

■ 論 文 ■

도시고속도로 교통류 관리를 위한 가변전광판 정보 제공 방안 평가

Evaluation of Urban Freeway Traffic Management Strategies
Using Variable Message Signs

강 정 규

정 철 훈

(도로교통안전관리공단 교통과학연구원 수석연구원) (도로교통안전관리공단 교통과학연구원 연구원)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구 배경 및 목적
 - 2. 연구 범위 및 방법
 - II. 가변전광판과 교통류관리
 - 1. 실시간정보와 본선교통류관리
 - 2. 가변전광판을 이용한 본선교통류 관리
 - 3. 국내 도시고속도로 가변전광판 설치 및 운영 현황
 - III. 가변전광판을 이용한 교통량분산방안 평가
 - 1. 조사 개요
 - 2. 현장 실험 결과
 - 3. 분석 결과 및 시사점
 - IV. 가변전광판을 이용한 속도관리방안 평가
 - 1. 조사 개요
 - 2. 현장 실험 결과
 - 3. 분석 결과 및 시사점
 - V. 결론 및 향후 연구과제
 - 1. 결론
 - 2. 향후 연구 과제
- 참고문헌

요 약

본 연구의 목적은 국내 도시고속도로에 설치가 확대되고 있는 가변전광판을 이용하여 경로우회와 속도관리와 같은 적극적인 교통류관리방안의 도입 타당성을 검토하자는 것이다. 첫째, 도시고속도로 운전자들에게 본선 교통혼잡정보와 우회경로 교통정보를 가변전광판에 제공하였을 경우 우회경로로의 우회율을 조사하여 이에 따른 효과를 평가하였다. 올림픽대로 현장실험 결과 가변전광판에 우회경로에 대한 교통정보를 추가적으로 표출함에 따른 추가 우회율은 1.7%로 추정되었으며, 이에 따른 본선의 총통행시간은 3.7% 개선된 것으로 추정되었다. 둘째, 본선 하류부에 혼잡 발생시 권고속도 문안을 가변전광판에 표출하였을 경우의 속도관리 효과를 평가하였다. 올림픽대로 현장실험 결과 '속도를 줄이시오'라는 메시지에는 속도변화 반응이 발생하지 않았으나 '70km/h 속도 유지'와 같은 직접적인 권장속도 메시지에선 뚜렷한 속도감소반응이 관측되었다. 종합적으로 국내 도시고속도로에서도 가변전광판의 설치지점선정과 운영방식이 보완된다면 교통류관리 분야에 가변전광판의 활용범위가 넓어질 것으로 평가되었다.

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

본격적인 자동차 시대를 맞이하여 국내 대도시에서는 순환선을 위주로 한 도시고속도로망을 적극 건설하고 있다. 그러나 기개통된 국내 도시고속도로는 기하구조의 취약, 체계적인 관리조직의 미비, 운영기술의 미비 등의 문제가 복합되어 길이 막히고, 불편하며, 위험하다는 소위 3년에 시달리고 있는 실정이다. 이와 같은 문제를 해소시키기 위해서는 조직체계의 정비나 기하구조의 개선은 물론 기존 도로를 효율적으로 운영하기 위한 교통관리기법의 도입이 시급하다.

도시고속도로 본선에 대한 교통류관리는 통행효율을 최대화시키기 위하여 교통정보를 제공하는 방안과, 전용차로제나 진입램프미터링 등 임의적으로 통행권을 제한하는 방안으로 구분된다. 최근 들어 실시간 교통정보제공을 통한 적극적인 교통관리의 필요성이 매우 높아지고 있다. 선진국에서는 실시간으로 수집된 교통정보를 바탕으로 반복적·비반복적 정체를 판단하여 운전자에게 다양한 교통정보 전달매체를 활용하여 전방에 일어나고 있는 교통상황에 대한 궁금증을 풀어주거나 타 경로로 우회시키는 첨단교통관리 방안을 개발 확대하고 있다. 첨단교통관리의 요체가 실시간 정보 활용을 통한 혼잡예방 및 완화로 요약된다고 볼 때 가변전광판은 실시간 교통정보를 전달하는 중요한 도구이다. 유럽의 경우 가변전광판을 활용하여 교통관리를 시행한 결과 주목할 만한 혼잡 및 사고예방 효과를 달성하고 있다(Miller and Smith, 1997).

국내의 경우 1998년도에 서울 올림픽대로상에서 최초의 교통관리시스템이 시작되었을 뿐, 도시고속도로에 대한 교통류관리는 초보적인 수준에 머무르고 있다. 올림픽대로 FTMS에서 가장 비중이 높은 기능이 가변전광판을 통한 교통정보 제공이다. 그러나 현재 시스템은 전방의 정체 원인이나 정체 정도정보만을 단순히 가변전광판을 통해 제공하는 기능에 국한되어 있어서 통행우회를 통한 소통개선이나 속도관리를 통한 안전관리라는 적극적인 교통류관리 수단으로는 활용되지 못하는 실정이다. 이는 국내여건이 미흡하기도 하지만 무엇보다도 이 분야에 대한 기초 연구 자료가 미흡하기 때문이다.

따라서 본 연구의 목적은 선진국에서 실용화된 본선교통류 관리방안 가운데 국내에 도입 가능성이 높다고 판단되는 가변전광판을 이용한 본선교통류 관리방안을 국내 도시고속도로에 도입하는 방안을 제시하고 평가하자는 데 있다.

2. 연구 범위 및 방법

가변전광판을 이용한 본선교통류 관리방안으로는 경로우회를 통한 소통개선과 속도관리를 통한 안전개선을 들 수 있다. 따라서 본 연구에서는 첫째, 도시고속도로 본선에서 혼잡이 발생할 경우 대체노선으로 교통량을 우회시키는 방안과, 둘째, 도시고속도로 하류부에 혼잡이 발생하였을 경우 상류부에 설치된 전광판을 이용하여 속도를 관리하는 방안을 제시하여 평가하는 것을 연구범위로 설정하였다.

이상의 범위에 대하여 해외 사례를 분석하고 국내 여건을 검토하였으며 다음과 같은 현장실험을 수행하였다.

- 가변전광판에 도시고속도로 본선 정체정보와 우회도로 소통원활 정보를 제시하여 본선 교통량이 우회도로로의 분산 효과
- 본선 하류부에 정체가 발생하였을 때 상류부 전광판에 정체 원인과 정도 정보만을 표출하였을 경우와, 권장속도를 수치로 제공하였을 경우의 운전자 속도 반응

현장실험은 다음과 같은 절차 및 방법에 의하여 올림픽도로에서 수행하였다.

- 지점선정
 - 올림픽대로 교통관리시스템 속도자료와 가변전광판 설치지점을 분석하여 속도측정과 교통분산 효과 측정 지점 선정
- 정보 문안 작성 : 교통관리시스템 운영기관과 협의하여 가변전광판 제공문안 대안 작성
- 현장조사
 - 가변전광판 하류부 구간에서 유고로 인한 정체나 돌발사태가 발생한 상황에서 준비된 메시지 대안들을 가변전광판에 표출하여 가변전광판 주변 지점에서 속도 측정
 - 가변전광판에 본선과 주변도로 교통상황에 대한 정보 대안들을 제시한 상황에서 우회교통량 측정

II. 가변전광판과 교통류관리

1. 실시간정보와 본선교통류관리

초기 교통류 관리는 주로 고정식 표지판을 통한 규제나 정보제공, 순찰자 운영을 통한 유고처리와 같은 소극적인 방안으로 구성되었다. 그러나 현대 교통류 관리는 첨단 설비를 통하여 수집된 교통정보를 바탕으로 실시간 정보제공과 제어전략을 통해 일단 발생한 혼잡이 확산되는 것을 최소화시킬 뿐 아니라, 혼잡을 예방하는 적극적인 방향으로 변화하고 있다.

도시고속도로 본선교통류 관리란 도시고속도로 본선 자체의 교통을 규제·경고·안내하는 수단을 통하여 도시고속도로의 안전성과 효율성을 향상시키는 것이다. 일반적인 본선교통류 관리의 목표는 다음과 같다.

- 교통류의 균일성과 안정성을 향상시켜 시설 이용 효율을 높이고 사고 가능성을 감소
- 운전자에게 혼잡 정보를 미리 제공하여 심리적 불안감 및 후미추돌 가능성을 감소
- 혼잡이 발생하였을 경우, 여유 용량이 있는 대체 도로로 교통을 우회시켜 혼잡 완화.

실시간정보제공시스템은 운전자들에게 도로교통상황에 관한 최신 정보를 제공하여 경로진행에 관한 의사결정을 용이하게 하여 도시고속도로 운영의 효율성과 안전성을 높이는 것이다. 효과적인 실시간정보제공시스템을 구축하는 데에는 정보수집장치 뿐 아니라 자동안내방송(ARS), 인터넷, 가변전광판, 노측방송(HAR), 라디오방송(교통방송, 상업방송)과 같은 정보전달 매체가 요구된다. 그 가운데 가변전광판은 다양한 정보를 전달할 수 있으며 사고, 기후조건, 지체정도, 우회가능도로 등의 교통상황에 대한 국지적 실시간 정보를 전달하는 데 효과적이어서 그 역할이 급속히 늘어나고 있다.

가변전광판에 표출되는 문안은 다음과 같은 4가지 문장 요소들 중에서 1가지 이상(통상 3가지)으로 구성되며, 운전자의 인식을 높이기 위하여 도형을 표출하기도 한다.

- 문제문(problem statement) : 비일상적인 도로

및 교통소통 상황, 기상조건 혹은 사고발생 등의 메시지를 제공

- 효과문(effect statement) : 문제로 인한 교통상태와 차로폐쇄 등과 같은 메시지를 제공
- 주의문(attention statement) : 문제문과 효과문의 상황이 어떤 지점 혹은 구간에서 발생되고 있는가를 나타내어, 주의 지점이나 구간을 인식할 수 있도록 한다
- 행동문(action statement) : 우회도로 이용 혹은 감속 운행 등 도로 혹은 교통상황에 따른 행동지침을 제공한다.

예) 주의문+문제문+효과문 = 청담교 부근 공사로
 극심한 정체
 문제문+행동문 = 눈길 감속운행

2. 가변전광판을 이용한 본선교통류 관리 해외 사례

1) 교통량 분산

가변전광판을 이용한 교통량 분산효과를 측정할 것 가운데 최근의 예는 프랑스 SIRIUS시스템을 대상으로 한 조사를 들 수 있다(Yim and Ygnace, 1996). 이 조사에서는 가변전광판이 운전자들의 실시간 교통정보에 반응하는 정도와 이로 인한 구간 교통량 변화 정도를 측정하였다. 구체적으로 가변전광판에 고속도로 혼잡과 관련이 깊은 대기행렬길이 정보를 1km 단위로 제시하되, 자유류 상태에서 초기 혼잡상태로 전환하는 시기에는 0.5km 단위로 대기행렬길이 정보를 제시하였다. 혼잡이 심각할수록 운전자들이 가변전광판 정보에 더 민감하게 반응하였으며, 두드러지게 대체노선을 선택하는 시기는 대기행렬길이가 3km를 초과할 경우 대체노선으로의 전환율이 두드러지게 높은 것으로 분석되었다.

파리수도권(Ile de France) 도로망을 대상으로 가변전광판에 혼잡 정보를 제공한 결과 2~6% 가량의 교통량이 우회하고, 2% 노선우회시 총통행시간이 12% 감소하는 것으로 분석되었다(1998, Bernard).

2) 속도 관리

운전자들은 교통상황, 도로선형, 기하구조, 노면조건, 기상조건, 가시범위, 차량특성과 운전자 본인의 특성에 따라서 속도를 조절하게 된다. 따라서 다른

조건이 일정하더라도 차량이나 운전자 특성에 따라서 속도가 다양할 수 있다. 교통밀도가 증가함에 따라 후속차량이 저속 주행하는 선행차량에 접근할 확률이 높아지므로 후속차량은 최소한 일시적으로 감속하게 된다. 그러므로 감속의 정도, 선행차량과의 거리와 위치, 인접차량의 속도에 따른 차로 변경 행위 등이 속도 분포에 영향을 주게 된다.

교통류 이론에 따르면 속도를 부분적으로 조절하게 되면 평균속도뿐 아니라 속도분산이 감소하게 된다. 교통밀도가 용량에 해당하는 최적 밀도 이상으로 증가하게 되면 불안정류 상태가 되며, 교통량과 평균속도가 감소한다. 불안정류 상태에서는 속도 변동(분산)이 매우 크며 특히 1~5분과 같이 짧은 시간에는 변동이 더욱 크다.

이러한 기본 원리를 이용하여 가변전광판에 현재 교통상황(최대 또는 권고속도)에 부합하는 속도를 가변적으로 제시하는 방안이 가변속도 제어이다. 가변속도 제어는 교통수요가 시설용량에 접근하는 첨두시에 차량들의 속도를 균일하게 유지시켜 용량감소와 후미충돌 가능성을 피하기 위해 사용되는 것이 일반적이다. 그러나 하류에 발생한 혼잡을 운전자에게 미리 알려주기 위하여 비첨두시에 사용되기도 한다. 따

라서 가변속도제어의 목표는 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 과부하된 도로구간에서 교통류를 안정화
- 서비스수준이 높은 도로에서 과속차량의 감속 유도
- 혼잡에 따른 후미충돌 가능성이 높은 지점에서 안전대책의 일환
- 악천후 기후조건에서의 속도 감소
- 진입램프에서의 원활한 합류

미국 디트로이트(Detroit) 시 조사에 의하면, 운전자들은 제시되는 가변속도를 규제라기보다는 권고로 간주하는 경향이 높아서 속도를 줄여야 할 명확한 이유가 없으면 제시된 제한속도의 준수율이 낮게 나타나고 있다. 따라서 가변속도제어로 병목지점의 용량을 증가시키는 현상은 관측되지 못하고 있다. 반면에 유럽 국가들에서는 제한속도와 감속 원인 정보(예: 안개 50km/h)를 가변속도표지판에 동시에 제공한 결과 속도분포가 개선되고 사고피해가 감소된 것으로 보고하고 있다(Sumner et al., 1983). 기타 지역에서의 가변전광판을 활용한 연구사례를 <표 1>에 정리·제시하였다.

<표 1> 가변전광판을 활용한 연구 사례지역 및 효과

사례지역	효 과
프랑스 파리시 SIRIUS	• 가변정보판을 통하여 소통상태를 안내하여 과속과 사고의 감소(교통사고 사망자수가 91년 140, 92년 112, 97년 80명으로 감소)
핀란드	• 가변속도제한표지판을 활용하여 제한속도를 120km/h에서 100km/h로 줄었을 경우 평균속도가 5.6km/h 감소하고, 최대제한속도인 80km/h로 낮출 경우 7.4km/h 감소 • '미끄러운 도로'란 의미의 도형정보를 가변전광판에 제시하였을 경우, 가변전광판 하류부 500~1100m 지점에서 속도가 2~4km/h 정도 감소 • '차두간격 확보'를 의미하는 도형정보를 가변전광판에 제시하였을 경우, 차두간격 및 속도 모두에 영향을 주는 것으로 분석됨
네덜란드	• 500~1,000m 간격으로 설치된 가변정보판을 통하여 안개·결빙·사고·공사·혼잡정보 등을 운전자에게 실시간으로 제공한 결과 총사고건수 24%, 경미한 사고 56%, 사고관련차량 28%가 각각 감소하는 효과 달성

3. 국내 도시고속도로 가변전광판 설치 및 운영 현황

<표 2>는 국내 주요 도시고속도로에서 진행되고 있는 가변전광판 설치 계획을 나타낸 것이다. 1998년말 현재 가변전광판이 운영되고 있는 도로

는 서울외곽순환도로와 올림픽대로이며 주요 표출 시나리오는 <표 3>과 같다. 참고로 올림픽대로시스템에서는 '혼잡'이라는 용어를 사용하고 외곽순환도로시스템에서는 '정체'라는 용어를 사용하여 두 노선간에 용어가 일치하지 않고 있다.

〈표 4〉는 올림픽대로와 서울외곽순환도로시스템에서 제공되는 정보내용을 요약한 것이다. 두 시스템 모두는 제한과 권고속도 및 차두간격 정보내용을

표출한 경험이 아직 없다. 올림픽대로시스템에서는 우회도로 정보를 제공하고 있는 것이 특이점이라 하겠다.

〈표 2〉 국내 도시고속도로 가변전광판 설치 현황 및 계획

대상 노선	사업기간	설치 현황 및 계획
올림픽대로 여의도~잠실대교 18km 구간	1996 ~ 1997년	• 가변정보판 8개소 기설치
올림픽대로 확장설치 하일I.C~잠실대교, 여의교~김포공항	1998. 1 ~ 1999. 6	• 가변정보판 76개소 설치 계획
내부순환고속도로	~2001년	• 가변정보판 64개소 설치 계획
서울 외곽순환도로	-	• 가변정보판 1개소 기설치
인천 국제 공항	95.11.29~2000.11.28	• 가변정보판 9개소 설치 계획
대구 신천대로	-	• 가변정보판 2개소 설치 계획

〈표 3〉 올림픽대로와 외곽순환도로의 가변전광판 표출 시나리오

표출 내용	상 황	
	올림픽대로	외곽순환도로
통행 소요 시간	<ul style="list-style-type: none"> • 1 분 ~ 20분 : - 1분 단위로 표출 • 21분 ~ 59분 : - 5분 단위로 표출 • 60분 ~ : - 1시간 이상으로 표출 	• 통행소요시간을 표출하고 있지 않음
소통 원활	• 운행속도 50km/h 이상	• 운행속도 70km/h 이상
지체 서행	• 30 ~ 50km/h 미만	• 40 ~ 70km/h 미만
혼잡/정체 상태	• 30km/h 미만(혼잡)	• 40km/h 미만(정체)

〈표 4〉 올림픽대로와 외곽순환도로의 정보 제공 내용 요약

올림픽대로	외곽순환도로
<ul style="list-style-type: none"> • 단순 유고 정보 • 유고로 인한 정체 정보 • 유고로 인한 일시 및 차로별 부분통제 정보 • 진입램프 일시 및 전면통제 정보 • 소요시간 정보 • 본선 정체 및 소통원활 정보 • 주변도로 혼잡 및 소통원활 정보 • 우회도로 정보 제공 • 오늘의 날씨 및 현재 온도(도형 및 문자로 동시에 표시) • 노면상태(빗길, 빙판길)와 기후조건(질은안개)에 따른 감속운행 지시 • 상업정보 및 기타 정보 	<ul style="list-style-type: none"> • 유고로 인한 정체 정보 • 유고로 인한 일시 및 차로별 부분통제 정보 • 진입램프 일시 및 전면통제 정보 • 본선 정체 및 소통원활 및 속도 정보 • 노면상태(빗길, 빙판길)와 기후조건(질은 안개)에 따른 감속운행 지시 • 일반 정보 : <ul style="list-style-type: none"> - 국가적인 대행사 관련 정보 표시 - 고속도로와 관련된 착공, 준공 등의 정보 표시 - 고속도로 이용시의 문제점 및 불편사항 발생시 전화번호 제시 등

III. 가변전광판을 이용한 교통량분산방안 평가

1. 조사 개요

1) 대상지점 선정

서울시 도시고속도로 가운데 가변전광판이 설치된 노선은 올림픽대로와 외곽순환선이다. 외곽순환선에는 1개만이 설치되어 있고, 올림픽대로의 경우

는 주변 간선도로상에 3개, 본선상에 5개가 설치되어 있다.

조사의 신뢰도를 높이기 위하여 다음과 같은 선정 기준을 설정하였다.

- 고속도로 본선이 혼잡하고 주변에 소통상태가 원활한 대체도로가 존재하며,
- 이와 같은 조건이 만족되더라도 대체도로의 통행소요시간이 본선보다 오래 걸릴 경우, 해당 분기점

- 상류부의 가변전광판은 고려 대상에서 제외
- 목적지까지 연결성 확보가 어려운 분기점 상류부에 위치한 가변전광판은 제외

〈표 5〉 VMS 번호별 설치 위치

VMS #	설치 위치
VMS 1	김포국제공항 국제선 2층사 출구
VMS 2	강서구 가양 3동 가양빛물펌프장 뒤
VMS 3	영등포구 신길 1동 17-2(반공순국용사 위령탑)앞
VMS 4	동작구 흑석 2동 42-1(명수대현아파트 101동)건너편
VMS 5	강남구 청담 1동 104-1(연세리버빌) 건너편
VMS 6	송파구 잠실 2동 22-1(잠신중고) 건너편(잠실수영장 매점앞)
VMS 7	강동구 암사 2동 509(암사아파트 15동) 건너편
VMS 8	송파구 송파 2동 195-6(송파전철역) 앞

이상의 선정 기준을 바탕으로 올림픽대로 교통관리 시스템에서 관리하는 모든 가변전광판을 검토한 결과 선정기준을 모두 만족하는 가변전광판은 천호동 방향 서ulo교~여의교 구간에서 설치된 VMS 3번이 유일하였다. VMS 3번은 노들길과 현충로로 연결되는 수산시장 앞 진출램프 상류에 설치되어 있다.

수산시장 앞 진출램프 분기점에서 현충로 진입램프와 합류하는 지점까지의 올림픽대로 본선 길이는 약 5km 정도로서 비혼잡시 약 3~5분, 혼잡시 약 10~30분 정도의 통행시간이 소요된다. 반면에 수산시장 앞 분기점에서 노들길·현충로로 우회하여 현충로 진입램프를 통해 올림픽대로로 다시 합류하는 우회경로 길이는 약 5.5km이고, 2개소에 신호등이 설치되어 비혼잡시 약 5~10분의 통행시간이 소요된다.

2) 가변전광판 제시 문구

올림픽대로 교통관리시스템에서는 한강에 설치된 교량을 기준으로 정체구간을 표현하고 있다. 또한 올림픽대로는 구간 연장이 짧아 대기행렬 길이를 제시하여 본선 혼잡 정보를 제공하기에는 부적절하였다. 따라서 현 시스템에서 제공하고 있는 문안을 수정 없이 채택하였다.

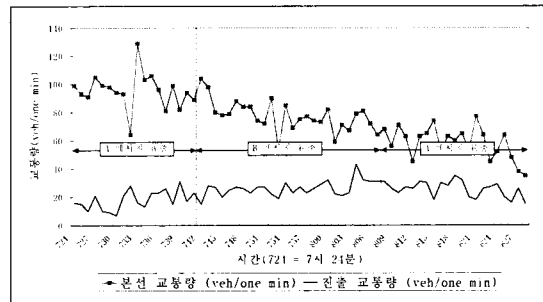
3) 조사 방법

- 측정시간
 - 본선과 우회도로의 교통소통이 원활한 시간
 - 본선이 혼잡하고 우회도로가 소통이 원활한 시간
 - 본선과 우회도로가 혼잡한 시간

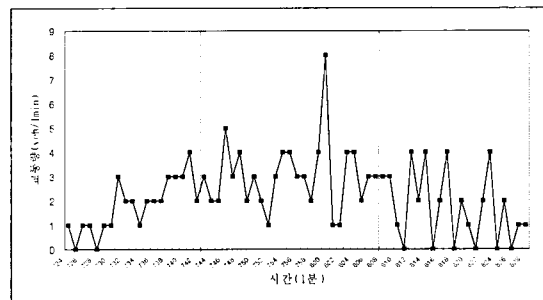
- 측정지점 : 가변전광판 하류부 구간에서 우회도로로 진출하는 램프와 우회도로에서 고속도로로 진입하는 램프 지점
- 수집방법 : 본선에서 우회도로로 우회하는 교통량을 측정하기 위해 수산시장 앞 진출램프와 동작대교 앞 진입램프에서 비디오카메라 4대(진출입램프 각 2차로)로 차량번호판 촬영 및 음성 녹음하여 분석
- 측정자료 : 본선교통량은 영상검지기 자료를 활용하고 분산교통량은 진출입램프에서 촬영한 차량번호판 자료를 사용

2. 현장 실험 결과

올림픽대로와 우회도로가 거의 동시에 혼잡하거나 진출램프가 혼잡하여 2주 동안의 현장조사에서 98년 9월 29일(화) 하루만 원하는 교통상황이 발생하였다. 〈그림 1〉은 조사 당일 올림픽대로 본선 전차로 1분간 교통량과 진출램프 교통량을 나타낸 것이며, 〈그림 2〉는 수산시장 앞 진출램프를 이용, 우회경로(노들길·현충로)를 경유하여 현충로 진입램프로 다시 진입한 우회교통량으로서 번호판 조사를 통하여 확인한 것이다.



〈그림 1〉 조사지점 1분 단위 본선 및 진출 교통량



〈그림 2〉 조사지점 1분 단위 우회교통량

〈표 6〉 조사당일(98. 9. 29) 시간대별 도로별 교통상황 및 VMS #3 표출 메시지

시간대	메시지 유형	우회도로에 대한 교통상황정보 표출 여부	도로교통 소통상황	
			올림픽대로	우회도로
7:24-7:43(20분)	A	노들길·현충로 소통원활 정보 미표출	원활	원활
7:44-8:08(24분)	B	노들길·현충로 소통원활 정보 표출	혼잡	원활
8:09-8:28(20분)	A	노들길·현충로 소통원활 정보 미표출	혼잡	혼잡

※ 본선 혼잡과 소통원활 구분은 영상검지기에서 수집한 속도 자료가 30km/h 미만일 경우는 혼잡, 50km/h 이상일 경우는 소통원활로 기 설정하여 가변전광판에 표출.
 ※ 노들길·현충로는 63빌딩에 설치된 CCTV를 이용하여 한강대교 수산시장앞에서 동작대교까지의 소통상태를 확인한 후 운영자가 임의로 가변전광판에 해당 정보를 표출.

조사시간동안 시간대별 올림픽대로와 우회도로의 교통상황 및 VMS #3에 표출된 메시지는 〈표 6〉과 같다.

3. 분석 결과 및 시사점

1) 분석 방법

전광판 정보대안에 따른 우회효과를 분석하기 위해서 가변전광판에 대체도로 소통원활 정보 표출시(B 메시지)와 미표출시(A 메시지)의 우회율을 구하였으며, 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 우회에 따른 통행시간 단축효과를 추정하였다.

2) 분석 결과

측정시점 7시 24분부터 7시 43분까지 본선 4차로 전체 통과교통량이 1,917대, 7시 44분부터 8시 08분까지 1,878대, 8시 09분부터 8시 28분까지는 1,153대로 집계되었다. 수산시장앞 진출램프 이용교통량은 7:24~7:43분간 367대, 7:44~8:08분간 667대, 8:09~8:28분간 503대로써 진출램프 교통류율이 분당 18 내지 33대(시간당 1,100 내지

2,000대)로 매우 높다. 진출교통량 중에서 현충로를 경유하여 현충로 진입램프로 진입한 교통량(즉 우회교통량)은 7:24~7:43분 37대, 7:44~8:08분 76대, 8:09~8:28분 33대로 조사되었다. '노들길·현충로 소통원활'이라는 문자정보를 표출하였을 경우(B 메시지) 1분간 평균 3.16대가 우회하였고, '노들길·현충로 소통원활' 정보를 표출하지 않았을 경우에는 1분간 평균 1.75대가 우회하였다.

A메시지 표출시 우회율(우회교통량÷본선교통량)은 2.2%, B메시지를 표출시 우회율은 3.9%로서 우회도로 소통원활 정보를 추가로 표출하는데 따른 순수 우회율은 1.7%로 나타났다. 또한 본선교통량 대 진출교통량비는 A메시지 표출시 22%, B메시지 표출시 26%로 나타났다. 종합적으로 우회경로 소통원활 정보를 추가로 표출함에 따라서 4%의 본선교통량이 추가로 진출하였고, 1.7%의 본선교통량이 우회한 것으로 분석된다.

〈표 7〉에서 A와 B메시지 표출시 우회한 교통량에 차이가 있는가를 분석한 결과, 〈표 8〉에서와 같이 유의수준 0.05에서 "A와 B메시지간의 우회량이 같다"는 가설을 기각하게 된다.

〈표 7〉 종합 결과표

정보 구분	시간대	본선량(A)	진출량(B)	우회량(C)	진출율(%)	우회율(%)
A 메시지 표출	7:24~7:43	1917	367	37	16.0	1.9
	8:09~8:28	1153	503	33	22.1	2.8
	계	3070	870	70	22.1	2.2
B 메시지 표출	7:44~8:08	1878	667	76	26.2	3.9

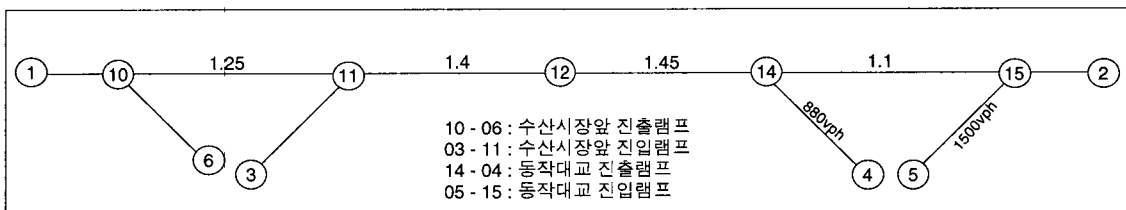
※ 본선량 : 본선 교통량(4차로), 진출량 : 진출 교통량(2차로)
 우회량 : 진출 교통량 중 노들길·현충로를 경유하여 현충로 진입램프로 진입한 교통량
 진출율 : B/(A+B), 우회율 : C/(A+C)

〈표 8〉 1분 단위 우회율에 대한 유의적 차이 검정 결과(SAS)

메시지	샘플수	평균	표준편차	Std Error
A	40	1.75	1.2959	0.2049
B	25	3.04	1.4854	0.2970

Variance	T	DF	Prob> T
Unequal	-3.5743	45.9	0.0008
Equal	-3.6899	63.0	0.0005

For H0 : Variances are equal, F' = 1.31 DF = (24, 39) Prob>F' = 0.4388



〈그림 3〉 시뮬레이션 노드 번호와 링크 길이(단위 : km)

우회에 따른 통행시간 단축효과를 평가하기 위하여 〈그림 3〉과 같이 올림픽대로 서울교→동작대교 구간을 대상으로 Integration을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 본 시뮬레이션에서는 2노드에서 14노드 상류부 500m 지점까지 혼잡이 발생하였을 경우, 1노드에서 2노드로 진행하려던 교통이 10노드에서 6노드로 1.7% 우회하는 대안과 우회하지 않는 대안별로 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과 우회에 따른 통행시간 절약은 3.7%로 추정되었다.

4. 본 조사의 한계

본 조사에서는 혼잡길이를 대교간 예상소요시간으로 표시하는 현 시스템을 감안하여 소요시간 단위중 가별로 우회율을 측정하려고 하였다. 그러나 주변도로 정체가 너무 빨리 진행되어 관측시간이 단축되었고, 교통환경에 따른 우회율 변화를 뚜렷하게 판별하기 어려웠다는 한계가 있었다. 조사된 우회율이 높고 낮은지 여부는 논외로 하더라도 현 VMS #3에서 제공되는 '노들길·현충로 소통원활'이란 우회도로 교통정보를 운전자가 충분히 인지하기에는 다음과 같은 이유 때문에 한계가 있는 것으로 판단된다.

- VMS #3 상류부에 설치된 전광판은 5km 이상의 상류부 1개소 밖에 없음
- 상기 2개의 가변전광판 사이에는 5개의 진입램프

가 있으며 진입 교통량도 많음

- 본 가변전광판의 상류부 구간이 곡선구간이고 곡선구간 끝에서 가변전광판까지의 거리가 약 180m 정도이며, 조사 당시 가변전광판에서 5개 정보 내용을 각 정보 내용당 3초간 순환식으로 표출하고 있으므로 운전자들이 평균 2.5개의 정보내용을 볼 수 있지만, 2.5개의 정보내용을 지나칠 가능성이 높음
- 현 VMS 하류부에 VMS가 추가 설치되어 있지 않아서 VMS #3에서 하류부 장거리 구간 정보를 제공하는 관계로 VMS 인접구간 정보가 다소 누락될 수 있음.

IV. 가변전광판을 이용한 속도관리방안 평가

1. 조사 개요

1) 대상지점 선정

독일과 핀란드 등에서는 사고 위험을 줄이고자 가변속도제한표지판(variable speed limit sign)과 가변전광판(variable message sign)을 활용하여 속도를 감소시키고 차두간격을 조절하고 있다. 국내의 경우 교통정보 전달과 교통분산 목적으로 가변전광판을 주로 활용하고 있을 뿐 속도관리분야에는 사용되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 가변전광판을 활용

한 속도관리방안을 향후 국내에 도입 가능한지를 평가하기 위하여 다음과 같은 상황을 설정하여 실험을 수행하였다.

- 하류부 구간에서 혼잡발생시, 상류부 가변전광판에 교통상황과 속도관련 메시지 대안들을 표출하여 상류부 차량의 접근속도 변화 정도를 분석

올림픽대로에 설치된 가변전광판을 대상으로 다음과 같은 대상지점 선정기준을 설정하였다.

- 가변전광판 설치 구간의 선형이 직선이어야 하나 엇갈림 구간일 경우는 제외
- 대기행렬과 같은 외부영향으로 인하여 가변전광판 주변 구간 속도에 영향을 미치지 않는 지점

올림픽대로 본선에 설치된 가변전광판 5개 지점 중에서 속도를 측정하기에 적당한 장소로는 VMS #2, VMS #3과 VMS #7이 있으나, VMS #3을 제외한 나머지 2개소는 다음과 같은 이유로 조사 대상에서 제외하였다.

- VMS #2는 직선구간이고 서비스수준이 A로서 거의 정체가 발생하지 않는 지점이며 하류 구간 14km까지는 유고 및 혼잡 발생빈도가 낮은 구간으로서 본 연구에서 제시하는 정보내용으로 속도를 감소시킬 가능성이 낮으며 비디오카메라로 촬영할 수 없는 지점이어서 제외.
- VMS #7지점은 가변전광판 상류부가 하향구배, 하류부가 상향구배로서 속도를 측정하기에 부적합.

2) 가변전광판 제시 문구

속도 변화를 측정하기 위해서 선진 외국에서는 제한과 권고속도 및 도형 또는 문형정보를 표출하고 있다. 그러나 본 연구에서는 기존 시스템의 운영여건을 고려하여 구간 및 유고 등의 교통상황정보와 영상검지기에서 수집된 평균속도 자료를 근거로 하여 관측된 현재 속도보다 10km/h 이내의 속도 감소를 권하거나 '속도를 줄이시오'라는 메시지를 제시하도록 하였다.

- 예) 한남→동호 사고, 70km/h 속도 유지
(현재 영상검지기 평균 속도가 80km/h라고 가정)
- 예) 한남→동호 사고, 속도를 줄이시오

3) 조사 방법

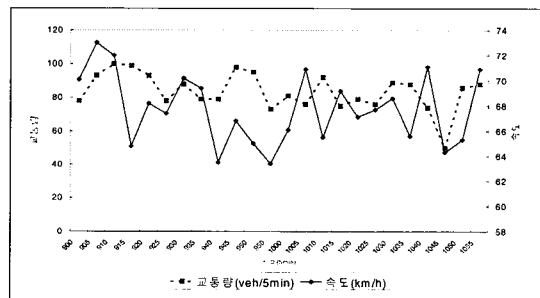
- 측정시간 : 가변전광판 하류부에 혼잡이 발생하고 가변전광판 주변 구간이 정상상태인 상황에서 전광판에 제시되는 메시지 대안별 시간대
- 측정지점 : VMS #3 상하류 총 4개 지점
- 가변전광판 설치 지점(0m), 가변전광판 하류부 -400m 지점
- 가변전광판 상류부 +150m, +500m
- 측정방법 : 4개 지점에서 동시에 4개 비디오카메라로 촬영
- 측정자료 : 통과하는 모든 차량의 개별 속도

2. 현장 실험 결과

〈그림 4〉는 조사지점에 설치된 영상검지기 자료를 근거로 하여 본선 측정 대상차로의 5분간 교통량과 속도를 각각 나타낸 것이다.

〈표 9〉에 3가지의 메시지 대안별로 4개 지점 각각에 대한 속도 자료 표본수와 평균·표준편차를 정리하였다. 가변전광판 상류부 500m 지점의 평균속도가 다른 지점과 비교하여 높게 나타나는 반면에, 표준편차는 거의 비슷하게 나타나고 있다.

〈표 10〉은 메시지 대안별 시간대와 전광판 제공 정보를 정리한 것이며, 〈표 11〉은 실제 현장조사시에 전광판에서 표출된 정보 내용 일부를 순차적으로 발췌한 것이다. 참고로 A메시지의 경우 표출 순서 3과 8의 내용이 '한강→한남 정체 70km/h 속도유지'란 문안으로 대체되며, C메시지의 경우 3과 8의 내용이 '한강→한남 정체'란 문안으로 대체된다.



〈그림 4〉 본선 측정 대상차로 5분 단위 교통량과 속도 자료

〈표 9〉 가변전광판 정보내용 및 지점별 속도 특성치

구 분		메시지 대안별 속도관련 정보		
		70km/h 유지(A)	속도를 줄이시오(B)	없음(C)
가변전광판 상류부 500m 지점	샘플 수	133	117	94
	평균	74.3	80.1	77.12
	표준편차	10.88	10.98	9.00
	최빈치	84	75.6	75.6
가변전광판 상류부 150m 지점	샘플 수	100	132	102
	평균	73.1	68.8	68.25
	표준편차	9.56	8.89	7.78
	최빈치	75.6	67.75	67.75
가변전광판 지점	샘플 수	135	136	99
	평균	69.0	71.36	70.28
	표준편차	10.42	11.83	9.42
가변전광판 하류부 400m 지점	샘플 수	134	113	104
	평균	66.5	69.39	72.92
	표준편차	7.52	8.41	9.19
	최빈치	67.5	67.5	73.6

〈표 10〉 메시지 유형별 표시정보

메시지 대안	제 공 정 보		
	소 통 정 보	속도관련정보	시 간 대
A	구간 및 유도 등의 교통상황정보	권장속도(70km/h)	09:25~09:40
B	Ex) 한남-동호	속도를 줄이시오	09:50~10:05
C	사고 정체	없음	10:25~10:40

〈표 11〉 '속도를 줄이시오'를 포함한 정보내용 표출 사이클의 예(B메시지)

표출순서	정 보 내 용
1	수산시장→청담교 약 1시간 이상 소요
2	동호대교→성수대교 공사로 통제
3	한강→한남 정체 속도를 줄이시오
4	한강대교→청담교 여러곳 정체
5	한강→동작 3km/h 동작→반포 15km/h
6	한강대교→청담교 약 1시간 소요예상
7	동호대교→성수대교 공사로 통제
8	한강→한남 정체 속도를 줄이시오

3. 분석 결과 및 시사점

1) 분석 방법

Yim Y.. et al.(1996)의 연구에서는 가변전광판

설치지점과 가변전광판 하류부 500m 지점을 선정하여 두 지점간에 평균속도 차이가 있는가 만을 분석하였다. 국내의 경우 가변전광판 상류부에서는 속도가 감소하며, 가변전광판을 지나면 오히려 속도가 증가한다는 주장이 운전자들에 의해 제기되고 있으나 아직은 검증이 되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 가변전광판 상하류 지점을 모두 선정하여 가변전광판 지점과 상류부 150m, 500m 지점 및 하류부 400m 지점 등 총 4개 지점에서 속도를 측정하였다.

가변전광판에서 제공되는 속도관련정보 대안에 따른 속도변화를 비교하기 위해서 이원분산분석(two-way analysis of variance)을 수행하였다. 또한 정보 유형별 각 4개 지점간의 속도 차이를 비교분석하기 위해서 일원분산분석(one-way analysis of variance)을 수행하였다.

2) 분석 결과

A 메시지의 경우(〈표 9〉 참조) 속도가 73.1(+150m)→69.0(0m)→66.5(-400m)와 같이 하류부로 갈수록 감소하고, B 메시지의 경우는 68.8(+150m)→71.3(0m)→69.4(-400m)로 비교적 일정하였다. C 메시지의 경우는 속도가 68.3(+150m)→70.3(0m)→73.0(-400m)으로 하류부로 갈수록 증가하는 현상을 보이고 있어 국내 전광판 운영자의 주장을 입증하고 있다.

기존메시지(본 연구에서 제안한 문안을 표출하지 않은 경우)와 '속도를 줄이시오' 및 기존메시지와 '70km/속도 유지'라는 메시지를 표출하였을 경우에 대하여 유의수준 $\alpha=0.05\%$ 에서 메시지간에 속도 차이가 발생하는가를 분석하여 〈표 12〉의 이원분산분석표(two-way ANOVA table)에 정리하였다.

이원분산분석시 가변전광판 메시지 내용을 운전자가 접수하고 감속할 수 있는 가변전광판 지점(0m)과 가변전광판 하류부 400m 지점만을 대상으로 분석하였으며, 분석 결과에 의하면 '속도를 줄이시오'와 '기존메시지'간에는 속도차이가 발생하지 않고 '70km/h 속도 유지'와 '기존메시지'간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. '70km/h 속도 유지'와 기존 메시지의 속도 차이는 3.8km/h이었으며, 95% 신뢰구간 상한이 5.5km/h, 하한이 2.1km/h로 분석되었다. 따라서 '속도를 줄이시오'라는 메시지보다는 수치적으로 제한속도를 표시하는 '70km/h 속도 유지' 메시지

가 상류에서 하류부로 갈수록 속도가 점차적으로 감소하고 있으므로 더 유효하게 속도를 제어할 수 있는 것으로 조사되었다.

또한 각 메시지별 지점간의 속도 차이를 비교하기 위해서 일원분산분석(one-way ANOVA)을 시행한 결과, p-값이 0.05보다 매우 작게 나타나므로 지점에 따라 속도 차이가 발생한다고 할 수 있으며, <표 14>에 각 메시지 유형별 지점간 평균속도 차이를 요약

정리하였다.

기존메시지 표출시 각지점별 속도 특성을 분석한 결과, 1지점에서 속도가 가장 높고 2, 3, 4지점으로 갈수록 속도 차이가 줄어들며, 2지점과 4지점 사이가 3지점과 4지점 사이보다 더 속도 차이가 나는 것으로 분석되었다. 결론적으로 차량들이 가변전광판 인접 상류부 지점에서부터 감속하여 가변전광판 하류부에서부터 가속하는 것을 알 수 있다.

<표 12> 이원분산분석표(two-way ANOVA table)

구 분	분산의 원천	자유도	제곱의 합	평균제곱	검정통계량(F비)	Pr>F*
'70km/h 속도 유지'와 '기존 메시지'	메시지	1	1706.8	1706.8	20.24	0.0001
	지 점	1	5.4804	5.8404	0.06	0.7989
'속도를 줄이시오'와 '기존 메시지'	메시지	1	89.273	89.273	0.88	0.3495
	지 점	1	37.109	37.109	0.36	0.5463

참고) * Pr>F : 통계분석용 프로그램은 통계표를 찾는 것이 아니고 해당 자유도인 F분포에서 계산된 F값 20.24보다 큰 확률을 구하여 일반적인 유의수준 값 0.05와 비교한다. 즉, F분포에서 20.24보다 큰 확률은 0.0001으로서 유의수준 0.05보다 훨씬 작으므로 "두 메시지 간에 속도 차이가 없다"는 가설을 기각하게 되는 것이다.

<표 13> 메시지 유형별 지점간 일원분산분석(one-way ANOVA table)

메시지 유형	분산의 원천	자유도	제곱합	평균 제곱	검정통계량(F비)	Pr>F
70km/h 속도 유지	지점	3	4977.04	1659.016	17.67	0.0001
속도를 줄이시오	지점	3	9340.60	3113.533	29.14	0.0001
기존 메시지	지점	3	4271.45	1423.819	18.11	0.0001

<표 14> 메시지별 지점간 평균속도 차이

메시지 유형	To			
	From	2 지점	3 지점	4 지점
70km/h 속도 유지	1 지점	.	5.3	7.7
	2 지점	.	4.0	6.5
	3 지점	.	.	2.4
속도를 줄이시오	1 지점	11.2	8.7	10.7
	2 지점	.	-2.5	.
	3 지점	.	.	.
기존 메시지	1 지점	8.8	6.8	4.2
	2 지점	.	.	-4.7
	3 지점	.	.	-2.6

주) 1지점 : +500m 2지점 : +150m 3지점 : 0m 4지점 : -400m

V. 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

본 연구에서는 선진국에서 널리 채택되고 있는 도시고속도로 본선교통류 관리방안 기법 중에서 첫째, 도시고속도로 운전자들에게 본선 혼잡 구간과 혼잡 정도 및 우회도로 소통원활 교통정보를 가변전광판에

제공하였을 경우 우회도로로의 우회율을 조사하여 이에 따른 효과를 평가하였다. 둘째, 권고속도 문안을 가변전광판에 표출하였을 경우의 속도 제어 효과에 관하여 평가하였다.

본선교통정보만 제공하고 우회경로 교통정보를 표출하지 않았을 경우 우회율은 2.2%, 우회경로 교통정보를 추가로 표출하였을 경우 우회율은 3.9%로 분석되었다. 따라서 가변전광판에 우회경로에 대한 교통

정보를 추가적으로 표출함에 따른 추가 우회율은 1.7%로 추정되었으며, 이에 따른 본선의 총통행시간은 3.7% 개선된 것으로 추정되었다. 이는 올림픽대로 상류부의 가변정보판 설치 대수 및 운영현황 여건을 감안할 경우 의미 있는 결과이다. 따라서 향후 확대되는 도시고속도로 가변정보판을 통한 신뢰도 높은 우회경로 교통정보 제공시 우회율 제고에 따른 도시고속도로 교통관리 효과가 기대될 것으로 판단된다.

외국에서는 가변속도제한표지판과 가변전광판을 활용하여 본선 속도를 제어하고 있으나 우리 나라에서는 아직 시도조차 되고 있지 않는 상황이다. 따라서 올림픽대로에 설치된 전광판을 대상으로 하류부의 교통상황을 제공하고 권장속도 정보 추가제공 유무에 따른 운전자의 반응을 조사·분석하였다. 그 결과 '속도를 줄이시오'라는 메시지에는 속도변화반응이 발생하지 않았으나 직접적인 제한속도 수치를 표현한 '70km/h 속도 유지'에 대한 메시지에는 기존 메시지보다 약 3.8km/h의 속도감소효과를 보였다.

또한 공간속도분포를 조사한 결과 가변정보판에 반응하는 운전자의 행태가 관찰되었다. 이는 향후 가변전광판을 이용한 속도 제어와 가변속도제한표지판 같은 기법을 국내에서도 도입 가능하다는 것을 시사하는 것이다.

2. 향후 연구 과제

본 연구에서는 가변전광판을 활용한 교통분산 및 속도제어 효과 측정시 여러 가지 제약사항으로 측정 대상지점이 1개소밖에 존재하지 않아 교통분산과 속도제어에 관한 종합적인 결과를 제시하는 데 한계가 있었고, 우회교통량 측정시 주변도로 여건상 가변정보판 표출정보효과를 일반화시키는 것에 한계가 있었다. 그러나 가변정보판을 활용한 교통관리에 관한 최초의 연구라는 점과 추후 관련분야 연구를 위한 효과측정 방법론을 제시한데 본 논문의 의의를 둘 수 있을 것이다. 향후 연구에서는 가변정보판의 설치 효과 평가방법을 개발하고 설치 효과를 극대화할 수 있는 지점 선정 기준 등에 관한 연구가 수행되어야 할 것이며, 장기적으로 교통관리편람이 개발되어야 할 것이다.

우리 나라에서는 새로운 개념인 가변전광판을 활용한 속도 제어는 향후 사고 방지와 관련하여 계속적으로 연구되어야 할 것이며, 속도제어 차원의 속도관리를 시행할 경우 도로교통법에 대한 보완조치가 필요할 것이다.

참고문헌

1. Bernard-Gely, A. (1998), Building on a data foundation, Traffic Technology International July/August, pp.93~94.
2. FHWA(1983), Freeway Management Handbook, Vol. 3, Washington D.C. : U.S. DOT, pp.3-35~36.
3. FHWA (1997), Freeway Management Handbook, Washington D.C. : U.S. DOT.
4. Holmstrom, M. (1995), "Variable Message Signs-Status in Sweden", '95 ITS World Congress.
5. Koutsopoulos, H. N. & Lotan, T. (1990), "Motorist Information Systems and Recurrent Traffic Congestion: Sensitivity Analysis of Expected Results", TRR 1281.
6. Mcdonal, M. and Veinoglou, C., "The Euroscope Approach to VMS Strategies", '95 ITS World Congress.
7. Miller, J. S. and Smith, B. L. (1995), "Effective Use of Variable Message Signs: Lessons Learned Through Development of Users' Manuals", TRR 1495.
8. Papageorgiou, M. (1991), Concise Encyclopedia of Traffic & Transportation Systems, Pergamon Press, pp.507~510.
9. Pilli-Sihvola, Y. & Rama, P. (1997), "Speed Limits," ITS International, pp.72~73.
10. Yim, Y. and Ygnace, J. L. (1996), "Link Flow Evaluation Using Loop Detector Data: Traveler Response to Variable-Message Signs," TRR 1550.