

ATMS 교통정보와 패턴데이터를 이용한 도시부도로 통행시간 추정방안 연구

김상범 · 김철현 · 유병영 · 권용석*
전주대학교 건설공학과

A City Path Travel Time Estimation Method Using ATMS Travel Time and Pattern Data

KIM, Sang Bum · KIM, Chil Hyun · YOO, Byung Young · KWON, Yong Seok*
Department of Civil Engineering, JeonJu University, Jeonbuk 560-759, Korea

Abstract

ATMS calculates section travel time using two-way communication system called DSRC(Dedicated Short Range Communications) which collects data of RSE (Road Side Equipment) and Hi-pass OBU (On-board Unit). Travel time estimation in urban area involves uncertainty due to the interrupted flow. This study not only analyzed real-time data but also considered pattern data. Baek-Je-Ro street in Jeon-Ju city was selected as a test site. Existing algorithm was utilized for data filtering and pattern data building. Analysis results reported that travel time estimation with 20% of real-time data and 80% of pattern data mixture gave minimum average difference of 37.5 seconds compare to the real travel time at the 5% significant level. Results of this study recommend usage of intermixture between real time data and pattern data to minimize error for travel time estimation in urban area.

ATMS는 양방향통신이 가능한 DSRC 통신방식을 이용하여 기지국(RSE) 통과하는 하이패스장착차량과 통신하며, 두 지점간 동일한 ID를 가지는 차량의 RSE 통신시간 자료를 활용하여 구간별 통행시간을 산출하고 있다. 도심부 통행의 특성은 신호교차로로 인하여 수집 주기에 따라 통행시간이 매우 불규칙하지만 직전 수집 주기의 데이터만 사용하는 기존 통행시간 가공 방법으로는 현재 통행시간을 추정하기가 어려웠다. 본 연구에서는 직전 수집주기의 데이터 뿐 아니라 해당 시간대의 과거데이터인 패턴데이터를 퓨전하여 가공하는 방법을 분석하였다. 분석 대상 구간은 전주시 주간선도로 기능을 하고 있는 백제대로로 선정하였으며, 수집데이터의 이상치제거 및 패턴데이터 구축 등은 기존 연구방법을 활용하였다. 분석결과 실시간 데이터(20%), 패턴 데이터(80%)의 비율로 추정된 데이터와 해당 주기에 통행한 데이터의 평균 오차값(절대값)이 37.5s이며, t-검증을 통한 검증 결과 95%의 유의수준에서 최소인 것으로 분석되었다. 따라서 직전 수집 주기에 수집된 데이터와 해당 시간의 패턴데이터를 활용하여 통행시간을 추정하는 방법이 시내부 통행시간 가공방안으로 적합하다고 판단된다.

Keywords

a city path travel time, ATMS, DSRC travel time, travel time estimation, travel time in CBT
도심부 통행시간, ATMS 통행시간, DSRC 통행시간, 통행시간 예측, 도심부 통행시간 추정

* : Corresponding Author
jisankys@jj.ac.kr, Phone: +82-63-220-2292, Fax: +82-63-220-2056

Received 16 March 2015, Accepted 7 May 2015

서론

1. 연구의 배경 및 목적

현재 지능형교통시스템 ITS(Intelligent Transport Systems)의 일환으로 전국 지자체에 다수 구축되어 있는 첨단교통정보관리시스템 즉, ATMS(Advanced Traffic Management Systems)는 단거리 무선통신 방식 중 하나인 DSRC(Dedicated Short Range Communications)통신 방식을 이용하고 있다. ATMS 시스템은 이러한 통신방식을 통해 주요지점에 설치된 기지국을(RSE:Road-Side Equipment) 통과하는 하이패스장착차량과 통신하여 하이패스 기기의 고유 ID와 통신 시각, 차종 등의 자료를 수집하고 있다.

RSE가 설치된 두 지점을 통과하는 하나의 하이패스 ID를 통해 지점간 거리와, 통신 시각의 차이를 통해 구간 통행시간을 산출할 수 있으며, 하이패스의 장착율의 증가 및 신형 차량들의 기본장착률 증가 등으로 프로브차량들이 많아져 ATMS 시스템을 통해 점점 더 정확한 소통정보를 제공할 수 있게 되었다.

따라서 다수의 지자체에 구축되어 있고 또 구축예정인 ATMS 시스템의 효율을 높이기 위한 연구 및 개발이 필요하지만 현재까지 하이패스 DSRC 교통자료를 활용한 경로 통행 시간 연구는 대부분 연속류인 고속도로에 대한 연구가 대부분으로, ATMS의 실제 구축 대상인 시내부 주요 도로에 대한 연구는 거의 이루어 지지 않은 상태이다. 특히 연속류의 경우 5분 단위로 통행특성이 크게 변하지 않기 때문에 데이터가 수집되는 수집 시점과 제공되는 제공시점의 차이가 적지만 도시부의 경우 신호 제어 및 잦은 정차로 인한 통행특성 변화가 심하기 때문에 수집시점과 제공시점의 차이가 많다.

따라서 본 연구에서는 수집시점에 수집된 통행시간 데이터와 제공시점을 기준으로 저장된 패턴데이터를 활용하여 상호 보완을 통해 교통정보의 신뢰성을 극대화 할 수 있는 방안을 연구하였으며, 이를 위해서는 각 도시부 주요 기능별 형태를 분석하여 도로위계를 정립하고 도로위계에 따른 각각의 실시간 데이터와 패턴데이터를 퓨전하여 정확한 경로통행시간 산정방법 개발을 목적으로 한다.

2. 연구의 방법

본 연구는 전주시의 시내주간선도로 백제대로를 대상

구간으로 선정하였으며, 선정된 구간의 ATMS 시스템 중 DSRC-RSE의 통행시간 데이터를 활용하여 실시간 데이터 및 예측데이터를 가공하여 수집데이터와의 비교와 t-검증을 통하여 통행시간 제공방안을 분석한다.

이론적 고찰

1. 프로브차량기반 교통정보 시스템

통행시간과 관련된 선행 연구로서 지점 및 구간검지 체계를 통해 실시간으로 수집되는 자료를 기반으로 통행시간을 추정하는 연구가 다수 이루어졌으며, 본 연구에서는 이러한 연구를 검토하여 기존 연구의 한계 및 시사점을 제시하고자 한다.

지점검지체계를 이용하여 통행시간을 추정하는 연구는 교통류 이론, 회귀분석, 인공지능 및 이력자료를 이용하는 연구로 구분할 수 있다. 초기에는 주로 점유율 및 지체시간을 이용하여 교통류 이론 및 회귀분석을 통해 링크통행시간을 추정하였으나, 추후 컴퓨터 기술의 발전에 따라 신경망 및 퍼지등과 같은 인공지능을 이용하거나 이력자료를 이용하여 통행시간을 추정하는 연구가 수행되었다.

Kim et al.(1997)은 VPLUSKO 모형을 제시하였는데, 이 모형은 교통량과 점유율의 함수로 구성되며, 대상링크의 일평균속도(Average Daily Speed)에 대한 정보를 필요로 한다. VPLUSKO는 일평균통행속도에 많은 영향을 받으며, 통행속도에 대한 추정력은 다소 떨어지거나 계산 및 적용이 용이하고 계산된 통행속도가 교통상태의 변화를 정확히 반영한다는 장점이 있다.

Jung et al.(1998)은 동적통행시간예측을 위한 방법으로 블록밀도법을 도입하여 가로상의 일정한 구간을 세분화하고 몇 개의 블록으로 분할한 후 교통류를 유체 근사화시키고 각 블록의 밀도를 일정시간마다 갱신해 나가는 방법을 제시하였다. 이 방법은 각 블록의 밀도와 최하류 블록에서의 유출교통량을 이용하여 시뮬레이션시간마다 모든 블록에서 밀도를 수정하여 통행시간을 산출한다. 또한 밀도-교통량관계를 직선이 아닌 곡선관계로 가정하여 교통현상을 반영하였고, 단속류를 대상으로 거시적인 접근을 시도하여 교차로구간은 Greenberg 모형, 비교차로구간은 Underwood모형을 적용하는 Edie의 복합모형을 적용하였다.

초기 교통정보 수집 및 제공은 GPS나 RF(Radio Frequency, 이하 RF), IR(Infra Red, 이하 IR)를 이용한 비컨 등을 이용하였으나 최근에는 교통정보 수집 및 제공 외에 교통안전 확보를 목적으로 Smartway(일본), Intelli-Drive 프로젝트(미국), CLAM(유럽), CVIS 프로젝트(유럽), COOPERS 프로젝트(유럽), 영국(UOBE) 등이 이루어지고 있다.

2. 프로브차량기반 통행시간 관련 연구

GPS를 이용한 연구로는 Shim et al.(2006) 링크를 아직 완전히 통과하지 않은 차량의 GPS 자료에서 순간 속도를 이용하여 차량의 이동 상태를 파악하고 통행시간을 산출하는 방법론 제시하였으며, Fangfang Zheng et al.(2009)는 거리비례법을 이용하여 도시의 링크 통행시간 추정을 연구하였다.

TCS(ETC 포함)를 이용한 연구로는 Soriguera et al.(2007)은 고속도로상의 본선영업소에서 출발한 단일 구간에 대하여 TCS 자료를 이용하여 인접한 두 영업소의 본선구간 통행시간과 출구램프 통행시간 및 요금 정산시간을 포함한 통행시간을 추정하였으며, Lee et al.(2009)은 TCS데이터를 이용하여 Off-line 경로통행시간 추정은 경로내의 링크통행시간을 조합하여 추정하였으며, On-line 통행시간 산출은 베이지안 추정을 통해 이상치를 보정한 후 Off-line 통행시간 추정 모형을 적용하여 경로의 기점을 출발한 차량 중 가장 최근에 경로의 종점에 도착한 차량의 통행시간을 추정하였다.

AVI(AVL)을 이용한 연구로는 Kim et al.(2008)는 구간통행속도 추정을 위한 고속도로 검지기자료 처리기법 개발하였다.

그 외, Shim et al.(2007)는 RFID기반의 통행시간 추정 기법 개발 및 교통정보 수집 적용가능성 평가하였다.

프로브차량기반의 통행시간 관련 연구 고찰 결과 GPS, TCS, AVI, RFID를 이용하여 통행시간을 산출하는 연구였으며, 최근 프로브차량 수집 추세인 DSRC를 이용한 통행시간 연구는 미비하였다.

3. DSRC 교통정보시스템(DSRC-RSE)

ATMS의 시스템은 크게 정보수집 시스템, 정보제공 시스템, 정보제공 시스템으로 구분된다. 그 중 정보수집 시스템은 DSRC-RSE와 차량에 장착된 Hi-pass간 통

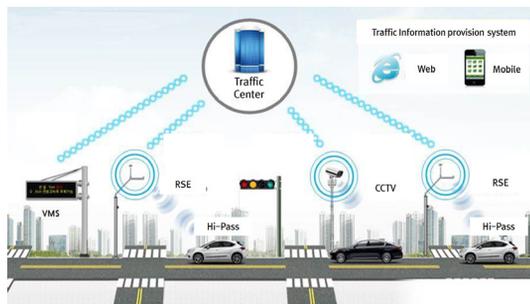


Figure 1. Concept diagram of ATMS

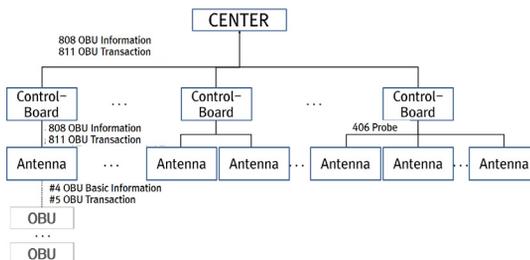


Figure 2. DSRC data format definition

신을 이용한 구간 검지정보를 수집하여 이를 정보제공 시스템에서 소��정보로 가공한 뒤 VMS, 교통정보 사이트, Application 등 정보제공 시스템을 이용하여 시민들에게 제공하는 시스템이다.

DSRC-RSE의 정보 교환 연계의 흐름은 크게 제어부에서 교통정보센터로 이동하게 된다. AID는 기존의 하이패스 단말기와 DSRC 교통정보수집 전용의 단말기를 구분하기 위한 ID이며, 기존 하이패스 단말기(AID=1)과 신규 하이패스 단말기(AID=4)로부터 정보를 수집하는 행태로 구분할 수 있다.

제어부는 차량단말기 기본 정보들 중 발행번호를 암호화하여 차량단말기 수집정보(808)를 생성하여 센터로 전송하며, 센터는 수집정보(808)를 이용하여 지점정보(809)와 구간정보(810)를 생성하게 된다.

4. 시사점

구간 통행시간을 수집할 수 있는 교통정보 수집 시스템은 AVI(Automatic Vehicle Identification), UTIS(Urban Traffic Information System), ATMS 등으로 구분이 가능하며, 도입시기가 오래된 AVI의 경우 국도위주로 설치되어 고속도로의 Hi-Pass시스템과 함께 연속류에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 시내부에 설치되는 UTIS

나 ATMS 시스템은 단속류 통행특성을 고려한 통행시간 가공방안이 필요하지만 이에 대한 연구는 미흡하였다.

도로위계별 구간정보 분석

1. 분석 개요

본 연구에서는 동일한 교통흐름 패턴을 보일 것으로 예상되는 도로들을 구분하여 구분된 도로별로 각각의 알고리즘을 적용하여 통행시간을 생성함으로써 도로의 종류에 따른 특성을 연구하고자 한다.

본 연구에서는 먼저 도로의 종류를 동일한 교통흐름을 가질 수 있도록 분류하고 구분된 도로에 따라 구간 소통정보 정리, 이상치 제거, 데이터 평활화, 데이터 퓨전의 총 4단계로 구분하여 소통정보를 생성하고, 생성된 예측 소통정보를 실제 소통정보와 비교하여 소통정보 가공시스템의 정확성을 검증하고자 한다.

1) 분석 방법론

RSE를 통하여 통행시간, 통행속도의 교통정보를 얻을 수 있는 대상구간으로 설정하고, 수집되는 데이터를 이용하여 실시간 데이터와 패턴데이터를 구축한다. 구축된 데이터를 융합하여 단기간 예측데이터를 생성하고 향후 수집된 실시간데이터와의 비교 단계를 통하여 최적 예측시나리오를 도출한다. 이를 통해 분석 대상구간 예측데이터의 효과 검증을 통하여 분석 구간의 수집데이터와 예측데이터의 차이 유무를 판단한다.

2) 분석대상 구간 및 시간범위 선정

본 연구에서는 전주시 시내주간선도로 백제대로를 대상으로 선정하여 구간정보 분석하였다.

본 연구에서 RSE 데이터는 15분 단위 데이터를 사용

하였으며 요일별 예측 결과를 통하여 평균 오차값이 최소인 목요일(2014년 4-5월) 데이터를 사용하였으며, 첨두별 시간대는 오전첨두(07:00-09:00), 오후첨두(19:00-21:00)로 선정하여 분석하였다.

2. 데이터 가공

1) 데이터 가공

본 연구에서 사용한 데이터는 여러 기법을 통하여 데이터 가공을 통하여 수집데이터, 실시간데이터, 예측데이터를 생성하였다.

RSE 교통 정보 장치를 통하여 얻은 5분 단위 통행시간 데이터를 15분 단위로 재수집하였으며 이상치 제거 방법을 통하여 실제 통행을 반영하지 않는 데이터를 제거하였다.

데이터 수집 시간을 기준으로 수집된 통행시간 데이터를 실시간 통행상황이라고 가정하여 이전 주기의 데이터를 포함하는 가중 이동 평균법을 통해 링크통행시간을

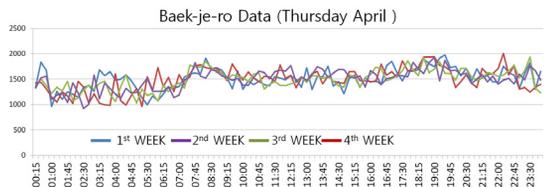


Figure 4. Origin data of Baek-je-ro on thursday april

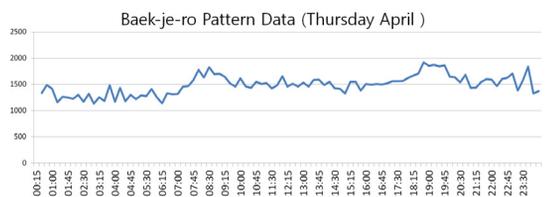


Figure 5. Pattern data of Baek-je-ro on thursday April

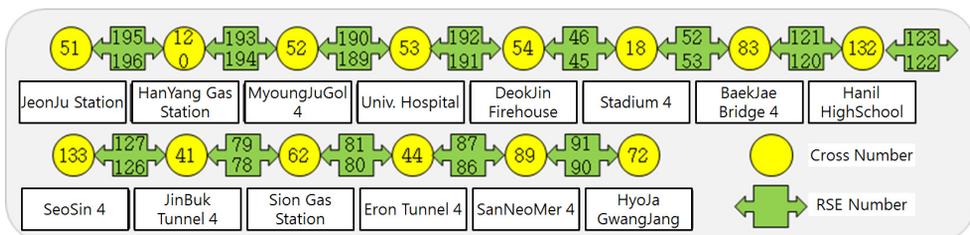


Figure 3. RSE installation of Baek-je-ro

추정하였다.

패턴데이터는 4월 전주시 백제대로 RSE 통행시간 데이터를 사용하여 분석하였으며, ATMS를 통해 수집되는 데이터를 이상치 및 결측치 제거, 평활화 과정을 거쳐 단위구간의 소통정보를 저장하는 DB시스템의 과거이력정보를 바탕으로 요일별, 시간대별 통행패턴을 분석하여 통행시간 추정하였다.

데이터 가공 후 오차값 비교를 통하여 최소값인 목요일을 바탕으로 연구를 진행하였다.

2) 데이터 퓨전

데이터 퓨전 단계에서는 앞 단계에서 추정한 실시간 통행시간 데이터와 DB의 과거이력자료를 통해 구축한 패턴데이터를 활용하여 대상 구간의 통행시간 데이터를 추정하였다.

백제대로의 통행 패턴을 분석하고 이에 따라 실시간 데이터와 패턴데이터의 적용 비율을 달리하여 최적의 도로위계별 파라미터 값을 도출하였다.

예측데이터 퓨전 공식은 식(1)과 같다.

$$T_j = (\alpha_j \times X) + (\beta_j \times Y) \tag{1}$$

여기서,

T_j : j위계의 도로구간 통행시간

α_j : 실시간 데이터 적용 비율

β_j : 패턴데이터 적용 비율

X : 실시간 데이터

Y : 패턴데이터

3. 시나리오 설정 및 분석

본 연구의 시나리오는 실시간데이터 적용 비율과 패턴데이터 적용 비율을 시나리오별로 다르게 적용하였을 때 RSE 구간 15분 이동시간 자료에 통행특성의 변화를 분석하기 위하여 단계별 시나리오를 설정하였다.

1단계 시나리오 1은 실시간 데이터 30%, 패턴 데이터 70% 적용 시, 시나리오 2는 실시간 데이터 50%, 패턴 데이터 50% 적용 시, 시나리오 3은 실시간 데이터 70%, 패턴 데이터 30% 적용 시 비율 변화에 따라 설정하였다.

선정된 시나리오별 평균 오차값을 비교하여 가장 최소값인 시나리오를 선정하여 2단계 시나리오에서는 유

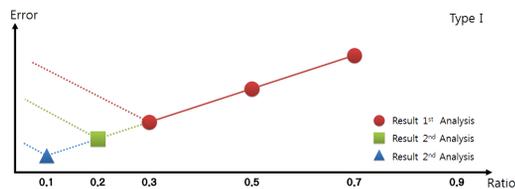


Figure 6. Scenario concept (type I)

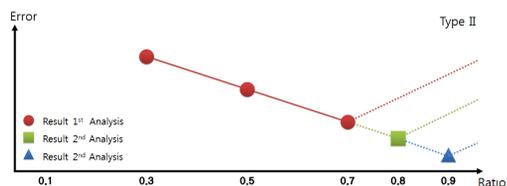


Figure 7. Scenario concept (type II)

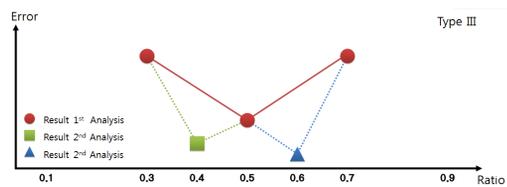


Figure 8. Scenario concept (type III)

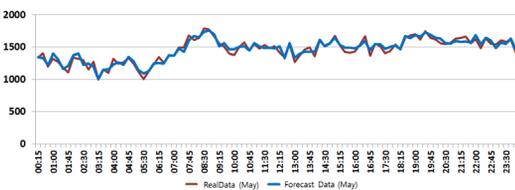


Figure 9. Data compare of Baek-je-ro (24hours)

형 3가지를 설정하여 시나리오별로 적용시켰다.

유형 I은 수집데이터 30%의 비율을 적용하여 평균 오차값이 작을 경우 20%, 10%의 비율 적용 시 2단계 시나리오를 추가하여 분석하였다.

유형 II는 수집데이터 70%의 비율을 적용하여 평균 오차값이 작을 경우 80%, 90%의 비율 적용 시 2단계 시나리오를 추가하여 분석하였다.

유형 III는 수집데이터 50%의 비율을 적용하여 평균 오차값이 작을 경우 40%, 60%의 비율 적용 시 2단계 시나리오를 추가하여 분석하였다.

시나리오 1단계, 2단계를 분석한 결과, 2단계 유형 I의 시나리오4(실시간 데이터(Collected Data)=20%, 패턴 데이터(Pattern Data)=80%수집데이터)의 평균 오차값(Collected Data-Forecast Data)이 가장 최소값으로 분석되었다.

Table 1. Forecast ratio and error for each scenario

Content	1st Analysis			2nd Type I	
	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
	Fore Collected Data Ratio	30%	50%	70%	20%
Ratio Pattern Data Ratio	70%	50%	30%	80%	90%
Error (Collected Data-Forecast Data)	56.5s	63.6s	74.6s	55.2s	56.0s

4. 데이터 검증

예측데이터와 실제 수집데이터와의 비교를 통하여 앞서 설정한 모형식의 예측데이터가 정확성이 얼마나 되는지 검증이 필요하다. 본 연구에서는 t-검증 중 한 영역인 쌍체비교(Paired-Comparison)를 통하여 데이터 분석을 검증하였다.

본 연구에서 수집데이터와 가공데이터(예측)의 차이가 없다는 주장으로 귀무가설이 설정되었으며 대립가설은 귀무가설과 반대로 데이터의 차이가 있다는 내용으로 설정하였다.

귀무가설 H_0 : 수집데이터와 예측데이터의 차이가 없다. ($H_0 = 0$)

대립가설 H_1 : 수집데이터와 예측데이터의 차이가 있다. ($H_1 \neq 0$)

백제대로 요일별 데이터 비교에서 목요일의 데이터의 오차값이 가장 최소값으로 분석되어 5월 백제대로의 목요일의 수집데이터와 예측데이터를 검증하였다.

백제대로 목요일 검증한 결과, 95% 유의수준에 만족하는 수준으로 분석되었다.

추가 분석으로 백제대로 목요일의 오전·오후침두를

Table 2. Match Pairs Analysis of baek-je-ro on 24 hours Thursday april

Content	Original Data	Forecasting Data
Average	1,461.70	1,463.01
Variance	27,110.97	27,161.96
t-statistic		-0.55
significant level of 5%		± 1.65
Adopt		0

Table 3. Match pairs analysis of baek-je-ro on peak hours thursday april

Content	Am peak period		Pm peak period	
	Original Data	Forecasting Data	Original Data	Forecasting Data
Average	1,600.31	1,597.43	1,628.84	1,639.71
Variance	118,824.05	17,912.49	4,002.53	3,149.09
t-statistic	+0.34		-1.76	
significant level of 5%	± 2.03			
Adopt	0		0	

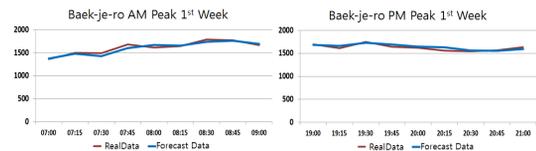


Figure 10. Compare data of 1st week (peak hours)

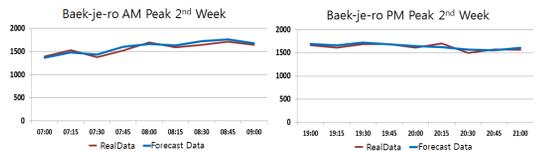


Figure 11. Compare data of 2nd week (peak hours)

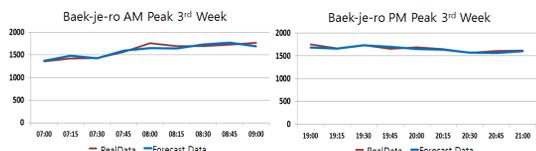


Figure 12. Compare data of 3rd week (peak hours)

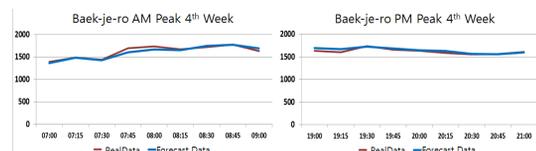


Figure 13. Compare data of 4th week (peak hours)

검증한 결과 두 시간대 모두 95% 유의수준에 만족하는 것으로 분석되었다.

결론

본 연구는 정보를 가공하는 가공시점에서 수집된 통행시간 데이터와 해당시간을 통행했던 이전 패턴데이터를 융합하여 통행시간 정보를 제공되는 시점에 맞춰 추정할 수 있는 방법을 설정하였다.

분석구간은 전주시 백제대로로 선정하였으며, 수집 주기는 5분 가공 주기는 15분으로 설정하였다. 데이터 융합 비율 산정은 2014년 4월 데이터를 활용하였으며, 최적 비율은 실시간 데이터(20%), 패턴 데이터(80%)의 비율 적용 시 실제 수집데이터와 추정데이터 오차값이 최소인 것으로 분석되었다.

5월 데이터를 이용하여 동일한 시점을 기준으로 본 연구의 방법을 이용해 추정한 통행시간데이터와 실제 수집된 데이터를 쌍체비교한 결과 평균오차가 37.5초이며, 95% 유의수준에서 신뢰성을 갖는 것으로 나타났다.

본 연구에서 제시하는 통행시간 추정 모형을 통해 ATMS, UTIS 등 구간 통행시간을 수집 가공하는 시스템의 특성에 따른 통행시간 데이터의 딜레이를 보완 가능하다고 판단되며, 본 연구에서는 하나의 도로를 대상으로 분석을 실시하였지만, 향후 도로위계별로 다양한 도로를 분석하여 위계별 패턴데이터 적용 비율을 찾아내는 것이 중요하다.

이렇게 분석된 추정방법은 전주시와 비슷한 규모와 통행 특성을 가진 도시에 ATMS 시스템을 운영할 경우 초기 설정값으로 활용이 가능하며, 현재 운영중인 통행시간 가공방법에 대한 대안을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

Jung H. Y., Shim Y. U. (1998), Dynamic Estimation of Travel Time by Block Density Method, The 60th Conference of Korean Society of Transportation, Korean Society of Transportation, 3-10.

Kim D. H., Rho J. H., Park D. J., Park J. H., Kim H. S. (2008), A Study on the Construction of Historical Profiles for Freeway Travel Time Forecasting, J. Korean Soc. Transp., 26(5), Korean Society of Transportation, 131-141.

Kim Y. C., Choi K. J., Kim D. K., Oh K. D. (1997), Estimation of Link Travel Speed Using Single Loop Detector Measurements for Signalized Arterials, J. Korean Soc. Transp., 15(4), Korean Society of Transportation, 53-71.

Lee H. S., Chon K. S. (2009), A Path Travel Time Estimation Study on Expressways Using TCS Link Travel Times, J. Korean Soc. Transp., 27(5), Korean

Society of Transportation, 209-221.

Shim S. W., Choi K. J. (2006), Link Travel Time Estimation Using Uncompleted Link-passing GPS Probe Data in Congested Traffic Condition, J. Korean Soc. Transp., 24(5), Korean Society of Transportation, 7-18.

Shim S. W., Choi K. J., Lee K. J. (2007), Link Travel Time Estimation and Evaluation of Applicability of Traffic Information collection Based RFID Probe Data, Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, 6(2), 15-25.

Soriguera M. F. et al. (2007), Travel Time Estimation from Multiple Data Sources, CENIT - Barcelona - Spain.

Zheng F., Van Zuylen H., Xia L., Chen Y. et al. (2009), Investigating the Feasibility of Urban Link Travel Time Estimation Based on Probe Vehicle Data, International Scientific Conference on Mobility and Transport - ITS for larger Cities.

- ✉ 주 작성자 : 김상범
- ✉ 교신저자 : 권용석
- ✉ 논문투고일 : 2015. 3. 16
- ✉ 논문심사일 : 2015. 4. 14 (1차)
2015. 5. 7 (2차)
- ✉ 심사판정일 : 2015. 5. 7
- ✉ 반론접수기한 : 2015. 10. 31
- ✉ 3인 익명 심사필
- ✉ 1인 abstract 교정필