

실시간교통정보제공에 따른 경로통행시간 안정화 사례연구

Case Study on Impact Analysis of Traffic Information to Route Travel Time

이청원

(서울시정개발연구원, 연구위원)

권병철

(서울시정개발연구원, 연구원)

Key Words : 실시간 교통정보제공, 통행비용, 경로선택

목 차

I. 서론

II. 교통정보제공과 경로선택

III. 사례연구

IV. 결론

I. 서론

운전자는 일반적으로 이용 가능한 대안경로 중에 유료도로나 유료터널을 포함하는 경우에는 통행시간과 통행료를 비교하며 경로를 선정한다. 도시부 도로는 통행시간의 변화가 매우 심하여 경험에 의존한 통행시간과 실제상황이 일치하지 않는 경우가 많기 때문에 운전자들에게 실시간 경로통행시간 정보를 제공한다면 경로선정의 불확실성이 감소하고 운전자의 만족도는 향상될 것이다. 특히, 경쟁경로들의 통행시간 변동이 줄어들어, 균형 있는 교통망운용을 가능하게 할 것이다.

본 연구는 실시간 교통정보의 정보제공 수준이 단계적으로 개선됨에 따라 운전자의 최적경로선택에 영향을 미치고, 결과적으로 경쟁경로들의 통행시간차이가 줄어들고 보다 균형 있는 교통망운용을 가능하게 한다는 것을 현장자료를 통해서 확인하는 것이 그 목적이다.

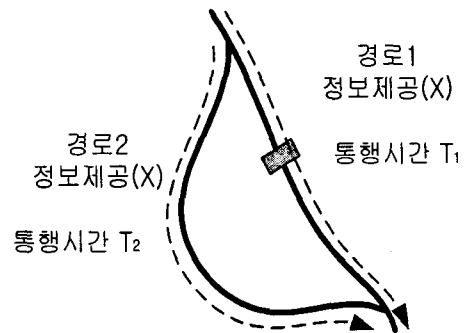
특히, 운전자가 통행료를 내야하는 상황에서 무료의 대안도로가 있는 경우, 실시간 교통정보가 없는 운전환경에서는 통행료를 지불하면서 통행시간이 긴 대안을 선택하는 경우가 발생할 수 있다. 이는 교통망의 운영측면에서도 바람직하지 않으며, 운전자개인입장에서 이를 안다면 교통정책에 대한 커다란 불신요인이 될 수 있을 것이다. 이 처럼, 대안경로에 대한 효용평가를 정확히 하지 못하고 선택을 해야 하는 문제를 투명성이슈(혹은, 통행비용사전인지이슈, transparency issue)라고 한다. 이는 통행비용구성에 있어서 통행료부분이 있건 없건 운전자들의 경로선택 행위에 있어서 상존하고 있는 문제이다.

본 연구에서는 실시간 교통정보제공이 운전자들의 경로선택을 보다 명확히 해주며, 결국은 교통망을 안정적으로 운용하는데 기여할 수 있다는 것을 서울시 남산권교통정보시스템 자료를 활용하여 실증적으로 확인해 보았다.

II. 교통정보제공과 경로선택

우선, 실시간 교통정보제공이 운전자에게 어떤 가치를 가지게 되며 경로선택행위와 어떻게 관련이 있는지를 살펴보기 위해 2개의 경로로 구성된 단순한 교통망에서 교통정보제공 단계에 따라 다음 3가지 유형을 규정해 보았다.

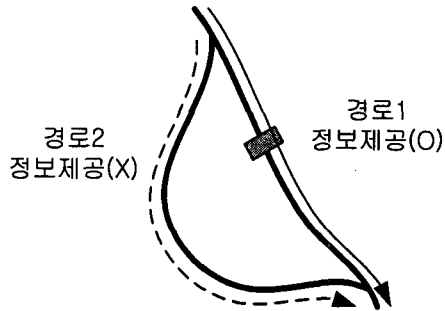
(단계 1) 경로1과 경로2 통행시간 모두를 제공하지 않는 경우



<그림 1> 교통정보제공 단계1

실시간 경로통행시간 T_1 과 T_2 를 모두 모르는 상황이므로, 우회경로2가 빠른 교통상황하에서도 운전자는 통상 빠른 경로인 경로1을 택하곤 할 것이다. <그림 1>에서 경로1은 일반적으로 경로2에 비해 통행시간측면에서 우월(dominant)하나 교통상황에 따라서는 운전자들이 효용이 낮은 경로를 선택하게 될 여지가 있다. 즉, T_1 이 T_2 에 비해 시간절약 측면에서 우세하지만 확률적(stochastic)이기 때문에 항상 유리한 대안은 되지 못한다. 특히, 경로1에서 통행료를 징수하는 경우에는 정보부족으로 운전자들의 경로선택에 있어서 상당한 스트레스가 나타나게 된다.

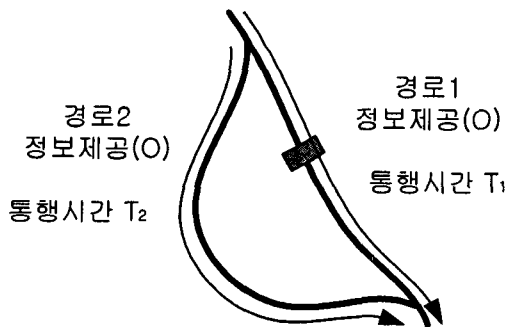
(단계 2) 경로1의 통행시간만을 제공하는 경우



<그림 2> 교통정보제공 단계2

경로1의 통행시간(T_1)을 운전자들에게 제공함으로써, 경로1에 대한 선택이 보다 손쉬워지게 된다. 그러나 여전히 경로2가 상대적으로 빠를 가능성이 있기 때문에 운전자들의 경로선택 어려움은 완전히 해소되지 못하며, 통행료를 징수한다면 경로선택의 불확실성에 기인한 투명성문제는 여전히 남고 운전자는 여전히 스트레스를 받게 될 것이다. 따라서, 운전자들은 우회로를 포함한 정보제공을 필요로 하게 될 것이다.

(단계 3) 경로1과 경로2의 통행시간을 모두 제공하는 경우

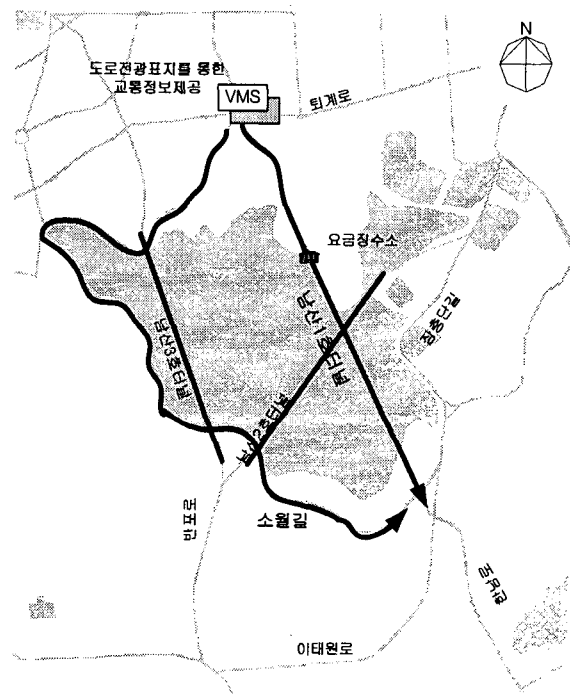


<그림 3> 교통정보제공 단계3

운전자는 두 경로 모두의 통행시간을 알기에 자신의 효율을 비교하여 경로를 선택하게 된다. 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 비교선택 할 수 있게 된다. 따라서 투명성문제는 해소되며, 경로선택의 스트레스가 거의 해소될 것이다. 이는 교통망운영에 있어서 사용자균형(user equilibrium)을 이루어 내는데 기여함으로써, 운전자들의 불만 해소에도 기여할 것이다.

III. 사례연구

남산권교통정보시스템의 1호터널과 소월길부분은 앞서 그림들에서 설정한 교통망과 거의 동일하기 때문에 본 연구의 사례연구 대상지로 선정하였다. 서울시 남산1,3호터널은 도심 유출입 차량을 우회노선으로 유도하거나 억제하여 터널 및 주변의 혼잡을 완화하고자 1996년 11월부터 혼잡통행료를 징수하고 있다. 하지만, 남산1,3호터널이 유료임에도 불구하고 열악한 도로여건으로 인한 빈번한 터널내 지체발생은 운전자들에게, 특히 통행료를 낸 운전자들에게 커다란 불만요인이었다. 이에 운전자들의 우회도로 이용활성화를 위하여 서울시는 2000년 12월부터 남산1호터널 교통정보시스템을 운영하고 있으며 현재는 남산2,3호터널 및 주변도로를 포함한 확장된 시스템을 구축운영 중에 있다.



<그림 4> 남산1호터널 교통정보시스템

<표 1> 남산권 교통정보시스템 구축 단계

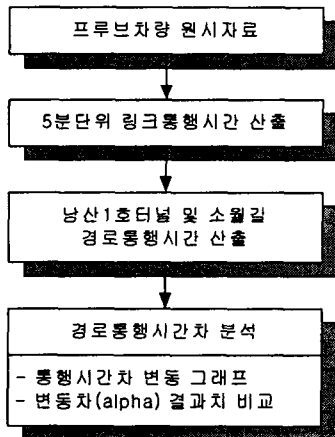
단계	시스템 개통 전 (2000년 12월 이전)	교통정보제공 (소통정보/통행시간)			
		1호터널	2호터널	3호터널	소월길
1단계	시스템 개통 전 (2000년 12월 이전)	×	×	×	×
2단계	남산1호터널 시스템 개통후 (2000년 12월 이후)	○	×	×	×
3단계	남산권 통합시스템 개통후 (2002년 6월 이후)	○	○	○	○

초기에 구축된 남산1호터널 교통정보시스템은 우회도로인

소월길에 대한 정보수집은 불가능하여 단지 1호터널에 대한 배타적인 교통정보를 제공하는 시스템으로 시작하였다. 앞서 설명한 교통정보제공 수준의 단계와 결부시켜 보면 초기의 남산1호터널교통정보시스템 구축으로 (단계1)→(단계2)로 전이된 것이고 남산권역의 통합교통정보시스템 구축으로 (단계2)→(단계3)으로 변화된 것으로 볼 수 있겠다. 본 연구에서는 (단계1)→(단계2)로 전이된 남산1호터널 교통정보시스템 개통 전후 자료를 이용하여 운전자들의 경로통행선택이 다소 용이해짐으로써 투명성문제가 개선되고 두 경로 간 통행시간 변동이 안정화 되는 지를 분석해 보았다.

우선 실시간 교통정보제공에 의한 경로선정의 투명성 개선 효과를 분석하기 위해서는 시스템 개통직후의 데이터들보다는 시스템이 안정화에 접어든 시기의 데이터들이 오히려 유용하지만 이럴 경우 전과 후 자료에 대한 계절요인이 존재할 가능성이 높아진다. 따라서 본 연구에서는 각 경로의 통행시간에 대한 계절요인의 영향을 없애기 위해서 분석항목을 남산1호터널과 우회경로(소월길)의 상대적인 통행시간차로 설정하였다. 이는 대안 경로들의 효용차이를 평가할 때, 절대적인 통행시간 값을 몰라도 대안간 통행시간의 차이를 알면 통상적인 분석이 가능하기 때문이다. 특히 이 통행시간차이는 운전자가 통행료를 지불하고 터널경로를 선택함으로써 얻을 수 있는 상대적인 효용이라고 볼 수 있다.

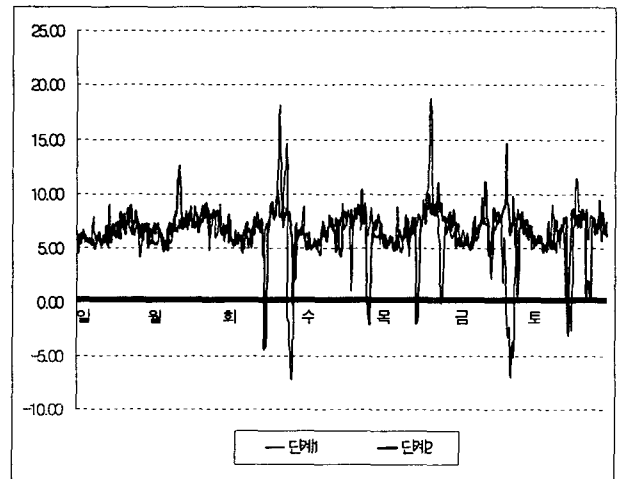
시스템 구축전과 초기시스템 구축후를 각각 1단계, 2단계라고 하고, 각 단계별로 1주일 자료를 수집하여 분석에 활용하였다. 눈과 비와 같은 날씨영향이 없는 날을 선정하였으며 전체적인 분석과정은 <그림 5>를 따랐다.



<그림 5> 분석과정

- 통행시간자료: (주)로티스의 프로브차량의 원시데이터 이용
- 각 링크별 프로브데이터를 이용 → 5분단위 평균속도를 산정 → 링크통행시간 산출
- 남산1호터널과 소월길의 경로통행시간 산출
- 남산1호터널 교통정보제공에 따른 경로통행시간차의 변동 비교

<그림 6>은 도심에서 외곽으로의 방향("외곽방면")에 대해서 시스템 개통전후의 남산1호터널과 소월길의 통행시간차를 1주일간 자료를 활용하여 시간대별로 두 경로통행시간의 차이를 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 6분 정도 크다는 것을 의미하며, 운전자들은 이시간의 단축을 위해서 통행료를 지불하고 있는 셈이다. 그림을 통해서 대안경로를 포함한 보다 상세한 교통정보를 제공함으로써 통행시간차의 변동폭이 감소한다는 것을 시각적으로 확인할 수 있다. 특히, (단계1) 정보수준에서는 통행료를 내고도 터널이용경로의 통행시간이 더 걸리는 경우가 다수 발견되었으나 (단계2)의 경우 그러한 경우가 많이 줄어든 것을 알 수 있다. 이러한 불합리한 상황은 터널이용자들에게 두 경로의 실시간 통행시간을 사전인지에 인지도 키지 못하는 상황에서 발생하는 것으로 앞서 제기한 투명성 이슈의 실증적인 사례이다. 본 사례에서 알 수 있듯이 부분적이거나 교통정보제공으로 인하여 이러한 문제를 상당히 줄일 수 있음이 확인된 것이다.



<그림 6> 남산1호터널-소월길 통행시간차
(교통정보 제공수준 단계1-단계2)

이처럼 경로통행시간에 있어서 교통망전체적으로 안정화돼 가는 현상을 계량적으로 분석하기 위해서 다음과 같이 지표 α 값을 산출하였다. α 의 산정은 연속한 시간대간 두 경로통행시간차의 변화를 통행료지불시간대와 무료시간대, 그리고 전체시간대에 대해서 구분하였다.

$$\alpha_{total} = \sum_t |d(t+1) - d(t)| \quad , t \text{ 는 모든 시간대} \quad (\text{식 1})$$

$$\alpha_{pricing} = \sum_t |d(t+1) - d(t)| \quad , t \text{ 는 유료시간대} \quad (\text{식 2})$$

$$\alpha_{nonpricing} = \sum_t |d(t+1) - d(t)|, t \text{ 는 무료시간대} \quad (\text{식 3})$$

여기서, $d(t)$ 는 시간 t 에 소월길 통행시간에서 1호터널 통과 시간을 뺀 차이를 분단위로 나타낸 값이다.

<표 2> 외곽방향 소월길/남산터널 통행시간차 변동

구분	α 값		
	개통전	개통후	변화
전체시간	518	476	-8%
유료시간	342	290	-15%
무료시간	187	201	+7%

분석결과 남산1호터널 교통정보시스템 개통후가 개통전에 비해 경로통행시간차의 변동이 8%정도 줄었음을 알 수 있다. 흥미로운 사실은 혼잡시간대인 유료시간대에 그 변동이 특히 줄어들었음을 알 수 있으며 이는 교통류자체가 부분적이거나 실시간 교통정보제공 후에 상당히 안정적으로 변화했음을 확인해 주는 것이다.

IV. 결 론

도시가로망의 교통류는 매우 불안정하여 주변교통상황에 대한 인지능력이 높은 운전자조차도 때때로 불합리한 선택을 하게 된다. 사례연구 대상지인 남산1호터널의 경우에 터널부의 지체나 유고에도 불구하고 이를 인지하지 못하여 통행료를 지불하고 터널내에 장시간 대기하게 되는 상황이 발생할 수 있다. 혼잡통행료 부과와 타당성에도 불구하고 운전자 입장에서 불만의 여지가 높은 것이다. 본 연구에서는 실제 남산1호터널과 소월길에 대해서 실시간 교통정보제공 전후로 경로통행시간차 변화도를 분석하였다. 그 결과, 남산1호터널

에 대해서만 배타적인 정보를 제공했음에도 불구하고 통행시간차의 변동이 상당히 안정화되었고, 소월길 통행시간이 남산1호터널 통행시간보다 빨라지는 통행시간 역전현상이 감소하여 부분적이거나 운전자의 통행비용사전인지개선으로 경로선택의 균형을 향상시키고 교통류의 상대적 안정을 가져와 교통관리에도 기여했음을 확인한 것이다. 사실상, 본 연구결과는 실시간 교통정보시스템이 운전자에게는 물론이고 교통관리측면에서도 매우 효과적일 수 있다는 것을 실증적으로 입증한 많지 않은 연구 중의 하나이다. 향후, 우회로를 포함한 실시간 교통정보제공 시에도 운전자들의 경로선택이 보다 편리해지고 교통류개선도 이룰 수 있음을 실증적으로 연구할 필요가 있다. 이러한 연구들은 교통정보시스템도입에 있어서 민간의 부가정보제공과 관의 기본정보제공이 동시에 가치를 가질 수 있다는 사례로서도 매우 중요한 의미가 있다.

참고문헌

1. 서울시정개발연구원(2001), “남산1호터널 교통정보시스템 모니터링”
2. 서울시정개발연구원(2001), “남산3호터널/서울역고가도로 교통정보시스템 구축 기본계획(안)”
3. 이청원(2002), “실시간교통정보에 의한 경로선택의 투명성 개선효과 -남산1호터널 교통정보시스템 사례연구를 중심으로-”, 서울도시연구, 제3권, 제2호, pp.1-9
4. Berry, D.A. and Lindgren, B.W.(1996), “Statistics Theory and Methods”, Duxbury press
5. 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
6. Hau, T.(1992), “Congestion Charging Mechanism for Roads: An Evaluation of Current Practice”, The Worldbank
7. May., A.D.(1984), “Traffic Flow Fundamentals”, Prentice Hall