

제 1 장 서론

1.1 研究의 背景 및 目的

서울시의 都市高速道路는 일반도로에 비해 차량의 통행량이 많고 소통능력이 높으며 이용이 안전한 간선도로기능을 담당하는 도시교통망의 주요 교통축이다. 서울시는 이러한 都市高速道路의 교통류를 효과적으로 관리하기 위한 都市高速道路 知能型交通系(ITS: Intelligent Transport Systems) 구축사업을 올림픽대로와 내부순환도시고속도로(일부구간 개통, 1999년 전면 개통예정)를 대상으로 우선적으로 추진하여 都市高速道路 본래의 기능을 회복하고자 한다.

知能型交通體系는 교통공학이론에 전자·전기·통신·제어 등의 첨단 관련장비를 이용하여 신뢰성있는 교통데이터를 수집·가공·처리하여 운영자와 운전자가 필요로하는 交通情報를 생성·전달하며, 교통소통능력을 제고시키고 교통류 흐름을 안정화하여 교통사고를 감소시키는 등, 都市高速道路의 체계적인 유지·관리 및 효율적인 운영에 목적을 두고 있다. 따라서 都市高速道路 交通管理시스템은 현장 교통데이터를 실시간으로 수집하고, 분석된 교통정보를 운전자와 시스템 운영자에게 신속하게 전달할 수 있으며, 효과적으로 교통류를 제어할 수 있는 하드웨어체계와 이러한 시설장비들을 유기적으로 통합·제어할 수 있는 소프트웨어체계를 갖추어야 한다.

따라서, 효과적인 交通管理시스템을 구축하기 위해서는, 관련 시설장비들의 기계적 성능도 중요하지만, 체계적인 소프트웨어체계를 갖추는 것이 중요하다. 그러나, 서울시에서는 交通管理시스템의 소프트웨어분야에 대한 전문지식과 충분한 경험을 갖추지 못하여 都市高速道路 交通管理시스템 구축 관련사업에 적절한 대응을 취하지 못하고 있는 실정이다. 본 연구의 목적은 서울시가 추후 都市高速道路 知能型 交通管理시스템 구축사업의 집행과정에서 사업주관 부서 및 시공·감리·감독자가 숙지해야 할 소프트웨어의 기본기능과 요구사항을 도출하는데 있다.

1.2 研究의 範圍 및 方向

1.2.1 研究의 범위

- 공간적 범위

서울시 및 인접 자치단체와 관련된 기존에 건설된, 현재 건설중인, 그리고 계획 및 검토 중인 都市高速道路를 연구의 대상으로 한다.

- 시간적 범위

- 목표년도에 대한 정의는 연구의 특성상 별도로 설정하지 않았다. 단, 기준년도는 본 연구 수행기간인 1997년도로 설정한다.

- 내용적 범위

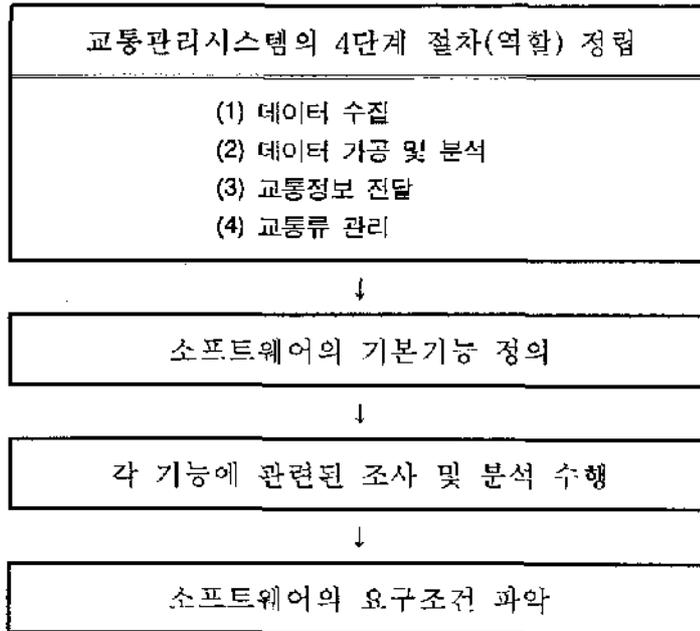
- 효과적으로 都市高速道路 知能型 交通管理시스템 구축을 위해, 서울시 도시고속도로의 특성에 적합한 소프트웨어의 기본기능과 요구사항 분석에 중점을 두고,
- 서울시 都市高速道路의 교통류 특성 분석, 교통관리에 필요한 데이터 수집, 데이터 가공·전달 방법, 교통상황 분석, 교통류 운영·관리 및 유고관리 등 관련분야의 연구를 수행한다.
- 소프트웨어의 요구사항은 범용의 하드웨어를 전제로 분석하였으며 특정 하드웨어에만 국한해서 직용이 가능한 기술 사양은 배제하였다.

1.2.2 研究방향

都市高速道路 交通管理시스템은 ① 데이터 수집, ② 데이터 가공 및 분석, ③ 교통정보 전달, ④ 교통류 제어 역할을 수행할 수 있는 기능을 갖추어야 한다. 따라서, 都市高速道路 交通管理시스템의 효율적 운영을 뒷받침할 소프트웨어는 위에서 설명한 4가지 기능을 단계별로 원활히 수행할 수 있는 기법 및 체계를 보유하여야 한다. 소프트웨어란, 범용적인 하드웨어를 이용하여 교통관리를 위한 교통데이터 수집, 데이터 가공 및 분석, 교통정보 전달, 교통류 관리 등의 4단계 기능이 자동적으로 수행될 수 있도록 유도하고 판단할 수 있는 능력을 갖춘

알고리즘을 지칭한다.

본 연구에서는 都市高速道路 交通管理시스템의 4단계에 관하여 <그림 1.1>과 같이 각 단계별 소프트웨어의 기본기능을 정의하고, 각 기능을 수행하는데 있어서 관련 소프트웨어가 필수적으로 갖추어야 할 요구조건들을 파악하기 위하여 관련조사와 분석을 수행하였다.



<그림 1.1> 연구의 방향

1.3 研究의 内容

1.3.1 단계별 소프트웨어의 기능 정의

본 절에서는 위에서 제시한 交通管理시스템의 4단계 기능을 정의하고, 각 단계별 소프트웨

가 갖추어야 할 기본적인 요구사항을 간략하게 설명한다. 각 단계별 소프트웨어가 갖추어야 할 세부적인 요구사항은 기능별로 구분하여 차례로 본 보고서에 기술하였다.

(1) 데이터 수집

교통데이터 수집단계는 안전하고 원활한 교통소통을 유지하기 위한 체계적인 交通流管理에 필요한 자원(resource)을 모으는 과정이다. 이러한 과정은 궁극적으로 시스템 운영자로 하여금 실시간 현장 교통소통상태를 정확하게 분석하여 효율적인 交通流制御戰略을 수립·적용할 수 있는 기본적인 환경을 제공할 수 있어야 한다. 특히, 교통혼잡 및 사고, 고장차량 등에 의한 돌발적인 有故狀況이 발생할 경우, 혼잡·유고발생 원인 및 발생 위치 등에 관한 정확한 정보를 수집할 수 있는 기능은 효율적인 交通流 및 有故管理를 위해 시스템이 필수적으로 갖추어야 할 요구조건이다. 따라서, 데이터 수집단계의 소프트웨어는 실시간 교통상황에 대한 제반 교통정보를 신속하고 연속적으로 수집할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

(2) 데이터 가공 및 분석

데이터 가공 및 분석단계는 수집된 교통데이터를 이용하여 시스템 운영자와 운전자를 위한 교통정보를 생성하는 과정이다. 이 과정은 시스템 운영자로 하여금 현재의 交通疏通狀態를 정확히 판단하여 현 교통상황에 가장 부합하는 交通流管理戰略을 결정하는데 있어서 실질적으로 도움을 줄 수 있어야 한다. 이를 위해, 대상 구간의 교통소통상태의 變化推移 및 有故狀況을 분석할 수 있고, 분석결과를 토대로 운영자 및 운전자를 위한 정보를 생성할 수 있어야 한다. 이러한 과정에서, 만일 교통데이터 수집체계가 연속적으로 데이터를 제공할 수 없을 경우를 대비하여 과거에 수집한 이력데이터를 이용한 交通狀況分析이 가능하도록 데이터베이스를 체계적으로 관리할 수 있는 기능도 갖추어야 한다. 또한, 데이터 가공 및 분석단계의 소프트웨어는 위에서 언급한 기능 이외에도 데이터의 수집 및 전송단계에서 발생할 수 있는 오정보를 최대한으로 제거하여 수집데이터의 신뢰성을 높일 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

(3) 교통정보전달

교통정보전달단계는 데이터 가공 및 분석단계에서 생성된 정보를 운전자에게 전달하는 과정이다. 交通流管理 및 有放管理 효과는 시스템 운영자에 의한 직접적인 방법 이외에도 實時間 현장 교통상황정보를 운전자에게 제공하는 간접적인 방법을 통해 얻을 수 있다. 이러한 목적에서 交通管理시스템은 교통상황정보를 가능한 신속하고 명확하게 운전자에게 전달하는 역할을 담당해야 한다. 이를 위해, 교통정보전달단계의 소프트웨어는 운전자로 하여금 목적지로 출발전, 집이나 직장 등에서 교통정보를 제공받을 수 있는 방법과 도로상에서 운행중 차내·외에서 교통정보를 제공 받을 수 있는 방법을 감안하여, 가능한 다양한 전달매체를 통해 신속하게 정보를 제공할 수 있는 기능을 갖추어야 한다. 이러한 기본적인 요구기능 이외에도 교통정보전달단계의 소프트웨어는 다양한 교통정보전달 매체별로 제공되는 교통정보를 일정한 시간주기로 자동적으로 갱신할 수 있는 기능과 운영자가 필요시 원하는 교통정보를 수입·출력할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

(4) 교통류관리

교통류관리단계는 交通流 制御와 有放管理 등을 포함한다. 서울시 都市高速道路의 교통류를 제어하기 위해서는 고속도로 본선의 疏通能力을 제고시키기 위한 목적으로 고속도로에 진입하는 교통량을 제어하는 진입램프미터링기법과 疏通이 어려운 구간으로 진행하는 차량들을 대상으로 운행속도 및 차로이동을 제어하는 기법, 다인승 차량만을 전담하는 전용차로제 등을 고려할 수 있다. 따라서, 교통류관리단계의 소프트웨어는 운영자가 위에서 제시한 交通流 制御技法들을 효과적으로 적용할 수 있도록 유도할 수 있는 기능을 기본적으로 갖추어야 한다. 또한, 발생빈도가 높은 有放狀況에 대처하기 위하여, 운영자로 하여금 유고발생을 신속하게 감지하고 유고로 인한 교통류 소통의 어려움을 최대한으로 해소할 수 있는 대처방안을 유도할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

이상에서 언급한 交通管理시스템 소프트웨어가 갖추어야 할 기본기능을 각 단계별로 <표 1.1>에 정리하였다.

〈표 1.1〉 교통관리시스템 소프트웨어의 기본기능

단 계	소프트웨어의 기본기능
데이터 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 교통상황 데이터 수집기능 • 교통류관리 및 유고관리에 필요한 정보 수집기능 • 데이터 수집장비의 운영상태 점검 기능
데이터 가공 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 수집데이터 신뢰성 검토기능 • 실시간 교통소통상태 분석기능 • 운전자/운전자를 위한 실시간 교통정보생성 • 데이터베이스 관리 및 응용기능
교통정보 전달	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 전달매체에 의한 교통정보 제공기능 • 실시간 교통정보 자동갱신기능 • 운영자에 의한 수입력 기능 • 정보전달매체의 운영상태 및 정보내용 점검기능
교통류 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 적합한 교통류 제어기법 유도기능 • 교통류 제어기법별 교통류상황 및 운전자 반응 모사기능 • 신속한 유고상황 대응 유도기능

위의 표에서 제시한 4단계 기능은 모두 On-Line으로 연계되어 실제적으로는 하나의 통합적인 기능으로 수행될 수 있어야 한다.

1.3.2 단계별 주요 연구내용

〈표 1.2〉는 각 단계별 소프트웨어가 갖추어야할 세부적인 요구사항을 파악하기 위한 주요 연구내용을 정리한 것이다.

〈표 1.2〉 단계별 주요연구내용

구분	주요연구내용
데이터 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 외국 도시고속도로 교통관리시스템 개발동향 분석 • 교통데이터 수집장비(검지기)의 장·단점 및 특성과 • 서울시 도시고속도로의 3가지 구성요소인 기본구간, 엇갈림 구간, 램프접속구간의 교통류특성 조사 및 분석 • 도시고속도로의 교통류관리 및 유고관리에 필요한 기초데이터 파악
데이터 가공 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 수집데이터의 신뢰성 검증방법론 제시 • 교통류관리에 필요한 교통정보(교통류 특성 변수) 추출 • 데이터베이스 관리
교통정보 전달	<ul style="list-style-type: none"> • 교통정보 내용범위 및 정보제공기준 검토 • 교통정보 전달매체별 기능분석
교통류관리	<ul style="list-style-type: none"> • 교통류관리 및 제어방법 검토 • 서울시 도시고속도로에 적합한 교통혼잡 및 유고감지알고리즘 검토 • 반복 및 비반복 교통혼잡 구분 방법론 검토

제 2 장 외국 도시고속도로 교통관리시스템

2.1 선진외국의 ITS 기술

知能型 交通體系(ITS : Intelligent Transport Systems)란 교통을 구성하는 주요소인 차량과 도로를 첨단 전자·전기·기계·통신과 접목하여 도로의 효율성 및 안전성을 높이고 환경오염을 줄이기 위한 시스템이다. 당면한 교통문제 해결의 방편으로서 이러한 知能型 交通體系의 실현을 위한 움직임이 전세계적으로 활발하다. ITS의 기술개발은 1970년대 중반부터 유럽과 일본을 중심으로 시작되었으며, 1980년대 후반부터 미국은 ITS America, 유럽공동체는 ERTICO(European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organization), 일본은 VERTIS(Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society)라는 ITS 기구를 각각 구성하여 독자적인 연구개발을 추진하고 있다.

2.1.1 일본

일본의 ITS사업은 지속적인 연구개발로 일부 시스템은 이미 상용화 단계에 있다. 우정성과 건설성에서는 도시의 교통정체해소, 사고방지 및 자동차 배기가스 등의 공해방지를 목적으로 RACS(Road/Automobile Communication System)와 AMTICS(Advanced Mobile Traffic Information and Communication System)라는 交通管理시스템의 개발에 착수하였으며, 최근에는 NeGHTS(Next Generation Highway Traffic System, 1989), AMTICS와 RACS를 종합한 VICS(Vehicle Information and Communication System, 1991) 프로젝트를 개발완료하여 交通情報를 제공하고 있다.

2.1.2 미국

미국의 ITS사업은 1980년대 후반까지 일반 민간기업을 중심으로 개별적으로 추진되어 왔으나, 1987년에는 'Mobility 2000', 1990년에는 'TVHS AMERICA', 1990년 이후에는 ITS 연구

개발이 민간중심에서 연방정부 교통성이나 주정부 중심으로 전환되어, 'ITS AMERICA' 분과 별로 본격적인 연구개발이 시작되었다. 현재 진행되고 있는 미국 ITS의 주요내용 및 개발계획이 <표 21>에 정리되어있다.

<표 21> 미국 ITS 주요내용 및 개발계획

분야	개요	개발계획
ATIS	<ul style="list-style-type: none"> Advanced Traveler Information systems 교통여건, 교통규제상황 등 교통관련정보를 운전자에게 제공하여 안전, 원활, 쾌적한 이동을 지원하는 체계	<ul style="list-style-type: none"> '90 - '95 : 가변문자정보판, 차내장비를 통한 정적정보제공 '95 - '00 : 동적경로정보제공 '00 - '10 : 교통유도를 위한 교통량 제어
ATMS	<ul style="list-style-type: none"> Advanced Traffic Management systems 여행시간 축소, 사고 규제상황 등 실시간 도로교통상황의 파악을 통해 효율적인 도로교통관리를 도모하는 체계(신호제어, 자동요금징수시스템 포함)	<ul style="list-style-type: none"> '92 - '95 : 기존 기술의 고도화 '90 - '00 : 신규 기술개발 '00 - '05 : 기존 기술, 신기술의 도입
CVO	<ul style="list-style-type: none"> Commercial Vehicle Operation Systems 상용차량의 위치 파악 및 본사와의 상호 교신을 통해 신속하고 경제적인 운송을 실현하는 체계(자동차 중량의 자동 측정, 차량 관리 자동화 시스템 등을 포함)	<ul style="list-style-type: none"> '90 - '95 : 주간선도로 화물차량에 도입 '95 - '00 : 도입 기술의 확대 적용(자동운행 관리시스템 개발 도입) '00- '05 : 인접국가(캐나다, 멕시코 등)에 확대 실시
AVCS	<ul style="list-style-type: none"> Advanced Vehicle Control Systems 차량 및 도로에 설치하는 첨단정보통신기기를 통해 자동적으로 차량 운행을 제어함으로써 궁극적으로는 자동운전까지를 목적으로 하는 운전자 지원체계	<ul style="list-style-type: none"> '91 - '95 : 차량용 첨단정보통신기기개발 '95 - '00 : 도로, 차량간 정보통신기기 개발 및 일부 자동운전 구현 '00 - '01 : 일부 고속도로의 완전 자동운전 구현
APTS	<ul style="list-style-type: none"> Advanced Public Transportation Systems 대중교통수단의 운행 스케줄, 차량의 현위치 등 관련 정보를 취합, 이용자와 관리자에게 제공함으로써 대중교통수단의 효율적 이용을 도모하는 체계	<ul style="list-style-type: none"> '91 - : 개발 일정 결정 예정

2.1.3 유럽

유럽의 ITS사업은 RTI(Road Transport Informatics)라는 이름으로 다양한 프로젝트가 진행중이며, 자동차 제작회사를 중심으로 시작된 PROMETHEUS(Programme for a European Traffic System with Highest Efficiency and Unprecedented Strategy), DRIVE(Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe) 등이 있다.

유럽 ITS관련 시스템의 개발 목표는 기존 기술을 조합한 자동차 情報通信 시스템을 실용화하는 단계에서 진일보하여 화상처리, 인공지능 등을 위시한 첨단기능을 구사하여 차세대 자동차 문화를 창조하여 가고자 하는 것이다.

2.2 北美 都市高速道路 交通管理시스템

2.2.1 미국

(1) Chicago, Illinois

일리노이주는 1961년부터 交通管理센터를 설치·운영하고 있으며, 고속도로 교통관리시스템은 교통관리센터, 통신센터 및 비상순찰대의 3개 기구로 구성되어 있다. 고속도로 교통관리시스템은 총연장 약 190km를 관리하며, 약 2,000개의 루프검지기, 95개소의 Ramp Metering System과 13개의 可變交通情報電光板(최종적인 계획에는 35개소)으로 구성되어 있으며, 13개의 방송채널에 交通情報를 제공하고 있다.

루프검지기는 800m마다 Single-loop, 4.8km마다 Double-loop로 구성되어 있고, 각 검지기 및 可變交通情報電光板의 제어기는 수집한 교통데이터를 센터로 전송하는 기능을 담당한다. 통신센터에서는 각 구역별 노측방송(HAR : Highway Advisory Radio) 및 비상전화의 관리, 순찰대와의 통신을 포함한 전체 시스템을 관장하고 있으며, 야간에는 교통관리센터의 기능도 함께 隨行한다. 또한 노측방송은 AM을 이용하여 매 5분마다 새로운 정보를 디지털로 방송하고 있다.

고속도로 수요와 용량의 균형을 유지하고, 본선 合流部の 교통소통을 원활히 해주기 위하여, 1963년 일리노이주 교통부에서는 Ramp Metering System을 개발하여 도입·시행하고 있으나, 신호 준수율은 낮은 수준이다.

(2) California District 7.

캘리포니아 교통부에서 관장하는 交通管理센터는 약 450km의 고속도로 구간을 관리하고 있다. CCTV를 통해 수집되는 현장교통상황은 마이크로웨이브를 통하여 交通管理센터로 전송되고 있으며, 검지기로는 공사의 편의를 고려하여 루프검지기를 이용하고 있다. 비상전화는 태양에너지를 사용하며, 약 400m간격으로 설치되어 있고, 45대의 可變交通情報電光板이 설치되어 있다.

交通管理센터에는 고속도로 전체 교통상황을 파악하는 交通狀況板(Wall-Map)이 설치되어 있으나, 교통상태정도만 표시될 뿐 거의 모든 정보는 그래픽화된 CRT화면을 통해 운영자에게 전달되며, 교통정보제공은 가변교통정보전광판, 노측방송, 상업방송, 자동응답전화(ARS) 등을 통해 이루어지고 있다. 시카고처럼 본선의 원활한 交通流管理를 위하여 Ramp Metering을 실시하고 있는데, 시카고와는 달리 준수율이 약 85%에 달한다.

(3) Houston, Texas

텍사스주의 휴스턴시에는 트랜스타(Transtar)라는 교통 및 防災管理센터가 설치 운영되고 있으며, 트랜스타(Transtar)의 交通管理시스템은 防災시스템을 포함하여 1998년에 완전히 구축될 계획이다. 휴스턴시의 트랜스타는 과거 개별적·산발적으로 진행되던 交通管理의 효율성을 높이기 위하여 하나의 통합된 시스템으로 구축되었는데, 이 시스템은 루프검지기를 중심으로 구성되어 있으며, 영상검지기(Image Sensing Detector)는 실험 중에 있다. 한편, 휴스턴 트랜스타(Houston Transtar)의 交通管理技法 중에 특이한 점은 HOV Lane의 적극적인 운영을 위하여 HOV Lane과 함께 버스우선신호에 대한 고려가 여타 다른 지역에 비해 적극적이라는 점이다(휴스턴에서는 당초 경전철을 구상하기도 하였으나 HOV Lane의 운영으로 대체

하였다고 함).

휴스턴 트랜스타(Houston Transtar)의 주요 交通管理 프로그램은 다음과 같다.

- Traffic Signalization Systems
- Freeway Management Systems
- Transit Management Systems
- Incident Management Systems
- Electronic Toll Collection Systems
- Electronic Transit Fare Payment Systems
- Smart Railroad Grade Crossing Systems
- Coordinated Emergency and Disaster Services
- Real-time Traveler Information Systems

(4) Atlanta, Georgia

아틀란타시의 交通管理시스템은 96년 올림픽에 대비하여 특별한 관심을 갖고 추진하였다. 아틀란타시의 交通管理시스템에서 특히 주목할 만한 점은 첫째로, 기존의 루프 검지기 체계에서 벗어나 영상검지기를 고속도로 交通特性調査의 기본 토대로 하였다는 점이며, 둘째는 대중 交通管理시스템을 交通管理센터에 접속시켜 통합적으로 관리하고 있다는 점이다. 마지막으로 일반 간선도로의 교차로 신호체계개선을 교통관리시스템의 일부로 접목시켜 운영하고 있다는 점을 들 수 있다.

가. 시스템의 주요 구성요소

- Advanced Traveler Information Systems
 - 25 Changeable Message Signs (CMS), 3 lines of text, 21 characters/line
 - 16 CMS for Express Lanes, 3 lines of text, 10 characters/line
- Surveillance Systems

- 63 pan, tilt and zoom CCTV cameras located along the freeway on 30 to 100ft poles
- 316 fixed cameras with 53 Autoscope (video detection) units on freeways
- Under-pavement loop detection systems on arterial roads

나. System Software

- Based upon commercial off-the-shelf products (COTS) including
 - Geographic Information System (GIS) software
 - Relational database management system (RDBMS)
 - Real-time data acquisition and expert system software
 - Graphical User Interface (GUI) build software
 - Traffic control and freeway traffic management software

다. Incident Management Improvements:

- Highway Emergency Response Operators (HERO) patrolling Interstates to minimize the disruption of traffic
- Installation of MoVER Team to effectively manage freeway incidents
- Free ★DOT cellular telephone service for reporting traffic incidents

2.2.2 캐나다

캐나다 컴패스(Compass) 시스템은 토론토시 권역의 북서부에 위치하고 있는 고속도로 401 구간중 Renforth로 부터 Birchmount에 이르는 약 29km구간(Birchmount로 부터 Neilson까지는 CCTV만 설치)의 도로를 관리하고 있다. 交通管理센터는 온타리오주 교통부 본부내에 설치되어 있으며, 관리센터에는 交通狀況板(Wall-map)이 없이 그래픽화된 CRT를 통해 전체 네트워크의 교통상황을 파악하고, 운영자 탁자위에 설치된 CCTV 모니터를 통하여 현장교통상황을 확인·감시한다. 짐지기는 500m간격으로 Double-loop로 설치되어 있으며, CCTV는 양방향 1km간격으로 총 45개가 설치되어 있다. 비상전화는 설치되어 있지 않으며, 路肩에서

비상등을 켜채로 있으면 운영자가 CCTV로 확인하여 10분 이내에 순찰차를 출동시키도록 되어 있다. 인터체인지 및 램프 상류 약 1km지점에 LED식 可變交通情報電光板이 모두 13개 설치되어 있으며, 통신은 100% 전용망인 광통신을 이용하고 있다.

2.3 유럽 都市高速道路 交通管理시스템

2.3.1 영국

영국 NMCS2 시스템은 초기에는 비상전화로 시작되어 현재 CCTV시스템, 차선제어시스템, 가변교통정보전광판 시스템, TRAFFIC MASTER라고 불리는 적외선센서와 통신시스템이 합쳐진 시스템으로 統合하게 되었다. NMCS2시스템이 첫번째로 설치된 곳은 M25 고속도로로서 4개의 경찰관제실에서 제어되었으며, 현재는 총 33개의 경찰관제실이 고속도로들을 제어하고 있다. NMCS2는 기본적으로 통신시스템으로서, 33개 시스템 각각이 도로면에 설치된 장비와 통신하고, 또한 서로 통신할 수 있게 하기 위해 설치된 시스템이다.

2.3.2 프랑스

(1) BP 시스템

BP(Boulevard Peripherique)는 총연장이 35km이며, 인터체인지가 약 36개소에 이르는 매우 복잡한 환상형 都市高速道路로 파리 전체도로의 25%를 점유하고 있지만, 전체 교통량의 40%에 달하는 교통수요를 감당하고 있는 循環道路이다. 파리시에서 관장하고 있는 BP 交通管理시스템은 약 100대의 CCTV를 이용하여 현장교통소통상황을 모니터하고 있으며, 交通管理센터까지는 광통신망으로 연결되어 있다. 비상전화는 평지에서는 약 500m간격, 지하도로에서는 약 250m간격으로 166개가 설치되어 있으며, 10대의 경찰순찰차와 2개의 오토바이 순찰팀이 주야로 계속 순찰을 돌고 있다.

교통데이터 수집을 위한 검지기는 65개의 Loop Sensor와 약 500m간격으로 설치된 71개의

Counting Station(Controller), 2.5km마다 설치되어 있는 속도검지용 루프로 구성되어 있다. 이런 정보가 취합되는 交通管理센터에는 구간별 교통상황을 한 눈에 파악할 수 있는 交通狀況板(Wall-map)이 설치되어 있으며, 유고를 자동으로 감지하는 유고감지알고리즘도 탑재되어 있다. 交通管理센터에서 처리된 정보는 운전자에게 약 340개의 可變交通情報電光板을 통하여 제공되며, 可變交通情報電光板의 메시지는 추정통행시간을 포함하여, BP의 교통상태, 주로 야간에 이루어지는 유지보수공사에 의한 도로폐쇄, 수도권 고속도로망에서의 심각한 사고 등의 정보가 전달되는데 통행시간의 경우 매 1분마다 갱신되며, 정보제공내용은 미리 결정된 우선순위에 따라 송출된다. 특히 可變交通情報電光板은 주로 이 BP와 평행한 도로인 Boulevard des Marechaux에 집중적으로 설치되어 있다.

(2) REGA 시스템

REGA 시스템은 Paris-Rhin-Rhone 도로공사인 SAPRR의 관리하에 있는 약 1,200km연장의 고속도로 구간에 설치된 交通管理시스템으로 Beaune에 관리센터가 위치하고 있으며, 하부조직으로 Regional Check Point와 District Check Point를 두고 있다.

한 곳의 District CP에서는 약 50km정도의 구간을 관장하고 있으며, 이 곳에서는 검지기, 기상상비, CCTV등에서 수집된 모든 정보를 Regional CP로 보내는 동시에 도로의 유지보수 및 차로도색, 겨울철의 도로관리, 고장차량 등에 대한 순찰차 파견 등의 업무를 담당하고 있다. Regional CP에서는 4~5개의 District CP로부터 수집된 자료를 정리하여 관리센터로 보내며, 경찰과 동시에 연결되어 있는 비상전화와 可變交通情報電光板을 관리한다. 관리센터에서는 모든 도로구간의 교통상태를 파악·감시하여 타 관제시스템이나 경찰, 관련부서 등과의 정보교환등을 담당하며, 만약 Regional CP나 District CP에 이상이 있을 경우에는 직접 이상부문의 제어를 관리한다.

교통검지기는 약 15~20km간격으로 설치되어 있으며, 동결 등의 도로상황을 파악하기 위한 노면결빙 검지기가 주요지점에 설치되어 있고, 비상전화는 2km간격으로 설치되어 있다. 순찰차는 전 구역을 4시간마다 순찰하며, CCTV는 80개가 설치되어 있으나 터널구간에 집중

되어 있다. 광섬유를 이용한 可變交通情報電光板은 각 유출램프의 약 2km전방에 설치되어 유출안내, 하류의 교통흐름상황, 사고정보 및 대체도로 안내의 4가지 기본기능을 수행하며, Default정보로는 기온 및 시간을 나타내어 주고 있다.

(3) AREA 시스템

AREA 시스템은 Rhone에서 Alpes에 이르는 도로의 交通管制시스템으로 Nances에 관리센터를 두고 있으며, 350대의 비상전화, 30대의 可變交通情報電光板, 55대의 기상검지기, 그리고 51대의 CCTV로 이루어져 있다.

2.4 極東아시아 都市高速道路 交通管理시스템

2.4.1 일본

일본의 阪神高速道路 交通管理시스템은 교토대학에서 기본설계하고, 1969년에 주우전기(OMRUN)에 의해 설치되었다. 주요한 특징을 살펴보면, 미국과는 달리 超音波檢知機를 500m간격으로 설치하였으며, CCTV의 管制領域이 전 구간의 60%에 이른다. 가변교통정보전광판은 일반적 형태인 본선 정보전달용, 진입램프에 설치된 구간운행시간 정보판, 혼잡구간을 그래픽으로 나타내어 주는 도형정보판 등으로 세분화되어 있다. 특이한 시스템으로는 차량번호판 인식시스템을 이용하여 구간의 통행시간을 측정하는 시스템을 들 수 있다. 관리센터장 비로는 음성합성시스템을 두어 교통정보를 자동적으로 녹음·방송하고 있으며, 고속도로 전체 교통상황을 파악하는 交通狀況板(Wall-Map)이 설치되어 있다. 또한 고속도로 휴게소에도 운행시간, 혼잡구간 등의 정보를 조회할 수 있는 시스템을 설치하여 운전자들에게 서비스를 제공하고 있다.

가. 정보수집

정보를 수집하는 장치로는 차량검지기, 차량번호취득장치, CCTV 카메라 등이 있다.

- CCTV 카메라 : 교통상황을 영상에 의해 확인하도록 하는 것이며, 시인범위는 전노선의 약 8할이 되고 있음.
- 차량검지기(초음파검지기) : 본선상에 500m 간격으로 설치된 차량검지기는 교통량과 시간점유율을 계측함. 지체길이의 자동계측이나 소요시간의 산정에 이용.
- 차량번호취득장치(AVI) : 본선의 상류와 하류에 설치된 AVI 장치에서 차량번호를 읽어들이어 이것을 조합하여 5분간의 평균운행소요시간을 산출함. 이 데이터는 차량검지기에서 산정된 운행소요시간의 검증에 이용됨.

나. 정보처리

朝潮橋관리 센터에서는 정보처리를 수행하는 컴퓨터와 관제업무를 수행하기 위한 패널이나 관제부자가 설치되어 있다.

- 패널 : 관제실에 graphic panel, free panel, TV 모니터 및 CRT(화상표시장치)가 설치
- 관제부자 : 문자정보판, TV 모니터, CRT 등을 조작하는 기능과 컴퓨터의 정보처리에 필요한 도로상황, 제어상황, 기상상황 등의 정보를 입력하는 기능
- 컴퓨터 : 중앙처리장치 2대와 부처리장치 13대의 총 15대로 구성
- 중앙처리계 : 교통제어 제안, 소요시간예측연산, 관리데이터의 축적, 保存作図, 作表.
- 수집계 : 교통데이터의 수집처리
- 표시계 : 문자정보판, 도형정보판, 소요시간표시판, 도로정보 데이터 등의 제어
- 음성계 : 도로정보 라디오, 자동전화안내 제어
- 정보교환계 : 타기판 시스템의 정보교환
- 조작계 : 관제실의 패널로의 표시, 관제부자로부터의 입력처리

다. 정보제공

- 문자정보판 : 본선, 진입로부근의 가로에 free pattern의 문자정보판 375면을 설치하여 지체정보, 장애정보 등을 자동적으로 표시
- 도형정보판 : 지체구간을 도형에 표시한 도형정보판을 방사선 상행의 본선에 5면 설치

- 도로정보 라디오 : 본선 30개소의 방송구간에서 구간마다 다른 음성정보를 자동적으로 제공. 방송구간은 각노선에 2~4개소 설치되어 전노선의 약 3분의 1 구간에서 방송청취 가능
- 도로정보 터미널 : 도로정보를 문자, 도형, 화상 및 음성으로 제공한 도로정보 터미널을 潮潮橋와 京橋의 parking area 및 中島 parking area에 설치
- 소요시간표시판 : 주요지점까지의 소요시간을 표시하는 소요시간표시판을 본선요금소나 진입로부근의 가로에 186면 설치
- 요금소내표시판 : 요금소의 Booth내의 요금징수원에게 도로의 상황, 사고, 공사, 통제 정보 등을 알 수 있도록 표시하여 이용자로부터의 질문에 신속하게 응답
- 자동전화안내 : 전화에 의한 도로정보의 문의에 컴퓨터가 자동적으로 응답(영어로도 안내)
- 돌발사상표출장치 : 기하구조가 불량한 곡선부에 CCD 카메라를 설치하여, 사고, 고장, 지체에 의한 정지차량의 발생(돌발사상)을 화상처리기술로 자동검출하여, 표시판에 표시하여 후속차량에 주의를 환기시킴.

2.4.2 대만

대만의 고속도로 교통관리시스템은 1차로 약 20km구간(기흥-양메이)에 대해 1980년대 초에 설치하여 운영중이며, 2차로 약 80km에 이르는 구간을 일본의 NEC에서 일괄설치하여 운영중이며, 현재 3차사업이 계속되어 진행중에 있다. 交通檢知機는 모두 Double-loop이며, CCTV는 매표소 부근, 터널, 인터체인지 부근에 집중적으로 설치되어 있고, 可變交通情報電光板은 램프매트릭스 방식으로 램프의 유출부 상류에 설치되어 있다. 비상전화는 대 1km마다, 농부측정기는 주요지점에 설치되어 있으며, 필요지점에 可變速度制限標識가 설치되어 있다. 交通管理센터에서는 교통상황판(Wall-Map)과 CCTV 모니터를 통하여 교통소통상황을 파악하고 있으며, 최근에 램프미터링시스템을 포함한 3차사업이 Elevated Freeway를 대상으로 진행중에 있다. 또한 통신망은 Trunkline 광통신으로, 지선은 Paired Cable로 구성되어 있다.

2.5 데이터 收集 및 傳達裝備

현재까지 개발된 데이터 수집장비와 데이터 전달장비는 장비의 기능에 따라 수집 또는 전달할 수 있는 데이터의 내용과 범위가 각기 다르다. 따라서, 서울시 都市高速道路의 交通流管理에 적합한 최적장비체제나 프로토타입은 교통류관리의 범위와 기대하는 시행효과에 근거하여 신중히 결정해야 한다. 본 연구에서는 이에 관한 연구는 과업범위상 제외하였다. 그러나, 후속 연구를 위해 기존에 개발된 데이터 수집장비와 데이터 전달장비의 특성과 장·단점을 분석하여 보고서 부록1에 자세히 정리하였다.

2.6 要 約

본 연구를 위한 외국 交通管理시스템 소프트웨어의 要求事項에 대한 자료수집은 여러 가지 제약조건으로 인해 수집이 거의 불가능하여 본 연구에서는 외국 주요 都市高速道路의 交通管理시스템 구성요소를 기준으로 소프트웨어의 기능을 간접적으로 파악하는 수준에 그쳤다. 그러나, 본 연구의 검토결과 외국 交通管理시스템 소프트웨어는 제 1장에서 언급한 4단계기능을 기본적으로 요구하고 있으며, 세부적으로 본 연구에서 제시하는 요구사항을 크게 벗어나지 않을 것으로 판단된다.

외국 交通管理시스템의 교통데이터 수집체제는 루프검지기에 많이 의존해 왔으나, 최근 초음파 검지기, 영상검지기 등 첨단전자·전기·통신·제어장비를 적극적으로 도입하는 추세로, 관련 업체의 기술개발을 勸勵하고 있으며, 이들 첨단 장비의 효율적인 운영을 위하여 관련 소프트웨어의 개발도 적극적으로 추진하고 있다. 또한, 여기서 언급하고자 하는 중요한 점은 이러한 첨단기술도입과 관련 소프트웨어 개발을 체계적으로 계획하고 추진할 수 있는 조직을 갖추고 있다는 점이다. 사실, 서울의 경우 앞서도 언급했듯이 都市高速道路 交通管理시스템 구축사업을 진행 혹은 계획하고 있지만 아직까지, 이들 구축사업을 체계적으로 관리하고 운영하는 전담조직이 제대로 구축되어 있지않은 상태이며, 이러한 시행주체의 미온한 의지는 관련업체의 과감한 기술개발 투자를 저해하는 요소로 작용하고 있다.

제 3 장 서울시 도시고속도로 교통류특성 분석

서울시 都市高速道路는 시설적·기하학적 구조 및 교통류 특성이 외국의 都市高速道路와 상이하다. 따라서 이러한 사항들을 고려한 효율적이고 체계적인 交通管理시스템을 구축하고 서울시 都市高速道路의 교통류특성을 정확히 파악하여 교통류관리에 반영하기 위해서는 어떠한 교통데이터들이 수집되어야 하며, 수집된 데이터를 이용하여 어떠한 交通流 分析이 수행되어야 하는지 검토할 필요가 있다. 이를 위해, 본 장에서는 서울시 都市高速道路 시설물유형별로 구성비율조사와 交通流 特性을 분석하였다.

3.1. 調査·分析의 範圍 및 內容

3.1.1 조사 분석의 범위

일반적으로 고속도로는 다음과 같이 기본구간, 엇갈림구간, 램프接續區間 등 3개의 구성요소로 분류할 수 있다.

- 기본구간(Basic Section) : 엇갈림 구간 및 램프 접속부에서의 합류 및 분류의 영향을 받지 않는 고속도로 구간
- 램프 접속부(Ramp Junction) : 진입램프 또는 진출램프가 고속도로 본선에 접속되는 구간으로 합류부와 분류부로 구분됨. 램프 접속부는 본선에 합류 또는 본선으로부터 분류하려는 차량들의 집중으로 본선의 교통흐름을 방해함.
- 엇갈림 구간(Weaving Section) : 진입램프 또는 진출램프간의 간격이 짧아 고속도로 본선상에서 서로 다른 방향으로 이동하려는 차량들간의 차선변경이 심하게 발생하는 구간으로 본선의 교통흐름에 방해를 줌. 이상적인 기하구조로는 진입램프와 진출램프가 연속된 보조차선으로 연결되어야 함.

일반적으로 램프 접속부는 본선에 合流 또는 본선으로부터 分流하려는 차량들의 집중으로

본선의 교통흐름을 방해하며, 엇갈림 구간도 고속도로 본선상에서 서로 다른 방향으로 이동하는 차량들간의 차로변경으로 본선의 원활한 교통흐름을 저해하고 있다. 이러한 엇갈림 구간 또는 램프 접속부의 영향권을 우리나라 道路容量便覽에서는 다음과 같이 정의하고 있다.

- 엇갈림 구간 : 엇갈림이 시작되는 진입램프의 150m 상류지점부터 엇갈림이 끝나는 진출램프의 150m 하류지점까지의 구간
- 진입램프(합류부) : 램프 접속부의 150m 상류지점부터 750m 하류지점까지의 구간
- 진출램프(분류부) : 램프 접속부의 750m 상류지점부터 150m 하류지점까지의 구간

위에서 살펴 본 바와 같이 고속도로는 기하구조적, 교통류 흐름의 특성상 서로 다른 특징을 갖는 3개의 구간으로 구성되므로, 고속도로의 교통류 특성을 파악하기 위해서는 각 구성요소의 交通流 特性을 분리하여 조사·분석함이 타당하다. 따라서, 본 연구에서는 서울시 都市 高速道路의 교통류특성 조사·분석의 공간적 범위를 설정하기 위해, <표 3.1>에서 제시한 서울시 都市 高速道路를 대상으로, 아래와 같은 4가지 대안을 검토하였다.

- ▷ 대안 1 : 대표적인 서울시 도시고속도로(특정노선) 전구간을 연구범위로 하는 방안
(예 : 올림픽대로 전구간)
- ▷ 대안 2 : 대표적인 서울시 도시고속도로(특정노선) 특정구간을 연구범위로 하는 방안
(예 : 올림픽대로 특정구간)
- ▷ 대안 3 : 운영·계획중인 모든 노선의 전구간을 연구범위로 하는 방안
(예 : 전노선의 전구간)
- ▷ 대안 4 : 운영·계획중인 모든 노선의 특정구간을 연구범위로 하는 방안
(예 : 전노선의 특정구간)

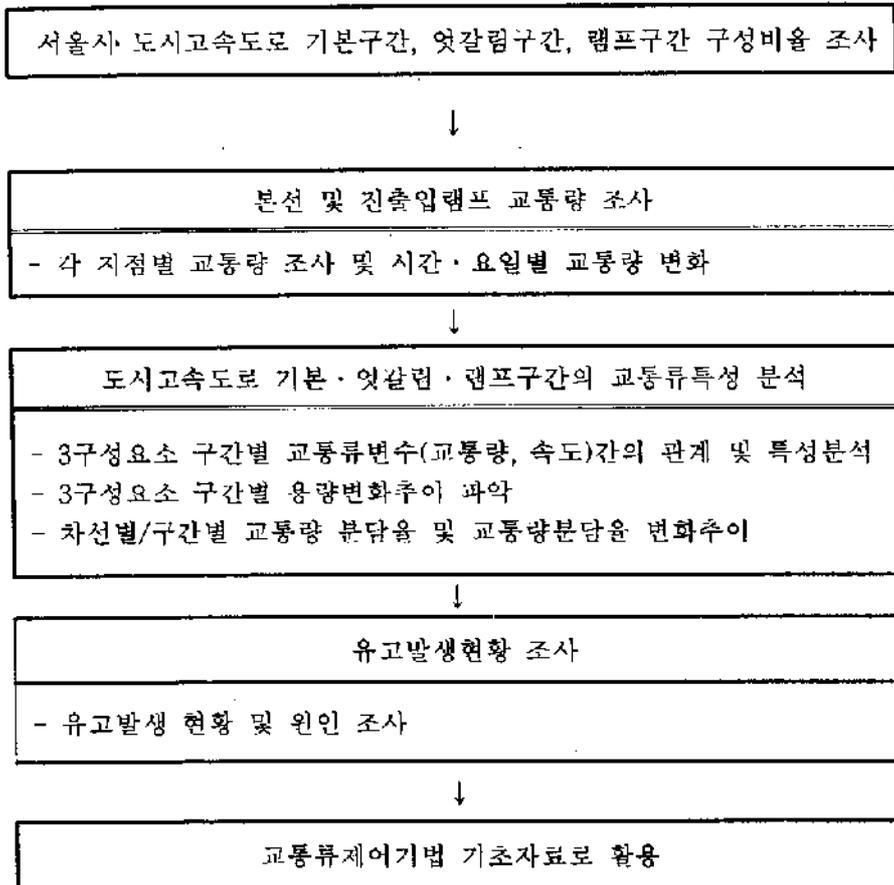
〈표 3.1〉 서울시 도시고속도로 노선별 현황 및 계획

노선명	시종점	연장(km)	차로수	비고
내부순환	-	40.1	6	북부간선 15.2km '98. 12월 완공예정
강남순환	오류IC - 양재IC	20.9	4 - 6	타당성 검토중
	마곡IC - 잠지IC	35.9	6	
올림픽대로	개화동 - 하일동IC	42.5	8	완공
강변북로	행주대교 - 성산대교	25.2	6 - 8	완공
	용비교 - 강동대교			설시설계중
동부간선	의정부서지계 - 용비교 강변북로 - 잠지IC	30.3	4 - 8	완공 '98. 12 완공예정
서부간선	시흥대교 - 중산동	17.3	4	완공
북부간선	하월곡동 - 구래IC	9.8	4	'98. 12 완공예정
중앙간선	낙원동 - 중계동	14.3	4	신시설계중
남부간선	행수대교 - 양재IC	28.7	4	기본시설완료
청계고가	청계4가 - 용두동	5.0	4	완공
합 계	-	234.1	-	-

4개의 대안 중에서, 보다 현실성 있는 연구결과를 도출하기 위해서는 교통류특성 조사대상은 현재 운영하고 있는 都市高速道路 중에서 고속도로의 3가지 기본구성요소인 기본구간, 엇갈림구간, 램프接續區間을 모두 검토할 수 있는 올림픽대로가 가장 적합한 것으로 판단된다. 따라서, 교통류특성 분석은 서울의 가장 대표적인 都市高速道路인 올림픽대로를 중심으로 조사를 수행하였으며, 시설유형별 구성비율 조사는 동북간선도로, 서부간선도로, 올림픽대로를 대상으로 조사를 수행하였다.

3.1.2 주요 조사·분석의 내용

본 연구에서 수행한 조사와 분석내용을 <그림 3.1>에 정리하였다.



<그림 3.1> 도시고속도로 교통류 특성 분석과정도

3.2 施設類型別 構成比率

서울시 도시고속도로 중에서 동부간선도로, 서부간선도로, 올림픽대로를 대상으로 고속도로의 3구성요소인 기본구간, 램프接續區間, 엇갈림구간의 구성비율을 조사하여 <표 3.2>에 정리하였다.

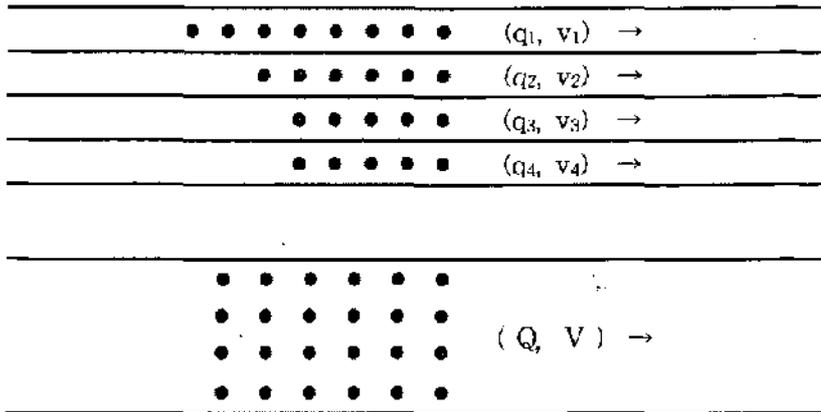
<표 3.2> 도시고속도로 3기본구성요소의 유형별 길이 및 구성비율

도로명	총연장	방향	구간유형	길이	구성비율(%)	접속램프수
동부간선도로	19.2 km	용비교 → 의정부 거문소	기본구간	10.0 km	52.1	유입 : 6 유출 : 7
			램프접속구간	8.4 km	43.8	
			엇갈림구간	0.8 km	4.1	
		의정부시 → 용비교	기본구간	9.4 km	49.0	유입 : 6 유출 : 7
			램프접속구간	9.0 km	46.9	
			엇갈림구간	0.8 km	4.1	
서부간선도로	12.0 km	성산대교남단 → 시흥대교	기본구간	2.3 km	19.2	유입 : 8 유출 : 11
			램프접속구간	6.7 km	55.8	
			엇갈림구간	3.0 km	25.0	
		시흥대교 → 성산대교남단	기본구간	3.2 km	26.7	유입 : 12 유출 : 10
			램프접속구간	4.1 km	34.2	
			엇갈림구간	4.7 km	39.1	
올림픽대로	41.0 km	행주대교남단 → 하일IC	기본구간	12.1 km	29.5	유입 : 21 유출 : 25
			램프접속구간	23.4 km	57.1	
			엇갈림구간	5.5 km	13.4	
		하일IC → 행주대교남단	기본구간	17.9 km	43.7	유입 : 23 유출 : 23
			램프접속구간	17.5 km	42.7	
			엇갈림구간	5.6 km	13.6	
양방향 합계	144.4 km		총 기본구간	54.9 km	36.7	유입 : 76 유출 : 83
			총 램프접속구간	69.1 km	46.7	
			총 엇갈림구간	20.4 km	16.5	

서울시 都市高速道路는 원활한 교통류 흐름을 저해하는 램프접속 및 엇갈림 구간이 전체 구간의 63%를 차지하는 것으로 집계되었다. 따라서, 고속도로의 疏通效率을 높이기 위해서는 램프접속 및 엇갈림구간의 교통류 흐름을 원활히 유지할 수 있는 운영기법을 중점적으로 검토할 필요가 있다. 또한, 동부간선도로를 제외한 서부간선도로와 올림픽대로의 경우, 진출·입램프의 간격은 평균 1km에 불과하고, 램프의 설치위치 및 본선과의 접속이 부적합하여 고속도로의 기능을 떨어뜨리고 있다. 따라서, 불합리한 램프접속구간에 대해서는 주변도로와의 接續管理(Access Control)를 시행할 필요가 있으며, 통제가 불가능한 진출·입램프는 고속도로 본선 및 연계된 주변도로의 교통류 흐름에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 交通流管理技法을 도입할 필요가 있다.

3.3 施設類型別 交通流 特性 分析

交通流 特性을 분석하기 위하여 교통데이터는 1분 주기로 映像檢知機를 통해 수집한 지점별 각 차로의 平均運行速度, 교통량, 점유율 데이터를 이용하였다. 데이터는 기본구간, 램프 접속구간, 엇갈림구간 각각에 대하여, 1997년 7월 11일(금), 7월 14일(월), 7월 16일(수) 및 9월 22일(월), 9월 23일(화), 9월 24일(수) 6일간에 걸쳐 오전(06:00~09:00) 및 오후(17:00~20:00) 첨두시에 수집하였다. 수집된 교통량 데이터의 경우 첨두시 화물차량의 통행비율이 낮아 중차량에 대한 보정은 고려하지 않았다. 전차로의 평균교통량과 평균속도간의 관계를 도출하기 위해서, 평균속도는 각 차로의 평균속도에 통과교통량의 가중치를 고려하여 <그림 3.2>에서 제시한 방법을 이용하여 산출하였다.



$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad \dots\dots\dots(\text{식 3.1})$$

$$V = \frac{q_1v_1 + q_2v_2 + q_3v_3 + q_4v_4}{q_1 + q_2 + q_3 + q_4} \quad \dots\dots\dots(\text{식 3.2})$$

○ : 단위시간(1분) 동안 검지기를 통과한 차량군의 평균속도

- : 단위시간(1분) 동안 검지기를 통과한 개별차량
- q₁ : 단위시간(1분) 동안 검지기를 통과한 1차로 차량군의 교통량
- q₂ : 단위시간(1분) 동안 검지기를 통과한 2차로 차량군의 교통량
- q₃ : 단위시간(1분) 동안 검지기를 통과한 3차로 차량군의 교통량
- q₄ : 단위시간(1분) 동안 검지기를 통과한 4차로 차량군의 교통량
- Q : 단위시간(1분) 동안 검지기를 통과한 전체차로의 총 교통량
- v₁ : 단위시간(1분) 동안 검지기를 통과한 1차로 차량군의 평균속도
- v₂ : 단위시간(1분) 동안 검지기를 통과한 2차로 차량군의 평균속도
- v₃ : 단위시간(1분) 동안 검지기를 통과한 3차로 차량군의 평균속도
- v₄ : 단위시간(1분) 동안 검지기를 통과한 4차로 차량군의 평균속도
- V : 단위시간(1분) 동안 검지기를 통과한 전체차로의 가중평균속도

<그림 3.2> 전차로 교통량가중평균속도 산출 방법

(1) 기본구간(Basic Section)

올림픽대로 잠실방향 명수대와 한강대교 남단 양방향 8차로 구간에서 수집한 전차로 평균 교통량과 평균속도간의 관계를 분석한 결과, 동일 지점에서 관찰된 교통량과 속도간의 관계가 요일별로 조금씩 다르게 나타났다 (자세한 분석자료는 부록 2 참조). 交通混雜이 발생하지 않은 비혼잡류의 경우, 차량들의 平均運行速度는 교통량이 용량수준에 도달할 때까지 큰 변화 없이 거의 일정한 수준을 유지하는 것으로 나타났다. 이는 교통량이 증가하여 교통밀도가 높아져도 차량간의 疏通障礙가 심하지 않아 속도감소의 폭이 작은 것으로 풀이된다. 그러나 교통상황이 혼잡할 경우 차량의 운행속도와 통과교통량은 급속히 감소하는 것으로 나타났다.

비혼잡상태에서 혼잡상태로 전환되는 시점의 平均運行速度는 6일간 모두 50km/h정도로 일정하게 유지되는 반면에, 같은 시점의 通過交通量은 7월 11일(금) 10,500대/시, 7월 14일(월) 8,200대/시, 7월 16일(수) 9,500대/시, 9월 22일(월) 8,100대/시, 9월 23일(화) 9,000대/시, 9월 24일(수) 9,500대/시로 요일별로 일정하지 않음을 알 수 있다. 그러나, 7월 및 9월 같은 요일에는 같은 수준의 용량을 유지하고 있다. 위의 조사결과를 근거로 살펴보면, 이 구간의 임계교통량은 금요일에 나타난 10,500대/시 수준임을 알 수 있다.

(2) 램프接續區間(Ramp Junction)

올림픽대로 동작대교 남단 진입램프 상류구간, 반포대교 남단 진입램프 하류구간, 영동대교 남단 진출램프 상류구간의 전차선 평균교통량과 평균속도간의 관계를 조사·분석한 결과, 램프接續區間의 전차로의 평균교통량과 평균속도간의 관계는 앞에서 살펴본 고속도로 기본구간의 분석결과와 다른 양상을 보이는 것으로 나타났으며 (자세한 분석자료는 부록 2 참조), 램프接續區間의 용량도 기본구간과 마찬가지로 요일별로 변화가 심하게 나타났다. 램프接續區間의 비혼잡교통류의 平均運行速度는 기본구간에 비해 낮은 것으로 나타났다. 이는 진출·입 차량들의 車路變更에 의한 疏通障礙가 주 원인으로 판단된다. 램프接續區間의 진입램프 상류구간, 진입램프 하류구간, 진출램프 상류구간도 각각 진출·입의 특성이 서로 다르게 나타났다.

(3) 엇갈림구간(Weaving Section)

올림픽대로 공항방향의 엇갈림구간인 단천 진입램프와 영동대교 진출램프 양방향 8차로 구간 전차로에서 수집한 평균교통량과 평균속도를 조사·분석한 결과, 7월에는 요일별 변화가 크게 나타난 반면에, 9월에는 요일별 변화가 작게 나타났다 (자세한 분석자료는 부록 2 참조). 엇갈림구간의 비혼잡교통류의 平均運行速度는 진출입차량들간의 엇갈림 현상으로 인해 기본 구간의 平均運行速度보다 낮은 것으로 나타났다. 오전 및 오후 시간대별 운영상태를 비교한 결과, 오전 첨두시의 평균용량은 12,000대/시 수준이었으나 오후 첨두시에는 10,000대/시 이하 수준으로, 시간대별 뿐만아니라 요일별로도 변화하는 것으로 나타났다.

(4) 분석내용 종합

올림픽대로의 3구성요소 구간의 오전·오후 교통용량 분석결과를 다음 <표 3.3>과 <표 3.4>에 정리하였다. 각 구간의 교통용량은 오전과 오후 시간대별/요일별로 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 交通流管理技法의 적용에 있어서 동일한 기법을 획일적으로 적용하기 보다는 시간대별, 요일별로 구분해서 각 구간의 특성을 고려하여 탄력적으로 적합한 交通流管理技法을 적용할 필요가 있음을 의미한다.

<표 3.3> 오전첨두시 구간별 용량수준 비교 (단위 : 대/시)

	7월					9월			
	11일 (금)	14일 (월)	16일 (수)	평균 (3일)	평균 (월,수)	22일 (월)	23일 (화)	24일 (수)	평균 (3일)
한강대교남단(기본구간)	10,500	7,800	9,800	9,367	8,800	8,100	8,700	9,000	8,600
동작대교남단(진입상류부)	-	-	-	-	-	9,200	7,250	7,450	7,967
반포대교남단(진입하류부)	10,100	8,100	9,100	9,100	8,600	9,200	9,400	8,200	8,933
영동대교남단(진출상류부)	8,600	8,600	9,200	8,800	8,900	8,300	7,900	8,200	8,133
탄천(엇갈림구간)	12,100	9,000	10,000	10,367	9,500	9,100	10,200	10,200	9,833

<표 3.4> 오후첨두시 구간별 용량수준 비교 (단위 : 대/시)

	7월					9월			
	11일 (금)	14일 (월)	16일 (수)	평균 (3일)	평균 (월,수)	22일 (월)	23일 (화)	24일 (수)	평균 (3일)
한강대교남단(기본구간)	9,600	7,100	8,700	8,467	7,900	7,600	8,100	7,200	7,633
동작대교남단(진입상류부)	-	-	-	-	-	7,000	6,400	6,600	6,667
반포대교남단(진입하류부)	10,200	7,900	9,400	9,167	8,650	7,700	7,700	7,600	7,667
영동대교남단(진출상류부)	7,800	8,100	10,500	8,800	9,300	10,600	10,100	10,200	10,300
탄천 (엇갈림구간)	10,000	7,700	10,600	9,433	9,150	8,500	7,800	7,800	8,033

3.4 施設類型別 車路別 交通量 分擔率

(자세한 분석자료는 부록 3 참조)

(1) 기본구간

비혼잡상태에서는, 전반적으로 바깥차로인 3, 4차로가 안쪽차로인 1, 2차로에 비해 交通量分擔率이 높은 경향을 보이고 있다. 그러나, 전차로의 交通量分擔率은 대체로 20~30% 정도를 유지하고 있으며, 교통량이 용량수준에 도달했을 경우 전차로의 交通量分擔率은 거의 같은 수준으로 수렴하고 있다. 혼잡상태에서는, 通過交通量이 비교적 낮을 경우 1, 2차로의 교통량 분담율은 3, 4차로보다 훨씬 낮으나, 교통량이 증가할수록 3, 4차로의 交通量分擔率은 감소하고 1, 2차로는 증가하여, 용량수준에서의 전차로 交通量分擔率이 거의 같은 수준으로 수렴하고 있다.

(2) 램프接續區間

가. 진입램프 상류구간

비혼잡상태에서는 전반적으로 안쪽차로인 1, 2차로가 3, 4차로에 비해 交通量分擔率이 높다. 특히 1차로가 다른 차로에 비해 交通量分擔率이 훨씬 높으나, 교통량이 많아질수록 전차로의 交通量分擔率은 거의 같은 수준으로 수렴한다. 혼잡상태에서도 1, 2차로가 3, 4차로에 비해 交通量分擔率이 높으며 각 차로의 분담율은 교통량에 상관없이 일정 수준을 유지한다.

나. 진입램프 하류구간

비혼잡상태에서, 1차로는 교통량이 많을수록 分擔率이 소폭 낮아지면서 2, 3차로의 교통량 분담율과 점차 같은 수준으로 수렴한다. 4차로의 경우, 나머지 차로에 비해 현저히 낮다. 그러나 전 차로별 交通量分擔率은 대체로 교통량에 상관없이 일정 수준을 유지한다. 혼잡상태에서는, 안쪽차로일수록 交通量分擔率이 높지만, 4차로를 제외한 나머지 차로가 교통량에 관계없이 거의 비슷한 分擔率을 유지한다. 4차로의 경우, 교통량이 많아질수록 分擔率이 증가

하는 추세를 갖지만 일정수준 이상의 교통량에서는 일정한 交通量分擔率을 유지한다.

다. 진출램프 상류구간

비혼잡상태에서는 전반적으로 1, 2, 3차로가 거의 같은 分擔率을 유지하며, 4차로는 다른 차로에 비해 交通量分擔率이 현저히 낮게 나타난다. 혼잡상태에서는, 전 차로가 교통량에 상관없이 거의 비슷한 交通量分擔率을 유지하나, 대체로 1, 2차로의 교통량분담율이 3, 4차로에 비해 다소 높은 편이다.

라. 진출램프 하류구간

비혼잡상태에서는 4차로의 交通量分擔率이 제일 낮으며, 각 차로는 차로별로 교통량에 상관없이 일정한 交通量分擔率 수준을 유지하다가, 교통량의 어느 일정 수준에서, 4차로를 제외한 나머지 차로들의 交通量分擔率은 거의 같은 수준에 수렴한다. 혼잡상태에서는, 1, 2, 3차로가 교통량에 상관없이 비슷한 分擔率을 일정하게 유지하며, 4차로의 分擔率은 교통량 변화에 따라 크게 변화하는데, 교통량이 적을 경우는 다른 차로보다 현저히 높다가 교통량이 증가할수록 감소하여 다른 차로와 비슷한 수준을 유지한다.

(3) 엇갈림 구간

비혼잡상태에서는 1, 2차로의 交通量分擔率이 3, 4차로에 비해 높으며, 특히 4차로의 分擔率은 다른 차로에 비해 훨씬 낮다. 4차로를 제외한 각 차로별의 交通量分擔率은 대체로 일정한 수준을 유지하며, 용량수준에서 4차로의 交通量分擔率이 급격히 증가하여 전 차로가 거의 같은 分擔率을 나타낸다. 혼잡상태에서는, 교통량이 적을 경우 일정한 패턴이 없으며, 교통량이 증가할 경우에는 전 차로의 交通量分擔率은 거의 비슷한 수준으로 수렴한다.

(4) 요약

올림픽대로 잠실방향의 지점별 비혼잡시와 혼잡시의 차로별 交通量分擔率을 높은 순위로 <표 35>에 정리하였다. 비혼잡시, 노량대교 두 구간의 交通量分擔率은 거의 변화가 없으며, 이는 두 구간을 이동하는 차량들의 車路變更이 거의 없음을 의미한다. 그러나 동작대교 하류부 현충로 진입램프 근접지점을 조사한 결과, 차로별 교통량분담율이 노량대교 구간에서 조사한 결과와 상이한, 특히 비혼잡시에는 거의 정반대의 패턴을 보이고 있다. 이는 노량대교 구간을 지난 차량들의 심한 차선변경에 기인한 것으로 판단된다.

영동대교 상류부에서 탄천구간의 3지점의 交通量分擔率 조사 결과, 비혼잡시에는 이 구간의 차로별 交通量分擔率은 거의 일정한 패턴을 유지함을 나타낸다. 그러나, 교통혼잡시, 영동대교 상·하류 구간의 진출입램프지점을 통과하는 차량들의 車路變更이 심하게 일어남을 알 수 있다. 노량대교구간에서는 바깥차로가 안쪽차로보다 交通量分擔率이 높으며 나머지 구간에서는 안쪽차로가 대체로 높게 나타난다.

<표 35> 차로별 교통량 분담을 변화 패턴

	노량대교 (상류부) ^{주1}	노량대교 (하류부)	동작대교 (하류부)	진 입 램 프	반포대교 (상류)	영동대교 (상류)	진 출 입 램 프	영동대교 (하류)	진 입 램 프	탄천
비혼잡시	3>4>2>1	3>4>1>2	1>2>3>4		1>2>3>4	1≈2≈3≈4		1>2>3>4		1≈2≈3>4
혼잡시	4>3>1>2	3>4>1>2	1≈2≈3≈4		1≈2≈3>4	1≈2≈3≈4		4>3>2>1		4>3>1≈2

주1 : 잠실방향을 기준으로 상·하류구간을 구분함.

3.5 施設類型別 平均運行速度 變化推移

(자세한 분석자료는 부록 4 참조)

(1) 기본구간

비혼잡상태에서의 平均運行速度는 交通量分擔率과 역비례관계로 나타났다. 즉 交通量分擔率이 높을수록 平均運行速度는 낮아진다. 그러나 전반적으로 1, 2차로의 平均運行速度가 높고 각 차로의 속도는 교통량에 상관없이 일정 수준을 유지하는 것으로 나타난다. 혼잡상태에서는, 대체로 交通量分擔率과 비례관계를 갖는 것으로 나타났다. 즉 交通量分擔率이 높을수록 平均運行速度가 증가한다. 그러나, 1차로는 2차로와, 3차로는 4차로와 교통량변화에 따른 平均運行速度變化率이 비슷하게 나타났으며 증가폭은 1, 2차로가 3, 4차로보다 큰 편이다.

(2) 램프接續區間

가. 진입램프 상류구간

비혼잡상태에서, 平均運行速度는 交通量分擔率과 비슷한 양상을 보인다. 交通量分擔率이 높은 안쪽차로의 平均運行速度가 바깥쪽차로의 平均運行速度보다 높다. 그러나 전 차로의 교통량의 변화에 따른 平均運行速度變化가 거의 비슷하게 나타난다. 즉 교통량이 증가할수록 전 차로가 함께 감속하는 경향을 보였다. 혼잡상태에서는, 3, 4차로의 平均運行速度가 1, 2차로에 비해 높은 편이며 1, 2차로는 거의 같은 수준의 속도변화를 보였다.

나. 진입램프 하류구간

비혼잡상태에서는, 안쪽차로일수록 平均運行速度가 높은 편이나, 각 차로의 교통량 변화에 따른 속도 변화율은 거의 비슷하며, 각 차로별 平均運行速度는 교통량에 상관없이 거의 같은 수준을 유지한다. 혼잡상태에서도 대체로 교통량에 따른 속도의 변화가 각 차로별로 거의 비슷하다. 그러나, 3, 4차로가 1, 2차로보다 平均運行速度가 높은 편이며, 교통량이 증가할수록 3, 4차로의 속도변화는 작고 1, 2차로는 크나 일정수준이 되면 거의 같은 平均運行速度를 나

타낸다.

다. 진출램프 상류구간

비혼잡상태에서, 平均運行速度는 交通量分擔率과 비례관계로 交通量分擔率이 높은 안쪽차로의 平均運行速度가 바깥쪽차로보다 높다. 각 차로의 平均運行速度 변화율이 교통량 변화에 따라 거의 비슷하게 변화하며 각 차로는 거의 일정한 속도를 유지한다. 혼잡상태에서는, 4차로의 속도가 가장 높고 나머지 차로들의 속도는 거의 같은 수준이나, 교통량이 증가할수록 4차로의 속도가 감소하여 용량수준에서 차로별 平均運行速度가 거의 비슷해진다.

라. 진출램프 하류구간

비혼잡상태에서, 1, 2차로가 3, 4차로에 비해 平均運行速度가 높으나 1, 2, 3차로는 교통량에 따른 속도의 변화가 비슷하고 4차로의 경우 교통량이 증가할수록 큰 폭으로 감소한다. 혼잡상태에서는, 4차로의 平均運行速度가 높은 편이나 나머지 차로와 차가 크지 않으나, 전체적으로 교통량이 증가할수록 각 차로별 平均運行速度차가 커진다.

(3) 엇갈림 구간

비혼잡상태에서 1, 2차로가 3, 4차로에 비해 속도가 높은 편이나, 1, 2, 3차로의 교통량에 따른 속도의 변화율은 거의 비슷하며, 4차로의 경우 교통량이 적을 경우 속도가 현저히 낮다가 교통량이 증가할수록 급격히 가속한다. 혼잡상태에서는, 교통량이 적을수록 4차로의 平均運行速度가 가장 높으나, 교통량이 증가할수록 4차로의 교통량 변화에 따른 속도변화율보다 1, 2, 3차로의 속도변화율이 커서 전차로의 속도는 거의 같은 속도를 나타낸다.

3.6 올림픽大路 有故發生

1995년도 올림픽대로 42.5km에서 발생한 교통사고는 인명피해사고 493건(11.6건/km), 물적 피해사고 395건(14건/km) 등 총 1,088건으로 1km당 25.6건에 이르며 하루 평균 3건에 달하는 사고가 올림픽대로에서 발생하고 있다. 이는 1995년 우리나라 고속도로 1824.5km에서 발생한 총 8,538건의 인명피해사고 즉, 평균 4.7건/km에 비하면 월등히 높은 사고율이다. 또한 차량고장 등으로 인한 有故를 포함하면 올림픽대로에서는 거의 매시간 1건씩 有故가 발생한 것으로 전망된다.

<표 3.6>은 1997년 3월 한달동안 올림픽대로상에서 발생한 혼잡건수를 모두 집계한 것이다. 이 과정에서 혼잡의 원인이 분명하고 혼잡의 지점이 확인된 경우만 有故로 분류하고 나머지는 일반혼잡으로 하였다. 전체적인 혼잡 1,908건중 일반혼잡은 590건으로 31%를 차지하고 있으며, 有故는 1,318건으로 69%를 차지하고 있어, 올림픽대로에서 발생하는 有故件數 비중은 외국의 경우(50%)보다 월등히 높은 것으로 나타났다.

<표 3.6> 올림픽대로의 일반혼잡 및 유고 발생건수(1997년 3월중)

혼잡원인	발생건수	비율(%)
일반혼잡	590	31%
유고	1,318	69%
합 계	1,908	100%

(자료출처 : 도로교통안전협회 조사 데이터, 1997.)

<표 3.7>에서 제시한 바와 같이, 혼잡 중 有故로 인한 혼잡만을 추출하여 유고원인별로 분류하면, 교통사고로 인한 유고발생건수는 총 563건으로 일반유고발생수 590건과 거의 비슷한 약 42.7%를 차지하는 것으로 집계되고 있다. 이는 올림픽대로에서의 교통사고감소는 교통소통 원활과도 밀접한 관계를 갖고 있음을 시사한다. 교통사고 다음으로는 차량고장이 약

24.7% 예측가능한 공사 및 작업에 따른 有故狀況이 약 16.7%, 차량의 낙하물에 의한 有故가 약 10.4%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

<표 3.7> 유고 원인별 분포

유고원인	발생건수	비율(%)
교통사고	563	42.7%
차량고장	326	24.7%
공사 및 작업	220	16.7%
낙하물	137	10.4%
불법출현	36	2.73%
시설물 이상	11	0.83%
난폭운전	10	0.75%
단속 및 조사	4	0.30%
말다툼	4	0.30%
불법주차	3	0.22%
기후	3	0.22%
낮잠	1	0.07%
합 계	1318	100%

(자료출처 : 도로교통안전협회 조사 데이터, 1997.)

올림픽대로의 보수공사 및 작업은 3개의 사업소가 서로 지역을 분할하여 공사를 관할하고 있다. 동부건설사업소는 동작교에서 미사리까지의 부분을, 남부건설사업소는 염창교서측에서 동작2교까지를, 강서건설사업소는 염창교에서 행주IC.까지를 담당하고 있다. 각 사업소에서 기록한 작업일지를 중심으로 공사현황을 파악해 보면, <표 3.8>에서 제시한 바와 같이, 96년의 경우 비교적 대규모공사인 보수공사는 224일 동안 이루어졌고, 97년 8월 현재까지는 154일 동안 공사가 진행되었다. 또한, 소규모 작업은 96년의 경우, 총 690건, 97년 8월 현재까지 708건이 시행되었다. 이를 작업면적으로 환산하여 보면, 96년의 총작업량은 279,651m²이며,

동부건설사업소가 전체의 약 97.99%를 차지하고 있다.

〈표 3.8〉 올림픽대로 공사 및 작업현황('96, '97)

	대규모 보수공사(일)		소규모 작업(건수)	
	1996년	1997년	1996년	1997년
동부건설사업소	185	120	182	191
남부건설사업소	0	34	185	215
강서건설사업소	39	0	323	302
합 계	224	708	690	708

(자료출처 : 도로교통안전협회 조사 데이터, 1997.)

3.7 要約

서울시 都市高速道路는 원활한 교통류 흐름을 저해하는 램프접속 및 엇갈림 구간이 전체 고속도로구간의 63%를 차지하고 있으며, 진출·입램프의 위치 및 본선과의 접속이 부적합하여 고속도로의 기능을 떨어뜨리는 요인으로 작용하고 있다.

서울시 都市高速道路의 지점별 용량은 시간대별/요일별로 변화가 심하며, 각 구간의 차로별 交通量分擔率도 용량수준에 이르기 전까지 각기 다르게 나타났다. 특히, 램프구간내 지점별로 차로별 交通量分擔率은 차량들간의 엇갈림 및 차로변경 등에 의해 변화가 심한 것으로 나타났다. 교통혼잡상황에서 通過交通量이 작다는 것은 혼잡이 극심한 상태를 나타낸다. 따라서 이런 극심한 교통정체상황일수록 交通疏通能力을 높이기 위해서는 주요 병목지점의 최대용량을 유지할 수 있도록 해야 하며, 차로별 交通量分擔率도 고르게 유지할 수 있는 교통류 관리기법을 도입할 필요가 있다. 이를 위해서는, 주요 병목지점의 교통류가 혼잡상태로 轉移하기 전에 최대용량이 감소하지 않고 일정하게 유지되도록, 都市高速道路 각 구간의 交通流

특성을 고려한 아래와 같은 교통류관리기법을 제안한다.

- ㄱ. 기본구간 : 가변차량속도제한기법, 차로이용제어기법
- ㄴ. 램프接續區間 : 진입램프미터링기법, 가변차량속도제한기법, 차로이용제어기법
- ㄷ. 엇갈림구간 : 진입램프미터링기법, 차로이용제어기법

또한, 서울시 都市高速道路는 有故로 인해 돌발적으로 발생하는 교통정체의 頻度가 상당히 높으므로, 이에 대해 운영자가 신속하게 대처할 수 있는 아래와 같은 효율적인 有故管理戰略 수립이 필요하다.

- ㄱ. 반복 및 비반복적인(유고) 교통혼잡을 구분하여 감지할 수 있는 알고리즘 개발
- ㄴ. 혼잡 및 유고의 원인과 발생위치를 확인할 수 있는 시설물(예로써, CCTV) 확충
- ㄷ. 유고상황을 신속히 처리할 수 있는 고속도로순찰대(Highway Helper) 도입

제 4 장 교통데이터수집

교통데이터는 都市高速道路 교통류관리의 초석이 되는 것으로, 유고관리, 운전자 정보제공 등의 의사결정 과정에 사용되고, 교통상황판단, 실시간 교통류관리전략 수립, 교통상황의 기록으로 보존되는 등 다양하게 이용된다. 따라서, 본 연구에서는 都市高速道路 交通管理시스템 운영자 및 운전자에게 제공되어야 할 적절한 교통상황 정보를 추출함에 있어서 어떠한 데이터들이 현장에서부터 수집되어야 하는지를 우선 명확히 파악하고 이를 토대로, 교통데이터 수집 소프트웨어가 갖추어야 할 세부적인 요구사항을 분석하였다. 또한 본 연구에서는 기존 교통데이터 수집방법을 검토하여 서울시 都市高速道路에 적합한 교통데이터 수집체계를 제안하고자 한다.

4.1 交通流管理 入力 데이터의 要求條件 分析

서울시 都市高速道路는, 제 3장에서 검토한 바와 같이, 지점별 용량이 시간대별/요일별로 변화가 심하며, 각 구간의 차로별 交通量分擔率과 平均運行速度가 용량수준에 이르기 전까지 각기 다름을 알 수 있다. 따라서, 대상 都市高速道路 구간의 교통소통상태를 정확히 파악하기 위해서는 대상 구간의 교통량과 平均運行速度 및 점유율 등이 필수적으로 수집되어야 한다. 또한, 교통혼잡구간에 대해서 혼잡상태의 진행과정을 직접적으로 파악하기 위해서는 待機行列길이에 관한 데이터가 필요하다. 그러나, 검지기의 기능상 待機行列길이 데이터를 수집할 수 없는 경우, 데이터 가공·처리 및 분석 소프트웨어는 혼잡구간의 상하류부의 교통량, 平均運行速度 및 점유율 등을 이용하여 분석할 수 있는 기능을 반드시 갖추어야 한다.

세부적으로 구간별로 交通流管理에 필요한 데이터를 살펴보면, 기본구간은 위에서 언급한 平均運行速度, 交通量, 占有率 데이터 등이 반드시 필요하고, 진출입램프구간에 대해서는 교통량 데이터가 반드시 수집되어야 한다. 이외에도, 앞에서 언급한 바와 같이, 가능한 차량번호판에 관한 데이터를 수집함이 바람직하다. 차량번호판 데이터는 都市高速道路를 이용하는 차

량들의 起點과 終點에 관한 정보를 추출할 수 있으므로, 궁극적으로는 都市高速道路 이용자의 통행패턴 분석이 가능하고, 이를 통해 구간별로 적절한 交通流管理戰略을 수립할 수 있는 기초자료를 제공하게 된다. 또한, 交通管理시스템의 효과를 높이기 위해서는 都市高速道路 본선의 교통소통상태를 사전에 운전자에게 알려줌으로써, 都市高速道路의 혼잡시 주변의 우회 도로를 이용토록 유도함이 필요하다. 이를 위하여, 수시로 주변도로의 교통소통정보와 구간별로 우회가 가능한 도로에 관한 정보 및 진출램프의 위치에 관한 정보를 수집하여야 한다.

이상에서 언급한 모든 교통데이터는 실시간 交通流管理를 목적으로 연속적으로 수집되어야 한다. 일반적으로 都市高速道路의 交通流管理 목적으로 이용되는 교통데이터의 수집 주기는 1분에서 5분이나, 운영자의 다양한 분석을 위해서는 주변도로의 교통상황데이터를 제외한 모든 데이터는 최소한 30초 시간간격으로 수집되어야 한다. 그러나 교통류관리의 시행효과를 제고시키기 위해서는 주변도로의 교통데이터도 가능한한 연속적으로 짧은 시간주기로 수집함이 유리하다.

4.2 有故管理 入力데이터의 要求條件 分析

교통혼잡은 매일 침두시 병목지점에서 반복적으로 발생하는 反復混雜과 사고, 고장차량, 차로통제 등의 비정상적인 교통류흐름 장애요인으로 병목지점 이외의 장소에서 비반복적으로 발생하는 非反復混雜(非常時混雜)으로 구분할 수 있다. 反復混雜은 교통수요가 도로의 용량을 초과하여 발생되므로 교통수요가 점차적으로 감소하면 자동적으로 交通混雜이 해소되지만, 非反復混雜은 사고나 공사 등으로 인한 일부차로가 통제되어 교통수요를 감당하지 못하여 발생되므로 신속히 대처하지 않을 경우 交通混雜이 장기간 지속되는 경우가 일반적이다.

4.2.1 유고의 정보

위에서 언급한 돌발적으로 발생하는 非反復 交通混雜은 원인에 따라 운영자가 대응해야할 조치사항이 다르므로, 효과적인 有故管理를 위해서는 유고발생지점의 정확한 위치와 유고원인

에 관한 정보가 반드시 필요하다. 제 3장에서 검토한 바와 같이, 서울시 도시고속도로상에서 발생하는 有故狀況 중에서 교통사고나 고장차량으로 인한 有故 이외에도, 도로공사나 행사 등으로 인한 유고발생 頻度가 높으므로, 이로 인한 疏通問題를 최소화하기 위해서는 도로공사와 행사 계획에 대한 사전 정보가 필요하다. 세부적으로는 도로공사와 행사의 성격, 위치, 규모, 기간등이 이에 포함된다.

또한, 有故의 신속한 감지를 목적으로 여러형태의 有故感知알고리즘들이 개발되었는데, 有故感知알고리즘은 일반적으로 현장에서부터 수집되는 실시간 및 과거 교통량, 平均運行速度 및 점유율 데이터를 이용하여 有故狀況을 감지하고 있다.

따라서, 有故感知알고리즘을 활용하기 위한 목적 뿐만아니라 유고상황에 대한 대응방안과 유고로 인한 교통류 영향을 파악하기 위해서는 都市高速道路 지점별 실시간 교통량, 平均運行速度 및 점유율 데이터를 반드시 수집해야 한다.

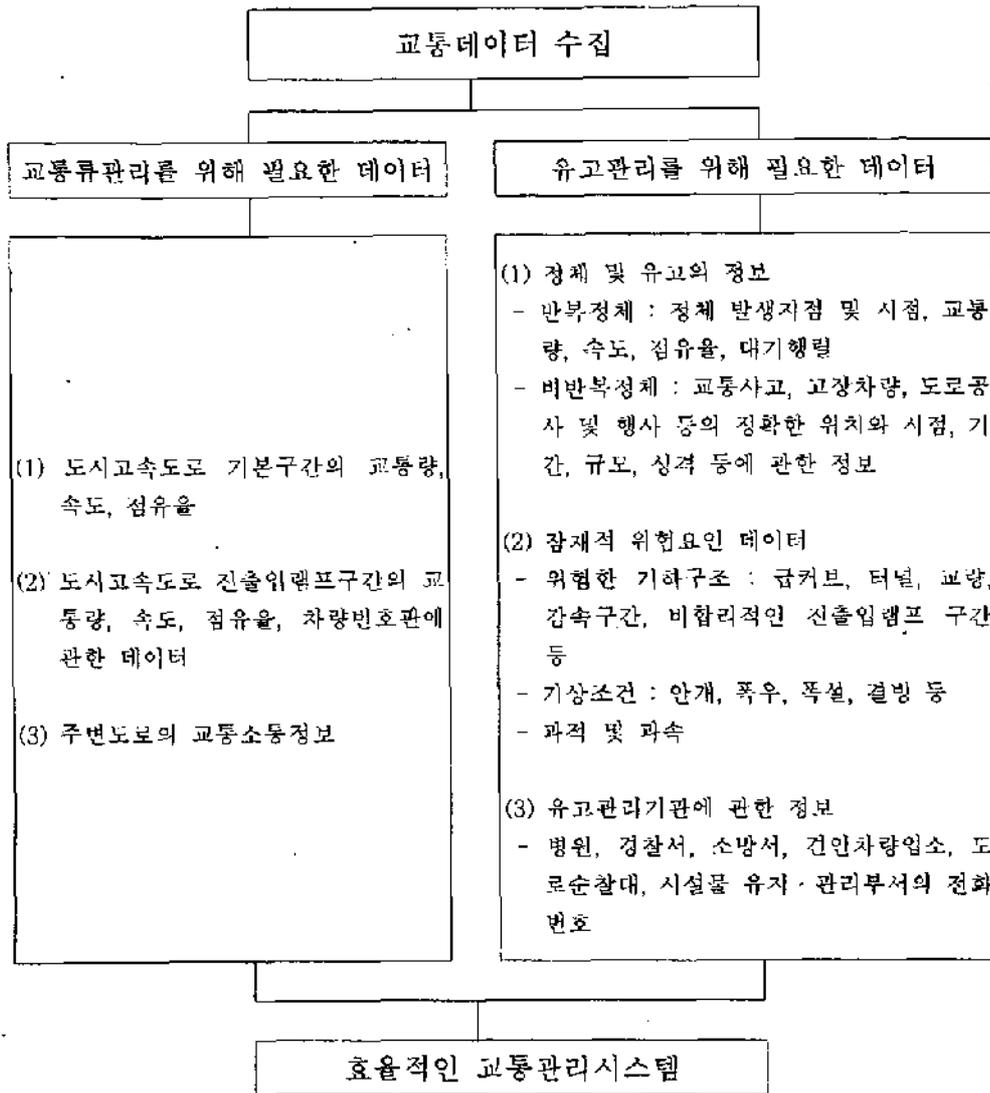
4.2.2 迂回道路 및 잠재적 위험요소 데이터

극심한 혼잡이 발생할 경우에, 혼잡 구간별로 운전자에게 권고할 迂回道路에 대한 정보가 필요하다. 따라서 대안도로로서 제시될 迂回道路의 선정과 동시에 주변 迂回道路들에 대한 교통상황 및 정체도에 관한 데이터의 수집이 요구된다. 또한 都市高速道路 교통혼잡 발생을 예방하기 위해서는 잠재적인 사고 발생 위험요소를 파악하여 관리해야 하는데, 잠재적 사고 발생 위험요소에는 악천후로 인한 안개, 폭설, 폭우, 노면의 결빙 등이 포함되며, 불합리한 기하구조로 인한 급커브, 터널, 교량, 운전자의 시야를 방해하는 구조물의 위치, 감속구간 및 진출입 램프의 위치, 도로의 횡단·종단 선형, 도로의 횡단면도 등 세부적인 기하구조정보도 포함된다.

4.3 交通데이터 收集 소프트웨어의 要求事項

서울시 都市高速道路 交通유관리를 위한 데이터수집 소프트웨어는 다음과 같은 요구사항을 갖추어야 한다.

- 실시간 교통소통상태 및 교통상황 변화추이를 분석하기 위해서는 <그림 4.1>에서 제시한 交通流管理에 필요한 교통데이터를 연속적으로 최소한 매 30초 간격으로 수집할 수 있는 기능을 갖추어야 한다. 단, 주변도로의 교통상황정보는 구축된 검지기의 기능에 따라 적절한 수집주기를 결정하되, 수집은 연속적으로 이루어져야 한다.
- 위에서 언급한 交通流管理을 위한 교통데이터 이외에도, 事故管理에 필요한 잠재적인 위험요소, 기상조건, 노면상태, 우회도로 등에 관한 데이터를 운영자가 원하는 시간주기로 자동/수동적으로 수집·입력할 수 있는 기능도 갖추어야 한다.
- 데이터수집 소프트웨어는 교통데이터 수집시, 모든 검지기체계(예로써, 초음파검지기, 적외선검지기, 무인단속감시 카메라시스템, 현재 검토중인 혼잡통행료 자동징수시스템 등)에 의해서, 기능을 수행할 수 있는 互換性을 갖추어야 한다. 이러한 기능은 관리주체가 다른 여러 교통정보수집체계와의 상호 정보교환을 위해서 반드시 갖추어야 할 기능이다.



〈그림 4.1〉 교통류관리 및 유고관리에 필요한 데이터

제 5 장 교통데이터가공 및 분석

교통데이터 가공·처리는 都市高速道路 交通管理시스템이 갖추어야 할 가장 중요한 기능 중의 하나로, 交通管理시스템의 효과적인 운영을 위해 필요한 정보를 생성한다. 대부분의 交通管理시스템은 검지기를 통하여 교통량과 점유율 데이터를 수집할 수 있으며 경우에 따라 통과차량의 平均運行速度에 관한 데이터도 수집할 수 있는 기능을 갖추고 있다. 이러한 데이터를 바탕으로 도로상의 현재 교통상태를 파악할 수 있는 정보와 함께 도시고속도로 交通流管理 및 시스템 운영에 필요한 운영자정보, 도시고속도로이용에 도움이되는 운전자정보를 생성한다. 교통데이터 가공·처리는 수집된 데이터 신뢰성 검토, 데이터베이스 구축, 운영자 및 운전자 정보 생성 과정으로 이루어진다.

5.1 데이터 信賴性 檢討

구축된 交通管理시스템이 현장 교통상황에 부합되는 교통류 관리를 수행하고, 운전자에게 유용한 정보를 제공하기 위해서는 현장으로부터 수집된 교통데이터를 이용하여 실시간 교통상황을 정확히 분석할 수 있어야한다. 실시간 교통소통상황을 정확히 분석하기 위해서는 수집된 데이터의 신뢰성이 무엇보다 중요하다. 그러나, 현장에 설치된 검지기에 의해 수집된 데이터는 여러가지 요인에 의해 오류데이터를 포함할 수 있다. 데이터의 신뢰성 검토는 발생된 오류데이터를 검색하여 除去하는 작업으로, 일반적으로 微視的 段階(Microscopic level)와 巨視的 段階(Macroscopic level)로 구분되어 수행된다.

5.1.1 微視的 段階

微視的 處理(Microscopic test)는 검지기로부터 통과차량에 의해 발생된 펄스가 지역제어기로 전송될 때 지역제어기의 마이크로 프로세서에 의해 데이터 검색이 수행되는 작업이다.

微視的 處理段階에서는 다음과 같은 검색과정이 수행되어야 한다.

- (1) 마이크로 프로세서가 펄스의 지속시간 또는 펄스간의 시간간격이 1/15초 이하로 나타난 데이터는 무시한다. 이러한 조치는 점유율과 교통량을 기록할 때 검지기의 오류로 인해 순간적으로 단절된 펄스의 영향을 제거하고, 검지기의 誤動作이나 주위 환경의 영향으로 인해 차량이 통과하지 않는데도 펄스가 발생한 것을 보정하기 위함이다.
- (2) 1초안에 만일, 유효한 데이터로 판정할 수 있는 기준을 만족시키는 펄스가 2개 이상 기록된 경우, 마이크로 프로세서는 이러한 데이터를 검지기의 誤動作으로 인한 것으로 판단하여 무시한다.
- (3) 마이크로 프로세서는 고유의 On-time 파라미터와 Off-time 파라미터를 가지고 있으며, 이 값은 마이크로 프로세서에 속해 있는 모든 검지기에 적용된다. 데이터의 신뢰성 확보를 위하여 각각 검지기를 On-time과 Off-time에 대해 비교한다.

5.1.2 巨視的 段階

巨視的 處理(Macroscopic test)에서는 검지기의 데이터가 일정 시간단위로 마이크로 프로세서에서 처리된 후 一括적으로 중앙처리장치에 의해 데이터 검색작업이 수행된다. 巨視的 處理段階에서 수행되어야 하는 검색과정은 다음과 같다.

- (1) 검지기에서 발생된 펄스는 우선 지역제어기의 Selftuning Digital Amplifier에 전달되는데, 이 과정에서 Amplifier의 셋팅이 변함에 따라 검지기의 민감도가 결정된다. Amplifier를 아주 미세하게 조정하더라도 검지기가 점유율을 파악하는데는 상당히 큰 차이가 발생한다. 즉 민감도를 높힐 경우에는 검지기가 점유율을 높게 추정하게 되고, 민감도를 낮출 경우에는 점유율을 낮게 추정하게 된다. 따라서 민감도의 조정에 따라 Stuck-on 또는

Stuck-off, Chattering, Pulse Breakup, Hanging-on 또는 Hanging-off과 같은 검지기 오류를 발견할 수 있는 효율에 차이가 있으므로 원하는 결과를 얻을 수 있도록 많은 조정 과정이 필요하다.

- (2) 검지기를 통해 수집된 데이터를 살펴보면, 점유율이 0이면서 교통량이 0이 아닌 작은 수로 관측되는 현상이 발생한다. 이것은 점유율을 정수로 표시하는 과정에서 발생하는 Truncation에 의한 오류 때문이다. 즉, 점유율이 1%증가하기 위해서는 최소한 0.3초이상 차량이 검지기상에 존재하여야만 하고, 또한 고속 차량일 경우 차량의 길이가 8.3m 이상이 되어야만 하기 때문이다. 이러한 오류는 비교적 간단한 방법으로 쉽게 보정할 수 있다.
- (3) 수집된 교통량, 속도, 점유율 값을 과거에 수집한 데이터를 분석하여 구한 임계치와 비교한다. 각 데이터의 臨界値는 일반적으로 交通管理시스템 운영자에 의해 정해지며, 현실적으로 나타날 수 있는 최대값과 최소값으로 표현된다. 예로써, 교통량은 음수값을 가질 수 없으며 측정시간(초 단위)의 두배 이상에 해당되는 값도 가질 수 없다. 예로써, 교통량의 경우, 1분내에 120대의 차량이 통과할 수 없다. 또한 점유율은 음수값을 가질 수 없고 100을 넘을 수 없으며, 속도는 음수값을 가질 수 없고 150km/h(경우에 따라 다르지만)를 넘지 못한다.
- (4) 앞에서 기술한 임계치에 의해 데이터를 비교하는 방법은 각 임계치의 범위가 임의로 설정된 후 수행된다. 그러나 현실적으로 交通流를 표현하는 3가지 파라미터(속도, 점유율, 교통량)는 상호 관련성을 갖고 있다. 따라서, 데이터를 임계치에 의한 비교만으로 처리할 경우 상호 불가능한 관계를 가지는 데이터를 검색할 수 없게 되면, 상호 관련성을 고려한 데이터 처리방법이 요구된다. 이를 위해, 교통류 관련 3개의 파라미터를 이용하여 데이터를 처리하는 방법은 다음과 같다.

3차원으로 표시되는 교통량-점유율-속도 관계식에서 살펴보면, 각 교통량에 대해 점유율-속도 관계식이 다르게 표현되며 각 점유율에 대한 속도의 分布는 中心極限定理 (Central Limit Theorem)에 의해 正規分布를 따르게 되므로, 속도 분포에 대해 요구되는 유의 수준의 신뢰구간을 계산할 수 있게 된다. 따라서 일정한 교통량과 점유율을 가지면서 특이한 속도값을 갖는 데이터는 신뢰성이 없는 것으로 처리된다.

- (5) 수집된 데이터를 처리하는 과정에서 가장 검색하기 힘든 것은 검지기의 간헐적인 誤作動에 의한 오류데이터이다. 이러한 데이터는 앞에서 제시한 방법만으로는 검색하기 힘들며, 아직까지 이에 대한 알고리즘개발도 미흡한 상태이다. 그러나 수집된 데이터를 時系列分析方法으로 분석할 경우, 검지기의 오류로 간주되는 오류데이터들의 파악이 가능하다.

위에서 언급한 검색방법들 이외에도 급격한 기상변화와 같은 도시고속도로 交通流에 영향을 미치는 요소는 데이터처리알고리즘에 On-Line으로 반드시 반영되어야 한다. 또한 각 지점의 기하구조, 교통류 특성에 따른 보정이 고려되어야 하며, HOV차선, 램프구간을 위해서는 기본구간을 중심으로 개발된 알고리즘에 각 구간의 특성을 반영하도록 보정과정이 필요하다. 그러나 이와 같이 각 지점이나 구간의 특성에 적합한 데이터처리알고리즘의 적용여부는 보정과정의 어려움으로 효과와 비용의 분석과정을 거쳐서 고려되어야 한다.

데이터의 신뢰성을 높이기 위해서, 데이터가 수집되는 과정을 영상장비를 이용하여 녹화하여 검지기의 오류를 직접 육안으로 확인할 수도 있다. 데이터처리알고리즘 개발 후, 시뮬레이션 등을 통해 조작된 誤情報를 이용하여 False Positive(False alarm), False Negative(검지 불합), 신뢰할 수 없는 정보 등 의 데이터 처리수준을 원하는 수준으로 높힐 수 있도록 지속적인 조정화 과정을 거치도록 하고, 실제의 Off-Line 데이터를 통한 보정과정이 수행되어야 한다. 현재까지 개발된 알고리즘은 비혼잡상태에서는 잘 적용된다. 하지만, 차량들이 가속과 감속을 반복하며 불안정한 상태를 나타내는 혼잡상태에서는 효과가 잘 나타나지 않는데 이에 대한 보완 또한 반드시 필요하다.

5.2 데이터베이스 構築

과거 교통데이터의 수집이 일시적으로 특정지역에 걸쳐 이루어졌을 때는 데이터베이스의 중요성이 그다지 크게 인식되어지지 않았다. 그러나 서울시의 교통정책이 도로시설의 공급에서 기존의 교통시설을 보다 효율적으로 활용하는 방향으로 전환되었고, 서울시 都市高速道路 및 幹線道路에 점차적으로 데이터 수집 및 가공·처리체계가 구축되어 교통데이터의 지속적인 취득이 가능해짐에 따라, 효율적인 교통관리를 위한 데이터베이스의 중요성이 날로 높아지고 있다.

5.2.1 데이터베이스의 정의 및 목적

전산화를 전제로 할 경우, 데이터베이스(Database : DB)란 정보표현의 최소단위인 Bit로부터 하나의 의미있는 자료단위인 Field와 Record 또는 보조기억장치에 자료를 저장할 경우 자료저장단위인 File등에 이르기까지 서로 관련 있는 자료를 일정한 활용 목적하에 집합시킨 것을 의미한다. 또한 하나의 데이터베이스에 수록되어 있는 자료들은 물리적으로는 분리되어 있다 하더라도 논리적으로는 相互關聯關係를 맺고 있다(1995, 市政研).

교통데이터베이스의 목적은 교통문제를 해결하기 위한 交通管理의 기초자료를 확보·공급하기 위한 것이며, 보다 직접적으로는 현재 서울시내에 개별적으로 추진되고 있는 다양한 交通管理시스템간 자료활용체계를 확보하는데 있다. 따라서 都市高速道路의 교통데이터 수집체계에 의해 수집, 가공·처리된 데이터베이스는 단순히 都市高速道路의 交通管理에만 이용되는 것이 아니고 서울시 ITS 관련사업에 속해 있는 다른 부체계와의 연계에도 사용되어야 하는 자료이므로 표준화하여 구축되어야 한다.

5.2.2 데이터베이스 소프트웨어의 요구사항

(1) 사용자 인터페이스

가) 시스템 운영자

시스템처리기능의 중요도에 따라 사용자를 그룹화하여 처리업무를 제한하며, 사용자 인터페이스 방식은 GUI(Graphic User Interface)방식을 支援한다. 시스템 운영자가 인터페이스를 통해 처리해야 할 기능으로는 통계 및 교통지표산출, 돌발상황감지 및 대응, 정보제공 장치제어, 보고서작성 기능, 최단경로 및 우회도로선정, 시설상비상태점검, 영상자료를 이용한 교통상황판단, 교통정보에 따른 정보의 가공, 타시스템과의 연계 등이 있다.

나) 시스템 관리자

시스템을 구성하는 하드웨어, 소프트웨어, 네트워크, 응용프로그램등의 운영상황을 정확히 파악하여 신속한 대응처리를 하기 위해서는 시스템 관리자는 항상 각각의 구성요소에서 제공되는 텍스트 정보를 검색하며, 각 구성요소에 하나의 모니터링 및 관리할수 있는 방안을 갖추고 있어야 한다.

다) 일반정보 이용자

일반정보 이용자는 인터넷, VMS, ARS, HAR 등 다양한 情報傳達媒體를 통하여 교통관련 정보를 받을 수 있다.

(2) 자료보존 및 추출

데이터베이스가 항상 유용한 데이터를 유지할 수 있도록 하는 것은 데이터베이스 관련 작업 중 가장 중요한 작업이다. 데이터베이스에서 유용한 데이터를 유지·관리하기 위해서 끊임없이 데이터의 추가, 삭제, 갱신의 작업이 이루어진다. 일반적인 데이터베이스는 자료 보존 및 추출을 위해 데이터의 Export/Import 기능을 사용한다. 이러한 기능은 데이터베이스에 있

는 데이터를 필요시 File 형태로 추출하고 File을 다시 데이터베이스에 추가하는 역할을 수행한다. 위의 기능은 데이터보관, 데이터베이스의 업그레이드, 데이터베이스간의 자료이동, 데이터 저장장소 변경, 데이터베이스의 분단화에 이용된다.

(3) 보안기능

모든 데이터베이스 사용자를 계층별로 분류하고 보안수준을 설정하여 데이터베이스 이용을 필요에 따라 제한한다. 예로써, 최종 사용자는 데이터베이스로부터 데이터를 선택하는 권한을 가지지만 데이터베이스에 저장된 정보의 내용을 삭제할 수는 없다. 대부분의 데이터베이스 보안은 이용하고자 하는 데이터의 중요도에 따라 이용권한이 정해진다. 만약 데이터가 중요한 것이 아니라면 여러부류의 사용자가 접근할 수 있고, 데이터가 중요하다면 일반 사용자의 접근을 철저히 통제해야 할 것이다. 따라서, 시스템관리자는 무엇보다도 다양한 부류의 사용자들을 위한 데이터베이스 이용권한을 정의하는 보안방침을 정해야 한다.

(4) 데이터 백업(Back-up)

백업을 수행한다는 것은 데이터베이스의 복구·운영중에 본래의 데이터베이스를 재구축하기 위해 필요한 데이터베이스의 복사본을 만드는 것이다. 백업은 일반적으로 물리적 백업과 논리적 백업으로 구분된다. 물리적 백업은 실제 물리적 데이터베이스를 다른 물리적 위치에 재구축하는 것이고, 논리적 백업은 데이터베이스에 저장된 자료를 내부의 보조기억공간에 안전하게 저장하는 것이다.

(5) 기타 요구사항

데이터베이스시스템의 하드웨어는 전산시스템을 운용하기 위한 기본적인 틀로서 소프트웨어와의 互換性, 원격지 하드웨어와 데이터통신에 대한 문제가 고려되어야한다. 都市高速道路 교통데이터베이스는 都市高速道路 교통관리를 위한 목적 뿐만아니라 서울시의 다양한 交通管理政策을 수행하기 위한 목적으로, 교통데이터를 상호교환할 수 있는 기능을 유지하여야 한다

다. 이를 위해 데이터호환 및 통신기능이 매우 중요한 요소가 된다.

네트워크체제는 독자적인 專用通信網을 구성하거나 통신 모뎀을 이용하여 데이터 교환을 할 수 있고, 또는 현재 전세계적인 네트워크망이 연결되어 있는 인터넷에 접속하는 것도 고려할 필요가 있다. 이는 교통분야에 종사하는 사람으로 하여금 데이터베이스를 자유롭게 이용할 수 있는 환경을 제공함으로써 더 많은 부가가치를 창출하게 되는 계기로 작용할 수 있기 때문이다.

데이터베이스시스템은 주 컴퓨터와 워크스테이션, PC, 입력장비, 출력장비로 구성되는데, 이외에도 데이터베이스시스템은 외부시스템과도 연계되어 전체 교통시스템 내에서 데이터교환을 이루며 네트워크상에서 운영되어야 한다. 따라서, 전체적인 교통시스템 구성은 개별시스템을 바탕으로 다양한 데이터서버를 공유하고 있어야 한다. 필요한 데이터서버로는 각종의 텍스트데이터서버, 그래픽데이터서버, GIS맵 서버, 프린터 서버, 커뮤니케이션 서버등이 있다.

데이터베이스 관리시스템(DBMS)은 데이터베이스에 포함되어있는 실제 자료에 대해서 물리적, 논리적으로 접근하기 위해 필요한 소프트웨어를 갖추고 있어야한다(1995, 市政研). 데이터베이스 관리시스템의 목표는 편리하고 효율적인 정보의 저장 및 검색을 위한 환경을 제공하고, 구체적으로는 정보의 가공을 통한 다양한 정보의 도출도 가능하도록 하는데 있으므로 교통데이터베이스를 구축하기 위해서는 다량의 데이터를 관리할 수 있는 대용량의 데이터베이스 관리시스템이 기본적인 틀이되고, 통계처리시스템, 스프레드 쉬트, 워드프로세싱시스템 등이 부가적으로 운영되어야 한다.

기본적으로 데이터베이스 관리시스템 관련 소프트웨어가 갖추어야 될 기능들은 入力機能, 整列機能, 索引機能, 檢索機能, 演算 및 統計機能, 出力機能, 외부데이터 接續機能 등이 있고, 세부적으로는 다음과 같다.

- 데이터를 입력하는 기능에는 텍스트 데이터 뿐만아니라 영상화면 등의 이미지 데이터의 입력기능도 포함되어야 하며, 이들 자료를 효과적으로 입력, 수정할 수 있는 기능이 요구된다.

- 整列機能은 다양한 屬性情報를 가진 다량의 데이터를 신속하게 처리하고, 효과적으로 관리하며, 데이터를 과업의 내용에 적합하게 수시로 정리, 재배치할 수 있어야 한다.
- 索引機能은 整列機能과 유사한 면이 있으나, 整列機能이 자료의 정렬을 수시로 수행하는 것에 비해 索引機能은 과업의 목적에 적합한 반영구적인 整列機能이라 할 수 있다.
- 檢索機能은 데이터베이스에서 가장 빈번하게 이용되는 기능으로 기존에 구축된 자료에서 이용자가 요구하는 조건에 맞는 데이터를 정확하고 빠르게 찾아주는 기능이다.
- 데이터베이스에 저장된 자료에는 많은 수치데이터와 논리데이터가 포함되어 있으므로, 필요에 따라 새로운 정보를 창출해야 할 경우가 발생한다. 이를 위해 많은 데이터를 바탕으로 업무에 필요한 다양한 통계분석을 수행할 수 있는 연산 및 통계기능을 갖추고 있어야 한다.
- 출력기능은 검색한 데이터와 각종 통계치를 사용자가 원하는 형태로 표현하여 문서화하거나 그외의 방법으로 표현하기 위해 제공되어야 한다. 특히 교통소통상황정보, 사고 및 공사정보, 위험물 위치, 진출입램프 위치 등 다양한 정보를 시스템 운영자의 이도에 따라 overlay시켜 표출할 수 있는 기능 또한 갖추어야 한다.
- 서울시 交通管理體系를 구성하는 부체계들은 상호 독립적으로 존재하는 컴퓨터에 각각의 데이터베이스를 관리하므로, 분산된 자료간의 연계기능이 갖추어지지 못한 실정이다. 이로 인해, 서로간의 데이터베이스가 共有되지 못하여, 효율적인 交通管理가 수행되지 못한 실정이다. 그러나 다른 데이터베이스시스템과의 정보공유기능은 컴퓨터 네트워킹이 활발해지면서 최근에 추가적으로 요구되는 기능으로, 교통데이터베이스 구축과정에서 반드시 고려하여야 할 중요한 요소이다.
- 데이터베이스의 활용성은 이용자가 얼마나 손쉽게 자신이 원하는 자료에 접근할 수 있는가에 좌우된다. 이를 위해서 데이터베이스 관리시스템은 중앙 데이터베이스와 다중 사용자를 연결할 수 있는 적절한 체계를 갖추고 있어야 한다.

5.3 交通狀況 分析

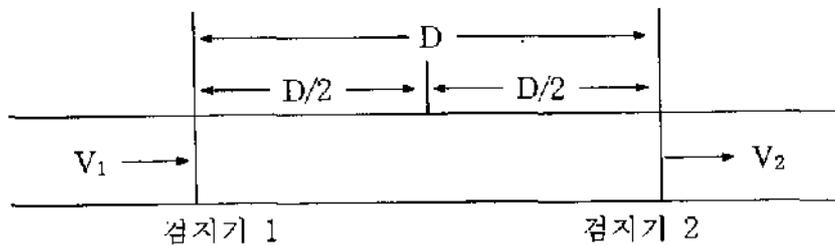
5.3.1 交通疏通狀態判定

제 3장 3.3.1에서 검토한 바와 같이, 분석대상 도시고속도로 구간의 교통소통상태를 분석하기 위한 지표는 區間平均運行速度가 가장 유용하다. 이러한 이유로, 區間平均運行速度는 대상구간의 시점과 종점의 지점속도가 전체 구간거리(D)의 1/2지점까지 각각 일정하게 유지한다는 가정을 기초로 다음과 같은 일반적인 두방법에 의해 산출하고 있다.

(1) 기존의 區間平均運行速度 산출방법 고찰

가) 방법 1

검지기 1과 검지기 2의 지점평균속도 V_1 과 V_2 의 조화평 균을 이용하여 區間平均運行速度를 산출한다.



• 동행시간 = 거리/속도

$$= \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} = \frac{\frac{D}{2}(V_1 + V_2)}{V_1 \cdot V_2} = \frac{D(V_1 + V_2)}{2V_1 \cdot V_2}$$

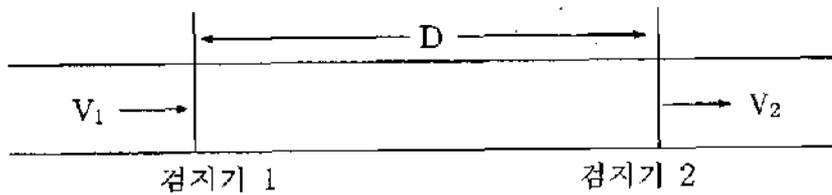
• 평균속도 $= V = \text{거리/통행시간}$

$$= \frac{D}{\frac{D(V_1 + V_2)}{2V_1 \cdot V_2}} = \frac{2V_1 \cdot V_2}{(V_1 + V_2)}$$

이 방법으로 구한 평균속도는 空間平均速度(SMS : Space Mean Speed)와 일치한다.

나) 방법 2

검지기 1과 검지기 2의 지점평균속도 V_1 과 V_2 의 산술평균을 이용하여 區間平均運行速度를 산출한다.



• 평균속도 $= V' = \frac{V_1 + V_2}{2}$

이 방법으로 구한 평균속도는 時間平均速度(TMS : Time Mean Speed)와 일치한다.

다) 두 평균속도 $V' = \frac{V_1 + V_2}{2}$, $V = \frac{2V_1 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$ 간의 비교

$$\frac{V_1 + V_2}{2} - \frac{2V_1 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = \frac{(V_1 + V_2)^2 - 4V_1 \cdot V_2}{2(V_1 + V_2)} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2(V_1 + V_2)}$$

$$(V_1 - V_2)^2 > 0, \quad V_1 + V_2 \geq 0$$

$$\therefore \frac{V_1 + V_2}{2} \geq \frac{2V_1 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$$

TMS가 항상 SMS보다 크거나 같음을 알 수 있다. 즉 방법 1에 의해 산출한 속도가 방법 2의 속도보다 항상 작거나 같음을 의미한다.

두 검지지점의 속도가 서로 다를 경우, 위의 두 방법에 의해 산출한 區間平均運行速度의 차이를 <표 5.1>에 정리하였다.

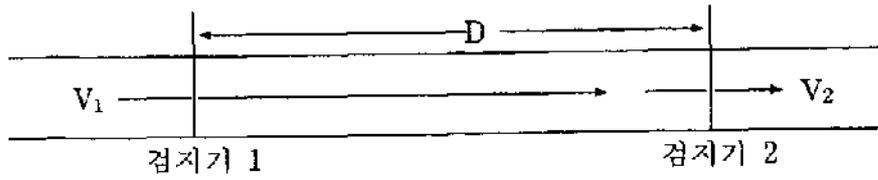
<표 5.1> 평균통행운행속도의 비교

$V_1(\text{km/h})$	$V_2(\text{km/h})$	$V = \frac{2V_1 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$	$V = \frac{V_1 + V_2}{2}$	$\Delta = V - V' $
90	90	90.0	90.0	0.0
90	85	87.4	87.5	0.1
90	80	84.7	85.0	0.3
90	75	81.8	82.5	0.7
90	70	78.8	80.0	1.2
90	50	64.3	70.0	5.7
90	40	55.4	65.0	9.6

위 표에서 알 수 있듯이, 두 검지지점간의 속도차가 적으면 두가지 방법으로 산출한 平均運行速度의 차이가 적지만, 검지지점의 속도차가 커질수록 두가지 방법의 平均運行速度차가 커짐을 알 수 있다.

(2) 기존의 平均運行速度 산출방법의 문제점

검지기 1의 통과속도 V_1 이 검지기 2에 근접할 때까지 일정하게 유지되었을 때 두 방법으로 산출한 구간평균속도의 오차를 <표 5.2>에 정리하였다.

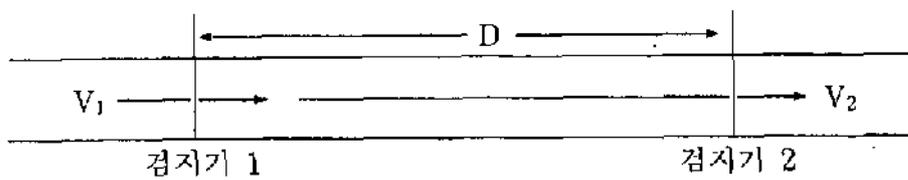


<표 5.2> 오차발생 경우(1)

V_1 (km/h)	V_2 (km/h)	두 산출방법의 오차	
		V_1-v	V_1-v'
90	90	0.0	0.0
90	85	2.6	2.5
90	80	5.3	5.0
90	75	8.2	7.5
90	70	11.3	10.0
90	50	25.7	20.0
90	40	34.6	25.0

위 표에서는 두 검지기의 통과속도 중 높은 속도가 구간에 미치는 영향이 클 경우는 방법 1에 의해 산출한 區間平均運行速度가 방법 2로 산출한 것보다 오차가 작다는 것을 알 수 있다.

검지기 2의 통과속도 V_2 가 검지기 1을 지나 검지기 2에 근접할 때까지 일정하게 유지되었을 때 발생하는 오차를 <표 5.3>에 정리하였다.



〈표 5.3〉 오차발생 경우(2)

V_1 (km/h)	V_2 (km/h)	두 산출방법의 오차	
		V_2-V	V_2-V'
90	90	0.0	0.0
90	85	2.4	2.6
90	80	4.7	5.0
90	75	6.8	7.6
90	70	8.8	10.0
90	50	14.3	20.0
90	40	15.4	25.0

오차발생 경우(1)과는 반대로 두 검지기의 통과속도중 낮은속도가 높은속도보다 구간에 더 큰 영향을 줄 경우에는 SMS로 산출한 값이 TMS로 산출한 것보다 오차가 작음을 알 수 있다.

이상에서 검토한 내용을 요약하면 다음과 같다. 두 검지기의 속도차가 작을 경우(10km/h 이하), 기존의 두 방법에 의해 산출한 區間平均運行速度的 오차는 5km/h 이하이지만, 이외의 경우에는 오차가 커서 실제 교통소통상태를 잘못 分析할 수 있다. 특히 한 지점에서 交通混雜이 발생할 때, 그 구간의 평균속도는 두 지점간의 平均運行速度로 계산되므로 속도를 기준으로 교통소통상태를 분석할 경우 혼잡 발생을 감지할 수 없는 상황도 발생할 수 있다. 따라서 구간의 平均運行速度 산출시, 待機行列에 대한 정보를 수집할 수 있는 검지기체계가 필요하다. 그러나, 이러한 수집체계의 구축이 어려운 상황에서는 다음과 같은 방법을 적용토록 제안한다.

(3) 區間平均運行速度 산출 방법(안)

기존의 區間平均運行速度를 산출했던 방법인 SMS와 TMS는 모두 검지기 설치지점을 기준으로 구간을 분리하여, 區間平均運行速度는 두 검지기의 空間平均速度 혹은 時間平均速度의 영향만을 받는다는 가정하에 산출되었다. 하지만, 交通管理시스템 이용자에게 검지기 설치위

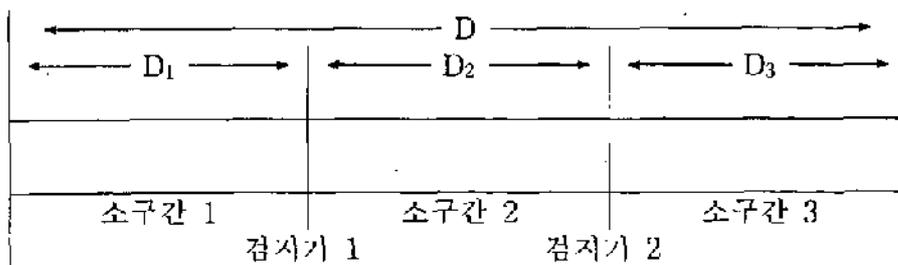
치에 따라 구간을 나누어 區間平均運行速度 정보를 제공하면, 이용자는 구간과 제공된 區間平均運行速度를 일치시키지 못한다. 따라서, 구간은 검지기 설치위치 보다는 진출입램프 위치 혹은 다리 등의 기하구조로 구분되어 그 평균속도가 이용자에게 제공되어야 한다. 이러한 이유로는 구간의 시·종점과 검지기 설치위치는 대부분 동일하지 않고, 구간내에 검지기가 2개 이상 설치되는 경우가 많기 때문이다.

2개의 검지기가 구간내에 설치된 경우 두 검지기 사이에서는 상하류 검지기에서 검지된 속도의 영향을 받지만, 구간내의 검지기 외부에서는 상류부 검지기 혹은 하류부 검지기의 通過速度에만 영향을 받는다. 따라서, 區間平均運行速度는 구간내에 설치된 검지기의 수와 위치에 따라 구간을 세분하여 산출해야 한다. 또한, 區間平均運行速度를 산출하기에 앞서 검지기의 地點平均速度를 산출해야 하는데, 地點平均速度는 기존의 차로별 속도의 算術平均 대신에 차로별 속도에 교통량을 加重值로 고려하여 다음과 같이 산출해야 한다.

지점의 平均速度(V_i)는

$$V_i = \frac{\sum_{j=1}^n V_{ij} q_{ij}}{\sum_{j=1}^n q_{ij}} \text{ 로 산출되고,}$$

여기서, i = 지점번호, j = 차로번호, n = 차로수, V_{ij} = i 지점 j 차로의 평균속도, q_{ij} = i 지점 j 차로의 교통량이다. 2개의 검지기가 설치된 구간에서는 지점평균속도(V_i)와 검지기 위치에 따라 다음 그림과 같이 구간을 세분하여 區間平均運行速度를 산출할 수 있다.



위 구간에서 점지기 1의 속도(V_1), 점지기 2의 속도(V_2)는 각각

$$V_1 = \frac{\sum_{i=1}^n V_{1i} q_{1i}}{\sum_{i=1}^n q_{1i}}, \quad V_2 = \frac{\sum_{i=1}^n V_{2i} q_{2i}}{\sum_{i=1}^n q_{2i}}$$

로 산출할 수 있고, 점지기 1의 상류부인 소구간 1은 V_1 의 영향을 받고, 점지기 사이의 소구간 2는 V_1 과 V_2 의 공간평균속도의 영향을 받고, 점지기 2의 하류부인 소구간 3은 V_2 의 영향을 받는다.

따라서, 각 소구간의 平均運行速度 S_1, S_2, S_3 는 각각

$$S_1 = V_1, \quad S_2 = \frac{2V_1V_2}{V_1 + V_2}, \quad S_3 = V_2$$

가 되고, 전체구간의 평균속도(S)는 각 소구간의 평균속도에 각 소구간의 거리를 加重値로 부여하여 다음과 같이 산출된다.

$$S = \frac{S_1 D_1 + S_2 D_2 + S_3 D_3}{D_1 + D_2 + D_3}$$

위에서 산출한 평균속도로 전체 구간거리를 나누어 줌으로써 총운행소요시간은

$$T = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{S}$$

로 산출할 수 있다.

(4) 區間平均運行速度 산출방법 비교

구간내의 검지기 설치위치를 변화시키면서 기존의 산출방법인 SMS와 TMS를 이용하여 산출한 區間平均運行速度와 본 연구에서 제시하는 區間平均運行速度(S)를 이용하여 산출한 값을 비교하면 <표 5.4>와 같다.

<표 5.4> 구간평균속도 산출방법 비교

V ₁	V ₂	V	V'	S		
				D ₁ = 500 D ₂ = 500	D ₁ = 300 D ₂ = 800	D ₁ = 600 D ₂ = 600
90	90	90	90	90	90	90
90	85	87.4	87.5	87.5	87.3	88
90	80	84.7	85	84.9	84.5	85.9
90	75	81.8	82.5	82.3	81.6	83.7
90	70	78.8	80	79.4	78.7	81.5
90	65	75.5	77.5	76.8	75.6	79.2
90	60	72	75	74	72.4	76.8
90	55	68.3	72.5	71.1	69.1	74.3
90	50	64.3	70	68.1	65.6	71.7
90	45	60	67.5	65	62	69
90	40	55.4	65	61.8	58.2	66.2

<표 5.4>에서 알 수 있듯이, 空間平均運行速度(V)와 時間平均運行速度(V')는 검지기 설치 위치를 반영하지 못하지만, 본 연구에서 제안하는 區間平均運行速度(S)는 검지기 설치위치에 따라 영향을 받는 구간길이가 달라지므로, 검지기 위치에 따라 區間平均運行速度가 변화함을 알 수 있다. 그러므로, 平均運行速度를 산출하고자 하는 구간의 진입램프위치, 진출램프위치, 그리고 곡선부의 정도 등을 고려하여 합리적인 검지기 설치지점을 선정해야 하고, 검지기가 이미 설치되어 있는 경우에는 전체구간에서 각 소구간의 平均運行速度가 차지하는 비중에 대한 가중치를 부여하여 區間平均運行速度를 산출해야 하고, 이를 위해 각 구간의 交通流 및 幾何構造 특성에 대한 조사가 수반되어야 한다.

5.3.2 交通狀況變化推移 판정

都市高速道路의 현재 교통상황에 대한 정확한 분석을 위해서 區間平均運行速度와 함께 교통상황의 變化推移를 관측하는 것이 필요하다. 區間平均運行速度의 변화, 占有率의 변화, 待機行列길이의 변화데이터가 교통상황의 變化推移를 판정하는 자료로 이용된다. 이러한 자료들 중에서 가장 유용하게 사용되는 데이터가 待機行列길이의 변화데이터이다. 待機行列길이는 도시고속도로상의 혼잡상황을 계량화하여 표현하며, 혼잡의 가중과 완화에 대한 정보를 區間平均運行速度의 변화나 점유율의 변화보다 신속하고 정확하게 제공한다는 장점이 있다. 그러나, 이러한 待機行列길이 데이터를 수집하기 위해서는 기존의 검지기체계를 보완하는 추가적인 시설의 확충이 요구된다. 따라서 기존의 검지기체계에 시설확충이 어려운 경우, 기존의 검지기체계를 이용하여 얻을 수 있는 區間平均運行速度와 점유율 데이터를 통해서 이들에 대한 變化推移를 분석하여 대상구간의 교통혼잡의 진행상황을 판정할 수 있는 기능을 갖춘 소프트웨어가 필요하다.

세부적으로는 다음과 같은 요구사항을 갖추어야 한다.

- 待機行列길이 데이터 수집이 불가능한 경우, 대상구간 및 상·하류구간의 실시간 및 과거 이력 교통데이터(교통량, 속도, 점유율)를 이용하여 교통혼잡의 증가 및 감소 상황을 운영자가 원하는 시간주기에 따라 신속하게 판단할 수 있는 기능
- 연속적인 데이터의 공급이 어려운 상황에서는, 履歷데이터를 이용하여 대상구간의 교통혼잡의 증가 및 감소 상황을 판단할 수 있는 기능
- 구간별 교통혼잡상태의 교통류패턴을 예측할 수 있는 기능 (본 기능은 교통류상대 예측 시뮬레이션 소프트웨어를 통해 구현될 수도 있다. 그러나, 이러한 기능을 갖춘 소프트웨어의 구현, 신뢰성 있는 고속도로 교통류예측 모형이 개발된 후에야 가능하다.)
- 실시간 분석결과는 교통류관리에 있어 운영자의 의사결정을 유도할 수 있도록 운영자가 원하는 시간주기로 제공될 수 있어야 한다.

5.4 運營者用 情報 生成

서울시 都市高速道路를 중심으로 실시되는 교통류관리 및 시스템 운영전략에는 유고관리, 램프미터링, 속도제한/차로제한 등과 같은 직접관리기법과, 정보전달체계를 이용한 우회도로 정보제공, 잠재적 위험요소정보제공 등을 통한 간접관리기법이 있다. 이러한 교통관리기법을 사용하기 위해서는 도로의 교통상황에 대한 정확한 분석이 선행되어야 하며, 이러한 분석을 통해 판정된 교통상황에 대해 적절한 시스템 운영 및 交通流管理가 수행되어야 한다.

구체적으로 교통류 및 유고관리를 수행하려면, 제 3장에서 언급한 바와 같이, 交通疏通狀態情報와 함께, 교통류패턴 분석을 통한 有故情報가 요구되며, 램프미터링에는 交通疏通狀態情報와 함께, 도시고속도로 각 구간의 O-D패턴에 관한 정보와 램프교통량, 본선의 交通量情報가 필요하다. 또한, 우회도로정보제공, 잠재적 위험요소정보제공을 통한 간접관리기법을 수행하려면 交通疏通狀態情報와 함께, 주변도로의 교통상황정보, 공사정보, 사고정보, 노면정보, 날씨정보 등이 요구된다.

간접관리기법을 수행하기 위하여 필요한 정보들은 데이터수집단계의 자료를 별도의 데이터 가공·처리과정을 거치지 않고 사용할 수 있음에 반하여, 직접관리기법을 수행하기 위하여 필요한 정보들은 데이터 가공·처리과정을 거쳐서 취득된다. 따라서 유고관리와 램프미터링에 필요한 유고상황판정 및 O-D패턴추정을 위해서는 다음과 같은 기능을 갖춘 소프트웨어가 필요하다.

5.4.1 有故狀況判定

서울시 都市高速道路의 유고상황을 판정하기 위해서, 기존에 개발된 외국의 알고리즘을 우선 수용한 후 개선하여 사용할 것인지, 아니면 독자 개발할 것인지에 대한 검토가 선행되어야 한다. 서울시 도시고속도로는 외국도시고속도로에 비해 반복혼잡이 일어나는 지점이 많으며, 혼잡의 波及程度가 심하여 혼잡구간과 혼잡지속시간이 상당히 긴 편이다. 이러한 교통혼

잡상황에서, 효율적으로 유고를 감지할 수 있는 알고리즘을 선정하기란 무척 어려운 형편이다. 기존에 개발된 유고감지알고리즘 중에서 서울시 都市高速道路에 직접 적용할 수 있는 알고리즘은 반복혼잡과 비반복혼잡을 구분할 수 있는 기능을 갖춘 McMaster알고리즘 정도이다 (유고감지알고리즘에 대한 자세한 내용은 제 7장에 참조). 그러나, McMaster 알고리즘은 지점별로 유고발생상황을 판단할 수 있도록 교통변수값(속도, 점유율)을 정의해야 하고, 또한 교통변수 값을 어느정도 현장실험을 통하여 보정해야 하는 어려움이 있다. 더우기, 요일별/시간대별로 교통상황변동이 심한 지점의 경우, 교통변수값을 제대로 보정하기가 무척 힘들 것으로 예상된다. 따라서, 서울시 都市高速道路에 적합한 알고리즘은 알고리즘의 독자적인 성능에만 의존할 수 없으므로 별도의 보완방법을 개발하여 함께 병용하는 방안이 바람직하다. 또한 유고감지알고리즘은 “유고감지 모형의 성능지표”에서 제시된 3가지 성능지표 즉, 有故感知率(DR : Detection Rate), 誤感知率(FAR : False Alarm Rate) 그리고 有故感知時間(TTD : Time-To Detect)이 운영자와 이용자가 만족할 만한 수준에 도달해야 함이 요구된다.

5.4.2 O-D패턴 추정

(1) O-D패턴 추정의 필요성

都市高速道路의 일정 구간에 램프미터링을 실시하려면 대상구간의 진입램프와 진출램프를 起終點으로 하는 교통류 패턴에 대한 정보(O-D정보)가 필요하다. 현장에서의 설문조사나 차량번호판 조사 등에 의해 대상구간에 대한 O-D정보를 구하려 한다면, 비용과 시간이 많이 소요될 뿐더러 대상구간을 통과하는 차량소통에 막대한 영향을 미치게 된다. 따라서 都市高速道路에 설치되어 있는 자료수집체제를 통하여 취득 가능한 램프교통량자료, 본선구간교통량자료 등을 이용한 O-D패턴 추정법을 통하여 O-D정보를 얻어내는 것이 바람직하다.

(2) 기존의 O-D 추정법

현재까지 개발된 O-D 추정법은 靜的 O-D 推定法(static O-D estimation)과 動的 O-D

推定法(dynamic O-D estimation)으로 구분할 수 있다. 靜的 O-D 推定法은 과거의 일정기간에 걸쳐 수집된 교통자료를 이용하여, 대상지역의 O-D 자료에 대한 대표값을 추정하기 위하여 사용된다. 靜的 O-D 推定法에는 統計的技法(statistical approach), 엔트로피 極大化法(entropy-maximizing proportional approach), 네트워크平衡化法(network equilibrium approach), 重力模型利用法(gravity-type approach) 등이 있다. 이러한 추정법들은 주로 장기 교통계획수립이나 교통시설물확충 및 보완 사업계획 등에 주로 이용되고 있다. 또한 현재 국내의 도시고속도로의 램프미터링을 위하여 엔트로피極大化法과 重力模型利用法이 주로 사용되고 있다.

動的 O-D 推定法(dynamic O D estimation)은 O-D 추정시 시간에 따른 변화추이를 반영하는데 한계를 가지는 靜的 O-D 推定法을 보완하고, 자료수집간격을 세분함으로써 부가적으로 취득 가능한 정보를 활용하여 交通量 感應式 制御體系(traffic-responsive control system)에 유용하게 사용될 수 있는 O-D를 추정한다. 이러한 動的 O D 推定法은 학문적으로는 연구가 활발하게 진행되고 있지만 실용화 단계에 도달하지 못하고 있다.

動的 O-D 推定法과 靜的 O-D 推定法들 중, 엔트로피極大化法과 重力模型利用法에 대해 간략하게 살펴보면 다음과 같다.

가) 엔트로피極大化技法

엔트로피極大化技法은 진입램프와 진출램프에서 교통량 관측시 파악된 운전자의 통행특성에 관한 정보를 기초로, 관측된 진입·진출램프교통량자료를 이용할 때 통계적으로 발생할 가능성이 가장 높은 O-D정보를 生成하는 방법이다. 엔트로피極大化技法을 사용하면, 진입·진출램프교통량에 비례한 O-D정보가 직접적으로 얻어진다. 그러나 이 기법은 통행거리와 통행시간이 운전자의 통행특성에 반영되지 못한다는 단점을 내포하고 있다.

나) 重力模型利用法

엔트로피極大化技法의 단점을 보완한 重力模型利用法은 통행거리와 통행시간등을 반영한

운전자의 통행특성자료를 O-D정보 생성과정에 포함하고 있다. 이 기법은 물리학의 重力模型을 援用하여, 통행량이 誘引力(attraction)과 發生量(production)에 비례하고 通行抵抗函數(impedance function)에 반비례한다는 가정에 의해 전개된다. 그러나 현재까지 개발된 重力模型利用法은 도시고속도로상에 혼잡이 발생했을 때 대기행렬과 우회로를 통한 전환수요등이 O-D에 미치는 영향을 고려하고 있지 못하다.

다) 動的 O-D 推定法

動的 O-D 推定法은 도시고속도로상의 교통류를 dynamic process로 가정하고, 각 램프의 유입교통량과 유출교통량간의 개별운행시간을 반영하여 split 파라미터를 추정하는 것이다. 추정된 split parameter로부터 각 유입-유출램프간의 O-D교통량이 간단한 연산을 통해 얻어진다. 動的 O-D 推定法은 다음과 같이 2단계 계산과정을 거쳐 이루어진다. 1단계에서는 추정된 O-D 교통량과 관측된 O-D 교통량간의 오차를 최소화하도록 O-D 파라미터를 보정한다. 2단계에서는 새로운 관측자료가 수집될 때마다 과거의 O-D정보를 update한다. 새로운 자료에 과거 자료보다 높은 가중치를 적용함으로써 시간에 따른 O-D 패턴의 변화를 파악할 수 있다. 현재 동적 O-D 추정법이 적용된 예는 학문적인 연구를 위한 가상 네트워크 또는 비신호 교차로에 한정되어 있다. 이러한 한계를 극복하고 보다 실용적으로 幹線交通軸(street corridor)이나 고속도로(freeway)에 적용되기 위해서는 platoon dispersion 또는 혼잡상태에서의 대기행렬의 영향 등을 고려할 수 있어야 한다.

(3) 효율적인 램프미터링을 위한 O-D추정기법의 요구사항

서울시 都市高速道路의 효율적인 램프미터링을 위해 필요한 O-D추정기법은 다음과 같은 사항을 반영할 수 있어야 한다.

가) 본선구간의 대기행렬의 영향

현재까지 적용된 O-D추정기법들은 都市高速道路의 교통류가 定常狀態(steady state)이며,

본선유입 총교통량을 병목지점의 용량이하로 제한함으로써 본선구간상에 대기행렬이 발생하지 않는다는 가정하에 개발되었다. 그러나 서울시의 현재 교통상황을 비추어 볼 때 이와 같은 가정은 현실에 적합하지 않으며, 본선구간의 대기행렬에 의하여 都市高速道路상의 유입과 유출이 어떻게 영향받는지 고려할 필요가 있다. 예를 들면, 하류에서 발생한 대기행렬이 유입램프구간까지 진행되지않은 상태에서는 유입램프상의 차량이 지체없이 본선으로 유입이 가능하지만, 대기행렬이 유입램프구간을 지나 상류까지 진행된 경우에는 유입램프상의 차량은 더 이상 자유롭게 본선으로 진입할 수 없게 된다. 이와 같이 진입·진출램프지역의 운전자가 본선구간의 정체로 인하여 진·출입에 영향을 받을 경우, 이러한 상황을 반영할 수 있는 O-D 추정기법이 필요하다.

나) 迂回道路로 인한 전환수요의 영향

都市高速道路에서 돌발적인 사고나 공사에 의한 혼잡발생시 혼잡지점을 迂回할 수 있는 迂回道路가 존재한다면 많은 수의 운전자들이 迂回道路로 전환할 것이며, 이러한 영향으로 유입교통량이 감소하여 지체시간이 감소할 것이다. 동시에 이렇게 발생한 전환수요로 인해 혼잡지점을 통과하는 운전자가 감소하며, 이에 대응하는 최적 램프미터링전략도 변화하여야 할 것이다. 그러나 전환수요의 영향을 고려하지 못한다면, 돌발상황에 대처하지 못하고 예상된 교통상황에 대한 램프미터링밖에 수행할 수 없게 된다.

다) 수요의 불확실성

현재까지 적용된 O-D추정기법들은 도시고속도로의 교통상황에 불확실성이 존재하지 않는다는 가정을 기초로 하고 있다. 그러나 현실적으로 이러한 가정은 타당하지 않으며, 예측된 교통수요와 실제로 발생한 교통수요에는 항상 차이가 발생한다. 도시고속도로램프미터링의 목적이 용량을 초과하는 교통수요의 발생을 막는 것이므로, 교통수요의 불확실성을 고려하지 못하는 램프미터링은 交通管理기법으로서의 역할을 충분히 수행할 수 없다. 수요의 불확실성을 O-D추정과정에서 고려한다면 도시고속도로램프미터링의 효과는 크게 향상될 것으로 기대

된다.

라) 수요변동

都市高速道路의 교통수요는 시간에 따라 끊임없이 변화하며, 변화된 교통수요에 따라 효과적인 램프미터링이 이루어지기 위해서 교통수요의 변화에 따른 연속된 O-D정보가 필요하다.

5.5 運轉者用 情報 生成

운전자를 위한 교통정보는 출발전 교통정보(Pre-Trip Travel Information)와 운전중 교통정보(En Route Travel Information)로 크게 나눌 수 있다. 운전자를 위한 교통정보는 교통상황분석을 위한 정보와 交通管理시스템 운영자를 위한 정보를 생성하는 과정에서 도출될 수 있으므로 별도의 정보생성 소프트웨어는 필요하지 않다.

5.5.1 출발전 교통정보(Pre-Trip Travel Information)

출발전 교통정보는 운전자로 하여금 都市高速道路를 포함한 시내 교통상황의 전체적인 정보를 출발전에 집, 근무처, 그 밖의 통행의 기점에서 참조함으로써, 운전자에게 가장 적합한 출발시간, 교통수단, 운행경로 등을 선택할 수 있게 한다. 출발전 교통정보는 시내의 전체적인 교통정보 중에서 운전자가 필요한 정보를 선택적으로 취득할 수 있어야 하며 운전자가 통행할 구간에 대한 예측정보를 포함하고 있어야 한다. 또한, 출발전 교통정보에는 사고 또는 공사와 그에 따른 대안경로, 운행속도, 행사정보, 날씨정보 등이 포함되어야 하며, 출발전 교통정보는 전체적인 교통상황을 표시해야 한다.

5.5.2 운전중 교통정보(En-Route Travel Information)

운전중 교통정보는 도로의 운전자에게 좀 더 안전하고 편리한 통행을 유도할 수 있는 내용을 포함하고 있어야 한다. 따라서 운전중 교통정보는 앞서 언급한 출발전 교통정보와 내용상 비슷하나, 운전중에 돌발적으로 발생할 수 있는 사고, 공사, 노면상태 등 위험요소에 대한 경고, 속도제한, 급격한 날씨변화 등을 실시간으로 제공함으로써 대안경로를 선택하도록 유도하고, 안전사고를 예방할 수 있게 하는 등 간접적인 교통 관리의 수단으로 사용될 수 있다.

5.6 交通데이터 加工 및 分析 소프트웨어 要求事項

<표 5.5>는 교통데이터 가공 및 분석 소프트웨어 요구사항을 요약한 것이다.

<표 5.5> 교통데이터 가공 및 분석 소프트웨어 요구사항

구 분	소프트웨어 요구사항	현재 구현가능성
데이터 신뢰성 검토	· 미시적 처리기능	○
	· 거시적 처리기능	△
데이터베이스 구축	· 사용자와 인터페이스기능	○
	· 자료보존 및 추출기능	○
	· 보안기능	○
	· 데이터 백업기능	○
교통상황 분석을 위한 정보 생성	· 교통상태판정기능	○
	· 교통상황변화추이 판정기능	△
시스템운영자를 위한 정보 생성	· 유고상황판정	△
	· O-D 패턴추정기능	△
운전자를 위한 정보 생성	· 출발전 교통정보생성기능	○
	· 운전중 교통정보생성기능	○
	· 최적도로정보 제공시, 기대효과 측정	○

제 6 장 교통정보 제공

ITS기술이 도입되기 전에는, 운전자들이 통행경로를 선택함에 있어서 필요한 정보는 豫想 通行所要時間이었다. 豫想通行所要時間이란 운전자가 같은 경로에 대해 과거의 경험을 기준으로 예상한 通行所要時間이다. 그러나 현실적으로 같은 지점일지라도 수시로 변화되는 교통 상황에 따라 通行所要時間이 달라지므로, 경험에 의한 예측이 정확하지 않은 경우가 많고, 이로 인하여 운전자들이 最適經路를 선택하는데 어려움이 많았다. 이러한 문제점을 해결하고, 보다 효율적인 시스템운영을 위해서는 실시간 교통정보를 기초로 신뢰성있는 通行所要時間을 산출하여 운전자에게 제공해야 한다. 최근 교통관리시스템은 교통공학이론에 전기·전자·제어·통신 등의 첨단관련장비를 접목시켜 신뢰성있는 실시간 교통정보를 수집·가공·처리하여 운전자와 운영자에게 제공하는 ITS기술을 도입하는 추세이다.

6.1 外國 交通情報提供시스템

6.1.1 미국

미국에서 수행된 연구결과를 보면 <표 6.1>와 같이 상당수의 운전자들이 고속도로로 들어서기 전에 도로 및 교통정보를 받기를 원하고 있는 것으로 나타났다.

<표 6.1> 가용한 정보에 대한 운전자의 선호도

위 치	운전자수(%) 1차선택
출발지에서	42%
주변의 주요도로 상에서	34%
고속도로 진입로에서	16%
고속도로 상에서	8%

자료출처 : Dudek, C.L et al, "Study of Design Consideration for Real-Time Freeway information Systems". Highway Research Record 368

운전자가 선호하는 정보의 유형을 살펴보면 <표 6.2>와 같다.

<표 6.2> 정보유형별 운전자의 선호도

교통정보의 유형	응답자수(%)
혼잡구간의 위치 및 대기행렬길이	71%
혼잡도	69%
혼잡원인	40%
일정구간에 대한 예상운행속도	13%
일정구간에 대한 예상운행시간	7%

자료출처 : Dudek, C.L. et al., "Study of Design Consideration for Real-Time Freeway information Systems". Highway Research Record 368

6.1.2 일본

일본의 阪神高速道路管理工團에서 운전자를 대상으로 조사한 도로정보의 내용, 신뢰도, 정보제공방법 등에 관한 설문조사결과를 정리 요약하면 다음과 같다.

- (1) 정보제공방법별 이용상황 : 문자정보판, 소요시간표시판, 도형정보판, 도로정보라디오, 자동전화안내 순으로 운전자들이 도로정보를 얻는다는 것을 알 수 있고, 이 중에서 문자정보판, 소요시간표시판, 도형정보판은 그 이용도가 상당히 높은 반면, 도로정보라디오, 자동전화안내는 이용도가 낮음을 알 수 있다.

도로정보 항목(%)	문자 정보판	도형 정보판	소요시간 표시판	도로정보 라디오	자동전화안내
무응답	1.1	3.5	2.3	2.8	6.2
거의 안 봄	0.3	8.4	1.0	23.5	68.9 (이용 안함)
수시로 본다	6.9	23.5	11.5	50.1 (가끔 들음)	19.4 (가끔 이용)
주의해서 본다	91.7	64.5	85.2	23.1 (반드시 들음)	5.5 (자주 이용)

(2) 정보제공방법별 정확도에 대한 응답결과 : 운전자들의 도로정보에 대해 그 형태에 상관없이 85% 이상이 대강 맞음, 잘 맞음으로 응답한 것을 토대로, 운전자들이 도로정보가 대체로 맞다고 인식하고 있다는 것을 알 수 있다.

도로정보 항목(%)	문자 정보판	도형 정보판	소요시간 표시판	도로정보 라디오	자동전화안내
무응답	1.5	1.8	1.5	3.3	2.8
맞지 않음	8.4	4.2	10.0	9.5	6.9
대강 맞음	67.3	66.3	56.7	66.2	70.9
잘 맞음	22.7	27.7	31.8	21.0	19.5

(3) 정보제공방법별 이해도 응답결과 : 운전자들의 도로정보에 대한 이해도는 소요시간표시판, 문자정보판, 도형정보판, 도로정보라디오, 자동전화안내 순으로 나타남을 알 수 있고, 대체적으로 정보에 대한 이해가 용이하다는 것을 알 수 있다.

도로정보 항목(%)	문자 정보판	도형 정보판	소요시간 표시판	도로정보 라디오	자동전화안내
무응답	0.7	0.7	1.3	1.7	3.6
모른다	1.9	5.4	1.1	3.0	2.6
대강 이해	31.1	39.3	21.5	45.9	47.4
잘 이해	66.2	54.5	76.2	49.4	46.4

6.2 交通情報內容 範圍 및 情報提供基準

교통정보는 운전자의 입장에서 크게 출발전 교통정보(Pre-Trip Travel Information)와 운전중 교통정보(En Route Travel Information)로 나눌 수 있다.

6.2.1 출발전 교통정보(Pre-Trip Travel Information)

출발전 교통정보는 운전자로 하여금 도시고속도로를 포함한 시내 교통상황의 전체적인 정보를 출발전에 집, 근무처, 그 밖의 통행의 起點에서 참조함으로써, 운전자에게 가장 적합한 출발시간, 교통수단, 운행경로 등을 선택할 수 있게 한다. 출발전 교통정보는 시내의 전체적인 교통정보 중에서 운전자가 필요한 정보를 선택적으로 취득할 수 있어야 하며 운전자가 통행할 구간에 대한 예측정보를 포함하고 있어야 한다. 출발전 교통정보에는 사고 또는 공사와 그에 따른 대안경로, 운행속도, 행사정보, 날씨정보 등이 포함되어야 한다. 그리고 출발전 교통정보는 전체적인 교통상황을 제공해야 하므로 대형공사나 사고발생시에는 실시간으로 update하되, 그 외의 교통상황에 대해서는 실시간 update는 비 효율적이므로 일정한 주기로 update한다. 출발전 교통정보를 전달할 수 있는 방법은 다음과 같다.

(1) ARS/FAX

사용이 용이하고 필요장비도 대중화된 상태이므로 가장 빈번한 사용자의 접근이 예상되는 정보전달 수단이다. ARS/FAX를 통해 제공하는 정보의 내용은 다음과 같다.

- 소통상태 : 구간별 平均運行速度, 구간별 예상통행소요시간, 구간별 교통혼잡여부
- 주변도로의 교통상황 정보 : 주변도로의 교통소통상태, 주요 한강교량의 양방향 소통상태
- 사고, 공사, 규제, 차로통제등의 정보 : 고장차량 발생 및 처리상황, 교통사고 발생 및 처리상황, 교통사고·공사등으로 차로 막힘, 진출입 규제정보
- 기상정보 : 오늘과 내일의 기상정보

(2) Internet/Videotext

ARS/FAX가 현재 대중화된 정보전달 매체라고 한다면 Internet과 케이블 TV의 Videotext는 향후 커다란 발전이 예상되는 정보전달매체이며, ARS/FAX를 통해 제공할 수 없는 영상 정보와 교통관련 통계 등 다양한 정보를 폭 넓게 제공할 수 있다. Internet과 Videotext를 통해 제공하는 정보는 다음과 같다.

- 소통상태 : 구간별 소통상태, 구간별 통행소요시간, 구간별 교통량 및 平均運行速度
- 사고, 공사, 규제, 통제정보 : 고장차량 발생 및 처리 상황, 교통사고 발생 및 처리상황, 교통사고·공사등으로 인한 차로 막힘 및 진출입 규제정보
- 주변 교통상황정보 : 주변도로의 교통소통상태, 주요 한강교량의 양방향 소통상태
- 교통관련 통계 정보 : 교통사고 추이 통계자료, 교통량 속도 등의 통계자료
- 정지영상정보 : CCTV, 영상검지기에서 수집한 정지 영상
- 기상정보 : 기상상태, 온도, 눈·비율 확률, 강우량/강수량, 일일예보, 주간예보, 특보

6.2.2 운전중 교통정보(En Route Travel Information)

운전중 교통정보는 도로의 운전자에게 좀 더 안전하고 편리한 통행을 유도할 수 있는 내용을 포함하고 있어야 한다. 따라서 운전중 교통정보는 앞에서 언급한 출발전 교통정보와 내용상 비슷하나, 운전중에 돌발적으로 발생할 수 있는 사고나 정체, 노면상태나 위험요소에 대한 경고, 속도제한, 급격한 날씨변화 등을 실시간으로 운전자에게 알려줌으로써 대안경로를 선택하도록 유도하고, 안전사고를 예방할 수 있게 하는 등 직접적인 교통 관리의 수단으로 사용될 수 있다. 운전중 교통정보를 전달하는 방법은 다음과 같다.

(1) 可變交通情報電光板(Variable Message Sign)

가변교통정보전광판은 하류지점의 교통상황 및 도로조건을 운전자에게 실시간으로 알려줌으로써 잠재적인 상황에 대비하게 하고, 경우에 따라 우회할 수 있는 도로를 안내하는 역할을 담당한다. 즉, 도로이용에 대한 안내 기능을 한다. 可變交通情報電光板의 교통정보는 표지판

의 크기 및 示認性 등으로 인해 제한된 내용만을 表出할 수밖에 없다. 따라서, 可變交通情報 電光板의 정보는 정확하고 간략하게 표시되어야 하는데, 可變交通情報電光板을 통해 제공하는 정보는 다음과 같다.

- 대상구간의 실시간 교통소통상태
- 대상구간의 실시간 사고 및 공사상황
- 대상구간의 규제 및 통제 정보 : 고속도로의 미터링 시행여부
- 주변도로의 교통상황 : 우회도로정보
- 대상구간의 平均運行速度 및 예상통행소요시간
- 잠재적 위험요소에 관한 정보 : 기상상태, 온도, 눈·비를 확률 노면의 결빙상태 사고발생소지가 있는 도로구간 및 위험물 위치
- 도로이용정보 : 램프 진출·진입 등

(2) 路側放送(Highway Advisory Radio)

路側放送은 차량검지장치, CCTV, 기상정보수집장치 혹은 순찰대 및 도로 이용자들의 제보 등에 의한 도로 구간별 소통상태, 기상정보, 도로공사정보, 재해정보 등을 일정 구역을 주행중인 운전자에게 라디오를 통해 음성정보로 제공한다. 일반 교통방송은 불특정 다수에게 광역의 교통정보를 일정시간이 지난 후에 off-line으로 제공해야 하는 제약이 따르지만 路側放送은 해당지역을 통행하는 운전자들에게 필요한, 교통소통에 도움을 줄 수 있는 정확한 정보를 適時에 구체적으로 제공하는 장점이 있다. 또한 路側放送은 일반적으로 可變交通情報電光板보다 자세한 정보를 전달하고, 可變交通情報電光板보다 담당하는 정보의 圏域 또한 넓다.

6.2.3 교통정보내용 요약

앞에서 언급한 출발전 교통정보와 운전중 교통정보는 <표 6.3>에 정리하였다.

<표 6.3> 출발전 및 운전중 교통정보 요약

	정보전달수단	정보의 내용	정보의 대상영역	정보의 상세도	정보의 update 간격
출발전 교통정보	AIS/FAX	기종점구간의 소동상태, 사고, 공사, 규제, 통제정보, 주변도로의 교통상황정보, 기상정보, 노면상태 정보	도시고속도로를 포함한 시내교통상황의 전체적 정보 (이용자가 원하는 구간의 정보를 선택적으로 제공)	정보 전달수단의 특성상 상세한 내용의 정보를 전달하기 어렵다.	대형 공사나 사고발생시에는 실시간으로 update하고, 그외의 교통상황에 대해서는 일정 주기로 update한다.
	Internet/Videotext	기종점구간의 소동상태, 사고, 공사, 규제, 통제정보, 주변도로의 교통상황정보, 기상정보, 교통관련 통제정보, 영상정보, 노면상태 정보		원하는 종류 및 구간의 정보를 화면을 통해서 알 수 있으므로 상세한 정보를 얻을 수 있다.	
운전중 교통정보	가변교통정보전광판 (VMS)	대상구간의 실시간 교통소통 상태, 대상구간의 실시간 사고 및 공사상황, 대상구간의 규제 및 통제정보, 주변도로의 통행소요시간, 주변도로의 교통상황 및 우회도로 정보, 노면 및 잠재적 위험요소에 관한정보, 도로이용정보	현재 운행중인 구간을 중심으로 주변도로 및 우회도로에 대한 정보도 얻을 수 있다.	가변정보판의 크기 및 시인성 등으로 인해 제한된 내용의 정보만을 구체적으로 전달한다.	운행중인 구간에서 발생하는 모든 교통상황을 실시간으로 운전자에게 전달한다.
	노측방송(HAR)			가변정보판의 내용을 보충할 수 있는 구체적이고 정확한 정보를 적시에 전달한다.	

6.3 交通情報提供 소프트웨어의 要求事項

교통정보제공 소프트웨어는 다음과 같은 기본적인 요구사항을 갖추어야 한다.

- 교통정보제공시스템은 기본적으로 On/Off-line Test 기능을 갖추어야 한다.
- 교통정보제공시스템은 데이터 수집단계에서부터 데이터 가공·처리 및 교통정보생성, 정보 전달매체까지 전과정이 자동적으로 연계되어 수행할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.
- 교통정보제공시스템은 실시간 현장교통소통상황에 맞추어 정보의 내용이 자동적으로 생성되고, 교통정보를 일정한 시간주기로 자동적으로 갱신할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.
- 교통정보는 제공되기 전과 제공된 후에도 반드시 운영자가 원하는 정보가 제공되었는지 확인되어야 하며, 이를 위하여 교통정보제공시스템은 운영자가 언제든지 정보를 확인할 수 있도록 운영자 단말기나 혹은 별도의 교통정보제공매체별 관리서버시스템에 정보 표시가 가능해야 한다.
- 사고 및 고장차량발생 등에 의한 비반복 교통혼잡과 기다 예상치 못한 돌발 교통상황에 대비하여, 필요시 언제든지 교통정보제공매체에 운영자가 직접 수동으로 원하는 교통정보를 입력할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.
- 교통정보의 생성 및 전달과정에 있어서 현장으로부터 데이터 수집이 불가능한 경우를 대비하여 소프트웨어는 履歷情報를 이용하여 교통정보를 생성·전달할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

위에서 정리한 소프트웨어의 요구사항들은 현재 모두 구현 가능한 상태이다.

제 7 장 교통류관리

7.1 有故管理

交通混雜管理(Congestion Management)는 FTMS의 핵심분야로서 이에 대한 필요성은 이미 오래 전부터 강조되어 왔다. 그러나, 都市高速道路에서 발생하는 지체의 50% 이상이 有故에 의한 것이라는 연구 결과가 나와 있다. 반복혼잡의 경우, 운영자가 미리 적합한 교통류 운영기법을 적용하여 대처할 수 있는 반면에, 비반복혼잡은 예고없이 발생하므로 운영자가 신속하게 적합한 교통류 운영기법을 적용하여 대처하는데 한계가 있다.

따라서, 돌발적으로 발생하는 비반복 교통혼잡을 효율적으로 관리할 수 있는 방안의 필요성은 현재와 같이 교통시설물의 확충이 어려운 상황에서는 더욱 절실하다. 이러한 제반여건을 극복하고 돌발적으로 발생하는 비반복 교통혼잡을 감지할 목적으로 여러형태의 유고감지 알고리즘들이 개발되었다. 그러나, 기존의 유고감지알고리즘들은 단순히 교통혼잡을 감지하는데 초점을 두고 개발되어, 진입램프의 교통수요 증가에 의한 병목구간에서의 반복적 혼잡인지, 아니면 사고 및 공사 등에 의한 비반복적 혼잡인지에 대해 명확한 구분을 하지 못한다. 이러한 한계성으로 기존의 유고감지알고리즘들 중에서 실제 현장에서 실용적으로 사용되고 있는 알고리즘은 극히 드물고, 그나마 침두시에 반복적으로 발생하는 교통혼잡과 유고에 의한 비반복적 교통혼잡을 구분할 수 있는 기능이 없어 시스템운영자에게도 실제적인 도움을 주지 못하고 있는 실정이다.

요약하면, 신속한 유고감지 및 유고관리의 필요성은 이미 20년전 부터 선진외국에서 언급되기 시작하여 현재까지도 FTMS 구축시 필수적으로 갖추어야 할 중요한 기능으로 강조되고 있다. 또한, 현재 범 세계적으로 추진되고 있는 ITS의 일환으로 구축되는 교통류관리시스템의 효율성을 제고하기 위해서는 첨단장비를 이용하여 현장으로 부터 직접 수집한 교통데이터를 다양한 목적으로 활용할 필요가 있다. 그러나 이러한 시설 및 기술적 향상에도 불구하고 여지껏 유고관리에 대해서는 학술적인 연구가 미진한 상태이다. 따라서 교통류관리 소프트웨어

어는 비반복적으로 발생하는 교통혼잡을 신속하고 정확하게 감지할 수 있는 기능을 갖추어야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 기존에 개발된 유고감지알고리즘을 검토하여 서울시 都市 高速道路에 유고감지알고리즘이 갖추어야 할 기본적인 요구사항을 파악하였다.

7.1.1 有故感知 알고리즘 고찰

(1) 유고감지알고리즘의 개발현황

지난 20여년 동안 꾸준히 고속도로 유고감지알고리즘이 개발 또는 제안되어 왔는데, 이는 도로상에 발생하는 교통소통장애요인의 위치 및 내용을 보다 신속하고 정확하게 감지하여 효율적인 교통류관리를 수행하기 위한 노력이라 할 수 있다. 그동안 유고감지알고리즘의 개발은 고속도로를 중심으로 수행되고, 다른 종류의 도로에 대해서는 거의 수행되지 않았는데, 이는 시가지 도로에서의 交通管理가 정체 및 지체의 방지와 감소를 위하여 사용되는 반면, 고속도로에서는 2차 사고를 방지함으로써 안전성 재고의 효과를 기대할 수 있기 때문이다.

기존의 유고감지알고리즘은 유고를 판단하는 방법에 따라 Pattern Recognition알고리즘과 Prediction Model알고리즘이라는 두가지 형태로 나눌 수 있다.

가. Pattern Recognition알고리즘

Pattern Recognition알고리즘은 속도, 교통량과 점유율 등의 교통류 지표를 이용하여 유고를 감지하는 방법으로, 유고는 상류부와 하류부의 교통류 모두에 攪亂(disturbance)을 일으키고, 이렇게 발생한 交通流 攪亂은 교통류 지표에 영향을 준다는 사실에 기반을 두고 알고리즘을 전개한다. 상류부와 하류부 교통류 지표가 상이한 관계를 나타내면, 알고리즘은 이 지표를 사전에 설정된 臨界值(threshold value)와 비교함으로써 유고의 존재여부를 결정한다. 기존에 개발된 알고리즘 중 Pattern Recognition알고리즘에는 캘리포니아 알고리즘, 수정된 캘리포니아 알고리즘, APID, HIOCC, McMaster알고리즘 등이 있다.

나. Prediction Model알고리즘

Prediction Model알고리즘은 모형을 통해 교통류 상황을 예측하여, 예측된 데이터와 검지에서 실측된 데이터를 비교함으로써 유고를 감지한다. 초기 Prediction Model알고리즘들의 주요 개념은 통계적 분석에 이론적 기반을 두어 교통류 예측을 수행하고, 그 후에 개발된 알고리즘들은 巨視的·微視的 교통류 모형을 결합하여 사용하거나, 時系列分析(Time Series Analysis) 등의 세련된 예측기법을 이용하여 교통류를 예측하였다. 이 알고리즘에서는 실측 데이터가 예측 데이터를 크게 벗어날 때(통계적 유의수준에서 벗어날 때) 有故를 선언한다. Prediction Model알고리즘에는 DES, DELOS알고리즘 등이 있으며, 각 알고리즘에 대해서는다음의 (2)절에서 概括的으로 살펴보기로 한다.

(2) 기존 유고감지알고리즘의 개요

가. 캘리포니아 알고리즘(California Algorithm)

意思決定樹(Decision Trees)에 따라 유고 여부를 결정하는 것으로 한 지점과 그 하류의 점유율의 차이, 이 차이값과 지점점유율의 比, 그리고 하류 점유율의 시간적 변화율을 臨界值와 비교함으로써 有故를 감지한다. 캘리포니아 알고리즘은 유고발생 판단여부의 기준이 되는 점유율의 臨界值 설정이 어려우나, 구조가 간단하여 현장 적용이 용이하고 안정적인 유고 감지 결과를 도출하고 있어 현재 가장 많이 사용되고 있다.

나. DES알고리즘(Double Exponential Smoothing Algorithm)

이 알고리즘은 追跡信號(Time tracking)라는 것을 사용하여 유고 감지를 수행한다. 한 지점에서 수집되는 교통변수의 과거 데이터들을 潤滑하여 현재값을 예측한 후 이 값과 실제값을 계속 비교하여 그 차이의 누적치와 평균절대편차와의 비가 臨界值를 초과하면 유고를 선언한다. 이 알고리즘은 감지시간이 비교적 긴 편이고 한 지점의 시간적 변화만을 고려하기 때문에 상·하류의 상황을 고려해 줄 수 없어 壓縮波와 같은 경우를 구별해 내지 못하므로

이것이 교통량이 많은 경우에 誤警率을 높게 만드는 주요 원인이 되고 있다.

다. APID알고리즘(All Purpose Incident Detection Algorithm)

APID알고리즘의 기본적인 로직은 위에서 언급한 캘리포니아 알고리즘에 기초하고 있으며 持續性 검사와 壓縮波 검사를 모두 수행하며, 또한 교통량이 많은 경우와 적은 경우, 그리고 중간인 경우를 각각 구별하여 有故를 감지한다.

라. DELOS알고리즘 (Detection Logic With Smoothing)

이 알고리즘은 짧은 지속시간을 가지는 다른 사건들을 유고와 구별하기 위해 점유율 측정치를 潤滑하여 사용한다. 이는 표준편차, 重指數(Double Exponential), 또는 캘리포니아 알고리즘과 비교하여 상당한 誤感知率의 감소를 가져왔다.

마. HIOCC알고리즘

일반적으로 British알고리즘이라 불리는 HIOCC알고리즘(Collins 등, 1979)은 각 차량 검지기별로 감지를 수행하게 되는데 指數 平滑化(Exponential Smoothing)를 이용하여 수집되는 점유율을 潤滑하여 그 값이 임계치를 초과하면 有故로 판단한다.

바. McMaster알고리즘

破局理論(Catastrophe Theory)을 근거로 하여 개발된 McMaster알고리즘은 캘리포니아 알고리즘과 달리 두 개의 교통변수를 사용하며, 교통량-점유율 그래프상에서 측정치가 비정체 구간에서 정체 구간으로 급격한 변화를 보일 때 有故를 선언한다. 따라서, 한 지점의 데이터만으로 유고 감지가 가능한 장점을 가지고 있으며 APID알고리즘과 비교하여 감지시간, 감지율, 오감지율 등에 있어 상당한 진보를 가져왔고 뛰어난 유고감지 성능을 가지고 있는 것으로 보고된 바 있으나, 다양한 고속도로 구간에서 검증되지 않았다는 단점이 있다.

사. 人工神經網을 이용한 유고감지알고리즘

人工神經網은 고도로 복잡한 인간의 두뇌를 구성하고 있는 기본단위로서 뉴런(neuron)의 개념을 도입한 작업을 기초로 認識課程(recognition) 또는 神經生態(neural biology)를 수학적 인 모형으로 일반화시키기 위해서 개발된 병렬 정보처리시스템이다. 人工神經網은 생물학적인 신경세포망의 기능을 模寫한 것으로서 人工뉴런(artificial neuron 또는 processing unit이라고도 함)과 人工시냅스(artificial link)로 구성된다. 人工神經網에서의 정보처리는 정보처리 단위인 다수의 뉴런에서 일어나며, 이들 뉴런 사이의 신호는 人工시냅스인 연결링크를 통해서 전달된다. 또한, 각각의 연결링크는 뉴런들 사이의 연결강도(connection strength)를 나타내는 가중치(synaptic weights)를 가지고 있으며, 각 뉴런에서의 정보처리는 전달된 신호와 가중치의 곱의 총합에 活性化函數(activation function)를 적용하여 출력신호를 발생시킨다. 人工神經網의 교통분야 응용중 有放感知에 적용되고 있는 人工神經網 모형은 Back Propagation ANN, Hopfield ANN, ART 등이 있다.

(3) 기존 유고감지알고리즘의 장·단점 비교

이상에서 살펴본 각 유고감지알고리즘의 장·단점을 비교해 보면 <표 7.1>과 같이 정리할 수 있다.

〈표 7.1〉 유고감지알고리즘의 장·단점

알고리즘	장 점	단 점
California	<ul style="list-style-type: none"> 구조가 간단하여 현장적용 용이 현장운영 경험이 많음 	<ul style="list-style-type: none"> 독립변수로 점유율만 사용 임계치 설정의 어려움
California #8	<ul style="list-style-type: none"> California 알고리즘을 개량 지속성 검사와 압축과 검사 수행 현재 가장 많이 사용되고 있으며 안정적 유고감지 결과 도출 	<ul style="list-style-type: none"> 독립변수로 점유율만 사용 임계치 설정의 어려움
DES	<ul style="list-style-type: none"> 공간적 비교가 필요없기 때문에 구배의 변화 등에 의한 단절지점에 사용가능 	<ul style="list-style-type: none"> 감지시간이 길고 상대적으로 낮은 감지율을 보임 시간적 차이에 의한 비교만 수행
APID	<ul style="list-style-type: none"> 간단하고 특이한 지형 및 교통운영을 반영할 수 있음 지속성 검사와 압축과 검사 수행 	<ul style="list-style-type: none"> 압축과 검사를 위해서는 많은 감지 지점이 필요
DELOS	<ul style="list-style-type: none"> 단시간 변동에 의한 영향이 최소 	<ul style="list-style-type: none"> 평활화 시간간격에 따라 감지시간이 길어짐 압축과를 구별해 내지 못함
HIOCC	<ul style="list-style-type: none"> 가장 간단한 로직을 사용 	<ul style="list-style-type: none"> 교통량이 적을 때는 감지율이 저하됨 점유율에만 근거함 한시점만의 자료 사용으로 지점간 및 시간차이간 자료비교 불가
McMaster	<ul style="list-style-type: none"> 교통량-점유율 관계식에 의해 유고 감지 차로별 변이 고려 가능 악천후나 정체상황에서 유고감지 능력이 상대적으로 우월함 	<ul style="list-style-type: none"> 현장검증의 경험이 타 알고리즘에 비해 부족함
인공신경망 모형	<ul style="list-style-type: none"> 병렬분산처리를 통한 빠른 처리 현실의 비선형문제에 적용가능 비모수통계 추론이나 패턴분류에 사용가능 제학습의 용이 결함에 대한 관대함의 보유 	<ul style="list-style-type: none"> 실제적으로 적용된 사례가 없어 그 효과를 검증받지 못하고 있음

(4) 유고감지 모형의 성능지표

유고감지알고리즘의 성능은 3가지 성능지표(Performance Index) 즉, 有故感知率(Detection Rate), 誤感知率(False Alarm Rate) 그리고 有故感知時間(Time To Detect)에 의해서 평가되어지며 이들의 정의는 다음과 같다.

가. 有故感知率

모형에 의해서 감지된 유고건수를 기록시간동안 실제 발생한 것으로 알려진 총 유고건수로 나눈 값 혹은, 총 발생유고건 중 감지된 유고의 비율을 의미한다.

나. 誤感知率

시스템이 오프-라인(off-line) 혹은 온-라인(on-line)이냐에 따라 각각 다르게 정의된다.

○ 오프-라인 오감지율(off-line FAR)

허위경보를 울린 비유고시간 간격의 개수를 비유고시간 간격의 총 개수로 나눈 값

○ 온-라인 오감지율(on-line FAR)

허위경보를 울린 비유고시간 간격의 개수를 전체 데이터군의 시간개수로 나눈 값

다. 有故感知時間(TTD)

실제 유고발생시간과 모형에 의해 유고가 선언되는 시간과의 차이를 나타내고, 모형을 실제로 평가할 경우에는 일반적으로 감지된 유고의 평균감지시간(Mean Time-To-Detect)을 적용한다. 유고발생시간은 보통 정확하게 알려지지 않으며 검지기 데이터, 경찰, 교통관제센터, 차량견인회사의 기록으로부터 추정되는게 일반적이다.

이상에서 설명한 감지율과 오감지율은 유고감지모형의 효과를 측정하는데 지표로 사용되며, 유고의 감지시간은 모형의 효율성을 나타내는 지표로 사용된다.

(5) 有故感知 모형의 性能指標간의 관계

기존에 개발된 유고감지알고리즘을 앞에서 제시한 3가지 성능지표를 기준으로 비교해 보면 <표 7.2>와 같다.

<표 7.2> 유고감지 모형의 성능지표 비교

Algorithm	감지율(%)	오감지율(%)	평균감지시간(분)
California	82	1.73	0.85
California #8	68	0.177	3.04
APID	86	0.05	2.5
Exponential Smoothing	92	1.87	0.7
Modified McMaster	68	0.0018	2.2
Neural Networks	89	0.011	0.93

위 표의 분석결과는 실제 현장조사를 통해 수집한 데이터와 모형을 시뮬레이션하여 얻은 데이터를 혼용하여 비교하였다. 따라서, 각 모형의 성능을 공정하게 비교할 수는 없지만, 일반적으로 감지율을 증가시키고 신속한 감지를 위하여, 평균감지시간을 짧게할수록 誤感知率(誤感知率)이 높아지는 경향이 있음을 알 수 있다. 따라서, 많은 誤感知는 교통류의 임의적인 攪亂(random fluctuations), 즉 壓縮波(compression wave)나 Traffic Pulses 등에 의해서 발생되기 때문에 유고의 持續性 檢査(Persistence Test)를 통해 誤感知率을 낮추는 시도가 필요하다.

유고의 持續性 檢査는 일반적으로 유고 경보를 선언하기 전에 몇 개의 연속적인 시간간격이 유고임을 나타내는 경보(warning)를 검사함으로써 수행된다. 그러나, 持續性 검사에서 사용되는 시간간격의 수가 증가함에 따라 誤感知率은 낮아지게 되고, 평균감지시간이 상당히 증가하기 때문에 모형의 효율성은 감소된다.

7.1.2 반복혼잡과 비반복혼잡 구분의 중요성

都市高速道路 교통혼잡관리는 그 원인에 따라 관리방안을 수립하여 효율적인 관리를 수행해야 하므로 교통혼잡발생시, 반복혼잡인지 비반복혼잡인지를 명확히 구별해야 한다. 하지만, 위에서 언급한 알고리즘들은 상류부와 하류부의 데이터 비교 혹은 예측치와 실적치의 비교를 통한 교통류 지표상의 변화를 토대로 유고를 감지하였는데, 교통류 지표상의 변화원인이 진입 램프의 교통량이 많거나 병목구간 때문에 발생하는 반복혼잡인지, 사고 및 공사 등에 의한 비반복혼잡 때문인지에 대해 명확한 구분을 제공해 주지 못한다.

기존 유고감지알고리즘이 갖고 있는 이와 같은 한계점을 극복하기 위해 Ana L. Gall과 Fred L. Hall(1989)은 都市高速道路의 반복혼잡과 비반복혼잡을 구분할 수 있는 기초적인 Logic을 다음과 같이 제시한 바 있다.

(1) 반복 및 비반복 교통혼잡 구분 Logic

가. 교통상황 분류

한 지점의 교통상황을 다음과 같이 4가지 state로 구분한 후, 그 지점의 상류부와 하류부 검지기의 교통류 state를 분석하여 교통혼잡이 반복혼잡인지, 유고에 의한 비반복혼잡인지를 규명한다.

- state 1 : 교통량이 많고 점유율이 낮음(소통이 원활한 상태)
- state 2 : 교통량이 적고 점유율이 낮음(하류부 혼잡구간으로 접근중, 혹은 혼잡구간에서 갓 벗어난 상태)
- state 3 : 교통량이 적고 점유율이 높음(혼잡상태)
- state 4 : 교통량이 많고 점유율이 높음(용량에 근접하여 운영중)

나. 상류부 교통상황 분석

교통혼잡시 상류부 검지기는 주로 state 3(간혹 state 2)으로 교통상황을 판단하므로, 이 때에는 혼잡원인을 규명하기 위해서 하류부 검지기의 교통상황을 판단해야 한다. 상류부 검지기가 state 1 또는 state 4로 교통상황을 판단하면, 혼잡하지 않은 상황이므로 하류부 검지기의 교통상황을 점검할 필요가 없다.

다. 하류부 교통상황 분석

상류부 검지기가 state 2 혹은 state 3이 되면, 하류부 검지기를 점검하여 혼잡원인을 규명하는데, 하류부 검지기의 교통상황이 state 4가 되면, 이는 상류부 검지기와 하류부 검지기 사이에 있는 병목구간을 빠져 나온 차량들이 거의 용량상태로 진행되는 상황이므로, 이 때에는 교통수요가 용량을 초과하는 반복혼잡이 발생했음을 선언한다.

비반복혼잡시 하류부 검지기의 교통상황은 검지기와 유고현장 사이의 거리에 따라 state 1 혹은 state 2로 나타난다. 전자의 경우는 검지기와 유고현장 사이의 거리가 충분히 떨어져 유고현장에서 빠져나온 차량들이 제한속도로 주행하는 경우이고, 후자의 경우는 검지기와 유고현장 사이의 거리가 차량들이 제한속도를 내기 위해 필요한 가속구간 거리보다 작은 경우이다.

라. 반복 및 비반복 혼잡 구분

앞에서 설명한 기초적인 원리를 근거로 상류부 검지기의 교통상황이 state 2 혹은 3으로 나타나면, 하류부 검지기의 교통상황을 점검하여 하류부 검지기의 상황이 state 1 혹은 2가 되면 유고발생으로 인한 비반복혼잡을, state 4이면 교통수요가 용량을 초과함으로 인한 반복혼잡을 선언한다. 하류부 교통상황이 state 3이면 혼잡원인이 명확하지 않으므로 하류부 검지기의 교통상황을 교통류 진행방향에 따라 순차적으로 점검하여 혼잡발생지점 및 발생원인을 설명한다.

7.1.3 반복 및 비반복 교통혼잡 감지 방법론(안)

서울시 도시고속도로는 외국 도시고속도로에 비해 반복혼잡이 일어나는 지점이 많고, 混雜持續時間이 상당히 길기 때문에 반복/비반복 혼잡을 명확히 구분하여 적절한 交通流管理方案을 수행해야 한다. 따라서, 반복/비반복 혼잡시에 대한 교통류 특성을 상세히 구분함이 필요하고, 이에 대해 Jerry Forbes(1992)와 Ana I. Call, Fred L. Hall(1988)은 교통류 상태변화, 반복/비반복 혼잡 발생지점 상하류부 교통흐름의 차이 등을 비교 기준으로 분석하였고, 그 내용을 정리하면 <표 7.3>와 같다.

<표 7.3> 반복 및 비반복 혼잡시 교통류 특성분석

구분 내용	반복혼잡시	비반복혼잡시
발생원인	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진입램프부의 과도한 교통량 ○ 불합리한 도로기하구조 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사고, 공사, 고장차량 등 교통소통장애요인
발생직전 교통량 수준	<ul style="list-style-type: none"> ○ 교통량이 거의 용량수준에 도달하여 발생함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 교통량이 용량에 크게 못미친 상태에서 발생함
교통류 상태변화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 교통량, 속도, 점유율 등이 점진적으로 변화함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 교통량, 속도, 점유율의 변화가 급격함
상류부 교통류 특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통과교통량이 적고, 속도는 낮아지며, 점유율은 증가함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통과교통량이 적고, 속도는 낮아지며, 점유율이 증가함
하류부 교통류 특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통과교통량이 용량수준에 도달하고, 속도는 낮아지며 점유율은 증가함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 통과교통량이 용량수준 보다 낮으며, 속도는 높아지며, 점유율은 감소함

반복/비반복 혼잡시 교통류에서 나타나는 가장 큰 차이점은 혼잡발생 직전의 교통량/용량비가 다르다는 것과, 自由流에서 強制疏로 교통상황이 변화함에 있어서 교통류 변수 변화의 연속성 유무이다. 반복혼잡 발생시 교통량, 속도, 점유율은 연속성있는 변화를 하지만, 비반

복혼잡 발생시 세 가지 교통류 변수는 시간의 흐름에 따라 불연속한 변화를 일으키며, 세 변수 중 비반복혼잡 발생에 가장 민감하게 반응하는 변수는 속도이다. 하지만, 속도는 반복/비반복 혼잡시에 시간에 따른 변화의 정도가 유사하게 나타나는 경우가 종종 발생하기 때문에 그 자체만으로 혼잡의 원인을 규명하기에는 충분하지 않으므로, 속도 불연속이 발생하는 시점의 교통량과 점유율을 함께 검토하여 반복 및 비반복 혼잡을 구분해야 한다. 본 연구에서는 세 교통류 변수를 함께 이용하여 혼잡의 원인을 규명하는 방법 및 순서를 다음과 같이 제안한다.

(1) 自由流/强制流 구분

반복 및 비반복 혼잡 모두 교통류가 强制流인 상태이므로 自由流에서 强制流로 변화되는 시점의 파악이 중요하며, 自由流와 强制流에서 가장 큰 차이를 갖는 교통류 변수는 속도이다. 서울시 都市高速道路는 대략 50km/h를 전후해서 自由流와 强制流로 나뉘어진다. 하지만, 自由流/强制流 구분기준을 50km/h로 설정하면 自由流/强制流 간의 변화가 너무 빈번하게 발생할 수 있으므로, 50km/h를 기준으로 교통류 상태를 구분함이 유리할 것으로 판단된다.

(2) 교통류 변수의 변화정도 분석

교통류 상태가 자유류에서 강제류로 바뀌는 반복 및 비반복 혼잡이 발생하면 발생지점과 검지기의 위치에 따라 교통류 변수의 증가 혹은 감소를 겪게 되므로 반복 및 비반복 혼잡을 구분하기 위해서는 먼저, 검지령역의 교통량과 점유율의 단위시간당—30초 혹은 1분—점유율의 변화정도가 臨界值(Threshold Value) 이상이면 비반복 혼잡이 발생하였음을 인식하고, 교통량과 점유율이 시간경과에 따라 민감하게 반응하지 못할 경우, 속도의 단위시간당 변화정도를 분석하여 속도차가 臨界值 이상이면 분석대상 구간에 비반복 혼잡이 발생하였음을 인식한다. 또한, 교통량, 점유율, 속도 모두가 시간경과에 따라 민감하게 반응하지 못할 경우, 통과교통량이 용량수준에 못미친 상태에서 발생하면 비반복 혼잡이 발생한 것으로 간주하고, 이외의 경우에 교통류 상태변화가 일어나면 반복혼잡이 발생한 것으로 간주한다.

(3) 상하류부 검지영역의 교통류 상태 판정

반복 및 비반복 혼잡이 발생하면 두 가지 혼잡은 모두 발생지점 상류부와 하류부 교통류에 영향을 주기 때문에, 상하류부 검지영역의 교통류 상태를 분석하여, 반복 및 비반복 혼잡이 분석대상 검지영역에서 발생했는지, 또는 상하류부에서 발생한 반복 및 비반복 혼잡이 분석대상 구간에 영향을 주는 것인지에 대한 판단이 필요하다. 상하류부 검지영역의 교통류 상태 분석은 그 지점의 속도가 自由流 상태인지 強制流 상태인지를 구분함으로써 가능한데, 이 경우 상하류부가 혼잡한지를 판단하는 속도는 強制流 속도 상한값-서울시 도시고속도로 교통류의 自由流/強制流는 대략 50km/h에서 분류되지만 너무 잦은 상태변화 판정을 피하기 위해 45km/h로 설정함이 유리할 것으로 판단된다.

(4) 持續性 검사

교통류 변수의 변화가 많은 구간에서는 교통류가 自由流/強制流로 변화를 반복할 수 있기 때문에, 自由流에서 強制流로 변화된 교통류가 어느 정도 지속되는가를 분석하여 반복/비반복 혼잡이 발생했음을 판단해야 한다. 持續時間을 설정함에 있어 持續時間이 교통류 상대변화를 충분히 반영할 수 있는가, 그리고 너무 길게 설정함으로써 반복 및 비반복 혼잡을 감지하는 시간이 길어져 신속한 대응을 하기 어려운 점 등을 감안하여 세 단위시간(3분이내)으로 설정한다.

7.1.4 有故管理 소프트웨어의 요구사항

서울시 都市高速道路의 유고관리를 위해서는 다음과 같은 요구사항을 갖춘 소프트웨어가 필요하다.

- 앞에서 제시한 바와 같은, 현장으로부터 수집된 실시간 교통데이터를 이용하거나 영상화면을 통해 반복적인 교통혼잡과 비반복적인 교통혼잡을 구분하여 자동적으로 신속하게 유고 상황을 감지할 수 있는 기능

- 유고의 원인과 위치를 정확히 파악할 수 있는 기능 (본 기능은 데이터 수집 소프트웨어를 통해 구현될 수도 있음)
- 유고로 인한 교통용량의 저하를 계량적으로 분석할 수 있는 기능 (단, 본 기능은 교통류상태를 신뢰성있게 예측할 수 있는 고속도로시물레이션모형이 개발된 후에야 구현이 가능함)
- 유고상황에 운영자가 신속하게 대응할 수 있도록 유고원인별로 관련 조치사항을 제시할 수 있는 기능
- 유고상황에 관한 제반 정보를 관리할 수 있는 기능 (본 기능은 데이터베이스 소프트웨어를 통해 구현될 수도 있음)
- 유고상황에 관한 정보를 구축된 정보전달매체를 통해 운전자에게 자동적으로 신속하게 전달할 수 있는 기능

7.2 進入램프미터링

진입램프미터링은 외국에서 가장 널리 적용하고 있는 고속도로 교통류 제어방법으로 이 방법의 시행효과도 이미 충분히 검증되었을 뿐만아니라 제어알고리즘도 상당히 안정적으로 개발되어 있다. 그러나, 국내에서는 아직까지 도로구조상의 문제, 운전자의 교통행태 및 운전의식 등의 문제로 인하여 시스템은 이미 구축되어 있지만 제대로 실시되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 우리나라 도로 및 교통여건에 적합한 제어알고리즘이 아직 확정되어 있지 못한 실정이며, 서울시 都市高速道路에 적용가능한 제어알고리즘도 제시되지 못하고 있다. 본 연구에서는 기존에 개발된 진입램프미터링 제어알고리즘을 검토하여 서울시 都市高速道路에 적용가능한 알고리즘을 제시하고, 이와 관련한 소프트웨어가 갖추어야할 요구사항을 파악하여 제시하고자 한다.

7.2.1 기존 진입램프미터링 제어알고리즘

진입램프미터링 제어알고리즘은 크게 固定時間式 制御, 交通需要 反應式 制御, 그리고 統合的 交通需要 反應式 制御 등의 세가지로 구분할 수 있다.

(1) 固定時間式 制御알고리즘

진입허용교통량은 시간대별로 수집된 과거자료를 토대로 진입부 상류의 교통수요, 하류의 용량, 진입수요의 상관관계를 이용하여 결정된다. 상류의 교통수요와 진입부 수요의 합이 하류용량보다 작은 경우 미터링은 필요없게 된다. 반면 상류의 수요자체가 하류의 용량을 초과할 경우, 미터링은 실행되어도 효과가 없을 것이다. 따라서 진입부의 미터링은 상류의 교통수요가 하류용량보다 작지, 상류수요와 진입수요의 합이 하류용량을 초과할 시에 실행되며, 이 때의 진입허용교통량은 하류용량과 상류수요의 차이로 주어지게 된다.

(2) 交通需要 反應式 制御알고리즘

진입허용교통량은 미터링이 실행되고 있는 실시간에 수집된 자료를 토대로 진입부 상류의 교통수요, 하류의 용량, 진입수요의 상관관계를 이용하여 결정된다. 실시간 측정된 교통변수값(차로별 점유율, 교통량)을 가지고, 속도-민도-용량의 교통류 관계를 이용하여 현재의 교통수요 대 용량상태를 파악한 후, 그것을 토대로 고속도로 진입허용가능 최대진입량을 결정한다. 구체적으로 미터링율은 다음과 같이 수요-용량관계 혹은 점유율에 근거하여 결정된다.

- 수요-용량 관계 : 실시간에 측정된 상류교통량과 과거자료를 토대로 미리 설정되거나 하류교통량 실시간 측정치로부터 계산된 하류용량을 비교하여 그 차이로써 진입허용교통량을 결정한다.
- 점유율 : 먼저 과거자료를 이용하여 해당위치의 점유율-교통량 관계도표를 준비한다. 진입부 상류에서 실시간에 측정된 점유율에 해당되는 교통량을 도표상에서 측정하고, 그 값을 미리 설정된 용량값과 비교하여 그 차이를 진입허용교통량으로 결정한다.

(3) 統合的 交通需要 反應式 制御알고리즘

이 제어방식은 교통수요 반응식 제어를 여러개의 인접한 진입부에 적용한 것이라고 볼 수 있다. 각 진입부에서의 진입허용교통량은 구간별, 그리고 시스템 전체의 수요 대 용량상황을 고려하여 결정하게 된다. 진입허용교통량은 발생가능한 범위의 수요-용량상태에 걸쳐 線型 計劃法(Linear Programming)을 이용하여 미리 계산한다. 線型計劃法의 목적함수는 각 진입부 진입허용교통량의 합이 최대가 되도록 하는 것이며, 制限條件은 구간별 본선용량과 각 진입부에서 진입이 가능한 교통량에 관한 관계식들로 이루어 진다. 이런 과정을 거쳐 계산된 값들 중에서 현재상태에 부합되는 진입허용교통량을 실시간에 선택한다.

7.2.2 진입램프미터링 제어알고리즘(안)

실시간으로 급격하게 변화하는 서울시 都市高速道路의 교통류 특성과 돌발적인 각종 유고에 대응하여 교통류를 효율적으로 유지·관리하기 위해서는 시간대별로 수집된 과거의 데이터베이스를 이용한 固定時間式 제어알고리즘은 현실상 적합하지 않으며, 또한 統合的 交通需要 反應式 제어알고리즘 방법은 램프미터링 실시에 적합한 도로구조가 갖추어져 있지 않은 서울시 도시고속도로의 도로구조상 실현 불가능함을 알 수 있다.

따라서 서울시 도시고속도로 진입램프미터링 도입시, 제어알고리즘은 실시간으로 변화하는 교통류의 흐름에 대응할 수 있는 交通需要 反應式 제어알고리즘이 적합하며, 미터링율은 점유율을 제어변수로 채택하는 것이 적합할 것으로 판단된다. 그 이유는 점유율을 제어변수로 사용할 경우 定常/非定常 상태를 자동으로 구분하게 되고, 定常流 상태에서 점유율값의 범위가 교통량 값보다 安定되어 있기 때문이다. 다만 교통량이나 점유율의 값이 수집주기에 따라 휘발성이 매우 심하므로 'Moving Average Method(or Running Average Method)'를 사용하여 점유율값을 平滑化하여 사용하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

구체적으로 현장의 실시간 교통상황에 맞추어 교통점유율을 기준으로 자동적으로 진입램프의 허용교통량을 결정하여 운영토록 하는 제어알고리즘의 적용이 적합하다고 판단되며, 제어알고리즘 적용시, 램프미터링지점의 하류 검지기는 물론이고, 그 이후 하류지점들

(Bottleneck Points)에 대하여 과거 자료를 통해 교통량-속도-점유율 관계를 규명하고, 램프接續區간의 臨界占有率을 선정할 필요가 있다. 또한 가능하다면 '날씨나 기상 조건'에 따라 하류 臨界占有率이 감소할 가능성이 충분히 있으므로, 과거 자료를 조사하여 각 기상 조건(특정 량 이상의 강설, 강우시)에 대해 臨界占有率을 확인해 볼 필요가 있다. 잠정적으로 강우시는 10%, 강설시는 15%, 결빙시는 20%의 臨界占有率 감소를 가정하고, 자료파악 또는 운영경험이 축적되는 대로 값을 조정할 것이 요구된다. 그리고 하류에서 有故(Incident) 발생시의 臨界占有率 감소 예측값도 사전에 파악되어 있어야 한다.

7.2.3 진입램프미터링 소프트웨어의 요구사항

진입램프미터링 제어시스템 관련 소프트웨어는 다음과 같은 요구사항을 갖추어야 한다.

- 온라인 제어기능 : 센터의 지시에 따라 동작하는 온라인 제어를 기본으로 한다.
- 지역제어기능 : 센터와의 통신단절시 또는 긴급상황시, 지역 제어기의 작동 상태를 Local 로 하고, 센터와 독립적으로 자체 동작하는 지역 제어의 기능을 갖추어야 한다. 램프검지기 고장 등으로 인한 교통량 수집 불가시에는 사전에 교통조사를 통해 파악한 자료를 근거로 시간대별로 일정한 패턴에 따라 진입교통량을 조절할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.
- 데이터 수집 및 관리기능 : 램프 상하류 구간 및 진입램프의 실시간 교통데이터(교통량, 속도 및 점유율)의 수집 및 분석기능을 갖추어야 한다. 실시간 수집된 교통데이터의 데이터베이스화, Back-up, 운영자의 요구에 의한 표시 및 출력기능을 갖추어야 한다.
- 신호주기 조절기능 : 산출된 램프진입허용 교통량한계치에 따라 적합한 신호주기를 결정할 수 있는 기능을 갖추어야 한다. 진입램프의 대기행렬 감지에 따른 진입허용교통량 조절기능 및 주변도로 교차로 신호체제와의 연계기능을 갖추어야 한다.
- 램프미터링 운영상태 파악기능 : 램프미터링 제어기, 신호등, 검지기 등 Hardware의 상태 파악 및 송수신 기능을 갖추어야 한다.

7.3 可變車路運行速度制限 및 車路利用制御

서울시 都市高速道路는 제 3장에서 검토한 바와 같이, 기하구조적으로 교통류의 원활한 흐름을 저해하는 엇갈림구간과 램프接續區間의 비율이 상당히 높다. 이러한 교통류장애구간의 소통능력이 떨어지는 이유로는 첫째, 차로별 交通量分擔率과 차량들의 平均運行速度가 교통상황에 따라 변화하며, 둘째, 구간별 용량도 시간별, 요일별, 월별로 일정하지 않은 점을 들 수 있다. 이와 같은 교통류분석결과는 기존에 외국에서 널리 사용하고 있는 진입램프미터링 기법만으로는 효율적인 교통류관리가 어렵다는 판단을 내리게 한다. 또한, 단순히 교통용량을 제고시키기 위한 목적으로 차로수를 늘리는 대응방안으로 효과적이 아님을 시사하고 있다.

따라서, 교통류 흐름이 원활하지 못한 구간에 대해서는 앞에서 언급한 진입램프미터링에 의한 교통수요관리도 중요하지만, 무엇보다도 각 차로의 交通分擔率을 고르게 유지하여, 도로의 효율성을 높일 수 있는 전략이 필요할 것으로 판단된다. 이를 위해서는, 차로별로 차량의 運行制限速度를 달리 설정하고, 각 차로의 交通量分擔率을 적절하게 유지토록 차량들을 유도할 수 있는 속도 및 차로제어시스템의 도입이 필요하다고 판단된다.

위에서 제시한 可變車路運行速度制限技法과 차로이용제어기법을 효율적으로 적용하기 위해서는 다음과 같은 요구사항을 갖춘 소프트웨어가 필요하다.

- 각 지점의 차로별 교통용량 및 용량수준의 平均運行速度를 분석·제공할 수 있는 기능
(본 기능은 데이터 가공·처리 및 분석 소프트웨어를 통해 구현될 수도 있음.)
- 대상지점의 상·하류구간의 차로별 交通量分擔率 및 平均運行速度 變化推移를 분석할 수 있는 기능
- 가변차로운행속도 및 차로이용제어시스템의 운영상태를 기록 및 점검할 수 있는 기능
- 필요시 운영자가 수동적으로 제어 할 수 있는 기능

7.4 交通流狀態 豫測 시뮬레이션

시스템운영자가 교통상황에 따라 최적 교통류관리기법을 선정하는데 있어서, 가장 효과적인 접근방법은 사전에 적용가능한 기법들의 시행효과를 분석할 수 있는 틀을 갖추는 것이다. 이러한 목적으로 국내외에서 그동안 여러형태의 교통류시뮬레이션 모형이 개발되었으나, 운영자 측면에서는 巨視的 模型이 微視的 模型에 비해 효과적이다. 그러나, 현재까지 실제 운영 목적으로 交通管理시스템에 사용된 모형은 없다. 특히 서울시 도시고속도로의 경우, 외국 도시고속도로의 교통류와 상이한 특성이 많아, 기존에 개발된 모형의 적용이 더욱 어려운 실정이다. 따라서, 향후 交通管理시스템의 효율적인 운영을 위해 交通流管理技法을 선정하는데 있어서 각 기법별로 교통류 소통상황을 예측할 수 있는 기능을 갖추기 위해서는 국내 실정에 맞는 고속도로 교통류예측모형의 개발이 반드시 필요하다.

본 연구에서는, 교통류관리 소프트웨어가 갖추어야할 요구조건으로 교통류상태를 예측할 수 있는 시뮬레이션기능을 정의하지만, 이러한 기능의 구축은 추후 신뢰성 있는 모형개발이 이루어진 후에야 가능하다는 점을 분명히 밝히는 바이다. 모형에 있어서, 시스템 운영자가 효과적으로 이용하기 위해서는 微視的 모형 보다는 巨視的 모형이 적합하며, 이러한 모형은 가까운 시점에 실용화 단계에 도달할 것으로 판단된다.

위에서 제시한 소프트웨어의 요구사항을 정리하면 다음과 같다.

- 다양한 교통류관리기법에 따른 교통류 疏通狀態 예측 기능
- 시뮬레이션 대상지역의 범위는 微視的으로는 대상 고속도로 및 주변의 주요도로, 巨視的으로는 서울시 외곽순환고속도로 내부의 고속도로 및 주요 交通軸을 포함할 수 있어야 한다.
- 시뮬레이션의 시간적범위는 첨두시 교통상황을 예측할 수 있도록 최소한 1분 주기로 수집된 입력데이터를 사용하여 최소한 3시간 이상의 교통상황을 다룰 수 있어야 한다.
- 운영자의 신속한 의사결정을 지원할 수 있도록, 대상구간의 교통상황을 Graphic 표출할 수 있어야 한다. 표출내용은 시간-공간의 2차원 평면에 平均運行速度, 대기행렬길이, 점유율,

통과교통량, 평균통행소요시간 등의 변화추이에 대한 분석 결과와 구간별로 주어진 시간동안에 통과한 전차량의 Total Travel Time과 Total Delay를 계량적으로 산출할 수 있어야 한다.

- 램프미터링 및 가변차로운행속도제한, 차로이용제어 등 교통류관리기법이 시행되는 구간에 대해서는 예측되는 최적 제어값(램프진입교통량, 속도, 교통량분담율 등)을 제시할 수 있어야 한다.
- 효과적인 有故管理를 유도할 수 있도록 구간별 사고패턴(발생시각, 사고원인 등)을 분석할 수 있어야 한다.

7.5 交通流管理 소프트웨어의 要求事項

<표 7.4>은 교통류관리 소프트웨어의 요구사항을 요약한 것이다.

<표 7.4> 교통류관리 소프트웨어의 요구사항

구 분	소프트웨어 요구사항	현재 구현가능성
유고관리	<ul style="list-style-type: none"> • 반복 및 비반복 교통혼잡 구분·감지기능 • 유고의 원인 및 위치 파악기능 • 유고상황정보 전달기능 • 유고로 인한 교통상태변화량 분석기능 • 운영자 유고상황 대응기능 • 유고상황 데이터베이스 관리기능 	<ul style="list-style-type: none"> × △ ○ × ○ ○
진입램프 미터링	<ul style="list-style-type: none"> • 온라인 제어기능 • 지역제어기능 • 램프 상하류 구간 배터 수집 및 관리기능 • 신호주기 조절기능 • 램프미터링 운영상태 파악기능 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ ○ ○
가변차로운행속도 제한 및 차로이용제어	<ul style="list-style-type: none"> • 각 지점별 교통데이터(차로별 교통용량, 평균운행속도) 분석·제공기능 • 선택구간 교통데이터(차로별 교통량 분담율, 평균통행속도 변화추이) 분석·제공기능 • 운영상태 데이터베이스화 및 관리기능 • 운영자 수동제어기능 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ ○
교통류상태 예측시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> • 교통류 관리기법에 따른 교통류상태 예측기능 및 최적화(Optimization)기능 • 시뮬레이션 대상지역범위 및 시간적범위 선택기능 • 대상구간 교통상황 표출기능 • 구간별 사고패턴 분석기능 	<ul style="list-style-type: none"> △ ○ ○ ○

제 8 장 결론 및 정책건의

8.1 結論

본 연구의 목적은 서울시 都市高速道路 知能型 交通管理시스템 관련 소프트웨어가 갖추어야 할 요구사항을 분석·파악하는데 있다. 知能型 交通管理시스템은 교통공학이론에 전자·전기·통신·제어 등의 첨단 관련장비를 이용하여 신뢰성있는 교통데이터를 수집·가공·처리·분석하여 운영자와 운전자에게 필요한 교통정보를 생성·전달함으로써, 소통능력을 제고시키고 교통류 흐름을 안정화하여 교통사고를 감소시키는데 주안점을 두고 있다. 이러한 교통관리시스템을 효율적으로 구축하기 위해서는, 관련 시설장비들의 기계적 성능도 중요하지만, 체계적인 소프트웨어체계를 갖추는 것이 무엇보다 중요하다.

본 연구에서는, 서울시 도시고속도로는 시설적·기하학적 구조 및 교통류 특성이 외국의 도시고속도로와 상이한 점을 감안하여, 서울시 도시고속도로 중에서 고속도로의 3가지 기본구성요소인 기본구간, 엇갈림구간, 램프接續區間을 모두 검토할 수 있는 올림픽대로를 중심으로 도시고속도로의 기하구조적 설계 및 구성에 관한 조사와 교통류 특성 조사·분석을 수행하였다. 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 서울시 도시고속도로의 지점별 교통용량(Capacity or Service Flow Rate)은 시간대별, 요일별로 일정한 수준을 유지하지 못하고 있으며, 용량변화의 폭이 심하다.
- 도시고속도로 각 구간의 차로별 交通量分擔率과 平均運行速度가 용량수준의 교통상황을 제외하고는 동일구간임에도 불구하고 차로별로 각기 다르다.
- 교통사고, 고장차량 등 유고로 인해 돌발적으로 발생하는 교통정체의 빈도가 상당히 높다.
- 소통능력을 제고시키기 위한 交通流管理技法으로 진입램프끼터링, 가변차로운행속도제한, 차로이용제어기법 등을 고려할 수 있다.
- 효율적인 유고관리를 위해 자동유고감지알고리즘의 개발과 유고원인을 확인할 수 있는 체

제의 구축이 반드시 필요하다.

앞에서 제시한 분석결과를 토대로, 都市高速道路의 교통소통능력을 제고시키기 위해서는 주요 병목지점의 교통류가 혼잡상태로 전이되기 이전에 각 구간의 최대용량이 감소하지 않고 일정하게 유지되도록, 都市高速道路 각 구간의 교통류 특성을 고려한 아래와 같은 交通流管理技法을 제안한다.

- ㉠. 기본구간 : 가변차량속도제한기법, 차로이용제이기법
- ㉡. 램프接續區間 : 진입램프미터링기법, 가변차량속도제한기법, 차로이용제이기법
- ㉢. 엇갈림구간 : 진입램프미터링기법, 차로이용제이기법

또한, 서울시 都市高速道路는 유고로 인해 폭발적으로 발생하는 교통정체의 빈도가 상당히 높으므로, 이에 대해 운영자가 신속하게 대처할 수 있는 아래와 같은 효과적인 有放管理戰略樹立이 필요하다.

- ㉠. 반복 및 비반복적인(유고) 교통혼잡을 구분하여 감지할 수 있는 알고리즘 개발
- ㉡. 혼잡 및 유고의 원인과 발생위치를 확인한 수 있는 시설물(예로써, CCTV) 확충
- ㉢. 유고상황을 신속히 처리할 수 있는 고속도로순찰대(Highway Helper) 도입

앞에서 언급한 바와 같이, 본 연구에서는 효율적인 교통류관리를 위해서 어떠한 교통데이터가 필요한지 어떠한 교통류 제이기법을 도입해야하는지를 파악하여 연구에 반영하였다. 서울시 교통여건을 감안한 가장 효율적인 都市高速道路 交通管理시스템을 구축하기 위해서는 都市高速道路 交通管理시스템 소프트웨어는 <표 8.1>에서 제시한 4단계별 역할을 수행할 수 있는 기능을 갖추어야 한다. 그리고 이상의 4기능은 체계적이고 효율적인 交通管理시스템의 운영을 위하여 모든 기능을 통합적으로 운영·관리할 수 있는 기능 또한 반드시 갖추어야 한

다. 세부적으로 갖추어야 할 요구사항은 <표 8.2>에 정리하였다.

<표 8.1> 교통관리시스템 소프트웨어의 기본기능

단 계	소프트웨어의 기본기능
데이터 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 교통상황 데이터 수집 기능 • 교통류관리 및 유고관리에 필요한 정보 수집기능 • 데이터 수집장비의 운영상태 점검 기능
데이터 가공 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 수집데이터의 신뢰성 검토 기능 • 실시간 교통소통상태 분석 기능 • 운전자/운전자들 위한 실시간 교통정보생성 • 데이터베이스 관리 및 응용 기능
교통정보 전달	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 전달매체에 의한 교통정보 제공 기능 • 실시간 교통정보 자동갱신 기능 • 운전자에 의한 수입력 기능 • 정보전달매체의 운영상태 및 정보내용 점검기능
교통류 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 적합한 교통류 제어기법 유도 기능 • 신속한 유고상황 대응 유도 기능

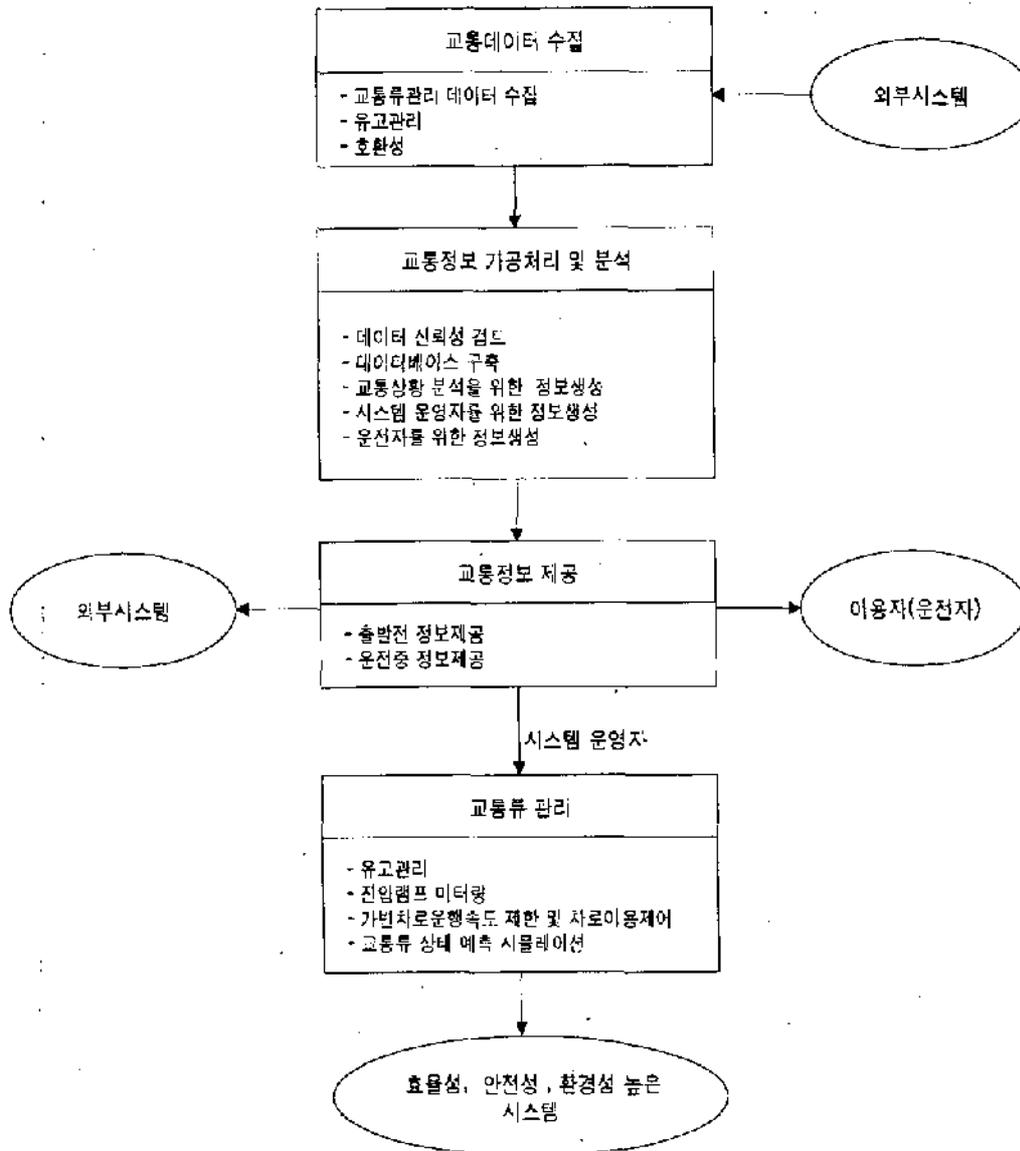
• 위의 4단계 기능은 모두 On-Line으로 연계되어 통합적으로 수행할 수 있어야 한다.

〈표 8.2〉 교통관리시스템 소프트웨어의 요구사항

단 계	세부기능	소프트웨어 요구사항	현시점에서 구현가능성
데이터 수집	교통류관리 데이터 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 기본구간 교통량, 속도, 점유율 수집기능 • 진출·입 램프구간 교통량, 속도, 점유율, 차량번호판 수집기능 • 주변도로 교통소통정보 수집기능 	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>
	유고관리 데이터 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 반복 및 비반복정체 교통데이터 수집기능 • 잠재적 위험요인 데이터 수집기능 • 유고관리기관 데이터 수집기능 	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>
	기 타	<ul style="list-style-type: none"> • 매 30초간격 연속적 교통데이터 수집기능 • 데이터 수집주기 조절기능 • 운영자 수동제어기능 • 모든 검지기체제에 적용가능(호환성) 	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>
데이터 가공 및 분석	데이터 신뢰성 검토	<ul style="list-style-type: none"> • 명시적 처리기능 • 기시적 처리기능 	<p>○</p> <p>△</p>
	데이터베이스 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자와 인터페이스기능 • 자료보존 및 추출기능 • 보안기능 • 데이터 백업기능 	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>
	교통상황 분석을 위한 정보생성	<ul style="list-style-type: none"> • 교통상태판정기능 • 교통상황변화추이 판정기능 	<p>○</p> <p>△</p>
	시스템운영자를 위한 정보생성	<ul style="list-style-type: none"> • 유고상황판정 • O-D 패턴추정기능 	<p>△</p> <p>△</p>
	운전자를 위한 정보생성	<ul style="list-style-type: none"> • 출발전 교통정보생성기능 • 운전중 교통정보생성기능 	<p>○</p> <p>○</p>

〈표 8.2〉 교통관리시스템 소프트웨어의 요구사항(계속)

단 계	세부기능	소프트웨어 요구사항	현시점에서 구현가능성
교통정보 제공	교통정보제공	<ul style="list-style-type: none"> On/Off-line Test 기능 교통정보 실시간 update기능 표출정보내용확인기능 돌발교통상황정보수동입력기능 데이터수집 불가능시 이력정보를 이용한 교통정보생성·전달기능 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ ○ ○
교통류관리	유고관리	<ul style="list-style-type: none"> 반복 및 비반복 교통혼잡 구분·감지기능 유고의 원인 및 위치파악기능 유고상황정보 전달기능 유고로 인한 교통상태변화량 분석기능 운영자 유고상황 대응기능 유고상황 데이터베이스 관리기능 	<ul style="list-style-type: none"> × △ ○ × ○ ○
	진입램프미터링	<ul style="list-style-type: none"> 온라인 제어기능 지역제어기능 램프 상하류 구간 데이터 수집 및 관리기능 신호주기 조절기능 램프미터링 운영상태 파악기능 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ ○ ○
	가변차로운행속도 제한 및 차로이용제어	<ul style="list-style-type: none"> 각 지점별 교통데이터(차로별 교통용량, 평균운행속도) 분석·제공기능 선택구간 교통데이터(차로별 교통량 분담율, 평균통행속도 변화추이) 분석·제공기능 운영상태 데이터베이스화 및 관리기능 운영자 수동제어기능 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ○ ○ ○
	교통류상태 예측시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> 교통류 관리기법에 따른 교통류상태 예측기능 및 최적화(Optimization)기능 시뮬레이션 대상지역범위 및 시간적범위 선택기능 대상구간 교통상황 표출기능 구간별 사고패턴 분석기능 	<ul style="list-style-type: none"> △ ○ ○ ○



<그림 8.1> 서울시 도시고속도로 교통관리시스템 체계

8.2 政策建議

다음은 서울시가 앞으로 추진해야 할 정책에 대한 건의사항이다.

- 본 연구에서 제시한 서울시 都市高速道路 交通管理시스템 소프트웨어의 요구사항은 추후 관련 사업 진행과정에서 실시실제 수준의 추가 요구사항에 대한 세밀한 점검이 요망된다.
- 또한, 소프트웨어 요구사항의 具現可能性은 현 시점기준이므로, 추후 관련 분야의 기술개발현황에 맞추어 부분적으로 재 평가되어야 한다.
- 서울시 都市高速道路 交通管理시스템의 효율성 제고와 구축사업의 체계적인 업무수행을 위해서는 단순한 관련업무의 수행이외에도 기초적인 기술개발 연구수행이 가능한 이 분야의 전문적인 지식을 갖춘 全擔組織의 구성이 요구된다.
- 交通管理시스템의 표준화(프로토타입 결정)사업을 조속히 추진하여 交通管理시스템 구축과정에서 시간적, 금전적인 중복투자를 배제하고, 외부 시스템과의 互換性 및 相互運用性을 갖추어 시스템의 효율성을 높여야 한다.
- ITS관련 민간업계의 적극적인 연구개발 투자 및 참여를 유도할 수 있는 서울시의 ITS 장기 사업계획을 조속히 확정·제시하여야 한다.
- ITS관련 사업실행 등에 소요되는 예산에 대한 구체적인 확보방안을 마련하도록 해야 하며, 사업 추진과정에서 걸림돌이 되는 법·제도의 정비와 범부처간 협조체계를 구축하여 효율적인 사업추진을 도모한다.

참고문헌

1. 국내문헌

- 강정규, 손봉수, 김상구. (1997). "국내 도시고속도로 교통관리체계의 현황 및 과제", 대한교통학회 제 4차 학술토론회.
- 도로교통안전협회. (1996). 도시고속도로 안전관리 종합대책 기초연구.
- 손봉수. (1997). "올림픽대로 교통관리시스템 현황 및 운영전략", 서울특별시 행정발전을 위한 세미나 : 서울시 지능형교통체계(ITS)발전방향, 서울시립대학교.
- 서울시정개발연구원. (1995). 간선도로 지능화방안 연구.
- 서울시정개발연구원. (1995). 서울시 교통조사 데이터베이스 구축방안 연구.
- 서울특별시지방경찰청. (1997). 올림픽대로 관리시스템 구매설치 감리보고서.
- 서울특별시. (1997). 내부순환도시고속도로 교통관리시스템 기본조사.
- 한국도로공사. (1992). 고속도로 교통관리 기본설계 및 시범구간 실시설계.

2. 외국문헌

- Ana I. Gall and Fred. Hall. (1988). "Distinguishing Between Incident Congestion and Recurrent Congestion : Feasibility Test of a Proposed Logic", McMaster University, Hamilton, Ontario.
- D. Cleghorn, F. L. Hall, and D. Garbuio. (1991). "Improved Data Screening Techniques for Freeway Traffic Management Systems", Transportation Research Record 1320, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.17-23.

- Dudek.C.L et al, "Study of Design Consideration for Real-Time Freeway information Systems". Highway Research Record 368
- Eunmi Park. (1993). Critical Assessment of the Features of two Ramp Metering Optimization Models, Ph. D Dissertation, Texas A&M University, College Station.
- L. Chen and A. D. May. (1987). "Traffic Detector Errors and Diagnostics", Transportation Research Record 1132, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.82-93.
- L. N. Jacobson, N. L. Nihan, and J. D. Bender. (1990). "Detecting Erroneous Loop Data in a Freeway Traffic Management System", Transportation Research Record 1287, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.151-166.
- M. Papageorgiou. (1991). Concise Encyclopedia of Traffic & Transportation Systems.
- Texas Department of Transportation. (1994). Texas Highway Operation Manual.
- TRB. (1994). Highway Capacity Manual Special Report 209.
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. (1995). ITS Architecture.

1. 데이터 수집 및 전달 장비

1.1 교통데이터 수집장비

교통정보생성에 필요한 1차 데이터로는 지점별·방향별·차선별·차종별 교통량, 평균점유시간, 평균지점통행속도, 유고 및 혼잡과 공사의 유·무, 기상조건 등이 있으며 이러한 1차 데이터는 검지기의 특성에 따라 가공되어 데이터화된다. 종래에 이 데이터들은 현장에서 검지기, 도로순찰대, 비상전화, 일반인의 제보 등에 의해 수집되었고, 위의 데이터수집방법중 검지기에 의한 방법은 site specific(고정식), variable location(이동식), vehicle based(차량탐제식) 검지방법으로 나뉘어질 수 있다. 본 절에서는 이러한 검지방법과, 최근에 개발되거나 새로이 개발중인 검지방법에 대해 살펴 보겠다.

1.1.1 Site Specific Equipment

고정식장비는 도로상의 특정위치에서 데이터를 수집하는 장비로, 설치위치에 따라 embeded(매설식), on-pavement(노면식), above-pavement(도로상공식) 장비가 사용되고 있는데, 매설식 검지기중에는 루프 검지기가 주로 사용되며, 이 검지기는 영구적인 데이터수집을 목적으로 포장내부에 매설되고, 매설식보다 단기간에 사용되는 노면식 검지기로는 루프 검지기, Pneumatic tubes, tapeswitch 등이 사용되고 있다. 이 검지기들은 pulse, presence, mechanical stress 검지의 세가지 모드로 작동이 가능한데, 검지 모드중 pulse 모드는 차량통과시 짧은 신호를 보냄으로써 교통데이터를 검지하는 방법이고, presence 모드는 차량이 검지영역을 점유하는 시간동안 신호를 보내 교통데이터를 검지하는 방법이며, 또한 presence 모드는 pulse 모드처럼 사용될 수 있도록 조정이 가능하고, mechanical 모드는 설정된 부하량(Load)에 따라 터미널에서 charge를 형성하여 교통데이터를 검지한다.

(1) Inductive 루프 Detectors(매설식/노면식, pulse/presence)

루프 검지시스템은 루프, lead-in cable, detector unit로 구성되는데, 루프는 포장내부나 노면에 설치된 cable의 코일로 이루어져 있고, 케이블이 루프를 순환하는 수가 회전수가 된다. lead-in cable은 루프와 detector unit를 연결하는 것으로 루프와 pull box간을 연결하는 루프 cable, 그리고 pull box와 detector unit를 연결하는 shielded cable로 구성되고, 이 두 케이블 길이의 합이 lead-in cable의 총길이가 되며, detector unit는 차량통과시 루프의 전기방출 변화를 제시해 주는 전기회로로 구성되고, 루프와 떨어진 노외 cabinet에 설치된다.

루프 시스템은 detector unit에서 케이블을 통하여 루프에 전류를 흘려 보내 루프에 자기장을 형성시키면서 작동하고, 루프 자기장을 통과하는 차량의 철성분이 순환 인덕턴스를 감소시키고 진동수를 증가시키는 현상의 검지를 통해 차량이 검지된다. 루프 검지기는 pulse와 presence 모드에서 운영되는데, pulse 모드로 운영될 때에는 0.125초 동안 신호가 보내지고, presence 모드에서는 차량이 검지영역을 통과할 때까지 신호가 지속된다. 두개의 루프를 이용하여 루프간 거리와 루프간의 차량 통행시간으로 차량속도를 측정할 수 있는데, 이 경우에 두 루프는 동일한 사용환경(Configuration)을 가져야 한다.

(2) Magnetometers(매설식, pulse/presence)

Magnetometers는 루프 시스템 운영체계와 동일하게 운영되는 센서코일을 내장한 작은 실린더로, 이 실린더는 각 차선중앙의 원형홀에 설치되어 교통데이터를 검지하는데, 이 시스템은 차량이 검지영역을 통과할 때, 대지 자기장 수직유동선(vertical flux lines) 밀도의 증가를 검지함으로써 작동한다. 이 시스템은 루프 센서보다 수명이 길고, 포장면의 손상이 적으며, deck의 손상없이 다리위에 설치가능한 장점이 있다.

(3) Magnetic(매설식, pulse/presence)

Magnetic 검지시스템은 차량의 검지영역 통과에 따른 대지 자기장의 뒤틀림을 검지함으로써 운영되는데, 이 시스템은 3mph 이하로 통행하는 차량의 검지가 불가능하고, 검지영역이

커서 인근 차선의 차량을 검지할 수 있는 단점이 있다.

(4) Piezoelectric Axle Sensors(매설식/노면식, mechanical stress)

차중구성비를 얻기 위한 영구직 검지 위치에 설치되는 시스템으로, 센서가 기계적인 압박을 받을 때 터미널에서 charge가 형성되어 차량이 검지되고, 기계적인 압박의 강도가 크고 받아들여지는 속도가 빠를수록 보다 나은 교통데이터 수집이 가능하다. 이 시스템은 새로이 개발된 기법이므로 현장검증이 많지 않고, 전문가들이 이 기법에 익숙하지 않은 단점이 있다.

(5) Pneumatic Tubes(노면식, pulse)

이 시스템은 도로상에 펼쳐진 빈 고무튜브로, 가장 널리 사용되는 axle sensor 기법으로, 펄스신호를 생성하는 기압변환기(air pressure transducer)가 압력변화를 검지함으로써 운영된다. 다양한 길이로 사용이 가능하고, 저렴하며, 작은 교통류에 상대적으로 정확한 데이터수집이 가능한 장점이 있는 반면, 한차로 이상의 차량검지가 불가능하고, 상대적으로 손상되기 쉬운 단점을 갖고 있다.

(6) Tapeswitches(노면식, pulse)

Tapeswitches는 고무 spacer와 양 끝에 설치된 강철판으로 구성되어, 차량이 tapeswitch를 통과할 때, 두 강철판이 접촉을 갖음으로써 전기적 접촉폐쇄가 발생하여 차량이 검지된다. 이 시스템은 다양한 검지영역의 설정이 가능하고, 인근 차선에 방해로 받지 않고 여러 차선 교통류의 검지가 가능한 장점을 갖고 있지만, 강우가 심한 곳에서는 사용이 불가능하고 비교적 단기간에 마모되는 단점을 갖고 있다.

1.1.2 Variable Location Equipment(이동식 데이터수집장비)

이동식 데이터수집장비는 데이터수집 장소를 변화시킬 수 있는 모든 검지방법을 의미하는 것으로, 교통류에서 특정지점에 검지의 초점을 맞출 수 있으며, Camera, Aircraft, 차량탑재장치(Vehicle based equipment) 등이 있는데, 차량탑재장치는 1.1.3에서 살펴 볼 것이다.

(1) Camera Surveillance

CCTV(Closed-Circuit Television) 시스템은 도로위에 하나 이상의 카메라, 데이터송신 link, 중앙관제실의 모니터로 구성되고, 카메라의 pan, tilt, zoom 조작이 가능하므로 운영자는 검지영역 내부를 다양한 위치에서 볼 수 있다. 카메라 설치위치 선정시에는 펌프 및 연결로, 워빙구간 등 도로운영에 중요한 영향을 미치는 기하구조를 볼 수 있는지, 그리고 중앙관제센터로부터 모니터링되는 운전자정보와 제어장치 등을 고려해야 하고, 카메라 platform과 장비케비닛은 차량으로부터 피해를 받지 않고, 교통류에 방해없이 보수가능한 곳에 설치해야 한다. 이 시스템은 실시간에 도로구간을 모니터링할 수 있고, 교통운영을 시각적으로 확인할 수 있으며, 다양한 위치에서 교통상황 관측이 가능한 장점을 갖고 있는 반면, 시스템 설치 및 유지보수비가 비싸고, 운영자의 부주의로 유고의 신속한 검지가 불가능할 수 있으며, 빛과 환경변화에 민감한 단점을 갖고 있다.

(2) Aerial Surveillance

경찰과 상업용 교통방송이 헬리콥터나 경비행기를 이용한 광역지역 교통상황 검지를 통해 교통류 상태파악, 대안경로 제시 등을 수행하는 것으로, 이 방법은 광역지역 교통상황 파악이 용이하기 때문에 유고의 전반적인 상황에 대한 검지를 통해 대안경로 파악이 용이하다는 잇점이 있는 반면, 유고의 정의 및 제거시 상당한 지체가 발생하고, 기상조건에 의한 제약이 크며, 비용이 비싸다는 단점이 있다.

1.1.3 Vehicle Based Equipment

차량탑재장치는 주로 교통류의 속도측정에 사용되며, radar, speedometer, 그리고 odometer와 clock을 결합하여 사용된다.

(1) Radar

차량에 설치된 Radar는 교통류에서 다른 차량의 시간평균속도 측정이 가능하기 때문에 제한속도 위반차량 단속에 주로 사용된다.

(2) Speedometer

도로상을 주행하면서 시험차량이 포함된 교통류의 시간평균속도 측정이 가능한 장비로, 교통류에서 시험차량을 주행하는 방법은 아래의 세가지가 있다.

- Floating-car technique : 시험차량을 추월한 차량수만큼 시험차량이 추월하면서 주행함.
- Average-car technique : 운진자가 자의적으로 판단한 교통류의 평균속도에 따라 시험차량을 주행함.
- Maximum-car technique : 교통상황에 의해 방해받지 않으면, 시험차량을 제한속도로 주행함.

(3) Odometer/Clock

Odometer로 측정한 주행거리를 Clock으로 측정한 주행시간으로 나누어서 공간평균속도를 산출하는 방법이며, 시험차량을 주행하는 방법으로는 Speedometer에서 기술한 시간평균속도 측정시에 사용되는 세가지 방법이 있다.

1.1.4 최근 개발된 기법 및 개발중인 기법들

(1) Conductive Plastic Inductive 루프

Copper wire inductive 루프의 포장압력에 의해 부러지기 쉬운 단점과 습기, 화학물질 등에 의한 절연의 단점을 극복하기 위해 개발중이다.

(2) Infrared

얇은 에너지빔을 적외선에 민감한 cell에 쏘아, 이 에너지빔을 통과할 때 발생하는 신호방해에 의해 차량이 검지되고, 이 방법은 설치나 유지보수시 교통류 방해를 최소화할 수 있지만, 안개, 그림자, 강우 등에 의한 불규칙한 beam pattern이 발생하고, 사용되는 렌즈가 습기, 먼지 등에 민감하며, 교통량이 많으면 신뢰성이 떨어진다.

(3) Ultrasonic

도로위나 노측에 설치된 전기신호 발신기와 수신기로 구성되어, 목적지에 쏘아진 energy burst가 기대치보다 빠른 값을 나타낼 때 차량이 검지되며, 설치 및 유지보수시 교통류 방해가 거의 없지만, 환경적 요인이 운영에 큰 영향을 주고 보수에 높은 수준의 기술을 필요로 한다.

(4) Microwave and Radar

차선위나 노측에 설치된 안테나로부터 검지영역에 극초단파 에너지빔을 발사하여, 에너지빔을 통과할 때 발생하는 도플러 주기 변화(Doppler phase shift)의 검지를 통해 차량을 검지하는데, 3mph 이하로 주행하는 차량의 검지가 불가능하고, 시스템 구입 및 운영에 많은 비용이 소요된다.

(5) Laser

목적지에 쏘아진 레이저빔의 속성변화 검지를 통해 차량을 검지하고, 레이저빔의 두께를 얇게 할수록 주변차선에 방해받지 않고 정확한 검지가 가능하지만, 레이저빔의 두께를 너무 얇게 하면 오토바이 등의 소형차량 검지가 불가능할 수도 있다.

(6) Image Processing

영상으로 차량을 검지하여 교통류 변화를 파악하는 것으로, 카메라, 영상을 처리하는 microprocessor-based 시스템, 처리된 영상을 차량검지로 변환하는 module로 구성되고, 교통량, 점유율, 속도 등의 교통 parameter와 차종구분, 유고검지 등의 정보로부터 교통운영상황에 대한 영상을 획득하기 위해 사용된다. 영상검지기는 노면차량, 정지한 차량, 충격파, 부분적 정체 등을 운영자의 모니터링 없이도 검지할 수 있으며, 차선 폐쇄나 노면공사없이 설치, 유지보수가 용이하다. 그리고, 검지위치 설정 및 검지영역설정이 자유롭고 하나의 검지기로 6차선 이상의 광역검지가 가능하고, 도로제포장이나 도로확장, 가스 및 전기공사 등에 영향을 받지 않는 잇점이 있다. 그러나, 영상검지기는 기상조건 및 빛의 반사 등에 의한 영향이 과제로 남아 있고, 현재 이를 극복하는 기술을 개발중이다.

(7) Automatic Vehicle Identification

검지영역을 통과하는 차량의 정확한 인식이 가능하므로 대부분 요금징수에 사용되며, 자동요금징수가 이루어지므로 징수지역을 정지없이 통과가능도록 해준다. 이 기법의 개발방향은 차량으로부터 속도, 링크통행시간, 차량오염, 점유차량수, 요금징수 등에 대한 정보를 수집하고, 차량에 경로유도(route guidance), 교통정보, 도로조건 등에 대한 정보를 제공할 수 있도록 진행중이다.

1.1.5 데이터수집 장비의 특성 비교 및 종합검토

〈표 1.1〉 데이터수집 장비의 특성 비교

Type	설치위치	검지방법	검지영역	비용	수명	신뢰도	개발상황
Loop Detectors	embedded, on-pavement	pulse, presence	루프길이	저렴	보통	높음	기개발
Magnetometers	embedded	pulse, presence	좁음	보통	長	높음	기개발
Magnetic	embedded	pulse, presence	넓음	보통	長	보통	기개발
Piezoelectric	embedded, on-pavement	mechanical stress	Strip의 길이	저렴	보통	높음	기개발
Pneumatic Tubes	on-pavement	pulse	튜브의 길이	저렴	短	낮음	기개발
Tapeswitches	on-pavement	pulse	스위치의 길이	저렴	短	보통	기개발
Cameras	above-pavement	optical	변동적	고가	長	높음	기개발
Aircraft	airborne	visual	변동적	고가	長	높음	기개발
Vehicle	roadway	visual, mechanical	변동적	저렴	長	낮음	기개발
Plastic Loop	embedded	pulse, presence	루프길이	저렴	長	높음	개발중
Infrared	roadside, above-pavement	pulse, presence	좁음	고가	長	높음	개발중
Ultrasonic	roadside, above-pavement	pulse, presence	보통	고가	보통	높음	개발중
Microwave and Radar	roadside, above-pavement	pulse, presence	보통	고가	長	높음	개발중
Laser	roadside, above-pavement	pulse, presence	좁음	고가	보통	높음	개발중
Image Processing	above-pavement	presence	변동적	고가	보통	보통	신개발
Automatic Vehicle Identification	in-vehicle with on-or above-pavement	presence, account number	변동적	보통	長	높음	개발중

1.2 데이터전달 장비(Data Communication Equipment)

데이터전달 시스템은 현장검지기에서 수집된 데이터를 Data Collection Hub에 전달하는 장치로, 정보흐름 경로는 송신링크(transmission link) 혹은 channel로 불리고, 송신링크의 합성이 데이터전달매체(communication medium)가 된다. Communication 시스템의 주요 기능은 운영환경데이터 및 교통류 데이터의 송신, 현장관리요원 및 제어센터와 긴급전화를 이용하는 고장차량 운전자간의 음성정보교환, HAR(Highway Advisory Radio Systems), car radio를 통해 운전자에게 음성정보 전달, 그리고 CCTV 카메라로부터 영상을 송신하는 것이다.

기존에 사용된 데이터전달 장비는 전기 데이터전달시스템(Electronic Transmission System), CCTV, 차량내 데이터전달 시스템 등이 있다.

1.2.1 전자기식 데이터전달시스템(Electronic Transmission Systems)

전자기식 교통데이터 전달시스템에는 Twisted Wire, Coaxial Cable, Fiber Optic Cable, Narrow Band Radio, Spread Spectrum Radio 등이 있다.

(1) Twisted Wire Pair Cable(디지털, 음성)

10~15 mile까지는 중계장치(repeater) 없이 전달이 가능하지만, 전달할 수 있는 데이터의 양이 적다.

(2) Coaxial Cable(영상, 디지털, 음성)

Cable TV가 가장 흔히 쓰이는 기법으로, 다수의 현장장비간의 연결을 필요로할 때 자주 적용되지만, 송신거리가 길어짐에 따라 증폭과 시스템 유지관리의 필요성이 대두되고, 케이블 외부의 전파방해로 인해 데이터송신이 불가능해질 수 있다.

(3) Fiber Optic Cable(영상, 디지털, 음성)

데이터송신에 신뢰성이 있고, 전파방해를 받지 않으며, 디지털 data와 적은 양의 영상데이터 원거리 송신에 가장 적합하지만, 단거리 송신 및 영상데이터 송신 용량 증대가 필요하다.

(4) Microwave(영상, 디지털, 음성)

영상송신에 사용중이고, 음성과 디지털 데이터 전달에 가장 적합하지만, 가시선(line of sight)이 필요하며, 환경적 요인의 영향을 크게 받는 단점이 있다.

(5) Radio(디지털, 음성)

음성과 적은 양의 디지털 데이터의 송신에 사용이 가능하지만, 데이터송신을 위한 channel space가 부족하므로 교통관리시스템에 사용하기는 부적절하다.

(6) Narrow Band Radio(디지털, 음성)

음성과 적은 양의 디지털 정보의 송신에 사용이 가능하지만, 데이터송신을 위한 channel space가 부족하므로 교통관리시스템에 사용하기는 부적절하다.

(7) Spread Spectrum Radio(디지털, 음성)

교통류 상황파악과 교통제어 기능을 조절하는데 적용이 가능하고, 가시선(line-of-sight)이 필요하다.

1.2.2 CCTV

카메라에 의한 영상은 아래의 송신형태중 하나를 이용하여 제어센터에 송신된다.

(1) Real-Time Motion

1초당 30 frame의 비율로 시상(visual image)을 제공하므로 손실된 정보없이 송신이 가능

하다.

(2) Compressed Video

정지영상(video picture)을 수집·처리하고 1초당 1frame 이하의 비율로 시상을 전달하므로 frame 간에 정보손실이 발생하지만, 차량의 움직임은 구별이 가능하다. 이 방법은 일반 전화선과 cellular channel에 의해 정보전달이 가능하지만, 카메라와 모니터에서 추가적인 데이터처리장비가 필요하므로 비용이 많이 소요된다.

(3) Slow Scan Video

전화선을 이용하여 frame당 시간간격이 비교적 큰 5~10초당 1frame의 비율로 전달되는 데이터를 수집·처리하므로, 차량움직임의 구별이 불가능하다. 이 방법은 일반 전화선과 cellular channel에 의해 정보전달이 가능하지만, 카메라와 모니터에서 추가적인 데이터처리장비가 필요하므로 비용이 많이 소요되는 편이며, Compressed Video 보다는 저렴하다.

CCTV를 통한 교통류의 상황을 파악하기 위해서는 Real-time Motion Transmission이 바람직하지만, 여건이 불합리할 경우, Compressed Video가 차선택이 될 수 있고, Slow Scan Video는 가변전광판 운영, gates 등의 제어장치, 대기행렬 발생시 등에 사용가능하지만, 송신에 소요되는 시간이 과다하다.

1.2.3 차내통신

(1) Cellular Telephone

운전자로부터 교통조건 및 유고정보를 제보받고, 문의 운전자에게 정보를 제공하는 기능을 수행한다. 기존 전화선의 이용이 가능하므로 초기투자비용이 저렴하고, 운전자와 관제센터간 상호 정보교환이 가능한 반면, 현장의 cellular phone 수와 운전자의 제보의지에 의해 유고검지능력이 제한되므로, 충분한 홍보가 필요하다.

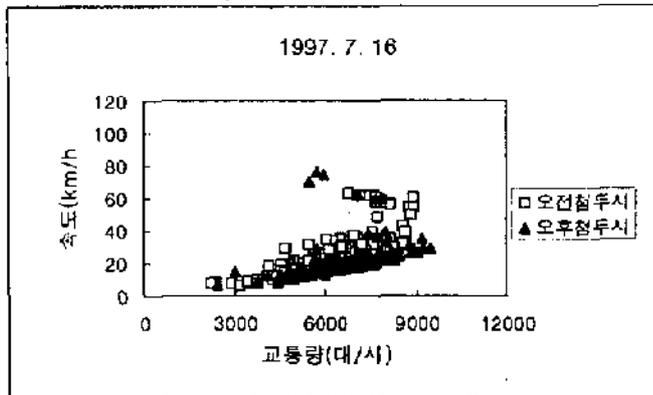
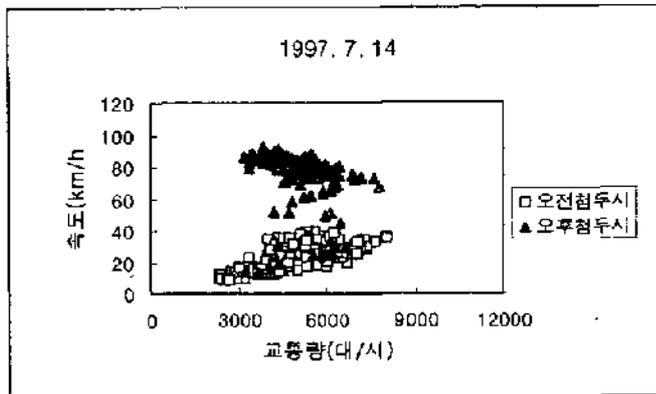
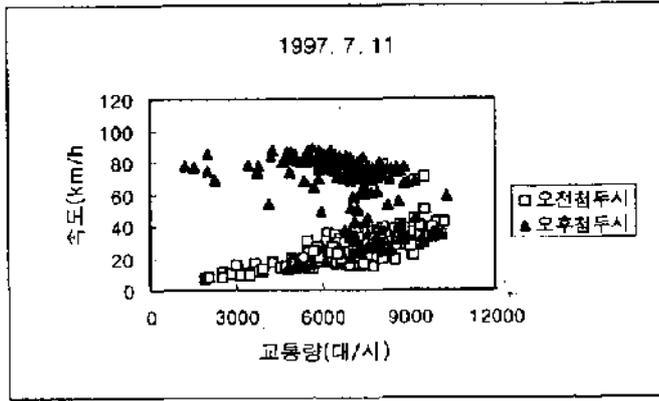
(2) Citizen-Band Radio(CB Radio)

CB 라디오를 차량내에 설치한 운전자들은 교통상황과 검지된 유고, 그리고 각 상황에 필요한 대응방안 정보를 관제센터에 보낼 수 있다. 유고반응 차량에 설치된 이동 CB 모니터를 통해 광역지역에서 필요로 하는 시스템의 기기와 반응시간을 줄일 수 있고, 운전자와 관련 부처간의 연결을 통해 교통상황이나 유고에 대한 적절한 대응방안을 결정하기 쉬운 장점이 있지만, 검지능력이 cellular telephone과 차량에 설치된 CB의 수에 크게 의존하고, 날씨나 시스템 자체내의 오차, 그리고 다른 전기기기의 방해를 받는 등의 단점이 있다.

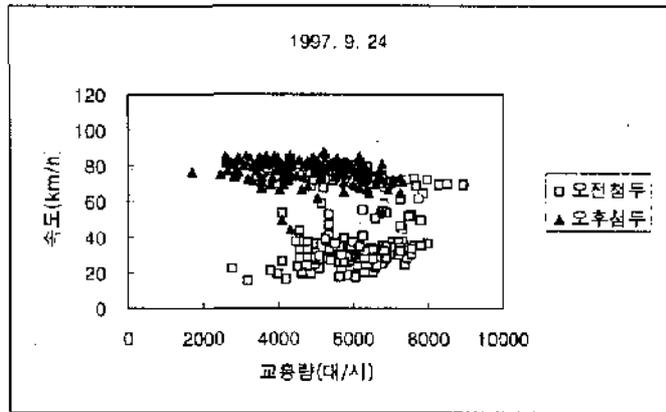
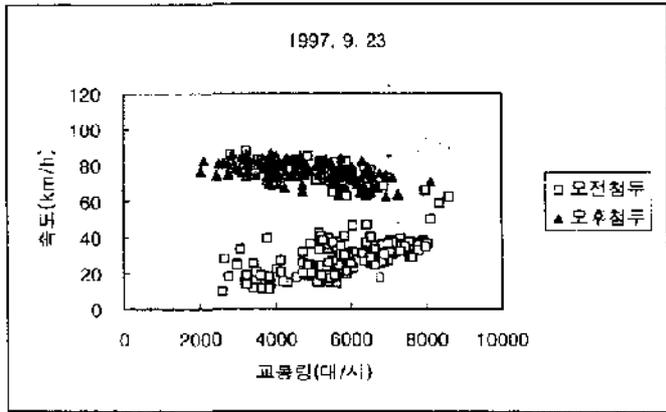
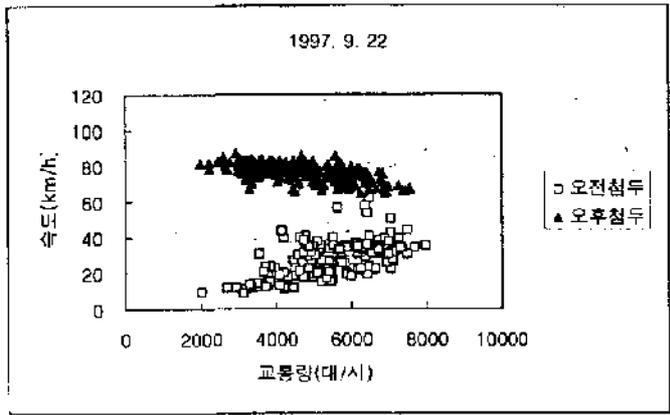
1.2.4 데이터전달 장비의 특성 비교

<표 1.2> 데이터전달 장비의 특성 비교

데이터전달장비	데이터의 형태	전달가능한 데이터의 양	비용	전달가능 거리	개발상황
Twisted Wire	디지털, 음성	적음	저렴	短	기개발
Coaxial	영상, 디지털, 음성	보통	보통	短	기개발
Fiber Optic	영상, 디지털, 음성	많음	고가	長	기개발
Microwave	영상, 디지털, 음성	많음	보통	가시선	기개발
Radio	디지털, 음성	적음	저렴	長	기개발
Narrow Band	디지털, 음성	적음	저렴	長	기개발
Spread Spectrum	디지털, 음성	적음	보통	가시선	신개발
Cellular Telephone	디지털, 음성	적음	저렴	보통	기개발
Citizen-Band Radio	디지털, 음성	적음	저렴	보통	기개발

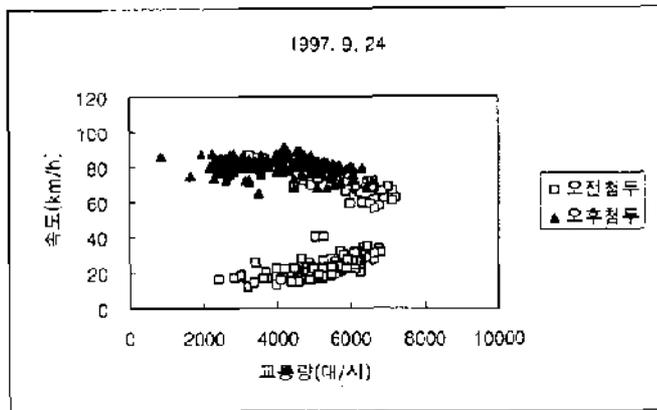
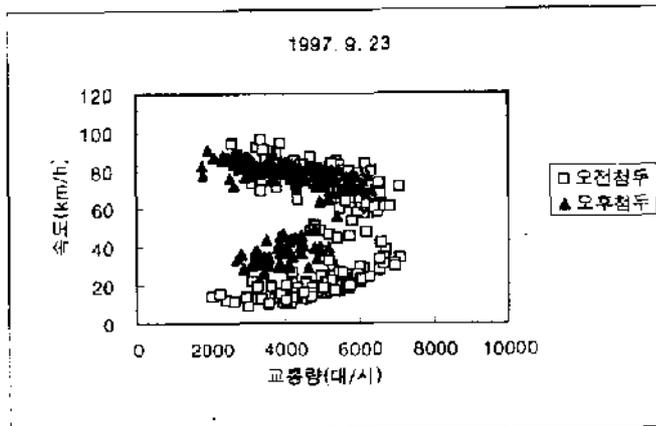
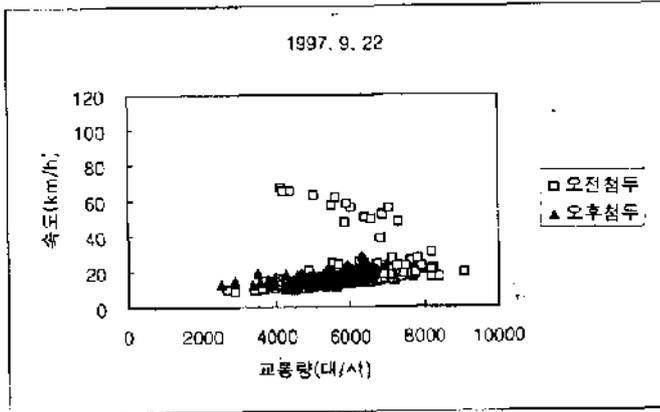


(그림 2.1) 동작대교 남단 명수대 기본구간(잠실방향)
전차선 평균교통량-평균속도 관계(데이터 수집주기 : 1분)

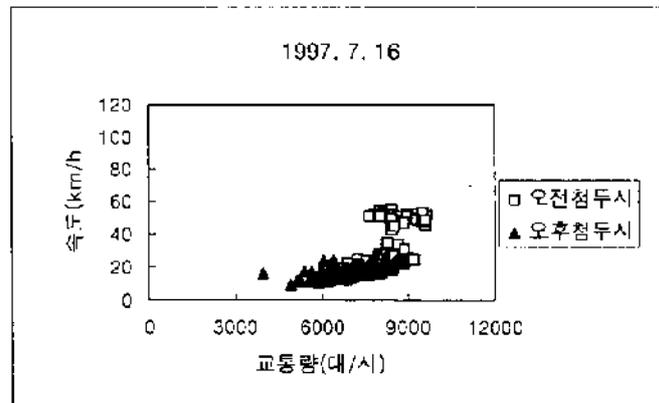
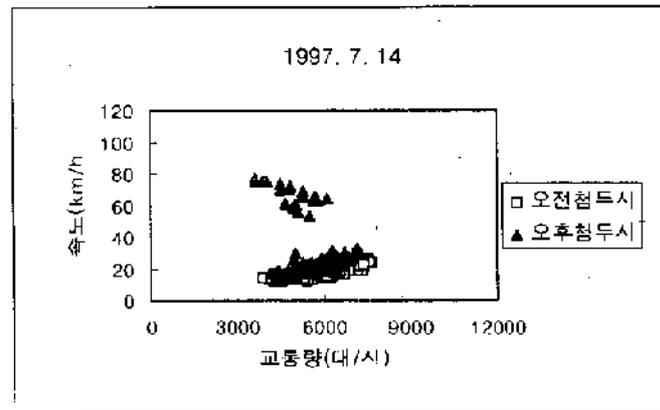
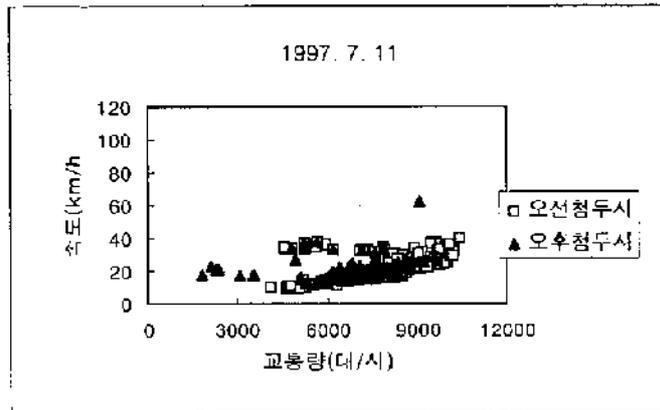


<그림 2.2> 한강대교 남단 기본구간(잠실방향)

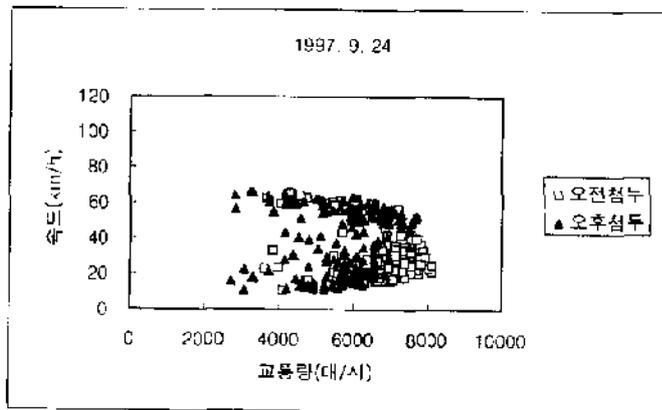
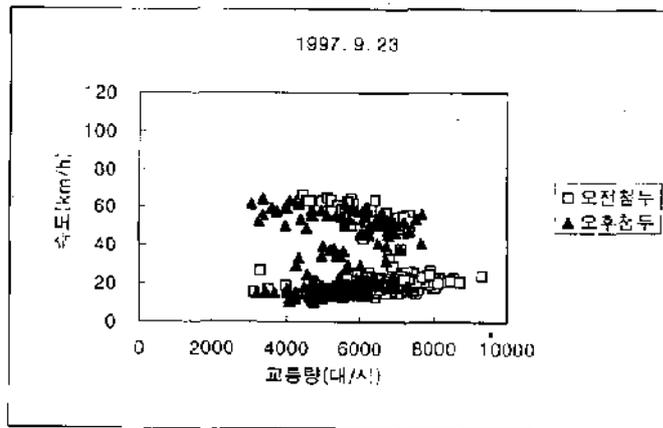
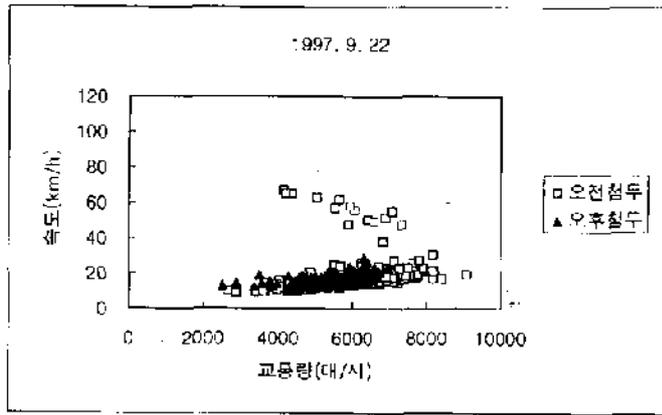
전차선 평균교통량-평균속도 관계(데이터 수집주기 : 1분)



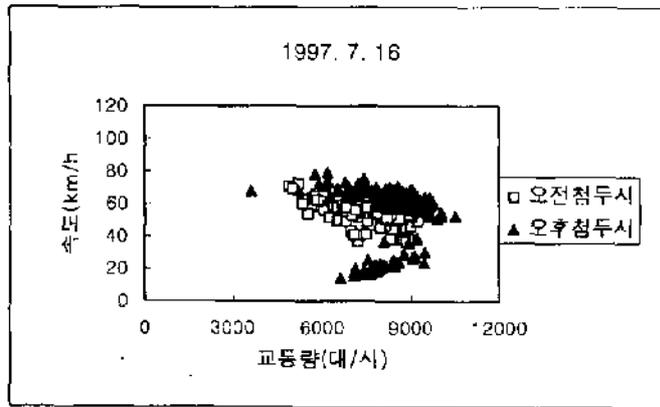
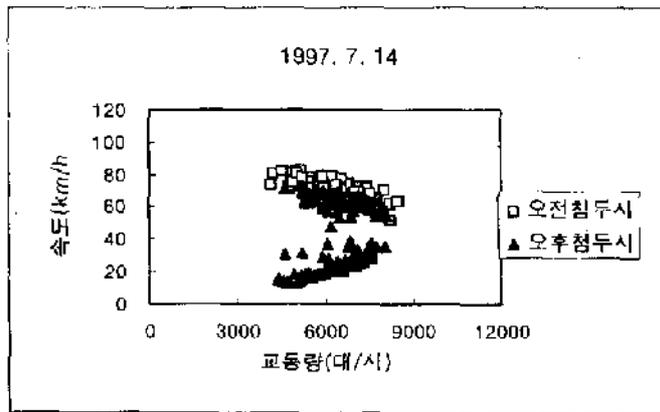
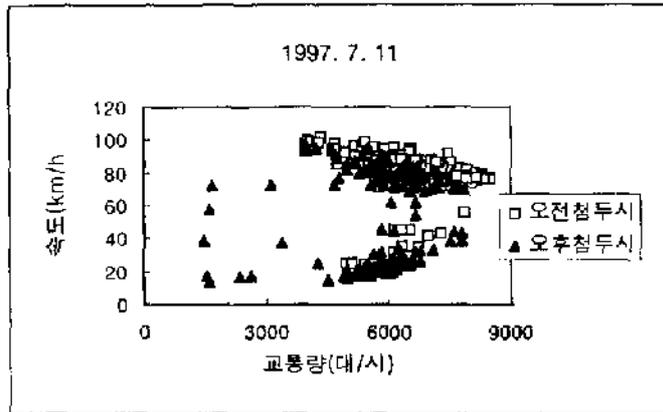
〈그림 23〉 동작대교 남단 유입램프 상류구간(잠실방향)
전차선 평균교통량 - 평균속도 관계(데이터 수집주기 : 1분)



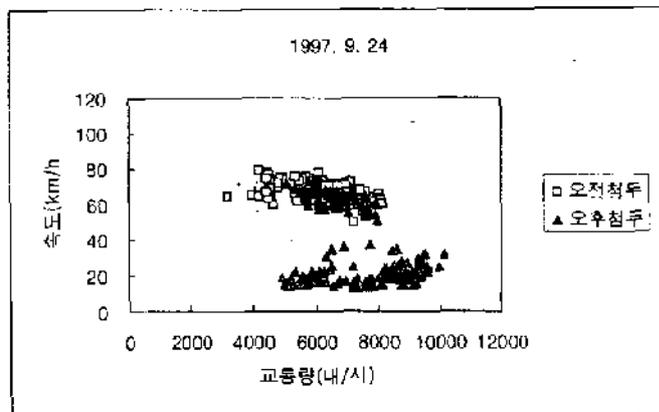
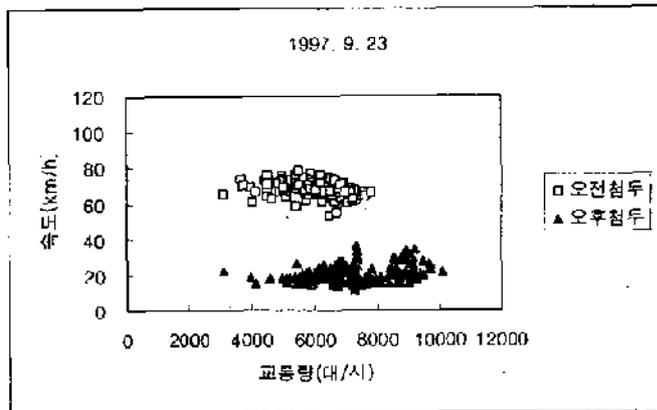
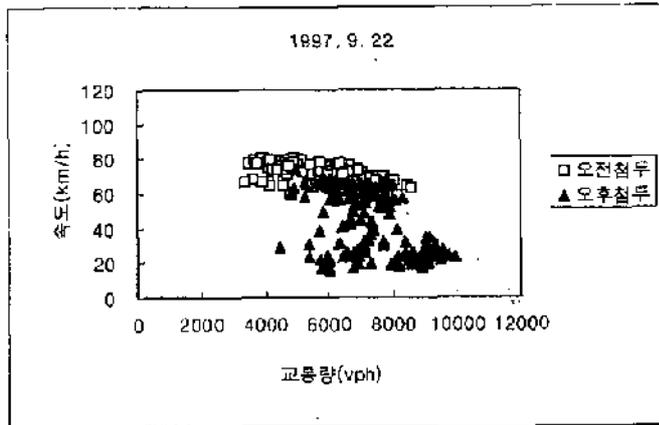
<그림 2.4> 반포대교 남단 유입램프 하류구간(잠실방향) 전차선, 평균교통량-평균속도 관계(데이터 수집주기 : 1분)



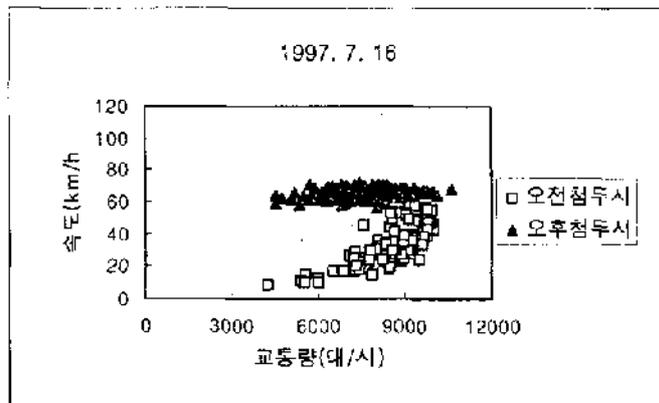
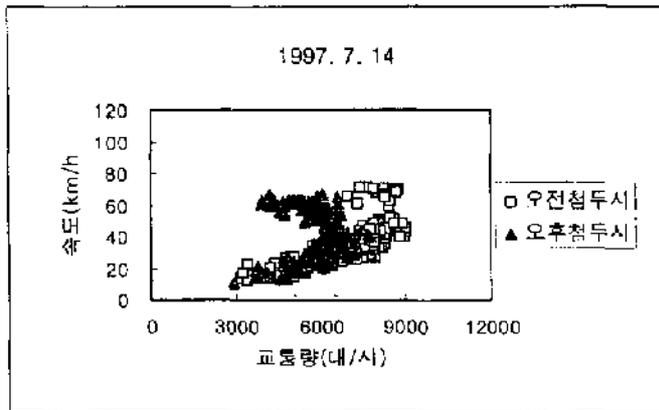
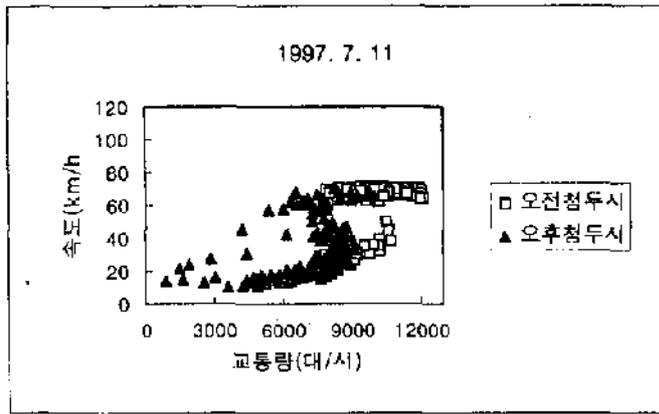
<그림 25> 반포대교 남단 유입램프 하류구간(잠실방향)
전차선 평균교통량 - 평균속도 관계(데이터 수집주기 : 1분)



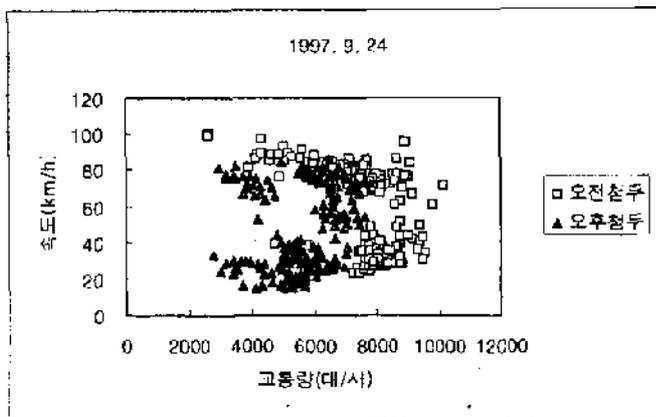
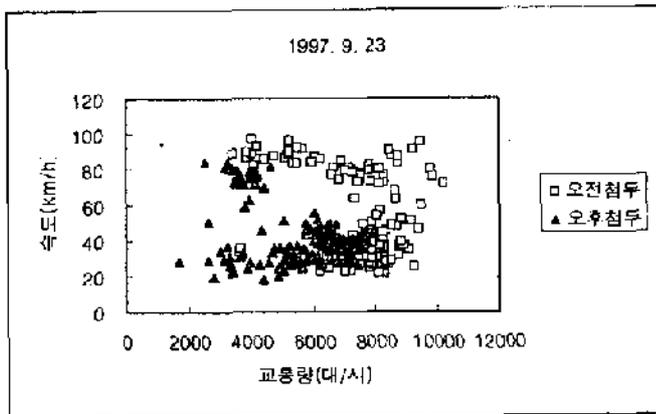
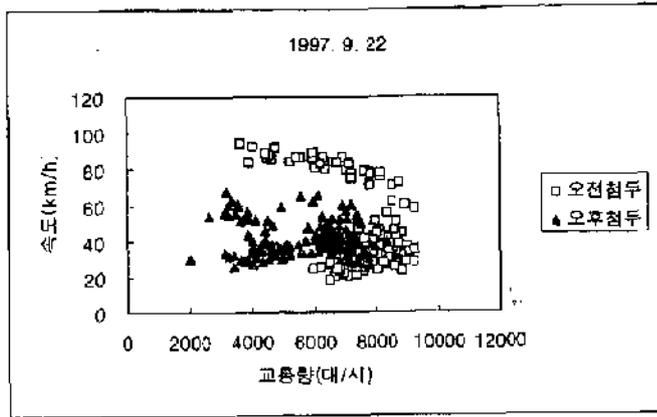
<그림 2.6> 영동대교 남단 유출램프 상류구간(잠실방향)
전차선 평균교통량-평균속도 관계(데이터 수집주기 : 1분)



<그림 2.7> 영동대교 남단 유출램프 상류구간(잠실방향)
전차선 평균교통량 - 평균속도 관계(데이터 수집주기 : 1분)



<그림 2.8> 영동대교 ← 탄천 잇갈림구간(공항방향)
전차선 평균교통량-평균속도 관계(데이터 수집주기 : 1분)

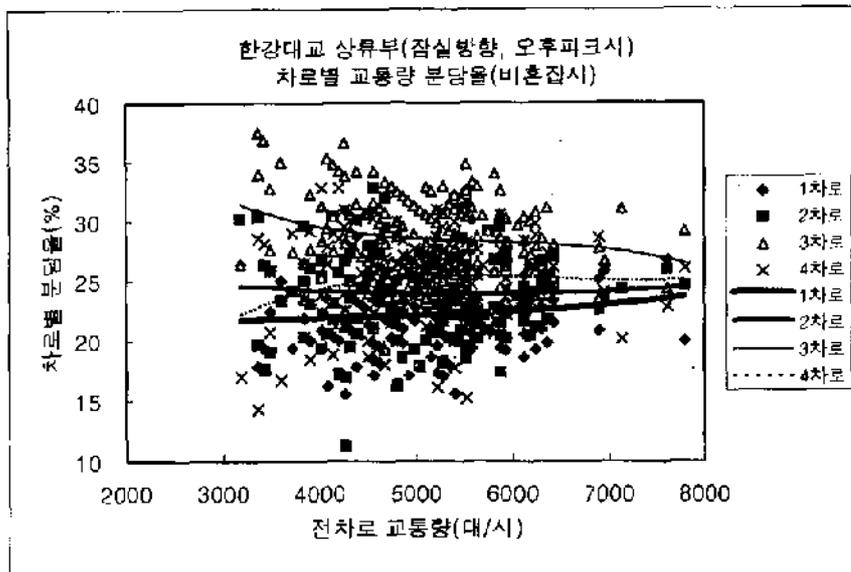
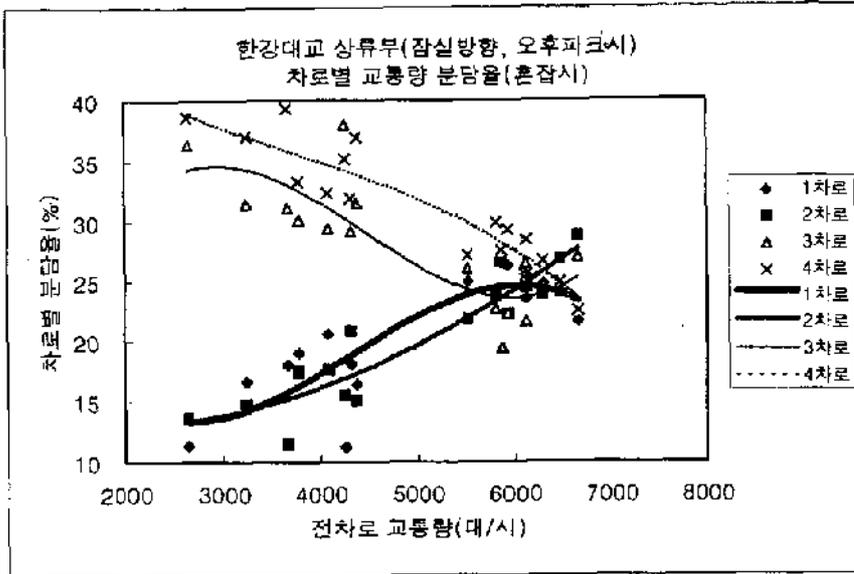


<그림 29> 영동대교 ← 탄천 옛길립구간(공항방향)
 전차선 평균교통량 - 평균속도 관계(데이터 수집주기 : 1분)

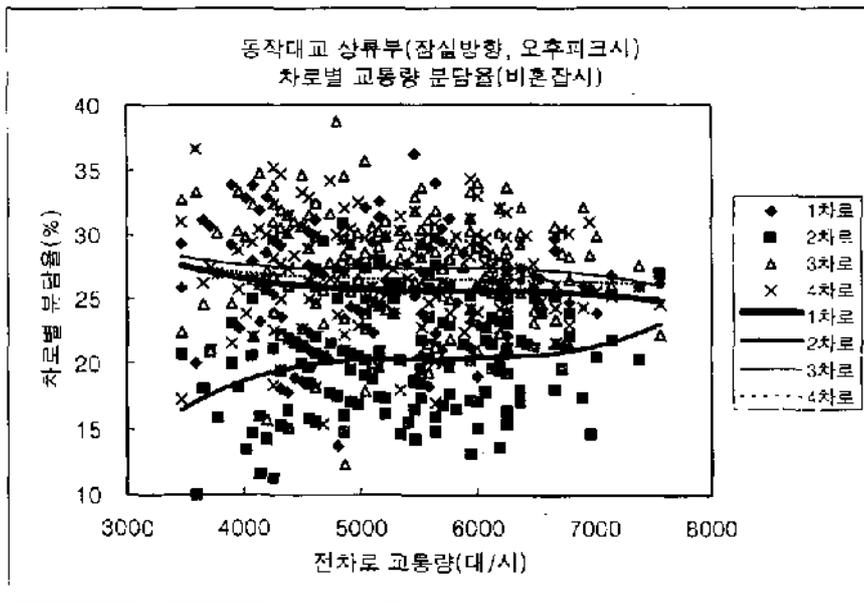
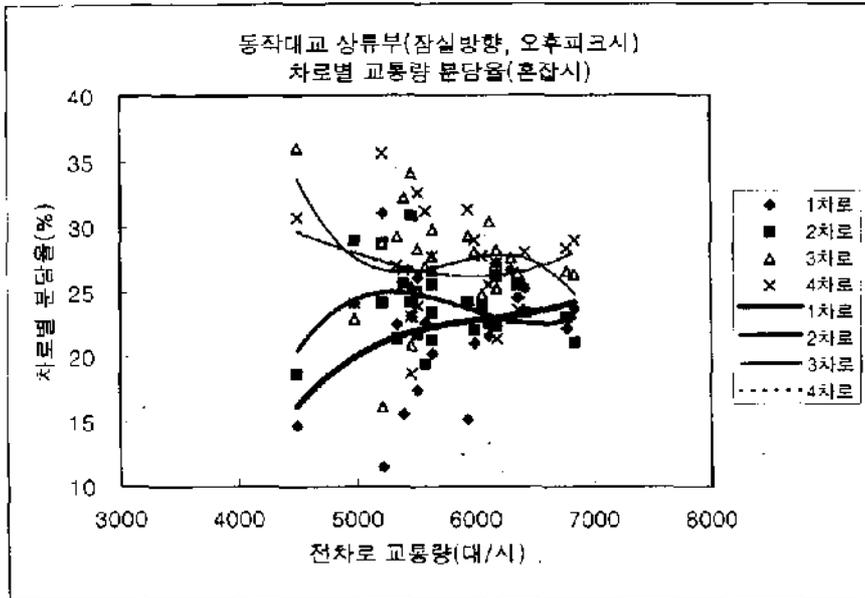
3. 올림픽대로 기본구간, 램프접속구간, 잇갈림구간의 차로별 교통량분담을 조사자료

3.1 기본구간(이하 7월자료)

3.1.1 한강대교 상류부(잠실방향)

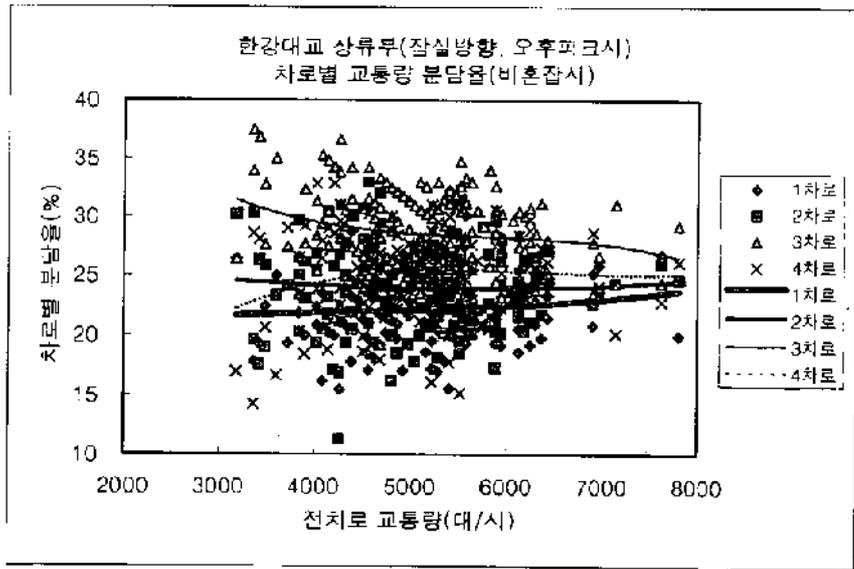
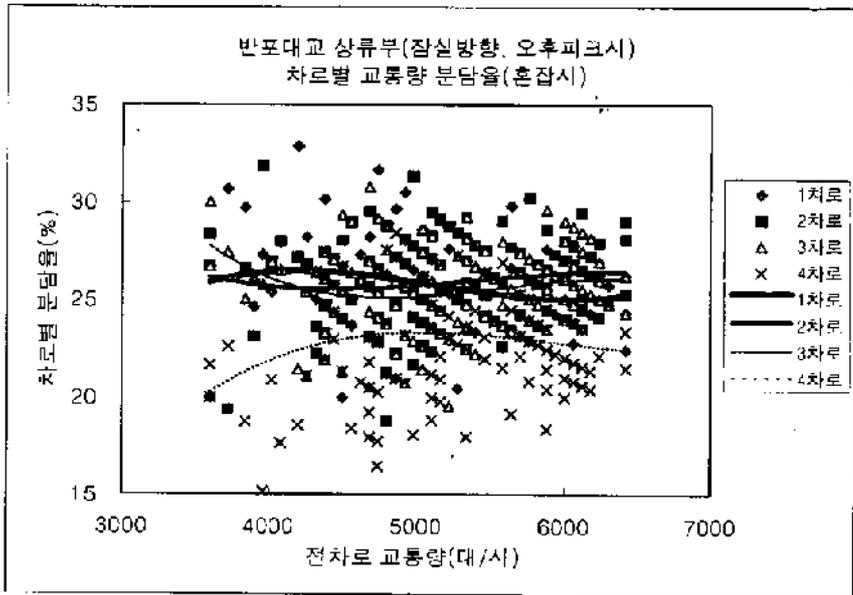


3.1.2 동작대교 상류부(잠실방향) 차로별 교통량 분담율(혼잡시)

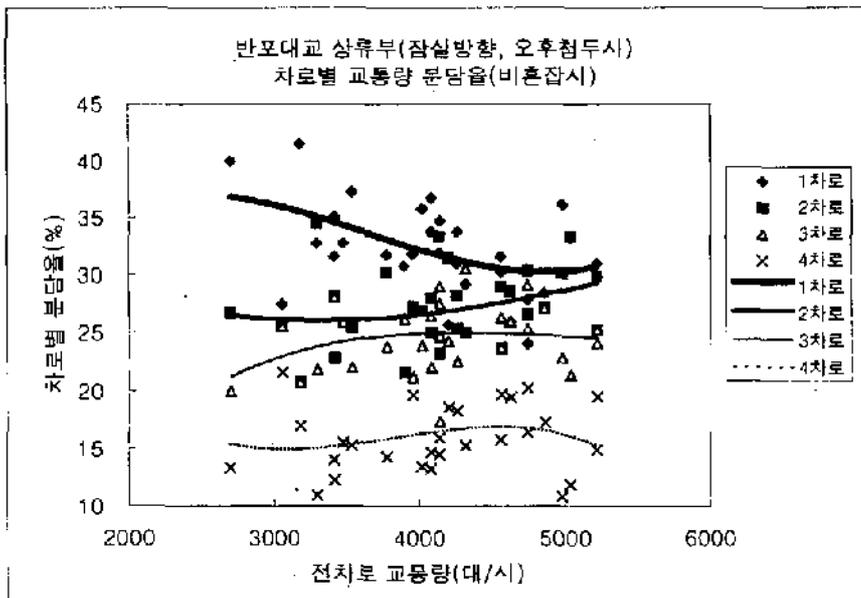
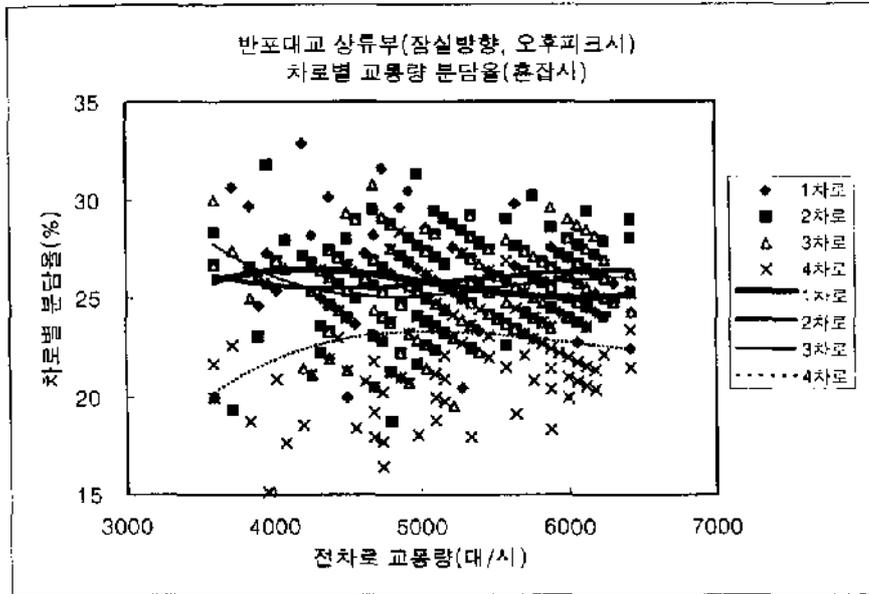


3.2 램프 접속구간

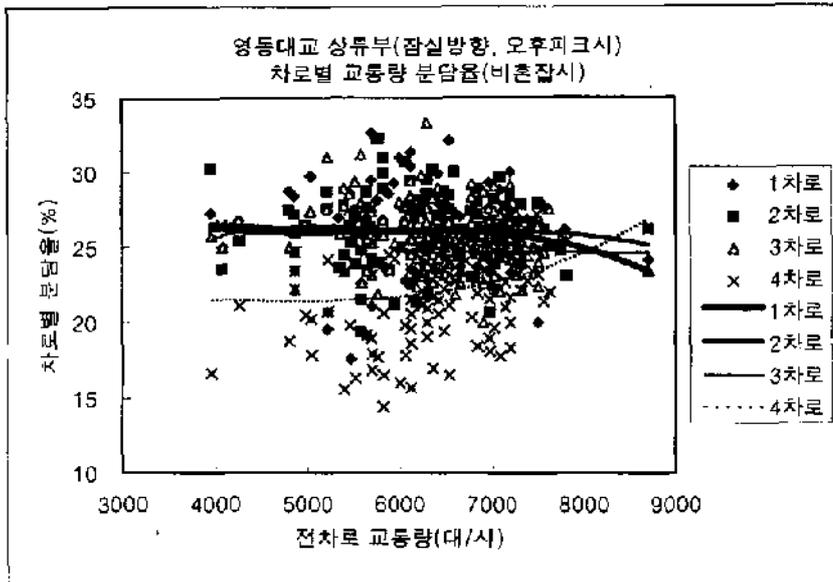
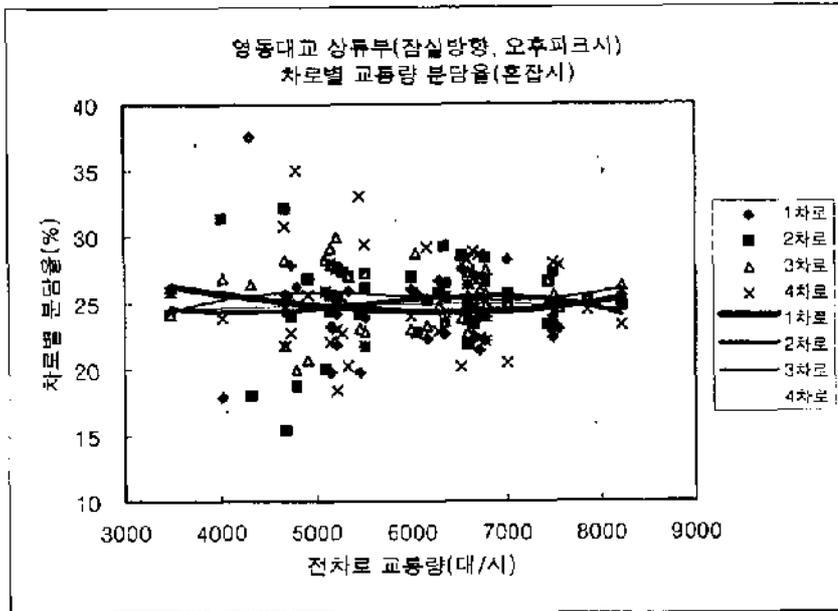
3.2.1 동작대교 하류부(잠실방향)-진입램프 상류부분



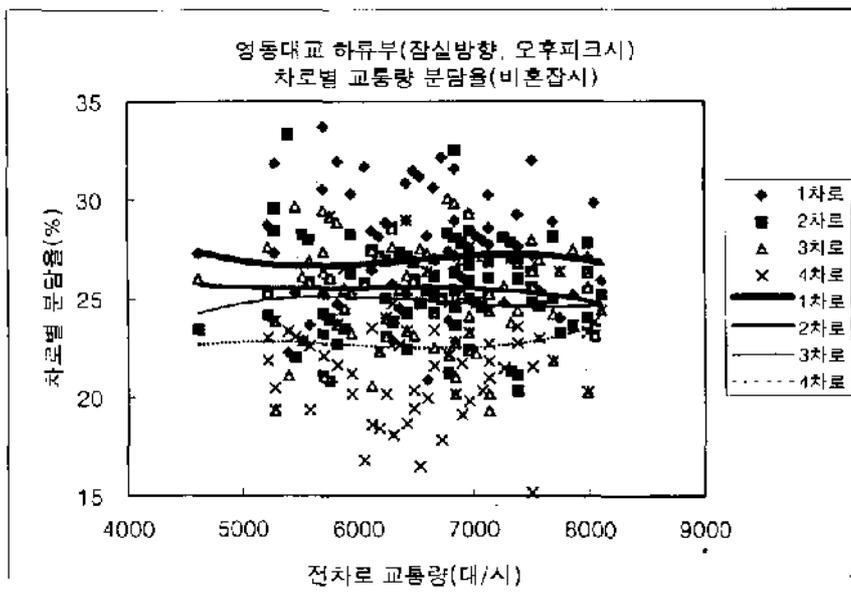
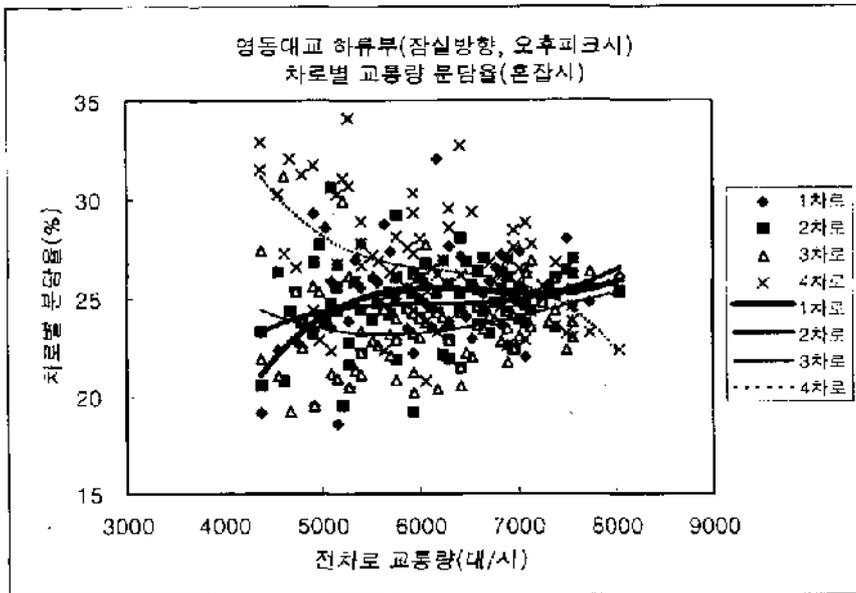
3.2.2 반포대교 상류부(잠실방향)-진입램프 하류부분



3.2.3 영동대교 상류부(잠실방향)-진출램프 상류부분

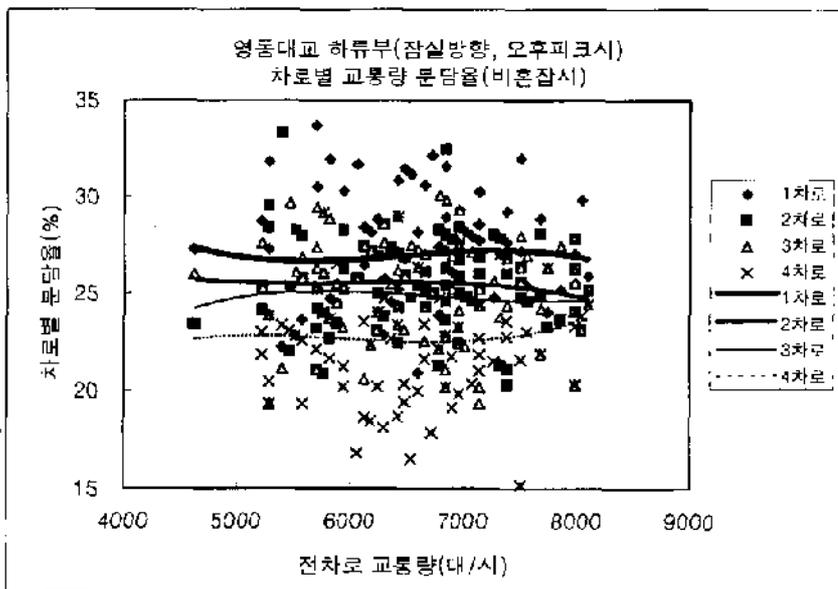
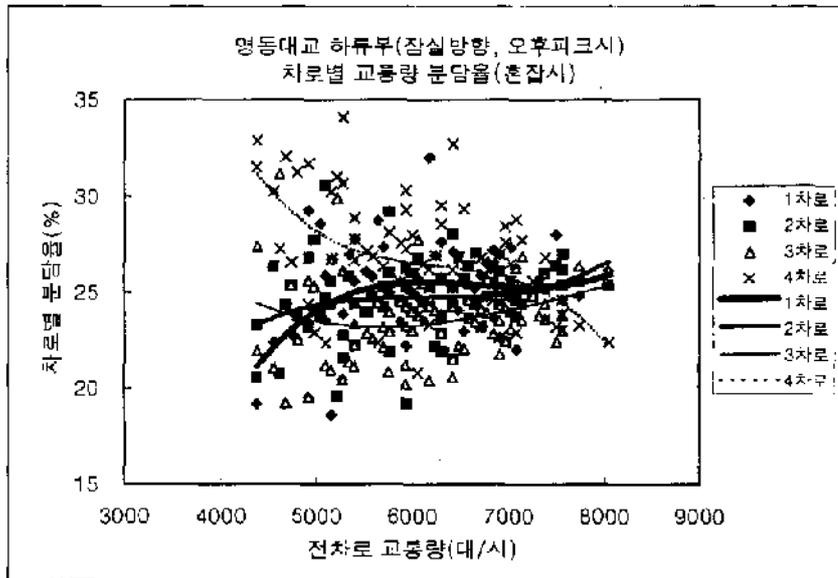


3.2.4 영동대교 하류부(잠실방향)-진출램프 하류부분



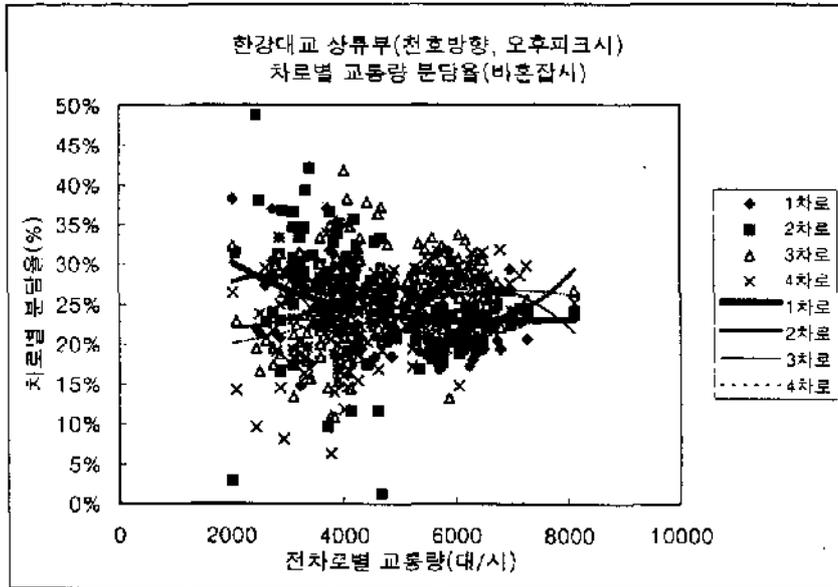
3.3 엇갈림 구간

3.3.1 영동대교 하류부(공항방향)

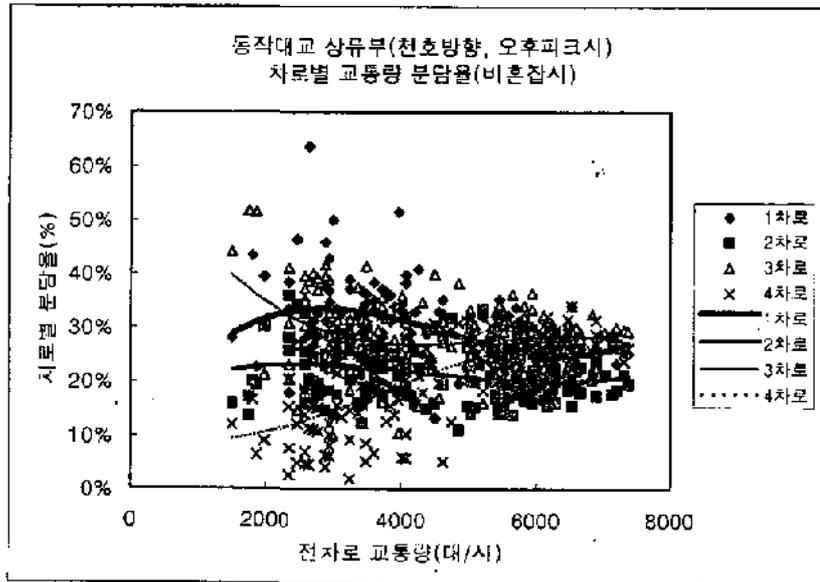


3.4 기본구간(이하 9월 자료)

3.4.1 한강대교 상류부 (잠실방향)

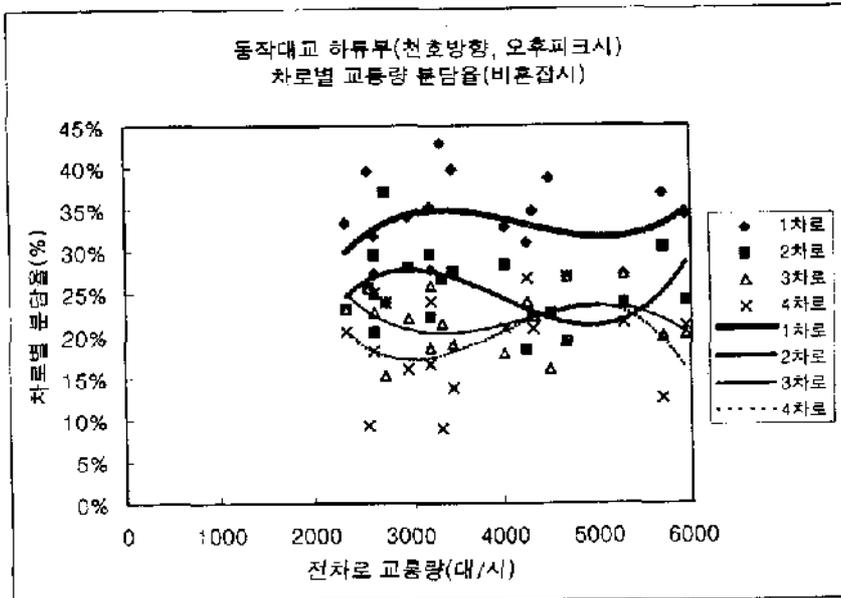
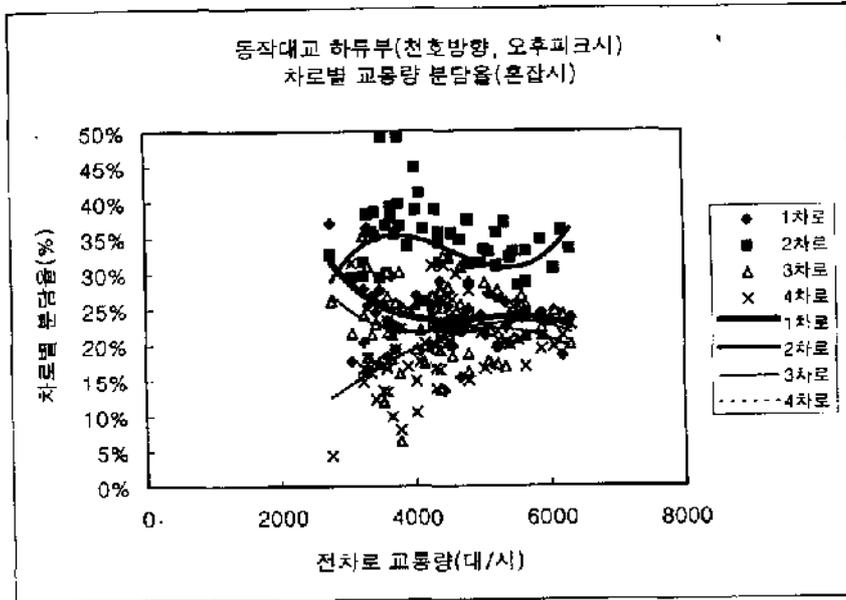


3.4.2 동작대교 상류부(잠실방향) 차로별 교통량 분담율(비혼잡시)

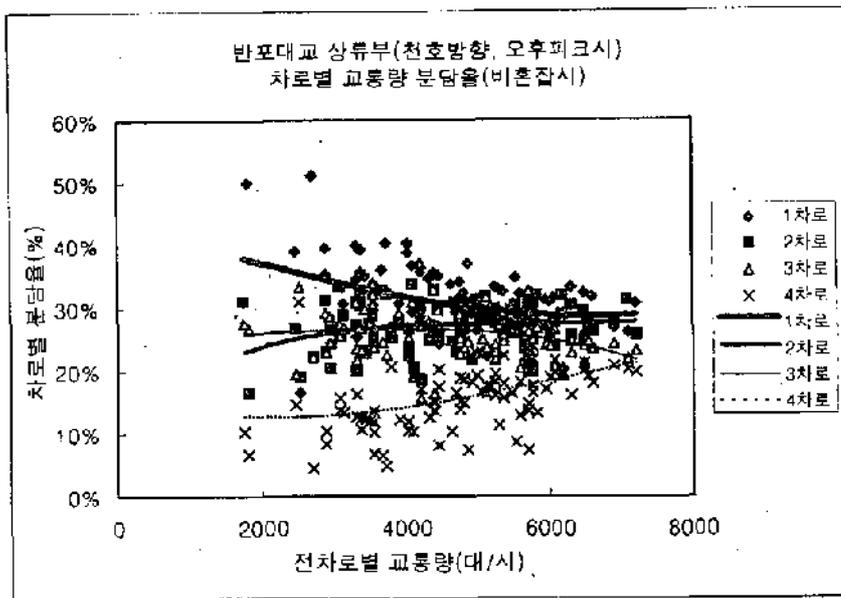
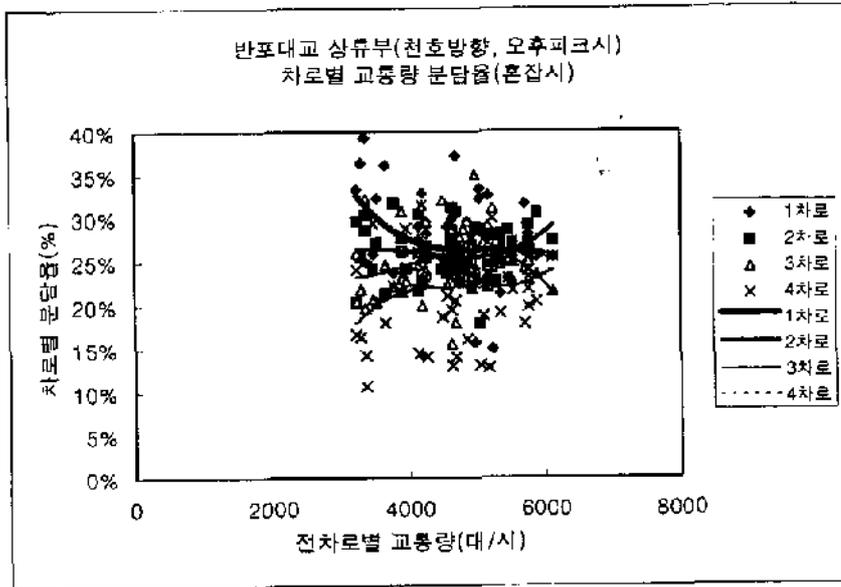


3.5 램프접속구간

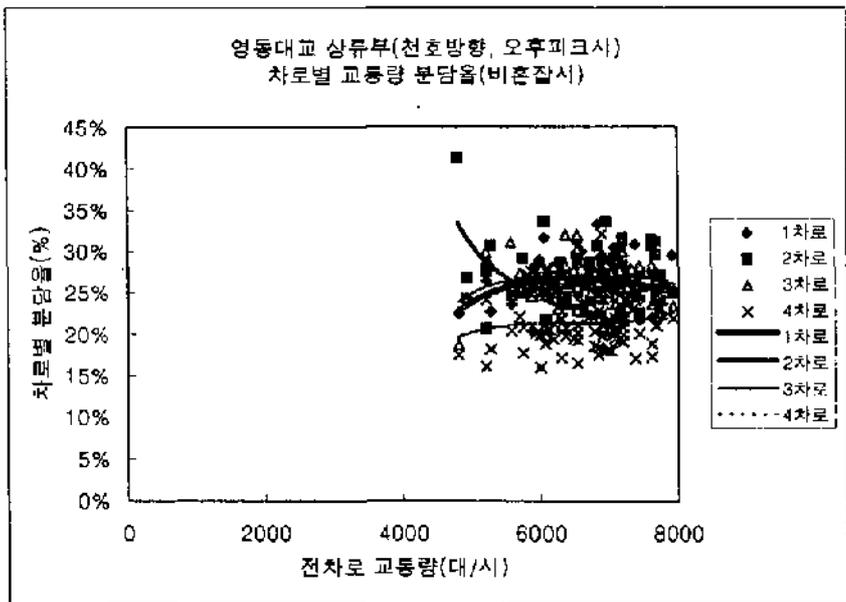
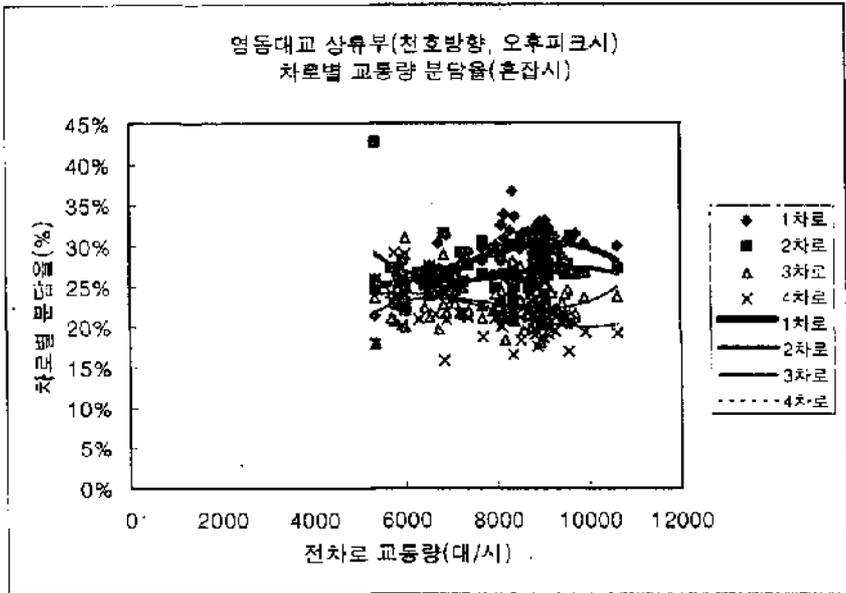
3.5.1 동작대교 하류부 (잠실방향)-진입램프 상류부분



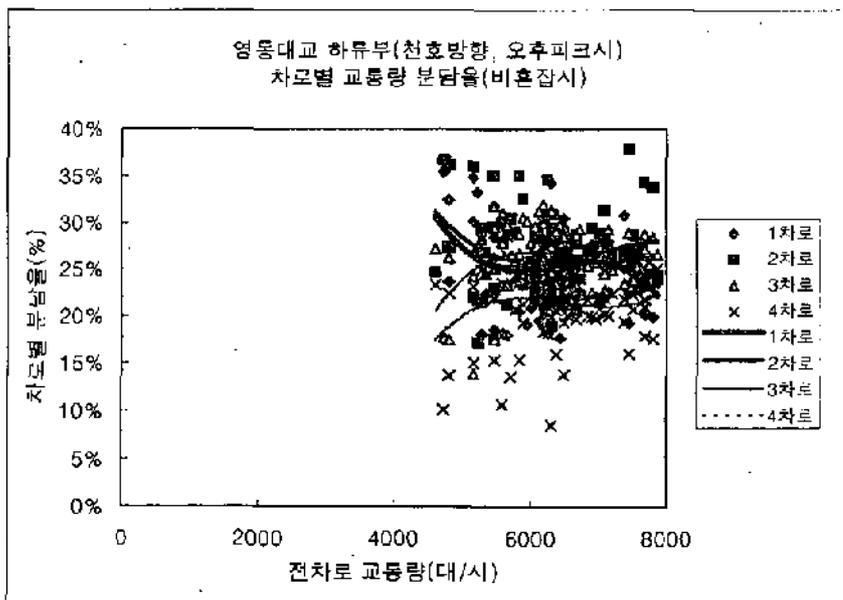
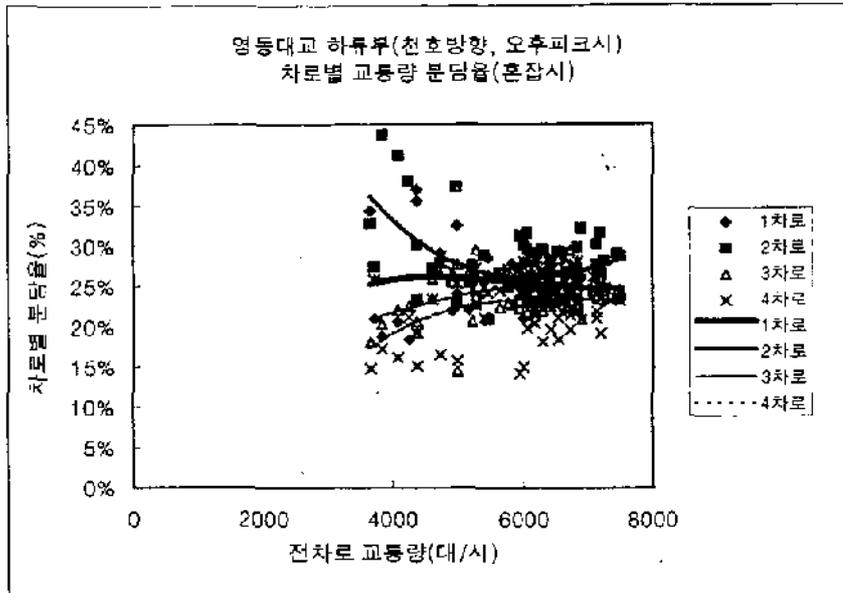
3.5.2 반포대교 상류부(잠실방향)-전입램프 하류부분



3.5.3 영동대교 상류부(잠실방향)-진출램프 상류부분

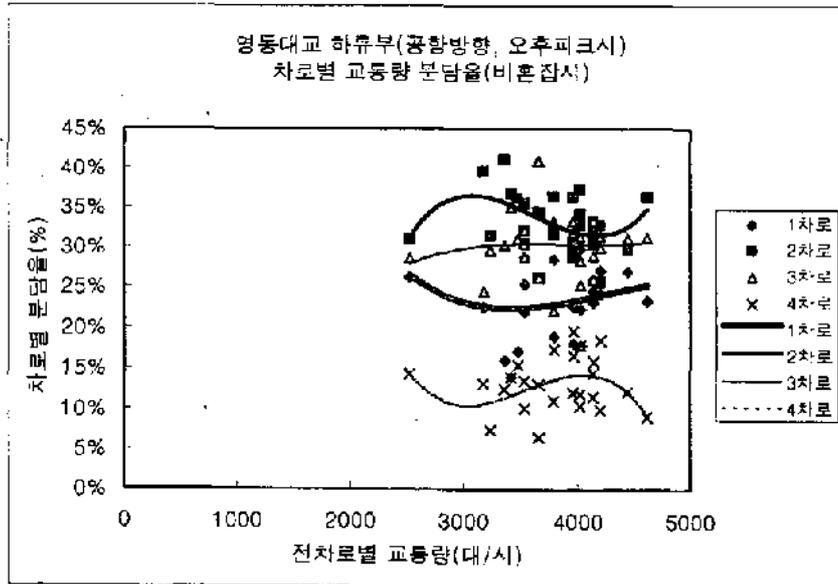
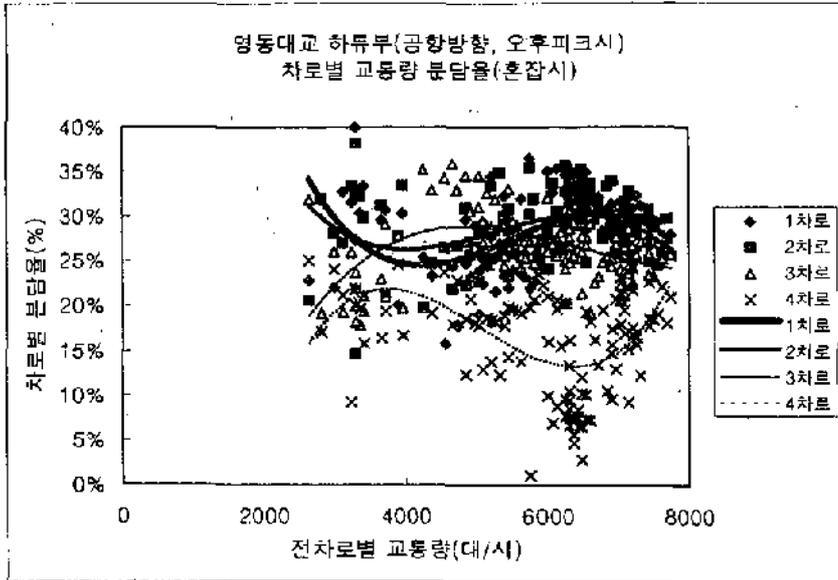


3.5.4 영동대교 하류부(잠실방향)-진출램프 하류부분



3.6 엇갈림 구간

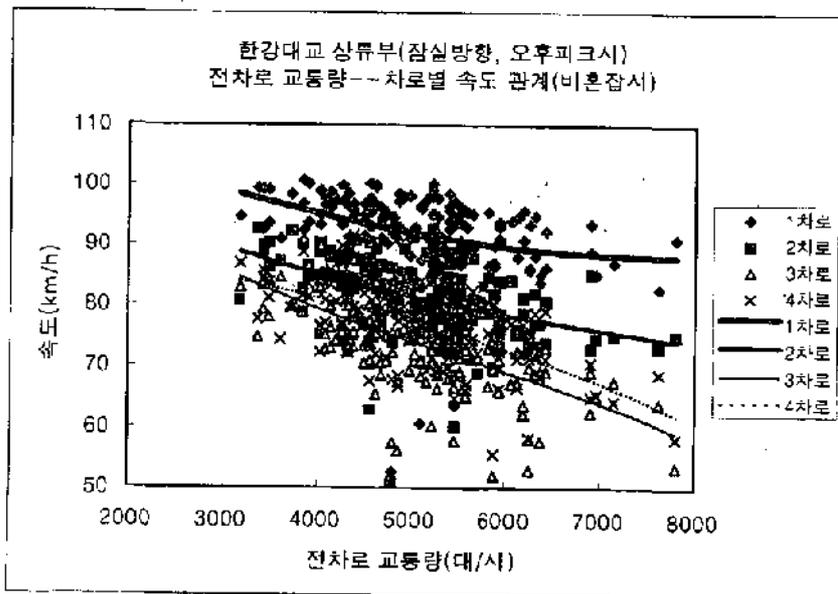
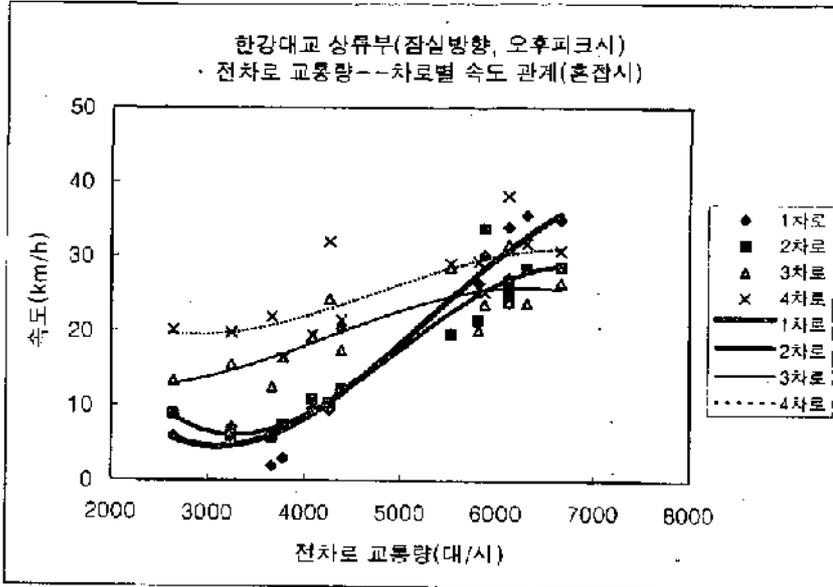
3.6.1 영동대교 하류부(공항방향)



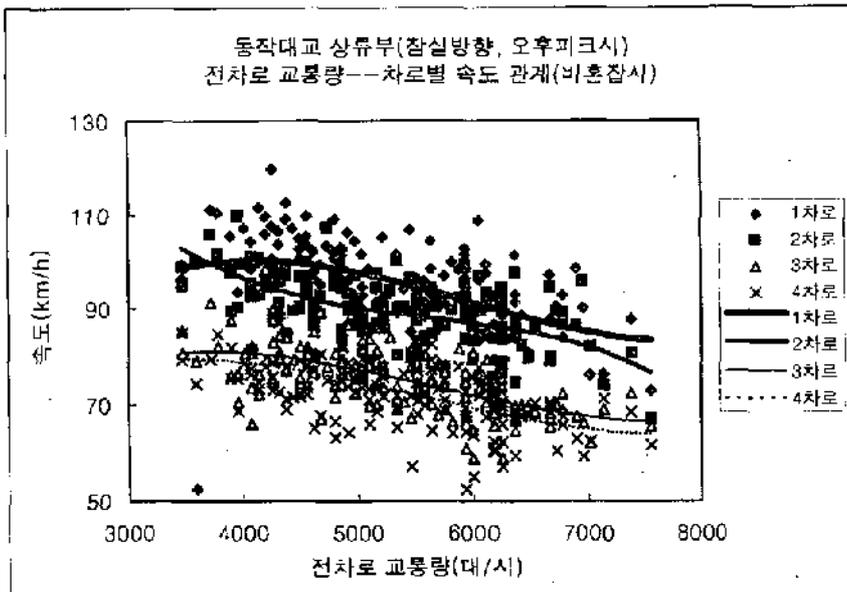
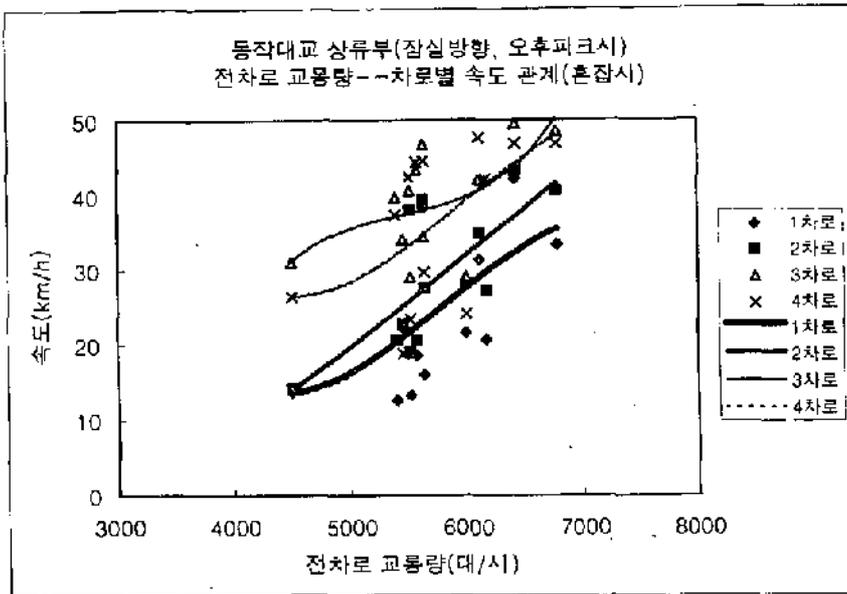
4. 올림픽대로 기본구간, 램프접속구간, 잇갈림구간의 차로별 평균운행속도 변화추이 조사자료

4.1 기본구간(이하 7월자료)

4.1.1 한강대교 상류부(잠실방향)

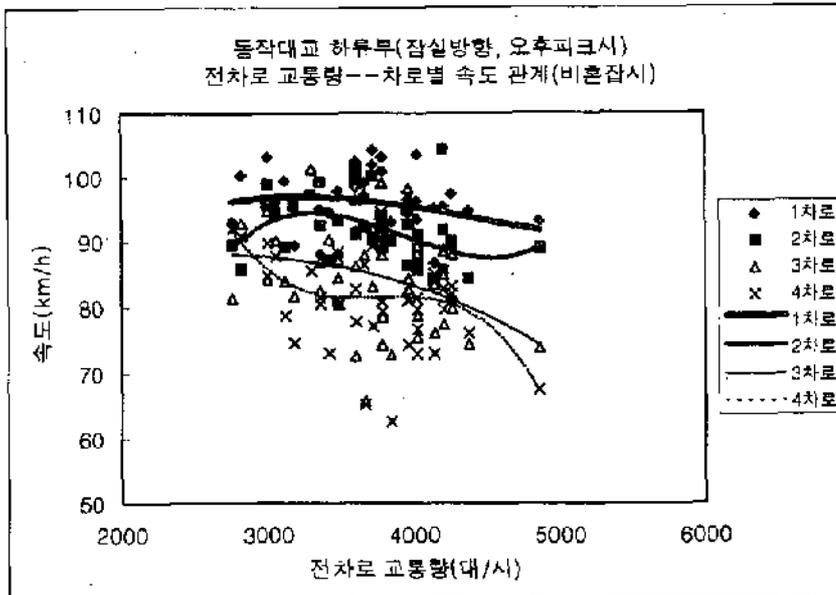
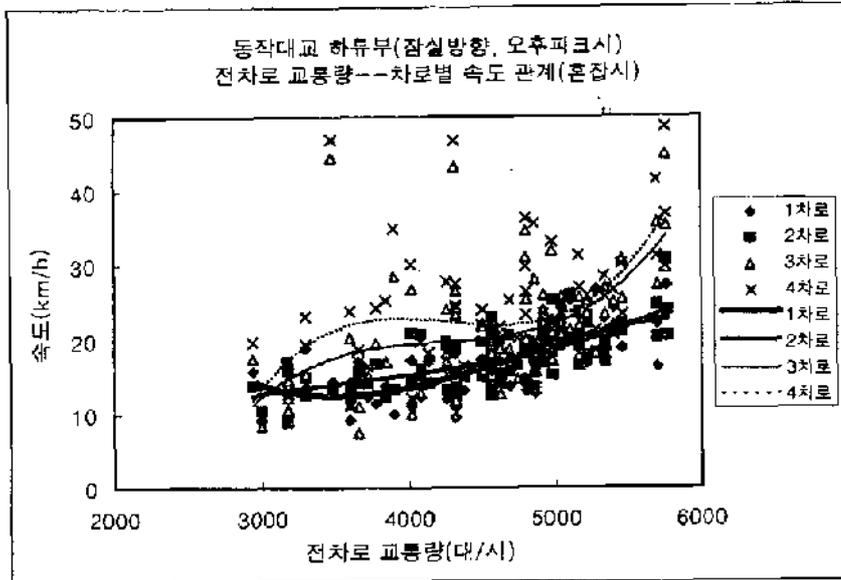


4.1.2 동작대교 상류부(잠실방향)

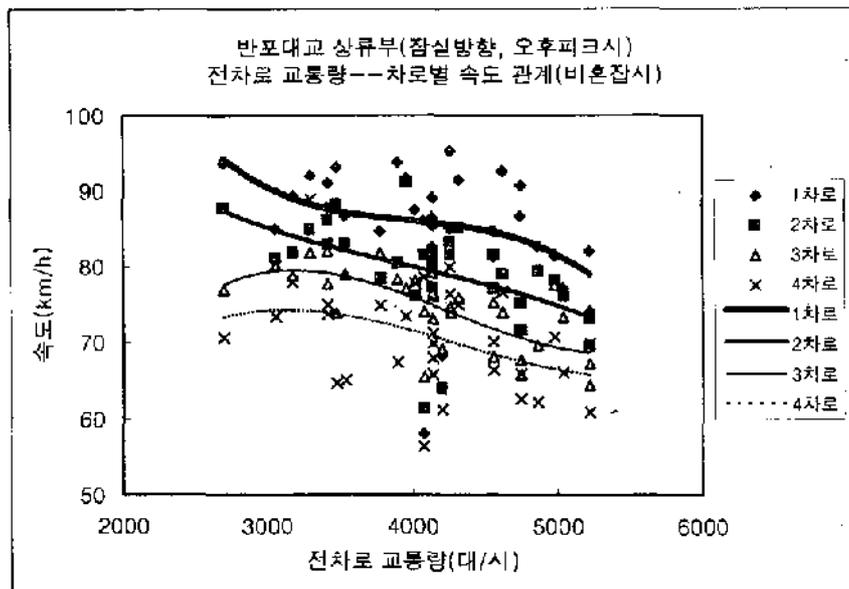
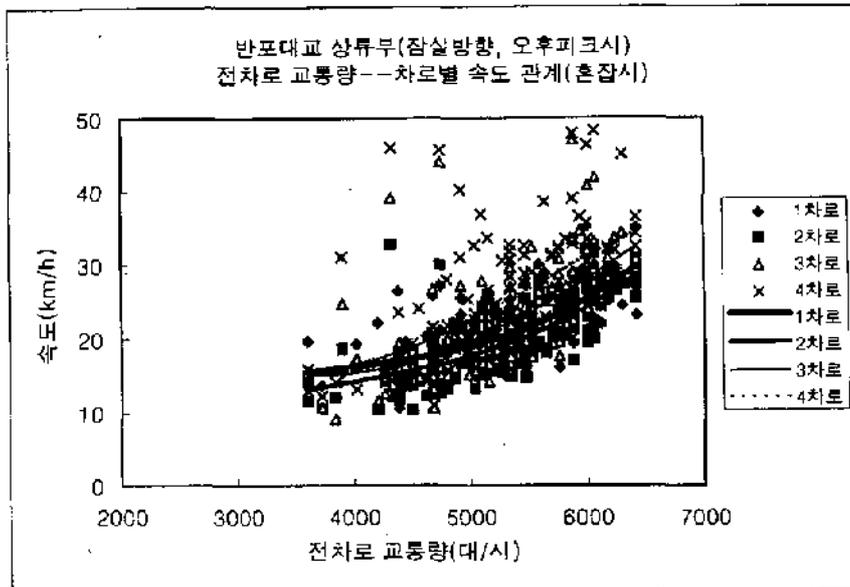


4.2 램프 접속구간

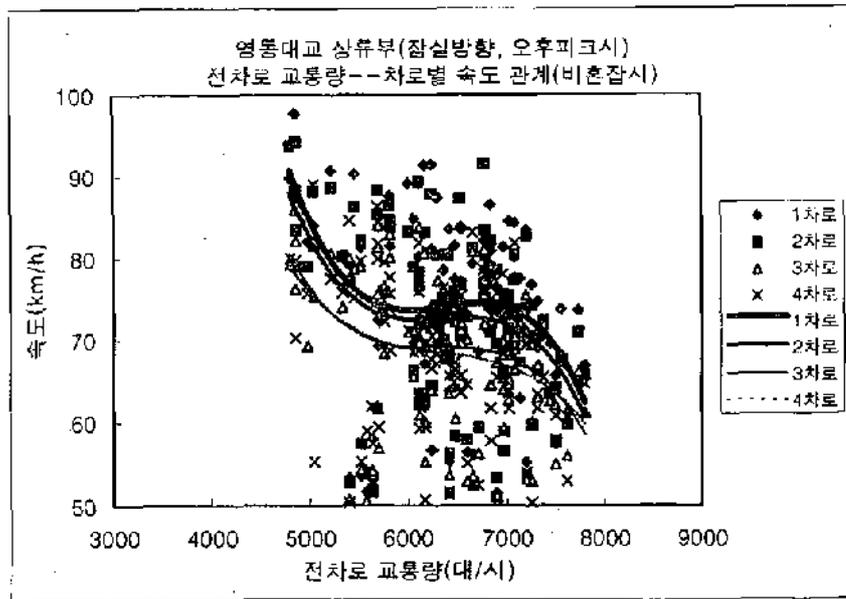
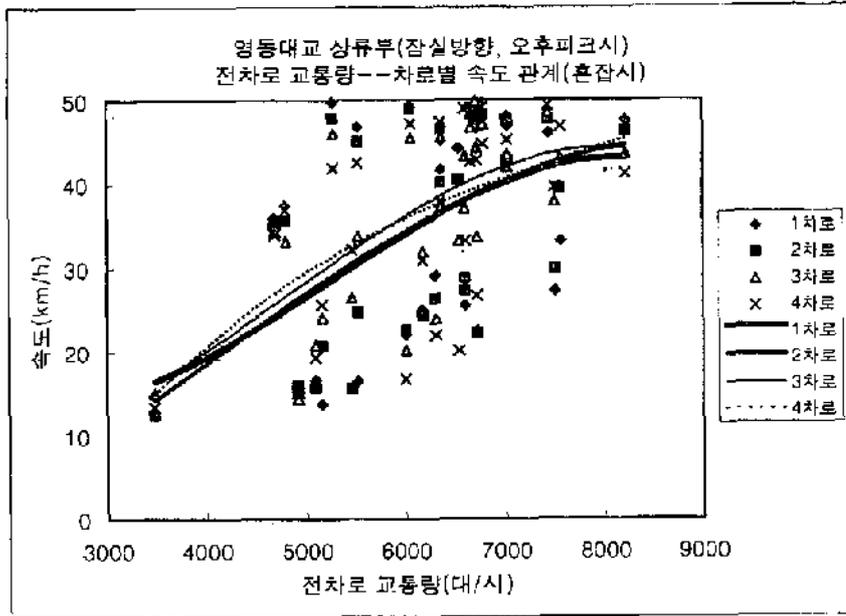
4.2.1 동작대교 하류부(잠실방향)-진입램프 상류부



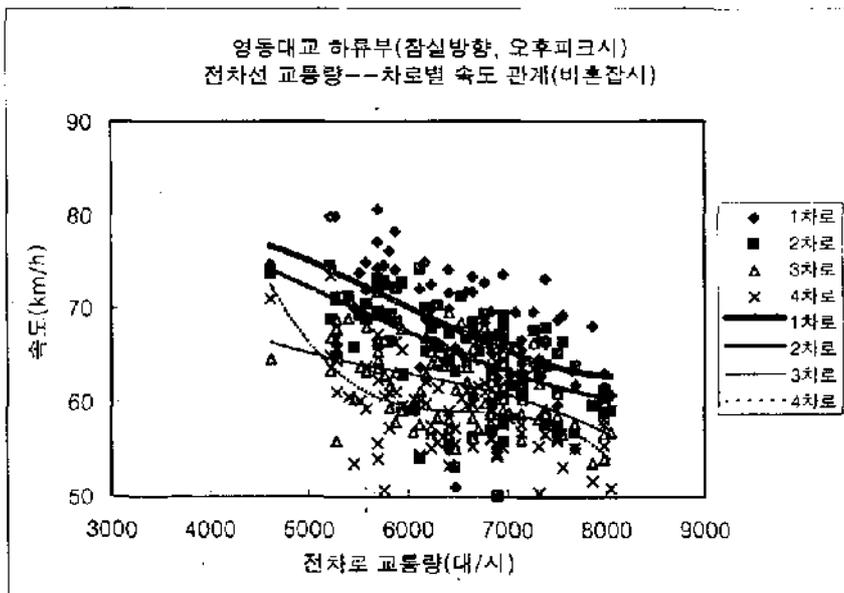
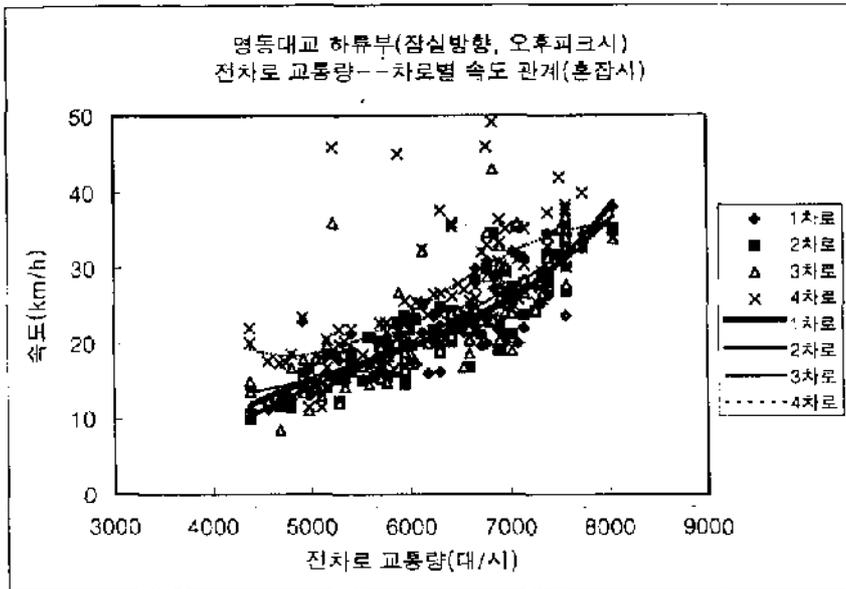
4.2.2 반포대교 상류부(잠실방향)-진입램프 하류부분



4.2.3 영동대교 상류부(잠실방향)-진출램프 상류부분

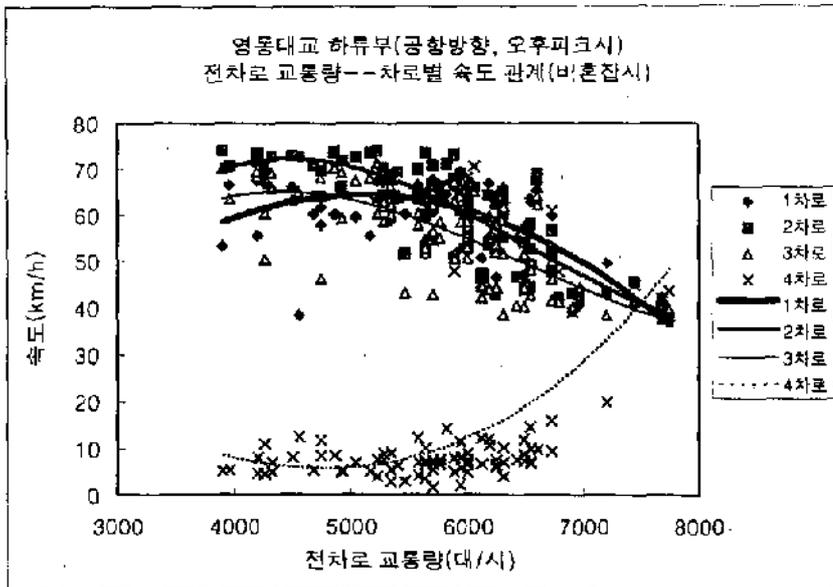
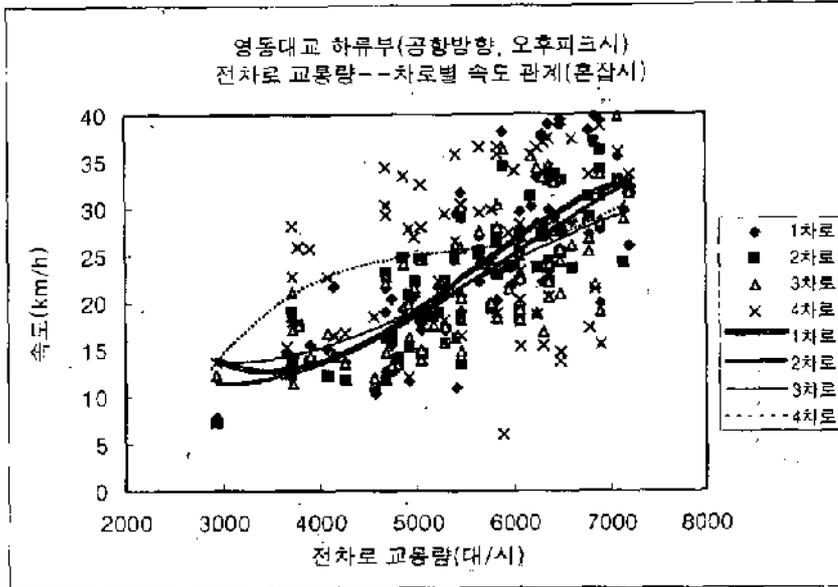


4.2.4 영동대교 하류부(잠실방향)-진출램프 하류부분



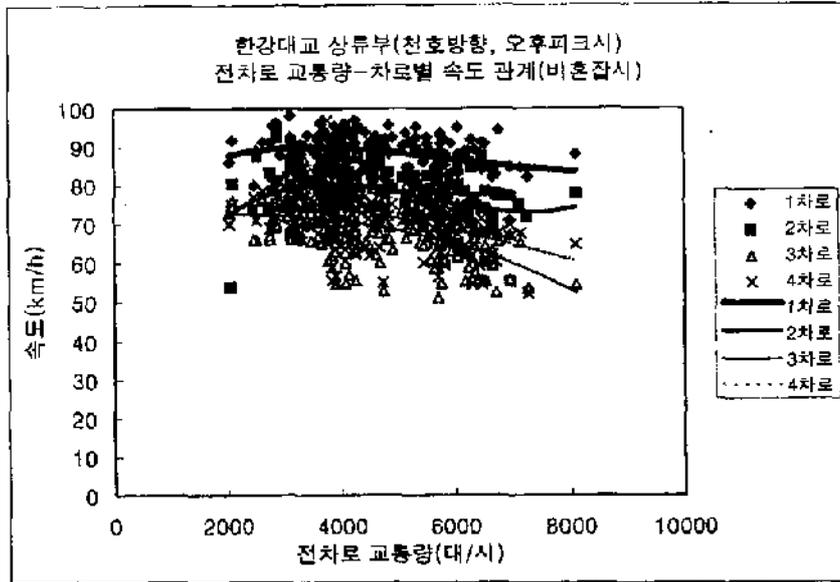
4.3 잇갈림 구간

4.3.1 영동대교 하류부(공항방향)

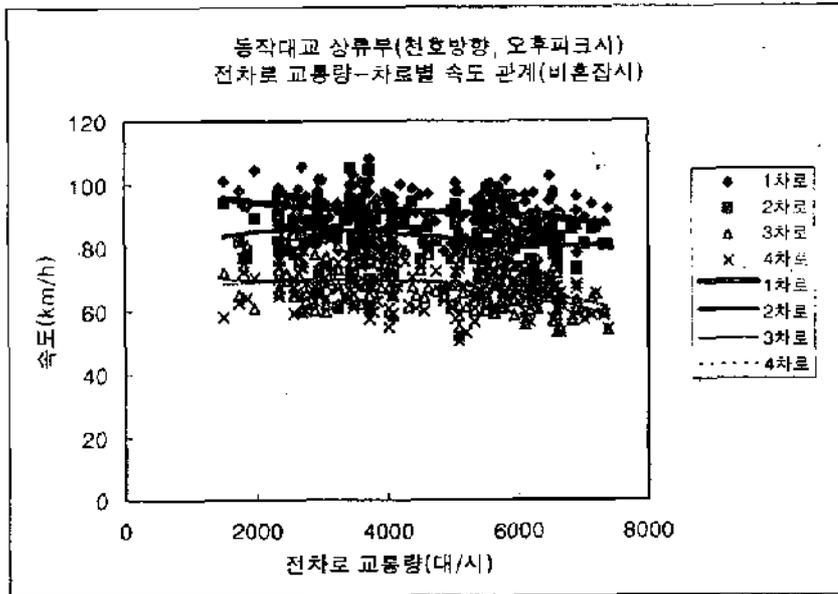


4.4 기본구간(이하 9월자료)

4.4.1 한강대교 상류부 (잠실방향)

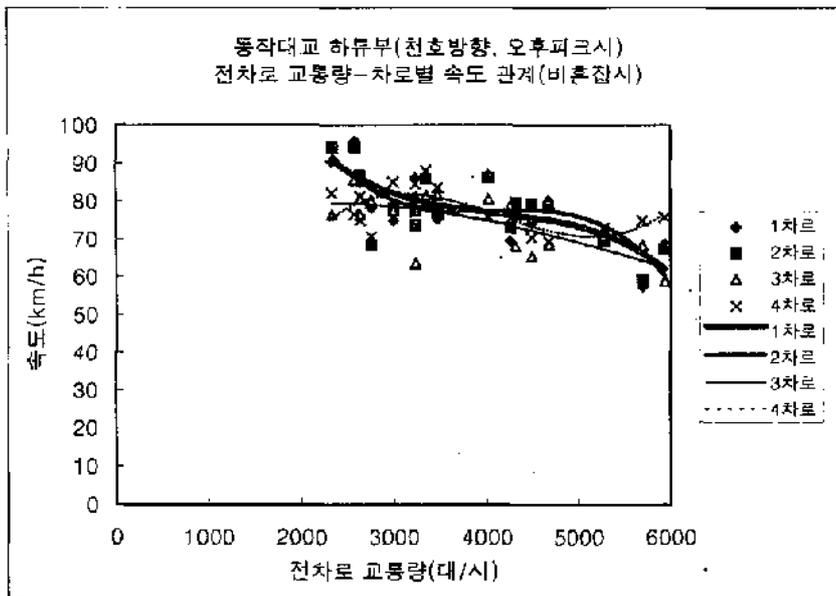
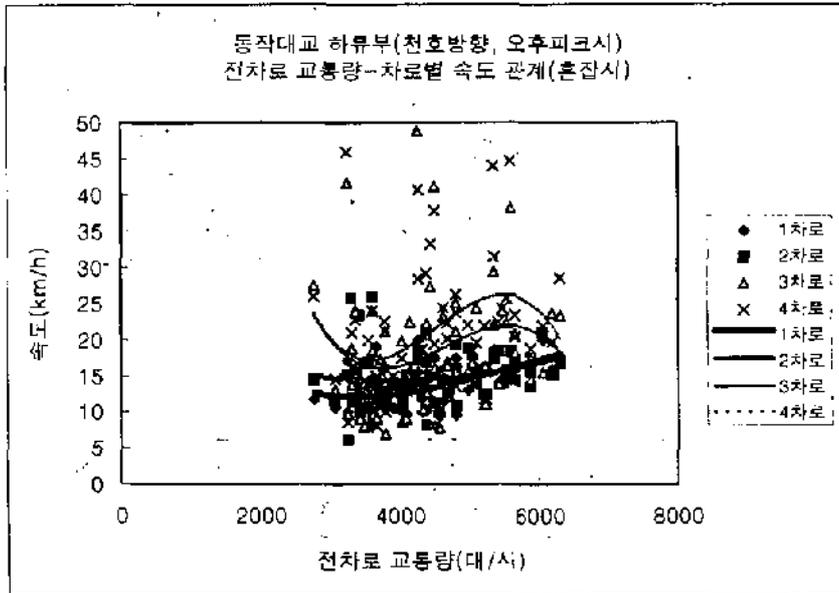


4.4.2 동작대교 상류부(잠실방향)

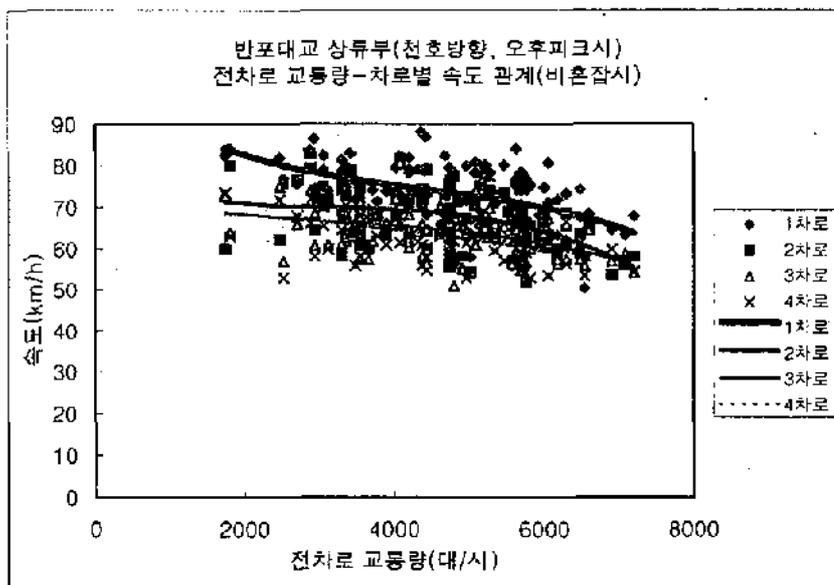
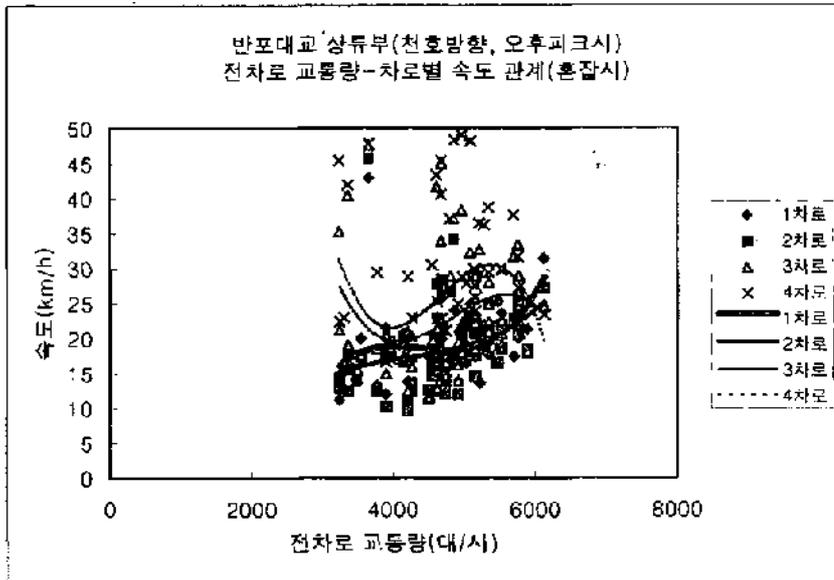


4.5 램프접속구간

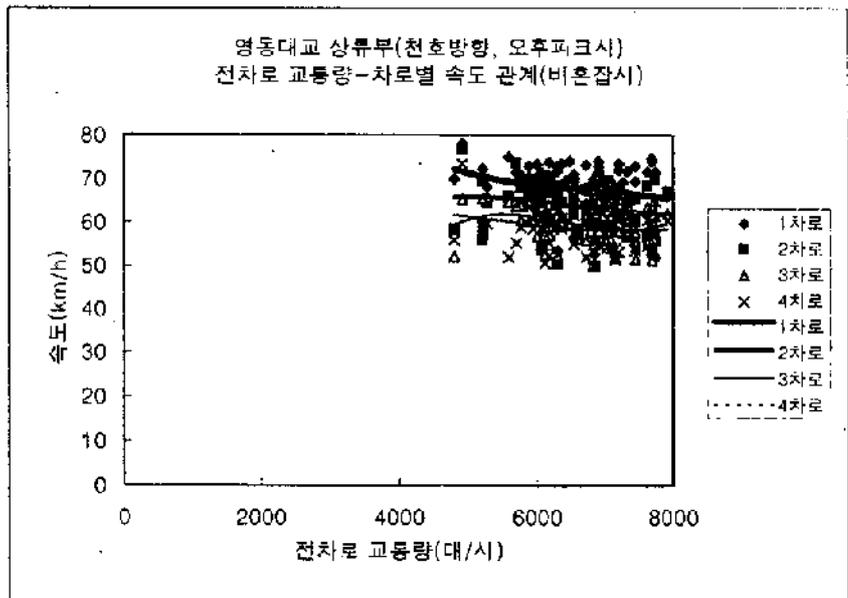
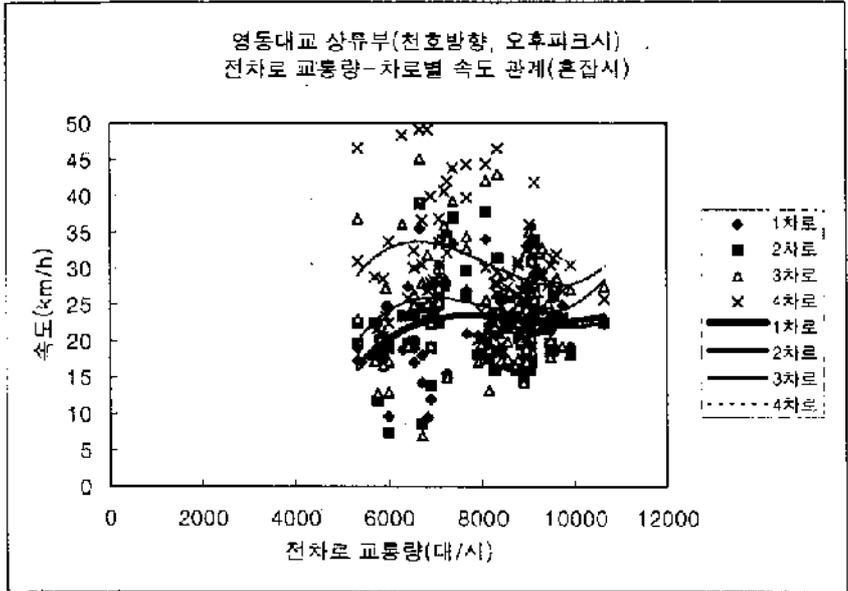
4.5.1 동작대교 하류부 (잠실방향)-진입램프 상류부분



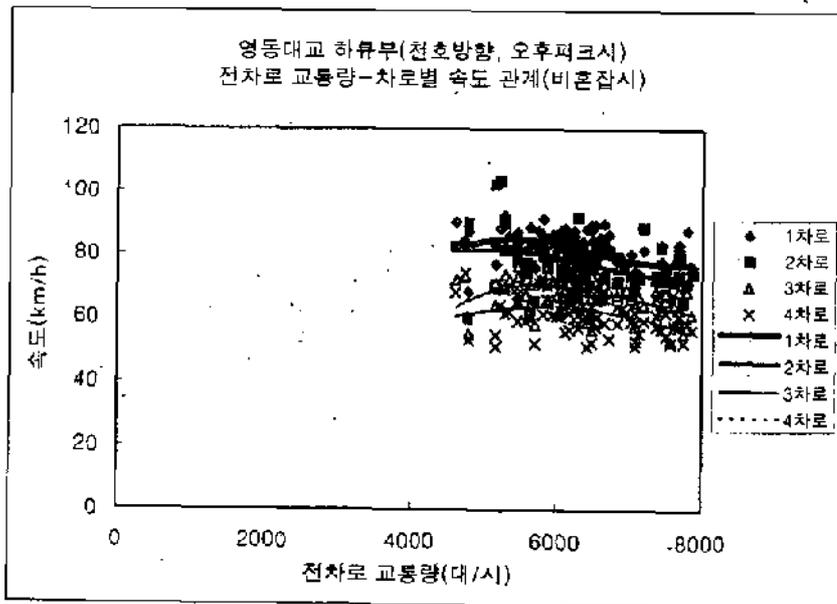
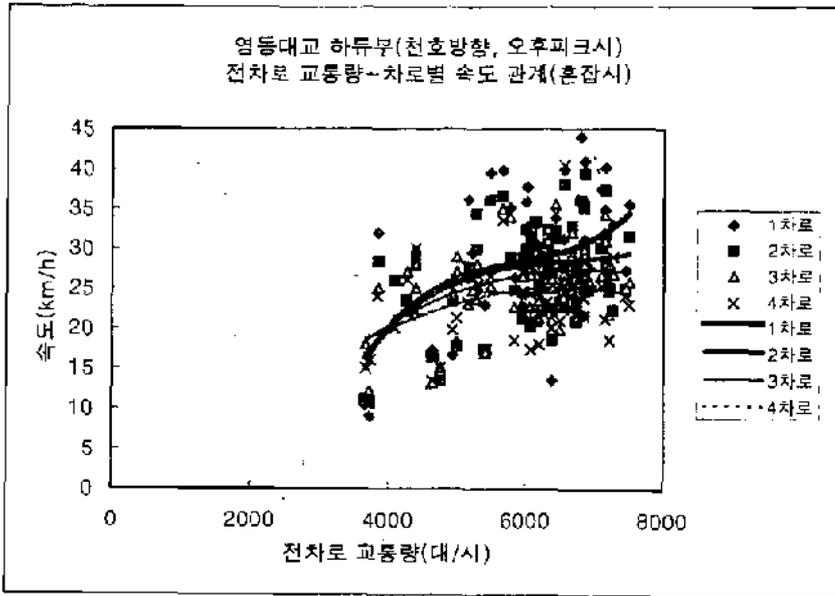
4.5.2 반포대교 상류부(잠실방향)-진입램프 하류부분



4.5.3 영동대교 상류부(잠실방향)-진출램프 상류부분



4.5.4 영동대교 하류부(잠실방향)-진출램프 하류부분



4.6 잇갈림 구간

4.6.1 영동대교 하류부(공항방향, 오후파크시)

