

■ 論 文 ■

정보제공 서비스가 운전자 및 도로 네트워크에 미치는 영향에 대한 시뮬레이션 분석

Simulation Analysis about Effects on Highway Network and Drivers under Information Providing Service

변 완 희

(京都大學 大學院 工學研究科
土木工學專攻 博士過程)

飯田 恭敬

(京都大學 大學院 工學研究科
土木工學專攻 教授)

김 주 현

(안양대학교 도시정보공학과 부교수)

宇野 伸宏

(京都大學 大學院 工學研究科 土木工學專攻 助教授)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구 배경 및 목적
 - 2. 기존 연구의 검토
 - 3. 연구 내용
- II. 시뮬레이션
 - 1. 도로네트워크 환경 및 기본가정
 - 2. 교통류처리와 경로선택 모델 및 정보의
존도 산정방식
- 3. 시뮬레이션 분석 케이스
- III. 운전자 및 네트워크의 효율성과 신뢰성 분석
 - 1. 분석개요
 - 2. 소요시간 분석
 - 3. 예측소요시간의 오차분석
 - 4. 정보의존도
- IV. 결론
참고문헌

Key Words : ITS, 정보제공, 경로선택 행동, 시뮬레이션, 소요시간 효율성, 소요시간 신뢰성, 정보의존도

요 약

휴대폰이나 카네비게이션 시스템과 같은 개인단말기에 의한 교통정보 제공 서비스의 시행을 위해서는 정보제공 서비스가 사회적 편익과 개인적 편익에 미치는 영향 분석이 선행되어야 한다. 이를 위해, 본 연구에서는 시뮬레이션을 활용하여 교통정보 제공 서비스가 도로 네트워크에 미치는 영향과 정보를 이용하는 운전자와 정보를 이용하지 않는 운전자에 대한 차이를 소요시간 분석, 소요시간 예측오차 분석, 그리고 정보의존도 분석 등을 통해 밝히고 있다.

소요시간 분석과 소요시간 예측오차 분석 결과에 의하면, 네트워크 내에 정보를 이용하는 운전자가 증가하면서 네트워크의 소요시간과 소요시간 예측오차는 감소하는 경향을 나타냈다. 또, 소요시간과 소요시간 예측오차에 있어서, 정보를 이용하지 않는 운전자에 대한 정보 이용 운전자의 상대적 편익은 1일 교통량 변동이 크고, 정보이용률이 낮은 상황에 한하여만 나타났다.

또, 정보의존도 분석 결과에 의하면, 도로 네트워크 내에 정보 이용 운전자들이 많아지면 운전자들은 정보에 더 많이 의존하게 되는 것으로 나타났다. 또, 혼잡한 교통상태에서는 정보 역시 정확도가 떨어지므로 정보의존도가 낮고, 교통량이 적기 때문에 소통원활한 경우는 정보의존도가 낮고, 반대로 교통량이 많지만, 도로 이용효율이 높아 생기는 소통원활의 경우에는 높은 정보의존도를 보였다.

본 연구 결과로부터, 어느 정도의 정보이용률까지는 정보이용 운전자들이 증가하면, 네트워크는 도로 이용효율이 향상되어 소요시간 효율성과 신뢰성 등이 향상되고, 운전자의 소요시간 예측오차는 감소한다는 것을 알 수 있었다.

1. 서론

1. 연구 배경과 목적

ITS 기술에 의한 교통정보 제공 서비스는 정체 완화, 사고 감소, 환경 개선, 에너지 절약 등의 사회적 편익과 신속성, 안전성, 쾌적성, 경제성 등의 개인적 편익을 향상시키는 것을 목표로 하고 있다. 그러나, 이러한 서비스의 시행을 위해서는 제공정보의 내용이나 정확도 역시 중요하지만 먼저, 정보제공 서비스가 사회적 편익과 개인적 편익 모두에 끼치는 영향 분석이 선행되어야 한다고 생각한다.

이를 위해, 본 연구는 교통정보 제공 서비스, 특히 카네비게이션 시스템과 휴대폰과 같은 개인 단말기를 통한 교통정보서비스가 도로 네트워크에 어떠한 영향을 미치는가 그리고, 정보를 이용하는 운전자는 정보를 이용하지 않는 운전자에 대해 어떠한 차이가 있는가를 시뮬레이션을 통해 밝힘으로써 향후, 바람직한 교통정보 제공 방안의 기초를 마련하는데 목적을 두고 있다.

2. 기존 연구의 검토

정보의 정확성과 정보의존도 및 경로선택 행동 분석, 그리고 정보제공 효과와 관련된 연구를 살펴보면 다음과 같다.

Fujii 외(2001)와 Nakayama 외(2000)는 “운전자는 정보의 정확성이 높아질수록 경험에 대한 상대적인 정보의존도를 높이지만, 주행경험이 증가할수록 정보에 대한 의존도를 약화시킨다”라는 연구결과를 제시하였다. 그리고, Srinivasan 외(1999)는 운전자의 경로선택 메커니즘에 관해서 “혼잡이 증가할수록 많은 운전자들이 정보를 따르게 되나, 정보의 신뢰성이 떨어질수록 정보를 따르지 않게 된다”고 하였다.

또, Iida 외(1999)는 “한번 형성된 운전자의 경로선택 메커니즘은 정보의 정확도가 변화해도 단기간 내에는 정확도에 대한 인지를 변화시키지 않으며, 정보획득의 여부가 운전자의 경로선택 메커니즘을 구조적으로 변화시킨다”는 연구결과를 제시하였다.

Adler 외(1993)는 심리학의 갈등이론을 통해 “운전자는 통행목표를 달성하는 방향으로 행동한다. 즉, 경험의 변경은 자신의 현 경로를 지속하는 경우, 통

행목표를 달성할 수 없다고 판단이 들 때 행하게 된다”는 연구결과를 발표하였다. 정보제공의 효과에 관해 吉井 외(2000)는 “OD 패턴에 변화가 있는 경우는 정보제공의 효과가 있다고 말할 수 있지만, 평상시에는 지체가 일어난 경우만 효과가 있고 그 외에는 큰 정보효과를 기대할 수 없다”고 하였다.

또, 森律 외(1992)는 “경로유도의 차량이 70%을 넘어서는 상황에서는 정보의 효과는 감소한다”라는 결과를 제시하였고, Mahmassani 외(1991)도 “운전자가 최단소요시간의 경로를 선택한다고 가정할 때, 정보를 이용하는 운전자의 비율이 어느 정도 이상이 되면 그 비율이 증가함에 따라 교통상황이 악화한다”고 지적하였다.

기존의 연구를 살펴본 결과, 정보의 정확도를 동적으로 고려하고 있지 못하고 있음을 알 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 운전자의 정보에 대한 정확도를 자신의 경험과 제공받은 정보 사이에서 동적으로 처리될 수 있도록 하였다. 또, 정보제공 효과의 평가지표가 소요시간에 한정되어 있는데, 본 연구에서는 정보제공 효과를 분석하는데 있어 보다 다양한 분석지표를 고려하고 있다. 이외에도, 정보 이용 운전자와 정보를 이용하지 않는 운전자들간의 차이 역시 분석하여야 한다고 생각한다.

3. 연구 내용

본 연구에서는 정보제공에 의한 영향을 파악하기 위해 소요시간 분석 뿐만 아니라 소요시간 예측오차 분석, 그리고 정보의존도 분석 등 다양한 분석지표를 활용한다.

이에 따라, 본 연구에서는 우선 다양한 교통상황과 정보이용률 하에서의 운전자의 경로선택 행동 데이터를 얻기 위하여 시뮬레이션을 개발한다. 그리고, 시뮬레이션을 활용하여 소요시간 분석과 소요시간 예측오차를 분석하며, 이들 분석을 통해 경험이용층에 대한 정보이용층의 상대적인 소요시간 효율성 즉, 소요시간 편익을 파악하고, 네트워크 전체의 소요시간 효율성 및 소요시간 신뢰성을 밝힌다. 또한, 정보의 이용 가치 및 정보의 신뢰성을 파악하기 위해 정보의존도 분석을 수행한다.

여기서, 소요시간 효율성은 외부 환경의 어떤 변화에 대해 소요시간이 증가했는가 감소했는가와 관련이

있다. 가령, 정보를 제공함에 의해 평균 소요시간이 10분에서 20분으로 증가했다면, 소요시간 효율성은 낮아졌다고 하며, 반대로 10분에서 5분으로 감소하였다면 이 때의 소요시간 효율성은 높아졌다고 표현한다.

또, 소요시간 신뢰성은 도로의 소요시간의 분포와 관련이 있고, 표준편차로부터 파악할 수 있다. 가령, 표준편차가 10분인 도로와 20분인 도로가 있다고 할 때, 표준편차가 10분인 도로는 소요시간 신뢰성이 높은 도로이며, 반대로 표준편차가 20분인 도로는 소요시간 신뢰성이 낮은 도로라고 한다.

II. 시뮬레이션

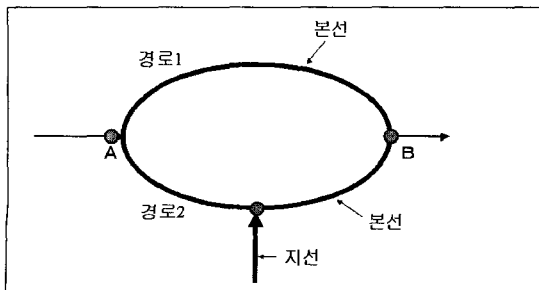
1. 도로네트워크 환경 및 기본가정

1) 도로 네트워크 및 교통상태

시뮬레이션에서 네트워크의 교통류는 본선과 지선에서 발생된 교통수요에 의해 결정되며, 네트워크 교통상태의 소요시간 예측 불확실성을 표현하기 위해 지선의 교통수요를 변화시킨다. 지선의 교통수요는 1일 교통량 변동이 작은 경우와 큰 경우로 나누어 표현하고 있는데, 1일 교통량 변동이 작은 경우는 지선에서 발생하는 교통량에 작은 변화만을 주며, 1일 교통량 변동이 큰 경우는 매일 발생하는 교통량을 크게 세가지로 구분하여 적용하고 있다.

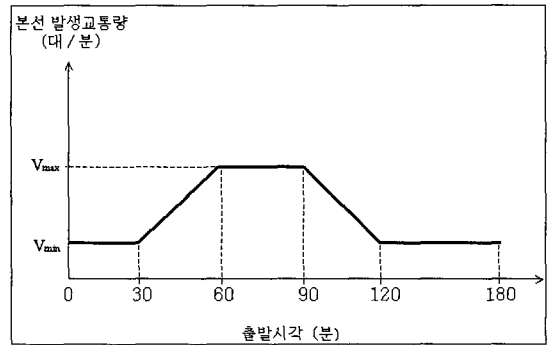
<그림 1>에서 보이는 바와 같이 시뮬레이션은 경로 1과 경로 2로 구성된 본선에 지선이 포함된 단순한 형태의 도로 네트워크를 갖는다.

<그림 2>에서는 본선에서 발행하는 최대교통수요(V_{max})는 분당 105대, 최소교통수요(V_{min})는 분당 30대로 하였다.

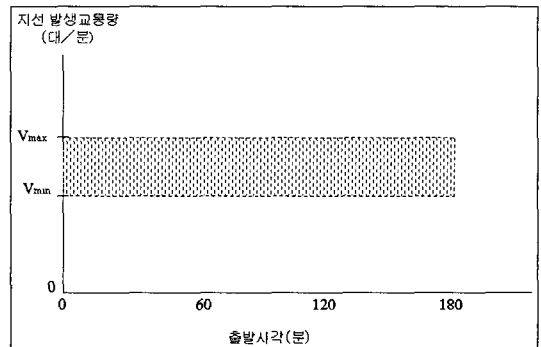


<그림 1> 도로 네트워크

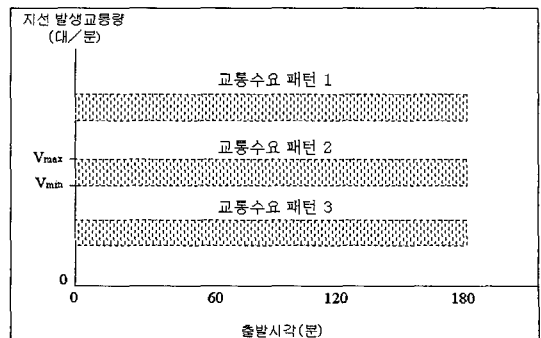
<그림 3(a)>의 지선 교통수요에서 1일 교통량 변동이 작은 경우는 V_{max} 가 분당 30대, V_{min} 은 분당 20대로 지선에서 발생하는 교통량은 이 사이에서 무작위로 결정된다. 그리고, <그림 3(b)>의 1일 교통량 변동이 큰 경우는 세 개의 서로 다른 수요 패턴 가운데 하나가 매일 무작위로 선택되며, 선택된 수요 패턴의 V_{max} 와 V_{min} 사이에서 교통량은 또 한번 무작위로 결정된다. 수요 패턴별 V_{min} , V_{max} 는 각각 분당 [5대~15대], [20대~30대], 그리고, [35대~45대]이다.



<그림 2> 본선의 교통수요



(a) 1일 교통량 변동이 작은 지선의 교통수요



(b) 1일 교통량 변동이 큰 지선의 교통수요

<그림 3> 1일 교통량 변동이 큰 지선의 교통수요

2) 시뮬레이션에서의 가정 및 전제 조건

- 운전자는 자신의 경험과 제공된 정보를 이용하여 자신의 주행경로를 선택하려 한다. 단, 정보의 이용은 정보이용층 운전자만이 가능하다.
- 운전자는 자신의 경험을 전부 기억하고 있고, 경로 선택시 경험의 평균치를 이용한다.
- 운전자들은 출근통행자이며 매일 같은 시각에 출발한다.
- 제공정보는 현재 시점의 도로의 상태를 반영하고 있는 실시간 정보이며, 운전자는 경로선택시점에서 정보를 제공받아야 하므로 정보의 갱신주기는 1분이 된다.

3) 기존시뮬레이션과의 차이

다양한 기능과 범용성을 갖는 기존의 시뮬레이션 툴인 VISSIM, MITSIM, INTEGRATION 등과 달리 본 연구의 시뮬레이션은 운전자의 정보에 대한 의존도를 동적으로 처리하고 있으며, 시뮬레이션 내에서 하나의 교통량(운전자)을 하나의 개체로서 관리함으로써, 제공받는 정보 및 주행경험이 운전자마다 별도로 처리, 저장관리하고 있다.

2. 교통류처리와 경로선택 모델 및 정보의존도 산정 방식

1) 속도 밀도 관계식

시뮬레이션에서 교통류 처리는 블록밀도법을 사용하고 있으며, 속도 밀도 관계식으로서는 혼잡상황의 재현이 우수한 언더우드(Underwood)식을 적용한다.

$$u_j(t) = u_f \cdot e^{-\frac{k_j(t)}{k_c}} \tag{1}$$

- $u_j(t)$: 시간 t, 블록 j에서의 속도
- u_f : 자유류 속도
- $k_j(t)$: 시간 t, 블록 j에서의 밀도
- k_c : 임계밀도

2) 운전자 계층과 경로선택의 원칙

운전자는 정보이용층, 경험이용층, 경로고정층 등 3개 층으로 구성하였다. 정보이용층은 자신의 경험뿐만

아니라 외부에서 제공되는 소요시간 정보까지 이용하는 운전자층이고, 경험이용층은 자신의 주행경험만을 이용하는 운전자층이다. 또, 경로고정층은 정보와 경험 어느쪽도 이용하지 않으며, 어느 한 특정 경로만을 고집하는 운전자 층이다. 경로고정층은 시뮬레이션이 갖는 민감성을 완화시키기 위한 수단으로서만 사용하고 있을 뿐으로, 인간은 획득 가능한 정보를 토대로 의사결정을 내린다는 합리성¹⁾에 위배되는 계층으로서 본 연구에서는 분석대상에서 제외하였다.

시뮬레이션에서 운전자는 대안경로 중에서 가장 빠른 시간 내에 목적지에 도착할 것으로 예상되는 경로를 선택한다. 이를 위해, 정보이용층 운전자는 소요시간 예측에 자신의 경험과 제공된 정보를 모두 활용하며, 경험이용층 운전자는 자신의 경험만을 활용할 수 있다. 그리고, 경로고정층은 자신의 경험과 정보에 관계없이 시뮬레이션 초기에 한번 결정된 경로를 계속 선택한다.

3) 예측 소요시간과 실제소요시간의 산정식

운전자의 예측 소요시간의 산정식은 다음과 같다.

$$t^A = \beta t^I + (1 - \beta)t^E \tag{2}$$

- t^A : 운전자의 예측 소요시간
- t^I : 제공된 소요시간 정보
- t^E : 경험예측 소요시간
- β : 정보의존도, 경험이용층의 경우에는 이 값이 항상 0이 된다.

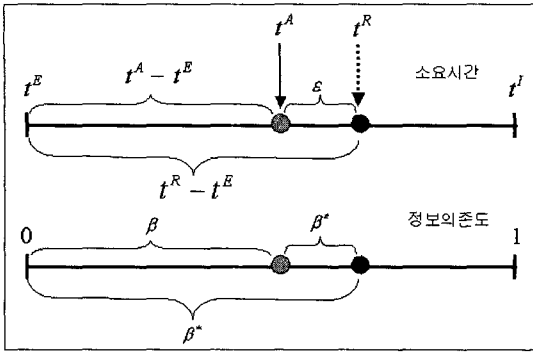
식(2)는 운전자의 경로에 대한 예측소요시간이 자신이 제공받은 소요시간 정보와 자신이 축적한 경험 사이에 존재하고 있음을 의미한다.

본 시뮬레이션은 시각별 발생 교통수요의 한 교통량(혹은 운전자)을 개체로서 관리하고 있으며, 따라서, 출발시각과 목적지에의 도착시각이 모두 기록된다. 따라서, 실제소요시간의 산정은 프로그램 내부에서 이들 시각의 차이를 통해 간단하게 구할 수 있다.

4) 정보의존도 산정식

정보의존도는 정보이용층 운전자의 경험에 대한 정

1) Baron, J.(1994). Thinking and Deciding(2nd ed.). Cambridge University Press.
합리적인 의사결정이란, 문제의 중요성에 따라 자신의 목표, 가능한 대안과 정보를 편향 없이 찾고, 사소한 양이나 질에 의해 적절한 정도의 확신을 가지고 결정하는 것을 의미한다.



〈그림 4〉 정보의존도의 갱신

보에의 상대적인 의존 정도를 나타내며, 이로부터 운전자의 정보에 대한 주관적인 가치, 즉 정보이용 가치를 파악할 수 있다.

본 연구에서 정보의존도는 경험에 대한 정보의 상대적인 정확도에 의해 결정되며 0과 1사이의 값을 갖는다. 여기서, 0은 운전자가 정보에 전혀 의존을 하지 않음을, 1은 정보에 절대적으로 의존함을 의미한다.

운전자는 주행 직전 정보의존도(β)를 식(2)에 적용하여 목적지까지의 소요시간을 예측한다(t^A). 주행 직후 목적지에 도착한 운전자는 자신이 예측한 소요시간(t^A)과 실제 소요시간(t^R)의 차이를 비교하고, 그 차이에 해당하는 정도의 정보의존도(β^ϵ)를 더하거나 뺌으로써 정보의존도를 새롭게 갱신(β^*)한다고 가정한다.

따라서, 주행 직후의 갱신된 정보의존도는 식(3)과 같이 표현한다. 식(2)를 참고해서 〈그림 4〉을 보면, β 가 0이면, t^A 는 t^E 가 되고, β 가 1이면 t^A 는 t^I 가 된다. 결국, t^A 는 β 의 위치와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

$$\beta^* = \beta + \beta^\epsilon \text{ (또는 } \beta^* = \beta - \beta^\epsilon \text{)} \quad (3)$$

- β^* : 주행직후 갱신된 정보의존도
- β : 주행직전 적용한 정보의존도
- β^ϵ : 예측오차 정보의존도
- t^I : 제공된 소요시간 정보
- t^E : 경험에 의한 예측 소요시간
- t^A : 운전자의 예측 소요시간
- t^R : 실제 소요시간

단, 식(3)의 괄호는 〈그림 4〉에서 t^A 와 t^R 의 위치가 반대일 경우에 적용된다.

β 를 식(2)로부터 구하면 식(4)와 같다.

$$\beta = \frac{t^A - t^E}{t^I - t^E} \quad (4)$$

식(4)는 〈그림 5〉의 t^E 에서 t^I 까지의 크기에 대한 t^E 에서 t^A 까지의 크기의 비율과 같다. 따라서, 이를 이용하면 β^ϵ 를 구할 수 있다.

$$\beta^\epsilon = \frac{t^R - t^A}{t^I - t^E} \quad (5)$$

식(4)와 식(5)를 식(3)에 대입하여 β^* 를 구하면 식(6)와 같다.

$$\beta^* = \frac{t^R - t^E}{t^I - t^E} \quad (6)$$

여기서,

- $\beta^* > 1.0$ 의 경우, $\beta^* = 1.0$
- $\beta^* < 1.0$ 의 경우, $\beta^* = 0$

3. 시뮬레이션 분석 케이스

시뮬레이션은 지선의 발생 교통수요를 통해 네트워크의 소요시간 예측 불확실성을 표현하고 있다. 이를 위해 지선에서는 1일 교통량 변동이 작은 교통량과 1일 교통량 변동이 큰 교통량을 발생시킨다.

또, 네트워크의 모든 운전자 중에서 경로고정층 40%를 제외한 나머지 60%의 운전자들만을 분석 대상으로 하고 있으며, 이 60%의 운전자 내에서 정보이용층 비율을 0%~100%까지 10%씩 증가시켜 가며 시뮬레이션을 수행한다.

따라서, 네트워크의 소요시간 예측 불확실성과 정보이용층 비율 등 이 두가지 조건을 조합한 시뮬레이션의 분석 케이스는 총 22개이다.

- 네트워크의 불확실성(2개 케이스)
 - 지선의 1일 교통량 변동이 작은 경우
 - 지선의 1일 교통량 변동이 큰 경우
- 네트워크의 정보이용률(11개 케이스)
 - 정보이용층의 비율 0%~100%에 대하여 10% 단위로 증가시키며 시뮬레이션 수행

III. 운전자 및 네트워크의 효율성과 신뢰성 분석

1. 분석개요

시물레이션은 출근 통행을 가정하고 있기 때문에 운전자의 경험은 많을수록 좋다고 할 수 있다. 하지만, 본 연구의 시물레이션은 운전자 개개인을 다루는 미시적 수준의 시물레이션이기 때문에 발생 데이터량이 많다. 따라서, 시물레이션 수행일수는 운전자에게 충분한 경험을 축적 시킬과 동시에 컴퓨터 분석에 문제가 없는 범위 내에서 찾아야 한다. 이를 위해, 다수의 시물레이션 테스트를 행한 결과 100일이 바람직한 것으로 나타났다.

또, 분석일에 있어서는 본 시물레이션이 지선의 1일 교통량 변동이 존재하기 때문에 1일 데이터의 분석만으로는 결과가 왜곡될 가능성이 있다. 따라서, 이와 같은 문제를 최소화 하기 위해 마지막 5일간의 데이터를 활용한다.

분석 내용과 분석에 사용되는 분석지표는 <표 1>과 같다.

2. 소요시간 분석

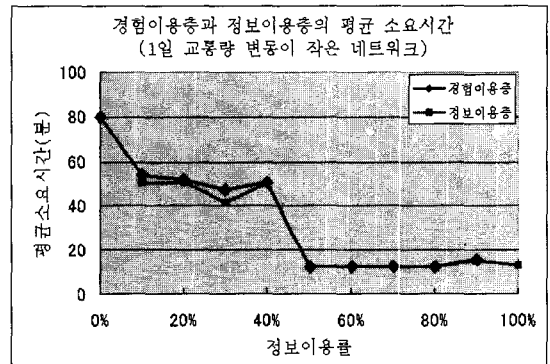
본 절에서는 정보제공에 따른 경험이용층과 정보이용층의 평균 소요시간을 분석하여 운전자의 소요시간

효율성을 파악하고, 경로 및 네트워크 전체의 소요시간 및 표준편차 분석을 통해 네트워크의 소요시간 효율성과 소요시간 신뢰성을 분석한다.

1) 1일 교통량 변동이 작은 네트워크에서의 소요시간의 분석

<그림 5>는 네트워크의 정보이용률이 증가함에 따라, 경험이용층과 정보이용층의 평균소요시간이 어떠한 변화와 차이를 보이는가를 나타내고 있다.

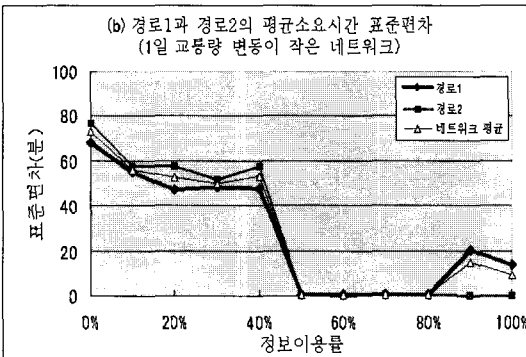
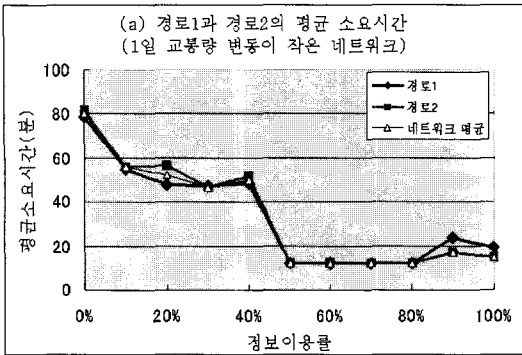
<그림 5>에서 보이는 바와 같이 정보이용층과 경험이용층은 소요시간에서 차이를 보이지 않고 있다. 그리고, 정보이용층이 증가하면서 경험이용층과 정보이용층 모두 소요시간은 감소 경향을 보이고 있다



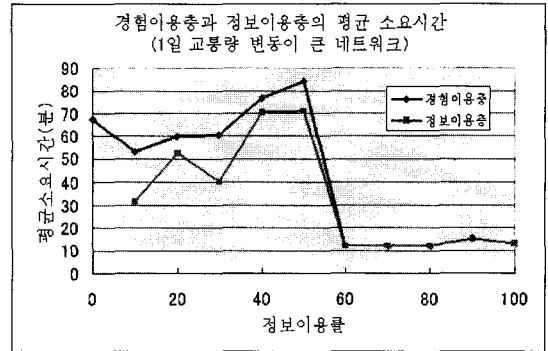
<그림 5> 운전자의 평균 소요시간

<표 1> 분석 내용 및 분석지표

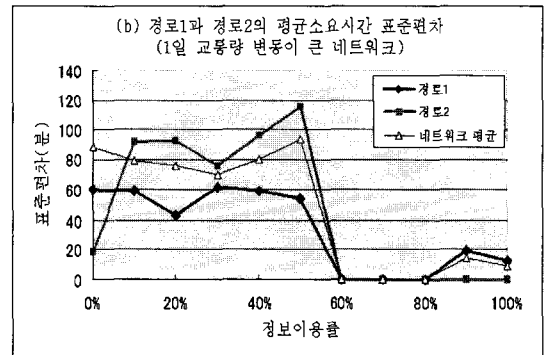
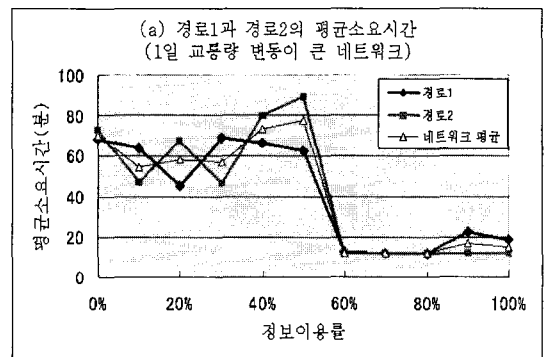
분석명	분석 내용	분석 지표
소요시간 분석	정보이용층과 경험이용층의 평균소요시간을 분석하여 소요시간 효율성을 파악한다.	평균 소요시간, $t^R(avg)$ $t^R(avg) = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^{M_k} t_{m,k}^R}{\sum_{k=1}^K M_k}$ m : 운전자, k : 시간대 M _k : k시간대의 총운전자수
	경로의 평균소요시간과 표준편차의 차이를 분석하여 네트워크의 소요시간 효율성 및 소요시간 신뢰성을 파악한다.	
소요시간 예측오차 분석	정보이용층과 경험이용층의 소요시간 예측오차 분석을 통해 각 운전자층의 스케줄 관리의 정확성을 파악한다.	평균 소요시간 예측오차, $\epsilon^A(avg)$ $\epsilon^A(avg) = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^{M_k} t^R - t^A _{m,k}}{\sum_{k=1}^K M_k}$
정보의존도 분석	다양한 네트워크에서의 정보의존도 분석을 통해 정보 이용 가치를 파악한다.	평균 정보의존도, $\beta(avg)$ $\beta(avg) = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^{M_k} \beta_{m,k}}{\sum_{k=1}^K M_k}$



〈그림 6〉 경로간 평균 소요시간 및 표준편차



〈그림 7〉 운전자의 평균소요시간



〈그림 8〉 경로간 평균소요시간 및 표준편차

또, 〈그림 6〉은 경로의 평균소요시간 및 표준편차를 제시하고 있는데, 여기에서 경로의 평균 소요시간 및 표준편차는 두 경로 모두 정보이용률이 증가함에 따라 감소하고 있고, 네트워크의 평균 소요시간 및 표준편차 역시 감소하고 있다.

여기서, 네트워크의 평균은 고정층을 포함한 평균이다.

1일 교통량변동이 작은 네트워크에서는 경험이용층에 대한 정보이용층의 상대적인 소요시간 효율성은 보이지 않았다. 그러나, 모든 운전자 계층 및 네트워크 전체에 대해 소요시간 효율성과 소요시간 신뢰성은 정보이용률이 증가에 따라 크게 향상되었다.

2) 1일 교통량변동이 큰 네트워크에서의 소요시간의 분석

〈그림 7〉에서 보이는 바와 같이 정보이용률이 낮은 네트워크에서는 정보이용층이 경험이용층에 비해 소요시간과 표준편차 모두에서 작은 값을 보였지만, 정보이용률이 높은 네트워크에서는 차이가 나타나지 않았다.

또, 정보이용률이 높은 네트워크에서는 경험이용층과

정보이용층 모두 소요시간과 표준편차가 감소하는 경향을 뚜렷하게 보이고 있다.

또, 〈그림 8〉에 의하면 경로의 소요시간 및 표준편차의 감소 경향을 정보이용률이 낮은 비율에서는 확인할 수 없지만, 정보이용률이 높은 네트워크에서는 크게 감소하고 있다. 또한, 네트워크 전체에 있어서도 정보이용률이 높은 경우 소요시간과 표준편차가 크게 감소하였다.

1일 교통량 변동이 큰 네트워크에서는, 경험이용층에 대한 정보이용층의 상대적인 소요시간 효율성은

정보이용률이 작은 경우에만 나타나고 있고, 반대로 정보이용률이 높은 네트워크에서는 이러한 정보이용률의 편익이 보이지 않았다. 그러나, 모든 운전자 및 네트워크 전체의 소요시간 효율성과 소요시간 신뢰성은 크게 향상되었다.

3) 소요시간 분석 결과

소요시간 분석에 의하면 정보이용률의 증가에 따라 네트워크의 소요시간과 그 표준편차는 감소하였다. 다시말해, 네트워크의 소요시간 효율성과 소요시간 신뢰성은 향상되었다.

또, 경험이용률에 대해 정보이용률의 상대적인 소요시간 이득은 1일 교통량 변동이 크고 정보이용률이 낮은 경우에 한해서만 나타났다. 이것은 1일 교통량 변동이 클 때는, 경험은 부정확해지기 때문이며, 정보이용률이 낮은 경우는 소수의 정보이용자만이 빠른 도로에 대한 정보를 이용할 수 있기 때문이라고 판단된다.

소요시간 분석 결과, 교통정보의 제공을 통해 네트워크의 소요시간 효율성과 소요시간 신뢰성 등의 향상이라는 바람직한 결과를 얻을 수 있지만, 정보이용률의 소요시간 편익은 제한된 상황하에서만 나타난다는 것을 알 수 있었다.

3. 예측소요시간의 오차분석

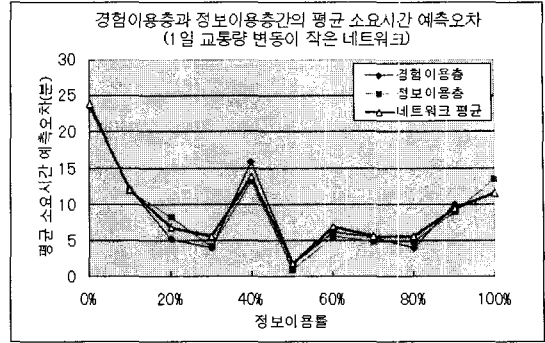
경로에 대한 소요시간 예측이 정확하면 정확할수록 운전자는 자신의 스케줄 관리가 용이해진다고 할 수 있다. 만약, 정보제공을 통해 스케줄 관리가 보다 정확해진다면, 이것은 목표 도착시간에 대해 조기도착이나 지각을 줄일 수 있다는 점에서 정보제공의 효과 중 하나라고 할 수 있다.

본 장에서는 정보제공에 의한 스케줄 관리의 정확성을 파악하기 위해 정보이용률과 경험이용률간의 평균 소요시간 예측오차를 분석한다.

소요시간 예측오차는 실제소요시간과 예측소요시간의 차이의 절대값으로 하였다.

1) 1일 교통량 변동이 작은 네트워크에서의 소요시간 예측오차 분석

<그림 9>에서 보이는 바와 같이 1일 교통량 변동이 적은 경우에는 경험이용률과 정보이용률의 소요시간

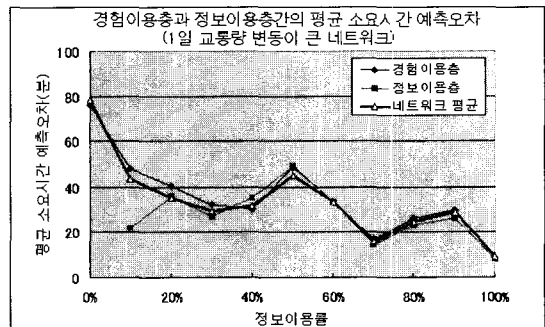


<그림 9> 1일 교통량 변동이 작은 네트워크에서 운전자의 소요시간 예측오차

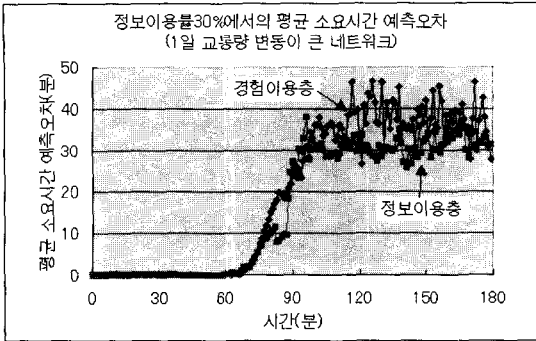
예측오차에 거의 차이를 볼 수 없다. 또, 80% 이상의 정보이용률이 높은 곳에서는 예측오차가 다시 증가하는 경향이 보이긴 하지만, 전체적으로는 정보이용률이 증가함에 따라 경험이용률과 정보이용률 모두 감소 경향을 보이고 있다. 네트워크 전체에 대해서도 같은 결과를 보이고 있다.

2) 1일 교통량 변동이 큰 네트워크에서의 예측소요시간의 오차분석

<그림 10>을 보면, 정보이용률이 작은 비율에서는 경험이용률에 비하여 정보이용률의 소요시간 예측오차는 작은 값을 보이고 있다. 또, 정보이용률이 증가함에 따라 경험이용률과 정보이용률 50%에서 예외를 보이긴 하지만 대체로 감소경향을 보이고 있고, 네트워크 전체에 대해서도 같은 결과를 보이고 있다. 예외의 경우가 나타나는 것은 본 시뮬레이션이 무작위로 발생되는 1일 교통량 변동 혹은 개인의 축적된 경험에 의해 동일한 상황에서도 시뮬레이션 결과는 조금씩 차이가 있기 때문이라고 생각한다.



<그림 10> 1일 교통량 변동이 큰 네트워크에서 운전자의 소요시간 예측오차



〈그림 11〉 정보이용률 30%에서의 시간대별 소요시간 예측오차

경험이용층과 정보이용층의 소요시간 예측오차의 차이를 좀더 명확하게 파악하기 위하여 정보이용률 30%에서의 시간대별 소요시간 예측오차를 〈그림 11〉에서 제시하고 있다. 여기서, 발생교통량이 적은 앞시간대에는 큰 차이가 없지만, 대략 100분대 이후에는 경험이용층과 정보이용층간에 분명한 차이를 보이고 있다.

3) 소요시간 예측오차 분석 결과

소요시간 예측오차 분석에 의하면 경험이용층에 대한 정보이용층의 소요시간 예측오차는 1일교통량 변동이 크고, 정보이용률이 낮은 경우에서 나타나고 있음을 알았다. 그러나, 네트워크 전체로 볼때는 정보이용률의 증가에 따라 소요시간 예측오차는 감소경향을 보였다.

이러한 결과는, 정보이용층은 경험이용층에 비하여 1일 교통량 변동이 크고, 정보이용률이 낮은 상황에서 보다 정확한 예측을 통해 지각 혹은 조기 도착할 가능성이 작아지는 편익을 얻게되나, 정보이용률이 증가하게 되면서, 이러한 편익은 네트워크 전체적으로 커지고 있음을 말하고 있다.

4. 정보의존도

정보의존도는 운전자가 느끼는 정보에 대한 주관적 가치, 즉 정보이용 가치와 깊은 관계가 있다. 예를 들어, "정보의존도가 높다"라는 것은 운전자가 자신의 경험보다 제공되는 정보를 보다 많이 참조한다는 의미이고, 동시에 정보가 경험보다 더 정확함을 의미한다. 간단히 말하면, "정보의 이용가치는 높다"라는 것

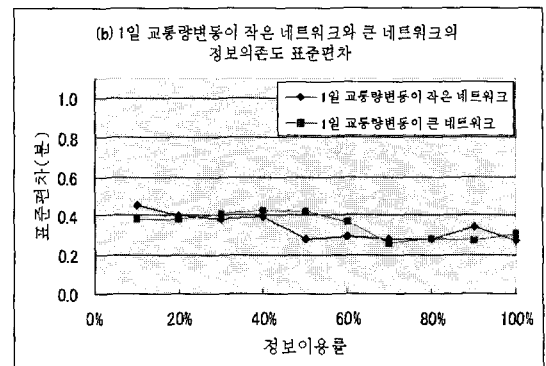
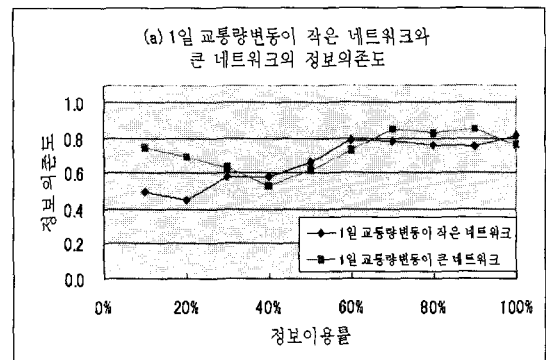
과 같은 의미인 것이다.

본 장에서는 정보이용률과 네트워크의 교통상태에 따른 정보의존도의 변화를 분석하고 있다.

1) 정보이용률에 따른 정보의존도 분석

〈그림 12〉를 보면, 1일 교통량 변동에 관계 없이 정보이용률이 증가함에 따라 정보의존도는 증가하고 있고, 운전자들의 정보의존도 변동을 의미하는 표준편차 역시 정보이용률이 증가하면서 작은 값을 보였다. 또, 정보이용률이 낮은 네트워크에서는 1일 교통량 변동이 큰 네트워크가 1일 교통량 변동이 작은 네트워크에 비해 좀더 높은 정보의존도를 보이지만, 정보이용률이 높아지면서 1일 교통량 변동에 의한 차이는 사라지면서, 높은 정보의존도를 보였다.

정보이용률이 낮은 경우에 있어서 1일 교통량 변동의 대소의 차이는, 1일 교통량 변동이 작은 경우는 경험 역시 정확하므로 정보의존도가 낮게 나타난 것으로 판단된다. 반대로 1일 교통량 변동이 큰 경우는 경험의 정확도가 떨어지므로 정보의존도는 높게 나타난 것이다.



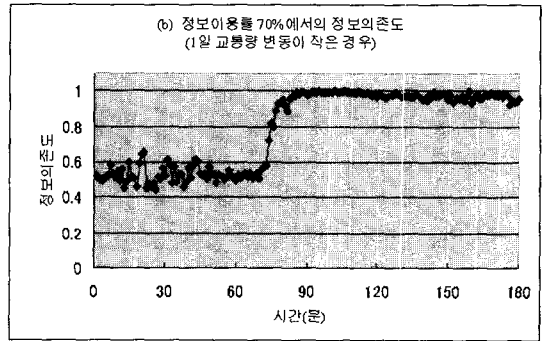
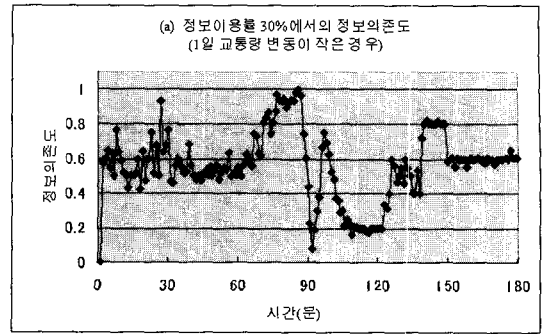
〈그림 12〉 정보이용률에 따른 정보의존도

2) 네트워크의 교통상태별 정보의존도 분석

1일 교통량변동이 작은 경우에 있어서 정보이용률이 30%인 경우와 70%인 경우에 대하여 각각 시간대별 평균소요시간을 <그림 13>에, 시간대별 정보의존도를 <그림 14>에서 제시하고 있다. <표 2>는 평균 정보의존도와 교통상태를 제시하고 있다.

<그림 14>을 보면, (a)의 30%와 (b)의 70% 모두, 80분까지의 정보의존도는 대체로 중간에 위치하고 있음을 볼 수 있다. 이는 네트워크의 교통량이 작기 때문에 경험 역시 정확하므로 정보의존도가 대체로 중간에서 나타내고 있다고 판단된다.

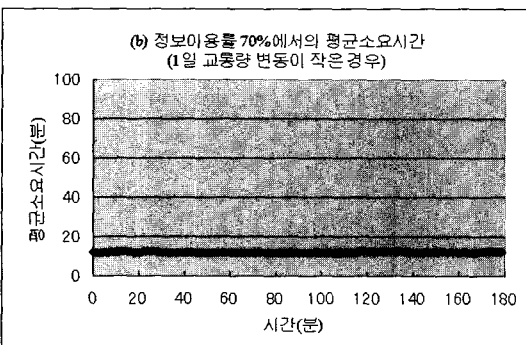
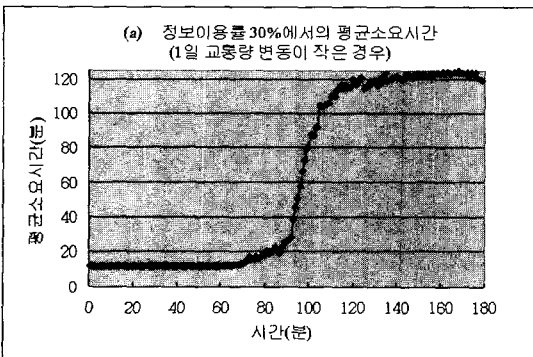
그러나, 80분 이후를 보면, 그림 14의 (a)와 (b)는 큰 차이를 보이고 있다. (a)의 경우는 정보의존도의 변동도 심하고, 낮은 값을 보이고 있는데, 이런 경우는 제공된 정보가 경험보다 더 정확하지 않기 때문에 나타나고 있다고 생각한다. 그러나, (b)의 경우는 높은 정보의존도를 보이고 있다. 이것은 정보이용자들이 많아지면서 정보이용자에 의한 네트워크의 도로 이용률이 향상되어 소통원활한 상태를 유지하게 되고, 따라서 정보의존도가 높아지게 된 것이라고 생각한다.



<그림 14> 시간대별 정보의존도

<표 2> 시간대별 정보의존도와 교통상태

시간대(분)		정보이용률	
		30%	70%
1~80	정보의존도	0.60	0.60
	교통상태	소통원활	소통원활
81~180	정보의존도	0.53	0.98
	교통상태	소요시간크다	소통원활



<그림 13> 시간대별 평균소요시간

3) 정보의존도 분석 결과

정보의존도 분석에서는 정보이용률이 높아지면서 1일 교통량 변동에 관계없이 높은 정보의존도와 작은 표준편차를 보여주었는데, 이것은 네트워크 내의 정보이용률이 높아지면서 네트워크의 이용효율이 높아지기 때문에 나타나는 현상이라고 생각한다.

교통상태별 정보의존도 분석에서는 동일한 소통원활한 교통상태라 할지라도 네트워크의 교통량이 적을 때는 경험 역시 정확하므로 낮은 정보의존도를 보였고, 교통량이 많을 때의 소통원활은 정보이용자의 도로 이용효율이 높기 때문으로, 결국, 높은 정보의존도를 제시하였다고 판단된다. 또, 교통량이 많고 교통상태가 원활하지 않은 경우는 제공된 정보 역시 정확할 수 없으므로 정보의존도는 낮고, 변동이 큰 값들을 제시하고 있다고 판단된다.

IV. 결론

ITS 기술에 의한 교통정보 제공 서비스는 정체 완화, 사고 감소, 환경 개선, 에너지 절약 등의 사회적 편익과 신속성, 안전성, 쾌적성, 경제성 등의 개인적 편익을 향상시키는 것을 목표로 하고 있다. 따라서, 이러한 서비스의 시행을 위해서는 정보에 의한 영향 분석이 네트워크 사회적 편익과 개인적 편익이라는 두 가지 관점 모두에서 선행되어야 한다.

이를 위해, 본 연구에서는 시뮬레이션을 이용, 다양한 교통상황하에서 정보제공이 운전자와 네트워크에 미치는 영향을 분석하였다.

“높은 정보이용률 하에서는 네트워크 교통류에 악영향이 있다”고 하는 연구 결과는 기존연구에서 이미 충분히 제시하고 있다. 따라서, 이처럼 매우 높은 정보이용률에서의 효과 분석은 별도로 하지 않았고, 고정이용층 40%를 제외한 나머지 60%에 대하여 정보이용층의 비율을 변화시키면서 분석하였다.

소요시간 분석에 의하면, 정보를 이용하는 운전자가 증가할수록 네트워크 전체의 소요시간 효율성과 소요시간 신뢰성은 향상된다는 것을 알 수 있었다. 그러나, 경험이용층에 대하여 정보이용층의 상대적인 소요시간 효율성은 제한된 상황에서만 나타났다.

소요시간 분석결과와 마찬가지로 소요시간 예측오차 역시, 정보이용층은 교통량 변동이 크고, 자신과 같은 정보이용 운전자의 비율이 작을 때에 한하여 상대적인 우수한 소요시간 예측이 가능함을 알았다. 그러나, 정보이용률이 증가하면 네트워크 전체의 소요시간 예측 오차는 작아지며, 따라서, 지각 혹은 조기 도착할 가능성이 작게되는, 즉 네트워크 전체적으로 스케줄 관리가 용이한 상태로 된다는 것을 알 수 있었다.

또, 정보의존도 분석에 의하면, 도로 네트워크 내에 정보를 이용하는 운전자들이 증가하면 운전자들의 정보의존도는 증가하는 경향이 있음을 알았다. 이것은 정보이용자가 많아질수록 정보이용자에 의한 네트워크의 도로 이용효율이 높아져 교통상태가 좋아지고, 이는 결국 전체적인 정보의존도를 높이는 결과를 얻게 됨을 알 수 있었다. 단, 본 연구는 정보제공효과가 없거나 오히려 악화된다는 높은 정보이용률을 고려하지 않았기에, 정보이용률이 본 연구 범위 이상으로 계속 증가해도 운전자들의 정보의존도가 계속 증

가할 것이라고는 생각하지는 않는다.

본 연구 결과를 통해, 정보이용자들이 증가하면서, 도로 네트워크는 소요시간 효율성이 증가, 즉 네트워크의 도로 이용 효율이 높아지고, 이에 따라, 소요시간의 감소 및 소요시간 예측오차의 감소 등의 편익과 정보의존도의 향상이 나타나고 있음을 알 수 있었다.

본 연구의 향후 과제는 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 지선의 1일 교통량 변동을 통해 네트워크의 소요시간 예측 불확실성을 고려했다. 그러나, 향후 지선의 교통량도 본선과 같이 교통정보에 의한 경로선택이 이루어지게 한다면 보다 동적인 네트워크의 불확실성을 표현할 수 있을 것이다.

둘째, 시뮬레이션에 운전자들의 목표도착시간을 설정하고 조기도착 시간 및 지각시간을 분석한다면, 정보제공에 의한 정보이용자의 편익이 보다 상세하게 파악될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Satoshi Fujii and Ryuichi Kitamura(2001), Information Dominance Hypothesis and Experience Dominance Hypothesis for Drivers Anticipated Travel Time, INSTR.
2. Shoichiro Nakayama and Ryuichi Kitamura (2000), A Route Choice Model with Inductive Learning, Department of Civil Engineering Systems Kyoto University, TRB 00733, p.10.
3. Karthik K. Srinivasan, Hani S. Mahmassani (1999), Modeling Inertia and Compliance Mechanisms in Route Choice Behavior under Real-Time Information, Transportation Research Board and publication in Transportation Research Record.
4. Yasunori Iida, Nobuhiro Uno and Tadashi Yamada(1999), Experimental Analysis of Effects of Travel Time Information on Dynamic Route Choice Behavior, In Behavior and Network Impacts of Driver Information Systems (Emmerink, R. and Nijkamp, P.eds), Ashgate.
5. Jeffrey L. Adler, Wilfred W. Recker, Michael G. McNally(1993), A Conflict Model and Interactive simulator(FASTCARS) for Predicting

- Enroute Driver Behavior in Response to Real-Time Traffic Condition Information, Published in Transportation, 20, pp.83~106.
6. 吉井捻雄, 桑源雅夫(2000),リアルタイムの情報の提供効果, 土木学会論文集, No.653/IV-48, pp.39~48.
 7. 森律秀夫, 松田洋二(1992), 高野宛和, 交通状況と経路誘導効果に関する研究, 土木学会論文集, No.15 Vol.1, pp.55~60.
 8. Mahmassani, H. S. and Jayakrishnan, R. (1991), System performance and user response under real-time information in a congested traffic corridor, Transportation Research A, Vol.25, pp.293~307.
 9. 飯田恭敬(2002), 道路交通情報ビジネス発展への期待, 警察学論集第55巻第7号, pp.1~16.

♣ 주 작 성 자 : 변완희

♣ 논문투고일 : 2003. 2. 4

논문심사일 : 2003. 5. 22 (1차)

2003. 6. 23 (2차)

심사판정일 : 2003. 6. 23

♣ 반론접수기한 : 2003. 10. 31

In order to compare the performances of roundabout and signalized intersection, the performance of roundabouts was evaluated with the SIDRA. The simulation was conducted only for the roundabouts composed of single lane.

According to the result of the analysis, it may be concluded that when the approaching traffic volume for each bound is lower than 600pcph, a roundabout is better than a signalized intersection in terms of its operational performance.

Development of the Traffic Actuation Signal Control System Based on Fuzzy Logic on an Arterial Street

JIN, Sun-mi · KIM, Seong Ho · DOH, Tcheol Woong

An arterial street control is performed for the purpose of the progression of a traffic flow using the arterial. However, during the progression in the arterial, the change according to the time is one of the most representative problems occurring at a signal plan. This paper intends to efficiently operate the arterial progression by applying fuzzy logic, which is thought to be the most possible one in the inference as that of the human logic, to the traffic responsive control system. Fuzzy Logic controller is applicable to the daily human language (linguistic), can be dealt with the uncertain traffic data and is useful on planning the signal control to sensitively confront the randomly changing traffic condition.

This study, based on the signal control part of the isolated intersection in "A Development of a Real-time, Traffic Adaptive Control Scheme Through VIDs"(Seong Ho, Kim, 1996), suggested the strategy for the progression control in the arterial and analyzed its effect by comparing the effect of the existing control method. In addition, the study compared each effect by using TRAF-NETSIM which is the traffic simulation software to analyze each control method.

Simulation Analysis about Effects on Highway Network and Drivers under Information Providing Service

BYUN, Wan Hee · IIDA, Yasunori ·
KIM, Ju Hyun · UNO, Nobuhiro

To build traffic information providing services by ITS technology should be carried out effect analysis in the first step for social and individual advantages.

The propose on this study is to make clear what influences of highway network by traffic information are, and what differences between drivers who use traffic information and drivers who do not use that for route choice are. For these propose, travel time and forecast error of travel time on network and traffic information dependence of driver are analyzed by simulation.

As a result of analysis travel time and forecast error of travel time is that the efficiency and reliability of travel time were increased when getting more drivers using traffic information in network. Drivers who using traffic information had advantage of decrease of travel time and forecast error in only definite situation. traffic information dependence analysis presented that drivers are dependent upon information and reliability of traffic information is also increased when drivers using traffic information become on increasing in network.

In conclusion, considering the range of the traffic information user ratio in this simulation, this study presents that the traffic information service provides an advantage to the highway network and the drivers, and increases the dependence of information.

Drivers' Learning Mechanism and Route Choice Behavior for Different Traffic Conditions

DO, Myungsik · SHEOK, Chong Soo ·
KIM, Myung Soo · CHOI, Byung-Kuk

When a route choice is done under uncertainty, a driver has some expectation of traffic conditions