

버스 정류장 기반 O/D를 이용한

버스 노선 폐지 기준 연구

Study on criteria setting for abolishing a bus route
using bus-stop based O/D matrix

정창용

(서울시립대학교 교통공학과 석사과정)

손의영

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

목 차

I. 서론	2. 자료의 구축
1. 연구의 배경 및 목적	3. 버스 정류장별 O/D와 Network의 정산
2. 연구의 범위 및 방법	V. 버스 노선 폐지 기준과 대체노선 선정
II. 기존연구 고찰	1. 버스 1일 대당 적자규모
1. 행정동 기반 O/D관련 연구	2. 노선 폐지에 따른 통행시간의 증가
2. 버스노선 폐지관련 연구	3. 노선 폐지의 결정
III. 연구 수행 방법	VI. 결론 및 향후 연구과제
IV. 버스 정류장 O/D의 구축	참고문헌
1. 버스 정류장 O/D의 구축	

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

현재 서울시 버스는 2004년 7월 대중교통체계 개편 이후 19개의 경쟁 입찰노선을 제외한 모든 노선에 대해 운영권 부여방식을 채택하고 있다. 즉, 대부분의 버스에서는 실질적으로 독점적인 노선 운영권을 갖게 되었으며, 이로 인하여 경쟁상황에서와 같은 비용 절감 노력이 나타나지 않고 있는 상황이다.

특히 적자노선에 대한 노선 폐지기준이 없는 상태에서 모든 노선의 버스에 대하여 운영거리에 따른 운행비용을 지원해주기 때문에 버스운영의 적자는 계속 증가하고 있다. 실제로 서울시의 재정보조금 변화를 살펴보면 버스 준공영제 시행이전인 2003년에는 1,215억원이었던 보조금이 시행이후인 2005년에는 2,226억원으로 크게 증가하였다.

이렇게 운행비용을 지원해 줌으로써 업체의

경우 운행비용에 대한 부담이 전혀 없어지게 되었기 때문에 적자노선의 폐지를 원하지 않을 뿐만 아니라, 운행거리에 따른 운행비용을 정산받기위해 오히려 운행거리가 더욱 늘어나기를 원하고 있다. 이와 같은 이유로 점점 심각해지고 있는 운행비용 정산에 따른 적자를 줄이기 위해서는 적자가 심한 노선의 폐지가 필요하지만, 현재로서는 이를 위한 기준이 없는 실정이다.

본 연구에서는 이러한 적자노선의 폐지 기준을 검토하기 위해 버스 정류장 기반의 O/D를 이용하여 대체노선 여부와 환승의 증가에 따른 불편을 고려한 적자 버스노선 폐지 결정 방법을 연구하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 도봉-미아로축을 통과하는 노선 중에서 노선 폐지시 발생하는 통행시간 증가에 따른 불편을 고려하기 위해 적자가 발생하지만 노선을 폐지하는 경우 대체노선이 없는 구간이 존재하는 노선으로 선정하였으며, 2006

년 5월 17일의 버스 카드 데이터를 이용하여 버스 정류장 기반으로 O/D를 구축함으로써 현재의 버스 승객을 정산하였다. 버스 정류장 기반 O/D를 이용하는 방법은 기존 행정동 기반 O/D에서 발생하던 1개 행정동에 여러개의 정류장이 포함되어 있는 경우 정산이 제대로 되지 않는 문제점이 해결되어 정밀한 정산을 가능하게 한다.

본 연구에서는 적자가 발생하는 노선에 대하여 버스 정류장 기반 O/D를 구축하고, 버스 정류장 기반 O/D를 이용하여 노선 폐지 시 정류장까지의 접근시간, 운행시간, 대기시간의 변화를 정확하게 분석하도록 한다. 이렇게 변화된 통행시간의 증가분을 노선 폐지시 발생하는 불편으로 판단하여 노선 운행시의 운행적자와 비교한 후에 노선 폐지를 결정하는 방법을 검토해 보았다.

II. 기존연구 고찰

1. 행정동 기반 O/D 관련 연구

기존의 수도권 O/D의 경우는 통행발생, 통행분포, 수단분담, 통행배정의 4단계 모형을 이용하여 추정되어 왔다. 이렇게 4단계 모형을 이용하기 위해선 우선 교통존 설정과 사회경제지표의 예측이 필요한데 교통자료의 수집 및 이용의 편의성을 위해 행정구역 경계로 구분하여 추정하였으며 수도권의 경우 1,142개의 행정동으로 구분되었다.

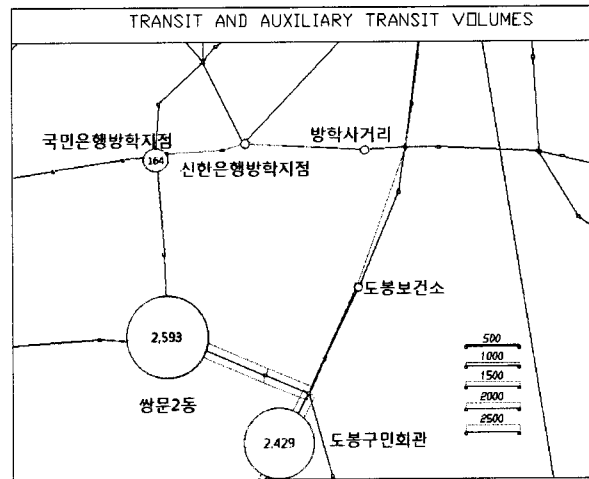
권병우(2003)는 이렇게 구축된 행정동 기반 O/D의 경우에 버스 정류장의 영향권은 행정동보다 작기 때문에 하나의 행정동 O/D에서 여러개의 정류장으로 노선배정을 할 수밖에 없게 되어 다음과 같은 문제점이 발생한다고 하였다.

첫 번째로 승차인원이 없는 버스 정류장이 발생하고, 두 번째로 각 정류장의 승차인원이 실측치와 상이하게 배정되며, 마지막으로 행정동 내부에서 통행하는 내부통행이 추정되지 않는 문제가 발생한다.

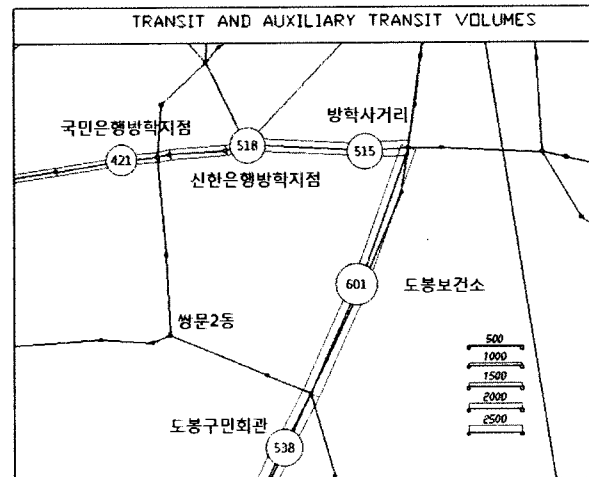
이와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 서울시 대중교통 승객의 약 91.5%가 이용하고 있고 정류장별 승·하차 정보가 있는 버

스 카드 데이터를 이용하여 정확한 버스정류장 기반 O/D를 구축하였다.

실제로 본 연구 대상구간에서의 행정동 기반 O/D와 버스 정류장 기반 O/D를 살펴보면 쌍문2동 O/D의 영향을 받는 버스정류장은 국민은행방학지점, 신한은행방학지점, 방학사거리, 도봉보건소와 도봉구민회관으로 5개가 있다. <그림 1>과 <그림 2>는 각각 행정동 기반 O/D와 버스 정류장 기반 O/D로 통행 배정한 결과이며 링크의 크기는 통행발생량의 크기, 링크의 두께는 링크를 통과하는 통행량을 나타낸다.



<그림 1> 행정동 기반 O/D의 노선 배정 결과



<그림 2> 버스 정류장 기반 O/D의 노선 배정 결과

행정동 기반 O/D에서 실제로 통행 배정된 결과는 <그림 1>과 같으며 거의 모든 통행량이 도봉구민회관 정류장으로 배정되었고 극히 일부만이 국민은행방학지점 정류장으로 배정되었으며, 나머지 3개의 정류장으로는 전혀 배정되지 않았다.

반면에 버스 정류장 기반 O/D에서의 통행 배정 결과는 <그림 2>와 같이 기존에 전혀 통행 배정이 되지 않았던 신한은행방학지점, 방학사거리 그리고 도봉보건소에서도 실제의 통행량과 같게 통행 배정됨으로써 앞에서 살펴본 행정동 기반 O/D에서 발생한 세가지 문제점인 승차인원이 없는 버스 정류장 발생, 정류장의 실측치와 상이한 배정 그리고, 행정동 내부통행의 추정되지 않는 것들이 해결된 것을 알 수 있다.

2. 버스노선 폐지관련 연구

서울시의 버스지원금은 2003년 1,215억원에서 2005년에는 2,262억원으로 매년 꾸준히 증가하고 있는 추세이며 이러한 문제를 해결하기 위해선 적자가 심한 노선의 경우 노선을 폐지할 수 있는 노선 폐지기준이 필요하다.

조성길(2006)은 이러한 적자노선의 폐지를 위해 하루 동안 버스 한대의 운영수입과 보조받은 운영비용의 규모로 산정한 1일 대당 적자규모에 의한 노선 폐지 기준을 설명하고 있다.

1일 버스 한 대당 적자규모가 40만원 이상인 노선을 폐지할 경우 연간 73억원, 35만원 이상인 노선을 폐지할 경우 연간 456억원의 운영적자가 감소하는 것으로 나타났다.

이와 같이 1일 대당 적자규모에 의해 노선 폐지를 결정하는 방법은 실제로 운영 적자가 크게 발생하는 노선을 폐지함으로써 버스에 대한 심각한 운영적자 문제를 해결하는데 분명 효과적인 해결 방법이다.

하지만, 단지 적자규모에 의해 노선을 폐지하게 된다면 대체노선이 없는 경우, 노선이 폐지되기 때문에 발생하게 되는 승객의 불편에 대하여 전혀 고려되지 않는다는 문제점이 있다.

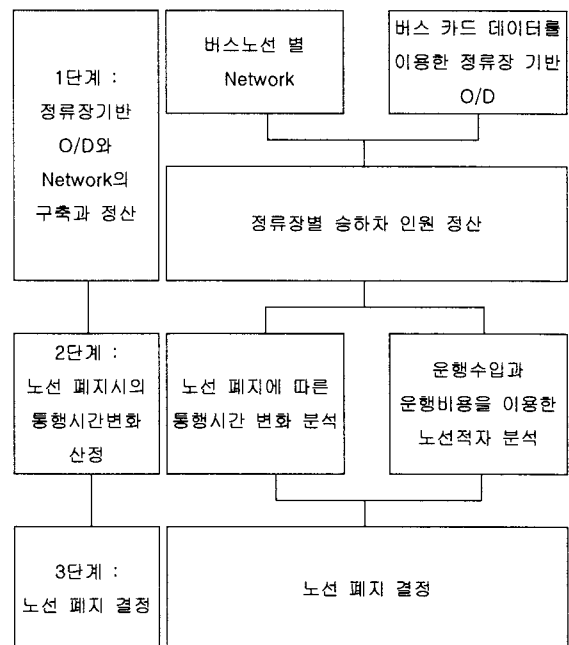
이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 노선 폐지시 대체노선의 유무와 환승의 증가를 모두 고려하여 통행시간의 변화를 살펴보고 이를 이용한 버스 노선 폐지 결정하는 방법에 관하여 연구 하도록 한다.

III. 연구 수행 방법

본 연구는 적자 버스노선의 폐지를 고려함에 있어서 노선 운영시 발생하는 운영 적자뿐만 아니라, 노선의 폐지시 증가하는 통행시간의 불편 정도에 대한 부분도 충분히 고려하여 노선 폐지를 결정하는 것을 목표로 하고 있다. 그러나, 현재의 행정동 기반 O/D로는 버스 정류장별 정산이 불가능하기 때문에 이를 이용하여 통행시간의 변화를 살펴보는 것은 실제와는 상이한 결과값을 나타내는 문제가 발생할 우려가 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 정류장별로 정산이 가능한 버스 정류장 기반 O/D를 구축하여 통행시간의 변화를 측정하였다.

본 연구의 연구 수행 절차는 버스 정류장 기반 O/D와 Network의 구축과 정산, 노선 폐지시의 통행시간 변화에 따른 불편의 추정 그리고, 버스 운영 적자와 통행시간 변화에 따른 불편 비교를 통한 노선 폐지 결정의 3가지 단계로 구분하여 분석하였다.



<그림 3> 연구 흐름도

IV. 버스 정류장 O/D의 구축

1. 버스 정류장 O/D의 구축

서울시의 2006년 버스 카드 이용 비율은 전체 이용자수의 91.5%에 이르고 있다. 버스 카드 데이터는 이와 같이 실제로 대부분의 승객들이 이용하기 때문에 데이터의 표본율이 매우 높고, 승차 정류장과 하차 정류장뿐만 아니라 환승정류장의 위치까지도 정확한 자료로 얻는 것이 가능하며, 지금까지 조사된 그 어떤 자료보다도 신뢰성이 높은 자료이다. 서울시는 이와 같이 데이터의 표본율이 높고, 정확한 승하차정보가 들어있는 버스 카드 데이터를 기반으로 매우 정확한 버스 정류장 기반 O/D를 구축하는 것이 가능하다.

그러나, 서울시 버스 정류장 O/D의 경우 총 5,242개로 522개의 행정동에 비해 그 수가 너무 많기 때문에 서울시 전체를 버스 정류장 O/D로 구축하는 것은 많은 제약이 따른다. 그러므로 본 연구에서는 버스 노선의 폐지를 위하여 분석대상이 되는 노선에 대해서만 정류장별 O/D를 구축하여 정산하는 방법으로 버스 노선 폐지 기준을 분석하기로 한다.

2. 자료의 구축

1) 버스 정류장 기반 네트워크의 구축

버스 정류장 기반 네트워크의 경우 서울시의 서울버스 노선안내 웹사이트(<http://bus.seoul.go.kr>)를 기준으로 구축된 서울시정개발연구원의 버스 Transit line을 이용하였다.

본 연구에서는 노선을 폐지하는 경우 영향을 받는 폐지 대상 적자노선인 A번 노선, 그리고 A번 노선과 중첩되는 구간을 통과하는 대체노선들에 대하여 <그림 4>와 같이 네트워크를 구축하여 분석하였다.

2) 버스 정류장 기반 O/D 구축의 한계와 통행 분포 추정 방법

버스 카드 데이터의 자료를 이용하여 버스 정류장 기반 O/D를 구축할 경우 정류장별 승차 인원과 하차 인원 그리고, 통행분포를 정확하게

알 수 있으므로 매우 정확한 O/D가 구축 가능하다는 장점이 있지만, 다음과 같은 문제점이 나타난다.

첫째, 환승을 하지 않는 단일 통행 대부분의 경우에는 하차시 대부분의 경우 태그를 하지 않거나 하차지점이 아닌 곳에서 미리 태그하는 경우가 많기 때문에 정확한 하차정보를 알기 어렵다.

둘째, 정류장별 승차인원과 하차인원 외에 실제로 특정역에서 승하하는 사람이 어디에서 하차하는지와 같은 통행분포를 알기 위해선 개인별 카드의 데이터를 정리 분석해야 하는데 그 양이 너무 방대하여 분석하는데 어려움이 있다.

이와 같은 버스 카드 분석시에 발생하는 두가지 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 1일 O/D의 특징인 발생량과 도착량이 같음을 이용하여 승차인원과 같은 양의 하차인원을 가정한 후 정류장별 승차 인원과 하차 인원의 자료를 구축하였으며, 통행분포는 분포모형 가운데 가장 널리 사용되고 있는 중력모형을 이용하여 버스 정류장 기반 O/D를 구축하였다.



<그림 4> A번 노선과 대체노선의 버스 Network 구축

3) 버스 정류장 기반 O/D의 구축

본 연구에서는 1일 한대당 74,466원의 적자를 보이고 있는 A번 노선을 노선 폐지 대상노선으로 선정하였으며, 이에 대한 버스 정류장 기반 O/D는 2006년 5월 17일 버스 카드 데이터를 기준으로 구축하였다.

앞에서 설명한대로 1일 통행 O/D의 경우에는 발생량과 도착량이 같다고 가정하였으므로 하차인원의 경우에는 매우 정확한 정보를 담고 있는 승차인원과 같다고 가정 하여 A번 노선의 정류장별 승차, 하차 인원을 구축한 후에 존간 거리를 통행저항으로 하는 이중계약 중립모형을 이용하여 <표 1>과 같이 A번 노선의 버스 정류장 기반 O/D를 구축하였다.

<표 1> 정류장 기반으로 구축된 A노선 O/D

O/D	1	2	...	43	44	합계
1	0	0.696	...	0.588	2.410	95.7
2	0.694	0	...	1.203	4.930	195.0
⋮	⋮	⋮	0	⋮	⋮	⋮
43	0.587	1.205	...	0	4.170	165.1
44	2.358	4.841	...	4.090	0	651.0
합계	92.9	190	...	160.7	645.9	25538

3. 버스 정류장별 O/D와 Network의 정산

A번 노선이 폐지되는 경우 기존 A번 노선의 승객들이 이용 가능한 노선은 100, 106, 107, 130, 140, 141, 142, 150, 160, 161, 1128, 1148, 9403번이며, 이들 노선 중에서도 실제로 이용하게 되는 구간은 A번 노선과 겹쳐지는 구간이다. 본 연구에서는 노선별 통행 배정을 정산하기 위하여 A번 노선 외에도 A번 노선과 겹쳐지는 구간의 대체노선 O/D를 합하여 통행 배정 시킴으로써 행정동 기반 O/D와 Network의 신뢰성을 검토해 보았다.

분석 결과를 살펴보면 <표 2>와 같이 9403번을 제외한 모든 노선에서 30%이내의 오차율을 보이고 있으며, 절반 이상인 7개의 노선에서 15% 이내의 오차율을 보이므로, 버스 정류장별

O/D와 Network의 정산이 잘되었다고 판단된다.

<표 2> 노선별 정산결과

노선번호	버스카드 데이터(통행)	emme/2 정산결과(통행)	오차율
100	10,453	8,809	-15.7%
106	6,516	5,605	-14.0%
107	4,867	4,111	-15.5%
130	25,538	28,386	11.2%
140	3,802	3,426	-9.9%
141	12,328	13,511	9.6%
142	5,669	4,404	-22.3%
150	5,879	5,138	-12.6%
160	4,122	3,426	-16.9%
161	3,007	2,569	-14.6%
1128	442	378	-14.4%
1148	1,139	1,409	23.8%
9403	560	738	31.8%

주 : 2006년 5월 17일 서울시 버스카드 데이터의 노선별 승차인원임.

V. 버스 노선 폐지와 대체 노선 선정

1. 버스 1일 대당 적자규모

본 연구에서는 버스 운행시 발생하는 실제의 적자규모를 알기 위하여 버스의 운행수입과 운행비용을 비교하였다. 폐지검토 대상노선인 A번 노선의 운행수입을 산정하기 위하여 버스의 순승차 인원을 이용하였는데, 그 이유는 환승승차와 환승하차의 정확한 비율을 알기가 어려울 뿐만 아니라 만약 정확하게 알게 되더라도 통행 요금 분배 방법인 환승 노선간의 이용 거리를 이용하여 수입금을 분배한다는 것은 사실상 불가능하기 때문이다. 또한 본 연구에서는 하루 O/D의 경우에 통행 발생량과 통행 도착량이 같음을 가정하여 분석하였기 때문에 하루에 발생하는 환승 하차 인원과 환승 승차 인원이 거의 같아 서로 상쇄되어 결국엔 순승차 인원과 같게 나타나기 때문이다.

버스 카드 데이터를 이용하여 살펴본 A 노선의 1일 순승차 인원은 17,941명이며 서울시 전체 승객 중 버스카드 이용률은 91.5%이므로 나

머지 현금 승차인원은 1,667명으로 추정된다.

분석시점의 버스카드 이용자에게는 800원, 현금 이용자에게는 900원의 요금 부과되었으며, 버스의 1일 1대당 운송원가는 서울시에서 2006년 대형 경유 차량의 1일 1대당 정산비용으로 산정한 554,863원으로 계산하였다.

이와 같이 A번 노선의 운행수입과 운행비용을 산정한 후에 둘을 비교하여 적자규모를 살펴보면 <표 3>과 같이 1일 2,457만원, 연간 8억 9,694만원의 적자를 보이는 것으로 나타났다.

<표 3> 2006년 A번 노선의 적자규모

승객수		버스 운임		1일 운행수입
카드	현금	카드	현금	
17,941명	1,667명	800원	900원	15,853,100원
버스 대당 운송원가		운행대수		총 운행비용
554,863원		33대		18,310,479원
1일 적자규모				2,457,379원
1년간 적자규모				8억 9,694만원

주 : 1. 카드 승객수는 2006년 5월 17일 서울시 버스카드 데이터의 승차인원임.

2. 버스 대당 운송원가는 「지속가능한 시내버스 정산시스템 구축, 2007. 서울시」의 2006년 대형 경유차량 비용임.

2. 노선 폐지에 따른 통행시간의 증가

버스 노선을 폐지하는 경우에 기존 승객들 중 대체노선이 있는 구간에서는 목적지까지 이용 가능한 노선 중 가장 빠른 노선으로 환승하여 이용할 것이며, 대체노선이 없는 구간에서는 가장 근접한 버스 정류장까지 이동한 후 대체노선을 이용할 것이다.

이렇게 노선이 폐지되는 경우에는 대체노선을 이용하기 위해 접근하게 되는 접근시간이 증가하며, 과 대체노선을 환승하여 이용하게 됨으로써 우회하게 되는 경우가 발생하여 차내 통행시간이 증가하게 될 것이다. 또한 노선 폐지 후에는 <표 4>와 같이 1인당 환승횟수가 증가하게 되어 대기시간과 탑승시간도 증가하게 되어 총 통행시간이 길어지게 된다. 여기서 증가한 통행시간은 노선 폐지시 발생하는 불편이므로

노선 폐지시에는 이러한 불편을 고려하여 폐지 여부를 결정하여야 한다. 이와 같이 노선 폐지 전·후의 총 통행시간을 비교하여 노선 폐지를 결정하는 방법은 노선 폐지시 발생하는 불편에 대해서도 충분히 고려하는 것이 가능하다.

1) 노선 폐지 전·후의 비교

폐지 검토 노선인 A번 버스와 같은 구간을 지나는 노선이 포함되어 있는 노선 폐지 전 Network와 여기서 A번 버스의 노선을 제거한 A번 노선 폐지시의 Network에 A번 버스의 O/D를 통행 배정하여 노선 폐지 전·후를 비교하였다. 노선 폐지 전·후의 1인당 평균 차내 통행시간과 통행거리를 비교해보면 <표 4>와 같이 통행거리는 0.09km가 노선 폐지 후에 증가하였다.

<표 4> A번 노선 폐지 전·후의 1인당 통행시간과 운행거리, 환승횟수 비교

구 분	1인당 평균 차내 운행거리	1인당 평균 환승횟수
폐지 전	4.81km	0.077
폐지 후	4.90km	0.557



<그림 4> A번 노선 폐지 후의 버스 네트워크

즉, 노선을 폐지하게 됨으로써 총 통행거리와 환승횟수가 증가하였다는 것을 알 수 있으며, 이렇게 증가하게 된 이유는 A번 노선을 폐지하는 경우 <그림 4>의 ①구간과 ②구간, ③구간과 ④구간 사이를 통행하려면 직접 연결되는 노선이 없어 새로운 환승이 발생하기 때문이다. 실제로 노선 폐지 전 1인당 평균 환승횟수를 살펴보면 0.077회로 거의 발생하지 않았지만, 노선 폐지 후에는 0.557회로 크게 증가한 것을 알 수 있다.

2) 노선 폐지 전·후의 통행시간 변화

노선 폐지 후 차내 통행시간의 변화를 살펴보면 <표 5>와 같이 1일 기준 215.5시간이 증가하였으며 접근 시간은 477.0시간이 증가하였다. 또한, 대기시간과 탑승시간에서도 각각 719.0시간과 118.7시간이 증가하여 총 통행시간 1,530.2시간이 노선 폐지 후에 증가하였다.

분석된 자료를 보면 노선 폐지 후 증가하게 되는 통행시간의 대부분은 대체노선을 이용함으로써 생기는 환승횟수의 증가로 인한 대기시간의 증가와 대체노선이 없는 구간에서 주로 발생하게 되는 접근시간의 증가임을 알 수 있다.

<표 5> A번 노선 폐지 전·후의 1일 통행시간

구 분	A번 노선 유지시(A)	A번 노선 폐지시(B)
총 통행시간	14,147.3시간	15,677.5시간
차내 통행시간	10,438.4시간	10,653.8시간
접근시간	2,118.1시간	2,595.1시간
대기시간	1,047.0시간	1,766.0시간
탑승시간	543.8시간	662.6시간

구 분	A번 노선 폐지 전·후 차이(B-A)	1인당 통행시간 증가시간
총 통행시간	1,530.2시간	3.60분
차내 통행시간	215.5시간	0.51분
접근시간	477.0시간	1.12분
대기시간	719.0시간	1.69분
탑승시간	118.7시간	0.28분

실제로 대체노선이 없는 구간에서의 접근시간 변화를 살펴보기 위하여 A번 노선 중 대체노선이 없는 5개 정류장 1.17km 구간에서의 통행발생과 도착하는 통행에 대한 통행시간의 변화를 <표 6>과 같이 살펴보았다.

대체노선이 없는 경우의 통행시간 변화를 살펴보면 차내 시간의 경우 31.8시간이 감소하며, 총 통행시간 272.6시간이 증가하였다. 대체노선이 없는 구간에서의 1인당 통행시간은 4.85분이 증가하였으며, 이중 4.53분이 접근시간에서 증가하여 대체노선이 없는 구간에서의 통행시간 증가는 대부분이 접근시간의 증가에 의한 것임을 알 수 있다.

<표 6> A번 노선 폐지 전·후의 1일 통행시간 (대체노선이 없는 구간)

구 분	A번 노선 유지시(A)	A번 노선 폐지시(B)
총 통행시간	2,700.8시간	2,973.4시간
차내 통행시간	2,211.3시간	2,179.5시간
접근시간	230.7시간	485.2시간
대기시간	189.7시간	213.1시간
탑승시간	69.1시간	95.6시간

구 분	A번 노선 폐지 전·후 차이(B-A)	1인당 통행시간 증가시간
총 통행시간	272.6시간	4.85분
차내 통행시간	-31.8시간	-0.57분
접근시간	254.5시간	4.53분
대기시간	23.4시간	0.42분
탑승시간	26.5시간	0.47분

대체노선이 있는 구간에서는 1,257.6시간의 총 통행시간이 증가하였다. 대체노선이 없는 구간에서는 통행시간 증가의 대부분이 접근시간의 증가에 의한 것이었지만, 대체노선이 있는 구간에서는 <표 7>과 같이 대기시간의 증가가 1.88분으로 가장 많이 나타나고, 차내 통행시간 0.67분, 접근시간 0.60분 그리고, 탑승시간 0.25분의 순으로 증가하는 것을 알 수 있다.

<표 7> A번 노선 폐지 전·후의 1일 통행시간
(대체노선이 있는 구간)

구 분	A번 노선 유지시(A)	A번 노선 폐지시(B)
총 통행시간	11,446.5시간	12,704.1시간
차내 통행시간	8,227.0시간	8,474.4시간
접근시간	1,887.5시간	2,109.9시간
대기시간	857.3시간	1,552.9시간
탑승시간	474.7시간	566.9시간

구 분	A번 노선 폐지 전·후 차이(B-A)	1인당 통행시간 증가시간
총 통행시간	1,257.6시간	3.40분
차내 통행시간	247.3시간	0.67분
접근시간	222.5시간	0.60분
대기시간	695.6시간	1.88분
탑승시간	92.2시간	0.25분

3) 버스의 통행시간 가치 산정

버스의 통행시간 가치는 업무통행시간과 비업무통행시간으로 나누어 생각할 수 있으며, <표 8> 예서와 같이 2006년 현재의 버스 통행시간 가치는 2,821원이다.

<표 8> 버스 통행시간 가치

구 분	시간 가치	구성 비율
버스업무시간 가치	13,257원	3.9%
버스비업무시간 가치	2,160원	96.1%
버ست통행시간 가치(2003년)	2,592.8원	
버ست통행시간 가치(2006년)	2,820.9원	

자료 : 한국개발연구원, 「예비타당성조사 제도 및 분석방법론 개요」, 2007.4

4) 통행시간 증가로 인한 불편

앞에서 살펴본 버스의 통행시간 가치와 노선 폐지시 통행시간 증가로 산정한 A노선 폐지시의 통행시간 가치비용의 증가를 살펴보면 1일 약 432만원의 통행시간 비용이 추가로 발생하며, 이를 1년간 계산해보면 15억 7,556만원의 통행시간 증가에 따른 불편이 발생하는 것으로 분석되었다.

<표 9> 노선 폐지시 통행시간 증가에 따른 통행시간 가치 증가

구 분	불편 비용
통행비용 증가(1일)	431.66만원
통행비용 증가(1년)	15.76억원

3. 노선 폐지의 결정

A번 노선을 폐지하는 경우에 발생하는 통행시간의 증가를 검토해본 결과 1일 1,530.2시간이 증가하는 것으로 분석되었으며, 이렇게 노선 폐지로 인해 증가한 통행시간을 2006년 기준 버스 통행시간 가치로 계산하여 보면 A노선의 폐지시 연간 15억 7,556만원의 통행시간비용이 증가하는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 앞에서 살펴본 바와 같이 A번 노선을 운영하는 경우 1년에 8억 9,694만원의 운영적자가 발생하여 노선 폐지를 검토하였으나, A 노선을 폐지하게 될 경우 통행시간 증가에 따른 불편 비용이 15억 7,556만원으로 노선 운영시 발생하는 적자에 비해 크게 나타나므로 A번 노선을 폐지하지 않는 것이 유리한 것으로 판단된다.

VI. 결론 및 향후 연구과제

버스 노선의 폐지를 위해선 다음과 같은 조건들이 충족되어야 한다.

우선 적자가 크게 발생하여야 한다. 버스를 운영하는 비용에 비해 승객수가 너무 적어서 노선 운영에 따른 적자가 크게 발생한다면, 그 노선은 폐지를 고려해야 한다.

둘째, 노선 폐지시 이용 가능한 대체노선이 어느 정도 이상은 있어야 한다. 폐지하게 되는 노선의 대체노선이 없는 구간이 많아지게 된다면, 노선 폐지 후 승객들의 접근시간이 크게 발생하여 불편이 크게 발생하기 때문이다.

셋째, 대체노선이 있는 구간이라도 환승이 너무 많이 발생하지 말아야 한다. 대체노선이 있더라도 환승횟수가 너무 많아지게 된다면, 대기시간과 탑승시간 그리고 차내 통행시간의 증가

가 발생하게 되어 역시 불편이 크게 발생하게 된다.

이러한 세가지 조건을 고려한 버스 노선의 폐지기준을 살펴보기 위해 본 연구에서는 정확한 통행시간의 추정이 가능한 버스 정류장을 기반으로 하는 O/D와 네트워크를 이용하였다. 버스 정류장 기반 O/D와 Network는 정확한 버스 통행의 정산을 가능하게 하였으며, 이를 통해 신뢰할 만한 특정 노선 폐지시의 통행시간 증가치가 추정 가능하다.

이와 같은 방법은 대체 노선에 대한 유무여부와 환승횟수의 증가가 통행시간에 크게 영향을 미치므로 적자 규모에 의한 버스 노선 폐지시의 문제점이었던 대체 노선과 환승횟수에 대한 고려가 가능하게 되었다.

본 연구에서는 이렇게 노선 폐지 전·후의 정확한 통행시간을 비교한 통행시간 불편 비용을 산정하여 기존 버스 적자 규모에 비해 더 작은 경우에 그 노선은 폐지가 가능하다고 판단하였으며, 반대로 버스 적자 규모에 비해 노선 폐지시의 통행시간 증가치가 큰 경우에는 대체 노선이 없거나 환승횟수가 크게 증가하여 통행시간의 증가가 크다고 판단되어, 이러한 경우에는 노선을 폐지하지 않는 것이 유리하다고 판단하였다.

본 연구에서 분석한 A번 노선의 적자규모는 1일 한 대당 74,466원으로 서울시 버스의 평균인 68,793원에 비해 약간 더 많은 정도이며, 노선 폐지시에 대체노선이 없는 구간이 존재하고, 환승횟수도 크게 증가하므로 노선을 폐지하지 않는 것이 유리하다고 분석되었지만, 실제로 적자가 심각하고, 대체노선이 존재하며, 환승횟수의 증가가 크지 않은 노선의 경우에는 본 연구에서 제안한 통행시간의 변화를 이용하여 노선을 폐지하는 것이 가능하다.

본 연구에서는 버스 카드 데이터를 기반으로 O/D를 구축하였지만, 통행 분포 부분에 있어서는 실제 자료를 이용하지 못하고 중력모형을 이용하였다. 이로 인해 실제의 승하차 인원과는 다르게 추정되는 문제가 발생할 수 있으나, 이는 추후 실제의 카드의 원본데이터를 이용하여 통행분포까지 구축한다면 문제없을 것으로 판단된다.

또한, 향후 마을버스를 이용하였을 경우의 통

행시간과 통행비용을 비교하여 마을버스의 이용 가능성에 대한 분석이 추가로 연구된다면, 노선 폐지 후 마을버스의 이용 가능성에 대해서도 고려가능 할 것으로 보인다.

참고문헌

1. 권병우(2004), “버스카드 자료를 이용한 버스 정류장 기반 O/D구축 방안에 관한 연구”, 서울시립대학교 대학원 석사학위 논문
2. 조성길외 4인(2007), “서울시 대중교통계획 수립”
3. 서울시(2007), “지속가능한 정산시스템 구축”
4. 한국개발연구원(2004), “도로·철도 부문산업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구[제4판]”
5. 육동형(2005), “대중교통 요금정책 변화로 인한 통행배정에 관한 연구”, 서울시립대학교 대학원 석사학위 논문
6. 한국개발연구원(2007), “예비타당성조사 제도 및 분석방법론 개요”
7. INRO(2003), “EMME/2 User’s Manual Release 9”
8. R. van Nes and P.H.L. Bovy(2000), “Importance of Objectives in Urban Transit - Network Design”, Transportation Research Record 1735, pp.25~34
9. P. G. Furth and H. M. Wilson Nigel(1981), “Setting Frequencies of Bus Route: Theory and Practice”, Transportation Research Vol. 22B No.5, pp.319~337