

# 1. 序 論

---

1.1 研究의 範圍

1.2 서울시 都市高速道路 知能化事業 推進의 背景 및 目的

1.3 知能化事業 推進과 서울시의 與件

1.4 研究의 內容



# I. 序 論

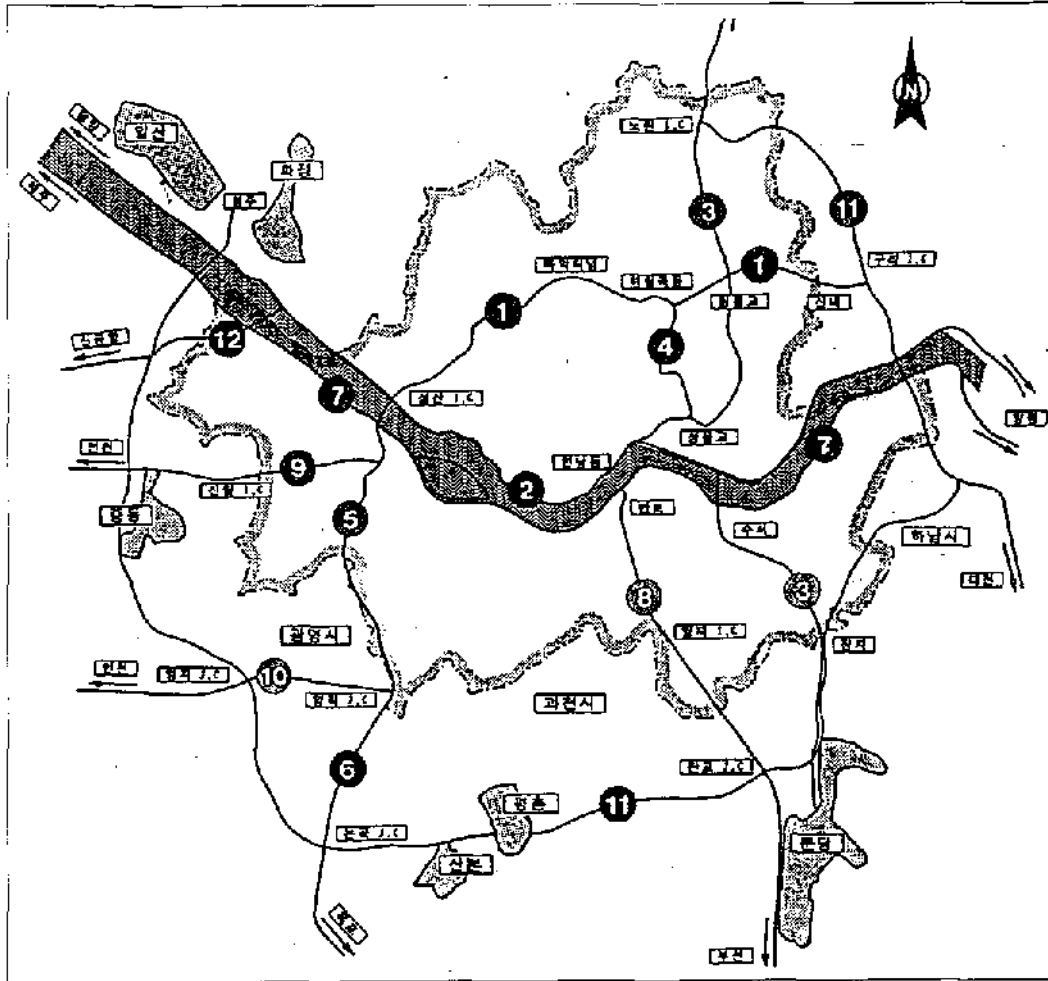
## 1.1 研究의 範圍

본 연구는 도로망의 효율과 안전을 提高하기 위한 방법으로서 현재 국내외적으로 매우 활발한 연구가 진행되고 있는 ITS(Intelligent Transport System)를 서울시에 도입하는 방안을 제시하는데 그 目的을 두고 있다. 서울시 도로망은 주요 幹線道路와 도시고속도로로서 대표될 수 있으며, 이중 도시고속도로망은 현재까지도 건설단계에 있으며 그 형태를 갖추어 가고있다. 주요간선도로에 대하여는 新信號 시스템이 연구·개발되어, 실험이 진행 중에 있는 단계로서 현재 경찰청과 이의 有關기관에서 사업이 꾸준히 진행중이다. 반면, 도시고속도로는 올림픽대로를 비롯한 현재 개통되어 운영되고 있는 구간들의 문제의 심각성에도 불구하고 방치되어온 것이 사실이다. 본 과업에서는 서울시 도시고속도로망의 효율과 안전을 제고하는 知能化 방안을 제시하는데 연구의 초점을 맞추고자 한다.

서울시는 도로교통의 幹線機能을 수행하는 총 연장 300km에 이르는 도시고속도로망을 계획하고 있다. 서울시 도시고속도로망은 放射型 중심의 기존 간선도로망 체계를 보완하는 循環線과 남북, 동서 간선축으로 형성된다. 이들 중 올림픽대로와 서부간선도로는 전 노선이 완공되어 운영 중에 있으며, 강변북로, 동부간선도로는 일부구간이 개통되어 운영되고 있으며, 나머지 노선은 건설 혹은 설계 중에 있다. 서울시 도시고속도로망 노선별 현황에 대한 概要는 <표 1-1>과 <그림 1-1>에 제시되어 있으며, 이들 각 노선별 유출입 연결로의 기하구조를 포함한 圖面을 부록 A 에 수록하였다.

<표 1-1> 서울시 도시고속도로 노선별 현황

노 선		구 간	연장 (km)	차선수	비 고	
내 부 순 환	북부간선	성산대교-북악터널-하월곡동	15.2	6	'98.12 완공예정	①
	정릉천변	성동교-마장동-하월곡동	6.8	6	'97.10 완공예정	③
	강변북로	용비교-한강대교-성산대교	16.4	8	'96.12 완공예정	②
	동부간선	성동교-용비교	1.7	8	완공	④
강남순환		염창IC-잠실IC	46.9	6	타당성조사용역중	
올림픽대로		개화동-시계	42.5	8	완공	⑦
강변북로		행주대교-성산대교, 용비교-토평리	25.2	6~8	완공 실시설계중	⑤
서부간선		시흥대교-증산동	17.3	4	완공	⑥
동부간선		시계-용비교 강변북로-장지IC	30.3	4~8	완공 '98.12 완공예정	⑧
북부간선		하월곡동-구리IC	9.8	4	'98.12 완공예정	⑨
중앙간선		낙원동-중계동	14.3	4	실시설계중	
남부간선		행주대교-양재IC	28.7	4	기본설계완료	



<그림 1-1> 서울시 도시고속도로 노선망도

## 1.2 서울시 都市高速道路 知能化事業 推進의 背景 및 目的

도시고속도로는 高速·高容量의 교통 처리 능력을 갖춘 도로시설로 도시도로교통의 중추적 역할을 한다. 서울시에서는 방사형 간선도로 중심의 道路體系를 개선하는 역할을 할 것으로 기대된다. 그러나, 이미 개통된 올림픽대로, 서부간선도로, 동부간선도로의 운영상황을 볼 때, 고속·고용량의 쾌적하고 신속한 통행은 도시고속도로의 建設로 보장되는 것이 아님을 알 수 있다. 도시고속도로를 이용하고자 하는 通行需要가 점점 커져가고 있으며, 이에 따라 기존 간선도로에 못지 않은 混雜이 발생하고 있다.

5조 이상의 비용을 투자하고 십여 년의 건설기간을 소요하여 구축되는 도시고속도로망이 혼잡으로 인하여 그 효과를 거두지 못한다면 커다란 損失이며, 이 혼잡을 완화하기 위하여 다시 도로망을 확충하는 것은 도로교통 혼잡완화의 근본적인 해결책이 아닐 뿐만 아니라, 가능하지도 않다.

이에 따라, 이미 건설되었거나 현재 건설중인 도시고속도로망의 효과적인 관리로 인하여 도로운영의 效率을 높이는 것이 도로교통 개선의 바람직한 대안의 하나로 제시되고 있다. 이미 서울시정개발연구원, 도로교통안전협회 등의 관련 연구를 통하여 서울시 도시고속도로관리의 효과가 立證되었으며, 국내외의 ITS (첨단교통체계: Intelligent Transport System) 관련 연구 및 실험의 전개에 따라 고속도로 관리를 통한 효과를 한층 높일 수 있는 기술적 발전을 이루고 있다.

이러한 배경에서 서울시 도시고속도로 知能化事業이 추진되고, 이를 통하여 서울시 도시고속도로망의 기능 확보를 통한 서울시 도로교통의 改善을 기하고자 함이다. 즉, 도시고속도로상에서 다양한 원인에 의하여 발생하는 혼잡을 사전에 예방하고, 일단 발생한 혼잡은 신속히 해소되도록 하기 위한 제반의 조치를 수행하는 시스템의 構築 및 運營·管理를 수행하는 것이다.

### 1.3 知能化事業 推進과 서울시의 與件

高速道路 交通管理 시스템의 설치 및 운영은 1955년 미국의 디트로이트 시내 John Lodge 도시고속도로의 교통상황을 파악하기 위하여 설치한 폐쇄회로 TV (CCTV)가 그 시작이라고 할 수 있다.<sup>1)</sup> 이후 고속도로의 運營效率을 높이기 위한 기법과 이를 수행하기 위한 장비들이 개발되어, 미국의 대도시를 중심으로 시스템을 설치하고 운영해 오고 있다. 이미 우리나라에서도 地域間 高速道路를 대상으로 한 고속도로 교통관리사업이 추진 중이며, 시범사업으로 서울-대전 간 311km 구간을 대상으로 교통관리 시스템을 구축하여 운영하고 있다.

고속도로 교통관리시스템은 수 십년 간에 걸쳐 이루어진 연구·개발과, 시스템의 구축 및 운영의 경험을 통하여 시스템의 구성요소와 전체적인 구성 그리고 이를 통해 구현되는 서비스가 비교적 定形化된 틀을 갖추고 있으며, 이에 대한 연구는 개선된 운영으로 인해 고속도로 이용자가 뚜렷한 便益을 얻고 있다는 사실을 보여주고 있다.

그러나, 아직까지도 그 효과에 비하여 상대적으로 적은 수의 고속도로에서만 고속도로 교통관리시스템이 운영되고 있다. 이것은 대부분의 도로 管理廳이 교통관리시스템의 설계 및 운영이 지나치게 복잡하다고 생각하기 때문이다.<sup>2)</sup>

실제로 동일한 서비스를 구현하더라도 시스템의 구성기술은 다양한 代案을 가지게 되며 각 대안에 따라 서비스의 質과 투자비용, 유지·보수·관리비용 등이 차이를 가지게 되므로 사업추진을 위해서는 복잡한 기술적 요소에 대한 검토가 요구된다. 또한 고속도로노선을 따라 방대한 지역에 걸쳐 설치되는 각 구성요소가 하나로 連繫되어 운영되는 시스템이므로 효과적인 교통관리를 위해서는 현장의 교통 자료수집 시스템, 자료처리 시스템, 관리조치 수행 시스템 등 구성 부 시스템 간의 유기적 연계를 마련하는 것이 필수적이다.

더욱이 ITS의 전개와 함께 고속도로 교통관리시스템을 구성하는 요소기술들의 발전 속도가 눈에 띄게 빨라지고 있다. 최적의 교통관리를 구현하는데 기본이 되

1) FHWA, 1983, Freeway Management Handbook

2) FHWA, 1983, Freeway Management Handbook

는 교통자료 수집의 정확도와 속도가 향상되고 있으며, 서비스를 구현하기 위한 새로운 장비들이 개발되고 있다. 기술의 진보는 다양한 방향으로 진행되고 있으므로, 지속적인 시스템의 성능 확장과 높은 수준의 교통관리 구현을 위해서는 충분하고 신중한 기술적 요소에 대한 검토 및 향후 발전에 대한 展望을 가지고 교통관리 시스템을 구축하는 것이 필요하게 되었다. 이는 ITS의 전개에 따른 統合 교통관리 체계와의 연계와 서비스의 확장에 따른 중복 투자를 최소화하여 투자의 효율을 기한다는 측면에서도 중요한 요소이다.

고속도로 교통관리시스템의 방대한 규모와 커져가고 있는 복잡성에 비추어 볼 때, 도시고속도로에 대한 교통관리경험이 전혀 없는 서울시로서는 효율적인 사업추진에 어려움이 있을 것으로 예상된다. 현재 서울시에서 이루어지고 있는 교통관리는 경찰청에 위임하여 운영하고 있는 신호관제, 그리고 버스전용차선제, 가변차선제, 남산터널의 통행료 징수에 局限되어 있으며, 더욱이 시행되고 있는 교통관리조차 일관된 행정적 질서 속에서 수행되고 있지 않으므로 교통관리 계획의 수립, 관리시스템의 설계, 설치 및 운영·관리에 대한 像을 가지고 있지 못한 상황이다.

서울시 도시고속도로 지능화사업의 주체가 되어야 할 서울시의 여건은 사업추진의 기본 토대가 되는 인력, 법·제도적 환경도 갖추지 못하고 있으며, 사업추진에 있어 기존 교통운영 관련기구간의 조정, 새로운 기구의 신설에 있어서도 쉽게 합의를 導出하기 어려울 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구를 통하여 제시되어야 할 부분은 “서울시 도시고속도로 지능화사업”을 위하여 새로운 서비스를 개발하는 것이 아니라, 국내외에서 이미 구현한 바 있는 첨단 교통관리기법에 대한 검토를 통해 서울시 도시고속도로에 적용 타당한 교통관리를 규정하고 이를 구현하는 구성요소에 대한 기술적 검토를 수행하여 서울시 교통관리를 위해 가장 효과적인 도시고속도로 교통관리시스템을 구현하는 것이다. 이와 동시에 지속적이고 효율적인 사업추진을 위한 토대가 되는 인력구성, 법·제도의 정비, 행정기구간의 조정, 기구의 신설 등과 관련된 정책적 사항에 대한 합리적인 방안의 마련이 요구되는 사업이다.

## 1.4 研究의 內容

고속도로 관리시스템 구축 및 운영사업은 방대하고 복잡한 구성요소를 하나의 시스템으로 결합하여야 하며, ITS의 展開에 따라 그 복잡성은 더 커져가고 있다. 이에 반해 사업의 추진주체인 서울시는 아직 고속도로 교통관리시스템의 설치와 운영의 경험이 없고 사업의 효율적 추진을 위한 기반을 가지지 못하고 있는 것이 현실이다. 따라서 사업추진에서 발생할 수 있는 誤謬를 최소화하고 효과적으로 사업을 추진하기 위해서는 각종 교통관리기법의 적용 타당성, 교통관리의 효과적 구현을 위한 사전정비, 기술적 대안에 대한 상세한 검토 및 적정 기술의 결정, 사업추진 및 운영·관리 주체의 마련, 법·제도적 정비 등 포괄적인 사항에 대한 합리적인 계획이 장기적 眼目에서 수립되어야 한다.

포괄적인 내용을 포함하고 있는 사업을 추진하는 초기 단계인 본 연구에서는 사업의 성격과 서울시의 여건을 고려하여 효과적인 교통관리의 구현을 위한 기술적 부문과 효율적인 사업추진을 위한 정책적 부문에 대한 것으로 나누어 연구를 수행한다.

2장에서는 서울시 도시고속도로 지능화 구현구상을 수행하여 서울시 도시고속도로에 적용하는 교통관리전략을 규정하고 이를 위한 시스템의 요구기능, 시스템의 설계를 위한 흐름도를 작성하고 단계별 시스템의 구축방향을 제시한다.

3장에서는 교통관리를 구현하기 위하여 연구되어야 하는 세부연구과제를 제시하여 향후 수행되어야 할 연구의 내용과 기본방향을 제시한다.

4장에서는 서울시가 도시고속도로 지능화사업을 추진하기 위하여 순차적으로 수행해야 할 과제에 대하여 제시하였다. 여기서는 先決課題로 현장에서의 환경구축, 사업추진체계의 마련, 사업 기획력 제고, 기술력제고를 제시하였으며, 과제해결의 기본방향을 제시한다.

5장에서는 결론 및 정책건의로 본 연구를 마무리하고자 한다.



## II. 서울시 都市高速道路 知能化 具現構想

---

2.1 接近方法

2.2 시스템의 基本構想

2.3 要求機能別 技術的 檢討

2.4 시스템의 具現構想

2.5 시스템의 段階別 構築 構想



## II. 서울시 都市高速道路 知能化 具現構想

### 2.1 接近方法

知能화된 都市高速道路 管理體系 수립을 위한 목표는 사용자 서비스를 제공하는 機能的 요소들을 資料收集-資料의 處理-交通管理의 틀을 가지는 하나의 시스템에 統合시킴으로써 效率性 및 效果性을 極大化하는 것으로, 短期的으로는 技術的·經濟的 妥當性을 가지는 사용자 서비스를 제공하는 시스템에서 시작하여 向後 技術開發에 따라 具現될 사용자 서비스를 제공하는 시스템으로 段階別 構築을 지향하되 向後에 實現될 사용자 서비스를 제공할 수 있도록 시스템의 아키텍처 (Architecture)를 構築하는 것이다.

이러한 脈絡에서 도시고속도로 지능화 구현을 위한 접근방법은 다음과 같이 提示될 수 있다.

- 1) 기존 尖端道路交通體系 관련 연구에서 수행된 전자·통신·정보 분야의 核心技術에 대한 검토의 성과물을 기초 참고자료로 활용한다.
- 2) 知能화된 尖端道路가 제공하는 사용자 서비스를 구체적으로 확정한다.
- 3) 정의된 사용자 서비스 구현을 위한 시스템 기능적 구성요소들의 相互關係를 규명한다.
  - 서비스를 구현하기 위해 요구되는 기능적 요소는 다수의 서비스가 共通으로 요구하는 것도 있으며, 하나의 서비스를 제공하기 위하여 독자적으로 요구되는 것도 있다. 使用者 서비스를 구현함에 있어 이러한 자료의 共有關係를 밝히도록 한다.
- 4) 知能화의 구현에 있어서 기술적 현실성과 경제적 타당성이 있는 서비스를 우선적으로 제공하도록 하되 向後 技術開發에 따라 구현될 서비스를 包括하여 단계별 구축이 가능하도록 한다.
  - 도시고속도로 지능화의 技術的 擴張은 사용자 서비스의 양이 커지고,

질이 향상되는 것을 의미하는 것으로 기술적 요소의 發展에 의하여 결정된다. 기술적 요소에 대한 檢討 및 展望은 간선도로 지능화의 단계적 구축 計劃 樹立의 근거가 된다.

- 5) 이와 같이 제안된 시스템 구현을 위한 S/W 및 H/W와 관련한 핵심요소 기술에 대한 결정은 국내외 업계의 技術水準 및 시장/사용자에 의해 이루어 지도록 하며, 본 연구에서는 이를 위한 方向提示 및 環境構築을 제안한다.

## 2.2 시스템의 基本構想

### 2.2.1 目標의 設定

수요가 공급 수준을 초과하여 발생하는 混雜의 문제, 적절한 관리의 부재로 인한 非效率性, 이러한 문제들로 인해 파생된 환경오염심화 등 현재 도로시설의 한계를 道路知能化의 구현을 통해 극복하도록 한다. 이러한 맥락에서, 도시고속도로 지능화의 目標은 다음과 같이 설정하도록 한다.

1. 도로의 효율성 極大化
2. 안전성 提高
3. 환경오염 切感

이러한 목표를 實現하기 위해 시스템이 제공하여야 할 사용자 서비스 및 이에 요구되는 시스템의 기능들은 다음에서 定義하도록 한다.

### 2.2.2 使用者 서비스 設定

도시고속도로 知能化 具現을 통하여 효율성, 안전성, 환경성을 제고하고자 할 때, 지능화된 시스템이 提供하여야 할 사용자 서비스는 크게 세 가지로 다음과 같이 압축될 수 있다.

1. 停滯管理
2. 잠재적 危險要因 관리
3. 環境沮害要因 관리

이러한 시스템이 제공하여야 할 서비스를 具現하기 위해 고려하여야 할 각각의 관리 대상은 존재하며, 예컨대 停滯管理를 위해서는 출퇴근 시간대와 같이 매일 반복적으로 발생하는 常時停滯와 有故 혹은 공사 등으로 인한 비 상시정체가 그 관리 대상이 된다. 都市高速道路 시스템이 안고 있는 대표적인 잠재적 위험요인은 급커브, 터널을 비롯한 위험한 幾何構造, 차량의 과적 및 과속, 안개와 폭설 등

을 비롯한 악천후, 기타 天災地變 등이 있다. 대표적 환경저해요인 차량의 배기가스 과다 배출로서 이에 대한 관리가 요망된다.

이와 같은 관리대상들에 대해 각각의 사용자 서비스를 구현하기 위하여 시스템이 갖추어야 할 要求機能에 대한 정의가 필요하며, 이 내용은 다음 항에 敘述되어 있다(<표 2-1> 참고).

### 2.2.3 基本要求機能

앞서 제시하였듯이 도시고속도로 관리 서비스는 停滯管理와 潛在的 위험요소 관리, 환경 阻害要因 관리의 세 가지 측면에서 제공되는데, 각 서비스 실현을 위해 시스템에 요구되는 基本的 기능을 나열하면 다음과 같으며, 실제 시스템 구현에 요구되는 細部機能에 대하여는 이들을 기본으로 하여 다음 절에서 다루도록 한다.

#### 가. 停滯管理(常時停滯, 非 常時停滯)

- 교통상황 監視
- 進入調節(진입부, 터널, 다인승 전용차선)
- 進出調節
- 본선 속도조절
- 車線制御
- 정보 제공
- 通行料 징수
- 다인승 전용차선 운영 / 위반단속

#### 나. 潛在的 危險要素 管理

- 급커브 過速 감시
- 過積/過速 감시/단속

- 공사구간 관리
- 기상조건 감시
- 정보제공
- 견인, 소방, 의료서비스 연계체계
- 기타 유관기관과 연계체계

#### 다. 環境 沮害要因 관리

- 배기가스 배출 감시

<표 2-1> 도시고속도로 관리체계

제공서비스	관리 대상	기본요구기능
정체관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 상시정체</li> <li>· 비상시정체               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유고 (사고, 고장차량 등)</li> <li>- 도로공사</li> </ul> </li> </ul>	교통상황감시 진입조절 진출조절 본선속도조절 차선제어 정보제공
		통행료 징수 다인승전용차선운영/위반단속 과적/과속 감시/단속
잠재적 위험요인 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 위험한 기하구조               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 급커브</li> <li>- 터널</li> <li>- 기형적 유출입 구간</li> </ul> </li> <li>· 과적/과속</li> <li>· 악천후               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 안개, 폭설, 폭우, 결빙</li> </ul> </li> <li>· 기타 천재지변               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 화재, 가스사고 등</li> </ul> </li> </ul>	기상조건감시 정보제공 견인,소방,의료서비스 연계 경찰, 기상청과 협조체계 기타 유관기관과 협조체계
환경저해 요인 관리	배기가스과다배출	배기가스 배출 감시/단속

## 2.3 要求機能別 技術的 検討

‘시스템의 구현이란 무엇인가’를 여러 각도에서 조명해 볼 수 있으나, 이를 각각의 관리대상에 따라 기본요구기능들을 어떻게 조합할 것인가를 결정하고 이를 통해 사용자 서비스 제공을 實現하는 것으로서 바라볼 수 있다. 본 절에서는 시스템이 요구하는 基本機能들의 技術的인 면에 대해서 개별적으로 검토해 보고, 이들을 어떻게 조합하여 실제 시스템을 구현해 갈 것인가에 대하여는 다음 절에서 논하도록 한다.

### 2.3.1 停滯管理

#### 가. 進入調節(進入部, 터널, 多人乘 專用車線)

진입조절의 목적은 과도한 진입을 억제하여 본선의 원활한 교통흐름을 유지하기 위한 것이다. 이는 최적의 交通密度와 速度가 유지되고 있을 때, 교통류율(flow rate)이 최대가 되는 원리에 따라 적용되게 된다.

기본적인 제어방법에는 固定時間式미터링(pretimed metering)과 交通需要反應式미터링(traffic responsive metering)등이 있다. 교통수용반응식의 미터링의 경우 교통수요 정보를 획득하기 위한 檢知機 장비는 필수적이며, 현장에서 수집된 검지기 자료는 현장처리기에 의해 램프신호등을 제어하는데 사용되며 경우에 따라서는 센터에 實時間 검지기 자료를 일정시간 간격으로 전송하기도 한다. 교통상태, 램프의 입지조건, 형태 등에 따라 아래와 같은 여러 가지 制御方法이 있으며 미터링율은 보통 최소 180-240대/시 ~ 최대 750-900대/시로 주어진다.

#### 가) 固定時間式 제어

미터링 율이 주도로의 교통조건에 별로 영향을 받지 않을 경우, 고정시간식 제어가 이루어지는데 이 방법도 檢知機를 필요로 하는 경우가 많다.

고정시간식의 미터링率は 제어램프에서 인접한 본선교통량의 과거자료에 따라 미리 결정되고 램프 신호등은 미리 정해진 미터링率에 따라 운영된다.

#### 나) 交通需要反應式 제어

交通需要反應式의 미터링 을은 제어램프가 인접한 본선의 실시간 교통조건에 기초하여 결정된다. 램프신호는 교통신호의 급격한 변화에 대응하여 가변적으로 결정된다. 이 방법은 고속도로의 본선의 흐름을 악화시키지 않는 범위 내에서 최대 램프 유입량을 결정하게 된다.

#### 다) 統合的 제어

統合的 램프제어(integrated ramp control)는 지정된 고속도로 부분으로 진입하는 여러 램프들이 하나의 시스템으로써 제어된다.

침두시 동안의 램프미터링의 效果는 대단하다. 시카고지역의 事例研究를 보면, 램프미터링의 시행으로 침두 혼잡이 60%, 事故는 18%까지 감소하였다. 물론, 고속도로운영의 효율성의 향상은 고속도로의 혼잡정도에 따라 달라질 것이다.

#### 나. 停滯情報 提供

용량감소를 유발하는 有故의 유무, 混雜이 발생하는 지역과 기간, 우회 가능한 代案經路 등과 같은 하류교통상황에 대한 정보를 제공하는 것이다. 이러한 정보 제공의 목적은 하류교통정보의 위급한(hazard) 상황을 운전자로 하여금 인식하게 하여, 본선의 수요를 억제하고 다른 우회경로로 분산하고자 하는 것이다. 이러한 운전자안내시스템에는 가변정보판(variable message sign)과 노변라디오정보 등이 있다.

#### 다. 本線 速度 調節

可變速度制御(variable speed control)라고도 불리며 교통류의 속도가 최적일 때, 최대교통량이 지나갈 수 있다는 이론에 기초한 制御戰略이다. 물론 가변속도제어는 교통류의 흐름이 안정적이고, 수요가 용량을 초과하지 않을 때 적절하며, 그렇지 않은 경우에는 기껏해야 혼잡시작을 조금 연기시킬 뿐 混雜을 방지할 수는 없다. 가변속도제어는 고속도로 본선 상에서 실시간으로 획득되는 交通變數(속

도, 교통량, 점유율)에 기초하여 가변정보판에 제한속도를 표시하여 적용한다.

#### 라. 進出調節

진출조절은 하류 진출부에서의 대기행렬이 본선에 미친 영향과 진출부와 인접한 교차로의 停滯度에 근거하여 본선 상류에서 정보를 제공함으로써 운전자들이 혼잡한 진출부를 이용하는 것을 방지하여 부가적인 정체현상을 미리 막기 위해 사용되는 技法이다. 진출조절을 위한 정보제공은 가변정보판(variable message sign)과 노변라디오정보 등의 운전자 안내시스템에 의하여 이루어 진다.

#### 마. 混雜通行料 自動徵收

승용차 통행량의 증가에 따른 교통혼잡의 심화를 고려할 때, 고속도로에 대한 관리는 수요의 처리가 아니라, 적극적인 需要의 管理를 지향하여야 한다. 도시고속도로 상의 주요 정체 지점을 대상으로 自動徵收方法을 이용하면 징수에 따른 지체 없이 수요의 분산을 유도할 수 있다. 또한 自動徵收方法을 이용하면 시간대별로 混雜稅를 차등 징수 할 수 있으므로 수요의 시간적 분산으로 혼잡 통행료 징수의 효과도 향상시킬 수 있을 것이다.

자동징수에는 다양한 방식이 있으며, 현재 국내 IVHS 연구·개발에서는 自動車 輛認識機能을 이용한 징수방식이 연구되고 있다. 혼잡세 시행과 관련된 정치적 문제(개인의 privacy, 형평성의 문제)가 사전에 논의 되어야 한다.

#### 바. 多人乘 專用車線 運營 / 違反 團束

多人乘 專用車線 운영의 목적은 카풀과 밴풀의 형성, 그리고 대중교통이용의 촉진을 위하여 多人乘車輛(high-occupancy vehicle)에 대해 전용 차선을 확보해 줌으로써 통행의 이점을 제공하는 것이다. 이를 시행할 경우, 차량의 수요가 감소할 것이고, 더 많은 사람과 화물들이 고속도로에서 보다 效率的 으로 통행할 수 있을 것이다.

버스전용차선위반 단속시스템이 市 차원에서 설치된 예는 아직 없다. 다만 다

인승 전용 차선이 대폭 확대되는 추세에 있고, 따라서 이들의 위반을 감시하기 위한 시스템의 필요성이 대두되고 이에 대한 제안 요청이 이루어지고 있는 단계이다.

#### 사. 情報提供

예) 가변정보판을 통하여 제공되는 정보

- ① 소통원활, 부분정체... 등과 같이 제량적 분석에 의하지 않는 정보
- ② 현재 진입한 도로를 통하여 한 지점을 통과하는데 소요되는 推定通行時間 정보
- ③ 현재 진입한 도로의 추정통행시간 뿐만 아니라, 대안도로의 추정통행시간 정보

#### 아. 交通軸(corridor) 制御

고속도로의 交通軸은 고속도로 본선과 램프, 고속도로의 부가차선(service road), 대안경로로 사용될 수 있는 교통망상의 평행한 도로, 고속도로의 램프와 평행한 대안경로를 연결하는 cross streets 등을 모두 포함한다. 고속도로 交通軸의 제어 목적은 과 부하된 도로에서 容量의 여유가 있는 도로로 교통량을 전환함으로써 교통축 용량의 효율을 最適化하는 것이다. 전체 교통축상의 실시간 교통정보에 기초하여, 진입램프와 본선제어, 그리고 도시가로망 제어가 적절히 조화를 이루어야 성공적인 수행이 가능해 진다. 교통축제어를 위해서는 다음과 같은 技法들을 총 동원해야 한다.

- 고속도로와 평행한 도로의 신호연동
- 도시고속도로 IC 와 직교하는 교차로의 신호연동
- 진입램프 통제시 인접교차로까지 증가하는 대기차량의 길이 통제
- 진입램프미터링과 주변 신호교차로와의 연계
- 유고 발생시 신속한 유고처리

### 2.3.2 潛在的 危險要素 管理

#### 가. 급커브 過速監視

급커브 구간에서의 과속은 대형사고의 원인이 되므로 制限速度 위반사례의 단속을 위한 시스템의 설치 운영이 요구된다.

#### 나. 過積 團束

각종 도로 시설물의 안전을 위협하는 트럭이나 화물차량의 허용 적재량 위반 사례를 단속한다.

#### 다. 氣象條件 監視

교통 안전상 위험요소를 제공하는 기상조건 (예기치 않았던 악천후 등으로 인한 노면상태나 국지적 지형적 원인으로 인한 이상 기상현상등)을 감시하여 危急狀況(hazardous situations)이 있다고 판단되면 이를 운전자 정보제공 시스템을 통하여 운전자들에게 알리고, 동시에 가능한 경우에 관계기관에 의한 위험요소 제거 작업이 수반되어야 한다.

#### 라. 牽引, 消防, 醫療서비스 連繫體系

중양의 고속도로 관리 센터와 견인, 소방, 의료서비스와의 유기적 연계체계를 수립함으로써 유고 발생 확인시 유고의 처리에 필요한 처리반을 신속히 유고지점에 파견함으로써 유고의 영향을 最小化하고 2차 사고를 예방한다.

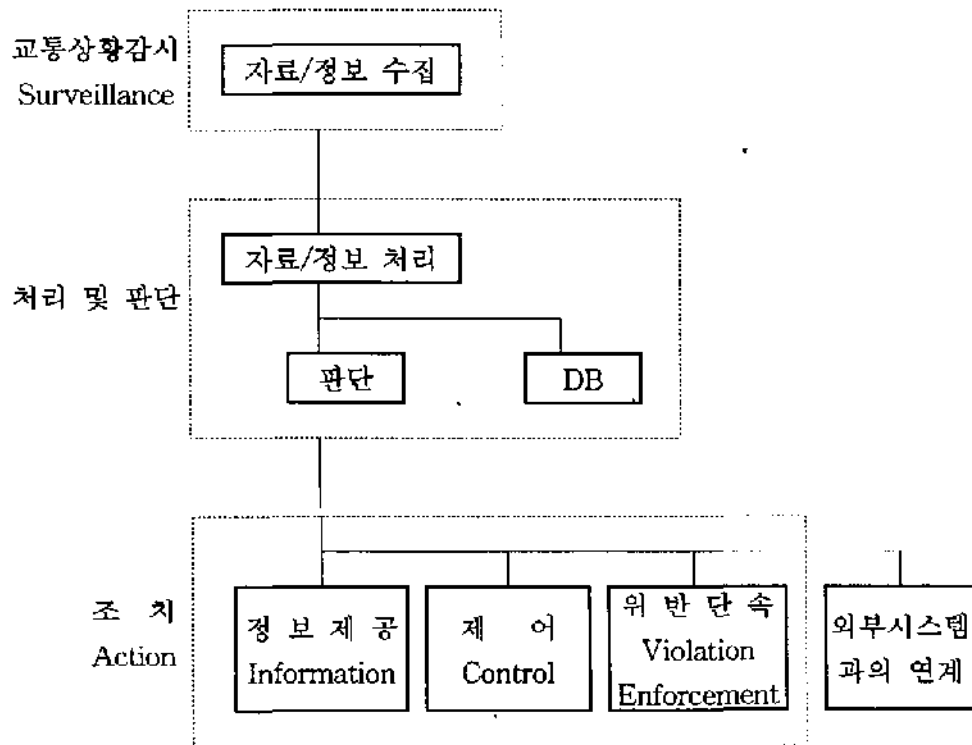
### 2.3.3 環境沮害要因 管理 - 排氣가스 排出監視

심각한 環境問題로 대두되고 있는 대기오염의 주 원인인 자동차 배기가스의 오염물질 過多排出 위반 사례를 감시 단속한다.

## 2.4 시스템의 具現構想

### 2.4.1 시스템 具現의 틀

知能化된 도시고속도로가 제공하는 서비스 및 요구기능을 하나의 시스템으로 구현하는 틀/체제는 <그림 2-1>에 나타난 바와 같다. 交通狀況 감사를 통하여 수집된 交通 資料/情報은 처리되어 데이터베이스(DB)에 저장되는 동시에 각종 서비스/기능의 구현을 위한 判斷을 위해 사용된다. 기능별 판단 알고리즘은 주어진 자료를 토대로 각 서비스/기능이 취해야 할 적절한 措置를 고안, 출력한다. 이들은 취합하여 각종 정보제공, 제어, 위반단속 등으로 구성된 일련의 조치가 이루어지게 된다.



<그림 2-1> 도시고속도로 관리 시스템 구현틀

#### 2.4.2 시스템 具現의 前提條件

知能化란, 전통적인 도시고속도로 관리기법에 더하여 요즈음 발달된 통신, 전자기술을 활용하여 보다 진보된 尖端 시스템 具現을 의미한다. 이러한 맥락에서 尖端都市高速道路 관리시스템의 구현에 갖추어야 할 기능적 전제조건을 제시하면 다음과 같다.

- 기법이 실시간(real-time) 구현되어야 한다.
- 교통흐름의 변화에 대응하여야 하고 더 나아가 어느 정도 앞을 예측하여야 한다.
- 대상지 전역에 걸친 자료수집 체계가 갖추어져야 한다.
- 각 기법이 통합적으로 구현되어야 한다.

이러한 要求條件이 만족되기 위해서는 차량흐름의 상태 및 차량 정보의 실시간 수집과 자료관리 및 처리, 그리고 제어, 통신 등의 능력을 갖추어야 하는데, 이러한 능력을 갖춘 도시고속도로 관리체계의 구현이 '都市高速道路 知能化'이다.

#### 2.4.3 시스템의 細部要求 機能

시스템에 요구되는 세부요구기능을 監視/資料收集 → 情報處理 및 判斷 → 制御/情報提供/違反圈束의 틀 속에서 규정함과 동시에, 현장을 본선, 진입부, 진출부, 급커브, 터널, 다인승전용차선 등으로 구분하여 정리하였고, 그 내용은 <그림 2-2>에 제시되어 있다. 특히 細部要求機能을 정의함에 있어 현장에 대한 물리적 구분을 시도한 배경은, 向後 시스템 設計 및 設置는 물리적인 것에 기준 하여 작업이 이루어짐에 근거한다.





<표 2-2> 현장에 요구되는 수집자료 및 처리정보

정보의 종류	현장에서의 전략적 위치			
	본선	진입부	진출부	급커브
속도	구간 평균주행속도			감시지점에서의
교통량	단위 시간당 교통량		단위 시간당 진출 교통량	
밀도	단위시간당 점유율에 근거하여 계산		단위시간당 진출 램프 점유율에 근거하여 계산	
진입량		단위시간당 진입 교통량		
대기행렬		각 time slice별 대기행렬의 평균길이		
차량인식†		차종 및 번호판 인식		
중량†		차종 및 번호판 인식		
배기가스†		유해가스 배출량 감지 및 번호판 인식		
진출부 교차로 상황			time slice 별 경향적 판단	
노면상태				노면의 수분량 형성여부

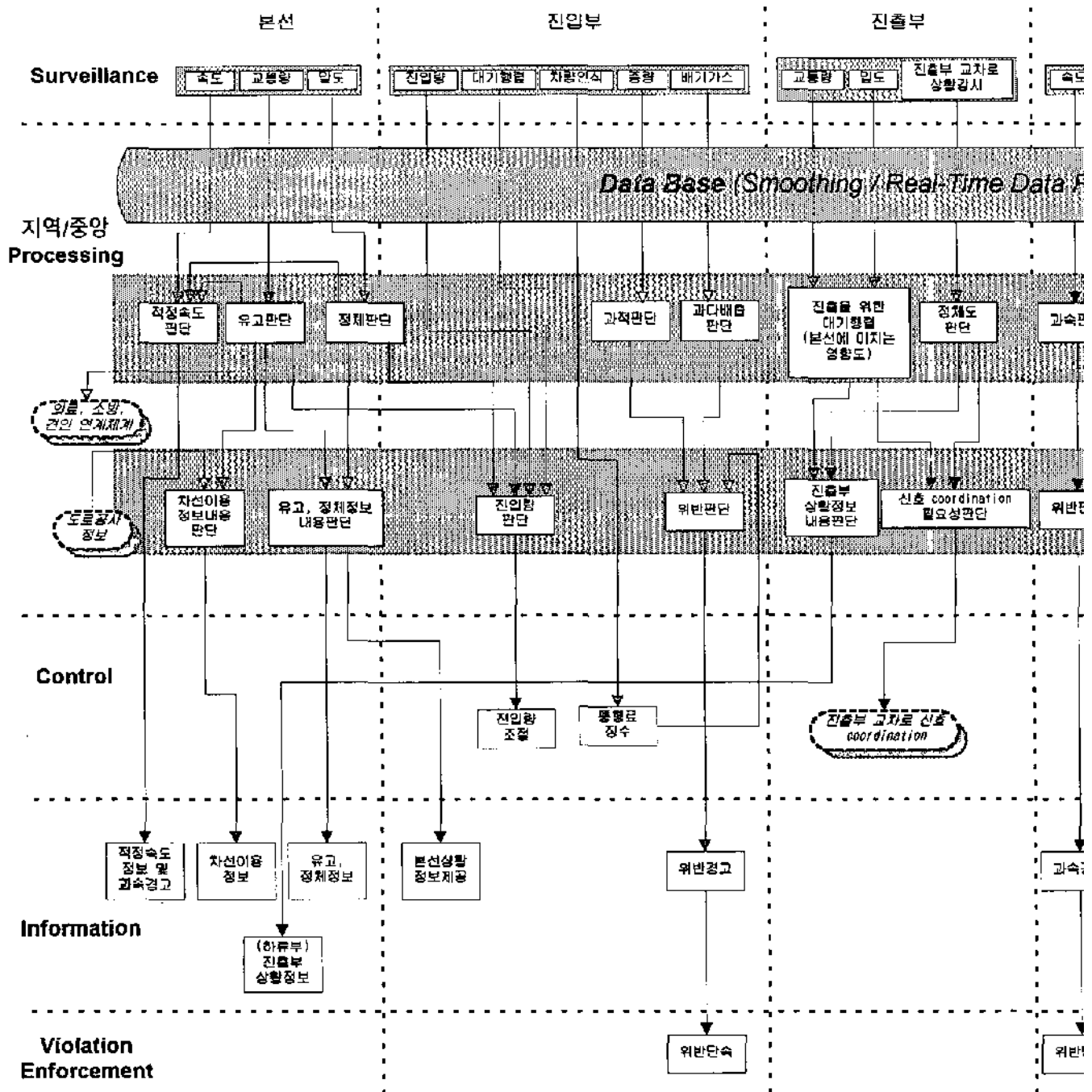
†단 통행료 징수, 과적단속, 배기가스 배출감시는 진입부에서 수행되는 것으로 가정함. 이러한 위치는 H/



#### 2.4.4 시스템 要求機能 具現 흐름도

<그림 2-3>은 앞서 설명된 시스템의 個別 機能들이 어떻게 서로 연계되는가와, 이를 통해 도시고속도로 시스템에서 제공되어야 할 서비스가 어떻게 具現되는가를 보여주는 흐름도 이다. 이 그림에서는 각각의 전략적 위치(본선, 진입부, 진출부, ...)에서 요구되는 자료들, 처리 및 판단 기능, 제어·정보제공·위반단속 기능들이 어떤 것들인가를 나타내고 있다. 이 흐름도 에서는 실시간 수집되는 자료와 處理/判斷 알고리즘, 그 밖의 각종 기능들의 상호 연관성이 규정됨으로서 향후 H/W 및 S/W 설계의 근간이 되는 데 그 의의가 있다.





<그림 2-3> 시스템 요구기능 구현 흐름



## 2.5 시스템의 段階別 構築 構想

### 2.5.1 技術的 擴張構想 - S/W 대상

동일한 서비스를 구현하더라도 시스템의 구성기술은 다양한 代案을 가지게 되며 각 대안에 따라 서비스의 질과 투자비용, 유지·보수·관리비용 등이 차이를 가지게 되므로 사업추진을 위해서는 복잡한 技術的 要素에 대한 검토가 요구된다. 기술적 사항에 대한 충분하고 면밀한 검토를 수행하되, 각 구성요소의 기술적 대안 및 각 대안들 사이의 一貫性, 전체 시스템의 效率性 측면, 향후 서비스 확장 및 여타의 점단교통체계와의 連繫性 등을 고려하여야 한다. 이러한 기술적 사항에 대한 검토 및 전망은 향후 전개되어 나갈 교통관리의 수준을 결정하는 일차적인 요소가 된다 하겠다.

교통관련 자료의 체계적인 수집 및 관리가 제대로 수행된다는 전제하에서 기본적인 시스템 구축방향은 다음과 같다.

1. 초기 단계에서는 H/W적으로 안정된 부 시스템들을 중심으로 시스템을 구성하며, 이들의 안정화에 주력하고 전략의 구사는 Historic Data에 의존하도록 한다.
2. 중기 단계는 개별기능 구현 차원에서 실시간 On-line 자료를 바탕으로 교통관리를 수행하도록 한다.
3. 다음으로 성숙된 단계에서는 실시간 On-line 자료를 바탕으로 하되, 거시적 차원에서 Coordinated된 교통관리 전략을 수행하도록 한다.
4. 마지막으로 시스템의 지속적인 개량과 확장, 그리고 이를 위한 연구개발에 꾸준한 노력을 기울이도록 한다.

이러한 기본방향을 바탕으로 한 개별적 세부요구기능에 대한 단계별 구축방향은 < 표 2-3 >에 정리되어 있다.



<표 2-3> 시스템 단계별 구축 구상

세부 요구기능			단계별 S/W적 구현기술			
Input (자료/정보)	Processing (처리 및 판단)	Output (조치)	1 단계	2 단계	3 단계	
현장수집 자료 외부시스템 입력자료	자료/정보 처리	DB 구축 다음단계처리	시스템 안정화	보다 정확한 장래예측을 위 한 S/W 조정	▶▶▶▶▶▶▶▶▶▶	시스템 간 필요
속도 교통량 밀도	정제판단 ④ 본선 ④ 터널 ④ 다인승차선	진입량판단 유고/정체정보내용 판단	정성적 정체판단	실시간/장래 구간별 LOS 판 단	▶▶▶▶▶▶▶▶▶▶	
속도 교통량 밀도	유고 판단 ④ 본선 <sup>1</sup> ④ 터널 ④ 다인승차선	차선이용정보내용 판단 <sup>1</sup> 유고/정체정보내용 판단 진입량 판단 외로/소방/전인연계 체계	실시간 구간별 유고발생 여부 판단	정량적 판단을 위한 알고리 즘 개발 및 시스템의 안정 성	▶▶▶▶▶▶▶▶▶▶	유고판단 외부 시:
유고판단 정체판단	유고/정체정보내용 판단 ④ 본선 <sup>2</sup> ④ 터널 ④ 다인승차선	본선상황정보④진 입부 <sup>2</sup> 유고/ 정체정보	개략적정보·정성적 정보	체계화된 정보 제공 + 시스 템 안정화	정성적 + 정량적 정체상 황 정보 제공	
진입량 <sup>3</sup> 진입대기행렬 <sup>3</sup> 유고/ 정체 판단	진입량 판단 ④ 본선 <sup>3</sup> ④ 터널 ④ 다인승차선	진입량조절	지력/감응/통합제어등 中 효과적인 적용방식 판단 실험 및 시스템 안정화	1 단계 정형에 바탕한 종합 적인 운영전략 수립	실시간 통합적 조절을 위 한 연구개발	S/W는 7 는 상의 없음
속도/ 교통량/ 밀도 유고/정체 판단	적정속도 판단④본 선	적정속도정보제공 및 과속경고④본선	적정속도의 개략적 산정 및 정보제공	속도, 밀도, 용량, 교통량에 따른 적정속도 산정 방법론 개발	적정속도 산정 방법론 구 현	
도로공사 정보 유고 판단	차선이용 정보판 단	차선이용 정보④본 선	유고나 도로공사시 차선 이용 안내정보제공	▶▶▶▶▶▶▶▶▶▶	속도조절기능과 병행한 차선이용 제어	외부 시:
교통량 밀도	대기행렬 본선영 향도 판단④진출부	진출부상황정보내 용판단	개략적 상황판단	정성적으로 체제화된 상황 판단	▶▶▶▶▶▶▶▶▶▶	
진출부교차로 상황감 시	진출부 교차로 정 체도판단	진출부상황정보내 용판단 신호Coordination 필요성판단	상황감시를 통한 개략적 상황판단 신호관리시스템과 정보교 환	▶▶▶▶▶▶▶▶▶▶	▶▶▶▶▶▶▶▶▶▶	
대기행렬 본선영향도 판단 진출부 교차로 정체 도 판단	진출부 상황정보 내용판단	하류 진출부 상황 정보④본선	개략적 진출부 상황정보 제공	▶▶▶▶▶▶▶▶▶▶	대안진출부에 대한 정보 제공	
대기행렬 본선영향도 판단 진출부 교차로 정체 도 판단	신호 coordination 필요성 판단	신호관리시스템에 신호Coordination요 청	개략적 판단에 의한 신호 coordination 필요여부 결 정	체계적 판단에 의한 신호 coordination 필요여부 결정	▶▶▶▶▶▶▶▶▶▶	신호 시: 과의 연?
차량인식	동행료 징수판단	위반경고 및 단속	--	Non-stop System구현	시스템 안정화	H/W de
중량/속도	파괴/파손 판단	위반경고 및 단속	--	Non-stop System구현	시스템 안정화	H/W de
다인승차선	다인승차선위반판 단	위반경고 및 단속	--	시스템구현을 위한 연구개 발	시스템 구현 및 안정화	
배기가스 배출량	과다배출 판단	위반경고 및 단속	--	시스템구현	시스템 안정화	H/W de
위반 여부	교통위반 단속	위반경고 및 단속	--	번호판 자동인식 시스템 실험 및 위반경고	정확도, 안정화가 이루어 졌을 때 위반단속	
노면상태 정보	노면상태 감시	노면상태 정보제공	--	시스템 구현	▶▶▶▶▶▶▶▶▶▶	H/W de
기상정보	기상조건 감시	기상정보제공	외부시스템과 정보 교환	▶▶▶▶▶▶▶▶▶▶	필요성여부에 따라 감시 시스템구축	외부 시:



### 2.5.2 空間的 擴張構想

전반적인 尖端交通運營·管理 경험의 일천함에 비추어 볼 때, 효과적인 사업의 추진을 위해서는 사업의 初期段階에서 포괄적인 범위에 걸쳐 검토가 이루어져야 한다. 또한 관리대상이 되는 도시고속도로망이 계속 확충되고 있는 시점이므로, 한번의 시스템 설치와 운영으로 마무리되는 것이 아니고 지속적인 사업의 擴張이 이루어 져야 한다. 이러한 맥락에서 단계별로 나누어 사업을 추진하는 것이 바람직하다고 하겠다.

시스템구축의 공간적 확장은 사업추진은 이미 設計가 완료되어 '95 년말 시공에 들어갈 올림픽대로 시범사업을 시작으로 하되, 내부순환도시고속도로, 동부간선 및 서부간선, 강변북로 및 올림픽대로 순으로 사업을 확대해 가도록 한다.



### Ⅲ. 細部 研究 課題

---

3.1 高速道路 管理機能別 處理 및 判斷 알고리즘

3.2 시스템 次元의 巨視的 對應戰略

3.3 評價



### III. 細部 研究 課題

都市高速道路 知能化 事業이 實效를 거두려면 여러 技術的 部門에 걸친 龐大하고 또한 緻密한 研究가 要求된다. 本 研究는 서울시의 幹線都市高速道路만을 對象으로 하는 知能化事業을 위한 것이지만, 이 知能化 事業은 國家的 事業으로 推進되고 있는 尖端道路交通體系 樹立事業의 先驅的 시도중의 하나라고 할 수 있다. 따라서 그를 위한 研究도 긴 眼目을 가지고 꾸준히 進行되어야 할 것이다. 이 章에서는 都市高速道路 知能化를 위하여 앞으로 工學的인 研究가 필요한 細部的 項目들을 檢討하기로 한다. 細部研究項目은 다음과 같이 크게 세 가지 範疇로 나눌 수 있다.

1. 高速道路 管理機能別 處理 및 判斷 알고리즘
2. 시스템 次元의 巨視的 管理戰略
3. 評價 (Evaluation)

#### 3.1 高速道路 管理機能別 處理 및 判斷 알고리즘

고속도로 관리의 각 기능/서비스들이 실행되려면 그들의 두뇌라 할 수 있는 알고리즘의 發掘, 開發이 필요하다. 이러한 알고리즘은 검지기로부터 實時間 入手되는 交通資料를 이용하여 현재의 交通狀況을 把握하거나 다음시간대의 狀況을 豫測하여 각 機能上 취해야 할 조치들을 考案, 出力한다. 고속도로 관리기능의 實行을 위해 要求되는 알고리즘들의 管理機能別 技術的 난이도별 區分은 <표 3-1>에 정리되어 있는 바와 같다.

### 3.1.1 停滯判斷

도시고속도로 區間別 停滯度 判斷은 提供할 停滯情報의 수준에 따라 그 내용이 달라질 수 있다. 初期段階에는 시스템 運營者가 폐쇄회로 TV (Closed Circuit TV)를 통해 停滯狀況을 把握하여 적절한 停滯情報을 運轉者에게 提供할 수 있다. 이 경우 狀況別로 具體的 差等化가 어려우므로 停滯情報은 극히 概略的일 수밖에 없다.

다음단계에서의 정체판단은 實時間 資料를 이용하는 방법인데 정체판단의 또 다른 適用對象 機能이 進人量 調節에 있는 점을 고려하여 最適 미터링률을 결정하는데 쓰일 자료를 이용하여 정체정보를 제공하는 것이 보다 一貫性이 있다고 하겠다. 이 경우 교통량, 속도, 밀도 중에서 진입조절을 위해 이용되는 變數의 실시간 값에 根據하여 구간별 Level of Service (LOS)를 判斷한다. 이 때 LOS는 Highway Capacity Manual(HCM)에 명시된 LOS 評價基準에 따라 결정할 수 있다. 이 LOS값은 記述的 이고 精誠的인 情報로 變換, 提供되어야 한다. 정성적 정체정보의 效果的 傳達를 위해서는 그 形式이 운전자에 認識하기 쉬어야 하며 제공된 정체정보가 운전자의 代案的 行動을 誘發할 수 있을 정도의 信憑性과 具體性을 가져야 한다. 定量的 정보제공이 요구된다면 속도 값을 이용하는 것이 유일한 방법이 된다. 왜냐하면 교통량이나 밀도 값은 정체정보로써 定量的으로 제공되었을 때 현실적으로 운전자에게 呼訴力이 떨어지기 때문이다.

<표 3-1> 판단 알고리즘의 기능별 기술적 단계별 분류

본선 수집정보를 이용한 판단 알고리즘			
판단 알고리즘	적용대상 기능/서비스	초급단계	
정체 판단	정체정보@본선 진입량조정 @진입부 본선상황정보@진입부	시스템 운영자에 의한 정체 판단	실시간
유고 판단	유고정보@본선 진입량조정 @진입부 본선상황정보@진입부	실시간 구간별 유고발생 여부/위치 판단	유고발
적정속도 판단	적정속도 정보 @본선		속도- 이용
진입부 수집정보를 이용한 판단 알고리즘			
판단 알고리즘	적용대상 기능/서비스	초급단계	
적정진입량 판단	진입량 조절 @진입부	과거의 전형적 자료를 토대로 구간내 개별진입로 최적진입량 판단	실시간 개별진입
과적판단		중량 검지기를 이용한 과다적재 식별	중량
과다배출		오염물질 검지기를 이용한 과다배출 식별	오염물
진출부 수집정보를 이용한 판단 알고리즘			
판단 알고리즘	적용대상 기능/서비스	초급단계	
대기행렬 본선 영향도	하류진출부 상황정보 @본선 진출부 교차로 신호조정	시스템 운영자에 의한 상황 판단	실시간 산정
진출부 교차로 정체도	하류진출부 상황정보 @본선 진출부 교차로 신호조정	시스템 운영자에 의한 상황 판단	(신호) 실시간



<표 3-1 계속>

검거·보수·집정보를 이용한 판단 알고리즘			
판단 알고리즘	적용대상 기능/서비스	초급단계	
과속판단			속도 검
노면상태 판단			노면에 설
터널 수집정보를 이용한 판단 알고리즘과 그에 따른 정보			
판단 알고리즘	적용대상 기능/서비스	초급단계	
유고 판단	유고정보 @터널 진입 전 진입조절 @터널 진입부	실시간 터널내 유고발생 여부 판단	실시간 터
정체 판단	정체정보 @터널 진입 전 진입조절 @터널 진입부	실시간 터널 진입-진출 교통량에 근거한 LOS 판단	실시간 교통량에 및
다인승 차선 수집정보를 이용한 판단 알고리즘			
판단 알고리즘	적용대상 기능/서비스	초급단계	
유고 판단	유고정보 @HOV lane 진입 전 진입조절 @HOV lane진입부	실시간 다인승 차선 내 유고발생 여부 판단	실시간 유고
정체 판단	정체정보 @HOV lane 진입 전 진입조절 @HOV lane진입부	실시간 LOS 판단	실시
위반 판단			



### 3.1.2 有故感知

都市高速道路 知能化를 위해서는 交通用量を 減少시키는 事故와 停滯에 대한 影響을 最少化할 수 있도록 이를 感知하고 對應할 수 있어야 한다. 初級段階에서의 有故感知는 실시간에 유고의 發生與否와 位置를 판단해 내는 수준이고, 이 유고정보는 概略的 精誠的인 有故管理戰略을 위해 쓰여질 수 있다. 좀더 高級化 된 段階에서는 유고의 發生與否, 位置 뿐 아니라 그 유고가 交通流에 미친 影響을 推定하여 具體化된 定量的 유고관리전략을 支援해야 한다. 이에 본 연구에서는 검지기(detector)에 의한 교통량, 속도, 점유율의 정보를 이용하여 유고 및 정체를 感知하는 既存 알고리즘을 檢討하고 應用 可能性을 摸索하고자 한다.

#### 가. 既存 有故感知 模型

고속도로 有故感知 알고리즘은 유고에 의하여 招來된 非正常的인 交通行態(abnormal traffic pattern)를 認識함으로써 유고를 感知한다. 비정상적 교통행태란 속도, 점유율, 교통량 등의 交通變數들의 급작스런 變化를 의미한다. 一般的으로 既存의 고속도로 유고감지 알고리즘은 크게 다섯 가지 종류로 나눌 수 있으며 이들의 概略的인 性格은 다음과 같다.

##### 1. 比較式 (comparative type) 알고리즘

大多數의 고속도로 유고감지 模型들이 比較式 알고리즘에 속한다 할 수 있다. 이 비교식 알고리즘의 基本的 論調(logic)는 유고로 인해 招來된 非正常的인 交通行態를 糾明하기 위해 유고감지를 위해 사용되는 交通變數(有故感知變數)의 觀測값을 미리 設定된 臨界값에 比較한다는 것이다.

## 2. 時系列 分析式(Time-Series) 알고리즘

시계열 분석식 알고리즘은 교통변수들의 過去動向을 分析하여 다음시간대의 교통상황을 豫測한다. 검지기로부터의 觀測値와 時系列分析에 의한 豫測値간에 큰 差異가 나면 유고가 發生한 것으로 判斷한다.

## 3. 確率分析式(probabilistic) 알고리즘

확률분석식 알고리즘은 과거의 有故時 收集된 자료와 平常時의 자료를 比較分析하여 유고감지변수들의 確率分布와 最適의 유고 臨界値를 구한다. 다음, 觀測값이 臨界값의 範圍를 벗어났을 경우 유고가 發生한 것으로 看做한다.

## 4. 交通流模型 理論式(traffic flow modeling concept) 알고리즘

이 範疇의 알고리즘들은 교통류모형 이론에 根據하여 고속도로에서의 유고를 감지한다. 이들 알고리즘들은 巨視的(macroscopic) 교통류 모형연구에서 얻어진 知識을 이용한다. 이들 알고리즘은 非線形 微分方程式을 이용하여 평상시와 유고상황을 區分한다.

## 5. 腎經網 理論(Artificial neural networks) / 퍼지이론에 근거한 알고리즘

신경망 이론은 유고감지 분야에서는 최근 들어 쓰여지기 시작한 새로운 概念이다. 신경망은 정보의 並列處理 시스템으로서, 많은 수의 情報處理單位(processing unit; neuron)인 뉴우런으로 구성된 多層構造를 가지고 있다. 이 다층구조는 신경망을 통한 入力값(유고감지 변수의 觀측값)과 出力값(정상 혹은 유고)간의 非線形 매핑을 가능케 해준다. 最終結論에 도달하기 위해 동시에 각기 다른 여러 개의 經路로 並列式 처리를 하기 때문에 대개의 유고감지 알고리즘에 倣해지는 段階式的 處理過程이 필요 없게 된다. 또한, 신경망 시스템은 學習 기능을 갖추고 있는데 여기에서 학습이란 각기 다른 층의 뉴우런을 서로 연결하는 링크들의 加重値를 조정하는 과정을 의미한다. 학습의 목적은 과거의 施行錯誤로부터 얻어진 정보를 이용하여 원하는 출력값과 실제 출력값 사이의 차이를 最少化시키는 連結加重値를 찾아내는 것이다. 이러한 特性으로 비추어 볼 때 신경망 이론은 유고감지 性能을 향상시킬 수 있는 底力을 가지고 있다고 판단된다. 최근 들어 이 신경망 이론을 퍼지 시스템과 連繫시킨 알고리즘이 개발되고 있는데, 이러한 퍼지-신경망은 퍼지이론의 不確實性下에서의 意

思決定 능력과 신경망의 학습능력을 갖춘 보다 強力한 시스템이라 할 수 있다.

이들 알고리즘들 중에서 應用 頻度數가 비교적 높은 몇몇 알고리즘의 概念이 부록 C에 詳細히 설명되어 있다.

#### 나. 實施對象 有故感知 알고리즘의 選擇 및 開發

도시고속도로 관리 시스템에 適用될 유고감지 알고리즘은 以上에서 살펴본 알고리즘들의 比較評價를 통해 選擇할 수 있다. 비교 평가시 고려해야 할 項目들은 다음과 같다.

- 文獻에 발표된 알고리즘의 性能 (검지율, 오보율, 감지시간)
- 알고리즘의 實行에 필요한 情報/資料
- 고속도로 관리센터 實行時 容易性 (운영자와 시스템 설계자의 관점에서)
- 實施環境 (operational setting) 에서 칼리브레이션(calibration)의 容易性
- 既存 고속도로 관리시스템에서의 採擇與否/實行經驗

기존의 유고감지 알고리즘은 유고의 發生與否를 自體를 感知하는 것에 重點을 두고있다. 지능화의 初期段階에서는 이러한 정도의 기능으로 充分할 수 있으나, 高級段階에서는 좀 더 多樣하고 強力한 기능을 갖춘 알고리즘을 필요로 한다. 이러한 追加的 要求機能은 (1) 유고로 인해 얼마만큼 用量이 減少되었으며, (2) 用量 減少로 인해 交通狀況이 어떻게 변했으며 또한 (3) 과연 感知된 有故에 對應하여 特殊한 管理戰略의 實行이 要求되는가의 與否를 判斷하는 機能등을 포함한다.

도시고속도로 관리 시스템에의 適用을 위한 유고감지 알고리즘의 選擇 및 開發過程에서 看過해서는 안될 한가지는 特殊한 狀況에서의 유고감지 機能이다. 特殊狀況이란 터널과 多人乘 車線등을 의미하는데 보통의 고속도로상황에서 쓰여지는 알고리즘이 이러한 특수상황에서도 適用可能한지를 分析하고 그 결과에 따라 기존 알고리즘의 수정이나 새로운 알고리즘 개발의 必要與否가 打診되어야 할 것이다.

### 3.1.3 進入量 調節 (Entrance Ramp Control)

진입량 조절은 고속도로 관리를 위해 가장 널리 쓰이는 技法이다. 따라서 그 효과도 충분히 檢證되었을 뿐만 아니라 制御 알고리즘도 상당히 安定的으로 開發되어 있다고 할 수 있다. 진입량 조절방법은 固定時間式 제어, 交通需要 反應式 제어, 그리고 統合的 交通需要 反應式 제어 등의 세 가지인데, 이들의 實行에 필요한 알고리즘은 다음과 같으며 본 연구의 對象地域 도시고속도로에 暫定的으로 는 그대로 適用可能할 것으로 보인다.

#### - 固定時間式 制御 알고리즘

미터링들은 時間帶 별로 收集된 過去資料를 토대로 進入部 上流의 交通需要, 下流의 用量, 進入需要의 相關關係를 이용하여 결정된다. 上流의 需要와 進入部 需要의 合이 下流用量보다 작을경우 미터링은 필요없게된다. 반면 上流의 수요자체가 下流의 용량을 超過할 경우 미터링은 실행되어도 效果가 없을 것이다. 따라서 進入部の 미터링은 上流의 需要가 下流用量보다 작되, 上流需要와 進入需要의 合은 下流用量을 超過할 時에 實行되어야 한다. 이 때에 미터링들은 하류용량과 상류수요의 差異로 주어지게 된다.

#### - 交通需要 反應式 制御 알고리즘

미터링들은 미터링이 實行되고 있는 實時間에 收集된 資料를 토대로 進入部 上流의 交通需要, 下流의 用量, 進入需要의 相關關係를 利用하여 決定된다. 실시간 측정된 交通變數값 (차선별 占有率, 交通量)을 가지고 速度-密度-용량의 原理的 關係 이용하여 현재의 交通需要 對 用量 狀態를 把握한 (즉, 交通流 曲線上的 위치 파악) 다음에, 그것을 토대로 고속도로 進入許容可能 最大 進入량을 결정한다. 구체적으로 미터링들은 아래와 같이 수요-용량 관계 혹은 점유율에 根據하여 결정된다.

### 需要-用量 關係

실시간에 측정된 上流交通量과 過去資料를 토대로 미리 設定되거나 下流交通量 실시간 測定値로부터 계산된 下流用量을 比較하여 그 差異로써 미터링률을 결정한다.

### 占有率

먼저 과거자료를 이용하여 該當位置의 교통량-점유율 關係圖表를 준비한다. 진입부 상류에서 실시간에 測定된 점유율에 해당되는 교통량을 圖表上에서 推定하고 그 값을 미리 설정된 용량값과 比較하여 그 差異를 미터링률로 결정한다.

### - 統合的 交通需要 反應式 制御

이 제어방식은 교통수요 반응식 제어를 여러 개의 隣接한 進入部에 적용한 것이라고 볼 수 있다. 각 진입부에서의 미터링률은 區間別 그리고 시스템 전체의 수요 대 용량 상황을 고려하여 결정하게된다. 미터링률은 發生可能的 範圍의 수요-용량 상태에 걸쳐 線形計劃法 (Linear Programming)을 이용하여 미리 계산한다. 선형계획법의 目的函數(Objective Function)는 각 진입부 진입허용량 합의 極大化 이며 制限條件(Constraints)은 구간별 본선용량과 각 진입부에서의 진입가능 교통량에 관한 關係式들로 이루어 진다. 이렇게 계산된 값들 중에서 현재상태에 부합되는 미터링률을 실시간에 선택한다.

### 3.1.4 適正速度 判斷

本線에서의 可變速度制御는 교통류의 속도가 最適일 때, 최대교통량이 지나갈 수 있다는 이론에 기초한 制御戰略이다. 適正速度는 原理的인 교통량-속도-밀도의 工學的 關係를 이용하여 구할 수 있으며 수요가 용량을 초과하지 않을 때에만 의미를 갖는다. 고속도로 본선상에서 실시간으로 獲得되는 交通變數(속도, 교통량, 점유율)에 基礎하여 얻어진 적정속도는 可變情報板에 勸獎速度로써 운전자에게 提示된다.

### 3.1.5 待期行列 本線 影響度

진출부에서의 대기행렬이 길어져 진출램프와 접한 減速車線 이후까지 미치게 되면 隣接한 본선의 교통류흐름을 阻害 遮斷시킬 수 있으며 安全 上 커다란 危險 要因이 될 수 있다. 初期段階에서는 진출부에 설치된 CCTV를 이용하여 시스템 운영자에 의해 狀況判斷이 이루어지며 그에 따른 진출부 狀況情報가 본선 상류에서 提供된다. 高級段階에서는 體系적이고 自動化된 방법으로 진출부 상황판단이 이루어 져야하는데, Highway Capacity Manual의 고속도로 램프에서의 LOS 判定 節次와 類似한 그러나 實時間 實行에 위해 改善된 형태의 알고리즘의 開發이 필요하다. HCM의 LOS 判定 方法은 待期行列을 고려하지 않는 등 교통류의 動的 行態를 전혀 반영하지 못하고 있기 때문에 실시간 交通管理에 그대로 應用되기에 는 不適合하다고 판단된다. 앞에서 記述된 本線 停滯判斷에서 처럼 이 LOS값과 같은 판단결과는 記述的인 정보로 變換, 提供되어야 한다. 동시에 진출부 교차로에서의 진출교통량 優先處理 必要與否를 判定하는 基準도 마련되어 필요한 경우 진출부 교차로 신호 시스템으로 優先處理 要請을 한다.

### 3.1.6 進出部 交叉路 停滯度

초기단계에서는 시스템 운영자가 진출부 대기행렬 모니터링을 위해 설치된 CCTV를 이용하여 진출부 교차로의 정체도를 판단한다. 고급단계에서는 진출부 신호 시스템에 의해 제공된 정체정보를 이용한다.

## 3.2 시스템 次元의 巨視的 對應戰略

시스템차원의 管理戰略의 목적은 각종 交通情報 提供과 制御의 混合으로 이루어진 綜合的, 巨視的, 廣域的 차원에서의 관리서비스를 遂行하는 데 있다. 거시적 관리서비스는 고속도로에서의 反復的 停滯, 有故, 計劃行事, 特殊狀況(災害)등에 對應하여 交通軸 使用可能 用量을 最適 活用한다는 데에 그 目標을 둔다.

### 3.2.1 基本 管理戰略의 導出

停滯解消를 위한 巨視的 管理戰略의 核心은 經路誘導를 통한 迂回戰略(diversion strategy)이라 할 수 있다. 이 우회전략의 關鍵은 언제, 어디로, 얼마만큼의 交通량이 고속도로에서 대안경로로 迂回되어야 하며 또한 이를 達成하기 위해 어떻게 情報提供과 制御를 할 것인가를 밝혀내는 것이다. 이러한 疑問事項에 대한 解答의 실타리가 되는 工學的 issue는 交通량 우회로 얻어진 고속도로상의 停滯減少분과 이로 인한 代案經路를 포함한 交通軸 상의 다른 도로에서의 停滯增加분 間의 trade-off이다. 따라서 效果의 관리전략의 導出을 위해서는 이러한 脈絡에서의 工學的 分析이 要求된다. 관리전략 도출을 위하여 필요한 分析事項은 첫째, 管理의 標的이 되는 停滯의 特性을 把握하는 것이고, 두 번째로 파악된 停滯特性에 對應하는 迂回戰略 代案들에 대한 評價를 통하여 最適 管理代案을 選別하는 것이다.

이러한 분석을 통해 얻어지는 最終結論은 주어진 停滯特性, 交通需要行態, 交通軸의 模樣과 配列 下에서 最適 迂回交通量이다. 이 最適迂回량은 交通軸 全體의 觀點에서 停滯를 最小化시키게 된다. 따라서, 巨視的 管理戰略은 고속도로뿐만이 아닌 交通축상의 周邊道路까지 포함한 交通軸 概念에서 理解되어야하고 分析 導出되어야 한다. 관리전략 분석의 道具로써 고속도로를 포함하는 交通축을 模寫하는 交通流 模型(traffic model)이 쓰이는데, 구체적 내용은 다음절(評價)에서 紹介하기로 한다.

### 3.2.2 管理戰略의 實行

이와 같이 도출된 관리전략들은 여러 가지의 發生可能性이 있는 停滯狀況別로 미리 준비되었다가 실시간 交通狀況에 適合한 전략이 選擇, 實行되게 된다. 이 선택 실행과정의 技術的 難易度에 따라 시스템 관리전략의 段階的 等級이 매겨진다. 初期段階의 관리전략은 전적으로 시스템 운영자에 의해 狀況判斷이 이루어지며 그에 따른 전략의 選擇 實施도 운영자의 판단에 따르게 된다 (概略的 定性적 戰略). 다음 단계에서는 Expert System과 같은 運營者 管理支援 裝置를 이용하여 體系의 狀況판단을 하고 그에 적합한 관리전략의 선택이 이루어지게 된다 (具體的 定量的 전략). 高級화된 段階에서는 Expert System에 실시간 分析道具 (Real-Time Simulation Tool) 를 接木하여 전략의 實行結果를 실시간 모니터링을 하면서 필요한 경우 적절한 戰略上의 補正을 有機的으로 해 나아가게 된다. 관리 전략의 實行은 각 local 地點에서의 情報提供이나 制御를 통하여 이루어지기 때문에 만일 local level에서의 自治的 서비스 內容과 相沖이 일어났을 경우에는 戰略의 內容에 따른다.

이처럼 시스템 차원의 巨視的 停滯 對應戰略의 選擇 및 實行에 있어서 核心的 役割을 하는 要素는 Expert System이다. <그림 3-1>은 Expert System을 中心으로 하는 高級화된 단계에서의 巨視的 交通管理概念을 보여주고 있다. 그림에 나타난 각 要素들을 간략히 설명하면 다음과 같다.

#### 1. 監視 시스템 (surveillance system)

실시간 交通資料를 收集한다.

#### 2. 道路網 交通狀況 評價 모듈 (Network state estimation module)

Surveillance system에 의해 收集된 실시간 정보를 이용하여 현재의 도로망 교통상황을 평가한다(교통량, 밀도, 속도, 여행시간, 유고발생 위치와 정도 등등).

### 3. 實時間 O/D 推定裝置 (Real-time O/D Generator)

經路誘導와 같은 관리전략을 考案해 내려면 停滯地域을 經유하는 운전자들의 出發地와 目的地를 알아야 한다. 이를 위해 실시간 상에서 迅速하게 O/D를 推定해 내는 技術이 要求되는데, 실시간 收集된 link 별 交通량을 이용한 O/D 合成法이 사용될 수 있다.

### 4. 未來豫測 모듈 (Look ahead module)

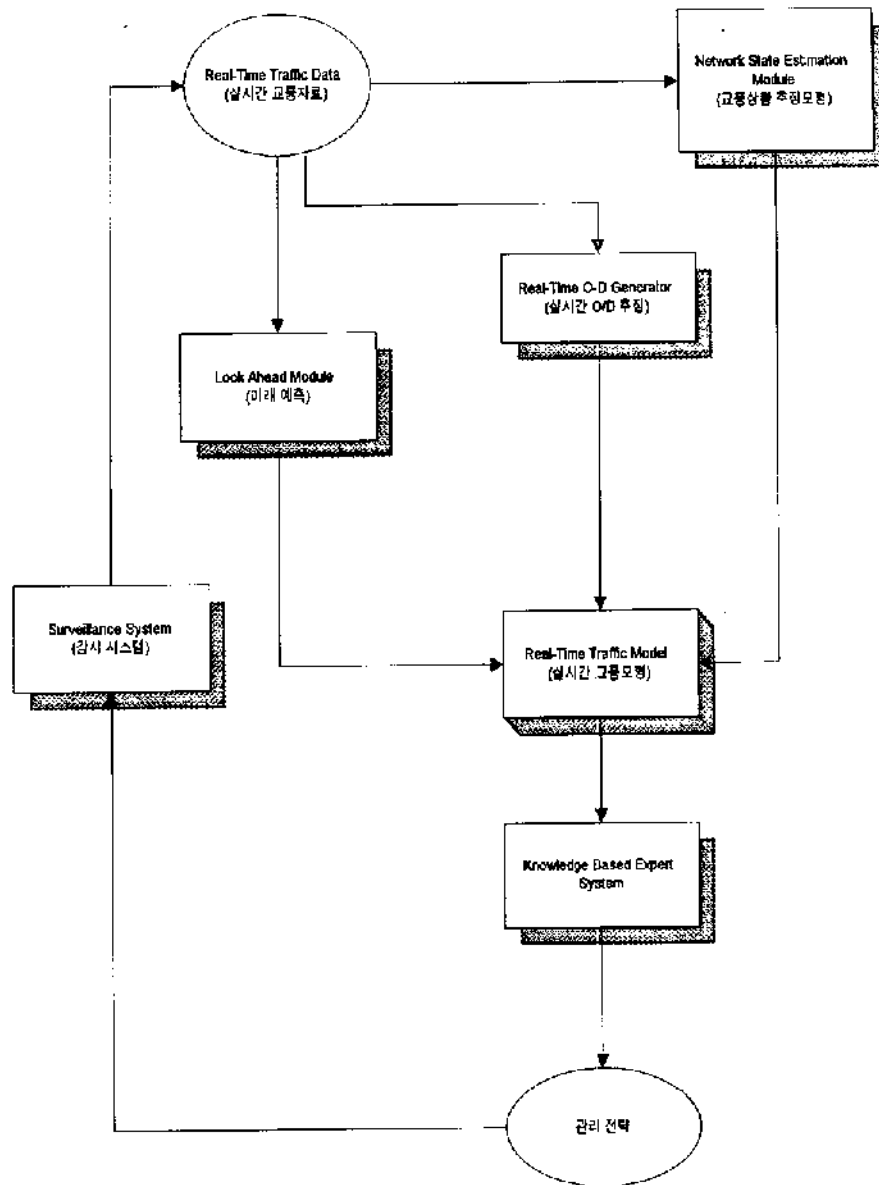
정체자체의 特性이나 관리전략의 실행으로 인해 招來될 가까운 미래의 交通상황을 미리 豫測, 推定한다(交通량, 밀도, 속도, 여행시간 등등). 이러한 가까운 미래 예측방법으로는 時系列 分析方法이 많이 쓰인다 (부록 D 참조).

### 5. 實時間 交通流 模型 (Real-time traffic model)

위의 要素들에 의해 提供된 현재상황, 실시간 O/D, 미래상황 정보를 이용하여 실시간 상에서 Assignment/Simulation을 수행하여 다음시간대에 실행될 관리전략 代案들을 評價한다. 經路誘導의 경우는 使用可能한 代案經路別(혹은 여러 대안경로의 組合)로 旅行時間을 推定할 수 있다.

### 6. Knowledge Based Expert System

Expert System은 실시간 정체상황에 적절한 戰略的 對應方案을 찾아낸다. 실시간 交通流模型 (Real-time traffic model)은 관리전략 대안들의 交通工學的 評價를 提供하지만, 단순히 그 結果만으로는 다음시간대의 관리전략을 最終選擇할 수 없다. 즉, 운전자의 行態를 고려한 追加的 評價基準(예: 대안도로의 種類, 대안도로상의 신호등의 개수, 대안경로로의 接近의 容易性, 대안경로의 位置나 周邊環境등)을 導入하여 운전자의 呼應可能性이 가장 높은 管理戰略이 선택되어야 한다. Knowledge Based Expert System은 이러한 基準들의 加重値를 算定하여 관리전략의 最終選擇을 한다.



<그림 3-1> 동적 교통관리 체계

### 3.3 評價

#### 3.3.1 評價의 定義 및 目的

評價란 對象 시스템 혹은 그 適用事例의 效果와 性能을 見積, 推定하는 過程이라고 定義 할 수 있다. 평가는 그 時期에 따라서 事前評價와 事後評價로 나눌 수 있는데, 사전평가는 시스템이나 관리전략의 實行 前에 그 效果를 미리 推定하여 實行決定을 支援하는 役割을 하며, 사후평가는 實行中 혹은 實行後에 나타난 實際的 效果를 모니터링하면서 필요한 적절한 補正을 하기 위한 過程이라고 할 수 있다.

평가를 통하여 시스템이 설치되기 전에 그 構成體系의 效率性을 點檢할 수 있다. 그 결과 시스템 構成체계의 設計變更이 필요한 경우 여러 代案設計들을 평가함으로써 最適의 시스템 構成체계를 考案해 낼 수 있다. 또한, 시스템 설치 후에도 實行段階에서 구성요소의 機能과 性能의 평가를 통하여 필요한 부분에 적절한 補正作業을 해야한다. 즉, 평가와 시스템의 設計는 反復的 (iterative basis) 으로 이루어 져야 한다.

실시대상 고속도로 관리전략들도 實施 以前에 그 效果에 대한 分析과 檢證을 거쳐 實行되어야 한다. 이러한 效果分析은 평가의 重要的 目的이며 이를 통하여 전략의 選擇, 修正, 補完이 이루어 져야한다. 따라서 評價作業은 계획된 관리전략을 다듬어 그 實效性을 向上시켜주는 裁斷 道具(trimming tool)의 役割을 한다.

이와 같이 평가작업은 시스템 設計와 관리전략 樹立을 위해서 빠져서는 안 될 重要的 支援裝置로서의 의미를 갖는다. 따라서 평가의 過程을 體系화된 틀로 確立하는 作業도 研究課題의 한 部分이 되어야 할 것이다.

### 3.3.2 評價의 節次 (Evaluation Procedure /Assessment Process)

效果的이고 一貫性있는 평가를 위해서는 그 節次를 體系的이고 標準化된 形式으로 樹立할 필요가 있다. 아래에 소개된 評價節次는 評價上의 主要 論材를 包括한 一般的인 評價指針으로써, 이 틀에 맞추어 具體的 事例別 評價節次가 樹立될 수 있을 것이다.

#### 가. 評價目的의 樹立

시스템/관리전략의 평가를 통하여 解答을 찾고자 하는 疑問事項을 定義한다. (예: 교통사고 다발지역인 올림픽대로 xx지점에서의 유고관리전략의 유용성 여부와 그 효과의 크기)

#### 나. 評價對象 시스템의 特性과 機能 糾明

평가의 對象이 되는 시스템 혹은 시스템을 이용한 전략의 主要 特性과 機能을 명백히 定義한다. 이 과정에서는 試驗地域(예: 올림픽대로 ㄱ-ㄴ 구간), 시스템의 設計目標/管理戰略目標(예: 유고의 영향 최소화), 機能(예: 운전자 정보제공, 고속도로 진입량 조절 등의 관리서비스 실행), 要素技術(예: VMS, Beacon, 진입부 신호제어 시스템)등을 明示한다.

#### 다. 評價 範疇(category)의 選擇 決定

評價의 範疇는 評價目的에 依據해서 決定한다. 평가범주는 다음과 같이 세 가지로 나눌 수 있다.

- 技術 分析: 시스템의 技術的 (technical) 性能 분석
- 影響 分析: 시스템 혹은 관리전략의 도입, 실시가 特定 對象그룹에 미친 影響의 분석
- 社會, 經濟的 評價: 시스템 혹은 관리전략의 도입, 실시가 사회, 경제 전반에 걸쳐 미친 영향을 추정한다 (潛在적으로 영향을 받을 수 있는 모든 對象그룹들을 總網羅).

라. 豫想效果와 評價의 對象이 되는 效果의 糾明

原理的으로 예상되는 영향을 추정하고 그 영향의 大略的 크기와 對象그룹을 미리 分析해 본다. 이러한 先 分析 (pre-analysis)은 評價論材중에서 가장 重要的 것들에 중점을 둔다. 이 분석은 평가를 위한 效果的 實驗設定을 위해 반드시 필요한 과정이라 할 수 있다.

마. 評價에 필요한 MOE(indicator) 와 그 測定法의 定義

사용될 MOE들은 特性上 관련된 影響이나 性能을 명백히 반영해야 하며, 사용될 評價道具나 測定方法상 信賴할 수 있어야 한다.

바. 評價方法의 決定 및 實驗

평가방법은 現場實驗과 模擬實驗의 두 가지로 나눌 수 있는데, 評價目的에 비추어 技術的 經濟的 妥當性이 優越한 方法을 選擇한다 (參考로 대부분의 경우 現場 실험의 여러 制約條件으로 인해 모의실험이 選好되고 있다).

사. 結果 分析

實驗의 結果를 利用하여 評價對象인 代案 시스템 혹은 관리전략들의 性能/效果를 比較 分析한다.

### 3.3.3 評價方法

가. 現場實驗

현장실험은 文字 그대로 現場에서 직접 修行하는 實驗으로써, 시스템이나 實行 代案관리전략의 縮小/簡易 형태로 디자인된 시나리오를 실제의 실시간 데이터를 이용하여 평가하는 것이다. 현장실험의 長點은 실제 사용할 시스템이나 代案管理

前略을 직접 實行시킨 結果가 평가의 根據가 되므로 信賴性이 높고, 政策 決定權者들(decision makers)에게 呼訴力이 있다는 데에 있다. 그러나 그 規模가 制限的일 수밖에 없고 狀況設定이 어렵거나 불가능한 경우가 많다. 또한 대부분의 현장실험의 경우 費用이 많이 들며 社會的 危險負擔(실험으로 인해 일어날 수 있는 不便이나 부작용 등)이 따른다. 따라서 현장실험은 실험설정이 가능한 경우들 중에서 重要性 면에서 優先順位에 따라 選別的으로 그리고 制限된 範圍 내에서 행하여 질 수밖에 없다. 현장실험의 경우 實驗設計의 중요성이 특히 強調되는데, 選別된 케이스는 特性면에서 여러 類似한 경우들을 包括하는 代表性이 있어야 하고, 평가를 위한 現場資料 收集方法은 bias가 介入되지 않게 그리고 結果分析時에 統計的 significance를 갖도록 計劃되어야 한다.

#### 나. 模擬實驗

모의실험은 交通流 模型을 이용하여 評價對象이 되는 시스템이나 交通管理戰略이 實行되었을 때의 效果를 假想的으로 推定하는 것이다. 교통류 모형을 평가의 道具로 사용함으로써 위에서 언급된 現場實驗의 制約條件을 克服할 수 있다. 즉, 현장실험이 여의치 않을 경우 實驗室 環境에서 다양한 시스템, 교통망, 교통상황, 관리전략으로 구성되는 廣範圍한 시나리오의 평가를 가능케 한다. 既存의 局地的이고 分散的인 off-line次元의 管理에서 벗어나 더욱 包括적이고 複雜 多樣한 管理概念들을 다루어야 하는 ITS시스템의 평가를 위하여 교통류 모형의 사용은 必須的이며 그 應用分野도 廣範圍하다.

### 3.3.4 評價道具로서의 交通流 模型

#### 가. 交通流 模型의 役割

一般的으로 ITS脈絡에서의 交通流 模型의 役割은 다음과 같다.

1. 多樣한 概念들의 妥當性 및 期待되는 效果의 評價(Off-line)

2. 全體的인 시스템 構成, 情報提供 戰略, 交通制御 戰略에 대한 詳細한 評價 (Off-line)

3. 實時間 情報(Real-time/On-line)에 基礎한 交通狀況 豫測, 最適의 經路 案内 計劃, 交通制御 模數의 디자인

#### 나. 機能的 要求條件

ITS 概念들의 適當한 評價를 위해서는 過去의 modeling technique과는 달리 보다 발전된 形態의 高級機能을 갖춘 모델을 필요로 한다. 일반적으로 교통류 모형은 simulation과 assignment의 두 機能의 組合된 形態이며 각각의 構成要素가 ITS概念 評價를 위해 갖추어야 할 機能的 要求條件은 다음과 같다.

##### - Simulation

1. 모든 類型의 도로를 網羅하는 대형 交通網을 수용할 수 있어야 한다.
2. 시간에 따라 변화하는 交通狀況, 過飽和 狀態, 實時間 制御 시스템의 影響을 模寫할 수 있어야 한다.
3. 模寫의 詳細度(level of detail)는 局地的 交通狀況 模寫에 적합한 microscopic level과 交通網 全體 次元의 평가에 적합한 macroscopic level을 混合한 形態가 바람직 하다.

##### - Assignment

1. 여행전 혹은 여행 중에 提供되는 多樣한 形態의 실시간 정보나 제어에 접한 운전자의 經路選擇 決定을 模寫할 수 있어야 한다.
2. Mode choice, trip timing, destination choice 등과 같은 운전자 決定事項들의 模寫가 可能해야 한다.

#### 다. 既存의 交通流 模型

ITS概念 평가 研究의 필요와 新技術의 導入으로 요구되는 여러 機能을 갖춘 交通流 模型의 개발을 위해 世界的으로 많은 研究가 進行 중에 있다. 주목할 만한 연구로는 北美地域에서는 DYNASMART model, MIT dynamic traffic model, INTEGRATION 등의 새로운 model의 開發을 들 수 있고, 유럽地域에서는 새 model로써 PACSIM의 開發, 既存 模型인 SATURN 과 CONTRAM의 修正/改良을 들 수 있다. 그러나 현재까지는 위에 敍述된 機能的 要求條件을 모두 滿足시키는 模型은 개발되어 있지 않은 實定이고, 따라서 아직도 많은 研究 努力이 필요한 段階이다.

현재 使用可能한 模型중에서 가장 각광받는 模型은 Van Aerde에 의해 개발된 INTEGRATION Model이라 할 수 있다. INTEGRATION Model은 특별히 ITS에의 應用을 위해 개발된 tool로써 개개의 車輛의 行態를 고려한 交通流의 模寫를 수행하도록 設計되었다. 特徵을 들면, 우선 이 모델은 simulation과 assignment의 두 機能을 가지고 있으며, 각 기능은 시간에 따라 變化하는 經路, 交通量, 需要, 制御를 連續적으로 更新하는 動的인 接近 方法을 사용한다. 또한 待期行列, 衝擊波 이론을 이용하여 停滯狀態를 事實적으로 표현하며, time-slice에 基礎한 modeling방식과 달리 개개의 차량이 self-assignment 기능을 가지면서 連續적으로 街路網에 配定된다. INTEGRATION model은 미국의 TravTek, Smart Corridor Project, 프랑스의 CORALY freeway management system에 適用되었으며, 그 결과 관리전략 實行 前後의 高速道路網 模寫를 통한 比較研究에 信賴할 만한 道具로 評價되었다.

#### 라. 管理戰略의 評價

交通流 模型은 局地的 廣域的 관리전략의 평가에 必須的인 分析 道具이며 off-line과 on-line環境 모두에서 사용될 수 있다.

- Off-line

교통류 모형은 off-line環境에서 다양한 종류의 停滯 시나리오에 대한 代案 迂廻戰略의 分析에 이용 될 수 있다. 각 대안 우회전략들에 대하여 model을 실행시킨 결과 얻어진 output을 比較함으로써 주어진 停滯 시나리오에 해당되는 最適 迂廻戰略을 찾아낸다. 이 최적우회전략은 고속도로로부터 迂廻된 交通量을 交通軸上的 사용 가능한 代案經路들로 最適 分配를 한다. 교통류 모형을 사용한 교통측 관리전략 평가의 基本的 節次는 다음과 같다.

1. 管理戰略 評價 分析에 사용될 交通流 模型의 選擇

Available한 model에 대한 技術的 檢討를 거쳐 평가의 趣旨에 적합한 model이 選擇되어야 한다.

2. 研究對象 地域의 定義

일반적으로 研究對象 地域은 單一 高速道路 交通軸이 되며 고속도로와 고속도로의 影響圈內에 있는 周邊의 도로(cross, parallel streets)를 포함한다. 연구대상 지역은 評價對象이 되는 停滯와 管理戰略의 影響을 그 地域내에 包含하도록 定義되어야 한다.

3. 街路網(network)에 包含될 link의 選擇

研究對象 地域은 街路網의 形態로 變換되어야 하는데, 模型化 될 link의 개수 면에서 평가시 충분한 正確度를 얻을 수 있을 정도로 限定하여 選擇한다.

4. 必要한 入力 데이터의 收集

선택된 교통류 모형이 요구하는 데이터를 수집한다.

5. 街路網 構築(코드화)

가로망 구조와 수집된 입력 데이터를 선택된 교통류 모형이 요구하는 形式에 따라 數值的으로 코드화 한다.

6. 模型의 calibration

교통류 모형을 示範的으로 實行시켜 構築된 가로망에 걸친 交通流 行態가 事實的이고 合當한지 與否를 確認한다. Traffic assignment결과가 실제 교통량의 近似值를 나타내는가를 確認한다.

## 7. 시나리오의 設計

分析 評價 시나리오는 停滯의 特性(예: 유고의 위치, 시간, 강도), 管理戰略 代案(운전자 정보제공전략, 제어전략)을 事實的이고 具體的으로 반영하도록 構想한다.

## 8. 分析 및 評價

준비된 각각의 시나리오를 가지고 교통류 모형 을 實行시킨다. 實行結果의 分析을 통하여 管理戰略 代案들을 比較 評價한다. 미리 選定된 MOE상으로 가장 效果가 두드러진 戰略代案이 最終的으로 選別된다.

### - On-line

豫期되지 않은 停滯가 발생했을 때 미리 준비된 관리전략은 정체자체나 관리 전략 실행에 따른 交通流 變化의 動的 狀態를 고려하지 않고 考案된 것이기 때문에 그 效果면에 限界가 있다. 따라서 정체발생 후 실시간 상에서 戰略導出이 이루어져야 하고 전략 실행 후의 狀況을 계속 監視하여 필요한 경우 後續戰略이 따라 주어야 한다. 예를 들면, 交通事故의 경우 多發地域이외에는 그 發生位置를 豫測하기 어려우며, 설사 豫期된 곳에서 交通事故가 感知 되었다고 해도 管理戰略으로써 고속도로 교통량을 代案經路로 誘導했을 경우 그 대안경로는 늘어난 교통량으로 인해 停滯가 誘發될 가능성이 있다. 이 경우 실시간 狀況 監視를 통한 動的 交通管理를 함으로써 필요한 경우 또 다른 대안경로를 提示해 줄 수 있고 따라서 經路誘導로 인한 代案道路 상의 停滯現狀을 防止 할 수 있다. 이러한 動的 交通管理에 交通流 模型은 실시간 評價道具로써 사용될 수 있다 (절 3.2.2 참조).

## Ⅳ. 서울시 都市高速道路 知能化를 위한 先決課題

---

4.1 시스템 設置를 위한 現場 環境 構築

4.2 事業推進體系 構築

4.3 事業企劃力 提高

4.4 技術力 提高



## IV. 서울시 都市高速道路 知能化를 위한 先決課題

앞서 제 II장과 III장에서는 都市 高速道路 知能化를 위한 시스템 구상과 이를 구체적으로 실현하기 위한 細部 研究 課題에 관하여 논하였다. 본 장에서는 앞서 제안된 시스템의 구현을 위하여 선결되어야 할 課題들을 아래와 같이 제시하고, 이들을 극복하기 위한 方案들에 대하여 논하고자 한다.

1. 시스템 구축을 위한 現場의 環境 構築
2. 事業 推進 체계 구축
3. 사업 企劃力 제고
4. 技術力 제고

### 4.1 시스템 設置를 위한 現場 環境 構築

#### 4.1.1 高速道路로서의 機能 提高

고속도로란 진 출입이 완전히 통제되고, 방향별로 2개 차선 이상이 제공되는 多車線 도로<sup>3)</sup>로 규정지어지고 있다. 즉, 운전자가 신호, 표지판 등과 같은 외부적인 요소들에 의한 지체나 交通流 단절을 당하지 않는 連續流(Uninterrupted Flow)가 제공되는 도로를 고속도로로 칭할 수 있다. 이러한 특성에 의해 고속도로의 주된 기능은 특정지역에 대한 接近性보다는 지역간의 移動性을 제공하는 것이라 할 수 있다. 따라서 고속도로는 완전한 연속류 상태로 지역간의 이동을 위해 이용될 때 그 機能을 최대한 발휘할 수 있을 것이다.

현재의 서울시 도시고속도로 구간은 완전한 連續流를 제공하기에는 상당한 문제점을 가지고 있으며, 知能화된 첨단 교통체계 구현에 앞서 이러한 문제점을 우선적으로 개선하여 고속도로 제 기능을 제고하는 노력이 선행되어야 한다.

서울시 도시고속도로의 機能提高 측면에서 문제점은 크게 다음의 세 가지로 압

---

3 TRB, 1995, Highway Capacity Manual

죽될 수 있다.

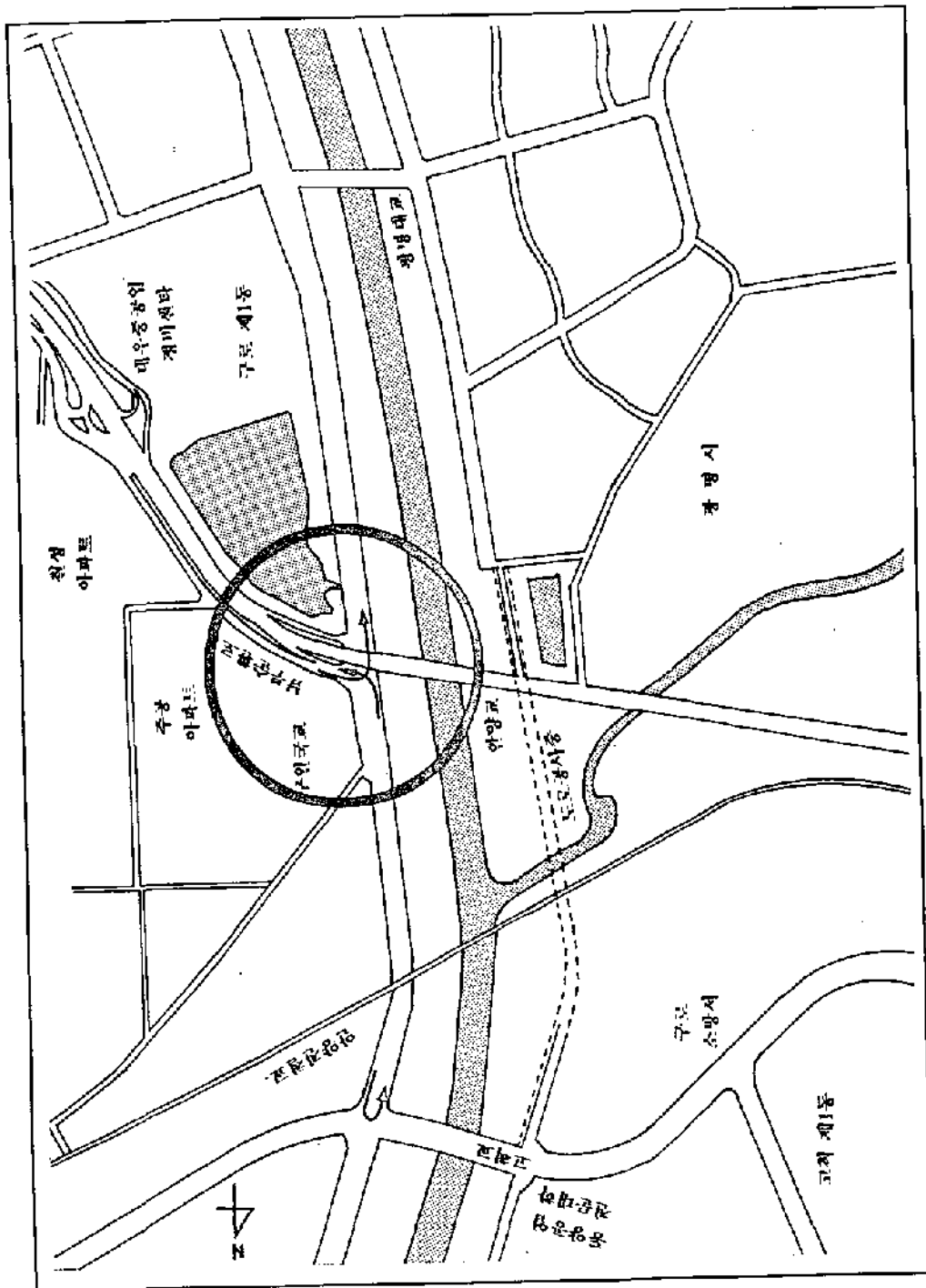
1. 信號燈의 존재
2. 기형적인 流出入 구조
3. 非正常的인 교통규제

다음에서는 이들 각각의 問題點에 해당하는 구간들을 분석하고, 개선방향을 제시하고자 한다.

#### 가. 信號燈 存在

##### ◎ 서부간선 안양교 지점

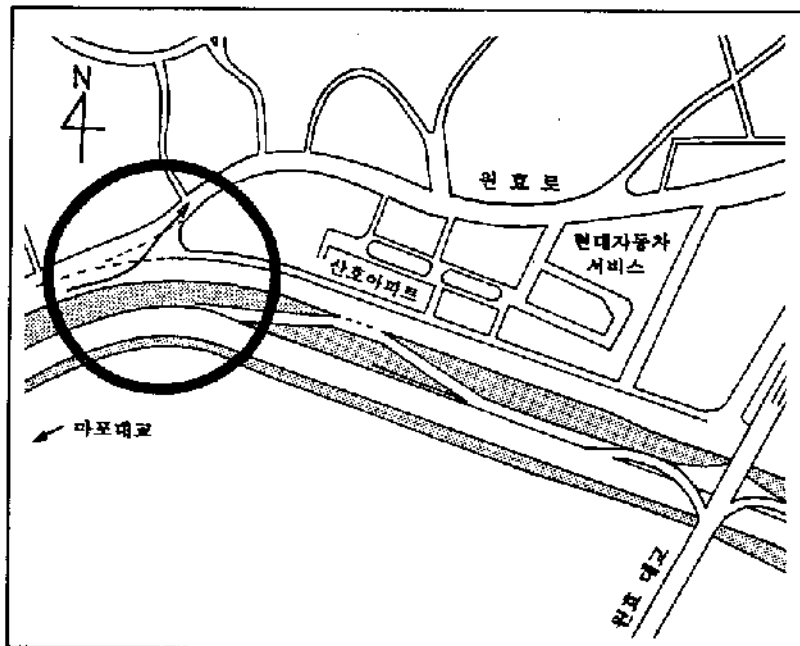
서부간선과 남부순환로가 교차하는 부분으로 서부간선과 남부순환로를 左回轉으로 연결하는 신호가 설치되어 있다. 이로 인해 서부간선 兩方向 교통류가 주기적으로 斷切되고 있으며 양방향 모두 신호에 대한 視距가 확보되지 않아서 사고의 위험이 항상 존재하는 지역이다. 이 지점의 左回轉 신호는 남부순환로 → 서부간선, 서부간선 → 남부순환로의 進出入 동선을 조정하여 상하류부에 있는 고척교, 광명대교 U-Turn을 활용하는 방향으로 개선되어야 할 것이다.



〈그림 4-1〉 서부간선 안양교 지점

◎ 강변북로 원효대교옆 원효로

마포대교 쪽에서 원효로로 진입하는 차량에게 좌회전을 허용하기 위해 신호가 설치되어 있으며, 이로 인한 遞期的인 교통류 단절현상이 발생하고있다. 이 구간은 차후에 강변북로가 擴張되면 기하구조상 좌회전 신호는 없어질 것으로 예상된다. 하지만 원효로 에서 강변북로로 진입하는 交通流는 그대로 허용될 것으로 예상되는데 이 경우에 진입하는 차량들이 충분히 가속후 진입할 수 있도록 加速車線을 고려해 주어야 할 것이다.



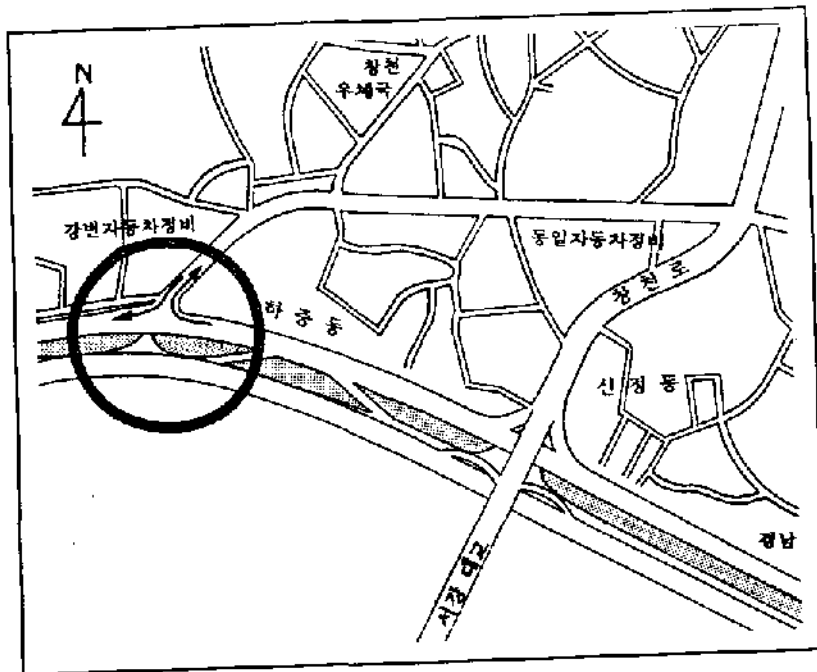
<그림 4-2> 강변북로 원효대교옆 원효로 지점

## 나. 畸形的인 流出入 構造

도시고속도로의 기능을 저하시키는 문제의 原因은 비정상적인 유출입에서 비롯된다. 이는 주로 노선의 新設에 있어서 기존의 간선도로를 그대로 확장하기 때문에 인접하는 간선도로나 이면도로의 유출입 부에서 주로 발생한다. 따라서 향후 노선의 신설에 있어서는 인접하는 도로의 동선을 충분히 고려한 立體 流出入 부의 설계가 반영되어야 할 것이며, 이미 운영중인 노선은 관련 기관간의 긴밀한 협조 하에 고속도로의 移動性을 제고하는 방향으로 교통관리 개선사업이 수행되어야 할 것이다.

### ◎ 강변북로 서강대교 옆 하중동

진출입하는 램프에 加減速 차선이 확보되어 있지 않아 본선 교통류가 영향을 받는 전형적인 지점. 양화대교 방면으로 진행하는 본선 차량이 가속차선 不在인 관계로 토정길에서 급진입하는 차량 때문에 영향을 받는다. 이 부분은 본선에서 진입차량의 視距가 불량하여 대단히 위험한 지역이기도 하다. 또한 본선에서 유출하는 차량 또한 감속차선이 없기 때문에 본선 상에서 감속을 함으로써 후방차량에 영향을 미치게 된다. 이 지점은 幾何構造, 주변 土地利用 여건을 고려할 때 감속차선을 추가하는 改善이 매우 어려울 것으로 예상되어 유출입 부를 차단하는 것이 오히려 더 효율적일 것으로 예상된다.

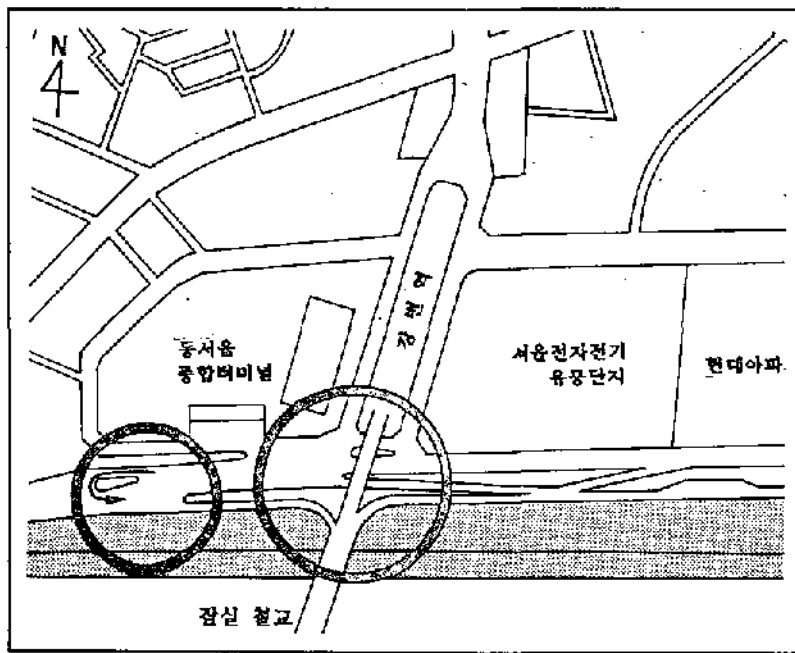


<그림 4-3> 강변북로 서강대교 옆 하중동 지점

#### 다. 非正常的인 交通規制

##### ◎ 강변북로 동서울 터미널옆 U-turn 과 신호등

동서울 종합 터미널로 유출입하는 버스 통행을 위해 信號燈이 설치되어 좌회전을 허용하고 있다. 이로 인해 강변북로 양방향 모두 신호에 의한 주기적인 교통류 斷切이 발생하고 있으며, 터미널 앞부분에는 U-turn이 허용된다. 올림픽대교에서 잠실대교 방면으로 진행하는 차량은 신호에서 遲滯를 경험하게되며, 동서울 종합 터미널에서 나와 U-turn을 위해 본선을 가로지르는 대형 차량을 통과하더라도 다시 U-turn을 위해 늘어선 대형차량을 피하기 위해 급 차선변경을 해야만 하는 위험한 交通流 制御 方式이 적용되고 있는 지점이다.



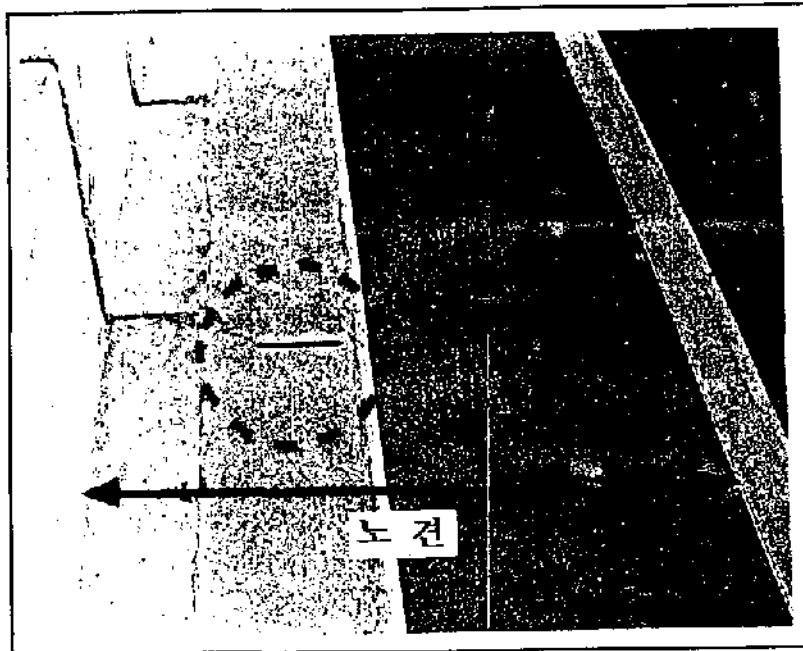
<그림 4-4> 강변북로 동서울 터미널 지점

#### 4.1.2 有故處理등 非常時를 對備한 路肩 確保

고속도로 관리 시스템이 궁극적으로 운전자에게 제공하는 가장 중요한 서비스 중의 하나인 유고에 의한 遲滯의 신속한 消除를 위해서는 유고 발생시 상류부 진입로의 進入制御에 의한 수요교통 억제와 유고 지속시간을 최소화하여 유고에 의한 후방차량의 직접적인 지체의 감소 활동이 요구된다.

이 중에서 유고지속 시간 최소화 활동의 측면에서 현재 서울시 도시고속도로 시스템은 매우 취약한 幾何構造를 갖추고 있다. 유고처리를 위해서는 유고처리팀(구급차량, 견인차량, 경찰 순찰차량)의 신속한 현장 접근이 요구되지만 유고처리팀의 출동이 항상 유고가 발생한 이후에 이루어 진다는 상황에서 실제로 현장 접근은 거의 불가능해 질 수도 있다. 이는 현재 운영중이거나 건설중인 대부분의

도시고속도로가 路肩이 없거나 매우 협소하기 때문에 예견되는 현상이다. <그림 4-5>는 현재 부분 개통되어 운영 중에 있는 강변북로 고가부의 노건부분이다. 그림에서는 협소하지만 노건이 확보되어 있으나 북부간선의 경우에는 노건이 전혀 고려조차 되어 있지 않다.



※ 원내는 16cm 길이의 펜.

<그림 4-5> 강변북로 고가부 노건 현황

노건은 非常車輛에 통행로를 제공하며 유고시에는 유고차량의 대피처로 이용이 가능하다. 노건이 존재하지 않는 경우에 유고를 접보한 유고처리차량은 반드시 유고로 인한 지체 지역을 통과해서 접근해야만 하고 有故程度가 심각할수록 현장 접근에 보다 많은 시간이 소요되어 유고처리 지연으로 인해 자체가 가중되는 악순환이 이루어 진다. 일부 구간은 유고지역의 逆方向에서 유고처리차량을 투입하여 접근 할 수 있을 것이다. 하지만 대부분의 구간이 방향별로 도로가 분리되어 있고 특히 강변북로, 북부간선, 정릉천로 등은 방향별로 분리된 고가도로로 이루어져 있어서 이 또한 여의치 않은 실정이다.

참고적으로 고속도로에서 발생하는 유고(사고, 차량고장, 낙석, 노상장애물)는 심각도에 따른 정도의 차이는 있으나 대부분이 유고발생지역 후방으로 심각한 滯滯를 유발하게 된다. 이러한 지체는 교통량 증가로 발생하는 주기적인 停滯와는 달리 발생지역의 예측이 불가능하며 정체도 또한 人爲的이기 때문에 신속하게 유고발생을 인지하고 처리하는 과정이 요구된다. 유고로 인한 지체는 크게 다음의 두 가지 요소에 따라서 深刻度가 결정된다.

#### 첫째, 有故로 인해 減少되는 通過 交通量

유고가 발생하여 몇 개의 차선이 차단되면 이로 인한 영향이 다른 차선에도 미치게 되어 통과 교통량은 현저하게 감소되는 傾向을 보이게 된다. <표 4-1>은 본선의 1개 차선 또는 노면에 유고가 발생하였을 때의 일반적인 교통량 감소<sup>4)</sup>를 보이고 있다.

<표 4-1> 본선 1개 차선, 노면에 유고시 용량 감소

총 차선 수	용량 (대/시)	본선 1개 차선 유고시		노면 유고시	
		(대/시)	감소 (%)	(대/시)	감소 (%)
2	3,700	1,200	68	3,000	19
3	5,500	2,700	51	4,600	17
4	7,400	4,200	43	6,300	15

<표 4-2>는 Houston의 Gulf Freeway(편도3차선)에서 조사된 각 차선 차단에 따른 용량의 감소<sup>5)</sup>를 보여주고 있다.

4 FHWA, 1983.5 , A Freeway Management Handbook

5 Goolsby, M. E. , 1971 , "Influence of Incidents on Freeway Quality of Service" , HRR 349

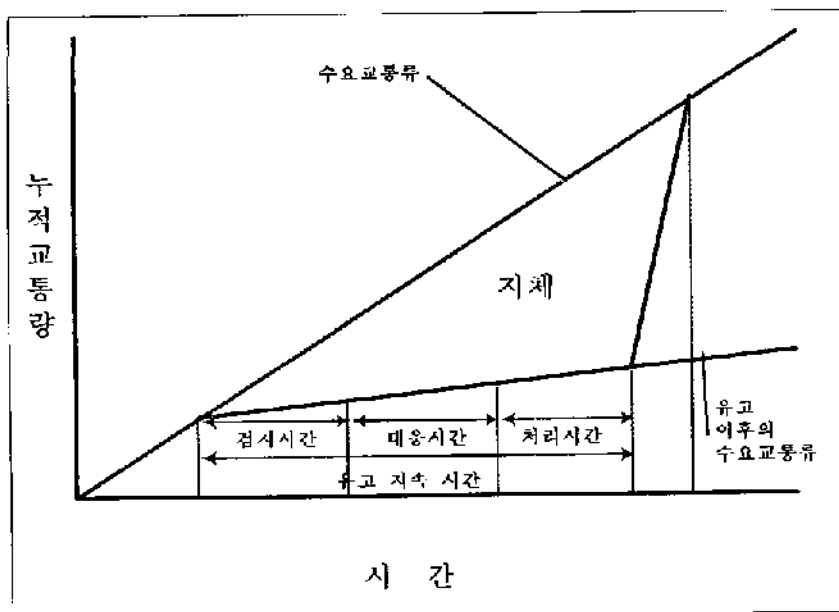
<표 4-2> 3차선 도로의 각 차선차단별 용량 감소

차단 차선 수	용량 감소 (%)
노전	33
1	50
2	79

<표 4-1>과 <표 4-2>에서 처럼 유고가 발생하면 유고지점을 통과하는 교통량은 制約을 받게되므로 수요교통량이 통과 교통량보다 과도한 경우에 지체발생은 필연적이라 할 수 있으며 현재 서울시 交通狀態를 감안할 때 이러한 상황은 아주 빈번히 발생 할 것으로 예상된다.

#### 둘째, 發生한 有故가 持續된 時間

유고가 발생한 이후에 처리되고 有故狀況이 종료될 때까지의 과정은 <그림 4-6>과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 4-6> 유고 지속 시간과 지체 관계도

<그림 4-6>에서와 같이 유고가 발생한 이후 持續時間이 길어질수록 지체도는 심각하게 변화하게 된다. 유고 지속시간은 크게 다음의 세 부분으로 구분할 수 있다.

### 1) 檢知 時間

실시간으로 수집되는 檢知機 자료에 의해 현재 상태를 파악하는데 소요되는 시간. 주로 검지기의 檢知性能과 검지 알고리즘 (Detection Algorithm)의 효율성에 영향을 받는다.

### 2) 對應 時間

유고가 검지 된 이후에 有故 連繫 體系를 동원하는데 소요되는 시간. 유고연계 체계로는 구급차량, 견인차량, 경찰 순찰차량 등이 있으며, 이들 차량이 차고지 또는 대기장소에서 유고지점에 도착하는데 소요되는 시간도 포함된다.

### 3) 處理 時間

동원된 유고연계 체계의 救難 활동에 소요되는 시간. 주로 유고차량의 피난과 사고인 경우에는 법적 처리 등의 활동이 이루어 진다.

다음에서는 유고로 인해 차선이 차단되는 경우의 지체의 영향을 보이기로 한다. 일반적인 조건하에서 遲滯를 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$D = \frac{T_1^2(S_1 - S_3)(S_5 - S_3) + T_2^2 S_1 S_5 + T_3^2(S_1 - S_4)(S_5 - S_4) - T_4^2(S_1 - S_2)(S_2 - S_5) + 2 T_1 T_2 S_1(S_5 - S_3) + 2 T_1 T_3(S_1 - S_4)(S_5 - S_3) + 2 T_1 T_4(S_1 - S_3)(S_2 - S_5) + 2 T_2 T_3 S_5(S_1 - S_4) + 2 T_2 T_4 S_1(S_2 - S_5) + 2 T_3 T_4(S_1 - S_4)(S_2 - S_5)}{2(S_1 - S_5)}$$

$$TNF = \frac{T_1(S_1 - S_3) + T_2 S_1 + T_3(S_1 - S_4) + T_4(S_2 - S_5)}{(S_1 - S_5)}$$

D : 총 지체 (대 - 시)

TNF : 유고→정상 상태로의 복귀 시간(시간)

$S_1$  : 도로 용량 (대/시)

$S_2$  : 초기 수요 교통량 (대/시)

$S_3$  : (유고발생 직후의) 초기 정체 교통량 (대/시)

$S_4$  : (유고 처리후) 정체 교통량 (대/시)

$S_5$  : 조절 수요 교통량 (대/시)

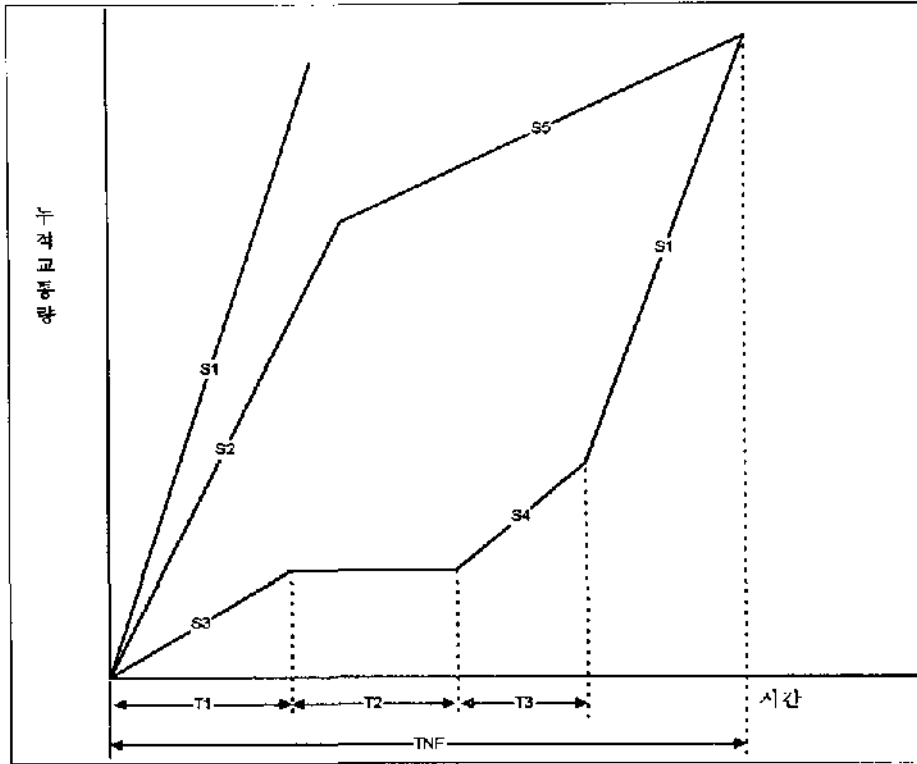
$T_1$  : 유고 인지 후 처리활동 개시까지의 경과 시간 (시간)

$T_2$  : 전차선 차단 경과 시간 (시간)

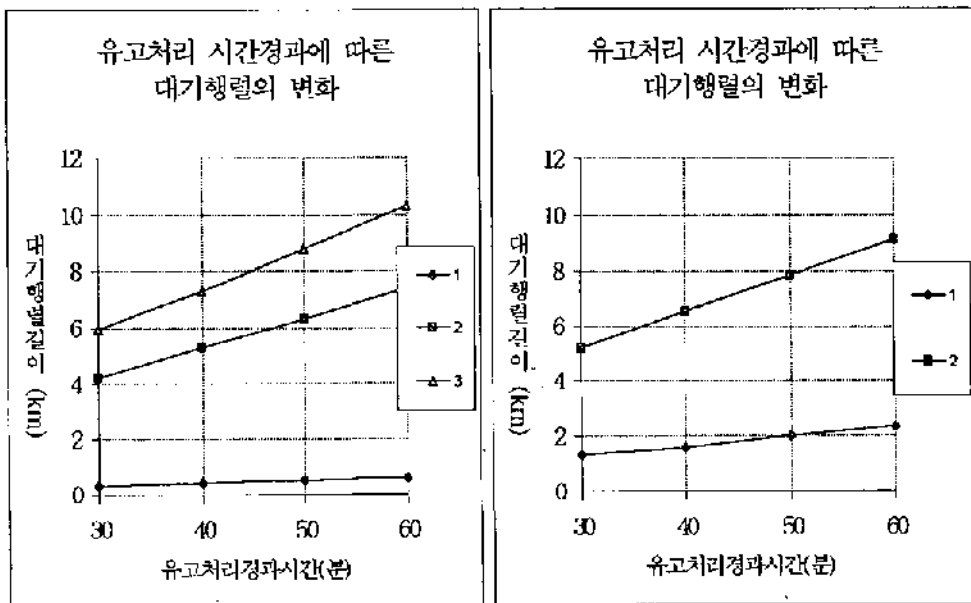
$T_3$  : 유고 처리후 정체 시간 (시간)

$T_4$  : 초기 수요 교통 경과 시간 (시간)

유고로 인한 지체의 영향은 <그림 4-7>과 같이 유고인지후 처리활동까지의 경과시간( $T_1$ ), 전차선 차단이 발생하는 경우의 경과시간( $T_2$ ), 유고 처리 후 정체 시간( $T_3$ )에 좌우되는데 여기서는 노면 부재로 인한 유고처리 활동의 지연에 따른 지체의 영향만을 고려하기 위해 모든 조건은 동일하게 두고  $T_1$ 만을 30~60분으로 변경하는 경우 최대대기행렬 길이의 변화를 계산하였다. 이때 용량은 2,200pcphpl로 산정한 결과를 <표4-3>과 <그림 4-8>에 나타내었다.



<그림 4-7> 최대 지체 관계도



<그림 4-8> 유고처리 시간경과에 따른 최대 대기행렬 길이 변화

<표 4-3> 최대 지체 길이 산정 결과

차선수	차단 차선수	용량 S1	초기 수요 S2	유고 기간 T1	조절 수요 S5	초기 지체 경험 교통량 S3	조절 지체 교통량 S4	차단 기간 T2	유고 기간 T3	경과 시간 T4	총 지체 (Veh-hrs)	TNF (min)	최대 대기차량 (Veh)	최대 대기길이 (Km)
4	3	8800	6000	30	6000	1320	1320	0	10	0	2778.3	106.9	3120.0	5.9
4	3	8800	6000	40	6000	1320	1320	0	10	0	4341.1	133.6	3900.0	7.4
4	3	8800	6000	50	6000	1320	1320	0	10	0	6251.1	160.3	4680.0	8.9
4	3	8800	6000	60	6000	1320	1320	0	10	0	8508.5	187.0	5460.0	10.3
4	2	8800	6000	30	6000	2640	2640	0	10	0	1642.7	88.0	2240.0	4.2
4	2	8800	6000	40	6000	2640	2640	0	10	0	2566.7	110.0	2800.0	5.3
4	2	8800	6000	50	6000	2640	2640	0	10	0	3696.0	132.0	3360.0	6.4
4	2	8800	6000	60	6000	2640	2640	0	10	0	5030.7	154.0	3920.0	7.4
4	1	8800	6000	30	6000	5720	5720	0	10	0	68.4	44.0	186.7	0.4
4	1	8800	6000	40	6000	5720	5720	0	10	0	106.9	55.0	233.3	0.4
4	1	8800	6000	50	6000	5720	5720	0	10	0	154.0	66.0	280.0	0.5
4	1	8800	6000	60	6000	5720	5720	0	10	0	209.6	77.0	326.7	0.6
3	2	6600	4500	30	4500	1386	1386	0	10	0	1718.1	99.3	2076.0	5.2
3	2	6600	4500	40	4500	1386	1386	0	10	0	2684.6	124.1	2596.0	6.6
3	2	6600	4500	50	4500	1386	1386	0	10	0	3865.8	149.0	3114.0	7.9
3	2	6600	4500	60	4500	1386	1386	0	10	0	5261.8	173.8	3633.0	9.2
3	1	6600	4500	30	4500	3696	3696	0	10	0	247.1	55.3	536.0	1.4
3	1	6600	4500	40	4500	3696	3696	0	10	0	386.0	69.1	670.0	1.7
3	1	6600	4500	50	4500	3696	3696	0	10	0	555.9	83.0	804.0	2.0
3	1	6600	4500	60	4500	3696	3696	0	10	0	756.7	95.8	938.0	2.4

결과에서 보듯이 유고처리시간이 경과함에 따라서 待機行列은 급격하게 증가를 한다. 즉, 路肩의 不在로 인해 유고 지점의 접근이 늦어지게 되면 증가하는 대기 차량의 영향으로 도로전체가 마비될 수 있으며 여타의 교통관리 技法 또한 큰 실효를 거둘 수 없음을 보여주는 좋은 예라 할 수 있겠다. 따라서 도로 설계 시점에서부터 노건의 중요성을 재인식하고 적극적으로 수용할 방안이 강구되어야 한다.

#### 4.1.3 現場 裝備 設置를 위한 路邊空間 確保

고속도로 교통관리 시스템의 운영을 위해서는 교통자료 수집을 위한 점지기, 교통정보 표출을 위한 가변정보 표지판, 차선제어 표지판, 교통상태 관측을 위한 CCTV등 상당히 많은 장비들이 다양하게 설치되게 된다.

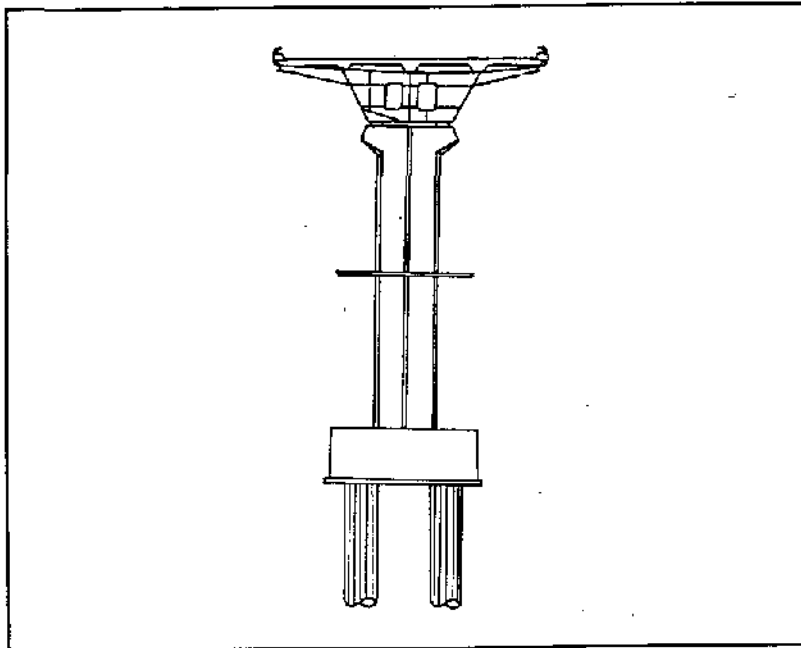
대부분의 장비는 도로상의 交通流에 영향을 주지 않는 범위 내에서 構造物에 부착되어 설치된다. 또한 모든 장비들은 전원공급 및 고유기능 구현을 위한 제어기가 함께 설치되고 制御機는 다시 정전압 공급과 항온·항습을 유지하며 보호를 위해 철재 합체내에 설치된다. 결국 장비당 하나의 합체는 필수적이 다고 할 수 있다. 장비 설치용 構造物과 합체는 설치에 있어서 다음과 같은 條件을 고려하여야 한다.

- ① 차량 충돌을 방지하기 위하여 가능한 한 연석에서 멀리 떨어진 위치에 설치
- ② 유지·보수를 위해 접근이 용이한 위치에 설치
- ③ 합체는 땅에 고정시킬 수 있을 것
- ④ 땅에 고정시킬 수 없을 경우에는 Pole이나 기타장비를 이용하여 설치

機械的 측면에서 고려할 때, 서울시 도시고속도로는 고속도로 교통관리 시스템용 장비설치를 위한 餘裕空間이 거의 전무하다. 이미 개통된 동부간선, 서부간선, 올림픽대로는 부분적으로 확보된 공간적 여유가 있으나 현재 건설중인 타구간은 이에 대한 고려가 전혀 되어 있지 않은 실정이다. 현재 부분 개통되었거나 건설중인 고속도로 高架部는 고속도로 교통관리 시스템용 장비를 고려하지 않은 사항이어서 전혀 여유공간이 확보되어 있지 않다. 북부간선, 정릉천변, 강변북로의 대부분 구간이 高架部로 건설중임을 생각할 때 이것은 상당한 문제점으로 작용할 것

이다.

<그림 4-9>는 현재 강변북로에 시공중인 고가부 도로의 橫斷面을 한 예로 보여주고 있다. 그림에서와 같이 도로의 측면 부에는 施設物 설치를 위한 여유공간 (최대 120×120Cm 정도)이 존재하지 않는다. 이는 고속도로 교통관리 시스템과 같은 交通流 管理 技法의 도입을 고려하지 않은 결과로 향후에 교통류 관리 기법을 도입하기 위해서는 다시 附加的인 건설작업이 필연적으로 이루어 져야할 실정이다. 완공이후에 다시 부가건설을 시행한다는 것은 經濟的으로도 바람직하지 않을 뿐만 아니라 道路 遮斷에 의한 이용자 불편도 무시할 수 없는 사항일 것이다. 따라서, 도로 설계 시에 교통류 관리 기법의 적용을 고려하여 예상 지역에 여유 공간을 미리 確保하는 작업이 도로설계자와 교통관리 간의 긴밀한 협조 하에 수행되어야 할 것이다.

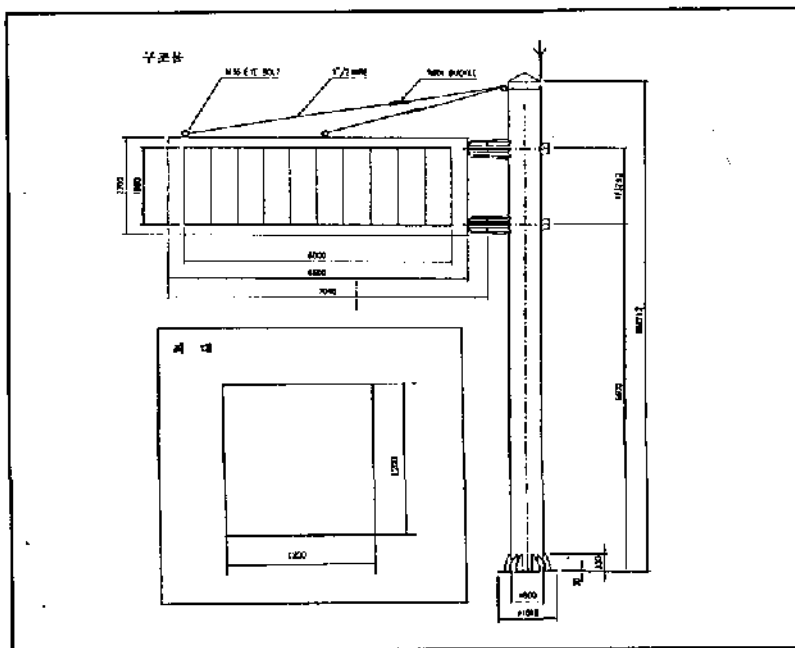


<그림 4-9> 도시고속도로 고가부 橫斷면도

다음 <그림 4-10>은 일반적으로 가변정보 표지판의 지지를 위해 이용하는 구조물의 規格을 보이고 있다. 제시된 구조물은 30 $\varnothing$  LED방식의 10자 3줄용 가변정

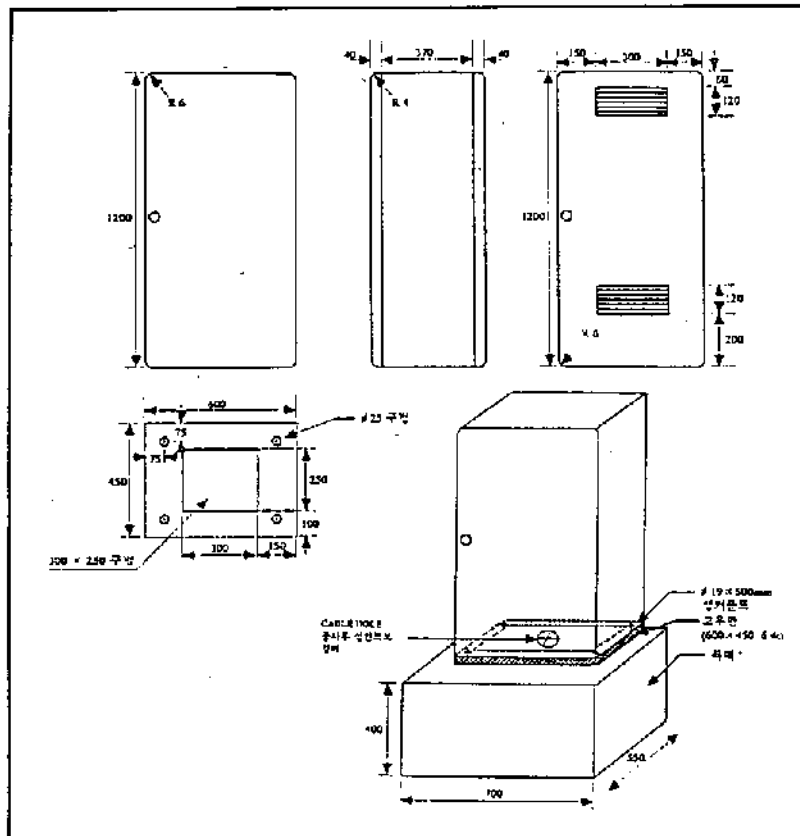
보 표지판 설치용이다. 가변정보 표지판의 규격은 표지판을 보게될 운전자들의 통과속도와 차선 수에 비례해서 결정되는데 서울시 도시고속도로가 대부분 便道 3~4차선이고, 設計速度 80km/h정도임을 감안하면 현재 일반적으로 이용되는 표지판의 규격에 비교해서 그다지 큰 크기라고 볼 수는 없을 것이다.

<그림 4-10>에서와 같이 구조물의 설치를 위해서는 구조물을 지탱하기 위한 콘크리트 좌대가 먼저 설치되고 그 위에 구조물이 장착된다. 좌대는 120×120Cm의 설치 공간을 필요로 한다. 즉, 본선의 교통류가 영향을 받지 않는 위치에 최소한 120×120Cm의 공간이 요구됨을 의미한다.



<그림 4-10> VMS 지지 구조물 및 좌대 도면

장비 합체는 구조물에 비교하여서는 그다지 넓은 공간을 차지하지는 않지만 서울시 도시고속도로 고가부 도로에서는 문제점으로 작용할 것이다. 다음 <그림 4-11>은 일반적인 합체의 규격을 보이고 있다.



<그림 4-11> 제어기 합체 도면

#### 4.1.4 地名 體系의 補完

최근의 폭발적인 차량증가로 인한 심각한 정체상태는 도로 이용자들의 교통정보에 대한 需要 急増을 유발하고 있다. 이러한 시대적 흐름에 따라 도시고속도로 관리 시스템에서는 다양한 형태의 교통정보가 제공되고 있거나 구상 중에 있다. 제공되는 정보의 형태는 주로 교통방송과 같은 방송매체에서 제공하는 音聲적인 정보와 도로상의 가변정보 표지판(VMS)과 같은 전자장비에 의한 文字정보로 대별된다.

이들 교통정보는 정보의 제공처가 다양할 뿐만 아니라 제공형태 또한 相異하기

때문에 각각의 특성을 충분히 고려한 교통정보 제공 방안이 마련되지 않는다면 오히려 이용자에게 混亂을 가져다 줄 수도 있을 것이다. 이용자 측면에서 명확한 교통정보를 제공하기 위해서는 다음과 같은 사항들이 미리 고려되어야 한다.

### 1. 메시지의 一貫性

교통정보는 모든 이용자에게 동일한 의미로 제공될 수 있도록 일관성을 지녀야 한다. 정체 또는 유고 정보는 狀況發生 지점의 위치, 유고종류, 유고 程度, 상황경과 추이 등이 상황 보고자와 상황 관리자 및 교통정보 제공자들간에 동일한 의미로 전달되어야만 한다. 이를 위해서는 해당 상황을 동일하게 표현하는 규정이 마련되어야 할 것이다.

이러한 명확한 상황표현을 위해서는 첫째로 이러한 지점을 표현하는 방법이 강구되어야 한다. 지점 표현을 위해 일반적으로 많이 이용하는 방법으로는 IC의 고유명칭과 里程이 있다.

두 번째는 상황 정도를 명확히 규정해야 하며, 이를 위해서는 等級에 의한 표현을 주로 이용한다. 예를 들어 정체는 遲滯, 徐行, 停滯와 같이 통행속도 범위에 따라 등급을 나누어 표현하고, 유고는 사고, 차량고장, 路上 장애물과 같이 유고 상황을 미리 정의하며 1개 차선 차단, 2개 차선 차단 등과 같이 차선차단 정도로 상태를 표현하는 방법이 있다. 이러한 규정 하에서 유고 및 정체 상황이 정보 되고 관리되며 도로이용자에게 제공될 때 정확한 정보의 제공이 이루어 질 것이다.

### 2. 시설물의 규격에 따른 메시지 量의 制約

교통방송과 같은 放送媒體는 그 특성상 정해진 시간 내에 다수지점의 상세한 교통상태를 제공할 수 있으나 도로상에 설치되는 가변정보 표지판과 같은 장비는 사용목적상 단구간의 교통상태를 간략하게 표현하는데 이용된다. 가변정보 표지판에 제공되는 문자정보는 장비의 규격에 따라 제약을 받게 되므로 가급적 짧게 서술하면서도 명확한 意思傳達이 이루어 질 수 있어야 한다.

현재 가장 널리 쓰이는 가변정보 표지판의 규격은 문자용으로는 주로 10자 3줄이 이용되고 있다. 가변정보 표지판의 첫 줄에는 상황 발생 위치를 (IC명) - (IC명), (IC명)후방 00km와 같이 표출하고, 둘째 줄에는 유고 또는 정체 유형과 상

태를 표출하며, 마지막 줄에는 우회도로 권고, 주의 등의 정보를 표출하는 형식을 취한다. 따라서 두 IC명이 한 줄(최대 10자 이내)에 모두 표현되어야 하기 때문에 이론적으로 IC명은 가급적 2~3자로 작성되는 것이 타당하며 이용자들의 인식에 편의를 위해서도 적절하다. 또한 운전자 편의를 위한 이정체계도 제공되어야 할 사항으로 본 내용은 다음에서 언급하기로 한다.

## 가. IC命名

현재 서울시내 각 도로의 교통상태는 주로 교통방송, 기타 방송기관에서 운전자에게 제공하고 있다. 도시고속도로의 교통정보는 유고와 정체정보를 상황발생 지점과 방향을 제시하고 해당구간의 상태를 방송하고 있다. 이때 이용되는 지점명칭은 대체로 流出入 부에 접속되는 교량(예, 성산대교, 올림픽대교)이나 주요 건물(노량진 수산시장, 국립묘지)의 명칭을 그대로 사용하고 있는데 이는 放送界에서 내부적인 원칙에 의해 잠정적으로 이용하고 있는 것으로 아직은 각 IC별로 정의된 고유명칭을 사용하고 있지는 않다. 이로 인해 유고 제보자, 방송자 또는 각 방송사들간에 같은 지명을 각기 다르게 표현하는 등 一貫性이 결여된 정보가 그대로 방송되는 경우가 빈번하다. 또한 향후에 각 도로에 설치되어 서비스될 가변정보 표지판의 기계적 규격상의 제한을 고려할 때, 현재 이용되고 있는 IC명을 그대로 수용하기 위해서는 가변정보 표지판이 과다하게 커지게 된다. 이는 서울시 도시고속도로 지하구조상 시설물 설치지점의 제약으로 가변정보 표지판의 크기가 기존에 일반적으로 이용하고 있는 장비들보다도 오히려 작아져야 할 실정과는 相反되는 개념인 것이다. 그리고 실제로 가변정보 표지판에 표출되는 내용을 보게될 운전자들은 고속으로 주행하고 있어서 짧은 시간에 많은 정보를 취할 수 없다는 점 때문에 현재와 같은 羅列式的 IC명은 바람직하지 않다.

이러한 문제의 보완을 위해서는 교통관리 관련기관간의 상호 협의 하에 새로운 IC를 규정하는 작업이 시행되어야 할 것이고 도로 이용자와 교통관리 시행자의 편의를 만족시키는 새로운 IC명의 명명을 위해 다음과 같은 原則을 참고로 제안한다.

- ① 유출입 부에 접속되는 교통시설물의 명칭을 따른다.
- ② 주요 유출입이 발생하는 지역의 행정동명을 따른다.
- ③ 주변이 동일한 행정동일 때는 인접한 행정기관이나 주요 시설 명을 따른다.
- ④ 가능한 한 명칭은 짧게 작성한다. (2~3자)
- ⑤ 동일한 명칭이 불가피한 경우는 해당IC의 방위를 사용하여 구별한다.
- ⑥ 기존에 묵시적으로 이용되고 있는 명칭을 가능한 한 수용하도록 한다.
- ⑦ 다른 도로들(고속도로, 타지역 도시고속도로)이 이용하는 명명법과 상충되지 않도록 한다.

## 나. 里程體系

앞에서도 약간 언급된바 있으나 이정체계의 필요성은 다음과 같이 요약 될 수 있다.

### 1. 도로 이용자가 위치 파악에 용이함

앞에서도 언급되었듯이 도로 이용자에게 제공되는 情報는 주로 IC를 기준으로 하여 前(後)方 00km 또는 특정노선(올림픽대로, 동부간선, 서부간선 등) 上(下)行 00km와 같은 형태로 제공된다. 이 경우에 운전자는 자신의 위치와 제공된 교통 정보 지점과의 거리를 알아보고자 할 것이나 현재는 이정에 관련된 서비스는 준비되어 있지 않기 때문에 상당한 어려움을 겪을 것으로 예상된다. 실제로 고속으로 주행하고 있는 운전자는 速度感 때문에 정확한 거리 측정을 한다는 것은 불가능한 것이며, 현재의 자동차 장비가 특정구간의 거리를 측정할 수 있는 기능이 갖춰져 있지 않기도 않기 때문이다. 따라서, 도로상에 일정한 형태로 地點을 표기하는 표지가 갖춰져야 할 것이다.

### 2. 고속도로 교통관리 시스템 시설물 설치 및 유지보수 시의 필요성

고속도로 교통관리 시스템은 교통관리에 이용하기 위한 각종 장비의 현장 설치가 필수적이다. 각 장비는 시스템이 管掌하는 지역의 범위와 제공하는 서비스의 형태에 따라 차이를 보일 수 있으나 상당한 物量이 투입된다. 그리고 장비의 설

계, 설치, 운영, 유지보수는 관리 시스템 구현의 最適化를 위해서 각기 다른 組織이 분담하게 될 것이다. 이러한 상황하에서 방대한 장비를 각기 다른 조직들이 일관성을 가지고 장비를 관리하기 위해서는 정확한 장비의 위치 파악은 필수적이라 하겠다. 또한 교통관리의 핵심인 교통관리 알고리즘은 점지장비간의 거리를 媒介變數로 필요로 하기 때문에 그 정확성에 따라 시스템 전체의 정확도가 좌우되기도 하는 부분이다.

이정을 표기하는 방법은 현재 특별한 규정으로 마련되어 있지는 않으며 단지 한국도로공사에서 관리하는 고속도로에 설치 운영중이다. 따라서, 현재 고속도로에 설치되어 있는 이정체계를 참조로 하여 서울시 도시고속도로에 적용할 里程標記 방안을 제시하기로 한다.

- ① 각 노선별로 하나의 基點을 선정한다.
- ② 기점을 중심으로 상·하행을 정한다.
- ③ 이정표기는 방향에 관련 없이 기점을 기준으로 한다.
- ④ 표지판은 중앙선 부에 1km간격으로 설치하며, 노면 부에는 0.5km 간격 지점에 설치한다.
- ⑤ 이정표에 표기되는 내용은 5km 간격으로 “OO 기점 OOkm”으로 표기하며 1km간격으로는 “OOkm”로 표기한다.

## 4.2 事業推進體系 構築

효율적인 서울시 도시고속도로 지능화사업추진을 위해서는 안정적인 사업추진 체계를 마련하여야 한다. 이를 위해서는 사업추진 主體가 명확히 결정됨이 필요하고, 이를 뒷받침하는 法·制度에 대한 검토와 정비가 선행되어야 한다.

### 4.2.1 事業推進主體

서울시 도시고속도로 지능화사업추진의 주체는 研究 및 技術開發, 設計 및 시스템 具現, 시스템의 運營·管理 세 분야로 구성되어 있으며, 성공적인 사업추진을 위해서는 각 분야의 유기적 협조체제가 구축되어야 한다.

民間이 주도적으로 사업을 추진하기 어려운 현실을 감안할 때, 관이 연구기관과 학계의 지원을 받아 보편 타당한 사업의 방향 및 전망을 제시하고, 이를 토대로 향후 민간이 자연스럽게 기술개발과 시스템 구현 사업에 참여하여 주도적 역할을 할 수 있는 환경을 갖추어 주도록 한다. 이에 官은 사업의 추진과정을 관리하고, 시스템이 지속적으로 유지·관리되고 발전될 수 있도록 하는 체계를 갖추는 것이 필요하다. 이러한 기본방향 하에 각 분야별 - 연구 및 기술 개발, 설계 및 시스템의 구현, 시스템의 운영 및 관리 - 사업 추진 주체로서의 역할을 서술하면 다음과 같다. (<표 4-4> 참고)

<표 4-4> 분야별 각 부문의 역할

구분	연구 및 기술개발		설계 및 시스템 구현	시스템 운영 및 관리
	정 책	기 술		
官	의사결정	전망제시	감리, 감독	책임 부서, 인력 확보
官 관련 研	필요한 정책 대안 제시	계획수립 방향유도	관리, 지원	지속적 확장을 위한 기획기능지원
産		세부적기술구현 (기술수준과 시 장성에 입각)	실제 수행	시스템의 개량 및 유지보수 지원
學	지원 (의견개진)	기초연구지원 객관·타당성 유 지, 자문	지원	지원

#### 가. 研究 및 技術開發

필요한 교통관리를 규정하고, 이를 구현하는 기술적 대안에 대한 검토 및 전망을 통하여 시스템의 효율성 향상을 위한 기술적 요소를 확정하고, 국내 개발 유효성을 검토하며 기술개발촉진 방안 등을 제시해야 한다. 기술적 요소에 대한 검토뿐만 아니라, 법·제도적 정비, 사업추진에 따른 행정기구 사이의 조정에 대한 계획 등 정책적 사항에 대해서도 합리적인 案을 導出하여야 한다.

학계와 관련업계, 그리고 관련행정기관의 의견수렴과정을 거쳐 합의와 결론을 도출하도록 하고, 이를 통하여 민간 관련기술 업계 적극적 참여와 활발한 기술개발을 유도할 수 있는 公信力 있는 연구기관이 수행하는 것이 바람직하다.

#### 나. 設計 및 시스템의 具現

도시고속도로 교통관리시스템의 구축은 도로의 설계 및 시공과 유기적 결합 속에 이루어짐이 바람직하다. 특히 향후 건설될 노선에 대하여는 설계 단계에서 교통관리시스템이 반영되어 건설과 동시에 시스템 施工이 이루어 지도록 해야한다.

이러한 맥락에서 시스템의 설계 및 구현의 주체는 도시고속도로의 설계 및 시공을 전담하고 있는 행정기관과의 유기적 聯關을 가져야 한다.

이에 해당 관청에서는 시스템 설계에 대한 評價와 施工에 대한 監理 기능을 수행할 수 있는 인력 확보 및 전담 부서 설치가 선행되어야 한다. 원활한 사업수행을 위해서는, 아직도 상대적으로 未開發 분야인 도시고속도로 교통관리 시스템 설계에 대하여 관련 업계가 충분한 기술력을 빠른 시일 내에 갖출 수 있도록 하는 대책을 강구해야 한다.

#### 다. 시스템의 運營 및 管理

도시고속도로 교통관리시스템의 운영 및 관리는 종래에 수행된 적이 없는 새로운 교통관리업무로 현재의 관련 기관의 업무와 일부 중복되거나 긴밀한 連繫를 가져야 하는 면이 있다. 그러나 교통관리업무의 내용으로 볼 때, 어느 한 기관의 업무에 延長線에 있다고 보기 어려우며, 독자적인 교통관리센터를 구축함이 요구된다. 이러한 교통관리센터는 교통운영 뿐만 아닌 시스템 분석가, 전산관련자 등으로 구성되어져야 하며 그 一例는 <표 4-5>에 제시되어 있다.

<표 4-5> 개략소요인력구성

임무 지위	행정 (경영)	체제 계획	성능 평가	컴퓨터 프로그 래밍	컴퓨터 운영	컴퓨터 유지 관리	장비 유지 관리	공공 부문 관련	보고 서 작성
사업 관리자	○							○	○
교통운영 기술자	○	○	○					○	○
시스템 분석가			○	○					○
전산 프로그래머				○					○
전산 운영자					○				
전자 기술자						○	○		
자료 분석가							○		

주) 시스템의 규모에 따라 한 사람이 겸임할 수 도 있고, 하나의 업무를 몇 사람이 나누어 수행할 수도 있다.

자료 : FHWA, 1983, Freeway Management Handbook

이러한 교통관리센터에서 도시고속도로 교통관리를 업무를 수행함에 있어, 交通規制 및 사고 사후처리 업무 수행 등 관련법의 執行力을 갖고 이는 경찰로부터의 긴밀한 협조가 필요하며, 이를 위한 행정주체간의 협의가 이루어져야 한다.

경험축적이 미흡한 초기단계의 교통관리센터는 운영만을 전담하도록 하나, 장기적으로는 기획 및 연구개발 기능을 흡수하여 사업추진의 명실상부한 주체역할을 수행하도록 하여, 시스템의 발전적 補完과 교통관리업무의 탄력적 대처와 일관된 추진을 지향하도록 한다.

#### 4.2.2 關聯法 整備

고속도로 관리시스템 구축 및 운영을 통한 교통관리 업무는 기존의 도로·교통 관리업무와는 差別性을 가진다. 현장에 많은 장비를 설치하고 이러한 장비를 이용하여 進入規制, 警告 등의 직접적인 관제업무와 사고처리, 정보제공 등의 포괄적인 관리업무를 수행한다. 이와 같이 기존의 법에서 규정하고 있는 교통운영으로는 包括할 수 없는 새로운 업무가 생겨나고 있으며, 행정기구의 사업추진 및 감독의 권한과 의무에 대한 명확한 規程이 필요한 상황이다. 따라서 원활한 사업추진을 위해서는 관련법의 정비가 先行되어야 할 것으로 판단되며, 이러한 맥락에서 본 절에서는 도로법과 도로교통법을 검토하여 관련 법 조항을 제시하고 兩法의 문제점과 整備方向을 제시하도록 한다.

##### 가. 道路法

도로관리의 適正을 기하기 위하여 도로에 관하여 그 노선의 지정 또는 인정, 관리, 시설기준, 안전 및 비용에 관한 사항을 규정함으로써 교통의 발달과 公共福利의 향상에 기여함을 목적으로 한다.

도로법	법규정	비고
제3조 (도로부속물의 정의)	<p>①이 법에서 도로의 부속물이란 함은 도로구조의 보전과 안전하고 원활한 도로교통의 확보 기타 도로의 관리에 필요한 시설 또는 공작물로서 다음 각호의 1에 해당하는 것을 말한다.</p> <p>1. 도로원표, 이정표, 수선담양구역표, 도로경계표와 도로표지</p> <p>3의 2. 도로에 관한 정보제공장치·기상관측장치 또는 긴급연결시설로서 도로관리청이 설치한 것</p> <p>4. 기타 대통령령으로 정한것</p> <p>② 도로에 관한 이 법의 규정은 도로의 부속물에 준용한다.</p>	<p>도로상에 설치되어 운영되는 고속도로관리시스템의 구성 시스템은 법규정상 도로의 부속물이다.</p> <p>이에 대한 설치 및 관리의 권한과 의무는 도로의 관리청에 있다.</p>
시행령 제1조 의 3 (도로의 부속 물)	<p>법 제3조제1항 제4호에서 “기타 대통령령으로 정한 것”이라 함은 도로관리청이 설치한 다음 각호의 것을 말한다.</p> <p>3. 운전자의 시설을 유도하기 위한 시설</p> <p>4. 유료도로상의 통행료징수 및 관리용 시설</p> <p>6. 도로의 관리를 위한 통신시설</p> <p>10. 교통량 측정시설 및 교통관제시설</p>	
법 제11조 (도로의 종류 와 등급)	<p>도로의 종류는 다음 각호와 같고 그 등급은 다음에 열거한 순위에 속한다.</p> <p>1. 고속국도</p> <p>2. 일반국도</p> <p>3. 특별시도·직할시도</p> <p>4. 지방도</p> <p>5. 시도</p> <p>6. 군도</p>	<p>도로의 위계가 노선을 지정한 행정청(도로의 관리청)의 위계를 따른다. (도로의 구조·시설 기준에 관한 규정에 의한 도로의 기능별 분류와는 무관함)</p>
법 제22조 (도로의 관리 청)	<p>①도로의 관리청은 국도에 있어서는 건설부장관, 기타의 도로에 있어서는 그 노선을 인정한 행정청이 된다.</p> <p>②서울특별시·직할시 또는 시관할구역안의 상급도로(고속국도와 읍·면지역의 일반국도 및 지방도를 제외한다)는 제 1항의 규정에 불구하고 서울특별시·직할시청 또는 시장이 관리청으로 된다.</p>	

## 나. 道路交通法

도로에서 일어나는 교통상의 모든 危險과 障害를 방지·제거하여 안전하고 원활한 교통을 確保함을 목적으로 한다.

도로교통법	법규정	비고
제3조 (신호기능의 설치 및 관리)	① 특별시장·직할시장 또는 시장·군수는 도로에서 위험을 방지하고 교통의 안전과 원활한 소통을 확보하기 위하여 필요하다고 인정하는 때에는 신호기 및 안전표지를 설치하고 이를 관리하여야 한다. 다만, 유료도로법 제12조의 규정에 의한 유료도로에서는 그 도로 관리자가 특별시장·직할시장 또는 시장·군수의 지시에 따라 이를 설치·관리하여야 한다.	신호기 및 안전표지의 설치 및 관리의 권한과 의무
제55조 ([고속도로등에서의] 신호기의 설치관리)	① 고속도로의 관리자는 고속도로에서의 위험을 방지하고 교통의 안전과 원활한 소통을 확보하기 위하여 신호기 및 안전표지를 설치하고 관리하여야 한다. ② 고속도로의 관리자는 제1항의 규정에 의하여 신호기 및 안전표지를 설치하고자 하는 때에는 경찰청장과 협의하여야 한다. ③ 경찰청장은 고속도로의 관리자에게 신호기 및 안전표지의 관리에 관하여 필요한 사항을 지시할 수 있다.	1. 일반도로 : 지방경찰청, 경찰서장 2. 유료도로 : 지방경찰청장의 자시에 따라 해당도로의 관리자 3. 고속도로 : 경찰청장과 협의 또는 그 지시에 따라 고속도로의 관리자 - 교통안전시설설치무관령
제104조 (권한의 위임 및 위탁)	① 특별시장·직할시장 또는 시장·군수는 이 법에 의한 권한의 일부를 대통령령이 정하는 바에 의하여 지방경찰청장 또는 경찰서장에게 위임 또는 위탁할 수 있다. ② 지방경찰청장은 이 법에 의한 권한의 일부를 내무부령이 정하는 바에 의하여 판합경찰서장에게 위임하거나 교통관련 전문연구기관등에 위탁할 수 있다. ③ 지방경찰청장 또는 경찰서장은 제1항의 규정에 의하여 특별시장·직할시장 또는 시장·군수로부터 위임 또는 위탁받은 사무의 일부를 대통령령이 정하는 바에 의하여 교통관련 전문연구기관에 위탁할 수 있다.	(경찰청)
시행령 제71조의 2 (권한의 위임)	시·도지사는 법 제104조 제1항의 규정에 의하여 다음 각호의 권한을 지방경찰청장에게 위임한다. 1. 법 제3조 본문의 규정에 의한 신호기 및 안전표지의 설치·관리에 관한 권한 2. 법 제3조 단서의 규정에 의한 유료도로 관리자에 대한 지시권한	

#### 다. 道路法 및 道路交通法の 問題點 및 改善方向

도로법과 도로교통법에는 도시고속도로에 대한 교통관리의 내용, 교통관리의 權限과 義務가 정확하게 제시되어 있지 않다. 이의 주된 원인은 현재 도로법과 도로교통법에서 규정하고 있는 교통관리 개념의 狹小함에서 비롯된다. 또한 도로법과 도로법이 일관성의 缺如로 서로 상충하는 면도 있다. 이들에 대하여 구체적으로 서술하면 다음과 같다.

도로법에서는 도로 및 도로부속물의 시설에 대한 유지관리에 局限되어 있고, 도로교통법에서는 신호기의 설치 및 운영, 가변 차로의 설치, 버스전용차로의 설치 등 몇 가지의 교통운영의 권한에 대해서만 다루고 있다. 이러한 狹小한 개념은 諸般 도로부속물(현장장비)의 연계와 다양한 운영기법의 통합을 통한 교통관리를 수행하게 되는 지능화사업을 포괄하지 못하는 것이라고 할 수 있다.

현재의 도로법과 도로교통법의 일관성 문제로 인해 相沖이 예상되는 대표적 事例는 <표 4-6>에 제시되어 있으며, 이는 근본적으로 도로교통에 대한 규정의 차이에서 발생하는 것이다.

<표 4-6> 도로법과 도로교통법 비교

구분	도로법	도로교통법	비고
도로 관리주체	도로 관리 주체는 노선을 인정 또는 지정 한자가 된다.	도로 관리자라는 용어가 등장하나 이에 대한 명확한 규정 없음	
교통관리시스템 관련현장시설	광범위하게 정의된 부속물에 속함 교통관제시설로 통칭	신호기, 안전표지에 대한 규정만 있음	현재의 교통운영체제와 관련하여 시스템 설치 및 관리 권한이 누구에게 있는지 법적으로는 명확치가 않은 상태임
도로의 등급과 구분	행정적 질서에 따라 나누고 있음	체계적인 규정이 없이 애매한 정의만 있음	“도로의 구조·시설에 관한 규정”에서 도로의 기능적 구분에 대하여 제시하고 있으며, 도로교통법의 내용은 이와도 부합하지 않음

이제까지 검토내용을 요약하면, 일관성이 부족하고重複되어 있으므로 해서 상충의 우려가 있는 현재의 도로법과 도로교통법 체계로는 교통관리 사업의 주체 및 책임소재가 명확히 규정될 수 없는 문제가 있다. 시설물에 따라 다르게 규정되어 있는 설치 및 관리 권한을 조정하여 교통관리 사업을 위한 시스템의 설치 및 운영을 일관된 체계에서 효율적으로 수행할 수 있도록, 사업추진의 初期단계에서 법에 대한 정비가 先行되어야 한다. 이러한 법의 정비과정과 사업을 주도하는 서울시의 정책적 意志를 반영하여 바람직한 방향으로 추진되어야 할 것이다.

### 4.2.3 關聯制度整備

#### 가. 問題提起

현재까지 서울시는 교통관리 시스템 구축 사업에 대한推進과 이에 대한監督, 그리고 事後評價에 대한 경험이 없고, 이를 수행하기 위한 적절한 행정적 질서를 갖추고 있지 못하다. 이는 향후 시스템이 구축된 후 이를 운영하고, 운영에 따른 효과의 평가, 그리고 지속적인 교통관리전략의 개선과 기술적 요소의 改良에서도 문제점을 낳을 것으로 예상된다.

이를 개선하기 위해서는 교통관리계획의 立案과 修行, 그리고 評價에 이르는 바람직한 행정적 질서를 制度化하는 것이 필요하다. 이러한 맥락에서 합리적인 신호 시스템 운영체제로 정평이 있는 영국 런던의 제도를 검토해 보고, 향후 서울시가 갖추어 나아가야 할 체제에 대하여 논하고자 한다.

#### 나. 런던의 信號시스템 運營管理

##### 1) 役割 分擔

##### ㄱ. 관리주체

① Trunk Road (약 800 km in Greater London Area)

- Department of Transport

② Local Road - Local Government, i.e., 33 Boroughs

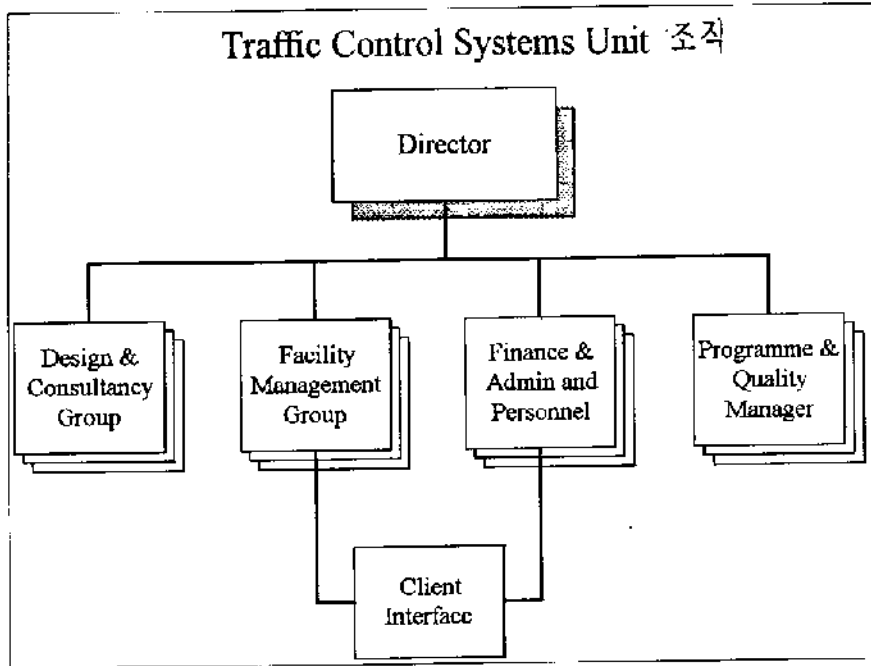
##### ㄴ. 시스템 개발 및 설치 주체

- Traffic Control System Unit(TCSU) (City of London에 속한 기관) - 150staffs.

※ DOT와 33개 Borough들의 의뢰에 따라 설계 및 설치

※ 현재 운영실태

SCOOT 30%, Pretimed system(by TRANSYT) 70%



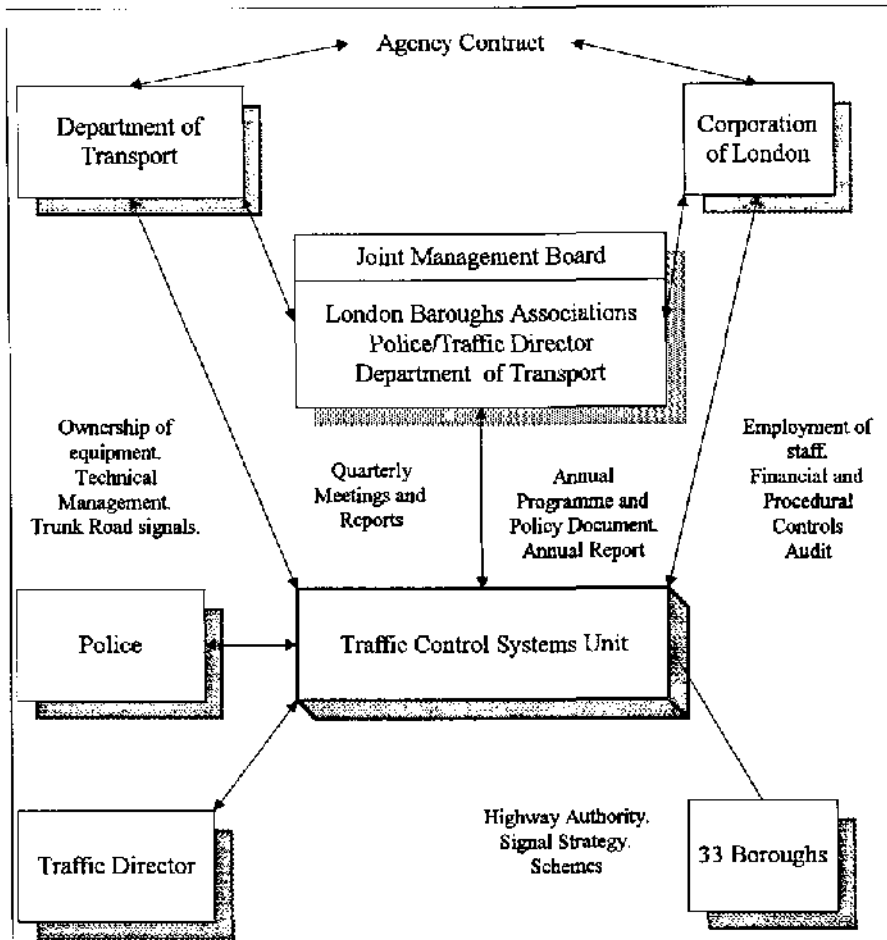
<그림 4-12> TCSU(Traffic Control System Unit)조직 구성

#### ㄷ. 시스템 運營主體

경찰은 관제센터에서 TCSU에서 설계 및 설치한 시스템과 신호시간계획을 운영하고 사고수습 및 규제업무를 관장하고 있음.

#### ※ Motorway

- 특별한 시스템이 존재치 않음.
- 경찰에 의해 巡察, 사고감시 및 처리만 이루어짐.
- TCSU에서 교통관리시스템도입의 중요성을 인식하고 시스템설계와 설치를 해주고자 계획하고 있음.



<그림 4-13> 런던의 신호시스템 운영관리 역할분담체계

## 2) TCSU 事業節次

- |   |       |
|---|-------|
| ① CONSULTANT SEMINAR                    | 2월    |
| DOT와 자치단체(33개 Borough)의 교통관리개선방안에 대한 자문 |       |
| ② CONSALTANT DOCUMENT                   | 4월    |
| 자문내용 문서작성                               |       |
| ③ DRAFT PROGRAMME AND BUDGET DOCUMENT   | 8월    |
| 개략적인 프로그램과 예산에 대한 문서작성                  |       |
| ④ FINAL PROGRAMME AND BUDGET DOCUMENT   | 12-3월 |
| 최종 프로그램과 예산에 대한 문서작성                    |       |
| ⑤ ANNUAL REPORT                         | 5월    |
| 연간보고                                    |       |

TCSU는 이와 같은 절차에 의해 연간 계획이 수립된다. 이러한 節次와 해당 내용은 <그림 4-13>에서 제시된 “Joint Management Board”의 承認을 받도록 되어 있다.

※ Joint Management Board의 구성 (총 8 명)

위원장 : Department of Transport (1명)

위 원 : DOT (2명)

Central Police (1명)

Local Police (1명)

Borough Representatoves (3명)

Traffic Director (1명)

#### 다. 制度 整備 方向

위에서 검토한 런던의 事例에서 얻는 教訓으로, 사업을 진행함에 있어, 일의 성격에 맞게 部處間의 역할 분담 및 협조체계가 구축되어 있고 합리적인 절차들을 밟아서 사업이 진행되도록 하는 장치가 마련되어 있다는 점이다. 또한, 시스템의 지속적인 改良과 교통운영 전략 개발을 지원하는 전문인력과 기관이 뒷받침되고 있음을 알 수 있다.

이에 서울시도, 계획수립 → 설계 → 시공 → 사후관리 → 지속적 확장으로 이어지는, 豫算執行을 포함한 일련의 계획과정과 사업진행과정을 검토하고 평가하는 틀을 마련해야 본다. 이를 통하여 知能化 사업의 초기단계에서부터 합리적이고 효율적인 방향으로 사업추진을 이끌 수 있는 制度的 裝置를 만들어야 한다.

### 4.3 事業企劃力 提高

서울시 도시고속도로 지능화사업은 연구·개발, 시험, 설계, 시공, 운영·관리에 이르기까지 상당한 시간과 노력이 소요되는 사업이다. 이를 추진하는 서울시는 장기 간에 걸친 사업이 일관성을 가지고 진행되도록 사업기획력을 提高시켜야 한다.

사업기획력의 제고는 연구·개발, 시공, 시스템의 운영·관리에 이르는 각 사업이 유기적인 聯關을 가지면서 최대한의 성과를 얻을 수 있도록 장기적이고 체계적인 사업추진계획을 수립하는 것에서 시작한다. 이 계획에는 각 사업이 연속성을 가지도록 장기적인 예산 및 인력 配分이 이루어져야 하며, 일단 사업이 시작되면 각 단계의 사업에서는 전 단계의 사업에 대한 평가를 수행하여 사업추진계획에 대한 再調整 작업을 지속적으로 진행하여야 한다.

이와 함께, 사업의 추진을 관리하기 위한 방안의 마련이 필요하다. 서로 다른 분야의 主體들이 관계를 맺고 사업을 추진하게 될 것이므로, 서울시에서 각 분야의 역할을 조정하여야 하며, 사업이 진행되는 동안 사업추진계획에 따라 사업이 推進되고 있는지 각 부문은 제 역할을 다하고 있는가를 監視하고, 수립된 계획에 변경이 필요할 경우는 계획의 변경에 대한 검토를 수행하는 서울시의 사업관리방안이 마련되어야 한다.

현재 서울시 내부순환도시고속도로에 대한 고속도로관리시스템 구축사업에 대한 사업추진 절차에 대한 計劃案을 제시하면 다음과 같다.

#### 1) 基本計劃 및 設計

사업추진의 첫 과업으로 1단계 사업 대상지인 내부순환도시고속도로를 중심으로 필요 교통관리를 규정하고 이를 구현하기 위한 구성요소의 규정, 관리구현을 위한 도로 시설물의 사전 整備計劃 樹立, 각 구성요소별 기술적 대안에 대한 포괄적인 검토, 향후 실시설계 및 건설, 운영에 대한 계획수립, 법·제도에 대한 검토 및 개선 방안 마련 등을 수행한다.

## 2) 實施設計

내부순환 도시고속도로에 관리시스템을 구축하기 위한 구체적인 設計의 단계로 기본계획 및 기본설계에서 제시된 바에 따라 관리시스템의 구성 요소를 결정하고 이를 설계한다. 이와 함께 주변 도로 및 시설물에 대한 整備案을 마련하고, 공사 시행에 따른 교통처리계획을 수립한다.

## 3) 工事施行

실시설계에 따라 시스템을 設置하고 주변 도로 및 시설물에 대한 整備를 시행한다.

## 4) S/W 개발 및 실험, 시스템 맞춤

고속도로 관리시스템을 운영하기 위해 필요한 S/W를 開發하고 試驗場(test track) 또는 현장에서의 실험을 통하여 S/W를 평가하여 시스템 운영의 信賴度를 높인다. 또한 시스템이 현장의 조건에서 최적의 상태로 작동할 수 있도록 맞춤 작업을 수행한다.

<표 4-7> 내부순환 도시고속도로 지능화사업 추진계획(안)

사 업		96		97		98		99	
		上	下	上	下	上	下	上	下
기본계획	기본계획	—							
및 설계	기본설계	—	—						
실시설계				—	—				
공사시행						—	—		
S/W 개발	S/W 개발			—	—	—	—	—	—
및 실험	및 실험								
시스템 맞춤	시스템 맞춤					—	—	—	—

#### 4.4 技術力 提高

고속도로관리 시스템의 구축을 통한 고속도로 교통관리의 效果를 1차적으로 결정하게 되는 것은 技術力이라고 할 수 있다. 현재 國內의 行政機關이나 相關산업의 技術경험이 많지 않으므로 서울시는 사업을 추진함에 있어 技術력을 提高하기 위한 노력을 기울여야 한다. 이러한 技術력의 제고는 두가지 측면에서 이루어져야 한다.

첫째로 다양한 尖端技術과 새로운 技法의 적용을 통하여 시스템의 개발을 수행하고 있는 민간부문이 지속적으로 技術개발을 할 수 있는 環境을 만들어주는 것이다.

둘째로 사업의 추진함에 있어 技術적 요소에 대하여 평가하여 適正案을 결정하고, 설계 및 시공사 감독할 수 있는 역량을 공공부문이 갖추는 것이다. 이를 위해서는 관리기구의 구성과 인력의 養成에 대한 계획의 수립이 필요하다.

## V. 結論

---



## V. 結論

본 연구에서는 서울시 도시고속도로를 대상으로 하여, 尖端技術을 활용한 교통 관리체계의 구축에 대한 기술적인 그리고 정책적인 방향 및 방법에 대하여 제시 하였다.

도로지능화사업의 '기본계획은 어떠한가 하는가', 즉 '기본계획에서 어떤내용을 어디까지 규정해야할 것인가'에 대하여 어떠한 '哲學'을 가지고 접근하느냐에 따라, 본 연구의 방향, 담고 있는 내용, 그에 대한 깊이는 180도 달라질 수 있을 것이다. 또한 이러한 知能化事業의 기본계획에 대한 '철학'은 官·研·産·學의 역할에 대한 관점에서 출발된다고 본다. 바꾸어 말하면, 官·研·産·學 각 부문간의 역할이 규정되면, 이를 전제로 했을때 정부-지방정부이건, 혹은 중앙정부이건 간에-차원에서 수립 계획에서는 무엇을 중심으로 어디까지 규정해야 하는지가 결정된다.

본 연구의 바탕에 깔려 있는 부문별 역할에 대한 전제는, 官은 보편·타당한 방향 및 사업추진의 비전을 제시하도록 하고, 또한 세부 요소기술에 대한 결정을 포함한 구체적 사업구현은 民間의 자율성과 효율성에 의해 자연스럽게 이끌어 질 수 있는 환경을 구축해 주는 역할을 한다는 것이다.

이러한 맥락에서, 본 연구는 진행되었으며, 그 연구의 핵심 내용을 요약하면 다음과 같다.

첫째로, 도로지능화의 상을 명확히 구체적으로 그려내는 것이 필요하다고 판단되어, 지능화 시스템이 구현해야할 서비스와 기능들에 대하여, ITS 1 단계 基本計劃 등 관련 연구내용을 수정보완하여 再定立하였다.

둘째로, 이렇게 정의된 기능들에 대한 구체화와 이들의 상호 연관관계에 대하여 분석을, 電子·通信 기술이 아닌 교통관리의 시각에서 시도하므로써, 지능화의 상을 구체화시키도록 하였다.

셋째로, 이렇게 제시된 지능화의 상이 구현되기 위한 환경 구축을 위해 필요한 부분 그리고 官의 역할이 무엇인가에 대하여, 現場의 문제, 사업추진체계, 사업기획력 문제, 기술력 문제의 관점에서 제시되었다.

다음 단계로 핵심요소기술의 결정에 있어, 이제까지의 문제는 도로지능화의 상이 교통관리의 視覺에서, 그리고 구체적으로 정의되지도 않은 상황에서 H/W적 요소기술에 대한 검토가 시도됨으로서, 검토는 되었으나 比較優位에 대한 결론이 불가능하고 평면적으로 나열에 그칠 수 밖에 없었다고 보여진다. 따라서 본 연구를 통하여 핵심요소기술에 대한 비교평가를 가능하게 해 주는 데 밑바탕이 되는 결과들을 도출하는데 본 연구의 力點을 두었다. 그러나 官이 주도하는 계획에서, 핵심요소기술을 결정하는 것이 과연 현실적으로 가능하며, 타당한 것인가에 대한 의문을 제기하고 싶다.

지능화 사업에 대한 계획은 그 규모면에서 뿐 아니라, 사업을 구현함에 있어 한 치 앞을 豫測하기 힘들도록 변하는 기술부분의 불확실성 등을 감안할 때, 지속적으로 연구하고 수정, 보완, 발전시켜가야 되리라고 본다. 이러한 맥락에서 본 研究院에서는 내년 '96 년도에도 2 단계 연구를 진행하도록 계획되어 있으며, ITS 2 단계 기본계획도 大韓交通學會 차원에서 진행중이다. 대한교통학회의 ITS 2 단계 연구에서는, 위 문단에서 제기해 놓은 의문에 대하여 재조명해 보고 바람직한 방향제시가 되었으면 한다. 아울러 본 연구를 통하여 제시된 結果에 대한 평가를 통하여 바람직하다고 판단되는 부분은 수용되었으면 하는 바람이다. 또한 이러한 교통학회의 ITS 2 단계 연구에서의 움직임의 결과가 說得力을 더하게 되고, 따라서 본 연구원의 내년도 과제에도 반영하게 되어, 서울시 次元의 본 연구가 ITS 국가 기본계획과 일관된 脈絡에서 修行되었으면 한다.

## 參考文獻

---



## <國內 文獻>

- 한국교통문제연구원, 1987.12, 고속도로 교통관제 시설 기계화 방안에 관한 연구
- 서울특별시, 1988.2, 도시고속도로 타당성 조사 최종 보고서
- 서울특별시, 1991, 서울시 도시고속도로 실시설계
- 대한교통학회, 1994.12, 첨단도로 교통시스템 기본계획 수립연구
- 교통개발연구원, 1993, IVHS 국내개발 방향에 관한 연구
- 한국교통문제연구원, 1992, 고속도로 교통관리 기본설계 및 시범구간 실시설계
- 한국교통문제연구원, 1995, 고속도로 교통관리 시스템(FTMS) 구축을 위한 소프트웨어 개발 및 시스템 관리 용역
- 경찰청, 1994, 교통안전시설 실무편람
- 강진기, 1994, 감지기 간격에 따른 유고감지 알고리즘의 유고감지 시간 분석에 관한 연구
- 남광토건, 1994, 강북강변도시고속도로 1공구 현장교통 처리계획 최종보고서
- 서울시정개발연구원, 1994, 간선도로 교통류 관리방안
- 서울특별시, 1995, 올림픽대로 교통개선사업 도시고속도로 교통관리 시스템 실시설계

## <國外 文獻>

FHWA, 1985 , Traffic Control Systems Handbook

FHWA, 1983 , Freeway Management Handbook

FHWA, 1991 , Freeway Incident Management Handbook

Virginia DOT, 1979 , I-395/I-66 Traffic Management System

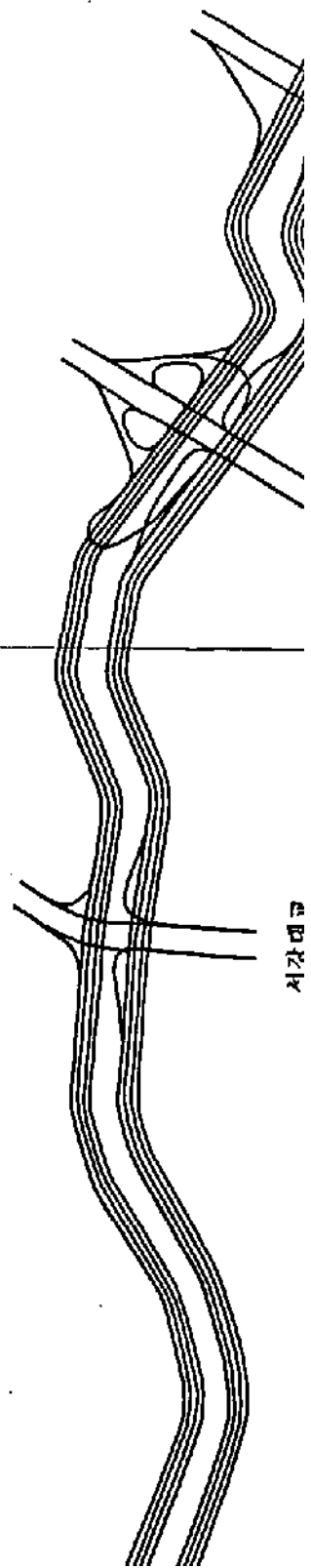
DelCan, 1984 , Burlington Skyway FTMS

TRB, 1995 , special Report 209. Highway Capacity Manual

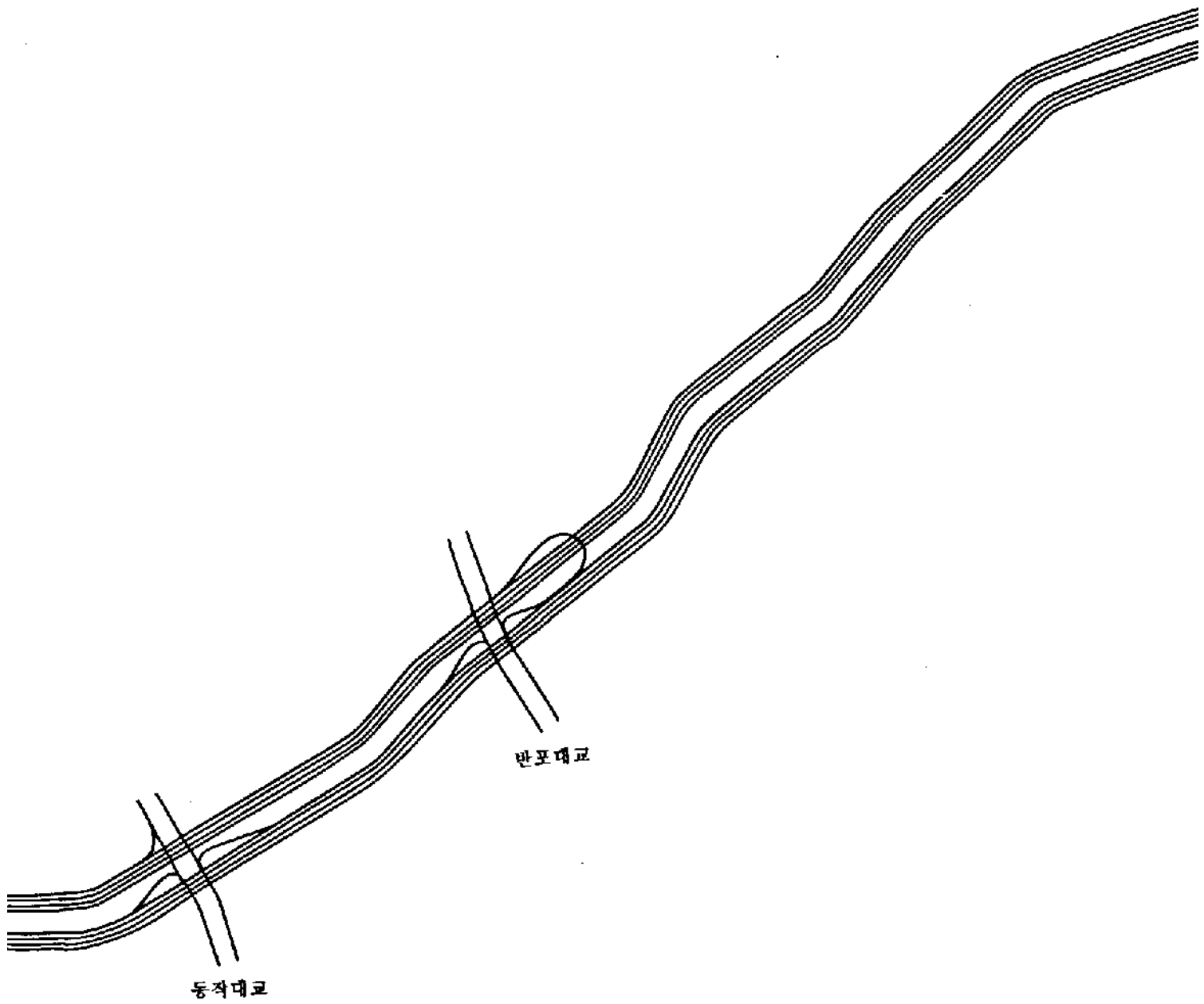
U.S. DOT , 1994 , ITS Architecture Development Program Phase I

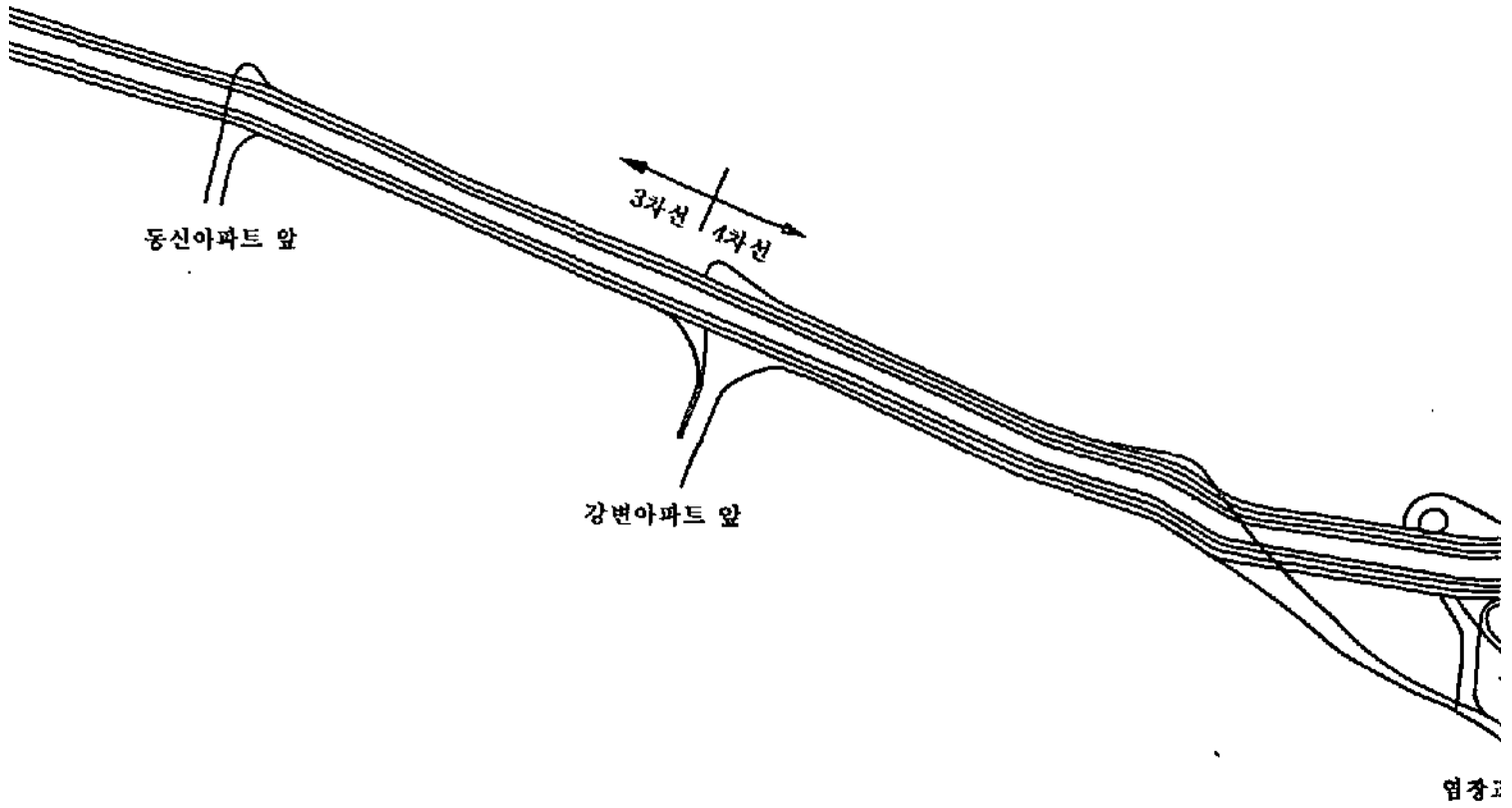
## **부록 A. 서울시 도시고속도로 노선별 현황**

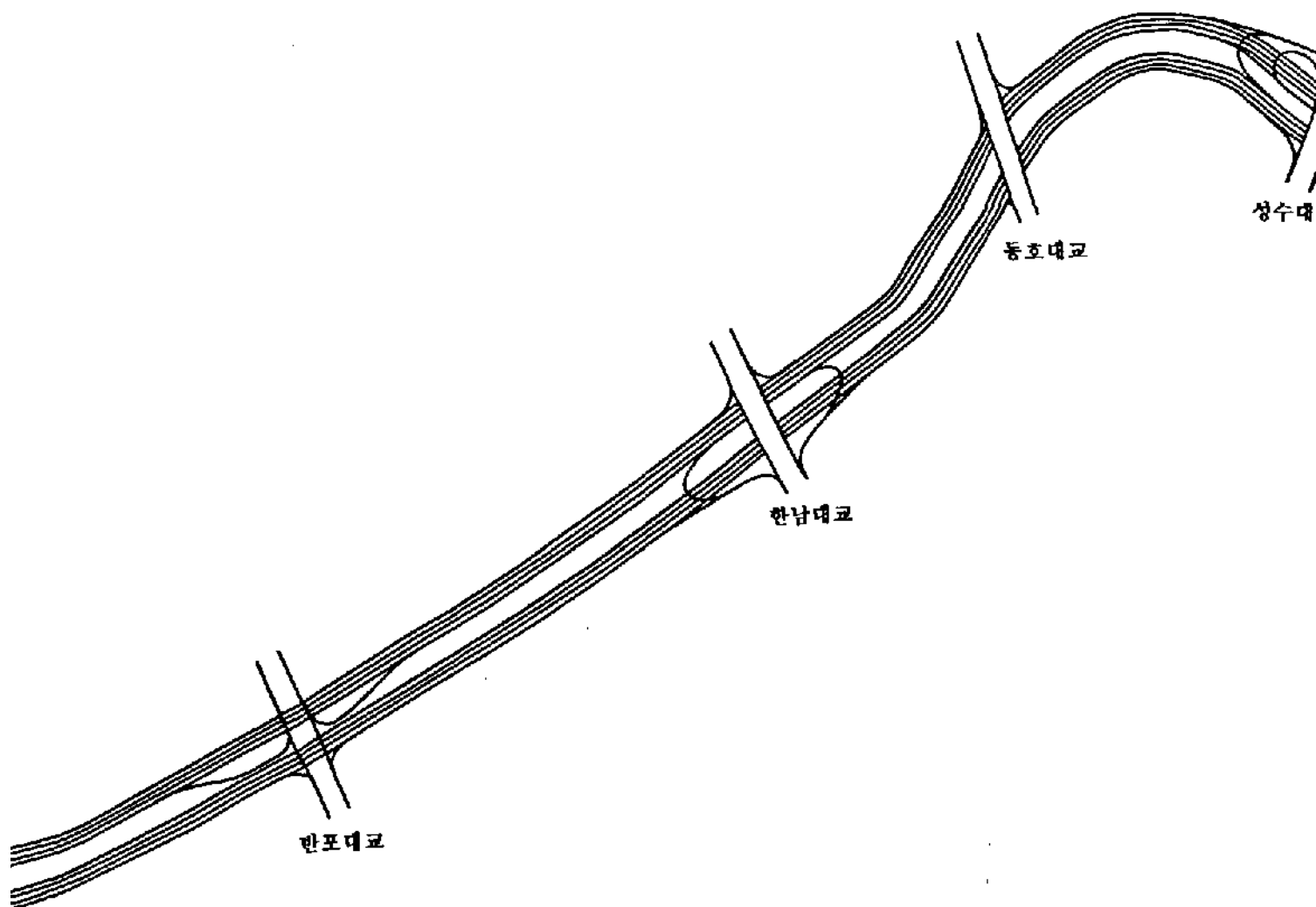




서강면







북부간선

스위스 그린

마포구청

사천교



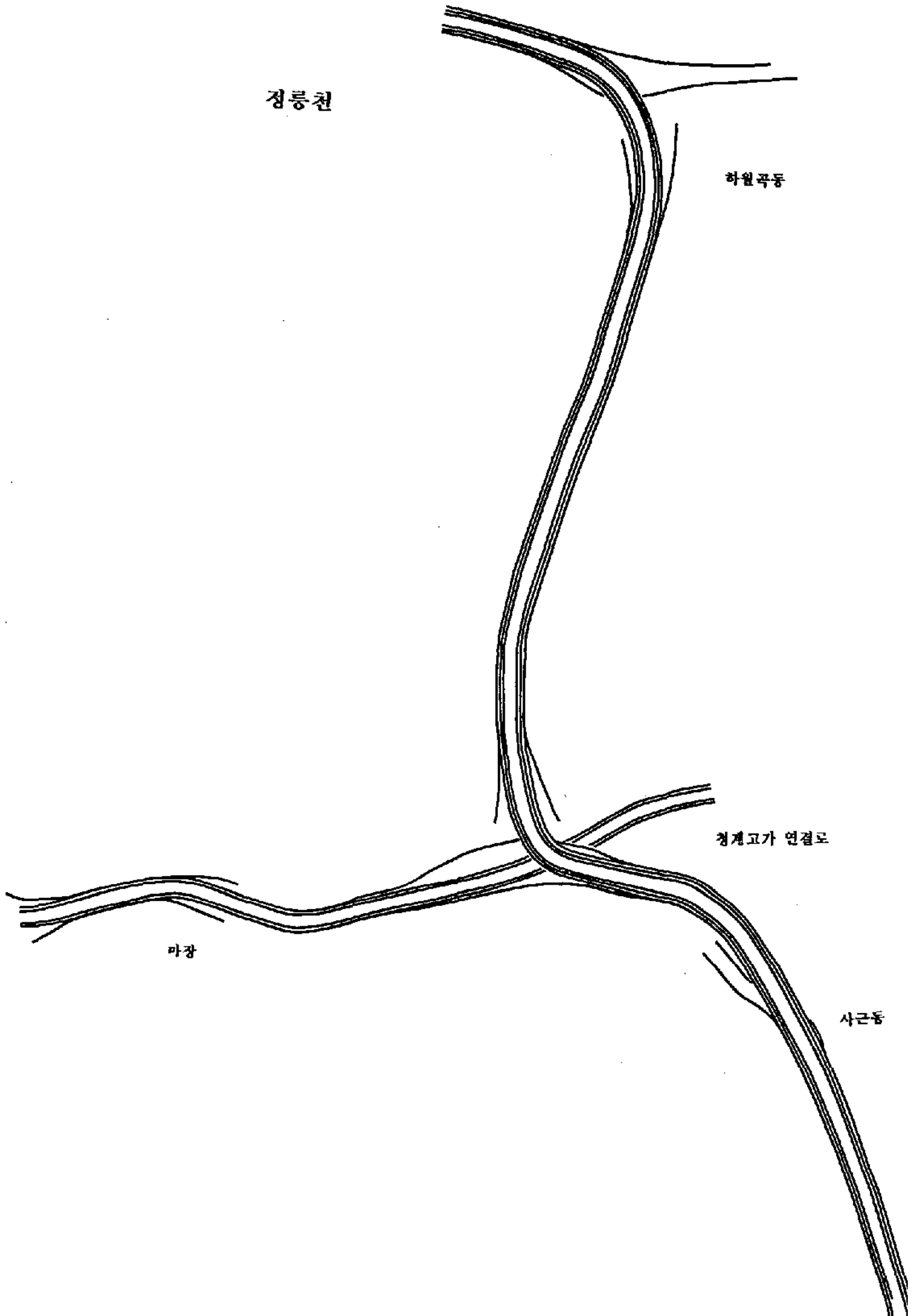
정릉천

하월곡동

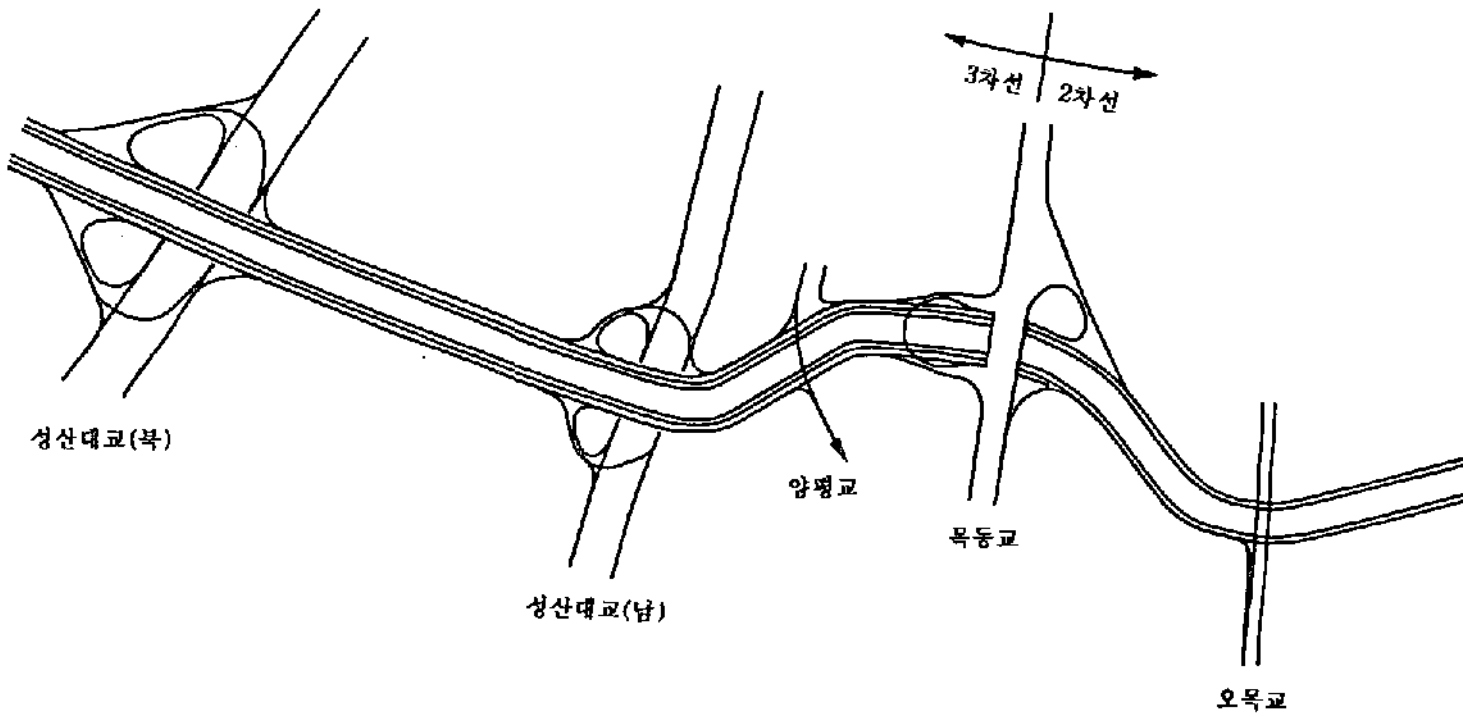
청계고가 연결로

마장

사근동



## 서부간선



## 부록 B 국내외 시스템 최근 동향 분석



본 장에서는 현재 국내외에서 추진중이거나 시행중인 첨단 도시고속도로 관리 시스템의 현황 및 기술수준에 대한 검토를 수행하여, 서울시의 도시고속도로 관리전략의 수립하는데 기초를 마련하고자 한다. 최근 시행중인 도시고속도로 관리 시스템에는 국내사례로는 올림픽대로 교통관리 시스템을 들 수 있으며, 국외사례로는 미국 휴스턴의 ITS사업과 프랑스 파리의 SIRIUS, IPER 시스템, 호주의 Safe-T-Cam Project에 대하여 시스템의 기능, 구조 및 특성에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

## B.1 올림픽대로 시범사업

### B.1.1 추진배경

- 도시고속도로는 도로면적의 6~8%에 불과하나 도로 교통량의 60~80% 담당  
: 서울시는 2011년 까지 도로율을 26%로 이루기 위하여 적극적인 도시고속도로 건설을 추진하고 있으며, 1기 12개 노선이 완공되는 '97년에는 321km 연장의 도시고속도로망이 구축될 예정
- 도시고속도로에 대한 교통 관리 시스템 구축 필요  
: 현재 운영되고 있는 도시고속도로의 만성적인 교통정체 현상은 물론 향후 완공될 내부 순환 도시고속도로 등도 동일한 상황이 발생 될 것으로 예상

### B.1.2 사업 개요

- 사업구간 : L = 40km (김포공항~올림픽대교)
- 사업기간 : '95. 12 ~ '96. 8
- 사업비 : 3,998백만원

### B.1.3 시스템 기본구상

#### 가. 시스템의 기본 목표

##### 1) 교통정보제공의 다양화

- 여행시간, 공사, 사고, 정체 등 주행정보를 제공하여 운전자의 경로선택이나 심리적 여유 도모
- 전화, 팩스, PC통신 등을 사용한 교통정보망의 확충으로 편리성 도모

##### 2) 교통안전

- 기후, 노면상태, 사고 등의 정보를 제공하여 안정성 도모
- 야간의 과속에 대하여 경고 메시지 발송

##### 3) 교통관리

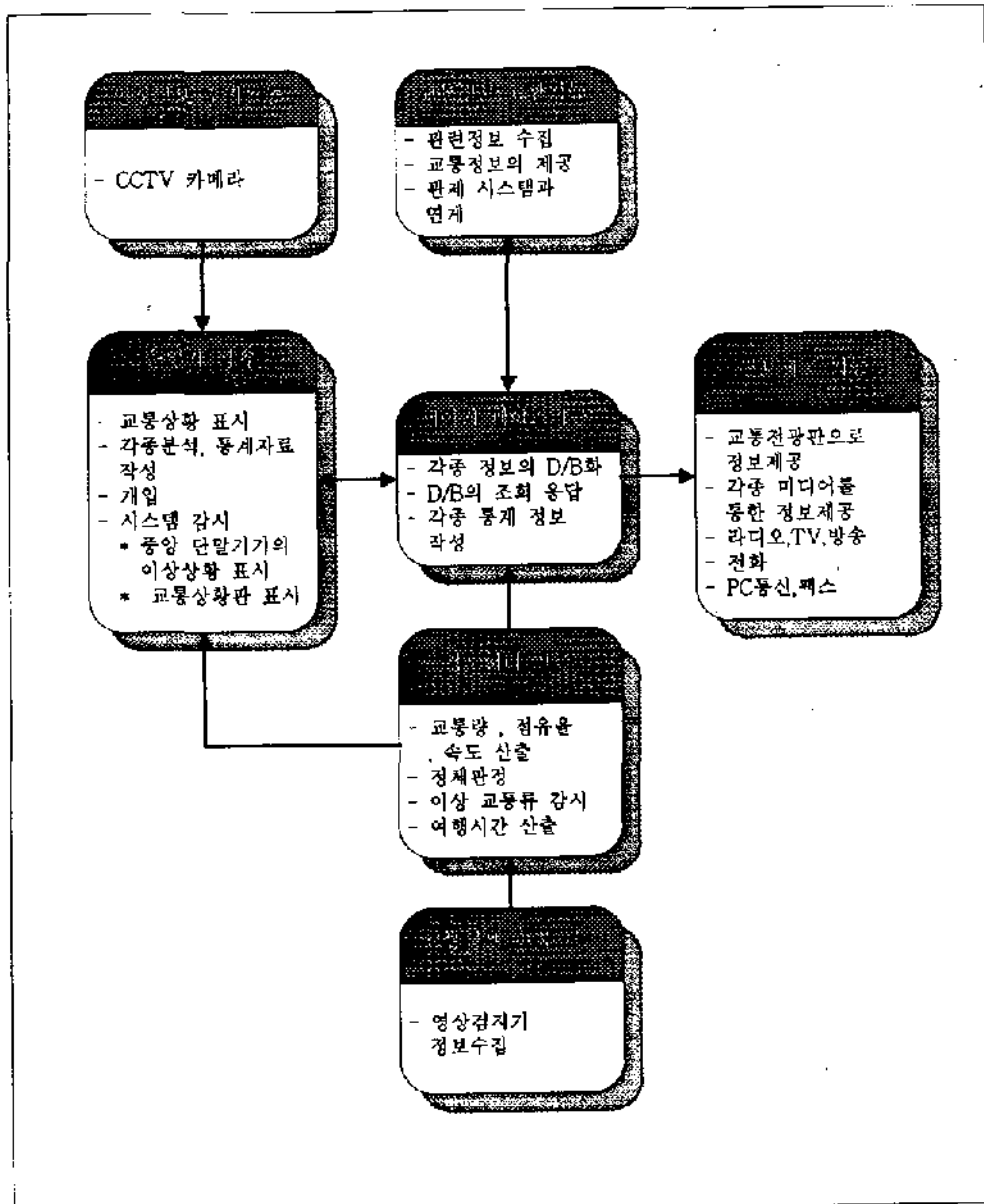
- 이상 교통의 자동 검출로 신속히 대처
- 영상감지기와 CCTV카메라를 통하여 상황파악 능력 향상
- 교통정보데이터베이스를 활용하여 앞으로의 교통상황 예측과 동향파악 및 대책마련
- 관련기관별 정보 네트워크의 형성

#### 나. 시스템의 기능

##### 1) 교통정보 수집 기능

- 영상감지기 자료의 수집 및 저장주기를 운영자의 지정으로 조정
  - 영상감지기 자료는 3~300초사이 (가정값은 20초)
  - 저장 주기는 1~10분사이 (가정값은 5분)

- 영상감지기 수집자료
    - 누적교통량, 평균대기행렬, 평균지점속도, 점유율, 잠정 이상상태
  - 영상감지기 자료 일차처리 : 현장에서 수집된 자료를 이용하여 다음 자료를 생성
    - 이상상태상황 발생여부, 교통밀도
    - 구간별 평균여행시간, 서비스수준, 지체도등
  - 사건분류에 따른 자료저장 및 보고서 작성
- 2) 교통정보 분석 및 처리기능
- 정체감시, 대기행렬 감시, 여행시간 정보 등
  - 이상상태 자동감지
  - 이상상태 대응 : 이상상태 정보 및 지점표시, 자동개입
  - 시스템 이상상태 감시
  - 스케줄링(Scheduling) 기능 : TOD, 사건 스케줄링
  - 교통정보전광판
    - 정보의 표출, 전원 및 조광기능의 제어
    - 문안 표출내용의 Up/Down Load 및 교통정보전광판의 모니터링
    - 전광판 ID에 의한 단독지정과 특정 전광판들의 그룹지정 혹은 전체지정이 가능
  - 데이터베이스 기능
  - 시설물 관리 및 운영자 접속



자료 : 서울특별시 , 1995 , 올림픽대로 교통개선사업 도시고속도로 교통관리 시스템 실시설계

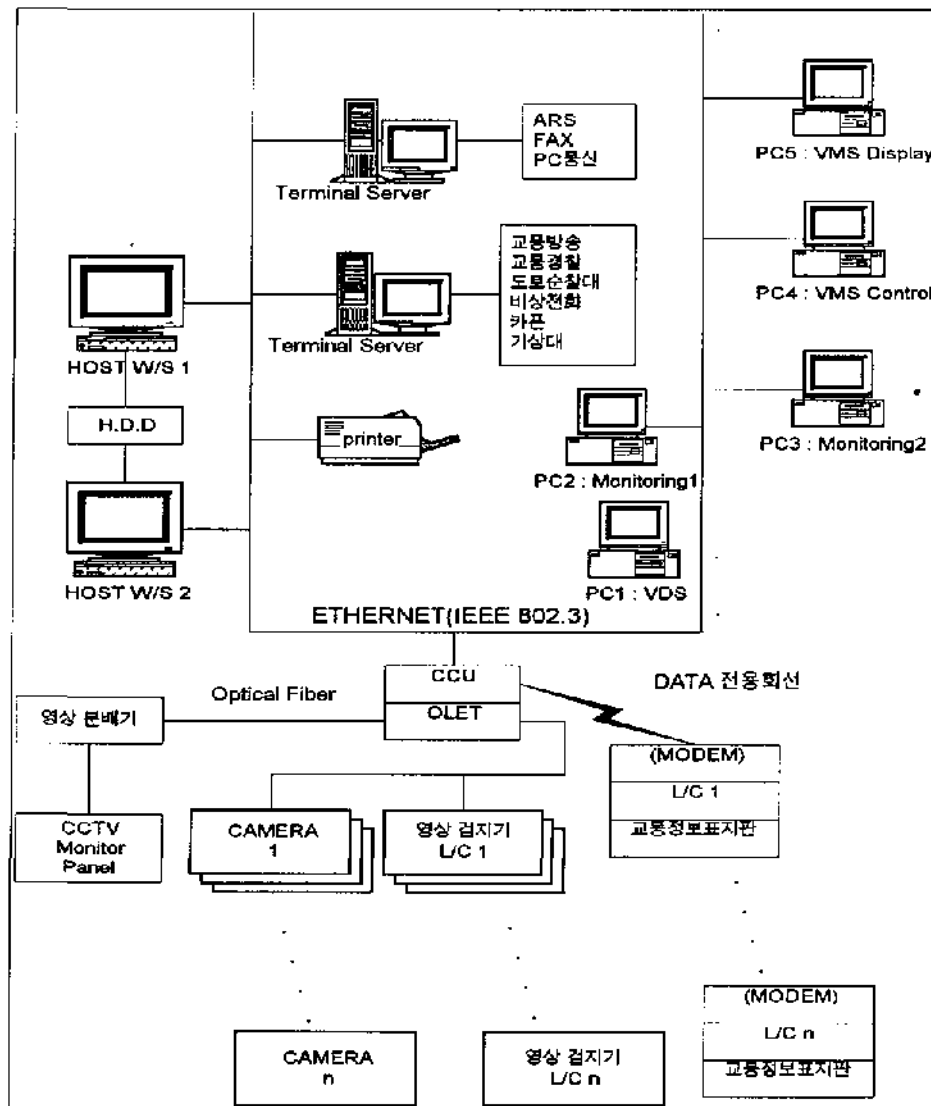
<그림 B-1> 시스템 연관 기능도

#### B.1.4 시스템의 구성

시스템을 구성하는 요소들과 이의 구성체제는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

##### 가. 시스템의 구성내역

- 교통관제센터구성 : 1개소
- 교통안내전광판 : 8개소
- 영 상 검 지 기 : 17개소, 34개
- 램 프 미 터 링 : 2개소



자료 : 서울특별시, 1995, 올림픽대로 교통개선사업 도시고속도로 교통관리 시스템 실시설계

<그림 B-2> 시스템 구성도

## 나. 시스템의 구성요소

시스템을 구성하는 요소는 크게 중앙장치와 통신장치, 지역장치로 구분 할 수 있으며, 요소별 기능은 다음과 같다.

### ① 중앙장치(HOST)

: 차량감지기 자료의 종합분석, 교통정보전광판에 교통정보 표출, 자료의 통계 처리, 이상상황 발생감지 및 조치, 각 시스템의 동작상태 감시등 종합시스템의 전반적인 관리 및 운영을 담당

#### ◦ HOST용 Workstation

- 유연성과 개방성을 갖는 표준 UNIX를 OS로 함
- 명령어 축소형(RISC) CHIP 탑재로 다중처리(Multi-process)
- 중앙컴퓨터에 고장이나 장애 발생시 즉시 대처할 수 있도록 2중화 체계 구축
- DB구축과 정보분석용으로 사용

#### ◦ Monitoring 및 Operator용 PC

- 시스템운영, Graphic처리, 센타내에 설치된 시스템 동작상태 감시
- MS-Windows를 사용하여 멀티태스킹을 지원하며 시스템의 유지보수 및 확장이 용이

#### ◦ 보조기억장치(H.D.D : Hard Disk Driver)

- 대용량(3.6GB)의 기억장치로 중앙컴퓨터가 공유

#### ◦ REPORT PRINTER 및 COLOR PRINTER

② 통신장치(Central Communication Unit)

- 각 현장에 설치된 시스템들과 중앙컴퓨터와 각종 교통정보를 송수신하는 장치

③ 지역장치

◦ 교통전광판(Traffic Information Display)

- 중앙컴퓨터에서 전송하는 코드값 또는 메시지를 수신하여 표출하는 장치
- $\phi 25\text{mm}$  LED(Light Emitting Diode)를 소자로 사용하며 30자 표시가능

◦ 영상검지장치(Image Detector)

- 교통정보를 수집하는 장치로 교통사고나 이상상태 발생을 감지하는 단말장치
- CCD 카메라를 이용한 영상검지기를 활용

◦ CCTV 카메라

- 이상상태 발생시 운영자가 현장에서 가장 가까운 카메라로 현장상황 확인

◦ 부대설비

- 자동전압조정기
- 무정전 전원장치
- 냉난방장치

## B.2 국외 도시고속도로 관리 시스템 현황

### B.2.1 미국 Great Houston Area ITS 사업

#### 가. Great Houston 교통 및 위기 관리 센타

Great Houston 지역의 교통 및 위기관리를 위해 Houston시, Harris county, Metropolitan Transit Agency(METRO), Texas Department of Transportation(TxDOT)가 공동으로 계획, 설계, 운영 및 유지관리 하고 있는 관리 센타(Transportation and Emergency Management Center : TEMC)로 평방 5,436 마일지역의 인구 350만명을 관할하고 있다.

센타의 구성내용은 다음과 같다.

- 1) 300마일을 관할하는 고속도로 관리 시스템
- 2) 고속도로 및 간선도로 유고 관리
- 3) 램프 진입 제어
- 4) CCTV 관제
- 5) 가변정보 표지판(VMS)
- 6) 105마일에 걸친 다인승 전용차선
- 7) 2,800기의 지역 교통 신호 시스템
- 8) 재해시를 대비하는 IVHS 계획 및 위기관리 운영 체계

TEMC는 여타 관리 센타와는 달리 교통 및 위기관리 관련 기관들의 인력과 기능을 하나의 관리체로 통합한 것이 두드러진 특징이다. 이러한 통합으로 인해 책임소재, 행정 및 구역 제약, 예산·인력·장비의 공동출자 측면에서 효율을 제고할 수 있다.

TEMC의 지령실은 최첨단 기기와 각 관계기관의 인력을 수용할 수 있도록 제작되는데 중앙 제어 운영실, 통신실, 전화교환실, 위기상황시를 위한 회견실이 마련되며 보도진들에게 운영 상황과 상태정보를 제공할 수 있는 관람지역도 제공된다. 이를 위한 경비로 설계, 시공, 통합을 포함하여 약 1,143만\$가 소요될 것으로 예상하고 있다.

## 나. AVI에 의한 고속도로 교통관제

휴스턴 도시고속도로의 교통상태 관제를 위해서 AVI(Automatic Vehicle Identification)기법이 TxDOT에 의해 적용되었다. 이 AVI 시스템은 120마일의 고속도로, 100마일의 가변 다인승 전용차선의 통행시간 제공을 위해 설계되었고 전자 통행료 징수및 교통관리에 있어서 미국에 첫 적용되었다는데 큰 의미가 있다.

### 1). 배경

초기 AVI Project는 실시간 통행정보의 질적·양적 개선을 위한 공공기관과 지역 사기업들의 부정기적 모임에서 시작되었다. 이 월간 모임에서 통행정보의 수집 및 배포와 새로운 기법들의 가능성을 입증하기 작업의 일환으로 AVI Project가 계획되었으며 연구지역으로 North Houston 축을 선정하게 된다. 이 축들은 충분한 용량을 지닌 통행료 징수 시설을 갖춘 도로, 부적절한 용량과 재건설 공사로 인한 과도한 정체가 발생하는 도로, 적당한 정체정도와 다인승 전용 차선을 갖춘 도로인 세개의 평행 환상 고속도로들이다.

초기 시범 Project로는 무선전화를 이용한 교통상태 수집이 채택되었다.

### 2) 무선전화를 이용한 시범Project

대상 노선을 통근하는 200명의 자원봉사자들에게 정보방법을 교육한 후 무선전화를 지급하여 3,4마일 간격의 교통정보를 보고하도록 하는 방법으로 AVI기법이 개발되는 동안인 18개월간 적용되었다. 자원자들로 부터의 정보는 관제실의 운영자에게 보고되고 운영자가 통행시간 분석을 위한 D/B에 입력하면 분석 프로그램은 각 지점의 거리와 통행속도를 이용하여 통행시간을 산출해 내게된다. 이들 정보는 본선상의 8개의 가변정보 표지판과 전화와 Fax를 이용해 방송사에도 제공되었다. 또한 유고에 관련된 정보는 관련기관에 연락되어 구난작업차량의 파견에 이용되기도 하였다.

### 3) AVI Project

휴스턴의 상당수 기관들이 통행료 자동 징수나 통행시간 측정을 위해 AVI 시스템을 설치했거나 준비중이다. TxDOT는 휴스턴내 고속도로와 다인승전용차선에 통행시간 측정을 위해 2~4마일 간격으로 AVI 시스템을 설치하였다.

각 시스템은 3단계로 나뉘어 진행되었다.

가) 제 1 단계

구간	North Houston의 세개의 순환 고속도로와 다인승 전용차선
	IH 10 Katy,US 290 Northwest,IH45 North Freeway 구간 20마일과 다인승 전용차선
장비수	34 관측소
	1,000 전자 Tag(1000명의 자원자 장착)
	전자 Tag(다인승 전용차선을 운행하는 모든 버스)
비용	200만 \$

나) 제 2 단계

구간	North Houston의 1단계 이외의 네개의 순환 고속도로와 다인승 전용차선, IH610 Loop Freeway
	Hardy Toll Road중 한 도로의 모든 진입부와 몇개의 본선 통행료 징수창구
장비수	3,200 전자 Tag

다) 제 3 단계

구간	전체 순환 고속도로, IH610 Loop Freeway, Sam Houston Tollway
	다인승 전용차선의 진입지점
장비수	2,500 전자 Tag

AVI를 통한 정보는 대안노선의 평가와 다인승전용차선 및 통행료 자동 징수장비의 보완으로 유용하게 이용된다.

4) AVI 시스템 효과

- ① AVI 시스템은 실시간 통행시간 정보를 측정할 수 있다. 다른 시스템에서 적용하는 검지장치는 지점속도만을 측정할 수 있지만 평균 통행속도와 시간의 측정이 가능하다.
- ② AVI 시스템이 효과적으로 통합된다면 교통관리에 있어서 유고검지와 교통제어에도 활용이 가능하다.
- ③ 버스에 대한 교통신호우선처리, 버스터미널 정보 시스템을 보다 효과적으로 운영할 수 있다.

## B.2.2 프랑스 도시고속도로 관리 시스템

### 가. Ill de France 지역의 SIRIUS

SIRIUS는 Ill de France 지역의 첨단교통시스템을 지칭하는 것으로서 1992년부터 설치되기 시작했다. 현재 Ill de France 지역 고속도로망의 약 절반에 해당하는 동쪽부분에 설치가 완료된 상황이며, 나머지 절반은 공사중이다. 설치비용은 동쪽부분에 약 600 million FF, 나머지 부분이 400 million FF 정도이다. SIRIUS 시스템 전체의 연간 유지비는 대략 50 million FF/year 정도이다.

#### 1) 시스템의 구성 (동쪽부분에 한함.)

##### - 4000개 Loop Sensors

설치간격 : 500m ~ 2km 간격

정보수집 : Flow, Occupancy Rate, Speed(5개소 마다 한번씩 측정)

##### - 380개 Video Cameras

Loop Sensor에서 올라온 데이터를 개발된 Expert System에 의해 가변정보안내판(VMS)에 내보낼 정보가 결정되면, 이를 화면(Video Camera)을 보고 센터의 운영요원이 확정하는 작업을 한다.

##### - 175개 가변 정보안내판(Variable Message Signs)

설치간격 : 2 km 간격

위치에 따라 주는 정보의 범위 및 상세도가 차이가 있으며, SIRIUS에는 다음의 3 가지 유형이 있다.

① 구간 중간의 VMS - 공사, 정체 등 하류에서 일어날 상황예고, 정확하고 세밀한 정보제공에 주력

(예) You will find traffic jam in 500m and the length of t.j. = 45 m.

② 교차로에서의 VMS - 대안들 중 어느 한 경로를 선택할 수 있도록 포괄적 정보를 줌.

현재는 각 대안경로에 대한 총 Traffic Jam의 길이를 제공하나, 가까운 장래에 총여행시간에 대한 정보를 제공할 예정이다.

③ 외곽지역 고속도로에서의 VMS - 고속도로에 대한 정보 제공

- Fiber Optics

## 2) 시스템의 운영 - 교통관제센터

약 500 km의 고속도로 관제를 위하여 4개의 센터가 있다. 각 센터는 24시간 운영되며, 항시 7명의 운영요원이 작업하고 있고, 그 구체적 현황은 다음과 같다.

- 관리자(Manager) - 1명
- 부관리자(Deputy Assistant Manager) - 1명
- 교통 분석(Traffic Analysis) - 1명
- 도로 운영상태 감시 - 1명
- 컴퓨터 부문 - 3명

## 나. IPER of Ring Road in City of Paris

파리시의 Ring Road에 실시중인 IPER 시스템은 SIRIUS와 흡사한 시스템으로서 1500 Loop Sensor가 있으며, 이를 이용해 구간별 여행시간에 대한 정보를 제공한다.

## B.2.3 호주 Safe-T-Cam Project

### 가. 사업의 개요

Safe-T-Cam Project는 호주 New South Wales 지방의 지역간 고속도로를 대상으로 실시하는 사업으로, 이 사업은 중차량을 포함한 치명적인 사고의 증가로 인한 안전증진의 요구에 의해 트럭의 과속 및 운전자의 운행스케줄을 감시하는 데 그 목적이 있으며, 이를 위해 디지털 감시시스템을 개발하게 되었다.

### 나. 사업진행 과정

- 1) 1단계 (1991년) : 개념적 연구 및 실험
  - 시스템 원형의 설계 및 개발(1차선), 검지 및 영상포착 실험(성공율 90%)
- 2) 2단계 (1992년) : 시스템 확장 개발 및 실험
  - 복수차선용 시스템 개발 및 시험 대상지 확장, 현장영상 전송시험
- 3) 3단계 (1993년) : 연구시험 결과종합 및 보고서 작성
  - 비용, 기능성, 신뢰성 측면을 고려한 시스템의 기능요건, 기술사양서 작성
- 4) 4단계 (1994년~) : 시스템의 구현
  - 현재까지 4개소 설치, 1996년 8월까지 20개소로 확장 예정

### 다. 시스템의 구조 (System Architecture)

Safe-T-Cam 시스템은 지역적으로 분리되어 있으나, 전체적으로 통합된 세개의 시스템으로 이루어져 있다.

- 현장 장비
- 센터 장비
- 광역 통신망

각각의 시스템은 더 작은 부시스템과 모듈로 나누어질 수 있는데, 전체적인 운영에 필요한 기능을 수행하기 위하여 통합되어 있다.

각 현장장비는 차량의 검지, 분류, digital 이미지의 획득과 ISDN망을 통하여 센터에 전송하기에 앞서 번호판 문자를 인식하기 위한 이미지의 처리에 필요한 장치를 가지고 있다. 현장은 이미지와 OCR 처리 장비가 시스템의 수명동안 신뢰도를 유지하면서 운영되는 환경을 보장하기 위해 필요한 모든 하부구조를 가지고 있다.

각 현장장비는 다음의 주요 부분으로 구성되어 있다.

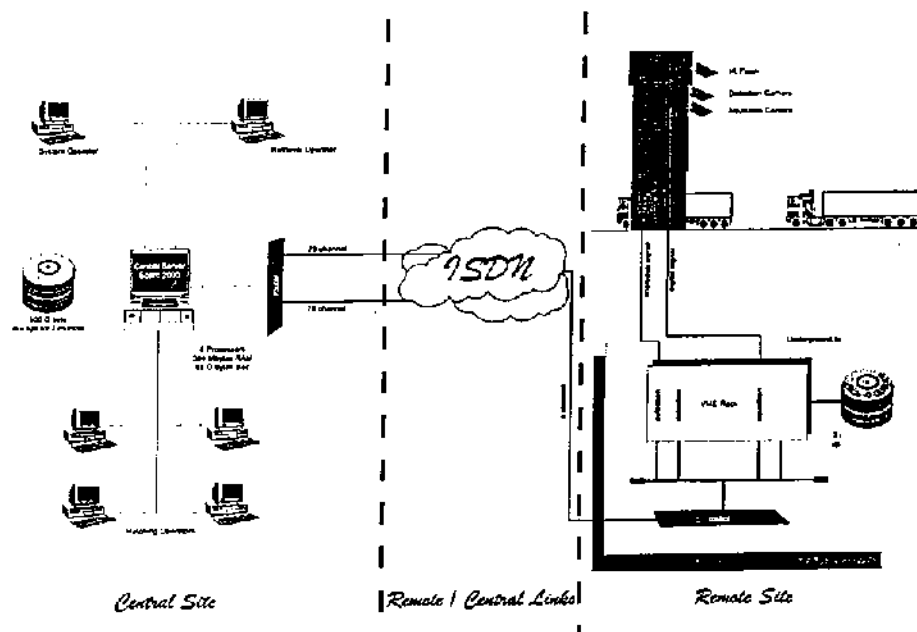
- Safe-T-Cam MKIII VME based chassis running VxWorks
- 컴퓨터와 동력의 안전을 위한 지하함(UGH:Underground Housing)
- 검지 카메라
- 이미지 획득(acquisition)카메라
- IR Flash Unit
- 현장 감시와 동력제어 장비
- RISC based OCR module
- 검지 분류 모듈
- 이미지획득 모듈
- ISDN router
- UPS(정전방지시스템)와 다른 임시 압축장치
- 필요한 전력선, 제어선 및 통신선

센터는 필수적으로 모든 번호판 정보와 필요한 경우 위치를 포함하는 이미지를 원격지에서 불러오는 기능을 수행하는 server와 중첩된 관계 데이터베이스 이다. 이 위치는 운영자에 의해 처리되고 불러진 이미지는 이미지저장 시스템의 경고장 또는 위한 항목에 대하여 추가된다.

센터는 다음의 주요 부분으로 구성되어 있다.

- Server와 기본적인 자료저장 장치
- 운영자 워크스테이션
- 이미지저장 시스템
- 다듬어진 응용 소프트웨어
- 데이터베이스와 다른 OEM 소프트웨어
- 통신장비와 20개의 현장에 설치된 router

통신은 각 현장과 센터를 ISDN link로 만들어진 광역통신망과 현장과 센터에 위치한 router를 통하여 연결된다. 또한 Fast packet switching link가 센터와 이미지저장시스템과 멀리 떨어진 운영자에게 이미지와 획득된 다른 정보에 고속접근이 가능하도록 연결하는데 사용된다.



## 부록 C 유고감지 알고리즘 비교분석

## C.1 DES알고리즘 (Double Exponential Smoothing algorithm)

한 조사지점에서의 교통량의 변화를 비교하여 유고를 감지한다. 속도, 점유율, 교통량 자료는 하류교통량의 상황예측에 사용되며, 이 예측값과 실제 교통자료와의 불균형이 유고감지에 이용된다.

### C.1.1 알고리즘의 구성

If  $TS(i,t) > \text{Threshold value}$  then 유고감지(an incident will be detected)

$TS(i,t) = E(i,t)/m(i,t)$  식별신호(tracking signal)

$E(i,t) = E(i,t-1) + e(i,t)$  누적에러(cumulative error)

$e(i,t) = x(i,t) - D(i,t)$  현상태 예측오차(error in current prediction)

$S(i,t) = \text{SFS } x(i,t) + (1-\text{SFS}) S(i,t-1)$  단순평활값(single smoothed value)

$D(i,t) = \text{DFS } x(i,t) + (1-\text{DFS}) D(i,t-1)$  이중평활값(double smoothed value)

$m(i,t-1) = (4/(\pi(2-\text{SFM})))\{z(x)\}/2$  초기평균절대편차(initial mean absolute deviation)

$m(i,t) = \text{SFM } e(i,t) + (1-\text{SFM})m(i,t-1)$  현재평균절대편차(current mean absolute deviation)

여기서, SFM = 평균절대편차를 위한 평활계수(smoothing factor, 0.1)

i = 차량검지지점

t = 자료수집주기(polling cycle time)

$x(i,t)$  = 교통변수(교통량, 점유율, 속도 등)

$z(x)$  = 에러의 표준편차,  $((\sum (x'-x)^2)/n)$

$x'$  = 평균에러

n = 에러표본의 수

SFS = 단순평활계수(0.3)

SFD = 이중평활계수(0.3)

### C.1.2 특징

- 가. 단기간 예측기법(short-term forecasting technique)을 사용
- 나. 유고상태를 결정하기 위한 변수로 교통량, 속도, 점유율을 사용
- 다. 유고상태(Incident State)는 incident free, confirmed incident로 나눔
- 라. 조사지점의 교통변수를 기준으로 하류의 상황을 예측하여 하류지점 측정치와 비교하여 감지

## C.2 APID알고리즘 (the All Purpose of Incident Detection algorithm)

### C.2.1 알고리즘의 구성

- 일반 유고감지 루틴
- 낮은 교통량을 위한 유고감지 루틴
- 중간 교통량을 위한 유고감지 루틴
- 유고종결감지 루틴
- 압축파(Compressing wave) 검사 루틴
- 지속성 검사 루틴
- 압축파 검사와 지속성 검사로 오진을 감소
- 유고상태: incident free, tentative incident, confirmed incident

### C.2.2 유고의 선언

다음 세가지 변수가 임계치를 넘을 때, 유고가 선언된다.

- $OCC(i,j,t)$  = 조사지점  $i$ , 차선  $j$ , 자료수집기간  $t$ 에서의 점유율(단  $j=0$ , all  $j$ 의 평균치)
- OCCDF는 점유율의 공간적 차이, 즉 상류와 하류의 점유율의 차이를 의미한다.

$$- OCCDF(i,t) = OCC(i,0,t) - OCC(i+1,0,t)$$

여기서,

- OCCRDF는 두 지점간 점유율의 상대적 차이값, 즉 상류와 하류의 점유율의 차이를 하류의 점유율로 나눈값이다.

$$OCCRDF(i,t) = OCCDF(i,t)/OCC(i,0,t)$$

- DOCCTD는 1주기이상의 자료수집기간동안에 하류점유율의 상대적인 차이를 의미한다.
- DOCCTD(i,t) =  $[OCC(i+1,0,t-2) - OCC(i+1,0,t)]/OCC(i+1,0,t-2)$

### C.2.3 APID알고리즘의 구조

- High Volume Incident Detection

$$OCCDF > th\_id1$$

$$OCCRDF > th\_id2$$

$$DOCC < th\_id3$$

- Medium Volume Incident Detection

$$OCCRDF > th\_me\_id1$$

$$SPDTDF > th\_me\_id2$$

- Persistence check

$$OCCRDF > th\_pt \text{ (for } pst\_test\_period, \text{ 지속성 검사기간)}$$

- Compression wave check

$$DOCC > th\_cw1$$

$$DOCCTD \leq th\_cw2 \text{ (for } cw\_test\_period, \text{ 압축파 검사기간)}$$

- Clearance Logic

$$OCCRDF < th\_inc\_clr$$

각 변수는 다음과 같이 정의된다.

- 'th'로 시작하는 변수는 임계치이다.
- $OCCDF(i,t) = OCC(i,t) - OCC(i+1,t)$
- $OCCRDF(i,t) = OCCDF(i,t)/OCC(i,t)$
- $DOCCTD(i,t) = [OCC(i+1,0,t-2) - OCC(i+1,0,t)]/OCC(i+1,0,t-2)$
- $DOCC(i,t) = OCC(i+1,t)$
- $SPDTRDF(i,t) = [SPD(i,t-2) - SPD(i,t)]/SPD(i,t-2)$

여기서,  $i$  = VDS 지점  $i$

$i+1$  = 하류의 VDS 지점

$t$  = 유고감지 실행주기

OCC = 지점의 점유율자료

SPD = 지점의 속도자료

#### C.2.4 특징

- 이 알고리즘은 기본적으로 California알고리즘에 기반을 두고 있다.
- 두 감지기 관측지점에서의 점유율을 비교하는 방법으로 비교적 단순하게 유고를 감지하는 California알고리즘에 압축파(compression wave) 검사 및 지속성(persistence) 검사 항목을 보다 융통성있게 첨가하여 개발된 알고리즘이다.
- 기본 알고리즘은 교통류의 변화에 따라 1차적인 유고를 감지하는 항목이다.
- 지속성검사 알고리즘은 검지기위에 차량이 얼마만큼의 기간동안 머무르는지를 검사하여, 매우 짧은 유고에 의한 오류를 해소하기 위한 항목이다.
- 압축파시험 알고리즘은 교통량이 매우 많을 경우에 발생하는 압축파를 체크함으로써 오류를 해소하기 위한 항목이다.

## C.3 McMaster 알고리즘

### C.3.1 유고감지 방법 (Congestion Detection Logic)

- McMaster 알고리즘은 낮은 속도나 높은 점유율 또는 혼잡된 교통량 등을 관찰함으로써 혼잡을 감지한다. 이 알고리즘은 혼잡자료와 비혼잡자료를 curvilinear line을 통해 분리한다. 이 때, 비혼잡상태에 적용되는 하한치 교통량 결정은 다음과 같은 식을 따른다.

$$\text{Flow} = a(\text{occupancy})^b \quad (\text{식 1})$$

- 관찰된 점유율이 40% 미만일때만 (식 1)을 통해서 최소비혼잡교통량(MUF: minimum uncongested flow)을 계산하며, 관찰된 교통량이 MUF보다 클 때는 비혼잡상태로 분류된다. 적절한 임계치(threshold)보다 낮은 속도로의 감소와 선택된 임계치를 넘어서는 점유율의 증가는 혼잡으로 분류된다. 특히, 이러한 분류에서, 일관성 검증(persistence check)을 위해 연속적인 30 초 정보를 토대로 2번 또는 3번의 확인과정을 거치는 것이 바람직하다.

### C.3.2 특징

- 이 알고리즘은 점유율의 변화가 적은 고속도로의 운영에서 속도의 "jumps"를 설명하기 위해 수학적 모델인 Catastrophe 이론을 이용하여 개발되었다. 즉, 속도, 교통류, 점유율의 교통변수가 Catastrophe이론의 변수로 할당되고, 세 변수간의 관계가 수식 및 그래프의 형태로 도출되어, 세변수가 임계치를 초과하면 유고상황으로 감지한다.
- 유고감지 지표로 ①평균교통류의 80%에서 단순하게 그려진 교통류-점유율의 관계식을 설정한 곡선과 ②속도를 사용한다.
- 이 알고리즘은 CCL(Cause of Congestion Logic)과 결합함으로써 사고나 차량고장등에 의한 비반복적 정체(non-recurrent congestion)와 반복적 정체를 구별할 수 있게된다.

## C.4 CCL(Cause of Congestion Logic) 알고리즘

### C.4.1 알고리즘의 구성 및 특징

- CCL은 방아쇠(trigger), 알고리즘, 그리고 정산(calibration)으로 구성된다. 방아쇠는 비혼잡상태이고 속도가 70km/h미만인 경우에 CCL이 작동되도록 한다. 방아쇠 변수로 속도를 선택한 것은 속도가 가장 많이 사용되는 혼잡 척도이기 때문이다.
- CCL알고리즘은 고속도로운영의 cusp catasrophe 이론모형에 기초를 두고 있다. cusp catasrophe의 특징은 연속적인 또는 비연속적인 행위를 나타낼 수 있다는 것이다.

### C.4.2 CCL알고리즘의 원리(Principle of the CCL)

고속도로상에서의 비연속적인 사건은 고속도로 운영변수(속도, 점유율 그리고 교통량)의 비연속성을 초래한다. 일반적으로 수요가 용량을 초과하는 지점에서의 점진적인 교통량 증가는 모든 운영변수(operation variable)에 연속적인 변화를 초래한다.

세가지 운영변수가 비혼잡상태에서 혼잡상태로 연속적으로 변화한 경우에는 기하구조적인 병목에 의해 발생한 것으로 판단하게 된다.

### C.4.3 Distinguishing Incident congestion and recurrent congestion

- 사고에 의한 정체는 낮은 교통량일때 발생하며, 반복적인 경우는 거의 용량 상태일때 발생한다.
- 비혼잡에서 혼잡으로 바뀌는 동안에 세가지 운영변수의 연속성여부를 통해서 판단할 수 있다.

#### C.4.4 Calibration of the CCL

정산과정은 일반적으로 시행착오를 통해 이루어 지게된다.

Hurdle and Datta는 "도시고속도로는 도로용량의 75%에 이룰때 까지는 제대로 속도를 낼 수 있으며, 용량은 2000 pcu/h가 적절하다."고 제시하였다.

### C.5 신경망 이론에 의한 접근방법

#### C.5.1 신경망이론의 개요

##### C.5.1.1 신경망이론

인간의 뇌는 약 1011개나 되는 뉴런을 조직적으로 결합한 거대 시스템으로 구성되어 있으며, 각 뉴런은 본체인 세포체 부분과 수상돌기 부분, 그리고 축삭 부분으로 구성되어 있다. 신경망이론에 의하면, 이러한 뉴런은 수상돌기에 다른 뉴런으로부터의 전기펄스가 들어오면 전압이 바뀌게 되는데, 다른 여러 뉴런에서 받은 전기펄스의 총합이 어떤 임계치(threshold)를 넘게 되면 이를 계기로 뉴런은 발화(fire)하게 되고, 임계치를 넘지 못하면 뉴런은 반응을 일으키지 않는다. 즉, 뉴런은 다른 뉴런으로부터의 입력을 선형으로 결합할 수 있는 선형가산성(linear addition)과 비선형 임계치 특성을 가지고 있다. 이러한 신경망은 패턴분류 등 여러 가지 문제들을 처리함에 있어서 기존의 방법이 순차적이고 논리적인 틀 속에서 프로그램 되는 것과는 달리 학습을 통해 인지하게 되고, 본질적으로 다수의 유니트들에게 서로 영향을 주며 동시에 서로 다른 처리를 행하는 병렬처리를 한다는 것이 특징이다.

##### C.5.1.2 뉴런의 수리모형

일반적으로 인공적인 뉴런의 모델은 유니트(unit)라고 불리며, 다입력 단일출력 소자가 사용된다. 이러한 유니트는 다른 여러 개의 유니트와 연결되어 신경망을 이루게 되며, 이들 유니트간은 연결강도에 의해 결합되어 있고, 한 쪽 방향으로만

연결된다. 이러한 수리 모형의 출력치( $z$ )는 다음과 같은 방법에 의해 구해진다. 즉, 입력치( $X_i$ )와 이에 대응하는 연결강도( $W_i$ )를 곱한 값에서 임계치( $\theta$ )를 뺀 값을 변환함수( $f$ )에 입력하여 구하게 된다.

$$z = f(\sum W_i X_i - \theta)$$

이러한 변환함수( $f$ )로 단위함수와 시그모이드 함수가 주로 사용된다.

## C.5.2 신경망이론에 의한 유고감지알고리즘

### C.5.2.1 신경망 모형의 선택

신경망 모형은 크게 선형신경망, 홉필드신경망, 코호넨신경망으로 나눌 수 있다. 주로 선형신경망은 패턴인식이나 예측 등에 많이 적용되고 있으며, 홉필드 신경망은 최적화이론에 많이 적용되며, 코호넨신경망은 클러스터링 등에 많이 적용되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 유고상황과 비유고상황을 학습한 후, 실시간으로 들어오는 입력정보의 유고여부를 판단하는 것이므로 선형신경망을 사용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

### C.5.2.2 모형의 구성

신경망이론에 의한 유고감지 알고리즘을 개발하기 위해서는 먼저 적절한 신경망 구조를 결정하여야 하고, 학습정보를 이용하여 학습시켜야 한다. 신경망의 구조를 결정하는 문제는 몇개의 층으로 구성할 것인가와 각 층에 몇 개의 유닛(인공적인 뉴런)를 포함할 것인가에 관한 것이다.

신경망이론에서는 이러한 층수와 유닛수를 결정하는 체계적인 규칙이 없기 때문에, 몇 개의 대안을 만들어서 가장 학습효율이 좋은 구조를 결정하게 된다. 일반적으로 신경망은 입력층과 하나이상의 은닉층, 그리고 출력층으로 구성된 다층선형신경망이 사용되는데, 은닉층의 층수가 늘어날수록 학습시간이 오래 걸릴 뿐 아니라 과적합화(overfitting) 경향이 심해지게 된다. 따라서 보통은 하나의 은닉층을 두는 경우가 대부분이며, 많아도 2개 정도의 은닉층을 두게 된다.

### C.5.2.3 입력자료의 선택

유고감지알고리즘 개발을 위해서는 신경망의 학습과정이 필요하게 되는데, 이러한 학습은 주어진 입력과 출력의 패턴을 인식하는 과정으로, 결국 유니트간의 연결강도를 결정하는 것이다. 이러한 학습을 위한 정보는 고속도로상의 시계열 교통변수의 상황을 입력으로하고, 유고의 존재여부(0,1)를 출력으로 하는 형태가 된다.

예를들어, 고속도로상의 검지기로부터 매 1분마다 교통변수가 수집되고 있고 두 지점간의 통행시간이 정상상태일 때 2분 정도 걸린다면, 다음과 같은 형태로 입력 자료를 준비할 수 있을 것이다. 하류지점  $t$ ,  $t-1$ ,  $t-2$  시간대의 교통변수는 상류지점의  $t-2$ ,  $t-3$ ,  $t-4$  시간대의 교통변수를 각각 반영하고 있으므로, 정상상태일 때는 이러한 교통변수들이 큰 변동을 보이지 않을 것이다. 반대로 유고상황일 때는 하류지점과 상류지점간의 상당한 불일치가 나타나게 될 것이다. 따라서 입력을 하류지점의  $t$ ,  $t-1$ ,  $t-2$  시간대와 상류지점의  $t-2$ ,  $t-3$ ,  $t-4$  시간대에 대한 교통변수로 하고, 출력을 그 시간대의 유고 존재여부에 따라 0 또는 1의 값으로 줌으로써, 학습자료를 구성할 수 있다.

### C.5.2.4 신경망의 학습

선행신경망의 학습은 일반적으로 역전파법(Backpropagation)에 의해 이루어지게 되는데, 이 방법은 최급하강법(steepest descent method)을 이용하여 모형의 출력치와 학습정보의 출력치들 간의 오차를 최소로 하는 방향으로 은닉층과 출력층간의 연결강도, 입력층과 은닉층간의 연결강도를 순차적으로 조절하는 것이다. 이 때, 학습계수와 모멘텀계수를 적절하게 결정함으로써 학습의 효율을 높일 수 있다. 즉, 이러한 계수를 너무 높게 잡으면 초기에는 빠른 속도로 수렴하지만, 나중에는 약간의 진동을 보이게 되는 반면, 계수의 값을 너무 작게하면 수렴에 도달할 때까지 엄청난 반복과정을 거쳐야 한다.

#### C.5.2.5 신경망에 의한 유고감지 알고리즘의 특징

- 신경망에 의한 유고감지 알고리즘은 기존의 알고리즘과는 달리 임계치를 결정할 필요가 없다. 즉, 학습에 의해서 유고상황과 비유고상황에 대해 인식하고 있으므로 각 지점간 교통변수의 상대적 차이값의 변화가 어느 정도 일 때를 유고로 규정할 것인가하는 것을 고려할 필요가 없다.
- 일단 학습이 이루어지고 나면, 연결강도가 고정되어 있으므로 유고에 대한 판단은 실시간으로 이루어 질 수 있다. 또, 필요하다면 입력층의 시간대와 출력층의 상태(유고, 정체, 정상)를 자유로이 조절하여 새로이 학습함으로써, 유고감지를 행할 수 있다.

#### C.5.2.6 평가기준 (Evaluation Criteria)

유고감지 알고리즘은 다음과 같은 평가기준에 의해 평가된다.

- 감지율

$$\frac{\text{실제 유고 감지 횟수}}{(\text{실제 유고 감지 횟수} + \text{검지안된 실제 유고 횟수})}$$

- 오류율

$$\frac{\text{유고 감지 알고리즘의 오류 횟수}}{(\text{전체 시도 횟수} \times \text{지점 수})}$$

- 평균감지시간

실제 유고발생부터 알고리즘에 의해 유고로 감지될때 까지 걸린 평균시간

## 부록 D. 시계열 분석

검지기에 의해 실시간으로 획득되는 교통정보를 이용하여 고속도로에서 다음 시간대의 교통자료를 예측함으로써, 램프마터링, 우회정보의 제공 등을 수행할 수 있게 된다. 시계열(time series)은 시간대별 교통량이나 통행시간 등과 같이 특정 시점과 연계되어 있는 일련의 수치들로 이루어진 자료이며, 시계열 분석은 과거 시계열의 형태가 미래에도 같은 형태로 반복되리라는 기본 가정하에 각 관측치들 간의 상호관계를 밝히는 한편, 이를 바탕으로 모형을 설정하여 미래에 대해 예측하는 것이다. 이러한 시계열 분석은 서로 다른 시점에 있는 관찰값들 간의 상관관계인 자기상관함수를 살펴봄으로써 그 시계열의 확률적 성질을 분석하는 시간변역(time domain) 시계열 분석과 자기상관함수를 푸리에 변환하여 얻어진 스펙트럼 밀도 함수를 이용하여 시계열의 확률적 성질을 분석하는 진동수변역(frequency domain) 시계열 분석으로 나뉜다.

## D.1 시계열분석에 대한 이론적 배경

### D.1.1. 일반선형모형(general linear model)

일반선형모형은 백색잡음(white noise)의 선형결합으로 다음과 같다.

$$Z_t = e_t + \phi_1 e_{t-1} + \phi_2 e_{t-2} + \cdots \quad \{e_t\} \text{는 백색잡음}$$

이 모형은 평균과 자기공분산함수가 시점  $t$ 에 의존하지 않으며, 평균이 0이고 분산이 일정하므로 정상성을 만족한다.

### D.1.2. 이동평균모형(moving average model)

일반선형모형에서 계수가 유한개일 때의 모형을 이동평균모형이라 한다. 일반적으로  $q$ 개의 계수를 가진  $q$ 차의 이동평균모형  $MA(q)$ 에서 관찰치  $Z_t$ 는 오차항  $\{e_t\}$ 와 계수  $\beta_j$ 를 가진 오차항  $\{e_{t-j}\}$ 에 의존하며 아래와 같이 표현된다.

$$Z_t = \sum_{j=0}^q \beta_j e_{t-j} \quad \text{단, } \beta_0 = 1$$

### D.1.3. 자기회귀모형 (autoregressive model)

자기회귀모형 역시 일반선형모형에서 부터 얻어진다. 이 모형은 다중회귀 방정식과 유사하며, 자신의 과거값들에 대하여 회귀분석을 행하는 차분방정식 (difference equation)이다.  $p$ 차의 자기회귀과정을  $AR(p)$ 로 표기하며 아래와 같이 표현된다.

$$Z_t = \sum_{j=0}^p \alpha_j Z_{t-j} + \epsilon_t$$

### D.1.4. 자기회귀이동평균모형 (autoregressive moving average model)

자기회귀-이동평균모형은  $AR$ 모형과  $MA$ 모형을 하나의 시계열로 포함시킨 것으로  $ARMA(p,q)$ 로 표기하며 다음과 같이 표현된다.

$$Z_t = \sum_{j=0}^p \alpha_j Z_{t-j} + \epsilon_t + \sum_{j=0}^q \beta_j \epsilon_{t-j}$$

### D.1.5. 통합된 자기회귀이동평균모형

이 모형은 보통 Box-Jenkins 기법( $ARIMA$ )으로 불려 지며 단일변량 시계열자료에 내재된 확률적 성질을 고려하여 시계열자료의 분석과 예측을 행하는 모형이다. 대부분의 시계열은 비정상적(nonstationary)이기 때문에 이를 정상적 시계열로 바꾸는 차분화(differencing) 과정이 필요하다.

연산자  $\Delta$ 을  $\Delta = 1 - L$ 로 정의하면,  $\Delta Z_t = Z_t - Z_{t-1}$ 이 된다.

만약에  $\Delta^d Z_t$ 가 정상 시계열이라면, 시계열  $Z_t$ 는 통합된 자기회귀이동평균 모형으로  $ARIMA(p,d,q)$ 로 표기한다.

### D.1.6 칼만필터(Kalman Filter) 모형

칼만필터는 무작위 변동(random perturbation)을 발생시키는 동적체계(dynamic system)에 적용되는 최적상태 예측과정(optimal state estimation process)으로써 이산적 실시간(discrete real time)에 얻어진 잡음 섞인 정보(noisy data)로부터 동적체계의 미지상태에 대한 최적 예측을 위한 선형(linear), 불편(unbiased), 최소오차분산(minimum error variance)의 특성을 지닌 반복적(recursive) 알고리즘이다.[7]

이러한 칼만 필터는 경제학자 칼만(Kalman, R. E., 1960)에 의해 개발된 이래 자동제어, 신호처리, 도시가로망 교통량 예측 등 여러 분야에 널리 사용되어지고 있다.

#### - 칼만필터 모형

예측해야 할 무작위 과정(random process)을 상태방정식이라 하며, 다음의 형태로 정의한다.

$$x_{k+1} = A_k x_k + w_k$$

(상태방정식)

선형의 관계를 가진 이산시간에서 발생하는 관측(observation) 과정을 관측방정식이라 하며 다음의 식으로 정의한다.

$$z_k = H_k x_k + v_k$$

(관측방정식)

위 식에서의 첨자와 표기법을 간단히 정리하면, 다음과 같다.

$x_k$  : 시간  $k$ 에서의  $(n \times 1)$  상태 벡터(state vector)

$A_k$  : 시간  $k$ 에서  $k+1$ 로의 전이(transition)를 결정하는  $(n \times n)$  행렬

$w_k$  : 알려진 공분산을 가진 백색순서(white sequence)

$z_k$  : 시간  $k$ 에서 관측된  $(m \times 1)$  행렬

$H_k$  : 시간  $k$ 에서 관측벡터와 상태벡터를 연결시켜 주는  $(m \times n)$ 행렬

$v_k$  : 알려진 공분산을 가진 백색순서(white sequence)

여기서,  $w_k$ 와  $v_k$ 의 공분산 행렬은 정의에 의해 다음과 같이 주어진다.

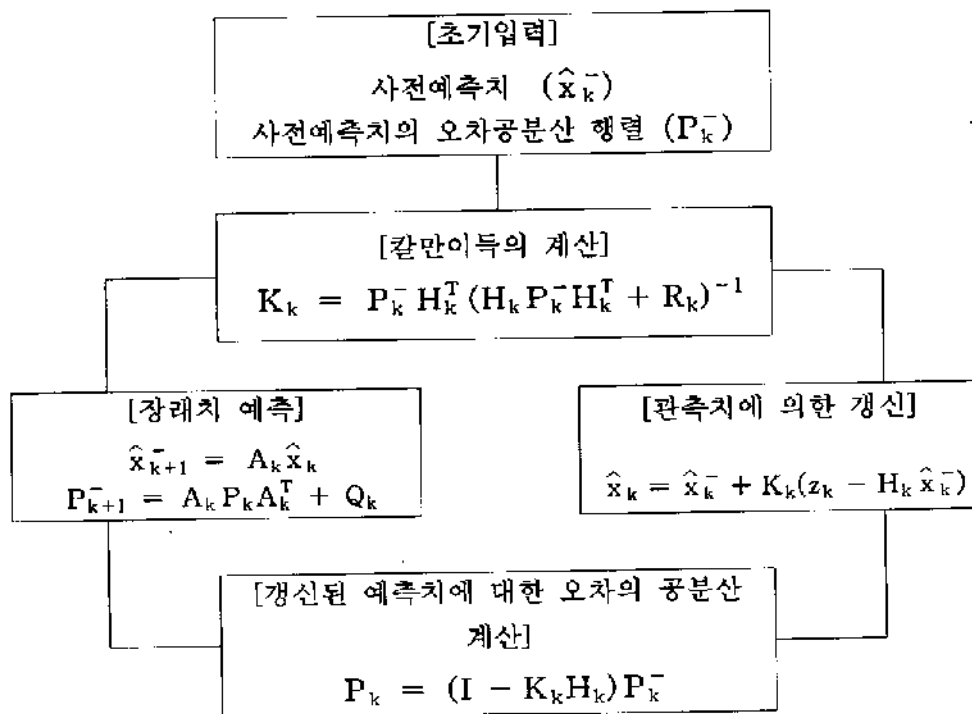
$$E[w_k w_k^T] = Q_k$$

$$E[v_k v_k^T] = R_k$$

$$E[w_k v_k^T] = 0$$

- 칼만필터의 계산과정

이러한 수식들이 칼만필터 반복방정식을 이룬다. 이러한 과정을 그림으로 나타내면 아래 (그림 D-1)와 같다.



[Brown and Hwang, 1992]

<그림 D-1> 칼만필터의 계산과정

## D.2 시계열 모형에 의한 예측방법

본 절에서는 Box-Jenkins모형과 Kalman Filter모형에 대한 이론적 고찰을 바탕으로 하여, 실제에 적용할 수 있는 방안을 제시한다.

### D.2.1 Box-Jenkins 모형에 의한 예측

시계열 모형인 Box-Jenkins모형을 적용하기 위해서는 식별(identification), 모수 추정(parameter estimation), 적합도 검정(diagnostic checking)의 과정이 필요한데, 이러한 과정은 주로 SAS, MicroTSP 등 컴퓨터 package를 이용하여 수행될 수 있다.

#### - 모형식별(model identification)

모형식별은 관찰된 시계열자료의 표본자기상관함수(sample autocorrelation function)와 표본편자기상관함수(sample partial autocorrelation function)를 구하여 이들이 어떤 ARIMA(p,d,q)모형에 부합되는가를 결정하는 것이다. 이를 위해서는 먼저 정상성 여부를 시계열의 표준상관그램(sample correlogram)을 통해서 판정하여야 하는데, 정상적 시계열의 상관그램은 시차(lag)의 수가 증가함에 따라 하락(degree off)하게 되지만, 비정상적 시계열의 경우는 그렇지 않다. 만약 비정상적 시계열이라면 차분(differencing)을 통하여 정상적 시계열로 바꾸어 준 후 식별해야 한다. 일단, 정상적 시계열을 얻게 되면 AR과 MA모형의 적절한 차수를 결정하기 위해 표준상관그램을 다시 분석한다. MA과정의 상관그램은 어느 한 점 다음에는 0이 되고, AR과정의 상관그램은 기하급수적으로 하강하며 ARMA과정의 상관그램은 상이한 양상을 보이면서 상당 기간 후에 하락하는 양상을 보인다. 이 과정에서는 분명한 규칙보다는 적절한 판단력이 요구하겠다.

#### - 모수 추정(parameter estimation)

모형이 식별되고 나면 다음 단계로 모수를 추정하여야 한다. 추정방법에

는 적률법(method of moments), 최소자승법(least square estimation method) 그리고 최우추정법(maximum likelihood estimation) 등이 있다.

- 적합성 검정(diagnostic checks)

모형의 식별과 추정이 끝나고 나면 그 모형이 관찰된 시계열자료와 얼마나 잘 부합되는 지를 조사하는 적합성 검정을 해야 한다. 이러한 적합성 검정 방법에는 잔차분석(residual analysis)과 과다적합화분석(overfitting analysis)등이 있다.

모수추정을 위한 최우추정법은 백색잡음(white noise,  $\{e_t\}$ ) 즉, 평균이 0이고 분산이  $\sigma^2$ 로 일정한 독립 정규분포의 확률변수라는 가정 하에서 행해진다.

따라서, 잔차가 실제값과 예측값의 차이이므로 모형의 식별이 올바르게 모수 추정도 정확하다면 잔차 역시 백색잡음(white noise)과 같은 성질을 만족해야 한다. 따라서 잔차의 자기상관함수와 편자기상관함수의 그래프를 이용하여 잔차의 평균, 분포 그리고 독립성 등을 살펴보아야 한다.

### D.2.2 칼만필터 모형에 의한 예측

칼만필터는 다음 상태에 대한 사전예측치(prior estimate)를 구한 후, 이 값을 다음 관측치와의 차이에 따라 수정 및 보완해 나가는 과정이다. 시계열자료를 칼만필터 모형으로 분석하기 위해서는 시계열분석 모형(Box-Jenkins 모형 등)을 칼만필터의 상태방정식과 관측방정식으로 변환하여야 한다.

- 모형의 정립

시계열분석에서 구한 ARIMA(p,d,q)모형을 이용하여 칼만필터에 의한 예측모형을 다음과 같이 정립하였다.

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{A}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{G}_k \mathbf{w}_k \quad (\text{상태방정식}) \quad (\text{식 4.26})$$

$$\mathbf{z}_k = \mathbf{H}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k \quad (\text{관측방정식}) \quad (\text{식 3.27})$$

여기서,  $\mathbf{X}_{k+1} = \begin{bmatrix} \text{예측대상}(k+1) \\ \text{상수}(k+1) \end{bmatrix}$

$$\mathbf{A}_k = [2 \times 2 \text{ 전이행렬}]$$

$$\mathbf{G}_k = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{H}_k = [1 \ 0]$$

#### - 예측과정

칼만필터 모형에서 예측을 처음 시작할 때는 사전예측치(prior estimate)가 없기 때문에 초기예측치는 평균값을 사용하며, 사전예측치와 초기치 사이의 오차에 대한 공분산행렬은 상태방정식을 구성하는 벡터  $\mathbf{x}$ 의 공분산을 따르는 것으로 한다.[Brown & Hwang, 1992] 따라서, 시계열분석의 공분산행렬을 이용하여 구성한 사전예측치 공분산행렬의 초기값은 아래와 같다.

$$\mathbf{x}^- = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_0 \\ \mathbf{c} \end{bmatrix} \quad \mathbf{P}_k^- = \begin{bmatrix} \sigma_a^2 & 0 \\ 0 & \sigma_c^2 \end{bmatrix}$$

위의 초기값을 이용하여, 칼만이득항 계산, 관측치에 의한 갱신, 갱신된 예측치에 의한 오차의 공분산 계산, 장래치 예측 등의 과정을 통해 예측한다.

## SDI Rearch Series Completion Report

Project Number	SDI 95-R-15
Title	A Study for Introducing Intelligent Transport System to Seoul
Project Period	January 1, 1995 ~ December 31, 1995
Department	Department of Urban Transportation
Researcher-in-Charge	: Eun-mi Park (Research Associate)
Research Staff	: Si-bok Lee (Visiting Researcher)
	Sang-jo Park (Visiting Researcher)
	Kyang-yeon Cho (Visiting Researcher)
	Byung-kyu Park (Visiting Researcher)
	June-suk Chang (Visiting Assistant)
	Jong-hee Lee (Visiting Assistant)

## ABSTRACT

---

Seoul's urban freeways are suffering from aggravated congestion no less than existing surface streets due to ever-increasing demand. Highway expansion would not be an viable solution to the freeway congestion problem. It has been proved from world-wide Intelligent Transport System(ITS) research that the most promising approach to alleviating freeway congestion is to make an efficient use of existing roadways through intelligent traffic management. The City of Seoul has currently embarked on an ITS implementation program for Seoul's freeway systems as an effort to improve traffic conditions by restoring freeway capacity. However, the City of Seoul is expecting difficulties in fulfilling the program since they neither have an idea of traffic management planning, system design, maintenance, and operation, nor meet the institutional and legal requirements for the ITS implementation program.

This research was performed to assist the City of Seoul in implementing the ITS and the major results are as follows:

- (1) User services and functions that the ITS system shall provide were redefined by reviewing and reinforcing the study results from ITS-related research in Korea including the ITS Basic Plan (Phase I).
- (2) A detailed framework for ITS freeway system was established by performing detailed engineering analysis on the role of each system function and their relationships from traffic management's perspectives.
- (3) Issues to be addressed to embody the ITS freeway system were identified and presented focusing on field problems, institutional/organizational issues, project planning and fulfillment capability, and technical expertise in implementing ITS program.

# Table of Contents

Chapter	Page
I. Introduction .....	1
1.1 Scope of Research .....	3
1.2 Background and Objectives of the ITS Implementation Program .....	6
1.3 Fulfillment of the ITS Implementation Program and Circumstances of the City of Seoul .....	7
1.4 Direction of Research .....	9
II. Envisioning for Seoul's ITS Freeway System Embodiment .....	13
2.1 Study Approach .....	13
2.2 Basic System Design .....	15
2.2.1 Establishment of System Goals .....	15
2.2.2 Definition of User Services .....	15
2.2.3 Required System Functions .....	16
2.3 Technical Analyses of Required System Functions .....	18
2.3.1 Congestion Management .....	18
2.3.2 Potential Hazard Management .....	22
2.3.3 Environmental Pollutant Management - Emission Control .....	22
2.4 Plots for System Embodiment .....	23
2.4.1 Framework .....	23
2.4.2 Premises .....	24
2.4.3 Detailed System Functions .....	24
2.4.4 Flowchart for System Function Embodiment .....	27
2.5 Phased System Construction .....	30
2.5.1 Technical Expansion - S/W .....	30
2.5.2 Spatial Expansion .....	33

III. Research Issues .....	35
3.1 Processing/Interpretation Algorithms .....	37
3.1.1 Congestion-level Estimation .....	38
3.1.2 Incident Detection .....	41
3.1.3 Determination of Optimal On-Ramp Volume .....	44
3.1.4 Optimal Speed Estimation .....	45
3.1.5 Effects of Off-Ramp Queues on Freeway Main Lanes .....	46
3.1.6 Congestion Level at Intersections Downstream of Exit Ramps .....	46
3.2 System-Wide Corridor Management Strategies .....	47
3.2.1 Determination of Management Strategies .....	47
3.2.2 Implementation of Management Strategies .....	48
3.3 Evaluation .....	51
3.3.1 Definition and Objectives of Evaluation .....	51
3.3.2 Evaluation Procedure .....	52
3.3.3 Evaluation Methods .....	53
3.3.4 Traffic Simulation Models as an Evaluation Tool .....	54
IV. Issues Requiring Prior Settlement for Construction of the ITS freeway System in Seoul .....	61
4.1 Field Preparation for Installation of System Facilities/Equipments .....	61
4.1.1 Improvements for Functioning Freeways .....	61
4.1.2 Freeway Shoulders for Emergency Vehicles .....	67
4.1.3 Roadside Areas for Equipment Installation .....	75
4.1.4 Re-Establishment of Geographical Designation System .....	78
4.2 Institutional and Legal Issues .....	83
4.2.1 Organizations/Agencies for the ITS Program Fulfillment .....	83
4.2.2 Revision of Reference Laws .....	86
4.2.3 Revision of Reference Regime .....	91
4.3 Reinforcing Project Planning Capability .....	96
4.4 Improving Technical Expertise .....	98
V. Conclusions .....	101

## **Appendices**

Appendix A Route-By-Route Status of Seoul's Freeways

Appendix B Analysis of Domestic and Foreign ITS System Trends

Appendix C Comparative Analysis of Incident Detection Algorithms

Appendix D Time Series Analysis