

BIS Data를 활용한 차량통행시간 산정 방안

Estimation of Travel Time By using Bus Information System Data

임혜진

(경기개발연구원 연구원)

손영태

(명지대학교 교통공학과 교수)

Key Words : BIS, travel-time, bus travel-time

목 차

- | | |
|----------------|-----------------|
| I. 서론 | IV. 모형의 개발 및 검증 |
| II. 이론적 고찰 | V. 결론 |
| III. 자료수집 및 분석 | |

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

신뢰성 있는 교통정보제공을 위해서는 보다 정확한 자료의 수집 및 가공, 전달의 방법이 중요하다. 현재 교통정보의 수집에 있어서 승용차와 택시를 프로브차량으로 이용하고 있는데 이면도로 위주의 통행이 많고, 운행의 정시성이 보장되지 않으며, 운행범위가 넓지 않기 때문에 신뢰성이 떨어지는 것이 사실이다. 이에 반해 버스는 승용차, 택시와는 달리 정해진 노선을 따라 정해진 배차간격으로 운행하기 때문에 샘플 차량수가 일정수준 이상으로 신뢰성 높은 정보를 수집하며, 수집되는 범위 또한 광범위하다는 장점이 있다.

따라서 본 연구는 BIS Data를 활용하여 차량통행시간을 산정함에 있어 버스통행시간에 영향을 미치는 다양한 변수들을 고려하여 통합적인 하나의 모형식이 아닌 각 CASE에 맞는 모형식을 개발하고, 실제 차량통행시간과의 비교를 통해 통계적 적합성을 검증하는데 목적이 있다.

2. 연구의 내용 및 방법

연구의 공간적 범위는 BIS 시스템이 구축되어 있는 안양시를 통행하는 11-2번 노선이 운행하는 지역(사당역~군포차고지)중 버스와 일반차량의 자료 신뢰도가 높은 인덕원사거리~성결대학교사거리로 선정하였고, 시간적 범위는 비첨두시를 13:00~15:00, 첨두시를 17:00~19:00으로 선정하였다.

각 CASE별로 모형식을 개발하기 위해 먼저 CASE를 구분해야 하는데 버스 통행특성을 충분히 반영하는 것이 중요하다. 버스통행시간에 영향을 미치는 변수를 살펴보면 버스정차시간에 영향을 미치는 변수는 승·하차 인원수이며, 버스정류장간 통행시간에 영향을 미치는 변수는 교통량, 신호기수, 전용차로 유·무인 것으로 기존 연구에서 나타났다.[1]

승·하차 인원수는 본 연구에서 산정할 수 없으므로 제외하

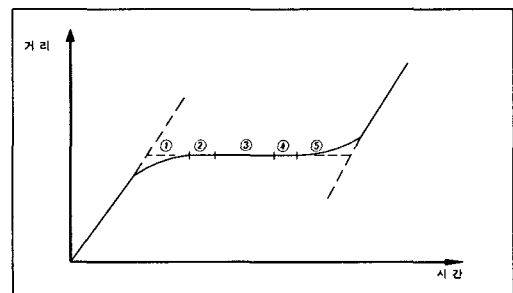
고, 신호기수는 교차로의 수라고 볼 수 있는데 교차로에 의한 영향은 버스나 일반차량의 차량의 성능차이를 제외하곤 비슷하므로 제외한다.

따라서 버스통행시간에 영향을 미치는 변수로 교통량과 전용차로 유·무를 선택하여 모형을 개발한다.

II. 이론적 고찰

1. 버스정류장 서비스시간의 정의

그림을 참조하여 용어를 정의하여 보면, 버스정류장 서비스시간은 크게 정지시간(②+③+④)과 가·감속시간(①+⑤)으로 구성된다.



<그림 1> 버스정류장 서비스시간 시공도

정지시간 : 버스정류장에 버스가 정지해 있을 동안의 소비되는 시간으로 버스의 바뀌가 멈추었다 출발하는 사이의 시간과 같은 의미이다. (②+③+④)

가·감속시간 : 버스의 속도변화에 소비된 시간을 말한다. (①+⑤)

2. 안양시 BIS 체계

안양시 BIS시스템은 GPS 수신장치를 장착한 버스단말기에서 버스의 위치좌표를 수신하며, 버스단말기 내에서 사전에

DataBase로 구축한 노드(교차로와 버스정류장 등)의 좌표와 비교하여 정주기와 이벤트 발생시 정보를 센터로 전송한다.

본 연구에서는 정주기 정보는 제외하고, 교차로 통과 및 정류장 도착과 출발시에만 송신하는 이벤트 정보만을 사용하였다. 이벤트 정보의 송신기준은 다음과 같다.

<표 1> 이벤트정보 기준

구분	내용
교차로 통과	교차로 범위(기준50m)를 지나갈 때
정류장 도착	버스 쉘터를 기준으로 반경 30m 범위 안으로 들어올 때
정류장 출발	버스 쉘터를 기준으로 반경 30m 범위 밖으로 나갈 때

이벤트 송신에서 정류장 도착에서 출발까지의 시간은 정류장 반경 30m의 범위 설정으로 인해 버스의 정지시간(승객의 서비스시간+손실시간) 뿐만 아니라 버스의 가·감속 시간도 포함하고 있다. 따라서 본 연구에서는 BIS DATA의 정류장 도착시간에서 정류장 출발시간을 뺀 값을 버스 정류장 서비스 시간이라고 정의하고 연구를 진행하였다.

III. 자료수집 및 분석

1. 자료수집 개요

2005년 9월 22일 13:00~15:00, 17:00~19:00시간대의 11-2번 노선 중 인덕원사거리~성결대학교사거리 구간에 대한 자료를 수집하였다. 모형개발에 있어서 CASE 설정을 위해 전용차로 유·무에 따라 전용차로 실시 구간(인덕원사거리~우체국사거리)과 전용차로 미 실시 구간(우체국사거리~성결대학교사거리)으로 구분하였다. 자료수집구간 현황은 다음과 같다.

<표 2> 자료수집구간 현황

구분	총연장	링크수	정류장수
전체구간	6.4km	12개	16개소
전용차로 실시	4.9km	8개	12개소
전용차로 미 실시	1.5km	4개	4개소

2. 자료 분석

버스타행시간은 안양시 BIS 시스템의 11-2번 노선의 통행시간을 이용하였으며, 차량통행시간은 버스 배차간격과 동일한 10분 단위 평균통행시간을 (주)로티스 자료를 이용하여 통행시간을 분석하였다.

1) 전체구간

전체 구간(인덕원사거리~성결대학교사거리)에 대하여 버스타행시간과 일반차량의 10분 단위 통행시간을 분석하였다. 일

반차량 통행시간보다 버스타행시간이 평균 45.8% 더 높게 나타났고, 비첨두시에 비해 첨두시의 통행시간 차이가 조금 더 크게 나타났다. 이는 첨두시에 교통량이 더 많으며, 버스정류장 서비스 시간도 더 커지기 때문이다.

<표 3> 전체구간 통행시간 분석

시간대	일반차량 통행시간(초)	버스 통행시간(초)	통행시간 차이율(%)
13:00~15:00	1391	1962	41%
17:00~19:00	1756	2628	49.7%
Total Average	1574	2295	45.8%

2) 전용차로 실시구간

전용차로 실시 구간(인덕원사거리~우체국사거리)에 대하여 버스타행시간과 일반차량의 10분 단위 통행시간을 분석하였다. 한가지 유의사항은 인덕원사거리~우체국사거리 구간의 경우 전일제가 아닌 시간제로 전용차로를 실시하기 때문에 비첨두시인 13:00~15:00의 경우는 제외하고, 첨두시인 17:00~19:00의 경우만을 전용차로 실시 구간으로 구분하였다. 일반차량 통행시간보다 버스타행시간이 평균 40.0% 더 높게 나타났다.

<표 4> 전용차로 실시구간 통행시간 분석

시간대	일반차량 통행시간(초)	버스 통행시간(초)	통행시간 차이율(%)
17:00~18:00	640	895	39.8
18:00~19:00	721	1011	40.2%
Total Average	681	953	40%

3) 전용차로 미 실시구간

전용차로 미 실시구간(우체국사거리~성결대학교사거리)에 대하여 버스타행시간과 일반차량의 10분 단위 통행시간을 분석하였다. 일반차량 통행시간보다 버스타행시간이 평균 37.3% 더 높게 나타났고, 비첨두시에 비해 첨두시의 통행시간 차이가 조금 더 크게 나타났다.

<표 5> 전용차로 미 실시구간 통행시간 분석

시간대	일반차량 통행시간(초)	버스 통행시간(초)	통행시간 차이율(%)
13:00~15:00	385	514	33.5%
17:00~19:00	445	626	40.7%
Total Average	415	570	37.3%

전용차로 실시 구간과 전용차로 미 실시 구간을 비교해 보았을 때 전용차로 실시 구간의 첨두시 평균 통행시간 차이가 40%, 전용차로 미 실시 구간의 첨두시 평균 통행시간 차이가 40.7%로 큰 차이가 없게 나타났다. 이는 전용차로 실시 구간(관악로), 전용차로 미 실시 구간(중앙로) 모두 시내에 접해있어 버스 이용객이 많아서 정류장 서비스 시간이 크기 때문에 두 구간의 차이가 없는 것으로 판단되어진다.

IV. 모형의 개발 및 검증

1. 모형개발 개요

자료 분석 결과로 알 수 있듯이 버스와 일반차량의 통행시간은 큰 차이가 있다. 따라서 본 연구에서는 버스통행시간을 이용하여 일반차량의 통행시간을 예측하기 위해 다중회귀분석을 통해 모형을 개발하였다. 회귀모형을 구성함에 있어서 변수의 선정이 무엇보다 중요하다. 본 연구에서 사용할 종속변수는 (주)로티스 자료를 이용한 일반차량 10분 단위 평균통행시간, 독립변수는 안양시 BIS DATA를 이용한 (버스통행시간-정류장 서비스시간), 구간별 정류장 개수, 그리고 각 상황별로 고려해야 할 변수들을 더미변수로 선정하였다.

<표 6> 변수 선정

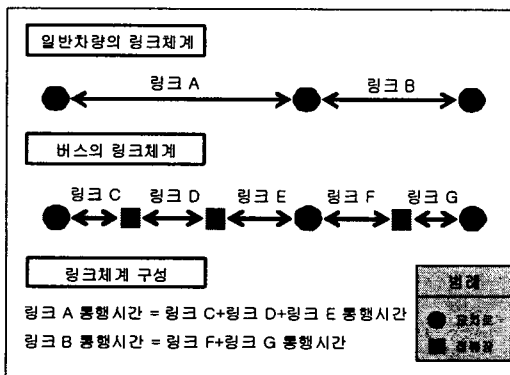
구분	내용
종속변수(AT)	일반차량 10분단위 평균통행시간 (초)
독립변수 (BTT-BCT)	버스 통행시간-정류장 서비스시간 (초)
독립변수(BST)	구간별 정류장 개수 (개/km)
더미변수 (VOL)	교통량의 많고/적음 (침두시 1 or 비침두시 0)
더미변수 (BOL)	버스전용차로 실시/미실시 (실시 1 or 미실시 0)

2. 단위링크의 구성

모형 개발에 앞서 BIS DATA와 (주)로티스 자료에서 정의하는 링크체계가 다르므로 이를 동일하게 변환시켜야 한다.

BIS에서 노드는 교차로와 정류장이므로 교차로와 정류장, 정류장과 정류장 사이를 링크라 정의하지만, 일반 간선도로에서 노드는 교차로이므로 교차로와 교차로 사이를 링크로 정의한다.

따라서 버스의 단위구간 통행시간 자료를 활용하여 일반차량 통행시간을 산정하기 위해서는 다음 그림과 같이 버스와 일반차량의 단위구간링크를 동일화시켜야 한다.



<그림 2> 단위링크의 구성

3. 교통량과 전용차로 유·무를 고려한 모형개발

1) 교통량을 고려한 경우

교통량의 많고/적음에 따라 교통량이 많은 침두시는 CASE 1, 교통량이 적은 비침두시는 CASE 2, 침두시와 비침두시를 합한 전체시간은 CASE 3으로 구분하여 각 CASE별로 모형을 개발하였다.

<표 7> 교통량 고려한 경우 모형추정식

구분	내용
CASE 1	$AT = \alpha(BTT - BCT) + \beta \cdot BST$
CASE 2	$AT = \alpha(BTT - BCT) + \beta \cdot BST$
CASE 3	$AT = \alpha(BTT - BCT) + \beta \cdot BST + \gamma \cdot VOL$

모형 추정 결과 비침두시인 CASE 2의 BST 변수만이 t 통계량 유의수준 값이 0.925로 95% 신뢰수준인 0.05 이상으로 유의하지 않게 나타났고, CASE 1과 CASE 3은 모든 변수가 유의함을 나타냈다.

<표 8> 모형 추정 결과

구분	변수	계수	t통계량	유의확률
CASE 1	(BTT-BCT)	0.926	24.752	0.000
	BST	-4.985	-2.668	0.009
CASE 2	(BTT-BCT)	0.728	30.549	0.000
	BST	-0.112	-0.094	0.925
CASE 3	(BTT-BCT)	0.824	36.155	0.000
	BST	-2.348	-2.060	0.040
	VOL	8.917	4.529	0.000

유의하지 않은 CASE 2의 BST 변수를 제외하고 모형을 재추정한 결과는 다음과 같다.

<표 9> 교통량 고려한 경우 모형 재추정 결과

구분	내용
CASE 1	$AT = 6.849 + 0.926(BTT - BCT) - 4.985 \cdot BST$
CASE 2	$AT = 1.922 + 0.728(BTT - BCT)$
CASE 3	$AT = 0.167 + 0.824(BTT - BCT) - 2.348 \cdot BST + 8.917 \cdot VOL$

2) 전용차로 유·무를 고려한 경우

전용차로의 유/무에 따라 전용차로 실시구간은 CASE 4, 전용차로 미실시구간은 CASE 5, 전체구간은 CASE 6으로 구분하여 각 CASE별로 모형을 개발하였다.

<표 10> 전용차로 유·무 고려한 경우 모형추정식

구분	내용
CASE 4	$AT = \alpha(BTT - BCT) + \beta \cdot BST$
CASE 5	$AT = \alpha(BTT - BCT) + \beta \cdot BST$
CASE 6	$AT = \alpha(BTT - BCT) + \beta \cdot BST + \gamma \cdot BOL$

모형 추정 결과 모든 경우의 BST 변수가 t 통계량 유의수준 값이 95% 신뢰수준인 0.05 이상으로 유의하지 않게 나타났고, BST 변수를 제외한 나머지 변수는 모두 유의함을 나타냈다.

<표 11> 모형 추정 결과

구분	변수	계수	t통계량	유의확률
CASE 4	(BTT-BCT)	0.835	27.290	0.000
	BST	-1.801	-1.252	
CASE 5	(BTT-BCT)	0.700	19.969	0.000
	BST	7.007	1.315	
CASE 6	(BTT-BCT)	0.818	34.026	0.000
	BST	-1.588	-1.303	
	BOL	5.676	2.511	0.013

유의하지 않은 CASE 4,5,6의 BST 변수를 제외하고 모형을 재추정한 결과는 다음과 같다.

<표 12> 전용차로 유·무 고려한 경우 모형 재추정 결과

구분	내용
CASE 4	$AT = 1.18 + 0.82(BTT - BCT)$
CASE 5	$AT = 1.463 + 0.728(BTT - BCT)$
CASE 6	$AT = -4.080 + 0.808(BTT - BCT) + 6.527 \cdot BOL$

3) 교통량과 전용차로 유·무를 고려한 경우

교통량과 전용차로 유·무를 모두 고려하여 전용차로 실시 구간의 첨두시는 CASE 7, 전용차로 실시구간의 비첨두시는 CASE 8, 전용차로 미실시구간의 첨두시는 CASE 9, 전용차로 미실시구간의 비첨두시는 CASE 10으로 구분하여 각 CASE별로 모형을 개발하였다. 4가지 경우의 모형추정식은 모두 동일하다.

<표 13> 교통량과 전용차로 유·무 고려한 경우 모형추정식

구분	내용
CASE 7	$AT = \alpha(BTT - BCT) + \beta \cdot BST$
CASE 8	$AT = \alpha(BTT - BCT) + \beta \cdot BST$
CASE 9	$AT = \alpha(BTT - BCT) + \beta \cdot BST$
CASE 10	$AT = \alpha(BTT - BCT) + \beta \cdot BST$

모형 추정 결과 CASE 9를 제외한 세가지 경우의 BST 변수가 t 통계량 유의수준 값이 95% 신뢰수준인 0.05 이상으로

유의하지 않게 나타났고, 모든 경우의 (BTT-BCT) 변수는 모두 유의함을 나타냈다.

<표 14> 모형 추정 결과

구분	변수	계수	t통계량	유의확률
CASE 7	(BTT-BCT)	0.910	19.469	0.000
	BST	-3.342	-1.522	0.131
CASE 8	(BTT-BCT)	0.744	23.639	0.000
	BST	-0.269	-0.182	0.858
CASE 9	(BTT-BCT)	0.760	13.743	0.000
	BST	13.786	1.950	0.047
CASE 10	(BTT-BCT)	0.645	16.684	0.000
	BST	0.263	0.047	0.963

유의하지 않은 CASE 7,8,10의 BST 변수를 제외하고 모형을 재추정한 결과는 다음과 같다.

<표 15> 교통량과 전용차로 유·무 고려한 경우 모형 재추정 결과

구분	내용
CASE 7	$AT = 2.961 + 0.885(BTT - BCT)$
CASE 8	$AT = 0.506 + 0.743(BTT - BCT)$
CASE 9	$AT = -38.981 + 0.76(BTT - BCT) + 13.786 \cdot BST$
CASE 10	$AT = 7.454 + 0.646(BTT - BCT)$

4) 모형의 검증

구축된 모형이 실제 상황을 얼마나 정확하게 예측할 수 있는지 검증하기 위해서 동일 구간에 대해 다른 날짜인 10월 20일의 버스 통행시간 DATA와 10월 20일의 (주)로티스 자료를 이용하여 검증을 하였다. 본 모형검증에서는 평균절대편차(MAD), 평균제곱오차(RMSE), 평균절대 상대오차(MARE)를 사용하여 실측값과 모형식의 예측값을 평가하였다.

교통량과 전용차로 유·무를 모두 고려한 경우의 모형추정식에 따라 버스통행시간을 차량통행시간으로 예측한 모형의 각 CASE별 검증결과는 다음과 같다.

<표 16> 모형 검증 결과

구분	MAD	RMSE	MARE
CASE 7			0.102
CASE 8			0.155
CASE 9	25.472	28.077	0.115
CASE 10	33.786	35.820	0.169

전용차로 미실시 구간의 평균제곱오차(RMSE)가 28.077, 35.820로 나타난데 비해 전용차로 실시 구간의 평균제곱오차(RMSE)는 87.363, 99.693으로 오차가 매우 크게 나타났다.

이는 버스전용차로 실시 구간에 대해서 버스의 통행시간을 차량통행시간으로 전환시키는 모형은 예측력이 많이 떨어진다는 사실을 나타내며, 전용차로 미실시 구간에 대해 버스의 통행시간을 차량통행시간으로 전환시키는 모형의 예측력이 더 우수하고 신뢰도가 높다는 것을 나타낸다.

V. 결 론

본 연구를 통하여, BIS Data를 이용하여 차량통행시간을 산정하는 방안을 모색해 보았다.

버스 통행시간에 영향을 미치는 요소인 교통량, 전용차로 유·무에 따라 CASE를 구분하여 모형을 개발하고 검증한 결과, 교통량에 따라서는 첨두시와 비첨두시의 모형이 모두 적합한 것으로 나타났고, 전용차로 유·무에 따라서는 전용차로 실시 구간보다 전용차로 미실시 구간의 모형이 더 적합한 것으로 나타났다.

교통량과 전용차로 유·무를 모두 고려한 경우 역시, 전용차로 실시 구간의 모형에 의한 추정값보다 전용차로 미실시 구간의 모형에 의한 추정값이 실제 차량통행시간과 차이가 더 작게 나타나 신뢰도가 더 높은 것으로 나타났다.

향후 연구과제로 본 연구에서 고려하지 못한 버스통행시간에 영향을 미치는 여러 변수들을 더 추가하여 모형을 추정한다면 추정된 차량통행시간의 신뢰도가 좀 더 높아질 것이다.

또한 본 연구에서는 BIS Data의 정류장 도착시간에서 정류장 출발시간을 뺀 값에 버스의 가·감속시간이 100% 다 포함되어 있다는 가정 아래 연구를 진행하였으므로 버스의 가·감속시간에 대한 신뢰도 문제와 추가적 산정방안이 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 원제무, 김태호 “버스정류장 간 총 통행시간 모형을 이용한 버스 쌍현상 분석에 관한 연구”, 한양대학교 석사학위 논문, p.50 , 2004
2. 고승영, 강영균 “시내버스 정차시간 분석”, 명지대학교 석사학위 논문, 2000