다변량 해석을 통한 부산 시내버스 운행실태에 관한 고찰

Multivariate Analysis Study on Local Bus Services in Busan

송 기 욱 (부산시 대중교통개선팀)
정 현 영 (부산대학교 도시공학과 교수)
이 준 승 (부산시 대중교통개선팀 팀장)

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구배경 및 목적
2. 기존문헌에 대한 고찰
Ⅱ. 시내버스 운행 현황
1. 시내버스 운행계통
2. 시내버스 운행특성
Ⅲ. 시내버스 운행실태 분석
1. 시내버스 운행계통간 분석
2. 카드건수·평균수입·환승률 분석
3. 흑자노선·적자노선 분석
Ⅳ. 결론
참고문헌

Ⅰ. 서론

1. 연구배경 및 목적

시내버스는 지난 수십년간 대표적인 대중교통수단으로 시민들의 시내 지역간 이동을 거의 전담하다시피하며 최고의 전성기를 누려왔다. 그러나 자가용승용차의 보급이 확대되면서 시내버스는 성장이 둔감해지기 시작하였고, 급기야 1990년대 중반이후에는 매년 5~6%씩 승객들이 감소하는 쇠퇴의 길에 접어들었다.

이에 따라 시내버스 업체간 경쟁은 더욱 더 치열해져, 승객밀도가 높은 지역에는 노선들이 집중하게 되고 반대로 승객밀도가 낮은 지역에는 그나마 적은 수의 노선들조차도 불규칙적으로 운행하여 지역간 버스노선망의 불균형이 갈수록 심화되었다. 또한 이용승객이 많은 노선 소위 황금노선을 많이 보유한 업체와 그렇지 못한 업체와의 영업수지 불균형도 심해져 업체간 서비스 수준차이도 점점 커지게 되었다. 이와 같은 시내버스의 문제점은 고스란히 이용승객에 전이되었고 시내버스 이용승객 감소에 더욱 더 박차를 가하는 결과를 초래하였다.

버스노선망은 다수의 운행 노선, 정류소, 터미널 및 기타 부수시설로 구성되며, 이와 같은 노선망이 어떻게 구성되는가는 운행의 효율성과 서비스의 질적 수준에 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다(이상용, 박경아, 2003). 버스노선망 결정주체가 누구냐에 따라 버스노선망 형태에 결정적인 영향을 줄 수 있으며, 결정 주체로는 버스운영 개별사업자, 사업자들로 구성된 공동협의체, 지역주민이나 이익집단 그리고 공공기관이 될 수 있다(이성모, 황준환, 2005).

부산시는 업체간 과당경쟁 및 서비스 불균형 등의 고질적인 문제점을 시내버스 노선망 전면 재개편, 환승요금체계의 구축 등을 통하여 해결코자 하였으며 이를 실현하기 위한 기본전제로서 2007년 5월 15일자로 시내버스 운영체계를 민영제에서 준공영제로 전환하였다. 이와 동시에 시내버스 노선개편을 단행하여 서면, 부산역, 남포동 등에 집중되어 있던 노선들을 분산시켰으며 강서구, 기장군 등에서 비정규적으로 운행하는 노선들을 대대적으로 정비하여 외곽지역 노선들의 규칙적인 운행을 도모하였다. 또한 시내버스-시내버스 및 시내버스-지하철 간의 환승요금체계를 구축하여 이용시민들의 요금부담을 경감시켰다.

시내버스 준공영제 하에서는 수입금을 민관이 공동으로 관리하며 이용승객수에 상관없이 운행실적에 따라 수입금을 배분하게 되므로, 업체

간 노선경쟁 및 수지불균형이 완화되어 도심으로의 노선집중 과다 및 지역간 서비스 불균형을 해결할 수가 있게 된다.

본고에서는 교통카드 이용건수, 환승률 등의 노선별 카드자료와 영업수지 등의 노선별 정산자료를 바탕으로 시내버스 운행계통[1]의 특성과 운행계통간의 상관관계 등에 대하여 검토를 하고 회귀분석 및 판별분석 등의 다변량 해석을 통하여 시내버스 노선개편 이후 부산시 시내버스 노선체계의 특성을 명백히 밝히는 것을 목적으로 한다.

2. 기존문헌에 대한 고찰

시내버스 운행계통 관련 기존문헌들은 노선평가 및 최적노선망의 구축, 운영 및 배차의 최적화 등에 관한 것들로 크게 구분된다.

이상용과 박경아(2003)는 접근성, 승차 안락성, 환승률, 노선 직결도, 운행 생산성, 형편성, 차량소요대수의 평가지표를 정량화하는 방법으로 시내버스 노선체계를 평가하였다. 이성모와 황준환(2005)은 승객부담비용, 업체부담비용, 기타부담비용으로 구성되는 총사회비용의 최소화라는 관점에서 가상 네트워크 상의 노선대안별 효과를 비교분석하였다. 한종학 등(2005)은 개별 노선관련 정보, 수요관련 정보, 이용자 비용, 운영 비용, 노선망 이용도, 노선망 구조와 같은 6가지 유형의 노선망 실적지표 정보를 이용하여 버스 노선체계 평가모형을 개발하였다. 이승재 등(1999)은 가변수요모형을 적용하여 네트워크 전체 통행자의 비용을 최소화하고 환승경로를 노선망구축의 중요한 요소로 활용하여 통행수요를 만족시키면서 노선공급을 최소화하는 방법으로 시내버스 최적노선망 구축에 관한 방법론을 제시하였다.

고승영과 고종섭(1998)은 버스운행비용, 승객대기시간 비용, 승객 통행시간 비용으로 구성된 총교통비용 모형을 구축하여 총교통비용이 최소화되는 최적의 배차간격 및 보유대수를 요일별·시간대별로 산출하였다. 이승헌과 전경수(1998)는 시간대별 이용자비용과 운영자비용의 합으로 구성된 교통모형을 구축하여 배차간격, 정차시간, 정류소 간격 및 버스 보유대수를 최적화하는 방법을 제안하였다. 이권석과 조성훈(2005)은 교통카드 및 BMS 자료를 활용하여 배차계획 및 인력배치계획의 최적화 모형을 구축하고 각각의 연간 절감비용을 추정하여 버스 수지개선 정도를 분석하였다.

이처럼 대부분의 기존문헌들은 평가 및 최적화 방법론 등을 통하여 이상적인 운행계통 운영에 초점을 맞춰 연구되어 왔으며 여러 가지 현실 제약조건들을 고려한 실증적인 검토 분석에 대한 연구는 거의 없다고 할 수 있다. 시내버스 운행계통 분석에 대한 방법론을 보다 효과적으로 정형화하기 위해서는 무엇보다도 실제 시내버스 운영실태에 대한 구체적인 분석이 필요할 것이다.

II. 시내버스 운행 현황

1. 시내버스 운행계통

2010대중교통혁신PLAN(부산시, 2006)에 따르면, 부산시는 2010년을 목표연도로 대중교통 활성화를 위한 종합대책을 수립하였고 2006년도부터 단계별 시행을 계획하였다. 즉 2006년도에는 시내버스 준공영제 기반조성 및 시내버스-시내버스간의 환승요금무료제 추진을, 2007년도에는 시내버스 준공영제 시행 및 시내버스 노선개편 그리고 시내버스-지하철간의 환승요금 할인제 추진을, 또한 2008년도에는 마을버스 노선정비 및 시내버스-지하철-마을버스간의 환승요금제 추진을 준비하고 있으며 2010년도까지 꾸준히 승용차수요관리 및 시내버스우선정책을 강화하여 대중교통 활성화를 위하여 지속적으로 노력할 계획이다.

<표 1>은 대중교통활성화 정책의 추진일정 및 주요시책 시행 전후의 시내버스 현황을 나타내고 있다. 종전과 같이 시내버스 민영제 하에서 실시된 시내버스-시내버스 환승요금제 전후로 시내버스 13개 노선, 48대가 경영상의 이유로 감소되었고, 시내버스 준공영제 시행과 병행된 시내버스 노선 개편에 의하여 수요에 비하여 공급이 많은 등의 비효율성이 드러난 시내버스

1) 운행계통이라 함은 노선의 기점·경로 및 종점과 기점으로부터 종점까지의 거리·운행횟수 및 운행대수를 총칭한 것을 말한다.<여객자동차운수사업법시행령제2조제2항>

30개 노선, 73대가 재차 구조조정 되었다. 결국 시내버스 준공영제 이후에 부산시에는 총 137개 노선, 2,537대의 시내버스가 등록되어 있다.

<표 1> 대중교통활성화 추진일정 및 버스현황

구 분	업체수	노선수	버스대수	증감
'06.3월 기준	34	180	2,658	-
2006.5.13 시내버스-시내버스 환승요금무료제 시행				
'06.7월 기준	34	167	2,610	△48
2007.5.15 시내버스 준공영제 시행 시내버스 노선 개편 시내버스-지하철 환승요금할인제 시행				
'07.6월 기준	34	137	2,537	△73
2008.상반기 마을버스 노선조정 및 환승요금제 시행계획				

<표 2> 요일별 시내버스 운행계통

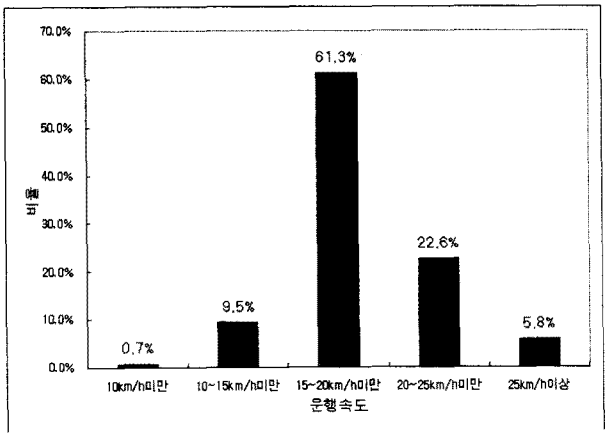
구 분	평일	토요일	공휴일
총 상용대수	2,377대	2,116대	1,929대
평균 상용대수	17.4대	15.4대	14.1대
평균 배차간격	14.1분	15.4분	16.4분
총 운행횟수	16,942회/일	15,080회/일	13,768회/일
평균 운행횟수	123.7회/일	110.1회/일	100.5회/일

시내버스 민영제 하에서 운행계통 인가는 평일 기준으로만 정리되었으며 실제 운영은 업체 자율에 맡겼다. 그러나 시내버스 준공영제 하에서는 <표 2>와 같이 시내버스 운행계통 중 상용대수, 배차간격, 운행횟수가 평일, 토요일, 공휴일 3종류로 구분되어 인가나게 된다. 왜냐하면 준공영제 이후에는 영업실적에 따라 수입금이 배분되므로 요일별로 정확한 운행계통의 파악이 무엇보다도 중요하기 때문이다. 우선 전체 상용대수의 경우는 각각 2,377대, 2,116대, 1,929대이며 노선별 평균 상용대수는 각각 17.4대, 15.4대, 14.1대로 운영된다. 다음 노선별 평균 배차간격의 경우는 첨두시간 기준으로 각각 14.1분, 15.4분, 16.4분이다. 마지막으로 운행횟수의 경우인데, 전체 운행횟수는 각각 16,942회/일, 15,080회/일, 13,768회/일이며, 노선별 평균 운행횟수는 각각 123.7회/일, 110.1회/일, 100.5회/일, 대당 평균 운행횟수는 8.0회/일이다.

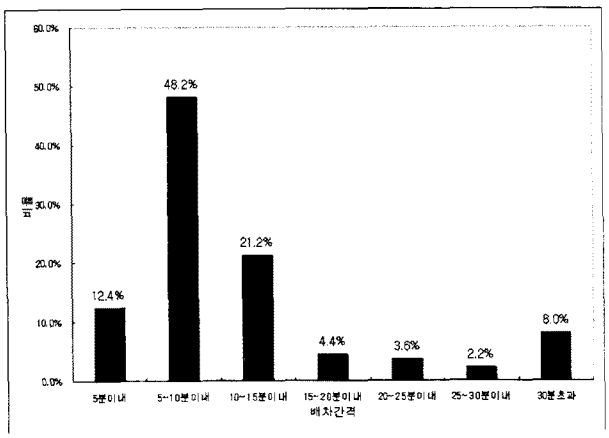
예비대수는 160대로 노선별 평균 1.2대로 운영되며, 총 운행거리는 5,312.6km/일로서 노선별 평균 운행거리는 38.8km/일이다. 또한 노선별 평균 운행시간 및 휴식시간은 각각 123.8분, 20.0분이다.

2. 시내버스 운행특성

노선별 평균 운행속도는 18.8km/h로 <그림 1>과 같이 71.5%에 해당하는 노선들이 20km/h 미만으로 나타나고 있다. 평균 운행속도는 배차간격 유지와 밀접한 관련이 있다. 이에 부산시에서는 배차간격 유지를 위하여 다기능단속카메라 및 주행형단속차량 등 버스전용차로 기능회복과 불법주정차 단속강화를 통한 시내버스 운행속도 향상에 더욱 만전을 기하고 있다.



<그림 1> 시내버스 운행속도 분포



<그림 2> 평일기준 배차간격 분포

<그림 2>는 평일기준으로 배차간격 분포를 나타낸 것이다. 10분이내 배차비율이 60.6%이고 15분이내 배차비율이 81.8%로 대다수 노선의 배차간격이 15분이내이지만 8%에 해당하는 일부 외곽노선의 경우는 배차간격이 30분을 넘고 있다. 따라서 배차간격이 30분을 넘는 일부노선에 한하여 부산시에서는 환승유효시간을 하차후 30분에서 하차후 60분으로 연장 제공하여 시민의 이용불편을 경감시키고 있다.

평일 상용대수는 2,377대로 인가되었으나, 실제 운행대수는 2,396대이다. 출퇴근시간 시내버스 혼잡도를 개선하기 위하여 평일에 한해 예비차량 19대가 17개 과밀노선에서 상용차량처럼 운영되고 있기 때문이다. <표 3>은 시내버스의 공급과 수요를 요일별로 비교한 것으로 공휴일의 경우에 수급 불균형이 나타나는 것을 알 수 있다. 공급과 수요의 원칙에 의하면 공휴일은 더 많은 감차가 필요하나, 버스 근로자의 근무일수(월평균 25일)를 유지하고 배차간격 증가에 따른 이용승객의 불편을 예방하기 위하여 더 이상의 감차는 현실적으로 제약이 따른다.

<표 3> 요일별 시내버스 공급과 수요 비교

구 분	평일	토요일	공휴일
실 운행대수	2,396대 (100)	2,116대 (88)	1,929대 (81)
1일카드건수[2]	1,434천건 (100)	1,272천건 (89)	934천건 (65)

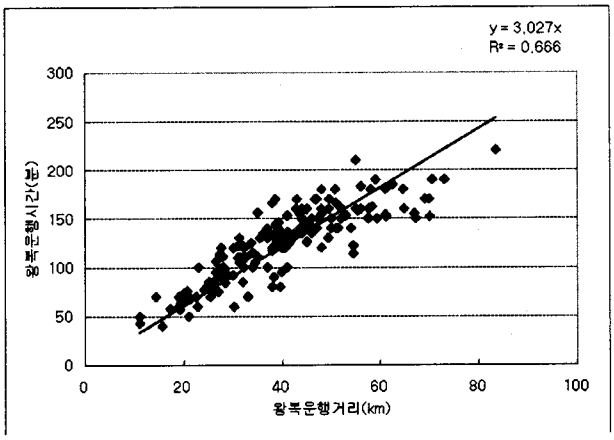
III. 시내버스 운행실태 분석

1. 시내버스 운행계통간 분석

1) 운행계통간 상관관계 분석

(1) 운행거리와 운행시간과의 관계

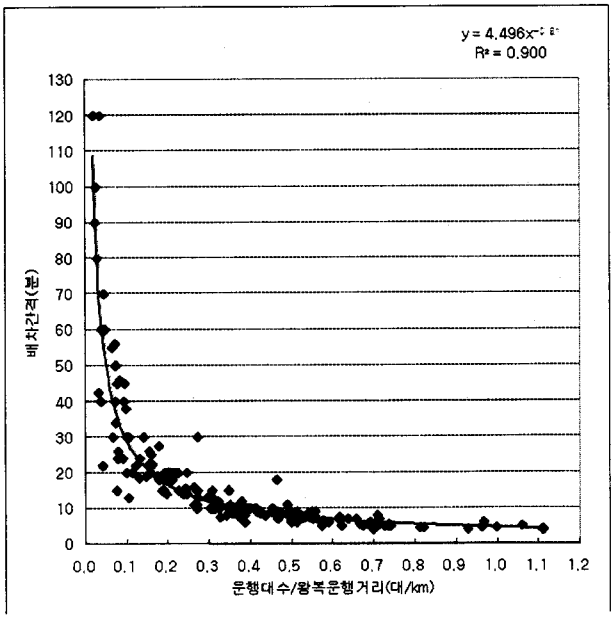
왕복운행거리와 왕복운행시간과의 관계는 <그림 3>과 같이 비례하는 선형함수의 관계에 있으며 결정계수는 0.666으로 예상보다 낮게 나타나는데, 두 요인간의 편차는 <그림 1>에서 보이는 바와 같이 노선별로 운행속도가 상이한데 기인한다.



<그림 3> 왕복운행거리 대 왕복운행시간

(2) 운행대수/운행거리와 배차간격과의 관계

운행거리당 운행대수는 해당노선의 단위거리당 버스밀도를 나타내는 것으로 배차간격과 관련이 있다. 두 요인간의 관계는 <그림 4>와 같이 반비례하는 거듭제곱함수의 관계이다. 결정계수가 0.900으로 두 요인간의 상관도는 매우 높은 편이라 할 수 있다. 이 관계식을 이용하여 배차간격에 따른 시내버스 소요대수를 유추할 수 있다. 예를 들어 배차간격 10분의 시내버스 노선을 신설하려면 km당 약 0.4대의 차량이 필요하다는 것을 알 수 있다.

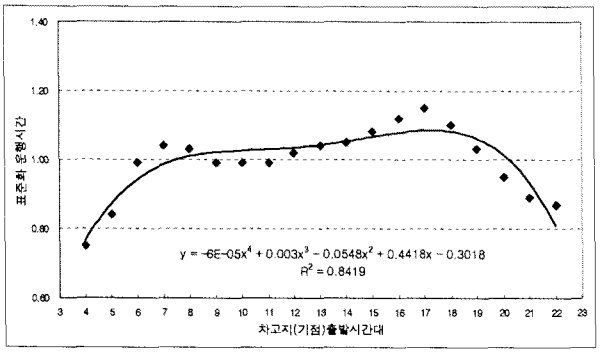


<그림 4> 운행대수/왕복운행거리 대 배차간격

2) 시내버스 준공영제 이후 5.15~7.31 카드건수 평균치를 활용함.

(3) 시간대별 운행시간

동일한 노선이라도 시간대별로 도로사정이 다르므로 운행속도에 있어서 편차가 나타난다. 시간대별 운행속도의 차이로 인해 시간대별로 운행시간이 상이하게 되는데, <그림 5>는 차고지(기점)출발시간대별 운행시간 분포를 표준화하여 보여주고 있다. 즉 운행시간 평균치를 1로 환산하여 시간대별로 운행시간의 분산정도를 표준화하였다. 두 요인간의 관계는 음의 4차함수로 표현가능하며 결정계수는 0.842로 높은 편이다. 오전피크는 7~8시대, 오후피크는 16~18시대이며 전체적으로 오전에 비하여 오후 시간대에 운행시간이 더 많이 소요되는 것을 알 수 있다. 한편 4시대에 출발한 경우는 0.8이하로 1호차(첫차) 및 2호차의 경우가 소요시간이 가장 적은 것으로 나타났다. 다만, 일반적으로 첫차시간대의 운행시간은 막차시간대보다 적게 소요되지만, 교외를 운행하는 일부노선에 한해서는 첫차시간대와 막차시간대 소요시간의 차이가 거의 없었고 시간대별 운행시간의 편차도 비교적 크지 않았다.



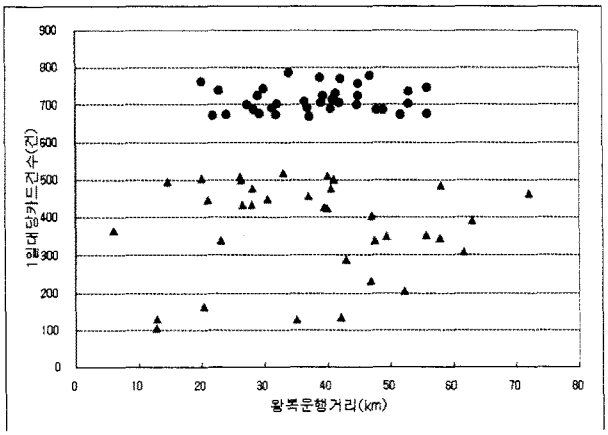
<그림 5> 시간대별 운행시간 분포

2) 이용승객 규모에 따른 운행계통 분석

부산시 137개 노선 중에서 1일대당 카드건수 기준으로 이용승객 규모에 따라 상·하위 두 그룹으로 분류하여 각각 35개 노선을 선정한 후 두 그룹간의 운행계통을 각각 비교 분석하였다.

(1) 운행거리 분석

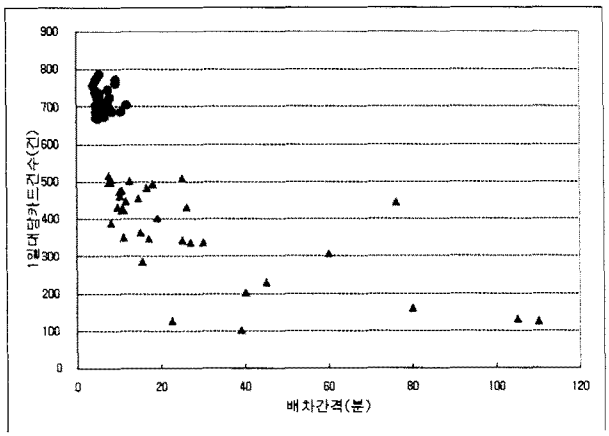
<그림 6>은 상·하위 그룹의 노선별 왕복운행거리 분포를 비교하여 나타내고 있다. 각각의 평균치는 38.5km, 37.1km로 큰 차이가 없으나 분산은 큰 차이가 있는 것을 알 수 있다. 상위그룹은 비교적 평균치를 중심으로 분포되어 있는 것에 반해 하위그룹은 평균치로부터 많이 흩어져서 분포되어 있었다.



<그림 6> 왕복운행거리 비교

(2) 배차간격 분석

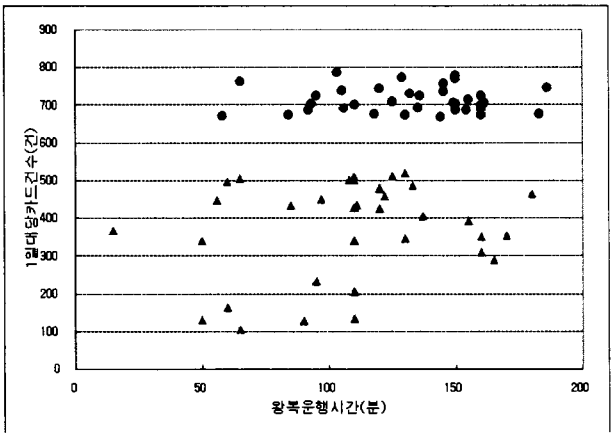
배차간격의 분포를 비교하면 상위그룹과 하위그룹의 차이가 확연히 들어난다. <그림 7>은 배차간격의 분포를 나타내고 있는데 각각의 평균치는 6.2분, 27.5분으로 두 그룹의 차이가 21.3분이며 분산에 있어서도 매우 큰 차이를 보이고 있다.



<그림 7> 배차간격 비교

(3) 운행시간 분석

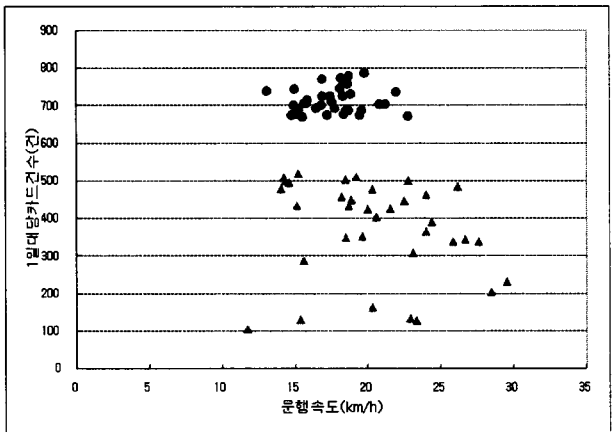
<그림 8>과 같이 운행시간에 있어서도 상위그룹과 하위그룹은 차이를 보이고 있다. 각각의 평균치는 131분, 108분으로 상위그룹의 운행시간이 23분 더 소요되고 있으며 분산에 있어서는 하위그룹의 경우가 더 크게 나타났다.



<그림 8> 왕복운행시간 비교

(4) 운행속도 분석

<그림 9>는 운행속도 분포를 비교하여 나타내고 있다. 각각의 평균치는 17.7km/h, 20.5km/h로 하위그룹의 경우가 더 빠른 것으로 나타났는데 이는 하위그룹이 주로 외곽지역을 경유하는 것에 기인한다. 또한 분산에 있어서도 하위그룹의 경우가 더 큰 것으로 나타났다.



<그림 9> 운행속도 비교

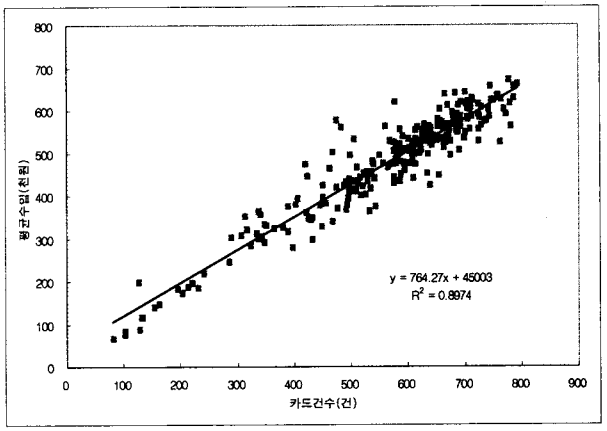
2. 카드건수·평균수입·환승률 분석[3]

1) 카드건수[4]와 평균수입과의 관계

(1) 일반노선의 경우

일반노선에 있어서 1일대당 카드건수와 1일대당 평균수입과의 관계는 <그림 10>과 같이 비례하는 선형함수의 관계이며 결정계수는 0.897로 높은 편이다. 두 요인간의 편차는 노선별 환승률 차이에 기인하는 것으로 판단된다.

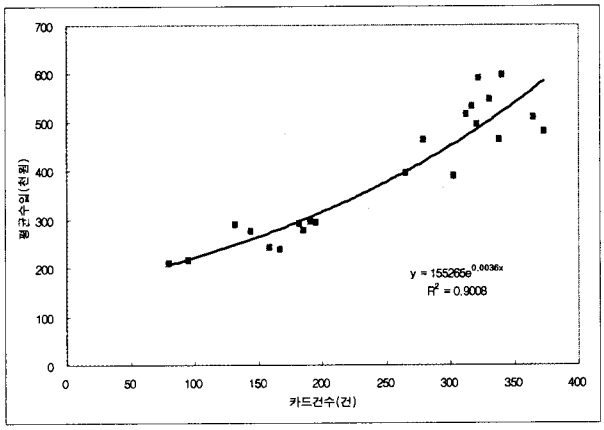
3) 시내버스 준공영제 이후 5.15~7.31 자료를 활용함.
4) 카드건수는 1일대당 50건 이상인 경우에 한한다.



<그림 10> 카드건수 대 평균수입 (일반)

(2) 좌석 및 급행노선의 경우

좌석 및 급행노선에 있어서 1일대당 카드건수와 1일대당 평균수입과의 관계는 <그림 11>과 같이 비례하는 지수함수의 관계이다. 좌석 및 급행노선의 경우에는 균일요금 외에 시계외 요금이 추가로 부가되는 노선이 전체 좌석 및 급행노선의 36%를 차지하는 등 일반노선과는 다른 요금체계에 기인하는 것으로 판단된다.[5]



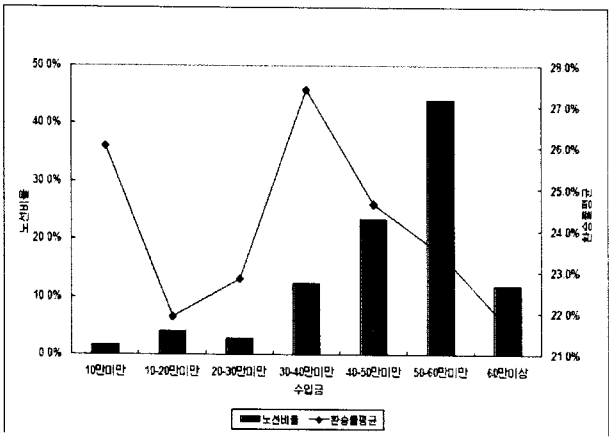
<그림 11> 카드건수 대 평균수입 (좌석 및 급행)

2) 평균수입과 환승률과의 관계

1일대당 평균수입과 환승률과의 관계는 어떤 규칙적인 형태가 없이 불규칙적으로 산포되어 있다. 따라서 <그림 12>와 같이 수입금 분포와 해당 수입금대의 환승률 평균치를 비교하는 방법으로 분석을 시도하였다. 먼저 1일대당 수입금 분포를 보면 50~60만원대가 44%로 가장 많

5) 물론 일반노선의 경우도 시계외 요금이 추가로 부가되는 노선이 있으나 전체 일반노선의 6%에 불과한 비율로 그 영향은 비교적 미미하다고 할 수 있다.

으며 40~50만원대가 23%로 두 번째로 많으며 그 다음으로 30~40만원대와 60만원이상이 12% 전후를 차지하고 있다. 환승률 평균치를 보면 30~40만원대 노선의 환승률이 27%로 가장 높으며, 30~40만원대에서 멀어질수록 환승률도 점점 감소하고 있다. 60만원이상 노선의 환승률이 22%로 가장 낮게 나타난 반면 10만원미만 노선의 경우는 환승률이 26%로 30~40만원대 노선에 이어 두 번째로 높게 나타났다. 10만원미만 노선의 경우는 경영수지적인 측면에서 폐선되는 것이 효율적이나, 벽지 및 오지지역을 운행하는 유일한 시내버스 노선으로 정책노선의 성격이 강하다. 따라서 향후 마을버스 환승요금제 확대 시행 시에는 시내버스를 폐선하고 운송원가가 비교적 저렴한 마을버스로 대체하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.



<그림 12> 수입금 분포 및 환승률 평균

3) 카드건수·평균수입·환승률과의 관계

(1) 월별 카드건수·평균수입·환승률 비교

<표 4> 월별 카드건수·평균수입·환승률 비교

구 분	카드건수	평균수입	환승률
5월	538건/대/일	480,571원/대/일	23.6%
6월	545건/대/일	462,725원/대/일	24.4%
7월	494건/대/일	444,842원/대/일	24.0%
증감	△8.18%	△7.43%	-

<표 4>는 시내버스 준공영제 이후 1일대당 카드건수, 1일대당 평균수입, 환승률의 변화 추이를 보여주고 있다. 전체적으로 수입이 감소 추세에 있으며 5월 대비 7월의 1일대당 카드건수의 경우는 약 8% 감소하였다. 6월의 1일대당 카드건수가 5월에 비하여 많음에도 불구하고 수입이 감소한 이유는 환승률이 약 1% 증가한 것에 기인하는 것으로 판단된다.

(2) 카드건수·평균수입·환승률 모형

카드건수와 환승률은 평균수입에 영향을 미치는 대표적인 요인들이므로 다중회귀분석을 통하여 3요인들간의 관계를 모형화하였다. 교통카드 및 정산 데이터를 활용하여 1일대당 카드건수와 환승률을 독립변수로 하고 1일대당 평균수입을 종속변수로 하는 다음과 같은 다중회귀식을 도출하였다.

$$Y = a + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 \quad \text{---------- (식 1)}$$

Y : 1일대당 평균수입(원)
X_1 : 1일대당 카드건수(건)
X_2 : 환승률(%)
a, b_1, b_2 : 파라미터

<표 5> 파라미터 및 t-value

구 분		a	b_1	b_2
일반노선	파라미터	161436.0	761.4	-4793.0
	표준화 파라미터	-	0.944	-0.166
	t	10.989	54.327	-9.570
	유의확률	.000	.000	.000
좌석 및 급행	파라미터	220319.4	1394.3	-6843.2
	표준화 파라미터	-	0.996	-0.219
	t	3.933	13.395	-2.945
	유의확률	.001	.000	.008

노선별 특성을 명확히 하기 위하여 일반노선의 다중회귀식과 좌석 및 급행노선의 다중회귀식을 구분하여 추정하였으며 결정계수는 각각 0.925, 0.905로 매우 높게 나타났다.

분산분석을 통하여 해당 다중회귀식을 검정해 본 결과, F-value는 각각 1533.441, 90.526로서 유의확률이 2가지 모두 .000으로 나타났다. 또한 각 파라미터의 유의성을 검토하기 위하여 t-검정을 실시한 결과, <표 5>와 같이 모든 유의

확률이 .05 보다 작게 나타나 각 독립변수들의 파라미터는 통계적으로 유의하다고 할 수 있으며, 상기의 결과들을 종합적으로 검토해 볼 때 추정된 다중회귀식은 적합하다고 판단된다.

<표 5>의 추정된 파라미터를 이용하여 환승률을 1일대당 카드건수로 환산해보면, 일반노선의 경우는 환승률 1%의 증가가 카드건수 6.3건의 감소에 상응하고 좌석 및 급행노선의 경우는 환승률 1%의 증가가 카드건수 4.9건의 감소에 상응하는 것으로 나타났다.

3. 흑자노선·적자노선 분석

시내버스 노선을 검토하는데 있어서 가장 우선시 되는 것이 이용수요이다. 이용수요란 곧 시내버스의 수입을 좌우하는 것으로 시내버스의 성패는 시내버스가 흑자노선인지 적자노선인지에 달려있다고 해도 과언이 아니다.

시내버스는 여러 가지 요인들에 의하여 흑자노선이 되거나 적자노선이 되는데, 기종점, 경유지, 배차간격 등 내부요인과 타 노선과의 관계, 환승요금제 등 외부요인들에 의하여 많은 영향을 받게 된다. 또한 현실에서는 정량화할 수 없는 다양한 변수들이 존재하므로 수지에 영향을 주는 시내버스 요인들을 정확하게 분석하는 것에는 많은 어려움이 따른다. 따라서 본 절에서는 시내버스의 수지가 비교적 명확히 나타나는 노선들에 한하여 수지에 영향을 미치는 대표적인 요인들의 정량화를 시도하였다.

<표 6> 분석에 이용된 변수와 그룹 통계량

구 분		km당 운행대수	지하철 경유수	종합대학 경유수	외곽경유 유무[6]
흑자 노선	평균	0.7086	1.8000	1.9143	0.0000
	표준편차	0.1990	0.7593	1.3799	0.0000
적자 노선	평균	0.2503	0.8857	0.6571	0.4857
	표준편차	0.1699	0.7960	0.7648	0.5071
합계	평균	0.4794	1.3429	1.2857	0.2429
	표준편차	0.2949	0.8990	1.2757	0.4319

시내버스 준공영제 시행 후인 2007년 6월의 1개월간 자료를 바탕으로 대표적인 흑자노선과 적자노선을 각각 35개씩 추출하여 판별분석을 실시하였다. 본 분석에 이용된 변수와 두 그룹의 통계량을 <표 6>에 정리하였다.

<표 7> 그룹평균의 동질성 검정

구 분	Wilks 람다[7]	F	자유도1	자유도2	유의확률
km당 운행대수	0.338	107.399	1	68	.000
지하철 경유수	0.738	24.178	1	68	.000
종합대학 경유수	0.754	22.223	1	68	.000
외곽경유 유무	0.679	32.111	1	68	.000

분산분석을 통하여 각 변수들의 F-value와 유의확률 등을 검토해 보면 <표 7>과 같이 나타난다. 검정 결과에 따르면 4가지 변수들 모두 통계적으로 유의하다고 판단되며, km당 운행대수가 두 그룹을 구별하는데 가장 유용한 변수일 것으로 추정된다.

<표 8> 독립변수간 상관행렬

구 분	km당 운행대수	지하철 경유수	종합대학 경유수	외곽경유 유무
km당 운행대수	1.000	-	-	-
지하철 경유수	0.201	1.000	-	-
종합대학 경유수	0.097	0.051	1.000	-
외곽경유 유무	-0.243	-0.003	-0.117	1.000

<표 8>은 독립변수들간의 상관행렬을 나타내고 있는데, 어느 것도 상관계수가 매우 낮아 변수간의 상관관계는 거의 없다고 할 수 있으므로 변수간의 다중공선성 문제로부터 비교적 자유롭다고 판단된다. 따라서 <표 6>의 km당 운행대수, 지하철 경유수, 종합대학 경유수, 외곽경유 유무를 독립변수로 하고 흑자 및 적자 여부를 종속변수로 하는 다음과 같은 판별모형식을 도출하였다.

6) 외곽지역 경유 유무를 나타내는 더미변수로서, 여기서 외곽지역 경유노선이란 김해시, 양산시, 강서구, 기장군을 경유하는 노선을 지칭한다.

7) Wilks 람다는 그룹내분산/(그룹내분산+그룹간분산)의 비율로서 그룹간분산이 그룹내분산에 비해 클수록 0에 가까워지며, 반대의 경우 1에 가까워지고 분산분석의 F-value와는 반대방향을 갖는다. 즉, F-value가 클수록 0에 가까운 값을 가지고 F-value가 작을수록 1에 가까운 값을 가진다.

$Z = c + d_1 \cdot X_1 + d_2 \cdot X_2 + d_3 \cdot X_3 + d_4 \cdot X_4$ --- (식 2)

Z : 흑자노선(1) 또는 적자노선(-1)
X_1 : km당 운행대수(대/km)
X_2 : 지하철 경유수(개)
X_3 : 종합대학 경유수(개)
X_4 : 외곽경유 유무(유 1, 무 0)
c, d_1, d_2, d_3, d_4 : 파라미터

<표 9> 파라미터 및 구조행렬

구 분	파라미터	표준화 파라미터	구조행렬
c	-2.496	-	-
d_1	3.985	0.737	0.881
d_2	0.327	0.254	0.418
d_3	0.256	0.285	0.401
d_4	-0.750	-0.269	-0.482

본 판별모형식은 상관계수 0.819, Wilks 람다 0.330, χ^2 73.236, 유의확률 .000으로 통계적으로 유의하다고 할 수 있으며, 4가지 변수의 판별력은 <표 9>에서 보이는 바와 같이 km당 운행대수, 외곽경유 유무, 지하철 경유수, 종합대학 경유수 순으로 크다고 할 수 있다. 판별모형식에 의한 각 그룹의 중심값은 흑자노선이 1.405이고 적자노선이 -1.405이다.

<표 10>은 분류함수[8]의 파라미터를 나타내고 있는데 이 함수에 의하여 각각의 데이터들이 해당 그룹으로 분류되어 최종적으로 Hit Ratio가 정해지며 판별모형식의 적합성이 표현된다.

<표 10> 분류함수의 파라미터

구 분	흑자노선	적자노선
c	-10.630	-3.615
d_1	19.705	8.503
d_2	1.942	1.023
d_3	1.262	0.544
d_4	2.938	5.047

8) Fisher 선형판별함수라고도 하며 각 그룹별로 생성되고, 새로운 데이터를 분류할 때 이용되며 해당 데이터를 각 그룹 함수에 삽입하여 산출된 값이 가장 큰 값으로 나타나는 그룹에 분류한다.

<표 11>은 분류함수에 의한 데이터들의 분류결과를 나타내고 있으며 Hit Ratio가 92.9%로 매우 높으므로 추정된 판별모형식은 적합하다고 할 수 있다.

<표 11> 분류결과 및 Hit Ratio

구 분			분류그룹		전 체
			흑자노선	적자노선	
실제그룹	빈도(개)	흑자노선	34	1	35
		적자노선	4	31	35
	비율(%)	흑자노선	97.1	2.9	100.0
		적자노선	11.4	88.6	100.0
Hit Ratio = 92.9%					

IV. 결론

부산시는 시내버스 노선개편을 통하여 비효율적인 시내버스 노선을 통폐합하고 버스대수의 감차를 통한 구조조정을 단행하였다. 이러한 노선개편 이후의 부산 시내버스 운행계통간 분석결과는 다음과 같다. 운행거리와 운행시간과의 관계는 운행속도에 영향을 많이 받고, 배차간격을 10분 이내로 하기 위해서는 단위거리당 운행대수가 0.4대/km이상이 되어야 하며, 운행시간의 경우는 오전시간대보다 오후시간대가 더 많이 소요되는 것으로 나타났다. 이용승객 규모에 따른 운행계통 비교에서는 운행거리, 배차간격, 운행시간, 운행속도 모든 부문에서 이용승객이 적은 노선의 편차가 이용승객이 많은 노선보다 크게 나타났다.

또한 카드건수, 평균수입, 환승률간의 분석결과는 다음과 같다. 카드건수와 평균수입의 관계는 일반노선이 선형함수 관계, 좌석 및 급행노선은 지수함수 관계였는데, 이는 요금체계의 상이에 기인하는 것이다. 평균수입과 환승률의 관계는 불규칙적인 형태로 나타났는데, 1일대당 수입금별 환승률 평균치를 비교해 보면, 30~40만원대의 환승률 평균치가 27%로 가장 높게 나타났다. 환승요금무료제 하에서는 환승률이 높으면 수입금은 그에 반하여 감소하게 된다. 일반노선, 좌석 및 급행노선의 환승률 1% 증가를 1일대당 카드건수로 환산하면 각각 6.3건, 4.9건

의 감소에 해당하는 것으로 분석되었다.

마지막으로 흑자노선과 적자노선의 분석결과는 다음과 같다. 흑자노선과 적자노선을 판별하는데 유효한 4가지 변수를 판별력의 크기순으로 나열하면 km당 운행대수, 외곽경유 유무, 지하철 경유수, 종합대학 경유수 순이 된다.

본 연구에서는 회귀분석, 판별분석의 다변량 해석을 통하여, 실제 운행실태에 대한 다각도적인 분석을 시도하였고, 그 결과로 시내버스 운행실태를 설명하는 각 요인간 관계에 대한 구체적인 규명이 가능하였다.

향후 마을버스의 환승요금제 확대 시행 시에는 환승률이 더욱 증가할 것으로 예상된다. 환승률의 증가는 수입감소를 수반하므로 앞으로의 버스노선망 조정 시에는 수입이 극대화될 수 있도록 상기의 유효변수들을 잘 고려한 노선정책이 필요함과 동시에 시내버스우선정책 및 승용차수요관리정책을 더욱 더 강화하여 대중교통이용이 보다 활성화될 수 있는 사회적 분위기를 조성하여야 할 것이다. 또한 마을버스 환승요금제 부재로 인하여 구조조정이 불가능했던 시내버스 노선들을 마을버스로 대체하는 등 시내버스와 마을버스의 위계를 보다 명확히 하여 비용적인 측면에서도 보다 효율적인 시내버스 노선운영이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

이상용, 박경아(2003) 시내버스노선체계 평가를 위한 정량적 지표의 설정 및 적용, 대한교통학회지 제21권 제4호, pp.29~44

이성모, 황준환(2005) 버스노선의 조정효과 비교분석, 대한국토·도시계획학회지 국토계획 제40권 제4호, pp.135~146

한종학 외(2005) 버스 노선망 설계를 위한 평가모형 개발, 대한교통학회지 제23권 제2호, pp.161~172

이승재 외(1999) Set Covering 이론을 이용한 시내버스 최적노선망 구축에 관한 연구, 대한교통학회지 제17권 제2호, pp.137~147

고승영, 고종섭(1998) 버스의 최적운행시격 및 보유대수 모형 개발, 대한교통학회지 제16권 제2호, pp.169~176

이승헌, 전경수(1998) 버스 운영 최적화에 관한 연구, 대한교통학회 학술대회지 제34회 추계 학술발표회, pp.465~465

이권석, 조성훈(2005) 버스 수지개선을 위한 운영 최적화 방안, 2005시정연구논총 서울터전 제12권 통권 제39호, pp.502~522

부산광역시, 대한교통학회(2005) 부산시 대중교통체계개선 실행용역

부산광역시, 부산발전연구원(2006) 부산시 대중교통계획

부산광역시, 부산발전연구원(2007) 부산시 시내버스 준공영제 시행을 위한 버스노선체계개편 연구

부산광역시(2006) 2010대중교통혁신PLAN, 부산시 교통기획과 내부자료

부산광역시(2006) 시내버스 노선검토 결과보고, 부산시 대중교통개선기획단 내부자료

부산광역시(2007) 시내버스 준공영제 이후 노선분석 보고, 부산시 대중교통개선팀 내부자료