

■ 論 文 ■

# 부가교통정보시스템(VTIS) 이용수요예측 및 적정이용료 산정에 관한 연구

Disaggregate Demand Forecasting and Estimation of the Optimal Price for VTIS

정 현 영

(부산대학교 도시공학과 교수)

진 재 열

(부산대학교 도시공학과 석사수료)

손 태 민

(한진개발공사)

## 목 차

- I. 서론
  - 1. 연구의 배경 및 목적
  - 2. 연구의 범위 및 방법
- II. VTIS 개요 및 관련연구
  - 1. VTIS 정의
  - 2. VTIS 관련연구
- III. 자료의 수집 및 구성
  - 1. 조사의 개요
  - 2. 조사자료의 구성
- IV. VTIS 서비스 이용수요예측
  - 1. VTIS 선호도 분석
  - 2. VTIS 서비스 이용수요예측모형
  - 3. VTIS 서비스 이용률 산정
- V. VTIS 서비스 이용료 지불방식별 적정이용료 산정
  - 1. VTIS 서비스 이용료 지불방식별 선호도 분석
  - 2. 이용료 지불방식별 이용행태모형의 이론적 고찰
  - 3. VTIS 서비스 이용료 지불방식별 이용률산정
  - 4. VTIS 이용료 지불방식별 민감도분석
  - 5. VTIS 서비스 적정이용료 산정
- VI. 결론  
참고문헌

Key Words : VTIS, 이용수요, 이항로짓, 지불방식, 이용행태모형, 순서형 프로빗, 민감도, 적정이용료

## 요 약

교통운영의 효율성과 안전성을 획기적으로 향상시키는 차세대교통체계인 ATIS 하부시스템 중 공공성과 사업성을 동시에 가지는 VTIS는 매우 중요하다. 특히, 특정이용자의 수요에 따라 상세한 교통정보를 제공할 뿐만 아니라, 민간부문의 참여도가 높아 부가적인 파급효과의 기대가 크므로 시급한 도입이 예상된다. 하지만 VTIS 서비스 제공매체는 상당히 다양하기에 각 제공매체별로의 적정요금과 요금지불방식도 상당히 다양해지므로, 이에 대한 적절한 기준이나 연구가 시급한 실정이다. 하지만 기존 연구들은 최적경로 산정에만 치중되어 있어 서비스 이용수요와 이용자의 입장이 고려된 적정이용료 산정에 대한 연구는 전무하다. 따라서 본 연구는 가상의 다른 가격시나리오 하에서 VTIS 서비스의 이용여부를 설문조사하고, 이항로짓모형을 이용하여 운전자들의 이용수요를 예측하였다. 그리고 설문조사시 이용응답자를 대상으로 순서형 프로빗 모형을 이용하여 각 지불방식별로 이용행태 범주별로 이용률을 산정하고 이에 민감도 분석을 실시하여 월별 지불방식에서는 2800원, 통화당 지불방식에서는 한 통화당 145원의 적정이용료를 산정하였으며 이때의 VTIS 서비스 이용률은 각각 65%와 75%로 나타났다.

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

도시교통문제를 해결하려는 정책적·기술적 노력의 일환인 첨단교통정보시스템(Advanced Traffic Information System : 이하 ATIS)은 현재 교통상황을 타개하기 위해선 매우 중요한 사업일 뿐만 아니라 공공성과 상업성을 동시에 가지고 있다. 특히 ATIS 사업중 부가교통정보시스템(Value-added Traffic Information System : 이하 VTIS)은 특정이용자에게 교통상황에 대한 전반적인 정보를 다양한 매체를 통해 제공하고, 수혜자부담을 원칙으로 이용요금을 부과하여 수익을 얻기 때문에 민간부문의 참여가 상당히 높은 사업이라 할 수 있다. 따라서 이용자가 요구하는 정보의 질과 종류에 따라 언제든지 선택이 가능한 VTIS 서비스의 시급한 도입이 예상된다. 하지만, VTIS사업의 도입에 앞서, 이용수요의 예측 및 적정이용료에 대한 사전평가나 연구가 있어야 하지만, 국내에는 이에 대한 관련연구나 평가가 매우 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 운전자에게 VTIS 교통정보서비스를 제공했을 때, VTIS 서비스의 이용수요와, 공급자와 소비자가 동시에 만족할만한 적정이용료에 대한 기준을 파악하고자 하는 것을 목적으로 한다.

### 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 VTIS 서비스에 대한 운전자의 이용수요를 사전에 예측하기 위해서, 부산시의 차량운전자들 대상으로 행한 선호의식자료(Stated Preference Data)와 개별행태모형을 이용하여 VTIS 서비스에 대한 선호를 분석하고, 가상의 선택 시나리오하에서 VTIS 서비스 이용수요예측모형을 구축하여 이용률을 산정한다. 그리고 VTIS를 이용하겠다는 응답자에 한해서, VTIS 이용료 지불방식별로 이용료에 따른 개인의 이용행태인 이용횟수와 이용정도를 4범주로 구분하고 순서형 프로빗 모형을 이용하여 각각의 이용행태 범주별로 이용률을 산정한다. 또한 각 지불방식별로 이용료에 대한 민감도 분석을 실시하여, 공급자와 소비자 모두에게서 적정이용료라 생각되는 단위 탄력점을 추정한다. 여기서 이용료 지불방식은 VTIS 제공매체별로 적용 가능하리라 생각되는 월별 정액제와 통화당 지불방식제로 가정하였다.

## II. VTIS 개요 및 관련연구

### 1. VTIS 정의

ITS 국가 아키텍처에 의하면, ATIS는 제공되는 서비스 수준과 구축시스템에 따라 TRIS와 VTIS으로 구분된다. 먼저 TRIS은 공공 혹은 준공공 영역의 부분으로 라디오교통방송과 같이 주로 불특정다수를 위한 단 방향의 물리적 정보제공 특성을 갖는다. 하지만 VTIS은 민간영역에 해당하는 시스템으로서, 공공기관 및 편의시설의 위치, 도로의 상태, 경로안내에 관한 주행전 사전정보 및 실시간 교통정보를 차량운전자 및 여행자들에게 제공함으로써 도로의 안전 및 도로 이용효율을 극대화하는데 목적이 있다. 그리고 VTIS 서비스는 종류 및 내용이 향후 민간 사업자나 서비스 받고자 하는 이용자의 성향에 따라 다양하게 적용될 수 있는데, ITS 아키텍처상에서 정의된 서비스를 보면, ①여행자 정보제공서비스, ②운전중 여행정보서비스, ③주행안내서비스로 구분된다. 이들 각 제공서비스의 세부내용과 제공매체는 <표 1>과 같다.

### 2. VTIS 관련연구

국내의 교통정보에 관한 연구는 대부분 공공부문의 ATIS 사업과 최적경로선택에 관한 연구들이 대부분이고, 실수요자인 운전자들의 교통정보에 대한 지불의사에 관한 연구들은 전무하다고 할 수 있다. 하지만, 미국이나 유럽에서는 ATIS의 사업이 상업화할 경우, 해당 대상지역의 이용자를 대상으로 교통정보에 따른 지불의사액을 파악한 연구들이 상당수 있고 이를 살펴보면 다음과 같다.

Harris와 Konheim(1995)은 New York에서 이용자중 88%가 ATIS를 원하는 것으로 나타났고, 이용자들의 78%가 ATIS를 위해 약 월 11달러 정도를 지불할 의사를 밝혔다. Englisher는 Boston 지역을 대상으로 SmarTraveler라는 교통정보서비스의 시장성을 평가를 실시하였다. 먼저 1996년 연구에서는 61%의 SmarTraveler 이용자 중 월 2.5달러일 때는 이용자 중 50%, 월 10달러일 때는 아무도 교통정보를 이용하려고 하지 않다는 것을 보였다. 1997년 연구에서는 월 2.5달러일 때 Bonston 지역의 이용자의 61%, 월 5달러일 때는 이용자의 70%가 이용

〈표 1〉 VTIS 제공서비스별 세부내용과 서비스 매체

제공 서비스	세부내용	서비스 매체
여행자 정보 서비스	· 여행자별 여행경로 및 비용결정 · 예정경로 날씨, 교통상황정보 · 예정경로 내 대안교통수단정보 · 경로 내 편의시설정보	인터넷, ARS, RDS-TMC, Kiosk, 유무선전화기
운전 중 여행정보 제공기능	· 여행가능경로 결정 · 경로별 여행정보 및 예약 · 경로별 도로, 교통상황정보 · 최적경로결정 · 경로 내 긴급구간 요청, 시설 정보 · 경로내 전 방향 대체(우회)경로	Car Navigator System
주행안내 서비스	· 최적경로결정, 여행시간 · 경로유도기능 · 차량상태 자동진단기능 · 경로 내 동적, 정적 주차정보 안내 · 경로 내 날씨, 노면상태 정보	Car Navigator System

자료) 교통개발연구원(1998), "수도권 첨단교통체계(ATIS) 상세설계 및 세부사업시행방안 최종보고서 I, II".

하지 않겠다고 응답하였고 32%는 무료로 서비스를 이용하고자 함을 보였다. Kim & Vandebona(1999)는 호주 시드니에서 통화당 0.25달러일 때 수요가 33% 임을 보였다. 여기까지는 실제 무료교통정보 이용자를 대상으로 이용료 부과시 이용수요를 분석한 연구들이지만, Polydoropoulou(1996, 1997년)는 Boston 지역에서 SmarTraveler의 이용자와 비이용자 대상의 전화 SP 조사를 통해, 이용자들이 통화당 요금제를 월별 정액요금제보다 더 선호하는 것을 보였고 월 2.5 달러일 때 약 38%의 이용률을 보였다. 또한 Khattak (1999)는 교통정보서비스를 가상의 상황에서 상업화 하였을 때 통화당 0.25달러일 경우에 통화수가 증가하고, 더 높이면 통화수가 줄어든다는 것을 보였다. 이는 한계효용이 최대가 되는 이용료로 이용자 측면이 상당히 고려된 연구라 할 수 있다.

위와 같이, VTIS 교통정보서비스에 대한 이용수요와 이용지불의사액을 파악할 수 있다면 국내 VTIS 사업의 활성화에 상당한 도움이 될 수 있을 것이다.

### III. 자료의 수집 및 구성

#### 1. 조사의 개요

본 연구에서 VTIS 이용 선호도조사 및 적정이용료

〈표 2〉 조사의 개요

조사일시	2001년 10월 10일~11월 5일
대상	부산시민들 중 차량운전자
내용	응답자 개인속성 (연령, 성별, 소득, 직업, 운전횟수 등) 가상시나리오별 VTIS 교통정보의 선호도 가상시나리오별 VTIS 교통정보 이용료 지불 방식별 선호도
배포수	500부
회수표본	392부(회수율:78.4%)
유효표본	245부(유효회수율:49.0%)

산정을 위해서 부산시에 거주하는 운전자를 대상으로 설문조사를 시행하였다. 조사는 2001년 10월 10일부터 11월 5일까지 운전자를 대상으로 직장방문·면접조사를 실시하였으며, 총 500부의 설문지를 배포하여 78.4%인 392부가 회수되었고 이중 유효한 설문지는 245부로 49.0%이었고, 회수된 설문지의 62.0%이었다. 이에 대한 전반적인 개요는 〈표 2〉와 같다. 특히 조사대상자의 이해를 위해 설문조사시 기존 라디오 교통방송과 VTIS 서비스 제공정보 내용에 대한 가상의 비교 예를 제시하였고 이러한 정보의 제공매체로서 ARS, 유·무선인터넷, Car Navigation, FAX 등 있다는 것을 분명히 제시하였다.

#### 2. 조사자료의 구성

본 연구에서는 VTIS 이용수요와 적정이용료 산정을 위해 개인특성자료와 선호의식자료를 이용하였다. 개인특성자료로는 사회·경제적요인과 통행특성요인으로 구성된다. 선호의식자료는 이용수요예측 부분에서는, VTIS 비이용시, 예상통행시간을 60분으로 고정하고, VTIS 이용으로 인한 단축되는 예상통행시간과 이용료를 가상으로 제공하였을 때, 이용 여부를 질의하는 내용이다. 여기서 예상통행시간을 60분으로 고정한 이유는 사전조사시 하루평균운전시간에 대한 응답으로 60분이 가장 많았기 때문이다. 다음으로 적정이용료 산정부분에서는, 각 VTIS 서비스 이용료 지불방식별로 이용료 변화에 따라 운전자의 정보이용행태를 각각 4범주로 나누어 질의한 것이다. 설문조사의 각 요인별 세부항목은 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 설문조사의 각 요인별 세부항목

설문조사 자료요인		세부항목
개인 특성 자료	사회·경제적요인	성별, 학력, 연령, 월평균 소득
	통행특성요인	운전경력, 운전횟수/7일, 평균운전 시간/일
선호의식 자료	SP실험-1 (이용수요 예측모형)	비이용시, 예상통행시간 60분 고정, 이용료 0원
		VTIS 서비스 이용시, 단축된 예상통행시간, 이용료 제공시 이용여부 질의
	SP실험-2 (적정 이용료 산정 모형)	통화당 이용료 변화시, 일주일당 이용통화횟수 4범주로의 질의 (1통화미만, 1~4통화, 5~9통화, 10통화이상)
	월당 정액이용료 변화시, 서비스 이용정도를 4범주로 질의 (만드시 비이용, 비이용, 이용, 반드시 이용)	

〈표 4〉 이용수요예측을 위한 선호의식조사의 개요

SP 조사	세부항목
VTIS 비이용시	예상통행시간 60분 고정, 이용료 0원
VTIS 이용시	절약시간만큼 단축된 예상통행시간 50분, 40분, 30분, 이용료 300원, 200원, 100원 제공시 이용여부질의

〈표 5〉 가상시나리오별 VTIS 서비스 이용응답률

예상소요통행시간 (단축 시간)	VTIS정보이용료 (1통화당 1분 소요)	이용응답률(%)
50분(10분 단축)	300원	14.3
50분(10분 단축)	200원	19.2
40분(20분 단축)	300원	28.2
40분(20분 단축)	200원	48.2
30분(30분 단축)	300원	48.6
50분(10분 단축)	100원	54.3
30분(30분 단축)	200원	65.3
40분(20분 단축)	100원	81.2
30분(30분 단축)	100원	89.0

## Ⅳ. VTIS 서비스 이용수요예측

### 1. VTIS 선호도분석

VTIS 서비스 이용수요예측모형 구축을 위한 선호의식조사의 개요는 〈표 4〉와 같다. 각 가상의 조건하에 있어서, VTIS 서비스 이용의사의 응답 결과는 〈표 5〉에 나타나 있다. 여기에서, 예상통행시간이 50분, VTIS 서비스 이용료가 300원(1통화당 1분 소요시) 일 때 14.3%로 가장 낮게 나타났고, 반면에 예상통행시간이 30분, 이용료가 100원일 때 89.0%로 가장 높은 이용의사를 보였다.

### 2. VTIS 서비스 이용수요예측모형

#### 1) VTIS 이용수요예측모형의 구축

본 연구에서는 이항로짓모형(Binary Logit Model)을 이용하여 VTIS 서비스 이용수요예측모형을 구축하였다.

우선 VTIS 서비스 이용여부에 영향을 미칠 수 있다고 생각되는 변수 모두를 투입하여 Model 1을 구축한 뒤, t 검정을 통해, 유의수준 0.05에서 (t)>1.833) 유효한 변수라 판단되는 5개 변수만을 고려하여 Model 2를 다시 구축한다. 여기에서 투입되는 변수로는 공급특성변수와 수요특성변수로 구분할 수 있고,

〈표 6〉 VTIS 서비스 이용수요예측모형 투입변수의 특성 및 내역

특성	구분	변수명	내역
수요특성	개인특성	성별	Gender 남=1, 여=0
		연령	Age Value(연령)
		학력	Study Value(학력)
		월소득	Income Value(월소득별)
	통행특성	운전경력	Dcareer Value(운전경력)
		운전횟수	Dnum Value(운전횟수/일주일)
평균운전시간		Dtime Value(평균운전시간/일)	
공급특성	예상통행시간	Time Value(분)	
	정보이용료	Cost Value(원)	

이 변수들이 모형에 적용될 때의 변수명과 세부내역은 〈표 6〉에 나타나 있다.

#### 2) 이용수요예측모형 결과 및 고찰

##### (1) Model 1

VTIS 서비스 이용여부에 영향을 줄 것이라고 예상되는 변수 9개 모두를 투입한 Model 1의 결과는 〈표 7〉과 같다. 공급특성변수인 단축된 예상통행시간과 VTIS 서비스 이용료는 모두 유의수준 1%내에서

〈표 7〉 VTIS 이용수요예측모형의 결과

설명변수		Model 1	Model 2	
상수항		5.937 (12.778***)	6.006 (15.382***)	
공급 특성 변수	예상통행 시간(분)	-0.100 (-15.427***)	-0.100 (-15.422***)	
	VTIS정보 이용료(원)	-0.011 (-17.112***)	-0.011 (-17.108***)	
수요 특성 변수	개인속성 변수	성별 (남성=1)	0.214 (1.381)	-
		연령	0.033 (0.408)	-
		학력	-0.005 (-0.092)	-
		월소득	0.384 (4.848***)	0.403 (6.609***)
	통행 특성 변수	운전경력	-0.034 (-0.500)	-
		운전횟수 (/일주일)	-0.350 (-6.393***)	-0.342 (-6.397***)
		평균운전 시간 (/일)	0.139 (2.123**)	0.145 (2.279**)
L(α)		-1528.351	-1528.351	
L(β)		-1207.775	-1208.775	
ρ <sup>2</sup>		0.210	0.209	

주) ( ) : t값, \*\*\* : 0.01, \*\* : 0.05, \* : 0.1

통계적으로 유의성을 지닌다. 또한 계수치도 음의 부호를 나타내고 있어 VTIS의 서비스를 이용할 경우, 예상통행시간과 이용료가 높아질수록, VTIS 서비스 이용에 따른 효용에 부의 영향을 미친다는 것을 나타낸다. 이는 일반적인 판단과 일치하므로 적절하게 추정되었다고 볼 수 있다. 수요특성변수인 개인속성변수들 중에서는 양의 부호를 나타내는 월소득만이 유의수준 1%에서 통계적으로 유의성을 나타내고 계수값도 가장 크므로, VTIS 이용에 따른 효용에 가장 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다. 통행특성변수들 중에서는 하루동안의 평균운전시간이 5%에서, 일주일당 운전횟수가 유의수준 1%에서 통계적으로 유의성을 나타내었다. 또한 각 계수의 부호에서, 운전자의 운전횟수가 적을수록, 평균운전시간이 많을수록 VTIS 서비스의 이용효용이 높다는 것을 알 수 있다. Model 전체의 적합도를 나타내는 우도비(ρ<sup>2</sup>)가 0.210로, 통상적으로 0.2~0.4정도의 우도비에서 Model이 상당히 양호한 설명력을 갖는다고 볼 때, 양호한 적합도를 가진다고 말할 수 있다.

(2) Model 2

Model 1에서 t값이 유의수준 5%에서 통계적으로 유의한 변수(예상통행시간, VTIS 이용료, 월소득, 운전횟수, 하루 평균운전시간)만을 고려한 Model 2를 구축하였다. Model 2에서는, 하루 평균운전시간만이 유의수준 5%에서 통계적 유의성을 나타내고, 나머지 모든 변수들이 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 나타내었다. 그리고 각 변수들의 부호도 Model 1과 모두 동일함으로, VTIS 서비스 이용에 따른 효용에 미치는 영향이 같음을 알 수 있다. Model2 역시, 우도비(ρ<sup>2</sup>)가 0.209로, 양호한 적합도를 가진다고 할 수 있다.

3. VTIS 서비스 이용률 산정

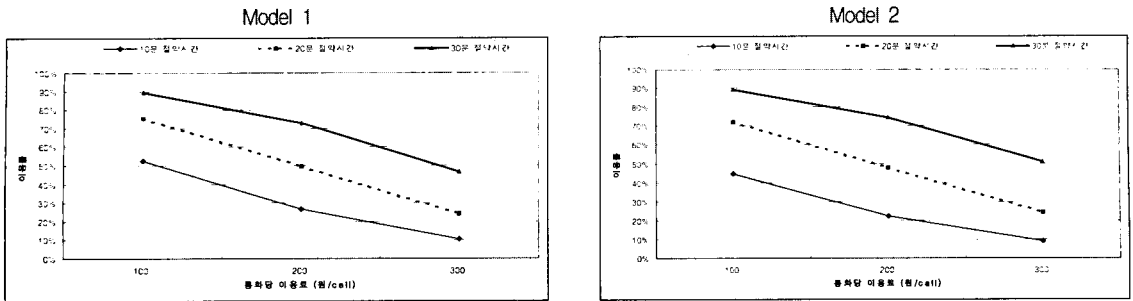
VTIS 서비스 이용률 산정을 위해, 앞에서 언급한 Model 1과 Model 2의 VTIS의 이용여부에 대한 효용함수를 나타내면 다음의 식들과 같고 이를 이용하여 각각의 이용률을 산정하고 설문지에 사용되었던 각 시나리오별로 Model 1과 Model 2의 이용률을 나타내면 〈표 8〉, 〈그림 1〉과 같다.

〈표 8〉 Model별로 추정된 VTIS 서비스 이용률

예상소요통행시간 (단축시간)	VTIS정보이용료 (1통화당 1분 소요)	VTIS 이용률(%)	
		Model 1	Model 2
50분(10분 단축)	300원	10.5	10.5
40분(20분 단축)	300원	24.2	24.3
50분(10분 단축)	200원	26.6	26.6
30분(30분 단축)	300원	46.6	46.6
40분(20분 단축)	200원	49.6	49.7
50분(10분 단축)	100원	52.7	52.7
30분(30분 단축)	200원	72.9	72.9
40분(20분 단축)	100원	75.3	75.2
30분(30분 단축)	100원	89.2	89.2

● Model 1

$$V_{VTIS이용} = 5.937 + (-0.100 * Time) + (-0.011 * Cost) + (0.214 * Gender) + (0.033 * Age) + (-0.005 * Study) + (0.384 * Income) + (-0.034 * Dcareer) + (-0.350 * Dnum) + (0.139 * Dtime) \tag{1}$$



〈그림 1〉 Model별로 추정된 VTIS 서비스 이용률

● Model 2

$$V_{VTIS\text{이용}} = 6.006 + (-0.100 * \text{Time}) + (-0.011 * \text{Cost}) + (0.403 * \text{Income}) + (-0.342 * \text{Dnum}) + (0.145 * \text{Dtime}) \quad (2)$$

- \*Time : 예상통행시간(분)
- \*Income : 월소득
- \*Cost : 서비스 이용료(원)
- \*Dcareer : 운전경력
- \*Gender : 성별
- \*Dnum : 일주일당 운전횟수
- \*Age : 연령
- \*Dtime : 하루 평균운전시간
- \*Study : 학력

V. VTIS 서비스 이용료 지불방식별 적정 이용료 산정

1. VTIS 서비스 이용료 지불방식별 선호도 분석

설문조사에서 VTIS 서비스 이용여부는 〈표 9〉와 같다. 그리고 이용응답자를 대상으로, 지불방식별 이용료에 따른 VTIS 서비스 이용행태에 대한 응답의

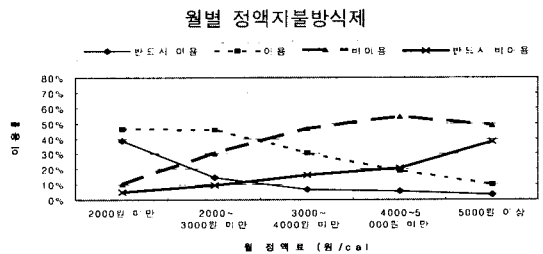
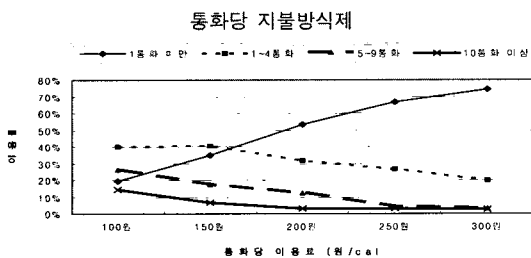
결과는 〈표 10〉과 〈그림 2〉에 나타났다.

〈표 9〉 VTIS 서비스 이용의사 응답 설문지 수

구분	이용	비이용	합계
응답수	201 (82.0%)	44 (18.0%)	245 (100%)

〈표 10〉 지불방식별 VTIS 서비스 이용응답률

월별 정액제	이용료(원)	반드시 이용	이용	비이용	반드시 비이용
	2,000원 미만	38.4%	46.5%	10.2%	4.9%
2,000 ~ 3,000원 미만	14.7%	45.7%	30.2%	9.4%	
3,000 ~ 4,000원 미만	6.5%	31.0%	46.5%	16.0%	
4,000 ~ 5,000원 미만	5.7%	19.2%	54.3%	20.8%	
5,000원 이상	3.2%	10.2%	48.6%	38.0%	
통화당 지불제	이용료(원)	1통화 미만	1~4 통화	5~9 통화	10통화 이상
통화당 지불제	100원	19.6%	40.0%	26.1%	14.3%
	150원	35.1%	40.4%	17.6%	6.9%
	200원	53.1%	31.8%	12.2%	2.9%
	250원	66.5%	26.5%	4.1%	2.9%
	300원	74.3%	20.0%	3.3%	2.4%



〈그림 2〉 각 지불방식별 VTIS 서비스 이용응답률

여기서, 이용료가 높아질수록, 설문조사의 응답률이 낮아져 일반적인 판단과 일치하므로, 설문조사의 타당함을 알 수 있다.

## 2. 이용료 지불방식별 이용행태모형의 이론적 고찰

본 연구에서는, 앞서 채택한 이용료 지불방식별로 VTIS 서비스 이용료수준의 변화에 따라 실제 운전자들의 이용행태를 4범주의 순서형 선택대안으로 분석하기 위해서 종속변수가 순서형일 경우 가장 적절한 순서형 프로빗모형(Ordered Probit Model)을 사용하였다. 일반적으로 확률선택모형의 적용에 있어서 순서를 지니지 않은 종속변수의 경우(예로,  $y=0, 1$ )에는 앞서 설명한 프로빗모형 또는 로짓모형을 통하여 분석이 가능하다. 그러나, 본 연구에서와 같이, 종속변수가 단지 이항( $y=0$  또는  $1$ )이 아닌 그 이상( $y=0, 1, 2$  이상인 경우)인 경우, 또한 순서를 지닌 경우는 프로빗모형이나 로짓모형을 통한 분석이 오류를 범할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 VTIS 이용료 지불방식별로 이용행태를 분석하기 위하여 범주형 우도함수를 응용하여 적용하고자 하므로 순서형 프로빗모형에 대한 기본 개념을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 효용함수는 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$y^* = \beta'x + \epsilon \quad (3)$$

$$\epsilon \sim N(0, 1)$$

식(3)에서  $y^*$ 는 잠재효용으로, 관찰 가능한 효용( $\beta'x$ )와 관찰되지 않는 효용( $\epsilon$ )으로 나타낼 수 있다. 각 개인이 대안에 대한 선택을 결정하는 경우에 있어서는 식(4)와 같은 조건을 따른다고 할 수 있다.

$$y=0 \quad \text{if } y^* \leq 0$$

$$=1 \quad \text{if } 0 < y^* \leq \mu_1,$$

$$=2 \quad \text{if } \mu_1 < y^* \leq \mu_2,$$

$$\vdots$$

$$=J \quad \text{if } \mu_{J-1} \leq y^*. \quad (4)$$

식(4)에서 나타난  $y$ 는 개인이 선택 가능한 대안들의 집합이며, 나머지 부분은 개인의 잠재효용에 해당된다. 즉, 개인의 잠재효용이 0보다 작거나 같은 범주안에 속하게 되면 개인의 선택대안은  $y=0$ 이 되며,

잠재효용의 범주가 0보다 크거나 같고  $\mu_1$  보다 작은 경우 선택대안은  $y=1$ 이 된다. 여기서  $\mu$ 는 각 설명변수의 추정계수  $\beta'$ 를 취하여 추정할 수 있는 미지의 파라미터이며 이를 한계값(threshold)이라 한다. 또한 이는 대안에 대한 선택확률을 계산하는 데 이용 가능하다.  $\epsilon$ 를 표준정규분포로 가정한 경우에 순서형 프로빗모형이라고 하며, 표준로짓분포로 가정한 것이 순서형 로짓모형이므로 본 연구에서는 한 개인이 지니는 1개의 회답의 우도는, 표준정규누적분포함수  $\Phi$ 로서 식(5), 식(6)과 같이 표현하는 것이 적절하다고 판단하여 순서형 프로빗모형을 채택하였다. 그리고 최우추정법에 의해 추정된 순서형 프로빗모형의 각 대안별 선택확률을 나타내면 식(5)와 같이 표현할 수 있다.

$$Prob[y=0] = \Phi(-\beta'X)$$

$$Prob[y=1] = \Phi(\mu_1 - \beta'X) - \Phi(-\beta'X)$$

$$Prob[y=2] = \Phi(\mu_2 - \beta'X) - \Phi(\mu_1 - \beta'X),$$

$$\vdots Prob[y=J] = 1 - \Phi(\mu_{J-1} - \beta'X) \quad (5)$$

여기서, 위와 같은 각 대안별 선택확률을 이용하여, 본 연구에서 적용하고자 하는 각 지불방식마다 4가지 대안별 선택확률을 나타내면 식(6)과 같다.

$$Prob[y=0] = 1 - \Phi(\beta'X)$$

$$Prob[y=1] = \Phi(\mu_1 - \beta'X) - \Phi(-\beta'X)$$

$$Prob[y=2] = \Phi(\mu_2 - \beta'X) - \Phi(\mu_1 - \beta'X),$$

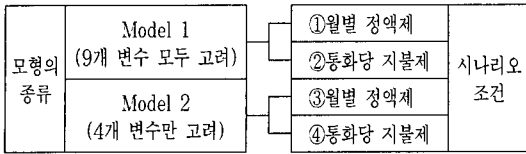
$$Prob[y=3] = 1 - \Phi(\mu_2 - \beta'X) \quad (6)$$

따라서 식(6)를 이용하여 VTIS 이용료 지불방식별로 이용료 수준변화에 따른 이용행태의 4가지 대안별 이용률을 추정하였다.

## 3. VTIS 서비스 이용료 지불방식별 이용률산정

### 1) 지불방식별 이용행태분석을 위한 순서형 프로빗 모형 개요

지불방식별로 이용료에 따른 VTIS 서비스 이용행태별 이용률을 파악하기 위해서, 순서형 프로빗 모형을 구축하였다. 본 연구에서 구축된 순서형 프로빗모형은 <그림 3>에서와 같이, VTIS 서비스에 대한



〈그림 3〉 지불방식별 순서형 프로빗 모형 구상도

〈표 11〉 지불방식별 순서형 프로빗모형 투입변수의 특성 및 내역

특성	구분	변수명	내역
수요 특성	개인 특성	성별	Gender 남=1, 여=0
		연령	Age Value(연령)
		학력	Study Value(학력별)
		직업	Job Value(직업별)
	통행 특성	월소득	Income Value(월소득별)
		운전경력	Dcareer Value(운전경력)
		운전횟수	Dnum Value(운전횟수/일주일)
공급 특성	지불 방식별 이용료	Mfare	2,000원 미만 2,000원~3,000원 미만 3,000원~4,000원 미만 4,000원~5,000원 미만 5,000원 이상
		Cfare	100원, 150원, 200원, 250원, 300원

운전자의 이용정도에 영향을 미친다고 생각되는 변수 모두를 투입한 Model 1과 그 중에서 유의성이 높다고 생각되는 변수를 선별하여 다시 구축한 Model 2로 구분된다. 그리고 각 Model은 지불방식별로 월별 정액제와 통화당 지불제로 다시 세분된다. 각 Model에 투입되는 변수의 특성과 내역은 〈표 11〉과 같다.

2) 지불방식별 순서형 프로빗 모형 결과 및 고찰

(1) Model 1

각 지불방식별 이용료에 따른 VTIS 서비스 이용행태별 순서형 프로빗 모형의 결과는 〈표 12〉와 같다. 지불방식별로 이용행태에 영향을 미친다고 생각되는 모든 변수를 투입한 Model 1의 결과를 살펴보면 다음과 같다. 공급특성변수인 지불방식별 이용료의 경우, 두 지불방식 모두에서, t값이 유의수준 1%에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났고 계수의 부호도 음의 부호로 각 지불방식별로 이용료가 높아질수록, VTIS 서비스 이용률이 낮아지는 것으로 나타

〈표 12〉 지불방식별 순서형 프로빗 모형 결과

설명변수	Model 1		Model 2		
	월별 정액제	통화당 지불제	월별 정액제	통화당 지불제	
	계수값	계수값	계수값	계수값	
상수항	2.189 (8.211***)	0.935 (3.261***)	2.735 (18.901***)	1.574 (10.244***)	
공급 특성	이용료	-0.561 (-20.279***)	-0.889 (-16.339***)	-0.557 (-20.498***)	-0.881 (-16.278***)
	개인 속성	성별 (남성=1)	0.052 (0.435)	0.106 (0.809)	-
연령		0.246 (4.211***)	-0.097 (-1.470*)	0.204 (3.988***)	-0.143 (-2.311**)
학력		0.120 (2.716**)	0.054 (1.240)	-	-
월소득		0.094 (1.775*)	0.143 (2.501**)	0.156 (3.408**)	0.194 (3.583**)
통행 특성	운전경력	-0.095 (-1.879**)	0.105 (1.944**)	-0.105 (-2.256**)	0.124 (2.343**)
	운전횟수 (/일주일)	-0.049 (-1.254)	0.066 (1.596*)	-	-
	평균운전 시간( /일)	0.090 (1.890**)	0.066 (1.355)	-	-
$\mu_1$	1.347 (22.431)	1.219 (21.886)	1.339 (22.502)	1.212 (21.941)	
$\mu_2$	2.744 (34.406)	2.014 (27.177)	2.712 (35.429)	2.001 (27.418)	
L( $\alpha$ )	-1311.779	-1190.361	-1311.779	-1190.361	
L( $\beta$ )	-1081.201	-1039.331	-1087.649	-1044.220	
$\rho^2$	0.176	0.127	0.171	0.123	

주) ( )안은 t 값 : \*\*\*는 0.01, \*\*는 0.05, \*는 0.1에서 유의함을 나타냄

났다. 수요변수를 살펴보면, 두 지불방식 모두에서 연령과 월소득이 통계적으로 유의함을 나타내었다. 또한 두 지불방식별로 같은 변수이지만, 계수의 부호가 다르므로, 각 지불방식에 대한 개인의 선호가 다르다는 것을 알 수 있다. 통행특성변수를 살펴보면, 운전경력만이 두 지불방식 모두에서 유의한 것으로 나타났다. 계수치를 보면, 월별 정액제에서는 음의 부호를, 통화당 지불제에서는 양의 부호를 나타내어 경력이 적을수록 월별 정액제를, 경력이 많을수록 통화당 지불제를 선호하는 것으로 나타났다. 이는 운전경력이 많을수록 부산시 교통상황과 노선에 대해 인지하고 있다는 것이고 운전경력이 적다는 것은 그만큼 교통상황과 노선에 생소한 부분이 많다는 것을 의미한



다. 따라서 운전경력이 적은 사람일수록 갑작스런 교통상황이 언제 발생할지 모르기 때문에 이용제한이 없는 월별 정액제를 선호하고 운전경력이 많을수록 교통상황과 노선에 대한 경험적 지식이 상당히 높기 때문에 긴급한 돌발상황에만 이용하고자 할 것이므로 통화당 지불제를 선호한다고 판단된다. Model 1의 모형의 전체 모형 적합도를 나타내는  $\rho^2$ 값은 월별 정액제는 0.176, 통화당 지불방식에서는 0.127로 나타났다.

(2) Model 2

Model 1의 각 지불방식별 모형중에서 변수의 유의수준이 5%내에서 유의하다고 생각되는 VTIS 이용료와 연령, 월소득, 운전경력 변수만을 이용하여 Model 2를 다시 구축하였다. Model 1에서와 같이, 변수들의 부호 변화는 없고 두 지불방식 모두에서, 변수들의 유의수준이 5%에서 통계적으로 유의하게 나타나 모형에 있어서 상당한 설명력을 가지는 것으로 나타났다. Model 2의 모형의 전체 모형 적합도를 나타내는  $\rho^2$ 값은 월별 정액제는 0.171, 통화당 지불방식에서는 0.123으로 나타났다.

3) 지불방식별 이용행태의 이용률산정

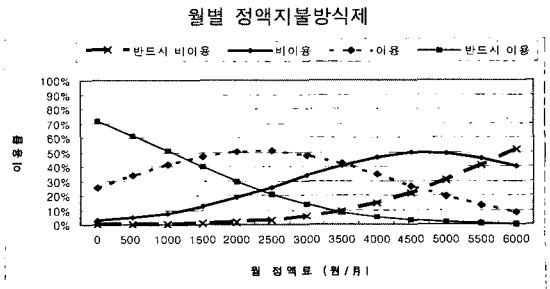
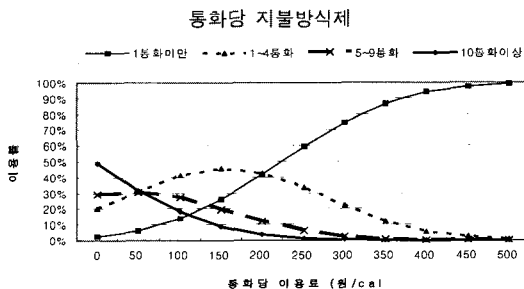
본 연구에서는 Model 1에서 설명력이 높은 변수들로 재구축된 Model 2가 지불방식별 이용률 산정에 좀 더 적합하리라 판단하여, 지불방식마다 이용료 따른 이용행태별로 이용률을 산정하였고 이에 대한 결과는 <표 13>과 <그림 4>와 같다. 여기서 추정된 이용률이 설문조사의 지불방식별 VTIS 서비스 이용 응답률과 상당히 비슷하므로 모형이 타당하게 구축되었다고 생각된다.

4) VTIS 서비스 월 평균 이용횟수 산정

Model 1과 Model 2에서 각각 지불방식별로 투입된 변수들의 계수치중 공급특성변수인 이용료의 계수치를 비교하면, 전체표본에서 개인의 VTIS 서비스의 이용정도를 나타내는 월 평균통화수를 산정할 수 있다. 본 연구에서는 각 Model에서 이용료 계수치를 추정할 때 통화당 지불방식제는 통화당 요금/100원을, 월별 정액지불방식에서는 월별 정액이용료/1000원을 적용하였으므로, 본 연구에서 구축된 Model 1, 2의 서비스 이용료 계수치를 활용하여 월평균 통화수를 파악하면 식(7)과 같다.

<표 13> 지불방식마다 이용행태별로 추정된 VTIS 이용률

이용료(원)	반드시 비이용	비이용	이용	반드시 이용	
월별 정액제	2,000	1.4%	18.5%	50.5%	29.5%
	2,500	2.8%	25.7%	50.7%	20.7%
	3,000	5.2%	33.5%	47.6%	13.7%
	3,500	8.9%	40.8%	41.9%	8.5%
	4,000	14.2%	46.4%	34.5%	4.9%
	4,500	21.4%	49.4%	26.5%	2.7%
5,000	30.4%	49.2%	19.1%	1.4%	
이용료(원)	1통화 미만	1~4 통화	5~9 통화	10통화 이상	
통화당 지불제	50	6.3%	31.2%	30.6%	31.9%
	100	13.8%	41.1%	27.0%	18.1%
	150	25.9%	45.5%	19.8%	8.8%
	200	41.8%	42.5%	12.1%	3.7%
	250	59.2%	33.4%	6.1%	1.3%
	300	75.0%	22.0%	2.6%	0.4%
350	86.8%	12.2%	0.9%	0.1%	



<그림 4> 각 지불방식별로 추정된 VTIS 서비스 이용률

$$\begin{aligned} & \text{월평균통화수} \\ & = \frac{\text{통화당 지불방식제 이용료 계수치}}{\text{월별 정액지불방식제 이용료 계수치}/10} \quad (7) \end{aligned}$$

● Model 1의 경우,

$$\text{월 평균 통화수} = \left( \frac{-0.889}{-0.561/10} \right) = 15.85$$

● Model 2의 경우

$$\text{월 평균 통화수} = \left( \frac{-0.881}{-0.557/10} \right) = 15.82$$

이때 월 평균 통화수는 두 Model에서 각각 15.85와 15.82로 파악되어, 본 연구에서는 Model에 관계없이 평균적으로 월 약 16통화를 할 것으로 예측되었다.

#### 4. VTIS 이용료 지불방식별 민감도분석

##### 1) 월별 정액제 지불방식의 민감도분석

월별 정액이용료일 때, 개인(n)이 이용료의 변화에 따른 VTIS 서비스 실제 이용확률은 '반드시 이용'과 '이용'의 이용률을 합한 것과 같으므로, 이를 식으로 나타내면 식(8)과 같다.

$$P_n(\text{월별 정액제}) = P(y_n = 3) + P(y_n = 2) \quad (8)$$

$y_n = 0$  : 반드시 비이용

$y_n = 1$  : 비이용

$y_n = 2$  : 이용

$y_n = 3$  : 반드시 이용

따라서 전체 월별정액제 이용확률은 식(9)가 된다.

$$P(\text{월별 정액제 이용률}) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N P_n(\text{월별 정액제}) \quad (9)$$

이는 전체 표본의 이용료 변화에 따른 VTIS 서비스의 이용확률을 나타내고, 이를 이용하여 월별 정액료 수준에 따른 이용확률의 탄력성을 분석하면 <그림 5>와 같다. 그림에서 보면 월별 정액료가 증가할수록 이용률은 떨어지고 탄력성은 더 커진다. 여기서 탄력성이 (-)1이 되는 점이 가격의 단위 변화에 따른 수요의 단위변화가 일치하는 단위 탄력점이므로, 월별 정액지불방식에서는 2800원 정도에서 이용확률의 단위 탄력점이 된다. 이때의 이용확률을 <그림 5>에서 살펴보면 대략 운전자의 약 60%가 이용할 것이라는 것을 알 수 있다.

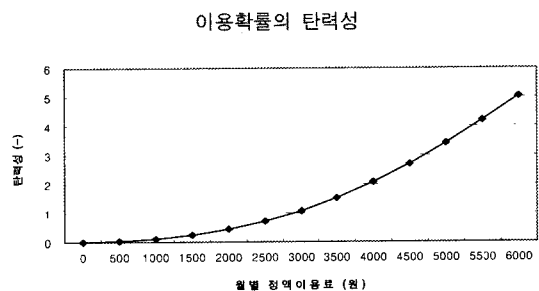
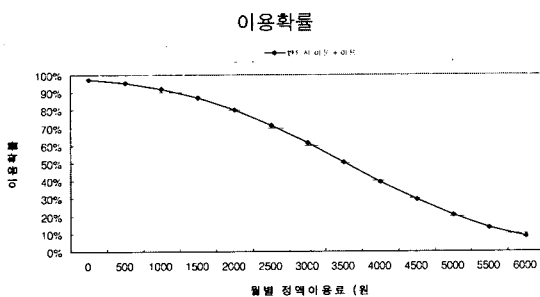
##### 2) 통화당 이용료 지불방식의 민감도분석

통화당 지불방식에서 이용료에 따른 VTIS 서비스 이용의사를 나타내는 범주는 '1~4통화', '5~9통화', '10통화이상'이다. 여기서 각 범주를 대표할 수 있는 평균통화 횟수를 범주의 중간값으로 가정하면, '1통화 미만'의 경우 일주일당 평균 0통화를, '1~4통화'의 경우 2.5통화, '5~9통화'의 경우 7.5통화, '10통화이상'의 경우 12통화를 한다고 가정할 수 있다.

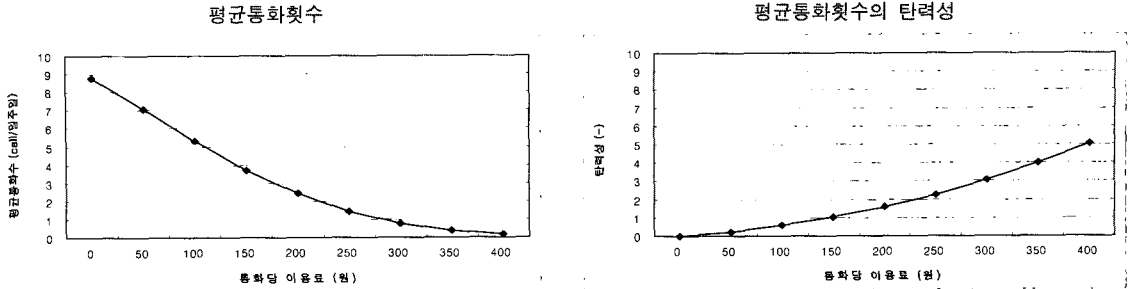
즉, 특정 개인(n)의 통화당 지불방식(c)하에서 VTIS 서비스의 일주일당 평균이용횟수가 아래와 같을 때, 특정 개인(n)의 일주일당 평균 통화수( $C_n$ )는 식(10)과 같다.

$$\begin{aligned} C_n &= 12 * P(y_n = 3) + 7.5 * P(y_n = 2) \\ &+ 2.5 * P(y_n = 1) + 0 * P(y_n = 0) \quad (10) \end{aligned}$$

$y_n = 0$  : 1통화 미만



<그림 5> 월별 정액지불제의 VTIS 서비스 이용확률과 민감도분석



〈그림 6〉 통화당 지불제의 VTIS 서비스 평균통화횟수와 민감도분석

- $y_n = 1$  : 1~4통화
- $y_n = 2$  : 5~9통화
- $y_n = 3$  : 10통화 이상

따라서 전체 표본에서 일주일당 평균 통화수(C)는 식(11)과 같고, 통화당 이용료에 따라 전체 표본의 일주일당 평균 통화수를 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N C_n \quad (11)$$

여기에서도 통화당 이용료에 따른 평균통화횟수를 이용하여 이용료 수준에 따른 평균통화횟수의 탄력성을 분석하면 〈그림 6〉과 같다. 그림에서 보면 통화당 이용료가 증가할수록 평균통화횟수는 낮아지고 탄력성은 더 커진다. 그리고 단위 탄력점 (-)1상의 이용료는 1통화당 145원일 때이다.

### 5. VTIS 서비스 적정이용료 산정

#### 1) 지불방식별 VTIS 서비스 적정이용료

각 지불방식별로 이용료에 따른 이용자의 한계비용이 0이 되어 최대의 이익을 가져다 줄 수 있는 단위 탄력점 (-)1상의 이용료는 실제 수요자인 운전자의 측면이 고려된 이용료이다. 이는 기존의 공급자 위주의 이용료 책정관계에서 벗어나, 공급자가 이러한 이용료를 감안한다면, 이는 실제 수요자의 측면이 고려된 최적의 이용료가 될것이라 생각한다. 따라서, 본 연구에서의 단위 탄력점상의 적정이용료는 월별 정액제 요금제에서는 2,800원/월, 그리고 통화당 지불방식에서는 약 145원/call으로 나타났다.

#### 2) VTIS 서비스 이용료 적정지불방식

지불방식별 단위 탄력점상의 이용률을 〈표 13〉에서 살펴보면, 월별 정액제의 2,800원/월의 경우에는, VTIS 서비스 이용의사를 나타내는 이용행태 범주인 '반드시 이용', '이용'의 이용확률이 약 16%, 49%로 파악되어, 총 VTIS 서비스 이용확률이 약 65%이고, 통화당 지불방식제의 145원/call의 경우에는, 역시 VTIS 서비스 이용의사를 나타내는 '1~4통화', '5~9통화', '10통화 이상' 이용확률이 각각 약 45%, 20%, 10%로 합하면 약 75%로 나타나 월별 정액지불방식보다 다소 선호하는 것으로 나타났다. 이러한 분석 결과는 향후 정책시행에 있어서 참고할 필요가 있다고 사료된다.

### VI. 결론

본 연구는 VTIS 서비스의 이용수요와 공급자와 소비자가 동시에 만족할 수 있는 적정이용료에 대한 기준을 검토한 것으로, 본 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 첫째, VTIS 서비스 이용수요예측모형을 구축하여, 향후 VTIS 서비스가 도입될 때 이용자의 이용여부에 영향을 미치는 요인들과 선호를 파악할 수 있었다.
- 둘째, VTIS 서비스 잠재이용자를 대상으로 이용료 지불방식별로 이용행태모형의 구축이 가능했다.
- 셋째, 지불방식별 이용행태모형을 통하여 실제이용자들이 어떠한 지불방식을 선호하는지를 파악하였고, 각 지불방식별로 이용행태를 파악할 수 있었다.
- 넷째, VTIS 서비스 이용료 지불방식별로 민감도 분석을 통하여, 이용료에 대한 이용률의 단위 탄력점을 파악하고 서비스 공급자에게 각 지불방식별로 이

용자측면이 고려된 적정이용료를 제시하였다.

본 연구는 VTIS 사업도입에 앞서, 사전에 사업에 대한 채산성을 미리 살펴볼 수 있는 기준이나 근거가 제시되었다는 점에 그 가치가 크다고 생각된다. 그러나, 본 연구에서는 VTIS 서비스의 조사대상자로 운전자만을 선정하여 SP 조사를 실시하여 다소 과잉 추정되는 부분이 있을 수 있다. 하지만 아직까지 운전자는 노선에 대한 경험적 지식에 더 의존하므로 교통정보의 중요성에 대한 인지도는 낮다고 생각되고 실제로 VTIS의 서비스 대상자가 전체 시민임을 감안한다면, VTIS 서비스 이용여부는 상당히 다를 수 있으므로, 이에 대한 세밀한 연구가 필요할 것이다. 또한 VTIS 서비스 제공매체와 매체별로 제공되는 교통정보 종류에 따라 이용자가 느끼는 선호와 이에 대한 지불의사액도 상당히 차이가 날 수 있으므로 이에 대한 연구도 반드시 필요하다고 생각된다.

## 참고문헌

1. 교통개발연구원(1998), "수도권 첨단교통정보체계(ATIS) 상세설계 및 세부사업시행방안최종보고서 I, II".
2. 윤대식·윤성순(1995), "도시모형론, 분석기법과 적용", 홍문사.
3. Amalia Polydoropoulou(1997), "Modeling User Response to Advanced Travelers Information Systems(ATIS)", Ph.D. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, MIT, Cambridge.
4. Amalia Polydoropoulou, Dinesh A. Gopinath, and Moshe Ben-Akiva(1996), "Willingness to pay for Advanced Traveler Information Systems : SmarTraveler Case Study", Transportation Research Record, 1588, TRB, Washington, D.C..
5. Asad J. Khattak, YoungBin Yim, Linda Stalker(2001), "Willingness to pay for Travel Information : Combining Revealed and Stated Preference with A Random Effects Negative Binomial Regression Model", forthcoming in Transportation Research-Part C, Pergamon Press.
6. Englisher, L., S. Bergman, S. Pepin, and A. Wilson(1997), "Promoting Advanced Traveler Information Systems Among Cellular and Land-Line Phone Users", Transportation Research Record 1588, TRB, National Research Council, Washington, D.C..
7. Ben-Akiva, M. and S.R. Lerman(1985), "Discrete Choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand", MIT, P.31, p.194.
8. Englisher, L., R. Juster, S. Bergman, D. Koses, and A. Wilson(1996), "User Perceptions of SmarTraveler Advanced Traveler Information System: Findings from Second-Year Evaluation", Transportation Research Record 1537, TRB, National Research Council, Washington, D.C..
9. Harris, P., and C. Konheim(1995), "Public Interest in, and Willingness to Pay for, Enhanced Traveler Information as Provided by IVHS in the New York Metropolitan Area", in Proceedings of the 5th Annual Meeting of ITS America.
10. K. S. Kim and U. Vandebona(1999), "User Requirements and Willingness to pay for Traffic Information Systems : Case Study of Sydney, Australia", Transportation Research Record, 1694, TRB, Washington, D.C..
11. William H. Greene(1997), "Econometric Analysis, 3rd ed", Prentice Hall.

✉ 주 작 성 자 : 진재엽

✉ 논문투고일 : 2002. 3. 14

논문심사일 : 2002. 6. 5 (1차)

2002. 8. 3 (2차)

2002. 8. 8 (3차)

심사판정일 : 2002. 8. 8

✉ 반론접수기간 : 2002. 12. 31