한국ITS학회논문지
제4권, 제3호 (2005년 12월)
pp.51~59

버스정보 결측시 검지기 자료를 통한 버스 통행시간의 산정

Estimation of Bus Travel Time Using Detector for in case of Missed Bus Information

손 영 태* 김 원 기**
(Young-tae, Son) (Won-ki, Kim)

요 약

버스의 서비스 질을 향상시키기 위해서 시행중인 버스정보시스템은 버스의 도착 예정시간을 산정하기 위해서 일정주기동안 통행한 버스의 데이터를 바탕으로 신경망 모형, 칼만필터링, 이동평균법등의 알고리즘을 사용하여 예측한다. 하지만 버스의 데이터 결측으로 인하여 버스의 도착 예정 시간을 산정하기 어려울 때는 버스의 시간대별 패턴 데이터를 구축하여 이를 활용하지만, 일반적으로 오차의 범위가 크다.

따라서 본 연구에서는 도착 예정 시간을 산정하기 위해 링크에 설치된 대기행렬 검지기 자료를 이용하여 버스의 링크 통행 시간을 산정한다. CORSIM Version 5.1 시뮬레이션 패키지를 이용하여 검지기 지점 속도를 보정하여 검지기 지점속도를 바탕으로 버스의 통행시간을 산정한다.

Abstract

To improve the quality of bus service, providing bus travel time information to passenger through station screen. Generally, bus travel time information predict by using previous bus data such as neural network, Kalman filtering, and moving average algorithms. However, when they got a difficulty about bus travel time information because of the missing previous bus data, they use pattern data. Generally, nevertheless the difference of range is big. Hence in this research to calculate the bus travel time information when the bus information is missed, use queue detector's data which set up in link. The application of several factors which influence in bus link travel time, we used CORSIM Version 5.1 simulation package.

Key Words : BIS, Bus travel time

Ⅰ. 서 론

우리나라는 경제 성장에 따른 자동차 증가, 특히 자가용 승용차 수단 분담율의 증가로 교통수요가 폭발적으로 증가하였으나, 이에 따른 적절한 수요관리 정책의 부재와 도로교통 인프라 확충의 한계 등으로 인해 대도시의 교통혼잡은 날로 증가하고 있다. 교통혼잡으로 인해 버스의 정시성은 저하되고 정시성 저하은 버스의 서비스 질을 악화시켜 이용자들에게 버스이용에 불편을 주게 된다.

* 주저자 : 명지대학교 교통공학과 정교수.
** 공저자 : 명지대학교 교통공학과 석사
† 논문접수일 : 2005년 9월 19일

버스의 서비스 질을 향상시키기 위해서 각 지자체에서는 BIS을 도입하여 버스 정류소에 설치된 단말기를 통해 버스의 도착 예정시간을 정보를 제공하고 있다. 버스의 도착 예정시간은 과거 일정주기 동안의 버스 데이터를 수집하여 이전버스 통행시간, 이동평균법, 칼만필터링, 신경망분석, 회귀분석등의 모형식을 통해 버스통행시간을 예측한다.

하지만 버스의 통행 정보가 결측되었을 경우에는 버스의 통행시간을 크게 월별, 요일별, 시간별로 구분하여 이를 DB에 저장후 패턴 데이터를 구축하여 버스의 통행 시간을 예측하게 되는데, 링크상에 급격한 교통량의 변화시 버스의 도착 정보 예측률이 현저히 떨어지게 된다. 이에 본 연구에서는 버스의 통행 정보가 결측되었을 시 보다 정확한 버스의 도착정보를 예측하기 위해 링크에 설치된 대기행렬 검지기를 이용하여 검지기를 통해 수집된 속도 자료를 바탕으로 버스의 링크 통행 시간을 예측해 보고자 한다.

Ⅱ. 관련연구 검토

차량의 통행시간 예측에 관한 연구는 교통계획의 전통적인 4단계 모형의 통행배정 단계에서 기본적으로 연구가 되었다. 최근에는 정보기기와 통신기기의 발달로 인해 ITS 기술이 향상되면서 동적 경로안내시스템분야 등 여러 방면으로 발전하였다. 버스는 상대적으로 통행시간에 영향을 주는 요인이 많기 때문에 초기에는 통행시간 전반에 걸친 연구보다는 버스의 Headway나 승하차 시간과 같은 특정 부분에 대한 연구가 먼저 이루어졌다. Per-Ake Andersson and Gian-Palso Scalia-Tomba는 첨두시 도시의 버스 노선을 수학적으로 설명하였다. 버스운영의 특성을 확정적인 것과 확률적인 부분으로 분석하여, 승하차, 링크 통행시간과 정지시간을 모형화한 노선구조에 대한 일반적인 모형을 수립하였다. 김대웅, 유영근은 버스 통행시 지체요인의 지체정도를 수량화 이론에 의하여 통계적으로 세분하고 이를 설명변수로 도입하여 단계적 회귀분석 방법으로 버스 구간평균속도 모형을 구축하였다. 지체분석을 위해 2대의 비디오 카메라로 속도계와 전방의 교통상황을 동시에 촬영하여 시간-속도 그래프를 작성한 후, 가로교통규제의 상한속도선에 미달되는 구간을 지체 요인으로 보고 이 구간의 지체요인을 모니터를 통해 분석하였다.

배상훈은 자동차량위치측정기법 시스템을 사용한 버스의 동적 통행시간예측 알고리즘을 개발하였다. 초기적 버스도착시간의 예측모형 개발을 위해서 첫째, 하나의 정류장에서 버스들의 동적행태에 관한 연구와 둘째, 다수의 정류장에서 버스의 동적행태 연구를 수행하였다. 이때 먼저 버스 정류장에서 버스의 동적행태를 모형화하고 이를 링크통행시간함수와 결합한 통행시간 모형을 수립하였다.

ITS의 발달과 도입으로 인해 최근에는 통행시간 모형을 바탕으로 한 이론적인 방법보다는 수집된 자료를 바탕으로 데이터베이스를 구축하여 통행시간을 예측하는 경험적인 방법을 택하고 있다.[2]

Ⅲ. 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 링크상에 설치되어 있는 차량 검지기를 이용하여 버스의 통행시간을 효율적으로 추정하기 위하여 본 연구에서는 신호 교차로에 설치되어 있는 대기행렬 검지기 자료로 버스 통행시간을 추정하고자 한다. 모의실험을 통하여 대기행렬 검지기 자료를 수집하고자 CORSIM version 5.1 시뮬레이션 패키지를 사용하였다.

대기행렬 검지기 자료를 바탕으로 버스의 링크 통행시간을 산정하고자 버스통행 시간에 영향을 줄 수 있는 변수를 분석하고 분석된 변수와 검지기 자료와의 관계를 파악하기 위해서 시뮬레이션 조건에 변화를 주어 시뮬레이션을 실행 시킨후 변화된 시뮬레이션 조건에 따라 수집된 결과 데이터들을 수집하여 변수와의 관계를 분석한 후 모형식을 제시한다. 또한 제시된 모형식의 정확성 여부를 판단하기 위해서 실제 도심을 표현한 모의 네트워크에 입력하여 평가해 봄으로서 본 연구에서 산정한 모형식의 정확성을 판단한다.[3]

Ⅳ. 모의실험 구축

1. 분석변수의 구체화

도심의 네트워크에서 버스의 링크통행시간에 영향을 미치는 수많은 요소들이 있다. 이런 요소들에는 교통량, 신호체계, 링크길이, 차로수, 도로변 주정차차량 및 보행교통량, 중차량 비율, 운전자 성향, 도로기하구조 등 수많은 요소들이 있지만, 본 연구에서는 현재 우리나라 도심 네트워크에서 링크통행시간에 가장 큰 영향을 미치는 교통량, 링크길이, 신호 연동값, 신호비율등을 주요 변수로 선정하였다. 이러한 분석 변수들의 선정은 도심의 통행시간 및 통행속도에 영향을 주는 요인과 지체를 유발시키는 변수 중에서 현실적으로 분석할 수 있고 모의실험 상에서 구현할 수 있는 변수들이다.

본 연구에서는 현실적으로 모의실험이 가능한 네트워크를 구성하고 그 결과값을 용이하게 수집하기 위해 몇가지 가정 및 제약사항을 두었다. 첫째, 본 연구에서는 모의실험에 적용할 네트워크를 구성하기 위해 군포시 산본동의 LG 아파트앞 사거리에서 우체국앞 사거리를 모델로 동일하게 네트워크 구성하고 신호조건을 입력하였다. 둘째, 네트워크상에서 버스의 통행은 주로 3차로에서 발생하는데 실제 도심에서는 주정차에 의해 영향을 많이 받는다. 하지만, 본 연구에서는 이를 고려하지 않았다. 셋째, 대기행렬 검지기 자료를 이용하여 버스의 링크통행시간을 추정하기 위해서 링크 하류부 교차로에서 100m 후방에 대기행렬 검지기를 설치하였고 버스 정류장은 링크 중간에 존재한다고 가정하여 자료값을 수집하였다.

1) 입력변수

실제 네트워크를 구성한 후 버스의 링크 통행시간에 영향을 주는 많은 변수들을 다음표와 같이 변경시켜 가며 시뮬레이션을 실행시켜 그 결과값을 수집하였다.

<표 1> 시뮬레이션 네트워크 입력변수
<Table 1> Simulation Network Parameter

변수		세부사항
교통량		500대/시~3,000대/시까지 500대/시씩 증가
링크길이		150m~700m까지 50m씩 증가
중차량비율		10% 가정
자유류 속도		80km/h
신호조건	상류직진신호 / 하류 직진신호와의 비율	1.0 ~ 0.5까지 0.5씩 감소
	연동으로 인한 지체	이상적인 연동에서의 지체 0초~60초까지 5초씩 감소시킴
기타	검지선 길이	1.8m로 고정
	정류장 위치	Mid-block, 버스 베이 없음

2. 분석

링크를 통행하는 교통량과 교통량에 의해 영향을 받는 검지기 자료와의 관계를 분석하기 위해 링크 길이를 150m로 구축하고 링크로 유입되는 총교통량을 500대/시에서 3,000대/시까지 500대씩 증가시키면서 그때의 대기행렬 검지기 자료 데이터를 수집하였다.

1) 링크 교통량과 검지기 속도

링크로 유입되는 교통량이 많아질수록 링크 평균 통행속도와 검지기의 지점 속도 모두 낮아짐을 알 수 있다. 특히 링크로 유입되는 교통량이 2,000대일때부터 신호 교차로의 지체로 인해 링크의 평균 속도와 검지기 지점 속도가 거의 일정해졌다.

<표 2> 교통량과 검지기 속도와의 관계
<Table 2> Detector & Traffic vol. Relationship

교통량	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000
임계차로 V/C	0.18	0.37	0.55	0.72	0.9	1.08
통행속도 (km/h)	22.34	23.01	22.37	19.95	18.83	13.19
검지기 속도(km/h)	48.21	47.17	46.27	43.60	39.90	28.80

2) 링크길이와 검지기 속도

링크길이와 정지선에서부터 100m에 설치되어 있는 검지기에서 수집하는 속도와의 관계를 분석하기 위해 링크의 길이를 변화시켰다. 이때 초기에 구축한 네트워크 입력 자료는 변경하지 않았고 각각의 링크의 길이에 교통량을 500대 ~ 3000대까지 증가시켰다.

링크의 길이가 증가할수록 정지선으로부터 100m 후방에 설치된 검지기를 통과할 때의 차량들 평균 속도도 역시 증가하였지만 링크 교통량이 증가할수록 링크 통행속도와 검지기 속도는 감소하였다.

교통량과 링크 길이에 따른 링크 평균통행속도와 검지기의 속도비를 구하기 위해서 교통량과 링크길이를 각각 독립변수로 설정하고 그 비를 종속변수로 설정하여 회귀식 모형으로 도출하였다.

$$f_L = 0.00044X_1 + 1.15E-05\,X_2 + 0.446729$$

f_L = 링크평균속도와검지기속도와의비
X_1 = $Link\,Length$ (m)
X_2 = $Volume$ (대/시)

<식 1> 링크길이와 검지기속도와의 회귀식

위의 회귀식의 변수의 통계값은 다음과 같다.

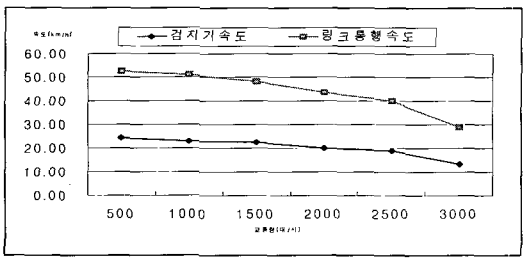
<표 3> 링크통행속도와 검지기속도 비의 회귀식 통계량
<Table 3> Link Speed & Detector statistical analysis

검증 항목	다중 상관계수	결정 계수	조정된 결정계수	표준 오차	관측수
값	0.93	0.86	0.86	0.03	71

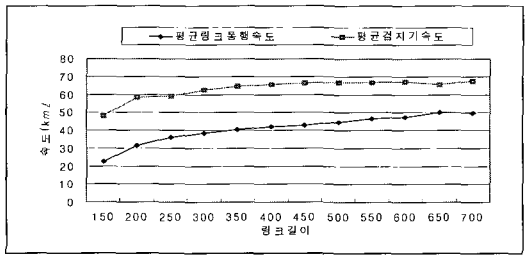
3) 일반차량 통행속도와 버스의 통행속도

교통량의 변화와 링크 길이 변화에 따른 일반적인 링크 통행 차량들의 속도와 버스의 통행속도의 비를 비교하기 위해 링크길이를 150m ~ 700m까지 50m씩 증가시켰으면, 이때 교통량을 500대 ~ 3000대 까지 500대씩 입력하여 결과값을 수집하였다. 이때 버스 정류장을 설치하지 않고 버스 노선만 통행하게 설정하고 시뮬레이션을 실행하였다.

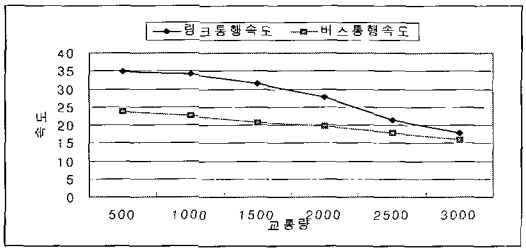
링크를 통행하는 교통량이 많아질수록 일반링크 속도와 버스통행속도 모두 감소하였다. 링크길이가



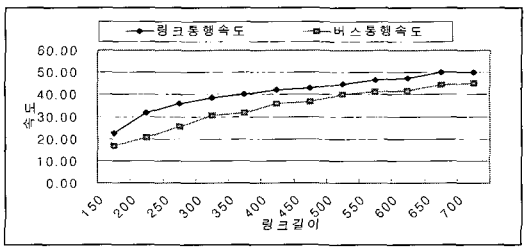
<그림 1> 교통량 변화에 따른 기속도와의평균 링크통행속도와의 관계
<Fig. 1> Traffic Volume & Acceleration



<그림 2> 링크 평균통행속도와 검지기 속도 (교통량 1,500대/시 일때)
<Fig. 2> Link Travel Speed & Detector Speed



<그림 3> 교통량에 따른 통행속도 (링크길이 200m 일때)
<Fig. 3> Traffic Volume & Link Travel Speed(Link Length=200)



<그림 4> 링크길이에 따른 통행속도 (q=1,500대/시일때)
<Fig. 4> Link Length & Travel Speed(q=1500vph)

증가할수록 링크 평균통행속도와 버스의 평균 통행속도는 증가하였다. 교통량과 링크길이를 각각 독립변수로 설정하고 그때의 일반 링크 평균통행속도와 버스의 통행속도비를 종속변수로 설정하여 다음과 같은 회귀식을 도출하였다.

$$f_B = 0.000285X_1 + 2.09E-05X_2 + 0.702381$$

f_B = 링크평균속도와 버스통행속도와의비
X_1 = $Link\,Length\ (m)$
X_2 = $Volume$ (대/시)

<식 2> 일반차량과 버스 통행속도와의 회귀식

위의 회귀식의 변수의 통계값은 다음과 같다.

<표 4> 링크통행속도와 버스통행속도의 회귀분석 통계량
<Table 4> Link Speed & Bus Speed statistical analysis

검증 항목	다중 상관계수	결정 계수	조정된 결정계수	표준 오차	관측수
값	0.58	0.33	0.31	0.07	71

4) 상하류 직진 신호비와 버스 통행속도

상류에서 녹색신호동안 링크에 들어온 교통량이 적더라도 하류에서의 녹색신호가 짧다면 지체가 생겨 링크의 통행속도에 영향을 받게 된다. 이러한 관계를 분석해 보기 위해서 모든 네트워크 구축 조건을 동일하게 하고 단지 링크의 길이를 변화시키면서 교통량을 입력시킨다. 또한 상류 임계 녹색신호를 고정 시키고, 하류 임계 녹색 신호와의 비를 1에서 0.5까지 변화하였으며 주기는 동일하게 하였다.

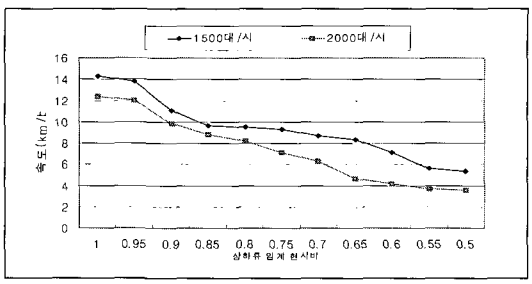
하류와 상류의 임계 녹색 현시비가 차이가 작아질수록 어느 주기 동안 도착한 교통량이 가장 가까운 녹색시간동안에 정지선을 다 벗어나지 못하는 과포화가 생기가 되어 지체로 인해 링크 평균통행속도가 낮아졌다. 150m~700m까지의 각각이 링크길이에 하류와 상류의 임계 녹색 현시비가 1일때의 버스 속도를 기준으로 현시 비율에 의한 속도비를 산정하였다. 링크길이와 교통량 그리고 상하류 현시비에 의한 속도비를 산정하기 위해 독립 변수로 링크길이 교통량 현시비를 그리고 종속 변수로 속도비로 회귀식을 산정하였다.

$$f_S = 5.36E-05X_1 - 7.4E-05X_2 + 0.980877X_3 - 0.101961$$

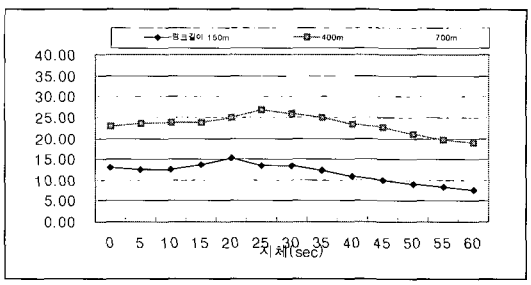
f_S = 상하류 임계 현시비에 의한 버스통행속도비
X_1 = $Link\ \ Length\ (m)$
X_2 = $Volume$ (대/시)
X_3 = 하류 직진 신호 / 상류 직진 신호

<식 3> 상하류 신호비와 버스통행속도와의 회귀식

위 회귀식의 변수의 통계값은 다음과 같다.



<그림 5> 상하류 임계 현시비에 따른 버스통행속도(링크길이 150m일때)
<Fig. 5> Bus Speed Between Up-stream & Down-stream Spilt(Link Length=150m)



<그림 6> offset에 따른 통행속도 변화(교통량 1,500대 링크길이 150, 400, 700m의 예)
<Fig. 6> Offset & Travel Speed(q=150, 400, 700m)

<표 5> 현시비에 따른 버스통행속도비의 회귀분석 통계량
<Table 5> Spilt & Bus Speed statistical analysis

검증 항목	다중 상관계수	결정 계수	조정된 결정계수	표준 오차	관측수
값	0.88	0.78	0.78	0.09	197

5) 연동과 버스 통행속도

연동과 관련된 버스의 통행 속도를 분석하기 위해 링크의 길이를 변화시키고 교통량을 저수준(500대)에서 고수준(3,000대)까지 입력 시키고 그때의 버스 통행 속도를 값을 수집하였다. 링크의 길이가 150m 일때 자유류 속도를 80km/h로 설정하였기 때문에 상류 교차로를 통과한 일반 차량이 하류 교차로에 도달하는 이론적인 시간은 약 7초이므로 하류교차로 정지선에서의 지체 시간은 0인 된다. 이때 offset을 5초씩 증가시키면서 링크 평균속도를 관찰하였다.

일반적으로 신호의 연동값은 일반 승용차에 주행 능력에 맞추어 설정되어 있다. 따라서 버스의 경우 정류장에 정차한 시간이 있기 때문에 이상적인 offset에 신호가 맞춰어 졌을때 가장 빠른 통행속도가 나타나는 것이 아니라 정류장 정차 시간이 offset값에 포함 되었을때 가장 빠른 버스 통행속도가 나타난다. 버스의 통행속도는 점점 증가하다 다시 감소하는 경향을 나타낸다. 링크길이 그리고 교통량과 연동값에 의한 버스의 속도비를 파악하기 위해 일반 승용차에 의해 맞춰진 연동값을 기준으로 다음과 같은 회귀식으로 산정하였다.

$$f_{offset} = 0.000179X_1 + 7.16E{-}06X_2 - 0.00352X_3 + 1.074261$$

f_{offset} = *offset*에 의한 버스통행속도비
X_1 = *Link Length* (*m*)
X_2 = *Volume* (대/시)
X_3 = *offset*에 의한 지체 (sec)

<식 4> 연동과 버스통행속도와의 회귀식

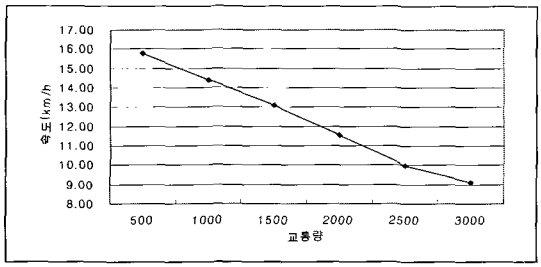
<표 6> 현시비에 따른 버스통행속도비의 회귀분석 통계량
<Fig. 6> Offset & Bus Speed statistical analysis

검증 항목	다중 상관계수	결정 계수	조정된 결정계수	표준 오차	관측수
값	0.53	0.28	0.27	0.13	233

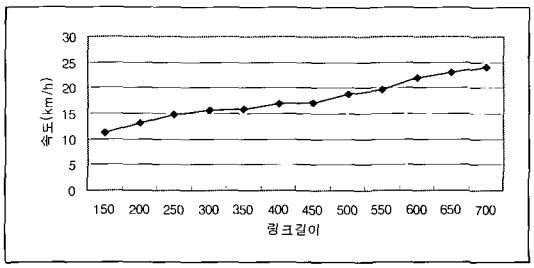
6) 버스의 가감속 시간

링크의 길이 변화에 그에 따른 교통량의 많고 적음에 따라 변하는 버스의 가감속 시간을 분석하였다. 버스의 가감속 시간을 분석하기 위해 먼저 정류장 존재하지 않을때의 버스 평균통행시간에서 정류장이 존재하여 정류장에 정차할 때의 링크 평균통행시간을 빼고 버스의 정류장 정차 시간을 빼서 버스의 가감속 시간을 산정하였다.

버스의 가감속시간은 교통량이 많아질수록 줄어들고, 링크의 길이가 길어질수록 증가하였다. 링크의 교통량에 따라 변하는 감가속도를 분석하기 위해 링크의 길이와 교통량을 독립변수로 설정하여 산정한 회귀식은 다음과 같다.



<그림 7> 교통량에 따른 가감속시간(링크길이 200m)
<Fig. 7> Traffic Volume & acceleration Deceleration Time(Link Length=200m)



<그림 8> 링크길이에 따른 가감속시간(q=1,500대/시)
<Fig. 8> Link Length & acceleration Deceleration Time(q=1,500vph)

$$T_{AD} = 0.020357X_1 - 0.00232X_2 + 12.17164$$

T_{AD} = 버스의 감가속 시간
X_1 = *Link Length* (m)
X_2 = *Volume* (대/시)

<식 5> 버스의 가감속시간 회귀식

<표 7> 버스의 가감속 시간 회귀분석 통계량
<Table 7> Bus Speed & acceleration Deceleration Time statistical analysis

검증 항목	다중 상관계수	결정 계수	조정된 결정계수	표준 오차	관측수
값	0.98	0.96	0.96	0.79	72

V. 모형개발

검지기 지점 속도를 이용하여 버스의 통행시간을 산정하기 위해 링크 100m에 설치된 검지기 속도를 링크길이 속도로 보정한 후, 일반차량과 버스의 주행능력차이로 인한 속도 차이를 보정하고 이 값에 상하류 직진 신호비와 연동에 의한 속도 차이를 보정하였다. 이와같이 보정된 값을 링크 통행시간(sec)으로 변환하고 여기에 버스의 가감속 시간과 정류장 정차 시간을 합하여 버스의 통행시간을 산정하는 모형식을 도출하였다.

$$Bus\ \ Travel\ \ Time = [\frac{3.6 \times Link\ \ Length}{D_s \times f_L \times f_B \times f_S \times f_{offset}}] + T_{AD} + T_s$$

D_s = 검지기 속도(km/h)
f_L = 링크 길이에 따른 보정계수
f_B = 버스 주행 능력에 따른 보정계수
f_S = 상하류 직진 신호 비율에 보정계수
f_{offset} = offset에 따른 보정계수
T_{AD} = 버스의 가감속 시간(sec)
T_s = 버스 정류장 정차 시간(sec)

〈식 6〉 버스의 통행시간 산정 추정식

VI. 모형의 검증

1) 네트워크 구축

본 연구에서는 모형을 검증하기 위한 대상구간은 안양시 동안구 관악로의 운곡 공원 사거리에서 태광 아파트 앞 사거리까지 약 615m 구간으로 선정하였다. 관악로에서 조사된 교차로간의 링크길이, 차로수, 교차로 기하구조등의 기하구조 자료와 신호주기 및 현시, 녹색신호시간비 등의 신호조건, 오후 첨두시간대의 가로 및 방향별 교통량등에 대한 자료를 CORSIM에 입력하여 그 결과값을 모형에 입력하여 5분 단위로 버스의 예측 시간을 산정하고 실제 링크를 통행중인 버스의 통행시간을 5분 단위로 패턴 데이터를 이용하여 예측하여 두 결과값을 비교해 본다.

2) 결과분석

관악로의 실제 기하구조 및 교통신호 조건 그리고 교통조건을 그대로 시뮬레이션에 적용한 후에 시뮬레이션을 실행시켜 다음표와 같은 검지기 자료값을 수집하였다.

<표 8> 검지기 자료값
<Talbe 8> Detector Data

수집시간	검지기 자료		
	교통량(대/시)	속도(km/h)	점유율(%)
10:00~10:05	2,340	59.53	38.6
10:05~10:10	2,040	65.65	29.5
10:10~10:15	1,848	64.68	26.2
10:15~10:20	2,172	68.54	25.1
10:20~10:25	2,184	63.72	40.2
10:25~10:30	2,268	69.03	40.1
10:30~10:35	2,088	70.31	40.5
10:35~10:40	1,980	58.57	40.9
10:40~10:45	2,148	63.39	40.4
10:45~10:50	2,040	68.38	40.3
10:50~10:55	1,992	63.23	40.5
10:55~11:00	2,124	65.00	40.4

수집된 검지기 자료 중 검지기의 지점 속도로부터 버스의 링크 통행시간을 산정하기 위해 각종 보정계수를 시뮬레이션 결과값을 토대로 산정한 회귀모형식을 통해 산정하였다.

<표 9> 산정된 보정계수
<Talbe 9> Correction Factor

구분	보정계수	구분	보정계수
링크길이	615m	f_S	0.94
D_s	59.3(km/h)	f_{offset}	1.17
f_L	0.74	T_{AD}	19.3
f_B	0.93	T_S	15

산정된 보정계수를 모형식에 대입한다.

$$Bus\,Travel\,Time = [\frac{3.6 \times Link\ \ Length}{D_s \times f_L \times f_B \times f_S \times f_{offset} \times f_{ST}}] + T_{AD} + T_s$$

$$= [\frac{3.6 \times 615}{59.3 \times 0.74 \times 0.93 \times 0.94 \times 1.17}] + 19.3 + 15$$

$$= 83.63$$

모형식을 통행 예측된 버스의 통행 시간과 패턴 데이터를 통해 예측된 버스의 통행 시간을 비교하면 다음과 같다.

<표 10> 패턴데이타와 모형식의 오차율
<Table 10> Pattern Data & Expression Error

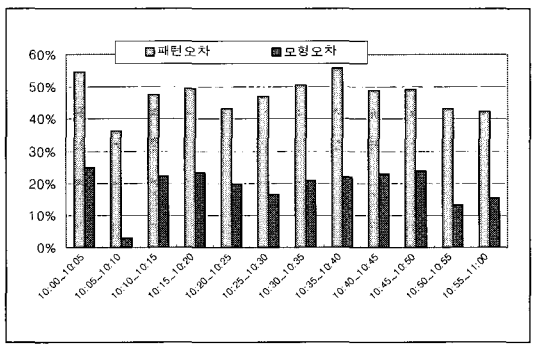
시간	평균오차율(%)	
	패턴데이타	모형식
10:00~10:05	54.81	10.90
10:05~10:10	36.22	3.15
10:10~10:15	47.46	22.23
10:15~10:20	49.58	23.19
10:20~10:25	43.23	19.66
10:25~10:30	47.14	16.71
10:30~10:35	50.69	20.75
10:35~10:40	55.90	21.74

<표 10> 패턴데이타와 모형식의 오차율(계속)
<Table 10> Pattern Data & Expression Error

시간	평균오차율(%)	
	패턴데이타	모형식
10:40~10:45	48.99	22.94
10:45~10:50	49.11	23.88
10:50~10:55	43.03	13.24
10:55~11:00	42.43	15.55
평균	47.38	17.83

안양시의 버스 통행시간을 패턴 자료와 본 논문의 모형식을 통하여 예측된 통행시간을 실제 버스의 예측시간과 비교하였다. 10시부터 11시까지 1시간동안의 본 연구에서 도출된 모형식에 의해 산정된 버스의 통행시간과 패턴 데이터를 이용하여 산정된 버스의 통행시간과의 오차는 큰 차이가 있다. 1시간동안 본 연구에서의 모형의 평균 오차율은 17.83%이고 패턴 데이터를 이용하여 산정된 버스의 평균 통행시간 오차율은 47.38% 였다.

이는 본 논문에서 개발한 각종 보정값들에 의한 모형식은 현재의 링크의 교통량에 의한 통행속도를 감안하였지만, 단순히 동시간대의 버스 통행시간을 패턴 데이터로 구축하여 버스의 통행시간을 예측하였기 때문에 현재의 링크의 교통량에 변화에 따른 버스 통행시간을 감안하지 못하여 오차율이 본 모형식보다 커졌다.



<그림 9> 버스 통행 시간 오차율
<Fig. 9> Bus Travel Time Error

Ⅵ. 결 론

BIS(Bus Information System)에서 정류장 단말기를 통해 제공되는 버스 도착 예정 시간은 버스의 서비스 수준을 결정하는 가장 중요한 효과척도이다. 버스의 도착 예정 시간을 추정하기 위해서 아무리 신뢰성 높은 알고리즘의 개발로 적용하더라도 버스의 운행 정보를 수집하지 못하면 BIS의 서비스 수준은 저하된다. 따라서 기본적으로 버스의 운행 정보가 수집되어야 하지만, 버스 운행 정보의 결측으로 인해 추정이 불가능한 버스의 링크 통행시간을 산정하고자 추정식을 도출하였다.

본 연구에서 사용되어진 기본 결과값은 시뮬레이션인 CORSIM을 실행시켜 수집한 가상적인 자료라는 한계가 있다. 따라서 현실에서 생기는 교통상황은 더 다양하고 복잡하여 시뮬레이션을 통해 획득한 자료로는 현실을 반영하는데 한계가 존재한다. 또한 본 연구에서는 차로수를 고려하지 않고 링크상의 3차로만을 대상으로 시뮬레이션을 실행시켜 차로수에 따른 보정계수 산정이 필요하다.

그러므로 버스의 링크 통행시간을 좀 더 정확하게 추정하기 위해선 실제 데이터를 이용하여 검지기 자료값을 바탕으로 버스의 링크 통행 시간을 추정할 수 있어야 하고 본 연구에서는 버스의 정류장 정차시간을 조사를 통해 평균값을 적용하다. 하지만, 버스의 정류장 정차 시간을 예측할 수 있는 모형식을 산정할 수 있는 향후 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 강영균, "*시내버스 정차시간 분석*", *명지대학교 석사학위논문*, 2000

[2] 정성훈, "*버스 통행시간 특성 및 예측에 관한 연구*", 명지대학교 석사학위 논문, 1996

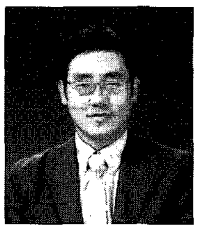
[3] 송기욱, "*시뮬레이션 모형을 이용한 국도에서의 적정 검지기 위치에 관한 연구*", *명지대학교 석사학위논문*, 2004

[5] Mark A. Turnquest, *"A Model for Investigating The effects of Service And Reliability on Bus Passenger Waiting Times"*, *TRB*, 1978

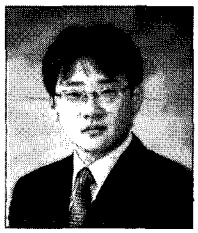
[6] David Koffman, Crain & Associate, Menlo Park, *"A Simulation Study of Alternative Real-Time Bus Control Strategies"*, *TRB*, 1978

[7] FHWA, U.S. Dept of Transportation, *"CORSIM Reference Manual ver5.1"*, 2003

〈저자소개〉



손 영 태 (Son, Young-Tae)
1987년 서울대학교 공과대학 토목공학과 도시전공
1989년 서울대학교 공과대학 토목공학과 도시전공 석사
1994년 미국 Purdue University 박사
현재 명지대학교 교통공학과 정교수



김 원 기 (Kim, Won-ki)
2004년 명지대하교 공과대학 교통공학과 전공
2006년 명지대학교 공과대학 교통공학과 석사