

## 서울시 도시철도 수입금의 합리적 정산방안

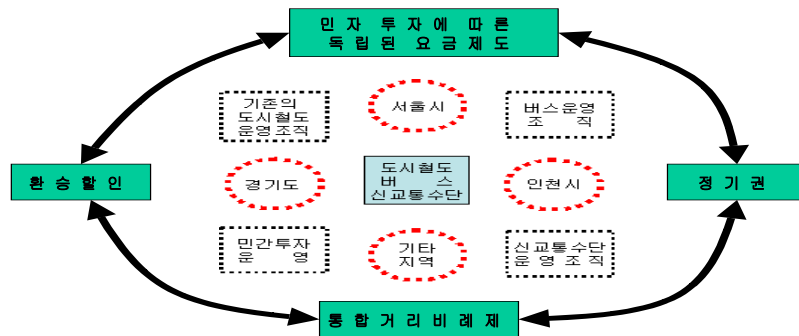
1. 서울시 대중교통 수입금의 합리적 정산 필요성
2. 서울시 도시철도 수입금 정산 현황과 문제점
3. 해외 대중교통 수입금 정산 사례
4. 서울시 도시철도 수입금 정산 개선방안

### 1. 서울시 대중교통 수입금의 합리적 정산 필요성

#### ○ 대중교통 수입금의 합리적 정산 필요성

- 대중교통 수입금 정산은 대중교통시스템을 운영하는 복수 운영기관의 총 수입금을 개별 운영기관에 배분하는 방식을 결정하는 것을 말함.
- 버스, 지하철, 전철로 구성된 서울시 대중교통망은 승객의 편의증진을 위하여 교통수단간 요금 및 환승시스템이 연계 운영되므로 개별 운영기관의 수입금은 전체적인 통합교통체계 차원에서 평가하여 배분할 필요가 있음. 따라서 대중교통 수입금 정산의 합리적인 배분은 중요한 과제가 됨.
- 대중교통체계 개편 후, 준공영제와 통합거리 비례요금제가 시행됨에 따라 대중교통 수입금 정산체계를 버스와 지하철의 복합교통수단으로 구성된 정산체제로서뿐만 아니라 도시철도 운영기관 간 연락운임 정산문제까지 내재된 복잡한 시스템으로 인식할 필요 있음.
- 향후 계획되어 있는 인천공항철도, 민자9호선, 신분당선, 미아-삼양선, 신설-우이 경전철 등 신교통수단의 도입으로 교통수단이 세분화되어 서비스 차이가 구별되는 노선이 나타날 것으로 예상됨에 따라 정산문제는 더욱 복잡해질 전망이다.
- 특히 새로운 운영주체가 민간투자자인 점을 감안하면 대중교통 수입금 정산문제가 기관간 참여한 협상대상이 될 것으로 보이며, 수도권외의 급행 및 완행버스 통합운영 노력과 버스-도시철도의 환승할인제 시행으로 서울시, 경기도, 인천시의 지역적인 정산문제로까지 확대 될 것으로 예상됨.

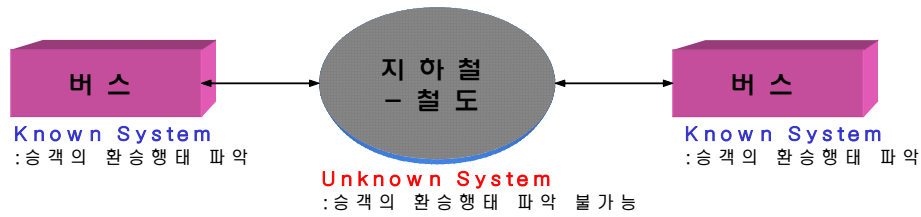
- 서울시 대중교통 수입금 정산문제는 새로운 요금체계 하에서 관련 운영기관과 지방자치단체가 민감하게 받아들이고 있는 사항임. 수도권 교통망의 지속적인 확대를 예상할 때, 합리적인 수입금 정산방안 정립은 운영기관 및 지역간에 발생하는 수입금 분쟁을 사전에 방지하고 각 운영주체들이 대중교통 서비스 증진에 매진할 수 있도록 만들어 주는 기틀이 될 것임((그림 1) 참조).



[그림 1] 서울시 대중교통 수입금 정산에 관련된 수단, 운영기관, 지역

○ 도시철도 승객의 경로이용행태를 설명하는 모형 필요

- 대중교통체계 개편 후 수입금 정산에 관여된 버스와 도시철도의 승객통행경로를 보면, 버스와 도시철도로 구성된 통합대중교통망을 이용하는 승객의 경우, 버스는 매회 승·하차 시 단말기 접촉으로 승객의 행태 파악이 가능하나, 도시철도는 환승구간에서 승객이용 행태를 파악할 수 있는 단말기 접촉이 없기 때문에 추가적인 시설의 설치 없이는 승객의 경로 추적이 불가능함(그림 2) 참조).
- 버스 이용승객 통행행태에 대한 정확한 파악이 가능하다고 전제하면 버스의 서비스 기여도 산출이 가능하며, 도시철도·버스의 교통수단간 수입금 배분에 필요한 분석자료를 구축하는 사항은 도시철도의 서비스 기여도 문제로 한정됨. 따라서 서울시 대중교통 수입금 정산을 위해서는 서울시와 관계된 도시철도(지하철-철도)를 이용하는 역간 승객의 경로이용행태를 합리적으로 설명하는 모형 구축이 필요함.



[그림 2] 경로추적에 대한 행태모형이 필요한 도시철도(지하철-철도) 시스템

## 2. 서울시 도시철도 수입금 정산 현황과 문제점

- 대중교통체계 개편 전의 서울시 도시철도 운영기관 간 연락구간 수입금 정산
  - 1978년 8월 처음으로 서울지하철공사와 한국철도공사(구 철도청) 간 수입금 정산이 있던 후 27년 동안 9번의 수입금 정산이 있었음. 수입금 정산은 연락구간<sup>1)</sup>을 대상으로 각 기관이 제공한 서비스만큼 수입금을 배분한다는 전제하에 이루어졌음.
  - 따라서 대중교통 수입금 정산을 결정하는 가장 중요한 근거는 개별운영기관이 제공하는 통합교통망에서의 서비스 기여도(통행인, 통행거리 등으로 나타냄)로서, 이는 역간 승객 이용 통행경로를 추적하여 산정하였음.
  - 운임제가 변경된 1985년 이전의 운임정산기준은 기본적으로 각 기관의 수송실적(인·km)에 의한 배분 운행거리비례에 따라 결정하였으며, 도시철도의 지상건설과 지하건설의 투자비 차이를 반영하기 위해 1978년 3월 이후에는 투자비를 고려한 수송실적으로 수입금을 배분하는 방안이 강구되었음.
  - 수입금 산정을 위해 한국철도공사, 서울도시철도공사, 서울지하철공사, 인천지하철공사 등 관계기관이 수년마다 연락운임 정산용역을 공신력 있는 연구기관에 발주하고 그 결과에 합의한 후 수입금을 배분하였음.

1) 연락구간은 개인의 1 통행을 위해 2개 이상의 대중교통기관이 서비스를 제공하는 구간을 의미함.

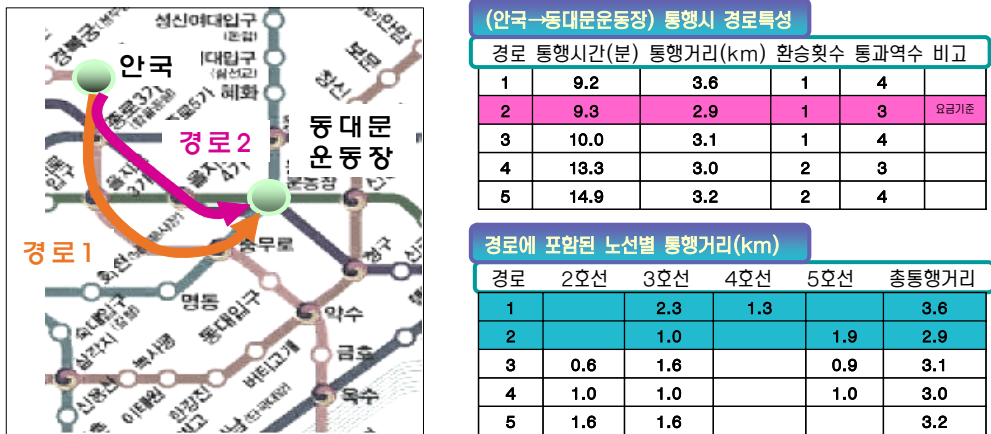
<표 1> 정산제도 변천

기간	정산기준	비고
1974. 8. 15 ~ 1978. 2. 28	운행거리비례[철도청(1) : 지하철공사(1)]	제공서비스수준 고려
1978. 3. 1 ~ 1982. 12. 22	운행거리비례[철도청(1) : 지하철공사(1.8)]	제공서비스수준 고려 + 투자비 고려
1982. 12. 23 ~ 1985. 9	운행거리비례(1호선 1:1.8, 2·3·4호선 1:1)	제공서비스수준 고려 + 투자비 고려
1985. 10 ~ 1986. 12	운임제 변경(철도청: 이동구간제, 지철: 2구역제)으로 과거정산 실적기준 정산	제공서비스수준 고려 + 투자비 고려
1987 ~ 1988	국토개발연구원(현, 국토연구원) 결과에 따라 철도청 (57.9%), 지하철공사(42.1%) 배분	제공서비스수준 고려 + 투자비 고려
1989 ~ 1990	1987년 및 1988년 정산금액을 산술평균하여 정산금액 산정	제공서비스수준 고려 + 투자비 고려
1991 ~ 1994	전년도 정산액×수송실적증가율×운임인상률에 의해 산정	제공서비스수준 고려 + 투자비 고려

자료: 교통개발연구원, 1996, 「수도권 전철과 지하철의 운임제도 개선 및 연락운임 정산방안 연구」.

- 1987년에는 국토개발연구원이 제시한, 환승통행에 거리가중치를 적용하여 산출한 최단거리구간에 해당하는 운영기관노선에 수요를 전량배정하는 방법에 따라 수입금을 정산하였으며, 1995년과 1998년에는 교통개발연구원이 제시한 최단역수를 가중치로 환산하여 수요를 전량배정하는 방법에 따라 수입금을 정산하였음.
- 대중교통체계 개편 후 서울시 도시철도 운영기관 간 연락운임 수입금 정산
  - 아직 연락구간에 대한 각 운영기관 간의 수입금 정산협의 사항은 없으나, 과거와 마찬가지로 연락운임정산과 관련된 연구용역을 발주하여 결과에 따라 합의할 예정임.
  - 현재까지는 한시적으로 연락구간 통행자가 처음 탑승하는 역을 관리하는 기관에 요금수입이 모두 보관되어 있고, 각 기관 보관금액에 대하여 기관간 협의과정을 거쳐 수입금을 배분하는 과정이 남아 있음.
- 현행 수입금 정산의 문제점
  - 대중교통체계 개편 전, 수입금 정산에서는 단일경로에 통행량을 전량 배정함으로써, 수입금을 단일기관에 모두 배분하는 결과를 초래하여, 경쟁이 가능한 경로를 제공하는 다른 기관과 분쟁 발생 소지가 있음. 예를 들어 (그림 3)과 같이 안국→동대문운동장 통행에 대하여, 단일경로 전량배정 시, 최단거리 통행을 제공하는 '경로 2'에 통행량이 전량 배정됨. 그러나 '경로 1'은 '경로 2'와 같이 동일한 환승횟수를 제공할 뿐만 아니라, 더 빠른 통행

시간을 제공하므로, '경로 2'에 대등한 서비스를 제공한다고 볼 수 있음. 그럼에도 불구하고 단일경로 전량배정에 따라 수입금이 '경로 2'로 전량 배정되므로 '경로 1'에 서비스를 제공하는 기관의 경우 이러한 수입금 배분에 대해 이의를 제기할 가능성이 있음.



[그림 3] 단일경로 전량배정시의 문제점

- 초승기관의 기본운임 소유는 1985년부터 대중교통체계 개편 이전까지 이원화된 운임제도(지하철(구역제), 철도청(거리비례제))를 고려할 때, 일면의 합리성을 갖고 있고 정산대상 금액이 적어 기관간 합의가 용이함. 그러나 대중교통체계 개편 이후, 일원화된 요금제도가 시행되면서, 초승기관이 기본운임을 갖는다는 것이 합리적이지 않게 되었음.
- 대중교통체계 개편으로 운임제도가 전면 개편되고 환승할인으로 승객의 환승통행이 증가하여 통행자 행태가 다양하게 바뀌었을 것으로 예상됨. 그러나 기존의 단일경로 정산방안은 대중교통체계 개편으로 인한 이러한 통행행태 변화를 반영하지 못함.

### 3. 해외 대중교통 수입금 정산 사례

- 대부분의 국가에서 대중교통기관이 제공한 서비스 수준(또는 인-km 등의 기여도)에 따라 대중교통 수입금을 정산하는 것이 당연하게 받아들여지고 있음. 제공한 서비스 수준은 기술적 수준에 따라 다양하게 나타나지만 승객의 정확한 통행경로를 추적하는 것이 서비스 기여도를 파악하는 데 가장 중요한 관건이 되고 있음. 따라서 대부분의 국가에서는 승객 통행량 조사 후 이를 기반으로 수입금 정산을 실시함.

- 요금제도 변화, 새로운 기관의 시장진입 등으로 수입금 정산문제는 자주 발생할 수 있으므로 이를 해결하기 위해 특정 국가 또는 도시에서는 수입금 정산문제를 해결하는 전담기구를 구성하여 운영하고 있음.
- 사철(私鐵)이 운행되는 영국의 경우, 정부로부터 받은 정산에 대해 불만이 있을 경우, 이를 해결하기 위하여 수입금 분쟁을 해결하는 민간업체에 의뢰하는 경우도 발생함.
- 수입금 정산문제를 해결하기 위해 승객 통행행태를 파악해야 하는 데 이를 위해 일반화비용(Generalized Cost)을 구성하고 로짓 모형(Logit Model)을 적용하는 것이 일반적인 접근방법임.

<표 2> 대중교통 수입금 정산 해외사례

도시/국가	요금제도	연락운송실태	수입금정산방법
멜버른/호주	구역요금	- 이용자별, 사용기간별 다양한 ticket - 철도 외 tram, bus와 연락운송	- 정부기관 Revenue Clearing House 운영 - 조사를 통한 승객통행량(passenger loads)기반 정산
바르셀로나/스페인	구역요금	- Ticket에 따라 환승가능 또는 불가능 · 1회 탑승, 환승 불가능 · 10회 탑승, (수단간) 환승무료 · 특정구역, 1달 무제한 탑승 · 하루 모든 수단 무제한 탑승	- 의회: 요금 통합 모니터링 위원회 구성 - 개인 수단간 chain 통행, 부과요금 기준 배분
파리/프랑스	구역요금	- Ticket별 무료환승 또는 불가능 · bus와 metro간 무료환승 적용 없음 · 하루 무제한 이용 및 환승가능 · 주간, 월간 환승가능	- RATP와 SNCF간 가구실문조사(매4~5년)로 연락통행 실태파악, 정산 - 민간버스업체는 일주일간 승객 수 조사(매 2년), 정산 - 정기권 할인결손은 교통세 보조
동경/일본	거리비례요금	- 단일수단 거리비례요금 · 기관별 하루권 · 하루 모든 교통수단 이용 · 1개월-선택된 거리, 노선에 사용 · 1개월-모든 수단노선 사용가능 · T-card(smart card) 사용	- 승차권 발매실적 및 정산대상금액 자료를 각 기관별로 전산관리 - 매월 각 기관간 자료교환 및 정산협의하여 정산 - 각 기관간 요금수입이 확정되어 있어 정산문제는 적음
런던/영국	구역요금	- Oyster (smart card)이용 - Tube, DLR, Bus, Tram, National Rail에서 사용 가능 - 기간별, 이용자별로 다양한 요금(ticket) 차별정책 적용	- 공동협의기구(TfL group)를 구성하여 여기에서 정산방법 및 정산액 결정 - 인/km 기준으로 배분 - 할인결손은 정부에서 보조
암스테르담 로테르담 /네덜란드	구역요금	- 네덜란드 전역 동일 요금시스템 기간, 구역별로 다양한 strip card 사용	- 민·관 WROOV 시스템 개발, 운영 조사(행태분석 등)로 제공사비 수준(통행량) 산정 후 배분

#### 4. 서울시 도시철도 수입금 정산 개선방안

##### ○ 기본방향

- 수입금 정산을 위해서는 우선 정확한 통행자 경로 추적이 필요하며 단일경로에 전량 배정 할 때의 문제점을 고려하여, 다수의 경로에 통행량을 배분하는 방안을 마련해야 함.
- 우선, 승객의 명확한 경로선택기준으로 실제통행시간과 환승불편도(환승시간, 환승횟수, 대기시간)를 고려하여 경로마다의 일반화 비용을 도출하고, 이 일반화 비용을 적용하여 승객에게 대등한 서비스를 제공하는 다수의 유사경로를 발견한 후, 각 유사경로의 일반화 비용에 따른 서비스 수준에 따라 통행량을 배분하는 모형을 개발함.

##### ○ 수입금 정산모형

- 도시철도 운영기관의 수입금은 크게 자선구간에서의 수입금과 연락구간에서의 수입금으로 구분됨<sup>2)</sup>.
- 자선구간은 운영기관 자체통행이 발생한 경우이고, 연락구간은 통행이 두 개 이상의 기관에서 발생한 경우를 의미함. 연락구간은 승객의 환승행태에 따라 달라질 수 있음.
- 일반적으로 자선구간의 수입금 전액은 해당 운영기관에 배분하고, 연락구간에서는 요금징수 없이 제공된 서비스를 추정하여 서비스 기여도에 따라 수입금을 배분함.

##### ○ 환승행태를 반영한 일반화 비용

- 환승횟수, 환승통행시간 등의 환승저항요소를 승객이 느끼는 정량적 값인 일반화 비용으로 환산하여 제시함.
- <표 3>은 승객이 도시철도망에서 경로를 선택하는 기준을 나타낸 것으로, 통행선택기준 중 총통행시간, 환승횟수, 환승시간, 환승역 환경, 열차 배차간격 등이 전체 경로선택비용의 95% 정도임. 여기서 환승역 환경이란 환승역의 계단수, 에스컬레이터 또는 엘리베이터 설치여부 등을 의미하는데, 환승역의 편의성을 나타냄.

2)  $i$  운영기관의 수입금 배분을 수식으로 표현하면 다음과 같음.

$$M_i = AM_i + \sum_j CM_{ij}$$

여기서,  $M_i$  :  $i$ 기관 배분금액,  $AM_i$  :  $i$ 기관의 자선구간 수입금,

$CM_{ij}$  :  $i$ 기관과  $j$ 기관의 연락구간 수입금,  $CM_{ij} = f(i, j \text{ 연락구간의 이용행태})$

<표 3> 경로선택 조건

경로선택 이유	비율 (%)	특성
총통행시간	49.20	통행시간, 환승(정량)
환승횟수	22.46	통행시간, 환승(정량)
환승시간	10.16	통행시간, 환승(정량)
환승역 환경	11.23	통행시간, 환승(정량)
열차배차간격	3.83	통행시간, 환승(정량)
한 구간 오래탑승	1.09	통행시간, 환승(정성)
익숙한 경로	1.64	통행시간, 환승(정성)
이용객이 적은 노선	2.19	혼잡(정량)

출처: 이경재, 2004, 「환승역사동선체계를 고려한 환승패널티 추정」, 서울대학교 석사학위논문.

- 전체적으로 차내통행시간과 환승횟수, 환승시간, 배차간격에 의한 환승요소가 승객의 통행에 영향을 미치므로, 환승영향요소(차내통행시간, 환승시간, 배차간격, 환승횟수)를 반영한 하나의 일반화 비용을 추정함<sup>3)</sup>.

○ 유사경로의 결정

- 역간 승객이 이용할 만한 경로를 모두 찾아내어 대등한 서비스를 제공하는 운영기관도 정산에 포함되도록 다수경로 탐색기법을 활용하여 유사경로를 발견함.
- 역간 유사한 경로는 최적경로의 일반화비용 대비 일정 범위내(몇 %내)에 포함되는 경로로 나타냄. 예를 들면, 일반화비용(통행시간으로 환산하여 나타냄)이 70분인 최적경로에 10% 이내에 포함하는 경로를 유사경로로 정의한다면, 일반화비용이 77분 이내인 모든 경로가 유사경로이며, 유사경로 결정비율은 통행조사를 통한 기관 간 합의에 의해 결정함.
- (그림 4)는 다수경로 탐색기법을 적용한 유사경로 결정과정을 나타냄.

3) 일반화 비용을 수식으로 표현하면 다음과 같음.

$$C = IVT + \alpha_i(t + h)$$

여기서, C : 일반화비용(분; 통행시간으로 환산),

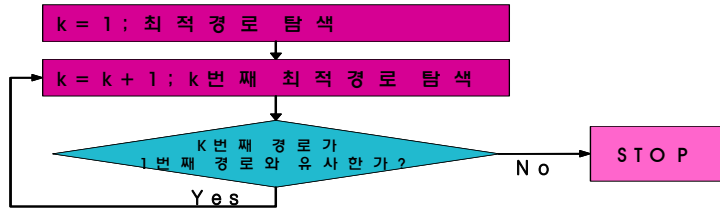
IVT : 차내통행시간(분),

$\alpha_i$  : 환승횟수 i에 대한 환승계수(가중치),

t : 환승시간(분),

h : 배차간격(분)





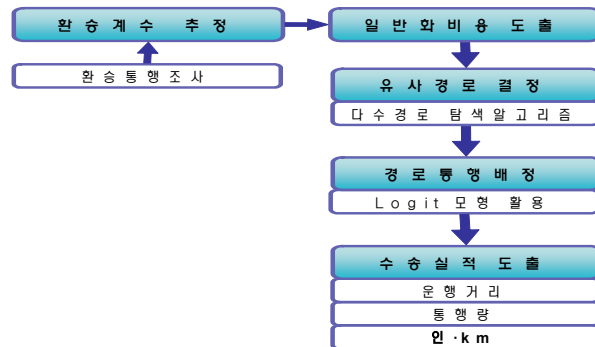
[그림 4] 유사경로 결정과정

○ 역간 수요배정

- 확률적인 수요배분 방안인 로짓 모형<sup>4)</sup>을 활용하여 역간 탐색된 단일/유사경로에 대하여 수요를 배정함.

○ 수입금 정산의 진행과정

- 첫째, 환승통행조사를 실시하고, 이를 통하여 환승계수를 추정하며, 추정된 환승계수를 적용하여 각 경로별 일반화 비용을 도출함.
- 둘째, 다수경로탐색 알고리즘을 적용하여 유사경로 기준을 만족하는 유사경로를 탐색함.
- 셋째, 탐색된 유사경로에 로짓 모형을 활용하여 각 경로별 통행배정을 실시함.
- 마지막으로 수송실적을 도출하고 수송실적에 따라 수입금을 배분함.



[그림 5] 수입금 정산 진행과정

4) Logit 모형은 다음과 같음.

$$P_i = \frac{e^{\theta C_i}}{\sum_k e^{\theta C_k}}, \forall k \in K$$

여기서,  $P_i$ :  $i$ 번째 경로의 역간 수요배정확률,  $C_i$ :  $i$ 번째 경로의 일반화 비용

○ 기존 연락운임 정산방법과 비교분석

- 기존의 지하철-전철 간 연락운임 정산을 위해 사용한 자료에서 기·종점 자료, 정기관 자료, 스마트카드 자료를 통하여 총 152,795쌍의 OD(기·종점) 쌍을 추정함.
- 이 OD 쌍에 대해 환승모형을 적용하고 유사경로(1%, 5%, 10%)에 로짓 모형을 이용한 통행배정을 실시하여 역간 수요를 배분하면 <표 4>와 같음.
- 유사경로의 기준범위를 단일경로에 비해 1%, 5%, 10%로 설정하였을 때, 유사경로가 발생하는 기종점은 각각 11,228쌍, 41,712쌍, 63,933쌍으로 총 기종점 쌍의 7.3%, 27.3%, 41.8%수준에 해당됨.
- 따라서 유사경로 기준을 10%로 하였을 때, 수입금 배분을 위해 적용해야 하는(또는 대등한 서비스를 제공하는) 경로가 전체 경로의 40% 정도를 차지한다고 할 수 있으므로 기존의 단일경로 정산방법과 상당히 다른 수입금 배분결과를 가져오게 됨.

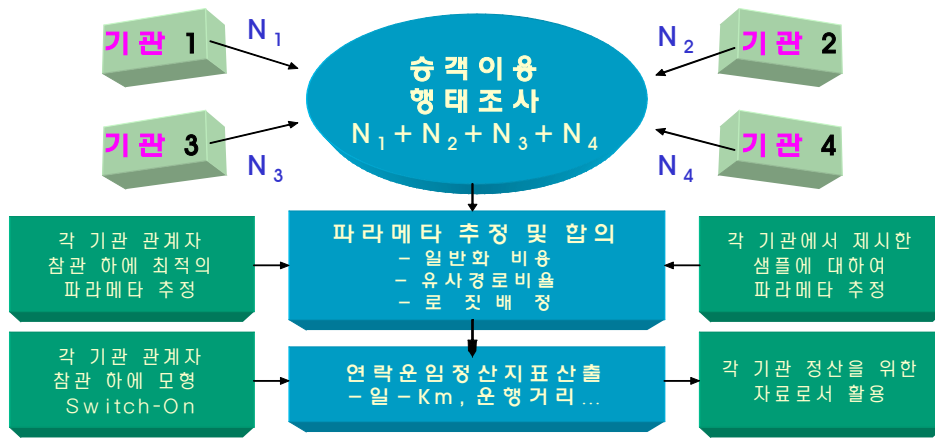
<표 4> 유사경로 선정비율에 따른 연락구간 수송실적

구분	연락구간(인 · km)				유사경로 쌍
	지철-도철	지철-기타	도철-기타	지철-도철-기타	
단일경로	12,390,549	23,927,645	4,411,147	5,597,646	0
유사경로 (1%)	12,418,898	23,878,471	4,424,198	5,670,612	11,228
유사경로 (5%)	12,593,821	23,705,259	4,444,580	5,843,794	41,712
유사경로 (10%)	12,970,998	22,441,437	4,494,136	7,303,008	63,933

주: 지철은 서울지하철공사, 도철은 서울도시철도공사, 기타는 한국철도공사 및 인천지하철공사를 각각 의미함.

○ 각 운영기관의 참관 하에 수입금 정산모형 수행 협의 필요

- 도시철도 운영기관 간 정산은 관계기관에 대한 수입금 배정뿐만 아니라 버스운영기관의 수입금 배분, 나아가서 서울시, 경기도, 인천시 등의 손실금 배분액 산정에 영향을 미칠 수 있으므로, 본 연구에서 제안된 정산방안을 수행하기 위해서는 수입금 정산모형을 신뢰한다는, 전체 기관의 합의가 선행되어야 함.
- 가장 적절한 방법은 (그림 6)에서 보는 바와 같이 개별 운영기관에서 의문시되는 역간 통행을 조사한 후 승객의 경로이용 행태자료를 제시하고, 전체 운영기관 협의 하에서 제시된 승객 통행행태 자료를 가장 근사적으로 설명하는 정산모형의 파라메타를 추정하여 정산방안을 도출하는 것임.



[그림 6] 정산방법 제안

신성일 | 서울시정개발연구원 부연구위원  
02-2149-1099  
ssi@sdi.re.kr