

■ 論 文 ■

고속도로 관리자간 상호 연계체계 수립에 관한 고찰 (한국도로공사가 관리하는 노선을 중심으로)

A Consideration on Connecting Operations among Freeway Management Companies

이 기 영

(한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원)

김 동 녕

(단국대학교 토목환경공학과 교수)

손 의 영

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

이 청 원

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

목 차

- I. 서론
 - II. 도로현황 및 연계 필요성
 - 1. 도로 현황
 - 2. 국외 유료도로와의 비교
 - III. 교통정보체계의 연계
 - 1. 연계 필요성
 - 2. 연계방향 검토
 - IV. 요금정산체계의 연계
 - 1. 연계 필요성
 - 2. 연계방향 검토
 - V. 협의체 구성
 - VI. 결론
- 참고문헌

Key Words : 고속도로, 연계운영, 교통정보체계, 요금징수체계, 전자요금징수체계
freeway, connecting operation, traffic information system, TCS, ETCS

요 약

향후 민자고속도로의 건설이 확대됨에 따라 서로 다른 교통관리체계 및 요금정산체계를 가진 여러 관리회사들이 하나의 도로망을 형성하게 될 경우, 장거리를 주행하는 이용자는 각기 다른 회사가 관리하는 노선으로 구성된 경로를 이용하게 될 것이며, 이로 인해 주행 중에 필요한 교통정보의 단절과 잦은 통행료 정산으로 이어지는 정차에 의해 불편함이 가중될 것이다. 따라서 각 기관이 상호 연계 가능한 관리범위를 선정하여 운영해야만 이러한 불편을 최소화할 수 있다. 본 연구에서는 각 관리회사가 이용자 서비스제공 측면에서 연계해야 하는 최소한의 범위를 선정하고 이를 위한 운영방안을 제시하고자 한다. 특히 이용자를 위한 연계범위로 크게 교통정보연계체계 및 영업연계체계로 나누어서 검토하였다. 세부사항으로 교통정보체계는 정보의 내용 및 제공방법에 있어서 각 기관이 고려해야 할 주요 사항을 위주로, 영업체계는 각 정산방식별로 구분하여 상호 연계방안을 제시하였다. 본 연구 결과는 향후 다수의 고속도로관리회사가 설립될 때, 이용자의 편의를 도모하기 위한 상호 연계방향 수립에 유용하게 활용될 것이다.

As the rapid increase of highway investments from private sector the organizations of highway operator became diversified, and thus causing various unexpected problems. Highways invested by private capitals have different fare rates and managing systems. It is desirable to reduce drivers' inconvenience using more than two sections of highways spread over different jurisdictions. The main purposes of this research are i) data survey and problem statements ii) prediction of future problems and preparing appropriate countermeasures. This research are divided into two parts. They are management system and fare collection system. Major investigations of this study are as follows, optimum toll operation models depend on charging systems and interchange shapes of two interconnecting expressways. Assuming that the current payment and the new electronic payment system are used concurrently for a while, some alternatives for the inter-operation to collect tolls are suggested focusing on the efficiency to tollway corporations as well as convenience to drivers. The advantages and disadvantages of the alternatives, including their characteristics, are compared.

I. 서론

현재 고속도로의 대부분은 한국도로공사가 관리하는 노선으로 이루어져 있으나 최근 민간자본에 의해 인천국제공항고속도로, 천안논산고속도로, 대구부산고속도로가 운영되고 있으며, 추후 계획중인 노선을 포함하면 총 15개에 이를 전망이다.

따라서 추후 장거리를 주행하는 이용자는 여러 회사가 관리하는 노선으로 구성된 경로를 이용하게 됨으로써 상호 연계문제가 공론화될 것이다. 따라서 각 관리기관은 상호 연계 가능한 범위를 결정하고, 이를 실행하기 위한 심도있는 검토를 수행해야 할 시점이다. 특히 유료도로 운영자는 상호 협력을 통해 공동으로 제공할 수 있는 서비스영역을 구축하여 이용자의 편익을 보장해 줄 의무가 있다. 이러한 부문은 향후 민자고속도로가 확대될수록 논쟁이 더욱 커질 것이다.

상호 연계를 위해서는 크게 4가지 측면을 고려해야 하는데, 첫째, 유료도로관리자의 이익에 대한 문제, 둘째, 이용자에게 제공해야 할 서비스영역에 대한 문제, 셋째, 연계체계 구축 및 운영 방법론에 대한 문제, 마지막으로 법규, 조직 등 연계를 위한 제도 정비문제 등을 검토해야 한다.

본 논문에서는 상호 연계 가능한 운영범위를 검토해 보고, 이를 구축하기 위한 기본방향과 향후 해결해야 할 세부 쟁점사항을 논의하고자 한다. 또한 이를 토대로 이용자의 편익도모와 관리자간의 효율적인 협력체계 구축을 위한 기본방향을 제시하고자 한다. 교통관리체계는 이용자에게 경로를 제공하기 위한 교통정보체계를 중심으로, 영업체계에서는 기존 TCS와 향후 도입예정인 ETCS(Electronic Toll Collection System)를 중심으로 검토하고자 한다. 또한 이러한 연계시스템 구축을 위한 상호 협의체구성에 대한 운영방안도 제시하고자 한다.

결국 관리자는 의무적으로 이용자에게 최소한의 서비스영역을 확보해 주어야 한다는 대전제하에, 상호 협의가능한 연계범위와 세부방안을 검토해 보고자 한다.

II. 도로현황 및 연계 필요성

1. 도로 현황

2006년 현재 민자도로는 인천국제공항고속도로를

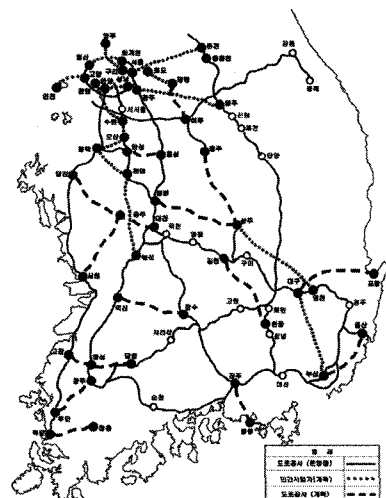
포함하여 총 3개가 운영중이나, 아직까지는 고속도로 네트워크의 대부분을 한국도로공사가 관리하고 있다. 그러나 향후 2010년 이후에는 총 15개이상의 민자도로가 도입될 예정이며, 이는 곧 16개 이상의 관리기관이 설립됨을 의미한다.

최초의 민자도로인 인천국제공항고속도로는 신공항하이웨이(주)가 관리하고 있으며, 총 민간투자비 1조 4,766억원이 소요되어 총 연장 40.2km(지선 3.7km 포함)의 공항전용고속도로로 건설되었다. 또한 천안논산고속도로는 남천안에서 남논산까지를 연결하는 도로로써, 기존의 경부선과 호남선의 천안과 논산구간을 대체하는 우회도로의 성격을 가지고 있다. 최근에 개통한

<표 1> 민자고속도로 현황 및 계획

도로명	연장	공사기간
인천국제공항고속도로	40.2km	1995~2000
천안-논산고속도로	80.96km	1997~2002
외곽순환선(일산~퇴계원)	36.3km	2001~2008
대구-부산간고속도로	82.05km	2001~2006
서울-춘천간고속도로	62.1km	2003~2008
제2경인연결고속도로	20.94km	2004~2009
서울-동두천간고속도로	53.4km	2005~2009
천안-평택간고속도로	42.13km	2005~2008
제2영동고속도로	56.08km	2005~2009
영천-상주간고속도로	90.54km	2006~2010
서수원-오산-평택고속도로	39.54km	2003~2007
수원-광명간고속도로	26.34km	2005~2009
송현-불로간고속도로	17.36km	2006~2010
인천 제2연육교	21.70km	미확정
화성-봉담간도로	10.4km	2005~2008

주: 본 노선은 민간에 의해 제안된 노선을 기준으로 제시된 것이며, 추후 정부의 정책에 의해 변경될 수 있음.



<그림 1> 2010년이후 고속도로망

대구부산고속도로는 연장 82.05km의 고속도로로써, 대우 등 12개 업체의 컨소시엄으로 구성된 관리회사가 향후 30년간 운영하게 된다.

이러한 대부분의 민자도로는 도로의 준공과 동시에 시설을 정부에 기부채납하는 방식(BTO)으로 운영되며, 30년간 정부로부터 관리운영권을 부여받고 통행료 징수를 통해 투자비를 회수하는 방식을 취하고 있다. 이미 개통한 민자노선 3개는 적정이윤을 포함한 투자비의 90%까지를 정부에서 보장해 주는 방식을 채택하고 있으나, 최근에는 이러한 보장제도를 적용하지 않는 쪽으로 정책방향을 선회하고 있다.

2. 국외 유료도로와의 비교

여러 선진국도 다수의 관리회사가 유료도로를 운영하고 있다. 일본은 40여개의 공공기관에서 재원을 조달하여 운영하고 있으며, 프랑스는 공기업의 성격을 띄고 있는 8개의 SEM과 민간회사인 Cofiroute 등 9개 회사가 관리하고 있다.

또한 이태리는 총 26개 회사가 관리하고 있으며 Autostrade사와 그 계열사가 전체 유료도로의 60%를 담당하고 있다. 특히 이태리는 하나의 큰 회사가 전체 도로의 대부분을 관리하고, 일부를 작은 회사가 나누어 관리하는 형태로 우리나라와 유사한 체계로 운영되고 있다.

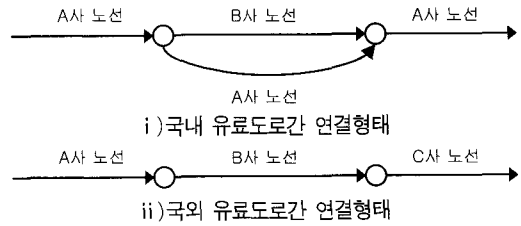
외국은 건설재원의 대부분을 채권으로 조달하고 있으며 일부는 자기자본으로 충당하는 형태를 채택하고 있으나, 우리나라는 국고 보조와 통행료 수입이 절반씩 분담하는 형태로 건설재원을 조달하고 있다. 우리나라에서는 미래에 발생하는 통행료 수입이라는 현금적 가치를 현 시점에서 인정하지 있지 않기 때문에 채권형태의 자금조달이 불가능하며, 단순히 국고보조와 한국도로공사의 단기 차입금만으로는 한계가 있어 민간자본이 유입하게 되는 결정적 계기가 되었다.

우리나라의 경우, 민자도로의 도입과정에 있어 외국과는 좀 다른 특징을 가지고 있다. 즉 고속도로망의 주요 축은 한국도로공사가 운영하는 노선으로 구성되며, 경로의 중간부분 또는 대체노선 개념으로 민자도로가 도입되고 있다.

예를 들어 <그림 2>와 같이, 우리나라는 한국도로공사 노선(A사)의 중점부에 최단거리 노선(B사)의 개념으로 민자도로가 도입되는 형태로 연결되어 있다. 현재

천안안산고속도로, 대구부산고속도로외에도 향후 건설 예정인 영천상주고속도로 등 많은 민자도로가 <그림 2>의 (i)형태로 연결되기 때문에 한국도로공사와의 연계부분에 대한 검토가 필요하다.

이에 반해 외국의 경우 각 노선들은 대부분 타 회사 노선의 끝단부에 연결하는 형태로 하나의 네트워크를 이루고 있기 때문에 각 기관간의 연계문제는 크게 공론화되지 않고 있다.



<그림 2> 국내의 유료도로연계 형태비교

그러나 우리나라의 경우 현재의 방식으로 도로간 상호 연계부분을 고려하지 않고 민자도로가 계속 확대될 경우, 이용자는 잦은 요금정산으로 인한 불만이 가중될 것이며 충분한 선택가능한 여러 경로가 있음에도 불구하고 정보의 제약으로 인해 효율적인 경로를 선택하지 못하는 불합리한 상황이 발생하게 될 것이다.

도로간 상호 연계문제는 크게 관리자와 이용자측면을 구분해서 검토해야 한다. 먼저 관리자는 상호 경쟁자이면서도 협력자이며, 특히 한국도로공사의 도로망에 부분적으로 민자도로들이 접속되는 형태를 가지므로 한국도로공사의 역할이 매우 중요하다. 또한 관리자는 기본적으로 통행료에 대한 재정적인 손해가 발생하지 않는 범위내에서 상호 연계범위 및 방법을 결정하려 할 것이다.

이에 반해 이용자는 보다 빠른 통행시간과 편안한 서비스를 제공받기 위한 양질의 교통정보를 원할 것이다. 또한 요금정산에 있어서도 보다 빠르고 편리한 방법을 원할 것이며, 요금정산시 잦은 지정체가 발생할 경우 불만이 매우 높아질 것이다.

두 주체의 관점이 다소 다르더라도, 연계를 위한 가장 큰 목적은 이용자의 불편을 최소화하는데 있으므로 이를 대전제로 정하고 각 기관이 합의 가능한 연계범위를 찾아내는 것이 바람직한 접근방법일 것이다.

상호 고려해야 할 연계의 범위는 주로 교통정보부분과 요금정산을 위한 연계부분으로 나눌 수 있다. 교통

〈표 2〉 외국의 유료도로제도의 비교

구분	한국	일본	프랑스	이탈리아
고속도로 관리주체		○일본도로공단, 수도권고속도로공단, 한신수도고속도로공단, 혼슈시코큐엔락교공단 및 지방공사 43개	○공기업의 성격을 띄고 있는 8개의 SEM와 민간회사인 Cofiroute 등 9개 사가 관리하고 있음	○총 26개사가 관리하고 있으며 Autostrade사와 계열사가 전체 유료도로 중 60%를 관리하고 있음
관련 주요법령	○유료도로법 ○민간투자법	○도로장비특별조치법	○법률 96-81호, 86-1243호, 86-1309호	○법률 제729호 6조, 제59호 37조, 제385호
요금수준	○한국도로공사 노선은 통합채산제 방식을 채택 ○민자도로는 투자비 상환을 위한 별도의 요금 책정	○고속도로 관리기관에 따라 요금수준이 다르며 혼슈시코큐엔락교공단은 교량과 육로의 요금수준 차이가 9배임	○관리회사의 재정상태 및 고속도로의 건설비에 따라 km당 거리비례요금의 차이가 있음	○산지부·평지부의 건설비, 도로·교량·터널 등의 건설비와 운영비용에 따라 km당 요금배율을 달리하고 있음
영업방식	○폐쇄형 ○개방형	○폐쇄형 ○균일형 : 수도권이나 대도시권의 고속도로를 진입할 때 균일하게 통행료를 징수	○폐쇄형 : 대부분의 구간에서 적용되고 있음 ○개방형 : 대도시를 중심으로 특정노선에 적용	○폐쇄형 : 대부분의 구간에서 적용되고 있음 ○개방형 : IC간 거리가 짧은 경우에 적용하며 요금소 설치지역은 통행량이 가장 많은 곳을 선택함
건설재원	○한국도로공사 노선은 건설재원이 국비와 차입금으로 이루어져 있음 ○민자도로는 민간자본을 기준으로 토지구입비 등의 일부만 정부가 보조	○재원의 대부분을 채권조달을 통해서 이루어짐 ○한신고속도로(예) -채권 95%, -국가나 지방정부로부터 차입 3% -기타은행 : 2%	○건설재원의 대부분을 채권으로 조달하고 있으며 채권을 정부가 보증하며 일부는 자기자본으로 충당함	○1976년이후로 정부의 보조금 제도는 없어졌으며 확장 및 신설공사의 경우에는 European Investment Bank에서 용자를 받으며 기타 공사는 자체재원으로 실시

정보체계를 중심으로 한 연계목적은 이용자에게 보다 빠른 이동을 보장해 주는 것이며, 영업부문을 중심으로 한 연계목적은 요금정산으로 인한 이용자 불편을 최소화시키는데 있다 하겠다.

III. 교통정보체계의 연계

1. 연계의 필요성

교통정보체계의 공유는 크게 두가지 측면에서 효율성이 높다. 첫째는 이용자에게 노선선택의 폭을 넓혀줌으로써 통행시간을 단축시켜 주는 것이고, 둘째는 고속도로의 효율적 운영을 위해 교통을 적절히 분산시킴으로써 도로혼잡을 최소화할 수 있다는 점이다.

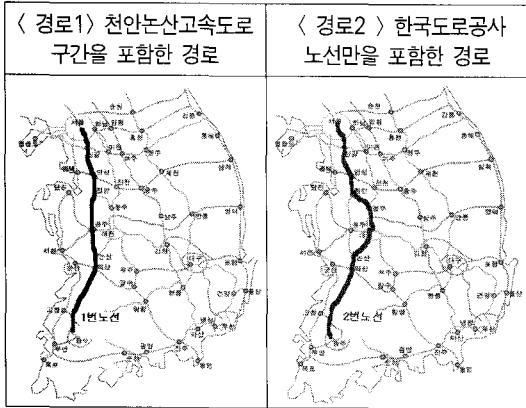
현재 이용자가 선택가능한 경로는 민자도로가 포함되는 경로와 민자도로가 포함되지 않은 경로로 구분할 수 있다. 이 중 민자도로가 포함된 도로는 상대적으로 경로의 길이가 짧은 반면에 통행료는 비싼 형태로 이루어져 있으며, 대표적인 예가 천안논산고속도로와 대구부산고속도로를 포함하는 지역의 경로이다. 즉 민자도

로를 포함한 경로의 통행비용은 상대적으로 높으나 통행거리는 단축되는 형태를 가지게 되므로 상호 경쟁관계가 형성되게 된다.

반면 이용자가 한국도로공사의 관리노선만으로 이루어진 경로를 이용하고자 할때는, 이동지역간에 여러개의 경로가 존재하더라도 최단경로를 기준으로 같은 요금을 부과하기 때문에, 요금에 대한 민감도는 분석할 수 없게 된다.

먼저 교통정보의 연계의 필요성을 검토하기 위해서는 이용자가 경로선택시 고려하는 주요 통행변수에 대한 민감도를 분석해야 한다. 이를 위해 〈그림 3〉와 같이 수도권과 호남권을 연결하는 두 개의 경로를 이용하는 운전자를 대상으로 분석을 시도하고자 한다. 여기서 경로1은 민자도로를 포함한 경로이며, 경로2에 비해 상대적으로 통행료는 높고 통행거리는 짧다.

위의 두 경로상에 위치한 고속도로 휴게소에서 634명에게 설문을 실시하였으며, 그 결과는 〈표 3〉과 같다. 이를 보면, 경로선택시 고려하는 주요 요인으로 통행시간과 운전의 편리성, 통행비용 등을 고려하는 것으로 조사되었다.



〈그림 3〉 수도권-호남권 이용자가 선택가능한 2개 주요경로

〈표 3〉 현재 이용중인 노선선택 이유

구분	통행시간 절감	운전의 편리성	통행비용 절감	요금정산 시간단축	모두 고려	계
설문수	391	122	49	2	70	634
비율 (%)	61.7	19.2	7.7	0.3	11	100

주: 설문조사는 2004년 6월10일부터 12일까지 탄천휴게소(광주 방향) 등 3곳에서 실시하였음.

이러한 설문조사를 바탕으로 경로선택을 결정하는 주요 요인에 대한 정량화 분석을 위해 경로선택모형을 개발하고자 한다. 이를 위해 여가목적의 300통행을 대상으로 분석하고자 하며, 여기서 여가통행은 "일상적인 관광, 레크레이션 통행과 아울러 친지방문, 사교 등의 통행"으로 정의되며, 출퇴근통행과 업무통행은 제외된다.

운전자는 주어진 두 개의 경로에 대해 자신의 이익을 최대화하고자 하나의 경로를 선택하게 된다. 따라서 본 연구에서는 이용자의 선택행위에 대한 행태변화를 추정하기 위해 확률선택모형중 Binary Logit모형을 이용하고자 한다.

또한 이 모형은 유료도로와 일반도로간의 경로선택의 문제가 아닌, 유료도로내에서의 경로선택에 대한 행위를 설명하는 모형이다. Logit모형은 소비자 행동의 원칙인 효용극대화이론에 입각한 확률선택모형이며, 아래의 식(1)과 같다.

$$P_i = \frac{\exp U_i}{\sum_{j=1}^J \exp U_j} \quad (1)$$

여기서, P_j : 대안 j 을 선택할 확률

U_j : 대안 j 의 효용도

j : 선택가능한 대안의 수 $i = 1, 2$

운전자의 경로선택 결과를 최대한 만족시키기 위해 통계적 검증절차를 이용하여 Logit모형을 구축하였으며, 유의수준 5%의 범위에서 유의한 변수의 조합을 통해 채택된 효용함수식은 아래와 같다. 단 여기에서 Cost는 운전자에게 직접적인 영향을 주는 통행료와, 차량운행비 항목 중 운전자가 직접 느낄 수 있는 유류비 항목으로 구성된다.

$$U = -2.788_{R2} - 0.1047time - 0.0003107cost \quad (2)$$

〈표 4〉 모수 추정결과

설명변수	파라메타 (t-value)
통행시간(time, 분)	-0.1047 (-5.5)
통행비용(cost, 원)	-0.0003107 (-2.2)
경로2의 constant (R2)	-2.788 (-5.2)
ρ^2	0.1750

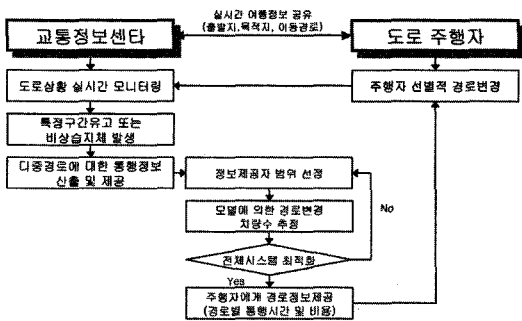
채택된 변수인 통행비용과 통행시간의 중요도에 대한 차이를 살펴보면, 이용자가 지불한 통행시간과 통행비용에 대한 평균치는 각각 206분과 13,243원이며 이를 두 변수의 계수 값과 곱하여 계산된 효용치는 각각 21.6과 4.1로 산출된다. 즉 고속도로 내부에서의 경로선택은 통행비용보다는 상대적으로 통행시간이 매우 민감한 것으로 추정된다.

이러한 연구결과는 유료도로로 이루어진 여러개의 경로가 제공될 경우, 교통정보의 수준에 따라 이용자는 통행시간을 감안하여 적극적인 선택행위를 하게 될 것이다. 따라서 도로관리자는 어느 수준으로 교통정보를 상호 교류하는 것이 도로관리의 효율성을 높이고, 수입을 보장할 수 있을 것인가에 대한 세부검토가 필요하다.

2. 연계방향 검토

교통정보체계에 대한 연계는 이용자의 선택의 폭을 넓혀 주는데 가장 큰 목적이 있다. 민자도로의 확충은 다중의 경로를 제공할 수 있음을 의미하며, 즉 이용자에게 선택의 권한을 넓힘으로써 그들의 이익을 최대한 보장해 줄 수 있는 체계가 구축됨을 의미한다.

각 관리기관은 고유의 독점적인 관리권을 갖고 있어 모든 도로운영부문을 통합운영하는 것은 현실적으로 불가능하며 제한적일 수밖에 없다. 그러나 각 관리노선들이 하나의 네트워크를 형성하고 있으므로, 경로안내를 위한 교통정보체계의 공유는 반드시 필요하다. 다만 정보



(그림 4) Guidance수준의 경로안내 체계도

제공 수준이 경로의 통제 또는 지시수준으로 제공된다면, 관리자는 통행료 손실이라는 현실적 문제가 발생하기 때문에 매우 신중히 접근해야 한다.

교통정보 공유체계 구축시 가장 중요한 점은 운전자가 여러 경로중 자신의 만족도에 따라 선택할 수 있도록 하기 위해 정보를 어느 수준까지 표출하느냐에 대한 문제이다. 즉 정보표출 강도에 따라 크게 1) 제어 정보, 2)지시수준 안내정보, 3)안내정보로 분류할 수 있다. 여기서 지시수준의 안내정보는 운전자의 경로선택에 있어 안내수준보다는 좀 더 적극적으로 통행을 유도하는 수준을 나타내는 것이다.

(표 5)는 각 정보의 표출방식에 따른 적용범위를 비교 설명한 것이다. 기본적으로 정보의 공유 및 표출은 운전자 이익을 중심으로 한 체계로 구성함이 바람직하며 그 제공원칙은 다음과 같다. 첫째, 이용자가 출발하기 전 시점에서는 각 노선에 대한 통행정보를 최대한 공개하는 것이 바람직하다. 둘째, 이용자가 주행중에 유고나 심각한 정체현상이 발생하였을 경우, 상호 합의된 방식에 따라 대체경로를 지정하여 소통시키는 적극적인 통제 방식을 구축해야 한다. 셋째, 주행중인 상태에서 도로구간에 심각하지 않은 낮은 수준의 정체 및 지체상태가 발생하더라도 최소한의 정보공유체계를 운영하는 것이 바람직하다.

(표 5) 교통정보 표출수준에 따른 특징 비교

정보표출 수준	정보취득 시점	도로상황	공유내용	연계 가능성
안내정보	출발전	-	- 운전자의 선택을 위한 교통정보 제공 * 경로별 이동거리 및 통행료 * 각 도로별 공사 정보 * 현재 도로별 소통상황 정보	- 각 관리회사 정보의 공유와 제공에 대한 합의에 큰 무리가 없음
지시수준 안내정보 또는 안내정보	주행중	일상 정체시	- 운전자의 선택을 위한 교통정보 제공 * 경로간 예측통행시간 제공	- 통행료수입에 영향을 받게되므로 합의에 어려움이 있음
통제정보		유고시 & 심각한 정체시	- 운전자의 통제를 위한 교통정보 제공 * 우회도로 정보 제공과 제어	- 제공되는 서비스가 매우 열악해지므로 상호 합의에 큰 무리가 없음

(그림 4)는 실시간 교통정보제공을 위해 관리자간 또는 관리자와 운전자간의 상호 정보공유가 가능한 시스템이 구축되었다는 가정하에, 주행 중인 운전자에게 제공되는 Guidance수준의 공유체계를 도식화한 것이다.

다만 경로안내는 곧 통행료수입과 직결되므로 상호 관리기관간의 사전 협약이 필요하며, 이러한 협약을 통해서 연계체계 구축에 필요한 제반사항을 미리 검토하여 협약서를 작성하여야 할 것이다. 특히 경로안내를 위한 시스템 구축 및 운영에 관한 사항, 정보표출 문안의 범위와 조정절차, 통행료 손실기관에 대한 지원방안, 유고시와 비유고시의 교통상황에 따른 차별적 정보체계 공유 문제 등 포괄적인 검토가 필요하다.

IV. 요금정산체계의 연계

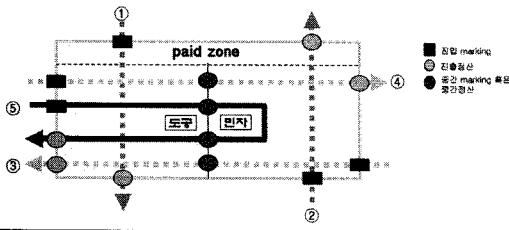
1. 연계의 필요성

여러 관리기관간 상호 연계시스템을 구축하지 않을 경우, 이용자는 관리기관이 다른 노선을 통과할 때마다 요금지불로 인한 잦은 정차의 불편함을 감수해야 한다.

(그림 5)는 정산시스템에 대한 개념을 통해 연계의 필요성을 설명하는 것이며, 2개의 회사가관리하는 노선을 경유할 때의 이용자의 정산횟수를 나타낸 것이다. Case 5와 같이 도로공사 노선에서 타 관리회사 노선을 경유하여 다시 도로공사 노선으로 진입하는 경우, 이용자는 상호 연계정산을 하지 않는 상태에서는 4회의 정산지점이 발생한다. 즉 인력에 의해 운영되는 TCS하에서는 총 6번의 정차가 필요하다.

결국 현금지불을 하게 될 경우 연계지점마다 2번의 정차를 해야 하며, 따라서 여러 개의 회사가 관리하는 노선을 경유할 경우에는 배수에 달하는 정차가 필요해진다.

한국도로공사와 천안논산고속도로는 연계지점에 출



통행유형	①	②	③	④	⑤
연계통행	X	X	O	O	O
총 transaction	2	2	3	3	4

〈그림 5〉 2개 관리회사에 대한 요금정산 연계체계도

구와 입구역할을 동시에 수행하는 연계영업소를 운영하여 현금정산 방식으로도 3번의 정차만이 발생하도록 운영하고 있다.

〈표 6〉에서 보듯이, 만약 상호 전혀 연계를 하지 않는 대안1의 경우는 총 4개의 영업소를 추가로 설치해야 한다. 따라서 현재 연계영업소를 설치하여 운영하는 대안3을 채택하고 있으며, 한국도로공사 노선과 천안논산고속도로, 대구부산고속도로가 이러한 형태로 운영되고 있다.

그러나 비교적 넓은 지역을 연결하는 이러한 도로와는 달리 향후 수도권에는 짧은 연장의 많은 민자노선이 그물망처럼 연결되게 된다. 따라서 요금징수로 인한 잦은 정차로 인해 이용자의 불편이 초래될 것이다.

따라서 수도권과 같은 지역은 수도권 지하철을 운영하는 4개 회사에서 채택하고 있는 2안에 대한 도입방안도 검토해 볼 필요가 있다. 지하철 관리회사들은 고속도로와는 달리 모든 승객의 이동경로를 추적하여 요금을

분리하여 정산하기 어려우므로, 상호 공인한 통행배정 모형을 통해 추정된 노선별 승객수에 따라 통행료 수입을 배분하는 방식을 채택하고 있다. 그러나 이 방식은 고속도로 요금이 지하철 요금보다 월등히 높기 때문에 추정에 의한 분배방식은 고속도로 관리회사간의 합의를 도출하기 어렵다. 다만 향후 수도권에 연장이 짧은 여러 개의 유료도로관리회사가 설립될 경우, TCS방식에서는 이러한 방법의 도입을 검토해 볼 필요가 있다.

경제성측면에서는 ETCS를 적용한 4안이 여러 측면에서 최적의 조건이나 현재에는 3안이 적용되고 있다. 그러나 4안에 비해 3안은 정착해야 하는 연계영업소가 설치되므로, 이로 인해 발생하는 시간적 손해비용을 추정해 볼 필요가 있다.

따라서 한국도로공사와 천안논산고속도로를 대상으로 상호 영업연계를 하지 않았을 경우에 발생하는 지체비용을 분석해 보고자 한다. 분석대상은 천안논산고속도로 하행방향에 위치한 남부산영업소를 선정하였다.

영업소 설치로 인해 발생하는 손실시간은 크게 가감속시간과 정산을 위한 체류시간으로 나눌 수 있다. 여기서 가감속시간은 설계속도로 차량이 영업소에 접근하여 정차하고 떠난다는 가정하에 정속 주행할 경우와의 시간차를 손실시간으로 산정하였다. 또한 영업소 체류시간의 추정은 대기행렬이론을 적용하여 여러 개의 부스를 갖는 영업소에 대한 분석방법을 이용하고자 한다. 다중 부스를 가진 영업소의 대기행렬분석을 위한 기본 가정은 각 부스는 동등한 평균서비스율을 가지며, 서비스 처리시간은 음지수분포를 따른다는 것이다.

〈표 6〉 영업연계 대안별 비교

대안	1안	2안	3안	4안
운영 방식	- 완전히 개별적으로 운영하는 방안	- 연계영업소를 설치하지 않고 노선별 교통량 추정을 통한 정산방안	- 연계영업소를 설치운영하는 방안(현 채택방식)	- 정차하지 않는 첨단 연계시스템을 운영하는 방안
시스템	- TCS	- TCS	- TCS	- ETCS
개념도				
정차수	- 정차수 : 4회	- 정차수 : 없음	- 정차수 : 1회	- 정차수 : 없음
특징	- 잦은 정차로 운전자의 불편 가중 - 추가적인 영업소 설치 및 운영비 증가 - 통행손실비용(시간) 발생	- 노선별 교통량 추정을 위해 관리회사간 상호인정하는 검지기 필요 - 교통량이동경로 추정방법에 대한 신뢰성 문제 존재	- 연계영업소는 출구와 입구역할을 동시에 수행 - 1안에 비해 통행비용과 운영관리비 절감효과 발생	- 첨단시스템의 안전성과 신뢰성에 대한 부분이 주요 변수로 작용

$$E(v) = \frac{E(n)}{\lambda} \tag{3}$$

$$E(n) = \frac{P(0)\rho^{S+1}}{S! \cdot S} \cdot \frac{1}{(1-\rho/S)^2} + \rho \tag{4}$$

단, E(v) : 영업소내 평균체류시간

E(n) : 시스템의 평균차량대수

ρ : λ/μ

λ : 평균도착대수

μ : 평균서비스대수

S : 버스수

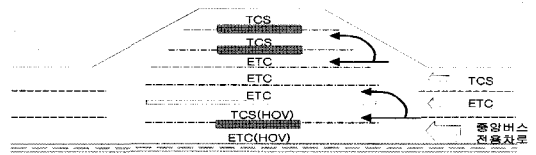
여기에서 차종별 시간가치 산정은 “부산-울산간 고속도로 민간투자사업 교통분석보고서”의 분석자료를 활용하였으며, 승용차는 12,385원/대·시, 버스는 89,858원/대·시, 화물차는 11,057원/대·시를 시간가치비용으로 활용하였다.

분석대상인 남논산영업소는 버스가 8개이며, 조사일자는 2006년 4월 26일을 기준으로 각 시간대별로 손실시간을 분석하였다. 분석결과, 남논산영업소의 1일동안 발생한 대당 평균손실시간은 0.42분이며, 1일동안에 발생한 총 손실시간은 139.4시간으로 나타났다. 이를 화폐화하면 일일 280만원의 시간적 손실비용이 발생하며, 연간 10억원 정도의 손실이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 여기에 영업소 설치 및 운영비를 추가한다면 더 큰 비용손실이 발생할 것이다. 특히 전혀 연계가 되지 않은 상태인 1안으로 운영된다면, 추가적인 영업소가 4개가 더 설치되어야 하므로 수배의 시간손실비용이 발생할 것이다.

2. 연계방향 검토

본 논문에서는 영업연계를 위한 방안으로 기존 수동방식인 TCS와 ETCS를 나누어 검토하고자 한다. 즉 향후 ETCS가 확대되더라도 고속도로를 자주 이용하지 않아 OBU를 탑재하지 않는 차량이 존재하는 한, 최소한의 수동방식은 유지되어야 하기 때문이다.

〈그림 6〉은 향후 영업소의 정산배치시스템을 나타낸 것이다. 현재의 개념과는 다소 다르나 TCS부스는 정차를 하고, ETCS부스는 정차를 하지 않고 통과하는 부스로 구분할 수 있다.



〈그림 6〉 향후 영업소의 정산시스템도

〈표 7〉 이용자의 요금지불수단에 따른 부스별 이용방법

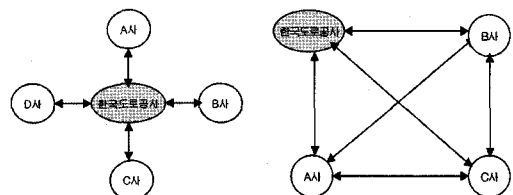
구분	지불수단	부스이용방법	비고
전자화폐	차내 OBU	TCS부스 이용시,정차	전자지불카드 사용
	탑재시	ETCS부스 이용시,무정차	
지불체계	차내 OBU	TCS부스 이용 시,정차	추후 미사용
	미탑재시	ETCS부스 사용불가능	
현금지불체계	고속도로 카드(현재)	TCS부스 이용 시,정차	
	현금	ETCS부스 사용불가능	

1) TCS방식

미래에도 영업소에는 차량내 OBU를 탑재하지 않은 현금지불자를 위해 TCS방식의 부스를 최소한 확보해야 하며, 주요 연계방향은 다음과 같다.

첫째, 고속도로망의 주요 골격은 한국도로공사 노선으로 구성되므로, 이를 중심으로 하여 각 회사가 개별적으로 접촉하여 정산체계를 연계하는 방식(1)이 적절하다. 모든 회사가 상호 동등한 위치에서 정산하는 방식(2)은 관리기관간의 협의와 조정에 어려움이 많으며, 전체 시스템 구축에 드는 비용이 매우 많아지게 된다. 특히 각 회사의 개별 정산시스템에 타 기관들의 정산정보를 공유해야 하므로 시스템적으로도 과도한 부하가 발생하며, 또한 연속되지 않은 노선간의 연계는 그 실효성이 매우 낮다.

둘째, 연계영업소의 설치는 각 관리회사간의 도로가 접속하는 형태에 따라 연계방식을 결정해야 한다. 즉 개방식노선과 개방식노선, 개방식노선과 폐쇄식노선의 연결될 경우, 각 운영 기관내 영업소를 통과할 때마다 통행료를 징수함으로써 별도의 연계영업소 설치의 필요



방식1 : 개별연계방식

방식2 : 통합연계방식

〈그림 7〉 TCS방식(수동식)하에서의 요금정산 연계 방안

〈표 8〉 노선간 접속형태별 연계영업소 배치방안

노선간 연결형태	영업소 설치방안
개방식+개방식	각 운영 기관내 영업소를 통과할 때마다 통행료를 징수함으로써, 별도의 영업소 설치 불필요
개방식+폐쇄식	각 개방식 운영기관이 대부분 본선이나 일부 램프에서 해당 구간에 통행료를 징수하여 별도의 중간 정산을 위해 영업소 설치 불필요함
폐쇄식 시·중점+폐쇄식	운영 기관간 정산을 위하여 방향별로 시점이 아닌 중점부근에만 영업소를 설치하면 됨
폐쇄식 중간지점+폐쇄식	운영 기관간 정산을 위하여 각 구간의 중간 지점의 각 방향별 램프에 영업소를 설치할 필요가 있음.

가 없다. 다만 폐쇄식노선과 폐쇄식노선이 연결될 경우 연계영업소를 배치해야 한다.

2) ETCS방식

ETCS방식은 전자지불화폐를 통한 정산방식으로 차량내의 OBU를 통해 무정차로 영업소를 통과할 수 있는 방식이다. 이러한 방식은 현재 활발한 연구를 통해 실용화 단계에 있으며, 일부방식은 한국도로공사에서 사용중에 있다.

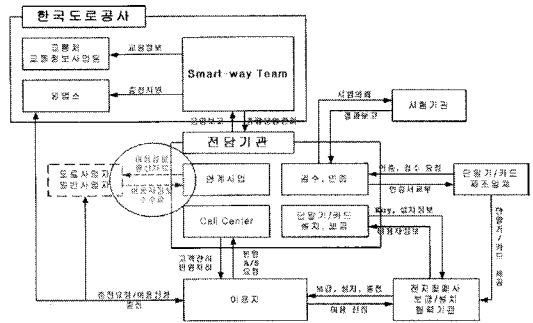
ETCS 시스템은 이용자에게는 편의를, 관리자에게는 영업체계 운영비를 절감할 수 있는 효과가 발생한다. 이러한 시스템의 연계시, 고려해 할 사항은 다음과 같다.

첫째, TCS방식과 마찬가지로 한국도로공사를 주관으로 하여 타 관리기관과의 상호 연계된 정산체계를 구축하는 것이 효율적이며, 특히 통행료의 분담과정에서의 논란을 없애기 위해 중간정산체계를 반드시 포함시켜야 한다. 〈그림 7〉은 전자화폐지불체계에 대한 정산과정을 도식화한 것이다.

둘째, 연계시스템을 유지하려면 각 기관이 선정한 ETCS가 통일내지는 최소한의 호환성을 가져야 하며, 전자지불시스템은 고속도로 전용카드, 신용카드, 스마트카드 등 여러 형태의 정산수단을 포함하도록 설계되어야 한다.

V. 협의체 구성

고속도로 전체 네트워크의 효율성을 위해서는 각 기관간의 합의를 통한 연계체계의 구축이 필요하며, 따라서 이를 위해 협의체를 구성하는 것이 바람직하다. 특히 운영 협의체는 교통정보제공관련 서비스에 대한 상호 연계, TCS방식과 ETCS방식 등 영업체계에 대한



〈그림 8〉 전자지불화폐체계의 정산도

연계부문을 다루어야 하며, 상호 협약에 의해 그 권한을 결정해야 할 것이다.

협의체 구성방식은 시기에 따라 비상설 기구로 운영하는 방식과 별도의 전담기구를 설립하여 운영하는 두 가지 방식을 검토해야 한다.

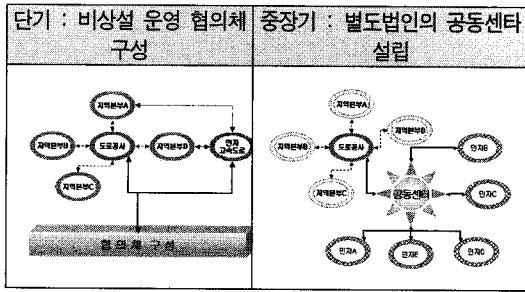
먼저, 비상설 운영협의체는 현 시점에서 운영하기 적합한 방식이다. 이 기구는 각 기관간의 교통정보체계, 영업정산에 관한 사항, 상호 도로관리 정보교환 등의 업무를 수행하며, 중요한 사항의 발생시에만 임시로 소집되는 운영형태를 유지한다. 특히 공동정산시 발생하는 기관간의 통행료 분쟁과 교통정보 표출에 대한 현실적 문제를 조정하는 역할을 수행한다.

또한 장기적으로는 독립적인 상설기구인 공동센터를 운영하는 방식을 검토해야 한다. 이러한 조직은 공정성을 유지하기 위해 유료도로기관이각각 관리하는 도로규모에 따라 자금을 투자하여 별도의 법인으로 설립하는 것이 바람직하다. 다만 새로운 조직의 창설은 많은 인원과 비용이 소요되고, 각 기관의 고유업무를 침해할 소지가 있으므로 장기적인 견지에서 검토가 바람직하다. 그러나 향후 수십개의 민자도로가 운영될 경우 운전자들의 불편이 가중될 것이며, 따라서 추후 필수적으로 논의될 부분이다.

이러한 협의체를 구성하고 운영하기 위해서는 다음과 같은 몇가지 선결과제를 검토해야 한다.

첫째, 체계구축을 위한 연계의 범위 및 운영방안을 포함한 관련제도를 정비해야 한다. 즉 이용자에 대한 교통정보제공범위 및 방법, 요금정산에 대한 각 시스템별 처리방법 등의 세부적 절차를 제도화시켜야 한다. 또한 협의체는 각 기관별로 논쟁발생시 중재 및 합의를 도출할 수 있는 조정기능을 갖도록 해야 한다.

둘째, 하드웨어 시스템의 안정성 및 상호 호환성 확



〈그림 9〉 협의체 구성안

보를 위해서는 표준화 작업을 추진해야 하며, 표준화의 대상 범위를 기술분야, 요소분야, 서비스분야로 구분하여 표준화의 대상을 정의하고, 기 추진중인 표준화에 대해서는 적극적 참여를 통하여 상호 호환이 가능하도록 해야 한다.

셋째, 연계부분중 장차 도입이 확대되고 그 중요성이 매우 큰 ETCS시스템의 연계는 현 시점에서 가장 우선적으로 고려해야 할 사항이며, 특히 선행 시행기관인 한국도로공사 ETCS시스템에 대한 공용문제부터 검토해 나가야 한다.

마지막으로 상호 유기적 협조체계를 위해서 교통자료, 사고자료, 도로운영 현황 등의 자료제공 등 상호 정보교류를 위한 포괄적 협약을 추진해야 한다.

VI. 결론

본 연구는 민자고속도로의 증가에 따라 서로 다른 요금과 관리체계를 가진 노선이 하나의 도로망을 형성하게 됨으로써 발생하는 문제점을 파악하고, 각 관리자가 이용자의 서비스 제고를 위해 상호 연계해야 할 범위와 운영방향을 제시하였다.

현재까지 유료도로 관리회사간에는 교통정보와 요금정산체계에 있어 초보 수준의 연계체계를 유지하고 있으나, 향후 민자도로가 증가할수록 상호 연계에 대한 중요성이 더욱 부각될 것이다. 따라서 이용자가 여러 회사가 관리하는 노선을 경유하더라도 하나의 관리회사가 운영하는 노선을 이용하는 것과 같은 일관된 연계서비스를 제공해야 한다.

본 연구에서는 교통정보 및 요금정산체계에 대한 연계방향을 제시하였으며, 주요 내용을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 교통정보체계의 연계는 크게 이용자 측면과

관리자 측면을 동시에 고려해야 하나, 이용자에게 가장 빠르고 편한 서비스 제공을 일차적인 목표로 하여, 상호 포괄적인 정보수준을 교류하는 것이 바람직하다. 즉 이용자의 출발 전과 주행중의 각 상황별 조건에 따라 관리자간 연계해야 하는 범위를 선정하고 이를 운영하는 것이 바람직하다.

둘째, 영업연계는 크게 정차시스템인 TCS와 비정차시스템인 ETCS를 나누어서 상호 연계체계를 도입해야 한다. 특히 TCS는 각 관리회사의 노선간 연결지점에는 반드시 연계영업소를 설치하여 정차를 최소화시켜야 하며, 한국도로공사를 중심으로 한 개별연계방식을 채택하는 것이 바람직하다. 또한 ETCS는 상호 호환가능한 시스템의 구축이 필수적이며, 지금이 도입 초기라는 점을 감안하여 상호 협의체 구성을 통한 공동관심사와 협의사항을 의논하고 조율하도록 함으로서 운영효율을 높임과 동시에 카드식 및 전자식 요금징수시스템의 호환성을 확보하는 등 국가적 낭비를 사전에 예방하도록 할 필요가 있다.

셋째, 각 관리회사간의 상호 연계필요성, 연계목적, 연계범위 및 내용 등에 대한 세부방안을 제시하였고, 이를 위한 상호 협약체결 및 협의체 구축 등의 구체적인 실행방안을 제안하였다.

본 연구결과는 각 관리회사가 연계를 위해 향후 준비해야 할 부분에 대한 기초적인 방향과, 반드시 연계를 해야만 하는 당위성을 제공하는데 초점이 맞추어져 있다. 고속도로의 상호 연계는 도로의 기능을 향상시킬 뿐만 아니라 이용자의 서비스를 극대화할 수 있는 효과적인 방법으로써, 관리자간의 상호 적극적인 협의를 통해 그 합의점을 도출해 나가야 할 것이다.

참고문헌

1. 교통개발연구원(1998), "수도권전철 3개 운영기관간 연락운송에 따른 운임정산을 위한 정산금액 산출".
2. 교통개발연구원(2000), "고속도로 요금제도 및 영업체제 개선방안 연구".
3. 교통개발연구원(2003), "천안-논산간 고속도로 적정 통행료 체계".
4. 박창수(1998), "톨게이트의 용량, 서비스수준평가 및 설계교통량 산정", 대한교통학회지, 제16권 제3호, 대한교통학회, pp.25~36.

5. 부산울산고속도로주식회사(2005), "부산울산간 고속도로 민간투자사업 교통분석보고서".
6. 이기영, 백승걸(2006), "고속도로에서의 경로선정 모형 개발과 활용에 관한 연구", 도로교통 106호, 한국도로교통협회
7. 이병주, 성수련(1999), "통행전 시간대별 교통정보 제공에 따른 동적 경로선택행태 분석", 대한교통학회 추계학술발표회 논문집.
8. 제일ENG(2003), "고속도로 우회고속도로 ITS 구축 1단계".
9. 최기주, 장정아, 김성현, 김종식(2004), "VMS우회정보 제공에 따른 우회를 분석", 대한토목공학회 논문집, 제24권 제6호, 대한토목학회.
10. 한국도로공사(2000), "고속도로 교통소통 통합관리체계 수립을 위한 조사 분석".
11. 한국도로공사 도로교통기술원(2004), "민자고속도로 연결에 따른 연계운영모델 구축".
12. 한국산업개발연구원(1996), "고속도로 통행요금제도 개선방안 연구".

✉ 주 작 성 자 : 이기영
 ✉ 교 신 저 자 : 이기영
 ✉ 논문투고일 : 2005. 9. 28
 ✉ 논문심사일 : 2005. 11. 4 (1차)
 2005. 12. 13 (2차)
 2005. 12. 20 (3차)
 2006. 5. 17 (4차)
 ✉ 심사판정일 : 2006. 5. 17
 ✉ 반론접수기한 : 2006. 10. 31