

고속도로 VMS 교통정보의 가치산정에 관한 연구

Quantification of the Value of Freeway VMS Traffic Information

유 태 호* 이 기 영** 이 상 수*** 오 영 태****
 Yoo, Tae Ho Lee, Ki Young Lee, Sang Soo Oh, Young Tae

Abstract

Traffic information provision plays an important role in increasing the efficiency of network operation and in providing convenience for roadway users. As a typical device for disseminating real-time traffic information for collective general public, VMS is a prevalent device nowadays and it is being expanded. However, the actual monetary value of traffic information is not quantified up to now. The previous studies regarding VMS traffic information are mainly focused on the behavioral aspects of road users such as departure time and route choices under traffic information provision conditions. This paper tried to estimate the monetary value of VMS traffic information using discrete choice theory and logit model through the stated preference study(SP). The methodological framework adopted in this paper can also be used in evaluating the monetary value of other traffic information providers including PDA, CNS, and mobile phone.

Keywords : variable message sign, logit model, value of information, value of time, sp data

요 지

교통정보를 이용자에게 제공하는 것은 도로의 효율성을 높이는 데 있어 매우 중요한 역할을 수행한다. 이중 VMS는 불특정 다수에게 실시간으로 교통정보를 제공하는 대표적인 교통정보제공수단으로 널리 보급되어 있으나, 이러한 정보가 이용자에게 제공하는 금전적 가치를 계량화하지 못하고 있다. 특히 기존 VMS와 관련된 연구는 대부분 정보제공후의 경로변경 또는 출발시간 변경 등의 운전자 행태분석에만 국한되어 있다. 본 연구에서는 선호의식조사를 통하여 수집된 자료를 바탕으로 개별선택이론의 하나인 로짓(Logit)모형을 적용하여 VMS 교통정보에 대한 화폐적 가치를 계량화하고자 한다. 특히 이러한 개별선택이론을 이용한 분석방법은 장래 VMS 외에도 인터넷, 네비게이션, 휴대폰 등 다른 매체에서 제공되는 정보에 대한 가치측정을 위한 접근방법으로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 가변정보표시, 로짓모형, 정보가치, 시간가치, SP자료

* 한국도로공사 처장
 ** 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원
 *** 아주대학교 환경건설교통공학부 교수
 **** 아주대학교 환경건설교통공학부 교수

1. 서론

교통정보의 제공은 개인뿐만 아니라 도로 전체의 효율성을 극대화하여 사회적 편익을 증진하는데 있어 매우 중요한 역할을 수행한다.

교통정보에 대한 중요성은 현재 충분한 가치를 인정받고 있으나, 그에 대한 금전적 가치를 추정하는 연구는 상대적으로 소홀히 다루어져 왔다.

기존 국내외 연구동향을 살펴 보면, 교통정보분야에 대한 연구는 상호 중복적인 영역이 존재하는 것을 감안하더라도 분석목적에 따라 크게 4가지 분야로 나눌 수 있다.

- 1) 정보제공시 이용자의 경로선택 행위에 대한 연구
- 2) 교통정보사업의 편익, 효과분석에 관한 연구
- 3) VMS, 라디오등 교통정보 수집매체별 효과분석에 대한 연구
- 4) 제공되는 교통정보 내용에 대한 금전적 가치를 추정하는 연구

기존 연구들은 대부분 정보내용 자체의 가치에 대한 측정보다는 정보제공에 따른 운전자의 행태분석에 초점이 맞추어져 왔다. 따라서 정보매체별, 특히 제공되는 정보내용에 대한 화폐적 가치를 계량화하는 연구는 극소수에 불과하다.

따라서 본 연구에서는 현재 이용자에게 만족도가 상대적으로 높고 그 활용도가 큰 VMS(Variable Message Sign)를 대상으로 하여, 정보자체에 대한 화폐적 가치를 산출하고자 한다.

즉 VMS에서 표출되는 지체시간 정보의 가치를 산출하기 위해, 고속도로 이용자를 대상으로 SP(Stated Preference) 조사를 실시하고자 한다. 설문방법은 두 개의 경로에 대한 각각의 통행조건과 정보내용을 제공하고, 그 선택결과를 바탕으로 로짓(Logit)모형을 구축하고자 한다.

본 연구 결과는 VMS의 적정 표출문안을 설계하는데 있어 효율적인 방법론으로 활용될 것이다. 특히 현재 혼용적으로 사용하고 있는 정성적 문자와 정량적 문자에 대한 효율성과 그 효과의 차이를 규명할

수 있는 결과를 제시할 수 있을 것이다.

또한 제공되는 정보의 가치를 산출하는 것은 궁극적으로는 이용자가 받는 편익을 계량화할 수 있음을 나타내는 것이며, 추후 정보제공사업의 경제성과 사업성을 평가하는데 활용될 수 있을 것이다.

2. 이론적 고찰

2.1 기존 연구방향

교통정보에 대한 관련된 수많은 연구가 국내외에서 수행되고 있다. 이중 본 연구대상인 VMS를 중심으로 한 연구결과와 교통정보에 대한 금전적 가치를 추정한 연구결과를 중심으로 정리해 보고자 한다.

김숙희 등(2006)은 VMS의 실시간 운영 전략의 수립을 위해 SP조사를 바탕으로 한 운전자 경로선택 모형을 구축하였다. 가변정보판 설치 전·후 도로망의 총 통행시간을 분석한 결과, 가변정보판을 설치함으로써 도로망의 총 통행시간을 줄일 수 있음을 보였다. 다만 최종적인 교통정보 이용자 및 전체 도로 네트워크상의 편익은 분석하지 않았다.

장정아 등(2005)은 VMS 교통정보제공에 따른 대체도로로의 우회율을 분석하기 위해 SP조사를 수행하였다. 즉 로짓모형을 활용하여 이용자의 성과 연령, 통행목적, 그리고 주변도로에 대한 친숙도, VMS문안 등을 설명변수로 하여 국도와 그 대체도로와의 선택행태를 분석하였다. 다만 본 연구는 VMS 정보가 주행도로를 선택함에 있어 유효한 영향을 준다는 결론을 제시하고는 있으나, 정보내용 자체에 대한 금전적 가치를 추정하지는 않았다.

미국의 캘리포니아 버클리 주립대학교 Lianyu Chu 등(2005)은 자동화된 고속도로내 공사구간에 대한 정보제공시스템의 효과를 분석한 결과를 제시한 바, 전반적으로 이 자동공사정보안내시스템(Automated Workzone Information System: AWIS)의 유용성을 이용자 설문조사를 통해 입증되었으며 주변 교통혼잡



완화에 기여한 것으로 평가하였다.

또한 호주의 N. Smith 등(2005)은 교통정보제공 서비스의 내용에 따라 이용자가 어떤 반응을 보이는가에 대한 면밀한 조사분석 연구결과를 내놓은 바 있는데, 특히 교통정보의 내용, 교통정보제공매체, 교통정보제공주기, 그리고 가격 등에 따른 이용자의 선택합수를 추정하여 우선순위를 도출하였다.

교통정보매체별 제공되는 정보에 대한 금전적 가치를 산정한 연구결과는 현재 매우 적은 상태이며, 국내 2편의 유사논문에 대한 연구 결과를 정리하면 아래와 같다.

빈미영 등(2005)은 버스정보시스템(BIS)에서 버스도착정보에 대한 가치를 측정하기 위해 잠재가치 측정모델(CVM)을 개발하였으며, 분석 결과 1분동안의 대기시간에 따른 불안감을 해소하기 위해 요구되는 실시간 버스도착정보에 대한 이용자의 지불의사액은 132.5원/분인 것으로 분석하였다.

이의은 등(2003)은 고속도로 교통정보에 대한 지불액을 측정하기 위해서, 이용자설문조사를 통해 수요와 공급의 균형가격이론을 활용하여 금전적 가치를 추정하였다. 즉 문자방식은 50원에서 92원, 정지화면은 67원에서 98원, 동영상 정보는 159원에서 200원등으로 산정하였다.

2.2 교통정보 유료화 사례

교통정보에 대한 금전적인 가치가 존재함은 곧 정보서비스가 사업성을 가지고 있음을 의미한다. 특히 정보를 제공받는 자가 현저한 이익을 받는다면, 이는 유료화사업으로의 가능성이 높아지게 된다.

다만, 정보사업을 민간이 아닌 공공부문에서 주도할 경우에는 정보의 제공으로 인해 특정 집단이 현저한 이익을 받거나 서비스 제공을 위해 별도의 제반비용이 소요될 경우에 한해 신중히 검토되어야 한다.

미국, 영국, 독일, 일본 등의 선진국에서는 상당 수준의 교통정보에 대한 유료화 사업이 진행되고 있으며, 이를 정리하면 표 1과 같다.

이에 반해 국내에서는 네비게이션 및 휴대폰을 중심으로 길안내 정보제공에 따른 유료화사업이 진행 중에 있으나, 그외 영역에서는 대부분 초기단계에 그치고 있다.

표 1. 국가별 교통정보서비스 이용요금 현황

국가	서비스명	제공서비스	이용요금
미국	Trafficmobile	- 맞춤형 교통정보 3개 - 교통정보 문자메시지-30회 (90회)	30일 \$2.99 90일 \$8.97
		- 맞춤형 교통정보 30개 - 교통정보 문자메시지-90회 (270회)	30일 \$4.99 90일 \$14.97
		- 열차/버스/트럭의 차량 배차원용	연간 \$36
	TrafficGauge	- 실시간 모바일 교통지도 서비스	최초 6개월 \$79.93 6개월이후 월\$4.99
영국	TransMaster	- 자동차 안전 추적 장치 서비스	월정액 £23.50
		- 음성 정보 서비스	최초 1년 £79.99 2년 이후 £30.00
		- 유료 라디오 방송	1년 £30.00
		- PDA 그래픽 지도 서비스	1년 £47.50 1분기 £11.95
	Traffic-i	- 휴대폰 그래픽 교통정보 서비스	최초 1년 £39.99 2년 이후 £34.95
	Travelm8 (Yeoman)	- 모바일 네비게이션 서비스	1분당 60p 설치비용: £99.99
	Weathercall	- 휴대폰 교통정보 서비스	1분당 60p
THEAA	- 휴대폰 교통정보 서비스	1분당 60p	
독일	T-Mobile Traffic	- 휴대폰으로 교통정보 서비스	1분당 1.29 Euro
일본	ATIS	- 교통정보/지도 서비스	월 ¥200
	VICS	- 교통정보/지도/문자서비스	월 ¥300

3. VMS 정보가치 산출모형 구축

3.1 적용 이론

본 연구에서는 VMS 교통정보의 가치산출을 위해,



비집계모형인 로짓(logit)모형을 활용하고자 한다.

교통수요 예측에 있어서 비집계분석에 의해 구축되는 비집계모델(disaggregate model)은 단순히 개인의 교통행동을 기술한 것이 아니고, 개인이 『이용 가능한 선택지군 중에서 가장 선호하는 선택지를 택한다』라는 합리적인 선택법칙에 기초하여 행동하는 것을 가정하여 모델화한 것이므로 비집계행동모델(disaggregate behavioural model), 또는 개인선택모델(individual choice model)이라고 한다. 이러한 비집계모델의 기본식은 그 기초이론이 되는 랜덤(random) 효용이론에 의해서 설명될 수 있다.

임의의 선택지 j 가 가지는 『선호도』 또는 『효용(Utility : U_j)』은 그 선택지가 가진 특성(X_j)과 개인의 사회경제속성(S_j)에 따라서 다르며, 그 요인 전체를 관측하는 것은 불가능하다. 따라서 효용이 확률적으로 변동한다고 생각하는 것이 랜덤(random) 효용이론의 접근이다.

구체적으로, 선택지 1과 선택지 2의 이항선택에서 개인 t 가 선택지 2에 대하여 선택지 1을 선택하는 것은 선택지 1의 효용이 선택지 2의 효용보다 큰 경우이므로 이를 식으로 표현하면 다음 식(1)과 같다.

$$U_1 > U_2 \quad (1)$$

효용 U_j 는 확률적으로 변동하므로 개인 t 가 선택지 2에 대하여 선택지 1을 선택할 확률 P_{1t} 는 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$P_{1t} = P_t[U_1 > U_2] \quad (2)$$

위의 식에서 $P_t[*]$ 는 *가 성립할 확률을 나타낸다.

다음에 효용 U_j 중에 관측 가능한 요인에 대한 확정항을 V_j , 관측 불가능한 요인에 의해 확률적으로 변동할 확률항을 ϵ_j 라 하고, 그 선형성을 가정하면, 효용 U_j 는 식(3)과 같이 표현할 수 있다.

$$U_j = V_j + \epsilon_j \quad (3)$$

식(3)을 식(2)에 대입하여 정리하면 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} P_{1t} &= P_t[U_1 > U_2] = P_t[V_1 + \epsilon_1 > V_2 + \epsilon_2] \\ &= P_t[\epsilon_1 + V_1 - V_2 > \epsilon_2] \\ &= P_t[\epsilon_1 = \eta, \epsilon_2 < \eta + V_1 - V_2] - \infty < \eta < \infty \end{aligned} \quad (4)$$

따라서, 확률항의 분포형이 달라지면 위식에서 도출한 P_{1t} 식의 형태도 다르게 된다. 확률항의 분포형은 몇 가지의 관측 불가능한 요인이 동시 분포하므로 일반적으로는 정규분포라고 생각하는 것이 적절하다. 그러나 확률항을 정규분포라 가정하여 도출한 probit model은 계수 추정이 복잡하다. 이 때문에 probit model의 근사해로서 계수 추정이 용이한 logit model이 도출되었다. 따라서 logit model은 확률항의 분포를 정규분포와 유사한 2중지수분포(건벨분포)라 가정하여 적용된다. logit model의 일반적인 식은 아래와 같다.

$$P = \frac{\exp(V_i)}{\exp(V_i) + \exp(V^*)} = \frac{\exp(V_i)}{\sum_j \exp(V_j)} \quad (5)$$

본 연구에서는 모형자체의 개발보다는 채택된 설명변수간의 상대적 민감도의 비교를 통해 교통정보의 가치를 산출하는데 그 목적이 있으므로, 이에 장점이 있는 로짓모형을 채택하여 분석하고자 한다.

3.2 모형구축을 위한 SP조사 설계

가. 분석자료 수집 방법

본 연구에서는 VMS 교통정보에 대한 이용자 행태 분석을 위하여 교통정보 유형별 선호의식조사

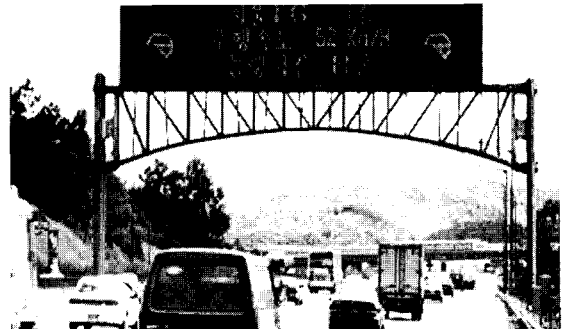


그림 1. 고속도로 VMS



(SP : Stated Preference)에 의한 데이터를 수집하여 분석하는 방식을 채택하였다.

SP 기법은 통계적인 실험계획법을 통해 가상적인 시나리오를 구축하고 그 가상적인 시나리오를 개인에게 제공하여 개인의 선호를 찾는 일련의 기법으로 1980년대 중반이후 교통학에 본격적으로 도입되어 현재는 교통수요 및 교통정책을 분석하기 위해 많이 사용되고 있다.

나. 모형 결정

본 연구에서는 통행시간가치에 대한 특성이 다른 단거리 통행(모형 1)과 장거리 통행(모형 2)에 대한 가상조건을 선정하여 2개의 모형을 구축하였다. 단거리 통행은 40km 정도의 이동거리를 대상으로 유료도로인 고속도로와 국도와의 선택조건을 분석하였으며, 장거리통행은 100km 정도의 이동거리를 대상으로 고속도로(공공)와 고속도로(민간)간의 선택조건을 설정하였다.

즉 모형 1은 경부고속도로 서울에서 용인 에버랜드까지의 거리를 기본으로 하여 고속도로와 국도의 두 경로를 비교대상으로 선정하였고, 모형 2는 일반고속도로와 천안-논산고속도로 등 천안과 논산을 연

결하는 두개의 고속도로 경로를 비교대상으로 선정하였다.

본 연구에서 고려한 장거리 통행과 단거리 통행에 대한 조건은 그림 2, 그림 3과 같다.

설문대상자는 제시된 경로에 대한 노선정보를 사전 인지하고 있는 자와 그렇지 않은 자가 혼재되어 있으나, 두 집단의 경로선택행위가 통계적으로 차이가 없으므로 하나의 동일 집단으로 처리하여 분석하고자 한다.

또한 두 모형에 대해서 각각 “○○분 지체”와 같은 정량적 메시지 또는 “서행-교통량증가” 등과 같은 정성적 메시지를 제공할 경우에 있어 이용자의 경로선택여부를 분석하고자 한다.

아래의 표 2는 정량적 VMS 정보를 표현한 것이며, 이동거리를 감안하여 각 모형에 따라 지체시간 정도를 달리 표출하였다. 또한 표 3은 정성적 메시지를 표출한 것이며, “서행”, “정체” 등 지체정도에 대한 메시지와 “교통량증가”, “도로 공사”, “사고발생” 등 지체원인에 대한 메시지를 조합하여 표출하였다.

운전자는 두 경로의 주어진 각각의 통행료와 통행시간, 그리고 VMS에 표출된 정성 또는 정량적 통행정보를 종합적으로 고려하여 이동경로를 선택하게 된다. 따라서 로짓모형에서 추정된 3가지 주요 변수의 파라메타를 통해 “통행시간 가치”, “지체정보 가치”를 산정하게 된다.

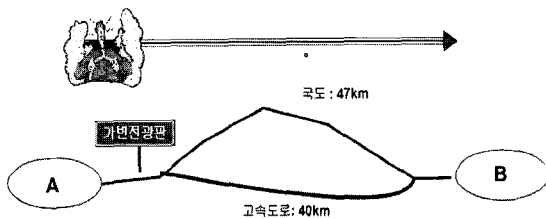


그림 2. 단거리 통행의 공간적 범위

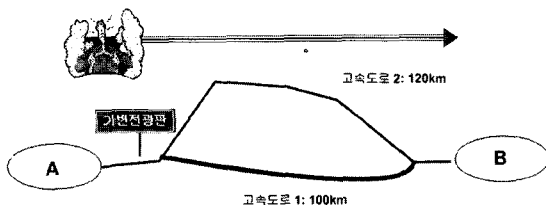


그림 3. 장거리 통행의 공간적 범위

표 2. 정량적 VMS 표현

구분	단거리 통행시	장거리 통행시
VMS (연속 변수)	5분지체	10분지체
	10분지체	20분지체
	15분지체	30분지체
	20분지체	40분지체

표 3. 정성적 VMS 표현

구분 (binary 변수)	표현 (단거리, 장거리 통행시 동일)		
	원 인		
	교통량증가	도로공사	사고발생
혼 잡 상 태	정보 없음		
	서행 교통량증가	서행 도로공사	서행, 사고발생
	정체 교통량증가	정체 도로공사	정체, 사고발생

다. 설문조합 선정

경로선정에 있어 가장 기초적인 속성변수인 통행 시간과 통행요금은 각각 3수준으로 표 4, 표 5와 같이 선정하였으며, 상기 변수는 고속도로와 국도와의 경로선택에 필수적인 요소로 활용된다.

모형 1의 통행요금과 통행시간의 수준값은 표 4, 모형 2의 수준값은 표 5와 같으며, 이와 같은 수준값은 기준수준값을 중심으로 경계시간가치(BVOT, Boundary Value of Time)를 고려하여 선정하였다.

표 4. 단거리 통행의 경우 통행시간, 통행요금 설정값

속성 변수	통행시간(분)			통행요금 (원)		
	수준1	수준2	수준3	수준1	수준2	수준3
국도	56	50	45	-	-	-
고속도로	30	30	30	2,400	3,120	4,000
차이	-26	-20	-15	-2,400	-3,120	-4,000

표 5. 장거리 통행의 경우 통행시간, 통행요금 설정값

속성 변수	통행시간(분)			통행요금 (원)		
	수준1	수준2	수준3	수준1	수준2	수준3
국도	70	80	90	6,000	5,500	5,000
고속도로	60	60	60	8,000	8,000	8,000
차이	-10	-20	-30	-2,000	-2,500	-3,000

라. SP조사 시행

2006년 8월 24일 및 25일 2일에 걸쳐 1차 SP 설

문조사를 실시하였고, 2006년 10월 26일 및 27일 2일에 걸쳐 2차 SP설문조사를 수행하였으며, 총 800인에게 설문을 실시하였다.

위의 표 4, 표 5에서와 같이 주어진 수준값들에 대한 효과적인 설문조사를 위하여 직교배열법을 적용하여 설문지를 구성하였으며, 모형 1은 각 400명에게 설문을 실시하여 유효문항 2,456개, 모형 2는 400명에게 설문을 실시하여 2,150개의 유효 표본수를 취득하였다.

설문 응답자의 성별은 남성이 전체의 88%이며, 연령대는 20~30대가 전체의 69%인 것으로 조사되었다. 또한 월평균소득은 201~300만원인 응답자가 전체의 30%를 나타냈다.

표 6. SP 설문조사

조사	조사개요	설문수
1차 SP조사	· 일시 : 2006년 8월 24일, 25일 · 장소 : 경부고속도로 기흥휴게소, 영동고속도로 용인휴게소(하)	· 모형1 : 200인 · 모형2 : 200인
2차 SP조사	· 일시 : 2006년 10월 26일, 27일 · 장소 : 경부고속도로 기흥휴게소, 영동고속도로 용인휴게소(하)	· 모형1 : 200인 · 모형2 : 200인

4. 모형구축 결과

4.1 기본 모형식

본 절에서는 VMS를 통하여 고속도로의 지체정보를 정량적으로 제공한 경우의 선호의식 데이터와 정성적으로 제공한 경우의 선호의식 데이터를 통합한 통합모형을 구축하였다.

본 모형은 현재 고속도로상의 VMS가 표출하는 메시지인 정량적 (예, 00분 지체) 또는 정성적 (예, 서행-도로공사) 정보를 동시에 포함함으로써 각 메시지의 상대적 가치와 그 효과를 비교해 볼 수 있는 장점이 존재한다.



위의 분석을 통해 가변정보판(VMS)의 시간가치(Value of Time: VOT)와 제공된 지체정보의 가치(Value of Delay Information: VOD)를 산출하였다. 이는 산출된 로짓모형의 파라메타값을 이용하여 손쉽게 산출되며, 이는 표 8에 정리하였다.

표 7. 모형별 주요 설명변수

모형	모형식	
	합수	적용 변수
공통	-	- 개인변수 : 나이, 성별, 월수입, 월평균통행료 등
단거리 통행 (모형1)	고속도로 효용함수 (V_h)	- 상수(constant) - 고속도로 통행시간 - 고속도로 통행요금 - 정보메시지 : "서행-교통량증가"(M1) - 정보메시지 : "서행-도로공사"(M2) - 정보메시지 : "서행-사고발생"(M3) - 정보메시지 : "정체-교통량증가"(M4) - 정보메시지 : "정체-도로공사"(M5) - 정보메시지 : "정체-사고발생"(M6) - 정보메시지 : 정량적 지체정보 (T)
	국도효용함수 (V_n)	- 국도 통행시간
장거리 통행 (모형2)	고속도로1 효용함수 (V_{h1})	- 상수(constant) - 고속도로 통행시간 (고속도로1) - 고속도로 통행요금 (고속도로1) - 정보메시지 : "서행-교통량증가"(M1) - 정보메시지 : "서행-도로공사"(M2) - 정보메시지 : "서행-사고발생"(M3) - 정보메시지 : "정체-교통량증가"(M4) - 정보메시지 : "정체-도로공사"(M5) - 정보메시지 : "정체-사고발생"(M6) - 정보메시지 : 정량적 지체정보 (T)
	고속도로2 효용함수 (V_{h2})	- 고속도로 통행시간 (고속도로2) - 고속도로 통행요금 (고속도로2)

주 : 정성적 정보메시지는 더미변수로 처리되며, 제공되면 1, 그렇지 않으면 0으로 처리됨

표 8. VMS 정보가치 산출식

정보 유형	산출 지표	산출식 (각 파라메타값 적용)	
정량적	VOT	*시간가치 (원/분)	$\frac{\beta_1(\text{통행시간})}{\beta_2(\text{통행료})} \times 1000$
	VOD	*지체정보 시간가치 (원/분)	$\frac{\gamma(\text{교통정보지체시간})}{\beta_2(\text{통행료})} \times 1000$
정성적	VOT	*시간가치 (원/분)	$\frac{\beta_1(\text{통행시간})}{\beta_2(\text{통행료})} \times 1000$
	VOD	*각 메시지별 지체정보 시간가치 (원/건)	$\frac{\alpha(\text{고속도로 지체정성정보})}{\beta_1(\text{통행시간})} \times 1000$
		*각 메시지별 지체정보 시간가치 (원/건)	$\frac{\alpha(\text{고속도로 지체정성정보})}{\beta_2(\text{통행료})} \times 1000$

주 : 통행료 변수는 단위가 1000원이므로 통행료를 활용한 정보가 치산정시에는 각 지표값 파라메타비에 1000을 곱하여 산출해야 함

4.2 분석 결과 (모형 1 : 단거리 통행)

모형 1은 설명력을 나타내는 우도비가 0.1~0.12 정도로 개별행태모형인 점을 감안하면, 비교적 높은 적합도를 갖는 것으로 분석되었다.

채택된 설명 변수로는 통행시간, 통행료, VMS 정보문안, 나이, 월수입, 월평균고속도로 통행비용 등의 선정되었다. 특히 정성적 문안은 각각 독립 변수로 선정되었다.

전체 설문자료를 대상으로 한 분석 결과를 토대로 산정된 시간가치(VOT)는 약 114원/분으로 추정되었다. 이를 시간대로 환산하면 6,840원/시간에 해당된다.

이에 반해 VMS 메시지 중 정량적 정보(T)에 대한 지체정보 가치(VOD)는 241원/분으로, VOT보다 약 2배 정도의 가치를 나타냈다. 이는 VMS의 "10분 지체"라는 정보는 일반적인 통행시간의 20분에 해당되는 가치로 이용자가 받아들이고 있음을 나타내주고 있다.

표 9. 단거리 통행+정량적 VMS 정보 및 정성적 VMS 정보(모형 1)

설명변수	총 데이터 사용		전체수단 출근+업무통행		승용차		승용차 여행통행 등 기타		승용차+화물차 출근+업무통행	
	추정치	t-값	추정치	t-값	추정치	t-값	추정치	t-값	추정치	t-값
대안특성상수(고속도로)	1.331	(3.92)	1.659	(3.48)	1.126	(2.95)	0.746	(1.40)	1.677	(3.35)
통행시간(분)	-0.055	(-5.28)	-0.057	(-3.97)	-0.067	(-5.66)	-0.060	(-3.68)	-0.067	(-4.51)
통행료(1,000원)	-0.484	(-6.80)	-0.644	(-6.58)	-0.477	(-5.96)	-0.302	(-2.67)	-0.649	(-6.39)
교통정보변수										
서행-교통량증가 (M1)	-1.042	(-6.48)	-1.088	(-4.95)	-1.145	(-6.35)	-1.068	(-4.28)	-1.128	(-4.92)
서행-도로공사 (M2)	-0.961	(-5.91)	-1.283	(-5.81)	-0.998	(-5.50)	-0.507	(-1.97)	-1.303	(-5.67)
서행-사고발생 (M3)	-1.690	(-10.32)	-1.873	(-8.27)	-1.733	(-9.45)	-1.417	(-5.66)	-1.874	(-8.07)
정체-교통량증가 (M4)	-1.565	(-7.11)	-1.560	(-5.03)	-1.712	(-6.98)	-1.543	(-4.72)	-1.646	(-5.12)
정체-도로공사 (M5)	-1.730	(-8.47)	-1.938	(-6.56)	-1.725	(-7.38)	-1.487	(-4.93)	-1.987	(-6.45)
정체-사고발생 (M6)	-2.123	(-9.62)	-2.341	(-8.22)	-2.128	(-8.50)	-1.996	(-5.32)	-2.343	(-7.98)
지체시간(분) (T)	-0.117	(-13.28)	-0.129	(-10.48)	-0.132	(-12.93)	-0.115	(-8.06)	-0.138	(-10.56)
나이(50대이상)	0.202	(1.31)	0.169	(0.92)	0.279	(1.64)	0.307	(1.04)	0.204	(1.10)
월수입	0.000	(-1.31)	0.000	(0.60)	-0.001	(-1.76)	-0.002	(-2.76)	0.000	(0.22)
월평균고속도로 통행비용	0.204	(5.45)	0.203	(3.955)	0.289	(5.33)	0.282	(3.01)	0.164	(3.03)
표본수		2456		1376		1976		960		1288
최초우도비 L(0)		-1702		-953		-1369		-665		-892
최종우도비 L(b)		-1520		-829		-1207		-603		-770
우도비 (ρ^2)		0.107		0.131		0.119		0.093		0.137
자유도 수정우도비(ρ^2)		0.099		0.117		0.109		0.074		0.122
VOT		114		88		139		199		103
VOD (원/건)										
서행-교통량증가 (M1)		2150		1688		2399		3529		1737
서행-도로공사 (M2)		1984		1991		2089		1675		2008
서행-사고발생 (M3)		3489		2906		3631		4684		2886
정체-교통량증가 (M4)		3231		2421		3586		5102		2535
정체-도로공사 (M5)		3571		3007		3613		4914		3061
정체-사고발생 (M6)		4383		3632		4457		6597		3609
지체시간 (T)		241		199		275		378		212

정성적 VMS 정보에 대한 추정값인 M1부터 M6을 살펴보면, 먼저 “정체-사고발생(M3)”의 지체정보의 경우가 -2.123으로 경로선택행동에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었으며 다음으로 정체-도로공사, 서행-사고발생, 정체-교통량증가, 서행-교통량증가, 서행-도로공사의 순으로 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

전체적으로 도로상황 정보가 “서행”이든 “정체”

든, 그 원인이 “사고발생”이었을 경우에 이용자는 가장 큰 영향을 받는 것으로 분석되었다.

여기서 이러한 정성적 정보를 제공받은 이용자는 그 문안을 어느 정도의 지체시간으로 받아들이는가를 살펴 볼 필요가 있다.

모형의 결과에 의하면, “서행-교통량증가”라는 메시지는 이용자에게 있어 대략 18.8분 정도의 지체가 발생할 것이라는 기대를 갖게 한다. 즉 “18.8



분 지체”라는 메시지와 같은 효과를 갖게 되는 것이다.

이러한 결과는 정량적 메시지라 하더라도, 그 표출 문안에 따라 이용자는 스스로 예상지체시간을 결정하며, 이를 감안하여 어떠한 경로를 이용할 것인가를 결정하게 된다. 이는 정량적 메시지의 표출도 그 강도에 따라 운전자의 행태를 결정하는데 있어 중요한 역할을 수행하게 됨을 나타내 주고 있다.

4.3 분석 결과 (모형 2 : 장거리 통행)

장거리 이동시 정량적 지체정보와 정성적 지체정보 선호의식 데이터를 통합한 모형의 추정결과를 표 10에 제시하였다. 전체적으로 모형의 설명력을 나타내는 우도비가 0.13~0.14정도로 비교적 높은 적합도를 갖는 것으로 판단된다.

추정된 통행시간 변수와 통행료변수를 이용하여

표 10. 장거리 통행+정량적 VMS 정보 및 정성적 VMS 정보(모형 2)

설명변수	총 데이터 사용		전체수단 출근+업무통행		승용차		승용차 여행통행 등 기타		승용차+화물차 출근+업무통행	
	추정치	t-값	추정치	t-값	추정치	t-값	추정치	t-값	추정치	t-값
대안특성상수(고속도로)	1.370	(3.83)	1.384	(2.96)	1.268	(3.20)	0.940	(1.73)	1.483	(3.06)
통행시간(분)	-0.044	(-7.46)	-0.055	(-7.01)	-0.045	(-6.97)	-0.059	(-6.52)	-0.056	(-6.92)
통행료(1,000원)	-0.512	(-4.11)	-0.455	(-2.87)	-0.496	(-3.60)	-0.343	(-1.88)	-0.453	(-2.78)
교통정보변수										
서행-교통량증가 (M1)	-1.295	(-7.76)	-1.153	(-5.37)	-1.285	(-6.92)	-1.154	(-4.69)	-1.168	(-5.31)
서행-도로공사 (M2)	-1.279	(-7.76)	-1.010	(-4.76)	-1.282	(-7.04)	-0.903	(-3.70)	-1.038	(-4.74)
서행-사고발생 (M3)	-1.922	(-10.46)	-1.779	(-7.78)	-1.912	(-9.40)	-1.694	(-6.48)	-1.790	(-7.65)
정체-교통량증가 (M4)	-1.590	(-7.88)	-1.676	(-6.62)	-1.690	(-7.57)	-1.836	(-6.16)	-1.657	(-6.22)
정체-도로공사 (M5)	-1.611	(-7.98)	-1.562	(-6.08)	-1.514	(-6.92)	-1.354	(-4.69)	-1.596	(-6.05)
정체-사고발생 (M6)	-2.225	(-9.25)	-2.007	(-6.98)	-2.217	(-8.51)	-1.835	(-5.83)	-1.976	(-6.62)
지체시간(분) (T)	-0.080	(-14.79)	-0.079	(-11.80)	-0.081	(-13.51)	-0.078	(-10.01)	-0.081	(-11.76)
나이(50대이상)	-0.397	(-2.56)	-0.141	(-0.69)	-0.528	(-3.13)	-0.222	(-0.96)	-0.176	(-0.87)
월수입	0.001	(1.70)	0.000	(-0.65)	0.001	(2.19)	0.000	(-0.18)	0.000	(-0.76)
월평균고속도로 통행비용	0.100	(2.662)	0.050	(1.11)	0.103	(2.07)	0.053	(0.84)	0.034	(0.72)
표본수		2150		1385		1762		1044		1316
최초우도비 L(0)		-1490		-960		-1221		-723		-912
최종우도비 L(b)		-1292		-831		-1055		-626		-788
우도비 (ρ^2)		0.133		0.134		0.135		0.134		0.136
자유도 수정우도비(ρ^2)		0.124		0.121		0.125		0.116		0.122
VOT		86		121		91		173		122
VOD (원/건)										
서행-교통량증가 (M1)		2528		2535		2591		3369		2576
서행-도로공사 (M2)		2496		2221		2586		2635		2292
서행-사고발생 (M3)		3572		3912		3857		4944		3950
정체-교통량증가 (M4)		3104		3687		3409		5357		3657
정체-도로공사 (M5)		3145		3436		3054		3951		3522
정체-사고발생 (M6)		4344		4414		4472		5353		4360
지체시간(T)		156		174		163		226		178



장거리 이동시 시간가치(VOT)를 산정한 결과 약 86 원/분으로 추정되었으며, 단거리 이동시의 114원/분에 비해 작은 것으로 추정되어 장거리통행이 통행시간에 덜 민감한 것으로 나타났다.

지체시간 변수에 대한 추정값을 이용하여 지체시간 정보의 가치를 계산한 결과 약 156원/분으로 산정되었다. 이는 모형 1에서의 결과와 같이 VOT보다 VMS에서 제공된 정량적 지체정보의 시간가치가 2배 정도 큰 것으로 나타났다.

정성적 메시지의 경우, “정체-사고발생”의 지체정보의 경우가 -2.225로 경로선택행동에 가장 큰 영향을 가지는 것으로 분석되었으며 다음으로 서행-사고발생, 정체-도로공사, 정체-교통량증가, 서행-교통량증가, 서행-도로공사의 순으로 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

정성적 문안에 있어서는 모형 2에서도 모형 1과 같이 고속도로1의 지체상황에 관계없이 지체원인이 “사고발생”인 경우가 다른 지체원인보다 경로선택에 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

4.4 VMS 정보가치 종합

앞의 모형에서 제시된 결과를 기초로, VMS 정보에 대한 가치평가 결과를 종합해 보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 이동거리에 따라 구분한 모형 1과 2는 시간가치에 있어 다른 결과를 보여 주고 있는데, 단거리 통행의 시간가치(VOT)가 더 높은 것으로 나타났다. 이는 이동거리에 따라 이용자의 경로선택 행태가 다르다는 것을 보여주고 있다.

둘째, 모형에서 VMS 교통정보 메시지가 우수한 설명력을 갖는 변수로 채택되었으며, 이는 경로선택시 VMS 교통정보가 매우 중요하게 작용됨을 알 수 있다. 특히 정보가 정성적이든 정량적이든지 이용자에게는 선택행위에 있어 중요한 역할을 수행하는 것으로 나타났다.

셋째, 정보변수중 정량적 지체정보에 대한 정보가

치(VOD)는 단거리 및 장거리 통행에 상관없이 일반적인 시간가치(VOT)보다 2배 이상의 가치를 갖는 것으로 조사되었다.

표 11. 모형별 정보가치 산출결과(종합)

		구 분		전 체
모형 1 (단거리 통행)	VOT	-	원/분	114
	VOD	서행-교통량증가	원/건	2150
		서행-도로공사	원/건	1984
		서행-사고발생	원/건	3489
		정체-교통량증가	원/건	3231
		정체-도로공사	원/건	3571
		정체-사고발생	원/건	4383
		정량적 지체(T)	원/건	241
모형 2 (장거리 통행)	VOT	-	원/분	86
	VOD	서행-교통량증가	원/건	2528
		서행-도로공사	원/건	2496
		서행-사고발생	원/건	3572
		정체-교통량증가	원/건	3104
		정체-도로공사	원/건	3145
		정체-사고발생	원/건	4344
		정량적 지체(T)	원/건	156

넷째, 정성적 지체정보 중 “정체-사고발생”이라는 문안이 이용자에게 가장 많은 지체시간을 예상하게 하는 조합으로 나타났다. 특히 표 12에서와 같이 단거리 통행의 경우, 위 문안은 운전자에게 38분 정도 이 지체가 이어질 수 있다는 기뻐움을 제공하고 있으며, 장거리 통행은 50분 정도의 지체를 예상하였다.

이러한 연구결과는 VMS 정보의 유용성을 증명해 주는 것이며, 또한 이에 대한 금전적 가치를 제공함으로써 본 사업의 경제성 및 사업성을 평가하는데 기초적인 자료로 활용될 것이다.

특히 정성적 문자들은 관리자 입장에서 지체시간에 대한 정확한 추정이 어려울 때 사용한다. 그러나 그 표현문장에 따라 이용자가 기대하는 지체예상시간이 매우 상이하므로 문장표현을 결정하는 것이 세심한 배려가 필요하다.



표 12. VMS에 의해 제공된 정성적 교통정보의 가치산정
(시간: 분/건)

VMS정보		총 데이터
모형 1 (단거리 통행)	서행-교통량증가(분)	18.8
	서행-도로공사(분)	17.4
	서행-사고발생(분)	30.6
	정체-교통량증가(분)	28.3
	정체-도로공사(분)	31.3
	정체-사고발생(분)	38.4
모형 2 (장거리 통행)	서행-교통량증가(분)	29.3
	서행-도로공사(분)	28.9
	서행-사고발생(분)	43.5
	정체-교통량증가(분)	36.0
	정체-도로공사(분)	36.5
	정체-사고발생(분)	50.4

5. 결론 및 향후과제

본 연구는 효용선택이론을 이용하여 그간 국내에서 시도하지 않았던 VMS의 정보내용에 대한 화폐적 가치를 추정하고자 수행하였다.

이를 위해 단·장거리 이동경로에 대한 SP선호의식 조사 및 분석을 통해 교통정보 제공에 따른 이용자 행태를 분석하였고, 이를 위해 로짓(logit)모형을 적용하였다.

또한 취득한 자료를 이용하여 교통정보에 따른 운전자 행태를 분석하였는데, 단거리(모형 1) 및 장거리(모형 2) 통행을 기반으로, 정량 및 정성적 교통정보를 제공하여 경로선택여부를 결정하는 2개의 모형을 구축하였다.

이 모형을 통해 정량적인 교통정보를 제공하는 경우에서의 시간가치(VOT) 및 지체시간 교통정보의 가치(VOD)를 산출하여 제시하였으며, 정성적인 교통정보를 제공하는 경우에 대해서도 시간가치(VOT)와 함께 지체정보의 가치를 계량화하여 제시하였다.

본 연구에서 분석한 결과를 토대로, 주요 결과물

정리해 보면 다음과 같다.

첫째, 경로선정에 관한 모형 1, 2의 설명 변수로는 통행시간, 통행료, VMS 정보문안, 나이, 월수입, 월평균고속도로 통행비용 등이 선정되었다.

둘째, VMS 정보문안 중, 정성적 또는 정량적 정보 모두가 운전자의 경로선정 행위에 매우 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

셋째, 정성적인 VMS 문안에 대해서도 이용자의 기대지체시간을 추정해 내었는데, 예를 들어 모형1에서 “서행-교통량증가”라는 정성적 문안은, “18.8분 지체”라는 정량적 문안과 일치된 결과를 나타내었다.

넷째, VMS 메시지에서 표출되는 지체시간 정보는 이용자가 느끼는 일반적인 통행시간 가치보다 2배 이상의 가치를 갖는 것으로 분석되었다. 예를 들어 VMS 메시지에서 “20분 지체”라는 정보는 일반 통행시간의 40분에 해당되는 가치로 이용자가 인지함을 나타내고 있다.

다섯째, 정성적 정보는 지체정도와 지체원인의 조합에 따라 그 영향이 달라지며 교통사고에 대한 표출이 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 또한 각 문안별 운전자가 느끼는 지체시간에 대한 기댓값을 수치적으로 제시하였는데, 이는 문장의 표출에 신중을 기해야 함을 나타내 주는 결과이다.

본 연구결과는 VMS가 이용자의 주행경로를 결정하는데 매우 큰 영향을 주고 있음을 보여 주고 있으며, 특히 표출문안에 따라서 이용자의 선택이 민감하게 변할 수 있다는 두 가지 시사점을 제공하고 있다.

따라서 도로관리자는 VMS 표출문안에 따라 이용자가 예상하는 지체시간이 다른 점을 감안할 때, 적정 경로를 안내하는데 있어 그 표출방법을 합리적으로 선정해야 할 것이다.

본 연구에서 개발된 교통정보 가치평가 모형은 VMS외에도 인터넷, 내비게이션, 핸드폰 등의 다른 매체에 대한 평가에도 활용이 가능할 것이며, 궁극적으로는 교통정보사업의 시행에 따른 경제성 및 사업성을 평가하는데 활용이 가능할 것이다.

참고문헌

김강수 외(2004), "Development of Scaled Explosion Logit Model Considering Reliability of Ranking Data", 대한교통학회지 제22권 제6호, 대한교통학회.

금기정 외(1992), "SP Data에 의한 지방도시의 교통수단선택 요인분석에 관한 연구", 대한교통학회지 제10권 3호, 대한교통학회

김숙희 외(2006), "VMS 실시간 운영전략 구축을 위한 운전자 경로선택모형", 대한토목학회 논문집 제 26 권 제3D호, 대한토목학회.

반미영, 김효빈(2005), "실시간 버스도착정보의 가치측정에 관한 연구", 대한교통학회지 제23권제6호, 대한교통학회.

유태호(2007), "고속도로 VMS 교통정보의 가치측정 및 편익산출에 관한 연구", 아주대학교 대학원 박사학위논문.

이의은, 김준정(2003), "가격민감도 기법을 이용한 고속도로 교통정보의 적정가치 산정 연구", 한국ITS학회 논문지 제2권 제1호, 한국ITS학회.

장정아, 문병섭, 최기주(2005), "고속도로에서의 우회(국도)교통정보 제공에 따른 경로전환 효과분석", 대한토목학회논문집 제 25권 제 2D호, 대한토목학회.

Albert Messmer(1998), "Automatic control of

variable message signs in the interurban Scottish highway network", *Transpn Res. -C* No.6 pp. 173-187.

K.Chatterjee(2002), "Driver response to variable message sign information in London", *Transpn Res. -C Vol.10* 149-169.

Lianyu Chu, Jun-Seok Oh, Will Recker(2005), "Adaptive Kalman Filter Based Freeway Travel time Estimation", *TRB 84th Annual Meeting*

M. WARDMAN, P. W. BONSALE and J. D. SHIRES(1997), "Driver response to variable message signs:A stated preference Investigation", *Transpn Res. -C Vol.5, No.6*, pp. 389-405.

Nariida Smith, Vivian Salim, Justine Gannon, Doina Olaru, Marcus Wigan(2005), "Matching User Demand and Technical Supply for The Design of Traveller Information Services", *TRB 84th Annual Meeting*

접 수 일: 2007. 5. 3
 심 사 일: 2007. 5. 10
 심사완료일: 2007. 7. 18