

■ 論 文 ■

서울의 대중교통체계 개편에 따른 시내버스업체의 생산성 변화

Productivity Changes by Public Transport Reforms in the Seoul's Urban Bus Industry

오 미 영

(서울시정개발연구원 위촉연구원)

김 성 수

(서울대학교 환경대학원 교수)

목 차

- I. 서론
- II. 효율성 및 생산성 변화의 개념과 추정방법
 - 1. 효율성 및 생산성 변화의 개념
 - 2. 효율성의 추정방법
 - 3. 생산성 변화의 추정방법
- III. 자료
- IV. 추정결과
 - 1. 산출물이 운행거리인 경우
 - 2. 산출물이 승객수인 경우
 - 3. 산출물이 운행거리와 승객수인 경우
- V. 결론

Key Words : 대중교통체계 개편, 효율성, 생산성 변화, 자료포락분석기법, 맘퀴스트 지수

요 약

시내버스의 이용자 감소, 시내버스업체의 운영수지 악화와 서비스 수준이 열악해짐에 따라 서울시는 최근 대중교통체계를 대폭적으로 개편하였다. 본 연구는 대중교통체계 개편이 시내버스업체들의 생산성에 미친 영향을 분석하기 위해서 자료포락분석기법을 이용하여 시내버스업체별 기술적 효율성을 측정한 후, 맘퀴스트지수 측정방법을 적용하여 생산성 변화를 도출하였다. 이 때 시내버스업체는 운전, 정비, 관리, 차량 및 연료의 다섯 가지 투입물을 사용하여 세 유형의 산출물, 즉 운행거리, 승객수 또는 운행거리와 승객수를 생산하는 기업형태로 상정되었다.

시내버스업체들의 생산성 분석결과 산출물로 운행거리를 상정한 경우 대부분의 업체들이 감소하였으나, 승객수를 상정한 경우 과반수 업체들이 증가하였다. 한편 산출물로 운행거리와 승객수를 함께 상정한 경우에는 평균적으로 생산성이 거의 변하지 않은 것으로 나타났다. 이는 시내버스업체들의 대당 종사자수 증가와 운행거리 감소로 인해 효율성이 감소한 반면, 노선수 증가와 요금구조 변화에 따른 승객수 증가로 인해 효과성이 증가하였기 때문이다.

The Seoul City Government recently reformed the entire public transport system in an effort to prevent further deterioration in urban bus system's performance and service level. To analyze into impact on the productivity of Seoul's urban bus firms, this paper measures firm-level technical efficiency and productivity change with data envelopment analysis and Malmquist index approach. The paper then conceptualizes that these forms produce three kinds of output (bus-kilometers, passengers, or bus-kilometers and passengers) using five inputs (driver, maintenance, management, vehicle and fuel).

The findings show that most (over one half) firms experienced a decline (an improvement) in productivity in the case of specifying only bus-kilometers (passengers) as output. As a result, it is discovered that an average firm had no change in productivity in the case of combining bus-kilometers and passengers as output. This is because the efficiency of an average firm declined due to increase in employees per bus and to an decrease in kilometers per bus, while its effectiveness improved due to an increase in passengers per bus which was caused by an increase in routes and a change in fare structure.

1. 서론

서울시내에서 자가용 승용차 등의 이용 증가로 인해 교통혼잡이 심화됨에 따라 시민들의 시내버스 이용율은 감소하였고, 시내버스업체들의 운영수지는 악화되었다. 서울시는 이러한 문제를 해결하기 위해 2004년 7월 대중교통체계를 노선, 요금 및 운영체계 측면에서 대폭적으로 개편하였다.

먼저 서울시는 시내버스의 이동성과 접근성을 향상시키기 위해 노선수와 노선연장을 조정함과 함께 노선체계를 간선·지선·순환·광역노선 분류방식으로 개편하였으며, 중앙버스전용차로제를 도입하였다. 또한 대중교통수단간 환승을 쉽게 할 수 있도록 하기 위해 요금체계를 대중교통통합거리비례제로 변경하였다. 한편 요금수입과 운행비용을 시내버스업체가 관리하고 부담하는 독립채산제 방식에서 전 노선의 요금수입을 서울시가 관리하고 시내버스업체에게는 운행실적에 따라 운행비용을 지급하는 준공영제 방식으로 변경하였다.

이와 같이 대중교통체계를 개편한 결과 시내버스의 노선수는 368개에서 462개로 증가하였고, 중앙버스전용차로제가 시행되는 도로구간에서 시내버스의 운행속도는 최고 100%이상 증가하였다. 또한 요금체계 개편에 따른 무료환승과 서비스 개선 등으로 인해 시내버스의 승객수는 약 5.3% 증가하였으며, 교통카드 이용율은 76.7%에서 87.3%로 증가하였다. 한편 운임수입금의 공동관리와 운행실적에 따른 운행비용 지급으로 노선별 대당 운행수지 편차는 거의 없게 되었으며, 버스가동율은 약 80%에서 약 95%이상으로 증가하였다¹⁾.

그러나 대중교통체계 개편 이후 평균적으로 시내버스업체들의 대당 종사자수는 증가한 반면 대당 운행거리가 감소하였다. 개편 전에 비해 시내버스업체들의 효율성이 감소했다고도 해석할 수 있는 이러한 결과는 서울시가 준공영제를 도입하면서 다음의 두 가지 방안들을 함께 시행했음에도 불구하고 나타났다. 서울시는 중앙버스차로제가 시행되는 도로구간을 경유하는 간선노선들의 운영권에 대해서는 노선입찰제를 도입하여 시내버스업체들 간의 경쟁을 유도하였으며, 노선입찰제의 대상이 아닌 나머지 노선들을 운행하는 시내버스업체들에게 지급하는 운행비용의 기준으로 운행비용이 낮은 50%의 시내버스업체들 자료를 이용해 산정된 표준원

가를 적용함으로써 시내버스업체들로 하여금 운행비용을 절감하도록 유도하였다.

본 연구는 의사결정단위(decision-making unit)별 효율성을 측정하는 변경접근법(frontier approach) 중의 하나인 자료포락분석(data envelopment analysis, DEA)기법을 이용해 서울시의 대중교통체계 개편으로 인한 시내버스업체들의 생산성 증가 또는 감소 정도를 여러 측면에서 분석하는데 그 목적이 있다. 즉 본 연구는 대중교통체계 개편 전과 후의 서울 시내버스업체 자료를 이용해 공급관련 지표인 운행거리와 수요관련 지표인 승객수를 시내버스운송업의 산출물로 각각 상정했을 때의 생산성 변화를 추정한 다음, 운행거리와 승객수 모두를 산출물로 상정했을 때의 생산성 변화를 추정한다.

본 연구와 같이 자료포락분석기법을 이용해 시내버스운송업의 생산성을 분석한 연구는 우리나라의 경우 전무한 상태이며, 외국의 경우 Viton(1998) 등을 들 수 있다. 다만 우리나라의 경우 운송업의 생산성을 분석하기 위해 이 기법을 이용한 연구로는 도시철도운송업을 대상으로 한 김민정·김성수(2004)가 있을 뿐이며, 운송업의 효율성을 분석하기 위해 이 기법을 이용한 연구로도 시내버스운송업을 대상으로 한 김성수 외(2002)와 오미영 외(2002) 및 도시철도운송업을 대상으로 한 김민정·김성수(2003)가 있을 뿐이다.

본 연구는 먼저 2장에서 효율성과 생산성 변화에 대한 개념을 정의하고, 추정방법을 살펴본다. 3장에서는 분석에 사용되는 자료에 대해 설명하고, 4장에서는 추정결과를 산출물별로 제시한 후 대중교통체계 개편이 시내버스업체들의 생산성에 미친 영향 등을 분석한다. 마지막으로 5장에서는 추정결과를 요약하고, 시내버스업체들의 생산성을 제고할 수 있는 방안에 관해 논한다.

II. 효율성 및 생산성 변화의 개념과 추정방법

1. 효율성 및 생산성 변화의 개념

본 장에서는 자료포락분석기법을 이용해 추정되는 업체별 효율성 값으로부터 Malmquist 지수 측정방법을 적용해 생산성 변화를 도출할 때 상정되는 효율성과

1) 서울시 보도자료(대중교통개혁 1년간 최고와 향후계획 (050623))와 내부자료를 참고하였다.

생산성 변화의 개념에 대해 살펴본다.

경제학에서 모든 업체들은 이윤극대화 또는 비용최소화를 달성하고자 하며, 각 업체의 성과 차이는 기술적 특성에 기인하는 것으로 본다. 그러나 동질의 기술을 사용하더라도 업체 내부의 비효율성 때문에 성과 차이가 발생할 수 있으므로 모든 업체가 생산함수 상에서 효율적으로 생산활동을 하고 있다는 가정은 비현실적이다. 이때 업체의 목표가 이윤극대화 일 경우에는 동일한 투입량으로 더 많은 산출량을 생산하려고 할 것인 반면, 비용최소화일 경우에는 일정한 수준의 산출량을 생산하기 위해 적은 투입량을 사용하려고 할 것이다. 즉 업체의 효율성은 투입량과 산출량의 비율로 측정할 수 있다.

효율성은 투입물을 사용하여 산출물로 전환하는 정도를 의미하며, 가장 효율적인 업체를 기준으로 상대적인 효율성을 나타내는 정적 개념이다. 반면 생산성 변화는 투입물을 사용하여 산출물로 전환하는 정도의 변화를 나타내는 동적 개념이다. 생산성 변화는 기술적 효율성 변화와 기술 변화에 기인하며, 생산성 증가는 산출물당 투입물이 감소되는 경우 발생하게 된다. 즉 효율성과 생산성 변화의 개념은 <그림 1>을 통해 설명할 수 있다.

효율성과 생산성의 변화요인, 즉 기술적 효율성 변화와 기술 변화별로 생산성 변화 정도를 측정하기 위해 생산변경선으로부터의 거리함수 개념을 이용할 수 있다. 여기서 거리함수는 실제 관찰점과 원점, 그리고 생

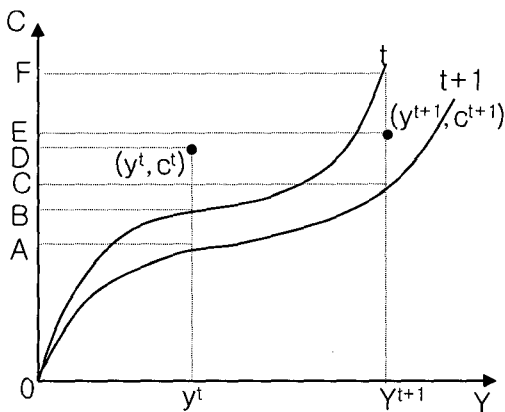
산변경선과 원점과의 방사선상의 거리 비율을 의미한다. 즉 거리함수를 이용해 측정되는 효율성은 기준년도 t 의 비용변경선을 기준으로 OD/OB로 정의된다. 이때 이 값이 1인 경우 효율적으로 해석되며, 1보다 큰 경우는 비효율적으로 해석된다.

비용변경선을 따라 생산성 지수를 측정할 경우 기술 진보에 의해 비용변경선이 이동할 가능성이 있다. 이를 고려하기 위하여 기준년도 t 의 비용변경선을 기준으로 t 기의 관찰점과 $t+1$ 기의 관찰점의 거리함수를 각각 도출하여 이들의 변화로부터 생산성 지수를 도출할 수 있다. 이때 기술 진보가 Hicks중립적(Hicks neutral)으로 이루어지지 않을 수 있으므로, t 기와 $t+1$ 기의 비용변경선을 기준으로 각각의 기술적 효율성과 교차년도 효율성²⁾을 측정한 뒤 기하평균하여 최종 생산성 변화를 측정한다.

2. 효율성의 추정방법

효율성을 추정하기 위해 본 연구에서는 비모수접근법인 자료포락분석기법을 사용한다. 이 기법은 생산 또는 비용함수를 추정하지 않고 선형계획기법에 의해 실제 업체별 자료를 이용하여 효율적인 업체들로 구성된 변경선을 구축한 후, 변경선을 기준으로 측정대상 업체와의 거리를 계산하여 비효율성을 측정한다. 이 기법은 다수의 산출물과 투입물을 함께 고려할 수 있고, 가격에 대한 정보가 없더라도 적용이 가능하다. 또한 이 기법은 투입물과 산출물 비율을 사용하여 업체들을 상대적으로 비교하는 선형계획기법이므로 다중공선성이 문제가 되지 않는다.

이 기법을 적용할 때 시내버스운송업의 특성을 고려하여 방사적 또는 비방사적, 그리고 규모수익 및 처분성에 대해 결정할 필요가 있다. 첫째, 시내버스운송업은 차량대수에 비례하여 근로자수, 연료비, 산출물이 증가하는 경향이 강하므로 방사적 기법이 적합하다. 둘째, 시내버스운송업은 공적 서비스 의무를 이행해야 하므로, 운행에 대한 규제가 상당히 존재한다. 그러므로 시내버스업체가 불변규모수익(CRS) 상태에 있다고 하기가 어려우므로 가변규모수익(VRS)으로 가정한다. 셋째, 정부의 규제 또는 노조 등으로 인해 초과 투입량



<그림 1> 효율성과 생산성 변화

2) 교차년도(cross-period) 효율성이란 기준년도(t)의 변경선에 대한 대상년도($t+1$) 업체의 효율성을 측정하는 것으로, 대상업체의 연도간 상대적인 기술적 효율성 변화를 측정할 수 있다.

을 처분하는 데 비용이 소요되므로 음이 되는 부분을 비효율성에서 제외하고 효율성을 측정하는 약처분성을 가정한다.

또한 이 기법을 이용할 때는 분석의 대상이 되는 의사결정단위의 특성과 연구 목적에 따라 투입지향 또는 산출지향 분석기법 중 하나를 선택해야 한다. 투입지향 분석기법은 산출량이 고정되었다고 가정하고, 투입물의 절감 가능성을 측정하는 기법이다. 따라서 관찰점이 효율적이면 점수는 1이 되고, 비효율적이면 1보다 작게 나타난다. 반면 산출지향 분석기법은 투입량이 고정되었다고 가정하고, 산출물의 증가 가능성을 측정하는 기법으로 관찰점이 효율적이면 점수는 1이 되고, 비효율적이면 1보다 크게 나타난다. 본 연구에서는 승객수와 운행거리와 같은 산출물의 증가보다는 투입물의 절감 가능성을 분석하는 것이 시내버스운송업의 특성상 보다 적합하다고 판단되므로³⁾ 투입지향 분석기법을 이용하며, 계산결과와 해석을 쉽게 하기 위해 거리함수 개념을 도입한다. 따라서 효율성 추정치의 역수를 취하여 관찰점이 효율적이면 점수는 1이 되고, 비효율적이면 1보다 크게 나타난다.

한편 이 기법에는 승수형태와 포락형태가 있으며, 이들은 서로 쌍대적 선형계획의 특성을 갖는다. 즉 계산원리는 동일하나 식의 형태가 다르게 나타나는데, 투입지향 분석기법은 승수형태의 경우 극대화문제로 해가 계산되는 반면 포락형태는 극소화문제로 해가 계산된다.

본 연구에서는 식(1)부터 식(5)까지와 같은 투입지향의 승수형태 가변규모수익의 자료포락분석 기법을 적용한다. 따라서 y_{ro} 는 o 번째 업체의 r 번째 산출물의 산출량, x_{io} 는 o 번째 업체의 i 번째 투입물의 투입량, 그리고 μ_{ro} , v_{io} 은 산출물 r 과 투입물 i 의 가상적인 승수를 나타낸다. 그리고 식(2)와 식(3)의 두 제약조건은 효율성 점수(z^{IO})가 1인 업체가 효율적이고, 1보다 작을수록 비효율적임을 의미한다.

$$z_o^{IO} = \max \sum_{r=1}^s y_{ro} \mu_{ro} + w_o \tag{1}$$

$$s.t. \quad \sum_{i=1}^m x_{io} v_{io} = 1 \tag{2}$$

$$\sum_{r=1}^s y_{ro} \mu_{ro} - \sum_{i=1}^m x_{io} v_{io} + w_o \leq 0, \tag{3}$$

for $j = 1, \dots, n$

$$\mu_{ro} \geq 0 \quad \text{for } j = 1, \dots, ss \tag{4}$$

$$v_{ro} \geq 0 \quad \text{for } i = 1, \dots, m \tag{5}$$

여기서 $o = 1, \dots, n$: 업체의 수

y : 산출물, $r = 1, \dots, s$: 산출물의 수

x : 투입물, $i = 1, \dots, m$: 투입물의 수

3. 생산성 변화의 추정방법

생산성 변화는 기술적 효율성 변화와 변경선이 시간에 따라 이동하는 정도를 뜻하는 기술 변화로 구분된다. 시내버스업체 o 의 기술적 효율성 변화(DTE)는 식(6)과 같으며, 연도별 변경선과 관련하여 측정된 기술적 효율성 점수의 비율을 의미한다.

$$DTE_o = \frac{d_o^t(y^t, c^t)}{d_o^{t+1}(y^{t+1}, c^{t+1})} \tag{6}$$

식(6)의 경우 t 기의 변경선을 기준으로 거리함수를 측정할 때 기술적 효율성 변화가 1보다 크면 t 기 보다 $t+1$ 기가 더 효율적이라는 것을 의미하므로 이 기간 동안 기술적 효율성이 증가하였다는 것을 의미한다. 즉 두 해 사이의 기술적 효율성이 변화하지 않았다면 기술적 효율성 변화는 1이며, 기술적 효율성이 증가 또는 감소하였는지에 따라 1보다 크거나 작은 값을 갖게 된다.

Malmquist 지수는 관찰점의 거리함수와 교차년도의 거리함수를 이용하여 측정할 수 있으며, 식(7)과 같다.

$$M_0 = \left[\frac{d_o^t(y^t, c^t)}{d_o^t(y^{t+1}, c^{t+1})} \frac{d_o^{t+1}(y^t, c^t)}{d_o^{t+1}(y^{t+1}, c^{t+1})} \right]^{1/2} \tag{7}$$

여기서 우변의 첫 번째 항은 t 기의 변경선에 대해 t 기와 $t+1$ 기의 관찰점의 거리함수를 측정한 것으로, $t+1$ 기의 관찰점의 거리함수가 t 기보다 더 작으면 $t+1$ 기에 생산성이 증가하였음을 의미한다. 또한 두 번째

항은 $t+1$ 기의 변경선에 대해 t 기와 $t+1$ 기의 관찰점의 거리함수를 측정한 것으로, $t+1$ 기의 거리함수가 t 기보다 더 작으면 $t+1$ 기에 생산성이 증가하였음을 의미한다. 즉 t 기와 $t+1$ 기의 기하평균한 식이 최종적인 Malmquist 지수가 되며, 이 값이 1보다 크면 생산성

3) 승객수는 단기간 동안 크게 변하지 않으며, 운행거리는 서울시의 규제 때문에 시내버스업체가 쉽게 조절할 수 없다.

이 증가하였음을 의미한다.

한편 식(7)은 식(8)과 같이 분리할 수 있다.

$$M_o = \frac{d'_o(y^t, c^t)}{d_o^{(t+1)}(y^{t+1}, c^{t+1})} \cdot \left[\frac{d_o^{(t+1)}(y^{t+1}, c^{t+1})}{d'_o(y^{t+1}, c^{t+1})} \frac{d'_o(y^t, c^t)}{d_o(y^t, c^t)} \right]^{1/2} \quad (8)$$

여기서 우변의 첫 번째 항은 위에서 언급한 기술적 효율성 변화 지수가 되며, 대괄호 안의 항은 비용변경선 또는 생산변경선이 이동한 거리로 두 기간 동안의 기술 변화 지수의 기하평균이 된다. 따라서 기술적 효율성 변화와 기술 변화 및 생산성 변화 지수에 대한 해석 방법은 <표 1>과 같다.

<표 1> 기술적 효율성과 생산성 변화에 관한 추정결과의 해석방법

기술적 효율성		기술적 효율성 변화		기술 변화		생산성 변화	
비효율적	효율적	증가	감소	진보	퇴보	증가	감소
1)	1	>1	1<	>1	1<	>1	1<

III. 자료

서울시의 대중교통체계 개편에 따른 시내버스 업체들의 생산성 변화를 추정하기 위하여 개편 전인 2003년 12월 자료와 개편 후인 2004년 12월 자료를 사용

하였다. 자료포락분석을 통해 변경선을 구축하기 위하여 개편 전에는 57개 업체의 자료, 그리고 개편 후에는 노선입찰제 도입으로 신설된 4개 업체를 포함한 61개 업체의 자료를 사용하였다. 이에 비해 생산성 변화는 개편 전 대비 개편 후의 동일 업체에 대해 추정해야 하므로 개편 전 자료가 없는 신설업체 4개를 제외한 57개 업체에 대해 분석하였다.

자료포락분석에 사용되는 자료는 투입물과 산출물로 구분된다. 투입물은 시내버스업체의 운행비용에서 비중을 많이 차지하는 운전, 정비, 관리, 차량, 연료로 구분된다. 운전, 정비, 관리는 각각 12월 한달 동안의 평균 운전자수, 정비자수, 임직원수로 측정된다. 차량은 12월 한달 동안의 보유대수로 측정된다. 연료로는 경유와 CNG가 함께 사용되었으므로 CNG 사용량을 TOE(Ton of Equivalent)⁴⁾를 이용하여 경유량(ℓ)으로 환산하였다. 산출물은 12월 한달 동안의 운행거리와 승객수로 측정된다. 자료포락분석에 사용되는 개편 전(57개 업체)과 후(61개 업체) 투입물과 산출물 자료의 특성은 <표 2>와 같다.

대중교통체계개편 후의 자료는 서울시가 노선별로 버스운행비용을 산정한 다음 업체별로 이를 합산해 지급하므로 자료 구축이 되어 있어 서울시로부터 구하였다. 그러나 개편 전의 자료 중 일부는 서울시가 집계하고 일부는 조합에서 집계하기 때문에 차량과 승객수 자료는 서울시에서, 그리고 운전, 정비, 관리 인원수 자료는 조합에서 구하였다. 다만 CNG사용량 자료는 구

<표 2> 자료포락분석에 사용되는 개편 전(2003.12)과 개편 후(2004.12) 서울 시내버스업체 자료의 특성

구분		투입물					산출물	
		운전(명)	정비(명)	관리(명)	차량(대)	연료(천 ℓ)	승객수(천명)	운행거리(천km)
개편 전	합계	16,844	1,288	2,690	7,967	28,157	119,609	66,908
	평균	296	23	47	140	494	2,098	1,174
	최대	733	61	115	357	1,217	5,310	2,970
	최소	105	7	14	50	141	717	403
	표준편차	137	12	24	65	245	1,019	571
개편 후	합계	17,293	1,337	2,586	7,954	29,154	128,102	61,445
	평균	283	22	42	130	478	2,100	1,007
	최대	673	59	111	318	1,079	5,018	2,381
	최소	102	8	12	49	129	889	336
	표준편차	118	10	21	56	220	937	454
증감율(%)		-4.07	-3.00	-10.17	-6.71	-3.25	0.08	-14.19

주 : 증감율(%)은 개편 전(57개 업체) 대비 개편 후(61개 업체)의 평균을 비교한 것임.

4) 경유는 ℓ 당 9,200kcal, CNG는 m^3 당 10,500kcal의 에너지를 갖는 것으로 가정하였다.

축되어 있지 않기 때문에 개편 전과 후의 연비는 같다는 가정하에 개편 후 경유의 연비를 계산한 후, 총운행 거리에 적용하여 경유사용량을 추정하였다.

먼저 투입물의 경우를 먼저 살펴보면, 개편 후 시내 버스업체가 보유하고 있는 차량대수는 평균적으로 6.71% 감소하였다. 반면 차량대수에 비례하여 증감할 것으로 기대되는 운전과 정비 인원수는 차량대수 감소율보다 훨씬 작기 때문에 해당 운전과 정비 인원수는 증가하였다. 이러한 측면에서 개편 전보다 효율성이 감소하였다고 볼 수도 있으나, 개편 전에 부족 하였던 운전기사와 정비원이 충원되어 이들의 근로조건이 개편 후에 정상화되었다고도 볼 수 있다. 관리인원의 감소율은 차량대수의 감소율보다 훨씬 커서 해당 관리 인원수는 많이 감소하였다. 연료 사용량은 운행거리 감소율인 14.19%에 훨씬 미치지 못하는 3.25%의 감소율을 보인다. 산출물의 경우 승객수는 0.08% 증가한 반면, 운행거리는 14.19% 감소하였다.

본 연구에서는 산출물을 무엇으로 볼 것인지에 따라 세 경우의 생산성 변화를 추정한다. 첫 번째는 공급측면을 반영하는 운행거리만을 산출물로 상정하여

추정한다. 두 번째는 수요측면을 반영하는 승객수만을 산출물로 상정하여 추정한다. 세 번째는 공급측면과 수요측면을 모두 반영하기 위하여 승객수와 운행거리를 함께 산출물로 상정하여 생산성을 추정한다.

IV. 추정결과

1. 산출물이 운행거리인 경우

공급측면을 나타내는 운행거리를 산출물로 상정하는 개편 전 생산변경선을 구축하고, 개편 전 업체들을 분석한 결과 <표 3>에서 볼 수 있는 것처럼 12개 업체만이 효율적으로 나타났다. 업체들의 효율성 평균은 1.141로

14.1%의 투입물의 절감 가능성이 존재하였다. 개편 후 61개 업체를 기준으로 생산변경선을 구축하여, 개편 후의 57개 업체들을 분석한 결과는 11개 업체만이 효율적인 것으로 나타나 개편 전보다 비효율적인 업체수가 증가하였다. 업체들의 효율성 평균은 1.125로 12.5%의 투입물 절감 가능성이 존재하였다. 따라서 개편 후에 비효율적인 업체수가 증가하였으나, 투입물 절감 가능성은 오히려 감소한 것으로 나타났다.

교차년도의 기술적 효율성의 경우 교차년도보다 비효율적이면 1이상의 값을 가지고, 효율적이면 1 또는 그 이하의 값을 가지게 되며, 교차년도보다 기술이 진보되었음을 의미한다. 개편 후 변경선을 기반으로 개편 전 업체들의 기술적 효율성을 분석한 결과, 평균은 1.008로 나타나 개편 전의 업체들이 개편 후 효율적인 업체들보다 약 0.8% 정도 더 비효율적인 것으로 나타났다. 반면 개편 전 변경선을 기반으로 개편 후 업체들의 기술적 효율성을 분석한 결과, 평균이 1.223으로 나타나 22.3%의 투입물 절감 가능성을 가져 개편 전보다 더 비효율적인 것으로 나타났다. 그리고 1보다 큰 업체수가 개편 후에 증가하여 개편 후가 개편 전보다 전반적으로 비효율적인 것으로 나타났다.

기술적 효율성 변화는 31개 업체가 1보다 크게 나타나고 평균점수도 1.018로 증가하였으나, 기술 변화는 4개 업체만이 1보다 크게 나타나고 평균 점수도 0.904로 감소하였다. 이는 개편후의 생산변경이 개편전보다 퇴보함으로써 기술적 효율성 변화가 증가하였다고 하나, 실제적으로는 효율성이 개편전보다 향상되었다고는 볼 수 없다. 따라서 기술적 효율성 변화와 기술 변화로 인한 생산성 변화는 10개 업체만이 1보다 크게 나타나고 평균 점수도 0.920으로 1보다 작게 나타나, 오히려 감소한 결과를 나타냈다. 한편 <표 4>에 제시되어 있는 생산성 변화의 분포를 보면 전체 업체들 중 약 82.5%가 0.6에서 1.0 사이에 존재하는 것으로 나타나, 대다수 업체들의 생산성이 감소한 것으로 나타났다.

<표 3> 대중교통체계 개편에 따른 기술적 효율성 변화, 기술 변화 및 생산성 변화(운행거리)

구분	개편 전(2003.12)		개편 후(2004.12)		기술적 효율성변화	기술 변화	생산성 변화
	03기반	04기반	04기반	03기반			
평균값	1.141	1.008	1.125	1.223	1.018	0.904	0.920
최대값	1.340	1.215	1.531	1.742	1.263	1.075	1.163
최소값	1.000	0.702	1.000	0.743	0.662	0.809	0.588
표준편차	0.103	0.119	0.100	0.165	0.091	0.055	0.098
값=1	12	0	11	1	8	0	0
값>1	45	35	46	51	31	4	10

〈표 4〉 생산성 변화의 분포(운행거리)

범위	업체수	분포(%)
0.6-0.7	1	1.8
0.7-0.8	4	7.0
0.8-0.9	17	29.8
0.9-1.0	25	43.9
1.000	0	0.0
1-1.1	8	14.0
1.1-1.2	2	3.5
합계	57	100.0

2. 산출물이 승객수인 경우

서비스측면을 나타내는 승객수를 산출물로 상정하는 개편 전 생산변경선을 구축하여 개편 전 업체들을 분석한 결과 〈표 5〉에서 볼 수 있는 것처럼 16개 업체들만이 효율적으로 나타났다. 업체들의 효율성 평균은 1.135로, 13.5%의 투입물 절감 가능성이 존재하였다. 개편 후 61개 업체를 기준으로 생산변경선을 구축하여 개편 후의 57개 업체들을 분석한 결과 11개 업체만이 효율적으로 나타나 개편 전보다 비효율적인 업체수가 증가하였다. 업체들의 효율성 평균은 1.249로 24.9%의 투입물 절감 가능성이 존재하여 비효율적인 업체수도 증가하고, 투입물 절감 가능성도 증가한 것으로 나타났다.

교차년도의 기술적 효율성의 경우 개편 후 변경선을 기반으로 개편 전 업체들의 기술적 효율성을 분석한 결과 평균은 1.291로 나타나, 개편 전의 업체들이 개편 후 효율적인 업체들보다 29.1% 정도 더 비효율적인 것으로 나타났다. 반면 개편 전 변경선을 기반으로 개편 후 업체들의 기술적 효율성을 분석한 결과 평균이 1.077로 나타나 7.7%의 투입물 절감 가능성을 가져 개편 전보다 더 효율적으로 생산활동을 하고 있는 것으로 나타났다. 또한 1보다 큰 업체수가 개편 후에 감소한 것으로 나타났기 때문에 개편 후가 개편 전보다 전반적으로 효율적인 상태가 되었다고 할 수 있다.

〈표 5〉 대중교통체계 개편에 따른 기술적 효율성 변화, 기술 변화 및 생산성 변화(승객수)

구분	개편 전(2003.12)		개편 후(2004.12)		기술적 효율성변화	기술 변화	생산성 변화
	03기반	04기반	04기반	03기반			
평균값	1.135	1.291	1.249	1.077	0.925	1.148	1.060
최대값	1.631	1.919	2.232	1.927	1.181	1.253	1.351
최소값	1.000	0.755	1.000	0.714	0.690	0.846	0.802
표준편차	0.150	0.220	0.245	0.216	0.120	0.071	0.142
값=1	16	0	11	0	9	0	0
값>1	41	52	46	33	11	54	35

기술적 효율성 변화는 전체 업체들 중 11개 업체가 1보다 크게 나타나고 평균점수는 0.925로 감소하였으나, 기술 변화는 54개 업체가 1보다 크게 나타나고 평균 점수도 1.148로 증가하였다. 따라서 기술적 효율성 변화와 기술 변화로 인한 생산성 변화는 35개 업체가 1보다 크게 나타나고 평균 점수도 1.060으로 1보다 크게 나타나, 생산성이 증가한 것으로 나타났다. 한편 〈표 6〉에 제시되어 있는 생산성 변화의 분포를 보면 1을 중심으로 ±0.1 범위 내에 있는 비슷한 업체들이 상당수 존재하나, 60%이상의 업체가 1보다 크게 나타나 과반수 업체들의 생산성은 증가하였다.

〈표 6〉 생산성 변화의 분포(승객수)

범위	업체수	분포(%)
0.8-0.9	7	12.3
0.9-1.0	15	26.3
1.000	0	0.0
1-1.1	14	24.6
1.1-1.2	10	17.5
1.2-1.3	6	10.5
1.3-1.4	5	8.8
합계	57	100.0

3. 산출물이 운행거리와 승객수인 경우

공급측면과 수요측면을 모두 반영하는 운행거리와 승객수를 함께 산출물로 상정하는 경우 개편 전의 57개 업체들을 기준으로 생산변경선을 구축하여 개편 전 업체들을 분석한 결과 〈표 7〉에서 볼 수 있는 것처럼 24개 업체들이 효율적으로, 그리고 과반수 업체들이 비효율적으로 나타났다. 업체들의 효율성 평균은 1.058로 5.8%의 투입물 절감 가능성이 존재하였다. 개편 후 61개 업체를 기준으로 생산변경선을 구축하여 개편 후의 57개 업체들을 분석한 결과 22개 업체들만이 효율적인 것으로 나

〈표 7〉 대중교통체계 개편에 따른 기술적 효율성 변화, 기술 변화 및 생산성 변화(운행거리와 승객수)

구분	개편 전(2003.12)		개편 후(2004.12)		기술적 효율성변화	기술 변화	생산성 변화
	03기반	04기반	04기반	03기반			
평균값	1.058	0.996	1.061	1.004	1.001	1.000	1.001
최대값	1.245	1.435	1.261	1.300	1.202	1.172	1.408
최소값	1.000	0.691	1.000	0.714	0.793	0.813	0.706
표준편차	0.069	0.131	0.071	0.124	0.077	0.075	0.114
값=1	24	1	22	0	14	0	0
값>1	33(57.9)	30(52.6)	35(61.4)	28(49.1)	21(36.8)	33(57.9)	27(47.4)

주: ()는 값이 1보다 큰 업체가 업체전체(57개)에서 차지하는 비율임.

타났으며, 개편 전보다 비효율적인 업체수가 증가하였다. 업체들의 효율성 평균은 1.061로 6.1%의 투입물 절감 가능성이 존재하여 비효율적인 업체수도 증가하고 투입물의 절감 가능성도 증가한 것으로 나타났다.

교차년도 기술적 효율성의 경우 개편 후 변경선을 기반으로 개편 전 업체들의 기술적 효율성을 분석한 결과 평균은 0.996으로 나타나, 개편 전의 업체들이 개편 후보다 효율적인 것으로 나타났다. 그러나 1보다 큰 업체들의 수가 30개로 절반 이상이 개편 후 보다 효율성이 낮았던 것으로 나타났다. 반면 개편 전 변경선을 기반으로 개편 후 업체들의 기술적 효율성을 분석한 결과 평균이 1.004로 나타나 투입물 절감 가능성이 증가하였으나, 1보다 큰 업체수는 28개로 개편 전보다 감소한 것으로 나타났다.

기술적 효율성 변화는 전체 업체들 중 21개 업체가 1보다 크고, 평균점수도 1.001로 나타나 기술적 효율성은 증가한 것으로 나타났다. 반면 기술 변화는 33개 업체가 1보다 크게 나타났으며, 평균 점수는 1.000으로 나타났다. 따라서 전체 업체들 중 과반수가 기술적 효율성은 감소한 반면 기술은 진보하였지만 그 정도는 아주 작음을 알 수 있다. 한편 〈표 8〉에 제시되어 있는 생산성 변화의 분포를 보면 1을 중심으로 비슷하게 분포하고 있음을 알 수 있다.

〈표 8〉 생산성 변화의 분포(운행거리와 승객수)

범위	업체수	분포(%)
0.700-0.800	2	3.5
0.800-0.900	8	14.0
0.900-1.000	20	35.1
1.000-1.100	17	29.8
1.100-1.200	8	14.0
1.200-1.300	1	1.8
1.300-1.400	0	0.0
1.400=>	1	1.8
합계	57	100.0

V. 결론

본 연구는 서울시가 대중교통체계를 개편하기 전(2003년 12월)과 개편한 후(2004년 12월)의 시내버스업체별 자료를 이용하여 자료포락분석기법으로 업체별 효율성을 추정한 다음, Malmquist 지수 측정방법을 적용하여 업체별 생산성 변화를 분석하였다. 이 때 시내버스업체를 운전, 정비, 관리, 차량 및 연료의 다섯 가지 투입물을 이용하여 공급과 수요 측면의 두 가지 산출물, 즉 운행거리와 승객수 중 하나를 생산하거나 둘 모두를 생산하는 기업형태로 상정하였다. 먼저 운행거리만을 산출물로 상정하여 분석한 결과 시내버스업체들의 생산성은 대중교통체계 개편으로 인해 평균적으로 감소하였으며, 분석대상인 57개 업체들 중 10개 업체들을 제외한 대다수의 업체들은 생산성이 감소한 것으로 나타났다. 반면 승객수만을 산출물로 상정하여 분석한 결과 시내버스업체들의 생산성은 평균적으로 증가하였으며, 22개 업체들을 제외한 과반수의 업체들은 생산성이 증가한 것으로 나타났다. 마지막으로 운행거리와 승객수를 함께 산출물로 상정하여 분석한 결과 시내버스업체들의 생산성은 평균적으로 거의 변하지 않았으며, 전체 업체들 중 각각 절반 정도가 생산성이 증가했거나 감소한 것으로 나타났다.

서울의 대중교통체계가 개편되었음에도 불구하고 공급과 수요 측면을 모두 고려하는 전반적인 생산성이 거의 변하지 않은 것으로 나타난 주된 이유는 시내버스업체들의 효율성(efficiency)은 감소한 반면 효과성(effectiveness)은 증가했기 때문으로 판단된다. 즉 준공영제가 도입되면서 시내버스업체들의 대당 종사자수는 증가한 반면, 노선체계가 개편되면서 노선수는 증가했으나 노선연장은 단축되고 업체의 규모가 감소한 결과 대당 운행거리는 감소했기 때문에 시내버스업체들의

효율성은 감소한 것으로 추정된다. 반면 노선수가 증가하고 대중교통통합거리비례요금제가 시행됨에 따라 환승이 쉬워져 주로 승객수가 증가했기 때문에 시내버스업체들의 효과성은 증가한 것으로 추정된다⁵⁾.

이러한 분석결과는 서울에서 시내버스업체들의 생산성을 제고하는 정책에 관해 다음과 같은 시사점을 갖는다. 먼저 대중교통체계 개편으로 인해 낮아진 공급 측면의 생산성을 제고하기 위해 개편 전의 평균 140대에 서 개편 후의 평균 130대로 감소한 시내버스업체의 규모를 최소효율규모(minimum efficient scale)⁶⁾ 정도로 대형화할 필요가 있다. 이를 통해 업체 종사자들의 근로여건을 일정 수준 이상으로 유지하면서도 보다 효율적인 배차 등으로 생산성을 높일 수 있을 것으로 예상된다. 또한 공급과 수요 측면 모두의 생산성을 제고하기 위해 중앙버스전용차로제 등을 확대 시행할 필요가 있다. 이를 통해 시내버스의 운행속도를 높임으로써 보다 적은 운전 및 차량 투입물로 동일한 산출량(운행거리)을 생산할 수 있으며, 승객수도 증가시킬 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

1. 김민정·김성수(2003), “자료포락분석기법을 이용한 도시철도 운영기관의 효율성 분석”, 대한교통학회지, 제21권 제4호, 대한교통학회, pp.113~132.
2. 김민정·김성수(2004), “한국 도시철도 운영기관의 생산성 : 비모수적 Malmquist 접근법에 의한 분석”, 대한교통학회지, 제22권 제6호, 대한교통학

- 회, pp.35~46.
3. 김성수·김민정(2001), “서울 시내버스운송업의 규모 및 범위의 경제성 분석”, 대한교통학회지, 제19권 제6호, 대한교통학회, pp.89~102.
4. 김성수·오미영·김민정(2002), “자료포락분석기법(DEA)을 이용한 서울 시내버스운송업의 효율성과 규모의 경제성 분석”, 환경논총, 제40권, pp.101~113.
5. 박순달(1999), “선형계획법”, 민영사.
6. 오미영·김성수·김민정(2002), “자료포락분석기법(DEA)을 이용한 서울 시내버스운송업의 효율성 분석”, 대한교통학회지, 제20권 제2호, 대한교통학회, pp.59~68.
7. 이준구(1995), “미시경제학”, 제2판, 법문사.
8. Kerstens, K.(1996), “Technical Efficiency Measurement and Explanation of French Urban Transit Companies”, Transportation Research A, Vol. 30, pp.431~452.
9. Nolan, J. F.(1996), “Determinants of Productive Efficiency in Urban Transit”, Logistics and Transportation Review, Vol. 32, pp.319~342.
10. Odeck, J. and A. Alkadi(2001), “Evaluating Efficiency in the Norwegian Bus Industry Using Data Envelopment Analysis”, Transportation, Vol. 28, pp.211~232.
11. Viton, P. A.(1998), “Changes in multi-mode bus transit efficiency, 1988-1992”, Transportation, Vol. 25, pp.1~21.

✉ 주 작 성 자 : 오미영
 ✉ 논문투고일 : 2005. 10. 29
 논문심사일 : 2005. 11. 30 (1차)
 심사판정일 : 2005. 11. 30
 ✉ 반론접수기한 : 2006. 4. 30

5) 향후 연구에서는 수요 측면을 반영하는 산출물인 승객수와 관련된 효과성을 평가할 때 서울시의 운영보조금과 관련된 무료환승 승객수를 제외하고 실제 요금을 지불하는 승객수만을 대상으로 분석할 필요가 있다.
 6) 김성수·김민정(2001)은 서울에서 시내버스업체의 최소효율규모는 200대 이상의 버스를 보유하는 규모인 것으로 추정하고 있다.