

# 정시성 계량화를 이용한 철도 편익산출 개발

## A Risk Assessment of Rail Using a Reliability Benefit Measure

유 상 용  
(서울시립대학교 석사과정)

이 승 재  
(서울시립대학교 교수)

박 지 훈  
(서울시립대학교 석사과정)

### 목 차

#### I. 서론

#### II. 기존 문헌 고찰

1. 정시성 계량화 연구
2. 정시성 시간가치 방법론
3. 정시성 계량화 방법론

#### III. 정시성 지표 및 편익 산출식 개발

1. 정시성 지표 개발
2. 정시성 편익 산출식 개발

#### IV. 정시성 지표 적용 및 활용방안

#### V. 결론

#### VI. 참고문헌

## I. 서론

과거의 교통시설 투자효과 분석 절차는 철도 투자의 실제적인 효과를 체계적이고 합리적으로 평가하지 못했다. 따라서 육상교통시설의 투자 선정에서 철도가 상대적으로 저평가를 받는 요인이 되어왔다. 또한, 철도사업에 있어서 통행 시간 절감 편익은 도로에서 철도로 전환된 수요량에 대한 통행비용도 함께 계산되어야 한다. 이 비용을 계산하면 음의 값을 갖는 편익이 발생한다. 이로 인해, 철도의 경쟁력 약화는 물론 사회경제적 비용을 상승 시키는 결과를 초래하게 되었다. 본 연구의 목적은 철도 관련한 시간가치 등 일부 항목에 대한 추가적인 연구의 교통

시설을 객관적으로 평가하기 위함이다. 이를 위해서 철도 정시성 (Reliability)을 객관적으로 파악해야만 효율적인 철도 편익의 산출을 할 수 있을 것이라 판단된다. 하지만 철도 정시성 편익을 산출하기 위한 기존 방법의 대부분이 정성적 지표 제시에 머물고 있으며, 방법 또한 명확히 제시하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 논문은 정시성 계량화 지표를 이용한 정시성 편익 산출 공식을 개발하였다. 또한 정시성 계량화를 산출하는 과정으로 기존의 완충시간(Buffer Time) 산출공식을 재구성하였다. 본 연구의 전 반부는 기존 통행시간 정시성 계량화 방법인 버퍼 타임지표(Buffer time index), 통행계획시간지표(Planning time index) 공식을 이용하여 통행시간

정시성 지표를 새롭게 정의하였다. 후반부는 정시성 계량화에서 산출된 지표값(Reliability Index)을 도입하여 정시성 시간가치 비율(VOR/VOT=1.39)를 이용한 정시성 편익 산출식으로 구성된다. 다시말해 본 연구는 버퍼타임추정을 이용한 통행시간 신뢰도를 추정하는 방법을 연구하여 정시성을 평가하는데 주목적이 있으며, 세부 내용은 다음과 같다.

### 1) 정시성 계량화 지표모델의 개발

정시성 계량화를 산출은 Emme/2, TransCAD 등에서 통행배정된 통행시간과 자유속도를 이용하여 버퍼타임, 통행시간평균시간, 계획시간 등을 추정할 수 있는 정시성 지표 산출 개발모델을 개발한다.

### 2) 정시성 편익 산출의 개발

정시성 시간가치를 추정은 통행시간가치 대비 정시성 시간가치 비율(VOR/VOT=1.39)을 제안하고 정시성 계량화 지표를 이용하여 편익을 산출한다.

## II. 기존 문헌 고찰

### 1. 통행시간 절감편익 방법론

우리나라의 교통시설 투자평가 지침 중 대표적인 지침이라 할 수 있는 한국개발연구원(KDI)의 “철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침” 외 몇 가지 지침에서는 통행시간 감소편익의 산정을 위하여 기본적으로 1960년대에 미국 공로국(Bureau of Public Road; BPR)에서 개발한 도로혼잡함수를 이용하고 있다. 편익의 종류에는 직접편익과 간접편익으로 구분되어있다. 간접편익의 경우 계량화 또는 화폐화하는데 어려움이 따르는 관계로 일반적인 경제성 분석에서는 편익 지표에 포함되지 않는다. 정시성(Reliability) 향상 편익은 직접편익이지만 계량화의 어려움으로 인하여 여전히 정성적인 항목으로 간주되어 편익산정에 포함되지 않고 있다. 통행배정 결과로 산출된 링크의 통행시간과 차종별 교통량의 곱을 이용하여 총 통행시간을 산출한다. 차종별 사업미시행시와 사업시행시에 대해 수단별로 산출된 총통행시간은 각기 다른 시간가치를 적용한다. 또한 총 통행시간 비용을 산출한 후 비교된 차액을 통행시간 절감편익으로 산출한다.

$$VOTS = VOT_{\text{사업미시행}} - VOT_{\text{사업시행}} \quad (1)$$

$$VOT = \left\{ \sum_l \sum_{k=1}^4 (T_{kl} \times P_k \times Q_{kl}) \right\} \times 365 \quad (2)$$

여기서,  $T_{kl}$  = 링크  $l$ 의 차종별 통행시간

$P_k$  = 차종별 시간가치

$Q_{kl}$  = 링크  $l$ 의 차종별 통행량

K= 차종(1 : 승용차, 2 : 버스, 3 : 화물, 4 : 버스)

식 (2)는 철도의 정시성에 대해서는 고려하지 않았고 통행량과 통행시간으로 편익을 구한다. TCRP Report 35에 제시된 철도평가의 근본적인 목적은 교통정책목표(Goals and Objectives)를 평가 할 수 있는 절차를 개발하는 것이다. 수단간의 편익(Bias)가 없는 투자효과항목이 확인되도록 계량화과정에서의 비용과 정확도를 고려한 합리적인 계량화방안을 제시하는 것이 중요하다고 제시되어 있다. 또한, 훌륭한 평가체계의 요구조건 중 정시성을 중요하다고 제시하고 있다. 편익의 분배효과(Distributional Effect)의 평가를 하는 것도 주요한 이슈 중의 하나이다. 하지만, 많은 투자분석효과체계가 분배효과에 대해서는 명시적인 절차를 제시하지 못하고 있는 실정이다.

### 2. 정시성 시간가치 방법론

Terence C. Lam and Kenneth A. Small는 정시성 시간가치를 평가하기 위해서 정시성 가치(Value of Reliability)에 대한 시간가치 비율인 VOR/VOT ratio를 제시하고 있다. 루프검지기(Loop detector)를 이용하여 실제 통행행태 자료를 수집하였다. 또한, 식 (3)을 이용하여 VOT와 VOR를 동시에 추정하였다.

$$U_{in} = V_i(t_{in}, v_{in}, c_{in}, x_n) + \epsilon_{in} \quad (3)$$

여기서,  $t$  : 통행시간

$v$  : 통행시간의 변동성

$c$  : 비용의 계량화

$x$  : 관측할 수 있는 사회경제적인 벡터 (time of day, 차 소유권)

$\epsilon$  : 랜덤 효용 구성요소 분포 극단값

이런 가정들은 경로선택의 이항로짓(binomial logit) 모델을 유도시킨다. 통행시간과 정시성 시간가치 산출식은 식(4), (5)와 같다.

$$VOT_n = (\partial V / \partial t_n) / (\partial V / \partial c_n) \quad (4)$$

$$VOR_n = (\partial V / \partial v_n) / (\partial V / \partial c_n) \quad (5)$$

이와같은 공식에 통행계획시간과 평균통행시간과 차이(90<sup>th</sup> - 50<sup>th</sup>)를 적용해서 측정된 VOR/VOT 값은 1.39로 발견되었다. 기존에 정시성이란 정성적 지표로만 평가되었지만 위 연구에서 제시한 통행시간가치에 대한 정시성 가치 비율로 정량적인 지표로 평가되었다는 것은 큰 발전이라 평가되어진다. 본 연구에서는 통행배정된 통행시간에서 VOR/VOT의 비율값 1.39를 이용하여 정시성 시간가치를 산정한다.

### 3. 정시성 계량화 방법론

#### 1) 통행시간 변동 (Travel Time Variability)

변동 지표(Variability Index)는 교통상황에 따른 첨두시간과 비첨두시간 교통량의 비율이고 95% 신뢰수준구간의 비율로서 계산된다. 첨두시간의 간격차이는 항상 비첨두시의 간격차이보다 크며, 통행시간 변동지표의 값은 항상 1보다 크다.

Variability Index =

$$\frac{\text{Difference in peak - period confidence intervals} \quad (\text{Upper 95\% value} - \text{Lower 95\% value})}{\text{Difference in peak - peak confidence intervals} \quad (\text{Upper 95\% value} - \text{Lower 95\% value})}$$

(6)

#### 2) 90, 95 % 통행시간

통행시간 정시성의 계산 중 가장 간단한 방법은 지체가 심한날 같은 특정통행에 대한 90, 95% 통행시간 (90th or 95th percentile travel times)이다. 이 방법은 통행자 정보에 대해서 분석하기에는 적절하다. 그러나 대부분 통행의 거리가 다르기 때문에 경로, 거리가 다른 통행에 대해서는 비교하기 어려운 단점이 있다.

#### 3) 완충 시간 측정 (Buffer Time Measure)

완충 시간(buffer time)은 통행자가 정시 도착을 하기위한 여분의 통행시간을 나타낸다. 통행자가 늦지 않고 정시에 통행을 할려면 예측하지

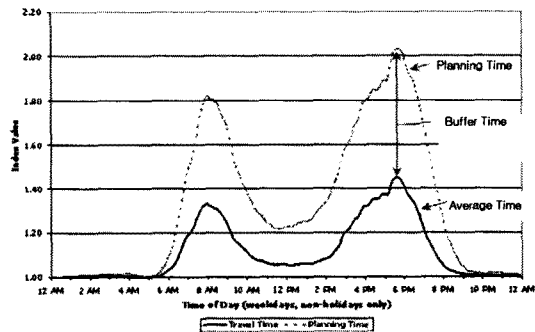
못하는 사건에 대한 여분의 통행 시간을 고려해야 한다. 이 여분의 시간은 기대치 못한 지체에 대해서 설명하고 있지만 문제점은 평균통행시간을 정의하는 것이다. 완충 시간을 식(2)을 이용하여 구하기 위해서는 총 통행 중 95% 통행시간과 평균통행시간이 필요하다. 완충 시간지표(Buffer Time index)는 %로서 표현되고 그것의 값이 증가할수록 정시성은 나빠진다고 설명된다. 완충시간의 개념은 평균통행시간(average travel time) 보다 통행률(in minutes per mile)을 사용하는 것이 평균통행을 더 잘 설명할 수 있다. 이 방법은 실제 통행시간을 계산하기 쉽고, 그 정보는 각각의 링크별에 다른 통행의 가중치를 포함한다. 완충시간지표는 상대적으로 평균 통행시간과 유사할 것이다. 본 연구에서는 FHWA1)에서 제시한 완충시간지표를 사용하고 위에서 제시한 버퍼타임 산출식에서 평균 통행시간으로 나눈 식을 사용하였다. 완충시간지표 산출식은 식(7)과 같다.

$$\text{Buffer Time Index} = \quad (7)$$

$$\frac{\text{Planning Time} - \text{Average Travel Time}}{\text{Average Travel Time}}$$

#### 4) 통행계획시간(planning time)

통행계획시간(planning time)이란 완충시간을 포함한 총 통행시간이며 <그림 1>과 같다. 통행계획시간지표(planning time index)는 적절한 완충시간을 포함한 통행계획시간을 나타낸다. 통행계획시간은 아침, 저녁으로 두 개의 첨두시 특성을 나타내고 통행시간 그래프 값보다 더 높은 값을 가진다.



<그림 1> 통행계획시간

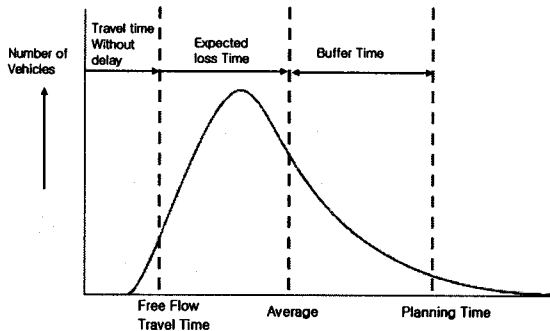
통행시간지표는 평균값으로서 통행조건(travel

1) The Federal Highway Administration

conditions)에서 50%에 포함된 값이지만 통행계획시간지표는 95% 값을 나타낸다. 통행계획시간지표와 통행시간지표의 빈 공간은 완충시간을 나타낸다. 통행계획시간 산출식은 식(8)과 같다.

$$Planning\ Time = Average\ Travel\ Time \times Buffer\ Time\ Index \quad (8)$$

<그림 2>은 통행계획시간(Planning Time)을 평균통행시간(Average travel time)과 완충시간(buffer time)에 차이(gap)로 나타낸다.



<그림 2> 통행시간 변화

### III. 정시성 지표 및 편익 산출식 개발

#### 1. 정시성 지표 개발

##### 1) 통행배정 완충시간 지표(Assigned Buffer Time)

통행배정 완충시간 지표는 앞에서 언급한 통행계획시간지표(Planning Time Index), 완충시간지표(Buffer Time Index)를 이용하여 통행배정된 통행시간에 따른 정시성 비율로 구할 수 있다. 기존의 완충시간지표는 통행계획시간을 알아야만 구할 수 있었다. 본 연구는 <그림 2>와 같이 기존의 완충시간 구간을 산출하지 못하지만 완충시간과 반대구간인 자유통행시간에서 평균통행시간 차이(gap)은 구할 수 있다. 따라서 자유통행시간에서 평균통행시간 차이에서 링크별 혼잡도(V/C)에 따른 정시성 지표를 적용하여 기존의 완충시간지표에 근사한 통행배정된 새로운 완충시간지표를 산출하였다.

평균통행시간(Average Travel Time)은 EMME/2, TransCAD등에서 통행배정된 통행시

간으로 간주하였고, 통행계획시간(Planning Time)은 자유통행시간(Free flow Time)으로 간주하여 식 (7)에 대입하였다. 통행배정된 완충시간 지표공식은 식 (9)과 같다

$$Assigned\ Buffer\ Time\ Index = \frac{|Assigned\ Travel\ Time - Free\ Flow\ Travel\ Time|}{Assigned\ Travel\ Time} \quad (9)$$

통행배정된 완충시간 지표는 정시성 지표를 만들기 위한 첫 번째 단계이다. 또한, 도로링크와 철도링크에서 발생하는 정시성 지표를 따로 산출하였다.

#### 2) 도로부문 정시성지표

철도 사업에 따른 정시성 파급효과가 도로 네트워크에도 영향을 미칠 것이라 판단된다. 따라서 철도 통행시간 정시성은 도로 이용자에게도 통행시간 정시성을 부여한다. 도로부문 정시성은 혼잡완화로 인한 도로의 통행시간변화를 고려하는 개념이다. V/C를 이용하여 혼잡정도에 따라 통행시간신뢰도 추정은 혼잡을 유발하는 다양한 요소들의 영향을 평가하는 대안이다. 분석대상은 고속도로, 일반국도를 2가지 도로유형별로 나누었다. 또한 Emme/2, TransCAD등 교통수요예측에 사용되는 패키지를 이용하여 분석된 교통수요에 따른 각 교통량 규모별 V/C를 산출하였다. 또한, 링크별 통행시간지표(Travel time index)의 값을 적용시켜서 정시성 지표에 추가시켰다.

V/C가 1보다 작을 경우에는 교통혼잡이 작을 것이라 판단했다. 따라서 정시성 값을 (+)효과로 정의하였고 V/C 1보다 클 경우에는 정시성 값을 (-)효과로 정의하였다. 또한, V/C가 1이하일 경우에는 원활하게 통행한다고 판단하여 정시성 값을 고정시켰다. 반면에 V/C가 1이상인 경우에는 예상치 못한 지체로 인하여 혼잡이 발생할것으로 간주하였다. 또한, 정시성의 값은 V/C가 증가할수록 감소하게 가정하였다. 본 연구에서는 BPR(Bureau of Public Roads)에서 제시한 식을 한국교통연구원에서 보정한 것을 적용하여 링크의 특성을 4종류로 구분하여서 총 통행시간을 산출하였다.

$$T = T_0 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{V}{C} \right)^\beta \right] \quad (10)$$

여기서, T=링크의 통행시간

$T_0$ = 링크의 자유 교통류 통행시간

$\alpha = 0.77, \beta = 1.20$  (편도 4차로 고속도로)

$\alpha = 0.48, \beta = 1.91$  (편도 2차로 고속도로)

$\alpha = 0.93, \beta = 1.80$  (편도 2차로 일반국도)

$\alpha = 1.30, \beta = 2.30$  (편도 1차로 일반국도)

정시성 비율은 연평균 일일교통량(AADT)을 이용하여 통행배정된 교통량과 용량의 비율을 산정하였다. 링크의 V/C가 1 보다 작을 경우에는 정시성 비율이 1보다 크게 된다. 그러나 링크의 V/C가 1 보다 클 경우에는 정시성의 비율이 1보다 작게 된다. 따라서 통행배정된 링크의 정시성 비율과 용량상태의 정시성 비율 중 최소값을 반영한다. 각 링크의 정시성 비율은 식 (11)과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Reliability Ratio}_{(x_a)} &= \frac{\text{BPR}(\text{LOS } E_{(a)} / \text{Capacity})}{\text{BPR}(\text{AADT}_{(a)} / \text{Capacity})} \quad (11) \\ &= \frac{\text{Fixed Vol at LOS } E}{\text{Assigned Vol at AADT Level}} \\ &= \frac{t_a(x_a^{\text{LOSE}})}{t_a(x_a^{\text{AADT}})} \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } t_a(x_a^{\text{LOSE}}) = t_a \left[ 1 + \alpha \left( \frac{x_a^{\text{LOSE}}}{\text{Capacity}_a} \right)^\beta \right] = 1$$

$$t_a(x_a^{\text{AADT}}) = t_a \left[ 1 + \alpha \left( \frac{x_a^{\text{AADT}}}{\text{Capacity}_a} \right)^\beta \right]$$

통행시간 편익산출 공식에서 정시성 계량화를 통한 지표 공식은 다음과 같다.

$$\text{Reliability Index}_{(x_a)} = \text{Min} [1, \text{Reliability Ratio}_{(x_a)}] \quad (12)$$

도로부문 정시성 산정시 V/C가 1 이하인 구간에 대해서는 정시성 영역으로 간주하였다. 따라서 정시성 값을 1로 가정할 수 있다. 하지만 오차를 생각하여서 고속도로는 0.98 일반국도는 0.96로 정하였다. V/C가 1이상인 경우에는 혼잡도와 지체도에 관련된 교통 통계자료를 이용하여 V/C에 따른 정시성 지표식을 구하였다. 도로부문에 발생하는 정시성 비율은 신 완충시간 지

표에 영향을 미칠것이라 가정하였다. 따라서 신 완충시간은 V/C에 따른 정시성지표의 역수를 통행배정된 완충시간지표에 추가시켰다. 또한 식(13)은 신 완충시간지표를 나타낸다

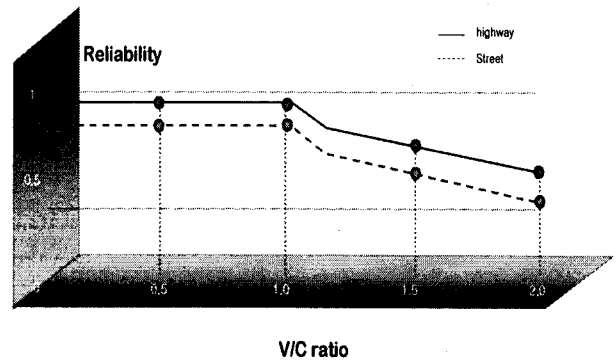
New Buffer Time Index =

$$\text{Assignde Buffer Time Index} \times \frac{1}{RI} \quad (13)$$

도로의 정시성 지표는 고속도로와 일반도로로 구분하였고 종류별 차이를 주기 위해서 <표 1>와 같이 가정하였다. V/C가 1보다 작은 경우에는 Emme/2에서 통행배정된 교통량과 용량관계를 이용하여서 추정하였다. 또한 <그림 3>은 교통혼잡도와 정시성 지표 관계를 그래프로 나타 낸 것이다.

<표 1> 교통혼잡도에 따른 정시성 지표

V/C	고속도로	일반도로
$\geq 1$	0.98	0.96
$< 1$	$-0.2 \times (V/C) + 1.12$	$-0.1 \times (V/C) + 0.91$



<그림 3> 교통혼잡도에 따른 정시성 지표

### 3) 철도부문 정시성 지표

V/C에 따른 정시성 지표는 철도사업의 영향을 받는 도로에만 적용하고 철도관련 정시성 지표 산정시에는 Selected Link Analysis를 이용하여서 OD간 평균통행시간에 따른 철도 정시성지표를 적용한다. 철도 OD에 대한 계획통행시간은 선택된 주변링크의 평균통행시간으로 추정할

수 있다. 또한 철도 네트워크의 통행배정된 통행시간은 기존 버퍼타임식에서 평균통행시간으로 가정한다. 이에따른 철도 정시성 지표는 아래와 같다.

Rail Reliability Index =

$$\frac{|OD\ Assigned\ Travel\ Time - Total\ Average\ Travel\ Time|}{Total\ Average\ Travel\ Time} \quad (14)$$

식(14)에서 OD Assigned Travel Time은 철도 사업구간의 기종점(OD)과 관련된 링크를 선택해서 구해진 통행시간이다. 이에 따른 기존의 철도 네트워크 정시성 지표 분석결과를 바탕으로 철도 정시성 완충시간지표를 산출하였다.

<표 2> 철도부문 정시성 지표

Speed (Km/hr)		BTI
KTX	200 ~ 300	0.95
Saemaul	100 ~ 200	0.8
Mukunghwa	50 ~ 100	0.7
Metro (subway)	25 ~ 50	0.95
	0 ~ 25	0.8

주 : BTI는 완충시간 지표를 나타냄.

## 2. 정시성 편익 산출식

본 연구의 신 완충시간지표 값(New Buffer Time Index Value)은 차종별 정시성 시간가치라는 변수로 추가하여 통행시간 가치 편익산출 공식에 적용된다. 식(15)는 정시성 비용의 차이를 이용한 정시성 편익 산출식이다. 또한, 식(16)은 신 완충시간 지표를 이용한 정시성 비용 산출식이다.

$$VORS = VOR_{사업미시행} - VOR_{사업시행} \quad (15)$$

$$VOR = \left\{ \sum_l \sum_k (T_{lk} \times BTI_{lk} \times PR_k \times Q_{lk}) \right\} \times 365 \quad (16)$$

여기서,  $PR_k = \frac{VOR}{VOT} = 1.39$

$T_{lk}$  = 링크l의 차종별 통행시간

$P_k$  = 차종별 시간가치

$PR_k$  = 차종별 정시성 시간가치 비율

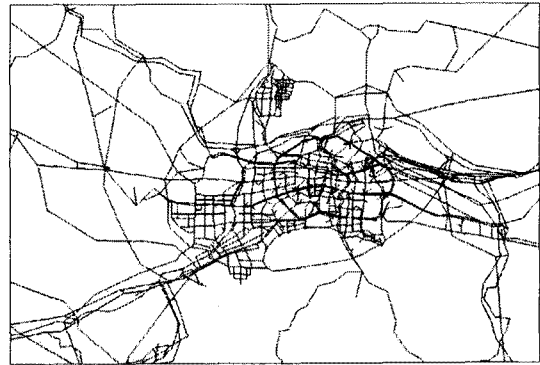
$BTI_{lk}$  = 링크l의 차종별 신 완충시간지표

$Q_{lk}$  = 링크l의 차종별 통행량

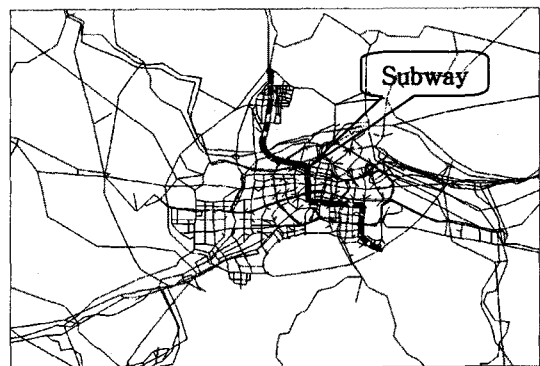
차종(1: 승용차, 2: 버스, 3 화물차, 4: 철도)

## IV. 정시성 지표 적용 및 활용 방안

대구 지하철 3호선 네트워크를 이용하여 정시성 편익의 적용 방법론에 적용하였다. 예제는 기존 대구네트워크에 신규 지하철을 건설함으로써의 교통량 및 V/C 등의 변화를 기반으로 편익을 산출하였다. <그림 4>은 미시행시의 네트워크를 나타낸 것이고 <그림 5>는 지하철이 신설된 네트워크를 나타낸다.



<그림 4> 미시행시 대구광역시 네트워크



<그림 5> 시행시 대구광역시 네트워크

위에서 언급했듯이 도로와 철도의 편익산출 방법에는 차이가 있기 때문에 구별하여서 산출 공식을 적용해야 한다. 본 연구에서 산출된 통행시간 편익과 정시성 편익은 <표 3>, <표 4>과 같다. 통행시간 가치는 승용차는 13,257원/시

간, 철도는 4,459원/시간으로 한국개발연구원(KDI)의 “도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침”에서 참조하였다.

<표 3> 통행시간 절감편익

통행시간편익 (백만원)		
구분	도로부문	철도부문
미시행시 비용	143,062	-
시행시 비용	141,729	427
편익	1,332	- 427
총합	905	

통행시간 절감편익은 도로부문 1,332백만원 철도부문 -427백만원으로서 총 905백만원으로 산출되었다. 철도부문에서는 미시행시에 비용이 없기 때문에 편익이 (-)값을 가지게 된다. 하지만 정시성 편익 중 철도부문에서는 시행시 비용에 대해서 (+)효과가 나타난다고 판단된다. 따라서 철도부문 편익은 (+)값이 나타나게 된다. <표 4>는 정시성 편익산출 값을 나타낸다.

<표 4> 정시성 절감편익

정시성 편익 (백만원)		
구분	도로부문	철도부문
미시행시 비용	31,602	-
시행시 비용	31,388	-188
편익	214	188
총합	402	

결과적으로 정시성 편익은 도로와 철도 링크에서 (+)효과를 나타내면서 402백만원으로 산출되었다. 따라서 본 연구에서 정시성 편익은 통행시간 절감 편익의 44%로 분석되었다. 그러므로 산출된 정시성 편익은 기존의 철도 편익에서 제외되었던 추가 편익으로 판단된다.

## V. 결론

본 연구는 정시성 편익 산출식을 이용하여 기존에 철도 편익에서 제외되었던 정시성 편익항목을 추가했다. 또한, 향후에 시행될 철도사업에

대한 경제성 평가가 좀 더 정확하게 평가될 것이라 판단된다. 따라서 본 연구는 정시성 지표 산출값에 따른 분석을 다양화 하여 철도 관련 사업시행시 정책에 적극적으로 반영할 수 있을 것으로 판단된다. 신 완충시간(New Buffer Time)을 이용하여 정시성 편익을 산출하게 된다면 통행시간 절감 편익과 유사하게 대부분의 링크에서 (+)편익이 발생할 것으로 예상된다. 하지만 도로부문 정시성에서는 V/C에 따른 정시성 지표값을 적용하였기 때문에 정시성 지표 설정에 따라 편익값은 달라질 것이다. 정시성 지표값은 향후 연구 및 조사를 통해 각 분석지역에 따라 가장 적합한 값을 사용해야 한다. 철도부문 정시성 지표 산정시에는 기종점(OD)과 관련된 링크 선택 분석(Selected Link Analysis)를 이용한다. 하지만 철도로 전환이 되는 링크를 정확하게 선택하지 못했을 경우에는 불필요한 정시성 편익이 추가된다. 따라서 향후에는 정시성 편익의 정확성을 높이기 위해서 철도로 전환되는 링크와 전환되지 않는 링크에 대한 비교·분석하는 연구가 필요하다.

## VI. 참고 문헌

1. 대한교통학회, 『철도투자평가 체계개선방안 연구』, 2006.
2. 한국개발연구원, 『도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제4판)』, 2004.
3. 한국개발연구원, 『철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)』, 2001.
4. Cervero, R and Aschauer, D(1998) Economic Impact Analysis of Transit Investment: Guidebook for Practitioners, TCRP Research Result 35 Transportation Research Board, Washington D.C.
5. Research Plan for Providing a Highway System with Reliable Travel Times. Future Strategic Highway Research Program, National Comprehensive Highway Research Program Project 20-58(3). Draft Report, March 2003.
6. Jackson, D. Reliability as a Measure of Transportation System Performance.

Unpublished Master's Thesis, Texas A&M University, College Station, Texas, December 2000.

7. Calfee, J., Winston, C., 1998. The value of automobile travel time: implications for congestion policy. *Journal of Public Economics*, 69(1), 83-102.
8. Lam, T.C., Small, K.A., 2001. The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment, *Transportation Research Part E*, 37(2-3), 231-251.
9. David Brownstone, Small, K.A. 2004. *Valuing Time and Reliability: Assessing the Evidence from Road Pricing Demonstrations*, Department of Economics, University of California at Irvine.
10. David M. Levinson, Nebiyu Y. Tilahun, 2006. *A Moment of Time: Reliability in Route Choice using Stated Preference*, Department of Civil Engineering, University of Minnesota.
11. Tim Lomax, David Schrank, Shawn Turner, *Selecting Travel Reliability Measures*, Transportation Institute.
12. Henry X. Liu, Xiaozheng He, Will Recker, *Estimation of time-dependency of values of travel time and its reliability from loop detector data*, 2006.
13. Marco Kouwnhoven, Sebastian Caussade, Eric Kroes, *Value of reliability of travellers on the Paris suburban railway network*, 2006.