

ITS 사업성 평가를 위한 VMS 효과 분석

The Effect of VMS for ITS Project Feasibility Analysis

성현진* · 최재성** · 김상엽*** · 김명규****

Sung, Hyun Jin · Choi, Jai Sung · Kim, Sang Youp · Kim, Myung kyu

1. 서 론

최근 고속도로에서는 지능형교통체계(ITS : Intelligent Transport Systems) 사업의 한 시스템으로 고속도로 교통관리시스템(FTMS : Freeway Traffic Management System)을 구축하여 운영하고 있다. 고속도로 교통관리시스템의 일부 시스템인 도로전광표지판(VMS : Variable Message Sign)은 도로의 교통 정보를 운전자들에게 실시간으로 제공한다. 그러나 VMS는 고가의 장비이기 때문에 그 설치 효과, 즉 사업성을 정확히 분석할 수 있어야 하는데, 국내에서는 현재 VMS를 설치하는 경우 대다수 운전자들이 VMS에서 제시하는 교통정보에 따라 통행경로를 변경하리라고 단순하게 가정하여 이에 따라 전광표지판의 사업성을 산출하는 정도에 그치고 있다.

본 연구에서는 IDAS 시뮬레이션을 통해 VMS의 효과를 분석하고자 한다. VMS는 운전자가 경로를 선택할 수 있는 기회를 제공함으로써 교통류를 분산시키는 효과가 있다. 이로 인해 운전자는 보다 높은 통행속도로 주행할 수 있으며, 이는 통행시간 절감편익으로 이어진다. 따라서 본 연구에서는 VMS의 효과로 고속도로에서 국도로 경로를 변경하는 우회율을 분석한다. 우회율은 AADT와 우회도로까지의 거리를 기준으로 대상지 9개소를 선정하여 분석을 수행하였다. 우회율 외에 IDAS 시뮬레이션에서는 VMS의 분석에 정체 발생비율, 우회로 인한 통행시간 감소가 필요하므로, 이를 추가로 분석한다. 국내 실정에 맞는 VMS의 효과값을 적용하여 B/C 값을 산출한다.

2. 선행연구 조사

본 연구에서는 VMS의 효과를 분석한 기존문헌을 분석하였다. 이 과정에서는 기존문헌을 통해 IDAS 시뮬레이션에 필요한 우회율 및 정체 발생비율, 우회로 인한 통행시간 감소의 효과를 분석하는 방법을 설정하였다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 국내·외 선행연구를 분석하여 연구 방향을 설정하였다.

Emmerink et al(1996)의 연구에 의하면, 라디오와 VMS의 정보를 운전자가 받아들이는 영향은 유사하다고 제시하였으며, 운전자가 우회도로의 만족도를 판단할 때 우회도로까지의 거리가 만족도에 큰 영향을 미친다고 분석하였다.

Wardman et al(1997)의 연구는 SP조사를 통해 운전자의 우회율을 로짓 모형을 통해 분석하였다. 분석 결과는 지체 시간이 우회율에 영향을 미치며, 지체 시간이 길어질수록 우회율이 높게 나타났다.

이준철(2006)의 연구는 고속도로의 소통상황을 소통원활, 부분정체, 정체로 구분하였으며, 고속도로에서는 30km/h 미만의 통행속도로 차량들이 주행할 경우 정체라고 제시하였다.

최재성 외(2010)의 연구는 교통량(AADT) 및 우회도로까지의 거리를 기준으로 우회율을 산출하였다. 우회율은 교통량이 많을수록 우회도로까지의 거리가 짧을수록 높게 나타났으며, 추가적인 통행시간도 우회율에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

* 서울시립대학교 교통공학과 석사과정 · 공학사 · 02-2210-2990(E-mail:ekart98@uos.ac.kr)
** 서울시립대학교 교통공학과 교수 · 공학박사 · 02-2210-2990(E-mail:traffic@uos.ac.kr)
*** 서울시립대학교 교통공학과 박사수료 · 공학석사 · 02-2210-2990(E-mail:road@uos.ac.kr)
**** 서울시립대학교 교통공학과 석사과정 · 공학사 · 02-2210-2990(E-mail:stealdevil@nate.com)



3. 통행시간 절감편익

VMS의 교통정보를 통한 편익으로는 통행시간 절감편익이 있다. 통행시간 절감편익은 우회차량의 우회로 인해 교통류의 흐름이 원활해짐으로써 통행속도가 증가하여 발생하는 편익이다. 따라서 VMS의 편익 중 가장 비중이 크며, 통행시간 절감편익이 발생함으로써 고속도로의 소통이 원활해지기 때문에 VMS 설치의 가장 큰 목적이라고 볼 수 있다. VMS의 통행시간 절감편익은 IDAS 시뮬레이션으로 산출할 수 있다. IDAS 시뮬레이션에서 VMS의 편익 산출에 필요한 항목으로는 우회율, 정체 발생비율, 우회로 인한 통행시간 감소이며, 이를 대상지에 적용하여 분석하였다.

3.1 우회율

VMS는 혼잡이 발생하는 구간에 교통정보를 제공하여 교통류를 분산시키기 위해 혼잡 구간으로 진입하는 차량들을 우회하도록 유도해야 한다. 따라서 VMS를 평가하기 위해서는 얼마나 많은 차량들이 우회하는지를 판단하는 우회율의 값을 산출하여 우회하는 교통량을 계산하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 기존문헌 검토를 통해 우회율을 AADT와 우회도로까지의 거리를 통해 분석하였다. 최재성 외(2010)의 연구에서는 설문조사를 통해 AADT와 우회도로까지의 거리를 기준으로 표 1과 같이 우회율 테이블을 제시하였으며, 실제 조사를 통해 우회율 테이블을 검정하였다.

표 1. 우회율 테이블

		우회도로까지의 거리		
		1km 미만	1~2km	2km 이상
A A D T (대/일)	60,000 미만	5.8% (제천 IC ~ 남원주 IC)	4.8% (장평 IC ~ 둔내 IC)	3.6% (고창 IC ~ 부안 IC)
	60,000~120,000	7.8% (문막 IC ~ 이천 IC)	6.2% (서평택 IC ~ 비봉 IC)	5.0% (경산 IC ~ 북대구 IC)
	120,000 이상	10.6% (용인 IC ~ 북수원 IC)	8.5% (천안 IC ~ 오산 IC)	6.7% (서이천 IC ~ 하남 IC)

대상지의 우회율을 해당 구간의 AADT와 우회도로까지의 거리를 분석하여 우회율 테이블에 적용해야 한다. AADT는 국토해양부에서 제시하는 구간별 교통량 자료를 통해 분석하였으며, 우회도로까지의 거리는 고속도로에서 우회도로인 국도까지의 거리 통해 분석하였다. 따라서 본 연구에서는 표 1.의 우회율 테이블을 사용하여 대상지 9개소의 우회율을 산정하였다.

3.2 정체 발생비율

정체는 차량이 느리게 진행하여 약간의 시간 지연을 유발하는 상태인 지체로 인해 출발하고 정지하는 행위를 반복하는 심각한 지체 상태를 의미한다. 정체를 판단하는 기준은 도로의 등급에 따라 다르다. 정체는 도로의 등급에 따라 판단하는 기준이 있으나, 시스템의 설계 절차를 검토해보면 소통상황의 구분을 위한 속도값의 설정 절차에 대한 명확한 근거는 없는 실정이다. 그러나 이준철(2006)의 연구에에서는 도로의 등급을 구별하여 정체시의 통행속도를 제시하고 있으며, 고속도로에서는 차량들이 30km/h 미만으로 주행하는 경우 정체라고 제시하였다.

정체 발생비율은 하루 중 고속도로에서 정체가 발생하는 시간을 비율로 환산한 것을 의미한다. 즉, 정체 발생비율은 하루에 30km/h 미만으로 통행하는 시간 비율이다. 대상지의 평균 통행속도는 직접 조사하는 것이 가장 확실하나, 고속도로의 속도를 직접 조사하는 것은 여건이 되지 않아 한국도로공사에서 제공하는 고속도로의 교통상황 정보를 통해 분석을 수행하였다. 본 연구에서는 2010년 7월 5일부터 18일까지 2주 동안

해당 구간의 정체 발생 유·무를 분석하였다.

표 2의 결과를 바탕으로 대상지별 정체 발생비율을 산출하였다. 정체 발생비율은 수도권과의 연결성에 영향을 받았는데, 수도권으로 연결된 도로는 출·퇴근 및 주말에 정체가 빈번하게 발생하였다. 그러나 대상지가 지방인 경우 주말 외에 정체가 발생하지 않는 것을 알 수 있다. 이를 바탕으로 대상지별 정체 발생비율은 식 (1)을 통해 산출하였다.

$$\text{정체 발생비율}(\%) = \frac{\text{정체 발생시간}}{24} \times 100 \quad (1)$$

대상지별 정체 발생비율은 평일과 주말을 동시에 고려하였으며, 2주동안 발생한 정체시간을 총 시간으로 나누어 산출하였다. 대상지별 정체 발생비율은 표 2와 같다.

표 2. 대상지별 정체 발생비율

	제천IC ~ 남원주IC	장평IC ~ 둔내IC	고창IC ~ 부안IC	문막IC ~ 이천IC	서평택IC ~ 비봉IC	경산IC ~ 북대구IC	용인IC ~ 북수원IC	천안IC ~ 오산IC	서이천IC ~ 하남IC
정체 발생비율 (%)	1.2	1.2	1.2	9.5	9.5	2.4	11.9	10.7	8.3

3.3 우회로 인한 통행시간 감소

고속도로에서 우회로 인한 통행시간의 감소는 우회율과 관련성이 높다. 수원 IC~반포 IC의 우회율은 8.5%로, VMS에 의해 고속도로의 교통량은 8.5%만큼 감소하며, 국도의 교통량은 고속도로의 교통량의 8.5%만큼 증가한다. 변화된 교통량에 의해 변화된 통행속도를 계산하기 위해서는 고속도로를 주행하는 차량들의 통행시간의 변화를 계산해야 한다. 통행시간의 변화는 『도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)』(2008, 한국개발연구원)에서 제시하는 전국 자료의 도로 유형별 파라미터 값 자료를 이용하여 계산한다. 고속도로 및 우회도로인 국도의 통행시간을 산정하는 식은 식 (2)와 같다.

$$T = T_0[1 + \alpha(V/C)^\beta] + \text{구간거리} \times \text{가중치} \quad (2)$$

여기서, T : Link의 통행시간(분)
 T_0 : Link의 자유통행시간(분)
 V : Link의 교통량(대/시)
 C : Link의 용량(대/시)
 α, β : 파라미터

우회로 인한 통행시간 감소는 우회가 발생하기 전·후의 교통량과 통행시간을 통해 우회 전·후의 전체 차량의 통행시간을 계산하여 차이를 통해 산출하였다. 즉, 우회로 인한 통행시간 감소는 고속도로에서 우회하는 교통량에 의해 고속도로 및 국도의 통행속도가 바뀌게 되며, 이로 인해 통행시간이 바뀌어 감소하는 시간을 의미한다.

우회로 인한 통행시간 감소를 산출하기 위해서는 고속도로와 국도의 교통량과 용량 및 구간길이, 우회율 등을 적용해야 한다. 따라서 본 연구에서는 대상지별 교통량 및 용량 등을 분석하고, 교통량 및 용량, 구간거리 등을 바탕으로 식 (2)를 통해 해당 구간의 통행시간을 산출하였다. 여기에서 산출한 통행시간은 전체 통행시간이므로 우회로 인해 바뀐 통행시간을 교통량으로 나누어 차량 1대당 통행시간 변화를 산출하였다. 대상지별 우회로 인한 통행시간 감소의 효과 분석은 표 3과 같다.



표 3. 대상지별 우회로 인한 통행시간 감소

	제천IC ~ 남원주IC	장평IC ~ 둔내IC	고창IC ~ 부안IC	문막IC ~ 이천IC	서평택IC ~ 비봉IC	경산IC ~ 북대구IC	용인IC ~ 북수원IC	천안IC ~ 오산IC	서이천IC ~ 하남IC
고속도로 교통량 (veh/h)	1,374	1,544	1,289	1,893	2,024	1,761	2,710	2,349	2,517
고속도로 교통량 (우회율 적용, veh/h)	1,294	1,470	1,243	1,745	1,899	1,673	2,423	2,149	2,348
국도 교통량 (veh/h)	120	173	158	163	274	116	317	272	259
국도 교통량 (우회율 적용, veh/h)	200	247	204	311	399	204	604	472	428
고속도로 통행시간 (min)	27.3	19.0	26.7	36.6	32.6	20.1	34.7	48.6	38.7
고속도로 통행시간 (우회율 적용, min)	26.8	18.6	26.5	35.1	31.4	19.6	31.2	45.4	36.5
국도 통행시간 (min)	30.0	22.5	30.0	33.8	30.1	22.5	26.3	37.5	30.0
국도 통행시간 (우회율 적용, min)	30.0	22.5	30.0	33.9	30.4	22.5	26.8	37.8	30.2
1대당 감소한 통행시간 (min)	0.3	0.2	0.2	1.5	1.1	0.5	3.5	3.4	2.4

4. IDAS 시뮬레이션 적용

앞에서 살펴보았듯이 VMS의 편익은 정량적 편익인 통행시간 절감편익과 정성적 편익인 교통정보 가치만족도편익이 발생한다. IDAS 시뮬레이션은 VMS로 인한 통행시간 절감편익을 산출할 수 있으나, 교통정보 가치만족도편익은 산출이 불가능하다. 따라서 IDAS 시뮬레이션의 Additional Benefits로 편익을 추가로 입력해 주어야 한다. VMS 편익을 산출하기 위해서는 EMME/2를 통해 정산된 네트워크를 IDAS 시뮬레이션에 입력해야 한다. 따라서 본 연구에서는 EMME/2를 통해 전국의 고속도로 네트워크를 구축하였으며, 국도를 우회도로로 적용하였다.

IDAS 시뮬레이션에서 VMS의 적용 항목인 우회율과 정체 발생비율, 우회로 인한 통행시간 감소편익의 기본값은 각각 28.0%, 10%, 11분이다. 이는 해외에서 조사되어 사용하는 해외 실정에 적합한 값이므로 본 연구에서는 앞서 분석한 대상지별 우회율, 정체 발생비율, 우회로 인한 통행시간 감소 항목의 값을 적용한다. VMS를 설치하고 위 3가지 항목의 효과값을 입력하고 분석을 수행하면, VMS로 인한 통행시간 절감편익을 산출할 수 있다.

VMS의 설치비용은 1대당 약 1.8억원이며, 설치비용의 10%를 유지관리비로 적용하면, 10년간 VMS의 설치 및 운영으로 소요되는 비용은 약 3.2억원이다. IDAS 시뮬레이션을 통해 산출한 통행시간 절감편익과 VMS 설치비용을 통해 경제성 분석을 수행할 수 있다. 대상지별 통행시간 절감편익 및 경제성 분석 결과는 표 4와 같다.

표 4. 대상지별 우회로 인한 통행시간 감소

	제천IC ~ 남원주IC	장평IC ~ 둔내IC	고창IC ~ 부안IC	문막IC ~ 이천IC	서평택IC ~ 비봉IC	경산IC ~ 북대구IC	용인IC ~ 북수원IC	천안IC ~ 오산IC	서이천IC ~ 하남IC
우회율(%)	5.8	4.8	3.6	7.8	6.2	5.0	10.6	8.5	6.7
정체 발생비율(%)	1.2	1.2	1.2	9.5	9.5	2.4	11.9	10.7	8.3
우회로 인한 통행시간 감소 (min)	0.3	0.2	0.2	1.5	1.0	0.5	3.5	3.4	2.4
통행시간 절감편익(억원/년)	0.51	0.45	0.33	1.25	1.07	0.59	2.76	2.09	1.21
B/C Ratio	1.22	1.07	0.79	2.98	2.55	1.41	6.59	4.99	2.89

5. 결론

본 연구는 고속도로에 설치하여 운영 중인 VMS의 교통정보에 따른 편익을 산출하는데 목적을 두었다. VMS의 편익으로는 교통류의 정체를 해소하는 교통정보를 제공함으로써 발생하는 통행시간 절감편익이 있으며, 이는 우회율과 정체 발생비율, 우회로 인한 통행시간 감소의 입력을 통해 IDAS 시뮬레이션 분석으로 산출하였다. 통행시간 절감편익은 우회율, 정체 발생비율이 높을수록 크게 나타났으며, 이는 정체가 빈번히 발생하는 구간에 설치된 VMS가 효과가 크다는 것을 의미한다. 우회로 인한 통행시간 감소의 효과도 높을수록 편익이 크게 나타났는데, 교통량이 많고 우회율이 높을수록 우회로 인한 통행시간 감소 효과가 높게 나타난 것을 알 수 있다. 경제성 분석 결과, 고창 IC~부안 IC의 경우 B/C Ratio 값이 1에 미치지 않아 경제성이 없는 것으로 나타났다. 이는 교통량이 적고 정체가 자주 발생하지 않는 구간에 VMS를 설치하는 것은 바람직하지 못하다는 것을 의미한다. 용인 IC~북수원 IC 구간과 천안 IC~오산 IC 구간의 B/C Ratio 값은 도로 사업보다 높게 나타났으나, ITS 사업의 특성인 저비용과 고편익을 고려하였을 때 높은 수치는 아니라고 볼 수 있다.

본 연구에서는 VMS의 편익으로 정량적 편익인 통행시간 절감편익만 고려하였다. 그러나 ITS 사업은 교통정보를 제공하여 운전자에게 편의를 제공하는 시스템이 존재하며, VMS의 경우 교통정보를 제공하여 운전자가 경로를 선택하도록 한다. 따라서 VMS의 편익으로 정량적 편익인 통행시간 절감편익 뿐만 아니라 정성적 편익인 교통정보 가치만족도편익을 적용해야 한다. 따라서 향후 과제로 VMS의 정보를 제공받는 운전자들의 만족도를 반영하는 이용자 만족도 가치를 적용하여 교통정보 가치만족도편익을 산출하는 방법의 연구를 수행해야 할 것이다. 현재 교통정보 가치만족도편익을 산출하는 방법론을 제시하는 문헌은 미비하며, 실제적인 데이터의 부족으로 인해 정확한 이용자 만족도 가치를 산출하는 모형을 적용하기는 어려운 실정이다. 따라서 교통정보 가치만족도편익은 설문조사를 통한 운전자들의 만족도를 조사함으로써 VMS의 편익으로 적용해야 할 것이다.

감사의 글

이 성과는 국토해양부 교통체계효율화사업 교통정보 혁신을 위한 제공·관리·평가 기술 개발 연구단 과제 연구결과의 일부입니다. 연구지원에 감사드립니다.



참고 문헌

1. M. Wardman, P.W.Bonsall and J.D.Shires, "Driver response to variable message sign : a stated preference investigation", Transportation Research Part C, Vol. 5, 1997.
2. Richard H.M Emmerink, Peter Nijkamp, Piet Rietveld and Jos N.Van Ommeren, "Variable message signs and radio traffic information: An integrated empirical analysis of drivers' route choice behaviour", Transportation Research Part A, Vol. 30, 1996.
3. 김강수 등(2008). "도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)." 연구보고서, 한국개발연구원
4. 이준철(2006). "단절점 분석을 통한 도시고속도로의 정체판단 기준에 관한 연구." 석사학위논문. 명지대학교.
5. 최재성, 성현진, 김상엽, 박준, 강원의(2010), "고속도로 VMS 정보 제공 시 우회율 산출에 관한 연구", 한국ITS학회, 제9권, 제3호.