

# CNS(Car Navigation System)의 통행시간 절감편익 산정 방법론 개발: UTIS의 택시 프로브 차량 데이터를 대상으로

Development of Calculating Method of Travel Time Reduction Benefit When  
Using CNS: By Using Taxi Probe Car Data of UTIS

성기범 Sung Kibum	서울대학교 환경대학원 석사과정(제1저자) Master's course, Seoul National Univ. Graduate School of Environmental Studies(Primary Author) (food2001@hanmail.net)
김대진 Kim Daejin	서울대학교 환경대학원 석사과정 Master's course, Seoul National Univ. Graduate School of Environmental Studies (syncmkdj@naver.com)
장현호 Chang Hyunho	서울대학교 환경대학원 박사과정 Doctor's course, Seoul National Univ. Graduate School of Environmental Studies (nettrek@hanmail.net)
이영인 Lee Youngihn	서울대학교 환경대학원 교수 Professor, Seoul National Univ. Graduate School of Environmental Studies (yilee@snu.ac.kr)

## 목 차

I. 서론	3. CNS의 통행시간 절감편익 산정 알고리즘 개발
II. 기존사례 고찰	IV. 통행시간 절감편익 산정 알고리즘 적용 및 검증
1. 해외사례 고찰	1. 평가대상지역 설정 및 자료수집
2. 국내사례 고찰	2. CNS의 통행시간 절감편익 산정
III. CNS의 통행시간 절감편익 산정 방법론 개발	3. UTIS 통행시간의 정확성 검증
1. CNS의 통행시간 절감편익의 개념	V. 결론
2. CNS의 통행시간 절감편익 산정의 방법론 개발	

※ 본 연구는 2011 한국ITS학회 춘계학술대회에서 발표한 논문을 수정·보완한 논문임.

## I. 서론

정보통신기술의 발달로 인해 정보수집·가공, 정보제공 등을 수행하는 지능형교통체계(Intelligent Transport System: ITS) 서비스가 도입되고 있으며 그 중요성이 높아지고 있다. 최근에는 실시간 교통정보의 제공, 친환경적 교통 수요의 발생, 안전하고 편리한 교통 체계로의 전환에 대한 요구가 증대되었으며 이런 교통 체계의 변화로 인한 새로운 교통수요에 대처할 정책의 필요성이 대두되었다. 또한 물류비 절감과 만성적 교통혼잡 완화를 위해 새로운 교통정책의 방향을 모색하고, 기존 교통시설을 보다 효율적으로 활용하기 위한 방안으로 ITS의 중요성이 더욱 커지고 있다.

ITS가 확장하면서 사업의 평가 측면도 중요해지고 있으며, 업무매뉴얼에서는 단일사업 및 단일시스템에 한정하여 효과분석을 실시하도록 정의하고 있으나 효과분석 방법론 체계의 미흡, 편익 및 비용 산정의 어려움 등으로 객관화된 ITS 사업 효과 측정에 어려움을 겪고 있는 실정이다. ITS 사업의 효과적도는 안정성, 이동성, 효율성, 생산성, 에너지·환경 등으로 구분할 수 있다. 이 중에서 이동성은 통행시간 절감, 지체시간 감소, 통행비용 절감, 이용자 만족도 향상 등 운전자에게 직접적으로 편익을 가져다주는 항목으로서 그 파급효과가 크다. 운전자의 이동성을 증진시키는 시스템으로는 내비게이션, VMS, CCTV 등이 있으며, 점차적인 시설물 보급 활성화로 운전자에게 최단경로 탐색, 사고정보, 통행시간 등의 정보를 제공하고 있으나 편익을 산정하는 방법론이 없어 많은 예산으로 구축한 교통정보제공 시설물의 객관적인 효과를 제시하지 못하고 있다.

본 연구에서는 ITS의 교통정보제공 시스템 중 운전자에게 통행시간 절감 및 만족도 향상 등의 효과를 주는 CNS(Car Navigation System)의 평가방법론

을 개발하고 통행시간 절감편익을 산정했다. CNS는 운전자에게 실시간 혼잡구간 정보 제공 및 우회할 수 있는 경로정보를 제공함으로써 지체시간의 단축과 이용자 만족도를 높이는 ITS 시스템이다. CNS는 점차 수요가 증가하고 있으며, 타 ITS 시스템과의 연계를 통하여 운전자에게 고품질의 정보를 제공함으로써 효용을 증가시키고 있다. 하지만 CNS의 수요가 지속적으로 증가하고 있음에도 평가방법론이 부재하여 효용의 수준을 평가하지 못하는 실정이다. 따라서 지속적인 서비스 질 향상과 효용의 수준을 높이기 위해서는 지속적인 투자가 필요하며, 이러한 투자의 근거를 마련하기 위해 CNS의 편익을 추정할 수 있는 평가방법론이 필요하다. CNS의 평가항목은 정량적 평가항목과 정성적 평가항목으로 구분될 수 있다. 정량적 평가항목은 통행시간 절감, 안전정보 제공편익, 환경비용 절감 등이 있으며, 정성적 평가항목으로는 이용자 만족도, 제공정보의 정확성 등이 있다. 정량적 평가항목의 경우 화폐가치화할 수 있으므로 편익추정이 가능하고, 따라서 정책결정 및 사업예산 근거확보 등 능동적인 대처를 가능하게 한다. 특히 정량적 평가항목 중 CNS의 통행시간 절감 편익은 편익항목 중 운전자에게 실질적으로 가장 큰 편익을 주는 항목으로, 본 연구에서는 CNS에 대한 편익 산정을 목적으로 편익항목 중 가장 큰 부분을 차지하는 통행시간 절감편익을 추정했다.

연구의 순서는 먼저 CNS의 평가방법론을 고찰하고 CNS의 통행시간 절감편익의 개념을 정의했다. 정의된 편익의 개념에 따라 CNS의 통행시간 절감편익 산정 방법론을 개발하고 알고리즘을 구축하여 편익을 산정했다. 마지막으로 본 연구에서 사용한 시스템 데이터의 정확성 검증을 통해 편익 산정을 검증했다.

본 연구에서는 도시지역 도로의 교통정보를 수집·가공하여 수요자에게 제공하는 전문화된 교통정

보시스템인 UTIS(Urban Transport Information System)의 택시 프로브 차량을 대상으로 데이터를 구축했다. 교통정보 수집 시스템으로는 한국도로공사 Hi-pass의 DSRC 방식, 검지기 방식과 직접 현장 조사를 통한 방법 등이 있으나, 본 연구에서는 연구의 편의성과 분석 데이터의 정확성 측면에서 UTIS 택시 프로브 차량 데이터를 활용했으며, 현재 UTIS 시스템이 구축된 도시 중에서 인프라 구축이 가장 잘 되어 있는 서울을 연구의 대상범위로 했다.

기존의 ITS 사업에 관한 편익 산정에 관한 연구에서는 주로 시뮬레이션을 통하여 통행시간 절감편익을 산정했다. 하지만 시뮬레이션 기법은 실제 링크의 통행속도를 반영하기가 어렵고, 운전자의 행태를 반영하기 쉽지 않다. 본 연구에서 활용하는 UTIS 데이터는 프로브 차량의 궤적자료를 바탕으로 실제 링크통행속도를 제공하므로 신뢰성이 높다. 따라서 기존에 연구되었던 확률적 편익 산정이나 시뮬레이션을 이용한 편익 산정이 아니라, 실제 통행자의 통행시간 절감량을 기반으로 편익을 산정할 수 있다. 이

와 같은 분석과정은 <그림 1>과 같다.

## II. 기존사례 고찰

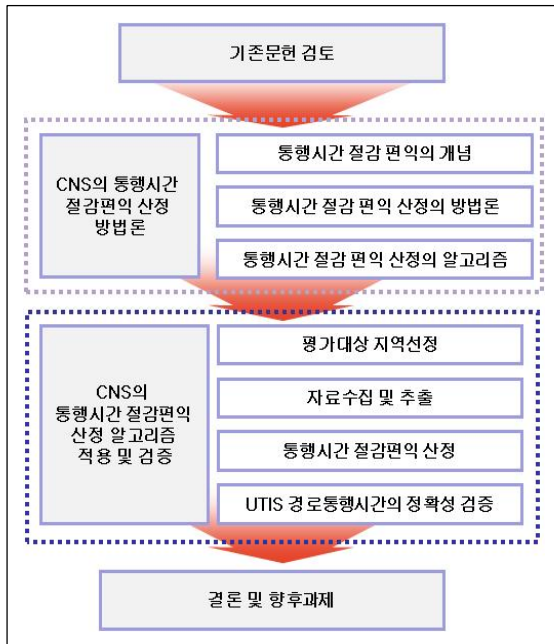
### 1. 해외사례 고찰

Yu Cheng(2000)의 연구에서는 ITS 시스템의 목적을 안전성, 이동성, 효율성, 생산성, 에너지·환경으로 분류하고, ITS 시스템별 효과척도를 제시하고 있다. 특히 ITS 시스템 중 지역간다수단여행자정보(ATIS)의 효과척도로서 O/D 통행시간, 제공된 정보의 근원과 양, 경로전환의 횟수, 수단분담의 횟수, 통행시간 변화의 횟수를 이용하여 ‘시행’과 ‘미시행’ 시나리오로 분석을 실시했다. 효과척도의 적용은 고속도로, 간선도로, 램프미터, 혼용차로 구간 등을 대상으로 평균속도 또는 지체를 측정했다.

미국 교통법 TEA-21(Transportation Equity Act for the 21st Century) 평가지침에서는 ITS의 목표와 목적달성을 위하여 각각의 정량적·정성적인 정보뿐만 아니라 두 가지 이상의 정보를 조합하여 사업효과를 측정하고 사업목표에 부합하는지를 평가했다. ITS의 정량적 평가지표로 지체감소, 통행시간 변화, 운영비용 절감, 대기오염 감소 등의 효과척도를 구축했다. 효과척도 분석을 위한 검지 시스템으로는 지상검지기, 비디오 검지기, 배출가스 검지기 등이 있으며, 추가적으로 프로브 차량을 운영하여 이동성과 접근성 등의 평가항목을 측정하고 있다.

미국 ITE(Institute of Transportation Engineers)의 ‘Intelligent Transportation Primer’에서는 ITS 사업평가 프로세스를 제시하고 있다. 평가 프로세스는 효과척도 추정을 위한 사업평가 분석방법 선정과정으로 가용한 정보의 질과 양, 시스템의 제약조건에 따라 달라진다. 현장에서의 효과척도를 직접 추정할 수 있는 경우 사전·사후 비교분석을 수행하며, 도로·

그림 1\_ 연구 분석과정



교통정보가 제한적으로 수집되는 경우 교통시물레이션 분석을 활용하여 효과적도의 변화를 추정한다. 사업의 직접효과 추정과정은 대기행렬의 길이, 지체 시간, 연료소모, 통행속도, 지·정체시간 등 시스템구축 후 직접측정이 가능한 효과적도를 추정한다. 사업의 간접효과 추정은 유발수요 증가, 교통서비스 개선 등을 설문조사, 시물레이션 분석을 통해 분석한다. 현장조사 및 시물레이션을 통한 분석을 통하여 효과적도의 변화를 추정한 뒤, 계량회분석을 통하여 ITS 시스템 대안을 비용과 편익항목으로 구분, 화폐단위로 계량화한다. 미국 ITE에서는 ITS 사업의 목표 및 목적설정부터 모니터링을 위한 시스템 운영 개선을 목표로 ITS 사업평가 프로세스를 제시하고 있으며, 이를 통해 체계적인 사업평가의 틀을 정립해 나가며, ITS 시스템 구축으로 인한 비용·편익 산정결과를 매년 작성하여 관리해 나가고 있다.

해외사례를 종합하면, ITS 사업평가 시 정량적 평가와 정성적 평가방법으로 구분하여 효과적도를 각 시스템별로 세분화하여 설정했다. 사업평가를 위하여 시행·미시행으로 구분하여 현장방법 또는 프로브 차량 운영, 시물레이션 기법 등을 통하여 효과적도의 변화를 추정한다. 추정된 효과적도는 계량회분석을 통하여 ITS 시스템 대안을 비용과 편익항목으로 구분, 화폐단위로 계량화하고 있으며 점차적으로 체계적인 사업평가의 틀을 정립해 나가고 있다. 다만 통행시간 절감효과에 관한 효과적도의 구분 시 고속도로, 간선도로, 램프, 혼용차로 등의 통행속도 변화 등을 제시하고 있으나, 개별 링크구간이 아닌 네트워크 단위로 확장하여 분석하지는 못하는 실정이다. 또한 효과적도의 측정 시 현장조사를 시행하거나 시물레이션 기법을 활용하고 있으나 현장조사의 경우 데이터가 제한적이며, 시물레이션 기법은 실제 운전자 통행시간을 반영하기 힘들다는 단점이 있다.

## 2. 국내사례 고찰

이병철(1998)의 연구에서는 통행시간 절감편익 산정 시 기존 도로에서 발생하는 초과통행량을 적정용량의 도로로 우회시켰을 경우 통행시간을 비교하여 절감되는 통행시간을 산출하거나, 최단경로제공에 따른 통행시간 절감량을 구했다. 산출된 통행시간 절감량에 통행비용을 곱하여 정보제공에 따른 통행시간의 절감편익을 산정했다.

이용택(2004)의 연구에서는 통행시간의 평가를 특정 도로 링크부 혹은 네트워크의 집합화된 통행시간자료와 출발지와 도착지를 가진 개인 통행자의 통행시간 자료(비집합화된 자료) 등 현장조사 자료를 이용하여 분석했다. 또한 자료수집이 불가능한 경우나 기타 보완적으로 다양한 대안을 분석할 필요가 있을 경우에 교통시물레이션 분석을 실시했다. 교통시물레이션 분석 시 시스템별로 해당 효과적도에 대해 모의실험을 제공하는 시물레이터를 선별하여 선정하되 국내 현실에 맞도록 도로, 교통 및 ITS 환경, 운전자 행태와 관련된 계수들을 정산한 후 적용하도록 제언했다. 현장조사의 경우 예산의 제약으로 일부를 조사한 후 전수화하는 과정에서 많은 오류들이 나타날 수 있고, 시물레이션 분석의 경우는 계수를 분석가가 지정하기 때문에 분석가의 영향이 개입될 수 있다.

박현석(2006)의 연구에서는 국토 ITS의 주된 교통정보 제공수단인 VMS와 시범구축한 KIOSK에 대한 설문조사를 실시하여 교통정보 제공효과를 분석했다. 설문조사의 경우 교통정보 제공편익을 정성적으로만 분석하므로 실제 편익과 다를 수 있다.

첨단교통모델도시 건설사업 효과분석에서는 첨단교통모델도시 건설사업의 구축효과를 분석하기 위한 방법으로 각 도시별(대전시, 전주시, 제주시 등)로 정량적 및 정성적 평가를 실시했다. 사업의 비용

과 편익항목을 계량화하여 경제성 지표를 통해 경제적 타당성 및 효과를 분석했다. 사업평가의 효과적으로 링크별 평균통행속도 및 지체시간, 링크통행 지체시간 등의 정량적 평가와 VMS 만족도 및 정보의 정확성 등의 정성적 평가를 수행했다. 분석방법은 현장조사와 시뮬레이션을 통해 정량적 평가를 수행하고, 설문조사 기법을 통해 정성적 평가를 했다.

도로철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침(제5판)에서는 도로 및 철도 건설에 따른 통행시간 절감편익 산정 시 사업 미시행과 사업시행의 경우 총통행시간의 차이를 통행시간 절감량으로 정의하고, 통행시간 절감량에 운전자의 시간가치를 곱하여 통행시간 절감편익을 산정한다. 하지만 ITS 사업의 경우에서 통행시간 절감편익의 개념은 추가적인 도로 또는 철도의 신설이 아닌 기존 네트워크에서 운전자에게 교통정보를 제공하거나 네트워크 시스템 운영을 통한 통행시간 절감편익이므로 다소 차이가 있다.

김민주(2010)의 연구에서는 실제 통행속도와 예측통행시간의 정확성 검증을 위해 RMSE, MAPE, EC 등의 오차분석과 쌍체 T-검정을 실시했다. 실제 통행속도와 예측통행속도의 정확성 검증에서는 오차의 절대량과 오차의 범위 분석을 동시에 시행하고, 추가적으로 적합도 검증을 통해서 신뢰성을 검증했다.

ITS 사업평가 중 통행시간 절감편익에 관한 국내 사례를 살펴보면 ITS 사업시행으로 인한 통행시간 절감효과 및 지체감소 등을 효과평가 항목으로 선정했다. 통행시간 절감효과에 대한 평가방법으로는 대부분이 현장조사 통행시간을 이용한 분석과 시뮬레이션(IDAS) 분석이었으며 일부 설문조사를 통한 분석이 실시되었다. 그러나 현장조사는 충분한 자료를 얻을 수 없다는 단점이 있고 시뮬레이션 기법은 실제경로의 실시간통행시간을 반영하지 못한다는 점

에서 한계가 있다. 따라서 분석의 정확성을 위해서는 실제 CNS 차량의 통행시간데이터(시스템자료)를 바탕으로 하는 평가가 필요하다.

또한 대부분의 국내 사례에서는 ITS 사업에 따른 비용과 편익을 추정하고 있으나, 추정된 편익에 대해서는 추가적인 검증을 실시하고 있지 않는 실정이다. 기존 연구에서 편익에 대한 검증이 어려운 이유는 분석의 특성상 현장조사 및 시뮬레이션 기법이 대부분이며, 따라서 분석 데이터의 정확성 검증을 위한 데이터의 양과 신뢰성이 떨어지기 때문이다.

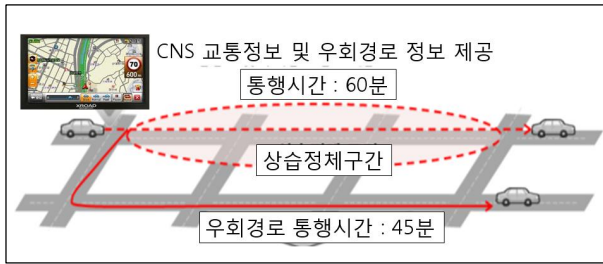
### III. CNS의 통행시간 절감편익 산정 방법론 개발

#### 1. CNS의 통행시간 절감편익의 개념

CNS를 통한 경로정보 제공 시 운전자에게 발생하는 통행시간이 절감되는 양(+)의 편익과 우회경로를 이용하는 차량으로 인한 예상통행경로의 혼잡감소에 따른 양(+)의 편익, 우회경로의 통행량 추가로 혼잡증대가 발생하며 그로 인해 음(-)의 편익이 발생할 수 있다. 혼잡증대로 인한 음(-)의 편익은 우회경로의 혼잡정도에 따라 차이가 있으나, 예상통행경로의 혼잡감소로 인한 양(+)의 편익으로 인해 어느 정도 상쇄가 가능하다. 따라서 CNS를 통한 실질적인 경로정보 제공편익은 통행시간 절감편익에서 발생한다.

본 연구에서 통행시간 절감편익의 범위는 운전자에게 발생하는 통행시간이 절감되는 양(+)의 편익으로 한정지며 이는 일반적인 통행시간(패턴경로)과 실시간 데이터를 수집·가공하여 교통정보를 제공(실시간 경로)했을 경우 출발지에서 도착지까지 통행시간을 비교하여 통행시간 절감량을 산정하고, 이를 바탕으로 절감편익을 산출했다.

그림 2\_CNS의 통행시간 절감편익의 개념



## 2. CNS의 통행시간 절감편익 산정의 방법론 개발

통행시간 절감량은 패턴경로(일반적인 통행경로)와 실시간 경로의 통행시간 차이로 나타나며 통행시간 절감편익을 산정하기 위해서는 네트워크 입력, 통행시간 DB 구축, 통행시간 절감량 산출, 1인당 통행시간 절감 원단위 산출, 통행시간 절감편익 산정과정을 필요로 한다.

CNS 이용자가 실제로 이용할 수 있는 네트워크는 교차로(Node)와 링크(Link)로 구분하며 특히 링크는 통행거리, 통행시간의 속성이 존재해야 한다.

실시간 수집된 데이터와 누적된 데이터를 이용하여 통행시간 데이터베이스(DB)를 작성하게 되며 비수집된 자료(결측자료)를 보정하기 위한 추가적인 작업이 필요하다.

통행시간 절감량은 하나의 교차로에서 다른 교차로까지 패턴 통행시간과 실시간 통행시간을 이용하여 최소시간이 되는 경로(Shortest Path)를 탐색하고 각각의 통행시간과 통행거리를 비교하여 산출한다.

산출된 통행거리와 통행시간 절감량을 이용하여 통행거리별 통행시간 절감 함수를 산출하고 가구통행실태자료 또는 차량의 타코미터(Tachometer) 자료를 이용하여 CNS를 이용하는 이용자들의 통행거리별 통행량을 산출한다.

통행거리별 통행시간 절감 함수와 통행거리별 통행량을 이용하여 1인당 통행시간 절감 원단위를 산

정하고 CNS를 이용하는 통행량(통행횟수)과 통행특성을 반영하여 통행시간 절감편익을 추출한다.

절감편익의 검증을 위해 편익 산정에 사용된 시스템 데이터 통행시간의 정확성 검증을 실시했다. 정확성 검증을 위해 실제 통행시간과 시스템 데이터의 통행시간 간의 오차분석과 적합도 검정(Test of Goodness Fit)을 실시했다.

## 3. CNS의 통행시간 절감편익 산정 알고리즘 개발

CNS의 통행시간 절감편익 산정 알고리즘은 총 7단계로 구분되어 있으며 전체 알고리즘 과정은 <그림 3>과 같다.

### 1) 1단계: 초기화 단계

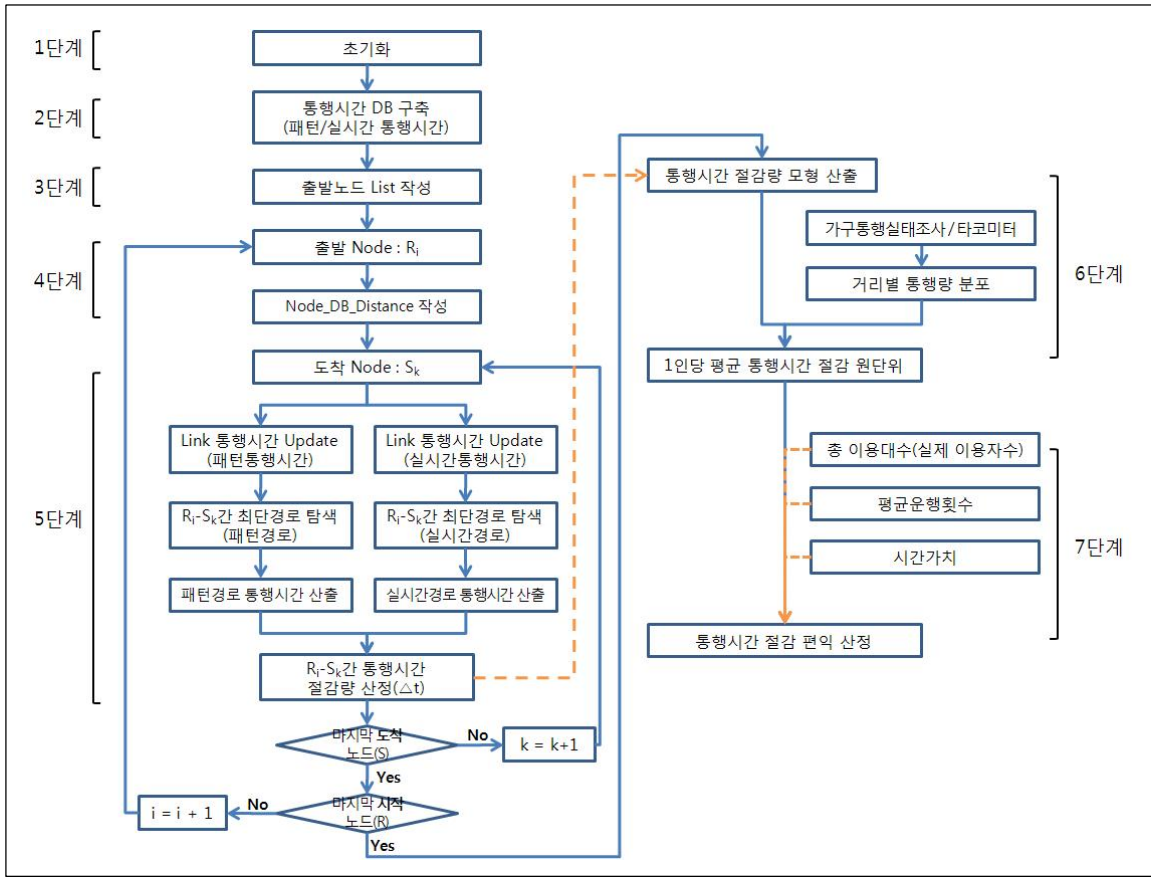
초기화 단계에서는 네트워크 속성을 입력(Node, Link)하고 모든 입력값을 초기화한다.

### 2) 2단계: 통행시간 데이터베이스(DB) 구축

통행시간 데이터베이스는 패턴 통행시간 데이터베이스와 실시간 통행시간 데이터베이스로 구분된다. 패턴데이터는 누적된 데이터의 평균 통행시간을 의미하며 일정 기간 동안 지속적으로 짧은 통행시간을 갖는다면 통행자는 막히지 않는 길로 통행을 할 것으로 가정한다. 실시간 데이터는 5분씩 실시간으로 수집한 데이터를 의미하며 해당 링크에 수집된 5분 데이터를 평균하여 이용한다.

실시간 수집데이터에는 수집되지 않은 결측자료가 존재하고 이를 위한 보정과정이 필요하다. 패턴 통행시간 데이터베이스의 경우는 ① 각 링크의 평균 속도 테이블 값을 이용하여 보정하는 <식 1>과 같

그림 3\_ 통행시간 절감편의 산출 알고리즘 과정



은 방법과 ② 링크(Link) 전후에 연결되어 있는 링크의 통행시간(속도)을 이용하여 보정하는 <식 2>와 같은 방법이 있다.

$$LTT_i = \frac{D_i}{S_i} \quad \text{<식 1>}$$

$$LTT_i = \frac{D_i}{S_i^a} \quad \text{<식 2>}$$

여기서,  $LTT_i$ : Link i의 통행시간

$D_i$ : Link i의 통행거리(Distance)

$S_i$ : Link i의 통행속도(Speed)

$S_i^a$ : Link i에 연결되어 있는 Link의 통행속도(Speed)

실시간 통행시간 데이터베이스의 경우는 패턴 통행시간 데이터베이스의 동일 링크(Link)의 통행시간 값을 이용하여 대체하며 <식 3>과 같다.

$$LTT_i^{DB_d} = LTT_i^{DB_a} \quad \text{<식 3>}$$

여기서,  $LTT_i^{DB_d}$ : 실시간 DB의 Link i의 통행시간

$LTT_i^{DB_a}$ : 패턴 DB의 Link i의 통행시간

3) 3단계: 출발노드(R\_Node\_DB) 작성

출발노드는 그 지역의 대표성을 가질 수 있는 주요

중심지역을 선정한다.

4) 4단계: 도착노드(S\_Node\_DB) 작성

도착노드는 출발노드와의 직선거리를 계산하여 다양한 거리에서 무작위 또는 임의조건으로 선정한다.

5) 5단계: 통행시간 절감량 산출(Path Find Algorithm)

통행시간은 패턴경로의 통행시간과 실시간 경로의 통행시간을 비교하여 산출한다. 첫 번째는 패턴경로의  $R_i - S_k$  간 최단경로 검색과 통행시간 및 거리를 산출하는 단계다.

모든 링크의 통행시간을 패턴 통행시간으로 갱신하고 최단경로 알고리즘을 이용하여 최소시간이 되는  $R_i - S_k$  간의 통행시간 <식 4>와 통행거리 <식 5>를 산출한다.

$$TT_p(R_i, S_k) = \sum_{i=1}^n \delta_i \times t_i \quad \text{<식 4>}$$

$$TD_p(R_i, S_k) = \sum_{i=1}^n \delta_i \times d_i \quad \text{<식 5>}$$

여기서,  $TT_p(R_i, S_k)$ :  $R_i - S_k$  간 패턴경로의 총 통행시간

$TD_p(R, S_i)$ :  $R - S_i$  패턴경로의 총통행거리

$\delta_i$ : 경로 내에 포함되면 1, 아니면 0

$t_i$ : 링크의 실시간 통행시간

$d_i$ : 링크의 통행거리

두 번째는 실시간 경로의  $R_i - S_k$  간 최단경로를 검색하고 통행시간 및 거리를 산출하는 단계다.

모든 링크의 통행시간을 실시간 통행시간으로 갱

신하고 최단경로 알고리즘을 이용하여 최소시간이 되는  $R_i - S_k$  간의 통행시간 <식 6>과 통행거리 <식 7>을 산출한다.

$$TT_u(R_i, S_k) = \sum_{i=1}^n \delta_i \times t_i \quad \text{<식 6>}$$

$$TD_u(R_i, S_k) = \sum_{i=1}^n \delta_i \times d_i \quad \text{<식 7>}$$

여기서,  $TT_u(R_i, S_k)$ :  $R_i - S_k$  간 실시간 경로의 총통행시간

$TD_u(R, S_i)$ :  $R - S_i$  실시간 경로의 총통행거리

$\delta_i$ : 경로 내에 포함되면 1, 아니면 0

$t_i$ : 링크의 실시간 통행시간

$d_i$ : 링크의 통행거리

마지막은 통행시간 절감량을 산정( $\Delta t$ )하는 단계로  $R_i - S_k$  간의 패턴경로 총통행시간과 실시간 경로의 총통행시간의 차이로 통행시간 절감량을 산출하며 <식 8>과 같다. 또한 통행시간 절감모형을 산출하기 위하여 통행거리와 통행시간 절감량을 출력하게 된다.

$$\Delta t = TT_p(R_i, S_k) - TT_u(R_i, S_k) \quad \text{<식 8>}$$

여기서,  $\Delta t$ : 통행시간 절감량

$TT_p(R_i, S_k)$ :  $R_i - S_k$  간 패턴경로의 총통행시간

$TT_u(R_i, S_k)$ :  $R_i - S_k$  간 실시간 경로의 총통행시간

6) 6단계: 1인당 통행시간 절감 원단위 산정

1인당 통행시간 절감 원단위를 산정하기 위해서는 첫 번째로 통행거리별 통행시간 절감 함수를 추정해야 한다. 5단계에서 산출한 통행거리와 통행시간 절감량을 이용하여 거리별 통행시간 절감량 함수  $g(x)$ 를 산정한다.

두 번째로 통행거리별 통행량 분포(TLFD) 함수를 추정해야 한다. 이는 가구통행실태자료 또는 차량의 타코미터(Tachometer) 자료를 이용하여 CNS를 이용하는 이용자들의 통행거리별 통행량 분포 함수  $f(x)$  를 산정한다.

마지막으로 1인당 통행시간 절감 원단위는 통행거리별 통행시간 절감 함수와 통행거리별 통행량 분포(TLFD) 함수를 이용해 추정하며 <식 9>와 같다.

$$b_t = \int f(i) \times g(i) \quad <식 9>$$

여기서,  $b_t$ : 차량의 통행시간 절감편익 원단위  
 $f(i)$ : 통행거리  $i$ 의 통행분포 함수  
 $g(i)$ : 통행거리  $i$ 의 통행시간 절감 함수

#### 7) 7단계: 편익 산정

1인당 통행시간 절감 원단위를 산정하고 CNS를 이용하는 통행량(통행횟수)과 통행특성을 반영하여 통행시간 절감편익을 추출한다.

$$Benefit = TV \times ur \times r \times tf \times b_t \times AQ \times VOT \times 365 \quad <식 10>$$

여기서, *Benefit*: 통행시간 절감편익(원/년)  
 TV: CNS 정보이용 차량(대)  
 ur: 시간대별 운행률(%)  
 r: CNS이용률(%)

tf: 평균운행횟수(회/1일)  
 $b_t$ : 통행시간 절감 원단위(초/인)  
 AQ: 평균재차인원(인)  
 VOT: 운전자 시간가치(원/초)

### IV. 통행시간 절감편익 산정 알고리즘 적용 및 검증

#### 1. 평가대상지역 설정 및 자료수집

현재 교통정보를 수집하는 방식으로는 경찰청과 도로교통공단에서 운영 중인 UTIS와 도로공사에서 운영 중인 Hi-Pass를 이용한 DSRC(Dedicated Short Range Communication)처럼 기 구축된 시스템을 통한 방식, 브랜드 콜택시나 일반 상업용 내비게이션 등을 통한 방식이 있다. 본 연구에서 통행시간 절감편익 산정을 위한 교통정보 수집 방식으로 UTIS의 프로브 차량 데이터를 선정한 이유는 프로브 차량을 통해 좌표데이터를 수집·가공하여 서울시 전체 링크의 통행시간 및 통행속도를 산출할 수 있고, 개별 차량의 데이터 추출이 가능해 분석이 용이하며, 편익 산정에 관한 검증의 정확성을 높일 수 있기 때문이다.

특히 타 교통정보 수집 시스템에 비하여 UTIS 시스템 데이터는 광범위한 프로브 차량 데이터를 추출할 수 있으므로 분석의 범위를 확장할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 UTIS 프로브 차량 데이터를 바탕으로 링크통행속도 데이터를 산출하고 이를 바탕으로 네트워크를 구축했다.

표 1\_ 서울시 네트워크 현황

(단위: 개)

교차로 (Node)	도로 (Link)	연장(km)					합계
		고속도로	일반국도	광역시도	지방도	기타	
4,856	13,694	439	299	618	557	2,439	4,351

자료: 국토해양부(2010).

통행시간 절감편의 선정 지역은 서울로 선정하며 서울시 네트워크는 국토해양부에서 제공하는 ‘지능형교통체계 표준 노드·링크’를 이용하여 구축했다. 구축한 결과는 <표 1>과 같다.

통행시간 데이터베이스(DB)는 2010년 11월 1일부터 12월 10일까지의 UTIS 택시수집자료를 이용하여 구축했으며 서울시에서 제공하는 구간별 평균 통행속도 자료를 이용하여 DB를 보정했다. UTIS 정보제공시스템은 택시수집자료를 바탕으로 실시간으로 교통정보를 제공받아 데이터를 가공, 운전자에게 다시 교통정보를 제공하고 있다. 시스템의 특성상 수집되는 정보가 차량의 좌표 데이터를 입력받아 가공하는 시스템으로 타 시스템에 비하여 정보의 정확성이 우수하다고 할 수 있다.

## 2. CNS의 통행시간 절감편의 선정

출발노드는 서울시의 대표성을 가지고 있는 ‘2020년 서울도시기본계획’에서 제시한 대도시권 생활권역 및 중심지체계와 ‘수도권 장래교통수요예측 2009년 배포파일’의 수단별 O/D를 분석하여 통행발생량이 많은 지역을 고려하여 선정했으며 지점은 <그림 4>와 같다. 선정된 중심지별 주요 지점(출발노드)은 권역별 주요 택시수요 발생 지점으로, 통행시간 절감 원단위를 산출하기 위해 적절하다고 판단된다. ‘수도권 장래교통수요예측 2009년 배포파일’을 적용해 실제 O/D를 적용한다면 고정된 수요에 대해 정확한 통행시간 절감 원단

그림 4\_서울의 중심지별 주요 지점(출발노드) 현황

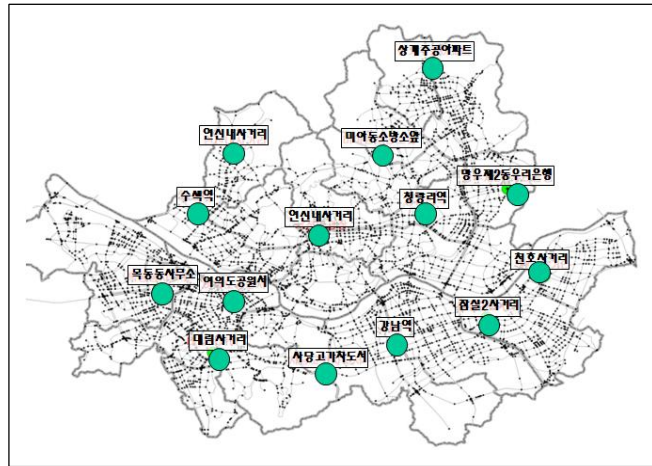


표 2\_서울의 주요 지점의 거리별 도착노드 현황

(단위: 개)

거리(km)	단방향				양방향
	도심(1)	부도심(4)	지역중심(9)	합계(14)	
0~4.99	142	666	1,226	2,034	4,068
5~9.99	441	1,237	2,228	3,906	7,812
10~14.99	358	1,026	2,789	4,173	8,346
15~19.99	58	737	2,208	3,003	6,006
20 이상	0	234	1,373	1,607	3,214
합계	999	3,900	9,824	14,723	29,446
지점별 평균	999	975	1,092	1,052	1,052

주: 괄호는 주요 지점 개수임. 도심(시청), 부도심[영등포(여의도), 영등부도심(강남), 청량리·왕십리, 수색, 지역중심(상계, 연신내, 목동, 사당, 잠실, 천호, 망우, 대림, 미아).

그림 5\_거리별 노드 선정 예시(시청)

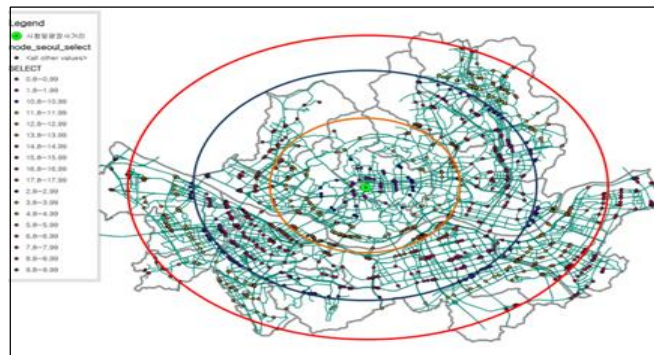


그림 6\_통행시간 절감량 및 모형

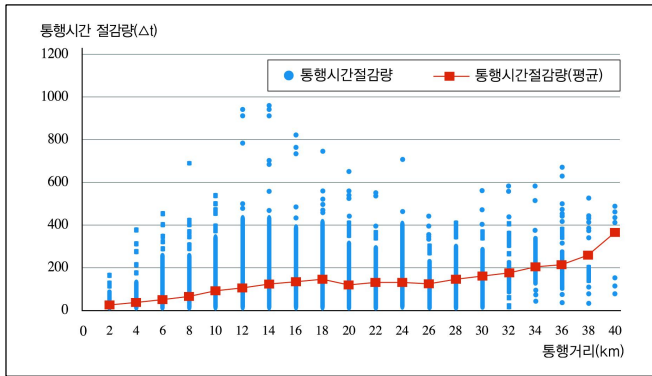


그림 7\_택시의 거리별 통행분포(TLFD)

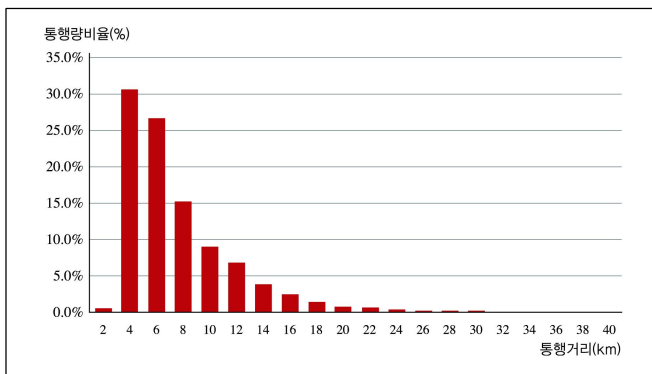
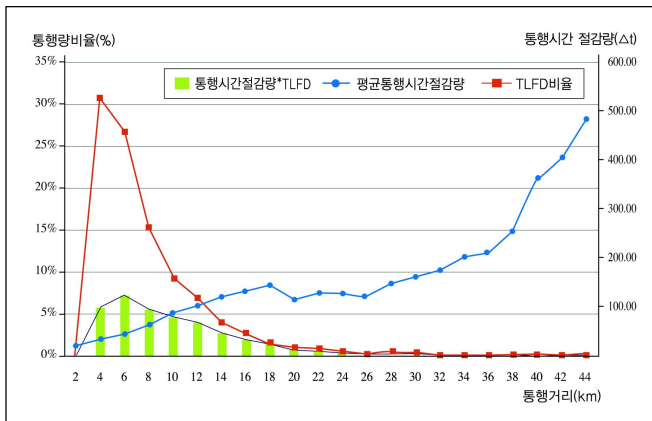


그림 8\_1인당 평균 통행시간 절감 원단위 산출



위를 산출할 수 있으나, 본 연구에서는 택시를 이용하는 승객의 무작위성 및 많은 표본 추출을 위해 주요 지점을 선정했고, 택시의 TLFD를 반영하여 기존 수요의 패턴을 최대한 반영했다.

각각의 주요 지점을 중심으로 <그림 5>에서

와 같이 일정 거리(0.8~0.99km)에 있는 노드(도착노드)를 선택했으며 선택된 노드는 도심 999지점, 부도심(4) 3,900지점, 지역중심(9) 9,827지점으로 양방향 총 2만 9,446지점이다. 도착노드 세부현황은 <표 2>와 같다.

통행시간 절감량 산출(Path Find Algorithm) 단계에서 패턴경로와 실시간 경로의  $R_i - S_k$  간 최단경로 검색은 Dijkstra 알고리즘을 이용했으며 각 통행시간을 비교해 통행시간 절감량을 산출했다.  $R_i - S_k$  간 통행시간 절감량을 산정( $\Delta t$ )한 결과는 <그림 7>과 같으며 통행거리가 증가할수록 통행시간 절감량은 18.4초에서 403.8초까지 증가한다.

실제 UTIS자료를 이용하는 택시의 거리별 통행분포(TLFD)는 「2006년 수도권 가구통행실태조사 및 수도권 장래교통수요예측 및 대응방안연구」(서울시정개발연구원, 2007)의 1,522개 소준체계로 업데이트된 5차 배포자료에서 구축한 수도권의 네트워크와 OD자료를 이용하여 <그림 8>과 같이 산출했다. 서울시의 통행거리 분포는 2~4km일 때 약 30% 정도로 가장 많은 통행을 보이며 20km 이후에는 통행이 거의 발생하지 않음을 알 수 있다.

1인당 평균 통행시간 절감 원단위 산정은 거리별 통행시간 절감량과 택시의 거리별 통행분포를 결합하여 <그림 9>와 같으며 원단위는 60.21초/인으로 산출되었다. 본 연구에서는 출발노드에서 도착노드까지 통행시간 절감량을 이산형분포로 구축했으므로 <식 9>를

$\sum_i f(i) \times g(i)$ 로 변형하여 원단위를 산출했다.

산출된 통행시간 절감 원단위에 UTIS 프로브 차량의 CNS 정보를 이용하는 차량의 운행률과 택

표 3\_ UTIS 프로브 차량의 평균 운행률

구분	평균 운영대수(대)	총이용대수(대)	운행률(%)
운영현황	2,106	4,704	44.78

자료: 도로교통공단 내부자료.

표 4\_ 택시의 타코운행기록지(법인) 집계표

구분	운행대수	영업횟수
1월	3,228대	49.9회
2월	4,334대	55.3회
3월	2,881대	53.1회
4월	2,885대	51.7회
5월	3,032대	52.5회
6월	2,603대	50.8회
7월	2,659대	46.9회
8월	2,634대	46.8회
9월	2,751대	47.6회
10월	2,814대	53.3회
11월	2,400대	53.6회
12월	2,158대	54.2회
종합		51.5회

자료: 서울특별시(2010).

시의 평균운행횟수를 반영했다. 차량의 운행률은 <표 3>과 같으며 하루 평균 44.78%가 운행되고 있다. 택시의 평균운행횟수는 <표 4>와 같이 택시의 타코운행기록지 집계표를 이용해 산정했으며 하루 평균 51.5회 운행되고 있다.

통행시간 절감편익은 CNS를 이용하는 통행량(통행횟수), 즉 UTIS의 CNS를 탑재한 차량을 반영하여 산정했다. 통행시간의 절감편익은 택시운전자와 택시탑승객 모두에게 발생하며 택시 운행횟수와 CNS 이용횟수에 영향을 받는다. 이러한 통행행태를 이용하여 추정한 CNS의 1년간 통행시간 절감편익은 약 34억 7천만 원으로 CNS 경로 정보 이용률이 증가하면 더욱 증가할 것으로 보인다. 통행시간 절감편익 산정의 세부내용은 <표 5>와 같다.

### 3. UTIS 통행시간의 정확성 검증

CNS의 통행시간 절감편익의 결과를 검증하기 위해서 UTIS 원데이터의 정확성 검증과, 실제 경로통행시간과 시스템 경로통행시간의 일치성 검증이 선행되어야 한다. 정확성 검증의 순서를 살펴보면, 먼저 UTIS의 OBE 차량이 주로 이용하는 구간을 선정한

표 5\_ CNS의 통행시간 절감편익 산정

택시운행					택시총대수 ×OBE 보급률(대)	차량 운행률 (%)	CNS 경로정보 이용률 (%)	통행시간 절감 원단위 (초/인)	통행시간 절감편익 (백만 원)	
평균 운행횟수 (회/1일)	택시 운전자		택시 탑승객						1일	1년
	인원 (인)	평균시간가치 (원/인-시)	평균재차인원 (인)	평균시간가치 (원/인-시)						
51.5	1	11,430	1.54	9,112	4,704	44.78	20.57	60.21	9.5	3,469

주: 평균 시간가치는 소비자물가지수를 이용하여 2010년 자료로 보정한 값임.

택시운영자의 시간가치는 임금률법에 의해 산출된 가치임.

자료: 1) OBE이용차량: 도로교통공단 내부자료.

2) 차량 운행률: OBE 데이터를 이용하여 실제 운행하는 비율을 산정한 값임(도로교통공단 내부자료).

3) CNS 경로정보이용률은 5%로 가정.

4) 평균운행횟수: 서울특별시. 2010. 서울 타코운행기록지(법인) 집계표.

5) 평균재차인원: 서울시정개발연구원. 2006. 2005년 서울시 교통지표 산출.

6) 시간가치: 한국개발연구원. 2008 도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판).

그림 9\_ 구간통행속도 검증구간



표 6\_ 구간통행속도 정확성 검증 오차분석 결과

구분	르네상스사거리-선릉역		선릉역-포스코사거리		르네상스사거리-포스코사거리	
	현장 조사	UTIS	현장 조사	UTIS	현장 조사	UTIS
조사시간	07:00~10:00, 13:00~16:00					
데이터 수(개)	72					
평균(kph)	32.96	33.04	32.85	32.91	29.86	30.10
표준편차	6.03	6.35	7.65	7.17	5.49	5.29
MAPE	5.74%		6.84%		6.44%	

주:  $MAPE = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{T_s(t) - T_p(t)}{T_s(t)} \right| \times 100$

표 7\_ 구간통행속도 정확성 검증 쌍체 T-검정 결과

구분	내용		
	샘플 수	t	t기각치
르네상스사거리-선릉역	72	-0.233	1.994
선릉역-포스코사거리		-0.201	
르네상스사거리-포스코사거리		-1.707	

뒤 UTIS에서 제공한 구간통행속도의 정확성 검증을 위해 차량번호판 조사를 실시하고, 경로통행시간의 검증은 실차 테스트를 실시했다. 정확성 검증은 조사결과를 바탕으로 오차분석과 적합도 검정(Test of Goodness of Fit)을 실시했다.

1) 구간통행속도 검증

구간통행시간의 검증은 교차로 두 개 지점을 <그림 9>와 같이 선정하여 비디오 촬영을 통해 차량번호판 조사기법을 실시하고, 구간평균통행속도를 산정했다. UTIS의 정보수집 가공주기에 맞춰 구간통행속도 수집주기를 5분으로 설정했다. 산정된 구간평균통행속도와 UTIS(2011년 5월 3일) 데이터를 가공한 해당구간의 구간통행속도와 비교하여 검증을 실시했다. 정확성 검증은 실제구간통행속도와 UTIS 시스템 데이터 구간통행속도의 오차분석과 적합도 검정을 실시했다.

<표 6>에서와 같이 검증결과 MAPE가 10% 미만이고, <표 7>과 같이 쌍체 T-검정 결과가 유의수준 95%에서 통계적으로 유의하므로 UTIS에서 제공하는 구간통행속도가 신뢰성이 있음을 알 수 있다.

2) 경로통행시간 검증

본 조사에서는 서울시 주요 도심을 기·종점으로 선정하여, 기·종점 간 실제 경로통행시간이 UTIS에서 제공하는 경로통행시간과 일치함을 검증했다.

본 조사에서는 <그림 10>과 같이 서울시의 장거리·동서축·남북축의 일반 경로를 3개 선정했다. 선정된 노선을 실차테스트를 통하여 UTIS에서 제공한 경로통행시간과 실제 운전자 통행시간 데이터를 구축했다. 정확성 검증은 실차테스트를 통해 얻은 실제 경로통행시간과 UTIS 시스템 데이터 경로통행시간의 오차분석과 적합도 검정을 실시했다.

각각의 구간에 대한 경로통행시간의 정확성 검

그림 10\_ 경로통행시간 정확성 및 통행시간 절감효과 검증 구간



표 8\_ 경로통행시간 정확성 검증 오차분석 결과

구분	장거리		남북축		동서축	
	현장 조사	UTIS	현장 조사	UTIS	현장 조사	UTIS
데이터수	21		21		21	
평균	38.05	38.29	18.33	18.90	30.05	29.81
표준편차	4.59	4.20	3.89	4.49	6.86	6.26
MAPE	5.79%		9.86%		7.75%	
MAE	2.24		1.76		2.33	
EC	0.97		0.96		0.95	

주:  $MAPE = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{T_s(t) - T_p(t)}{T_s(t)} \right| \times 100$

$MAE = \frac{1}{n} \sum |T_s(t) - T_p(t)|$

$EC = 1 - \frac{\sqrt{\sum_t |T_s(t) - T_p(t)|^2}}{\sqrt{\sum_t T_s(t)^2} + \sqrt{\sum_t T_p(t)^2}}$

표 9\_ 경로통행시간 정확성 검증 결과

구분	내용		
	샘플수	t 값	t기각치
장거리	21	-1.228	2.086
남북축		0.374	
동서축		0.374	

주:  $H_0: \delta_d = 0, H_1: \delta_d \neq 0$

가설  $H_1$ 를 기각하고  $H_0$ 를 채택하여 경로통행시간의 정확성을 검증함.

증 결과 <표 8>과 같이 서울시 장거리·남북축·동서축 경로에 대한 실차 테스트 경로통행시간과 UTIS에서 CNS를 통해 제공한 예상 경로통행시간 간의 오차가 모두 10% 이내이고, <표 9>의 쌍체 T-검정 결과와 같이 UTIS에서 제공하는 경로통행시간이 신뢰성 있음을 알 수 있다.

3) 통행시간 절감효과 검증

본 조사에서는 UTIS에서 CNS를 통해 실시간으로 제공하는 경로의 통행시간 절감효과를 분석했다. 분석을 위해 운전자가 일반적으로 이용하는 패턴경로를 정의하고, 패턴경로로 운행했을 때와 UTIS에서 제공하는 실시간 경로의 통행시간 차이를 비교분석하여 UTIS 제공 경로의 통행시간 절감효과를 확인했다.

패턴경로는 운전자들이 평상시 기·중점 간을 운전할 때 주로 이용하는 경로로서, UTIS에서 수집된 링크별 한 달 치 평균속도자료를 가공하여 구축한 최단 경로 알고리즘을 사용한 경로로 정의했다. 실시간 경로는 UTIS에서 제공하는 시간대별 실시간 최단경로로서 UTIS 단말기를 장착한 차량이 실시간 경로를 제공받아 운행한 경로다. 본 연구에서는 <그림 10>과 같이 장거리·남북축·동서축의 3개 축을 선정하여 조사를 수행했고, <표 10>과 같이 통행거리별 통행시간의 절감효과가 확인되었으며, 쌍체 T-검정(Paired T-test)을 실시하여 절감효과를 검증했다.

표 10\_통행시간 절감효과 분석 결과

구분		내용			
		절감량(분)	샘플 수	t값	t기각치
장거리	오전 첨두시	3.7	21	3.93	2.086
	비 첨두시	3.4			
	오후 첨두시	5.5			
남북축	오전 첨두시	3.5		2.95	
	비 첨두시	6.4			
	오후 첨두시	4.5			
동서축	오전 첨두시	3.5		3.57	
	비 첨두시	5.5			
	오후 첨두시	1.8			

주: 1)  $H_0: \delta_d = 0, H_1: \delta_d \neq 0$   
 가설  $H_0$ 를 기각하고  $H_1$ 를 채택하여 통행시간 절감효과의 정확성을 검증함.  
 2) 오전 첨두시: 07:00~09:00, 비 첨두시: 13:00~16:00  
 오후 첨두시: 17:00~19:00

V. 결론

본 연구에서는 CNS의 통행시간 절감편익의 개념을 정의하고 CNS의 통행시간 절감편익 산정 방법론을 개발했다. 또한 알고리즘을 구축하여 편익을 산정했고, 산정된 편익의 검증을 위해 UTIS 통행시간의 정확성 검증을 실시했다.

실시간 경로 정보를 받는 차량은 통행자가 일반적으로 이용하는 경로보다 통행시간 절감효과가 있으며 그 효과는 통행거리가 길어질수록 증가함을 알 수 있다.

또한 통행거리별 통행분포(TLFD)를 고려하여 통행거리별 통행시간 절감량에 TLFD를 곱하는 방식으로 통행거리가 증가할수록 통행시간 절감량이 증가하나 거리가 멀어질수록 통행량은 감소하므로 평균 통행시간 절감 원단위값은 통행거리가 4~20km인 구간에서 주로 발생함을 알 수 있다.

본 연구에서는 UTIS 정보를 기반으로 한 CNS를 이용함으로써 얻은 통행시간 절감효과를 계량화하여 편익을 산출했으며, 산출된 편익은 서울시에서

연간 34억 7천만 원 정도로 추정되었다. UTIS 통행시간에 대한 정확성 검증 결과, 실제 구간·경로통행시간과 UTIS 데이터의 통행시간 간의 오차가 적고, 적합도 검증결과 UTIS 데이터의 신뢰성이 인정되었다. 따라서 현장조사를 통한 UTIS 데이터의 신뢰성 검증을 통해 CNS의 연간 편익의 신뢰성이 검증될 수 있다.

본 연구에서는 서울시 네트워크 전체를 대상으로 통행시간 절감량을 산출하는 방식으로 기존에 연구되었던 단일구간에서의 통행시간 절감분석방법론이 아닌 분석의 대상범위를 네트워크로 확장하여 분석했다.

본 연구에서 제시하고 있는 방법론은 일반적으로 통행시간 절감편익 산정 시 활용되는 교통계획 모형과는 다소 차이가 있다. 사업시행·미시행으로 구분하여 사업시행에 따른 통행시간 절감량을 산출하고 운전자 시간가치를 반영하여 편익을 산출하는 것은 다르지 않지만, 본 연구에서는 기존에 주로 활용되었던 교통 수요 분석 툴을 통한 시뮬레이션 방식이 아닌 실측 데이터를 바탕으로 네트워크를 구성하여 개별 차량들의 통행시간 절감량을 산출한다는 점에서 차이가 있다. 주로 사용되는 수요 분석 툴인 EMME3의 경우 CNS를 통해 실시간으로 제공되는 네트워크의 통행속도를 반영할 수 없고, ITS 사업의 평가툴로 주로 사용되는 IDAS의 경우 경로정보 이용 비율만을 반영하여 단순히 확률적 계산을 통해 편익을 산출하는 방식으로 실시간으로 제공되는 CNS의 경로정보 제공에 따른 통행시간 절감효과를 반영하기 어렵다. 다만 CNS를 통한 예상통행경로의 혼잡감소로 인한 양(+의 편익과, 우회경로의 통행량 추가로 인

한 음(-)의 편익 등은 교통시물레이션 분석틀을 활용한다면 총통행시간의 변화에 대한 분석 등을 통해 보완할 수 있을 것이라 판단된다.

본 연구에서는 CNS의 편익을 통행시간 절감편익으로만 한정지어 평가했다. 하지만 CNS의 편익으로는 지체시간 감소, 통행비용 절감, 이용자 만족도 향상 등이 있으며, 따라서 이를 종합적으로 평가할 수 있는 MOE를 개발하여 평가한다면 보다 정형화된 분석의 틀을 만들 수 있을 것이라 판단된다.

또한 본 연구에서는 UTIS에서 제공하는 OBE차량의 데이터만을 대상으로 분석을 실시했기 때문에 데이터의 구축에서 서울시 전체 차량에 대한 통행시간 절감량 원단위를 대표하기에는 다소 무리가 있다. 따라서 본 연구가 좀 더 신뢰성을 얻기 위해서는 데이터베이스의 구축단계에서 서울시 전체 차종을 대표할 수 있는 데이터 수집이 필요하다. 현재 국내에서 교통정보를 수집 및 제공하는 시스템으로는 도로공사 Hi-pass의 DSRC 방식과 브랜드 콜택시, 민간 상업용 내비게이션 등이 있다. 이러한 시스템들의 수집데이터와 본 연구에서 활용되었던 UTIS 데이터를 결합한다면, 서울시를 하루 종일 운행하는 택시 자료를 통해 링크통행속도를 산출함과 동시에 일반 CNS를 이용하는 운전자의 통행특성을 반영할 수 있다. 또한 여러 교통정보 시스템의 데이터와 가구통행실태조사 등의 수단별 O/D를 결합한다면 서울시 전체 차종을 대상으로 통행시간 절감편익을 산출할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 통행시간 절감량 산출의 시간대를 하루기준으로 설정했으므로 통행시간 절감량이 주로 발생하는 시간대를 알 수 없다는 단점이 있다. 예를 들어 차량의 통행이 없는 새벽시간에는 CNS 제공경로의 통행시간 절감효과가 없을 것으로 예상되고, 주로 차량의 통행량이 많은 시간대에 운전자가 CNS의 대안경로를 제공 받았을 때 통행시간 절감효

과가 클 것으로 예상된다. 따라서 시간대별로 CNS의 통행시간 절감량을 산출하여 시간대별 통행시간 절감 원단위를 산출해야 한다.

참고문헌 •••••

국토해양부. 2010. “지능형교통체계 표준 노드·링크, 2010”. (<http://www.its.go.kr/>).

김민주. 2010. “NPR 모형 기반 실시간 택시 프로브구간 결측 통행속도 추정에 관한 연구”. 서울대학교 석사학위 논문.

김태형·강연구. 2009. ITS사업 효과분석 및 평가방안에 대한 연구. 고양 : 한국교통연구원.

박현석. 2006. “국도ITS 교통정보(VMS, KIOSK) 제공의 효과평가 연구”. 한국 ITS학회 2006년도 제5회 추계학술대회 및 정기총회. pp118-122.

서울시. 2006. 2020년 서울도시기본계획.

서울특별시. 2010. 서울 타코운행기록지(법인) 집계표.

서울시정개발연구원. 2002. ITS사업의 지속적인 효과증진을 위한 평가방법 및 평가체계 구축.

\_\_\_\_\_. 2006. 2005년 서울시 교통지표 산출.

\_\_\_\_\_. 2007. 2006년 수도권 가구통행실태조사 및 수도권 장래교통수요예측 및 대응방안연구.

\_\_\_\_\_. 2009. 수도권장래교통수요예측 2009년 배포파일. (<http://www.sdi.re.kr/>)

이병철·노정현. 1998. “지능형 교통체계(ITS)도입에 따른 효과분석기법 개발”. 대한교통학회 제34회 추계 학술발표회. pp62-72.

이용택. 2004. “국내 지능형교통체계(ITS) 사업평가체계 도입방향 (한국, 미국, 유럽 사례 비교분석을 중심으로)”. 대한교통학회지 제22권 제3호. pp215-226.

이철기. 2007. “ITS 사업의 효과분석 방법론에 관한 연구(수원시를 중심으로)”. 한국ITS학회논문지 제6권 제2호. pp81-94.

한국개발연구원. 2008. 도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판).

INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS. 1994. *Manual of Traffic Engineering*. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, Inc. A Paramount Communications Company. pp52-68.

TEA-21 Evaluation Guidelines([http://www.its.dot.gov/evaluation/eguide\\_tea21.htm](http://www.its.dot.gov/evaluation/eguide_tea21.htm)). [2011.05.13]

YOSEF SHEFFI. 1985. *URBAN TRANSPORTATION NETWORKS*. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, Inc. pp122-132.

Yu Cheng, Michael and J. Demetsky. 2000. *Application of US DOT ITS Evaluation Guidelines*. Charlottesville, VA : Center for Transportation Studies University of Virginia.

- 
- 논문 접수일: 2011. 7.11
  - 심사 시작일: 2011. 7.19
  - 심사 완료일: 2011. 8. 2

## Development of Calculating Method of Travel Time Reduction Benefit When Using CNS: By Using Taxi Probe Car Data of UTIS

**Keywords:** CNS, Navigation, ITS, Travel Time Saving, UTIS

This study aims to develop an assessment methodology of CNS(Car Navigation System). First, this study defines the concept of benefit of travel time saving. Travel time saving benefit is defined as travel time saving times value of time of traveler who uses CNS. Subsequently, this study develops a methodology to measure travel time saving of CNS and calculates the benefit with an algorithm. In order to estimate benefit of travel time saving of CNS, this study used UTIS data which is urban transportation information system. In the analysis, we calculated unit of travel time saving in Seoul. Unit of travel time saving resulted at 60.21 seconds per person, and travel time saving benefit of CNS estimated at 3,469 million won per year. In order to examine the accuracy of the benefit, this study verified UTIS data used in this study. As a result, the error between actual travel time and UTIS travel time data is less than 10%. In addition, a paired T-test was taken to prove the accuracy of UTIS travel time data. Consequently, this study can contribute on creating formalized analysis tools to analyze the effect of CNS.

### CNS(Car Navigation System)의 통행시간 절감편익 산정 방법론 개발 : UTIS의 택시 프로브 차량 데이터를 대상으로

**주제어:** CNS, 내비게이션, ITS, 통행시간 절감편익, UTIS

본 연구에서는 ITS시설물의 교통정보제공 시스템 중 CNS(Car Navigation System)의 평가 방법론을 고찰하고 CNS의 통행시간 절감편익의 개념을 정의했다. 통행시간 절감편익이란 CNS의 경로정보제공서비스를 통해 운전자가 일반적으로 이용하는 경로에서 우회경로를 이용하였을 때 발생하는 통행시간절감량에 운전자의 시간가치를 곱한 것이다. CNS의 통행시간 절감편익 산정을 위하여 교통정보시스템인 UTIS 시스템 데이터를 활용하였다. 정의된 편익의 개념에 따라 CNS의 통행시간 절감 원단위를 산정하였고, 알고리즘을 구축하여 통행시간절감편익을 산출하였다. 통행시간 절감 원단위는 거리별 통행시간 절감량에 통행거리분포(TLFD)를 곱하여 산정하였다.

분석 대상은 서울시를 대상으로 하여 구축된 분석방법론에 따라 통행시간 절감 원단위는 60.21초/인으로 산출되었고, CNS의 1년간 통행시간절감편익은 34억 7천만 원으로 산정되었다. 편익의 적정성을 검토하기 위해 데이터의 정확성을 검토했으며, 그 결과 UTIS 데이터 통행시간과 실제 통행시간간의 오차가 10% 미만이며 쌍체 T-검정을 통해 신뢰성이 입증되었다. 본 연구 결과로 CNS의 통행시간 절감효과 분석에서 정형화된 분석의 틀을 만드는 데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.