

# APTS 자료기반의 서울시 버스신뢰성 관리정책과 평가

## Bus Reliability Management Policy and Evaluation of Seoul Metropolitan Based on APTS Data

이 호 상\*      임 정 실\*\*      정 영 제\*\*\*      김 영 찬\*\*\*\*  
(Ho-Sang Lee)    (Jung-Sil Lim)    (Young-Jae Jung)    (Young-Chan Kim)

### 요 약

최근 극심함 교통혼잡 및 유류비 상승으로 인해 대중교통(특히 버스)의 역할이 더욱 크게 부각되고 있으나, 일부 황급 노선을 제외한 대부분의 버스노선이 지속적인 이용수요감소, 수입감소, 경영수지악화, 서비스질 저하, 이용자감소의 악순환을 끊기 위해 버스의 공공성 강화의 한 방안인 준공영제(관리는 공공, 운영은 민영)를 도입하였으나, 당초 민간의 효율성을 제고하고자 했던 의도와는 다르게 운수회사의 자발적인 운행관리가 이루어 지지 않는 등 부작용을 해결하기위한 공공부분의 운행관리가 매우 중요한 요소가 되었다. 본 연구에서는 준공영제 하에서, APTS 자료를 활용하여 민간 운수회사의 평가관리가 가능하고, 시민이 피부로 느낄 수 있는 버스신뢰성 제고를 위해 서울시에서 관리중인 운행관리항목의 종류와 분석방법론, 운행관리결과, 문제점 및 향후 대책에 대하여 고찰하였으며, 이러한 연구내용이 이미 준공영제를 도입하였거나, 도입을 준비하고 있는 타 시도의 운행관리정책에 기여할 수 있을 것이다

### Abstract

Recently, the roll of bus transit is critical more than before because of the dramatical increase in congestions and oil prices, but bus companies seriously encounter into vicious circle situation such as decrease in passenger demand, income reduction, and revenue deterioration. To tackle this, major metropolitan cities, Seoul, Busan, DaeGu, etc. have introduced a semi-public system to reinforce public function of bus. However, it was resulted in side effects that the main board of bus company did not control themselves voluntarily, and the management and control of public sectors on bus become very important elements. In this research, the types, limitations, and development of operation-management items, and a methodology for analysis, and changes in those trends are addressed under semi-public system using APTS data. Conclusively, this study could be one of the useful application results and alternatives for the operation-management policy of bus transit-related agencies.

**Key words** : APTS, public transit, BMS (Bus Management System), reliability, bus operating

\* 주저자 : 서울시립대학교 교통공학과 박사과정

\*\* 공저자 : 아주대학교 교통공학과 박사수료

\*\*\* 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 박사과정

\*\*\*\* 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 교수

† 논문접수일 : 2008년 2월 11일

# 1. 서론

## 1. 연구배경 및 목적

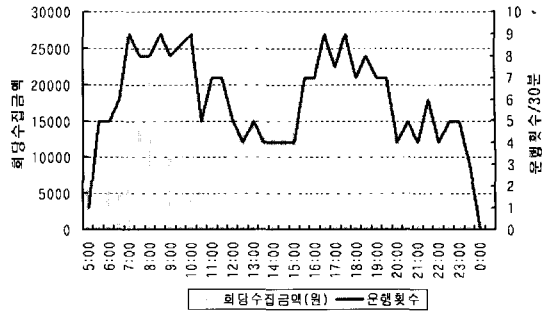
경제발전으로 보다 나은 이동서비스 욕구 증대로 승용차 대수는 날로 증가하고 있으며, 그에 따른 교통혼잡비용<sup>1)</sup>도 크게 증가하고 있다[1]. 더욱이 최근 유류비마저 큰 폭으로 인상되어 교통혼잡비용이 더욱 늘어나고 있는 실정이다.

교통혼잡비용 등 외부효과(externality)를 최소화하기 위해서는 대중교통(특히 버스)의 역할이 매우 중요하나, 버스의 접근성불량, 불규칙한 배차간격, 난폭운행 등으로 이용승객이 점점 줄어드는 추세에 있다. 따라서, 대다수의 버스노선이 지속적인 수요 감소, 수입감소, 경영수지악화, 서비스질 저하, 이용자감소의 악순환으로 경영위기 및 폐업이 발생하고 있으며, 그 피해는 고스란히 시민에게 돌아가고 있다 [2-4].

여러 대도시에서는 버스의 정시성 확보 및 관련 운행정보 수집·제공을 위해 첨단대중교통체계(APTS, Advanced Public Transit System)를 기 설치하였거나, 설치를 추진 중이다. 또한, 일부 대부도시에서는 버스의 공공성 강화의 일환으로 준공영제(관리는 공공, 운영은 민영)를 도입하고 있다.

첨단대중교통체계(APTS) 및 준공영제를 도입한 서울시의 경우, 버스관리를 위한 공공부분의 행정력이 크게 요구되었으며, 당초 민간의 관리기법을 도입하여 효율성을 제고하고자 했던 의도와는 다르게, 업체 스스로의 운영편리를 위해 비효율적으로 운영하는 사례가 다수 발생하였다.

예를 들어 <그림 1>과 같이 특정노선의 공휴일 배차실태를 분석해보면, 이용수요(막대, 회당수집금)가 많은 12~14시 사이에는 30분당 4회(격은선, 운행횟수) 운행에 그친 반면 수요가 적은 16~19시 사이에는 30분당 8, 9회를 운행하여, 버스공급이 더 많이 요구되는 첨두시간대에는 버스운행을 줄이고,



<그림 1> 배차실태  
<Fig. 1> Bus dispatch fact

수요가 적은 비첨두 시간대에는 운행횟수 채우기를 위해 버스운행을 오히려 늘리는 불합리한 관리가 이루어 지는 것을 알 수 있다.

또한, 2004년 준공영제 도입 이래 이용승객 및 요금수입은 증가하였으나, 운수업체의 자발적인 경영개선노력 미흡으로 운영적자가 계속적으로 증가하는 상황에서, 각종 시스템에서 수집된 자료를 어떻게 활용하여 효율적인 버스운행이 되도록 관리할 것인가가 매우 중요하게 되었다.

본 연구에서는 서울시 사례를 중심으로, 첨단대중교통체계(APTS)에서 수집되는 자료를 활용하여 민간 운수회사의 평가가 가능하고, 시민이 피부로 느낄 수 있는 버스신뢰성 제고를 위해 관리하고 있는 운행관리지표의 종류, 분석방법론, 관리결과에 대하여 소개하고자 하며, 본 연구내용이 이미 준공영제를 도입하였거나, 도입을 준비하고 있는 타 시·도의 운행관리지표 개발 등 버스운영정책에 많은 참고자료로 활용되기를 기대한다.

## 2. 연구방법

서울시에서 도입되어 운영 중인 대표적인 첨단대중교통체계(APTS)인 신교통카드 시스템과 BMS (Bus Management System)에 대한 시스템구성 및 산출자료에 대하여 살펴보고, 신뢰성(Reliability)과 관련된 운행관리 지표에 대한 문헌조사를 실시하고, BIS(Bus Information System)/BMS의 시스템을 도입한 우리나라 각 지방자치단체의 운행관리 현황을 비교하여 보며, APTS자료를 활용한 관리가 가장 잘

1) 서울시 연평균 교통혼잡비용 증가율 7.47%, 2004년 혼잡비용 5조 7천억 원 (2004년 전국교통혼잡비용 산출과 추이분석, 한국교통연구원)

이루어지고 있는 서울시의 운행관리 지표의 종류, 도입목적, 관리방법론 등에 대하여 고찰하여 본다.

## II. 버스운행관리 이론적 배경

### 1. 국내외 운행관리

#### 1) 국외

##### (1) TCQSM [5, 6]

TCQSM에서 제시하고 있는 성과척도(Performance Measure)는 <표 1>과 같이 운영자측면, 이용자측면, 차량측면 3가지로 구분하여 제시하고 있다.

TCQSM에서는 3가지 측면으로 나뉘어 여러 성과척도를 제시하고 있으나, 이용자측면 (신뢰성, reliability)을 제외한 나머지 부분은 노선에 절대적인 영향을 받는 항목으로 운수업체의 노력과는 거의 무관하기 때문에, 준공영제에서 운수업체의 평가관리에 활용이 가능한 신뢰성 측면에서 소개된 항목은 on-time performance (정시도착성), headway adherence (차두간격 균등성)로 나뉘어져 있다.

##### ① on-time performance (정시도착성)

일반적으로 배차간격이 10분이상인 노선에 주로 적용되며, 정류소에 도착예정시간부터 5분 지연도착 까지를 정시도착(0분~+5분)으로 인정하여, 정체 운행횟수 중 정시에 도착하는 비율을 토대로 서비스 평가를 실시한다.

##### ② headway adherence (차두간격 균등성)

<표 1> 성과척도 항목  
<Table 1> Performance index item

구분	대항목	소항목
운영자측면	서비스제공정도, 경제성, 승객이용도 등	운영수입, 운영비용, 최대가용차량대수 등
이용자측면	유용성, 편리성, 쾌적성, 신뢰성 등	서비스시간, 재차인원, 정시성, 대기시간 등
차량측면	운행용량, 속도, 지체도 등	정류소처리용량, 차량용량, 평균통행속도 등

<표 2> 노선평가항목  
<Table 2> Bus line evaluation item

구분	평가항목
노선설계	인구/고용밀도, 연결성, 서비스형평성, 직선도, 타 노선과의 이격 등
운행계획수립	침두/비침두 고려, 최대입석인원, 최대간격, 최소간격, 환승대기시간, 운영시간 등
경제성 및 생산성	인/시간, 비용/인, 인/km, 보조금/인 등
수송현황 모니터링	정시도착성, 차두간격 균등성
승객편의 및 안전	불편민원, 결행, 사고, 청결도, 차량상태 등

평균적으로 배차간격이 10분이하인 노선에 적용되며, 식(1)과 같이 정해진 배차간격과 실제 배차간격 사이의 분산을 이용한 분산계수 ( $C_v$ , coefficient of variation)에 의해 서비스수준을 산정한다[7].

$$C_v = \frac{\text{standard deviation of headways}}{\text{scheduled headway}} \quad (1)$$

##### (2) TCRP [8]

버스의 양적, 질적 서비스 평가를 위한 항목은 매우 많지만, TCRP에서는 미국을 10개 권역으로 나누어 <표 2>와 같이 5가지로 분류하였다.

수송현황 모니터링부분이 버스도착 신뢰성측면에 해당되며, TCQSM과 마찬가지로 정시도착성과 차두간격 균등성만을 제시하고 있다.

##### ① on-time performance (정시도착성)

정시도착성의 실효적인 분석을 위해서는 많은 샘플자료를 확보해야 하기 때문에 자동차량위치 (AVL, Automatic vehicle location)장치로 관리되어야 하며, 정시도착의 기준은 TCQSM과 동일하다.

##### ② headway adherence (차두간격 균등성)

정시도착성과는 다르게 정시도착 및 결행과는 상관없이 버스이용자 입장에서 버스가 도착하는 시간간격 정도를 분석하는 것으로 TCQSM과 동일한 방식이다. 예를 들어, 5분간격 노선의 경우 모든 차량이 1분씩 조기 운행한 경우 정시도착성은 0%이나, 차두간격 균등성은 100%이다.

<표 3> 국내 BMS/BIS 효과분석 결과  
<Table 3> Effect of BMS/BIS in domestic

구분	효과척도(MOE)	분석결과
건설교통부	정시성 향상	12~18%
	운영비 절감	4~9%
	승객증가	5~20%
부천시	배차간격 미준수에 대한 민원감소	75%→25%
	노선버스 이용승객	20%증가
	운행중 배차간격 준수율	95%
광주광역시	이용자 만족도 분석	90%
	운전자 만족도 분석	시스템 확대 89%찬성
	도착예정시간 정확도	93%
	버스도착예정시간 오차	±9.8초

2) 국내

국내 버스서비스 평가는 차량 분산계수 제곱을 활용한 효과적도 연구는 있으나, 미국의 TCQSM과 같은 체계적인 지침서는 없는 실정이다. <표 3>같이 버스이용자, 버스회사, 버스운전자, 관련공무원을 대상으로 BMS/BIS 구축에 따른 서비스 만족도 조사를 통한 정시성 분석과 정시성, 배차간격 준수율 등에 시스템 자료를 활용, 현장조사를 통한 정량적 분석을 실시하는 수준이다[9-11].

2. 운행관리의 개념의 확장

기존의 APTS 즉 BMS/BIS 구축은 버스 운행관리를 통한 정시성 확보, 배차간격 준수를 통한 버스의 신뢰도 향상 및 수송력 증대와 버스도착안내정보 제공을 통한 버스이용자의 불편사항 개선을 목적으로 하였다[12]. 이에 따라 평가지표 또한 이용자, 관리자, 운전자 계층별 시스템 구축에 따른 만족도 조사와 정시성과 배차간격 준수에 따른 자료분석이 대부분이다.

2004년 7월 서울시 대중교통체계개편을 시작으로 일부 대부도시에서는 버스의 공공성 강화의 일환으로 준공영제(관리는 공공, 운영은 민영)를 도입하고 있으며 준공영제를 실시한 자치단체는 버스 운영비용에 재정지원에 대한 부담이 발생한다. 이에 따라, 버스운영비용의 합리화 및 버스운행의 효율화를 위하여 구축된 시스템자료를 활용하여 버스

운수회사를 관리감독할 수 있는 지표개발 및 적요이 요구되는 실정이다[13].

3. 지표개발

1) 차고지 배차정시성

(1) 상세인가

서울시에서는 버스이용수요(카드자료) 및 운행소요시간(BMS) 자료 등을 기초로 하여 운행가능대수, 근로여건, 최대/최소 재차인원, 최대/최소 배차간격 등을 고려하여, <그림 2>와 같이 전체노선에 대하여 노선단위 상세배차계획을 계절별, 일자 (평/토/공휴일)별로 수립하여, 준수토록 관리하고 있다[14].

(2) 지표정의

차고지배차정시성은 TCQSM 차두간격균등성의 분산계수(Cv)를 변형한 식(2)와 같이 산정되며, 시내버스 전체노선에 대한 월단위 분석결과에 따라 평가를 실시하고 결과를 통보하여 운수업체의 자발적 배차관리를 유도한다.

$$\text{정시성} = (1 - C_v) \times 100 = (1 - S_h / \bar{h}) \times 100 \quad (2)$$

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

- $\bar{h}$  : 인가 배차간격
- $N$  : 실제 운행횟수
- $h_i$  : i 번째 버스의 배차간격
- $C_v$  : 배차간격의 분산계수

000번 인가대차										
□ 기본정보										
업체명	노선 번호	기종형	인가 개수	구분	운행대수	승객 인원 (1000명)	대당 승객	운행 가능 대수	운행 가능 대수	비고
000번	000	무이륜	27	평	25	23	117	4.68	4.25	7.4
		서울역		토	22	17	8	2.73	1.5	4.25
				공	20	15	5	2.07	1.07	4.25
□ 상세정보										
업체명	노선 번호	시간대	운행일	운행대수	운행대수	운행대수	운행대수	운행대수	운행대수	비고
		간체합계(평균)	201	4~7	185	5~9	148	6~9		
		03:00 - 03:30								
		03:30 - 04:00								
		04:00 - 04:30	6~1	5	5~6	6	4~5	7		
		04:30 - 05:00	6~2	5	5~6	6	4~5	7		
		05:00 - 05:30	6~3	5	5~6	6	4~5	7		
		05:30 - 06:00	6~4	5	5~6	6	4~5	7		
		06:00 - 06:30	7~8	4	6~7	5	5~6	6		

<그림 2> 상세인가대차  
<Fig. 2> Detailed permission schedule table

2) 운행중 차량물림율

(1) 개발목적

차고지 배차정시성은 차량이 차고지에서 정시 출발토록 관리하기 위한 지표이며, 운행중 차량물림은 차고지 출발이후 노선 상에서 차량간 붙어 다니는 비율을 분석·평가하는 것으로 정류소에서 기다리는 시민이 체감하는 배차간격을 유지하여 버스의 도착시간 신뢰성을 제고하려는 것이다.

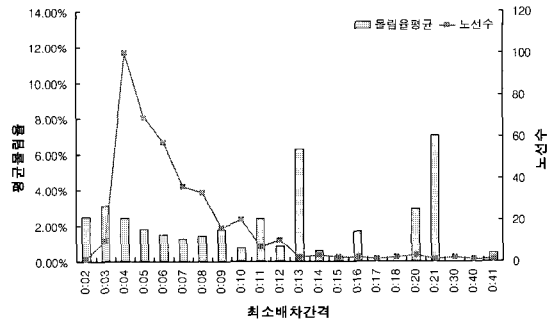
일반적으로 분산계수(Cv)를 활용하여 정류소에 도착하는 버스의 배차간격 균등성을 평가하나, 버스가 정류소에 도착하는 시간은 도로정체, 승객집중 등 물리적인 요인에 의한 영향도 매우 크기 때문에 운수업체 평가지표로 바로 적용하기에는 형평성의 문제가 발생한다.

따라서 개별운전자의 운행행태 적출이 가능하고, 적출결과에 대한 운전자 이해가 용이하며, 물리적인 외부요인(정체, 승객집중 등)에 탄력적 수용이 가능한 운행중 차량물림율 지표를 개발하였다.

(2) 기준산정

운행중 차량물림율은 노선별 물림기준시간 보다 짧은 시간간격으로 정류소를 통과한 비율을 산정하는 것으로, 물림기준시간은 기준배차간격에 물림기준비율을 곱하여 산정한다. 물림기준을 산정하는 것은 노선별 형평성(배차간격, 일일 배차간격 패턴 등) 및 운전자에 의한 조절가능한 시간등을 고려해야 하기 때문에 매우 어렵고도 중요한 작업이다.

합리적인 물림기준을 산정하기 위해, 실질적으로 분석이 가능하며 운수사 이해용이성 등을 고려하여 <표 4>와 같이 대안을 구성하여 모의분석을 실시하였다. 일평균배차간격 적용시 배차간격이 짧은 노



<그림 3> 대안1 분석결과  
<Fig. 3> Result of alternative1

선의 신호대기 시간을 반영하기 위해 기준시간을 줄이고 배차간격이 긴 노선은 기준시간을 늘리기 위해 로그형태의 함수식을 적용하였다.

최소배차간격을 기준으로 분석한 대안1은 <그림 3>에서 보는 바와 같이 대다수의 노선(62%)이 4~6분 사이에 집중되어 노선별 특성을 반영하는데 한계가 있으며, 노선별 물림율 결과도 큰 변동이 없어 평가에 합리적인 기준이 아닌 것으로 판단된다.

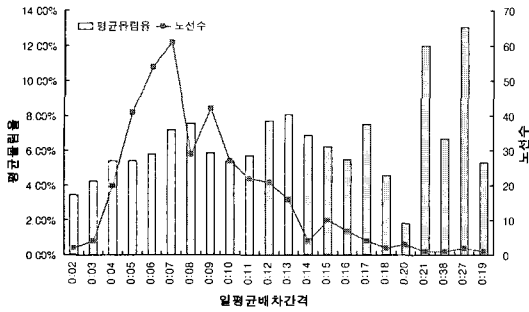
그에 반해, 최소배차간격 적용으로 인한 단점을 보완하기 위해 일평균 배차간격을 적용한 대안2와 대안3은 <그림 4>와 <그림 5>에서 보는바와 같이 배차간격에 따른 노선이 수가 골고루 분포되었다. 또한, 적용 용이성 측면에서도 일평균배차간격은 노선별 첫·막차시간 및 총 운행 횟수만 있으면 산정이 가능하기 때문에 유리하다.

대안2의 경우, 물림기준비율을 10~70%로 차등 적용으로 전반적으로 배차간격이 긴 노선의 물림이 많이 발생하는 경향을 보였으며, 대안3은 물림기준비율을 10~60%를 적용하여 배차간격별 평균물림율이 비슷한 수준을 나타내고 있어 가장 합리적인 결과를 보였다.

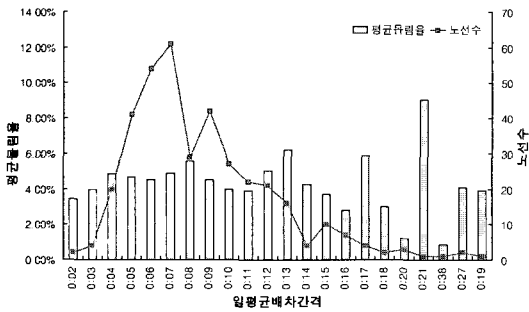
모의분석결과에 따라 기준시간은 일평균 배차간격으로, 물림기준비율은 10~60%로 정하였으며 물림기준비율 차등적용은 로그형태의 함수식 적용하였다. 노선별 일평균 배차간격과 물림기준비율은 식(3)과 같이 산출한다.

<표 4> 모의분석 대안  
<Table 4> Alternative for test analysis

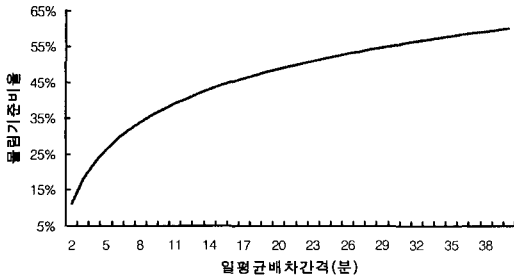
구 분	물림기준시간(x)	물림기준 비율(y)	물림기준비율 산정식
대안1	최소배차간격	30%	-
대안2	일평균배차간격	10~70%	$y=0.1945\ln(x)-0.0228$
대안3	일평균배차간격	10~60%	$y=0.1630\ln(x)-0.0004$



<그림 4> 대안2 분석결과  
<Fig. 4> Result of alternative2



<그림 5> 대안3 분석결과  
<Fig. 5> Result of alternative3

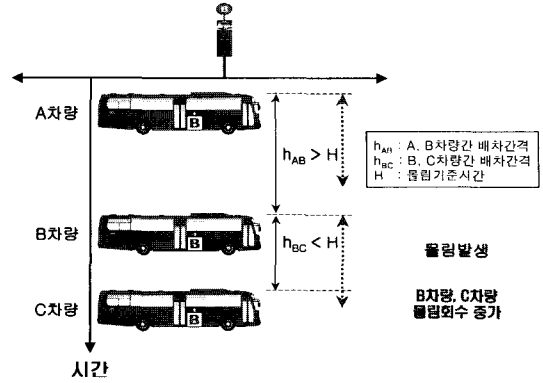


<그림 6> 몰림기준비율  
<Fig. 6> Bunching criterion rate

$$\text{일평균배차간격} = \frac{\text{막차시간} - \text{첫차시간}}{\text{일일운행횟수}} \quad (3)$$

몰림기준시간 = 일평균배차간격 × 몰림기준비율

본 연구에서 적용한 배차간격별 몰림기준비율은 <그림 6>과 같이 결정하였으나, 몰림기준비율이 반복적인 사전모의분석에 의해 합리적 수준에서 결정된 것으로, 분석자의 임의성이 크기 때문에 향후 이에 대한 학술적 연구가 추가로 요구된다.



<그림 7> 차량몰림 판별방법  
<Fig. 7> Bunching discrimination

### (3) 지표정의

차량몰림의 적출은 <그림 7>과 같이 노선별 몰림기준시간(H) 보다 노선별로 개별차량이 정류소를 출발하는 시간간격(h<sub>AB</sub>, h<sub>BC</sub>)이 짧은 경우, 두 대의 차량을 몰림으로 간주한다.

$$\text{차량몰림율} = \frac{\text{차량몰림회수}}{\text{차량간격분석자료수}} \times 100 \quad (4)$$

### 3) 도착시간 준수를

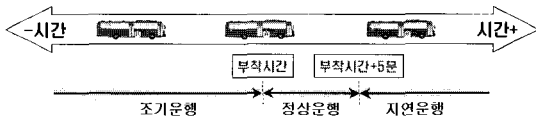
#### (1) 도입목적

서울시내버스 전체노선의 일평균배차간격의 평균은 10.9분 정도[4]이나 노선별로는 3~40분 정도로 배차간격에 큰 격차를 가지고 운영되고 있다. 특히, 배차간격이 긴 노선의 경우 버스이용시민은 차량1대를 놓쳤을 경우 정류소에서 30분 이상을 대기할 수도 있으며, 이용자 입장에서는 정류소에 도착하는 시간이 언제인지 알 수 없어 큰 불편함을 느끼게 된다.

이에 서울시에서는 배차간격이 긴 노선에 대하여 주요정류소에 지하철과 같이 도착시간표를 부착하고, 버스운전자가 도착시간표에 맞추어 운행토록 평가지표의 필요성이 대두되었다.

#### (2) 지표정의

정류소 도착시간표 준수 관리는 BMS 63data를 활용하며, <그림 8>과 같이 도착시간 대비 조기운



<그림 8> 정상운행 기준  
<Fig. 9> On-time criterion

행, 정상운행, 지연운행으로 구분한다. 구분기준은 TCQSM와 동일하게 적용하며, 부착시간~부착시간+5분까지를 정상운행에 포함시킨다.

### Ⅲ. 서울시 운행관리 적용 및 사례분석

#### 1. 서울시 APTS

##### 1) 신 교통카드시스템

###### (1) 시스템 구성

신 교통카드시스템은 사용자가 교통요금을 지불하기 위한 다양한 지불매체 및 요금수집을 위한 단말기, 집계시스템, 센터시스템 그리고 교통요금의 정산 및 카드의 발급, 충전·환불, 시스템의 관리를 위한 정산·관리센터 등으로 구성된다.

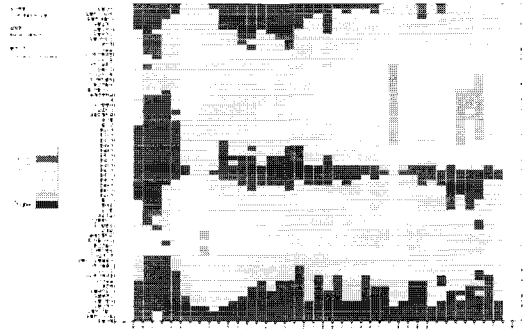
전체 시스템 중 버스시스템은 전체 차량 (7,748 대)에 설치된 단말기와 차고지의 집계시스템간에 무선통신을 통해 운행정보, 거래내역 등의 데이터를 송/수신하고, 차고지 집계시스템에 수집된 데이터는 <그림 9>와 같이 전산센터로 전송한다.

###### (2) 산출자료

교통카드에서 산출되는 자료는 크게 정산용 자



<그림 9> 교통카드 버스시스템 구성  
<Fig. 9> Bus system of traffic card constituent



<그림 10> 재차인원 그래프  
<Fig. 10> Graph for passenger density in-vehicle

료 및 분석용 자료로 나누어지는데, 정산용 자료에는 노선별 요금수입(카드, 현금 등), 노선별 운행횟수 등이 있으며, 분석용 자료는 자동 산출되지 못하고 정산용 자료를 추가 가공처리 해야 하는데, 이는 교통카드시스템의 개발 주목적이 정산을 위한 것이었기 때문이다. 산출되는 자료는 노선별/정류소별 승하차/재차인원, 노선별 대당 일일승객수, 정류소별 OD자료 등이 있다. 분석용 자료는 여러 목적으로 사용되며, 일례로 <그림 10>과 같이 특정노선의 시간대/정류소별 재차인원자료를 도식화하여 해당 노선의 과밀간대와 구간을 파악하여 버스운행 정책에 참고자료로 활용한다.

##### 2) BMS(Bus Management System)

###### (1) 시스템구성

BMS란 GPS 등 정보 통신기술을 통하여 수집된 버스의 위치좌표, 시간 등의 가공하고, 버스운행 관련 각종 정보를 제공하여 효율적인 버스운송 및 시민의 편의를 도모하기 위한 버스운행관리 시스템을 말한다.

BMS는 운전자의 운행상황 확인 및 관리자의 메시지 송수신을 위한 차량단말기, 운행상황(배차간격, 돌발상황발생 등) 모니터링 및 단말기DB관리를 위한 센터(TOPIS, 운수사관제실), 버스의 운행정보 제공을 위한 매체(인터넷, 정류소안내단말기 등)로 구성되며, 개략적인 시스템구성은 <그림 11>과 같다.



<그림 11> BMS 시스템 구성  
<Fig. 11> BMS system constituent

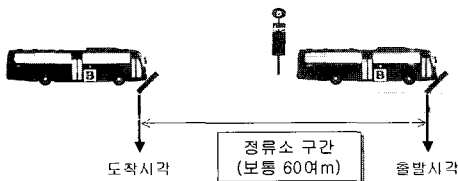
(2) 산출자료

BMS에서 산출되는 자료는 통신상태 점검을 위한 정류소별 버스도착시간 및 정보수집시간(62data), 운행관리를 위한 정류소별 버스도착시간 및 출발시간(63data) 그리고 준법은행 유도를 위해 관리하는 정류소별/차량별 과속, 개문주행, 무정차통과, 급가속, 급제동의 이력자료가 있다.

62data는 통신지연, 통신음영 등을 파악하기 위해 산출되는 자료로, 시내버스가 실제로 정류소에 도착하는 시간과 센터 수집시간 차이를 모니터링하기 위한 자료이다.

63data는 차량별/정류소별 도착시각, 출발시각자료로 운전자에게 실시간 배차간격 정보제공, BIS 및 ARS 정보제공, 버스운행실태관리 등에 사용되며, 정류소의 도착 및 출발시각은 GPS에 입력된 정류소좌표 범위를 통과하는 시각으로 <그림 12>에서 보는 바와 같이 적용된다.

GPS산출자료와 각종 검지센서를 추가로 부착하여, 버스운행실태 모니터링 및 관리에 필요한 과속, 개문주행, 무정차, 급가속, 급제동자료를 산출한다.



<그림 12> 정류소 출도착시간 개념  
<Fig. 12> Transit stop arrival and departure definition

2. 차고지 배차정시성

1) 관리방법

차고지배차정시성은 TCQSM 차두간격균등성의 분산계수(C<sub>v</sub>)를 변형한 식(2)와 같이 산정되며, 시내 버스 전체노선에 대한 월단위 분석결과에 따라 평가를 실시하고 결과를 통보하여 운수업체의 자발적 배차관리를 유도한다.

차고지에서 정해진 시간에 정확히 출발하는 것은 버스 신뢰성확보의 가장기초가 된다. 차고지배차정시성은 상세배차계획 준수정도를 평가·관리하기 위한 지표로 실제 배차간격은 <표 5>와 같은 문제로 인하여 BMS 및 교통카드 두 자료를 동시에 이용한다.

2) 관리결과

서울시 시내버스의 차고지 배차정시성 90%이상 유지를 목표로 관리한 결과, <그림 13>에서 보는 바와 같이 2006년 6월~8월 사이에 준수율이 급증하였으며, 2006년 10월 이후 목표치 90%이상을 계속유지하고 있다.

상세인가 관리로 운영효율은 크게 증가하였으나, 운수회사별로 출발시간준수를 위한 과속·난폭운전(불친절)이 발생 하였으며, 이와는 반대로 버스배차의 여유시간을 확보하기 위해 고의로 서행운행(운행소요시간 증대) 하는 등 문제점이 발생하였다.

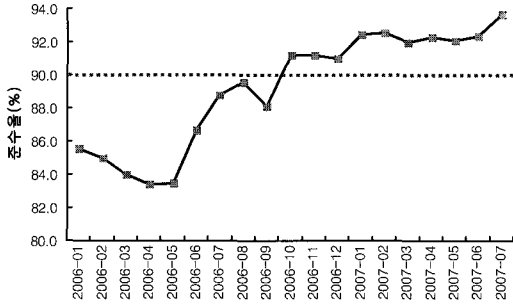
<그림 14>는 배차정시성이 우수하게 관리되는 특정 노선의 인가배차간격(수요) vs 실제배차를 비교분석한 그림으로, 막대는 이용수요를, 밴드는 인가내역을, 꺾은선은 실운행을 나타낸다. 침두시 집중운행하고, 비침두시 운행횟수를 줄여 운행한 것을 알 수 있다.

<표 5> 분석자료의 장단점

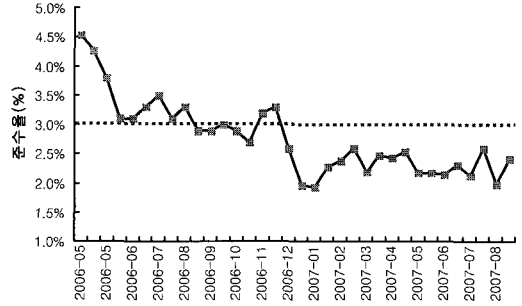
<Table 5> Merits and demerits of APTS data

구분	BMS 자료	교통카드 자료
장점	• 차고지 실 출발시간 적용가능	• 차고지 출발시간 전수자료 확보가능
단점	• GPS음영에 따른 결측 • 차고지 앞 지연(신호 등)	• 운전자조작시간 오차발생

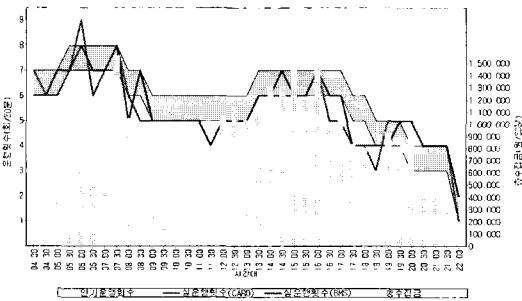




<그림 13> 배차정시성 변화추이  
<Fig. 13> On-time dispatch index tendency



<그림 15> 운행중 차량몰림율 변화추이  
<Fig. 15> Bunching rate tendency



<그림 14> 배차정시성 우수노선 사례  
<Fig. 14> Excellent example for on-time dispatch index

차량몰림율은 3%이하 유지를 목표로 지난 2006년 5월부터 지속적으로 관리한 결과, <그림 15>에서 보는 바와 같이 2006년6월, 2007년1월에 급감하였으며, 2007년1월 이후 목표치인 3%미만으로 2007년 현재까지 계속 유지되고 있다.

하지만 버스가 정체구간을 통과하여 불렸을 경우, 버스운전자는 몰림에 따른 불이익을 피하기 위한 서행운행으로 통행시간 증가(속도저하) 및 차내 탑승시민의 불편함이 증가하였다.

2. 운행중 차량몰림율

1) 관리방법

분석자료는 BMS의 63data(정류소 도착, 출발시각 자료)를 활용하며, 버스운전자가 배차간격을 유지하기 위해 정류소 부근에서 단시간 정차, 중간배차 등의 행태를 고려하기 위해 정류소 출발시간을 기준으로 시내버스 전체노선, 전체정류소를 대상으로 적용한다.

차량별 적출결과는 운수사에 통보하여 원인분석을 실시하고, 두 대의 차량중 운행행태가 잘못된 운전자에 대하여 시정조치를 하게 된다. 운행중 차량몰림율은 운전자가 배차간격을 유지해야 한다는 인식을 갖도록, 항상 유념시키기 위하여 격주로 분석·평가관리를 실시하고 있다.

3. 도착시간표 준수율

1) 관리방법

배차간격이 20분이상인 노선을 대상으로 선정(49개 노선, 2007년 9월 기준)하여 주요정류소에 <그림 16>과 같은 도착시간표를 부착하고, 운전자에게는 별도의 노선별 정류소 도착시간표를 배부하여 항상 시간표를 인지하고 시간에 맞추어 운행토록 관리하고 있다.

운전자는 도착시간 준수를 위해 일부구간에서 서행운행 또는 일시정차 등의 노력을 하며, 차내 승

노선	정류소	06	08	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49
1호선	06	06	08	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49
	08	08	10	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
	11	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53
2호선	06	06	08	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49
	08	08	10	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
	11	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53

<그림 16> 정류소 도착시간표  
<Fig. 16> Time table for transit stop

객에게는 마이크 등을 통하여 서행운행에 대한 사유를 안내하고 있다.

지연운행은 대부분 물리적인 요인(정체, 승객집중 등)에 의해 발생하기 때문에 정시에 도착토록 개선하는 것은 어려우며, 다만, 부착된 도착시간표가 너무 빨리 도착하는 것으로 계획되었는지 등을 면밀히 검토하여 재조정하여야 한다.

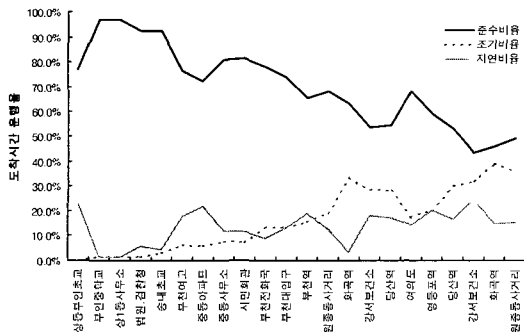
조기운행은 이용객이 도착예정시간 이전에 정류소에 도착하더라도 차량이 조기출발 하였다면, 승객은 엄청난 대기시간을 감수해야 하기 때문에 가장 철저하게 관리해야 하는 부분이다. 상승적으로 조기운행을 하는 운전자에 대해서는 지속적인 운행행태 개선을 위해 페널티를 부과하고 있다.

도착시간표 준수율은 정류소별, 시간대별, 차량별로 분석하여 평가관리하며, 분석결과는 해당운수업체에 통보하여 상세배차변경, 도착시간표조정, 운전자교육 등에 활용토록 한다.

## 2) 관리결과

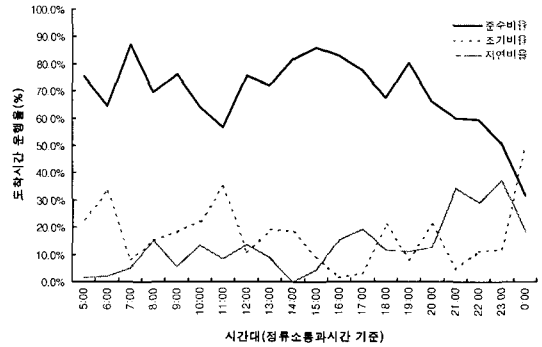
<그림 17>은 정류소별 준수비율, 조기비율, 지연비율 분포 사례로, 차고지 부근에서의 준수비율은 높으나 차고지에서 멀어 질수록 점점 떨어지고 반면에, 조기비율 및 지연비율이 점차 증가하는 것으로 나타나, 종점으로 회차할 때 운전자가 빨리 회차하려 한다거나, 도로의 정체를 제대로 반영하지 못하고 도착시간표를 작성한 것을 알 수 있다.

<그림 18>은 시간대별 준수비율, 조기비율, 지연비율 분포 사례로, 대부분 시간대에 준수비율이 비



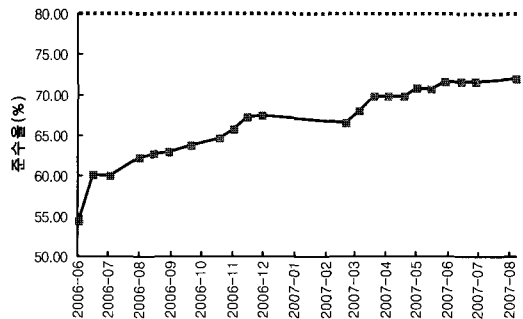
<그림 17> 정류소별 준수비율 분포 사례

<Fig. 17> Adherence percentage by transit stops



<그림 18> 시간대별 준수비율 분포 사례

<Fig. 18> Adherence percentage by time



<그림 19> 도착시간 준수율 변화추이

<Fig. 19> Arrival time adherence rate tendency

교적 양호하나 저녁 및 심야시간대 준수비율이 급격히 떨어지는 것으로 나타나, 저녁시간대 정체 및 승객집중으로 인한 지연운행, 심야시간대 운전자들의 조기운행으로 인해 준수비율이 급격히 저하되는 것으로 판단할 수 있다.

도착시간표 준수율은 80%를 목표로 지난 2006년 6월부터 지속적으로 관리하여 <그림 19>에서 보는 바와 같이 지속적으로 증가하여 70%는 초과하였으나, 목표인 80%에 도달하지 못하여 준수율 향상을 위한 특단의 조치를 강구 중에 있다.

## 4. BMS준법운영

BMS는 운행관리 측면에서 배차간격 관리, 운전자에게 운행지시 등의 톨로 사용이 가능할 뿐만 아니라, 개별운전자의 난폭운행을 적출 및 관리에도 활용이 가능하다.

<표 6> 위반행위별 적출기준  
<Fig. 6> Catch criterion by violation types

위반행위	적출 기준
과 속	순간속도가 제한속도 보다 10km/h 초과시
개문주행	운행중 문을 연채로 10m이상 이동시
무 정 차	정류소구간에서 문을 열지 않았거나, 10km/h보다 빨리 통과할 경우
급 가 속	운행속도가 초당 7km/h 이상 가속될 경우
급 제 동	운행속도가 초당 7km/h 이상 감속될 경우

GPS에서 수집되는 정보와 각종 센서(개폐센서, 속도센서 등)를 버스에 추가로 장착하여 과속, 개문주행, 무정차, 급가속, 급제동 등을 적발하고, 그 결과를 활용하여 운전자의 운행행태를 모니터링 및 개선한다.

#### IV. 결론 및 향후연구

개인 승용차 증가로 인한 막대한 혼잡비용 발생과 자원의 비효율적 이용을 해결하기 위해서 대중교통(버스)의 중요성이 점차 증대되고 있으나, 버스의 불규칙한 배차간격, 난폭운전, 운영채산성 악화 등으로 이용객이 감소하고, 채산성이 떨어져 많은 운수업체가 경영위기로 도산하는 등 문제점이 발생하고 있으며, 그로 인해 일반시민이 겪는 불편함이 막대하다.

이에 중앙정부에서는 『대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법』을 제정하여 효율적인 대중교통사업의 추진 및 운영을 위해 지방대중교통계획을 수립토록하고 있으며, 각 지자체에서는 BIS/BMS 등 첨단대중교통체계(APTS) 및 준공영제를 도입하여 버스의 신뢰성 및 공공성을 확보하기 위해 노력하고 있다.

하지만, 서울시 등 준공영제를 도입한 일부 대도시에서는 운수업체의 자발적 경영개선 미흡, 비효율적인 운행관리 등으로 신규 시스템 도입에 따른 효과를 반감시키는 문제가 발생하여 공공차원에서 개별운전자의 운전행태 관리 및 정시성 확보를 위한 운행관리의 필요성이 대두되었다.

서울시에서는 첨단대중교통체계에서 수집되는 자료를 활용하여 배차정시성, 운행중 차량몰림, 도

착시간 준수율 등 여러 가지 운행관리지표를 지속적으로 평가·관리하여, 버스 운전자의 부적절한 운행행태가 상당부분 개선되었으며, 버스신뢰성도 크게 증대되었다. 하지만, 평가관리지표가 도로정체, 승객집중 등 노선별 특성을 반영하지 못하며, 운행중 차량몰림의 경우 노선별 차등적으로 적용되는 몰림기준비율이 임의적이라는 문제점을 갖고 있다. 하지만 가장 큰 문제는 운행관리를 철저히 관리하면 할수록 신뢰성은 크게 향상되나 버스운행시간, 난폭운전, 불법운행, 불친절 행위는 오히려 늘어나는 딜레마(dilemma)에 빠지게 된다는 것이다. 따라서, 버스의 신뢰성 확보와 승객편의/안전은 상쇄(Trade-Off)관계가 존재하므로 적절한 관리수준의 유지가 중요하다.

향후에는 기존 운행관리지표가 도로정체, 승객집중 등 노선별 특성 반영이 가능토록 개선하여야 하며, 버스운행상황의 모니터링 및 관리가 가능하고 이론적으로도 우수한 운행관리지표를 추가로 개발하여야 한다. 본 연구에서는 서울시에서 관리하고 있는 운행관리지표의 종류와 필요성, 관리에 따른 지표개선변화, 문제점에 대하여 고찰하였으며, 타 지자체에서는 서울시의 운행관리 사례를 참고로 활용가능한 자료 및 인력(교통전문가)을 고려하여 지자체별로 적절한 관리지표의 도입 및 개발이 이루어 지기를 희망한다.

#### 참고문헌

- [1] 한국교통연구원, 전국교통혼잡비용 산출과 추이 분석, 2004.
- [2] 서울특별시, 대중교통체계개편 성과분석 및 버스관리기구 설립·운영방안, 2006.
- [3] 서울특별시, 서울교통시스템개편 실행방안, 2003.
- [4] 서울특별시, 서울시 대중교통 기본계획, 2007.
- [5] National Academy Press, *Transit Capacity and Quality of Service Manual*, Transportation Research Board, 1999.
- [6] National Academy Press, *Transit Capacity and Quality of Service Manual-2nd Edition*, Transpor

- tation Research Board, 2003.
- [7] J. W. Bates, *Definition of practices for bus transit on-time performance*, Transportation Research Circular 300, pp. 1-5, Feb. 1986.
- [8] H. P. Benn, *Bus route evaluation standards*, Transportation Research Board, 1995.
- [9] 양지영, "시공도를 이용한 버스운행 정시성 지표 개발," *대한교통학회지*, 제23권, 제8호, pp. 129 ~ 138, 2006. 2.
- [10] 오영태, "버스운행관리시스템 효과분석(대구시 BMS대상)," *한국ITS학회 논문지*, 제5권, 제2호, pp. 44 ~ 54, 2006. 8.
- [11] 건설교통부, *도로용량편람*, 2001.
- [12] 인천발전연구원, *인천광역시 BIS/BMS 구축에 관한 연구*, 2006.
- [13] 윤혁렬, *서울시 버스체계개편에 따른 모니터링 연구*, 서울시정개발연구원, 2004.
- [14] 이호상, "다중제약을 고려한 최적버스운행계획 알고리즘 개발," *대한교통학회지*, 제 24권, 제7호, pp.129 ~ 138, 2006. 12.

적자소개



**이 호 상 (Lee, Ho-Sang)**

2007년 서울시립대학교 박사과정 (교통운영전공)  
 2002년 2월 서울시립대학교 공학석사 (교통운영전공)  
 2001년 12월 ~ : 서울시청 교통전문직  
 2000년 2월 서울시립대학교 공학사 (교통공학전공)



**임 정 실 (Lim, Jung-Sil)**

2005년 8월 : 아주대학교 박사과정 수료 (교통공학전공)  
 2002년 2월 : 아주대학교 공학석사 (교통공학전공)  
 2002년 2월 ~ 2003년 6월 : 도로교통안전관리공단 신신후운영팀  
 2003년 6월 ~ 2007년 10월 : 서울시청 교통전문직  
 2007년 10월 ~ 2008년 현재 : 한국교통연구원 육상교통연구본부 Post Doc



**정 영 제 (Jeong, Young-Je)**

2007년 ~ 현재 : 서울시립대학교 교통공학과 박사과정 (교통운영전공)  
 2006년 : (주)제일엔지니어링 교통·ITS사업부  
 2006년 : 서울시립대학교 교통공학과 공학석사 (교통운영전공)



**김 영 찬 (Kim, Young-Chan)**

1996년 ~ 현재 : 서울시립대학교 교통공학과 교수  
 1996년 : 명지대학교 공과대학 교통공학과 교수  
 1993년 : 도로교통안전협회 연구소 연구위원  
 1991년 : 교통개발연구원 선임연구원  
 1990년 : Texas A&M University 토목공학과 공학박사(교통공학전공)  
 1985년 : 서울대학교 토목공학과 공학석사(도시공학전공)