

# 조건부가치평가법을 이용한 VMS 교통정보 제공에 따른 이용자만족도 가치 산정

## Value Analysis of User Satisfaction by VMS Traffic Information Using Contingent Value Method

연복모\*      홍지연\*\*      이수범\*\*\*      임준범\*\*\*\*      문병섭\*\*\*\*\*  
(Bok-Mo Yeon)    (Ji-Yeon Hong)    (Soo-Beom Lee)    (Joon-Bum Lim)    (Byeong-Sup Moon)

### 요약

가변전광표지판(VMS)은 도로이용자에게 도로, 기상 및 교통의 상황이나 그에 따른 교통규제의 상황에 관해 필요한 정보를 실시간으로 제공함으로써 교통흐름을 원활하게 하고 안전한 통행을 하도록 하는 시설이다. 또한 VMS는 운전자에게 정보를 제공하여 운전자들에게 전방의 교통상황 및 소요시간을 미리 알 수 있게 함으로써 불안감 해소와 심리적인 안정감을 주게 된다. 하지만 VMS는 비시장재이며 공공재라는 성격이 강하여 가치를 제대로 평가받지 못하였다. 본 연구에서 조건부가치평가법(CVM)을 이용하여 VMS의 교통정보 이용자만족도에 대한 가치를 평가하였다. 지능형교통시스템(ITS)이 구축된 도시를 대상으로 도시부도로와 도시고속도로 구분하여 인터넷 설문조사를 실시하였으며, 그 결과 이용자 만족도 가치모형 추정에 제시금액, 이용빈도, 만족도, 성별, 연령 5가지 변수가 유의한 변수로 분석되었다. 유의한 변수로 추정한 모형으로 이용자만족도 가치를 평가한 결과 도시고속도로는 96.7원/대, 도시부 도로는 76.3원/대의 가치가 있는 것으로 나타났다. 또한 통행목적별로 가치를 산정한 결과 모든 노선에서 출퇴근, 업무, 여가 순으로 가치가 높은 것으로 나타났다.

### Abstract

The variable message sign(VMS) is a facility to smoothen traffic flows and enable safe passing by providing real-time necessary information on roads, weather, transportation, and traffic regulations. The VMS also solves a feeling of uneasiness and gives a sense of psychological security by providing information to drivers. However, the VMS has a strong character of being a non-market product but a public product, so it has not normally been evaluated for its value. This research has evaluated a value of satisfaction level for traffic information users, using a contingent valuation method(CVM). As a result of evaluating the value of satisfaction level for users through division into an urban roadway and an urban highway for the cities where an intelligent transportation system(ITS) has been established, the urban highway had a value of 96.7 won/system and the urban roadway had a value of 76.3 won/system.

**Key words:** ITS, VMS, customer satisfaction, traffic information, contingent value method

† 본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비지원(07교통체계-지능08)에 의해 수행하였습니다.

\* 주저자 : 국토연구원 국토인프라·GIS연구본부 연구원

\*\* 공저자 및 교신저자 : 서울시립대학교 교통공학과 박사과정

\*\*\* 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 교수

\*\*\*\* 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 석사과정

\*\*\*\*\* 공저자 : 한국건설기술연구원 첨단교통연구실 수석연구원

† 논문접수일 : 2009년 3월 19일

† 논문심사일 : 2010년 4월 1일(1차), 2010년 4월 19일(2차)

† 게재확정일 : 2010년 4월 21일

## I. 서 론

### 1. 연구의 배경 및 목적

고도의 산업화가 진행되기 시작하면서 우리 사회는 보다 빠르고 안전한 인간 및 물류의 이동을 필요로 하게 되었으며, 현재에는 그 중요성이 더욱 커지고 있다. 과거 산업화 초기단계에서 우리정부는 물리적 요소의 확장, 즉 도로건설, 운송수단 확장 등에 투자가 집중되어 시설공급 위주의 교통정책을 펼쳐왔으나, 물리적 요소들의 확장으로는 신속하고 안전한 이동에 한계가 있음을 인식하고 날로 늘어가는 심각한 교통문제 해결을 위하여 첨단교통시스템(ITS: Intelligent Transport System)을 도입하게 되었다. ITS는 교통수단 및 교통시설에 전자, 통신 및 제어 등의 첨단기술을 접목하여 교통정보 및 서비스를 제공하고 이를 활용함으로써 교통체계의 운영 및 관리를 과학화·자동화 하고, 교통의 효율성과 안전성을 향상시키는 교통체계이다[1].

국내 ITS는 1996년 과천시 ITS 시범사업에서 고속국도, 국도 등을 중심으로 본격적으로 시작되었으며, 대전·전주·제주 ITS 시범도시를 시작으로 지방자치단체에 국비 및 기술력을 지원하여 현재 서울특별시, 부산광역시 등 30여개의 지자체에서 교통정보·신호제어를 위한 교통정보센터를 구축하는 등 ITS사업이 날로 확대되어 가고 있다.

이러한 ITS사업의 효율적인 투자 및 운영을 위해서는 사업의 객관적이고 일원화된 평가기술이 필요하나, 현재 ITS시스템의 평가를 수행할 수 있는 지침 및 방법론의 부재로 ITS사업 특성을 고려한 정확한 타당성 평가를 하기 어려운 실정이며, 이로 인해 효율적인 투자와 효과 평가도 객관성을 확보하기 어려운 실정이다.

ITS의 여러 분야 중에서 도로이용자들에게 가변전광표지(VMS: Variable Message Sign), 방송매체를 통해 다양한 교통정보를 제공함으로써 주어질 교통흐름을 원활하게 하고 안전하게 통행할 수 있도록 하는 교통정보 제공 분야는 제공되는 교통정보에 의해 교통량이 분산됨에 따라 시간절감과 사고감소 등

의 정량적인 편익뿐만 아니라 교통정보를 제공받음으로써 생기는 이용자의 심리적 만족감과 같은 정성적인 편익도 타당성을 평가하는 평가 항목에 포함되어야 한다.

하지만 현재까지 도로이용자들에게 교통정보 제공으로 인한 심리적 만족감의 가치가 얼마나 있는지에 대한 평가는 단순한 설문 조사에 그치고 있고, 교통정보 제공에 따른 심리적 만족감 가치에 대한 체계적인 평가가 이루어지지 않아 교통정보로 인해 발생하는 이용자 편익을 정확히 산정하지 못하고 있다. 따라서 교통정보사업을 활성화시키고 이용자에게 보다 질 높은 교통정보를 제공하기 위해서는 현재 제공되고 있는 교통정보의 심리적 만족감 가치 평가가 필요한 시점이라 하겠다.

본 연구에서는 교통정보 제공에 따른 심리적 만족감을 전방의 교통상황 및 소요시간을 미리 알 수 있어 운전자들이 느끼는 불안감 해소와 교통상황에 따라 운전자 경로선택 등의 방법으로 대처할 수 있어 생기는 만족감이라 정의하고, 교통정보 제공으로 인한 심리적 만족감의 가치를 이용자만족도 가치라 정의하였다.

본 연구의 목적은 교통정보의 이용자만족도 가치를 평가하기 위하여 교통정보 제공매체인 가변전광표지판(VMS)을 대상으로 교통정보 이용자 만족도 가치 산정모형을 구축하고 이용자만족도 가치를 산정함에 있다.

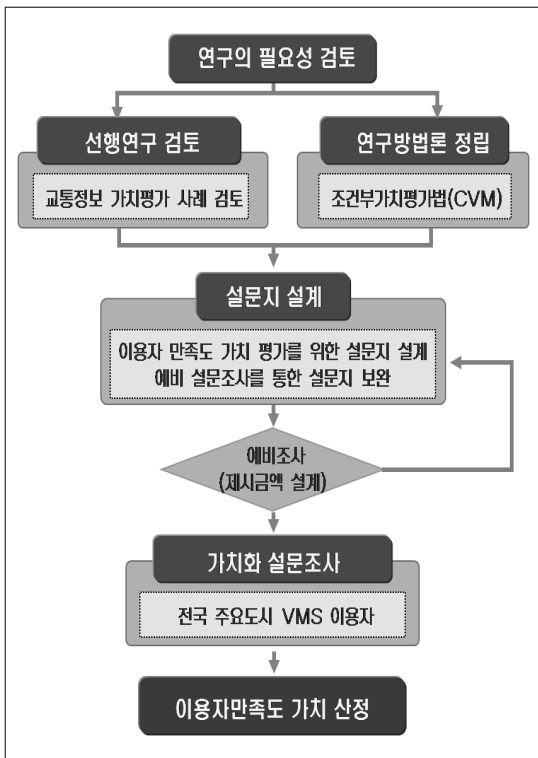
### 2. 연구의 방법 및 내용

VMS는 도로이용자에게 도로, 기상 및 교통의 상황이나 그에 따른 교통규제의 상황에 관해 필요한 정보를 실시간으로 제공함으로써 교통흐름을 원활하게 하고 안전한 통행을 하도록 하는 시설이다. 또한 VMS는 운전자에게 전방교통상황에 대한 정보를 제공하여 심리적인 안정감을 주게 된다. 하지만 VMS는 비시장재이며 공공재라는 성격이 강하여 그 가치를 제대로 평가받지 못하였다. 이러한 공공재에 대한 가치를 평가하는 데는 여러 가지 방법이 있으나 비시장재의 가치를 평가하는데 조건부가치측정법

(CVM)이 가장 효과적인 방법이다[2].

본 연구에서는 조건부가치평가법 중 무응답자를 줄일 수 있는 장점을 가진 양분선택법을 사용하였다. 양분선택방법 중 이중양분선택법은 단순양분선택보다 적은 데이터를 필요로 하기 때문에 분석에서 통계적 효율성이 있는 것으로 나타나있다.

이중양분선택법에서는 최초 제시금액의 설계가 중요하며 이를 위하여 예비조사를 실시하였고, 이를 바탕으로 본 조사 설문지를 작성하였다. 이중양분선택법에 의한 결과를 바탕으로 로짓모형을 적용하여 지불의사금액모형을 추정하였다. 추정된 지불의사금액모형을 통하여 지불의사금액에 영향을 미치는 요인을 분석하고 모형을 검증하였으며, 평균지불의사금액을 측정하여 VMS 교통정보의 이용자만족도 가치를 산정하고자 하였다. 또한 통행목적에 따라 이용자만족도의 가치를 산정하여 통행목적에 따라 어떤 차이가 있는지를 살펴보고자 하였다.



<그림 1> 연구 수행 절차  
<Fig. 1> Process of Study

## II. 선행연구 고찰

### 1. 선행 연구

강연수 등(2007)은 ITS사업의 사전평가를 위하여 평가항목 및 투자평가방법을 연구하여 향후 ITS 도입에 대한 정책결정에 도움을 주고자 하였다. 이 연구에서 ITS 도입에 따른 편익 항목 중 교통정보 가치 만족도가 반영되어야 함을 제시하고 있다[3].

김준정(2004)은 휴대폰, PDA 등을 통해 제공되는 고속도로 교통정보의 가치를 조건부가치평가법(개방형질문법)을 이용하여 산정하였다. 고속도로 교통정보 이용료를 종속변수로 하여 다중회귀모형을 적용하여 가치를 평가한 결과 월정액 1,365원의 가치가 있는 것으로 평가하였다[4].

빈미영과 김효빈(2005)은 버스도착정보의 가치를 평가하기 위하여 버스도착정보제공에 따른 불안감 해소 측면에서 접근하여 교통정보의 가치를 평가하였다. 이를 위해 조건부가치평가법(양분선택법)을 적용하였으며, 1분 동안의 대기시간에 대한 불안감 해소가 132.5원/분의 가치가 있는 것으로 분석하였다 [5].

국도해양부(2008)는 국도 ITS 기본계획 수립을 위한 효과분석에서 VMS를 통해 얻게 되는 심리적인

<표 1> ITS 서비스(정보 제공)별 편익 항목  
<Table 1> Benefit items about each ITS service

대상 서비스	통행 시간	운영 비용	사고 감소	환경 비용	가치 만족
교통정보제공 및 관리 연계	○	○	△	△	○
차량여행자 부가정보제공	○	○	△	△	○
비차량여행자 부가정보제공	○				○
대중교통정보 제공 및 관리	○	△		△	○

○: 직접효과(직접적인 효과),  
△: 간접효과(2차 혹은 부가적인 효과)

안정감을 탈공막효과로 정의하여 ITS 사업의 편익으로 산정하였다. 조건부가치평가법(양분선택법)을 적용하여 교통정보의 가치를 평가하였는데 상한액을 유료교통정보의 평균가치인 220원으로 적용하여 VMS 1대당 25.7원~77원의 가치가 있는 것으로 분석하였다[6].

손영국 등(2002)은 전주시 교통문제 해결을 위해 실시계획 중인 지능형 교통체계(ITS)의 일부분인 교통정보 제공시스템 도입을 평가하였는데 조건부가치평가법(양분선택법)으로 프로빗 모형을 이용하여 가구당 월평균 998원~1,048원의 가치가 있는 것으로 평가하였다[7].

Hayashiyama, Y(2001)는 연간 1억 달러 이상의 비용이 소요되는 삿포로시내의 겨울철 도로관리사업을 평가함에 있어 기존에는 포함하지 않고 있던 삶의 질을 개선 등의 평가 항목과 보행자 접근성 및 안전성의 증가 등과 같은 간접적인 혜택을 CVM을 적용하여 비용편익을 분석하였다. 그 결과 낮은 수준의 도로관리사업에 대해서는 지불의사액이 2700 만 달러에서 3천 3백만 달러였으며, 높은 수준의 도로관리사업 있었고, 1억 9천 달러에서 3억 달러 수준인 것으로 나타났다[8].

## 2. 연구의 차별성

VMS 교통정보는 무료제공매체이며 공공재라는 성격이 강하여 가치가 제대로 평가되지 않았으며 이용자 측면에서 불안감 해소 및 심리적 만족감과 같은 이용자만족도 가치에 대한 연구도 미비하였다. 또한 VMS 교통정보의 가치를 산정한 연구에서도 이용자만족도에 대한 가치 평가시 상한액 설정과 같은 한계점이 있어 심리적 만족감에 대한 평가가 제대로 이루어지지 않는 실정에 있다.

이에 본 연구에서는 이용자 측면에서 운전자가 이해할 수 있도록 시나리오를 작성하여 이용자만족도 가치를 산정하고자 하였으며, 통행목적별로 구분하여 가치를 산정하고자 하였다. 또한 이중양분선택법을 사용하여 통계적 분석의 효율성을 높이고자 하였다.

## Ⅲ. 자료수집 및 분석방법론

### 1. 조사대상지역 선정 및 자료수집

조사대상지역 선정시 전국의 도시 중 지능형교통시스템(ITS)이 구축된 도시 중에서 VMS 설치수준을 기준으로 다양한 수준의 지점이 포함되도록 고려하였다. 다양한 수준의 지점을 선정한 이유는 VMS 설치수준에 따라 교통정보의 이용자만족도 가치는 차이가 있을 수 있으므로 그 차이를 알아보기 위함이며, 선정된 도시는 아래 <표 2>와 같이 서울, 부산, 원주, 수원, 부천, 대전, 울산이며 이중 서울과 부산은 도시고속도로가 있어 도시고속도로별 VMS 설치수준으로 구분하여 선정하였다.

VMS 이용자만족도 지불의사액의 평균값을 추정하기 위해서는 제시금액이 필요하여 제시금액설계를 위한 예비조사를 실시하였다. 예비조사의 주목적은 본조사의 제시금액 설계를 위함이지만 설문지의 내용 및 변수선정 그리고 응답자가 설문을 이해할 수 있게 설계되었는지를 평가하기 위하여 실시되었다. 예비 조사는 09. 10. 19 ~ 09. 10. 23 일주일 동안 서울시를 대상으로 하여 면접조사를 실시하였으며, 예비조사를 바탕으로 하여 본설문지를 수정하였다.

<표 2> 조사 대상 도시 VMS 설치수준

<Table 2> VMS installation level of cities surveyed

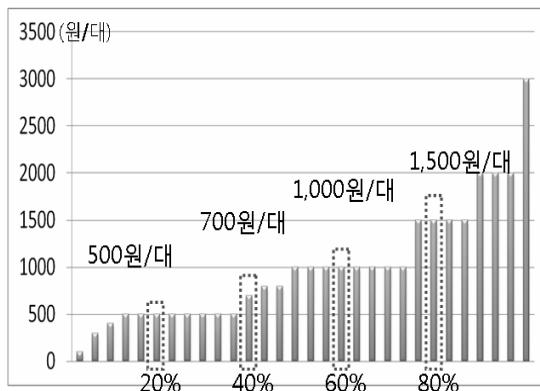
구 분		ITS 연장 (km)	설치대수 (대)	설치수준 (대/km)
도시부 도로	원주	15.0	3	0.10
	수원	135.71	22	0.08
	부천	77.67	9	0.06
	대전	377.5	34	0.05
	울산	161.88	17	0.06
도시 고속 도로	번영로, 동서로	29.7	15	0.25
	내부순환선	40.1	23	0.29
	올림픽대로	41.4	27	0.33
	북부간선도로	5.2	6	0.58

<표 3> 예비조사의 개요  
<Table 3> Pre-Research overview

구분	내용	
예비조사	조사목적	본 설문조사 제시금액 설계
	조사내용	지불의사액, VMS 이용실태, 개인속성
	조사일시	2009. 10. 19 ~ 2009. 10. 23
	조사장소	서울시
	조사방법	면접조사
	샘플수	60부

예비조사 결과 1,000원/VMS의 지불의사를 가진 운전자가 28.3%로 가장 높게 나타났다. 예비조사 결과를 기초하여 Alberini(1995) 연구의 분위수 설계방식에 따라 지불의사금액의 누적분포가 20%, 40%, 60%, 80%가 되는 금액을 제시금액으로 설정하였다 [9]. 제시금액은 <그림 2>와 같이 500원/VMS, 700원/VMS, 1000원/VMS, 1500원/VMS로 하여 본 조사를 실시하였다.

본 조사는 전국 주요도시에 거주하며 VMS 이용하는 운전자들을 대상으로 수행하였으며, 본 연구에서 선정한 조사대상자들을 실제 개별면접을 통해 설문하기에 시간적·공간적인 제약이 있어 인터넷설문 방식으로 실시하였다. 인터넷 설문을 수행함에 있어 접속IP와 주민등록번호(ID)를 체크하여 다중응답을 방지하고 조사대상자에 부합되는지 먼저 확인하였다. 조사대상자에 대해서만 본 설문을 응답할 수 있



<그림 2> 예비조사 결과에 따른 지불의사액  
<Fig. 2> Pre-Research Results of Willingness-To-Pay

<표 4> 본조사의 개요  
<Table 4> Research overview

구분	내용	
본조사	조사목적	VMS 이용자만족도 가치 평가
	조사내용	지불의사, 이용실태, 운전자의식, 개인속성
	조사일시	2009. 11. 2 ~ 2009. 11. 27
	조사장소	서울, 부산, 대전, 울산, 원주, 수원, 부천
	조사방법	인터넷 설문조사
	샘플수	1,800부
	유효표본	1,638부

으며, 응답자 속성별 최소 설문 부수를 확보 할 수 있도록 설문지를 설계하였다.

2009년 11월 한 달 동안 서울, 부산, 대전, 울산, 원주, 수원, 부천시의 운전자를 대상으로 하여 1,800부의 설문조사를 실시하였으며 이 가운데 유효표본인 1,638부(91%)를 분석에 활용하였다.

## 2. 분석 방법

본 연구에서는 CVM(Contingent Value Method)을 적용하여 VMS 교통정보의 이용자만족도 가치를 추정하고자 한다. CVM이란 조건부가치기법이라고도 불리며 한 재화나 특정시설, 서비스로부터 얻는 편익을 지불의사로 보고 그 가치를 추정하는 방법이다. CVM은 공공재와 같은 비시장재화에 관련한 가상시나리오를 기반으로 설문을 구성하여 설문조사를 통해 그 재화에 대한 WTP를 직접 유도할 수 있다. Hanemann(1984, 1985)은 그의 연구에서 효용최대화 이론을 적용하여 지불의사에 대한 지불액의 모형을 추정하는 방법을 처음으로 제시하였다[10,11].

VMS 교통정보 제공의 유무를  $z$ 로 나타낼 때, 소득  $y$ 를 가지며, 속성  $s$ 를 가진 개인에 대해 VMS 교통정보에 대한 개인의 효용을  $U(z, y; s)$ 라고 정의할 수 있다. VMS 교통정보가 있는 상태  $z^1$ 과 없는 상태  $z^0$ 에 대한 효용의 차이는  $\Delta U$ 는 다음과 같다.

$$\Delta U = U(z^1, y; s) - U(z^0, y; s)$$

효용함수  $U(z, y; s)$ 는 결정적인 부분(deterministic

component)과 오차항(stochastic component)의 합으로 구체화하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$U(z, y; s) = V(z, y; s) + \epsilon$$

만약, 응답자의 효용이 소득 y에서 지불의사액 A를 지불하여 그렇지 않은 효용보다 높다는 지불하려 할 것이다.

$$V(z^1, y - A; s) + \epsilon_1 > V(z^0, y; s) + \epsilon_0$$

따라서 응답자가 지불의사액 A를 수락할 확률은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Pr(yes) = \Pr(V(z^1, y - A; s) + \epsilon_1 > V(z^0, y; s) + \epsilon_0) = F\eta(\Delta V)$$

여기서,  $\eta = \epsilon_1 - \epsilon_0$ 이며  $F\eta(\cdot)$ 은  $\eta$ 의 누적분포함수(Cumulative distribution function)이다.

관측 가능한 효용 V가 선형함수이고 오차항  $\epsilon_1, \epsilon_0$ 이 각각 독립인 Weibull 분포를 따른다고 가정하면, Boyle(1985)과 McFadden(1976)에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다.<sup>1)</sup>

$$\Pr(yes) = (1 + e^{-\Delta V})^{-1}$$

여기서 지불의사가 'yes'인 식을 랜덤 지불의사 변수의 누적분포함수로서  $G_{WTP}(A)$ 로 나타낸다면, 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Pr(yes) = F\eta(\Delta V(A)) = 1 - G_{WTP}(A)$$

따라서 지불액에 대한 기댓값은 다음식과 같다.

$$E(w) = \int_0^\infty F\eta(\Delta v)dv - \int_{-\infty}^0 [1 - F\eta(\Delta v)]dv$$

#### IV. VMS 이용자만족도 가치 산정

##### 1. 기초 통계 분석

설문조사자의 각 속성별 표본수와 구성비를 살펴

1) 빈미영(2004), "실시간 버스도착정보의 가치 측정에 관한 연구", 대한교통학회지.

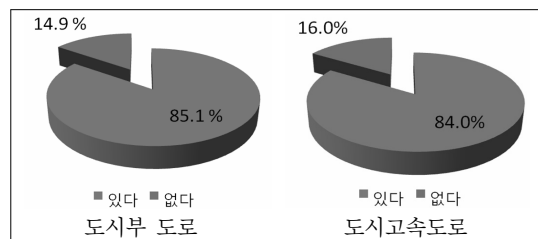
<표 5> 기초통계분석  
<Table 5> Outline of Survey

항 목	구 분	표본수	비 율(%)
성별	남 자	1,127	68.8
	여 자	511	31.2
연령	20~29세	189	11.6
	30~39세	720	43.9
	40~49세	538	32.8
	50세 이상	191	11.7
소득	100만원 미만	56	3.4
	100~199만원	280	17.1
	200~299만원	465	28.4
	300~399만원	401	24.5
	400만원 이상	435	26.6
운행 빈도	매 일	918	56.1
	주3회 이상	433	26.4
	주1회 이상	287	17.5
이용 빈도	매 일	511	31.2
	주3회 이상	480	29.3
	주1회 이상	647	39.5

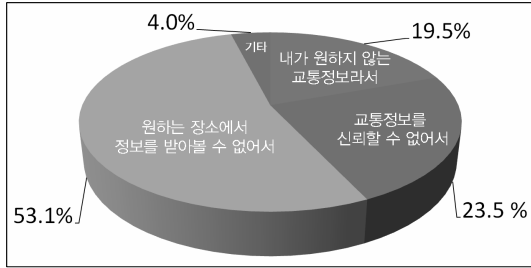
보면 성별은 남자가 60%, 여자가 40%로, 연령은 40대 미만과 40대 이상이 각각 50% 정도로 조사되었다.

VMS 교통정보 제공에 따른 심리적 만족감의 유무에 대해서는 도시부 도로에서 85.1%, 도시고속도로에서 84%가 가치가 있다고 응답하여 대부분의 운전자들이 VMS 교통정보에 대하여 심리적 만족감이 있다고 판단하고 있음을 알 수 있다.

심리적 만족감을 느끼는 못하는 이유로는 원하는 장소에서 정보를 받아볼 수 없어서가 53.1%로 가장 높게 나타났는데, 이는 VMS가 갖는 근본적인 한계



<그림 3> 심리적 만족감 유무  
<Fig. 3> Satisfaction



〈그림 4〉 심리적 불만족 사유  
 〈Fig. 4〉 Reasons for Dissatisfaction

점이다. 다음으로 교통정보를 신뢰할 수 없어서 (23.5%)와 내가 원하지 않는 교통정보라서(19.5%)가 불만족 사유로 나타나 VMS의 신뢰도 문제와 제공 콘텐츠의 문제가 발생하고 있는 것을 알 수 있다.

## 2. 설명변수 선정

VMS 교통정보의 이용자만족도 가치 추정모형에 영향을 미칠 것이라고 고려되는 변수를 <표 6>과 같이 제시금액, 이용실태, 운전자 의식, 개인속성의 4 가지 범주로 구분하여 설정하였다. 이용실태의 VMS 이용빈도는 단순히 VMS를 보는 것이 아니라 경로선택이나 소요시간을 확인하기 위하여 VMS를 확인하는 것으로 조사를 실시하였다. 운전자의 VMS에 대한 의식을 확인하기 위해 VMS교통정보를 신뢰하는

〈표 6〉 지불의사금액 모형의 변수 설명  
 〈Table 6〉 Variable Description of Willingness-To-Pay Model

구분	변수		설 명
종속 변수	지불의사	지불의사	제시금액에 대한 지불의사(0=없음, 1=있음)
	제시금액	제시금액	지불의사 제시금액(원)
	이용실태	운행빈도	운행 빈도(회/주)
		이용빈도	VMS 이용빈도(회/주)
독립 변수	운전자 의식	신뢰도	VMS 대한 신뢰정도 (0=신뢰하지 않음, 1=신뢰함)
		만족도	VMS에 대한 만족도 (1=매우불만족 ~ 7=매우만족)
개인속성		성별	성별(0=남자, 1=여자)
		연령	연령(세)
		소득	월별 개인소득(만원)

지에 대하여 “예”, “아니요”로 응답하게 하였으며, 만족도는 리커드 7점 척도를 이용하여 측정하였다.

## 3. 이용자만족도 가치 추정모형

종속변수가 연속변수가 아닌 이항형 변수인 경우에는 최소자승화 기준을 이용한 추정방법 대신 최대우도법(maximum likelihood)이라는 추정방법을 적용한다. 최대우도법에서는 관찰 자료의 가능성을 최대한으로 하는 값으로 파라미터를 추정치를 구한다. 로짓 모형에서 우도함수 L는 다음과 같다.

$$L = \prod [p_i^{y_i} [1 - p_i]^{1 - y_i}]$$

여기서  $y_i$ 는  $i$ 의 이항형 관찰치를  $p_i$ 는 로짓 모형을 통해 예측된 확률을 각각 의미한다. L는 각 운전자에게서 얻어진  $[p_i^{y_i} [1 - p_i]^{1 - y_i}]$ 을 모두 곱해서 얻어진다. 예측된  $p_i$ 를 실제값  $y_i$ 에 최대한 근접하게 하여 L를 최대화할 수 있는 값으로 파라미터를 추정한다.

우도함수를 극대화하기 위해서는 우도함수에 자연로그를 취한 로그 우도함수를 이용한다. 로그우도함수는 다음과 같다.

$$\ln L = \sum [y_i \ln p_i + (1 - y_i) \ln(1 - p_i)]$$

최대 우도법을 적용하는데 있어서 유의성 검증결과가 신뢰할 수 있기 위해서는 실제적인 표본의 크기가 다음의 두 가지 기준을 만족해야 한다. 첫째 미지수 하나를 추정하는 최소 10명이 필요하다.

$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k$ 과 같이 모형에  $k$ 개의 독립변수가 있다면 이때의 미지수의 절편을 포함하면  $k+1$ 개가 된다. 이 경우 10( $k+1$ )만큼의 표본이 필요하다. 둘째, 표본크기가 최소 100명 이상은 되어야 한다[12].2)

이 두 가지 조건 중 더 많은 표본크기를 제시하는 조건을 따르면 되는데 본 연구에서의 표본은 도시부도로에서 910부, 도시고속도로에서 729부로 기준을

2) Long, S.(1997), "Regression Models for categorical and limited dependent variables", Thousand Oaks, California : Sage.

만족하여 모형을 추정하는 조건을 만족시킨다.

양분선택형 질문을 통해 얻어지는 결과는 제시된 금액에 대한 운전자의 “예/아니오”의 응답으로 이용자만족도에 대한 실제지불의사액이 아닌 제시금액에 대한 수락 여부자료만 얻게 된다. 이러한 이항의 자료를 분석하는 모형으로는 확률선택모형인 프로빗 모형과 로짓 모형이 있다. 확률효용이론에서는 이 효용이 확률적으로 변동한다고 생각해서 효용함수의 오차항의 분포를 정규분포 또는 웨이블 분포로 가정하느냐에 따라 프로빗 모형과 로짓 모형으로 나누어진다. VMS 교통정보의 이용자만족도 가치를 추정하기 위하여 본 연구에서는 로짓 모형을 통한 Hannemann<sup>3)</sup>의 선택식을 이용하였다. 로짓 모형은 반응값이 연속적이지 않고 범주형일때 사용하는 분석기법으로, 이때에 성공확률을 추정하고, 그 값에 유의한 영향을 미치는 설명변수가 무엇인가를 알아볼 수 있다. 또한 본 연구에서는 지불의사에 대하여 “예”, “아니오”로 조사를 실시하여 이항로짓모형을 적용하였다. 본 연구에서 사용한 로짓 모형의 기본식은 효용함수의 확률선택분포가 Weibull 분포를 따른다는 것이며 기본식은 다음과 같다.

<표 7> VMS 이용자만족도 가치 추정 모형  
<Table 7> Value Estimation Model of User Satisfaction

변 수	Estimated Parameter	S.E	Wald	df	Sig.
제시금액	-0.944**	0.131	52.187	1	0.000
운행빈도	-0.015	0.151	0.010	1	0.919
이용빈도	0.793**	0.145	29.979	1	0.000
신뢰도	0.848	0.522	2.638	1	0.104
만족도	0.764**	0.114	44.775	1	0.000
성별	0.507*	0.246	4.235	1	0.040
연령	-0.035*	0.013	6.695	1	0.010
소득	-0.003	0.047	0.006	1	0.941
Model Coefficients	-	-	203.27	8	0.000

\*\*는 유의수준 1%에서, \*는 유의수준 5%에서 유의

3) Hanemann W. M.(1984), "Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete response", American Journal of Agricultural Economics, 66, pp.332~341

$$\Pr(yes) = (1 + e^{-\Delta V})^{-1}$$

$$\text{여기서, } V = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

VMS 교통정보 제공에 따른 심리적 만족감에 대하여 “가치가 있다”고 응답한 1,386건 만을 이용하여 모델을 추정하였다.

분석결과 유의수준 0.05에서 이용실태 중 ‘이용빈도’, 운전자 의식 중 ‘이용자만족도’, 개인속성 중 ‘성별’, ‘연령’만이 채택되었다. 결과적으로 추정된 모형을 살펴보면 남자가 여자보다 지불할 확률이 높으며 연령이 어릴수록 지불할 확률이 높은 것으로 분석할 수 있다. 또한 이용빈도가 높고 이용자만족도 높은 운전자일수록 지불할 확률이 높아진다고 분석할 수 있다. 그러나 운행빈도, 신뢰도, 소득의 경우 낮은 유의성을 나타내어 모형에 대한 설명력이 부족한 것을 알 수 있다. 모형의 적합도는 기저모형과 분석모형의 Chi-square 차이가 203.27로 유의수준 0.05에서 유의한 것으로 분석되었다.

#### 4. 평균지불의사액의 추정

$F_{\eta}(\Delta V)$ 가 로지스틱분포를 따르고  $V$ 가 제시금액에 대해 선형이라고 가정하면 WTP의 평균은 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} E(w) &= \int_0^{\infty} F_{\eta}(\Delta v) dA - \int_{-\infty}^0 [1 - F_{\eta}(\Delta v)] dA \\ &= \int_0^{\infty} \frac{1}{1 + e^{-(\alpha - \beta A)}} dA - \int_{-\infty}^0 \frac{1}{1 + e^{\alpha - \beta A}} dA \end{aligned}$$

여기서, 첫 번째 항의  $e^{\alpha - \beta A} \equiv t$  라고 치환하여 양변을 미분하면  $-\beta e^{\alpha - \beta A} dA = dt$  가 된다. 두 번째 항에 대해서도  $e^{-(\alpha - \beta A)} \equiv t$  라고 치환하면  $\beta e^{-(\alpha - \beta A)} dA = dt$  가 되며 적분구간을 재정리하여 계산하면 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} E(w) &= -\frac{1}{\beta} \int_{e^{\alpha}}^0 \left[ \frac{1/t}{1+1/t} dt + \int_0^{-e^{\alpha}} \frac{1/t}{1+1/t} dt \right] \\ &= \frac{1}{\beta} \int_{e^{-\alpha}}^{e^{\alpha}} \frac{1}{1+t} dt = \frac{\alpha}{\beta} \end{aligned}$$



결론적으로  $E(X) = \alpha / \beta_{vid}$ 로 추정될 수 있다.

$$\text{여기서, } \alpha = \sum_{i=1}^n (\mu_{\beta_i} \times \beta_i)$$

$\mu_{\beta_i}$  : 변수의 데이터의 평균값

$\beta_i$  : 변수들의 추정된 파라미터

$\beta_{vid}$  : 지불의사액변수의 추정된 파라미터

위 방법을 이용하여 VMS에 대한 이용자만족도의 가치를 산정한 결과 다음 <표 8>과 같다.

그 결과 이용자만족도 가치는 도시고속도로에서 82.8~107.3원/VMS로 평균 96.7원/VMS의 가치가 있는 것으로 분석되었다. 이는 운전자로 정의되는 도로이용자 1명이 해당 도로를 주행하면서 VMS를 통해 정보를 제공받음으로써 느끼는 만족감에 대한 가치로 해석할 수 있다. 도시부 도로의 경우는 71.7~82.2원/VMS으로 평균 76.3원/VMS의 가치가 있는 것으로 분석되었다.

통행목적별로 보면 출퇴근 통행의 가치가 가장 높으며 업무통행이 다음으로 가치가 높은 것으로 분석되었다. 설치수준에 의한 차이는 지역별 특성과 다른 영향요인에 의한 한계점이 존재하여 명확하게 가치차이를 구분하는 것이 어렵지만 대체로 설치수준이 높아질수록 가치가 증가하는 것으로 나타났다.

그러나 부산 동서변영로 VMS 설치수준은 0.25대/km로 서울 내부순환도로 설치수준인 0.29대/km에 다소 미치지 못하나 VMS가치는 오히려 큰 것으로

<표 8> VMS 이용자만족도 가치  
<Table 8> Value of User Satisfaction by VMS

구 분	통행목적별 가치(원/VMS)				전체	
	출퇴근	업무	여가	기타		
서울	내부순환	104.6	76.9	54.0	57.7	82.8
	올림픽대로	110.2	97.8	48.7	42.4	94.6
	북부간선	120.7	111.2	97.4	45.0	107.3
부산	동서변영로	125.8	79.5	62.3	57.4	101.9
원주		95.2	87.5	51.5	59.0	82.2
수원		89.6	77.4	49.8	68.2	80.0
부천		83.7	77.4	49.8	68.2	74.0
대전		87.0	69.0	43.6	50.0	71.7
울산		83.0	70.7	42.3	47.3	73.8

<표 9> VMS 교통정보 가치 비교평가

<Table 8> Comparison of VMS information Value

구 분	구 분	교통정보 가치
기존 연구	휴대폰, PDA 고속도로교통정보 <sup>1)</sup>	1,365원
	VMS 국도교통정보 <sup>2)</sup>	25.7원~77원
본 연구	VMS 교통정보 (이용자만족도 가치)	82.2원~107.3원

- 1) 김준정(2004), “교통정보 가치산정 방법에 대한 비교 연구 :고속도로 교통정보를 중심으로”, 대한토목학회 논문집-D 제24권 제6호, 대한토목학회, pp.881~888
- 2) 국토해양부(2008), “국도ITS 기본계획 수립에 관한 연구 -국도ITS효과분석 및 수요전망”. pp.35~87

분석되었다. 이는 공급수준이외의 본 연구에서 고려하지 못한 서울시와 부산시의 VMS정보 제공방식, 정보제공횟수 및 정보제공 내용 등과 같이 정보의 품질이라 정의할 수 있는 측면도 이용자 만족도 가치화 정도에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 따라서 향후 정보품질 수준에 따른 이용자 만족도 가치에 대한 심도 있는 후행연구가 있어야 할 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 도출된 VMS 교통정보의 가치를 김준정(2004)의 연구 결과와 비교해 보면 휴대폰, PDA 가치에 비해 VMS 가치가 현저히 낮게 나타나 유료정보 매체보다 무료로 이용하는 VMS가치를 운전자들이 낮게 평가하는 것을 볼 수 있었다. 반면 국토해양부(2008)의 25.7원~77원과는 큰 차이를 보이진 않지만 다소 높게 나타났는데, 이는 기존연구에서 유료교통정보의 평균이용료인 220원을 상한액으로 설정한데 반해 본 연구에서는 개인이 느끼는 심리적 만족감에 대하여 상한액 설정이 이용자의 만족감을 과소 추정할 수 있어 상한액을 설정하지 않은 결과로 보인다.

## V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 VMS교통정보 제공에 따른 이용자만족도 가치를 산정하기 위하여 조건부가치평가법(CVM)을 이용하여 VMS의 이용자만족도 가치를 산정하고자 하였으며, 지역별로 이용자만족도 가치가 차이가

있는지를 분석하고자 하였다.

전국의 VMS 이용자 1,800명을 대상으로 설문조사를 실시하여 이용자만족도 가치 추정 모형을 구축하였으며 편익을 산정하였다. 그 결과 이용자만족도 가치는 도시고속도로에서 82.8~107.3원/VMS로 평균 96.7원/VMS, 도시부 도로의 경우는 71.7~82.2원/VMS로 평균 76.3원/VMS의 가치가 있는 것으로 추정되어 도시고속도로와 도시부도로에서 차이를 보이는 것으로 분석되었다. 본 연구를 통해 대체로 설치수준이 높아질수록 가치가 증가하는 것으로 나타났으나, 명확한 VMS 설치수준과 이용자 만족도와의 관계는 지속적인 연구를 통해 규명해야 할 과제이다. 또한 설치수준이외의 정보품질과 이용자 만족도 관계에 대한 지속적인 연구도 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 이용자만족도 가치를 원/VMS로 산정하였는데 이는 향후 ITS 사업평가시 반영의 용이성을 위함이었다. 그러나 교통정보의 이용자만족도 가치는 어느 관점에서 보느냐에 따라 가치 평가의 단위가 달라질 수 있을 것이다. 따라서 향후 원/건이나 원/일로 볼 경우와 차이에 대한 분석이 필요할 것으로 생각된다. 또한 VMS 이용자만족도의 가치는 통행목적 뿐만 아니라 지역특성 및 정보유형에 영향을 받을 수 있어 이를 반영하여 이용자만족도의 가치를 평가할 필요성이 있을 것이다.

또한 조건부가치평가법은 가상시나리오를 설정하여 가치를 평가하는 방법이기 때문에 시나리오 설정, 설문조사 방법, 제시금액, 변수의 적절한 선택 등에 따라 다양한 결과가 나타날 수 있다. 따라서 향후 설문조사에 따른 편익 발생 최소화 및 이용자만족도에 영향을 미치는 변수 선정이 정확히 이뤄진다면 VMS 이용자만족도의 가치를 정확하게 산정할 수 있을 것으로 판단된다.

마지막으로 이용자만족도 편익을 산정하기 위해서는 적용시 설치수준별 이용자만족도 가치의 변화에 대한 평가가 필요할 것이다. 이를 통하여 편익 산정시 반영할 수 있는 가치함수를 도출하고 설치수준별 이용자만족도 가치를 산정해야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] ITS코리아(<http://www.itskorea.or.kr>), ITS 정의
- [2] R. C. Michell and R. T. Carson, *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*, Resources for the Future, 1989.
- [3] 장연수, 김태형, 정정민, *ITS 투자평가편람 작성을 위한 연구*, 한국교통연구원, 2007. 1.
- [4] 김준정, “교통정보 가치산정 방법에 대한 비교연구 :고속도로 교통정보를 중심으로,” *대한토목학회논문집*, 제24권, 제6D호, pp. 881~888, 2004. 11.
- [5] 빈미영, 김효빈, “실시간 버스도착정보의 가치 측정에 관한 연구,” *대한교통학회지*, 제23권, 제6호, pp. 81~89, 2005. 10.
- [6] 국토해양부, *국도 ITS 기본계획 수립에 관한 연구 -국도 ITS효과 분석 및 수요 전망*, pp.35~87, 2008.
- [7] 손영국, 이병국, 엄영숙, 남궁문, “조건부가치측정법을 이용한 교통정보제공시스템 도입에 대한 편익추정에 관한 연구,” *대한토목학회논문집*, 제22권 제2D호, pp. 229~235, 2002. 3.
- [8] Y. Hayashiyama, S. Tanabe, and F. Hara, “Economic evaluation of snow-removal level by contingent valuation method”, *Transportation Research Record*, pp. 183-190, Jan. 2007.
- [9] A. Alberini, “Optimal designs for discrete choice contingent valuation surveys: single-bound, double-bound, and bivariate models,” *J. Environmental Economics and Management*, vol. 28, no. 3, pp. 287~306, May 1995.
- [10] W. M. Hanemann, “Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete response,” *American J. Agricultural Economics*, vol. 66, pp. 332~341, Mar. 1984.
- [11] W. M. Hanemann, “Some issues in continuous and discrete response contingent valuation studies,” *Northeast J. Agricultural Economics Division*, Apr. 1985.
- [12] S. Long, *Regression Models for categorical and limited dependent variables*, Thousand Oaks, 1997.

저자소개



연복모 (Yeon, Bok-Mo)

2010년 3월 ~ 현재 : 국토연구원 국토인프라·GIS연구본부 연구원  
2010년 2월 : 서울시립대학교 교통공학과 공학석사



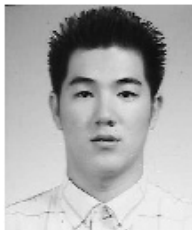
홍지연 (Hong, Ji-Yeon)

2009년 3월 ~ 현재 : 서울시립대학교 교통공학과 박사과정  
2004년 7월 ~ 2006년 11월 : 인천광역시 교통국 교통전문직  
2002년 12월 ~ 2004년 6월 : 교통개발연구원 도로교통연구실 위촉연구원  
2000년 11월 ~ 2001년 12월 : 교통개발연구원 광역교통연구실 위촉연구원  
2001년 2월 : 연세대학교 공과대학 도시공학과 공학석사(교통공학 전공)



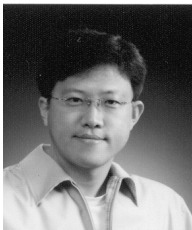
이수범 (Lee, Soo-Beom)

2002년 3월 ~ 현재 : 서울시립대학교 교수  
2002년 1월 ~ 2002년 2월 : 교통개발연구원 도로교통실장  
2001년 7월 ~ 2002년 1월 : 교통개발연구원 기획조정실장  
1999년 6월 ~ 2001년 7월 : 교통개발연구원 도로교통팀장  
1995년 8월 : 미국 위스콘신대학 토목공학과 공학박사(교통공학전공)  
1990년 5월 : 미국 위스콘신대학 토목공학과 공학석사(교통공학 전공)



임준범 (Lim, Joon-Bum)

2009년 3월 ~ 현재 : 서울시립대학교 교통공학과 석사과정



문병섭 (Moon, Byeong-Sup)

2001년 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 첨단교통연구실 수석연구원  
2002년 8월 : 서울대 대학원 환경계획학과 도시계획학박사  
2001년 2월 : 스웨덴 린쉬핑대학교 교통공학석사  
1993년 2월 : 서울대 환경대학원 도시계획학석사