

■ 論 文 ■

형평성을 고려한 무료도시고속도로의 유료화 방안

How to Charge Equitably on Free-of-Charge Urban Freeways

황 기 연

(서울시정개발연구원 도시교통연구부 연구위원)

엄 진 기

(서울시정개발연구원 도시교통연구부 연구원)

김 정 필

(서울시정개발연구원 도시교통연구부 연구원)

조 용 학

(서울시정개발연구원 도시교통연구부 연구원)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 외국사례
- II. 도시고속도로 유료화 논점 및 전략수립
 - 1. 유료화 논점
 - 2. 유료화 전략수립
- III. 사례 연구
 - 1. 사례지역 현황
 - 2. 징수대안
 - 3. 효과분석 방법
 - 4. 분석 결과
- IV. 결론 및 정책건의
참고문헌

Key Words : 도시고속도로, 유료화, 형평성, Fare Lane, 다계층노선배정

요 약

본 연구의 목적은 형평성 문제를 최소화할 수 있는 무료인 도시고속도로의 유료화 대안을 모색하는데 있다. 본 연구는 크게 2개 분야로 구성된다. 우선 형평성을 고려한 유료화 전략을 수립하는 부분과, 다음으로 사례연구를 통해 다양한 유료화 시행방안의 효과를 비교 분석하는 부분이다. 사례연구는 경부고속도로의 서울시 구간을 대상으로 외국 주요도시에서 시행하고 있는 Fare Lane, HOT Lane, ERP 시스템, 도로유지/관리비를 위한 통행료 부과 등 4가지의 무료인 도시고속도로 유료화 방안들에 대하여 효과의 차이를 분석하였다.

연구 결과, 무료인 도시고속도로에 적합한 유료화 방안은 1) 유지관리비용 징수방식 보다는 혼잡통행료 방식이며, 2) 대중교통을 제외한 차량을 대상으로 징수하되, 3) 징수방식은 고속도로의 특성에 따라 개방식과 폐쇄식으로 하고, 4) 요금수준은 도로용량을 최대화하는 수준에서 결정해야 하며, 5) 징수차로는 전차로 유료화 방식 또는 HOT 차로 유료화 방식으로 하되 고속도로의 램프진출입로 방향을 고려하여 결정하며, 6) 징수시스템은 전자자동징수시스템을 채택하고, 마지막으로 7) 수입금은 대중교통개선에 쓰이도록 하거나 징수대상 도로나 구간을 이용하는 자들이 직접적으로 배분에 참여하여 효용을 극대화할 수 있도록 하는 방법을 채택하는 것이 바람직한 방향으로 나타났다.

한편, 본 연구는 실행을 전제로 한 것이 아니기 때문에 실제 적용시에는 대상도로의 선정, 분석방법, 분석의 범위에 대한 보다 심도 있는 논의가 필요하며 또한 유료도로법 등의 관계 법규에 대한 장비가 필요할 것으로 판단된다.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

현재 서울시에는 총 10개의 도시고속도로를 무료로 운영 중에 있다. 서울외곽에 있는 외곽순환도로의 경우 도로공사에서 유지관리하면서 요금을 징수하고 있으나, 서울시의 도시고속도로는 서울시가 운영하면서 요금을 징수하지 않고 있다. 이로 인해 서울시 내부를 관통하는 것이 시간적인 불이익이 있음에도 운전자들에게 선호되고 있으며, 요금체계의 불합리성 때문에 서울시 내부의 도시고속도로가 혼잡하여 원활한 소통과 높은 서비스 수준을 장래 지속적으로 유지하기에 어려운 현실이다. 따라서, 도시고속도로의 지속적인 연장 확충에도 불구하고 개통 후 얼마 지나지 않아서 도시고속도로상 교통혼잡현상이 발생하고 있고, 따라서 각종 사회적 비용이 급속하게 증가하여 건설이 오히려 잠재수요만 유발하는 부작용을 내포하고 있다.

최근 IMF 극복과 경제여건의 호전으로 거의 모든 도로에서 운행속도가 저하되어 서울시 전체적으로 25.41km/h에서 22.92km/h로 '99년 대비 9.8% 감소한 것에 비하여, 도시고속도로는 무려 52.44km/h에서 42.47km/h로 19%나 저하되어 이에 대한 대책마련이 시급한 실정이다(서울특별시, 2000). 또한, 서울시의 대부분 도시고속도로는 강변, 하천변, 산지 통과로 인해 교량과 터널로 건설되는 경우가 많아 유지보수비용이 많이 소요되고 있다. 특히 대용량 도시고속도로는 첨단교통시스템 등이 설치되거나 첨단시설의 유지, 관리, 보수로 인해 일반도로에 비해 유지관리비용이 더욱 많이 소요되는 데에도 불구하고 유료도로법에 의해 통행요금을 징수하는 도시고속도로는 없어 관리비용도 계속 증가추세를 보이는 실정이다.

한편, 현재 서울시내에는 유료도로법에 의한 통행료 징수구간은 없으나, 도시교통촉진법에 의한 혼잡통행료 징수 2개구간(남산 1.3호터널)을 운영하여, 징수 4년후인 현재 대체교통수단으로의 전환이라는 근본적인 징수취지를 달성한 것으로 평가되고 있으며(황기연외, 1999; 서울시, 2001), 외국의 경우도 혼잡과 환경오염이라는 사회적 비용을 저감시키고 수입금으로 이동약자를 지원하기 위해 도시고속도로 유료화 사업을 본격적으로 시행하고 있는 추세이다.

그러나 이러한 추세에도 불구하고 우리나라에서는 아직까지 무료인 도시고속도로를 사후적으로 유료화한 경우는 없으며, 외국의 경우에도 이러한 사례는 싱가포르가 1998년부터 시행중인 전자혼잡통행료 징수제도(Electric Road Pricing:ERP)에서 도시고속도로를 유료화한 경우가 극히 드문 예종의 하나이다(Menon, 2000).

따라서, 본 연구의 목적은 무료인 서울시 도시고속도로의 유료화방안과 관련하여, 유료화의 필요성 및 이와 관련된 여러 논점을 진단/검토하고, 서울시 도시고속도로에서 적용 가능한 방안을 제시, 그 효과를 분석해 봄으로써 향후 도시고속도로 유료화 정책추진에 도움을 주고자 하는데 있다.

본 연구의 전체적인 구성은 다음과 같다. 우선 제1장2절에서 도시고속도로 유료화에 관한 외국사례를 검토하고, 제2장에서는 도시고속도로 유료화와 관련된 여러 논점들을 형평성 측면을 중심으로 검토한 후, 서울시 도시고속도로 유료화 전략을 구상해 보고, 제3장에서는 경부고속도로 서울시내 구간을 사례 대상지역으로 선정하여 실행 최선의 유료화 방안에 대한 분석을 시행하도록 한다. 사례연구는 사례지역에 대한 현황분석, 징수가능한 대안의 결정, 시행효과분석방법론의 구축, 대안별 효과분석결과 등으로 구성된다. 마지막으로 결론에서는 연구의 요약 및 정책건의사항에 대해 언급한다.

2. 외국사례

미국의 경우 교통형평법21(Transportation Equity Act 21)의 Value Pricing Program을 통해 각 도시의 도시고속도로유료화 사업을 지원하고 있고 최근 들어 거의 모든 전국의 주요 대도시에서 시범사업을 추진하고 있다(DeCorla-Souza, 2000. 한 예로서 미국 샌프란시스코 시에서는 2000년5월 도심에서 3개의 지하유료터널을 건설할 계획이다. 터널의 건설은 민자유치로 추진되며 요금은 \$2 정도 수준으로 예상되지만 혼잡정도에 따라 차등 징수될 예정이고 전자자동시스템에 의해 징수되기 때문에 요금징수소 부근의 혼잡현상은 발생하지 않을 것으로 예상된다.

싱가포르의 최근 발간한 백서에서 제시한 21세기 주요 교통정책수단으로 다양한 대중교통수단의 제공, 대중교통수단간 위계의 정립을 통한 통합이용체계 구

축, 교통과 토지이용의 결합, 원인자부담의 원칙과 수익자부담의 원칙을 철저히 준수하는 교통수요관리, 도로망의 확충과 효율극대화 등을 제시하고 있다. 따라서 1998년 들어 기존의 ALS 시스템을 전면 개편하여 새로이 무료인 도시고속도로 일부구간에서 첨두시 혼잡통행료를 징수하기 시작하였다. 통행요금은 분기별로 교통상황을 점검하여 유동적으로 변화하도록 하고 있다(DeCorla-Souza, 2000; Seik, 2000). 일본의 경우 동경도의 전체 도로망을 대상으로 유료화 전략을 구상 중에 있다.

영국의 경우도 New Deal for Transport라는 21세기 교통환경개선계획을 통해 도시고속도로의 유료화 사업을 적극적으로 추진하고 있으며, 기타 유럽 각 국에서도 Autobahn의 유료화 사업을 추진하고 있다.

〈표 1〉은 외국의 도시고속도로 유료화 사례를 요

약한 것이다.

〈표 1〉의 외국의 시행사례 및 계획안에 따르면 서로 다른 방식의 시스템이 운영되고 있다. 주요 참고사항을 요약하면 아래와 같다:

- ① 교통수요관리 전략과 ITS 기술이 접목되고 있다. 대부분의 시스템들이 최근 사업으로 갈수록 전자요금징수(ETC)방식을 통한 자동징수방식으로 바뀌고 있다. 따라서 이전에 통행료 징수상의 문제점으로 지적되던 Privacy 문제, 징수대 혼잡, 수입금의 배분 등과 같은 사항을 많이 보완할 수 있게 되었다.
- ② 시행목적에 있어서는 효율성에서 형평성 중심의 정책으로 변화되고 있다. 특히 Fair Lane 경우는 수입금의 배분과정에서 필연적으로 발생할 가능성

〈표 1〉 외국의 유료화 사업 및 특성

사업명	시행 목적	운영 시간대	통행료 징수방식	기술방식	특징	시행 여부
Fair Lane (DeCorla-Souza, 2000)	수입금의 형평적 배분	첨두시	E-tag를 통해 통행정보 수집 (변동요금)	전자요금징수 (ETC) 방식	일반차선이용자에게 크레딧을 부여. 첨두시간대에 따른 요금변동	×
샌디 에고 HOT (Sanbag, 1999)	기존용량 극대화, 대중교통, HOV 서비스개선 및 혼잡 경감	첨두시	문주식표지판에서 차량의 Transponder를 통해 감지(변동요금)	FasTrak을 통한 전자요금징수 (ETC) 방식	차선이용시간에 따른 요금지불. 시간대와 교통량 수준에 의해 요금변화	○
오렌지카운티 SR 91(미국)	민자유치도로에서 통행료 수입확보 및 혼잡감소	-	(변동요금)	-	피크시와 평상시에 다른 혼잡통행료를 부과	○
ERP (싱가포르)	기존 ALS 시스템의 제반문제 개선, 혼잡관리를 통한 도로환경 개선	평 일 AM7:30 ~PM7:00	IU에 캐쉬카드를 장착하여 표지대 (gantry)에서 차량 감지(변동요금)	ERP 방식 (스마트카드와 AVI기술을 통한 자동 징수)	일정속도를 유지하기 위해 정기적 요금변화	○
ALS (싱가포르)	차량의 도심진입 억제	평 일 AM7:30 ~PM7:00 토요일 AM7:30 ~PM2:00	경계선(cordon)의 표지대에서 진입차량에 대해 요금부과(일정요금)	지역허가 시스템 Cordon 방식	RZ를 선정하여 이의 진입시에 요금을 부과 지역통행허가증제 운영	○
ERP (김세호, 1996)	차량의 도심진입 억제	-	차량에 부착된 ENP를 통해 매설된 감지장치에 의해 정보 수신 (일정요금)	ENP 방식 Cordon 방식	요금 징수시 진입경계선에서 징수하며 도심진입방향에서만 규제.	×
Toll Ring (김세호, 1996)	도시고속도로의 개선 및 운영을 위한 재원확보	평 일 AM6:00 ~PM10:00	CBD 진입시에 요금징수소에서 통행료 징수(일정요금)	Cordon 방식 (수동징수)	세입목표액에 따라 예측일 교통량을 기준으로 산정한 요금징수	○
ERP (스웨덴)	공공수송요금에 대한 보조금 지원	-	-	AVI를 통한 통행료 자동징수	Master Card를 이용하여 혼잡료 징수	○

이 있는 형평성문제를 전자정산 방식을 통해 해당 구간이용자간에 직접적으로 정산하도록 하여 풀고 있다.

- ③ 교통운영전략과 교통수요관리를 복합적으로 구현하여 효과를 높이고 있다.
- ④ 일정수준의 교통수준을 달성하기 위해 요금수준을 가변화하여 실시하고 있다.
- ⑤ Fair Lane 경우와 같이 새로이 신설되는 도로 또는 민자유치 도로 뿐만 아니라 기존 도시고속도로에도 요금을 징수하려는 경향이 확산되고 있다.

하지만, 아직까지는 시스템의 시행에 있어서 여러 문제점이 내재되어 있다. 각 국의 시스템은 그 나라마다의 여건이 고려된 정책이기 때문에 우리나라에 이러한 시스템을 적용할 때에는 사전에 우리의 여건에 대한 철저한 숙지가 필요하다. 특히 도시고속도로의 구조, 램프의 방향, 차량구성비 등의 특성과 유료화시스템의 유기적인 결합을 위해 많은 연구 및 검토가 선행되어야 할 것이다.

II. 도시고속도로 유료화 논점 및 전략수립

1. 유료화 논점

도시고속도로와 관련된 유료화논점은 효율성 측면과 형평성 측면에서 고려될 수 있다.

여기서, 효율성 측면에서의 유료화와 관련된 논점은 이미 기존 연구에서 다양하게 검토되었고, 그 개선방안 등이 제시되어있다. 이러한 내용들을 간략히 설명하면 다음과 같다.

효율성과 관련한 유료화 논점은 혼잡세 이론에 기반을 두고 많은 연구를 통해 교통혼잡감소, 시간손실감소, 수입금 발생, 잠재수요문제 극복(Downs, 1992), 생산교통우대(황기연, 1994) 등의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 효율성을 보장받기 위해서는 ①요금수준을 도로의 용량을 최대 이용가능한 수준에서 결정하고 일정 시간대 내에서는 가능한 정액통행료를 징수해야 하며, ②징수체제로 수입금 누수, 요금징수소 혼잡, Privacy 문제를 극복할 수 있는 전자자동징수시스템의 도입 등이 필요한 것으로 나타났다.

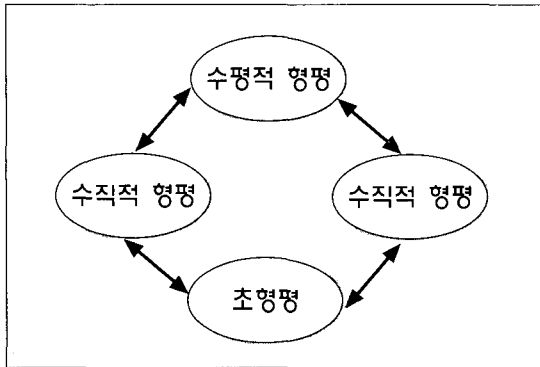
도시고속도로 유료화와 관련하여 가장 신중히 고려해야 할 논점은 형평성 문제이다. 일반적으로 형평성에

관한 논의는 수평적 형평(Horizontal Equity:HE)과 수직적 형평(Vertical Equity:VE)으로 구성되고(MacRae and Wilde, 1979) 다시 수직적 형평은 소득과 계층에 대한 수직적 형평(VE1)과 장애인과 긴급목적과 관련된 수직적 형평(VE2)으로 구분된다(Litman, 1996). 그러나 보다 포괄적인 형평성 논의에 있어서는 Baumol(1986)이 제시한 초형평(Super-fairness) 논의가 추가된다.

HE는 "Get what they pay for and pay for what they get unless there is a specific reason to do otherwise." 라는 원리로서 지불한 만큼 사용하고 사용한 만큼 지불하며 특별한 이유가 있는 경우는 예외로 한다는 뜻이다. 즉, "동등한자에 대한 동등한 취급"이라는 뜻으로 주로 교통관련 자금을 배분하는데 있어서 인구비례를 적용되는 논리이다.

VE는 "대등하지 아니한 상황에 있는 사람들을 서로 다르게 취급" 한다는 원칙으로 노인에게 요금을 할인해 주거나 장애인을 위한 별도의 주차공간을 배려해 주는 것, 앰블런스에게 통행의 우선권을 주는 것과 같은 것이 좋은 예이다(노화준, 1989). 이중 VE1의 경우 주로 소득계층중 하위계층에 대한 배려를 의미하는 것으로서 보조금의 지급이나 요금인상을 반대할 때 사용되는 논리이다. VE2는 Rawls(1971)의 "정의의 원칙"과 일맥상통하는 개념으로 사회적 가치배정에 있어서 가장 불리한 여건(Least Advantaged)에 처해 있는 사람들이 가장 많은 혜택을 받을 수 있어야 한다는 것으로 승용차비소유자, 신체적 장애인 및 소방차와 같은 특수목적 이동에는 특혜가 주어져야 한다는 논리이다(Litman, 1996). 결론적으로 HE와 VE는 평등성 보장, 수익자/원인자부담의 원칙 준수, 소득형평성 보장, 교통약자보호, 기본적 이동권 보호라는 내용으로 요약될 수 있다(Litman, 1996)

한편, 일반적인 형평의 논리를 넘는 초형평(Super-fairness)논리가 Baumol(1986)에 의해 제기 되었다. 파레토최적이 효율성을 결정하는 기준이라면 Baumol에 있어서 자원배분의 형평성을 결정하는 기준은 시기심(Envy)의 존재 여부다. 따라서 초형평은 자원배분 상황에서 다른 사람들이 가진 것에 대해 시기심이 없는 상태(Envy-Free Allocation)일 뿐 아니라 자신에게 할당된 양에 대한 변화마저도 거절하는 상태를 말한다. 자원배분이 초형평한가에 대한 판단은 제3자가 아닌 당사자 개인의 선호도(Preference)에



〈그림 1〉 형평성 구성요인

의해 좌우되며 미시경제학 이론에 근거하여 계량화가 가능하다. 자원을 평등하게 나누고 경쟁시장에서 각자의 선호도가 반영되는 교환이 이루어지게 하면 각자는 다른 사람의 몫에 대해 시기심이 없는 초형평 상황에 도달하게 된다. 결론적으로 초형평은 자원배분 과정에 있어서 당사자 개인들이 직접 참여하여 자신의 선호도에 따라 배분된 자원의 교환을 이루어 최종적으로 상대방에 대해 시기심이 없는 상태를 말한다.

형평성을 구성하고 있는 주요요인을 그림으로 나타내면 〈그림 1〉과 같다.

도시고속도로 유료화 정책추진시 형평성과 관련하여 HE에 관련된 사항은 이중과세문제, 무료에서 유료로 전환, 특정 도시고속도로만의 유료화, 확일적 요금징수 등으로 대부분 HE를 악화시키는 사항으로 나타났다. VE와 관련된 사항은 소득차이, 승용차소유/이용여부, 이용료수입의 사용방안 등으로 승용차비소유자는 도시고속도로의 유료화를 통해 VE가 개선되며 또한 이용료 수입이 교통약자나 사회적 약자를 위

해 쓰여질 때 VE가 개선된다.

정의된 형평성 기준에 따라 도시고속도로유료화와 관련하여 발생할 수 있는 형평성 관련 주요 논점 및 극복방안을 〈표 2〉에 요약하였다.

2. 유료화 전략수립

논의된 외국사례, 유료화에 따른 효율과 형평성 논점 등의 내용을 참고로 하여 서울시에서 도시고속도로를 유료화 할 경우에 대한 전략을 〈표 3〉과 같이 유형별로 수립하였다.

〈표 3〉 내용을 요약하면 형평성을 고려한 서울시 도시고속도로 유료화는 다음의 방법으로 시행될 수 있을 것으로 판단된다.

- ① 징수대상 : 기개통 혼잡구간에서 혼잡통행료 징수, 기개통 유지관리비용 과다 도로, 유지관리비용이 과다한 미개통 도로, 민자유치도로 등에서 통행료 징수
- ② 징수차량 : 혼잡통행료 징수구간에서 대중교통제외, 그 외 통행료 징수지역에서는 장애인 차량을 제외한 전차량 징수
- ③ 징수방법 : 혼잡통행료 방식의 경우 도로여건에 따라 혼잡구간 진입(Closed 방식)/혼잡구간주행거리 또는 시간(Open 방식) 기준, 통행료 방식의 경우 주행거리 기준
- ④ 요금수준 : 혼잡통행료 방식의 경우 도로용량최적화 요금, 혼잡정도에 따라 요금수준 일정 시간대를 정해 차등화, 기타 통행료 방식의 경우 적정 유지관리비 또는 건설투자비 회수 기준에 따라 차등별로 균일요금징수

〈표 2〉 도시고속도로 유료화에 따른 형평성 논점 및 극복방안

구분	수평적 형평	수직적 형평	초형평	극복방안
이중과세문제	저하	-	-	민자도로 활성화, 기존 도로의 개량, 유지관리비용만을 징수, 도로재정 적자 홍보
무료→유료	저하	-	-	유지관리비용으로 징수, 혼잡/대기오염과 같은 사회적 비용으로 징수(첨두시 일부차선에서 시행), 기존 버스전용차선에 돈을 낸 승용차통행 허용(HOT Lane)
특정도로유료화	저하	-	-	상황이 비슷한 도로에 대해서는 단계적으로 전면 유료화
확일요금징수	저하	-	-	혼잡상황 등을 고려하여 요금차등화
소득격차비교려	-	저하	-	대체교통수단의 활성화
승용차비소유자/비이용자	-	개선	-	
이용료 수입	-	개선	개선	개개인이 수입금 배분과정에 참여하여 자신의 선호도를 반영할 수 있도록 함

〈표 3〉 유형별 도시고속도로 유료화 전략

구 분			징수지역	징수대상차량	징수방법	징수차로
개 통 여 부	기 개 통	혼 잡	모든 혼잡지역	징수구간/차선 운행 승용차량징수, 대중교통 징수면제, 카풀면제고려	혼잡램프진입징수, 혼잡 구간징수, 혼잡상황하에서 행시간, 총주행시간	① 전차로징수 ② 징수차로/비징수차로 구분 징수.
		비 혼잡	과다유지관리비용발생 지역, FTMS 설치지역	전차량대상, 장애인차량 할인	총주행거리	전차로징수
	미 개 통	유지관리비 목적으로 해당 도로 모든 지역에서 징수	모든 차량	총주행거리		
건 설 주 체	공 공		상기사항 참조	상기사항 참조	상기사항 참조	상기사항 참조
	민 간		해당구간 모두	모든차량	총주행거리	전차로 징수
	제3 섹터		해당구간 모두	모든차량	총주행거리	전차로 징수
구 분			요금수준	징수체계	수입금사용	
개 통 여 부	기 개 통	혼 잡	도로용량 최적화 요금, 혼잡정도에 따라 요금차등화.	자동징수 시스템사용, 비징수차선 운행차량에 대한 credit 누적	혼잡료 수입금은 대중교통개선 및 요금할인에 지원(VE). 또한 비징수차로 운행차량에 credit으로 지불(HE)	
		비 혼잡	해당유지관리비용을 차종별 차등 징수	징수대 설치 공간확보여부에 따라 결정	유지관리사업에 지출	
	미 개 통	해당비용을 차종별 차등 징수	가능한 자동징수 시스템 설치, 타 시도차량 진입금지	유지관리사업에 투자		
건 설 주 체	공 공		상기사항참조	상기사항참조	상기사항참조	
	민 간		민간사업자가 결정하는 수준을 차종별 차등 징수	자동징수 시스템	사업자수입	
	제3 섹터		민관합의요금을 차종별 차등 징수	자동징수 시스템	위탁사업자 수입	

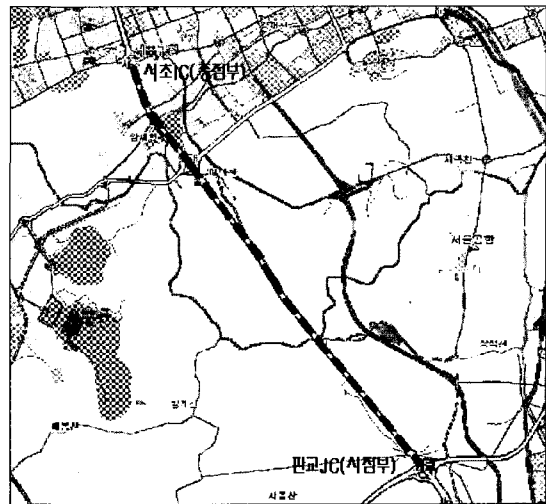
- ⑤ 징수차로 : 혼잡통행료 방식의 경우 전차로 징수 또는 HOT 방식 징수, 기타 통행료 방식의 경우 전차로 징수
- ⑥ 징수체계 : 가능한 전자자동징수 시스템 설치
- ⑦ 수입금사용 : 혼잡통행료 방식의 경우 대중교통 개선/요금할인/이용자참여방식 사용처 결정, 기타 통행료 방식의 경우 유지관리비, 사업자수입.

제3장에서는 형평성이라는 논점을 추가하여 본장에서 제시된 도시고속도로 유료화 전략에 기초하여 대안을 개발하고, 개발된 대안을 무료인 도시고속도로를 유료화하는 사업에 적용할 경우 대안별 효과를 비교분석한다.

III. 사례 연구

1. 사례지역 현황

본 사례연구는 판교에서 양재 8.5km 구간, 양재에서 서초 2.6km 구간, 총연장 11.1km 구간을 대상



〈그림 2〉 사례대상지역 도로구간

상으로 선정하였다(〈그림 2〉 참조).

본 대상지역은 비교적 앞서 제시된 몇 가지 유료화 방안을 적용하기 쉽고 네트워크가 단순하여 각 대안을 분석하기에 적절한 것으로 판단, 사례지역으로 선정하였다. 다만 선정된 지역은 검토된 유료화 방안을

〈표 4〉 사례대상지역 교통량 현황
(서울진입방향)

시	합계	승용차	택시	승합차	버스	화물 (소)	화물 (대)	기타
-6	10542	6070	260	874	302	1402	1634	0
7	5856	3108	36	600	160	858	1094	0
8	6228	3260	46	804	156	1026	932	4
9	4836	1666	14	588	194	1304	1066	4
10	4310	1566	6	614	122	1188	798	16
11	4282	1142	12	582	178	1356	1006	6
12	3966	1018	18	598	152	1358	820	2
13	4086	974	10	390	164	1386	1160	2
14	4744	816	8	780	216	1510	1412	2
15	4834	2364	36	430	230	1152	618	4
16	4684	2894	60	414	160	810	342	4
17	4636	2814	50	504	202	762	296	8
18	4600	3010	12	478	184	592	322	2
19	3968	2724	26	302	322	530	64	0
20	3860	2840	32	340	236	376	36	0
21-	5634	158	882	670	798	418	0	0
합계	83992	41900	784	9180	3648	16408	12018	54

자료 : 고속도로 교통량조사, 한국도로공사, 1999년.

(서울외곽방향)

시	합계	승용차	택시	승합차	버스	화물 (소)	화물 (대)	기타
-6	12208	6912	362	912	312	1664	2018	28
7	4550	3028	18	340	288	584	232	60
8	4010	2530	38	342	250	618	184	48
9	4878	2962	64	400	332	780	252	88
10	5956	3826	68	496	370	770	342	84
11	4732	2986	36	308	196	816	276	114
12	4506	2796	42	334	188	798	286	62
13	4582	2730	28	310	178	786	472	78
14	4412	2630	46	364	182	630	474	86
15	4282	2680	54	322	208	596	382	40
16	4138	2412	34	290	228	710	404	60
17	4734	2826	20	432	268	760	360	68
18	4968	3456	36	416	188	694	162	16
19	5108	3710	42	452	128	562	200	14
20	4188	3020	46	382	120	424	182	14
21-	7712	186	820	194	914	588	20	0
합계	87686	56216	1120	6920	3630	12106	6814	880

〈표 5〉 사례대상지역 통행속도 현황

구분	오전	낮	오후	전일
서울진입방향	24.38	71.05	79.41	44.32
서울외곽방향	75.52	80.60	83.08	79.61
도시고속도로 평균운행속도	38.47	47.07	42.75	42.47

자료 : 서울시 속도조사자료, 2000년

적용, 그 효과를 분석하기 위한 Toy-Network으로 활용하였으며 실제 적용과는 무관하다.

해당구간의 교통상황을 살펴보면 일평균교통량(1999년)의 경우 양방향 총 15만여대가 운행되고 있으며, 특히 오전첨두시(08~09시) 서울진입방향은 6,228대로 많은 교통량이 오전첨두시에 집중되어 있다(〈표 4〉 참조). 통행속도를 살펴보면 첨두시 많은 교통량으로 인해 오전첨두시에 심각한 교통정체 현상이 나타났다(〈표 5〉 참조).

2. 징수대안

기존 서울시에서 무료로 운영중인 도시고속도로상에서 현실적으로 도입이 가능한 유료화 방안은 도시

교통정비촉진법에 의한 혼잡통행료의 징수이고 징수는

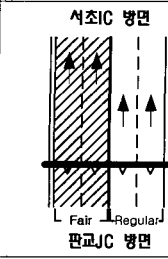
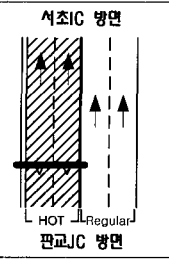
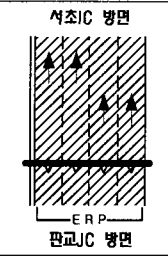
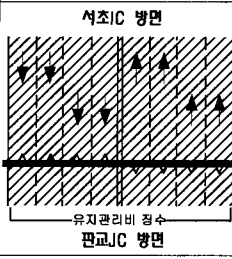
1) 수입금 배분에 이용자가 직접 참여하는 Fair Lane 방식, 2) 버스전용차로 등에 유료승용차 진입을 허가하는 HOT Lane 방식, 3) 버스를 제외한 모든 차량에 요금을 징수하는 싱가포르 ERP 방식 등으로 가능할 것으로 판단된다. 그러나 실행에 있어서는 도시고속도로의 구조, 램프위치, 갓길공간, 단속방법 등의 여러 여건을 감안하여 실정에 맞는 방안을 시행해야 할 것이다. 특히, Fair Lane과 HOT Lane등의 차선단속이 문제될 수 있으나, 최근 자동단속시스템의 기술개발에 따라 충분히 해결 가능할 것으로 판단된다.

통행료 징수방안은 기본적으로 Fair Lane, HOT Lane, ERP, 유지관리비용 징수의 4개의 대안을 가지고 분석하였으며, 각각의 대안에 따른 시행차로별, 징수기간, 징수지점 및 특징 및 징수요금으로 분류하여 이를 분석시에 적용하였다(〈표 6〉 참조).

3. 효과분석 방법

본 연구에서는 각 대안별 효과 평가를 위해서 유료차선을 이용하는 수단 계층별 비용을 고려한 다계층

〈표 6〉 징수대안별 비교

징수대안	Fair Lane 안	HOT Lane 안
요금징수 시행차로 (빗금부분)	 Fair Lane 2차로 (서울진입방향만)	 HOT Lane 2차로 (서울진입방향만)
징수기간	오전첨두시 3시간 (07:30~10:30), 평일 징수	오전첨두시 3시간 (07:30~10:30), 평일 징수
징수지점	시계지점 : Open방식 자동징수 양재IC에 Fair Lane 진입을 위한 Ramp (신규설치) : Closed방식 자동징수	시계지점 : Open방식 자동징수 양재IC에 HOT Lane 진입을 위한 Ramp (신규설치) : Closed방식 자동징수
특징	Fair Lane을 이용하는 차량에 대해서 요금을 징수하고, 여기서 징수된 수익금 전액을 Regular Lane 이용차량에게 인센티브로 부여 → 인센티브가 2000원 이상 누적시 Fair Lane 이용가능. 대중교통은 Fair Lane 무료 이용.	버스전용차로와 유사한 방법으로 통행료 면제 차량과 통행료 지불차량만 HOT Lane 이용. 대중교통은 HOT Lane 무료 이용. Fair Lane과 다른점은 해당차선을 이용하지 않는 차량에게 인센티브를 제공하지 않는다는 점임.
징수액	2,000원	2,000원
징수대안	ERP 안	유지관리비용 징수안
요금징수 시행차로 (빗금부분)	 전차로 (서울진입방향만)	 전차로 (양방향 모두징수)
징수기간	오전첨두시 3시간 (07:30~10:30), 평일만 징수	전일 징수 평일만 징수
징수지점	시계지점 : Open 방식 자동징수 양재Ramp : Closed 방식 자동징수	시계지점 : Open 방식 자동징수 양재Ramp : Closed 방식 자동징수
특징	도심진입 차량에 대해서 전차로에서 요금이 부과됨. 대중교통은 무료 이용 가능.	시간대 구분없이 전일징수되며 시계지점←서초IC 양방향 모두의 통과 차량에 대해서 요금 징수. 대중교통은 요금 면제.
징수액	2,000원	500원

노선배정(Multi-Class Assignment)을 Emme/2 프로그램을 이용하여 수행하였다. Emme/2에서는 통행수단별로 통행비용함수를 달리 적용하지 않고 모든 링크에 대해 같은 비용함수를 가지면서 특정링크의 비용부문을 계층별로 부담정도가 다르게 반영함으로써 통행비용을 달리 적용할 수 있도록 단순화하였다. 따라서 특정링크 구간을 제외한 기타링크에 있어서 통행비용함수를 모든 수단이 공유하는 문제점이 있지만, 기존 다계층노선배정법의 유일 해 존재여부와 관계없이 Beckman(1956)의 수학적모형을 식(2)와 같이 단순화하여 기존의 이용자균형노선배정모형 형태로 변환하여 유일해를 가질 수 있도록 하였다. 따라서 유일해를 찾기 위해 사용되던 Frank-Wolfe알고리즘을 그대로 적용할 수 있다.

$$s_a^m(v_a) = s_a(v_a) + b_a^m, \quad a \in A, \quad m \in M. \quad (1)$$

$$\text{Min} \sum_{a \in A} \int_0^{v_a} s_a(v) dv + \sum_{m \in M} \sum_{a \in A} v_a^m b_a^m \quad (2)$$

여기서,

- v_a : 링크 a의 교통량
- $s_a(v_a)$: 링크 a의 교통량 v에 의한 통행비용
- b_a^m : 링크 a에서 계층m이 인지하는 추가 통행비용
- $s_a^m(v_a)$: 계층m의 링크 a에 대한 총통행비용
- $v_a^m b_a^m$: 계층m의 링크 a에 대한 비용
- v_a^m : 계층m일 경우 1, 그렇지 않으면 0

식(1)의 통행비용함수에서, b_a^m 은 특정링크-통행료 징수구간을 예로 들면-a에 대하여 계층 m이 인지하는 비용을 의미하며, 식(2)는 Convex Optimization Problem으로 변환한 식으로서 기존 링크비용과 특정 링크비용을 결합한 총비용의 최소화를 의미한다. 따라서 통행료 징수에 해당되는 수단계층은 통행료에 대한 비용이 추가됨으로서 통행료 징수에 따른 영향을 반영할 수 있다.

본 연구에서는 다계층노선배정을 통해 얻어진 결과를 관측자료와 비교하여 보다 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있도록 오차보정단계를 분석과정에 포함하였다. 즉, 오차비용에 따른 보정계수(Adjustment Factor)는 식(3)과 같이 설정되며, 정산과정에서 이와 같이

설정된 보정계수를 이용하여 식(4)와 같이 예측 평균 통행속도를 계산할 수 있게 된다.

$$\frac{S_L^{obs}}{S_L^{est}} = f \quad (3)$$

$$S_L^{pre} = S_L^{est} \times f \quad (4)$$

여기서,

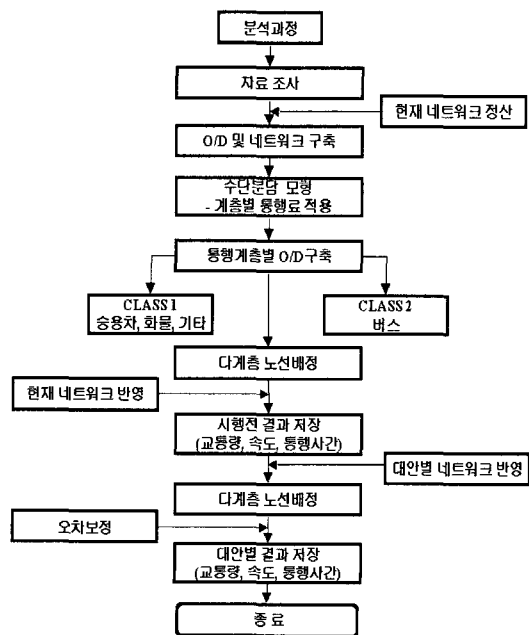
S_L^{obs} : 링크 그룹 L의 조사 평균속도
(Observed Speed)

S_L^{est} : 노선배정에 의해 추정된 링크 교통량을 이용하여 추정된 링크 그룹 L의 평균 속도
(Estimated Speed)

S_L^{pre} : 링크 L의 예측된 평균 속도(Predicted Speed)

f : 보정계수 (Adjustment Factor)

분석과정은 <그림 3>에서 보는바와 같이 고속도로 유료화 시범구간의 차종별 관측 교통량 자료를 통하여 수단별 O/D를 구축한 후 다계층노선배정을 통해 배정된 결과를 관측자료와 비교를 통한 네트워크 정산작업을 반복적으로 수행하여 차종별 O/D를 구축한다.



<그림 3> 분석과정도

<표 7> 통행계층별 수단

구분	계층별 수단	
통행계층	class1	승용차, 화물, 기타
	class2	버스

네트워크 정산에 의해 구축된 차종별 O/D는 다시 <표 7>의 통행계층별로 적용받는 통행료를 수단분담 모형(시정개발연구원, 1999)에 적용하여 대안별 분석을 위한 계층별 O/D를 최종적으로 구축한다.

다계층노선배정을 위해 본 연구에서 분석구간으로 선정된 판교-서초간 네트워크에 Fare Lane, ERP, Hot Lane을 입력하고, 여러 요금수준 및 도로용량을 고려하여 그 중 가장 무리없이 시행가능한 통행료 2,000원을 시간비용(첨두시 11,000원/시간, 시정개발연구원, 1999)으로 환산한 후, 통행료를 지불하는 계층의 추가적인 통행비용으로서 반영하도록 하였다.

Fare Lane 대안의 경우 Fare Lane을 이용하는 차량들이 지불한 통행료를 이용하지 않는 차량들에게 인센티브로 적용되어 일정금액(2,000원) 적립시 Fare Lane을 이용할 수 있으므로 Fare Lane을 이용하는 차량의 수요가 지속적으로 변하게 된다. 따라서 이와 같은 개념을 분석하기 위해 매번 다계층노선배정을 통해 교통량에 따라 Fare Lane의 통행비용이 달리 적용되도록 하였으며 이를 반복하여 균형을 이룬 상태에서 결과를 분석하였다.

ERP, Hot Lane, 도로유지/관리비를 위한 통행료 등은 대안별 통행료를 수단분담 모형을 통하여 계층별 O/D를 구축하여 다계층노선배정을 통해 얻어진 결과를 활용하여 분석하였다.

4. 분석 결과

평일 오전첨두시를 대상으로 4개의 대안에 대해서 분석한 결과를 정리하면 <표 8>과 같다.

통행속도를 분석한 결과, Fare Lane을 도입할 경우, 유료차선은 현재에 비해 5.7~9.3km/h의 속도증가가, 무료차선은 13.5~22km/h의 속도감소가 될 것으로 분석되었다. HOT Line을 도입할 경우, 유료차선은 현재에 비해 6.2~10.1km/h의 속도증가가, 무료차선은 15.0~24.4km/h의 속도감소가 될 것으로 분석되었다. ERP 시스템을 도입할 경우, 현재에 비해 2.3~8.3km/h의 속도증가가 예상되었고, 유지비

〈표 8〉 대안별 시행효과 분석결과

구분	속도		교통량		요금징수액		
	판교 →양재	양재 →서초	판교 →양재	양재 →서초	1일	1년	
현재	42.6	24.4	6249	5869	-	-	
Fare Lane	유료 차선	53.4	30.1	2440	2474	14,742 천원	44.2 억원
	무료 차선	33.0	10.9	3653	4240	-	-
HOT Lane	유료 차선	58.1	30.6	2252	1950	12,606 천원	37.8 억원
	무료 차선	29.5	9.4	4537	3872	-	-
ERP	50.9	26.7	5240	5774	33,045 천원	99.1 억원	
유지비	44.9	25.2	5999	5634	82,405 천원	247.2 억원	

대안의 경우, 현재에 비해 0.8~2.3km/h의 미미한 속도증가가 나타났다.

수익금을 분석해 보면, 시계지점↔서초 구간을 통행하는 대중교통차량을 제외한 전차량에 대해서 하루 종일 유지비(500원)를 징수하는 방안이 연간 247.2억원의 수익을 얻을 것으로 분석되었다. 서울진입차량만을 대상으로 오전첨두시 3시간에 대해 통행요금을 징수하는 ERP, Fare Lane, HOT Lane 순으로 각각 연간 99억원, 44억, 38억의 수익금을 얻을 것으로 판단되었다.

분석 결과를 종합적으로 살펴보면, Fare Lane과 ERP 시스템의 경우는 수익금측면이나 효과측면에서 서로 상대적 차이는 있으나 모두 적절한 대안으로 판단된다. 형평성 측면에서는 Fare Lane이 다소 유리하나, ERP의 경우, 수익금의 일부를 기존 승용차량이나 대중교통이용자를 위한 시스템적용에 활용한다면 서로 유사한 효과를 가지게 될 것이다. 또한 본 사례연구에서는 요금징수를 2,000원으로 고정하여 분석하였으나, 주기적으로 통행여건에 따라 요금부과액이 변화하는 변동요금을 적용할 경우, 그 효과는 더욱 커질 것으로 예상된다.

IV. 결론 및 정책건의

본 연구에서는 1)서울시의 무료인 도시고속도로 유료화의 필요성을 진단해 보고, 외국사례를 소개한

뒤 2)통행료 징수에 따른 주요 논점을 형평성 중심으로 검토하여 서울시 도시고속도로에서 적용 가능한 전략을 제시하였으며, 3)마지막으로 경부고속도로의 서울구간을 대상으로 형평성을 고려한 다양한 유료화 방안을 시행했을 경우 그 효과들을 비교 분석하였다.

연구결과 유료화는 1)유지관리비용 징수방식 보다는 혼잡통행료 방식이며, 2)대중교통을 제외한 차량을 대상으로 징수하되, 3)징수방식은 고속도로의 특성에 따라 개방식과 폐쇄식으로 하고, 4)요금수준은 도로용량효율을 최대화하는 수준에서 결정하며, 5)징수차로는 전차로 유료화 방식 또는 HOT 차로 유료화 방식으로 하되 고속도로의 램프진출입로 방향을 고려하여 결정하며, 6)징수시스템은 전자자동징수시스템을 채택하고, 마지막으로 7)수입금은 대중교통개선에 쓰이도록 하거나 징수대상 도로나 구간을 이용하는 자들이 직접적으로 배분에 참여하여 효용을 극대화할 수 있도록 하는 방법으로 추진하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

경부고속도로를 분석을 위한 대상구간으로 선정하여 4가지 통행료 징수방안 적용결과, 유지비 대안의 경우, 모든 대안에서 최대의 수익을 얻을 수 있으나, 그 시행으로 인한 효과는 적을 것으로 분석되었고, HOT Lane 방안의 경우, 4개안 중 최대의 효과를 기대할 수 있으나, 수익금이 4개안 중에 가장 적고, HOT 차로를 이용하지 않는 일반승용차량에 대한 형평성 측면에서 취약한 점을 지니고 있다.

본 연구에서 논의된 도시고속도로의 유료화는 기존에 무료인 도로를 돈을 내야만 사용할 수 있다는 제약으로 인해 그 결과가 아무리 사회적 효용을 증가시킨다고 해도 운전자 개인으로 볼 때 쉽게 수용하기 어려운 대안이다. 세금으로 지은 도로를 사용하는데 또다시 요금을 부과하는 것은 이중적 부담이며 변칙적 징세수단이라는 비판을 극복하기란 쉽지 않다.

그러나 이와 같은 많은 어려움은 대부분 극복이 가능하기 때문에 결코 통행료를 근본적으로 부정할 수 있는 충분한 논리는 되지 못한다. 징수지역결정, 요금수준결정, 혼잡상황에 따른 요금수준 변동화, 통행료 징수시스템 선정 등에 대한 신중한 고려를 통해 실행상의 문제점을 극복할 수 있고, 또한 통행료 수입이 요금을 부담한 시민들에게 직·간접적으로 환원될 수 있는 방안이 명확하게 제시되면 실행에 따른 시민들의 반발도 최소화할 수 있을 것이다.

이를 통해 도시의 대동맥으로서 도시고속도로가 원활한 소통과 높은 서비스수준을 유지하기 위해서는 유료화를 통한 일반도로(무료)와의 차별화가 필요하고, 자동징수시스템을 이용하여 신속한 요금징수 및 다양한 교통정보 수집을 통하여 고속도로의 기능향상에 이바지하고, 고속도로의 유료화를 통하여 대용량 교통처리능력을 보장하고, 요금징수를 통하여 재정부담을 감소시킬 필요가 있으며, 장기적으로 교통량증가로 인한 도시고속도로의 정체현상 심화에 사전 대처하여야 한다.

본 연구는 서울시에서 도시고속도로를 유료화 방안을 본격적으로 논의하기에 앞서 사전정보를 제공하고 자 하는 차원에서 진행된 것이기 때문에 사례연구부분에서 대상지역의 선정이나 분석방법 등에서 아직 미진한 점이 많다. 따라서 향후 진행될 연구에서는 이 부분에 대한 보다 심도 깊은 논의가 필요하다고 판단된다.

마지막으로 성공적인 도시고속도로 유료화 정책이 수립되기 위해서는 1)보다 심도 있는 논의를 위한 추가적 연구에 예산배정이 요구되고, 2)향후 건설되는 서울시의 모든 도시고속도로는 반드시 유료화를 전제로 건설을 추진해야 하며, 3)유료도로법을 개정하여 기존 도로의 기능을 향상시키는 조치에 들어가는 비용을 회수하는 차원에서 사후 유료화 근거를 마련할 필요가 있다.

참고문헌

1. Baumol, W., 1987, "Superfairness-Theory and Application", The MIT Press.
2. Beckman, M. j., McGuire, C. B., and Winsten, C. B., 1956, studies in the Economics of Transportation, Yale University Press, New Haven.
3. DeCorla-Souza, P., 2000, "Fair Lanes : A New Approach to Managing Traffic Congestion", ITS Quarterly.
4. Downs, A., 1992, "Stuck in Traffic, Brookings Institution", Washington.

5. Litman, T., 1996, "Using Road Pricing Revenue : Economic Efficiency and Equity Consideration", Transportation Research Record 1558, pp.24~28.
6. MacRae, Jr., Duncan and Wilde, James A., 1979, "Policy Analysis for Public Decisions (North Scituate, Mass", Duxbury Press.
7. Menon, A., 2000, "ERP in Singapore- a perspective one year on". TEC, pp.40~45.
8. Rawls, John, 1971, "A Theory of Justice", Harvard University Press, Cambridge, MA.
9. SANBAG, 1999, "San Diego's Interstate 15 High-Occupancy/Toll Lane Facility Using Value Pricing", ITE Journal, pp.22~27.
10. Seik, F., 2000, "An Advanced Demand Management Instrument in Urban Transport", Cities, Vol. 17, No. 1, pp.359~381.
11. 김세호, 1996, "도시교통정책", 21세기한국연구재단.
12. 노화준, 1989, "정책분석론", 박영사.
13. 서울특별시, 2000A, "혼잡통행료 시행 4주년 평가 및 효과분석".
14. 서울특별시, 2000B, "2000년 서울시 정기교통 속도조사".
15. 한국도로공사, 1999, "고속도로교통량 조사".
16. 황기연, 1994, "교통수요관리의 문제점 극복", 대한교통학회지 12권3호.
17. 황기연·손봉수·엄진기, 1999, "Namsan Tunnel Congestion Pricing : two year results", Journal of EASTS.
18. 황기연, 2000, "도시고속도로 유료화방안 연구", 서울시정개발연구원.

♣ 주 작 성 자 : 황기연
 ♣ 논문투고일 : 2001. 1. 29
 논문심사일 : 2001. 3. 19 (1차)
 2001. 5. 24 (2차)
 2001. 5. 30 (3차)
 2001. 6. 4 (4차)
 심사판정일 : 2001. 6. 4