

실시간 교통정보 제공수준향상에 의한 경로통행시간의 안정화

Route Travel Time Stabilization by Real Time Traffic Information Improvement

이 청 원*

(Chung-Won, Lee)

요 약

일반적으로 통행시간과 통행비용은 운전자들의 경로선택에 있어서 가장 중요한 두요소로 고려되는데, 만약 각 경로에 대한 실시간 정보가 없다면 운전자들은 자신의 선택가능경로 중에서 최적경로를 선정하는데 어려움을 겪게 된다. 이로 인한 결과는 거시적인 관점에서 해당 교통망의 경로통행시간진동 혹은 불균형으로 나타나게 된다. 이와 같이 제한된 경로통행시간정보로 운전자가 자신의 최적경로선택에 있어서 어려움을 겪게 되는 것은 대안경로 효용비교에 대한 투명성 이슈(transparency issue)라 할 수 있다. 본 연구에서는 실시간교통정보의 수준이 단계별로 높아져 감에 따라, 즉, 대안들의 효용이 보다 명확해져감에 따라 최적경로선택의 여지가 높아져가고 이는 대안경로들의 통행시간안정화로 이어질 수 있음을 확률적으로 보여주고, 이를 사례연구를 통해서 입증해 보았다. 사례는 서울시 남산권교통정보시스템을 선정하였으며, 실시간 통행시간정보의 강화가 운전자들의 경로선택 상의 불확실성을 감소시키고 결국은 경로통행시간의 안정화에 기여한다는 것을 통계적으로 분석하였다. 본 연구는 실시간 교통정보제공이 도시부 교통류관리에 있어서 상당한 역할수행이 가능함을 확인해준 사례로 의미가 크며, 또한 실시간교통정보의 제공수준에 따라서 운전자들이 차별화된 영향을 받게 된다는 사실을 실증적으로 확인했다는데 가치가 있다.

Abstract

When drivers encounter multiple available routes, they may evaluate the utility of each route. Two important factors in the evaluation are travel time and travel cost. Without knowing the current travel time of each route, drivers' decisions are not necessarily optimum. It is called "transparency issue" that drivers are blinded to choose the optimum route among the others because of the limited travel time information. As a result of this, competing route travel times tend to fluctuate. This case study to utilize the data of Namsan traffic information system confirms that this travel time fluctuation can be lessened as real time traffic information is provided.

Key Words : 경로통행시간 안정화, 실시간 교통정보제공, 최적경로선택

I. 서 론

합리적인 운전자는 이용가능한 대안경로들 중에서 자신의 효용을 극대화하는 경로를 선택하는 경향이 있다. 통행시간과 통행비용은 효용평가에 있

어서 가장 중요한 두 요소로 알려져 있다. 도시부 도로는 통행시간의 변화가 매우 심하여 경험에 의존한 통행시간과 실시간 상황이 일치하지 않는 경우가 많기 때문에 운전자들은 경로선택에 있어서 매우 곤혹스런 상황에 직면하곤 하며, 자신의 경로

* 회원 : 서울시정개발연구원, 연구위원

† 논문접수일 : 2003년 5월 30일

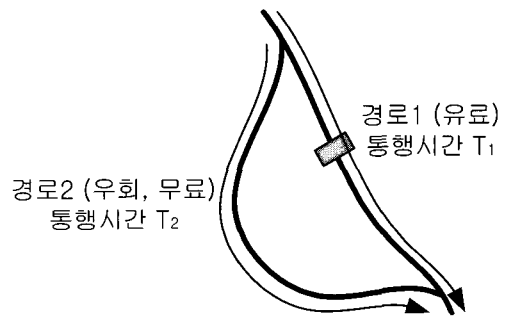
선택결과에 확신을 갖지 못하게 되곤 한다. 이러한 불확실성이 클수록 대안경로들의 통행시간 변동폭은 크게 나타날 것이며 이는 도시부 교통류관리에 있어서 바람직하지 못한 상황이라고 볼 수 있다. 이때 만약, 운전자들에게 통행경로와 관련된 실시간 교통정보를 제공한다면 경로선택에 있어서 불확실성이 감소하고 운전자들의 만족도도 크게 향상시킬 수 있을 것이다. 이점이 도시부 주요도로에 관한 실시간 교통정보제공의 당위성이 될 것이다. 그러나, 교통정보시스템은 모든 주요도로에 동시에 제공될 수가 없고, 단계별로 구축되는 것이 일반적이다. 따라서 현실은 실시간교통정보가 있는 상황과 없는 상황, 두가지로만 구분되는 것이 아니라, 일부지역은 정보가 있고 일부지역은 없는 상황도 전개됨으로써 교통정보제공의 실효성을 확인하기가 여의치 못하며 문헌조사를 해봐도 실시간교통정보제공에 따른 교통류 개선효과를 실증적으로 검증한 사례가 매우 드물다.

교통정보제공의 효과를 분석하기 위한 기존의 연구들은 대부분 설문조사를 통해서 이용자의 만족도를 평가 또는 경로선택 행태모형을 정산하거나(Peeta Srinivas et al., 2000, Wardman M., 1997, Polydoropoulou Amalia et al., 1996) 교통정보의 내용에 따른 특정 구간의 교통량 변화를 분석하는 것들이다(Yim Youngbin et al., 1996). 본 연구는 실시간 교통정보의 정보제공 수준이 단계적으로 향상되어 감에 따라 그것이 운전자의 경로선택에 영향을 미쳐 결국 경로통행시간의 거시적 안정화에 기여하는지를 분석해 보았다. 운전자가 통행료를 내야하는 상황에서 무료의 대안도로가 있는 경우 실시간 교통정보제공은 운전자의 경로결정에 있어서 통행시간과 통행비용을 복합적으로 고려한 경로선택행위를 가능하게 함으로써 경로선택의 불확실성을 감소시키게 된다. 이를 대안경로 효용평가에 있어서 총통행비용 사전인지 혹은 투명성(transparency) 개선이라 한다. 이러한 개선은 거시적으로는 경로통행시간의 안정화로 귀결될 것으로 추정되는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 단계별 교통정보제공의 수준향상에 따라 이러한 불확실성이 감소함을 확률적

으로 설명하고 사례연구를 통해 통계적으로 분석하였다. 사례연구지역은 서울시 남산권교통정보시스템의 단계별 구축에 따른 모니터링 자료를 활용하였다.

II. 실시간 교통정보제공수준과 경로선택

실시간 교통정보제공과 경로이용의 관계를 설명하기 위해서 그림 1과 같은 간단한 네트워크를 설정해보자. 유료지만 상대적으로 빠른 경로1의 통행시간(T_1)과 우회하지만 무료인 경로2의 통행시간(T_2)은 교통상황에 따른 연속확률변수라 할 수 있다.



〈그림 1〉 경로선택 테스트 네트워크

이청원[3]은 통행시간분포에 관한 확률밀도함수를 설정하여 경로통행시간에 대한 정보부재로 인해 운전자들이 불합리한 경로를 선택하는 것을 확률적으로 설명하였다. 이를 간략히 설명하면 다음과 같다.

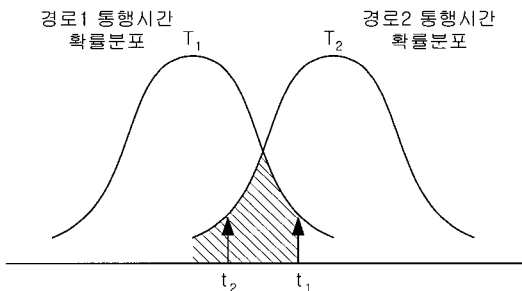
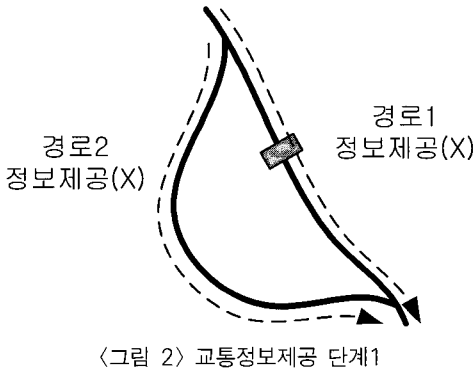
$$\begin{aligned} & \Pr(T_2 < T_1) \\ &= \int_0^{\infty} \Pr\{T_2 < T_1 | T_1 = t_1\} f_{T_1}(t_1) dt_1 \quad (\text{식 1}) \\ &= \int_0^{\infty} \Pr\{T_2 < t_1 | T_1 = t_1\} f_{T_1}(t_1) dt_1 \end{aligned}$$

만약 T_2, T_1 이 독립이라면,

$$\begin{aligned} &= \int_0^{\infty} \Pr\{T_2 < t_1\} f_{T_1}(t_1) dt_1 \\ &= \int_0^{\infty} F_{T_2}(t_1) f_{T_1}(t_1) dt_1 \quad (\text{식 2}) \\ &(\text{만, } F_{T_2}(t_1) = \int_0^{t_1} f_{T_2}(t_2) dt_2) \end{aligned}$$

여기서 t_1, t_2 는 경로1과 경로2의 특정 통행시간을, f_{T_1}, f_{T_2} 는 각 경로통행시간의 확률밀도함수를 의미한다. 유료인 경로1의 통행시간(T_1)이 경로2의 통행시간(T_2)에 비해 대부분 빠르지만 교통상황에 따라 변하는 확률변수이기 때문에 통행자에게 있어 (식 1)과 같은 불합리한 상황이 발생할 확률이 존재한다. 대안 경로들에 대한 이러한 불확실성은 실시간 교통정보를 제공함으로써 개선될 가능성이 있을 것이다. 실시간 교통정보제공이 운전자에게 어떤 가치를 가지게 되며 경로선택의 스트레스와 어떻게 관련이 있는지를 살펴보기 위해 다음과 같이 3가지 정보제공 단계를 설정해 볼 수 있다.

(단계 1) 경로1과 경로2 통행시간 모두를 제공하지 않는 경우

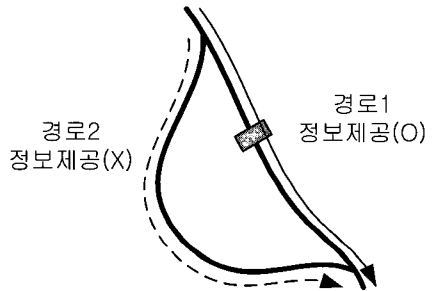


<그림 3> 두 경로의 통행시간을 모르는 경우

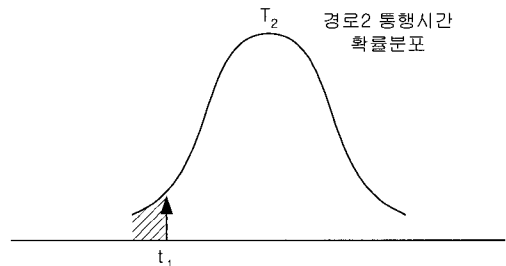
$T_1 = t_1$ 이고 $T_2 = t_2$ 인지 모르는 상황이므로 겹치는 부분에서 경로2가 오히려 빠를 수 있음에도 운전자는 경로1을 택할 소지가 있게 된다. 그림 3에

서 경로1은 일반적으로 경로2에 비해 확률적으로 우세(stochastically dominant)하나 운전자는 잘못된 경로를 선택하게 될 여지가 있다. 왜냐하면 운전자들은 자신의 경험에 의존한 확률밀도함수를 이용하여 경로를 선택할 수밖에 없기 때문이다. 즉, T_1 이 T_2 에 비해 시간절약 측면에서 우세하지만 확률적(stochastic)이기 때문에 운전자에게는 통행료징수에 따른 경로선택 시에 통행시간 부재로 상당한 스트레스와 때로는 불만을 갖게 될 것이다.

(단계 2) 경로1의 통행시간만을 제공하는 경우



<그림 4> 교통정보제공 단계2

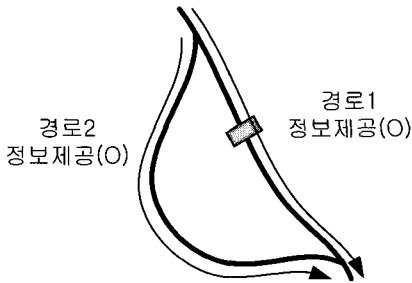


<그림 5> 경로1의 통행시간(t_1)만을 아는 경우

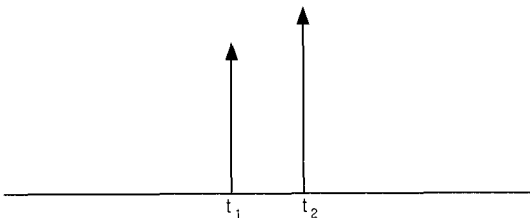
통상 실시간교통정보제공시스템을 도입하는 경우에 경로1과 경로2가 동시에 도입되는 것이 바람직하나, 기술과 재원의 한계로 단계별로 도입되곤 하며, 이 경우에, 유료인 경로1에 먼저 도입되는 것이 일반적이다. 국내에서 도로공사가 본선부에 대한 교통정보제공시스템을 먼저 도입한 후, 우회도로에 대한 시스템을 구축하는 것이 그 사례이다. 본예에서, 경로1의 통행시간(t_1)을 운전자에게 제공한다면 하더라도 여전히 경로2가 빠를 수 있는 가능성

이 그림 5의 빗금 친 부분처럼 있기 때문에 운전자들의 경로선택 어려움은 여전히 존재한다. 다만, 그 확률이 어떨지 대강은 경험적으로 감을 갖게 되면 경로선택의 스트레스는 상당히 감소할 것이다. 그러나 통행료를 징수하는 경로 1만의 교통정보제공으로는 계속해서 경로선택의 불확실성이 존재한다. 이 때문에 우회도로를 포함하는 교통정보제공이 운전자입장에서는 매우 필요할 것이다.

(단계 3) 경로1과 경로2의 통행시간을 모두 제공하는 경우



<그림 6> 교통정보제공 단계3



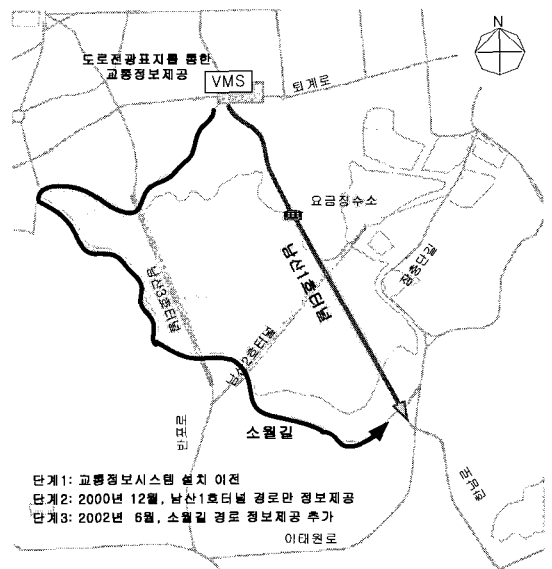
<그림 7> 두 경로의 통행시간을 모두 아는 경우

경로1과 경로2의 실시간 교통정보가 모두 가능한 시스템이 도입된 경우이다. 이때, 운전자는 두 경로 모두의 통행시간을 알기에 자신의 효용을 검토하여 보다 확신 있는 경로선택이 가능할 것이다. 경로1의 통행시간(t_1)이 작지만 경로2의 통행시간(t_2)과의 차이를 알기 때문에 통행료 지불을 하면서 경로1을 택할 것인지, 아니면 통행료를 아끼고 경로2를 택할 것인지를 운전자는 사전에 인지하고 경로를 선택할 수 있게 된다. 이는 실시간 교통정보 제공으로 통행비용사전인지가 가능해져서 경로선택의 스트레스가 최소화되는 상황을 의미한다.

Ⅲ. 사례연구

남산터널 교통정보시스템 사례는 그림 1에서 설정한 테스트 네트워크와 매우 유사하기에 본 연구의 사례연구 대상으로 설정하였다. 서울시 남산1,3호터널은 도심유출입 차량을 우회노선으로 유도하거나 억제하여 터널 및 주변의 혼잡을 완화하고자 1996년 11월부터 혼잡통행료를 징수하고 있다. 하지만, 남산1, 3호터널이 유료임에도 불구하고 열악한 도로여건으로 인한 빈번한 터널내 지체는 이용자에 대한 불만요인이 되어왔다. 이에 운전자의 우회도로 이용을 활성화하고, 혼잡통행료 부과의 취지를 적극 살리기 위해 서울시는 2000년 12월부터 남산1호터널 교통정보시스템을 구축·운영하였으며 2002년 6월 이후부터 남산2, 3호터널 및 주변도로를 포함한 확장된 시스템을 구축하여 운영 중에 있다.

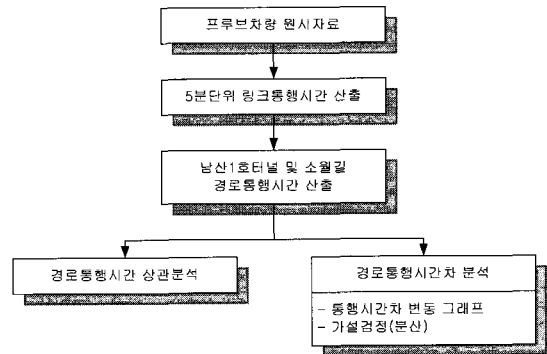
초기에 구축된 남산1호터널 교통정보시스템은 우회도로인 소월길에 대한 정보수집은 불가능하여 단지 1호터널에 대한 제한된 교통정보 제공시스템으로 시작하였다. 앞서 설명한 교통정보제공 수준의 단계와 결부시켜 보면 초기의 남산1호터널 교통정보시스템 구축으로 정보제공단계가 (단계1)에서 (단계2)로 전이된 것으로 볼 수 있다. 2002년 남산권역



<그림 8> 남산1호터널 교통정보시스템

〈표 1〉 남산권 교통정보시스템 구축 단계

단계		교통정보제공 (소통정보/통행시간)			
		1호 터널	2호 터널	3호 터널	소월길
단계 1	시스템 개통전 (2000년 12월 이전)	×	×	×	×
단계 2	남산1호터널 시스템 개통후 (2000년 12월 이후)	○	×	×	×
단계 3	남산권 통합시스템 개통후 (2002년 6월 이후)	○	○	○	○



〈그림 9〉 분석과정

통합교통정보시스템 구축으로 주변 우회도로를 포함한 좀 더 상세한 교통정보를 제공할 수 있게 되어 (단계2)에서 (단계3)으로 전이되었다. 소월길의 경우 초기에는 통행시간정보를 제공하였으나 현재는 소통상태만을 운전자에게 제공하기 때문에 엄밀히 말하면 (단계2)에서 (단계3)의 전이로 보기는 힘들지만 우회 대안도로의 소통상황을 정성적으로 알 수 있으므로 교통정보제공의 수준이 향상된 것으로 보는데 무리는 없다고 본다.

실시간 교통정보제공에 의한 운전자들의 경로선택 변화를 운전자개별적인 조사가 현장에서 불가능한 면이 있기에, 앞서 설명한 정보제공의 단계향상에 따라서 운전자들의 경로선택의 불확실성이 감소하고 보다 안정적으로 되감에 따라서, 통행시간도 안정적으로 바뀌고 이는 두 경로상의 통행시간차이가 매우 일관되게 나타날 것으로 본 연구에서는 가정하였다. 이는 두개의 선택대안이 있을 때, 이 두 대안의 효용 값 자체보다도 그 차이가 중요하다는 선택이론에 기초할 때 무리가 없다고 본다. 따라서, 본 연구에서는 분석항목을 남산1호터널과 우회경로(소월길)의 상대적인 통행시간차로 설정하였다. 자료는 눈과 비와 같은 날씨영향이 없는 날을 선정하였으며, 시스템 구축 전(단계1), 초기시스템 구축후(단계2), 통합시스템 구축후(단계3) 각 단계별로 1주일 자료를 수집·분석하였다. 전체 분석과정은 그림 9와 같다.

(식 2)에서 (단계1)에 대한 T_1 과 T_2 가 독립이라는 가정은 매우 강한 가정이어서 현실적이지 않을 수 있다. 기존 남산1호터널 교통정보시스템 자료를

이용해서 두 경로 통행시간의 상관관계를 구한 분석결과를 참조하면 표 2와 같다[3].

〈표 2〉 1호터널과 소월길 통행시간 상관관계

시간대	상관계수
오전 첨두 (7:30-9:00)	0.31
비첨두 (10:30-12:00)	0.24
오후 첨두 (6:00-7:30)	0.52

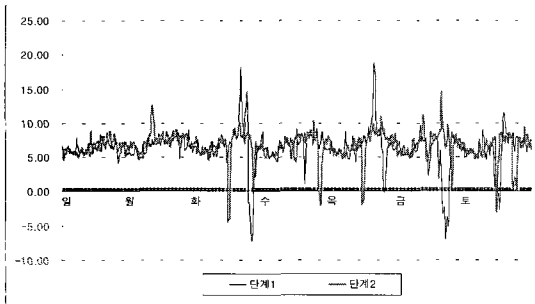
자료: 시스템 개통전 2000년 12월중 1주일 통행시간 자료

두 경로통행시간의 상관계수가 첨두시에 상대적으로 높은 것은 터널이 막힐 때 소월길도 막히는 현상이 발생함을 의미하나 상관계수 자체가 그리 크다고 볼 수는 없다. 높지 않은 상관계수는 앞서 설명한 바와 같이 교통정보의 부족으로 운전자가 경로선택 시에 자신에게 유리한 선택을 하지 못할 수 있는 개연성이 충분히 있음을 암시한다.

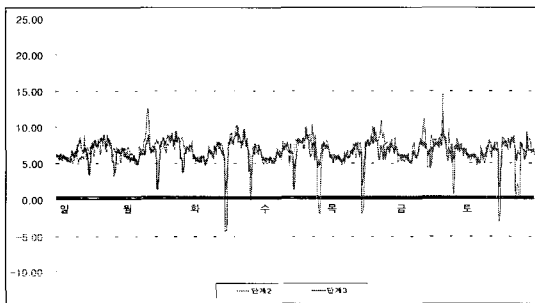
그림 10과 그림 11은 각각 외곽방면에 대해서 시스템 개통전후의 남산1호터널과 소월길의 통행시간차를 1주일동안의 자료를 가지고 시간대별로 비교한 것으로 그림 10은 (단계1)과 (단계2) 교통정보제공 상황에서 두 경로의 통행시간차를, 그림 11은 (단계2)와 (단계3) 교통정보제공 상황에서 두 경로의 통행시간차를 그래프로 나타낸 것이다. 그래프에서 세로축인 0을 기준으로 아래쪽으로 치우친 부분은 소월길의 통행시간이 남산1호터널의 통행시간보다 더 빠른 경우를 나타낸다. 전체적으로 그래프가 6분 영역에서 그려지는데 이는 소월길의 통행시간이 남산1호터널의 통행시간보다 대략 6-7분 정

도 크다는 것을 의미한다.

그림을 통해서 대안경로를 포함한 보다 상세한 교통정보를 제공함으로써 통행시간차의 변동폭이 감소한다는 것을 시각적으로 확인할 수 있다. 특히 (단계1) 정보수준에서는 통행료를 내고도 터널이용 경로의 통행시간이 더 걸리는 경우가 다수 발견되었으나 (단계3)의 경우 그러한 경우가 많이 없어졌다. 이러한 불합리한 경우는 통행시간 사전인지가 되지 않기 때문이며, 실시간 교통정보제공 수준이 단계별로 높아지면서 이러한 현상이 현격히 줄었음을 그래프를 통해서 확인할 수 있다.



〈그림 10〉 남산1호터널-소월길 통행시간차 (교통정보 제공수준 단계1-단계2)



〈그림 11〉 남산1호터널-소월길 통행시간차 (교통정보 제공수준 단계2-단계3)

시스템 개통으로 인한 두 경로의 통행시간차 변화를 좀 더 상세히 알아보기 위해서 교통정보제공 수준의 단계별로 통행시간차에 대해서 분산 비교를 실시하였다. 통행시간차 분산비교의 귀무가설은 교통정보제공 각 단계별 통행시간차의 분산이 동일 ($H_0: \sigma_{\text{단계1}}^2 = \sigma_{\text{단계2}}^2, H_0: \sigma_{\text{단계2}}^2 = \sigma_{\text{단계3}}^2$)하다고 설정하고, 대립가설 ($H_0: \sigma_{\text{단계1}}^2 > \sigma_{\text{단계2}}^2, H_0: \sigma_{\text{단계2}}^2 > \sigma_{\text{단계3}}^2$)

은 낮은 교통정보제공 단계의 통행시간차 분산이 크다는 것으로 설정하여 유의수준 0.01에서 F-test를 수행하였다.

〈표 3〉 교통정보시스템 개통전후 통행시간차 분산비교

항목	(단계1)→(단계2)	(단계2)→(단계3)
귀무가설(H_0)	$\sigma_{\text{단계1}}^2 = \sigma_{\text{단계2}}^2$	$\sigma_{\text{단계2}}^2 = \sigma_{\text{단계3}}^2$
대립가설(H_1)	$\sigma_{\text{단계1}}^2 > \sigma_{\text{단계2}}^2$	$\sigma_{\text{단계2}}^2 > \sigma_{\text{단계3}}^2$
유의수준(α)	0.01	0.01
기각역	$F > 1.00$	$F > 1.00$
표본통계량	$S_{\text{단계1}} = 2.671,$ $S_{\text{단계2}} = 1.999$ 샘플수 $n = 2016$	$S_{\text{단계2}} = 1.999,$ $S_{\text{단계3}} = 1.3$ 샘플수 $n = 2016$
검정통계량	$F = 1.785$	$F = 2.364$
결과	H_0 기각	H_0 기각

주: σ^2 = 분산, s = 표준편차

통계분석결과 표 2에서 보는 바와 같이 유의수준 0.01에서 통행시간차의 분산이 단계별로 동일하다는 귀무가설(H_0)은 모두 기각된다. 즉 남산권 교통정보시스템의 교통정보제공 수준이 단계적으로 향상됨에 따라서 소월길과 남산1호터널의 통행시간차의 변동이 상당히 감소한 것으로 나타났다. 이는 실시간 교통정보로 인하여 운전자들의 통행비용사전인지의 개선, 즉 경로선정의 투명성(transparency)개선으로 인하여 두 경로통행시간이 보다 안정적으로 변화되었음을 의미한다.

IV. 결론

본 연구에서는 운전자의 대안경로에 대한 불확실성을 개선하기 위해서 실시간 교통정보제공이 필요하다는 것을 실제 남산지역을 대상으로 분석하였다. 유료의 빠른 경로와 무료의 우회경로가 존재할 경우 교통정보제공이 없을 때 운전자가 불합리한 경로를 선택할 가능성을 기존 연구결과를 통해 확률적으로 설명하였으며 남산1호터널 교통정보시스템의 구축 이전의 실제 통행시간 자료를 활용한 상관계수 분석을 통해 그러한 개연성을 확인하였다. 그리고 남산권 교통정보시스템의 단계적 구축에 따

른 모니터링 자료를 활용하여 실시간 교통정보제공이 경로통행시간에 어떠한 영향을 미치는지를 통계적으로 분석해보았다.

분석결과 초기 교통정보시스템 구축으로 남산1호터널에 대해서만 제한적인 실시간 교통정보를 제공(단계1→단계2)했음에도 불구하고 통행시간차의 변동이 상당히 안정화되었고, 소월길 통행시간이 남산1호터널 통행시간보다 빨라지는 통행시간 역전 현상이 개선되어 운전자의 통행비용사전인지에 있어서 상당한 개선이 있었음을 확인하였다. 또한 통합 남산권 교통정보시스템 구축으로 우회로를 포함한 보다 상세한 교통정보를(단계2→단계3) 제공했을 때도 향상된 개선결과를 확인할 수 있었다.

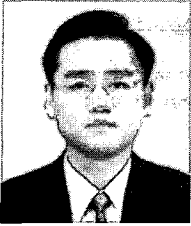
본 연구결과는 실시간 교통정보시스템이 운전자에게는 물론이고 교통관리측면에서도 매우 효과적일 수 있다는 것을 실증적으로 입증한 많지 않은 연구 중의 하나이다. 본 연구는 교통정보시스템 도입에 있어서 민간의 부가정보제공과 관의 기본정보제공이 동시에 가치를 가질 수 있다는 사례로서도 매우 중요한 의미가 있다. 즉, 운전자에게는 경로선택의 확신을 강화시키고, 교통류관리측면에서는 보다 안정된 경로통행시간을 갖도록 교통류개선을 가져올 수 있다는 것이다. 또한, 단계별 실시간 교통정보제공시스템 구축 시에 단계별 효과분석의 방안으로도 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] 서울시정개발연구원(2001), “남산1호터널 교통정보시스템 모니터링”.
 [2] 서울시정개발연구원(2001), “남산3호터널/서울역

고가도로 교통정보시스템 구축 기본계획(안)”.
 [3] 이청원(2002), “실시간교통정보에 의한 경로선택의 투명성 개선효과 -남산1호터널 교통정보시스템 사례연구를 중심으로-”, 서울시연구, 제3권, 제2호, pp. 1~9.
 [4] Berry, D.A. and Lindgren, B.W.(1996), “Statistics Theory and Methods”, Duxbury press.
 [5] Hau, T.(1992), “Congestion Charging Mechanism for Roads: An Evaluation of Current Practice”, The Worldbank.
 [6] Mahmassani, H.S. and Jayakrishnan, R.(1991), “System Performance and User Response Under Real-Time Information in a Congested Traffic Corridor”, TR, Vol.25A, No.5, pp. 293~307.
 [7] May., A.D.(1984), “Traffic Flow Fundamentals”, Prentice Hall
 [8] Peeta, Srinivas et al.(2000), “Content of Variable Message Signs and on-line Driver Behavior”, Proceedings 79th Annual Meeting of TRB
 [9] Polydoropoulou, Amalia et al.(1996), “Modeling Revealed and Stated En-Route Travel Response to Advanced Traveler Information Systems”, TRR 1537, pp. 38~44.
 [10] Wardman, M. et al.(1997), “Driver Response to Variable Message Signs: A Stated Preference Investigation”, Transpn Res.-C, Vol5, No. 6, pp. 389~405.
 [11] Yim, Youngbin and Ygnace, Jean-luc(1996), “link Flow Evaluation Using Loop Detector Data: Traveler Responses to Variable Message Signs”, TRR 1550, pp. 58~64.

-----< 저자 소개 >-----



이 청 원(Chung-Won, Lee)

1986년 2월 서울대학교 토목공학과 도시공학 공학사

1988년 2월 서울대학교 토목공학과 도로 및 교통공학 공학석사

1998년 12월 University of Texas at Austin Civil Engineering 도로 및 교통공학 PhD

1999년 8월~현재 : 서울시정개발연구원 도시교통연구부 연구위원

2002년 3월~현재 : 대한교통학회 ITS분과위원장