▣ 論 文 ▣

광역철도 개통에 따른 대중교통 수요변화의 실증적 연구

Empirical Study on Public Transportation Demand Change by Providing Metro-rail Service

조 응 래 (경기개발연구원 수석연구위원)
박 경 철 (경기개발연구원 초빙책임연구원)
김 점 산 (경기개발연구원 책임연구원)

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구 배경 및 목적
2. 연구 방법
Ⅱ. 기존 연구 검토
1. 교통수단 선택모형
2. 통행교차 수단분담 모형
3. 확률적 수단선택 모형
Ⅲ. 수요조사 및 분석
1. 주변현황 및 분석대상
2. 통계자료 분석
3. 통행실태 분석
Ⅳ. 장래 대중교통 수요변화 추정
1. 철도
2. 버스
Ⅴ. 결론
참고문헌

Key Words : 광역철도, 버스, 대중교통, 수단분담률, 중앙선
Metro-rail, Bus, Public Transportation, Ridership, Jungang-railway

요 약

현재 수도권에서 추진 중인 많은 광역철도 노선 확충은 승용차를 포함한 주변 대중교통체계 전반에 영향을 미친다. 그러나 이와 같은 영향에 대한 실증적인 분석 사례는 많지 않아 광역대중교통시설 확충 효과를 정확하게 계량하기 어렵고, 효율적인 정책을 수립하기 위한 근거가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 광역철도 개통이 주변 교통체계에 미치는 영향을 중앙선 광역철도 사례를 중심으로 수송수요 측면에서 분석하였으며, 이를 토대로 장래 대중교통 수단별 수요변화를 검토하는 것을 목적으로 하였다.

통계자료 분석결과, 광역철도의 개통이 주변 교통체계에 미치는 영향은 승용차(33.3%)에 비해 버스(66.5%)가 큰 것으로 나타났다. 또한 서울버스에 비해서는 경기버스에 미치는 영향이 큰 것으로 분석되었다. 이용객을 대상으로 한 설문조사 분석결과도 통계자료 분석과 유사한 결과가 도출되었다.

결론적으로 승용차 이용객들은 대중교통 시설의 확충이나 서비스 개선 등에 영향을 덜 받는 것을 알 수 있었다. 반면에 기존 버스 이용자들의 경우는 광역철도 개통 등 대중교통 시설 확충이나 서비스 개선에 민감하게 반응하는 것을 알 수 있었으며, 광역철도 개통으로 인하여 버스의 수요가 19% 가량 감소함을 확인할 수 있었다.

The ridership and transit systems are influenced by the expansion of metro-rail in Seoul metropolitan area. However, it has been difficult to measure its precise quantitative influences. Also effective policy implementations have been limited due to the lack of practical evidences. Thus an empirical analysis for an operating metro-rail is essentially required. In this regard, this study examines the impact of the Jungang line on transportation system, whose metro-rail block has been recently started new service. The main interest of this study is to find out the changes of ridership and to forecast the ridership changes by the metro-rail service.

The results indicate that the effect on auto users is less than that of bus users. The auto demand is decreased by 33.3% and the bus demand by 66.6%. Additionally, its influence on Gyeonggi-do bus was greater compared with that on the Seoul bus. From questionnaire survey, this results could be confirmed. To sum up, the metro-rail gives less influences on auto users, while it gives greater influences on bus users.

Ⅰ. 서론

1. 연구 배경 및 목적

서울시내 주택용지의 부족에 따라 경기도 지역에서의 택지개발사업이 활발히 진행되었는데, 이로 인하여 통근·통학거리와 통행량이 증가하게 되었다. 이러한 도시의 광역화에 비해 전철망의 확충 등 대중교통 서비스가 적기에 이루어지지 않아 승용차 교통의 이용 확대에 따른 교통혼잡이 점차 심화되었다. 승용차의 과도한 이용으로 인한 에너지 과소비를 줄이고, 수도권의 교통혼잡을 줄이기 위해서는 광역철도를 중심으로 대중교통 서비스가 제공되도록 할 필요가 있다. 현재 수도권에서는 경의선, 경춘선, 분당선 연장 노선 등의 광역철도 건설 사업이 추진 중에 있는데, 광역철도가 완공되면 수도권의 통행체계도 철도 중심으로 변화될 것으로 전망된다.

서울시 지하철 개통사례를 살펴보면, 지하철 개통후 버스 수요가 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 5, 7, 8호선이 부분 개통된 1996년에는 버스 수송분담률이 36.7%에서 30.1%로 급격히 감소하였으며, 6호선의 잔여구간까지 모두 개통된 2002년도에도 감소폭이 크게 나타났다. 즉, 지하철은 대중교통 이용객에게는 통행의 편리성과 접근성 향상 등의 긍정적인 영향을 미쳤으나, 서울시 버스업체에게는 승객수 감소의 부정적인 영향을 미쳤다. 이상의 서울시 사례는 향후 수도권 광역철도 개통이 주변 지역의 버스수요 감소에 영향을 미칠 수 있다는 사실을 시사하고 있다.

실제로 2005년 개통된 중앙선 복선전철의 경우도 대중교통수요 증가에 많은 기여를 했으며 주변 도로혼잡 개선에도 긍정적인 효과를 나타내었다. 그러나 중앙선 복선전철 개통후 주변지역의 버스수요는 감소하여 버스 운영자의 수지악화를 초래하고 있다. 따라서 보다 효율적인 광역대중교통 시스템을 구축하기 위해서는 대중교통수단과 개별교통수단간의 수요변화 뿐만이 아니라 대중교통 수단간의 수요변화도 정확하게 전망하는 것이 필요하다.

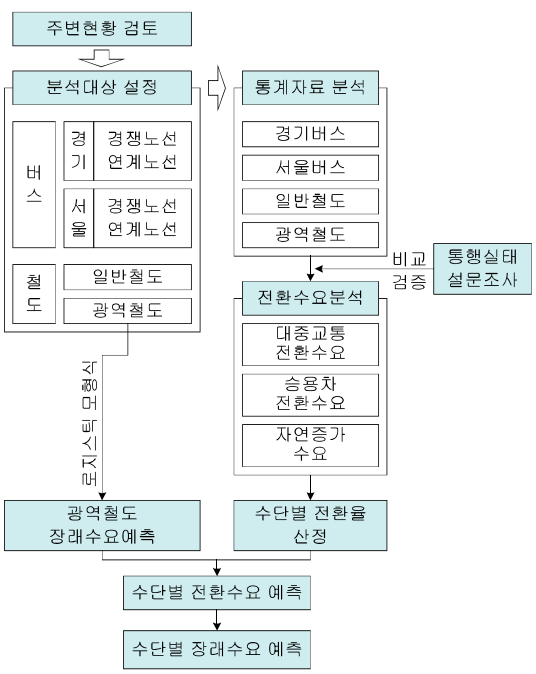
일반적으로 광역철도, 간선급행버스(BRT)와 같은 광역대중교통시설 계획 수립시 승용차, 버스와 같은 타 교통수단의 이용객이 광역 대중교통시설로 전환할 것으로 예측하여 수요분석을 하고 있다. 하지만 선호의식(SP) 조사를 기반으로 한 수단분담모형은 여러 가지 편의에 의해 현실과 상이한 결과가 나올 수 있다.

이에 따라 본 연구에서는 광역철도 개통이 교통체계에 미치는 영향을 수송수요 측면에서 보다 정확하게 검토하기 위해 중앙선을 중심으로 실증적으로 분석하였다. 실증적인 분석은 통계적인 분석과 설문조사 분석을 병행하여 이루어졌으며, 이를 토대로 장래 대중교통 수단별 수요변화를 검토하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 수도권 광역철도 노선 중 중앙선 복선전철의 사례를 중심으로 실증적인 분석을 수행하였다. 구체적으로 분석방법은 중앙선 주변 대중교통체계를 검토 후, 주변 대중교통 수요에 대한 통계자료를 기초로 한 분석을 우선 수행하였다. 그리고 분석된 자료를 검증하고 이용자의 통행특성을 검토하기 위해 중앙선 이용자를 중심으로 한 통행실태 조사를 병행하였다.

또한 현재에도 수요 증가가 진행 중에 있는 중앙선 광역철도에 의한 영향을 정확하게 측정하기 위해서 수요안정화 이후의 수요예측을 수행하여 각 수단별 수요를 전망하였다. 이상의 연구 과정은 〈그림 1〉과 같다.



〈그림 1〉 연구 방법

Ⅱ. 기존 연구 검토

광역철도 개통과 같이 새로운 교통수단이나 시설에 따른 기존의 교통수요 예측방법은 대부분이 전통적인 4단계 기법을 통해 이루어진다. 이중 수요예측 과정의 핵심은 수단분담 모형을 통한 전환수요 분석을 통해 이루어진다.

기존의 전환수요 예측방법은 대부분이 설문조사를 통한 확률적인 수단분담 모형을 통해 이루어지게 되는데, 이런 경우 수요가 과대 예측되는 경향이 있어 수요추정 결과의 정확성에 많은 문제점을 가지게 된다. 특히, 건설비용 및 운영비용 투입이 막대한 철도시설의 경우는 부정확한 수요예측에 따른 계획은 많은 재정을 낭비하고 전체 대중교통 네트워크의 효율성도 저하시키게 된다. 이와 같은 문제를 방지하기 위해서는 보다 실증적인 분석을 통한 수요분석이 필요하게 된다.

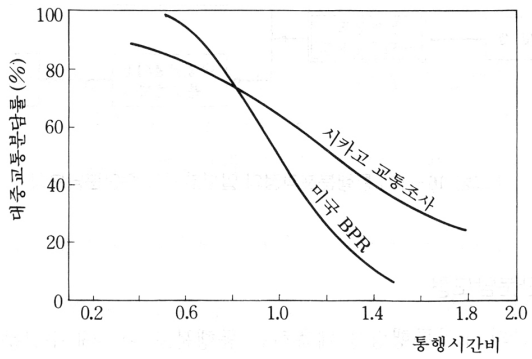
1. 교통수단 선택모형

새로운 교통수단의 도입에 따른 전환수요를 분석하기 위해서는 교통수단 도입 전후의 각 수단별 수요에 대한 분석이 선행되어야 한다. 이와 같은 수단별 수요는 교통수단 선택모형을 통해 이루어진다. 교통수단 선택단계에서 사용되는 모형으로는 통행발생단계에서 사용되는 모형인 회귀분석법과 카테고리분석법, 통행발생과 통행분포단계에서 사용되는 모형으로는 통행단모형, 통행분포단계에서 함께 사용되는 방법인 통행교차모형 등이 있다. 또한 최근에는 개인선호의식을 기반으로 한 확률적 수단선택 모형이 많이 활용되고 있다.

본 연구는 통행발생이 끝난 이후에 발생하는 수단간 선택을 분석하는 사례연구이므로 기존의 모형 중 통행교차 수단분담모형과 확률적 수단선택 모형을 중심으로 관련 이론을 검토하였다.

2. 통행교차 수단분담 모형

통행교차 수단분담 모형은 통행분포 이후에 통행비용과 서비스수준을 수단분담의 기준으로 사용할 수 있기 때문에 교통계획조사에서 가장 많이 이용되는 방법이다. 가장 간단하게 수단분담을 구하는 방법은 통행시간비율 또는 통행시간차이를 가지고 〈그림 2〉와 같은 전환곡선(diversion curve)을 활용하여 찾는 방법이다.



자료 : 도철웅(2001), "교통공학원론", 청문각

〈그림 2〉 전환곡선 예시

그러나 전환곡선을 산출하기 위해서는 많은 양의 데이터가 필요하며, 때와 장소에 따라 갱신이 어렵다는 한계가 있다. 또한 두 개의 교통수단에 대한 곡선만을 그릴 수 있다는 문제점도 있다.

3. 확률적 수단선택 모형

개인이 인식하는 경쟁수단 간의 일반화 통행비용을 이용하여 수단이용률을 확률로 나타내는 여러 가지 모형이 개발되었으며, 이중 대표적인 것으로 프로빗 모형과 로짓 모형이 있다.

프로빗 모형은 일반화 통행비용의 오차분포가 정규(normal) 분포를 따른다고 가정한 것으로, 정산과정이 복잡하여 현실에 적용하기 어려운 단점이 있다. 로짓모형은 일반화 통행비용의 오차분포가 와이블(weibull)분포함수 형태의 서로 독립적이며 동일한 형태의 분포를 갖는다는 가정에서 얻어진다. 각 수단들에 대한 효용함수가 서로 독립적이어야 한다는 제약 때문에 각 수단의 효용함수가 상호 의존적인 경우에는 적용하기 어렵다는 단점이 있으나, 수학적으로 다루기 쉬운 구조를 가지고 있다는 장점이 있다. 이와 같은 장점으로 인해 일반적으로 새로운 교통수단의 추가에 따른 전환수요 분석에서 최근 많이 활용되는 것이 로짓모형이며 모형의 구조는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$P(i) = \frac{e^{V_i}}{\sum_{j \in C} e^{V_j}} \quad (1)$$

여기서, $P(i)$: i 수단의 선택확률

V_j : j 수단의 효용함수
C : 선택 가능한 수단 집합

로짓모형 정산과정에 이용되는 자료수집 방법은 선호의식(SP: stated preference) 조사법과 선호결과(RP: revealed preference) 조사법으로 구분된다. RP조사는 현실을 정확하게 반영할 수 있다는 장점이 있으나 속성수준의 범위가 한정적인 단점이 있다. SP조사는 정책적 편의, 다수의 질문으로 인한 편의 등에 따라 현실과 상이한 결과가 나올 수 있지만 다양한 자료를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 기존의 새로운 교통수단에 따른 전환수요 분석에서는 단점이 있지만 적은 비용과 시간으로 분석이 가능한 SP자료를 기반으로 한 로짓 모형이 많이 활용되고 있다.

Ⅲ. 수요조사 및 분석

1. 주변현황 및 분석대상

1) 주변현황

중앙선 광역철도가 통과하는 주요 지역인 구리시 및 남양주시에 대한 과거 인구변화 추이를 검토하였다. 분석대상 지역의 2000년 이후 평균 인구 증가율은 3.9%로 경기도 전체 평균 2.8%보다 높은 증가율을 나타내고 있다. 이와 같은 인구증가는 향후 교통수요를 지속적으로 증가시키게 될 것이다. 즉, 중앙선 주변지역은 당분간은 지속적인 인구 증가로 교통수요가 꾸준히 증가될 것으로 기대되며 이에 따라 대중교통수요도 늘어날 것으로 전망된다.

〈표 1〉 주변지역 인구추이

(단위: 천명)

구분	경기도	구리・남양주시		
		구리시	남양주시	소계
2000년	9,219	169	358	528
2001년	9,544	185	375	560
2002년	9,927	193	393	586
2003년	10,207	193	404	597
2004년	10,463	193	418	612
2005년	10,697	193	450	643
2006년	10,906	194	471	664
연평균 증가율	2.8%	2.3%	4.6%	3.9%

자료 : 경기도, 경기통계연보, 각년도

2) 분석대상

중앙선 주변의 대중교통체계를 검토하여 분석대상에 대해 살펴보았다.

(1) 버스노선

중앙선 역 주변의 도보권내의 버스 정류장을 기준으로 이를 경유하는 버스노선을 집계하였다. 집계된 노선은 〈표 2〉를 기준으로 하여 중앙선의 경쟁노선과 연계노선으로 유형을 구분하였다.

〈표 2〉 버스노선 유형 구분

구분	노 선 운 행 형 태
경쟁노선	2개 이상의 중앙선 복선전철 역사를 경유
연계노선	1개의 중앙선 복선전철 역사를 경유

개통전후 비교분석을 위해 2004년에서 2006년까지 자료수집이 가능한 경기도와 서울시의 버스 노선수는 총 44개로 분석되었으며 이를 유형별로 정리하면 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 분석대상 버스 노선 현황

구분	경쟁노선	연계노선	합계
경기도 업체	30	7	37
서울시 업체	3	4	7
합계	33	11	44

(2) 중앙선 일반철도

중앙선 일반철도는 1942년 전구간이 개통되었으며, 청량리에서 원주를 거쳐 안동을 지나 영천에서 대구선과 접속하며 경주까지 이르는 총 연장 386.6km의 간선철도이다. 중앙선 일반철도는 광역철도 개통이후 운행횟수가 대폭 감소되어 현재 무궁화 상행 6회, 하행 5회가 운행되고 있다.

(3) 중앙선 광역철도

중앙선 복선전철은 지난 2005년 12월 16일에 개통되었다. 복선전철화 사업에 따라 중앙선 전동열차는 덕소역을 출발해 청량리(지상)역을 거쳐 용산역까지 10량으로 편성되며, 오전 5:20분부터 출・퇴근시간대에는 12분, 평상시에는 15분 간격으로 1일 총 159회가 운행된다. 소요시간은 청량리역에서 덕소역까지 약 24분이 걸린다.

〈그림 3〉 중앙선 복선전철 노선도

2. 통계자료 분석

중앙선 주변 버스의 수요변화 추이를 분석하기 위해 본 연구에서는 통계자료를 통한 시계열적인 변화 분석을 수행하였다. 분석기간은 2004년~2006년으로 설정하여 중앙선 개통전 수요패턴과 개통후 수요패턴을 종합적으로 비교하였다. 하지만 자료취득의 한계로 인해 서울버스의 자료는 9월~11월, 경기 버스는 3월~5월 자료로 취득시점의 차이가 있으나 두 지역을 별도 분석하였기에 큰 영향은 없을 것으로 판단된다.

1) 버스수요

(1) 경기도 버스

경기도 버스의 수요 변동은 각 연도별(2005년, 2006년) "경기도 버스운송업체 경영 및 서비스 평가"의 노선별 운송수입 자료를 활용하였다. 버스 노선별 승객수는 분석기간의 노선별 운송수입과 버스운임을 고려하여 추정하였다. 분석기간은 2004년~2006년 3년간 3월~5월 3개월간을 기준으로 하였으며, 분석결과는 〈표 4〉와 같다.

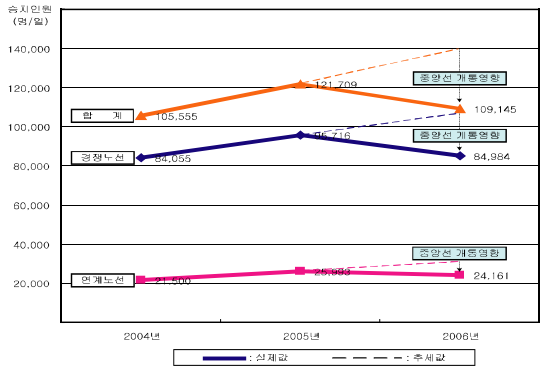
중앙선 주변지역을 운행하는 경기 버스의 경우, 2004년~2005년까지는 수요가 다소 증가하였으나, 2005년~2006년의 수요는 감소하였다. 특히, 경쟁노선들의

〈표 4〉 경기도 버스업체 수요변화

(단위: 명/일)

구분		2004년	2005년	2006년
승차 인원	경쟁노선	84,055	95,716	84,984
	연계노선	21,500	25,993	24,161
	합계	105,555	121,709	109,145
전년도 대비증감	경쟁노선	-	13.9%	-11.2%
	연계노선	-	20.9%	-7.0%
	합계	-	15.3%	-10.3%

자료 : 경기개발연구원, 경기도 버스운송업체 경영 및 서비스 평가, 각년도



〈그림 4〉 경기버스 수요변화

경우는 중앙선 광역철도 개통 후 약 11.2%의 수요가 감소하여 광역철도 개통으로 인해 기존 이용수요의 상당수가 철도로 전환된 것을 알 수 있었다.

(2) 서울시 버스

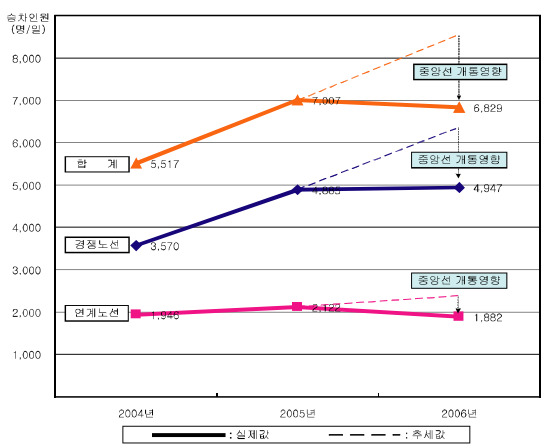
서울시 버스의 수요 변동은 서울시에서 제공하는 버스노선별 일주일 평균 이용객 자료(2004년~2006년 3

〈표 5〉 서울시 버스업체 수요변화

(단위: 명/일)

구분		2004년	2005년	2006년
승차 인원	경쟁노선	3,570	4,885	4,947
	연계노선	1,946	2,122	1,882
	합계	5,517	7,007	6,829
전년도 대비증감	경쟁노선	-	36.8%	1.3%
	연계노선	-	9.0%	-11.3%
	합계	-	27.0%	-2.5%

자료 : http://bus.seoul.go.kr



〈그림 5〉 서울버스 수요변화

년간 9월~11월)를 활용하였다. 분석결과 중앙선과 연관된 서울시 버스 노선의 경우, 2004년~2005년 사이는 수요가 높은 수준으로 증가하였으나 광역철도 개통이후 수요가 약 2.5% 감소하였다.

경기버스에 비해 특징적인 것은 경쟁노선과 연계노선에 대해 수요변화가 다소 상이하게 나타난 것이다. 하지만 개통전 이 지역 서울버스 경쟁노선의 2004년~2005년 수요증가량이 36.8%로 매우 높았으나, 개통후 2005년~2006년에는 1.3%로 많이 완화된 결과를 보이고 있다. 이는 서울버스의 경쟁노선도 중앙선 개통후 수요에 영향을 받았다는 것을 보여준다. 더욱이 연계노선의 경우는 그 영향이 더 크게 나타나 2005년~2006년에는 수요가 감소한 것을 확인할 수 있다.

이와 같은 결과는 서울시와 철도공사간의 대중교통 통합요금제 시행에 따라 이용자들이 요금에 대한 저항이 경기버스에 비해 상대적으로 작기 때문인 것으로 판단된다. 하지만 보다 세부적인 분석은 개별노선의 기종점 특징 및 이용객의 기종점 분석 등이 필요하지만 본 연구의 자료로는 이를 고려할 수 없는 한계가 있다.

(3) 분석결과 종합

버스 수요 분석결과, 서울버스 및 경기버스 모두 수요가 감소한 것을 확인할 수 있다. 특히 경기버스 중 경쟁노선의 경우는 가장 큰 폭으로 수요가 감소한 것을 알 수 있다. 이는 정시성 및 통행속도 측면에서 보다 뛰어난 교통수단인 철도로 버스수요가 상당부분 전환되었다는 것을 의미한다.

따라서 버스수단의 경우는 상위수단인 광역철도 계획에 맞춰 노선조정을 함으로써 연계수단으로서의 역할을 강화하고, 대중교통 이용자들의 편리성을 높여 자체 수요 감소를 방지하여야 한다는 것을 시사하고 있다.

2) 철도수요

(1) 광역철도

중앙선 광역철도 개통 이후 2006년 1월~12월까지의 광역철도 이용수요를 분석하기 위해 한국철도공사의 내부 자료를 활용하였다. 본 연구에서는 중랑-망우-양원-구리-도농-양정-덕소역(총 7개소)을 이용하는 승하차 승객수를 중앙선의 이용수요로 판단하였다.

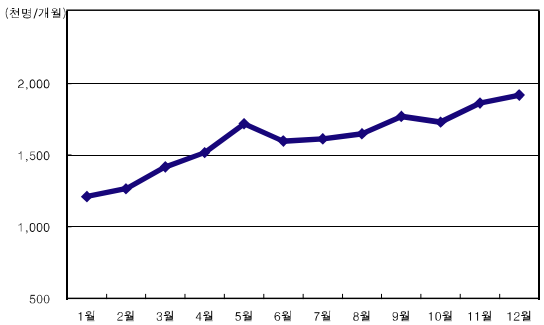
중앙선 광역철도 이용수요(승차+하차)는 월평균 4.3%의 높은 증가율을 보이고 있어 향후 현재보다 높은 수요증가가 예상된다.

〈표 6〉 중앙선 광역철도 승객추이(2006년)

(단위 : 명)

구분	승차	하차	합계
1월	574,882	636,576	1,211,458
2월	603,982	661,621	1,265,603
3월	684,490	734,063	1,418,553
4월	734,678	782,834	1,517,512
5월	831,251	888,005	1,719,256
6월	774,737	823,166	1,597,903
7월	780,709	832,248	1,612,957
8월	794,284	854,823	1,649,107
9월	859,791	910,032	1,769,823
10월	838,863	891,129	1,729,992
11월	942,373	921,147	1,863,520
12월	979,208	939,849	1,919,057
평균증가율	5.0%	3.6%	4.3%

자료 : 한국철도공사 내부자료, 2006년



〈그림 6〉 2006년 중앙선 광역철도 수요(승하차)

(2) 일반철도

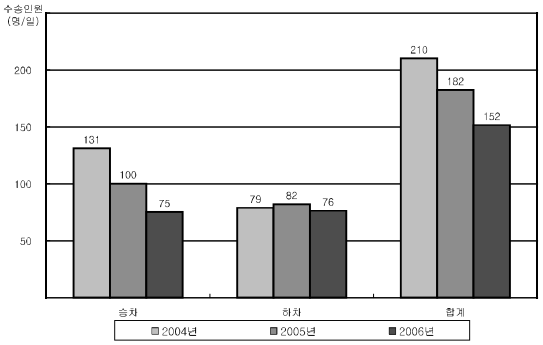
중앙선 광역철도와 중복되는 구간에 위치하는 망우, 도농, 덕소역에 대한 일반철도의 이용수요를 검토하였다. 분석기간은 2004년~2006년 3월~5월간의 자료를 기준으로 하였으며, 분석결과는 〈표 7〉과 같다.

〈표 7〉 중앙선 일반철도 이용수요

(단위 : 명/일)

구분		망우역	도농역	덕소역	합계	전년도 대비	
						증감량	증감비
04년	승차	41	39	51	131	-	-
	하차	23	25	31	79	-	-
	합계	64	64	82	210	-	-
05년	승차	32	28	40	100	-31	-23.6%
	하차	20	24	39	82	3	4.0%
	합계	52	52	79	182	-28	-13.2%
06년	승차	-	-	75	75	-25	-25.0%
	하차	-	-	76	76	-6	-7.0%
	합계	-	-	152	152	-31	-16.9%

자료 : 한국철도공사 내부자료, 각년도



〈그림 7〉 중앙선 일반철도 이용수요 추이

중앙선 개통 전후 일반철도의 수요를 살펴보면, 2005년~2006년의 수요는 승하차 합계 기준으로 16.9%가 감소하였다. 이는 정차 정류장 개수와 운행횟수의 감소에 의해 이용수요가 광역철도로 전환하였기 때문인 것으로 판단된다.

3. 통행실태 분석

중앙선 개통이 주변 지역 통행자들의 통행패턴에 미치는 영향을 직접적으로 분석하기 위해 본 연구에서는 중앙선 이용객을 대상으로 중앙선 개통 전후 통행실태 조사를 수행하여 수단간 전환을 검토하였다.

1) 설문조사 개요

설문조사는 총 1,189명에 대해 이루어졌으며, 이중 995명에 대한 조사결과만 유효하였다.

- 조사장소 : 덕소, 양정, 도농, 구리, 양원역
- 조사대상 : 중앙선 광역철도 이용객
- 조사기간 : 2007년 4월 4일~4월 5일
- 첨 두 시 : 07:00~09:00시
- 비첨두시 : 10:00~12:00시, 14:00~16:00시

2) 설문조사 분석결과

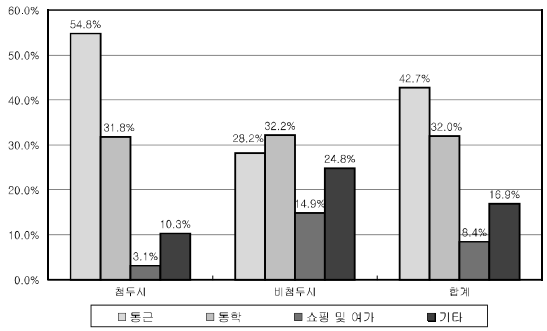
(1) 중앙선 통행목적

중앙선 광역철도 이용객의 통행목적을 살펴보면 통근이 42.7%, 통학이 32.0%를 차지하고 있어 대부분이 통근 및 통학과 관련된 통행임을 알 수 있다.

〈표 8〉 중앙선 이용객의 통행목적 분석결과

(단위 : %)

구분	통근	통학	쇼핑및여가	기타	합계
첨 두 시	54.8	31.8	3.1	10.3	100.0
비첨두시	28.2	32.2	14.9	24.8	100.0
합계	42.7	32.0	8.4	16.9	100.0



〈그림 8〉 중앙선 이용객 통행목적

(2) 중앙선 전환수요 분석

중앙선 광역철도를 이용하는 사람들이 중앙선 개통이전 주로 이용했던 교통수단을 연령대별로 조사한 결과는 〈표 9〉와 같다. 분석결과, 중앙선 이용객들의 약 72%는 버스에서 전환된 것으로 나타났으며, 다음으로는 승용차 19.6%, 일반열차 5.3%, 택시 0.5%, 기타수단 2.6%로 나타났다.

〈표 9〉 연령대별 중앙선 개통이전 교통수단

(단위 : %)

구분	버스	승용차	일반열차	택시	기타	합계
20세미만	48.5	24.2	3.0	0.0	24.2	100.0
20-30세	82.6	6.6	7.0	0.7	3.1	100.0
30-40세	65.4	27.2	5.7	0.9	0.9	100.0
40-50세	50.3	46.2	2.8	0.0	0.7	100.0
50-60세	71.4	24.3	4.3	0.0	0.0	100.0
60세이상	81.3	17.2	0.0	0.0	1.6	100.0
합계	72.0	19.6	5.3	0.5	2.6	100.0

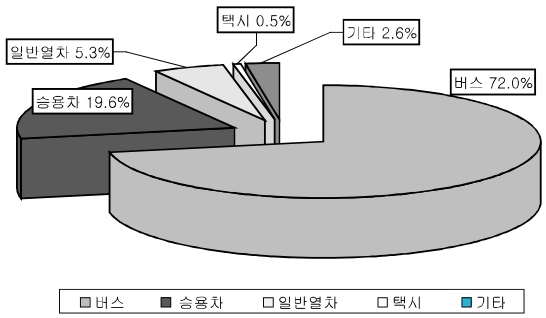
연령대별로 살펴보면, 20~30대에서의 버스 전환율이 82.6%로 높게 나타났는데 이는 승용차가 없는 학생 이용객의 영향 때문이라고 판단된다. 또한 60세 이상에서의 버스 전환율이 81.3%로 높게 나타났는데 이는 65세 이상에 대한 전철 요금감면제도(무임) 때문인 것으로 판단된다.

통행목적별로 살펴보면, 통근, 쇼핑 및 여가, 기타 통행의 경우는 승용차에서의 전환율이 22.6%~25.6%로 높게 나타났으나 통학의 경우는 승용차 전환율이 7.9%로 낮게 나타났다. 이는 통학 통행의 대부분이 승용차 보유율이 낮은 학생 집단에 의해 이루어지기 때문인 것으로 사료된다.

〈표 10〉 통행목적별 중앙선 개통이전 교통수단

(단위 : %)

구분	버스	승용차	일반열차	택시	기타	합계
통근	67.1	25.6	5.9	0.2	1.2	100.0
통학	80.5	7.9	6.6	0.0	5.0	100.0
쇼핑 및 여가	73.8	22.6	1.2	1.2	1.2	100.0
기타	67.3	25.0	3.6	1.8	2.4	100.0



〈그림 9〉 중앙선의 전환수요

(3) 조사결과 종합

통행실태조사 결과, 현재 중앙선 이용객의 대부분인 72%가 기존 버스에서 전환된 수요로 나타났으며, 승용차에서 전환된 수요는 19.6%로 상대적으로 적은 것으로 분석되었다. 이는 승용차 이용객의 경우 대중교통 이용객에 비해 수단전환의 탄력성이 매우 적기 때문이라 판단된다.

따라서 장래 광역철도 계획의 효율성을 높이기 위해서는 승용차 전환수요를 높여야 할 것이다. 이를 위해서는 광역철도 역사 주변에 Park & Ride와 Kiss & Ride와 같은 환승 시설이 제대로 기능할 수 있도록 갖출 필요가 있다. 실제로 조사대상 역 중 양원역의 경우는 양평군 등 주변지역에서 Park & Ride 형태의 통행을 하고 있는데, 승용차 전환율이 55.4%로 중앙선 전체 평균 승용차 전환율 19.6%에 비해 높은 전환율을 나타내었다.

Ⅳ. 장래 대중교통 수요변화 추정

1. 철도

본 연구에서는 과거 추이를 기초로 로지스틱 모형식을 적용하여 중앙선 광역철도의 장래 수요를 예측하였다.

1) 분석의 전제

기존 철도 개통에 따른 수요증가 현상에 대한 연구[1]에서는 광역철도 수요가 평균 25개월 이후에는 안정화된다고 제시하고 있으므로 본 연구에서는 중앙선 광역철도의 수요가 2007년 12월 이후에 안정화된다고 전제하였다.

중앙선의 수요 안정화 이후 장래수요는 이 지역의 서울 유출입 통행비율 19.8%를 고려하여 이와 유사한 고양시(19.7%)의 일산선 승객수요를 참고하여, 역별 1일 이용수요를 8,000명으로 가정하였다.

2) 광역철도 수요예측 결과

중앙선 광역철도 수요 예측을 위해 추정된 로지스틱 모형은 식 (2)와 같다. 여기서, 안정화 이후 최종 수요는 앞서 검토된 일산선 역사별 이용승객 8,000명/일을 가정하여 전체 중앙선 노선에 대해 1,680,000명/월을 적용하였다.

예측된 중앙선의 장래 수요는 역별 1일 평균 6,630명[2] 정도로 예측되었으며, 전체 구간은 1일 46,418명(월평균 1,392천명, 연평균 16,942천명)으로 분석되었다. 이는 2007년 1월 보다 약 1.44배 정도 증가한 수치이다.

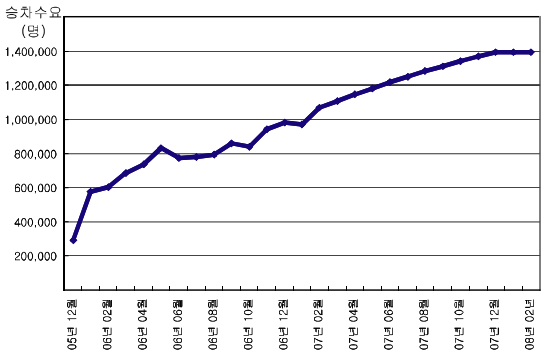
$$\text{승객수} = \frac{K}{1+\exp(\alpha+\beta\times t)}\ ,\quad (R^2=0.74) \qquad (2)$$

여기서, α : -1.5778 β : 0.1021

1) 장은수, 정성봉(2006), "초기 교통수요 형성의 특성규명을 통한 교통수요분석의 신뢰도 제고방안 연구", 한국교통연구원

2) 일산선 수요는 고양시 인구 1,000명 당 9.06명 수준이며, 중앙선의 최종 수요 추정치는 구리, 남양주시 인구 1,000명 당 9.06명 수준으로 분석되었음.

K : 1,680,000명/월(역사당 8,000명/일)
t : 안정화시점 - 분석시점



〈그림 10〉 중앙선 광역철도 수요예측

2. 버스

1) 분석의 전제

중앙선 주변 버스 수요 변화를 분석하기 위한 가정은 다음과 같다.

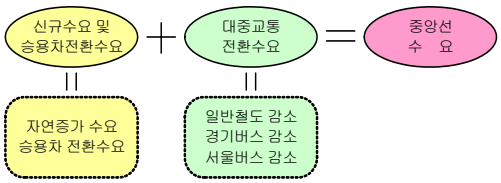
- 이 지역의 버스 수요변화 요인은 중앙선 개통효과로 한정하였다.
- 중앙선 구간 중 청량리역~망우역 구간은 기존 서울시 지하철과 연계가 가능한 구간으로 중앙선 개통효과가 미미하여 통행에 영향이 없다고 전제하였다.
- 기존 일반철도 이용객은 광역철도로만 전환하고 버스와는 관계가 없다고 전제하였다.

2) 중앙선 전환수요 분석

버스감소 수요를 예측하기 위한 중앙선 광역철도 수요를 〈그림 11〉과 같이 신규수요 및 승용차 전환수요와 대중교통 전환수요로 구분하였다.

이 중 신규수요는 주변지역 활동인구 증가에 의한 순수 창출 수요를 나타내며, 승용차 전환수요는 기존에 개인교통수단을 이용하던 수요 중 중앙선으로 전환되는 수요를 의미한다. 또한 대중교통 전환수요는 대중교통 수단간의 전환을 의미하며, 기존 대중교통수단에서 중앙선 광역철도로 전환되는 대중교통 수요가 이에 포함된다.

대중교통 전환수요는 앞서 검토된 통계자료를 기초로 버스와 일반철도의 감소수요를 분석하여 추정하였다. 대중교통 전환수요와 전체 중앙선 수요가 산정된 후, 신규수요 및 승용차 전환수요는 전체 중앙선 수요에서 대중교통 전환수요를 제외한 수요가 되게 된다.



〈그림 11〉 중앙선 광역철도 수요 구분

〈표 11〉 중앙선 광역철도 수요 구분

구분		내용
신규수요 및 승용차전환수요	자연증가 신규수요	인구증가에 의해 증가된 순수 증가 수요
	승 용 차 전환수요	승용차에서 중앙선으로 전환되는 수요
대중교통 전환수요	일반철도	기존 일반철도에서 전환되는 수요
	버스	기존 버스에서 전환되는 수요

이상의 분석과정을 적용한 중앙선 전환수요 분석결과는 〈표 12〉와 같다.

〈표 12〉 중앙선 광역철도 수요분석 결과

(단위 : 명/일)

구분			통계자료 분석결과		설문조사 분석결과
			수요	비율	
중앙선 이용수요			19,150	100.0%	100.0%
신규수요·승용차전환	자연증가 신규수요		6,383	33.3%	22.7%
	승 용 차 전환수요				
대중교통 전환수요	일반철도		25	0.1%	5.3%
	버스	경기버스	12,564	65.6%	-
		서울버스	178	0.9%	-
		소계	12,742	66.5%	72.0%
	합계		12,767	66.7%	77.3%

- 2006년 중앙선의 평균 승차이용객 수요는 전체 구간이 24,461명/일이며, 이 중 분석 대상인 양원역~덕소역 구간은 19,150명/일로 나타났다.
- 중앙선 수요 중 버스 전환수요는 총 66.5%를 차지하고 있다. 이중 경기도 버스가 12,564명/일, 서울시 버스가 178명/일로 분석되어 대부분의 수요

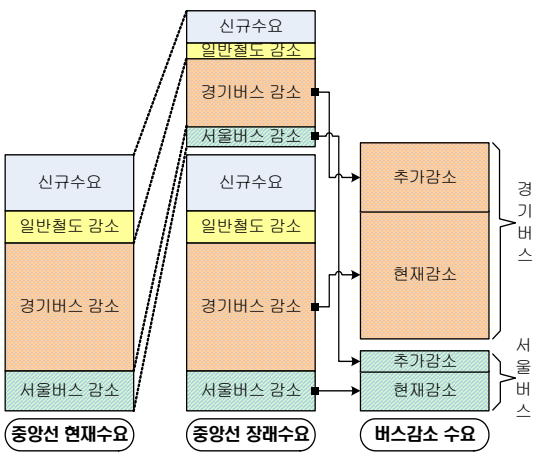
가 경기버스에서 전환되었다.
- 일반철도의 전환수요는 25명/일로 분석되었다.
- 이상을 제외한 승용차 및 자연증가에 의한 수요는 6,383명/일(33.3%)로 나타났다.

통계자료 분석의 정확성을 확인하기 위해 설문조사 분석 결과를 비교하였는데 항목별 유사한 값을 제시하고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

3) 버스 수요 분석

장래 이 지역의 버스 수요는 〈그림 12〉와 같은 과정을 통해 산정되었다. 즉, 현재 중앙선 수요구성 비율을 앞서 예측된 중앙선 장래 수요에 적용하여 추가적인 버스수요 감소부분을 분석하였다. 분석된 결과는 〈표 13〉과 같다.

장래 예측된 중앙선의 수요 중 분석대상 구간의 수요는 36,339명/일로 분석되었다. 이를 기준으로 2007년 말 버스 승객변화를 살펴보면, 경기도 버스의 경우 2006년에 비해 추가로 일평균 11,278명이 감소하여 97,867명/일로 예측되었다. 서울시 버스의 경우 추가로 일평균 160명이 더 감소되는 것으로 나타났다.



〈그림 12〉 버스감소 수요분석 과정

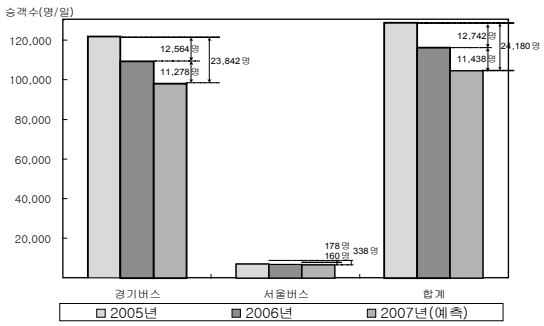
이상의 분석결과는 광역철도 개통전인 2005년 기준으로 경기버스의 경우는 총 19.6%가 감소한 수치이며, 서울버스의 경우는 총 4.8%가 감소한 결과이다. 승객수 기준으로는 일평균 24,180명이 감소하여 연간 약 8,825천명이 감소할 것으로 예상된다.

〈표 13〉 중앙선 주변 버스 수요 전망

(단위 : 명/일)

구분	수요추이			수요전망			
	2005년	2006년	05-06년 감소량	수요 전환 비율	추가 감소 수요	2007년 예측수요	총 감소 비율
경기 버스	121,709	109,145	12,564	65.6%	11,278	97,867	-19.6%
서울 버스	7,007	6,829	178	0.9%	160	6,669	-4.8%
합계	128,716	115,974	12,742	66.5%	11,438	104,536	-18.8%

주 : 수요전환 비율은 통계자료 분석결과를 적용함.



〈그림 13〉 버스수요 변화전망

Ⅴ. 결론

본 연구에서는 광역철도 개통이 주변 대중교통체계에 미치는 영향을 2005년 말에 개통된 중앙선 복선전철 노선을 대상으로 실증적인 연구를 수행하였다. 분석방법은 통계자료 및 이용객 설문조사를 병행하여 종합적인 측면에서 검토하였다.

통계자료 분석결과, 광역철도의 개통이 주변 교통체계에 미치는 영향은 승용차(33.3%)에 비해 버스 수단(66.5%)이 큰 것으로 나타났다. 이 중 경기버스의 경우는 65.6%가 광역철도로 전환되는 것으로 분석되었으며, 서울버스의 경우는 0.9%가 전환되는 것으로 나타났다. 즉, 서울버스에 비해서는 경기버스에 미치는 영향이 크게 분석되었다. 이용객을 대상으로 한 설문조사 분석결과도 통계자료 분석과 유사한 결과가 도출되었다.

산정된 전환율 자료를 근거로 중앙선 수요 안정화 이후의 이 지역 버스수요를 전망하면, 경기버스의 경우는 개통전에 비해 총 19.6%가 감소하는 것으로 나타났으며, 서울버스의 경우는 4.8%가 감소하는 것으로 분석되었다.

이상의 결과를 통하여 승용차 이용객들은 대중교통

시설의 확충이나 서비스 개선 등에 영향을 덜 받는 것을 알 수 있었다. 반면에 기존 버스 이용자들의 경우는 광역철도 개통 등 대중교통 시설 확충이나 서비스 개선에 민감하게 반응하는 것을 알 수 있었으며, 광역철도 개통으로 인하여 버스의 수요가 크게 감소함을 확인할 수 있었다. 즉, 대중교통 시설개선을 통해 승용차 이용자가 전환되기 보다는 기존의 대중교통 이용자가 고급의 대중교통 수단으로 전환되고, 기존의 대중교통 운영자는 수요감소로 인해 경영애로를 겪는 구조를 갖게 된다.

따라서 향후 계획되고 있는 광역철도의 실효성을 높이기 위해서는 승용차 이용자의 전환을 유도해야 한다. 이를 위해서는 단순한 시설확충 보다 주변지역 이용자들이 대중교통으로 전환될 수 있는 다양한 정책을 종합적으로 추진할 필요가 있다.

연구 수행과정의 한계점과 향후 연구방안을 제시하면 다음과 같다. 우선, 본 연구에서는 자료수집의 한계로 인해 정류장 승하차 인원이 아닌 노선 중심의 분석을 수행하였는데, 보다 정확한 분석을 위해서는 정류장 승하차 인원을 기반으로 한 연구가 필요하다. 둘째, 본 연구 결과를 일반화하여 향후 개통 예정인 광역철도에 따른 주변 영향을 분석하는 연구를 수행하여 본 연구결과를 보다 일반화시킬 필요가 있다. 마지막으로 광역철도 개통효과를 높이기 위해 승용차 이용자의 전환을 유도하기 위한 방안에 대한 연구도 수행될 필요가 있다.

참고문헌

1. Ben-Akiva, M. and S. R. Lerman(1985), "Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand", The MIT Press.
2. The Automotive Safety Foundation(1963), "Traffic Control and Roadway Elements-their relationship to Highway Safety".
3. 경기개발연구원(2006a), "2006 경기도 버스운송업체 경영 및 서비스 평가", 경기도.
4. 경기개발연구원(2006b), "경기도 대중교통종합계획수립 연구", 경기도.
5. 경기개발연구원(2006c), "경기도 철도기본계획 수립 연구용역", 경기도.
6. 도철웅(2001), "교통공학원론", 청문각.
7. 김강수(2002), "Stated Preference 조사설계 및 분석방법론에 대한 연구(2단계)", 한국교통연구원.
8. 서울시정개발연구원(2006), "대중교통체계개편 성과분석 및 버스관리기구 설립·운영방안 - 제1편 대중교통체계개편 성과분석 - ", 서울특별시.
9. 성현곤·권영종·송선아·이재용(2006), "광역철도 개통효과 분석 및 개선방안에 관한 연구: 중앙선 광역철도를 중심으로", 제53회 학술발표대회 발표논문집, 대한교통학회, p577~590.
10. 윤혁렬(2000), "제2기 지하철 전면개통에 따른 시내버스 노선체계의 개편구상", 서울시정개발연구원.
11. 장수은·정성봉(2006), "초기 교통수요 형성의 특성규명을 통한 교통수요분석의 신뢰도 제고방안 연구", 한국교통연구원.

♧ 주 작 성 자 : 조응래
♧ 교 신 저 자 : 조응래

♧ 논문투고일 : 2007. 5. 19
♧ 논문심사일 : 2007. 7. 30 (1차)
2007. 10. 10 (2차)
2007. 10. 12 (3차)
♧ 심사판정일 : 2007. 10. 12
♧ 반론접수기한 : 2008. 6. 30