

# 버스정보기반 통행속도 추정에 관한 연구

## A Study on the Travel Speed Estimation Using Bus Information

빈 미 영\*                      문 주 백\*\*                      임 승 국\*\*\*  
(Mi-Young Bin)              (Ju-Back Moon)              (Seung-Kook Lim)

### 요 약

본 연구는 버스정보가 도로의 통행속도 정보로 활용될 수 있는지를 검토하기 위한 연구이다. 도로통행속도를 파악하기 위해 설치된 지점검지기, 구간검지기로부터 수집되는 정보와 경기도에서 수집되는 버스정보를 속도정보로 가공하여 비교하였다. 버스정보가 교통정보 검지기의 기능을 할 수 있다면, 통행속도 정보를 제공할 수 있다. 이를 위해서는 도로구간의 교통류에 대한 패턴을 인식할 필요가 있다. 본 연구에서는 새로운 접근방법보다는 기존에 검증된 방법을 중심으로 버스정보를 이용한 교통류 패턴 인식 방법을 적용하여 버스정보의 활용 가능성을 제시하였다. 또한 버스정보를 이용하여 모형을 추정하였는데, 단순이동, 지수평활법과 이중이동, 이중지수평활법, ARIMA(p,d,q)모형을 적용하였다. 이 모형들은 평가지표인 100-MAPE, MAE, EC로 비교한 결과 상호 비슷한 결과를 나타냈으나, 단순평균이동법이 가장 우수한 결과를 나타냈다. 이로서 버스정보를 구간의 통행속도로 이용할 경우, 모형의 추정도 가능하다는 것을 확인하였다.

핵심어 : 버스정보시스템, 단순이동평균, 자기회귀 이동평균, 지능형교통체계, 절대오차백분율

### Abstract

This study was conducted to investigate that bus information was used as an information of travel speed. To determine the travel speed on the road, bus information and the information collected from the point detector and the interval detection installed were compared. If bus information has the function of traffic information detector, can provide the travel speed information to road users. To this end, the model of recognizing the traffic patterns is necessary. This study used simple moving-average method, simple exponential smoothing method, Double moving average method, Double exponential smoothing method, ARIMA(Autoregressive integrated moving average model) as the existing methods rather than new approach methods. This study suggested the possibility to replace bus information system into other information collection system.

**Key words** : BIS(Bus Information System), ITS(Intelligent Transportation Systems), MAPE, moving-average method, ARIMA

† 본 연구는 경기개발연구원 기본연구과제(2012)로 수행하였습니다.

\* 주저자 : 경기개발연구원 교통연구실 연구위원

\*\* 공저자 : 경기개발연구원 교통연구실 연구위원

\*\*\* 공저자 : 경기도 교통건설국 교통정보과

† 논문접수일 : 2013년 03월 25일

† 논문심사일 : 2013년 05월 25일

† 게재확정일 : 2013년 07월 08일

## I. 서 론

### 1. 연구의 배경과 목적

경기도는 2006년부터 버스정보시스템을 도입하여 주중 하루 버스노선 1만대로 부터 출·도착 정보가 수집되고 있으며, 약 천만 건에 달하고 있다. 현재에는 이러한 정보를 버스도착정보로 가공하여 이용자에게 모바일, 정류소 단말기를 통해 제공하고 있다. 이와 같이 방대한 량의 버스정보 자료는 현재 출·도착정보만으로 사용되고 있다. 경기도의 다양한 도로를 일정한 배차간격으로 운행하는 버스의 출·도착 정보가 도로의 통행속도 정보로 활용될 수 있다면, 교통정보 수집을 위해 추가로 설치해야하는 검지기 설치비, 운영비를 포함하여 시간적·재원적 비용을 절감할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 기존의 정보수집 체계와의 비교분석이 필요하고 활용을 위한 연구가 필요하다.

본 연구는 버스정보가 구간의 통행속도 정보로 활용될 수 있는지 검토하기 위한 기초연구로써 수행되었다. 기존에 도로통행속도를 파악하기 위해 설치된 지점검지기, 구간검지기로부터 수집되는 정보와 경기도에서 수집되는 버스정보를 속도정보로 가공하여 차량주행조사기법을 활용하여 얻은 속도 정보와 비교하였다. 버스정보가 교통정보 검지기의 기능을 할 수 있다면, 구간의 평균속도정보를 이용자에게 제공할 수 있음은 물론이고 더 나아가서는 돌발 상황정보까지도 제공할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 도로구간의 교통류에 대한 패턴을 인식할 필요가 있다. 본 연구에서는 새로운 접근방법보다는 기존에 검증된 방법을 중심으로 버스정보를 이용한 교통류 패턴 인식 방법을 적용하여 버스정보의 활용 가능성을 제시하고자 한다.

## II. 선행연구 및 사례검토

### 1. 교통정보 검지체계별 특성

교통정보 수집원은 수집원리에 따라 지점검지와

구간검지로 분류되며, 용도와 목적에 따라 더 세분화 된다. 지점검지체계는 교통류의 특성변수인 교통량, 속도, 점유율을 수집하기 위함이며, 구간검지체계는 도로네트워크의 통행패턴, 구간통행시간 산출 등에 주로 사용된다.[1]

#### 1) 지점검지체계

지점검지체계가 설치된 지점에서 수집되는 교통정보는 차량들이 검지기를 통과하는 것을 인식하여 소통수준을 판단한다. 검지원리가 단순하여 효율적이고 경제적이지만, 도로의 소통수준을 파악하는데는 일부분 한계를 가진다. 특히, 자동차가 전혀 통과하지 않거나, 매우 혼잡해서 정차하는 경우 속도는 모두 '0Kph'로 인식할 수 있다. 또한 지점검지기는 설치형태에 따라 매설형 검지기와 비매설형 검지기로 분류된다.

#### 2) 구간검지체계

구간검지체계는 지점검지체계에 비해 구간을 실제로 통행하는 것과 같은 교통흐름의 정보를 수집할 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 차량이 구간 내에서 감속을 하거나 정차를 했을 때 발생할 수 있는 시간 처짐(Time Lag)의 처리는 정보의 신뢰도를 높이는 데 중요한 기술이 된다. 이는 도로구간이 고속도로와 같은 연속류에서보다 신호나 교차로가 있는 단속류에서 뚜렷하게 나타난다.

본 연구에서는 BIS를 이용하여 도로구간의 속도로 활용할 수 있는 방안을 제안하고자 한다. 이를 위해서는 버스 정보의 데이터 구조를 파악해야 한다. 경기도 버스정보시스템의 정보내역은 빈미영(2010)에서 제시한 경기도 버스정보시스템 기반정보 외에 버스노선이 어떤 정류소와 어떤 교차로를 경유하는지를 알 수 있는 노선정보가 있고 버스운행기록 정보가 있다.

<표 1>은 경기도 BIS를 구성하고 있는 정보를 의미한다.

〈표 1〉 BIS수집 정보 내용  
 〈Table 1〉 Information of BIS Data Collection

Items		Collection information
Location Information	Bus Location Information	link information collection through the GPS location data. collecting each bus stop Departure time, Arrival time, Stop time Information
	Delay Location Information	communication cycle setting for supplement location communication. collecting the current location through judgment by delay situation.
	Routes other Location Information	collection of the breakway Information when bus drivers randomly change their routes
	Intensive Non-stop passing	intensive non-stop Informaion make up for Bus ID, Bus staion ID, Time
Driving Information	Incident Information	information collection for rescue/incident situation by pushed button bus drivers are push the button when incident/breakdown/returning situation
	Bus card reader Information	collecting information of each module's condition in bus card reader collecting information of module's condition about CDMA, GPS
	Speeding Information	collecting the highest speed among their driving speed speeding information make up for Time, Interval ID, Bus ID, Speed

## 2. 버스정보 기반 구간통행속도 추정 연구

버스정보와 관련된 연구는 버스정보시스템이 도입된 초기에는 주로 버스정보의 신뢰도 평가에 대한 연구(문태웅[2], 조혜림[3])가 주를 이루었으나, 이후 정보의 활용에 대한 연구가 진행되었다.

이운주[4]는 버스운행속도 자료를 이용하여 일반 차량의 운행속도를 추정하는 연구를 수행하였다. 서울시 BIS를 통해 수집된 버스운행 자료를 실측자

료와 비교하여 BIS의 정보가 얼마나 신뢰성 있는지 알아보았다. 본 연구에서는 도로의 구간통행속도를 추정하는데 버스주행 평균속도, 횡단보도의 수, 신호교차로 수를 회귀식 모형에 적용하였다. 추정결과 상관관계수( $R^2$ )가 0.86으로 나타나 버스주행 평균속도, 횡단보도수, 정류소수의 요인들이 구간의 통행속도를 설명하는 것으로 나타났다.

김원태[5]는 지체체를 운행하는 버스정보를 도로의 통행속도로 활용해야한다는 취지에서 버스정보 통행속도를 산출하였다. 버스와 승용차의 속도 특성을 조사하였는데, 버스와 승용차의 속도 차는 구간별, 시간대별로 서로 다르게 나타나는 것을 발견하였으며 유사한 속도 차의 패턴을 지니는 그룹을 “동질그룹”로 정의하였다. “동질그룹”은 결과적으로 도로기하구조와 교통조건이 같은 구간을 의미한다. 도로와 교통조건은 버스전용차로 시행여부, 정류소 개소수, 정류소 밀도, 구간거리, 정류소 서비스시간, 버스주행속도를 선정하였다. 추정결과 상관관계수( $R^2$ )는 최대 0.92까지 나타났으며, 동질그룹에서 선정된 요인들로 도로교통정보를 추정할 경우 현실에 가까운 결과를 도출할 수 있는 것으로 나타났다.

이영우[6]는 BIS운행데이터를 이용하여 실시간으로 지체시간을 산정하고 이를 도시교통관리, 교통정보를 제공하기 위한 연구를 수행하였다. 분석기법으로는 VISSIM시물레이션을 활용하여 모형을 구축한 후에 버스정류소의 서비스시간을 제외한 버스통행시간과 일반차량 지체시간간의 상관관계가 유 의한 것으로 분석되었다.

이와 같이 기존연구에서는 버스정보로 구간의 통행속도를 추정할 때 회귀분석 등을 통해 버스에 탑승하여 소량의 샘플수를 얻어 추정하였다. 임의의 도로구간에는 여러 대의 버스노선이 동시에 운행하고 있는데, 조사의 편의성을 위해서 한 대의 버스노선을 이용하였다. 버스정보는 한 정류소에서도 여러 유형의 버스가 여러번 도착한다. 이러한 정보들은 일일데이터로 보면 대량데이터가 된다. 기존 연구는 버스정보시스템에서 수집되는 대량정보를 충분하게 활용하지 못하고 있다. 또한, 기존의 연구

들에 의하면, 대상이 도로구간에 버스 정류소가 있는지 있다면, 몇 개가 있는지, 혹은 교차로가 있는지, 버스 베이(Bus Bay)가 있는지 등을 사전에 모두 조사하고 이를 시스템에 입력해야 한다. 따라서 본 연구와의 차별성으로는 한 구간에 통행하는 모든 버스노선의 출·도착 정보를 이용한다는 점이다. 기존연구는 운행하는 버스의 한 개의 노선의 정보를 이용하고 다른 요인들 간의 상관성을 분석하였는데 본 연구에서는 다른 요인들 간의 상관성 분석보다는 버스 출·도착 정보의 전수 자료를 이용하도록 한다. 이는 현재 국내 많은 지자체가 버스정보시스템을 도입하여 운영하고 있는데 다른 교통정보 검지기를 대체할 수 있는지를 판단해 볼 수 있는 기초연구로써 그 의의가 있다고 할 수 있다.

### 3. 교통정보 평가지표

#### 1) 모형추정 및 평가방법

본 연구에서는 버스정보를 기반으로 구간의 속도를 추정하기 위하여 패턴인식 방법을 적용하였으며, 단순이동 평균법, 단순지수 평활법, 이중이동 평균법, 이중지수 평활법, ARIMA를 이용하였다. 여기서 이중이동 평균법과 이중지수 평활법, ARIMA는 단순이동 평균법과 단순지수 평활법의 확장된 방법이라고 할 수 있다.

교통정보 데이터를 분석하는 방법은 대상구간에 차량검지기, UTIS, DSRC 등에 의해 수집되는 데이터와 현장조사를 통해 얻은 실측치를 비교하였다. 실제 주행 값과 데이터의 차이를 비교하기 위한 지표로 MAPE(Mean Absolute Percentage Error), MAE(Mean Absolute Error), EC(Equivalent Coefficient)를 사용하였다. ‘100-MAPE(%)’의 값이 100(%)에 가까울수록 비교하고자 하는 두 데이터의 차이는 적다고 할 수 있다. 평균절대오차인 MAE는 각 교통정보 제공 데이터 단위별 오차에 대한 평균을 나타내며, 수치가 낮을수록 데이터 정보간의 정확도가 높다. 균등계수 EC는 1에 가까울수록 수집원의 데이터가 실측 기준치에 가깝다.[7-9]

〈표 2〉 모형평가 방법  
(Table 2) Methods of Model evaluation

Division	Formula
100-MAPE	$MAPE(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{ Y_i - X_i }{Y_i}}{n} \times 100$ <p>(1)</p>
The mean absolute error	$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n  Y_i - X_i }{n} \times 100$ <p>(2)</p>
Uniformity coefficient	$EC = 1 - \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n  Y_i - x_i ^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n  Y_i ^2 + \sum_{i=1}^n  x_i ^2}}$ <p>(3)</p>

## Ⅲ. 교통정보 검지기별 비교·분석

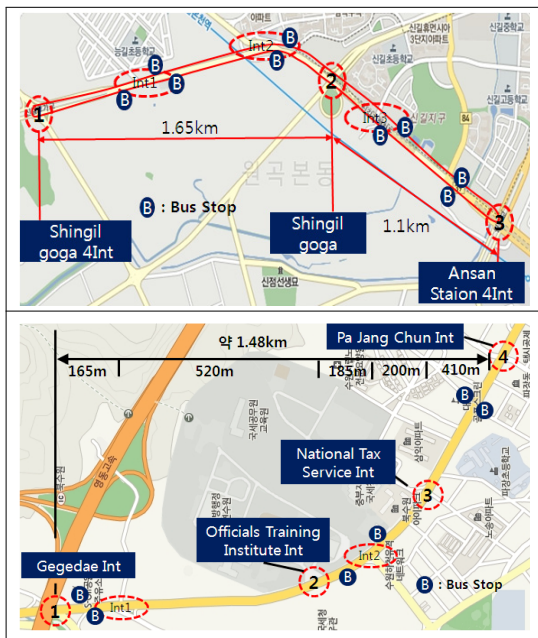
### 1. 비교·분석 개요

버스도착정보가 구간의 통행속도 정보를 대체할 수 있기 위해서는 기존의 정보수집체계와의 비교를 통해 그 적정여부를 검토할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 한 구간에 다양한 정보수집체계가 설치된 지역을 선정하여 수집된 정보를 비교·검토하였다. 대상구간으로는 경기도에서도 비교적 정보수집과 관리가 체계적으로 운영·관리되고 있는 안산시와 수원시를 사례로 들어 현장조사를 수행하였으며, 이를 통해 얻은 정보를 바탕으로 비교·분석하였다.

현장조사는 대상구간에 설치된 교통정보 수집원에 의해 수집되는 교통정보 데이터와 비교·검토하기 위해 실측기준치를 제시하고자 수행하였다. 교통정보 수집구간은 현장조사의 용이성과 교통정보 데이터 활용성, 수집원별 종류의 다양성과 결측 여부 등을 고려하여 대상구간을 선정하였다. 본 연구에서 활용된 정보는 안산시와 수원시의 센터에서 얻는 자료로써 최초 검지상태에서 발생하는 시간지체에 대해서는 고려되지 않았다.

현장조사는 안산시 4개 구간, 수원시 6개 구간을 수행하였으며, 데이터분석은 주행조사 구간 중 한 구간에 여러 교통정보 검지기가 설치된 곳을 선정

하였다. 검지기별 교통정보를 비교하고 분석하기 위하여 실제로 대상도로를 주행하여 주행시간을 측정하고 이를 도로구간의 연장길이를 고려하여 속도를 산출하였다. 안산시는 프로브차량 2대로 구간당 48회를 통행하였으며, 같은 구간에는 영상검지기 2개소, DSRC 2개소, UTIS 3개소, 버스정류소 9개소가 있다. 수원시 대상구간도 프로브차량은 2대이며, 같은구간에 프로브차량은 66회 운행하였다. 해당구간의 검지기는 신호검지기 4개소, 차량검지기 4개소, AVI 2개소, UTIS 5개소, 버스정류소 4개소가 있다. 구간에 대한 개략적인 그림은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 안산시(위)와 수원시(아래) 주행조사 대상구간  
<Fig. 1> Case Study of Ansan(Up) and Suwon(Down)

## 2. 비교·분석 결과

차량주행속도기법을 통해 얻은 구간의 통행속도 관측값과 버스 출·도착 정보를 구간의 통행속도로 변환한 값을 비교하였다. 그 결과로 버스의 출·도착 정보가 구간의 통행속도로 활용할 수 있는지를 판단할 수 있다. 또한 각 검지기로부터 수집되는 정보도 함께 비교하였다. 분석시간대는 오전첨두와 오후비첨두시간대로 구분하였는데 그 이유는 두 시간대의 교통흐름의 차이가 뚜렷하기 때문이다.

### 1) 오전첨두시 데이터 분석

안산시 오전첨두시 데이터를 분석한 결과 <표 3>과 같다. <표 3>은 5가지의 검지기체계 정보와 실측치간의 비교를 나타냈다. 여기서 통합데이터(Integrated data)란, 각 센터에서 한 구간에 여러검지기가 설치되어 여러 정보가 수집될 경우, 대표할 수 있는 정보를 가공하는데 각 검지기의 신뢰도에 따라 가중치를 산정하여 하나의 값으로 도출하고 이 대푯값을 의미한다.

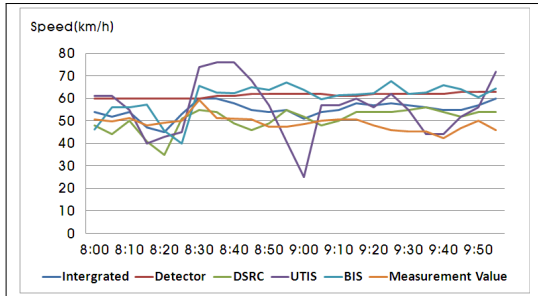
통합데이터와 실측치간에 '100-MAPE'의 값이 86.5%로 나타났는데, 이는 통합데이터가 실측치를 86.5%로 설명한다고 볼 수 있다. MAE는 주기단위 오차 값의 평균을 나타내며 실측치와 통합데이터간의  $\pm 6.42\text{km/h}$ 의 오차가 발생하였다. EC는 0~1의 값을 갖게 되며, 1에 가까울수록 실측치와 유사한데 통합데이터는 0.93으로 비교적 높게 나타났다. <표 3>을 보면, 실측치와 가장 정확도가 높게 나타나는 검지기는 DSRC로 88.9%이며, 가장 낮은 것은 BIS로 73.62%를 나타내고 있다. 100-MAPE와 MAE의 값은 t검정을 통해 유의확률 p가 0.05일 때 각각 0.000, 0.004으로 나타나 검지기간의 값들은 통계적으로 차이가 있다고 할 수 있다.

<그림2>는 통합데이터, 영상검지기, DSRC, UTIS, BIS의 시간대별 속도 정보를 나타내고 있다.

<표 3> 정보수집기기별 실측치 정확도 분석(안산시)  
<Table 3> Analysis of the Accuracy for each Information Detectors(Ansan)

Division	100-MAPE	MAE	EC
Integrated data	86.5	6.4	0.9
Video Detector	74.2	12.3	0.8
DSRC	88.9	5.2	0.9
UTIS	77.8	10.9	0.8
BIS	73.6	12.6	0.8

※100-MAPE의 t검정 결과 : 평균 80.20, 표준편차 : 7.08343, MAE : 평균, 9.48000, 표준편차, 3.44630



〈그림 2〉 오전 첨두시 통합데이터 분석결과(안산시)  
 〈Fig. 2〉 Analysis results of peak hour data(Ansan)

수원시 대상구간은 신호검지기, 차량검지기, AVI, BIS, UTIS로 구성된다. 각각의 검지기별 구간평균속도 데이터와 현장조사를 통해 나타난 실측 구간의 평균속도와의 비교·분석을 통해 수집원별 신뢰도와 정확도를 분석하였다. <표 4>와 같이 수원시 대상구간의 경우에는 통합데이터를 제외하고는 AVI가 가장 높게 산출되었으며, 가장 낮은 값은 UTIS 데이터로 나타났다.

〈표 4〉 정보수집기기별 실측치 정확도 분석(수원시)  
 〈Table 4〉 Analysis of the Accuracy for each Information Detectors(Suwon\_Peak)

Division	100-MAPE	MAE	EC
Integrated data	82.68	7.88	0.88
Signal detector	81.67	8.35	0.87
Vehicle detector	81.83	8.28	0.87
AVI	82.68	7.88	0.88
BIS	73.94	11.21	0.87
UTIS	21.07	35.12	0.34

※100-MAPE의 t검정 결과 : 평균 70.6450, 표준편차 : 24.51479(p(0.001)<0.05), MAE : 평균,13.1200, 표준편차, 10.85119(p(0.031)<0.05)

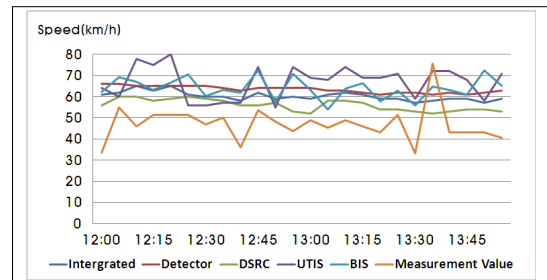
## 2) 오후 비첨두시 데이터 분석

안산시 오후 비첨두시 실측치 데이터와 각 정보 수집 기기별 데이터 정확도 분석결과는 DSRC의 100-MAPE의 값이 75.24%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 통합데이터, 영상검지기, BIS, UTIS의 순으로 나타났다. 전체적으로 오전 첨두시에 비해 정확도가 낮은 것으로 나타났는데 이는 오후 비첨두시에 대상구간이 오전 첨두시에 비해 원활한 도로 소통을 보여 주행하는 차량들 간의 속도저항은 적고 변화폭이 높기 때문으로 판단된다.

〈표 5〉 정보수집기기별 실측치 정확도 분석(안산시)  
 〈Table 5〉 Analysis of the Accuracy for each Information Detectors(Ansan\_off-peak)

Division	100-MAPE	MAE	EC
Integrated data	66.65	14.65	0.86
Video detector	59.85	17.57	0.83
DSRC	75.24	10.90	0.88
UTIS	54.15	20.15	0.81
BIS	59.62	17.82	0.83

※100-MAPE의 t검정 결과 : 평균 63.1020, 표준편차 : 8.10490(p(0.000)<0.05), MAE : 평균,16.2180, 표준편차,3.55650(p(0.001)<0.05)



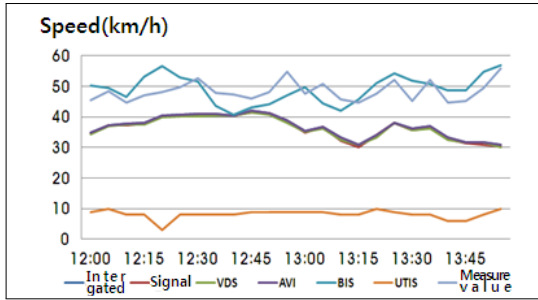
〈그림 3〉 오후 비첨두시 통합데이터 분석결과(안산시)  
 〈Fig. 3〉 Analysis results of Off-peak Data(Ansan)

수원시 오후 비첨두시 데이터 분석 결과 BIS정보의 정확도가 92.01%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 통합데이터, AVI, 신호검지기, VDS, UTIS 순으로 나타났다. 수원시도 통합데이터를 구간의 속도정보로 제공하고 있는데, 비율은 AVI: VDS: BIS: 신호검지기: 외부연계시스템 : UTIS는 각각 50: 30: 20: 50: 0로 이용하고 있다. 수원시 BIS정보의 정확도가 비교적 높게 나타나 다른 교통정보 검지기가 설치되어 있지 않을 경우 BIS정보를 적극 활용 할 수 있을 것으로 판단된다.

〈표 6〉 정보수집기기별 실측치 정확도 분석(수원시)  
 〈Table 6〉 Analysis of the Accuracy for each Information Detectors(Suwon\_off-Peak)

Division	100-MAPE	MAE	EC
Integrated data	76.21	11.64	0.85
Signal detector	75.39	12.03	0.85
VDS	75.23	12.12	0.85
AVI	76.21	11.64	0.85
BIS	92.01	3.85	0.95
UTIS	16.86	40.29	0.29

※100-MAPE의 t검정 결과 : 평균 68.6517, 표준편차 : 26.19513(p(0.001)<0.05), MAE : 평균,15.2617, 표준편차,12.67431(p(0.032)<0.05)



<그림 4> 오후 비첨두시 통합데이터 분석결과(수원시)  
<Fig. 4> Analysis results of Off-peak Data(Suwon)

### 3) 종합결과

안산시와 수원시 대상구간의 현장조사를 통한 실측치와 각 교통정보센터에서 수집한 데이터를 종합적으로 비교·분석결과 안산시 대상구간은 DSRC데이터가 비교적 높게 나타났으며, 수원시의 경우 전반적으로 차량검지기 정보가 비교적 실측치를 잘 반영하는 것으로 나타났다. 또한 BIS 정보는 구간마다, 시간대마다 차이는 있으나, 다른 검지기 데이터와 비교할 때 대체적으로 우수한 것으로 나타났다.

## IV. 구간통행속도 추정

### 1. 대상구간 설명

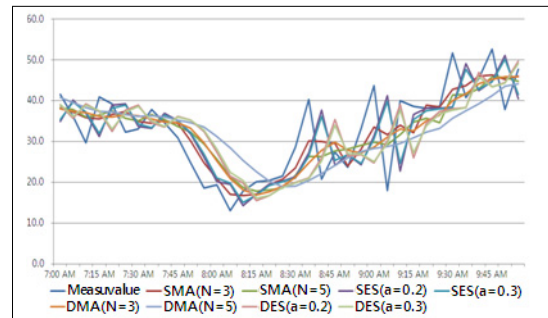
모형추정을 위한 대상구간은 <그림 5>와 같은 버스 출·도착 정보는 두 개의 버스 정류소를 경유하는 모든 버스 노선의 정보를 이용하였다. 해당 구간의 정류소를 지나가는 버스는 총 12대로 노선유형은 일반버스 7개 노선, 좌석버스 2개 노선, 직행좌석버스 3개 노선이다.



<그림 5> 구간통행속도 추정 대상구간  
<Fig. 5> Case of Estimation Interval speed

## 2. 추정결과

버스정보를 이용하여 구간의 통행속도 정보를 추정하는 데는 여러 방법이 있을 수 있으나, 본 연구에서는 단순이동평균법(N=3, N=5), 단순지수평활법(a=0.2, a=0.3), 이중이동평균법(N=3, N=5), 이중지수평활법(a=0.2, a=0.3), ARIMA(p, d, q)를 사용하였다. 데이터는 평일을 기준으로 11월 5일(월)부터 11월9일(금)까지 5일간의 데이터를 이용하였으며, 출·도착 정보를 5분단위로 산정하여 분석하였다. <그림 6>은 8개의 값들을 모두 도식화한 것이다. 이 모형들을 평가지수 MAPE로 산정한 결과를 <표 7>에 제시하였다. <표 8>은 그 중에서 일부시간대인 오전 4시 30분에서 5시 30분 사이에 계산된 결과를 단순이동, 지수평활, 이중이동, 지수평활법을 우선으로 나타냈다. 100-MAPE가 가장 높아 정보의 패턴을 가장 잘 인식한다고 볼 수 있는 것은 단순이동 평균법(N=3)으로 나타났다.



<그림 6> 11월 5일 유형별 속도 데이터 분석(07시~10시)  
<Fig. 6> Analysis of Speed Data by the Type

<표 7> 수원시 교통정보 정확도(100-MAPE)수치비교  
<Table 7> Comparison of Data Accuracy(Suwon)

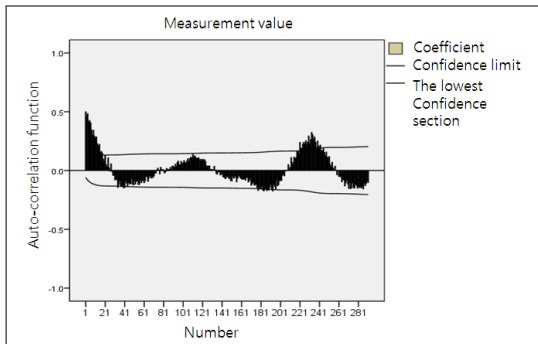
Evaluation Index	parameter	100-MAPE (%)	MAE (km/h)	EC
Simple moving averages	N=3	88.4	4.5	0.9
	N=5	86.8	5.1	0.9
Simple exponential smoothing	a=0.2	81.9	7.1	0.9
	a=0.3	82.5	6.8	0.9
Double moving averages	N=3	85.3	7.2	0.9
	N=5	83.7	6.1	0.9
Double exponential smoothing	a=0.2	82.2	6.8	0.9
	a=0.3	82.6	6.7	0.9



〈표 8〉 분석유형별 데이터 결과 예시(11월 5일)  
 〈Table 8〉 Example of Data results by the Analysis Type

Time	Measurement value	Simple moving averages		Simple exponential smoothing		Double moving averages		Double exponential smoothing	
		N=3	N=5	a=0.2	a=0.3	N=3	N=5	a=0.2	a=0.3
4:35	61.3	-	-	-	-	-	-	-	-
4:40	41.7	-	-	61.3	61.3	-	-	-	-
4:45	51.5	51.5	-	45.6	47.6	-	-	49.0	49.0
4:50	45.4	46.2	-	50.3	50.3	-	-	46.3	47.9
4:55	53.7	50.2	50.7	46.4	46.9	49.3	-	49.5	49.8
5:00	68.5	55.9	52.2	52.2	51.7	50.8	-	47.0	47.5
5:05	55.9	59.4	55.0	65.2	63.4	55.1	-	51.2	50.8
5:10	55.2	59.9	55.7	57.7	58.1	58.4	-	62.4	60.9
5:15	51.0	54.0	56.9	55.7	56.1	57.7	54.1	58.7	58.7
5:20	58.7	55.0	57.9	51.9	52.5	56.3	55.5	56.3	56.6
5:25	69.2	59.6	58.0	57.3	56.8	56.2	56.7	52.8	53.3
5:30	56.1	61.3	58.0	66.8	65.5	58.6	57.3	56.4	56.1

ARIMA(p, d, q)모형은 정상성을 우선적으로 검토하는데, 자기상관함수의 결과값으로 판단한다. <그림 8>은 자기상관함수의 결과를 나타낸 것이다. 자기상관함수는 계수를 중심으로 신뢰구간이 나타나는데, 시계열 데이터가 정상성 데이터라고 한다면, 시간이 경과할수록 신뢰구간에서 '0'으로 수렴하는 결과를 나타낸다. 그러나 버스정보는 <그림8>과 같이 시간에 따라 수렴하지 않고 오히려 발산하고 있다. 시계열 데이터는 정상성 데이터로 변환해 주어야 한다. ARIMA(p, d, q)모형에서 d의 값이 이러한 처리를 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 3개의 모형으로 추정하였으며 ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,2,1), ARIMA(1,2,2)모형은 <표 9>와 같이 각각 '100-MAPE'가 83.8%, 82.5%, 83.3%로 나타났다.



〈그림 7〉 자기상관함수  
 〈Fig. 7〉 Auto-correlation function

〈표 9〉 ARIMA모형 분석결과(11월5일(월)~11월9일(금))  
 〈Table 9〉 Analysis results of ARIMA model

Model	100-MAPE(%)	MAE(km/h)	EC
ARIMA(1,1,1)	83.8	6.1	0.9
ARIMA(1,2,1)	82.5	6.8	0.9
ARIMA(1,2,2)	83.3	6.5	0.9

각 모형의 모수 추정값은 <표 10>과 같다. 모수 추정 값에서 t값을 보면, ARIMA(1,1,1)의 값에서 AR의 계수를 제외한 값들이 유의확률 0.01미만의 유의수준으로 추정된 것을 알 수 있다.

〈표 10〉 ARIMA모형 파라미터 추정결과  
 〈Table 10〉 Estimation results of ARIMA Model parameter

Model		estimated value	SE	t	probability
ARIMA(1,1,1)	AR	0.022	0.039	0.561	0.575
	MA	0.769	0.025	31.073	0.000
ARIMA(1,2,1)	AR	-0.458	0.026	-17.383	0.000
	MA	1.000	0.083	12.064	0.000
ARIMA(1,2,2)	AR	-0.285	0.051	-5.553	0.000
	MA0	1.322	0.043	30.955	0.000
	MA1	-0.322	0.048	-6.687	0.000



### 3. 종합결과

버스정보를 이용하여 모형을 추정하였는데, 단순모형으로 단순이동, 지수평활법과 이중이동, 이중지수평활법, ARIMA( $p, d, q$ )모형을 적용하였다. 이 모형들은 100-MAPE, MAE, EC로 비교한 결과, 상호 비슷한 결과가 나타났으나, 단순평균이동법이 가장 우수한 결과를 나타냈다. 이로써 버스정보를 구간의 통행속도로 이용할 경우, 모형의 추정도 가능하다는 것을 확인하였다.

### V. 결론 및 향후연구

본 연구는 버스정보가 구간의 통행속도 정보로 활용될 수 있는지 검토하기 위한 기초연구로 기존에 도로통행속도를 파악하기 위해 설치된 검지기로부터 수집되는 정보와 경기도에서 수집되는 버스정보를 비교하였다. 버스정보가 교통정보 검지기의 기능을 할 수 있다면, 통행속도 정보를 제공할 수 있음은 물론이고 교통사고와 같은 돌발 상황을 판단할 수 있다. 이를 위해서는 도로구간의 교통류에 대한 패턴을 인식할 필요가 있다. 본 연구에서는 새로운 접근방법보다는 기존에 검증된 방법을 중심으로 버스정보를 이용한 교통류 패턴 인식 방법을 적용하여 교통정보 검지기의 기능의 활용 가능성도 제시하였다.

한 구간에 다양한 교통정보 검지기가 설치된 안산시와 수원시를 사례로 정보를 검지기별로 수집하고 차량주행조사 데이터와 비교·분석하였다. 버스정보는 안산시와 같이 구간에 고가와 같은 시설이 존재하는 경우에는 실측치와 비교할 때 신뢰도가 다소 떨어지지만, 수원시의 대상구간에서는 실측치와 크게 차이가 나지 않는 것으로 나타났다. 따라서 버스정보는 도로구간의 기하구조가 특이사항이 없다면, 구간의 통행속도 정보로 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

버스정보를 이용하여 모형을 추정하였는데, 단순모형으로 단순이동, 지수평활법과 이중이동, 이중지수평활법, ARIMA( $p, d, q$ )모형을 적용하였다. 이 모

형들은 100-MAPE, MAE, EC로 비교한 결과, 상호 비슷한 결과를 나타냈으나, 단순평균이동법이 가장 우수한 결과를 나타냈다. 이로써 버스정보를 구간의 통행속도로 이용할 경우, 모형의 추정도 가능하다는 것을 확인하였다. 본 연구를 수행하면서 한계점으로는 버스정보를 도로의 통행속도로 추정하는데 한 개의 구간에 대해서 다루었다. 이를 향후에는 버스정보의 신뢰도가 확보되는 도로링크를 구분할 수 있도록 추가 검토가 필요할 것이다. 또한, 본 연구에서는 한 도로구간에서의 버스정보는 그 구간을 대표할 수 있는 정보로 가정하여 분석하였으나, 버스정보의 오차를 줄이기 위해서는 표준노드링크체계와 정밀하게 연계할 필요가 있다. 이에 대한 부분은 향후연구로 남겨둔다.

### 참고문헌

- [1] Gyeonggi Research Institute, *Gyeonggido ITS general plan*, pp.282-285, 2012
- [2] T. W. Moon, "A Study on the reliability of bus arrival information through an analysis of indexes, Seoul BMS Center", *KITS Int. Conf. Commun.* 2008, pp.500-507, Korea, Nov 2008.
- [3] H. R. Joe, "A Development of evaluation criteria for the reliability of bus location Data", *KITS Int. Conf. Commun.* 2008, pp.467-472, Korea, Nov 2008.
- [4] O. J. Lee, *Predicting the travel speed of passenger cars in exclusive bus lane*, The graduate school yonsei university, pp.22, 2006
- [5] W. T. Kim, *A Study on the link travel speed information generation based on the cluster analysis Using BIS information*, The graduate school Myong-Ji university, pp.117, 2008
- [6] Y. W. Lee, "A Study on the Estimate Real Time Delay Model using BIS Data", *KITS academic journal*, vol. 10, pp.14-22, Oct. 2011.
- [7] Ministry of land infrastructure and transportation, *ITS Project Guideline(-Evaluation of Vehicle*

*Detection System-*), pp.2, 2010

[8] Gyeonggi Research Institute, *Evaluation of reliability about BIS/BMS*, pp.206, 2008

[9] Koroad, *A Study on the Improvement of Reliability by Traffic information center(II)*, pp.50, 2011

저자소개



**빈 미 영 (Bin, Mi-Young)**

2003년 일본 교토대학교 박사(교통공학전공)

2003년 3월 ~ 현재 재 : 경기개발연구원 교통연구실 연구위원

1999년 3월 ~ 2003년 2월 : 일본 교토대학교 연구원

1996년 3월 ~ 1999년 2월 : 한국도로공사 도로연구소 연구원

E-mail : mybin@gri.re.kr

연락처 : 031-250-3132



**문 주 백 (Moon, Ju-Back)**

2012년 서울시립대학교 석사(교통공학전공)

2012년 7월 ~ 2013년 현재 재 : 경기개발연구원 교통연구실 연구원

E-mail : joobye@gri.re.kr

연락처 : 031-250-3175



**임 승 국 (Lim, Seung-Kook)**

2011년 서울시립대학교 박사수료(교통공학전공)

2006년 9월 ~ 현재 재 : 경기도 교통건설국 교통정보과

2005년 7월 ~ 2006년 9월 : 경기개발연구원 교통연구실 연구원

E-mail : gugi@gg.go.kr

연락처 : 031-8008-6833