

버스 운행관리시스템의 도입이 노선버스 운행에 미치는 영향분석: 서울시 마을버스 BMS 시행 사례를 중심으로

Compared Analysis of Local Bus Service after Bus Management System in Seoul



백성현



이경순



고광섭

I. 서론

시민들의 경제 및 사회활동에 중요한 역할을 담당하는 시내버스는 목적지까지의 소요시간을 단축함과 동시에 차량운행의 정시성·안전성을 담보할 필요가 있다.

서울시에서는 지·간선 버스를 대상으로 버스운행관리시스템(BMS)을 도입하여 시내버스의 서비스가 한층 개선되었으나 일평균 117만명이 이용하는 마을버스는 제외되어있어 대중교통의 한 축을 담당하고 있으며 지하철 이용자의 증가와 함께 환승 승객이 지속적으로 증가하고 있는 마을버스의 서비스 개선에 대한 시민들의 열망이 높아져 왔다.

이러한 배경에서 2012년부터 마을버스에도 버스운행관리시스템(BMS)이 도입되어 기존의 지·간선버스 및 광역버스는 물론 마을버스까지 모든

노선버스를 대상으로 버스운행관리시스템이 구축되어 대중교통 이용자의 편의가 크게 향상되었다.

본 연구에서는 버스운행관리시스템의 도입이 노선버스의 운행에 미치는 영향을 분석하기 위하여 서울시 전체 마을버스를 대상으로 차량운행의 정시성과 노선준수 운영을 등 개선효과와 차량운행

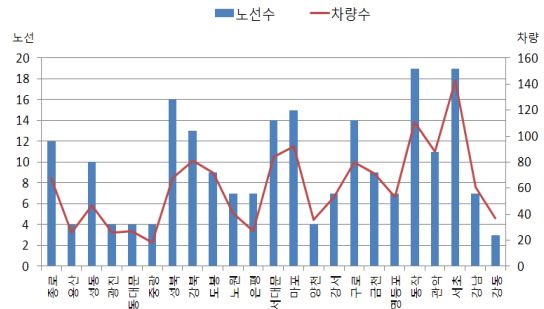


그림 1. 자치구별 마을버스 노선수 및 차량대수

백성현 : 서울특별시청 교통정보센터, bsh7788@seoul.go.kr, Phone: 02-2133-4970, Fax: 02-2133-4990
 이경순 : 서울특별시청 교통정보센터, lks1958@seoul.go.kr, Phone: 02-2133-4950, Fax: 02-2133-4990
 고광섭 : 서울특별시청 교통정보센터, ksko@seoul.go.kr, Phone: 02-2133-4968, Fax: 02-2133-4990

횟수 변화를 분석하였다.

또한 BMS의 도입이 버스 이용자수와 요금수입 그리고 교통사고 발생에 어떠한 영향을 끼쳤는가에 대하여 차량운행이력 데이터와 요금징수 데이터 등을 활용하여 분석하였다.

II. 분석대상과 특징

1. 대상 및 기간

분석대상은 서울시에서 운행하는 전체 마을버스 1,420대·220노선·127개 업체를 대상으로 하였다.

서울시 마을버스 BMS는 2012년 2월 설치가 완료되었다. 따라서 분석대상 기간은 도입전 대상기간을 2012년 1월로 하고 도입후 대상기간을 2013년 1월로 하였으며, 교통사고 발생 비교는 도입전 대상기간을 2011년 도입후 대상기간을 2012년으로 하여 BMS 도입 전후의 각각 1년으로 하였다.

2. 마을버스의 운행특성

1) 서울시 마을버스 노선현황

서울시 마을버스는 2013년 2월 현재 중구와 송파구를 제외한 23개 자치구에서 1,420대의 차량이 220개 노선을 127개 업체에 의하여 운영되고 있다.

각 자치구별 마을버스 노선수와 차량수 현황을 그림 1에 나타내었다.

2) 마을버스의 운행실태

마을버스의 가장 기본적인 기능은 간선기능의 지하철 및 시내버스와 광역버스에 대한 지선역할로서 대부분의 마을버스 노선이 지하철역을 경유하고 있으며 전체 노선의 57.7%에 달하는 127개 노선이 지하철역 2개 이상을 경유하고 있다.

표 1. 마을버스 현황 (2013. 1월 기준)

업체수	차량대수	노선수	운전자
127	1,420	220	2,898

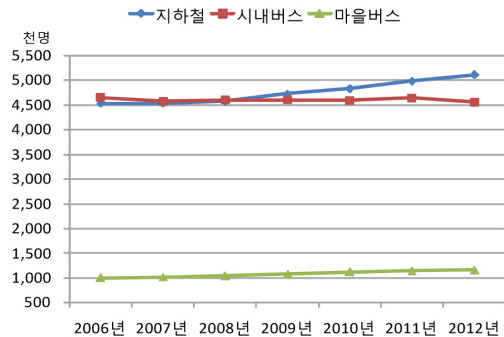


그림 2. 서울시 대중교통 이용자 변화추이

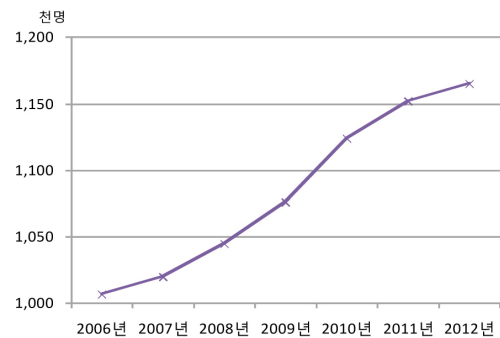


그림 3. 서울시 마을버스 이용자수 변화추이

이와같이 간선기능에 대한 지선역할을 담당하는 마을버스를 이용하는 이용자수는 지하철 이용자수와 더불어 꾸준히 증가하고 있다.

서울시 대중교통 이용자수 변화추이와 마을버스 이용자수 변화추이를 그림 2와 그림 3에 각각 나타내었다.

마을버스는 비교적 단거리에 소규모로 운행됨으로 인하여 운행시 외적 요인에 영향을 적게 받는 특징을 가지고 있다.

한편 극히 일부이기는 하나 승객수요에 따라 일정 시간대에 일정 구간을 미운행 하거나 반대로 일정 시간대에 일정 구간을 운행하는 노선이 존재하는 등 비정형적이고 관행적인 운행 행태를 보이고 있어 개선의 여지가 있었다.

III. 차량운행의 정시성 변화

1. 분석대상 데이터

정시성은 차량의 정확한 배차 및 운행으로 버스 이용자의 대기시간을 단축시키는 것으로서 노선버스의 신뢰성을 결정하는 중요한 사항이다. 각 노선버스는 인가된 배차계획을 가지고 있으나 실제 차고지에서 버스의 배차는 계획된 배차간격과 다를 수 있다.

차량 운행의 정시성은 차량이 인가된 배차간격을 준수하여 운행하는지 척도로서 분석에 사용한 데이터는 각각 2012년 1월과 2013년 1월을 대상으로 버스운행관리 서버에 저장된 개별 차량의 첫차부터 막차까지 모든 차량의 일일 운행 이력 데이터를 대상으로 하였다.

2. 차량운행의 정시성 평가지표

배차간격 분산계수를 통한 노선의 정시성 평가는 계획 배차간격과 실제 운행 배차간격의 비교 및 분석이 가능하여 본 연구에서는 배차간격의 분산계수를 통한 노선의 정시성 평가 방법을 적용하여 첫차부터 막차까지 모든 차량의 노선별 배차간격의 분산계수를 산출하였다.

$$HCV^1) = \frac{S_h}{\bar{h}} \quad : \text{배차간격의 분산계수}$$

$$S_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^N (h_i - \bar{h})^2}{N-2}} \quad : \text{실제 배차간격의 표준편차}$$

$$\bar{h} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=2}^N h_i \quad : \text{실제 배차간격의 평균}$$

N : 실제운행회수

h_i : i 번째 버스의 배차간격

배차간격의 분산계수는 모든 운행 차량의 출발

시각을 기초로 실제 배차간격의 표준편차와 실제 배차간격의 평균을 각각 구한 후 실제 배차간격의 표준편차를 실제 배차간격의 평균으로 나눈 값으로서 산출 방법은 위 식과 같다.

3. 차량 운행의 정시성 변화

BMS 도입 전후의 차량 배차간격의 정시성 변화를 그림 4에 나타내었다. 여기서 배차간격의 분산계수는 첫차부터 막차까지 모든 운행차량의 실제 배차간격의 표준편차를 실제 배차간격의 평균으로 나눈 값이다.

배차간격 분산계수에 의한 노선의 정시성 판단 기준을 표 2에 나타내었다.

산출된 지표값(HCV)이 0에 가까울수록 버스는 계획된 배차 간격대로 운행 즉 정시성이 높음을 의미하는 것으로서 본 연구에서는 시행전후 정시성 비교가 목적이므로 지표값이 0.5미만을 우수, 0.5 이상 1미만을 보통, 1 이상을 미흡으로 평가하였다.

평가결과 정시성 우수 노선이 BMS 시행전 39개 노선에서 시행후 105개 노선으로 66개 노선의

표 2. 배차간격 분산계수에 의한 노선의 정시성 판단기준

지표값	분산정도
HCV = 0	- 버스가 계획배차간격대로 운행하고 실제 배차간격의 분산은 0
0 < HCV < 1	- 버스의 운행목표
HCV = 1	- 버스가 음지수분포로 운행 - 정확하게 2 \bar{h} 간격으로 운행
HCV > 1	- 버스 배차간격의 분산값이 매우 큼 - 정시성이 매우 떨어지는 상태

표 3. 배차간격의 정시성 비교

구분	계	우수	보통	미흡
시행전 노선수	205	39	124	42
시행후 노선수	220	105	103	12

1) Headway Coefficient of Variation 배차간격 분산계수

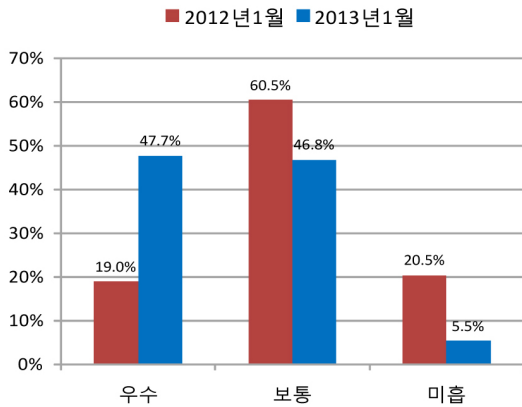


그림 4. 배차간격의 정시성 변화

표 4. 배차간격 분산계수의 분포현황

지표값	HCV = 0	0 < HCV < 1	HCV > 1
산출노선수	0	208	12

정시성이 개선되어 28.7% 포인트 개선되었다.

한편 정시성 불량 노선은 BMS 시행전 42개 노선에서 시행후 12개 노선으로 30개 노선이 감소하여 15% 포인트 감소하였다. 배차간격 분산계수 분포현황을 표 4에 나타내었다.

정시성은 노선 버스의 신뢰성을 결정하는 중요한 사항이므로 운영자는 정시성 준수여부에 대한 평가를 통하여 신뢰성을 확보 할 수 있도록 지속적으로 노력을 기울여야 할 것이다.

Ⅳ. 차량의 인가노선 준수 운행율의 변화

1. 분석대상 데이터

차량의 인가노선 준수 운행율은 차량이 행정관청으로부터 인가된 노선을 준수하여 운행하는지 척도로서 분석에 사용한 데이터는 각각 2012년 1월과 2013년 1월을 대상으로 버스운행관리 서버에 저장된 개별 차량의 운행 이력 데이터를 기본으로 하여 노선별로 노선이탈 여부를 평가하였다.

본 연구에서 산출한 노선이탈 노선수는 행정기관에서 인가받은 노선을 준수하지않고 운행하는 노선수를 합산 하였다.

2. 차량의 노선준수 운행율의 변화

노선 준수 운행율은 첫차부터 막차까지 모든 운행차량의 인가 노선 준수 운행여부를 백분율로 나타낸 값이다.

버스운행관리시스템 도입전후 노선이탈 노선수는 그림 5와 같이 BMS 시행전 57개 노선에서 시행후 10개 노선으로 47개 노선이 감소하여 23.3% 포인트 개선되었다.

한편 노선준수 노선수는 BMS 시행전 158개 노선에서 시행후 210개 노선으로 52개 노선이 증가하여 노선준수 비율은 77.1%에서 95.5%로 18.4% 포인트 개선되었다.

BMS 도입 전후의 노선이탈 노선수 및 노선준수 노선수의 비교를 표 5 및 표 6에 각각 나타내었다.

일부 마을버스는 오랫동안 관행적으로 승객수요가 적은 주택가 골목길 등을 운행하면서 승객수요에 따라 배차간격을 운수회사 임의로 조절할 뿐만 아니라 시간대별로 승객수요에 대응하여 노선의 일부구간을 운행하지않는 비정형적 운행행태를 가지고 있었다.

이와같은 운행행태가 BMS 시행에 따라 노선이탈로 드러나게 되어 상당수의 노선이탈 현상이 개선되었다. 노선이탈 현상의 개선은 BMS 시행의 주요 개선효과라고 평가할 수 있다.

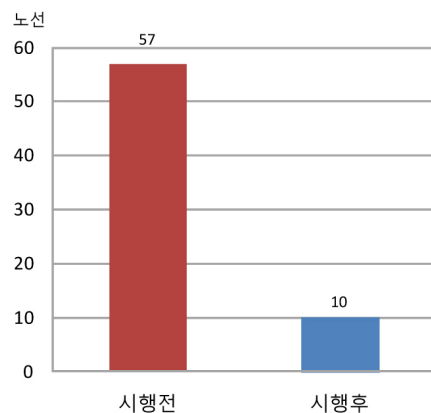


그림 5. 노선이탈 운행 노선수 변화

● **논단** ● 버스운행관리시스템의 도입이 노선버스 운행에 미치는 영향분석: 서울시 마을버스 BMS 시행 사례를 중심으로

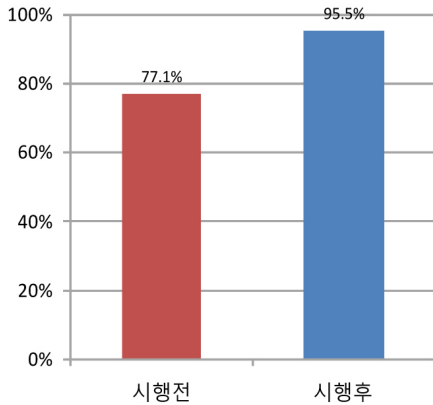


그림 6. 인가노선 준수 운행율 변화

표 5. 노선이탈 운행 노선수 비교

구분	시행전	시행후	비교
노선수	57	10	(감) 47
비율(%)	27.8	4.5	(감) 23.3

표 6. 노선준수 운행 노선수 비교

구분	시행전	시행후	비교
노선수	158	210	(증) 52
비율(%)	77.1	95.5	(증) 18.4

V. 버스 운행횟수 변화 평가

1. 분석대상 데이터

버스 운행횟수 변화의 평가는 버스운행관리시스템의 도입이 차량운행의 정시성 개선과 병행하여 버스의 운행 빈도에 미치는 영향을 분석하기 위한 척도로서, 분석에 사용한 데이터는 각각 2012년 1월과 2013년 1월의 일개월간을 대상으로 하였다.

산출방법은 차량운행관리 서버에 저장된 개별 차량의 일주일간 총 운행 이력 데이터를 기본으로 하여 대상기간 전후 차량별 운행횟수를 산출하였다.

차량의 운행횟수는 요일별 및 평일과 휴일별로 서로 다른 특성을 가지고 있어 본 연구에서는 동일 월의 일주일간 총 운행기록을 대상으로 평가하였다.

2. 차량 운행횟수의 변화

버스운행관리시스템 도입 전후의 버스 운행횟수의 비교를 그림 7에 나타내었다. 운행 횟수는 평가기간중 첫차부터 막차까지 모든 운행 차량의 총 운행횟수를 합계한 값이다.

BMS 시행전후 대상기간 중 차량의 총 운행횟수는 BMS 시행전 일평균 28,230회에서 시행후 30,954회로 2,724회 증가하여 일평균 9.6% 증가하였다.

또한 비교 기간중 차량대수 증가에 따른 횟수 증가분을 감안하여 차량 1대당 평균 운행횟수를 산출한 결과 차량 1대당 일일 평균 운행횟수는 20.2회에서 21.6회로 1.4회 증가하여 6.9% 증가한 것으로 평가되었다.

버스운행관리시스템 도입 전후의 버스 운행 횟수의 비교를 표 7에 나타내었다.

3. 버스 이용자 수에 미치는 영향

버스운행관리시스템 도입 전후의 버스 이용자수의 비교를 그림 8에 나타내었다. 이용자수 비교는 버스운행관리시스템의 도입이 버스 이용자수에 미치는 영향을 분석하기 위한 척도로서, 분석에 사용한 데이터는 각각 2012년 1월과 2013년 1월의 일개월간을 대상으로 하였다.

산출방법은 요금징수 서버에 저장된 개별 차량

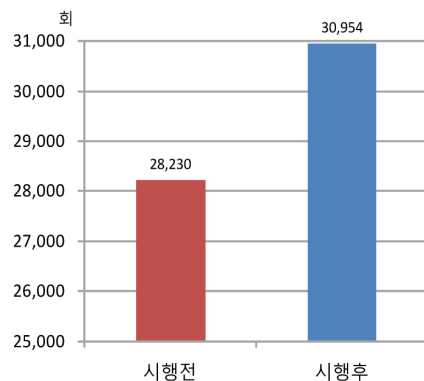


그림 7. 일평균 차량 운행횟수 변화

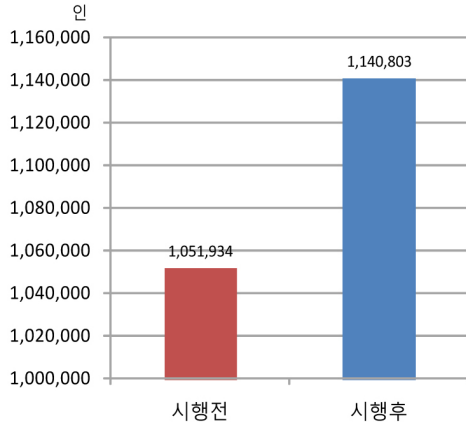


그림 8. 일평균 버스 이용자수 변화

의 일개월간 총 운임징수 건수 데이터를 기본으로 하여 요금 징수건수를 합제한 값이다.

운임의 징수는 교통카드와 현금으로 구분할 수 있으나 서울시의 교통카드 결제율이 98%이상이고 현금 사용자수는 실제로 헤아리기 곤란하므로 본 연구에서는 교통카드 사용실적을 대상으로 하였다.

버스운행관리시스템 도입전후 버스 이용자수의 변화는 BMS 시행전 일평균 버스 승차 인원수는 1,051,934명에서 BMS 시행후 1,140,803명으로 88,869명이 증가하여 일평균 이용자수는 8.4% 증가하였다.

4. 요금 수입에 미치는 영향

요금 수입의 비교는 버스운행관리시스템의 도입이 버스운행에 따른 요금 수입에 미치는 영향을 분석하기 위한 척도로서, 분석에 사용한 데이터는 각각 2012년 1월과 2013년 1월 일개월간을 대상으로 하였다.

산출방법은 요금징수 서버에 저장된 개별 차량의 일개월간 총 운임수입액 데이터를 기본으로 하여 대상기간중 요금 수입금액을 합제한 값이다.

운임의 징수는 버스 이용자수 산정과 마찬가지로 교통카드와 현금으로 구분할 수 있으나 본 연구에서는 교통카드 사용실적을 대상으로 하였다.

표 7. 일평균 차량 운행횟수 비교

구분	시행전	시행후	증감
차량 일평균 총 운행횟수(회/일)	28,230	30,954	(증) 2,724
차량 1대당 일평균 운행횟수(회/일)	20.2	21.6	(증) 1.4

표 8. 일평균 버스 이용자수 비교

구분	시행전 이용자수	시행후 이용자수	증감
이용자수(명)	1,051,934	1,140,803	(증)88,869

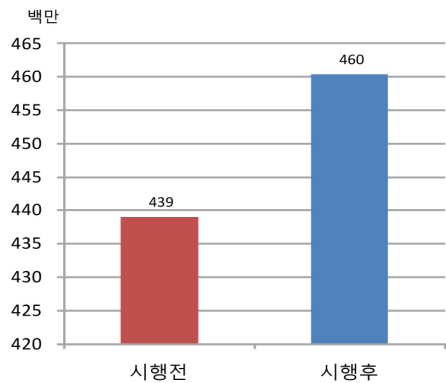


그림 9. 일평균 운송 수입금 변화

표 9. 운송 수입금 비교 (단위 : 천원)

구분	시행전	시행후	증감
운송수입금 (일평균)	439,022	460,392	21,369
정산배분금액(월)	13,609,697	17,840,197	4,230,500
요금인상분 제외금액(월)	13,609,697	14,272,158	622,460

※ 마을버스 요금조정 내역

구분	인상전(원)	인상후(원)	조정일자
일반	600	750	2012.2.25
청소년	480	480	
초등생	300	300	

버스운행관리시스템 도입 전후의 버스 운송 수입금의 비교를 그림 9에 나타내었다.

운송 수입금은 2012년 1월과 2013년 1월의 각각 1개월간 매일 첫차부터 막차까지 모든 운행 차량의 총 운행에 따른 운송 수입금을 합제한 값이다.

BMS 시행 전후 대상기간 중 전체 운송 수입금은 시행전 13,609,697천원에서 시행후 17,840,197천원으로 4,230,500천원 증가하였다.

그러나 증가 금액에는 2012년 2월 단행된 요금 인상으로 인한 증가분이 포함되어있어 이를 제외한 운송 수입금 증가분은 14,272,158천원으로 622,460천원 증가한 것으로 나타났다. 이것은 일평균 439,022천원에서 460,392천원으로 21,369천원 증가하여 일평균 4.9% 증가한 것이다.

Ⅶ. 교통사고 발생건수의 평가

버스운행관리시스템의 주요 목적은 정시성 뿐만 아니라 사고의 경감 등 차량운행의 안전성 향상을 목적으로 하는 것으로서 본 연구에서는 안전성 향상의 지표로서 BMS 시행전후 교통사고 발생건수를 비교하였다.

1. 분석대상 데이터

교통사고 발생건수의 변화는 버스운행관리시스템의 도입이 차량운행의 안전성 개선에 미치는 영향을 분석하기 위한 척도로서, 분석에 사용한 데이터는 2011년과 2012년 각각 일년간을 대상으로 마을버스 운행에 따른 연간 교통사고 발생 건수의 합계를 비교하였다.

2. 교통사고 발생건수의 변화

버스운행관리시스템 도입 전후의 교통사고 발생 건수의 변화를 그림 10에 나타내었다. 교통사고 발생건수는 BMS 시행 전후 일년간 매일 첫차부터 막차까지 모든 운행차량에서 발생한 교통사고 발생 건수를 합계한 값이다.

버스운행관리시스템 도입 전후 연간 교통사고 발생건수는 BMS 시행전인 2011년도 228건에서 시행후인 2012년도 191건으로 37건 감소하여 16.2% 감소하였다.

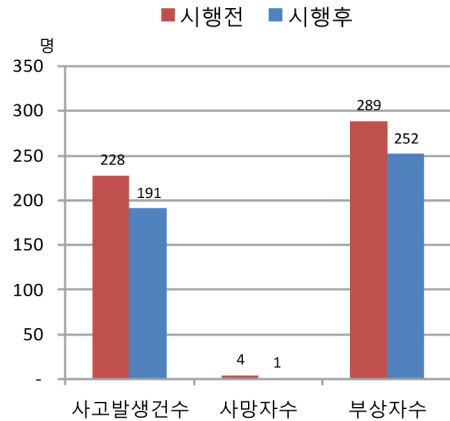


그림 10. 교통사고 발생건수 변화

표 10. 교통사고 발생건수 비교

구분	시행전	시행후	증감	비고
발생건수(건)	228	191	(감) 37	
사망자(명)	4	1	(감) 3	
부상자(명)	289	252	(감) 37	

또한 부상자수는 시행전 289명에서 시행후 252명으로 37명 감소하여 12.8% 감소하였고, 사망자수는 4명에서 1명으로 3명 감소하여 75% 감소하였다.

버스운행관리시스템 도입 전후 대비 마을버스 관련 교통사고 발생 건수의 비교를 표 10에 나타내었다.

Ⅶ. 마무리

버스운행관리시스템은 버스 이용자의 대기시간 단축이나 안전성을 개선하여 대중교통 활성화를 목적으로 차량운행관리 및 버스의 정류장 도착시간을 안내하여 왔다.

본 연구에서는 노선버스 운행에 있어서 버스운행관리시스템의 도입이 차량운행에 미치는 영향을 분석하기 위하여 서울시 마을버스를 대상으로 차량운행의 정시성 지표를 사용하여 BMS 도입의 효과를 평가하였다.

그 결과 버스운행관리시스템의 도입은 차량 운행의 정시성 향상이나 인가된 노선을 준수하여 운

행하는 노선 준수 운영을 향상에 기여하는 것으로 확인되었다.

또한 정시성 향상으로 차량의 운행횟수가 증가하여 교통카드 사용 데이터와 비교 분석한 결과 버스 이용자수가 증가하였으며 이와 더불어 요금 수입금도 증가한 것으로 확인하였다. 그 뿐만아니라 교통사고 발생건수도 감소하여 버스운행관리시스템의 도입은 노선버스의 정시성 및 안전성 향상에 기여하고 있음을 정량적으로 확인하였다.

참고문헌

서울시 버스운송조합 (2002), 마을버스 운행특성 및 노선관리체계에 관한 연구.

서울시 마을버스운송사업조합 (2010), 서울시 마을버스 운송지표 산출 및 운송수입 변화분석.

서울특별시 인터넷홈페이지.
<http://traffic.seoul.go.kr/>

윤혁렬 (2004), 서울시 버스체계 개편에 따른 모니터링 연구.