

2012년 국가교통조사 및 DB구축사업 교통수요 신뢰도 개선연구

3



목 차

요 약

제1장 과업의 개요 1

제1절 과업의 배경 및 목적 / 3

제2절 과업의 범위 및 내용 / 4

제2장 교통패키지를 활용한 KTDB 교통수요 예측 과정 전산화 7

제1절 국내/국외 교통수요 예측과정 사례 검토 / 9

제2절 교통수요 예측 과정 전산화 방안 수립 / 38

제3절 KTDB 교통수요 예측 및 검증 과정 전산화 / 49

제4절 교통정책 분석을 위한 시뮬레이션 방안 연구 / 75

제3장 대중교통 수요분석의 현황진단 및 향후 개선방안 79

제1절 국내 대중교통 수요분석 사례연구 / 81

제2절 해외 대중교통 수요분석 사례연구 / 92

제3절 대중교통 수요분석 예비연구모형 / 106

제4장 결론 및 향후 개선 방향 147

제1절 결론 / 149

제2절 향후 개선 방향 / 153

표 목 차

〈표 2- 1〉 수도권 통행발생모형	12
〈표 2- 2〉 부산·울산광역시권 통행발생모형	12
〈표 2- 3〉 대구광역시권 통행발생모형	13
〈표 2- 4〉 광주광역시권 통행발생모형	13
〈표 2- 5〉 대전광역시권 통행발생모형	13
〈표 2- 6〉 전국 지역간 내 광역권 통행발생모형	14
〈표 2- 7〉 전국 지역간 내 기타권 통행발생모형	14
〈표 2- 8〉 수도권 통행분포모형	15
〈표 2- 9〉 부산·울산광역시권 통행분포모형	15
〈표 2-10〉 대구광역시권 통행분포모형	15
〈표 2-11〉 광주광역시권 통행분포모형	16
〈표 2-12〉 대전광역시권 통행분포모형	16
〈표 2-13〉 수도권 통행수단선택모형	17
〈표 2-14〉 광역권 통행수단선택모형	17
〈표 2-15〉 전국 지역간 통행수단선택모형	18
〈표 2-16〉 통행목적별 생성 유인 모형(카테고리 분류법)	20
〈표 2-17〉 통행 목적별 통행분포 모형(중력모형)	21
〈표 2-18〉 통행 목적별 수단 모형(다항로짓모형)	22
〈표 2-19〉 Highway Assignment Volume-Delay Functions	24
〈표 2-20〉 통행목적별 생성 유인 모형(카테고리 분류법)	28
〈표 2-21〉 저항함수 산정을 위한 Gamma함수 적용	28
〈표 2-22〉 통행 목적별 수단선택 모형	29
〈표 2-23〉 통행 목적별 생성·유인 모형	42
〈표 2-24〉 통행분포모형	44

〈표 2-25〉 다항로짓모형의 효용함수식	45
〈표 2-26〉 수단선택 모형	45
〈표 2-27〉 통행 목적별 발생·도착 모형_대도시권	46
〈표 2-28〉 통행 목적별 발생·도착 모형_기타권역	47
〈표 2-29〉 다항로짓모형의 효용함수식	48
〈표 2-30〉 수단선택 모형	48
〈표 3- 1〉 수도권 및 광역권 여객 수단선택의 효용함수 파라미터 값	84
〈표 3- 2〉 수단선택모형의 효용함수 파라미터 적용 사례	85
〈표 3- 3〉 철도부문 통행배정 일반화 비용 산정을 위한 국내·외 연구	87
〈표 3- 4〉 환승수요 추정 사례	88
〈표 3- 5〉 적용대상 네트워크 속성	89
〈표 3- 6〉 수단특성의 사업별 표현방법	90
〈표 3- 7〉 대중교통 노선수요 분석 사례 및 한계	91
〈표 3- 8〉 대중교통 버스수요 분석 사례 및 한계	91
〈표 3- 9〉 MOTOS의 대중교통 시간가중치	94
〈표 3-10〉 여객 수단선택의 효용함수 파라미터 값	99
〈표 3-11〉 모리스 카운티 모형의 노드 속성	100
〈표 3-12〉 모리스 카운티 모형의 링크 속성	101
〈표 3-13〉 목적 O/D 및 접근수단 O/D 구축 현황	102
〈표 3-14〉 모리스 카운티 모형의 대중교통 노선데이터	102
〈표 3-15〉 모리스 카운티모형의 대중교통 수단 특성	104
〈표 3-16〉 해외대중교통 수요분석 모형의 대중교통 파라미터	105
〈표 3-17〉 2012 KTDB 배포자료의 노드 속성 구분	107
〈표 3-18〉 2012 KTDB 배포자료의 링크 데이터의 자료구조	108
〈표 3-19〉 2012 KTDB 배포자료의 링크타입 구분	108
〈표 3-20〉 2012 KTDB 배포자료의 주수단 O/D 통행량	109
〈표 3-21〉 2012 KTDB 배포자료의 수단 (Mode) 종류	110

〈표 3-22〉 2012 KTDB 배포자료의 링크 타입별 수단 설정	110
〈표 3-23〉 2012 KTDB 배포자료의 노선 데이터	111
〈표 3-24〉 주수단 O/D의 원자료 형식	115
〈표 3-25〉 대중교통 통행배정의 입력 데이터	117
〈표 3-26〉 국내 대중교통 수요분석 대상지역의 대중교통 노선	119
〈표 3-27〉 국내 적용을 위한 초기 Leg 비용 가정	123
〈표 3-28〉 운행시간, 탑승시간, 환승 파라미터의 가정	124
〈표 3-29〉 사례지역의 지하철 이용수요	124
〈표 3-30〉 사례지역의 버스 이용수요(전체통행)	125
〈표 3-31〉 Leg 범위에 따른 Not Assign 비율 추정	125
〈표 3-32〉 국내 대중교통 모형의 Leg 비용	126
〈표 3-33〉 운행시간, 대기시간, 탑승시간, 환승 파라미터	129
〈표 3-34〉 지하철 이용 수요 정산 결과(일부구간)	130
〈표 3-35〉 버스의 이용수요 정산 결과(전체통행)	130
〈표 3-36〉 통일되지 않은 버스정류장의 연결 방법	132
〈표 3-37〉 센트로이드 커넥터 연결에 따른 Leg연결 변화	137

그림목차

〈그림 2- 1〉 장래 여객 기종점 통행량(O/D) 구축 방법론.....	9
〈그림 2- 2〉 대도시권 장래 교통수요 예측 과정.....	10
〈그림 2- 3〉 PSRC 모델의 교통수요 예측 과정.....	19
〈그림 2- 4〉 Trip Generation Modeling Process.....	20
〈그림 2- 5〉 Trip Distribution Modeling Process.....	21
〈그림 2- 6〉 Mode Choice Modeling Process.....	22
〈그림 2- 7〉 Time-of-Day Modeling Process.....	23
〈그림 2- 8〉 Trip Assignment Modeling Process.....	24
〈그림 2- 9〉 SERPM 모델의 교통수요 예측 과정.....	27
〈그림 2-10〉 Mode Choice Modeling Process.....	29
〈그림 2-11〉 Cube Voyager Model Macro Flow Diagram.....	30
〈그림 2-12〉 Trip Generation Modeling Process.....	31
〈그림 2-13〉 Trip Distribution Modeling Process.....	32
〈그림 2-14〉 Mode Choice Modeling Process.....	33
〈그림 2-15〉 Trip Assignment Modeling Process(24시간 모델)	34
〈그림 2-16〉 사회·경제지표와 주행거리 추이.....	35
〈그림 2-17〉 교통수요 예측 과정.....	39
〈그림 2-18〉 통행발생 적용과정.....	41
〈그림 2-19〉 통행분포 적용과정.....	43
〈그림 2-20〉 수단선택 적용과정.....	45
〈그림 2-21〉 광주광역시권 모델의 폴더 구성.....	49
〈그림 2-22〉 광주광역시권 교통수요 예측 모델 구조.....	50
〈그림 2-23〉 네트워크단계 모델 구조.....	52
〈그림 2-24〉 통행발생단계 모델 구조.....	53

〈그림 2-25〉 통행발생단계의 보정계수 산출 모듈	54
〈그림 2-26〉 통행분포단계 모델 구조	55
〈그림 2-27〉 통행분포단계의 기준연도 통행분포량 산출 모듈	56
〈그림 2-28〉 통행분포단계의 장래연도 통행분포량 산출 모듈	57
〈그림 2-29〉 통행분포단계의 장래연도 통행분포 보정계수 산출 모듈	58
〈그림 2-30〉 PA to O/D 단계 모델 구조	59
〈그림 2-31〉 수단선택단계 모델 구조	61
〈그림 2-32〉 수단선택단계의 기준연도 수단통행량 산출 모듈	62
〈그림 2-33〉 수단선택단계의 장래연도 수단통행량 산출 모듈	63
〈그림 2-34〉 통행배정단계 모델 구조	65
〈그림 2-35〉 전국 지역간 모델의 폴더 구성	66
〈그림 2-36〉 전국 지역간 교통수요 예측 모델 구조	67
〈그림 2-37〉 네트워크단계 모델 구조	69
〈그림 2-38〉 통행발생단계 모델 구조	70
〈그림 2-39〉 통행분포단계 모델 구조	71
〈그림 2-40〉 수단선택단계 모델 구조	73
〈그림 2-41〉 통행배정단계 모델 구조	74
〈그림 2-42〉 교통수요 예측 단계별 결과검증	75
〈그림 2-43〉 통행발생단계 결과 검증	75
〈그림 2-44〉 통행분포단계 결과 검증	76
〈그림 2-45〉 수단선택단계 결과 검증	76
〈그림 2-46〉 통행배정단계 결과 검증	77
〈그림 2-47〉 정책분석 시나리오(유류비 상승)	77
〈그림 2-48〉 정책분석 시나리오(혼잡통행료 징수)	78
〈그림 3- 1〉 일반적인 대중교통 수요분석 과정	82
〈그림 3- 2〉 대중교통 통행시간	86
〈그림 3- 3〉 적용대상 네트워크 속성	89

〈그림 3- 4〉 최적전략 통행배정 결과.....	89
〈그림 3- 5〉 해외 대중교통의 일반적인 교통수요 분석과정	92
〈그림 3- 6〉 뉴욕 BPM의 개략적 구조.....	93
〈그림 3- 7〉 뉴욕 BPM의 수단선택 모형구조	93
〈그림 3- 8〉 네덜란드 코펜하겐 교통모형의 대기시간	95
〈그림 3- 9〉 뉴욕BPM에서의 통근열차 서비스에 대한 대기시간 계산 예	95
〈그림 3-10〉 Cube에서의 Leg 구축.....	96
〈그림 3-11〉 ARC모형에서의 대중교통노선 코딩	97
〈그림 3-12〉 미국 애리조나주의 복합수단 환승 표현	97
〈그림 3-13〉 호주 대중교통 분석모형의 과밀요소.....	98
〈그림 3-14〉 과밀모형 (Crowding model)의 혼잡도	99
〈그림 3-15〉 CUBE의 대중교통 요금제 표현방법	103
〈그림 3-16〉 대중교통 수요분석 예비연구의 흐름도	106
〈그림 3-17〉 2012 KTDB 배포자료의 2457개 대중교통 노선	112
〈그림 3-18〉 노드, 링크 데이터 입력 및 네트워크 합성	113
〈그림 3-19〉 네트워크 노드입력 파일	113
〈그림 3-20〉 네트워크 링크입력 파일	113
〈그림 3-21〉 2012 KTDB배포 네트워크.....	114
〈그림 3-22〉 O/D매트릭스 입력 코드	115
〈그림 3-23〉 주수단 O/D의 CUBE Matrix.....	115
〈그림 3-24〉 EMME형식의 대중교통 노선 데이터의 변환 Voyager.....	116
〈그림 3-25〉 대중교통 통행배정 Voyager.....	116
〈그림 3-26〉 분석지역의 대중교통 라인데이터 (Transit line data)	118
〈그림 3-27〉 접근 및 환승통행 가상링크.....	121
〈그림 3-28〉 대기시간 곡선 및 환승 대기시간 곡선	121
〈그림 3-29〉 국내 대중교통 모형의 가상링크 연결	127
〈그림 3-30〉 사례지역 대중교통 모형의 보행접근 가상링크의 연결	127

〈그림 3-31〉 사례지역 대중교통 모형의 차량접근 가상링크의 연결	128
〈그림 3-32〉 사례지역 대중교통 모형의 환승 가상링크의 연결	128
〈그림 3-33〉 서울역 환승센터 네트워크의 탑승 및 환승링크	133
〈그림 3-34〉 환승링크 연결방법의 차이	133
〈그림 3-35〉 교통존에서의 정류장 연결 한계	134
〈그림 3-36〉 대중교통 네트워크의 정류장 표현의 차이	134
〈그림 3-37〉 서현1동의 LEG연결의 한계	136
〈그림 3-38〉 철도 노선 데이터의 표정속도 적용	138
〈그림 3-39〉 배차간격이 1080분인 대중교통 노선 데이터	139
〈그림 3-40〉 공통노선의 문제 (Common line problem)	139
〈그림 3-41〉 과밀모형의 혼잡도	141
〈그림 4- 1〉 광주광역시권 교통수요예측 모델 구조	149
〈그림 4- 2〉 전국 지역간 교통수요예측 모델 구조	150

요약



요 약

1. 과업의 개요

가. 과업의 배경 및 목적

- 현재 국내 대부분의 수요예측은 통행발생, 통행배분, 수단선택, 통행배정의 4단계로 이루어져 있으며, 각 단계별 복잡한 수요 예측을 외생적 (Exogenous)으로 처리하고 있음
 - 교통수요 예측시 부정확한 교통수요 예측 결과를 야기를 할 수 있음
- 이에 단계별 교통수요 예측과정을 통합하여 시스템화함으로써 신뢰도를 제고하는 방안이 지속적으로 제기되어 왔음
 - 특히 최근 기획재정부와 국토해양부에서 관리하고 있는 정보화사업의 경우 수행업무를 시스템화하여 운영·관리되는 것에 대한 중요도가 커지고 있음
- 따라서 교통수요 예측과정의 전과정을 시스템화하여 Script로 매뉴얼화함으로써, 교통수요 예측의 효율화 및 교통수요의 왜곡을 방지하도록 하고자 함
- 우리나라의 경우 최근 문제가 되고 있는 교통투자사업 중 상당수가 철도, 경전철 등 대중교통부문 투자사업 사업임에도 불구하고, 공로부문과는 달리 대중교통부문에 대한 표준화된 수요분석 방법론이 부재한 상황임
 - 대중교통수단은 접근시간, 대기시간, 환승시간과 같은 통행시간 속성과 노선별 이용요금, 환승요금 등의 통행비용 속성 등 공로와는 다른 복잡한 대중교통관련 속성을 가지고 있음
- 예비타당성 조사 표준지침 (KDI) 과 투자평가지침 (국토부)에서 대중교통 분석 방법론을 포함하고 있지만, 정확한 대중교통의 통행행태를 분석하는데 한계가 있음
- 따라서 대중교통 수요분석의 정밀성을 향상시키고, 보다 현실성있는 대중교통 모형 구축을 위해 국내/국외 대중교통 수요분석 현황을 진단하여 개선방안을 제시하고자 함

2. 과업의 범위 및 내용

가. 교통패키지를 활용한KTDB 교통수요 예측 과정의 업무 개선

1) 과업의 범위

- 장래 교통수요 예측 모형 구축/교통수요 예측/결과 검증
 - 전국 지역간 여객 O/D
 - 대도시권(광주광역권) 여객 O/D

2) 과업의 내용

① 국내/국외 교통 수요예측 과정 사례 검토

- 국내/국외 교통수요 예측 방안 사례 고찰
 - 국내 4단계 교통수요 예측 과정 검토
 - 해외 교통수요 예측 구현 과정 소개
 - 국내 교통수요 예측시 과정상의 문제점 및 개선방향 검토
- KTDB 수요예측 과정의 문제점 및 개선방향
 - KTDB 수요예측 과정 검토
 - KTDB 수요예측 단계별 비효율적 측면 검토
 - 국내/국외 사례 검토를 통한 KTDB 수요예측 개선방향 검토

② KTDB 교통수요 예측 개선을 위한 기본방향 설정

- 수요예측 과정 개선을 위한 기본방향 수립
 - 구현 범위 및 방법 수립
 - 전산화 방안 수립
- 교통수요 예측을 위한 기초 자료 생성, 교통수요 예측, 결과 검증 등의 모듈화 방안
 - 정확도 높은 기초 자료의 생성 방안
 - 교통수요 예측 단계별 모듈화 및 연계 방안

③ KTDB 교통수요 예측 및 검증 과정 전산화

- 통행발생모형 수립 과정 자동화 스크립터(Script) 구현
- 통행분포모형 수립 과정 자동화 스크립터(Script) 구현
- 수단선택모형 수립 과정 자동화 스크립터(Script) 구현
- 통행배정모형 수립 과정 자동화 스크립터(Script) 구현

④ 교통정책분석을 위한 시뮬레이션 방안 연구

- 혼잡통행료 효과 분석 등의 정책분석과정
- 유가 변화에 의한 교통수요 분석

나. 대중교통 수요분석의 현황진단 및 향후 개선방안

1) 과업의 범위

- 대중교통 수요분석의 현황 및 해외 대중교통 수요분석 사례, 국내 대중교통 수요분석의 예비연구 모형의 구축을 통하여 도출된 문제점을 정리하고 향후 대중교통 수요분석 모형의 연구방향을 제시함
- 수도권 지역 중 성남시 분당구 정자동 주변지역을 선정하였으며, 분당선 정지역 주변을 지나는 버스노선을 분석 대상 노선으로 선정함

2) 과업의 내용

① 국내 대중교통 수요분석 현황

- 일반적인 국내 대중교통 수요분석 현황
 - 국내 대중교통 수요분석의 기준과 방법론을 검토하여 이로 인한 문제점 제시
- 국내 대중교통 통행행태 분석
 - 대중교통 수단간 환승을 반영하지 못하거나 통행행태 측면에서 대중교통 수단의 차량 특성을 반영하지 못한 사례 분석

- 국내 대중교통 노선수요분석

- 기존 방법론의 철도중심 대중교통 수요분석으로 인한 노선수요 분석의 문제점 제시

- ② 해외 대중교통 수요분석 현황

- 해외 대중교통 수요분석

- 미국의 BPM, 유럽연합의 MOTOS 등에서 수행한 대중교통 수요분석 방법을 중심으로 해외 대중교통 수요분석 검토

- 해외 대중교통 통행행태 분석

- 해외 대중교통 환승통행 구현 사례 및 수단특성 반영 사례 검토

- 해외 대중교통 수요모형 사례

- 해외 대중교통 수요모형의 네트워크 측면, O/D 측면, 대중교통 관련 기초자료, 대중교통 분석 파라미터 설정에 대한 사례 검토

- ③ 대중교통 수요분석 예비모형 구축 및 분석

- KTDB 배포자료의 현황 및 CUBE 모형 구축

- KTDB 배포자료 중 대중교통 수요분석을 위해 필요한 기초자료 설명
 - CUBE를 이용하여 관련 기초자료 구축 및 대중교통 수요분석 모형 구축을 위한 기초작업 수행

- 대중교통 수요분석 예비 모형의 구축 및 정산

- 국내 대중교통 분석 사례에서 적용된 대중교통 파라미터와 해외 대중교통 수요분석 모형에 적용된 파라미터 검토
 - 검토 결과를 통해 접근 및 환승 Leg, 관련 파라미터 등 구축

- 예비연구모형의 분석 및 한계점 도출

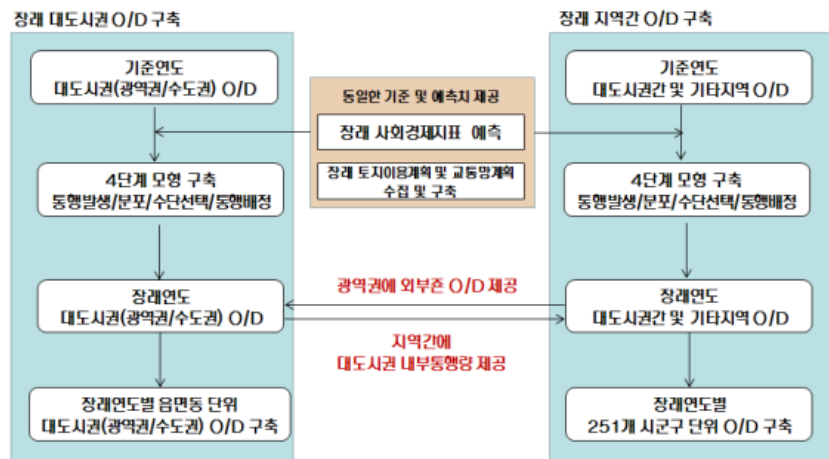
- 대중교통 모형의 한계점을 네트워크 측면, 통행 O/D측면, 대중교통 측면, 파라미터 측면, 대중교통 정산 측면에서 도출하고 이에 대한 해결방안 제시

3. 교통패키지를 활용한 KTDB 교통수요 예측 과정 전산화

가. 국내/국외 교통 수요예측과정 사례 검토

1) 국내 교통수요 예측 방안 사례 고찰

- 국내 교통수요 예측 모형은 대도시권 (수도권, 부산·울산권, 대구광역권, 대전광역권, 광주광역권) 및 전국권으로 구분되어 있으며, 각 권역별 2010년에 수행된 가구통행실태조사를 기반으로 구축된 『여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사 (2012. 4)』의 교통수요 예측 방안을 검토함
- 구축된 대도시권과 전국지역간 모형은 모두 전통적인 4단계 과정을 기반으로 각 단계별 모델들이 구축되어 있으며, 단계별 설명변수는 동일한 기준으로 예측된 지표들이 적용되어 있으며, 설명변수에 대한 계수는 각 권역별 추정되어 적용되었음
- 장래 여객 기종점통행량(O/D)은 각 권역별 교통수요모형에 의해 추정된 예측결과를 전국지역간에서는 대도시권에 외부 및 외부간 통행량을 제공하고, 대도시권에서는 전국지역간에 대도시권 내부 통행량을 제공함으로써 장래 기종점통행량이 구축되었음



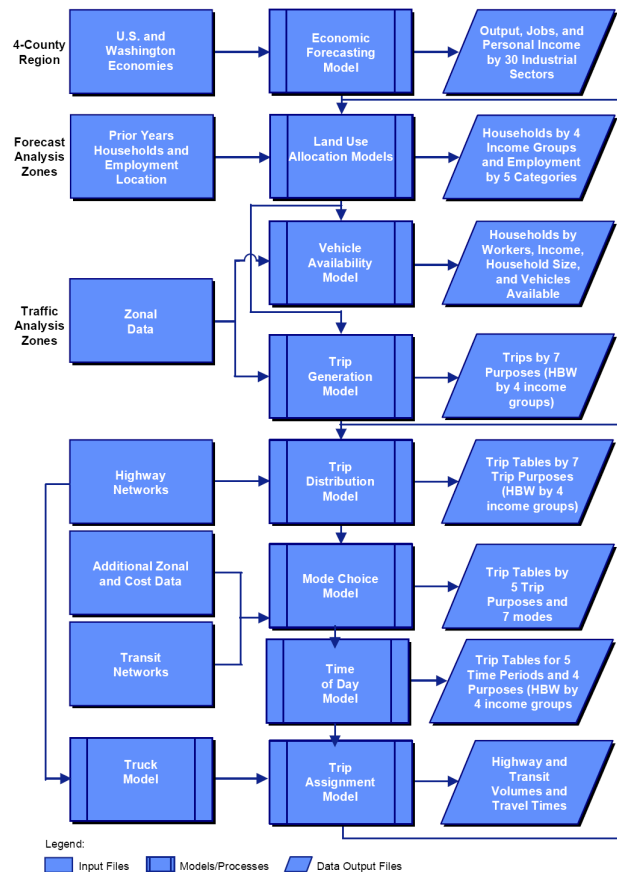
<그림 1> 장래 여객 기종점 통행량(O/D) 구축 방법론

2) 국외 교통수요 예측 방안 사례 고찰

① PSRC 모델

- PSRC 모델은 미국의 Puget Sound 지역 내 토지이용 및 교통수요 분석을 위해 사회경제지표 예측과 교통수요 예측 4단계의 입출력자료들을 연계시켜 분석하는 모형임

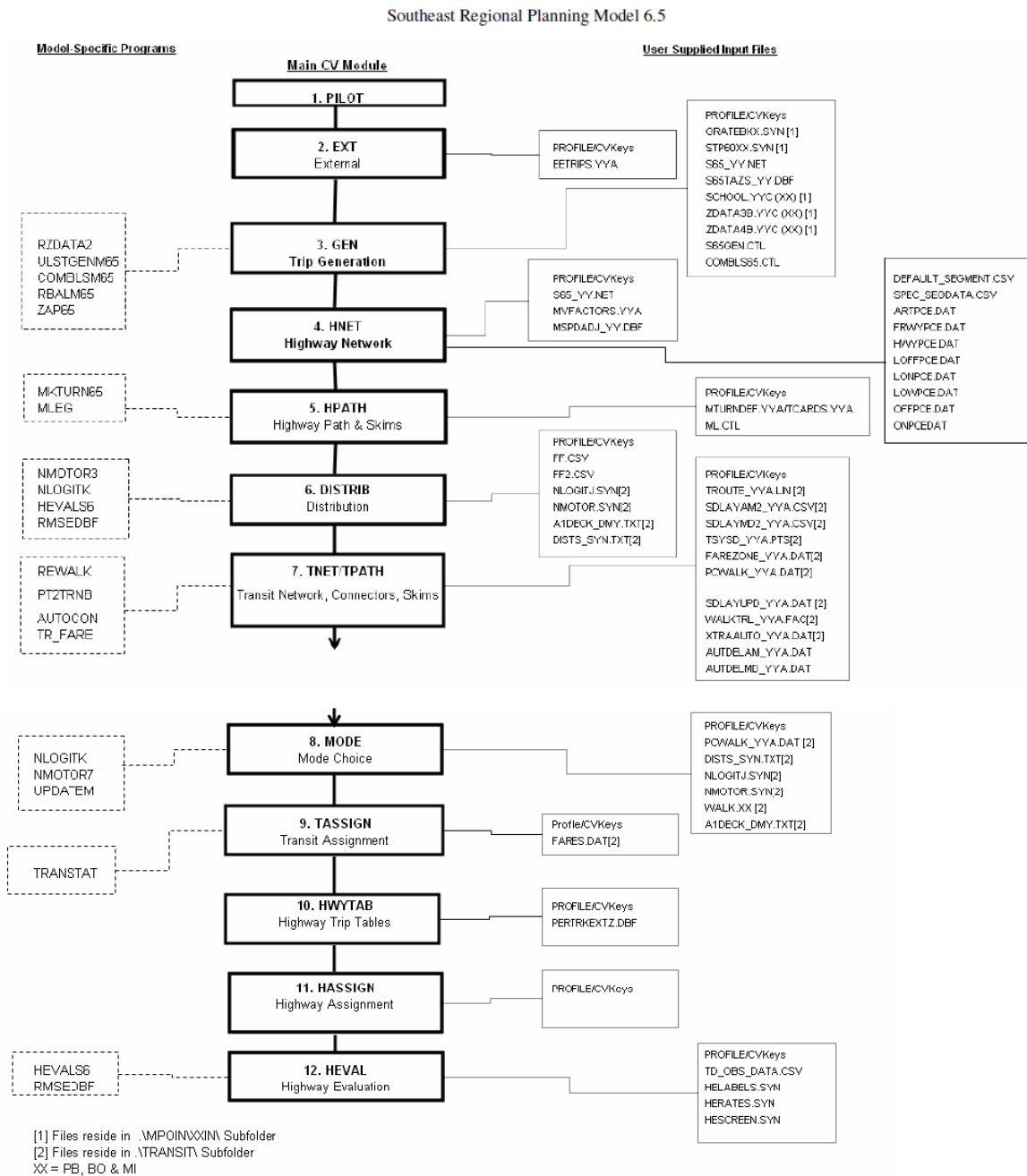
- 교통수요 예측 4단계 과정은 통행발생단계에 통행목적별 카테고리 분류법, 통행분포 단계에 중력모형, 수단선택단계에 통행목적별 로짓모형, 통행배정단계는 5개 시간대로 구분하여 적용되어 있음
- PSRC 모델은 교통수요 예측의 4단계 과정을 Batch File과 Emme의 MAC File을 이용하여 전산화를 구현하였음



<그림 2> PSRC 모델의 교통수요 예측 과정

② SERPM 모델 개요

- SERPM(The Southeast Regional Planning MO/Del) 모델은 Cube Voyager 및 TRNBUILD를 활용하여 미국의 Florida 남동부 지역의 Highway 및 대중교통 수요분석을 위해 구축된 모형임
- SERPM 모델은 Cube Voyager를 활용하여 Time-of-Day모델과 24시간 모델로 각각 분석을 수행할 수 있으며, 4단계 모형을 포함한 총 12개 모듈로 구성됨



<그림 3> SERPM 모델의 교통수요 예측 과정

3) KTDB 수요분석과정의 문제점 및 개선방안

① 교통수요 예측과정의 통합 및 전산화 필요

- 국내 교통수요 예측과정은 각 단계별로 excel 등의 외부 프로그램을 이용하여 예측함으로써 입력 자료에 변화가 있는 경우 외부 프로그램에서 재계산하여 다시 입력하는 과정을 거치고 있음
- 이러한 과정의 비효율성과 중간 과정의 오류 및 누락 등을 방지하기 위하여 교통수요 예측 전 과정을 전산화함으로써 업무의 효율화 및 정확성을 기대할 수 있음

② 통행발생단계의 사회·경제적인 측면의 변화 고려

- 통행발생단계 모형의 경우 대부분 현재의 통행행태가 장래에도 유지된다는 가정하의 회귀분석 모형이 적용되고 있으며, 모형의 설명변수들 또한 인구에 기초한 사회 자료만을 이용하고 있음
- 통행발생모형 구축시 경제지표 및 시계열적인 측면의 고려도 필요할 것으로 판단됨

③ 통행분포단계의 현실적인 통행저항 반영 필요

- 통행분포단계 모형의 경우 대부분 중간 통행거리를 이용하고 있으나, 실제 통행배정 결과인 통행비용(통행시간, 통행비용) 등을 고려한 통행저항을 반영할 필요가 있음

④ 수단선택단계의 구조 및 선택 대상의 다양화 필요

- 수단선택단계 모형은 3단계로 구분되어 1단계 비기관교통수단과 기관교통수단, 2단계 수단선택 비대상수단과 수단선택대상수단, 3단계 수단선택대상수단의 다항로짓모형 적용을 통해서 수단별 통행량을 예측하고 있음
- 수단선택 대상 수단이 승용차, 버스, 지하철로 통행시간 및 통행비용 변화에 있어 3개 수단간의 변화만이 고려됨
- 수단선택 대상수단을 개인교통과 대중교통으로 구분하고, 대중교통에 대한 선택 대상을 접근수단을 포함한 복합 수단선택 모델 구축이 필요함

⑤ 통행배정단계의 시간대별 세분화 필요

- 통행배정 단계는 현재 일단위로 배정하게 되어 있으나, 시간대별 교통변화 및 통행패턴을 고려한 시간대별 통행배정이 이루어져야 하며, 시간대별 통행배정시 통행 목적별 통행량의 방향성이 고려된 시간대별 변환계수를 적용하여 통행배정이 이루어져야 함

⑥ 기타

- 국내 교통수요 예측의 전반적인 과정을 보면 모든 단계에 보정계수가 적용되어 있음
 - 기준연도의 경우 모델결과와 전수화 결과를 동일하게 만들기 위해 보정계수를 적용하여 모델과 전수화 결과를 일치시키고 있음
 - 장래연도에 적용할 경우 관련계획이 반영되는 행정동에 통행분포와 수단선택의 보정계수가 기준연도와 차이가 있는 중존의 비율을 적용함에 따라 현황과 일관된 결과가 아닌 설명이 불가능한 결과될 가능성이 있음
 - 이러한 보정계수의 적용은 실제 인구관련 계획이나 교통시설의 반영에 대한 효과를 정확히 파악하기 어렵기 때문에 보정계수 적용이 아닌 각 단계별 모델이 최대한 현실을 설명할 수 있도록 구축되어야 할 것임
- 국내 교통수요 예측모델에서로 정책변화에 따른 통행패턴의 변화 파악 어려움
 - 혼잡통행료 징수나 유류비 상승 등의 변화에 대한 통행패턴의 변화는 통행의 포기, 출발시간대, 이동 경로, 이용수단의 변화 등이 예상되나 현재의 모델로는 이러한 정책에 대한 변화를 설명하기 어려움
 - 국내 4단계 모델의 개선 및 정밀도 향상도 필요하지만 사회구조의 변화나 정책시행에 대한 통행 패턴을 파악할 수 있는 새로운 모델의 도입이 필요함
- 교통수요 예측과정의 정밀한 단계별 모델 구축, 전체적인 과정의 통합, 새로운 모델 도입 등 모두 중요하지만 실제 이용자 측면을 고려하여 정확한 모델적용이 가능하도록 교통수요 예측 과정의 투명성 확보, 매뉴얼 구축 및 이용자들에게 활용을 위한 교육이 필요함

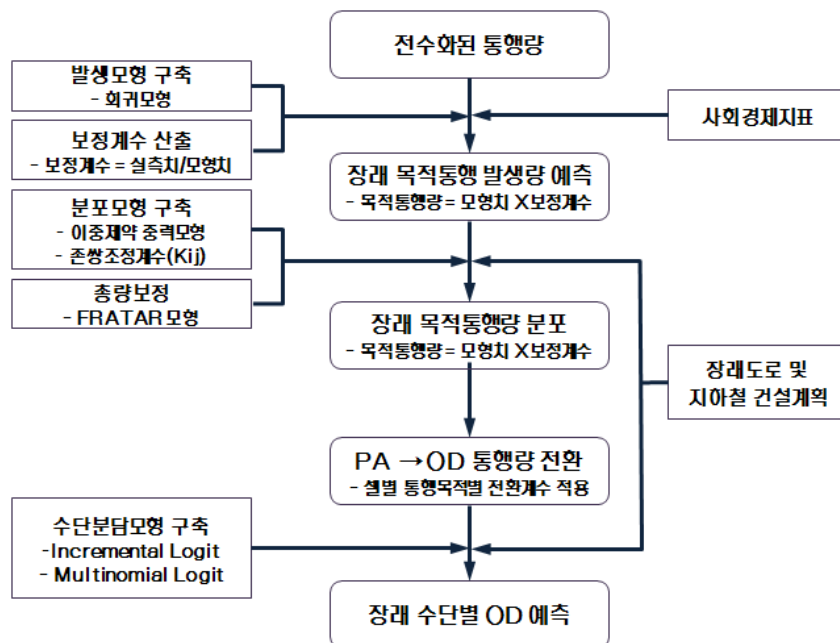
나. 교통수요 예측 과정 전산화 방안 수립

1) 구현 범위

- KTDB 구축 지역 중 광주광역시권 및 전국 지역간
- 기준년도 : 2011년, 장래년도 : 2015년부터 2040년 까지 (5년 단위)

2) 수요예측과정의 구현 기본방향 수립

- 전산화는 『2012년 국가교통조사 및 DB구축사업 중 전국여객O/D 현행화 공동사업 (2013. 2)』에서 구축된 단계별 모델을 기반으로 교통수요 예측 과정 전체를 전산화함
- 전산화 구현시 이용되는 S/W는 Citilabs 사의 Cube Voyager를 이용하며, 네트워크 입력, 통행발생, 통행분포, 수단선택, 통행배정, 결과 검증 등의 모든 과정을 각 단계 별로 모듈화 하여 서로 연계되도록 함
- 교통수요 예측 과정 구현의 전체적인 흐름은 다음 <그림 4>와 같으며, 전수화된 통행량을 기초로 각 단계별 구축된 모델을 이용하여 교통수요 예측의 과정을 전산화 함

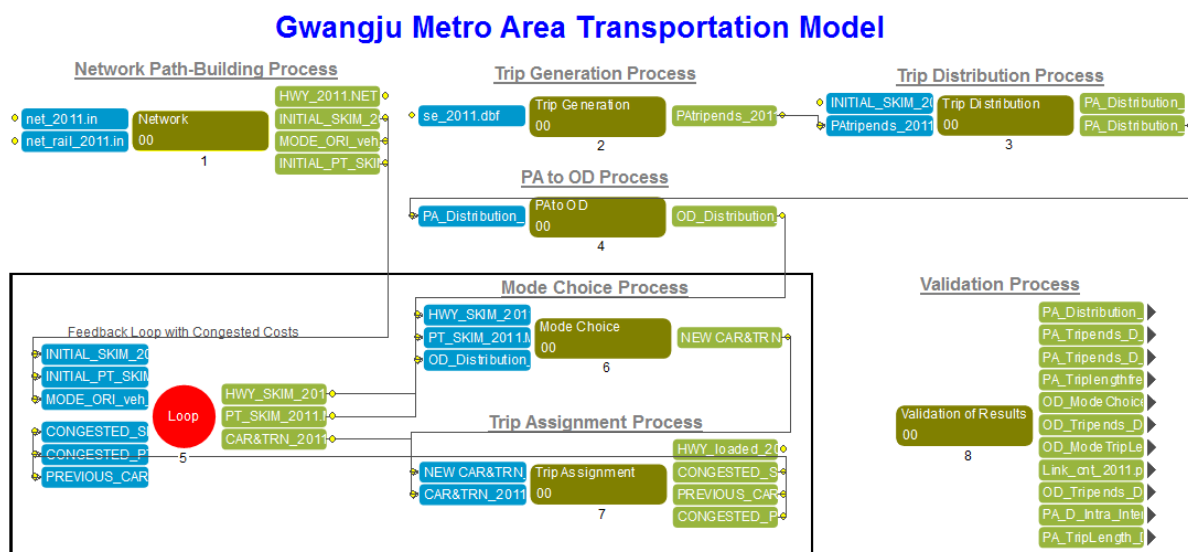


<그림 4> 교통수요 예측 과정

다. KTDB 교통수요 예측 및 검증 과정 전산화

1) 광주광역시권

- 광주광역시권의 모델은 Network, Trip Generation, Trip Distribution, PA to O/D, LOOP, MO/De Choice, Trip Assignment, Validation of Result 등 8단계로 구분되어 있음
- 교통수요 예측 과정은 Network에서 도로 및 대중교통 네트워크를 구축하여 skim을 산출하고, Trip Generation에서 PA 기반 통행 목적별 생성·유인량을 산출하며, Trip Distribution에서는 PA 기반 통행 목적별 분포량을 산출함
- PA 기반의 목적통행량을 전환계수를 적용하여 O/D 기반의 총목적 통행량을 산출함
- LOOP 과정은 MO/De Choice와 Trip Assignment 과정을 반복함으로써 평행배정된 상태의 skim을 이용하여 수단선택 과정을 반복 수행함
- Validation of Result는 각 단계별 모델 결과를 검증하기 위한 과정임

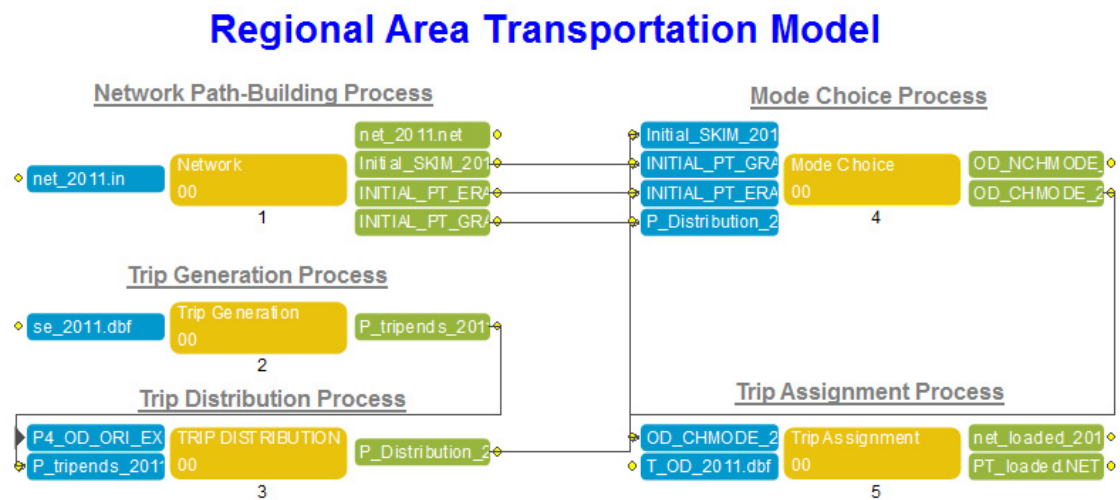


<그림 5> 광주광역시권 교통수요 예측 모델 구조

2) 전국 지역간

- 전국 지역간 모델은 Network, Trip Generation, Trip Distribution, MO/De Choice, Trip Assignment 등 5단계로 구분되어 있음

- 교통수요 예측 과정은 Network에서 도로 및 대중교통 네트워크를 구축하여 수단별 skim을 산출, Trip Generation에서는 O/D 기반의 통행 목적별 발생·도착량을 산출하고, Trip Distribution에서는 O/D 기반의 통행 목적별 발생·도착량을 이용하여 통행 목적별 분포량을 산출함
- MO/De Choice 과정은 먼저 수단선택 비대상 통행량을 산정하고, 수단선택 대상인 승용차, 버스, 고속철도, 일반철도의 통행량을 다항로짓모형을 이용하여 산출함
- Trip Assignment 과정은 수단 선택된 수단별 O/D를 네트워크에 배정함



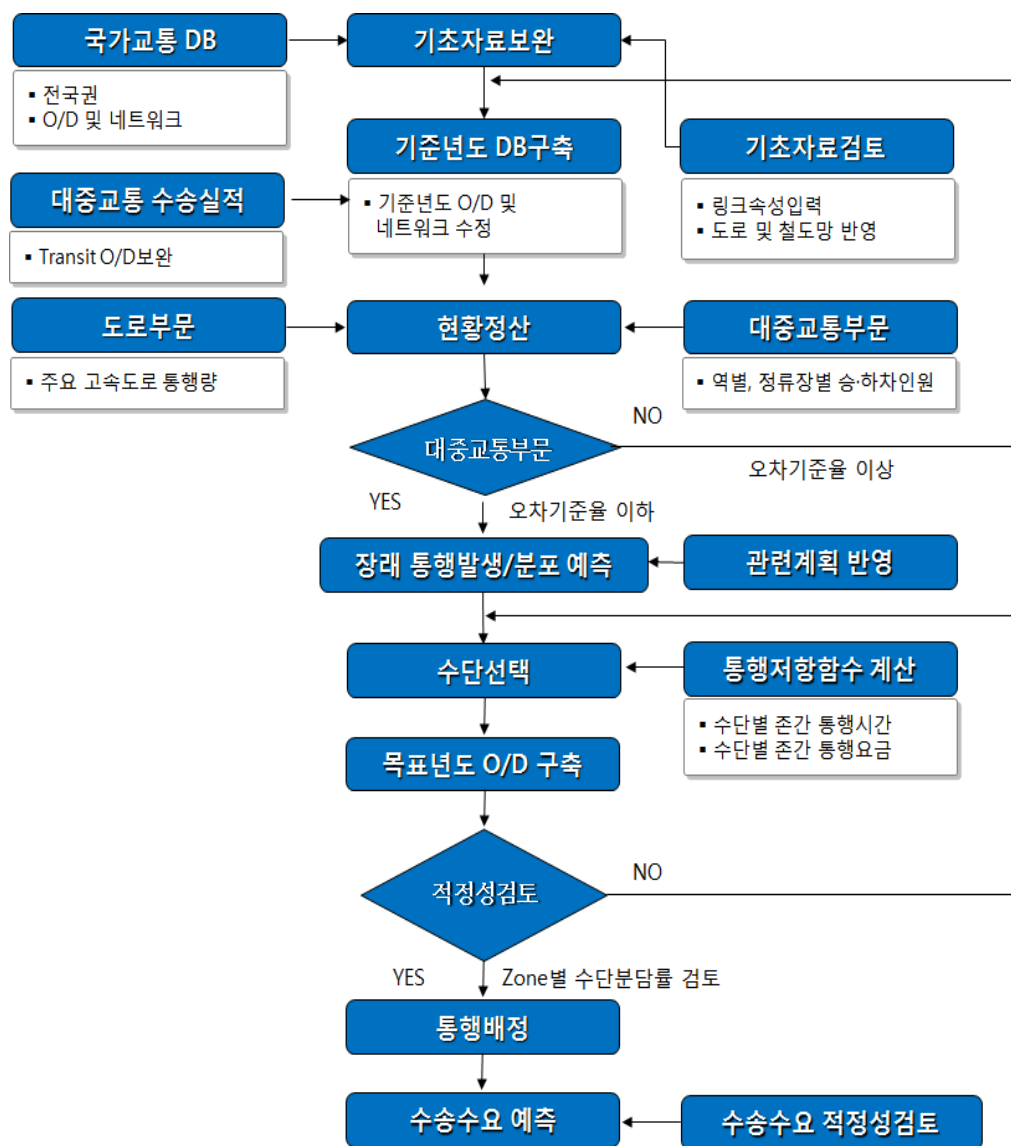
<그림 6> 전국 지역간 교통수요 예측 모델 구조

4. 대중교통 수요분석의 현황진단 및 향후 개선방안

가. 국내 대중교통 수요분석 사례연구

1) 국내 대중교통 수요분석 현황

- 국내 대중교통 부문의 교통수요 추정은 KTDB를 이용하여 기준연도 도로와 철도 부문의 현황 정산을 수행한 후, 이를 토대로 4단계 예측 모형을 이용하여 장래 대중교통 수요를 예측함



<그림 7> 일반적인 대중교통 수요분석 과정

- 대중교통 통행배정 시 모형의 정산을 위해서 각 노선의 역별로 추정된 승차인원을 관측된 승차인원과 비교하여 분석하고, 영향권 내 주요 역의 관측 승차인원과 모형 상 추정된 승차인원의 비교를 통하여 모형이 현실을 제대로 반영하고 있는지를 판단함
- 현재 가장 널리 사용되는 수단분담 모형은 개별행태 모형 중 로짓모형으로 통행자체의 속성을 자유롭게 효용함수에 포함시킴으로써 통행자의 현실적 선택행태를 설명할 수 있는 장점이 있으나, 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 있음
- 대중교통 통행배정을 위해 널리 사용되는 모형은 Spiess-Florian (1989)에 의해 제안된 최적전략 통행배정모형 (Optimal Strategy Assignment)으로, 배정관련 파라미터의 명확한 기준 및 적용방법이 미흡한 실정임

2) 국내 대중교통 통행행태 분석 연구

- 수도권 통합요금제의 도입이후 수도권의 환승통행량을 지속적으로 증가하고 있으며, 수도권 이외의 전국에 환승의 개념을 대중교통 시스템에 도입하고 있는 추세임. 하지만 국내 대중교통 수요분석에서는 수단 내 환승을 포함하여 버스와 지하철 사이의 수단간 환승에 대한 분석 방법론의 미비로 분석이 마다 각기 다른 방식을 적용하고 있음
- 대중교통 수단의 발달과 신교통수단의 도입으로 다양한 대중교통 수단이 적용되고 있지만, 대중교통 수요분석에 적용되는 모형은 단지 버스와 지하철이 선택대안으로 고려되고 있어 현실의 대중교통 수단의 특성을 올바르게 반영할 수 없는 한계점이 있음
- 최근 신교통수단에 대한 관심의 증가로 경전철, 노면전차(Tram), PRT 등 신교통 수단 도입의 타당성 분석을 위한 연구가 증가하고 있지만, 신교통수단의 수단특성을 반영하는 대중교통 수요분석은 거의 없고, 대중교통수단의 이용요금을 모형에 적절히 반영할 수 있는 방법의 미비로 분석가의 가정에 의하여 분석이 수행되고 있음

3) 대중교통의 노선 수요 분석 연구

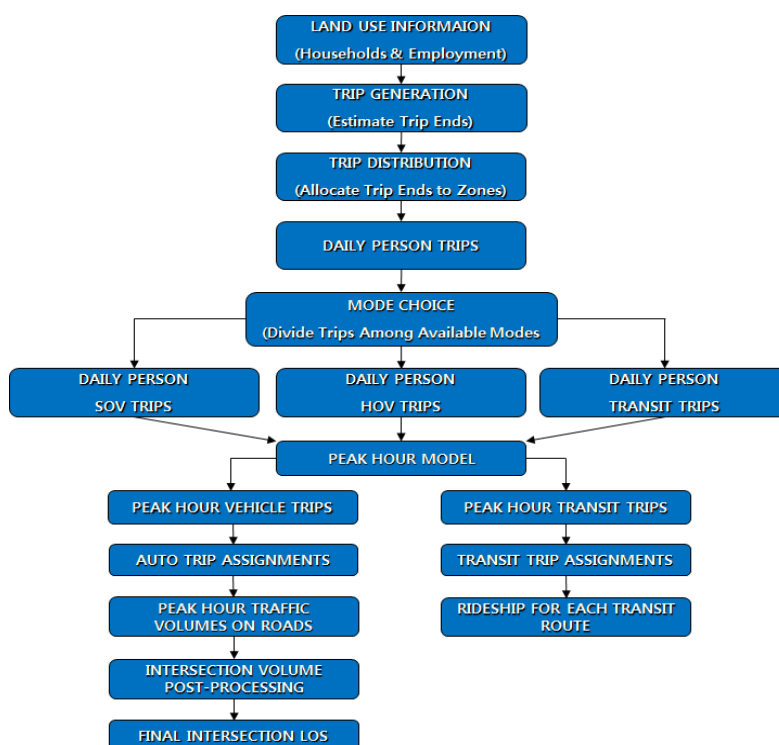
- 현재 대중교통 수요분석 과정에서 대중교통 수단의 통행수요는 수단간 전환통행량을 기준으로 통행수요를 추정하지만, 수단간 통행분석 시 노선수요분석을 통한 경쟁관계를 고려하지 않고 있는 실정임

- 이러한 방법은 대중교통 노선에 대한 수요를 정확하게 분석 할 수 없으며, 주변 노선의 수요변화를 분석할 수 없어 적절한 대중교통 수요분석이라고 할 수 없음
- 『도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)』(2008)의 경우 대중교통 수단분석 모형을 철도중심의 방법론을 설명하고 있으며, 버스에 대한 수요추정 방법에 대한 연구는 부족한 상태임
- 버스와 지하철의 통행특성 및 수단의 특성은 상이하지만, 버스에 대한 수요추정 방법의 한계로 인하여 버스노선 수요를 분석하지 않거나 철도를 기준으로 분석을 수행하는 경우가 있음

나. 해외 대중교통 수요분석 사례연구

1) 해외 대중교통 수요분석 현황

- 미국의 대도시 계획기구(Metropolitan Planning Organization: MPO)는 통행실태조사를 통해 교통수요 분석 모형을 구축하고 있으며, 모형의 보완 및 유지관리를 지속적으로 하고 있음. MPO에서 가장 많이 쓰이는 모델은 국내 수요모형과 같은 전통적인 4단계 모델이며 통행발생, 통행배분, 수단선택, 통행배정의 단계를 포함함



<그림 8> 해외 대중교통의 일반적인 교통수요 분석과정

- 뉴욕 대중교통 분석모형 NYMTC의 BPM¹⁾모형은 New York Metropolitan Transportation Council's (NYMTC)에 의해 2005년에 개발됨. 전통적인 교통수요모형과는 달리 지역 내의 다양한 통행행태를 예측하기 위해 Trip기반이 아니라 Journey를 기반으로 한 모형임
- 국내에서와 마찬가지로 해외에서 대중교통 수요추정을 위해 가장 널리 사용되는 통행배정 모형은 최적전략 통행배정모형 (Optimal Strategy Assignment)으로, 현실적인 최적전략을 고려하기 위해 차내시간, 차외시간, 요금 등과 관련된 일반화 비용과 파라미터를 적용함

<표 1> 유럽 MOTOS의 대중교통 시간가중치

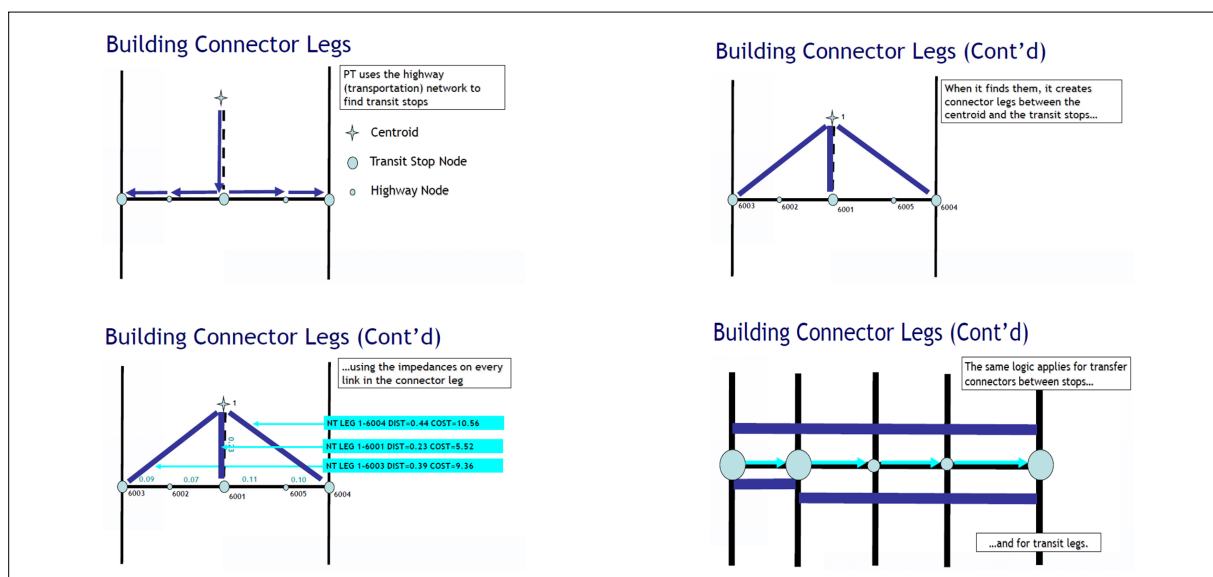
통행시간	가중치
대중교통 이전 시간(Pre-Transport time)	2.3
대기시간(Waiting time)	1.6
차내시간(In-vehicle time)	1.0
환승시간(Transfer time)	1.2
환승횟수(Number of Transfer)	8.2 (penalty in minutes)
도착시간(After transport time)	1.2

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

2) 해외 대중교통 통행행태 분석 연구

- CUBE는 미국의 Citilabs사에서 만든 교통 수요분석 프로그램으로, 대중교통 Leg (접근/환승 링크)라는 링크를 통하여 대중교통 수단으로의 접근통행, 환승통행과 같은 통행행태를 구현할 수 있음. 또한 정류장 또는 역으로의 환승비용을 설정함으로써 보다 현실적인 환승통행이 이루어지도록 하고 있음
- 아틀란타 교통수요분석 모형에서는 CUBE를 이용하여 도로망에 BRT, PnR, 지상버스와의 환승을 위한 가상링크를 연결하여 지선버스와 BRT의 환승 통행을 반영한 사례가 있음
- 미국 애리조나주는 EMME를 이용하여 대중교통 수요분석 모형을 구축하였으며, 환승 링크와 접근링크를 구축하여 수단간 환승을 구현함

1) New York Metropolitan Transportation Council, New York Best Practice MO/Del (NYBPM) For Regional Travel Demand Forecasting NYBPM User Documentation, 2009.



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

<그림 9> Cube에서의 Leg 구축

3) 해외 대중교통 수요분석 모형구축 사례

- CUBE를 이용한 해외 대중교통 수요분석 모형의 네트워크는 노드와 링크로 구성되어 있으며, 해당 노드 및 링크의 성격을 표현할 수 있는 다양한 속성값이 구축되어 있음
 - 노드(nO/De)가 위치하는 지역 속성, 지형 속성, 환승주차장 속성, 대중교통 이용요금 속성, 유료도로의 시점과 종점에 대한 비용 속성 등의 다양한 속성을 표현함
 - 거리, 차선수, 용량, 도로 등급, 통행 자유속도, 통행량, BPR α , BPR β 등이 제시되어 있으며, 링크에 구축되는 속성은 분석 범위, 분석 목적에 따라 다름
- O/D의 경우 해외 모형에서는 기본적으로 통행목적별 PA접근방법을 통한 통행량을 예측하고 있음. 특히 대중교통 수요 분석시에는 접근수단 통행량을 고려하여 수행함
- 대중교통 관련 기초자료 중 대중교통 노선은 노선명, 노선운행 수단, 노선운행 주체, 노선특성, 차두시간의 속성으로 구성되어 있음. 국내 대중교통 노선자료와 비교해 보면, 노선운행주체를 선정한다는 점을 제외하고 다른 속성에 대해 국내 노선자료와 비슷함
- 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 있음

- 접근 및 환승에 대한 가상링크의 접근범위는 분석 모형에서 존 특성에 따라 다른 범위를 지정하고 있으며, 수단에 대하여 각기 다른 비용 범위를 지정하고 있음. 비용의 산출 근거는 링크속성의 거리와 통행시간에 따라 비용을 추정함

<표 2> 해외대중교통 수요분석 모형의 대중교통 파라미터

파라미터	올림푸스 시범모형 ¹⁾		모리스카운티 모형 ²⁾		노스플로리다 모형 ³⁾	
운행시간가중치 (Runfactor)	보행접근 대기시간 환승접근	2.0	차량접근	10.0	보행접근 대기시간 환승접근	2.0
대기시간가중치 (Waitfactor)	2.0		2.0		2.0	
탑승가중치 (Bordpen)	대중교통수단	2.0	대중교통수단	2.0	대중교통수단	2.0
환승가중치1 (XferPen)	대중교통수단	0.0	대중교통수단	0.0	대중교통수단	0.0
환승가중치2 (Xferfactor)		1.0		1.0		1.0
환승가중치3 (Xfreconst)		5.0		5.0		10.0

자료1) : 『Olympus training mO/Del』, 2010

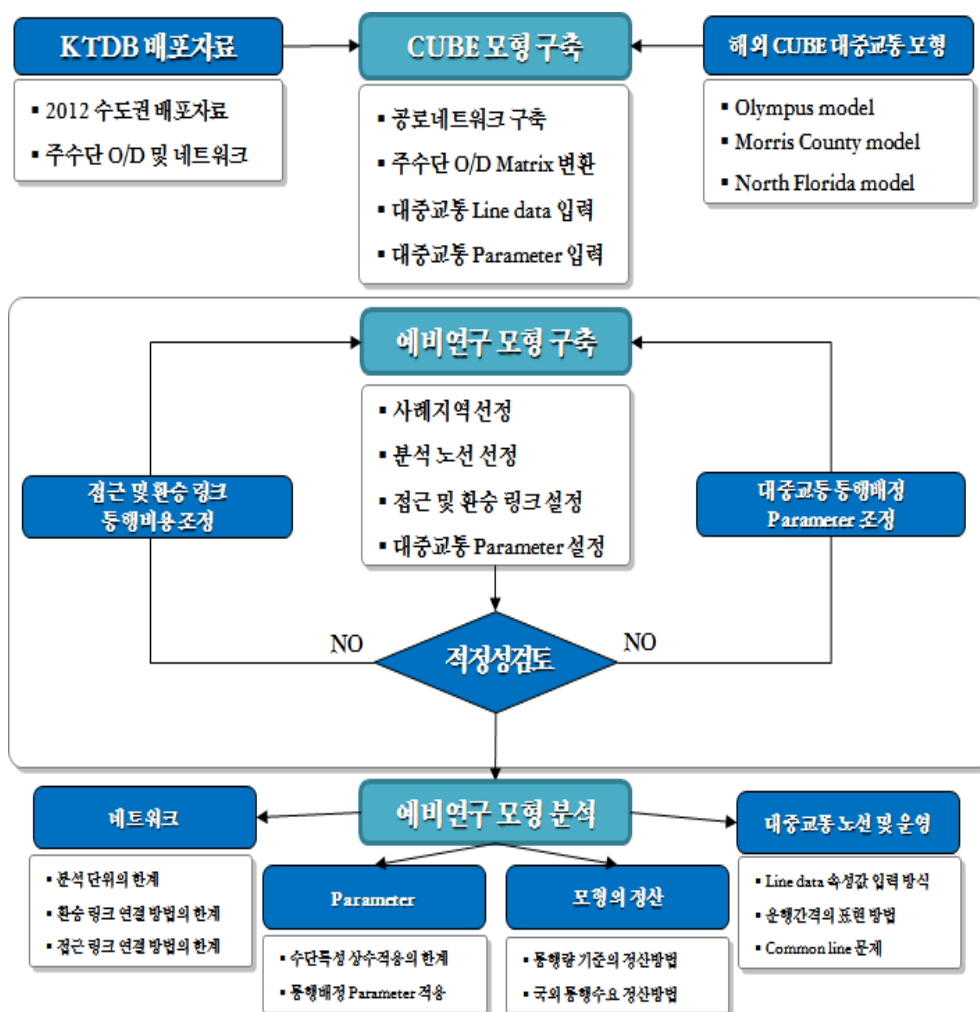
자료2) : 『Morris County mO/Del』, 2005

자료3) : 『North florida mO/Del』, 2006

다. 대중교통 수요분석 예비연구모형

1) 연구 개요

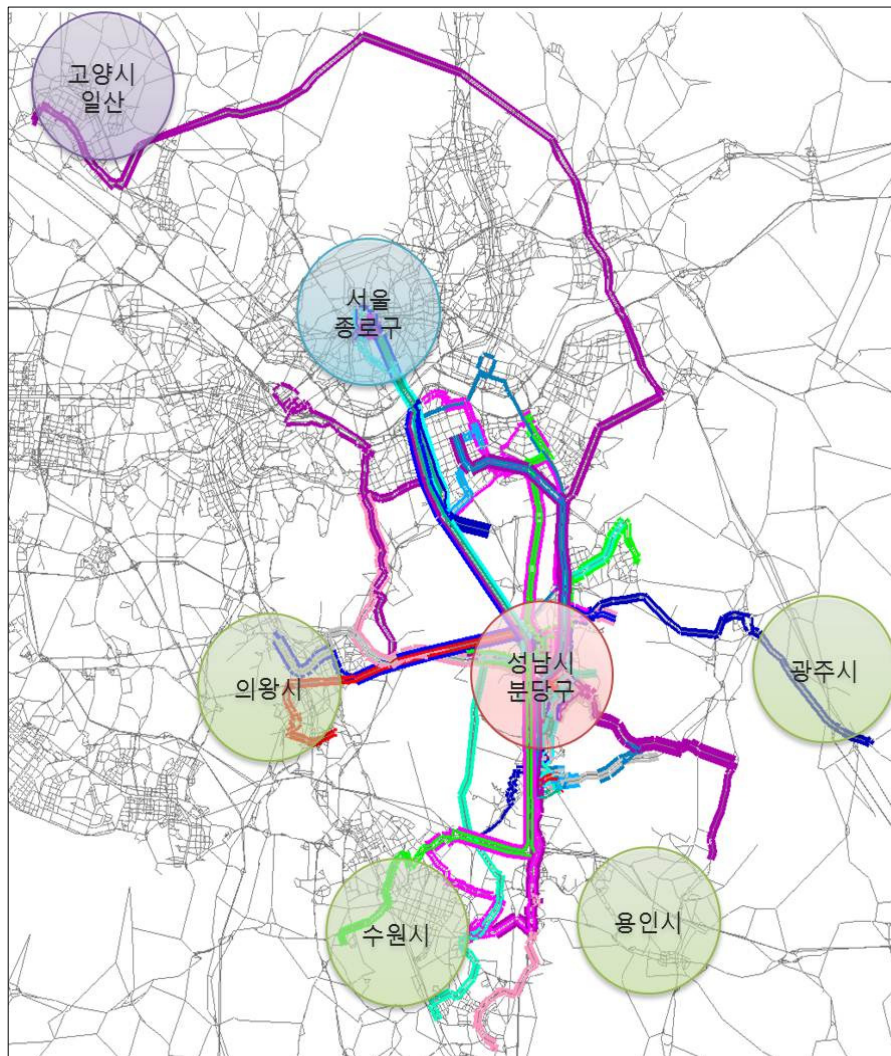
- 해외 연구 사례를 토대로 네트워크, O/D, 대중교통 노선 데이터, 파라미터 등을 적용하여 국내 대중교통 수요분석의 예비연구 모형을 구축함
- 이를 통해 국내 대중교통 수요분석 예비연구 모형의 구축방향 및 국내 적용가능성을 검토함. 또한, 대중교통 수요분석의 예비연구 모형 구축 시 나타난 문제점을 종합적으로 검토하여 대중교통 수요분석의 한계점을 도출하고, 개선방향을 제시함



<그림 10> 대중교통 수요분석 예비연구의 흐름도

2) 국내 대중교통 수요분석 예비연구 모형 구축

- 대중교통 수요분석을 위한 통합네트워크 분석 및 새롭게 도입된 주수단 O/D의 개념 적용이 필요함에 따라, CUBE를 이용한 대중교통 수요분석을 수행하기 위해 예비모형을 구축함
- 대중교통 모형에 적용되는 파라미터들의 정의 및 기준 설정은 해외 대중교통 분석 모형의 값을 적용하였고, 추후 국내 대중교통 수요분석을 위해 적용된 파라미터에 대한 검증과정이 필요함
- 사례지역은 성남시 분당구 정자동 주변지역을 선정하였으며, 분당선 정지역 주변을 지나는 버스노선을 분석 대상 노선으로 선정함



<그림 11> 분석지역의 대중교통 라인데이터(Transit line date)

- 정산과정을 통하여 Leg의 범위 및 파라미터를 설정하였고, 이때 파라미터로 대중교통 정류장/역으로의 접근 및 환승 통행에 Leg를 연결을 위한 접근 및 환승 통행비용, 대중교통 수단의 대기시간 파라미터, 대중교통 차내시간 및 차외시간 파라미터, 환승시간 가중치가 이용됨

<표 3> 운행시간, 대기시간, 탑승시간, 환승 파라미터

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

- 지하철 및 버스 이용수요의 정산 결과는 다음과 같음

<표 4> 지하철 이용 수요 정산 결과(일부구간)

(통행일)

역		관측통행량(A)		추정 통행량(B)		차이값(B-A)		오차율 ((B-A)/A*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 5> 버스의 이용수요 정산 결과(전체통행)

(통행일)

Line	관측통행량(A)	추정 통행량(B)	차이값(B-A)	오차율 ((B-A)/A*100%)
9003	7,169	7,181	12	0%
9005	23,388	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 지정함
- Not-Assign 비율을 추정된 총통행량의 분포가 전국을 대상으로 하고 있어, 연결 범위 설정의 한계가 있음. 또한, 사례 지역에서 접근을 표현하기 위한 가상링크의 경우 교통존마다 센트로이드 위치와 대중교통 정류장 사이의 접근거리가 서로 달라 가상링크의 연결범위에 대한 세분화과정이 필요함
- 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 제한적임

3) 대중교통 수요분석 예비연구 모형의 문제점 및 개선방안

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

<표 6> 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(VMT)와 통행배정결과의 총 통행거리(VMT), 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

6. 결론 및 향후 개선 방향

가. 교통패키지를 활용한 KTDB 교통수요 예측 과정의 업무 개선

- 단계별 교통수요 예측과정을 통합하여 시스템화함으로써 신뢰도를 제고하였음
 - 전국 지역간과 광주광역권을 대상으로 교통수요 예측과정의 전과정을 시스템화하여 Script로 매뉴얼화함으로써, 교통수요 예측의 효율화 및 교통수요의 왜곡을 방지함
- 교통패키지를 활용한 KTDB 교통수요 예측은 장래 교통수요 예측에 한정되어 있기 때문에 현재연도 교통수요 구축에 대한 전산화도 필요함
- 교통수요 예측을 위한 기초 자료 생성, 교통수요 예측, 결과 검증 등에 대한 전산 자동화 모듈화를 구축하였으나, 부분적으로는 수동적인 부분이 존재하기 때문에 이에 대한 개선이 필요함
 - 장래 사회경제지표 예측, 단계별 모형의 파라미터, 통행비용함수 중 유료도로 가중치 등
- 추가적으로 다양한 교통정책(혼잡통행료 징수 및 유가 변화) 도입에 따른 효과분석을 위해 현재 구축중인 전통적인 4단계 모형으로 한계가 있기 때문에 새로운 모델 도입을 통한 효과분석 과정 프로그램이 개발되어야 함

나. 대중교통 수요분석의 현황진단 및 향후 개선방안

- 국내 대중교통 수요분석에 대한 연구수준이 기초수준에 머물러 있으며, 대중교통 특유의 통행행태를 반영하지 못한 수요분석의 사례가 많이 존재함. 특히 대중교통부분의 교통수요추정 시 나타난 한계점은 다음과 같음
 - 대중교통 수요 분석시 명확한 기준 및 방법론이 미흡
 - 기존 대중교통 수요분석 방법으로는 수단별 통행행태 반영에 한계가 있음
 - 부정확한 대중교통 노선수요 및 버스 등과의 연계 통행 분석이 미흡
- 해외에서는 규모가 큰 도시의 경우 94%이상이 대중교통 교통수요 분석의 필요성을 인지하고 각 도시별 교통수요분석 모형을 구축하고 있는 것으로 나타났으며, 앞서 살펴본 뉴욕시의 BPM모형과 유럽연합의 MOTOS의 미국이나 유럽에서의 교통수요모형을 보면 국내에 비해 교통모형의 개수나 정밀분석 정도에 있어서 많이 앞서있다는 것을 확인 할 수 있음

- 대중교통 수요분석 모형 구축을 위한 예비연구로서 해외 연구 사례를 토대로 네트워크, O/D, 대중교통 노선 데이터, 파라미터 등을 적용하여 국내 대중교통 수요분석의 예비연구 모형을 구축함
 - 사례지역은 성남시 분당구 정자동 주변지역을 선정하였으며, 분당선 정지역 주변을 지나는 버스노선을 분석 대상 노선으로 선정함
 - 예비모형 구축 시 문제점을 도출하고 해외 사례 및 연구 사례를 통해 개선방안을 제시함
- 교통수요모형의 유지관리와 개선에 있어서 전문성이 확보된 형태의 대중교통 수요추정이 이루어지고 있는 해외와 마찬가지로 국내에서도 대중교통 수요추정과 관련된 모형개발, 기초연구 등이 활성화되어야 함

제1장 과업의 개요

제1절 과업의 배경 및 목적

제2절 과업의 범위 및 내용

제1장 과업의 개요

제1절 과업의 배경 및 목적

- 현재 국내 대부분의 수요예측은 통행발생, 통행배분, 수단선택, 통행배정의 4단계로 이루어져 있으며, 각 단계별 복잡한 수요 예측을 외생적(Exogenous)으로 처리하고 있음
 - 교통수요 예측시 부정확한 교통수요 예측 결과를 야기를 할 수 있음
- 이에 단계별 교통수요 예측과정을 통합하여 시스템화함으로써 신뢰도를 제고하는 방안이 지속적으로 제기되어 왔음
 - 특히 최근 기획재정부와 국토해양부에서 관리하고 있는 정보화사업의 경우 수행업무를 시스템화하여 운영·관리되는 것에 대한 중요도가 커지고 있음
- 따라서 교통수요 예측과정의 전과정을 시스템화하여 Script로 매뉴얼화함으로써, 교통수요 예측의 효율화 및 교통수요의 왜곡을 방지하도록 하고자 함
- 우리나라의 경우 최근 문제가 되고 있는 교통투자사업 중 상당수가 철도, 경전철 등 대중교통부문 투자사업 사업임에도 불구하고, 공로부문과는 달리 대중교통부문에 대한 표준화된 수요분석 방법론이 부재한 상황임
 - 대중교통수단은 접근시간, 대기시간, 환승시간과 같은 통행시간 속성과 노선별 이용요금, 환승요금 등의 통행비용 속성 등 공로와는 다른 복잡한 대중교통관련 속성을 가지고 있음
- 예비타당성 조사 표준지침(KDI)과 투자평가지침(국토부)에서 대중교통 분석 방법론을 포함하고 있지만, 정확한 대중교통의 통행행태를 분석하는데 한계가 있음
- 따라서 대중교통 수요분석의 정밀성을 향상시키고, 보다 현실성있는 대중교통 모형 구축을 위해 국내/국외 대중교통 수요분석 현황을 진단하여 개선방안을 제시하고자 함

제2절 과업의 범위 및 내용

1. 교통패키지를 활용한 KTDB 교통수요예측 과정의 업무 개선

가. 과업의 범위

- 장래 교통수요 예측 모형 구축/교통수요 예측/결과 검증
 - 전국 지역간 여객 O/D
 - 대도시권 (광주광역시권) 여객 O/D

나. 과업의 내용

1) 국내/국외 교통 수요예측 과정 사례 검토

- 국내/국외 교통수요 예측 방안 사례 고찰
 - 국내 4단계 교통수요 예측 과정 검토
 - 해외 교통수요예측 구현 과정 소개
 - 국내 교통수요 예측시 과정상의 문제점 및 개선방향 검토
- KTDB 수요예측 과정의 문제점 및 개선방향
 - KTDB 수요예측 과정 검토
 - KTDB 수요예측 단계별 비효율적 측면 검토
 - 국내/국외 사례 검토를 통한 KTDB 수요예측 개선방향 검토

2) KTDB 교통수요 예측 개선을 전산화 방향 설정

- 수요예측 과정 개선을 위한 기본방향 수립
 - 구현 범위 및 방법 수립
 - 응용 S/W 구현 방안 수립

- 교통수요 예측을 위한 기초 자료 생성, 교통수요 예측, 결과 검증 등의 모듈화 방안
 - 정확도 높은 기초 자료의 생성 방안
 - 교통수요 예측 단계별 모듈화 및 연계 방안
- 3) KTDB 교통수요 예측 및 검증 과정 전산화
 - 통행발생모형 수립 과정 자동화 스크립터(Script) 구현
 - 통행분포모형 수립 과정 자동화 스크립터(Script) 구현
 - 수단선택모형 수립 과정 자동화 스크립터(Script) 구현
 - 통행배정모형 수립 과정 자동화 스크립터(Script) 구현
- 4) 교통정책분석을 위한 시뮬레이션 방안 연구
 - 혼잡통행료 효과 분석 등의 정책분석
 - 유가 변화에 의한 교통수요 분석

2. 대중교통 수요분석의 현황진단 및 향후 개선방안

가. 과업의 범위

- 대중교통 수요분석의 현황 및 해외 대중교통 수요분석 사례, 국내 대중교통 수요분석의 예비연구 모형의 구축을 통하여 도출된 문제점을 정리하고 향후 대중교통 수요분석 모형의 연구방향을 제시함
 - 수도권 지역 중 성남시 분당구 정자동 주변지역을 선정하였으며, 분당선 정지역 주변을 지나는 버스노선을 분석 대상 노선으로 선정함

나. 과업의 내용

- 1) 국내 대중교통 수요분석 현황
 - 일반적인 국내 대중교통 수요분석 현황
 - 국내 대중교통 수요분석의 기준과 방법론을 검토하여 이로 인한 문제점 제시

- 국내 대중교통 통행행태 분석
 - 대중교통 수단간 환승을 반영하지 못하거나 통행행태 측면에서 대중교통 수단의 차량 특성을 반영하지 못한 사례 분석
- 국내 대중교통 노선수요분석
 - 기존 방법론의 철도중심 대중교통 수요분석으로 인한 노선수요 분석의 문제점 제시

2) 해외 대중교통 수요분석 현황

- 해외 대중교통 수요분석
 - 미국의 BPM, 유럽연합의 MOTOS 등에서 수행한 대중교통 수요분석 방법을 중심으로 해외 대중교통 수요분석 검토
- 해외 대중교통 통행행태 분석
 - 해외 대중교통 환승통행 구현 사례 및 수단특성 반영 사례 검토
- 해외 대중교통 수요모형 사례
 - 해외 대중교통 수요모형의 네트워크 측면, O/D 측면, 대중교통 관련 기초자료, 대중교통 분석 파라미터 설정에 대한 사례 검토

3) 대중교통 수요분석 예비모형 구축 및 분석

- KTDB 배포자료의 현황 및 CUBE 모형 구축
 - KTDB 배포자료 중 대중교통 수요분석을 위해 필요한 기초자료 설명
 - CUBE를 이용하여 관련 기초자료 구축 및 대중교통 수요분석 모형 구축을 위한 기초작업 수행
- 대중교통 수요분석 예비 모형의 구축 및 정산
 - 국내 대중교통 분석 사례에서 적용된 대중교통 파라미터와 해외 대중교통 수요분석 모형에 적용된 파라미터 검토
 - 검토 결과를 통해 접근 및 환승 Leg, 관련 파라미터 등 구축
- 예비연구모형의 분석 및 한계점 도출
 - 대중교통 모형의 한계점을 네트워크 측면, 통행 O/D측면, 대중교통 측면, 파라미터 측면, 대중교통 정산 측면에서 도출하고 이에 대한 해결방안 제시

제2장 교통패키지를 활용한 KTDB 교통수요 예측 과정 전산화

제1절 국내/국외 교통수요 예측과정 사례 검토

제2절 교통수요 예측 과정 전산화 방안 수립

제3절 KTDB 교통수요 예측 및 검증 과정 전산화

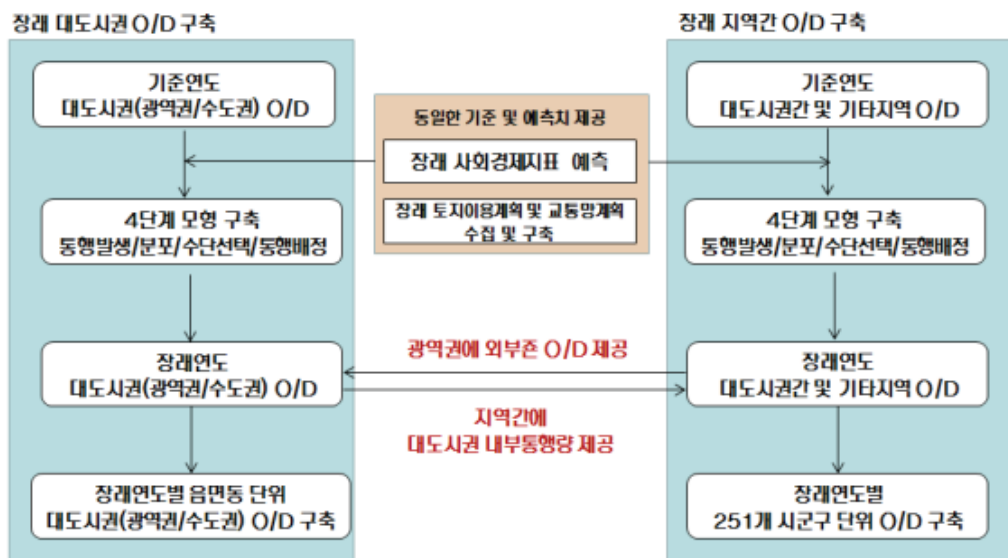
제4절 교통정책 분석을 위한 시뮬레이션 방안 연구

제2장 교통패키지를 활용한 KTDB 교통수요 예측 과정 전산화

제1절 국내/국외 교통 수요예측과정 사례 검토

1. 국내 교통수요 예측 방안 사례 고찰

- 국내 교통수요 예측 모형은 대도시권 (수도권, 부산·울산권, 대구광역권, 대전광역권, 광주광역권) 및 전국권으로 구분되어 있으며, 각 권역별 2010년에 수행된 가구통행실태조사를 기반으로 구축된 『여객 기종점통행량(O/D) 전수화 및 장래수요예측 공동조사 (2012. 4)』의 교통수요 예측 방안을 검토함
- 구축된 대도시권과 전국 지역간 모형은 모두 전통적인 4단계 과정을 기반으로 각 단계별 모델들을 구축하였음
 - 단계별 설명변수는 동일한 기준으로 예측된 지표들을 적용하였음
- 장래 여객 기종점통행량(O/D)은 각 권역별 교통수요모형에 의해 추정된 예측결과를 전국 지역간에서는 대도시권에 외부 및 외부간 통행량을 제공하고, 대도시권에서는 전국 지역간에 대도시권 내부 통행량을 제공함으로써 장래 기종점통행량이 구축하였음

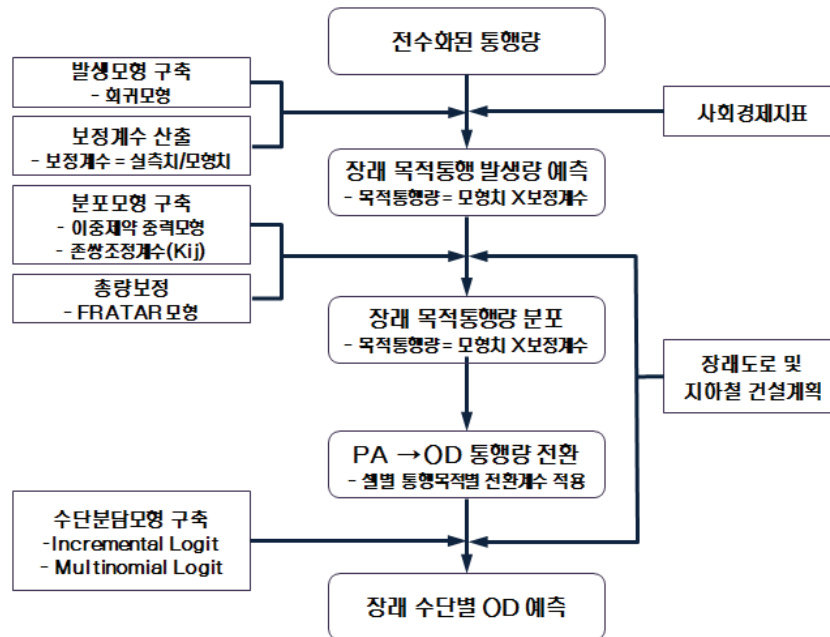


<그림 2-1> 장래 여객 기종점 통행량(O/D) 구축 방법론

가. 교통수요 예측 과정

1) 대도시권 교통수요 예측 과정

- 교통수요 예측은 기준연도 전수화된 통행량을 기준으로 통행발생단계, 통행분포단계, PA→O/D 통행량 전환단계, 수단선택단계 등을 거쳐서 예측함



<그림 2-2> 대도시권 장래 교통수요 예측 과정

- 통행발생 단계에서는 사회경제지표를 이용해 통행목적별 발생·도착 회귀모형을 구축함
 - 기준연도와의 차이를 보정하기 위하여 전수화 결과와 모형결과를 이용해 보정계수를 산출하고, 장래 통행발생·도착 모형결과에 보정계수를 적용하여 예측함
- 통행분포 단계에서는 통행목적별 존간 통행거리를 이용해 이중제약 중력모형을 구축함
 - 기준연도와의 차이를 보정하기 위하여 전수화 결과와 모형결과를 이용하여 보정계수를 산출하고, 장래 통행분포 이중제약 중력모형 결과에 보정계수를 적용하여 예측하게 됨
- PA→O/D 통행량 전환단계는 기준연도에서 산출된 통행목적별 전환계수를 이용하고, 장래 예측시 적용하여 예측하게 됨

- 수단선택 단계에서는 수단선택 비대상 수단에 대해서는 전수화 결과를 이용하여 수단별 비율을 적용하고, 수단선택 대상 수단에 대해서는 수단별 통행비용과 통행시간을 산출하여 다항로짓모형을 구축함
- 기준연도와의 차이를 보정하기 위하여 Incremental 로짓 모형을 이용해 장래 수단별 O/D를 예측함

2) 전국 지역간 교통수요 예측 과정

- 통행발생 단계에서는 대도시권 교통수요 예측 과정과 마찬가지로 사회경제지표를 이용해 통행목적별 발생·도착 회귀모형을 구축함
- 기준연도와의 차이를 보정하기 위하여 전수화 결과와 모형결과를 이용하여 보정계수를 산출하고, 장래 예측시 통행발생·도착 모형결과에 보정계수를 적용하여 예측함
- 통행분포 단계에서는 기준연도 O/D를 이용하여 이중제약 프라타 모형을 구축함
- 수단선택 단계에서는 수단선택 대상 수단에 대해 수단별 통행비용과 통행시간을 산출하여 다항로짓모형을 구축함
- 기준연도와의 차이를 보정하기 위하여 실측치 분담율과 일치되도록 하는 보정계수를 산출하여 장래 예측시 적용함

나. 통행발생 단계

- 통행발생 모형은 대도시권의 경우 PA 기반, 전국 지역간의 경우 O/D 기반 접근방법으로 존 단위의 회귀분석법이 이용됨
- 대도시권에서는 PA 기반의 가정, 비가정으로 구분하여 통행 목적별(가정기반 통근, 통학, 학원, 쇼핑, 기타, 비가정기반 업무, 쇼핑, 기타) 생성·유인 회귀모형을 구축·적용되었으며, 설명변수는 취업자수, 인구(성별, 연령대별), 종사자수(1차, 2차, 3차, 학원), 수용학생수(초중고, 대학생) 등이 사용됨
- 전국 지역간에서는 O/D 기반의 통행목적별 발생·도착 회귀모형이 적용되었으며, 설명변수는 취업자수, 인구(연령대별), 종사자수, 수용학생수 등이 사용됨

<표 2-1> 수도권 통행발생모형

통행목적		생성 모형				유인 모형			
		설명변수	계수			설명변수	계수		
			서울	인천	경기		서울	인천	경기
가정 기반	통근	취업자수	1. 83766	1. 83749	1. 78125	총종사자수	1. 94130	1. 93283	1. 84658
	통학	6~17세인구수	1. 91896	1. 71128	1. 99164	총수용학생수	1. 95697	1. 92081	1. 91131
		18~21세인구수	2. 00563	2. 22735	1. 35086				
	학원	6~21세인구수	0. 76619	0. 58336	0. 58044	학원관련종사자수	9. 74475	9. 39386	8. 05427
	쇼핑	15세이상인구	0. 15629	0. 17395	0. 13710	3차산업종사자수	0. 21245	0. 53552	0. 45589
	기타	15세이상인구	0. 49593	0. 45773	0. 43867	3차산업종사자수	0. 54893	0. 84806	1. 07605
총수용학생수						0. 73434	0. 75792	0. 38717	
비가정 기반	업무	총종사자수	0. 46226	0. 38054	0. 42620	총종사자수	0. 50043	0. 43198	0. 46110
	쇼핑	3차산업종사자수	0. 03646	0. 03938	0. 06359	3차산업종사자수	0. 04840	0. 07336	0. 07774
		총수용학생수	0. 04499	0. 04219	0. 01193				
	기타	3차산업종사자수	0. 29750	0. 30466	0. 45960	3차산업종사자수	0. 29957	0. 49328	0. 59263
		총수용학생수	0. 38537	0. 29856	0. 24552	총수용학생수	0. 37263	0. 12349	0. 09813

<표 2-2> 부산·울산광역시권 통행발생모형

통행목적		생성 모형				유인 모형			
		설명변수	계수			설명변수	계수		
			부산	울산	기타		부산	울산	기타
가정 기반	통근	취업자수	2. 2125	2. 2577	1. 8424	총종사자수	2. 7050	2. 7141	2. 1372
	통학	5~19세인구수	1. 4204	1. 7088	1. 3430	초중고수용학생수	1. 8954	1. 8367	1. 8384
		20~29세인구수	1. 0903	0. 4400	1. 0630	대학교수용학생수	1. 6334	2. 1930	1. 6821
	학원	5~19세인구수	0. 9055	0. 9067	0. 7969	학원관련종사자수	14. 7497	14. 2678	13. 4091
	쇼핑	15세이상인구수	0. 2518	0. 2567	0. 2950	3차산업종사자수	0. 6525	1. 4470	1. 3014
	기타	15세이상인구수	0. 5620	0. 5862	0. 3669	3차산업종사자수	1. 7048	1. 9362	1. 2345
비가정 기반	업무	총종사자수	0. 2446	0. 2083	0. 2161	총종사자수	0. 2787	0. 2435	0. 2421
	쇼핑	3차산업종사자수	0. 0428	0. 0638	0. 0927	3차산업종사자수	0. 0767	0. 2236	0. 0990
		15세이상인구수	0. 0134	0. 0203	0. 0084				
	기타	총종사자수	0. 1297	0. 0984	0. 0582	3차산업종사자수	0. 4177	0. 5069	0. 3716
		15세이상인구수	0. 0816	0. 1057	0. 0882				

<표 2-3> 대구광역권 통행발생모형

통행목적		생성 모형			유인 모형		
		설명변수	계수		설명변수	계수	
			대구	기타		대구	기타
가정 기반	통근	취업자수	1.998	1.762	1, 2차산업종사자수	0.776	2.535
					3차산업종사자수	2.981	2.256
	통학	5~24세인구수	1.647	1.619	총수용학생수	1.905	1.652
	학원	5~24세인구수	0.493	0.541	학원관련종사자수	9.643	13.429
	쇼핑	15세이상인구수	0.190	0.133	3차산업종사자수	0.783	0.544
	기타	총인구수	0.526	0.494	3차산업종사자수	2.319	2.336
비가정 기반					총수용학생수	0.068	0.078
	업무	3차산업종사자수	0.735	0.315	3차산업종사자수	0.822	0.300
	쇼핑	3차산업종사자수	0.142	0.076	3차산업종사자수	0.162	0.080
	기타	3차산업종사자수	0.356	0.398	3차산업종사자수	0.490	0.537
		총수용학생수	0.095	0.105			

<표 2-4> 광주광역권 통행발생모형

통행목적		생성 모형			유인 모형		
		설명변수	계수		설명변수	계수	
			광주	기타		광주	기타
가정 기반	통근	취업자수	1.980	2.027	총종사자수	2.594	2.828
	통학	5~19세인구수	1.906	1.774	총수용학생수	2.460	2.170
	학원	5~19세인구수	0.683	0.622	학원관련종사자수	4.082	2.437
	쇼핑	15세이상인구수	0.201	0.114	3차산업종사자수	0.682	0.403
	기타	15세이상인구수	0.592	0.584	3차산업종사자수	2.016	2.171
비가정 기반	업무	총종사자수	0.315	0.206	3차산업종사자수	0.570	0.224
	쇼핑	3차산업종사자	0.121	0.036	3차산업종사자수	0.138	0.041
	기타	15세이상인구수	0.053	0.029	3차산업종사자수	0.533	0.375
		3차산업종사자	0.369	0.306			

<표 2-5> 대전광역권 통행발생모형

통행목적		생성 모형				유인 모형			
		설명변수	계수			설명변수	계수		
			대전	청주청원	기타		대전	청주청원	기타
가정 기반	통근	취업자수	2.223	2.055	1.828	총종사자수	2.936	2.796	3.127
	통학	5~29세인구수	1.283	1.140	1.484	총수용학생수	1.853	1.655	1.795
	학원	5~19세인구수	0.810	0.656	0.588	학원관련종사자수	15.744	11.911	11.528
	쇼핑	20~60대여성인구수	0.565	0.253	0.294	3차산업종사자수	0.676	0.305	0.404
	기타	15세이상인구수	0.558	0.349	0.519	3차산업종사자수	1.725	1.312	2.347
비가정 기반	업무	총종사자수	0.396	0.346	0.506	총종사자수	0.480	0.388	0.436
	쇼핑	총종사자수	0.065	0.019	0.027	3차산업종사자수	0.109	0.029	0.036
	기타	수용학생수	0.139	0.155	0.123	3차산업종사자수	0.428	0.284	0.434
		총 종사자수	0.217	0.116	0.248				

<표 2-6> 전국 지역간 내 광역권 통행발생모형

통행목적		설명변수	권역				
			수도권	부산울산권	대구광역시권	광주광역시권	대전광역시권
발생 모형	기타 ¹⁾	총취업자	0.014	0.035	0.037	0.049	0.081
	업무	총종사자	0.015	0.028	0.046	0.050	0.100
	귀가	총종사자	0.016	0.022	0.038	0.051	0.079
	여가	20세이상인구	0.010	0.019	0.020	0.026	0.035
도착 모형	기타 ¹⁾	총종사자수	0.016	0.038	0.044	0.045	0.082
	업무	총종사자수	0.017	0.022	0.044	0.039	0.088
	귀가	총인구	0.011	0.017	0.021	0.025	0.041
	여가	총종사자수	0.014	0.018	0.025	0.033	0.050

주: 1) 기타통행량은 출근, 등교, 쇼핑, 기타통행량을 더한 값을 의미함

<표 2-7> 전국 지역간 내 기타권 통행발생모형

구 분		통행목적							
		출근	등교		업무	쇼핑	귀가	여가	기타
발생 모형	설명변수	총취업자	5~24세 인구수		총종사자	15세이상 인구수	총종사자	20세이상 인구수	15세이상 인구수
	계수	0.908	0.813		0.447	0.077	2.920	0.188	0.365
도착 모형	설명변수	총종사자	초종고생	대학생	총종사자	총종사자	총인구	총종사자	총종사자
	계수	1.172	0.920	1.076	0.455	0.186	1.011	0.410	0.867

다. 통행분포 단계

- 통행분포 모형은 대도시권의 경우 이중제약 중력모형, 전국 지역간의 경우 현재의 패턴을 유지하는 이중제약 프라타 모형을 이용함
 - 대도시권의 중력모형 저항함수는 수정혼합형 $f = \alpha(t_{ij}^{\beta}) \exp(\gamma d_{ij})$ 이며, 통행저항은 통행거리를 이용함
- 대도시권의 각 권역별 이중제약모형의 계수는 아래 표와 같으며, 통행목적에 따라 모형의 결정계수는 차이가 있음

<표 2-8> 수도권 통행분포모형

통행목적		저항함수	α	β	γ
가정 기반	통근	수정혼합	0.421	0.276	-0.082
	통학	수정혼합	0.180	-0.387	-0.074
	학원	수정혼합	1.656	-0.252	-0.148
	쇼핑	수정혼합	1.186	1.041	-0.395
	기타	수정혼합	0.868	0.487	-0.211
비가정 기반	업무	수정혼합	0.363	0.595	-0.142
	쇼핑	수정혼합	1.112	0.945	-0.356
	기타	수정혼합	0.577	0.479	-0.165

<표 2-9> 부산·울산광역시권 통행분포모형

통행목적		저항함수	α	β	γ
가정 기반	통근	수정혼합	0.7887	0.2401	-0.1270
	통학	수정혼합	2.0272	0.2546	-0.3620
	학원	수정혼합	2.9300	0.2444	-0.4093
	쇼핑	수정혼합	1.6508	0.2374	-0.2600
	기타	수정혼합	1.7091	0.1633	-0.2406
비가정 기반	업무	수정혼합	0.8766	0.1764	-0.1371
	쇼핑	수정혼합	1.3676	0.1870	-0.2480
	기타	수정혼합	1.8133	0.2266	-0.2761

<표 2-10> 대구광역시권 통행분포모형

통행목적		저항함수	α	β	γ
가정 기반	통근	수정혼합	2.277	.186	-.117
	통학	수정혼합	2.216	.220	-.159
	학원	수정혼합	2.139	.559	-.331
	쇼핑	수정혼합	2.169	.610	-.347
	기타	수정혼합	2.284	.688	-.322
비가정 기반	업무	수정혼합	2.139	.440	-.243
	쇼핑	수정혼합	1.969	.369	-.417
	기타	수정혼합	2.106	.361	-.259

<표 2-11> 광주광역시권 통행분포모형

통행목적		저항함수	α	β	γ
가정 기반	통근	수정혼합	2.243	0.495	-0.228
	통학	수정혼합	2.205	0.729	-0.388
	학원	수정혼합	2.111	0.613	-0.533
	쇼핑	수정혼합	2.135	1.224	-0.624
	기타	수정혼합	2.229	0.693	-0.394
비가정 기반	업무	수정혼합	2.209	1.157	-0.442
	쇼핑	수정혼합	1.902	1.256	-0.672
	기타	수정혼합	2.067	0.566	-0.351

<표 2-12> 대전광역시권 통행분포모형

통행목적		저항함수	α	β	γ
가정 기반	통근	수정혼합	-0.1887	0.7478	-0.2488
	통학	수정혼합	0.5432	0.2530	-0.2790
	학원	수정혼합	0.9688	0.5684	-0.4624
	쇼핑	수정혼합	0.6593	0.0591	-0.2614
	기타	수정혼합	0.3596	0.7396	-0.3572
비가정 기반	업무	수정혼합	-0.0816	0.6404	-0.2524
	쇼핑	수정혼합	0.4404	0.6666	-0.3522
	기타	수정혼합	0.4278	0.7438	-0.4025

라. 수단선택 단계

- 수단선택 모형의 경우 대도시권과 전국 지역간의 경우 모두 다항 로짓모형을 이용함
 - 대도시권 중 수도권에서는 4개 통행목적(가정기반 출·퇴근, 가정기반 등·하교, 가정기반 기타, 비가정기반)에 따라 5개 수단(승용차, 택시, 버스, 지하철, 버스+지하철)으로 구분하여 모형을 구축함
 - 대도시권 중 광역권에서는 총목적 통행에 대해 3개 수단(승용차, 버스, 지하철)으로 구분하여 모형을 구축함
 - 전국 지역간에서는 총목적 통행에 대해 4개 수단(승용차, 버스, 일반철도, 고속철도)으로 구분하여 모형을 구축함

- 각 권역별 교통수단의 시간가치는 수도권의 경우 승용차 이용자 8,929~12,877원/시, 대중교통 이용자 2,688~5,997원/시로 추정되며, 부산울산권 13,079원/시, 대구광역권 승용차 이용자 13,680원/시, 대중교통 이용자 4,591원/시, 광주광역권 2,875원/시, 대전광역권 7,150원/시로 추정됨
- 각 권역별 다항로짓모형의 계수는 아래 표와 같으며, 권역에 따라 모형의 결정계수는 차이가 있음

<표 2-13> 수도권 통행수단선택모형

변수	계수				적용수단
	가정기반통근	가정기반통학	가정기반기타	비가정기반	
승용차 상수	2.15846	-0.144464	1.76249	4.08113	승용차
버스 상수	0.892104	1.07873	1.35917	2.67084	버스
택시 상수	-2.08676	-2.85768	-1.11887	0.576959	택시
지하철 상수	2.34424	1.78042	2.01646	3.56826	지하철
통행시간	-0.0305128	-0.0228961	-0.023624	-0.0242571	승용차, 택시, 버스, 지하철, 버스-지하철
개인교통수단 비용	-0.0142173	-0.0373396	-0.0136568	-0.0163007	승용차, 택시
대중교통수단 비용	-0.0305275		-0.0243123	-0.0541463	버스, 지하철, 버스-지하철
행정구역더미	-0.936666	0.116355	-0.761515	-0.720112	승용차
지하철역 더미	0.263057	0.23104	0.272007	0.22667	전철
환승횟수	-0.208306	-0.186928	-0.192793	-0.11403	버스, 전철, 버스-전철

<표 2-14> 광역권 통행수단선택모형

변수	계수				적용수단
	부산울산권	대구광역권	광주광역권	대전광역권	
승용차 상수	-	0.107178	0.3069	-0.7043110	승용차
버스 상수	-0.75351700	-0.481110	-	-0.1472570	버스
지하철 상수	-0.25190600	-	-1.0288	-	지하철
개인교통수단시간	-0.01575840	-0.03848	-0.0227	-0.0092112	승용차
대중교통수단시간		-0.0158056			버스, 지하철
개인교통수단비용	-0.00722918	-0.000168769	-0.0005	-0.0000773	승용차
대중교통통행비용		-0.000206564			버스, 지하철
행정구역더미	-0.56771600	0.197573	-	-	승용차
지하철역 더미	-	0.294078	-	-	지하철

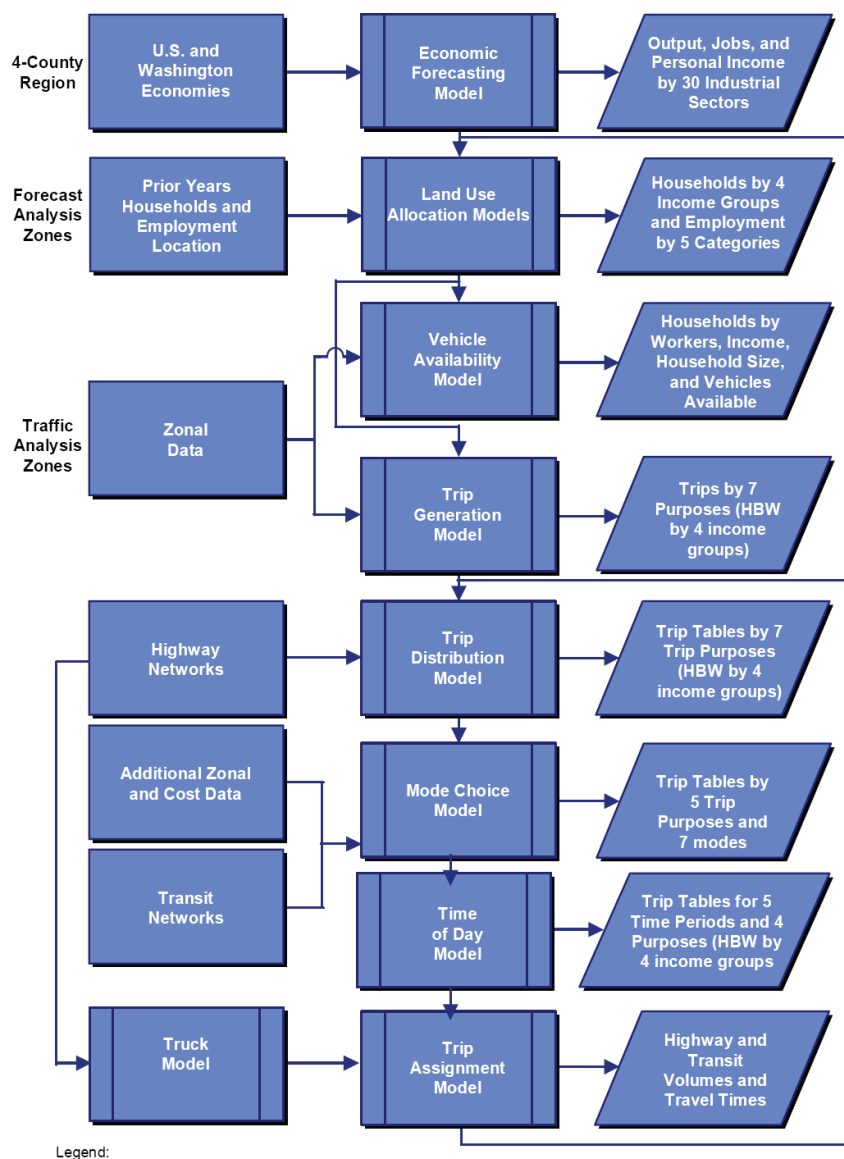
<표 2-15> 전국 지역간 통행수단선택모형

변수	계수	적용수단
버스 상수	-0.53495	버스
일반철도 상수	-0.89054	일반철도
고속철도 상수	0.27881	고속철도
통행시간	-0.00629	승용차, 버스, 일반철도, 고속철도
승용차 통행비용	-0.00087	승용차
대중교통 통행비용	-0.00812	버스, 일반철도, 고속철도
행정구역더미	-0.18396	승용차
철도역 더미	0.22332	일반철도, 고속철도

2. 국외 교통수요 예측 방안 사례 고찰

가. PSRC 모델

- PSRC 모델은 미국의 Puget Sound 지역 내 토지이용 및 교통수요 분석을 위해 사회 경제지표 예측과 교통수요 예측 4단계의 입출력자료들을 연계시켜 분석하는 모형임
- 교통수요 예측 4단계 과정은 통행발생단계에 통행목적별 카테고리 분류법, 통행분포 단계에 중력모형, 수단선택단계에 통행목적별 로짓모형, 통행배정단계는 5개 시간대로 구분하여 적용하고 있음



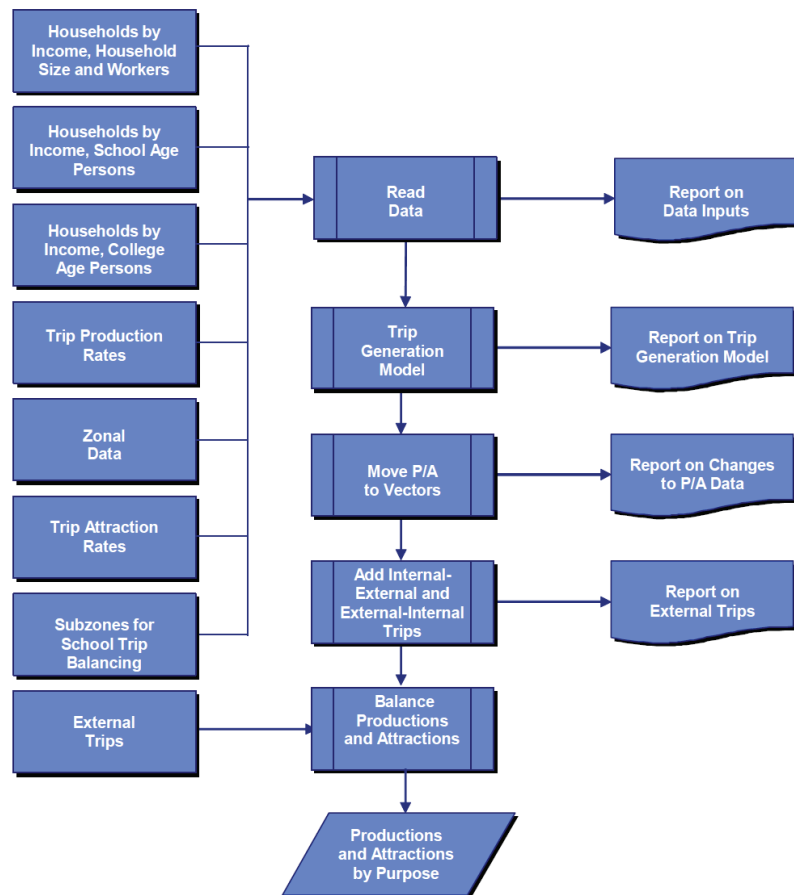
<그림 2-3> PSRC 모델의 교통수요 예측 과정

1) 통행발생 (Trip Generation)

- 통행발생단계는 단일 회귀분석모형이 아닌 카테고리별로 구분된 통행발생비율을 적용하여 보다 현실적인 설명력을 제고함
- 입력변수로서 사회적 측면뿐 아니라 경제적 측면이 고려된 수입항목이 반영됨

<표 2-16> 통행목적별 생성 유인 모형(카테고리 분류법)

통행목적		생성	유인
가정기반	Work	가구규모, 수입, 가구내 Worker수	업종별 종사자수, 수입
	College	College 나이의 가구원수, 수입	College 학생수 비율
	School	School 나이의 가구원수, 수입	교육 종사자수 비율
	Shop	가구규모, 수입, 가구내 Worker수	판매 종사자수 비율
	Other	가구규모, 수입, 가구내 worker수	업종별 종사자수 비율
비가정기반	work	가구규모, 수입, 가구내 worker수	업종별 종사자수 비율
	other	가구규모, 수입, 가구내 worker수	업종별 종사자수 비율



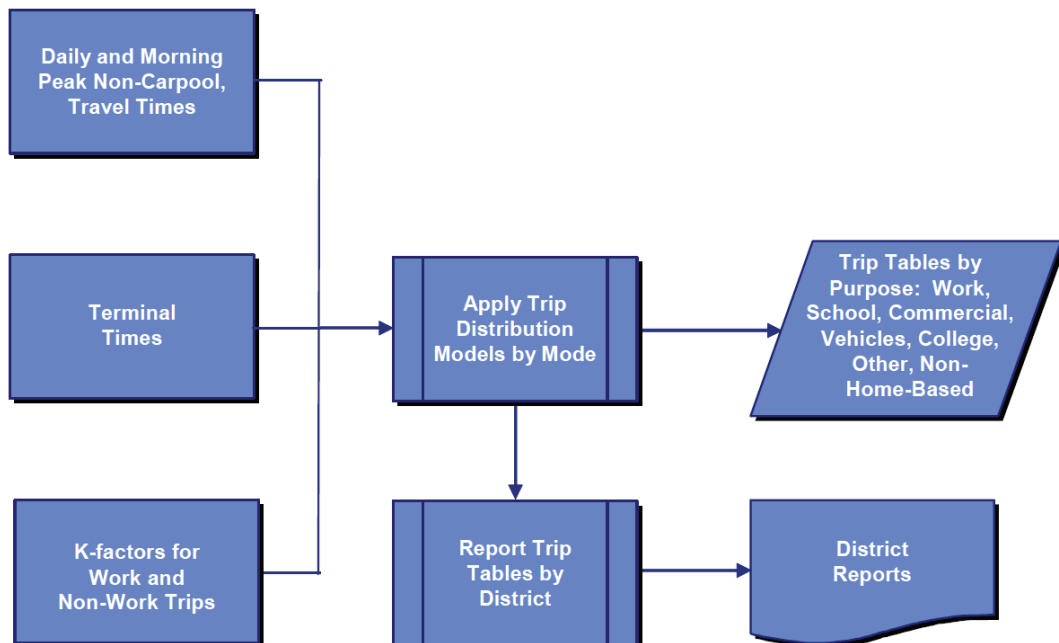
<그림 2-4> Trip Generation Modeling Process

2) 통행분포 (Trip Distribution)

- 통행분포 단계는 통행목적별 이중제약 중력모형이 적용되어 있으며, 통행저항으로서 국내에서는 통행거리를 주로 이용하나 PSRC 모델에서는 실제 통행비용을 고려함
- 통행분포모형을 통해 각 존간 통행 거리와 시간을 고려한 목적별 통행테이블을 구축하고, 각 목적별 통행거리와 시간으로부터 통행속도를 이용하여 실제 통행비용을 산출함

<표 2-17> 통행 목적별 통행분포 모형(중력모형)

통행목적		Gamma Function	저항
가정 기반	Work	$f(t) = \exp(\beta t) t^\gamma$ $= \exp(\beta t + \gamma \ln t)$ $\beta, \gamma = \text{파라메타}$ $t = \text{저항}$	Log Sum weighted
	College		AM peak cost
	School		Off-peak cost
	Shop		Off-peak cost
	Other		Off-peak cost
비가정 기반	work		Off-peak cost
	other		Off-peak cost



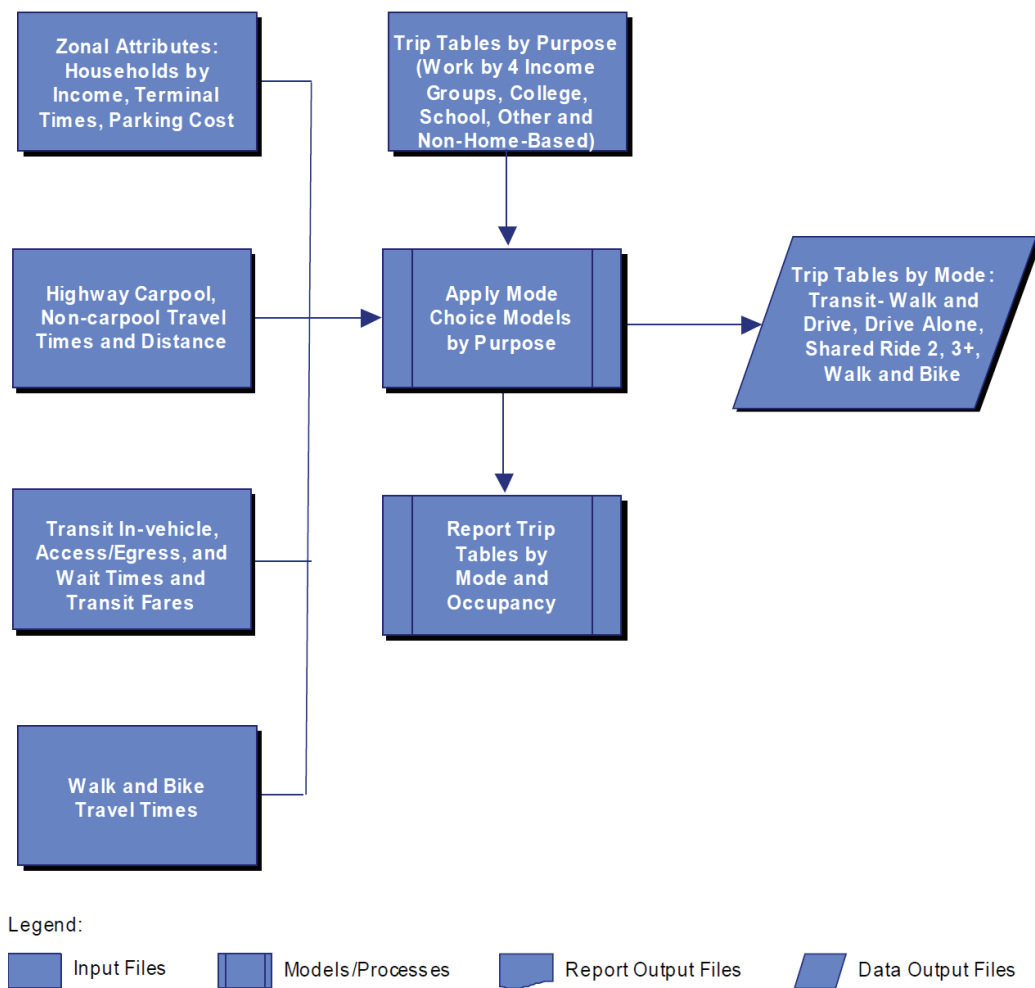
<그림 2-5> Trip Distribution Modeling Process

3) 수단선택 (Modal Choice)

- 수단선택 단계는 통행목적별 다항로짓모형을 적용하였고, 통행목적별 실제 가능한 수단대안을 설정하여 수단선택모형을 구축함

<표 2-18> 통행 목적별 수단 모형(다항로짓모형)

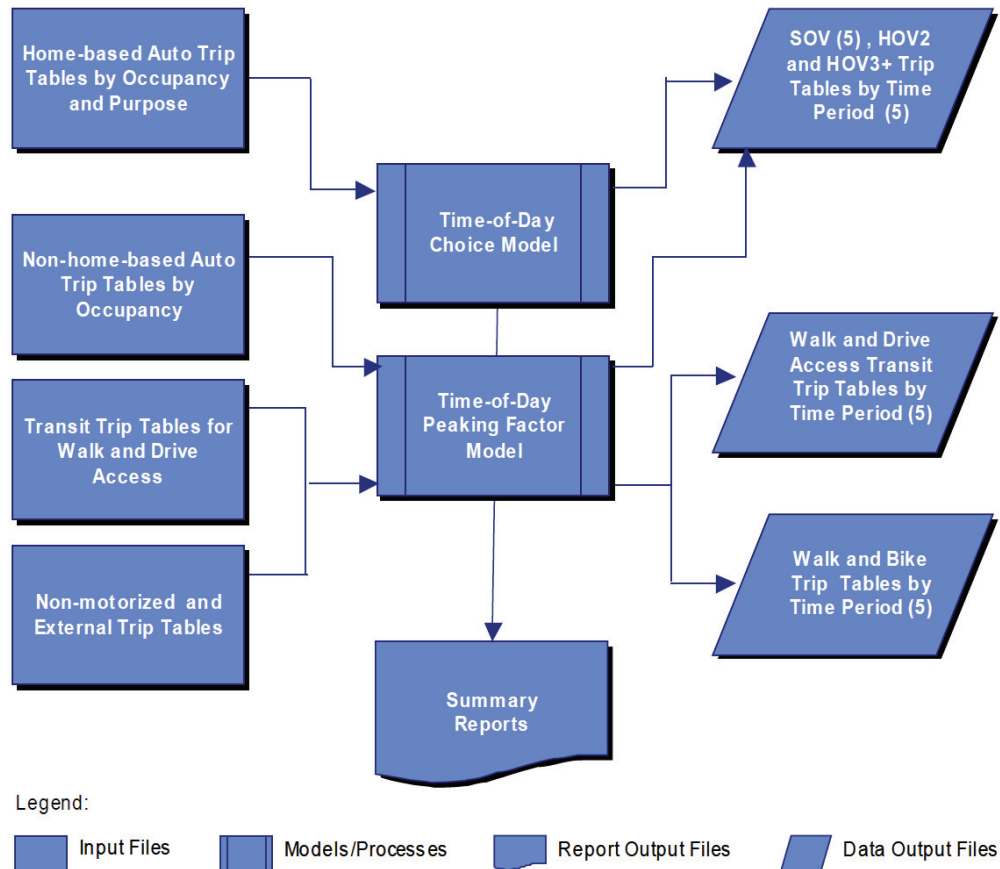
통행목적		수단대안
가정기반	Work	Drive alone, Shared ride 2, 3+, Transit (W), Transit (A), Bicycle, Walk
	College	Drive alone, Shared ride, Transit (W), Bicycle, Walk
	School	Motorized, Non-motorized
	Shop Other	Drive alone, Shared ride 2, 3+, Transit (W), Bicycle, Walk
비가정기반	Work other	Drive alone, Shared ride 2, 3+, Transit (W), Bicycle, Walk



<그림 2-6> Mode Choice Modeling Process

4) Time-of-Day 모형

- 수단선택과 통행배정 단계 사이에서 각 존간 통행을 총 5개 구간, 32개의 시간대별로 구분하여 각 시간대별 수단 통행량을 산출함



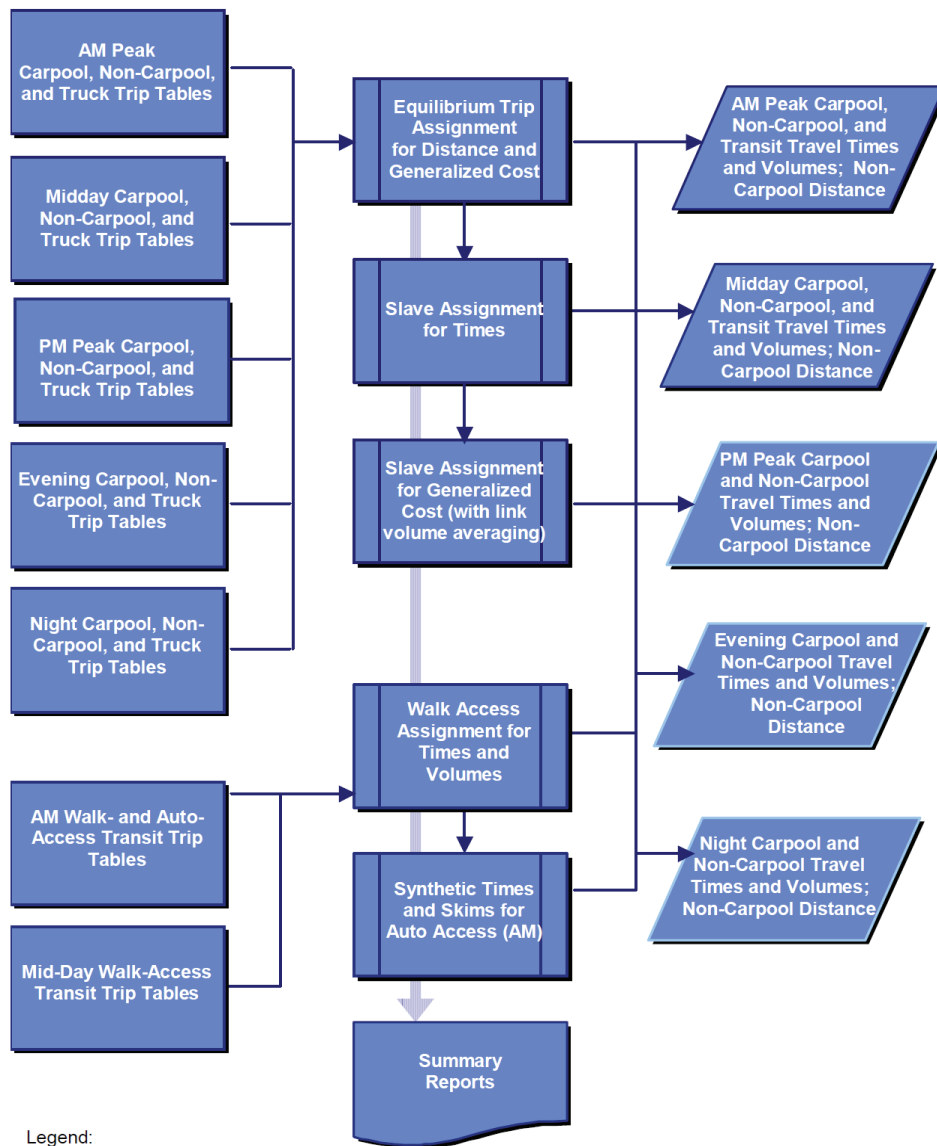
<그림 2-7> Time-of-Day Modeling Process

5) 통행배정 (Trip Assignment)

- 통행배정 단계는 5개 시간대 (AM Peak, Midday, PM Peak, Evening, Night) 로 구분하여 수행되며, VDF 적용시 시간대별 TPF (Time Period Factor)를 적용하여 차등을 둠
- 통행배정 결과는 Highway와 대중교통 수단 링크별 통행량 산출과 AM Peak, Midday, PM Peak, Evening, Night 통행분포와 수단선택의 저항값 산출에 이용함

<표 2-19> Highway Assignment Volume-Delay Functions

VDF	Definition	Function
fd9	Centroid, Connectors	Free-Flow Time * (1 + 0.15 * (TPF * (Volume / Capacity)) ⁴
fd1, 11	Freeways	Free-Flow Time * (1 + 0.72 * (TPF * (Volume / Capacity)) ^{7.2}
fd3	Expressways	Free-Flow Time * (1 + 0.56 * (TPF * (Volume / Capacity)) ^{6.0}
fd5	Urban Arterials	Free-Flow Time * (1 + 0.60 * (TPF * (Volume / Capacity)) ^{5.8}
fd7	Rural Arterials	Free-Flow Time * (1 + 0.60 * (TPF * (Volume / Capacity)) ^{5.6}
fd31, 32	Auto Ferry Delay	Free-Flow Time / 2 + 10 + [(TPF * Volume / Lane Capacity) / Lanes - 1] * (60 / Lanes)
fd40	Auto Ferry Crossing Link	Free-Flow Time / 2



<그림 2-8> Trip Assignment Modeling Process

6) 교통수요 예측 전산화 과정

① 통행발생 단계

- PSRC 모델은 교통수요 예측의 4단계 과정을 Batch File과 Emme의 MAC File을 이용하여 전산화를 구현하였음
- 통행발생과정 매크로(예)
 - Batch File을 이용하여 전과정 자동화 실현
 - 통행발생 모델링 프로세스에 따라 메인 매크로 내 서브 매크로를 호출하여 연동시킴
 - 서브 매크로는 매트릭스 초기화, 데이터와 계수 입력, 통행발생량 산출, 생성과 유인 매트릭스로 변환, 생성과 유인 통행 밸런스, 화물 통행 발생 등으로 구성됨

```

MODEL1-0.BAT
  TRIPGEN.MAC
    NEWVECS.MAC
    DATRATIN.MAC
    UPDATE.MAC
    GENERATE.MAC
    CHANGE.MAC
    BALANCE.MAC
    OTHERMAT.MAC
    TRUCKGEN.MAC
      TRKEMPL.MAC
      TRUCK_PA.MAC
      CONVERT_OD.MAC
      SPLGEN.MAC
      ADJUST_PA.MAC

```

② 통행분포 단계

- 본 모델에서는 통행분포모형이 독립적으로 운영되지 않고, 수단선택모형과 함께 구성되어 있음
- 통행분포과정 매크로(예)
 - PSRCTDM1-0.BAT를 호출하여 통행분포와 수단선택 모형이 포함된 매크로를 수행함
 - 가정기반 통근 통행과 가정기반 통학 통행은 Bank1에서, 다른 목적 통행들은 Bank2에서 산출됨
 - workudmc.mac, col_fric.mac, col_dist.mac, nonwfric.mac, nonwdist.mac, sch_fric.mac 등의 서브매크로를 호출하여 분포모형을 수행함

```

INITIAL2.BAT
  HBW_TDMD.MAC
    COEFFICT.MAC
    MOMD_INI.MAC
    BANK1MF2.MAC
    HBWK_BAT.MAC
    TRWAFAR1.MAC
  NONW_DMD.MAC
    NONW_COE.MAC
    NONWMOMD.MAC
    BANK2MF2.MAC
    NONW_BAT.MAC
    TRWAFAR2.MAC
  POST_DMD.MAC
    POSTCOEF.MAC
    POSTMOMD.MAC
    BANK3MF2.MAC
    POST_BAT.MAC

```

③ 수단선택 단계

- 본 모델에서는 수단선택모형이 독립적으로 운영되지 않고, 통행분포 모형과 함께 구성되어 있음
- 수단선택과정 매크로(예)
 - PSRCTDM1-0.BAT를 호출하여 통행분포와 수단선택 모형이 포함된 매크로를 수행함
 - 주차요금, 터미널 비용, 대중교통요금 및 기타 파라미터 자료들을 입력한 후 coeffict.mac, nonw_coe.mac, moempcwi.mac, mocarper.mac 등의 매크로를 활용하여 수단선택 모형을 수행

```

INITIAL2.BAT
  HBW_TDMD.MAC
    COEFFICT.MAC
    MOMD_INI.MAC
    BANK1MF2.MAC
    HBWK_BAT.MAC
    TRWAFAR1.MAC
  NONW_DMD.MAC
    NONW_COE.MAC
    NONWMOMD.MAC
    BANK2MF2.MAC
    NONW_BAT.MAC
    TRWAFAR2.MAC
  POST_DMD.MAC
    POSTCOEF.MAC
    POSTMOMD.MAC
    BANK3MF2.MAC
    POST_BAT.MAC

```

④ 통행배정 단계

- PSRCTDM1-0.BAT를 호출하여 통행배정을 수행하였으며, 상기 모델은 통행분포, 수단선택, 통행배정 단계를 수행하기 위해 반복적 기법을 도입함
- 통행배정과정 매크로(예)
 - 시간대별 차량 및 교통량 테이블을 계산하기 위해 다음과 같이 각 시간대별로 매크로를 구성함
 - 오후시간 : ofpktabs.mac, ofpktabssr.mac, ofasssf.mac, nonwbkwk.mac 등
 - 오후첨두, 저녁, 야간 시간 : latetabs.mac, latetabssr.mac, pmasssf.mac, evasssf.mac 등
 - 오전첨두시간 : ampktabs.mac, ampktabssr.mac, amasssf.mac, walkbike.mac 등

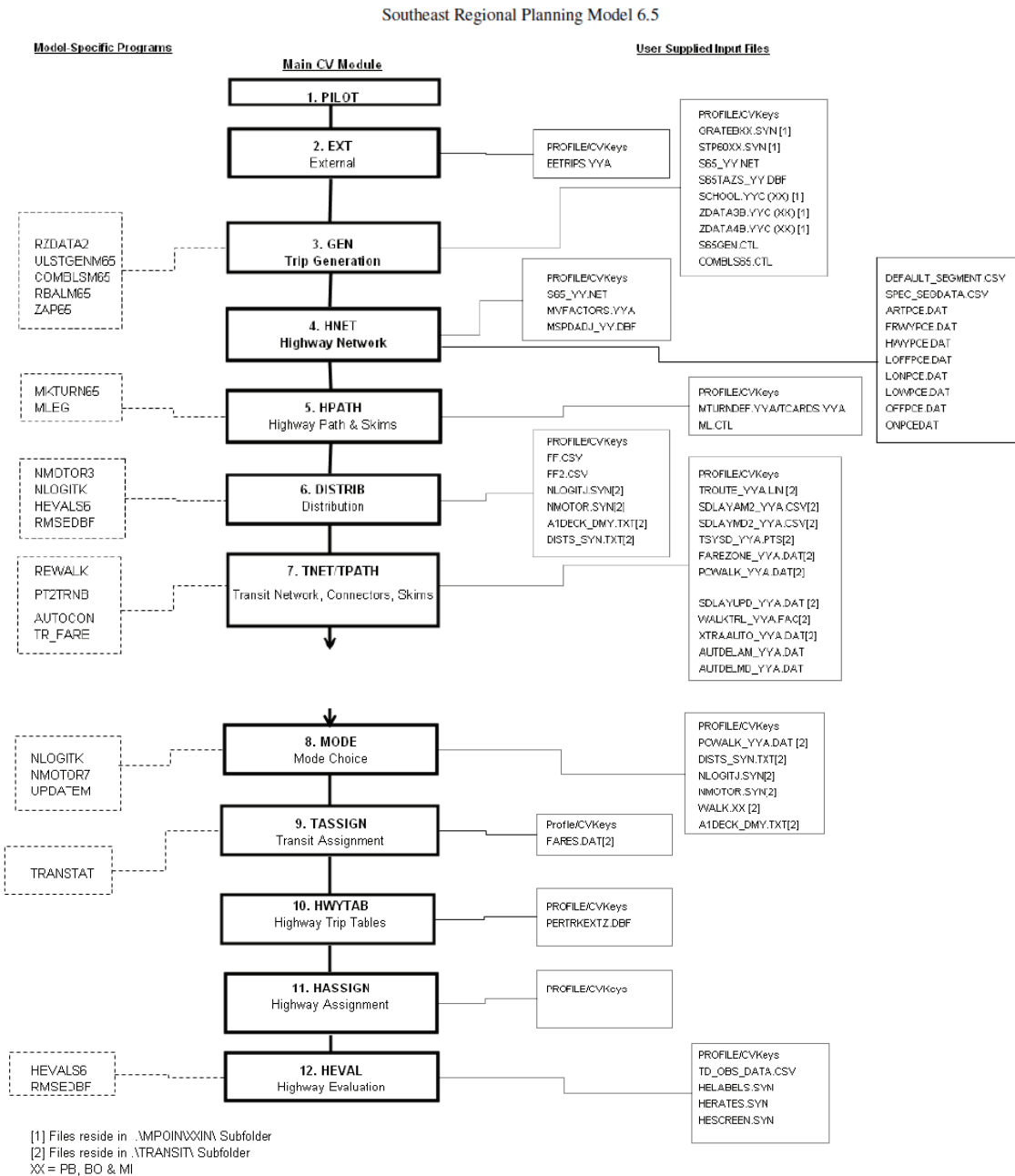
```

HBWTDMI2.MAC
  AMPKTABS.MAC
    AMTODMAT.MAC
    AMTODMAT2.MAC
  AMPKTABSSR.MAC
    AMTODMA2.MAC
    AMTODMA3.MAC
    SPAREMAT.MAC
  AMASSSI.MAC
    AMTOLLS.MAC
  WALKBIKE.MAC
  AMTRNHDI.MAC
    TCENTERA.MAC
    EFFHDWYO.MAC
    AMTRANHW.MAC
    EFFHDWY.MAC
  AMPKRSKI.MAC
  ADDIZTTP.MAC
  TRAUFAR.MAC
  TODINPUTS.MAC

```

나. SERPM 모델 개요

- SERPM(The Southeast Regional Planning Model)은 Cube Voyager 및 TRNBUILD를 활용하여 미국의 Florida 남동부 지역의 Highway 및 대중교통 수요분석을 위해 구축된 모형임



<그림 2-9> SERPM 모델의 교통수요 예측 과정

1) 통행발생 (Trip Generation)

- SERPM 모델에서는 다음과 같이 12개 통행목적으로 구분하여 분석을 수행함
- 분석대상지에 포함되는 4개 지역 (Palm beach county, Broward county, Miami-dade county, Southeast region)의 통행 생성·유인량을 각각 산출함

<표 2-20> 통행목적별 생성 유인 모형(카테고리 분류법)

통행목적		생성	유인
가정기반	Work	차량보유대수, 근로자수, 이동 수	1, 2, 3차 산업별 고용자수
	Shopping	차량보유대수, 가구원수, 이동 수	2, 3차 산업별 고용자수
	Social-Recreation	차량보유대수, 가구원수, 이동 수	2, 3차 산업별 고용자수, 가구수, 호텔/모텔 수
	School	차량보유대수, 가구원수, 이동 수	등록학교 수
	College/University	차량보유대수, 가구원수, 이동 수	등록학교 수
	Other	차량보유대수, 가구원수, 이동 수	2, 3차 산업별 고용자수, 가구수, 호텔/모텔 수
비가정기반	Work	차량보유대수, 근로자수, 이동 수	1, 2, 3차 산업별 고용자수
	Other	차량보유대수, 근로자수, 이동 수	1, 2, 3차 산업별 고용자수, 가구수, 호텔/모텔 수
Airport		비행기탑승횟수 당 통행수	총 고용자수, 가구수, 호텔/모텔 수
화물	4-Tired	산업분류별 고용자수, 가구수	1, 2, 3차 산업별 고용자수, 가구수
	Single unit		1, 2, 3차 산업별 고용자수, 가구수
	Combination		1, 2, 3차 산업별 고용자수, 가구수

2) 통행분포 (Trip Distribution)

- SERPM 통행분포 모델은 Cube Voyager의 중력모형을 적용하였으며, 첨두와 비첨두를 구분하고 혼잡시간과 피드백 반복문을 활용하여 통행분포를 수행함

<표 2-21> 저항함수 산정을 위한 Gamma함수 적용

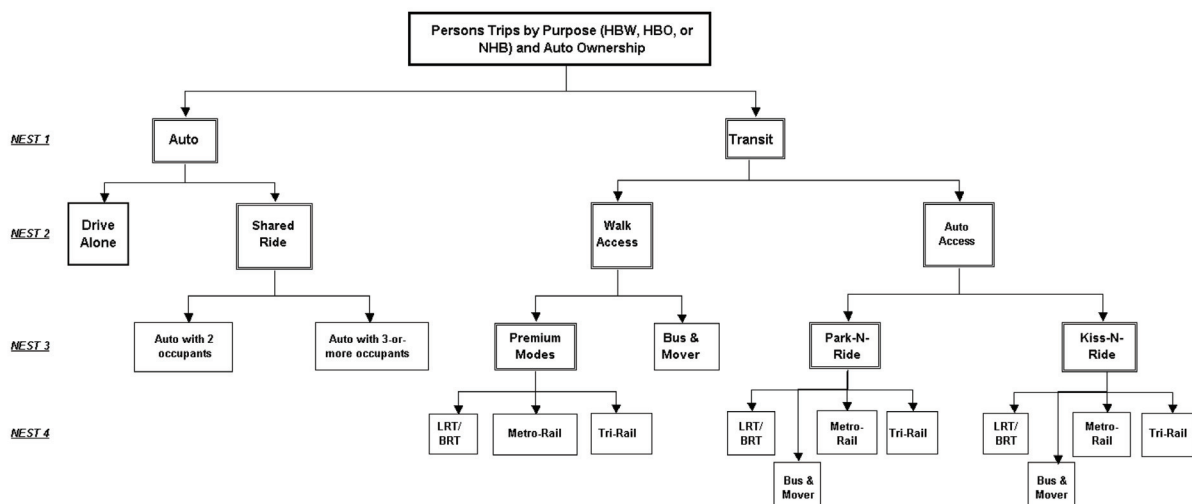
통행목적		Gamma Function	저항	
			첨두	비첨두
가정기반	Work	$f(I)_p = a_p * (I^{**}b_p) * \exp(c_p * I)$ 여기서, a_p, b_p, c_p =파라메타 $f(I)_p$ =목적 p 일 때 임피던스 값 I 의 저항계수 I =임피던스 값	congested skims	free-flow skims
	Shopping			
	Social-Recreation			
	School			
	College/University			
Other				
비가정기반	Work			
	Other			
Airport				
화물	4-Tired			
	Single unit			
	Combination			

3) 수단선택 (Modal Choice)

- 수단선택 단계는 통행목적별 네스티드 로짓모형 (Nested Logit Mode) 을 적용하였고, 통행목적별 이용 가능한 수단대안을 설정하여 수단선택모형을 구축함
- 통행목적별로 크게 가정기반, 비가정기반, 기타통행으로 구분하였으며, 목적별로 주 이용수단을 고려하여 다음과 같이 구분함

<표 2-22> 통행 목적별 수단선택 모형

통행목적		수단대안
가정기반	Work	Zero-car household, 1-car household, 2+cars household
	Non-Work	Zero-car household, 1-car household, 2+cars household
비가정기반		-



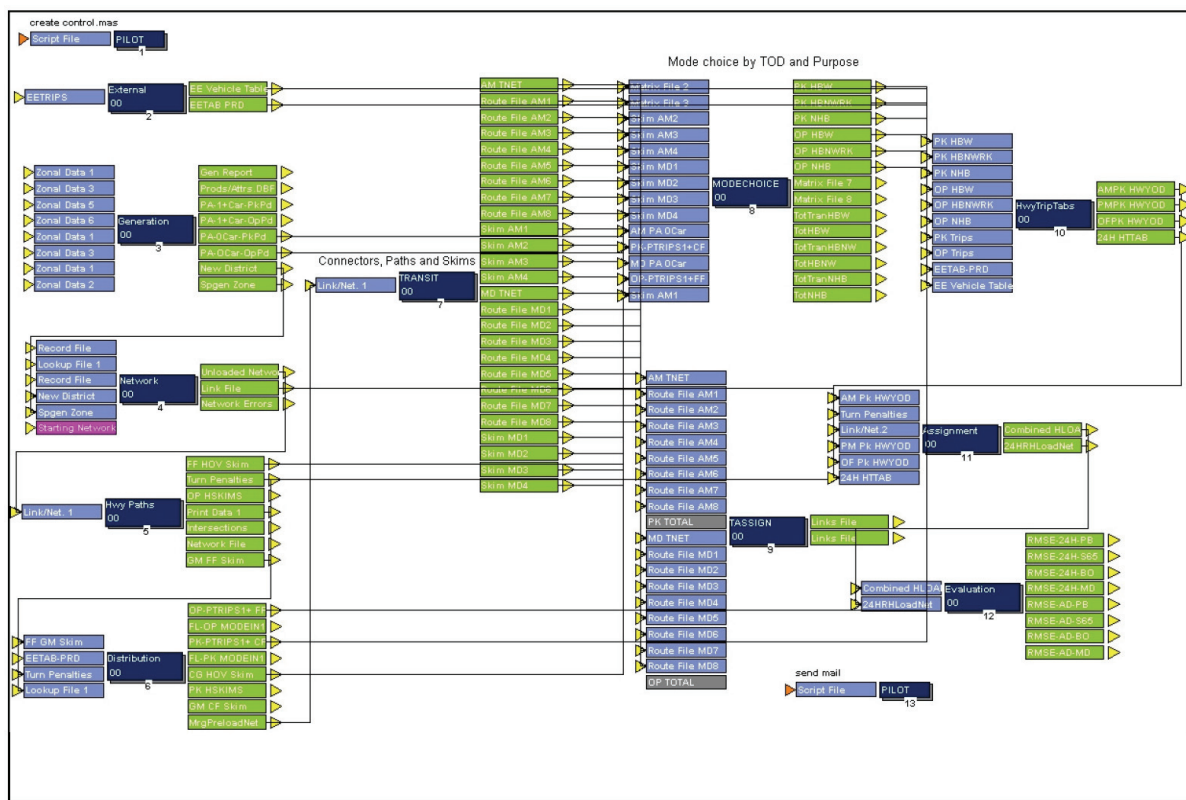
<그림 2-10> Mode Choice Modeling Process

4) 통행배정 (Trip Assignment)

- SERPM의 통행배정 모형은 Time of Day 모형과 24시간 모형으로 구분하였으며, 평형 배정 기법 (Equilibrium assignment process) 을 활용하여 통행배정을 수행함
- 혼잡 발생시 해당시설의 고유한 특성과 영향을 반영하기 위해 도로상 시설 형태에 따라 개별적인 BPR곡선을 적용함

- Cube Voyager를 활용하여 Time-of-Day모형과 24시간 모형으로 각각 분석을 수행할 수 있으며, 4단계 모형을 포함한 총 12개 모듈로 구성됨

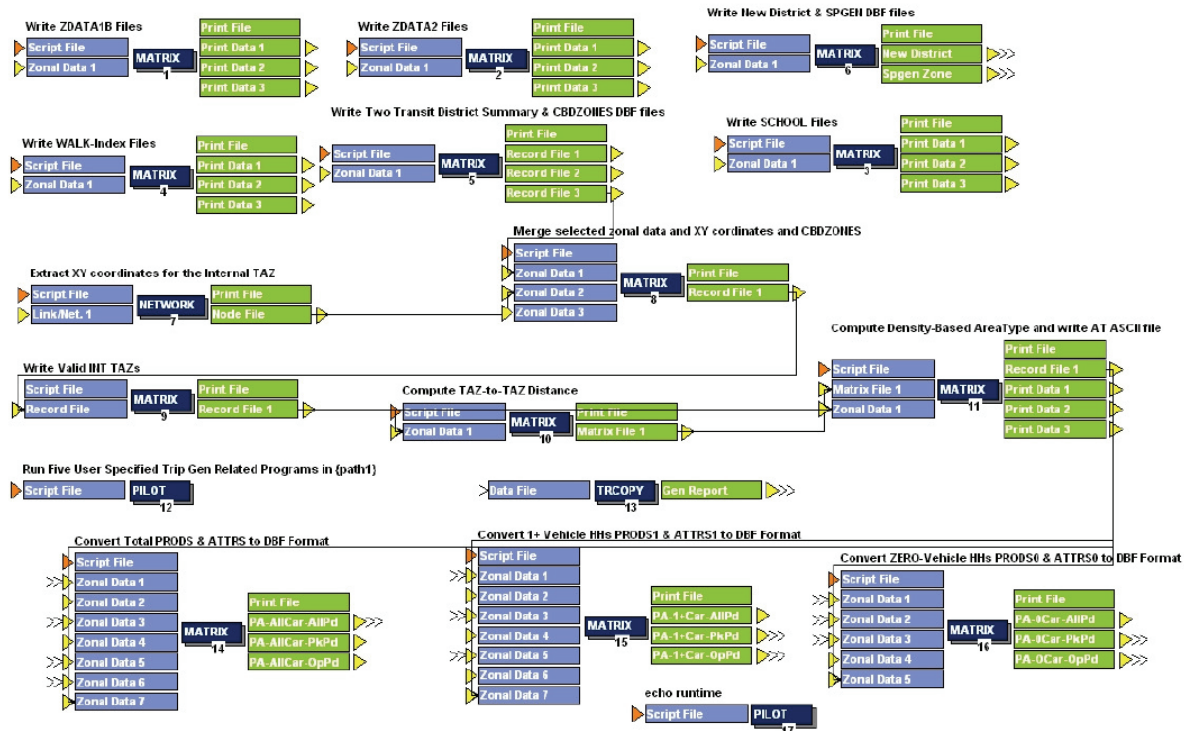
- Pilot (PILOT)
- 통행발생 (GEN)
- Highway 경로 생성 (HPATH)
- Transit 네트워크 및 경로 (TNET/TPATH)
- Transit 배정 (TASSIGN)
- Highway 배정 (HASSIGN)
- 외부통행 생성 (EXT)
- Highway 네트워크 (HNET)
- 통행분포 (DISTRIB)
- 수단선택 (Mode)
- Highway 시간통행 (HWYTAB)
- Highway 평가 (HEVAL)



<그림 2-11> Cube Voyager Model Macro Flow Diagram

① 통행발생 단계

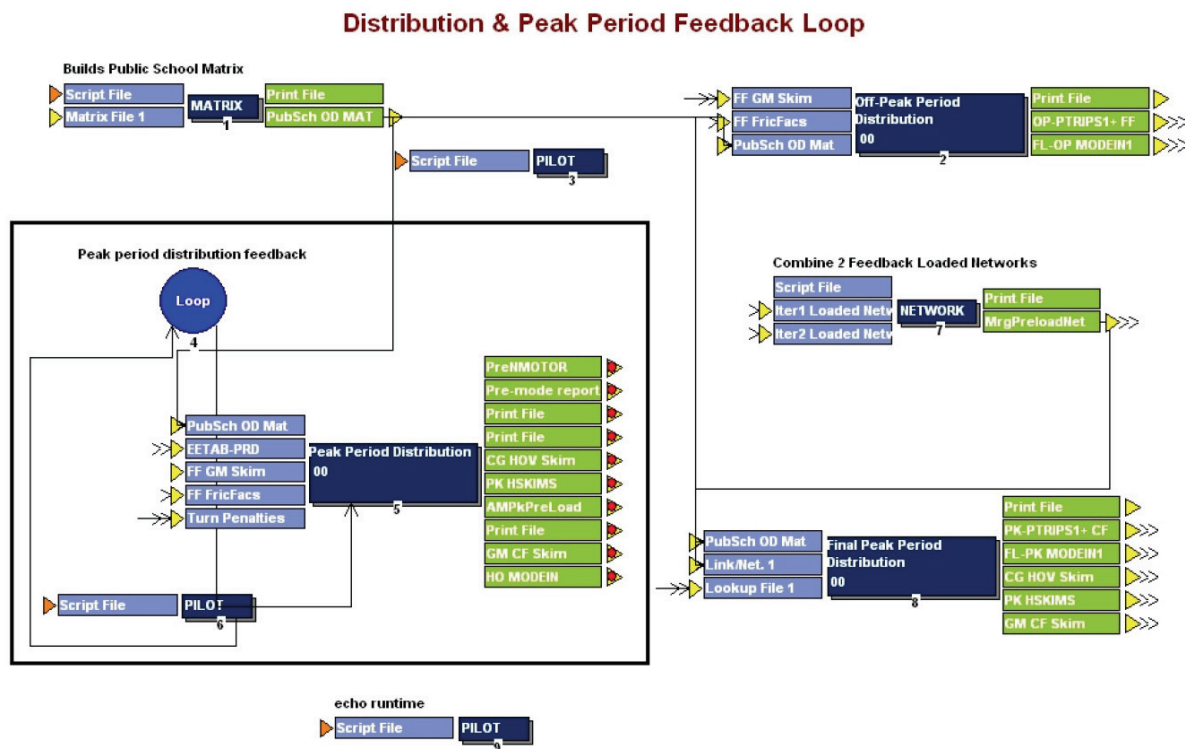
- 통행발생 모듈의 주된 목적은 준별 가구, 가구원, 근로자, 아동보유 유무를 토대로 통행 생성 및 유인량을 산출하는 것이며, 총 17단계로 구성되어 있음



<그림 2-12> Trip Generation Modeling Process

② 통행분포 단계

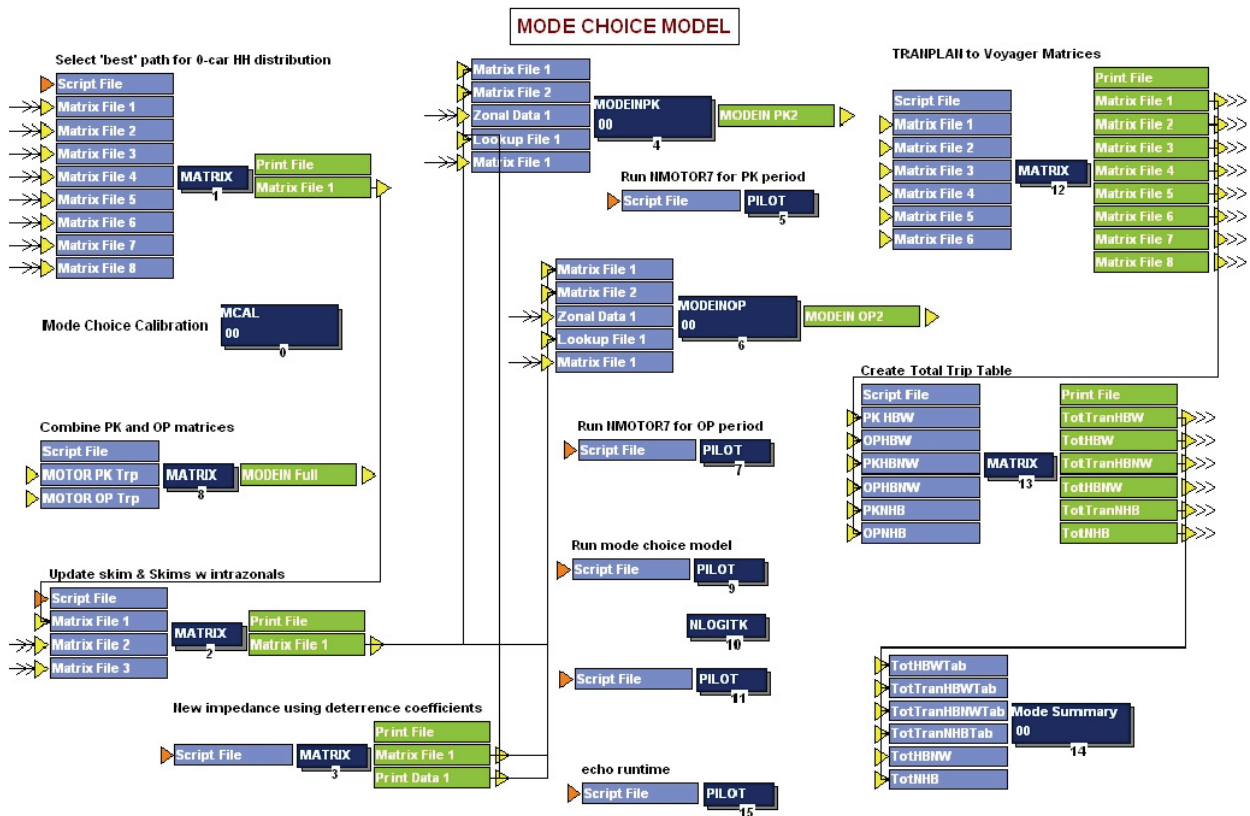
- 통행발생 모듈의 결과물인 통행생성 및 유인량과 공로 네트워크 skim 데이터를 기반으로 각 목적별 통행테이블을 산출함



<그림 2-13> Trip Distribution Modeling Process

③ 수단선택 단계

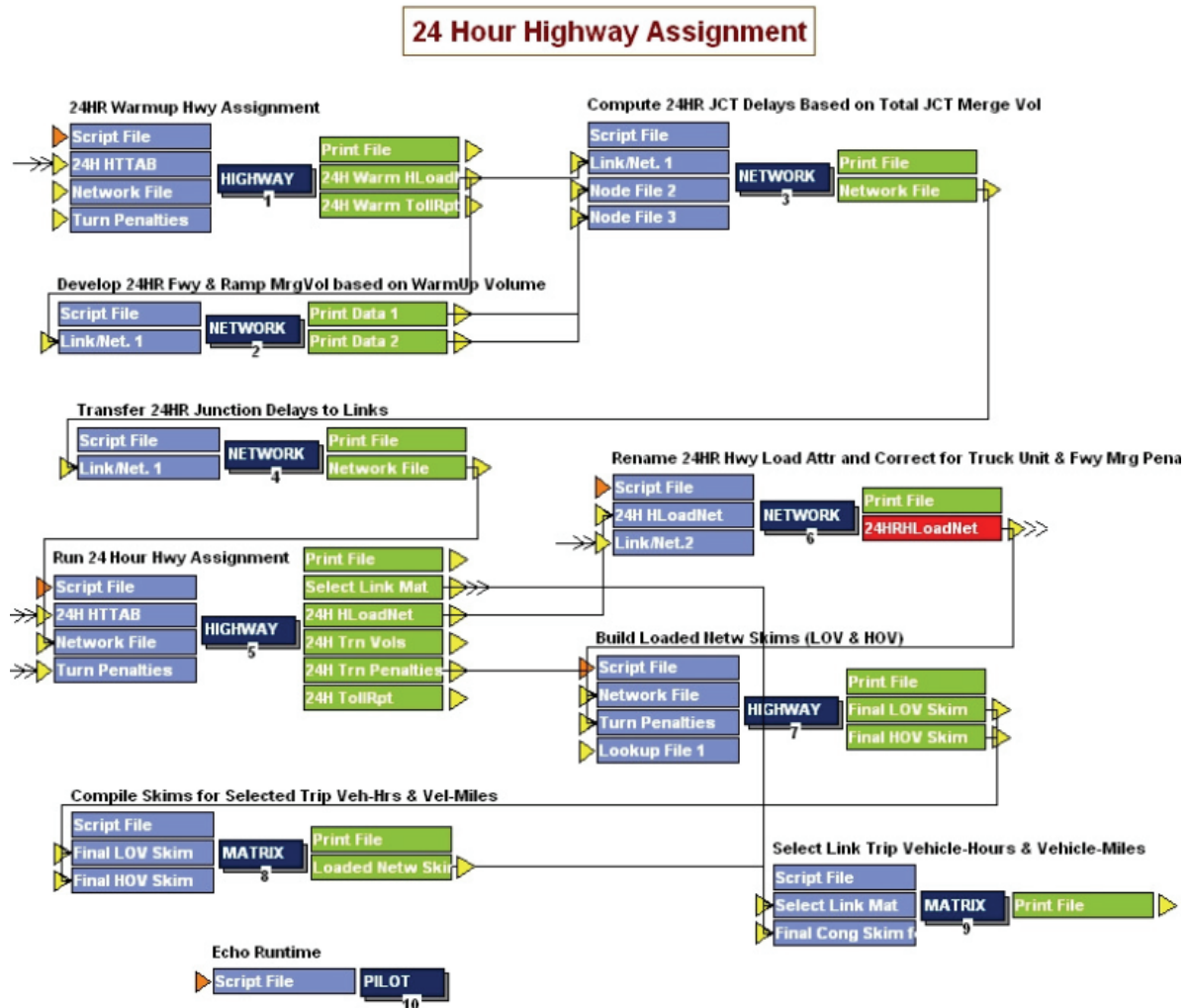
- 총 4개의 서브 모듈(MCAL, ModeINPK, ModeINOP, Mode Summary)과 15단계로 구성되어 있으며, 첨부 및 비첨두를 구분한 네스티드 로직모형을 적용함



<그림 2-14> Mode Choice Modeling Process

④ 통행배정 단계

- 24시간 모듈(All day Assignment)과 시간대별 모듈(Period Assignment)로 구성되어 있으며, 각각의 모듈은 "Multi-Modal" 통행배정 (drive-alone, shared-ride, truck)을 수행함



<그림 2-15> Trip Assignment Modeling Process(24시간 모델)

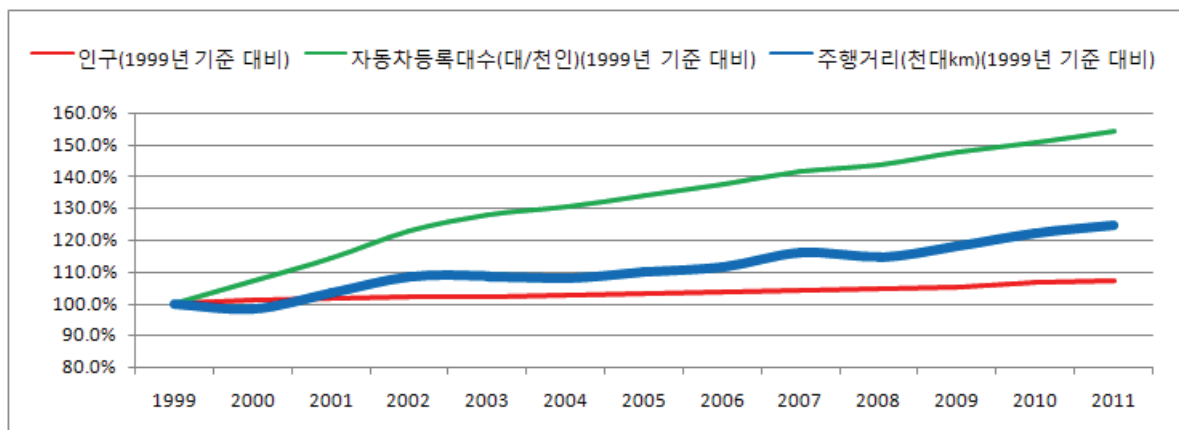
3. KTDB 수요분석과정의 문제점 및 개선방안

가. 교통수요 예측과정의 통합 및 전산화 필요

- 국내 교통수요 예측과정은 각 단계별로 excel 등의 외부 프로그램을 이용하여 예측함으로써 입력 자료에 변화가 있는 경우 외부 프로그램에서 재계산하여 다시 입력하는 과정을 거치고 있음
- 이러한 과정의 비효율성과 중간 과정의 오류 및 누락 등을 방지하기 위하여 교통수요 예측 전 과정을 전산화함으로써 업무의 효율화 및 정확성을 기대할 수 있음
- 교통수요 예측 전체 과정의 전산화에 앞서 각 단계별 적용과정 및 전·후 단계와의 연계 등이 우선 투명해져야함

나. 통행발생단계의 사회·경제적인 측면의 변화 고려

- 통행발생단계 모형의 경우 대부분 회귀분석 모형이 적용되고 있으며, 모형의 설명변수들 또한 인구에 기초한 사회 자료만을 이용하고 있음
- 사회·경제지표 중 인구, 천인당 자동차보유대수와 자동차 주행거리와의 상관성을 분석해보면, 실제 자동차의 주행거리는 인구증가율에 비해 높은 증가율을 보였고, 천인당 자동차보유대수의 증가율 보다는 낮은 것으로 분석됨



<그림 2-16> 사회·경제지표와 주행거리 추이

- 통행발생단계의 모형 구축시 이러한 경제지표 및 시계열적인 측면의 고려도 필요할 것으로 판단됨
- 또한 인구구조의 고령화에 따른 가구구조의 변화로 통행의 패턴, 즉 통행의 빈도와 이용교통수단 등이 변화할 것으로 예상되나 현재의 통행발생 모델로는 이러한 변화를 설명하기 어려움
- 통행발생을 설명하는 설명변수로서 단순히 행정동의 연령대별 인구가 아니라 가구구조나 경제수준 등에 따라 세분화된 통행발생단계의 모형 개발이 필요함

다. 통행분포단계의 현실적인 통행저항 반영 필요

- 통행분포단계 모형의 경우 대부분 중간 통행거리를 이용하고 있으나, 실제 통행배정 결과인 통행비용(통행시간, 통행비용) 등을 고려한 통행저항 반영이 필요함

라. 수단선택단계의 구조 및 선택 대상의 다양화 필요

- 수단선택단계 모형은 3단계로 구분되어 1단계 비기관교통수단과 기관교통수단, 2단계 수단선택 비대상수단과 수단선택대상수단, 3단계 수단선택대상수단의 다항로짓모형 적용을 통해서 수단별 통행량을 예측하고 있음
- 수단선택 대상 수단이 승용차, 버스, 지하철로 통행시간 및 통행비용 변화에 있어 3개 수단간의 변화만이 고려됨
- 또한 대중교통수단 중 버스수단에 대한 노선 데이터가 반영되지 않아 버스수단에 대한 정확한 통행시간과 통행비용 산정의 어려움과 부정확한 데이터를 기반으로 수단선택 모델이 구축되기 때문에 관측 자료와 모델결과에 차이가 있을 수 있음
- 또한 수단선택 통행량이 주수단과 접근수단으로 이루어져 현재 지하철과 같은 수단이 없는 경우 접근수단을 이용해 지하철을 이용하고 있으나, 장래 지하철 수단이 도입되어 직접 주수단에 접근하는 경우 지하철 통행량 및 접근수단에 대한 처리를 어떻게 해야 하는지 등의 연구가 필요함
- 수단선택 대상수단을 개인교통과 대중교통으로 구분하고 대중교통에 대한 선택 대상을 접근수단을 포함한 복합수단의 대중교통을 다양화한 수단선택모형 구축이 필요함

마. 통행배정단계의 시간대별 세분화 필요

- 통행배정 단계는 현재 일단위로 배정하게 되어 있으나, 시간대별 교통변화 및 통행패턴을 고려한 시간대별 통행배정이 이루어져야 함
- 또한 시간대별 통행배정시 통행 목적별 통행량의 방향성이 고려된 시간대별 변환계수를 적용하여 시간대별 통행량을 산출하여 통행배정이 이루어져야 함

바. 기타

- 국내 교통수요 예측의 전반적인 과정을 보면 모든 단계에 보정계수가 적용되어 있음
 - 기준연도의 경우 모델결과와 전수화 결과를 동일하게 만들기 위해 보정계수를 적용하여 모델과 전수화 결과를 일치시키고 있음
 - 장래연도에 적용할 경우 관련계획이 반영되는 행정동에 통행분포와 수단선택의 보정계수가 기준연도와 차이가 있는 중존의 비율을 적용함에 따라 현황과 일관된 결과가 아닌 설명이 불가능한 결과가 도출될 가능성이 있음
 - 이러한 보정계수의 적용은 실제 인구관련 계획이나 교통시설의 반영에 대한 효과를 정확히 파악하기 어렵기 때문에 보정계수 적용이 아닌 각 단계별 모델이 최대한 현실을 설명할 수 있도록 구축되어야 할 것임
- 국내 교통수요 예측모델에서로 정책변화에 따른 통행패턴의 변화 파악이 어려움
 - 혼잡통행료 징수나 유류비 상승 등의 변화에 대한 통행패턴의 변화는 통행의 포기, 출발시간대, 이동 경로, 이용수단의 변화 등이 예상되나 현재의 모델로는 이러한 정책에 대한 변화를 설명하기 어려움
 - 국내 4단계 모델의 개선 및 정밀도 향상도 필요하지만 사회구조의 변화나 정책시행에 대한 통행 패턴을 파악할 수 있는 활동기반모형 등의 새로운 모델 도입이 필요함
- 교통수요 예측과정의 정밀한 단계별 모델 구축, 전체적인 과정의 통합, 새로운 모델 도입 등 모두 중요하지만 실제 이용자 측면을 고려하여 정확한 모델적용이 가능하도록 교통수요 예측 과정의 투명성 확보, 매뉴얼 구축 및 이용자들에게 활용을 위한 교육이 필요함

제2절 교통수요 예측 과정 전산화 방안 수립

1. 구현 범위 및 방법 수립

가. 구현 범위

1) 시간적 범위

- 기준연도 : 2011년
- 장래연도 : 2015년, 2020년, 2025년, 2030년, 2035년, 2040년

2) 공간적 범위

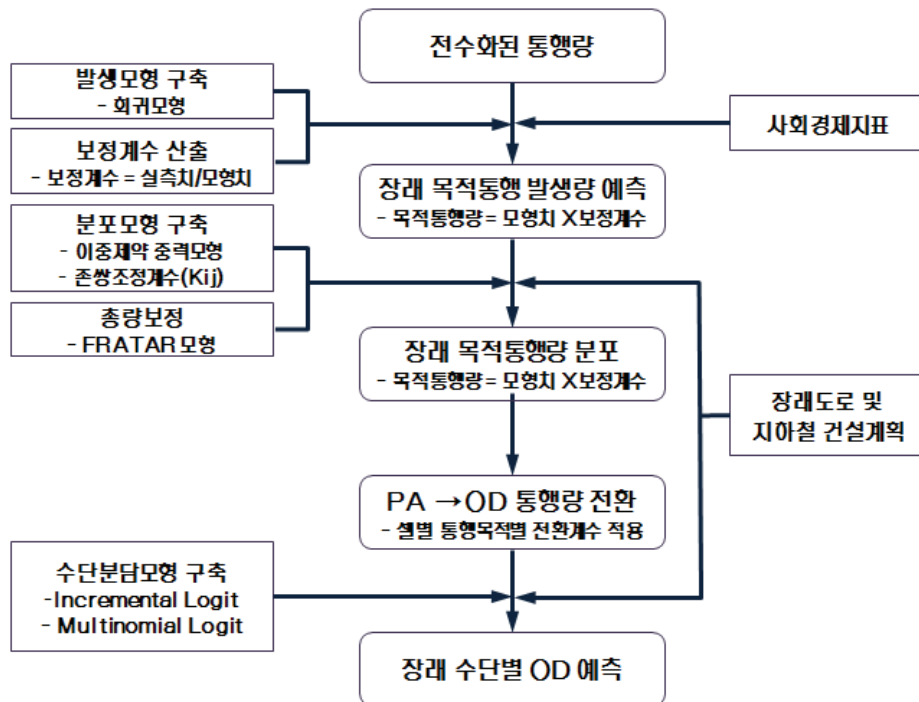
- KTDB 구축 지역 중 광주광역시 및 전국 지역간
 - 광주광역시(광주광역시, 나주시, 담양군, 곡성군, 화순군, 함평군, 장성군) 7개 시·군, 168개 읍면동, 외부 15개 시·도
 - 전국 163개 시·군, 251개 시·군·구

3) 내용적 범위

- 교통수요 예측과정의 단계별 전산화 및 연계
- 단계별 입·출력 파일 정의
- 단계별 출력 결과 검증
- 교통정책 분석을 위한 시뮬레이션

나. 구현 방법 수립

- 전산화는 『2012년 국가교통조사 및 DB구축사업 중 전국여객O/D 현행화 공동사업 (2013. 2)』에서 구축된 단계별 모델을 기반으로 교통수요 예측과정 전체를 대상으로 함
 - S/W는 Citilabs 사의 Cube Voyager를 이용하며, 네트워크 입력, 통행발생, 통행분포, 수단선택, 통행배정, 결과 검증 등의 모든 과정을 각 단계별로 모듈화 하여 서로 연계되도록 함
- 교통수요 예측 과정 구현의 전체적인 흐름은 다음 <그림 2-17>과 같으며, 전수화된 통행량을 기초로 각 단계별 구축된 모델을 이용하여 교통수요 예측의 과정을 전산화 함



<그림 2-17> 교통수요 예측 과정

- 대도시권의 광주광역시권과 전국 지역간 모델은 교통수요 예측과정을 통해 구축한 후 다음과 같은 구조로 통합하여 구축함

광주광역시권 모델

구분	수도권	광역시권	기타
수도권	수도권 수용	전국 지역간 수용	전국 지역간 수용
광역시권	전국 지역간 수용	광주광역시권 구축 기타광역시권 수용	전국 지역간 수용
기타	전국 지역간 수용	전국 지역간 수용	기타 수용

전국 지역간 모델

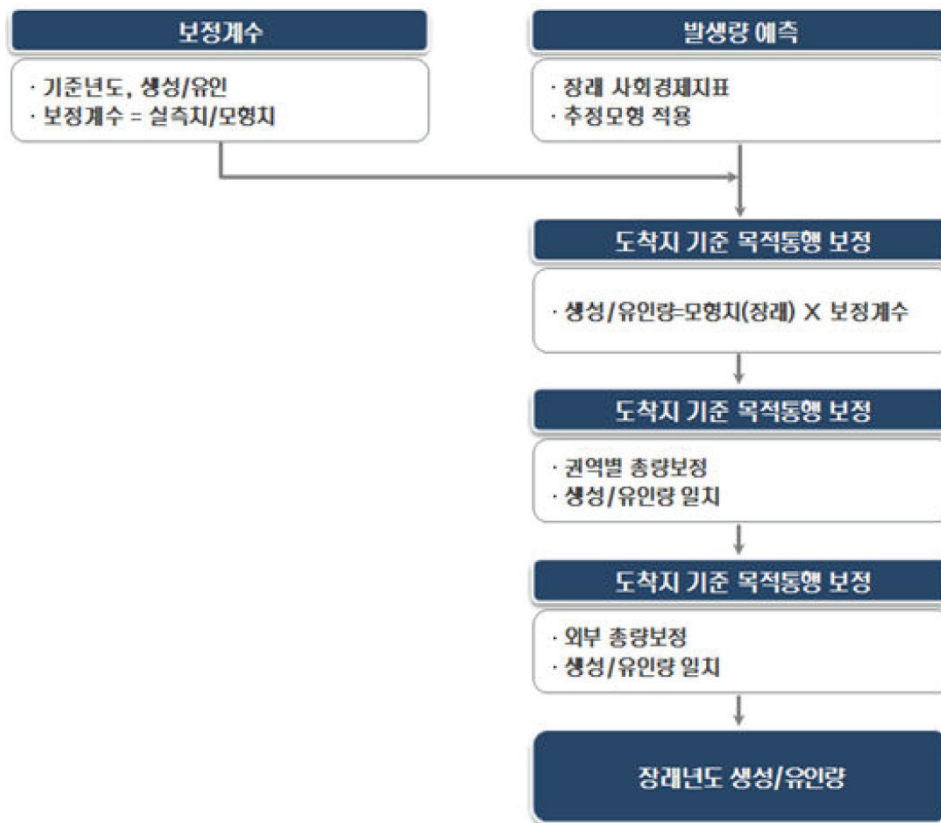
구분	수도권	광역시권	기타
수도권	수도권 수용	전국 지역간 구축	전국 지역간 구축
광역시권	전국 지역간 구축	광역시권 수용	전국 지역간 구축
기타	전국 지역간 구축	전국 지역간 구축	기타 구축

2. 수요예측과정의 구현 기본방향 수립

가. 광주광역시권

1) 통행발생

- 통행발생 단계는 예측 모형에 기준연도 사회경제지표와 통행목적별 전수화된 통행량을 입력하여 통행목적별 모델 생성·유인량을 예측하고, 기준연도 전수와 자료와 비교하여 통행목적별 생성·유인 보정계수를 산출함
- 기준연도 통행생성·유인량은 통행목적별 모델 생성·유인량에 통행목적별 보정계수를 적용하고, 최종적으로 통행 생성량과 유인량을 일치시킴
- 장래연도 통행생성·유인량은 해당연도 사회경제지표와 통행 생성·유인 모델을 이용하여 모델 예측치를 산출한 후, 기준연도에서 산출된 보정계수를 적용하고 통행 생성·유인량을 일치시킴



<그림 2-18> 통행발생 적용과정

○ 적용 모형식은 다음과 같음

$$Y_{ki}^p = \beta_1 \cdot x_{i1} + \beta_2 \cdot x_{i2} + \dots$$

- 여기서, Y_{ki}^p : 지역k에 속하는 존i의 통행목적p별 통행량

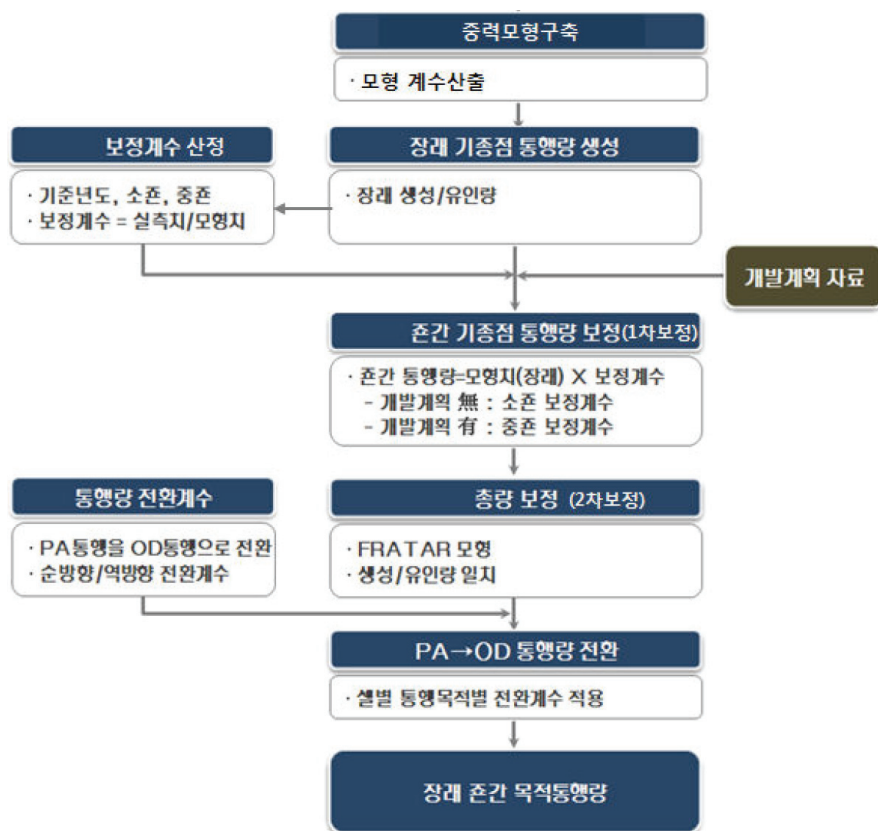
x_{i1}, x_{i2}, \dots : i존의 독립변수 값, β_1, β_2, \dots : 추정된 계수

<표 2-23> 통행 목적별 생성·유인 모형

구분		지역	독립변수	계수값
가정기반 통근통행	생성	광주광역시	취업자수	1.991
		기타시군	취업자수	1.992
	유인	광주광역시	총종사자수	2.587
		기타시군	총종사자수	2.796
가정기반 통학통행	생성	광주광역시	5~19인구	1.896
		기타시군	5~19인구	1.810
	유인	광주광역시	총수용학생수	1.795
		기타시군	총수용학생수	1.768
가정기반 학원통행	생성	광주광역시	5~19인구	0.766
		기타시군	5~19인구	0.632
	유인	광주광역시	학원종사자	4.259
		기타시군	학원종사자	2.480
가정기반 쇼핑통행	생성	광주광역시	15세이상인구	0.197
		기타시군	15세이상인구	0.111
	유인	광주광역시	3차산업종사자	0.605
		기타시군	3차산업종사자	0.414
가정기반 기타통행	생성	광주광역시	15세이상인구	0.588
		기타시군	15세이상인구	0.582
	유인	광주광역시	3차산업종사자	2.021
		기타시군	3차산업종사자	2.201
비가정기반 업무통행	생성	광주광역시	총종사자수	0.399
		기타시군	총종사자수	0.298
	유인	광주광역시	3차산업종사자	0.655
		기타시군	3차산업종사자	0.381
비가정기반 쇼핑통행	생성	광주광역시	3차산업종사자	0.120
		기타시군	3차산업종사자	0.037
	유인	광주광역시	3차산업종사자	0.088
		기타시군	3차산업종사자	0.044
비가정기반 기타통행	생성	광주광역시	3차산업종사자	0.377
			15세이상인구	0.052
		기타시군	3차산업종사자	0.302
			15세이상인구	0.030
	유인	광주광역시	3차산업종사자	0.537
		기타시군	3차산업종사자	0.413

2) 통행분포

- 통행분포 단계는 입력 자료로서 통행발생단계의 결과인 통행목적별 생성·유인량과 네트워크 결과인 중간 통행거리, 통행목적별 전수화된 통행량이 입력되고, PA를 O/D로 전환하기 위한 전환계수가 입력됨
- 통행목적별 중력모형을 적용하여 모델 통행 분포량을 예측하고, 기존 전수화 자료와 비교하여 통행목적별 통행 분포량 보정계수를 산출함
- 통행목적별 통행 분포량 보정계수는 기준연도에 산출된 보정계수를 기준으로 장래 개발계획이 반영되는 행정구역에 대해 중존 보정계수를 산출하여 적용함
- 통행목적별 모델 통행 분포량에 보정계수를 적용하고, 통행발생단계의 생성·유인량을 일치시키기 위하여 다시 프라타 모형을 적용하여 일치시킴
- 가정기반 PA 통행을 O/D 통행으로 전환하기 위해서 입력된 전환계수를 적용하여 통행 목적별 최종적인 통행분포 O/D가 산출됨



<그림 2-19> 통행분포 적용과정

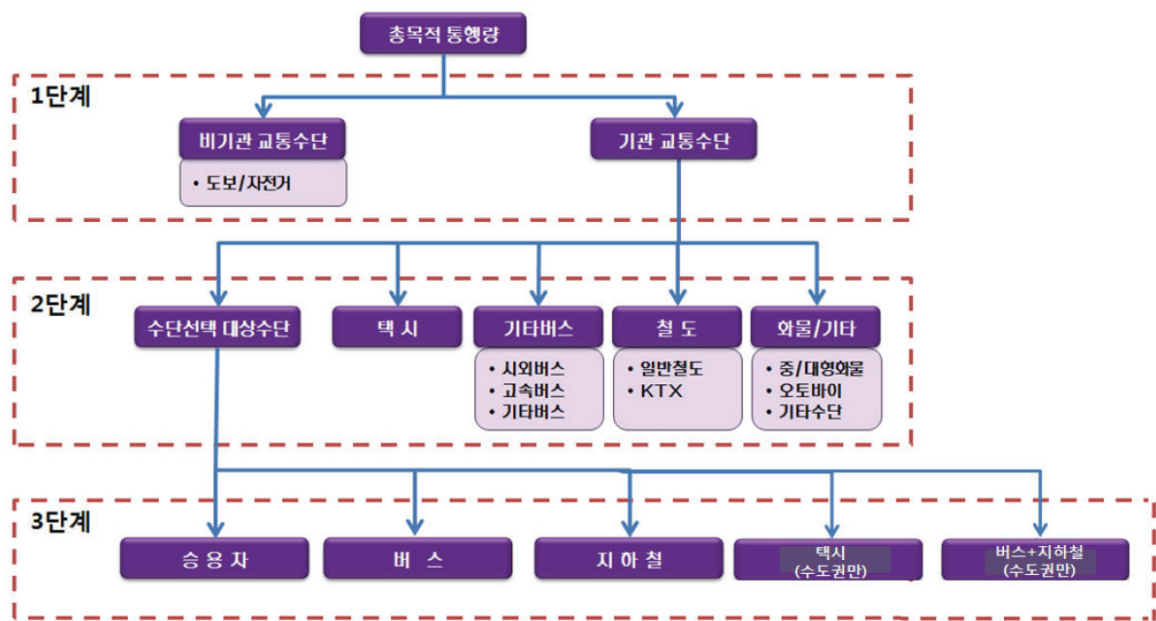
- 이중제약 중력모형의 저항함수는 수정혼합형 $f = \alpha(t_{ij}^\beta) \exp(\gamma d_{ij})$ 을 적용함

<표 2-24> 통행분포모형

통행목적	적용모형	α	β	γ
가정기반 통근	수정혼합	1.136	0.206	-0.183
가정기반 통학	수정혼합	1.936	0.444	-0.335
가정기반 학원	수정혼합	2.591	0.179	-0.380
가정기반 쇼핑	수정혼합	1.582	0.540	-0.358
가정기반 기타	수정혼합	1.692	0.486	-0.323
비가정기반 업무	수정혼합	1.192	0.651	-0.308
비가정기반 쇼핑	수정혼합	1.537	0.432	-0.311
비가정기반 기타	수정혼합	1.608	0.239	-0.258

3) 수단선택

- 수단선택단계는 입력 자료로서 통행분포단계의 결과인 통행목적별 O/D 통행량과 네트워크와 통행배정 단계의 결과인 각 수단별 통행시간과 통행비용, 그리고 기준연도 전수화 수단통행량이 입력되게 됨
- 수단선택 단계는 3단계로 나누어 수행됨
 - 비기관 교통수단 : 총목적통행량에 비기관 교통수단(도보, 자전거)의 비율을 적용하여 비기관 교통수단 통행량 예측
 - 수단선택 비대상 교통수단 : 총목적 통행량에 비기관 교통수단 통행량을 제외한 기관교통수단 통행량에 수단선택 비대상 교통기관(택시, 기타버스, 철도, 화물 및 기타)의 비율을 적용하여 수단선택 비대상 교통수단 통행량을 예측함
 - 수단선택 대상 교통수단 : 기관교통수단에 수단선택 비대상 통행량을 제외한 수단선택 대상 통행량에 수단선택 대상 교통기관(승용차, 버스, 지하철) 통행량을 다항로 짓모형과 Incremental 로짓모형을 이용하여 예측함
- 수단선택 과정 중 관련계획 반영으로 기준연도에 통행량이 없던 존간 통행량이 생성된 경우에 중존 보정계수를 적용하여 보정함



<그림 2-20> 수단선택 적용과정

<표 2-25> 다항로짓모형의 효용함수식

$\text{승용차 효용} = T * Time_m + C * Tcost_m + D1 * ad_{dum}$	
$\text{버스 효용} = T * Time_m + C * Tcost_m + B$	
$\text{지하철 효용} = T * Time_m + C * Tcost_m + D3 * sta_{dum} + S$	
여기서, $Time_m$: 수단별 총통행시간	$Tcost_m$: 수단별 총통행비용
ad_{dum} : 행정구역 더미	sta_{dum} : 지하철역 더미
T : 통행시간 계수	C : 통행비용 계수
$D1$: 행정구역 더미 계수	$D3$: 지하철역 더미 계수
B : 버스 수단 상수	S : 지하철 수단 상수

<표 2-26> 수단선택 모형

변수(Variable)	계수(Coefficient)	적용수단
T (Ttime)	-.007433321	승용차, 버스, 지하철
C (Tcost)	-.00036638	승용차, 버스, 지하철
D1 (ad_dum)	-.99195856	승용차
D3 (sta_dum)	1.70858131	지하철
B (버스 상수)	-.83646877	버스
S (지하철 상수)	-2.39157639	지하철

나. 전국 지역간

1) 통행발생

- 통행발생단계는 입력 자료로서 기준연도 사회경제지표와 통행목적별 전수화된 통행량을 입력하여 통행목적별 모델 발생·도착량을 예측하고, 기준연도 전수와 자료와 비교하여 통행목적별 발생·도착 보정계수를 산출함
- 기준연도 통행발생·도착량은 통행목적별 모델 발생·도착량에 통행목적별 보정계수를 적용하고, 최종적으로 통행발생·도착량을 일치시킴
- 장래연도 통행발생·도착량은 해당연도 사회경제지표와 통행발생·도착 모델을 이용하여 모델 예측치를 산출한 후, 기준연도에서 산출된 보정계수를 적용하고 통행발생·도착량을 일치시킴
- 적용 모형식은 다음과 같음

$$Y_{ki}^p = \beta_1 \cdot x_{i1} + \beta_2 \cdot x_{i2} + \dots$$

- 여기서, Y_{ki}^p : 지역k에 속하는 존i의 통행목적p별 통행량

x_{i1}, x_{i2}, \dots : i존의 독립변수 값, β_1, β_2, \dots : 추정된 계수

<표 2-27> 통행 목적별 발생·도착 모형_대도시권

구분			기타 ¹⁾	업무	귀가	여가
통행 발생	수도권	독립변수	총인구	총종사자	총인구	총인구
		계수	0.014	0.012	0.013	0.013
	광역시권	독립변수	총취업자	총종사자	총인구	20세이상인구
		계수	부산울산권	0.025	0.018	0.035
			대구광역시권	0.042	0.032	0.043
			광주광역시권	0.055	0.058	0.057
			대전광역시권	0.079	0.062	0.073
통행 도착	수도권	독립변수	총인구	총종사자	총인구	총인구
		계수	0.012	0.013	0.013	0.013
	광역시권	독립변수	총취업자	총종사자	총인구	총종사자
		계수	부산울산권	0.022	0.015	0.020
			대구광역시권	0.043	0.021	0.027
			광주광역시권	0.050	0.036	0.042
			대전광역시권	0.072	0.052	0.043

주: 1) 기타통행량은 출근, 등교, 쇼핑, 기타통행량을 더한 값을 의미함

<표 2-28> 통행 목적별 발생·도착 모형_기타권역

구분	발생모형						
	출근	등교	업무	쇼핑	귀가	여가	기타
독립변수	총취업자	5-24세인구	총종사자	15세이상 인구	총종사자	총인구	총인구
계수	0.868	0.848	0.381	0.075	1.517	0.189	0.373
구분	도착모형						
	출근	등교	업무	쇼핑	귀가	여가	기타
독립변수	총종사자	학생수	총종사자	15세이상 인구	총종사자	총종사자	총인구
					학생수		
계수	1.108	0.863	0.449	0.172	1.517	0.396	0.852
					1.439		

2) 통행분포

- 통행분포단계는 입력 자료로서 통행발생단계의 결과인 통행목적별 발생·도착량과 통행목적별 전수화된 통행량이 입력됨
- 통행목적별 이중제약 프라타 모형을 적용하여 통행 분포량을 예측함

3) 수단선택

- 수단선택단계는 입력 자료로서 통행분포단계의 결과인 통행목적별 O/D 통행량과 네트워크와 통행배정 단계의 결과인 각 수단별 통행시간과 통행비용, 그리고 기준연도 전수화 수단통행량이 입력됨
- 수단선택 단계에서는 다항 로짓모형을 기본으로 적용함
- 기준연도 모형에 의한 수단분담 결과와 전수화 자료와 비교하여 보정계수를 산출하고, 장래 연도에 동일하게 적용함
 - 단, 장래 신설역이 생기는 경우는 보정계수를 적용하지 않음
- 수단선택 대상 수단은 승용차, 버스(시외/고속버스), 일반철도, 고속철도 4개 수단으로 구분되어 있음

<표 2-29> 다항로짓모형의 효용함수식

$$\text{승용차 효용} = \beta_1 * Ttime + \beta_2 * Ttcost_{ad} + r_1 * adminD$$

$$\text{버스 효용} = \alpha_B + \beta_1 * Ttime + \beta_3 * Bcost_{ad}$$

$$\text{일반철도 효용} = \alpha_R + \beta_1 * Ttime + \beta_3 * Rcost_{ad} + r_2 * Dumsta$$

$$\text{고속철도 효용} = \alpha_{ER} + \beta_1 * Invertime + \beta_3 * ERcost_{ad} + \gamma_2 * Dumsta$$

여기서,

$Ttime$: 기·종점간 총통행시간

$Ttcost_{ad}$: 거리당 승용차 통행비용

$Bcost_{ad}$: 접근비용 포함된 거리당 버스 통행비용 ($Bcost_t / Tlen$)

$Rcost_{ad}$: 접근비용 포함된 거리당 일반철도 통행비용 ($Rcost_t / Tlen$)

$ERcost_{ad}$: 접근비용 포함된 거리당 고속철도 통행비용 ($ERcost_t / Tlen$)

$adminD$: 행정구역 더미(출발지 기준) (특별시/광역시 :1, 기타지역 : 0)

$Dumsta$: 역 더미

β_m : 시간·비용변수의 계수

γ_m : 더미변수의 계수

α_m : 상수항

<표 2-30> 수단선택 모형

변수(Variable)	계수(Coefficient)	적용수단
β_1 (통행시간)	-0.011697	승용차, 버스, 일반철도, 고속철도
β_2 (승용차통행비용)	-0.000078	승용차
r_1 (행정구역 더미)	-0.171508	승용차
α_B (버스 더미 상수)	-3.297800	버스
β_3 (대중교통 통행비용)	0.309645	버스, 일반철도, 고속철도
α_R (일반철도 더미 상수)	-3.210040	일반철도
r_3 (역 더미)	0.045900	일반철도, 고속철도
α_{ER} (고속철도 더미 상수)	-2.717030	고속철도

제3절 KTDB 교통수요 예측 및 검증 과정 전산화

1. 광주 광역권

가. 개요

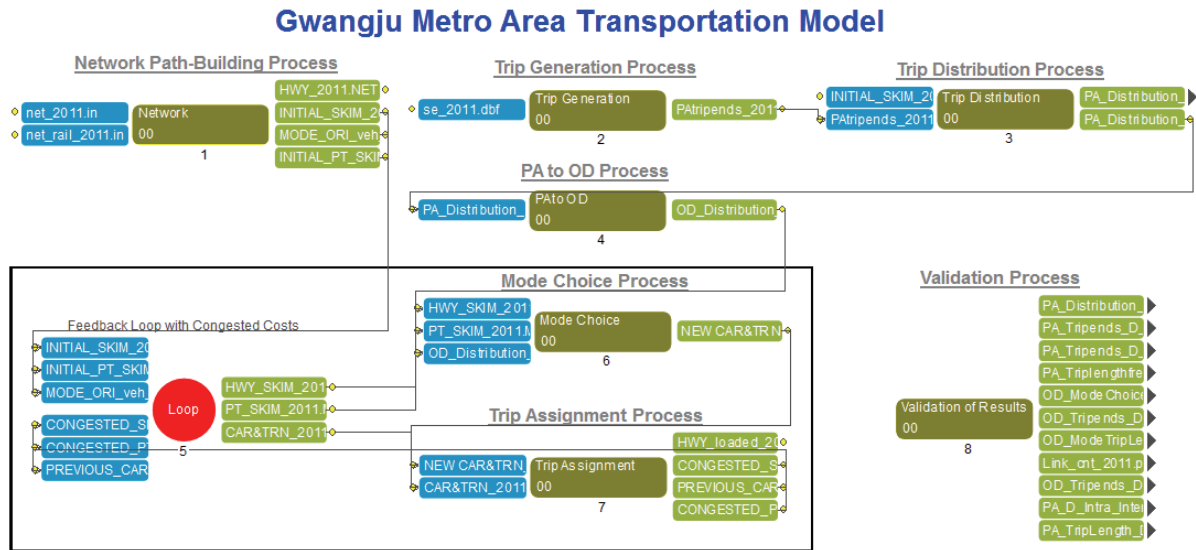
- 광주광역권은 광주광역시, 나주시, 담양군, 곡성군, 화순군, 함평군, 장성군을 포함하는 내부 존 168개, 외부 존 240개 포함 총 408개 존 체계로 구성되어 있음
- 광주광역권 모델의 폴더 구성은 Application, Base, Calibrating Factors, Input, Validation 등 5개로 구성되어 있음
 - Application 폴더는 각 단계별 모델의 스크립트, Base 폴더는 기준년도 2011년과 목표년도 2015년에서 2040년까지 5년 단위로 시나리오로의 입·출력자료, Calibrating Factors 폴더는 각 단계별 보정계수, Input 폴더는 광주광역권 입력자료, Validation 폴더는 모델결과 검증을 위한 자료로 구성되어 있으며, Gwangju Metro Area Transportation Model.cat 파일은 모델 전체구조에 관한 정보를 포함하고 있음



<그림 2-21> 광주광역권 모델의 폴더 구성

- 광주광역권의 모델은 Network, Trip Generation, Trip Distribution, PA to O/D, LOOP, Mode Choice, Trip Assignment, Validation of Result 등 8단계로 구분되어 있음
- 교통수요 예측 과정은 Network에서 도로 및 대중교통 네트워크를 구축하여 skim을 산출하고, Trip Generation에서 PA 기반 통행 목적별 생성·유인량을 산출하며, Trip Distribution에서는 PA 기반 통행 목적별 분포량을 산출함
- PA 기반의 목적통행량을 전환계수를 적용하여 O/D 기반의 총목적 통행량을 산출함
- LOOP 과정은 Mode Choice와 Trip Assignment 과정을 반복함으로써 평행배정된 상태의 skim을 이용하여 수단선택 과정을 반복 수행함

- Validation of Result는 각 단계별 모델 결과를 검증하기 위한 과정임



<그림 2-22> 광주광역시권 교통수요 예측 모델 구조

나. Network 단계

- 네트워크 단계는 기존 Emme 형식의 네트워크 입력 자료를 Cube 입력 자료 형태로 변환하여 도로 및 대중교통 네트워크 구축과 도로 네트워크의 skim 및 대중교통 네트워크의 skim을 산출하는 단계임
- 추가로 반복 LOOP 과정에 필요한 초기 매트릭스를 구축하는 과정이 포함됨

1) 입력자료

- 네트워크 관련 입력자료
 - net_{scenario_cO/De}.in : Emme 형식의 도로 네트워크
 - net_rail_{scenario_cO/De}.in : Emme 형식의 대중교통 네트워크
 - toll_{scenario_cO/De}.dbf : 유료도로 요금 반영한 link 데이터
 - screenline.dbf : 기준연도 검증을 위한 스크린라인 교통량 데이터

○ 대중교통 관련 입력자료

- pt_line_ {scenario_cO/De} .lin : 대중교통 라인 데이터
- pt_system_ {scenario_cO/De} .pts : 대중교통 시스템 데이터
- pt_fare_system_ {scenario_cO/De} .far : 대중교통 요금체계 데이터
- pt_walkaccess_factor_ {scenario_cO/De} .fac : 대중교통 도보접근 factor
- pt_busaccess_factor_ {scenario_cO/De} .fac : 대중교통 버스접근 factor

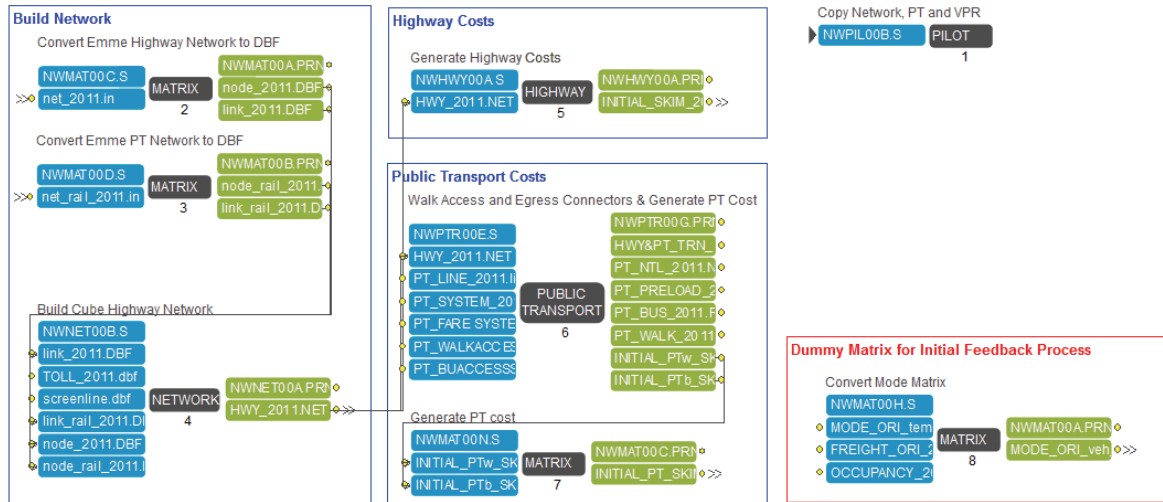
2) 출력자료

- hwy_ {scenario_cO/De} .net : 도로 네트워크
- hwy&pt_trn_ {scenario_cO/De} .net : 도로+대중교통 통합 네트워크
- initial_skim_ {scenario_cO/De} .mat : 도로 네트워크의 skim
- initial_pt_skim_ {scenario_cO/De} .mat : 대중교통 네트워크의 skim

3) 모듈별 설명

- PILOT 1 : 도로 및 대중교통 네트워크 구축을 위한 입력 파일을 input 폴더로부터 해당 시나리오 폴더로 복사
- MATRIX 2 : Emme 형식의 도로 네트워크 입력 자료를 Cube 형식의 네트워크 입력 자료로 변환하기 위해 NO/De와 Link를 DBF 형태의 파일로 변환
- MATRIX 3 : Emme 형식의 대중교통 네트워크 입력 자료를 Cube 형식의 네트워크 입력 자료로 변환하기 위해 NO/De와 Link를 DBF 형태의 파일로 변환
- NETWORK 4 : 네트워크 입력자료인 NO/De와 Link DBF 파일과 유료도로 통행료와 스크린라인 교통량이 반영된 Link 파일을 입력하여 Cube 형식의 도로 네트워크 구축
- HIGHWAY 5 : 구축된 도로 네트워크를 이용하여 도로의 통행저항(통행거리, 통행시간, 통행료)을 산출
- PUBLIC TRANSPORT 6 : 구축된 도로 네트워크와 대중교통 관련 입력자료를 이용하여 도보 및 버스접근 대중교통 통행저항(통행거리, 통행시간, 통행요금)을 산출
- MATRIX 7 : 도보 및 버스접근 대중교통 통행저항을 통합한 대중교통 통행저항 산출
- MATRIX 8 : LOOP 단계의 Initial Feedback을 위한 Dummy Matrix 산출

Build Network & Highway and Public Transit Costs



<그림 2-23> 네트워크단계 모델 구조

다. Trip Generation 단계

- 통행발생 단계는 8개의 통행목적별 (가정기반 통근, 통학, 학원, 쇼핑, 기타, 비가정 기반 업무, 쇼핑, 기타) PA기반의 통행 생성 · 유인량을 산출하는 단계임

1) 입력자료

- se_{scenario_cO/De}.dbf : 사회경제지표
- HBW_2011.dbf, HBS_2011.dbf, HBPS_2011.dbf, HBSH_2011.dbf, HBO_2011.dbf, NHBW_2011.dbf, NHBSH_2011.dbf, NHBO_2011.dbf
: 전수화된 통행 목적별 PA 통행량

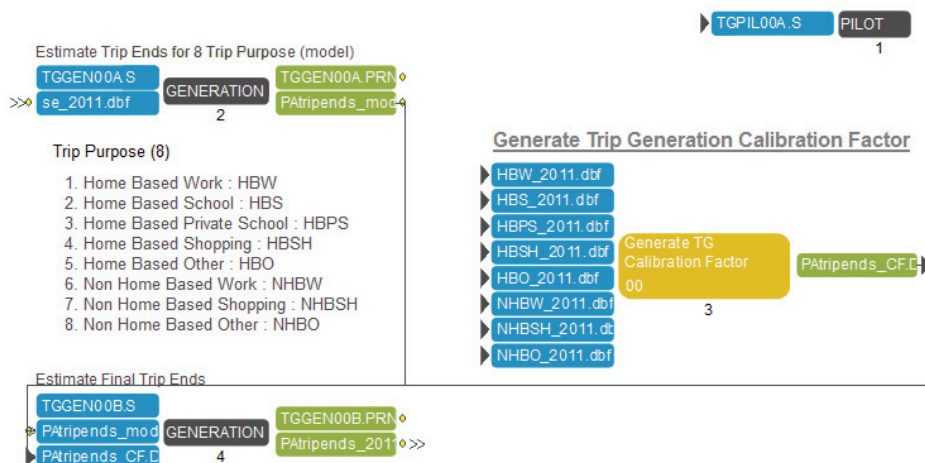
2) 출력자료

- patripends_cf.dbf : 통행 목적별 생성 · 유인 보정계수
- patripends_{scenario_cO/De}.dbf : 통행 목적별 생성 · 유인량

3) 모듈별 설명

- PILOT 1 : 통행 생성·유인량 예측을 위한 입력자료인 사회·경제지표 파일을 input 폴더로부터 해당 시나리오 폴더로 복사
- GENERATION 2 : 해당 시나리오의 사회·경제 지표와 통행 목적별 생성·유인 모델을 적용해 모델 결과인 통행 생성·유인량을 산출
- Generate TG Calibration Factor 3 : 통행 생성·유인 보정계수 산출
- GENERATION 4 : 통행 목적별 생성·유인 모델 결과에 산출된 보정계수를 적용하고 총량을 일치시켜 최종적인 통행목적별 생성·유인량을 산출

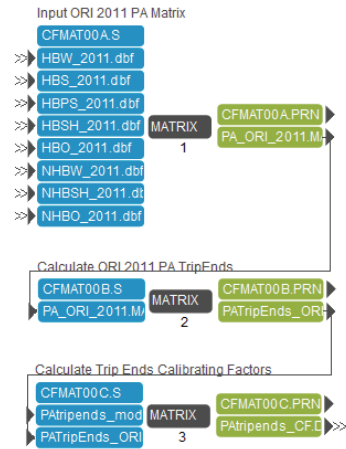
Trip Generation Model



<그림 2-24> 통행발생단계 모델 구조

- Generate TG Calibration Factor 3
 - MATRIX 1 : 전수화된 통행 목적별 통행량을 입력
 - MATRIX 2 : 전수화된 통행 목적별 생성·유인량 산출
 - MATRIX 3 : 전수화된 통행 목적별 생성·유인량과 모델 통행 목적별 생성·유인량을 비교하여 통행 생성·유인 보정계수 산출

Generation Trip Generation Calibration Factor



<그림 2-25> 통행발생단계의 보정계수 산출 모듈

라. Trip Distribution 단계

- 통행분포 단계는 8개 통행목적별(가정기반 통근, 통학, 학원, 쇼핑, 기타, 비가정기반 업무, 쇼핑, 기타) PA기반의 통행 분포량을 산출하는 단계임

1) 입력자료

- initial_skim_{scenario_cO/De}.mat : 도로 네트워크의 통행저항
- pa_ori_{scenario_cO/De}.dbf : 전수화된 PA 통행량
- patripends_{scenario_cO/De}.dbf : 통행발생단계의 통행 생성 유인량
- district_c11.dat : 중존 집계를 위한 중존 리스트
- district_e168.dat : 소존 리스트

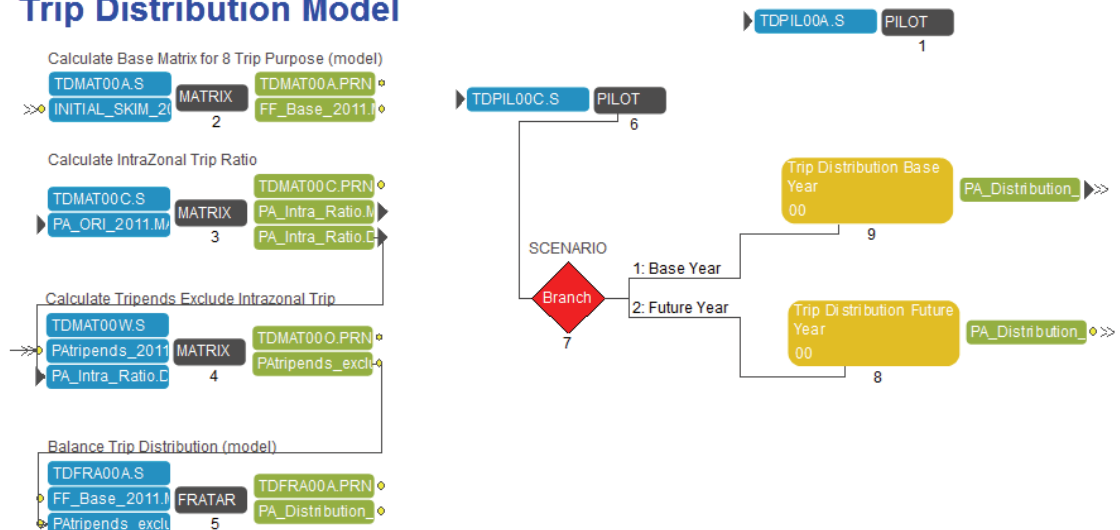
2) 출력자료

- pa_distribution_2011_CF.mat : 기준연도 보정계수
- pa_distribution_Future_CF.mat : 장래연도 보정계수
- pa_distribution_{scenario_cO/De}.mat : PA 통행 분포량

3) 모듈별 설명

- PILOT 1 : 통행 분포량 예측을 위해 필요한 입력파일을 input 폴더로부터 해당 시나리오 폴더로 복사
- MATRIX 2 : 통행저항(통행거리)과 통행 목적별 중력모형 계수를 이용해 통행 목적별 중력모형 Base 통행 분포 Matrix 산출
- MATRIX 3 : 중력모형으로 적용시 내부존간 통행 비율을 유지시키기 위한 내부 통행 비율 산정
- MATRIX 4 : 내부존 통행을 제외한 통행분포 적용을 위해 통행 생성·유인단계에서 예측된 생성·유인량에서 내부존 통행을 제외한 통행 생성·유인량 산출
- FRATAR 5 : 내부존 통행을 제외한 통행 생성·유인량과 중력모형 Base Matrix를 적용해 모델결과인 통행 분포량 산출
- PILOT 6 : 기준연도와 장래연도에 통행분포량 예측시 적용되는 보정계수가 다르기 때문에 시나리오에 따라 Branch 구분
- BRANCH 7 : Pilot 6 결과에 따라 Base year 혹은 Future year로 분기
- Trip Distribution Future Year 8 : 장래연도 통행 분포량 산출
- Trip Distribution Base Year 9 : 기준연도 통행 분포량 산출

Trip Distribution Model

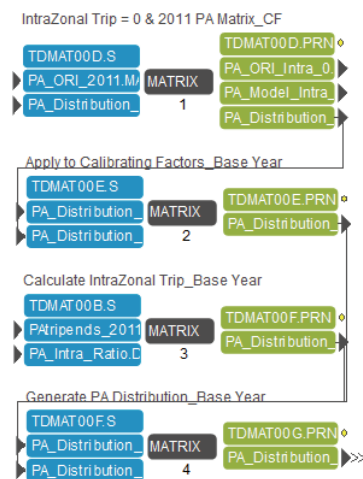


<그림 2-26> 통행분포단계 모델 구조

○ Trip Distribution Base Year 9

- MATRIX 1 : 전수화된 통행분포와 모델 통행분포를 이용하여 내부존을 제외한 통행 목적별 분포 보정계수 산출
- MATRIX 2 : 모델 통행분포에 통행분포 보정계수를 적용해 내부존을 제외한 통행 목적별 분포량 산출
- MATRIX 3 : 내부통행 비율과 통행생성·유인량을 이용해 통행 목적별 내부통행량 산출
- MATRIX 4 : 산출된 내부통행량과 내부통행을 제외한 분포량을 이용해 통행 목적별 통행 분포량 산출

Trip Distribution_Base Year

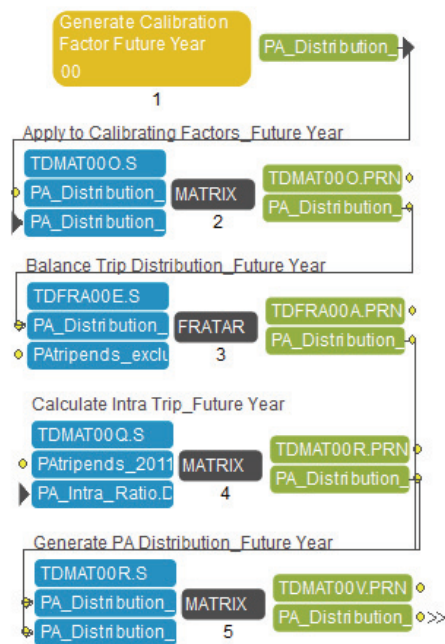


<그림 2-27> 통행분포단계의 기준연도 통행분포량 산출 모듈

○ Trip Distribution Future Year 8

- Generate Calibration Facrot Future Year 1 : 장래연도 보정계수 산출
- MATRIX 2 : 모델 통행분포에 통행분포 보정계수를 적용해 내부존을 제외한 통행 목적별 분포량 산출
- FRATAR 3 : 통행분포 보정계수를 적용한 통행 분포량을 내부존을 제외한 통행 목적별 생성·유인량으로 보정
- MATRIX 4 : 통행 생성·유인량에 내부존 비율을 적용하여 통행 목적별 내부통행량 산출
- MATRIX 5 : 산출된 내부통행량과 내부통행을 제외한 통행 분포량을 이용해 통행 목적별 통행 분포량 산출

Trip Distribution_Future Year

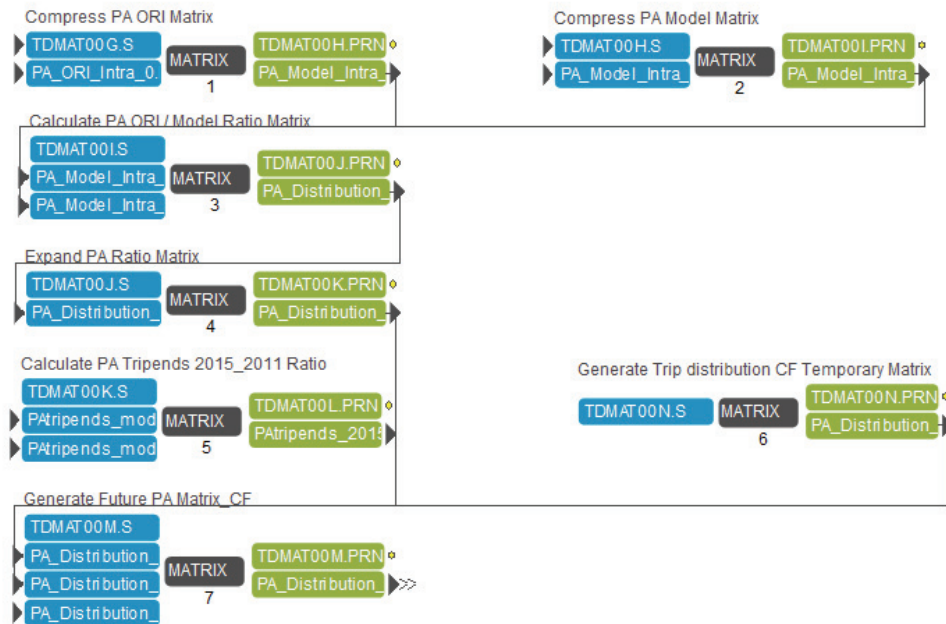


<그림 2-28> 통행분포단계의 장래연도 통행분포량 산출 모듈

○ Generate Calibration Facrot Future Year 1

- MATRIX 1 : 중존 보정계수 산출을 위해 전수화된 통행분포 중 내부존을 제외하고 중존으로 집계
- MATRIX 2 : 중존 보정계수 산출을 위해 모델 통행분포 중 내부존을 제외하고 중존으로 집계
- MATRIX 3 : 중존으로 집계된 전수화 통행분포와 모델 통행분포를 비교하여 중존 보정계수 산출
- MATRIX 4 : 산출된 중존 보정계수를 소존 단위의 Matrix로 확장
- MATRIX 5 : 중존 보정계수 적용을 위해 기준연도 대비 장래연도의 통행 생성량 증가 비율 산정
- MATRIX 6 : 중존 보정계수가 적용될 소존 임시 Matrix 산출
- MATRIX 7 : 기준연도 통행분포 보정계수와 장래 통행분포 보정계수를 이용하여 장래연도 통행 목적별 통행분포 보정계수 산출

Generation Trip Distribution Calibration Factor_Future Year



<그림 2-29> 통행분포단계의 장래연도 통행분포 보정계수 산출 모듈

마. PA to O/D 단계

- PA 기반의 목적통행 분포를 O/D 기반 목적통행 분포로 변환하는 단계

1) 입력자료

- pa_distribution_{scenario_cO/Del}.mat : pa 기반 통행목적별 분포량
- patoO/D.dbf : pa 통행을 O/D 통행으로 전환하는 계수

2) 출력자료

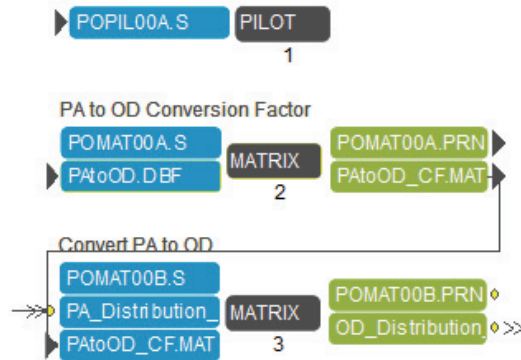
- O/D_distribution_{scenario_cO/Del}.mat : O/D 기반 통행목적별 분포량

3) 모듈별 설명

- PILOT 1 : PAtoO/D 전환계수 파일을 input 폴더로부터 해당 시나리오 폴더로 복사
- MATRIX 2 : DBF 형태의 전환계수를 Matrix 형태로 변환

- MATRIX 3 : PA 기반 통행목적별 분포를 전환계수를 적용하여 O/D 기반 통행 목적별 분포로 변환

PA Matrix to OD Matrix



<그림 2-30> PA to O/D 단계 모델 구조

바. Mode Choice 단계

- 수단선택 단계는 O/D 기반 목적 통행량을 비교통기관 수단(도보, 자전거)과 수단선택 비대상 수단(택시, 기타버스, 철도, 화물기타)의 비율을 이용해서 산출하고, 수단선택대상 수단(승용차, 버스, 지하철)에 대해서 수단선택 모형인 다항로짓모형과 Incremental 로짓모형을 적용해 수단 통행량을 산출하는 단계임

1) 입력자료

- O/D_distribution_{scenario_cO/De}.mat : O/D 통행 분포량
- Mode_ori.dbf : 전수화된 수단별 통행량
- skim_{scenario_cO/De}.mat : 도로 네트워크의 통행저항
- pt_skim_{scenario_cO/De}.mat : 대중교통 네트워크의 통행저항

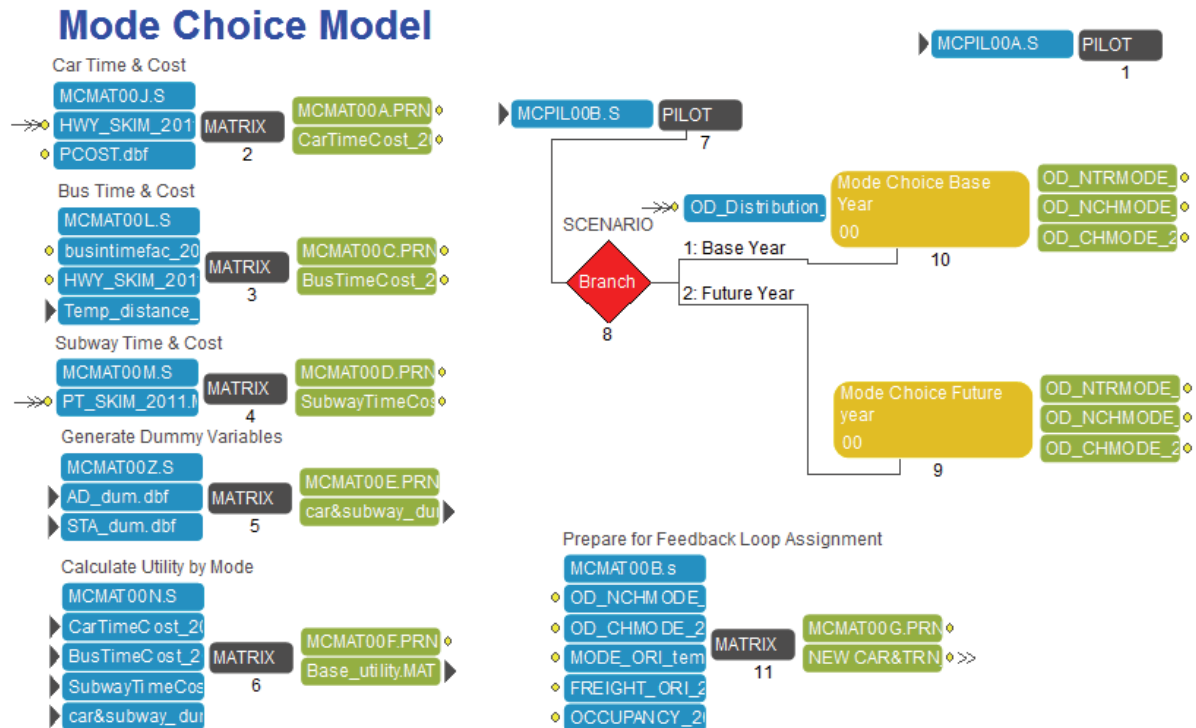
2) 출력자료

- cartime&cost_{scenario_cO/De}.mat : 승용차 통행시간과 비용
- bustime&cost_{scenario_cO/De}.mat : 버스 통행시간과 비용

- subwaytime&cost_ {scenario_cO/De} .mat : 지하철 통행시간과 비용
- O/D_ntrMode_ {scenario_cO/De} .mat : 비교통기관 수단 O/D
- O/D_nchMode_ {scenario_cO/De} .mat : 비수단선택대상 수단 O/D
- O/D_chMode_ {scenario_cO/De} .mat : 수단선택대상 O/D

3) 모듈별 설명

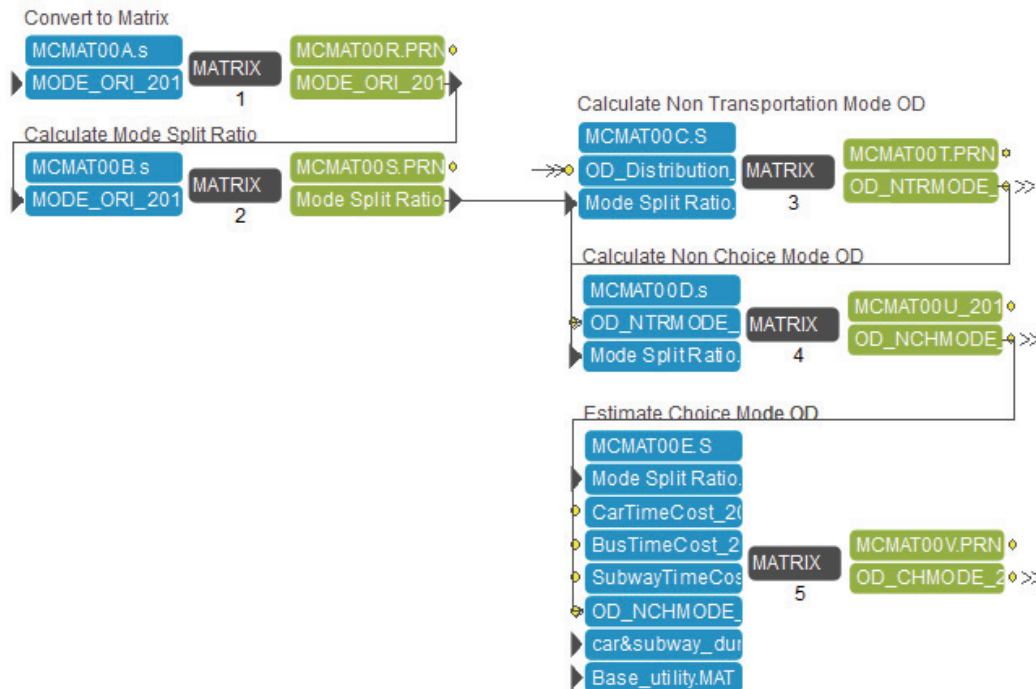
- PILOT 1 : 수단선택을 위해 필요한 입력파일을 input 폴더로부터 해당 시나리오 폴더로 복사
- MATRIX 2 : 네트워크 skim과 주차비용을 이용한 승용차 통행시간과 통행비용 산출
- MATRIX 3 : 네트워크 skim과 버스 요금체계를 이용한 버스 통행시간과 통행비용 산출
- MATRIX 4 : 대중교통 skim을 이용한 지하철 통행시간과 통행비용 산출
- MATRIX 5 : 수단선택 모델에 적용 될 더미변수 산출
- MATRIX 6 : 각 수단별 통행시간, 통행비교과 더미 변수를 이용한 기준연도 효용산출
- PILOT 7 : 기준연도와 장래연도에 수단선택시 초기 수단선택 비율이 다르기 때문에 시나리오에 따라 Branch 구분
- BRANCH 8 : Pilot 7 결과에 따라 Base year 혹은 Future year로 분기
- Mode Choice Future Year 9 : 장래연도 수단별 통행량 산출
- Mode Choice Base Year 10 : 기준연도 수단별 통행량 산출
- MATRIX 11 : LOOP 단계의 Feedback을 위한 Assignment Matrix 산출



<그림 2-31> 수단선택단계 모델 구조

- Mode Choice Base Year 10
 - MATRIX 1 : 기준연도 수단통행량 입력
 - MATRIX 2 : 기준연도 수단 O/D를 이용하여 수단별 분담비율 산출
 - MATRIX 3 : 기준연도 총수단통행량에 비기관교통수단 분담비율을 적용하여 비기관 교통수단(도보, 자전거) 통행량 산출
 - MATRIX 4 : 기준연도 총수단통행량에서 비기관교통수단을 제외한 기관교통수단통행량에 기관교통수단 분담비율을 적용하여 기관교통수단(택시, 기타버스, 철도, 화물 기타) 통행량 산출
 - MATRIX 5 : 기준연도 총수단통행량에서 비기관교통수단과 수단선택 비대상 교통수단 제외한 수단선택 대상통행량을 다항로짓모형과 Incremental 모형을 적용하여 수단선택대상수단(승용차, 버스, 지하철) 통행량 산출

Mode Choice Base Year



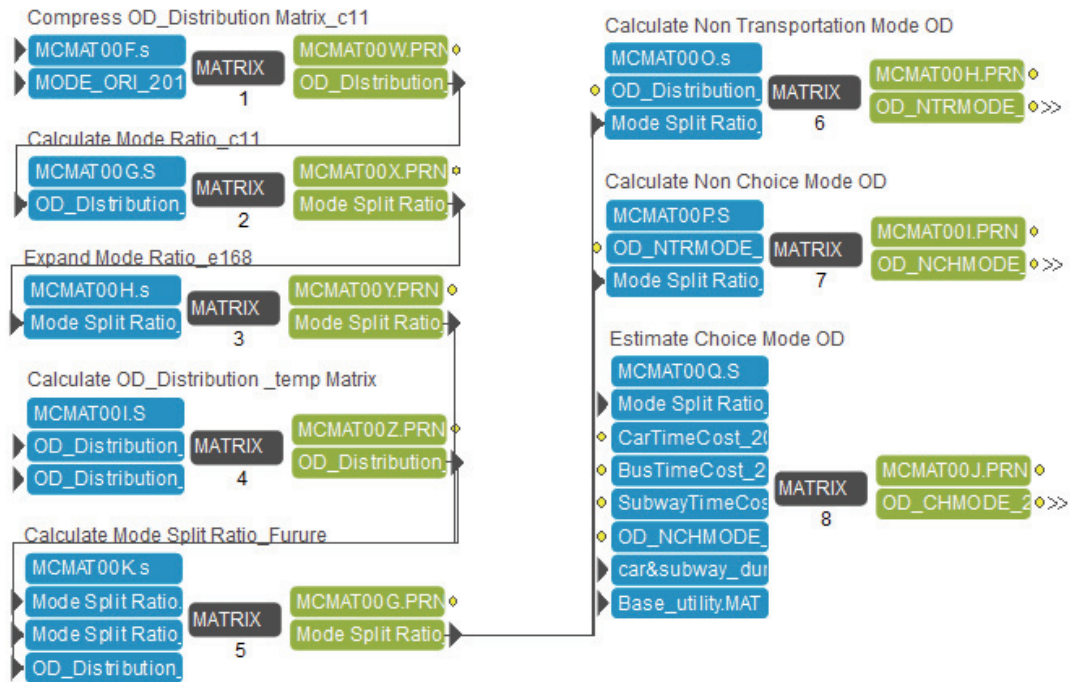
<그림 2-32> 수단선택단계의 기준연도 수단통행량 산출 모듈

○ Mode Choice Future Year 9

- MATRIX 1 : 장래연도 초기 수단분담비율 산정을 위해 전수화된 수단별 통행량을 중준으로 집계
- MATRIX 2 : 중준으로 집계된 수단별 통행량을 이용하여 중준별 수단분담비율 산출
- MATRIX 3 : 중준 수단분담 비율을 소준 단위의 Matrix로 확장
- MATRIX 4 : 기준연도 통행량과 장래연도 통행량을 비교하여 기준연도에 통행량이 없지만 장래연도에 통행량이 존재하는 중간 통행 임시 Matrix 생성
- MATRIX 5 : 기준연도 분담분담비율과 장래연도 중준 보정 수단분담비율을 이용하여 장래연도 초기 수단분담비율 산출
- MATRIX 6 : 장래연도 총수단통행량에 비기관교통수단 분담비율을 적용하여 비기관교통수단(도보, 자전거) 통행량 산출
- MATRIX 7 : 장래연도 총수단통행량에서 비기관교통수단을 제외한 기관교통수단통행량에 기관교통수단 분담비율을 적용하여 기관교통수단(택시, 기타버스, 철도, 화물 기타) 통행량 산출

- MATRIX 8 : 장래연도 총수단통행량에서 비기관교통수단과 수단선택 비대상 교통수단 제외한 수단선택 대상통행량을 다항로짓모형과 Incremental 모형을 적용하여 수단선택대상수단(승용차, 버스, 지하철) 통행량 산출

Mode Choice Future Year



<그림 2-33> 수단선택단계의 장래연도 수단통행량 산출 모듈

사. Trip Assignment 단계

- 통행배정 단계는 수단선택 단계에서 예측된 수단별 통행량을 도로 및 대중교통 네트워크에 배정하는 단계임

1) 입력자료

- new car&trn_{scenario_cO/De}.mat : 도로 배정 교통량 수단 O/D
- O/D_chMode_{scenario_cO/De}.mat : 수단선택대상 수단 O/D
- hwy_{scenario_cO/De}.net : 도로 네트워크

○ 대중교통 관련 입력자료

- pt_line_ {scenario_cO/De} .lin : 대중교통 라인 데이터
- pt_system_ {scenario_cO/De} .pts : 대중교통 시스템 데이터
- pt_fare_system_ {scenario_cO/De} .far : 대중교통 요금체계 데이터
- pt_walkaccess_factor_ {scenario_cO/De} .fac : 대중교통 도보접근 factor
- pt_busaccess_factor_ {scenario_cO/De} .fac : 대중교통 버스접근 factor

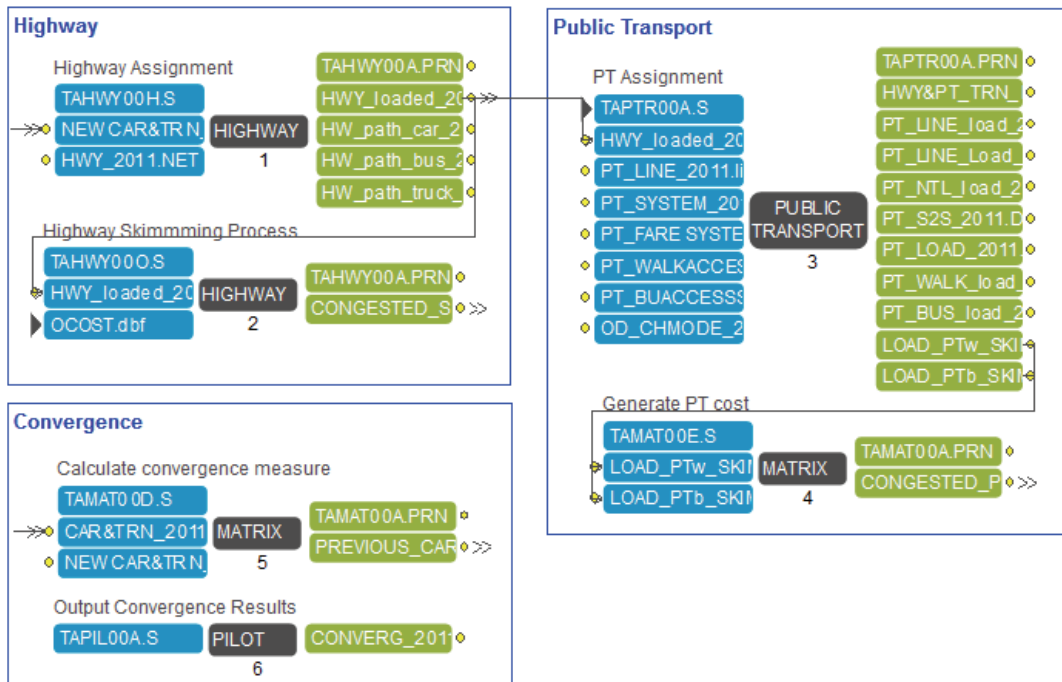
2) 출력자료

- hwy_loaded_ {scenario_cO/De} .net : 통행배정된 도로 네트워크
- hwy&pt_trn_ {scenario_cO/De} .net : 통행배정된 통합(도로+대중교통) 네트워크
- congested_skim_ {scenario_cO/De} .mat : 배정된 네트워크의 skim
- congested_pt_skim_ {scenario_cO/De} .mat : 배정된 네트워크의 대중교통 skim

3) 모듈별 설명

- HIGHWAY 1 : 도로 네트워크에 수단 분담된 통행량을 배정
- HIGHWAY 2 : 배정된 도로 네트워크를 이용하여 도로 skim 산출
- PUBLIC TRANSPORT 3 : 배정된 도로 네트워크와 대중교통 관련 입력자료를 이용하여 대중교통 O/D 배정 및 도보 및 버스접근 대중교통 통행저항(통행거리, 통행시간, 통행요금)을 산출
- MATRIX 4 : 도보 및 버스접근 대중교통 통행저항을 통합한 대중교통 통행저항 산출
- MATRIX 5 : 반복과정 전·후 수단통행량 변화비율 산출 및 다음 반복과정을 수행할 수단별 통행량 산출
- PILOT 6 : 반복과정 전·후 수단통행량 변화비율 출력

Trip Assignment



<그림 2-34> 통행배정단계 모델 구조

2. 전국 지역간

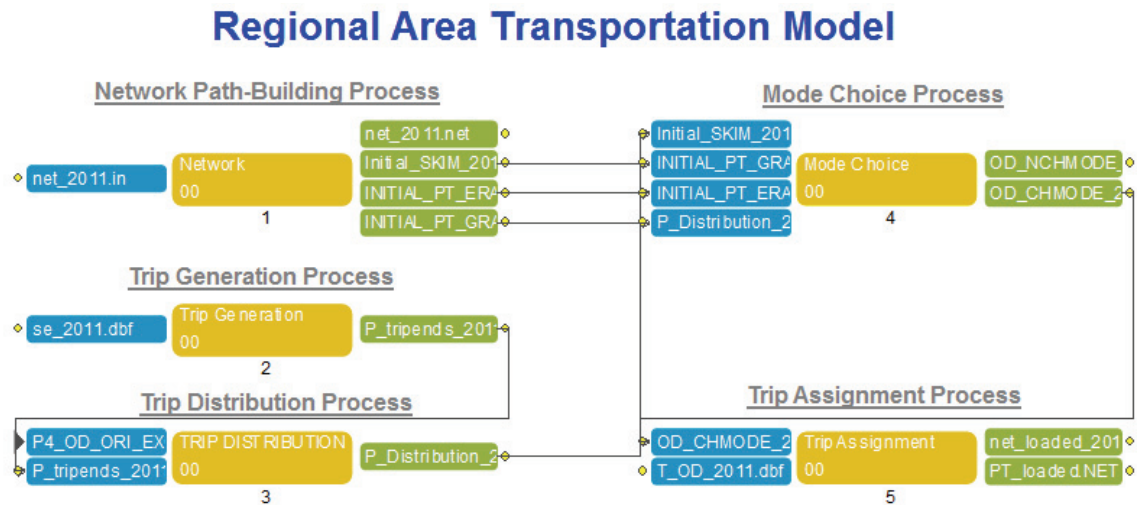
가. 개요

- 전국 지역간은 전국 163개 시·군을 251개 시·군·구로 나누어 전체 251개 존 체계로 구성되어 있음
- 전국 지역간 모델의 폴더 구성은 Application, Base, Calibrating Factors, Input 등 4개로 구성되어 있으며, Application 폴더는 각 단계별 모델의 스크립트, Base 폴더는 기준년도 2011년과 목표년도 2015년에서 2040년까지 5년 단위로 시나리오로의 입·출력 자료, Calibrating Factors 폴더는 각 단계별 보정계수, Input 폴더는 전국 지역간의 입력자료로 구성되어 있으며, Regional Area Transportation Model.cat 파일은 모델 전체 구조에 관한 정보를 포함하고 있음



<그림 2-35> 전국 지역간 모델의 폴더 구성

- 전국 지역간 모델은 Network, Trip Generation, Trip Distribution, Mode Choice, Trip Assignment 등 5단계로 구분되어 있음
- 교통수요 예측 과정은 Network에서 도로 및 대중교통 네트워크를 구축하여 수단별 skim을 산출함
- Trip Generation에서는 O/D 기반의 통행 목적별 발생·도착량을 산출함
- Trip Distribution에서는 O/D 기반의 통행 목적별 발생·도착량을 이용하여 통행 목적별 분포량을 산출함
- Mode Choice 과정은 먼저 수단선택 비대상 통행량을 산정하고, 수단선택 대상인 승용차, 버스, 고속철도, 일반철도의 통행량을 다항로짓모형을 이용하여 산출함
- Trip Assignment 과정은 수단 선택된 수단별 O/D를 네트워크에 배정함



<그림 2-36> 전국 지역간 교통수요 예측 모델 구조

나. Network 단계

- 네트워크 단계는 기존 Emme 형식의 네트워크 입력 자료를 Cube 입력 자료 형태로 변환하여 도로 및 대중교통 네트워크 구축과 도로 네트워크의 skim 및 대중교통 네트워크의 skim을 산출하는 단계임

1) 입력자료

- 네트워크 관련 입력자료
 - net_{scenario_cO/De}.in : Emme 형식의 도로 및 대중교통 네트워크
 - toll_{scenario_cO/De}.dbf : 유료도로 요금 반영한 link 데이터
- 대중교통 관련 입력자료
 - pt_line_{scenario_cO/De}.lin : 대중교통 라인 데이터
 - pt_system_{scenario_cO/De}.pts : 대중교통 시스템 데이터
 - pt_fare_system_{scenario_cO/De}.far : 대중교통 요금체계 데이터
 - pt_factor_e_{scenario_cO/De}.fac : 고속철도 승용차 접근 factor
 - pt_factor_g_{scenario_cO/De}.fac : 일반철도 승용차 접근 factor

2) 출력자료

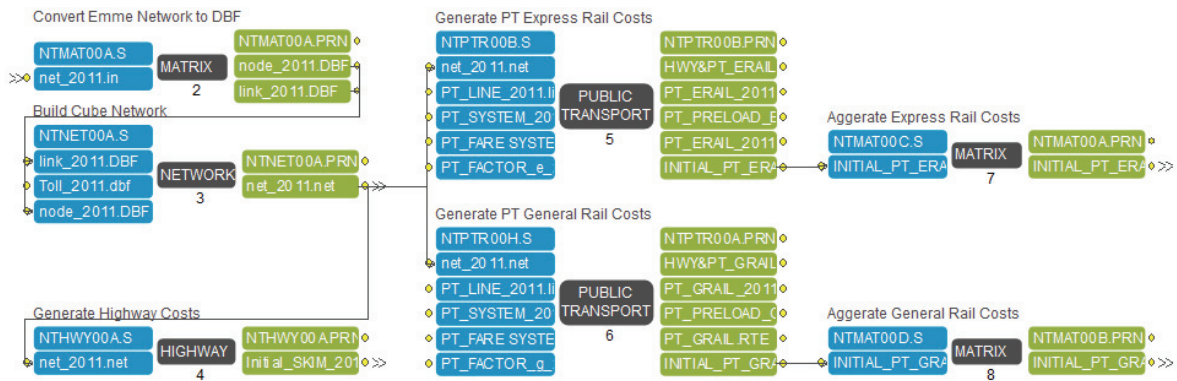
- hwy_{scenario_cO/De}.net : 도로 네트워크
- hwy&pt_erail_{scenario_cO/De}.net : 도로+고속철도+일반철도 통합 네트워크
- hwy&pt_grail_{scenario_cO/De}.net : 도로+일반철도 통합 네트워크
- initial_skim_{scenario_cO/De}.mat : 도로 네트워크의 skim
- initial_pt_erail_costs_{scenario_cO/De}.mat : 고속철도 네트워크의 skim
- initial_pt_grail_costs_{scenario_cO/De}.mat : 일반철도 네트워크의 skim

3) 모듈별 설명

- PILOT 1 : 도로 및 대중교통 네트워크 구축을 위한 입력 파일을 input 폴더로부터 해당 시나리오 폴더로 복사
- MATRIX 2 : Emme 형식의 도로 및 대중교통 네트워크 입력 자료를 Cube 형식의 네트워크 입력 자료로 변환하기 위해 NO/De와 Link를 DBF 형태의 파일로 변환
- NETWORK 3 : 네트워크 입력자료인 NO/De와 Link DBF 파일과 유료도로 통행료가 반영된 Link 파일을 입력하여 Cube 형식의 네트워크 구축
- HIGHWAY 4 : 구축된 네트워크를 이용하여 도로의 통행저항(통행거리, 통행시간, 통행료)을 산출
- PUBLIC TRANSPORT 5, 6 : 구축된 도로 네트워크와 대중교통 관련 입력자료를 이용하여 고속철도와 일반철도의 통행저항(통행거리, 통행시간, 통행요금)을 산출
- MATRIX 7 : 고속철도의 통행저항 산출
- MATRIX 8 : 고속철도의 통행저항 산출

Build Network & Highway and Public Transit Costs

NTPIL00A.S PILOT 1



<그림 2-37> 네트워크단계 모델 구조

다. Trip Generation 단계

- 통행발생 단계는 7개의 통행목적별 (출근, 등교, 쇼핑, 기타, 업무, 귀가, 여가) 발생 · 도착량을 4개의 통행목적별 (기타(출근, 등교, 쇼핑, 기타), 업무, 귀가, 여가) O/D기반의 통행발생 · 도착량을 산출하는 단계임

1) 입력자료

- se_ {scenario_cO/De} .dbf : 사회경제지표
- p_O/D_ {scenario_cO/De} .dbf : 전수화된 통행 목적별 O/D 통행량

2) 출력자료

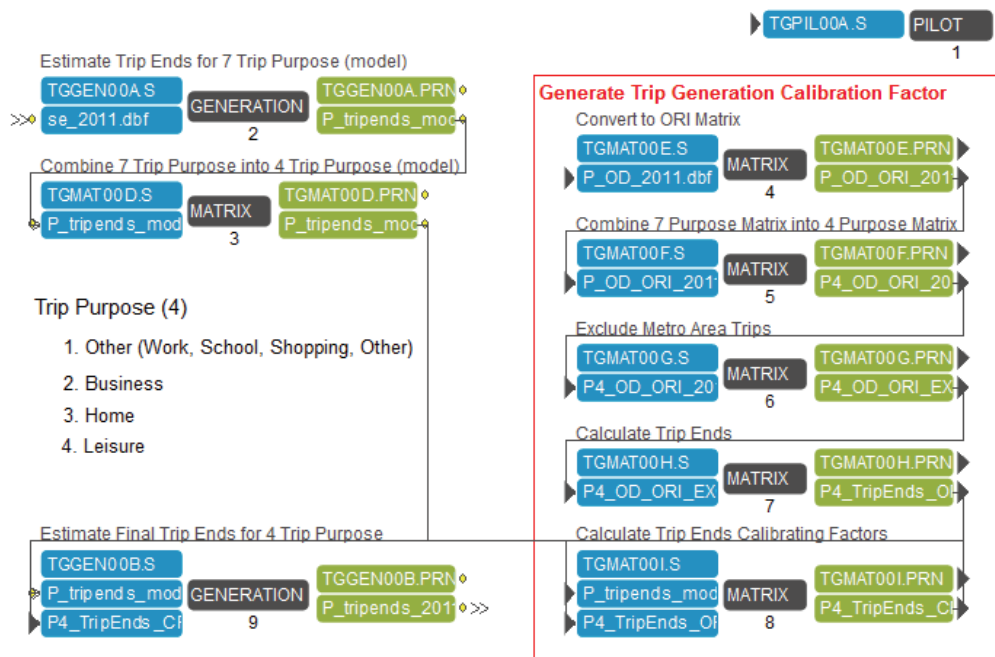
- p4_tripends_cf.dbf : 통행 목적별 발생 · 도착 보정계수
- p_tripends_ {scenario_cO/De} .dbf : 통행 목적별 발생 · 도착량

3) 모듈별 설명

- PILOT 1 : 통행발생 · 도착량 예측을 위한 입력자 료인 사회 · 경제지표 파일을 input 폴더로부터 해당 시나리오 폴더로 복사
- GENERATION 2 : 해당 시나리오의 사회 · 경제 지표와 통행 목적별 발생 · 도착 모형을 적용해 모델 결과인 통행발생 · 도착량을 산출

- MATRIX 3 : 7개 목적 통행발생 · 도착량을 4개 목적 통행발생 · 도착량으로 집계
- MATRIX 4 : 전수화된 통행목적별 O/D 입력
- MATRIX 5 : 전수화된 7개 통행목적별 O/D를 4개 통행목적별 O/D로 집계
- MATRIX 6 : 전수화된 4개 통행목적별 O/D를 대도시권 내부 통행량 0으로 초기화
- MATRIX 7 : 전수화된 4개 통행목적별 O/D를 대도시권 내부통행량을 제외한 통행발생 · 도착량 집계
- MATRIX 8 : 전수화된 통행량과 모델통행량을 비교하여 보정계수 산출
- GENERATION 9 : 통행 목적별 발생 · 도착 모델 결과에 산출된 보정계수를 적용하고 총량을 일치시켜 최종적인 통행목적별 발생 · 도착량을 산출

Trip Generation Model



<그림 2-38> 통행발생단계 모델 구조

라. Trip Distribution 단계

- 통행분포 단계는 4개 통행목적별(기타(출근, 등교, 쇼핑, 기타), 업무, 귀가, 여가) O/D기반의 통행 분포량을 산출하는 단계임

1) 입력자료

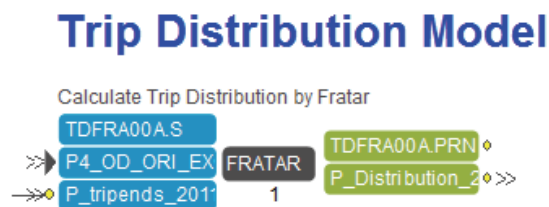
- p4_ori_exclude_2011.mat : 대도시권 내부통행량이 제외된 목적별 O/D
- p_tripends_{scenario_cO/De}.dbf : 통행발생단계의 통행 발생·도착량

2) 출력자료

- p_distribution_{scenario_cO/De}.mat : 연도별 목적별 통행 분포량

3) 모듈별 설명

- FRATAR 1 : 기준연도 목적별 O/D와 연도별 통행발생·도착량을 이용하여 통행분포량 산출



<그림 2-39> 통행분포단계 모델 구조

마. Mode Choice 단계

- 수단선택 단계는 O/D 기반 총목적 통행량을 수단선택 비대상 수단(항공, 해운)의 비율을 이용해서 산출하고, 수단선택대상 수단(승용차, 버스, 고속철도, 일반철도)에 대해서 수단선택 모형인 다항로짓모형과 Incremental 로짓모형을 적용해 수단 통행량을 산출하는 단계임

1) 입력자료

- m_O/D_2011 {scenario_cO/De}.mat : 전수화된 수단별 통행량
- initial_skim {scenario_cO/De}.mat : 도로 네트워크의 통행저항
- initail_pt_erail_costs {scenario_cO/De}.mat : 고속철도 네트워크의 통행저항
- initail_pt_grail_costs {scenario_cO/De}.mat : 일반철도 네트워크의 통행저항

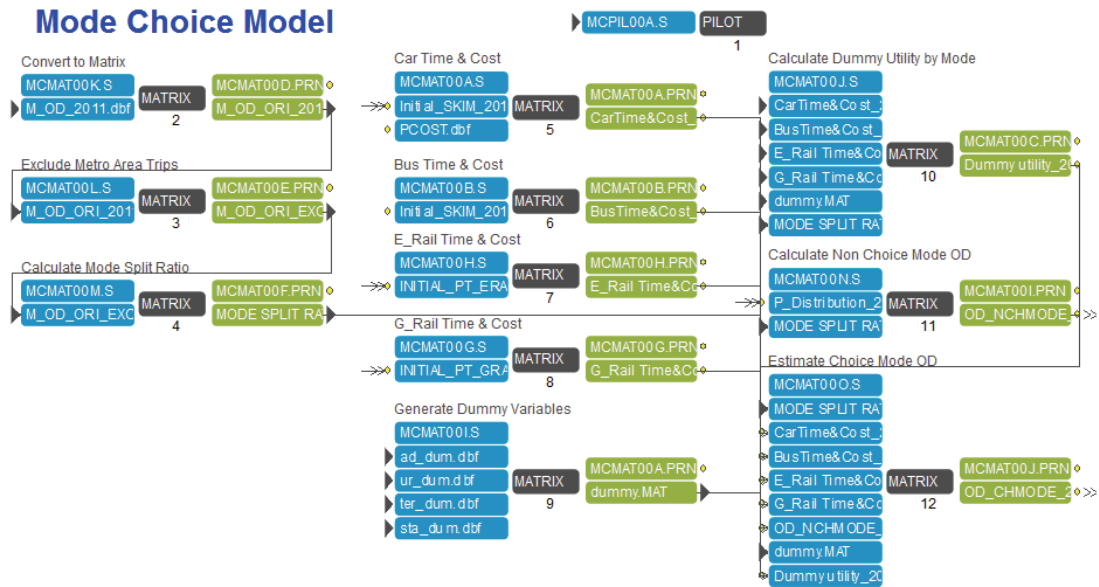
2) 출력자료

- cartime&cost {scenario_cO/De}.mat : 승용차 통행시간과 비용
- bustime&cost {scenario_cO/De}.mat : 버스 통행시간과 비용
- e_railtime&cost {scenario_cO/De}.mat : 고속철도 통행시간과 비용
- g_railtime&cost {scenario_cO/De}.mat : 일반철도 통행시간과 비용
- O/D_nchMode {scenario_cO/De}.mat : 비수단선택대상 수단 O/D
- O/D_chMode {scenario_cO/De}.mat : 수단선택대상 O/D

3) 모듈별 설명

- PILOT 1 : 수단선택을 위해 필요한 입력파일을 input 폴더로부터 해당 시나리오 폴더로 복사
- MATRIX 2 : 기준연도 수단통행량 입력
- MATRIX 3 : 대도시권 내부통행량을 제외한 기준연도 수단 O/D 산출
- MATRIX 4 : 내부통행량을 제외한 기준연도 O/D의 수단별 분담비율 산출
- MATRIX 5 : 네트워크 skim과 주차비용을 이용한 승용차 통행시간과 통행비용 산출
- MATRIX 6 : 네트워크 skim과 버스 요금체계를 이용한 버스 통행시간과 통행비용 산출
- MATRIX 7 : 고속철도 skim을 이용한 고속철도 통행시간과 통행비용 산출
- MATRIX 8 : 일반철도 skim을 이용한 일반철도 통행시간과 통행비용 산출
- MATRIX 9 : 로짓모형 적용 더미변수 생성
- MATRIX 10 : Incremental 로짓모형 적용을 위한 더미 효용 산출

- MATRIX 11 : 수단선택 비대상 수단별 O/D 산출
- MATRIX 12 : 수단선택 대상 수단별 O/D 산출



<그림 2-40> 수단선택단계 모델 구조

바. Trip Assignment 단계

- 통행배정 단계는 수단선택 단계에서 예측된 수단별 통행량을 도로 및 대중교통 네트워크에 배정하는 단계임

1) 입력자료

- O/D_chMode_{scenario_cO/De}.mat : 수단선택대상 수단 O/D
- t_O/D_{scenario_cO/De}.mat : 화물수단 O/D
- hwy_{scenario_cO/De}.net : 도로 네트워크
- 대중교통 관련 입력자료
 - pt_line_{scenario_cO/De}.lin : 대중교통 라인 데이터
 - pt_system_{scenario_cO/De}.pts : 대중교통 시스템 데이터
 - pt_fare_system_{scenario_cO/De}.far : 대중교통 요금체계 데이터

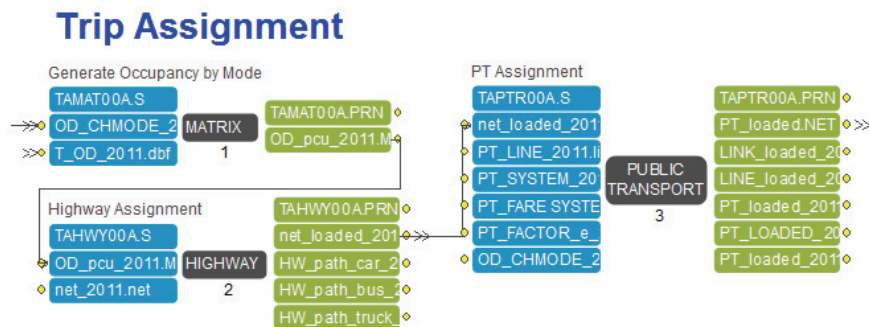
- pt_factor_e_{scenario_cO/De}.fac : 고속철도 승용차 접근 factor
- pt_factor_g_{scenario_cO/De}.fac : 일반철도 승용차 접근 factor

2) 출력자료

- net_loaded_{scenario_cO/De}.net : 통행배정된 도로 네트워크
- pt_loaded_{scenario_cO/De}.net : 통행배정된 대중교통 네트워크

3) 모듈별 설명

- MATRIX 1 : 수단통행량 O/D를 통행배정을 위해 PCU 단위로 환산
- HIGHWAY 2 : 도로 네트워크에 수단 분담된 통행량을 배정
- PUBLIC TRANSPORT 3 : 배정된 도로 네트워크와 대중교통 관련 입력자료를 이용하여 고속철도와 일반철도 통행량을 배정

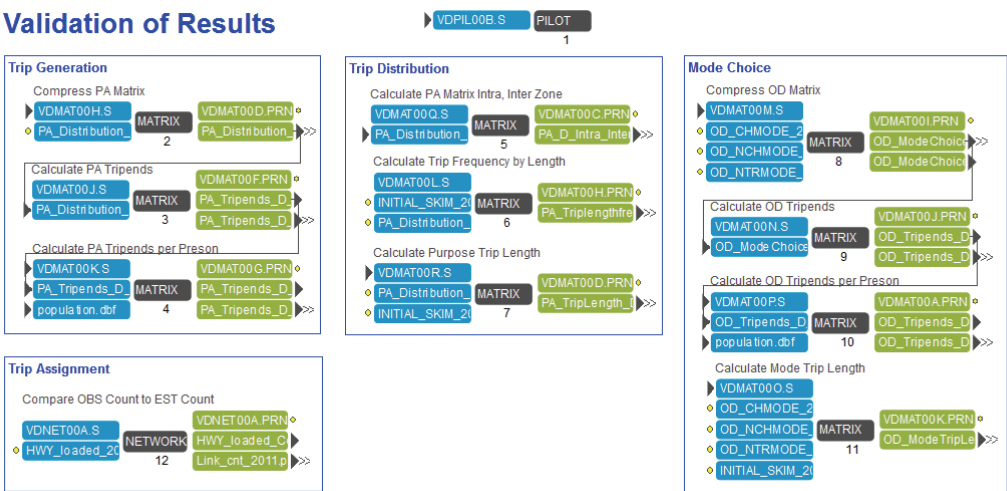


<그림 2-41> 통행배정단계 모델 구조

제4절 교통정책 분석을 위한 시뮬레이션 방안 연구

1. 교통수요 예측 검정과정 단계별 처리 프로그램 개발

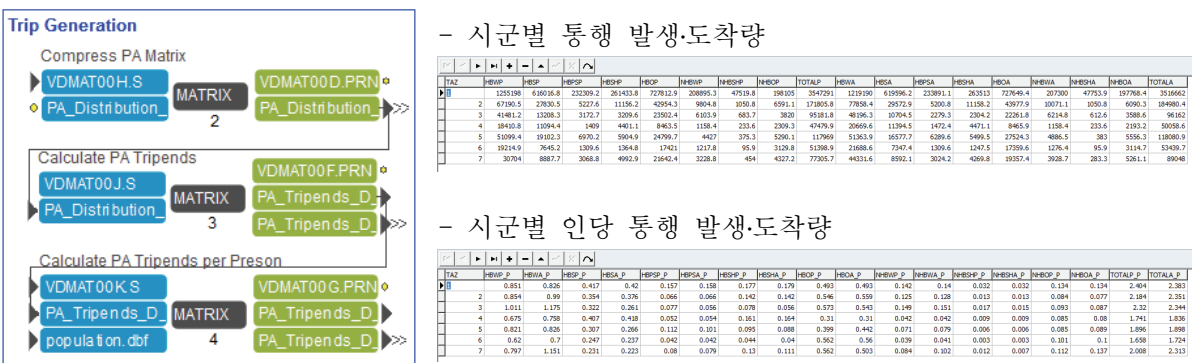
- 교통수요 예측과정의 각 단계별 검증은 아래 Validation of Result 단계 결과를 통해 각 단계별 결과의 적정성을 검토할 수 있음



<그림 2-42> 교통수요 예측 단계별 결과검증

가. 통행발생단계

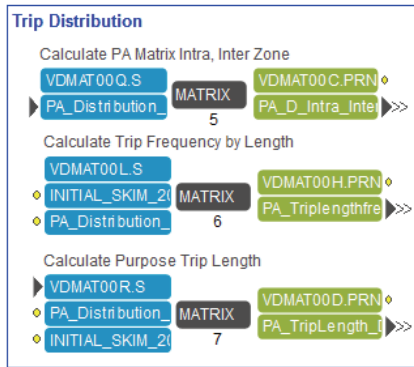
- 통행발생 단계의 결과검증은 시군별 통행목적별 발생·도착량과 이를 시군별 인구나
 인당 통행횟수 등을 검토하여 통행발생단계의 적정성을 검토함



<그림 2-43> 통행발생단계 결과 검증

나. 통행분포단계

- 통행분포 단계의 결과검증은 시군별 통행목적별 발생·도착량과 이를 시군별 인구로 나눈 인당 통행횟수 등을 검토하여 통행발생단계의 적정성을 검토함



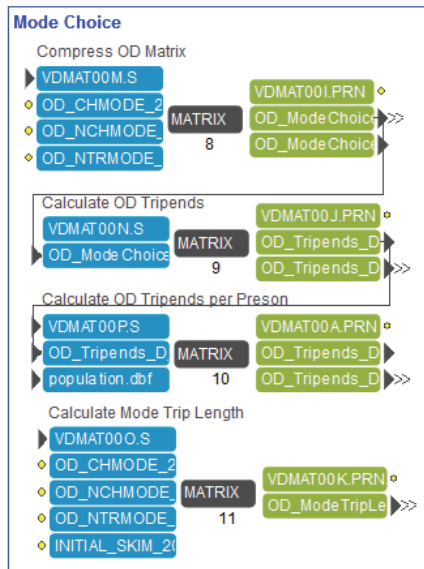
- 통행목적별 통행거리별 빈도

DISTANCE	HBW	HBS	HBPS	HBHS	HBO	NHBW	NHBHS	NHBO
1	389016.5	360339.2	149782	121193.9	361844	72407.49	20293.67	104246.4
2	207659.6	98069.75	44669.06	57047.91	151872.7	34329.12	7506.72	31276.95
3	131140.8	57143.12	18629.59	29039.83	82725.8	20084.35	4090.58	16046.74
4	120196.3	34888.94	10963.74	24477.74	56386.6	16578.28	5616.58	16147.03
5	102010.7	35994.09	9042.09	15075.36	50931.64	18632.87	3961.57	10320.8
6	79122.57	27124.96	5359.22	11495.9	32516.02	11500.59	2072.77	8371.3
7	76448.91	20881.52	4166.2	6721.66	25782.62	12721.63	2279.39	7643.11
8	68933.21	11746.52	2255.85	5522.72	22532	11657.2	2128.57	5806.84
9	46567.73	11311.55	1930.02	4072.64	11618.33	5747.68	528.6	4325.58
10	41296.46	12351.84	972.6	3186.9	12543.6	7674.97	371.82	4195.85
11	40625.31	9181.04	2516.7	3082.39	10460	4683.93	702.4	2776.32
12	36063.43	7625.35	933.73	3159.75	13131.98	4322.45	235.78	1658.86
13	17845.11	3040.74	466.46	1628.73	6243.74	3945.74	64.5	1430.42
14	26162.91	4699.4	293.22	399.22	5686.8	2619.81	198.63	1985.71

<그림 2-44> 통행분포단계 결과 검증

다. 수단선택단계

- 수단선택 단계의 결과검증은 시군별 수단통행량과 시군별 인구로 나눈 인당 수단통행 횟수 등을 검토하여 통행발생단계의 적정성을 검토함



- 시군별 수단통행량

1 CAR	2 BUS	3 SUBWAY	4 OTHER	5 BUS_EX	6 BUS_OT	7 TAXI	8 WALK	9 BYCLE	*10 TOTAL
Sum	1	2	3	4	5	6	7		
4108440.74	3524746.81	179717.16	95939.77	48932.85	121756.84	52393.39	84953.92		
1	3539221.24	3461087.88	21141.43	13860.10	1385.14	22189.47	1132.88	18424.34	
2	177069.97	18383.17	156400.44	0.00	0.00	992.07	1242.40	51.89	
3	95404.89	12735.15	0.00	80687.24	378.29	641.08	0.00	963.13	
4	48605.91	1056.61	0.00	362.06	47089.25	97.99	0.00	0.00	
5	114293.25	15163.85	819.20	393.80	80.17	97836.23	0.00	0.00	
6	52445.55	1115.55	1311.89	0.00	0.00	0.00	50018.11	0.00	
7	81399.93	15204.60	44.20	636.57	0.00	0.00	0.00	65514.56	

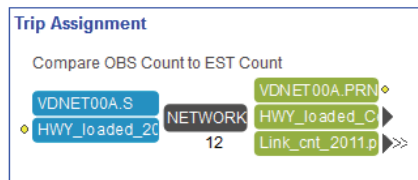
- 시군별 인당 수단통행량

TAXI	CAR_P	BUS_P	SUBWAY_P	TAXI_P	OTHER_P	WALK_P	BYCLE_P	TOTAL_P	CAR_P	BUS_P	SUBWAY_P	TAXI_P	OTHER_P	WALK_P	BYCLE_P	TOTAL_P
1	0.981	0.269	0.036	0.22	0.042	0.685	0.03	2.398	0.977	0.269	0.036	0.219	0.042	0.685	0.03	2.388
2	0.872	0.32	0	0.102	0.203	0.616	0.086	2.251	0.861	0.321	0	0.105	0.204	0.616	0.086	2.284
3	1.048	0.17	0	0.096	0.246	0.555	0.362	2.325	1.028	0.169	0	0.096	0.247	0.555	0.362	2.328
4	0.608	0.103	0	0.088	0.203	0.628	0.116	1.782	0.617	0.103	0	0.088	0.202	0.628	0.116	1.794
5	0.873	0.14	0	0.066	0.121	0.588	0.018	1.837	0.966	0.141	0	0.065	0.122	0.588	0.018	1.957
6	0.617	0.106	0	0.106	0.33	0.436	0.047	1.692	0.611	0.106	0	0.106	0.332	0.436	0.047	1.69
7	0.937	0.085	0.001	0.092	0.240	0.633	0.046	2.114	0.981	0.086	0.001	0.094	0.241	0.631	0.046	2.06

<그림 2-45> 수단선택단계 결과 검증

라. 통행배정단계

- 통행배정 단계의 결과검증은 도로 네트워크의 스크린/코든라인 관측교통량과 배정교통량을 비교함으로써 통행배정단계의 적정성을 검토함



- 관측교통량과 배정교통량 비교

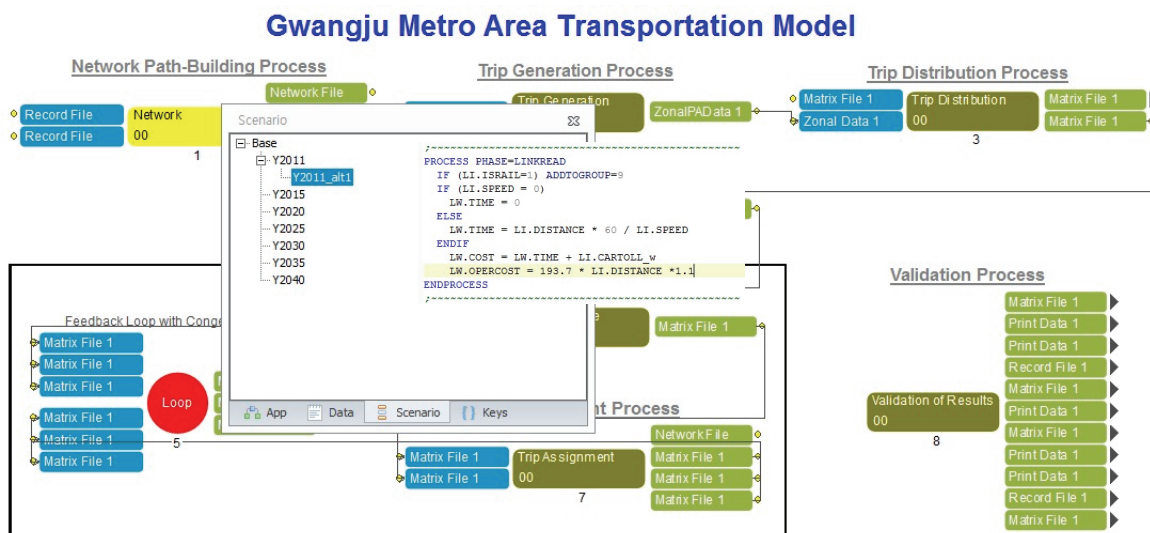
	A NODE	B NODE	COUNT	ASSN VOL	DIFF	%DIFF
1	611039	611452	101	5	-95	-94.6%
2	611074	611122	342	20	-322	-94.1%
3	611078	611116	21	0	-21	-100.0%
4	611116	611078	30	0	-30	-100.0%
5	611122	611074	333	20	-313	-93.9%
6	611141	611550	759	381	-378	-49.8%
7	611171	611643	11860	5655	-6205	-52.3%
8	611397	611418	1205	219	-986	-81.8%
9	611418	611397	1316	147	-1169	-88.8%
10	611452	611039	109	6	-103	-94.6%

<그림 2-46> 통행배정단계 결과 검증

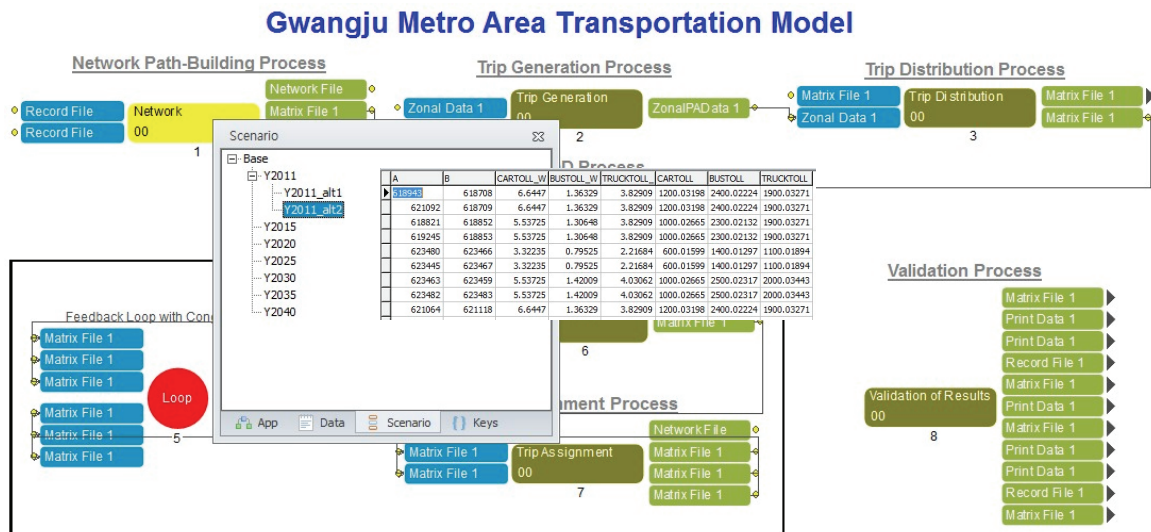
2. 교통정책도입에 따른 효과 분석 등의 정책분석 과정 프로그램 개발

가. 시나리오 분석을 통한 정책분석 과정

- Cube Voyager로 구축된 모델에서는 시나리오 추가를 통해 유류비 상승 혹은 혼잡 통행료 징수 등 다양한 시나리오를 분석할 수 있음
- 유류비 상승이나 혼잡통행료 징수 등의 정책도입에 따라 통행의 포기, 통행수단의 변화, 출발시간대의 변화, 대기오염량의 변화 등 다양한 효과를 분석함



<그림 2-47> 정책분석 시나리오(유류비 상승)



<그림 2-48> 정책분석 시나리오(혼잡통행료 징수)

- 유류비 상승의 경우 승용차 운영비용이 증가되어 다른 수단으로 전환이 이루어져야 하나, 수단선택과정에서 Incremental 로짓모형을 적용함으로써 수단선택의 변화량이 없는 것으로 분석됨
- 또한 도심 진입구간에 혼잡통행료를 징수하는 경우 통행수단의 전환 혹은 출발시간대의 변화가 있어야하지만, 이동 경로 변화와 같은 교통량 전환에 따른 증감 등에 국한된 효과만을 분석할 수 있음
- 현재 진행되고 있는 KTDB 4단계 모델의 개선 및 정밀도 향상도 필요하지만, 향후 다양한 교통정책의 도입과 사회구조의 변화에 따른 정책시행에 대한 통행패턴의 변화와 같은 효과분석 등을 파악할 수 있는 새로운 모델의 도입이 필요함

제3장 대중교통 수요분석의 현황진단 및 향후 개선방안

제1절 국내 대중교통 수요분석 사례연구

제2절 해외 대중교통 수요분석 사례연구

제3절 대중교통 수요분석 예비연구 모형

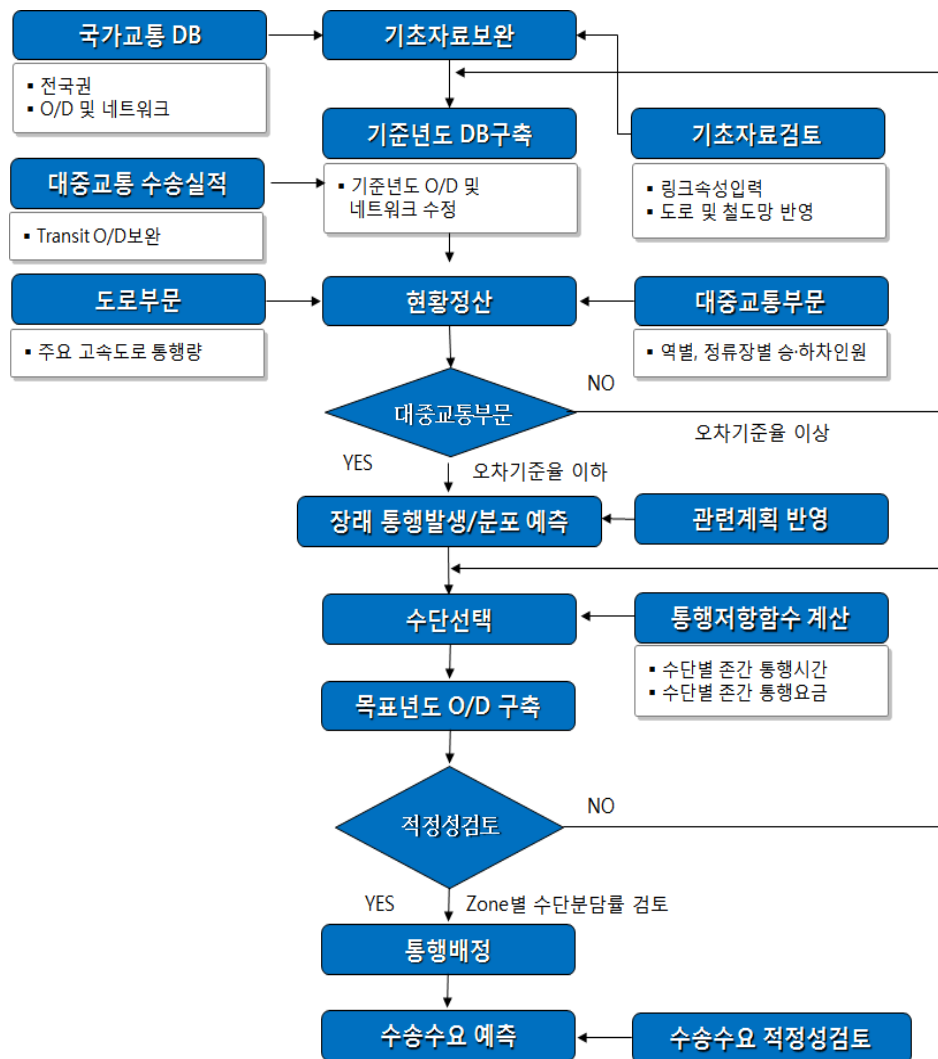
제3장 대중교통 수요분석의 현황진단 및 향후 개선방안

제1절 국내 대중교통 수요분석 사례연구

1. 국내 대중교통 수요분석 현황

가. 대중교통 수요분석의 일반적인 방법론

- 국내에서 일반적으로 적용되는 대중교통 수요추정 방법으로 전통적인 4단계 수요추정 방법을 적용하고 있음. 4단계 수요추정방법은 통행발생, 통행분포, 수단선택, 통행배정의 4단계로 구성되어 있으며, 국내 대중교통 수요뿐만 아니라 일반적인 교통수요 추정에도 적용되고 있는 모형임
 - 통행발생 단계는 각 존에서 발생하는 교통량과 도착하는 교통량을 추정하는 단계로 증감율법, 원단위법, 교차분류법, 회귀분석법들을 적용하고 있음
 - 통행분포 단계는 발생·도착 교통량을 교통존 간 배분하는 단계로써 성장인자모형, 중력모형, 엔트로피 극대화 모형, 간섭기회 모형 등이 사용되고 있음
 - 수단선택은 교통존간 O/D 자료를 이용자가 선택 가능한 교통수단별로 세분화 하는 단계이며, 통행단모형, 통행교차모형, 개별행태모형 등이 사용되고 있음
 - 통행배정 단계는 각 교통수단별 O/D자료를 대상지역내 교통망에 배정하는 단계로 전량통행배정방법, 용량제약 통행배정방법, 확률적 통행배정 방법, 평형 통행배정 방법 등이 사용됨
- 국내 대중교통 부분의 교통수요 추정은 <그림 3-1>과 같이 KTDB를 이용하여 기준 연도 도로와 철도 부분의 현황 정산을 수행한 후, 이를 토대로 4단계 예측 모형을 이용하여 장래 대중교통 수요를 예측함
- 일반적으로 철도와 도로의 전환통행량을 기준으로 수요를 추정하기 때문에 4단계 예측 모형 중 수단선택과 통행배정 과정이 매우 중요한 역할을 함



<그림 3-1> 일반적인 대중교통 수요분석 과정

나. 대중교통 수요의 현황 정산

- 대중교통 통행배정 시 모형의 정산을 위해서 각 노선의 역별로 추정된 승차인원을 관측된 승차인원과 비교하여 분석하고, 영향권 내 주요 역의 관측 승차인원과 모형 상 추정된 승차인원의 비교를 통하여 모형이 현실을 제대로 반영하고 있는지를 판단하고 있음
- 기존에 배포된 KTDB의 O/D에서는 하나의 교통존에서 행정동 전체의 통행량이 발생하는 것으로 가정하고 있기 때문에 역별 수요를 정산하는 데 큰 어려움이 존재함
 - 존 센트로이드 커넥터의 위치에 따라 역별 순 승차인원의 영향을 많이 받는 문제점을 내포하고 있음

- 하나의 존에 여러 역사가 존재하는 경우가 있어 통행배정시 승하차량이 0이 되는 역사가 존재하는 경우가 발생함. 이런 경우 역세권에 따른 존 세분화를 통한 분석이 필요하지만 존 세분화의 명확한 기준이 정립되지 않은 상태임
- 대중교통 통행배정의 역별 정산에 이용되는 관측승차인원은 실측자료의 한계성으로 인해 해당 정류장의 순 승차인원만을 적용하고 있음. 환승의 경우 자료 확보의 어려움으로 정산에 포함되어 분석하지 못하기 때문에 환승을 포함한 통행행태를 정산하고 모형화 하기에는 어려움이 따름

다. 대중교통 수요분석을 위한 수단분담 모형 구축

- 현재 가장 널리 사용되는 수단분담 모형은 개별행태 모형 중 로짓모형임
- 이는 효용함수에 포함되는 독립변수가 단위에 제약을 받지 않고 사용될 수 있고, 통행자의 특성, 교통수단이 제공하는 서비스의 속성 및 통행 목적 등 통행자체의 속성을 자유롭게 효용함수에 포함시킴으로써 통행자의 현실적 선택행태를 설명할 수 있는 장점이 있음
- 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 있음
 - 수단에 따라 통행시간, 통행비용에 대한 계수의 분포가 다름에도 하나의 분포를 적용하기 때문에 대중교통 수단의 특성을 모형에 적절히 반영할 수 없음
 - 또한, 통행시간에 대한 계수가 통행비용의 계수보다 절대적으로 수치가 크기 때문에 통행비용에 따른 수단선택의 민감도를 반영할 수 없음
 - 예를 들어, 동일구간에 대하여 일반철도와 KTX에 대한 수요분석시 통행시간이 작지만 통행비용이 큰 KTX로 수요가 집중되는 오류가 발생하기도 함
 - 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 수단의 특성을 반영할 수 있는 대안특성변수 (Alternative Specific Variable)를 적용해야 함
- 수단선택 모형 적용상의 다른 문제점으로는 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 없음

<표 3-1> 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	-	
	택시					-2.55838	-201.265
	버스					0.0776925	14.827
	지하철					-0.0579425	-10.264
부산·울산권	승용차	-0.02073	-16.37	-0.00013	-25.95		
	택시					-0.05076	-2.33
	버스					-2.43748	-77.75
	지하철					-1.15996	-36.98
대구광역권	승용차	-0.02028	-6.91	-0.00012	-21.72		
	택시					-1.27070	-60.74
	버스					-2.95229	-38.96
	지하철					-1.98126	-48.52
광주광역권	승용차	-0.04616	-17.39	-0.00029	-18.03		
	택시					-0.42657	-10.48
	버스					-1.47038	-20.08
	지하철					-1.47038	-22.00
대전광역권	승용차	-0.05069	-7.18	-0.00033	-11.55		
	택시					-0.65488	-9.62
	버스					-3.25795	-21.42
	지하철					-1.05534	-12.35
전주대도시권	승용차	-0.05134	-16.44	-0.00033	-17.35		
	택시					-0.61237	-7.93
	버스					-2.07486	-7.22
	지하철					-0.92070	-9.33

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

2) 한국교통연구원, 『2007년 국가교통DB 최종보고서-9권 광역권 여객 기종점통행량 전수화』, 2008.

○ 수단선택모형의 효용함수 파라미터 적용 사례

- KTX○○사업에서는 승용차, 버스, 일반철도, 고속철도로 구성된 4가지 수단에 대한 다항로짓모형을 이용하여 수단선택모형을 적용함. 그러나, 통행시간 및 통행비용의 변수는 수단에 관계없이 동일한 값을 적용하여 수단의 특성이 반영되기 보다는 상수항에 의존하여 수단분담모형이 적용된 한계점이 있음
- ◇◇ 도시철도 사업에서도 KTX○○사업과 같이 수단에 관계없이 통행시간 및 통행비용의 파라미터를 동일한 값을 적용하는 한계점을 나타냄

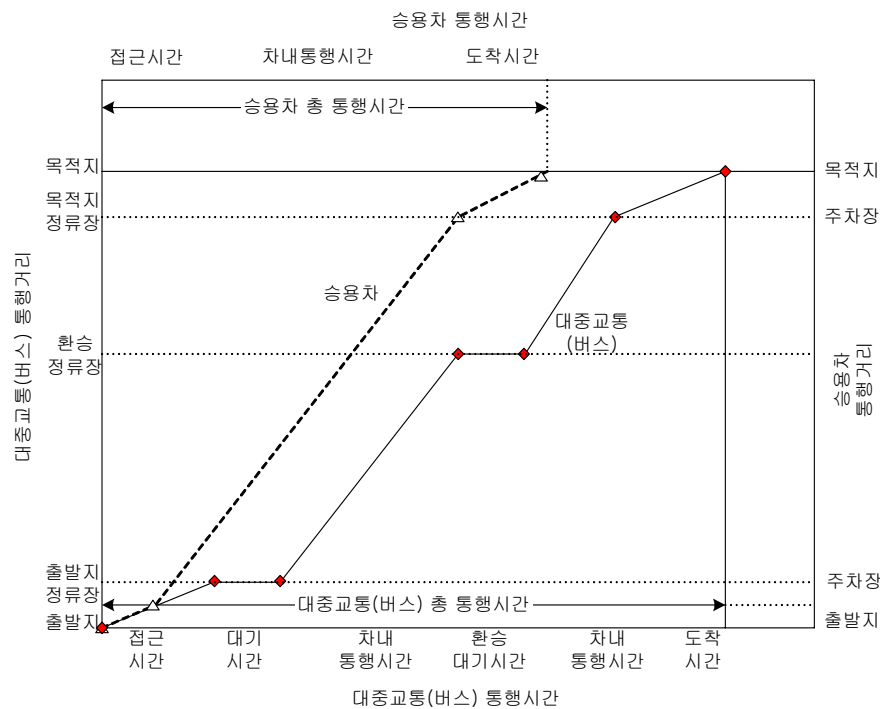
<표 3-2> 수단선택모형의 효용함수 파라미터 적용 사례

	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(제5판)』, 2008.

라. 대중교통 수요분석을 위한 통행배정 분석

- 전통적인 통행배정 모형으로는 전량통행배정 (All-Or-Nothing Assignment) 과 확률적 통행배정모형(Stochastic Assignment), 최적전략 통행배정모형 (Optimal Strategy Assignment) 가 있음
- 이 중 Spiess-Florian(1989)에 의해 제안된 최적전략 통행배정모형 (Optimal Strategy Assignment)이 대중교통 수요추정을 위해 가장 널리 사용되는 모형임
 - 최적전략 통행배정모형 (Optimal Strategy Assignment)은 대중교통 이용자가 출발지에서 목적지까지 도착하기 위하여 경로 선택 방법을 다양하게 설정할 수 있다고 정의하며, 가능한 전략(경로선택 방법) 중에서 통행자의 평균통행시간(혹은 통행비용)을 최소화해주는 전략을 최적전략(Optimal Strategy)이라 함
 - 최적전략 통행배정모형은 용량 제약을 고려하지 않고, 최적전략에 의해서 노선과 경로가 선택됨
- 최적전략 통행배정 시 보다 현실적인 최적전략을 고려하기 위해 차내시간, 차외시간, 요금 등과 관련된 일반화 비용과 파라미터를 적용함. 이 중 차외시간은 접근시간, 대기시간, 환승(대기)시간, 도착시간으로 구성되어 있음
 - 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



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

<그림 3-2> 대중교통 통행시간

- 대중교통 통행배정 시 차외시간 속성이 미치는 영향은 매우 크게 나타나며, 기존 연구에서는 차내시간에 대한 차외시간 가중치를 제시하고 있으나, 차외시간 가중치에 대한 표준화된 적용 기준 및 방법이 미흡한 실정임
- 『도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침(제5판)』(2008)에서는 광역/도시철도 통행배정시 차외시간은 차내 시간의 1.0-2.0배의 가중치 파라미터를 적용하도록 제시하고 있으나, 적용수치에 따라 대중교통 이용수요의 차이가 발생할 수 있음
- 특히, 대기시간 가중치의 경우 광역/도시철도의 대기시간은 지역간 철도에 비하여 배차간격이 짧기 때문에 확률적으로 배차간격의 1/2를 적용하는 것이 합리적이지만, 고정된 배차간격을 가지고 있는 일반철도의 경우 통행자는 열차운행계획에 맞춰 정류장에 도착하고 대기하는 경향이 있기 때문에 대기시간 가중치를 배차간격의 1/2로 설정하는 것은 현실에 위배됨
 - 예를 들어, 배차간격이 999분과 같은 경우 대기시간이 499분으로 설정되기 때문에 대기시간의 일률적인 적용은 현실을 반영한 수요를 추정할 수 없음
- 지역간 철도와 같이 배차간격이 상당히 큰 노선의 대기시간은 배차간격의 1/2보다 더 작은 값을 적용하는 것이 바람직함에도 불구하고 이에 대한 명확한 기준이 없음

- 따라서, 국내에서는 통행배정시 관련 파라미터의 명확한 기준 및 적용방법이 없기 때문에 사용자의 판단에 의해 속성값을 분석에 적용하고 있는 실정임

<표 3-3> 철도부문 통행배정 일반화 비용 산정을 위한 국내 외 연구

국·내외 연구		차내 시간	차외시간			
			접근 통행시간	대기시간	탑승시간	환승시간
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
	서울시내간	1.00	1.507	1.749	-	1.474
	서울경기간	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 지참연구는 캐나다 토론토를 대상으로 유전자 알고리즘을 활용하여 EMME/2 대중교통 통행배정과 관련된 파라미터를 추정된 연구로 표에 제시된 결과 이외에 탑승시간은 2.6분, 대기시간 factor 0.49를 도출하였음
 자료 : 『도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침(제5판)』, 한국개발연구원, 2008

2. 국내 대중교통 통행행태 분석 연구

가. 대중교통 환승통행 분석

1) 환승 네트워크를 이용한 환승수요 분석의 한계

- 대중교통 통행(Trip)의 경우 공로와 달리 차내통행과 차외통행으로 구분됨. 특히 대중교통 이용자의 경우 필수적으로 대중교통으로의 접근 및 환승이 발생하므로 차외통행에 대한 분석이 대중교통 수요추정에 중요한 역할을 함
 - 차외통행의 경우 정류장에 대한 접근 통행, 수단과 수단 사이의 환승통행, 도착 통행으로 구분됨
- 수도권 통합요금제 도입이후 수도권의 환승통행량은 지속적으로 증가하고 있으며, 수도권 이외의 전국에 환승 개념을 대중교통 시스템에 도입하고 있는 추세임. 하지만 국내 대중교통 수요분석에서는 수단 내 환승을 포함하여 버스와 지하철 사이의 수단간 환승에 대한 분석 방법론의 미비로 분석가마다 각기 다른 방식을 적용하고 있음
- 일반적인 철도의 수요분석 모형에서는 승객의 업무·비업무 통행 시간가치를 활용하여 환승요금을 거리로 환산 후, 환승에 소요되는 통행시간 및 통행비용을 분석에 적용하

고 있음. 그러나 이러한 방법은 분석가에 의해 환승링크가 조정되고 분석 네트워크의 구축에 따라 환승행태가 달라질 수 있음

- 이러한 환승수요 분석의 사례를 살펴보면 다음과 같음
 - ○○ 경전철 사업에서는 경전철 노선을 철도네트워크로 표현하여 지하철과의 환승통행을 구현하였지만, 경전철 노선과 직·간접적으로 연계되는 버스수단과의 환승통행은 반영하지 못함
 - □□ BRT 사업에서는 수단간 환승수요 반영을 위하여 통행 O/D를 세 가지로 분리하여 통행배정을 수행함. 즉, 수단간 환승을 구현하기 위해 기존의 O/D를 환승 가능한 O/D로 세분화하여 BRT-지하철, BRT-BUS사이의 환승 수요를 예측함
 - ◇◇ 도시철도 사업에서는 환승통행비용의 거리 환산에 대해 명확한 기준이 없이 센트로이드 커넥터의 통행거리 조정을 통하여 환승링크의 통행비용을 가정하는 방법으로 환승을 적용함
 - ○○역 신설사업에서는 대중교통 네트워크 구축 및 환승체계의 분석을 하지 않고 교통영향분석을 수행함

<표 3-4> 환승수요 추정 사례

사업명	환승 표현 방법	수요추정의 문제점
○○ 경전철 사업	철도 네트워크 적용	버스와의 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

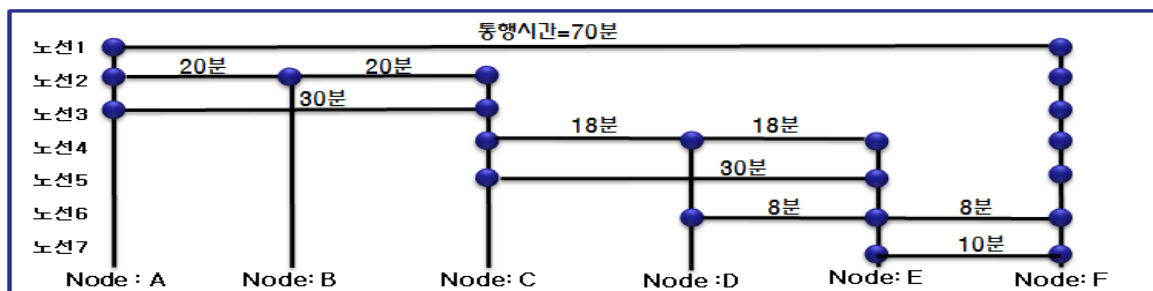
2) 통행배정 알고리즘 기법의 한계로 인한 환승수요 분석의 한계

- 대중교통 통행배정에 적용되는 최적전략 기법의 한계로 인하여 환승 통행행태 구현의 한계점이 발생하고 있음
 - 가상의 네트워크를 이용하여 최적전략 통행배정 모형을 분석한 결과, 노선의 최단 경로 1에 전체 통행량 200인/시 중 57.2인/시 만 배정되는 결과가 도출됨
 - 이는 최적전략에 의한 통행배정 기법의 적용으로 환승행태를 반영하지 못하고 운행 시격에 의존하여 통행량이 배정되기 때문에 발생하는 한계점임

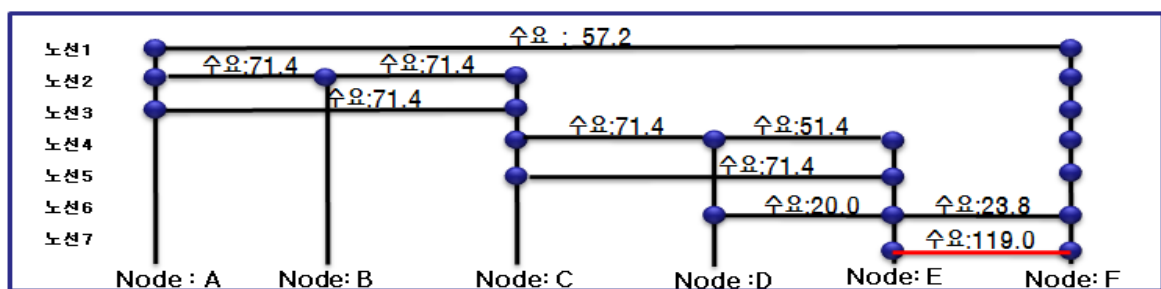
<표 3-5> 적용대상 네트워크 속성

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 3-3> 적용대상 네트워크 속성



<그림 3-4> 최적전략 통행배정 결과

나. 대중교통 수단특성 반영

- 대중교통 수단의 발달과 신교통수단의 도입으로 다양한 대중교통 수단이 적용되고 있지만, 대중교통 수요분석에 적용되는 모형은 단지 버스와 지하철이 선택대안으로 고려되고 있어 현실의 대중교통 수단의 특성을 올바르게 반영할 수 없는 한계점이 있음
- 대중교통 수단의 종류에 따라 용량의 차이, 서비스 수준의 차이, 환승 편의성 등이 다르지만, 이러한 차량의 속성을 반영한 대중교통 수요분석 모형은 부재한 실정임
- 최근 신교통수단에 대한 관심의 증가로 경전철, 노면전차(Tram), PRT 등 신교통 수단 도입의 타당성 분석을 위한 연구가 증가하고 있지만, 신교통수단의 수단특성을 반영하는 대중교통 수요분석은 거의 없고, 대중교통수단의 이용요금을 모형에 적절히 반영할 수 있는 방법의 미비로 분석가의 가정에 의하여 분석이 수행되고 있음

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

<표 3-6> 수단특성의 사업별 표현방법

사업명	환승 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

3. 대중교통의 노선 수요 분석 연구

가. 대중교통 노선수요 분석

- 현재 대중교통 수요분석 과정에서 대중교통 수단의 통행수요는 수단간 전환통행량을 기준으로 통행수요를 추정하지만, 수단간 통행분석 시 노선수요분석을 통한 경쟁관계를 고려하지 않고 있는 실정임
- 이러한 방법은 대중교통 노선에 대한 수요를 정확하게 분석 할 수 없으며, 주변 노선의 수요변화를 분석할 수 없어 적절한 대중교통 수요분석이라고 할 수 없음
 - □□ 대중교통 노선 수립을 위한 연구에서는 스마트 카드 데이터를 이용하여 기종점 통행량(O/D)을 구축하고, 전량배정 (All-or-Nothing)법으로 버스노선에 배정하여 노선 통행량을 산출함
 - 그러나 이러한 방법은 통행비용이 비슷한 노선임에도 불구하고 통행비용이 적은 노선에 일방적으로 통행배정 되기 때문에 현실성이 결여됨

- ◇◇ 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 있음

<표 3-7> 대중교통 노선수요 분석 사례 및 한계

사업명	노선수요 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

나. 대중교통 버스수요 분석

- 『도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)』(2008)의 경우 대중교통 수단분석 모형을 철도중심의 방법론으로 설명하고 있으며, 버스에 대한 수요추정 방법에 대한 연구는 부족한 상태임
- 버스와 지하철의 통행특성 및 수단의 특성은 상이하지만, 버스에 대한 수요추정 방법의 한계로 인하여 버스노선 수요를 분석하지 않거나 철도를 기준으로 분석을 수행하는 경우가 있음
 - KTX○○사업에서는 접근수단으로 버스에 대한 접근시간 및 비용을 추정하였지만, 분석방법의 한계로 일률적인 통행시간 및 비용을 적용함
 - □□ 대중교통 노선 수립을 위한 연구 또한 버스에 대한 분석방법의 한계로 인하여 All-or-Nothing법을 이용한 노선수요를 추정함
 - ◇◇ 전철화 사업은 연계 및 보완관계에 있는 버스노선에 대한 수요분석을 수행하지 않았음

<표 3-8> 대중교통 버스수요 분석 사례 및 한계

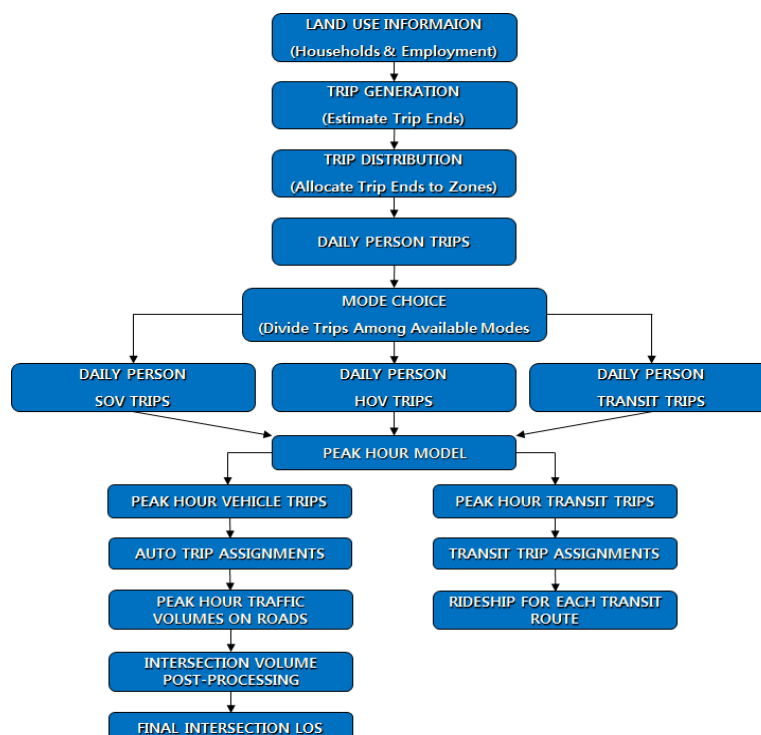
사업명	버스수요 추정 방법	수요추정의 문제점
KTX○○사업	접근수단에 대한 수단분담 모형 구축	기초자료의 부족으로 일률적이지 통행시간 및 비용을 적용
□□ 대중교통 노선 수립을 위한 연구	All-or-Nothing 통행배정	비현실적인 버스 노선 통행량 추정
◇◇ 전철화 사업	연계 및 경쟁관계 버스수요분석 미시행	대중교통 체계의 변화를 판단할 수 없음

제2절 해외 대중교통 수요분석 사례연구

1. 해외 대중교통 수요분석 현황

가. 해외 대중교통 수요분석의 일반적인 방법론

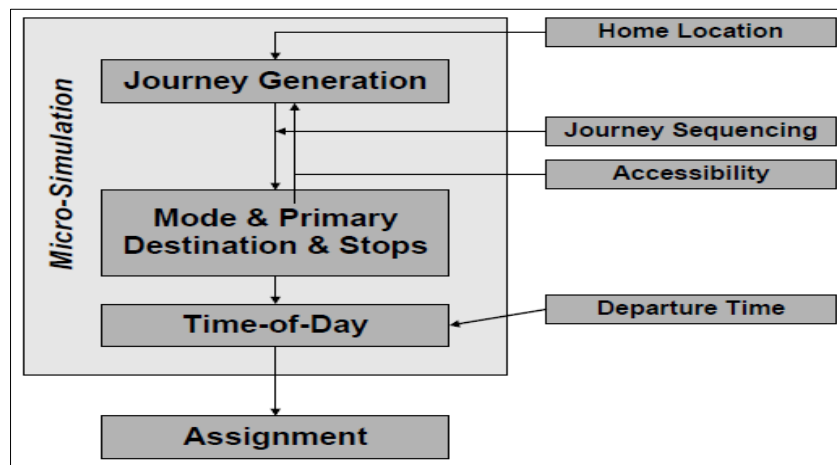
- 미국의 대도시 계획기구(Metropolitan Planning Organization: MPO)는 통행실태조사를 통해 교통수요 분석 모형을 구축하고 있으며, 모형의 보완 및 유지관리를 지속적으로 하고 있음. MPO에서 가장 많이 쓰이는 모형은 국내 수요모형과 같은 전통적인 4단계 모형이며 통행발생, 통행배분, 수단선택, 통행배정의 단계를 포함함
- 통행발생단계에서는 토지이용 현황을 고려하여 각 존의 통행유입과 유출을 추정하고, 이를 기반으로 통행배분단계에서는 각 존 간의 통행수요를 예측함
- 수단선택단계에서는 각 존 간 통행수요를 수단별로 분류하여 예측함. 즉, 하루 동안의 SOV, HOV, 대중교통을 이용한 통행수요를 예측하게 됨
- 첨두시간 통행모형(Peak Hour Model)을 이용하여 첨두시간대의 승용차 통행과 대중교통 통행을 예측하고, 통행배정하여 노선별 서비스 수준(LOS) 및 통행량을 예측함



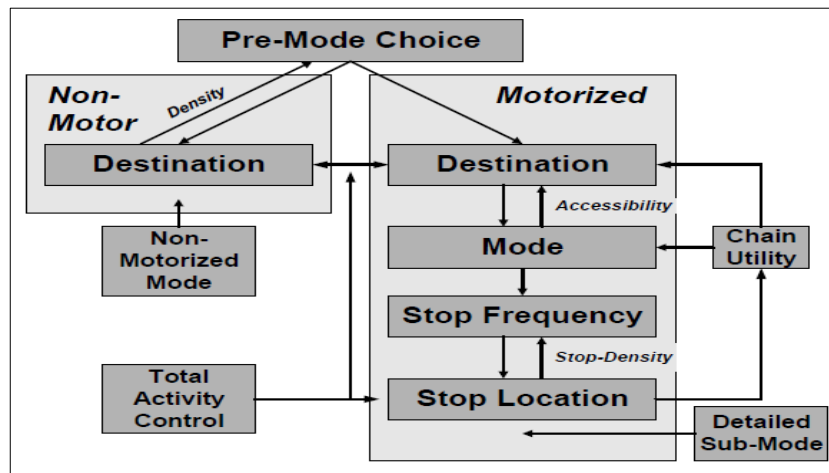
자료 : Federal Highway Administration Travel Model Improvement Program, Travel Model Validation and Reasonable Checking Manual, Second Edition, 2010.

<그림 3-5> 해외 대중교통의 일반적인 교통수요 분석과정

- 뉴욕 대중교통 분석모형 NYMTC의 BPM¹⁾ 모형은 NewYork Metropolitan Transportation Council's (NYMTC)에 의해 2005년에 개발됨. 전통적인 교통수요모형과는 달리 지역 내의 다양한 통행행태를 예측하기 위해 Trip기반이 아니라 Journey를 기반으로 한 모형임
- BPM모형은 Household, Auto-Ownership and Journey-Frequency (HAJ) 모델과 Mode Destination Stop Choice (MDSC) 모델 등이 있음
- 이 중 Mode Destination Stop Choice (MDSC)은 대중교통 수단에 대한 도착지와 중간 경유지를 선택하는 과정으로 대중교통수단의 환승을 구현할 수 있는 모델임



<그림 3-6> 뉴욕 BPM의 개략적 구조



<그림 3-7> 뉴욕 BPM의 수단선택 모형구조

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

- 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 조사됨
- 대도시를 제외한 중소도시에서 대중교통은 수단분담율이 높지 않기 때문에 교통수요 모형에서 대중교통분석이 상세하게 이루어지지 않는 경우가 많음. 그래서, 많은 MPO의 교통수요모형에서 대중교통 통행배정 부분이 빠져있고, 수단선택 단계에서의 결과를 그대로 쓰는 경우가 많음

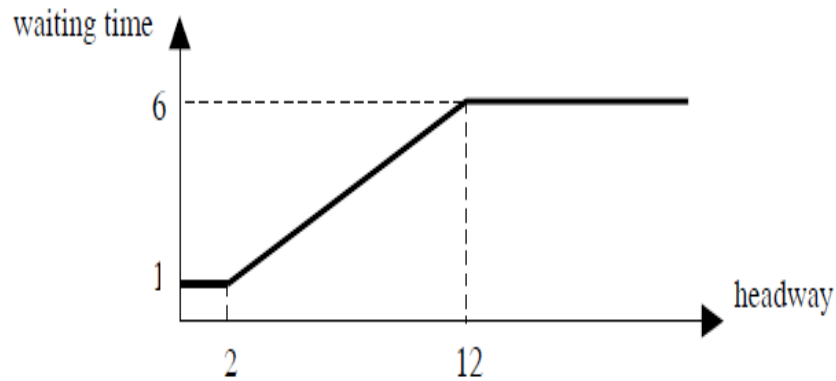
나. 대중교통 수요분석을 위한 통행배정 분석

- 국내에서와 마찬가지로 해외에서 대중교통 수요추정을 위해 가장 널리 사용되는 통행배정 모형은 최적전략 통행배정모형 (Optimal Strategy Assignment)으로, 현실적인 최적전략을 고려하기 위해 차내시간, 차외시간, 요금 등과 관련된 일반화 비용과 파라미터를 적용함
- 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 구성됨
- 네덜란드 『The Greater Copenhagen Area Traffic model』에서는 다음과 같이 최소 대기시간을 1분으로 하고 차두시간이 12분 이상이면 대기시간을 6분으로 계산함

<표 3-9> MOTOS의 대중교통 시간가중치

통행시간	가중치
대중교통 이전 시간(Pre-Transport time)	2.3
대기시간(Waiting time)	1.6
차내시간(In-vehicle time)	1.0
환승시간(Transfer time)	1.2
환승횟수(Numner of Transfer)	8.2 (penalty in minutes)
도착시간(After transport time)	1.2

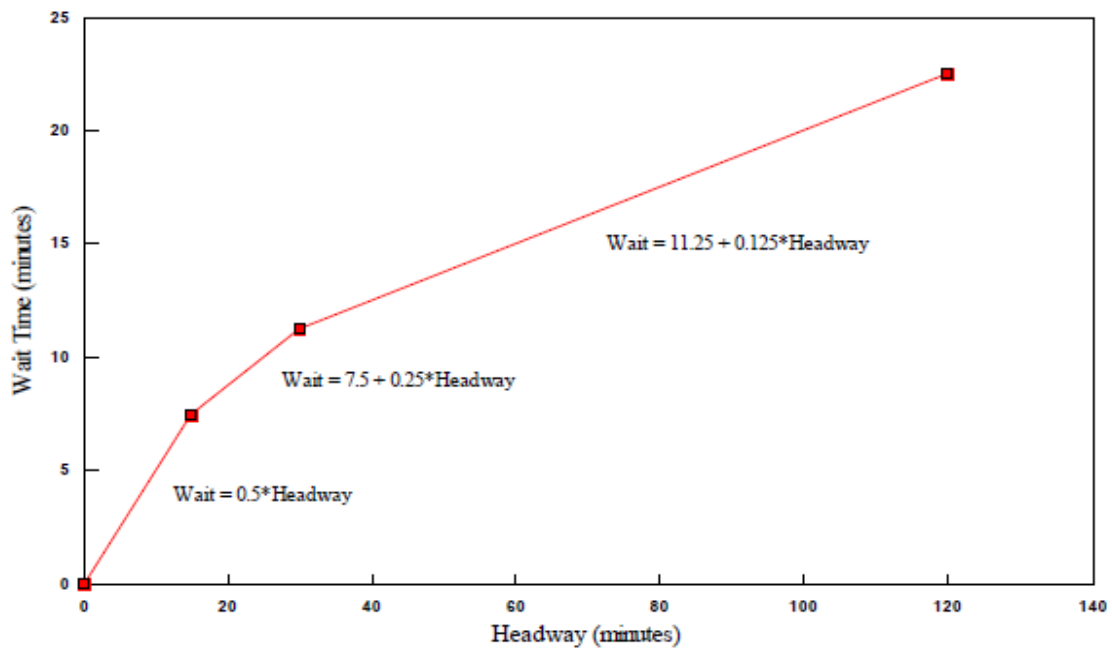
자료 : European Union, 『MOTOS Handbook』, 2010.



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

<그림 3-8> 네덜란드 코펜하겐 교통모형의 대기시간

- 뉴욕 BPM에서는 대기시간에 대하여 0분에서 120분사이의 차두시간을 세구간으로 나누어 각각의 대기시간 함수를 적용하고 있음



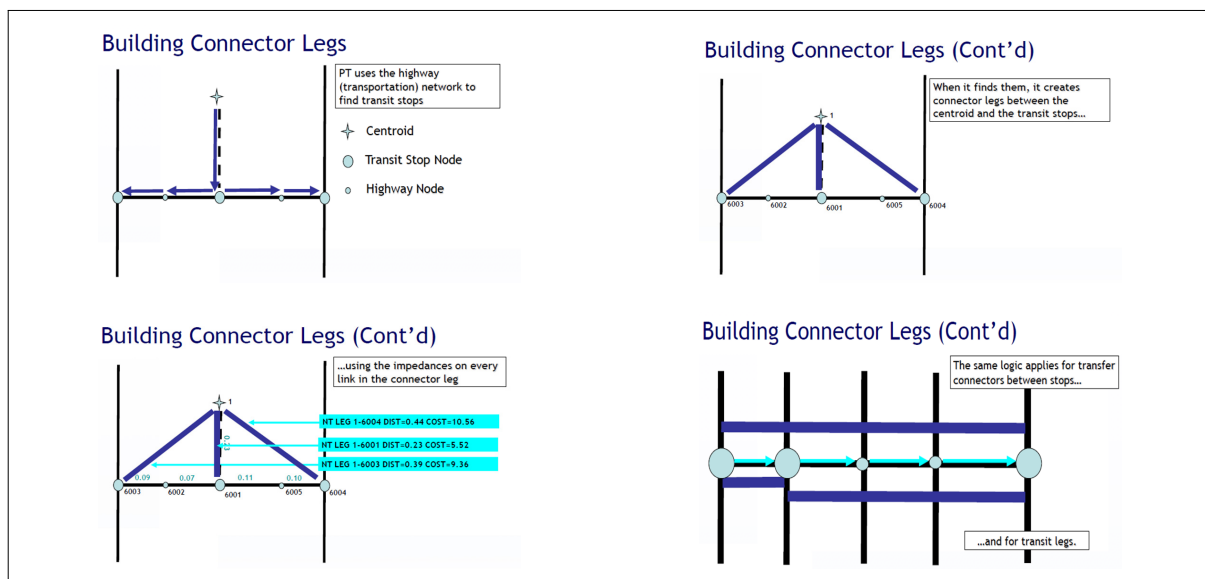
자료 : New York Metropolitan Transportation Council 『New York Best Practice Model (NYBPM) For Regional Travel Demand Forecasting NYBPM User Documentation』, 2009.

<그림 3-9> 뉴욕BPM에서의 통근열차 서비스에 대한 대기시간 계산 예

2. 해외 대중교통 통행행태 분석 연구

가. 대중교통 환승통행 구현

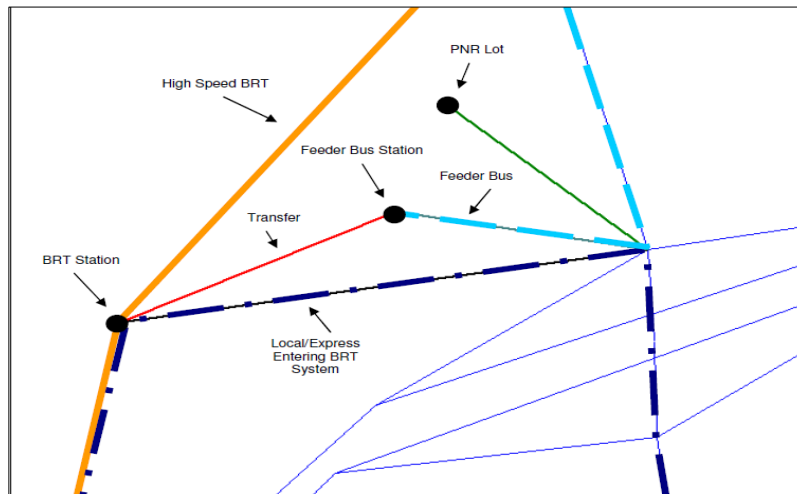
- CUBE는 미국의 Citilabs사에서 만든 교통 수요분석 프로그램으로, 대중교통 Leg(접근/환승 링크)라는 링크를 통하여 대중교통 수단으로의 접근통행, 환승통행과 같은 통행행태를 구현할 수 있음. 또한 정류장 또는 역으로의 환승비용을 설정함으로써 보다 현실적인 환승통행이 이루어지도록 하고 있음



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

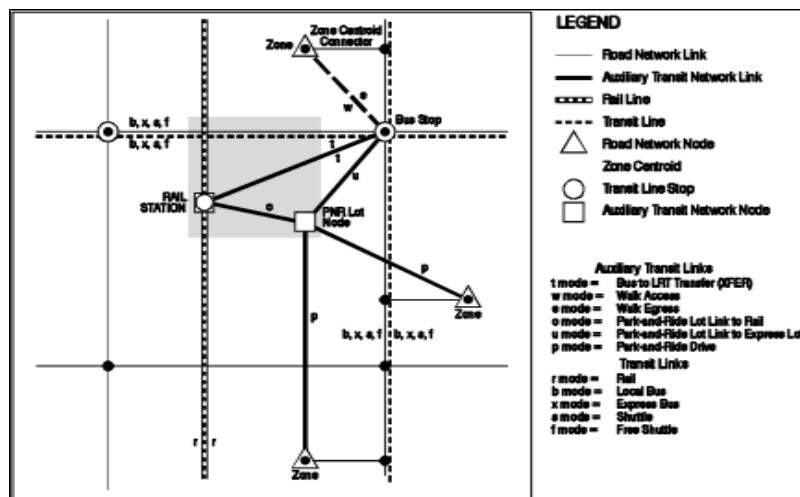
<그림 3-10> Cube에서의 Leg 구축

- 아틀란타 교통수요분석 모형에서는 CUBE를 이용하여 도로망에 BRT, PnR, 지상버스와의 환승을 위한 가상링크를 연결하여 지선버스와 BRT의 환승 통행을 반영한 사례가 있음
- 미국 애리조나주는 EMMF를 이용하여 대중교통 수요분석 모형을 구축하였으며, 환승 링크와 접근링크를 구축하여 수단간 환승을 구현함



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

<그림 3-11> ARC모형에서의 대중교통노선 코딩



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

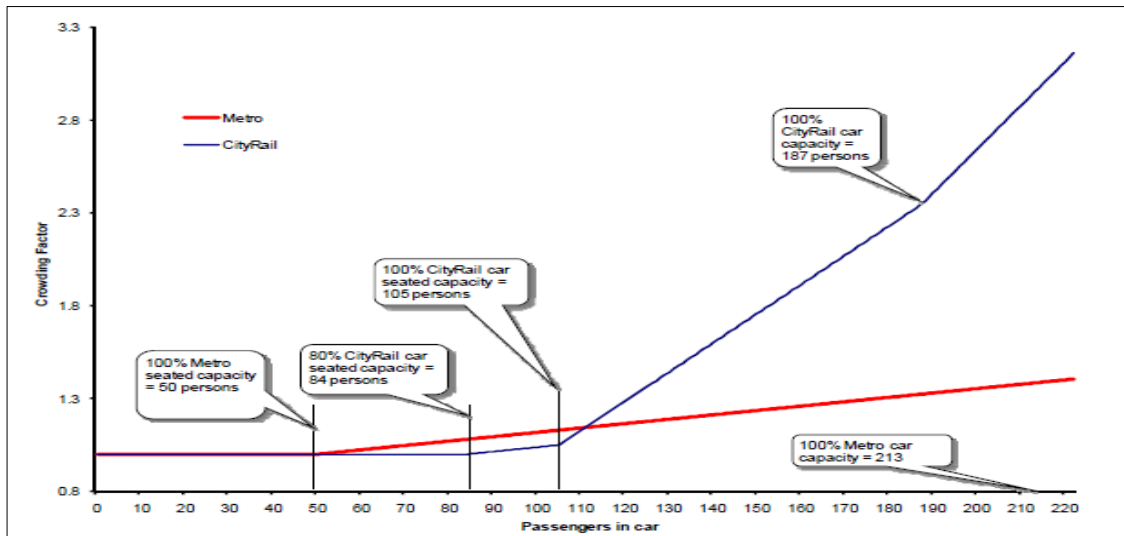
<그림 3-12> 미국 애리조나주의 복합수단 환승 표현

나. 대중교통 수단특성 반영

1) 차량용량을 고려한 모형 구축

- MOTOS에서 소개된 영국의 National Rail Model(NRM)은 복합수단 모델의 한 부분으로 각종 교통정책 영향평가를 위해 만든 것이며, NRM에서 적용한 통행배정 일반화 비용은 접근시간(access time), 도착시간(egress time), 대기시간(waiting time), 차내 시간(in-vehicle time), 요금(fare), 과밀(crowding) 등이 있음

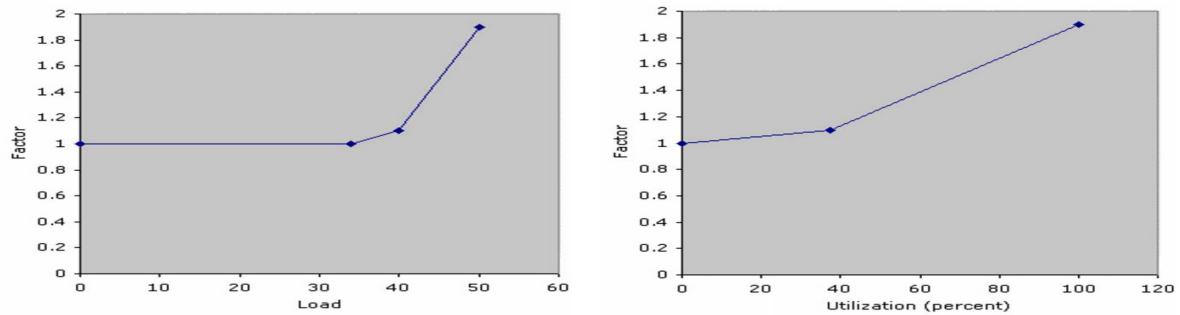
- 여기서 과밀(crowding) 요소는 용량과 통행시간에 미치는 영향과의 상관관계를 분석함으로써 이용자의 경로선택 가능성을 고려하는 것으로, MOTOS에서는 과밀요소를 일반화 비용으로 반영하도록 제시함
- 호주 MNTM에서도 과밀요소가 고려되는데, 과밀요소 반영 과정은 아래 그림과 같음
 - 그림에서와 같이 수단선택 모형의 결과를 통행배정 했을 때 계산된 과밀 차내시간(Crowding In-vehicle Time)은 다시 수단선택모형에 입력되어 수단선택과 통행배정 단계를 다시 거치게 됨



자료 : 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.

<그림 3-13> 호주 대중교통 분석모형의 과밀요소

- CUBE에서는 과밀모형(Crowding model)을 이용하여 대중교통 수단의 차내용량을 고려함. CUBE 과밀모형은 링크 통행시간을 반영하는 방법과 대기시간을 반영하는 두 가지 방법이 있음
 - 링크통행시간을 반영하는 방법은 차내시간에 과밀요소(Crowding Factor)를 곱하여 계산됨
 - 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 증가함



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

<그림 3-14> 과밀모형(Crowding model)의 혼잡도

- 대기시간에 차내혼잡을 반영하는 방법은 두 가지의 경우를 고려함
- 혼잡이 반영되지 않은 모형에서 이용자는 처음 도착하는 차량을 이용하여 자신이 원하는 지점에서 하차할 수 있지만, 혼잡이 반영되는 모형에서는 도착한 첫 번째 차량을 이용할 확률은 낮아짐
- 따라서, 자신이 원하는 차량에 대한 대기시간이 증가하거나 다른 노선을 이용하여 차 외 대기시간이 증가할 수 있음

2) 대중교통 수단특성 반영

- 일본국제협력기구(JICA)에서는 BRT 수요예측을 위한 수단분담 모형 구축시 수단특성을 반영하기 위해 SP조사와 RP조사를 수행함
- 수단분담 모형은 승용차, 오토바이, 일반버스, BRT의 4가지 선택대안이며, 각각의 통행시간과 통행비용을 대안특성변수(Alternative Specific Variable)로 추정함
- 수단별 VOT(Value of Time) 검증, 적중률 분석 등을 통해 모형을 검증하고 보정하여 최종적으로 BRT 수요를 예측함

<표 3-10> 여객 수단선택의 효용함수 파라미터 값

(단위 : 분, VND)

수 단	T_{TIME}	T_{COST}	상수항
오토바이	-0.03244207	-0.00031714	1.78542642
승용차	-0.02610845	-0.00004400	-
버스	-0.06040653	-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.

3. 해외 대중교통 수요분석 모형구축 사례

가. 네트워크 및 O/D

1) 네트워크

- CUBE를 이용한 해외 대중교통 수요분석 모형의 네트워크는 노드와 링크로 구성되어 있음
- 노드의 경우 해당 노드의 성격을 표현할 수 있는 다양한 속성값이 구축되어 있음
 - 노드(node)가 위치하는 지역 속성, 지형 속성, 환승주차장 속성, 대중교통 이용요금 제 속성, 유료도로의 시점과 종점에 대한 비용 속성 등의 다양한 속성을 표현함
- 링크의 경우 도로/철도의 특성을 반영할 수 있는 다양한 속성값이 구축되어 있음
 - 거리, 차선수, 용량, 도로 등급, 통행 자유속도, 통행량, BPR α , BPR β 등이 제시되어 있으며, 링크에 구축되는 속성은 분석 범위, 분석 목적에 따라 다름

<표 3-11> 모리스 카운티 모형의 노드 속성

Name	Value	Count	속성
N	노드	9084	노드번호
X, Y	X, Y 좌표	-	노드의 좌표값
APPNUM	0~6	8884	링크타입 더미
EXTNUM	0~6	8876	링크 타입 더미
APPMAX	0~12	8884	링크 타입 더미
APPMNM	0~4	8884	링크 타입 더미
EXTMAX	0~15	8884	링크 타입 더미
APPLCM	0~2	8884	링크 타입 더미
APPOWR	0~3	2340	진입 램프 더미 노드
EXTOWR	0~2	2289	진출 램프 더미 노드
APPLMX	0~6	8884	링크 타입 더미
APPLMN	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
GEOMETRYSOURCE	0, 1	8895	지형 특성

자료 : 『Morris County model』, 2005

<표 3-12> 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
FTNCLASS	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
NLTLANE	1, 2	17	-
LWIDTH	10~12	19509	차선평폭
LINKTYPE	0, 1	19329	링크 타입
CAPACITY	850~18000	19509	용량
COUNTY(1)	NUM	22	관측 교통량
TOLLFAC	0, 1	3266	통행료
REFZONE	0~2000	19507	
SPEED_LMT	0~70	16062	제한속도
SHAPE-LEN	1.77~22982	19509	모형상 거리
STLABEL	-	-	도로명
MP(FROM, TO)	NUM	-	-
LANES(NE, SW)	0~6	13200	차선수
MODEL	0, 1	13680	-
DISTANCE	NUM	19509	거리
TERTYPE	0, 1, 2	19330	지형특성
BTCOEFF	4~7	19509	ALPHA
NRTLANE	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

2) O/D

- 해외 모형에서는 기본적으로 통행목적별 PA접근방법을 통한 통행량을 예측하고 있음
- 특히 대중교통 수요 분석 시 접근수단 통행량을 고려하여 수행함

<표 3-13> 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

나. 대중교통 관련 기초자료 분석

1) 대중교통 노선 및 수단

- 대중교통 관련 기초자료 중 대중교통 노선은 노선명, 노선운행 수단, 노선운행 주체, 노선특성, 차두시간의 속성으로 구성되어 있음
- 국내 대중교통 노선자료와 비교해 보면, 노선운행주체를 선정한다는 점을 제외하고 다른 속성에 대해 국내 노선자료와 비슷함
- 노선운행주체는 대중교통 요금제를 운행주체에 따라 지정해 주기 위해 사용하며, 이를 이용하여 다양한 요금 제도를 반영할 수 있음

<표 3-14> 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 있음
 - 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

자료 : 『Morris County model』, 2005

<그림 3-15> CUBE의 대중교통 요금제 표현방법

- CUBE의 대중교통 요금제 구현방법은 다음과 같음
 - STRUCTURE를 통하여 요금제 방식을 선정하고, IBOARDFARE를 통하여 최초 탑승 요금을 지정함
 - FAREFROMFS은 요금제별 환승 요금을 표현할 수 있음. 순서대로 요금제 1번, 2번, ..., 6번 요금제를 적용하는 수단으로의 환승에 대한 환승비용을 1.00, 1.00, ..., 1.00으로 표현함
- 대중교통 노선데이터에서 교통수단 적용은 접근수단과 주 수단의 수단을 모두 정의하여 분석을 수행하게 되는데, 이는 대중교통 수요분석 시 접근통행(차외통행)과 주통행(차내통행)으로 구성되는 특성을 반영할 수 있음
- CUBE에서의 대중교통 수단은 System file을 통하여 정의할 수 있음

<표 3-15> 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 LLT	LAKELAND LOCAL BUS NAME
	32	PREM LLT	LAKELAND PREM BUS NAME
	33	CIRC LLT	LAKELAND CIRCULATOR NAME
	34	RAIL LLT	LAKELAND OTHER RAIL NAME
	35	COMRAIL LLT	LAKELAND COM RAIL NAME

자료 : 『Morris County model』, 2005

2) 대중교통 수요분석을 위한 파라미터 설정

- 대중교통 수요분석을 위해 해외모형에서 적용된 파라미터는 우선 Leg(접근/환승 링크)의 범위설정, 대기시간 곡선 및 대기시간 가중치, 탑승시간 가중치, 환승시간 가중치, 운행시간 가중치를 설정 할 수 있음
- 접근 및 환승에 대한 가상링크의 접근범위는 분석 모형에서 존 특성에 따라 다른 범위를 지정하고 있으며, 수단에 대하여 각기 다른 비용 범위를 지정하고 있음. 비용의 산출 근거는 링크속성 거리와 통행시간에 따라 비용을 추정함
- 위에서 언급한 모형들은 접근 및 환승에 대하여 0.5-0.6의 비용을 적용하고 있으며, 자동차에 대한 접근에 대하여 3.0-10.0의 비용을 적용하고 있음
- 대기시간 가중치, 운행시간 가중치, 환승시간 가중치, 탑승시간 가중치는 속성파일 (Factor File)을 통하여 모형별로 선정 할 수 있음
 - 속성파일 (Factor file)에서는 노선 데이터와 시스템 파일, 요금 파일에서 설정된 값들을 연결하여 하나의 대중교통에 대한 요소로 작용할 수 있도록 하여 모형 전체 틀을 완성해주는 기능을 함

- 운행시간 가중치는 차외시간에 대한 사용자의 저항시간을 의미함. 올림푸스 시범모형과 노스 플로리다 모형의 경우 보행 및 대기시간, 환승시간에 대하여 2.0의 가중치를 적용하였으며, 모리스 카운티 모형에서는 차량접근시간에 대하여 10.0을 적용하여 차량접근의 저항심리가 크게 작용하도록 함
- 대기시간 가중치는 세 모형에서 모두 2.00을 적용함. 대기시간 가중치는 대기시간 곡선에서 추정된 배차간격에 따른 대기시간에 대한 저항을 의미함
- 탑승가중치는 대중교통 이용에 따른 탑승에 대한 저항을 의미하며 세 모형에서 2.00을 적용함
- 환승가중치는 3가지의 종류를 모형에 적용할 수 있음
 - Xferpen은 분단위의 환승 시간을 더하는 방법이며, Xferfactor는 환승시간에 대하여 가중치를 곱하는 방법임
 - Xferconst는 Xferpen에 적용한 환승시간에 환승시간을 추가하는 방법으로 대중교통 통행배정 모형에서 나타나는 불필요한 환승을 제약할 수 있는 방법으로 판단됨

<표 3-16> 해외대중교통 수요분석 모형의 대중교통 파라미터

파라미터	올림푸스 시범모형 ¹⁾		모리스카운티 모형 ²⁾		노스플로리다 모형 ³⁾	
운행시간가중치 (Runfactor)	보행접근 대기시간 환승접근	2.0	차량접근	10.0	보행접근 대기시간 환승접근	2.0
대기시간가중치 (Waitfactor)	2.0		2.0		2.0	
탑승가중치 (Bordpen)	대중교통수단	2.0	대중교통수단	2.0	대중교통수단	2.0
환승가중치1 (XferPen)	대중교통수단	0.0	대중교통수단	0.0	대중교통수단	0.0
환승가중치2 (Xferfactor)		1.0		1.0		1.0
환승가중치3 (Xfreconst)		5.0		5.0		10.0

자료1) : 『Olympus training model』, 2010

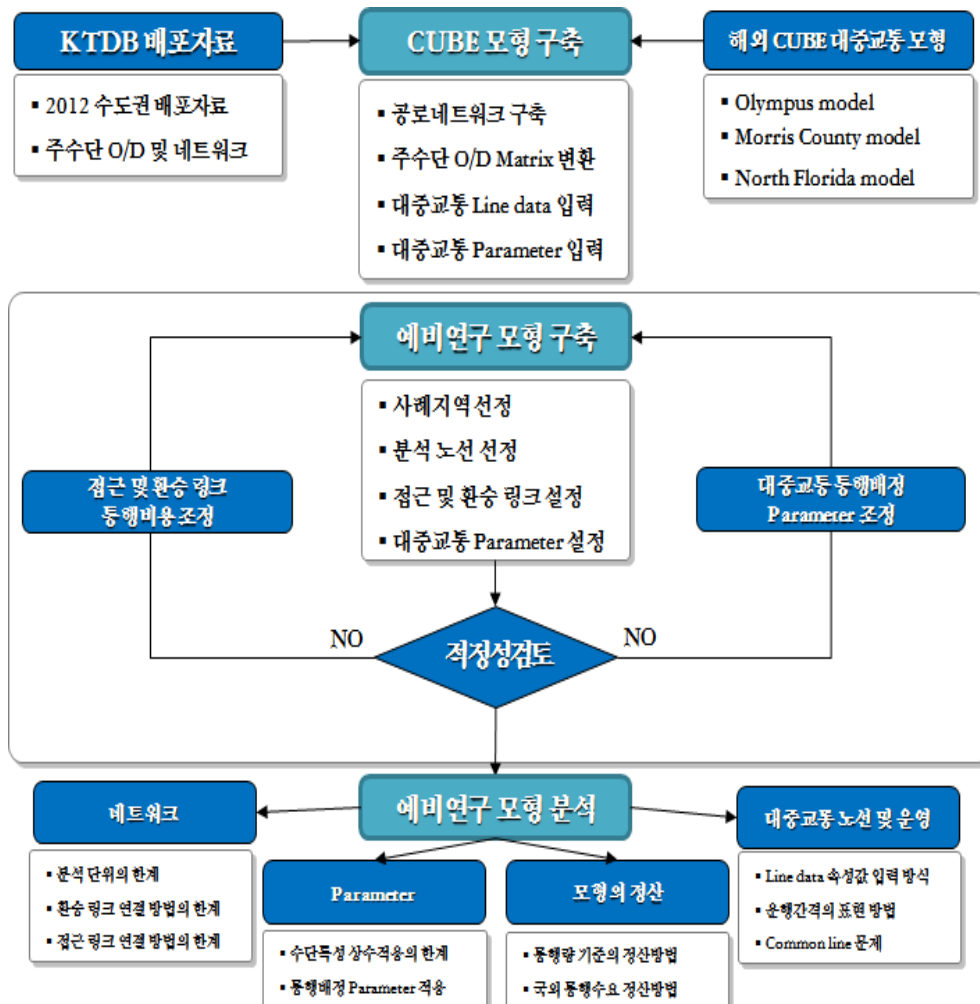
자료2) : 『Morris County model』, 2005

자료3) : 『North florida model』, 2006

제3절 대중교통 수요분석 예비연구모형

1. 연구 개요

- 이번 절은 대중교통 수요분석 모형 구축을 위한 예비연구로서 해외 연구 사례를 토대로 네트워크, O/D, 대중교통 노선 데이터, 파라미터 등을 적용하여 국내 대중교통 수요분석의 예비연구 모형을 구축함
- 이를 통해 국내 대중교통 수요분석 예비연구 모형의 구축방향 및 국내 적용가능성을 검토함. 또한, 대중교통 수요분석의 예비연구 모형 구축 시 나타난 문제점을 종합적으로 검토하여 대중교통 수요분석의 한계점을 도출하고, 개선방향을 제시함



<그림 3-16> 대중교통 수요분석 예비연구의 흐름도

2. KTDB의 수도권 배포자료 현황 분석(2012)

가. 네트워크

- 2010년 기준연도 네트워크는 총 1,237개의 교통존(수도권 내부:1,107개, 수도권 외부:130개)으로 구분되어 있고, 교통분석 네트워크는 공로 네트워크와 버스 전용차선, 지하철 및 전철의 노선 데이터를 포함한 통합네트워크로 구축되어 있음

1) 노드(Nodes)

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

<표 3-17> 2012 KTDB 배포자료의 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.

2) 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 개통연도로 구성되어 있음
- 링크 타입은 14개로 구분되어 있으며, 각각 존 센트로이트 커넥터와 도로링크, 램프, 버스 중앙차로 본선 및 연결선, 지하철 본선 및 탑승링크, 환승링크로 구성됨

<표 3-18> 2012 KTDB 배포자료의 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	yyyy	
F_Link_Type	계획유형(신설, 확장)	Code	신설=1, 확장=2

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

<표 3-19> 2012 KTDB 배포자료의 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.

나. O/D 데이터

- KTDB중 수도권 기준연도 O/D는 목적 O/D, PA목적 O/D, PA목적별 주수단 O/D, 주수단 O/D로 구성되어 있음
 - 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·대형화물, 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 적용함

<표 3-20> 2012 KTDB 배포자료의 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.

다. 대중교통 노선(Line data)

- 2010년 KTDB 배포자료의 네트워크 수단은 12가지 종류로 구분되어 있음
- 이 중 대중교통 노선데이터로 설정되어 있는 대중교통 수단은 지하철/전철, 고속버스, 광역버스, 시내버스에 대하여 노선 데이터가 존재하며 다른 대중교통 수단에 대한 노선 데이터는 구축되지 않음

<표 3-21> 2012 KTDB 배포자료의 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 같음

<표 3-22> 2012 KTDB 배포자료의 링크 타입별 수단 설정

Type	설명	Mode	Type	설명	Mode
100	존연결링크	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 정차시간(Dwell time), TTF 함수(통행시간 선택), 수단설정, 용량의 속성으로 구성되어 있으며, 2,187개의 버스노선과 34개의 지하철 노선으로 구성되어 있음

<표 3-23> 2012 KTDB 배포자료의 노선 데이터

HEAD	설명	단위	비고
Update code	ID	-	-
Line Name	노선명	Char	-
mode of the line	Mode	Char	Mode 정의 코드
Vehicle type	Vehicle	#	Vehicle 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
tff	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 0.01 '서울_서울_6616' 9.6 16.8 0

tff=1

path=no

dwt=1 18570

dwt=#.00 18572

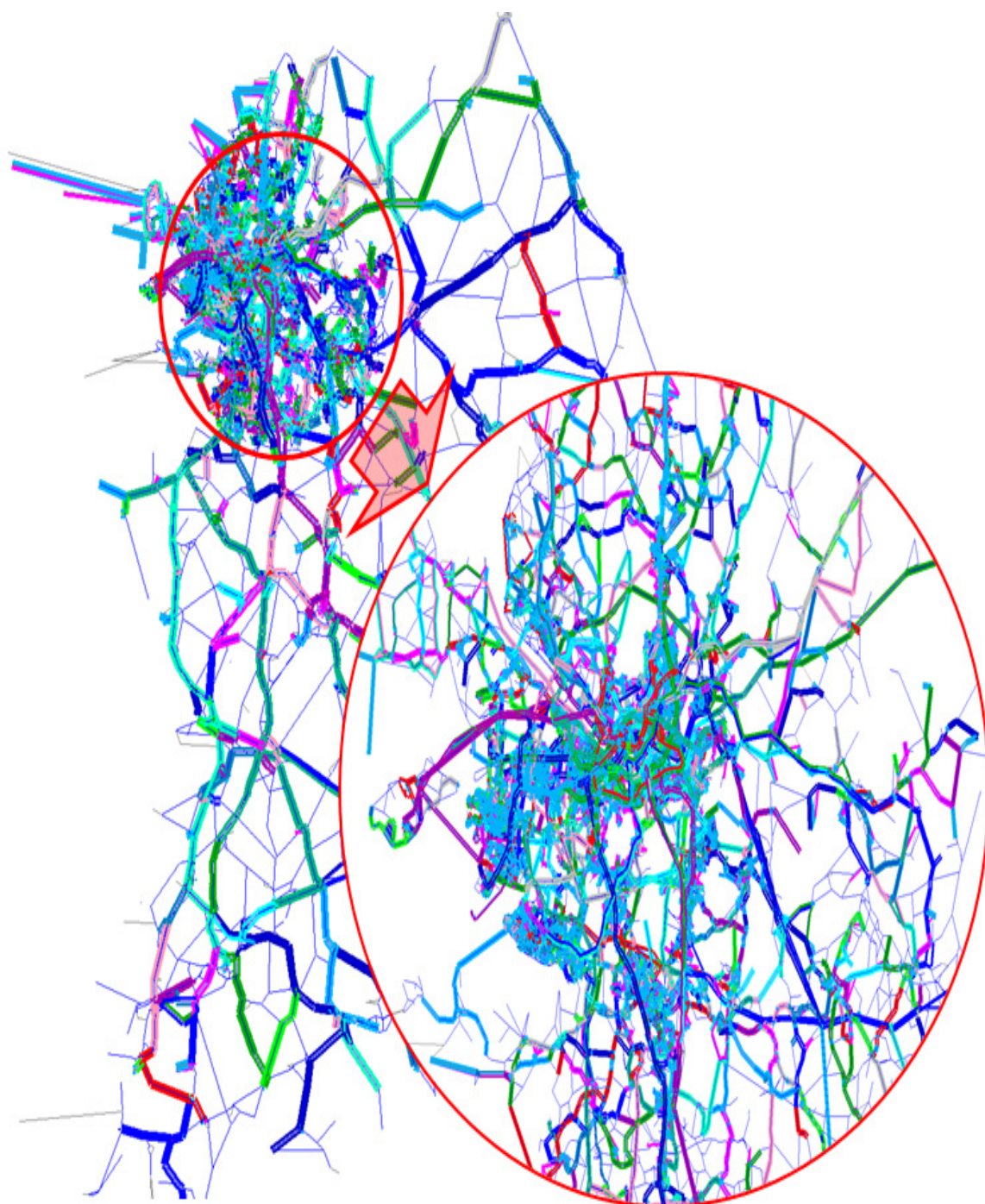
dwt=1 18836

:

dwt=1 18570

lay=0

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



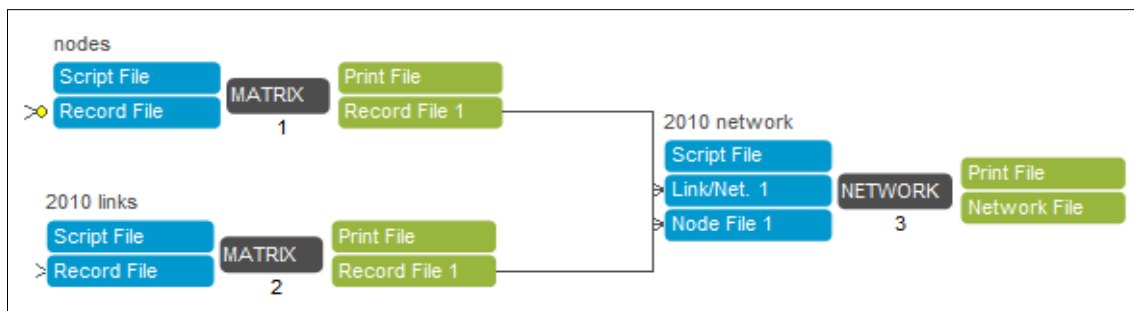
<그림 3-17> 2012 KTDB 배포자료의 2457개 대중교통 노선

3. 국내 대중교통 수요분석 예비연구 모형 구축

가. KTDB 배포자료를 이용한 CUBE 모형 구축

1) 네트워크 구축

- CUBE의 네트워크는 일반적인 교통 분석용 네트워크와 같이 센트로이드와 노드, 링크로 구성되어 있음. 센트로이드는 노드번호 1번부터 시작할 수 있으며, 네트워크의 존 개수를 설정하면 1번부터 연속된 번호로 센트로이드 번호를 지정할 수 있음
- 네트워크 파일의 존 번호를 센트로이드의 노드번호로 지정하고, 일반노드에 대하여 배포자료의 노드번호를 그대로 적용함
- 배포자료의 네트워크 파일에서 Node.DBF와 Link.DBF 파일로 각각 분류하고 각각의 데이터를 합성하여 네트워크 파일을 구축할 수 있음



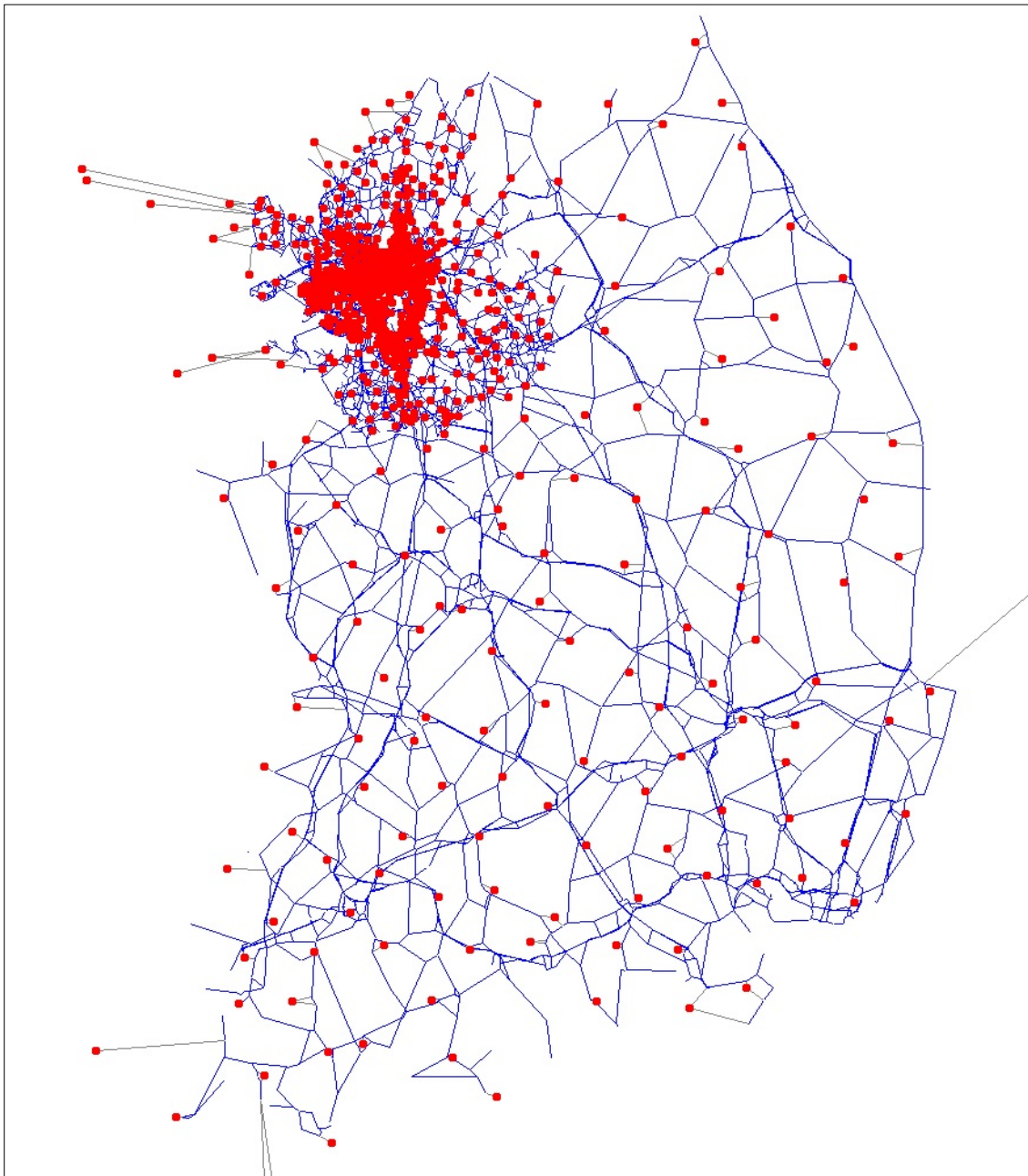
<그림 3-18> 노드, 링크 데이터 입력 및 네트워크 합성

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 3-19> 네트워크 노드입력 파일

A	B	TYPE	DISTANCE	NLANE	SPEED	CAP	FUNCTION	ALPHA	BETA	MODE	AUWEI	BUWEI	FRWEI	RNAME	LNAME	BV	VOHE	APCU	BPCU	FPCU	TPCU
79351	79344	108	0.922064	2	50	20000	17	0.15	4	apbgnmuc	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	apbgnmuc	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	apbgnmuc	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	apbgnmuc	0	0	0	고속국도제35호	중부선	0	0	0	0	0	0
81575	81577	101	0.57491	2	90	34000	1	0.611	2.772	apbgnmuc	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	apbgnmuc	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	apbgnmuc	0	0	0	고속국도제1호	경부선	0	0	0	0	0	0
81933	81896	101	1.556249	3	107	57000	2	0.526	2.707	apbgnmuc	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	apbgnmuc	0	0	0	일반국도제1호	천안대로	0	0	0	0	0	0
81312	81957	103	3.373992	2	65	33000	6	0.668	1.911	apbgnmuc	0	0	0	일반국도제1호	천안대로	0	0	0	0	0	0
83347	81359	103	7.672729	2	65	33000	6	0.668	1.911	apbgnmuc	0	0	0	일반국도제21호	0	0	0	0	0	0	
81359	83347	103	7.672729	2	65	33000	6	0.668	1.911	apbgnmuc	0	0	0	일반국도제21호	0	0	0	0	0	0	
94599	78008	103	38.93068	1	60	8000	5	0.686	1.991	apbgnmuc	0	0	0	일반국도제88호	0	0	0	0	0	0	

<그림 3-20> 네트워크 링크입력 파일



<그림 3-21> 2012 KTDB배포 네트워크

2) 주수단 O/D 구축

- 주수단 O/D의 배포자료는 다음과 같은 형식으로 구성되어 있음

<표 3-24> 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 매트릭스로 변환이 필요함. FIELDS=#1,3,0,5-14 PATTERN=IJM:V를 통하여 각각의 수단 통행량을 O/D 매트릭스로 변환할 수 있음
- 각각 O/D매트릭스를 MI.1.1(9)은 입력파일을 지정하는 명령어이고, MW[1]은 결과 파일의 매트릭스를 구축하는 명령어로 매트릭스를 각 수단별 매트릭스 시트1~9로 분류함

```

RUN PGM=MATRIX PRNFILE="F:\transit_ktdb1\02. OD\00. ODAPPLICATION\ODMAT00A.PRN" MSG='main mode
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

```

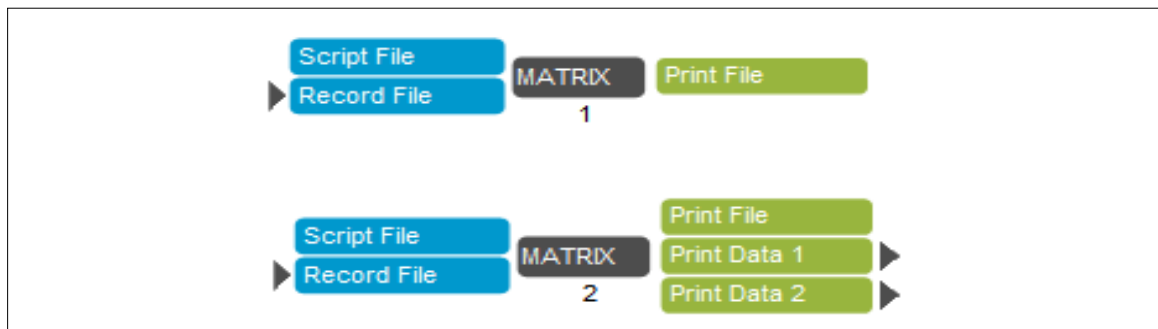
<그림 3-22> O/D매트릭스 입력 코드

	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			

<그림 3-23> 주수단 O/D의 CUBE Matrix

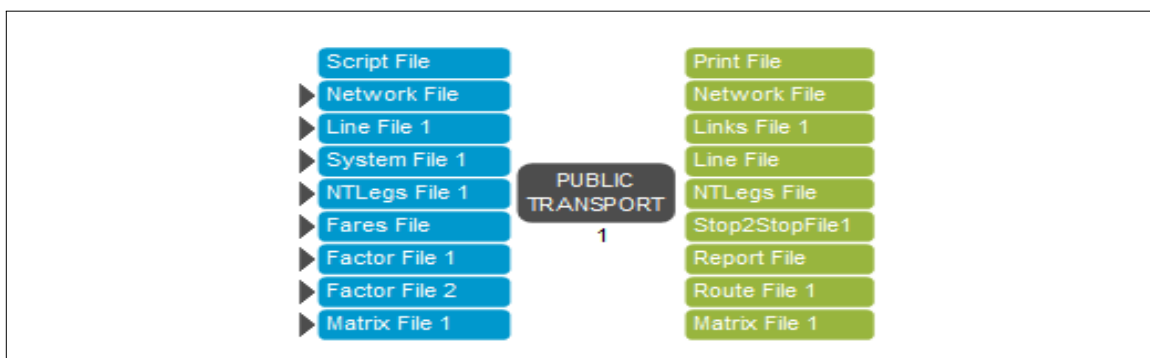
3) 대중교통 노선 데이터 입력

- KTDB 배포자료의 대중교통 노선 데이터는 a를 Header로 갖으며, 노선명, 수단, 차량 수, 첨두 배차간격, 노선_ID, 최소 배차시간, 최대 배차시간, TTF함수로 구성됨
 - 정차시간은 무정차 정류장에 대하여 #.00으로 적용하고 있으며, 버스는 1.00, 광역좌석버스는 4.00, 지하철은 0.00분으로 적용함
 - 버스와 광역좌석버스는 링크통행속도를 통행속도로 이용함으로 정차시간을 따로 지정할 필요가 있지만, 지하철은 표정속도를 이용하기 때문에 정차시간을 지정할 경우 정차시간이 중복되어 적용되는 오류가 발생할 수 있음
- CUBE에 적용하기 위해서는 국내 배포자료의 속성에 추가적으로 운영주체의 설정이 필요하며, 수단을 나타내는 L(시내버스), M(광역버스), X(고속버스), S(지하철/전철)를 시스템 데이터에 설정한 수단 지정 번호로 변환해야 함



<그림 3-24> EMME형식의 대중교통 노선 데이터의 변환 Voyager

4) 대중교통 통행배정 모형



<그림 3-25> 대중교통 통행배정 Voyager

- CUBE에서 대중교통 통행배정을 위해 필요한 입력 데이터는 다음과 같음

<표 3-25> 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

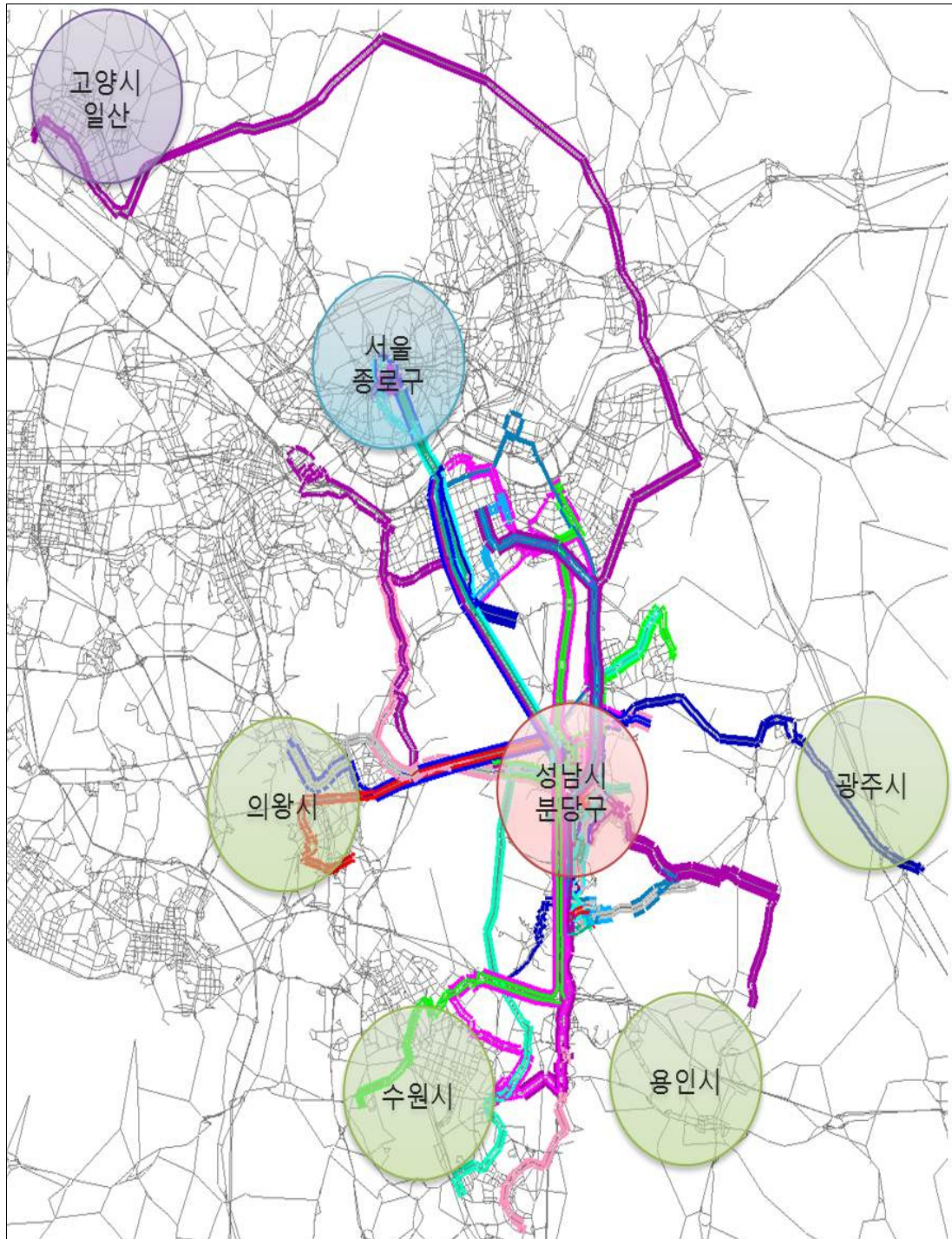
나. 사례지역 분석을 통한 예비모형 구축

- 대중교통 수요분석을 위한 통합네트워크 분석 및 새롭게 도입된 주수단 O/D의 개념 적용이 필요함에 따라, CUBE를 이용한 대중교통 수요분석을 수행하기 위해 예비모형을 구축함
- 대중교통 모형에 적용되는 파라미터들의 정의 및 기준 설정은 해외 대중교통 분석 모형의 값을 적용하였고, 추후 국내 대중교통 수요분석을 위해 적용된 파라미터에 대한 검증과정이 필요함
- 사례지역의 통행배정 결과와 실제 통행량 조사자료를 기준으로 간단한 정산과정을 수행하여 사례지역에 대한 모형 적용결과를 토대로 문제점 및 개선사항을 도출함

1) 대중교통 수요분석의 사례지역 선정

- 사례지역은 성남시 분당구 정자동 주변지역을 선정하였으며, 분당선 정지역 주변을 지나는 버스노선을 분석 대상 노선으로 선정함
- 버스 노선 실적자료를 구득할 수 있는 2010년을 분석의 기준년도로 설정하여, 배포자료의 2010년 통행량 및 네트워크를 보정없이 그대로 모형분석에 적용함
 - 2012년에 개통된 신분당선에 대한 분석을 수행하지 않았으며, 분당선의 연장개통도 모형에 반영하지 않음

- 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 판단함



<그림 3-26> 분석지역의 대중교통 라인데이터(Transit line data)

<표 3-26> 국내 대중교통 수요분석 대상지역의 대중교통 노선

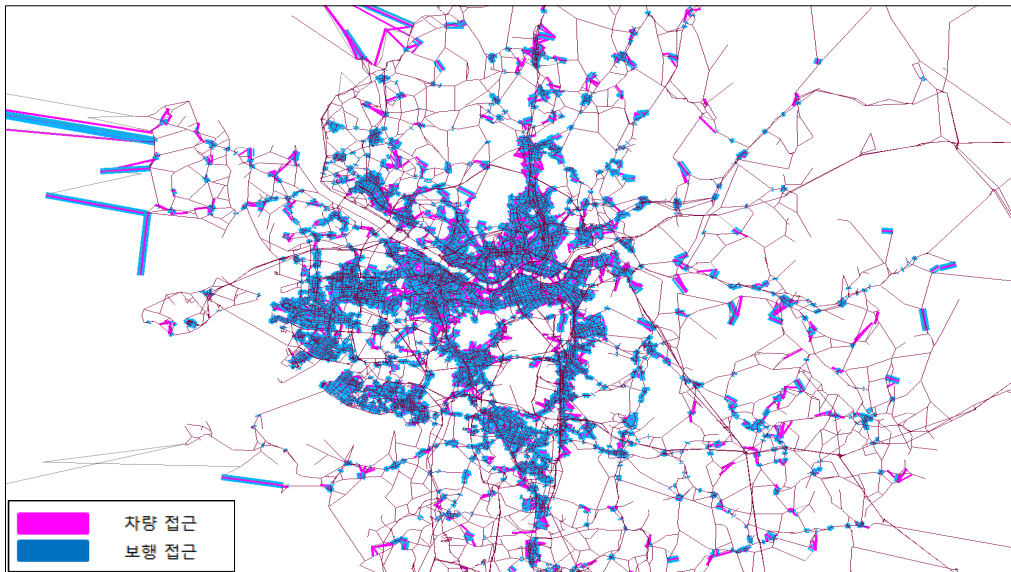
N	Line	노선명	LINE TYPE	Headway	MODE	Capacity
1	404	경기 광주 1005-1	3	9	M	3,378
2	407	경기 광주 1150	3	22.5	M	1,399
3	408	경기 광주1303	3	18	M	1,689
4	411	경기 광주 3500	3	13.5	M	2,062
5	414	경기 광주5500-1	3	4	M	5,603
6	416	경기 광주 7200	3	13.5	M	2,062
7	420	경기 광주8109	3	14	M	2,488
8	421	경기 광주 8131	3	13.5	M	2,062
9	424	경기 광주 9000	3	4.5	M	5,333
10	429	경기 광주1116	3	18	L	2,111
11	436	경기 광주M4102	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	경기 광주520	2	7	L	6,164
20	566	경기 성남102	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	경기 성남9414	3	9	M	3,378
24	577	경기 성남 103	2	27	M	1,111
25	579	경기 성남300	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	경기 성남15	2	18	L	3,000
29	593	경기 성남220	2	4	L	12,329
30	594	경기 성남250	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	경기 광주8100(역)	3	9	M	3,378
35	2309	경기 광주8101(역)	3	9	M	2,667
36	2310	경기 성남380(역)	2	23	L	2,045
37	2196	분당선	27	6	S	253744

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

2) 대중교통 수요분석 예비모형의 파라미터 선정

① 접근 및 환승 통행비용 설정

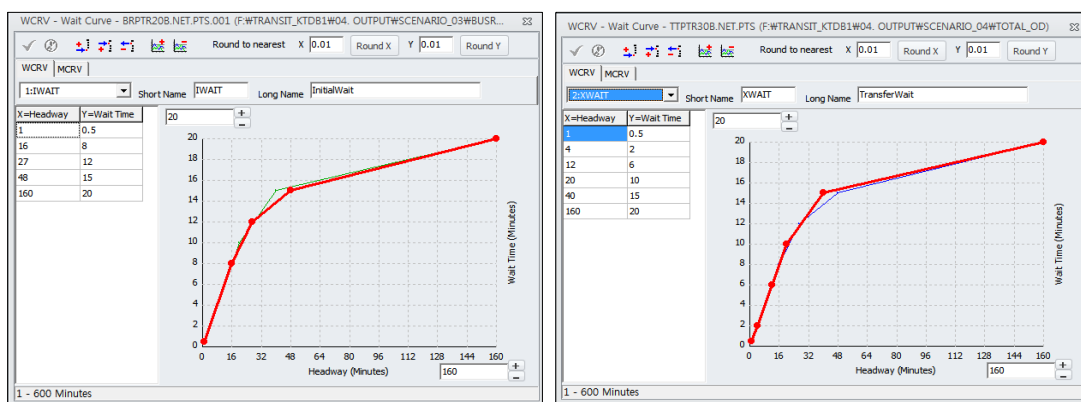
- 접근 및 환승에 대한 가상링크의 연결범위 설정은 대중교통 수요에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 범위 설정에 신중을 가해야 함
 - 연결범위가 너무 짧은 경우 센트로이드에서 정류장으로의 접근이 이루어지지 못하여 Not-Assign되는 경우가 발생할 수 있고, 접근 및 환승에 대한 가상링크의 범위가 너무 긴 경우에는 대중교통 노선을 이용하지 않고 접근 및 환승에 대한 가상링크를 통하여 다른 교통존으로 직접 이동하여 대중교통 수요가 집계되지 않을 수도 있음
 - 따라서, 접근 및 환승통행의 범위 지정이 CUBE를 이용한 대중교통 수요분석 과정에서 가장 중요한 과정이라고 할 수 있음
- CUBE에서는 대중교통 정류장/역으로의 접근 및 환승 통행에 Leg를 연결해 줌으로써 접근 통행 및 환승 통행을 구현함. 이때, 가상링크의 통행시간을 비용으로 환산하여 가상 링크의 통행비용을 추정함
 - 가상링크의 종류는 접근 및 환승 수단에 따라 보행, 승용차, PnR, KnR등으로 구분할 수 있으며, 교통존의 지역적 특성에 따라 그 범위를 달리 적용할 수 있음
 - 접근 및 환승에 대한 가상링크의 통행비용은 네트워크상의 거리와 보행시간에 따라 지정할 수 있으며, 분석가의 재량에 따라 다양한 속성값을 비용으로 적용할 수 있음
- 모형의 크기 및 분석 대상지역의 크기에 따라 비용을 달리 적용할 수 있지만 CUBE를 적용한 해외 대중교통 수요분석 모형에서는 대체로 다음과 같이 Leg연결 범위를 정함
 - Leg를 이용하여 접근 링크 구축 시 도심지역은 0.5, 부도심지역은 0.5~1.0, 교외지역은 1.0~3.0의 값을 이용하고 있음
 - 환승링크 구축 시 0.5~1.00 사이의 값을 적용하고 있으며, 차량을 이용한 PnR 또는 KnR의 비용은 3.00~10.00의 값을 적용함



<그림 3-27> 접근 및 환승통행 가상링크

② 대기시간 파라미터 설정

- 국내 대중교통 수요분석 모형에서 대기시간은 배차간격에 대하여 정규분포를 따른다고 가정하여 1/2을 대기시간의 파라미터로 적용하고 있음
- 해외 대중교통 수요분석모형에서도 일반적으로 차두시간의 1/2을 적용하며, 부가적으로 대중교통 수단에 대한 대기시간이 일정시간을 넘기지 않도록 대기시간에 대한 제약을 설정하고 있음
- 예를 들면, 최초의 차두시간에 대하여 1/2, 1/3, 1/4의 비율 적용을 통하여 최대 대기시간이 20분이 넘지 않도록 대기시간 곡선을 선정함



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

<그림 3-28> 대기시간 곡선 및 환승 대기시간 곡선

③ 운행시간 가중치 설정

- 대중교통 수단의 차내시간과 차외시간에 대한 가중치를 운행시간 가중치라 하고, 이는 운행시간과 가중치의 곱으로 표현할 수 있음
- 『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 있음
- 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 설정함
- 대중교통 차내 운행시간 가중치의 경우 국외 대중교통 수요분석 모형에서도 1을 적용하고 있기 때문에 1로 적용함

④ 탑승시간 가중치 설정

- 대중교통 수단의 탑승시간 가중치는 대중교통 수단 탑승시간에 대한 저항을 모형화하기 위해 사용되는 가중치로 해외 대중교통 수요분석 모형에서는 대중교통 수단의 탑승시간 가중치를 2로 적용하고 있음
- 『도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)』(2008)에서는 탑승시간 가중치를 0.5~2분의 탑승시간을 지정하여 탑승시간의 저항력을 설명하고 있음
- 본 예비연구 모형에서는 버스 수단과 지하철 수단에 대하여 각각 다른 탑승시간 가중치를 설정함
- 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 설정함

⑤ 환승시간 가중치

- 수단과 수단사이의 환승시간에 대한 가중치를 부여함으로 수단간 환승의 저항력을 설명할 수 있음. CUBE에서는 수단 A에서 수단 B로의 환승과 수단 B에서 수단 A로의 환승에 대하여 서로 다른 가중치를 적용할 수 있음
- 국내 대중교통 수요분석 모형에서는 환승 가중치에 대한 기준이 없으며 국외 대중교통 수요분석 모형에서는 5분~10분의 환승시간을 추가함으로 환승저항력을 설명하고 있음
- 본 예비연구모형에서는 환승링크가 따로 입력되어 있어 환승통행시간이 네트워크상에 반영되어 있기 때문에 추가적인 환승가중치를 적용하지 않음

⑥ 접근 및 환승링크, 파라미터 선정 결과

- 접근 및 환승에 대한 가상링크의 연결 범위는 해외사례의 범위를 적용하였고 서울권, 경기권, 전국권으로 구분하여 비용적 범위를 지정하였으며 차량접근의 가상링크는 지역에 관계없이 3을 지정함

<표 3-27> 국내 적용을 위한 초기 Leg 비용 가정

범위	보행 접근	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 없기 때문에 각 파라미터에 대한 가중치는 국외 대중교통 모형분석을 통해 분석된 값이나 국내 대중교통 수요분석에 적용된 값을 기준으로 설정함
- 향후 통행배정 결과를 토대로 파라미터 조정을 통한 파라미터 정산과정을 수행하여 파라미터의 적정범위를 설정할 예정임

<표 3-28> 운행시간, 탑승시간, 환승 파라미터의 가정

수단	운행시간 가중치	대기시간 가중치	탑승시간 가중치	환승 가중치
보행	2	-	-	-
지하철	1	1	2	0
버스	1	1	1	0

다. 대중교통 수요분석 예비연구 모형의 정산

1) 예비연구 모형의 정산방법

- 지하철 이용승객현황은 2010년 철도통계연보의 수도권 노선별 이용수요 자료를 참고로 하여 사례지역을 지나는 역별 승하차인원을 조사함

<표 3-29> 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 가능함. 그러나 현실적인 측면에서 데이터 구득의 한계로 경기도 교통DB시스템 (gtdb.gg.go.kr/GTDBWeb/)에서 제공하는 버스 노선별 이용객수를 이용함

<표 3-30> 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/GTDBWeb/)

2) 접근/환승 링크(Leg) 분석

- 접근 및 환승에 대한 가상링크의 범위는 대중교통 수요분석에 절대적으로 영향을 미치기 때문에 적절한 범위의 접근 및 환승에 대한 가상링크의 연결은 대중교통 통행수요 추정을 위하여 가장 중요한 단계라고 할 수 있음
- 버스 O/D, 지하철 O/D, 버스+지하철 O/D로 구성된 대중교통 수요분석 모형을 정산하기 위하여 각각 수단 O/D의 통행배정 결과와 버스와 지하철 통합O/D의 통행배정 결과를 종합하여 노선별, 역별 이용수요를 추정함
- 정산 방법은 수단 O/D를 Leg의 범위에 따라 통행배정을 수행하고, 이때의 Not_assign 양이 최소일 때 Leg의 범위를 추정하였으며, Not_assign 비율이 가장 낮을 때의 수요를 기준으로 파라미터 정산을 실시함

<표 3-31> Leg 범위에 따른 Not Assign 비율 추정

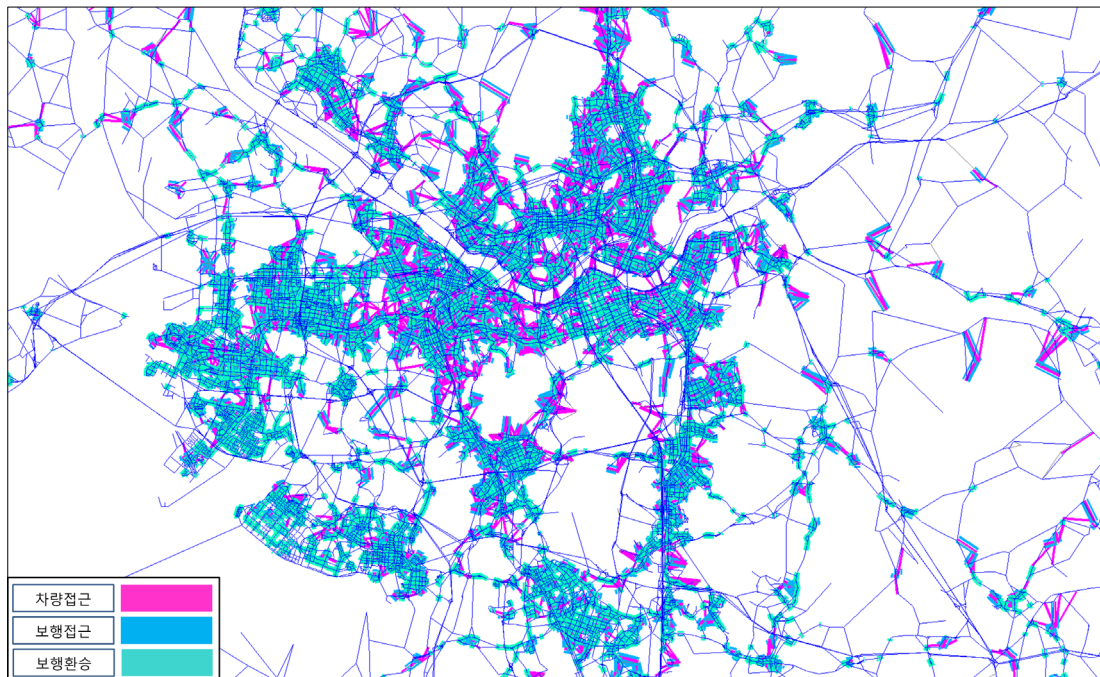
				(통행/일)		
	Leg 비용			총통행량	Not assign	Not Assign 비율
1	0.5 / 0.75 / 1	0.5	3	21,468,083	5,568,192	20.60 %
2	0.5 / 0.75 / 1	1	3	21,468,083	2,871,307	11.80 %
3	0.7 / 0.75 / 1.2	0.7	3.5	21,468,083	1,399,518	6.12 %
4	0.75 / 0.75 / 1	0.5	3	21,468,083	4,353,032	16.86 %
5	0.75 / 0.75 / 3	0.5	3	21,468,083	1346744	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

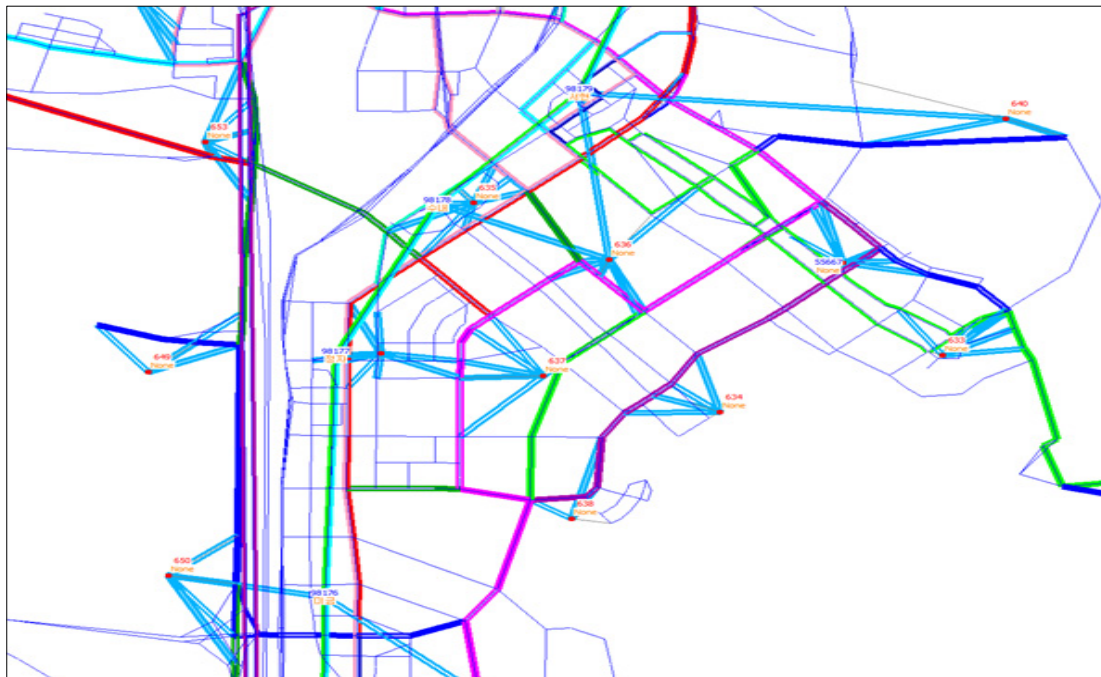
- 7번 사례의 Not_assign비율이 4.03%로 가장 낮은 것으로 분석됨. 하지만 도심에 대한 접근통행의 범위를 1, 환승통행 비용을 1.2로 설정한 경우 Not_assign발생량은 감소하지만, 수도권 버스정류장사이의 평균거리이상의 보행범위가 설정되어 대중교통 수단을 이용하지 않고 보행으로 이동하는 경우가 발생함
- 따라서 본 예비연구모형에서는 7번 사례의 경우 한 블록이상의 거리를 환승하는 경우가 발생하여 분석에 적당하지 않다고 판단하여, 6번 사례에서의 접근 및 환승에 대한 가상링크의 통행비용의 범위를 정산을 위한 기준으로 선정함
- 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 분석됨
- 서울 및 경기도 지역은 센트로이드 간격이 좁아 적은 비용의 범위를 적용하더라도, 근처의 정류장 노드와 연결이 가능하지만, 지방부의 경우 3이상이 되어야 센트로이드와 주변 정류장이 연결되기 때문임
- 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 지정함
- 추가적으로, 분석지역에 대하여 존 센트로이드와 정류장사이의 거리가 접근비용 이상인 경우가 발생하며, 이러한 경우 접근에 대한 두 지점 사이의 가상링크를 직접 연결하여 분석함

<표 3-32> 국내 대중교통 모형의 Leg 비용

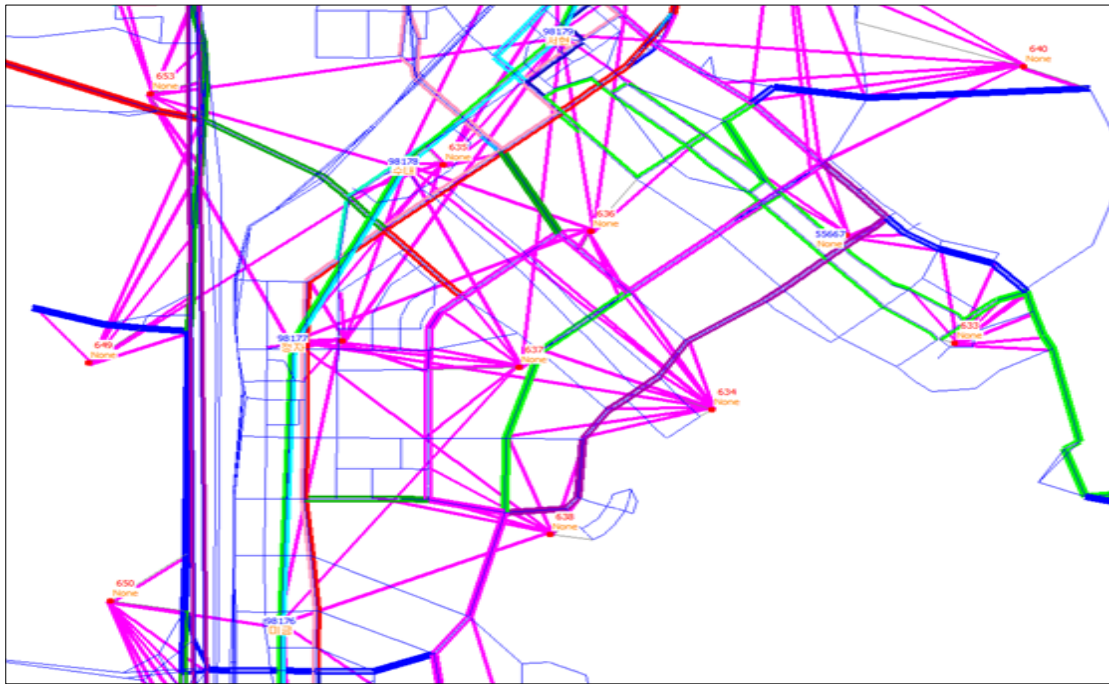
범위	보행 접근	보행 환승	차량 접근
수도권 (서울)	0.75	0.5	3
수도권 (경기)	1	0.5	3
전국권 (서울경기 외부)	3	0.5	3



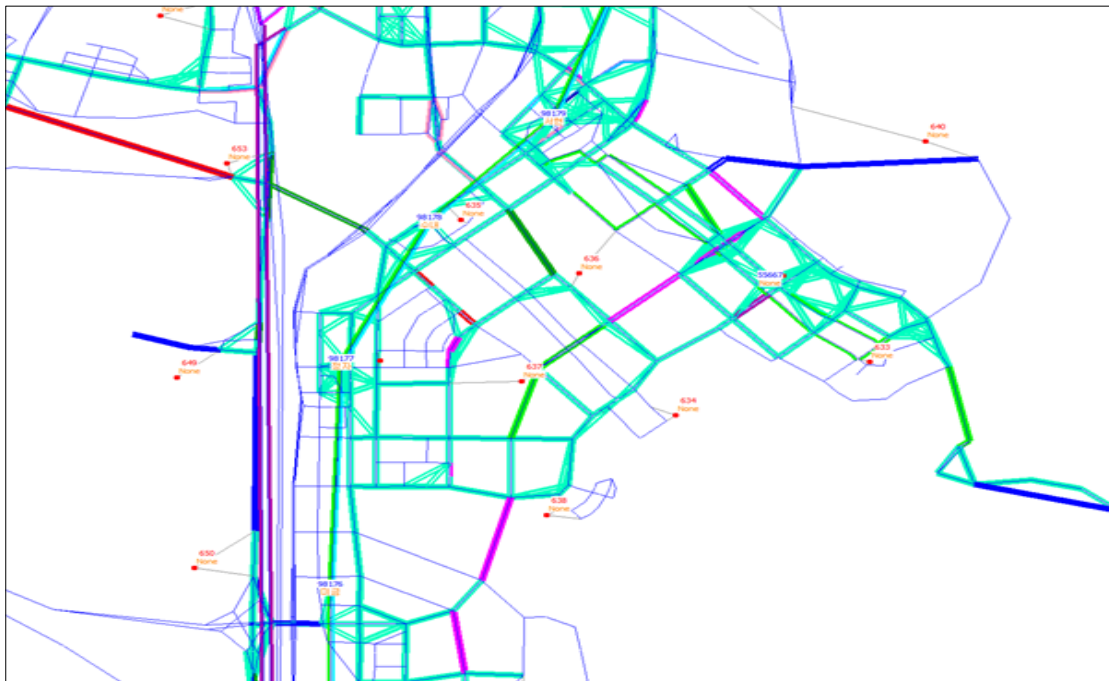
<그림 3-29> 국내 대중교통 모형의 가상링크 연결



<그림 3-30> 사례지역 대중교통 모형의 보행접근 가상링크의 연결



<그림 3-31> 사례지역 대중교통 모형의 차량접근 가상링크의 연결



<그림 3-32> 사례지역 대중교통 모형의 환승 가상링크의 연결

3) 대중교통 통행배정 파라미터 분석

- 대중교통 통행배정 파라미터 분석을 통해 현실적인 대중교통 수요분석 예비모형을 구축할 필요가 있음
- 보행에 대한 운행시간 가중치는 차외시간의 가중치를 적용하는 파라미터로 지하철 및 버스에 동시에 적용되어 분석지역 전체 수요에 영향을 미칠 수 있기 때문에 총 통행 수요를 고려하여 가중치를 적용해야 함
- 대기시간 가중치, 탑승시간 가중치, 환승가중치는 수단별로 가중치를 달리 설정함으로써 버스와 지하철 사이의 수요 균형을 조정할 수 있는 파라미터임
- 최초 분석을 위해 설정한 파라미터 값을 조절하여 분석사례지역의 대중교통 수요 오차를 최소화하도록 적용해야 함
- 각 파라미터의 종류에 따라 적용방법은 다르지만 대중교통 수요에 미치는 영향은 유사하게 나타날 수도 있으므로 다양한 파라미터 값들의 조합이 가능함
- 또한 분석에 적용한 파라미터 이외에 대중교통 분석모형에 적용할 수 있는 파라미터의 종류 및 지정 범위에 따라 다양한 경우의 수가 발생 할 수 있음
- 본 연구에서는 제한된 경우의 조합만을 고려하여 파라미터 정산을 수행함

<표 3-33> 운행시간, 대기시간, 탑승시간, 환승 파라미터

수단	운행시간 가중치	대기시간 가중치	탑승시간 가중치	환승 가중치
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 상태임
- 대중교통 파라미터에 대하여 정류장의 특성에 따른 분류기준을 설정하고 기초 데이터 구축 시 네트워크 노드 속성으로 적용하여 분석한다면, 정류장 특성에 따른 대중교통 파라미터를 달리 적용할 수 있음
- 향후 정류장의 특성과 같이 네트워크 수준에서 구분할 수 있는 속성과 대중교통 수단 별로 구분할 수 있는 속성에 대한 연구가 필요함

- 『도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침(제5판)』(2008)에서 제시된 차내 시간에 대한 차외시간의 가중치를 1~2배를 적용할 때와 CUBE에서 운행시간 가중치 2를 적용할 때의 그 영향에 대한 분석이 없어 파라미터에 대한 CUBE 모형의 민감도 검증이 필요할 것으로 판단됨

4) 대중교통 수요분석 모형의 정산 결과 및 예비모형 분석

- 지하철 및 버스 이용수요의 정산 결과는 다음과 같음

<표 3-34> 지하철 이용 수요 정산 결과(일부구간)

		(통행/일)							
역		관측 통행량(A)		추정 통행량(B)		차이값(B-A)		오차율 ((B-A)/A*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 3-35> 버스의 이용수요 정산 결과(전체통행)

					(통행/일)
Line	관측 통행량(A)	추정 통행량(B)	차이값(B-A)	오차율 ((B-A)/A*100%)	
9003	7,169	7,181	12	0%	
9005	23,388	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 지정함
- Not-Assign 비율을 추정된 총통행량의 분포가 전국을 대상으로 하고 있어, 연결 범위 설정의 한계가 있음. 또한, 사례 지역에서 접근을 표현하기 위한 가상링크의 경우 교통존마다 센트로이드 위치와 대중교통 정류장 사이의 접근거리가 서로 달라 가상링크의 연결범위에 대한 세분화과정이 필요함
- 파라미터 정산과정은 파라미터의 종류가 다양하며, 각 파라미터를 교통존에 적용하는 방법, 정류장에 적용하는 방법, 대중교통 수단에 적용하는 방법, 링크에 적용하는 방법 등 종류와 적용방법이 다양함
- 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 제한적임

4. 대중교통 수요분석 예비연구 모형의 문제점 및 개선방안

가. 네트워크 측면의 문제점 및 개선방안

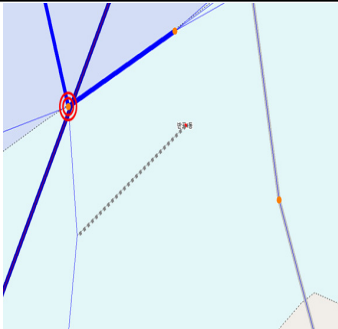
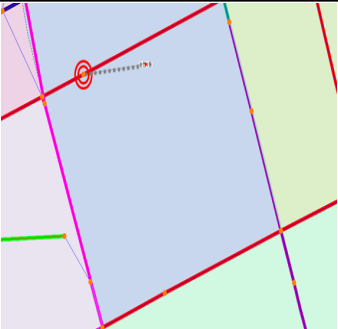
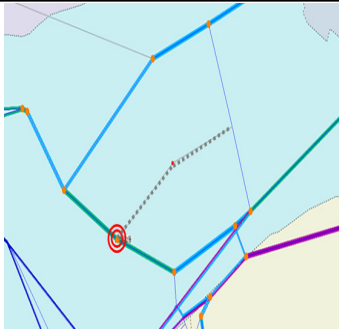
1) 네트워크 표현방법의 문제점

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 존재함
- 기존의 국내 전국권 네트워크의 경우, 교통존과 정류장을 직접 연결해주는 방법을 적용하였으며, 수도권 네트워크에서는 간접적으로 연결하는 방식을 적용하고 있음
- 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 있음

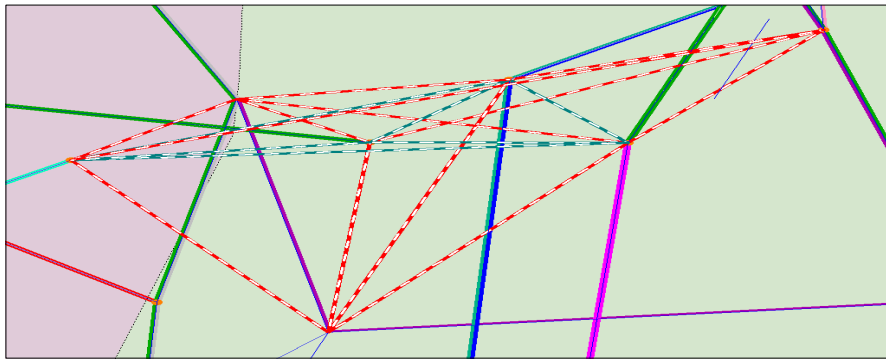
- 2010년 KTDB의 배포자료에서 철도(지하철)역은 공로와 탑승링크를 통한 간접연결 방식을 적용하고 있으며, 버스정류장은 센트로이드 커넥터가 직접 연결된 경우와 그렇지 않은 경우가 혼재되어 있는 상황임
- 또한, 접근링크에 대한 수단 속성을 보행으로 한정하여 적용하고 있어, 보행이외의 접근수단을 고려 할 수 없으며, 환승주차장을 고려할 수 없어 다양한 대중교통 정류장으로의 접근통행을 모형에 반영할 수 없음

<표 3-36> 통일되지 않은 버스정류장의 연결 방법

일반노드 연결	정류장노드 연결	일반노드와 정류장 복합연결
		

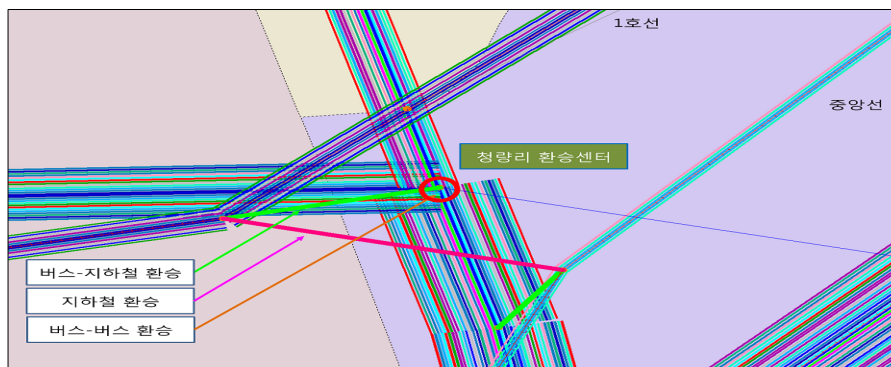
② 대중교통 환승링크 표현방법의 한계

- 접근링크 뿐만 아니라 환승링크의 구현 방법에 대한 한계점으로 인하여 대중교통 수요분석의 수단간 환승 통행행태를 적절히 반영할 수 없는 경우가 존재함
- 현재 KTDB 자료의 경우 지하철은 탑승링크를 통하여 버스와의 수단간 환승을 구현하고 있는데, 이때의 환승(탑승)링크의 길이는 0.2km의 일률적인 값을 적용하고 있으며, 지하철의 모든 환승링크는 0.3km를 적용하고 있음
- 그러나 이러한 일률적인 값의 적용은 환승역에서의 환승행태를 반영할 수 없어 역별/수단별 환승에 대한 저항력을 효과적으로 표현하지 못하기 때문에 환승행태의 구현에 한계가 있음. 대표적인 문제점은 다음과 같음
 - 2011년 수도권 전철의 평균 환승거리는 124.3m로 조사되어 있으며, 일부역의 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 3-33> 서울역 환승센터 네트워크의 탑승 및 환승링크

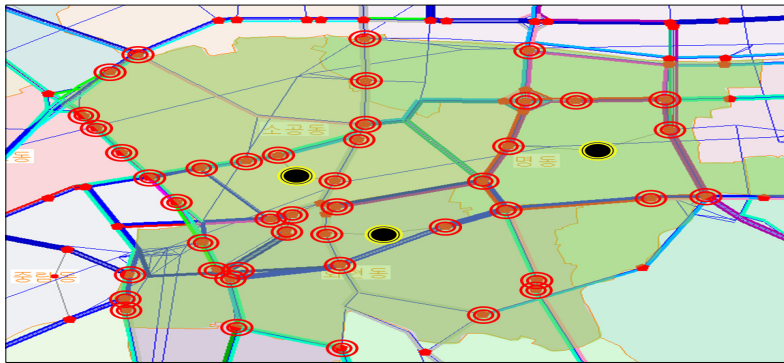
- 환승통행 행태의 구현방법도 지하철-버스, 지하철-지하철, 버스-버스의 환승행태를 표현하는 방법이 각각 다른 기준으로 적용되어 있어 이에 대한 분석이 필요함
 - 지하철-지하철, 지하철-버스의 환승은 환승링크를 통하여 환승을 표현함
 - 버스-버스의 환승은 정류장에서 환승이 발생하는 것으로 표현되어 있으며 인근 정류장을 이용한 환승은 표현하지 못하고 있음



<그림 3-34> 환승링크 연결방법의 차이

③ 대중교통 분석범위의 한계

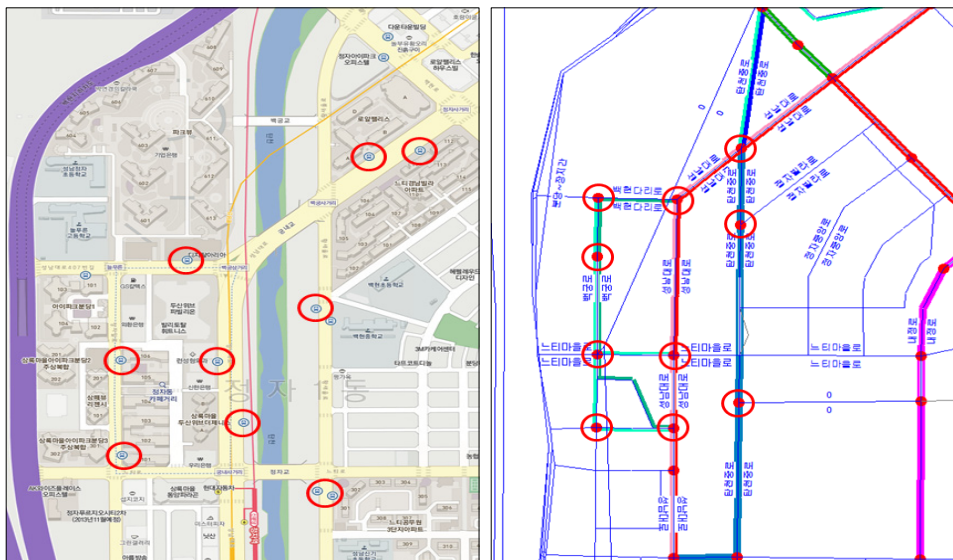
- 대중교통 수요분석을 위한 네트워크는 하나의 교통존에서 통행이 발생되고 도착하는 것으로 표현되어 있으나, 행정동 단위의 교통존내부에는 다수의 역사 및 정류장이 존재하며 이러한 경우 승하차량이 배정되지 않는 부분이 존재함
- 이러한 경우 역별 정류장별 존 세분화를 수행하여 수요분석을 해야 하나 모든 정류장 단위까지 존 세분화를 수행하는 것은 현실적으로 불가능한 분석방법임
- 또한 정류장별로 존 세분화를 수행하는 과정에서 세분화 기준이 명확하지 않아 분석가의 자의적 판단이 개입될 개연성이 존재함



<그림 3-35> 교통존에서의 정류장 연결 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 있음. 정류장 위치에 따라 대중교통으로의 접근성이 다름에도 불구하고 배포자료의 한계로 인하여 정류장 네트워크 표현상에서 오류를 가지고 있는 것임
- 또한 정류장의 위치가 교차로에 표시되는 경우가 많이 발생함. 이와 같은 이유는 대중교통 정류장을 표현하는 노드의 경우 링크의 기종점을 중심으로 표현되어 있기 때문에 나타나는 현상으로 현실과 위배되는 위치에 정류장이 위치하는 것으로 판단됨



자료 : <http://map.daum.net/>, Daum 지도

<그림 3-36> 대중교통 네트워크의 정류장 표현의 차이

2) 네트워크 표현 방법의 개선 방안

① 접근네트워크 구축방안

- 대중교통 접근링크의 센트로이드 커넥터 조정에 따라 교통 수요결과의 상이함을 극복하기 위하여 CUBE에서는 Leg를 적용하는 방법을 제시함
- 이는 접근링크 구축 시 Leg라는 개념을 이용하여 정량화된 범위 내에서 접근네트워크를 구축할 수 있어 분석의 객관성을 확보할 수 있는 방안으로 판단됨
- CUBE에서 Leg구축 방법은 앞서 ‘제2절 해외 대중교통 수요분석 사례연구’에서 제시함

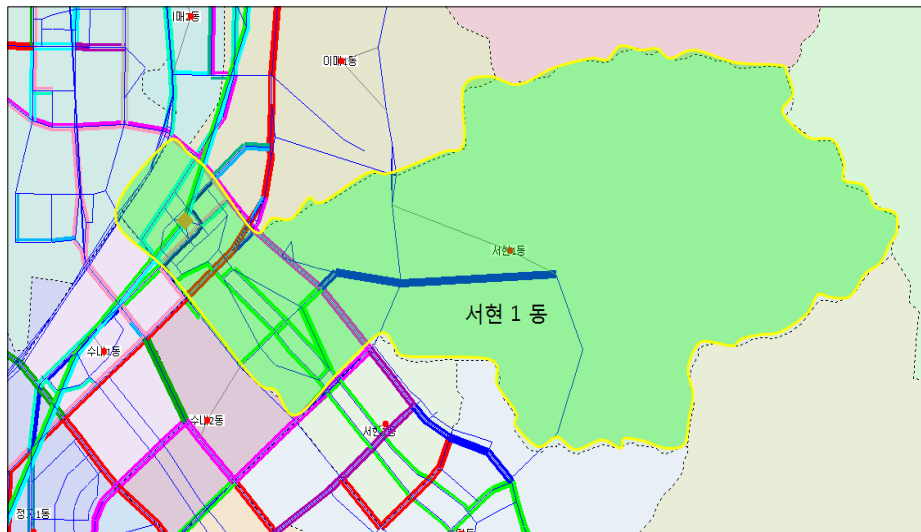
② 환승네트워크 구축방안

- 환승은 승객이 도로로 이동 가능한 범위에서 이루어지며 이를 환승영향권이라 표현할 수 있음. 버스정류장과 지하철역을 중심으로 반경 500m를 환승영향권으로 설정하여 기초자료 배포 시 환승더미링크를 구축하여 배포하는 방안을 제시할 수 있음
- 미국 아틀란타 대중교통 수요분석 모형에서는 복합수단의 환승을 표현하기 위하여 BRT, 지선노선과의 환승을 위한 링크를 추가하여 각각의 정류장을 연결함으로써 수단간 환승을 표현함
- PnR 환승주차장과 링크를 추가하여 접근수단에 대한 명확한 구분으로 현실성 있는 분석 네트워크를 구현하고자 함
- 미국 아리조나주의 MARICOPA ASSOCIATION of GOVERNMENTS 대중교통 모델에서 찾아볼 수 있으며 환승링크 및 접근링크를 연결하여 복합수단의 환승을 현실적으로 구현함
- 미국 아틀란타와 아리조나주의 환승링크 표현 예시는 앞서 ‘제2절 해외 대중교통 수요분석 사례연구’에서 제시함

3) 네트워크 표현방법의 개선방안 적용

- 대중교통 분석 예비연구 모형은 CUBE를 이용하여 구축된 모형으로 CUBE의 접근 및 환승의 가상링크(Leg)의 연결방법을 적용함
- CUBE의 Leg는 네트워크상에서 센트로이드와 일정범위 이내의 정류장에 대한 가상 접근링크를 연결하여 접근 및 환승링크를 직접 구축할 필요성이 없는 장점이 있음

- 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 있음
- 본 예비연구 모형에서 접근 및 환승의 가상링크 연결을 통하여 사례지역의 대중교통 수요를 분석하였으나, 가상링크 연결 시 교통 분석단위의 한계 및 존 센트로이드의 위치로 인해 많은 제약이 따름
- 예를 들어, 사례지역의 서현역이 위치한 서현1동의 경우 서현1동 센트로이드와 서현역의 거리가 멀어 Leg의 연결범위를 벗어나 서현역에서의 통행수요가 관측되지 않는 오류가 발생함
- 이를 해결하기 위해 서현역과 존 센트로이드 사이에 가상링크를 직접 입력하여 서현역의 이용수요를 확인하였음
- [NT LEG= 640-98179 MODE=2 COST=0.2 DIST= 0.25 ONEWAY=F] 의 추가적인 Leg 연결을 통해 서현역의 이용수요를 표현


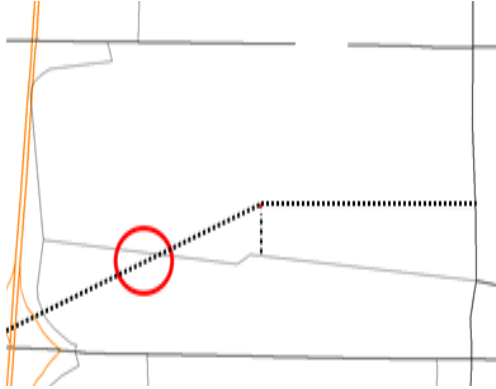
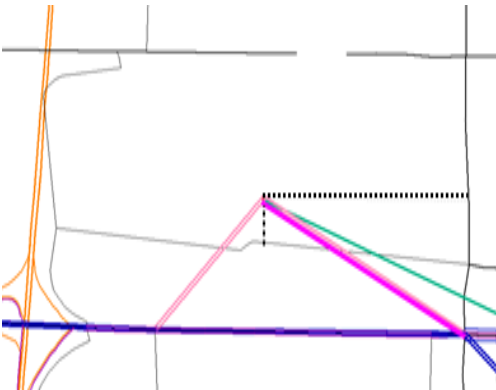
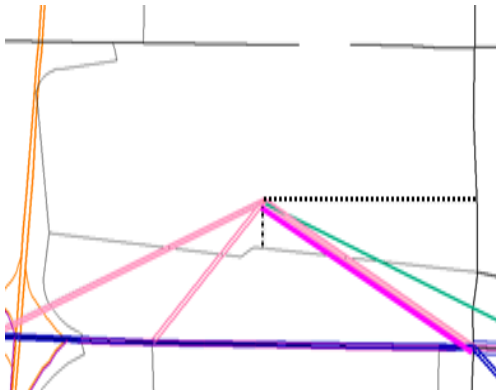


<그림 3-37> 서현1동의 LEG연결의 한계

- 이러한 문제점이 발생하는 교통존이 서현1동 이외에도 분석지역마다 다수 존재할 것으로 예상됨. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 존 세분화가 필수적이지만, 존세분화를 수행하는 과정에서 명확한 세분화 기준에 대한 연구가 필요할 것임
- 또한, Leg의 통행비용도 센트로이드 커넥터 연결방향에 영향을 받기 때문에 센트로이드 커넥터 연결 방향 및 연결 횟수에 대한 추가 연구가 필요함

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

<표 3-37> 센트로이드 커넥터 연결에 따른 Leg 연결 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																																								

나. 대중교통 노선측면의 문제점 및 개선방안

1) 대중교통 노선 데이터 관련 문제점

① 대중교통 노선 데이터의 속성값 입력의 문제점

- 배포자료의 Line 데이터에서 철도의 속도는 열차 노선별 표정속도를 지정하여 적용하고 있으며, 버스의 경우 링크 통행속도를 반영하여 운행속도를 적용하고 있음
- 버스의 경우 버스 전용차선에 대한 표정속도 산출 방법의 명확한 기준이 필요함
 - 버스전용차로를 운행하는 버스는 일반 차로를 운행하며 일부구간에 대하여 버스전용차로를 이용하는 사례가 많이 있음
 - 또한 버스의 통행속도를 산출할 때 링크통행속도를 그대로 이용하는 것은 버스가 제외된 공로의 통행속도를 이용하는 것이기 때문에, 버스로 인한 통행속도 저하현상을 고려할 수 없어 버스 수단의 표정속도 적용방안 및 적용 기준에 대한 추가적인 연구가 필요함
- 철도의 표정속도는 모든 구간에 대하여 동일한 속도를 적용하여 구간별 운행속도의 변화를 분석할 수 없는 한계점이 있음

```
LINE NAME='2172',MODE=41,
OPERATOR=1,HEADWAY[1]=7.78,HEADWAY[2]=6.4,HEADWAY[3]=8,
XYSPEED=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,
```

<그림 3-38> 철도 노선 데이터의 표정속도 적용

② 운행간격의 현실성 부족

- 대중교통 통행배정은 운영계획에 의한 운행간격(Headway)가 입력되어야 함
- 그러나 하루 1회 운행 등 운행간격이 큰 노선의 경우, 운행간격이 1080분으로 입력되어 있어 통행배정 시 대기시간이 비현실적으로 증가되는 문제점이 발생하여, 이런 경우 분석가에 의해 임의로 수정되어지고 있는 실정임
- 또한, 기준년도 및 장래년도 열차운행 간격 수정의 어려움으로 장래노선변경 및 신규노선, 신설정류장의 반영을 분석가가 임의로 지정하여 분석할 수밖에 없는 한계가 있음

```

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,

```

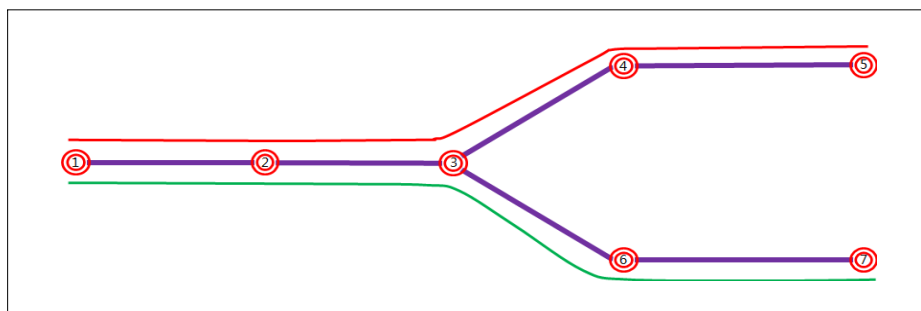
<그림 3-39> 배차간격이 1080분인 대중교통 노선 데이터

③ 대중교통 요금특성 및 차량 특성 반영

- 국내 대중교통 요금체계는 해외의 대중교통 요금체계보다 복잡하고 다양한 속성 값을 적용하고 있음
- 공공부문의 공급뿐만 아니라 민간에 의한 공급도 증가하고 있어 노선별 운행요금을 징수하는 방식이 다른 경우가 발생하여, 이에 국내 대중교통 요금체계의 특징을 반영할 수 있는 대중교통 이용요금 반영 방법이 필요함
- 해외의 경우 대중교통 운영주체에 대한 현황을 상수로써 고려하고 있어 운영주체에 따른 상이한 요금을 반영할 수 있음
- 따라서 국내의 경우 운영주체에 대한 정보 및 다양한 요금제 반영을 위한 추가적인 연구가 필요함

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 있음
- 공통노선 ①-②-③노선이 이용되는 경우, Red Line과 Green Line의 통행자들이 최적 전략에 의하여 ③정류장에서 불필요한 환승수요가 증가하는 문제점이 발생할 수 있으며 이러한 문제를 공통노선의 문제(Common Line Problem)라고 함



<그림 3-40> 공통노선의 문제(Common line problem)

2) 대중교통 운영계획 관련 개선방안

① 대중교통 노선 데이터의 문제점 개선방안

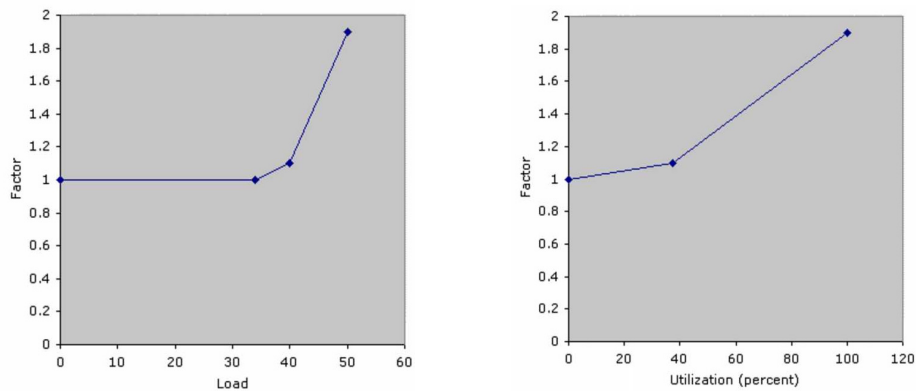
- 표정속도를 적용하는 대중교통 수단과 링크통행시간을 적용한 대중교통 수단에 대한 분류기준을 제시할 필요가 있음
- 기존의 대중교통 수단뿐만 아니라 신교통수단, 경전철, 노면전철에 대한 분류기준을 함께 제시하여 통일된 분석 방법을 적용해야 함

② 운행간격의 현실성 부족

- 열차운행 간격에 대하여 1080분과 같은 비현실적인 차량운행 간격이 입력되지 않도록 일정범위를 적용하여 분석에 적용하는 방법이 필요함
- 또한, BIS, BMS 등의 데이터를 활용하여 대중교통 운행계획과 관련된 표준화된 정보를 제공하는 방법도 요구됨

③ 대중교통 요금특성 및 차량 특성 반영

- CUBE에서는 대중교통노선의 필수속성 값으로 운영주체를 적용하고 있어서 요금제, 대중교통 수단 및 노선 등을 운영주체와 연결하여 하나의 대중교통 요소로 분석을 수행할 수 있음
- 현재 국내 대중교통 수요분석은 용량 제약을 고려하지 않은 분석이 수행되고 있음
 - 대중교통에서 용량제약을 적용하지 않은 이유는 수요의 증가를 배차간격의 조정을 통하여 무한히 용량을 증가시킬 수 있다는 가정에 기초하기 때문임
 - 하지만, 현실적으로 하나의 대중교통 노선의 배차간격을 통하여 용량을 조정하는데 한계가 있음
 - 또한, 차내 용량으로 인한 서비스 수준의 변화는 대중교통 이용자에게 다른 노선을 선택하거나 다음차량을 이용하는 행동을 유발하게 됨
- CUBE에서는 과밀모형(Crowding model)을 이용하여 차내혼잡도에 따른 차내 용량을 고려하여 분석하고 있음
- 본 연구에서는 대중교통 차량에 대한 적용방법 및 과밀모형의 적용방법의 한계로 적용하지 않음



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

<그림 3-41> 과밀모형의 혼잡도

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 있음
- 또한, CUBE의 대중교통 파라미터 중 환승가중치를 적용하여 불필요한 환승이 발생할 것으로 예상되는 지점의 환승가중치를 증가시켜 환승이 발생하지 않도록 조정하는 방법도 있음

다. 대중교통 파라미터 적용의 문제점 및 개선방안

1) 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 없음
- 수단분담 모형에서는 통행시간과 통행비용을 적용하고 있지만, 대중교통 수단의 통행 시간 특성을 설명하는 변수인 접근시간, 대기시간, 환승시간 등 다양한 설명변수를 모형에 적용하지 못함

- 또한, 소득수준, 차량소유여부, 연령, 결혼여부 등의 수단선택에 영향을 미치는 속성들을 반영할 수 없음
- 선택대안이 승용차, 택시, 버스, 지하철로 구분되는 수단선택모형은 다양한 속성을 가진 대중교통 차량의 특성을 적절히 반영하기에 힘든 측면이 존재함

② 대중교통 통행배정모형의 문제점

- 대중교통으로의 접근수단에 대한 명확한 분석방법 및 자료가 부족하여 차외시간을 적용함에 있어 많은 제약이 존재함
- 통합 네트워크상에서 일률적으로 탑승링크 및 환승링크의 거리를 통하여 차외시간 비용을 추정하는 경우 현실과 동떨어진 대중교통 수요분석 결과가 도출될 위험이 있음
- 또한 새롭게 배포된 주수단 O/D에 대하여 접근수단에 대한 O/D 자료의 부족으로 인해 정확한 대중교통 이용 수요 추정이 불가능함
- 일반적으로 배차간격의 1/2을 적용하는 방법이 합리적인 방법이긴 하지만 비현실적인 운행계획으로 인하여 500분의 대기시간이 발생하는 것은 비현실적임. 배차시간의 1/2을 적용하는 방법은 이용자가 대중교통 수단의 도착시간을 모르고 정류장에 도착한다는 가정에 의해 시작된 개념이지만 현실의 이용자들은 대중교통수단의 도착시간을 알고 행동하는 경우가 많기 때문에 이러한 조건을 반영한 대기시간 파라미터의 적용방법이 개선되어야 할 것임
- 대중교통 수요분석에 이용되는 최전전략에 의한 통행배정 방법은 차량의 용량을 반영하지 못하고, 비현실적인 환승 통행을 증가시키는 등의 문제점을 내포하고 있음

2) 파라미터 적용방법의 개선방향

① 수단선택 모형의 효용함수 파라미터 적용방법

- 대중교통 수단의 특성을 적절히 반영할 수 있는 합리적인 통행시간 및 통행비용 산정방법이 구축되어야 함. 특히 대중교통 접근통행에 대한 연구를 통하여 차외통행을 정량적으로 반영할 수 있는 기준이 정립되어야 할 것임
- 대중교통 수단의 통행비용은 대중교통 이용요금과 거리에 따른 요금단가를 거리와 조합하여 산정한 통행비용을 적용해야 하며, 환승할인과 같은 국내 대중교통 요금체계를 적용하는 방안을 모색해야 함

- 버스 통행시간은 승용차 통행배정 후 산출된 공로통행시간을 이용하며, 철도는 최소 통행시간 추정을 통하여 분석이 가능함
- 그 밖에 버스전용차로를 포함한 버스 수단의 통행속도 산출기준이 마련되어야 함
- 수단분담 모형에 적용되는 통행시간 및 통행비용 효용변수에 대한 시간가치 검증을 통하여 모형의 검증이 필요함. 또한, 각 수단별 특성을 반영할 수 있는 대안특성변수 (Alternative Specific Variable) 적용을 통하여 수단별 통행시간 및 통행비용에 대한 파라미터를 설정하고 이에 대한 적중률, 탄력성 분석을 수행하여야 함
- 개별통행수단과 대중교통 수단, 공로수단과 철로수단, 주수단과 접근수단과 같이 수단 선택 대안에 대한 계층적 분석을 통하여 대중교통 수단의 수단별 특성이 반영된 수단 선택 모형이 되어야 함

② 통행배정 파라미터의 적용방법

- 본 대중교통 수요분석의 예비조사 모형에서는 CUBE를 이용하여 국외 사례 및 국내 대중교통 수요분석 기준에 따라 차외시간 파라미터를 적용했지만, 파라미터의 적용 기준 및 적용범위, 파라미터에 대한 대중교통 분석의 변화에 대한 연구가 부족하여 분석가에 따라 파라미터의 적용방법을 달리할 수 있기 때문에 분석의 객관성이 낮아질 위험이 있음
- 대중교통 수요분석에 적용할 수 있는 파라미터의 종류와 범위, 파라미터에 대한 대중교통 수요의 탄력성을 통해 분석에 이용되는 파라미터를 구체화할 필요성이 있음
- 대기시간은 CUBE 모형과 같은 대기시간 곡선을 적용하여 배차간격에 따라 증가하더라도 일정시간 이상의 대기시간을 허용하지 않도록 하여 비현실적인 대기시간이 발생하는 것을 방지해야 함

라. 정산부분의 문제점 및 개선방안

1) 대중교통 수요분석 모형의 정산과정의 문제점

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

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

2) 정산과정의 개선방안

① 다각적인 대중교통 정산기준의 필요

- 미국 FHWA의 통행배정에서는 통행배정결과들을 평가하는 다양한 방법들을 제시하고 있음
- 스크린라인(screen line)이나, 커트라인(cut line)과 같은 일부집계를 통한 배정교통량과 실측교통량을 비교하는 방법, 실측교통량의 총 통행거리(VMT)와 통행배정결과의 총 통행거리(VMT)를 비교하는 방법, 배정된 교통량과 실측된 교통량 사이의 총 가중오차를 이용하는 방법 등을 제안하고 있음
- 다음은 구체적인 정산 방안에 대한 설명을 나타냄²⁾
 - VKT측정 : 링크의 길이에 해당링크에 추정된 교통량이나 실측교통량을 곱하여 계산하는 것으로 추정교통량의 VKT와 실측교통량의 VKT로 나누어 백분율로 표시함. 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 간주함
 - SL측정 : 분석대상 전 지역을 두 부분으로 나누는 가상선을 작성한 후, 그 가상선상을 교차하는 모든 링크들에 추정된 교통량의 합과 해당 링크들의 실측교통량의 합을 비교하여 수요예측결과를 평가하는 방법임. 이 측정은 추정교통량과 실측교통량의 차이를 백분율로 나타내어 정확도를 표시하며, 추정교통량이 실측교통량과 $\pm 10\%$ 이내의 오차를 보이는 경우 신뢰할 수 있는 수요예측 결과라고 간주함
 - CL측정 : SL측정과 유사하나 분석대상지역이 SL측정과 같이 도로망전체가 아니라 특정지역에서 선정된 대개 4-8개의 링크들을 대상으로 분석하는 방법임.

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

따라서, 이 측정은 비교적 작은 범위의 한정된 지역에 대한 비교평가이므로 SL측정보다 더욱 정교하고 효과적임. CL측정도 추정교통량과 실측교통량의 차이를 백분율로 나타내어 정확도를 표시하며, 이 측정은 추정교통량이 실측교통량과 $\pm 20\%$ 이내의 오차를 나타내는 경우 신뢰할 수 있는 수요예측 결과라 간주함

- TR측정 : 특정노선상의 모든 링크들에 추정된 교통량과 실측교통량을 비교하여 예측 결과를 평가하는 방법임. 이 측정은 SL측정과 같이 추정교통량이 실측교통량과 $\pm 10\%$ 이내의 오차를 나타내는 경우 신뢰할 수 있는 수요예측 결과라고 간주함

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 비교하였고, 또한 접근 및 환승 범위에 대한 정산과 파라미터의 정산을 통하여 모형의 정산과정을 수행함
- 이러한 과정에서 주수단 O/D에 대한 제대로 된 분석을 수행하는데 많은 한계점이 나타남
- 새롭게 배포된 주수단 O/D의 도입으로 인한 통합(도로+철도) 네트워크에 대한 분석방법론의 정립이 필요하며 주수단 O/D의 개념에 따라 버스와 지하철 사이의 환승이 발생하는 지점에 대한 명확한 정의가 필요함
- 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 함
- 이와 같은 주수단 O/D를 활용하여 통합네트워크의 분석을 하기 위해서는 통행행태 반영을 위한 수단간 환승 범위 설정, 수단간 환승저항 등의 연구가 필요함
- 최적전략에 의한 통행배정의 경우 실제보다 환승이 많이 발생하기 때문에 통행배정 알고리즘에 관한 연구 등이 추가적으로 수행되어야 할 것임

제4장 결론 및 향후 개선 방향

제1절 결론

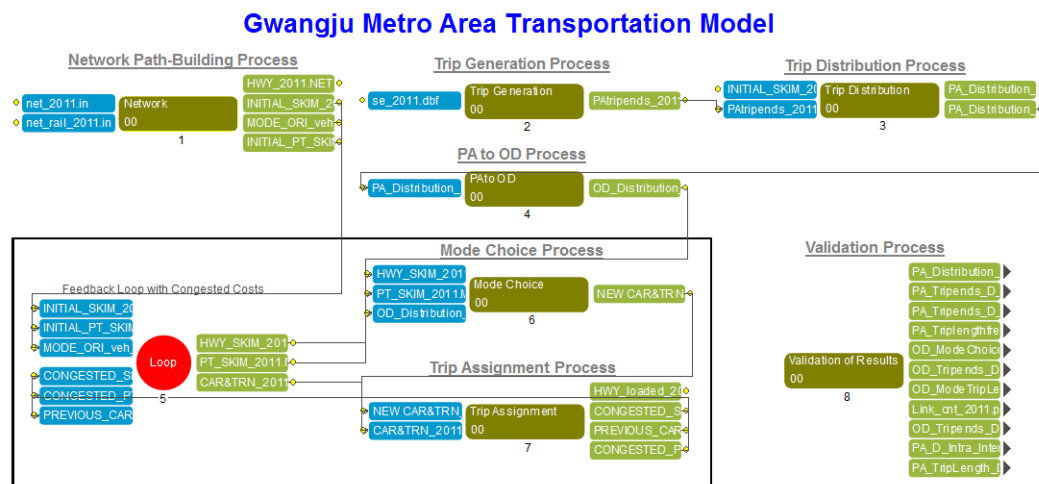
제2절 향후 개선 방향

제4장 결론 및 향후 개선 방향

제1절 결론

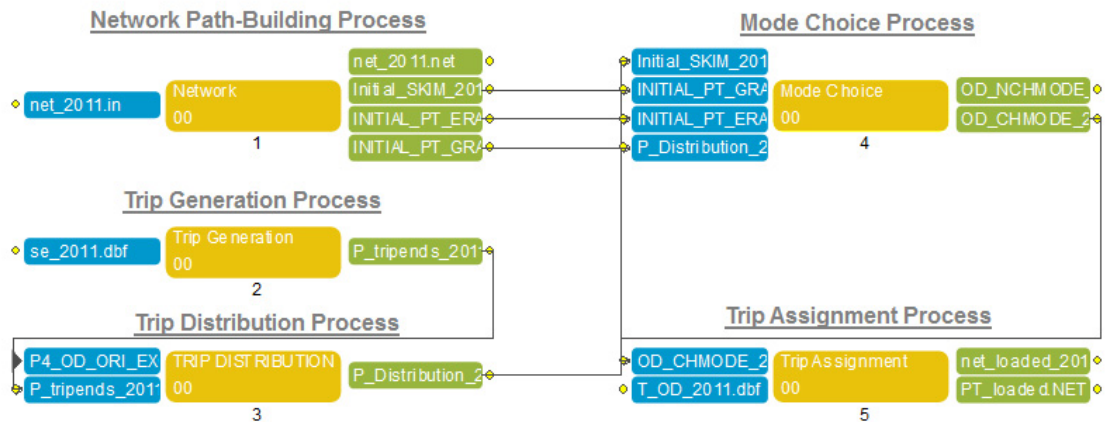
1. 교통패키지를 활용한 KTDB 교통수요예측 과정의 업무 개선

- 현재 국내 대부분의 수요예측은 통행발생, 통행배분, 수단선택, 통행배정의 4단계로 이루어져 있으며, 각 단계별 복잡한 수요 예측을 외생적(Exogenous)으로 처리하고 있음
 - 교통수요 예측시 부정확한 교통수요 결과를 야기할 수 있음
- 이에 본 과업에서는 단계별 교통수요 예측과정을 통합하여 시스템화함으로써 신뢰도를 제고하였음
 - 전국 지역간과 광주광역권을 대상으로 교통수요 예측과정의 전과정을 시스템화하여 Script로 매뉴얼화함으로써, 교통수요 예측의 효율화 및 교통수요의 왜곡을 방지함



<그림 4-1> 광주광역권 교통수요예측 모델 구조

Regional Area Transportation Model



<그림 4-2> 전국 지역간 교통수요예측 모델 구조

2. 대중교통 수요분석의 현황진단 및 향후 개선방안

가. 대중교통 교통수요 분석의 필요성

- 국내 대중교통 수요분석에 대한 연구수준이 기초수준에 머물러 있으며, 대중교통 특유의 통행행태를 반영하지 못한 수요분석의 사례가 많이 존재함. 특히 대중교통부분의 교통수요추정 시 나타난 한계점은 크게 3가지로 요약됨
- 첫째, 대중교통 통행행태를 반영하지 못하였고, 둘째, 통행배정 및 수단분담 모형의 파라미터 적용의 일관성이 부족하며, 마지막으로 버스를 포함한 노선수요 분석방안이 정립되지 않았다는 문제점을 가지고 있음
- 해외에서는 규모가 큰 도시의 경우 94%이상이 대중교통 교통수요 분석의 필요성을 인지하고 각 도시별 교통수요분석 모형을 구축하고 있는 것으로 나타났으며, 앞서 살펴본 뉴욕시의 BPM모형과 유럽연합의 MOTOS의 미국이나 유럽에서의 교통수요모형을 보면 국내에 비해 교통모형의 개수나 정밀분석 정도에 있어서 많이 앞서있다는 것을 확인 할 수 있음
- 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 있음

- 교통수요모형의 유지관리와 개선에 있어서 전문성이 확보된 형태의 대중교통 수요추정이 이루어지고 있는 해외와 마찬가지로 국내에서도 대중교통 수요추정과 관련된 모형개발, 기초연구 등이 활성화되어야 함

나. KTDB 배포자료의 한계점 및 개선방안

1) 네트워크 측면

- 해외 분석모형의 노드 데이터는 기본적인 노드 속성뿐만 아니라 분석의 목적에 맞도록 환승더미 노드 속성 및 주차, 램프, 환승, 지역특성과 같은 다양한 자료들이 입력되어 있으나, 국내의 경우 노드의 위치 및 정류장속성 등의 기본적인 데이터만이 수록되어 있음
- 국내 배포 네트워크의 링크 데이터 속성값은 기종점 노드, 도로 유형, 거리, 차선 수, 속도, 용량, VDF, Alpha, Beta, 수단, 수단별 가중치, 도로명, 교통량 등이 입력되어 있으나 해외 대중교통 수요분석 모형의 링크속성은 국내에서 배포된 링크 속성 값 이외의 분석목적 및 기준에 따라 구성되어 있음
 - 예를 들면, 지형특성, 도로 용량에 영향을 미칠 수 있는 요소들(ex, 도로 폭, 길 어깨, 지형특성, 지역특성)을 속성 값으로 포함
 - 또한, 대중교통 분석을 위한 PNR 및 환승주차 시설의 속성 값도 포함
- 국내의 경우 이러한 기초자료 분석의 부재로 인해 분석목적에 따라 분석가의 임의대로 더미노드 및 링크를 구축함으로써 수요분석의 신뢰성이 저하되는 단점이 존재함
- 따라서, 대중교통 접근 및 환승을 위한 더미노드의 경우 대중교통 영향권에 대한 기초 연구를 통해 표준화된 네트워크 수정 및 구축 방법이 선행되어야 함

2) O/D 측면

- KTDB 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 있음
- 수단 O/D 중 버스+지하철이라는 새로운 주수단 O/D를 도입하였지만, 해외사례에서 처럼 보행+버스, 보행+지하철, 자동차+버스, 자동차+지하철과 같은 접근수단에 대한 O/D가 부재한 상황임

- 또한, 정류장 접근 통행에 대한 기초 연구가 부족하여 접근통행을 분석하기에는 많은 어려움이 존재하며, 특히 제한된 접근수단 O/D로 인하여 복합수단 통행분석과 대중교통 특성에 따른 모형구축에 한계점을 가지고 있는 것으로 나타남
- 따라서, 향후 O/D 구축 시 다양한 대중교통 접근수단O/D에 대한 고려가 필요하고, 주수단 O/D, 접근수단 O/D를 배포함에 있어 명확한 분석 방법론 및 환승행태에 대한 연구, 통행배정 알고리즘에 대한 선행연구가 수반되어 신뢰성있는 대중교통 수요분석이 이루어져야 할 것임

다. 대중교통 수요분석 모형 구축 방향

- 대중교통 수요분석의 경우 크게 국가적 차원과 지역적 차원의 모형으로 구분할 수 있음
- 유럽연합의 경우도 국가모형과 도시모형을 따로 관리하고 있는 것으로 나타났으며, 국내에서도 대중교통 특성이 지역마다 차이점을 갖고 있으므로 모형의 세분화가 필요할 것으로 판단됨
- 대중교통 수요분석 모형 구축을 위해서는 KTDB에서 보편적이고 전국 범위의 표준적인 대중교통 수요분석 모형의 구축이 필요하며, 이를 위해 지속적인 모형개발과 기초연구가 수반되어야 함
- 또한, 사업의 규모와 분석의 범위에 따라 모형이 구축되어야만 객관적이고 신뢰성 있는 대중교통 수요분석이 가능하기 때문에 KTDB의 국가모형 구축과 더불어 지역특성에 맞는 지역모델이 도시별로 구축될 필요성이 있음

제2절 향후 개선 방향

1. 교통패키지를 활용한 KTDB 교통수요예측 과정의 업무 개선

- 교통패키지를 활용한 KTDB 교통수요 예측은 현재 및 장래의 교통수요예측 모델에 한정되어 있기 때문에 현재연도 전수화 방안에 대한 전산화 과정 필요함
- 교통수요 예측을 위한 기초 자료 생성, 교통수요 예측, 결과 검증 등에 대한 전산화 및 모듈화를 구축하였으나, 부분적으로는 수동적인 부분이 존재하기 때문에 이에 대한 개선이 필요함
 - 장래 사회경제지표 예측, 단계별 모형의 파라미터, 통행비용함수 중 유료도로 가중치 등
- 추가적으로 다양한 교통정책(혼잡통행료 징수 및 유가 변화) 도입에 따른 효과분석을 위해 현재 구축중인 전통적인 4단계 모형으로 한계가 있기 때문에 새로운 모델 도입을 통한 효과분석 과정 프로그램이 개발되어야 함

2. 대중교통 수요분석의 현황진단 및 향후 개선방안

가. DB 구축분야

- 노선운행 정보 자료취득
 - 대중교통의 특성상 운행계획, 노선등과 관련된 계획이 고정되지 않고 자주 변화하는 특성을 가지고 있기 때문에 변화하는 노선운행 정보 자료를 손쉽게 취합하고 구축하는 방향이 강구되어야 함
 - 국내의 경우 BIS, BMS 등 첨단 IT 시스템상의 자료를 활용하여 자료수집이 가능하므로 이를 통한 자료 수집 및 자동구축체계 구축이 필요함
- 대중교통 네트워크 구축
 - 수도권 이외의 광역권자료의 경우도 버스를 포함한 대중교통 네트워크가 제공되어야 하며, 가능하면 시외버스 네트워크도 구축하여야 할 것임
 - 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 필요함

○ 대중교통 O/D 구축

- 현재 배포되는 O/D자료의 경우 제한된 접근수단 O/D로 인하여 복합수단 통행분석과 대중교통 특성에 따른 모형구축에 한계점을 가지고 있음
- 향후 O/D 구축 시 다양한 대중교통 접근수단 O/D를 구축함으로써 접근통행에 대한 보다 심도 있는 분석을 위한 기초자료가 제공되어야 함

나. 기초연구 분야

○ 환승을 고려한 대중교통 수요분석

- 현재 통행배정모형에서 가장 널리 이용되는 최적전략 통행배정모형의 경우 환승통행 구현에 있어 한계점을 가지고 있음
- 따라서 대중교통 통행 행태와 관련된 기초연구가 선행되어야 하며, 환승을 고려할 수 있는 대중교통 통행배정 알고리즘 연구가 필요함

○ 접근통행을 고려한 대중교통 수요분석

- 기존 수요분석지침에서는 접근통행에 대해 일률적으로 분석을 하고 있으며, 기초자료 역시 접근통행 분석을 수행하기에는 많은 문제점을 내포하고 있음
- 접근통행을 고려하기 위해서는 대중교통 이용자들의 현황조사를 통해 접근통행을 고려할 수 있는 모형 구축 등의 선행 연구가 필요함

○ 대중교통 파라미터 적용

- 현재 사용되고 있는 수단분담모형은 수단별 수단선택 파라미터를 동일하게 사용하고 있어 교통수단의 특성을 모형화하지 못하고 수단전환 탄력성에 대한 문제가 지속적으로 발생하고 있음
- 따라서, 대중교통을 포함한 교통수요분석에 적합한 수단분담모형에 대한 연구가 필요함
- 또한, 통행배정 파라미터의 명확한 적용기준 및 지침이 없어 분석가의 판단에 의해 적용되고 있는 실정임
- 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 필요함

○ 통합 대중교통 수요 분석

- 기존 철도(도시철도 포함) 중심의 대중교통 수요분석만으로는 경쟁수단 및 수단간 환승특성을 반영하지 못하고 있는 실정이므로 버스 등 경쟁수단을 포함한 수단간 환승을 고려하여 대중교통수요분석을 위한 연구 및 관련 지침 개발이 필요함
- 2012년 수도권교통본부에서 배포한 기초자료에는 기존과 달리 대중교통 O/D 중 복합수단(버스+지하철) O/D가 존재하는데, 현재의 연구수준과 경험적인 측면에서 현실적으로 통합네트워크를 분석하기에는 난해한 측면이 존재함
- 따라서, 복합수단(버스+지하철) O/D 분석을 위한 연구가 선행되어야 할 것임