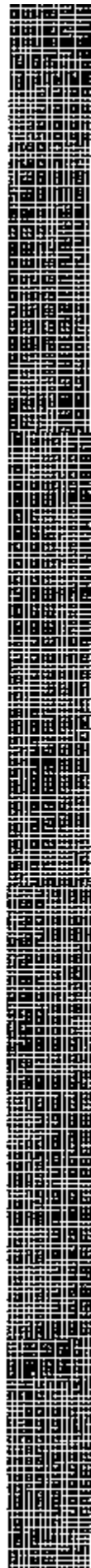


第 1 章 연구의 개요

제 1 절 연구의 배경 및 목적

제 2 절 연구의 범위

제 3 절 연구의 방법



제 1 장 연구의 개요

제 1 절 연구의 배경 및 목적

1996년 서울시 교통센서스이후 기초데이터의 중요성이 인식되면서 과학적인 교통정책의 구현이 되는 교통수요모형에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다.

신뢰성있는 분석기법과 예측모형이 구축됨으로서 기초데이터를 좀더 효율적으로 활용할 수 있을 뿐 아니라 일관성있는 정책구현이 가능하기 때문이다.

이러한 인식하에 1998년 「서울시 교통수요 예측모형 정립(I)」 연구에서는 1996년 서울시 교통센서스 자료를 기초로 통행발생모형 및 통행분포모형을 정립한바 있다. 본 연구에서는 1998년 연구에 대한 연속연구로서 수단선택모형과 통행배분모형을 성립함으로써 전통적인 4단계모형을 완성하는 종합교통분석체계를 구축하고자 한다.

또한, 1990년대 초부터 입주가 시작된 분당, 일산등의 대규모 신도시의 기능이 정확화됨에 따라 부각되기 시작한 광역교통문제는 이제는 서울시 내부교통의 상당부분을 차지하고 있다.

즉, 서울시의 교통문제는 서울시 행정구역내의 문제만이 아니라 수도권외 광역차원에서 그 문제점과 해결방안을 찾아야 되는것이다.

따라서, 본 연구의 목적은 첫째, 1998년 「서울시 교통수요 예측모형 정립 (I)」 이어 수단선택모형 및 통행배분모형을 완성하여 종합교통분석체계를 완성하고, 둘째, 광역통행의 특성을 분석을 통하여 서울시 광역교통수요관리 정책 수립에 도움이 되고자 하는 것이다.

제 2 절 연구의 범위

1. 공간적 범위

연구의 공간적 범위는 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997), 「서울시 교통수요 예측모형 정립(I)」(1998) 연구와 같은데, 서울시를 중심으로 경부·인천을 포함한 수도권지역이다.

2. 시간적 범위

연구의 시간적 범위도 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997), 「서울시 교통수요 예측모형 정립(I)」(1998) 연구와 일치하는데, 1996년 11월말이 기준시점이다. 그러므로, 수단선택모형, 통행배분모형 정립에 사용한 자료¹⁾는 1996년 11월말 조사자료이다.

3. 내용적 범위

연구의 내용적 범위는,

첫째, 수단선택모형, 통행배분모형의 정립과 관련한 국내외 기존연구 검토

둘째, 수단선택모형, 통행배분모형의 정립을 위한 기초자료 (「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」 연구(1997)의 일일식 가구통행실태조사 자료와 현재 구축된 서울시 교통망) 수정·보완

셋째, 수단선택모형 정립

넷째, 가로망 비용함수 정산을 포함한 통행배분모형 정립

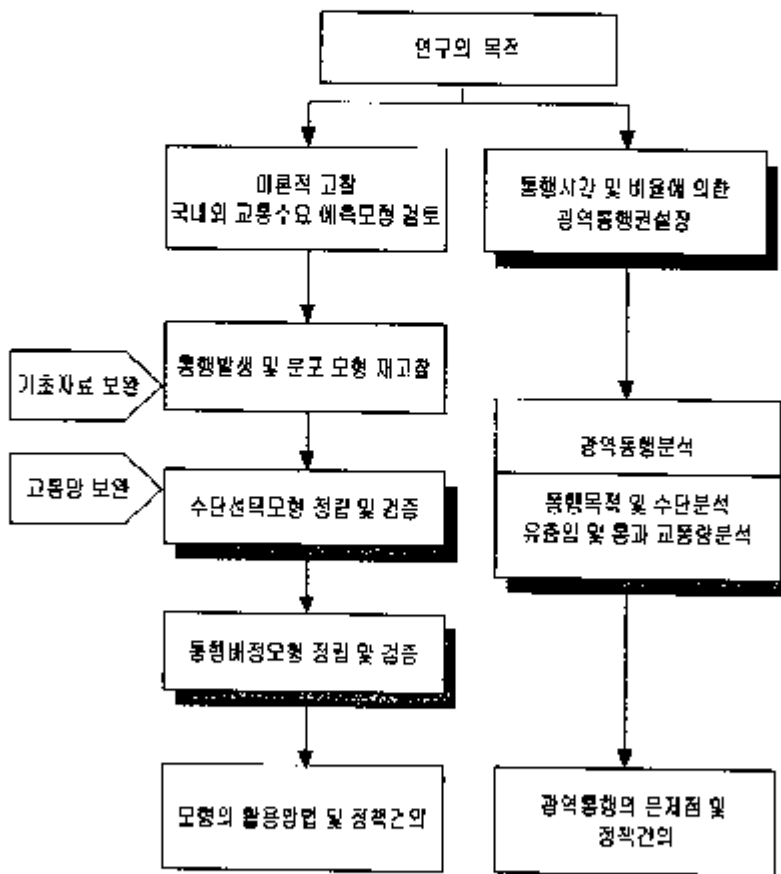
다섯째, 통행시간 및 통행비율을 근거로 광역통행권설정

1) 모형정산에서 사용한 자료는 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」 연구(1997)를 위해 1996년 말 서울 시에서 실시한 일일식 가구통행실태조사 자료와, 1996년 기공점(O/O) 동행망, 1996년 교통망이다.

여섯째, 서울시를 중심으로 한 경기·인천지역의 광역통행 특성분석이다.

제 3 절 연구의 방법

본 연구는 다음의 흐름도를 따라 진행한다.



<그림 1-1> 연구의 흐름도

第 1 部

서울시 종합교통분석체계 정립

第 2 章 동행발생모형 및
동행분포모형의 제고찰

제 1 절 동행발생모형

제 2 절 동행분포모형



제 2 장 통행발생모형 및 통행분포모형의 재고찰

제 1 절 통행발생모형

1. 모형의 결정

「서울시 교통수요 예측모형 정립(I)」에서 정립된 통행발생모형은 카테고리분석법과 다항분류법, 선형회귀법을 모두 검토하였으나, 카테고리분석법과 다항분류법은 자료의 한계 때문에 적합하지 않은 것으로 판단되어, 손별 총량에 의한 선형회귀모형을 적용하였다. 최종적으로 정립된 통행발생모형은 손 크기에 관계없이 범용적으로 활용할 수 있는 상수항이 제거된 모형이다.

2. 통행목적 분류 및 독립변수 결정

통행발생모형은 통행목적별로 별도의 모형으로 구축하였는데, 모형에 적용된 통행목적은 특성이 유사한 친교위락 및 개인용무와 특성은 다르지만 별도의 목적으로 모형화 하기에는 통행량이 작은 배웅을 통합하여 기타목적으로 분류하였고, 나머지는 통근, 등교, 학원, 업무, 귀가, 쇼핑으로 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997) 연구의 분류기준을 따랐다.

그리고 각 모형은 통행목적의 특성에 따라 지역별 적용범위를 구분하였는데, 서울, 인천·경기도 지역을 구분하거나 수도권전체를 대상으로 모형을 구축하였다.

통행발생모형에 사용된 독립변수들은 각 통행목적에 따라 해당 목적을 가장 잘 설명할 수 있는 변수를 설정하였는데, 설정된 독립변수는 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 동행목적별 모형적용범위 및 독립변수

행목적	모형의 적용범위		사용된 독립변수	
	민생	도적	발생	도착
통근	· 수도권전체	· 서울 · 인천경기	· 총 취업시수	· 총 종사자수(지역별) (1·2차 산업, 3차산업)
통교	· 수도권전체	· 수도권전체	· 총 거주지 학생수	· 수용 학생수 (초·중·고 학생, 대학생이상)
학원	· 서울 · 인천경기	· 서울 · 인천경기	· 총 거주지 학생수(지역별) · 총 종사자수(지역별) (1·2차 산업, 3차산업)	· 총 인구(지역별) · 총 종사자수(지역별) (1·2차 산업, 3차산업)
업무	· 서울 · 인천경기	· 서울 · 인천경기	· 총 인구(지역별) · 총 종사자수(지역별) (1·2차 산업, 3차산업)	· 총 인구(지역별) · 총 종사자수(지역별) (1·2차 산업, 3차산업)
취가	· 수도권전체	· 수도권전체	· 총 종사자수 · 총 수용학생수 (초·중·고등학생, 대학생 이상)	· 총 인구
쇼핑	· 서울 · 인천경기	· 서울 · 인천경기	· 총 승용차 보유대수 (지역별) · 총 종사자수(지역별)	· 쇼핑관련 종사자수(지역별) (대 분류기준 : 도·소매 및 소비 비용품 수리업)
기타	· 서울 · 인천경기	· 서울 · 인천경기	· 총 인구 · 종사자수(지역별) (3차산업) · 수용학생수(대학생이상)	· 총 승용차 보유대수 · 총 종사자수 · 총 수용학생수

3. 통행발생 모형정립

선형회귀모형으로 최종 구축된 통행발생모형은 <표 2-2>와 같다.

<표 2-2> 동행목적별 동행발생/도착 예측모형식

동행목적		모형식	
귀빈	발생	수도권	$0.9880 \times (0.9385 \times \text{취업지수})$
	도착	서울	$0.9953 \times (0.668 \times 1 \cdot 2\text{차산업 종사지} + 1.2844 \times 3\text{차산업 종사지})$
		인천·경기	$1.0128 \times (0.9107 \times 1 \cdot 2\text{차산업 종사지} - 1.1895 \times 3\text{차산업 종사지})$
학원	발생	서울	$1.0002 \times (0.251 \times \text{기주지 학생수} + 0.0098 \times \text{총 종사자수})$
		인천·경기	$1.0152 \times (0.2437 \text{ 기주지 학생수} + 0.0141 \times \text{총 종사자수})$
	도착	서울	$1.0060 \times (0.0236 \times \text{인구수} + 0.1234 \times \text{종사자수})$
		인천·경기	$0.9969 \times (0.0343 \times \text{인구수} + 0.1332 \times \text{종사자수})$
업무	발생	서울	$1.0060 \times (0.0765 \times \text{인구수} - 0.1276 \times 1 \cdot 2\text{차산업 종사자수} + 0.4571 \times 3\text{차산업 종사자수})$
		인천·경기	$1.0348 \times (0.0373 \times \text{인구수} - 0.1980 \times 1 \cdot 2\text{차산업 종사자수} + 0.9584 \times 3\text{차산업 종사자수})$
	도착	서울	$1.0166 \times (0.0211 \times \text{인구수} - 0.3340 \times 1 \cdot 2\text{차산업 종사지수} + 0.5617 \times 3\text{차산업 종사자수})$
		인천·경기	$1.0175 \times (0.0162 \times \text{인구수} - 0.4567 \times 1 \cdot 2\text{차산업 종사지수} + 0.5560 \times 3\text{차산업 종사자수})$
귀기	발생	수도권	$1.0108 \times (0.8702 \times 1 \cdot 2\text{차산업 종사자수} - 1.876 \times 3\text{차산업 종사지수} - 1.6674 \times \text{초·중·고등학생수} + 0.6371 \times \text{대학생 이상 학생수})$
	도착	수도권	$1.0068 \times (0.8193 \times \text{인구수})$
쇼핑	발생	서울	$0.9818 \times (0.4295 \times \text{승용차보유대수} + 0.0086 \times \text{종사자수})$
		인천·경기	$1.0639 \times (0.3357 \times \text{승용차보유대수} + 0.0381 \times \text{종사자수})$
	도착	서울	$1.0567 \times (0.0131 \times \text{인구수} + 1.2735 \times \text{쇼핑관련 종사지수})$
		인천·경기	$1.0142 \times (0.0005 \times \text{인구수} + 1.6463 \times \text{쇼핑관련 종사지수})$
기타	발생	서울	$1.0280 \times (0.1783 \times \text{인구수} + 0.4339 \times 3\text{차산업 종사자수})$
		인천·경기	$1.0066 \times (0.1522 \times \text{인구수} - 0.4813 \times 3\text{차산업 종사지수} - 0.2262 \times \text{대학이상 학생수})$
	도착	서울	$1.0362 \times (0.0943 \times \text{인구수} - 0.7361 \times 3\text{차산업 종사지수} - 0.1919 \times \text{대학이상 학생수})$
		인천·경기	$1.0321 \times (0.0244 \times \text{인구수} + 1.3015 \times 3\text{차산업 종사자수})$

4. 통행발생모형의 문제점 및 개선방향

「서울시 교통수요 예측모형 정립(1)」에서 정립된 통행발생모형은 선형회귀모형으로서 단순할 뿐 아니라 요구되는 사회경제지표확보가 용이하여 현실적으로 적용가능성이 높은 모형이지만 통행발생/도착행태가 등질적이지 못할 경우 많은 오차가 유발될 수 있다.

따라서 교통센서스 자료의 한계 때문에 최종적으로 카테고리 분석법이나 다항분류법이 아닌 상수항이 제거된 선형회귀모형을 쓰게 되었으나 향후 다음의 문제점을 극복하는 관점에서 보완연구가 필요하다.

- 과소응답 보정의 주대상인 택시이용자(약 200만 통행보정) 및 기타수단이용자의 주거 및 사회경제 정보가 없다. 즉 총량적으로 과소응답 보정량을 알 수 있으나 과소응답 통행에 대한 사회경제 정보를 알 수 없다.
- 무행별로 직장에서 출발하거나 연쇄(체인)통행(Trip Chain)에 의한 비가정기반 통행량에 대한 별도의 처리가 안되어 구조적 오차가 내재되어 있다.
- 귀가통행이 하나의 목적통행으로 분류되었으나 귀가전 목적활동에 따라 그 특성이 다르기 때문에 귀가통행 처리문제가 귀가전 목적활동과 연계되어야 한다.

제 2 절 통행분포모형

1. 모형정산 방법

통행분포모형으로는 2중제약 엔트로피모형, 삼가중력모형, 3중제약 엔트로피모형을 적용하였는데, 이러한 모형들의 정산을 위해서 EMME/2의 2중제약 및 3중제약 축차 계산 모듈(2-D, 3-D balancing module)을 활용하였다.

또한, 통행분포모형의 통행저항으로는 통행거리를 이용하였으며, 특히, 내부존의 경우에는 통행거리가 '0' 가 되는 것을 막기위해 내부존에서 가장 가까운 존과 두 번째로 가까운 존의 평균값을 내부존의 통행거리로 설정하였다.

2. 동행분포 모형정립

동행분포모형의 정립을 위해 각 동행목적별로 계수정산을 수행하였으며, 또한 각각의 마찰저항함수 정산을 위해 2중제약 엔트로피모형과 3중제약 엔트로피모형에 대해서는 Hyman 접근법을 사용하였고, 감마중력모형에 대해서는 BPR 접근법을 응용하여 적용하였다.

1) 2중제약 엔트로피 모형

아래 식과 같은 음지수 형태의 마찰저항함수를 가지며 파라메타 정산결과는 다음과 같다.

$$F_{ij} = \exp(-\theta C_{ij}) \quad \langle \text{식 2-1} \rangle$$

<표 2-3> 2중제약 엔트로피도함의 추정된 결과

구분	통근	등교	하원	업무	쇼핑	귀가	가타
평균동행거리(km)	12.3	6.3	5.2	15.05	7.2	10.1	11.2
마찰저항함수의 θ	0.071	0.067	0.169	0.042	0.112	0.125	0.074

2) 3중제약 엔트로피 모형

동행거리그룹(k)별 동행 제약을 추가한 모형으로, 음지수 형태를 가진 마찰저항함수의 파라메타 θ 이외에, γ_k 라는 동행거리그룹별 균형계수를 추가로 정산해야하며 정산결과는 다음과 같다.

$$F_{ij} = \gamma_k \exp(-\theta C_{ij}) \quad \langle \text{식 2-2} \rangle$$

<표 2-4> 3중제한 엔트로피모형 목적별 추정된 결과

구분	통근	등교	학원	업무	쇼핑	귀가	기타
평균통행거리(km)	12.31	6.33	5.26	15.04	7.23	10.10	11.20
마찰저항함수의 θ	0.02	0.01	0.05	0.01	0.06	0.02	0.08

3) 2중제한 감마중력 모형

감마형태의 마찰저항함수를 가진 모형으로, 파라메타 정산은 FMMF/2의 3중제한 축차계산 모듈과 SAS패키지의 확귀모형식을 통하여 BPR접근법을 적용하였다.

$$F_{ij} = a * C_{ij}^b \exp(-\theta C_{ij}) \quad \text{<식 2-3>}$$

<표 2-5> 감마중력모형의 추정된 평균통행거리와 마찰저항함수의 파라메타

구분		통근	등교	학원	업무	쇼핑	귀가	기타
평균통행거리		12.21	6.42	5.49	14.91	7.22	10.37	10.63
θ	계수값	0.035	0.017	0.052	0.016	0.039	0.020	0.025
	t-value	8.97	2.69	4.21	2.94	5.84	3.00	3.93
a	계수값	2.73	2.13	2.43	2.47	2.88	2.33	2.75
	t-value	22.61	6.13	5.98	14.43	13.37	10.75	14.17
b	계수값	-0.49	-1.25	-0.63	-0.43	-0.62	-1.08	-0.63
	t-value	-14.56	-13.14	-5.51	-9.01	-10.26	-17.79	-11.31
	R^2	0.98	0.93	0.88	0.92	0.95	0.97	0.95

3. 결과분석 및 최적모형선정

최적모형을 선정하기 위해서 이상의 3가지 모형의 정산과정을 거쳐 산출된 모형결과와의 비교 평가가 필요하다. 본 연구에서는 모형의 적합성 검증에 위한 평가방법으로

i) 거리그룹별 통행량 비교 ii) 평균통행거리 iii) 존쌍별 통행량 비교 방법 등을 RMSE와 THEIL의 부등계수의 통계적방법을 사용하여 검정하였다.

검정결과 3중제약 엔트로피모형이 세가지 비교 모두에서 가장 적합도가 뛰어났고, 이중제약 엔트로피모형이 가장 낮았다. 특히, 이중제약 엔트로피모형과 감마중력모형은 3Km이내의 근거리통행에서 오차가 많이 발생하였으나, 3중제약 엔트로피 모형은 통행거리별 통행분포의 오차가 적어 나머지 두 모형보다 모형의 유연성(flexibility)이 뛰어남을 보여 주었다. 따라서, 본 연구에서는 현재 또는 비교적 단기의 장래 통행분포를 예측하는데에는 3중제약 엔트로피모형이 적합하다고 판단하였고, 다만, 이러한 3중제약 엔트로피모형은 모형식에 제약이 많아 장래의 통행분포 패턴이 현재와 많은 차이가 날 것으로 예상되는 장기 통행분포예측 시에는 활용상 주의가 필요하다.

4. 통행분포모형의 문제점 및 개선방향

「서울시 교통수요 예측모형 정립(1)」에서 성립된 통행분포모형은 당시 정확한 통행시간을 결정하는 지체도함수(VDF)에 대한 국내연구 결과가 없었던 관계로 통행거리를 통행저항으로 선택되었다.

또한 기준 통행O/D에 깊이 없는 세로셀에 대해서는 분포모형을 적용하지 않았다. 이는 쇼빙, 확선등의 세로셀이 많이 분포하는 복적통행의 경우 세로셀에도 통행분포모형을 적용하면 기준통행O/D와 장래통행O/D간의 통행분포패턴의 차이가 너무 크기 때문이다.

따라서 통행량이 있어야 되는 세로셀에 대한 보완방법이 검토되어야 하며, 통행배분모형에서 대중교통네트워크가 완성되고 통행비용함수의 계수가 정립되면 통행시간을 통행저항으로 선정하여 모형에 대한 정산을 다시 검토할 필요가 있다.

각 모형별 예측능력비교에서는 3중제약 엔트로피모형이 가장 우수한 것으로 나타났으나, 현재의 거리그룹별 통행량 패턴을 그대로 가정하고 있기 때문에 통행패턴의 변화가 예상되는 장래예측에는 적합치 않다. 따라서, 대규모 택지개발, 지하철 및 고속도로 건설등이 대규모 교통환경변화에도 예측능력이 떨어지지 않는 모형개발이 필요하다.

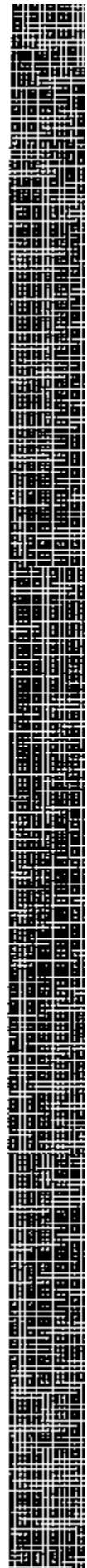
第 3 章 수단선택모형

제 1 절 이론적 고찰 및 기존사례 검토

제 2 절 기초자료 구축

제 3 절 수단선택모형 정립

제 4 절 모형검증 및 한계점



제 3 장 수단선택모형

제 1 절 이론적 고찰 및 기존사례 검토

1. 이론적 고찰

1) 수단선택에 영향을 미치는 변수

통행자의 수단선택에 영향을 미치는 변수는 크게 통행자 특성, 통행의 특성, 통행수단의 특성으로 구분할 수 있다.

일반적으로 통행자 특성변수로는 승용차 소유여부, 운전면허 소지여부, 소득, 주거 밀도, 가구의 크기 등 사회·경제적 변수가 있고, 통행 특성변수로는 통행목적, 통행시간대 등이 있으며, 통행수단 특성변수로는 정량적인 측면에서 각 수단간 상대적인 통행시간, 각 수단간 상대적인 통행비용 및 주차비용과 정성적인 측면에서 인락성, 편리성, 정시성, 안정성 등이 있다.

2) 통행단 수단선택모형

통행단 수단선택모형은 수단선택이 통행분포단계보다 앞서 적용되는 모형으로서, 수단 선택시 통행 특성과 통행수단 특성을 고려할 수 없고, 통행발생량 예측시에 사용된 사회·경제적변수, 즉 통행자 특성만을 고려하여 통행수단을 선택하게 된다. 따라서 통행단 수단선택모형은 모형의 구축이 용이한 반면, 통행수단 특성의 변화, 예를 들면, 주차관리 정책, 혼잡세 또는 주행세부과 정책, 대중교통우선정책 등의 효과를 분석할 수 없는 단점이 있다.

통행단 수단선택모형에는 통행자 특성에 대한 각 수단 이용자의 수를 모형화하는 회귀분석기법이나 전환곡선(diversion curve)기법을 주로 이용한다.

3) 통행교차 수단선택모형

통행교차 모형은 여러가지 수단선택모형 중 가장 널리 사용되어 온 모형으로 수단 선택이 통행분포와 통행배분사이에 이루어지는 모형이다. 통행교차 수단선택모형은 통행특성과 통행수단 특성을 고려하여 수단을 선택하기 때문에, 통행단 수단선택모형에서 할 수 없었던 여러 정책의 효과들 분석할 수 있는 장점이 있는 반면, 모형의 구축이 어렵고 통행분포단계에서 이미 집계(aggregate)된 통행자 특성을 총량적으로 밖에는 고려하기 어렵다는 단점이 있다.

통행교차 수단선택모형에는 통행자특성뿐 아니라 통행목적등의 통행특성과 비용이나 시간 등의 통행수단 특성을 이용하여 각 수단의 이용자수를 모형화 하는 로짓모형이 가장 일반적으로 이용된다. 따라서 본 연구에서 적용된 로짓모형의 이론적 내용을 정리하면 다음과 같다.

4) 로짓모형

로짓모형의 이론적 배경은 선택이론의 효용극대화이론에 근거하는데, 즉, 만약 통행자가 여러수단 중 어떠한 특정수단을 선택했다면 이것은 선택된 수단의 효용이 선택되지 않은 수단의 효용보다 크게 인지되었음을 의미한다.

여기서 효용은 관측가능한 효용과 관측불가능한 효용으로 구성되어있는데, <식 3-1>과 같다.

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad \text{<식 3-1>}$$

여기서, V_i = 관측이 가능한 효용

$$(V_i = \sum_k \theta_{ki} x_{ki}, \theta = \text{parameter, } x = \text{수단 } i \text{ 의 관측가능한속성})$$

ε_i = 관측이 불가능한 효용

선택할 수있는 수단이 a와 b 두가지인 경우, 통행자가 수단a를 선택했다면, 수단 a의 효용이 수단b의 효용보다 크다는 것을 의미하며 <식 3-2>과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P(a) &= \Pr(U_a > U_b) &<식 3-2> \\
 &= \Pr(V_a + \varepsilon_a > V_b + \varepsilon_b) \\
 &= \Pr(V_a - V_b > \varepsilon_b - \varepsilon_a)
 \end{aligned}$$

(1) 다항 로짓모형

다항 로짓모형은 선택수준이 여러개일 경우의 선택모형으로 이항 로짓모형의 확장으로 볼 수 있다. 그러므로 ε 가 i.i.d (independently identically distributed)하고 웨이블(Weibul.)분포를 따른다고 가정하면, n 개의 수단 중 수단 i 를 선택할 확률은 <식 3-3>와 같다.

$$P(i) = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{i=0}^n \exp(V_i)} \quad <식 3-3>$$

(2) 비관련대안간 독립성(I.I.A)와 네스티드 로짓 모형

① 비관련대안간 독립성

(I.I.A : Independence from Irrelevant Alternatives Property)

비관련대안의 독립성이란 특정개인에게 있어 어떤 두 수단에 대한 선택확률 비는 다른 어떤 수단들의 고정효용에 대해서도 영향을 받지 않는다는 것으로서, <식 3-4>과 같이 표현할 수 있다.

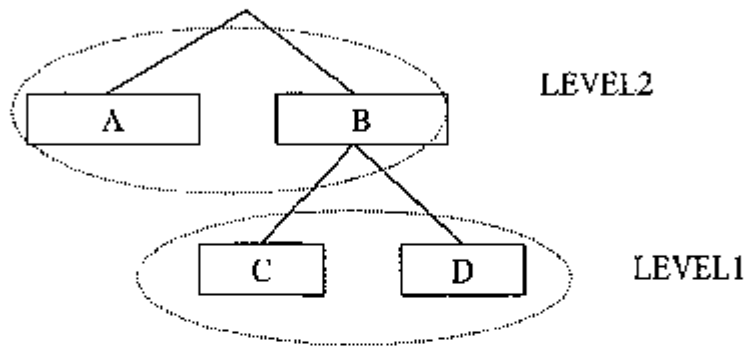
$$\frac{P(i)}{P(j)} = \frac{e^{V_i} / \sum_l e^{V_l}}{e^{V_j} / \sum_l e^{V_l}} = \frac{e^{V_i}}{e^{V_j}} = e^{V_i - V_j} \quad <식 3-4>$$

다항로짓모형에서 가장 빈번하게 범하는 오류가 비관련대안간 독립성을 위반하는 것이다. 이러한 오류를 해결하는 방법중의 하나가 네스티드 로짓모형이나.

② 네스티드 로짓 모형

네스티드 로짓모형은 하나의 선택 측면이 다른 선택 측면과 분리되어 결정될 수 있는 계층적 구조를 가진다고 가정하는 것이다.

네스티드 로짓모형의 장점은 각 대안의 확률적 효용이 서로 독립적이라는 IIA의 가정이 성립되지 않는 경우의 문제점을 해결할 수 있고, 선택대안의 수가 많을 경우 선택대안의 조합을 분류하여 적용할 수 있다는 점이다.



<그림 3-1> 네스티드 구조

만약, <그림 3-1>과 같은 네스티드 로짓모형이 있다고 가정하면, 네스티드 로짓모형의 선택확률은 하위수준(level 1)에서부터 상위수준(level 2)으로 거슬러 올라가면서 순서적으로 결정된다.

우선, 하위수준(level 1)에서 수단 C와 D를 선택할 확률은 이항 로짓모형을 이용하여 구할 수 있는데, <식 3-5>과 같다.

$$P(C) = \frac{\exp(W_C)}{\exp(W_C) + \exp(W_D)}, \quad P(D) = 1 - P(C) \quad \text{<식 3-5>}$$

여기서, W=수단 C와 D에서 공통속성을 제외하고 구축한 관측가능한 효용

둘째, 상위수준(level 2)에서 수단 A와 B를 선택할 확률도 마찬가지로 이항 로짓모

형을 구할 수 있는데, 이때, 수단 B의 효용은 <식 3-6>과 같이 수단 C와 D의 효용에 의해서 구해지며, 이를 이용하여 구한 수단 A와 B를 선택할 확률은 <식 3-7>와 같다.

$$V_B = \phi EMU + \alpha z \quad \text{<식 3-6>}$$

여기서, $EMU(\text{expected maximum utility}) = \log[\exp(W_C) + \exp(W_D)]$
 $z = \text{수단 C와 D의 공통 속성}$

$$P(A) = \frac{\exp(V_A)}{\exp(V_A) + \exp(V_B)}, \quad P(B) = 1 - P(A) \quad \text{<식 3-7>}$$

2. 기존사례 검토

1) 국내 사례

(1) 교통소통촉진을 위한 간선도로 정비 기본계획 (1998. 11. 서울시)

수단선택모형은 로짓모형을 이용하여 각 교통수단의 현재 수단분담율과 서비스수준 관련변수(통행비용, 차내통행시간, 대기시간 및 접근시간, 인당 지역총생산)들을 기초로 각 수단에 대한 효용함수를 도출하고, 장래 수단별 통행량을 예측하였다.

교통수단은 소형자동차, 버스, 도시철도의 3가지 수단으로 구분하였으며, 최우추정법을 이용하여 계수값을 추정하였다.

(2) 서울시 교통정비 기본계획 (1994. 3. 서울시)

「서울시 교통정비 기본계획」에서 사용된 수단선택모형은 집단 다항로짓모형(Aggregate Multinomial Logit Model)이며, 모형의 각 계수를 추정하기 위하여 로짓모형의 전산 패키지중의 하나인 CONDI를 이용하였다.

로짓모형 효용함수의 설명변수로는 통행시간과 통행비용을 채택하였으며, 이들은

각각 현재 및 상대의 가보망 변화를 감안하여 산출하였다.

이 모형에서 교통수단은 승용차 및 기타, 지하철/전철, 버스, 택시 등 4가지로 구분하였고, 서울지역과 수도권지역의 수단선택 행태가 다르다는 전제하에 서울지역과 수도권지역에 대한 모형을 각각 별도로 추정하였다.

(3) 경기지역 도로·철도 교통망 장기개발계획 (1992. 12. 국토개발연구원)

수단선택모형은 로짓모형을 사용하였으며, 교통수단은 승용차(자가승용차 및 택시), 버스(시내버스 및 시외버스), 철도(지하철, 전철 및 지역철도)등 3가지로 구분하였다.

로짓모형의 효용함수 구축시에는 통행시간과 통행비용을 변수로 사용하였다.

(4) 서울시 교통개선 방안에 관한 연구 (1983. 9. 교통부)

「서울시 교통개선 방안에 관한 연구」에서는 이중계약 중력모형(Doubly Constrained Gravity Model)을 기본으로 한 수단선택모형을 사용하였다.

계수 추정시에는 수치해석법에 의한 반복적 탐사과정(Iterative Search Technique)을 이용한 최우추정법(Nonlinear Maximization Likelihood Method)을 사용하였다.

수단선택모형을 식으로 표현하면 다음식과 같다.

$$T_{ijk} = A_j \times \frac{P_i \times t_{ijk}^{\alpha} \times c_{ijk}^{\beta} \times \exp(a_k)}{\sum_i \sum_j P_i \times t_{ijk}^{\alpha} \times c_{ijk}^{\beta} \times \exp(a_k)} \quad \text{〈식 3-8〉}$$

여기서, T_{ijk} : i 지역에서 j 지역으로 교통수단 k 를 이용할 교통량

A_j : 도착지역 j 의 유입통행량

P_i : 발생지역 i 의 발생통행량

t_{ijk} : i 지역에서 j 지역으로 교통수단 k 를 이용할 때 소요되는 통행시간

c_{ijk} : i 지역에서 j 지역으로 교통수단 k 를 이용할 때 소요되는 통행비용

α, β : 매개변수

a_k : 교통수단 k 의 더미

2) 해외사례

(1) 디트로이트(DETROIT)

디트로이트 대도시권의 수단선택모형은 가정기반출근통행, 기정기반기다통행, 비가정기반통행으로 나누어 구축되었으며, 각각의 모형에서 선택할 수 있는 선택대안은 대중교통과 저차인원으로 분류한 승용차로, <표 3-1>와 같은 변수를 이용하여 효용함수를 구축한 후 다항로짓모형을 적용하였다.

<표 3-1> 디트로이트 대도시권의 수단선택모형에서 효용함수 구축시 사용한 변수

구분	독립변수
대중교통	<ul style="list-style-type: none"> · 통행시간 : 집부신시간, 대기시간, 차내시간, 대중교통시스템으로 접근시 걸리는 승용차 차내시간 · 통행비용 : 요금 · 환승횟수 · 대중교통시스템으로 접근성 지표 · 터미변수 : 대중교통시스템으로의 접근에 관련된 터미변수, 소득관련 터미변수
승용차	<ul style="list-style-type: none"> · 통행시간 : 차내시간, 주차에 소요되는 시간 · 통행비용 : 가임당 비용과 주차비용의 1/2을 저차인원으로 나눈 비용 · 통행거리 · 교차통행 밀도 · 터미변수 : 소득에 관련된 터미변수

(2) 델라웨어 밸리 (DELAWARE VALLEY)

델라웨어 밸리 대도시권의 수단선택모형은 이항 프로빗모형에 기초한 전환곡선을 이용하고있다.

전환곡선을 구축하기 위하여 사용한 변수는 대중교통과 승용차의 상대적인 서비스 수준을 사용하였는데, 이때 상대적인 서비스수준을 평가하기 위한 지표로는 승용차와 대중교통의 차내통행시간 및 차외통행시간, 승용차의 차량운행비용 및 주차요금, 대중교통요금 등을 사용하였다.

델라웨어 밸리 대도시권의 전환곡선은 통행목적, 승용차 소유여부, 대중교통 보조수

단, 토지이용형태 별로 구축되었다.

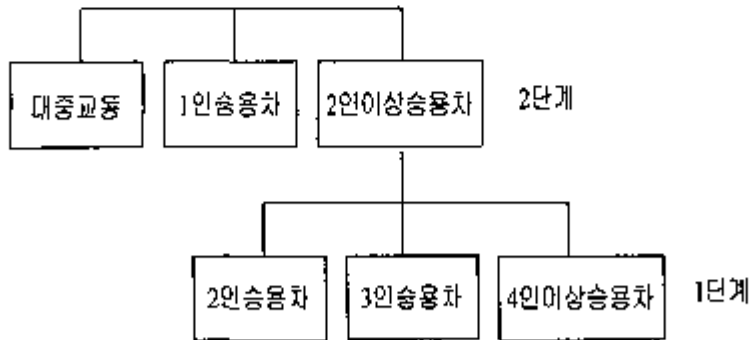
(3) 피츠버그 (PITTSBURG)

피츠버그 대도시권의 수단선택모형은 가정기반출근통행, 가정기반기타통행, 비가정기반통행의 통행목적별, 차량소유여부별로 로짓모형을 이용하여 구축되었는데, 모형에서 선택대안으로 고려한 수단은 승용차와 집근수단별로 분류한 대중교통이다. 승용차와 대중교통의 효용함수는 모두 총 차내통행시간, 총 차외통행시간, 비용을 변수로 사용하여 구축하였다.

(4) 애틀란타 (ATLANTA)

애틀란타 대도시권의 수단선택모형은 네스티드 로짓모형을 이용하여 구축되었는데, 네스티드의 구조는 <그림 3-2> 와 같다.

각 단계별 효용함수 구축시 사용된 변수를 살펴보면 1단계에서는 차내시간, 집분산시간, 통행거리, 주차비용을 변수로 사용하였으며, 2단계에서는 대중교통수단에 관련하여 소득, 도보시간, 대기시간, 환승시간, 차내시간, 요금과 승용차와 관련해서 소득, 차내시간, 집분산시간, 주차비용, 운영비용을 변수로 사용하였다.



<그림 3-2> 애틀란타 대도시권 수단선택모형의 네스티드의 구조

(5) 달라스 포트워즈 (DALLAS-Fort Worth)

달라스 포트워즈 대도시권 수단선택모형은 1984년의 가구통행실문조사와 1984년 대중교통탑승조사 자료를 바탕으로 1988년에 정산되었는데, 가정기반출근통행, 가정기반비출근통행, 비가정기반통행의 3개 통행목적별 다항로짓모형을 적용하였다.

달라스 포트워즈 대도시권 수단선택모형에서는 각 목적별로 선택대안을 <표 3-2> 과 같이 세부화 하였다.

<표 3-2> 달라스 포트워즈 대도시권 수단선택모형의 목적별 선택대안

통행목적	세분화된 수단
가정기반 출근통행	· 1인, 2인, 3인 이상 승용차 · 호보접근의 대중교통, 승용차접근의 대중교통
가정기반 비출근통행	· 1인, 2인 이상 승용차 · 도부접근의 대중교통, 승용차접근의 대중교통
비가정기반 통행	· 1인, 2인 이상 승용차, 대중교통

각 목적별로 효용함수 구축시 사용한 변수는 통행시간, 통행비용 등의 교통시스템 변수, CBD로의 접근도 등을 포함한 토지이용변수, 승용차 보유대수 등의 사회경제적 변수, 수단선택에 제약이 없는자, 대중교통의존자, 승용차의존자를 나타내는 수단 특정 변수이다.

제 2 절 기초자료 구축

1. 기초자료 정리

수단선택모형을 구축하기 위하여 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」 연구(1997)에서 실시한 일일식 가구통행실태조사 자료, 1996년 기준의 교통망, 1996년 기준점(O/D)동행량을 이용하였다. 일일식 가구통행실태조사에는 승용차 소유여부, 운전면허 소지여부, 소득, 가구 크기 등의 통행자 특성과, 통행목적, 통행시간대 등의 통행 특성, 이용한 교통수단의 통행시간, 통행비용 등의 통행수단 특성이 모두 포함되어 있다.

통행목적의 구분은 「서울시 교통수요 예측모형 수립(Ⅰ)」 연구(1998)에서의 분류기준에 따라 귀가, 통근, 등교, 학원, 업무, 쇼핑, 기타¹⁾로 분류하였다.

수단선택모형에서는 가구통행실태조사의 원시데이터가 활용되기 때문에 원시데이터의 누락 및 오류항목에 대한 모정이 필요하다. 본 연구에서는 동행시간, 통행비용, 통행목적 및 수단항목에 대해 논리적 오류검증 알고리즘을 세워 복원이 가능한 오류를 수정하였다. 그러나 지하철, 버스등 대중교통수단에 의한 출발/도착시 오류는 완전한 수정이 이뤄지지 못했는데, 이는 경기도 및 인천지역의 버스네트워크가 완성되지 못하였기 때문이다. 수단선택모형을 구축하기 위하여 이용한 자료는 하나의 목적통행이 하나의 자료로 정리 된, 즉, 하나의 목적통행을 위하여 2개이상의 수단통행이 발생했을 경우, 2개이상의 수단통행자료를 하나의 순적통행단위로 정리한 총 789,146개 이다.

2. 선택대안의 결정

수단선택대안을 결정하기 위하여 하나의 목적통행을 이루고 있는 수단을 단일수단과 복합수단으로 분리하여 정리한 결과는 <표 3-3>~<표 3-4>와 같다.

1) 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」 연구(1997) 의 동행목적분류 중 비움, 잔고, 개인용무문 함께 통합하여 기타로 분류하였음.

<표 3-3> 하나의 교통수단에 의해 통행목적이 이루어진 경우 (단일수단)

수단구분	귀가		출근		놀이		학원		업무		쇼핑		기타		합계	
	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율
1 노보	80571	26.06	9755	6.52	41798	54.37	13940	45.47	2412	5.02	4576	21.18	8988	13.78	135138	24.73
2 승용차(승용차)	2011	0.66	947	0.64	369	0.32	313	1.04	225	0.47	116	0.54	384	0.58	1320	0.55
2 승용차(탑승차)	75483	24.30	32943	38.89	724	0.63	491	2.29	24574	51.32	2498	11.55	1797	35.46	132014	23.06
3 시내/사회/교육버스	74161	26.05	24813	16.63	23522	30.59	4714	15.07	5436	11.18	6251	29.93	14473	21.20	153072	19.40
4 중급버스	9508	2.58	1640	1.11	3265	3.43	801	2.66	448	0.93	1404	6.49	2475	3.64	30072	7.57
5 고급버스	7908	2.20	4634	1.27	2124	2.47	1123	3.74	139	0.29	36	0.17	389	0.43	17113	2.18
6 기타버스	8929	2.55	234	0.16	321	0.32	4221	4.02	160	0.33	595	2.77	1112	1.64	16221	2.06
8 지하철	31137	8.67	16236	11.07	5744	0.89	1871	6.21	4072	8.47	1957	9.05	6448	9.48	47454	6.54
9 택시	6948	1.91	2246	1.51	179	0.16	196	0.66	1855	3.86	368	1.71	3568	5.12	16741	2.05
0 오토바이	2632	0.75	1294	0.98	63	0.06	24	0.08	1250	2.61	206	0.97	523	0.77	6254	0.81
기타	2564	0.71	145	0.11	238	0.21	36	0.12	2222	4.62	194	0.49	361	0.51	6873	0.87
소계	303437	92.84	136386	88.37	106727	98.29	29349	97.12	48226	97.54	20953	96.87	63863	93.92	731728	92.77

주1. 1 : 노보 - 자전거, 2 : 승용차(승용차) - 탑승차, 3 : 시내/사회/교육/마을버스, 4 : 중급버스 - 기타버스, 8 : 지하철(중철, 경도포항), 9 : 택시, 0 : 오토바이 - 기타,

주2. 비율은 <표 3-4>의 연계된 전체수단에 대한 비율임

<표 3-4> 두가지이상의 교통수단에 의해 통행목적이 이루어진 경우 (복합수단)

수단구분	귀가		출근		놀이		학원		업무		쇼핑		기타		합계	
	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율
20	20	0.01	29	0.01	0	0.00	0	0.00	5	0.01	0	0.00	2	0.00	47	0.01
21	32	0.01	36	0.02	17	0.01	0	0.00	2	0.00	1	0.00	3	0.00	91	0.01
40	3	0.00	3	0.00	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	4	0.00
41	47	0.01	41	0.03	11	0.01	2	0.01	1	0.00	1	0.00	4	0.01	138	0.01
42	32	0.01	73	0.05	36	0.03	0	0.00	2	0.00	1	0.00	7	0.01	151	0.02
45	268	0.17	346	0.41	313	0.27	25	0.02	4	0.00	11	0.05	40	0.06	1380	0.17
50	35	0.01	21	0.01	13	0.01	1	0.00	3	0.00	3	0.01	11	0.02	95	0.01
51	488	0.14	204	0.14	296	0.21	16	0.16	12	0.02	19	0.09	57	0.08	1044	0.13
54	35	0.01	22	0.01	13	0.01	1	0.00	3	0.01	3	0.01	11	0.02	90	0.01
51	488	0.14	204	0.14	276	0.21	16	0.16	12	0.02	19	0.09	57	0.08	1034	0.13
52	471	0.11	285	0.21	351	0.11	19	0.19	21	0.04	7	0.03	62	0.09	1629	0.17
80	41	0.01	23	0.02	13	0.01	1	0.00	3	0.01	0	0.00	9	0.01	76	0.01
81	604	0.17	404	0.27	100	0.10	22	0.27	17	0.04	17	0.08	60	0.10	1238	0.16
82	731	0.20	316	0.02	126	0.11	16	0.26	81	0.17	15	0.07	91	0.13	1928	0.25
84	121	0.20	300	0.20	515	3.45	26	0.10	6	0.02	9	0.04	51	0.08	1169	0.21
85	13624	3.82	8243	0.25	3382	2.96	512	1.70	528	1.16	324	1.64	2064	3.06	22933	1.80
89	164	0.21	829	0.56	57	0.05	9	0.03	124	0.26	38	0.18	232	0.34	2654	0.26

<표 계속>

<표 계속>

수단 구분	기타		출근		학교		취업		업무		쇼핑		기타		합계	
	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율
00	7	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	4	0.01	0	0.00	1	0.00	11	0.01
01	11	0.00	3	0.00	3	0.00	1	0.00	1	0.00	4	0.02	7	0.01	30	0.00
02	57	0.01	31	0.02	2	0.00	1	0.00	7	0.01	0	0.00	11	0.02	88	0.01
04	7	0.00	47	0.03	2	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	3	0.00	60	0.01
05	277	0.08	182	0.12	22	0.02	5	0.02	29	0.06	14	0.06	156	0.23	625	0.09
06	5	0.00	6	0.00	0	0.00	0	0.00	4	0.01	0	0.00	2	0.00	17	0.00
07	1	0.00	2	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	6	0.00
117	18	0.01	7	0.00	26	0.02	5	0.02	1	0.00	0	0.00	7	0.01	64	0.01
222	72	0.02	115	0.08	14	0.01	1	0.00	13	0.03	6	0.03	31	0.05	252	0.03
223	1	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.00
414	16	0.00	31	0.02	9	0.01	3	0.01	2	0.00	2	0.01	8	0.01	75	0.01
520	0	0.00	2	0.00	1	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	4	0.00
524	2	0.00	4	0.00	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	8	0.00
540	2	0.00	2	0.00	2	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	7	0.00
665	5748	1.67	3775	2.72	2207	1.62	180	0.00	219	0.46	163	0.75	1020	1.50	12816	1.62
690	2	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	4	0.00
692	39	0.00	2	0.00	7	0.00	0	0.00	2	0.00	0	0.00	7	0.00	16	0.00
694	0	0.00	1	0.00	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4	0.00
820	2	0.00	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4	0.00
824	11	0.00	25	0.02	22	0.02	1	0.00	0	0.00	0	0.00	3	0.00	62	0.01
843	2	0.00	0	0.00	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4	0.00
850	14	0.00	7	0.00	5	0.00	0	0.00	2	0.00	0	0.00	3	0.00	31	0.00
852	209	0.05	131	0.09	48	0.04	3	0.01	10	0.02	4	0.02	10	0.02	421	0.05
854	438	0.12	156	0.11	206	0.26	8	0.03	3	0.01	0	0.00	21	0.03	921	0.12
859	102	0.15	108	0.13	37	0.05	3	0.01	20	0.04	4	0.02	16	0.03	520	0.07
888	164	0.05	79	0.06	7	0.01	5	0.02	8	0.02	2	0.01	12	0.02	237	0.03
890	2	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.00	5	0.00
892	21	0.01	21	0.02	2	0.00	0	0.00	5	0.01	0	0.00	3	0.00	50	0.01
894	9	0.00	20	0.01	7	0.01	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4	0.01	40	0.01
896	2	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.00	0	0.00	1	0.00	6	0.00
898	19	0.01	8	0.01	0	0.00	0	0.00	3	0.01	1	0.00	8	0.01	30	0.00
899	2	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	3	0.00	0	0.00	0	0.00	3	0.00
8990	1	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	3	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.00
8991	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.00
소계	25715	7.16	17185	11.07	7679	6.71	869	2.88	1182	2.46	677	3.13	4122	6.08	57438	7.38
합계	380152	100.00	147777	100.00	114463	100.00	10117	100.00	48087	100.00	21640	100.00	60355	100.00	789146	100.00

주1. 100 : 오토바이/기타 및 오토바이/기타, 101 : 오토바이·기타+도보·자전거를 의미하며, 나머지는 단일수단의 조합을 의미한다. 예를들면, 택합수단 8500은 지하철, 시내/시외/직석/마을버스, 택시, 오토바이·기타 수단이 조합된 경우이다.

주2. 비율은 <표 3-3>와 연계된 전체 수단에 대한 비율이고, 합계는 단일수단과 복합수단을 모두 합한 값임.

<표 3-3>~<표 3-4>에서 보여지는 바와 같이, 789,146개 자료에 나타난 하나의

목적통행을 의해서 이루어질 수 있는 수단통행의 경우의 수는 61개로 분석되었는데, 61개 경우의 수를 모두 선택대안으로 고려하는 것은 불가능하기 때문에, 본 연구에서는 통행시간 분석 및 각 수단의 특성을 고려하여 선택대안의 수를 축소하였고, 또한 사용가능한 자료를 선정하였는데, 구체적인 방법은 다음과 같다.

첫째, 지하철이 있는 경우는 지하철을 주 수단으로 정의하였으며, 지하철이 없고 시내/시외/좌석/마을버스가 있는 경우는 버스를 주수단으로 간주하였다.

둘째, 그외의 경우는 하나의 목적통행을 이루고 있는 수단통행들 간의 통행시간을 비교하여 통행시간이 긴 수단을 주 수단으로 간주하였다.

이같은 방법으로 축소된 선택대안은 승용차, 택시, 버스, 버스+승용차, 버스+택시, 지하철²⁾, 지하철+승용차, 지하철-택시, 지하철+버스, 도보 및 자전거, 통근차 및 가타버스, 오토바이 및 가타의 12가지이며, <표 3-5>와 같다.

<표 3-5> 1차 선정된 교통수단 선택대안의 분포

	저기		중기		중고		하위		위부		상위		합계			
	빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율		
승용차	95040	26.46	67586	45.74	7421	6.49	2252	7.51	23762	53.82	3820	17.66	24329	36.78	24329	3.06
택시	6218	1.91	2706	1.56	185	0.16	198	0.66	1870	3.89	873	4.04	3386	5.86	3934	0.50
버스	90630	25.24	30064	20.34	30245	26.74	5746	19.08	6063	12.61	7857	36.32	18075	26.58	18075	2.29
버스승용차	418	0.12	332	0.27	135	0.12	12	0.04	22	0.05	7	0.03	64	0.09	63	0.01
버스택시	285	0.08	185	0.13	24	0.02	5	0.02	31	0.05	14	0.06	157	0.23	157	0.02
지하철	32674	9.10	17162	11.57	6247	5.45	1928	6.40	4108	8.54	1985	9.18	6532	9.69	6531	0.84
지하철 승용차	148	0.21	553	0.64	149	0.13	9	0.06	84	0.17	15	0.07	95	0.14	95	0.01
지하철택시	797	0.22	862	0.58	66	0.06	9	0.03	126	0.26	29	0.16	238	0.35	238	0.03
지하철버스	14766	4.09	9728	6.58	3767	3.29	526	1.75	595	1.24	362	1.67	2209	3.25	2210	0.28
도보자전거	96607	26.62	10679	7.23	62188	54.36	13998	46.48	2638	5.49	4697	21.63	9759	14.35	9759	1.24
통근차 가타버스	16056	4.47	5147	3.46	3671	3.21	5352	17.77	302	0.63	1653	7.64	1414	2.08	1415	0.18
오토바이 가타	3254	1.46	2767	1.87	381	0.26	62	0.21	3480	7.24	313	1.45	1076	1.58	1076	0.14
합계	358132	100.00	147771	100.00	114409	100.00	30717	100.00	48081	100.00	21630	100.00	67935	100.00	729146	100.00

주. 단일수단이 경우 동일수단간 환승의 경우도 포함 함.

2. 지하철은 전철과 철도를 포함한 것이다. 향후 본 보고서에 언급되는 지하철은 계속 전철과 철도를 포함한 것으로 본다.

동제, 1차 선정된 선택대안들의 복싱을 고려하여 수단선택모형에서 고려할 최종 선택대안을 결정한다.

1차에서 선정된 선택대안들 중 도보 및 자전거는 제한된 교통망과 일정한 비용을 지불하는 다 선택대안들과는 특성이 현저하게 달라 제외시켰고, 등근학 및 기다비스는 일반버스와는 달리 일정한 노선이 없고 운행시간도 일정하지 않아 모형으로 표현하기에 적합하지 않은 특성을 가지고 있기 때문에 제외시켰으며, 오토바이 및 기차는 여러 수단이 같이 통합되어 있어 하나의 단일수단으로 간주하기 어렵기 때문에 제외시켰다.

또한, 수도권이외 지역과의 통행은 모형에서 제외시켰는데, 이것은 수도권이외 지역에서 통행이 발생(도착)할 경우, 목적지까지 도착하기 위하여 선택하는 통행수단이 수도권이내지역 통행과는 그 특성이 다르기 때문이다.

<표 3-6> 2차 선정된 교통수단 선택대안의 분포

	캐가		등근		등교		학원		업무		쇼핑		기타		합계	
	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율	인도수	비율
승용차	44715	39.20	67429	52.28	7440	15.40	2261	21.13	28511	68.98	3315	25.49	24'25	43.52	228266	42.15
택시	6909	2.86	2325	1.79	185	0.38	198	1.85	1861	4.50	673	5.83	3915	7.15	16296	3.01
버스	90557	37.46	30046	23.30	30'75	62.83	5744	53.68	6048	14.33	7357	52.50	18046	32.58	189473	34.83
버스승용차	413	0.17	311	0.24	133	0.28	12	0.11	21	0.05	7	0.05	63	0.11	1040	0.19
버스택시	280	0.12	183	0.14	23	0.05	5	0.05	26	0.06	14	0.09	153	0.28	684	0.13
지하철	32598	28.49	17094	13.25	6182	12.87	1927	18.01	4083	9.86	1985	15.26	6569	11.85	70438	13.02
지하철승용차	748	0.31	957	0.74	146	0.30	19	0.18	80	0.19	15	0.10	95	0.17	2055	0.38
지하철택시	789	0.33	860	0.67	65	0.14	9	0.08	121	0.29	39	0.26	235	0.42	2118	0.39
지하철버스	14613	6.06	9710	7.51	3710	7.72	525	4.91	580	1.40	562	2.42	2189	3.95	31629	5.86
합계	241622	100.00	128970	100.00	48029	100.00	10700	100.00	41331	100.00	14957	100.00	55440	100.00	541059	100.00

주. 단일수단의 일부 승합수단간 환승의 경우도 포함 함.

마지막으로, 위의 두 단계를 거쳐 정리된 자료 중 통행시간과 통행비용 자료를 얻을 수 없는 자료를 제외하고였다.

여상과 같은 과정을 거쳐, 수단선택모형에서 고려할 최종 선택대안은 승용차, 택시,

버스, 버스+승용차, 버스+택시, 지하철, 지하철+승용차, 지하철+택시, 지하철+버스의 9가지로 결정되었으며, 수단선택모형에 사용한 최종 자료의 개수는 331,489개이다. <표 3-7>은 수단선택모형에서 고려해야할 최종 선택대안의 분포를 나타내고 있다.

<표 3-7> 최종 선정된 교통수단 선택대안의 분포

	귀가		출근		등교		회합		업무		쇼핑		기타		합계	
	빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율	빈도수	비율
승용차	65,770	36.57	46,640	49.28	3,612	2.61	1,277	16.27	20,985	67.85	2,327	25.21	15,093	41.06	157,673	47.37
택시	3,344	2.14	1,236	1.25	74	0.26	87	1.24	1,155	3.74	384	4.16	1,983	5.44	8,572	2.55
버스	52,497	30.79	20,101	20.36	51,892	52.09	3,186	45.58	3,993	12.86	4,189	45.15	10,451	28.60	189,271	56.64
버스+승용차	360	0.21	316	0.32	90	0.32	8	0.11	18	0.06	6	0.06	48	0.13	836	0.22
버스+택시	234	0.14	152	0.15	18	0.06	5	0.07	20	0.06	2	0.13	128	0.35	568	0.15
지하철	32,187	18.88	16,948	17.17	6,073	21.26	1,867	27.00	4,001	12.94	1,924	20.84	6,455	17.66	69,475	18.21
지하철+승용차	746	0.44	690	0.69	143	0.50	19	0.27	79	0.26	5	0.16	94	0.26	2,048	0.54
지하철+택시	783	0.43	593	0.67	62	0.22	9	0.13	120	0.39	39	0.42	235	0.64	2,107	0.53
지하철+버스	14,304	8.33	9,498	0.62	3,615	12.67	572	7.32	565	1.83	355	3.85	2,140	5.80	30,390	8.12
합계	178,715	100.00	98,711	100.00	28,563	100.00	6,290	100.00	30,936	100.00	9,234	100.00	35,543	100.00	381,489	100.00

수. 단일수단의 경우 동일수단간 환승의 경우를 포함 함.

3. 선택대안의 효용함수 구축시 필요한 기초자료 산출

선택대안의 효용함수를 구축하기 위해서는 우선, 효용함수 구축에 필요한 변수를 선정하고, 선정된 변수에 대하여 필요한 자료를 산출하여야 한다.

본 연구에서 효용함수 구축시 고려한 변수는 통행수단 특성변수로 동행시간과 동행비용, 통행자 특성변수로 승용차보유유무, 통행특성 변수로 통행목적대미가 있는데, 판별되지 않은 대안수단의 특성변수 즉, 동행시간과 통행비용은 다음과 같은 방법으로 산출하였다.

1) 통행시간 산출

(1) 승용차

승용차 통행시간은 도로상의 혼잡도를 반영해야 하므로, 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 승용차, 택시, 통근통학기타버스, 오토바이가타 수단³⁾의 기종점(O/D) 통행량을 가도망에 통행배분하여 구하였는데, 차내시간과 차외시간을 따로 분리하지 않은 총 통행시간을 산출하였다.

(2) 택시

택시의 통행시간은 승용차의 통행시간과 같다고 가정하여 승용차 통행시간을 그대로 사용하였다.

(3) 버스

버스의 통행시간은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 시내시외좌석버스와 마을버스 수단의 기종점(O/D)통행량을 버스노선망에 통행배분하여 구하였다. 버스의 통행시간도 마찬가지로 차내시간, 탑승시간, 대기시간, 접근시간이 모두 포함된 총 통행시간을 산출하였다.

이때, 버스수단간 환승시간은 별도로 고려하지 않고 대기시간에 포함시켰다. 이것은 한 버스정류장에는 여러노선이 모두 정차하기 때문에, 환승을 위하여 다른 버스정류장을 찾아 이동하기보다는 한 정류장에서 대기한다고 보았기 때문이다.

(4) 버스+승용차

버스+승용차의 통행시간은 버스가 주 수단이고, 승용차가 접근수단이라는 가정하에 서, 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 시내시외좌석버스 수단의 기종점(O/D)통행량을 버스노선망에 통행배분하여 산출된 버스 통행시간(차내시

3) 마을버스의 기종점(O/D)통행량은 제외하였는데, 이것은 마을버스의 주 기능인 접근기능을 버스+승용차 선택

간, 탑승시간, 대기시간 포함)과 버스접근시간을 승용차 통행시간으로 환산한 시간을 더하여 산출하였다.

(5) 버스+택시

버스+택시의 버스가 주 수단이고, 택시가 접근수단이라는 가정은 버스+승용차의 경우와 같고, 통행시간 또한 버스+승용차의 통행시간을 그대로 이용하였다.

(6) 지하철

지하철의 통행시간은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 지하철 수단의 기종점(O/D)통행량을 지하철노선망에 통행배분하여 구하였는데, 차내시간, 환승시간, 탑승시간, 대기시간, 접근시간이 모두 포함된 총 통행시간을 산출하였다.

(7) 지하철+승용차

지하철+승용차의 통행시간은 버스+승용차의 통행시간 산출법과 동일한데, 지하철이 주 수단이고, 승용차가 접근수단이라는 가정하에서, 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 지하철 수단의 기종점(O/D)통행량을 지하철노선망에 통행배분하여 산출한 지하철 통행시간(차내시간, 환승시간, 탑승시간, 대기시간 포함)과 지하철 접근시간을 승용차 통행시간으로 환산한 시간을 더하여 산출하였다.

(8) 지하철+택시

지하철+택시의 통행시간은 지하철+승용차의 통행시간과 같다고 가정하고 지하철+승용차의 통행시간을 이용하였다.

대안에서는 승용차가 대신한다고 보았기 때문이나, 이와 같은 가정은 버스+택시의 통행시간, 버스+승용차 통행비용, 버스+택시 통행비용을 산정하는 데에도 모두 적용되었다.

(9) 지하철+버스

지하철+버스의 통행시간은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 시내시외좌석버스, 마을버스, 지하철 수단의 기종점(O/D)통행량을 버스노선망과 지하철노선망을 포함한 대중교통노선망에 동형배분하여 산출하였다. 이 선택대안에 대해서도 차내시간, 환승시간, 탑승시간, 대기시간, 접근시간 등을 포함한 총 통행시간을 산출하였다.

(10) 실측통행시간과 산출통행시간의 비교

위의 방법으로 산출된 통행시간을 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」연구(1997)의 일일식 가구통행자료에서 조사된 통행시간과 비교한 결과는 <표 3-8>, <표 3-9>와 같다.

<표 3-8>은 가중치를 적용하지 않은 평균값이고, <표 3-9>는 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」연구(1997)의 전수화계수율 가중치로 적용한 가중평균값인데, 이 값들의 차이가 미미한 것을 알 수 있다. 이는 수단선택 로짓모형구축시 전수화계수에 의한 가중처리의 필요성이 적음을 의미한다.

<표 3-8> 실측통행시간과 산출통행시간(가중치 적용안함)

(단위 : 분)

구분	7~8시		8~9시		18~19시		비정두시		전 체	
	동행자료	산출값	동행자료	산출값	동행자료	산출값	동행자료	산출값	동행자료	산출값
승용차	49.6	55.3	38.4	44.1	60.4	55.2	48.9	54.3	49.0	53.5
택시	33.4	34.1	30.5	29.2	35.1	33.3	30.4	33.2	30.8	33.0
버스	45.8	48.1	41.5	44.7	56.7	51.5	47.0	47.4	47.2	47.6
버스 승용차	66.6	73.0	58.7	64.9	99.0	88.2	84.9	89.9	80.5	84.2
버스 택시	73.7	72.9	62.7	71.9	83.1	81.5	75.3	82.4	75.1	80.5
지하철	49.6	55.7	40.3	50.6	51.8	53.5	47.4	52.2	47.4	52.6
지하철 승용차	69.7	69.7	59.1	60.0	79.6	74.8	79.1	76.9	74.1	72.6
지하철 택시	63.0	62.6	52.3	53.6	67.4	61.4	66.7	63.4	64.2	61.8
지하철 버스	71.2	70.3	65.1	66.2	79.6	72.1	75.5	73.6	74.6	72.0

<표 3-9> 실측동행시간과 신출동행시간전수화 계수에의한 가중치 적용) (단위 : 분)

구분	7~8시		8~9시		18~19시		비행주시		전 체	
	동행사료	산출값	동행자료	산출값	동행자료	산출값	동행자료	산출값	동행사료	산출값
승용차	49.5	55.6	38.2	44.6	56.8	53.2	47.5	53.3	47.7	52.7
택시	33.4	35.2	30.7	29.5	35.5	32.3	30.2	33.6	30.7	33.4
버스	46.5	49.0	41.9	45.4	54.2	49.8	46.2	47.3	46.5	47.5
버스 승용차	68.0	73.4	60.5	66.6	103.8	90.3	84.5	90.0	81.7	84.6
버스 택시	76.4	73.6	64.9	70.9	76.7	88.4	76.0	80.0	75.0	79.3
지하철	49.9	56.1	40.3	50.6	49.4	52.2	46.5	51.7	46.5	52.2
지하철 승용차	70.6	70.4	60.0	59.9	79.3	74.2	80.4	77.6	75.0	73.1
지하철 택시	62.6	61.9	52.3	54.5	63.3	59.6	66.2	63.8	63.6	61.8
지하철 버스	71.0	70.3	65.0	65.9	78.6	70.9	76.4	73.5	74.4	71.3

<표 3-8>와 <표 3-9>의 실측값과 산출값은 일부 차이를 보이고 있으나, 본 연구에서는 수단선택모형 구축을 위하여 자료들의 범위, 분산, 표준편차 등 더욱 자세한 통계적인 분석을 수행한 결과, 모형에 활용하기에 무리가 없는 것으로 판단되었다.

2) 동행비용 산출

(1) 승용차

승용차의 동행비용은 「시운시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 승용차, 택시, 등근동학기타버스, 오토바이기타 수단의 기종점(O/D) 통행량운 가로망에 동행배분하여 산출된 동행거리를 이용하여, <식 3-9>과 같은 방법으로 산출하였고, <식 3-9>에 사용되는 변수, 즉 연비와 유류비는 다음에 제시된 별도의 방법으로 산출하였다.

$$\text{승용차통행비용(원)} = \frac{\text{승용차통행거리(km)} \times \text{유류비(원/l)}}{\text{평균연비(km/l)}} + \text{주차비(원)} \quad \text{<식 3-9>}$$

① 평균연비

승용차통행비용을 산출하는데 사용한 연비는 <표 3-9>에서 제시된 수도권 승용차 및 승합차의 차종 및 배기량별 공식 연비와 등록대수를 이용하여 <식 3-10>와 같이 산출하였다.

$$\text{평균연비} = \frac{\sum \text{차종별 배기량별 (연비} \times \text{등록대수)}}{\sum \text{등록대수}} \quad \text{<식 3-10>}$$

<식 3-10>의 결과 승용차통행비용 산출시 적용한 평균연비는 12.80km/l이다.

<표 3-10> 수도권 승용차 및 승합차의 연비 및 등록대수

승용차 차종	배기량(cc)	등록대수(대)	연비(km/l)	주 사용연료
일반형	1000 미만	122,369	16.0	휘발유
	1500 미만	1,904,497	13.6	휘발유
	2000 미만	1,002,583	11.7	휘발유
	2500 미만	60,355	10.6	휘발유
	2500 이상	49,113	9.7	휘발유
승용경차등 및 기타	1500 미만	3,585	12.5	휘발유
	2000 미만	34	10.7	휘발유
	2000 이상	17,128	11	경유
시프형	1500 미만	1	12.5	경유
	2000 미만	17,029	12.3	경유
	2000 이상	118,479	10.7	경유
버스	15인 이하	123,873	10.7	경유

자료: 교통연감, 교통신문사, 1997

② 유류비

승용차통행비용을 산출하는데 사용한 유류비는, '96년 말의 판매가를 기준으로 산출하였는데, <표 3-11>에 제시된 '96년 말 판매가와 <표 3-10>에 제시된 주 사용연료별 등록대수를 가중평균하여 산출한 최종 유류비는 718.53원/ℓ이다.

<표 3-11> 유류비 (1996년 말 기준)

	유류비 (원/ℓ)	등록대수 (대)
무연 후발유	754	3,142,536
경유	311	152,664

③ 주차비

승용차 통행 비용을 산출하는데 사용한 주차비는 각 통행의 주차시간⁴⁾에 지역별 단위 주차요금을 적용한 후, 지역별 실제 주차비를 지불한 사람의 비율을 적용하여 산출하였다.

$$\text{주차비} = \text{주차시간(분)} \times \text{단위 주차요금} \times \text{주차비지불비율} \quad \text{<식 3-11>}$$

여기서 서울의 주차요금은 「'96 서울시 교통센서스」 자료의 서울시 주차장 시설현황조사 자료를 근거로 다음식을 이용하여 산정하였다.

소존별 주차요금 =

$$\frac{\sum(\text{소존별 주차장별 주차면수}) \times (\text{주차기본(추가)요금})}{\sum(\text{소존별 각 주차장의 주차면수})} \quad \text{<식 3-12>}$$

인천·경기의 경우는 각 소존을 용도별로 4개의 용도지역(상업지, 주택지, 녹지, 공업지)로 구분하여 각 소존별로 대표성을 띠고 있는 용도지역을 선정하여 각 시·군별

4. 여기서 주차시간은 승용차탑 이용하여 부리지 도착후 다음 목적행동을 위해 출발하는 시점사이의 시간을 의미함.

로 공영주차장을 기준으로 산정하였다.

(2) 택시

택시의 통행비용은 택시의 통행거리가 승용차의 통행거리와 같다고 가정하고, 승용차 신내대안에서 이용한 통행거리와 <식 3-13>과 같은 택시요금 산출방법을 적용하였다.

$$\text{택시통행비용(원)} = 1000(\text{원}) + \frac{(\text{승용차통행거리}(km) - 2)}{0.247} \times 100(\text{원}/km) \quad \text{<식 3-13>}$$

(3) 버스

버스의 통행비용은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 시내시의좌석버스, 마을버스 수단의 기종점(O/D)통행량을 버스노선망에 통행배분하여 얻어진 탑승횟수에 버스요금을 적용하여 비용을 산출하였는데, 이때, 요금제세가 다른 마을버스, 도시형버스, 좌석버스 등으로 구분하여 산출하였다.

(4) 버스+승용차

버스+승용차의 통행비용은 비용은 버스가 주 수단, 승용차가 접근수단이라는 가정에 버스의 비용과, 승용차의 비용을 구분하여 산출하였다.

버스의 비용은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 시내시의좌석버스 수단의 기종점(O/D)통행량을 버스노선망에 통행배분하여 얻어진 탑승횟수에 버스요금을 적용하여 산출하였으며, 승용차의 비용은 접근거리를 승용차통행거리로 가정하여 주차비용을 제외한 <식 3-9>에 의하여 산출하였다.

(5) 버스+택시

버스+택시의 비용산정방법은 버스+승용차의 비용산정방법과 마찬가지로 버스의 비용은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 시내시외좌석버스 수단 기준점(O/D)통행량을 버스노선망에 통행배분하여 탑승횟수를 구한 후, 여기에 버스 요금을 적용하여 산출하였으며, 택시의 비용은 접근거리를 택시통행거리로 가정하여 <식 3-13>에 의하여 산출하였다.

(6) 지하철

지하철의 통행비용은 '96년도 지하철 요금체계에 따라 구간별 요금을 적용하여 산출하였으며, 철도와 환승이 일어날 경우는 환승역을 서울역, 청량리역, 수원역, 의정부역으로 국한한 후 지하철요금과 철도요금을 더하여 산출하였다.

(7) 지하철+승용차

지하철+승용차의 통행비용은 지하철을 주 수단, 승용차를 접근 수단으로 가정하고 두 부분으로 나누어 산정하였다.

지하철의 비용은 지하철수단에서 얻어진 통행비용을 이용하였고, 승용차의 비용은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 지하철 수단 기준점(O/D)통행량을 지하철노선망에 통행배분하여 산출된 접근거리를 승용차통행거리로 가정하여 주차비용을 제외한 <식 3 9>에 의하여 산출하였다.

(8) 지하철+택시

지하철+택시의 통행비용은 지하철+승용차의 통행비용 산정방법과 동일한데, 택시의 비용이 <식 3-13>에 의하여 구해진다는 점만 다를 뿐이다.

(9) 지하철+버스

지하철+버스의 통행비용 중의 버스의 비용은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 시내서외곽석커스, 마을버스, 지하철 수단의 기종점(O/D)통행량을 비스노선망과 지하철노선망을 포함한 대중교통노선망에 통행배분하여 얻어진 버스 수단만의 탑승횟수를 이용하여 산출하였고, 지하철의 비용은 지하철수단의 통행비용을 적용하였다.

(10) 실측통행비용과 산정통행비용의 비교

위의 방법으로 산정된 통행비용을 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」연구(1997)의 일일식 가구통행자료에서 조사된 통행비용과 비교한 결과는 <표 3-12>, <표 3-13>과 같다.

<표 3-12> 실측통행비용과 산정통행비용 (가중치 적용안함) (단위 : 원)

	서울내부		인천내부		경기내부		서울-인천		서울-경기		인천-경기		전 세	
	실측값	산정값	실측값	산정값	실측값	산정값	실측값	산정값	실측값	산정값	실측값	산정값	실측값	산정값
승용차 ¹⁾	-	2,371.2	-	1,044.5	-	1,136.6	-	3,052.2	-	2,621.0	-	1,041.1	-	2,097.3
택시	3,587.0	3,253.6	2,850.9	2,629.7	2,020.0	2,734.2	9,564.6	5,094.2	6,743.3	9,425.7	5,055.2	8,424.1	3,461.5	3,316.2
버스	470.0	657.2	414.4	382.1	489.7	651.2	1,038.7	623.8	732.5	858.0	795.9	970.6	517.2	682.6
버스승용차 ²⁾	484.2	886.0	400.6	498.0	546.7	1,331.2	753.8	763.5	648.0	1,163.9	568.4	979.4	882.5	582.4
버스대시	2,357.7	1,902.4	2,448.1	1,707.8	2,574.0	2,310.0	3,029.4	2,524.1	3,071.1	2,460.1	3,534.4	2,760.1	2,766.1	2,172.9
지하철	423.6	477.3	440.4	406.4	517.6	600.5	656.7	696.0	536.1	610.4	576.6	504.8	464.2	453.7
지하철승용차 ³⁾	414.1	518.2	463.3	620.9	390.4	661.5	553.1	934.4	568.8	866.5	612.2	792.8	498.1	730.6
지하철택시	1,935.1	1,580.8	1,335.6	2,456.0	2,071.6	2,304.1	2,729.8	2,324.4	212.9	2,051.8	2,340.0	2,795.6	2,045.4	1,801.6
지하철버스	814.5	919.1	851.4	656.3	1,117.0	574.8	1,090.2	1,001.7	1,080.3	1,150.7	1,031.0	805.4	922.1	965.6

주1. 승용차비용의 관측값은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」연구 (1997)에서 조사하지 않음

주2. 버스승용차의 비용은 승용차용 제외된 버스만의 비용과 비교함

주3. 지하철승용차의 비용은 승용차용 제외된 버스만의 비용과 비교함

<표 3-13> 실적통행비용과 산정통행비용 (전수화계수에 의한 가중치 적용) (단위: 원)

	서울내부		인천내부		경기내부		시흥~인천		서울~경기		인천~경기		인 제	
	실측값	산출값	실측값	산출값	실측값	산출값	실측값	산출값	실측값	산출값	실측값	산출값	실측값	산출값
승용차 ^{주1)}	-	2,963.0	-	1,036.9	-	1,093.6	-	3,091.5		2,621.3		1,920.3	-	2,067.5
택시	1,552.5	3,235.2	2,752.5	2,612.3	2,327.4	2,852.7	8,471.2	14,720.9	6,332.7	9,038.1	4,397.4	7,737.7	3,385.6	3,488.4
버스	474.0	697.5	416.4	381.3	432.4	544.0	1,079.7	795.3	793.2	948.3	818.5	981.3	520.4	629.3
버스승용차 ^{주2)}	477.3	861.8	412.7	504.9	653.9	1,033.4	794.0	782.7	645.0	1,168.3	614.0	1,061.3	584.2	982.1
버스택시	2,673.9	1,895.3	2,521.5	1,731.5	2,747.5	228.8	7,187.7	2,455.5	2,955.6	2,404.0	1,873.8	2,554.3	2,533.1	2,159.5
지하철	425.5	437.5	441.9	406.9	504.6	501.1	683.7	662.7	590.2	614.7	562.9	498.0	462.0	452.6
지하철 승용차 ^{주3)}	414.7	516.1	444.8	305.4	595.0	866.5	552.8	942.1	532.4	875.6	634.6	808.5	496.1	717.5
지하철택시	1,941.2	1,582.3	2,702.7	2,206.3	2,375.7	2,030.4	2,756.7	2,304.6	2,176.7	2,060.8	2,351.6	2,762.8	2,054.2	1,786.3
지하철버스	855.1	920.6	891.2	559.2	1,108.0	1,037.0	1,100.1	1,012.3	1,080.2	1,149.5	1,043.3	795.4	923.8	905.7

주1. 승용차비용의 관측값은 「서울시 교통선서비스 및 데이터베이스 구축」 연구(1997)에서 조사하지 않음

주2. 버스승용차의 비용은 승용차를 제외한 버스만의 비용만 비교함

주3. 지하철승용차의 비용은 승용차를 제외한 버스만의 비용만 비교함.

<표 3-12>는 가중치를 적용하지 않은 평균값이고, <표 3-13>는 「서울시 교통선 서비스 및 데이터베이스 구축, 연구(1997)의 전수화계수를 가중치로 적용한 가중평균값인데, 이 값들의 차이가 미미한 것을 알 수 있다.

통행비용도 통행시간과 마찬가지로 수단선택모형 구축을 위하여 자료들의 범위, 분산, 표준편차 등 쉰여 세부적인 통계분석을 수행한 결과 신뢰성이 있는 것으로 판단되었다.

3) 통행목적 및 기타변수

본 연구에서 통행목적의 분류는 앞서도 언급하였듯이, 「서울시 교통수요예측모형(I)」 연구(1998)의 분류를 그대로 사용하여 귀가, 통근, 등교, 학원, 업무, 쇼핑, 기타로 구분하였으며 이 중 통근목적과 등교목적의 경우 효용함수 내에서 더미변수 처리하여 오전·오후피크시 주기적으로 반복되는 통행과 기타통행과의 특성차이가 반영되도록

를 하였다.

한편 사회경제지표 변수 중 승용차소유여부도 효용함수 내에서 너비변수 처리하여 선택통행자와 의존통행자의 특성차이를 어느 정도 반영하도록 하였다.

그러나 이와 같은 너미변수는 모든 통행자에 대해 일괄적인 특성차이가 있는 것을 가정하기 때문에 모형의 한계가 있지만 시장분할에 의한 그룹별 별도 모형은 향후 연구과제로 고려할 수 있다.

세 3 절 수단선택모형 정립

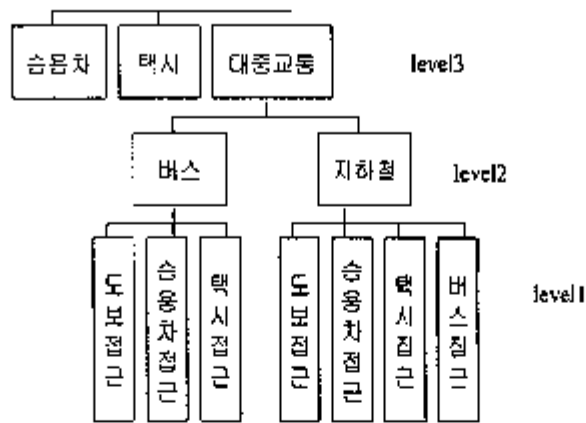
본 연구에서 수단선택모형을 구축하기 위해 로짓모형을 이용하였는데, 위에서 선택한 선택대안 9가지 대안간에는 서로 관련성이 존재하기 때문에, 9개 선택대안을 가지고 다항로짓모형을 적용하면, 다항로짓모형에서 가장 빈번하게 범하는 오류인 비관련 대안간 독립성(IIA Property)을 위반하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 오류를 극복하기 위하여 일반적으로 활용되고 있는 네스티드 로짓모형을 이용하였는데, 네스티드 구조에 대한 대안을 다음과 같이 설정하였다.

1. 대안모형 설정

1) 대안 1

대안 1의 네스티드 구조는 3단계로 이루어 졌다.

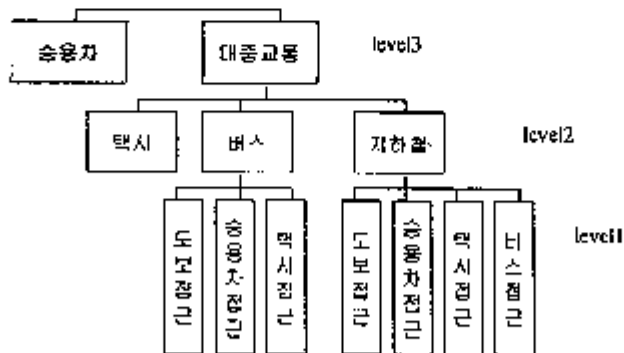
1단계에서는 대중교통수단을 접근수단별로 구분하였으며, 2단계는 대중교통수단을 구분하였고, 3단계에서는 승용차, 택시, 대중교통으로 구분하였다.



<그림 3-3> 대안 1의 네스티드 구조

2) 대안 2

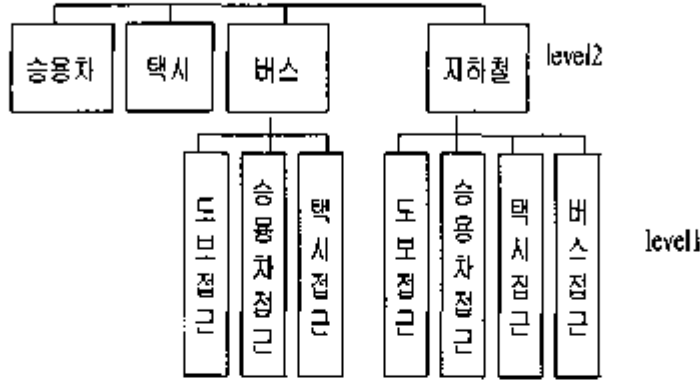
대안 2의 네스티드 구조는 대안 1의 구조와 유사하게 3단계로 이루어 졌는데, 대안 1과의 차이는 택시를 준대중교통수단으로 보아 대중교통의 범위에 포함시켰다는 점이다.



<그림 3-4> 대안 2의 네스티드 구조

3) 대안 3

대안 3의 네스티드 구조는 대안 1,2와는 달리, 버스와 지하철 주 수단간에는 서로 독립적이라는 가정하에 대중교통을 별도로 분리하지 않은 2단계로 이루어져 있다.

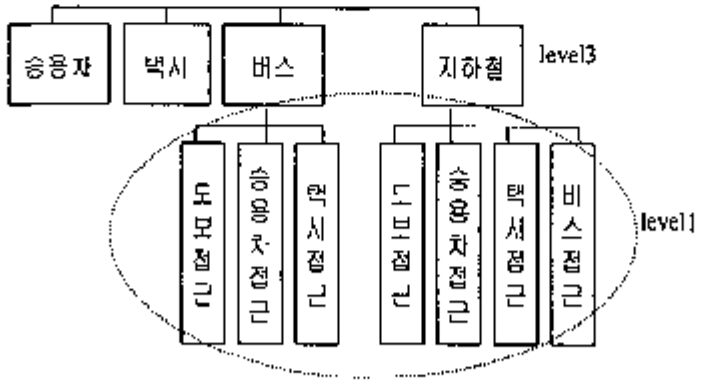
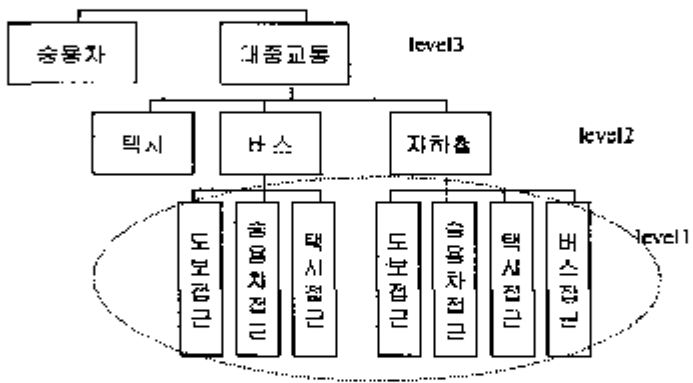
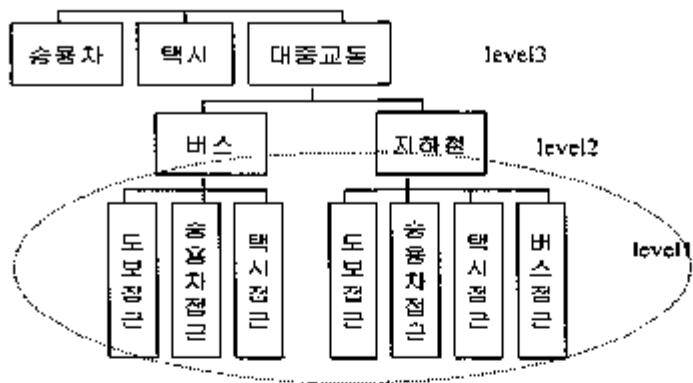


<그림 3-5> 대안 3의 네스티드 구조

2. 대안모형별 계수추정

1) 1단계 (대안1, 대안2, 대안3 공통)

위에서 설정한 3가지의 대안의 1단계 네스티드 선택대안은 대중교통수단, 즉, 버스와 지하철을 주 수단으로 하고 접근수단별로 구분한, 도보접근 버스, 승용차접근 버스, 택시접근 버스의 버스 주 수단그룹과 도보접근 지하철, 승용차접근 지하철, 택시접근 지하철, 버스접근 지하철의 지하철 주 수단그룹이다. 각 선택대인의 효용함수는 <식 3-14> 과 같으며, 추정된 계수는 <표 3-14>와 같다.



<그림 3-6> 단계 1

$$V_i = C_i + \alpha_i TTime_i + \beta_i TCost_i \quad \langle \text{식 3-14} \rangle$$

여기서, C_i = 수단 i 의 상수
 $TTime_i$ = 수단 i 의 통행시간
 $TCost_i$ = 수단 i 의 통행비용
 α_i, β_i = 추정계수

<표 3-14> 버스/지하철 주수단의 네스티드 계수추정결과 (단위 : 시간=10분, 비용=100원)

	버스			지하철			
	도보집근	승용차집근	택시집근	도보집근	승용차집근	택시집근	버스집근
상수 (t-value)	-	-3.7376 (-126.553)	-4.36992 (-24.479)	-	-6.13517 (-128.469)	-5.00507 (-72.314)	-2.54321 (-83.954)
통행시간 (t-value)		-0.52596 (-9.225)		-1.18303 (-117.725)		-0.91673 (-72.916)	
통행비용 (t-value)		-0.12638 (-7.441)		-0.07192 (-12.692)		-0.07679 (-17.190)	
ρ^2	0.947494			0.549106			
$\bar{\rho}^2$	0.947479			0.549085			
자르수	189.044			104.841			

위에서 추정된 모형은 통행시간과 통행비용만이 수단선택에 영향을 미친다는 가정이 전제되어있다. 그러나 실제로 수단선택에 영향을 미치는 변수는 통행시간과 통행비용뿐만이 아니라 기타 여러 변수가 있을 수 있다.

따라서 본 연구에서는 사회경제지표자료 및 통행관련자료 중 승용차소유여부는 의존통행사와 선택통행사의 차이를 반영하기 위하여 통행목적중 통근과 등교목적 더미는 고정된 스케줄을 갖고 있는 워크시 통행특성이 높은점을 반영하기 위하여 수단선택에 영향을 미치는 변수로 고려하여 모형을 재 설정한 후 계수를 추정하여 보았다.

승용차소유여부와 통행목적은 더미변수를 효용함수내에 포함시킨 효용함수는 <식 3-15>와 같고, 추정계수값은 <표 3-15>과 같다.

$$V_i = C_i + \alpha_i TTime_i + \beta_i TCost_i - \gamma_i P_{1i} + \delta_i P_{2i} + \varepsilon_i P_{3i} \quad \langle \text{식 3-15} \rangle$$

여기서, C_i = 수단 i의 상수

$TTime_i$ = 수단 i의 통행시간

$TCost_i$ = 수단 i의 통행비용

P_{1i} = 수단 i의 더미변수1(승용차소유자이면 1, 나머지는 0)

P_{2i} = 수단 i의 더미변수2(동근목적이면 1, 나머지는 0)

P_{3i} = 수단 i의 더미변수3(통학목적이면 1, 나머지는 0)

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i, \varepsilon_i$ = 추정계수

<표 3-15> 버스/지하철 주수단의 테스티드 게스츠점결과 (단위 : 시간-10분, 비용=100원)

	버스		지하철			
	도보접근 : 승용차접근	택시접근	도보접근	승용차접근	택시접근	버스접근
상수 (t-value)	-5.92489 (-91.700)	-4.57878 (-25.194)	-	-7.86404 (-98.250)	-5.47691 (-69.436)	-2.70787 (-81.431)
통행시간 (t-value)	-0.48367 (-8.483)		-1.19306 (-117.420)	-0.92037 (-72.428)		-0.88694 (-93.276)
통행비용 (t-value)	-0.11791 (-7.183)		-0.07341 (-12.886)	-0.07378 (-16.611)		-0.09141 (-96.245)
승용차소유더미 (t-value)	-	0.45287 (7.033)	-	1.79779 (27.442)	0.35698 (7.738)	-0.05879 (-3.006)
동근목적더미 (t-value)	-	1.19579 (18.352)	-	1.09412 (22.479)	0.66253 (14.260)	0.33411 (13.292)
통학목적더미 (t-value)	-	-	-	-0.29121 (-3.068)	-1.11864 (-8.529)	0.32370 (11.617)
ρ^2	0.948621		0.556734			
ρ^2	0.948592		0.556743			
자료수	189,344		104,841			

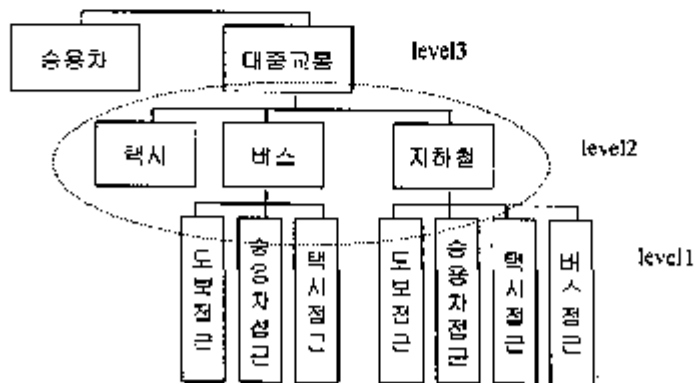
<표 3-16> 추정결과

	대중교통	
	버스	지하철
상수 (t-value)	-	1.36448 (60.55753)
logsum (t value)	1.17331 (183.770)	0.68253 (133.92)
ρ^2	0.201166	
$\bar{\rho}^2$	0.201153	
자료수	215,294	

더안 1의 2단계 추정결과 네스티드구조의 적합성을 판단하는 ρ 값이 1보다 크게 나와 더안 1은 네스티드구조가 잘못된 것으로 판단된다.

(2) 더안 2

더안 2의 2단계 선택대안은 대중교통수단, 즉, 택시, 버스, 지하철인데, 각 선택대안의 효용함수는 <식 3-17>과 같으며, 추정계수는 <표 3-17>와 같다.



<그림 3-8> 더안 2의 2단계

$$V_i = C_i + \phi_i \log \sum_j \exp(W_j)$$

$$V_{taxi} = C_{taxi} + \alpha_{taxi} TTime_{taxi} + \beta_{taxi} TCost_{taxi} \quad \langle \text{식 3-17} \rangle$$

여기서, C_i, C_{taxi} = 수단 i , 택시의 상수 (i = 버스, 지하철)

W_j = j 모드의 효용

(i 가 버스일 경우, j = 도보집근, 승용차접근, 택시집근,

i 가 지하철일 경우, j = 도보집근, 승용차접근, 택시집근, 버스접근

$\alpha_{taxi}, \beta_{taxi}, \phi_i$ = 추정계수

<표 3-17> 추정결과

(단위 : 시간·10분, 비용·100원)

	대중교통		
	택시	버스	지하철
상수 (t-value)	-2.74166 (-117.150)	-	-
동행시간 (t-value)	-0.19665 (-14.117)	-	-
동행비용 (t-value)	-0.04733 (-40.910)	-	-
logsum (t-value)	-	0.86174 (195.001)	0.42935 (192.117)
ρ^2	0.363365		
$\bar{\rho}^2$	0.368069		
자료수	223,866		

대안 2의 2단계에서 택시수단에 승용차소유터미, 통행목적터미를 효용함수내에 포함시키면, 효용함수는 다음과 같이 표현될 수 있고, 추정된 결과는 <표 3-18>와 같다.

$$V_i = C_i + \phi_i \log \sum_j \exp(W_j)$$

$$V_{taxi} = C_{taxi} + \alpha_{taxi} TTime_{taxi} + \beta_{taxi} TCost_{taxi} + \gamma_{taxi} P_{1taxi} + \delta_{taxi} P_{2taxi} + \varepsilon_{taxi} P_{3taxi} \quad \langle \text{식 3-18} \rangle$$

여기서, C_i, C_{taxi} = 수단 i 택시의 상수 (i = 버스, 지하철)

W_j = j 서비스의 효용

(i 가 버스일 경우, j = 도보접근, 승용차접근, 택시접근,

i 가 지하철일 경우, j = 도보접근, 승용차접근, 택시접근, 버스접근)

P_{1taxi} = 수단 택시의 더미변수1(승용차소유자이면 1, 나머지는 0)

P_{2taxi} = 수단 택시의 더미변수2(통근목적이면 1, 나머지는 0)

P_{3taxi} = 수단 택시의 더미변수3(동학목적이면 1, 나머지는 0)

$\alpha_{taxi}, \beta_{taxi}, \gamma_{taxi}, \delta_{taxi}, \epsilon_{taxi}, \varphi_i$ = 추정계수

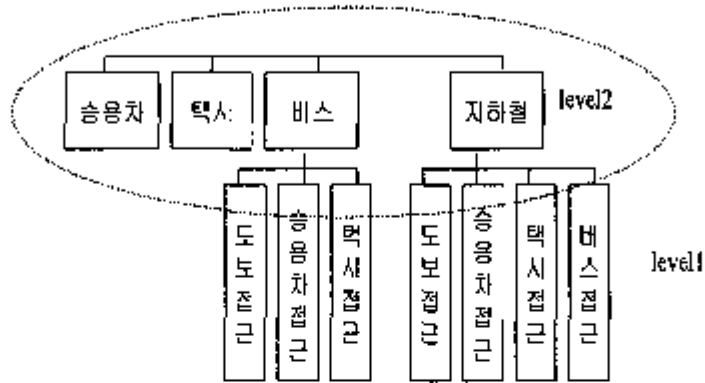
<표 3-18> 추정결과

(단위 : 시간-10분, 비용-100원)

	대중교통		
	택시	버스	지하철
상수 (t-value)	-2.57103 (-96.375)	-	-
동행시간 (t-value)	-0.17469 (-12.278)	-	-
동행비용 (t-value)	-0.04844 (-40.968)	-	-
승용차소유더미 (t-value)	0.03107 (1.379)	-	-
통근목적더미 (t-value)	-0.43057 (-13.475)	-	-
동학목적더미 (t-value)	-2.90733 (-24.834)	-	-
logsum (t-value)	-	0.92772 (195.721)	0.42037 (192.806)
ρ^2	0.368098		
$\bar{\rho}^2$	0.368069		
시료수	223,866		

(3) 대안 3

대안 3의 2 단계 선택대안은 승용차, 택시, 버스, 지하철, 각 선택대안의 효용함수는 <식 3-17>과 같으며, 추정계수는 <표 3-19>와 같다.



<그림 3-9> 대안 3의 2단계

$$V_i = C_i + \phi_i \log \sum_j \exp(W_j)$$

$$V_k = C_k + \alpha_k TTime_k + \beta_k TCost_k \quad \text{<식 3-19>}$$

여기서, C_i, C_k = 수단 i, k 의 상수 (i = 버스, 지하철, k -승용차, 택시)

W_j = j 네스티드의 효용

(i 가 버스인 경우, j = 도보접근, 승용차접근, 택시접근,

i 가 지하철인 경우, j = 도보접근, 승용차접근, 택시접근, 버스접근)

$\alpha_k, \beta_k, \phi_i$ = 추정계수

<표 3-19> 추정결과

(단위 : 시간-10분, 비용-100원)

	승용차	택시	버스	지하철
상수 (t-value)	-0.43267 (-53.247)	-2.18390 (-100.869)	-	-
통행시간 (t value)	-0.30357 (-151.760)	0.29403 (-21.770)	-	-
통행비용 (t-value)	-0.00891 (-32.736)	-0.02706 (-24.516)	-	-
log sum (t-value)			0.59314 (219.939)	0.34460 (205.635)
ρ^2		0.234523		
$\bar{\rho}^2$		0.234516		
자료수		381,489		

대안 3의 2단계에서 승용차, 택시수단에 승용차소유더미, 통행목적더미를 효용함수에 포함시키면, 효용함수는 다음과 같이 표현될 수 있고, 추정된 결과는 <표 3-20>와 같다.

$$V_i = C_i + \phi_i \log \sum_j \exp(W_j)$$

$$V_k = C_k + \alpha_k TTime_k + \beta_k TCost_k + \gamma_k P_{1k} + \delta_k P_{2k} + \varepsilon_k P_{3k} \quad \text{<식 3-20>}$$

- 여기서, C_i, C_k = 수단 i, k의 상수 (i = 버스, 지하철, k=승용차, 택시)
 W_j = j 네스티드의 효용
 (i가 버스일 경우, j = 도보접근, 승용차접근, 택시접근,
 i가 지하철일 경우, j= 도보접근, 승용차접근, 택시접근, 버스접근)
 P_{1k} = 수단 k의 디미변수1(승용차소유자이면 1, 나머지는 0)
 P_{2k} = 수단 k의 디미변수2(통근목적이면 1, 나머지는 0)
 P_{3k} = 수단 k의 디미변수3(통학목적이면 1, 나머지는 0)
 $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k, \delta_k, \varepsilon_k, \phi_i$ = 추정계수

<표 3-20> 추정결과

(단위 : 시간-10분, 비용-100원)

	승용차	택시	버스	지하철
상수 (t-value)	-2.19741 (-168.036)	-2.03951 (-80.669)	-	-
동행시간 (t-value)	-0.32904 (-153.254)	-0.26081 (-18.921)	-	-
동행비용 (t-value)	-0.03378 (-45.378)	-0.03182 (-28.243)	-	-
승용차수요더미 (t-value)	2.38923 (221.586)	0.03840 (1.715)	-	-
불균형적더미 (t-value)	0.59432 (63.512)	-0.46148 (-14.556)	-	-
통과목적더미 (t-value)	-1.80410 (-89.740)	-2.95306 (-25.211)	-	-
dogsum (t-value)	-	-	0.67969 (218.945)	0.36078 (205.598)
ρ^2	0.314696			
$\bar{\rho}^2$	0.314683			
자료수	381,498			

3) 3 단계

(1) 대안 2

대안 2 의 3 단계 선택대안은 승용차, 대중교통수단인데, 각 선택대안의 효용함수는 <식 3-19>과 같으며, 추정계수는 <표 3-21>와 같다.

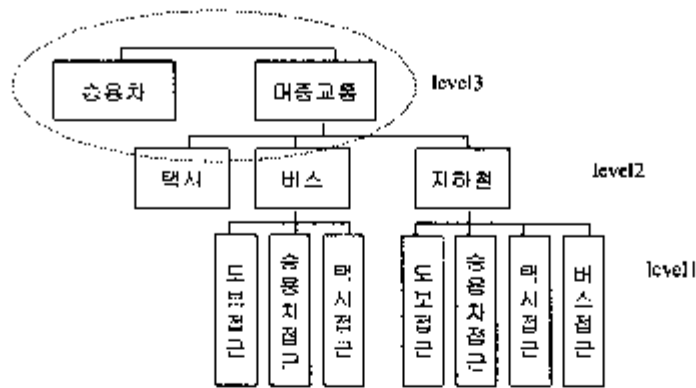
$$V_i = C_i + \psi_i \log \sum_j \exp(W_j)$$

$$V_{auto} = C_{auto} + \alpha_{auto} TTime_{auto} + \beta_{auto} TCost_{auto} \quad \text{<식 3-21>}$$

여기서, C_i, C_{auto} = 수단 i, 승용차의 상수 (i = 대중교통)

W_j = j 모드의 효용 (j = 택시, 버스, 지하철)

$\alpha_{auto}, \beta_{auto}, \psi_i$ = 추정계수



<그림 3-10> 내안 2의 3단계

<표 3-21> 추정결과

(단위 : 시간=10분, 비용=100원)

	승용차	대중교통
상수 (t-value)	-0.65581 (-87.068)	-
통행시간 (t-value)	0.13749 (64.823)	-
통행비용 (t-value)	-0.01449 (-54.754)	-
logsum (t-value)	-	0.44805 (114.059)
ρ^2	0.06652	
$\frac{\rho^2}{\rho^2}$	0.066505	
자료수	381,489	

내안 2의 3단계에서 승용차수단에 승용차소유더미, 통행목적더미를 효용함수내에 포함시키면, 효용함수는 다음과 같이 표현될 수 있고, 추정된 결과는 <표 3-22>와 같다.

$$V_i = C_i + \phi_i \log \sum_j \exp(W_j)$$

$$V_{auto} = C_{auto} + \alpha_{auto} TTime_{auto} + \beta_{auto} TCost_{auto} + \gamma_{auto} P_{1auto} + \delta_{auto} P_{2auto} + \epsilon_{auto} P_{3auto} \quad \langle \text{식 3-22} \rangle$$

여기서, C_i, C_{auto} = 수단 i, 승용차의 상수 (i = 대중교통)
 W_j = j 에스티드의 효용 (j = 택시, 버스, 지하철)
 P_{1auto} = 수단 승용차의 더미변수1 (승용차소유이면 1, 나머지는 0)
 P_{2auto} = 수단 auto의 더미변수2 (통근목적이면 1, 나머지는 0)
 P_{3auto} = 수단 auto의 더미변수3 (통학목적이면 1, 나머지는 0)
 $\alpha_{auto}, \beta_{auto}, \gamma_{auto}, \delta_{auto}, \epsilon_{auto}, \varphi_i$ = 추정계수

<표 3-22> 추정결과 (단위 : 시간=10분, 비용=100원)

	승용차	대중교통
상수 (t-value)	-2.30708 (-187.711)	-
통행시간 (t-value)	-0.14638 (-62.504)	-
통행비용 (t-value)	-0.01957 (-65.673)	-
승용차소유더미 (t-value)	2.28197 (221.747)	-
통근목적더미 (t-value)	0.59747 (65.451)	-
통학목적더미 (t-value)	-1.69157 (-87.518)	-
logsum (t-value)	-	0.46080 (105.283)
ρ^2	0.219907	
$\bar{\rho}^2$	0.21988	
자료수	381,489	

제 4 절 모형검증 및 한계점

1. 모형의 검증

1) 시간가치 검증

3절에서 추정된 각 대안별, 수단별로 시간가치를 분석해 보면 <표 3-23>과 같은데, 대안 1은 잘못 설정된 네스디드구조로 판정되었고, 대안 2는 승용차 및 택시의 시간가치가 너무 낮게 분석되어 적절한 대안이 아닌 것으로 판정되었다.

<표 3-23> 각 대안별 추정된 수단별 시간가치 (단위 : 원/시)

	대안 1		대안 2		대안 3	
	동행목적 및 승용차보유 유무 고려할 때	동행목적 및 승용차보유 유무 고려할 때	동행목적 및 승용차보유 유무 고려할 때	동행목적 및 승용차보유 유무 고려할 때	동행목적 및 승용차보유 유무 고려할 때	동행목적 및 승용차보유 유무 고려할 때
승용차 ¹⁾	-	-	5,693.2	4,487.9	20,465.2	14,326.9
택시 ²⁾	-	-	2,492.9	2,163.8	6,532.9	4,917.9
버스(도보접근)						
버스승용차	2,497.0	2,461.2	2,497.0	2,461.2	2,497.0	2,461.2
버스택시						
지하철	9,035.3	9,751.2	9,035.3	9,751.2	9,035.3	9,751.2
지하철승용차	7,162.9	7,484.7	7,162.9	7,484.7	7,162.9	7,484.7
사하철택시						
지하철버스	5,601.6	5,821.7	5,601.6	5,821.7	5,601.6	5,821.7

주1. 대안1의 네스디드 구조가 이론적으로 잘못된 것으로 판정되어 승용차 및 택시가 포함된 상위 네스디드의 계수 추정결과를 생략하였음.

주2. 승용차수단의 경우 동행비용에 주차요금이 포함되었기 때문에 목적별비용 따지고 귀가하는 동행에도 주차비용이 반영되어야 하나 목적별비용 후 바로 귀가하지 않고 여러 목적이 연계되는 체인동행(trip chain)의 문제가 해결되지 않아 반영되지 않았음.

주3. 택시의 비용은 재차비용으로 나누고도 적용되어야 하나 요금을 각자 중복계산하는 항승에 구분되지 않아 세차 인입을 적용하지 못하였다. 따라서 시간가치는 이를 감안하여 높게 해석할 수 있다.

따라서, 본 연구에서 선정된 확칙의 대안은 3이며, 대안 3의 각 수단별 효용함수에 대한 추정계수는 <표 3-24>, <표 3-25>과 같다. 여기서 승용차보유유무와 통행 목적을 고려한 모형과 그렇지 않은 모형으로 구분하여 제시한 이유는 본 모형결과를 수요분석 및 수요예측 활용시 통행구분 없이 총량에 대한 개략적 단순예측에 사용되는 경우와 좀더 세부적인 예측이 필요한 경우 모두 활용이 가능토록 하기 위함이다.

<표 3-24> 통행목적 및 승용차보유 유무 고려시 모형의 계수값

	상수	통행시간 계수(10분)	통행비용 계수('00원)	logsum (θ)
승용차	-0.43267	-0.30397	-0.00891	0.59314
택시	-2.18390	-0.29463	-0.07706	
버스	-	-0.52596	-0.12638	
버스승용차	-5.37376	-0.52596	-0.12638	
버스택시	-4.36992	-0.52596	-0.12638	
지하철	-	-1.18303	-0.07192	0.34460
지하철승용차	-6.13517	-0.91672	-0.07679	
지하철택시	-5.00507	-0.91672	-0.07679	
지하철버스	-2.64321	-0.37339	-0.09355	

<표 3-25> 통행목적 및 승용차보유 유무 고려시 모형의 계수값

	상수	통행시간 계수(10분)	통행비용 계수(100원)	승용차소유 내역	통근목적 대미	통학목적 대미	logsum (θ)
승용차	-2.19741	-0.32904	-0.01378	2.38923	0.59432	-1.80410	-
택시	-2.03951	-0.26061	-0.03182	0.03840	-0.46148	-2.95306	-
버스	-	-0.48367	-0.11791	-	-	-	0.67969
버스승용차	-5.92489	-0.48367	-0.11791	0.45287	1.19579	-	
버스택시	-4.57878	-0.48367	-0.11791	0.27874	0.50711	-1.59607	0.36078
지하철	-	-1.19306	-0.07341	-	-	-	
지하철승용차	-7.86404	-0.92037	-0.07378	1.79779	1.09412	-0.29121	
지하철택시	-5.47961	-0.92037	-0.07378	0.35898	0.66253	-1.11864	
지하철버스	-2.70787	-0.88694	-0.09141	-0.05879	0.33411	0.32370	

2) 모형의 현실 설명력 검증

본 연구에서 구축된 수단선택모형이 현실을 얼마나 잘 설명하는가를 검증하기 위하여, 모형에서 산출된 수단분포를 관찰된 사료의 수단분포와 비교하였 보았다. 그 결과는 <표 3-26>, <표 3-27>과 같은데, 승용차, 택시, 버스, 지하철 등 주 수단의 경우 오차가 그리 크지 않은 것으로 판단된다.

<표 3-26> 관측 수단분포와 모형 수단분포 (단위 : 통행)

	관측값	모형값	오차(%)
승용차	7,552,628	7,245,915	4.06
택시	465,525	406,503	12.68
버스	5,065,830	4,717,446	6.88
버스승용차	36,524	28,978	20.66
버스택시	29,080	19,379	33.36
지하철	3,079,551	3,347,832	-8.71
지하철승용차	86,701	107,180	-23.49
지하철택시	98,331	100,117	-1.30
지하철버스	1,337,895	1,779,374	-33.00
합계	17,752,723	17,752,723	0.00

주 : 오차 = (관측값 - 모형값) / 관측값 * 100

<표 3-27> 관측 수단분포의 모형 수단분포 (단위 : %)

	관측값	모형값	오차(%)
승용차	42.54	40.82	4.06
택시	2.62	2.29	12.68
버스	28.54	26.57	6.88
버스승용차	0.21	0.16	20.66
버스택시	0.16	0.11	33.36
지하철	17.35	18.86	-8.71
지하철승용차	0.49	0.60	-23.49
지하철택시	0.56	0.56	-1.30
지하철버스	7.54	10.02	-33.00
합계	100.00	100.00	0.00

주 : 오차 = (관측값 - 모형값) / 관측값 * 100

2. 모형의 한계점

본 연구에서 추정된 모형은 다음과 같은 한계점을 지니고 있다.

첫째, 현실적으로 통행자가 수단을 선택할 때, 통행자가 선택자와 의존통행자의 구분에 따라, 수단선택의 행태가 다르게 나타나지만, 본 모형에서는 이 부분이 너미변수로 처리되어 있기 때문에 모든 통행자에게 일률적인 차이만 반영되어 있다. 따라서 선택통행자와 의존통행자를 구분하여 각각 별도의 모형을 검토할 필요가 있다.

둘째, 통행자가 수단을 선택할 때, 통행목적에 따라서 선택하는 수단의 행태가 다르게 나타나지만, 본 모형에서는 이 부분 역시 통근, 통학, 기타로 구분한 너미변수로 처리되어 있기 때문에 수단선택행태가 명확하게 반영되지 않았다. 따라서 각 통행목적별 별도의 모형을 구축하거나 목적별 수단선택행태가 반영될 수 있는 방안이 강구되어야 한다.

셋째, 본 모형은 모형 정립사 선택 대상에서 제외된 수단, 즉, 도보 및 자전거, 통근 학가타버스, 오토바이 및 기타수단에 대해서는 설명력이 없다. 따라서 이들 수단에 대한 별도의 모형이나 처리방법이 검토되어야 한다.

넷째, 교통수단간 환승이 이루어지는 복합수단의 통행시간과 통행비용자료는 경기, 인천의 대중교통망등 기준데이터베이스 미완성되어 있기 때문에 일부 오차가 있을 수 있다. 이는 향후에 경기·인천지역의 대중교통망이 보완됨으로서 해결될 수 있다.

다섯째, 모형내 통행비용 산출시 택시요금이 재차인원을 반영하지 못한점과 승용차를 이용한 귀가통행에 귀가전 목적활동의 주차요금이 반영되지 못한점은 통행의 시간 가치를 일부 왜곡시킬 수 있기 때문에 이를 반영시킬 수 있는 방법이 연구되어야 한다.

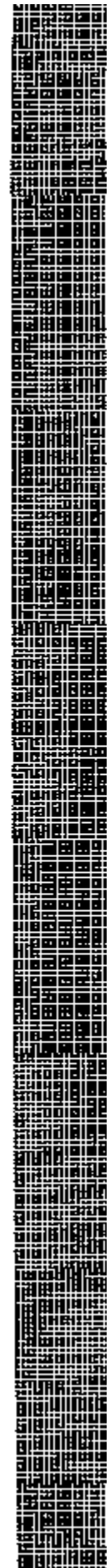
第 4 章 동행배분모형

제 1 절 이론적 고찰 및 기존사례 검토

제 2 절 네트워크구축

제 3 절 동행배분모형 정립

제 4 절 모형의 검증 및 한계점



제 4 장 통행배분모형

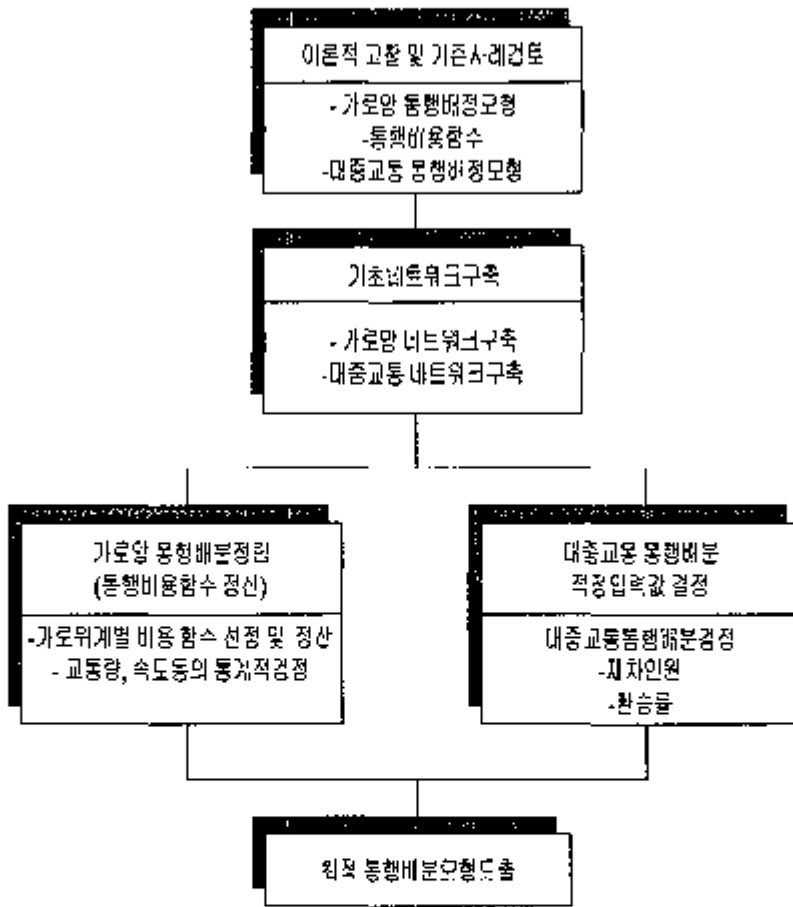
통행배분모형은 교통시설계획, 교통시설망 평가 등의 교통정책의 수립에 적용될 뿐 아니라, 이전 단계에서 구축된 잔재적 수단O/D를 도로에 배분된 교통량을 통하여 검증하는 역할을 수행할 수 있어 그 중요성이 크나 알 수 있다.

통행배분모형은 가로망 통행배분과 대중교통통행배분으로 크게 구분되어 질 수 있는데, 가로망 통행배분은 가로망에 배분되는 차량을 추정하는 모형인 반면, 대중교통통행배분은 대중교통노선에 부하되는 승객량을 추정하는 모형으로서 두 모형간에는 기본적인 네트워크의 구조부터 통행배분 알고리즘까지 그 방법론적인 차이가 크다.

통행배분모형은 또한 다음 두 가지 요소를 포함하는데, 우선 통행량의 변화에 따른 통행비용의 변화를 모형 내에서 어떻게 반영할 것인가에 관한 문제이며, 두 번째는 통행비용에 통행자가 어떻게 반응할 것인가에 관한 문제이다. 전자는 통행비용함수의 문제이며, 후자는 통행배분모형의 문제이다.

본 연구에서 가로망 통행배분모형의 경우는 전자를 주로 검토하였는데, 즉 평형통행배분모형(Equilibrium Assignment Model)의 통행비용함수정산을 주내용으로하여 통행배분모형을 정립하였다. 한편, 대중교통통행배분은 별도의 통행비용함수의 정산과정 없이 EMME/2에서 제공하는 대중교통모들의 적정계수값 제시로 한정하였다.

본 장에서는 통행배분모형의 정립을 위해 우선 통행배분모형의 이론이론 및 국내외 적용사례를 검토한 후, 본 연구에서 사용한 emme/2패키지와 관련하여 네트워크 구축 내용을 설명할 것이다. 또한, 구축된 네트워크와 정산된 통행비용함수를 도대로 예측된 통행배분결과를 관측자료와 비교 검증하는 과정을 반복함으로써 최적모형을 도출하였다.



〈그림 4-1〉 동행배정모형 정립 흐름도

제 1 절 이론적 고찰 및 기존사례 검토

1. 이론적 고찰

1) 가로망 통행배분모형

가로망 통행배분모형은 크게 정태적모형, 동태적모형으로 구분하고, 다시 정태적 모형은 결정적모형과 확률적모형으로 구분되며, 링크용량 고려여부에 따라 세분하여 <표 4-1> 과 같이 분류할 수 있다.

<표 4-1> 가로망 통행배분모형의 유형

구분		링크용량을 고려하지 않음	링크용량을 고려함
정태적 모형	결정적 모형	All-or-nothing assignment	반복통행배분법(Iterative assignment) 분할통행배분법(Incremental assignment) 평형통행배분법(Equilibrium assignment)
	확률적 모형	Dial model Logit model Probit model Simulation Model	확률적 평형통행배분법 (Stochastic equilibrium assignment)
동태적 모형		시간변화에 따른 교통량을 고려하여 통행배분을 수행	

(1) 결정적 모형

결정적 모형이란 통행자는 최소비용경로를 선택한다는 원칙에 의해 통행량이 배분되는 것을 말하는데, 통행량이 배분되는 과정은 최소비용경로를 찾는 부분과 통행량을 가로망에 배분하는 부분으로 구성된다. 결정적 모형은 링크용량 고려 여부에 따라 All-or-nothing과 반복배분법, 분할배분법, 평형배분법 등으로 구분할 수 있다.

① All or-nothing 법

All-or-nothing 법은 통행비용을 이용하여 최소비용이 소요되는 경로에 모든 통행

량을 배분하는 방법인데, 방법이 단순하여 적용이 용이 한데 비하여, 링크의 용량을 고려하지 못한다는 단점이 있다.

② 용량제약 동행배분법

용량제약 동행배분법은 동행량이 링크의 용량보다 과다하게 배분된 링크를 합리적으로 조정하여 동행량이 보다 현실적으로 배분될 수 있도록 한 방법이다. 용량제약 동행배분의 과정은 최소비용경로를 찾아 동행량을 배분하고, 배분된 동행량이 링크 용량을 초과할 경우 링크의 동행속도를 낮추어 동행량을 조정하는 것으로 구성된다.

③ 반복동행배분법 (iterative assignment)

반복동행배분법은 최소비용경로를 탐색하여 All-or-nothing 방법으로 동행량을 배분하고, 링크용량보다 초과하여 배분된 동행량은 동행량·동행시간 곡선에 의한 링크속도 조정 방법으로 동행량을 조정하는 방법이다.

④ 분할동행배분법(incremental assignment)

분할동행배분법은 동행량 중 일부를 우선적으로 배분한 후 새로운 동행비용을 도출하여 나머지 동행량을 배분하는 방법이다.

⑤ 평형동행배분법(equilibrium assignment)

평형동행배분법은 Wardrop(1952)과 Beckmann(1956)에 의하여 구체화되었는데, Wardrop <식 4-1>과 같이 표현되는 사용자평형(User Equilibrium)과 체계최적(System Optimality)¹⁾이라는 2가지의 평형동행배분 원리를 발표하였다.

1. 사용자 평형원리(User Equilibrium Principle): "사용자가 실제로 선택한 모든 경로의 동행시간은 모두 동일하며, 아직 사용되지 않은 어떤 경로의 동행시간보다 크지 않다."로 정의하며, 체계최적원리(System Optimality Principle): "선택된 링크의 총동행비용의 합은 최소이다."로 정의한다.

$$\begin{aligned}
c_k^{rs}(f_k) = c_{rs} \text{ 이면 } f_k^{rs} > 0, & \quad \forall r, s, k \\
c_k^{rs}(f_k) \geq c_{rs} \text{ 이면 } f_k^{rs} = 0, & \quad \forall r, s, k
\end{aligned}
\tag{식 4-1}$$

여기서, $c_k^{rs}(f_k)$ = 기종점 r, s 간의 k 경로를 이용하는 경우의 통행비용
 f_k = k 경로의 통행량,
 c_{rs} = 기종점 r, s 간의 최소경로

즉, 평형통행배분법은 사용된 경로의 통행비용 $c_k^{rs}(f_k)$ 이 최소통행비용 c_{rs} 와 같으면, 그 경로에 통행량 f_k^{rs} 를 배분하고 그렇지 않으면 통행량을 배분하지 않는 방법이다.

한편, Beckmann이 위 Wardrop 원리의 사용자평형과 체계최적을 <식 4-2>, <식 4-3>와 같은 수리최소화문제로 모형화하여 통행량 배분을 용이하게 하였다.

○ 사용자평형(User Equilibrium)

$$\min Z = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(w) dw \tag{식 4-2}$$

$$\begin{aligned}
s.t \quad \sum_k f_k^{rs} &= q_{rs}, \quad f_k^{rs} \geq 0 \quad \forall k, r, s \\
x_a &= \sum_{r,s,k} f_k^{rs} \delta_{a,k} \quad \forall a
\end{aligned}$$

여기서, x_a : 링크 a 의 통행량
 f_k^{rs} : 기종점 r, s 간의 k 경로 통행량
 $t_a(\cdot)$: 링크 a 의 통행비용
 $\delta_{a,k}^{rs}$: 경로 k 가 기종점 r, s 에 속하면 1, 그렇지 않으면 0인 가변수

○ 체계최적(System Optimality)

$$\min Z = \sum_a x_a t_a(x_a) \quad \langle \text{식 4-3} \rangle$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_k f_{rs}^k = q_{rs}, \quad f_{rs}^k \geq 0 \quad \forall k, r, s$$

$$x_a = \sum_{r,s,k} f_{rs}^k \delta_{a,rs}^k \quad \forall a$$

(2) 확률적 모형

확률적 모형이란 통행자가 자신의 효용을 최대화시키는 경로를 선택한다는 원칙에 의해서 통행량이 배분되는 것을 말하는데, 링크용량 고려 여부에 따라 Dial model, Logit model, Probit model, Simulation model과 확률적 평형통행배분법으로 구분할 수 있으며, 아직, 이론과 적용상의 제약 때문에 실무에 적용되는 경우가 많지 않은 실정이다.

2) 통행비용함수

도시의 통행분석을 위해 교통네트워크분석을 시행하는 과정에서, 특히 통행배분단계에서는 각 기종점간의 경로비용은 경로를 이루고 있는 각 링크비용의 합과 결정점(Node)에서의 비용의 합으로 이루어지며, 이러한 경로상의 비용이 각 경로에 얼마만한 기·종점교통량이 배분 되는가를 결정하게 되는 중요한 요소가 된다. 경로비용을 구성하는 링크비용과 노드 비용을 계산하기 위해서는 이론적으로는 교통류이론(Traffic Flow Theory)에 잘 부합하는 링크상의 비용-교통량의 관계식을 사용하면 될 것처럼 보이지만, 사용자평행이론(User Equilibrium Principle)에 근거한 노선선택모형에서는 교통류이론에 부합하는 비용-교통량의 관계식을 그대로 적용하기가 어려운 것이 현실이다.

이는 현재 많이 사용되고 있는, 사용자평행이론에 근거한 Symmetric 노선배분모형

의 모형과 이들의 해를 구하는 알고리즘이, 결과적으로 각 링크상의 비용을 나타내는 함수(비용함수)가 그 링크상의 교통량의 함수로만 나타내지고, 또한 단조증가함수(Monotonically Increasing Function)이어야만 유일한 해를(Unique Solution) 가질 수 있다는 수학적인 특징 때문이다. 결국 사용자 평형통행배분모형을 사용할 경우 통행비용함수는 다음과 같은 조건을 만족시켜야 한다.

첫째, 유일한 해를 구하기 위해서는 통행비용함수가 항상 양수이어야 하며, 단조증가함수이어야 한다.

둘째, 통행비용함수는 연속함수이어야 하고 미분가능 하여야 한다.

셋째, 함수는 최소한의 변수로 정의될 수 있어야 한다.

이상의 전제조건을 만족시키는 통행비용함수의 종류에 대한 설명은 <부록 1>에 수록하였으며, 통행비용함수가 도로상황을 현실적으로 묘사하기 위해 기본적으로 필요한 자유류 속도와 용량에 대한 구체적인 설명 역시 <부록1>에 첨부하였다.

3) 대중교통 통행배분모형

대중교통은 승용차와 다른 특성을 가지고 있기 때문에, 통행배분시 대중교통의 특성으로 인해 발생하는 여러 문제들을 고려하여야 한다.

승용차와 다른 대중교통의 특성에는 고정된 운행노선, 운행노선의 중복, 요금을 고려한 통행비용, 접근시간, 대기시간, 탑승시간, 환승시간 등을 고려한 통행시간 등이 있다.

일반적으로 대중교통 통행배분은 최소비용이 소요되는 노선에 모든 통행량을 배분하는 방법을 이용하는데, 최소비용 노선을 선택할 때, 이미 정해져 있는 전략²⁾하에서 통행시간이 최소가 되는 노선을 선택한다. 이것은 대중교통은 통행비용, 즉, 요금이 정해져 있기 때문에 이것을 최소화한다는 것은 의미가 없기 때문이다.

현재 사용되고 있는 대중교통 통행배분모형은 크게 all-or-nothing 통행배분모형,

2. 전략(strategy)이란 목적지에 도착하고자하는 이용자가 미리 정해놓은 규칙을 말한다.

최적전략에 의한 통행배분모형, 용량제한 통행배분모형 등으로 구분되어 질 수 있다.

(1) All-or-Nothing 통행배분모형

All-or-Nothing 통행배분은 결정적(Deterministic)모형으로서 링크의 용량을 고려하지 않고 기종점 간의 통행량 전망을 최단경로에 배분하는 기법이다. 대중교통 통행배분모형에서의 All-or-Nothing 통행배분모형은 기종점간 최단경로에 모든 승객이 집중되므로 차량의 용량을 초과하는 경우가 발생할 수 있으며, 최단 경로에만 모든 통행량이 집중되어 현실적이지 못한 단점을 가지고 있다. TRANPLAN등의 패키지에서 사용되고 있다.

(2) 최적 전략 통행배분모형

Spiess, Florian(1989)에 의해 개발된 모형으로서 통행자는 목적지에 도착하기 위해 나중대로의 최적전략(Optimal Strategy)을 사용한다는 이론이다.

최적전략이란 개별통행자들이 자신의 목적지에 도달하기까지 선택 가능한 내안집합 중의 하나라고 해석할 수 있으며, 최적전략을 찾기 위해서 고려되는 통행비용은 정류장 대기시간, 차내통행시간, 접근시간, 탑승시간 등이 포함된다. 이때 전략의 수와 종류는 통행하는 동안에 통행자가 사용할 수 있는 정보의 양에 따라 달라지며 통행하는 동안에 추가적인 정보를 사용할 수 없을 경우에는 이미 통행중인 경로만으로 전략이 한정된다.

통행자의 통행시간을 최소화하는 전략의 모형식은 링크상의 통행비용과 각 정류장에서 통행자가 차량을 기다리는 대기시간의 합으로 구성되며 그 식은 다음과 같다.

$$\text{Min} \sum_{a \in A} c_a v_a + \sum_{i \in I} \frac{V_i}{\sum_{a \in A_i^+} f_a x_a} \quad \langle \text{식 4-4} \rangle$$

$$\text{제약조건, } v_a = \frac{x_a f_a}{\sum_{a \in A_i^+} x_a f_a} V_i, \quad a \in A_i^+, i \in I$$

$$V_i = \sum_{a \in A} v_a + g_i, \quad i \in I,$$

$$V_i \geq 0, \quad i \in I$$

$$x_a = 0 \text{ 또는 } 1, \quad a \in A$$

여기서,

c_a - 링크 a 의 통행비용

v_a - 링크 a 의 교통량

V_i - 노드 i 와 통행수요

x_a - 링크 a 가 링크집합 (A^+) 에 포함되면 1 아니면 0

이러한 최적 전략 통행배분모형은 현재 EMME/2 패키지에서 적용되고 있는데, 노선간의 환승을 고려하지 못해 노선간 환승이 많이 발생하는 경로를 최단경로 선택할 가능성이 있고, 배차간격만을 기준으로 노선선택 확률을 계산하는 단점을 가지고 있다.

(3) 용량제한 통행배분모형

최적전략모형이 고려하지 못하는 용량제한조건을 고려하는 모형으로 통행량이 증가함에 따른 통행비용증가와 용량과부하를 보다 현실적으로 반영하기 위한 모형이다.

Wu, Florian, Marcotte(1994)는 통행배분에 용량을 고려하기 위해 대기시간을 교통량에 영향을 받도록 하여 평형통행배분을 하는 방법을 개발하였다.

De Cea, Fernandez(1993)는 노선의 용량과 승객 대기시간을 함께 고려한 식을 이용해 평형통행배분하는 방법을 사용하였다. 이때 환승노드에서의 교통량은 이전 정류장에서 승차한 통행자들의 수와 다음 정류장에서 하차하는 승객의 수에 영향을 받는 것으로 가정하고 모든 가능한 노선과 이에 따른 야코비안(Jacobian) 행렬을 계산하여 각 노선별 통행비용함수를 설정하였다.

2. 기존사례 검토

1) 국내 사례

(1) 교통소통촉진을 위한 간선도로 정비 기본계획 (1998. 11. 서울시)

도로구간별 교통량을 추정하기 위해 사용된 방법은 교통망 평형모형(Network Equilibrium Model)으로서 Wardrop에 의해 제안된 교통평형상태, 즉 통행자가 통행비용이 최소화 되도록 통행성도를 택하는 이용자 평형과 전 교통체계상의 통행비용이 최소가 되도록 통행을 배분하는 체계최적평형(System Optimization)에 근거를 두며, 종합교통계획 패키지인 Tranplan을 이용하여 노선배분을 하였으며, 이용자 평형모형 적용시 이용한 교통량/도로용량 함수는 다음의 식을 이용하였다.

$$T = T_0[1 + 0.25(v/c)^4]^{3/4} \quad \text{<식 4-5>}$$

여기서,

T : 교통량이 V 일때의 여행시간

T_0 : 전단계 교통량일때의 여행시간

V : 교통량

C : 도로용량

(2) 서울시 교통정비 기본계획 (1994. 3. 서울시)

노선배분모형은 종합 교통계획 패키지인 cmms/2에 내장되어 있는 대중교통 및 비 대중교통의 알고리즘을 이용하였다. 비대중교통의 경우 평형통행배분모형(Equilibrium Assignment Model)과 분할배분모형(Incremental Assignment model)을 조합하여 노선 배분 하였다.

이때, 교통량 지체함수(Volume - Delay Function)는 「교통소통촉진을 위한 간선 도로 정비 기본계획」에서 사용된 산정식과 같다.

3. 한국의 도로용량함수 검증에 관한 연구 서선덕, 교통정보 P75~P92

(3) 경기지역 도로·철도 교통망 장기개발계획 (1982. 12. 국토개발연구원)

「경기지역 도로·철도 교통망 장기개발계획」에서 적용된 방법은 용량제약태문기법중의 하나인 평형통행비분리론(Equilibrium Assignment theory)을 적용한 통행배분모형을 사용하여 장래의 노선교통량을 예측하였고, Wardrop의 1차원리를 전제로 한 위와 같은 통행배분모형으로 구축된 Tranplan을 이용하여 수행하였다.

이 모형에 입력된 자료는 각 링크에 대하여 필요로 하는 노선특성자료로 해당링크의 시점과 종점을 나타내는 노드번호, 링크길이, 자유교통류일 때, 천계속도, 교통용량, 차선수, 현재조사교통량, 도로완공시기(계획도로의 경우), 계획차선수, 도로의 입지적 특성이 구성된다.

(4) 서울시 교통개선 방안에 관한 연구 (1983. 9. 교통부)

「서울시 교통개선 방안에 관한 연구」에서 적용된 통행배분모형은 「INAM/ENAM」 모형은 (Incremental / Equilibrium Network Assignment model) 수정하여 사용하였다.

이는 가로망계획을 위해 과나부하가 걸리는 링크를 발견하고자 하는데 반하여 「ENAM」 모형에서는 용량저항변수를 고려하여 이러한 경향을 발견하기 어렵고 또한 교통량배분방법이 발생지역마다 최소시간경로를 반복하여 행함으로서 서울과 같은 거대한 가로망 구조에서는 노선배분 기법으로 부적합하다고 판단되어 「ENAM」 모형은 모형속에 내재된 하부프로그램의 내용을 수정하고 노드의 특성자료를 최대한으로 활용하여 사용하였다.

2) 해외 사례

(1) 디트로이트(DETROIT)

디트로이트 대도시권의 통행배분은 승용차와 대중교통으로 나누어 수행되었으며, 승용차의 통행배분은 평형통행배분법(equilibrium assignment)에 의해 수행되었다.

승용차 통행배분시 이용한 디트로이트 대도시권 승용차 가로망은 약 12,000개의 링크

크로 구성되어 있고, 통행비용함수는 BPR 식을 이용하였으며, 각 링크의 용량은 서비스수준 "F"의 용량을 적용하였다. 승용차 통행배분의 결과는 일일통행으로 산출되었는데, 1,300개의 실제 조사된 교통량자료를 이용하여 검증하였다.

대중교통 통행배분은 최소시간경로에 all-or-nothing 통행배분에 의해 수행되었는데, 통행배분시 이용한 디트로이트 대도시권 대중교통노선망은 도보 및 승용차를 이용한 집분산로, 급행 및 완행의 버스노선으로 구성되어있다

(2) 델라웨어 밸리 (DELAWARE VALLEY)

델라웨어 밸리 대도시권 통행배분은 승용차와 대중교통으로 나누어 수행되었는데, 각 수단은 독립된 교통망을 이용하였다.

승용차의 통행배분은 4번의 반복과정을 평형통행배분법(equilibrium assignment)에 의해 수행되었으며, 승용차 통행배분시 사용한 가로망은 특히 각 링크의 통행시간, 용량, 그리고 지역의 토지이용상의 특성(CBD, fringe, urban, suburban, rural)을 고려하여 구축되었다.

또한 대중교통의 경우 최소시간과 비용 경로에 all-or-nothing 통행배분에 의해 수행되었는데, 이때 대중교통노선망은 배차간격, 차내시간, 요금을 특별히 고려하여 반영하여 구축되었다.

(3) 피츠버그 (PITTSBURG)

피츠버그 대도시권의 통행배분도 승용차와 대중교통으로 분류되어 수행되었다. 승용차 통행배분은 평형통행배분법(equilibrium assignment)으로 이루어졌는데, 통행배분에 이용한 가로망은 링크 속도, 도로의 위계(freeway, expressway, arterial, centroid, ramp), 토지이용형태(CBD, fringe, residential, OBD, rural)에 따라 구분되어 구축되었고, 통행비용함수는 BPR 식을 이용하였다.

대중교통은 접근통행을 승용차접근, 도보접근으로 분류하여 통행배분 하였다.

(4) 애틀란타 (ATLANTA)

애틀란타 대도시권 통행배분은 일일 승용차 동행배분, 첨두시간 승용차 통행배분, 첨두시간 대중교통 통행배분으로 나누어 구축되었다.

일일 승용차 통행배분과 첨두시간 승용차 통행배분은 4번 반복과정의 평형통행배분법(equilibrium assignment)을 이용하였고, 첨두시간 대중교통 통행배분은 all-or-nothing 통행배분방법을 사용하였다.

승용차 통행배분에 사용한 가로강은 약 19,700개의 링크, 670개의 내부존, 27개의 외부존, 52개의 유출입 령으로 구성되어있는데, 각 링크는 도로의 위계(freeway high speed ramp, arterials, centroid connector, collector)와 토지이용형태(CBD CBD fringe, urban residential, outer CBD, rural)로 구분하여 서비스수준 "B"의 용량과 속도를 사용하여 구축되었다.

(5) 달라스 포트워즈 (DALLAS-Fort Worth)

달라스 포트워즈 대도시권의 통행배분은 승용차와 대중교통으로 나누어 구축되었다.

승용차 통행배분은 분할통행배분법(incremental assignment)을 사용하였는데, 평인과 첨두시간의 통행배분을 각각 분리하여 수행하였다.

또한, 통행배분시 초기 통행시간은 자유속도를 이용하였고, 통행배분이 진행됨에 따라 통행시간을 <표 4-2>와 같이 동행량-지체도(volume-delay) 함수에 의해 보정하였다.

<표 4-2> 동행량-지체도 함수

구분		식
평인	대용량링크	지체도(분/가일) = $\text{Min}(0.015 \times \exp(5.30) \times (\text{동행량}/\text{용량}), 60)$
	저용량링크	지체도(분/가일) = $\text{Min}(0.05 \times \exp(3.00) \times (\text{동행량}/\text{용량}), 10)$
첨두시간	대용량링크	지체도(분/가일) = $\text{Min}(0.015 \times \exp(7.00) \times (\text{동행량}/\text{용량}), 60)$
	저용량링크	지체도(분/가일) = $\text{Min}(0.05 \times \exp(4.50) \times (\text{동행량}/\text{용량}), 10)$

대중교통 통행배분은 첨두시간 도보접근 가정기반출근통행, 첨두시간 승용차접근 가정기반출근통행, 비첨두시간 도보접근 가정기반출근통행 및 비가정기반통행, 비첨두시간 승용차접근 가정기반출근통행 및 비가정기반통행의 4가지로 구분되어 수립되었는데, 4가지 모두 all-or-nothing 통행배분방법을 사용하였다.

제 2 절 네트워크구축

emme/2의 네트워크 구축은 도로상의 차량교통량을 추정하는 가로망 통행배분을 위한 가로망 네트워크와 버스 및 지하철 노선의 승객수송량을 추정하는 대중교통 통행배분을 위한 대중교통 노선 구축으로 나누어 질 수 있다. 이때 가로망 네트워크는 센트로이드, 노드, 링크, 차량모드 등으로 구성되며, 대중교통 네트워크는 대중교통노선, 정류장 등으로 구성된다. 이하에서는 통행배분모형의 정립을 위한 기본네트워크인 1996년 기본 시나리오에 대해서 설명하였다.

1. 가로망 네트워크

1) 센트로이드 및 노드

센서스 소존을 대표하는 센트로이드는 1,020개가 있으며, 각 센트로이드는 하나 이상의 센트로이드 connector로 주변 링크에 연결되어 있으며, 2개 이상 노드의 교차점을 표현하는 노드는 총 5,347개가 입력되었다.

2) 수단(mode)

가로망상에 배분되는 물량의 주체인 수단은 총 7개이며 도보는 대중교통의 보조수단으로서 4km/h의 속도로 모든 링크에 접근 가능하게 입력하였다.

<표 4-3> 네트워크상의 수단입력현황

수단	수단타입	권역링크수	승객용량	승용차환산계수
승용차	auto	16593		1
지하철	transit	712	4500	0
좌석버스	transit	16050	30	2.5
시내버스	transit	16050	110	3.0
순환버스	transit	16050	60	1.8
마을버스	transit	15988	45	1.8
노보	aux.transit	16911		0

3) 링크

1996년 기준 서울시 2차선 이상 도로에 대하여 도로폭, 차선수, 도로연장등의 기하구조 및 링크비용함수, 링크타입 등 총 19,091개를 입력하였다.

사 링크에는 동행가능한 동행수단은 입력함으로써 수단별 통행배분시 해당 수단의 링크에만 이루어지게 하였다. 또한 지하철은 별도의 링크로 구축하였으며, 버스전용차로 역시 기존의 링크옆에 별도로 구축하였고, 대신 기존의 가로 링크의 차선은 1차선을 감하였다.

4) 동행비용함수

링크타입별로 용량 및 통행속도를 달리한 BPR 동행비용함수식을 사용하였으며, 교차로의 경우는 좌회전금지, U-턴금지 등의 회전금지를 입력하였고 교차로에서의 지체시간은 BPR 동행비용함수식에서 고려되도록 하였다.

2. 대중교통네트워크

대중교통통행배분은 움직이는 대중교통노선에 대해 승객통행량을 배분하는 것이기

때문에 대중교통네트워크속성은 노선속성과 승객속성으로 크게 구분되어질 수 있다. 노선속성은 버스 또는 지하철의 속도, 배차시간, 정차시간 등을 포함하며, 승객속성은 승객이 통행할 때 인지하는 탑승시간, 환승시간, 대기시간, 차대시간, 접근시간 등을 포함한다.

1) 속도 및 배차시간

속도와 배차시간은 지하철의 경우 각 호선별로 표정속도 및 배차시간을 입력하였으며, 버스의 경우 속도는 「경찰청 정거속도조사, 서울시교통관리실,1996」에서의 전용차로 평균속도 19.05km/h를 임팔직용 하였고, 배차시간은 버스노선별로 입력하였다.

2) line segment 통행비용함수 및 정차시간

line segment 통행비용함수는 대중교통 노선의 정류장과 정류장간 통행시간, 즉 정차시간을 포함하지 않는 주행시간을 나타내는 함수이며, 정차시간은 정거장에 정차하는 시간으로 line segment 통행비용함수에는 영향을 미치지 않는다. 즉, 운행시간은 위 두 요소에 의해 결정되어진다.

본 연구에서는 정차시간을 0에 가깝게 설정하고, line segment 통행비용함수가 운행시간을 표현하도록 하였는데, 그 이유로는 i) 현재 구축된 emme/2 네트워크의 버스 정류장 위치자료가 현실과 일치하지 않아 정차시간 입력시 오히려 오차가 커질 수 있고 ii) 대부분의 관측자료가 운행시간으로 되어 있기 때문이다.

(1) 지하철

line segment 통행비용함수를 0으로 선정함으로써 통행비용함수에 관계없이 노선속도(표정속도)와 거리에 의해서만 주행시간이 산출되도록 하였다. 또한 정차시간은 0.01분으로 설정하여 운행시간과 주행시간을 거의 같게 함으로써 운행시간이 표정시간과 거의 일치하게 하였다. 다만, 정차시간이 0분이 될 경우 승객 탑승이 발생하지 않기 때

문에 0.01로 하였다.

(2) 버스

line segment 통행비용함수는 정류장간의 버스의 운행시간을 추정하는 함수로서 가도망상의 승용차통행시간에 대한 비율로 표현하여 도로혼잡을 반영할 수 있게 하였다. 또한, 별도의 링크로 구축된 버스전용차로 구간의 경우는 승용차통행량이 없기 때문에 line segment 통행비용함수의 영향을 받지 않게 되므로, 서울시 버스전용차로속도 19.05km를 버스노선 조기속도로 설정하였다.

line segment 통행비용함수에서 운행시간을 예측하므로 $Emrne/2$ 의 버스노선에 압력하는 정차시간은 사실 의미가 없으므로 0.01분으로 설정하였는데, 이는 0분으로 할 경우 정차를 하지 않기 때문이다.

<표 4-4> 버스수단의 line segment 통행비용함수 입력 현황

	노선속도(km/h)	정차시간(분)	함수타입	함수식
지역순환 (c)	19.05	0.01	1	승용차통행시간 × 1.3
좌석 (b)	19.05	0.01	2	승용차통행시간 × 1.2
마을 (l)	19.05	0.01	3	승용차통행시간 × 1.35
시내 (u)	19.05	0.01	1	승용차통행시간 × 1.3
유출입순환 (e)	19.05	0.01	1	승용차통행시간 × 1.3

line segment 함수, 즉 버스함수에서 승용차통행시간에 곱해지는 상수값은 버스주행시간이 승용차주행시간과 거의 같다고 가정하고 「96정기속도 조사, 서울시교통관리실, 1996」에서의 기종점간 버스운행시간대 주행시간 비율 이용하여 구하였다.

<표 4-5> 기종점간 운행시간 / 주행시간

버스노선	순방향(도심방향)	역방향(외곽방향)
서내버스156	1.29	1.36
좌석버스113	1.31	1.14

3) 승객 속성

승객속성은 승객이 대중교통노선을 이용할 때 느끼는 인지시간에 영향을 미치는 요소로서 탑승시간, 대기시간 factor등 승객속성의 변화가 노선자체의 통행시간(버스 및 지하철의 노선운행시간 등)에는 영향을 미치지 않는다.

(1) 지하철

<표 4-6> 지하철 통행배분시 승객속성입력요소

탑승시간(分)	대기시간 factor	탑승시간 가중치	대기시간 가중치	접근시간 가중치
4	0.5	1	3	1

탑승시간은 지하철 노선에 탑승할 때마다 계산되어지는 값인데, 일반적으로 지하철을 탑승할 때 걸리는 시간은 거의 없으므로, 본 연구에서는 지하철 탑승시 내는 요금 400원을 시간가치 5964원으로 환산한 4분만을 탑승시간으로 사용하였다.

탑승시간이 지하철 노선에 탑승할 때마다 계산되어지므로, Emme/2에서 두번째 이후의 탑승시간은 환승시간의 역할을 하게 된다. 일반적으로 지하철의 경우 환승시 갈아타는데 걸리는 시간이 큰 반면, 요금은 추가로 지불되지 않으므로, 2번째 이후의 탑승시간(환승시간) 4분은 요금은 포함되지 않은 환승역에서의 도보시간을 의미한다.

대기시간 factor 는 0 ~ 1 의 값을 갖는데, 0.5는 지하철역에서의 지하철도착분포가 균일분포임을 가정 한 것이다

대기시간, 탑승시간, 접근시간의 가중치는 차내시간에 대한 가중치이며, 이는 '수도권 여객 통행행태의 조사, 교통개발연구원, 1997'의 시간가치비율을 적용한 것이다.

(2) 버스

탑승시간은 버스 노선에 탑승할 때마다 계산되어지는 값이다. 버스의 경우는 버스 종류에 따라 다른 요금체계를 가지므로 탑승시간을 버스종류별 요금을 고려하여 위의 표와 같이 입력하였다.

탑승시간이 버스 노선에 탑승할 때마다 계산되어지므로, 버스 역시 $Emme/2$ 에서 두번째 이후의 탑승시간은 환승시간의 역할유 하게 된다. 일반적으로 버스의 경우는 환승시 대기시간(대기시간은 별도로 입력됨) 이외에는 거의 시간이 걸리지 않는 반면, 갈아탈 때마다 요금을 내야 하므로, 2번째 이후의 탑승시간(환승시간)은 2번째 이후의 버스노선의 탑승요금을 시간으로 환산한 값으로 하였다.

터미널을 이용하는 사외/고속버스의 경우는 기종점에 따라 다른 요금을 적용하므로 기종점별 요금을 시간으로 환산하여 탑승시간에 반영하였다.

이와의 값은 지하철과 동일하게 사용하였다.

<표 4-7> 버스 통행배분시 입력요소

탑승시간(분)	대기시간 factor	탑승시간 가중치	대기시간 가중치	접근시간 가중치
8 (외선) 4 (시내) 2.5 (마을) 4 (승선)	0.5	1	3	1

제 3 절 통행배분모형 정립

1. 가로망 통행배분모형

가로망 통행배분모형의 정립을 위하여 본 연구에서는 통행비용함수의 정산을 통한 방법을 사용하였다. 통행비용함수의 정산을 위해서 본 연구에서는 정적통행배분모형을 사용하였는데, All or nothing 통행배분모형은 가로망상의 혼잡상황을 고려할 수 없고, 확률적 평형통행배분과 동적 통행배분 모형의 경우는 입력 데이터의 부재와 컴퓨터용량 및 수행속도의 문제로 아직 서울과 같은 대도시에 적용하기에는 현실적으로 어려움이 많기 때문이다.

통행배분 모형내에서 통행비용함수는 도로상에서 교통량과 통행시간과의 관계를

나타내는 함수로서 통행배분시 통행자의 경로선택에 영향을 미쳐 결국 도로상에 부하되는 교통량을 결정하는 주 요인이 된다. 따라서, 신뢰성 있는 가로 교통량예측을 위해서는 통행배분모형의 선택 못지 않게 올바른 통행비용함수선택이 요구되어진다.

따라서, 본 연구에서는 서울시 가로망에 부합하는 최적 통행비용함수를 도출하기 위하여, 앞서의 통행비용함수의 전제조건을 만족시키며 비교적 적용이 용이하고 보편적으로 사용되는 BPR 함수식을 통행비용함수로서 선정하여, 파라메타 추산작업을 수행하였다.

BPR식의 정산을 위해서는 몇 가지 고려해야 할 사항을 살펴보면, 우선 통행시간은 도로구간의 통행시간을 의미하는 링크지체와 교차로에서의 지체를 의미하는 노드지체로 크게 구분되어 질 수 있는데, 일반적으로 서울과 같은 도시부에서의 통행시간은 신호시간 등의 영향을 많이 받기 때문에 노드 지체가 크므로, 노드 지체를 고려하지 않을 수 없다. 본 연구에서는 BPR식을 사용한 관계로 노드 지체를 별도로 포함하는 노드 지체 함수식을 사용하는 대신에 링크통행함수에 노드지체를 고려하는 방법을 사용하였다. 또한, 노드지체를 BPR식에 포함시키기 위해 노드지체를 반영하는 자유류 통행속도와 용량을 사용하였다.

끝으로 정산된 통행비용함수의 신뢰성 검증을 위해 교통량, 속도, O/D통행시간 등에 대해 관측치와 EMME/2 추정치를 RMSE, Theil부등계수 등의 통계적 검정을 통해 비교해 보았다.

1) 적용함수식

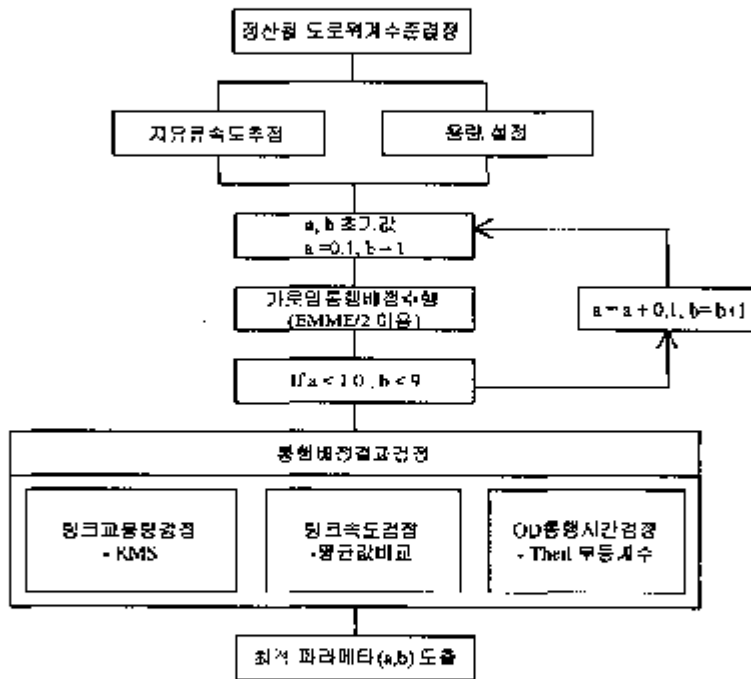
통행비용함수의 정산을 위해 사용된 통행비용 함수식은 아래와 같다.

$$T = (L/S_f \times 60) \times [1 + a (V/C)^b] \quad \text{<식 4-6>}$$

여기서, T : 링크통행시간(분)
 L : 링크길이(km)
 S_f : 자유류 상태하의 통행속도(km/h)
 V : 교통량(대/시)

C : 실용용량(Practical Capacity)(대/시)
 a, b : 단계상수

2) 수행과정



<그림 4-2> 통행비용함수의 정산흐름도

<그림 4-2>의 수행도를 단계적으로 설명하면 다음과 같다.

단계 1 : 가로수준별로 통행비용함수를 정산하기 위하여 가로늘을 지역별, 기능별로 구분한다.

단계 2 : 자유류 속도 및 용량을 구분된 가로수준별로 선정한다.

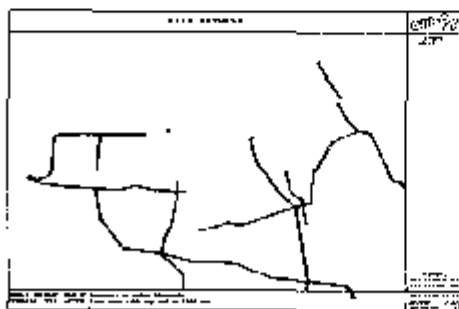
- 단계 3 : 통행비용함수의 파라메타 (a, b) 정산을 위해 초기값 (0.1, 1)을 설정한다.
- 단계 4 : 설정된 파라메타 값을 토대로 통행배분모형을 수행한다.
- 단계 5 : 새로운 파라메타의 적용을 위해 (a, b)를 (1.0, 9)이 될 때까지(0.1, 1)씩 증가시켜본다. 따라서, 총 조합수는 90개가 된다.
- 단계 6 : 링크교통량, 링크속도, O/D통행시간 등이 대해 통계적 기법을 이용해 검정을 수행한다.

3) 가로수준 결정

통행비용함수정산에 앞서 정산될 도로의 수준을 결정해야 하는데, 본 연구에서는 수도권 가로망을 지역에 따라 크게 도시부와 지방부로 나눈 후, 가로기능별로 세분화하였다. 구분된 내용은 아래 표와 같고, 주요 해당 도로는 그림과 같다.

<표 4-8> 정산될 가로망의 구분내역

지역구분	도로구분	지역구분	도로구분
도시부	도시고속도로	지방부	고속도로
	간선도로		국도
	보조간선도로		지방도
	일선도로	기타	교각, 램프, 터널, 고가



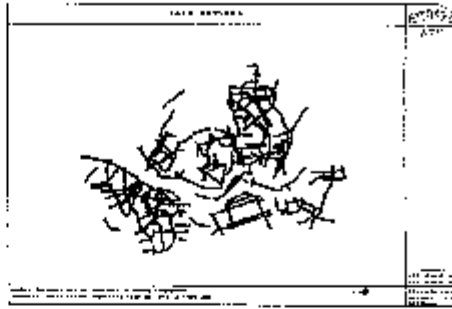
<그림 4-3> 고속도로



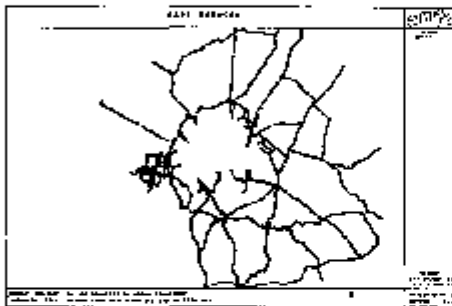
<그림 4-4> 도시고속도로



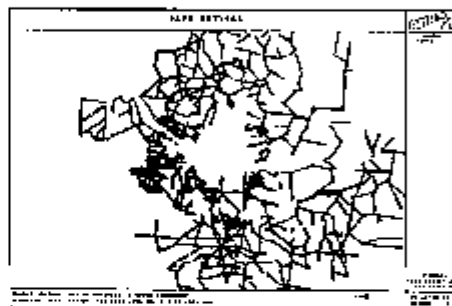
<그림 4-5> 간선도로



<그림 4-6> 보조간선도로



<그림 4-7> 국도



<그림 4-8> 지방도

4) 자유류 통행시간 및 설계속도

링크상의 자유류 속도는 서비스 수준 A의 자유류 상태하에서의 통행시간을 의미하며, 이러한 자유류 통행시간은 도로구간의 통행시간을 의미하는 링크지체와 교차로에서의 지체를 의미하는 노드지체로 크게 구분되어 질 수 있다. 본 연구에서는 NCHRP식을 사용하여 자유류 속도를 추정하였으며 NCHRP 식에서 적용한 값은 다음과 같다.

$$S_f = \frac{L}{\frac{L}{S_{mb}} + N \times \left(\frac{D}{3600} \right)} \quad \text{<식 4-7>}$$

$$D = DF \times 0.5 \times C(1 - g/C)^2 = 1 \times 0.5 \times 120\text{초} \times (1 - 0.45)^2 - 1 \times 0.5 \times 120\text{초} \times (1 - 0.45)^2 = 18.15 \approx 20$$

여기서,

S_f : 도시부 단속교통류의 자유류속도(km/h)

S_{mb} : mid block 속도 즉 가로수준별로 설계속도(km/h) 적용

D : 차량 당 총 신호등 지체(초)

L : 대상 링크의 길이(km)

N : L구간의 신호교차로의 수 ≈ 1 개

P : 녹색시간동안 도착한 차량의 비율

DF : 0.9 (독립교차로에 설치된 감용신호기인 경우)

1.0 (독립교차로에 설치된 정주기식신호기인 경우)

1.2 (연동화 교차로에서 연동이 적절하지 못한 경우)

0.9 (연동화 교차로에서 연동이 적절할 경우)

0.6 (연동화 교차로에서 연동이 매우 적절할 경우)

g/C : 녹색시간/신호주기 ≈ 0.45

또한, 사유류통행시간 산정을 위해 사용된 가로위계별로 설계속도는 다음과 같다.

<표 4-9> 도로위계별 설계속도

(단위:km/h)

구분	도로	설계속도	구분	도로	설계속도
지방부	고속도로	90	도시부	도시고속도로	80
	국도	70		간선도로	60
	지방도	70		보조간선도로	50
기타	교량/터널	70		집분산도로	50
	램프	40			
	고가	70			

자료) 「간선도로 정비 기본계획, 서울시정개발연구원, '98」 참조.

5) 용량

도로용량은 광행비용함수의 중요 요소임에도 불구하고, 개별 도로별로 확정된 값을 적용하기 힘든데, 이는 용량이 도로의 현재 상황에 따라 매우 가변적이며, 또한, 부록1에서와 같은 용량함수와 적용은 데이터의 부재로 불가능하기 때문이다. 따라서, 본 연구에서는 기존의 보고서들에서 사용한 도로위계별 차선별 용량을 최대한 적용하되, 본 연구에서 사용하는 네트워크의 특성을 고려하기 위하여, 수 차례 피드백 과정을 거쳐 아래표와 같은 도로위계별 용량을 사용하였다. 표에서 보듯이 본 연구에서는 용량에 대한 별도의 연구과정을 수행하지 않아, 단지 정산방법의 편이성을 위해 차선의 증가에 따라 용량을 비례적으로 증가시킨 한계점을 가지고 있다. 따라서, 향후 도로위계별, 차선별 정확한 용량을 파악하는 별도의 연구가 필요하다.

<표 4-10> 지역별 도로용량 (단위: pcu/시)

구분		1차선	2차선	3차선	4차선	5차선
전국	고속도로	1,100	2,200	3,300	4,400	-
	국도	800	1,600	2,400	-	-
	지방도	700	1,400	2,100	2,800	-
지방부	도시고속도로	1,000	2,000	3,000	4,000	-
	간선도로	800	1,600	2,400	3,200	4,000
	보조간선도로	700	1,400	2,100	2,800	-
	접분산도로	550	1,100	1,650	-	-
기타	교량/터널	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000
	램프	500	1,000	-	-	-
	고기	900	1,800	2,700	3,600	-

6) 정산 결과 및 최적파라메타 선정

추정된 자유류 속도와 용량을 이용하여 구성된 BPR함수의 정산 결과는 통시적 방법에 의해 심성되었으며, 통계자료로는 링크교통량, O/D통행시간, 링크통행속도 등을 사용하였다.

(1) 교통량 검정.

a, b 파라메타 조합별로 통행배분 한 후의 추정된 링크교통량은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스구축, 서울시, 1997」의 126개 지점의 관측교통량과 비교하여 V_e/V_0 (예측치/관측치), theil 부등계수 등을 수행하여 검정하였으며 그 함수식은 다음과 같다.

$$\text{개별 평균비} = \frac{\sum (V_e / V_0)}{N} \quad \text{<식 4-8>}$$

$$\text{총량 평균비} = \frac{\sum V_e}{\sum V_0} \quad \text{<식 4-9>}$$

$$\text{Theil의 부등계수} = \frac{(\sum (V_e - V_0)^2 / N)^{0.5}}{(\sum V_e^2 / N)^{0.5} - (\sum V_0^2 / N)^{0.5}} \quad \text{<식 4-10>}$$

V_e : $EMME/2$ 추정교통량

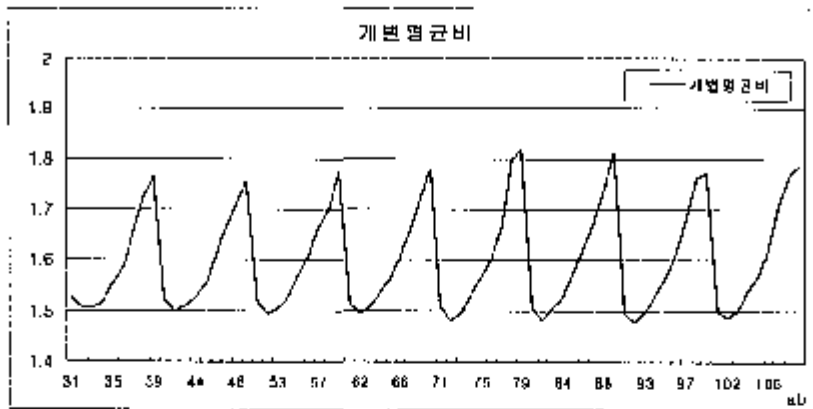
V_0 : $EMME/2$ 관측교통량

N : 관측링크개수

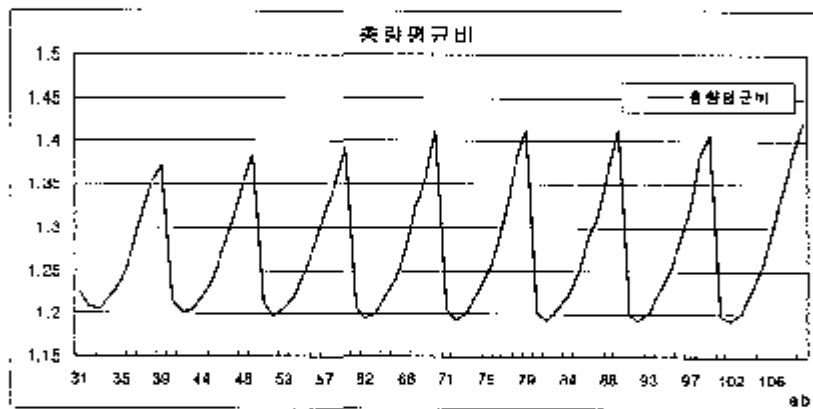
아래의 그림과 표는 교통량 검정을 위해 a, b 파라메타 조합별로⁴⁾ 개별평균비, 총량평균비, Theil 부등계수의 결과를 비교해 본 것이다. 비교 결과 개별평균비는 (a, b) 조합이 (0.9, 2)에서 총량평균비는 (0.8, 2), (0.9, 2), (1.0, 2)에서, Theil 부등계수는 (0.7, 3)의 조합에서 가장 좋은 적합도를 보여 주었다. 하지만, 개별평균비와 총량평균비는 모든 조합에서 파라메타 a의 값과는 관계없이 b=2 일 경우, 1 에 가까운 좋은 적합도를 보여 주었으며, 그 차이도 크지 않았다. (b=2일 경우 개별평균비와 총량평균비는 a와 관계없이 각각 1.48~1.506, 1.19~1.205로 그 차이가 매우 적었음). 한편, Theil 부등계수는 모든 조합에서 파라메타 a의 값과는 관계없이 b=3 일 경우 낮은 Theil 부등계수값을 가졌으며, 그 차이는 b=3일 경우 a와 관계없이 0.189~0.194로 매우 적었다. 이러한 결과는 아래 두 개의 그림에서도 알 수 있는데, 총량평균비와 Theil 부등계수의 값이 a 값이 바뀌는 주기별로 b=2 또는 3에서 좋은 적합도를 보여 주고 있다.

따라서, 교통량 검정에서는 특정한 하나의 조합을 최적값으로 설정하기 보다는 b=2 또는 3인 경우의 모든 조합을 최적조합으로 고려하였다.

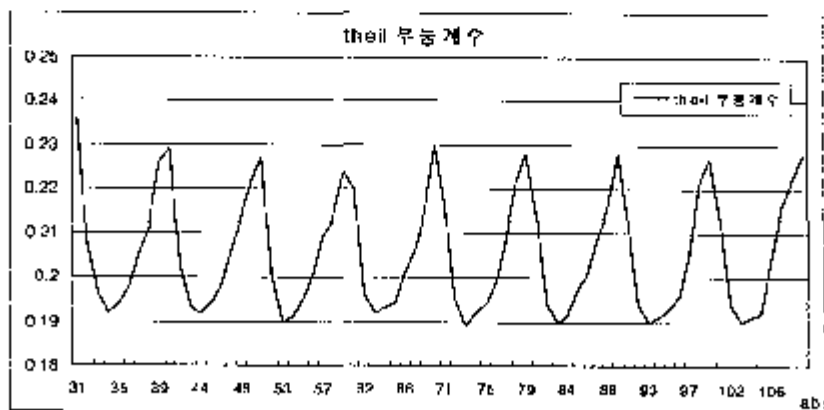
4. 아래 그림에서 ab는 파라메타 a의 소수첫째자리와 파라메타 b의 일의 자리를 표현하는 것임.
(ab=12 \Rightarrow a=0.1, b=2)



<그림 4-9 > 파라메타조합(a,b)별 개별평균비



<그림 4-10 > 파라메타조합(a,b)별 총량평균비



<그림 4-11 > 파라메타조합(a,b)별 Theil 부동계수

<표 4-11> 파라미터 조합별 관측교통량과 예측교통량 비교

a	k	h	방향별 관측링크수	개별평균비	ΣVe	ΣVo	총량평균비	
							총량평균비	Thei부담계수
0.3		1	250	1.527	846,796	690,908	1.226	0.236
		2	250	1.506	834,699	690,908	1.208	0.207
		3	250	1.506	832,378	690,908	1.206	0.196
		4	250	1.518	842,370	690,908	1.219	0.192
		5	250	1.535	854,804	690,908	1.237	0.194
		6	250	1.587	877,943	690,908	1.271	0.198
		7	250	1.661	905,803	690,908	1.311	0.206
		8	250	1.722	933,259	690,908	1.351	0.211
		9	250	1.765	948,597	690,908	1.373	0.226
0.4		1	250	1.522	840,449	690,908	1.216	0.229
		2	250	1.500	830,571	690,908	1.202	0.202
		3	250	1.509	832,164	690,908	1.204	0.192
		4	250	1.528	841,407	690,908	1.218	0.192
		5	250	1.552	855,719	690,908	1.239	0.194
		6	250	1.607	880,177	690,908	1.274	0.198
		7	250	1.659	905,710	690,908	1.312	0.206
		8	250	1.710	935,887	690,908	1.355	0.214
		9	250	1.757	956,683	690,908	1.385	0.222
0.5		1	250	1.518	837,644	690,908	1.212	0.227
		2	250	1.493	827,765	690,908	1.198	0.200
		3	250	1.504	833,960	690,908	1.207	0.190
		4	250	1.526	842,593	690,908	1.220	0.191
		5	250	1.569	861,856	690,908	1.247	0.195
		6	250	1.506	883,298	690,908	1.278	0.201
		7	250	1.563	909,354	690,908	1.316	0.205
		8	250	1.701	931,396	690,908	1.348	0.213
		9	250	1.773	962,226	690,908	1.393	0.224
0.6		1	250	1.513	834,750	690,908	1.208	0.220
		2	250	1.494	824,944	690,908	1.194	0.196
		3	250	1.506	829,990	690,908	1.201	0.192
		4	250	1.531	842,584	690,908	1.220	0.193
		5	250	1.563	857,810	690,908	1.242	0.194
		6	250	1.606	881,887	690,908	1.276	0.201
		7	250	1.660	914,992	690,908	1.324	0.206
		8	250	1.725	935,849	690,908	1.355	0.215
		9	250	1.778	975,337	690,908	1.412	0.230

<표 계속>

k		입항별 권축링크수	개별평균비	ΣVe	ΣVo	중량평균비	Theil부동계수
a	b						
0.7	1	250	1.506	833,470	690,908	1.206	0.217
	2	250	1.481	822,983	690,908	1.191	0.196
	3	250	1.484	830,276	690,908	1.202	0.189
	4	250	1.532	842,283	690,908	1.219	0.192
	5	250	1.569	858,863	690,908	1.243	0.194
	6	250	1.607	880,987	690,908	1.275	0.199
	7	250	1.666	914,252	690,908	1.323	0.208
	8	250	1.790	955,312	690,908	1.383	0.221
	9	250	1.817	975,836	690,908	1.412	0.228
0.8	1	250	1.503	830,214	690,908	1.202	0.214
	2	250	1.482	823,142	690,908	1.191	0.194
	3	250	1.507	833,424	690,908	1.206	0.190
	4	250	1.527	842,431	690,908	1.219	0.191
	5	250	1.579	863,333	690,908	1.250	0.197
	6	250	1.620	887,886	690,908	1.285	0.201
	7	250	1.670	907,462	690,908	1.313	0.209
	8	250	1.740	943,747	690,908	1.366	0.216
	9	250	1.813	976,600	690,908	1.414	0.228
0.9	1	250	1.494	829,351	690,908	1.200	0.213
	2	250	1.480	822,814	690,908	1.191	0.194
	3	250	1.500	830,792	690,908	1.202	0.190
	4	250	1.531	845,632	690,908	1.224	0.191
	5	250	1.563	861,915	690,908	1.248	0.193
	6	250	1.608	886,742	690,908	1.283	0.196
	7	250	1.674	914,800	690,908	1.324	0.205
	8	250	1.760	954,171	690,908	1.381	0.221
	9	250	1.772	972,432	690,908	1.407	0.227
1.0	1	250	1.498	826,963	690,908	1.197	0.213
	2	250	1.487	823,315	690,908	1.192	0.194
	3	250	1.498	829,984	690,908	1.201	0.190
	4	250	1.534	844,760	690,908	1.223	0.191
	5	250	1.568	864,558	690,908	1.251	0.192
	6	250	1.619	892,197	690,908	1.291	0.204
	7	250	1.708	924,248	690,908	1.338	0.216
	8	250	1.765	954,742	690,908	1.382	0.222
	9	250	1.787	981,950	690,908	1.421	0.228

(2) O/D통행시간 검정

「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축, 서울시, 1997」에서의 설문조사된 승용차 O/D통행시간과 EMME/2에서 추정된 승용차O/D통행시간을 지역별로 구분하여 THEIL 부등계수를 이용하여 검정해 보았다.

$$\text{Theil 부등계수} = \frac{(\sum (\hat{T}_{ij} - \bar{T}_{ij})^2 / N)^{0.5}}{(\sum \hat{T}_{ij}^2 / N)^{0.5} - (\sum \bar{T}_{ij}^2 / N)^{0.5}} \quad \langle \text{식 4-11} \rangle$$

\hat{T}_{ij} : 존*i, j*간의 추정치통행시간

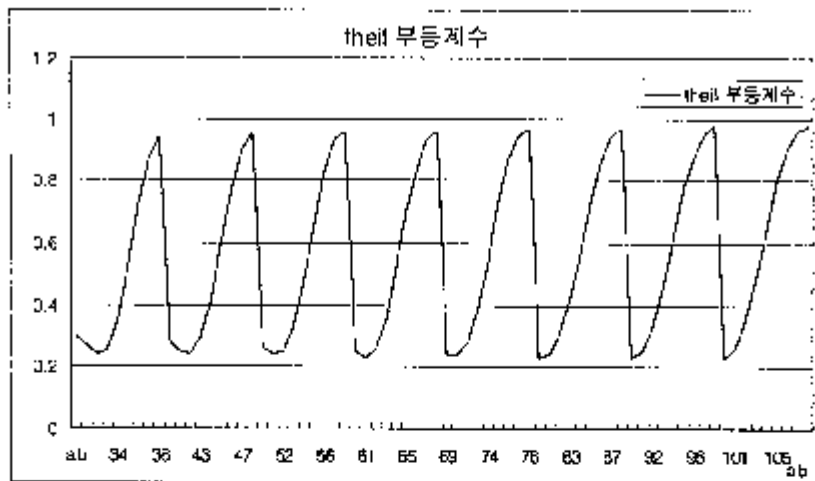
\bar{T}_{ij} : 존*i, j*간의 관측치평균통행시간

N : ZONE쌍수

<그림 4-12>에서 보는 바와 같이 O/D통행시간의 Theil 부등계수 분포는 교통량 검정시와 유사하게 a, b 값의 변화에 따라 주기적인 그래프형태를 보여주었으며, 각 a 값에서의 가상 작은 Theil 부등계수의 값이 0.23~0.25로 거의 차이를 보이고 있지 않았다. 다만 a 값이 증가함에 따라 좋은 적합도를 보여 주는 b값이 점점 더 낮아져, a 값이 0.7이상일 경우에는 가장 낮은 Theil 부등계수를 갖는 b값이 1 까지 작아지는 것을 볼 수 있는데, 이는 a값이 증가하면 속도가 감소하므로 상대적으로 b값이 줄어들어야 되기 때문으로 추정된다.

지역별로는 파라메타 정산은 지역별로 세분하지 않은 결과로 지역간의 차이가 발생하는데, 시외-시외간 통행이 비교적 오차가 크게 나타났고, 서울-서울이 그 다음으로 오차가 컸다.

전체적으로는 교통량검정 시와 마찬가지로 b값이 O/D통행시간의 적합도에 절대적인 영향을 주었으며, 대체로 (a, b)가 (0.3, 3), (0.4, 3), (0.5, 2), (0.6, 2), (0.7, 1), (0.8, 1), (0.9, 1), (1.0, 1)에서 오차가 적었으나, 이들 중 어느 특정한 한 조합의 오차가 제일 눈에 띄게 작은 결과는 나타나지 않았다.



<그림 4-12> O/D 통행시간의 Theil 부등계수

<표 4-12> 지역간 O/D 통행시간의 Theil 부등계수값

bpr 계수		Theil 부등계수				
a	b	서울-서울	서울-시외	시외-서울	시외-시외	전체
0.3	1	0.34	0.22	0.25	0.31	0.30
	2	0.31	0.20	0.20	0.29	0.27
	3	0.26	0.20	0.18	0.28	0.24
	4	0.25	0.24	0.24	0.29	0.25
	5	0.32	0.35	0.37	0.38	0.35
	6	0.48	0.51	0.53	0.56	0.52
	7	0.65	0.72	0.70	0.80	0.73
	8	0.81	0.87	0.83	0.92	0.87
	9	0.90	0.94	0.92	0.96	0.94
0.4	1	0.32	0.20	0.22	0.30	0.28
	2	0.28	0.20	0.19	0.28	0.25
	3	0.25	0.22	0.20	0.27	0.24
	4	0.27	0.28	0.29	0.31	0.29
	5	0.30	0.41	0.44	0.43	0.41
	6	0.56	0.59	0.61	0.65	0.60
	7	0.73	0.76	0.76	0.82	0.77
	8	0.88	0.90	0.88	0.93	0.90
	9	0.93	0.95	0.94	0.97	0.95

<표 계속>

bpr 계수		Theil 부등계수				
a	b	서울-서울	서울-시외	시외-서울	시외-시외	전체
0.5	1	0.30	0.20	0.20	0.29	0.26
	2	0.26	0.20	0.18	0.27	0.24
	3	0.24	0.24	0.22	0.28	0.25
	4	0.30	0.33	0.34	0.34	0.32
	5	0.44	0.46	0.50	0.48	0.47
	6	0.61	0.64	0.67	0.67	0.65
	7	0.79	0.82	0.81	0.87	0.83
	8	0.90	0.92	0.91	0.95	0.93
	9	0.95	0.96	0.96	0.97	0.96
0.6	1	0.28	0.20	0.19	0.28	0.25
	2	0.25	0.21	0.19	0.27	0.23
	3	0.25	0.27	0.26	0.29	0.26
	4	0.33	0.37	0.39	0.38	0.36
	5	0.49	0.52	0.54	0.54	0.52
	6	0.67	0.68	0.71	0.72	0.70
	7	0.80	0.82	0.83	0.86	0.83
	8	0.91	0.93	0.93	0.96	0.93
	9	0.95	0.96	0.96	0.97	0.96
0.7	1	0.26	0.20	0.18	0.27	0.24
	2	0.24	0.23	0.20	0.27	0.24
	3	0.26	0.29	0.29	0.30	0.28
	4	0.37	0.4	0.43	0.41	0.40
	5	0.53	0.56	0.59	0.58	0.56
	6	0.69	0.72	0.74	0.76	0.73
	7	0.84	0.87	0.86	0.90	0.87
	8	0.92	0.94	0.93	0.96	0.94
	9	0.96	0.97	0.97	0.98	0.97
0.8	1	0.25	0.21	0.18	0.26	0.23
	2	0.24	0.25	0.22	0.27	0.24
	3	0.28	0.32	0.32	0.32	0.31
	4	0.4	0.44	0.47	0.44	0.43
	5	0.56	0.58	0.61	0.60	0.58
	6	0.72	0.75	0.77	0.78	0.75
	7	0.83	0.85	0.86	0.89	0.86

<표 계속>

bpr 계수		Theil 부동계수				
a	b	서울-서울	서울-시외	시외-서울	시외-시외	전체
0.8	8	0.93	0.94	0.93	0.96	0.94
	9	0.96	0.97	0.97	0.98	0.97
	1	0.24	0.22	0.19	0.26	0.23
0.9	2	0.24	0.26	0.24	0.28	0.25
	3	0.30	0.34	0.35	0.34	0.33
	4	0.43	0.47	0.50	0.47	0.46
	5	0.60	0.61	0.65	0.63	0.62
	6	0.77	0.76	0.80	0.79	0.78
	7	0.84	0.87	0.87	0.91	0.88
	8	0.94	0.95	0.94	0.97	0.95
	9	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98
	1	0.24	0.23	0.19	0.26	0.23
1.0	2	0.24	0.28	0.26	0.28	0.25
	3	0.32	0.37	0.38	0.36	0.35
	4	0.46	0.49	0.53	0.49	0.49
	5	0.62	0.54	0.67	0.65	0.64
	6	0.77	0.80	0.81	0.83	0.80
	7	0.88	0.90	0.90	0.93	0.90
	8	0.95	0.96	0.95	0.97	0.96
	9	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98

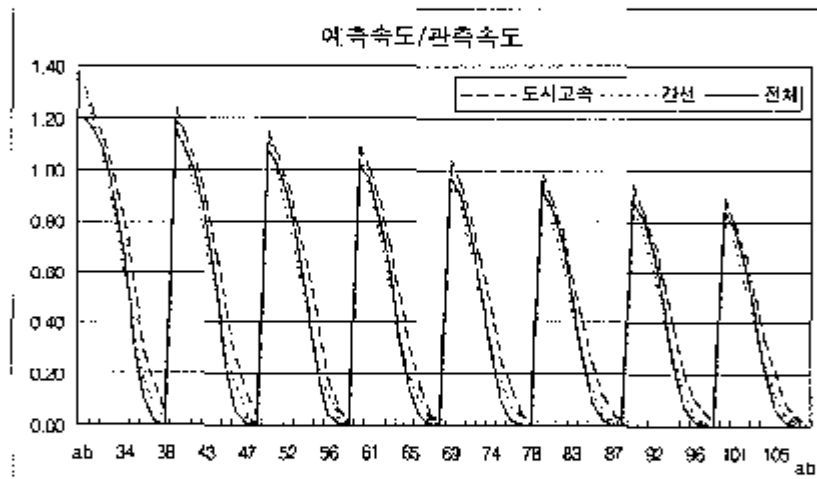
(3) 속도 검정.

통행속도검정은 「경차청 정기속도조사, 서울시교통관리실,1996」에서 조사된 서울시내 도시고속도로, 간선도로(방사형, 격자형), 보조간선도로의 평균속도값을 관측값으로 사용하여 EMME/2 등형배분 후의 가로별 승용차 평균통행속도와 비교해 보았다.

링크평균통행 예측속도/관측속도비의 비교결과는 <그림 4-13>의 O/D통행시간 검정 결과와 마찬가지로 a, b 값의 변화에 따라 주기적인 그래프 형태를 보여주었으며, 각 a 값에서의 예측속도/관측속도비의 값이 가점 1에 가까운 값들은 각각 도시고속도로는 0.96-1.03, 간선도로는 0.83-1.08, 보조간선도로는 0.79-1.04로 큰 차이를 보이고

있지 않았다. 다만, a 값이 증가하면서 좋은 적합도를 보여 주는 b값이 점점 더 작아져, a 값이 0.7이상일 경우에는 가장 좋은 적합도를 보이는 b값이 1 까지 작아지는 것을 볼 수 있었는데, 이는 a값이 증가하면 속도가 감소하므로 상대적으로 b값이 줄어들어야 되기 때문이다. 또한, a, b 값이 증가함에 따라 예측속도가 점점 감소해 a가 0.7이하에서는 예측속도/관측속도비가 모든 조합에서 1.0이하로 감소하였다.

선체적으로는 교통량검성과 O/D통행시간의 검성시와 마찬가지로 b값이 O/D통행시간의 적합도에 절대적인 영향을 주었으며, 대체로 (a, b)가 (0.3, 3), (0.4, 3), (0.5, 2), (0.6, 1), (0.7, 1), (0.8, 1), (0.9, 1), (1.0, 1)에서 오차가 적게 나타났으나, 이들 중 어느 특정한 한 조합의 적합도가 좋지는 않았다.



<그림 4-13> 도로위계별 링크평균 예측속도/관측속도 비

<표 4-13> 관측치 가로별 평균통행속도 (단위: km/h)

	도시고속도로	간선도로	보조간선도로
평균속도	31.39	19.57	20.79

<표 4-14 > 가로위계별 EMMC/2 예측 통행속도

bp 계수 a	계수 b	고속도로	도시 고속도로	간선도로	노조 간선도로	국도	지방노	전문산 도로
0.3	1	58.96	41.32	25.66	24.87	44.91	48.37	25.08
	2	56.33	38.32	23.33	23.51	43.17	47.27	24.21
	3	52.45	34.97	20.12	21.27	40.1	44.72	22.45
	4	46.35	30.62	16.13	18.04	35.29	40.26	18.39
	5	37.58	24.88	11.46	13.66	28.62	33.27	13.31
	6	26.88	17.1	6.98	8.60	19.91	23.88	7.15
	7	17.93	8.69	3.22	4.09	11.16	10.47	2.22
	8	8.46	4.80	1.32	1.02	4.85	4.17	0.30
	9	4.25	1.68	0.39	0.26	2.46	1.54	0.04
0.4	1	53.15	38.6	23.72	23.18	42.35	46.29	23.70
	2	52.34	35.59	21.21	21.69	40.56	45.23	22.30
	3	47.94	32.04	17.84	19.12	36.97	42.25	20.53
	4	41.5	27.44	13.81	15.77	31.72	37.03	16.74
	5	32.31	20.70	9.47	11.57	24.39	29.44	13.7
	6	22.74	13.96	5.37	6.52	16.05	18.9	5.13
	7	13.49	7.93	2.75	2.58	8.38	8.99	1.04
	8	5.82	3.76	0.74	0.61	3.21	2.44	0.13
	9	3.38	1.08	0.24	0.06	1.37	1.19	0.02
0.5	1	51.58	36.06	22.07	21.67	40.06	44.39	22.40
	2	48.87	33.47	19.37	20.17	38.22	43.29	21.47
	3	44.27	29.59	15.98	17.46	34.45	39.87	18.81
	4	37.36	24.35	12.06	13.79	28.91	34.16	14.38
	5	28.57	18.38	7.92	9.57	21.32	25.7	9.20
	6	18.56	11.82	4.19	5.47	13.2	15.74	3.38
	7	9.85	5.32	2.24	1.94	7.24	7.80	0.31
	8	4.07	1.95	0.66	0.28	2.96	3.35	0.12
	9	2.40	0.90	0.20	0.14	1.25	0.62	0.02
0.6	1	48.56	34.18	20.55	20.38	38.06	42.62	21.23
	2	45.91	31.29	17.97	18.73	36.1	41.48	20.06
	3	41.02	27.60	14.61	15.98	32.16	37.9	17.03
	4	34.41	22.07	10.73	12.58	26.13	31.89	13.03
	5	25.17	15.72	6.94	8.44	19.02	22.78	7.91
	5	16.06	9.32	3.49	4.71	11.99	13.65	2.93
	7	8.77	4.51	1.72	1.91	5.86	6.15	0.79
	8	4.25	1.51	0.58	0.26	2.45	2.36	0.07
	9	2.04	0.64	0.11	0.08	1.17	0.47	0.02

<표 계속>

bpr 계수		고속도로	도시 고속도로	간선도로	보조 간선도로	국도	지방도	집문산 도로
a	b							
0.7	1	45.91	32.42	19.26	19.18	36.24	40.94	20.14
	2	43.14	29.58	16.68	17.53	34.30	39.82	18.85
	3	38.15	25.47	13.28	14.82	30.08	36.06	16.00
	4	31.16	20.26	9.54	11.26	24.03	29.68	11.55
	5	22.47	14.23	5.96	7.51	17.21	20.70	6.37
	6	13.97	8.02	3.29	3.68	9.61	12.15	2.11
	7	7.39	4.43	1.30	1.24	5.05	5.51	0.39
	8	3.69	1.62	0.36	0.26	2.34	1.84	0.09
	9	1.41	0.53	0.10	0.08	0.91	0.54	0.01
0.8	1	43.49	30.69	18.16	18.15	34.57	39.43	19.15
	2	40.83	27.67	15.59	16.44	32.59	38.3	17.86
	3	35.66	23.73	12.25	13.76	28.38	34.25	15.02
	4	28.69	18.29	8.76	10.24	22.31	27.55	10.96
	5	20.58	12.62	5.21	6.73	15.19	19.41	5.88
	6	12.45	7.53	2.65	3.27	9.16	10.75	1.96
	7	6.76	3.52	1.02	1.16	4.52	4.80	0.45
	8	3.38	1.44	0.37	0.28	1.83	1.75	0.05
	9	1.65	0.84	0.14	0.05	0.76	0.46	0.01
0.9	1	41.33	29.28	17.15	17.2	33.05	38.03	18.25
	2	38.70	26.28	14.63	15.46	31.01	36.87	16.99
	3	33.51	22.34	11.35	12.85	26.65	32.80	14.07
	4	26.28	17.14	7.95	9.41	20.65	26.12	9.83
	5	18.58	11.81	4.90	6.03	13.97	17.64	5.12
	6	10.63	6.39	2.53	3.07	7.95	9.70	1.77
	7	5.18	3.22	0.84	0.91	3.02	4.00	0.37
	8	2.47	1.65	0.24	0.20	1.73	1.75	0.06
	9	1.24	0.39	0.08	0.08	0.64	0.28	0.01
1.0	1	39.39	27.89	16.25	16.38	31.64	36.69	17.44
	2	36.71	24.82	13.79	14.52	29.68	35.53	16.09
	3	31.59	20.94	10.63	12.00	25.37	31.18	13.11
	4	24.24	15.27	7.38	8.78	19.22	24.38	8.98
	5	16.78	10.26	4.53	5.47	12.90	16.37	4.63
	6	10.32	6.68	2.13	2.49	7.30	8.69	1.46
	7	5.17	2.63	0.98	0.85	3.16	3.72	0.30
	8	2.58	1.31	0.38	0.28	1.56	1.10	0.04
	9	1.19	0.24	0.09	0.04	0.57	0.29	0.01

(4) 최적 파라메타 선정.

위의 검정 결과를 종합해보면 교통량 검정의 경우는 a값이 관계없이 b가 2, 3인 경우가 적합도가 높았으며, O/D통행시간과 평균속도는 각 a별로 하나의 최적값을 가졌으나 이들 a값별 최적값간의 Theil 부등계수의 차이는 모두 매우 작았다.

따라서, 본 연구에서는 최적파라메타선정시 일반적으로 사용되는 교통량 검정에만 의존하지 않고 O/D통행시간과 평균속도 검정을 함께 고려하기 위하여, 위의 3가지 검정을 종합적으로 고려하여, 최적파라메타 조합으로 선정해 보았다.

<표 4-15> 최적파라메타 조합 검정 방법

교통량 검정		O/D통행시간 검정	평균속도 검정	최적파라메타조합
개별/총량평균비	Theil 부등계수			
(0.3, 3)	(0.3, 4)	(0.3, 3)	(0.3, 3)	(0.3, 3) (0.5, 2)
(0.4, 2)	(0.4, 3)	(0.4, 3)	(0.4, 2)	
(0.5, 2)	(0.5, 3)	(0.5, 2)	(0.5, 2)	
(0.6, 2)	(0.6, 3)	(0.6, 2)	(0.6, 1)	
(0.7, 2)	(0.7, 3)	(0.7, 1)	(0.7, 1)	
(0.8, 2)	(0.8, 3)	(0.8, 1)	(0.8, 1)	
(0.9, 2)	(0.9, 3)	(0.9, 1)	(0.9, 1)	
(1.0, 2)	(1.0, 3)	(1.0, 1)	(1.0, 1)	

이상의 결과로부터 3가지 검정을 공동적으로 만족 시키는 조합은 (0.3, 3) 과 (0.5, 2) 두 개의 조합이었으며, 이들 선정된 두 조합을 이레 표와 같이 비교한 결과 교통량의 Theil 부등계수를 제외한 항목에서 우수한 적합도를 보인 (0.5, 2) 조합을 최종적으로 최적파라메타 조합으로 선정하였다.

<표 4-16> 최적파라메타 선정을 위한 선정권 두 대안 조합의 검정값 비교

ε		교통량 검정 (Theil 부등계수)		O/D 통행시간 검정 (Theil 부등계수)				평균속도검정 (km/h)				
a	b	개별 평균비	총량 평균비	Theil 부등 계수	서울 -서울	서울 -서외	서외 -시북	서외 -시외	전체	노시 고속 도로	간선 도로	모조 간선 도로
0.3	3	1.50	1.20	0.19	0.26	0.20	0.18	0.28	0.24	34.57	20.12	21.27
0.5	2	1.49	1.19	0.20	0.26	0.20	0.18	0.27	0.24	33.47	19.37	20.17
관측치	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.39	19.57	20.79

2. 대중교통 통행배분모형

대중교통통행배분의 경우는 EMME/2에서 제공하는 대중교통모들의 적정계수값을 적용하여 대중교통통행배분을 수행한 후, 지하철의 경우는 서울시와 수도권 지역에 대해 평균지하철탑승횟수로, 버스의 경우 서울시와 수도권 지역에 대해 평균지하철탑승횟수와 버스종류별 평균제차인원수로 비교하면서 계수값을 조정하는 경험적 방법(heuristic approach)을 적용하였다.

1) 지하철

지하철의 인당평균탑승횟수 검증결과, 서울시의 경우 비교적 적합도가 좋았으나, 수도권의 경우는 환승률이 과다추정되는 경향을 보였다.

<표 4-17> 평균지하철탑승횟수 비교 (탑승횟수/인)

관측교통량		통행 배분결과	
수도권	서울시	수도권	서울시
1.59	1.59	1.68	1.59

한편, 지하철 통행배분후의 O/D통행시간을 교통센서스 지하철수단의 O/D 통행시간과 비교해 본 결과 서울-서울에 비해 수도권 관련통행지역의 오차가 크게 나왔다.

<표 4-18> 지하철O/D통행시간의 Theil 부동계수

	서울-서울	서울-시외	시외-서울	시외-시외	전체
Theil 부동계수	0.228	0.521	0.387	0.526	0.409

2) 버스

버스의 인당 평균탑승횟수 예측치는 경기·인천지역의 버스노선망이 불완전하기 때문에 서울시에 대해서만 관측치와 비교한 결과, 평균탑승횟수에 있어서 과소추정되는 결과를 보였다. 또한 버스유형별 대당평균재차인원은, 전체적으로 E/M/F/L 결과치가 과다추정되는 경향을 보였으며 특히 수도권 지역에서의 오차가 컸다.

<표 4-19> 인당평균버스탑승횟수비교 (버스타입승횟수/인)

관측교통량		통행배분결과	
수도권	서울시	수도권	서울시
-	1.80	1.08	1.24

<표 4-20> 버스대당평균재차인원비교

	관측교통량	통행배분결과	
	평균재차인원	승객용량	평균재차인원
일반	16.35	110	30.8
최석	11.66	80	18.4
순환	9.58	60	11.4
미달	9.27	45	10.35
유출입	14.38	45	53.4

예측된 버스수단의 O/D통행시간을 교통센서스 버스수단의 O/D 통행시간과 비교해 보았으며, 역시 지하철과 마찬가지로 서울-서울간에 비해 수도권 관련 버스통행시간이 오차가 크게 나타났다.

<표 4-21> 버스O/D통행시간의 Theil 부등계수

	서울-서울	서울-시외	시외-서울	시외-시외	전체
Theil 부등계수	0.222	0.363	0.316	0.435	0.330

전반적으로 경기·인천 지역과 관련된 통행에 오차가 크게 발생하고 있는데, 이는 이들 지역의 대중교통망 정보가 빠져 있거나, 부정확하기 때문이며 향후 이에 대한 보완이 필요하다.

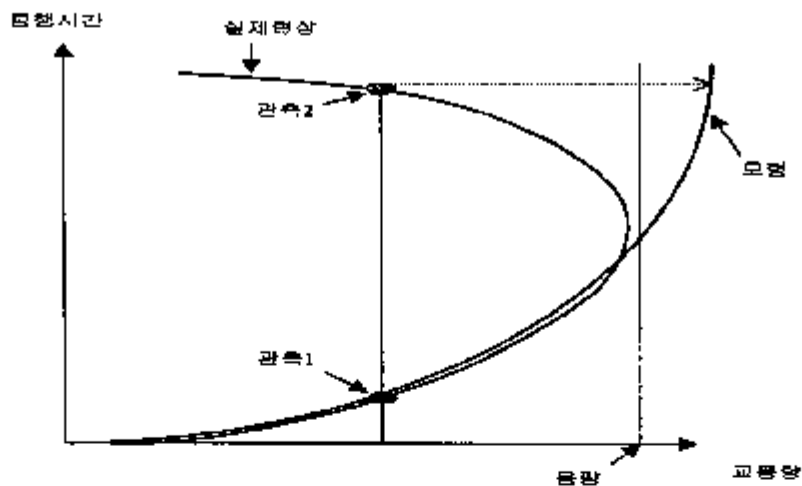
제 4 절 모형의 검증 및 한계점

1. 가로망 통행배분모형

통행비용함수의 정산을 통해 선정된 최적 파라메타값을 이용해 통행배분을 수행한 결과는 <부록2>에 첨부하였다. 예측된 링크교통량을 관측데이터와 비교해 본 결과 총량평균비($\sum V_o/\sum V_o$)는 도로 위계별로 약 1.2 정도의 값을 보였다. 따라서, 전반적으로 본 연구에서의 통행배분모형결과가 약 20% 과대 추정되는 것으로 나타났다. 이에 대한 원인은 다음과 같이 생각해 볼 수 있다.

첫째, 통행배분시 일반적으로 발생하는 문제로서, 존과 링크의 적합성문제(zone-link compatibility)인데, 다시 말하면 Zone의 개수가 매우 많고 대적으로 Link의 개수가 적으면 각 Link에 배분되는 교통량은 실제적으로 관측된 교통량보다 크게 된다. 이러한 현상을 over assignment라고 하는데, 현재 본 연구의 네트워크는 2차선 이상의 서울시 가로를 모두 구축하였기 때문에, 주로 이면도로 급어 의한 over assignment가 일부 있을 수 있다고 본다. 그러나, 내부존의 경우 배분통행량이 존 내부로 흡수되는 양이 많기 때문에 동 수준의 존 크기에서 현재 네트워크 수준이 over assignment를 유발하는지는 정확한 판단을 내릴 수 없다.

둘째, 통행배분모형자체의 한계점으로서 일반적으로 오진침두시에는 대부분의 도로가 지체상태가 되어 침두시의 링크교통량이 비침두시 보다 오히려 적은 경우가 발생한다. 그러나, 정적평형통행배분모형에서는 링크내 교통량이 사실상 수요의 개념을 가지므로 현실적으로는 발생할 수 없는 도로용량이상외 교통량이 배분된다. 따라서, 피크시와 같이 지체구간이 많이 발생하는 경우에는 over assignment 될 가능성이 크게 된다.



<그림 4-14> over assignment 설명도

셋째, 관측치데이터의 문제로서 센서스 O/D구축시기인 1996년의 교통량조사 데이터로는 본 연구에서는 사용한 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스구축, 서울시, 1997」의 데이터와 「서울시 경찰청 교통량조사, 서울시 경찰청, 1996」 데이터가 있는데, 두 데이터의 공통된 관측지점인 교량과 도심의 경우 경찰청 데이터가 센서스 데이터보다 약 10% 정도 많다. 그 이유는 전자는 사람에 의해 현장조사 되었으며, 후자는 검사기에 의해 조사되는 조사방법의 차이와, 전자는 1일 조사인 반면, 후자는 상시조사인 조사기일의 차이 때문이다.

<표 4-22> 최적파라미터를 이용한 링크교통량 검정 (pcu/h)

지역	방향	개별당규비	ΣV_c	ΣV_o	출량평균비	T_{rel} 부동계수
시계	시외→서울	1.548	132654	111060	1.194	0.217
	서울→시외	1.876	114072	91838	1.242	0.209
내량	강남→강북	1.279	69865	53034	1.317	0.200
	강북→강남	1.254	65458	55472	1.180	0.158
도심	방향1	1.351	56770	52710	1.077	0.164
	방향2	2.076	45331	40464	1.120	0.257
간선	방향1	1.779	185902	152054	1.223	0.173
	방향2	1.301	162112	134276	1.207	0.193
전체		1.509	832164	690908	1.204	0.193

이상의 요인이외에도 통행배분모형의 오차를 유발하는 요인은 여러 가지가 있을 수 있으나 대표적인 요인만 설명하면 다음과 같다.

첫째, 도로 용량의 문제로서 도로용량은 도로가 위치한 지역 및 도로구조, 교통상황 등에 따라 크게 다르나 본 연구에서는 데이터의 부재로 이러한 다양한 요인을 고려하는 도로별 용량을 고려하지 못하였다. 따라서, 통행배분모형을 좀더 개선하기 위해서는 무엇보다도 도로별 용량에 대한 연구가 수행되어야겠다.

둘째, 교차로 정보로서 본 연구에서는 신호교차로의 위치 및 교차로 현시에 대한 자료가 구축되어 있지 않아 링크길이와 평균적인 교차로 지체시간만을 고려하였는데 신호 교차로의 지체를 보다 자세히 조사할 수 있는 모형의 구축이 필요하다.

셋째, 평행통행배분 자체의 한계로서 첨두시 O/D를 이용하여 통행배분을 함에 따라 1시간 안에 기종점 통행이 완결되어야 하는데 사실상 1시간 이상의 통행이 많아 배분되는 교통량이 왜곡될 수 있다. 따라서 시간을 고려할 수 있는 동적통행배분모형 등의 연구가 필요하다.

넷째, 모형 정산후의 검정의 문제로서 본 연구에서는 통행배분모형 수립 후 120여 개의 링크의 관측데이터를 사용하였는데 현재 EMME/2내에 구축된 링크수가 2만개 이상인 바 120여개의 관측치는 사실 모형 검정을 위해서는 부족하다고 할 수 있다. 따라서, 모형검정을 위한 적정관측링크수에 대한 연구가 이루어져야겠다.

2. 대중교통 통행배분모형

대중교통의 경우 이론에 근거한 정산방법을 사용하지 않고 경험적 방법론에 의하여 EMME/2 모듈에서 제공하는 대중교통모형의 입력계수값을 조정하였다. 본연구에서의 대중교통모형의 한계점을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 대중교통통행배분은 대중교통노선에 대한 승객통행의 흐름을 모델링하는 것이므로, 우선 대중교통노선의 구축이 선결되어야한다. 본 연구에서는 수도권 전지역에 대한 대중교통노선이 불완전해 수도권지역의 오차가 서울지역 보다 크게 나타났다. 따라서 수도권지역에 대한 대중교통노선자료(노선, 속도, 배차간격, 요금등)의 구축이 필요하다.

둘째, 버스의 경우는 버스정류장에서만 승하차가 발생하므로 네트워크상이 버스정류장의 정확한 위치의 입력과 함께 올바른 dwell time ($enme/2$ 에서 정류장 승하차의 여부를 결정하는 변수)의 입력이 이루어져야 한다.

셋째, 기본적으로 $enme/2$ 는 환승 비용이 고려되어질 수 없으며, 환승지점에 대한 정보도 제공되어지지 않으므로 대중교통의 환승 문제를 해결할 수 있는 알고리즘이 필요하다.

넷째, 대중교통의 경우 거리에 따른 통행요금을 적용하는 경우와 일률적으로 단일 통행요금을 적용하는 경우가 있는데, 이와 같이 다양한 요금체계를 반영할 수 있는 모델링 작업 필요하다.

第 5 章 서울시 종합교통분석체계의
활용방법 및 정책건의

제 1 절 종합교통분석체계의 활용방법

제 2 절 정책건의



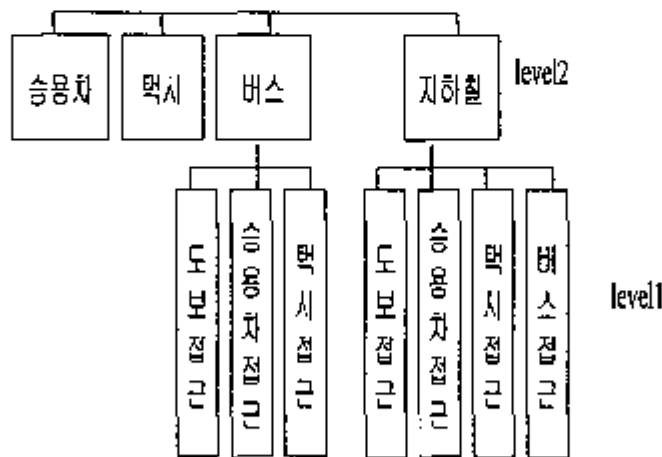
제 5 장 서울시 종합교통분석체계의 활용방법 및 정책건의

제 1 절 종합교통분석체계의 활용방법

1. 수단선택모형의 활용방법

본 연구의 모형정산에서 적용된 가구통행실태 원시자료는 택시 등의 특정수단이 과소 응답되어 있기 때문에 수단별 절대통행량을 계산할 때 그대로 적용하면 오차가 유발된다.

따라서, 각 효용식의 수단별 상수항에 $\ln(\text{샘플분담률}/\text{모집단분담률})$ 을 빼주고 활용하여야 한다. 최종 선정된 수단선택모형은 다음과 같다.



수단별 확률계산을 먼저, 상위 네스트(승용차, 택시, 버스, 지하철)의 효용함수를 이용하여 승용차/택시/버스/지하철의 확률을 계산한다.

하위 버스 네스트(버스노거집근, 버스승용차집근, 버스택시집근)와 하위 지하철 네스트(지하철노거집근, 지하철승용차집근, 지하철택시집근, 지하철버스집근)의 효용함수

를 이용하여 각각의 확률을 계산 한 뒤, 버스 네스트의 각 수단별 확률은 상위 버스 확률을 곱하며, 지하철네스트의 각 수단별 확률은 상위지하철 확률을 곱하여 결정한다.

본 모형에서 제외된 도보, 화물차 및 가타, 시외/고속버스 통행량은 별도의 처리과정을 적용하여야 한다.

또한 제외된 수단에 대응하는 목적통행량을 제외시킨 후, 모형을 적용시켜야 한다.

2. 통행배분모형의 활용방법

본 연구에서는 정산된 최적통행비용함수식은 다음식과 같으며, 통행배분모형 수행 시 <표5-1>에 있는 통행비용함수들 구성하는 요소들의 값과 함께 사용한다.

$$T = 60 \times (L/S_m + D) \times [1 + a(V/C)^b]$$

<표 5-1> 정산된 통행비용함수의 도로위계별 입력값

도로구분	a	b	링크당 교차로 지체시간(D)	설계속도(Sm)	용량/차선(C)
고속도로	0.5	0.2	20초	90km/h	1100 pcu/차선
도시고속도로	0.5	0.2	20초	80km/h	1000 pcu/차선
간선도로	0.5	0.2	20초	60km/h	800 pcu/차선
보조간선도로	0.5	0.2	20초	50km/h	700 pcu/차선
접분선도로	0.5	0.2	20초	50km/h	550 pcu/차선
국도	0.5	0.2	20초	70km/h	800 pcu/차선
지방도	0.5	0.2	20초	70km/h	700 pcu/차선
교량/터널	0.5	0.2	20초	70km/h	1000 pcu/차선
램프	0.5	0.2	20초	40km/h	500 pcu/차선
고가	0.5	0.2	20초	70km/h	900 pcu/차선

본 연구에서 정산된 통행비용함수식은 평형통행배분모형, All or Nothing 통행배분모형등에 사용되어질 수 있으며, 또한 오전피크시 뿐만 아니라 전일 통행배분시에도

본 연구에서 정산된 파라미터를 사용할 수 있으나, 이때는 위의 표의 입력값중 지체시간(D)와 용량(C)를 전일수준으로 조정하여 사용하여야 한다.

또한 상기 통행비용함수를 피크시 분석에 활용할 경우 통행배분결과가 용량을 넘어서는 경우가 발생하기 되기 때문에, 즉 용량제약이 이론적으로 안되기 때문에 관측 교통량과의 비교할 때에는 용량미선상태의 관측교통량과 용량이후 상태의 관측교통량이 구분되어 적정환산계수를 적용하여야 한다.

본 연구에서는 대중교통의 경우 정산과정의 수행없이 입력값의 조정을 통해 편측치과 모형결과값을 맞추는 방법을 수행하였다. 따라서, 대중교통의 활용을 위해서는 본 연구에서 사용한 EMME/2와 관련한 다음의 입력값을 사용한다.

<표 5-2 > 대중교통 통행배분을 위한 emme/2 입력값

구분	입력요소	버스	지하철	
노선속성	노선속도(운행속도)	19.05km/h	노선별 입력	
	배차시간	노선별입력	노선별 입력	
	정차시간	0.01분	0.01분	
	line segment 합수	지역순환	승용차동행시간×1.3	- 함수지정 양함. - 운행속도 그대로 적용됨.
		좌석	승용차동행시간×1.2	
		마을	승용차동행시간×1.4	
시내		승용차동행시간×1.3		
유출입	승용차동행시간×1.3			
승객속성	탑승시간	지역순환	8분	4분
		좌석	4분	
		마을	2.5분	
		시내	4분	
	터미널버스	지역간 요금을 시간으로 환산		
	대기시간 vactor	0.5	0.5	
	탑승 가중치	1	1	
	대기시간 가중치	3	3	
접근시간 가중치	1	1		

제 2 절 정책건의

1. 모형결과의 적극적인 활용

본 연구에서 구축된 모형은 시간제약, 일부데이터의 부재, 관련된 기초연구 미흡등으로 인하여 완벽한 모형이 될 수는 없으나, 서울시 교통센서스의 신뢰성 있는 자료를 근거로 구축되었기 때문에 주어진 수준에서 나름대로 활용가치는 높다고 판단된다.

따라서, 모형결과를 활용하는 방법을 살펴보면 다음과 같이 정리할 수 있다.

- '수도권 종합교통체계 조사' 학술용역의 모형갱신 및 광역교통수요예측의 기준으로 활용.
- 서울시 기존 증장기 계획(서울시 도시기본계획, 서울시교통정비기본계획)의 재검토 및 광역도시기본계획의 분석틀로 활용.
- 광역교통정책에 대한 서울시 대응수단으로 활용.
- 서울시 교통수요 분석 및 교통수요예측의 기본모형으로 지정.
- 교통수요관리모형, 투자우선순위모형 등 응용모형개발의 기초모형으로 활용.

2. 모형의 지속적인 보완 및 갱신필요

현재 교통센서스 이후 O/D 및 네트워크 등의 조사년도 기초자료는 통일되었으나, 이를 활용하는 모형분석 및 수요예측은 각 관련 연구별로 중복작업을 하고 있어, 예산절감 및 기준데이터 확보의 필요성이 요구되어지고 있다. 또한 본 연구에서 구축된 모형은 여러 제약여건 때문에 그 활용도가 제한적일 수밖에 없다.

따라서, 모형 및 기초자료 보완 및 갱신을 위한 전담팀 구성의 필요성이 절실하며, 그 활동방향을 살펴보면 다음과 같다.

- 매년 가보망, 버스노선망, 지하철 망, 환승시설에 대한 기초네트워크 보완 및 갱신.
- 수요예측에 필요한 사회경제지표 및 기다자료 보완 및 갱신.

모형계수, 모형활용방법, 기초데이터, 수요예측지표 등의 연구결과와 자료관리를 전담하는 website 작성 관리.

- 매년 자료공개수준을 결정하고, 공개된 자료의 활용결과에 대한 의견을 수집하여 문제점을 보완하고 모형생신.
- 보완 및 갱신된 기초자료와 모형을 기초로 수단분담율 등 교통지표예측 및 교통수요량 갱신.

第 2 部
광역통행분석

第 6 章 서울시 광역통행권 설정

제 1 절 기존 광역권역 선정사례

제 2 절 서울시 광역통행권 설정



제 6 장 서울시 광역통행권 설정

통계청의 인구 및 주택 센서스에 나타난 '85-'95년 사이의 인구이동현황을 살펴보면, 경기·인천에서 서울로의 이동인구는 감소하는 반면, 서울에서 경기·인천으로의 이동인구는 증가하는 것으로 나타났는데, 이것은 서울 외곽 지역에 개발된 대규모 택지개발 및 신도시건설에서 그 원인을 찾을 수 있다.

<표 6-1> 수도권외 5년간 인구이동 현황

(단위:천인)

	유출	유입		합계
		서울	경기·인천	
1985-1990	서울	1,759	984	2,743
	경기·인천	504	777	1,281
	합계	2,263	1,761	4,024
1990-1995	서울	1,438	1,472	2,910
	경기·인천	425	1,156	1,581
	합계	1,863	2,628	4,491

자료 : 인구 및 주택센서스, 인구이동현, 각 연도, 통계청

그러나, 서울시의 주간인구 및 야간 상주인구의 변화를 살펴보면, 서울에서 경기·인천으로의 이동인구 증가가 단순한 서울인구의 감소를 의미하는 것이 아니라, 서울 주변부에 거주하면서 서울로 출퇴근하는 인구의 증가를 의미함을 알 수 있다.

<표 6-2> 서울시 주간인구 및 야간 상주인구 변화

	야간상주인구 (12세 이상)	주간인구 (12세 이상)	주간인구시수
1990	8,382,915	8,702,778	103.8
1995	8,421,082	8,873,370	105.4

수 : 주간인구 = 야간상주인구 + 유입인구 - 유출인구

자료 : 통계청, 인구주택총조사보고서, 1990, 1995

이러한 현상은 서울 영향권의 확대로 해석될 수 있으며, 이것은 서울과 경기·인천 간의 통행량 증가의 원인이 되며, 서울시가 해결해야 하는 또 하나의 교통문제가 되었다.

현재, 서울시에서는 경기·인천과의 원활한 동행소통을 위하여, 2·3기 지하철 노선과 도시고속도로의 확장 및 신설 등을 포함하는 공급정책과 통행수요를 대중교통으로 유도하기 위한 환승주차장 건설, 환승체제개선 등 수요관리 정책을 펴고 있으나, 서울시 유출입을 위한 오전·오후 첨두시 혼잡도는 개선되지 않고 있으며, 향후 수지, 용인 등의 신도시 개발과 난개발이 지속될 경우 그 문제는 더욱 심각해질 전망이다.

이러한 문제의 효율적 해결을 위하여, 우선, 경기·인천 지역 중 서울시와의 통행이 빈번한 지역의 공간적 범위를 파악하여 광역교통관련 정책의 공간적 대상과 우선순위를 결정한 후에 시설투자등의 교통정책을 집행하는 것이 타당할 것이다.

따라서, 본 장에서는 기존의 광역권역 설정사례를 살펴보고, 교통의 관점에서 통행 특성을 주요변수로 한 서울시 중심의 광역통행권¹⁾을 설정하고자 한다.

제 1 절 기존 광역권역 설정사례

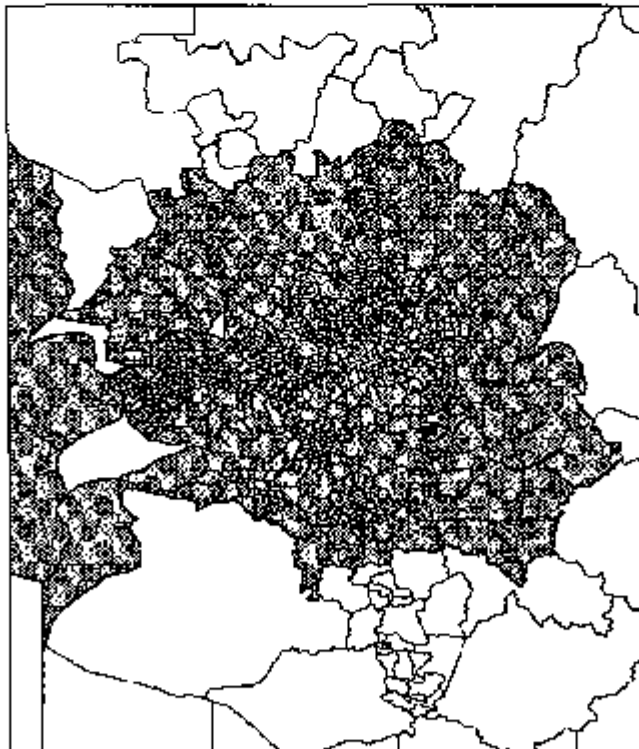
1. 서울대도시권역

「서울대도시권 계획구상」 연구(서울시정개발연구원, 1995)에서는 서울대도시권역을 인구변화, 주택의 공급지역확산, 공장의 분산, 출근·통근의 확대, 주말 레크리에이션과 음식 및 서비스업종의 확산, 주변 농업구조의 전환, 공공시설의 분산, 토지이용의 변화 등 8가지를 고려하여, 서울시 전지역을 포함한 서울시 권역, 서울과 도시화 연속 지역으로서 16개 시와 3개 면으로 구성된 서울시 인접도시권역 그리고 인접도시권의 배후권역으로 나뉘었으며, 각 권역별 해당지역은 <표 6-3>과 같으며, 각 권역의 지역별 분포는 <그림 6-1>과 같다.

1. 광역통행권은 광역권보다는 교통축변을 강조한 것으로서, 광역권과는 다소 상이한 개념이다.

<표 6-3> 수도권 권역별 해당지역

구분	해당지역
서울시 권역	서울시 전지역
서울시 인접도서권역	인천직할시, 고양시, 과천시, 광명시, 구리시, 군포시, 이곡시, 부천시, 성남시, 수원시, 사천시, 안산시, 안양시, 의왕시, 의정부시, 하남시, 김포군(고촌면), 양주군(증봉면), 남양주군(병내면)
인천도시권의 배후권역	인천시(김포읍, 양촌면, 검단면), 고양시(금촌읍, 교하면, 조리면, 광덕면), 의정부시(회천읍, 주내면, 박석면, 소흘면), 용인군(용인읍, 내사면, 포곡면, 모현면) 이곡시(외부읍, 화도읍, 조안면, 수동면), 하남시(남종면, 와촌면), 안산시(킨월면), 성남시(광주읍, 중부읍, 은도면, 초월면, 신탄면, 도척면), 구리시(진전면, 진경면, 퇴계원면), 수원시(태안읍, 기흥읍, 수저면, 구성면, 매송면, 비봉면, 남양면, 이도면, 송산면, 서신면)



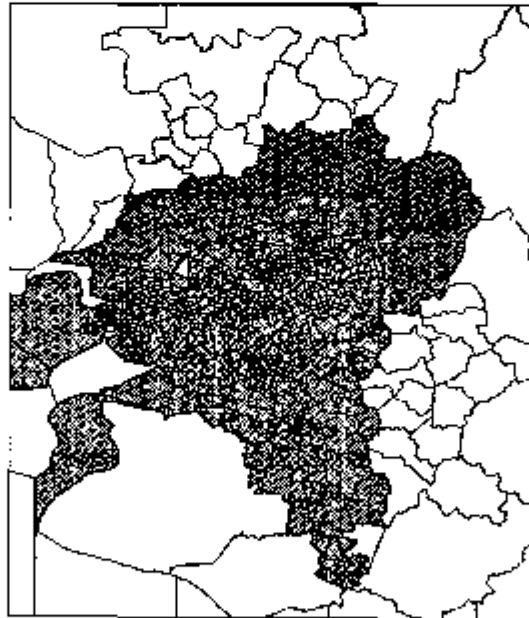
<그림 6-1> 서울 대도시권

2 수도권 도시교통정비지역

수도권 도시교통정비지역은 도시교통정비촉진법에 의해 지정된 도시교통정비지역²⁾ 중 서울과 인천을 중심도시³⁾로 한 지역을 말하는데, 그 해당지역은 다음과 같다.

<표 6-4> 수도권 도시교통정비지역의 권역별 해당지역

구분	해당지역
서울시를 중심도시로 한 교통권역	부천시, 광명시, 안양시, 수원시, 성남시, 안산시, 구리시, 의정부시, 과천시, 의왕시, 군포시, 시흥시, 하남시, 고양시, 오산시, 남양주시, 평택시, 김포군중 김포읍·고촌면, 용인군중 기흥읍·수지면·구성면·남사면, 양주군중 주내면·백석면·장흥면, 포천군중 수송면, 화성군중 태안읍·매죽면·봉담면·정남면·동탄면
인천시를 중심도시로 한 교통권역	인천시 전지역



<그림 6-2> 수도권 교통정비 촉진지역

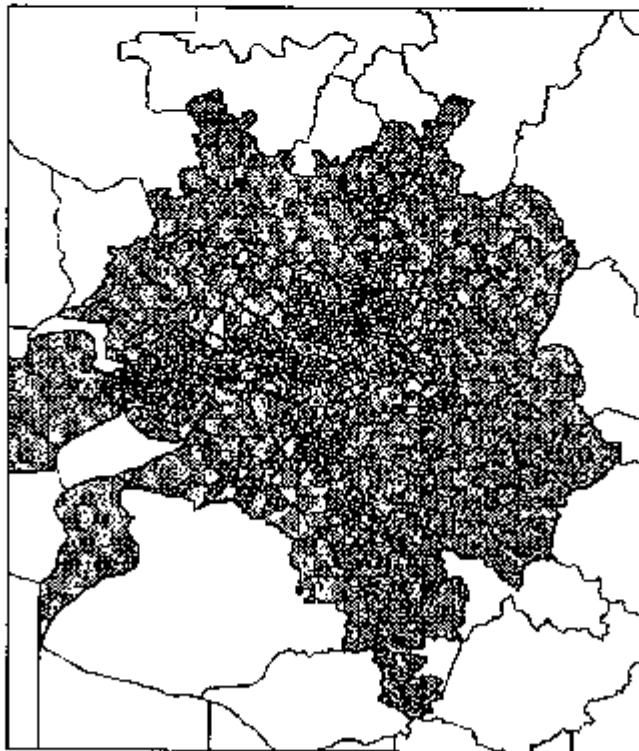
2. 도시교통정비지역은 삼부인구 10만 이상의 도시 (도농복합형태의 시에 있어서는 읍·면지역을 제외한 지역의 인구가 10만 이상인 경우를 말한다) 및 그 도시와 같은 교통생활권에 있는 지역(이하 "교통권역"이라 한다)과 건설교통부장관이 도시교통개선을 위하여 특히 필요하다고 인정하여 내무부장관과 합의한 후 중앙도시교통정책심의위원회와 심의를 거쳐 지정·고시한 도시 및 그 교통권역을 말한다.
3. 중심도시란 도시교통정비지역 안에서 교통의 중심이 되는 도시를 말한다.

3. 교통센서스 조사지역

「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구에서는 서울대도시권역과 수도권 교통정비촉진지역을 포함하는 조사지역을 설정하였는데 <그림 6-3>과 같고, 서울대도시권역 및 수도권 교통정비촉진지역 외에 추가된 지역은 <표 6-5>와 같다.

<표 6-5> 서울대도시권역 및 수도권 교통정비촉진지역 외에 추가된 지역

추가지역	해당지역	추가지역	해당지역
평택시	중앙동, 서정동, 송탄동, 도원동, 지산동, 송북동, 신장1·2동, 신광동, 원평동, 동북동, 비전1·2동, 세교동	파주시	무산읍, 피주읍, 월릉면, 교하면, 조리면, 광탄면, 금촌1·2동
용인군	포곡면, 모현면, 망지면	양주군	회천읍
김포군	양촌면	포천군	포천읍, 광주군



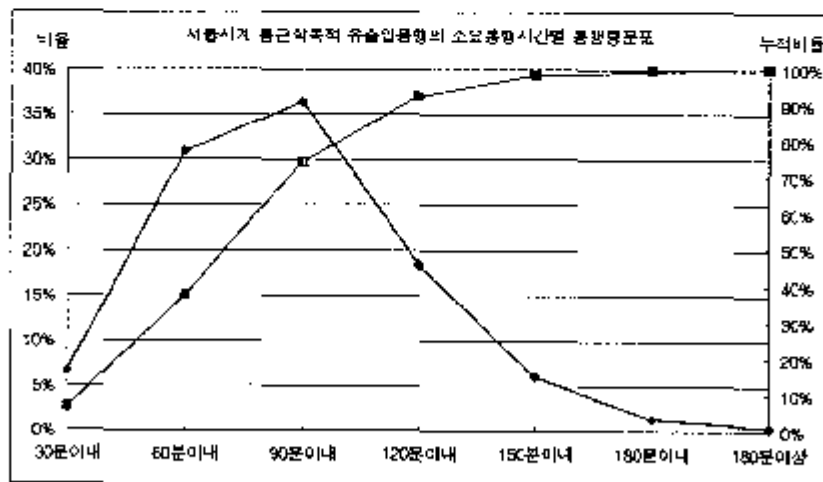
<그림 6-3> 서울시 교통센서스 조사지역

제 2 질 서울시 광역통행권 설정

광역통행권을 결정하기 위하여 이용한 자료는 서울시에서 경기·인천지역으로 유출하는 통행과 경기·인천지역에서 서울로 유입하는 통행 중 통근통학을 목적으로하는 통행자료이다. 이것은 유출입통행 중 귀가목적은 제외하면 통근통학목적이 전체의 51.3%를 차지하고 있으며, 또한, 귀가목적통행중에도 통근통학 후 귀가하는 통행이 많기 때문이다.

1. 통행시간에 의한 설정

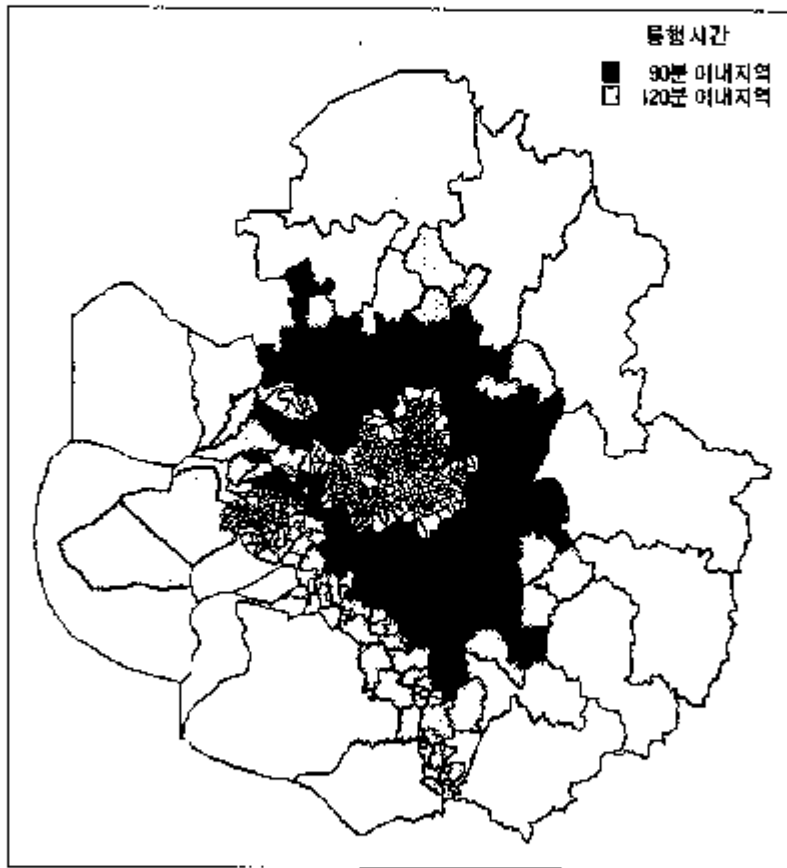
서울시로 유출입하는 통행 중 통근학목적의 통행시간분포는 <그림 6-4>와 같이 분석되었는데, <그림 6-4>에서와 보여지는 바와 같이, 경기·인천지역에서 서울시로 통근학목적으로 유출입하는 통행량은 90분대가 가장 많으며, 90분 이내의 누적분포는 75%정도, 2시간아래는 90% 이상인 것으로 나타났다.



<그림 6-4> 통근학목적 유출입통행의 통행시간별 통행량분포

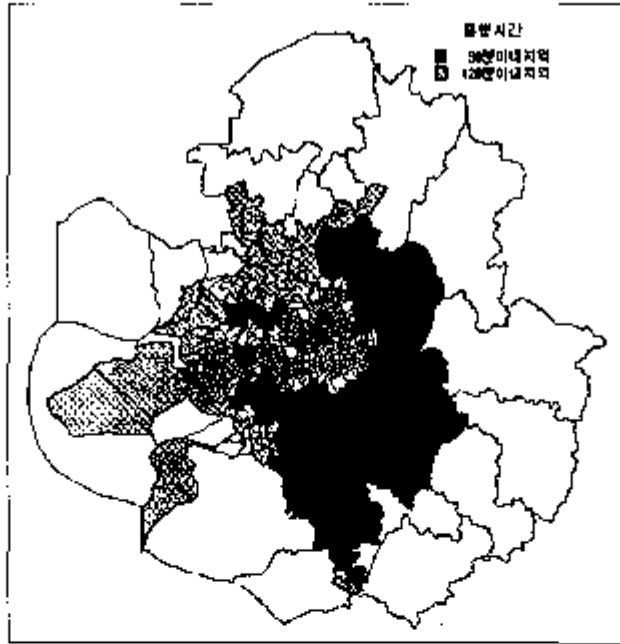
따라서, 통행시간에 의한 서울시 광역통행권은 90분 이내 지역으로 설정할 수 있는데, 90분 이내 지역을 서울의 3대 도심(서울 중심)을 중심으로 파악하면 <그림 6-5>~<그림 6-7>와 같다.

본 연구에서는 도심이 지리적으로 서울의 중심에 있으며, 도심으로의 통근량이 가장 많은 점을 감안하여 광역통행권을 도심중심 90분 이내 지역으로 설정하였다.

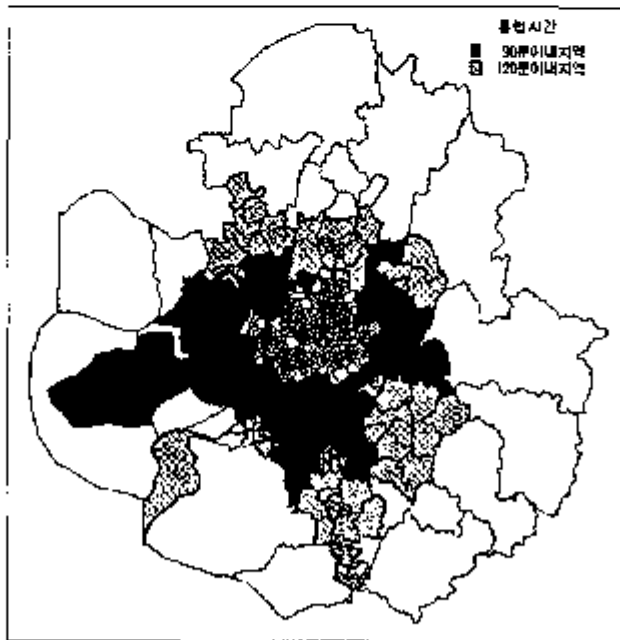


<그림 6-5> 도심을 중심으로 통행시간 90분 이내 지역

4. 서울 3대 도심은 「서울시 중심시가지 변화분석과 정책과제」(서울시정개발연구원, 1998)에 제시되어있는 도심, 영동, 영등포로 선정하였다.



<그림 6-6> 영동을 중심으로 통행시간 90분 이내 지역



<그림 6-7> 영동포를 중심으로 통행시간 90분 이내 지역

2. 통행비율에 의한 설정

위에서는 광역통행권을 통행시간만으로 도심중심 90분 이내 지역으로 설정하였는데, 본 절에서는 이러한 설정을 통행비율로 검정하고자 한다.

통행비율이란 경기·인천 각 지역의 출근통화 목적 발생·도착 통행량과, 경기·인천 각 지역에서 서울로 유입·유출하는 통근통학 목적 통행량의 비율 말한다.

통행비율을 도심출 중심으로 한 통행소요시간지역별로 구분하여 분석하면 <표 6-6> 와 같으며, 통행시간이 많이 소요될수록 서울로 유출입하는 통행의 비율은 줄어드는 경향을 나타내고 있다.

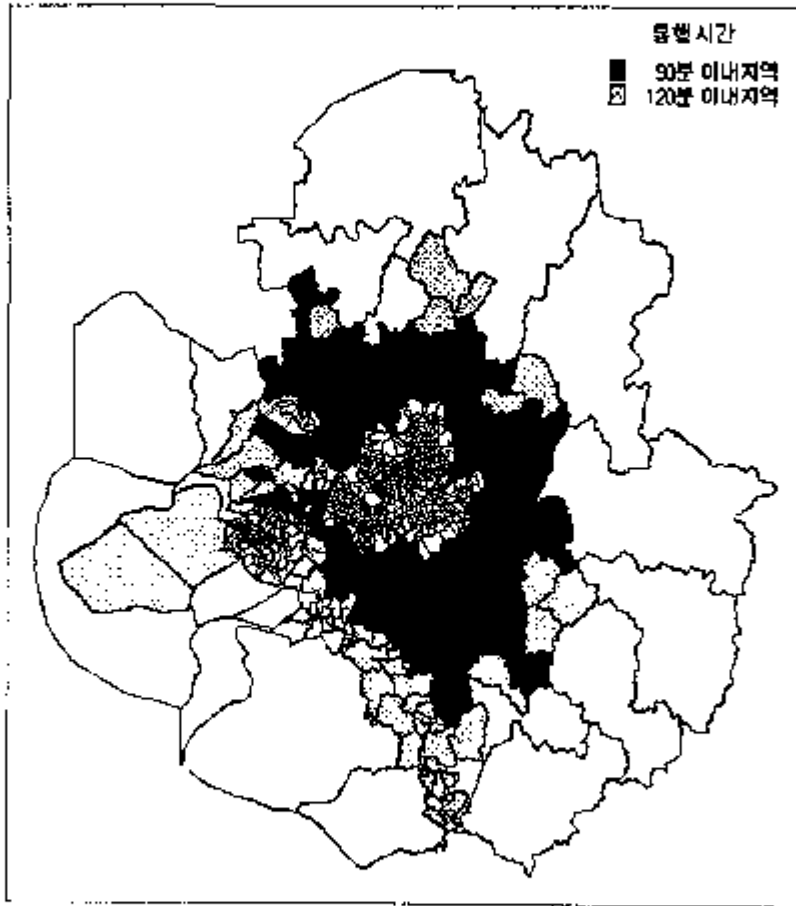
그러나, 통행시간이 90분을 초과하는 지역의 경우, 해당되는 소존의 개수, 즉, 지역이 확대됨에도 불구하고, 서울로 유출입하는 통행의 비율이 많이 차이가 나지 않음을 알 수 있다.

<표 6-6> 통행시간지역별 통행비율 평균

	통행비율 평균(%)	해당지역의 소존 ^{*)} 갯수(개)
60분 이내지역	27.8	72
90분 이내지역	19.6	274
120분 이내지역	15.3	449
150분 이내지역	14.9	481
180분 이내지역	14.8	483

주 「서울시 교통서비스 및 데이터베이스구축」(1997)연구의 종구분을 따르는데, 경기·인천지역의 총 소존의 개수는 490개이다.

이상에서 통행시간 및 통행비용에 의해서 서울을 중심으로 한 최중 광역통행권은 90분 이내 지역으로 설정하였고, 해당지역에 포함되는 행정동명 및 해당지역의 분포는 <표 6-8> 및 <그림 6-8>과 같다.



<그림 6-8> 최중 설정된 광역통행권

<표 6-7> 최종 설정된 광역 동행권의 인천·경기지역의 행정동명

해당지역	포함되는 행정동명	
인천시	부평구 : 천천1,2동, 갈산1,2동, 삼산동, 부개3동, 계양구 : 효남1,2동, 계산1,2,3동, 작전1,2,3동, 시구 : 경안동, 가전1,2,3동, 신현동	
수원시	장안구 : 신안동, 화서1,2동, 파상동, 율전동, 경자1,2동, 영좌동, 송죽동, 조원동, 면무동 관서구 : 매곡동, 세류1,3동, 매산동, 기동동, 권선동, 곡선동, 팔달구 : 팔달동, 남향동, 지동, 우민1,2동, 인계동, 매탄1,2,3,4동, 원천동, 이의동	
성남시	수정구 : 신흥1,2,3동, 대평1,2,3,4동, 수진1,2동, 단대동, 산성동, 양지동, 북정동, 산촌동, 고등동, 시흥동 중원구 : 성남동, 중동, 금광1,2동, 은행1,2동, 삼대원1,2,3동, 여수동 분당구 : 분당동, 수내동, 초원동, 나전동, 정자·불장·신기동, 서현동, 서당동, 미재동, 매곡동, 아탑동, 중앙동, 하탑동, 판교동, 금곡·구미동, 문정동	
안양시	만안구 : 만안1,2,3,4,5,6,7,8,9동, 석수1,2,3동, 박달1,2동 동안구 : 비산1,2,3동, 부곡동, 당안동, 관양1,2동, 부림동, 쌍촌동, 평안동, 평촌동, 호계 1,2,3동, 범계동, 산촌동, 갈산동	
부천시	원미구 : 원미1동, 역곡1,2동, 춘의동, 막대동, 중1,3동 소사구 : 소사본1,2,3동, 범박동, 괴안동, 역곡3동, 오정구 : 성곡동, 원종1,2동, 고강본1동, 오정동, 신흥동	
고양시	덕양구 : 주교동, 원신동, 흥도동, 청서1,2동, 호자동, 신도동, 찬릉동, 고양동, 관신동, 능 곡동, 회정동, 행주동, 행신1,2동, 화전동, 대덕동, 일산구 : 식사동, 일신1,2동, 고봉동	
경 기 도	의정부시	의정부1,2,3,4동, 호원동, 전양동, 신곡1,2동, 송산동, 지금동, 가동, 기능2,3동, 녹양동
	남양주시	외남읍, 진정읍, 와오읍, 벌내면, 퇴계원면, 진건면, 소안면, 호평동, 생내동, 금곡동, 양전 동, 지금동, 도농동
	파주시	중앙동, 갈현동, 범양동, 부림동, 과전동, 부원동
	광명시	광명1,2,3,4,5,6,7동, 철산1,2,3,4동, 하인1,2,3,4동, 소하1,2동, 약운동
	구리시	갈매동, 동구동, 인철동, 교문1,2동, 수머1,2,3동
	시흥시	매화동, 옥감동, 과업동
	군포시	군포1,2동, 당정동, 산곡1,2동, 금성동, 개곡동, 오금동, 수리동, 궁내동, 광정동, 내야동
	의왕시	고천동, 부곡동, 오전동, 내손1,2동, 천계동
	하남시	천동, 신상1,2동, 덕봉1,2,3동, 풍신동, 감북동, 춘궁동, 초이동
	용인시	기흥읍, 수지읍, 포곡면, 오현면, 구성면, 양지면
	파주시	문산읍, 원흥면, 교하면, 조리면, 광탄면, 금촌1,2동
	양주군	주내면, 백석면, 작훈면
	화성군	동탄면
	광주군	광주읍, 오포면, 퇴촌면, 남종면, 중부면
	포천군	소흘읍
	김포군	김포읍, 고촌면

第 7 章 광역통행 분석

제 1 절 통행목적 및 수단분석

제 2 절 서울시 기로망관련
유출입교통 및 통과교통 분석



제 7 장 광역통행 분석

서울시의 관점에서 광역통행이란 서울에서 경기·인천 지역으로 유출하는 통행과 경기·인천지역에서 서울로 유입하는 통행, 그리고 경기·인천지역간 통행을 할 때 서울시를 통과하는 통행으로 정의할 수 있다.

본 장에서는 광역통행을 수도권전체, 광역동행권, 신도시권¹⁾으로 나누어서 통행 목적 및 이용수단, 그리고 광역통행의 주요 유출입경도와 통과경로를 분석하고자 한다.

제 1 절 통행목적 및 통행수단 분석

1. 통행목적 분석

1) 수도권전체

「서울시 교통센시스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구에서 나타난 경기·인천지역과 서울의 유출입 목적통행량은 하루 총 5,176,594 통행이다.

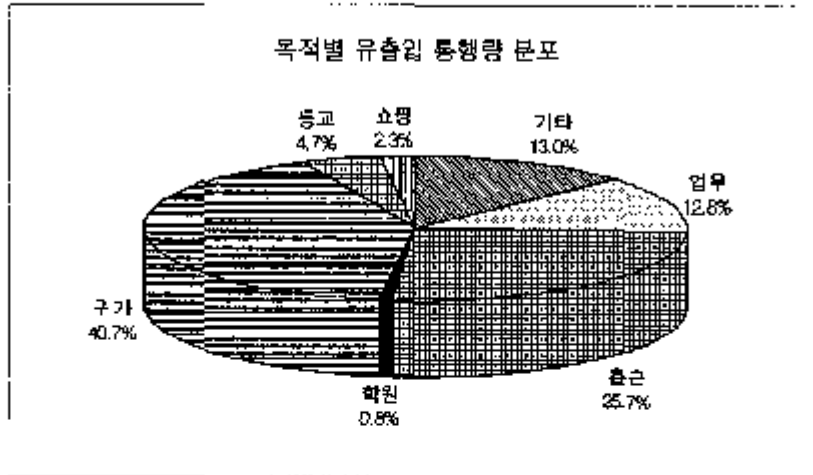
유출입통행의 목적별 분포를 보면 <표 7-1>, <그림 7-1>과 같은데, 귀가가 40.7%로 가장 높게 나타났다. 그러나 귀가 목적통행은 여러 목적 통행의 특성이 복합적으로 내포되어 있기 때문에, 귀가목적 제외 목적통행별 분포를 살펴보면, <그림 7-2>에서 보여지는바와 같이 출근이 43.3%, 업무가 21.6%로 분석되었다.

<표 7-1> 목적별 서울시 유출입통행의 분포

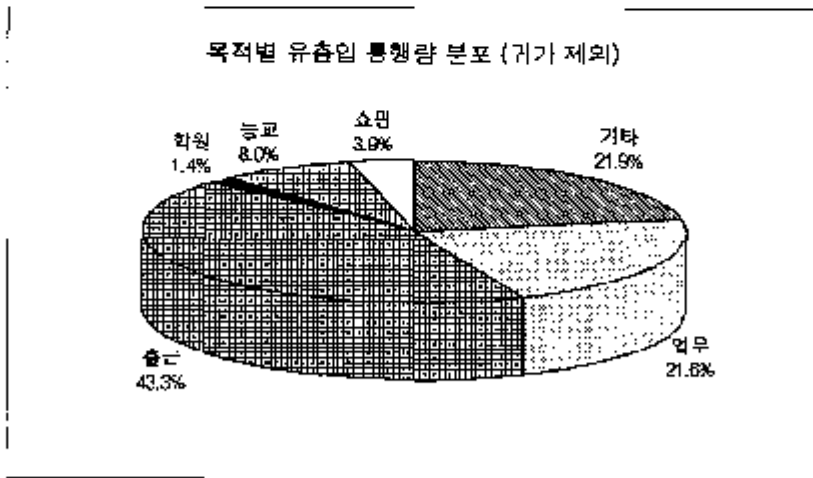
구분	업무	출근	학원	귀가	등교	쇼핑	기타	합계
통행량(통행)	667,631	1,329,814	42,172	2,106,588	244,805	119,764	671,820	5,176,594
분포(%)	12.8	25.7	0.8	40.7	4.7	2.3	13.0	100.0
귀가를 제외하 분포(%)	21.6	43.3	1.4	-	8.0	3.9	21.9	100.0

1. 신도시권이란 안림을 중심으로 한 성남시, 일신을 중심으로 한 고양시, 중동지역을 중심으로 한 부천시, 산본을 중심으로 한 구로시, 평촌을 중심으로한 안양시를 말한다.

이것은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 결과인 서울의 출근통행목적 27.4%(귀가제외)보다 높은 것으로서, 인천·경기지역에서 서울로 유출입하는 통행의 목적은 다른지역간 통행보다 출근통행이 높은 것으로 판단된다.



<그림 7-1> 목적별 서울시 유출입통행의 분포 (귀가포함)

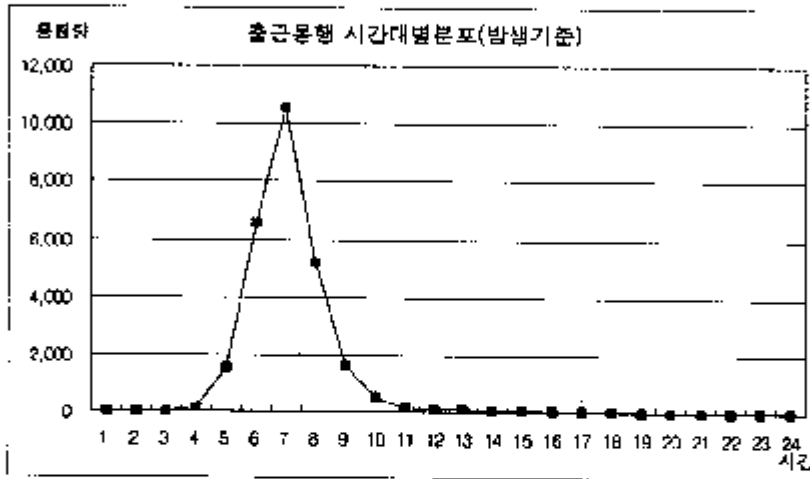


<그림 7-2> 목적별 서울시 유출입통행의 분포 (귀가제외)

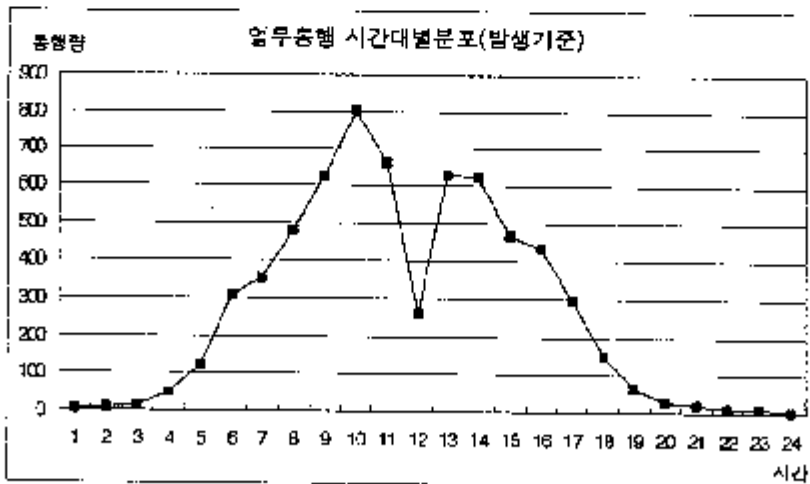
한편, 귀가 및 기타통행을 제외한 목적 중 가장 많은 부분을 차지하고 있는 출근 및 업무 통행의 출발시간대별 분포를 살펴보면, <그림 7-3> 및 <그림 7-4>와 같다.

출근통행의 경우 7시안에 출발하는 통행이 가장 많은데, 이것은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)에서 수도권전체 오전 월두시로 나타난 8시대보다 빠른 것이다.

이는 광역통행의 통근통학목적 통행시간이 60분에서 90분사이가 가장 많은것과 관련이 있는데, 경기·인천지역에서 서울로 출근할 경우 제한된 출근시간내에 도착하기 위해서는 서울시내에서 출발하는 것보다 빨리 출발해야 하기 때문인 것으로 판단된다.



<그림 7-3> 출근통행의 시간대별 분포 (발생기준)

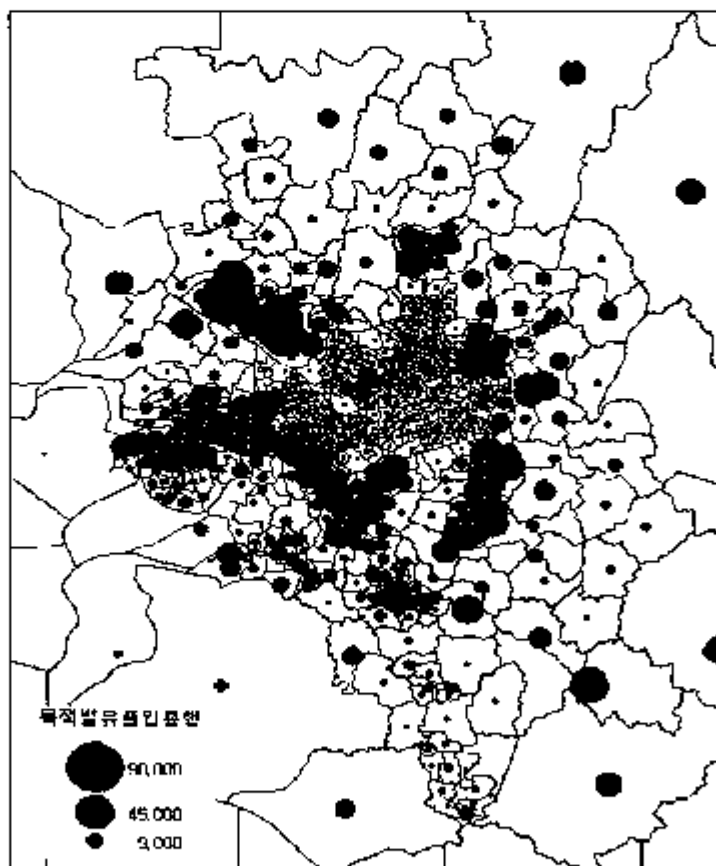


<그림 7-4> 업무통행의 시간대별 분포 (발생기준)

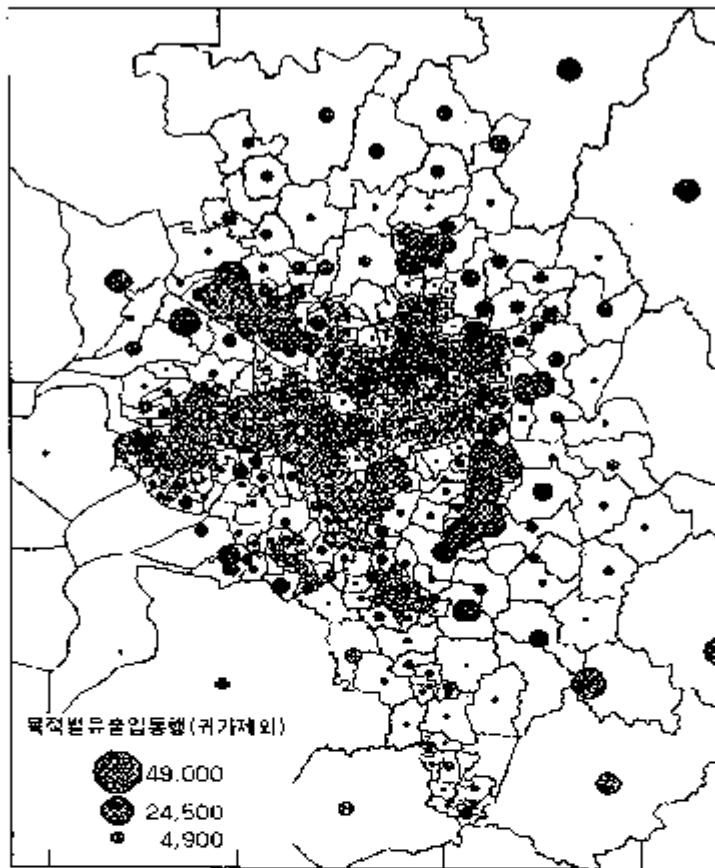
업무통행의 경우는 점심시간을 전후로 하여 오전의 업무통행이 집중되어 발생하는 것으로 분석되었고, 오후의 업무통행은 오후업무 시간대별로 비교적 고르게 분포하는 것으로 나타났다.

한편, 서울시와 경기·인천과의 유출입통행의 지역별 분포를 살펴보면 <그림 7-5> 과 같은데, 유출입통행의 특성은 크게 2가지로 나타났다.

첫째, 일산, 분당을 중심으로 한 신도시와 서울시와의 유출입통행은 한 지역에 집중되어 있는 것으로 나타났고, 둘째, 인천 방면과 서울시와 유출입통행은 한 지역에 집중되어 있지 않고, 넓은 지역에 고르게 분포되어 있는 것으로 나타났다.



<그림 7-5> 총 목적의 유출입통행의 지역별 분포 (귀가포함)



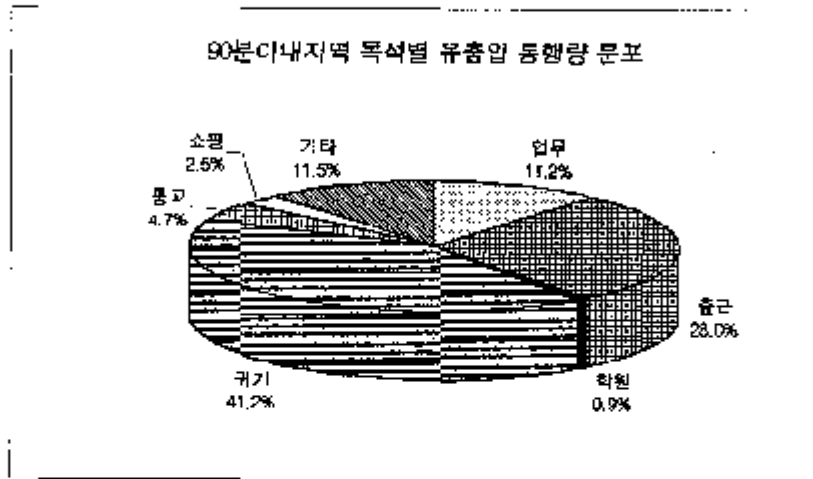
<그림 7-6> 총 목적의 유출입통행의 지역별 분포 (귀가제외)

2) 광역통행권

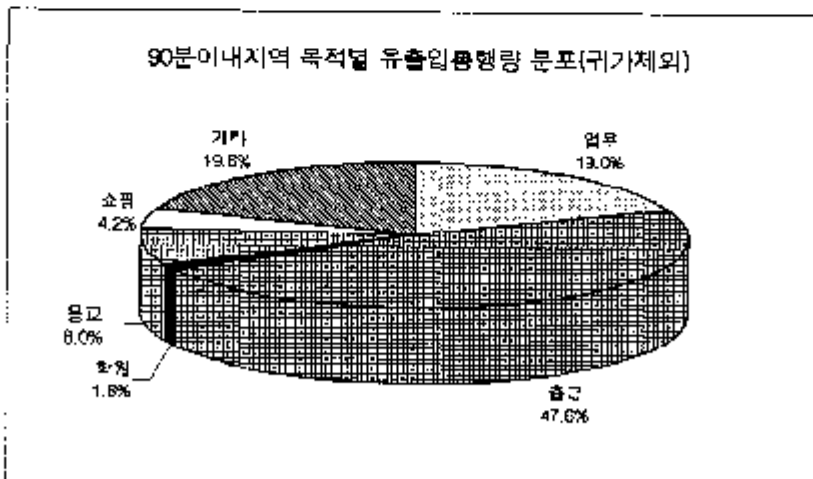
본 연구에서 설정한 광역통행권에서 서울로 유출입하는 통행량은 하루 총 3,233,417 통행으로 나타났다. 유출입통행의 목적별 분포를 보면, <표 7-2>에서의 같이 귀가통행이 가장 많으나, 귀가를 제외하면 출근통행이 47.6%로 가장 높은 것으로 분석되었다. 이것은 수도권 전체에서 서울로 유출입하는 통행 중 출근통행이 43.3%를 차지하는 수도권 전체의 경우 보다 높은 것이다.

<표 7-2> 목적별 광역통행권 서울시 유출입통행의 분포

구분	업무	출근	학원	귀기	농교	쇼핑	기타	합계
동행량(동행)	361,498	904,679	30,006	1,331,923	152,645	80,796	371,870	3,233,417
분포(%)	11.2	28.0	0.9	41.2	4.7	2.5	11.5	100.0
귀기제외한 분포(%)	19.0	47.6	1.6	-	8.0	4.2	19.6	100.0

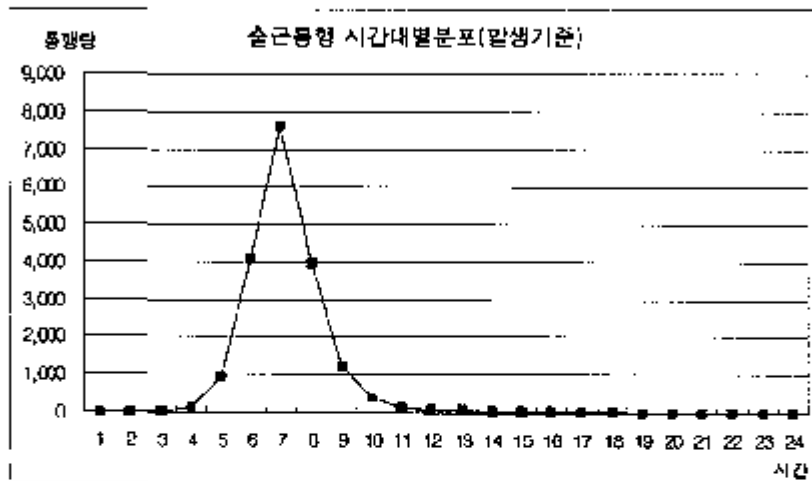


<그림 7-7> 목적별 광역통행권 서울시 유출입통행의 분포 (귀기포함)

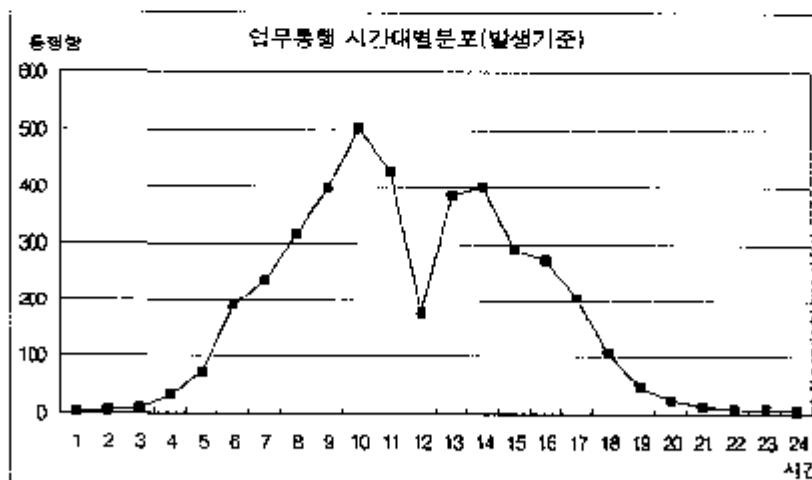


<그림 7-8> 목적별 광역통행권 서울시 유출입통행의 분포 (귀기제외)

한편, 귀가 및 기타통행을 제외한 목적 중 가장 많은 부분을 차지하고 있는 출근 및 업무 통행의 출발시간대별 분포를 살펴보면, <그림 7-9> 및 <그림 7-10>와 같은데, 이것은 수도권 전체의 특성과 같다.



<그림 7-9> 업무통행의 시간대별 분포 (발생기준)



<그림 7-10> 업무통행의 시간대별 분포 (발생기준)

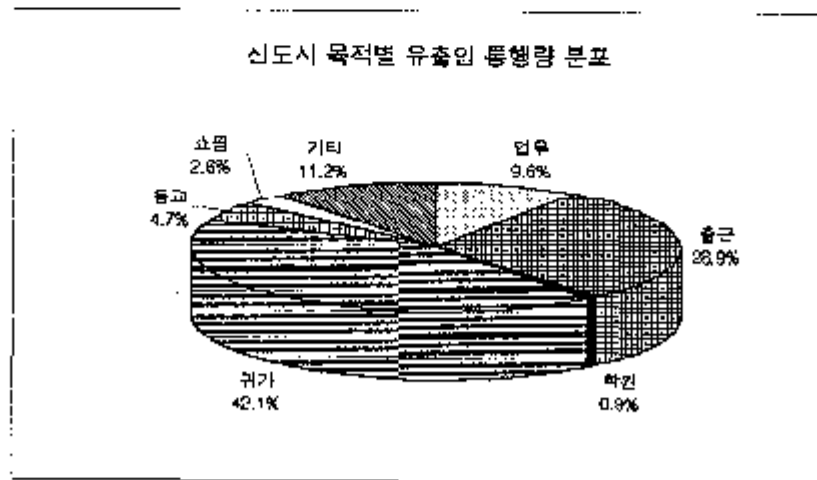
3) 신도시

본 연구의 분석대상이 된 신도시란 서울근방에 있는 5대 신도시를 중심으로 하는 지역을 말하는데, 분당을 중심으로 한 성남시, 인산을 중심으로 한 고양시, 증동지역을 중심으로 한 부천시, 산본을 중심으로 한 군포시, 평촌을 중심으로 한 안양시를 신도시 분석의 대상으로 설정하였다.

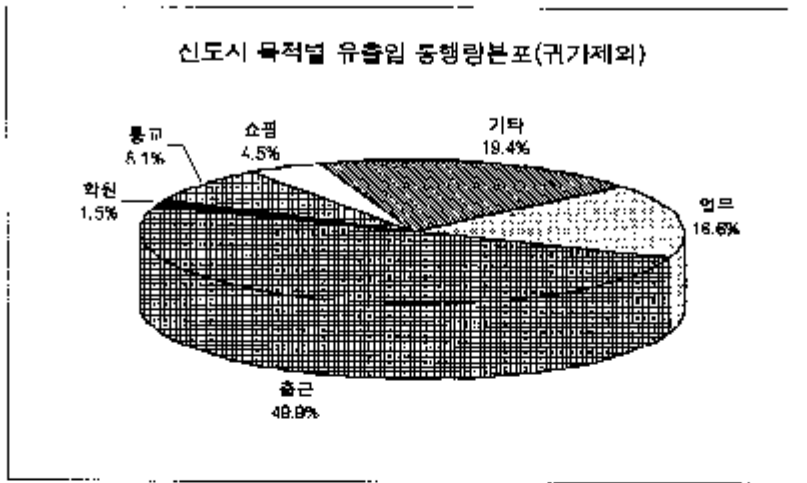
<표 7-3> 목적별 신도시 서울시 유출입통행의 분포

구분	업무	출근	학원	귀가	등교	쇼핑	기타	합계
통행량(통행)	200,933	603,725	18,277	879,066	97,994	54,931	235,110	2,090,036
분포(%)	9.6	28.9	0.9	42.1	4.7	2.6	11.2	100.0
귀가불제외한 분포(%)	16.6	49.9	1.5	-	8.1	4.5	19.4	100.0

신도시에서 서울로 유출입하는 통행량은 하루 총 2,090,036 통행으로 집계되었다. 유출입통행의 목적별 분포를 보면, <표 7-3>에서와 같이 귀가통행이 가장 많으나, 귀가를 제외하면 출근통행이 49.9%로 가장 높은 것으로 분석되었다. 이는 수도권 전체 및 광역통행권에서의 서울로 유출입하는 출근통행비율 43.3%와 47.6%보다 높은 수준이다.

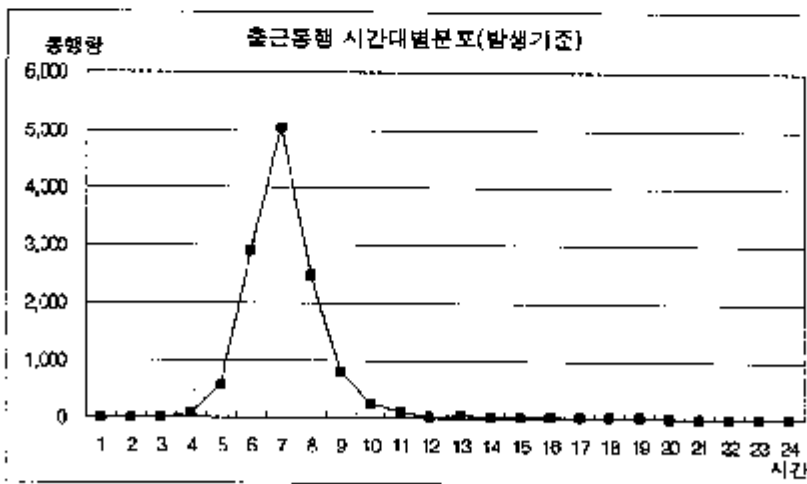


<그림 7-11> 목적별 신도시 서울시 유출입통행의 분포 (귀가포함)

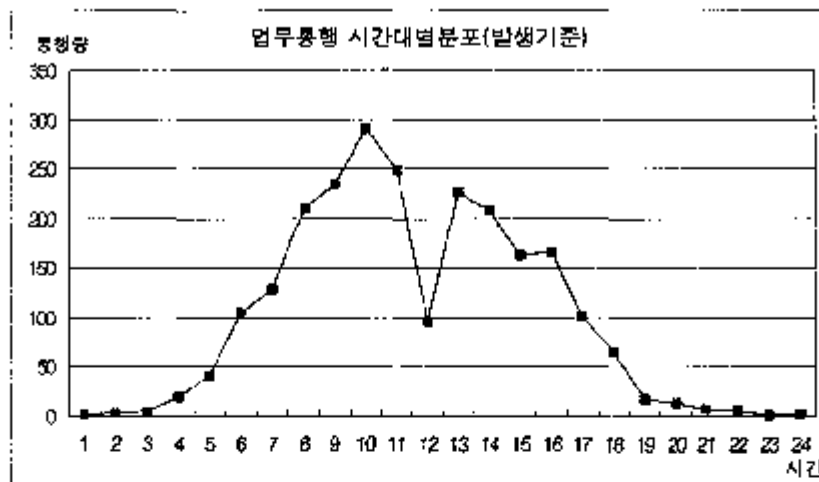


<그림 7-12> 목적별 신도시 서울시 유출입동행의 분포 (귀가제외)

한편, 귀가 및 기타동행을 제외한 목적 중 가장 많은 부분을 차지하고 있는 출근 및 업무 동행의 출발시간대별 분포를 살펴보면, <그림 7-13> 및 <그림 7-14>와 같은데, 이것은 수도권 전체 및 광역동행권의 특성과 같다.

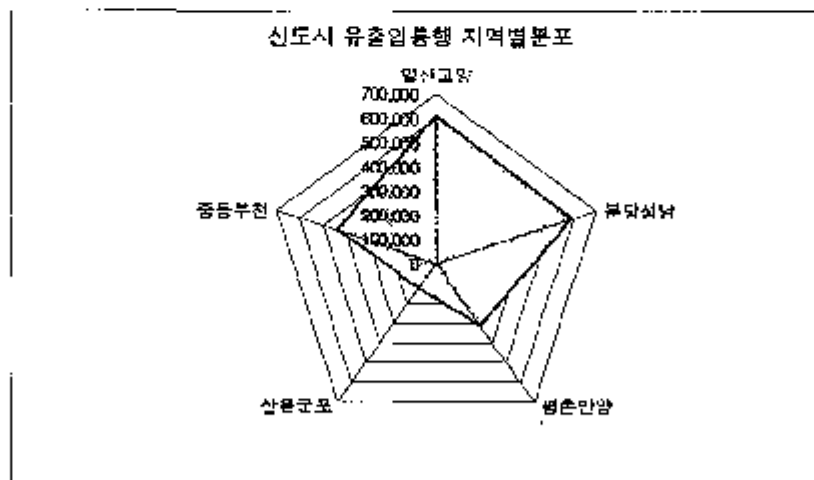


<그림 7-13> 출근동행의 시간대별 분포 (발생기준)



<그림 7-14> 업무통행의 시간대별 분포 (발생기준)

신도시를 다시 지역별로 세분하여, 서울과의 유출입량을 살펴보면, <그림 7-15>와 같은데, 일산을 중심으로 하는 고양시와 분당을 중심으로 하는 성남시가 가장 많은 것으로 나타났다.



<그림 7-15> 신도시 유출입통행의 지역별 분포 (목적통행)

4) 통행목적 지역간 비교

서울시 내부통행과 수도권전체, 광역통행권, 신도시에서 서울로 유출입하는 통행과의 통행목적분포를 비교하면, <표 7-4>와 같다.

전반적인 특성을 살펴보면 두 가지로 요약할 수 있는데, 첫째, 서울시 내부통행과 비교하면 광역통행이 출근통행이 많고, 둘째, 수도권내에서 지역별로 비교하면, 신도시가 가장 높고 서울의존도가 다른지역보다 높다는 점이다.

<표 7-4> 서울시 내부통행과 지역별 유출입통행과의 통행목적분포 비교

구분		업무	출근	학원	취가	등교	쇼핑	기타	합계	
서울	통행량(통행)	1,914,294	3,274,419	657,830	8,183,662	2,132,654	1,104,672	2,878,706	17,267,531	
	분포 (%)	전체	9.9	16.3	2.9	41.8	10.0	5.0	14.1	65.9.0
		귀기제외	16.0	27.4	5.5	-	17.8	9.2	24.1	100.0
수도권 전체	통행량(통행)	661,631	1,329,814	42,172	2,106,588	244,805	119,764	671,820	5,176,584	
	분포 (%)	전체	12.8	25.7	0.8	40.7	4.7	2.3	13.0	70.0.0
		귀기제외	21.6	43.3	1.4	-	8.0	3.9	21.9	100.0
광역 통행권	통행량(통행)	361,498	904,679	30,006	1,331,923	152,645	80,795	371,870	3,233,417	
	분포 (%)	전체	11.2	28.0	0.9	41.2	4.7	2.5	11.5	100.0
		귀기제외	19.0	47.6	1.6	-	8.0	4.2	19.6	100.0
신도시	통행량(통행)	200,933	603,725	18,277	879,066	97,994	54,931	235,110	2,090,036	
	분포 (%)	전체	9.6	28.9	0.9	42.1	4.7	2.6	11.2	100.0
		귀기제외	16.6	49.9	1.5	-	8.1	4.5	19.4	100.0

5) 서울시 위성도시들의 서울시 의존도 분석

서울시 주변에는 이미 여로부터 서울시를 중심도시로 한 위성도시들이 산재해 있고, 최근에는 비계획적인 대규모 택지개발과 산도시건설이 계속되고 있다.

이러한 비계획적인 개발들은 여러측면에서 서울시에 영향을 미치는데, 이중에서도 교통측면의 영향은 서울시에 상당한 부담으로 작용할 것으로 예상된다.

본 연구에서는 서울시 위성도시들의 서울시 의존도를 분석하기 위하여, 수도권에서 발생하는 출근통행량 중에 서울로 유입되는 출근통행량이 얼마나 되는지 분석하였는

계. 결과는 <표 7-5>, <그림 7-16> 와 같다.

분석 결과를 살펴보면, 일산 및 분당 신도시의 경우는 60%이상이 서울로 출근하고 있어 서울시의 의존도가 가장 높게 나타났고, 수원이나 인천과 같이 자체적으로 도시의 기능이 활발한 지역의 경우는 출근통행량이 많음에도 불구하고, 서울시로의 출근통행량이 적어 서울시 의존도가 떨어지는 것으로 분석되었다.

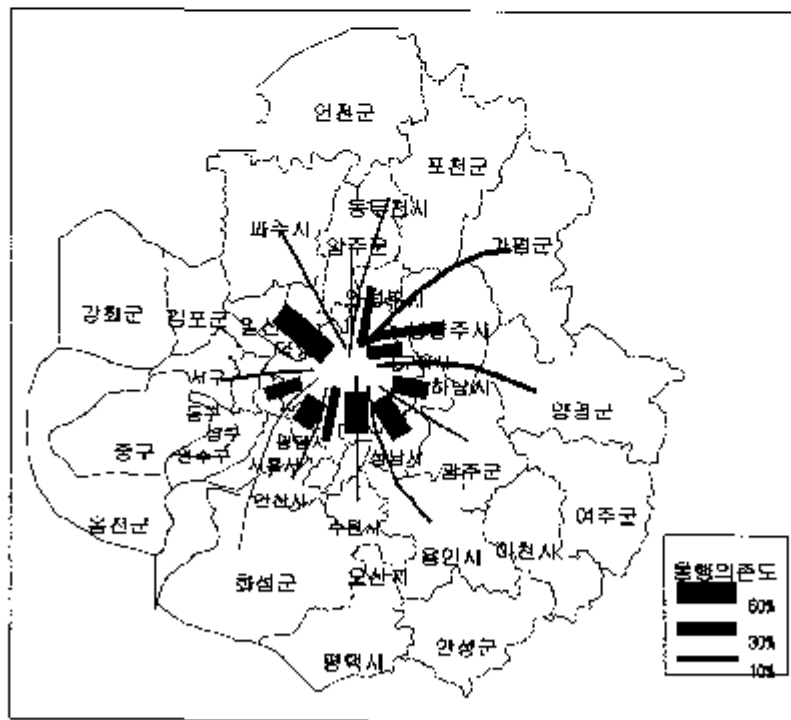
<표 7-5> 서울시 위성도시들의 서울시 의존도

	행정구역	비고	출근발생량	서울로 출근유입량	서울의존도
연천시	남송구,강화군,남구,서구		408,451	43,075	10.5
	북면구,저양구		267,468	52,276	19.5
	연수구,동구,중구,울진구		149,143	9,939	6.7
수원시	장안구		87,585	10,676	12.2
	권선구,팔달구		202,012	12,892	6.4
고양시	일산구	(일산신도시)	117,224	75,760	64.6
	덕양구		105,569	56,555	53.6
성남시	중원구		97,377	30,660	31.3
	수정구		90,522	35,145	38.8
	분당구	(분당신도시)	117,769	70,856	60.2
부천시	오정구	(중동신도시)	67,754	27,996	41.3
	소사구,원미구		227,847	68,734	30.2
안양시	동안구	(평촌신도시)	112,831	42,258	37.5
	만안구		94,882	24,421	25.7
과천시			24,423	14,798	60.6
의왕시			39,180	11,480	29.3
군포시		(신분신도시)	93,223	30,973	33.2
연산시			208,719	17,335	8.3
시흥시			52,786	8,692	16.5
광명시			131,718	78,325	59.5
의정부시			91,362	30,356	33.2
구리시			62,513	25,494	40.8
동두천시			29,852	1,796	6.0
남양주시			73,170	24,425	33.4
하남시			42,050	23,481	55.8
파주시			48,489	4,855	10.0

<표 계속>

<표 계속>

행정구역	비고	출근발생량	서울로 출근유입량	서울비존노
이천시		33,748	1,617	4.3
용인시		102,347	10,545	10.3
당택시		118,392	3,752	3.2
오산시		28,516	673	2.4
광주군		25,483	2,058	8.1
영주군		33,671	3,053	9.1
강포군		34,712	6,744	19.4
양평군		21,664	6,073	28.1
기평군		15,279	4,125	27.0
포천군		34,914	2,110	6.0
연천군		19,399	1,090	5.6
여주군		20,797	966	4.6
인성군		37,313	681	1.8
화성군		40,761	661	1.6



<그림 7-16> 서울시 위성도시들의 서울시 의존도

2. 통행수단 분석

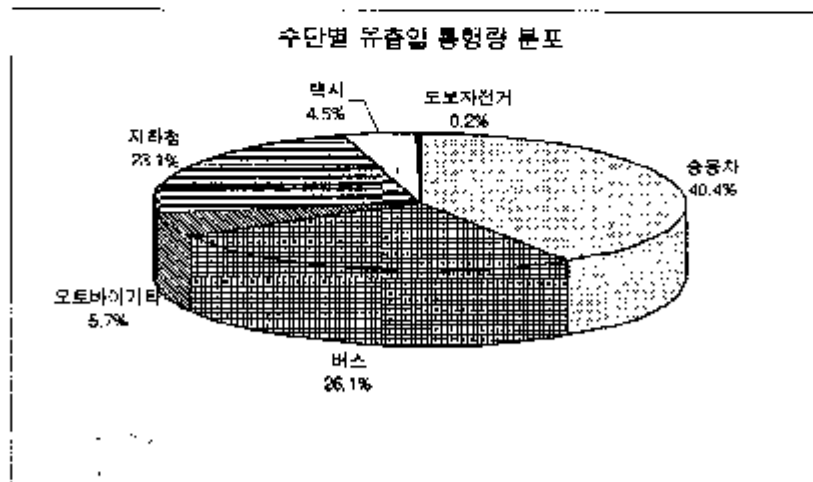
1) 수도권전체

「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구에서 나타난 경기·인천지역과 서울의 유출입 수단통행량은 하루 총 5,376,130 통행이다.

<표 7-6> 수단별 서울시 유출입통행의 분포

구분	승용차	버스	오토바이/기타	지하철	택시	도보/자전거	합계
통행량	2,172,956	1,401,807	308,689	1,241,883	239,266	11,529	5,376,130
분포(%)	40.4	26.1	5.7	23.1	4.5	0.2	100.0

유출입통행의 수단별 분포를 보면 보면 <표 7-6>, <그림 7-17>과 같은데, 승용차가 40.4%로 가장 높게 나타났다. 이것은 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」(1997)연구의 서울시 승용차분담률²⁾ 26.0% 보다 높은 것으로서, 수도권지역에서 서울로 유출입시 다른 수단보다 승용차를 많이 이용하는 것으로 판단된다.



<그림 7-17> 수단별 유출입통행의 분포

2. 승용차분담률은 지하철권 환승은 고려하지 않고, 도보수단은 제외한 값이다.

한편, 수도권 유출입통행 목적별로 단일수단과 복합수단의 경우로 나누어 살펴보면, 통학의 경우에 복합수단의 비율이 가장 높고, 업무가 가장 낮은 것으로 나타났다. 이것은 학생들이 통학을 위해 대중교통을 주로 이용하며 환승을 많이 하는 것으로 판단된다. 업무통행의 경우는 주로 승용차나 택시를 이용하기 때문에 환승율이 낮은 것으로 판단된다.

<표 7-7> 수도권 목적별 단일수단 및 복합수단의 분포

	업무	통근	학원	귀가	통학	쇼핑	기타
단일수단(%)	96.2	84.8	87.5	85.5	69.0	88.2	87.1
복합수단(%)	3.8	15.2	17.5	14.5	31.0	11.8	12.9

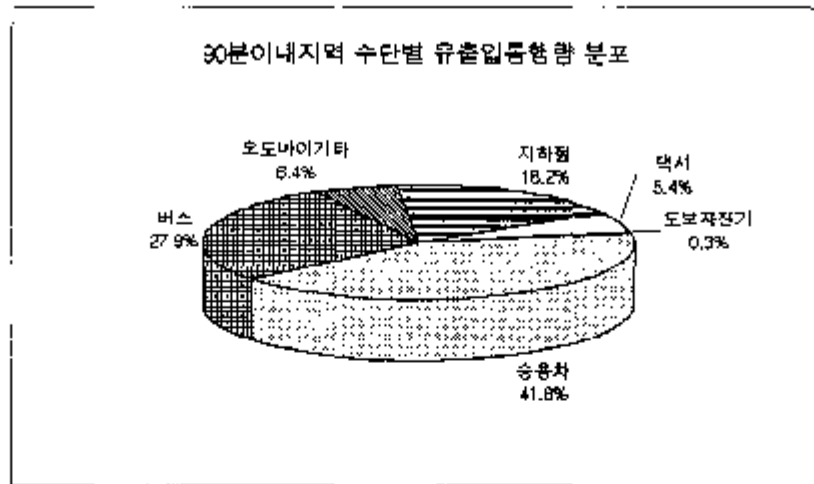
2) 광역통행권

본 연구에서 설정한 광역통행권에서 서울로 유출입하는 수단 통행량은 하루 총 3,370,654 통행으로 나타났다. 유출입통행의 수단별 분포를 보면, <표 7-8>에서와 같이 승용차통행이 41.8%로 수도권 전체와 거의 같은 수준으로 나타났다.

그러나 지하철의 경우는 수도권 전체보다 낮은 것으로 분석되었는데, 이것은 본 연구에서 설정한 광역통행권에 지하철의 이용률이 높은 인천의 몇몇 지역이 제외되었기 때문이라고 판단된다.

<표 7-8> 광역통행권 수단별 서울시 유출입통행의 분포

	승용차	버스	오토바이 기타	지하철	택시	도보 자전거	합계
통행량(통행)	1,408,535	940,287	215,535	613,463	187,895	10,895	3,370,654
분포(%)	41.8	27.9	6.4	18.2	5.4	0.3	100.0



<그림 7-18> 광역통행권 수단별 유출입통행의 분포

한편, 광역통행권의 유출입통행을 목적별로 단일수단과 복합수단의 경우로 나누어 살펴보면, 수도권 전체와 같이, 통학목적이 복합수단의 비율이 가장 높고, 임무가 가장 낮은 것으로 나타났다.

<표 7-9> 광역통행권의 목적별 단일수단 및 복합수단의 분포

	업무	동근	학원	귀가	통학	쇼핑	기타
단일수단(%)	95.4	86.0	84.3	87.1	73.6	89.2	88.4
복합수단(%)	3.6	14.0	15.7	12.9	26.4	10.8	11.6

3) 신도시

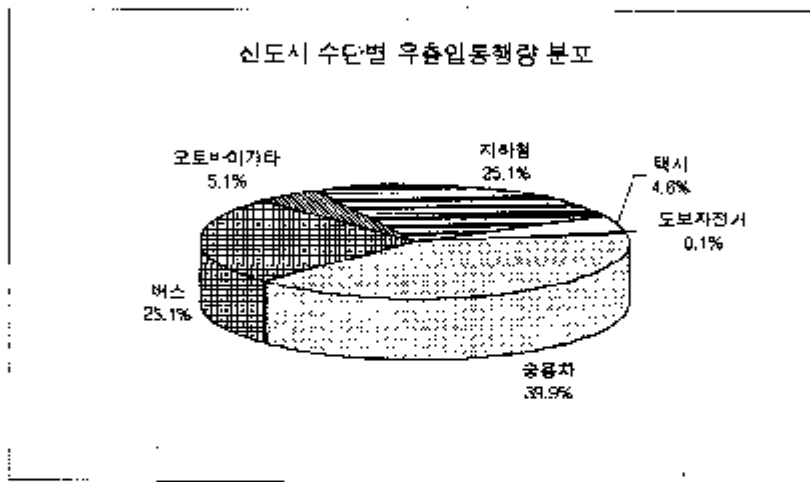
신도시에서 서울로 유출입하는 수단통행량은 하루 총 2,186,579 통행으로 집계되었다. 유출입통행의 수단별 분포를 보면, <표 7-10>에서와 같이 승용차통행이 39.9%로 가장 높게 나타났다.

한편 지하철의 경우는 25.1%로 수도권전체 23.1%, 광역통행권 18.2%보다 높은 것으로 분석되었는데, 이것은 신도시지역의 경우 비교적 서울과 연결되는 지하철 서비스

가 기타지역보다 잘 되어 있어 상대적으로 지하철의 이용률이 높기 때문인 것으로 판단된다.

<표 7-10> 신도시 수단별 서울시 유출입통행의 분포

	승용차	버스	모토바이기타	지하철	택시	도보 자전거	합계
통행량(통행)	873,265	548,330	111,912	548,997	101,015	3,060	2,186,579
분포(%)	39.9	25.1	5.1	25.1	4.6	0.1	100.0



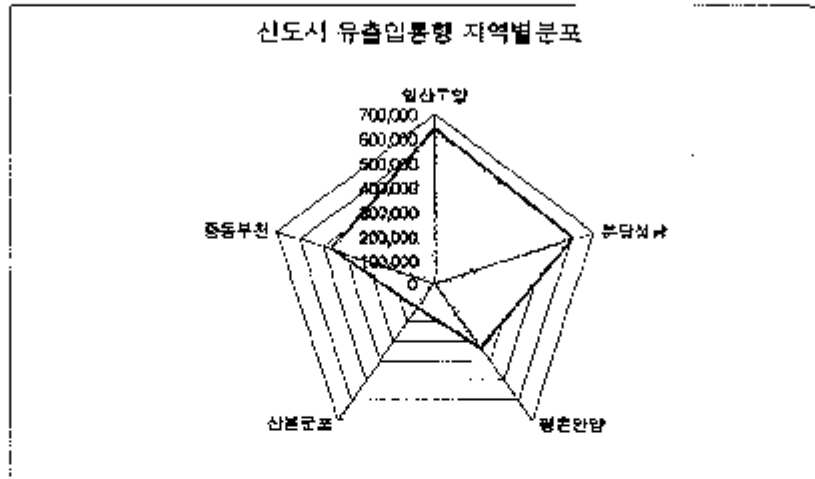
<그림 7-19> 신도시 수단별 유출입통행의 분포

한편, 신도시의 유출입통행을 목적별로 단일수단과 복합수단의 경우로 나누어 살펴 보면, 수도권전체 및 광역통행권과 같이, 통학목적이 복합수단의 비율이 가장 높고, 업무 목적통행과 마찬가지로 가장 낮은 것으로 나타났다.

<표 7-11> 수도권 목적별 단일수단 및 복합수단 분포

	업무	통근	하원	귀가	통학	쇼핑	기타
단일수단(%)	96.2	86.3	87.0	37.7	74.8	89.3	88.0
복합수단(%)	3.8	13.7	13.0	12.3	25.2	10.7	12.0

신도시를 다시 지역별로 세분하여, 서울과의 유출입량을 살펴보면, <그림 7-20>와 같은데, 일산을 중심으로 하는 고양시와 분당을 중심으로 하는 성남시가 가장 많은 것으로 나타났다.



<그림 7-20> 신도시 유출입통행의 지역별 분포 (수단통행)

4) 통행수단 지역간 비교

서울시 내부통행과 수도권전체, 광역통행권, 신도시에서 서울로 유출입하는 통행과의 통행수단분포를 비교하면, <표 7-12>와 같다.

전반적인 특징을 살펴보면 두 가지로 요약할 수 있는데, 첫째, 승용차 분담율이 서울시 내부통행과 비교하면 서울유출입 광역통행의 경우 2배 가까이 높고, 둘째, 택시분담율은 서울 내부통행에 비해 절반 수준인 점이다.

<표 7-12> 서울시내부통행과 지역별유출입통행과의 통행수단분포비교

구분		승용차	버스	오토바이 기타	지하철 (환승디포함)	택시	도보 자전거	합계
서울	총량(승행)	4,656,268	6,955,923	1,220,105	3,843,106	2,667,912	4,378,330	23,715,644
	분포(%)	21.7	28.9	5.2	16.9	10.6	16.6	100.0
수도권 전체	총량(승행)	2,172,856	1,401,807	308,689	1,247,883	239,266	11,529	5,376,130
	분포(%)	40.4	26.1	5.7	23.1	4.5	0.2	100.0
광역 동행권	총량(승행)	1,408,535	940,281	215,585	613,463	181,895	10,895	3,370,664
	분포(%)	41.8	27.9	6.4	18.2	5.4	0.3	100.0
신도시	총량(승행)	873,265	548,330	11,912	548,997	101,015	3,060	2,186,579
	분포(%)	39.9	25.1	5.1	25.1	4.6	0.1	100.0

광역동행권 지역별로 복합수단대 단일수단의 비율을 살펴보면 <표 7-13>와 같은데, 주로 대중교통을 이용하는 통학목적의 경우가 복합수단의 비율이 가장 낮은 것으로, 즉 환승율이 가장 높은 것으로 나타나 광역동행권시 대중교통수단 이용이 편리하지 않은 것으로 판단된다.

그러나, 수도권지역별로 비교하면, 신도시의 통학목적의 복합수단비율이 광역동행권, 수도권전체 보다 낮아, 다른 수도권지역보다 신도시에 대중교통관련 시설이 많이 설치되어있음을 뒷받침하고 있다.

<표 7-13> 광역동행의 지역별 단일수단대 복합수단의 비율비교

		업무	등근	학원	취가	종교	쇼핑	기타
수도권 전체	단일수단(%)	96.2	84.8	82.5	85.5	69.0	88.2	87.1
	복합수단(%)	3.8	15.2	17.5	14.5	31.0	11.8	12.9
광역 동행권	단일수단(%)	96.4	86.0	84.3	87.1	73.6	80.2	88.4
	복합수단(%)	3.6	14.0	15.7	12.9	26.4	19.8	11.6
신도시	단일수단(%)	96.2	86.3	87.0	87.7	74.8	89.3	88.0
	복합수단(%)	3.8	13.7	13.0	12.3	25.2	10.7	12.0

제 2 절 서울시 가로망관련 유출입교통 및 통과교통 분석

앞 절의 광역통행에 대한 목적 및 수단통행분석에 이어 본 절에서는 광역통행량이 직접적으로 서울시 가로망에 미치는 영향을 파악하기 위해 네트워크와 결부된 광역교통량분석을 수행하였다. 이를 위해 광역통행의 두 흐름인 서울과 시외지역간 유출입통행과 서울을 통과하는 시외지역간 통행을 지하철을 제외한 가로망상의 교통량에 대해서만 한정하여 분석해 보았다. 이러한 유출입통행 및 통과통행분석을 위해 1996년과 2011년³⁾ 2개년도의 가로망을 대상으로 교통센서스의 침두시 승용차, 버스, 트럭 및 기타수단을 합한 침두 수단 O/D를 각각의 재차인원과 승용차환산계수로 환산한 침두차량O/D와 4장에서 정산된 통행비용함수를 적용하여 분석해 보았으며, 분석도구로는 Frank-wolfe 알고리즘을 이용한 emme2의 Additional option assignment 기능을 이용하였다.

1. 유출입교통

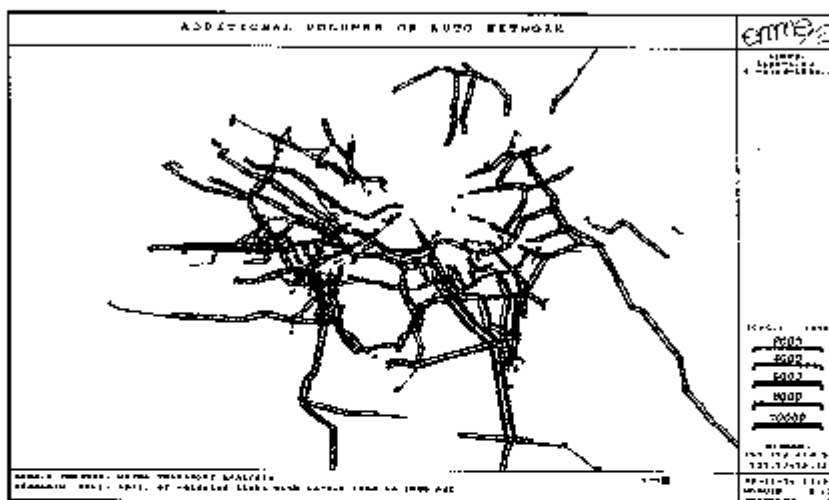
1) 유출입교통량 분석

센서스 기준년도인 1996년과 2011년의 장례가로망을 대상으로 1996년 오전침두차량 O/D를 사용하여 수도권 2차선이상 가로 중 서울-시외간통행의 분포를 분석해 보았다. 분석결과 두 경우 모두 경인고속도로와 경부고속도로의 통행량이 가장 많으며, 서울시 주요 간선교통축 도로의 대부분이 유출입 교통량 1000대/도로/시 이상으로서 침두시의 수도권의 서울집중현상의 심각성을 보여 주고 있다. 또한 강북지역의 경우 유출입통행의 흐름이 도심부근에서 단절되는 반면 강남지역의 경우 기존 방사형 축뿐만 아니라 남부순환도로등 순환축에도 통행량이 많이 나타나 유출입교통량의 통행거리가 상대적으로 강북보다 길다는 것을 알 수 있다.

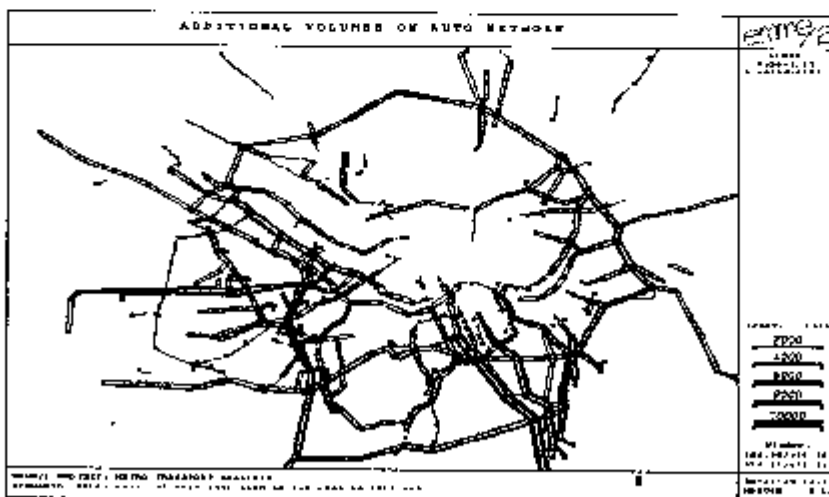
2011년은 외곽순환고속도로, 강남순환 도시고속도로, 내부순환도로등이 완전 개통됨

3) 장례네트워크 밀력내역은 부록3참조.

에 따라 유출입통행 패턴이 1996년에 비해 많이 변화되었음을 볼 수 있다. 특히, 내부 순환노선, 강변북로, 올림픽대로, 강남순환도로등의 도시고속도로와 외곽순환도로등의 고속도로에서의 유출입통행량이 늘어났고, 간선도로와 서울경계국도의 통행량이 감소하였다.



<그림 7-21> 서울↔시외간 도로통행이 1000대/도로/시 이상인 구간 (1996)

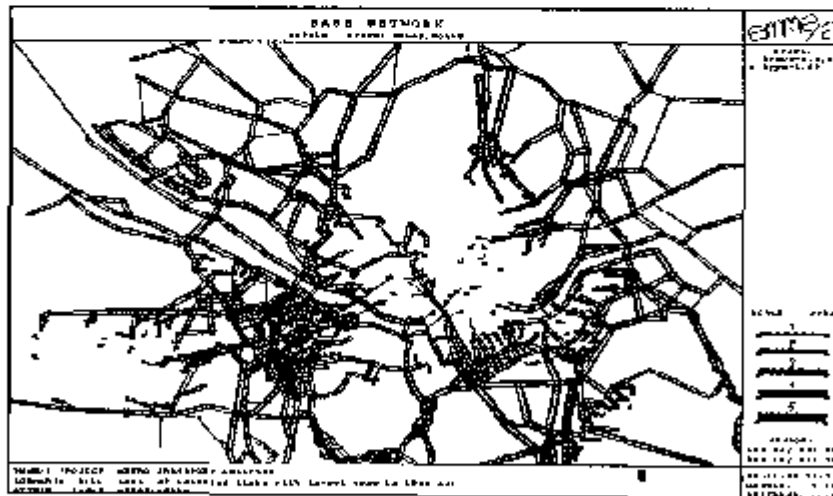


<그림 7-22> 서울↔시외간 도로통행이 1000대/도로/시 이상인 구간 (2011)

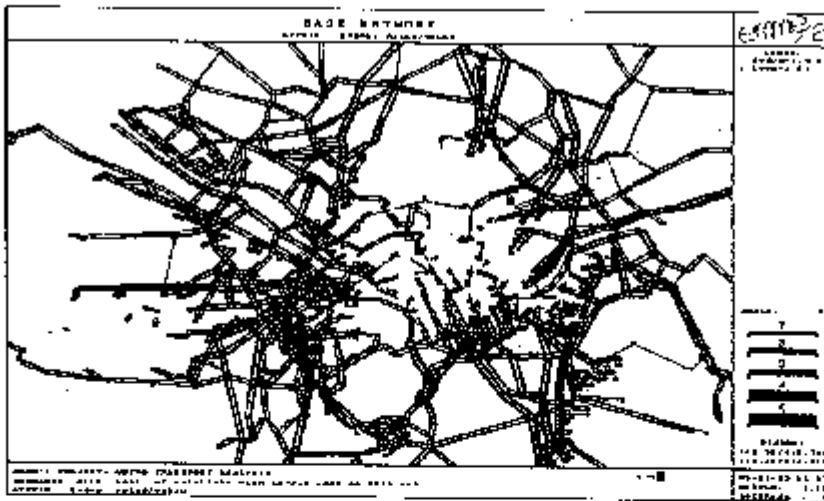
2) 유출입교통량비율 (유출입교통량/도로교통량)

<그림 7-23>~<그림 7-24>에서 수도권 가로망에 대해 도로를 통과하는 전체교통량에 대한 유출입교통량의 비율이 0.3 이상을 차지하는 도로를 나타낸 것으로서 서울 경계지역에 가까운수록 유출입교통량 비율이 높아지는 가운데, 수도권 지역이 서울 지역보다 유출입교통량 비율이 높은 도로가 많아 수도권지역의 서울 의존도를 알 수 있다. 경부고속도로를 잇는 한남로측, 수색로-성산로측, 망우로측, 동작대로측등의 간선도로와 올림픽로, 강변대로등의 도시고속도로에서 유출입교통량이 비교적 높았으며, 지역별로는 구로구, 영등포구등의 서울 서남부의 도로들의 유출입교통비율이 높았다.

2011년 간선축별로는 1996년과 크게 변하지 않았으나, 북부간선도로, 외곽순환고속도로, 강남순환 도시고속도로등의 도로등의 신설된 고속도로의 유출입교통량이 매우 높았으며, 내부순환도로가 1996년과는 달리 0.3이상의 유출입교통비를 보였는데, 이는 북부간선도로등의 도시고속도로의 연계 건설로 인한 영향으로 추정된다. 또한 2011년 역시 지역적으로는 서울서남부의 도로들이 여전히 높은 유출입교통비를 보였으며, 강남지역의 경우가 강북보다 높은 분포를 보였다.



<그림 7-23> 서울↔시외지역간 유출입교통량비율 0.3이상 도로 (1996)



<그림 7-24> 서울↔시외지역간 유출입교통량비율 0.3이상 도로 (2011)

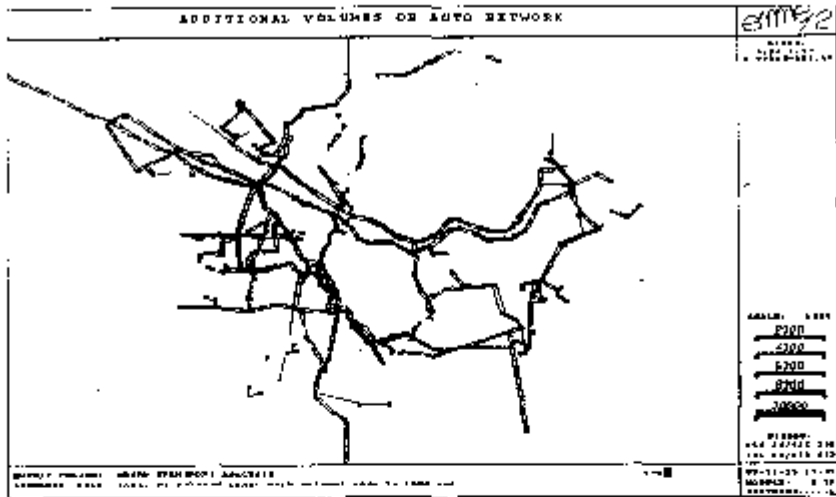
2. 통과교통

1) 통과교통량분석

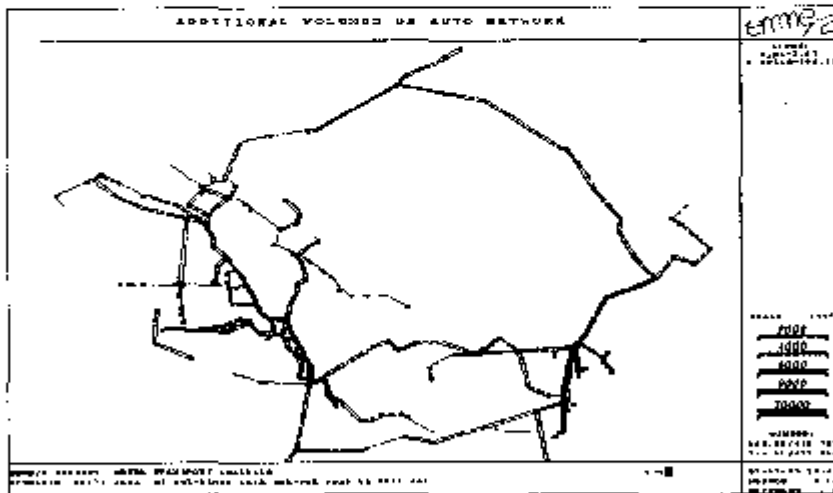
아래 그림들은 수도권 2차선 이상 가로에 대하여 기종점이 시외이면서 서울지역을 통과하는 시외↔시외간 가로교통량이 100다/시/가로이상인 구간을 표현한 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 서울지역을 통과하는 통행은 올림픽대로와 경인고속도로, 서부고속도로, 개화로, 남부순환로, 동작대로 등을 주로 이용하는 것으로 나타났으며, 그 양은 크지 않은 것으로 나타났다.

2011년의 경우 외곽순환도로에 통과교통량이 집중되어졌으며, 상대적으로 1996년과는 달리 올림픽대로의 통과교통량이 많이 주는 것으로 분석되었다. 반면 외곽순환도로와 신설되는 강남순환 도시고속도로등에 높은 통과교통량이 배분되었다.



<그림 7-25> 오전첨두시 시외↔시외간 통과교통량이 100대/도로/시간이상인 구간 (1996)



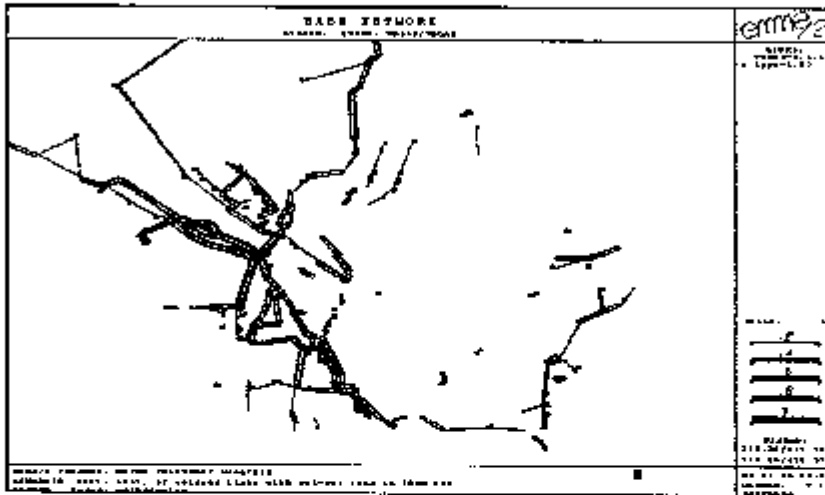
<그림 7-26> 시외↔시외간 통과교통량이 100대/도로/시간이상인 구간 (2011)

2) 통과교통량비율(통과교통량/가로교통량)

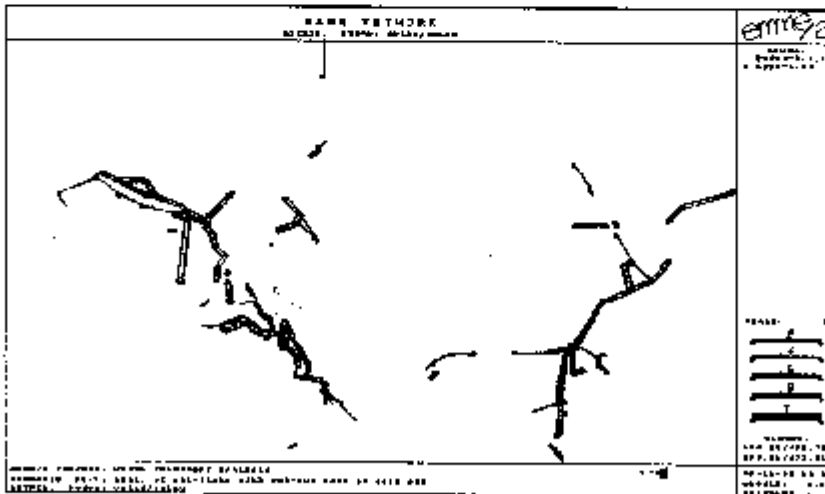
통과교통량 비율은 0.1이상의 노보가 경인고속도로와 개화로, 남서쪽 남부순환로만 존재할 정도로 전체가로교통량에 비해 적은 비율을 차지하는 것으로 나타났다.강변북

로의 경우도 고양방향의 일부분만 0.1 이상의 비율을 보였고 그 밖의 서울 시내 가로는 거의 0.1 이하의 값을 보였다.

2011년 역시 통과교통량 비율 0.1이상의 도로가 경인고속도로와 김포방향도로만 존재하였고, 그 밖의 서울 시내 가로는 거의 0.1 이하의 값을 보였다.



<그림 7-27> 시외↔시외간 통과교통량비율이 0.1이상인 구간 (1996)



<그림 7-28> 시외↔시외간 통과교통량비율이 0.1이상인 구간 (2011)

3. 서울시내 가로망에 대한 광역교통의 영향분석

서울시내 가로망에 대한 유출입 및 통과 통행의 영향을 분석하기 위해 서울시내 도로를 도시고속도로, 간선도로, 보조간선도로, 침분산도로로 구분하여 이들 도로에 대한 전체교통량 대비 유출입 및 통과 교통량의 비율 및 교통량-km를 분석해 보았다.

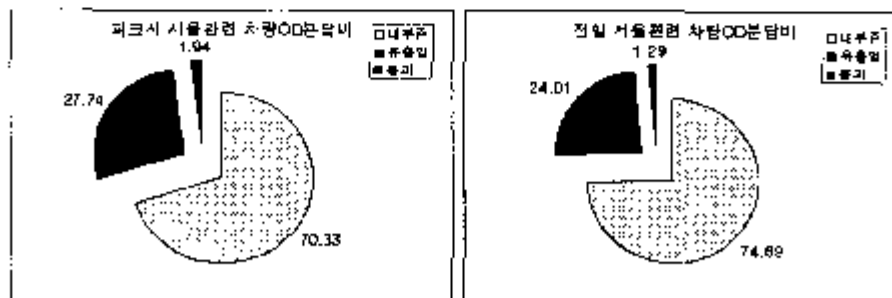
1) 차량통행O/D분석

서울시 가로망에 광역관련통행이 미치는 영향을 파악하기 위해 승용차, 버스, 택시, 트럭 및 기타수단을 포함한 O/D를 각각의 차량인원 및 pcu환산계수를 적용하여 차량통행O/D로 만든 후 기준점이 서울↔서울인 서울내부통행, 서울↔시외인 유출입통행, 시외↔시외인 통과통행⁴⁾으로 구분하여 총량적으로 집계해 보았다.

분석결과 서울시 유출입차량통행이 약 27%이상의 높은 비율을 나타냈으며, 서울시 통과통행의 경우 2%미만으로 매우 미미한 수준을 보였는데, 이는 중소도시와 달리 대도시인 서울지역은 그 지역의 범위가 매우 커 사실상 통과하는 통행의 비중이 크지 않은 것으로 추정된다.

<표 7-14> 서울시 가로망관련 차량통행O/D (단위 : pcu, %)

구분	내부권	유출입	통과	계
피크시 차량통행O/D	533,653 (70.3%)	210,482 (27.7%)	14,701 (1.9%)	758,835 (100.0%)



<그림 7-29> 서울관련 차량O/D 분담비 (피크시, 전일)

4. 서울지역 가로망을 통과하는 시외↔시외 교통량으로서 EMME/2의 add assign기능을 이용하여 구현되었음.

2) 유출입교통량 분석

첨두시 서울시내 도로상의 가로통행량에 대한 유출입통행량비율을 가로위계별로 살펴본 결과 1996년은 도시고속도로(41.06%), 간선도로(36.76%), 집분산도로(30.53%), 보조간선도로(29.4%) 순이었고, 2011년 역시 도시고속도로(45.74%), 간선도로(33.49%), 집분산도로(29.22%), 보조간선도로(27.42%) 순으로 나타나 두 경우 모두 도시고속도로와 간선도로가 유출입교통을 주로 분담하는 것으로 분석되었다. 한편 2011년과 1996년을 비교하면 나머지 도로들의 유출입통행량 비율이 모두 감소하는 가운데 도시고속도로만 약 4.7%증가함을 알 수 있는데, 이는 2011년 이내에 추가되는 서울시도시고속도로망 및 연계도로의 건설로 인해 도시고속도로의 유출입통행 분담역할이 더욱 강화된다는 것을 의미한다. 특히 간선도로가 3.2%나 감소해 도시고속도로의 건설로 간선도로의 유출입교통이 가장 줄어드는 효과가 나타나는 것으로 파악되었다.

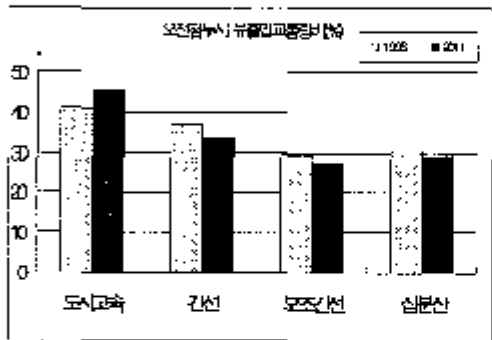
한편, 교통량×km의 경우도 도로위계별 교통량×km비의 순서는 교통량비의 경우와 거의 비슷하였다. 다만 간선도로의 경우 기타 도로와 달리 교통량비에 비해 교통량×km비율이 약간 높게 나타났는데 이는 유출입교통량은 주로 간선도로의 시계부분에 집중적으로 분포할 뿐 아니라, 일반적으로 간선도로의 경우 도심보다는 시계의곽지역의 링크가 길기 때문이다.

1996년과 2011년의 비교에서는 교통량비 역시 도시고속도로는 증가하고 기타도로는 감소하였으나, 도시고속도로의 통행량×km비 증가폭(6.1%)과 간선도로의 감소폭(-4%)이 통행량비의 경우 보다 약간씩 커 통행량×통행거리 측면에서의 도시고속도로의 건설 효과가 더욱 크다는 것을 보여 주고 있다.

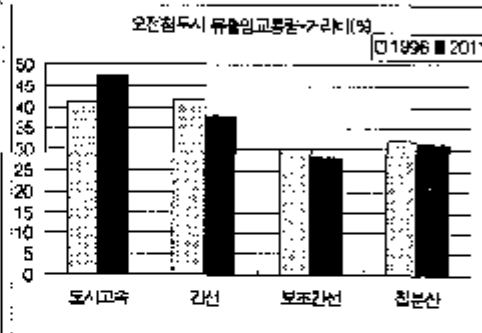
끝으로 가로별 유출입교통량비율이 유출입차량통행O/D 분담비 (27.7%)보다 높아 유출입통행이 주로 장거리 통행이라는 것을 알 수 있다.

<표 7-15> 청주시 가로위계별 유출입교통량 및 교통량×km 비율 (단위: %)

도로위계	유출입교통량/전체교통량		(유출입교통량×km)/(전체교통량×km)	
	1996년	2011년	1996년	2011년
도시고속	41.06	45.74	41.06	47.18
간선도로	36.76	33.49	41.67	37.65
보조간선	29.4	27.42	29.96	28.12
집분산	30.53	29.22	31.7	31.34
전체	34.20	33.07	37.07	36.97



<그림 7-30> 유출입 교통량비(%)



<그림 7-31> 유출입 교통량×거리비(%)

3) 통과교통량분석

청주시 서울시내 도로상의 가로교통량에 대한 통과교통량비율을 가로위계별로 살펴본 결과 두 경우 모두 1996년은 도시고속도로, 간선도로, 보조간선도로, 집분산도로 순이었으나, 2011년은 도시고속도로, 간선도로, 집분산도로, 보조간선도로 순으로 나타났다. 전반적으로 5% 미만의 비율을 보여 통과교통이 서울시에 미치는 영향을 크지 않았다.

2011년과 1996년을 비교하면 나머지 도로들의 유출입통행량과는 달리 집분산도로를 제외한 모든 도로들의 비율이 모두 감소하였는데, 이는 2011년이면 완성되는 외곽 순환고속도로망의 건설로 인해 서울지역으로의 통과교통이 감소하기 때문인 것으로 판

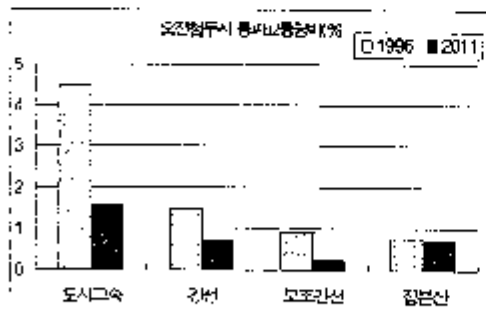
단된다. 반면 집분산도로의 경우는 외곽순환도로의 영향을 별로 받지 않기 때문에 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

한편, 교통량×km의 경우도 도로위계별 교통량×km비의 순서는 교통량비의 경우와 거의 비슷하였다. 다만 통과통행 역시 시계 부분에서 링크길이가 비교적 긴 간선도로의 비율이 교통량비보다 약간 높았고, 외곽순환도로의 영향을 덜 받는 집분산도로의 경우 오히려 교통량×km비가 증가하였다.

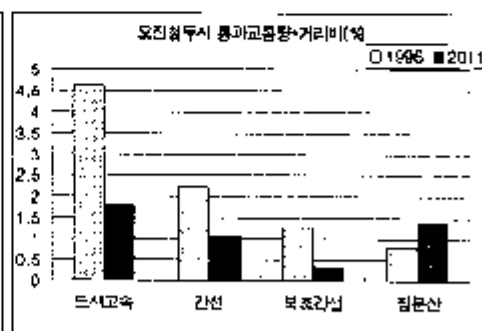
따라서 도시고속도로를 제외하고는 가로별 통과교통량×km비율이 통과차량통행 O/D 분담비(1.9%)보다 크게 높지 않아, 통과통행은 서울중심부를 관통하는 장거리 통과보다는 외곽중심의 중,단거리 통과통행으로 구성되었음을 알 수 있다.

<표 7-16> 침두시 가로위계별 통과교통량 및 교통량×km 비율 (단위: %)

도로위계	통과교통량/전체교통량		(통과교통량×km)/(전체교통량×km)	
	1996년	2011년	1996년	2011년
도시고속	4.45	1.57	4.62	1.80
간선도로	1.48	0.70	2.2	1.07
보조간선	0.93	0.25	1.25	0.33
집분산	0.77	0.72	0.81	1.40
전체	1.53	0.71	2.16	1.12



<그림 7-32> 통과교통량비(%)



<그림 7-33> 통과교통량×거리비(%)

第 8 章 광역동행의

문제점과 정책제안

제 1 절 동행목적 및 수단관련

문제점 및 정책제안

제 2 절 유출입 및 통과 경로관련

문제점 및 정책제안



제 8 장 광역통행의 문제점과 정책제안

제 1 절 통행목적 및 수단관련 문제점 및 정책제안

1. 통행목적관련

- 광역통행은 다른 지역 통행에 비해 출근통행이 많다. 따라서, 오전·오후 피크시의 서울시 교통에 영향이 큰.
 - 광역통행에 대하여 출근통행을 보조하는 출근차량운행, 출퇴근시 광역급행전철운행 등 출퇴근시 대중교통이용을 높일 수 있는 정책이 필요함.
- 광역통행 중 출근통행의 비율은 수도권전체(43.3%)보다, 광역통행권(47.6%)이, 광역통행권보다 신도시(49.9%)순으로 서울 의존도가 높은것으로 분석됨. 특히 분당·익산·과천의 경우 출근자의 60%이상이 서울로 유입되고 있음.
 - 용인·수지·죽전 등의 계획된 신도시개발과 기타 난개발에 대한 종합적이고 총량적인 영향분석과 대책마련이 필요함.
- 광역통행은 오전 침두가 빨리 시작됨.
 - 유출입지점의 교통관리는 서울지역의 교통관리보다 빨리 시작되어야 하고, 유출입시점의 신호제어 및 가변차로운영도 서울지역과는 차별되어야 함.

2. 통행수단관련

- 광역통행은 다른 지역 통행보다 승용차의 비율이 높음.
 - 광역통행에 대하여 승용차봉쇄를 대중교통으로 전환시킬 수 있는 정책이 필요함. 즉, 경부고속도로의 평일 출퇴근시 버스전용차로제 실시, 경부고속도로의 승용차이용자에 대한 지속적 통행료부과, 서울시계 주요간선축의 혼잡통행

료부과, 3호선 수서역 직결운행 등을 검토 할 수 있음.

- 주로 대중교통을 이용하는 통학목적의 경우 두가지 이상의 교통수단을 이용하는 복합수단의 비율이 수도권전체 31%, 광역통행권 26.4%, 신도시 25.2%의 순으로 대중교통을 이용하기가 편리하지 않은 것으로 분석됨.
- 대중교통의 이용 편리성을 높여 대중교통 이용률을 높이기 위하여 환승시설에 대한 투자가 우선적으로 필요함.

제 2 절 유출입 및 통과 경로관련 문제점 및 정책제안

1. 유출입 교통

- 서울시내 가로교통량중 경기·인천지역으로 부터의 서울시 유출입교통량이 차지하는 비율이 30%이상의 높은 수준을 보이고 있다.
- 승용차를 이용한 유출입 교통을 억제할 수 있는 광역교통 수요관리정책이 필요함.
- 장래 도시고속도로망이 완성되면, 도시고속도로의 유출입교통당비는 증가하고 간선도로, 보조간선도로, 집분산도로는 모두 감소하는 것으로 분석되었다.
- 서울시 유출입교통량을 억제하는 수요관리정책과 함께 수도권과 연계하는 도시고속도로망의 건설로 간선도로를 비롯한 서울시내 가로통행의 혼잡을 줄여야 함.
- 전체차량통행O/D에 대한 유출입차량통행O/D의 분담비(24%)에 비해 유출입교통당비(31%)가 높아 가로교통수단을 이용하는 서울시 유출입통행이 비교적 장거리 통행이라는 것을 보여주고 있다.

→ 장기적으로 서울도심 외곽화 내지 수도권 기능의 강화로 유출입통행의 길이도 단축시켜야 함. 또한, 대중교통과 연계되는 환승주차장시설의 보완도 유출입통행의 단축에 기여할 수 있음.

2. 통과 교통

- 서울지역을 통과하는 통과교통은 전체교통의 2%기만으로 미미한 수준이었지만, 광명, 부천주변의 서울 서남부지역에 유출입 및 통과교통이 집중되었다.
- 따라서, 이들 지역에 광역교통시설 개선 및 공급이 요구되어짐.

參 考 文 獻



참 고 문 헌

- 서울시, 「서울시 중기기본계획」, 1999
- 서울시 도로계획과, 「99도로건설사업현황」, 1999
- 서울시, 「서울시 교통정비기본계획」, 1994
- 서울시, 「교통소통촉진을 위한 간선도로 정비기본계획」, 1998
- 서울시정개발연구원, 「서울시 교통수요 예측모형 정립(1)」, 1998
- 서울시정개발연구원, 「서울시 중심지체계 변화분석과 정책과제」, 1998
- 서울시정개발연구원, 「서울시 교통혼잡관리프로그램 실행을 위한 교통수요관리 효과분석체계의 구축」, 1998
- 서울시정개발연구원, 「광역화시대의 서울시 인구변화전망에 관한 기초연구」, 1998
- 서울시정개발연구원, 「서울시 교통센서스 및 데이터베이스 구축」, 1997
- 서울시정개발연구원, 「서울 대도시권 구상」, 1995
- 서울시지하철공사, 「지하철 운임표」, 1999
- 철도여행문화사 「시각표」, 1999
- 철도여행문화사 「시각표」, 1996
- 고준호, 「선택수단계약과 표본추출방법을 고려한 수단선택모형에 관한 연구 - 서울시 출근목적 통행을 사례로 -」, 1999
- 김태균, 「표준오차와 Theil 의 부동계수를 이용한 버스 승하차조사 표본음산정에 관한 연구」, 1997
- 서선덕, 「한국의 도로용량함수 검증에 관한 연구」, 교통정보 P75~P92
- 이재섭, 「대중교통 수단간의 환승을 고려한 확률적 대중교통 통행배정기법의 개발」, 1999
- 주정렬, 「통행배정모형의 도로용량함수 비교 및 적용에 관한 연구」, 1993
- Horowitz, Alan J. 「*Delay-Volume Relations for Travel Forecasting, Based on the 1985 Highway Capacity Manual*」, Federal Highway Administration, Washington, DC March 1991
- ITE Technical Council Committee, 「*Travel Demand Forecasting Processes Used by Ten Large Metropolitan Planning Organization*」, 1994
- J.de. D. Ortuzar and I.G. Willumsen, 「*Modeling Transport*」, John Wiley & Sons. Inc.1994

- Moshe Ben-Akiva and Steven R. Lerman, 「*Discrete Choice Analysis*」, MIT Press Series in Transportation Studies, 1987
- Puget Sound Regional Council, 「*Travel Model Development and Refinement-Trip Generation Final Report*」, 1994
- Spiess, Heinz. 「*Conical Volume Delay Functions*」, Publications #628, Transportation Research Center, University of Montreal, Canada, 1989

附 錄

- I. 동행비용함수의 이론적 고찰
- II. 최적 파라메타를 이용한
가로별 동행배분결과 비교
- III. 장래계획 가로망의 EMME/2구축 내역
- IV. 수단동행분포(O/D) 예측

I. 통행비용함수의 이론적 고찰

이 글에서는 동행배분모형에 적용되고 있는 다양한 통행비용함수들에 대해 그 함수식 및 이론을 설명하였으며, 또한, 통행비용함수의 주요 구성요소로서 현재 사용되고 있는 지류류상태의 통행속도와 용량에 대해서도 살펴보았다.

1. 통행비용함수

가. BPR 식

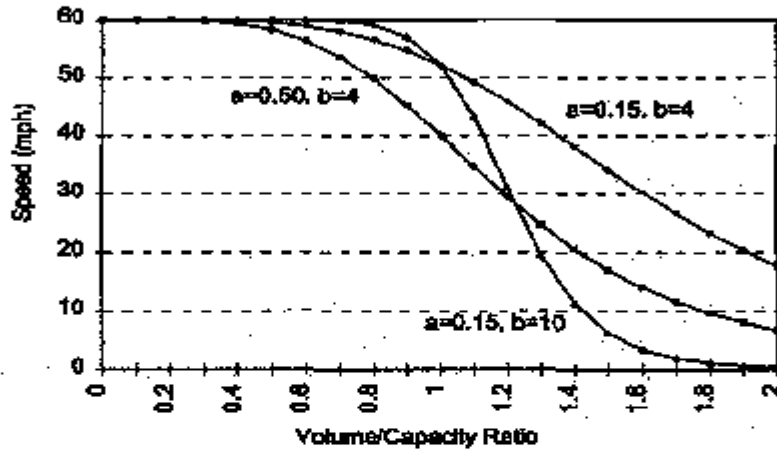
BPR(Bureau of Public Roads)에서 발표한 함수로서 현재 가장 많이 사용되고 있으며, 이 함수를 사용하기 위해서는 자유속도, 교통량, 그리고 가로의 용량이 필요하다. 그 등식은 다음과 같다.

$$T = T_0 [1 + a (V/C)^b] \quad \text{<식 I-1>}$$

여기서, T : 실용용량(Practical Capacity)하에서의 관측된 통행시간
 T_0 : 자유류 통행시간
 V : 교통량
 C : 실용용량
 a, b : 계수

위의 식에서 실용용량(Practical Capacity)은 가로의 종류에 따라 다르지만 LOS E 용량의 약 80%를 사용한다. 계수 a 는 자유속도와 용량시의 속도의 비율을 나타내고 있으며, b 는 자유속도에서 얼마나 급격하게 속도가 교통량이 증가하면서 감소하는 가

를 나타낸다. b 의 값이 크다는 것은 속도가 v/c 비가 1에 도달하기 전까지는 v/c 비에 둔감하다가, 갑자기 크게 줄어들게 됨을 의미한다. 그리고 v/c 비가 1보다 커지는 것은 현실적으로는 불가능하기 때문에 그 이상의 범위에 대해서는 d/c 비라고 하는 경우도 있는데, 이때 d 는 수요(Demand)를 나타낸다. <그림 1-1>은 BPR식에서의 계수 a 와 b 의 다양한 값에 대한 속도변화를 나타낸 것이다.



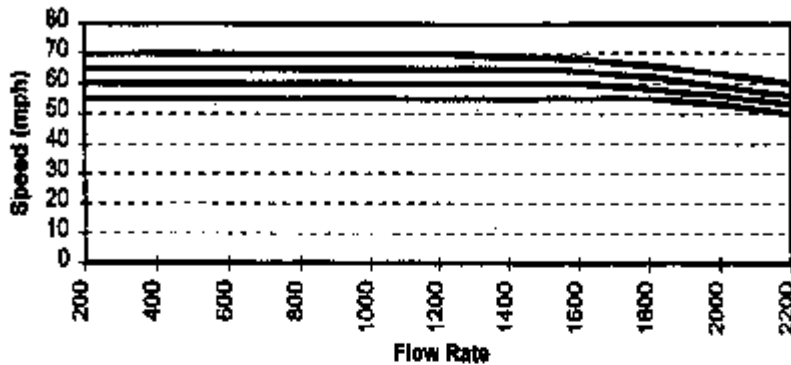
<그림 1-1> BPR함수의 파라미터 변화의 따른 곡선

이러한 BPR곡선은 과거에 널리 사용이 되어 왔으나, 현재 몇 가지 문제점을 내포하고 있다. 우선 이 곡선은 자유속도와 용량을 얼마나 정확하게 예측하는가 하는 것이 매우 중요한데, 실제적으로 이러한 사항을 정확히 예측하기가 쉽지 않다는 것이다.

또한 이 공식은 1985년과 1994년 그리고 최근의 1997년의 HCM에서 사용한 자료들을 가지고 BPR식을 검증하였을 때 기존의 모양과 차이가 많이 난다는 점을 이야기한다. 1985년의 HCM에 따르면 교통량-밀도의 곡선이 다항식의 모양을 따른다고 이해하였으나, 최근의 1997년 보완 HCM에 따르면, 속도-교통량 관계식이 상당히 평탄한 관계를 보이고 있다는 것이다. 이는 속도가 교통량에 둔감하다는 것을 의미한다. <그림 1-2>는 최근의 HCM에서 나타난 속도와 교통량사이의 관계를 보인 것으로 앞서의 논지를 논증하고 있다.

Speed-Flow Characteristics for 4-Lane Freeways

(Figure 3-2 Highway Capacity Manual)



<그림 1-2> 4차선 고속도로에 대한 속도-교통량 곡선

이러한 BPR 공식은 혼잡으로 인한 지체를 과소 평가하는 약점도 가지고 있어, 서 선덕(1994)에서도 보인 바와 같이 v/c 가 1 근처에서, 실제적으로는 통행시간이 약 100%정도 증가되는 반면에 공식에서는 약 20-30%정도의 증가만을 보이게 된다.

마지막으로 BPR공식은 교통신호제어 간선도로의 통행시간을 적절하게 나타낼 수 있는 변수를 식에 가지고 있지 않아, 특히 도시부에서의 적용에서 많은 문제점을 보일 수 있다.

나. Horowitz의 접근방법

기존의 BPR공식이 1965년 HCM을 개발할 때 사용된 자료에 근거하여 만들어져 있다는 점에 착안하여, Horowitz¹⁾는 1985년 HCM에 근거한 일련의 속도-교통량 관계식을 개발하였고, 교차로에서의 지체를 차량의 속도에 반영할 수 있는 방법도 개발하였다. 실제적으로는 1985년의 자료에 근거하여 3가지 형태의 공식을 개발하였는데, <표

1. Horowitz, Alan J. "Delay-Volume Relations for Travel Forecasting, Based on the 1985 Highway Capacity Manual", Federal Highway Administration, Washington, DC: March 1991

1-1>은 Horowitz가 BPR공식에 대해서 새로운 a와 b를 검증한 결과를 보여주고 있다.

<표 1-1> 1985년 HCM의 BPR 공식의 파라미터

시설 구분	자유 속도	a	b
6차선 고속도로	70mph	0.88	9.8
	60mph	0.83	5.5
	50mph	0.56	3.6
다차선도로	70mph	1.00	5.4
	60mph	0.83	2.7
	50mph	0.71	2.1

이러한 결과들에 근거하여, 만약 하나의 공식을 사용할 것이라면, a=0.83, b=5.5를 사용할 것을 권장하였으며, 또한 교차로가 있는 시설에 대해서는 교차로 용량을 추정하는 공식을 다음과 같이 제시하고 있다.

$$cap = s [Y / (Y + Y^*)] [C - L] / C \quad \text{<식 1-2>}$$

여기서, cap = 주접근로의 용량

s = 주접근로의 모든 현시에 걸친 평균포화유율

Y = 주접근로나 대향 접근로의 최대 v/s비

Y^* = 주접근로와 그 대향 접근로를 제외한 모든 상충접근로의 최대 v/s비

C = 주기(초)

L = 주기당 손실시간(초)

다. Akcelik/Davidson 공식

Queuing 이론에 근거한 공식으로서, 입력자료로서 자유 여행시간을²⁾, 분석기간의 길이, 링크의 용량, 그리고 시설이 용량에 있을 경우의 여행시간을 필요로 하며, 다음과 같은 공식에 따라서 통행시간을 예측한다.

$$t = t_0 + \left\{ 0.25 T \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{8J_A}{QT} x} \right] \right\} \quad \text{<식 I-3>}$$

여기서, t = 단위 거리당 평균통행시간(hours/mile)
 t_0 = 단위 거리당 자유속도 통행시간(hours/mile)
 T = 분석시간 (일반적으로 1시간)
 x = 포화도 = v/c 비
 Q = 용량(vph)
 J_A = 지체변수

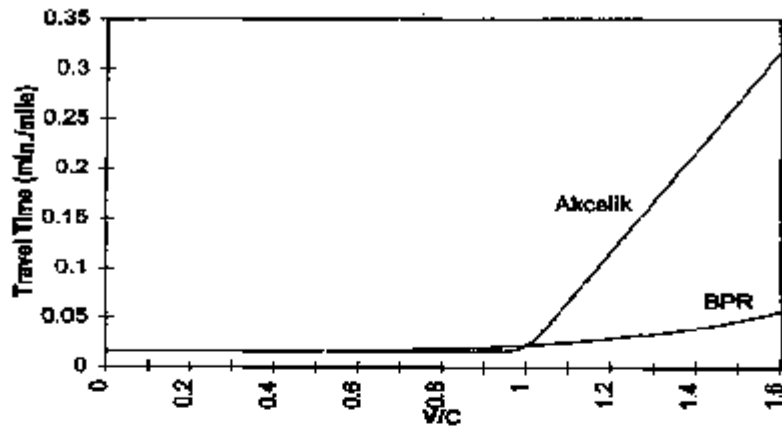
이 식이 나타내는 바는 통행시간 (t)은 자유 통행시간(t_0)에 평균 Overflow Queue(N_0)를 용량(Q)으로 나눈 것을 더한 것이 된다. 이때 지체변수 J_A 는 도로구간의 지체를 발생하는 요소의 수와 수요의 가변성(Variability)의 함수이며, 고속도로와 연동 신호체계에서는 낮은 값을, 독립교차로나 2차선도로에서는 높은 값을 사용할 것을 권하고 있다.

J_A 값은 <식 I-4>에 따라 계산이 된다. <그림 I-3>은 이 식의 특성을 보여주고 있다.

$$J_A = \frac{2Q}{T} (t_c - t_0)^2 \quad \text{<식 I-4>}$$

여기서, t_0 = 자유특상상태에서의 통행시간 (초)
 t_c = 통량상태에서의 통행시간 (초)

2) Travel time rate 로서, 단위길이당 여행시간을 의미함



<그림 1-3> Akcelik과 BPR 곡선

Akcelik 공식은 그 개념에서 기존의 Davidson 공식과 유사하다고 할 수 있으며, 특히 도시부에서 그 적용도가 높을 것으로 기대되고 있다. Eash et. al (1992)에서 검토한 바와 같이 Chicago 시에서는 BPR 공식보다는 Davidson 공식이 더 설명력이 높았다는 결과에서도 이를 유추 할 수 있을 것으로 보인다.

라. Conical 지체함수

Spiess(1989)³⁾는 노선비분단계에서의 수렴과정을 빨리 하기 위해서 conical 지체함수를 개발하였다. 기존의 BPR 함수는 v/c비율이 커지면 매우 불안정해지고, 또한 높은 b값을 사용하는 식은 계산에 많은 시간이 필요하였다. 제시된 식은 다음과 같다.

$$t = t_0 \times [t_c/t_0 + \sqrt{a^2 \times (1-x)^2 + b^2} - a \times (1-x) - b] \quad \text{<식 1-5>}$$

여기서, t = 동행시간(초)

3. Spiess, Heinz, "Conical Volume Delay Functions", Publications #628, Transportation Research Center, University of Montreal, Canada, 1989

t_c = 자유류상태에서의 농형시간(초)

t_e = 용량상태에서의 통행시간(Spicess는 $t_d/t_0 = 0.2$ 을 사용)

a = 정산계수(1보다 커야함)

$b = (2a-1)/(2a-2)$

$x = v/c비$

주의) 용량상태에서($x=1$) 위 식은 $t = t_c$ 가 된다.

교통량이 0 일때($x=0$) 위 식은 $t = t_0$ 이 된다.

마. STEAM모형

이 모형은 Surface Transportation Efficiency Analysis Model (STEAM)에서 사용된 공식으로서 다음과 같은 보안을 가지고 있다.

$$S = \frac{1}{\frac{1}{S_f} + D} \quad \text{<식 I-6>}$$

$$D = c_1 x^{c_2} \exp(c_3 x) \quad \text{for } x \leq c_0 \quad \text{<식 I-7>}$$

$$D = c_4 (1 - c_5 x^{c_6} \exp(c_7 x)) \quad \text{for } x > c_0 \quad \text{<식 I-8>}$$

여기서,

S = 평균속도(mph)

S_f = 자유속도(mph)

D = 혼잡으로 인한 지체

x = 평균 주중 교통량에 용량으로 나눈 비율(AWDT/Capacity)

c_0 to c_7 = 아래 표의 상수값

<표 1-2> STEAM모형의 상수

상 수	고속도로			신호화 간선도로		
	전일	점두시	비점두시	전일	점두시	비점두시
c_0	10.5	12.1	11.1	9.71	9.62	12.6
c_1	2.39E-08	2.35E-07	1.13E-07	5.62E-04	8.44E-04	4.35E-04
c_2	3.75	3.29	2.52	0.862	0.615	0.937
c_3	0.287	0.235	0.259	0.0739	0.124	0.0516
c_4	0.05	0.05	0.05	0.166	0.166	0.166
c_5	1.494E-02	2.865E-04	1.058E-03	1.313E-03	8.591E-03	1.177E-02
c_6	3.42	7.00	4.91	1.61	3.80	2.91
c_7	-0.372	0.797	0.449	-0.173	-0.407	-0.237

2. 자유류 속도

가. HCM 방법

HCM에서는 고속도로, 다차선 지방부 도로, 신호화된 도시부 간선도로에 대한 자유 속도를 예측하는 방법을 제시하고 있다.

1) 고속도로

1997년 보완된 HCM의 3장에는 고속도로의 자유속도를 차선수, 차선폭, 측방여유, 그리고 거리당 인터체인지의 수에 근거하여 예측하는 방법을 수록하고 있다. 이는 이상적인 상태의 속도를 70mile(112kph)로 가정하고 변수들을 가감하는 방식으로 진행된다. 식은 다음과 같다.

$$FFS = 70 - F_n - F_{hw} - F_{lc} - F_{id} \quad \text{<식 I-9>}$$

여기서,

FFS = 고속도로 기본구간의 자유속도

F_n = 차선수 보정계수

F_{lw} = 차선평 보정계수

F_k = 측방여유폭 보정계수

F_w = 인티체인지 보정계수

2) 다차선 도로

HCM의 7장에 제시된 방법을 사용하여, 중앙분리대 종류, 차선평, 측방여유, 거리당 접근포인트의 수 등을 고려하여, 실제적인 자유속도를 계산하도록 하고 있다. 이러한 실제적인 자유속도는, 사용자가 제공하는 이상적인 자유속도를 근거로 계산이 된다. 최근의 연구에 따르면 이상적인 자유속도는 규정제한 속도 보다 5에서 7mile정도 더 높다고 나타났으며, 그 식은 다음과 같다.

$$FFS = FFS_I - F_M - F_{LW} - F_{LC} - F_A \quad \text{<식 1-10>}$$

여기서,

FFS = 계산된 자유속도(mph)

FFS_I = 이상적 자유속도(mph)

F_M = 중앙분리대 보정계수

F_{LW} = 차선평 보정계수

F_{LC} = 측방여유폭 보정계수

F_A = 접근로 보정계수

3) 도시부 간선도로

HCM의 11장에는 신호화간선도로의 mid-block 자유속도를 링크의 거리당 주행시간으로 변환하는 환산표를 제시하고 있다. 이 주행시간은 신호에서의 지연을 제외한 것

이다. 신호등 사이에서의 평균주행시간은 교통신호의 간격의 함수로 나타내 진다. 다음은 HCM의 환산표에 근거하여 작성한 신호등 사이의 평균 속도를 계산하는 함수이다.

$$S = s_f - A \times \exp(B \times dist) \quad \text{<식 1-11>}$$

여기서,

$$A = 18 + \frac{s_f - 25}{2.22}$$

$$B = \frac{s_f - 25}{5} - 9$$

S = 신호기간 평균주행속도(mph)
 s_f = mid-block 자유속도(mph)
 $dist$ = 신호기간 평균거리(miles)

나. NCHRP 3-55(2) 방법

이 방법은 제시된 속도와 관측된 평균속도와의 일차관계식을 이용하여 자유 속도를 예측하는 것이다.

제시된 속도가 50mph 이상인 경우는

$$\text{자유속도(kph)} = 0.88 \times \text{제한속도(kph)} + 22 \quad \text{<식 1-12>}$$

제시된 속도가 50mph이하인 경우는

$$\text{자유속도(kph)} = 0.79 \times \text{제한속도(kph)} + 19 \quad \text{<식 1-13>}$$

또한, 신호 통제된 시설에 대해서는 제시된 속도와 신호지연을 동시에 고려한 다음의 공식을 사용하였다.

$$S_f = \frac{L}{\frac{L}{S_{mb}} + N \times \left(\frac{D}{3600} \right)} \quad \text{<식 1-14>}$$

여기서, S_f = 도시단속교통류의 자유속도(mph or kph)
 L = 대상 구간의 길이(miles or km)
 S_{mb} = mid-block 자유속도(mph or kph)
 $= 0.88$ (제한속도 kph) + 22(kph)
 $= 0.79$ (제한속도 kph) + 19(kph)
 N = L 구간의 신호교차로의 수
 D = 신호기당 평균지체(초)

$$D = DF \times 0.5 \times C(1 - g/C)^2 \quad \text{<식 I-15>}$$

여기서, D = 차량당 총 신호등 지체(초)
 g = 유효녹색시간(초)
 C = 주기(초)

만약 신호시간의 자료를 이용할 수 없다면, 지역의 일반적인 임의적인 신호시간 값을 이용하거나, 아래의 기본값을 이용할 수 있다.

$$C = 120 \text{ 초}$$

$$g/C = 0.45$$

$$DF = (1 - P)/(1 - g/C)$$

여기서, P = 녹색시간동안 도착한 차량의 비율
만약 P 값을 모를 경우 아래와 같은 기본값을 사용할 수 있다.
 $DF = 0.9$ (독립교차로에 설치된 감응신호기인 경우)
 $= 1.0$ (독립교차로에 설치된 정주기식 신호기인 경우)
 $= 1.2$ (연동화교차로에서 연동이 적절하지 못할 경우)
 $= 0.9$ (연동화교차로에서 연동이 적절하지 못할 경우)
 $= 0.6$ (연동화교차로에서 연동이 적절할 경우)

3. 용량

가. HCM에 의한 방법

가장 근본적인 방법이지만, 신호화된 시설⁴⁾에 대한 링크용량을 계산하는 방식은 제시하지 않고, Node의 용량을 계산하는 방법을 제시하고 있다. 이러한 관점에서 본다면, 상당부분의 서울시 가로당은 신호화된 시설이 해당되고 있기 때문에, 가로의 구간 용량을 사용할 것인지, 아니면 정의대로 node의 용량을 사용할 것인지가 관건이 될 것이다.

나. Florida DOT방법

이 방법은 HCM에서 사용되는 변수들을 계획단계에서 모두 구할 수 없다는 전제에서 그러한 변수들에 대해서는 기본값을 사용하고, HCM에 근거하여 용량을 계산하는 방식이다.

다. NCHRP 3-55(2)방법

이 방법은 실제 교통량을 이상적인 교통류꼴로 변환시키는데 HCM의 공식들을 사용하고, 이러한 공식들을 변환하여 HCM의 이상적인 용량에 상응하는 조정을 하는 방식으로 진행된다. 각 시설종류에 대한 공식은 다음과 같다.

1) 고속도로

$$\text{실용용량}(vph) = \text{이상적 용량} \times N \times F_{hw} \times PHF \quad \text{<식 1-16>}$$

4. 시설에 설치된 신호등의 간격이 2mile(3.2km) 이상인 시설은 제외함

여기서, 이상적용량 = 2400(*pcu*/시간/차선)

(70mph 또는 110kph 이상의 자유속도를 가진 고속도로의 이상적 용량)

- 2300(*pcu*/시간/차선)

(70mph 또는 110kph 이상의 자유속도를 가진 고속도로의 이상적 용량)

N = 본선 차선수

F_{kv} = 중차량 보정계수

PHF = 침투 보정계수

2) 비 신호화된 다차선 도로

신호등의 간격이 2mile이상인 도로에 대한 공식이다.

$$\text{실용용량 (vph)} = \text{이상적용량} \times N \times F_{kv} \times PHF \quad \text{<식 1-17>}$$

여기서,

이상적용량 = 2200 (*pcu*/시간/차선) (자유속도 60mph의 다차선도로)

- 2100(*pcu*/시간/차선) (자유속도 55mph의 다차선도로)

- 2000(*pcu*/시간/차선) (자유속도 50mph의 다차선도로)

N = 본선차선수

F_{kv} = 중차량보정계수

PHF = 침투보정계수

3) 2차선 비 신호화된 도로

다음의 공식은 신호등의 간격이 2mile이상인 이차선도로의 한 방향 통량을 계산하는 공식이다.

$$\begin{aligned} \text{실용용량 (vph)} = & \text{이상적용량} \times N \times F_w \\ & \times F_{kv} \times PHF \times F_{div} \times F_{nopass} \quad \text{<식 1-18>} \end{aligned}$$

여기서,

이상적용량 = 1400 (pcu/시간/차선) (2차선 지방도로)

F_w = 차선폭과 측방장애물 보정계수

F_{hw} = 중차량보정계수

PHF = 첨두보정계수

F_{dir} = 중방향보정계수

$F_{no-pass}$ = 추월금지구간보정계수

4) 신호화된 간선도로

신호등의 간격이 2mile 또는 그 이하인 도로의 일 방향 용량을 계산하는 식이다.

$$\text{실용용량 (vph)} = \text{이상적인포화교통류율} \times N \times F_{hw} \times PHF \\ \times F_{park} \times F_{bay} \times F_{CBD} \times g/C \times F_c \quad \langle \text{식 1-19} \rangle$$

여기서,

N = 직진차선수

F_{hw} = 중차량보정계수

PHF = 첨두보정계수

F_{park} = 노상주차 보정계수

F_{bay} = 좌회전차선 보정계수

F_{CBD} = 중심업무지구(CBD) 보정계수

g/C = 주기당 유효녹색비

F_c = 현장값이나 다른 용량 추정값과 식에서 추정된 용량값을 맞추기 위한 조정계수로, 직진차선에서의 좌·우회전으로 인한 용량감소 효과를 반영할 수도 있다.

II. 최적파라메타를 이용한 가로별 통행배분결과비교

<표 II-1> 최적파라메타값을 이용한 가로별 통행배분결과비교

(단위:pcu/시)

지진명	오로명	방향	차선수	관측 교통량	통행배분 결과	통행비문경가 /관측교통량
서오능	서오릉로	고양시-역촌동	3	1,916	2,749	1.43
		역촌동-고양시	3	164	2,762	16.84
구파갈	동일로	고양시-구파갈	3	2,566	1,489	0.58
		구파갈-고양시	3	2,260	1,332	0.59
진관내동	북한산길	진관내동-북한산길	2	1,190	2,272	1.91
		북한산길-진관내동	2	842	2,387	2.83
도봉로시계	우봉로	의정부-도봉동	4	2,270	2,654	1.17
		도봉동-의정부	4	2,378	2,692	1.13
동업로시계	동업로	의정부-상계동	3	3,620	1,763	0.49
		상계동-의정부	3	2,948	1,822	0.62
냥고개		의정부-상계동	2	646	1,407	2.18
		상계동-의정부	2	1,058	1,413	1.34
성육대입구	화령로	육사-태릉	2	1,312	2,666	2.18
		태릉-육사	2	1,565	2,974	1.90
새우개 고개	능산길	구리시-신내동	1	804	1,774	2.21
		신내동-구리시	1	1,402	1,542	1.10
망우리 고개	북우간선도로	구리시-망우리	3	2,858	3,067	1.07
		망우리-구리시	3	3,024	2,533	0.97
상상동시계	여치성길	구리시-광장동	2	2,846	2,992	1.05
		광장동-구리시	2	1,596	2,347	1.47
하일동IC	올림픽대로	하남시-양서동	4	5,014	3,419	0.68
		양서동-하남시	4	3,566	3,060	0.86
삼일동IC	전호대로	하남시-전호동	4	2,680	3,182	1.19
		전호동-하남시	4	2,642	3,406	1.29
서라남IC		하남시-둔촌동	3	1,992	2,326	1.17
		둔촌동-하남시	3	2,632	2,362	0.90
북정검은소2	약진로	성남시-송파대로	3	3,630	3,157	0.82
		송파대로-성남시	3	2,374	1,749	0.74
송파IC		성남시-송파구	1	900	700	0.78

시점명	도로명	방향	차선수	관측 교통량	동행배은 결과	동행비율결과 /관측교통량
북정건문소	송파대로	성남시-송파대로	3	2,152	4,114	1.91
		송파대로-성남시	3	2,090	2,981	1.43
분당상시간 도시고속도로	분당경지간 고속도로	성남시-송파구	3	2,858	3,450	1.21
		송파구-성남시	3	2,766	2,479	0.90
새곡교차로	밭고개길	성남시-수서IC	3	1,396	3,015	2.16
		수서IC-성남시	3	1,944	1,954	1.01
내곡터널 앞	내곡분당간 고속도로	성남시-내곡동	3	2,774	3,961	1.43
		내곡동-성남시	3	1,580	2,132	1.35
양재IC	경부 고속국도	판교-양재동	4	8,502	7,209	0.85
		양재동-판교	4	5,360	5,971	1.11
우면동시계	양재대로	과천-양재동	3	3,168	3,165	1.00
		양재동-과천	3	4,204	1,612	0.38
남태령 교개	동작대로 (남태령로)	과천-사당동	4	3,618	4,158	1.15
		사당동-과천	4	3,096	4,024	1.30
시흥대로 시계	시흥대로	안양-시흥동	6	3,990	5,311	1.33
		시흥동-안양	5	4,330	5,536	1.28
기아대교	시흥대로	광명시-시흥동	2	1,100	3,263	2.97
시흥대교	-	시흥동-광명시	2	770	3,042	3.95
		광명시-시흥동	2	1,388	2,398	1.73
히안대교	-	시흥동-광명시	2	1,170	2,307	1.97
		광명시-기리봉동	3	4,082	3,461	0.85
철산교	-	기리봉동-광명시	3	2,206	2,491	1.13
		광명시-기리봉동	2	2,298	3,479	1.51
광명대교	-	기리봉동-광명시	2	1,304	2,528	1.94
		광명시-기리봉동	3	3,090	2,581	0.84
귀림복초교	-	기리봉동-광명시	3	1,404	1,745	1.24
		광명시-고척교	3	7,782	4,137	0.53
개봉교	개봉로 (광명로)	고척교-광명시	3	6,558	4,209	0.64
		광명시-구로동	2	1,090	2,013	1.85
친왕교지류1	광덕로	구로동-광명시	2	1,522	1,858	1.22
		광명시-오류동	2	560	2,256	4.03
		오류동-광명시	2	1,232	2,145	1.66

지점명	도로명	방향	차선수	관측 교동량	동행배운 결과	동행비율결과 /관측교동량
유현공고	경민로	광명시-오류동	3	1,300	4,313	3.32
		오류동-광명시	3	2,152	3,602	1.67
동곡초등학교	본수로	부천시-오류동	2	462	1023	2.21
		오류동-부천시	2	456	779	1.71
신월IC	경인고속국도	신월IC-공화	3	6096	7525	1.23
		공화-신월IC	3	4972	6215	1.25
뚝배기길	-	부천시-깨치산	2	802	2452	3.06
		깨치산-부천시	2	920	1904	2.07
공수교자도	화곡로	부천시-화곡동	3	2652	3057	1.15
		화곡동-부천시	3	2170	2520	1.16
오소리시계	-	부천시-공화	1	1334	2424	1.82
		공화-부천시	1	1004	2156	2.15
개회교	개회동길	김포-가회동	2	4258	1797	0.42
		개회동-김포	2	664	2183	3.29
전호교남단	-	김포-행주대교	2	1054	2864	2.72
		행주대교-김포	2	390	1670	4.28
행주대교	-	김포-고양시	1	2700	3410	1.26
신행주대교	-	고양시-공화	2	2344	5361	2.29
		공화-고양시	2	1492	3131	2.10
난지도시계	강변북로	고양시-강변대로	4	3668	5089	1.39
		고양시-강변대로	4	2430	3729	1.53
국방대입구	수색로	고양시-수색	3	2818	2958	1.05
		수색-고양시	3	2438	2978	1.22
상정터널	상정동길	상정동-상정동	1	1178	782	0.66
		상정동-상정동	1	442	959	2.17
사하문터널	사하문길	세검정-효자동	2	1984	2472	1.25
		효자동-세검정	2	954	1682	1.76
사직터널	성산로	독립문-사직공원	4(기변-1)	5710	4183	0.73
		사직공원-독립문	2(기변+1)	2650	2976	1.12
창동MPC앞	새문안길	충정로-신문로	4	3342	3686	1.10
		신문로-충정로	4	5522	3179	0.58

지점명	도로명	방향	차선수	관측 교통량	동행배분 결과	동행비문설계 /관측교통량
서소문 (삼성건설입)	서소문로	의주교차로-시정	3	2,796	4,543	1.62
		시정-의주교차로	3	2,928	3,303	1.13
서울역	터평로	서울역-남대문	6	4,910	4,131	0.84
		남대문-서울역	6	3,784	4,251	1.12
퇴계로입구	퇴계로	서울역-남대문서진	3	2,942	3,310	1.13
		남대문시장-서울역	3	3,338	1,940	0.58
소월길 (힐튼호텔)	소월길	힐튼호텔-남대문	2(가변+1)	1,162	1,821	1.57
		남대문-힐튼호텔	2(가변-1)	1,043	1,453	1.39
남산3호터널	남산3호 터널	이태원-회현동	2	2,975	2,130	0.72
		회현동-이태원	2	2,913	1,034	0.34
상충체육관	동호로	약수교차로-정충교차로	4	3,370	2,646	0.79
		상충교차로-약수교차로	4	1,694	2,252	1.33
장충단길 (신라호텔)	장충단길	타워호텔-장충교차로	2	1,558	1,703	1.08
		장충교차로-타워호텔	2	2,168	1,353	0.62
성동여상	왕십리길	신당교차로-동대문운동장	3(가변+1)	3,026	2,679	0.89
		동대문운동장-신당교차로	3(가변-1)	1,214	1,852	1.53
생리조교	바성도	인삼교차로-동대문운동장	2	476	1,296	2.72
		동대문운동장-인삼교차로	2	654	1,056	1.61
정계고가 (상호호텔앞)	정계 고기로	마장동-시정	2(가변+)	5,388	4,359	0.81
		시정-마장동	2(가변+)	3,546	2,092	0.57
동대문	-	신설동-동대문	3(가변+)	3,488	5,942	1.70
		동대문-신설동	3(가변+)	2,574	4,849	1.88
해화전화국	대학로	해화교차로-이화교차로	3	1,842	2,899	1.57
		이화교차로-해화교차로	3	1,618	2,061	1.27
충경궁로 (삼대입구)	충경궁로	해화동-원남동	3	2,988	2,275	0.74
		원남동-해화동	3	1,974	2,975	1.51
남산2호터널	반포로	산중동-이태원	1	564	1,274	2.26
		이태원-산중동	1	604	1,179	1.70
남산1호터널	한남로	한남동-감동	1(가변-1)	2,428	2,030	1.21
		감동-한남동	1(가변-1)	468	2,650	5.66

지점명	도로명	방향	차선수	관측 교통량	동행비율 걸리	동행비율결과 /관측교통량
성산대교		성산동-말화동	3	5,108	5,939	1.16
		말화동-성산동	3	4,678	4,428	0.95
양학대교		당산동-함성동	4	5,580	8,905	1.26
		함성동-당산동	4	6,244	7,473	1.20
마포대교		여의도-마포	3	3,698	5,883	1.59
		마포-여의도	3	4,066	5,423	1.33
원효대교		여의도-원효로	2	3,784	4,541	1.20
		원효로-여의도	2	2,720	4,423	1.62
향강대교		노랑진동-용산	4	4,250	8,325	1.96
		용산-노랑진동	4	3,184	6,851	2.15
봉직대교		동작동-서빙고동	3	2,998	2,664	0.89
		서빙고동-동작동	3	2,690	2,781	1.03
반포대교		반포동-동빙고동	3	2,458	3,158	1.28
		동빙고동-반포동	3	3,318	3,096	0.93
현남대교		신사동-한남동	3(기변-1)	4,544	8,471	1.86
		한남동-신사동	3(기변-1)	5,342	6,894	1.29
동호대교		입구성동-옥수동	2	3,114	2,664	0.86
		옥수동-입구성동	2	3,968	3,600	0.91
영동대교		청담동-성수동	3	3,612	5,054	1.40
		성수동-청담동	3	4,510	6,368	1.41
잠실대교		잠실-자양동	3	4,412	5,300	1.20
		자양동-잠실	3	4,696	5,488	1.17
잠실철교		잠실-자양동	1	192	173	0.90
		자양동-잠실	1	96	193	2.01
올림픽대교		봉납동-구의동	3	4,534	3,407	0.75
		구의동-봉납동	3	5,004	3,141	0.63
전호대교		천호동-관장동	3	3,750	5,981	1.59
		관장동-천호동	3	4,948	5,237	1.06
강남대교	강남대로	우성교차로-강남역	5	3,252	4,134	1.27
		강남역-우성교차로	5	3,280	3,405	1.04
고속터미널	사평로	논현동-이수교	4	3,060	3,668	1.21
		이수교-논현동	4	3,012	4,743	1.57

지점명	도로명	방향	차선수	관측 교통량	통행배부 결과	동행비분결과 /관측교통량
고속터미널	사평로	논현동-이수교	4	3,060	3,698	1.21
		이수교-논현동	4	3,012	4,743	1.57
중령교	-	상봉동-청량리	3	2,950	3,115	1.06
		청량리-상봉동	3	2,634	1,943	0.74
가좌역앞	수색로	중산동-임가좌동	3	3,124	3,565	1.14
		남가좌동-중산동	3	1,642	2,717	1.65
구로종합빌	경인로	고척동-신도림동	3	2,764	3,813	1.38
		신도림동-고척동	3	1,990	3,020	1.52
금호터널	동호로	금호동-약수동	2	3,275	3,013	0.92
		약수동-금호동	2	1,440	2,235	1.59
동교동 동아주유소	신촌로	동교동-신촌로터리	4	1,692	4,211	2.49
		신촌로터리-동교동	4	2,774	3,483	1.26
낙성대역	남부 순환로	낙성대-서당동	4	3,116	6,560	2.10
		서당동-낙성대	4	2,052	5,207	2.54
대림성모병원	시흥대로	신도림동-대림동	5	3,973	3,397	0.85
		대림동-신도림동	5	3,554	3,802	1.07
동아교차로	테헤란로	선릉역-삼천리	4	1,850	3,691	2.00
		삼천리-선릉역	4	3,733	3,014	0.81
매봉터널	연수로	개포동-역삼동	3	3,135	3,513	1.13
		역삼동-개포동	3	1,702	2,111	1.24
청미동 속대입구	경파로	원효로-갈매동	3	1,873	3,664	1.95
		갈매동-원효로	3	2,302	2,666	1.16
미미백식당	동일로	홍은동-녹번동	3(가변+1)	2,872	3,154	1.10
		녹번동-홍은동	3(가변+1)	4,090	4,636	1.13
미아라고개	동소문로	길음교-성신여대	4	2,550	5,495	2.15
		성신여대-길음교	4	2,936	4,020	1.37
북악터널	세검정길	전릉-명신동	2	766	2,125	2.77
		명신동-전릉	2	1,744	2,045	1.17
상도터널	상도터널	상도동-한강대교	2	2,208	2,175	0.99
		한강대교-상도동	2	1,680	1,773	1.06
상원회중소	화랑로	서관동-죽암동	4	1,140	2,630	2.31
		죽암동-서관동	4	1,284	2,710	2.11

지점명	도로명	방향	저선수	관측 교통량	동행배문 결과	동행배문결과 /관측교통량
서울교	-	영등포-마포대교	3(가변)	5,176	6,343	1.23
		마포대교-영등포	2(가변)	2,648	4,680	1.77
달원시영APT 104동 앞	방재나로	일원동-가락1동	4	2,750	3,701	1.35
		가락1동-일원동	4	4,410	2,957	0.67
여의교	-	대방동-원호대교	3	5,402	5,325	0.99
		원호대교-대방동	3	2,940	3,441	1.17
여의2교	-	영등포-여의도국회	4	1,764	4,755	2.70
		여의도국회-영등포	4	3,506	2,535	0.72
연쇄C	성신로	사천교-연쇄대	4	3,232	5,422	1.68
		연쇄대-사천교	4	2,854	3,863	1.36
예술의전당	남부순환도로	사당동-예술의전당	5	4,132	4,656	1.13
		예술의전당-사당동	5	2,990	3,695	1.24
오복교	-	목동-양재동	3	4,436	2,614	0.59
		양재동-목동	3	1,712	4,878	2.85
오류C	남부순환로	회용터미널 개봉동	3	4,566	4,353	0.96
		개봉동-회용터미널	3	4,682	4,210	0.90
월계1교	동부간선도로	상계동-원흥동	3	4,060	3,500	0.86
		원흥동-상계동	3	3,878	2,684	0.69
난곡교차로	남부순환로	난곡-봉천동	4	2,154	3,356	1.56
		봉천동-난곡	4	2,304	3,872	1.68
종결수동정	응암로	신천역-심성교	4	3,396	5,083	1.50
		심성교-신천역	4	1,816	3,225	1.78
창동전화국	도봉로	행운동-수유역	4	2,868	2,856	1.00
		수유역-행운동	4	1,990	2,627	1.32
창당교	을인회대로	잠실대교-영종대교	4	5,424	6,182	1.14
		영종대교-잠실대교	4	5,310	5,111	0.96
충신대입구	동작터로	남성교차로-미수교차로	4	3,470	3,069	0.88
		미수교차로-남성교차로	4	2,500	4,065	1.63
군자교	천보대로	군자동-응암동	4	4,116	5,220	1.27
		응암동-군자동	4	3,200	4,542	1.42
염창동 도시가스	공현로	동촌동-북동	4	3,490	4,056	1.16
		북동-동촌동	4	2,418	5,325	2.20
옥산시민 아파트 앞	강변북로	마포동-봉강동	3	3,334	3,315	0.99
		음감동-마포동	3	2,778	1,536	0.55

지정명	도로명	방향	차선수	관측 교동량	동행배분 결과	동행배분결과 /관측교동량
신호APT 앞 육교	강변북로	여촌동-원효로4가	3	2,890	3,567	1.23
		원효로4가-이촌동	3	2,998	5,021	1.67
노량진 수원지	노량진로	노량진동-혹석동	3	2,354	3,712	1.58
		혹석동-노량진동	3	2,314	2,714	1.17
미수우체국 함강	신반포로	동작동-반포동	3	2,026	3,313	1.64
		반포동-동작동	3	1,948	2,505	1.29
한강늘림 센터	강변북로	한남동-동빙고동	4	1,682	1,413	0.84
		동빙고동-한남동	4	1,672	1,413	0.85
반포APT 107동 앞	올림픽대로	국립묘지-잠원동	4	6,878	6,706	0.97
		잠원동-국립묘지	4	6,798	5,659	0.83
탄천1교	상전로	학여울-삼실	4	1,902	1,618	0.85
		삼실-학여울	4	1,124	2,452	2.18
고척교구라 기계부품단지	서부간선도로	광명시-신정동	3	1,974	1,937	0.98
		신정동-광명시	3	1,774	1,712	0.97
광장동 삼성아파트	강변북로	광장동-구의동	2	1,616	1,840	1.14
		구의동-광장동	2	1,858	1,516	0.82
천호IC	전포대로	성내동-공남동	4	1,890	4,192	2.22
		공남동-성내동	4	2,628	5,245	2.00
서북중앙병원	올림픽대로	풍납동-신천동	4	5,936	5,561	0.94
		신천동-풍납동	4	4,720	4,034	0.85
대치동 주유소	영동대로	내치동-삼성동	6	4,286	3,134	0.73
		삼성동-대치동	6	2,810	2,508	0.89
군자교이래	동부간선도로	중곡동-군자동	3	3,672	3,647	0.99
		군자동-중곡동	3	2,722	2,581	0.95
면목천화국	봉이로	성북동-면목동	3	2,286	2,619	1.15
		면목동-성북동	3	1,998	1,989	1.00
임신여삼앞	승파대로	기라동-석촌동	5	3,318	4,469	1.35
		석촌동-기라동	5	3,588	4,016	1.13
화양우체국앞	광나룻길	화양동-철수동	3	1,982	2,395	1.21
		철수동-화양동	3	1,531	1,885	1.23

Ⅲ. 장래계획 가로망의 EMME/2 구축 내역

<표 III-1> 장래계획 가로망의 EMME/2 구축 내역

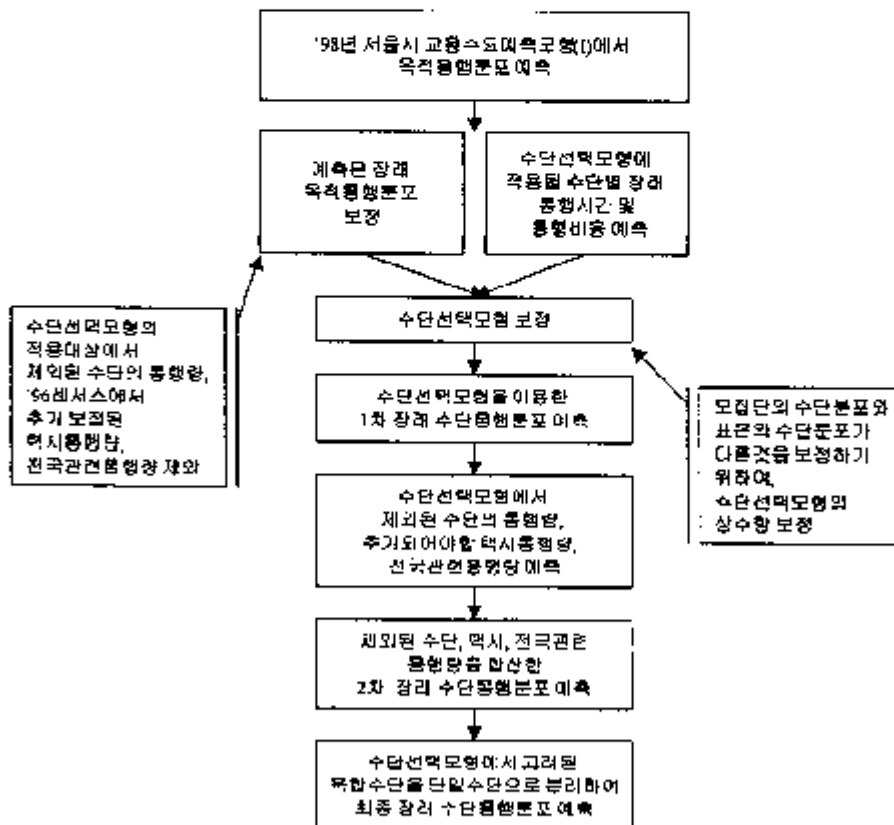
		완공년도	비고	차선수
경인고속도로확장		99	확장	4-6
경부고속도로정속림프신설		2000	신설	2
경부고속도로확장		2000	확장	4-6
신갈-안산고속도로확장		2001	확장	4-6
중부고속도로확장		2001	확장	4-6
영주-강화 고속도로		2001	신설	6
시흥중-광명시 도로확장		99	확장	2-4
부천자동-고척동간 도로개설		99.12	신설	4
수인산업도로확장		2000	확장	4-6
신림-양왕간 도로개설		2000	신설	4
울림피디로확장		2000	확장	6-8
자유로확장		2000	확장	6-8
한남 동모대교간 강변로확장		2001	확장	4-6
강변북로(전호대교-로명동간)건설		2002	신설	6
시흥서 둔촌동-하남신정동간 도로		2002	확장	4-6
풍산-신정동간 도로개설		2002	신설	2-6
국도17호선확보전		2003	확장	2-6
경남순환도로		2004	신설	4-6
계수대로		2004	신설	8
서강대교		2004	확장,신설	3-6
성신-부포대교간 강변로확장		2005	확장	4-8
강변북로(군사교·청남대교복단)		2006	신설	4
광명 미곡			신설	6
외곽 순환도로	하일-신정	97	확장	4-8
	신정-관교	2001	확장	4-6
	퇴계천-하일	2001	확장	4-6,8
	북부	2004	신설	6
고양-내부순환도로			확장,신설	2-4,4
강변북로연결도로건설(잠실-전호대교)		2002	신설	6
청남대교복단 연결로		2003	신설	4
국도3호선 우회도로개설		2000	신설	6

		완공년도	비고	차선수
상암지구 고동암계획	가양대교북단-상신1교	2001	신설	8
	가양대교(수색로간접속도로)	2000(2002)	신설	6
	상면북노-중앙교		신설	8
	상암동 사천교		신설	4
	삼선1교-무래내삼		신설	6
	합정로(확장)		확장	4→6
광진교확장		2000	확장	4
마포대교		2000	확장	6→10
광진교		2000.9	확장	4
소래대교 건설		2001	신설	6
내양교 재기설공사		2002	확장	4
성수대교확장		2002	확장	4→8
삼삼대교확장		2002	확장	6→8
한남대교확장		2004	확장	6→12
관악로확장		97	확장	4→8
남부순환로~루천시계간 도로개설		2001이후	신설	4
동부간선도로 확장 기본계획		2003	확장	2→7
미수교차로임체시설 건설		2000	신설	2
북은사루~서울종합운동장연결교량건설		99	신설	4
빙화내고남단 접속도로 건설		2002	신설	2
서울교 및 남단 지하차도 확장		2002	확장	2→4
명진시장~수녀원심거리간 도로개설		99	신설	4
지명길 확장		2000	확장	4(20m)
서초역~동작대교간 도로개설		2002	신설	4→8
능동로 확장		2001	확장	4→8
광운대~월계서영이피트간 도로개설		2003	신설	4
민곡교~시계간 도로확장		2000	확장	2→4
도성길 확장		2003	확장	2→4
한정로 확장		2002	확장	2→3
대방로 확장		2001	확장	4→8
자양로 확장		2002	확장	6→8
경민빌도 횡단차도 건설		99	신설	4
중임로 확장		99	확장	6→8
장안교-중앙교간 도로개설		99	신설	4
은수동길 확장		99	확장	2→4

IV. 수단통행분포(O/D) 예측

1. 장래 수단통행분포(O/D) 예측방법

장래의 수단통행분포(O/D) 예측은 <그림 IV-1>에 제시되어 방법에 의하여 진행되었는데, 「서울시 교통수요 예측모형 정립(I)」 연구(1998)에서 예측된 장래 목적통행분포(O/D)와 가구통행실태조사의 원시자료 특성을 바탕으로, 본 연구에서 정립한 수단선택모형을 적용하였다.



<그림 IV-1> 장래 수단통행분포(O/D) 예측방법

가. 예측된 장래 목적통행분포(O/D) 보정

1) 사회경제지표, 통행발생량, 목적통행분포(O/D) 예측시 가정 및 한계점

장래의 수단통행분포(O/D)를 예측하기 위해 반드시 필요한 장래 사회경제지표, 장래통행발생량, 장래 목적통행분포(O/D)는 「서울시 교통수요 예측모형 정립(1)」 연구(1998)의 결과를 인용하였다.

「서울시 교통수요 예측모형 정립(1)」 연구(1998)에서 장래 사회경제지표, 통행발생량, 목적통행분포(O/D)를 예측할 때, 반영한 관련계획은 교통시설 사업계획과 도시개발 사업계획인데, 교통시설 사업계획에서는 도로시설계획과 지하철·전철 사업계획을 반영하였고, 도시개발사업계획에서는 서울과 인천지역의 사업계획을 반영하였다.

또한, 통행발생량 예측시 필요한 사회경제지표의 예측은 「교통소통촉진을 위한 간선도로 정비 기본계획 - 최종보고서(1차) -」 연구(1998, 서울시)의 결과를 반영하였고, 이를 이용하여 장래 통행발생량 및 목적통행분포(O/D)를 예측하였다.

따라서, 본 연구에서 사용한 장래 목적통행분포(O/D)는 위의 고려사항에서 제외된 사항, 즉, '97~'98년의 IMF 경제상황, 최근에 발표된 수원영통지구와 같은 내규모 택시개발계획과 기타 난개발 등은 반영되지 못한 것이다.

2) 장래 목적통행분포(O/D) 보정

수단통행분포(O/D)를 예측하기 위해서는 수단선택모형과 수단선택모형의 입력자료, 즉, 수단별 장래 통행시간 및 통행비용과 장래 목적통행분포(O/D)가 필요하다. 이때,

5. 구체적인 관련계획내용은 다음과 같은데, 더욱 구체적인 내용은 「교통소통촉진을 위한 간선도로 정비 기본계획 - 최종보고서(1차) -」(1998, 서울시)를 참조하기 바란다.

1) 교통시설 사업계획

- (1) 도로시설계획 : 도로고속도로망 계획, 한강교량확충, 뱀목 및 경지구간 소통개선사업, 교차로 밀폐화, 영송도 신규제방형
- (2) 지하철·전철 사업계획 : 계 2기 지하철 완공시 지하철 총연장 278km, 신도시 전철확충구간 완공시 총연장 456km, 세 3기 지하철 완공시 556km

2) 도시개발 사업계획

- (1) 서울지역 : 주택개발 재개발 사업, 택시개발 사업
- (2) 인천지역 : 택지개발 사업, 토지구획정리 사업, 주거환경개선 사업, 산업단지관련 사업

수단선택모형의 입력자료로 이용되는 장래 목적동행분포(O/D)는 수단선택모형에서 고려된 수단단의 통행분포(O/D)이어야 한다.

그러나, 「서울시 교통수요 예측모형 정립(I)」 연구(1998)에서 예측한 장래 목적동행분포(O/D)는 본 연구에서 구축한 수단선택모형에서 제외된 수단, 즉, 도보 및 자전거, 통근통학기타버스, 오토바이 및 기타를 모두 포함하는 것으로서, 본 연구에서 구축한 수단선택모형을 이용하려면 장래 목적동행분포(O/D)에서 도보 및 자전거, 통근통학기타버스, 오토바이 및 기타의 수단을 이용하는 목적동행량을 제외하여 보정하여야 한다. 또한, 수단선택모형 구축시 제외된 전국관련동행량 및 과소응답으로 인해 별도 보정이 필요한 택시의 동행량도 제외하여 장래 목적동행분포(O/D)를 보정해야 본 연구에서 구축한 수단선택모형의 입력자료로 사용할 수 있다.

나. 수단별 장래 통행시간 및 통행비용 예측

수단별 장래 통행시간은 구축된 장래 네트워크를 기초로하여 수단선택모형 구축시 이용한 통행시간 산출방법으로 예측하였고, 수단별 장래 통행비용은 과거추세연장법을 이용하여 예측하였는데, 통행비용을 예측하는데 필요한 구체적인 변수, 즉, 유류비, 주차비, 택시요금, 버스요금, 지하철 및 전철요금은 다음과 같이 산출하였다.

유류비는 1990년 이후 각 연도의 평균휘발유 판매가의 인상분을 고려하여 산출하였고, 주차비는 1996년부터 1999년의 공영주차장의 요금증가율을 반영하여 산출하였다.

택시요금은 1991년 이후 책정된 택시요금부터 1999년 현재까지 책정되어있는 택시요금을 근거로 기본요금과 거리당 요금의 증가추세를 적용하여 산출하였는데, 시간에 대한 요금부과는 고려하지 않았다.

시내버스의 장래요금은 1993년을 기준으로 인상되었을 때마다 요금의 추세를 근거로 예측하였으나, 고급좌석버스의 경우는 도시형 및 좌석버스와 달리 꾸준한 증가추세가 아니었으므로 좌석버스에 대한 고급좌석의 할인비율을 적용하여 산출하였다.

지하철 및 전철의 장래요금은 2001년의 경우 1999년 1월에 인상된 요금을 그대로 적용하였으며, 목표연도인 2006년 및 2011년은 과거의 증가추세를 적용하여 산출하였다.

6) 부록Ⅲ 참조

다. 수단선택모형의 보정

본 연구에서 구축된 수단선택모형은 모집단의 수단분포와 차이가 있는 표본을 이용하여 구축하였기 때문에, 이 모형을 이용하여 수단별 절대통계량을 산출할 경우에는 각 수단별 효용식의 상수항에 <표 IV-1>에서 제시되어 있는 보정계수, 즉, $\ln(\text{표본분담률}/\text{모집단분담률})$ 를 해주어 모집단과 표본의 차이를 보정하여야 한다.

<표 IV-1> 주 수단의 모집단 및 표본의 분담률과 보정계수

	모집단분포(%)	표본분포(%)	보정계수
승용차	36.26	39.69	0.090282
택시	12.63	3.07	-1.412324
버스	35.07	33.46	-0.347478
자전거	16.07	23.80	0.302666
합계	100.00	100.00	-

라. 1차 장래 수단통행분포(O/D) 예측

위의 방법으로 보정된 수단선택모형에 보정된 장래 목적통행분포(O/D)와 예측된 통행시간, 통행비용을 입력하여 1차 수단통행분포(O/D)를 예측한다.

마. 2차 장래 수단통행분포(O/D) 예측

1차 장래 수단통행분포(O/D)에 본 연구에서 구축된 수단선택모형으로는 예측이 불가능한 도보 및 자전거, 동근통학기타버스, 오토바이 및 기타 수단의 통행량, 전국관련 통행량, 추가 보정되어야 할 택시통행량을 예측하여 2차 장래 수단통행분포(O/D)를 예측하였는데, 도보 및 자전거, 동근통학기타버스, 오토바이 및 기타 수단의 통행량과 추가 보정될 택시의 통행량, 그리고 전국관련 통행량의 예측시 총 목적통행량의 증가분을 이용하였으며, 이러한 통행의 분포는 '96년의 분포와 동일하다고 가정하였다.

바. 최종 장래 수단통행분포(O/D) 예측

최종 장래 수단통행분포(O/D) 예측단계는 2차 장래 수단통행분포(O/D)에서 별도의 수단으로 구분하고있는 복합수단을 단일수단으로 분리하는 단계이다.

'96년 교통센서스의 복합수단분포(O/D)를 적용하여 복합수단을 단일수단, 즉, 승용차, 택시, 버스, 지하철(원승미포함), 도보 및 자전거, 통근통학기다비스, 오토바이 및 기타 수단으로 분리하였는데, 복합수단을 단일수단으로 분리시 '96년 교통센서스의 복합수단분포(O/D)를 이용한 이유는 버스-버스, 버스-승용차, 버스-택시, 지하철-승용차, 지하철-택시, 지하철-버스의 환승행량에 총량적으로 그 비중이 낮기 때문이다.

2. 장래 수단통행분포(O/D) 예측결과

가. 2001년 예측결과

구분	승용차	택시	시내외, 마을버스	통근학 기다비스	지하철,철도 (원승미포함)	도보 및 자전거	기타 ^{주1)}	합계
서울→서울	4,536,320	2,005,102	6,504,209	627,257	4,314,227	4,767,134	1,328,453	24,682,702
서울→시외 ^{주2)}	1,726,729	192,782	772,884	104,652	582,243	6,535	175,333	3,561,158
시외→서울	1,261,536	125,603	851,045	108,674	513,023	6,018	160,768	3,026,727
서울관련계	7,524,645	2,923,487	8,128,138	840,583	5,409,493	4,779,687	1,654,554	31,270,587
시외→시외	7,977,843	2,297,180	3,802,541	1,167,496	1,298,106	5,054,090	1,547,808	23,145,059
합계	15,502,488	5,220,667	11,930,679	2,008,079	6,707,599	9,833,777	3,212,357	54,415,646

주1. 기타란 회중 및 비운수종자임.

주2. 시외는 인천·경기 및 기타지역임.

나. 2006년 예측결과

구분	승용차	택시	시내외, 마을버스	동근형 기타버스	지하철,철도 (환승미포함)	도보 및 자전거	기타 ^{주1)}	합계
서울→서울	4,891,573	2,343,366	5,998,149	674,477	4,682,070	5,126,004	1,428,469	25,744,057
서울→시외 ^{주2)}	2,014,468	162,168	741,662	112,531	6,9500	7,027	188,532	3,905,889
시외→서울	1,482,616	99,716	870,322	116,856	560,115	6,471	172,871	3,308,966
서울권연계	8,448,658	2,605,249	7,510,133	908,863	5,861,685	5,139,502	1,789,862	32,358,952
시외→시외	9,960,909	2,033,557	4,017,660	1,255,385	1,681,812	5,434,562	1,664,321	26,048,206
합계	18,409,567	4,638,806	11,627,793	2,159,248	7,543,497	10,574,064	3,454,183	58,407,158

주1. 기타란 화물 및 이륜자동차임.

주2. 시외는 인천·경기 및 기타지역임.

다. 2011년 예측결과

구분	승용차	택시	시내외, 마을버스	동근형 기타버스	지하철,철도 (환승미포함)	도보 및 자전거	기타 ^{주1)}	합계
서울→서울	5,038,012	2,110,886	5,581,335	707,144	5,191,604	5,374,273	1,437,544	25,500,898
서울→시외 ^{주2)}	2,239,531	151,548	718,829	117,981	735,662	7,367	197,663	4,168,681
시외→서울	1,542,636	89,127	950,032	122,515	641,092	6,784	181,243	3,533,425
서울권연계	8,820,279	2,351,561	7,250,196	947,640	6,568,358	5,388,424	1,870,550	33,203,008
시외→시외	11,423,139	1,767,249	4,100,540	1,316,188	2,076,966	5,697,776	1,744,930	28,126,782
합계	20,243,418	4,118,804	11,350,736	2,263,828	8,645,324	11,086,200	3,621,480	61,320,790

주1. 기타란 화물 및 이륜자동차임.

주2. 시외는 인천·경기 및 기타지역임.

3. 장래 교통지표예측

장래 교통지표는 도로 및 차전교통행유 제외하고 지하철내 환승을 고려하여 산출하였는데, 이때 지하철내 환승율은 '96 교통센서스의 지하철 환승율(7) 그대로 적용하였다.

가. 2001년

구분	승용차	택시	버스			지하철,철도 (환승포함)	기타 ¹⁾	합계
			스캐	시외외, 마을버스	중근형 기타버스			
서울→서울	4,536,320	2,605,102	7,131,466	6,504,209	627,257	6,859,621	1,328,463	22,460,962
서울→시외 ²⁾	1,726,729	192,782	877,536	772,884	104,652	966,523	175,333	3,938,903
시외→서울	1,261,596	125,603	959,720	851,045	108,674	846,489	160,768	3,254,176
서울관련계 (마을)	7,524,645 (25.29)	2,923,487 (9.83)	8,968,721 (30.14)	8,128,138 (27.32)	840,583 (2.83)	8,672,533 (29.15)	1,964,554 (5.59)	25,754,041 (100.00)
시외→시외	7,977,843	2,297,180	4,070,037	3,802,541	1,167,496	1,635,514	1,547,803	16,478,477
총계	15,502,488	5,220,667	13,938,759	11,930,679	2,008,079	10,308,247	3,212,357	46,182,518

1) 가다가 하차 및 비전자동차임.

2) 시외는 인천·경기 및 기타지역임.

7. '96 교통센서스의 지하철내 환승율은 다음과 같다.

서울→서울 : 59%, 서울→시외 : 66%, 시외→서울 : 65%, 시외→시외 : 20%

나. 2006년

구분	승용차	택시	버스			지하철,철도 (환승포함)	기타 ^기	합계
			소계	시내외, 마을 버스	통근학 기타버스			
서울→서울	4,891,573	2,343,365	6,672,626	5,998,149	674,477	7,444,452	1,428,459	22,780,515
서울→서울 ^기	2,074,469	162,168	854,192	741,662	112,530	1,028,360	188,532	4,307,730
서울→서울	1,482,616	99,716	987,177	870,322	116,855	924,190	172,871	3,666,570
서울권관계 (비율)	8,449,658 (27.47)	2,605,249 (8.47)	8,513,995 (27.68)	7,610,133 (24.74)	903,963 (2.94)	9,397,051 (30.55)	1,789,862 (5.82)	30,745,815 (100.00)
서울→서울	9,900,909	2,033,557	5,273,046	4,017,660	1,255,385	2,119,083	1,664,321	21,060,916
총계	18,409,567	4,638,806	13,787,041	11,627,793	2,159,248	11,516,134	3,454,183	51,805,731

주1. 기타란 화물 및 이륜자동차임

주2. 서울은 민선·경기 및 기타지역임

다. 2011년

구분	승용차	택시	버스			지하철,철도 (환승포함)	기타 ^기	합계
			소계	시내외, 마을 버스	통근학 기타버스			
서울→서울	5,038,012	2,110,886	6,288,479	5,581,335	707,144	8,254,650	1,497,644	23,189,671
서울→서울 ^기	2,239,531	157,548	836,810	718,629	117,981	1,221,199	197,663	4,640,851
서울→서울	1,542,536	89,127	1,072,547	960,032	122,515	1,057,801	181,243	3,943,354
서울권관계 (비율)	8,890,279 (27.75)	2,351,561 (7.40)	8,197,836 (25.80)	7,250,196 (22.81)	947,640 (2.98)	10,533,650 (33.15)	1,876,550 (5.90)	31,779,876 (100.00)
서울→서울	11,423,190	1,767,243	5,416,728	4,100,540	1,316,188	2,676,977	1,744,930	22,969,017
총계	20,243,418	4,118,804	13,614,564	11,350,736	2,263,827	13,150,627	3,621,480	54,746,893

주1. 기타란 화물 및 이륜자동차임.

주2. 서울은 민선·경기 및 기타지역임.