■ 論 文 ■

서울시의 대중교통 통합거리비례요금제 하에서 운영기관 간 요금정산방안에 관한 연구

A Study on Inter-agency Fare Allocation Methods under the Integrated Distance-based Fare System in Seoul

윤 지 현
(서울대학교 환경대학원 교통관리전공 석사)

김 성 수
(서울대학교 환경대학원 교통관리전공 교수)

목 차

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 수입금 정산방안의 고찰
1. 대중교통 수입금 정산방안
2. 통신 분야 수입금 정산방안
Ⅲ. 정산대안의 설정 및 평가기준
1. 정산대안의 설정
2. 정산대안의 평가기준
Ⅳ. 사례 연구
1. 자료의 구축
2. 승객표본의 특성
3. 정산대안의 평가
Ⅴ. 결론 및 연구의 한계
1. 결론
2. 연구의 한계
참고문헌

Key Words : 대중교통, 요금정산, 운영기관, 통합거리비례요금제, 비용회수율,
Public Transportation, Fare allocation, Operators, Integrated Distance-based Fare System, Cost Recovery Ratio

요 약

서울시는 2004년 7월 대중교통체계를 개편함과 동시에 "통합요금제 정산·배분기준"을 마련하여 운영기관 간에 요금수입금을 배분하고 있다. 그러나 이는 향후 민자 노선 및 신교통수단의 도입 시, 기본요금이 높은 운영기관에 수입금이 편중될 우려와 수도권 지역으로 확대 시행될 경우 각 운영기관 또는 지자체 간 갈등으로 인해 복잡한 문제로 발전될 수 있다. 본 연구에서는 교통수단 및 운영기관이 다양화될 경우에도 보편적으로 적용 가능한 합리적인 요금수입금 정산방안을 제시하기 위하여 국내·외 대중교통 및 통신 분야 수입금 정산방안의 기본 원칙을 고찰한 다음, 이를 현 서울시 대중교통체계에 맞게 응용하여 정산대안을 설정하였다. 또한 대중교통체계 개편 이후 정류장 기반 O-D 를 표본으로 구축하여 사례 연구를 수행하였다. 평가기준인 Z값을 제시하여 대안별로 분석한 결과 운영기관별 비용회수율의 합을 최대화하고 운영기관 간 비용회수율 격차를 최소화하는 대안 1이 최적 대안으로 나타났다. 이는 운영기관에게 합리적으로 요금수입금을 배분하기 위해서는 운영기관의 승객 운송실적인 인·km와 승객을 운송하는데 소요된 운송비용을 함께 고려하는 것이 바람직함을 의미한다.

The Integrated Public Transport Reforms of the Seoul Metropolitan Government, which were implemented on the 1st of July, 2004, launched a new fare allocation method. However, when a private transit operator or a new transport system is introduced into the existing system, it will cause an allocation problem. Therefore, this study aims to propose a rational fare allocation method which can be applicable regardless of the number of public transportation modes or operators. To create alternatives, this study has adopted a fundamental principle of revenue allocation methods for the transit or communications sectors, and has applied it to the current transit system of Seoul. This study has analyzed results of the cost recovery ratios and characteristics of each alternative through case studies. This study has presented an assessment criterion Z in order to select an optimal alternative. The criterion consists of the sum of the cost recovery ratio of each operator and the difference of the cost recovery ratio for each agency in inter-agency transit. Using the assessment criterion, the results showed that Alternative 1 is superior to the others: Alternative 1 is considering passenger-km of each operator and unit cost of passenger-km for each operator.

Ⅰ. 서론

서울시는 2004년 7월 대중교통체계를 개편하였으며, 요금제도도 대중교통수단을 이용한 전체 거리에 비례하여 요금을 부과하는 통합거리비례요금제로 변경하였다. 또한 버스준공영제의 도입과 함께 기존의 버스노선 및 유형을 지·간선 체계로 개편하였다.

이러한 대중교통체계 하에서 서울시는 "통합요금제 정산·배분기준"[1]을 마련하여 수단 또는 운영기관 간에 요금수입금을 배분하고 있으나, 현재의 정산방법은 다음과 같은 문제점이 존재한다.

첫째, "통합요금제 정산·배분기준"의 가장 큰 틀이 되는 교통수단별 기본요금 비율에 따른 정산방법은 향후 민자 도시철도 9호선, 인천공항철도, 신설-우이 경전철 등이 개통되면 기본요금이 높은 운영기관에 요금수입금이 과다하게 배분될 우려가 있다. 둘째, 승객이 다수의 대중교통수단을 이용하여 통행하였을 경우 도시철도가 기본거리 초과분에 대한 요금수입금을 우선 귀속받으므로[2] 수입금이 도시철도로 편중될 수 있고, 버스업계의 적자를 보전해야 하는 서울시의 재정부담이 가중될 우려가 있다. 셋째, 도시철도간 연락운송 시 초승기관이 운임 전액을 보유하는 무(無)정산 방식[3]은 승객 운송에 함께 참여하는 타 운영기관에게는 요금수입금이 배분되지 않는다. 따라서 승객의 왕복통행행태가 유사하여 초승기관이 바뀐다 하더라도 3개 도시철도 운영기관을 이용한 승객의 경우 중간 운영기관에게는 요금수입금이 전혀 배분되지 않는다.

본 연구는 교통수단 및 운영기관이 다양화될 경우에도 보편적으로 적용가능하고 문제점이 적은 수입금 정산방안을 제시하고자 다음과 같은 연구를 수행하였다.

대중교통 및 통신 분야의 수입금 정산방안을 고찰하고 이를 현 서울시 대중교통체계에 맞게 적절히 응용하여 정산대안을 설정하며, 운영기관별 비용회수율 합과 운영기관 간 비용회수율 격차의 가중 합을 이용한 평가기준을 제시한다. 또한 서울시 대중교통체계 개편 이후 정류장 기반 O-D 중 주요 도심 또는 부도심을 최종 목적지로 하는 승객 O-D를 표본으로 구축하여 사례연구를 수행함으로써 정산대안별 평가결과에 따라 가장 바람직한 정산대안을 제시한다.

Ⅱ. 수입금 정산방안의 고찰

1. 대중교통 수입금 정산방안

대중교통 수입금 정산방안이란 대중교통시스템을 운영하고 있는 여러 운영기관들의 총 수입금을 개별 운영기관에 배분하는 방식[4]을 말하며, 이에 관한 선행 연구들은 다음과 같다.

1) 국내 연구

국토연구원(1987)은 한국철도공사(경인선, 경부선, 경원선)와 서울메트로(1,2,3,4호선)를 대상으로 도시철도의 연락운임 정산방안에 관해 연구하였다. 본 연구에서는 延 인·km, 건설투자비, 새로운 운임체계, 도시철도의 상호연계운송 기여도, 상호직통 운행효과, 시설유지관리비, 인건비 등 운영원가, 적정 시설 및 운영원가에 의한 수입배분방안을 분석 대안들로 설정하였다. 또한 서비스의 질, 서비스의 양, 운임체계의 특성 및 연락운송에 대한 기여도 반영 여부 등을 평가기준으로 삼아 최적 배분방안을 제시하였다.

한국교통연구원(1995)은 한국철도공사(경인선, 경부선, 경원선)와 서울메트로(1,2,3,4호선) 간 연락운임 정산에 관해 연구하였다. 이때 운영기관별 운송 인·km, 운영기관별 인·km당 운송원가 및 요금수준을 고려하여 대안을 설정하였으며, 기준의 명료성, 산정의 용이성, 장래 적용가능성, 형평성, 기존 정산방식과의 유사성을 평가기준으로 설정하였다. 이 연구는 기본요금을 제외한 초과운임만을 정산대상 금액으로 하여 운영기관별 운송 인·km에 따라 배분하는 방안을 최적 대안으로 선정하였다.

한국교통연구원(1998)은 5호선 및 일산선을 연구대

1) 서울특별시(2005), 내부 자료.
2) 승객의 운송에 참여한 도시철도 운영기관은 기본거리(12km) 초과분에 대한 추가요금인 6km당 100원을 우선 귀속받으며, 이후 잔여액을 수단별 기본요금 비율대로 정산한다. 예를 들면 어떤 승객이 도시철도를 16km, 버스를 2km 탑승하여 1000원의 요금을 지불하였다면, 도시철도의 경우 기본거리인 12km 초과분 4km에 대한 추가요금 100원을 우선 귀속받는다. 또한 잔여액인 900원은 기본요금 비율대로 두 수단이 나누어 갖는다.
3) 현재 한국스마트카드(KSCC)의 정산시스템 하에서는 이와 같이 배분되고 있으며, 추후 협의과정을 통한 배분이 과제로 남아있다.
4) 신성일·이종규(2005), p. i.

상에 추가하여 연락운임 정산에 관해 연구하였으며, 내용 및 방법은 한국교통연구원(1995)과 동일하다.

2) 국외 연구

Interplan Corporation(1973)에 소개된 여러 사례들 중 본 연구와 관련되는 사례로 함부르크 대중교통연합(HVV: Hamburg VerkehrsVerbund, Hamburg Transit Federation)[5]이 설립되면서 채택하였던 운영기관 간 수입금 정산방식이 있다. 이 방식은 각 운영기관의 손익상태가 HVV로 통합되기 이전과 유사하게 유지되는 수준으로 수입금을 배분하는 것으로 운영기관에 의해 수집된 총 수입, 운영기관의 운영비용, 운영기관의 통합 이전의 연간 운임수입/운송비용 비율, 시스템 전체에 대한 각 운영기관의 기여도, 단위비용 혹은 기여도의 상대적인 가중치를 적용하였다.

Rinks(1986)는 환승승객을 포함한 모든 승객으로부터 얻은 수입금을 배분하는 방안에 관해 연구하였다. 비용, 승객수, 운영기관의 손익 상황, 서비스 제공, 운영기관의 성과 측정을 고려해 5가지 대안을 설정하고 각 변수가 운영기관에 어떤 영향을 미칠 것인가를 비교 평가하였다. 또한 형평성, 유인(Incentives), 행정적 실용성, 수입금 배분 공식의 유연성 등을 평가기준으로 사용하였다. 이 연구에서는 승객통행량, 승객-마일, 통행시간, 통행그룹별 요금체계에 따른 요금수입금을 승차권 발매기관이 타 기관에게 얼마만큼을 환급해야 하느냐에 관한 "승객수를 고려한 일반화 모형"을 제안하였다.

2. 통신 분야 수입금 정산방안

통신회사는 이용자에게 통신서비스를 제공하기 위해 자신의 망뿐만 아니라 타 사업자의 망을 사용해야 하는 경우가 발생하므로 상호 접속제도에 따른 접속료(interconnection charge 또는 access charge) 산정이 주요 이슈가 된다. 이때 접속료란 "통신망 가입자들이 전화를 주고받을 때 사업자들이 다른 회사 통신망을 이용한 대가를 서로 산정하는 요금"으로, 서로 다른 통신회사의 전화를 사용하는 가입자들이 통화할 경우 요금을 거둔 사업자가 상대방 사업자에게 망 이용대가로 주는 요금을 말한다. 이는 승객이 통합교통망(도시철도, 지·간선버스, 마을버스)을 함께 이용하고 지불한 요금수입금을 운영기관별로 나누어 갖는 경우와 동일하다고 볼 수 있다.

정보통신정책연구원(1999)은 한국의 실정에 적합한 접속료 산정을 위해 장기적으로 산출물을 일정량 증가시키는 데 소요되는 비용 또는 그와 동일한 양의 산출물을 감소시킴으로써 소요되지 않는 회피원가에 근거하는 장기증분원가 모형을 제안하였다. 이는 규모 및 범위의 경제가 발생하는 통신 사업의 고정투자분을 회수하기 위하여 "장기"에 발생하는 원가를 반영하는 것으로 미국, 영국, 일본, 호주의 상호접속제도의 현황과 비교 분석함으로써 우리나라가 지향하여야 할 접속료 모델의 기본 틀을 마련하였으며, 원가에 근거한 접속료 산정의 필요성을 제안하고 있다.

한국전자통신연구소(1995)는 전기통신산업의 효율성을 제고하고 공정한 경쟁 환경을 조성하기 위하여 사업자간의 적정 접속료 산정방안을 모색 하였다. 이를 위해 접속료에 대한 국내·외 접속사례를 분석하고, 상호접속과 관련된 네트워크 경제학의 기본이론을 고찰하였다.

Ⅲ. 정산대안의 설정 및 평가기준

1. 정산대안의 설정

다수의 운영기관에 대해 요금수입을 정산하기 위해서는 운영기관의 운송실적 및 운송비용 등 다양한 요소가 고려되어야 하므로 선행연구 및 관련연구에서 제시된 주요 요소들을 변수로 하여 정산대안으로 설정한다. 현재 정산방법을 기본 안으로 설정하고, 대중교통 수입금 정산방안에 관한 선행 연구에서 제시된 정산방법 및 통신분야 수입금 정산방법의 기본적인 틀을 현재의 대중교통 체계에 맞게 적용하여 네 가지 정산대안을 설정하였다.

1) 기본 안: 현(現) 통합요금제 하에서 사용되는 정산방법

2004년 7월 1일 대중교통체계 개편 이후 요금체계[6]

5) HVV는 1965년 설립 당시 도시철도 운영기관, 통근열차 운영기관 및 시내버스업체들로 구성되었다.

6) 단일수단 이용요금은 도시철도의 경우 12km를 기본거리로 하여 추가거리 6km당 100원을 징수하고, 42km 이후 추가거리에 대해서는 12km당 100원을 징수하며, 버스는 거리비례제를 적용하지 아니한다. 또한 복합수단 이용요금은 기본거리를 10km로 하여, 추가거리 5km당 100원을 징수한다.

가 변경됨에 따라 서울시에서 시행하고 있는 "통합요금제 정산·배분기준"으로서, 그 내용은 다음과 같다.

(1) 도시철도 운영기관 간 연락운임

도시철도만을 이용한 승객의 요금수입금은 초승기관이 전액 보유하므로 도시철도 운영기관의 초승기관 여부를 판단하여야 한다.

① m이 초승기관인 경우

$$A^m = TF_{ij} \quad (1)$$

②m이 초승기관이 아닌 경우

$$A^m = 0 \quad (2)$$

A^m : 운영기관 m(한국철도공사, 서울메트로, 서울도시철도공사)의 정산액

TF_{ij} : 기종점 i, j간 승객 1인으로부터 얻은 요금수입금

(2) 도시철도, 버스, 마을버스간 연락운임

승객의 운송에 참여한 다수의 운영기관들은 운영기관별 기본요금 비율로 요금수입금을 나눠 갖으나, 도시철도의 경우 기본거리 초과분에 대한 추가요금을 우선 귀속받으므로 도시철도와 그 외 수단을 구분하여 배분식을 설정한다.

① m이 도시철도인 경우

$$A^m = [(TF_{ij} - PF_{ij}) \times \frac{BF^m}{\sum_m BF_{ij}^m}] + PF_{ij} \quad (3)$$

② m이 버스, 마을버스인 경우

$$A^m = (TF_{ij} - PF_{ij}) \times \frac{BF^m}{\sum_m BF_{ij}^m} \quad (4)$$

BF^m : 운영기관 m의 기본요금

$\sum_m BF_{ij}^m$: 기종점 i, j간 승객이 이용한 각 수단의 기본요금의 합

PF_{ij} : 기종점 i, j간 수집된 요금수입금 중 도시철도 운영기관(한국철도공사, 서울메트로, 서울도시철도공사)이 우선 귀속받는 기본거리 초과 요금으로 $[\frac{D_{ij}^m - 12}{6}]_{올림값} \times 100$(원)과 같이 계산됨

2) 대안 1: 요금 전액을 운영기관별 운송비용에 비례하여 배분하는 방안

국토연구원(1987)의 연구결과로 제시되어 1988년까지 수도권 도시 철도간 연락운임 정산을 위해 사용된 방법으로서, 어떤 승객의 운송에 참여한 모든 운영기관들의 운송비용[7]에 대한 해당 운영기관의 운송비용의 비율대로 요금수입금을 배분하는 방법이다.

$$A^m = TF_{ij} \times \frac{D_{ij}^m \cdot C^m}{\sum_m D_{ij}^m \cdot C^m} \quad (5)$$

D_{ij}^m : 기종점 i, j간 운영기관 m의 운송 인·km

C^m : 운영기관 m의 운송 인·km당 비용

$\sum_m D_{ij}^m \cdot C^m$: 기종점 i, j간 승객 통행에 참여한 모든 운영기관의 운송비용(운송인·km ×인km·당 비용)의 합

3) 대안 2: 기본요금 초승기관 우선 귀속 후 요금 잔액을 운영기관별 운송실적에 비례하여 배분하는 방안

한국교통연구원(1995)의 연구결과로 제시되어 2003년 12월까지 수도권 도시철도간 연락운임 정산에 사용된 방법으로서, 어떤 승객의 운송에 참여한 모든 운영기관에 대하여 기본요금에 해당하는 금액을 초승기관에게 우선 귀속시킨다. 이후 요금 잔액을 참여한 모든 운영기관들의 운송 인·km에 대한 해당 운영기관의 운송 인·km의 비율대로 요금수입금을 배분하는 것으로, 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

① m이 초승기관인 경우

$$A^m = BF^m + [(TF_{ij} - BF^m) \times \frac{D_{ij}^m}{\sum_m D_{ij}^m}] \quad (6)$$

② m이 초승기관이 아닌 경우

$$A^m = (TF_{ij} - BF^{m_{first}}) \times \frac{D_{ij}^m}{\sum_m D_{ij}^m} \quad (7)$$

$\sum_m D_{ij}^m$: 기종점 i, j간 총 운송 인·km

7) 여기서 운송비용은 운영기관의 운송 인·km에 단위비용인 인·km당 비용을 곱하여 산정한다.

4) 대안 3: 운영기관별 운송비용과 통합 이전 운임수입/운송비용 비율에 비례하여 배분하는 방안

Interplan Corporation(1973)에 제시된 함부르크의 대중교통연합인 HVV의 기본적인 수입배분원칙만을 수용하여 설정한 대안이다. 이 대안의 방식은 어떤 승객의 운송에 참여한 모든 운영기관의 총 운송비용에 대한 해당 운영기관의 운송비용의 비율과 운송에 참여한 모든 운영기관의 통합 이전의 총 운임수입/운송비용 비율[8]에 대한 해당 운영기관의 통합 이전 운임수입/운송비용 비율을 가중하여 요금수입금을 배분하며, 이는 식 (8)과 같다.

$$A^m = TF_{ij} \times \frac{(R/C)^m}{\sum_m (R/C)^m_{ij}} \times \frac{D^m_{ij} \cdot C^m}{\sum_m D^m_{ij} \cdot C^m} \quad (8)$$

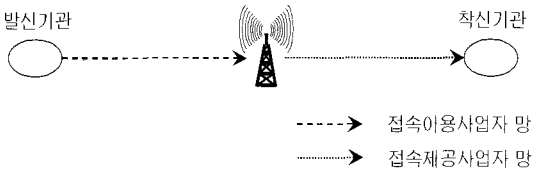
$(R/C)^m$: 운영기관 m의 통합 이전 비용회수율, $R/C = \frac{R^m_{before}}{D^m_{ij} \cdot C^m}$ 단, R^m_{before} = 운영기관 m의 통합 이전 정산체계에 따른 수입

$\sum_m (R/C)^m_{ij}$: 기종점 i,j간 통행에 참여한 모든 운영기관의 통합 이전 비용회수율의 합

5) 대안 4: 기본요금 초승기관 우선 귀속 후 요금 잔액을 운송비용에 비례하여 배분하는 방안

통신산업에서는 〈그림 1〉과 같이 다른 사업자의 통신망을 이용하여 이용자에게 서비스를 제공하는 "접속이용사업자"와 다른 사업자의 서비스 제공에 필요한 통신망을 제공하는 "접속제공사업자"를 구분하여 각 통신망의 접속원가에 따라 접속료를 배분하고 있다.[9]

접속료의 배분방법은 접속이용사업자가 통신요금수입금을 전액 보유한 후 접속제공사업자의 접속원가에 해당하는 금액을 배분해 주는 것으로, 대중교통수입금 정산대안을 설정하기 위해 접속이용사업자와 접속제공사업자를 각각 어떤 승객의 운송에 참여한 대중교통운영기관들 중 초승기관과 모든 운영기관들로 상정한다. 또한 접속이용사업자가 요금수입금을 보유하는 것은 '기본요금 초승기관 우선 귀속'으로, 그리고 각 통신망의 접속원가에 따른 수입금 배분은 대중교통운영기관의 운송비용에 비례한 배분으로 상정한다.



〈그림 15〉 통신망의 개념도

통신망에서 유선 통신망의 고객이 완전한 통화서비스를 위해 무선 통신망을 함께 이용해야 하는 것은 교통망에서는 승객이 최종 목적지에 가기 위해 버스, 도시철도 등의 서비스를 함께 이용해야 하는 것과 같다. 따라서 본 연구에서는 통신망의 요금수입금 정산방법을 대중교통수입금 정산분야에 적절히 적용하여 정산대안을 설정한다.

정산방법은 어떤 승객의 운송에 참여한 모든 운영기관에 대하여 초승기관 여부를 판단하여 기본요금에 해당하는 금액을 초승기관에게 우선 귀속시킨 다음, 그 승객의 운송에 참여한 모든 운영기관들의 운송비용에 대한 해당 운영기관의 운송비용의 비율대로 요금수입금을 배분한다. 이때 운송비용은 운영기관의 운송 인·km에 단위비용인 인·km당 비용을 곱하여 산정하고, 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

① m이 초승기관인 경우

$$A^m = BF^m + [(TF_{ij} - BF^m) \times \frac{D^m_{ij} \cdot C^m}{\sum_m D^m_{ij} \cdot C^m}] \quad (9)$$

② m이 초승기관이 아닌 경우

$$A^m = (TF_{ij} - BF^m) \times \frac{D^m_{ij} \cdot C^m}{\sum_m D^m_{ij} \cdot C^m} \quad (10)$$

2. 정산대안의 평가기준

본 연구에서는 바람직한 정산대안이 되기 위해서는 각 운영기관의 비용 대비 수입이 가능한 한 높아야 하며, 운영기관 간 비용 대비 수입의 편차는 최소가 되어야 한다고 판단하였다. 따라서 운영기관별 비용회수율 합과 운영기관 간 비용회수율 격차의 가중 합을 함께 고려하는 평가기준 지수Z를 설정한다. 여기서 비용회수율(운임수입/운송비용 비율)은 식(11)과 같이 구해진다. 이때 운임수

8) 여기서 '통합 이전 운임수입/운송비용 비율'은 서울시 대중교통체계가 통합되기 이전, 즉 각 운영기관이 독립적으로 요금을 부과하여 수입금을 보유할 때의 총 요금수입금에 대한 총 운송비용의 비율을 말한다.

9) 정보통신부고시, 전기통신설비의 상호접속기준, 제2005-36호 p. 2.

입은 대안별로 정산된 각 운영기관의 요금배분총액이며, 운송비용은 각 운영기관이 운송한 총 운송 인·km에 운영기관별 인·km당 운송비용을 곱하여 산정한 값이다.

$$(\frac{TR}{TC})^m = \frac{\sum_{k=1}^{l} A_k^m}{\sum_{k=1}^{l} D_k^m \times C^m} \quad (11)$$

$(\frac{TR}{TC})^m$: 운영기관 m의 비용회수율

k : 1, 2, 3 ... l (총 승객수)

A_k^m : 승객 k가 지불한 요금 중 운영기관 m에게 배분되는 금액

D_k^m : 운영기관 m의 운송 인·km

C^m : 운영기관 m의 운송 인·km당 비용

평가기준으로 설정된 지수Z는 5개 운영기관의 비용회수율의 합이 가장 크고, 그 격차가 가장 작은 두 가지 조건을 모두 만족시키는 대안을 선정하기 위한 것으로 그 값이 클수록 보다 좋은 대안이 된다.

Z는 식(12)와 같이 설정되며, 값이 최대화되기 위해서는 우변의 첫째 항이 최대가 되고, 우변의 둘째 항이 최소가 되어야 한다.

$$Z = \alpha \sum_i (\frac{TR}{TC})_i - (1-\alpha) \sum_i \sum_j \left| (\frac{TR}{TC})_i - (\frac{TR}{TC})_j \right| \quad (12)$$

$i \in M,\ j \neq i \in M,\ (0.0 \leq \alpha \leq 1.0)$

M : 운영기관 집합 (한국철도공사, 서울메트로, 서울도시철도공사, 버스, 마을버스)

이때 지수Z의 값은 운영기관별 비용회수율 합과 운영기관 간 비용회수율 격차의 가중 합 중 어느 항목에 더 큰 가중치를 두느냐에 따라 대안의 순위가 달라질 수 있다. 따라서 가중치α를 추가하여 평가기준을 설정하고, α를 0.0~1.0까지 변화시켜가며 지수 Z값의 변화를 살펴본다. 이때 α가 0.0인 경우는 5개 운영기관 간 비용회수율의 격차만이 고려되므로, 그 값이 작을수록 보다 좋은 대안이 된다. 반면 α가 1.0일 때는 운영기관별 비용회수율의 합만이 고려되므로 그 값이 클수록 보다 좋은 대안이 된다.

Ⅳ. 사례 연구

1. 자료의 구축

앞장에서 설정한 각 정산대안의 평가에 필요한 표본(정류장 기반 O-D) 및 운영기관별 인·km당 운송비용을 다음과 같이 구축·산정한다.

1) 정류장 기반 O-D

본 연구는 서울시의 대중교통통합거리비례요금제가 적용되는 한국철도공사[10], 서울메트로[11], 서울도시철도공사, 간선버스, 지선버스, 순환버스, 마을버스를 연구대상으로 한다. 따라서 이 요금제가 적용되지 않는 광역버스 및 경기도 버스 등은 제외하며, 일부 예외적인 기본요금[12]이 부과되고 있는 버스노선 또한 제외한다.

또한 서울시의 대중교통통합거리비례요금제가 적용되는 구간을 공간적 범위로 설정하며, 대중교통체계 개편 이후인 2004년 10월 27일에 수집된 정류장 기반 1일 O-D를 이용하여 표본을 구축한다. 정산 대상이 되는 운영기관은 한국철도공사, 서울메트로, 서울도시철도공사, (지·간선·순환)버스, 마을버스의 5개 운영기관으로 구분하며, 정류장 기반 1일 O-D 중 "복합 대중교통수단을 이용하는 장거리 통행"이 많을 것으로 예상되는 도심 및 부도심의 주요 정류장인 청량리, 시청, 여의도 및 광화문을 최종 목적지로 하는 승객 O-D를 표본으로 구축한다[13]. 이때 단일 운영기관을 이용하는 승객들의 요금은 정산대안별로 배분액의 차이가 없으므로 이들은 표본에서 제외한다.

이와 같이 구축된 승객표본의 최종 목적지 또는 운영기관별 비율은 〈표 1〉과 같다. 이 표에서 볼 수 있는 것처럼 표본에 포함된 총 승객수는 15,622명이며, 이들 중 53.5%는 한국철도공사 또는 서울도시철도공사가 운영하는 도시철도나

10) 2005년 1월 1일 정부기관이었던 "철도청"이 공기업인 "한국철도공사"로 전환되었다.

11) 2005년 10월 27일 "서울도시철도공사"는 "서울메트로"로 개명되었다.

12) 도원교통(주)의 지선버스인 1112번(국민대~길음역) 노선은 학생승객이 많기 때문에 기본요금을 800원보다 낮은 600원으로 책정하였으며, 선진운수를 포함하는 8개 업체도 몇몇 지선버스 노선의 기본요금을 600원으로 책정하였다.

13) 즉 한국철도공사 관할의 청량리 지상역(정류장 ID: 1014), 서울메트로 관할의 시청역(도시철도1·2호선-정류장 ID: 151, 201), 서울도시철도공사 관할의 여의도역(정류장 ID: 2527), 그리고 버스노선의 광화문역(7번출구 방면-정류장 ID: 8699)에서 내리는 승객들의 O-D 자료를 구축하였다.

〈표 1〉 승객표본의 최종 목적지 및 운영기관별 비율

최종 목적지	청량리 (지상)	시청 (1,2호선)	여의도 (5호선)	광화문 (버스 정류장)	계
운영기관	한국 철도공사	서울 메트로	서울도시 철도공사	버스, 마을버스	
승객수(명)	1,056	8,358	5,860	348	15,622
비율(%)	6.8	53.5	37.5	2.2	100.0

버스 또는 마을버스에서 서울메트로가 운영하는 도시철도로 환승한 다음 시청역에서 하차한 경우이다.[14]

2) 인·km당 운송비용

인·km당 운송비용의 산정에 필요한 모든 자료는 표본으로 구축한 정류장 기반 O-D 자료의 시간적 범위인 2004년 하반기에 맞추어 구하였다. 인·km당 운송비용은 운영기관별 수입금 정산 시 매우 중요한 요소이나, 본 연구는 바람직한 정산방안을 제시하는 데 주된 목적이 있으므로 기존 자료 및 선행 연구의 추정 결과를 수용하여 기준년도에 맞게 보정하였다.

(1) 도시철도의 인·km당 운송비용

한국철도공사의 인·km당 운송비용은 한국철도공사(2005, p. 15)에 제시되어 있는 실적원가 기준의 운송비용인 41.70원/인·km를 그대로 적용하며, 서울메트로와 서울도시철도공사의 인·km당 운송비용은 김성수·박진경(2003)의 추정 결과를 2004년 기준으로 보정하여 적용한다. 선행 연구에서 수용할 변수로는 평균가변비용, 평균자본비용, 평균재차인원 등이 있으며, 이때 사용한 각 변수 값의 산정방법은 다음과 같다.

① 평균가변비용

도시철도 운영기관을 노동, 동력, 유지·보수의 세 가지 생산요소를 투입하여 전동차-km를 산출하는 기업형태로 상정하고 초월대수 함수형태의 가변비용함수모형을 설정한 다음, 추정 결과를 통해 평균가변비용을 산정한다.

② 평균자본비용

평균자본비용은 두 운영기관의 자본비용을 2001년 기준 전동차-km로 나누어 산정하였다. 이때 자본비용으로는 매몰비용이 없다고 가정한 자본비용(차량비용, 전로설비, 기계 및 기타설비, 건물, 토지, 선로비용)을 사용하도록 하며, 서울메트로의 차량비용은 기획경영처 내부자료, 초기투자비용에 관한 자료는 국토연구원(1987)에 나와 있는 1986년 가격기준의 호선별 설비에 대한 투자비 자료를 이용하였다. 서울도시철도공사의 경우 김태승(1999)의 방식을 적용한 자본비용(감가상각비, 이자비용)을 사용하였는데 감가상각비는 서울도시철도공사의 손익계산서에 실린 감가상각 누계액의 2001년 대비 2000년 차로 산정하고, 기회비용은 장부의 기말자산가액에 2001년 시장이자율[15]을 곱하여 산정하였다.

③ 평균재차인원

평균재차인원(인/전동차)은 서울메트로의 경우 한국경영개발연구원(2001)에 실린 정기 교통량조사 자료(2001. 8)의 월별 운송인원비율을 참조하여 연평균으로 보정하였으며, 서울도시철도공사의 경우 자료의 부족으로 서울메트로에 대한 서울도시철도공사의 운송인원/궤도연장 비율인 0.36을 서울메트로의 재차인원에 곱한 값을 재차인원으로 가정하였다.

위와 같은 방법으로 김성수·박진경(2003)에서 추정된 서울메트로와 서울도시철도공사의 각 변수 값들을 이용한 인·km당 운송비용 산정식은 식(13)과 같으며, 선행 연구의 기준년도 값을 본 연구의 기준년도 값으로 보정하기 위하여 2001년 대비 2004년의 영업비용 증감율을 사용하였다.

$$C = \frac{AVC + ACC}{AOcc} \tag{13}$$

C : 인-km당 운송비용 (원/인-km)
AVC : 평균가변비용 (원/전동차-km)
ACC : 평균자본비용 (원/전동차-km)
$AOcc$: 평균재차인원 (인/전동차)

최종적으로 산정된 도시철도 운영기관별 인·km당 운송비용은 한국철도공사-41.70원/인·km, 서울메트로-59.32원/인·km, 서울도시철도공사-117.53원/인·km으로 나타났으며, 각 변수 값은 〈표 2〉와 같다.

14) 4개 정류장에서 하차한 1일 총 승객수는 22,533명이며, 이들 중 단일 운영기관을 이용한 승객을 제외하여 구축된 표본의 승객은 15,622명으로 전체의 69.3%를 차지한다.
15) 서울메트로와 같이 7%를 적용하였다.

〈표 2〉 도시철도의 인·km당 운송비용

구분		한국철도공사	서울메트로	서울도시철도공사
평균가변비용(원/전동차-km)		-	3,513	2,398
평균자본비용(원/전동차-km)		-	2,028	1,830
평균재차인원(명)		-	97	35
인-km당 운송비용(원, 2001년)		-	57.12	120.80
영업비용	2001(백만원)	-	795,223	639,171
	2004(백만원)	-	825,831	621,901
	증감율(%)	-	3.85	-2.70
인-km당 운송비용(원, 2004년)		41.70	59.32	117.53

(2) 버스와 마을버스의 인·km당 운송비용

버스와 마을버스의 인·km당 운송비용은 2004년 기준으로 공시되어 있는 기존 자료의 값을 적용하였다. 적용변수로는 버스와 마을버스의 일-대당 비용, 일-대당 운송량, 평균탑승거리가 있으며 산정방법은 식(14)와 같다.

$$C = \frac{UC}{UP \times AD} \quad (14)$$

C : 인-km당 운송비용 (원/인-km)
UC : 일 대당 비용 (원/일-대)
UP : 일 대당 운송량 (인/일-대)
AD : 평균탑승거리 (km)

일-대당 비용은 시내버스의 경우 간선버스와 지선버스의 비용은 동일하다는 가정하에 경유버스와 CNG버스의 비용을 각 버스의 도입대수 비율로 가중 평균하여 산정하였고, 마을버스는 경유버스의 비용을 적용하였다. 일-대당 운송량은 시내버스의 경우 기존 자료의 값을 그대로 이용하였으며, 마을버스의 경우 최근자료가 없어서 과거 자료를 보정하여 산정하였다. 평균탑승거리는 간선·지선버스 각각의 평균탑승거리를 간선·지선버스의 운행대수 비율로 가중 평균하였다. 최종적으로 산정된 버스와 마을버스의 인·km당 운송비용은 버스-177.54원/인·km, 마을버스-286.29원/인·km이며, 각 변수의 값은 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 버스와 마을버스의 인·km당 운송비용

구분		버스		마을버스
일-대당 비용(원/일-대)		464,128		371,837
	버스 종류	CNG	경유	
	일-대당비용(원/일-대)	437,537	473,499	
	도입대수(대)1)	2,076	5,891	
일-대당 운송량(인/일-대)		492.00 2)		612.643)
평균탑승거리(km)		5.31		2.12
	버스 유형	간선	지선	-
	평균탑승거리(km)4)	6.23	4.72	
	운행대수(대)5)	2,714	4,193	
인-km당 운송비용(원, 2004년)		177.54		286.29

주: 1) 서울특별시 교통국 내부자료, 2004. 7월 기준
2) 서울시 내부자료, 2004년.
3) 한국산업관계연구원(2001)에 따르면 2000년 기준 마을버스의 일-대당 운송량은 650명으로 제시되어 있다. 이를 2004년 기준으로 보정하기 위하여 시내버스의 2000년 대비 2004년 일-대당 운송량의 증감율(-5.75%)을 적용하였다.
4) 2004. 10. 27(수) KSCC 카드거래내역 활용
5) 서울특별시 교통국 홈페이지, 2005년 1월 기준.

(3) 운영기관별 인·km당 운송비용 산정 결과

각 운영기관의 인·km당 운송비용 산정 결과는 〈표 4〉와 같다. 도시철도 운영기관들 중 서울도시철도공사의 비용이 가장 높게 산정된 것은 한국철도공사와 서울메트로에 비해 승객수가 다소 적기 때문으로 판단된다. 또한 도시철도 운영기관과 버스·마을버스 간의 인·km당 운송비용의 차이는 수단별 평균통행거리[16]와 함께 고려해 볼 때, 평균통행비용이 도시철도[17]와 버스[18]는 800원, 마을버스[19]는 500원 수준에서 크게 벗어나지 않으므로 이 값을 대안 평가 시 적용하여도 크게 문제가 되지 않음을 확인할 수 있다.

〈표 4〉 운영기관별 인·km당 운송비용

(단위: 원/인·km)

구분	한국철도공사	서울메트로	서울도시철도공사	버스	마을버스
운송비용	41.70	59.32	117.53	177.54	286.29

16) 서울시정개발연구원(2006)에 따르면 2004년 10월 27일 KSCC 거래내역 기준 수단별 평균통행거리는 도시철도 11.53 km, 버스 4.72km~6.23km, 마을버스 2.12km이다.
17) 도시철도 3개 운영기관의 인·km당 운송비용 평균은 (41.70+59.32+117.53)/3 = 72.85(원/인·km), 평균통행거리는 11.53km로 나타나 도시철도의 평균통행비용은 72.85 × 11.53 = 839.96(원)으로 산정된다.
18) 버스의 인·km당 운송비용은 177.54(원/인·km), 평균통행거리는 4.72km로 나타나 버스의 평균통행비용은 177.54×4.72=837.98(원)으로 산정된다.
19) 마을버스의 인·km당 운송비용은 286.29(원/인·km), 평균통행거리는 2.12km로 나타나 마을버스의 평균통행비용은 286.29×2.12=606.94(원)으로 산정된다.

2. 승객표본의 특성

사례 연구를 위해 구축된 표본과 표본의 모집단이 되는 2004년 10월 27일 정류장 기반 1일 전체 O-D의 특성을 비교하기 위하여 평균통행거리를 살펴보았다. 〈표 5〉에서 볼 수 있는 것처럼 도시철도와 버스의 평균통행거리에는 약간의 차이가 있음을 확인할 수 있으며, 이러한 특성의 차이는 결과 분석 시 다소 영향을 미칠 수 있으므로 연구의 한계로 남기기로 한다.

또한 운영기관별 승객의 초승기관 이용 비율은 〈표 6〉과 같으며, 이는 대안별 수입금 정산결과에 영향을 미치므로 중요한 요소가 된다.

〈표 5〉 표본과 모집단의 평균통행거리 비교 (단위: km)

구분	한국 철도공사	서울 메트로	서울도시 철도공사	버스	마을버스
표본	11.12	6.20	6.16	3.95	2.42
모집단	11.53			4.72~6.23	2.12

〈표 6〉 표본에 포함된 승객의 초승기관 이용 비율

운영 기관	한국철도 공사	서울 메트로	서울도시 철도공사	버스	마을 버스
비율(%)	33	29	19	13	6

3. 정산대안의 평가

본 연구에서는 운영기관별 비용회수율 합과 운영기관 간 비용회수율 격차의 가중 합을 평가기준으로 설정하였다. 이 기준을 적용해 평가한 대안의 순위는 〈표 7〉에서 볼 수 있는 것처럼 α의 변화에 따라 다소 차이는 있으나, 전반적으로 대안 1〉 대안 3〉 대안 4〉 대안 2〉 기본안 순으로 좋은 결과를 나타내고 있다.

α의 값이 증가하여 비용회수율의 합에 적용되는 가중치가 커질수록 지수 Z의 값은 음수에서 양수로 점점 커지나, 정산대안의 순위는 운송비용에 비례하여 배분하는 대안 1이 지속적으로 가장 높다[20].

한편 α가 0.8, 0.9, 1.0의 값으로 비용회수율의 합에 매우 큰 가중치를 부여할 경우 대안 4가 좋은 결과를 보이는데, 이는 앞서 살펴본 바와 같이 승객의 초승기관 이용 비율이 높은 일부 운영기관의 비용회수율이 높아지기 때문이다. 따라서 운영기관별 비용회수율을 최대화하고 운영기관 간 비용회수율 격차를 최소화하는 두 조건을 동시에 만족하는 대안 1이 가장 좋은 대안으로 판단된다.

〈표 7〉 평가기준에 의한 대안의 순위

α \ 구분		기본 안	대안 1	대안 2	대안 3	대안 4
0.0	Z	5.30	2.17	5.15	3.84	4.70
	순위	5	1	4	2	3
0.1	Z	-4.40	-1.59	-4.19	-3.10	-3.78
	순위	5	1	4	2	3
0.2	Z	-3.49	-1.00	-3.23	-2.36	-2.86
	순위	5	1	4	2	3
0.3	Z	-2.59	-0.41	-2.28	-1.63	-1.94
	순위	5	1	4	2	3
0.4	Z	-1.68	0.18	-1.32	-0.89	-1.02
	순위	5	1	4	2	3
0.5	Z	-0.78	0.76	-0.37	-0.15	-0.10
	순위	5	1	4	3	2
0.6	Z	0.13	1.35	0.59	0.59	0.82
	순위	5	1	4	3	2
0.7	Z	1.04	1.94	1.54	1.33	1.74
	순위	5	1	3	4	2
0.8	Z	1.94	2.53	2.50	2.07	2.66
	순위	5	2	3	4	1
0.9	Z	2.85	3.11	3.45	2.81	3.58
	순위	4	3	2	5	1
1.0	Z	3.75	3.70	4.41	3.55	4.50
	순위	3	4	2	5	1

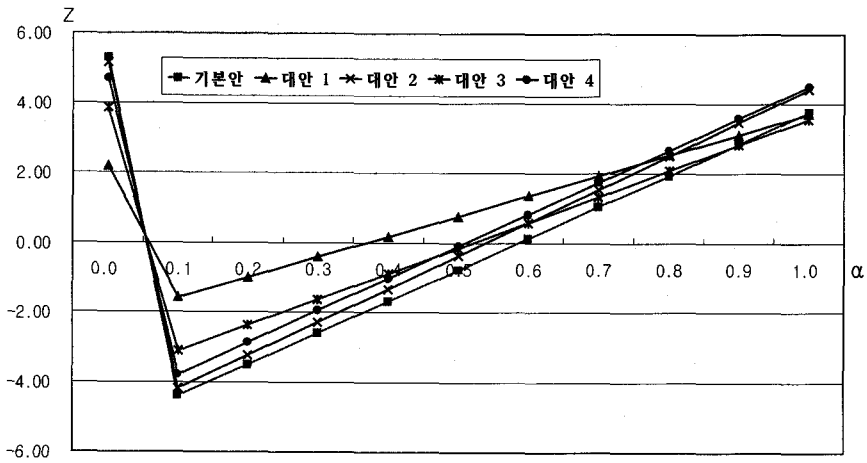
V. 결론 및 연구의 한계

1. 결론

서울시는 2004년 7월 대중교통체계를 개편함과 동시에 "통합요금제 정산·배분기준"을 마련하여 수단 또는 운영기관 간에 요금수입금을 배분하고 있다. 그러나 이는 향후 민자 노선 및 신교통수단의 도입에 따라 다수의 교통수단 및 운영기관 참여 시, 기본요금이 높은 운영기관에 수입금이 편중될 우려 등으로 인하여 적용에 어려움이 있을 뿐 아니라 수도권 지역(경기도, 인천시 등)으로 확대 시행될 경우 각 운영기관 또는 지자체 간 갈등으로 인해 더욱 복잡한 문제로 발전될 수 있다.

본 연구는 서울시의 통합거리비례요금제 하에서 향후

20) 그러나 이러한 평가방법을 채택할 경우 비효율적 운영기관에 더 많은 운송수입이 배분되는 모순을 낳을 수 있다. 이는 효율적 운영기관이 비효율적 운영기관을 보조한다는 것을 의미하므로 운영기관의 비용효율과 운영기관의 비용절감 유인을 감소시킬 수 있다.



〈그림 2〉 가중치(α)의 변화에 따른 대안별 지수Z값의 변화

더 복잡해질 것으로 예상되는 운영기관 간 요금정산문제를 되짚어 보고, 보다 바람직한 정산방안을 모색하는 데 그 의의가 있다. 따라서 교통수단 및 운영기관이 다양화될 경우에도 보편적으로 적용 가능하고, 각 운영기관에게 공정하게 배분될 수 있는 합리적인 요금수입금 정산방안을 제시하기 위하여 국내·외 대중교통 및 통신 분야에서 시행되었거나 제시되었던 수입금 정산방안의 기본 원칙을 고찰한 다음, 이를 현 서울시 대중교통체계에 맞게 적절히 응용하여 정산대안을 설정하였다. 또한 대중교통체계 개편 이후 정류장 기반 O-D 중 주요 도심 또는 부도심을 최종 목적지로 하는 승객표본을 구축하여 사례 연구를 수행하였다.

사례 연구를 통하여 각 대안의 비용회수율을 산출하였고, 최적대안 선정을 위한 평가기준인 Z값을 대안별로 구해 분석한 결과는 다음과 같다. 지수 Z의 두 항인 운영기관별 비용회수율의 합과 운영기관 간 비용회수율의 격차에 가중치(α)를 변화시켜 지수 Z값의 변화를 살펴본 결과, 가중치(α)가 0.8, 0.9, 1.0으로 매우 클 경우에는 기본요금을 우선 귀속받는 초승기관의 비용회수율이 크게 증가하여 대안 4가 좋은 결과를 보이나, 전반적으로 대안 1이 가장 좋은 결과를 보여주었다. 이때 대안 1은 운송 인·km와 인·km당 운송비용을 고려하여 배분하는 방안이며, 대안 4는 운송 인·km 및 인·km당 운송비용에 추가적으로 '기본요금 초승기관 우선 귀속'을 고려하고 있는데, 대안 4의 결과가 좋은 이유는 승객의 초승기관 이용 비율이 높은 한국철도공사, 서울메트로 등 일부 운영기관의 비용회수율이 높아져 나타난 것으로써 운영기관 간 격차를 반영하지 못한 결과이다. 이와 같이 대안 1은 현 서울시의 "통합요금제 정산·배분기준"에서 우려되는 기본요금이 높은 운영기관 또는 도시철도 등 일부운영기관에게 요금수입금이 편중될 문제점을 해소할 수 있는 가장 좋은 대안이다.

따라서 본 연구에서는 운영기관별 비용회수율의 합을 최대화하고 운영기관 간 비용회수율 격차를 최소화하는 두 조건을 동시에 만족하는 대안 1을 최적 대안으로 제시한다. 이는 승객이 운송에 참여한 운영기관에게 합리적으로 요금수입금을 배분하기 위해서는 운영기관의 서비스 기여도, 즉 운영기관의 승객 운송실적인 인·km와 승객을 운송하는데 소요된 운송비용을 함께 고려하는 것이 바람직함을 의미한다.

2. 연구의 한계

사례 연구를 수행하기 위하여 구축한 표본은 주요 도심 및 부도심을 최종 목적지로 하는 승객만을 고려한 것이므로 정류장 기반 1일 전체 O-D인 모집단의 승객행태와는 다소 차이가 있을 수 있다. 향후 1일 혹은 1개월 정류장 기반 O-D를 이용하여 분석한다면 최적 대안에 관해 보다 합리적인 결론을 제시할 수 있을 것이다.

다음으로 분석대안의 변수로 사용된 '인·km당 운송비용'은 선행 연구의 결과를 단순히 기준년도인 2004년 값으로 보정하여 적용하였으나, 보다 객관적이고 합리적으로 산정된 값을 적용하는 것이 대안의 분석결과에 대한 신뢰성을 높일 수 있을 것이다.

마지막으로 본 연구에서는 승객의 정확한 환승통행경로를 알 수 없는 도시철도 운영기관 간 수송실적인 인·km 산정 시 "최단경로알고리듬(Short Path Algorithm)"을 이용하였다. 그러나 운영기관 간 정확한 수송실적을 산정하기 위해서는 신성일·이종규(2005)의 "유사경로탐색알고리즘" 등과 같은 승객의 실제 통행시간과 환승불편요소 등을 고려하는 통행배정방식을 적용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

참고문헌

1. 국토연구원(1987), "수도권 전철·지하철 연락운임 정산을 위한 조사연구", 최종보고서.
2. 김성수·박진경(2003), "서울 지하철서비스 공급비용과 적정 요금수준 추정", 환경논총 제41권, pp.49~78.
3. 김태승(1999), "陸上貨物運送業 費用特性과 脫規制의 經濟的 效果", 서울대학교 경제학부 박사학위 논문.
4. 서울시정개발연구원(2005), "서울시 버스체계개편에 따른 버스 운행실태 및 서비스수준 모니터링" 최종보고서.
5. 서울시정개발연구원(2006), "대중교통체계 개편성과 분석 및 버스관리 기구 설립·운영방안", 최종보고서.
6. 신성일·이종규(2005), "대중교통체계 개편에 따른 서울시 도시철도 수입금 정산모형 개발", 서울시정개발연구원.
7. 정보통신정책연구원(1999), "한국의 실정에 적합한 접속료 산정방식 연구".
8. 한국경영개발연구원(2001), "서울지하철공사 2001 지하철 정기 교통량조사".
9. 한국교통연구원(1995), "수도권 전철과 지하철의 운임제도 개선 및 연락운임 정산방안 연구", 최종보고서.
10. 한국교통연구원(1998), "수도권 전철 3개 운영기관 간 연락운송에 따른 운임정산을 위한 정산금액 산출".
11. 한국교통연구원(2005), "인천국제공항철도와 서울시 지하철9호선의 직결운행 세부시행방안 연구", 최종보고서.
12. 한국산업관계연구원(2001), "서울특별시 마을버스 업체 운송원가 조사".
13. 한국전자통신연구소(1995), "통신망간 접속료 산정방법 연구", 최종보고서.
14. 한국철도공사(2005), "경영성적보고서".
15. Interplan Corporation(1973), Integration of Transit Systems, Vol. I : Concepts, Status, and Criteria and Vol II: Integrated European Transit Systems, Urban Mass Transportation Administration, Washington, D. C.
16. Rinks, D. B.(1986), "Revenue Allocation Methods For Integrated Transit Systems", Transportation Research A, Vol. 20A, No. 1, pp.39~50.

♧ 주 작 성 자 : 윤지현
♧ 교 신 저 자 : 윤지현
♧ 논문투고일 : 2006. 10. 28
♧ 논문심사일 : 2006. 12. 6 (1차)
2006. 12. 26 (2차)
♧ 심사판정일 : 2006. 12. 26
♧ 반론접수기한 : 2007. 6. 30