

버스정보시스템(BIS) 운행자료를 이용한 링크통행시간 추정

A Study on Estimate to Link Travel Time Using Traveling Data of Bus Information System

이영우*

Lee, Young Woo

Abstract

This study is to estimate the link travel time of road networks in urban areas utilizing traffic information which is collected throughout the operation of Bus Information System (BIS). BIS, which applies the hightech information technology to an existing bus system, has been developing and operating in many bodies including the local self-government entities. However, a study to consider the technology trend is relatively rare. Even though some useful traffic informations have been collected throughout the operation of an existing BIS, which set limits to the development of a future service of integrated analysis. Accordingly, in this study, a fundamental research is performed for traffic controls in urban areas and providing a traffic information for driver throughout the estimation of link travel time of road networks. The study is proceeded throughout the data collected from the operation of BIS (Bus Information System). The result showed that the patterns of going through traffic were divided up to 2 in the bus travel time in BIS then estimate two link travel time.

Keywords : bus information system, link travel time, bus travel time, intelligent transport systems

요 지

본 연구는 버스정보시스템(BIS)의 운영을 통해 수집되고 있는 데이터를 이용하여 도시내 가로의 통행시간을 추정하기 위한 연구이다. 기존의 버스시스템에 첨단정보통신 기술을 접목한 BIS는 많은 지방자치단체에서 구축하여 운영 중에 있다. 그러나 이러한 기술동향을 반영한 연구는 부족한 실정이다. 기존에 구축된 BIS의 운영을 통해 유용한 교통정보들이 수집되고 있으나 수집된 데이터의 활용은 활발히 이루어지지 못하고 있다. 본 연구에서는 BIS의 운영을 통해 수집되고 있는 버스운행 데이터를 이용하여 도시내 가로의 링크통행시간 추정을 통해 도시의 교통관리에 활용하고 운전자에게 교통정보를 제공하기 위한 기초적인 연구를 수행하고자 하였다. 연구결과 버스의 링크통행시간이 두 개의 군집으로 나타났으며 따라서 링크통행시간을 두 개의 군집으로 나누어 추정모형을 구축하였다. 구축된 모형을 통계적으로 검정하기 위해 T-test를 실시한 결과 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

핵심용어 : 버스정보시스템, 링크통행시간, 버스운행시간, 지능형교통체계

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

교통문제를 해소하기 위해 기존 교통시스템에 첨단정보통신기술을 접목한 것이 지능형교통체계(ITS)이다. ITS는 많은 개별시스템으로 구성되어 있으며 하부시스템 중 버스를 대상으로 구축된 시스템이 버스정보시스템(BIS)이다.

버스정보시스템(BIS)은 각 지방자치단체에서 적극적으로 도입하여 운영 중에 있으며 버스의 운행정보를 실시간으로 수집·관리하고 다양한 정보를 이용자에게 제공하고 있어 많은 시민들에게 긍정적인 평가를 받고 있다. 이러한 긍정적인 평가로 인해 추가적으로 많은 도시에서 BIS의 도입을 추진하고 있다.

노선버스는 도시내 대부분의 주요도로를 주행하고 있기 때문에 BIS시스템에서 수집·관리되고 있는 버스 운행정보는 도시내 주요도로의 다양한 교통정보를 포함하고 있으며 수집 데이터는 보다 많은 교통분야에 활용될 수 있을 것이다. 그러나 BIS시스템을 통해 실시간 수집·관리되고 있는 버스 운행데이터는 현재까지 BIS의 기본 기능에만 국한되어 활용되고 있는 실정이다.

도시내 교통관리를 위해 필수적인 요소가 링크통행시간 데이터이다. 현재 도시 교통관리를 위해 정기교통량조사 등을 통해 링크 및 가로구간 통행시간 조사가 실시되고 있으나 1년 중 특정기간에 국한된 데이터인 한계를 가지고 있다.

또한 상시교통량조사를 통해 1년 365일 지속적으로 조사

*정희원 · 대구대학교 토목공학과 조교수 (E-mail : lyw0209@naver.com)

가 이루어지기도 하지만 특정지점에 국한되어 있으며 실시간으로 분석되어 활용되는 시스템은 구축되어 있지 못한 실정이다.

이러한 현실을 고려할 때 BIS시스템의 실시간 버스운행정보를 이용하여 링크통행시간을 추정하면 도시교통관리에 상당한 도움이 될 것이며 필요에 따라 BIS의 정보제공시스템을 활용하여 운전자에게 실시간 교통정보를 제공할 수도 있어 기존 구축되어 운영 중인 BIS시스템의 활용도를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 BIS운행정보를 활용하여 링크통행시간을 추정하는 연구를 수행하였다. 물론 노선버스는 일정한 경로를 정해진 배차계획에 따라 운행하기 때문에 일반 승용차의 주행특성과 다소 차이가 있을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 버스의 통행특성을 분석하고 일반차량의 링크 통행특성과 비교·분석하여 링크통행시간 추정의 가능성을 분석하였으며 최종적으로 BIS운행정보를 이용하여 링크통행시간을 추정하는 모형을 구축하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 BIS시스템이 구축되어 운영 중인 울산광역시를 대상으로 버스운행 데이터를 수집하여 연구를 진행하였다.

BIS시스템에서 수집·관리하고 있는 데이터 특성을 살펴 보기 위해 데이터의 구성요소를 분석하였으며 버스통행시간과 일반차량의 링크통행시간과의 유사성을 분석하기 위해 버스통행시간 분포를 분석하였다. 그리고 최종적으로 현장조사를 통해 수집된 승용차 통행시간과 버스통행시간을 비교·분석하고 통계적 기법을 적용하여 도시내 링크통행시간 추정모형을 구축하였다.

연구의 공간적 범위는 울산광역시의 도시내 주요 간선도로인 삼산로, 중앙로, 태화로 3개 구간의 33개 링크를 대상으로 하였다.

분석대상 도로를 주행한 모든 노선버스를 대상으로 하루 동안의 데이터를 정리하고 분석하였으며 실험차량을 이용한 링크통행시간 조사는 오전 7~10시, 오후 12~14시, 저녁 17~20시 총 8시간동안 현장조사를 실시하였다.

2. 기존이론 및 선행연구 검토

2.1 기존이론 검토

링크통행시간의 추정은 매우 복잡하고 도로조건, 교통조건, 신호운영조건 등에 의해 영향을 받는다. 이러한 요소들 중 링크통행시간에 큰 영향을 주는 요소들은 교차로와 관련된 요소들이기 때문에 Webster, Wardrop, Hutchinson 등 교차로의 지체시간을 미시적으로 분석한 기존 이론이 많다.

그러나 교차로에서 복잡한 형태로 나타나는 현상을 미시적으로 정확하게 모형화 하기에는 어려움이 있다. 따라서 간편한 형태의 거시적 모형을 사용하기도 하는데 대표적인 것이 회귀분석에 의한 모형이다.

우리나라의 경우 도로용량편람에서 교통량, 구간길이 등을 변수로 하는 회귀모형을 제안하고 있으며 다른 나라에서도 비교적 단순한 형태의 모형을 사용하고 있다.

미시적으로 다양한 요소들을 모두 분석하여 링크통행시간

을 분석하는 것은 모형구축뿐 아니라 모형의 실제 적용에도 어려움이 있을 것으로 예상된다. 또한 너무 많은 변수들을 적용할 경우 실시간 조사를 위한 시스템 구축에도 문제가 있다.

BIS시스템에서 실시간 수집되고 있는 버스의 운행정보에는 링크구간, 교차로에서의 모든 교통상황이 잠재적으로 포함되어 있는 데이터이다. 따라서 본 연구에서는 BIS시스템에서 수집되는 버스운행 데이터를 이용하여 거시적인 링크통행시간 추정모형을 구축하고자 하였다.

2.2 링크통행시간 추정 연구

박신형의 2명(2006년)에서는 BIS데이터를 이용하여 버스의 실시간 통행시간을 예측하였는데 이 연구에서는 각 노선 및 해당 노선의 차량별로 수집된 정류장 도착시각을 기반으로 버스 이용시 예상 통행시간을 제공하였으며 정류장을 노드로, 정류장간을 링크로 네트워크를 구성하였다.

따라서 BIS데이터를 활용한다는 측면에서는 유사하지만 네트워크 측면에서는 본 연구자가 수행하고자 하는 연구와 근본적인 차이가 있다.

BIS와 관련된 대부분의 연구가 버스통행시간을 추정하고 제공하기 위한 박신형의 2명의 연구와 같은 형태로 진행되었다.

BIS 데이터를 다른 교통현상의 분석에 사용하거나 다양한 활용방안에 대한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

박신형의 2명의 연구에서는 버스의 통행시간에 교차로의 대기시간 및 정류장의 정차시간이 모두 포함되기 때문에 첨두시와 비첨두시의 교통량에 따른 특성이 잠재적으로 반영되어 있다는 장점이 있다고 제시하였다.

정영재 등(2005년)은 구간검지체계의 통행시간 정보를 이용하여 신호제어 알고리즘을 개발하는 연구를 수행하였다. 구간검지체계로부터 개별차량의 구간통행시간을 산출하여 대기행렬을 산정하고 이를 이용하여 신호제어를 수행하는 알고리즘을 연구하였다.

연구대상은 승용차로 한정하였으며 교차로의 포화도는 비포화 상황만을 대상으로 연구 하였다. 정보수집기술은 비콘, DSRC와 같이 차량과 검지기간의 양방향 무선통신을 통해 차량의 ID와 검지기 통과시각을 수집하는 방식이다.

이 방식은 구간검지체계이긴 하지만 검지기가 설치되어 있는 장소에서의 시·종점 검지체계이기 때문에 최근 BIS에서 사용되고 있는 GPS를 이용하여 1sec단위로 위치데이터가 수집되는 구간검지체계에 비하면 정밀도가 떨어지는 방법이다.

BIS 운영데이터를 이용한 링크통행시간 추정이 가능하게 되면 기존 시스템인 BIS를 이용하기 때문에 검지기시스템의 별도 구축이 필요 없는 장점이 있다.

링크통행시간은 상류부교차로에서 동일한 녹색신호시간에 링크로 진입한 교통류에서도 차량별로 하류부교차로에서 정지하지 않고 통과하는 차량과 신호로 인해 정차하여 대기한 후 통과하는 차량으로 나누어지며 연속적인 정규분포 형태가 아닌 군집으로 나누어진 통행시간 분포를 나타내게 된다.

이영우(2004년)의 연구에 의하면 두 개로 구분되는 링크통

행시간을 평균할 경우 운전자가 느끼는 오차가 커지기 때문에 두 개의 통행시간을 따로 추정하고 그 비율에 따라 확률적으로 링크통행시간을 안내하여야 한다는 연구결과를 제시하고 있다.

기존이론 검토결과를 바탕으로 본 연구에서도 링크통행시간 분포를 분석하여 군집별로 링크통행시간을 추정하는 모형을 구축하였다.

3. 현장조사 및 자료수집

본 연구를 수행하기 위해 BIS시스템이 구축되어 운영 중인 울산광역시에서 하루 동안 운행한 모든 노선버스를 대상으로 데이터를 수집·분석하였다.

울산광역시 BIS시스템에 적용하고 있는 위치추적시스템은 GPS이며 실시간으로 버스의 운행궤적을 1sec단위로 수집하고 있다. GPS를 통해 수집된 버스의 위치정보는 무선데이터 통신을 통해 실시간으로 ITS운영센터로 전송되고 센터에서 후처리를 통해 다양한 정보를 생성하여 유·무선으로 정보를 제공하고 있다.

본 연구에서는 GPS위치데이터를 처리하여 생성된 후 정보를 제공하기 직전의 다양한 분석데이터를 활용하여 연구를 수행하였다.

BIS시스템에서 수집된 버스의 통행시간 데이터와 비교·분석하기 위해 승용차를 이용하여 오전 7~10시, 오후 12~14시, 저녁 17~20시 총 8시간 동안 현장조사를 실시하였다.

통행시간을 측정하기 위한 현장조사 방법은 실험차량주행 조사법을 이용하였다. 승용차에 GPS수신기를 장착하고 조사 대상 링크를 주행하면서 차량의 주행궤적과 시간을 PDA단말기에 저장하고 이를 후처리 분석을 통해 링크통행시간을 산출하였다.

현장조사에서는 링크통행시간 이외에 링크길이, 차로수, 유출입구수 등 링크의 기하구조 및 신호현시, 연동 등 신호운영에 대한 각종 데이터를 수집하였다.

현장조사 대상구간은 울산광역시의 도심 주요간선도로인 삼산로, 중앙로, 태화로 3개 가로를 대상으로 하였으며 삼산로는 15개링크로 이루어져 있으며 중앙로는 5개링크, 태화로는 13개 링크로 구성되어 있어 총 분석대상 링크는 33개이다. 조사데이터는 33개 링크를 방향별, 시간대별로 나누어 분석하였다.

현장조사 및 자료수집을 통해 수집된 데이터는 표 1과 같다.

4. 링크통행시간 추정 모형 구축

4.1 버스통행시간 특성 분석

BIS시스템에서 실시간 수집되고 있는 노선버스의 통행시간을 이용하여 링크통행시간을 추정하기 위해서는 버스의 통행시간 특성을 분석할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 링크통행시간 추정 모형을 구축하기 전에 버스통행시간 특성을 분석하였다.

일반차량의 경우 링크통행시간은 링크구간에서의 순행시간과 교차로에서의 지체시간으로 구성된다. 그러나 버스의 경우 일반차량의 통행시간에 버스정류장에서의 정차시간이 포함된다.

따라서 본 연구에서는 BIS시스템에서 수집된 데이터에서 버스정류장에서의 정차시간에 해당되는 버스서비스시간을 제외한 통행시간을 산출하여 버스의 통행시간 특성을 분석하였다.

정류장 정차시간을 제외한 버스통행시간의 분포를 살펴보면 통행시간의 분포가 두 개의 통행시간 군으로 구분되는 것으로 나타났다. 물론 한 주기에 모든 차량이 통과할 경우에는 하나의 통행시간 군집을 형성하게 된다.

이러한 현상은 링크통행시간 특성 분석을 실시한 이영우(2004년)의 연구에서 제시된 결과와 유사한 결과이다. 결국 링크통행시간은 연속된 분포로 나타나지 않고 하류부 교차로에서 신호에 의한 정지의 경험 유·무에 의해 분리된 두 개의 통행시간이 발생하는 것을 실증적으로 보여준다.

버스통행시간 분포분석결과 중 3개 조사대상 가로별로 대표적인 링크의 통행시간 분포그래프를 그림 1~그림 3에 나타내었다.

버스통행시간의 분포특성이 일반차량의 링크통행시간의 분포특성과 거의 동일한 결과를 나타내는 것을 볼 때 버스통

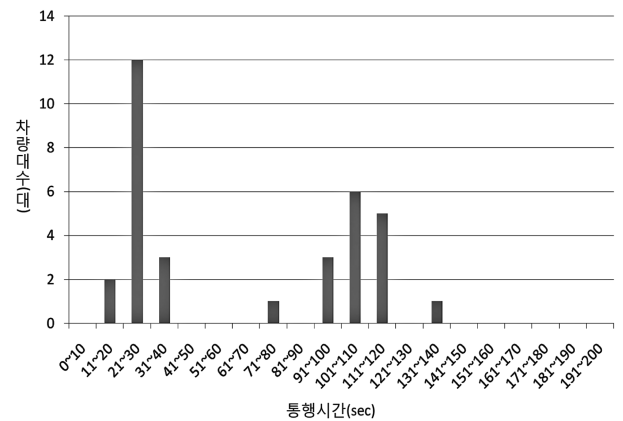


그림 1. 버스통행시간 분포 그래프(삼산로)

표 1. 현장조사 및 자료수집 데이터

조사가로	링크수	수집 데이터			
		BIS 데이터		현장조사	
삼산로	15개	<ul style="list-style-type: none"> 차량번호 노선 지점순번 지점명 검출순번 구분(교차로, 정류장) 	<ul style="list-style-type: none"> 진입시각 진출시각 누적운행시간 인접여행시간 인접평균속도 서비스시간 	<ul style="list-style-type: none"> 도착지연시간 앞문개문시간 뒷문개문시간 무정차 지연도착 진출수신시각 	<ul style="list-style-type: none"> 차량주행궤적 링크길이 차로수 유출입구수 버스정류장 신호운영현황
중앙로	5개				
태화로	13개				

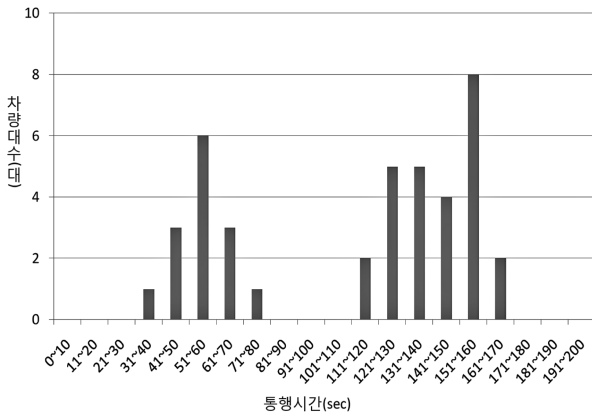


그림 2. 버스통행시간 분포 그래프(중앙로)

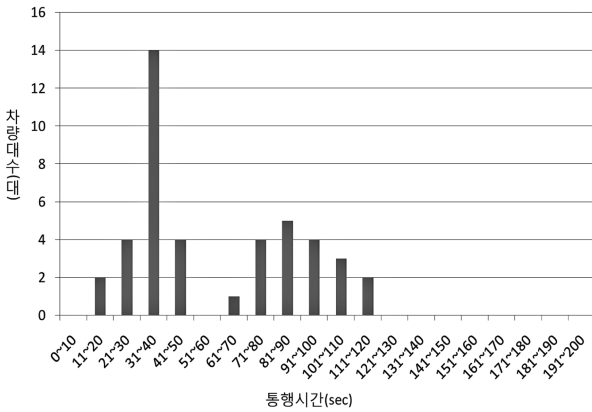


그림 3. 버스통행시간 분포 그래프(태화로)

행시간을 설명변수로 하는 링크통행시간의 추정이 가능할 것으로 판단된다.

4.2 링크통행시간 추정 모형 구축

4.2.1 개요

버스통행시간 특성분석 결과 통행시간 분포가 두 개의 통행시간으로 구분되는 형태를 나타내고 있는 것으로 분석되었으며 이러한 현상은 일반차량의 링크통행시간 분포특성과 일치하는 현상이다. 선행연구 검토에서도 살펴보았듯이 링크통행시간의 경우 두 개의 군집으로 구분되는 통행시간을 하나의 평균통행시간으로 추정하는 것은 바람직하지 못하며 두 개의 링크통행시간을 별도로 추정하여 분포비율에 따라 확률적으로 정보를 제공하거나 도시내 교통관리에 활용하는 것이 바람직할 것이다.

따라서 본 연구에서는 두 개의 군집으로 나누어지는 통행시간을 추정하는 모형을 별도로 구축하였다. 먼저, 버스통행시간을 두 군집으로 분류하기 위해 통계소프트웨어인 PASW Statistics 17.0을 이용하여 분류분석을 실시하였다. 분류분석 방법은 K-평균 군집분석을 적용하였다.

분류분석 결과 조상대상 링크 중 50.3%에서 두 개의 군집으로 분류되는 것으로 분석되었으며 하나의 군집으로 나타나는 경우가 48.4%로 분석되었다.

군집이 하나로 분석된 경우는 상·하류 교차로의 연동이 잘 맞아 교차로 정차 없이 모든 차량이 통과하는 경우와 모든 차량이 정차를 경험하고 동일 녹색시간에 모두 통과한 경우로 판단된다.

이주 드문 경우지만 극히 일부에서는 교차로 정차없이 통과한 차량군, 교차로에서 정차한 차량군 그리고 정차하였다가 녹색시간에 통과하지 못하고 한주기 다음 녹색시간에 통과한 경우가 있어 3개의 군집으로 나누어지는 경우도 있었다. 본 연구에서는 3개의 군집으로 나누어지는 경우는 분석대상에서 제외하였다.

4.2.2 통행시간 추정모형 구축

버스통행시간이 두 개의 군집으로 분리되는 현상을 통행시간 추정모형 구축에 반영하기 위해 군집 1의 평균통행시간(T_1), 군집 2의 평균통행시간(T_2)으로 구분하여 추정모형을 구축하였다.

모형구축은 통계소프트웨어인 PASW Statistics 17.0을 이용하여 선형 및 곡선추정 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석 결과 가장 적합도가 높은 모형이 곡선식 중 2차회귀모형으로 분석되었다.

통행시간이 하나의 군집으로 나타나는 경우와 통행시간이 두 개의 군집으로 나타나는 경우 상대적으로 짧은 그룹의 평균통행시간을 T_1 으로 하여 추정모형을 구축하였다.

그림 4는 버스와 승용차의 통행시간 관계를 나타낸 그래프이다. 군집 1의 버스통행시간과 승용차통행시간의 상관관계를 살펴보면 2차곡선식의 관계를 나타내는 것으로 분석되었다.

통행시간이 짧은 구간에서는 승용차 통행시간이 버스통행시간에 비해 짧은 것으로 나타났으며 버스통행시간이 증가하더라도 승용차의 통행시간의 증가율은 버스에 비해 크지 않은 것으로 나타났다. 그러나 링크통행시간이 일정시간이상 길어지면 승용차통행시간과 버스통행시간의 차이가 작아지며 증가율도 유사한 것으로 나타났다.

통행시간이 짧은 경우는 링크길이가 짧거나 소통상황이 양호한 경우로 버스는 교차로, 버스정류장 등에서의 가·감속 지체 등의 영향을 많이 받지만 승용차는 상대적으로 영향이 적기 때문에 승용차가 버스보다 링크통행시간이 짧은 것으로 판단된다.

통행시간이 긴 경우는 링크길이가 길어지거나 소통상황이 다소 불량해질 경우로 통행시간이 길어짐에 따라 가·감속 지체 등의 영향이 미소해지고 링크구간에서 다른 차량들과의 상호작용으로 인해 승용차가 빠른 속도로 진행하지 못하

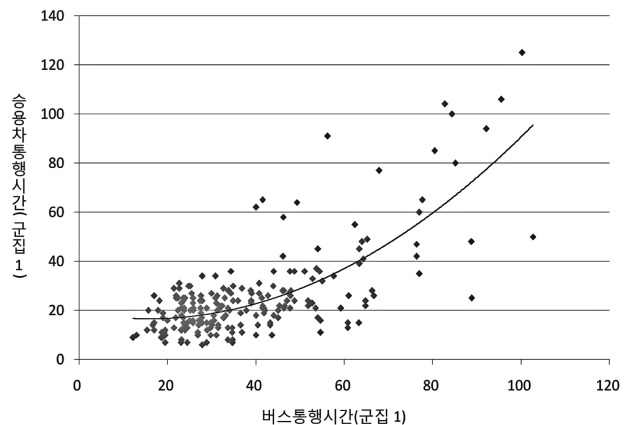


그림 4. 승용차, 버스 통행시간 관계(군집 1)

고 전체적인 교통류의 속도에 순응하여 주행하기 때문에 승용차 통행시간이 다소 빠르긴 하지만 승용차와 버스의 통행 속도 차이가 크지 않은 것으로 판단된다. 회귀분석결과 식 (1)과 같이 모형이 구축되었으며 결정계수(R^2)는 0.684로 나타났다.

$$T_1 = 0.010BT_1^2 - 0.326BT_1 + 19.080 \quad (1)$$

여기서, T_1 : 군집 1의 링크통행시간
 BT_1 : 군집 1의 BIS 통행시간데이터

군집 2의 버스통행시간과 승용차통행시간의 관계를 분석한 결과 높은 상관성을 가지지 못하는 것으로 분석되었다. 그러나 링크길이를 변수로 추가한 결과 높은 상관성을 가지는 것으로 분석되었다.

버스통행시간과 승용차통행시간에 링크길이를 나는 값을 대상으로 상관관계를 분석한 결과 그림 5와 같이 높은 상관성을 나타내어 이를 바탕으로 모형을 구축한 결과 식 (2)와 같이 나타났으며 결정계수(R^2)는 0.651으로 분석되었다.

$$T_2 = 0.943 \frac{BT_2^2}{L} - 0.339BT_2 + 0.292 \cdot L \quad (2)$$

여기서, T_2 : 군집 2의 링크통행시간
 BT_2 : 군집 2의 BIS 통행시간데이터
 L : 링크길이

군집 1의 경우 상대적으로 군집 2에 비해 소통이 원활한 교통상황이기 때문에 링크길이가 버스와 승용차의 통행시간에 중요한 영향을 미치는 설명변수는 아닌 것으로 판단된다.

군집 2의 경우에는 교차로에서의 교통지체가 발생하고 있는 상황이기 때문에 링크길이가 짧았을 경우에는 교차로에서의 지체시간이 링크 전체 통행시간에서 차지하는 비율이 높고 링크길이가 길었을 경우에는 링크 전체 통행시간에서 교차로 지체시간의 비율이 상대적으로 작게 나타날 것이다. 이로 인해 링크길이가 변수로서 중요한 역할을 하는 것으로 판단된다.

4.2.3 추정모형의 통계적 검정

본 연구결과 추정된 모형의 신뢰성을 통계적으로 검정하기 위해 통계소프트웨어를 이용하여 T-test를 실시하였다.

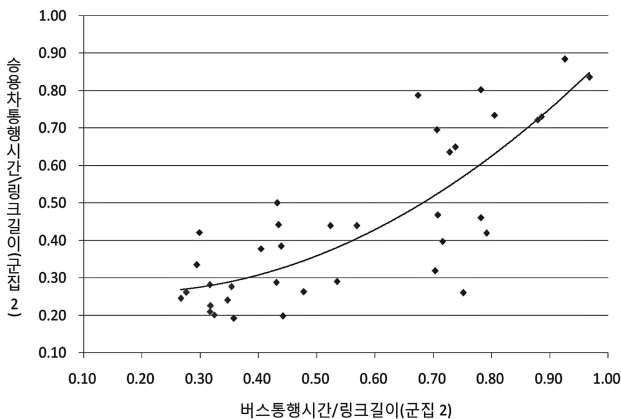


그림 5. 통행시간/링크길이 관계(군집 2)

T-test 결과를 살펴보면 두 추정모형 모두 p-value가 $\alpha=0.05$ 보다 큰 것으로 분석되어 귀무가설을 기각하지 못하는 것으로 나타났다.

즉, 현장조사에 의한 링크통행시간과 추정모형의 추정값에 차이가 있다고 할 수 없다. 따라서 95% 신뢰수준에서 추정값이 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

그림 6, 그림 7은 추정모형의 예측값과 현장조사 결과값을 비교한 그래프이다.

추정모형을 이용한 예측값과 현장조사 결과값을 비교한 결과 통계적 검정을 통해 확인하였듯이 대체적으로 높은 적합성을 보이고 있으나 통행시간이 길어지는 경우에 다소 오차가 발생하는 것으로 나타났다.

군집 2의 경우 군집 1에 비해 교통상황이 열악한 상황에서 교차로 지체 등을 경험하는 등 복잡한 교통상황에 노출된 교통류이기 때문에 모형의 적합성이 상대적으로 군집 1

표 2. 추정모형의 통계적 검정(T-test) 결과

구 분		T_1	T_2
대응차	평균	.75478	-1.64874
	표준편차	12.49157	28.19557
	평균의표준편차	.83463	4.63532
	차이의 95% 신뢰구간	하한	-8.8999
상한		2.39954	7.75213
t		.904	-.356
유의확률(양쪽)		.367	.724

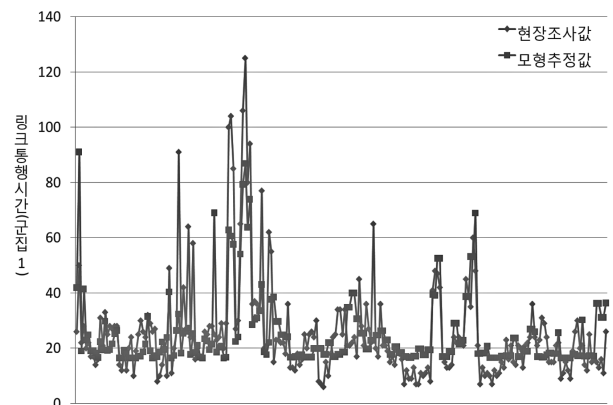


그림 6. 현장조사값과 추정값의 관계(T_1)

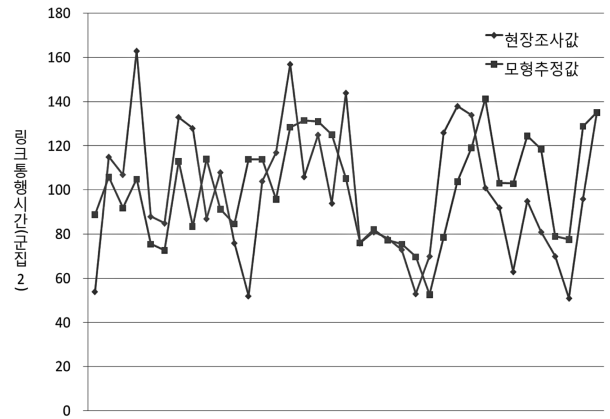


그림 7. 현장조사값과 추정값의 관계(T_2)

모형에 비해 오차가 다소 발생하는 것으로 판단된다.

5. 결 론

현재 많은 도시에서 버스정보시스템(BIS)을 적극적으로 도입하여 운영하고 있지만 다양한 분야로 활용되지 못하고 있는 실정이다.

노선버스는 도시의 주요 간선도로를 대부분 주행하고 있으며 BIS는 운행 중인 모든 노선버스의 운행계획을 실시간으로 추적하여 교통정보를 수집하고 있다. 따라서 BIS시스템의 실시간 수집정보는 교통관리 및 운전자에게 교통정보를 제공하기 위한 기초적인 데이터로 충분히 활용될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 BIS시스템에서 수집되고 있는 데이터를 이용하여 도시교통관리와 교통정보 제공을 위한 기본적인 요소인 링크통행시간을 추정하기 위한 연구를 수행하였다.

버스의 경우 일정한 노선을 정해진 배차시간에 따라 운행하며 버스정류장에서 정차가 이루어지기 때문에 링크를 통행하는 일반차량의 운행과 다소 차이가 있을 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 버스 통행시간 특성분석을 통해 일반 차량의 링크통행시간 추정의 가능성을 분석하였다.

버스통행시간에서 버스정류장 정차시간을 제외한 통행시간의 분포를 분석한 결과 링크통행시간이 두 개의 군집으로 분리되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기존연구결과에서 일반차량의 링크통행시간의 분포 특성과 유사한 결과로 버스통행시간을 활용한 링크통행시간 추정의 가능성을 보여주는 결과이다.

버스통행시간의 분포 특성분석 결과를 살펴볼 때 두 개의 군집으로 형성되는 링크통행시간을 하나의 평균값으로 추정하는 것은 불합리한 것으로 판단되어 본 연구에서는 두 개의 군집 평균을 별도로 추정하는 모형을 구축하였다. 모형의 구축은 통계소프트웨어인 PASW Statistics 17.0을 이용하여 선형 및 곡선추정 회귀분석을 실시하였다.

상대적으로 짧은 통행시간 군집의 링크통행시간(T_1)을 분석한 결과 버스통행시간을 설명변수로 하는 2차회귀모형이 구축되었으며 두 개의 통행시간 군집 중 긴 통행시간 군집의 링크통행시간(T_2)을 분석한 결과 버스통행시간과 링크길이를 설명변수로 하는 2차회귀모형이 구축되었다.

링크길이가 설명변수로 도입되는 군집 2의 경우 교차로에서의 교통지체가 발생하고 있는 상황이기 때문에 링크길이가 짧았을 경우에는 교차로에서의 지체시간이 링크 전체 통행시간에서 차지하는 비율이 높고 링크길이가 길었을 경우에는 링크 전체 통행시간에서 교차로 지체시간의 비율이 상대적으로 작게 영향을 미치기 때문에 군집 1의 통행시간과 달리 링크길이가 주요한 설명변수로 도입되는 것으로 판단된다.

구축된 추정모형의 통계적 검정은 통계소프트웨어를 이용하여 T-test를 실시하였는데 분석결과 귀무가설을 기각하지 못하여 추정모형이 통계적으로 유의한 결과를 나타내는 것으로 분석되었다.

추정모형을 이용한 추정값과 현장조사 결과값을 그래프를 통해 비교·분석한 결과 전반적으로 유사한 결과를 나타내

었으며 통행시간이 길어질수록 오차가 다소 커는 것으로 분석되었다. 통행시간이 길어진다는 것은 지체가 발생하는 등 교통상황이 복잡해지는 것을 의미하는 것으로 상대적으로 추정력이 다소 떨어지는 것으로 판단된다.

본 연구결과는 BIS시스템에서 실시간으로 수집되고 있는 데이터를 이용하여 링크통행시간을 추정하고 도시교통관리, 교통정보의 제공 등에 충분히 활용될 수 있다는 것을 보여 주고 있다.

본 연구에서는 링크통행시간의 분포특성을 고려하여 두 개의 군집을 대표하는 통행시간을 추정하였다. 그러나 두 개의 군집의 분포비율을 알아야 링크통행시간을 확률적으로 추정할 수 있을 것이다.

향후 BIS데이터를 활용하여 링크통행시간의 분포비율을 추정하는 연구가 필요할 것으로 판단되며 통행시간의 기본단위인 링크통행시간뿐 아니라 일정구간 또는 전체 경로를 대상으로 하는 통행시간 추정에 대한 연구도 지속적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2009-0064506).

참고문헌

고승영(2002) 버스도착시간 정보에 관한 연구, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제20권 제5호.

김재진, 노정현, 박동주(2006) 구간검지체계를 이용한 On-Line 출발시각기준 링크 통행시간 추정(연속류를 중심으로). **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제24권 제2호.

박신형, 정연정, 김창호(2006) 비모수 회귀분석을 이용한 실시간 통행시간 예측 기법 개발 및 평가. **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제24권 제1호.

이영우, 임재문(2004) GPS 수집자료를 이용한 링크통행시간 분포 특성 분석. **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제22권 제5호.

이정희(2001) **교통정보제공을 위한 구간통행시간 산출 방법론 연구**, 석사학위논문, 서울시립대학교.

이현석, 전경수(2009) TCS 링크통행시간을 이용한 고속도로 경로통행시간 추정. **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제27권 제5호.

장진환, 백남철, 김성현, 변상철(2004) AVI 자료를 이용한 동적 통행시간 예측. **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제22권 제7호.

정영제, 김영찬, 백현수(2005) 구간검지체계의 통행시간 정보를 이용한 신호제어 알고리즘 개발. **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제23권 제8호.

Hellinga, B. and Gudapati, R. (2000) *Estimating Travel Times from Different Data Sources for Use in ATMS and ATIS*, Proceedings of the ITE District 1 & 7 Joint Annual Conference held in Niagara Falls, Ontario, May 6.

Dion, F. and Rakha, H. (2006) *Estimating Dynamic Roadway Travel Times Using Automatic Vehicle Identification Data for Low Sampling Rates*, Transportation Research Part B, Vol. 40, No. 9.

Wall, Z. and Dailey, D.J. (1999) *An Algorithm for Predicting the Arrival Time of Mass Transit Vehicles Using Automatic Vehicle Location Data*, In Presentation and Review 78th Annual Meeting of the Transportation Research Board.

(접수일: 2010.2.23/심사일: 2010.3.12/심사완료일: 2010.3.12)