

■ 論 文 ■

우리나라 도시가구 거주자의 집계교통수요함수 분석

An Empirical Analysis of the Aggregate Travel Demands of the Urban Households in Korea

윤 재 호

(한라대학교 경영학부 물류유통학과 조교수)

목 차

- I. 서론
 - II. 집계수요모형 설정
 - 1. 준이상수요체계 소개
 - 2. 추정모형과 탄력성
 - III. 자료 및 추정방법
 - 1. 자료 및 가공방법
 - 2. 통계적 추정방법
 - IV. 추정결과 및 탄력성
 - 1. 교통수요함수 추정결과
 - 2. 가격탄력성과 소득탄력성
 - V. 결론
- 참고문헌

Key Words : travel demand, almost ideal demand system, elasticity, 집계교통수요, 준이상수요체계, 가격탄력성, 소득(지출)탄력성

요 약

우리 국민의 교통수요행태를 분석하기 위하여 준이상수요체계(almost ideal demand system) 함수형태의 집계교통수요모형을 설정하였다. 대중교통수단으로서 시내버스, 시외버스, 택시, 기차, 전철이 그리고 개인교통수단으로서 연료비가 포함되었으며, 기타재화 및 서비스에 대한 소비지출이 함께 추정되었다. 추정을 이용한 자료는 통계청의 『도시가계연보』에 수록된 '전국 도시가구 소비지출'과 『물가통계』에 수록된 '전국 도시소비자 물가'이다.

추정결과 모형의 설명력을 나타내는 수정결정계수(adjusted-R²)는 대부분 0.9 내외에서 높게 나타났다. 추정계수는 총 51개중에서 25개가 5% 수준에서 유의한 것으로 나타났다.

추정된 계수값을 이용하여 가격탄력성과 소득탄력성을 구하였다. 자기가격탄력성과 소득탄력성 추정치는 조금 높기는 하나 부호와 상대적 크기가 모두 예상과 일치하고 다른 연구결과들과 유사한 범위에 있다. 연료비에 대한 소득탄력성은 1.72로 가장 높게 나타났고, 대중교통수단은 0.03~0.49 사이에서 나타나므로 교통수단이 정상재임을 의미한다. 보상수요의 교차가격탄력성은 총 15개의 교차관계에서 12개의 관계가 상식과 일치한다.

다음 연구에서는 더 많은 시계열자료를 발굴하여, 장기간의 교통수요 변화에 대한 분석을 시도할 필요가 있다. 또한 초월대수함수나 동태함수 등 다양한 형태의 수요함수를 시도할 필요가 있다. 여러 가지 형태의 교통수요함수추정을 통해서 우리 현실에 적합한 교통수요모형을 발견할 수 있을 것이다. 대도시와 중소도시 등 지역별 지출자료를 발굴하여 지역특성을 반영하는 교통수요함수의 추정도 필요하다.

1. 서론

1980년대 후반 이후 국내 자동차 교통량은 빠르게 증가하고 있다. 1988~97년 기간에 전국의 인구 증가율은 연평균 1.0%에 불과하였으나 자동차 증가율은 17.8%로 인구증가율을 훨씬 상회하였다. 1988년에 48.6대에 불과하던 인구 천명당 자동차대수는 2000년에 251.4대로 5.2배나 증가하였다(통계청, KOSIS 통계DB). 하지만 주요 선진국의 인구 천명당 자동차 보유대수를 살펴보면 1997년에 일본 558.3대, 영국 507.2대, 이태리 594.1대, 프랑스 537.1대로서 아직도 우리 나라보다 2배정도 높은 수준이다(한국자동차공업협회, 1999).¹⁾ 이 국가들은 국토 면적과 대중교통 이용면에서 우리 나라와 대체로 비교가 가능한 나라들이므로 만약 우리 나라가 이 국가들의 추세를 좇아간다면, 국내 자동차 보유량은 조만간 배 이상 증가하게 될 것이다.

급증하고 있는 우리 국민의 자동차 이용은 극심한 교통혼잡의 직접적인 원인이 되고 있으며, 그에 따른 외부비용을 적지 않게 발생시키고 있다. 교통개발연구원에 따르면 1999년도에 전국에서 발생한 교통혼잡비용은 17조1,130억원으로 추계되었다. 이는 같은 기간 국내총생산(GDP)의 3.5%에 해당하는 금액이다(교통개발연구원, 2001a). 1999년도에 교통사고로 인한 경제·사회적 비용은 13조1,000억원으로 추계되었다(교통개발연구원, 2001b). 그리고 1997년에 발생한 교통관련 대기오염의 사회적 비용은 1조6,637억원으로 추계되었다(교통개발연구원, 1999b).

현재 정부는 급증하는 국민의 자가용승용차 이용을 억제하기 위해서 주차료 인상, 혼잡통행료 징수, 버스 전용차선제 도입, 교통세 부과 등 다양한 교통수요관리정책을 실시하고 있다. 교통수요관리정책은 주로 자동차 이용에 대한 시간 및 금전비용을 상승시킴으로써 교통수요를 억제하기 위한 정책이다. 주차료 인상, 혼잡세 부과, 교통세율 인상 등을 통해 가격 상승에 직면한 국민들이 자동차 통행을 위한 금전적 지출을 줄이게 되면, 국내 교통량이 감소하게 되는 것을 기대하는 정책이다.

교통수요관리정책의 효과는 미시경제이론에 대한

고찰을 통해 잘 이해될 수 있다. 미시경제학에서 재화 또는 서비스의 가격 인상에 따른 수요 변화는 해당 재화의 대체재와 보완재 관계 및 열등재와 우등재의 상태에 따라서 다르게 나타난다고 설명한다. 예를 들어 교통세를 통한 휘발유가격 인상은 휘발유에 대한 가격탄력성과 대체 혹은 보완관계에 있는 다른 교통수단 및 기타 소비재와의 교차탄력성 그리고 인상 기간의 소득수준 변화에 따른 소득탄력성에 의해서 복합적으로 영향을 받는다.

그러므로 가격인상에 따른 교통수요관리정책의 효과를 정확히 예측하기 위해서는, 해당 서비스는 물론이고 관련 재화 및 서비스에 대한 수요를 함께 추정하여, 동일 모형에서 자기가격탄력성, 교차가격탄력성 그리고 소득탄력성을 동시에 추정하는 계량분석방법을 사용하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 미시경제학의 소비자이론과 계량경제학적 분석틀을 이용하여, 우리 나라의 집계교통수요함수(aggregate system of transportation demands)를 실증적으로 분석하고자 한다. 통계청이 전국의 도시가계를 대상으로 정기적으로 조사한 '전국 도시가구 월평균 소비지출자료'와 '전국 도시소비자 물가지료'를 이용하여 우리 국민의 주요 교통수단인 시내·외버스, 지하철, 택시, 철도 등 대중교통수단과 연료비²⁾ 같은 개인교통수단을 동시에 고려하는 전국적(nation-wide) 차원의 집계교통수요함수를 추정하고, 이를 토대로 각 교통수단의 자기가격탄력성, 교차가격탄력성, 소득탄력성을 동일 모형내에서 도출하고자 한다. 추정결과를 교통소비세율의 인상 등과 같이 전국적 차원에서 시행되는 정부의 교통정책효과를 분석하고 예측하는데 사용될 수 있을 것이다.

II. 집계교통수요모형 설정

1. 준이상수요체계 소개

본 연구에서 사용된 수요함수모형은 준이상수요체계(almost ideal demand system)이다. 이 모형은 여러 가지 장점을 가지고 있으므로 미시경제학의 소비행태 실증분석에서 자주 사용되고 있다. 첫째, 이

1) 출처 : World Automotive Statistics, 1998.

2) 여기에서 교통수요는 교통서비스에 대한 수요를 의미한다. 그러므로 승용차서비스에 대한 수요는 내구재인 자동차에 대한 수요가 아니라 자동차 이용수요를 대표하는 연료수요를 추정하는 것이 일반적이다.

모형은 충분히 많은 매개변수(parameter variable)를 포함하고 있으므로 임의의(arbitrary) 효용(또는 비용) 함수에 대한 근사함수치(approximation to arbitrary utility or cost function)를 추정할 수 있다. 둘째, 고먼(Gorman)의 엔겔(Engel)곡선으로부터 도출되었으므로 보통재, 열등재, 우등재 등 소득변화에 대한 수요의 비선형 변화를 포착할 수 있다. 셋째, 연립방정식모형으로 구성되어, 소비자가 소득을 모든 소비재에 지출하도록 구성된 완결수요함수체계(complete systems of demand equations)이다. 넷째, 미시경제학의 기초인 합리적 소비자 행동이론으로부터 도출되므로 이론적 기반이 강하다. 다섯째, 각종 탄력성에 대해서 사전적 제약이 부과되지 않으므로 신축성이 강한 모형이다. 여섯째, 완전집계(exact aggregation) 특성을 가지고 있으므로 평균자료를 이용하는 데 대한 이론적 지지를 받는다.(Deaton and Muellbauer, 1980a, b).

준이상수요체계는 합리적 소비자의 소비행태를 반영하는 식(1)의 비용함수로부터 유도된다. 식(1)은 주어진 가격수준(p)에서 일정한 효용수준(u)을 유지하는 데 필요한 최소비용(c)을 나타내는 엔겔곡선 특성을 내포하는 비용함수이다. 여기서 α, β, γ 는 매개변수이다.

$$\ln c(u, p) = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \ln p_k + \frac{1}{2} \sum_k \sum_l \beta_{kl} \ln p_k \ln p_l + u \gamma_0 \prod_k p_k^{\gamma_k} \quad (1)$$

셰파드정리(Shepard's lemma)에 의해 $\partial c(u, p) / \partial p_i = q_i$ 의 관계가 성립하므로 식(1)을 $\ln p_i$ 로 편미분하면, 식(2)와 같은 i 상품에 대한 소비지출 비율식이 유도된다. 여기에서 q_i 는 i 상품의 수요량을 말한다.

$$w_i = \alpha_i + \sum_l \beta_{il} \ln p_l + u \gamma_l \gamma_i \prod_k p_k^{\gamma_k} \quad (2)$$

다시 식(1)을 u 에 대해 정리한 후에, 효용극대화의 조건에 따라서 비용 $c(u, p)$ 를 총지출 x 로 대체하여 식(2)에 대입하면 식(3)과 같은 지출비율함수가 유도된다.

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \ln p_j + \gamma_i \ln(x/P) \quad (3)$$

여기에서 P 는 초월대수(translog)함수형태로 정의된 총물가지수로서 식(4)와 같이 표시된다.

$$\ln P = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \ln p_k + \frac{1}{2} \sum_k \sum_l \beta_{kl} \ln p_k \ln p_l \quad (4)$$

이제 식(3)은 미시경제학의 수요이론에 따라서 식(5), 식(6), 식(7)의 제조건을 만족해야 한다.

$$\text{지출합계조건} : \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \sum_{i=1}^n \gamma_i = 0, \sum_{i=1}^n \beta_{ij} = 0 \quad (5)$$

$$\text{동차성조건} : \sum_{i=1}^n \beta_{ij} = 0 \quad (6)$$

$$\text{대칭성조건} : \beta_{ij} = \beta_{ji} \quad (7)$$

2. 추정모형과 탄력성

교통수요함수를 추정할 때는 가격과 소득 변수 외에 교통수단의 서비스 수준에 관한 변수를 도입하여 함께 추정하는 경향이 있다. 특히 설문조사자료를 이용한 비집계통행수요함수(disaggregate travel demand function) 분석에서는 설문조사를 통해 통행시간, 혼잡도와 같은 교통 서비스 수준에 관한 자료의 수집이 용이하므로 서비스 수준변수를 명시적으로 도입한다(교통개발연구원, 1999a). 그러나 본 연구와 같이 장기 시계열자료를 이용한 집계교통수요함수(aggregate systems of travel demands)를 추정하는 경우에는, 서비스 수준에 대한 장기 시계열 자료를 수집하기가 매우 어렵다.

이런 경우에는 일반적으로 소비자의 교통수요에 영향을 미치는 몇 가지 수집가능한 시계열 자료를 채택하여 추정에 이용한다. 공통적으로 사용되는 변수는 레저 시간 제약조건을 의미하는 평균근로시간, 계절적 요인을 반영하기 위한 계절더미변수, 교통기술의 발전과 같이 통시적 변화를 포착하는 시간추세변수 등이다(Oum and Gillen, 1983, Oum, van Ooststroom, and Yoon, 1996). 하지만 이들 변수도 자유도(degree of freedom)의 문제를 고려하여, 통계적으로 의미 있는 결과가 도출되는 경우에 한해서만 사용한다(Yoon, 1995).

본 연구에서는 다양한 시도 끝에, 식(3)에 계절더

미변수($s_d, d=2, 3, 4$)를 포함한 식을 사용했을 때 통계적, 현실적으로 의미 있는 추정결과를 도출할 수 있었다. 그러므로 본 연구에서 추정된 수요함수식은 식(8)이다. 그리고 제약조건은 식(6) 및 식(7)과, 식(5)에 계절더미제약 조건이 추가된 식(9)가 사용되었다.

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \ln p_j + \gamma_i \ln(x/P) + \sum_{d=2}^4 \theta_{id} s_d \quad (8)$$

지출함계조건 :

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \sum_{i=1}^n \gamma_i = 0, \sum_{i=1}^n \beta_{ij} = 0, \sum_{i=1}^n \sum_{d=2}^4 \theta_{id} = 0 \quad (9)$$

여기에서 θ_{id} 는 계절더미변수의 매개변수이다.

한편, 식(8)에서 P 는 식(4)와 같이 초월대수 형태로 표현된 일종의 물가지수이므로 실제 추정과정에서는 보통 적절한 물가지수로 대체된다. 통상적으로 디비저(Divisa)물가지수 또는 스톤(Stone)물가지수를 사용하는 데, 본 연구에서는 식(10)의 스톤물가지수(Stone price index)를 사용하였다.

$$\ln P = \sum w_i \ln p_i \quad (10)$$

교통수요의 가격탄력성과 소득탄력성을 구하는 방법은 다음과 같다. $w_i = (p_i \times q_i) / x$ 이므로 $\ln q_i = \ln w_i + \ln x - \ln p_i$ 의 관계가 성립한다. 따라서 식(10)을 식(8)에 대입한 후에 이 관계를 이용하여 식(8)을 가격변수($\ln p_i$)와 소득변수($\ln x_i$)로 편미분하면 식(11), 식(12), 식(13)의 마샬가격탄력성(Marshallian price elasticities)과 소득탄력성식을 구할 수 있다.

$$\text{자기가격탄력성} : \epsilon_{ii} = \frac{\beta_{ii}}{w_i} - \gamma_i - 1 \quad (11)$$

$$\text{교차가격탄력성} : \epsilon_{ij} = \frac{\beta_{ij} - \gamma_i w_j}{w_i} \quad (12)$$

$$\text{소득(또는 지출)탄력성} : \epsilon_{ix} = \frac{\gamma_i}{w_i} + 1 \quad (13)$$

그런데 마샬가격탄력성은 가격변화에 대한 실질소득의 변화효과를 포착하지 못하므로 교통수단 사이의

정확한 대체·보완관계를 파악하는 데 어려움이 있다. 이 문제는 추정된 마샬가격탄력성에 슬루츠키방정식(Slutsky equation)을 적용하여 식(14)와 같은 보상가격탄력성(compensated price elasticities)을 구하는 것으로 해결하면 된다.

$$\text{보상가격탄력성} : \epsilon_{ij}^c = \epsilon_{ij} + \epsilon_{ix} \times w_j \quad (14)$$

식(14)에서 i 재와 j 재가 서로 대체재이면 ϵ_{ij}^c 의 부호가 양(+)으로, 보완재이면 음(-)으로 나타난다.

III. 자료 및 추정방법

1. 자료 및 가공방법

추정에 이용된 자료는 모두 통계청의 KOSIS DB로부터 다운(down)받았다. 받은 자료는 원래 통계청의 『도시가계연보』와 『물가연보』에 수록되었던 것이다. 통계청의 『도시가계연보』에는 국내 전도시가구의 개인교통소비를 통계가 차량구입비, 연료비, 정비·수리비, 보험료 등으로 상세하게 수록되어 있다. 공공교통에 대한 지출통계도 시내버스, 시외버스, 택시, 기차, 전철, 국내항공, 국제항공 등으로 상세히 분류되어 있다. 그리고 『물가연보』에는 각 소비지출에 대응하는 가격자료가 품목별 소비자가격지수 형태로 수록되어 있다.

1) 소비지출

추정에 이용된 교통지출자료는 '전국 도시가구 소비지출 통계' 중에서 개인교통부분의 연료비와 공공교통부분의 시내버스비, 시외버스비, 택시비, 기차비, 전철비를 추출한 것이다. 그리고 기타재화 및 서비스부분에 대한 지출자료는 같은 통계에서 식료품을 포함한 10대 소비지출항목과, 개인교통소비를 지출에서 연료비항목을 제외하여 합한 것이다. 그리고 모든 지출자료는 해당 연도의 평균가구원 수로 나누어줌으로써 1인당 평균자료로 변환하였다. <표 1>은 이상과 같이 정리한 1990~97년 기간의 전국 도시가구의 1인당 시내버스, 시외버스, 택시, 기차, 전철, 연료비, 기타재화 및 서비스에 대한 실질소비를 추이를 나타낸 것이다.

〈표 1〉 국내 전도시가구의 1인당 실질교통소비지출 추이 (단위: 원, 백, %)

구분	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	연평균 증가율	97/90 증가배수
시내버스	4,685 (2.02)	4,703 (1.85)	4,480 (1.60)	4,585 (1.56)	4,507 (1.42)	4,238 (1.25)	4,235 (1.14)	4,304 (1.15)	-1.16	0.92
시외버스	1,797 (0.77)	1,671 (0.66)	1,431 (0.51)	1,265 (0.43)	1,201 (0.38)	1,236 (0.36)	1,117 (0.30)	1,135 (0.30)	-6.16	0.63
택시	2,119 (0.91)	2,195 (0.86)	2,282 (0.82)	2,404 (0.82)	2,315 (0.73)	2,362 (0.70)	2,380 (0.64)	2,502 (0.67)	2.44	1.18
기차	518 (0.22)	556 (0.22)	584 (0.21)	599 (0.20)	574 (0.18)	534 (0.16)	522 (0.14)	519 (0.14)	0.15	1.00
전철	405 (0.17)	451 (0.18)	528 (0.19)	595 (0.20)	677 (0.21)	793 (0.23)	911 (0.25)	1,109 (0.30)	15.54	2.74
연료비	1,624 (0.70)	1,822 (0.72)	3,098 (1.11)	3,944 (1.34)	5,911 (1.87)	7,114 (2.10)	7,848 (2.12)	8,573 (2.30)	28.47	5.28
기타재화	222,233 (95.81)	245,329 (96.41)	269,385 (96.46)	284,412 (96.46)	305,498 (96.52)	322,351 (95.08)	352,550 (95.24)	354,389 (95.03)	6.94	1.59

주 : 1. 모든 지출항목은 1995년 기준 개별항목의 소비자물가지수로 환산하였음.

2. ()은 비율임.

자료 : 통계청, KOSIS DB, 각년도.

2) 가격자료

『물가연보』의 가격통계는 앞의 소비지출통계보다 대체로 더 상세한 자료가 수록되어 있다. 시내버스는 일반버스, 학생버스, 좌석버스로, 지역간버스는 시외버스와 고속버스로, 기차는 통일호, 무궁화호, 새마을호로 세분되어 있다. 따라서 본 연구에 사용된 교통수단의 가격지수는 『물가연보』에 수록되어 있는 1995년도 물가배율을 이용하여 가중평균지수로 새로 작성한 것이다. 기타재화 및 서비스에 대한 가격도 같은 방

법에 의해 가중평균지수로 작성하였다.

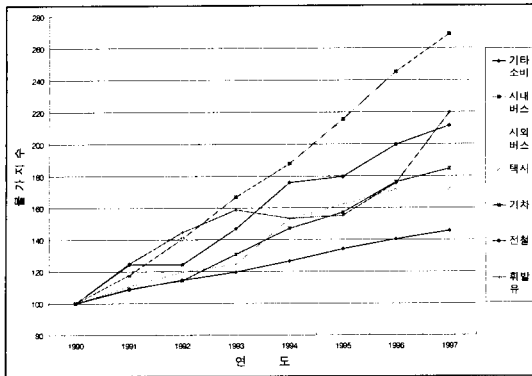
반면에 『물가연보』의 개인교통가격에서 연료비지수는 유일하게 휘발유가격지수만 수록하고 있다. 그러므로 본 연구에서도 연료비가격지수 대신에 휘발유가격지수를 대체하여 사용하였다. 〈표 2〉는 1990~97년의 시내버스, 시외버스, 택시, 기차, 전철, 휘발유, 기타재화 및 서비스에 대한 전국 소비자가격지수 추이를 나타낸 것이다.

〈그림 1〉은 교통물가지수의 연도별 변화를 1990년

〈표 2〉 전국 교통가격지수 추이 (단위: 1995=100,%)

구분	시내버스		시외버스		택시		기차		전철		휘발유		기타소비	
	지수	변화율	지수	변화율	지수	변화율	지수	변화율	지수	변화율	지수	변화율	지수	변화율
1990	46	-	47	-	62	-	64	-	56	-	64	-	75	-
1991	55	17.8	56	19.1	68	10.6	69	9.1	69	24.2	80	24.9	81	8.6
1992	65	19.4	66	18.3	74	8.1	73	5.0	69	0.0	93	15.9	86	5.7
1993	77	18.7	80	21.6	77	4.3	83	14.4	82	18.1	102	9.6	89	4.3
1994	87	12.5	90	12.6	94	22.8	94	12.4	98	20.0	99	-3.3	94	5.8
1995	100	14.8	100	10.9	100	6.1	100	6.7	100	2.0	100	1.3	100	5.9
1996	114	13.7	109	8.7	106	5.7	112	12.3	111	11.3	113	13.0	105	4.6
1997	125	9.5	118	8.2	106	0.4	118	4.8	118	5.8	141	25.1	109	3.8
연평균		15.2		14.2		8.3		9.2		11.6		12.4		5.5
표준편차		3.62		5.40		7.13		3.89		9.43		10.87		1.59

자료 : 통계청, KOSIS DB, 각년도.



〈그림 1〉 전국 교통가격지수 변화

기준가격으로 변환하여 물가지수의 변화추이를 알기 쉽게 나타내고 있다. 1990년의 가격과 1997년의 가격수준을 비교하면, 시내버스와 시외버스 가격이 가장 높게 상승하였고 다음으로 휘발유, 기차, 전철, 택시, 기타재화 및 소비지출 순서로 상승폭이 컸음을 한 눈에 알아볼 수 있다. 가격지수의 변화율은 휘발유가격의 진폭이 가장 크고, 기차가격과 택시가격도 변화폭이 크게 나타난다. 결국 교통수단의 가격 상승률은 기타재화 및 서비스 가격 상승률보다 현저하게 높으며, 연도별 변화도 훨씬 심한 것으로 요약된다.

2. 통계적 추정방법

모형의 추정을 위해서는 식(8)의 지출비율방정식에 확률적 교란항을 첨가한 식(15)를 사용해야 한다.

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \ln p_j + \gamma_i \ln(x/P) + \sum_{d=2}^4 \theta_{id} s_d + \epsilon_i \quad (15)$$

여기에서 i 는 시내버스, 시외버스, 택시, 기차, 전철, 연료비, 기타재화 및 서비스를 나타내므로 추정식은 총 7개로 구성된다.

추정방법은 7개의 소비지출 비율방정식을 동시에 반복적으로 추정하는 Zellner (1962)의 반복표면상무상관회귀(iterative seemingly unrelated regression)법을 사용하였다. 이 방법은 각 지출비율방정식의 교란항들이 동일시점에서 서로 상관된다는 가정을 채택하므로, 각각의 지출비율방정식을 독립적

으로 추정하는 것보다 훨씬 더 효율적이다.

한편, 지출합계조건에 의해 비율식의 합이 1이 되므로, 7개의 추정식을 한꺼번에 추정하면 추정식의 분산-공분산행렬이 특이(singular)되는 문제가 발생한다. 따라서 1개의 추정식을 제외한 나머지 식을 추정하고, 추정에서 제외된 식은 조건식으로부터 간접적으로 계산하여야 한다. 본 연구에서는 시내버스의 지출비율식을 제외한 나머지 6개 방정식을 동시에 추정하였으며, 시내버스 지출비율식의 추정계수는 식(9)에 의해서 계산되었다.

추정에 있어서 한 가지 문제점은 추정할 계수는 많은 반면에 공식적으로 발표된 소비지출자료가 매우 빈약하다는 사실이다. KOSIS DB에는 기타재화 및 서비스에 관한 지출자료와 모든 가격자료는 분기별 형태로 수록되어 있다. 하지만 시내버스, 시외버스, 택시, 기차, 전철, 연료비 등 세세교통항목에 대한 자료는 연간자료 형태로, 그것도 1990년부터만 이용이 가능하다.

그러나 다행히 세세교통항목의 집계자료인 공공교통과 개인교통에 대한 지출자료는 분기별 형태로 수록되어 있으므로, 공공교통과 개인교통지출에 대한 계절변화요인을 추출하는 것이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 세세교통항목의 연평균지출자료에 공공과 개인교통의 계절변화요인을 적용하여 분기자료로 확장하였다. 이러한 방법으로 1990~97년 기간동안에 7개 항목에 대해 각 32개씩 총 224개의 관찰치를 확보할 수 있었다. 그리고 계절더미는 기타재화 및 서비스, 공공교통, 개인교통 등에 대해 6개의 계수만(나머지 3개는 지출합계로부터 간접추정) 직접 추정하면 되었다. 결국 총 추정계수는 39개로 줄었고 자유도(degree of freedom)는 153으로 충분하게 되었다.³⁾

IV. 추정결과 및 탄력성

1. 교통수요함수 추정결과

〈표 3〉은 교통수요함수에 대한 추정결과를 나타낸다. 모형의 설명력은 결정계수(R^2)를 통해 판단할 수 있는데 추정계수의 수가 많기 때문에 통상적인 결정계수보다는 수정결정계수를 사용하는 것이 바람직하다.

3) 교통수요함수의 지출합계조건과 자유도의 산정과정에서 발생한 필자의 착오를 지적·설명해주신 익명의 심사위원께 진심으로 감사드립니다.

〈표 3〉 교통수요함수의 추정결과

모수	계수추정치	표준오차	t-통계량	모수	계수추정치	표준오차	t-통계량
α_1	0.080604	0.012305	6.55045*	β_{45}	-0.000077	0.000197	-0.39248
β_{11}	0.002314	0.003048	0.75897	β_{46}	-0.000364	0.000420	-0.86599
β_{12}	-0.027110	0.005863	-4.62375*	β_{47}	-0.000045	0.000521	-0.08598
β_{13}	0.003491	0.000723	4.82988*	γ_4	-0.006038	0.000911	-6.62540*
β_{14}	0.000179	0.000639	0.27948	α_5	0.015537	0.001725	9.00596*
β_{15}	-0.000268	0.000189	-1.41795	β_{55}	-0.000401	0.000074	-5.44339*
β_{16}	0.003168	0.000450	7.04647*	β_{56}	0.000548	0.000120	4.58023*
β_{17}	0.017437	0.005130	3.39900*	β_{57}	0.000257	0.000120	2.14829*
γ_1	-0.007904	0.001537	-5.14442*	γ_5	-0.000868	0.000214	-4.04897*
α_2	0.955734	0.068469	13.9586*	α_6	-0.002144	0.004503	-0.47603
β_{22}	0.015149	0.012485	1.21336	β_{66}	0.000005	0.000429	0.01050
β_{23}	-0.001696	0.002409	-0.70378	β_{67}	-0.000068	0.000344	-0.19817
β_{24}	-0.000612	0.002765	-0.22143	γ_6	-0.001329	0.000640	-2.07545*
β_{25}	-0.002529	0.000675	-3.74497*	α_7	-0.132141	0.059048	-2.23788*
β_{26}	0.001568	0.001420	1.10458	β_{77}	0.003778	0.004078	0.92638
β_{27}	-0.004170	0.004886	-0.85335	γ_7	0.009361	0.009940	0.94168
γ_2	0.010468	0.011032	0.94894	θ_{11}	0.001099	0.000679	1.61893
α_3	0.038643	0.006400	6.03817*	θ_{12}	-0.000422	0.000953	-0.44229
β_{33}	-0.002553	0.000868	-2.94230*	θ_{13}	-0.001072	0.000781	-1.37300
β_{34}	0.000588	0.000660	0.89149	θ_{21}	-0.000031	0.000002	-13.7817*
β_{35}	0.000979	0.000183	5.33383*	θ_{22}	0.000002	0.000003	0.48504
β_{36}	-0.001514	0.000431	-3.51339*	θ_{23}	0.000006	0.000003	2.09895*
β_{37}	-0.000405	0.000460	-0.88119	θ_{31}	-0.000942	0.000685	-1.37578
γ_3	-0.003690	0.000832	-4.43300*	θ_{32}	0.000413	0.000961	0.43014
α_4	0.043767	0.007189	6.08793*	θ_{33}	0.001044	0.000788	1.32582
β_{44}	0.002995	0.000845	3.54375*				

수정결정계수 : 2식=0.91, 3식=0.89, 4식=0.77, 5식=0.92, 6식=0.94, 7식=0.94

더빈왓슨값 : 2식=1.02, 3식=0.75, 4식=1.47, 5식=1.64, 6식=0.82, 7식=1.16

주) 1 : 시내버스, 2 : 기타재화 및 서비스, 3 : 시외버스, 4 : 택시, 5 : 기차, 6 : 전철, 7 : 연료비, θ_{11} : 기타소비, θ_{22} : 공공교통, θ_{33} : 연료비
* : t값의 5% 수준에서 유의한 계수

수정결정계수(adjusted-R²)는 기타재화 및 서비스 지출비율식 0.91, 시외버스 지출비율식 0.89, 택시 지출비율식 0.77, 기차 지출비율식 0.92, 전철 지출비율식 0.94, 연료비 지출비율식 0.94로 높게 나타났다. 추정계수는 총 51개중에서 25개가 5%의 수준에서 유의한 것으로 나타났다. 이는 표본크기에 비해서 추정계수의 숫자가 매우 많다는 사실을 고려할 때 만족스러운 결과이다.⁴⁾

2. 가격탄력성과 소득탄력성

1) 가격탄력성

〈표 4〉는 계수 추정치를 이용하여 마샬가격탄력성을 구하고 그 평균값을 정리하여 나타낸 것이다. 먼저

자기가격탄력성을 살펴보면 시외버스와 기차의 자기가격탄력성은 각각 -1.67과 -1.23으로 탄력적이고, 전철과 기타재화 및 서비스는 각각 -1.00과 -0.99로 단위탄력적이다. 시내버스와 택시는 각각 -0.81과 -0.57로 높은 수준에서 비탄력적이다. 연료비는 -0.72로 택시보다 높으나 시내버스보다는 약간 낮은 수준에서 비탄력적이다. 이를 다른 연구들(Goodwin, 1992, Oum, Waters II, and Yong, 1992)과 비교해 보면 본 연구의 추정치가 조금 높은 축에 든다. 하지만 탄력성의 부호와 상대적 크기가 예상과 일치하므로 대체로 만족스러운 결과이다.

교차가격탄력성을 살펴보면, 전철을 제외한 모든 교통수단의 가격변화가 기타재화 및 서비스에 미치는 영향은 상호 보완재의 관계에 있는 것으로 나타난다.

4) Deaton and Muellbauer(1980a)는 27년(1954~80년) 동안의 영국 연간소비지출자료를 이용해서 준이상수요함수체계를 추정한 결과, 총 80개의 계수 중에서 30개가 5%의 유의수준을 넘었다.

하지만 기타재화 및 서비스 가격의 변화가 교통수단에 미치는 영향은 시내버스, 기차, 연료비와는 보완재의 관계로 그리고 시외버스, 택시, 전철과는 경쟁재의 관계로 나타나므로 비대칭적으로 보인다. 이러한 문제는 가격변화로 인한 실질소득의 변화가 수요에 미치는 영향을 포착하지 못한 마살가격탄력성의 한계적 특성 때문에 발생한 것이므로 보상가격탄력성을 구해서 해결할 수 있다.

〈표 5〉는 가격변화에 따른 실질소득효과를 고려한 보상가격탄력성을 정리한 것이다. 먼저, 자기가격탄력성을 살펴보면 시외버스와 기차의 보상가격탄력성은 각각 -1.67과 -1.23으로 마살가격탄력성과 같은 크기로서 탄력적이다. 전철의 보상가격탄력성은 -1.00로 마살가격탄력성과 같은 크기로서 단위탄력적이다. 시내버스와 택시의 보상가격탄력성은 각각 -0.81와 -0.57로 마살가격탄력성과 같은 크기로 비탄력적이다. 연료비의 보상가격탄력성은 -0.69로 마살가격탄력성 -0.72보다 약간 작아졌다. 결국 교통수단 보상수요의 자기가격탄력성은 마살가격탄력성 값과 거의 동일하다.

그러나 기타재화 및 서비스의 보상가격탄력성은 마살가격탄력성과 큰 차이를 나타내고 있다. 기타재화 및 서비스의 마살가격탄력성은 -0.99로 단위탄력적이

지만 보상가격탄력성은 -0.03으로 훨씬 작게 나타났다. 결과적으로 기타재화 및 서비스 소비지출은 매우 비탄력적으로 밝혀진 것이다. 이런 현상이 나타난 이유는 기타재화 및 서비스 소비지출이 전체소비지출에서 차지하는 비중이 크므로 보상소득의 변화에 민감한 영향을 받았기 때문이다. 같은 이유에서 교통수단 중에서는 소비지출 비중이 가장 큰 연료비가 보상수요 변화의 영향을 가장 많이 받았지만 그렇게 강하지는 않았다.

보상수요의 교차가격탄력성 내용을 교통수단 중심으로 살펴보면 다음과 같다. 시내버스는 연료비와 매우 강한 경쟁관계에 있다. 상호 영향력의 크기는 연료비가 시내버스에 미치는 영향력(1.34)과 시내버스가 연료비에 미치는 영향력(1.36)이 거의 비슷하다. 시내버스와 전철은 상호 경쟁관계에 있으며, 전철이 시내버스에 미치는 영향력(0.24)보다 시내버스가 전철에 미치는 영향력(1.71)이 훨씬 크다. 시내버스와 기차는 상호 보완관계에 있으며, 기차가 시내버스에 미치는 영향력(-0.02)보다 시내버스가 기차에 미치는 영향력(-0.14)이 더 크다. 시내버스와 택시는 상호 경쟁관계에 있으며, 택시가 시내버스에 미치는 영향력(0.02)보다 시내버스가 택시에 미치는 영향력(0.04)이 더 크다. 시내버스와 시외버스는 상호 경쟁관계에

〈표 4〉 교통수요의 마살가격탄력성

구분	시내버스	시외버스	택시	기차	전철	연료비	기타소비
시내버스	-0.81321	0.26779	0.01782	-0.01936	0.24201	1.33480	-1.48602
시외버스	0.93489	-1.67031	0.16202	0.25997	-0.39749	-0.09075	0.48272
택시	0.03727	-0.08736	-0.56601	-0.00956	-0.05016	0.00748	0.73711
기차	-0.14983	0.57326	-0.04159	-1.23343	0.32119	0.15833	-0.99269
전철	1.70360	-0.80684	-0.18940	0.29455	-0.99626	-0.02651	1.51998
연료비	1.33368	-0.03419	-0.00861	0.01850	-0.00654	-0.71839	-1.01269
기타소비	-0.02851	-0.00182	-0.00072	-0.00267	0.00162	-0.00454	-0.99462

〈표 5〉 교통수요의 보상가격탄력성

구분	시내버스	시외버스	택시	기차	전철	연료비	기타소비
시내버스	-0.81057	0.26929	0.02060	-0.01868	0.24287	1.34150	-1.10507
시외버스	0.93505	-1.67013	0.16226	0.26003	-0.39751	-0.09111	0.50838
택시	0.03907	0.08791	-0.56503	-0.00932	-0.04990	0.00944	0.86847
기차	-0.14320	0.57520	-0.03811	-1.23257	0.32218	0.16588	-0.52078
전철	1.70790	-0.80584	-0.18744	0.29502	-0.99554	-0.02060	1.79486
연료비	1.35650	-0.02733	0.00357	0.02152	-0.00319	-0.69319	0.63480
기타소비	-0.01482	0.00210	0.00638	-0.00092	0.00370	0.01147	-0.02821

있으며, 시외버스가 시내버스에 미치는 영향력(0.27)보다 시내버스가 시외버스에 미치는 영향력(0.94)이 더 크다.

시외버스는 연료비와 보완관계에 있으며, 연료비가 시외버스에 미치는 영향력(-0.09)이 시외버스가 연료비에 미치는 영향력(-0.03)보다 더 크다. 시외버스와 전철은 상호 보완관계에 있으며, 전철이 시외버스에 미치는 영향력(-0.40)보다 시외버스가 전철에 미치는 영향력(-0.81)이 더 크다. 시외버스와 기차는 경쟁관계에 있으며, 기차가 시외버스에 미치는 영향력(0.26)보다 시외버스가 기차에 미치는 영향력(0.58)이 더 크다. 시외버스와 택시는 상호 경쟁관계에 있으며, 택시가 시외버스에 미치는 영향력(0.16)이 시외버스가 택시에 미치는 영향력(0.09)보다 크다.

택시와 연료비는 경쟁관계에 있으며, 연료비가 택시에 미치는 영향력(0.009)이 택시가 연료비에 미치는 영향력(0.004)보다 더 크다. 택시와 전철은 상호 보완관계에 있으며, 전철이 택시에 미치는 영향력(-0.05)보다 택시가 전철에 미치는 영향력(-0.19)이 더 크다. 택시와 기차는 상호 보완관계에 있으며, 기차가 택시에 미치는 영향력(-0.01)보다 택시가 기차에 미치는 영향력(-0.04)이 더 크다.

기차와 연료비는 경쟁관계에 있으며, 연료비가 기차에 미치는 영향력(0.17)이 기차가 연료비에 미치는 영향력(0.02)보다 더 크다. 기차와 전철은 상호 경쟁관계에 있으며, 전철이 기차에 미치는 영향력(0.32)이 기차가 전철에 미치는 영향력(0.30)보다 약간 크다.

이상의 교차가격탄력성 관계 중에서, 시내버스와 연료비, 시내버스와 전철, 시내버스와 택시, 시외버스와 기차, 택시와 연료비, 기차와 연료비는 예상대로 서로 경쟁관계로 나타났다. 그리고 시내버스와 기차, 시외버스와 연료비, 시외버스와 전철, 택시와 전철, 택시와 기차, 전철과 연료비도 예상대로 보완관계로 나타났다. 그러나 시내버스와 시외버스, 시외버스와 택시, 기차와 전철이 경쟁관계로 나타난 것은 시내교통과 시외교통 사이에 경쟁관계의 존재를 의미하므로

일반적인 상식과는 다르다. 결국 총 15개의 교차관계에서 12개의 관계가 상식과 일치한다.

2) 소득탄력성

〈표 6〉은 교통수요함수의 계수 추정치를 이용하여 소득탄력성을⁵⁾ 구하고 그 평균값을 나타낸 것이다. 교통수단에 대한 소득탄력성은 모두 양(+)의 부호를 나타내므로 정상재라는 예상과 일치한다. 이 중에서 연료비에 대한 소득탄력성은 1.72로 예상대로 가장 높게 나타났다. 이는 전체 소비지출이 1% 증가할때 연료비에 대한 소비지출이 1.72% 증가하는 것을 의미하므로 연료비의 소비지출은 소득증가에 대해 매우 민감함을 알 수 있다. 기차의 소득탄력성은 0.49로 상대적으로 높게 나타났고 다른 교통수단은 시내버스와 전철이 각각 0.40과 0.29로 택시의 0.14와 시외버스의 0.03보다 높게 나타났다.

본 논문의 연구기간인 1990~97년 사이에 전국의 대도시에서는 지하철노선 확장, 시내버스 전용차선제 도입, 좌석 시내버스 운행, 시내버스의 냉방화 등 시내대중교통부문에서 서비스 수준 고급화를 위한 다양한 정책이 추진되었다. 이러한 사실에 비추어 볼 때 시내버스와 전철 같은 시내대중교통의 소득탄력성이 시외버스의 소득탄력성보다 높게 나온 이유는, 시내대중교통수단의 서비스 수준이 향상되면서 시민들이 소득 증가와 동시에 시내버스 및 전철을 상대적으로 많이 이용한 때문으로 판단된다.

V. 결론

본 연구에서는 우리 국민의 교통수요행태를 분석하기 위하여 준이상수요체계의 교통수요모형을 설정하였다. 대중교통수단으로는 시내버스, 시외버스, 택시, 기차, 전철이 그리고 개인교통수단으로는 연료비가 포함되었으며, 기타재화 및 서비스에 대한 소비지출이 함께 추정되었다. 이용된 자료는 통계청의 『도시가계연보』에 수록된 '전국 도시가구 소비지출과 『물가통계』

〈표 6〉 교통수요의 소득탄력성

구분	시내버스	시외버스	택시	기차	전철	연료비	기타소비
탄력성	0.39911	0.02592	0.13716	0.49337	0.28925	1.72091	1.01095

5) 엄밀한 의미에서 보면, 계산한 값은 소득탄력성이라기보다 총지출탄력성이다.

에 수록된 '전국 도시소비자 물가'이다. 이 중에서 교통수단의 연평균소비지출자료는 추정에 필요한 충분한 자유도를 확보할 수 있도록 공공교통과 개인교통 그룹으로 나누어 계절변동 요인을 부여하는 방법을 통해 분기자료로 확장되었다. 추정방법으로는 효율성을 높이기 위해서 소비지출에 대한 비율식을 동시에 추정하는 방법인 켈너(Zellner)의 반복표면상무상관회귀(iterative seemingly unrelated regression) 법이 사용되었다.

추정결과 모형의 설명력을 나타내는 수정결정계수(adjusted-R²)는 기타재화 및 서비스 지출비율식 0.91, 시외버스 지출비율식 0.89, 택시 지출비율식 0.77, 기차 지출비율식 0.92, 전철 지출비율식 0.94, 연료비 지출비율식 0.94로 높게 나타났다. 추정계수는 총 51개중에서 25개가 5%의 수준에서 유의한 것으로 나타났다. 이는 표본크기에 비해서 추정계수의 숫자가 매우 많다는 사실을 고려할 때 만족할만하다.

추정된 계수값을 이용하여 가격탄력성과 소득탄력성을 구하였다. 자기가격탄력성과 소득탄력성 추정치는 조금 높기는 하나 부호와 상대적 크기가 예상과 일치하고 다른 연구결과들과 유사한 범위에 있다.

마찰탄력성으로 살펴본 자기가격탄력성은 시외버스와 기차의 자기가격탄력성은 각각 -1.67과 -1.23으로 탄력적이고, 전철과 기타재화 및 서비스는 각각 -1.00과 -0.99로 단위탄력적이다. 시내버스와 택시는 각각 -0.81과 -0.57로 비슷한 수준에서 비탄력적이다. 연료비는 -0.72로 택시보다 높으나 시내버스보다는 약간 낮은 수준에서 비탄력적이다.

보상가격탄력성으로 살펴본 교차가격탄력성은 시내버스와 연료비, 시내버스와 전철, 시내버스와 택시, 시외버스와 기차, 택시와 연료비, 기차와 연료비는 예상대로 서로 경쟁관계로 나타났다. 그리고 시내버스와 기차, 시외버스와 연료비, 시외버스와 전철, 택시와 전철, 택시와 기차, 전철과 연료비도 예상대로 보완관계로 나타났다. 그러나 시내버스와 시외버스, 시외버스와 택시, 기차와 전철이 경쟁관계로 나타난 것은 시내교통과 시외교통 사이에 경쟁관계의 존재를 의미하므로 일반적인 상식과는 다르다. 그럼에도 불구하고 총 15개의 교차관계에서 12개의 관계가 상식과 일치한다.

도출된 교통수단의 소득탄력성은 모두 양(+)의 부호를 가지므로 교통수단이 정상재라는 사실을 말해준

다. 연료비에 대한 소득탄력성은 1.72로 예상대로 가장 높게 나타났다. 이는 전체 소비지출이 1% 증가할 때 연료비에 대한 소비지출이 1.72% 증가하는 것을 의미하므로 연료비의 소비지출은 소득증가에 대해 매우 민감함을 알 수 있다. 기차의 소득탄력성은 0.49로 상대적으로 높게 나타났고 다른 교통수단은 시내버스와 전철이 각각 0.40과 0.29로 택시의 0.14와 시외버스의 0.03보다 높게 나타났다.

본 논문의 연구기간인 1990~97년 사이에 전국의 대도시에서는 지하철노선 확장, 시내버스 전용차선제 도입, 좌석 시내버스 운행, 시내버스의 냉방화 등 시내대중교통부문에 서비스 수준 고급화를 위한 다양한 정책이 추진되었다. 이러한 사실에 비추어 볼 때 시내버스와 전철 같은 시내대중교통의 소득탄력성이 시외버스의 소득탄력성보다 높게 나온 이유는, 시내대중교통수단의 서비스 수준이 향상되면서 시민들이 소득 증가와 동시에 시내버스 및 전철을 상대적으로 많이 이용한 때문으로 판단된다.

다음 연구에서는 더 많은 시계열자료를 발굴하여, 장기간의 교통수요 변화에 대한 분석을 시도할 필요가 있다. 본 연구에서는 연간자료를 분기자료로 확장하는 방법을 통하여 필요한 자유도를 확보하는 데는 성공하였지만, 실제 분석기간은 8년밖에 되지 않으므로 장기에 걸친 가격과 소득변화를 충분히 포착하지 못하였다. 또한 초월대수함수나 동태함수 등 다양한 형태의 수요함수를 시도할 필요가 있다. 여러 가지 함수형태의 추정을 통해서 우리 현실에 적합한 교통수요함수모형을 발견할 수 있을 것이다. 아울러 대도시와 중소도시 등 지역별 지출자료를 발굴하여 지역 특성을 반영하는 교통수요함수의 추정도 필요하다.

참고문헌

1. 교통개발연구원(1999a), "교통수요의 가격, 소득 및 서비스 탄력성에 관한 분석".
2. 교통개발연구원(1999b), "교통 관련 사회환경비용의 내재화방안", p.52.
3. 교통개발연구원(2001a), "교통", p.4.
4. 교통개발연구원(2001b), "1999년 교통사고비용", p.66.
5. 통계청, KOSIS(통계DB), "도시가계 소비·지출".
6. 통계청, KOSIS(통계DB), "소비자물가지수".

7. 통계청, KOSIS(통계DB), "교통·정보통신".
8. 한국자동차공업협회(1999), "한국의 자동차산업", pp.73~77.
9. Deaton, A. S. and J. Muellbauer.(1980a), "An Almost Ideal Demand System", *The American Economic Review*, June, 70(3), pp.312~326.
10. Deaton, A. S. and J. Muellbauer.(1980b), *Economics and Consumer Behavior*. New York: Cambridge University Press.
11. Goodwin, P. B.(1992), "A Review of New Demand Elasticities with Special Reference to Short and Long Run Effects of Price Changes", *Journal of Transport Economics and Policy*, May, pp.155~169.
12. Lancaster, K. J.(1966), "A New Approach to Consumer Theory", *Journal of Political Economy*, 134, pp.132~157.
13. Oum, T. H. and D. W. Gillen.(1983), "The Structure of Intercity Travel Demands in Canada : Theory, Tests and Empirical Results", *Transportation Research B*, 17B(3), pp.175~191.
14. Oum, T. H., W. G. Waters II, and Jong-Say Yong.(1992), "Concepts of Price Elasticities of Transport Demand and Recent Empirical Estimates", *Journal of Transport Economics and Policy*, May.
15. Oum, T. H., H. P. C. van Ooststroom, and J. Yoon.(1996), "The Structure of Travel Demands in the Netherlands: An Application to Predict Modal Shares under the Sustainable Development Goals", *International Journal of Transport Economics*, February, 23(1), pp.31~62.
16. Pollak, R. A.(1970), "Habit Formation and Dynamic Demand Functions", *Journal of Political Economy*, 78, pp.745~763.
17. Yoon, Jae-Ho.(1995), "The Structure of the Aggregate Travel Demands in the US and the Netherlands : An Application to Predict Modal Shares under the Goal of the Sustainable Development Program", Ph.D. Dissertation of the University of Utah.
18. Zellner, A.(1962), "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Test for Aggregation Bias", *American Statistical Association*, 57, pp.500~509.

✉ 주 작 성 자 : 윤재호

✉ 논문투고일 : 2002. 1. 12

논문심사일 : 2002. 3. 7 (1차)

2002. 5. 21 (2차)

심사판정일 : 2002. 5. 21

✉ 반론접수기간 : 2002. 10. 30