈으로는 파악이 곤란한 전방의 도로구조정보(도로선형, 노폭, 종단구배 등)를 비콘등의 도로변에 설치된 설비를 통하여 사전에 운전자에게 표시 및 제공하는 시스템이다.

○ 노면상황 정보제공 시스템

이 시스템은 도로상에 ITV나 노면동결감지기 등의 각종 기상센서를 설치하여 노면동결, 압설, 습윤등의 노면상황 정보를 검지·수집·가공처리하여, 운전자들에게 비콘등의 도로시설을 통하여 즉시 제공하는 시스템이다.

○ 차간 측방 제어시스템

기존의 도로체계에서 차량의 운전제어를 도로측에서 지원하여 전후좌우를 주행하는 차량과의 간격 및 노차간의 측방거리를 통제하는 것으로서 궁극적으로는 자동운전을 목적으로 하는 시스템이다.

■ 일반차량과 첨단차량의 차선분리 운영(첨단차량 전용차선운영)

1) 차선분리대가 설치된 상태에서의 차량군 형성체계

첨단화된 교통과 일반교통이 똑같은 도로 구조를 공유하고, 자동차는 차량군으로 이동하며, 차선사이에는 안전상 분리대(barrier)가 설치되어 있다. 차량군으로 이동하는 것은 적절한 차량군 형성시 도로의 용량을 증대시킬 수 있다.

차선은 세가지 유형인 첨단차선, 일반차선, 전환차선으로 구분된다.

2) 차선분리대가 설치된 상태에서의 일반적인 흐름체계

첨단차선과 일반차선과의 전환은 앞의 예와 같으며, 차량흐름에 있어 차량군 형성이 아닌 일정한 간격을 두고 앞의 차량을 따라가는 형태이다.

3) 차선분리대가 없는 상태에서의 차량군 형성체계

첨단차선과 일반차선이 도로내에서 공유되어 있으며, 자동차는 차량군으로 자동차선을 따라 움직이지만, 차선사이에는 분리대가 없다. 차선사이의 분리대가 없는 경우는 차선변경이 분리대가 있는 경우보다 원활할 수 있으나, 안전성에 있어 문제가 있을 수 있다. 차량군은 첨단차선에서만 형성할 수 있다.

4) 차선분리대가 없는 상태에서의 일반적인 흐름체계

차선전환은 앞의 예와 같으며, 차량흐름에 있어 차량군형성이 아닌 일정한 간격을 두고 앞의 차량을 따라가는 형태이다.

■ 첨단차량만의 운영을 위한 도로신설운영

1) 차량군(platoon)흐름체계

자동화된 교통은 일반교통과 완전히 분리되며, 차량은 차량군으로 움직일 수 있는 형태이다. 즉, 자동차들이 자동주행모드로 전환한 후 차세대 도로로 진입할 때에 유입램프에서 차량군을 형성할 수 있으며, 제어 시스템은 차량군의 차선변경, 차량군의 유출, 차선합류 부분에서의 차량군합류가 자동적으로 이루어 질 수 있다.

2) 일반적인 흐름체계

이 체계는 차량군을 형성하지 않고 자동차가 자유로 움직인다는 것외에는 차량군 흐름체계와 같다.

마. 첨단 차량제어 체계

첨단 차량제어 체계에서 구상하는 서비스는 다양하며 다음표와 같다.

■차세대 차량제어 서비스 구상

| 구 분 | 제어기능 | 분석장비 | 정보제공장비 | 정보수집장비 | 정보의 종류 |
|---------------------|------------------------------------|------|--|---|-------------------------------------|
| 운전자 시계 확대장치 | 안전성 제고 (야간, 비, 안개 등의 악조건시 시계증진) | 차내장치 | 차내장치 -모니터화상제공방식 -주변정보제공방식 | 화상인식장비 | 악조건하의 화상인식 |
| 비정상적인 운전시 차선이탈 경고장치 | 운전자주의 환기 | 차내장치 | 차내장치 -경고음발생방식 -음성경고방식 | 운전행태감지센서, 조향장치감지센서 | 운전자의 행태정보, 조향장치의 기능정보 |
| 전후방 충돌경고 장치 | 운전자주의 환기 | 차내장치 | 차내장치 -경고음발생방식 -음성경고방식 | 차량장착센서 및 컴퓨터 | 차간거리 및 차간상대속도 |
| 차선변경시 충돌경고장치 | 운전자주의 환기 | 차내장치 | 차내장치 -경고음발생방식 -음성경고방식 | 차량장착센서 및 컴퓨터 | 차간거리및 차간상대속도 |
| 전후방 충돌 방지 장치 | 안전성 제고 | 차내장치 | 차내장치 -경고음발생방식 -음성경고방식 | 차량장착센서 및 컴퓨터 | 차간거리및 차간상대속도 |
| 차량간격 자동 제어 장치 | 차량간의 간격제어 | 차내장치 | 차내장치 -스로틀과 제동력의 자동제어 | 차량장착센서 및 컴퓨터 | 차간거리및 차간상대속도 |
| 자동조향제어 장치 | 주행선내의 자동주행 | 차내장치 | 차내장치 -조향장치의 자동제어 | 차량 및 도로상의 센서 및 컴퓨터 | 주행선내의 차량위치 |
| 차량군 자동 제어 장치 | 차량군의 자동주행 | 차내장치 | 차내장치 -스로틀과 제동력의 자동제어 | 차량장착 센서, 컴퓨터 및 통신장치 | 차간거리 및 차간 상대속도, 차량군의 대수 |
| 자동운전 장치 | 차량간격 제어장치와 자동조향 제어장치의 결합 | 차내장치 | 차내장치 -스로틀과 제동력의 자동제어 -조향장치의 자동제어 | -차량장착 센서, 컴퓨터 및 통신장치 -차량 및 도로상의 센서 및 컴퓨터 | 주행선내의 차량위치 차간거리 및 차간상대속도, 차량군 대수 |