

버스우선신호시스템 적용 효과 평가

Effectiveness Assessment of Bus Signal Priority Systems

이 호 준*
(Ho-Joon Lee)

이 상 수**
(Sang-Soo Lee)

이 철 기***
(Choul-Ki Lee)

김 남 선****
(Nam-Sun Kim)

요 약

본 연구에서는 향후 국내 도입이 예상되는 버스 우선신호시스템의 도입시 발생하는 운영상 효과를 현장조사 자료를 기반으로 평가하여 제시하였다. 이를 위하여 시스템 도입 전후의 통행시간과 교통량을 측정하여, 차종별 개별 통행시간의 분포와 교통량, 그리고 통행시간의 변화를 분석하였다.

사전/사후 조사의 교통량 분석 결과, 승용차와 버스 모두 방향별로 약간의 교통량 변화가 나타났으나, 그 크기는 통행시간의 변화에 큰 영향을 미치지 않았다. 개별차량의 통행시간을 분석한 결과, 버스 우선신호제어 실시 후에 해당 구간의 승용차 및 버스의 통행시간 분포가 매우 개선되었다. 그리고 통행속도의 경우, 침두와 비침두 시간대 모두 주도로 방향의 버스 및 승용차의 통행속도가 증가하였다. 전체적으로 승용차 속도는 25.9 km/h에서 27.6 km/h로 약 6.5% 증가하였고, 버스는 19.2 km/h에서 21.3 km/h로 약 10.5% 속도가 증가하였다. 통계적 검증 결과 이러한 속도 변화는 95%신뢰수준에서 통계적으로 유의하였다. 본 연구결과는 향후 버스우선신호 관련 연구의 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

Abstract

This study intended to evaluate the operational performance change from the introduction of the bus signal priority system using the field data. To complete the objective, travel time and volume data were collected from the before and after study, then the distribution of individual vehicle's travel time and the difference of travel time and traffic volume were compared respectively.

Analysis results showed that no significant volume change was observed from both passenger vehicle and bus for the major and cross streets. It was identified that the quality of travel time distributions of passenger vehicle and bus was improved after introducing the bus signal priority system. In terms of average speed, passenger car in a major direction increased by 6.5% and bus increased by 10.5% in general. Statistical tests showed that those speed differences were statistically significant at the 95% of confidence level. The results of this paper will be a good source for further research in the area of bus signal priority control.

Key words : Bus signal priority, DSRC, travel time, traffic volume, distribution

† 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-0029450)

* 주저자 : 아주대학교 ITS대학원 박사과정

** 교신저자 : 아주대학교 환경건설교통공학과 교수

*** 공저자 : 아주대학교 환경건설교통공학과 부교수

**** 공저자 : 경찰대학 치안정책연구소 책임연구원

† 논문접수일 : 2012년 3월 15일

† 논문심사일 : 2012년 4월 2일

† 게재확정일 : 2012년 4월 9일

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

국내외 교통정책 패러다임은 기존의 승용차 중심의 관점에서 나아가 보행자와 대중교통과 같은 친환경 교통수단을 권장하는 방향으로 변화하고 있다. 국내에서도 이러한 추세에 발맞추어 친환경 교통수단을 확산하는 다양한 재정 및 정책적인 지원을 고려하고 있는 실정이다. 서울특별시도 2004년 버스의 요금체계, 노선체계, 운영체계를 혁신적으로 변경하는 것을 골자로 하는 대규모 대중교통체계 개편을 시행하였다. 이러한 정책의 일환으로 도입된 중앙버스전용차로는 서울특별시 전역의 주요 간선도로 축에 확대 보급되어 운영 중에 있다.

국내의 경우 버스의 운영적 측면에서 버스전용차로를 적용하여 실시하고 있으나 버스우선신호(Bus Signal Priority System) 도입은 이루어지지 않고 있다. 버스우선신호는 교차로 신호운영시 승용차와 비교하여 버스에 통행의 우선권을 제공하는 제어 방식이다. 향후에는 다양한 도로교통상황에서의 우선신호 운영 효과에 대한 평가결과를 기반으로 국내 환경에 적합한 제어 전략을 적용하는 시도가 증가할 것으로 예상된다.

이러한 버스우선신호 도입시 제기되는 문제점은 부도로 방향 차량과 주도로 일반 승용차량의 통행 속도에 미치는 부정적인 영향이며, 이러한 영향은 신호제어 형태, 도로구조, 교통량 수준 및 버스의 교통량에 따라 차이를 나타내는 것으로 평가되고 있다[1, 2]. 그러나 이러한 연구결과들은 시뮬레이션 기법을 적용하여 평가된 결과이며, 실제 현장에서 조사된 자료를 이용하여 버스우선신호 도입에 따른 효과를 평가한 결과는 없는 실정이다. 이는 현재까지 버스우선신호 제어의 필요성에 대한 인식이 부족하고, 시스템이 설치된 현장이 적으며, 또한 현장 자료수집의 어려움등이 복합적으로 작용한 결과이다. 따라서 기존에 수행된 버스우선신호 적용에 따른 효과에 대한 검증이 필요하고, 이러한 결과의 실제적 의미에 대하여는 향후 현장자

료를 활용한 검토가 필요하다.

본 연구는 최근 국내 도입의 필요성이 부각되고 있는 버스우선신호시스템의 도입시 발생하는 운영상 효과를 현장조사 자료를 기반으로 평가하여 결과를 제시하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 국내외 선행연구 결과를 고찰하여 연구의 범위 및 방법을 결정하였다. 그리고 국내에 버스우선신호시스템 설치가 예정된 장소를 선정하여 시스템 도입 전후의 개별 통행시간의 분포와 효과척도의 변화를 비교하여 평가하였다. 평가는 버스와 승용차를 구분하여 차종별로 실시하였고, 통계적인 검증을 시행하여 객관적인 결론을 도출하였다.

2. 연구의 방법

본 연구는 버스우선신호 제어와 관련된 국내·외 연구동향을 검토하고, 이를 통해 본 연구의 수행방법에 대한 시사점을 파악한다. 그리고 현장조사에 대한 평가방법론을 정립한 후, 대상지역을 선별하고 현장조사가 시행될 자료수집 구간을 선정한다. 선정된 구간에서 사전 및 사후조사로 구분하여 방향별 교통량과 통행시간을 조사하고, 평가에 필요한 신호운영 자료를 포함한 다양한 자료를 수집한다. 수집된 자료를 이용하여 통행시간 및 통행시간 분포의 변화를 분석하고, 이러한 분석 결과를 바탕으로 본 연구의 결론을 도출한다.

II. 이론적 고찰

1. 버스우선신호제어의 개념

신호교차로 네트워크에서 시행되는 우선신호제어 기법은 특정 이동류나 차량에 대하여 신호현시에 대한 통행권을 우선적으로 제공하는 것을 의미한다[2].

버스우선 신호제어는 제어 전략에 따라 수동형과 능동형으로 분류할 수 있다. 수동형 제어전략은 버스의 검지유무와는 상관없이 정해진 신호계획에 따라 우선신호를 제공하는 것으로, 고정시간 제어

전략과 스케줄기반 제어전략을 기초로 운영한다. 능동형 제어전략은 버스 검지유무에 따라 우선신호의 제공여부를 결정하는 것으로, 실시간 신호제어와 스케줄기반 신호제어, 차두시간기반 신호제어를 기초로 운영한다. 능동형 제어전략에 사용되는 기법은 다양하나, 우선신호 제공을 위하여 버스 현시를 일반 신호제어시 보다 길게 연장시켜주는 방법인 Extended Green과 버스가 검지되면 우선신호 제공을 위해 버스 현시가 정상 운영상태보다 일찍 시작되도록 하는 Early Green 기법이 일반적으로 많이 활용되고 있다.

2. 관련연구 고찰

1) 국내 연구 고찰

강민욱(2009)은 버스우선신호체계를 활용한 BRT 개선방안에 관한 연구를 통하여 BRT를 위한 기존 신호체계 효율화 방안으로 버스중앙차로에서의 직진차로와 상충하는 현시를 분리하는 신호운영체계를 정립해야 한다고 제시하였다[3].

한명주(2006)등은 실시간신호제어시스템이 설치되어 운영중인 강남대로를 대상으로 하여 실시간 신호제어시스템 환경하에서 버스우선신호를 제어하기 위한 알고리즘을 제시하였다. VISSIM을 이용하여 평가결과, 버스우선신호를 적용시 버스의 지체는 크게 감소하나 교차로 전체 지체는 증가하는 결과를 얻었다[4].

이범규(2006)등은 대전광역시 계백로에 운영되고 있는 가로변버스전용차로에 버스우선신호 적용효과를 시뮬레이션을 통하여 분석하였다[5]. 수동식 버스우선신호 도입시 버스 지체는 차량 및 교차로당 0.4초 감소하였으며, 능동식 버스우선신호 도입시 1.2초 감소하고, 일반차량의 지체도는 크게 증가하지 않는 것으로 제시하고 있다.

빈미영(2006)등은 버스정보시스템을 활용하여 버스우선신호를 도입하는 방안을 검토하였다[6]. 연구에서는 고양시 BRT 축을 대상으로 하고, 버스위치정보시스템으로부터 수집한 버스위치 정보를 활용하여 전방구간의 평균통행시간을 계산하고,

이를 버스우선신호 알고리즘에 적용하는 방법을 제안하였다.

김성득(2005)은 울산 도심의 주간선도로에 컴퓨터 프로그램과 도해적 방법을 병행하여 시뮬레이션 모델을 구현하였고, Early green 기법을 적용하여 적색시간의 변화와 버스검지위치 변화에 따라 평균통행시간의 변화를 연구하였다[7]. 연구 결과 두 변수 모두 버스우선신호제어의 운영 결과에 큰 영향을 미치는 것으로 제시하였다.

구지선(2003)은 전용차로 형태에 따른 능동형 버스우선 신호개발 및 평가를 목적으로 하여 Paramics를 사용한 시뮬레이션 평가를 실시하였다[8]. 연구에서는 Early green과 Extended green를 기반으로 평가하였고, 평가 결과 가로변버스전용차로 보다 중앙버스전용차로에서 효과가 높게 나타났다.

2) 국외 연구 고찰

Furth(2010)등은 버스터미널 부근의 신호교차로에 우선신호를 제공하는 제어 기법을 개발하였다. 이러한 기법은 현시순서의 변화나 split을 조정하여 버스에 대한 연동을 극대화하여 지체를 최소화하는 전략이며, 시뮬레이션 평가결과 교차로당 버스의 지체시간을 22초 감소시키는 결과를 얻었다[9].

Hongfeng(2009)등은 독립신호교차로를 통과하는 버스의 속도를 높이기 위한 규칙에 근거한 버스우선신호 제어 전략을 개발하였다. 시뮬레이션 평가결과 제안된 전략이 기존의 신호운영 방식과 비교하여 개선된 효과를 제공하였다[10].

Dion(2005)등은 Columbia Pike arterial의 21개 교차로의 감응신호제어 시스템 내에서 통합 Transit Signal Priority simulation을 개발하였고, 다양한 시나리오를 이용하여 평가하였다. 실험 결과 bus는 Priority에서 효과가 있고, 나머지 경우에는 부정적 영향을 미친다고 제시하고 있다[11].

Soo(2004)등은 긴급차량 preemption 및 대중교통우선제어 영향을 평가하기 위해서 대중교통우선제어 전략의 효율 및 비용효과 모두에 대한 변수를 제시하고 있으며, 버스가 우회전 베이를 통해 다른 대기행렬 차량들을 지나쳐 통과하게 한 후 조기

녹색시간을 부여함으로써 대기행렬의 앞으로 이동하게 하는 특별한 형태의 버스우선 처리 기법을 제안하였다[12]. Deshpande (2004)등은 Transit signal priority에서 통과 서비스의 신뢰성과 효율성의 증가시킬 수 있는 효과적인 방법에 대해서 고찰하였다. VISSIM을 사용하였으며, 전체적으로 3.61%의 버스 서비스 신뢰성과 2.64%의 버스 효율성 개선 효과를 나타내는 반면에 차량 한대에 의한 도로 측면의 대기행렬길이의 증가 형태로 부정적인 효과도 나타나고 있음을 제시하고 있다[13].

Skabardonis(2000)는 다양한 방식의 Transit Signal Priority 신호제어 시스템과 그 시스템 효과에 영향을 주는 요인을 재검토 하였고, 오프라인 교통신호 최적화 및 교통시뮬레이션 모형을 사용한 Transit Signal Priority(TSP)의 잠재적 이익을 예측하는 방법을 제안하였다[1].

국내외 선행연구 고찰 결과 버스우선신호제어에 관한 알고리즘 개발 및 효과평가에 관한 연구는 대부분 시뮬레이션 기법을 활용하여 평가하였고 현장에서 실측한 자료를 이용하여 버스와 승용차별 효과를 평가한 사례는 없는 것으로 파악되었다.

III. 평가 및 조사방법론 정립

1. 버스우선신호제어 절차

버스우선신호제어 절차는 일반 신호모드에서 버스우선신호 제어모드로, 그리고 다시 일반 신호모드로 전환하는 일련의 과정을 규정하는 것으로, 일반적으로 버스검지, 현시확인, Interval 시간 부여, 버스통과 확인, 일반신호로 복귀의 5단계로 구분된다[14]. 본 연구에서는 이런 5단계 절차를 그대로 수용하였다.

2. 대상구간 선정 및 자료수집 방법

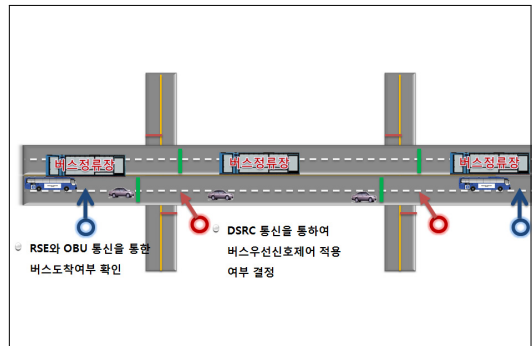
1) 대상구간 선정

본 연구를 수행하기 위한 대상구간 선정시 다음과 같은 기준을 고려하였다. 첫째 현제를 기준으로 장래에 버스우선신호제어 시스템을 설치하여 운영

이 가능한 지역이어야 한다. 둘째, 현장조사를 위해서는 관계기관의 협조가 원활히 이루어져야 한다. 셋째, 해당구간을 통과하는 버스통행량이 적으면 버스우선신호제어에 대한 효과를 측정하기 어렵기 때문에 적절한 샘플 수집이 가능한 곳이어야 하며, 본 연구에서는 시간당 최소 버스통행량이 5대 이상인 곳을 대상으로 하였다. 넷째, 자료 수집을 위한 공간이 충분히 확보되는 구간을 선정하여야 한다.

위의 4가지 기준을 적용하여 선별한 결과 본 연구를 위하여 가장 적합한 대상지역은 하남시로 평가되었다. 하남시는 최근 들어 중앙버스전용차로를 도입하였고, 이들 구간에 버스우선신호제어 전략을 구현할 수 있는 시스템을 설치할 예정이다. 또한 관계기관의 협조가 원활하고, 버스 통행량도 많음을 사전조사를 통하여 확인하였다.

하남시에서는 DSRC기반의 버스우선신호 제어 시스템 운영을 고려하고 있으며, 작동원리는 <그림 1>과 같다. 교차로와 버스정류장에서 무선통신으로 시스템이 작동하며, RSE와 OBU간 통신을 통하여 버스도착여부를 확인하고 신호현시를 확인하여 버스우선신호 제어 적용 여부를 결정하게 된다.



<그림 1> DSRC기반 버스우선신호 제어 원리
<Fig. 1> Bus signal priority control scheme using DSRC

2) 자료수집 및 효과측도

본 연구에서는 문헌고찰과 현장여건을 고려하여 통행시간과 교통량의 두 가지 효과측도를 선정하였다. 통행시간은 버스우선신호시스템 설치 전·후의 버스와 승용차의 통행속도를 비교하기 위하여

사용되는 주요 척도이다. 또한 사전/사후 조사기간 중 해당 교차로에서 관측된 교통량 변화에 따른 영향을 파악하기 위하여 주도로와 부도로의 통과교통량을 보조적인 효과척도로 선정하였다. 그리고 지체는 매우 유용한 효과척도이나 현장조사의 제약으로 인하여 본 연구에서는 고려하지 않았다.

본 연구에서는 버스와 승용차를 구분하여 통행시간을 측정해야 하므로 차량번호판 판독법을 이용하여 통행시간을 조사하였다. 이를 위하여 대상구간의 시작점 및 종점에 각각 2명을 배치하여 승용차 및 버스의 번호판과 시간을 구분하여 자료를 수집하였다. 그리고 주도로 및 부도로 교통량은 동일한 시간에 별도의 조사원을 배치하여 교통량 자료를 수집하였다.

수집된 통행시간의 신뢰성을 확보하기 위하여 현장에서 수집되는 샘플의 수는 통계적 식으로 계산된 결과를 수용하는 것을 원칙으로 설정하였다.

IV. 자료수집 및 분석

1. 자료수집 내용

1) 조사 일시 및 장소

차량번호판 판독법을 적용하여 버스와 승용차의 차량번호와 통과시간을 총 2회에 걸쳐 측정하였고, 각 측정시 오후 침두 및 비침두 시간으로 구분하여 조사를 실시하였다. 사전조사는 2010년 09월 17일(금요일) 버스우선신호 제어시스템이 시행되기 전에 실시되었고, 사후조사는 2010년 11월 5일(금요일) 버스우선신호 제어시스템이 설치되어 시행된 후에 실시하였다. 사전/사후조사의 비침두시간은 15:00 ~ 17:00, 오후침두시간은 17:30 ~ 19:30로 선정하였다. 사전 및 사후 조사의 외부적인 영향(external effect)을 최소화하기 위하여 동일한 요일과 시간대에 동일한 절차로 자료 수집이 이루어졌다.

현장 조사구간은 앞 장에 기술된 선정기준을 바탕으로 버스우선신호 시스템이 현재 설치되어 있고, 중차량 비율이 적으며 꼬리물기가 없는 구간인

하남로 일대 연속된 3개 교차로(덕풍파출소앞-덕풍시장정류소-신장초교사거리)이며 <그림 2>와 같다.

조사구간은 교차로의 위계상 간선도로의 성격을 가지므로 주요 간선축과 연동을 고려하여 Extended Green만 시행하고, Early Green은 미시행하는 구간이다. 3개 교차로 중 덕풍파출소앞과 신장초교사거리에는 RSE가 설치되어 DSRC통신을 활용한 버스우선신호 제어가 가능하다.



<그림 2> 현장 평가 구간
<Fig. 2> Field study section

2) 신호운영 자료

수집된 대상구간의 신호운영 자료는 <표 1>과 같다. 신호교차로의 신호주기는 170초이며, 4현시의 정주기(TOD)방식으로 운영되고 있다.

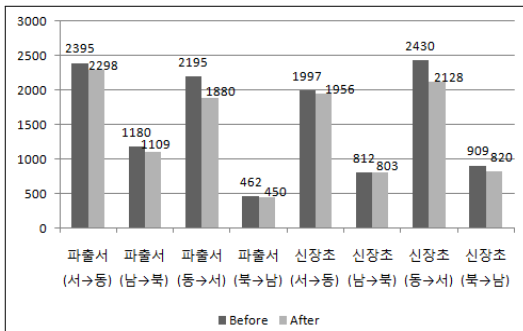
<표 1> 교차로 신호운영 자료
<Table 1> Input data for signal operation

교차로	ϕ 1	ϕ 2	ϕ 3	ϕ 4	Cycle
덕풍파출소앞					170
Green	68	17	27	46	
Amber	3	3	3	3	
신장초교사거리					170
Green	61	23	36	38	
Amber	3	3	3	3	

2. 자료수집 분석 결과

1) 통과 교통량 분석

첨두시간에 승용차의 통과 교통량을 주도로 및 부도로 방향별로 측정하였다. 사전/사후 조사기간에 수집된 결과는 <그림 3>과 같다. 승용차의 경우 사후조사 기간에 모든 주행방향에서 교통량이 약간 감소하는 경향이 나타났다. 부도로 및 다른 방향의 교통량의 감소량은 약 6% 이내로 파악되어, 사전 및 사후 조사기간의 승용차 교통량은 특별한 증감의 패턴은 없는 것으로 파악되었다.



<그림 3> 첨두시간 승용차 통과 교통량
(Fig. 3) Passenger car volume during peak period

비첨두시간의 승용차의 통과 교통량도 주도로 및 부도로 방향별로 측정하였다. 분석결과, 방향별로 미미한 증감 패턴이 혼재하여 나타났으나, 그 크기는 큰 의미가 없는 것으로 파악되었다.

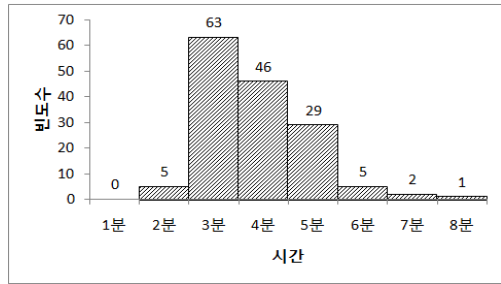
이와 같이 분석된 첨두시간과 비첨두시간의 교통량 결과를 살펴보면, 승용차의 경우 주도로 동서 방향별로 교통량이 소폭으로 감소되었으나 그 크기는 미미하여 통행시간의 변화에 큰 외부적 영향을 미치지 못할 것으로 판단된다.

2) 통행속도 분석

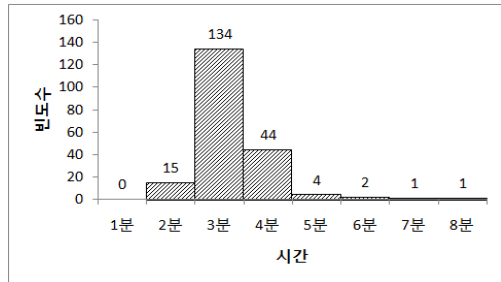
(1) 차량별 주도로 통행시간 분포

번호판조사를 통하여 수집된 통행시간을 개별차량 단위로 수집하여 통행시간 분포를 분석하였다. 사전/사후 조사에서 비첨두시간에 측정된 주도로 방향의 승용차 통행시간 분포는 다음 <그림 4>와 같다.

Before

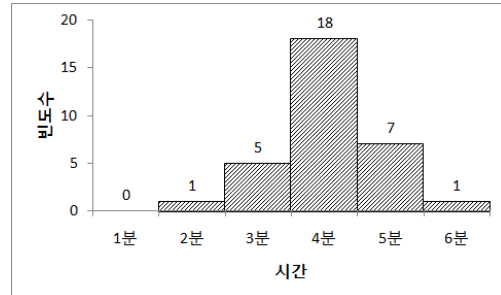


After

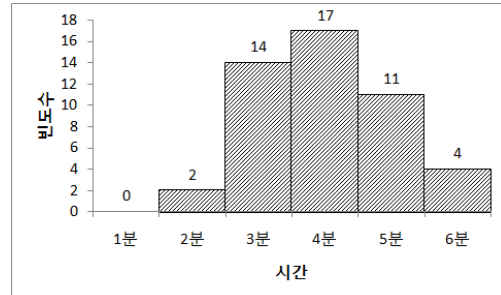


<그림 4> 비첨두시 승용차 통행시간 분포도
(Fig. 4) Distribution of travel time of passenger car during off-peak period

Before



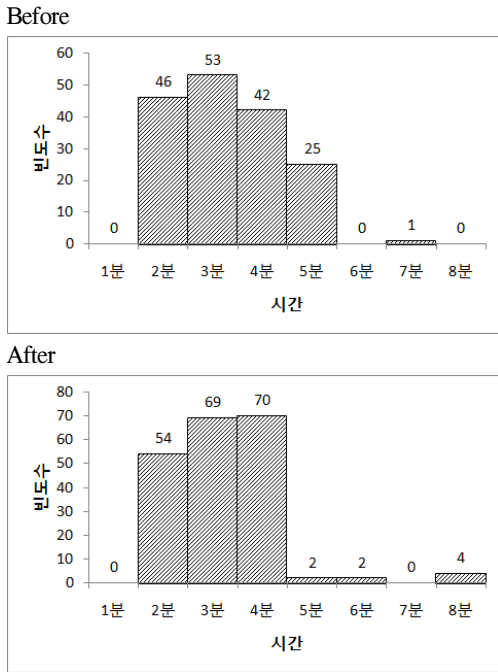
After



<그림 5> 비첨두시 버스 통행시간 분포도
(Fig. 5) Distribution of travel time of bus during off-peak period

사전/사후 조사에서 비첨두시간에 측정된 주도로 방향의 버스 통행시간 분포는 <그림 5>와 같다. 버스우선신호 제어 이전에는 통행시간 4-5분 시간대에 분포하는 차량이 많았으나, 실시 이후에는 3-4분 시간대가 차지하는 빈도수가 가장 큰 것으로 파악되었다. 그리고 승용차 결과와 마찬가지로 통행시간 분포가 개선된 것을 확인할 수 있다.

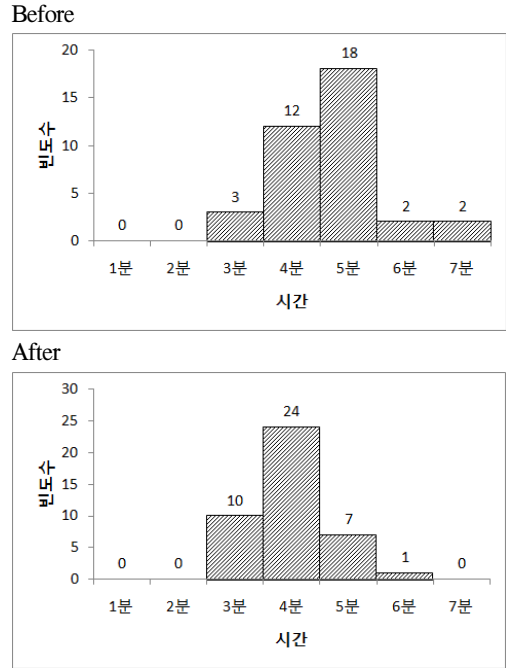
그리고 첨두시간 주도로 방향의 승용차 통행시간 분포는 <그림 6>과 같다. 버스우선신호 제어 이전에는 통행시간이 2-4분 시간대에 대부분 분포되었고, 5분 이상 걸린 차량의 비율이 전체의 16% 정도이다. 그러나 이후에는 5분 이상 걸린 차량의 비율은 전체의 약 4% 정도로 감소되었다.



<그림 6> 첨두시 승용차 통행시간 분포도
<Fig. 6> Distribution of travel time of passenger car during peak period

첨두시간에 측정된 버스의 통행시간 분포는 <그림 7>과 같다. 그림에서와 같이 버스우선신호 제어를 실시한 후에는 통행시간이 5분을 초과하는 버스의 빈도수가 크게 감소하였고, 통행시간의 분포도 매우 개선된 결과로 나타났다.

따라서 버스 우선신호제어 실시 후에 해당 구간의 승용차 및 버스의 통행시간이 매우 개선됨을 파악할 수 있다.



<그림 7> 첨두시 버스 통행시간 분포도
<Fig. 7> Distribution of travel time of bus during peak period

(2) 시간대별 주도로 통행속도

사전/사후 조사에서 시간대별로 측정된 통행시간 자료를 이용하여 주도로 방향의 차종별 평균통행속도 및 증감율을 계산하여 <표 2>에 정리하였다. 승용차의 경우 비첨두 시간대의 속도증가율이 크게 나타났고, 첨두시간에는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 그러나 버스는 첨두시간대의 속도증가율이 상대적으로 높은 것으로 파악되었다.

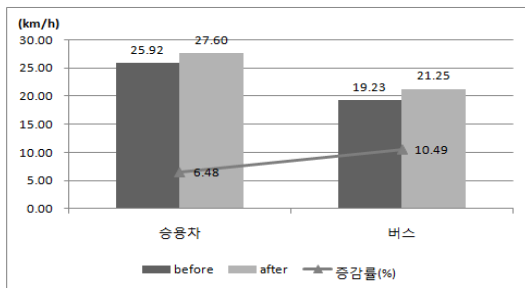
그러므로 버스우선신호 제어 실시에 따라 주도로 방향의 버스 및 승용차의 통행속도가 증가하였다. 그러나 혼잡한 교통상황에서는 승용차의 통행시간 개선은 제한적이지만, 버스의 통행시간 감소에는 매우 큰 효과를 가져 올 수 있다고 판단된다.

〈표 2〉 주도로 통행속도 비교
 〈Table 2〉 Comparison of travel speed of major roadway

구분		Before (km/h)	After (km/h)	증감 (km/h, %)
비첨두 시간	승용차	23.62	26.75	3.13 (13.24)
	버스	20.69	21.95	1.26 (6.08)
첨두 시간	승용차	28.00	28.45	0.45 (1.62)
	버스	17.97	20.45	2.48 (13.80)

(3) 주도로 통합 통행속도

첨두시간과 비첨두시간에 수집된 주도로 방향의 통행속도를 차종별로 통합하여 분석한 결과는 <그림 8>과 같다. 전체적으로 승용차는 25.9 km/h에서 27.6 km/h로 속도가 약 6.5% 증가하였고, 버스는 19.2 km/h에서 21.3 km/h로 약 10.5% 속도가 증가하는 것으로 파악되었다.



〈그림 8〉 전체 주도로 통행속도
 〈Fig. 8〉 Average travel speed of major roadway

3) 통계적 검정

앞 절에서 분석된 평균속도 차이에 대하여 통계적인 검정을 실시하였다. 본 연구에서는 모평균에 대한 분산을 알고 있고, 표본수가 크기 때문에 통계적 검정기법으로 Z-test를 사용하였다. 검정에 사용된 귀무가설과 대립가설은 다음과 같다.

귀무가설(H0): 평균속도before = 평균속도after
 대립가설(Ha): 평균속도before ≠ 평균속도after

수집된 속도자료를 이용하여 통계적 검정을 실시한 결과, 승용차의 경우 P-value 값이 0.00352로 나타나 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각하였고, 버스의 경우도 P-value 값이 0.01291로 나타나 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각하였다. 따라서 사전/사후 조사를 통하여 계산된 속도의 변화가 통계적으로 의의가 있는 것으로 분석되었다.

V. 결 론

본 연구는 향후 국내 도입이 예상되는 버스우선신호 시스템의 도입시 발생하는 운영상 효과를 현장조사 자료를 기반으로 평가하여 제시하였다.

사전/사후 조사를 통하여 수집된 첨두시간과 비첨두시간의 교통량 결과를 살펴보면, 승용차와 버스 차종별로 진행 방향에 따라 약간의 교통량 변화가 나타났으나, 그 크기는 통행시간의 변화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 파악되었다.

개별차량의 통행시간을 분석한 결과, 버스 우선신호제어 실시 후에 해당 구간의 승용차 및 버스의 통행시간의 분포가 매우 개선되는 것으로 나타났다. 통행속도의 경우, 버스우선신호 제어 실시에 따라 첨두와 비첨두 시간대 모두 주도로 방향의 버스 및 승용차의 통행속도가 증가하였다. 특히, 교통류가 증가하여 혼잡한 교통상황에서는 버스의 통행시간 감소가 승용차에 비하여 매우 크게 나타났다.

그리고 수집된 자료를 통합하여 분석한 결과 전체적으로 승용차 속도는 25.9 km/h에서 27.6 km/h로 약 6.5% 증가하였고, 버스는 19.2 km/h에서 21.3 km/h로 약 10.5% 속도가 증가하는 것으로 파악되었다. 통계적 검정 결과, 승용차와 버스 모두 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각되어, 속도의 변화가 통계적으로 의의가 있다고 분석되었다.

본 연구는 현장 조사를 기반으로 평가를 진행하여 신호교차로의 중요한 평가지표인 지체에 대한 자료를 수집하지 못 하였다. 특히 부도로의 경우 버스우선신호 적용으로 통행속도의 감소가 예상되나, 이에 대한 자료는 수집되지 못하여 구체적 결과를 본 논문에서는 제시하지 못하였다. 향후에는 주도로

및 부도로 지체를 포함한 보다 광범위한 자료를 수집하여 평가하면 보다 정교한 분석이 가능하리라고 판단된다. 그리고 교통량 수준, 기하구조, 신호현시체계 등 버스우선신호 제어에 영향을 미치는 변수가 많기 때문에 향후에 이러한 다양한 교통·환경조건에서 효과평가를 진행한다면 종합적이고 객관적인 결론이 도출될 수 있을 것이라 판단된다.

참고문헌

- [1] A. Skabardonis, "Control Strategies for Transit Priority", *TRR 1727*, NRC, pp.20~26, Dec. 2000.
- [2] ITS America, *An overview of Transit Signal Priority*, May 2004.
- [3] 강민욱, "버스우선신호체계를 활용한 BRT 개선 방안", 아주대학교 ITS대학원 석사학위 논문. 2009. 2.
- [4] 한명주, 이영인, "실시간신호제어시스템에서의 버스우선신호 알고리즘 정립 (중앙버스 전용차로를 대상으로)", *대한교통학회지*, 제24권, 제7호, pp.101~114, 2006. 12.
- [5] 이범규, 박은미, *버스우선처리기법 적용에 관한 연구 : 버스우선신호(Bus Signal Priority)를 중심으로*, 대전발전연구원, pp.45~55, 2006. 5.
- [6] 빈미영, 임혜진, *지능형교통정보 수집체계를 활용한 버스 우선 신호 도입방안*, 경기개발연구원, 2006.
- [7] 김성득, "버스 통행우선신호 도입에 관한 연구", *한국향해항만학회지*, 제29권, 제5호, pp. 465~473, 2005. 6.
- [8] 구지선, "버스 우선 신호 개발 및 평가", 서울시립대학교, 2003. 2.
- [9] P. Furth, B. Cesme and T. Rima, "Signal Priority Near Major Bus Terminal: Case Study of Ruggles Station, Boston, Massachusetts", *TRR 2192*, NRC, pp.89~96, Dec. 2010.
- [10] X. Hongfeng and Z. Mingming, "Impact of Phase Schene on Development and Performance of a Logic Rule-based Bus Rapid Transit Signal Priority", *Journal of Transportation Engineering*, Vol.135, no.12, ASCE, pp.953~965, Dec. 2009.
- [11] F. Dion, H. Rakha and Y. Zhang, "Integration of Transit Signal Priority within Adaptive Traffic Signal Control Systems", *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 130, no. 3, ASCE, pp.294~303, May 2005.
- [12] H. Soo, J. Collura, A. Hobeika and D. Teodorovic, "An Analysis Framework for Evaluating the Impacts of Advanced Traffic Signal Control Systems for Emergency Vehicle Preemption and Transit Priority", *The 14th ITS America Annual Meeting*, ITS America, p39, Apr. 2004.
- [13] V. Deshpande and J. Collura, "Transit Signal Priority: 'Green Extension' Benefits in Congested Corridors", *The 14th ITS America Annual Meeting*, ITS America, p23, Apr. 2004.
- [14] 이재형, 이상수, 오영태, "대기행렬길이 제약 조건을 고려한 Preemption 제어전략에 관한 연구", *대한교통학회지*, 제27권, 제2호, pp.179~187. 2009. 4.

저자소개



이 호 준 (Lee, Ho-Joon)

2011년 ~ 현 재 : 아주대학교 건설 교통공학과 박사과정
2000년 ~ 현 재 : (주)온텍시스템 대표이사
2011년 : 아주대학교 ITS 대학원(공학석사)
1988년 ~ 2000년 : LS산전(주)근무
1988년 : 조선대학교 전기공학과 졸업



이 상 수 (Lee, Sang-Soo)

2002년 ~ 현 재 : 아주대학교 환경건설교통공학부 교수
2001년 ~ 2002년 : 한국건설기술연구원 선임연구원
2000년 : Texas A&M University 토목과 교통전공 졸업(박사)



이 철 기 (Lee, Choul-Ki)

현 재 : 아주대학교 환경건설교통공학부 부교수
아주대학교 교통연구센터 부센터장
2000년 ~ 2004년 : 서울지방경찰청 교통개선기획실장
1998년 : 아주대학교 건설교통공학과 교통공학전공 졸업(박사)



김 남 선 (Kim, Nam-Sun)

2009년 12월 ~ 현 재 : 경찰대학 치안정책연구소 책임연구관
2007년 3월 ~ 2009년 12월 : 부천대학 전임강사
2005년 3월 ~ 2009년 12월 : 아주대학교 교통연구센터 연구위원
2005년 2월 : 아주대학교 건설교통공학과(교통공학박사)