

.....2013-04...

대중교통 수요분석의 현황진단 및 향후 개선방안

A Pilot Study on Guideline for Public Transportation Demand Analysis

.....

< 연구진 >

한국교통연구원 김찬성 센터장(연구총괄)

 박인기 연구위원

 조종석 부연구위원

 천승훈 부연구위원

 김동호 연구원

 이선아 연구원

외부 연구진 이승재 서울시립대학교 교수

 신흥권 서울시립대학교 연구교수

 김주영 서울시립대학교 박사수료

 나성용 서울시립대학교 석사과정

목 차

표 목 차	iii
그림목차	v
 제1장 개 요	1
제1절 연구의 배경 및 목적 / 1	
제2절 연구의 절차 및 범위 / 3	
 제2장 국내 대중교통 수요분석 사례연구	9
제1절 국내 대중교통 수요분석 현황 / 9	
제2절 국내 대중교통 통행행태 분석 연구 / 19	
제3절 대중교통의 노선 수요 분석 연구 / 23	
제4절 소 결 / 25	

제3장 해외 대중교통 수요분석 사례연구..... 27

- 제1절 해외 대중교통 수요분석 현황 / 27
- 제2절 해외 대중교통 통행행태 분석 연구 / 33
- 제3절 해외 대중교통 수요분석 모형구축 사례 / 38
- 제4절 소 결 / 46

제4장 대중교통 수요분석 예비연구모형..... 49

- 제1절 KTDB의 수도권 배포자료 현황 분석(2012) / 51
- 제2절 국내 대중교통 수요분석 예비연구 모형 구축 / 58
- 제3절 대중교통 수요분석 예비연구 모형의 문제점 및 개선방안 / 79
- 제4절 소 결 / 99

제5장 결론 및 향후과제..... 101

- 제1절 결 론 / 101
- 제2절 향후 주요 과제 / 104

참고문헌..... 109

부 록 : 해외 대중교통 수요분석 모형의 사례분석..... 111

표목차

<표 2-1> 수도권 및 광역권 여객 수단선택의 효용함수 파라미터 값	13
<표 2-2> 수단선택모형의 효용함수 파라미터 적용 사례	14
<표 2-3> 철도부문 통행배정 일반화 비용 산정을 위한 국내·외 연구	17
<표 2-4> 통행배정 파라미터의 적용 사례 및 한계점	18
<표 2-5> 환승수요 추정 사례	20
<표 2-6> 적용대상 네트워크 속성	21
<표 2-7> 수단의 특성의 사업별 표현방법	22
<표 2-8> 대중교통 노선수요 분석 사례 및 한계	23
<표 2-9> 대중교통 버스수요 분석 사례 및 한계	24
<표 3-1> MOTOS의 대중교통 시간가중치	31
<표 3-2> 여객 수단선택의 효용함수 파라미터 값	37
<표 3-3> 모리스 카운티 모형의 노드 속성	39
<표 3-4> 모리스 카운티 모형의 링크 속성	40
<표 3-5> 목적 O/D 및 접근수단 O/D 구축 현황	41
<표 3-6> 모리스 카운티 모형의 대중교통 노선데이터	42
<표 3-7> 모리스 카운티모형의 대중교통 수단 특성	43
<표 3-8> 해외대중교통 수요분석 모형의 대중교통 파라미터	45
<표 4-1> 2012 KTDB배포자료의 노드 속성 구분	51
<표 4-2> 2012 KTDB배포자료의 링크 데이터의 자료구조	52

< 표 4-3>	2012 KTDB배포자료의 링크타입 구분	53
< 표 4-4>	2012 KTDB배포자료의 주수단 O/D 통행량	54
< 표 4-5>	2012 KTDB배포자료의 수단(Mode) 종류	54
< 표 4-6>	2012 KTDB배포자료의 링크 타입별 수단 설정	55
< 표 4-7>	2012 KTDB배포자료의 노선 데이터	56
< 표 4-8>	주수단 O/D의 원자료 형식	60
< 표 4-9>	대중교통 통행배정의 입력 데이터	62
< 표 4-10>	국내 대중교통 수요분석 대상지역의 대중교통 노선	65
< 표 4-11>	국내 적용을 위한 초기 Leg 비용 가정	67
< 표 4-12>	국내 적용을 위한 초기 Leg 비용 가정	70
< 표 4-13>	운행시간, 탑승시간, 환승 파라미터의 가정	70
< 표 4-14>	사례지역의 지하철 이용수요	71
< 표 4-15>	사례지역의 버스 이용수요(전체통행)	71
< 표 4-16>	Leg 범위에 따른 Nα Assign 비율 추정	72
< 표 4-17>	국내 대중교통 모형의 Leg 비용	73
< 표 4-18>	운행시간, 대기시간, 탑승시간, 환승 파라미터	76
< 표 4-19>	지하철 이용 수요 정산 결과(일부구간)	77
< 표 4-20>	버스의 이용수요 정산 결과(전체통행)	78
< 표 4-21>	통일되지 않은 버스정류장의 연결 방법	80
< 표 4-22>	센트로이드 커넥터 연결에 따른 Leg연결의 변화	88
< 표 4-23>	국내 대중교통 수요분석 예비연구 모형의 문제점 및 개선방안	100

그림목차

<그림 1-1> 대중교통 수요분석의 분석 절차	4
<그림 2-1> 일반적인 대중교통 수요분석 과정	10
<그림 2-2> 대중교통 통행시간	16
<그림 2-3> 적용대상 네트워크 속성	21
<그림 2-4> 최적전략 통행배정 결과	21
<그림 3-1> 해외 대중교통의 일반적인 교통수요 분석과정	28
<그림 3-2> 뉴욕 BFM의 개략적 구조	29
<그림 3-3> 뉴욕 BFM의 수단선택 모형구조	30
<그림 3-4> 네덜란드 코펜하겐 교통모형의 의 대기시간	32
<그림 3-5> 뉴욕BFM에서의 통근열차 서비스에 대한 대기시간계산 예	32
<그림 3-6> Cube에서의 Leg 구축	33
<그림 3-7> ARC모형에서의 대중교통노선 코딩	34
<그림 3-8> 미국 애리조나주의 복합수단 환승 표현	34
<그림 3-9> 호주 대중교통 분석모형의 과밀요소	35
<그림 3-10> 과밀모형(Crowding model)의 혼잡도	36
<그림 3-11> CUBE의 대중교통 요금제 표현방법	42
<그림 4-1> 대중교통 수요분석 예비연구의 흐름도	50
<그림 4-2> 2012 KTDB배포자료의 2457개 대중교통 노선	57
<그림 4-3> 노드, 링크 데이터 입력 및 네트워크 합성	58

<그림 4-4> 네트워크 노드입력 파일	58
<그림 4-5> 네트워크 링크입력 파일	59
<그림 4-6> 2012 KTDB배포 네트워크	59
<그림 4-7> O/D매트릭스 입력 코드	60
<그림 4-8> 주수단 O/D의 CUBE Matrix	61
<그림 4-9> EMM형식의 대중교통 노선 데이터의 변환 Voyager	62
<그림 4-10> 대중교통 통행배정 Voyager	62
<그림 4-11> 분석지역의 대중교통 라인데이터(Transit line date) ..	64
<그림 4-12> 접근 및 환승통행 가상링크	67
<그림 4-13> 대기시간 곡선 및 환승 대기시간 곡선	68
<그림 4-14> 국내 대중교통 모형의 가상링크 연결	74
<그림 4-15> 사례지역 대중교통 모형의 보행접근 가상링크의 연결 ..	74
<그림 4-16> 사례지역 대중교통 모형의 차량접근 가상링크의 연결 ..	75
<그림 4-17> 사례지역 대중교통 모형의 환승 가상링크의 연결 ..	75
<그림 4-18> 서울역 환승센터 네트워크의 탑승 및 환승링크	81
<그림 4-19> 환승링크 연결방법의 차이	81
<그림 4-20> 교통존에서의 정류장 연결의 한계	82
<그림 4-21> 대중교통 네트워크의 정류장 표현의 차이	83
<그림 4-22> Cube에서의 Leg 구축	84
<그림 4-23> 아틀란타 교통수요모형의 환승링크 표현	85
<그림 4-24> 미국 애리조나주의 복합수단 환승 표현	86
<그림 4-25> 서현1동의 LEG연결의 한계	87
<그림 4-26> 철도 노선 데이터의 표정속도 적용	89
<그림 4-27> 배차간격이 1080분인 대중교통 노선 데이터	90
<그림 4-28> 공통노선의 문제(Common line problem)	91
<그림 4-29> 과밀모형의 혼잡도	92

제1장 개 요

제1절 연구의 배경 및 목적

최근 교통혼잡, 교통사고, 환경오염의 교통문제를 해결하기 위한 방안으로 대중교통에 대한 관심과 투자가 증대되고 있다. 특히 투자계획을 포함한 대중교통계획의 경우 대중교통 수요의 정확한 예측을 전제로 하여 수립되어야 하며, 정확한 수요예측을 위하여 현실을 보다 더 정확하게 묘사하는 모형이 필요하다.

현재 국가교통DB센터에서 제공하는 대중교통 O/D 및 네트워크는 대중교통의 특수성을 반영하기에는 한계점이 존재한다. 또한 대중교통 수요분석은 분석가의 가정에 의존하는 경우가 많은 실정이다.

국내 교통투자사업 중 상당수가 철도, 경전철 등 대중교통 부문 투자 사업임에도 불구하고, 공로 부문과는 달리 대중교통 부문에 대한 표준화된 수요분석 방법론이 부재한 상태이다. 그리고 대중교통 수요 예측모형은 공로상의 모형과 달리 복잡한 특성을 가지고 있으므로 대중교통 특성을 반영하는 것이 필요하다. 하지만 국내 대중교통 관련 연구는 기초적인 단계에 머물러 있다.

대중교통은 승용차 통행배정모형과 비교하여 규칙적인 배차시간과 정해

진 노선을 운행하는 경로 시스템으로 구성되어 있다. 이에 동일한 링크를 여러 노선이 동시에 운행하는 것을 고려해야 하고, 대중교통시스템의 특성상 접근통행, 환승통행이 수반됨으로써 이를 모형화하기 위한 표준적인 방법론이 필요한 상황이다.

특히 2004년 서울시 대중교통 체계 개편으로 인한 통합교통망체계가 구축되었지만 이를 분석하기에는 현실적인 체계하에서 사실상 불가능하다. 기존의 예비타당성 조사 표준지침(KDI)과 투자평가지침(국토부)에서 대중교통 분석 방법론을 포함하고 있지만 대중교통 특유의 통행행태를 반영하기에는 한계점이 있다. 또한, 철도 중심의 대중교통 수요 분석 방법이 제시되어 있기 때문에 철도 외에 버스 등을 포함한 통합 대중교통 수요분석에 대한 연구가 매우 부족한 상황이다.

따라서 본 분석에서는 대중교통 수요분석의 정밀성을 향상시키고, 보다 현실성 있는 대중교통 모형 구축을 위해 국내/국외 대중교통 수요분석 현황을 진단하여 개선방안을 제시하고자 한다.

제2절 연구의 절차 및 범위

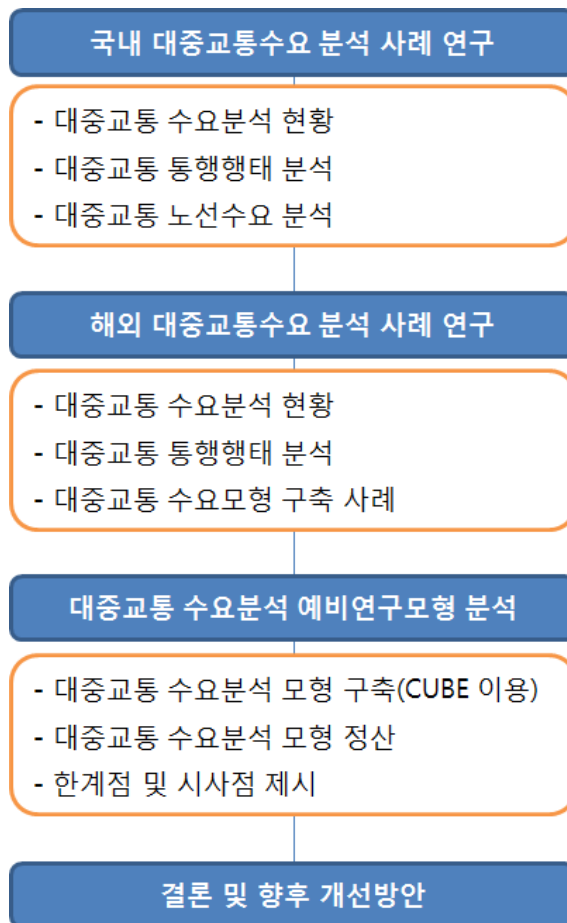
1. 연구의 절차

본 보고서에서는 첫째로 국내 대중교통 수요분석의 현황 및 사례연구를 통하여 국내 대중교통 수요분석의 현주소를 진단하고, 문제점을 도출하였다. 국내 대중교통 수요분석 과정은 매우 기초적인 수준에 머물러 있으며, 도로 중심의 교통 수요분석에 비하여 상대적으로 발달되지 못하였다. 이에 국내 대중교통 수요분석의 일반적인 방법 및 과정, 관련 모형 및 변수 등을 검토하였다.

두 번째, 국내 대중교통 수요분석과정에서 도출된 문제점에 대하여 해외 사례분석을 수행하였다. 유럽의 MOTOS와 미국의 BPM 모형 등의 대중교통 수요분석 방법론에 대한 분석을 통하여 국내 대중교통 수요분석 방법론의 개선방향 및 시사점을 도출하였다.

세 번째, 국내 대중교통 수요분석 사례와 해외 대중교통 수요분석의 사례를 통하여 국내의 대중교통 수요분석 모형을 구축하기 위한 예비연구를 수행하였다. 교통수요분석 패키지로 CUBE를 선정하였으며, 국내 사례지역을 선정하여 대중교통 수요분석 과정을 수행하였다.

마지막으로, 국내 대중교통 수요분석 과정과 해외 대중교통 수요분석 사례, 국내 대중교통 수요분석의 예비연구 분석 내용을 종합하여 향후 대중교통 수요분석 모형의 개선 방향을 제시하였다.



〈그림 1-1〉 대중교통 수요분석의 분석 절차

2. 연구의 범위

가. 국내 대중교통 수요분석 현황

1) 일반적인 국내 대중교통 수요분석 현황

국내 대중교통 수요분석은 4단계 수요추정 방법에 기초하여 분석을 수행하고 있다. 그러나 이에 대한 명확한 기준 및 방법론이 불명확한 실정이다.

특히 기존 대중교통 수단분담 모형의 경우 수단별 대안일반상수를 적용하고 있어 수단의 특성을 모형화하지 못하는 한계점이 있다. 또한 수요 추정시 통행시간과 통행비용에 대한 탄력성의 문제점을 야기할 수 있다. 통행배정의 경우 적용되는 모형과 파라미터에 따라 대중교통수요가 다르게 나타난다. 따라서 국내 대중교통 수요분석의 기준과 방법론을 검토하여 이로 인한 문제점을 제시하였다.

2) 국내 대중교통 통행행태 분석

대중교통의 통행행태는 개별통행의 통행행태와 특징이 달라 그에 적절한 수요추정 방법이 적용되어야 하나, 대중교통의 통행특성을 반영함에 있어 많은 한계점이 있다. 이에 대중교통 수단간 환승을 반영하지 못하거나 통행행태 측면에서 대중교통 수단의 차량 특성을 반영하지 못한 사례를 분석하였다.

3) 국내 대중교통 노선수요분석

대중교통은 대중교통 수단 하나가 아닌 환승으로 연계되어 있는 하나의 교통체계로서 분석이 필요하다. 하지만 버스 수단을 포함한 대중교통 네트워크 부재와 분석방법론의 한계로 인하여 버스 등의 대중교통 노선수요를 분석하지 않은 사례가 다수 존재한다. 이에 기존 방법론의 철도중심 대중교통 수요분석으로 인한 노선수요 분석의 문제점을 제시하였다.

나. 해외 대중교통 수요분석 현황

1) 해외 대중교통 수요분석

미국을 비롯한 해외에서는 교통수요 분석 모형을 구축하고 있으며, 이를 대중교통 수요 분석시 활용하고 있다. 또한 모형 구축 및 검증 등에 대한 기준이 제시되어 있으며, 지속적으로 개선되고 있다. 이에 미국의 BPM, 유럽 연합의 MOTOS 등에서 수행한 대중교통 수요분석 방법을 중심으로 검토하였다.

2) 해외 대중교통 통행행태 분석

대중교통의 환승통행구현은 BPM의 MDSC모델에 대한 분석과 CUBE의 Leg를 이용한 분석모형, 환승 네트워크를 구현한 사례를 분석하였다. 대중교통 수단특성 반영방안으로는 MOTOS의 과밀요소(Crowding Factor)를 이용하는 방법과 CUBE의 Crowding 모델을 이용하는 방법을 검토하였다. 수단 특성을 반영한 수단분담 모형은 일본국제협력기구(JICA)¹⁾에서 수행한 해외 BRT 도입사업의 수단분담모형 구축과정을 분석하였다.

3) 해외 대중교통 수요모형 사례

대중교통 수요모형에 대하여 CUBE를 이용한 올림푸스 시범모형, 모리스 카운티 모형, 노스플로리다 모형을 검토하였다. CUBE를 이용하여 국내 대중교통 수요분석의 예비연구 모형을 구축하기 위하여 해외 사례로부터 분석에 필요한 대중교통 속성 및 분석 방법을 도출하고자 하였다.

네트워크 측면, O/D 측면, 대중교통 관련 기초자료, 대중교통 분석 파라미터로 구분하여 검토하였으며, 해외 대중교통 모형분석을 통하여 국내 대중교통 수요분석 모형 구축의 시사점을 제시하였다.

1) 일본국제협력기구(JICA : Japan International Cooperation Agency)

다. 대중교통 수요분석 예비모형 구축 및 분석

1) KTDB 배포자료의 현황 및 CUBE 모형 구축

KTDB의 배포자료 중 대중교통 수요분석을 위해 필요한 기초자료를 설명하였다. CUBE를 이용하여 관련 기초자료를 구축하고, 대중교통 수요분석 모형 구축을 위한 기초 작업을 수행하였다.

2) 대중교통 수요분석 예비 모형의 구축 및 정산

국내 대중교통 분석 사례에서 적용된 대중교통 파라미터와 해외 대중교통 수요분석 모형에 적용된 파라미터를 검토하였다. 검토 결과를 통해 접근 및 환승 Leg, 관련 파라미터 등을 구축하였다. 구축된 모형의 정산을 통해 최종적으로 대중교통 수요분석 모형을 구축하였다.

3) 예비연구모형의 분석 및 한계점 도출

예비연구모형에 대하여 대중교통 모형의 한계점을 네트워크 측면, 통행 O/D 측면, 대중교통 측면, 파라미터 측면, 대중교통 정산 측면에서 문제점을 도출하고 이에 대한 해결방안을 제시하였다.

라. 향후 연구방향 도출

대중교통 수요분석의 현황 및 해외 대중교통 수요분석 사례, 국내 대중교통 수요분석의 예비연구 모형의 구축을 통하여 도출된 문제점을 정리하고 향후 대중교통 수요분석 모형의 연구방향을 제시하였다.

대중교통 수요분석 모형의 정밀성을 향상시키기 위하여, 자료의 측면, 연구의 측면, 분석 방법론의 측면에서 대중교통 수요분석 방법의 개선방향을 제시하였다.

제2장 국내 대중교통 수요분석 사례연구

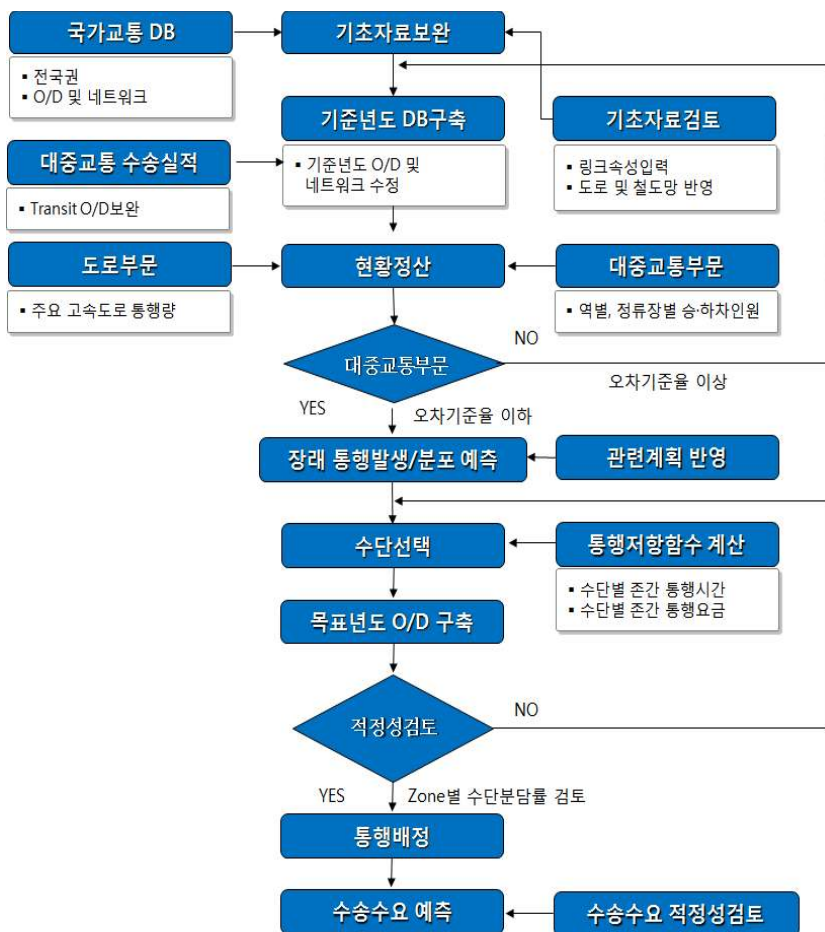
제1절 국내 대중교통 수요분석 현황

1. 대중교통 수요분석의 일반적인 방법론

국내에서는 일반적으로 적용되는 대중교통의 수요추정 방법으로 전통적인 4단계 수요추정 방법을 적용하고 있다. 4단계 수요추정방법은 통행발생, 통행분포, 수단선택, 통행배정의 4단계로 구성되어 있다. 각 단계별로 다양한 모형이 있으며, 단계별 일관성을 확보할 수 있기 때문에 국내 대중교통 수요뿐만 아니라 일반적인 교통수요 추정에 적용되고 있는 모형이다.

통행발생 단계는 각 존에서 발생하는 교통량과 도착하는 교통량을 추정하는 단계로 증감율법, 원단위법, 교차분류법, 회귀분석법들을 적용하고 있다. 통행분포 단계는 발생·도착 교통량을 교통존 간 배분하는 단계로써 성장인자모형, 중력모형, 엔트로피 극대화 모형, 간섭기회 모형 등이 사용되고 있다. 수단선택은 교통존간 O/D 자료를 이용자가 선택 가능한 교통수단별로 세분화 하는 단계이며, 통행단모형, 통행교차모형, 개별행태모형 등이 사용되고 있다. 통행배정 단계는 각 교통수단별 O/D자료를 대상지역내 교통망에 배정하는 단계로 전량통행배정방법, 용량제약 통행배정방법, 확률적 통행배정 방법, 평형 통행배정 방법 등이 사용되고 있다.

국내 대중교통 부분의 교통수요 추정은 <그림 2-1>과 같이 KIDB를 이용하여 기준연도 도로와 철도 부분의 현황 정산을 수행한 후, 이를 토대로 4단계 예측 모형을 이용하여 장래 대중 교통수요를 예측한다. 일반적으로 철도와 도로의 전환통행량을 기준으로 수요를 추정하기 때문에 4단계 예측 모형 중 수단선택과 통행배정 과정이 매우 중요한 역할을 한다.



<그림 2-1> 일반적인 대중교통 수요분석 과정

2. 대중교통 수요의 현황 정산

대중교통 통행배정시 모형의 정산을 위해서 각 노선의 역별로 추정된 승차인원을 관측된 승차인원과 비교하여 분석한다. 영향권 내 주요 역의 관측 승차인원과 모형상 추정된 승차인원의 비교를 통하여 모형이 현실을 제대로 반영하고 있는지를 판단하고 있다.

기준에 배포된 KTDB의 O/D에서는 하나의 교통존에서 행정동 전체의 통행량이 발생하는 것으로 가정하고 있기 때문에 역별 수요를 정산하는 데 큰 어려움이 존재한다. 먼저 존 센트로이드 커넥터의 위치에 따라 역별 순 승차인원의 영향을 많이 받는 문제점을 내포하고 있다. 다음으로 하나의 존에 여러 역사가 존재하는 경우가 있어 통행배정시 승하차량이 0 이 되는 역사가 존재하는 경우가 발생한다. 이런 경우 역세권에 따른 존 세분화를 통한 분석이 필요하지만 존 세분화의 명확한 기준이 정립되지 않은 상태이다.

또한 대중교통 통행배정의 역별 정산에 이용되는 관측승차인원은 실측자료의 한계성으로 인해 해당 정류장의 순 승차인원만을 적용하고 있다. 환승의 경우 자료 확보의 어려움으로 정산에 포함되어 분석하지 못하기 때문에 환승을 포함한 통행행태를 정산하고 모형화하기에는 어려움이 따른다.

3. 대중교통 수요분석을 위한 수단분담 모형 구축

현재 가장 널리 사용되는 수단분담 모형은 개별행태 모형 중 로짓모형이 널리 사용되고 있다. 로짓모형은 효용함수에 포함되는 독립변수가 단위에 제약을 받지 않고 사용될 수 있다. 또한 통행자의 특성, 교통수단이 제공하는 서비스의 속성 및 통행 목적 등 통행자체의 속성을 자유롭게 효용함수에 포함시킴으로써 통행자의 현실적 선택행태를 설명할 수 있는 장점이 있다.

그러나 현재 국내에서 적용되는 수단분담 모형의 경우 대안일반변수(Alternative Generic Variable)가 사용되어 통행시간과 통행비용에 대한 수단별

민감도를 반영할 수 없고, 수요 탄력성에 대한 문제가 제기되고 있다. 즉, 수단에 따라 통행시간, 통행비용에 대한 계수의 분포가 다름에도 하나의 분포를 적용하기 때문에 대중교통 수단의 특성을 모형에 적절히 반영할 수 없다. 또한, 통행시간에 대한 계수가 통행비용의 계수보다 절대적으로 수치가 크기 때문에 통행비용에 따른 수단선택의 민감도를 반영할 수 없다. 예를 들어, 동일구간에 대하여 일반철도와 KTX에 대한 수요분석시 통행시간이 작지만 통행비용이 큰 KTX로 수요가 집중되는 오류가 발생하기도 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 수단의 특성을 반영할 수 있는 대안특성변수(Alternative Specific Variable)를 적용해야 한다. 이를 통해 구축된 모형의 적중률, 탄력성 등의 분석을 수행해야 한다.

수단선택 모형 적용상의 다른 문제점으로는 다양한 선택대안의 부재이다. 대중교통 수단의 특성을 수단선택 대안에 적용하지 않음으로 다양한 대중교통 수단의 특성을 반영한 모형을 도출할 수 없으며, 비기관 수단(보행 및 자전거)을 포함한 접근수단에 대한 수단선택모형을 제시할 수 없다.

〈표 2-1〉 수도권 및 광역권 여객 수단선택의 효용함수 파라미터 값

(단위 : 수도권(10분, 100원), 광역권(분, 원))

구 분		T_{TIME}	t-ratio	T_{COST}	t-ratio	상수항	t-ratio
수도권	승용차	-0.39896	-234.029	-0.01704	-37.078	-	
	택 시					-2.55838	-201.265
	버 스					0.0776925	14.827
	지하철					-0.0579425	-10.264
부산·울산권	승용차	-0.02073	-16.37	-0.00013	-25.95		
	택 시					-0.05076	-2.33
	버 스					-2.43748	-77.75
	지하철					-1.15996	-36.98
대구광역시권	승용차	-0.02028	-6.91	-0.00012	-21.72		
	택 시					-1.27070	-60.74
	버 스					-2.95229	-38.96
	지하철					-1.98126	-48.52
광주광역시권	승용차	-0.04616	-17.39	-0.00029	-18.03		
	택 시					-0.42657	-10.48
	버 스					-1.47038	-20.08
	지하철					-1.47038	-22.00
대전광역시권	승용차	-0.05069	-7.18	-0.00033	-11.55		
	택 시					-0.65488	-9.62
	버 스					-3.25795	-21.42
	지하철					-1.05534	-12.35
전주대도시권	승용차	-0.05134	-16.44	-0.00033	-17.35		
	택 시					-0.61237	-7.93
	버 스					-2.07486	-7.22
	지하철					-0.92070	-9.33

자료: 1) 건설교통부, 『수도권 종합교통체계조사 과업: 광역교통계획평가 전산모형의 개발(2단계)』, 2000

2) 한국교통연구원, 『2007년 국가교통DB 최종보고서9권 광역권 여객 기종점통행량 전수화』, 2008

KTX○○사업에서는 승용차, 버스, 일반철도, 고속철도로 구성된 4가지 수단에 대한 다항로짓모형을 이용하여 수단선택모형을 적용하였다. 하지만, 통행시간 및 통행비용의 변수는 수단에 관계없이 동일한 값을 적용하였다. 그러나 상수항으로 수단간 효용의 차이를 분석하고 있어 수단의 특성이 반영되기 보다는 상수항에 의존하여 수단분담모형이 적용되는 한계점이 있다.

◇◇ 도시철도 사업에서도 KTX○○사업과 같이 수단에 관계없이 통행시간 및 통행비용의 파라미터를 동일한 값을 적용하는 한계점을 나타냈다.

〈표 2-2〉 수단선택모형의 효용함수 파라미터 적용 사례

	수단	T_{TIME}	T_{COST}	상수항
KTX○○사업	승용차	-0.0063974	-0.0000644	0.161149
	버스			-0.647159
	일반철도			-0.314539
	고속철도			-
◇◇ 도시철도 사업	승용차	-0.8039	-0.03549	-0.3015
	택시			-1.2300
	버스			-0.2560
	경량전철			-

자료 : 한국개발연구원 『도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5권)』, 2008

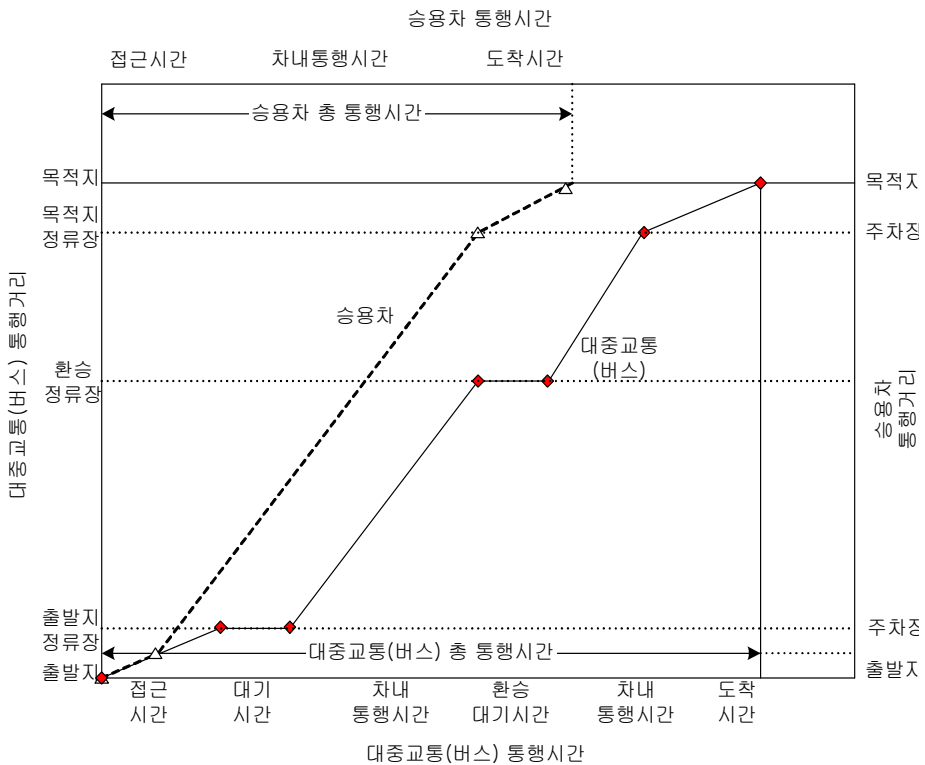
4. 대중교통 수요분석을 위한 통행배정 분석

전통적인 통행배정 모형으로는 전량통행배정(All-Or-Nothing Assignment)와 확률적 통행배정모형(Stochastic Assignment), 최적전략 통행배정모형(Optimal Strategy Assignment)가 있다. 이 중에서 대중교통 수요추정을 위해 가장 널리 사용되는 모형은 Spiess-Florian(1989)에 의해 제안된 최적전략 통행배정모형(Optimal Strategy Assignment)이다.

최적전략 통행배정모형(Optimal Strategy Assignment)의 정의는 다음과 같다. 대중교통 이용자는 출발지에서 목적지까지 도착하기 위하여 경로 선택 방법을 다양하게 설정할 수 있다. 이러한 경로선택 방법을 전략(Strategy)이라고 하며, 가능한 전략 중에서 통행자의 평균통행시간(혹은 통행비용)을 최소화 해주는 전략을 최적전략(Optimal Strategy)이라 한다. 모든 통행은 이 전략에 따라 이루어지며, 이러한 방법을 최적전략 통행배정 모형(Optimal Strategy Assignment)이라 한다. 즉, 최적전략 통행배정모형은 용량 제약을 고려하지 않고, 최적전략에 의해서 노선과 경로가 선택된다.

최적전략 통행배정시 보다 현실적인 최적전략을 고려하기 위해 차내시간, 차외시간, 요금 등과 관련된 일반화 비용과 파라미터를 적용한다. 이 중 차외시간은 접근시간, 대기시간, 환승(대기)시간, 도착시간으로 구성되어 있다.

- 접근시간(Access time) : 출발지에서 정류장까지의 이동시간
- 대기시간(Wait time) : 정류장 도착시간부터 탑승까지의 시간
- 환승시간(Transfer time) : 환승정류장에서 환승을 위해 필요한 시간
- 도착시간(Egress time) : 도착 정류장에서 최종 목적지까지의 이동시간



〈그림 2-2〉 대중교통 통행시간

자료 : 한중학, 『최적 버스 노선망 설계방법론 개발, 서울시립대학교 박사 논문』, 2005

대중교통 통행배정시 차외시간 속성이 미치는 영향은 매우 크다. 기존연구에서는 차내시간에 대한 차외시간 가중치를 제시하고 있으나, 차외시간 가중치에 대한 표준화된 적용 기준 및 방법이 미흡한 실정이다. 『도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침(제5판)』(2008)에서는 광역/도시철도 통행배정시 차외시간은 차내 시간의 10~20배의 가중치 파라미터를 적용하도록 제시하고 있으나, 적용수치에 따라 대중교통 이용수요의 차이가 발생할 수 있다.

〈표 2-3〉 철도부문 통행배정 일반화 비용 산정을 위한 국내외 연구

국·내외 연구		차내 시간	차외시간			
			접근 통행시간	대기 시간	탑승 시간	환승 시간
양창화, 손의영(2000)		1.00	-	-	-	1.70
윤혁렬(2000)1)		1.00	1.54분(차외시간), 5.81분(환승시간)1)			
손상훈, 최기주, 유정훈(2007)	전체	1.00	1.527	1.832	-	1.370
	서울 시내간	1.00	1.507	1.749	-	1.474
	서울 경기간	1.00	1.755	1.909	-	1.264
Liu, Pendyala, Polzin(1997)		1.00	1.69(차외시간)			
Mily(2003)2)		1.00	1.00	1.40	2.60	-

주: 1) 여기서 환승시간은 환승접근시간, 대기시간, 환승패널티를 모두 포함하고 있는 것으로 가정하였음.

2) 본 지침연구는 캐나다 토론토를 대상으로 유전자 알고리즘을 활용하여 EMME/2 대중교통 통행배정과 관련된 파라미터를 추정한 연구로 표에 제시된 결과 이외에 탑승시간은 2.6분, 대기시간 factor 0.49를 도출하였음.

자료: 『도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침(제5판)』, 한국개발연구원, 2008

특히 대기시간 가중치의 경우 광역/도시철도의 대기시간은 지역간 철도에 비하여 배차간격이 짧기 때문에 확률적으로 배차간격의 1/2를 적용하는 것이 합리적이다. 그러나 고정된 배차간격을 가지고 있는 일반철도의 경우 통행자는 열차운행계획에 맞춰 정류장에 도착하고 대기하는 경향이 있기 때문에 대기시간 가중치를 배차간격의 1/2로 설정하는 것은 현실에 위배된다. 예를 들어 배차간격이 999분과 같은 경우 대기시간이 499분으로 설정되기 때문에 대기시간의 일률적인 적용은 현실을 반영한 수요를 추정할 수 없다. 따라서 지역간 철도와 같이 배차간격이 상당히 큰 노선의 대기시간은 배차간격의 1/2보다 더 작은 값을 적용하는 것이 바람직함에도 불구하고 이에 대한 명확한 기준이 없다.

따라서 국내에서는 통행배정시 관련 파라미터의 명확한 기준 및 적용방법이 없기 때문에 사용자의 판단에 의해 속성값을 분석에 적용하고 있는 실정이다. 이로 인하여 사업에 따라 통행배정에 적용하는 파라미터 값이 각기

다르다. 일부 사례의 경우 예비타당성 조사 지침에서 제공하고 있는 파라미터의 범위 이외의 값을 적용하고 있다. 대표적으로 ○○BRT 사업과 ◇◇ 도시철도 사업에서는 탑승시간, 대기시간, 접근시간에 대한 가중치를 적용하여 분석을 수행하였지만, 분석가에 의해 다른 기준을 사용하고 있는 문제점이 있다.

〈표 2-4〉 통행배정 파라미터의 적용 사례 및 한계점

사업명	파라미터 적용 방법	수요추정의 문제점
○○BRT 사업	Boarding time wait time factor wait time weight auxiliary transit time weight	예비타당성 조사 지침보다 작은 가중치를 적용하여 대중교통 수요가 과다추정 될 위험이 있음
◇◇ 도시철도 사업	Boarding time Boarding time weight wait time factor Access time weight wait time weight	예비타당성 조사 지침보다 작은 가중치를 적용하여 대중교통 수요가 과다추정 될 위험이 있음

제2절 국내 대중교통 통행행태 분석 연구

1. 대중교통 환승통행 분석

가. 환승 네트워크를 이용한 환승수요 분석의 한계

대중교통의 통행(Trip)의 경우 공로와 달리 차내통행과 차외통행으로 구분된다. 특히 대중교통 이용자의 경우 필수적으로 대중교통으로의 접근 및 환승이 발생하므로 차외통행에 대한 분석이 대중교통 수요추정에 중요한 역할을 한다. 차외통행의 경우 정류장에 대한 접근 통행, 수단과 수단 사이의 환승통행, 도착 통행으로 구분될 수 있다. 이중 환승통행은 대중교통 수단에서 다른 대중교통수단으로, 한 번의 통행에 두 가지 이상의 대중교통 수단을 이용하는 과정이다.

수도권 통합요금제의 도입이후 수도권의 환승통행량을 지속적으로 증가하고 있으며, 수도권 이외의 전국에 환승의 개념을 대중교통 시스템에 도입하고 있는 추세이다. 하지만 국내 대중교통 수요분석에서는 수단 내 환승을 포함하여 버스와 지하철 사이의 수단간 환승에 대한 분석 방법론의 미비로 분석가 마다 각기 다른 방식을 적용하고 있다.

일반적인 철도의 수요분석 모형에서는 승객의 업무·비업무 통행 시간가치를 활용하여 환승요금을 거리로 환산 후, 환승에 소요되는 통행시간 및 통행비용을 분석에 적용하고 있다. 그러나 이러한 방법은 분석가에 의해 환승링크가 조정되고 분석 네트워크의 구축에 따라 환승행태가 달라질 수 있다.

이러한 환승수요 분석의 사례를 살펴보면 다음과 같다.

OO 경전철 사업에서는 경전철 노선을 철도네트워크로 표현하여 지하철과의 환승통행을 구현하였지만, 경전철 노선과 직·간접적으로 연계되는 버스수단과의 환승통행은 반영하지 못하였다.

□□ BRT 사업에서는 수단간 환승수요 반영을 위하여 통행 O/D를 세 가지로 분리하여 통행배정을 수행하였다. 즉 수단간 환승을 구현하기 위해 기존의 O/D를 환승가능한 O/D로 세분화하여 BRT-지하철, BRT-BUS사이의 환승 수요를 예측하였다. ◇◇ 도시철도 사업에서는 환승통행비용의 거리 환산에 대해 명확한 기준이 없이 센트로이드 커넥터의 통행거리 조정을 통하여 환승링크의 통행비용을 가정하는 방법으로 환승을 적용하였다. 이렇게 수요분석 사례마다 각기 다른 환승수요 추정을 위한 방법론을 적용하고 있다. ○○역 신설사업에서는 대중교통 네트워크 구축 및 환승체계의 분석을 하지 않고 교통영향분석을 수행한 사례도 있다.

〈표 2-5〉 환승수요 추정 사례

사업명	환승 표현 방법	수요추정의 문제점
○○ 경전철 사업	철도 네트워크 적용	버스와 환승을 반영하지 못함
□□ BRT 사업	BRT-BUS, BRT-SUB, BRT 통행O/D로 분리 후 통행배정	환승통행 O/D의 분리기준 부재
◇◇ 도시철도 사업	센트로이드 커넥터 조정	환승 통행비용의 거리환산의 문제
○○역 신설사업	분석하지 않음	분석하지 않음

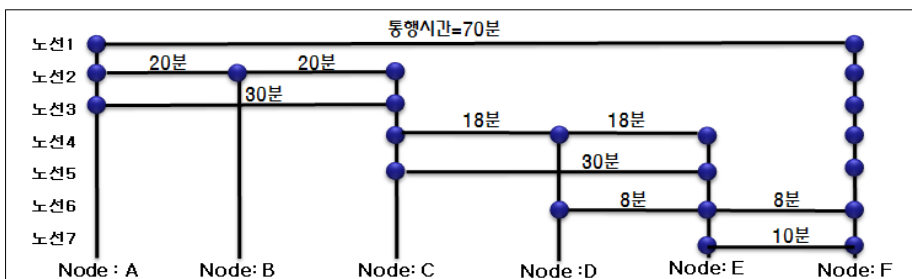
나. 통행배정 알고리즘 기법의 한계로 인한 환승수요 분석의 한계

대중교통 통행배정에 적용되는 최적전략 기법의 한계로 인하여 환승 통행행태 구현의 한계점이 발생하고 있다. 가상의 네트워크를 이용하여 최적 전략 통행배정 모형을 분석한 결과, 노선의 최단 경로 1에 전체 통행량 200인/시 중 57.2인/시만 배정되는 결과가 도출되었다. 이는 최적전략에 의한 통행배정 기법의 적용으로 환승행태를 반영하지 못하고 운행시격에 의존하여 통행량이 배정되기 때문에 발생하는 한계점이다.

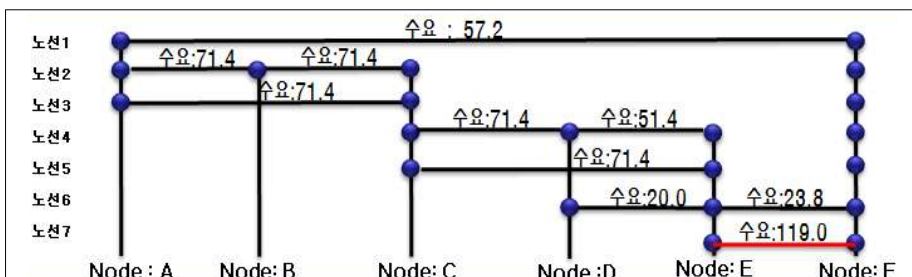
〈표 2-6〉 적용대상 네트워크 속성

구 분	노선1	노선2	노선3	노선4	노선5	노선6	노선7
운행간격(분)	15	12	12	12	15	30	6
운행회수(대/시)	4	5	5	5	4	2	10
차량용량(인/대)	50	50	50	30	50	50	10
노선용량(인/시)	200	250	250	150	200	100	100

자료 : 김주영, 『차량용량과 정류장 혼잡을 고려한 대중교통 통행배정 모형, 서울시립대학교 석사 논문』, 2010.



〈그림 2-3〉 적용대상 네트워크 속성



〈그림 2-4〉 최적전략 통행배정 결과

2. 대중교통 수단특성 반영

대중교통 수단의 발달과 신교통수단의 도입으로 다양한 대중교통 수단이 적용되고 있지만, 대중교통 수요분석에 적용되는 모형은 단지 버스와 지하철이 선택대안으로 고려되고 있다. 이에 현실의 대중교통 수단의 특성을 올바르게 반영할 수 없는 한계점이 있다. 대중교통 수단의 종류에 따라 용량의 차이, 서비스 수준의 차이, 환승 편의성 등이 다르지만, 이러한 차량의 속성을 반영한 대중교통 수요분석 모형은 부재한 실정이다.

최근 신교통수단에 대한 관심의 증가로 경전철, 노면전차(Tram), PRT 등 신교통 수단 도입의 타당성 분석을 위한 연구가 증가하고 있지만, 신교통 수단의 수단특성을 반영하는 대중교통 수요분석은 거의 없는 실정이다. 또한, 대중교통수단의 이용요금을 모형에 적절히 반영할 수 있는 방법의 미비로 분석가의 가정에 의하여 분석이 수행되고 있다.

○○신교통수단 도입사업에서는 신교통수단의 재차인원, 이용요금을 택시 수단과 같다고 판단하고 택시의 속성값을 적용하였으며, 네트워크 분석은 지하철 수요분석과 동일하게 신교통수단의 분석을 수행하였다. □□ BRT 사업에서는 BRT의 특성을 반영하지 못하고 버스전용차선의 속성을 이용하여 분석에 적용하였다. ◇◇ 도시철도 사업에서는 각기 다른 차량시스템(중량전철, AGT, 모노레일, 노면전차)을 분석함에도 불구하고 철도 수요추정을 기준으로 수요추정을 수행하여 차량 시스템간의 특성을 반영하지 못한 한계점을 드러냈다.

〈표 2-7〉 수단의 특성의 사업별 표현방법

사업명	수단특성 표현 방법	수요추정의 문제점
○○ 경전철 사업	경전철 수단을 지하철을 기준으로 분석을 수행함	경전철의 속성을 적용하지 못함
□□ BRT 사업	BRT 노선을 버스전용차로로 가정하고 분석을 수행함	BRT의 특성 반영의 한계가 있음
◇◇ 도시철도 사업	다양한 차량시스템을 철도수단으로 가정함	다양한 차량시스템에 대한 적절한 시나리오분석을 수행할 수 없음

제3절 대중교통의 노선 수요 분석 연구

1. 대중교통 노선수요 분석

현재 대중교통 수요분석 과정에서 대중교통 수단의 통행수요는 수단간 전 환통행량을 기준으로 통행수요를 추정하지만, 수단간 통행 분석시 노선수요분석을 통한 경쟁관계를 고려하지 않고 있는 실정이다. 이러한 방법은 대중교통 노선에 대한 수요를 정확하게 분석 할 수 없으며, 주변 노선의 수요변화를 분석할 수 없어 적절한 대중교통 수요분석이라고 할 수 없다.

□□ 대중교통 노선 수립을 위한 연구에서는 스마트 카드 데이터를 이용하여 기종점통행량(O/D)을 구축하고, 전량배정(All-or-Nothing)법으로 버스노선에 배정하여 노선 통행량을 산출하였다. 그러나 이러한 방법은 통행비용이 비슷한 노선임에도 불구하고 통행비용이 적은 노선에 일방적으로 통행배정되기 때문에 현실성이 결여된다.

◇◇ 전철화 사업의 경우 사업노선을 분석하면서 연계 및 경쟁 역할을 하는 버스 수요에 대한 분석을 수행하지 않아, 전철화 사업으로 인한 지역의 대중교통 체계 변화를 판단할 수 없는 한계점이 있다.

〈표 2-8〉 대중교통 노선수요 분석 사례 및 한계

사업명	노선 수요 분석 방법	수요추정의 문제점
□□ 대중교통 노선 수립을 위한 연구	스마트 카드 데이터를 이용한 통행량 추정	All-or-Nothing을 이용하여 노선별 수요를 추정함
◇◇ 전철화 사업	전철화 사업노선에 대한 수요 분석	연계된 버스 수요분석 미시행

2. 대중교통 버스수요 분석

『도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)』(2008)의 경우 대중교통 수단분석 모형을 철도중심의 방법론을 설명하고 있으며, 버스에 대한 수요추정 방법에 대한 연구는 부족한 상태이다.

버스와 지하철의 통행특성 및 수단의 특성이 상이하지만, 버스에 대한 수요추정 방법의 한계로 인하여 버스노선 수요를 분석하지 않거나 철도를 기준으로 분석을 수행하는 경우가 있다.

예를 들어, KTX○○사업에서는 접근수단으로 버스에 대한 접근시간 및 비용을 추정하였지만, 분석방법의 한계로 일률적인 통행시간 및 비용을 적용하였다. □□ 대중교통 노선 수립을 위한 연구 또한 버스에 대한 분석방법의 한계로 인하여 All-or-Nothing법을 이용한 노선수요를 추정하였다. ◇◇ 전철화 사업은 연계 및 보완관계에 있는 버스노선에 대한 수요분석을 수행하지 않았다.

〈표 2-9〉 대중교통 버스수요 분석 사례 및 한계

사업명	버스 수요 추정 방법	수요추정의 문제점
KTX○○사업	접근수단에 대한 수단분담 모형 구축	기초자료의 부족으로 일률적이거나 통행시간 및 비용을 적용
□□ 대중교통 노선 수립을 위한 연구	All-or-Nothing 통행배정	비현실적인 버스 노선 통행량 추정
◇◇ 전철화 사업	연계 및 경쟁관계 버스수요분석 미시행	대중교통 체계의 변화를 판단할 수 없음

제4절 소 결

본 장에서는 국내 대중교통 수요분석의 일반적인 방법론을 살펴보고, 지속적으로 제기되고 있는 대중교통 수요분석 문제점의 사례를 검토 하였다. 이를 토대로 국내 대중교통 수요분석의 문제점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 대중교통 수요 분석시 명확한 기준 및 방법론이 미흡하다.

현재 구축되어 사용되고 있는 수단분담 모형은 대안일반변수 (Alternative Generic Variable)의 사용으로 수단별 통행시간과 통행비용에 대한 민감도를 반영할 수 없고 수요 탄력성에 대한 문제가 발생한다. 또한 다양한 수단별 통행 특성과 접근수단 및 무동력 수단을 명확히 반영하지 않기 때문에 현실적인 통행행태를 모사하기 어려운 점이 존재한다.

최적전략 기법에 의존한 통행배정모형은 대중교통 통행배정시 입력되는 차외시간 등의 속성값에 따라 통행 배정량이 달라지는 것으로 나타났다. 그러나 차외시간 등의 속성값에 대한 명확한 기준이 없기 때문에 사용자의 판단에 의해 가정하여 적용되고 있는 실정이다.

둘째, 기존 대중교통 수요분석 방법으로는 수단별 통행행태 반영에 한계가 있다.

대중교통의 통행행태는 개별통행의 통행행태와 특징이 달라 그에 적절한 수요추정 방법이 적용되어야 하나, 대중교통의 통행특성을 반영함에 있어 많은 한계점이 존재하였다. 또한 전철, 노면전철, BRT와 같은 다양한 대중교통 수단의 특성을 철도로 가정하여 수요분석을 수행하면서, 수단의 특성을 반영하지 못한 수요가 추정되는 한계점이 존재한다.

환승통행에 대한 분석방법론의 미비로 버스와 지하철 사이의 수단간 환승통행을 구현할 수 없었으며, 통행배정에 적용되는 최적전략기법에 의한 통행배정은 환승 행태를 적절히 구현할 수 없는 문제점을 가지고 있었다.

셋째, 부정확한 대중교통 노선수요 및 버스 등과의 연계 통행 분석이 미흡하다.

대중교통에 대한 수요 추정시 수단분담과정에서 전환통행량 분석을 통해 수단간 경쟁관계를 모형화하지만 통행배정단계에서의 수단간 관계는 모형화되지 않고 있는 실정이다. 이는 네트워크 분석 측면에서 경쟁 노선 및 보완노선의 수요를 분석할 수 없는 문제점을 발생시키고 있다.

또한 버스 네트워크 부재와 버스와 연계된 대중교통 수요분석 연구가 부족하여 버스의 이용수요를 추정하는데 많은 한계점을 나타내고 있다.

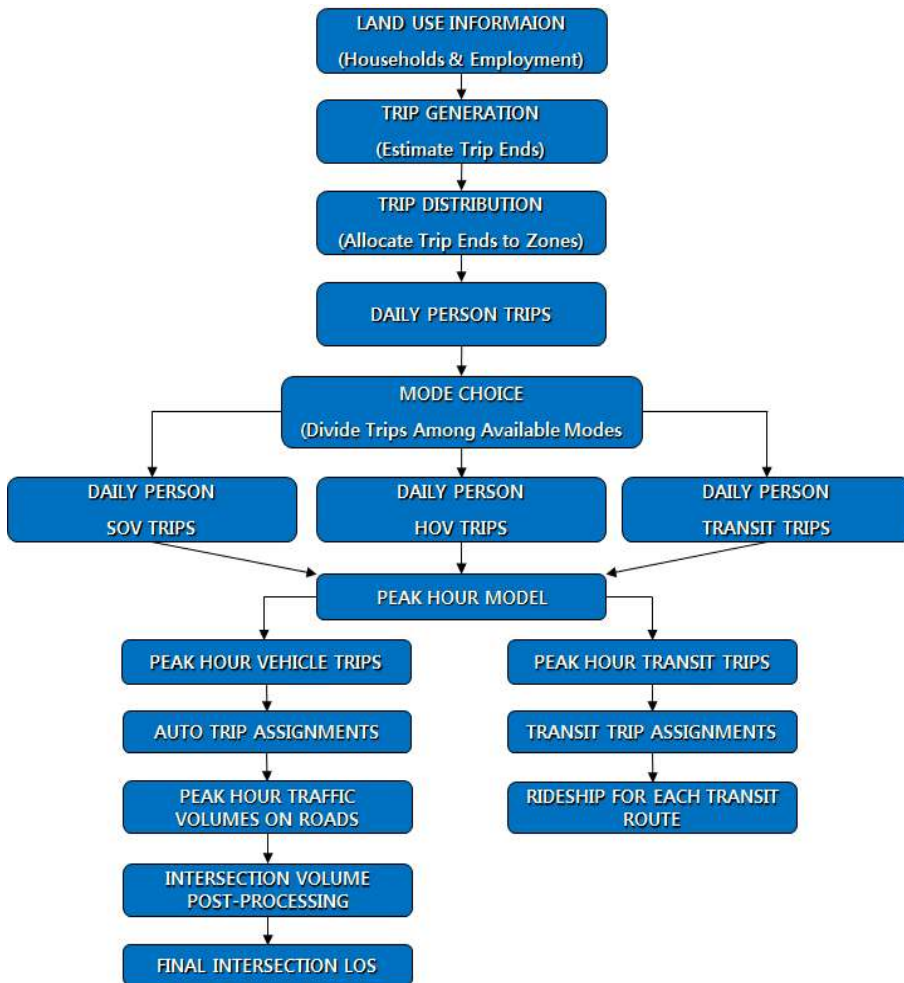
제3장 해외 대중교통 수요분석 사례연구

제1절 해외 대중교통 수요분석 현황

1. 해외 대중교통 수요분석의 일반적인 방법론

미국의 대도시 계획기구(Metropolitan Planning Organization: MPO)는 통행실태조사를 통해 교통수요 분석 모형을 구축하고 있으며, 모형의 보완 및 유지관리를 지속적으로 하고 있다.

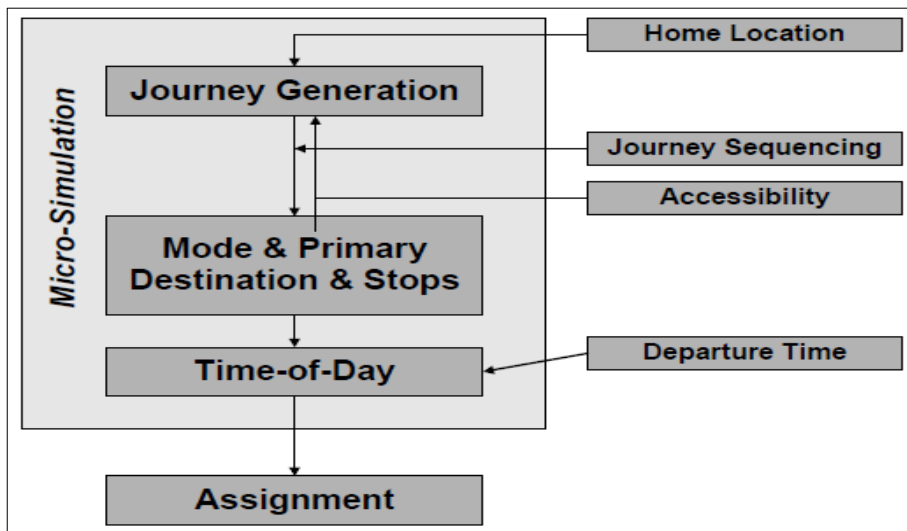
미국 MPO에서 가장 많이 쓰이는 모형은 국내 수요모형과 같은 전통적인 4단계 모형이며 통행발생, 통행배분, 수단선택, 통행배정의 단계를 포함한다. 통행발생단계에서는 토지이용 현황을 고려하여 각 존의 통행유입과 유출을 추정하고, 이를 기반으로 통행배분단계에서는 각 존 간의 통행수요를 예측하게 된다. 수단선택단계에서는 각 존 간의 통행수요를 수단별로 분류하여 예측하게 된다. 즉, 하루 동안의 SOV, HOV, 대중교통을 이용한 통행수요를 예측하게 된다. 다음으로 첨두시간 통행모형(Peak Hour Model)을 이용하여 첨두시간대의 승용차 통행과 대중교통 통행을 예측하고, 통행배정하여 노선별 서비스 수준(LOS) 및 통행량을 예측한다.



〈그림 3-1〉 해외 대중교통의 일반적인 교통수요 분석과정

자료 : Federal Highway Administration Travel Model Improvement Program, *Travel Model Validation and Reasonable Checking Manual*, Second Edition, 2010.

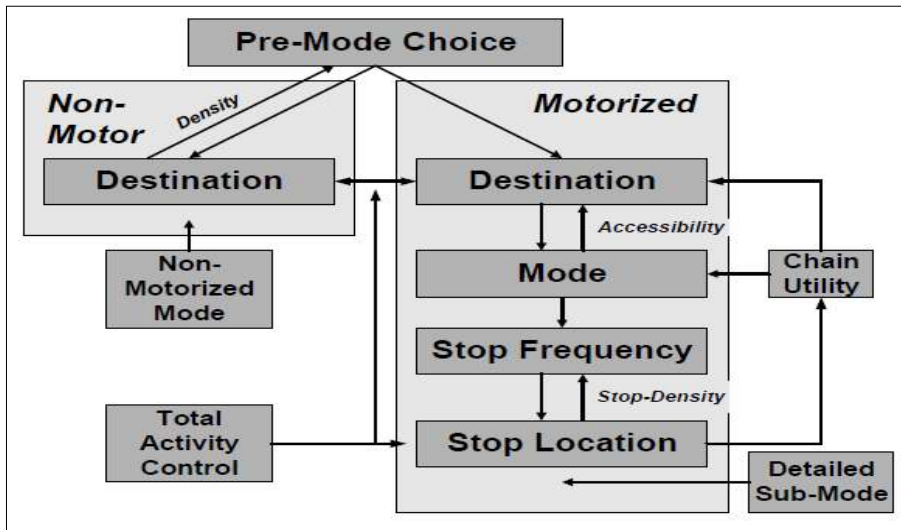
뉴욕 대중교통 분석모형 NYMTC의 BPM²⁾모형은 New York Metropolitan Transportation Council's (NYMTC)에 의해 2005년에 개발이 완료되었다. 전통적인 교통수요모형과는 달리 지역 내의 다양한 통행행태를 예측하기 위해서 Trip 기반이 아니라 Journey를 기반으로 한 모형이다.



〈그림 3-2〉 뉴욕 BPM의 개략적 구조

BPM모형은 Household, Auto-Ownership and Journey-Frequency (HAF) 모델과 Mode Destination Stop Choice (MDSC) 모델 등이 있다. 이 중 Mode Destination Stop Choice (MDSC)은 대중교통 수단에 대한 도착지와 중간 경유지를 선택하는 과정으로 대중교통수단의 환승을 구현할 수 있는 모델이다.

2) New York Metropolitan Transportation Council, New York Best Practice Model (NYBPM) For Regional Travel Demand Forecasting NYBPM User Documentation, 2009.



〈그림 3-3〉 뉴욕 BPM의 수단선택 모형구조

2006년에 수행된 220곳의 MPO를 대상으로 한 설문조사에 따르면, 약 55%만 대중교통 통행배정을 수행하는 것으로 조사되었고, 규모가 큰 MPO의 경우 94%가 대중교통 통행배정을 수행하는 것으로 조사되었다. 대도시를 제외한 중소도시에서 대중교통은 수단분담율이 높지 않기 때문에 교통수요모형에서 대중교통분석이 상세하게 이루어지지 않는 경우가 많다. 그래서 많은 MPO의 교통수요모델에서 대중교통 통행배정 부분이 빠져있고, 수단선택 단계에서의 결과를 그대로 쓰는 경우가 많다.

2. 대중교통 수요분석을 위한 통행배정 분석

국내에서와 마찬가지로 해외에서 대중교통 수요추정을 위해 가장 널리 사용되는 통행배정 모형은 최적전략 통행배정모형(Optimal Strategy Assignment)이다. 최적전략 통행배정시 보다 현실적인 최적전략을 고려하기 위해 차내시간, 차외시간, 요금 등과 관련된 일반화 비용과 파라미터를 적용한다.

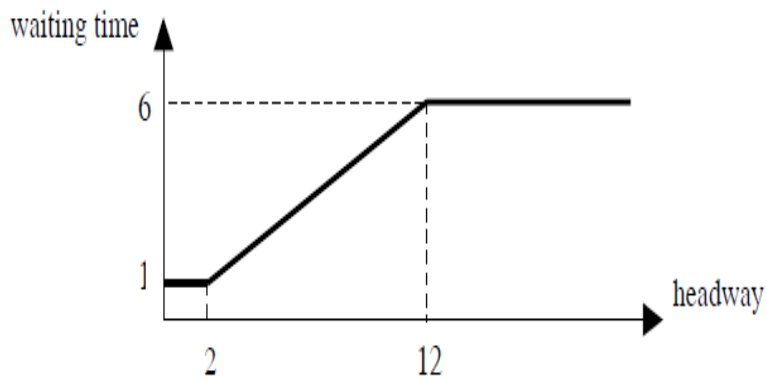
유럽의 MOTOS에서는 대중교통 수요분석을 위한 차외시간 속성으로 접근시간(Access time), 대기시간(Waiting time), 차내시간(In-Vehicle time), 환승시간(Transfer time), 환승횟수(Number of Transfers), 도착시간(Egress time)으로 구성되어 있다. 접근시간은 출발지에서 대중교통 정거장까지 가는데 걸리는 시간이며 대중교통 정거장으로의 접근수단으로는 도보, 자전거, 승용차를 선정하고 있다. 대기시간은 대중교통 이용자가 정류장에 도착해서 기다리던 대중교통 수단이 도착한 후 탑승해서 떠나는데 까지 걸리는 시간으로 정의하고 있다.

네덜란드 『The Greater Copenhagen Area Traffic model』에서는 다음과 같이 최소 대기시간을 1분으로 하고 차두시간이 12분 이상이면 대기시간을 6분으로 계산하였다.

〈표 3-1〉 MOTOS의 대중교통 시간가중치

통행시간	가중치
대중교통 이전 시간(Pre-Transport time)	23
대기시간(Waiting time)	16
차내시간(In-Vehicle time)	10
환승시간(Transfer time)	1.2
환승횟수(Number of Transfer)	8.2(penalty in minutes)
도착시간(After transport time)	1.2

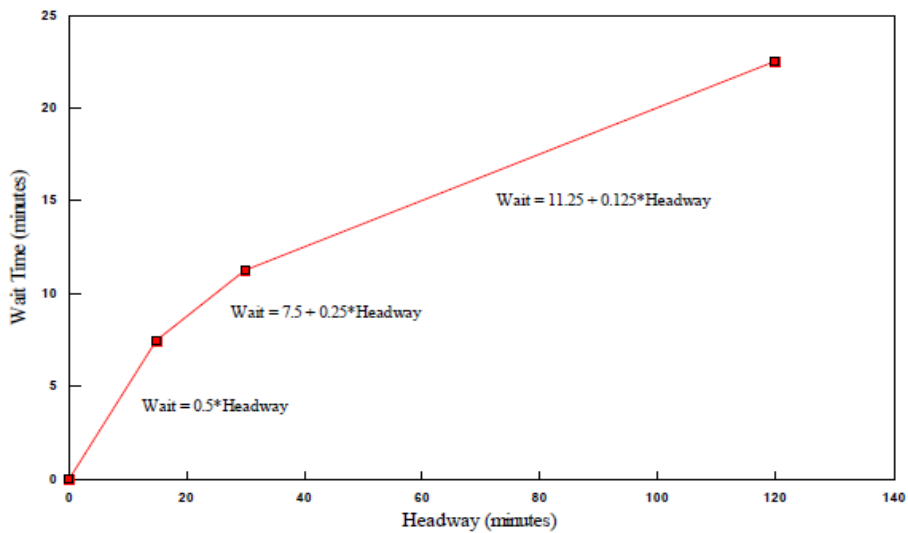
자료 : European Union, 『MOTOS Handbook』, 2010.



〈그림 3-4〉 네덜란드 코펜하겐 교통모형의 의 대기시간

자료 : European Union, 『MOTOS Handbook』, 2010.

뉴욕 BPM에서는 대기시간에 대하여 0분에서 120분사이의 차두시간을 세 구간으로 나누어 각각의 대기시간 함수를 적용하고 있다.



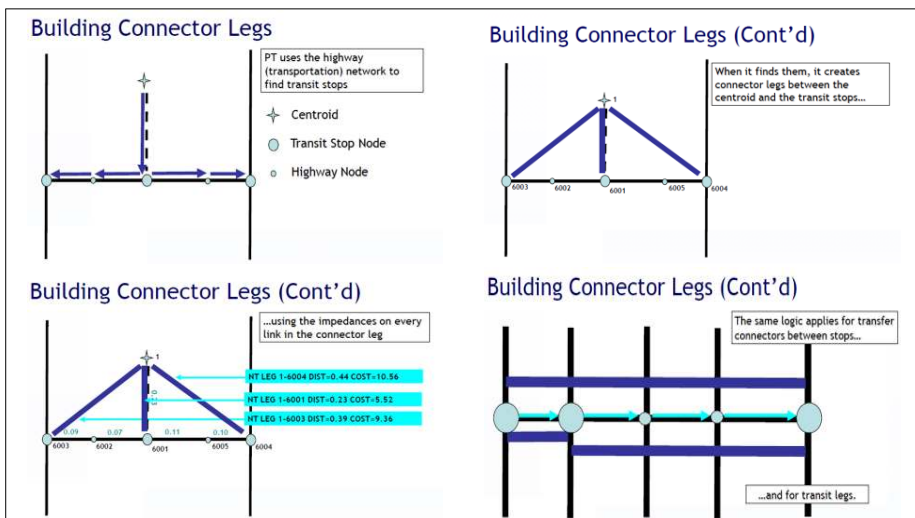
〈그림 3-5〉 뉴욕BPM에서의 통근열차 서비스에 대한 대기시간 계산 예

자료 : New York Metropolitan Transportation Council 『New York Best Practice Model (NYBPM) For Regional Travel Demand Forecasting: NYBPM User Documentation』, 2009.

제2절 해외 대중교통 통행행태 분석 연구

1. 대중교통 환승통행 구현

CUBE는 미국의 Gtilabs사에서 만든 교통 수요분석 프로그램으로, 대중교통의 수단간 접근 및 환승을 구현할 수 있다. 즉, 대중교통 Leg (접근/환승 링크)라는 링크를 통하여 대중교통 수단으로의 접근통행, 환승통행과 같은 통행행태를 구현할 수 있다. 또한 정류장 또는 역으로의 환승비용을 설정함으로써 보다 현실적인 환승통행이 이루어지도록 하고 있다.

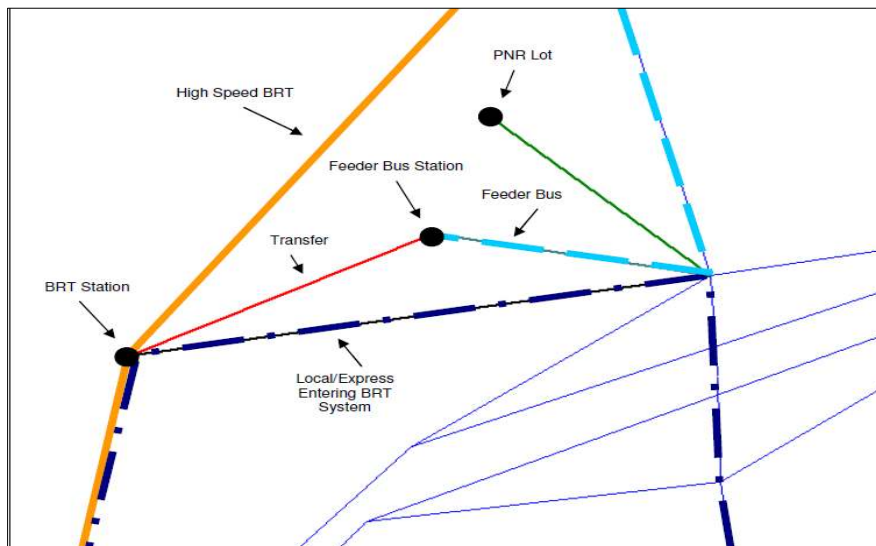


〈그림 3-6〉 CUBE에서의 Leg 구축

자료 : 함희주 『Advanced Sripting techniques with public transport, Gtilabs, 2012』

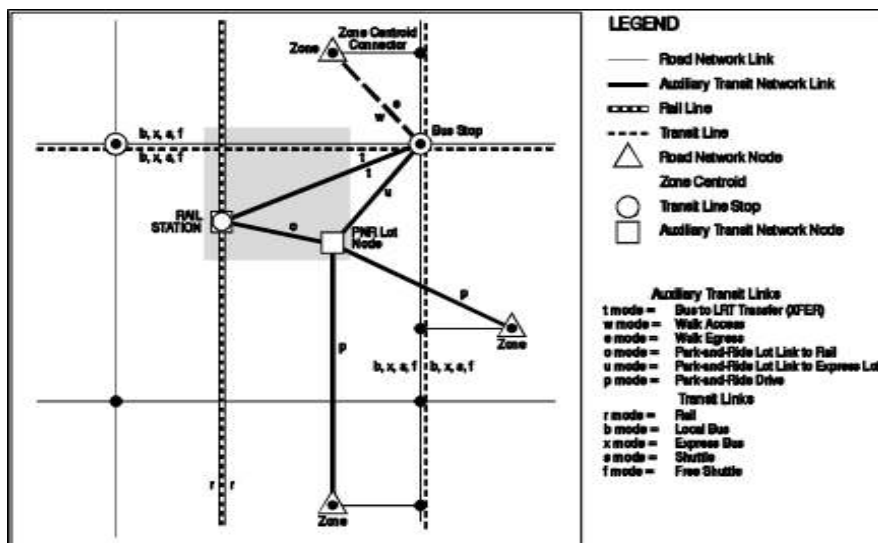
아틀란타 교통수요분석 모형에서는 CUBE를 이용하여 도로망에 BRT, PhR, 지상버스와의 환승을 위한 가상링크를 연결하여 지선버스와 BRT의 환승 통행을 반영한 사례가 있다.

미국 애리조나주는 EMME를 이용하여 대중교통 수요분석 모형을 구축하였으며, 환승링크와 접근링크를 구축하여 수단간 환승을 구현하였다.



〈그림 3-7〉 ARC모형에서의 대중교통노선 코딩

자료 : Atlanta Regional Commission, Travel Forecasting Model Set For the 20 County Atlanta Region Users Guide, 2009



〈그림 3-8〉 미국 애리조나주의 복합수단 환승 표현

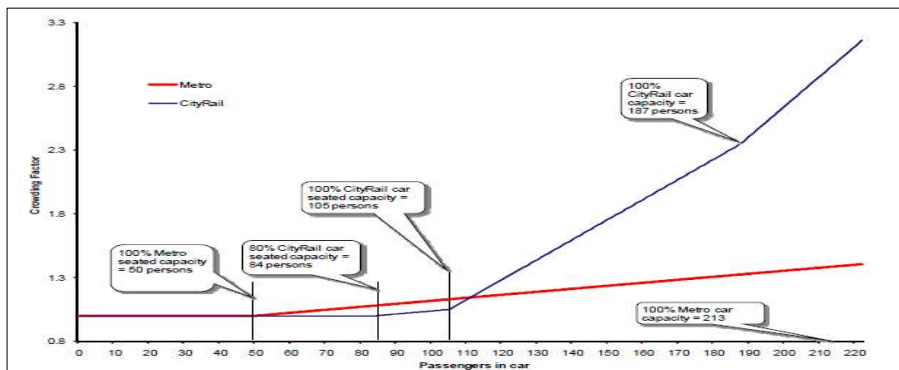
자료 : Transportation planning, 『Modeling with EMME/2, Maricopa Association of Governments』

2. 대중교통 수단특성 반영

가. 차량용량을 고려한 모형 구축

MOTOS에서 소개된 영국의 National Rail Model(NRM)은 복합수단 모델의 한 부분으로 각종 교통정책의 영향을 평가하기 위해 만들었다. 특히 NRM에서 적용한 통행배정 일반화 비용은 접근시간(access time), 도착시간(egress time), 대기시간(waiting time), 차내시간(in-vehicle time), 요금(fare), 과밀(crowding) 등이 있다. 여기서 과밀(crowding) 요소는 용량과 통행시간에 미치는 영향과의 상관관계를 분석함으로써 이용자의 경로선택 가능성을 고려하는 것이다. MOTOS에서는 과밀요소(Crowding Factor)를 일반화 비용으로 반영하는 것을 제시하였다.

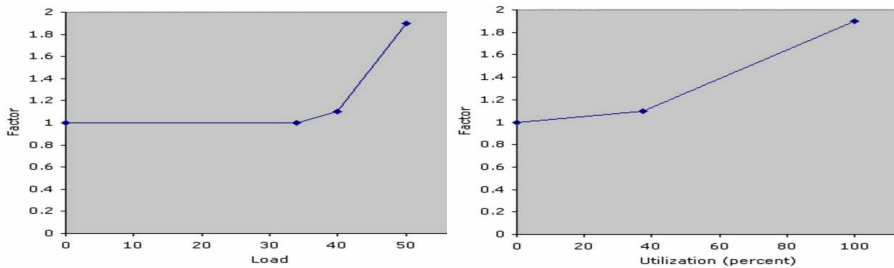
호주 MNTM에서도 과밀요소가 고려되는데, 과밀요소 반영 과정은 <그림 3-9> 3)와 같다. 그림에서와 같이 수단선택 모형의 결과를 통행배정했을 때 계산된 과밀 차내시간 (Crowding In-vehicle Time)은 다시 수단선택모형에 입력되어서 수단선택과 통행배정단계를 다시 거치게 된다.



〈그림 3-9〉 호주 대중교통 분석모형의 과밀요소

- 3) Bill Davidson, Peter Vovsha, Mohammad Abedini, Chaushie Chu, and Rory Garland, "Impact of Capacity, Crowding, and Vehicle Arrival Adherence on Public Transport Ridership: Los Angeles and Sydney Experience and Forecasting Approach", Australasian Transport Research Forum 2011 Proceedings, 2011.

CUBE에서는 과밀모형(Crowding model)을 이용하여 대중교통 수단의 차내 용량을 고려하였다. CUBE 과밀모형은 링크 통행시간을 반영하는 방법과 대기시간을 반영하는 두 가지 방법이 있다. 링크통행시간을 반영하는 방법은 차내시간에 과밀요소(Crowding Factor)를 곱하여 계산된다. 예를 들어 40석의 좌석이 있는 버스에 대하여 최대 탑승승객은 50명이고, 차내 혼잡이 0.85일 때(34석/40석) 입석이 시작된다고 가정하면, 이때부터 차내 혼잡계수는 1.0을 넘게 되며 40을 넘으면 더 가파르게 증가한다.



〈그림 3-10〉 과밀모형(Crowding model)의 혼잡도

자료 : CUBE Manual 『CUBE 6.0 Professional transportation modelling system, citilabs』

대기시간에 차내혼잡을 반영하는 방법은 두 가지의 경우를 고려한다. 혼잡이 반영되지 않은 모형에서 이용자는 처음 도착하는 차량을 이용하여 자신이 원하는 지점에서 하차할 수 있다. 하지만 혼잡이 반영되는 모형에서는 도착한 첫 번째 차량을 이용할 확률은 낮아진다. 그로 인하여 자신이 원하는 차량에 대한 대기시간이 증가하거나 다른 노선을 이용하여 차외 대기시간이 증가할 수 있다.

나. 대중교통 수단특성을 반영

일본국제협력기구(JICA)에서는 BRT 수요예측을 위한 수단분담 모형 구축 시 수단특성을 반영하기 위해 SP조사와 RP조사를 수행하였다. 수단분담 모형은 승용차, 오토바이, 일반버스, BRT의 4가지 선택대안이며, 각각의 통행 시간과 통행비용을 대안특성변수(Alternative Specific Variable)로 추정하였다. 수단별 VOI(Value of Time) 검증, 적중률 분석 등을 통해 모형을 검증하고 보정하여 최종적으로 BRT 수요를 예측하였다.

〈표 3-2〉 여객 수단선택의 효용함수 파라미터 값

(단위 : 분, VND)

수 단	T_{TIME}	T_{COST}	상수항
오토바이	-0.03244207	-0.00081714	1.78542642
승용차	-0.02610845	-0.00004400	-
버스	-0.03040653	-0.00077420	2.27192611
BRT	-0.08307098	-0.00046756	2.98883463

자료 : JICA 『THE STUDY ON URBAN TRANSPORT MASTER PLAN AND FEASIBILITY STUDY IN HO CHI MINH METROPOLITAN AREA』 2005.

제3절 해외 대중교통 수요분석 모형구축 사례

1. 네트워크 및 O/D

가. 네트워크

CUBE를 이용한 해외 대중교통 수요분석 모형의 네트워크는 노드와 링크로 구성되어 있다.

노드의 경우 해당 노드의 성격을 표현할 수 있는 다양한 속성값이 구축되어 있다. 노드(node)가 위치하는 지역 속성, 지형 속성, 환승주차장 속성, 대중교통 이용요금제 속성, 유료도로의 시점과 종점에 대한 비용 속성 등의 다양한 속성을 표현하고 있다.

링크의 경우 도로/철도의 특성을 반영할 수 있는 다양한 속성이 구축되어 있다. 아래의 표에서와 같이 거리, 차선수, 용량, 도로 등급, 통행 자유속도, 통행량, BPR α , BPR β 등이 제시되어 있다. 링크에 구축되는 속성은 분석 범위, 분석 목적에 따라 다르다.

〈표 3-3〉 모리스 카운티 모형의 노드 속성

Name	Value	Count	속성
N	노드	9084	노드번호
X, Y	X, Y 좌표	-	노드의 좌표값
APNUM	0~6	8884	링크타입 더미
EXTNUM	0~6	8876	링크 타입 더미
APMAX	0~12	8884	링크 타입 더미
APFNM	0~4	8884	링크 타입 더미
EXTMAX	0~15	8884	링크 타입 더미
APLCM	0~2	8884	링크 타입 더미
APPOWR	0~3	2340	진입 램프 더미 노드
EXTOWR	0~2	2289	진출 램프 더미 노드
APLMX	0~6	8884	링크 타입 더미
APLMN	0~6	8884	링크 타입 더미
TONLYN	0	0	-
NN	0~10382	6785	일반노드 번호
LINKCNT	2~5	6788	연결 교차로
CONTROLLED	0~2	1821	(교통량)관측 지점
OLD_NODE	0~5026	1362	외곽 노드
SUB_TYPE2	0~3	612	존 센트로이드
OLD_NODE2	0~13955	8653	노드번호
GEOMEIRYSOURCE	0, 1	8895	지형 특성

자료 : 『Morris County model』, 2005

〈표 3-4〉 모리스 카운티 모형의 링크 속성

Name	Value	Count	속성
A, B	NUM	31971	노드번호
DISTRICT	0~9999	13658	구역구분
LENMILES	0~80.31	13313	거리
FINCLASS	1~16	13680	VDF
DIST(LEFT, RIGHT)	0~39	13195	길어깨 폭
ONEWAY	1, 2	13680	일방향도로
FT	1~12	19509	링크특성
ALCOEFF	0.08~1.5	19509	BETA
NRILANE	1, 2	17	-
LWIDTH	10~12	19509	차선평
LINKTYPE	0, 1	19329	링크 타입
CAPACITY	850~18000	19509	용량
COUNTY(I)	NUM	22	관측 교통량
TOLLFAC	0, 1	3236	통행료
REFZONE	0~2000	19507	
SPEED LMT	0~70	16062	제한속도
SHAPELEN	1.77~22982	19509	모형상 거리
SILABEL	-	-	도로명
MP(FROM, TO)	NUM	-	-
LANES(NE, SW)	0~6	13200	차선수
MODEL	0, 1	13680	-
DISTANCE	NUM	19509	거리
TERIYPE	0, 1, 2	19330	지형특성
BICOEFF	4~7	19509	ALPHA
NRILANE	1, 2	14	-
LSHOULD	0, 1	19329	-
QUEFLG	0, 1	19329	-
SPEED	10~68.5	19509	속도
YEARCT1	0~2003	22	개통년도
SCRLINE	0, 1	2	스크린라인
GEOMETRY	1	19509	지형
CTIME	0~128.50	09509	통행시간

자료 : 『Morris County model』, 2005

나. O/D

국외 모형에서는 기본적으로 통행목적별로 PA 접근방법을 통한 통행량을 예측하고 있다. 특히 대중교통 수요 분석시에는 접근수단 통행량을 고려하여 수행하고 있다.

〈표 3-5〉 목적 O/D 및 접근수단 O/D 구축 현황

	올림푸스 시범모형 ¹⁾	모리스카운티 모형 ²⁾	노스플로리다 모형 ³⁾
목적 O/D	Homebased work Homebased school Homebased service Homebased Other Non Homebased Truck-taxi	Homebased work Homebased school Homebased Other Non Homebased work	-
접근수단 O/D	-	walk to rail walk to bus drive to rail drive to bus	Walk to bus PNR to bus KNR to bus KNR to bus at CBD 외부통행

자료1) : 『Olympus training model』, 2010

자료2) : 『Morris County model』, 2005

자료3) : 『North florida model』, 2006

2. 대중교통 관련 기초자료 분석

가. 대중교통 노선 및 수단

대중교통 관련 기초자료 중 대중교통 노선은 노선명, 노선운행 수단, 노선운행 주체, 노선특성, 차두시간의 속성으로 구성되어 있다. 국내의 대중교통 노선자료와 비교해 보면, 노선운행주체를 선정한다는 점을 제외하고 다른 속성에 대하여 국내 노선자료와 비슷하다. 이러한 노선운행주체는 대중교통 요금제를 운행주체에 따라 지정해 주기 위해 사용하며, 이를 이용하여 다양한 요금 제도를 반영할 수 있다.

〈표 3-6〉 모리스 카운티 모형의 대중교통 노선데이터

Name	범위	갯수	속성
NAME	NAME	107	노선명
MODE	0~10	14199	대중교통 수단
OPERATOR	0~10	14199	대중교통 운영주체
ONEWAY	0, 1	14199	일방통행
CIRCULAR	0, 1	1002	순환노선
HEADWAY[1]	0~180	11712	차두시간
HEADWAY[2]	0~360	10019	차두시간
COLOR	0~14	13965	노선 색상

자료 : 『Morris County model』, 2005

대중교통 요금은 CUBE에서 제공하는 요금 구현방법에 따라 반영할 수 있다.

- ACCUMULATE : 통행거리를 경유한 존의 개수에 따라 대중교통 요금 추정
- FLAT : 통행거리에 관계없이 일정한 요금 추정
- DISTANCE : 이동거리를 기준으로 요금 추정
- HILOW : 경유한 요금존에 대한 최고요금존과 최저요금존의 차이를 반영한 요금 추정
- FROMTO : 승차지점과 하차지점의 요금존이 차이를 반영한 요금 추정
- FREE : 무료

FARESYSTEM, NUMBER=4, LONGNAME="WHAT PB FARES", NAME="WHAT PB FARE",
 STRUCTURE="FLAT" SAME="CUMULATIVE",
 IBOARDFARE=1.00,
 FAREFROMFS=1.00,1.00,0.00,0.00,1.00,1.00

〈그림 3-11〉 CUBE의 대중교통 요금제 표현방법

자료 : 『Morris County model』, 2005

SIRUCTURE를 통하여 요금제 방식을 선정하고, IBOARDFARE를 통하여 최초 탑승 요금을 지정한다. FAREFROMFS를 통하여 요금제별 환승 요금을 표현할 수 있다. 순서대로 요금제 1번, 2번, ..., 6번 요금제를 적용하는 수단으로의 환승에 대한 환승비용을 1.00, 1.00, ..., 1.00으로 표현할 수 있다.

대중교통 노선데이터에서 교통수단 적용을 살펴보면 접근수단과 주 수단의 수단을 모두 정의하여 분석을 수행한다. 이는 대중교통 수요분석시 접근통행(차외통행)과 주통행(차내통행)으로 구성되는 특성을 반영할 수 있다. CUBE에서의 대중교통 수단은 System file을 통하여 정의할 수 있다.

〈표 3-7〉 모리스 카운티모형의 대중교통 수단 특성

수단	Value	수단명	수단 속성
접근	1	WALKACC	WALK ACCESS CONNECTOR NAME
	2	AUTOCON	AUTO CONNECTORS NAME
	4	ALLWALK	ALLWALK CONNECTORS NAME
대기	11	PLATFORM	RAIL PLATFORM LINKS NAME
환승	12	WALKXFR	WALK TRANSFER LINKS NAME
Winter Haven 구역	21	LB WHAT	WINTER HAVEN LOCAL BUS NAME
	22	PREM WHAT	WINTER HAVEN PREM BUS NAME
	23	CIRC WHAT	WINTER HAVEN CIRCULATOR NAME
	24	RAIL WHAT	WINTER HAVE OTHER RAIL NAME
	25	COMRAIL WHAT	WINTER HAVEN COM RAIL NAME
Lake Land 구역	31	LB ILT	LAKELAND LOCAL BUS NAME
	32	PREM ILT	LAKELAND PREM BUS NAME
	33	CIRC ILT	LAKELAND CIRCULATOR NAME
	34	RAIL ILT	LAKELAND OTHER RAIL NAME
	35	COMRAIL ILT	LAKELAND COM RAIL NAME

자료 : 『Morris County model』, 2005

나. 대중교통 수요분석을 위한 파라미터 설정

대중교통 수요분석을 위해 해외모형에서 적용된 파라미터는 우선 Leg(접근/환승 링크)의 범위설정, 대기 시간 곡선 및 대기 시간 가중치, 탑승 시간 가중치, 환승 시간 가중치, 운행시간 가중치를 설정 할 수 있다.

접근 및 환승에 대한 가상링크의 접근범위는 분석 모형에서 존 특성에 따라 다른 범위를 지정하고 있으며, 수단에 대하여 각기 다른 비용 범위를 지정하고 있다. 비용의 산출 근거는 링크속성의 거리와 통행시간에 따라 비용을 추정한다. 위에서 언급한 모형들은 접근 및 환승에 대하여 0.5~0.6의 비용을 적용하고 있으며, 자동차에 대한 접근에 대하여 3.0~10.0의 비용을 적용하고 있다.

대기시간 곡선은 배차간격에 대한 대기시간에 대한 곡선으로 올림푸스 시범모형, 노스플로리다 모형에서는 30분, 모리스카운티 모형에서는 15분이상의 대기시간을 허용하지 않도록 제약하고 있다. 또한, 탑승대기 시간과 환승 대기시간, 수단에 따른 대기시간 곡선을 작성 할 수 있기 때문에 수단에 따라 다양한 대기시간을 고려할 수 있다.

대기시간 가중치, 운행시간 가중치, 환승시간 가중치, 탑승시간 가중치는 속성과파일(Factor File)을 통하여 모형별로 선정 할 수 있다. 속성과파일(Factor file)에서는 노선 데이터와 시스템 파일과 요금 파일에서 설정된 값들을 연결하여 하나의 대중교통에 대한 요소로 작용할 수 있도록 하여 모형 전체의 틀을 완성해주는 기능을 한다.

운행시간 가중치는 차외시간에 대한 사용자의 저항시간을 의미한다. 올림푸스 시범모형과 노스플로리다 모형의 경우 보행 및 대기시간, 환승시간에 대하여 20의 가중치를 적용하였으며, 모리스 카운티 모형에서는 차량접근시간에 대하여 100을 적용하여 차량접근의 저항심리가 크게 작용하는 모형이다.

대기시간 가중치는 세 모형에서 모두 200을 적용하였다. 대기시간 가중치는 대기시간 곡선에서 추정된 배차간격에 따른 대기시간에 대한 저항을

의미한다.

탑승가중치는 대중교통 이용에 따른 탑승에 대한 저항을 의미하며 세 모형에서 2.00을 적용하였다.

환승가중치는 3가지의 종류를 모형에 적용할 수 있다. X_{fepen} 은 분단위의 환승 시간을 더하는 방법이며, $X_{fefactor}$ 는 환승시간에 대하여 가중치를 곱하는 방법이다. $X_{ficonst}$ 는 X_{fepen} 에 적용한 환승시간에 환승시간을 추가하는 방법으로 대중교통 통행배정모형에서 나타나는 불필요한 환승을 제약할 수 있는 방법으로 판단된다.

〈표 3-8〉 해외대중교통 수요분석 모형의 대중교통 파라미터

파라미터	올림푸스 시범모형1)		모리스카운티 모형2)		노스플로리다 모형3)	
운행시간가중치 (Runfactor)	보행접근 대기시간 환승접근	2.0	차량접근	1.00	보행접근 대기시간 환승접근	2.0
대기시간가중치 (Waitfactor)	2.0		2.0		2.0	
탑승가중치 (Boardpen)	대중교통수단	2.0	대중교통수단	2.0	대중교통수단	2.0
환승가중치1 (X_{fepen})	대중교통수단	0.0	대중교통수단	0.0	대중교통수단	0.0
환승가중치2 ($X_{fefactor}$)		1.0		1.0		1.0
환승가중치3 ($X_{ficonst}$)		5.0		5.0		10.0

자료1) : 『Olympus training model』, 2010

자료2) : 『Morris County model』, 2005

자료3) : 『North florida model』, 2006

제4절 소 결

본 장에서는 해외 대중교통 수요분석의 일반적인 방법론과 이를 근거로 구축된 대중교통 수요 분석 모형을 검토하였다. 또한 지속적으로 제기되고 있는 국내 대중교통 수요 분석의 문제점에 대해 해외 대중교통 수요분석 사례를 검토하였다. 이를 토대로 정리하면 다음과 같다.

첫째, 대중교통 수요 분석에 대한 기준 및 방법론에 대해 검토 하였다.

미국은 지자체별로 교통수요 분석 모형을 구축하고 있으며, 이를 대중교통 수요 분석시 활용하고 있다. 모형 구축 및 검증 등에 대한 기준이 제시되어 있으며, 이에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 유럽 연합에서는 MOTOS와 같은 교통 수요 분석 매뉴얼을 통하여 유럽연합의 교통수요 분석 지침을 제시하고 있다.

국내와 마찬가지로 해외에서도 대중교통 수요추정을 위해 주로 최적전략 통행배정모형(Optimal Strategy Assignment)을 적용하고 있으며, 이 때 차외시간 등 일반화 비용과 파라미터를 비교적 구체적으로 제시하고 있다.

둘째, 대중교통 수요분석 시 환승통행 구현과 대중교통 수단특성 반영에 대한 사례를 검토 하였다.

대중교통 환승통행 구현사례를 살펴보면, 아틀란타에서는 Cube의 대중교통 Leg (접근/환승 링크)를 통하여 대중교통 수단으로의 접근통행, 환승통행과 같은 통행행태를 구현하였다. 애리조나주에서는 Emme를 이용하여 주요 환승 지점의 환승링크를 직접 연결함으로써 수단간 환승을 구현하였다.

대중교통 수단특성을 반영한 사례를 살펴보면, 유럽연합 MOTOS와 CUBE에서는 과밀요소(Crowding Factor) 등을 고려하여 수단 용량을 검토하였다. 또한 일본국제협력기구(JICA)에서는 신교통수단 특성을 반영하여 대중교통 수단분담 모형을 구축하였다.

셋째, 해외 대중교통 수요분석 모형으로는 올림푸스 시범모형(Olympus training Model, 2010), 모리스카운티(Morris County Model, 2005), 노스플로리다 모형(North Florida Model, 2006)을 검토하였다. 각 모형의 네트워크 속성, 통행량을 분석하였으며, 대중교통 분석을 위한 기초 데이터 및 파라미터에 대해 분석하였다.

네트워크의 링크 및 노드 속성은 실제 도로 및 철도 네트워크의 속성을 모형화하기 위하여 지형특성, 차로 폭, 길 어깨 폭과 같은 미세한 속성까지 표현하였다. 통행O/D는 대중교통 수단의 접근수단에 대한 O/D를 이용하여 분석에 적용하고 있어 대중교통 수단의 접근수단 + 주통행 수단을 연계한 분석을 수행하고 있다. 대중교통 속성으로는 노선자료, 요금제, 대중교통 수단이 있으며, 대중교통 분석의 파라미터로 운행가중치, 대기시간 가중치, 탑승시간가중치, 환승시간 가중치를 이용하고 있다.

이들 해외 대중교통 수요분석 모형의 구체적인 사례분석 결과는 부록에서 자세히 설명하였다.

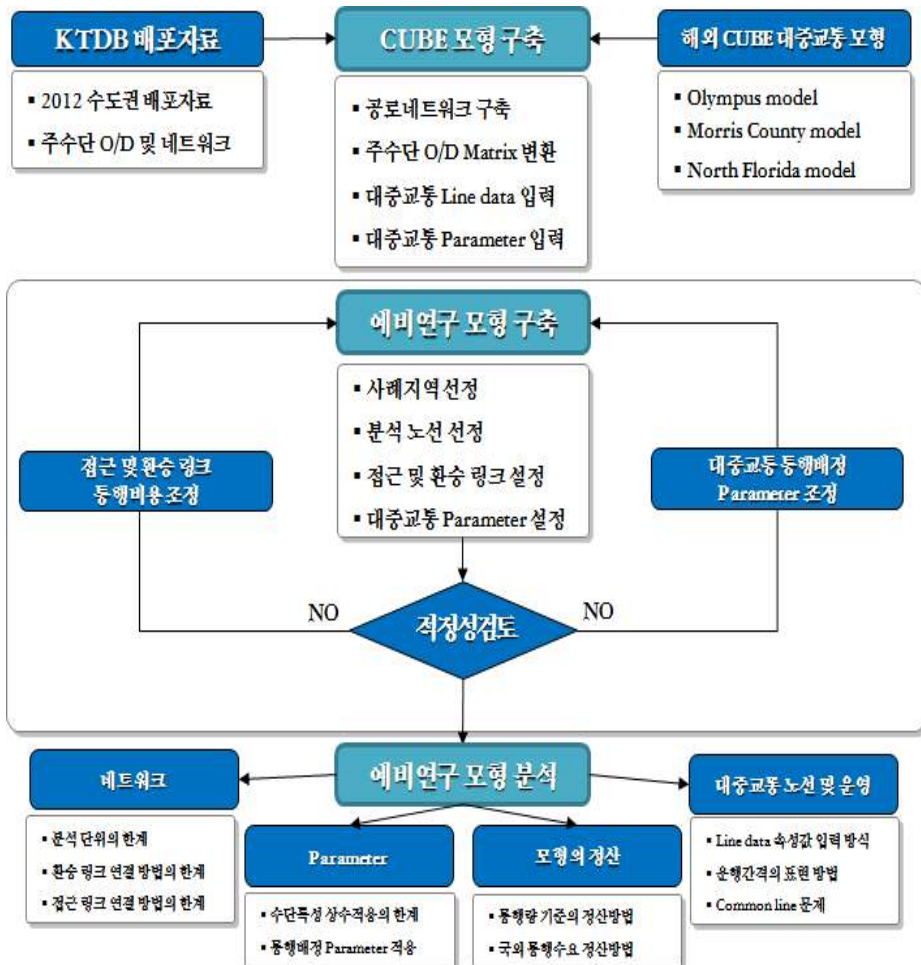
제4장 대중교통 수요분석 예비연구모형

본 장에서는 대중교통 수요분석 모형 구축을 위한 예비연구로서 해외 연구 사례를 토대로 국내 대중교통 수요분석의 예비연구 모형을 구축하였다.

해외사례를 검토한 결과, 교통수요 패키지 중 CUBE를 활용한 대중교통 모형 구축이 대중교통 수요분석에 가장 적합한 것으로 나타났다.

해외 대중교통 수요분석 모형에 적용된 네트워크, O/D, 대중교통 노선 데이터, 파라미터 등에 대한 시사점을 토대로 국내 대중교통 수요분석의 예비 모형을 구축하였다. 이를 통해 국내 대중교통 수요분석 예비연구 모형의 구축방향 및 국내 적용가능성을 검토하였다.

또한 대중교통 수요분석의 예비연구 모형 구축시 나타난 문제점을 종합적으로 검토하여 대중교통 수요분석의 한계점을 도출하고, 개선방향을 제시하였다.



〈그림 4-1〉 대중교통 수요분석 예비연구의 흐름도

제1절 KTDB의 수도권 배포자료 현황 분석(2012)

1. 네트워크

2010년 기준연도 네트워크는 총 1237개의 교통존(수도권 내부:1107개, 수도권 외부:130개)으로 구분되어 있다. 교통분석 네트워크는 공로 네트워크와 버스 전용차선, 지하철 및 전철의 Line노선 데이터를 포함한 통합네트워크로 구축되어 있다.

가. 노드(Nodes)

노드 자료의 형식은 필수항목인 노드_ID, x좌표, y좌표가 있으며, 좌표체계는 UTM WGS1984체계를 적용하고 있다. 그 외 교통존번호, 요금소 코드, 지역구분, 노선명 및 역이름, 고속도로 요금소 명칭으로 구성되어 있다.

〈표 4-1〉 2012 KTDB배포자료의 노드 속성 구분

HEAD	설명	비고
센트로이드여부	a(일반노드), a*(센트로이드)	
Node_ID	노드ID	
Node_X	X좌표	UTM (지역 52)의 WGS1984체계
Node_Y	Y좌표	
TAZ	Serial 존 번호	1~1237
요금소Code	일반(0), 요금소(1)	
Area	지역구분	서울, 인천, 경기, 수도권외
Station_Name	역명	전철/지하철 한글 역 명칭
Station_Type	역구분	수도권내 전철역은 1
요금소Name	요금소명	고속도로 요금소 명칭

자료 : 한국교통연구원, 『여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사』, 2012

나. 링크(Links)

링크의 속성은 기점노드, 종점노드, 도로유형, 실거리 연장, 편도 차로수, 초기속도, 1일 기준 용량, 지체함수번호, α 계수, β 계수, 이용수단의 필수적인 속성값과 차종별 가중치, 도로번호, 구간명, 관측교통량, 장래 계획 및 개통 연도로 구성되어 있다.

링크 타입은 14개로 구분되어 있으며, 각각 존 센트로이트 커넥터와 도로 링크, 램프, 버스 중앙차로 본선 및 연결선, 지하철 본선 및 탑승링크, 환승 링크로 구성되어 있다.

〈표 4-2〉 2012 KTDB배포자료의 링크 데이터의 자료구조

HEAD	설명	단위	비고
From_node	기점노드	NodeID	
To_node	종점노드	NodeID	
Link_Type	도로유형	Rank	코드테이블 참조
Length	실거리 연장	Km	
Lane	편도 차로수	#	
Speed	초기속도	Km/h	
Capacity	1일 기준 용량	초기용량*Lane*10	10시간용량
Function	지체함수번호	#	Function코드 테이블참조
BPR α	α 계수		
BPR β	β 계수		
Mode	Mode정의	Char	코드테이블참조
Weight_auto	승용차통행료가중치	분	링크거리 반영
Weight_bus	버스통행료가중치	분	
Weight_truck	트럭통행료가중치	분	
Road_Name	도로번호	Char	
Road_Name_A	지자체지정 구간명	Char	
Bus_Volume(day)	1일 18시간 버스교통량	대/일	Line 노선 데이터 배정
Volume_Check	교통량조사지점Code	Code	
Volume_Check_auto	관측교통량	pcu/일	
Volume_Check_bus	관측교통량	pcu/일	
Volume_Check_truck	관측교통량	pcu/일	
F_Link_ID	장래도로/철도계획	Code	
F_Link_Year	개통년도	yyy	
F_Link_Type	계획유형(신설, 확장)	Code	신설=1, 확장=2

자료 : 한국교통연구원, 『여객 기중점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사』, 2012

〈표 4-3〉 2012 KTDB배포자료의 링크타입 구분

Type	설명	Type	설명
100	존연결링크	107	시군도
101	고속국도	108	램프
102	도시고속화도로	200	버스중앙차로_본선
103	일반국도	201	버스중앙차로_연결링크
104	특별/광역시도	300	지하철_본선
105	국가지원지방도	301	지하철_승하차
106	지방도	302	지하철_환승

자료 : 한국교통연구원, 『여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사』, 2012

2. O/D 데이터

KTDB중 수도권 기준연도 O/D는 목적 O/D, PA목적 O/D, PA목적별 주수단 O/D, 주수단 O/D로 구성되어 있다.

- 목적 O/D(10개 목적) : 배웅, 귀가, 출근, 등교, 학원, 업무, 귀사, 쇼핑
여가/오락, 기타
- PA목적 O/D(8개 목적) : 가정기반 (출퇴근, 등하교, 학원, 쇼핑, 기타)
비가정기반(업무, 쇼핑, 기타)
- 수단 O/D(18개 수단) : 도보, 승용차, 승용차 동승, 시내버스, 시외버스,
마을버스, 광역버스, 고속버스, 기타버스, 지하철/
전철, 일반철도, KTX, 택시, 소형화물, 중· 대형
화물, 오토바이, 자전거, 기타수단
- PA목적별 주수단 O/D
 - 목적구분(4개 목적) : 가정기반 출퇴근(출근), 가정기반등하교(등교, 학원), 가정기반기타(쇼핑,기타), 비가정기반통행(업무, 쇼핑, 기타)
 - 수단구분(9개 주수단) : 도보/자전거, 화물/기타, 비노선버스, 철도, 승용차, 택시, 버스, 지하철, 버스+ 지하철
- 주수단 O/D(9개 주수단) : 도보/자전거, 화물/기타, 비노선버스, 철도, 승용차, 택시, 버스, 지하철, 버스+ 지하철

O/D 자료를 대중교통 예비연구에 적용하기 위해 주수단 O/D(9개 주수단)를 이용하였으며, 그중 버스 O/D, 지하철 O/D, 버스+지하철 O/D를 대중교통 수요분석에 적용하였다.

〈표 4-4〉 2012 KTDB배포자료의 주수단 O/D 통행량

(단위 : 통행/일)

구 분	O/D	통행량
주수단	BUS	10,159,999.90
	SUBWAY	4,655,111.89
	BUS+SUBWAY	2,598,726.27
TOTAL		17,413,838.06

자료 : 한국교통연구원, 『여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사』, 2012

3. 대중교통 노선(Line data)

2010년 KTDB 배포자료의 네트워크 수단은 12가지 종류로 구분되어 있다. 이중 대중교통 노선데이터로 설정되어 있는 대중교통 수단은 지하철/전철, 고속버스, 광역버스, 시내버스에 대하여 노선 데이터가 존재하며 다른 대중교통 수단에 대한 노선 데이터는 구축되지 않았다.

〈표 4-5〉 2012 KTDB배포자료의 수단(Mode) 종류

이름	Mode	영문	이름	Mode	영문
승용차	a	Auto	고속버스	x	Express_bus
도보	p	Pedestrian	시외버스	g	Regional_bus
화물차	t	Truck	광역버스	m	Metro_bus
지하철/전철	s	Subway	시내버스	l	Community
일반철도	r	Rail	마을버스	u	Circular
고속철도	e	Express rail	기타버스	c	Etc_bus

자료 : 한국교통연구원, 『여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사』, 2012

링크 타입(Link type) 별 수단(Mode)의 설정은 다음과 같다.

〈표 4-6〉 2012 KTDB배포자료의 링크 타입별 수단 설정

Type	설명	Mode	Type	설명	Mode
100	준연결링크	ALL MODE	107	시군도	aptxgmluc
101	고속국도	aptxgmluc	108	램프	aptxgmluc
102	도시고속화도로	aptxgmluc	200	버스중앙차로_본선	xgmlc
103	일반국도	aptxgmluc	201	버스중앙_연결링크	pxgmlc
104	특별/광역시도	aptxgmluc	300	지하철_본선	s
105	국가지원지방도	aptxgmluc	301	지하철_승하차	p
106	지방도	aptxgmluc	302	지하철_환승	p

자료 : 한국교통연구원, 『여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사』, 2012

대중교통 노선자료는 노선명, 노선타입, 표정속도, 배차간격, 정류장 정차 시간(Dwell time), TIF 함수(통행시간 선택), 수단설정, 용량의 속성으로 구성되어 있으며, 2187개의 버스노선과 34개의 지하철 노선으로 구성되어 있다.

〈표 4-7〉 2012 KTDB배포자료의 노선 데이터

HEAD	설명	단위	비고
Update code	ID	-	-
Line Name	노선명	Char	-
mode of the line	Mode	Char	Mode 정의 코드
Vehide type	Vehide	#	Vehide 정의 코드
line headway	day_headway	분	
line default speed	표정속도	km/h	
linedescription	노선_ID	ID	
userdata1	min_headway	분	
userdata2	max_headway	분	
userdata3	운영개시년도	#	기준년도=0,장래=yyyy
ttf	링크통행시간	-	
Path=no	-	-	기본형식
dwell time	정차여부	Char	dwt=num : 정차 dwt=#.00 : 무정차
경유노드 ID	노드ID	-	
Layover	회차소요시간	-	기본형식(=0)

ex) 서울_서울_6616 노선

a '1578 1 2 15.51 001 '서울_서울_6616' 9.6 16.8 0

ttf= 1

path=no

dwt= 1 18570

dwt=#.00 18572

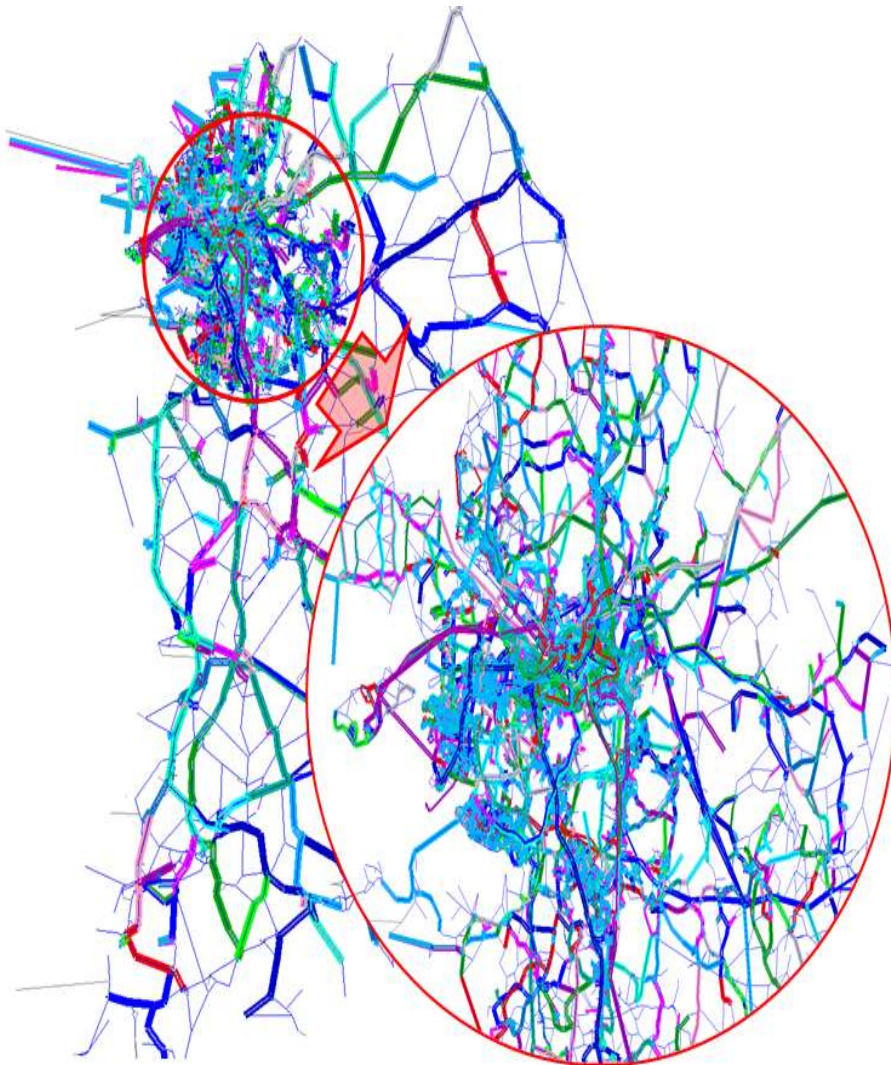
dwt= 1 18836

⋮

dwt= 1 18570

lay=0

자료 : 한국교통연구원, 『여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사』, 2012

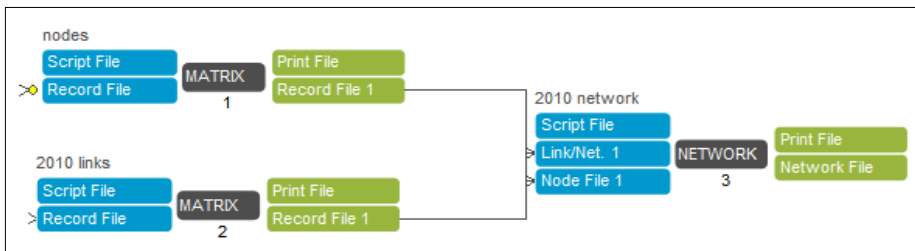


〈그림 4-2〉 2012 KTDB배포자료의 2457개 대중교통 노선

제2절 국내 대중교통 수요분석 예비연구 모형 구축

1. KTDB 배포자료를 이용한 CUBE 모형 구축

가. 네트워크 구축



〈그림 4-3〉 노드, 링크 데이터 입력 및 네트워크 합성

CUBE의 네트워크는 일반적인 교통 분석용 네트워크와 같이 센트로이드와 노드, 링크로 구성되어 있다. 센트로이드는 노드번호 1번부터 시작할 수 있으며, 네트워크의 존 개수를 설정하면 1번부터 연속된 번호로 센트로이드 번호를 지정할 수 있다. 이를 위하여 네트워크파일의 존 번호를 센트로이드의 노드번호로 지정하고, 일반노드에 대하여 배포자료의 노드번호를 그대로 적용 하였다.

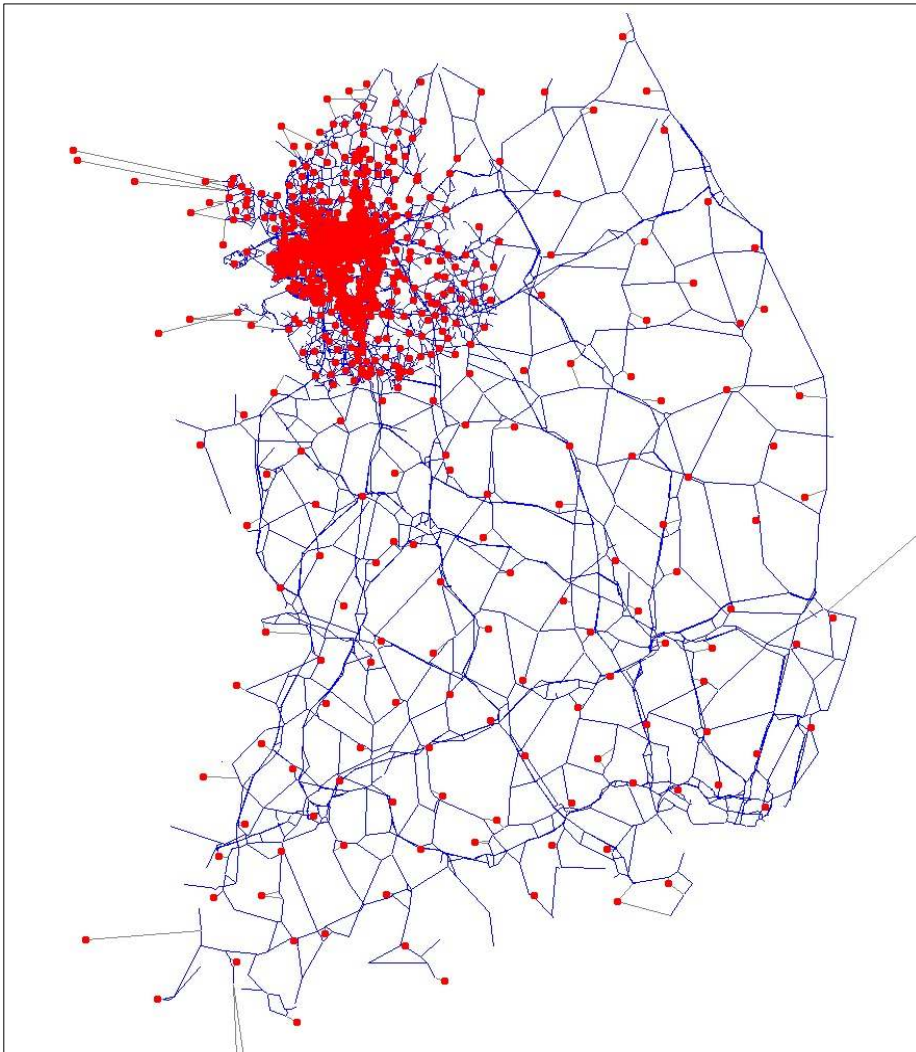
배포자료의 네트워크 파일에서 Node.DBF와 Link.DBF 파일로 각각 분류하고 각각의 데이터를 합성을 통하여 네트워크 파일을 구축할 수 있다.

N	X	Y	TAZ	GTYPE	AREA	SNAME	STYPE	SGATE	CENT
1	309237.7515	552895.4129	1	0	1101053	None	0	None	1
2	310304.9961	553751.1223	2	0	1101054	None	0	None	1
3	308738.9204	555305.6801	3	0	1101055	None	0	None	1
4	309127.5881	557309.7426	4	0	1101056	None	0	None	1
5	308180.5448	553293.6554	5	0	1101057	None	0	None	1
6	308705.6742	552616.4649	6	0	1101058	None	0	None	1
7	310662.3222	554005.7603	7	0	1101060	None	0	None	1
8	310558.4122	552814.5558	8	0	1101061	None	0	None	1
9	312223.9017	552790.4504	9	0	1101063	None	0	None	1
10	312102.4552	553561.3349	10	0	1101064	None	0	None	1

〈그림 4-4〉 네트워크 노드입력 파일

A	B	TYPE	DISTANCE	NLANE	SPEED	CAP	FUNCTION	ALPHA	BETA	MODE	ALUWEI	BUWEI	PRWEI	RNAME	LNAME	BV	VCHE	APCU	BPCU	FFCU	TPCU
79351	79344	108	0.922064	2	50	20000	17	0.15	4	aptbgnluc	2.15	0.22	0.94	고속국도제55호	중앙선	0	0	0	0	0	0
79344	79351	108	0.922064	2	50	20000	17	0.15	4	aptbgnluc	2.15	0.22	0.94	고속국도제55호	중앙선	0	0	0	0	0	0
79349	79350	101	10.21496	2	90	34000	1	0.611	2.772	aptbgnluc	2.4792	0.2554	1.1457	고속국도제55호	중앙선	0	0	0	0	0	0
81575	81576	108	0.46208	1	50	10000	17	0.15	4	aptbgnluc	0	0	0	고속국도제35호	중부선	0	0	0	0	0	0
81575	81577	101	0.57491	2	90	34000	1	0.611	2.772	aptbgnluc	0.1384	0.0143	0.064	고속국도제35호	중부선	0	0	0	0	0	0
81894	81895	101	6.231544	4	107	76000	2	0.526	2.707	aptbgnluc	1.5128	0.1558	0.6991	고속국도제1호	경부선	0	0	0	0	0	0
81945	81896	108	1.103312	2	50	20000	17	0.15	4	aptbgnluc	0	0	0	고속국도제1호	경부선	0	0	0	0	0	0
81933	81896	101	1.556249	3	107	57000	2	0.526	2.707	aptbgnluc	0.3788	0.039	0.1751	고속국도제1호	경부선	0	0	0	0	0	0
81957	81312	103	3.373992	2	65	33000	6	0.668	1.911	aptbgnluc	0	0	0	일반국도제1호	천안대로	0	0	0	0	0	0
81312	81957	103	3.373992	2	65	33000	6	0.668	1.911	aptbgnluc	0	0	0	일반국도제1호	천안대로	0	0	0	0	0	0
83347	81359	103	7.672729	2	65	33000	6	0.668	1.911	aptbgnluc	0	0	0	일반국도제21호	0	0	0	0	0	0	
81359	83347	103	7.672729	2	65	33000	6	0.668	1.911	aptbgnluc	0	0	0	일반국도제21호	0	0	0	0	0	0	
94599	78008	103	38.93068	1	60	8000	5	0.686	1.991	aptbgnluc	0	0	0	일반국도제8호	0	0	0	0	0	0	

〈그림 4-5〉 네트워크 링크입력 파일



〈그림 4-6〉 2012 KTDB배포 네트워크

나. 주수단 O/D 구축

주수단 O/D의 배포자료는 다음과 같은 형식으로 구성되어 있다.

〈표 4-8〉 주수단 O/D의 원자료 형식

COLUMN 순서	설명	형태	비고
1	기점	정수형	존체계
2	기점_CODE	정수형	존체계
3	종점	정수형	존체계
4	종점_CODE	정수형	존체계
5	도보/자전거	실수형	
6	화물/기타	실수형	
7	기타버스(시외,고속,기타버스)	실수형	
8	일반철도/KTX	실수형	
9	승용차	실수형	
10	택시	실수형	
11	버스	실수형	
12	지하철	실수형	
13	버스+ 지하철	실수형	

자료 : 한국교통연구원, 『여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사』, 2012

입력 자료로부터 기점과 종점 각각의 통행량을 수단별 O/D 매트릭스로의 변환이 필요하다. `FIELDS=#1,3,0,5-14 PATTERN=IJM:V`를 통하여 각각의 수단 통행량을 O/D 매트릭스로 변환할 수 있다.

각각의 O/D 매트릭스를 MI.1.1(9)은 입력파일을 지정하는 명령어이고, MW[1]은 결과 파일의 매트릭스를 구축하는 명령어로 매트릭스를 각 수단별 매트릭스 시트1~9으로 분류한다.

```

RUN PGM=MATRIX PRNFILE="F:\transit_ktddb1\02. OD\00. ODAPPLICATION\ODMAT00A.PRN" MSG='main mode od
FILEO MATO[1] = "{CATALOG_DIR}\02. od\03. main mode OD\OD_MMODE_10_F.mat",
MO=1-9, NAME=PED_BIKE, FREIGHT, ETC_BUS,RAIL_KTX, AUTO, TAXI,BUS,SUBWAY,BUSUBWAY
FILEI MATI[1] = "{CATALOG_DIR}\02. od\03. main mode OD\OD_MMODE_10_F.TXT",
FIELDS=#1,3,0,5-14 PATTERN=IJM:V

ZONES=1237
FILLMW MW[1]=MI.1.1(9)

ENDRUN

```

〈그림 4-7〉 O/D매트릭스 입력 코드

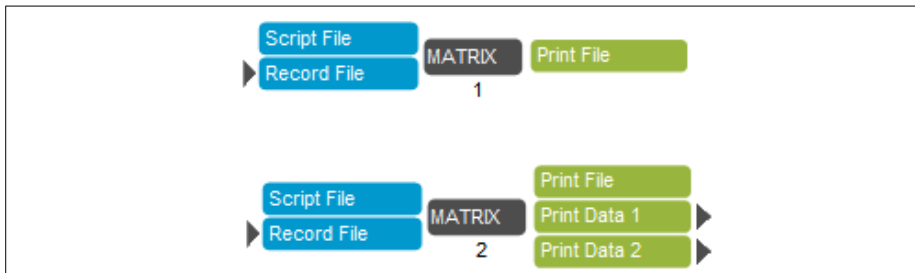
1 PED_BIKE	2 FREIGHT	3 ETC_BUS	4 RAIL_KTX	5 AUTO	6 TAXI	7 BUS	8 SUBWAY	9 BUSUBWAY				
Sum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
2598726.27	4087.10	3740.08	3398.23	8454.81	4116.39	6995.84	836.71	7576.38	32557.46	8043.35	4244.13	
1 5425.03	24.00	1.00	3.00	0.00	0.00	1.00	2.00	4.00	56.51	3.00	1.00	
2 2109.23	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
3 3747.10	1.00	3.00	128.17	1.00	0.00	0.00	6.00	2.00	0.00	3.00	2.00	
4 8192.29	2.00	0.00	1.00	2.00	224.85	111.80	4.00	4.00	3.00	2.00	0.00	
5 5757.86	2.00	0.00	1.00	360.73	3.00	2.00	0.00	0.00	307.85	0.00	0.00	
6 6151.73	0.00	0.00	0.00	101.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
7 837.60	2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	1.00	7.00	3.00	0.00	0.00	1.00	
8 5485.71	3.00	0.00	4.00	1.00	3.00	1.00	4.00	231.89	5.00	2.00	2.00	
9 25427.77	62.91	0.00	1.00	153.24	0.00	1.00	0.00	8.00	35.00	2.00	4.00	
10 7526.76	2.00	0.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	3.00	15.00	6.00	
11 3351.54	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00	5.00	
12 7195.62	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00	1.00	0.00	1.00	3.00	3.00	0.00	
13 542.90	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00	3.00	0.00	1.00	
14 830.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
15 1185.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	0.00	0.00	
16 1138.88	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	180.61	0.00	0.00	
17 1150.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	
18 1586.06	3.00	4.00	1.00	0.00	2.00	0.00	11.00	2.00	1.00	2.00	0.00	
19 12782.70	8.00	0.00	4.00	301.24	0.00	1.00	1.00	6.00	3.00	3.00	0.00	
20 12806.39	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	7.00	2.00	2.00	2.00	
21 30727.46	346.55	0.00	1.00	4.00	492.46	0.00	1.00	2.00	4.00	1.00	3.00	
22 4104.98	2.00	0.00	5.00	4.00	1.00	0.00	0.00	3.00	1.00	1.00	3.00	
23 10333.72	1.00	0.00	2.00	4.00	0.00	1.00	1.00	4.00	0.00	2.00	0.00	

〈그림 4-8〉 주수단 O/D의 CUBE Matrix

다. 대중교통 노선 데이터 입력

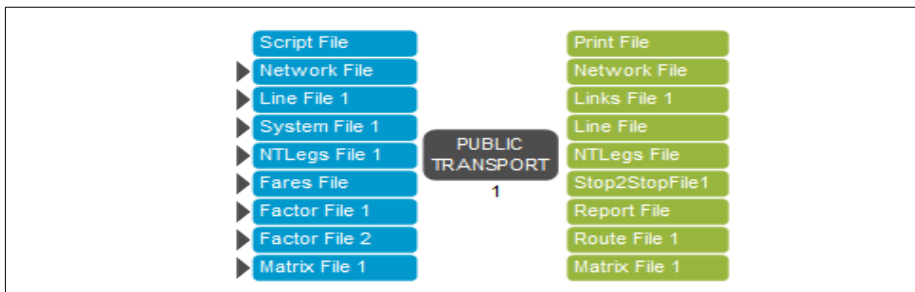
KIDB 배포자료의 대중교통 노선 데이터는 a를 Header로 갖고, 노선명, 수단, 차량 수, 침두 배차간격, 노선 ID, 최소 배차시간, 최대 배차시간, TIF 함수로 구성되어 있다. 정차시간은 무정차 정류장에 대하여 #.00으로 적용하고 있으며, 버스는 1.00, 광역좌석은 4.00의 시간을 적용하고 있다. 지하철은 0.0분으로 적용되어 있다. 버스와 광역좌석버스는 링크통행속도를 통행속도로 이용함으로 정차시간을 따로 지정할 필요가 있지만, 지하철은 표정속도를 이용하기 때문에 정차시간을 지정할 경우 정차시간이 중복되어 적용되는 오류가 발생할 수 있다.

CUBE에 적용하기 위해서는 국내 배포자료의 속성에 추가적으로 운영주체의 설정이 필요하며, 수단을 나타내는 I(시내버스), M(광역버스), X(고속버스), S(지하철/전철)를 시스템데이터에 설정한 수단 지정 번호로 변환해야 한다.



〈그림 4-9〉 EMMF형식의 대중교통 노선 데이터의 변환 Voyager

라. 대중교통 통행배정 모형



〈그림 4-10〉 대중교통 통행배정 Voyager

CUBE에서 대중교통 통행배정을 위해 필요한 입력 데이터는 다음과 같다.

〈표 4-9〉 대중교통 통행배정의 입력 데이터

네트워크 file	공로 통행 배정된 네트워크 파일
노선 데이터	대중교통 노선 자료
시스템데이터	대중교통 수단설정, 운행주체 설정, 대기곡선 설정
NTLegs file	대중교통 Leg를 이용자가 연결을 설정
Fare file	대중교통 요금제 설정
Factor file 1	보행접근의 대중교통 이용자의 통행특성을 설정하는 파일로, 수단별 대중교통 이용요금, 운영주체를 연결해주며, 대기곡선, 대기 및 탑승 가중치 등 대중교통에 적용되는 주요 파라미터를 설정할 수 있음
Factor file 2	차량접근 대중교통 이용자의 통행특성을 설정
Matrix file	대중교통 통행량 입력자료

2. 사례지역 분석을 통한 예비모형 구축

대중교통 수요분석을 위한 통합네트워크 분석 및 새롭게 도입된 주수단 O/D의 개념 적용이 필요하다. 이를 위해 CUBE를 이용한 대중교통 수요분석을 수행하기 위한 예비모형을 구축하였다. 대중교통 모형에 적용되는 파라미터들의 정의 및 기준 설정은 해외 대중교통 분석 모형의 값을 적용하였다. 추후에는 국내 대중교통 수요분석을 위해 적용된 파라미터에 대한 검증 과정이 필요하다.

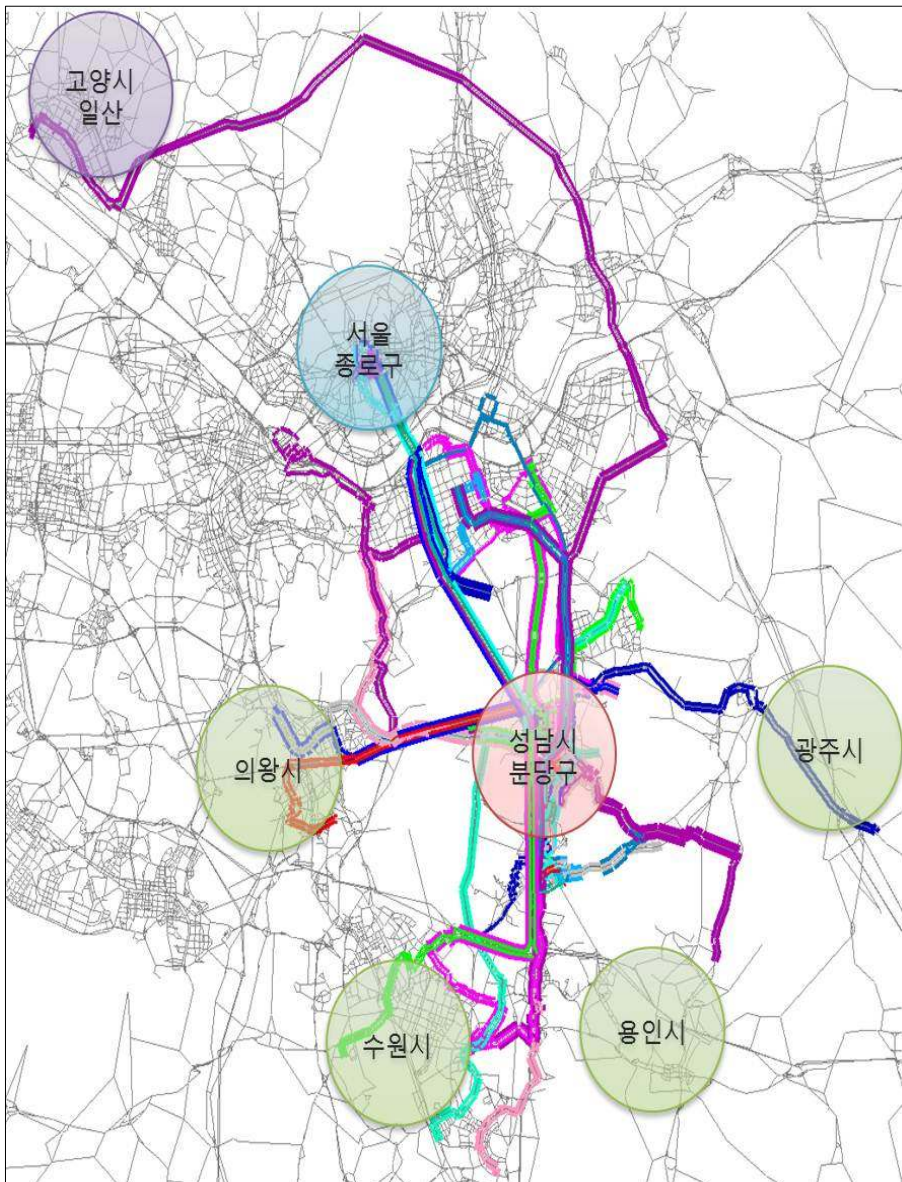
사례지역의 통행배정 결과와 실제 통행량 조사 자료를 기준으로 간단한 정산과정을 수행하여 사례지역에 대한 모형 적용결과를 토대로 문제점 및 개선사항을 도출하고자 하였다.

가. 대중교통 수요분석의 사례지역 선정

사례지역은 성남시 분당구 정자동 주변지역을 선정하였으며, 분당선 정자역 주변을 지나는 버스노선을 분석 대상 노선으로 선정하였다. 버스 노선 실적자료를 구득할 수 있는 2010년을 분석의 기준년도로 설정하여, 배포자료의 2010년 통행량 및 네트워크를 보정없이 그대로 모형분석에 적용하였다.

2012년에 개통된 신분당선에 대한 분석을 수행하지 않았으며, 분당선의 연장개통도 모형에 반영하지 않았다.

사례지역은 지하철 분당선이 지나는 지역이며, 성남 시내버스, 서울권 광역버스, 경기권 광역버스, 광역 급행버스 등 다양한 대중교통 수단을 모형에 적용할 수 있어서 대중교통 수요분석 모형을 적용하기에 적절한 지역으로 판단하였다.



〈그림 4-11〉 분석지역의 대중교통 라인데이터(Transit line data)

〈표 4-10〉 국내 대중교통 수요분석 대상지역의 대중교통 노선

N	Line	노선명	LINE TYPE	Headway	MODE	Capacity
1	404	경기 광주 1005-1	3	9	M	3,378
2	407	경기 광주 1150	3	22.5	M	1,399
3	408	경기광주1308	3	18	M	1,689
4	411	경기 광주 3500	3	13.5	M	2,062
5	414	경기광주5500-1	3	4	M	5,603
6	416	경기 광주 7200	3	13.5	M	2,062
7	420	경기광주8109	3	14	M	2,488
8	421	경기 광주 8131	3	13.5	M	2,062
9	424	경기 광주 9000	3	4.5	M	5,333
10	429	경기광주1116	3	18	L	2,111
11	436	경기광주M4102	3	5	M	3,734
12	505	경기 광주 1007	3	13.5	M	2,488
13	506	경기 광주 1007-1	3	9	M	3,378
14	512	경기 광주 1151	3	13.5	M	2,488
15	513	경기 광주 1500-2	3	8.76	M	4,932
16	525	경기 광주 6800	3	13.5	M	2,488
17	527	경기 광주 7007-1	3	22.5	M	1,636
18	531	경기 광주 9001	3	7.2	M	4,932
19	554	경기광주520	2	7	L	6,164
20	566	경기성남102	3	5	M	5,333
21	569	경기 성남 3330	3	6.3	M	2,895
22	574	경기 성남 9300	3	13.5	M	2,062
23	575	경기성남9414	3	9	M	3,378
24	577	경기 성남 103	2	27	M	1,111
25	579	경기성남300	2	7	L	6,164
26	581	경기 성남 370	2	9	M	4,222
27	587	경기 성남 9507	3	18	M	1,974
28	589	경기성남15	2	18	L	3,000
29	593	경기성남220	2	4	L	12,329
30	594	경기성남250	2	8	L	5,187
31	599	경기 성남 340	2	6.3	M	7,616
32	1405	서울 서울 9401	3	4.8	M	4,198
33	1408	서울 서울 9409	3	24	M	1,266
34	2308	경기광주8100(역)	3	9	M	3,378
35	2309	경기광주8101(역)	3	9	M	2,667
36	2310	경기성남380(역)	2	23	L	2,045
37	2196	분당선	27	6	S	253744

자료 : 한국교통연구원, 『여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사』, 2012

나. 대중교통 수요분석 예비모형의 파라미터 선정

1) 접근 및 환승 통행비용 설정

접근 및 환승에 대한 가상링크의 연결범위 설정은 대중교통 수요에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 범위 설정에 신중을 가해야 한다. 연결범위가 너무 짧은 경우 센트로이드에서 정류장으로의 접근이 이루어지지 못하여 Not-Assign되는 경우가 발생할 수 있다. 접근 및 환승에 대한 가상링크의 범위가 너무 긴 경우에는 대중교통 노선을 이용하지 않고 접근 및 환승에 대한 가상링크를 통하여 다른 교통존으로 직접 이동하여 대중교통 수요가 집계되지 않을 수도 있다. 따라서, 접근 및 환승통행의 범위 지정이 CUBE를 이용한 대중교통 수요분석 과정에서 가장 중요한 과정이라고 할 수 있다.

CUBE에서는 대중교통 정류장/역으로의 접근 및 환승 통행에 Leg를 연결해 줌으로써 접근 통행 및 환승 통행을 구현한다. 이때 가상링크의 통행시간을 비용으로 환산하여 가상 링크의 통행비용을 추정한다.

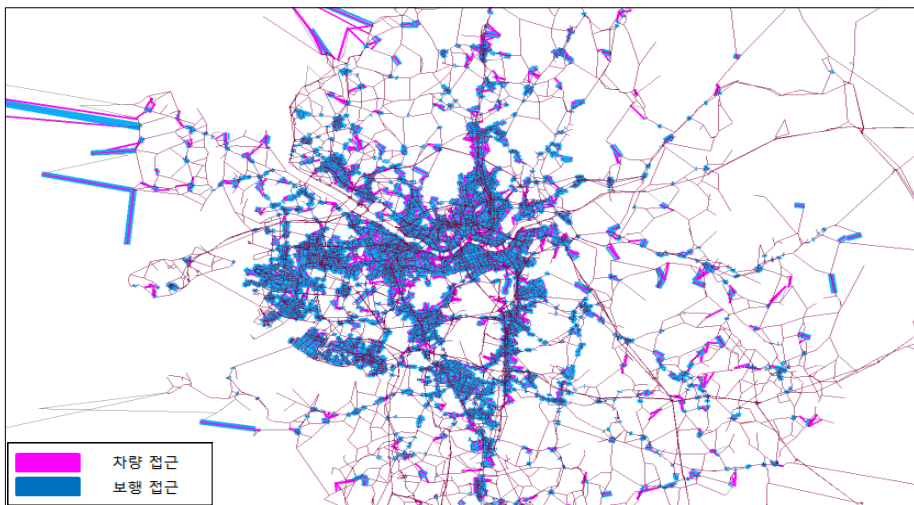
가상링크의 종류는 접근 및 환승 수단에 따라 보행, 승용차, PhR, KnR등으로 구분할 수 있으며, 교통존의 지역적 특성에 따라 그 범위를 달리 적용할 수 있다. 접근 및 환승에 대한 가상링크의 통행비용은 네트워크상의 거리와 보행시간에 따라 지정할 수 있으며, 분석가의 재량에 따라 다양한 속성값을 비용으로 적용할 수 있다.

CUBE를 적용한 해외 대중교통 수요분석 모형에서는 leg를 이용하여 접근 링크 구축시 도심지역은 0.5, 부도심지역은 0.5~1.0, 교외지역은 1.0~3.0의 값을 이용하고 있다. 환승링크 구축시에는 0.5~1.00 사이의 값을 적용하고 있으며, 차량을 이용한 PhR 또는 KnR의 비용은 3.00~10.00의 값을 적용하고 있다. 모형의 크기 및 분석 대상지역의 크기에 따라 비용을 달리 적용할 수 있지만 대체로 위와 같이 Leg연결 범위를 정할 수 있다.

국내 예비연구 모형의 접근 및 환승에 대한 가상링크의 연결 범위는 해외사례의 범위로 적용하였으며, 서울권, 경기권, 전국권으로 구분하여 Leg의 범위를 각각 지정하였다.

〈표 4-11〉 국내 적용을 위한 초기 Leg 비용 가정

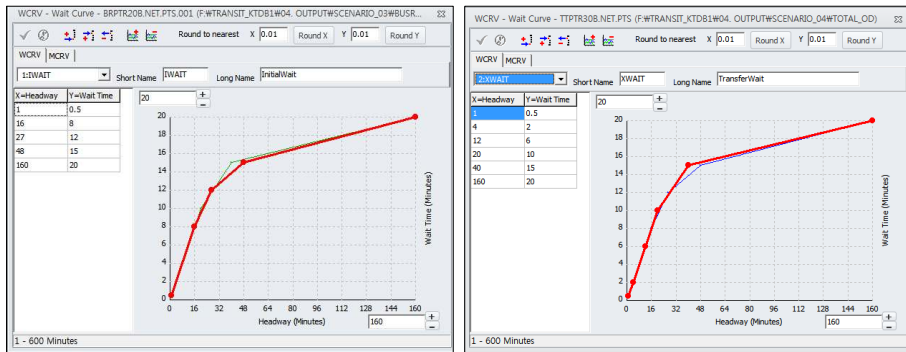
범위	보행접근	보행 환승	차량 접근
수도권 (서울)	0.5	0.5	3
수도권 (경기)	0.75	0.5	3
전국권 (서울경기 외부)	1	0.5	3



〈그림 4-12〉 접근 및 환승통행 가상링크

2) 대기시간 파라미터 설정

국내의 대중교통 수요분석 모형에서 대기시간은 배차간격에 대하여 정규 분포를 따른다고 가정하여 1/2을 대기시간의 파라미터로 적용하고 있다. 해외 대중교통 수요분석모형에서도 일반적으로 차두시간의 1/2을 적용하며, 부가적으로 대중교통 수단에 대한 대기시간이 일정시간을 넘기지 않도록 대기시간에 대한 제약을 설정하였다. 예를 들면, 최초의 차두시간에 대하여 1/2, 1/3, 1/4의 비율을 적용을 통하여 최대 대기시간이 20분이 넘지 않도록 대기시간 곡선을 선정하였다.



〈그림 4-13〉 대기시간 곡선 및 환승 대기시간 곡선

자료 : 함희주 『Advanced Scripting techniques with public transport, Citilabs, 2012』

3) 운행시간 가중치 설정

대중교통 수단의 차내시간과 차외시간에 대한 가중치를 운행시간 가중치라 하고, 이는 운행시간과 가중치의 곱으로 표현할 수 있다. 『도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)』(2008)에서는 일반적으로 차외시간 가중치는 1이상의 값을 적용할 수 있으며, 1~4이내의 값을 분석가가 설정할 수 있도록 설명하고 있다.

대중교통 수요분석 예비연구 모형에서는 보행에 대한 운행시간 가중치의 경우 국외 대중교통 수요분석 모형에서 2로 설정하고 있기 때문에 본 예비연구 모형에서도 보행에 대한 운행시간 가중치를 2로 설정하였다.

대중교통 차내 운행시간 가중치의 경우 국외 대중교통 수요분석 모형에서도 1을 적용하고 있기 때문에 1로 적용하였다.

4) 탑승시간 가중치 설정

대중교통 수단의 탑승시간 가중치는 대중교통 수단 탑승시간에 대한 저항을 모형화하기 위해 사용되는 가중치다. 해외 대중교통 수요분석 모형에서는 대중교통 수단의 탑승시간 가중치를 2를 적용하고 있다.

『도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5

판』(2008)에서는 탑승시간 가중치를 0.5~2분의 탑승시간을 지정하여 탑승시간의 저항력을 설명하고 있다.

본 예비연구 모형에서는 버스 수단과 지하철 수단에 대하여 각각 다른 탑승시간 가중치를 설정하였다. 지하철은 하나의 문에서 하차 후 승차가 이루어지며, 버스는 승차와 하차가 분리되어 있어 지하철이 버스에 비하여 탑승에 대한 저항이 크다고 판단하여 지하철에 대하여 2, 버스에 대하여 1의 탑승시간 가중치를 설정하였다.

5) 환승시간 가중치

수단과 수단사이의 환승시간에 대한 가중치를 부여함으로써 수단간 환승의 저항력을 설명할 수 있다. CUBE에서는 수단에 따라 가중치를 따로 설정할 수 있다. 수단 A에서 수단 B로의 환승과 수단 B에서 수단 A로의 환승에 대하여 서로 다른 가중치를 적용할 수 있다.

국내 대중교통 수요분석 모형에서는 환승 가중치에 대한 기준이 없으며 국외 대중교통 수요분석 모형에서는 5분~10분의 환승시간을 추가함으로써 환승저항력을 설명하고 있다.

본 예비연구모형에서는 환승링크가 따로 입력되어 있어 환승통행시간이 네트워크상에 반영되어 있기 때문에 추가적인 환승가중치를 적용하지 않았다.

6) 접근 및 환승링크, 파라미터 선정 결과

접근 및 환승에 대한 가상링크의 연결 범위는 해외사례의 범위를 적용하였으며 서울권, 경기권, 전국권으로 구분하여 비용적 범위를 지정하였으며 차량접근의 가상링크는 지역에 관계없이 3을 지정하였다.

<표 4-12> 국내 적용을 위한 초기 Leg 비용 가정

범위	보행접근	보행 환승	차량 접근
수도권 (서울)	0.5	0.5	3
수도권 (경기)	0.75	0.5	3
전국권 (서울경기 외부)	1	0.5	3

대중교통 수요분석의 파라미터는 각각 수단별, 정류장별, 지역별로 다른 값을 적용할 수 있지만, 예비연구의 연구범위와 자료의 한계로 인하여 모든 경우의 수를 적용할 수 없다. 각 파라미터에 대한 가중치는 국외 대중교통 모형분석을 통해 분석된 값이나 국내 대중교통 수요분석에 적용된 값을 기준으로 설정하였다. 향후 통행배정 결과를 토대로 파라미터 조정을 통한 파라미터 정산과정을 수행하여 파라미터의 적정범위를 설정할 예정이다.

<표 4-13> 운행시간, 탑승시간, 환승 파라미터의 가정

수단	운행시간가중치	대기시간 가중치	탑승시간가중치	환승가중치
보행	2	-	-	-
지하철	1	1	2	0
버스	1	1	1	0

3. 대중교통 수요분석 예비연구 모형의 정산

가. 예비연구 모형의 정산방법

지하철의 이용승객현황은 2010년 철도통계연보의 수도권 노선별 이용수요 자료를 참고로 하여 사례지역을 지나는 역별 승하차인원을 조사하였다.

〈표 4-14〉 사례지역의 지하철 이용수요

(통행/일)

역명	Node id	하행		상행	
		승차	하차	승차	하차
이매	98180	1,632	3,205	3,383	1,614
서현	98179	7,210	16,207	15,316	7,631
수내	98178	3,102	9,145	9,166	3,263
정자	98177	1,779	8,774	8,441	2,018
미금	98176	1,584	17,568	16,164	1,329
오리	98175	458	10,850	12,406	416

자료 : KORAIL 『철도통계연보』 2010

버스의 이용승객 현황 및 정류장별 승하차인원에 대한 조사자료의 경우 스마트 카드 등의 분석을 통해 구득 가능하다. 그러나 현실적인 측면에서 데이터 구득의 한계로 경기도 교통DB 시스템(gtdb.gg.go.kr/GIDBWeb)에서 제공하는 버스 노선별 이용객수를 이용하였다.

〈표 4-15〉 사례지역의 버스 이용수요(전체통행)

(통행/일)

Line	지역	노선	시·종점	전체통행
9003	광주시	1303	외국어대학교-외대도서관앞	7,169
9005	광주시	5500-1	경희대차고지-경희대차고지	23,388
9007	광주시	8109	구미동차고지.가(경유)-구미동차고지.가(경유)	5,135
9010	광주시	1116	동탄차고지-동탄차고지	6,068
9011	광주시	M4102	구미동차고지.가(경유)-구미동차고지.가(경유)	11,127
9019	광주시	520	구미동차고지-구미동차고지	8,732
9020	성남시	102	단국대-단국대	20,555
9023	성남시	9414	종점-종점	4,759
9025	성남시	300	구미동차고지-구미동차고지	31,701
9030	성남시	250	도촌5단지정문-도촌5단지정문	21,520
9036	성남시	380	구미동차고지-오리역	1,940

자료 : 경기도 교통 DB 시스템(gtdb.gg.go.kr/GIDBWeb)

나. 접근/환승 링크(Leg) 분석

접근 및 환승에 대한 가상링크의 범위는 대중교통 수요분석에 절대적으로 영향을 미친다. 따라서 적절한 범위의 접근 및 환승에 대한 가상링크의 연결은 대중교통 통행수요 추정을 위하여 가장 중요한 단계라고 할 수 있다.

버스 O/D, 지하철 O/D, 버스+지하철 O/D로 구성된 대중교통 수요분석 모형을 정산하기 위하여 각각의 수단 O/D의 통행배정 결과와 버스와 지하철 통합O/D의 통행배정결과를 종합하여 노선별, 역별 이용수요를 추정하였다. 정산 방법은 수단 O/D를 Leg의 범위에 따라 통행배정을 수행하고, 이때의 Not_assign량이 최소일 때의 Leg의 범위를 추정하였으며, Not_assign 비율이 가장 낮을 때의 수요를 기준으로 파라미터 정산을 실시하였다.

Not-Assign 비율이 가장 낮을 때를 기준으로 사례 지역에 대한 파라미터 사이의 조합에 따른 통행수요를 분석하여 최적의 경우를 선정하였다.

〈표 4-16〉 Leg 범위에 따른 Not Assign 비율 추정

(통행/일)

	Leg 비용			총통행량	Not assign	Not Assign 비율
1	0.5 / 0.75 / 1	0.5	3	21,468,083	5,568,192	20.60 %
2	0.5 / 0.75 / 1	1	3	21,468,083	2,871,307	11.80 %
3	0.7 / 0.75 / 1.2	0.7	3.5	21,468,083	1,399,518	6.12 %
4	0.75 / 0.75 / 1	0.5	3	21,468,083	4,353,032	16.86 %
5	0.75 / 0.75 / 3	0.5	3	21,468,083	1346744	5.90 %
6	0.75 / 0.75 / 5	0.5	3	21,468,083	1345934	5.90 %
7	1 / 1.2 / 2.5	0.5	3	21,468,083	902,451	4.03 %
8	1 / 1.2 / 1.25	1	3	21,468,083	3,807,264	15.06 %

주 : Leg 비용은 순서대로 서울, 경기, 지방 / 환승 / 차량에대한 비용임

7번 사례의 Not_assign비율이 4.03%로 가장 낮은 것으로 분석되었다. 하지만 도심에 대한 접근통행의 범위를 1, 환승통행 비용을 1.2로 설정한 경우 Not_assign 발생량은 감소하지만, 수도권 버스정류장사이의 평균거리이상의 보행범위가 설정되어 대중교통 수단을 이용하지 않고 보행으로 이동하는 경우가 발생한다. 따라서 본 예비연구모형에서는 7번 사례의 경우 한 블록이상의 거리를 환승하는 경우가 발생하여 분석에 적당하지 않다고 판단하였다. 6번 사례에서의 접근 및 환승에 대한 가상링크의 통행비용의 범위를 정산을 위한 기준으로 선정하였다.

Leg의 범위 추정결과, 서울 및 경기도 지역의 Leg는 0.7~1.2 사이의 값을 가질 때, Not-Assign 양이 적은 것으로 추정되었으며, 지방지역의 Leg연결은 3이상의 값이 필요한 것으로 분석되었다.

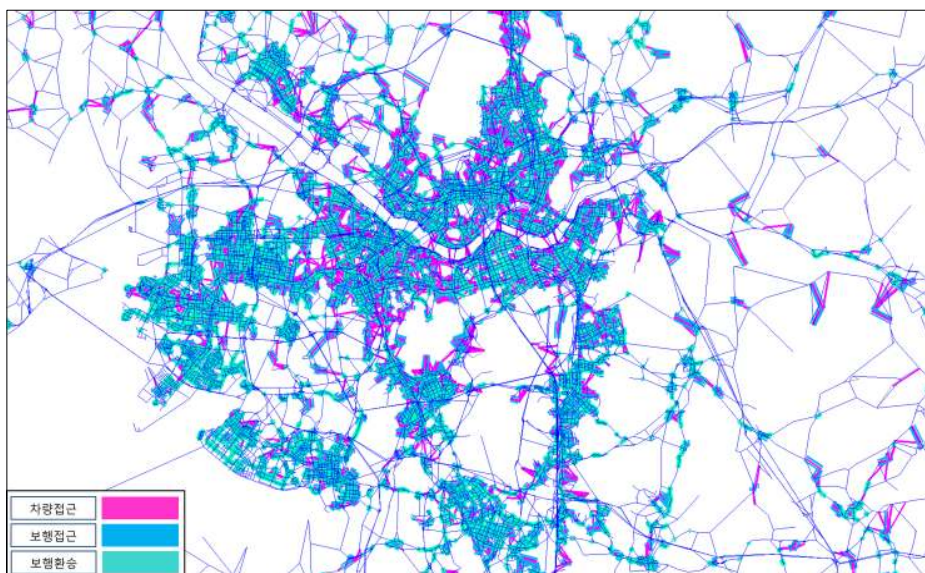
서울 및 경기도 지역은 센트로이드 간격이 좁아 적은 비용의 범위를 적용하더라도, 근처의 정류장 노드와 연결이 가능하지만, 지방부의 경우 3이상이 되어야 센트로이드와 주변 정류장이 연결되기 때문이다.

승용차 접근 통행 범위를 선정함에 있어 3과 3.5의 값을 비교한 결과만으로 승용차 접근에 대한 Leg 범위를 단정하긴 어렵지만, 해외사례 및 분석 결과에 따라 3이상의 범위를 가질 때, 대중교통 수요분석이 용이하기 때문에 승용차에 대한 접근 통행비용을 3으로 지정하였다.

추가적으로, 분석지역에 대하여 준 센트로이드와 정류장사이의 거리가 접근비용 이상인 경우가 발생하며, 이러한 경우 접근에 대한 두 지점 사이의 가상링크를 직접 연결할 필요가 있었다.

〈표 4-17〉 국내 대중교통 모형의 Leg 비용

범위	보행접근	보행 환승	차량 접근
수도권 (서울)	0.75	0.5	3
수도권 (경기)	1	0.5	3
전국권 (서울경기 외부)	3	0.5	3



〈그림 4-14〉 국내 대중교통 모형의 가상링크 연결



〈그림 4-15〉 사려지역 대중교통 모형의 보행접근 가상링크의 연결

다. 대중교통 통행배정 파라미터 분석

대중교통 통행배정 파라미터 분석을 통해 현실적인 대중교통 수요분석 예비모형을 구축할 필요가 있다.

보행에 대한 운행시간 가중치는 차외시간의 가중치를 적용하는 파라미터로 지하철 및 버스에 동시에 적용되어 분석지역 전체 수요에 영향을 미칠 수 있기 때문에 총 통행수요를 고려하여 가중치를 적용해야 한다. 대기시간 가중치, 탑승시간 가중치, 환승가중치는 수단별로 가중치를 달리 설정함으로써 버스와 지하철 사이의 수요 균형을 조정할 수 있는 파라미터이다. 최초 분석을 위해 설정한 파라미터 값을 조절하여 분석사례지역의 대중교통 수요 오차를 최소화하도록 적용해야 한다.

각 파라미터의 종류에 따라 적용방법은 다르지만 대중교통 수요에 미치는 영향은 유사하게 나타날 수도 있다. 따라서 다양한 파라미터 값들의 조합이 가능하다. 또한 분석에 적용한 파라미터 이외에 대중교통 분석모형에 적용할 수 있는 파라미터의 종류 및 지정 범위에 따라 다양한 경우의 수가 발생 할 수 있다. 이 부분에 대한 결과는 연구의 부족으로, 제한된 경우의 조합만을 고려하여 파라미터 정산을 수행하였다.

〈표 4-18〉 운행시간, 대기시간, 탑승시간, 환승 파라미터

수단	운행시간가중치	대기시간 가중치	탑승시간가중치	환승가중치
보행	2	-	-	-
지하철	1	3	2	3
버스	1	3	2	0

CUBE에서 적용되는 파라미터는 운행시간, 대기시간, 탑승시간, 환승시간에 대하여 수단 및 정류장에 각각 적용할 수 있어 파라미터로 조합할 수 있는 경우의 수가 너무 많으나, 적절한 적용의 기준이 없는 상태이다.

대중교통 파라미터에 대하여 정류장의 특성에 따른 분류기준을 설정하고 기초데이터 구축 시 네트워크 노드 속성으로 적용하여 분석한다면, 정류장 특성에 따른 대중교통 파라미터를 달리 적용할 수 있다. 향후 정류장의 특성과 같이 네트워크 수준에서 구분할 수 있는 속성과 대중교통 수단별로 구분할 수 있는 속성에 대한 연구가 필요하다. 『도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침(제5판)』(2008)에서 제시된 차내 시간에 대한 차외시간의 가중치를 1~2배를 적용할 때와 CUBE에서 운행시간 가중치 2을 적용할 때의 그 영향에 대한 분석이 없어 파라미터에 대한 CUBE 모형의 민감도 검증이 필요할 것으로 판단된다.

라. 대중교통 수요분석 모형의 정산 결과 및 예비모형 분석

지하철 및 버스 이용수요의 정산 결과는 다음과 같다.

〈표 4-19〉 지하철 이용 수요 정산 결과(일부구간)

(통행/일)

역		관측통행량(A)		추정 통행량(B)		차이값(B-A)		오차율 ($(B-A)/A \times 100\%$)	
		승차	하차	승차	하차	승차	하차	승차	하차
상 행	미금	16,164	1,329	18,230	1,354	2,066	25	13%	2%
	정자	8,441	2,018	7,558	2,515	-883	497	-10%	25%
	수내	9,166	3,263	10,814	3,780	1,648	517	18%	16%
	서현	15,316	7,631	12,697	9,667	-2,619	2,036	-17%	27%
하 행	서현	7,210	16,207	8,370	21,276	1,160	5,069	16%	31%
	수내	3,102	9,145	2,350	6,471	-752	-2,674	-24%	-29%
	정자	1,779	8,774	2,288	6,524	509	-2,250	29%	-26%
	미금	1,584	17,568	1,635	14,678	51	-2,890	3%	-16%

〈표 4-20〉 버스의 이용수요 정산 결과(전체통행)

(통행/일)

Line	관측통행량(A)	추정 통행량(B)	차이값(B-A)	오차율 (B-A)/A*100%
9003	7,169	7,181	12	0%
9005	23,888	26,863	3,475	15%
9007	5,135	3,951	-1,184	-23%
9010	6,068	8,159	2,091	34%
9011	11,127	8,330	-2,797	-25%
9019	8,732	12,344	3,612	41%
9020	20,555	21,480	925	5%
9023	4,759	8,785	4,026	85%
9025	31,701	43,017	11,316	36%
9030	21,520	22,473	953	4%
9036	1,940	2,077	137	7%

접근 및 환승의 가상링크 연결범위에 대하여 총 통행량의 Not-Assign 수준에 따라 범위를 지정하였다. Not-Assign 비율을 추정한 총통행량의 분포가 전국을 대상으로 하고 있어, 연결 범위 설정의 한계가 있다. 또한, 사례 지역에서 접근을 표현하기 위한 가상링크의 경우 교통준마다 센트로이드 위치와 대중교통 정류장 사이의 접근거리가 서로 달라 가상링크의 연결범위에 대한 세분화과정이 필요하다.

파라미터 정산과정은 파라미터의 종류가 다양하며, 각 파라미터를 교통준에 적용하는 방법, 정류장에 적용하는 방법, 대중교통 수단에 적용하는 방법, 링크에 적용하는 방법 등 종류와 적용방법이 다양하다. 세분화된 네트워크에 대하여 정류장 및 수단에 대하여 그 특성을 반영할 수 있는 파라미터를 각각 적용하여 모형의 현실성이 반영 가능하지만, 분석 자료의 한계로 파라미터 적용 방법이 제한적으로 되었다.

제3절 대중교통 수요분석 예비연구 모형의 문제점 및 개선방안

본 절에서는 앞서 구축된 CUBE를 이용한 예비모형의 문제점을 도출하고, 해외사례 및 연구사례를 통하여 개선방향을 제시하였다.

CUBE를 이용한 국내 대중교통 수요분석 예비연구에서 나타난 쟁점사항은 다음과 같다.

- 네트워크 측면의 문제점
- 대중교통 노선 측면의 문제점
- 파라미터 적용의 문제점
- 정산과 관련된 문제점

본 연구에서는 위의 4가지 측면에서 예비연구 구축 시 드러난 문제점을 자세히 기술하고 각 문제점에 대하여 개선방안을 제시하고자 한다.

1. 네트워크 측면의 문제점 및 개선방안

가. 네트워크 표현방법의 문제점

1) 대중교통 접근통행 구현방법의 한계점

대중교통 분석 네트워크를 구축 할 때, 교통존 센트로이드에서 발생한 통행을 네트워크 연결을 통하여 간접적으로 대중교통 수단을 이용하도록 적용하는 방법과 대중교통 정류장을 직접 연결하여 대중교통 수단을 이용할 수 있도록 적용하는 두 가지 방식이 존재한다. 기존의 국내 전국권 네트워크의 경우, 교통존과 정류장을 직접연결해주는 방법을 적용하였으며, 수도권 네트워크에서는 간접적으로 연결하는 방식을 적용하고 있었다.

직접연결 방식은 접근시간 및 접근 수단에 대한 분석을 수행할 경우 한계가 있으며, 간접 연결방식은 센트로이드 커넥터의 연결 방향 및 거리에 따라 대중교통 수요가 달라지는 한계가 있다.

2010년 KTDB의 배포자료에서 철도(지하철)역은 공로와 탑승링크를 통한 간접연결 방식을 적용하고 있으며, 버스정류장은 센트로이드 커넥터가 직접 연결된 경우와 그렇지 않은 경우가 혼재되어 있는 상황이다.

또한 접근링크에 대한 수단 속성을 보행으로 한정하여 적용하고 있어, 보행이외의 접근수단을 고려 할 수 없으며, 환승주차장을 고려할 수 없어 다양한 대중교통 정류장으로서의 접근통행을 모형에 반영할 수 없다.

〈표 4-21〉 통일되지 않은 버스정류장의 연결 방법

일반노드 연결	정류장노드 연결	일반노드와 정류장 복합연결
		

2) 대중교통 환승링크 표현방법의 한계

접근링크 뿐만 아니라 환승링크의 구현 방법에 대한 한계점으로 인하여 대중교통 수요분석의 수단간 환승 통행행태를 적절히 반영할 수 없는 경우가 존재한다.

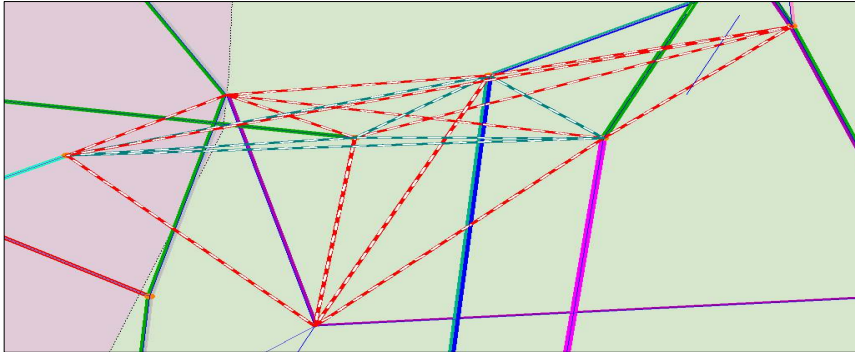
현재 KTDB 자료의 경우 지하철은 탑승링크를 통하여 버스와의 수단간 환승을 구현하고 있다. 이때의 환승(탑승)링크의 길이는 0.2 km의 일률적인 값을 적용하고 있으며, 지하철의 모든 환승링크는 0.3km를 적용하고 있다.

그러나 이러한 일률적인 값의 적용은 환승역에서의 환승행태를 반영할 수 없어 역별/수단별 환승에 대한 저항력을 효과적으로 표현하지 못하기 때문에 환승행태의 구현에 한계가 있다. 대표적인 문제점은 다음과 같다.

- 2011년 수도권 전철의 평균 환승거리는 124.3m로 조사되어 있으며, 일부

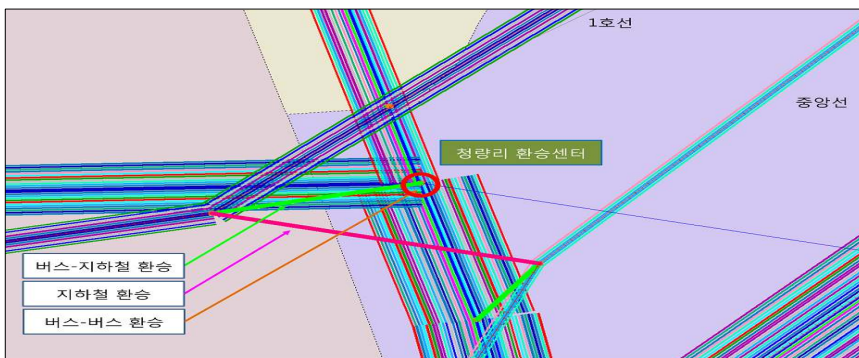
역의 경우 환승거리가 300m 이상인 것으로 조사됨 (2011 철도시설공단 국정감사 中)

- 서울역환승센터 네트워크에서 정류장간 환승거리 및 탑승거리를 일률적인 값을 적용하고 있어, 현실과 많은 차이를 나타내고 있음



〈그림 4-18〉 서울역 환승센터 네트워크의 탑승 및 환승링크

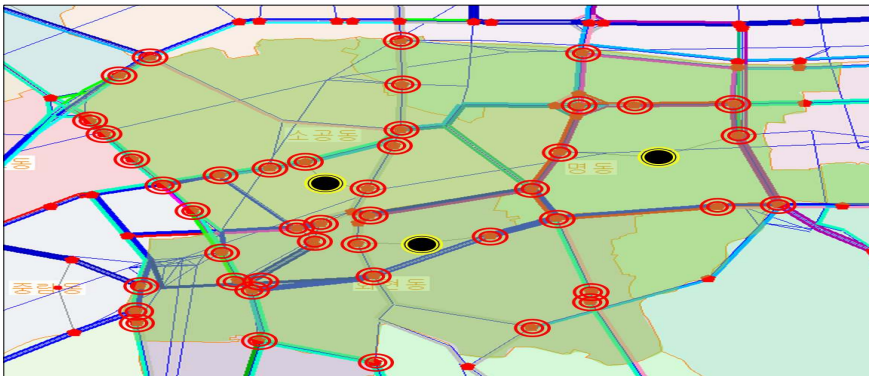
환승통행 행태의 구현방법도 지하철-버스, 지하철-지하철, 버스-버스의 환승행태를 표현하는 방법이 각각 다른 기준으로 적용되어 있어 이에 대한 분석이 필요하다. 지하철-지하철, 지하철-버스의 환승은 환승링크를 통하여 환승을 표현하고 있다. 하지만 버스-버스의 환승은 정류장에서 환승이 발생하는 것으로 표현되어 있으며 인근정류장을 이용한 환승은 표현하지 못하고 있다.



〈그림 4-19〉 환승링크 연결방법의 차이

3) 대중교통 분석범위의 한계

대중교통 수요분석을 위한 네트워크는 하나의 교통존에서 통행이 발생되고 도착하는 것으로 표현되어 있다. 그러나 행정동 단위의 교통존내부에는 다수의 역사 및 정류장이 존재하며 이러한 경우 승하차량이 배정되지 않는 부분이 존재한다. 이러한 경우 역별 정류장별 존 세분화를 수행하여 수요분석을 해야 한다. 그러나 모든 정류장 단위까지 존 세분화를 수행하는 것은 현실적으로 불가능한 분석방법이다. 또한 정류장별로 존 세분화를 수행하는 과정에서 세분화 기준이 명확하지 않아 분석가의 자의적인 판단이 개입될 개연성이 존재한다.

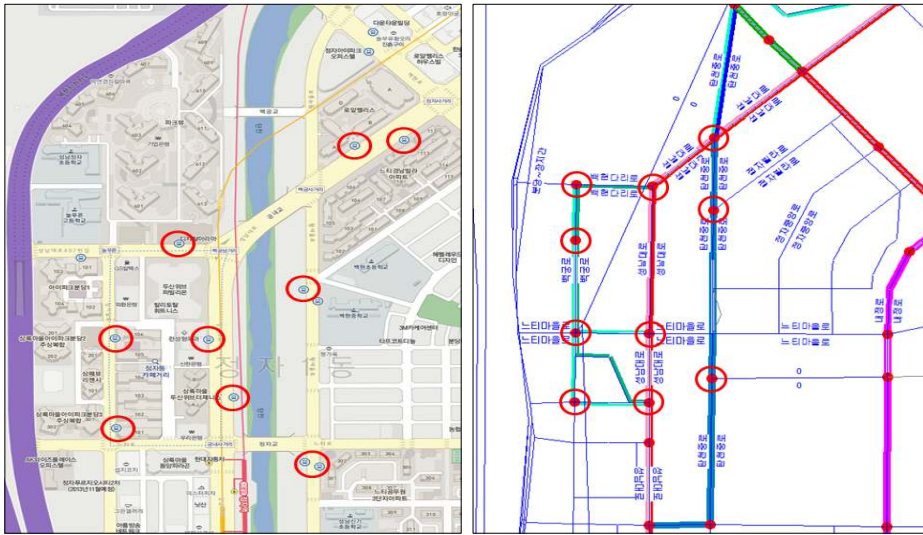


〈그림 4-20〉 교통존에서의 정류장 연결의 한계

4) 정류장 네트워크 표현의 한계

배포자료의 경우 실제 운영 중인 대중교통 버스정류장의 위치와 대중교통 수요분석을 위한 네트워크상의 위치가 다르며 2~3개의 정류장이 하나의 정류장으로 표현되는 문제점이 있다. 정류장 위치에 따라 대중교통으로의 접근성이 다름에도 불구하고 배포자료의 한계로 인하여 정류장 네트워크 표현상에서 오류를 가지고 있는 것이다. 또한 정류장의 위치가 교차로에 표시되는 경우가 많이 발생한다. 이와 같은 이유는 대중교통 정류장을 표현하는

노드의 경우 링크의 기종점을 중심으로 표현되어 있기 때문에 나타나는 현상으로 현실과 위배되는 위치에 정류장이 위치하는 것으로 판단된다.

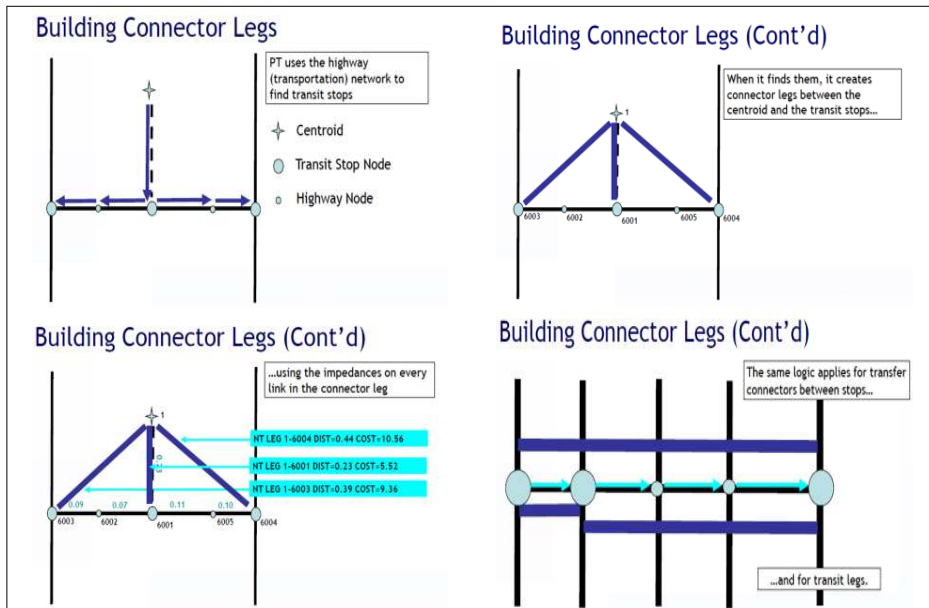


〈그림 4-21〉 대중교통 네트워크의 정류장 표현의 차이

자료 : <http://map.daumnet/>, Daum 지도

나. 네트워크 표현 방법의 개선 방안

1) 접근네트워크 구축방안



〈그림 4-22〉 Cube에서의 Leg 구축

자료 : 함희주 『Advanced Scripting techniques with public transport, Citilabs』, 2012

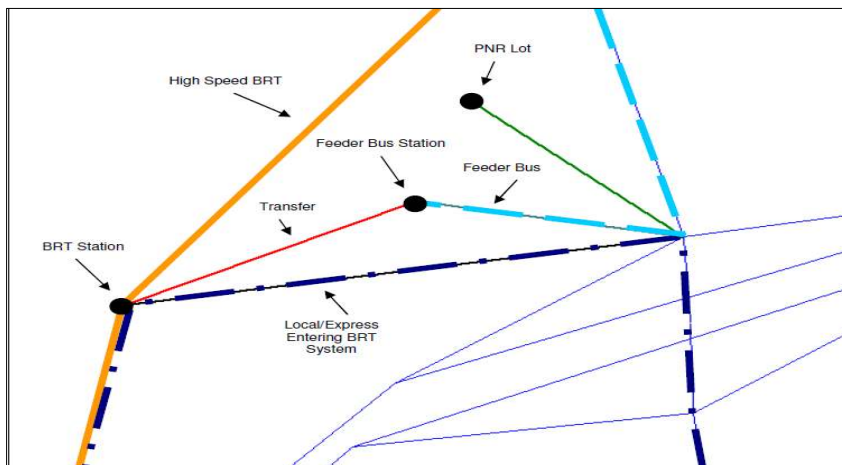
대중교통 접근링크의 센트로이드 커넥터 조정에 따라 교통 수요결과의 상이함을 극복하기 위하여 CUBE에서는 Leg를 적용하는 방법을 제시하고 있다. 이는 접근링크 구축 시 Leg라는 개념을 이용하여 정량화된 범위 내에서 접근네트워크를 구축할 수 있어 분석의 객관성을 확보할 수 있는 방안으로 판단된다.

2) 환승네트워크 구축방안

환승은 승객이 도로로 이동 가능한 범위에서 이루어지며 이를 환승영향권이라 표현할 수 있다. 버스정류장과 지하철역을 중심으로 반경 500m를 환

승영향권으로 설정하여 기초자료 배포 시 환승더미링크를 구축하여 배포하는 방안을 제시할 수 있다.

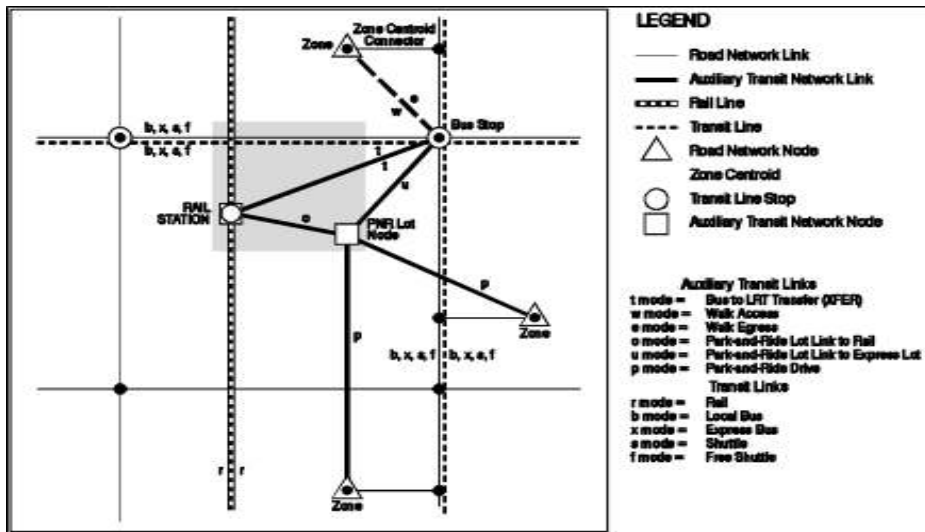
미국의 아틀란타 대중교통 수요분석 모형에서는 복합수단의 환승을 표현하기 위하여 BRT, 지선노선과의 환승을 위한 링크를 추가하여 각각의 정류장을 연결함으로써 수단간 환승을 표현하였다. PhR 환승주차장과의 링크를 추가하여 접근수단에 대한 명확한 구분으로 현실성 있는 분석 네트워크를 구현하고자 하였다.



〈그림 4-23〉 아틀란타 교통수요모형의 환승링크 표현

자료 : Atlanta Regional Commission, 『Travel Forecasting Model Set For the 20 County Atlanta Region Users Guide』, 2009

미국의 아리조나주의 MARICOPA ASSOCIATION of GOVERNMENTS 대중교통 모델에서 찾아볼 수 있으며 환승링크 및 접근링크를 연결하여 복합수단의 환승을 현실적으로 구현하였다.



〈그림 4-24〉 미국 애리조나주의 복합수단 환승 표현

자료 : Transportation planning, 『Modeling with EMME/2, Maricopa Association of Governments』

다. 네트워크 표현방법의 개선방안 적용

대중교통 분석 예비연구 모형은 CUBE를 이용하여 구축된 모형으로 CUBE의 접근 및 환승의 가상링크(Leg)의 연결방법을 적용하였다.

CUBE의 Leg는 네트워크상에서 센트로이드와 일정범위 이내의 정류장에 대한 가상의 접근 링크를 연결함으로써 접근링크 및 환승링크를 직접 구축할 필요성이 없는 장점이 있다. 또한 접근수단에 따라 각기 다른 접근비용범위를 산정할 수 있으며 각 교통존의 지역특성에 따라 접근비용 범위를 지정할 수 있어 존 특성을 모형에 반영할 수 있는 장점이 있다.

본 예비연구 모형에서 접근 및 환승의 가상링크의 연결을 통하여 사례지역의 대중교통 수요를 분석하였다. 하지만, 가상링크 연결 시 교통 분석단위의 한계 및 존 센트로이드의 위치로 인해 많은 제약이 따른다.

예를 들어, 사례지역의 서현역이 위치한 서현 1동의 경우 서현 1동의 센트로이드와 서현역의 거리가 멀어 Leg의 연결범위를 벗어나 서현역에서의

통행수요가 관측되지 않는 오류가 발생하였다. 이를 해결하기 위하여 서현역과 존 센트로이드 사이에 가상링크를 직접 입력하여 서현역의 이용수요를 확인할 수 있었다.

- [NT LEG= 64098179 MODE= 2 COST=0.2 DIST= 0.25 ONEWAY=F] 의
부가적인 Leg 연결을 통해 서현역의 이용수요를 표현



〈그림 4-25〉 서현1동의 LEG연결의 한계

이러한 문제점이 발생하는 교통존이 서현 1동 이외에도 분석지역마다 다수 존재할 것으로 예상된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 존 세분화가 필수적이지만, 존 이하 존세분화를 수행하는 과정에서 명확한 세분화 기준에 대한 연구가 필요할 것이다.

또한, Leg의 통행비용도 센트로이드 커넥터의 연결방향에 영향을 받기 때문에 센트로이드 커넥터의 연결 방향 및 연결 횟수에 대한 추가 연구가 필요하다.

〈표 4-22〉 센트로이드 커넥터 연결에 따른 Leg 연결의 변화

센트로이드 커넥터 연결 前	센트로이드 커넥터 연결 後																																								
연결 前의 Leg 연결	연결 後의 Leg 연결																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Transit Route</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LEG[2]</td> <td>5-735 [2]</td> </tr> <tr> <td>MODE</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>COST</td> <td>8.57</td> </tr> <tr> <td>DIST</td> <td>0.36</td> </tr> <tr> <td>ONEWAY</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>VOL[1]</td> <td>35.86</td> </tr> <tr> <td>VOL[2]</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>VOLT[1]</td> <td>56.12</td> </tr> <tr> <td>VOLT[2]</td> <td>13.6</td> </tr> </tbody> </table>	Transit Route		LEG[2]	5-735 [2]	MODE	100	COST	8.57	DIST	0.36	ONEWAY	1	VOL[1]	35.86	VOL[2]	0	VOLT[1]	56.12	VOLT[2]	13.6	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Transit Route</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LEG[2]</td> <td>5-735 [2]</td> </tr> <tr> <td>MODE</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>COST</td> <td>8.57</td> </tr> <tr> <td>DIST</td> <td>0.36</td> </tr> <tr> <td>ONEWAY</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>VOL[1]</td> <td>34.37</td> </tr> <tr> <td>VOL[2]</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>VOLT[1]</td> <td>47.5</td> </tr> <tr> <td>VOLT[2]</td> <td>0.07</td> </tr> </tbody> </table>	Transit Route		LEG[2]	5-735 [2]	MODE	100	COST	8.57	DIST	0.36	ONEWAY	1	VOL[1]	34.37	VOL[2]	0	VOLT[1]	47.5	VOLT[2]	0.07
Transit Route																																									
LEG[2]	5-735 [2]																																								
MODE	100																																								
COST	8.57																																								
DIST	0.36																																								
ONEWAY	1																																								
VOL[1]	35.86																																								
VOL[2]	0																																								
VOLT[1]	56.12																																								
VOLT[2]	13.6																																								
Transit Route																																									
LEG[2]	5-735 [2]																																								
MODE	100																																								
COST	8.57																																								
DIST	0.36																																								
ONEWAY	1																																								
VOL[1]	34.37																																								
VOL[2]	0																																								
VOLT[1]	47.5																																								
VOLT[2]	0.07																																								

- 센트로이드 커넥터 1개를 네트워크에 추가할 때, 연결 Leg 연결에 변화가 발생하였으며, 이 때 통행량 분포의 변화가 발생

2. 대중교통 노선측면의 문제점 및 개선방안

가. 대중교통 노선 데이터 관련 문제점

1) 대중교통 노선 데이터의 속성값 입력의 문제점

배포자료의 Line 데이터에서는 철도의 속도는 열차 노선별 표정속도를 지정하여 적용하고 있으며, 버스의 경우 링크 통행속도를 반영하여 운행속도를 적용하는 것으로 지정되어 있다.

버스의 경우 버스 전용차선에 대한 표정속도의 산출 방법에 대한 명확한 기준이 필요하다. 버스전용차로를 운행하는 버스는 일반 차로를 운행하며 일부구간에 대하여 버스전용차로를 이용하는 사례가 많이 있다. 또한 버스의 통행속도를 산출할 때 링크통행속도를 그대로 이용하는 것은 버스가 제외된 공로의 통행속도를 이용하는 것이다. 따라서, 버스로 인한 통행속도 저하현상을 고려할 수 없기 때문에 버스 수단의 표정속도 적용방안 및 적용기준에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

철도의 표정속도는 모든 구간에 대하여 동일한 속도를 적용함으로써 인하여 구간별 운행속도의 변화를 분석할 수 없는 한계점이 있다.

```
LINE NAME='2172' ,MODE=41,
OPERATOR=1 ,HEADWAY[1]=7.78,HEADWAY[2]=6.4,HEADWAY[3]=8,
XSPEED=34, LONGNAME='Route 1600', ONEWAY=F,
N=97958,N=97959,N=97960,N=97961,N=97962,
N=97963,N=97964,N=97965,N=97966,N=97967,
N=97968,N=97969,N=97970,N=97971,N=97972,
N=97973,N=97974,N=97973,N=97972,N=97971,
N=97970,N=97969,N=97968,N=97967,N=97966,
N=97965,N=97964,N=97963,N=97962,N=97961,
N=97960,N=97959,N=97958
```

〈그림 4-26〉 철도 노선 데이터의 표정속도 적용

2) 운행간격의 현실성 부족

대중교통 통행배정은 운영계획에 의한 운행간격(Headway)가 입력되어야 한다. 그러나 하루 1회 운행 등 운행간격이 큰 노선의 경우, 운행간격이 1080분 등으로 입력되어 있어 통행배정 시 대기시간이 비현실적으로 증가되는 문제점이 발생한다. 이런 경우 분석가에 의해 임의로 수정되어지고 있는 실정이다. 또한 기준년도 및 장래년도 열차운행 간격 수정의 어려움으로 장래의 노선변경 및 신규노선, 신설정류장의 반영을 분석가가 임의로 지정하여 분석할 수밖에 없는 한계점이 있다.

```
LINE NAME='1789',MODE=52,
Operator=5 ,HEADWAY[1]=1080,HEADWAY[2]=1080,HEADWAY[3]=1080,
XYSPEED=0.01, LONGNAME='Route 269A', ONEWAY=T,
N=-53813,N=-98901,N=-98902,N=-98903,N=-98904,
```

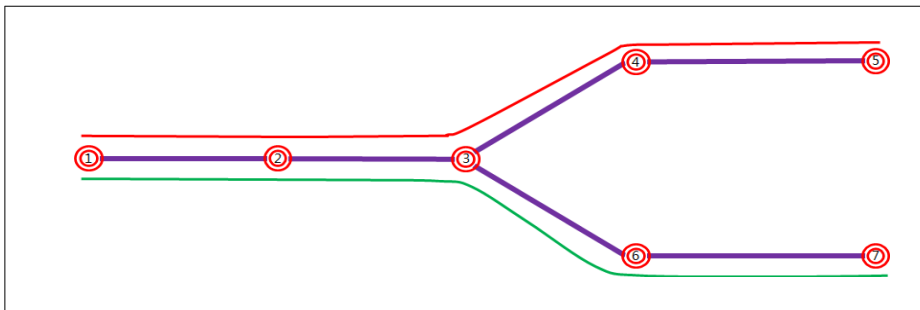
<그림 4-27> 배차간격이 1080분인 대중교통 노선 데이터

3) 대중교통 요금특성 및 차량 특성 반영

국내 대중교통 요금체계는 해외의 대중교통 요금체계 보다 복잡하고 다양한 속성 값을 적용하고 있다. 공공부문의 공급뿐만 아니라 민간에 의한 공급도 증가하고 있어 노선 별 운행요금을 징수하는 방식이 다른 경우가 발생하고 있다. 이에 국내 대중교통 요금체계의 특징을 반영할 수 있는 대중교통 이용요금 반영 방법이 필요하다. 해외의 경우 대중교통 운영주체에 대한 현황을 상수로써 고려하고 있어 운영주체에 따른 상이한 요금을 반영할 수 있다. 따라서 국내의 경우 운영주체에 대한 정보 및 다양한 요금제 반영을 위한 추가적인 연구가 필요하다.

4) 공통 노선의 문제(Common line Problem)

서로 다른 대중교통 노선이 공통된 네트워크 구간을 공유할 때, 발생할 수 있는 문제점으로 불필요한 환승수요가 증가하는 문제점이 발생할 수 있다.



〈그림 4-28〉 공통노선의 문제(Common line problem)

공통노선 ①-②-③노선이 이용되는 경우, Red Line과 Green Line의 통행자들이 최적전략에 의하여 ③정류장에서 불필요한 환승수요가 증가하는 문제점이 발생할 수 있으며 이러한 문제를 공통노선의 문제(Common Line Problem)이라고 한다.

나. 대중교통 운영계획 관련 개선방안

1) 대중교통 노선 데이터의 문제점 개선방안

표정속도를 적용하는 대중교통 수단과 링크통행시간을 적용한 대중교통 수단에 대한 분류기준을 제시할 필요가 있다. 기존의 대중교통 수단뿐만 아니라 신교통수단, 경전철, 노면전철에 대한 분류기준을 함께 제시하여 통일된 분석 방법을 적용할 필요가 있다.

2) 운행간격의 현실성 부족

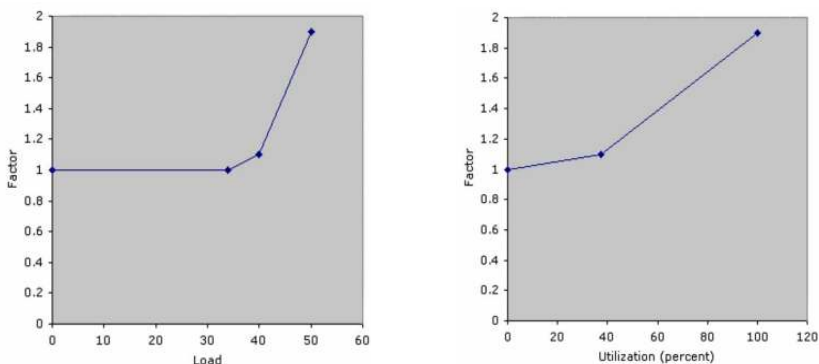
열차운행 간격에 대하여 999분과 같은 비현실적인 차량운행 간격이 입력되지 않도록 일정범위를 적용하여 분석에 적용하는 방법이 필요하다. 또한, BIS, BMS 등의 데이터를 활용하여 대중교통 운행계획과 관련된 표준화된 정보를 제공하는 방법도 요구된다.

3) 대중교통 요금특성 및 차량 특성 반영

CUBE에서는 대중교통노선의 필수속성 값으로 운영주체를 적용하고 있다. 요금제, 대중교통 수단 및 노선, 등을 운영주체와 연결하여 하나의 대중교통 요소로 분석을 수행할 수 있다.

현재 국내 대중교통 수요분석은 용량 제약을 고려하지 않은 분석이 수행되고 있다. 대중교통에서 용량제약을 적용하지 않은 이유는 수요의 증가를 배차간격의 조절을 통하여 무한히 용량을 증가시킬 수 있다는 가정에 기초하기 때문이다. 하지만, 현실적으로 하나의 대중교통 노선의 배차간격을 통하여 용량을 조정하는데 한계가 있다. 또한 차내 용량으로 인한 서비스 수준의 변화는 대중교통 이용자에게 다른 노선을 선택하거나 다음차량을 이용하는 행동을 유발하게 된다. CUBE에서는 과밀모형(Crowding model)을 이용하여 차내혼잡도에 따른 차내 용량을 고려하여 분석하고 있다. 하지만, 대중교통 차량에 대한 적용방법 및 과밀모형의 적용방법의 한계로 예비연구에서는 적용 되지 않았다.

앞으로의 연구에서는 국내의 대중교통분석 시 속성값으로 고려하지 않는 위의 속성에 대한 분석 및 필요성 검토가 필요하다.



〈그림 4-29〉 과밀모형의 혼잡도

자료 : CUBE Manual 『CUBE 6.0 Professional transportation modelling system, citilabs』

4) 공통 노선의 문제(Common line Problem)

공통노선의 문제는 환승을 최소화 할 수 있도록 노선을 설계할 때 필요한 것으로, 운행간격을 통합주기(Combined frequency)를 입력하여 불필요한 환승을 제거하는 방법이 있다. 또한, CUBE의 대중교통 파라미터 중 환승가중치를 적용하여 불필요한 환승이 발생할 것으로 예상되는 지점의 환승가중치를 증가시켜 환승이 발생하지 않도록 조정하는 방법도 있다.

3. 대중교통 파라미터 적용의 문제점 및 개선방안

가. 대중교통 파라미터 적용의 문제점

1) 수단분담 모형의 문제점

대중교통 분석모형의 수단분담 모형에서는 분석단위에 따라 수단선택 효용함수 파라미터를 분석하고 있지만, 적용상의 문제점으로 수단특성을 적절히 반영하지 못하고 있으며, 하나의 파라미터를 적용하는 방법은 모집단을 적절히 표현할 수 없다.

수단분담 모형에서는 통행시간과 통행비용을 적용하고 있지만, 대중교통 수단의 통행시간 특성을 설명하는 변수인 접근시간, 대기시간, 환승시간 등 다양한 설명변수를 모형에 적용하지 못한다. 또한, 소득수준, 차량소유여부, 연령, 결혼여부 등의 수단선택에 영향을 미치는 속성들을 반영할 수 없다. 선택대안이 승용차, 택시, 버스, 지하철로 구분되는 수단선택모형은 다양한 속성을 가진 대중교통 차량의 특성을 적절히 반영하기에 힘든 측면이 존재한다.

2) 대중교통 통행배정모형의 문제점

대중교통으로의 접근수단에 대한 명확한 분석방법 및 자료가 부족하여

차외시간을 적용함에 있어 많은 제약이 존재한다. 통합 네트워크상에서 일률적으로 탑승링크 및 환승링크의 거리를 통하여 차외시간 비용을 추정하는 경우 현실과 동떨어진 대중교통 수요분석 결과가 도출될 위험이 있다. 또한 새롭게 배포된 주수단 O/D에 대하여 접근수단에 대한 O/D 자료의 부족으로 인하여 정확한 대중교통 이용 수요 추정이 불가능하다.

일반적으로 배차간격의 1/2을 적용하는 방법이 합리적인 방법이지만 비현실적인 운행계획으로 인하여 500분의 대기시간이 발생하는 것은 비현실적이다. 배차시간의 1/2을 적용하는 방법은 이용자가 대중교통 수단의 도착 시간을 모르고 정류장에 도착한다는 가정에 의해 시작된 개념이다. 하지만 현실의 이용자들은 대중교통수단의 도착시간을 알고 행동하는 경우가 많기 때문에 이러한 조건을 반영한 대기시간 파라미터의 적용방법이 개선되어야 할 것이다.

대중교통 수요분석에 이용되는 최전전략에 의한 통행배정 방법은 차량의 용량을 반영하지 못하고, 비현실적인 환승 통행을 증가시키는 등의 문제점을 내포하고 있다.

나. 파라미터 적용방법의 개선방향

1) 수단선택 모형의 효용함수 파라미터 적용방법

대중교통 수단의 특성을 적절히 반영할 수 있는 합리적인 통행시간 및 통행비용 산정방법이 구축되어야 한다. 특히 대중교통 접근통행에 대한 연구를 통하여 차외통행을 정량적으로 반영할 수 있는 기준이 정립되어야 할 것이다.

대중교통 수단의 통행비용은 대중교통 이용요금과 거리에 따른 요금단가를 거리와 조합하여 산정한 통행비용을 적용해야 하며, 환승할인과 같은 국내 대중교통 요금체계를 적용하는 방안을 모색해야 한다.

버스의 통행시간은 승용차 통행배정 후 산출된 공로통행시간을 이용하며,

철도는 최소통행시간 추정을 통하여 분석이 가능하다. 그 밖에 버스전용차로를 포함한 버스 수단의 통행속도 산출기준이 마련되어야 한다.

수단분담 모형에 적용되는 통행시간 및 통행비용 효용변수에 대한 시간 가치 검증을 통하여 모형의 검증이 필요하다. 또한, 각 수단별 특성을 반영할 수 있는 대안특성변수(Alternative Specific Variable)의 적용을 통하여 수단별 통행시간 및 통행비용에 대한 파라미터를 설정하고 이에 대한 적중률, 탄력성 분석을 수행하여야 한다.

개별통행수단과 대중교통 수단, 공로수단과 철로수단, 주수단과 접근수단과 같이 수단선택 대안에 대한 계층적 분석을 통하여 대중교통 수단의 수단별 특성이 반영된 수단선택 모형이 되어야 한다.

2) 통행배정 파라미터의 적용방법

본 대중교통 수요분석의 예비조사 모형에서는 CUBE를 이용하여 국외 사례 및 국내 대중교통 수요분석 기준에 따라 차외시간 파라미터를 적용해 보았다. 하지만 파라미터의 적용 기준 및 적용범위, 파라미터에 대한 대중교통 분석의 변화에 대한 연구가 부족하여 분석가에 따라 파라미터의 적용방법을 달리하여 분석의 객관성이 낮아질 위험이 있다.

대중교통 수요분석에 적용할 수 있는 파라미터의 종류와 범위, 파라미터에 대한 대중교통 수요의 탄력성을 통해 분석에 이용되는 파라미터를 규격화할 필요성이 있다.

대기시간은 CUBE 모형과 같은 대기시간 곡선을 적용하여 배차간격에 따라 증가하더라도 일정시간 이상의 대기시간을 허용하지 않도록 하여 비현실적인 대기시간이 발생하는 것을 방지해야 한다.

4. 정산부분의 문제점 및 개선방안

가. 대중교통 수요분석 모형의 정산과정의 문제점

『도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침(제5판)』(2008)은 관측 통행량과 배정통행량의 결과 비교를 통하여 모형의 적절성을 판단하고 있다. 도로부문 사업의 정산은 도로의 관측통행량과 배정통행량의 결과 비교를 통한 모형의 적절성 판단하고 있으며, 도로의 교통량에 따라 정산기준을 세분화하고 있다.

대중교통 부분의 정산은 노선별, 역별 승하차인원의 관측인원과 추정인원의 결과 비교를 통하여 모형의 적절성을 판단하고 있다. 그러나 환승통행량에 대하여 관측교통량을 측정할 수 없어 환승에 대한 정산은 수행하지 않고 있으며, 버스에 대한 정산 방법과 기준을 제시하지 못한 한계점이 있다.

나. 정산방안의 개선방안

1) 다각적인 대중교통 정산기준의 필요

미국 FHWA의 통행배정에서는 통행배정결과들을 평가하는 다양한 방법들을 제시하고 있다. 스크린라인(screen line)이나, 커트라인(out line)과 같은 일 부집계를 통한 배정교통량과 실측교통량을 비교하는 방법, 실측교통량의 총 통행거리(VMD)와 통행배정결과들의 총 통행거리(VMD)를 비교하는 방법, 배정된 교통량과 실측된 교통량 사이의 총 가중오차를 이용하는 방법 등을 제안하고 있다.

다음은 구체적인 정산 방안에 대한 설명을 나타낸다.⁴⁾

4) Federal Highway Administration Travel Model Improvement Program, 『Travel Model Validation and Reasonable Checking Manual, Second Edition』, 2010

- VKT측정 : 링크의 길이에 해당링크에 추정된 교통량이나 실측교통량을 곱하여 계산된다. 추정교통량의 VKT와 실측교통량의 VKT로 나누어 백분율로 표시한다. 추정 VKT는 도로망의 크기, 형태 및 특성에 따라 다소 차이는 있으나 실측 VKT와의 차이가 $\pm 5\%$ 이내의 오차를 나타내는 경우에 신뢰할 수 있는 수요예측 결과라 간주한다.
- SL측정 : 분석대상 전지역을 두부분으로 나누는 가상선을 작성한 후, 그 가상선상을 교차하는 모든 링크들에 추정된 교통량의 합과 해당 링크들의 실측교통량의 합을 비교하여 수요예측결과를 평가하는 방법이다. 이 측정은 추정교통량과 실측교통량의 차이를 백분율로 나타내어 정확도를 표시하며, 추정교통량이 실측교통량과 $\pm 10\%$ 이내의 오차를 보이는 경우 신뢰할 수 있는 수요예측 결과라고 간주한다.
- CL측정 : SL측정과 유사하나 분석대상지역이 SL측정과 같이 도로망전체가 아니라 특정지역에서 선정된 대개 4-8개의 링크들을 대상으로 분석하는 방법이다. 따라서 이 측정은 비교적 작은 범위의 한정된 지역에 대한 비교평가기므로 SL측정보다 더욱 정교하고 효과적이다. CL측정도 추정 교통량과 실측교통량의 차이를 백분율로 나타내어 정확도를 표시한다. 이 측정은 추정교통량이 실측교통량과 $\pm 20\%$ 이내의 오차를 나타내는 경우 신뢰할 수 있는 수요예측 결과라 간주한다.
- TR측정 : 특정노선상의 모든 링크들에 추정된 교통량과 실측교통량을 비교하여 예측결과를 평가하는 방법이다. 이 측정은 SL측정과 같이 추정 교통량이 실측교통량과 $\pm 10\%$ 이내의 오차를 나타내는 경우 신뢰할 수 있는 수요예측 결과라고 간주한다.

2) 주수단 O/D의 정산

대중교통 수요분석의 예비연구 모형에서는 버스 O/D, 지하철 O/D, 버스+지하철 O/D를 각각 배정한 결과와 동시에 배정한 결과를 비교하였다. 또한

접근 및 환승 범위에 대한 정산과 파라미터의 정산을 통하여 모형의 정산과정을 수행하였다. 이러한 과정에서 주수단 O/D에 대한 제대로 된 분석을 수행하는데 많은 한계점이 나타났다.

새롭게 배포된 주수단 O/D의 도입으로 인한 (도로+ 철도) 통합네트워크에 대한 분석방법론의 정립이 필요하며 주수단 O/D의 개념에 따라 버스와 지하철 사이의 환승이 발생하는 지점에 대한 명확한 정의가 필요하다.

또한, 주수단 O/D의 통합네트워크적인 분석을 위해 버스 네트워크 분석 시 기존의 다수단 통행배정(Multiclass assignment)을 이용하여 공로에 통행 배분하는 형식과는 다른 통행배정을 활용하여 대중교통 통행배정을 수행해야 한다. 이와 같은 주수단 O/D를 활용하여 통합네트워크의 분석을 하기 위해서는 통행행태 반영을 위한 수단간 환승 범위 설정, 수단간 환승저항 등의 연구가 필요하다. 최적전략에 의한 통행배정의 경우 실제보다 환승이 많이 발생하기 때문에 통행배정 알고리즘에 관한 연구 등이 추가적으로 수행되어야 할 것이다.

제4절 소 결

국내 대중교통 수요분석을 위한 예비연구 모형을 구축을 위하여 배포자료의 현황을 분석하였으며, 배포자료를 CUBE에서 이용하기 위한 데이터의 변환 과정을 1절과 2절을 통하여 분석해 보았다. 3절에서는 CUBE를 활용하여 국내 대중교통 수요분석 예비모형을 실제로 사례지역에 대하여 분석을 수행하였으며, 정산과정을 통하여 Leg의 범위 및 파라미터를 설정하였다. 이때 이용된 파라미터는 대중교통 정류장/역으로의 접근 및 환승 통행에 Leg를 연결을 위한 접근 및 환승 통행비용, 대중교통 수단의 대기시간 파라미터, 대중교통 차내시간 및 차외시간 파라미터, 환승시간 가중치이다. 마지막으로 4절에서는 구축된 예비모형의 문제점을 분석하였으며 그에 대한 개선 방향을 제시하였다.

국내 대중교통 수요분석 예비연구 모형의 문제점으로는 네트워크 측면, 대중교통 측면, 파라미터적용, 정산과정과 관련된 문제점이 도출되었으며 그에 따른 개선방안은 다음과 같다.

〈표 4-23〉 국내 대중교통 수요분석 예비연구 모형의 문제점 및 개선방안

구분	문제점	개선방안
네트워크 부분	<ul style="list-style-type: none"> - 대중교통 접근통행 구현방법 - 대중교통 환승링크 표현방법 - 대중교통 분석범위 설정 - 정류장 네트워크 표현에 대한 문제점 도출 	<ul style="list-style-type: none"> - 접근 및 환승 링크 연결 - 센트로이드 커넥터 연결방향에 대한 연구 필요 등
Transit Line 부분	<ul style="list-style-type: none"> - 표정속도 적용방안 및 운행간격의 현실성 부족 등의 대중교통 노선 데이터의 속성값 입력의 문제점 도출 - 다양한 대중교통 요금특성 및 차량특성 반영, 공통노선의 문제(Common line Problem)등 	<ul style="list-style-type: none"> - 표정속도를 적용하는 대중교통 수단과 링크통행시간을 적용한 대중교통 수단에 대한 분류 기준 제시 및 열차운행간격의 표준화된 정보를 토대로 현실적인 조정방안 - 요금 및 차량특성을 반영할 수 있는 대중교통 속성값의 다양화, 공통노선의 경우 통합주기(Combined frequency)를 입력방안 및 환승가중치 적용을 통한 불필요한 환승통행 지양
파라미터 적용 부분	<ul style="list-style-type: none"> - 수단선택 상수의 적용 한계 - 통행배정 파라미터 적용의 기준 부재 등 	<ul style="list-style-type: none"> - 각 수단별로 수단의 특성을 반영할 수 있는 대안특성변수 적용 - 개별통행수단과 대중교통 수단, 공로수단과 철로수단, 주수단과 접근수단과 같이 수단선택 대안에 대한 계층적 분석 필요 - 통행배정시 적용되는 파라미터가 수요에 미치는 영향 연구 필요
정산 부분	<ul style="list-style-type: none"> - 도로의 경우 교통량에 따라 정산기준이 세분화되어 있지만, 철도 노선의 경우 승하차 인원을 기준으로 역별로 일정한 정산 기준을 권고함 - 버스수단의 경우 명확한 정산기준 미흡 	<ul style="list-style-type: none"> - 미국 FHWA의 통행배정에서의 정산 방안을 토대로 총 통행거리(VMI)와 통행배정결과와의 총 통행거리(VMI), RMSE 등 비교 - 환승범위 및 환승저항에 관한 연구 필요 - 스마트 카드 데이터 등을 활용한 버스 역별 수송 현황 구축에 관한 연구 필요 - 통행자의 환승행태를 구현할 수 있는 통행배정 알고리즘의 보완

제5장 결론 및 향후과제

제1절 결론

1. 대중교통 교통수요 분석의 필요성

국내 대중교통 수요분석에 대한 연구수준이 기초수준에 머물러 있으며, 대중교통 특유의 통행행태를 반영하지 못한 수요분석의 사례가 많이 존재한다. 특히 대중교통부분의 교통수요추정 시 나타난 한계점은 크게 3가지로 요약된다. 첫째, 대중교통 통행행태를 반영하지 못하였고, 둘째, 통행배정 및 수단분담 모형의 파라미터 적용의 일관성이 부족하며, 마지막으로 버스를 포함한 노선수요 분석방안이 정립되지 않았다는 문제점을 가지고 있다.

대중교통수요분석을 위해서는 적절한 교통수요모형이 필요하다. 해외에서는 규모가 큰 도시의 경우 94%이상이 대중교통 교통수요 분석의 필요성을 인지하고 각 도시별 교통수요분석 모형을 구축하고 있는 것으로 나타났다. 특히 앞서 살펴본 뉴욕시의 BPM모형과 유럽연합의 MOTOS등의 미국이나 유럽에서의 교통수요모형을 보면 국내에 비해 교통모형의 개수나 정밀분석 정도에 있어서 많이 앞서있다는 것을 확인 할 수 있다. 미국의 경우 인구 20만 이상의 도시권의 경우 자체 교통수요모형을 가지고 있고 유럽의 예에서 본 바와 같이 각 나라별로 다양한 교통수요모형을 이용하여 도시, 환경,

교통관련 프로젝트 분석 시 사용하고 있다. 교통수요모형의 유지관리와 개선에 있어서 전문성이 확보된 형태의 대중교통 수요추정이 이루어지고 있었다. 해외에서와 마찬가지로 국내에서도 대중교통 수요추정과 관련된 모형개발, 기초연구 등이 활성화되어야 한다.

2. KTDB 배포자료의 한계점 및 개선방안

가. 네트워크 측면

해외의 대중교통 네트워크와 KTDB에서 배포되는 국내자료의 노드 데이터에서는 분석에 필요한 최소한의 정보만 제공하고 있는 실정이다. 국외 분석모형의 Node 데이터는 기본적인 노드 속성들 뿐만 아니라 분석의 목적에 맞도록 환승터미 노드 속성 및 주차, 램프, 환승, 지역특성과 같은 다양한 자료들을 입력하고 있다. 그러나 국내의 경우 노드의 위치 및 정류장속성 등의 기본적인 데이터만이 수록되어 있는 것으로 나타났다.

국내 배포 네트워크의 링크데이터 속성값은 기종점 노드, 도로 유형, 거리, 차선 수, 속도, 용량, VDF, Alpha, Beta, 수단, 수단별 가중치, 도로명, 교통량 등의 속성값으로 구성되어 있다. 그러나 국외 대중교통 수요분석 모형의 링크속성은 국내에서 배포된 링크 속성 값 이외의 분석목적 및 기준에 따라 구성되어 있다. 예를 들면, 지형특성, 도로 용량에 영향을 미칠 수 있는 요소들(ex, 도로 폭, 길 어깨, 지형특성, 지역특성)을 속성 값으로 포함하고 있는 것으로 나타났다. 또한 대중교통 분석을 위한 PNR 및 환승주차 시설의 속성값도 해외사례에서만 찾아볼 수 있는 속성 값으로 분석되었다.

국내의 경우 이러한 기초자료 분석의 부재로 인해 분석목적에 따라 분석가의 임의대로 터미노드 및 링크를 구축함으로써 수요분석의 신뢰성이 저하되는 단점이 존재하였다. 따라서 대중교통 접근 및 환승을 위한 터미노드의 경우 대중교통 영향권에 대한 기초 연구를 통해 표준화된 네트워크 수정 및 구축 방법이 선행되어야 한다.

나. O/D 측면

국내 적용 KTDB의 배포자료에서는 가정기반 출퇴근, 가정기반 등하교, 가정기반 기타, 비가정기반의 목적 O/D와 도보/자전거, 화물/기타, 비노선 버스, 철도, 승용차, 택시, 버스, 지하철, 버스+지하철의 수단O/D를 배포하고 있는 것으로 분석되었다. 수단 O/D 중 버스+지하철이라는 새로운 주수단 O/D를 도입하였지만, 해외사례에서처럼 보행+버스, 보행+지하철, 자동차+버스, 자동차+지하철과 같은 접근수단에 대한 O/D가 부재한 상황이다. 또한, 정류장 접근 통행에 대한 기초 연구가 부족하여 접근통행을 분석하기에는 많은 어려움이 존재한다. 특히 제한된 접근수단 O/D로 인하여 복합수단 통행분석과 대중교통 특성에 따른 모형구축에 한계점을 가지고 있는 것으로 나타났다. 향후 O/D 구축 시 다양한 대중교통 접근수단O/D에 대한 고려가 필요하다. 또한, 주수단 O/D, 접근수단 O/D를 배포함에 있어 명확한 분석 방법론 및 환승행태에 대한 연구, 통행배정 알고리즘에 대한 선행연구가 수반되어 신뢰성있는 대중교통 수요분석이 가능할 것이다.

3. 대중교통 수요분석 모형 구축 방향

대중교통 수요분석의 경우 크게 국가적 차원과 지역적 차원의 모형으로 구분할 수 있다. 유럽연합의 경우도 국가모형과 도시모형을 따로 관리하고 있는 것으로 나타났으며, 국내의 경우도 대중교통의 특성이 지역마다 차이점을 가지고 있으므로 모형의 세분화가 필요할 것으로 판단된다.

대중교통 수요분석 모형 구축을 위해서는 KTDB에서 보편적이고 전국적 범위의 표준적인 대중교통 수요분석 모형의 구축이 필요하다. 이를 위해 지속적인 모형개발과 기초연구가 수반되어야 한다. 또한, KTDB의 국가모형 구축과 더불어 지역특성에 맞는 지역모형이 도시별로 구축될 필요성이 있다. 사업의 규모와 분석의 범위에 따라 모형이 구축되어야만 객관적이고 신뢰성 있는 대중교통 수요분석이 가능하기 때문이다.

제2절 향후 주요 과제

1. DB 구축분야

가. 노선운행 정보 자료

대중교통 통행배정모형은 대중교통노선의 특징과 차량 속성, 환승의 개념을 추가하여 승용차 통행배정모형을 확장한 형태라 할 수 있다. 대중교통의 경우 승용차 통행배정모형과 비교하여 복잡하고 고려하여야 할 요소가 많다. 승용차와 상이한 대중교통의 특성은 다음과 같다.

- 대중교통은 일정한 노선(line)을 가지고 운행한다
- 대중교통은 일정한 운행계획(schedule)에 의해 운행된다
- 대중교통은 같은 경로를 운행하는 노선이 다수가 존재한다

위와 같은 대중교통의 특성상 운행계획, 노선등과 관련된 계획이 고정되지 않고 자주 변화하는 특성을 가지고 있다. 이러한 맥락에서 변화하는 노선운행 정보자료를 손쉽게 취합하고 구축하는 방향이 강구되어야 한다. 국내의 경우 BIS BMS 등 첨단 IT 시스템상의 자료를 활용하여 자료수집이 가능하므로 이를 통한 자료 수집 및 자동구축체계 구축이 필요하다.

나. 대중교통 네트워크 구축

현재 KIDB에서 배포되는 자료는 크게 지역간자료, 광역권자료, 수도권자료가 존재한다. 지역간 자료의 경우 철도 네트워크만이 제공되며, 대도시권의 경우 수도권자료만이 버스와 지하철 등 대중교통 네트워크를 제공하고 있는 실정이다. 향후 수도권 이외의 광역권자료의 경우도 버스를 포함한 대중교통 네트워크가 제공되어야 하며, 가능하면 시외버스 네트워크도 구축하

여야 할 것이다.

또한 네트워크의 속성값 이외의 분석목적 및 기준에 따라 다양한 분석기준의 설정이 필요하며, 구체적으로는 지형특성, 도로 용량에 영향을 미칠 수 있는 요소들에 대한 자료 구축 및 제공이 필요하다.

다. 대중교통 O/D 구축

대중교통은 승용차와는 달리 필수적으로 정류장까지의 접근통행을 수반하게 된다. 현재 배포되는 O/D자료의 경우 제한된 접근수단 O/D로 인하여 복합수단 통행분석과 대중교통 특성에 따른 모형구축에 한계점을 가지고 있는 것으로 판단된다. 향후 O/D 구축 시 다양한 대중교통 접근수단O/D를 구축함으로써 접근통행에 대한 보다 심도 있는 분석을 위한 기초자료가 제공되어야 할 것이다.

2. 기초 연구분야

가. 대중교통 통행행태

1) 환승을 고려한 대중교통 수요분석

대중교통의 경우 필연적으로 수단 내 혹은 수단간 환승이 발생하며 이러한 환승통행이 대중교통 수요추정에 중요한 역할을 한다. 특히 수도권 통합요금제 도입 이후 수도권의 환승통행량은 지속적으로 증가하고 있는 실정이지만 환승행태를 고려한 기초연구는 여전히 미진한 상태이다. 특히, 통행배정모형에서 가장 널리 이용되는 최적전략 통행배정모형의 경우 환승통행 구현에 있어 한계점을 가지고 있다. 따라서 대중교통 통행 행태와 관련된 기초연구가 선행되어야 한다. 또한, 환승을 고려할 수 있는 대중교통 통행배정 알고리즘 연구가 필요하다.

2) 접근통행을 고려한 대중교통 수요분석

대중교통의 수요는 접근통행에 의해 많은 영향을 받는다. 그러나 이에 대한 표준적인 적용방법 및 기준이 존재하지 않아 분석가에 따라 수요의 신뢰도가 저하되는 결과를 가져오게 된다.

현재의 수요분석지침에서는 접근통행에 대해 일률적으로 분석을 하고 있으며, 기초자료 역시 접근통행 분석을 수행하기에는 많은 문제점을 내포하고 있다. 접근통행을 고려하기 위해서는 대중교통 이용자들의 현황조사를 통해 접근통행을 고려할 수 있는 모형 구축 등의 선행 연구가 필요하다. 또한, 접근통행에 대한 연구는 대중교통 역사의 영향권에서 분석되어야 한다.

나. 대중교통 파라미터 적용

1) 수단분담 파라미터 추정

현재 사용되고 있는 수단분담모형은 수단별로 수단선택 파라미터를 동일하게 사용하고 있다. 즉 대안일반변수(Alternative Generic Variable)를 사용함으로써 교통수단의 특성을 모형화하지 못하고 수단전환 탄력성에 대한 문제가 지속적으로 발생하고 있다. 또한 통행비용의 계수가 통행시간의 계수에 비하여 절대적으로 작아 통행비용 변화에 따른 수단전환 민감도를 반영할 수 없다. 이러한 문제는 지속적으로 제기되어 왔고 대중교통 수요분석 시 수단전환량 추정의 불확실성을 발생시키는 원인으로 지적되어 왔다.

따라서 대중교통을 포함한 교통수요분석에 적합한 수단분담모형에 대한 연구가 필요하다. 먼저 현재 KIDB에서 제공중인 수단 O/D가 대중교통수요분석에 적합한지에 대한 연구를 수행하여야 한다. 모형의 통계적 검증, 탄력성 검증, 적중률 분석 등을 수행하고 보다 합리적인 수단분담 모형 구축을 위한 연구 및 실증분석이 필요하다.

2) 통행배정 파라미터 추정

대중교통의 통행배정 시에는 탑승시간, 대기시간, 운행시간 등의 파라미터가 적용된다. 이러한 속성 값들은 통행배정의 분포와 통행량에 상당한 영향을 미치는 것으로 분석되었지만 명확한 적용기준 및 지침이 없어 분석가의 판단에 의해 적용되고 있는 실정이다.

따라서 신뢰성 있는 대중교통 수요추정을 위해 대중교통 수요분석 시 필요한 차외시간(접근시간, 대기시간, 환승시간 등)과 이에 대한 가중치 파라미터 등에 대한 표준화된 적용 방안 마련이 필요하다. 이와 관련한 조사 및 연구를 통해 국내에 적합한 표준화된 수치를 적용해야 한다.

다. 통합 대중교통 수요 분석

1) 수단간 환승을 포함한 통합대중교통 수요분석

대중교통의 경우 주변노선과의 연계성이 높은 교통체계이다. 따라서 수요분석 시 하나의 노선에 대해서 수요분석을 수행할 뿐만 아니라 주변 노선과의 관계를 수단분담과 통행배정 단계에서 모형화해야 한다. 그러나 통합 대중교통 수요분석을 위한 기초 자료 및 연구의 미비로 인하여 통행배정단계에서 수단간 관계를 모형화하지 못하고 할 수 있다. 더욱이 기존 철도(도시철도 포함) 중심의 대중교통 수요분석만으로는 경쟁수단 및 수단간 환승특성을 반영하지 못하고 있는 실정이다. 이를 위해서는 버스 등 경쟁수단을 포함한 대중교통수요분석을 위한 연구 및 관련 지침 개발이 필요하다.

2) 복합수단(버스+ 지하철) O/D에 대한 분석방법

2012년 수도권교통본부에서 배포한 기초자료에는 기존과 달리 대중교통 O/D 중 복합수단(버스+ 지하철) O/D가 존재한다. 그러나 복합수단(버스+ 지하철) O/D의 적용을 위해서는 버스와 지하철 네트워크가 혼합된 통합네트워

크의 분석방법론 정립이 필요하다. 예를 들면, 한 수단은 접근수단으로 처리하여 분석하거나 또는 대중교통 O/D로 통합 분석하는 방법 등이 있을 수 있다. 그러나 현재의 연구수준과 경험적인 측면에서 현실적으로 통합네트워크를 분석하기에는 난해한 측면이 존재한다. 따라서 복합수단(버스+지하철) O/D 분석을 위한 연구가 선행되어야 할 것이다.

3) 대중교통 수요추정 모형의 정확도 향상

대중교통 수요추정의 정밀성을 향상시키기 위해서는 세밀한 자료가 필요하다. 정밀성 향상을 위한 대표적인 방법으로는 존 세분화와 네트워크 세분화가 존재한다. 그러나 이러한 정밀성 향상을 위한 방법론의 명확한 기준이 없어 분석가마다 다른 기준을 적용하고 있다. 따라서 관련된 연구 및 지침 개발을 통해 대중교통 수요추정 모형의 신뢰성을 향상시켜야 할 것이다.

참고문헌

[국내문헌]

1. 한국개발연구원, 『도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침(제5판)』, 2008.
2. 한국교통연구원, 『2007년 국가교통DB 최종보고서-9권 광역권 여객기종점통행의 전수화』, 2008.
3. 한국교통연구원, 『2007년 국가교통DB 최종보고서-6권 전국지역간 여객 기종점자료의 현행화』, 2008.
4. 서울연구원, 『교통카드 데이터를 활용한 대중교통 평가체계 구축방안』, 2007
5. 서울연구원, 『최적 대중교통 통합네트워크 구축 연구』, 2011
6. 서울연구원, 『국가통합교통체계효율화법 개정에 따른 서울시 통행실태 DB의 효율적 구축·운영방안 연구』, 2010
7. 한국개발연구원, 『대구도시철도 1호선 하양연장사업』, 2009
8. 한국개발연구원, 『울산시 경전철 건설사업 예비타당성조사』, 2004
9. 한국개발연구원, 『창원 도시철도 건설사업』, 2011
10. 김진배 외2명, 『대중교통 통행배정 모형의 환승수요 추정치 민감도분석:서울시 지하철 사례연구』, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, 2012
11. 서울연구원, 『서울시 대중교통 중심도시구현 전략 연구』, 2008
12. 천승훈, 『교통카드 자료기반 통합대중교통망의 확률적 통행배정모형 개발, 서울대학교 박사논문』, 2010
13. 박준식·강성철, 『복합수단 대중교통 네트워크의 연계성 평가 모형』, 대한교통학회지 제 28권 제 3호 2010.
14. 박경철 외 3, 『복합수단을 고려한 확률적 대중교통 통행배정모형 개발』, 대한교통학회지 제 25권 제 3호, 2007.

15. KORAIL 연구원 『철도 O/D 및 네트워크 개선방안』, 2011
16. 교통개발연구원 『도로사업 타당성 분석 사례연구』, 중앙대학교
17. 한국교통연구원, 『철도투자평가편람 전면개정 연구』, 2010.
18. KORAIL 연구원, 『KTX 중장기 수송수요 예측연구』, 2010
19. 한국교통연구원, 『여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사』, 2012
20. 국회입법조사처, 『교통분야 수요예측 개선 방안 조사』, 2010.

[국외문헌]

1. "The COBA Manual", 2006
2. "New York best price model(NYBPM)", 2005
3. 함희주 "Advanced Scripting techniques with public transport, Citilabs", 2012.
4. CUBE Manual "CUBE 6.0 Professional transportaion modelling system, citilabs"
5. Atlanta Regional Commission, "Travel Forecasting Model Set For the 20 County Atlanta Region Users Guide", 2009.
6. Federal Highway Administration Travel Model Improvement Program, "Travel Model Validation and Reasonable Checking Manual, Second Edition", 2010.
7. European Union, "MOTOS Handbook", 2010.
8. New York Metropolitan Transportation Council, "New York Best Practice Model (NYBPM) For Regional Travel Demand Forecasting NYBPM User Documentation", 2009.
9. New York State Department of Transportation, "Tappan Zee Bridge/I-287 Corridor Project Draft Environmental Impact Statement", 2011.
10. Bill Davidson, Peter Vovsha, Mohammad Abedini, Chaushie Chu, and Rory Garland, 『Impact of Capacity, Crowding, and Vehicle Arrival Adherence on Public Transport Ridership: Los Angeles and Sydney Experience and Forecasting Approach』, Australasian Transport Research Forum 2011 Proceedings, 2011.
11. Transportation planning, "Modeling with EMME/2, Maricopa Association of Governments"

[웹사이트]

1. 경기도 교통 DB 시스템(gtdb.gg.go.kr/GTDBWeb/)

부 록

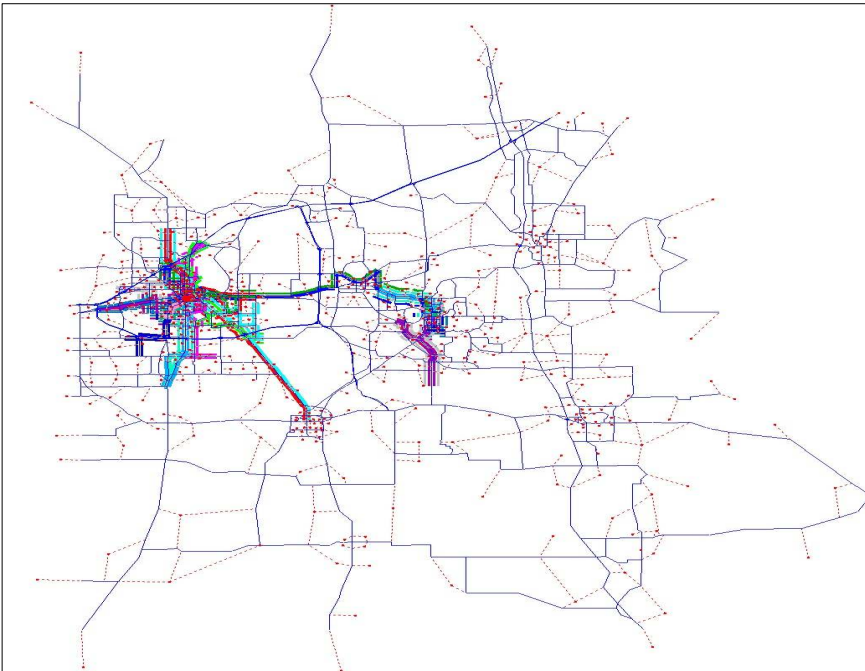
☐ 해외 대중교통 수요분석 모형의 사례분석

1. Olympus Training Model(2010)
2. Morris County Transportation Model(2005)
3. North Florida Transportation Planning Organization(2006)

1. Olympus Training Model(2010)

가. 네트워크 기초자료

- 올림프스 모형은 총 591개의 존(Zone)으로 구성되어 있으며 각각 3,200개의 노드(Node)와 8,740 링크(Link)로 구성되어 있음
- 올림프스 모형의 전체 네트워크는 다음그림과 같으며, 노드와 링크의 속성값 아래의 분석과 같음



〈그림 1〉 Olympus 네트워크 및 Transit Line

1) 노드(Nodes)

- 16개의 속성으로 구분하여 노드 특성을 표현하였으며, 환승 및 PNR(Park & Ride), KNR(Kiss & Ride) 적용을 위한 더미 노드를 적용함
 - 노드의 속성은 노드의 특성을 표현하기 위하여 노드 번호 및 존 이름을

설정하고, 노드가 해당된 존의 특성을 표현하기 위한 Type이 적용되어 있으며 대중교통 요금제의 적용방법중 구역요금제를 적용하기위한 속성값으로 Farezone이 지정되어 있음

- 환승 주차장을 표현하기 위한 속성값으로 TSPARK 속성이 적용되어 있으며, TSPNRTERM, TSKNRTERM 속성을 적용하여 Park & Ride와 Kiss & Ride가 가능한 Node를 설정하고 있음
- 유료도로 진출입 램프에 대하여 _TOLL_ACC, _TOLL_DEC를 적용하여 진출입램프의 시종점 노드를 표현하고 있음
- TRRANGE와 TIMESUSED처럼 분석모형만으로 추정하기 어려운 속성값도 적용되고 있으며, 다양한 속성값의 적용을 통하여 보다 구체적으로 노드의 특성을 모형에 적용하고자 함

〈표 1〉 Olympus model의 노드 속성

Name	Value	Count	속성
N	노드	3200	노드 번호
X, Y	X Y 좌표	-	노드의 좌표값
TSNAME	존 이름	-	해당 존의 지명
TSIYPE	0	0	해당 존의 특성
FAREZONE	0	0	구역요금 구분단위
TSRANGE	0~10	4	더미 노드
TSPARK	0~200	4	주차 더미 노드
TSCOSTAM	0~100	4	더미 노드 비용(AM)
TCOSIMD	0~100	4	더미 노드 비용(MD)
TSPNRTERM	0~2	4	PNR 더미 노드
TSKNRTERM	0~0.5	4	KNR 더미 노드
_TOLL_ACC	0, 1	30	진출 램프 더미 노드
_TOLL_DEC	0, 1	30	진입 램프 더미 노드
_PLAZAID	0~30	60	램프 더미 노드값
TIMESUSED	2~10	3200	노드 특성값

2) 링크(Links)

- 총 49가지의 링크 속성을 통하여 링크의 특성을 모형에 적용하고 있음

- 거리, 차선수, 도로용량, 도로등급, 통행속도, 통행량, BPR함수의 Alpha, Beta값등 국내 네트워크의 링크 속성값과 같은 속성값을 적용하고 있음
- 그 외의 링크의 속성을 표현하기 위한 다양한 속성값이 적용되고 있음
 - 램프 통과비용과 요금소의 유무를 표현한 속성값으로 TOLL, TOLLTYPE 이 적용되고 있으며, 도로의 타입을 FTYPE과 ATYPE으로 구분하였지만 두 속성값의 차이점은 모형분석만으로는 파악하기 어려움
 - 링크의 용량제약에 영향을 주는 속성값으로 UROADFACTOR와 CONFAC의 속성값을 적용하고 있음
 - 링크통행시간을 링크의 속성에 적용하고 있으며 TIME1과 TIME2는 각각 수단별 통행시간을 나타내는 것으로 추정되며, WALKTIME은 링크 보행 통행시간을 의미함
 - WAITIME, TIME, DISTANCE의 속성들은 대중교통 정류장/역으로의 접근비용 및 환승비용 추정의 기준값으로 적용되는 속성값임

〈표 2〉 Olympus model의 링크 속성

Name	Value	Count	속성
A, B	1-6554	7840	From, to node
TOLL	0~30	90	램프 비용
TOLLTYPE	0, 1	30	요금소
DISTANCE	0~6.01	7840	링크 거리
FTYPE, ATYPE	12~99, 12~53	7840	링크 특성
LANES	1~9	7840	차선수
CAPACITY	450~10000	7840	링크 용량
COUNT	0~43046	7840	링크 교통량
BPRCOEFFICIENT	0.15	7840	BPR함수의 Beta
BPREXONENT	4.5~6.5	7840	BPR함수의 Alpha
UROADFACTOR	0.51~1.0	7840	링크 용량 제약
CONFAC	0.09~0.1	7840	
TIME1,2	0.01~14.42	7840	링크 통행시간
WALKTIME	0~144.24	7832	링크 보행통행시간

3) 대중교통 O/D

- Olympus Model은 PA모형을 적용하고 있으며, 통행목적에 따라 5가지로 구분하고 있으며, 트럭과 택시를 하나의 통행유입유발 목적으로 분석하고 있음
- 올림프스 모형의 총 통행량은 3,023,020의 발생통행과, 3,214,630의 유입통행임

〈표 3〉 Olympus Model의 통행유입 · 발생량

(단위 : 통행/일)

	P	TOTAL	A	TOTAL
Home-Based-Work	HBWP	532,996	HBWA	533,000
Home-Based-School	HBSP	332,876	HBHA	332,865
Home-Based-Service	HBSP	317,264	HBRA	317,255
Home-Based-O	HBOP	845,574	HBOA	845,568
Non-Home-Based	NHBP	738,651	NHBA	738,651
Truck-Taxi	TRKTAXIP	255,655	TRKTAXIA	255,655
External	IEP	266,367	IEA	266,360
Total	TOTIP	3,023,020	TOTA	3,214,630

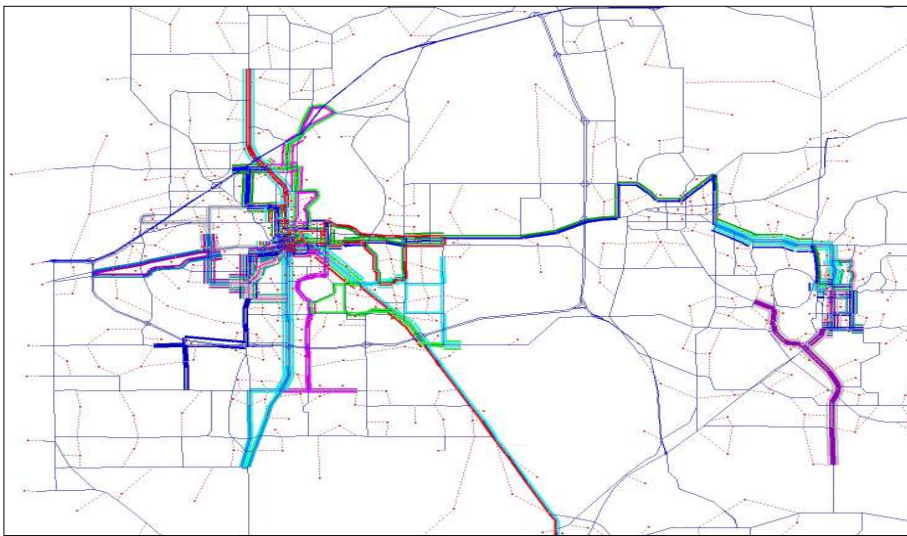
나. 대중교통 관련 기초자료 설정

- 대중교통 LINE 데이터는 노선 명, 노선 수단, 노선 운영주체, 차두시간[1], 차두시간 [2]로 구성되어 있음
- LINE NAME은 노선이름으로 노선 구분으로 분석에 영향을 미치지 않음
- MODE는 SYSTEM FILE에서 적용하는 적으로 올림프스모형에서는 10개의 대중교통 수단을 분석에 적용하고 있으며 그 종류는 다음의 표와 같음
- CUBE대중교통 분석모형의 LINE 데이터에서는 국내의 LINE 데이터와는 다르게 대중교통 노선의 운영주체를 분석에 반영해야 함
- 운영주체에 따라 요금제를 다르게 적용할 수 있어 같은 수단이더라도 분석 방법을 달리 적용할 수 있음

- HEADWAY는 1개에서 4개의 값을 적용할 수 있으며, 최소운행간격, 첨두시 운행간격, 비첨두시 운행간격, 최대 운행간격등을 적용할 수있음
- 올림프스 모형에서는 최소운행간격과 최대운행간격을 적용하고 있음

〈표 4〉 Olympus model의 Transit line 속성

Name	Value	Count	속성
NAME	NAME	32	노선명
MODE	21~31	2142	대중교통 수단
OPERATOR	0~1	2142	대중교통 운영주체
HEADWAY[1]	0~60	2142	차두시간
HEADWAY[2]	0~60	2142	차두시간



〈그림 2〉 Olympus Transit Line

- 대중교통 수단(Transit mode)은 아래와 같으며 Winter Haven과 Lakeland에 대한 대중교통 수단을 각각 적용하고 있음
- 시외버스, 일반버스, 순환버스, 통근열차, 일반열차로 구분하고 있음

〈표 5〉 Olympus model의 Transit mode 속성

Name	Value	Longname
Lb What	21	Winter Haven Local Bus
Prem What	22	Winter Haven Prem Bus
Circ What	23	Winter Haven Circulator
Rail What	24	Winter Haven Other Rail
Comrail What	25	Winter Haven Com Rail
Lb Llt	31	Lakeland Local Bus
Prem Llt	32	Lakeland Prem Bus
Circ Llt	33	Lakeland Circulator
Rail Llt	34	Lakeland Other Rail
Comrail Llt	35	Lakeland Com Rail

다. 대중교통 수요분석 모형의 적용 파라미터 설정

- 대중교통 수요분석 모형을 위한 파라미터로 접근 및 환승을 위한 Leg 설정이 필요하며, 탑승 및 환승 시간 표현을 위한 대기시간 곡선, 대중교통 요금징수 방법의 결정이 필요함

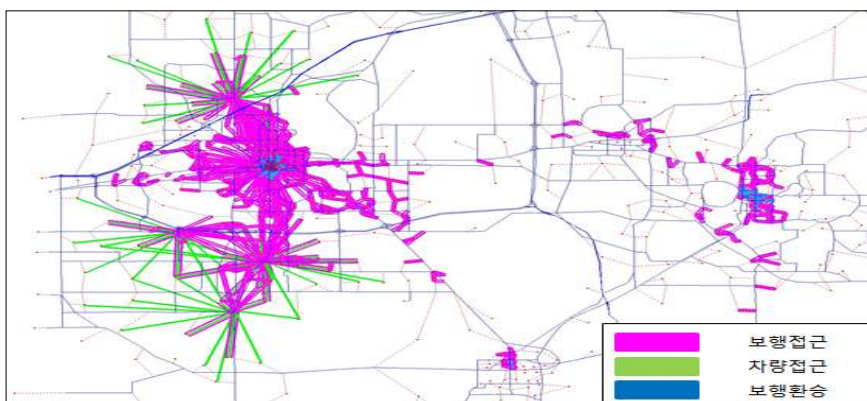
1) 접근 및 환승

- 접근 및 환승을 표현하기 위한 Leg는 CUBE모형에서 대중교통 분석을 위해 적용하는 더미 링크로서, 거리, 통행시간, 보행통행시간을 비용으로 환산하여 센트로이드와 정류장사이를 연결함
- 올림프스 모형에서는 5개의 접근 및 환승 수단을 적용하였지만, 실 분석에 적용된 것은 3가지로 보행접근, 차량접근, 보행환승을 적용하였음
- 보행접근은 접근 비용으로 링크통행 거리를 기준으로 하며, 보행통행시간을 보조적인 판단기준으로 활용함
 - 보행환승에 대하여 별도의 제약조건을 적용하여 보행자가 고속도로 및 자동차 전용도로를 보행하는 오류가 발생하지 않도록 설정함

- MAXCOST = 200*COST로 지정되며 200은 모든 수단을 의미함
- 보행 비용은 0.6으로 지정하였음
- 차량접근비용은 3.00으로 적용하였으며, 비용산출 근거는 이동거리와 차량 통행시간을 기준으로 함
- 보행환승 비용도 보행접근비용과 같은 값을 기준으로 설정하였음

〈표 6〉 Olympus model의 Transit Leg 속성

Name	mode	Leg 연결	의미
보행접근 (Walkacc)	1	COST=(LW.DISTANCE) EXTRACTCOST=(LW.WALKTIME) MAXCOST= 200*{WALKACC} EXCLUDLINK=(LI.FTYPE= 10-19, 70-99) DIRECTION= 3	비용: 거리 추가비용: 보행시간 비용제한없음 해당 FTYPE 링크연결제외 양방향 Leg 연결
차량접근 (Autoacc)	2	* 별도 지정	-
Allwalk	4	MAXCOST= 200*3 EXCLUDLINK=(LI.FTYPE= 10-19, 70-99)	최대 비용 : 3 이하
Platform	11	EXCLUDLINK=(LI.FTYPE= 59)	FTYPE 59링크연결제외
보행환승 (Walkxfr)	12	MAXCOST= 200*0.6 * CBD 노드를 별도 지정	최대 비용 : 0.6 이하

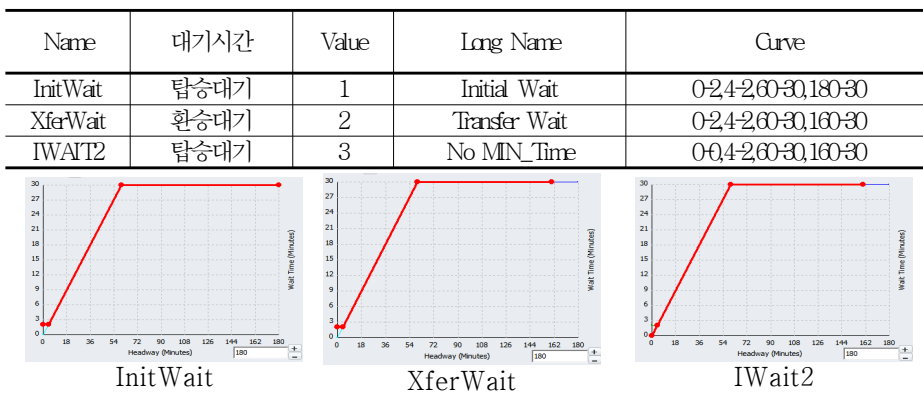


〈그림 3〉 Olympus Transit Leg

2) 대기시간 곡선

- 대중교통수단을 이용하기 위해서는 정류장에서의 대기시간과 환승정류장에서의 환승대기시간을 설정하는 것이 중요함
- CUBE의 대중교통 분석모형에서는 이러한 대기시간을 배차간격에 대한 대기시간의 함수로 표현하여 대기시간의 상한선을 지정해주고 있음
- 올림프스 모형에서는 3가지의 대기시간을 고려하고 있음
 - 탑승시간에 대하여 대기시간이 없이 정류장 도착과 동시에 대중교통수단을 이용하는 방법(IWAIT2)과 일반적으로 2분을 기다린 후 탑승하다는 가정에 의한 방법(IWAIT1)을 구분하고 있음
 - 환승 대기시간은 1가지를 적용하고 있음
- 대기시간은 최대 30분을 넘지 않도록 설정되었으며, 대기시간 30분 이전에는 일반적으로 배차간격의 1/2을 대기시간으로 적용하고 있음

〈표 7〉 Olympus model의 Wait_Curve



3) 대중교통 요금(fare file)

- CUBE에서 제공하는 대중교통 요금지불방법은 7가지 방법을 제공하고 있으며 각 수단별, 운영주체별 대중교통 요금과일을 따로 작성할 수 있음
- Olympus 모델의 요금 구조 6가지로 구성되어 있으며, 6개 모두 ‘FLAT 요금제’를 적용하고 있음
- 요금과일은 이름, 구조, 최초탑승요금, 환승요금으로 표현이 가능함
- 환승요금은 입력된 순서대로 각각의 요금제에서 1번, 2번, 3번,...요금제를 적용하는 수단으로 환승이 발생할 때, 발생하는 환승요금을 의미함
- 요금의 선정 기준은 모형에 적용된 시간가치에 따라 적용 할 수 있음

〈표 8〉 Olympus model의 Fare file

	Name	구조	탑승요금(pence)	환승요금
1	ILT LB	FLAT	0.5	0.00, 0.00, 0.50, 0.50, 0.50, 0.50
2	WHAT LB	FLAT	0.5	0.00, 0.00, 0.50, 0.50, 0.50, 0.50
3	ILT PB	FLAT	1.0	1.00, 1.00, 0.00, 0.00, 1.00, 1.00
4	WHAT PB	FLAT	1.0	1.00, 1.00, 0.00, 0.00, 1.00, 1.00
5	ILT RAIL	FLAT	1.5	1.50, 1.50, 1.50, 1.50, 0.00, 0.00
6	WHAT RAIL	FLAT	1.5	1.50, 1.50, 1.50, 1.50, 1.50

※ 요금 구조 용어정리 : 요금계산은 통행거리를 기준으로 산정함

ACCUMULATE	통행거리를 경유한 존의 수를 기준으로 추정
FLAT	통행거리와 상관없이 일정한 요금을 징수하는 방법
DISTANCE	실제 차량에 탑승하여 이동한 거리를 기준으로 추정
HILLOW	경유한 요금존(FareZone)의 차이를 기준으로 추정
COUNT	통행거리를 경유한 요금존의 수를 기준으로 추정
FROMIO	탑승지점과 하차지점의 요금존을 기준으로 추정
FREE	무료승차

4) Factor file

- FACTOR FILE은 CUBE 대중교통 모형에서 핵심적인 부분으로 앞에서 설정한 접근 및 환승 수단, 대중교통 수단과 요금제, 대기시간, 탑승 및 환승의 가중치 등을 설정하는 파일로 모형의 틀을 잡는 파일임
- Global setting을 통하여 대중교통에서 환승을 실행 여부 및 환승 횟수를 적용할 수 있으며, 대중교통 수단의 도착시간을 알고 이용하는 가정 또는 모르고 이용한다는 가정을 설정할 수 있음
- 최대 통행비용을 제한 할 수 있으며, 접근 수단에 따라 Walk access factor file과 auto access factor file로 구분하여 적용함

	Global setting
	※ BESIPATHONLY=T 환승을 통한 하나의 최적경로 추정
;Global Settings	※ MAXFERS=5 : 환승 횟수를 5회 이하로 지정
BESIPATHONLY=T	※ SERVICEMODEL=
MAXFERS=5	FREQUENCY : 운행정보를 모르는 상태에서 이용
SERVICEMODEL=FREQUENCY	FREQUENCYCOST : 운행정보를 알고 이용할 경우
RECOSSIMAX=300.0	※ RECOSSIMAX=300.0 : 통행비용의 제한
FREQBYMODE=T	FREQBYMODE=T : 통행수단에 따른 대기시간 결정 (F : 수단에 상관없이 가장 빠른 노선의 대기시간 결정)
; DELMODE =	※ DELACCESSMODE = 2
DELACCESSMODE = 2	보행접근과 승용차 접근을 구분
DELEGRESSMODE = 2	※ DELEGRESSMODE = 2
	도착지수단은 보행만 고려

- 각각의 통행요금 체제와 운영주체를 연결하여 대중교통 노선 데이터에 적용된 운영주체에 따라 대중교통 요금징수방식을 달리 적용할 수 있음
- 654~99999의 모든 노드에 대하여 대기곡선 1, 2를 적용하도록 하며, 모든 노드에 대한 대기시간의 가중치를 200으로 적용함

fare setting	
FARESYSTEM= 1, OPERATOR= 1	※ Fare file 1 요금제를 이용하며, 운영자는 1번
FARESYSTEM= 2, OPERATOR= 2	운영자
FARESYSTEM= 3, OPERATOR= 3	
FARESYSTEM= 4, OPERATOR= 4	
FARESYSTEM= 5, OPERATOR= 5	
FARESYSTEM= 6, OPERATOR= 6	
IWAITCURVE= 1,	
NODES= 654-99999	※ 모든 노드에 대하여 탑승 대기 시간은 1curve
XWAITCURVE= 2,	적용
NODES= 654-99999	※ 모든 노드에 대하여 환승 대기 시간은 2curve
WAITFACTOR= 200,	적용
NODES= 654-99999	※ 모든 노드에 대하여 200의 가중치를 적용

- Runfactor는 대중교통 수단에 대해서는 수단의 차내 시간의 가중치이며 접근수단에 대해서는 차외시간에 대한 가중치를 적용하는 파라미터임
 - 보행접근에 대하여 200을 적용하였으며 수단 [4]에 대하여 9.99를 적용하였기 때문에 접근 및 환승 수단분석에서 접근수단 4가 이용되지 않았음
 - 플랫폼 대기(수단11), 환승(수단12)에 대하여 200의 가중치를 적용하여 환승에 대한 차외시간에 패널티를 적용함

Runfactor setting	
RUNFACTOR[1] = 200	
RUNFACTOR[2] = 1.00	
RUNFACTOR[3] = 1.00	
RUNFACTOR[4] = 9.99	
RUNFACTOR[11] = 200	
RUNFACTOR[12] = 200	
RUNFACTOR[21] = 1.00	
RUNFACTOR[22] = 1.00	※ RUNFACTOR[#] = 200
RUNFACTOR[23] = 1.00	각 수단[#]에의 Runtime에 200의 가중치를 적용함
RUNFACTOR[24] = 1.00	
RUNFACTOR[25] = 1.00	
RUNFACTOR[31] = 1.00	
RUNFACTOR[32] = 1.00	
RUNFACTOR[33] = 1.00	
RUNFACTOR[34] = 1.00	
RUNFACTOR[35] = 1.00	

- 탑승가중치는 대중교통 수단에 대한 가중치를 적용하는 것으로 올림프스 모형에서는 적용 모형에 대하여 200의 탑승 가중치를 적용하였음
- 환승가중치를 적용하는 방법은 Xferpen, Xferfactor, Xferconst를 적용하는 3가지 방법이 있으며 from수단과 to수단을 지정하여 버스에서 지하철로 환승, 지하철에서 지하철의 환승, 지하철에서 버스로의 환승을 구분할 수 있음
- Xferpen은 분단위의 환승추가 시간을 더하는 방법이며, Xferfactor는 환승시간에 대하여 가중치를 곱하는 방법임. Xferconst는 Xferpen에 적용한 환승시간에 환승시간을 추가하는 방법으로 세 가지 방법을 모두 사용할 필요는 없음

Boarding and Xfer factor setting	
BRDPEN[21] = 20	
BRDPEN[22] = 20	
BRDPEN[23] = 20	※ BRDPEN[#] = 20
BRDPEN[31] = 20	수단 [#]에 대한 탑승 가중치 적용
BRDPEN[32] = 20	
BRDPEN[33] = 20	※ XFERPEN
BRDPEN[34] = 20	수단[from, to]의 환승 가중시간을 적용
BRDPEN[35] = 20	
XFERPEN= 0.00,	※XFERFACTOR
from= 21-200, to= 21-200	수단[from, to]의 환승에 대한 XFERPEN의 가중치 적용
XFERFACTOR= 1.00,	
from= 21-200, to= 21-200	※XFERCONST
XFERCONST= 5.0,	수단[from, to]의 환승상수로 XFERPEN에 추가 적용
from= 21-200, to= 21-200	

2. Morris County Transportation Model(2005)

CTIME속성을 적용하여 통행시간을 속성값으로 지정하였지만, 접근 LEG의 통행비용 추정에는 적용되지 않았음

〈표 9〉 Morris County model의 링크 속성

Name	Value	Count	속성	Name	Value	Count	속성
A, B	NUM	31971	노드번호	SHAPEIN	22982	19509	거리
DISTRICT	9999	13658	구역구분	SILABEL	-	-	도로명
LENMILES	080.31	13313	거리	MP	NUM	-	-
FINCLASS	1~16	13680	VDF	LANES	0~6	13200	차선수
DIST	0~39	13195	갈매폭	MODEL	0, 1	13680	-
ONEWAY	1, 2	13680	일방향도로	DISTANCE	NUM	19509	거리
FT	1~12	19509	링크특성	TERTYPE	0, 1, 2	19330	차형특성
ALCOEFF	0.08~1.5	19509	BETA	BTCOFF	4~7	19509	ALPHA
NLILANE	1, 2	17	-	NRILANE	1, 2	14	-
LWIDTH	10~12	19509	차선폭	LSHOULD	0, 1	19329	-
LINKTYPE	0, 1	19329	링크타입	QUHFLG	0, 1	19329	-
CAPACITY	80~1000	19509	용량	SPEED	10~68.5	19509	속도
COUNTY	NUM	22	관측교통량	YEARCTL	0~2003	22	개항년도
TOLIFAC	0, 1	3266	통행료	SCRLINE	0, 1	2	스프라이트
REFZONE	2000	19507		GEOMETRY	1	19509	지형
SPEED_LMT	0~70	16062	제한속도	CTIME	128.50	09509	통행시간

가. 대중교통 O/D

- Morris County Model에서는 접근수단 별 대중교통 O/D를 적용하여 대중교통 분석에 적용하고 있음
- Peak Hour 와 Off Peak Hour로 구분하여 대중교통 수요를 추정하였음

〈표 10〉 Morris County Model의 통행량

(단위 : 통행/일)

	접근수단		통행량
PEAK-HOUR	WALK to RAIL	WRAIL	1,704.89
	WALK to BUS	WBUS	14,418.75
	DRIVE to RAIL	DRAIL	51,823.03
	DRIVE to RAIL	DBUS	82,159.13
	Total		150,105.80
OFF-PEAK-HOUR	WALK to RAIL	WRAIL	4,737.47
	WALK to BUS	WBUS	5,076.19
	DRIVE to RAIL	DRAIL	68,919.72
	DRIVE to RAIL	DBUS	17,487.59
	Total		96,220.97

나. 대중교통 관련 기초자료 설정

- 6개의 대중교통 수단으로 107개의 대중교통 노선 운행
- 대중교통 노선데이터에서는 노선명, 대중교통 수단, 운영주체, 일방통행노선 및 순환노선 구분, 차두시간[1], 차두시간[2], 노선색상을 속성값으로 적용하고 있음
 - 올림프스 모형에서 적용되지 않았던 대중교통 노선데이터 속성으로는 ONEWAY와 CIRCULAR, COLOR를 구분할 수 있음
 - ONEWAY=T, 또는 F로 설정할 수 있으며 T로 설정할 경우 100번 노선과 그 반대방향 노선 - 100번 노선이 자동으로 만들어서 분석에 적용됨
 - CIRCULAR는 대중교통 노선이 순환형 노선일 경우 T로 설정해주어야 함
 - 대중교통노선에서 동일 정류장을 반복할 경우 오류발생 방지
 - COLOR는 노선의 색상을 구분하는 속성으로 특정 색으로 노선을 표현하고자 할 때 적용할 수 있음. 지하철노선의 경우 RED LINE, YELLOW LINE등 색상으로 구분하는 경우에 색을 지정함으로 구분을 할 수 있음

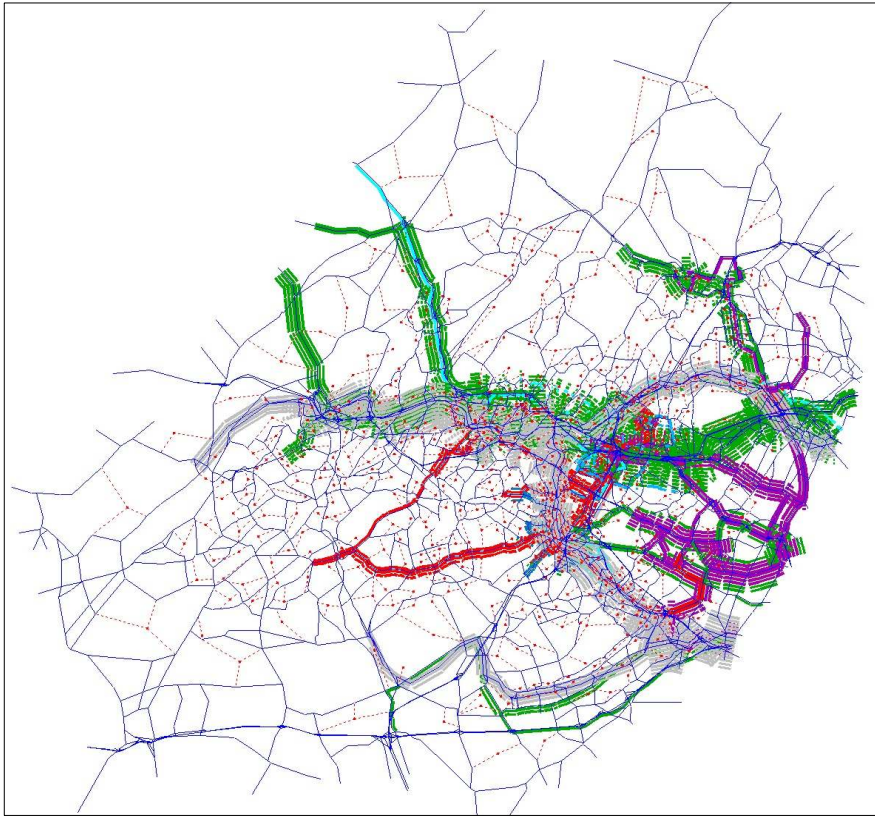
〈표 11〉 Morris County model의 Transit line 속성

Name	Value	Count	속성
NAME	NAME	107	노선명
MODE	0~10	14199	대중교통 수단
OPERATOR	0~10	14199	대중교통 운영주체
ONEWAY	0, 1	14199	일방통행
CIRCULAR	0, 1	1002	순환노선
HEADWAY[1]	0~180	11712	차두시간
HEADWAY[2]	0~360	10019	차두시간
COLOR	0~14	13965	노선 색상

- 모리스카운티 모형에 적용된 대중교통 수단은 총 6가지 수단으로 중량전철, 셔틀버스, 개인버스(?), 일반철도, 경전철의 수단으로 구분이 가능함
- Private Carrier는 개인이 운영하는 버스로 일정한 금액을 받고 일정 노선을 운행하는 교통수단으로 국내의 학원차량으로 생각할 수 있음

〈표 12〉 Morris County model의 Transit mode 속성

Name	Value	속성
Mm	5	Morris County Metro
Shuttle	6	Shuttle Bus
NJT	7	Nj Transit Bus
PVT	8	Private Carrier
RAIL	9	Njt Rail Transit
IRT	10	Hypothetical Irt



〈그림 4〉 Morris County의 네트워크 및 Transit Line

다. 대중교통 수요분석 모형의 적용 파라미터 설정

- 접근 및 환승, 대중교통 요금, 대기 시간 곡선, 탑승 및 환승 패널티의 적용방법

1) 접근 및 환승

- 4개의 접근 및 환승 수단을 적용
 - 보행접근, 차량접근, Park & Ride 접근의 3가지의 접근수단과 보행환승의 1가지 환승통행수단을 설정하였음

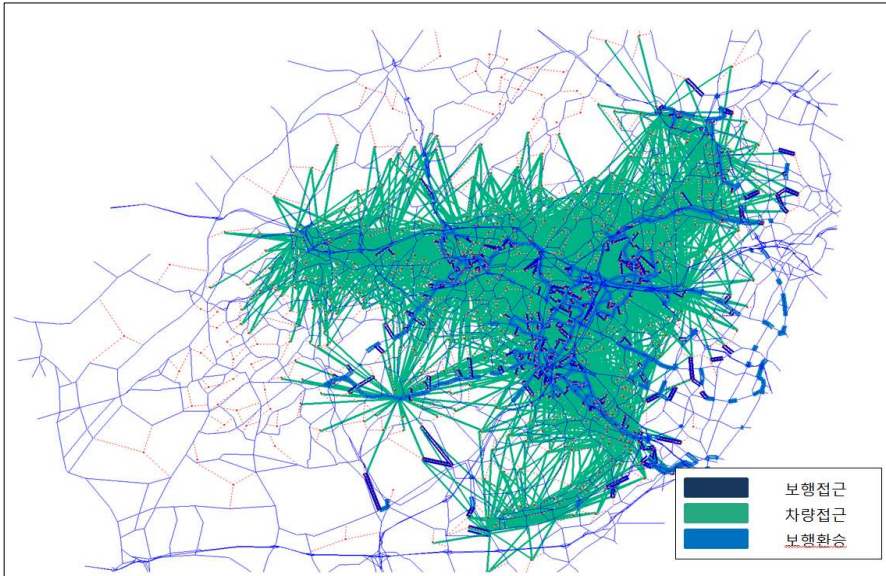
- 보행접근 비용은 정류장과 센트로이드 사이의 거리와 보행 통행시간을 적용하였으며, 보행접근의 최대 비용은 0.5로 지정하였음
 - 고속도로, 자동차전용도로, 고속램프, 철로, P&R 접근로로의 보행접근은 허용하지 않음
 - 최대 Leg 연결 개수는 99개로 설정하였으며, Direction= 3은 양방향 Leg를 연결함을 의미함
- 차량접근 비용은 거리와 함께 차량 통행시간을 적용하였으며, 최대비용은 100으로 설정하였음
 - 철도로의 접근과 철도역으로의 보행접근로에 대한 Auto접근을 제한함
 - Park & Ride에 대한 비용 기준 및 제한조건은 동일하게 적용하였으며 수단만 추가해주었음
- 환승 비용은 보행접근에 대한 비용을 적용하였으며, 최대 비용 0.5를 적용

〈표 13〉 Morris County model의 Transit Leg 속성

Name	Value	Leg 연결	의미
보행접근 (Walkacc)	1	COST=(LW.DISTANCE) EXTRACTCOST=(LW.time_walk) MAXCOST= 200*(@maxcostwalk@ EXCLUDLINK=(LIFT= 1,2,9,10,102,103) (LIFT = 3 & LILanes>= 3) MAXNILEGS= @maxtileg@ DIRECTION= 3	비용: 거리 추가비용: 보행시간 비용제한없음 해당 FTYPE 링크연결제외 양방향 LEG 연결
차량접근 (Autocon)	2	EXTRACTCOST=(LW.time_auto) MAXCOST= 200*(@maxcostauto@ EXCLUDLINK=(LIFT= 101-102)	-
환승 (Xfer)	3	MAXCOST= 200*(@maxcostxfer@	최대 비용 : 0.5 이하
Park & Ride	4	EXTRACTCOST=(LW.time_auto) MAXCOST= 200*(@maxcostauto@ EXCLUDLINK=(LIFT= 101-102)	FTYPE 101,102 링크연결제외

※ LIFT = 1(고속도로(FREEWAY)), 2(자동차전용도로(EXPRESSWAY)),
9(고속램프(HIGH SPEED RAMP)), 10(MEDIUM SPEED RAMP)
101(WALK ACCESS TO RAIL), 102(철로(RAIL WAY)), 103(P&R 접근로)

※ @ABC@ : ABC에 대한 사전 정의 값을 따름



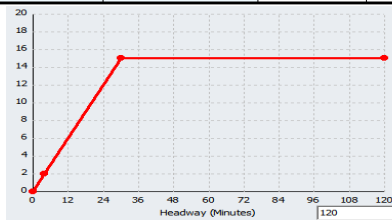
〈그림 5〉 Morris County Transit Leg

2) 대기시간 곡선

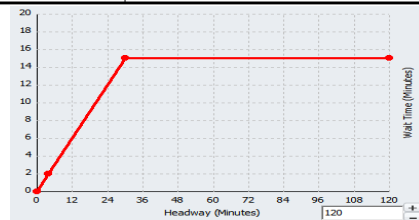
- 모리스카운티 모형의 대기시간 곡선은 초기탑승 대기시간과 환승대기시간에 대한 2가지 대기시간 곡선을 적용하고 있지만, 속성값은 같은 대기시간 곡선임

〈표 14〉 Morris County model의 Wait_Curve

Name	대기시간	Value	Long Name	Curve
InitWait	탑승대기	1	Initial Wait	0-0, 4-2, 30-15, 120-15
XferWait	환승대기	2	Transfer Wait	0-0, 4-2, 30-15, 120-15



Init Wait



Xfer Wait

- 최초 대기시간 및 환승 대기시간을 15분이 넘지 않는 것으로 설정하였음
- 모리스카운티 모형이 올림프스 모형의 최대대기시간(30분)보다 짧은 대기 시간을 설정하였음
- 최대 대기시간이 수요에 미치는 영향을 분석해볼 필요가 있음

3) 대중교통 요금(Fare file)

- Morris County의 대중교통 요금은 Accumulate, Flat, Fronto의 요금제를 적용
- Accumulate의 요금구조에서는 탑승요금은 경유하는 요금존의 수에 따라 결정됨
 - 1번 MCM 요금제의 경우 1개의 존을 지날 때 1.35의 비용을 지불하며, 6개의 존을 지날때, 4.00의 비용을 지불하게 됨
- 모리스카운티 모형에서는 MCM과 NJT 수단의 환승요금을 제외하고 타수 단간 환승 비용이 발생하지 않음
 - MCM⇒MCM 환승시 0.65, NJT⇒NJT 환승시 0.65의 비용 발생

〈표 15〉 Morris County model의 Fare file

Name	구조	탑승요금	환승요금
1 MCM	ACCUMULATE		0.65, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
			1-1.35, 2-2.15, 3-2.65, 4-3.20, 5-3.45, 6-4.00
2 NJT	ACCUMULATE		0.00, 0.65, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
			1-1.35, 2-2.55, 3-3.40, 4-4.40, 5-5.25, 6-6.00
3 IKL	ACCUMULATE		0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
			1-4.00, 2-5.00, 3-6.00, 4-7.00, 5-8.00
4 CC	FLAT	1.00	0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
5 PFT	FREE	0.00	0.00
6 COC	FREE	0.00	0.00
7 WH	FLAT	0.65	0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
8 CRL	FROMTO	0.00	0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
9 NJT 194	FLAT	6.00	0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00
10 WH 967	FLAT	3.25	0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00

- CUBE에서 대중교통 요금을 반영하는 방법은 요금 MATRIX를 이용하는 방법도 있으며, 열차 및 시외버스와 같이 역과 역사이의 요금이 고정된 경우 요금MATRIX를 적용하기 쉬움
- Fare Matrix : CRL에 대하여 출발지와 도착지의 대중교통 요금표

Sum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1664.50	47.50	45.00	40.75	35.00	35.00	62.25	73.00	102.25	102.25	102.25	26.25	24.75	24.75	51.00	46.75	44.00	40.25	41.25	41.25	102.25
1	47.50	0.00	1.75	1.75	2.50	2.50	3.75	4.75	6.75	6.75	6.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.75
2	45.00	1.75	0.00	1.75	2.25	2.25	3.25	4.25	6.50	6.50	6.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50
3	40.75	1.75	1.75	0.00	1.75	1.75	2.50	3.75	6.00	6.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00
4	35.00	2.50	2.25	1.75	0.00	1.75	1.75	2.25	4.25	4.25	4.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.25
5	35.00	2.50	2.25	1.75	1.75	0.00	1.75	2.25	4.25	4.25	4.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.25
6	62.25	3.75	3.25	2.50	1.75	1.75	0.00	1.75	3.25	3.25	3.25	0.00	0.00	0.00	3.25	2.50	2.25	1.75	1.75	3.25
7	73.00	4.75	4.25	3.75	2.25	2.25	1.75	0.00	2.50	2.50	2.50	0.00	0.00	0.00	4.25	3.75	3.25	2.25	1.75	2.50
8	102.25	6.75	6.50	6.00	4.25	4.25	3.25	2.50	0.00	1.75	1.75	0.00	0.00	0.00	6.50	6.00	5.50	4.25	3.25	1.75
9	102.25	6.75	6.50	6.00	4.25	4.25	3.25	2.50	1.75	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	6.50	6.00	5.50	4.25	3.25	1.75
10	102.25	6.75	6.50	6.00	4.25	4.25	3.25	2.50	1.75	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	6.00	5.50	4.25	3.25	1.75
11	26.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	24.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	24.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	51.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.25	4.25	6.50	6.50	6.50	0.00	0.00	0.00	1.75	1.75	2.25	3.25	3.25	6.50
15	46.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	3.75	6.00	6.00	6.00	0.00	0.00	0.00	1.75	0.00	1.75	2.50	2.50	6.00
16	44.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25	3.25	5.50	5.50	5.50	0.00	0.00	0.00	1.75	1.75	0.00	1.75	2.25	5.50
17	40.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75	2.25	4.25	4.25	4.25	0.00	0.00	0.00	2.25	1.75	1.75	0.00	1.75	4.25
18	41.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75	1.75	3.25	3.25	3.25	0.00	0.00	0.00	3.25	2.50	2.25	1.75	0.00	3.25
19	41.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75	1.75	3.25	3.25	3.25	0.00	0.00	0.00	3.25	2.50	2.25	1.75	1.75	0.00
20	102.25	6.75	6.50	6.00	4.25	4.25	3.25	2.50	1.75	1.75	1.75	0.00	0.00	0.00	6.50	6.00	5.50	4.25	3.25	0.00

〈그림 6〉 Morris County Transit의 Fare matrix

4) Factor file

- FACTOR FILE을 통하여 대중교통 운영주체별 요금징수방안 선택, 각종 분석파라미터의 설정, 대기시간가치 및 가중치, 운행시간 및 가중치 설정
- Global setting을 통하여 대중교통에서 환승을 실행 여부 및 환승 횟수를 적용할 수 있으며, 대중교통 수단의 도착시간을 알고 이용하는 가정 또는 모르고 이용한다는 가정을 설정할 수 있음
- 최대 통행비용을 제한 할 수 있으며, 접근 수단에 따라 Walk access factor file과 auto access factor file로 구분하여 적용함

Global setting	
;Global Settings BESIPATHONLY=T MAXFERS=5 SERVICEMODEL=FREQUENCY RECOSSIMAX=300.0 FREQBYMODE=T ; DELMODE = DELACCESSMODE = 2 DELEGRESSMODE = 2	※ BESIPATHONLY=T 환승을 통한 하나의 최적경로 추정 ※ MAXFERS=5 : 환승 횟수를 5회 이하로 지정 ※ SERVICEMODEL=FREQUENCY ※ RECOSSIMAX=300.0 : 통행비용의 제한 FREQBYMODE=T : 통행수단에 따른 대기시간 결정 (F : 수단에 상관없이 가장 빠른 노선의 대기시간 결정) ※ DELACCESSMODE = 2 보행접근과 승용차 접근을 구분 ※ DELEGRESSMODE = 2 도착지수단은 보행만 고려

- 각각의 통행요금 체제와 운영주체를 연결하여 대중교통 노선 데이터에 적용된 운영주체에 따라 대중교통 요금징수방식을 달리 적용할 수 있음
- 노드에 대한 대기시간곡선을 지정해 줄 수 있음, 2501~99999는 센트로이드를 제외한 모든 노드에 대하여 대기시간 곡선1, 2를 적용함
- 대기시간에 대한 가중치는 200으로 적용함

fare setting	
FARESYSIEM= 1, OPERATOR= 1	※ Fare file 1 요금제를 이용하며, 운영자는 1번 운영자
FARESYSIEM= 2, OPERATOR= 2	
FARESYSIEM= 3, OPERATOR= 3	
FARESYSIEM= 4, OPERATOR= 4	
FARESYSIEM= 5, OPERATOR= 5	
FARESYSIEM= 6, OPERATOR= 6	
FARESYSIEM= 7, OPERATOR= 7	
FARESYSIEM= 8, OPERATOR= 8	
FARESYSIEM= 9, OPERATOR= 9	
FARESYSIEM= 10, OPERATOR= 10	
IWAITCURVE= 1,	※ 모든 노드에 대하여 탑승 대기 시간은 1curve 적용
NODES= 2501-99999	
XWAITCURVE= 2,	※ 모든 노드에 대하여 환승 대기 시간은 2curve 적용
NODES= 2501-99999	
WAITFACTOR= 200,	※ 모든 노드에 대하여 200의 가중치를 적용
NODES= 2501-99999	

- Runfactor는 대중교통 수단에 대해서는 수단의 차내시간의 가중치이며 접근수단에 대해서는 차외시간에 대한 가중치를 적용하는 파라미터임
- 모리스카운티 모형에서는 차량접근에 대한 차외시간가중치를 10.00을 적용하였음(이때 차외시간은 대중교통수단 이용을 위한 접근시간을 의미함)
- 보행, 환승, 타 대중교통수단에 대한 운행가중치는 1.00으로 적용하였음

Runfactor setting	
RUNFACTOR[1] = 1.00	※ RUNFACTOR[#] = 200 각 수단[#]에의 Runtime에 200의 가중치를 적용함
RUNFACTOR[2] = 10.00	
RUNFACTOR[3] = 1.00	
RUNFACTOR[4] = 1.00	
RUNFACTOR[5] = 1.00	
RUNFACTOR[6] = 1.00	
RUNFACTOR[7] = 1.00	
RUNFACTOR[8] = 1.00	
RUNFACTOR[9] = 1.00	
RUNFACTOR[10] = 1.00	

- 탑승가중치는 대중교통 수단에 대한 가중치를 적용하는 것으로 모리스 카운티 모형에서도 적용 모형에 대하여 2.00의 탑승 가중치를 적용하였음
- 모리스카운티에서 적용한 환승의 가중치는 올림프스 모형에 적용한 그것과 같음

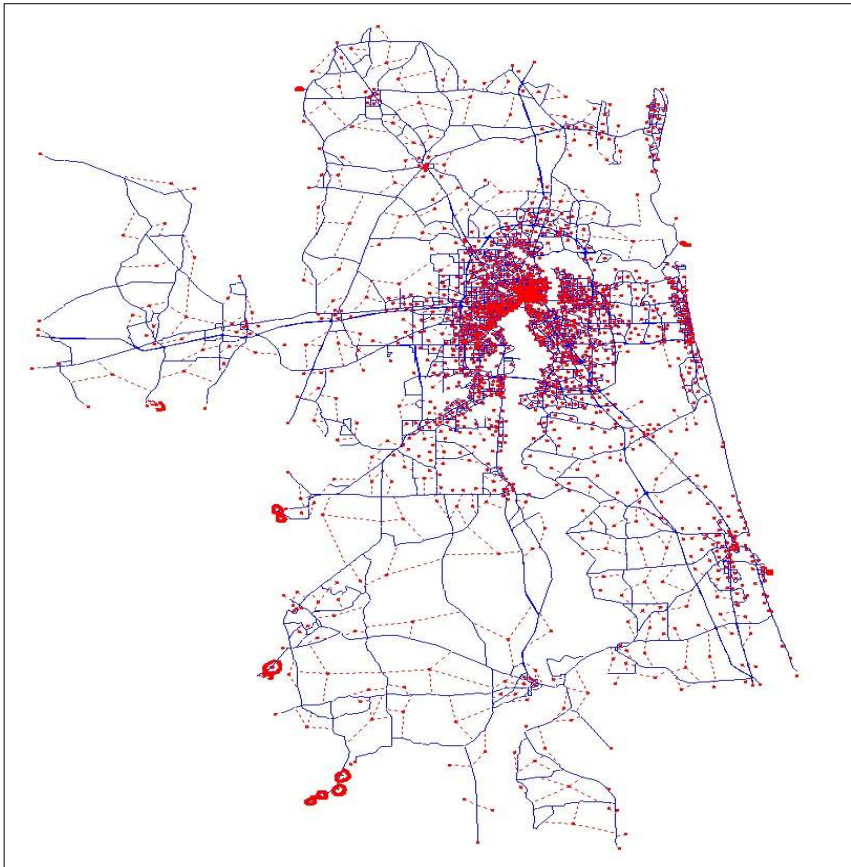
Boarding and Xfer factor setting	
BRDPEN[5] = 20	
BRDPEN[6] = 20	※ BRDPEN[#] = 20
BRDPEN[7] = 20	수단 [#]에 대한 탑승 가중치 적용
BRDPEN[8] = 20	
BRDPEN[9] = 20	※ XFERPEN
BRDPEN[10] = 20	수단[from, to]의 환승 가중시간을 적용
XFERPEN= 0.00, from= 5-10, to= 5-10	※ XFERFACTOR
XFERFACTOR= 1.00, from= 5-10, to= 5-10	수단[from, to]의 환승에 대한 XFERPEN의 가중치 적용
XFERCONST= 5.0, from= 5-10, to= 5-10	※ XFERCONST
	수단[from, to]의 환승상수로 XFERPEN에 추가 적용

3. North Florida Transportation Planning Organization(2006)

- North Florida 모형은 대중교통 분석을 위한 테스트 모델로 정차시간(Dwell time)적용 방식과 요금징수방식(Fare factor)에 따른 시나리오분석 모형임

가. 네트워크 기초 자료 설정

- 2,578개 존(Zone)과 28,582개 노드(Node), 57,808개 링크(Link)로 구성
- 86개의 대중교통노선과 8개의 접근 및 환승 수단, 8개의 대중교통수단 구성



〈그림 7〉 North Florida 네트워크

1) 노드(Nodes)

- North Florida 모형에서는 40여개의 속성으로 노드 특성을 표현하고 있으며 특히, 환승터미널(TSterminal station)) 터미 노드 속성값을 00A, 05A, 30A, 35A로 구분하고 있지만, 각각의 구분이 의미하는 것은 모형만으로 분석하기엔 어려움이 있음
- 환승터미널(TS)에 대한 터미널 이름, 환승역, 구역지정을 지정하고 있으며, PARKSPACE, COSTAM, COSTMD를 통하여 환승주차장의 크기와 오전비용 및 오후비용의 속성을 적용하고 있음
- 앞선 두 모형에서 적용되었던 FAREZONE이 적용되고 있으며, TAZNEW라는 세부존, COUNTY(미국행정구역단위)도 지정되어 있음
- North Florida 모형에서는 환승터미널의 속성을 표현하기 위한 속성값이 다수 적용되어 있음

〈표 16〉 North Florida model의 노드 속성

Name	Value	Count	속성
N	NUM	28582	노드번호
X, Y	NUM	28582	노드 좌표
TSNAME	-	-	터미널
TSSATION	0~57	30	PNR 터미 노드
STATZONE	0~1081	51	환승센터 터미
TSRANGE	0~3	49	PNR 터미 노드
TSPARKSPACE	0~1900	49	환승주차장터미
TSCOSTAMMD)	0~258	714	이용비용
TSIYPE	0, 1, 2	25	터미널 타입
FAREZONE	0	0	구역요금 구분 단위
TAZNEW	0, 1	244	세부존
COUNTY	0~6	27121	지역구분
SGEN	0~3	9	-

2) 링크(Links)

- North Florida 모형에서는 57,808개의 링크에 대하여 104개의 속성값을 적용하여 링크의 속성을 표현하고 있음
- Lane Capacity, Distance, Speed와 같은 공통적인 속성값 이외에 환승링크시간, 도로등급(Facility type), 지형특성(Area type)등의 속성값을 지정함
- 링크의 기종점 노드, 링크 길이, District, county의 행정구역, 스크린라인조사지점, AADT(교통량), 링크명, 링크용량, 링크통행속도, ALPHA, BETA
- 지역특성(Area type), 도로등급(Facility type), 교차로 연결(linkcnt)등 이미 앞선 두 모형에서 적용했던 링크 속성값들이 대부분 비슷하게 적용되어 있음

〈표 17〉 North Florida model의 링크 속성

Name	Value	Count	속성	Name	Value	Count	속성
A, B	NUM	57808	노드번호	NAME	-	-	링크명
DISTANCE	NUM	57808	거리	CAPACITY	0~10000	57712	용량
DISTRICT	1~45	57808	지역구분	SPEED	0~71.5	57712	속도
COUNTY	1~6	57808	지역구분	BRCOEFFICIENT	0.1~0.53	57808	BETA
SCREENLINE	0~99	57678	스크린라인	BRXTFONE NT	25~6.75	57808	ALPHA
PNRTERMIME	0, 1, 2	30	PNR링크	TIME	0.01~19.1	57808	통행시간
KNRTERMIME	0~0.5	30	KNR링크	WALKTIME	0~999.99	57808	보행시간
LEVEL	0~4	1076	-	LINKCNT	1	57808	교차로
BECODE	0, 1	478	-	PSCF_YR05	1~1.111	57808	-
TCARD	0~23	92	-	MOCF_YR05	0.9~1.0	57808	-
AADT_YR05	NUM	2756	AADT	AREA_TYPE	11~55	57808	지형특성
CNTYR	0~2205	2799	-	FACILITY TYPE	11~79	57808	도로등급

3) 대중교통 O/D

- North Florida 모형은 보행, PNR, KNR, FRINGE에 대한 접근수단 O/D를 적용하고 있음
- PEAK HOUR와 OFF-PEAK HOUR로 구분하였으며, 교외와 도심지역 O/D를 각각 적용하고 있음

〈표 18〉 North Florida Model의 통행량

(단위 : 통행/일)

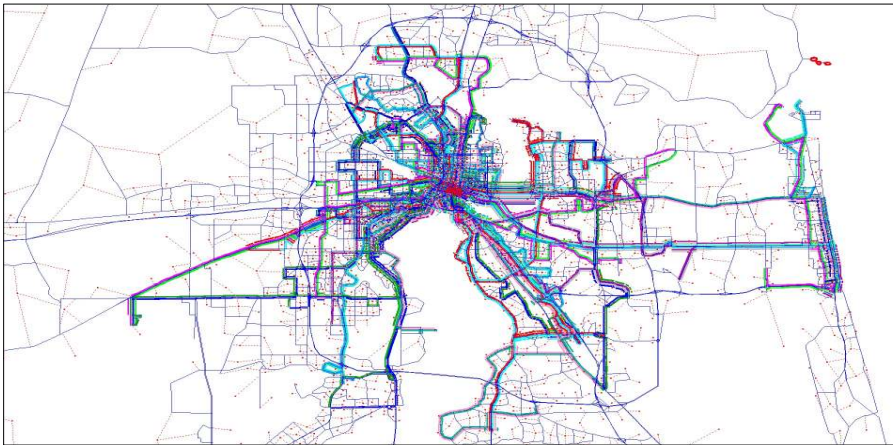
	접근수단		통행량
PEAK-HOUR	Walk to Bus	PKWlkBus	10,173.40
	PNR to Bus	PKPNRBus	328.60
	KNR to Bus	PKKNRBus	411.01
	KNR to Bus at CBD	PKCBDKNRBus	190.27
	외부통행	PKFringe	1,989.60
	Total		13,092.88
OFF-PEAK-HOUR	Walk to Bus	OPWlkBus	12,882.21
	PNR to Bus	OPPNRBus	291.22
	KNR to Bus	OPKNRBus	1,183.74
	KNR to Bus at CBD	OPCBDKNRBus	514.92
	외부통행	OFFringe	181.76
	Total		15,053.85

나. 대중교통 관련 기초자료 설정

- North Florida 모형은 86개의 대중교통 노선을 구축하고 있으며, 8개의 접근 및 환승 수단과 8개의 대중교통 수단을 분석에 적용하고 있음
- 대중교통 line 데이터의 속성값은 모리스 카운티 모형과 동일한 속성을 갖음

〈표 19〉 North Florida model의 Transit line 속성

Name	Value	Count	속성
NAME	NAME	107	노선명
MODE	0~23	23097	대중교통 수단
OPERATOR	0~7	23097	대중교통 운영주체
ONEWAY	0, 1	22585	일방통행
CIRCULAR	0, 1	642	순환노선
HEADWAY[1]	0~120	22620	차두시간
HEADWAY[2]	0~80	20483	차두시간



〈그림 8〉 North Florida Line

- 대중교통 수단으로는 버스 3종, 철도 2종, 기타 수단 1종, 신교통수단 1종으로 구성되어 있음

〈표 20〉 North Florida model의 Transit mode 속성

Name	Value	속성
Buses	21	Local Express Bus
Premibus	22	Premium Bus
Circulators	23	Circulators
Rail	24	Light/Heavy Rail
Comrail	25	Commuter Rail
Othmode	26	Other Mode
Newmode	27	New Mode

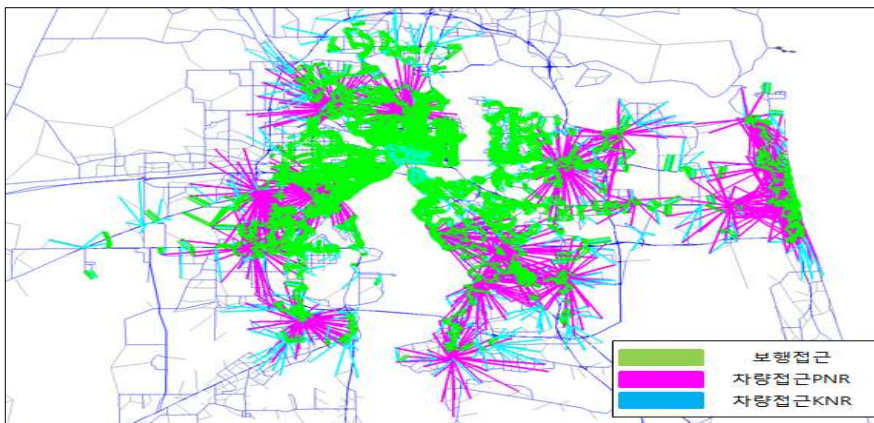
다. 대중교통 수요분석 모형의 적용 파라미터 설정

1) 접근 및 환승

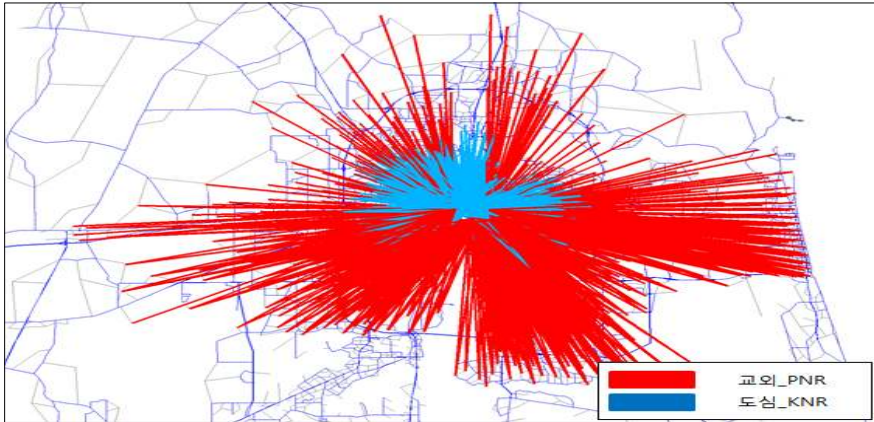
- 보행접근, PNR, KNR, CBD_KNR, 교외_PNR을 접근수단으로, 보행환승을 환승수단으로 정의하고 분석에 적용하였음
- North Florida 모형에서는 시나리오분석 모형으로 leg연결에 따른 수요변화를 방지하기 위하여 사전에 정의된 leg 파일을 직접 입력자료로 적용하여 Leg의 비용 추정 근거와 범위를 추정하는데 한계가 있음
- leg의 적용방법으로 접근비용에 따라 프로그램상에서 Leg를 연결하게 해주는 방법과, 직접 센트로이드와 정류장사이의 비용과 거리를 정의하여 Leg를 연결하는 방법이 존재함

〈표 21〉 North Florida model의 Transit Leg 속성

Name	Value	Name	Value
보행접근(Walkcon)	1	외곽 PNR(Fingepnr)	5
차량접근(Pnrcon)	2	도심 KNR(Cbdkncon)	6
차량접근(Knrcon)	3	환승연결(Xfercon)	11
보행전용(Allwalkcon)	4	환승연결2(Sidecon)	12



〈그림 9〉 North Florida 접근수단



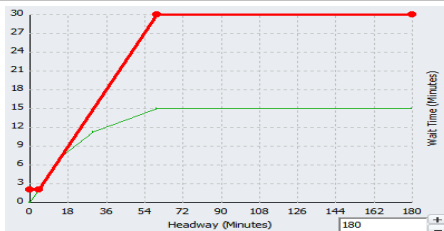
〈그림 10〉 North Florida 승용차를 이용한 도심 접근수단

2) 대기시간 곡선

- North Florida model의 대기시간 곡선은 탑승과 환승에 대하여 동일한 곡선으로 표현하였으며 추가적으로 Heavy_Rail에 대한 대기시간 곡선을 추가하였음
- 이처럼 수단별 대기시간 곡선을 따로 적용할 수 있음
- Heavy_Rail의 대기시간은 최대 15분이 넘지 않도록 대기시간을 표현하였음

〈표 22〉 North Florida의 Wait_Curve

Name	대기시간	Value	Long Name	Curve
InitWait	탑승대기	1	Initial Wait	0-0, 4-2, 30-15, 120-15
XferWait	환승대기		Transfer Wait	0-0, 4-2, 30-15, 120-15
HRailWait	탑승시간	2	HeavyRail Wait	0-0, 15-7.5, 30-11.25, 60-15, 180-15



InitWait



HRailWait

3) 대중교통 요금(Fare file)

- 요금 기준은 2007년 10월 JTA요금 방식을 기초로하고 있으며 대부분 Flat 요금제를 적용하고 있으며, 환승요금은 타수단에서 1번 Local bus로 환승할 경우 0.6의 환승 비용을 지불하며, 2,3,4,5요금제에서 6번 Trolley를 이용할 경우 1.5의 비용을 지불해야 함
- 40\$ 월정기권은 탑승 1회비용을 0.9\$로 적용하였음($40 \times 0.5 / 22 = 0.90$)

〈표 23〉 North Florida model의 Fare file

	Name	구조	탑승요금(pence)	환승요금
1	Local Buses	FLAT	0.90	0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.90, 0.00
2	Express Buses	FLAT	1.50	0.60, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.50, 1.05
3	Premium Buses	FLAT	1.50	0.60, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.50, 1.05
4	Light/Heavy Rail	FLAT	1.50	0.60, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.50, 1.05
5	Commuter Rail	FLAT	1.50	0.60, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.50, 1.05
6	Trolley	FREE	0.00	0.00
7	Skyway	FLAT	0.45	0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00

4) Factor file

- North Florida 모형의 factor file에서 설정한 가중치는 앞선 모형에서 적용한 가중치와 크게 다르지 않음
- 시간가치 $Valueof\ time = 999 \times 5.5$ 로 설정하였음
- 999는 모든 수단을 의미하며 모든 수단에 대한 시간가치는 5.5로 적용함
- 최대 통행비용을 250으로 제한하였으며 환승횟수를 최대 2회로 제한하였음
- 보행접근 및 보행환승에 대한 운행시간가중치를 200으로 적용하였으며, 환승 가중치로 $XFERCONST = 10.00$ 을 적용하였음

〈표 24〉 North Florida모형의 Factor file

WALK TRANSIT.FAC	
;Global Settings BESTPATHONLY= T, EVALFARE= T FREQBYMODE= T RECSIMAX= 250.00 MAXHRS= 2 SERVICEMODEL= FREQUENCY VALUOF TIME= 999*5.5 ; DELMODE = DELACCESSMODE = 2,3,4,5,6 DELEGRESSMODE = 2,3,4,5,6	※ BESTPATHONLY= T, EVALFARE= T 최적경로통행 비용에서 통행요금을 고려 ※ DELACCESSMODE = 2,3,4,5,6 ※ DELEGRESSMODE = 2,3,4,5,6 접근수단은 보행만을 고려
FARESYSTEM= 1, OPERATOR= 1 FARESYSTEM= 2, OPERATOR= 2 FARESYSTEM= 3, OPERATOR= 3 FARESYSTEM= 4, OPERATOR= 4 FARESYSTEM= 5, OPERATOR= 5 FARESYSTEM= 6, OPERATOR= 6 FARESYSTEM= 7, OPERATOR= 7 IWAITCURVE= 1, NODES= 5000-99999 XWAITCURVE= 1, NODES= 5000-99999 WAITFACTOR= 2, NODES= 5000-99999	※ Fare file 1 요금제를 이용하며, 운영자는 1번 운영자 ※ 모든 노드에 대하여 탑승 대기 시간은 1curve 적용 ※ 모든 노드에 대하여 환승 대기 시간은 1curve 적용 ※ 모든 노드에 대하여 200의 가중치를 적용
RUNFACTOR[1] = 2.00 RUNFACTOR[2] = 1.00 RUNFACTOR[3] = 1.00 RUNFACTOR[4] = 2.00 RUNFACTOR[5] = 1.00 RUNFACTOR[6] = 1.00 RUNFACTOR[11] = 2.00 RUNFACTOR[12] = 2.00 RUNFACTOR[21] = 1.00 RUNFACTOR[22] = 1.00 RUNFACTOR[23] = 1.00 RUNFACTOR[24] = 1.00 RUNFACTOR[25] = 1.00 RUNFACTOR[26] = 1.00 RUNFACTOR[27] = 1.00	※ RUNFACTOR[#] = 200 각 수단[#]에의 Runtime에 200의 가중치를 적용함
BRDPEN[21] = 20 BRDPEN[22] = 20 BRDPEN[23] = 20 BRDPEN[24] = 20 BRDPEN[25] = 20 BRDPEN[26] = 20 BRDPEN[27] = 20 XHERPEN= 0.00, from= 21-200, to= 21-200 XHERFACTOR= 1.00, from= 21-200, to= 21-200 XHERCONST= 10.00, from= 21-200, to= 21-200	※ BRDPEN[#] = 20 수단 [#]에 대한 탑승 가중치 적용 ※ XHERPEN 수단[from, to]의 환승 가중시간을 적용 ※ XHERFACTOR 수단[from, to]의 환승에 대한 XHERPEN의 가중치 적용 ※ XHERCONST 수단[from, to]의 환승상수로 XHERPEN에 추가 적용