

2014년 「국가교통조사 및 DB구축사업」

여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구

4

제 출 문

국토교통부장관 귀하

본 보고서를 국가정보화사업 중 「2014년도 국가교통조사 및 DB구축사업」의 최종보고서로 제출합니다.

2014년 12월

한국교통연구원

원장 이 창 운

**본 『2014년도 국가교통조사 및 DB구축사업』은 다음
연구진에 의해 수행되었습니다.**

참 여 연 구 진

<한국교통연구원>	
연구책임자	◦ 김찬성 연구위원
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 박인기, 최정민 , 정경옥 연구위원 ◦ 조종석, 박민철, 박용일, 박상준, 이석주, 김주영, 김희경, 황순연, 홍다희, 천승훈, 연지윤, 장동익, 한진석, 김병관 부연구위원 ◦ 신영권, 성홍모, 김동호, 김진우, 김규진, 김정은, 강국수, 강재원, 고두환, 김관용, 김성민, 김은미, 김진오, 김형범, 박미란, 박준호, 박흥주, 변상진, 손강주, 서창범, 신동찬, 오연선, 이선아, 정승연, 정재훈, 정창욱, 정현진, 주진호, 최서윤, 탁지훈, 홍성표 연구원 ◦ 신지현 연구조원 ◦ 전윤미, 나선영, 소윤종, 윤황섭, 박선임
<한국해양수산개발원>	
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 이호춘 전문연구원 ◦ 이건우 전문연구원 ◦ 반영길, 김혜주 연구원

『2014년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

보고서 구성 및 담당연구진

번 호	과 제 명	연 구 진
제 1권	요약보고서	박용일, 황순연, 정경옥, 신영권 김규진, 박준호, 신동찬, 정재훈
제 2권	전국 여객 O/D 보완갱신 연구	박인기, 조종석, 김병관, 강국수, 박미란, 이선아, 탁지훈
제 3권	여객 O/D 조사방법론 개선방안 연구	조종석, 김동호, 정현진
제 4권	여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구	천승훈, 김동호, 김성민, 강국수 이선아, 김관용, 탁지훈
제 5권	장래교통계획DB 구축 및 실행방안 연구	김희경, 서창범, 정창욱
제 6권	국가교통DB 사후평가	김주영, 박흥주
제 7권	화물 O/D 보완갱신 연구	박민철, 강재원, 김형범, 변상진
제 8권	물류거점 화물실태조사	박민철, 한진석, 김형범, 변상진
제 9권	해상화물 O/D 보완갱신 및 방법론 연구	이호춘, 이건우, 반영길, 김혜주
제10권	교통시설 인프라 조사 및 교통주제도 구축	최정민, 정승연, 김은미
제11권	교통망 성능평가 연구	홍다희, 손강주, 김진오, 최서윤
제12권	교통유발원단위 조사연구	황순연, 오연선, 고두환
제13권	교통수단 이용실태조사 연구	연지윤, 김정은, 주진호
제14권	특별교통통행실태조사 연구	성흥모, 홍성표
제15권	교통비용 및 온실가스 DB 구축 연구	연지윤, 김정은, 주진호
제16권	대용량교통정보시스템 구축 및 분석	천승훈, 이석주, 장동익, 김진우 김성민

『2014년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

과제별 공동참여·위탁용역 사업자

【공동사업 참여기관】

- 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (부산·울산권 부문)
 - ㈜선일이엔씨, 경성대학교산학협력단
- 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (대전광역시권 부문)
 - ㈜드림이엔지
- 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (광주광역시권 부문)
 - ㈜유신
- 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (수도권 부문)
 - 서울연구원, 경기개발연구원, 인천발전연구원
- 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (대구광역시권 부문)
 - 대구경북연구원

【위탁용역 사업자】

- 2014년 국가교통DB점검단 운영지원
 - (사) 교통투자평가협회
- 교통수단이용실태조사
 - ㈜메트릭스코퍼레이션
- 전국 지역간 여객O/D 조사방법론 개선방안 연구
 - 홍익대학교
- 대도시권 여객O/D 조사방법론 개선방안 연구
 - 경기개발연구원
- 2014년 교통주제도 구축
 - ㈜팀지오&중앙항업(주) 컨소시엄
- 물류거점 화물실태조사
 - ㈜메트릭스코퍼레이션, 부경대
- 국가교통DB-Brief 발간대행
 - ㈜피그마리온

【위탁용역 사업자】

- 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구(시외유출입 교통량조사)
 - 동해엔지니어링, 한국교통량데이터베이스, 도시데이터시스템
- 광역시 교통네트워크 성능평가체계 구축 및 분석
 - 서울시립대 산학협력단
- KTDB 전산 인프라 유지보수
 - 아이넷시스템즈
- 첨단자료를 이용한 교통분석용 네트워크 구축방안 연구
 - 현대엠엔소프트(주)
- 특별교통통행실태조사 및 이용자 만족도 조사
 - ㈜리서치랩
- 빅데이터 기반 교통예보를 위한 핵심 요소기술 개발
 - 큐빅웨어&서울대학교
- 장래교통계획 DB 시작품 제작
 - 팀지오
- 첨단자료를 활용한 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구
 - 명지대학교, 큐빅웨어
- Car Navigation 자료를 이용한 교통혼잡지도 검증 및 고도화 연구
 - 서울대학교, 큐빅웨어
- 복합용도시설 교통유발원단위조사
 - 아이로드테크
- 국민생활시설 교통실태 설문조사
 - 네오알앤에스
- 교통유발원단위조사
 - 도시데이터시스템
- 복합용도시설 교통유발통행실태조사
 - 나이스알앤씨

【자문용역 사업자】
<ul style="list-style-type: none">• 전국 장래 시군 및 읍면동 인구예측에 관한 연구<ul style="list-style-type: none">- 고려대 김기환교수• 교통유발원단위조사 표본설계 연구<ul style="list-style-type: none">- 경기대 이상은교수, 한국외대 신기일교수• 효율적인 차량주행거리 산정방법론의 확대방안 연구<ul style="list-style-type: none">- 충북대학교 산학협력단• 물류시설사업 평가방법론 사례연구<ul style="list-style-type: none">- 한국교통정책경제학회

최종보고서 목차

- 제 1권 요약보고서
- 제 2권 전국 여객 O/D 보완갱신 연구
- 제 3권 여객 O/D 조사방법론 개선방안 연구
- 제 4권 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구
- 제 5권 장래교통계획DB 구축 및 실행방안 연구
- 제 6권 국가교통DB 사후평가
- 제 7권 화물 O/D 보완갱신 연구
- 제 8권 물류거점 화물실태조사
- 제 9권 해상화물 O/D 보완갱신 및 방법론 연구
- 제 10권 교통시설 인프라 조사 및 교통주제도 구축
- 제 11권 교통망 성능평가 연구
- 제 12권 교통유발원단위 조사연구
- 제 13권 교통수단 이용실태조사 연구
- 제 14권 특별교통통행실태조사 연구
- 제 15권 교통비용 및 온실가스 DB 구축 연구
- 제 16권 대용량교통정보시스템 구축 및 분석

목 차

요 약

제1장 교통량 관측지점 확대조사 1

- 제1절 과업의 추진배경 및 목적 / 3
- 제2절 관측지점 확대조사 추진 방안 / 4
- 제3절 KTDB 교통량조사 수행 결과 / 6
- 제4절 KTDB 교통량조사 결과 기초분석 / 16
- 제5절 교통량 자료를 활용한 여객O/D 구축 방안 / 29
- 제6절 여객O/D 신뢰도 개선 결과 / 42
- 제7절 결론 및 향후 개선방안 / 47

제2장 첨단자료를 활용한 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구 49

- 제1절 과업의 개요 / 51
- 제2절 여객 기종점 통행량 신뢰도 개선기법 개발 / 53
- 제3절 KTDB VDF 위계 재정립에 따른 파라미터 추정 및 검증 / 131
- 제4절 VDF 애플리케이션의 개선 및 유지보수 / 155

제3장 대중교통 분석용 네트워크 구축 방안 연구 185

- 제1절 과업 개요 / 187
- 제2절 기존 대중교통 네트워크 구축 현황 / 189
- 제3절 대중교통(버스) 네트워크 구축 방법론 수립 / 198
- 제4절 대중교통(버스) 네트워크 구축 / 203
- 제5절 교통분석용 네트워크 생성 및 관리 Application 개발 / 241
- 제6절 결론 및 향후 연구방향 / 252

제4장 통합교통수요 분석 방안 연구 257

- 제1절 과업 개요 / 259
- 제2절 도로 및 철도수요 분석 방안 / 260
- 제3절 대중교통수요 분석 방안 / 272
- 제4절 결론 / 287

표 목 차

〈표 1- 1〉 관측지점 확대조사 추진방안	4
〈표 1- 2〉 한국건설기술연구원 및 지자체 관측지점 확보	5
〈표 1- 3〉 조사수행 과정	7
〈표 1- 4〉 시도별 교통량조사지점 개수	9
〈표 1- 5〉 주차별 본조사 수행 일정	10
〈표 1- 6〉 보완조사 수행지점	12
〈표 1- 7〉 차종 구분	13
〈표 1- 8〉 도로등급별 교통량 현황	16
〈표 1- 9〉 도로등급별-차종별 일평균교통량(대/일)	17
〈표 1-10〉 도로등급별 차종 구성비	17
〈표 1-11〉 도로등급별 주야간교통량 및 주야율	18
〈표 1-12〉 차로수별 교통량 현황	19
〈표 1-13〉 차로수-차종별 일평균교통량(대/일)	20
〈표 1-14〉 차로수별 차종 구성비	20
〈표 1-15〉 차로수별 주야간교통량 및 주야율	21
〈표 1-16〉 권역별 교통량 현황	22
〈표 1-17〉 권역별-차종별 일평균교통량(대/일)	23
〈표 1-18〉 권역별 차종 구성비	23
〈표 1-19〉 권역별 주야간교통량 및 주야율	24
〈표 1-20〉 권역별 시간대별 일평균 교통량(대/시)	25
〈표 1-21〉 권역별 시간대별 일평균 교통량 비율(%)	26
〈표 1-22〉 차종별 시간대별 일평균 교통량(대/시)	27
〈표 1-23〉 유출입교통량 산출결과 비교	36
〈표 1-24〉 전국 2x1 스크린라인 보정결과 비교(승용차)	39

〈표 1-25〉 전국 2x1 스크린라인 보정결과 비교(버스)	39
〈표 1-26〉 도서지역 보정결과 비교(승용차)	40
〈표 1-27〉 도서지역 보정결과 비교(버스)	40
〈표 1-28〉 O/D 구축결과 비교	41
〈표 1-29〉 통행배정을 위한 자료 List	42
〈표 1-30〉 2013년 기준 %RMSE	44
〈표 1-31〉 2012년 기준 %RMSE	44
〈표 1-32〉 %ERROR(집계)	45
〈표 1-33〉 %ERROR(지점별)	46
〈표 2- 1〉 통행거리 구간 별 KTDB OD 대비 내비게이션 자료 비율	106
〈표 2- 2〉 고속도로 통과 비율별 기종점 쌍 표본비율 특성 분석	112
〈표 2- 3〉 관측교통량-내비표본을 이용한 KTDB OD 총량 검증	114
〈표 2- 4〉 기종점 교통량 구간별 CV 평균값	124
〈표 2- 5〉 분석대상 기종점 편차율 분석	126
〈표 2- 6〉 분석대상 기종점 존재구간 추정 결과	129
〈표 2- 7〉 VDF 등급별 도로 속성	133
〈표 2- 8〉 VDF 등급별 부적합 정산지점 제외 결과	135
〈표 2- 9〉 2014 VDF 등급별 파라미터 범위_도시부	138
〈표 2-10〉 2014 VDF 등급별 파라미터 범위_지방부	138
〈표 2-11〉 2014 VDF 등급별 파라미터 최적값_도시부	139
〈표 2-12〉 2014 VDF 등급별 파라미터 최적값_지방부	140
〈표 2-13〉 2013 및 2014 VDF KTDB 전국 교통망 정산결과	141
〈표 2-14〉 2013 및 2014 VDF KTDB 전국 교통망 정산결과(내비게이션 자료 미적용)	141
〈표 2-15〉 도로유형별 관측-배정 교통량 %error 분석 결과	141
〈표 2-16〉 광역지자체별 관측-배정 교통량 %error 분석 결과	142
〈표 2-17〉 2013 KTDB 교통망 도로등급별 %RMSE 결과	143
〈표 2-18〉 2014 KTDB 교통망 도로등급별 %RMSE 결과	143

〈표 2-19〉 도로유형별 관측-배정 교통량 %error 분석 결과	144
〈표 2-20〉 도로유형별 교통망 총 통행시간 분석	145
〈표 2-21〉 VDF 등급별 교통망 총 통행시간 분석	146
〈표 2-22〉 편익검증을 위한 분석 조건 (한국교통연구원, 2012)	147
〈표 2-23〉 교통상황별 고속도로 링크 통행시간 산정 I (단위: 초)	148
〈표 2-24〉 교통상황별 고속도로 링크 통행시간 산정 II (단위: 초)	148
〈표 2-25〉 용량 증대로 인한 고속도로 통행시간 절감 편익 산정 (단위: 원)	149
〈표 2-26〉 교통상황별 2등급 다차로도로 링크 통행시간 산정 I (단위: 초)	150
〈표 2-27〉 교통상황별 2등급 다차로도로 링크 통행시간 산정 II (단위: 초)	151
〈표 2-28〉 용량 증대로 인한 다차로도로 2등급 통행시간 절감 편익 산정 (단위: 원)	152
〈표 2-29〉 교통상황별 5등급 다차로도로 링크 통행시간 산정 I (단위: 초)	153
〈표 2-30〉 교통상황별 5등급 다차로도로 링크 통행시간 산정 II (단위: 초)	154
〈표 2-31〉 용량 증대로 인한 다차로도로 5등급 통행시간 절감 편익 산정 (단위: 원)	154
〈표 3- 1〉 네트워크 통합노드ID 체계	190
〈표 3- 2〉 철도 네트워크 구축결과	192
〈표 3- 3〉 버스전용차로 구축 수준 정의	193
〈표 3- 4〉 수도권 노선버스 수집 및 구축 현황	194
〈표 3- 5〉 수도권 급행 철도 운행 현황	195
〈표 3- 6〉 마을버스 Line Data 속성정의	196
〈표 3- 7〉 수도권 마을버스 노선 및 구축현황	197
〈표 3- 8〉 수도권 대중교통 네트워크 구축 결과	197
〈표 3- 9〉 대중교통(버스) 수단별 유형구분	198
〈표 3-10〉 Application UI 설계 관련 기능 및 내용	202
〈표 3-11〉 링크 속성 구축	206
〈표 3-12〉 노드 속성 구축	207
〈표 3-13〉 링크 종별 코드	208
〈표 3-14〉 도로 등급 코드	208

〈표 3-15〉 일방통행 코드	209
〈표 3-16〉 시설물 코드	209
〈표 3-17〉 포장유무 코드	209
〈표 3-18〉 중앙버스차선 코드	210
〈표 3-19〉 측면버스차선 코드	210
〈표 3-20〉 자동차 전용차선 코드	210
〈표 3-21〉 노드 속성 코드	210
〈표 3-22〉 구축 결과	212
〈표 3-23〉 노드 테이블(ex_bus_node)	214
〈표 3-24〉 시외버스 노드유형(ex_bus_node_type)	215
〈표 3-25〉 노선 테이블(ex_bus_route)	215
〈표 3-26〉 시외버스 노선유형(ex_bus_route_type)	216
〈표 3-27〉 시각표 테이블(ex_bus_time_table)	216
〈표 3-28〉 노선운행요일(week)	216
〈표 3-29〉 노선 정류장리스트 테이블(ex_bus_route_station_list)	217
〈표 3-30〉 노선 경유노드 테이블(ex_bus_route_node_list)	217
〈표 3-31〉 도로 네트워크 속성 구성	221
〈표 3-32〉 도로 등급 코드 기준	222
〈표 3-33〉 교통분석용 네트워크 구축 결과	229
〈표 3-34〉 고속/시외버스 노선 데이터 구조	230
〈표 3-35〉 고속/시외버스 노선 데이터 예시	231
〈표 3-36〉 버스 Line name의 구성	231
〈표 3-37〉 지역구분코드	231
〈표 3-38〉 버스 차종 유형의 분류기준	232
〈표 3-39〉 도로/철도 연결링크 데이터 구조 및 입력값	235
〈표 3-40〉 통합네트워크 TXT파일 구조	236
〈표 3-41〉 도로 주제도 검증 항목	248

〈표 3-42〉 도로 네트워크 검증 항목	251
〈표 4- 1〉 과업의 분석 내용	259
〈표 4- 2〉 전국 지역간 철도통행 파라미터 보정	266
〈표 4- 3〉 커넥터 조정 및 파라미터 보정 결과	267
〈표 4- 4〉 접근링크 보정 결과	268
〈표 4- 5〉 역별 승하차 파라미터 보정	269
〈표 4- 6〉 정산작업 수행 수요분석 결과	271
〈표 4- 7〉 프로그램별 Transit 통행배정 알고리즘 비교	273
〈표 4- 8〉 철도부문 통행배정 일반화 비용 산정을 위한 국내·외 연구	278
〈표 4- 9〉 MOTOS의 대중교통 시간가중치	278
〈표 4-10〉 해외대중교통 수요분석 모형의 대중교통 파라미터	279
〈표 4-11〉 2014년 현행화 대중교통 노선수	280
〈표 4-12〉 역별 승하차 파라미터 보정	283
〈표 4-13〉 수도권 주수단 O/D 지하철 노선 통행배정 결과(정산 미시행)	284
〈표 4-14〉 수도권 주수단 O/D 버스 노선 통행배정 결과	285
〈표 4-15〉 수도권 주수단 O/D 지하철 노선 통행배정 결과	286

그림목차

〈그림 1- 1〉 한국건설기술연구원 및 지자체 관측지점	5
〈그림 1- 2〉 교통량조사지점 선정결과	9
〈그림 1- 3〉 교통량 영상촬영장비 설치 예시	11
〈그림 1- 4〉 영상모니터링 장비 및 교통량 계수 현장	13
〈그림 1- 5〉 도로등급별 일평균 교통량 현황(대/일)	16
〈그림 1- 6〉 도로등급별 차종 구성비	17
〈그림 1- 7〉 도로등급별 주야율	18
〈그림 1- 8〉 차로수별 일평균 교통량 현황(대/일)	19
〈그림 1- 9〉 차로수별 차종 구성비	20
〈그림 1-10〉 차로수별 주야율	21
〈그림 1-11〉 권역별 일평균 교통량 현황(대/일)	22
〈그림 1-12〉 권역별 차종 구성비	23
〈그림 1-13〉 권역별 주야율	24
〈그림 1-14〉 권역별 시간대별 교통량분포	26
〈그림 1-15〉 차종별 시간대별 교통량분포	28
〈그림 1-16〉 수도권 및 광역권 O/D와 전국 지역간 O/D 합치	31
〈그림 1-17〉 승용차 O/D 구축과정	31
〈그림 1-18〉 버스 O/D 구축과정	33
〈그림 1-19〉 유출입 교통량 신뢰도 제고방안(예: 영동군)	35
〈그림 2- 1〉 기종점표 계산 과정과 이용 자료	53
〈그림 2- 2〉 통행 목적에 따른 기종점 교통량 변동 구성	54
〈그림 2- 3〉 내비게이션 자료의 공간적 분포	57
〈그림 2- 4〉 기종점 통행량 추정 입력 자료의 특징	58
〈그림 2- 5〉 기종점 통행량 분석 입력 자료의 공간적 관계	59

〈그림 2- 6〉 KTDB 기종점쌍 분석 상세도 분류	64
〈그림 2- 7〉 고속도로 기종점 통행량과 KTDB 기종점 통행량의 관계	66
〈그림 2- 8〉 KTDB 기종점 쌍의 고속도로 통과 여부에 따른 분류	68
〈그림 2- 9〉 KTDB 기종점 유형별 교통량 검증 가능 범위	72
〈그림 2-10〉 고속도로 영업소와 KTDB 존 간의 관계	74
〈그림 2-11〉 TCS 교통량 집계를 통한 KTDB 기종점 교통량 계산	75
〈그림 2-12〉 고속도로 이용 운전자의 고속도로 진출입 영업소 선택	76
〈그림 2-13〉 복수 경로를 고려한 고속도로 진입 영업소 선택 문제	78
〈그림 2-14〉 실험용 소형 교통망	87
〈그림 2-15〉 Model 1에 의한 소형교통망 OD 추정 결과	88
〈그림 2-16〉 Salt Lake City 예제 교통망	88
〈그림 2-17〉 Model 1의 Salt Lake City Type 1 기종점 교통량 추정 결과	89
〈그림 2-18〉 Model 1의 Salt Lake City Type 2 기종점 고속도로 교통량 추정 결과	90
〈그림 2-19〉 Model 3의 수학적 구조	92
〈그림 2-20〉 Model 3에 의한 기종점 통행량 오차 개선	95
〈그림 2-21〉 Model 3 소형교통망 적용시 True OD와 추정 OD 편차 분석	95
〈그림 2-22〉 Model 3 소형교통망 적용시 고속도로 유출입 교통량 편차 감소	96
〈그림 2-23〉 영업소 별 유입유출 교통량 재현수준 비교	97
〈그림 2-24〉 영업소 별 유입유출 교통량 재현수준 비교 (일률증가시)	98
〈그림 2-25〉 KTDB 기종점 교통량의 교차검증 구조	100
〈그림 2-26〉 KTDB 기종점 통행량 검증 방법론 개요	102
〈그림 2-27〉 표본율 계산 기준에 따른 활용 기법 비교	105
〈그림 2-28〉 내비게이션 표본율 (산술평균) dots 분포	106
〈그림 2-29〉 내비게이션 표본율 (KTDB 교통량 가중 평균) dots 분포	107
〈그림 2-30〉 내비게이션 자료 비율 구간별 KTDB 기종점 쌍 dots분포표	108
〈그림 2-31〉 내비게이션 자료 비율 구간 별 KTDB 존 dots분포표	108
〈그림 2-32〉 내비게이션 자료 비율 구간 별 KTDB 존 dots 누적 분포	109

〈그림 2-33〉 존 별 내비게이션 표본비율 공간 분포	110
〈그림 2-34〉 존별 내비게이션 표본비율 편차 공간 분석	111
〈그림 2-35〉 링크 관측교통량 기반 내비게이션 자료 표본율	113
〈그림 2-36〉 관측교통량-내비표본을 이용한 KTDB OD 구간 분석	115
〈그림 2-37〉 신뢰수준에 따른 추정구간 중간값과 KTDB OD 총량간 편차값 분석	116
〈그림 2-38〉 존별 내비게이션 교통량-오차율 관계 분석	117
〈그림 2-39〉 존별 KTDB-내비게이션 OD 상관 분석	118
〈그림 2-40〉 복수일 자료를 이용한 KTDB OD의 존재구간 추정	122
〈그림 2-41〉 고속도로 영업소간 교통량 변동을 통한 KTDB OD 교통량 변동 추정	123
〈그림 2-42〉 내비게이션 자료의 기종점 교통량-변동계수 간 관계	124
〈그림 2-43〉 KTDB 도시부/지방부 도로 분포	131
〈그림 2-44〉 OECD 기준 지방부 도시고속도로 분포	133
〈그림 2-45〉 정산 부적합 지점 제외 전후 정산지점 수 비교	136
〈그림 2-46〉 2014년 내비게이션 DB 구축 및 갱신	137
〈그림 2-47〉 광역지자체별 관측-배정 교통량 %error 분석 결과	142
〈그림 2-48〉 신규 VDF 체계 편익 검증 방법론	145
〈그림 2-49〉 VDF 정산 애플리케이션의 시스템구성도	156
〈그림 2-50〉 화면 구성	158
〈그림 2-51〉 지도 화면	158
〈그림 2-52〉 지도 화면에 네트워크 데이터 표출	159
〈그림 2-53〉 DB 테이블 표출	160
〈그림 2-54〉 지도 레이어 설정 화면	160
〈그림 2-55〉 DB 테이블 뷰 구성	161
〈그림 2-56〉 축 일관성 통계 실행 화면	161
〈그림 2-57〉 축 일관성 통계 결과 화면	162
〈그림 2-58〉 축 일관성 보정 실행 화면	162
〈그림 2-59〉 축 일관성 보정 결과 화면	163

〈그림 2-60〉 분석용 내비게이션 데이터 선택	163
〈그림 2-61〉 지점 중요도 분석 실행 화면	164
〈그림 2-62〉 지점 중요도 분석 결과 테이블 및 주제도 설정 화면	164
〈그림 2-63〉 VDF 등급 ‘12’의 주제도 디스플레이	165
〈그림 2-64〉 교통망 정합성 분석 실행 화면	165
〈그림 2-65〉 교통망 정합성 분석 결과 테이블 및 주제도 설정	166
〈그림 2-66〉 VDF 등급 ‘12’의 주제도 디스플레이	166
〈그림 2-67〉 관측 교통량 관리 실행 화면	167
〈그림 2-68〉 관측지점 항목 별 결과화면	167
〈그림 2-69〉 도시부/지방부 주제도 실행	168
〈그림 2-70〉 도시부/지방부 주제도 결과 화면	168
〈그림 2-71〉 TLD 실행	169
〈그림 2-72〉 Link ID 25번의 TLD Chart	169
〈그림 2-73〉 존 체계 평가 실행	170
〈그림 2-74〉 발생교통량 기준의 분석 결과 주제도	171
〈그림 2-75〉 도착교통량 기준의 분석 결과 주제도	171
〈그림 2-76〉 존 평균 내부통행량 비율 실행	172
〈그림 2-77〉 존 평균 내부통행량 주제도 결과	172
〈그림 2-78〉 존별 도로망 공급지표 실행	173
〈그림 2-79〉 존별 도로망 공급지표 주제도 결과	173
〈그림 2-80〉 Incremental Assignment 실행	174
〈그림 2-81〉 Incremental Assignment 실행 결과 테이블	174
〈그림 2-82〉 과소/과다 분석 실행	175
〈그림 2-83〉 과소/과다 분석의 결과 화면	175
〈그림 2-84〉 링크 주제도 실행	176
〈그림 2-85〉 링크 주제도 결과 화면	176
〈그림 2-86〉 Screen Line 분석 실행 1단계	177

〈그림 2-87〉 Screen Line 분석 실행 2단계	177
〈그림 2-88〉 Screen Line 분석의 텍스트 파일로 결과값 출력	178
〈그림 2-89〉 Screen Line 분석 결과	178
〈그림 2-90〉 존별 Cordon 분석 실행 1단계	179
〈그림 2-91〉 존별 Cordon 분석 실행 2단계	179
〈그림 2-92〉 존별 Cordon 분석의 텍스트 파일로 결과값 출력	180
〈그림 2-93〉 존별 Cordon 분석 결과	180
〈그림 2-94〉 사용자 정의 Cordon 분석 실행 1단계	181
〈그림 2-95〉 사용자 정의 Cordon 분석 실행 2단계	181
〈그림 2-96〉 사용자 정의 Cordon 분석의 텍스트 파일로 결과값 출력	182
〈그림 2-97〉 사용자 정의 Cordon 분석의 결과 화면	182
〈그림 2-98〉 정산 레포트 결과 화면	183
〈그림 3- 1〉 대중교통 분석용 네트워크 구축 과업의 개요	188
〈그림 3- 2〉 교통분석용 철도 네트워크 구축절차	189
〈그림 3- 3〉 철도 네트워크의 연결링크 생성	191
〈그림 3- 4〉 대중교통노선(Transit Line) 데이터의 구축	192
〈그림 3- 5〉 지하철 네트워크 생성방법	193
〈그림 3- 6〉 버스 정류장 통합 방안	199
〈그림 3- 7〉 대중교통(버스) 네트워크 구축 흐름도	200
〈그림 3- 8〉 KTDB 대중교통(버스)주제도	201
〈그림 3- 9〉 교통분석용 네트워크 생성 및 관리 Application UI설계	202
〈그림 3-10〉 주제도 네트워크 형상 구축 - 고속도로/ 일반도로	204
〈그림 3-11〉 주제도 네트워크 형상 구축 - 분기점	204
〈그림 3-12〉 주제도 네트워크 형상 구축 - 고가차도	205
〈그림 3-13〉 Multi-Map 체계	211
〈그림 3-14〉 기존 KTDB주제도와 내비게이션 Multi 6LV 주제도 구현 비교	211
〈그림 3-15〉 대중교통(버스) 주제도 매칭 프로그램 실행 과정	218

〈그림 3-16〉 대중교통(버스) 주제도 구축 결과	219
〈그림 3-17〉 Multi-Map 체계	222
〈그림 3-18〉 교통 분석용 네트워크 노드 ID 체계 변경	223
〈그림 3-19〉 시/군/구 행정계 코드 정보 노드 격납	224
〈그림 3-20〉 링크 시/종점 코드 ID 변경	224
〈그림 3-21〉 교통 분석용 네트워크 도로 종별 변경 기준	225
〈그림 3-22〉 교통 분석용 네트워크 방향별 차선수 분리	225
〈그림 3-23〉 교통 분석용 네트워크 신호등 정보 격납	226
〈그림 3-24〉 교통 분석용 네트워크 톨게이트 및 도로명칭 정보 격납	226
〈그림 3-25〉 측지 지점 ID 코드 격납	227
〈그림 3-26〉 측지 지점 ID 코드 격납	228
〈그림 3-27〉 링크 방향성 검토	228
〈그림 3-28〉 노드 인접 지점 검토	229
〈그림 3-29〉 버스 Transit Line 데이터 결과	234
〈그림 3-30〉 통합네트워크 구축 결과	236
〈그림 3-31〉 가로축 1 경로분석 결과	237
〈그림 3-32〉 가로축 2 경로분석 결과	238
〈그림 3-33〉 세로축 1 경로분석 결과	238
〈그림 3-34〉 세로축 2 경로분석 결과	239
〈그림 3-35〉 세로축 3 경로분석 결과	239
〈그림 3-36〉 세로축 4 경로분석 결과	240
〈그림 3-37〉 전처리 및 Application 시스템 구성도	242
〈그림 3-38〉 Application 파일 로딩	244
〈그림 3-39〉 Application 추출 모드	245
〈그림 3-40〉 Application 검색 모드	246
〈그림 3-41〉 Application 보기 모드	247
〈그림 3-42〉 Application 설정 모드	247

〈그림 3-43〉 도로 주제도 검증 시스템	250
〈그림 3-44〉 도로 네트워크 검증 시스템	251
〈그림 3-45〉 도로 및 대중교통(버스) 주제도 구축 결과	252
〈그림 3-46〉 멀티6LV / 멀티5LV 도로 네트워크 비교	253
〈그림 3-47〉 버스 Transit Line 데이터 결과	253
〈그림 3-48〉 Application 및 검증시스템	254
〈그림 4- 1〉 도로부분 수요분석 과정	261
〈그림 4- 2〉 접근수단 통행배정량 이용 통행배정	261
〈그림 4- 3〉 주수단 O/D를 이용한 도로부분 수요분석	262
〈그림 4- 4〉 접근수단 O/D를 이용 통행배정	263
〈그림 4- 5〉 접근수단 O/D를 이용한 도로부분 수요분석	263
〈그림 4- 6〉 철도부분 수요분석 과정	264
〈그림 4- 7〉 주수단 철도 O/D의 통행배정	265
〈그림 4- 8〉 철도부분 수요분석 대상	265
〈그림 4- 9〉 김천구미역 커넥터 조정 예시	266
〈그림 4-10〉 도로/철도의 접근링크 보정	267
〈그림 4-11〉 존세분화 및 센트로이드 커넥터 조정	269
〈그림 4-12〉 접속링크 보정	269
〈그림 4-13〉 기종점간 대중교통 경로의 일반화비용	273
〈그림 4-14〉 네덜란드 코펜하겐 교통모형의 의 대기시간	274
〈그림 4-15〉 뉴욕BPM에서의 통근열차 서비스에 대한 대기시간 계산 예	275
〈그림 4-16〉 Cube에서의 Leg 구축	276
〈그림 4-17〉 미국 애리조나주의 복합수단 환승 표현	277
〈그림 4-18〉 수도권 대중교통 O/D	280
〈그림 4-19〉 대중교통 네트워크 구성	281
〈그림 4-20〉 수도권 환승링크 이동거리	281
〈그림 4-21〉 환승링크의 이동거리 산출	282

〈그림 4-22〉 대중교통 네트워크와 배정대상 O/D	283
〈그림 4-23〉 주수단 버스+지하철 O/D 통행배정	284
〈그림 4-24〉 대중교통 수단 O/D 통행배정	285
〈그림 4-25〉 대중교통 네트워크 정산 및 통행배정 결과	286

요 약



요 약

1. 교통량 관측지점 확대조사

가. 과업의 추진배경 및 목적

- 교통량 자료는 도로의 계획 및 설계, 도로 운영 등에 폭넓게 이용되며, 교통계획과 관리계획 수립을 위한 기초적인 자료임
- 특히, KTDB에서 조사 및 구축하고 있는 시외유출입 교통량 자료는 지역간 여객 및 화물 O/D를 구축하는데 기초자료로 활용되고 있으며, O/D 검증을 위해 한국건설기술연구원의 교통량자료와 함께 필수자료로 활용되고 있음
- 하지만, 여객 및 화물O/D 구축시 기존 한국건설기술연구원(이하 한국건설기술연구원)의 교통량 자료 중 약 10%(377개소)만 활용을 하고 있어 KTDB O/D의 신뢰도를 제고하는 데에 한계가 있음
- 이에, 지자체 교통량 관측지점을 추가확보하고, 상시 및 수시조사를 통하여 매년 정기적으로 수집되어지는 한국건설기술연구원 교통량조사지점을 제외한 시외유출입지점에 대하여 교통량 조사를 수행함으로써 2010년 정기조사 이후 변화된 교통패턴을 반영하고 궁극적으로는 O/D의 신뢰도를 제고하고자함

나. 관측지점 확대조사 추진 방안

1) 관측지점 확대조사 추진 현황

- KTDB에서 구축한 시외유출입 교통량지점과 일치하는 한국건설기술연구원의 지점은 377개이며, 이 지점을 활용하여 KTDB O/D 구축 및 검증시 사용하고 있음
- 이에, 지자체 교통량자료를 추가확보하고, 2014년 KTDB 교통량 조사를 수행하여 총 1,238개소의 관측지점을 확보하여 KTDB의 신뢰도를 제고하고자 함

2) 한국건설기술연구원 및 지자체 관측지점 확보 결과

- KTDB O/D 구축 및 검증에 사용하기 위해 확보한 한국건설기술연구원 및 지자체 교통량은

각각 377개소, 89개소임

다. KTDB 교통량조사 수행 결과

1) 조사의 개요

- 공간적 범위 : 제주도를 포함한 전국 772개 지점
- 시간적 범위 : 2014년 4월 7일 ~ 2014년 10월 31일 까지
- 내용적 범위 : 시간대별/차종별/방향별 교통량, 기초분석(차종별 교통량 분포, 시간대별 교통량 분포 등)

2) 조사수행 과정

- 조사수행 과정은 조사계획 수립, 본조사 및 보완조사, 자료정리 및 기초분석 과정으로 수행함

<표 1> 조사수행 과정

구 분	항 목	사 업 내 용	조사 대상
조사 계획 수립 단계	지점선정 (문헌조사)	·도로 분류(지역간 통과도로, 등급 등) ·도로명, 교차로명, 코드번호 부여 ·각 시군구별 인구 추이, 신규 도로 노선 ·과거 KTDB 교통량 조사 자료 ·한국건설기술연구원 및 광역지자체 교통량조사 자료 ·조사지점에 대한 합리성 검토 ·우선순위에 따른 지점선정	전국권 도로 대상
	사전조사 (지점확정)	·신규도로노선 및 인근 상위위계도로 조사 ·도로의 기하구조 ·교통량 조사 : 15분 조사	71개 지점
	조사준비	·관리인력, 조사인력 투입 ·조사장비 계획 ·행사, 지역축제 등을 감안한 조사일정 수립	선정 지점
조사 단계	본조사	·평일(화수목요일 중 1일) 조사	760개 지점
	보완조사	·도로공사등으로 인한 보완물량 ·영상자료불량 누락등으로 인한 보완물량	12개 지점
자료정리 및 기초분석 단계	DB구축	·자료검수, 조사자료 정리	-
	기초분석	·수집된 조사자료를 통한 기초 분석 ·도로 등급별(국도, 국지도, 지방도, 광역시도, 시군도) ·지역별(시/군/구, 도시/지방) ·지점별	-

3) 조사지점 선정

- 한국건설기술연구원 교통량조사 지점과 지자체 교통량조사 지점을 제외한 나머지 지점에 대해서 다음과 같은 우선순위로 조사지점을 선정하였음
 - 1순위 : 전국 2x1스크린지점
 - 2순위 : 도서지역 코든라인 지점, 광역권 스크린라인 지점
 - 3순위 : 코든라인 4차로(양방향) 이상 도로
 - 4순위 : 코든라인 4차로(양방향) 미만 도로 중 과거 관측교통량이 480대/일 이상인 도로
 - 5순위 : 코든라인 4차로(양방향) 미만 도로 중 과거 관측교통량이 480대/일 미만인 도로를 대상으로 지역별 균등배분(76%이상 확보)

<표 2> 시도별 교통량조사지점 개수

구분		합계
전체		772
1	서울특별시	67
2	부산광역시	27
3	대구광역시	5
4	인천광역시	42
5	광주광역시	22
6	대전광역시	16
7	울산광역시	18
8	경기도	180
9	강원도	34
10	충청북도	60
11	충청남도	66
12	전라북도	60
13	전라남도	58
14	경상북도	67
15	경상남도	44
16	제주특별자치도	6

4) 본조사 수행

- 본 조사 수행 기간 : 2014년 4월 23일 ~ 6월 23일
- 평일(화·수·목·요일 중 1일) 조사
- 5월 1주차 연휴기간과 6월 1주차 지방선거(6·4)은 조사일정에서 제외함
- 고속도로 8개소는 고속도로 관리주체와 협의 후 6월 4주차에 조사를 실시함

5) 보완조사 수행

- 보완 조사 수행 기간 : 2014년 7월 15일 ~ 7월 17일
- 본조사 기간에 도로공사 및 장비에러 등으로 조사를 수행하지 못한 12개소는 보완조사를 통하여 교통량조사를 수행함
- 장비에러 1개소, 공사로 인한 도로폐쇄 3개소에 대해서는 재조사를 실시하였으며, 2013년 건기원 중복지점 7개소 및 농로 1개소는 조사지점을 재선정하여 조사를 수행하였음

6) 교통량 계수 및 검수

- 교통량조사는 영상장비를 이용하여 24시간 동안 모니터링을 통해 교통량 계수를 실시함
- 시간대별, 차종별, 방향별 교통량을 계수하며, 차종은 6개 차종으로 구분하였음
- 조사자료의 신뢰성 확보를 위해 총 3단계로 검수를 실시하였음
 - 1차검수 : 교통량 계수시, 화질 및 야간 식별 가능여부 검수실시
 - 2차검수 : 계수 정확성 여부 검수
 - 3차검수 : 조사의 신뢰성여부 검수

라. KTDB 교통량조사 결과 기초분석

1) 도로등급별 교통량 기초분석

- 도로등급별 교통량 조사결과, 도시고속도로의 일평균교통량이 112,394대/일로 가장 높게 나타났으며, 고속도로 92,593대/일, 국도 25,650대/일 순으로 나타남

- 일평균교통량이 가장 많은 도시고속도로의 첨두시 평균 교통량은 7,112대/시이며, 첨두시는 07:00~08:00로 나타남

<표 3> 도로등급별 교통량 현황

구분	일평균 교통량(대/일)	일교통량 (대/일)	첨두시 평균 교통량(대/시)	첨두시	첨두율
국도	25,650	6,181,597	1,771	18:00~19:00	0.069
국지도	15,333	674,659	1,125	08:00~09:00	0.073
지방도	10,736	1,502,990	759	08:00~09:00	0.071
도시고속도로	112,394	1,123,942	7,112	07:00~08:00	0.063
고속도로	92,593	648,152	5,874	17:00~18:00	0.063
기타도로	19,182	6,349,197	1,344	18:00~19:00	0.070
전체	275,888	16,480,537	-	-	-

2) 차로수별 교통량 기초분석

- 차로수별 교통량 조사결과, 10차로 이상도로의 일평균교통량이 95,556대/일로 가장 높게 나타났으며, 5~9차로도로 52,885대/일, 4차로도로 21,993대/일 순으로 나타남
- 일평균교통량이 가장 많은 10차로 이상도로의 첨두시 평균 교통량은 6,116대/시 이며, 첨두시는 08:00~09:00로 나타남

<표 4> 차로수별 교통량 현황

구분	일평균 교통량(대/일)	일교통량 (대/일)	첨두시 평균 교통량(대/시)	첨두시	첨두율
4차로미만	3,142	1,055,684	241	18:00~19:00	0.077
4차로	21,993	6,003,958	1,578	08:00~09:00	0.072
5~9차로	52,885	7,774,164	3,603	08:00~09:00	0.068
10차로 이상	95,556	1,624,448	6,116	08:00~09:00	0.064
합계	173,764	16,480,537	-	-	0.070

3) 권역별 교통량 기초분석

- 권역별 교통량 조사결과, 수도권 일평균교통량이 39,373대/일로 가장 높게 나타났으며, 부산울산경남권 20,729대/일, 제주권 8,897대/일 순으로 나타남
- 일평균교통량이 가장 많은 수도권의 첨두시 평균 교통량은 2,690대/시이며, 첨두시는

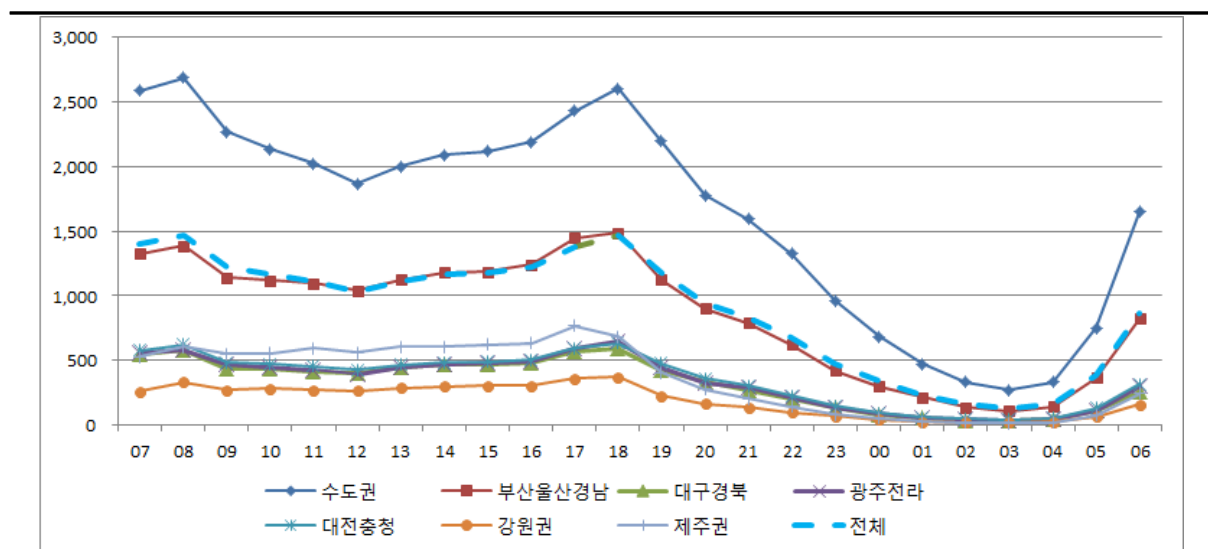
08:00~09:00로 나타남

<표 5> 권역별 교통량 현황

구분	일평균 교통량(대/일)	일교통량 (대/일)	첨두시 평균 교통량(대/시)	첨두시	첨두율
수도권	39,373	11,536,306	2,690	08:00~09:00	0.068
부산울산경남	20,729	1,865,650	1,486	18:00~19:00	0.072
대구경북	7,817	547,214	594	18:00~19:00	0.076
광주전라	8,102	1,110,021	643	18:00~19:00	0.079
대전충청	8,480	1,204,224	636	18:00~19:00	0.075
강원권	4,678	163,740	372	18:00~19:00	0.08
제주권	8,897	53,382	768	17:00~18:00	0.086
전체	21,320	16,480,537	-	-	0.069

4) 시간대별 교통량 기초분석

- 권역별 시간대별 교통량분포를 살펴보면, 수도권의 시간대별 교통량이 타 지역에 비해 높게 나타남
- 부산울산경남권의 경우, 전체 일평균 교통량의 시간대별 분포와 유사하게 나타났으며, 강원권은 가장 낮은 일평균 교통량의 시간대별 분포를 나타냄



<그림 1> 권역별 시간대별 교통량분포

마. 교통량 자료를 활용한 여객O/D 구축 방안

1) 승용차 O/D 구축과정

① 통행 발생/도착량 구축

- 시외유출입지점 중 한국건설기술연구원 및 지자체 교통량조사지점과 일치하는 지점은 방향별 차종별로 구분하여 2013년 교통량으로 대체하고, 일치하지 않는 지점에 대해서는 2014년 교통량조사 자료를 이용하여 시외유출입지점에 대한 방향별, 차종별 교통량을 산출함

② 고속도로 존별 유입/유출 교통량 산출

- 고속도로 요금소 교통량 조사 자료(TCS), 민자고속도로 교통량자료 등을 이용하여 해당 존별 유입/유출 교통량을 산정함

③ 통과교통비율 산출

- 통과교통비율은 『2005년 국가교통DB구축사업』중 “전국 지역간 여객 기종점통행량(O/D) 조사”에서 산출된 통과교통비율과 『2008년 국가교통DB구축사업』중 “전국 지역간 여객 O/D 보완조사”에서 산출된 통과교통비율을 적용함

④ 존별 발생량/도착량 산출

- 시외유출입지점(고속도로를 제외한 시·군단위 시외유출입지점)별 24시간 통행량을 바탕으로 산정한 존별 시외 유입/유출 통행량과 고속도로 유입/유출 통행량에 존별 유입/유출 통과교통비율을 적용하여 통과교통이 제외된 존별 발생량/도착량을 산정함

⑤ 163개존 및 251개존 O/D구축

- 존별 순 발생량/도착량과 프라타 모형을 적용한 승용차 OD와 고속도로 요금소 우편조사자료를 이용한 산출한 TCS O/D를 결합하여 163개존 기준 승용차 OD를 구축함
- 수도권, 광역권, 기타권역, 전국 지역간 각각의 O/D를 251개존 체계로 결합함

2) 버스 O/D 구축과정

① 모집단(수송실적 및 증감율) 정리

- 고속버스 : 전국 고속버스운송조합에서 제공하는 수송실적 자료를 고속버스 모집단으로 이용함
- 시외버스 : 전국버스운송사업조합연합회(<http://www.bus.or.kr/index.asp>)에서 수집한 전국 버스운영현황 자료 중 시외버스 면허대수 증감율을 적용하여 2013년 기준으로 현행화 함
- 기타버스 : 전국전세버스운송사업조합연합회 공제조합에서 수집한 16개 시도별 전세버스 등록대수자료의 증감율을 이용하여 2013년 기준으로 현행화함

② 버스 O/D 구축방법

- 고속버스의 경우 2012년 고속버스 O/D와 양방향 보정을 수행한 2013년 수송실적을 이용하여 1차 고속버스 OD를 구축함
- 시외버스의 경우 관광교통 시각표 중 시외버스 시각표를 이용하여 제로셀 보정을 실시한 후 2013년 기준의 수송실적을 이용하여 1차 시외버스 OD를 구축함
- 기타버스의 경우 2012년 현행화 데이터와 2012년, 2013년 전세버스 등록대수 증감율을 이용하여 기타버스 OD를 구축함
- 2012년 데이터 중 2013년 수송실적 기종점쌍이 없는 경우는 목적제로셀 보정을 실시하여 주 수단OD와 목적OD를 구축함

3) 유출입 통행량 산출

- 승용차 O/D를 구축하기 위해 첫 번째 단계에서 수행하는 과정으로 시외유출입교통량, 통과 교통비율, 고속도로 TCS 자료 등을 이용하여 163개 시군별 발생/도착량을 산출하는 것임
- 유출입 교통량의 신뢰도를 높이기 위해 기존 통행량이 누락된 지점과 연도보정 지점에 대해 교통량조사 자료를 반영하여, 유출입 교통량의 과대/과소 추정을 최소화 함
- 2013년 유출입교통량을 교통량조사 자료를 반영하지 않은 보정전 유출입교통량과 교통량조사를 이용하여 보정한 유출입교통량을 비교하면, 교통량조사를 이용하여 보정한 유출입교통량이 약 80만 통행 큰 것으로 나타남

<표 6> 유출입교통량 산출결과 비교

구분	2012년(a)		2013년 보정전(b)		2013년 보정후(c)		차이(c-a)		차이(c-b)	
	도착	발생	도착	발생	도착	발생	도착	발생	도착	발생
서울	1,633,304	1,748,424	1,608,487	1,734,328	1,571,560	1,726,591	-61,744	-21,833	-36,927	-7,737
부산	379,387	357,937	402,608	385,486	416,018	417,362	36,631	59,426	13,410	31,876
대구	331,304	345,652	325,686	335,363	340,938	342,530	9,634	-3,122	15,252	7,166
인천	323,410	337,118	382,183	384,133	358,877	348,005	35,468	10,887	-23,306	-36,128
광주	180,157	179,406	199,104	203,911	197,759	199,763	17,602	20,357	-1,345	-4,147
대전	219,946	223,767	278,838	291,121	287,816	297,973	67,870	74,206	8,978	6,852
울산	134,750	134,551	138,803	142,577	143,267	144,014	8,516	9,463	4,464	1,437
경기	3,534,178	3,547,078	3,495,001	3,509,646	4,184,313	4,222,750	650,135	675,672	689,312	713,105
강원	385,360	381,778	396,558	395,940	400,240	396,715	14,880	14,936	3,682	774
충북	492,740	503,993	529,370	534,824	541,831	543,124	49,091	39,131	12,461	8,300
충남	652,556	665,393	681,467	688,847	697,697	718,300	45,140	52,907	16,229	29,453
전북	457,714	459,055	463,892	470,820	461,407	475,544	3,692	16,490	-2,485	4,724
전남	498,363	481,641	524,989	505,444	577,411	553,502	79,048	71,861	52,422	48,058
경북	797,653	789,956	801,426	793,849	808,864	801,466	11,211	11,510	7,438	7,617
경남	804,149	823,622	854,941	867,852	880,860	880,401	76,711	56,779	25,919	12,549
합계	10,824,970	10,979,372	11,083,354	11,244,141	11,868,856	12,068,040	1,043,886	1,088,668	785,502	823,899

주 : 2012년(a) - 2012년 기준 승용차 발생/도착량

2013년 보정전(b) - 기존방법(연도보정 등)을 적용한 2013년 기준 승용차 발생/도착량

2013년 보정후(c) - 교통량조사 자료를 반영한 2013년 기준 승용차 발생/도착량

4) 스크린라인 및 도서지역 보정

○ 스크린라인 보정

- 전국을 6개 권역으로 구분하는 전국 2x1 스크린라인의 권역간 유입/유출량에 대해 통행분포량을 보정하는 것임

○ 도서지역 보정

- 우리나라의 남해안 및 서해안 일대에 도서지역 형태로 하나의 존을 형성하고 있는 지역이 존재함(예: 여수시, 거제시 등)
- 이들 지역은 외부로 발생 및 도착하는 통행량은 하나 또는 두 개의 관측 지점을 통하여 파악이 가능하기 때문에 구축되어진 기종점통행량(O/D)를 관측교통량에 근거하여 보정하는 방법임

- 스크린 및 도서지역 보정의 신뢰성을 높이기 위해 기존 통행량이 누락된 지점과 인접지점을 적용한 지점에 대해 교통량조사 자료를 반영하여, 스크린라인 및 도서지역 보정 통행량의 과대/과소 추정을 최소화 함
- 교통량 조사자료와 한국건설기술연구원, 지자체 관측 교통량을 확보한 관측교통량을 이용하여 전국 2x1 스크린라인을 보정한 결과는 다음과 같음

<표 7> 전국 2x1 스크린라인 보정결과 비교(승용차)

구분		보정전			보정후		
		가로1축	가로2축	세로축	가로1축	가로2축	세로축
in	관측교통량(a)	200,515	109,687	147,188	200,515	109,687	147,188
	추정교통량(b)	260,172	157,169	180,431	200,515	109,687	147,188
	b-a	59,657	47,481	33,244	0	0	0
	(a/b)	0.8	0.7	0.8	1.0	1.0	1.0
out	관측교통량(a)	198,934	109,395	146,238	198,934	109,395	146,238
	추정교통량(b)	251,905	153,960	171,901	198,934	109,395	146,238
	b-a	52,971	44,564	25,663	0	0	0
	(a/b)	0.8	0.7	0.9	1.0	1.0	1.0

<표 8> 전국 2x1 스크린라인 보정결과 비교(버스)

구분		보정전			보정후		
		가로1축	가로2축	세로축	가로1축	가로2축	세로1축
in	관측교통량(a)	11,165	6,708	9,451	11,165	6,708	9,451
	추정교통량(b)	10,961	5,384	8,009	11,165	6,708	9,451
	b-a	-203	-1,324	-1,441	0	0	0
	(a/b)	1.0	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0
out	관측교통량(a)	11,061	6,697	9,013	11,061	6,697	9,013
	추정교통량(b)	11,923	5,696	8,193	11,061	6,697	9,013
	b-a	862	-1,001	-820	0	0	0
	(a/b)	0.9	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0

- 교통량 조사자료와 한국건설기술연구원, 지자체 관측 교통량을 확보한 관측교통량을 이용하여 도서지역을 보정한 결과는 다음과 같음

<표 9> 도서지역 보정결과 비교(승용차)

구분		관측교통량		보정전		보정후	
		발생	도착	발생	도착	발생	도착
충남	태안군	9,126	9,104	7,230	7,543	8,912	9,104
전남	완도군	5,589	5,373	5,411	5,792	5,637	5,373
	진도군	2,471	2,528	2,502	2,149	2,443	2,528
	신안군	4,096	4,146	5,526	5,221	4,093	4,146
	고흥군	4,314	4,202	3,935	3,998	4,307	4,202
	여수시	16,127	16,722	15,048	14,871	16,094	16,722
경남	남해군	4,679	4,667	4,209	4,946	4,675	4,667
	거제시	18,156	18,324	17,950	18,991	18,131	18,324
강원	고성군	9,628	9,561	11,363	11,729	9,619	9,561
합계		74,186	74,627	73,174	75,240	73,911	74,627

<표 10> 도서지역 보정결과 비교(버스)

구분		관측교통량		보정전		보정후	
		발생	도착	발생	도착	발생	도착
충남	태안군	249	259	588	586	257	259
전남	완도군	198	222	190	216	197	222
	진도군	82	78	144	218	60	78
	신안군	70	72	98	109	68	72
	고흥군	204	181	321	372	180	181
	여수시	404	449	803	938	393	449
경남	남해군	152	146	278	329	147	146
	거제시	718	610	1,291	1,405	585	610
강원	고성군	371	374	206	236	357	374
합계		2,448	2,391	3,919	4,409	2,244	2,391

5) O/D 구축 결과

- 지역간, 수도권, 대도시권의 O/D를 합치하여 구축된 2013년 기준과 2012년 기준 승용차 및 버스 O/D를 비교한 결과, 승용차의 경우 총 1,087,881통행/일이 늘어났으며, 버스는 525,198 통행/일이 늘어남

<표 11> O/D 구축결과 비교

구분	2013년		2012년		차이	
	승용차	버스	승용차	버스	승용차	버스
서울특별시	8,127,387	4,562,235	8,012,568	4,436,310	114,819	125,925
부산광역시	3,624,102	1,694,804	3,563,813	1,647,926	60,288	46,878
대구광역시	2,854,531	844,642	2,845,474	811,659	9,057	32,984
인천광역시	2,691,007	1,127,445	2,556,144	1,025,937	134,863	101,508
광주광역시	2,095,495	701,536	1,938,444	687,270	157,051	14,266
대전광역시	2,022,866	586,509	2,045,000	557,295	-22,134	29,214
울산광역시	1,475,413	547,112	1,471,033	515,842	4,381	31,270
경기도	11,549,526	4,489,266	11,252,544	4,446,517	296,981	42,750
강원도	2,202,909	336,090	2,153,855	319,120	49,054	16,971
충청북도	1,927,532	385,397	1,897,139	375,008	30,392	10,389
충청남도	2,687,845	709,277	2,650,682	705,794	37,162	3,483
전라북도	2,184,023	518,580	2,166,303	498,624	17,720	19,956
전라남도	1,958,120	409,723	1,868,058	410,459	90,063	-736
경상북도	3,395,007	919,744	3,395,476	886,454	-469	33,290
경상남도	3,806,508	971,255	3,738,396	959,911	68,111	11,344
제주특별자치도	877,717	131,022	865,120	128,526	12,597	2,496
세종특별자치시	222,283	26,500	194,338	23,288	27,945	3,212
합계	53,702,269	18,961,138	52,614,388	18,435,940	1,087,881	525,198

주 : 출발지기준 통행량

바. 여객O/D 신뢰도 개선 결과

1) 신뢰도 평가 기준

① %RMSE

- %RMSE는 관측교통량과 배정(추정)교통량의 오차의 절대값에 대한 평균값의 제곱근으로 통계학에서 표준편차를 의미함. 즉, 배정교통량과 관측교통량의 평균적으로 얼마만큼 오차가 발생하는지를 나타내며, 수치가 낮을수록 오차율이 낮음을 의미함

$$\%RMSE = \frac{(\sum_j (E_j - O_j)^2 / (N-1))^{0.5} * 100}{(\sum_j O_j / N)}$$

여기서, O_j = 링크 j 관측교통량

E_j = 링크 j 배정교통량

N = 관측지점 수

② %ERROR

- %ERROR는 각 지점별 또는 지점 전체에 대한 관측교통량과 배정교통량의 오차율을 의미하며, 절대값 수치가 낮을수록 오차율이 낮음을 의미함

$$\% \text{ ERROR} = \frac{E_j - O_j}{O_j} * 100$$

여기서, O_j = 링크 j 관측교통량

E_j = 링크 j 배정교통량

2) %RMSE

- 2013년 기준의 %RMSE는 고속국도 28%, 일반국도 75%, 전체 47%로 나타남
- 2012년과 비교하면 모든 도로등급에서 2013년 기준의 오차율이 줄어든 것으로 나타남

<표 12> 2013년 기준 %RMSE

구분	고속국도		일반국도		전체(고속+일반)	
	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE
1~5,000	13	142	1,220	89	1,233	89
5,000~10,000	68	34	701	55	769	53
10,000~20,000	201	32	534	48	735	44
20,000~30,000	202	27	232	50	434	41
30,000~40,000	102	28	64	46	166	36
40,000~50,000	99	24	24	43	123	28
50,000~60,000	86	23	17	42	103	27
>60,000	247	21	20	52	267	24
전체	1,018	28	2,812	75	3,830	47

<표 13> 2012년 기준 %RMSE

구분	고속국도		일반국도		전체(고속+일반)	
	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE
1~5,000	21	214	1,124	87	1,145	90
5,000~10,000	94	79	582	64	676	67
10,000~20,000	243	58	430	57	673	57
20,000~30,000	162	37	111	58	273	47
30,000~40,000	118	31	28	61	146	38
40,000~50,000	84	37	8	76	92	41
50,000~60,000	48	30	2	72	50	31
>60,000	226	19	13	62	239	23
전체	996	31	2,298	94	3,294	53

3) %ERROR

- 2013년 기준의 관측교통량 총합과 배정교통량의 총합의 %ERROR는 고속국도 -9.6%, 일반국도 -26.6%로 나타남
- 고속도로와 일반국도 합계의 오차율은 2012년에 -9.7%, 2013년에 -15.9%로 나타남
 - 2012년 기준은 고속도로의 배정교통량이 관측교통량보다 크기 때문에 일반국도의 배정교통량과 합치게 될 경우 고속국도와 일반국도 합계의 오차율이 줄어듦
 - 2013년 기준은 고속도로의 배정교통량이 관측교통량보다 적기 때문에 고속국도와 일반국도 합계의 오차율이 크게 나타남

<표 14> %ERROR(집계)

구분		고속국도	일반국도	전체
2013년	지점수	1,018	2,812	3,830
	관측합계	45,479,265	27,350,865	72,830,129
	관측합계(a)	43,561,764	23,232,810	66,794,573
	배정합계	41,134,826	20,087,499	61,222,326
	%error	-9.6	-26.6	-15.9
	%error(a)	-5.6	-13.5	-8.3
2012년	지점수	996	2,298	3,294
	관측합계	40,471,806	18,656,388	59,128,194
	배정합계	42,499,306	10,867,358	53,366,664
	%error	5	-41.7	-9.7

주 : 관측합계(a)는 네비게이션자료를 이용하여 승용차에 대한 관측지점 교통량의 내부교통량을 제외한 값임

- 2013년 기준의 관측교통량 총합과 배정교통량의 지점별 오차율 중 $\pm 30\%$ 이내는 고속국도 80.6%, 일반국도 34.4%, 전체 46.7%로 나타남
- 2012년과 비교하면 모든 도로등급에서 2013년 기준의 오차율이 줄어든 것으로 나타남

<표 15> %ERROR(지점별)

구분		고속국도		일반국도		전체	
		지점개수	비율(%)	지점개수	비율(%)	지점개수	비율(%)
2013년	과대	61	6	574	20.4	635	16.6
	적정	820	80.6	968	34.4	1,788	46.7
	과소	137	13.5	1,270	45.2	1,407	36.7
	지점수	1,018	100	2,812	100	3,830	100.0
2012년	과대	292	29.3	309	13.4	601	18.2
	적정	629	63.2	598	26	1,227	37.2
	과소	75	7.5	1,391	60.5	1,466	44.5
	지점수	996	100	2,298	100	3,294	100.0

과대 : 관측교통량과 배정교통량의 차이가 +30%초과

적정 : 관측교통량과 배정교통량의 차이가 ±30%이내

과소 : 관측교통량과 배정교통량의 차이가 -30%미만

사. 결론 및 향후 개선방안

1) 결론

- 2010년 이후 변화된 교통패턴을 반영하기 위해 2014년 4월~7월동안 772개 지점에 대해서 교통량조사를 수행하였으며, 지자체 교통량조사 자료를 추가 확보하였음
- 여객O/D의 신뢰도를 개선하기 위해 시외유출입교통량 산출, 도서지역 및 스크린라인 보정 등에 신규 교통량조사자료를 반영하였음
- 통행배정 신뢰도의 경우 2012년과 비교하면 %ERROR, %RMSE 등 전반적인 신뢰도가 개선된 것으로 나타남

2) 한계점

- 한국건설기술연구원의 수시 교통량 조사자료, 지자체 교통량자료, KTDB 교통량조사는 1일 조사수행으로 인해 모집단의 대표성 문제가 발생함
- 관측교통량으로 사용되고 있는 한국건설기술연구원 및 각 지자체 교통량지점이 KTDB에서 필요한 교통량지점과 상이하여 활용수준이 미흡한 실정임

3) 향후 개선방안

- KTDB와 관련 정부/지방 기관과의 MOU를 통해 각 기관에서 검증된 신뢰도 높은 기초자료 (교통량 등)를 취득함
- 한국건설기술연구원 및 각 지자체와의 협의를 통해 KTDB에서 필요한 지점에서 교통량조사를 수행하여 활용도를 높이고, 조사예산 낭비 및 중복조사를 방지함
- 향후 격년단위로 교통량조사를 수행하여 KTDB 신뢰도 제고에 노력함

2. 첨단자료를 활용한 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구

가. 과업의 개요

1) 개요

- 여객교통수요는 다양한 요인들이 상호 복합적으로 작용하여 영향을 미치므로, 이들 개별 요인들에 대한 심도있는 분석을 통해 보다 현실적인 여객교통수요신뢰도 개선방안을 수립하고자 함
- 최근 내비게이션, 스마트폰으로부터 수집된 교통관련 첨단자료는 기존 교통데이터의 단편적, 편향적 한계를 극복한 자료이며, 네트워크 커버리지 확보, 이력 및 실시간 정보 확보, 객관성 및 일관성이 확보된 자료라고 할 수 있음
- 본 과업에서는 여객 기종점 통행량의 신뢰도 개선을 위해서 O/D의 신뢰구간 산정기법을 제시하고 첨단데이터인 내비게이션 자료와 TCS O/D를 이용한 검증을 시행함
- 내비게이션 자료를 통해 경로 관련 정보를 실측을 통해 확인할 수 있으므로 경로 기반 기종점 통행량 추정을 하되, 경로의 추정은 필요 없는 기술을 개발하고 이를 통해 궤적자료 기반의 기종점 교통량 신뢰구간 추정기술을 개발함
- TCS O/D의 경우 지점 교통량이 아닌 기종점 통행량 정보를 갖고 있기 때문에 지점교통량이 갖는 한계를 극복할 수 있어 O/D 검증자료로 활용됨
- 본 과업의 주요내용 중 KTDB VDF 위계 재정립에 따른 파라미터 정산 및 신뢰성 검토 연구의 경우 새로 정립된 신 VDF 체계의 교통망 정산을 시행하여 새로운 VDF 파라미터의 추정과 교통망 정산신뢰도 개선을 위한 방법론을 제시하고 이를 검증함
- 2013년 과제를 통해 KTDB 교통망의 링크들이 OECD 기준 도시부/지방부로 구분됨에 따라

VDF 체계가 32등급으로 개편되었고, 교통망 정산기준 또한 도시부/지방부 및 교통량 크기에 따라 새롭게 정립되었음

- 따라서 2013년 제시된 32등급 체계에 대한 정산 범위에 대하여 내비게이션 등 추가 자료의 이용 및 VDF 예외등급 구간 분리정산 등을 통해 신뢰성 있는 파라미터 정산범위 설정 작업을 수행할 필요가 있음
- 본 과업의 또 다른 주요내용인 도로 통행비용함수 애플리케이션 개선 및 유지보수의 경우 2013년 과제에서 개발된 기능을 검증하고 활용할 수 있도록 하는 방안을 연구하고 실시간 내비게이션 자료를 이용해 현재 공간적으로 분석이 되지 않고 있는 지역에 대한 분석을 수행해 애플리케이션 DB를 보수함
- 마지막으로 지난 3년간 KTDB VDF 위계 및 정산체계의 변화를 정리한 결과로써 VDF 정산 애플리케이션의 활용에 도움을 주기 위한 신규 KTDB VDF 적용을 위한 매뉴얼을 작성함

2) 과업의 목표

- 본 연구의 첫 번째 목표는 정보통신 기술 기반 첨단자료를 활용하여 KTDB VDF의 추정 및 검증, 기종점 O/D의 추정 및 검증, 여객기종점통행량 신뢰구간 산정연구를 수행하여 여객교통수요 신뢰도를 개선하는 것임
- 두 번째 목표는 2013년 정립된 32등급 VDF 체계의 파라미터 정산 신뢰도를 개선하는 것임
- 본 과업의 마지막 목표는 2012년부터 진행되고 있는 현 VDF 정산 고도화 연구의 성과를 정리하여 실무자들이 쉽게 사용할 수 있는 KTDB VDF 적용 매뉴얼을 작성하는 것임
- 이러한 목표 달성을 통해 궁극적으로는 각종 교통정책 수립 및 연구의 신뢰성 제고방안을 마련되고, 개별사업에서의 여객 교통 수요분석 신뢰도가 증대될 것으로 기대됨

3) 과업의 범위

- 본 과업의 공간적 범위는 전국권 도로망을 대상으로 함
- 본 과업의 내용적 범위는 1) KTDB VDF 위계 재정립에 따른 파라미터 추정 및 검증, 2) 신규 KTDB VDF 적용을 위한 매뉴얼 작성, 3) 기종점 O/D의 추정 및 검증, 4) 여객기종점통행량 신뢰구간 산정연구, 5) 도로통행비용함수 애플리케이션의 개선 및 유지보수임

나. 여객 기종점 통행량 신뢰도 개선기법 개발

1) 기종점 통행량 분석 배경 및 자료 검토

- 본 연구에서는 기종점 교통량 분석 문제 중 기종점 통행수요의 값을 확인하는 문제와 그 값의 존재 가능범위를 결정하는 문제를 살펴보고, 이를 위해 기종점 교통량과 교통량 링크간의 관계 분석을 활용토록 함
- 본 연구에서는 기종점 통행량 존재 구간 및 추정 값 계산을 위해 내비게이션 자료, TCS 자료와 링크 관측 교통량을 주 추정자료로 사용할 것임

2) 기종점 통행량 분석 기법 개발

- Model 3의 기본 구조는 최우추정법과 최소자승법을 반복적으로 적용하여 KTDB 기종점 통행량을 계산하도록 설계되었음
- 최우추정법의 경우 내비게이션 자료에서 얻어진 표본 OD가 발생할 가능성을 최대화하는 KTDB OD 교통량을 추정하도록 설계되었음
- 최소자승법의 경우 TCS 자료에 의해 얻어진 고속도로의 각 영업소 진입 및 진출 교통량과 추정된 KTDB 기종점 통행량에 의해 계산된 고속도로 각 영업소 진출입 교통량 간의 차이를 최소화하도록 KTDB 기종점 통행량을 추정하는 모형임

3) KTDB OD 교통량 검증 체계 개발

- 최근 들어 정보통신 기술이 발달되면서 이를 통해 수집되는 내비게이션 궤적 자료나 TCS 자료 등이 교통 분야에 다양하게 활용되고 있음
- 따라서 현장 자료기반의 OD 추정 기법이 기존의 링크 관측교통량 외의 자료들까지 확대되고 있으며, 이러한 복수 정보소스들을 어떻게 효과적이고 효율적으로 결합해 OD 교통량 분석에 이용하고, 상호 검증이 가능한 체계로 발전시킬 것인가에 대한 연구가 필요함
- 본 연구에서 제시하는 KTDB OD 교통량 검증 체계의 검증 방법론은 내비게이션 표본 자료 및 TCS 자료와 같은 첨단자료를 이용한 비교 검증 방법과 OD 교통량 추정 모형을 통한 방법을 동시에 사용함
- 첫 번째 검증 기법인 첨단자료 기반 검증은 OD 추정 모형을 사용하지 않고 내비게이션 자료나 TCS자료와 같은 실측 자료들을 이용하여 현재 KTDB 기종점 통행량이 타당한 수준의

값과 패턴을 갖고 있는지를 분석하는 것임

- 정확한 분석을 위해서는 다양한 통계적인 분석들이 필요하겠지만 현재는 자료의 양이 상세한 분석을 수행하기에 충분하지 않고, 분석을 시도하는 첫 해라는 점에서 실측 자료기반 분석에서는 자료를 간단히 전수화하여 기초적인 검증만을 수행함
- 두 번째 검증 방법은 본 연구에서 개발한 OD 추정모형을 이용하는 것임
- 이 기법은 내비게이션 표본 OD를 최우추정법과 결합하여 KTDB 전 OD 쌍에 대한 교통량 추정을 수행하는 방법으로서 확률적 추정 모형이 자료와 결합한 기법임
- 이러한 모형 기반 분석을 통해 첫 번째 기법인 자료 기반의 분석에서 표본의 부족이나 편기로 분석하기 어려운 측면을 보완 분석할 수 있음
- 다만 모형을 이용한 분석을 수행하기 위해서는 모형 실용화 과정에서 필수적인 모형 검증 단계를 거쳐야하나, 올해 과제에서는 OD 추정모형의 검증이 실측 자료를 통해 충분히 이루어지지 않았기 때문에 실측 자료를 전수화하여 KTDB OD 교통량의 정확도를 분석하는데 연구의 초점을 맞춤
- KTDB 기종점 교통량 검증이 충실하게 이루어지기 위해서는 개별 기종점쌍에 대한 독립적인 검증이 이루어지는 것 뿐만 아니라 KTDB 통행량 발생 총량, 존별 발생 도착량, 통행거리 분포 (TLFD, Trip Length Frequency Distribution)에 대한 검증도 동시에 이루어져야 함
- 이러한 단계별 분석이 필요한 이유는 교통 수요분석에서 기종점 교통량이 계산되는 과정이 통행발생 총량 및 존 별 발생 도착량을 계산하는 통행 발생단계와 통행 배분을 수행하는 단계로 구분되기 때문임
- 따라서 발생 총량 및 존별 발생 도착량과 기종점쌍 간 교차통행량에 대한 검증을 각각 시행함으로써 기종점 통행량에 포함된 오차가 통행 발생단계에서 발생한 오차인지, 배분단계 이후에 발생한 오차인지를 판단할 수 있는 정보 획득이 가능하기 때문임

다. KTDB VDF 위계 재정립에 따른 파라미터 추정 및 검증

1) 신규 VDF 체계 파라미터 정산 결과

- 본 과업에서 최종적으로 제시하는 VDF 파라미터 최적값은 <표 16>~<표 17>에서 제시함

<표 16> 2014 VDF 등급별 파라미터 최적값_도시부

등급	도로 유형	신호등밀 도(개/km)	차로수	α	β	V_0 (kph)	Capa (pcphpl)
1	고속	연속류	2차로 이하	0.56	1.8	100.7	1,846
3	도로		3차로 이상	0.57	1.68	115.1	2,028
5	도시		2차로 이하	0.47	2.43	95.5	1,773
7	고속 도로		3차로 이상	0.48	2.4	97.5	2,182
9	다차 로도 로	≤ 0.3	1차로	0.51	2.69	66.5	1,100
11			2차로 이상	0.67	2.16	80.7	1,420
13		≤ 0.7	1차로	0.54	2.47	63.9	957
15			2차로 이상	0.68	2.08	79.2	1,341
18		≤ 1.0	1차로	0.6	2.15	55.7	873
19			2차로 이상	0.69	1.93	71	1,242
22		≤ 2.0	1차로	0.6	1.92	51	862
24			2차로 이상	0.71	1.8	69.6	985
26		≤ 4.0	1차로	0.67	1.86	44.1	636
28			2차로 이상	0.72	1.79	62.4	936
30		> 4.0	1차로	0.8	1.82	38.3	595
31			2차로 이상	0.82	1.66	57	801

주 : 해당 파라미터 최적값은 모형상의 최적값으로 실제 KTDB 배포자료의 네트워크에는 현장특성을 반영한 파라메타 값이 적용되어 있음

<표 17> 2014 VDF 등급별 파라미터 최적값_지방부

등급	도로 유형	신호등밀 도(개/km)	차로수	α	β	V_0 (kph)	Capa (pcphpl)
2	고속	연속류	2차로 이하	0.55	2.09	95.2	1,786
4	도로		3차로 이상	0.57	2.07	108.2	1,987
10	다차 로도 로	≤ 0.3	1차로	0.51	2.82	67.5	1,090
12			2차로 이상	0.65	2.24	82.3	1,400
14		≤ 0.7	1차로	0.54	2.16	65	925
16			2차로 이상	0.72	2.14	80.7	1,188
18		≤ 1.0	1차로	0.59	1.87	62.8	767
20			2차로 이상	0.73	1.82	72.2	971
22		≤ 2.0	1차로	0.63	1.87	58.1	583
24			2차로 이상	0.8	1.81	70	831
26		≤ 4.0	1차로	0.68	1.79	54.4	580
28			2차로 이상	0.82	1.72	69.3	756
30		> 4.0	1차로	0.72	1.72	44.2	465
32			2차로 이상	0.83	1.7	60	736

주 : 해당 파라미터 최적값은 모형상의 최적값으로 실제 KTDB 배포자료의 네트워크에는 현장특성을 반영한 파라메타 값이 적용되어 있음

라. VDF 애플리케이션의 개선 및 유지보수

- VDF 정산 애플리케이션의 유지보수와 관련해서는 2013년까지 개발된 기능들을 중심으로 사용자들의 실제 사용 의견을 토대로 기능을 좀 더 이용자 편의가 개선될 수 있도록 향상시킴
- 이와 함께 기능 개선을 위한 유지보수 작업으로서 작년부터 수집되고 있는 스마트폰 내비게이션 기반의 실시간 데이터를 이용해 현재의 내비게이션 자료 기반 DB를 갱신하는 작업을 수행함
- 도로 도시부 및 지방부 정의는 2013년 과제에서 수행된 분석 결과를 이용해 개별 도로별로 속성화된 정보였음. 도시부 지방부의 이용자 정의 기능 개발을 통해 애플리케이션 프로그램을 이용한 분석이 필요함
- 따라서 당해년도 과제에서는 이러한 도시부 지방부의 정의를 이용자가 수정하거나 정의할 수 있도록 하고, 이를 이용해 VDF를 이용자가 정산할 수 있도록 프로그램 개편 작업을 수행함
- 교통량 정산 기능 개발은 배정 교통량과 관측교통량 정보를 차종별로 집계하여 과대/과소 및 오차율 정보를 레포팅할 수 있도록 개발함. 또한 레포팅 결과를 엑셀 파일에 복사할 수 있도록 개발하여, 다양한 사용자 편집이 가능하도록 개발함
- 기타 편의 기능으로서 시작노드, 종료노드 정보만이 포함된 텍스트 파일에 시스템에서 정의한 링크ID를 매칭 할 수 있는 편의 기능 제공을 통해 자료의 입출력이 편리할 수 있도록 개선함
- 구축된 시스템의 전반적인 검증을 통해 사용자의 예외성을 체크하여 보완하며 비정상적인 시스템 종료를 미연에 방지하기 위하여 검증된 소스코드를 이용하여 시스템 개발을 진행 및 보완함
- 최종 사용자에게 배포를 위해 DB 및 어플리케이션 설치를 자동으로 진행할 수 있도록 소프트웨어 인스톨 위자드를 이용하여 사용자의 PC에 안정적으로 설치될 수 있도록 기능을 구성함

3. 대중교통 분석용 네트워크 구축 방안 연구

가. 개요

1) 과업의 배경

- 교통 분석용 네트워크는 기존점 통행량과 함께 각종 교통계획의 효과적인 수립, 시행, 평가를 위한 기초 자료임
- 특히 도로·철도 네트워크와 더불어 대중교통(버스) 네트워크는 교통SOC 투자평가 신뢰성 확보와 대중교통(버스)을 이용한 통행 행태 분석에 반드시 필요한 자료임
- 현재 교통수요분석에 특화된 도로·철도 교통분석용 네트워크는 지속적으로 보완·갱신이 이루어지는 반면, GIS 기반의 대중교통(버스)의 교통분석용 네트워크는 구축 진행 단계임
- 따라서, 대중교통(버스) 네트워크의 구축 방법론 정립 및 네트워크 구축을 통해 교통SOC 투자평가 및 대중교통(버스)을 이용한 통행자 통행 패턴/통행 행태 분석의 신뢰성을 확보하고자 함

2) 과업의 목적

- 현재 교통 분석용 네트워크 구축은 현장 조사 및 문헌 조사 자료를 이용하여 구축되고 있기 때문에 많은 시간과 비용이 소요됨
- 최근에는 교통 분석용 네트워크의 활용성 및 중요성이 증대되고 있어 보다 신속하고 정확도 높은 자료 구축이 요구되어 교통관련 기초자료 구축 시 Big Data 등 첨단자료를 통해 신뢰성을 확보하기 위한 많은 노력이 이루어지고 있음
- 본 과업에서는 첨단자료인 내비게이션 자료를 이용하여 보다 신속하고 정확도 높은 교통주제도와 교통분석용 네트워크를 구축하고, 이 자료를 토대로 대중교통(버스) 교통분석용 네트워크를 구축하고자 함
- 또한, 검증 시스템을 마련하여 구축된 교통주제도와 교통분석용 네트워크의 신뢰도를 제고하고자 함

3) 과업의 범위 및 내용

① 시간적 범위

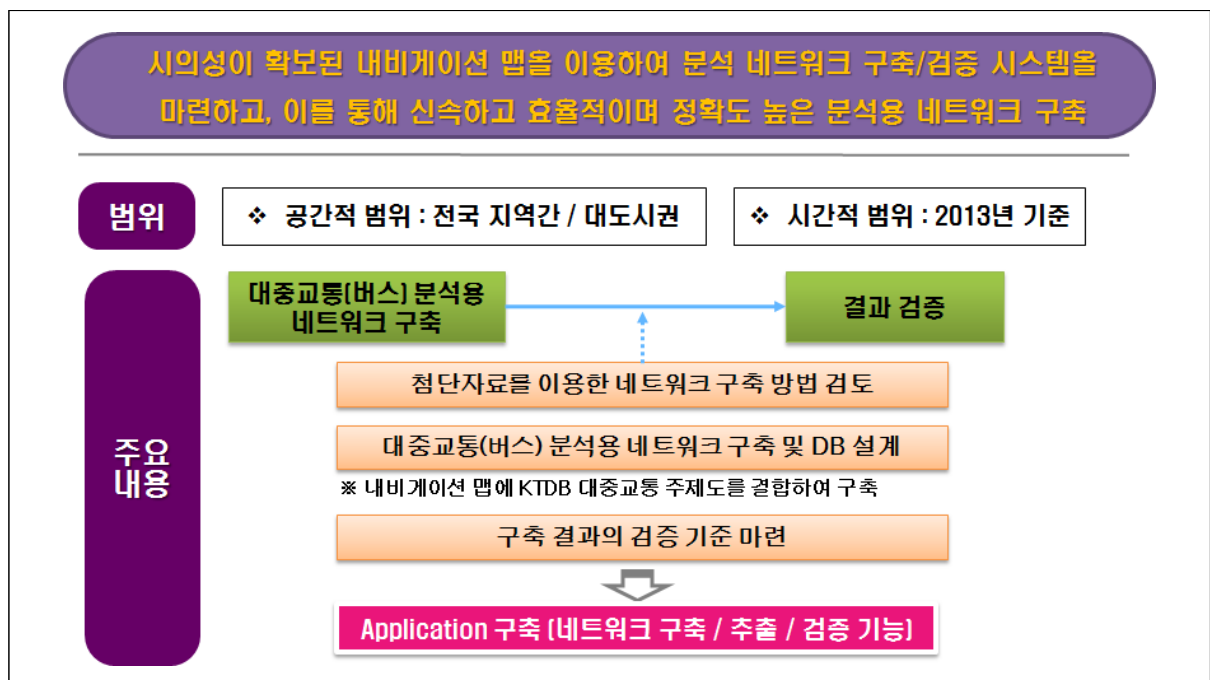
- 2013년 12월 31일 기준 네트워크 갱신 데이터

② 공간적 범위

- 전국 지역간 및 대도시권

③ 과업의 주요 내용

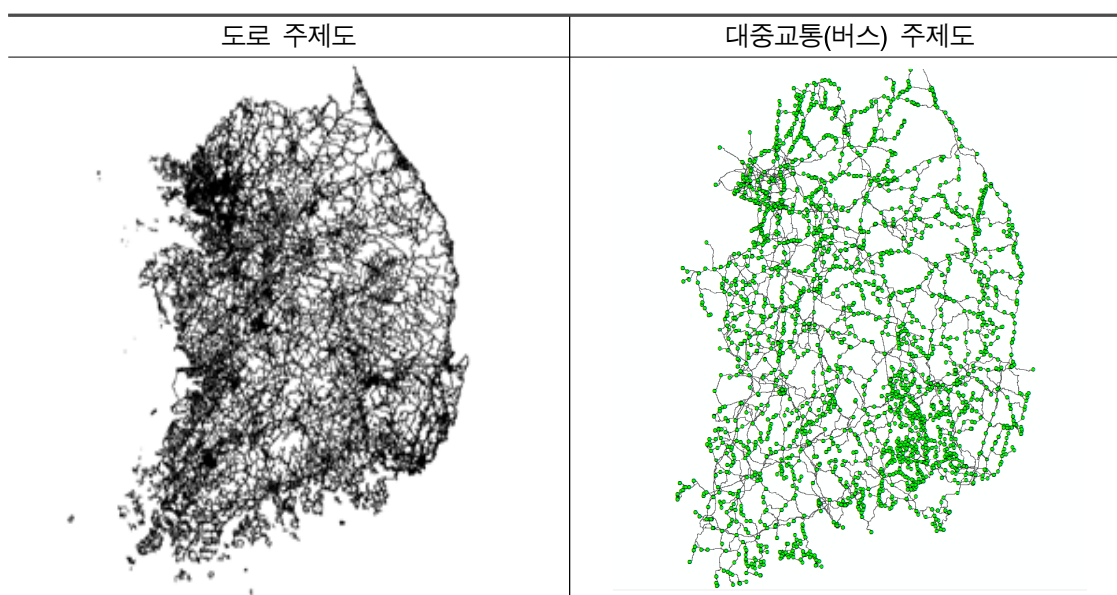
- 대중교통(버스) 분석용 네트워크 구축 방법론 정립
- 2013년 대중교통(버스) 노선망 조사를 통해 구축된 GIS 기반 대중교통 주제도를 이용한 대중교통 분석용 네트워크 구축
- 구축된 대중교통(버스) 분석용 네트워크를 통한 통행시간 및 통행거리 검증
- 교통분석용 네트워크 생성 및 관리 Application 개발



<그림 2> 대중교통 분석용 네트워크 구축 과업의 개요

나. 도로 및 대중교통(버스) 주제도 구축

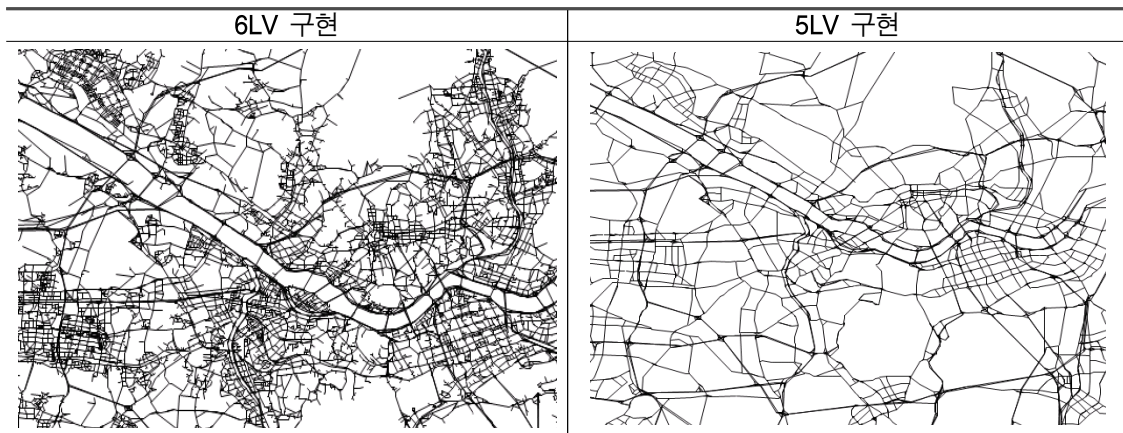
- 2013년 12월 기준으로 업데이트가 완료된 내비게이션 자료를 활용하여 구축한 5레벨/6레벨의 도로 주제도는 전국을 모두 실측 조사하여 구축된 자료가 반영 되어 있으며, 기존의 KTDB 자료 포맷에 맞게 재가공함
- 대중교통(버스) 네트워크 구축을 위하여 앞서 첨단자료를 활용하여 구축된 도로 주제도와 KTDB 대중교통 GIS DB구축 결과가 호환 가능하도록 노선 매칭작업을 통해 신규 대중교통(버스) 주제도를 구축함



<그림 3> 도로 및 대중교통(버스) 주제도 구축 결과

다. 도로 및 대중교통(버스) 교통분석용 네트워크 구축

- 도로 네트워크는 도로 주제도와 시점이 호환되며, 주제도 형상 내에서 교통 분석용 네트워크 포맷으로 Application을 통해 자동 추출됨
- 지역 간 교통분석용 네트워크는 멀티 5LV의 Scale로 구축되며, 대도시권 네트워크는 멀티 6LV로 구축됨
- 지역 간 교통분석용 네트워크 및 대도시권 교통 분석용 네트워크는 Application을 통해 멀티 변환이 가능하며, 두 레벨 MAP은 동일한 노드 ID를 공유하여 호환성이 유지됨



<그림 4> 멀티6LV / 멀티5LV 도로 네트워크 비교

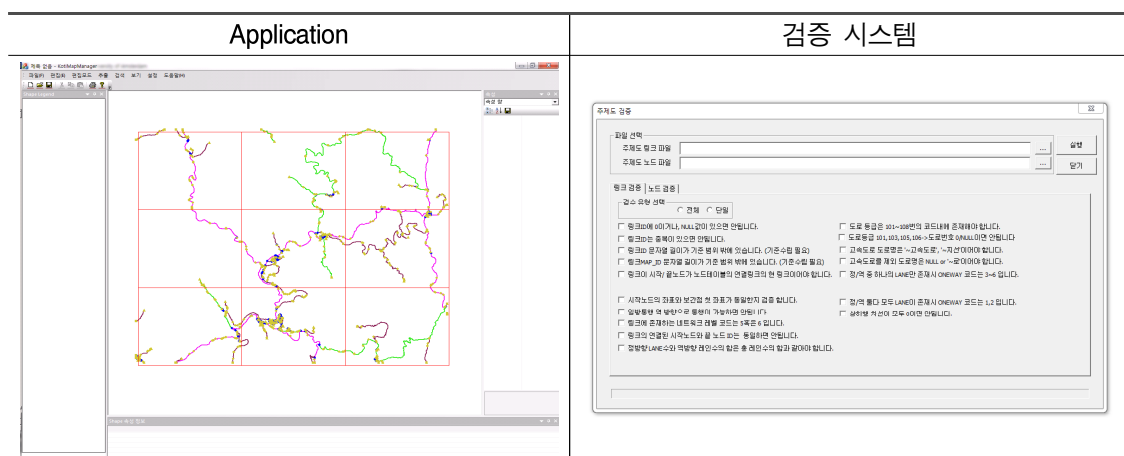
- 대중교통(버스) 네트워크는 앞서 첨단자료를 활용하여 구축된 도로 주제도와 KTDB에서 구축한 대중교통 주제도의 매칭 작업을 통하여 구축된 결과로, 개별 노드/링크로 구성된 네트워크가 생성되는 것이 아니라 도로 네트워크를 바탕으로 Line data 형태로 구축됨

```
t lines init
a 'EA0001' g 11 45.00 51.72 '동서울종합터미널-동' 0 0 0
path=no ttf=0 dwt=1.00 134919 dwt=#.00 133693 133688 133692
133689 133692 135381 136306 136417 134927 134926 133716 135777
133715 136932 135681 133708 133706 133031 134567 134288 136521
135695 133365 135382 133036 133374 133037 133375 133370 133371
133372 133369 133722 133096 134433 134124 141569 141350 141354
141997 141637 141830 141996 141884 141644 141887 141353 141668
141348 141341 141349 141366 141719 141365 141540 141656 141336
141508 141361 142048 256257 255567 141701 141487 141484 141700
141458 141454 141724 141725 141478 141709 255566 255598 255596
255601 255600 255676 255678 255819 255822 255812 255719 255607
254676 254349 261681 261683 261685 261677 261630 261629 261678
261689 261691 261693 261695 261697 261698 261701 261703 261706
261705 261675 261676 260775 260772 260730 260729 260773 260780
260368 260673 260674 260369 264855 264974 264976 264812 264809
264836 264839 264997 264810 264106 264105 264103 264104 264134
264094 264133 264033 264028 264029 264032 267674 267643 267650
267649 267648 267646 267663 267666 267733 268012 267736 268000
```

<그림 5> 버스 Transit Line 데이터 결과

라. Application 구축

- 교통 주제도 DB와 Multi-modal 교통분석용 네트워크의 생성 및 관리를 위한 Application 및 검증 시스템을 구축함
- Application에서는 멀티 레벨로 구현된 통합맵의 객체를 선택하여 레벨을 조정할 수 있으며, 변경된 레벨은 주제도/교통분석용 네트워크, 통합네트워크에 모두 호환되어 반영됨
- 멀티 레벨 간에 노드 ID는 그대로 유지되며, 링크는 멀티맵 병합 기준에 따라 병합됨
- 최종 편집이 완료된 통합맵 데이터는 용도에 따라 주제도, 교통분석용 네트워크, 통합맵으로 나뉘어 추출됨
- 검증 시스템은 Application 상의 검증 부문에서 시스템이 연동되도록 구현하여 도로 주제도와 도로 네트워크 검증으로 나뉘어 탑재됨



<그림 6> Application 및 검증시스템

- 따라서, 본 연구에서 내비게이션 자료를 활용하여 분석 네트워크를 자동 구축함으로써 구축 효율성을 향상시켰고, 검증 기능을 추가하여 분석 네트워크의 정확성 제고를 위한 기반을 마련하였음
- 뿐만 아니라, 내비게이션 자료에 대중교통 주제도를 통합하여 Inter-Modal 분석의 가능성을 확보함
- 그리고 KTDB에서 구축한 교통 속성정보 이외에 내비게이션 자료에서 취득 가능한 속성정보를 추가하여 다양한 정보의 제공이 가능함

마. 향후 연구방향

- 안정성, 정확성, 기능성이 강화된 Application의 개선 필요하며, 2015년 사업에서 추진할 예정임
 - 메모리 확충 등을 통해 Application의 안정성과 성능의 개선이 필요
 - 정확한 결과 산출을 위한 다양한 검증 체계 필요
 - 대중교통 DB 구축방안 마련 및 경로탐색 알고리즘의 안정화 필요
- 교통수요 분석 패키지의 용량 한계로 인한 네트워크 사이즈 축소 작업이 필요함
 - 내비게이션 자료를 이용하여 네트워크 구축 시 일부 교통수요 분석 패키지의 경우 네트워크 용량문제로 분석이 불가능함
 - 따라서, 내비게이션 자료를 이용하여 구축한 네트워크의 사이즈 축소 작업으로 분석 가능한 용량으로 보완하는 작업이 필요
- 장래계획DB의 추가 반영이 필요함
 - 2014년부터 국가교통조사 및 DB구축사업에서 수행되어 온 장래계획 DB 구축이 완료될 경우 이번 과업에서는 내비게이션 자료를 이용하여 기준연도 주제도 및 네트워크만 구축하였으나 장래계획DB의 추가반영 작업이 필요
 - Application에서 기준연도 뿐만 아니라 장래계획DB도 구축 가능하도록 시스템의 개선이 필요

4. 통합교통수요 분석 방안 연구

가. 과업의 개요

- 주수단 O/D를 이용한 여객교통수요 분석의 신뢰도를 높이기 위한 통합교통수요 분석 방안을 검토하고자 함
- 여객교통수요 분석은 지역간 통행 분석과 대도시권 통행 분석의 2가지로 구분할 수 있는데 본 과업에서는 지역간과 대도시권 공로수요 분석을 대상으로 도로부분 수요분석 방안을 검토하고 지역간 대중교통수요 분석을 대상으로 철도부분 수요분석 방안을 검토함
- 대도시권의 대중교통수요 분석은 대중교통수단간 환승 및 대중교통 파라미터 등의 지역간 통행과의 차별적인 특성을 고려하여 별도로 구분하여 수도권을 대상으로 대중교통수요 분석 방안을 검토함

<표 18> 과업의 분석 내용

검토 내용	통행 구분	분석 대상
도로부분 수요분석	지역간 공로수요 대도시권 공로수요	지 역 간 : 승용차, 버스(시외, 고속, 기타버스) 대도시권 : 승용차, 버스(차량대수)
철도부분 수요분석	지역간 대중교통수요	지 역 간 : 철도 (일반철도, 고속철도, 지하철)
대중교통 수요분석	대도시권 대중교통수요	대도시권 : 버스, 지하철, 버스+지하철(환승)

나. 도로 및 철도수요 분석 방안

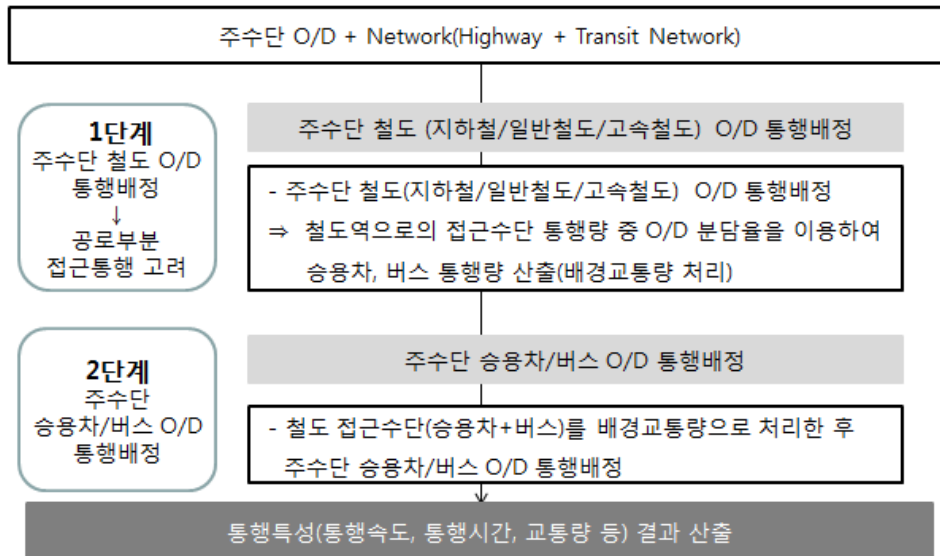
1) 도로부분 수요분석 방안

① 도로부분 수요분석 과정

- 도로부분의 수요분석 과정은 기준연도와 장래연도로 구분되며 각각에 대하여 기초자료보완, 통행배정, 현황정산 과정으로 이루어 짐
- 통행배정은 접근수단 통행배정량을 반영하는 방법과 접근수단 O/D를 반영하는 방법 2가지 방법을 이용할 수 있음

② 방법 1: 접근수단 통행배정량 이용 분석

- 철도역으로의 접근수단 통행은 최단거리를 이용한다는 기본 가정 하에 두 단계로 통행배정이 이루어짐

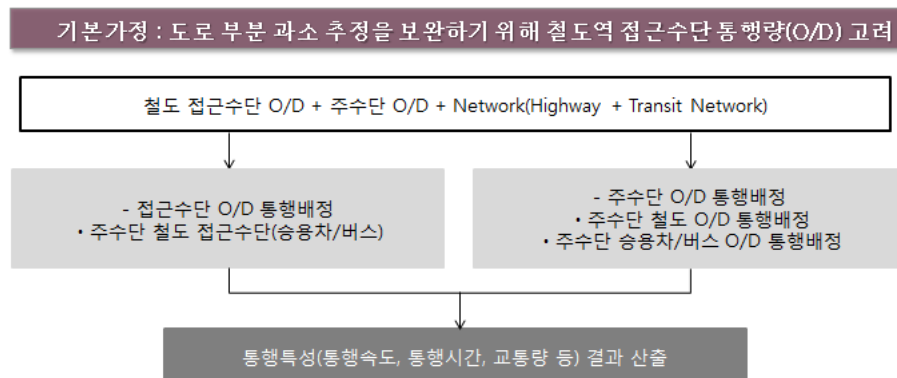


<그림 7> 접근수단 통행배정량 이용 통행배정

- 1단계로 지하철, 일반철도, 고속철도의 주수단 철도 O/D를 통행배정하고 철도역으로의 접근수단 통행량을 O/D별 수단분담율 이용하여 승용차, 버스 통행량을 산출하여 배경교통량으로 처리함
- 2단계로 철도 접근수단을 배경교통량으로 처리한 후 주수단 승용차, 버스 O/D를 통행배정함

③ 방법 2: 접근수단 O/D 이용 분석

- 도로부분 통행량 과소 추정을 보완하기 위하여 철도역 접근수단 통행량(O/D)을 별도로 고려하는 방법으로 철도 접근수단 O/D를 추가로 고려하여 분석함
- 대도시권 도로부분 수요분석의 경우 노선버스의 통행량을 반영하기 위하여 노선버스 노선자료(line data)의 배차간격(headway)을 이용하여 통행량을 산출하고 노선이 지나는 링크의 배경교통량으로 처리함
- 승용차, 버스의 철도역으로의 접근수단 O/D를 통행배정한 후 주수단 철도, 승용차, 버스 O/D를 차례로 통행배정을 수행하여 도로부분 수요를 분석함



<그림 8> 접근수단 O/D를 이용 통행배정

2) 철도부분 수요분석 방안

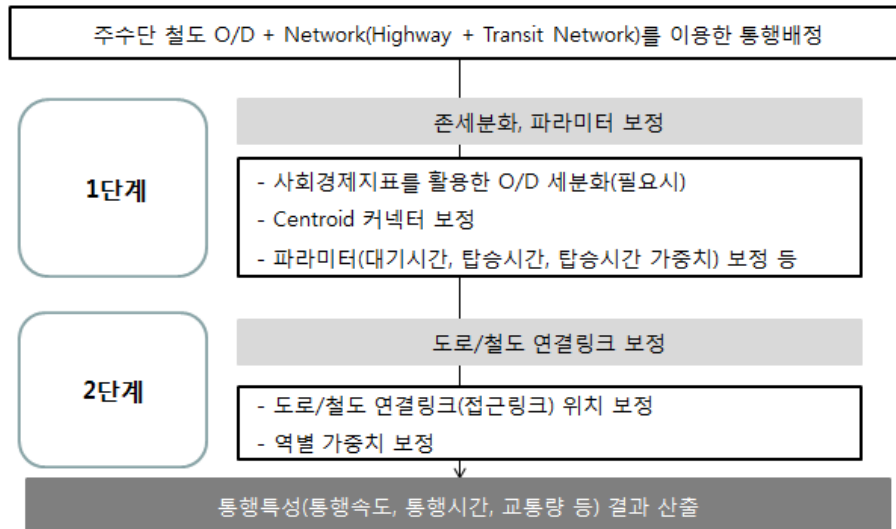
① 철도부분 수요분석 과정

- 주수단 O/D를 이용한 철도부분 수요분석은 기존의 역간 O/D와는 달리 접근통행 행태를 구현하는 정산과정이 필요하고 이를 위하여 파라미터 조정, 존 커넥터 보정 등의 과정을 수행할 필요성이 있음
- 기존 개별수단 O/D를 이용하여 통행배정할 경우, 주로 파라미터 위주의 정산이 수행되었으나 주수단 O/D의 경우 존 커넥터 조정, 도로/철도 연결링크 조정이 필요함
- 철도부분 수요분석 방안에서는 주수단 O/D를 이용한 통행배정 수행의 정산방법을 제시하고자 함
- 철도부분의 수요분석 과정은 기준연도와 장래연도로 구분되며 각각에 대하여 기초자료보완, 통행배정, 현황정산 과정으로 이루어 짐

② 철도부분 통행배정 방법

- 철도부분 통행배정은 주수단 철도 O/D와 도로 및 철도의 통합네트워크를 이용하여 이루어지며 존세분화 및 파라미터 보정의 단계와 도로/철도 연결링크 보정의 단계로 이루어 짐
- 존별 철도역 선택행태를 고려하기 위하여 필요시 사회경제지표를 활용한 O/D 세분화 과정이 필요하고 존별 역 선택행태는 접근시간, 배차간격, 대기시간 등에 영향을 받기 때문에 존 커넥터 위치 및 파라미터 보정을 수행 함

- 또한 도로와 철도의 통합네트워크에서는 존 컨넥터가 도로에 연결되어 있어 철도노선과의 연결을 위해서는 도로/철도 연결링크(접근링크)가 필요하면 이러한 연결링크의 위치 보정 과정이 필요함



<그림 9> 주수단 철도 O/D의 통행배정

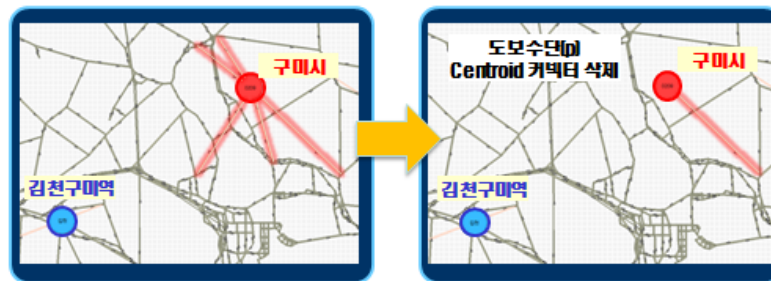
③ 철도부분 수요분석 사례

- 철도부분 수요분석에 대한 사례로 전국지역간 KTX 경부선과 대도시권인 광주광역시 광주도 시철도 1호선을 분석대상으로 사례 분석을 시행함
 - 전국지역간 : 전국권 KTX 경부선
 - 대도시권 : 광주광역시 광주도시철도 1호선

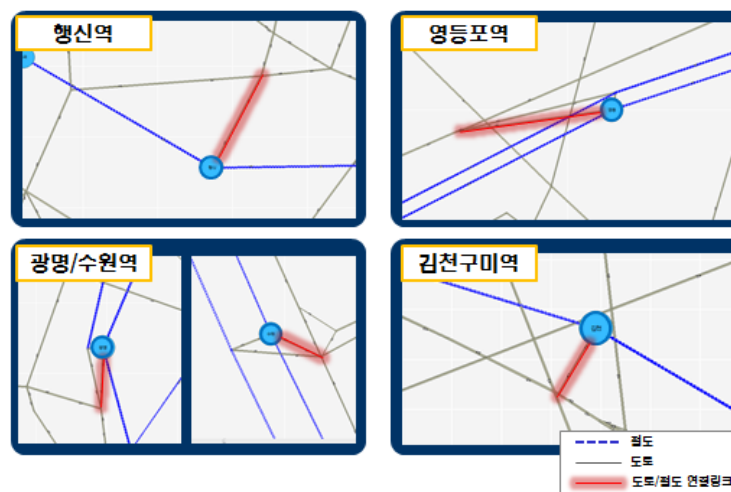
a) 전국 지역간 KTX 경부선 수요분석

- 현황정산을 위하여 교통존의 센트로이드 커넥터를 추가 또는 삭제 정리하는 커넥터 조정 작업을 수행하고 통행배정 결과가 현실과 최대한 부합하도록 시행착오 과정을 반복적으로 수행함
- 교통존에서부터 철도역까지의 접근수단을 고려할 경우 현황을 보다 잘 반영할 수 있도록 교통존의 커넥터와 대중교통 노선을 연결하고 차내시간, 탑승시간, 대기시간 등의 파라미터 보정 작업을 수행함
- 도로와 철도의 연결을 위한 도로와 철도의 접근링크가 존재하며 정확한 현황정산을 위해서

는 접근링크 함수의 가중치 조정을 통한 접근링크의 거리 조정 작업을 수행함



<그림 10> 김천구미역 커넥터 조정



<그림 11> 도로/철도의 접근링크 보정

b) 광주도시철도 1호선 수요분석

- 광주도시철도 1호선의 경우, 금남로4가~금남로5가 구간의 교통수요가 총장동에 집중되어있어 존세분화가 필요하여 역별 승차인원 비율을 적용하여 총장동1, 2로 존세분화와 센트로이드 커넥터 조정 작업을 수행함
- 모든 역에 대하여 역별 철도 승하차 통행에 대한 파라미터 조정을 수행하며 승하차 인원 현황정산을 위하여 파라미터 조정을 수행함
- 철도와 도로네트워크의 연결을 위하여 도로에서 철도역까지의 접근링크가 필요하며 이러한 접근링크에 대한 양방향 설정, 위치 조정, 접근링크 함수의 가중치 설정을 통한 접근링크의 거리 조정 등의 보정 작업을 수행함
- 철도부분 수요분석 정산시 다음의 사항을 주의하여 고려하여야 함

- 노선별 통행경로와 이에 따른 통행배정량의 비현실적인 결과 검토
- 구간별 최대 재차인원 분석을 통해 통행배정량 검토
- 철도노선 구간별(segment) 통행속도 및 역별 통행배정량 검토

다. 대중교통수요 분석 방안

1) 기본 전제

- 지역간 통행의 대중교통수요 분석은 앞에서의 철도부분 수요분석 방안에서 제시되어 있기에 본 절에서는 대도시권의 대중교통(버스, 전철/지하철) 수요를 분석대상으로 선정함
- 대도시권의 대중교통수요 분석 방안 검토를 위해 버스와 지하철 네트워크가 구축되어있고 버스, 지하철, 버스+지하철 O/D가 제공되고 있는 수도권을 대상으로 수도권 연구기관과 공동연구를 진행함

2) 대중교통 수요분석 방안

① 대중교통 통행배정 패키지

- 일반적으로 대중교통 통행배정에 많이 사용되는 분석 패키지는 Emme3, TransCAD, Cube voyager6가 있고 최근에 국내 국가R&D로 개발된 ImTas가 있음

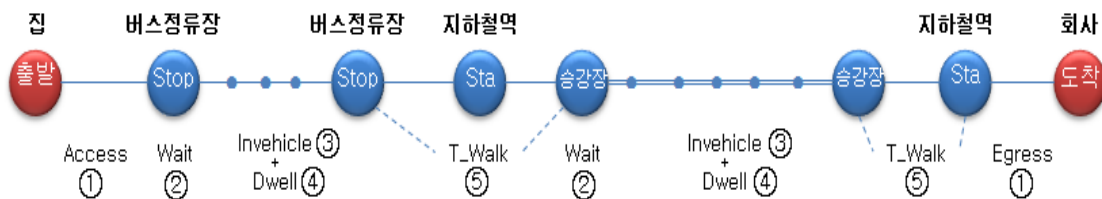
<표 19> 프로그램별 Transit 통행배정 알고리즘 비교

구 분		알고리즘	TransCAD	Emme 3	Cube 6	ImTas
용량 미제약	일반화비용 미반영	All-or-Nothing	○	○	○	○
		Optimal Strategy	○	○	○	×
	일반화비용 반영	Path Finder	○	×	×	×
		Best Path	×	×	○	×
		Transit Path Generator	×	×	×	○
용량 제약		Stochastic User Equilibrium	○	×	×	○
		Clouding Model	×	×	○	×

② 대중교통 통행배정 관련 파라미터

- 대중교통 경로비용은 차내시간, 차외시간, 요금 등을 고려한 일반화비용이 고려되며 이러한 일반화비용을 산정하기 위해서는 각 비용항목에 대한 가중치, 즉 파라미터를 적용하여야 함
 - 여기서, Access, Egress는 접근·도착시간, Invehicle은 차내시간, Dwell은 탑승시간, T_Walk는 환승시간, w 는 가중치임

$$\text{일반화비용} = (\text{Access}, \text{Egress}) \times w_{\alpha} + \text{Invehicle} \times w_{\beta} + \text{Dwell} \times w_{\gamma} + \text{T_Walk} \times w_{\delta}$$



<그림 12> 기종점간 대중교통 경로의 일반화비용

- 유럽 연합에서는 MOTOS와 같은 교통 수요 분석 매뉴얼을 통하여 유럽연합의 교통수요 분석 지침을 제시하고 있고 접근시간(Access time), 대기시간(Waiting time), 차내시간(In-Vehicle time), 환승시간(Transfer time), 환승횟수(Number of Transfers), 도착시간(Egress time)을 대중교통 수요분석을 위한 차외시간 속성으로 구성하고 가중치를 적용함

<표 20> 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.

- 해외 대중교통 수요분석 모형인 올림푸스 시범모형(Olympus training Model, 2010), 모리스카운티(Morris County Model, 2005), 노스플로리다 모형(North Florida Model, 2006)은 다음과 같이 차외시간의 가중치를 적용함

<표 21> 해외대중교통 수요분석 모형의 대중교통 파라미터

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

1) 『Olympus training model』, 2010, http://www.fsutmsonline.net/index.php?/model_pages/model_pages/

2) 『Morris County model』, 2005, http://www.fsutmsonline.net/index.php?/model_pages/model_pages/

3) 『North florida model』, 2006, http://www.fsutmsonline.net/index.php?/model_pages/model_pages/

- 국내연구인 도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침(제5판)』에서는 지하철을 포함한 철도부문에 대해서 다음과 같이 차내시간과 차외시간의 가중치를 제시하고 있음

<표 22> 철도부문 통행배정 일반화 비용 산정을 위한 국내·외 연구

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

주1 : 여기서 환승시간은 환승접근시간, 대기시간, 환승패널티를 모두 포함하고 있는 것으로 가정하였음.

주2 : 본 지침연구는 캐나다 토론토를 대상으로 유전자 알고리즘을 활용하여 EMME/2 대중교통 통행배정과 관련된 파라미터를 추정한 연구로 표에 제시된 결과 이외에 탑승시간은 2.6분, 대기시간 factor 0.49를 도출하였음.

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

- 대중교통 수요분석의 파라미터는 각 수단별, 정류장별, 지역별로 통행특성이 다르기에 일률적인 표준화된 값을 적용하기는 매우 어려운 것이 현실임

- 차외시간과 관련한 국외 대중교통모형과 국내 대중교통 수요분석에 적용된 값은 수요분석대상에 따라 다양하다는 것을 알 수 있고 보다 정확한 대도시권 대중교통 수요분석을 위해서는 통행배정 결과를 토대로 파라미터를 조정하는 정산과정이 중요함

3) 대중교통 수요분석 사례

① 수도권 대중교통 DB 구성

- 대중교통과 관련하여 기준년도와 장래년도에 대한 버스, 지하철, 버스+지하철의 3개의 대중교통 주수단 O/D와 기준년도에 대한 시내버스, 마을버스, 광역버스, 지하철의 4개의 대중교통 수단 O/D로 구성됨
- 수도권의 대중교통 네트워크는 2013년 현행화 사업을 통하여 버스 2,792개, 마을버스 859개, 운행구간별로 구분된 지하철 95개, 시외/고속버스 1,268개 노선으로 구축되어 5,014개 노선으로 구성됨
- 2014년도 현행화 사업을 통해 수도권 버스-지하철, 지하철-지하철간 환승에 대한 실제 환승 이동거리를 조사하고 환승링크 DB를 구축하여 수도권 대중교통 네트워크에 반영함



<그림 13> 환승링크의 이동거리 산출

② 통행배정 및 파라미터 적용

- 수도권 대중교통 수요분석을 위하여 대중교통 주수단 O/D를 이용한 경우와 수단 O/D를 이용한 경우의 2가지에 대하여 TrnasCAD를 사용하여 통행배정을 수행함

- 대중교통 관련 파라미터는 다음과 같이 설정하여 통행배정을 수행함

<표 23> 역별 승하차 파라미터 보정

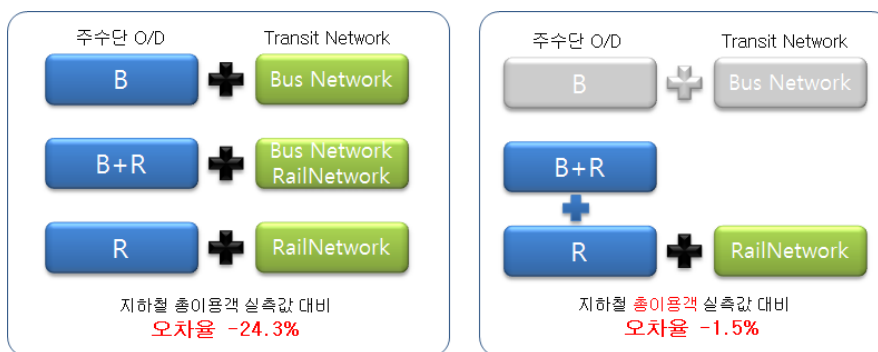
차내시간 (Link Time)	탑승시간 (Dwell on, 분)	배차간격 (Headway)	가중치 (weight)		
			접근통행시간 (Walk Time, Transfer Penalty)	대기시간 (Initial Wait, Transfer Wait)	탑승시간 (Dwell Time)
1.0	광역버스 0.5 지하철 0.0 그 외 0.75	노선별 배차간격	2.0	2.0	1.0

* 지하철의 탑승시간은 표정속도에 반영

③ 대중교통 통행배정 결과

a) 대중교통 주수단 O/D 이용

- 교통수요분석 패키지의 기능 제약으로 인해 버스+지하철 O/D 배정시 버스만 이용하는 경로가 다수 발생하고 버스 경로에 더 많은 수요가 배정되어 지하철 경로에 낮은 통행배정 결과가 발생
- 이를 해결하기 위한 방법으로 버스+지하철 O/D를 과소하게 배정되는 지하철 O/D에 합산하여 분석을 수행하는 방법을 고려할 수 있고 이는 분석 목적에 따라 활용가능성이 있음



<그림 14> 주수단 버스+지하철 O/D 통행배정

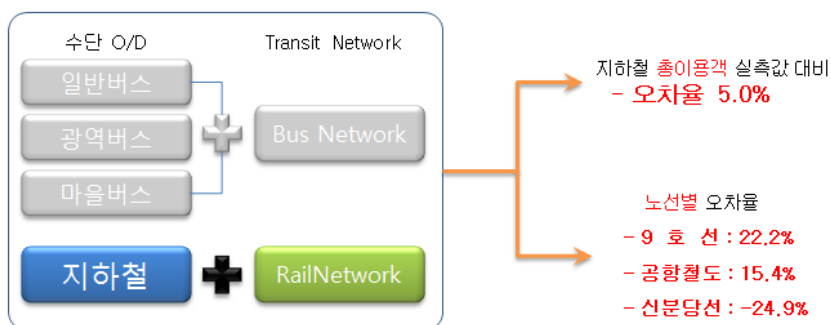
- 다음은 정산 미시행 결과로 노선별 오차를 감소시키기 위해서는 영향권 설정, 존 위치 이동, 연결링크 조정, 대중교통 파라미터 조정 등의 추가적인 정산 과정이 필요함

<표 24> 수도권 주수단 O/D 지하철 노선 통행배정 결과(정산 미시행)

구분		노선실측값 ① (Card Data)	통행배정 ② (Assignment)	오차율 (②-①)/①*100
버스+지하 철 O/D 별도	9호선	246,669	243,103	-1.4 %
	공항철도	69,003	78,797	14.2 %
	신분당선	77,960	41,432	-46.9 %
	그외 노선	7,127,643	5,328,771	-25.2 %
	합계	7,521,275	5,692,103	-24.3 %
버스+지하 철 O/D 합산	9호선	259,771	324,539	24.9 %
	공항철도	74,611	82,769	10.9 %
	신분당선	102,790	43,564	-57.6 %
	그외 노선	7,127,643	7,002,845	-1.8 %
	합계	7,564,815	7,453,718	-1.5 %

b) 대중교통 수단 O/D 이용

- 기준년도에 대하여 배포되고 있는 18개 수단 O/D 중 광역버스, 일반버스, 마을버스 O/D를 버스 네트워크에 통행배정하고 지하철 O/D를 지하철 네트워크에 배정함
- 통행배정 결과는 총 이용객 실측값과 유사한 결과를 보였고 노선별 오차는 주수단 O/D 대비 감소함



<그림 15> 대중교통 수단 O/D 통행배정

- 9호선, 신분당선, 공항철도 3개 노선에 대한 노선별 오차를 감소시키기 위하여 노선별 실측값 대비 통행배정결과의 오차율 $\pm 10\%$ 로 오차허용 범위를 설정하여 영향권 설정, 존 위치 이동, 연결링크 조정 등의 추가적인 네트워크 정산 작업을 수행한 결과는 다음과 같음

<표 25> 수도권 주수단 O/D 지하철 노선 통행배정 결과

구분		노선실측값 ① (Card Data)	통행배정 ② (Assignment)	오차율 $((②-①)/①)*100$
버스+지하철 O/D 별도	9호선	259,771	317,513	22.2 %
	공항철도	74,611	86,081	15.4 %
	신분당선	102,790	77,204	-24.9 %
	그외 노선	7,127,643	7,458,788	4.6 %
	합계	7,564,815	7,939,587	5.0 %
버스+지하철 O/D 합산	9호선	259,771	254,011	-2.2 %
	공항철도	74,611	75,842	1.7 %
	신분당선	102,790	98,980	-3.7 %
	그외 노선	7,127,643	7,510,754	5.4 %
	합계	7,564,815	7,939,587	5.0 %

라. 결론

- 주수단 O/D를 이용한 여객교통수요 분석의 신뢰도를 높이기 위한 통합교통수요 분석 방안 연구를 수행하였고 지역간과 대도시권 공로 통행을 대상으로 도로부분 수요분석 방안을 검토하고 지역간 대중교통 통행을 대상으로 철도부분 수요분석 방안을 검토함
- 또한 환승 및 다양한 통행제약을 갖는 대도시권의 대중교통수요 통행 특성을 고려하여 수도권 대중교통수요 분석 방안을 검토함
- 대도시권 대중교통 수요분석의 경우 현재 수도권의 경우에 한해서 버스 및 지하철 노선 자료와 O/D 자료가 구축되어 있어 보다 정확한 대도시권 수요분석을 위하여 지속적인 추가 연구 수행이 필요하며 대중교통 수요분석의 신뢰도 향상을 위하여 이번 과업에서 환승통행 관련 자료를 구축하였음
- 2017년 국가교통DB 전수화 사업 이후부터 수도권 이외의 타 대도시권에 대해서도 읍면동 단위의 교통 분석존을 구축하고 대도시권 대중교통 DB 구축 및 관련 연구를 보완해 나갈 예정임
- 본 과업은 교통수요 분석의 가이드라인을 제시하는 것으로 분석가는 국가교통DB에서 검토한 방법을 이용하여 수요분석을 할 수 있으나 분석 목적 및 범위에 따라 추가적인 수요분석방안을 검토할 수 있고 정산을 위한 다양한 방법 및 상황에 맞는 조정 작업을 수행하여야 함

제1장 교통량 관측지점 확대조사

제1절 과업의 추진배경 및 목적

제2절 관측지점 확대조사 추진 방안

제3절 KTDB 교통량조사 수행 결과

제4절 KTDB 교통량조사 결과 기초분석

제5절 교통량 자료를 활용한 여객0/D

구축 방안

제6절 여객0/D 신뢰도 개선 결과

제7절 결론 및 향후 개선방안

제1장 교통량 관측지점 확대조사

제1절 과업의 추진배경 및 목적

- 교통량 자료는 도로의 계획 및 설계, 도로 운영 등에 폭넓게 이용되며, 교통계획과 관리계획 수립을 위한 기초적인 자료임
- 특히, KTDB에서 조사 및 구축하고 있는 시외유출입 교통량 자료는 지역간 여객 및 화물 O/D를 구축하는데 기초자료로 활용되고 있으며, O/D 검증을 위해 한국건설기술연구원의 교통량자료와 함께 필수자료로 활용되고 있음
- 하지만, 여객 및 화물O/D 구축시 기존 한국건설기술연구원(이하 한국건설기술연구원)의 교통량 자료 중 약 10%(377개소)만 활용을 하고 있어 KTDB O/D의 신뢰도를 제고하는 데에 한계가 있음
- 이에, 지자체 교통량 관측지점을 추가확보하고, 상시 및 수시조사를 통하여 매년 정기적으로 수집되어지는 한국건설기술연구원 교통량조사지점을 제외한 시외유출입지점에 대하여 교통량 조사를 수행함으로써 2010년 정기조사 이후 변화된 교통패턴을 반영하고 궁극적으로는 O/D의 신뢰도를 제고하고자함

제2절 관측지점 확대조사 추진 방안

1. 관측지점 확대조사 추진 현황

- KTDB에서 구축한 시외유출입 교통량지점과 일치하는 한국건설기술연구원의 지점은 377개이며, 이 지점을 활용하여 KTDB O/D 구축 및 검증시 사용하고 있음
- 이에, 지자체 교통량자료를 추가확보하고, 2014년 KTDB 교통량 조사를 수행하여 총 1,238개소의 관측지점을 확보하여 KTDB의 신뢰도를 제고하고자 함

<표 1-1> 관측지점 확대조사 추진방안

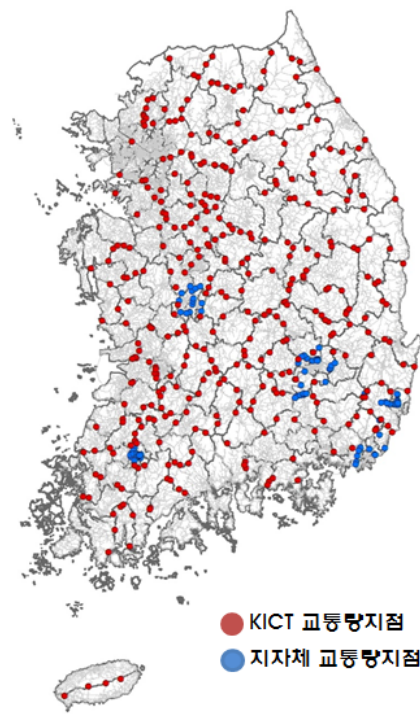
구분		기존	2014년 지점수(개소)
총지점수		377	1,238
O/D 구축 및 검증활용 지점수	건기연 교통량 활용 지점수	377	377
	지자체 교통량 활용 지점수	-	89
	KTDB 조사 지점수(추가 조사)	-	772

2. 한국건설기술연구원 및 지자체 관측지점 확보 결과

- 한국건설기술연구원 및 지자체에서는 매년 교통량조사를 수행하여 도로계획 및 건설, 유지관리 및 도로행정 등에 필요한 기본자료와 각종 연구에 필요한 기초자료로 제공하고 있음
- KTDB O/D 구축 및 검증에 사용하기 위해 확보한 한국건설기술연구원 및 지자체 교통량은 각각 377개소, 89개소임
 - 일부 지자체의 교통량자료는 차종구분이 되지 않거나, 14시간 교통량으로 KTDB O/D 구축 및 검증에 활용할 수 없음

<표 1-2> 한국건설기술연구원 및 지자체 관측지점 확보

구분	한국건설기술연구원	지자체
전체	377	89
서울특별시	2	0
부산광역시	5	12
대구광역시	5	29
인천광역시	0	0
광주광역시	5	17
대전광역시	3	14
울산광역시	8	17
경기도	61	0
강원도	50	0
충청북도	32	0
충청남도	30	0
전라북도	50	0
전라남도	32	0
경상북도	65	0
경상남도	25	0
제주특별자치도	4	0



<그림 1-1> 한국건설기술연구원 및 지자체 관측지점

제3절 KTDB 교통량조사 수행 결과

1. 조사의 개요

가. 공간적 범위

- 제주도를 포함한 전국 772개 지점

나. 시간적 범위

- 사업기간 : 2014년 4월 7일 ~ 2014년 10월 31일 까지
 - 조사지점 선정 및 조사 준비 : 2014년 4월
 - 사전조사 : 2014년 5월 1주차
 - 본조사 : 2014년 4월 4주차 ~ 6월 4주차(평일 화수목요일 중 1일)
 - 보완조사 : 2014년 7월 3주차
 - 자료정리 및 기초분석 : 2014년 7월 ~ 10월

다. 내용적 범위

- 시간대별/차종별/방향별 교통량
- 기초분석(차종별 교통량 분포, 시간대별 교통량 분포 등)

2. 조사수행 과정

- 조사수행 과정은 조사계획 수립, 본조사 및 보완조사, 자료정리 및 기초분석 과정으로 수행함

<표 1-3> 조사수행 과정

구 분	항 목	사 업 내 용	조사 대상
조사 계획 수립 단계	지점선정 (문헌조사)	·도로 분류(지역간 통과도로, 등급 등) ·도로명, 교차로명, 코드번호 부여 ·각 시군구별 인구 추이, 신규 도로 노선 ·과거 KTDB 교통량 조사 자료 ·한국건설기술연구원 및 광역지자체 교통량조사 자료 ·조사지점에 대한 합리성 검토 ·우선순위에 따른 지점선정	전국권 도로 대상
	사전조사 (지점확정)	·신규도로노선 및 인근 상위위계도로 조사 ·도로의 기하구조 ·교통량 조사 : 15분 조사	71개 지점
	조사준비	·관리인력, 조사인력 투입 ·조사장비 계획 ·행사, 지역축제 등을 감안한 조사일정 수립	선정 지점
조사 단계	본조사	·평일(화수목요일 중 1일) 조사	760개 지점
	보완조사	·도로공사등으로 인한 보완물량 ·영상자료불량 누락등으로 인한 보완물량	12개 지점
자료정리 및 기초분석 단계	DB구축	·자료검수, 조사자료 정리	-
	기초분석	·수집된 조사자료를 통한 기초 분석 ·도로 등급별(국도, 국지도, 지방도, 광역시도, 시군도) ·지역별(시/군/구, 도시/지방) ·지점별	-

3. 조사지점 선정

가. 조사지점 선정기준

- 첫 번째, 시외유출입 지점 중 한국건설기술연구원 교통량 조사 지점 및 지자체 교통량조사 지점 검토 후 시외유출입지점과 일치하는 지점은 그 자료를 활용함
- 두 번째, 구축된 O/D를 검증 및 보정할 수 있는 지점(예:전국 2x1 스크린라인 지점, 컷라인 지점)에 대해 우선 조사지점을 선정함
- 세 번째, 차선수 및 교통량 등의 자료를 이용하여 우선순위를 선정함

나. 조사지점 우선순위 선정과정

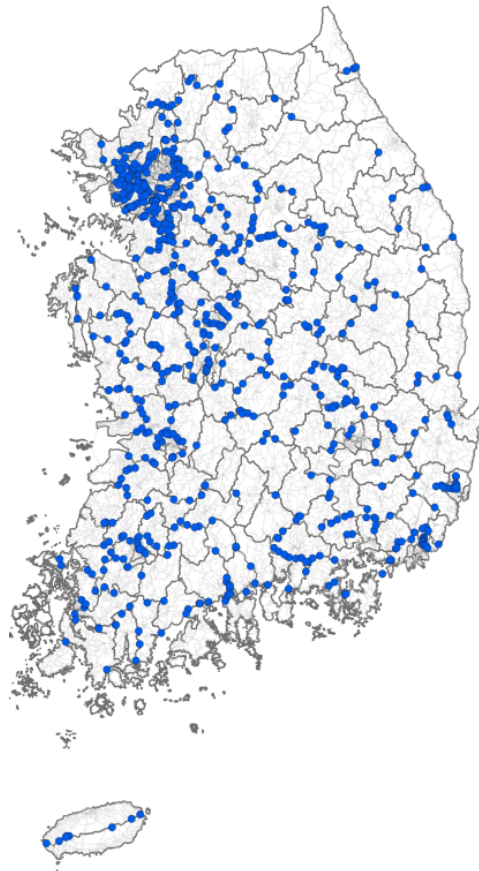
- 한국건설기술연구원 교통량조사 지점과 지자체 교통량조사 지점을 제외한 나머지 지점에 대해서 다음과 같은 우선순위로 조사지점을 선정하였음
 - 1순위 : 전국 2x1스크린지점
 - 2순위 : 도서지역 코든라인 지점, 광역권 스크린라인 지점
 - 3순위 : 코든라인 4차로(양방향) 이상 도로
 - 4순위 : 코든라인 4차로(양방향) 미만 도로 중 과거 관측교통량이 480대/일 이상인 도로
 - 5순위 : 코든라인 4차로(양방향) 미만 도로 중 과거 관측교통량이 480대/일 미만인 도로를 대상으로 지역별 균등배분(76%이상 확보)

다. 조사지점 선정결과

- 선정기준 및 우선순위 선정과정을 통해 총 772개소에 대한 교통량조사지점 선정하였으며, 시도별 조사지점 위치는 <표 1-4>와 같음

<표 1-4> 시도별 교통량조사지점 개수

구분		합계
전체		772
1	서울특별시	67
2	부산광역시	27
3	대구광역시	5
4	인천광역시	42
5	광주광역시	22
6	대전광역시	16
7	울산광역시	18
8	경기도	180
9	강원도	34
10	충청북도	60
11	충청남도	66
12	전라북도	60
13	전라남도	58
14	경상북도	67
15	경상남도	44
16	제주특별자치도	6



<그림 1-2> 교통량조사지점 선정결과

4. 본조사 수행

가. 개요

- 본 조사 수행 기간 : 2014년 4월 23일 ~ 6월 23일
- 평일(화·수·목·요일 중 1일) 조사
- 5월 1주차 연휴기간과 6월 1주차 지방선거(6·4)은 조사일정에서 제외함
- 고속도로 8개소는 고속도로 관리주체와 협의 후 6월 4주차에 조사를 실시함

나. 수행일정

- 우선순위로 선정된 772개소 중 760개소를 조사하였고, 도로공사 및 장비에러 등으로 인하여 12개소는 조사를 수행하지 못함
- 조사 미실시 사유는 다음과 같음
 - 영상장비 에러 : 3개소
 - 공사로 인한 도로폐쇄 : 1개소
 - 한국건설기술연구원 교통량 조사지점(2013년) 중복지점 : 7개소
 - 농로 : 1개소

<표 1-5> 주차별 본조사 수행 일정

구분	지역	수행물량	비고
1차 본조사 (4월4주차)	수도권	100	-
2차 본조사 (5월2주차)	수도권	136	-
3차 본조사 (5월3주차)	수도권, 강원, 충북	137	-
4차 본조사 (5월4주차)	대전, 충남, 전북	137	-
5차 본조사 (6월2주차)	대구, 울산, 경북, 부산, 경남	159	-
6차 본조사 (6월3주차)	광주, 전남	77	-
7차 본조사 (6월4주차)	제주, 수도권 고속도로	14	-
합계	-	760	-

다. 교통량 조사 방법

- 영상촬영장비를 이용하여 지점별 24시간 촬영을 기본원칙으로 하여 조사를 수행함
- 조사지점의 환경을 고려하여 영상장비 기능별로 조사를 실시하였음
 - 조명이 없는 지점 조사시에는 적외선 기능 카메라를 이용함
 - 가로등, 전봇대, 교량 등에 설치하여 교통량 영상 촬영을 실시하였음



<그림 1-3> 교통량 영상촬영장비 설치 예시

5. 보완조사 수행

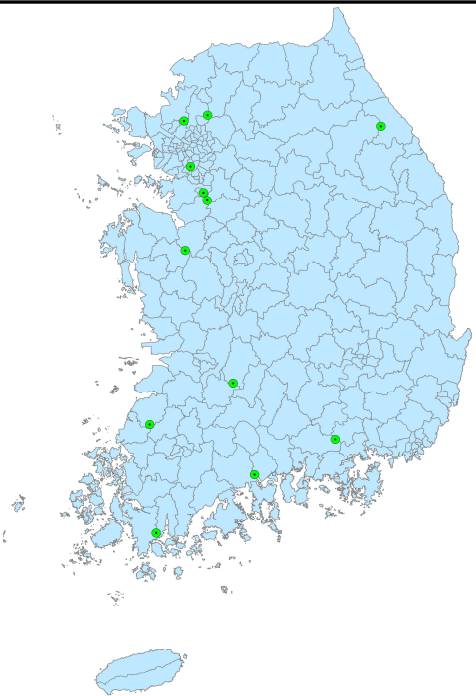
가. 보완조사 지점선정

- 본조사 기간에 도로공사 및 장비에러 등으로 조사를 수행하지 못한 12개소는 보완조사를 통하여 교통량조사를 수행함
- 장비에러 1개소, 공사로 인한 도로폐쇄 3개소에 대해서는 재조사를 실시하였으며, 2013년 건기원 중복지점 7개소 및 농로 1개소는 조사지점을 재선정하여 조사를 수행하였음

나. 보완조사 수행내용

- 보완 조사 수행 기간 : 2014년 7월 15일 ~ 7월 17일
- 평일(화수목요일 중 1일) 조사

<표 1-6> 보완조사 수행지점

구 분	지점수	
서울특별시	-	
부산광역시	-	
대구광역시	-	
인천광역시	-	
광주광역시	-	
대전광역시	-	
울산광역시	-	
경기도	5	
강원도	1	
충청북도	-	
충청남도	1	
전라북도	2	
전라남도	2	
경상북도	-	
경상남도	1	
제주도	-	
합계	12	

6. 교통량 계수 및 검수

가. 교통량 계수

- 교통량조사는 영상장비를 이용하여 24시간 동안 모니터링을 통해 교통량 계수를 실시함
- 시간대별, 차종별, 방향별 교통량을 계수하며, 차종은 6개 차종으로 구분하였음

<표 1-7> 차종 구분

구 분		내 용	해당차량의 예
승 용 차	택시/승합차 포함 (15인승 이하)		마티즈, 쏘나타, 그랜저, 엑티언, 무쏘스포츠, 다마스, 그레이스, 스타렉스, 카니발, 카렌스 등
			
			
버 스	중형(16~35인승 이하)		콤비, 마을버스 등
	대형(36인승 이상)		시내관광버스, 우등일반고속 등
트 럭	소형(2.5톤 미만)		포터, 타이탄 등
	중형(2.5~6.5톤 이하)		마이티, 프론티어 등
	대형(8.5톤 초과)		덤프트럭 포함 3축 이상 차량

	
영상모니터링 장비	교통량계수 현장

<그림 1-4> 영상모니터링 장비 및 교통량 계수 현장

나. 교통량 검수

1) 교통량 검수 개요

- 조사자료의 신뢰성 확보를 위해 총 3단계로 검수를 실시하였음.
- 1차검수 : 교통량 계수시, 화질 및 야간 식별 가능여부 검수실시
- 2차검수 : 계수 정확성 여부 검수
- 3차검수 : 조사의 신뢰성여부 검수

2) 교통량 검수 결과

- 1차 검수 : 772개소 조사자료 검수 결과, 식별불량 조사자료는 없는 것으로 나타남
- 2차검수 : 계수 정확성 여부를 위한 2차 검수에서는 오차율이 5% 이상인 지점이 없는 것으로 나타남
- 3차검수 : 조사의 신뢰성 여부를 파악하기 위한 3차검수 결과 총 57개 지점에서 이상치가 나타남
 - 일일 방향별 비율이 6:4 이상 지점 : 15개지점
 - 최근 5년 이내 교통량 자료와 비교하여 30% 이상 차이나는 지점 : 42개지점

3) 신뢰성여부 검수(3차검수) 결과

- 조사의 신뢰성 여부를 파악하기 위해 일일 방향별 비율이 6:4 이상 지점 및 최근 5년 이내 교통량 자료와 비교하여 30% 이상 차이나는 지점에 대해 교통량을 검수하여 이상치 여부를 분석함
 - 교통량을 검수한 결과 교통량 계수의 이상은 나타나지 않았음
 - 지점변경으로 인한 교통량 차이 발생, 주변개발로 인한 교통량 증감, 계절적 요인 등에 인하여 교통량 차이가 발생한 것으로 파악됨

- 지점변경으로 인한 교통량 차이 발생 지점 : 9개소
 - IC 진출입 차량의 영향을 받지 않기 위해 조사지점 이동, 과거 교통량 조사지점이 고속도로 상에 위치하여 조사지점 이동, 과거 교통량조사가 건기원 중복 조사지점에서 조사되어 조사지점 이동하는 등의 원인인 지점이 9개소로 나타남
- 주변개발로 인한 교통량 차이 발생지점 : 17개소
 - 조사 지점에 영향을 주는 도로의 개통으로 인해 교통량 변화, 세종특별자치시 등 도시개발로 인한 영향으로 교통량 변화가 생기는 지점이 17개소로 검토됨
- 계절 및 사회경제적인 영향받은 지점 : 10개소
 - 관광 등 계절적인 요인으로 인해 교통량 변화가 발생하고 사회경제적인 영향으로 인한 교통량 변화가 생기는 지점이 10개소로 검토됨
- 교통량 차이가 600대 미만인 지점 : 5개소
 - 과거 5년 이내 교통량 조사자료와 30%이상의 차이가 나지만 일 교통량의 차이가 600대 미만으로 일 교통량의 차이가 큰 의미가 없는 지점으로 검토됨

제4절 KTDB 교통량조사 결과 기초분석

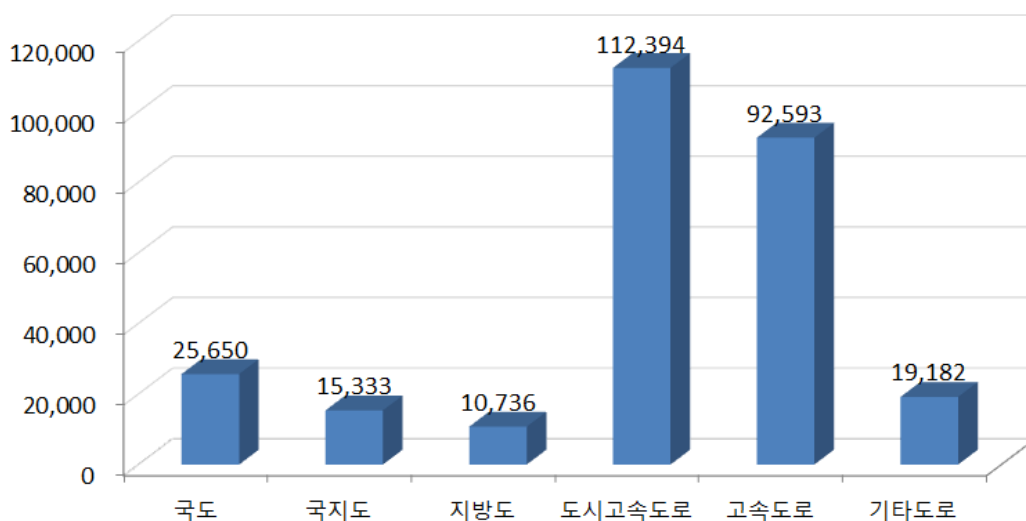
1. 도로등급별 교통량 기초분석

가. 도로등급별 교통량 현황

- 도로등급별 교통량 조사결과, 도시고속도로의 일평균교통량이 112,394대/일로 가장 높게 나타났으며, 고속도로 92,593대/일, 국도 25,650대/일 순으로 나타남
- 일평균교통량이 가장 많은 도시고속도로의 첨두시 평균 교통량은 7,112대/시이며, 첨두시는 07:00~08:00로 나타남

<표 1-8> 도로등급별 교통량 현황

구분	일평균 교통량(대/일)	일교통량 (대/일)	첨두시 평균 교통량(대/시)	첨두시	첨두율
국도	25,650	6,181,597	1,771	18:00~19:00	0.069
국지도	15,333	674,659	1,125	08:00~09:00	0.073
지방도	10,736	1,502,990	759	08:00~09:00	0.071
도시고속도로	112,394	1,123,942	7,112	07:00~08:00	0.063
고속도로	92,593	648,152	5,874	17:00~18:00	0.063
기타도로	19,182	6,349,197	1,344	18:00~19:00	0.070
전체	275,888	16,480,537	-	-	-



<그림 1-5> 도로등급별 일평균 교통량 현황(대/일)

나. 도로등급별-차종별 평균 교통량 및 구성비

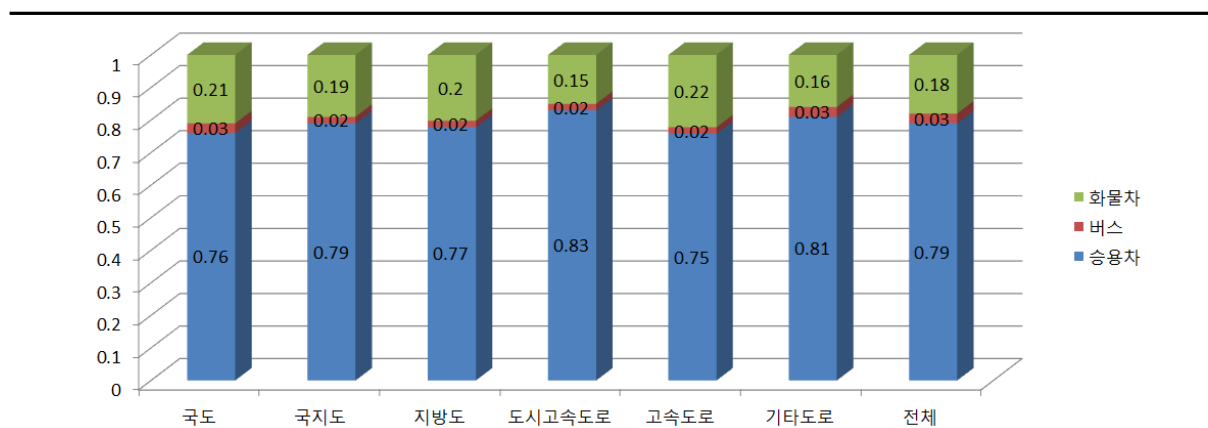
- 일평균 교통량이 가장 많은 도시고속도로의 경우, 승용차의 비율이 0.83, 버스와 화물차 비율이 각각 0.02, 0.15으로 전체 구성비와 비교했을 때, 승용차와 화물차의 비율이 높은 것으로 나타남

<표 1-9> 도로등급별-차종별 일평균교통량(대/일)

구분	승용차	버스		화물차			합계
		중형	대형	소형	중형	대형	
국도	19,590	76	669	3,406	874	1,035	25,650
국지도	12,050	53	278	1,830	513	609	15,333
지방도	8,315	41	226	1,399	344	411	10,736
도시고속도로	93,385	158	1,686	12,611	2,482	2,073	112,395
고속도로	69,606	133	2,093	12,899	2,763	5,100	92,594
기타도로	15,514	95	519	2,247	414	393	19,182
전체	16,781	78	528	2,662	598	673	21,320

<표 1-10> 도로등급별 차종 구성비

구분	구성비		
	승용차	버스	화물차
국도	0.76	0.03	0.21
국지도	0.79	0.02	0.19
지방도	0.77	0.02	0.21
도시고속도로	0.83	0.02	0.15
고속도로	0.75	0.02	0.23
기타도로	0.81	0.03	0.16
전체	0.79	0.03	0.18



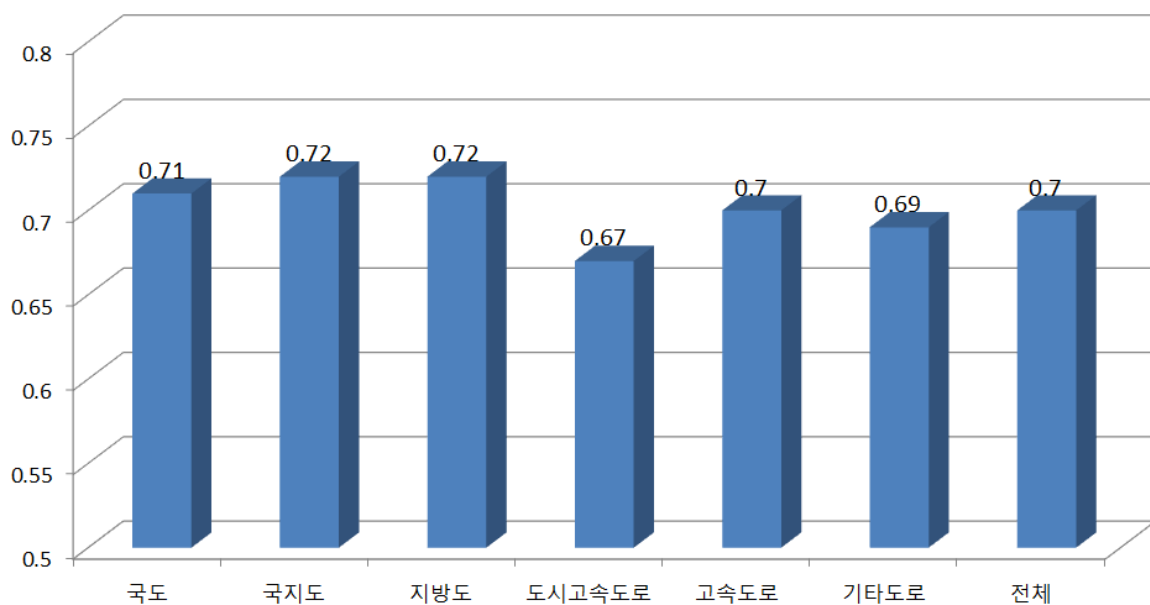
<그림 1-6> 도로등급별 차종 구성비

다. 도로등급별 주야간교통량 및 주야율

- 도시고속도로와 기타고속도로의 주야율은 0.67, 0.69로 전체 주야율보다 낮게 나타났으며, 국지도와 지방도의 주야율이 0.72로 평균보다 높게 나타남

<표 1-11> 도로등급별 주야간교통량 및 주야율

구분	주간교통량 (대/12시간)	야간교통량 (대/12시간)	24시간교통량 (대/일)	주야율
국도	4,374,522	1,807,075	6181,597	0.71
국지도	485,767	188,892	674,659	0.72
지방도	1,077,992	424,998	1502,990	0.72
도시고속도로	749,756	374,186	1,123,942	0.67
고속도로	451,084	197,068	648,152	0.70
기타도로	4,390,943	1,958,254	6,349,197	0.69
전체	11,530,064	4,950,473	16,480,537	0.70



<그림 1-7> 도로등급별 주야율

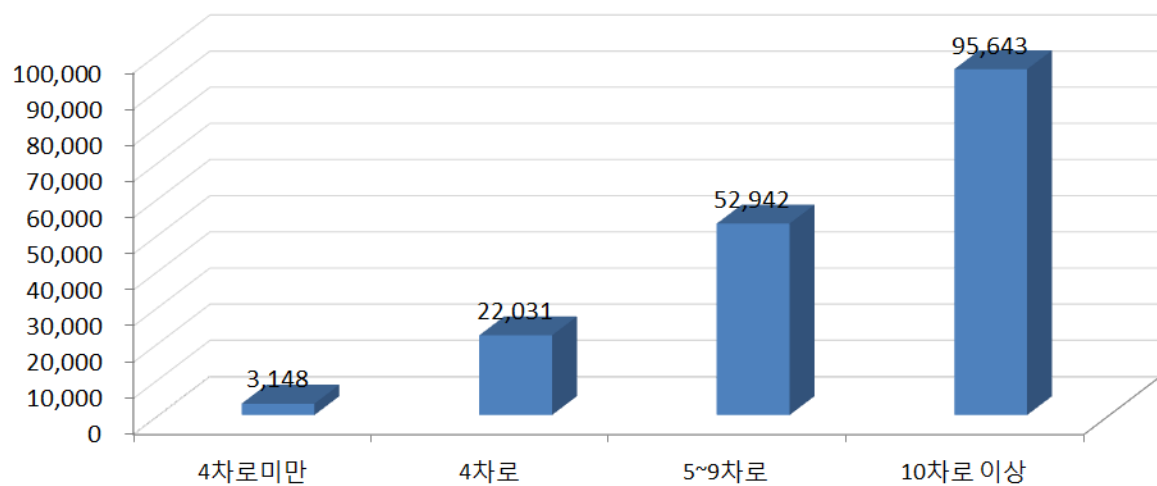
2. 차로수별 교통량 기초분석

가. 차로수별 교통량 현황

- 차로수별 교통량 조사결과, 10차로 이상도로의 일평균교통량이 95,556대/일로 가장 높게 나타났으며, 5~9차로도로 52,885대/일, 4차로도로 21,993대/일 순으로 나타남
- 일평균교통량이 가장 많은 10차로 이상도로의 첨두시 평균 교통량은 6,116대/시이며, 첨두시는 08:00~09:00로 나타남

<표 1-12> 차로수별 교통량 현황

구분	일평균 교통량(대/일)	일교통량 (대/일)	첨두시 평균 교통량(대/시)	첨두시	첨두율
4차로미만	3,142	1,055,684	241	18:00~19:00	0.077
4차로	21,993	6,003,958	1,578	08:00~09:00	0.072
5~9차로	52,885	7,774,164	3,603	08:00~09:00	0.068
10차로 이상	95,556	1,624,448	6,116	08:00~09:00	0.064
합계	173,764	16,480,537	-	-	0.070



<그림 1-8> 차로수별 일평균 교통량 현황(대/일)

나. 차로수별-차종별 평균 교통량 및 구성비

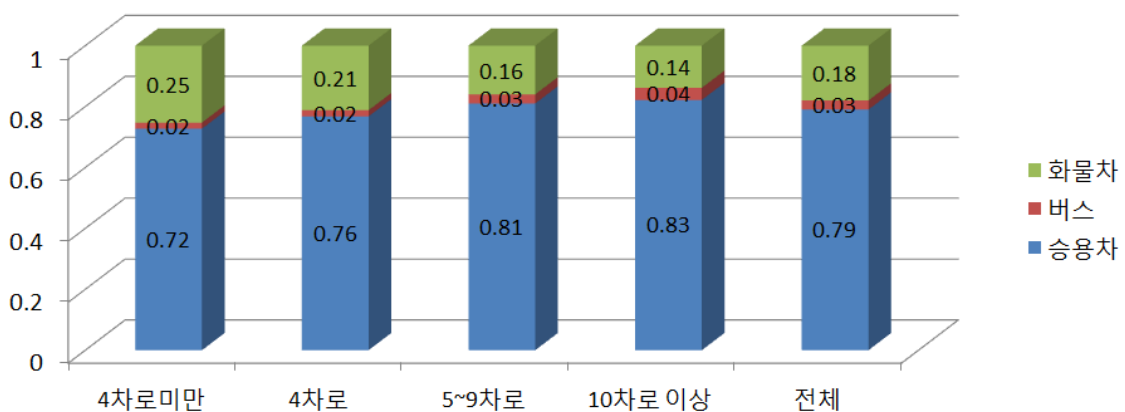
- 일평균 교통량이 가장 많은 10차로 이상 도로의 경우, 승용차의 비율이 0.83 버스와 화물차 비율이 각각 0.04, 0.14으로 전체 구성비와 비교했을 때, 승용차와 버스의 비율이 높은 것으로 나타남

<표 1-13> 차로수-차종별 일평균교통량(대/일)

구분	승용차	버스		화물차			합계
		중형	대형	소형	중형	대형	
4차로미만	2,275	12	62	547	107	144	3,147
4차로	16,778	84	437	2,948	789	995	22,031
5~9차로	42,748	190	1,449	6,121	1,229	1,205	52,942
10차로 이상	79,014	296	3,237	9,951	1,796	1,348	95,642
전체	16,781	78	528	2,662	598	673	21,320

<표 1-14> 차로수별 차종 구성비

구분	구성비		
	승용차	버스	화물차
4차로미만	0.72	0.02	0.25
4차로	0.76	0.02	0.21
5~9차로	0.81	0.03	0.16
10차로 이상	0.83	0.04	0.14
전체	0.79	0.03	0.18



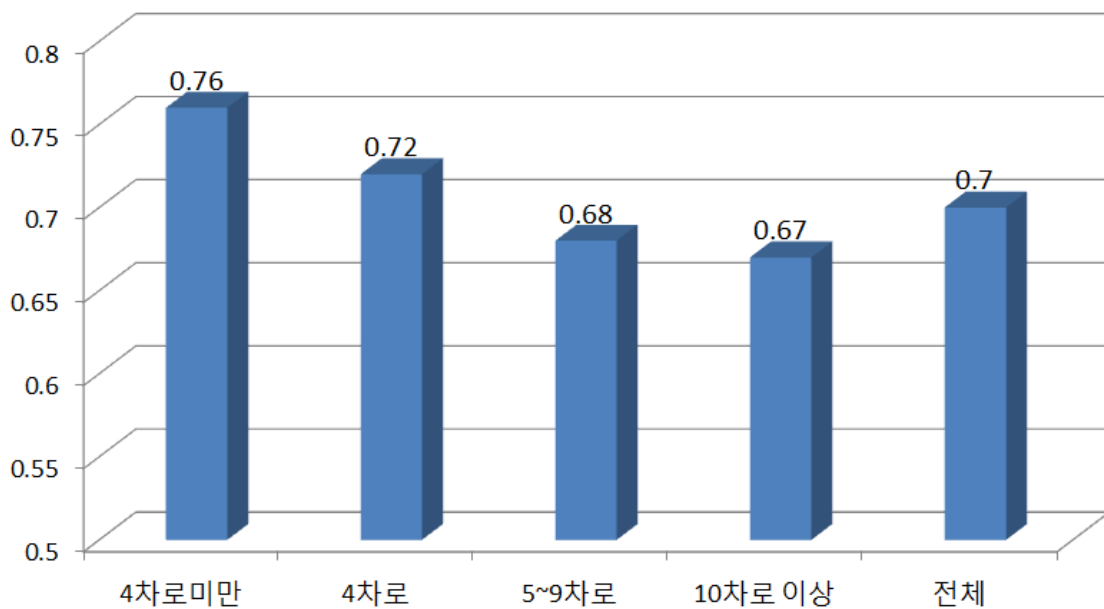
<그림 1-9> 차로수별 차종 구성비

다. 차로수별 주야간교통량 및 주야율

- 주간 교통량은 전체 16,480,537대/일 중 11,530,064대/일로 주야율은 0.70로 나타남
- 일평균 교통량이 가장 많은 10차로 이상도로의 경우, 주야율은 0.67으로 나타났으며 전체교통량의 주야율보다 낮게 나타남

<표 1-15> 차로수별 주야간교통량 및 주야율

구분	주간교통량 (대/12시간)	야간교통량 (대/12시간)	24시간교통량 (대/일)	주야율
4차로미만	805,366	252,281	1,057,647	0.76
4차로	4,315,740	1,698,720	6,014,460	0.72
5~9차로	5,325,539	2,456,965	7,782,504	0.68
10차로 이상	1,083,419	542,507	1,625,926	0.67
전체	11,530,064	4,950,473	16,480,537	0.70



<그림 1-10> 차로수별 주야율

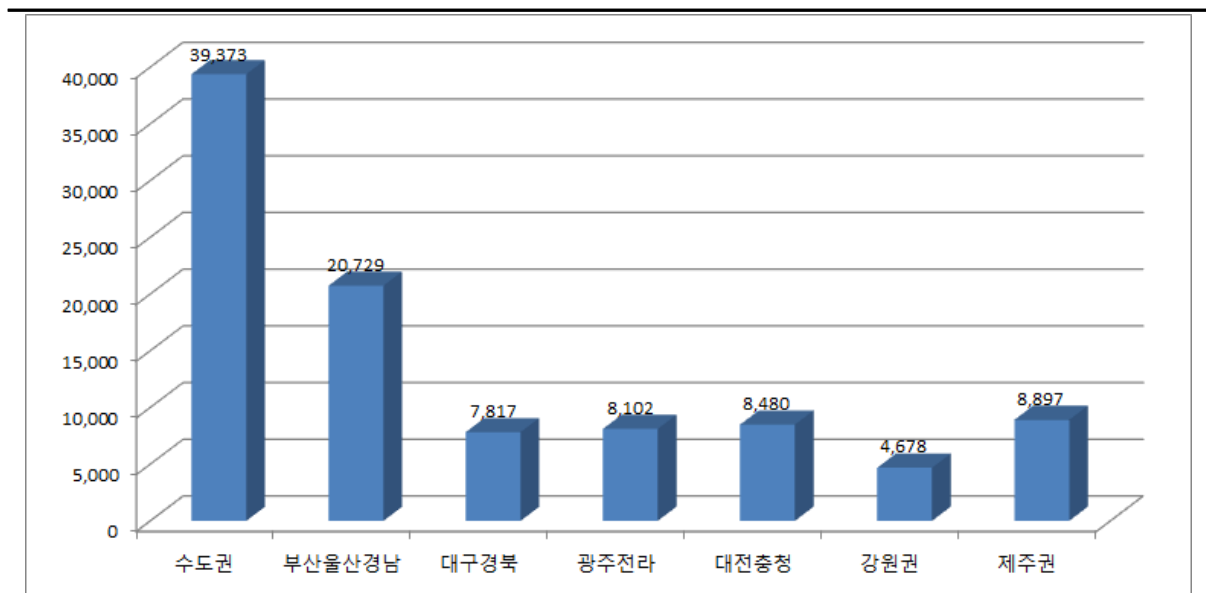
3. 권역별 교통량 기초분석

가. 권역별 교통량 현황

- 권역별 교통량 조사결과, 수도권의 일평균교통량이 39,373대/일로 가장 높게 나타났으며, 부산울산경남권 20,729대/일, 제주권 8,897대/일 순으로 나타남
- 일평균교통량이 가장 많은 수도권의 첨두시 평균 교통량은 2,690대/시이며, 첨두시는 08:00~09:00로 나타남

<표 1-16> 권역별 교통량 현황

구분	일평균 교통량(대/일)	일교통량 (대/일)	첨두시 평균 교통량(대/시)	첨두시	첨두율
수도권	39,373	11,536,306	2,690	08:00~09:00	0.068
부산울산경남	20,729	1,865,650	1,486	18:00~19:00	0.072
대구경북	7,817	547,214	594	18:00~19:00	0.076
광주전라	8,102	1,110,021	643	18:00~19:00	0.079
대전충청	8,480	1,204,224	636	18:00~19:00	0.075
강원권	4,678	163,740	372	18:00~19:00	0.08
제주권	8,897	53,382	768	17:00~18:00	0.086
전체	21,320	16,480,537	-	-	0.069



<그림 1-11> 권역별 일평균 교통량 현황(대/일)

나. 권역별-차종별 평균 교통량 및 구성비

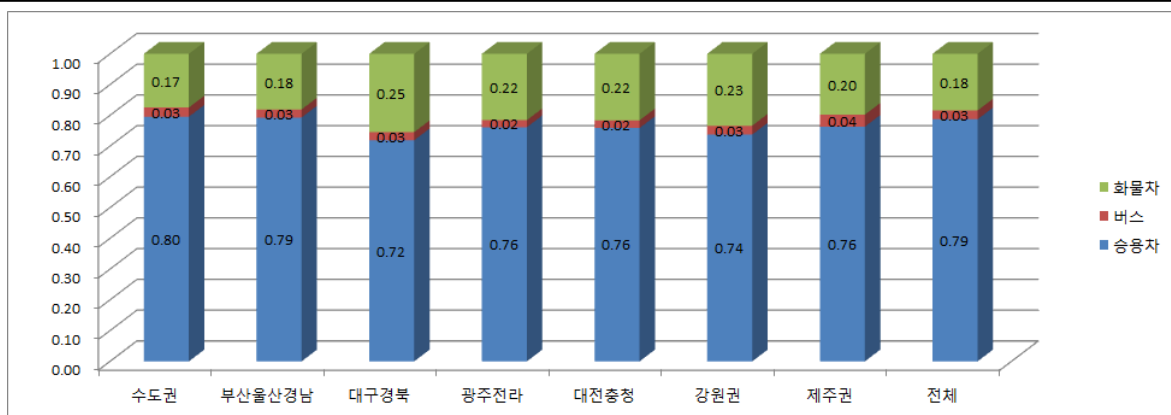
- 일평균 교통량이 가장 많은 수도권의 경우, 승용차의 비율이 0.80, 버스와 화물차 비율이 각각 0.03, 0.17로 나타남

<표 1-17> 권역별-차종별 일평균교통량(대/일)

구분	승용차	버스		화물차			합계
		중형	대형	소형	중형	대형	
수도권	31,325	134	1,039	4,788	1,056	1,032	39,373
부산울산경남	16,438	81	458	2,584	555	614	20,729
대구경북	5,621	65	139	1,235	298	458	7,817
광주전라	6,170	26	159	1,064	247	437	8,102
대전충청	6,436	35	176	1,135	296	402	8,480
강원권	3,450	11	124	606	148	339	4,678
제주권	6,790	59	288	1,240	245	276	8,897
전체	16,781	78	528	2,662	598	673	21,320

<표 1-18> 권역별 차종 구성비

구분	구성비		
	승용차	버스	화물차
수도권	0.80	0.03	0.17
부산울산경남	0.79	0.03	0.18
대구경북	0.72	0.03	0.25
광주전라	0.76	0.02	0.22
대전충청	0.76	0.02	0.22
강원권	0.74	0.03	0.23
제주권	0.76	0.04	0.20
전체	0.79	0.03	0.18



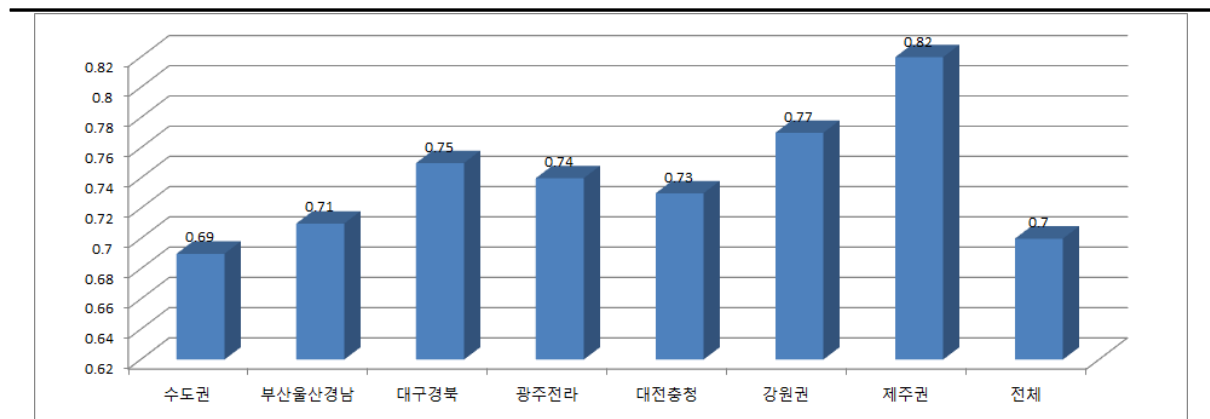
<그림 1-12> 권역별 차종 구성비

다. 권역별 주야간교통량 및 주야율

- 수도권을 제외한 나머지 권역에서는 전체 평균의 주야율보다 높게 나타났음
- 즉, 수도권의 경우 야간시간에 교통량이 타 지역에 비해 높게 나타나는 것을 의미함

<표 1-19> 권역별 주야간교통량 및 주야율

구분	주간교통량 (대/12시간)	야간교통량 (대/12시간)	24시간교통량 (대/일)	주야율
수도권	7,915,283	3,621,023	11,536,306	0.69
부산울산경남	1,329,637	536,013	1,865,650	0.71
대구경북	408,930	138,284	547,214	0.75
광주전라	823,954	286,067	1,110,021	0.74
대전충청	881,818	322,406	1,204,224	0.73
강원권	126,512	37,228	163,740	0.77
제주권	43,930	9,452	53,382	0.82
전체	11,530,064	4,950,473	16,480,537	0.7



<그림 1-13> 권역별 주야율

4. 시간대별 교통량 기초분석

가. 권역별 시간대별 교통량분포

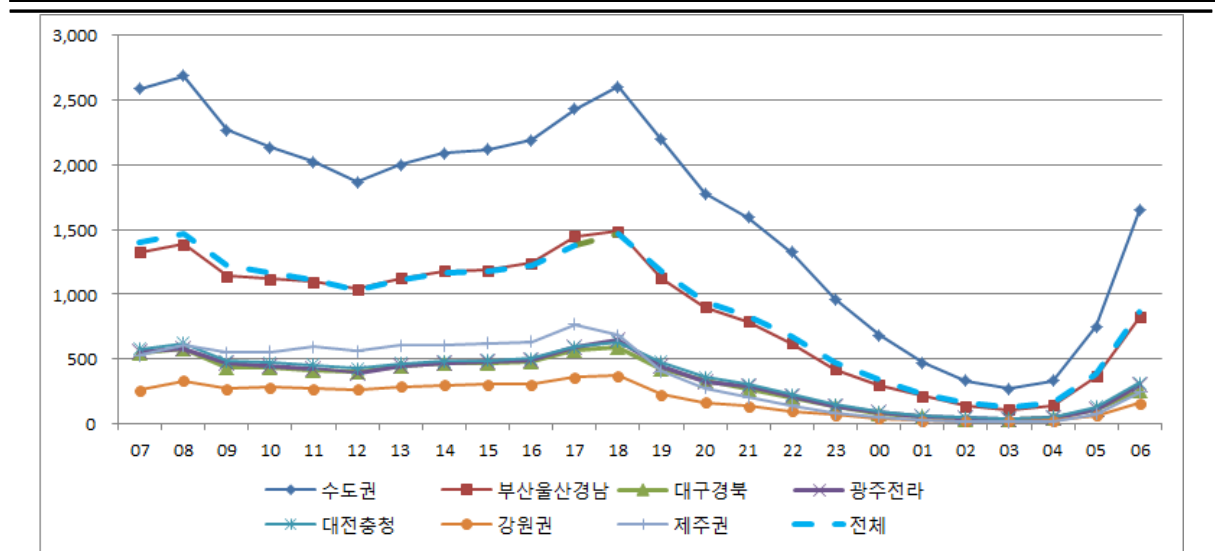
- 권역별 시간대별 교통량분포를 살펴보면, 수도권의 시간대별 교통량이 타 지역에 비해 높게 나타남
- 부산울산경남권의 경우, 전체 일평균 교통량의 시간대별 분포와 유사하게 나타났으며, 강원권은 가장 낮은 일평균 교통량의 시간대별 분포를 나타냄

<표 1-20> 권역별 시간대별 일평균 교통량(대/시)

구분	수도권	부산 울산경남	대구 경북	광주 전라	대전 충청	강원권	제주권	전체
07:00~08:00	2,587	1,324	543	554	576	258	526	1,404
08:00~09:00	2,690	1,388	584	583	623	331	607	1,472
09:00~10:00	2,269	1,143	438	465	484	273	548	1,220
10:00~11:00	2,137	1,119	436	448	470	281	559	1,162
11:00~12:00	2,023	1,096	418	430	453	273	594	1,109
12:00~13:00	1,870	1,041	401	397	427	267	560	1,032
13:00~14:00	2,001	1,124	445	450	467	287	609	1,113
14:00~15:00	2,089	1,179	466	472	484	297	607	1,162
15:00~16:00	2,117	1,186	470	483	488	306	625	1,177
16:00~17:00	2,194	1,242	479	492	507	308	635	1,219
17:00~18:00	2,433	1,448	569	597	594	363	768	1,380
18:00~19:00	2,605	1,486	594	643	636	372	685	1,467
19:00~20:00	2,198	1,128	422	447	480	229	405	1,184
20:00~21:00	1,776	901	336	327	362	167	277	942
21:00~22:00	1,592	791	269	288	305	136	207	835
22:00~23:00	1,326	622	197	210	229	98	145	678
23:00~00:00	963	423	130	131	148	71	80	480
00:00~01:00	686	301	81	89	95	45	55	338
01:00~02:00	472	215	52	55	59	28	28	231
02:00~03:00	333	137	39	40	46	21	23	163
03:00~04:00	273	110	34	36	41	18	16	134
04:00~05:00	335	140	46	47	55	24	23	167
05:00~06:00	753	364	108	112	134	66	77	386
06:00~07:00	1,651	822	261	306	319	162	241	867
합계	39,373	20,729	7,817	8,102	8,480	4,678	8,897	21,320

<표 1-21> 권역별 시간대별 일평균 교통량 비율(%)

구분	수도권	부산 울산경남	대구 경북	광주 전라	대전 충청	강원권	제주권	전체
07:00~08:00	6.57	6.39	6.95	6.84	6.79	5.53	5.91	6.58
08:00~09:00	6.83	6.69	7.47	7.20	7.35	7.06	6.82	6.90
09:00~10:00	5.76	5.51	5.60	5.74	5.70	5.83	6.16	5.72
10:00~11:00	5.43	5.40	5.57	5.53	5.54	6.00	6.28	5.45
11:00~12:00	5.14	5.28	5.34	5.31	5.35	5.83	6.67	5.20
12:00~13:00	4.75	5.02	5.13	4.90	5.04	5.70	6.29	4.84
13:00~14:00	5.08	5.42	5.69	5.55	5.51	6.13	6.84	5.22
14:00~15:00	5.31	5.69	5.96	5.83	5.71	6.35	6.83	5.45
15:00~16:00	5.38	5.72	6.01	5.96	5.75	6.54	7.02	5.52
16:00~17:00	5.57	5.99	6.13	6.07	5.98	6.58	7.13	5.72
17:00~18:00	6.18	6.98	7.28	7.36	7.00	7.76	8.63	6.47
18:00~19:00	6.62	7.17	7.60	7.94	7.50	7.95	7.70	6.88
19:00~20:00	5.58	5.44	5.40	5.52	5.65	4.89	4.55	5.55
20:00~21:00	4.51	4.35	4.30	4.03	4.26	3.57	3.11	4.42
21:00~22:00	4.04	3.82	3.44	3.55	3.60	2.90	2.33	3.92
22:00~23:00	3.37	3.00	2.52	2.60	2.70	2.09	1.62	3.18
23:00~00:00	2.45	2.04	1.66	1.61	1.74	1.52	0.90	2.25
00:00~01:00	1.74	1.45	1.03	1.09	1.12	0.96	0.62	1.58
01:00~02:00	1.20	1.04	0.67	0.68	0.69	0.60	0.31	1.08
02:00~03:00	0.85	0.66	0.50	0.50	0.55	0.45	0.26	0.76
03:00~04:00	0.69	0.53	0.44	0.44	0.48	0.38	0.17	0.63
04:00~05:00	0.85	0.68	0.58	0.58	0.65	0.52	0.26	0.78
05:00~06:00	1.91	1.76	1.39	1.38	1.58	1.40	0.86	1.81
06:00~07:00	4.19	3.97	3.34	3.78	3.76	3.46	2.71	4.07
합계	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



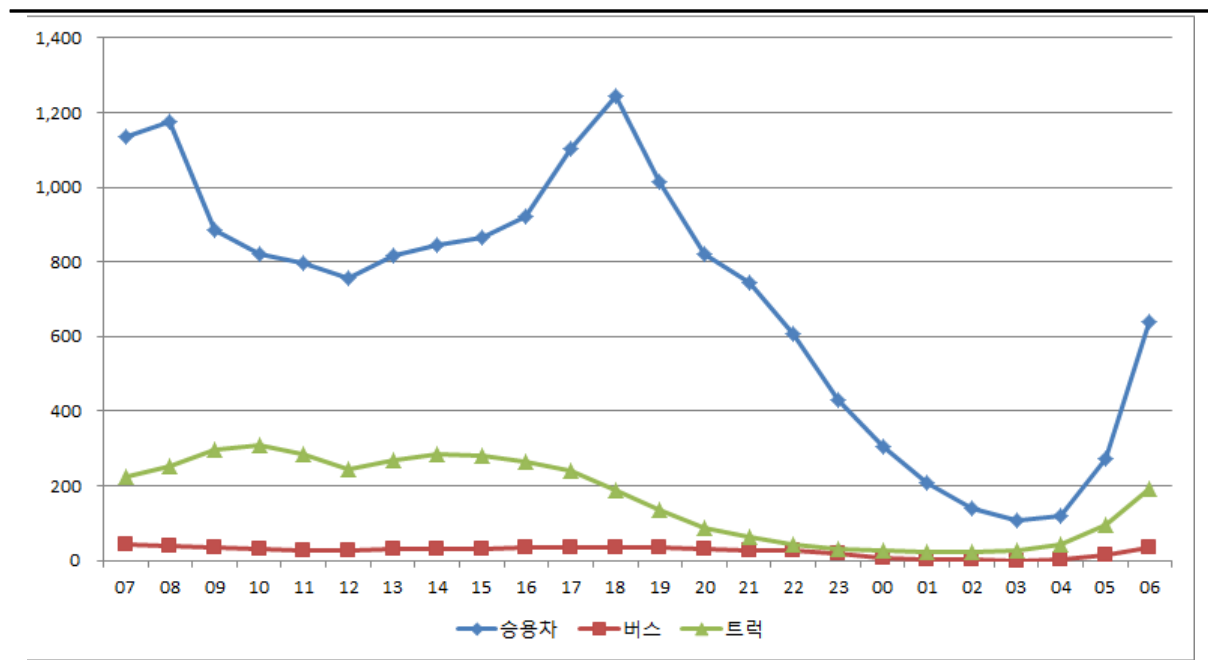
<그림 1-14> 권역별 시간대별 교통량분포

나. 차종별 시간대별 교통량분포

- 차종별 시간대별 교통량분포를 살펴보면, 승용차의 시간대별 교통량이 타 수단에 비해 높게 나타남
- 승용차는 오전 및 오후 첨두시간에 교통량이 많은 것으로 분석되나, 화물의 경우는 06:00~18:00 사이의 교통량이 많은 것으로 나타남. 버스는 시간대별 특성이 크게 나타나지 않음

<표 1-22> 차종별 시간대별 일평균 교통량(대/시)

구분	일평균 교통량(대/시)			비율(%)		
	승용차	버스	트럭	승용차	버스	트럭
07:00~08:00	1,134	44	226	6.76	7.21	5.75
08:00~09:00	1,177	39	255	7.02	6.51	6.47
09:00~10:00	887	35	298	5.28	5.85	7.59
10:00~11:00	822	31	309	4.90	5.16	7.86
11:00~12:00	795	28	286	4.74	4.61	7.26
12:00~13:00	758	28	246	4.52	4.67	6.25
13:00~14:00	816	29	267	4.87	4.84	6.79
14:00~15:00	847	31	284	5.04	5.12	7.23
15:00~16:00	865	33	279	5.16	5.37	7.09
16:00~17:00	923	33	263	5.50	5.49	6.68
17:00~18:00	1,103	34	242	6.57	5.69	6.16
18:00~19:00	1,243	35	189	7.41	5.72	4.82
19:00~20:00	1,014	34	135	6.04	5.68	3.45
20:00~21:00	823	32	88	4.90	5.25	2.24
21:00~22:00	744	29	63	4.43	4.72	1.59
22:00~23:00	606	26	45	3.61	4.37	1.14
23:00~00:00	431	17	33	2.57	2.81	0.83
00:00~01:00	305	7	26	1.82	1.17	0.65
01:00~02:00	207	2	21	1.24	0.31	0.54
02:00~03:00	140	1	22	0.83	0.17	0.55
03:00~04:00	107	1	26	0.64	0.13	0.67
04:00~05:00	120	4	43	0.72	0.70	1.09
05:00~06:00	274	16	96	1.63	2.64	2.43
06:00~07:00	640	35	192	3.81	5.81	4.88
합계	16,781	606	3,933	100.00	100.00	100.00



<그림 1-15> 차종별 시간대별 교통량분포

제5절 교통량 자료를 활용한 여객O/D 구축 방안

1. 승용차 O/D 구축과정

가. 통행 발생량/도착량 구축

1) 한국건설기술연구원 및 지자체 교통량자료 활용지점

- 시외유출입지점 중 한국건설기술연구원 및 지자체 교통량조사지점과 일치하는 지점은 방향별 차종별로 구분하여 2013년 교통량으로 대체함

2) 2014년 교통량조사 자료 활용지점

- 2012년 현행화 과업
 - 한국건설기술연구원 및 지자체 교통량조사지점과 일치하지 않고 도로환경이 유사하다고 판단(지점이 위치한 존, 도로 위계, 차로수 등)되는 인접 조사지점을 사용하여 연도 보정하여 교통량을 산출하였음
- 2013년 현행화 과업
 - 2014년 교통량조사 자료를 이용하여 시외유출입지점에 대한 방향별, 차종별 교통량을 산출함

3) 고속도로의 존별 유입/유출 교통량 산출

- 고속도로의 경우는 2013년 국토해양부 도로교통량통계연보의 고속도로 교통량 자료, 도로공사의 고속도로 요금소 교통량 조사 자료(TCS), 민자고속도로 교통량자료 등을 이용하여 해당 존별 유입/유출 교통량을 산정함

4) 통과교통비율 산출

- 통과교통비율은 『2005년 국가교통DB구축사업』중 “전국 지역간 여객 기종점통행량(O/D) 조사”에서 산출된 통과교통비율과 『2008년 국가교통DB구축사업』중 “전국 지역간 여객 O/D 보완조사”에서 산출된 통과교통비율을 적용함
- 세종시는 기존에 산출된 통과교통특성과 많은 차이가 있을 것으로 판단되어 네비게이션 데이터를 이용한 통과교통비율을 적용하였음

5) 존별 발생량/도착량 산출

- 시외유출입지점(고속도로를 제외한 시·군단위 시외유출입지점)별 24시간 통행량을 바탕으로 산정한 존별 시외 유입/유출 통행량과 고속도로 유입/유출 통행량에 존별 유입/유출 통과교통비율을 적용하여 통과교통이 제외된 존별 발생량/도착량을 산정함

나. 163개존 O/D 구축

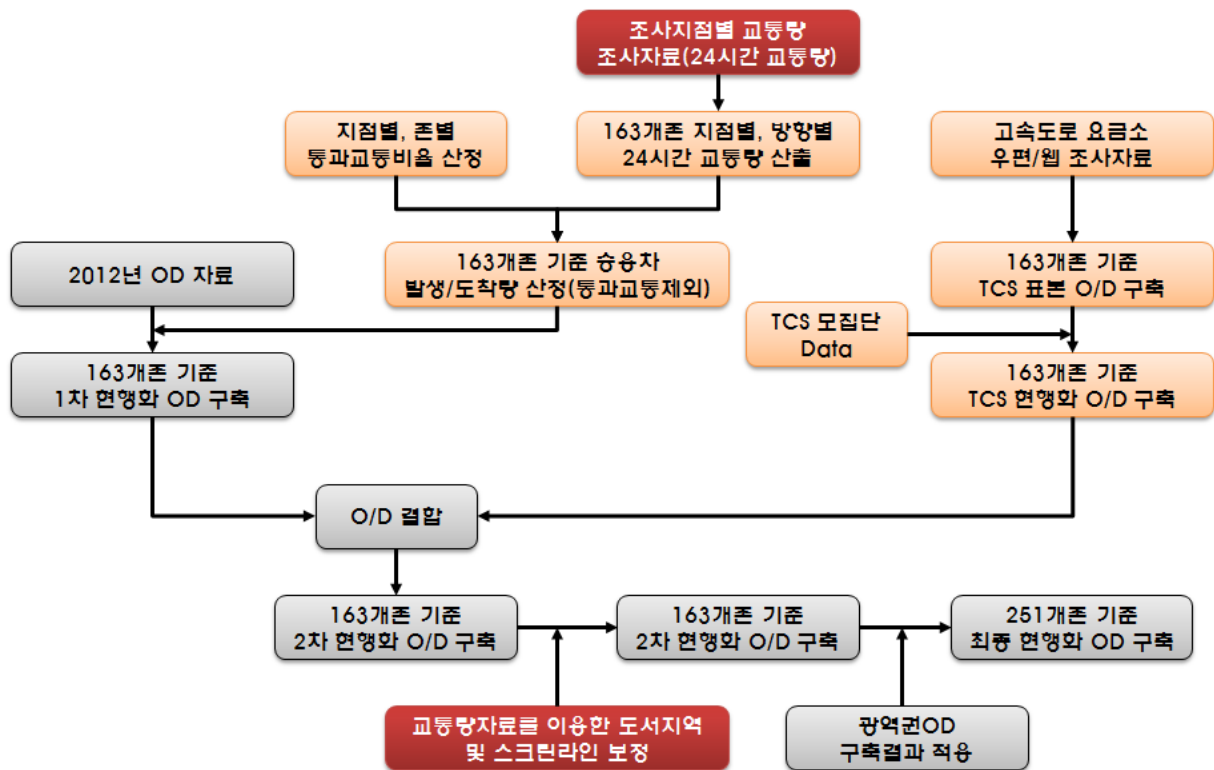
- 통과교통량이 배제된 2013년 기준 존별 순 발생량/도착량과 2012년 기준 승용차OD의 통행분포를 2중제약 프라타 모형에 적용하여 2013년 기준 승용차 O/D를 구축함
- 고속도로 요금소 우편조사자료와 TCS 자료를 이용하여 최초출발지-최종도착지간 TCS O/D를 구축함
- 존별 순 발생량/도착량과 프라타 모형을 적용한 승용차 OD와 고속도로 요금소 우편조사자료를 이용한 산출한 TCS O/D를 결합하여 163개존 기준 승용차 OD를 최종 구축함

다. 251개존 O/D 구축

- 수도권, 광역권, 기타권역, 전국 지역간 각각의 O/D를 251개존 체계로 결합함

구분	수도권	광역권	기 타
수도권	A 수도권	B 전국 지역간	B 전국 지역간
광역권	B 전국 지역간	A 광역권	B 전국 지역간
기 타	B 전국 지역간	B 전국 지역간	A 기 타

<그림 1-16> 수도권 및 광역권 O/D와 전국 지역간 O/D 합치



<그림 1-17> 승용차 O/D 구축과정

2. 버스 O/D 구축과정

가. 모집단(수송실적 및 증감율) 정리

1) 고속버스 모집단

- 전국 고속버스운송조합에서 제공하는 수송실적 자료를 고속버스 모집단으로 이용함
 - 터미널간 일별 통행량 중 평일 통행량을 이용하여 연평균 일 평일 통행량(AAWDT)을 모집단으로 사용함
- 왕복(양방향) 통행량 차이가 큰 지역에 대해서 TCS자료의 방향별 비율을 이용하여 모집단을 보정하였음

2) 시외버스 모집단

- 전국버스운송사업조합연합회(<http://www.bus.or.kr/index.asp>)에서 수집한 전국버스운영현황 자료 중 시외버스 면허대수 증감율을 적용하여 2013년 기준으로 현행화 함

3) 기타버스 모집단

- 기타버스는 전국전세버스운송사업조합연합회 공제조합에서 수집한 16개 시도별 전세버스 등 록대수자료의 증감율을 이용하여 2013년 기준으로 현행화함

나. 버스 O/D 구축방법

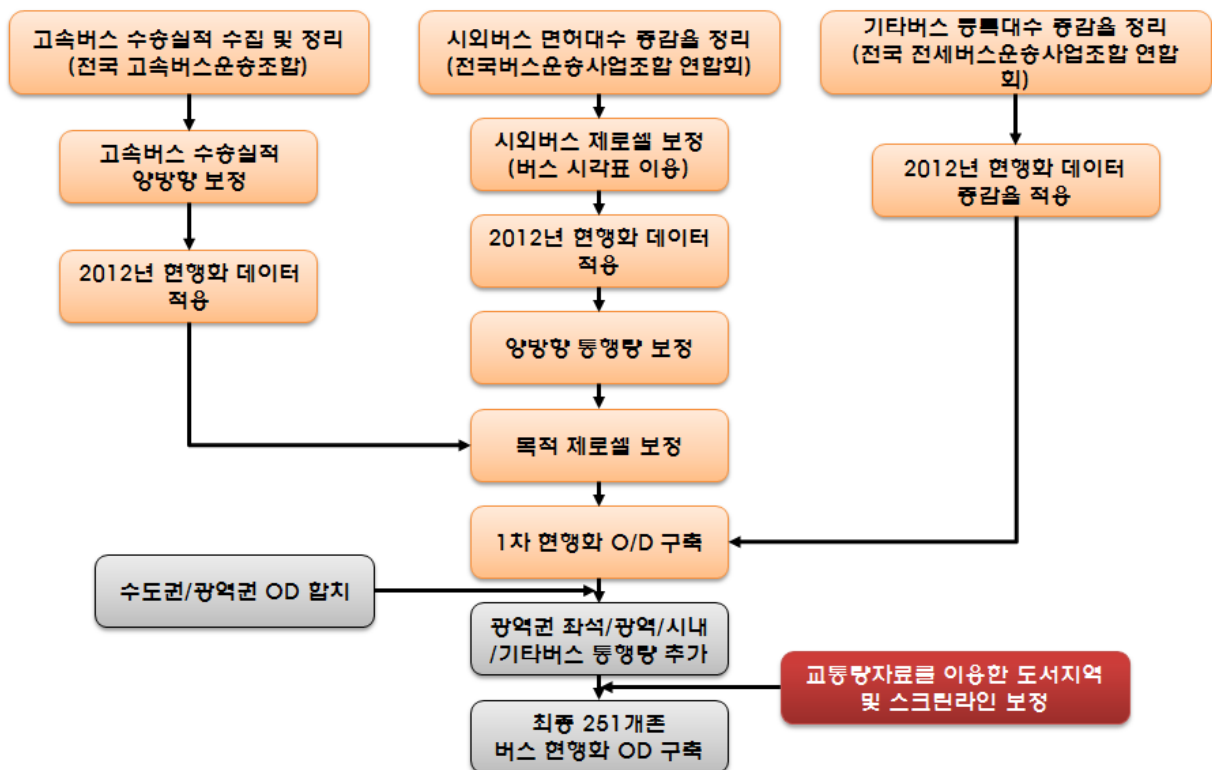
1) 고속/시외버스

- 고속버스의 경우 양방향 보정 후의 2010년 고속버스 전수화 데이터(최초출발지-출발터미널-도착터미널-최종도착지 형태의 데이터)와 양방향 보정을 수행한 2013년 소송실적(출발터미널-도착터미널 형태)을 이용하여 1차 고속버스 OD를 구축함

- 시외버스의 경우 관광교통 시각표 중 시외버스 시각표를 이용하여 제로셀 보정을 실시한 후 2010년 시외버스 전수화 데이터를 양방향 보정을 실시하고 2013년 기준의 수송실적을 이용하여 1차 시외버스 OD를 구축함
- 2010년 전수화 데이터 중 2013년 수송실적 기준점쌍이 없는 경우는 목적제로셀 보정을 실시하여 주수단OD와 목적OD를 구축함

다. 기타버스

- 2012년 현행화 데이터와 2012년, 2013년 전세버스 등록대수 증감율을 이용하여 기타버스 OD를 구축함
- 2012년 현행화 데이터의 출발지 기준으로 증감율을 적용하여 2012년 현행화된 기타버스 통행량을 2013년 기준으로 O/D를 구축함



<그림 1-18> 버스 O/D 구축과정

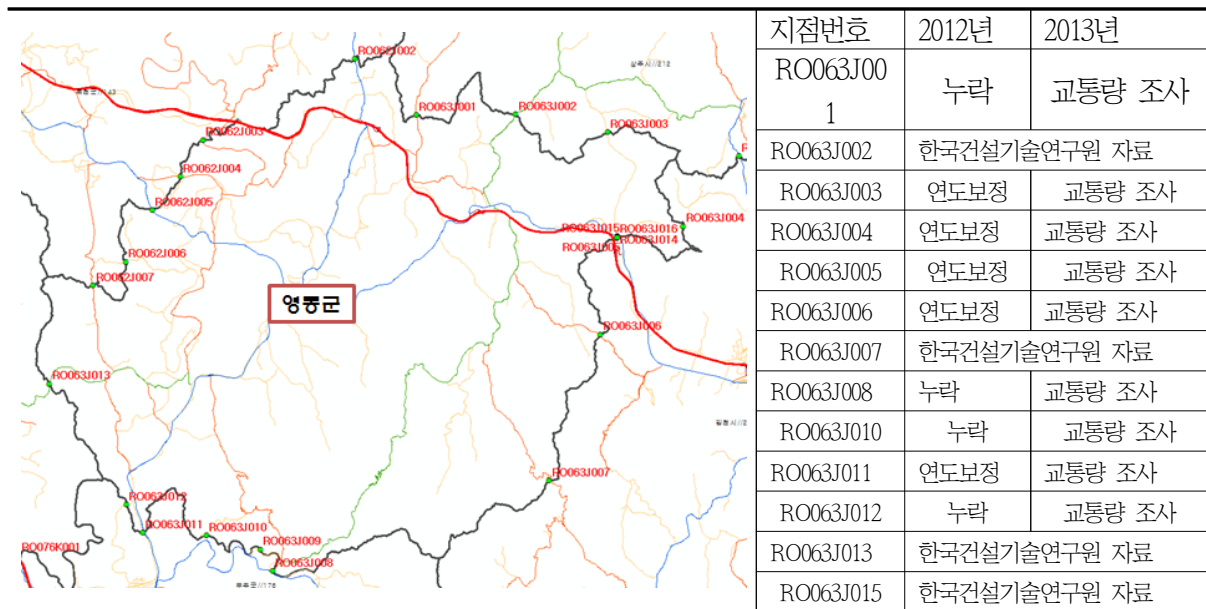
3. 유출입 통행량 산출

가. 유출입 통행량 산출 개념

- 승용차 O/D를 구축하기 위해 첫 번째 단계에서 수행하는 과정으로 시외유출입 교통량, 통과 교통비율, 고속도로 요금소 TCS 자료 등을 이용하여 163개 시군별 발생/도착량을 산출하는 것임

나. 유출입 통행량 산출 방법

- 승용차 시군별 유출입 통행량 산출시 시외유출입 지점과 한국건설기술연구원의 교통량지점과 일치하는 지점을 우선적으로 반영하고, 일치하지 않은 지점에 대해서는 인접지점의 교통량의 증감율을 적용하여 유출입 통행량을 산출함
 - 2012년 기준의 승용차 시군별 유출입 교통량을 산출할 경우, 먼저 시외유출입 지점과 한국 건설기술연구원의 교통량지점이 일치하는 지점에 대해서는 한국건설기술연구원의 2012년 교통량을 사용하여 구축함
 - 시외유출입 지점과 한국건설기술연구원의 교통량지점이 일치하지 않는 지점에 대해서는 인접한 한국건설기술연구원 교통량지점의 2011년, 2012년 교통량의 증감율을 2011년에 산출한 통행량에 적용하여 2012년 통행량을 산출함
- 증감율을 이용하여 통행량을 산출할 경우, 승용차의 발생/도착 통행량이 과대/과소 추정될 우려가 있음
 - 인접지점의 조사위치 이동 등으로 교통량 증감율이 큰 차이를 보이는 지점이 존재함
 - 또한, 유출입교통량 산출지점의 도로등급과 인접지점의 도로등급이 상이한 지점이 존재하며, 이러한 경우 도로등급의 특성을 제대로 반영하지 못함
- 유출입 교통량의 신뢰도를 높이기 위해 기존 통행량이 누락된 지점과 연도보정 지점에 대해 교통량조사 자료를 반영하여, 유출입 교통량의 과대/과소 추정을 최소화 함



<그림 1-19> 유출입 교통량 신뢰도 제고방안(예: 영동군)

다. 유출입 통행량 산출 결과

- 2012년 기준 유출입교통량과 교통량자료를 이용하여 보정한 2013년 유출입교통량을 비교하면, 서울과 대구 발생량을 제외하면 나머지 지역에서는 2013년 교통량이 증가한 것으로 나타남
 - 특히 경기도의 유출입교통량이 크게 증가한 것으로 나타남
 - 유출입 교통량은 시군별 발생/도착 교통량을 산출한 후에 통과교통비율을 적용하고, 고속도로의 유입/유출량을 추가한 차량대수를 통행량으로 변환한 것임
- 2013년 유출입교통량을 교통량조사 자료를 반영하지 않은 보정전 유출입교통량과 교통량조사를 이용하여 보정한 유출입교통량을 비교하면, 교통량조사를 이용하여 보정한 유출입교통량이 약 80만 통행 큰 것으로 나타남

<표 1-23> 유출입교통량 산출결과 비교

구분	2012년(a)		2013년 보정전(b)		2013년 보정후(c)		차이(c-a)		차이(c-b)	
	도착	발생	도착	발생	도착	발생	도착	발생	도착	발생
서울	1,633,304	1,748,424	1,608,487	1,734,328	1,571,560	1,726,591	-61,744	-21,833	-36,927	-7,737
부산	379,387	357,937	402,608	385,486	416,018	417,362	36,631	59,426	13,410	31,876
대구	331,304	345,652	325,686	335,363	340,938	342,530	9,634	-3,122	15,252	7,166
인천	323,410	337,118	382,183	384,133	358,877	348,005	35,468	10,887	-23,306	-36,128
광주	180,157	179,406	199,104	203,911	197,759	199,763	17,602	20,357	-1,345	-4,147
대전	219,946	223,767	278,838	291,121	287,816	297,973	67,870	74,206	8,978	6,852
울산	134,750	134,551	138,803	142,577	143,267	144,014	8,516	9,463	4,464	1,437
경기	3,534,178	3,547,078	3,495,001	3,509,646	4,184,313	4,222,750	650,135	675,672	689,312	713,105
강원	385,360	381,778	396,558	395,940	400,240	396,715	14,880	14,936	3,682	774
충북	492,740	503,993	529,370	534,824	541,831	543,124	49,091	39,131	12,461	8,300
충남	652,556	665,393	681,467	688,847	697,697	718,300	45,140	52,907	16,229	29,453
전북	457,714	459,055	463,892	470,820	461,407	475,544	3,692	16,490	-2,485	4,724
전남	498,363	481,641	524,989	505,444	577,411	553,502	79,048	71,861	52,422	48,058
경북	797,653	789,956	801,426	793,849	808,864	801,466	11,211	11,510	7,438	7,617
경남	804,149	823,622	854,941	867,852	880,860	880,401	76,711	56,779	25,919	12,549
합계	10,824,970	10,979,372	11,083,354	11,244,141	11,868,856	12,068,040	1,043,886	1,088,668	785,502	823,899

주 : 2012년(a) - 2012년 기준 승용차 발생/도착량

2013년 보정전(b) - 기존방법(연도보정 등)을 적용한 2013년 기준 승용차 발생/도착량

2013년 보정후(c) - 교통량조사 자료를 반영한 2013년 기준 승용차 발생/도착량

4. 스크린라인 및 도서지역 보정

가. 스크린라인 및 도서지역 보정 개념

○ 스크린라인 보정

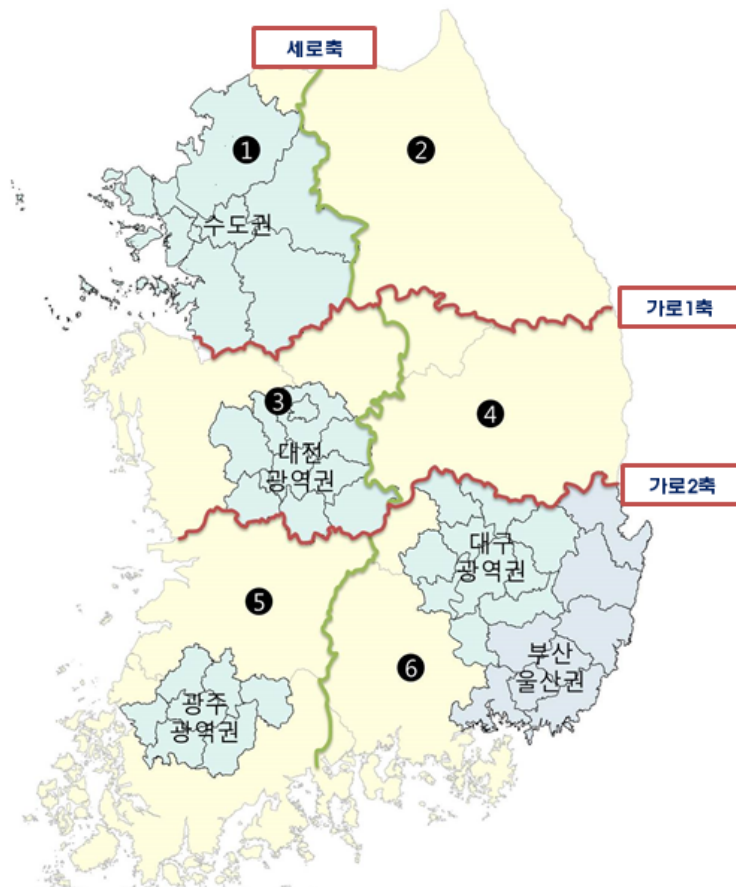
- 전국을 6개 권역으로 구분하는 전국 2x1 스크린라인의 권역간 유입/유출량에 대해 통행분포량을 보정하는 것임

○ 도서지역 보정

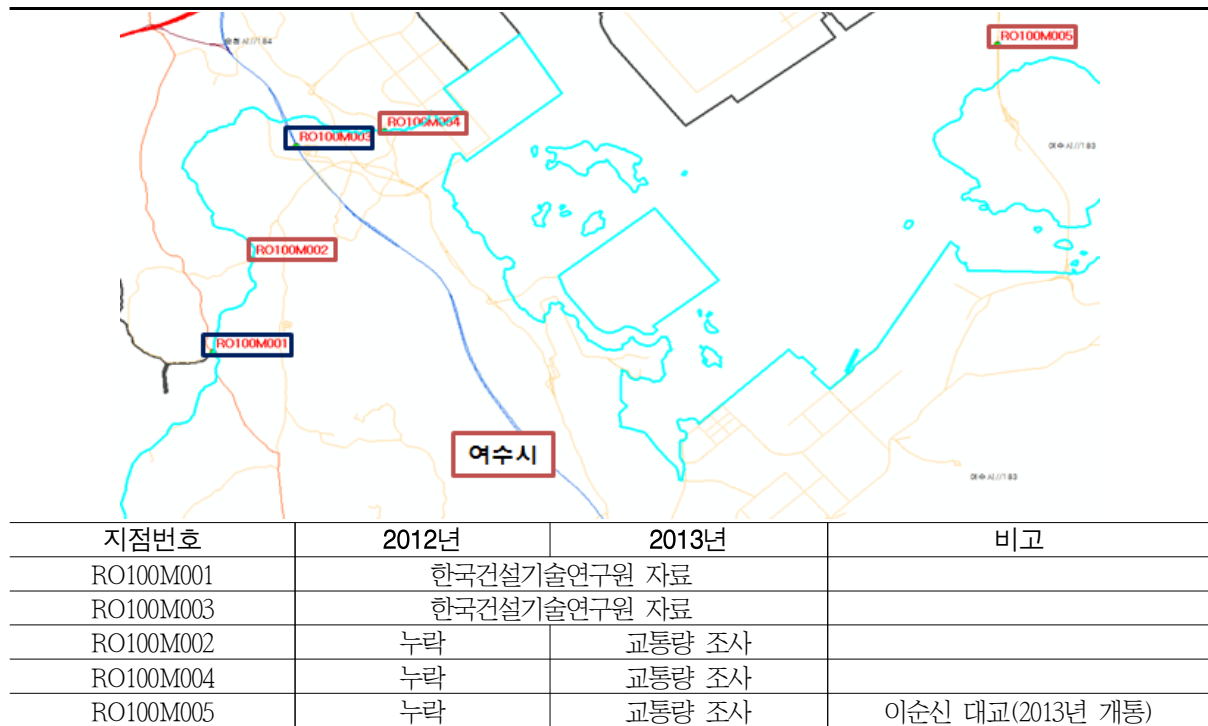
- 우리나라의 남해안 및 서해안 일대에 도서지역 형태로 하나의 존을 형성하고 있는 지역이 존재함(예: 여수시, 거제시 등)
- 이들 지역은 외부로 발생 및 도착하는 통행량은 하나 또는 두 개의 관측 지점을 통하여 파악이 가능하기 때문에 구축되어진 기종점통행량(O/D)를 관측교통량에 근거하여 보정하는 방법임

나. 스크린라인 및 도서지역 보정방법

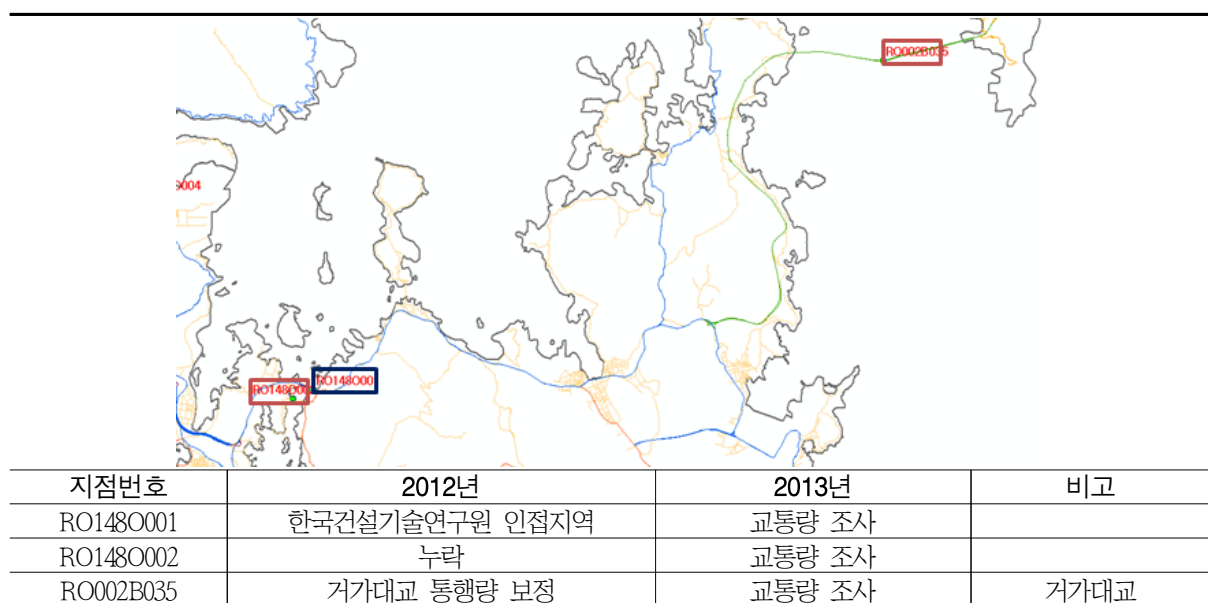
- 스크린라인 및 도서지역 보정에 해당되는 지점 중 한국건설기술연구원의 교통량지점과 일치하는 지점을 우선적으로 반영하고, 일치하지 않은 지점에 대해서는 인접지점의 교통량을 적용하여 통행량을 보정하였음
- 인접지점의 교통량을 이용하여 통행량을 보정할 경우, 보정된 통행량이 과대/과소 추정될 우려가 있음
- 스크린 및 도서지역 보정의 신뢰성을 높이기 위해 기존 통행량이 누락된 지점과 인접지점을 적용한 지점에 대해 교통량조사 자료를 반영하여, 스크린라인 및 도서지역 보정 통행량의 과대/과소 추정을 최소화 함



<그림 1-20> 전국 2x1 스크린라인



<그림 1-21> 도서지역 보정(예: 여수시)



<그림 1-22> 도서지역 보정(예: 거제시)

다. 전국 2x1 스크린라인 보정결과

- 교통량 조사자료와 한국건설기술연구원, 지자체 관측 교통량을 확보한 관측교통량을 이용하여 전국 2x1 스크린라인을 보정한 결과는 다음과 같음

<표 1-24> 전국 2x1 스크린라인 보정결과 비교(승용차)

구분		보정전			보정후		
		가로1축	가로2축	세로축	가로1축	가로2축	세로축
in	관측교통량(a)	200,515	109,687	147,188	200,515	109,687	147,188
	추정교통량(b)	260,172	157,169	180,431	200,515	109,687	147,188
	b-a	59,657	47,481	33,244	0	0	0
	(a/b)	0.8	0.7	0.8	1.0	1.0	1.0
out	관측교통량(a)	198,934	109,395	146,238	198,934	109,395	146,238
	추정교통량(b)	251,905	153,960	171,901	198,934	109,395	146,238
	b-a	52,971	44,564	25,663	0	0	0
	(a/b)	0.8	0.7	0.9	1.0	1.0	1.0

<표 1-25> 전국 2x1 스크린라인 보정결과 비교(버스)

구분		보정전			보정후		
		가로1축	가로2축	세로축	가로1축	가로2축	세로1축
in	관측교통량(a)	11,165	6,708	9,451	11,165	6,708	9,451
	추정교통량(b)	10,961	5,384	8,009	11,165	6,708	9,451
	b-a	-203	-1,324	-1,441	0	0	0
	(a/b)	1.0	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0
out	관측교통량(a)	11,061	6,697	9,013	11,061	6,697	9,013
	추정교통량(b)	11,923	5,696	8,193	11,061	6,697	9,013
	b-a	862	-1,001	-820	0	0	0
	(a/b)	0.9	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0

라. 도서지역 보정결과

- 교통량 조사자료와 한국건설기술연구원, 지자체 관측 교통량을 확보한 관측교통량을 이용하여 도서지역을 보정한 결과는 다음과 같음

<표 1-26> 도서지역 보정결과 비교(승용차)

구분		관측교통량		보정전		보정후	
		발생	도착	발생	도착	발생	도착
충남	태안군	9,126	9,104	7,230	7,543	8,912	9,104
전남	완도군	5,589	5,373	5,411	5,792	5,637	5,373
	진도군	2,471	2,528	2,502	2,149	2,443	2,528
	신안군	4,096	4,146	5,526	5,221	4,093	4,146
	고흥군	4,314	4,202	3,935	3,998	4,307	4,202
	여수시	16,127	16,722	15,048	14,871	16,094	16,722
	남해군	4,679	4,667	4,209	4,946	4,675	4,667
경남	거제시	18,156	18,324	17,950	18,991	18,131	18,324
강원	고성군	9,628	9,561	11,363	11,729	9,619	9,561
합계		74,186	74,627	73,174	75,240	73,911	74,627

<표 1-27> 도서지역 보정결과 비교(버스)

구분		관측교통량		보정전		보정후	
		발생	도착	발생	도착	발생	도착
충남	태안군	249	259	588	586	257	259
전남	완도군	198	222	190	216	197	222
	진도군	82	78	144	218	60	78
	신안군	70	72	98	109	68	72
	고흥군	204	181	321	372	180	181
	여수시	404	449	803	938	393	449
	남해군	152	146	278	329	147	146
경남	거제시	718	610	1,291	1,405	585	610
강원	고성군	371	374	206	236	357	374
합계		2,448	2,391	3,919	4,409	2,244	2,391

5. O/D 구축 결과

- 지역간, 수도권, 대도시권의 O/D를 합치하여 구축된 2013년 기준과 2012년 기준 승용차 및 버스 O/D를 비교한 결과, 승용차의 경우 총 798,665통행/일이 늘어났으며, 버스는 144,577통행/일이 늘어남
- 지역별로는 대전광역시와 경상북도의 승용차 통행이 2012년에 비해 감소하였으며, 버스는 서울, 인천, 경기, 전남이 2012년 대비 감소한 것으로 나타남

<표 1-28> O/D 구축결과 비교

구분	2013년		2012년		차이	
	승용차	버스	승용차	버스	승용차	버스
서울특별시	8,013,122	4,395,291	8,012,568	4,436,310	554	-41,019
부산광역시	3,624,102	1,694,804	3,563,813	1,647,926	60,288	46,878
대구광역시	2,854,531	844,642	2,845,474	811,659	9,057	32,984
인천광역시	2,638,084	1,025,882	2,556,144	1,025,937	81,940	-55
광주광역시	2,095,495	701,536	1,938,444	687,270	157,051	14,266
대전광역시	2,019,872	586,509	2,045,000	557,295	-25,128	29,214
울산광역시	1,475,413	547,112	1,471,033	515,842	4,381	31,270
경기도	11,423,826	4,377,152	11,252,544	4,446,517	171,281	-69,365
강원도	2,202,909	336,090	2,153,855	319,120	49,054	16,971
충청북도	1,927,532	385,397	1,897,139	375,008	30,392	10,389
충청남도	2,684,893	709,277	2,650,682	705,794	34,210	3,483
전라북도	2,184,107	518,580	2,166,303	498,624	17,805	19,956
전라남도	1,958,182	409,723	1,868,058	410,459	90,125	-736
경상북도	3,395,007	919,744	3,395,476	886,454	-469	33,290
경상남도	3,806,514	971,255	3,738,396	959,911	68,118	11,344
제주특별자치도	877,717	131,022	865,120	128,526	12,597	2,496
세종특별자치시	231,748	26,500	194,338	23,288	37,410	3,212
합계	53,413,054	18,580,517	52,614,388	18,435,940	798,665	144,577

주 : 출발지기준 주수단 통행량

제6절 여객O/D 신뢰도 개선 결과

1. 개요

가. 통행배정을 위한 자료 List

○ 신뢰도를 평가하기 위해 통행배정시 사용한 자료는 다음과 같음

1) 2013년 기준 자료

- O/D 자료 : 2013년 기준 승용차, 버스 주수단O/D, 화물 수단O/D
- 네트워크 : 2013년 기준 도로네트워크
- 도로통행비용함수 : 2013년 신규 VDF
- 검증교통량 : 한국건설기술연구원, 지자체, KTDB 교통량자료

2) 2012년 기준 자료

- O/D 자료 : 2012년 기준 승용차, 버스 주수단O/D, 2011년 기준 화물 수단O/D
- 네트워크 : 2012년 기준 도로네트워크
- 도로통행비용함수 : 2010년 VDF
- 검증교통량 : 한국건설기술연구원 교통량자료

<표 1-29> 통행배정을 위한 자료 List

구분	2013년	2012년
교통패키지	emme3	
O/D 자료	2013년 기준 승용차, 버스 주수단O/D, 화물 수단O/D	2012년 기준 승용차, 버스 주수단O/D, 2011년 기준 화물 수단O/D
네트워크	2013년 기준 도로네트워크	2012년 기준 도로네트워크
도로통행비용함수	2013년 신규 VDF	2010년 VDF
검증교통량	한국건설기술연구원, 지자체, KTDB 교통량자료	한국건설기술연구원 교통량자료

나. O/D 신뢰도 제고를 위한 기타 보정방안

- 통행배정시 관측교통량과 배정교통량의 차이를 줄이기 위해 네트워크의 존 커넥터를 조정하고 링크별 초기속도 및 용량을 조정하는 과정을 수행함

다. 신뢰도 평가 기준

1) %RMSE

- %RMSE는 관측교통량과 배정(추정)교통량의 오차의 절대값에 대한 평균값의 제곱근으로 통계학에서 표준편차를 의미함. 즉, 배정교통량과 관측교통량의 평균적으로 얼마만큼 오차가 발생하는지를 나타내며, 수치가 낮을수록 오차율이 낮음을 의미함

$$\%RMSE = \frac{(\sum_j (E_j - O_j)^2 / (N-1))^{0.5} * 100}{(\sum_j O_j / N)}$$

여기서, O_j = 링크 j 관측교통량

E_j = 링크 j 배정교통량

N = 관측지점 수

2) %ERROR

- %ERROR는 각 지점별 또는 지점 전체에 대한 관측교통량과 배정교통량의 오차율을 의미하며, 절대값 수치가 낮을수록 오차율이 낮음을 의미함

$$\% \text{ ERROR} = \frac{E_j - O_j}{O_j} * 100$$

여기서, O_j = 링크 j 관측교통량

E_j = 링크 j 배정교통량

2. %RMSE

- 2013년 기준의 %RMSE는 고속국도 28%, 일반국도 75%, 전체 47%로 나타남
- 2012년과 비교하면 모든 도로등급에서 2013년 기준의 오차율이 줄어든 것으로 나타남

<표 1-30> 2013년 기준 %RMSE

구분	고속국도		일반국도		전체(고속+일반)	
	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE
1~5,000	13	142	1,220	89	1,233	89
5,000~10,000	68	34	701	55	769	53
10,000~20,000	201	32	534	48	735	44
20,000~30,000	202	27	232	50	434	41
30,000~40,000	102	28	64	46	166	36
40,000~50,000	99	24	24	43	123	28
50,000~60,000	86	23	17	42	103	27
>60,000	247	21	20	52	267	24
전체	1,018	28	2,812	75	3,830	47

<표 1-31> 2012년 기준 %RMSE

구분	고속국도		일반국도		전체(고속+일반)	
	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE	지점수	%RMSE
1~5,000	21	214	1,124	87	1,145	90
5,000~10,000	94	79	582	64	676	67
10,000~20,000	243	58	430	57	673	57
20,000~30,000	162	37	111	58	273	47
30,000~40,000	118	31	28	61	146	38
40,000~50,000	84	37	8	76	92	41
50,000~60,000	48	30	2	72	50	31
>60,000	226	19	13	62	239	23
전체	996	31	2,298	94	3,294	53

3. %ERROR

가. %ERROR(집계)

- 2013년 기준의 관측교통량 총합과 배정교통량의 총합의 %ERROR는 고속국도 -9.6%, 일반국도 -26.6%로 나타남
- 고속도로와 일반국도 합계의 오차율은 2012년에 -9.7%, 2013년에 -15.9%로 나타남
 - 2012년 기준은 고속도로의 배정교통량이 관측교통량보다 크기 때문에 일반국도의 배정교통량과 합치게 될 경우 고속국도와 일반국도 합계의 오차율이 줄어듦
 - 2013년 기준은 고속도로의 배정교통량이 관측교통량보다 적기 때문에 고속국도와 일반국도 합계의 오차율이 크게 나타남

<표 1-32> %ERROR(집계)

구분		고속국도	일반국도	전체
2013년	지점수	1,018	2,812	3,830
	관측합계	45,479,265	27,350,865	72,830,129
	관측합계(a)	43,561,764	23,232,810	66,794,573
	배정합계	41,134,826	20,087,499	61,222,326
	%error	-9.6	-26.6	-15.9
	%error(a)	-5.6	-13.5	-8.3
2012년	지점수	996	2,298	3,294
	관측합계	40,471,806	18,656,388	59,128,194
	배정합계	42,499,306	10,867,358	53,366,664
	%error	5	-41.7	-9.7

주 : 관측합계(a)는 네비게이션자료를 이용하여 승용차에 대한 관측지점 교통량의 내부교통량을 제외한 값임

나. %ERROR(지점별)

- 2013년 기준의 관측교통량 총합과 배정교통량의 지점별 오차율 중 $\pm 30\%$ 이내는 고속국도 80.6%, 일반국도 34.4%, 전체 46.7%로 나타남
- 2012년과 비교하면 모든 도로등급에서 2013년 기준의 오차율이 줄어든 것으로 나타남

<표 1-33> %ERROR(지점별)

구분		고속국도		일반국도		전체	
		지점개수	비율(%)	지점개수	비율(%)	지점개수	비율(%)
2013년	과대	61	6	574	20.4	635	16.6
	적정	820	80.6	968	34.4	1,788	46.7
	과소	137	13.5	1,270	45.2	1,407	36.7
	지점수	1,018	100	2,812	100	3,830	100.0
2012년	과대	292	29.3	309	13.4	601	18.2
	적정	629	63.2	598	26	1,227	37.2
	과소	75	7.5	1,391	60.5	1,466	44.5
	지점수	996	100	2,298	100	3,294	100.0

과대 : 관측교통량과 배정교통량의 차이가 +30%초과

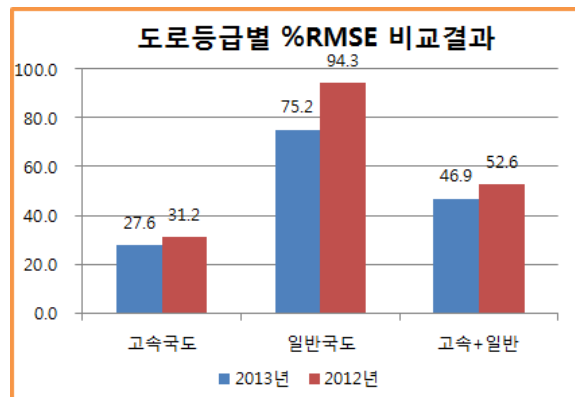
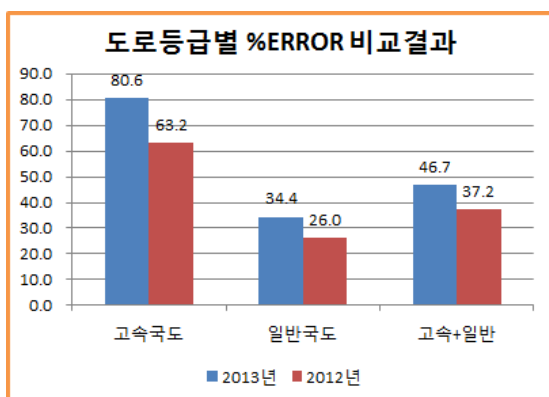
적정 : 관측교통량과 배정교통량의 차이가 $\pm 30\%$ 이내

과소 : 관측교통량과 배정교통량의 차이가 -30%미만

제7절 결론 및 향후 개선방안

1. 결론

- 2010년 이후 변화된 교통패턴을 반영하기 위해 2014년 4월~7월동안 772개 지점에 대해서 교통량조사를 수행하였으며, 지자체 교통량조사 자료를 추가 확보하였음
 - 한국건설기술연구원 교통량자료, 지자체 교통량자료, KTDB 교통량조사 자료에 대해 총 1,238개소에 대한 신규 교통량자료를 확보함
- 여객O/D의 신뢰도를 개선하기 위해 시외유출입교통량 산출, 도서지역 및 스크린라인 보정 등에 신규 교통량조사자료를 반영하였음
 - 2012년과 비교하면 출발지 기준으로 승용차는 1,087,881통행/일, 버스는 525,198통행/일 증가하였음
- 통행배정 신뢰도의 경우 2012년과 비교하면 %ERROR, %RMSE 등 전반적인 신뢰도가 개선된 것으로 나타남
 - 배정교통량과 관측교통량의 차이가 $\pm 30\%$ 이내에 포함되는 지점이 고속국도가 2012년 63.2%에서 80.6%로 증가하였으며, 일반국도는 26%에서 34.4%로 증가함
 - %RMSE의 경우 2012년 고속국도 31.2%에서 2013년 27.6%로 낮아졌으며, 일반국도는 94.3%에서 75.2%로 신뢰도가 높아짐



〈그림 1-23〉 신규 교통량자료를 반영한 신뢰도 제고결과

2. 한계점

- 한국건설기술연구원의 수시 교통량 조사자료, 지자체 교통량자료, KTDB 교통량조사는 1일 조사수행으로 인해 모집단의 대표성 문제가 발생함
 - 특정일 하루의 교통량을 그 지점의 대푯값으로 사용하므로 인해 실제 평균교통량과 차이가 발생할 수 있음
- 관측교통량으로 사용되고 있는 한국건설기술연구원 및 각 지자체 교통량지점이 KTDB에서 필요한 교통량지점과 상이하여 활용수준이 미흡한 실정임
 - 한국건설기술연구원의 교통량자료 약 3,600개소 중 KTDB O/D 구축시 활용되는 지점은 약 380개소로 활용수준이 미흡함

3. 향후 개선방안

- KTDB와 관련 정부/지방 기관과의 MOU를 통해 각 기관에서 검증된 신뢰도 높은 기초자료(교통량 등)를 취득함
- 한국건설기술연구원 및 각 지자체와의 협의를 통해 KTDB에서 필요한 지점에서 교통량조사를 수행하여 활용도를 높이고, 조사예산 낭비 및 중복조사를 방지함
- 향후 격년단위로 교통량조사를 수행하여 KTDB 신뢰도 제고에 노력함

제2장 침단자료를 활용한 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구

제1절 과업의 개요

제2절 여객 기종점 통행량 신뢰도 개선 기법 개발

**제3절 KTDB VDF 위계 재정립에 따른 파라미터
추정 및 검증**

제4절 VDF 애플리케이션의 개선 및 유지보수

제2장 첨단자료를 활용한 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구

제1절 과업의 개요

1. 개요

- 여객교통수요는 다양한 요인들이 상호 복합적으로 작용하여 영향을 미치므로, 이들 개별 요인들에 대한 심도있는 분석을 통해 보다 현실적인 여객교통수요신뢰도 개선방안을 수립하고자 함
- 최근 내비게이션, 스마트폰으로부터 수집된 교통관련 첨단자료는 기존 교통데이터의 단편적, 편향적 한계를 극복한 자료이며, 네트워크 커버리지 확보, 이력 및 실시간 정보 확보, 객관성 및 일관성이 확보된 자료라고 할 수 있음
- 본 과업에서는 여객 기종점 통행량의 신뢰도 개선을 위해서 O/D의 신뢰구간 산정기법을 제시하고 첨단데이터인 내비게이션 자료와 TCS O/D를 이용한 검증을 시행함
- 내비게이션 자료를 통해 경로 관련 정보를 실측을 통해 확인할 수 있으므로 경로 기반 기종점 통행량 추정을 하되, 경로의 추정은 필요 없는 기술을 개발하고 이를 통해 궤적자료 기반의 기종점 교통량 신뢰구간 추정기술을 개발함
- TCS O/D의 경우 지점 교통량이 아닌 기종점 통행량 정보를 갖고 있기 때문에 지점교통량이 갖는 한계를 극복할 수 있어 O/D 검증자료로 활용됨
- 본 과업의 주요내용 중 KTDB VDF 위계 재정립에 따른 파라미터 정산 및 신뢰성 검토 연구의 경우 새로 정립된 신 VDF 체계의 교통망 정산을 시행하여 새로운 VDF 파라미터의 추정과 교통망 정산신뢰도 개선을 위한 방법론을 제시하고 이를 검증함
- 2013년 과제를 통해 KTDB 교통망의 링크들이 OECD 기준 도시부/지방부로 구분됨에 따라 VDF 체계가 32등급으로 개편되었고, 교통망 정산기준 또한 도시부/지방부 및 교통량 크기에 따라 새롭게 정립되었음
- 따라서 2013년 제시된 32등급 체계에 대한 정산 범위에 대하여 내비게이션 등 추가 자료의 이용 및 VDF 예외등급 구간 분리정산 등을 통해 신뢰성 있는 파라미터 정산범위 설정 작업을 수행할 필요가 있음

- 본 과업의 또 다른 주요내용인 도로 통행비용함수 애플리케이션 개선 및 유지보수의 경우 2013년 과제에서 개발된 기능을 검증하고 활용할 수 있도록 하는 방안을 연구하고 실시간 내비게이션 자료를 이용해 현재 공간적으로 분석이 되지 않고 있는 지역에 대한 분석을 수행해 애플리케이션 DB를 보수함
- 마지막으로 지난 3년간 KTDB VDF 위계 및 정산체계의 변화를 정리한 결과로써 VDF 정산 애플리케이션의 활용에 도움을 주기 위한 신규 KTDB VDF 적용을 위한 매뉴얼을 작성함

2. 과업의 목표

- 본 연구의 첫 번째 목표는 정보통신 기술 기반 첨단자료를 활용하여 KTDB VDF의 추정 및 검증, 기종점 O/D의 추정 및 검증, 여객기종점통행량 신뢰구간 산정연구를 수행하여 여객교통수요 신뢰도를 개선하는 것임
- 두 번째 목표는 2013년 정립된 32등급 VDF 체계의 파라미터 정산 신뢰도를 개선하는 것임
- 본 과업의 마지막 목표는 2012년부터 진행되고 있는 현 VDF 정산 고도화 연구의 성과를 정리하여 실무자들이 쉽게 사용할 수 있는 KTDB VDF 적용 매뉴얼을 작성하는 것임
- 이러한 목표 달성을 통해 궁극적으로는 각종 교통정책 수립 및 연구의 신뢰성 제고방안을 마련되고, 개별사업에서의 여객 교통 수요분석 신뢰도가 증대될 것으로 기대됨

3. 과업의 범위

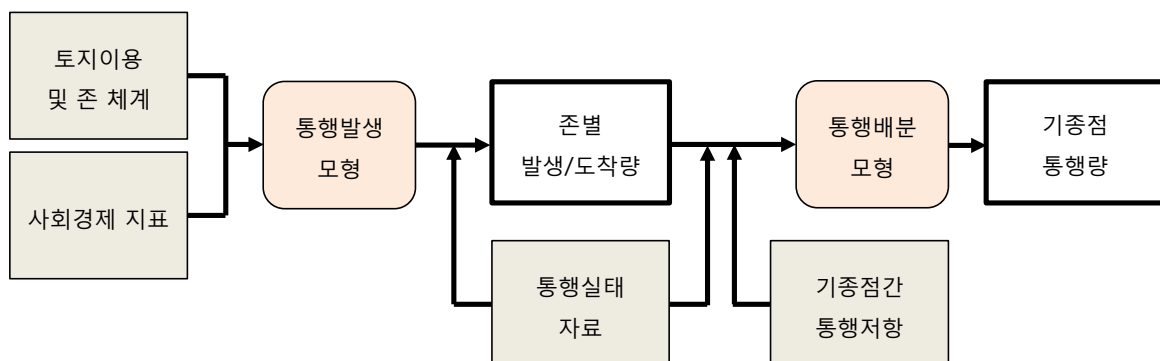
- 본 과업의 공간적 범위는 전국권 도로망을 대상으로 함
- 본 과업의 내용적 범위는 1) KTDB VDF 위계 재정립에 따른 파라미터 추정 및 검증, 2) 신규 KTDB VDF 적용을 위한 매뉴얼 작성, 3) 기종점 O/D의 추정 및 검증, 4) 여객기종점통행량 신뢰구간 산정연구, 5) 도로통행비용함수 애플리케이션의 개선 및 유지보수임

제2절 여객 기종점 통행량 신뢰도 개선기법 개발

1. 기종점 통행량 분석 배경 및 자료 검토

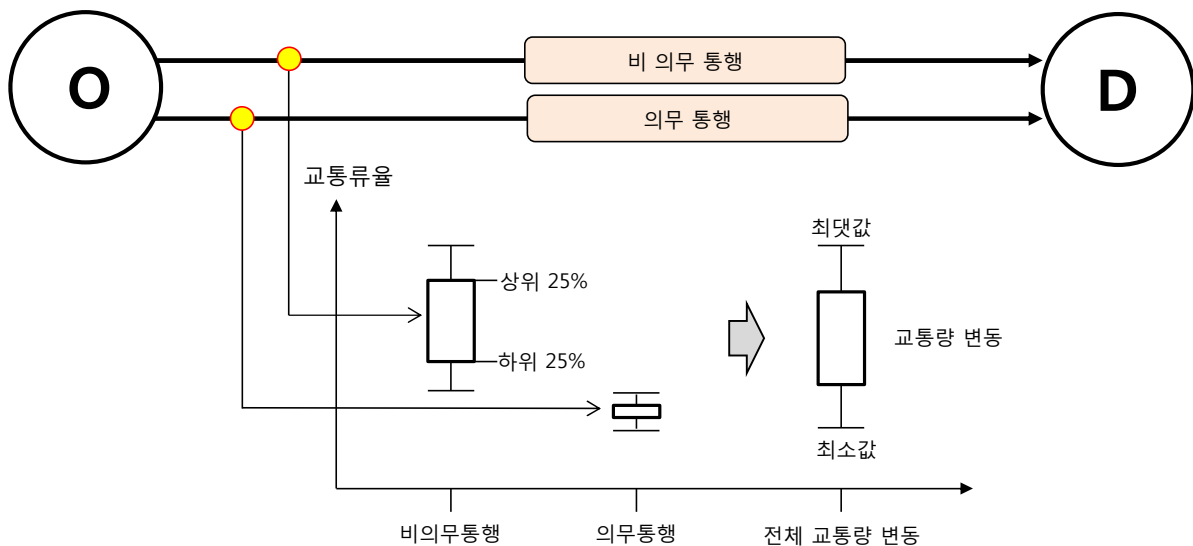
가. 기종점 통행량 분석 방법론 개발 필요성

- 기종점 통행량은 현재와 미래 모두 현 기술 수준에서는 그 참값을 알 수 없기 때문에 교통 수요 분석에 있어 어려운 추정 대상임
- 과거 가구통행실태조사 자료와 4단계 모형을 통해 계산된 통행 기종점표는 존의 토지이용 및 사회경제지표들을 통해 예측된 통행 발생 및 도착량을 통행 저항을 고려하는 통행배분 모형을 통해 기종점간의 통행량을 계산하는 방법을 사용하고 있음
- 이때 토지이용과 사회경제 지표들을 이용하는 것은 사람들의 활동수요가 이러한 자료들과 상관성이 높기 때문이며, 즉 이는 전통적인 방법에서 통행 발생은 실제 통행량 보다는 통행을 하고자하는 욕구, 즉 통행에 대한 수요를 계산하는데 적합한 방법이라는 의미임
- 주목할 점은 <그림 2-1>과 같이 4단계 모형의 특성상 통행수요의 크기는 통행 발생단계에서 결정되고 기종점표를 작성하는 통행 배분 단계에서는 통행 총량을 기종점에 대해 배분하는 작업만을 수행하는데 교통시설의 용량이 영향을 미치는 것은 통행 배분단계에서 통행저항을 고려하는 간접적인 방법뿐이라는 점임
- 즉 통행 발생단계에서 활동 수요에 기초한 통행 수요가 계산되는 과정에서는 교통망의 실제 용량이나 혼잡 수준은 고려되지 않음



<그림 2-1> 기종점표 계산 과정과 이용 자료

- 그러나 현실에서는 통근 및 통학 통행을 제외한 종점 선택이 가능한 통행들은 혼잡이나 통행수단의 접근성이 기종점 통행량에 영향을 미칠 수 있음
- 4단계 모형이 갖는 이러한 문제 때문에 가구통행 실태조사 등을 통해 실제 수행된 통행의 패턴을 다양한 방법으로 반영하고 있으나 실제 교통망에서 통행자들이 경험하는 도로의 용량이나 혼잡 패턴 등이 통행 총량을 계산하는데 명확히 반영되지 못함
- 또, 현실에서는 매일 다른 통행량이 기종점간에 발생하지만 이를 대표하는 기종점 통행량을 어떻게 결정할 것인가 하는 문제도 전통적인 4단계 모형에서는 논의되지 않았으나 중요한 문제임
- <그림 2-2>와 같이 현실의 교통량은 의무통행량과 비의무 통행량으로 구성되는데 통근 및 통학과 같은 의무 통행은 안정된 크기를 갖기 때문에 그 변동이 매우 작지만, 업무, 쇼핑, 레저 및 사고 통행과 같은 비업무 통행은 활동의 특성상 일변동의 크기가 큼
- 예를 들어 사고 통행의 경우 목요일이나 금요일에 집중되는 경향이 강하고 날씨나 계절적인 영향도 크기 때문에 통행 종점 중 이러한 통행의 비중이 큰 종점과 연결된 통행들은 큰 변동을 보일 수밖에 없음
- 실제 도로를 통행하는 통행량을 관측할 경우 상당한 일변동이 나타나는데 이러한 변동의 주요 원인은 기종점 통행량의 변동일 것으로 추정됨



<그림 2-2> 통행 목적에 따른 기종점 교통량 변동 구성

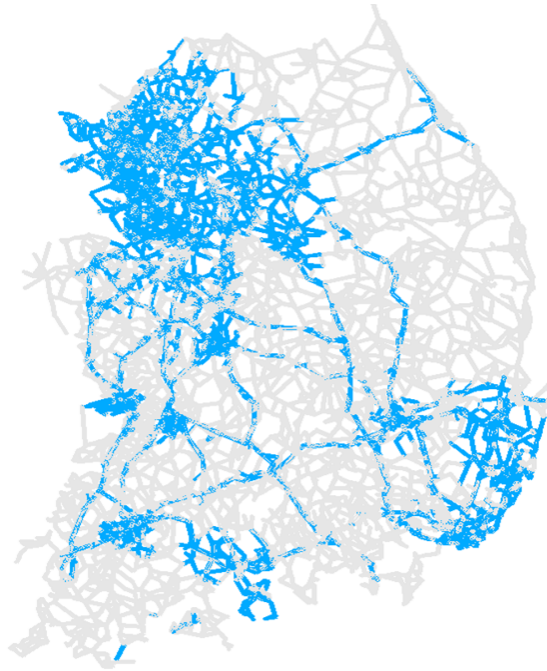
- 그러나 전통적인 4단계 모형의 틀 안에서는 이러한 통행수요의 일 변동을 확인할 수 있는 방법이 없음
- 일부 최신 기종점 통행량 분석 연구들을 통해 기종점 통행량의 존재 구간이나 변동성을 확인하고자 하는 시도가 시작되었으나 아직 실용적인 결과를 도출한 예는 없음
- 그러나 도시통행량에서 비업무 통행이 차지하는 비중이 갈수록 증가하고 있는 상황에서 통행수요의 변동에 의한 혼잡도 증가하고 있어 이에 대응하기 위한 통행수요의 변동성 분석 방법론의 필요성도 증가하고 있음
- 현재는 이를 위한 기술적 발전은 주로 기종점 통행량 추정 연구를 통해 진행되고 있음
- 기종점 통행량 추정 문제는 연구 초기에는 가구통행실태조사의 한계에 의해 기종점 통행량의 갱신 주기가 지나치게 길고 갱신 비용이 과다한 문제를 보완하는데 연구의 목적을 두었음
- 기종점 통행량 추정모형은 주로 4단계 모형 기반의 기종점표를 갱신하는 역할을 수행하였으며 기종점 통행량의 값을 알아내는데 그 목적이 있었음
- 사용된 자료는 주로 획득이 용이한 관측 링크 교통량을 이용하였으며 번호판 조사를 통한 통행 자료나 노측 면접 조사자료 등이 보조 자료로 이용됨
- 그러나 많은 연구자들이 지적하였듯이(Chootinan and Chen, 2011) 통행배정 모형의 특성상 동일한 링크 교통량을 발생시키는 기종점 통행량은 무한하게 존재할 수 있기 때문에 링크 관측 교통량에 의해 추정된 기종점 통행량의 정확도는 높게 평가되지 못해왔고 여전히 기종점표를 계산하는 기본 방식은 가구통행실태조사 자료와 통행배분 모형을 이용하는 것임
- 그러나 정보통신 기술의 발전에 따라 기종점 통행량을 확인할 수 있는 자료들의 종류가 다양해지고 있음
- 또, 기종점 통행량 추정의 정확성을 높이려는 다양한 연구 성과들이 축적되면서 최근에는 기종점 통행량을 값으로 추정하는 것이 아니라 존재 구간이나 신뢰구간까지 찾아내려는 시도들이 나타나고 있음
- 이러한 연구의 배경에는 관측 교통량이 갖는 변동성의 원인을 기종점 교통량의 변동으로 보고 이러한 통행패턴의 일변동을 야기하는 기종점 통행량의 변동에 대한 분석 필요성이 제기되고 있기 때문임
- 본 연구에서는 기종점 통행량의 값과 범위 그리고 기종점 통행량과 다양한 교통 현장 자료들간의 관계를 연구하는 문제를 기종점 교통량 분석 문제(OD travel demand analysis

problem)로 정의하고 기존의 기종점 교통량 추정 문제와 차별화하였음

- 기종점 교통량 분석 문제란 기종점간 통행수요의 값, 존재 가능 범위, 기종점 교통량간의 상관성, 기종점 교통량과 교통량 링크간의 관계분석을 모두 포함하는 개념으로 기존의 기종점 교통량 추정 문제에 비해 확장된 개념임
- 본 연구에서는 기종점 교통량 분석 문제 중 기종점 통행수요의 값을 확인하는 문제와 그 값의 존재 가능범위를 결정하는 문제를 살펴보며, 이를 위해 기종점 교통량과 교통량 링크간의 관계 분석을 활용토록 함

나. 기종점 통행량 분석 검증 자료

- 앞선 내용에서 기종점 통행량의 검증 필요성과 기종점 통행량 존재 가능 구간 정의와 같은 분석의 필요성을 살펴보았음
- 이러한 구간추정 기술은 4단계 모형 및 통행실태조사 자료를 사용하는 전통적인 기종점 표 구축 방법과는 달리 현장에서 수집되는 자료를 수학적, 통계적인 모형과 함께 이용해 기종점 통행량을 추정하는 방식을 이용함
- 따라서 어떠한 자료를 이용해 기종점 통행량을 분석하는가가 매우 중요한 문제가 되며 각 자료의 장점과 한계를 명확하게 이해한 뒤 분석 모형을 구축해야함
- 본 연구에서는 기종점 통행량 존재 구간 및 추정 값 계산을 위해 내비게이션 자료, TCS 자료와 링크 관측 교통량을 주 추정자료로 사용할 것임
- 각 자료들은 자료의 특성이 서로 상이한데 내비게이션 자료의 경우 표본자료로서 전체 차량 자료 중 일부에 대해서만 수집되지만 개별 차량의 궤적을 가장 상세히 보여주는 특징을 가지고 있음
- 이러한 궤적자료들은 교통망 내의 개별 지점들 간이나 기종점과 특정 관측지점간의 상관관계를 분석할 수 있는 정보를 제공할 수 있음
- 또 내비게이션 자료는 일별 자료수집이 가능하기 때문에 자료의 시계열 분석이나 월별, 요일별 분석과 같은 카테고리 분석이 가능한 장점을 가지고 있으며, 개별 차량의 기종점이 파악되기 때문에 표본 기종점표를 제공함
- 그러나 내비게이션 자료의 경우 실제 자료가 KTDB 교통망 전체에서 수집되지 못하는 경우가 많고 원자료 자체가 수집과정에서 기계적 오류 등을 포함하는 경우가 많아 공간 분석이 가능한 궤적자료로 변환하는 데는 많은 추가적 노력이 필요함



<그림 2-3> 내비게이션 자료의 공간적 분포

- TCS 자료의 경우 고속도로 영업소간을 통행한 차량들에 수집되는 자료로서 고속도로 영업소간에는 전체 기종점 교통량을 제공하지만 KTDB 교통망의 원 기종점들에 대한 정보까지는 제공하지 못하는 문제를 갖고 있음
- 공간 상관 분석의 경우 고속도로 내의 지점들 간이나 영업소간의 분석은 가능하지만 고속도로 이외 지점과의 분석은 불가능한 특징을 가지고 있음
- 다만 내비게이션 자료와 마찬가지로 영업소를 통해 매일 자료수집이 가능하기 때문에 통계적인 분석이 가능한 장기수집 자료임
- 앞서 살펴본 이 두 자료의 특징은 일별 수집이 되고 있어 교통량의 변동을 포착할 수 있다는 장점도 가지고 있음
- 본 연구의 목표인 기종점 교통량 존재구간 추정의 경우 기종점 통행량의 변동성을 파악하는 것이 매우 중요한데 이를 위한 기초 자료로서 변동성을 포함한 자료는 핵심적인 역할을 함
- 마지막으로 모든 기종점 추정방법에서 사용되는 링크 관측교통량의 경우 총량 자료의 특성을 가지고 있음
- 기종점 통행량을 추정하는 두 가지 목적은 1) 교통망에 존재하는 총 통행량과 현재 기종점표가 포함한 통행량이 검증하고, 2) 현재 기종점표에 정의된 개별 기종점간의 통행량이 현실의 교통망 통행패턴과 비교해 정확한지를 확인하기 위한 것임

- 이때 기종점 통행량의 정확성을 확인하기 위해서는 총량 자료를 확보하는 것이 필요한데 기종점 통행량 추정에서는 링크 관측 통행량이 이러한 역할을 수행함
- 링크 관측 교통량은 수집 기간에 따라 두 가지 형태로 구분되는데 짧은 기간 또는 1일 조사에 의해 얻어진 자료와 검지기가 설치되어 장기간 자료가 수집되는 경우가 있음
- 교통량이 짧은 기간 또는 1일 동안 관측되는 경우에는 평균값이나 1일 조사 값으로 정의되지만, 오랜 기간 관측되는 경우 교통량의 일변동 등 통계적인 분석에 사용가능한 자료가 확보됨
- 현재 국내의 경우 건설기술연구원에서 수집되는 교통량이 수시 및 상시 교통량으로 구분되며, 이중 상시 교통량은 연중 수집되는 특성을 갖고 있어 교통량 변동 포착이 가능함
- 그밖에 고속도로의 경우 FTMS(Freeway traffic management system)이 운영되기 때문에 일별 교통량 자료 수집이 가능함
- 그러나 관측교통량은 공간적 범위가 넓고 총량 파악에 유용한 자료이지만 지점 수집 자료이기 때문에 공간 상관분석에 사용할 수 없는 한계를 가지고 있음

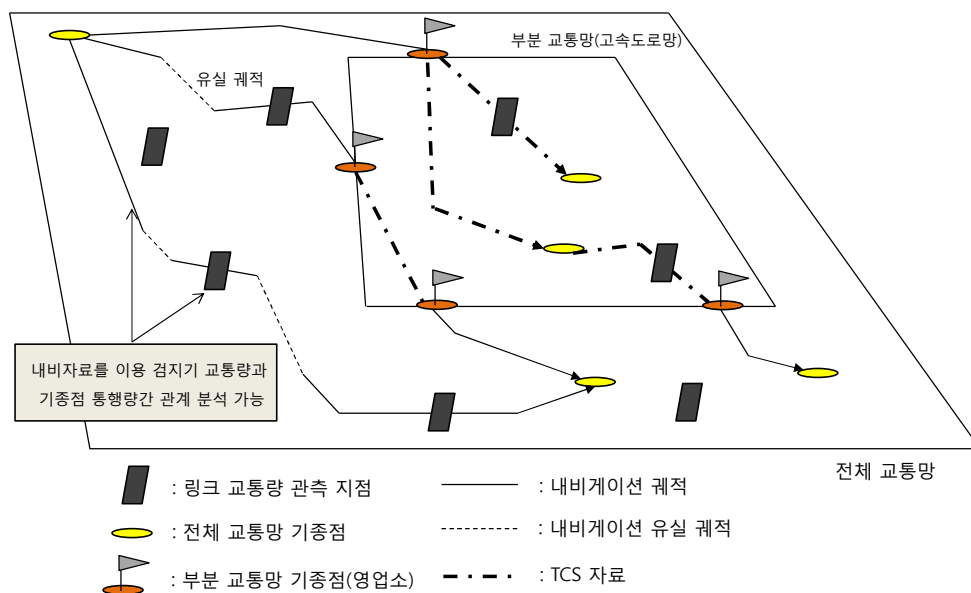
자료의 종류		표본/총량	공간적 범위	공간상관 분석	수집 기간
내비게이션 자료		표본 자료	KTDB 전 공간	가능	장기 수집
TCS OD		총량 자료	부분 교통망	일부 가능	장기수집
링크 관측 교통량	수시 교통량	총량 자료	KTDB 전 공간	불가	단기 수집
	상시 교통량	총량 자료	KTDB 전 공간	불가	장기수집
	고속도로 교통량	총량 자료	KTDB 전 공간	불가	장기수집

<그림 2-4> 기종점 통행량 추정 입력 자료의 특징

- <그림 2-4>에서 각 자료의 특징과 한계를 표시한 바와 같이 현재 기종점 통행량 분석에 사용되는 자료들은 단일 자료가 분석에 필요한 모든 정보를 완벽하게 제공하고 있지는 못함
- 내비게이션 자료는 KTDB 전 범위에 대하여 부분 또는 전체 차량궤적 자료를 제공하여 공간 분석이 가능한 자료이며 수집도 장기간에 걸쳐 이루어지나 기종점 통행량 총량을 확인하는 데는 사용할 수 없는 표본 자료임
- 그러나 내비게이션 자료는 기종점간 통행량의 상대적인 크기관계를 포함하고 있는 등 표본 기종점표로서의 역할을 수행할 수 있고 통행수요가 공간적으로 어떻게 분포하는지를 확인하

는 데는 매우 유용한 자료임

- 이에 비해 링크 관측교통량은 공간적인 분석에는 취약하지만 개별 지점을 통과하는 통행수요의 총량을 확인할 수 있기 때문에 본 연구의 궁극적인 목표인 기종점 통행량 분석에 적합한 정보를 제공함
- 따라서 내비게이션 자료와 링크 관측 교통량을 결합하여 사용하는 경우 기종점 통행량의 공간적 분포와 총량을 추정하는 것이 가능해짐
- <그림 2-4>에서 제시한 바와 같이 두 자료의 특성이 크게 다르므로 두 자료의 한계를 보완하여 기종점 분석능력을 극대화할 수 있도록 기종점 통행량 분석 모형을 개발하는 것이 중요함
- 내비게이션 자료와 링크 관측 교통량은 서로의 장점과 한계가 명확하기 때문에 기종점 통행량 분석에서 역할 배분이 용이함
- <그림 2-5>와 같이 전체 교통망에서의 기종점 통행량의 분포를 파악하는 것은 내비자료가 담당하고, 기종점 통행량의 총량을 파악하는 것은 링크 관측교통량이 하되 기종점과 링크간의 관계는 내비게이션 자료를 통해 정의함
- 이러한 관계 정의는 내비게이션 자료를 통해 파악되는 경로들을 통해 가능하나, 내비게이션 자료의 경우 <그림 2-5>내 점선 표시부와 같이 궤적의 유실부분 비율에 따라 전체 궤적 파악이 어려울 수 있어 경로 산정이 힘든 경우가 존재함



<그림 2-5> 기종점 통행량 분석 입력 자료의 공간적 관계

- 이 경우 내비게이션 자료를 통해 경로를 정의하지 않고 기종점과 링크 간 관계만을 정의하는 방법도 가능함
- 이러한 기법은 링크기반 이용자평형 통행배정 모형에서 사용하는 방식으로 경로를 계산하지 않아도 된다는 장점은 있으나, 기종점 통행량 분석 시 Underspecified 문제가 해결되지 않는 문제점도 있음
- 기종점간의 경로를 내비게이션 자료를 통해 계산하지는 않더라도 기종점과 개별 링크가 어떠한 관계를 갖는지는 기종점 교통량 분석에서 매우 중요함
- 이 경우 고속도로에서 수집되는 TCS OD는 내비게이션 자료와 검지기자료의 중간 형태의 특징을 갖고 있음
- TCS 자료는 전체 차량의 궤적을 보여주지는 못하지만 특정한 영업소를 통과한 차량이 나머지 영업소로 어느 정도 비율로 도착하는지를 알려줌
- 또 고속도로 내에서는 총량에 가까운 통행량을 포착하는 자료이므로 기종점 통행량 관련 정보와 지점 총량 정보를 동시에 제공한다는 특징이 있음
- 그러나 TCS 자료는 전체 교통망이 아니라 교통망 내부의 부분 교통망에 대하여 유입지점과 유출지점간의 통행량만을 보고함
- TCS 자료 역시 고속도로 교통망 내부에서의 경로는 파악할 수 없음
- 이와 같은 공간적 범위 및 궤적자료로서의 한계가 존재하지만 TCS 자료는 기종점 통행량 분석에 있어 지점 관측 교통량이 갖지 못한 공간적 통행분포 파악이 가능한 자료인 동시에 총량 자료임
- 또 낮은 비용으로 매일 매우 넓은 교통망에 대해 통행 시작 지점과 종료지점을 파악할 수 있고 통행 시간이나 속도를 파악할 수 있음
- 따라서 기종점 통행량 분석의 정확도를 높이기 위해서는 TCS 자료를 효과적으로 이용할 수 있는 최적의 분석 방법론을 개발하는 것이 필요함

다. 기종점 통행량 분석기법과 자료의 관계

- 기종점 통행량의 분석 기법은 기존 기종점 통행량 추정 기법을 고려할 때 크게 두 가지 방식으로 구분할 수 있음
- 즉, 기종점간의 경로를 명시적으로 고려하는 방식과 경로를 고려하지 않고 기종점과 관측 링크 간의 관계만을 이용하는 방식이 있음 (Kim, 2008)
- 이 두 방식은 수학적으로 링크 교통량이 기종점 교통량에 의해 표현되는가, 아니면 경로교통량에 의해 표현되는가 하는 차이가 있음
- 링크 교통량이 기종점 교통량에 의해서만 표시되는 경우에는 식 (1)과 같이 링크 교통량과 기종점교통량 간의 관계가 정의됨

$$x_a = \sum_{ij} T^{ij} \cdot R_a^{ij} \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

- 식 (1)에서 ij 는 기종점쌍 집합을 의미하며, T^{ij} 는 기종점 교통량, x_a 는 링크 a 의 교통량을 의미함
- R_a^{ij} 는 기종점 ij 의 교통량 중 링크 a 를 통과한 비율을 나타냄
- 식 (1)에 의해 통행배정이 정의되는 경우 특정한 기종점 교통량이 개별 링크를 얼마나 통과하는지를 알 수는 있으나 어떠한 경로를 통해 해당 링크를 통과하는지는 알 수 없음
- 이러한 방식의 통행 배정을 링크기반(Link-based) 통행배정이라 하며 Beckmann식에 의해 정의되는 이용자 평형(UE, User Equilibrium) 통행배정이 대표적인 예임
- 개별 링크를 통과하는 경로까지 정의하는 방식은 식(1)을 식(2)와 같이 변환함으로써 가능해짐

$$x_a = \sum_{ij} \sum_k f_k^{ij} \cdot R_{k,a}^{ij} \dots\dots\dots \text{식 (2)}$$

- 식 (2)에서 f_k^{ij} 는 기종점 ij 간 경로 k 의 교통량을 의미하며, $R_{k,a}^{ij}$, a 는 기종점 ij 간의 경로 k 의 교통량 중 링크 a 를 통과하는 비율을 나타냄
- 이때 f_k^{ij} 는 식 (3)을 만족해야 함

$$T^{ij} = \sum_k f_k^{ij} \dots\dots\dots \text{식 (3)}$$

- 즉 기종점 ij 간의 모든 경로 k 의 경로 교통량을 모두 합하면 ij 간 기종점 교통량과 같아야 함

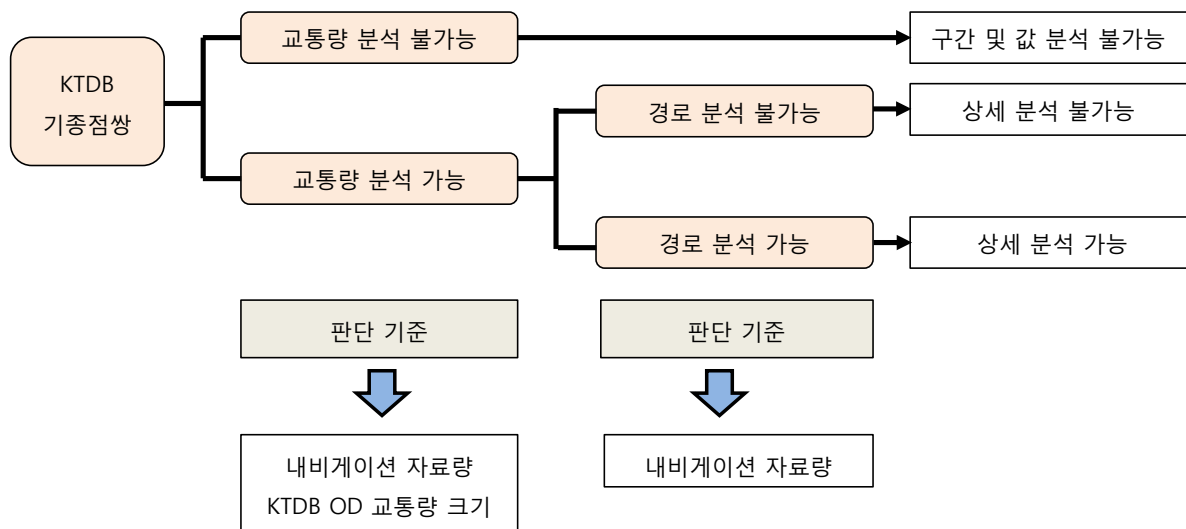
- 식 (3)을 이용하는 경우 경로 교통량이 추정의 대상이 되며 경로 교통량을 합하여 기종점 교통량을 계산하게 됨
- 이와는 달리 경로 교통량의 비율, 즉 경로선택 비율이 알려져 있는 경우에는 식 (4)와 같이 경로교통량을 정의하고, 기종점 통행량만이 추정의 대상이 됨

$$f_k^{ij} = T^{ij} \cdot \Phi_k^{ij} \dots\dots\dots \text{식 (4)}$$

- 식 (4)에서 Φ_k^{ij} 는 기종점 ij 의 교통량의 경로 k 선택 비율임
- 즉 식 (4)가 이용되는 경우에는 이미 각 기종점에서 각 경로를 선택하는 비율은 알려져 있다고 가정하기 때문에 기종점 교통량이 직접 추정 대상이 됨
- 정리하면 기종점 교통량과 링크 교통량 간의 관계는 1) 경로를 이용하는가 이용하지 않는가, 2) 경로를 이용하는 경우 경로 선택 확률이 알려져 있는가 그렇지 않은가로 구분하여 정의됨
- 기종점 간의 경로가 정의되는 방식도 다시 두 가지 방식으로 나눌 수 있는데 첫 번째 방법은 실제 관측 자료를 통해 확인된 경로만을 이용하는 방식이 있고, 또 다른 방법은 K-path 알고리즘과 같이 가정을 통해 얻어진 경로 집합을 이용하는 것임
- 경로를 이용하는 방식의 장점은 기종점과 링크간의 관계를 경로를 통해 정의하므로 수학적으로 링크 관측교통량을 만족하는 기종점 통행량의 가능해 숫자가 크게 줄어들 수 있다는 점임
- 즉, 기종점과 링크간의 관계만을 이용할 경우 동일한 관측 링크 교통량을 만족하는 기종점 교통량은 무수히 많으나, 동일한 관측 링크 교통량을 만족하면서 경로교통량도 관측 링크 교통량을 동시에 만족시키는 경우의 수는 감소하기 때문임
- 수학적으로는 기종점 교통량으로 정의되는 식(4)보다는 경로교통량으로 정의되는 식 (2)와 식(3)의 경우가 기종점과 경로의 관계를 정의하는 식(3)만큼 더 제약식을 갖기 때문에 실행 가능해의 숫자가 줄어든다고 해석됨
- 또 상류부 링크와 하류부 링크에서 동시에 수집되는 자료의 경우, 예를 들어 교차로 회전교통량이 이용 가능한 경우 경로자료를 이용할 수 있다면 추정의 정확도는 높아짐
- 또, TCS 자료와 같이 부분 교통망의 정보가 존재하는 경우 이러한 정보를 기종점 통행량 분석에 사용하는 것이 용이함
- 경로 교통량이 존재하는 경우 부분 교통망에 대한 추정 기종점 교통량을 계산할 수 있어 이 교통량과 실제 TCS 기종점 교통량과의 비교를 통해 경로 교통량을 추정할 수 있음
- 즉, TCS 자료, 하이패스자료, 내비게이션 자료 등 부분자료나 꺾적 자료 형태의 자료 활용성이 높아짐

- 그러나 경로자료는 실제 기종점에 대해 내비게이션 자료 이외에는 파악이 가능한 정보가 없으며, 이를 확인할 수 있다 하더라도 모든 차량들의 경로가 매우 상이해 대표경로를 산정하는 것이 매우 어려움
- 또한 경로를 확인할 수 있다 해도 이를 저장해 DB로 구축할 경우 방대한 저장 공간이 필요한 빅 데이터가 될 것임
- 이러한 한계를 극복하기 위해 K-path 알고리즘 등으로 가상의 경로를 찾아낼 수 있으나 이는 실제 이용된 경로와는 차이가 클 가능성이 높음
- 경로를 이용하지 않는 경우에는 기종점 교통량과 링크 교통량 간의 관계를 직접 정의하는 방식을 사용할 수 있음
- 이 경우 식 (1)을 통해 관측 교통량을 통한 기종점 교통량의 정확도 분석이 시행되는데, 이 경우 역시 R_a^{ij} 의 계산은 필요하며 내비게이션 자료 분석을 통해 그 값을 확보할 수 있음
- 이상의 내용에서는 기종점 통행량의 분석을 위한 링크와 기종점쌍 간의 관계 정의에 대해 살펴보았으나, 분석 방법론을 개발하기 위해서는 핵심 입력자료인 관측자료와 기종점쌍 간의 관계도 고려해야 함
- 즉, 본 과제의 목표인 관측 자료를 통한 기종점 통행량의 분석을 수행하기 위해서는 몇 가지 전제조건이 충족되어야 함
- 첫 번째 조건은 기종점 통행량을 분석할 수 있는 충분한 자료가 확보된 기종점에 대해서만 분석이 가능하다는 점임
- R_a^{ij} 나 $R_{k,a}^{ij}$ 를 내비게이션 자료를 통해 얻을 수 있어야 기종점 쌍과 링크간의 관계가 정의 가능한데 이를 위해서는 최소한의 숫자 이상의 표본이 확보되어야하기 때문임
- 두 번째 조건은 분석 대상인 기종점의 교통량이 일정수준 이상은 되어야 한다는 점임
- 본 연구의 목표 중 하나인 기종점 통행량의 존재범위 계산은 기종점 통행량의 변동성을 포착하는데 그 목표가 있기 때문에 그 값이 매우 작을 경우 신뢰성 있는 변동 폭의 계산이 어려움
- 또, 기종점 통행량 자체가 작은 경우 내비게이션 자료를 이용한 표본 OD의 확보도 어려운 문제점이 있음
- 예를 들어 내비게이션 자료의 표본율이 0.01(%)라 가정하는 경우 기종점 통행량이 10,000대가 통행하여야 1대의 내비게이션 자료가 평균적으로 포착될 수 있음

- 즉, 기종점 통행량의 크기가 작은 기종점쌍은 내비게이션 자료를 통한 분석이 불가능하기 때문에 경로의 파악이 불가능하고 이에 따라 TCS자료나 내비자료를 통한 분석 진행이 되지 않음
- 따라서 이 두 가지 전제 조건이 만족되는 기종점에 대해서만 기종점 통행량의 분석이 가능함
- 이상의 모든 내용들을 고려하면 KTDB의 모든 기종점쌍은 본 연구의 목적상 <그림 2-6>과 같이 분류 가능함



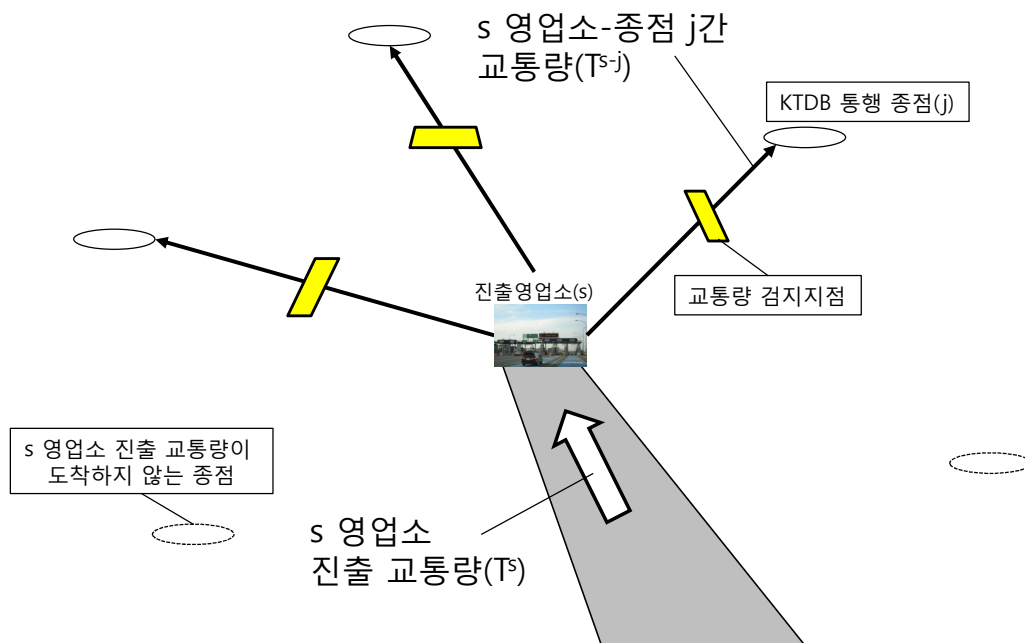
<그림 2-6> KTDB 기종점쌍 분석 상세도 분류

- 먼저 내비게이션의 표본 수와 KTDB에 정의된 기종점 교통량의 크기가 매우 작은 기종점은 본 연구의 분석 대상에 포함되지 않음
- 기종점 교통량 분석이 가능한 기종점들은 다시 확보된 내비게이션 표본수에 의하여 경로분석이 가능한 기종점 쌍과 그렇지 않은 기종점 쌍으로 구분됨
- 두 분석 기준에 내비게이션 표본수가 두 번 사용되는 이유는 기종점 교통량만의 분석을 위해서 필요한 내비게이션 표본수는 많지 않아도 되지만, 경로분석을 위해서는 개별 경로 각각 충분한 숫자의 내비게이션 표본이 필요하기 때문임
- 즉, 기종점 분석에는 충분한 표본이 존재하지만 경로분석을 할 정도의 표본은 확보되지 않는 기종점들이 존재할 수 있음
- 본 연구에서는 자료의 확보 수준에 따라 기종점 쌍들을 구분하고, 각 기종점쌍 유형에 적합한 분석 방법을 적용토록 함

라. 기종점 통행량 분석을 위한 자료 활용 전략 설계

- 기종점 교통량 분석 기법 설계는 KTDB 교통량의 신뢰도를 평가할 수 있도록 기종점 통행량의 추정값과 존재구간을 정의할 수 있는 기술을 개발하는데 목표가 있음
- 분석에 사용되는 자료의 경우 TCS 자료와 차량 내비게이션 자료 및 링크 관측교통량 자료를 사용하며, 기종점 교통량의 값과 존재구간 추정에 최적의 자료 활용 전략을 개발토록 함
- 이를 위해 본 연구에서는 먼저 현재 KTDB 지역 간 기종점 교통량 검증에 최적화된 분석기법을 개발토록 함
- 이러한 목표를 고려해 먼저 KTDB 지역 간 기종점 교통량 구축 방법론을 검토하였음
- KTDB 지역간 기종점 교통량의 경우 한국도로공사의 고속도로 영업소 유출입 교통량과 차량 설문 조사를 통한 영업소-KTDB 실제 기종점 간 비율을 함께 이용하여 계산하는 방식을 사용하고 있음
- TCS OD가 고속도로를 이용하는 통행 수요 총량을 확인할 수 있다는 점에서 교통수요 추정의 정확성이 높은 방법이나, 동일한 영업소를 통과하는 차량들은 KTDB 실제 기종점으로 배분되는 비율이 같다는 가정을 사용한다는 점에서 검증이 필요한 방법이라 할 수 있음
- 그러나 현 KTDB 지역 간 기종점 교통량의 계산 방법과의 연속성을 고려하여 본 연구에서는 기종점 통행량 분석에 사용되는 첨단 자료 중 TCS 기종점 통행량을 핵심 기본 자료로 사용하는 방법을 우선 검토토록 하였음
- 현재 사용 가능한 자료 중 모집단 수준의 통행수요 공간 분포를 제공하는 자료는 KTDB 기종점 통행량 표와 TCS 기종점 통행량 밖에 없다는 점에서 TCS 자료는 KTDB OD의 계산이나 검증에 매우 중요한 자료이나 그 한계도 명확함
- TCS OD 자료는 고속도로를 통과하는 차량들에 의해서만 수집되는 자료이기 때문에 고속도로를 통과하지 않는 통행수요를 파악할 수는 없음
- 이러한 한계를 극복할 수 있는 자료로는 다양한 자료가 이용될 수 있으나 전통적인 기법에서는 링크 관측 교통량이 가장 많이 이용되어왔음
- 링크 교통량 자료의 경우 지점에서의 총량값만을 제공하므로 수요의 공간 분석 정보를 필요로 하는 기종점 교통량 분석에 사용할 수 없음
- 고속도로를 이용하지 않는 차량들의 기종점 통행량을 확인 할 수 있는 자료로는 내비게이션 표본 자료임

- 내비게이션 자료의 경우 모집단 통행수요를 확인할 수는 없으나 전 교통망을 통행하는 차량의 궤적을 파악할 수 있는 장점이 있음
- 따라서 고속도로를 이용하지 않는 교통량에 대해서는 링크 관측교통량과 내비게이션 표본 OD를 이용하여 OD를 추정을 할 수 있음
- 다만 내비게이션 자료의 경우 지역별로 이용 경향이 큰 차이가 있을 수 있어 공간적인 편차가 매우 심할 가능성이 높으며, 이러한 편차는 링크 관측 교통량과의 상호 검증을 통해 해결할 수 있을 것으로 기대할 수 있음
- 이러한 검토 결과를 토대로 본 연구에서는 TCS 기종점 통행량을 기본 자료로 사용하고, 내비게이션 자료와 링크 관측 교통량을 모형 정산용 자료로 이용하는 새로운 기종점 통행량 추정 기술을 개발하여 기종점 통행량 분석에 사용토록 함
- TCS 교통량은 KTDB 교통망에서는 부분 기종점표이기 때문에 전체 기종점 통행량 추정을 위해서는 추정 모형의 개발이 필요함



<그림 2-7> 고속도로 기종점 통행량과 KTDB 기종점 통행량의 관계

- <그림 2-7>은 고속도로의 진출 교통량과 KTDB 기종점 교통량 간의 관계를 설명한 것임
- TCS 교통량이 정확히 알려져 있는 경우 본 연구에서는 TCS 자료의 정확성이나 총량 파악 수준이 다른 자료와 비교해 가장 우수하다고 가정하기 때문에 TCS 기종점 통행량을 KTDB 종점에 분할 배정하는 방식으로 KTDB 기종점 통행량 추정이 가능하다고 가정함

- 이러한 계산 방식은 기본적으로는 현 KTDB의 지역 간 기종점 통행량을 계산하는 방식과 유사함
- 그러나 본 연구에서 개발한 기법은 현재 KTDB 기종점 통행량 계산 방법과는 크게 세 가지 점에서 차이가 있음
- 첫 번째는 고속도로 영업소에서 유출하여 도달하는 KTDB 종점을 가정을 통해 설정하는 것이 아니라 내비게이션 자료 분석을 통해 결정한다는 점임
- 고속도로 유출량을 KTDB 통행 종점에 배분하는 현 방법론의 경우 TCS OD 총량에 대한 보정이 일부 이루어질 수 있으나 큰 변화를 줄 수 없기 때문에 얼마나 많은 KTDB 통행 종점에 정확히 고속도로에서 유출된 교통량을 나누어주는가가 KTDB 기종점 교통량 추정에 매우 중요함
- 본 연구에서는 고속도로 각 영업소에 유입되고 유출되는 차량들의 원 기종점인 KTDB 교통망 기종점들을 내비게이션 자료를 통해 확인함으로써 기종점 통행량 추정의 정확성을 확보함
- 두 번째로 TCS 교통량을 단순 배분하는 방식이 아니라 OD 추정 기법 및 다항 로짓 모형(Multinomial Logit Model)과 같은 모형을 통한 기법을 이용하여 KTDB 기종점 교통량과 비교 검증을 시행한다는 점임
- 단순히 내비게이션 관측 자료를 통해 얻어진 TCS 교통량과 KTDB 기종점 교통량 간의 관계를 이용할 경우 자료에 따라 KTDB 기종점 교통량의 신뢰도가 크게 영향을 받는 문제가 발생할 수 있음
- 또 모형을 이용해 TCS 교통량과 KTDB 기종점 교통량의 관계가 분석되는 경우 이를 이용하여 고속도로 운영기법의 개발이나 KTDB 교통망 정산 신뢰도 분석 작업들도 시행 가능하기 때문임
- 본 연구의 마지막 특징은 모형의 파라미터 정산을 위해 링크 관측 교통량과 내비게이션에서 얻어진 종점 선택 비율 자료를 표본자료로 이용하는 정산 기법을 개발하였다는 점임
- 본 연구에서는 내비게이션 자료를 통해 KTDB 기점에서 고속도로 영업소까지의 경로와 통행량이 파악될 뿐만 아니라 두 지점간의 도로상에서 관측교통량이 존재할 수 있음
- 카 내비게이션 자료의 경우 총량을 파악할 수 있는 자료가 아니고 표본율도 정확히 확인되지 않기 때문에 이러한 단점을 보완하기 위해서는 링크 관측 교통량을 사용하여야 함
- 링크 관측교통량은 내비게이션 자료가 발생 시킬 수 있는 표본 자료로서의 오류 가능성을 줄여주는 역할을 하게 됨

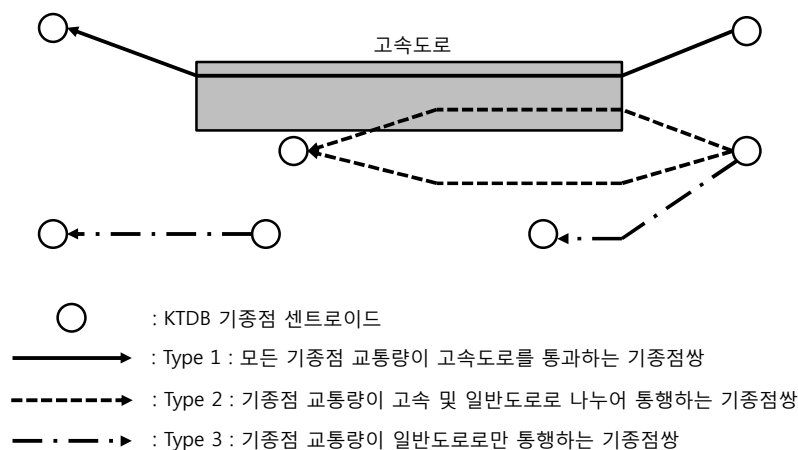
- 각 자료들을 어떻게 사용하여 자료들이 가진 장단점을 상호 보완할 것인가에 대해서는 통행 수요 추정 및 검증 방법론을 개발하면서 추가로 설명하기로 함

2. 기종점 통행량 분석 기법 개발

가. TCS 기반 기종점 통행량 분석 기법 설계

1) 기종점 쌍의 유형 분류

- 본 연구는 TCS 기종점 통행량을 이용하여 KTDB 기종점 통행량 신뢰도 검증을 수행할 수 있는 기법을 개발하는데 목표를 두고 있음
- 이를 위해 본 연구에서는 TCS 기종점 교통량을 핵심 자료로 이용하여 KTDB 기종점 교통량을 추정하는 기법을 개발하였음
- TCS 기종점 통행량의 경우 정확도 높아 지역 간 통행량을 계산하는데 매우 유용한 자료지만 고속도로 교통망은 KTDB의 부분 교통망이기 때문에 TCS 기종점 교통량만으로는 KTDB 기종점 교통량을 모두 설명할 수는 없음
- 분석 기법의 틀을 설계하기 위해 KTDB 기종점 교통량과 TCS 교통량간의 관계를 분석하면, KTDB 기종점 교통량은 고속도로 통과여부에 따라 <그림 2-8>과 같이 3가지 종류로 구분됨
- Type 1 기종점쌍은 모든 기종점 교통량이 고속도로만을 통과하는 기종점쌍을 의미하는데, 일반적으로 이러한 기종점쌍은 통행거리가 충분히 길어 통행비용을 지불하더라도 고속도로를 이용하는 것이 유리한 기종점쌍임



<그림 2-8> KTDB 기종점 쌍의 고속도로 통과 여부에 따른 분류

- Type 2 기종점 쌍의 경우 기종점 교통량이 일부는 고속도로를 통과하고 일부는 일반도로로만 통행하는 기종점쌍으로 정의함
- 마지막으로 Type 3의 경우 모든 기종점 통행량이 일반도로만을 이용해 통행하는 기종점쌍으로 정의됨
- 일반적으로 유료도로인 고속도로의 특성상 단거리 통행일수록 고속도로 이용률이 전반적으로 적을 것으로 예상되어 기종점간의 통행거리와 고속도로 이용률은 반비례할 것으로 예상됨
- KTDB 기종점 쌍을 고속도로 이용 행태에 따라 세 가지 유형으로 구분하였으나 실제 KTDB 기종점쌍들을 유형별로 구분하기 위해서는 KTDB 기종점 교통량이 고속도로와 일반도로를 얼마나 이용하는지를 확인하여야 함
- 각 기종점쌍간 교통량이 고속도로를 얼마나 통과하는지를 확인하기 위해서는 두 가지 방법이 있음
- 첫 번째 방법은 모형을 이용하는 방법으로 K-path 알고리즘과 같은 경로 탐색 기법이나 정적 통행배정 모형 및 동적 시뮬레이션 모형을 통해 경로를 발생시켜 이를 이용하여 고속도로를 통과하는 기종점 교통량 비율을 확인하는 것임
- 모형을 이용하는 방법의 경우 실제 자료를 수집해야하는 부담은 없으나 모형을 통해 추정된 경로나 경로 교통량의 정확도를 보장할 수 없다는 문제점이 있음
- 두 번째 방법은 실제 조사자료를 이용하는 것으로 현재 KOTI에서 실시하는 고속도로 영업소에서 면접 조사를 통해 차량의 실제 통행기종점을 조사하는 방법이나 자동차 내비게이션 자료와 같은 자동수집 자료를 이용하는 방법 등이 있음
- 현장 자료를 이용하는 경우 문제는 실제 자료를 확보하는데 많은 비용이 소요되고 모든 기종점쌍에 대한 자료 수집이 어렵다는 점임
- 면접조사를 실시하는 경우 제한된 표본만을 이용하기 때문에 실제 고속도로를 이용한 기종점쌍 중 교통량이 많지 않은 기종점쌍이 대규모로 파악되지 않을 가능성이 높음
- 내비게이션 자료를 분석하는 것은 표본의 수가 크게 늘어날 수 있어 기종점쌍 누락 가능성은 현저히 줄어들지만 현재 이용 가능한 내비게이션 자료를 통해 KTDB 기종점 위치와 고속도로 통과여부를 확인하는데 어려움이 있을 수 있음
- 즉, 자료 구축을 위해서는 개별 통행 궤적자료의 시작 및 종료위치를 KTDB 존과 일치시켜야하고, 궤적의 경로를 확인하여 고속도로 구간 통과 여부를 확인하여야 하는데 현재 내비게이션 자료의 질을 고려할 때 작업 과정의 난이도가 매우 높다고 판단됨

- 본 연구에서는 두 가지 방법 중 내비게이션 자료를 이용하여 기종점 교통량의 고속도로 통과비율을 확인하는 방법을 채택하였음
- 내비게이션 자료의 경우 일부 이상치가 존재할 수 있고, 올바른 내비게이션자료라 하더라도 특이한 표본 차량이 포착될 수 있기 때문에 이에 대한 고려가 필요함
- 따라서 극히 작은 비율 Δ 를 이상치 최대 비율로 가정하고, 전체 기종점 통행량 중 $1-\Delta$ 가 고속도로를 이용한 기종점 쌍은 Type 1으로 정의하고, Δ 만이 고속도로를 이용한 기종점쌍은 Type 3으로 가정함
- 이러한 기종점에 속하지 않고 고속도로를 통과한 교통량 비율이 $1-\Delta$ 보다는 작고 Δ 보다는 큰 기종점쌍은 모두 Type 2로 정의함
- 단, 현재 국내 고속도로 TCS 시스템의 경우 일부 개방형 구간을 포함하고 있는데, 예를 들어 서울 톨게이트 북측 고속도로 구간의 경우 고속도로이지만 TCS 자료에는 기록되지 않음
- 따라서 본 연구에서 고려하는 고속도로 구간은 TCS 시스템 내의 고속도로 구간만을 의미함

2) TCS 자료 기반 KTDB 기종점 교통량 검증 방법론

- KTDB 기종점쌍의 유형별 분류가 완료되면 TCS 자료를 이용해 유형별로 KTDB 기종점 통행량을 추정할 수 있음
- 먼저 Type 1에 해당하는 KTDB 기종점 쌍의 경우 모든 교통량이 TCS 기종점 통행량을 통해 확인 가능하기 때문에 교통량 전체를 TCS에 의해 추정함
- Type 3의 경우 TCS 자료를 통해서도 전혀 기종점 통행량의 추정의 불가능하기 때문에 TCS 자료 기반 기종점 통행량의 추정 범위에서는 제외함
- Type 2의 경우 TCS 자료를 통해 추정된 교통량 총량은 고속도로를 이용한 비율만 추정된 것으로 가정하고, 이때 고속도로를 이용한 비율은 내비게이션 자료에 의해 추정된 비율을 사용하도록 함
- 이렇게 TCS 자료를 통해 추정된 KTDB 교통량을 T_{tcs1}^{ij} 이라 정의할 수 있으며, 이때 아랫첨자 $tcs1$ 은 기종점 ij 가 유형 1의 기종점임을 나타냄
- 유사하게 현재 KTDB 기종점표에 정의된 기종점 ij 간의 교통량은 T_{KTDB}^{ij} 로 정의할 수 있음

- 이 경우 Type 1의 기종점쌍의 경우 TCS 기종점 통행량이 정확하다고 가정할 경우 현 KTDB 교통량(T_{KTDB}^{ij})과 TCS에 의해 추정된 교통량 (T_{tcs1}^{ij})의 차이가 KTDB 교통량의 오차(ϵ_{KTDB}^{ij})로 정의될 수 있음

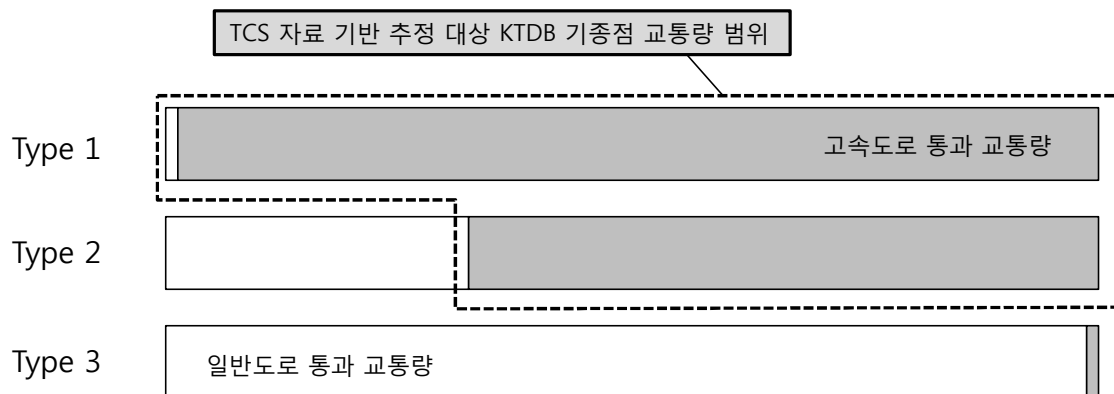
$$\epsilon_{KTDB}^{ij} = T_{KTDB}^{ij} - T_{tcs1}^{ij} \dots\dots\dots \text{식 (5)}$$

- 물론 T_{tcs1}^{ij} 의 교통량이 참값으로 가정되는 것은 자료수집 과정상의 오류나 무리일 수 있으나 현재 이용 가능한 자료 중에는 가장 정확한 기종점 통행량 관련 정보이므로 이러한 가정을 본 연구에서는 사용하였음
- T_{tcs1}^{ij} 과 관련한 또 다른 문제는 T_{tcs1}^{ij} 자체가 변동을 갖는 값이라는 점임
- 즉, 동일한 기종점쌍도 서로 다른 날 집계하면 상이한 교통량 값을 가질 수 있으며, 2013년 KOTI의 VDF 정산 과제에서 확인한 바에 따르면 우리나라 고속도로의 경우 5~15% 정도의 평일 교통량 변동이 존재함
- 따라서 T_{KTDB}^{ij} 값은 상수라 하더라도 ϵ_{KTDB}^{ij} 값은 변동을 갖는 확률변수로 정의될 수 있음
- T_{tcs1}^{ij} 에 대한 확률적 분석은 이후 내용에서 언급하도록 함
- Type 2의 기종점쌍의 경우 T_{KTDB}^{ij} 의 교통량 중 고속도로를 이용하는 교통량과 고속도로를 이용하지 않는 교통량을 구분하여야 함
- TCS 자료를 이용해 Type 2 기종점에 대해 계산할 수 있는 기종점 통행량을 T_{tcs2}^{ij} 라 정의하고 해당 기종점 교통량의 고속도로 이용률을 θ 로 정의함
- 이 경우 Type2 기종점의 교통량 비교는 아래와 같이 계산됨

$$\epsilon_{KTDB}^{ij} = T_{KTDB}^{ij} \cdot \theta^{ij} - T_{tcs2}^{ij} \dots\dots\dots \text{식 (6)}$$

- 이 경우 ϵ_{KTDB}^{ij} 는 기종점쌍 ij 가 포함할 수 있는 모든 오차를 의미하는 것이 아니라 고속도로를 통행하는 교통량에 대한 오차를 의미함
- 기종점쌍 ij 간 일반도로를 이용한 교통량($(1-\theta^{ij}) \cdot T_{KTDB}^{ij}$)에 대한 오차는 TCS로는 직접적인 확인이 불가능함
- 이와 마찬가지로 Type 3의 경우 TCS 자료를 통해서도 기종점 통행량을 확인할 수 없기 때문에 ϵ_{KTDB}^{ij} 의 값 계산이 불가능함

- 따라서, TCS 자료를 이용한 기종점 통행량 추정 및 검증의 경우 기종점 통행량 고속도로 이용률 (θ^{ij})에 따라 검증 범위가 결정되며, 그 개념을 요약하면 <그림 2-9>와 같음
- TCS 자료를 통한 교통량 검증이 불가능한 Type2의 일부 교통량과 Type3의 교통량에 대해서는 내비게이션 자료나 관측링크 교통량과 같은 추가자료를 이용한 추정 및 검증 기법의 개발이 필요함



<그림 2-9> KTDB 기종점 유형별 교통량 검증 가능 범위

나. TCS 기반 기종점 통행량 추정 및 분석 기법 개발

- 앞서 설명한 바와 같이 본 연구에서는 KTDB 기종점 통행량의 검증을 위해 TCS 통행자료를 핵심자료로 사용함
- TCS 자료를 통해 KTDB의 모든 기종점 쌍에 대한 교통량 추정 및 검증이 가능한 것은 아니나 Type1 교통량 전체와 Type2 교통량 중 고속도로 통과 교통량에 대한 검증이 가능함
- 그러나 TCS 기종점 통행량은 KTDB 교통망 전체 기종점에 대한 기종점 교통량을 수집한 것이 아니라 요금소에 의해 유출입이 확인되는 고속도로 교통망에 대한 통행 기록만이 수집되는 것임
- 따라서 TCS 기종점 통행량으로 KTDB 기종점 통행량을 검증하기 위해서는 TCS 기종점 통행량을 이용해 KTDB 기종점 통행량을 추정하는 모형의 개발이 필요함
- 모형개발을 위한 기술은 다양한 형태로 개발 될 수 있으나 본 연구에서는 두 가지 모형을 다음과 같이 제안하였음

1) Model1

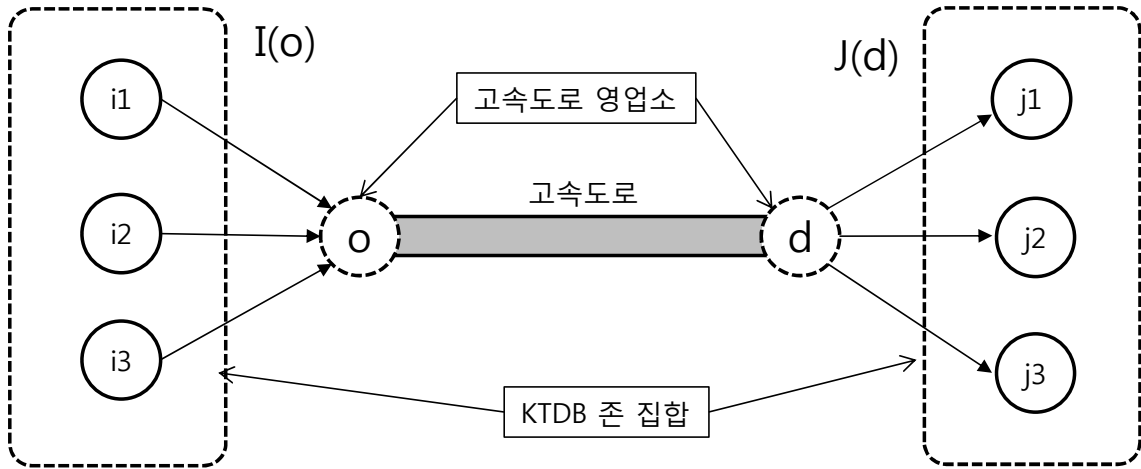
- 첫 번째 기법은 내비게이션 자료와 TCS교통량을 이용하여 KTDB 기종점 교통량의 값을 추정하는 것임
- 분석을 위해서는 먼저 내비게이션 자료를 분석하여 개별 TCS 영업소로부터 유출된 차량들이 통행을 종료하는 지점을 확인한 뒤, KTDB 존 체계에 따라 이 차량들의 종점을 정의함
- 이때 종점의 정의는 매우 적은 표본 숫자의 차량들이 도착한 KTDB 존은 무시하고 유의한 숫자 이상의 표본이 확인된 고속도로 영업소와 KTDB 존 간에만 정의함
- 특정 고속도로 영업소와 KTDB 존 간의 관계가 정의되면 다음으로는 TCS 유출 교통량 및 유입교통량의 KTDB 존 간의 배분 비율을 정의해야 함
- 고속도로 영업소 d 에서 유출하여 KTDB 존 j 로 통행한 차량의 표본 숫자를 n^{dj} 라 정의함
- 이 경우 고속도로 특정 영업소 d 에서 진출하여 KTDB의 특정 존 j 에 도착한 차량의 비율 σ^{dj} 는 식 (7)과 같이 결정 가능함

$$\sigma^{dj} = \frac{n^{dj}}{\sum_{n \in J(d)} n^{dn}} \quad n, j \in J(d) \dots\dots\dots \text{식 (7)}$$

- 이때 는 $J(d)$ 영업소 d 로 고속도로를 빠져나온 차량들이 도착한 KTDB 존들의 집합을 나타냄
- 반대로 KTDB 존에서 출발하여 고속도로 영업소로 진입하는 경우도 동일하게 비율을 식 (8)과 같이 계산할 수 있음

$$\sigma^{io} = \frac{n^{io}}{\sum_{m \in I(o)} n^{mo}} \quad i, m \in I(o) \dots\dots\dots \text{식 (8)}$$

- 따라서 고속도로 영업소와 KTDB 존과의 관계는 <그림 2-10>과 같음
- 여러 KTDB 기점에서 고속도로 영업소 o 로 진입하는 교통량의 비율 역시 TCS 유입량을 개별 KTDB 기점별로 나누어 어떤 KTDB 기점에서 얼마나 특정 고속도로 영업소에 진입하였는가를 계산하기 때문에 영업소 유입량의 KTDB 기점 배분율로 정의함
- 따라서 고속도로 영업소 o 에 진입한 차량들의 KTDB 기점 집합을 $I(o)$ 로 정의함
- 이렇게 KTDB 존과 고속도로 영업소간의 관계가 정의되면 다음으로 TCS 기종점 교통량을 KTDB 존에 배정하여 KTDB 기종점 교통량을 계산하여야 함



<그림 2-10> 고속도로 영업소와 KTDB 존 간의 관계

- 이를 위해 고속도로 영업소 o 에서 영업소 d 로 진행하는 TCS 기종점 교통량을 t^{od} 라 정의하고, 고속도로 영업소 o 로 진입한 고속도로 교통량을 t^o , 고속도로 영업소 d 에서 진출한 고속도로 교통량을 t^d 로 정의함
- 이 경우 KTDB 존 i 에서 존 j 로 통행한 KTDB 기종점 교통량 T^{ij} 를 계산할 수 있음
- 계산을 위해서는 먼저 KTDB 기점 존 i 에서 고속도로 영업소 o 를 통과해 고속도로 영업소 d 까지 통행한 교통량을 편의상 T^{iod} 라 정의하면 식 (9)와 같이 계산할 수 있음

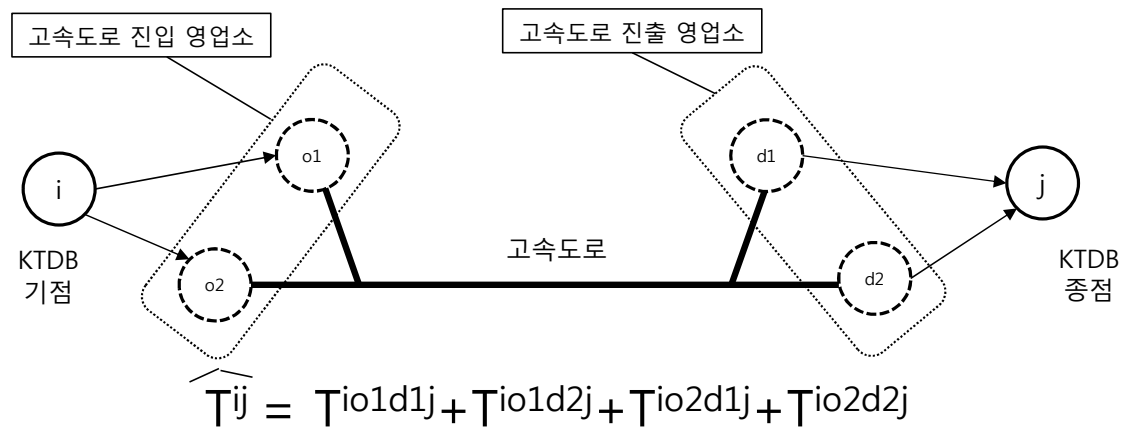
$$T^{iod} = t^{od} \cdot \sigma^{io} \dots\dots\dots \text{식 (9)}$$

- T^{iod} 가 계산되면 σ^{dj} 를 이용하여 KTDB 기종점 ij 간 교통량중 고속도로 영업소 o 와 d 를 통과한 기종점 교통량 T^{iodj} 를 식 (10)과 같이 계산할 수 있음

$$T^{iodj} = T^{iod} \cdot \sigma^{dj} \dots\dots\dots \text{식 (10)}$$

- 변수의 첨자가 의미하는 바와 같이 T^{iodj} 는 KTDB 존 ij 간의 교통량 중 고속도로 영업소 od 를 통과한 교통량만을 의미하는 것인데, <그림 2-11>과 같이 KTDB 기종점 ij 간의 총 교통량은 다른 영업소를 통해 고속도로를 이용한 모든 교통량을 모두 더해야 함
- 따라서 최종적으로 TCS 자료로 추정한 기종점 통행량 \hat{T}^{ij} 를 계산하기 위한 식은 식(11)과 같음

$$\hat{T}^{ij} = \sum_{r \in O} \sum_{s \in D} T^{irsj} \dots\dots\dots \text{식 (11)}$$



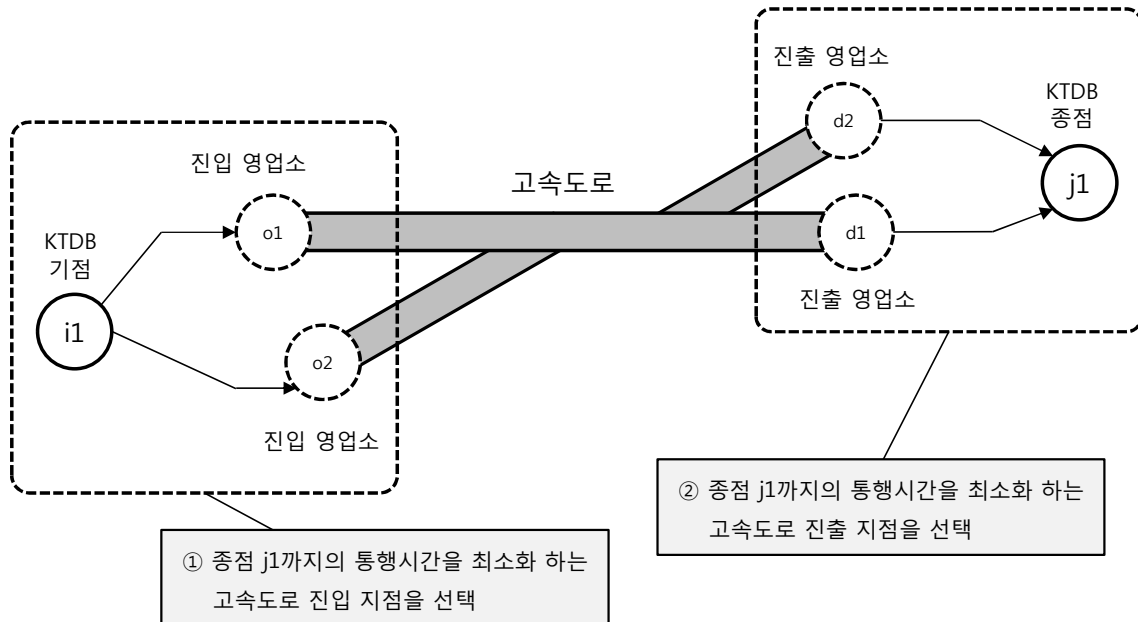
<그림 2-11> TCS 교통량 집계를 통한 KTDB 기종점 교통량 계산

- 이렇게 TCS 교통량을 통해 KTDB의 기종점 교통량이 추정되면 이 값과 현재 KTDB의 기종점 교통량을 비교하여 KTDB OD 교통량(\bar{T}^{ij})의 신뢰도를 평가할 수 있음

2) Model2

- Model 1의 경우 내비게이션 자료를 이용하여 TCS 기종점 교통량을 KTDB의 기종점에 배분하는 모형구조를 가지고 있음
- TCS 자료의 경우 고속도로 교통망 내의 기종점 통행수요를 높은 정확도로 파악할 수 있으나, 이를 KTDB 교통망의 기종점으로 확장하기 위해서는 내비게이션 자료를 사용해야하는데 내비게이션 자료의 경우 모집단 자료가 아니라 표본 자료이기 때문에 모집단의 값과는 상당한 편차가 존재할 수 있음
- 예를 들어 TCS 수집 기간이 달라지거나 내비게이션 자료의 수집기간이나 표본율이 달라지는 경우 Model 1을 통해 추정된 KTDB 기종점 통행량은 그 값이 달라질 수 있음
- 이와 같이 Model 1의 경우 모형의 구조상 계산에 사용되는 핵심 정보들이 관측 자료에서 직접 추정되어 사용되기 때문에 매우 자료 의존적인 모형임
- Model 1은 이러한 특징 때문에 자료가 가진 정보를 최대한 활용하기는 하지만 운전자들의 행태가 반영되지는 않는 한계가 존재함
- Model 1이 갖는 또 다른 한계는 TCS 기종점 통행량을 KTDB 기종점 통행량으로 확장하는 과정에서 발생함

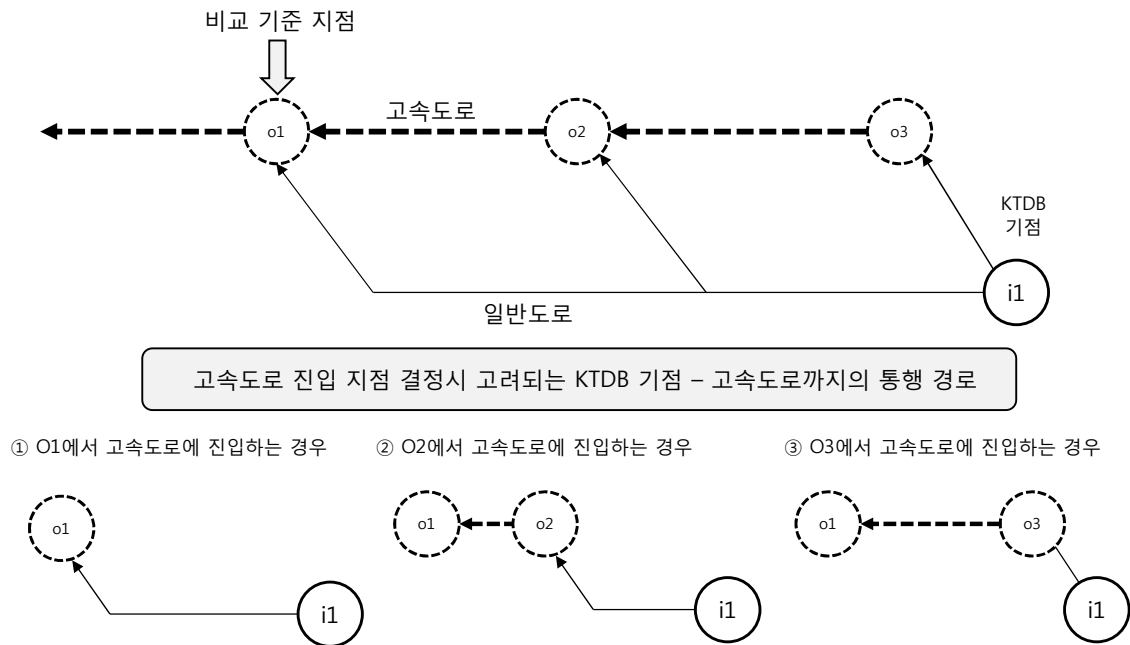
- Model 1의 경우 기종점 교통량을 KTDB 기종점으로 내비게이션 자료에 의해 분할 배분하는 과정으로 구성되어 있으나, 현실에서는 이와 반대로 KTDB 기종점 간을 통행하는 차량들이 고속도로 진출입 지점을 선택함
- 즉, 현실에서는 KTDB 기종점 교통량이 고속도로의 진입지점과 진출지점을 자신의 경로선택 결과에 따라 결정하는 것임



<그림 2-12> 고속도로 이용 운전자의 고속도로 진출입 영업소 선택

- <그림 2-12>에서 설명하는 바와 같이 고속도로를 이용하는 KTDB 기종점상의 운전자는 자신의 기점으로부터 종점까지의 통행시간을 최소화 시켜줄 수 있는 고속도로의 진입 및 진출 지점을 결정하게 됨
- 이를 Model 1과 비교하면 Model 1에서는 하나의 고속도로 영업소에서 여러 KTDB 기점과 종점으로 나누어지는 비율을 계산하는 방식으로 기종점 통행량 추정이 진행되었으나, 현실의 운전자는 하나의 KTDB 기종점에서 복수의 고속도로 진출입 지점을 선택하기 때문에 선택 비율의 의미가 전혀 다르다고 할 수 있음
- Model 1이 TCS 집계 자료를 개별 KTDB 기종점에 분할하는 집계적인 (Aggregate) 접근법을 사용하고 있다면, <그림 2-12>에서 설명한 실제 고속도로 이용자들이 고속도로 TCS 자료를 만들어내는 과정은 운전자들의 개별 행태 (Discrete behavior)에 기초한 방법이라 할 수 있음

- Model 2는 이러한 개별 운전자들의 선택 문제를 모형화하는데 목표를 두고 있는 개별행태 모형 기반 추정법임
- 이를 위해 Model 2에서는 KTDB 존과 고속도로 영업소간의 연결성 결과를 운전자들의 영업소 선택 행태에 따라 설명하며, 이러한 선택 행태 묘사를 위해 본 연구에서는 개별행태 모형인 다항 로짓 모형을 사용함
- 다항 로짓모형을 이용하여 운전자들이 고속도로 진입지점이나 출입지점을 선택하는 문제를 설명하려면 고속도로 영업소 선택 문제에서 고려되는 효용이나 비효용 항에 대한 설계가 필요함
- 고속도로 영업소 선택 문제를 수학적으로 구성하기 위해 두 선택 문제 중 KTDB 기점에서 고속도로 영업소를 선택하는 문제를 고려함
- KTDB 기점에서 고속도로 진입 영업소를 선택하는 문제를 다항 로짓모형으로 설명하는 것은 로짓모형을 이용한 통행종점 선택문제와 유사하기 때문에 통행 시작지점에서 고속도로 진입 영업소까지의 통행 시간과 비용을 고려하면 되는 것으로 판단할 수 있으나, 이렇게 효용함수를 구성하면 KTDB 기점에서 가장 비효용이 적은 고속도로 영업소를 선택하게 됨
- 그러나 현실의 고속도로 영업소 선택 문제의 경우 그렇지 않은데, 그 이유는 고속도로 영업소 선택 문제가 실제로는 종점까지의 경로선택 문제의 결과에 의해 결정되기 때문임
- 따라서 고속도로 영업소 선택 문제 모형화를 위해서는 KTDB 기점에서 종점까지의 경로 계산을 통해 선택 문제를 구성하여야하나, 실제로는 고속도로에 진입한 이후에는 동일한 고속도로 구간을 따라 통행하므로 KTDB 기종점 간 경로 상에서 공통의 고속도로 구간이 시작하는 지점 전까지의 통행 비효용만을 고려하면 됨
- 이러한 방법론에 의해 고속도로 진입 영업소 선택 문제는 다음과 같이 구성 가능함
- 예를 들어 KTDB 출발 차량의 고속도로 진입 영업소 선택 문제는 자신의 최종 종점을 고려하여 <그림 2-13>과 같이 설명 가능함
- 기점 $i1$ 에서 종점까지 통행하기 위해 고속도로를 이용해야하는 경우 진입가능한 지점이 $o1$, $o2$, $o3$ 라고 가정함
- 이 경우 $o1$ 이후의 통행경로는 어떤 경로를 따르더라도 고속도로를 이용하는 경우 동일하므로 $i1$ 에서 $o1$ 까지의 통행경로만을 고려하면 전체 종점까지의 경로를 고려하는 것과 동일한 상황이 됨



<그림 2-13> 복수 경로를 고려한 고속도로 진입 영업소 선택 문제

- 따라서 이 경우 o1이 고속도로 영업소별 경로 비교에서 고려되는 마지막 지점이 되고 본 연구에서는 이를 비교기준지점이라 정의함
- o1이 비교 기준지점이 되면 o1, o2, o3를 통과해 o1에 도달하는 경로는 <그림 2-13>의 아래 세 경로들과 같이 정리되며 로짓 모형에서 고려되어야하는 각 고속도로 영업소 선택 시 비효용 역시 해당 경로들의 통행 비효용이 됨
- Model 2가 Model 1과 비교해 갖는 가장 큰 장점은 예측 분석에 사용이 가능하다는 점임
- Model 1의 경우 현재 자료에 기반하여 KTDB 존과 고속도로 영업소간의 관계를 설명하기 때문에 만약 고속도로 영업소가 새로 추가되는 경우 해당 영업소가 포함된 내비게이션 자료가 수집되지 않는 경우 TCS 기종점 교통량을 이용한 KTDB 기종점 통행량 추정이 불가능함
- 그러나 Model 2의 경우 통행비용을 통해 일반적인 운전자의 영업소 선택 행태를 설명하기 때문에 새로운 영업소가 추가되더라도 로짓모형을 이용하여 운전자들의 행태를 반영해 새로운 영업소를 선택하는 교통량을 추정할 수 있음
- Model 2에 사용되는 로짓모형의 정의는 식 (12)와 같음

$$p^{rm} = \frac{e^{U^{rm}}}{\sum_{io} e^{U^{io}}} \quad r \in I, m, o \in O(r) \dots\dots\dots \text{식 (12)}$$

- 본 연구에서는 고속도로 교통망의 기종점 노드 집합을 O 와 D 로 각각 정의하고, KTDB의 기종점 집합을 각각 I 와 J 로 정의함
- 또 특정한 고속도로 유출입 지점의 경우 m 과 n 으로 표시하고, 특정한 KTDB 기종점은 r 과 s 로 표시함
- 이때, 식 (12)의 선택확률 p 은 특정한 KTDB 기점 r 에서 고속도로 진입지점 m 을 선택할 확률로 정의됨
- 또, KTDB 교통망의 특정 기점 r 에서 진입을 고려하는 고속도로 유입 영업소 O 의 집합은 $O(r)$ 로 표시하는데, 이 경우 O 의 정의는 내비게이션 자료 등을 통해 r 을 출발한 차량이 진입한 고속도로 영업소만으로 제한될 수 있음
- 즉, 본 연구에서 $O(r)$ 은 KTDB 특정 기점 r 에서 출발한 차량이 진입을 고려하는 고속도로 진입 지점 집합을, $D(s)$ 는 KTDB 특정 종점 s 에 도착해야 하는 차량이 진출을 고려하는 고속도로 진출 지점 집합을 나타내며 이 집합은 내비게이션 자료를 통해 확인된 지점만으로 구성함
- 식 (13)을 통해 고속도로 진입지점 선택 확률을 계산하기 위해서는 로짓모형의 효용함수 값이 필요함
- i 에서 o 를 선택하는 확률을 설명하는 io 간 효용함수는 두 지점의 통행 시간과 통행거리에 의해서 구성된다고 가정할 수 있음

$$U^{io} = \alpha \cdot c_t^{ioY} + \beta \cdot c_d^{ioY} + \gamma \cdot c_m^{ioY} + Const + \epsilon \dots\dots\dots \text{식 (13)}$$

- 이때 c_t^{ioY} 는 i 에서 o 를 통과해 비교 기준지점 Y 까지 통행하는데 소요되는 통행시간이며, c_d^{ioY} 는 i 에서 o 를 통과해 비교 기준지점 Y 까지 통행하는데 소요되는 통행거리이고, c_m^{ioY} 는 i 에서 o 를 통과해 비교 기준지점 Y 까지 통행하는데 소요되는 지불통행비용임
- α, β, γ 는 정산이 필요한 파라미터이며 만약 효용함수에서 고려가 필요하지 않는 항이 있는 경우 해당 파라미터를 0으로 가정할 수 있음
- 본 연구의 경우 통행 시간을 통해 지불 통행 비용 이외의 통행 저항은 모두 고려된다고 가정하고 β 는 0으로 가정하며, 고속도로 지불 통행비용 역시 각 경로 간에 큰 차이가 없다고 가정하여 γ 도 0으로 가정함
- 그밖에 특정 경로에 대한 선호도 크게 존재하지 않는다고 가정하면 상수항으로 정의되는 특성 상수도 필요 없어 $Const$ 역시 0으로 가정할 수 있으며, 마지막으로 효용함수를 통해 설명되지 않는 요인들을 반영하는 확률적 효용 ϵ 은 Gumbel 분포를 따른다고 가정하여 로짓 모형을 적용함

- 식 (12)와 (13)에 의해 효용함수와 다항 로짓 모형이 구축되면, 마지막 할 일은 로짓모형의 파라미터 α 를 정산하는 일임
- 본 연구에서는 내비게이션 자료를 이용하여 KTDB의 기점 i 와 종점 j 에서 고속도로 진입지점 $O(i)$ 와 $D(j)$ 를 선택하는 비율을 관측할 수 있고, 이 비율을 재현할 수 있는 α 를 찾으면 다항 로짓 모형의 정산은 끝나게 됨
- 고속도로 유출입구 선택 모형을 구축하는 Model 2가 Model 1에 비해 갖는 장점은 2가지 임
- 첫 번째는 Model 1의 경우 고속도로 유출입구에서 KTDB 기종점으로 배분되는 비율의 계산이 내비게이션 표본이 많지 않은 영업소에 대해서는 정확히 계산되기 어려우나, Model 2의 경우 표본이 없는 KTDB 기종점의 경우에도 근접한 고속도로 영업소 집합만 정의되면 선택 확률을 계산할 수 있음
- 두 번째 장점은 Model 1의 경우 장래 TCS 통행량이 증가하여 혼잡 패턴의 변경이 발생하는 경우 등 통행 패턴의 변화에 따라 KTDB 기종점과 고속도로 유출입 지점간의 관계가 바뀌는 경우에 이를 반영할 수 없으나, Model 2는 로짓모형이 통행 시간에 따른 경로선택의 일반적 행태를 설명하기 때문에 교통망의 환경 변화를 반영한 고속도로 유출입구 선택의 변화를 예측할 수 있다는 점임
- 다만, 본 연구에서 다항 로짓 모형을 사용하기 때문에 IIA(Independence of Irrelevant Alternatives, 비관련 대안간의 독립성)가 보장되어야 하나 <그림 2-13>에서 보듯 일부 경로 간에 고속도로 통과 구간이 중복되는 문제가 발생함
- 그러나 본 연구에서는 로짓모형의 실제 적용과 영업소 통과 경로 간 고속도로 통과 구간 길이 중복이 전체 경로의 길이에 비해 크지 않다고 가정하고 IIA는 만족된 것으로 가정함

3) 고속도로 통과교통량 추정 기법 선정

- 앞서 설명한 바와 같이 본 연구에서는 TCS OD와 내비게이션 통행자료를 직접 이용하는 Model 1과 이들 자료를 통해 고속도로 이용자들의 영업소 선택 행태를 로짓모형 기반으로 설명하는 Model 2를 개발하였음
- 첨단 자료를 그대로 수정 없이 그대로 이용한다는 점에서 Model 1은 자료가 정확하고 상세할 경우 높은 신뢰도를 확보할 수 있음
- 또, 복잡한 모형을 이용하지 않는다는 점에서 정산에 따른 오차나 모형 자체의 한계 등으로부터 자유로울 수 있음

- 예를 들어 Model 2가 사용하는 로짓 모형의 경우 대안간 독립성이 보장되어야 신뢰성 있는 설명력 확보가 가능한데, 앞서 설명한바와 같이 고속도로 경로의 경우 서로 다른 영업소를 이용하더라도 일부 구간에서 경로 중복이 발생하게 됨
- 또 Model 2의 특성상 개별 영업소별로 자료를 분류하여 KTDB 기종점 존에 대한 선택 모형을 영업소별로 독립적으로 구축해야하는데 이 때문에 정산과 검증 계산량이 과다하고 필요한 내비게이션 자료의 숫자도 방대함
- 따라서 본 연구에서는 TCS OD 교통량을 이용한 KTDB OD 교통량 추정 기법으로서 Model 1을 사용하기로 함

다. 고속도로 비통과 기종점 통행량 추정 및 분석 기법 개발

- 앞서 설명한 바와 같이 본 연구에서는 TCS OD와 내비게이션 자료를 이용해 KTDB 기종점 교통량을 추정하는 Model 1과 Model 2를 개발하였음
- 그러나 Model 1과 Model 2가 갖는 한계는 고속도로 통과 교통량이 존재하는 기종점 통행량의 검증만이 가능하다는 점임
- 즉, Type 1과 같이 대부분의 기종점 통행량이 고속도로를 통과하는 경우에는 대부분의 기종점 통행량을 TCS OD를 이용해 추정할 수 있으나, Type 2와 같이 일부의 교통량만이 고속도로를 통과하는 경우에는 전체 기종점 통행량을 TCS OD만으로 추정하기는 매우 어려움
- 게다가 Type 3과 같이 기종점 통행량이 고속도로를 통과하지 않는 경우에는 TCS OD를 확장해 KTDB OD를 추정하는 Model 1과 Model 2는 KTDB OD 추정 문제에 적용이 불가능함
- 따라서 TCS OD를 기반으로 KTDB OD를 추정 및 검증하는 본 연구에서는 고속도로를 통과하지 않는 교통량에 대한 추정 기법이 필요함
- 이에 대한 해결 방법으로 본 연구에서는 내비게이션 자료에 의해 얻어진 표본 OD를 활용하는 방법을 개발하였음
- 내비게이션 표본 OD의 경우 본 연구에서 관측교통량과의 비교 검증 및 TLFD(Trip length frequency distribution)등의 검토를 통해 국내 교통망의 통행 기종점표에 대한 설명력이 있음을 검증하였음
- 본 연구에서 고려하는 세 가지의 기종점 교통량 중 Type 1의 경우 대부분의 교통량이 고속도로를 이용하는 것으로 정의되므로 Model 1이나 Model 2에 의해 계산되는 값을 검증에 사용할 수 있음

- TCS OD의 경우 모집단에 가까운 정확도를 가지고 있기 때문에 모형에 의한 추정값이나 내비게이션 OD에 비해서는 상대적으로 정확하다고 간주할 수 있고, 본 연구의 모든 분석에서 가장 정확한 값으로 가정함
- 따라서 본 연구에서 내비게이션 자료를 통해 분석하는 기종점쌍 유형은 Type 2와 Type 3으로 한정함

1) 내비게이션 자료의 표본율 추정

- 내비게이션 표본 OD를 이용해 KTDB OD를 추정하기 위해서는 내비게이션 표본 OD의 표본율이 필요함
- 모집단이자 추정 대상 OD인 KTDB OD가 1일 교통량을 포착한 것이므로 표본율의 정확한 산정을 위해서는 내비게이션 자료 역시 1일치를 사용하여야하나 내비게이션 자료의 경우 1일 수집 표본량이 매우 적기 때문에 이를 통한 OD분석은 현실적으로 어려움
- 따라서 내비 자료는 장기간 수집된 자료를 집계하여 사용하며, 만약 자료의 누적기간이 길어져 표본의 총량이 KTDB OD량에 비해 더 커지거나 매우 표본율이 높아지면 내비 자료를 n 등분해 산술평균을 통해 표본량을 조정하여 사용토록 함
- 내비게이션 자료는 기종점 정보를 갖고 있기 때문에 표본율 역시 전체 총 통행량에 대한 표본율, 다음으로 기점별 표본율과 종점별 표본율, 그리고 마지막으로 개별 기종점별 표본율이 정의될 수 있음
- 개별 기종점별 표본율의 경우 각 기종점별로 상세한 표본율을 제공할 수 있으나 이 표본율을 이용해 전수화를 할 경우 전체 총량의 보전이 어려워지고 개별 기종점의 전수화 통행량이 실제 기종점 통행량에 비해 편기될 가능성이 큼
- 반대로 전체 총 통행량에 대한 표본율을 개별 기종점쌍에 일괄 적용할 경우 표본수가 많이 누적된 기종점쌍의 경우 KTDB OD 교통량에 비해 크게 과추정된 기종점 통행량이 추정될 수 있음
- TCS 자료에 의해 전체 교통량이 추정되는 Type 1 기종점쌍에 비하여 Type 2와 Type 3 기종점쌍의 경우 내비게이션 자료가 기종점 통행량 추정에 핵심적인 역할을 수행하므로 추정 표본율에 의해 큰 영향을 받을 수밖에 없음
- 따라서 향후 집계 방식에 따른 다양한 표본율 분석을 통해 현재의 내비게이션 자료의 전수화에 적합한 표본율 추정 방법을 개발해야 함

2) Type2 기종점쌍 교통량 추정 및 검증 기법

- 내비자료의 공간적 분석 특성과 표본율 추정에 대한 분석이 끝나면 분석 결과를 기초로 Type 2와 Type 3의 기종점 통행량을 추정해야 함
- Type 2의 경우 내비게이션 자료의 고속도로 통과율을 통해 정의되고 전수화가 진행되므로 정확한 기종점 통행량 추정을 위해서는 개별 기종점 별로 정확한 고속도로 통과 비율을 확보하는 것이 가장 중요함
- Type 2 기종점 쌍의 경우, Model 1이나 2를 통해 고속도로를 통행한 교통량에 대해서는 교통량 추정이 가능하지만 나머지 일반도로 교통량을 추정하는 방법은 두 가지가 있음
- 첫 번째 방법은 고속도로 통과율과 Model 1이나 2를 이용한 추정 방법임
- 즉, 내비게이션 자료를 통해 추정된 고속도로 통과율 r 을 가정하고 TCS OD에 의해 추정된 고속도로 통과 KTDB OD 교통량(T_h^{ij})이 구해지면 전체 교통량과 고속도로 통과교통량간의 관계는 식 (14)로 정의됨

$$r \times T_{KTDB}^{ij} = T_h^{ij} \dots\dots\dots \text{식 (13)}$$

- 즉 표본율 r 을 알려져 있고 고속도로 통과 교통량(T_h^{ij})이 Model 1에 의해 계산되므로 T_{KTDB}^{ij} 교통량의 추정이 가능함
- T_{KTDB}^{ij} 과 T_h^{ij} 가 계산되면 일반도로 통과 교통량 (T_a^{ij})은 식 (14)와 같이 계산할 수 있음

$$T_a^{ij} = T_{KTDB}^{ij} - T_h^{ij} \dots\dots\dots \text{식 (14)}$$

- 이 기법은 KTDB OD 총량 T_{KTDB}^{ij} 을 얼마나 정확히 계산하는가가 추정 전체의 정확도를 결정하는 주요 요인이며, 이는 Model 1의 정확도와 고속도로 통과비율 r 값의 정확도가 매우 중요한 역할을 함
- Type 2의 기종점 통행량 추정 기법 중 두 번째 방법은 내비게이션 표본 OD를 활용하는 방법임
- 내비게이션 표본 OD는 KTDB OD와 기종점쌍이 동일하기 때문에 전수화할 경우 KTDB OD 총량을 추정할 수 있음
- KTDB OD가 추정되면 이 값에서 Model 1에 의해 추정된 T_h^{ij} 를 빼서 T_a^{ij} 를 계산할 수 있음
- 이 기법의 핵심은 내비게이션 표본 OD의 정확성임

- 현재 내비게이션 표본 OD의 전수화 기술이 완전하지 않고 단거리 통행의 경우 내비게이션 표본 OD가 과소표본추출이 이루어지는 경향이 있어 단거리 통행에 대해서는 이 기법을 사용할 경우 과소추정 문제가 발생할 수 있음
- 앞서 제시한 두 기법이 모두 기술적으로 한계가 존재하기 때문에 내비게이션 자료와 TCS 자료의 특성과 추정대상 기종점의 특성을 고려해 적합한 기법을 선택해야 함

3) Type3 기종점쌍 교통량 추정 및 검증 기법

- Type 3 기종점쌍은 고속도로 통과 교통량 비율이 거의 없다고 가정되는 기종점 쌍이므로 TCS OD에 의해서는 기종점 교통량의 추정이 전혀 불가능함
- 따라서 Model 1을 기반으로 기종점 교통량의 신뢰성을 검토하는 현재의 연구에서는 자료와 방법론의 한계상 Type 3의 기종점에 대한 OD 교통량 검증은 어려움
- 다만 포괄적인 연구의 방법론을 개발한다는 측면에서 내비게이션 자료를 활용한 Type 3의 기종점 통행량 추정 및 검증 방법론을 개발함
- 현재 Type 3 기종점의 경우 내비게이션 자료만이 기종점 통행량 추정 및 검증에 사용이 가능한데 이 자료는 표본 자료이기 때문에 기종점 총 교통량을 확인할 수 있는 자료가 필요함
- 따라서 Type 3 기종점 통행량의 총량 추정을 위해서는 링크 관측 교통량이 필요함
- 표본 기종점표와 링크 관측 교통량이 존재하는 현재의 DB 상황에 가장 적합한 OD 추정기법은 최우추정법(Maximum likelihood method)을 사용하는 링크 교통량 기반 OD 추정 기법임
- 최우 추정법이란 표본 조사를 통해 얻은 표본자료를 통해 모형의 모수 정산을 수행하는 방법으로서, 이때 모형의 모수값은 모집단으로부터 표본이 추출될 가능성이 극대화되도록 결정되는 방법임
- 최우추정법을 OD 추정에 사용한 연구는 Spiess (1987), Cascetta and Nguyen (1988)의 연구를 시작으로 Janson (1993), Watling (1994), Lo et al. (1996) 등이 대표적인 연구임
- 이러한 연구들은 대부분 링크 관측교통량과 표본 조사된 기종점 통행표를 이용하는 방법을 사용하였음
- Kim (2010)은 이러한 연구를 발전시켜 GPS 기술과 같은 궤적자료 수집이 가능한 환경에서 차량의 궤적 자료와 링크 관측교통량을 이용한 최우추정법 기반 동적 통행수요 추정 모형을 개발하였음

- 이상의 연구를 참고해 본 연구에서 개발한 기종점 통행량 추정 모형 목적함수의 수학적 구성은 식 (15)~(18)와 같음

$$L = \sum_{ij} \{ \rho^{ij} \cdot T^{ij} - \hat{t}^{ij} \cdot \ln(\rho^{ij} \cdot T^{ij}) \} \dots\dots\dots \text{식 (15)}$$

subject to

$$\sum_j T^{ij} = \hat{O}^i \dots\dots\dots \text{식 (16)}$$

$$\sum_i T^{ij} = \hat{D}^j \dots\dots\dots \text{식 (17)}$$

$$T^{ij} \geq 0 \dots\dots\dots \text{식 (18)}$$

- 식 (15)~(18)의 최적해를 구하기위해 이 식들의 Lagrangian formulation을 구성하면 식 (19)와 같으며, 알고리즘과 해당식의 파라미터 값의 상세한 계산 방법은 알고리즘 설명 부분에서 제시함

$$L = \sum_{ij} \{ \rho^{ij} \cdot T^{ij} - \hat{t}^{ij} \cdot \ln(\rho^{ij} \cdot T^{ij}) \} \\ + \sum_i \alpha^i \cdot \left(O^i - \sum_j T^{ij} \right) + \sum_j \beta^j \cdot \left(D^j - \sum_i T^{ij} \right) \dots\dots\dots \text{식 (19)}$$

- 이때 식 (19)에서 사용하는 링크 관측 교통량은 존 내부 통행량을 제외한 존 간 교통량만을 의미함
- 식 (19)의 기종점 통행량 추정 모형에서 추정하는 대상 기종점쌍은 Type 3의 기종점 쌍 뿐만 아니라 Type 2의 기종점 쌍이 될 수 있음
- Type 1의 경우 TCS OD에 의해 계산되었기 때문에 링크 관측교통량에 비해 상당히 높은 정확도를 가졌다고 판단하고 OD 추정 모형에 의한 값 조정을 허용하지 않을 수 있음
- 그러나 만약 Model 1에 의한 Type 1의 교통량 추정이 동일한 영업소를 이용하는 모든 영업소간 차량들에 대해 동일한 분할비율을 적용하므로 정확도가 낮다고 판단되는 경우에는 Type 1에 속한 기종점 쌍 역시 추정대상 기종점쌍으로 포함시킬 수 있음
- 이때 Type 2나 Type 3에 비해 Type 1의 기종점 통행량을 추정 과정에서 조정하는 최대폭을 제한함으로써 Model 1에 의한 추정 결과를 상대적으로 덜 변경하도록 제한할 수 있음
- Type 2 교통량의 경우 고속도로 통과 교통량은 Model 1에 의하여 추정이 되고 일반도로 통과 교통량만을 최우추정법 모형에 의해 추정할 수 있음

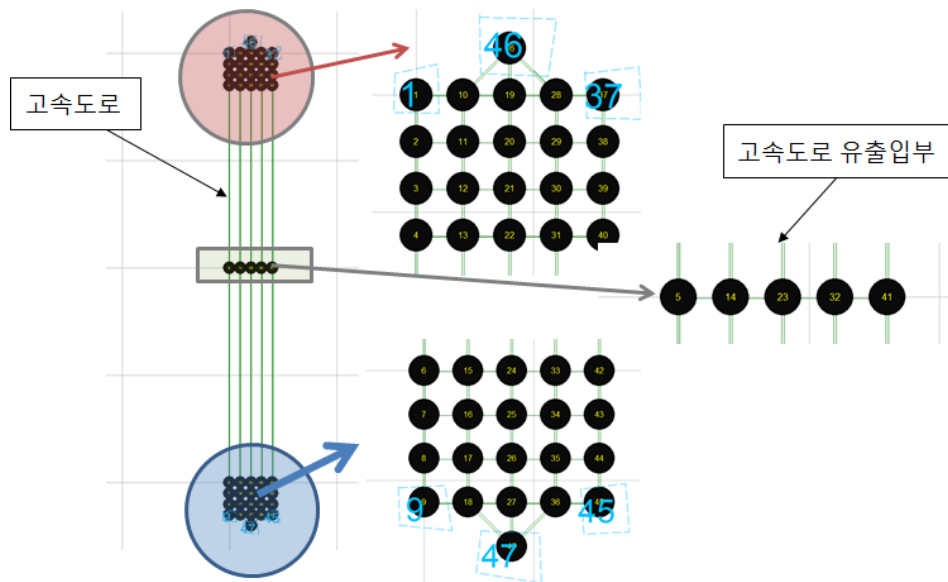
- 앞서 Type 2 기종점 쌍의 경우 Model 1에 의해 추정된 고속도로 통과 교통량과 고속도로 통과율 및 내비게이션 표본 OD를 이용하여 고속도로를 통과하지 않은 교통량을 추정하는 방법을 제시함
- 그러나 Type 2의 교통량 중 Model 1에 의해 추정된 교통량이나 내비게이션 표본 자료에 의해 추정된 교통량 모두 정확도 향상을 위해 링크 관측교통량과의 비교를 통해 조정을 거칠 수 있음
- 마지막으로 링크 관측교통량을 이용한 기종점 통행량 추정 및 검증을 위해 필요한 기능은 추정된 기종점 교통량을 관측지점에 배치하여 관측교통량과 비교할 수 있도록 하는 것임
- 일반적으로 많이 사용되는 방법은 통행배정 모형을 이용하는 것이나, 이 경우 이용자 평형 경로선택 규칙을 가정하게 되는데 이 가정이 실제 통행자들의 경로 선택과 차이가 있을 경우 기종점 통행량 추정에 오차가 발생함
- 이를 극복하기 위해 Kim(2010) 등의 연구에서는 내비게이션 자료등에 의해 기종점 쌍 별로 경로집합을 추정한 뒤 이를 이용해 통행을 배정하는 방법을 제안하였으나, 이러한 경로기반 통행배정 기법은 소형 교통망에서 실험되었을 뿐 대형 교통망에서 그 정확도를 확인한 연구는 없었음
- 경로기반 분석의 경우 교통망의 크기가 크면 방대한 계산량과 메모리가 필요한 문제점이 있기 때문임
- 이러한 한계를 극복하는 방법으로 기종점 통행량의 링크 통과 비율을 내비게이션자료를 통해 추정한 뒤, 기종점 통행량을 직접 링크 교통량으로 projection하는 방법을 이용할 수도 있음
- 하지만 이러한 모든 방법들은 이론적인 연구에서 주로 사용되었을 뿐 실무에서 대형교통망에 적용된 사례를 찾기 어려움
- 따라서 교통망의 크기와 이용자 평형 기반 통행배정 모형의 정확성 등을 종합적으로 판단하여 링크 교통량 계산 방법을 선택하여야 함

라. 기종점 통행량 검증 모형 사례 분석

- 앞서 설명한 바와 같이 TCS 자료를 활용한 KTDB OD 추정을 위해 본 연구에서는 Model 1을 사용하였음
- Model 1은 고속도로 영업소간 교차 교통량을 이용하여 KTDB 기종점간의 교통량을 추정하

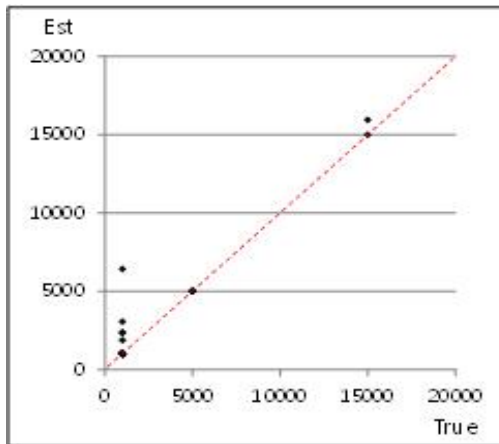
는 모형임

- 본 연구에서는 Model 1을 우리나라 전국교통망에 적용 전에 모형의 성능 검증을 위해 소형 교통망과 실제 교통망을 이용한 검증을 시행하였음
- 먼저 모형의 개발과 검증을 위해 <그림 2-14>와 같은 가상의 소형 교통망에서 실험을 실시함
- 교통망은 $G(47,164)$ 이며, 기종점쌍은 총 30개로 가정하였음

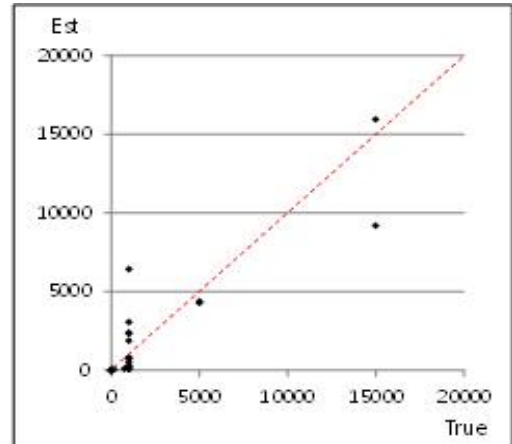


<그림 2-14> 실험용 소형 교통망

- TCS OD에 해당하는 고속도로 유입-유출 지점간 교차 교통량은 33개의 기종점쌍을 가정하였으며, 영업소로부터 전체 교통망의 기점과 종점으로 진행하는 비율 역시 가정값을 사용하였음
- Model 1에 의한 분석 결과 실제 전체 OD와 TCS OD를 통해 추정한 OD간의 평균 오차는 37.0%로 나타남
- 소형교통망에서의 Model 1 추정 결과를 보면 실제 OD 교통량에 비하여 전반적으로 과다 추정되는 기종점들이 상당히 확인되고 있음
- <그림 2-15>에서 확인되는 바와 같이 고속도로를 통과하는 교통량에 대한 추정 결과만을 보면 실제 고속도로를 이용한 통행량에 비하여 과다 추정된 기종점쌍이 존재함을 확인할 수 있음



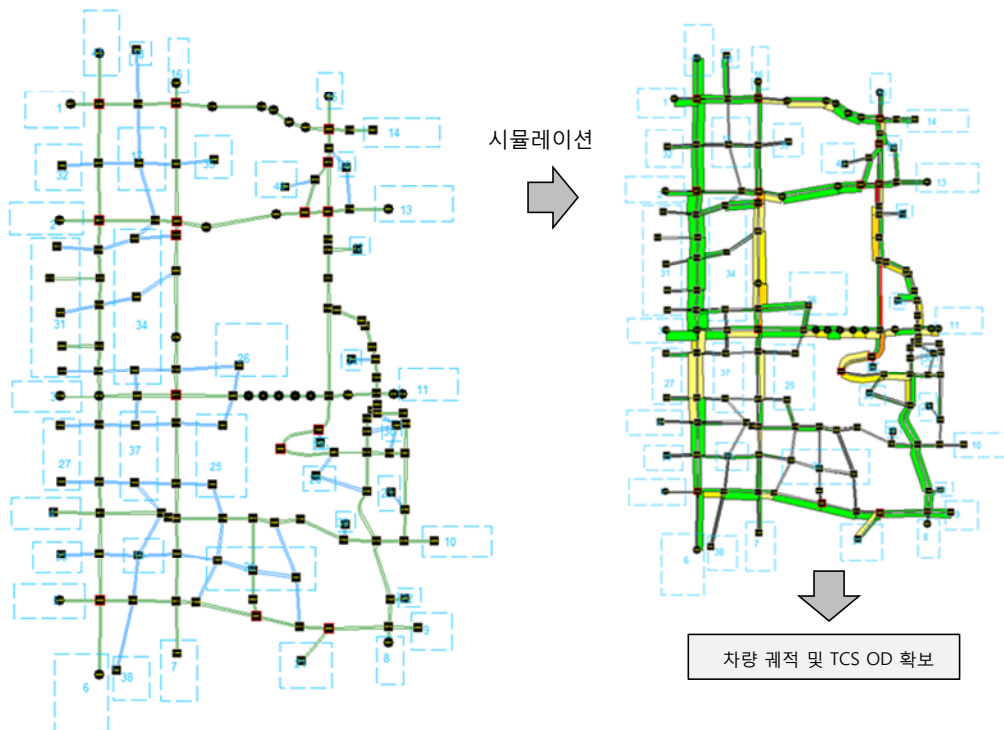
(가) 전체 추정 결과



(나) 고속도로 이용 통행량 추정 결과

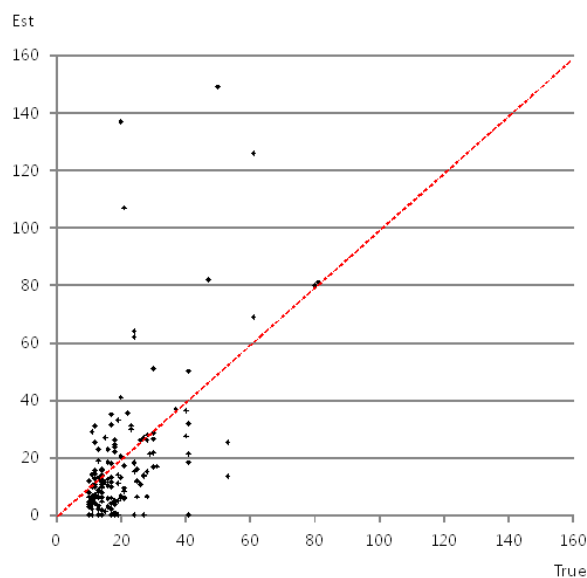
<그림 2-15> Model 1에 의한 소형교통망 OD 추정 결과

- 모형의 실용적 성능 검증을 위해 선택한 교통망은 미국의 Salt Lake City 교통망으로서, 해당 교통망은 최근 개발된 Mesoscopic traffic simulation model인 Nexta-DTALite 에 예제로 포함되어 있는 교통망임
- Salt lake city 교통망은 총 38개의 존으로 구성되어 있으며, 그 형태는 <그림 2-16>과 같음

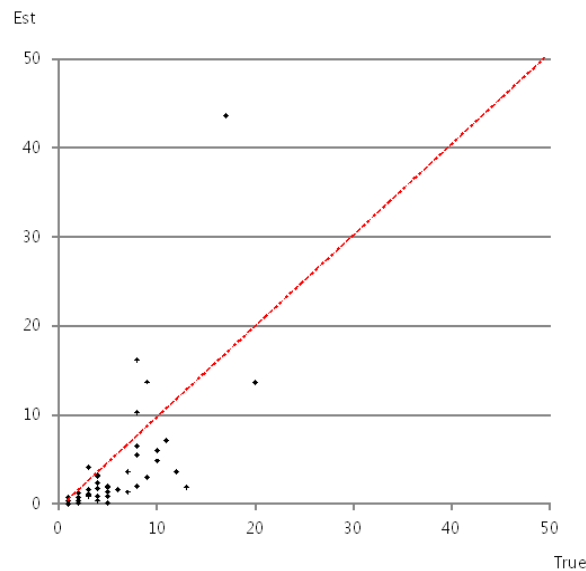


<그림 2-16> Salt Lake City 예제 교통망

- Model 1의 테스트를 위해 Salt lake city 교통망을 시뮬레이션하여 개별 차량 궤적을 발생 시켰음
- 발생 궤적을 집계하여 1) 고속도로망의 유출입 지점 간 OD를 구축하였고, 2) 영업소-전체 교통망 기종점간의 선택 비율을 계산함
- 각 자료는 고속도로 TCS OD와 차량 내비게이션 자료에 의한 선택 확률값으로 가정되어 Model 1 테스트에 사용되었음
- Salt Lake City 교통망 기종점쌍의 고속도로 통과 교통량 분석 결과 전체 1220개의 기종점 쌍 중 Type 1 기종점쌍이 792개, Type 2 기종점쌍이 70개, Type 3 기종점쌍이 358개였음
- 이 중 Type 2 기종점 쌍의 경우 전체 총량은 KTDB 교통량으로 고정하고 고속도로 통과 교통량만을 추정한 뒤, 나머지 차이를 일반도로 통과 교통량으로 가정함
- Type 3 기종점 쌍의 경우 Model 1의 추정 대상에서는 제외되므로 결과 분석에서 고려하지 않음
- Type 1 교통량의 경우 분석의 신뢰성을 위해 KTDB 교통량이 10 이상의 기종점 교통량이 존재하는 기종점쌍에 대해서만 분석을 시행하였으며, 추정 오차는 평균 0.58로 나타남
- Type 2 교통량의 경우 고속도로 교통량만을 추정 대상으로 하기 때문에 KTDB 교통량이 5 이상인 기종점 쌍에 대해서만 분석을 시행하였고, 추정 오차는 0.63으로 나타남



<그림 2-17> Model 1의 Salt Lake City Type 1 기종점 교통량 추정 결과



<그림 2-18> Model 1의 Salt Lake City Type 2 기종점 고속도로 교통량 추정 결과

- 분석 결과 Model 1의 추정 오차는 최소 37%~최대 63%로 나타남
- 오차의 주요 원인은 Model 1의 경우 동일한 영업소에서 유출되는 모든 차량들은 KTDB 종점에 배분되는 비율이 동일하다고 가정하기 때문인 것으로 판단됨
- 따라서 내비게이션 자료 등을 이용하여 Model 1의 오차를 줄일 수 있는 방안을 개발해야 함

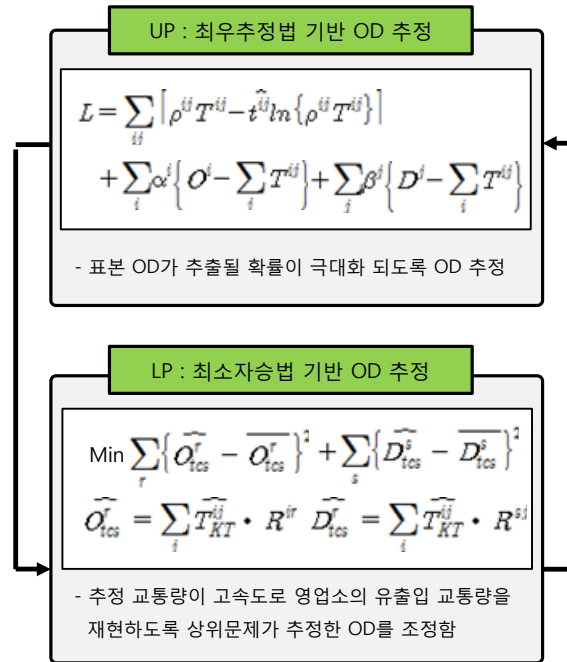
마. 최우추정법 기반 통행량 추정 모형 개발

1) 최우추정법 기반 OD 추정 모형의 개발

- 앞서 제시한 Model 1과 Model 2는 모두 TCS 자료를 기반으로 기종점 통행량을 추정하는 모형으로서, 고속도로 영업소간의 통행량과 영업소에서 KTDB 원 기종점간의 선택 비율을 내비게이션 자료에서 표본 추출해 기종점 통행량 추정에 사용하는 기법임
- Model 1의 경우 모형의 구조가 단순한 장점이 있고, Model 2의 경우 KTDB 각 기종점에서 고속도로 진출입 지점을 선택하는 개별행태모형을 구축함으로써 영업소 선택 행태 분석이 가능하다는 장점이 있음
- 그러나, 두 모형은 공통적으로 몇 가지 한계점을 가지고 있음
- 첫 번째 문제점은 고속도로를 통과하지 않는 교통량에 대한 기종점 통행량 추정이나 분석이 불가능하다는 점임
- 이는 모형의 한계는 아니며 고속도로를 이용한 통행만을 포착하는 TCS 자료 자체의 문제이

기는 하나, KTDB 기종점 통행량 검증을 목표로 하는 연구에서는 한계로 지적할 수 밖에 없는 문제임

- 두 번째 문제점은 내비게이션 자료의 활용도가 낮고 자료가 갖고 있는 정보를 충분히 활용하지 못한다는 점임
- 예를 들어 내비게이션 자료의 경우 KTDB 기종점 통행량의 표본 자료이므로 추정 대상 기종점 통행량의 공간적 분포에 대한 정보를 가지고 있으나, Model 1과 Model 2에서는 이러한 자료를 활용하지 못하고 고속도로 영업소와 KTDB 존 간의 관계 정의에만 사용하고 있음
- 세 번째 문제점은 동일한 고속도로 영업소에서 진출하거나 영업소로 진입하는 차량들이라도 기종점별로 KTDB 기종점을 선택하는 비율에 차이가 있을 수 있으나 Model 1과 Model 2의 경우 이를 구별해 고려할 수 있는 구조를 가지고 있지 않음
- 마지막 문제점은 일반적인 기종점 통행량 추정모형들의 경우 반복 계산을 통해 관측 자료를 재현하는 기종점 통행량 및 모형 내 모수를 추정하지만, 현재의 Model 1과 Model 2의 경우 이러한 feedback 계산과정 없이 TCS 통행량을 단순 배분 하는 형태로 KTDB 기종점 통행량을 추정한다는 점임
- 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 Model 3를 개발하였음
- Model 3의 기본 구조는 최우추정법과 최소자승법을 반복적으로 적용하여 KTDB 기종점 통행량을 계산하도록 설계되었음
- 최우추정법의 경우 내비게이션 자료에서 얻어진 표본 OD가 발생할 가능성을 최대화하는 KTDB OD 교통량을 추정하도록 설계되었음
- 최소자승법의 경우 TCS 자료에 의해 얻어진 고속도로의 각 영업소 진입 및 진출 교통량과 추정된 KTDB 기종점 통행량에 의해 계산된 고속도로 각 영업소 진출입 교통량 간의 차이를 최소화하도록 KTDB 기종점 통행량을 추정하는 모형임
- Model 1을 대체하기 위해 개발된 Model 3의 기본 구조는 <그림 2-19>과 같음
- <그림 2-19>에서 제시한 바와 같이 상위 문제에 위치하는 최우추정모형은 표본 추출된 내비게이션 자료가 얻어질 우도(Likelihood)를 극대화하는 기종점 통행량을 추정함
- 이러한 형태의 최우추정법 기반 OD 추정모형은 기종점 통행량 추정 기술이 개발된 초기부터 이용되어온 방법이며, 상세한 설명은 Kim(2008)에서 소개된 바 있음



<그림 2-19> Model 3의 수학적 구조

- 기점과 종점의 발생·도착 교통량이 알려진 조건하에 표본 OD가 존재할 때 기종점 통행량 추정을 위한 최우추정법 기반 수학적 모형은 식 (19)~(22)와 같음

$$T^{ML} = \max \ln L(\bar{t}^s | T) \dots\dots\dots \text{식 (19)}$$

$$\sum_{j \in J} T^{ij} = \widehat{O}^i \dots\dots\dots \text{식 (20)}$$

$$\sum_{i \in I} T^{ij} = \widehat{D}^j \dots\dots\dots \text{식 (21)}$$

$$T^{ij} \geq 0 \dots\dots\dots \text{식 (22)}$$

- 즉, 최우추정법에 의해 얻어지는 기종점 통행량(T^{ML})은 내비게이션 표본이 얻어질 확률이 극대화되는 전체 기종점 통행량임
- 최우 추정법에 의한 기종점 통행량 추정에서는 모든 존의 출발 교통량과 도착 교통량은 이미 알려져 있다고 가정하므로 이를 제약식으로 적용함
- 또 기종점 통행량 값은 비음이어야 함
- 이러한 제약조건을 반영하여 최적조건 도출을 위한 Lagrange function을 구축하면 다음과 같음

$$L = \sum_{ij} [\rho^{ij} T^{ij} - \hat{t}^{s,ij} \ln\{\rho^{ij} T^{ij}\}] + \sum_i \alpha^i \left\{ O^i - \sum_j T^{ij} \right\} + \sum_j \beta^j \left\{ D^j - \sum_i T^{ij} \right\} \dots\dots\dots \text{식 (23)}$$

○ 식 (23)의 최적해를 계산하는 해법 알고리즘은 Spiess (1988)에 의해서 제시되었으며, Kim (2008)에서 동적 OD 추정문제 해결에서도 적용되었다.

○ 식 (23)의 추정대상 파라미터는 표본율 ρ^{ij} , 발생 및 도착 제약의 파라미터 α^i 와 β^j 이며, 반복 갱신식은 각각 다음과 같음

○ 최적 조건을 유도하면, 최적의 추정 기종점 통행량 \hat{T}^{ij*} 는 식 (24)와 같이 계산됨

$$\hat{T}^{ij*} = \frac{\hat{t}^{ij}}{\rho^{ij} + \alpha^i + \beta^j} \dots\dots\dots \text{식 (24)}$$

○ 따라서 최적의 표본율은 다음과 같음

$$\rho^{ij} = \frac{\hat{t}^{ij}}{\hat{T}^{ij*}} - \alpha^i - \beta^j \dots\dots\dots \text{식 (25)}$$

○ 최적의 표본율이 계산되면 발생 및 도착 제약의 파라미터 α^i 와 β^j 는 식 (26)과 (27)을 이용해 계산함

$$\alpha^{i,n+1} = \alpha^{i,n} + \frac{\sum_{j \in J} \frac{\hat{t}^{ij}}{\rho^{ij} + \alpha^{i,n} + \beta^j} - \hat{O}^i}{\sum_{j \in J} \frac{\hat{t}^{ij}}{(\rho^{ij} + \alpha^{i,n} + \beta^j)^2}} \dots\dots\dots \text{식 (26)}$$

$$\beta^{j,n+1} = \beta^{j,n} + \frac{\sum_{i \in I} \frac{\hat{t}^{ij}}{\rho^{ij} + \alpha^i + \beta^{j,n}} - \hat{D}^j}{\sum_{i \in I} \frac{\hat{t}^{ij}}{(\rho^{ij} + \alpha^i + \beta^{j,n})^2}} \dots\dots\dots \text{식 (27)}$$

○ 각 반복계산마다 ρ^{ij} , α^i 및 β^j 는 순차적으로 갱신됨

○ 하위 문제의 경우 TCS 자료로 계산된 고속도로 영업소의 유입교통량($\overline{O_{TCS}^r}$)과 유출교통량($\overline{D_{TCS}^s}$)에 대하여 관측값과 추정값의 편차가 최소화되도록 전체 교통망의 기종점 통행량(T^{ij}) 최적값을 찾음

○ 이를 위한 목적함수는 식 (28)와 같음

$$\text{Min} \sum_r \{ \widehat{O}_{tcs}^r - \overline{O}_{tcs}^r \}^2 + \sum_s \{ \widehat{D}_{tcs}^s - \overline{D}_{tcs}^s \}^2 \dots\dots\dots \text{식 (28)}$$

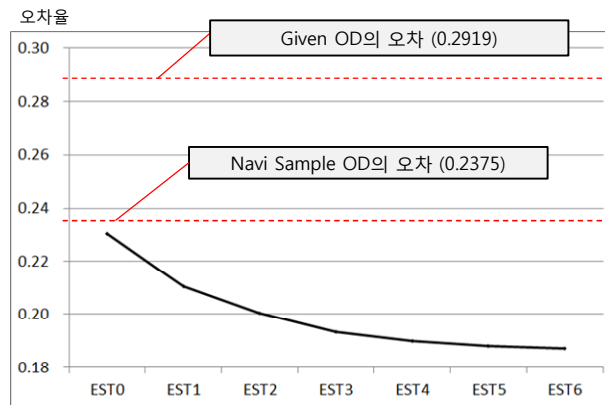
- 이때, 고속도로 영업소의 유입 유출 교통량 추정치는 아래 식들과 같이 계산할 수 있음

$$\widehat{O}_{tcs}^r = \sum_j \widehat{T}_{KT}^{ij} \cdot R^{ir} \dots\dots\dots \text{식 (29)}$$

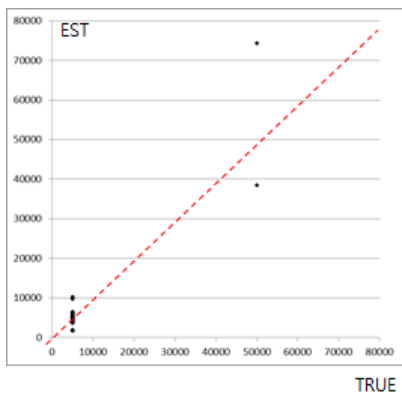
$$\widehat{D}_{tcs}^r = \sum_i \widehat{T}_{KT}^{ij} \cdot R^{sj} \dots\dots\dots \text{식 (30)}$$

2) Model3 개선효과 분석

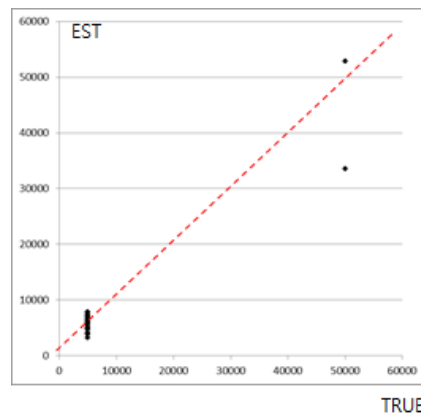
- Model 3의 기종점 교통량 추정능력 평가를 위하여 소형 교통망과 중형 교통망에서 모형의 성능 실험을 시행하였음
- 사용된 교통망은 Model 1의 성능 실험과 마찬가지로 <그림 2-14>에서 제시한 교통망과 Salt Lake City 교통망임
- 소형교통망의 경우 30% 수준의 오차가 주어진 OD교통량에 존재한다고 가정하였고, TCS 자료의 경우 시뮬레이션에 사용한 True OD에 의해 얻어진 것으로 가정하여 오차는 존재하지 않음
- 내비게이션 자료의 경우에는 현실에서 표본이 추출되는 과정에서 표본율에 상당한 편차가 존재할 수 있기 때문에 50%의 오차율이 존재한다고 가정하고 평균 표본율을 3%로 가정하여 True OD 교통량에서 표본숫자를 발생시킴
- Model 3에 의한 추정 과정과 결과를 그림으로 요약하면 <그림 2-20>과 같음
- 추정에 초기 자료로 사용한 기종점 교통량의 오차는 29.19%였으며, 내비게이션 표본 OD의 경우 오차는 23.75%로 나타남



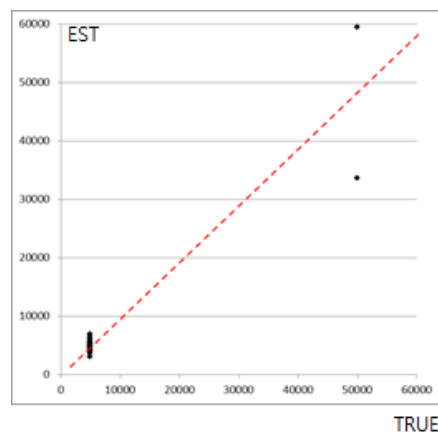
<그림 2-20> Model 3에 의한 기종점 통행량 오차 개선



(가) Given OD 편차



(나) 내비게이션 표본 OD

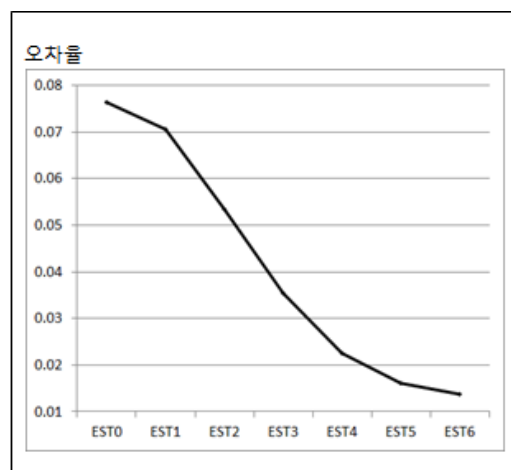


(다) 반복계산 8회 후 최종 추정 결과

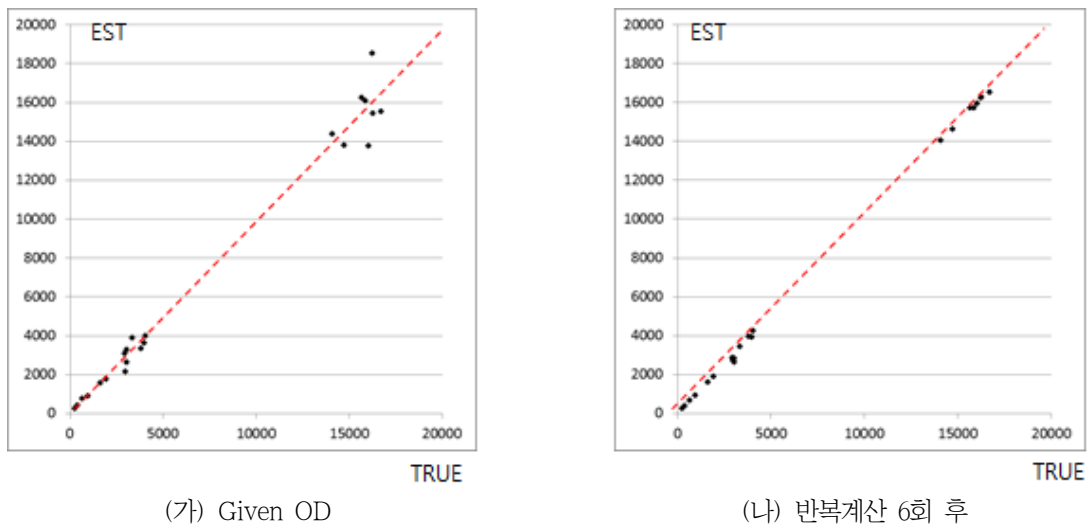
<그림 2-21> Model 3 소형교통망 적용시 True OD와 추정 OD 편차 분석

- Model 3을 적용한 결과 초기 반복계산 시작시 존재했던 오차는 23% 수준이었으나, 총 6회 반복계산 후에는 최종적으로 19.3%까지 추정오차가 감소한 뒤 반복계산이 정지됨

- 반복 계산의 정지조건은 기종점 교통량의 최대 변화폭이 1% 이내임
- Model 3의 경우 고속도로 유출입 교통량 재현이 하위문제의 목적함수로 제시되어 있기 때문에 이에 대한 검토도 필요함
- 내비게이션 표본 자료를 통해 얻어진 전체교통망의 기종점 존과 고속도로 유출입 교통량간의 관계를 이용하여 현재 추정된 기종점 통행량으로 고속도로 유출입 지점의 유입유출 교통량을 추정함
- 반복 갱신 전 주어진 기종점 통행량을 배정하였을 경우, 고속도로 유출입 지점의 교통량 편차는 7.6%였으나, 6회 반복계산 뒤에는 1.4%까지 감소하여 고속도로 유출입 교통량이 정확히 재현됨을 확인할 수 있음
- <그림 2-22>에서 확인되는바와 같이 전체 반복계산에 대해 관측 유입유출 교통량과 추정 유입유출교통량 간의 차이가 지속적으로 감소하였으며, 4회 반복계산 이후에는 감소폭이 둔화되었음
- <그림 2-23>과 같이 개별 영업소별로 자료를 분석하더라도 Given OD의 경우 교통량이 많은 영업소에서 상당한 편차가 존재하였으나 6회 반복계산 이후에는 교통량 크기와 관계없이 대부분의 오차가 무시할 수 있는 수준까지 감소하였음을 확인할 수 있음

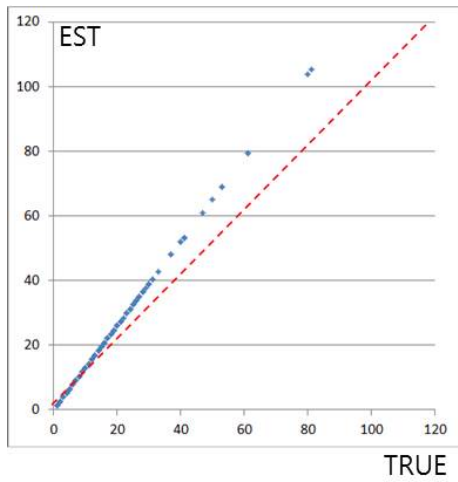


<그림 2-22> Model 3 소형교통망 적용시 고속도로 유출입 교통량 편차 감소

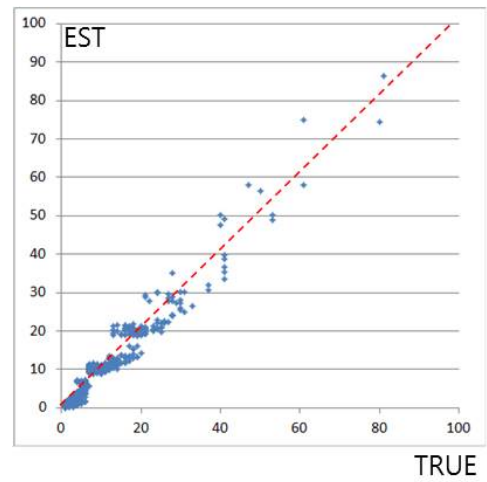


<그림 2-23> 영업소 별 유입유출 교통량 재현수준 비교

- 좀 더 일반적인 교통망에서 Model 3의 성능을 평가하기 위하여 Model 1과 같이 Salt Lake City 교통망에서의 성능 실험을 실시하였음
- 주어진 OD의 참OD에 대한 오차율은 29.9%였으며, 내비게이션 표본 OD의 오차는 35.4%였음
- Model 3에 의한 반복계산은 5회 진행 후 종료하였는데 최종 오차율은 24.7%로서 약 5.2% 정도 Given OD가 포함하고 있던 오차가 감소하였음
- 따라서 대형교통망에서도 Model 3을 통한 OD 추정이 가능함을 확인할 수 있었음
- 보다 다양한 상황에서의 OD 추정 능력 검증을 위하여 이번에는 전체적으로 Given OD의 크기가 실제 OD 교통량에 비해 큰 상황을 가정하였음
- 보다 혹독한 시험 환경을 위해 내비게이션 표본 OD의 편차율도 평균과 오차증가를 동시에 고려하여 51.62% 오차가 존재하는 경우를 가정해 모형을 시험하였음
- 분석 결과 내비게이션 표본 OD의 오차가 증가하였음에도 불구하고 최종 추정 OD의 오차는 19% 수준으로 나타남
- 이 결과를 고려할 때 Model 3은 Given OD가 일괄적으로 과다 또는 과소 되어있을 경우 내비 OD가 부정확하더라도 상당수준까지는 Given OD의 정확도를 개선할 수 있는 것으로 나타나며, 반대로 Given OD의 오차가 임의 분포하는 경우에는 상대적으로 정확도 개선 능력이 낮은 것으로 나타남



(가) Given OD



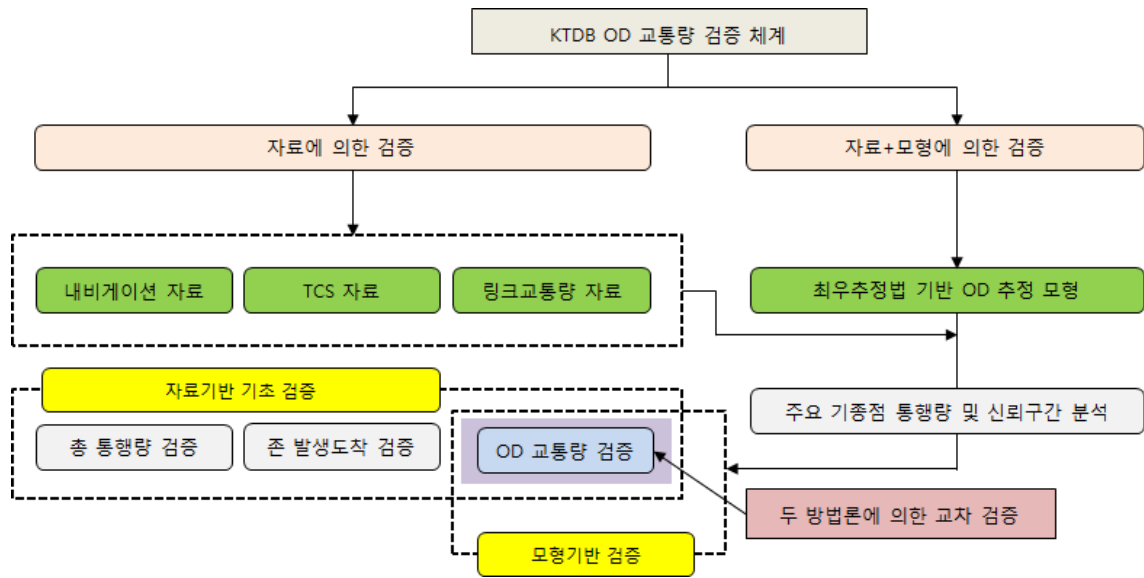
(나) 반복계산 8회 후

<그림 2-24> 영업소 별 유입유출 교통량 재현수준 비교 (일률증가시)

3. KTDB OD 교통량 검증 체계 개발

가. KTDB 기종점 통행량 검증 체계 개발 배경

- 기종점 교통량의 참값을 확인하는 일은 가구 방문 전수조사를 수행하더라도 조사 및 집계상의 오류 포함 가능성 및 계산 기법의 한계 때문에 언제나 난이도가 높은 어려운 작업임
- 따라서 한 가지 형태의 자료를 이용하는 것 보다는 여러 가지 자료들을 함께 이용하여 상호검증을 통해 오차의 포함 가능성을 줄여나가는 것이 필요하며, 이를 위해 본 연구에서는 KTDB OD 교통량 검증 체계를 개발함
- 기존 기종점 교통량 관련 연구에서는 가구 통행조사를 기반으로 OD 표를 구축하거나, 링크 관측교통량을 이용하여 OD표를 추정하는 방법을 사용하였으며, 이 두 가지 방법을 부분적으로 결합하거나 가통조사 기반 OD를 링크 관측교통량에 의한 추정 OD와 비교 분석하는 수준의 연구만이 진행되었음 (Kim, 2008)
- 최근 들어 정보통신 기술이 발달되면서 이를 통해 수집되는 내비게이션 궤적 자료나 TCS 자료 등이 교통 분야에 다양하게 활용되고 있음
- 따라서 현장 자료기반의 OD 추정 기법이 기존의 링크 관측교통량 외의 자료들까지 확대되고 있으며, 이러한 복수 정보소스들을 어떻게 효과적이고 효율적으로 결합해 OD 교통량 분석에 이용하고, 상호 검증이 가능한 체계로 발전시킬 것인가에 대한 연구가 필요함
- 본 연구에서 제시하는 KTDB OD 교통량 검증 체계의 검증 방법론은 내비게이션 표본 자료 및 TCS 자료와 같은 첨단자료를 이용한 비교 검증 방법과 OD 교통량 추정 모형을 통한 방법을 동시에 사용함
- 첫 번째 검증 기법인 첨단자료 기반 검증은 OD 추정 모형을 사용하지 않고 내비게이션 자료나 TCS자료와 같은 실측 자료들을 이용하여 현재 KTDB 기종점 통행량이 타당한 수준의 값과 패턴을 갖고 있는지를 분석하는 것임
- 정확한 분석을 위해서는 다양한 통계적인 분석들이 필요하겠지만 현재는 자료의 양이 상세한 분석을 수행하기에 충분하지 않고, 분석을 시도하는 첫 해라는 점에서 실측 자료기반 분석에서는 자료를 간단히 전수화하여 기초적인 검증만을 수행함



<그림 2-25> KTDB 기종점 교통량의 교차검증 구조

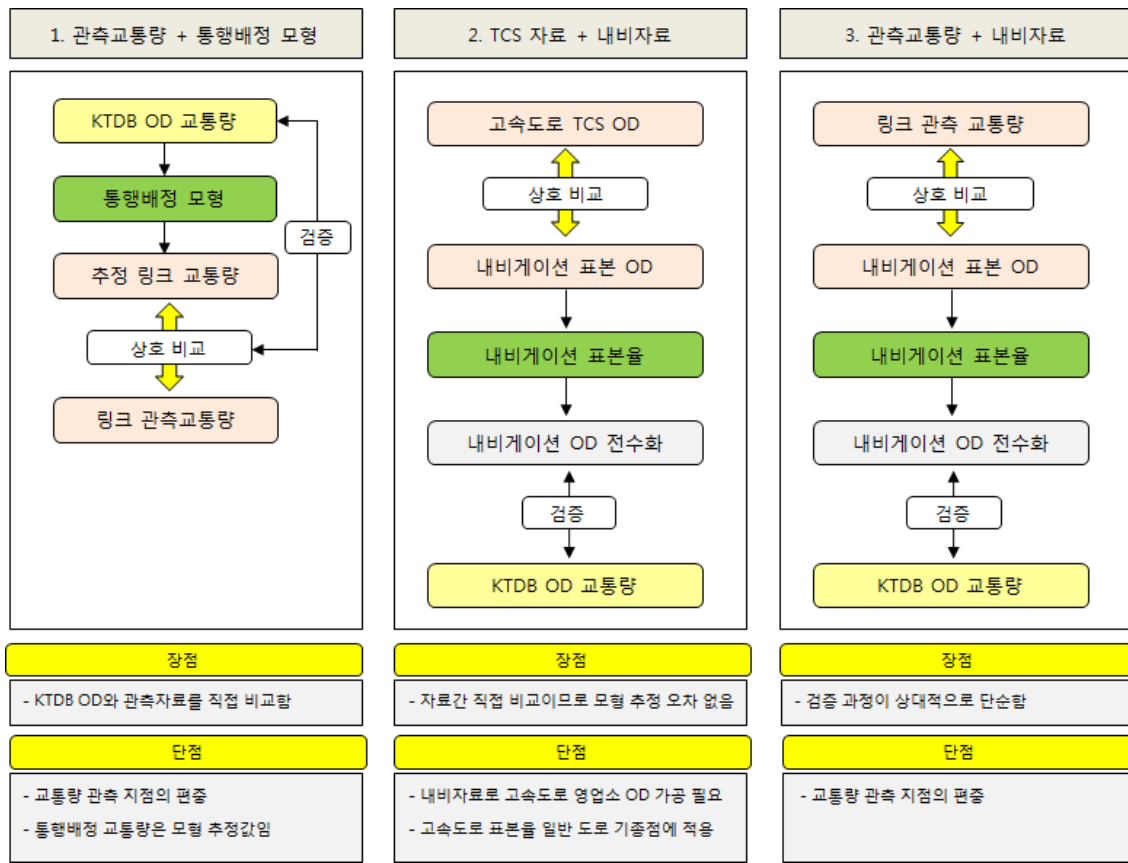
- 두 번째 검증 방법은 본 연구에서 개발한 OD 추정모형을 이용하는 것임
- 이 기법은 내비게이션 표본 OD를 최우추정법과 결합하여 KTDB 전 OD 쌍에 대한 교통량 추정을 수행하는 방법으로서 확률적 추정 모형이 자료와 결합한 기법임
- 이러한 모형 기반 분석을 통해 첫 번째 기법인 자료 기반의 분석에서 표본의 부족이나 편기로 분석하기 어려운 측면을 보완 분석할 수 있음
- 다만 모형을 이용한 분석을 수행하기 위해서는 모형 실용화 과정에서 필수적인 모형 검증 단계를 거쳐야하나, 올해 과제에서는 OD 추정모형의 검증이 실측 자료를 통해 충분히 이루어지지 않았기 때문에 실측 자료를 전수화하여 KTDB OD 교통량의 정확도를 분석하는데 연구의 초점을 맞춤
- 다만 향후 OD 추정 모형의 충분한 검증이 이루어지면 두 모형을 함께 이용하여, 두 기법의 단점을 상호 보완 할 수 있을 것으로 기대됨
- 이렇게 개발된 검증 체계는 <그림 2-25>에서 제시한 바와 같이 분석에 필요한 자료를 공유하며, 두 가지의 서로 다른 검증 기법, 즉 통계 분석적 기법과 모형에 의한 추정으로 수행되어, 기종점 교통량 분석을 통해 서로의 결과를 상호 교차 검증하는 형태로 구성되어 있음
- 따라서 앞서 밝힌바와 같이 두 방법에 의한 결과의 상호 검증을 통해 하나의 방법에 의존하는 것보다 안정적인 분석 및 검증이 가능함

- KTDB 기종점 교통량 검증이 충실하게 이루어지기 위해서는 개별 기종점쌍에 대한 독립적인 검증이 이루어지는 것 뿐만 아니라 KTDB 통행량 발생 총량, 존별 발생 도착량, 통행거리 분포 (TLFD, Trip Length Frequency Distribution)에 대한 검증도 동시에 이루어져야 함
- 이러한 단계별 분석이 필요한 이유는 교통 수요분석에서 기종점 교통량이 계산되는 과정이 통행발생 총량 및 존 별 발생 도착량을 계산하는 통행 발생단계와 통행 배분을 수행하는 단계로 구분되기 때문임
- 따라서 발생 총량 및 존별 발생 도착량과 기종점쌍 간 교차통행량에 대한 검증을 각각 시행함으로써 기종점 통행량에 포함된 오차가 통행 발생단계에서 발생한 오차인지, 배분단계 이후에 발생한 오차인지를 판단할 수 있는 정보 획득이 가능하기 때문임

나. 자료기반 기초 분석

1) 검증 방법론 검토

- 현재 KTDB 기종점 교통량 검증을 위해 사용 가능한 자료는 1) 건설기술연구원에 의해 조사되는 전국 관측 교통량 자료와 2) 고속도로 TCS 자료, 3) 내비게이션 표본 자료가 있음
- 세 자료는 그 특성이 매우 다른데 관측교통량 자료의 경우 총량 자료로서 모집단 통행수요의 크기를 확인할 수 있다는 장점이 있으며 그 수집 지점이 방대하고 국도 및 지방도 전체에 대한 통행량 총량 자료 확보가 가능함
- 두 번째 고속도로 TCS 자료의 경우 기종점 통행량 자료 분석이 가능하고 통행 총량도 확인할 수 있다는 장점이 있으나 고속도로를 이용하는 통행의 특성상 장거리 통행에 대한 포착만이 가능하고 고속도로를 통과하는 기종점쌍이 아닌 경우에는 분석이 불가능한 한계가 있음
- 마지막으로 내비게이션 표본 자료의 경우 고속도로와 일반도로를 통과하는 모든 기종점쌍에 대한 분석이 가능하다는 장점이 있으나, 모집단 통행 총량에 대한 분석이 불가능하다는 한계가 동시에 존재함
- 따라서 이 세 가지 자료들을 효과적으로 활용하여 KTDB OD 교통량을 검증하는 방법론 개발이 필요함
- 이 자료들을 활용하여 KTDB OD 교통량을 검증하는 데는 몇 가지 방법이 가능함



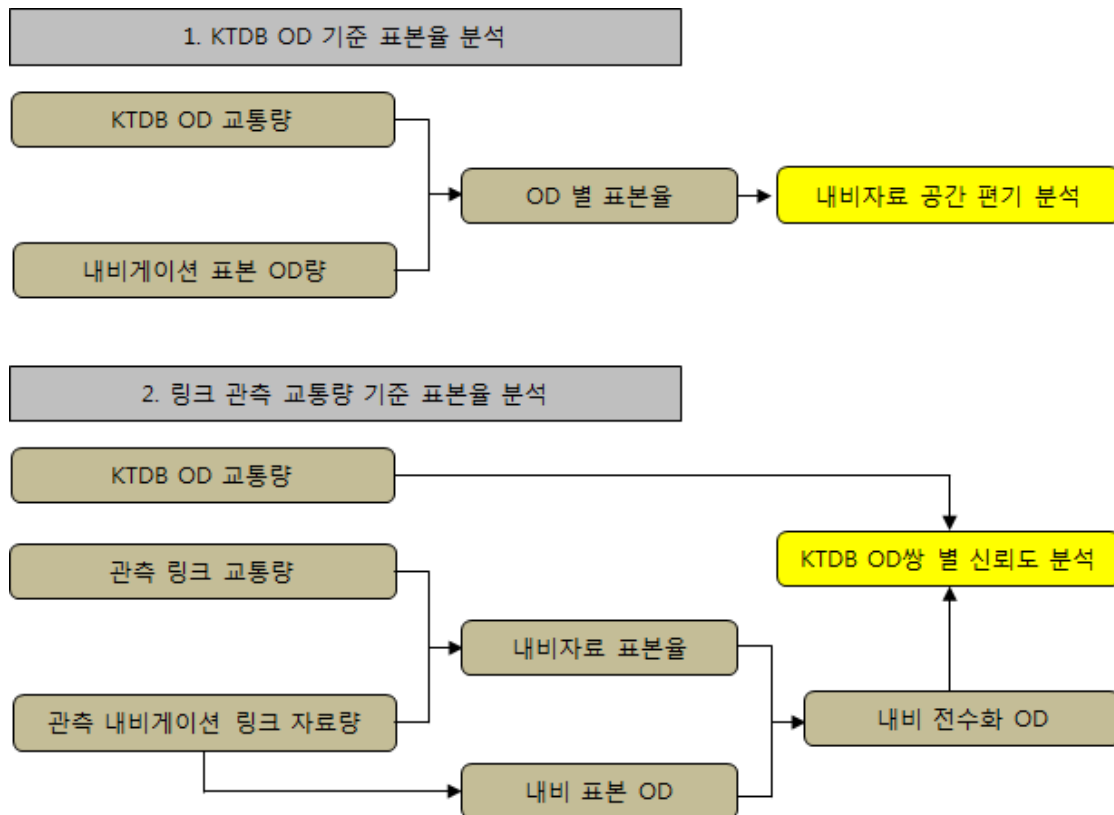
<그림 2-26> KTDB 기종점 통행량 검증 방법론 개요

- 첫 번째 방법은 건설기술연구원의 링크 관측교통량과 KTDB OD에 의한 통행배정 교통량을 비교하여 현 KTDB OD 교통량을 검증하는 방법임
- 이 기법은 KTDB OD의 총량을 관측자료를 통해 직접 분석한다는 장점이 있으나, 현 교통량 관측 지점이 특정 도로 등급에 조사지점이 편중되어 있는 등 교통량 비교를 위한 대표성을 검증받지 못했다는 단점이 있고, 무엇보다도 통행배정 모형을 통해 얻어진 추정 링크 교통량을 이용하는 한계가 있음
- 두 번째 방법은 고속도로 TCS OD와 내비게이션 고속도로 OD를 비교해 표본율을 계산한 뒤, 이 표본율을 내비게이션 전체 OD에 적용해 내비게이션 OD를 전수화하여 이 OD표와 KTDB OD표를 비교해 검증하는 방법임
- 이 기법의 장점은 자료간의 직접 비교를 시행한다는 점에서 모형에 의한 추정이 포함되지 않는 장점이 있으나, 내비게이션 자료를 통해 고속도로 영업소간 OD를 만들어야 하는 추가 작업이 필요하고, 고속도로 통행량에 의한 내비 표본율이 전 기종점상에 적용 가능한지에 대한 논란이 있을 수 있음

- 마지막 방법은 건설기술연구원의 링크 관측교통량과 내비게이션 링크 통과 표본수를 비교하여 표본율을 계산한 뒤, 내비게이션 표본 OD를 전수화하여 KTDB OD 교통량과 비교하는 방법임
- 이 기법은 상대적으로 작업 난이도로 쉽다는 장점이 있으나, 첫 번째 방법론과 같이 관측교통량이 일부 등급 도로에 편중되는 등 교통량 조사지점의 대표성이 검증되지 않은 한계를 갖고 있음
- 이러한 세 가지 기법 중 본 연구에서는 세 번째 기법인 관측교통량과 내비자료의 비교를 통한 방법을 사용하기로 함
- 각 기법의 장단점이 있으나 첫 번째 기법인 통행배정 교통량을 비교 기준으로 이용하는 방법은 현재 통행배정 모형의 교통량 재현 수준이 높지 않은 문제점이 있음
- 물론 통행배정 교통량을 개별 링크별로 비교하지 않고 지역별, 도로 등급별 등으로 집계하여 총량 검증에 사용할 수 있으나, 검토중인 기법들이 검증 체계에서 자료 기반 검증에 해당하는 방법론을 선택하는 것이므로 모형에 의한 오차가 포함되는 방법 1은 제외하였음
- 방법 2의 경우 표본율이 계산되는 기준 교통량이 고속도로 교통량이기 때문에 고속도로에서 얻어진 내비자료의 표본율이 다른 도로를 주로 통과하는 기종점 쌍의 교통량을 전수화하는데 사용가능한지에 대한 검토가 필요함
- 현재 내비게이션 자료의 경우 중거리 통행비율이 높은 것으로 추정되기 때문에 고속도로에서 얻어진 단일 표본율을 모든 거리의 기종점 쌍에 적용할 경우 단거리와 장거리 기종점쌍에 대해서는 전수화 과정에서 과다 추정이 발생할 수 있고 중거리 기종점 쌍에 대해서는 과소 추정이 발생할 수 있음
- 그밖에 방법 2의 경우 내비게이션 궤적 자료를 이용하여 고속도로 영업소간 교통량을 계산해야하는 단계가 필요하므로 연구기간을 고려할 때 당해연도 과제에서는 적용하기 어려움 방법론임
- 따라서 본 연구에서는 관측교통량과 내비게이션 표본 자료를 비교해 표본율을 계산한 뒤 내비게이션 OD 교통량을 전수화하는 방법 3을 KTDB 기종점 통행량 검증 기법으로 선택함

2) KTDB OD 통행량 기준 내비게이션 자료 표본율 분석

- 앞서 설명한 전체 검증 체계에서 확인된 바와 같이 검증 과정에서 가장 중요한 단계 중 하나는 내비게이션 표본율의 추정임
- 내비게이션 자료의 표본율은 내비게이션 자료를 전수화하여 KTDB 추정 OD 교통량을 계산하는데 있어 핵심 자료임
- 따라서 단순히 교통망 전체에 대하여 동일한 표본율을 도출하는 것 외에 다양한 기준을 통해 내비게이션 표본 자료가 가진 공간적 분포의 편기 특성 등을 분석해야함
- 내비자료는 승용차로부터 얻어지는 자료이므로 표본율 계산도 승용차 교통량을 기준으로 계산됨
- 이때 주의할 점은 본 연구에서는 두 가지 표본율이 존재하는데 첫 번째는 KTDB OD 교통량에 대한 내비게이션 자료의 표본율이고, 두 번째 표본율은 건설기술연구원의 링크 교통량과 동일 링크에서 수집된 내비게이션 자료간의 비율임
- KTDB OD 교통량과 내비게이션 표본율 간의 비교는 개별 기종점별로 KTDB에서 추정된 기종점 통행량과 내비게이션 이용자들의 이용량으로 나타나는 기종점 통행량을 기종점별로 직접 비교할 수 있는 자료임
- 이 자료는 기종점 별 분석이 가능할 뿐만 아니라 기점과 종점을 집계하여 존별 분석이 가능하다는 점에서 내비게이션 자료의 공간적인 분석, 예를 들어 KTDB OD에 대한 내비 OD 자료의 공간적 편기 등을 확인하는데 사용 가능함
- 내비게이션 자료는 기기의 설치 특성과 이용 특성상 도시와 지방부, 존과 통행목적간의 관계에 따라 자료의 수집량에 차이가 발생할 수 있음
- 예를 들어 농촌지역에서 운행되는 차량에 비하여 도시지역에 운행되는 승용차에서 내비게이션이 설치되어 있을 가능성이 있으며, 실제 내비게이션에 의해 경로 안내를 받는 통행의 경우 매일 수행되는 출퇴근 통행보다는 여가통행 등이 이용 개연성이 높을 수 있음
- 따라서 내비게이션 표본 OD를 동일한 표본율로 전수화할 경우 이러한 공간적 수집량의 편기에 따른 오차가 발생할 수 있으므로, 본 연구에서는 이에 대한 기초 분석을 위하여 KTDB OD 교통량에 대한 내비게이션 자료의 표본율을 분석함



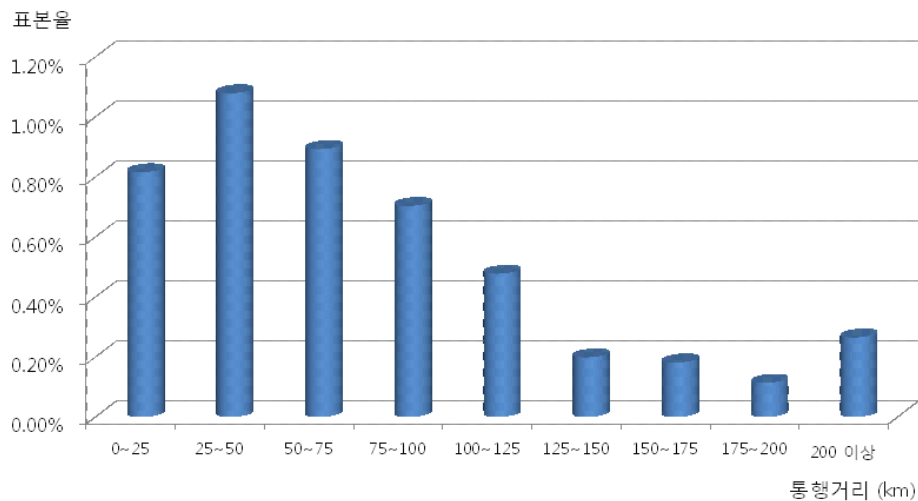
<그림 2-27> 표본을 계산 기준에 따른 활용 기법 비교

- 두 번째 표본율인 링크 관측교통량에 대한 내비게이션 링크별 자료량 비율은 내비게이션 표본 OD의 전수화에서 필요한 자료임
- KTDB OD 교통량을 기준으로 계산된 표본율로 내비게이션 표본 OD를 전수화 할 경우 전수화된 OD의 총량은 KTDB OD 교통량과 일치하게 되어 KTDB OD 총량의 검증이 불가능하게 됨
- 기종점 통행량의 총량을 반영하는 가장 대표적인 자료는 현재까지의 OD 추정 문제에서는 링크 관측교통량이라고 보기 때문에, 링크관측 교통량을 이용한 표본율은 KTDB OD의 검증을 위해 필요한 자료라 할 수 있음
- 이 장에서는 먼저 KTDB OD 교통량을 기준으로 내비게이션 자료의 공간적인 분포와 수집 특성에 대한 분석을 제시함

<표 2-1> 통행거리 구간 별 KTDB OD 대비 내비게이션 자료 비율

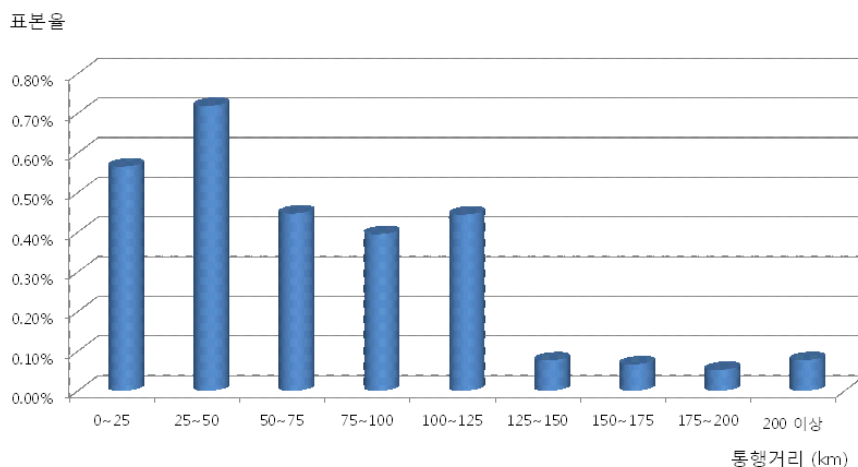
통행거리 (km)	내비게이션 자료 비율	표본율
0 ~ 25	71.00%	0.82%
25 ~ 50	93.88%	1.08%
50 ~ 75	77.68%	0.89%
75 ~ 100	61.24%	0.70%
100 ~ 125	41.57%	0.48%
125 ~ 150	17.34%	0.20%
150 ~ 175	15.85%	0.18%
175 ~ 200	9.93%	0.11%
200 이상	23.13%	0.27%

- 본 연구에서는 내비게이션 표본 자료를 87일 평일동안 수집하여 이를 집계한 뒤 내비게이션 표본자료로 사용함
- KTDB의 교통량 총량은 22,973,722이고 내비게이션 자료 총량은 10,951,301로서 내비게이션 자료의 KTDB 자료대비 비율은 약 47.7%임
- 이 비율을 통행거리 구간별로 살펴보면 <표 2-1>과 같이 분포됨
- 앞서 밝힌바와 같이 본 연구에서 사용된 내비게이션 자료는 87일 동안 수집한 것이고 KTDB OD는 일평균 교통량이므로 1일 기준으로 표본율을 계산하면 <표 2-1>의 표본율과 같음



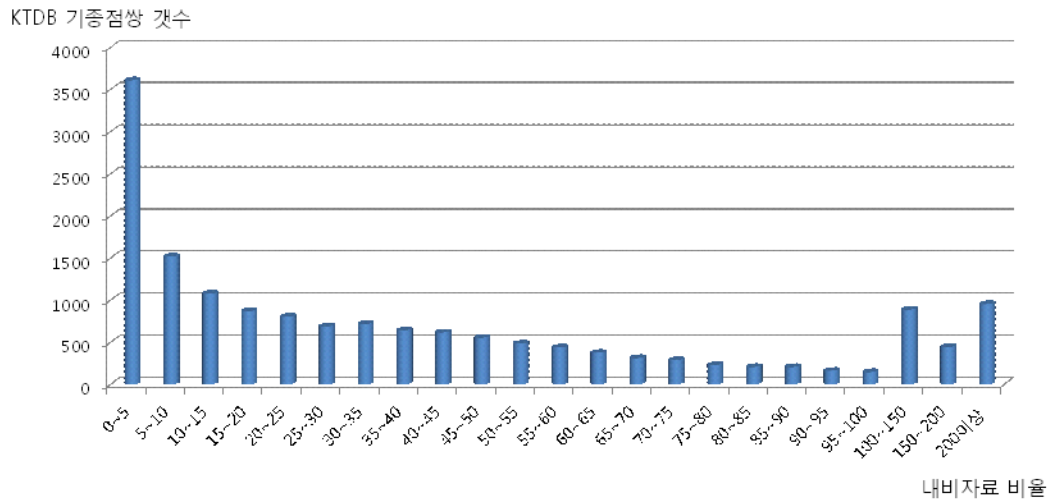
<그림 2-28> 내비게이션 표본율 (산술평균) 뜻수 분포

- 거리구간 별 표본율을 보면 0~100 km가 장거리 통행에 비하여 상대적으로 표본율이 높게 나타나며, 통행거리가 증가할수록 <그림 2-28>과 같이 표본율이 낮아지는 경향이 나타남
- 다만 감소 추세가 마지막 200km 이상 통행거리 기종점에서는 조금 증가하는데 이는 고속도로 이용 주요 대도시간 통행량 비율이 상대적으로 중간 수준의 통행거리 기종점에 비해 많은 것이 주 이유라 추측됨
- <그림 2-28>의 그래프는 동일 구간거리에 속하는 모든 기종점쌍들의 통행거리를 산술평균한 것이며, 기종점 통행량을 반영해 가중 평균을 계산하면 <그림 2-29>를 얻을 수 있음
- 그림에서 보는바와 같이 KTDB 기종점 교통량을 반영한 경우 통행거리가 증가할수록 표본율이 감소하는 경향은 변하지 않으나 200 km 이상 기종점쌍의 표본율이 교통량 반영 전 0.27%에서 반영 후 0.08%로 1/3 이하로 감소하였음
- 이는 실제로 장거리 통행의 경우 KTDB 교통량이 많은 기종점쌍이 내비 표본율은 평균보다는 낮다는 것을 의미하는 것임



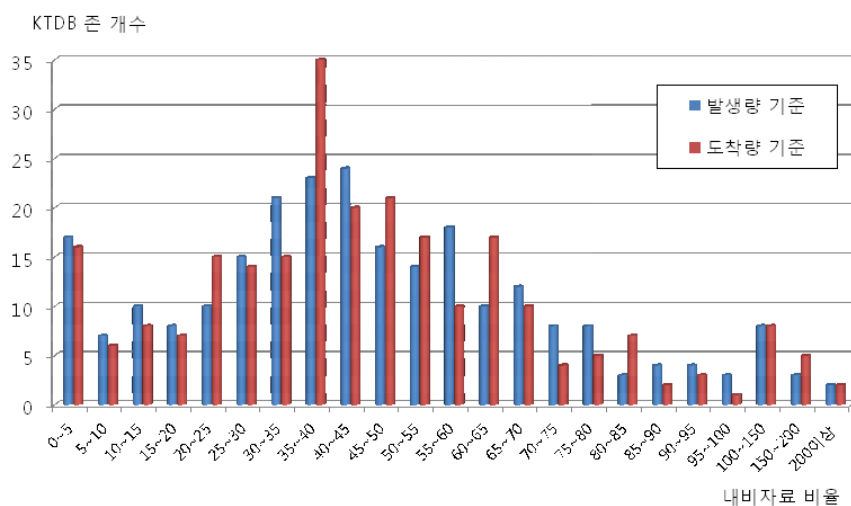
<그림 2-29> 내비게이션 표본율 (KTDB 교통량 가중 평균) 돛수 분포

- 수집 일수 87일로 나누는 것 외에는 KTDB 교통량 대비 내비자료 비율과 내비자료 일 표본율간에 차이가 없으므로 본 연구에는 분석 편의상 내비자료 비율을 주로 이용해 내비자료의 분석을 시행함
- 내비게이션 자료 비율별로 KTDB의 OD 쌍 개수를 분석해보면 <그림 2-30>와 같은 결과를 얻을 수 있음
- <그림 2-30>을 보면 자료 비율이 0~5%에 해당하는 기종점쌍이 매우 많은데, 총 3,607개로서 전체의 22.26%에 달함



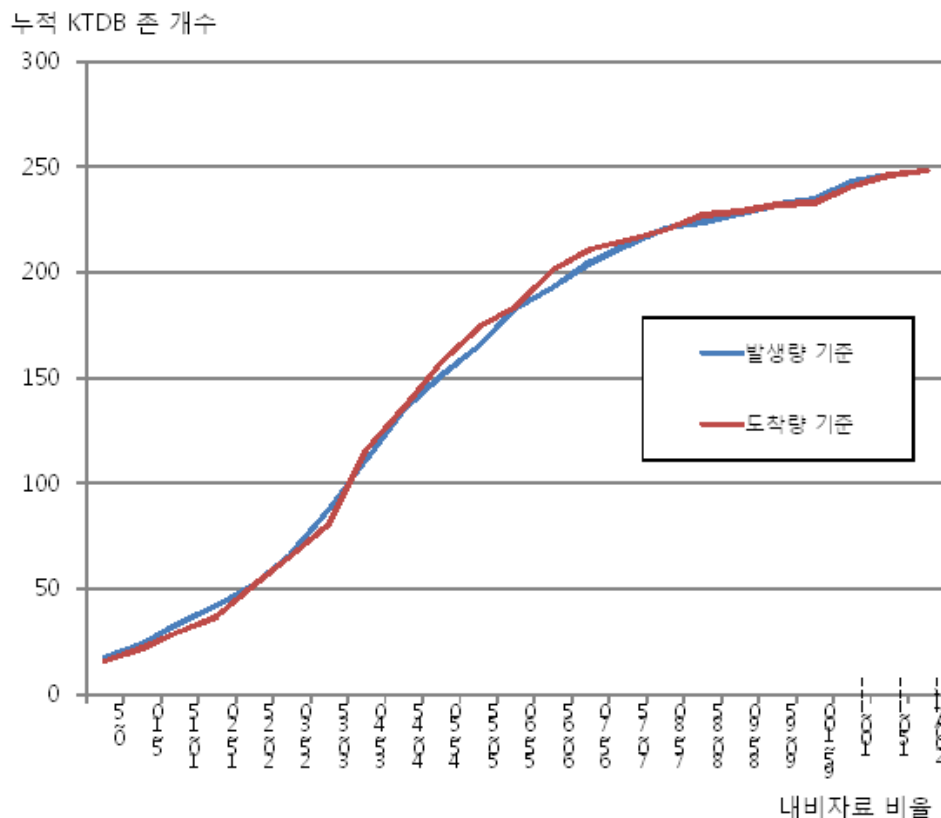
<그림 2-30> 내비게이션 자료 비율 구간별 KTDB 기종점 쌍 숫수분포표

- 자료비율이 5% 수준인 경우 표본율로는 약 0.06% 이므로 약 1,700대 이상의 실제 교통량이 존재해야 1대의 내비표본이 수집될 수 있는 표본율이라 추정할 수 있음
- 따라서 실제 교통량이 존재하더라도 많은 KTDB 기종점 쌍들이 내비자료에서는 포착되지 않았을 가능성도 존재함
- 표본율 1%인 경우 내비자료 비율로는 87%에 해당하는데, 여기에 해당하는 KTDB의 기종점 쌍은 전체 기종점쌍의 84% 정도에 해당함
- 따라서 거의 대부분의 KTDB 기종점쌍은 표본율이 일 교통량 기준으로 1%에 미치지 못한 다고 할 수 있음



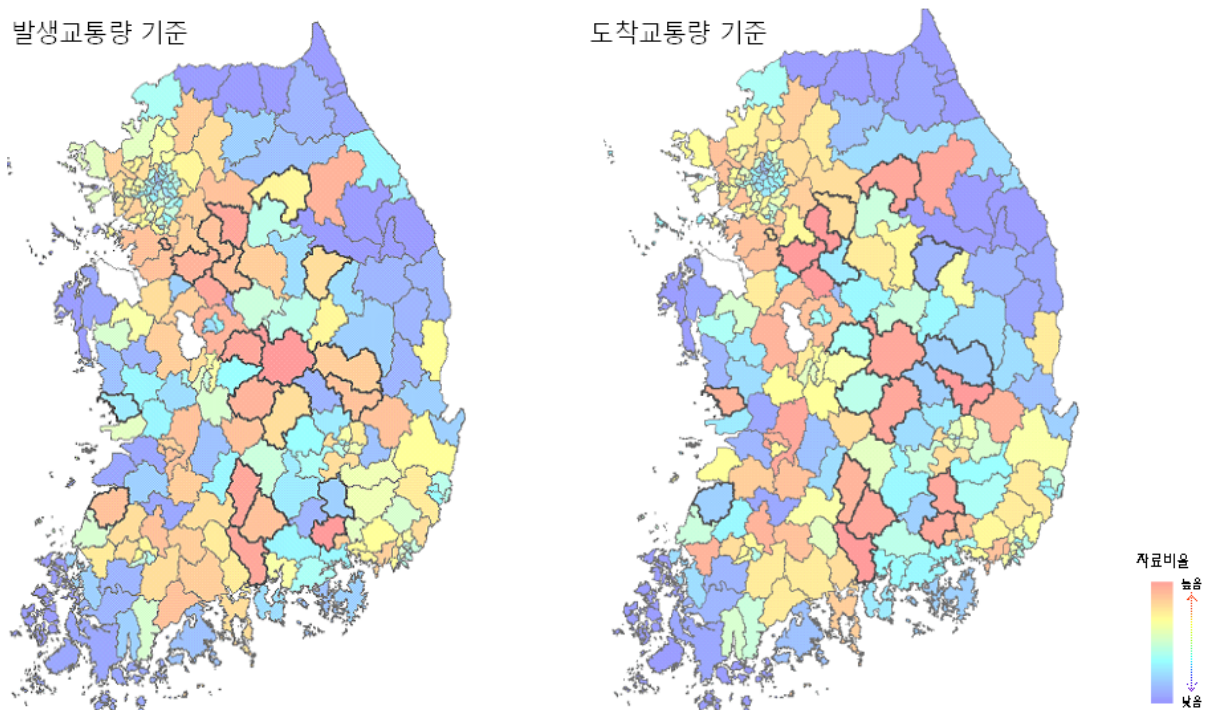
<그림 2-31> 내비게이션 자료 비율 구간 별 KTDB 존 숫수분포표

- 기종점 쌍의 경우 내비 자료가 수집되지 않거나 표본량이 매우 적은 기종점들이 많기 때문에, 이를 <그림 2-31>과 같이 존별로 집계하였음
- 앞서 기종점쌍에 대해 분석했을 때는 내비자료 비율이 매우 낮은 기종점쌍 비율이 매우 높았으나, 이를 존별로 집계하면 30~45% 구간에 속하는 존들이 가장 많은 것으로 나타남
- 이는 일 자료 표본율로는 0.35~0.52%에 해당하는 값으로 존으로 집계할 경우 약 0.4% 수준의 표본율을 중심으로 종형 (bell shape) 분포가 나타남을 확인할 수 있음
- 일부 구간에서 도착량 기준 자료비율이 발생량 기준보다 현저히 높은 경우가 나타나는데, 발생 및 도착 기준 자료비율에 차이가 존재하는지를 좀 더 상세히 분석하기 위해 <그림 2-32>에서는 누적 dots분포를 계산하였음
- 이를 보면 내비자료 비율이 낮은 구간에서는 발생량 기준 자료비율이 낮은 존들이 조금 많이 존재하다가, 내비자료 비율이 40% 이상인 구간부터는 도착 기준 자료 비율에 의한 존의 숫자가 좀 더 많이 나타나며, 80%이상의 경우 발생과 도착에 따른 분포의 차이는 크지 않았음



<그림 2-32> 내비게이션 자료 비율 구간 별 KTDB 존 dots 누적 분포

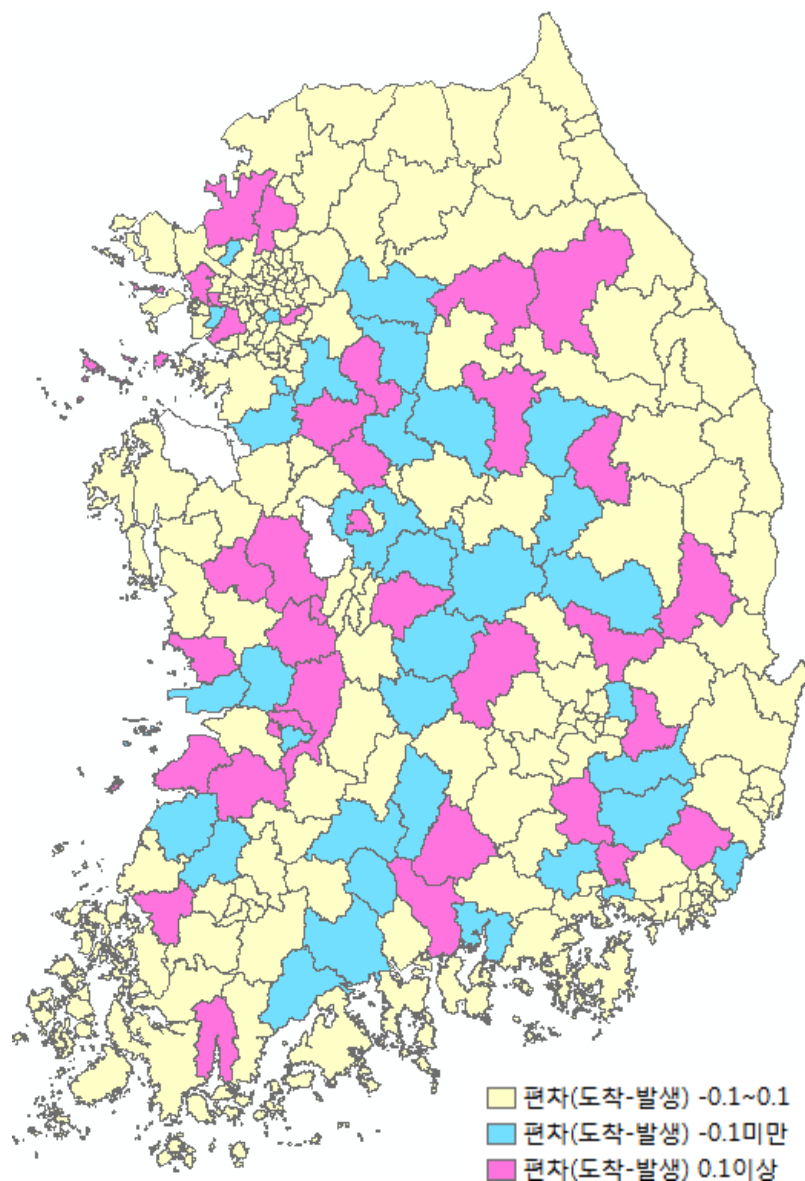
- 평균 자료비율은 앞서 계산한 바와 같이 47.7%이지만, 기점존 기준으로 집계하여 비율을 계산하면 평균 48.1%, 종점존 기준으로 자료를 집계하는 경우 비율은 48.4%였음
- 전체 누적 분포에서는 어떤 기준으로든 유사한 경향이 나타났으나 존별 내비게이션 자료 비율은 상당한 편차가 존재함
- 이를 분석하기 위해 자료비율의 표준 편차를 계산한 결과 기점존 기준으로는 34.03%, 종점존 기준으로는 35.67%의 표준편차가 존재하였음
- 자료비율의 평균이 48% 수준인데 비해 표준편차가 35% 수준이라는 점은 현재 내비자료가 존별로 상당한 편차를 갖고 수집되고 있음을 보여주는 것임
- 이를 공간적으로 분석하면 <그림 2-33>과 같음



<그림 2-33> 존 별 내비게이션 표본비율 공간 분포

- 발생도착 교통량 기준 분포를 비교하면 공간적으로 큰 차이는 없으며, 강원도와 전라남도 해안 지방, 충청남도 및 전라북도 해안 지방이 상대적으로 KTDB 교통량 대비 내비게이션 자료 수집율이 낮게 나타남
- 좀 더 상세한 표본비율의 공간 분석 비교를 위해 <그림 2-34>와 같이 존별로 발생기준과 도착기준 표본율이 10% 이상 차이가 나는 존들을 분석하였음

- 특이한 점은 서울을 비롯한 대도시들의 경우 발생량 기준과 도착량 기준으로 표본비율을 계산했을 때 10% 이상 차이가 나는 경우가 거의 존재하지 않았으나, 인천의 경우 도착량 기준 표본비율이 발생량 기준 표본비율보다 높은 존들이 다수 확인됨
- 이에 비하여 경기도의 경우 발생과 도착 기준 표본비율에 차이가 큰 존들이 상당히 많이 나타났으며, 충북의 경우 거의 대대분의 존에서 발생 도착 기준의 편차가 상당히 크게 나타남
- 이는 지방에 위치한 존들의 일반적인 특성이며, 충남의 경우 도착기준 표본비율이 출발기준보다 많은 존들이 다수 있었으나, 반대의 경우는 없었음



<그림 2-34> 존별 내비게이션 표본비율 편차 공간 분석

- 이는 충남으로 유입된 내비게이션을 차량의 숫자가 충남에서 출발하면서 내비를 이용한 숫자보다 많음을 의미하는 것임
- 전체적으로 <그림 2-34>를 통해 편차의 패턴을 공간적으로 분석하면 주로 비 도시지역에서 편차의 차이가 나타나는 경향이 있었으며, 내륙 지역들에서 도착에 비하여 발생이 많은 존들이 많이 나타났음
- 반대로 내비게이션 자료가 도착이 발생에 비하여 많은 존들은 충청 및 호남 지역의 외곽에 위치하는 경향이 있음
- 그러나 공간 분석 결과를 보면 명확한 지리적 영향 요인이 관측되지 않으며, 다양한 관련 자료를 통해 이러한 편차가 발생하는 원인을 확인할 필요가 있음
- 마지막으로 고속도로 통과 비율에 따른 내비게이션 자료비율 특성 분석을 위해 Type 1, Type 2, Type3 각각에 대한 평균 표본비율과 표본비율의 분산을 각각 계산하였음

<표 2-2> 고속도로 통과 비율별 기종점 쌍 표본비율 특성 분석

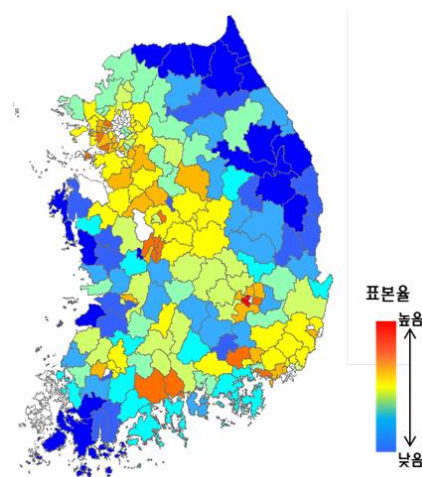
구분	표본비율	
	평균	분산
Type 1	102.7%	2751.5%
Type 2	51.2%	56.5%
Type 3	41.4%	35.9%

- <표 2-2>를 보면 고속도로 통과 비율이 높을수록 내비게이션 수집 비율은 높아지는 것으로 나타남
- 기종점 교통량 중 95% 이상이 고속도로를 이용하는 기종점들의 경우 평균적인 내비자료 비율이 102.7%로 나타났으며, 이는 평균 비율의 2배 이상이고 일 교통량 기준 표본비율로도 1.18%에 해당하는 숫자임
- 즉 KTDB 교통량 기준으로 100대 중 1대 이상이 수집되었음을 의미함
- 하지만 전체 기종점 통행량의 5% 이하만이 고속도로를 이용하는 기종점 쌍들의 경우 평균 41.4%의 내비자료 비율을 기록하였으며, 이는 일교통량 기준으로는 0.48%에 해당하여 Type 1의 절반에도 미치지 못하는 자료비율을 기록하였음
- 즉 고속도로를 덜 이용하는 기종점 쌍일수록 내비게이션을 켜고 통행하는 비율이 낮다고 추측할 수 있음

- 하지만 재미있는 사실은 평균적으로는 내비게이션 자료 수집 비율이 고속도로 이용 경향이 높은 기종점쌍일수록 높게 나타나지만, 이 비율의 분산은 Type 1이 가장 크다는 점임
- 이는 고속도로를 주로 이용하는 기종점쌍 내에서도 내비 자료가 많이 수집된 기종점쌍과 그렇지 않은 기종점쌍이 공존한다는 것을 의미함
- 이러한 요인으로는 통행거리, 발생 및 도착 존의 특성 등이 고려될 수 있으나 보다 상세한 분석은 향후 연구로 남김

3) 링크 관측 교통량 기준 표본율 분석 및 총 통행량 검증

- 총 통행량 검증은 가장 기초적인 통행수요 총량에 대한 검증으로서 현재의 KTDB 통행 수요가 국지적인 공간 분포의 편차가 아니라 전체적인 수요 수준이 높거나 낮은지를 확인하기 위한 검증임
- KTDB의 통행 총량에 대한 검증이므로 검증 기준 자료로 KTDB OD를 사용할 수는 없으며, 이에 따라 건설기술연구원에서 조사된 링크 관측교통량과 내비게이션 자료를 이용하여 OD 총량의 신뢰 구간을 추정하고 이 구간과 KTDB 승용차 OD 총량간의 비교분석을 수행함
- 분석 방법은 건설기술연구원에서 조사한 링크 관측교통량 자료 중 승용차 교통량과 내비게이션 링크 통과 교통량간의 비교를 통해 지점별 표본율을 계산하고, 이를 존별 및 전체 교통망에 대하여 분석함



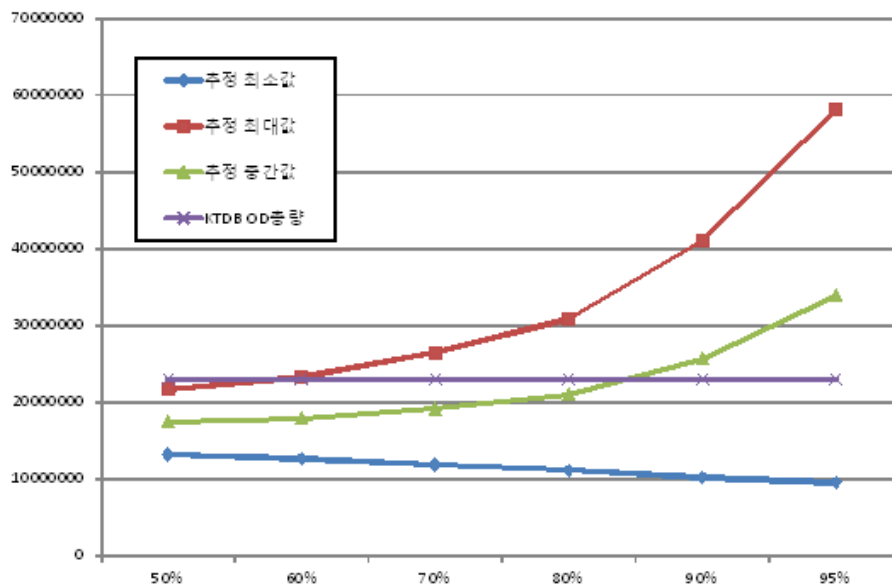
<그림 2-35> 링크 관측교통량 기반 내비게이션 자료 표본율

- 관측교통량 대비 표본율 공간 분포를 보면 먼저 전반적으로 경부고속도로 통과 존들을 중심으로 관측교통량 대비 내비게이션 자료의 표본 비율이 높게 나타났으며, 수도권 및 지방 광역시 일부에서 높은 표본율이 기록됨
- 반면 강원도, 충청도 및 전라도 해안 지역의 경우 내비게이션 자료가 관측교통량에 비해 매우 낮게 수집된 것으로 나타남
- 서울시 내부 대부분의 지역 및 일부 지방 존의 경우 관측교통량이 존재하지 않아 존의 내비 표본율이 계산되지 못했음
- 관측 교통량의 총량은 1일 수집 기준 34,299,041대 였으며, 분석대상 내비게이션 자료량은 87일 수집량이 29,779,147개로서 자료 비율은 86.82%, 1일 자료 기준 평균 표본율은 0.9979%로 나타남
- 총 249개 존 중 관측교통량이 존재하지 않아 존 표본율이 계산되지 않은 존 및 존 표본율 계산에 사용된 지점의 숫자가 4개 이하로 자료의 신뢰성이 낮은 존들을 제외한 분석대상 존은 총 164개였음
- 이 중 표본율이 극단적으로 높거나 낮은 존들을 제외하기 위해 상위 10%와 하위 10%의 표본율을 가진 존들을 제외하여 최종적으로 표본율 계산에 사용된 존의 숫자는 총 114개임
- 이들 114개 존을 대상으로 분석한 결과 관측교통량 대비 내비자료의 평균 자료율은 66.89%이며 표준편차는 24.52%였고, 이를 기준으로 계산된 표본율은 0.7689% 였음
- 이를 기초로 신뢰수준 50%~95%까지에 대하여 발생량의 추정 최대값과 최소값을 분석한 결과는 <표 2-3>과 같이 정리하였음

<표 2-3> 관측교통량-내비표본율 이용한 KTDB OD 총량 검증

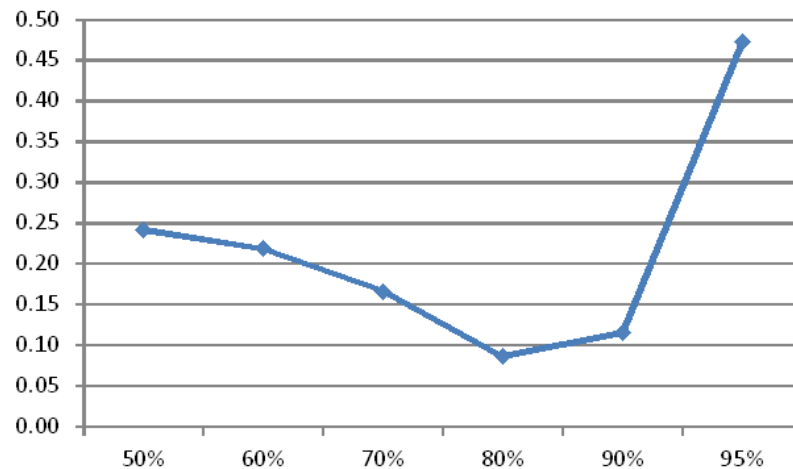
신뢰 수준	Z($\alpha/2$)	표본율		발생량		중간값	KTDB 총량	Error
		Min	Max	Min	Max			
50%	0.67	0.5046	0.8331	13,144,838	217,022,16	17,423,527	22,973,772	0.24
60%	0.81	0.4703	0.8674	12,624,743	232,860,31	17,955,387	22,973,772	0.22
70%	1.04	0.4139	0.9238	11,854,196	26,458,232	19,156,214	22,973,772	0.17
80%	1.28	0.3551	0.9827	11,144,426	30,842,514	20,993,470	22,973,772	0.09
90%	1.64	0.2668	1.0709	10,226,003	41,044,475	25,635,239	22,973,772	0.12
95%	1.96	0.1884	1.1494	9,528,034	58,138,546	33,833,290	22,973,772	0.47

- 분석 결과를 보면 <그림 2-36>과 같이 신뢰수준 50%를 제외하면 나머지 신뢰수준에서는 KTDB OD 총량이 관측교통량-내비자료에 의한 추정 구간 밖에 존재하지 않음
- 따라서, KTDB OD는 신뢰수준 50%인 경우를 제외하면 관측교통량과 내비게이션 자료에 따른 추정 총량과 그 값이 다르다고 판단할 수 없음
- 95%가 되면 존재 추정 구간이 매우 커져서 KTDB OD의 값이 9,528,034 이하이거나, 58,138,546 이상인 경우에만 추정 OD와 다르다고 판단할 수 있음



<그림 2-36> 관측교통량-내비표본을 이용한 KTDB OD 구간 분석

- 따라서 신뢰수준이 증가할수록 더욱 엄격한 기준으로 두 값이 다르다는 판단을 한다고 해석할 수 있고, 신뢰수준 60% 이상에서는 두 값이 다르다고 판단할 수 없다고 해석할 수 있음
- 존재 구간의 중간값을 기준으로 보면 신뢰수준이 증가할수록 중간값은 증가하는데, 이를 KTDB 총량과 비교하여 그 차이를 신뢰수준별로 비교하면 <그림 2-37>과 같음



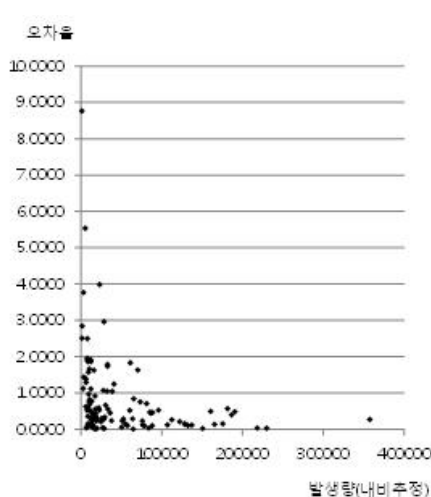
<그림 2-37> 신뢰수준에 따른 추정구간 중간값과 KTDB OD 총량간 편차값 분석

- 추정구간의 중간값과 KTDB OD 총량 간 편차는 신뢰수준에 따라 변화하는데 편차가 가장 줄어드는 신뢰수준은 80%인 경우로 나타남
- 즉, 신뢰수준이 80%일 때 KTDB의 OD 총량이 내비게이션자료와 관측교통량을 비교해 추정 한 교통량 총량과 가장 유사해진다는 의미임
- 기존 교통수요 검증에서 이러한 기법을 사용한 예가 없어 위의 결과를 어떻게 해석할 것인가는 추가 연구가 필요할 것으로 판단됨
- <그림 2-38>을 보면 현재 KTDB OD 총량은 신뢰수준 80~90% 수준에서 관측 자료와 가장 유사한 값으로 해석되나, 현재 KTDB OD 총량 검증을 위해 수행한 분석결과나 사용된 기 법은 향후 상세한 분석이나 검증이 필요하다고 판단되어 더 구체적인 분석은 향후 과제로 남겨둠

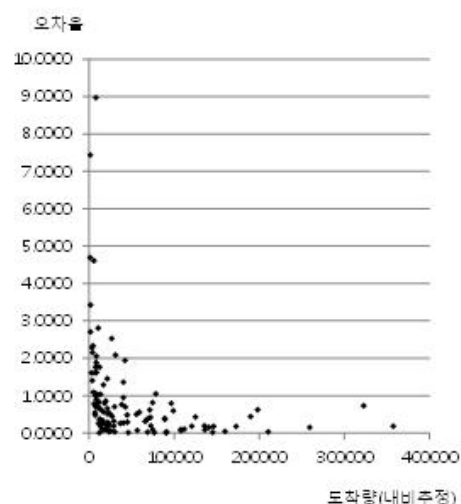
4) 존 발생 도착량 검증

- KTDB 존별 발생 도착량과 내비게이션 표본 OD간의 관계를 분석하기 위해 <그림 2-38>에 서는 존별 발생/도착량 비교분석을 수행함
- 비교를 위해 내비게이션 표본 발생 및 도착 교통량의 경우 링크 관측교통량과 내비 링크 교 통량 분석을 통해 얻어진 표본율(0.7689%)을 적용하여 내비 OD를 전수화한 뒤 분석함
- 앞서 밝힌 필터링을 거친 존의 발생 총량은 KTDB의 경우 6,747,606, 내비 모집단 OD의 경 우 5,671,674로서 오차율은 내비게이션 총량을 기준으로 18.97%이며, 내비게이션에 의해 추 정된 발생량이 과소한 것으로 분석됨

- 도착량 기준으로는 KTDB의 경우 6,707,297, 내비 모집단 OD의 총 도착량은 5,945,718로서 오차율은 12.81%, 역시 내비게이션 자료에 의한 추정 도착량이 과소한 것으로 나타남
- 발생량과 도착량을 비교해보면 내비 자료가 매우 적거나 표본율이 상하위 10%에 속하는 존들을 제외하면 도착총량이 KTDB OD 량에 보다 근접한 것으로 나타남
- 개별 기종점별로 오차율을 계산하여 내비게이션 자료량을 가중으로 평균 오차를 계산해보면 발생교통량의 평균 오차는 41.89%, 도착교통량의 평균 오차는 40.70%로서 도착교통량의 오차가 개별 존별로 보더라도 평균적인 오차가 적은 것으로 나타남
- 그러나 교통량을 가중 평균하지 않고 개별 기종점쌍의 오차를 단순 산술평균으로 계산하면 발생 기준으로는 83.66%, 도착 기준으로는 91.59%로서 도착 교통량이 KTDB와 내비게이션 추정치간의 차이가 큰 것으로 나타남
- 이러한 결과는 도착교통량이 교통량이 큰 존의 경우 오차가 크지 않아 교통량 기준으로 가중평균을 계산할 경우 오차가 적지만 교통량이 크지 않은 기종점쌍들의 오차는 상당히 크다는 것을 의미함
- <그림 2-38>에서 보는 바와 같이 존별 발생 도착 교통량이 증가할수록 KTDB 교통량과 내비게이션 자료에 의해 추정된 교통량간의 편차는 줄어드는 것을 확인할 수 있음
- <그림 2-38>에서 확인되듯 발생도착 교통량이 작은 존들의 경우 KTDB에서 얻어진 교통량과 2배 이상의 편차가 존재하는 존들이 상당히 많이 나타나며, 편차율 200% 이상인 존들을 보면 도착량 편차가 좀 더 많은 존에서 나타남을 알 수 있음



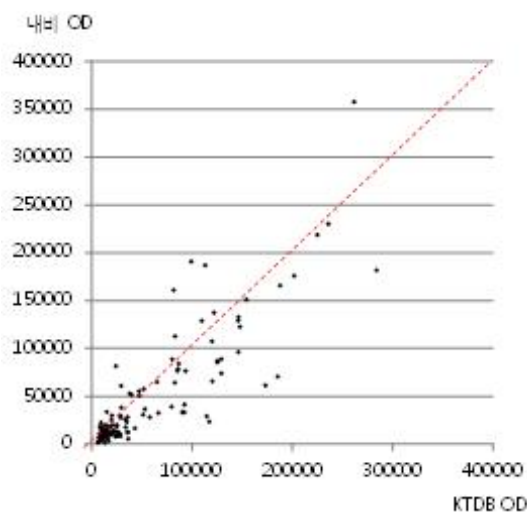
(가) 기점존 기준



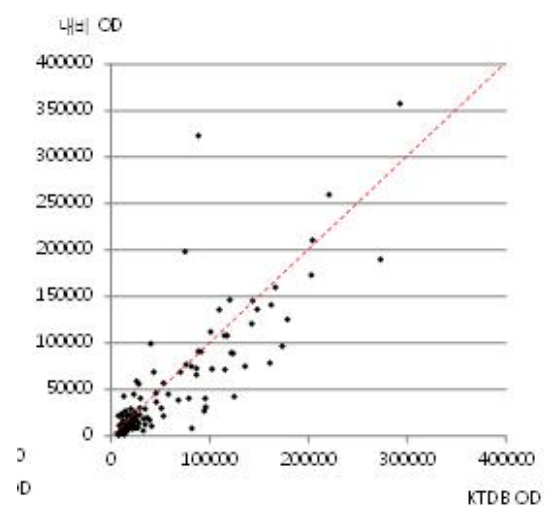
(가) 종점존 기준

<그림 2-38> 존별 내비게이션 교통량-오차율 관계 분석

- 발생 도착 교통량간 편차에 대한 표준편차 계산 결과 발생 기준으로는 118%, 도착 교통량 기준으로는 132%로 나타나 오차율의 표준편차가 도착교통량에서 더 크게 나타남을 확인함
- 이러한 편차율 분포 특성을 통해 알 수 있는 것은 발생 교통량의 경우 존 별로 도착교통량에 비해서는 상대적으로 좀 더 균일한 편차크기를 보이는 반면 도착교통량의 경우 편차율의 존 간 차이가 크다는 것임
- 이는 도착교통량의 경우 KTDB와 내비 전수화 교통량간의 편차가 큰 존과 작은 존이 보다 뚜렷히 나타난다는 것이며, 이는 <그림 2-39>의 존별 KTDB-내비게이션 OD 상관 분석에서도 확인됨
- 현재의 분석 결과가 매우 기초적인 방법론에 의해 수행되었기 때문에 명확한 결론을 내리기에는 한계가 있으나, 추론 가능한 사실 중 하나는 KTDB OD 교통량이 도착 보다는 발생 기준으로 좀 더 정확하는 것이며, 결론적으로 도착 교통량의 편차가 더 컸다는 것은 통행 배분 단계에서 일부 오차의 발생이 있었다고 추측됨



(가) 기점존 기준



(가) 종점존 기준

<그림 2-39> 존별 KTDB-내비게이션 OD 상관 분석

다. 모형기반 분석

1) OD 추정모형 기반 KTDB 기종점 통행량 검증 방법론

- 앞서 살펴본 자료기반 기초 분석에서는 현실에서 수집된 다양한 자료들을 함께 이용하여 현재 KTDB OD 교통량의 값을 검증하였음
- 그러나 기초자료 기반 분석의 한계는 현장 자료들에 의한 값과 KTDB OD 값간의 차이를 확인하는데 그칠 뿐, 그 차이가 어느 정도일 때 두 값의 차이가 큰 것이고, 또 얼마나 작아야 무시할 수 있는 크기인지를 판단하기 어렵다는 것임
- 즉, 현재 기초자료 분석에서 사용되는 자료는 내비게이션에 의해 얻어진 표본 통행의 OD이기 때문에 표본값과 모집단 값인 KTDB OD 교통량 간에 차이가 있다고 해서 KTDB OD 교통량이 오차가 있다고 판단할 수 없음
- 또, 모집단에 근접한 TCS 자료 역시 한정된 기간 동안 수집되거나, 한정된 기간의 자료를 이용해 OD 검증을 하게 되므로, 자료를 직접 이용하는 방법에서 더 나아가 통계적인 기법을 통해 자료가 가진 한계를 극복할 수 있는 방법론이 개발되어야 함
- 현재 KTDB OD에 의한 값과 수집 자료에 의한 값 간의 차이만을 확인하는 것이 아니라 여러 자료를 함께 이용하여 검증대상 기종점의 교통량이 어떤 값이 되어야 하는지, 또는 어떤 범위내에 KTDB OD 값이 존재하는 경우 충분히 신뢰할 수 있는 값이라 인정할 수 있는지를 분석하는 것이 필요함
- 이러한 배경에서 본 연구에서는 TCS 자료와 내비게이션 자료를 활용하는 최우추정법 기반의 OD 추정 모형을 개발하였음
- 현재 개발된 최우추정법 기반 OD 추정 모형은 내비게이션 표본 OD가 추출될 확률을 최대한으로 하면서, 고속도로 각 영업소의 진입 및 진출 총량을 재현하는 KTDB OD를 추정하도록 개발된 모형임
- 이때 현 모형이 갖는 한계는 내비게이션 표본 OD가 존재하지 않는 기종점 쌍에 대해서는 정확한 추정이 어려우며, KTDB OD 교통량의 크기가 매우 작은 기종점 쌍에 대해서도 현재의 교통량이 적합한지 아닌지에 대한 판단을 내리기 어렵다는 점임
- 따라서, 기종점 통행량 추정 후 KTDB OD 교통량 검증에 추정 결과를 적용할 때에는 제한된 숫자의 유의한 분석이 가능한 기종점 쌍들을 선정해 분석해야함
- 이러한 한계 때문에 본 연구에서는 내비게이션 표본숫자와 KTDB OD 교통량 조건이 동시

에 만족되는 KTDB의 주요 기종점쌍에 대한 교통량 검증 결과만을 제시함

- 본 연구에서는 또 KTDB의 OD 교통량이 현재 이용 가능한 자료, 즉 TCS 자료와 내비게이션 자료를 기준으로 판단할 때 신뢰할 수 있는 수준인지 아닌지를 결정할 수 있는 방법론을 개발하고자 함
- 이를 위해 KTDB OD 교통량의 존재 가능 구간을 정의할 수 있는 방법론 개발이 필요한데, 적용 가능한 방법으로는 1) 통계학의 모집단 평균 구간추정 기법을 이용하는 방법과, 2) 개별 자료를 이용하여 복수의 추정값들을 얻은 뒤, 이를 이용해 모집단 KTDB OD 교통량의 특성을 분석하는 방법이 있음
- 통계학의 모집단 평균에 대한 구간추정 기법을 이용하는 방법은 모집단에 대하여 표본 추출을 한 뒤 신뢰구간과 추출된 표본의 숫자에 의해 모집단의 평균이 존재할 것이라 생각되는 구간을 추정하는 방법임
- 만약 n 개의 표본을 추출하고 모집단의 분산이 σ^2 인이며 모집단의 분포가 정규분포를 따르는 경우, 모평균 μ 에 대한 신뢰수준 $100(1-\alpha)\%$ 에서의 신뢰구간은 아래와 같이 정의됨

$$\left(\bar{X} - z_{\alpha/2} \frac{\delta}{\sqrt{n}}, \bar{X} + z_{\alpha/2} \frac{\delta}{\sqrt{n}} \right) \dots\dots\dots \text{식 (31)}$$

- 이때 모집단의 분산이 알려지지 않은 경우 모집단의 분산 대신 표본의 분산을 사용할 수 있음
- 이러한 구간 추정의 개념을 직접 KTDB 기종점 교통량 추정에 적용할 수 있는데, 이를 위한 가장 간단한 방법은 내비게이션 자료를 이용하는 것임
- KTDB OD 교통량의 경우 1일 교통량을 정의하므로 내비게이션 자료도 1일 동안 수집된 자료를 1개의 표본으로 사용하는 것이 타당하나, 현재의 내비게이션 자료는 일별 표본율이 너무 낮아 이 경우 표본이 존재하지 않는 KTDB 기종점이 많은 문제가 있음
- 또 내비게이션 표본 자료의 표본율이 매우 낮기 때문에 개별 기종점별로 표본숫자의 변동이 상당히 클 수 있어 분석에 적합하지 않을 수 있음
- 따라서 기종점 표본 자료숫자의 안정성과 표본을 증가를 위하여 일별 내비게이션 표본 자료를 집계하여 사용함
- 예를 들어 내비게이션 자료가 모집단의 표본추출 결과라 가정하고, 매주 추출되는 평일5일치의 내비게이션 자료를 집계하여 1개의 표본이라 가정함
- 또는 2~3주 동안 동일한 요일의 자료를 집계한 뒤 평균값을 계산하여 요일별 표본 OD를 만들고 이를 1일 조사된 표본으로 적용할 수 있음

- 이때 평균으로 얻어진 표본 OD는 내비게이션 표본에 의한 OD 이므로, 이 표본 OD에 KTDB OD 총 교통량을 적용해 표본율을 계산한 뒤 표본 OD를 전수화하여 내비게이션 OD 표본으로 사용함
- 이런 방법으로 n개의 표본 기종점 교통량을 확보한 경우 내비게이션 표본 OD의 분산이 σ^{ij2} 이고 현실의 기종점 통행량이 정규분포를 따른다고 가정할 때, 현실의 기종점 교통량의 평균으로 정의되는 KTDB 기종점 통행량 T_{KT}^{ij} 에 대한 신뢰수준 100 (1- α)% 에서의 신뢰구간은 아래와 같이 정의됨

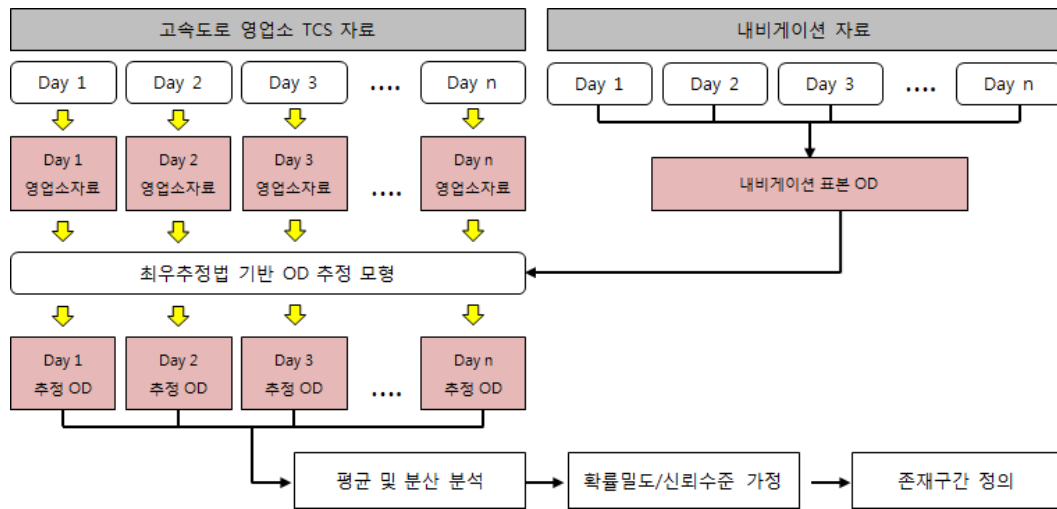
$$\left(T_{KT}^{ij} - z_{\alpha/2} \frac{\delta^{ij}}{\sqrt{n}}, T_{KT}^{ij} + z_{\alpha/2} \frac{\delta^{ij}}{\sqrt{n}} \right) \dots\dots\dots \text{식 (32)}$$

- 이 기법을 적용하기 위해 필요한 핵심 정보는 기종점 ij 간의 교통량 분산을 확인하는 것인데, 현재 확보되어있는 내비게이션 자료의 량을 고려하면 식 (32)에서 제시된 KTDB OD 교통량의 신뢰구간을 내비자료를 통해 모든 기종점에 대해 계산하기는 어려움
- 또, 이러한 구간 추정 기법의 경우 모든 기종점을 독립적으로 간주해 분석한다는 한계가 있고, TCS 자료와 같은 다른 자료들은 전혀 이용하지 않는 문제점이 있음
- 식 (32)에서 제시한 존재구간 정의식은 통행 발생량과 도착량의 존재구간을 정의하는데 사용할 수 있음

$$\left(O_{KT}^i - z_{\alpha/2} \frac{\delta^i}{\sqrt{n}}, O_{KT}^i + z_{\alpha/2} \frac{\delta^i}{\sqrt{n}} \right) \dots\dots\dots \text{식 (33)}$$

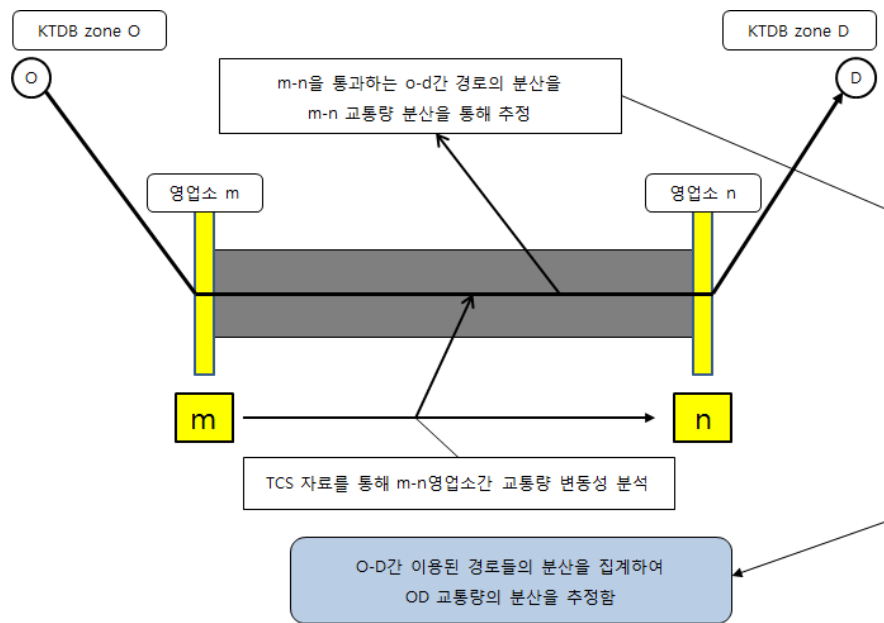
$$\left(D_{KT}^j - z_{\alpha/2} \frac{\delta^j}{\sqrt{n}}, D_{KT}^j + z_{\alpha/2} \frac{\delta^j}{\sqrt{n}} \right) \dots\dots\dots \text{식 (34)}$$

- 개별 기종점 쌍에 비하여 표본자료의 수가 많기 때문에 개별 기종점 쌍 검증보다는 발생 및 도착 교통량의 검증이 보다 신뢰성 있는 결과를 제시할 수 있음
- 또, 4단계 모형의 특성상 발생 총량은 통행발생 모형에서 계산되는 것이므로, 공간적 분포 검증에 앞서 총량 검증 차원에서 기점과 종점의 통행총량 검증을 우선 시행해야함
- 기종점 교통량의 존재구간을 정의할 수 있는 또 다른 방법은 개별 자료를 이용해 복수의 추정값을 얻은 뒤, 이를 표본으로 가정해 모집단의 특성을 파악하는 방법임
- 현재 복수의 자료를 확보할 수 있는 자료원은 TCS 자료 및 내비게이션 자료로서, 두 자료에 대하여 같은 날의 자료 확보가 가능하다면 일별 KTDB OD를 추정한 뒤 이를 이용해 KTDB OD의 존재구간을 정의할 수 있음



<그림 2-40> 복수일 자료를 이용한 KTDB OD의 존재구간 추정

- 그러나 현재 확보된 자료를 보면 TCS 자료의 경우 일별 OD값의 확보가 가능하지만, 내비게이션 자료의 경우 1일에 수집되는 자료의 양이 KTDB OD 추정에는 충분한 수준이 아님
- 따라서 본 연구에서는 내비게이션 자료의 경우 대표 표본 OD 구축을 위해서만 사용하고, 개별일의 TCS 자료를 이용해 일별 KTDB OD를 추정한 뒤, 이 복수개의 KTDB OD를 이용하여 KTDB OD의 통계적인 특성을 분석하는 방법을 제안함
- 추정값으로 존재구간을 추정한다는 점에서 이 기법은 이론적인 근거가 약한 것이 단점이며, 내비게이션 자료는 복수일 자료가 아닌 대표 표본 OD로만 이용한다는 점도 현재 자료수준에서의 한계로 볼 수 있음
- 향후 링크 관측 데이터 등 추가 자료를 통해 복수일별 자료 pair가 확보된다면 추정값으로 존재구간을 추정하는 문제는 완화될 수 있으나, 현재 링크 관측교통량의 수집 체계를 고려할 때 일별로 관측교통량이 확보되기는 어려워 자료의 확충에 의한 문제 해결에는 상당한 기간이 필요할 것으로 판단됨
- 이에 대한 해결책으로는 <그림 2-41>과 같이 TCS 자료를 통해 KTDB OD 교통량의 변동 특성을 파악한 뒤, 이를 이용해 직접 KTDB OD 교통량의 존재구간을 분석하는 방법을 개발할 수 있을 것이라 생각됨

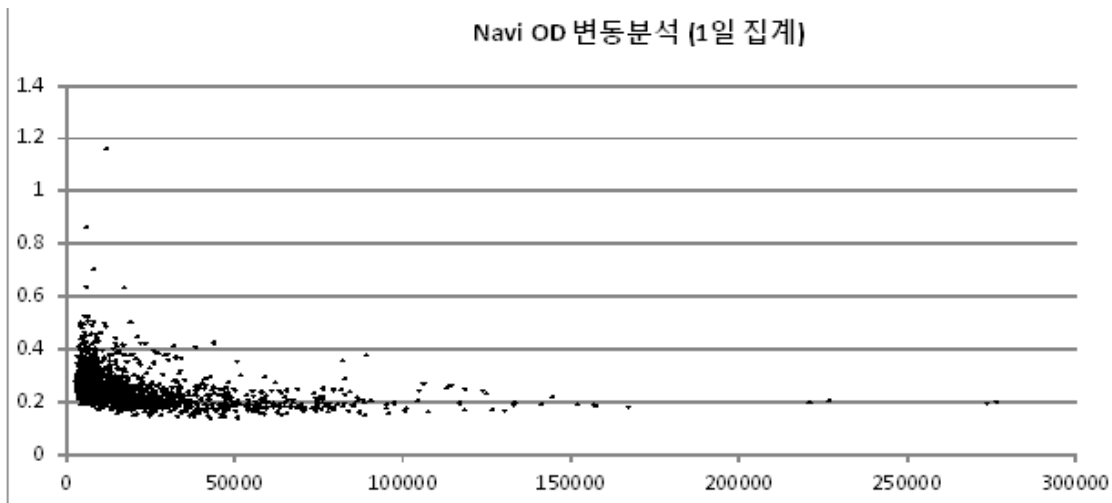


<그림 2-41> 고속도로 영업소간 교통량 변동을 통한 KTDB OD 교통량 변동 추정

- 이 기법의 경우 고속도로를 통과하는 경로에 대한 교통량 변동만을 파악할 수 있으므로 Type 2 및 Type 3의 교통량 변동을 위해서는 일반도로의 링크 관측 교통량의 변동 파악도 필요함
- 이와 같이 현재 모형기반 추정 기법의 한계 중 가장 시급히 개선되어야 하는 측면은 링크 관측 교통량을 OD 추정에 이용하지 않는다는 점임
- 추정대상 KTDB 기종점 쌍 중 전 교통량이 고속도로를 이용하지 않는 Type 2와 Type 3의 경우 내비게이션 표본 OD만을 이용하여 분석되므로 값의 추정이나 기종점 교통량 검증의 신뢰도가 높지 않다는 한계가 있음
- 따라서, 장래에는 링크 관측교통량을 함께 이용할 수 있도록 현재의 기종점 교통량 추정 모형을 개선하는 것이 필요하며, 이를 위해서는 현재의 관측 교통량 조사 지점 중 지점 간 중복 문제 등이 발생하지 않도록 기종점 교통량 검증을 위한 관측 지점들의 정리와 재선정이 선행되어야 함
- 또 복수일의 링크관측교통량 확보를 위해 링크 관측교통량의 자동 수집 설비 설치와 교통량 추정 모형의 개발 등이 필요함

2) 내비자료 변동성 분석 및 검증 대상 기종점 쌍 선정

- KTDB OD 교통량의 검증을 위해서는 앞서 설명한 두 가지 방법 중 내비게이션 자료를 표본 기종점쌍에 적용하였음
- 먼저 분석 대상 기종점 쌍의 선정에 앞서 분석기간 각 날짜에 수집된 내비자료를 평일에 수집된 자료만을 이용하여 변동성 분석을 수행함
- <그림 2-42>에서 보는바와 같이 내비게이션 자료수가 많은 기종점 쌍의 경우 변동계수가 0.2 수준이지만 교통량이 줄어들수록 변동계수가 증가하는 형태가 나타남



<그림 2-42> 내비게이션 자료의 기종점 교통량-변동계수 간 관계

<표 2-4> 기종점 교통량 구간별 CV 평균값

내비 OD량 기준 상위 N개 기종점	평균 CV	내비 OD량 기준 상위 N개 기종점	평균 CV
10	0.1938	100	0.2001
20	0.1964	200	0.2013
30	0.2003	500	0.2109
50	0.2053	1,000	0.2280

- 내비자료가 현실 기종점 교통량의 양적 특성을 반영하고 있다고 가정한다면, 교통량이 크지 않은 기종점쌍의 경우 일별 교통량 변동이 상당히 큰 것을 알 수 있고, 이 경우 수요예측 기법을 통한 교통량 예측도 어려울 것임
- 교통량의 증가에 따라 CV값이 얼마나 증가하는지를 <표 2-4>에서 분석함

- 교통량 상위 10개 기종점쌍의 CV는 19% 수준임에 반해 상위 1000개 기종점쌍의 평균은 23% 수준으로 나타남
- 상위 1000개 기종점쌍 까지도 분석에 무리가 없는 변동크기가 나타나고 있으나, 방법론의 테스트를 위한 기종점쌍은 가능하면 내비게이션 자료숫자가 많은 기종점쌍을 선정하는 것이 바람직하다고 판단됨
- 분석을 위한 표준편차의 계산은 각 날짜의 내비게이션자료를 이용해 전체 분석 기간의 표준편차를 계산하였으며, 표본 테스트를 시행할 기종점 쌍은 거리별로 1~2개의 기종점을 선정하였음
- 선정 기준이 된 거리 구간은 단거리 (20km 이하), 중단거리 (20~50km), 중장거리 (50~100km), 장거리 (100km 이상) 으로 설정하였음
- 거리별로 가장 표본수가 많은 기종점쌍을 중심으로 적용대상을 선정함

3) 분석대상 기종점 쌍 교통량 검증

- 본 연구에서 제시한 내비게이션 자료를 이용한 KTDB OD 교통량 검증 기법 테스트를 위해 총 20개의 기종점쌍을 선정함
- 분석대상 기종점쌍은 통행거리 20km 이하에서는 서울 송파구에서 서울 강남구로의 통행을 포함한 6개 기종점쌍을 선정하였고, 20~50km 구간에서도 역시 용인시 수지구에서 서울 강남구로의 통행을 비롯한 6개 기종점쌍을 선정하였으며, 50~100km 구간에서는 경기 여주군에서 충북 제천시로 가는 기종점쌍 등 총 6개 기종점쌍을 선정함
- 그밖에 100km 이상 구간에서는 상대적으로 내비게이션 표본숫자가 충분한 기종점 쌍이 많지 않아 경북 상주시로부터 경기도 이천시로 통행하는 기종점쌍을 비롯한 2개 기종점 쌍만을 분석함
- 먼저 내비게이션 평균 교통량과 KTDB OD 교통량간의 평균적인 교통량 비교를 <표 2-5>에 제시하였음

<표 2-5> 분석대상 기종점 편차율 분석

거리구간	기점	종점	내비평균	KTDB OD	편차율
20km 이하	서울 송파구	서울 강남구	41,305	45,788	9.8%
	경기 성남시 수정구	경기 성남시 중원구	17,454	17,737	1.6%
	광주 광산구	광주 북구	117,006	37,382	213.0%
	전남 순천시	전남 광양시	44,280	4,575	867.8%
	경남 김해시	부산 북구	11,893	11,809	0.7%
	경북 안동시	경북 예천군	3,700	3,522	5.1%
20~50km	경기 용인시 수지구	서울 강남구	7,107	6,935	2.5%
	경기 평택시	경기 화성시	83,033	7,836	959.6%
	전북 익산시	전북 전주시 완산구	9,187	10,405	11.7%
	전남 순천시	전남 여주시	38,176	9,388	306.6%
	경북 안동시	경북 예천군	3,700	3,522	5.1%
	경남 창원시 성산구	경남 김해시	19,604	18,912	3.7%
50~100km	경기 여주군	충북 제천시	11,858	122	9,654.3%
	경기 안성시	충북 충주시	4,567	142	3,127.7%
	강원 춘천시	강원 원주시	3,078	2,452	25.5%
	전북 전주시 덕진구	충남 계룡시	22,622	37	61,490.5%
	충북 음성군	경북 상주시	33,887	35	97,416.5%
	경남 하동군	경남 함안군	14,790	114	12,911.3%
100km 이상	경북 상주시	경기 이천시	28,880	48	59,496.2%
	경북 상주시	경기 여주군	8,551	53	16,046.9%

- 평균적인 기종점 교통량의 비교를 위해 먼저 관측교통량 대비 내비자료의 평균 표본율 0.7689%를 이용하여 1일 내비자료를 모두 전수화하였음
- 전수화 계산 결과 <표 2-5>에서 보는바와 같이 분석 대상 기종점들의 경우 내비게이션 전수화 기종점 통행량의 크기가 전반적으로 KTDB OD 교통량의 크기보다 상당히 큰 기종점들이 확인됨
- 이러한 문제는 내비게이션 자료를 전수화시키는 과정에서 사용된 표본율에 따른 문제임
- 현재 전수화에 사용된 표본율은 0.7689%로서 이 값은 주요 관측지점에서 관측 교통량과 각 지점을 통과한 내비게이션 자료량을 비교해 얻은 평균값임
- 그런데 분석 대상으로 선정된 기종점쌍들은 각 통행길이 구간 별로 내비게이션 자료의 양이 많은 기종점 중심으로 선정하였기 때문에 평균적인 표본율을 적용할 경우 내비게이션 전수화 기종점 교통량이 과다 추정될 가능성이 높음
- 선정된 20개 기종점 쌍을 대상으로 할 경우 KTDB 기종점 통행량에 비하여 내비게이션 표본의 총량이 약 2.9배 더 큼
- 내비게이션 이용자의 전체 통행자들에 대한 비율이 1.0을 넘을 수 없고, 링크 교통량 관측 지점에서 추정된 내비게이션 자료의 비율이 87일 집계치의 경우 67% 수준임을 고려할 때

이렇게 내비게이션 전수화 교통량이 KTDB OD 교통량에 비해 매우 큰 경우는 세 가지 이유가 있을 수 있음

- 먼저 첫 번째 경우는 내비게이션 자료 자체에 문제가 있을 개연성이 있는 기종점쌍임
- 예를 들어 50~100km 구간 내에 속하는 충북 음성군에서 경북 상주시로 진행하는 내비게이션 통행이 일평균 22,622로 파악되어 있는데 KTDB OD 교통량은 37임
- 충북 음성군과 경북 상주시의 사회경제 지표를 고려할 때 이러한 통행량이 기록될 가능성은 낮을 것이라 판단됨
- 두 번째 경우는 KTDB OD 교통량이 지나치게 작게 계산되어 있는 경우임
- 예를 들어 <표 2-5>의 경기도 평택시에서 경기도 화성시로 통행하는 기종점 쌍의 경우 KTDB OD 교통량은 7,836인 반면 내비게이션 평균 교통량은 85,326임
- 이렇게 내비게이션의 일 평균 교통량이 10배 이상 큰 경우는 현재의 표본율 0.7689%를 고려 하더라도 내비의 수집량에 비하여 KTDB OD 교통량이 지나치게 많다고 판단할 수 있음
- 표본율이 0.7689%라는 것은 1대의 내비 자료가 수집된 기종점쌍의 경우 실제 추정 교통량은 약 130대 정도가 되어야함을 의미하는데 자료가 수집된 기종점쌍 중 KTDB 기종점 통행량의 교통량이 이보다 작은 기종점쌍이 다수 존재함
- 이 경우 현재 KTDB OD 교통량이 현실에 비하여 적게 계산되어 있는 경우라 추측할 수도 있음
- 물론 두 번째 경우 역시 내비게이션 자료의 수집량 자체가 문제가 있는 경우도 있을수 있어 향후 분석을 통해 내비게이션 자료량의 문제 기종점쌍과 KTDB OD의 문제 기종점쌍을 구분해 확인하는 작업이 필요함
- 세 번째 경우는 실제 기종점쌍의 내비자료 표본율에 비하여 적용된 0.7689%라는 표본율이 높아서 내비 전수화 OD 교통량이 과다가 된 경우임
- 평균 표본율과 기종점쌍별 표본율 차이도 내비게이션 기종점 통행량 전수화 과정에서 중요한 오차 발생 원인이 될것이라 판단되며, 이를 고려한 전수화 방안이 개발되어야 함
- 오차율 분석 결과를 보면 20km 이하의 통행거리를 갖는 기종점쌍이나 20~50 km 구간에 속하는 기종점 쌍에서는 내비게이션 전수화 교통량과 KTDB OD간에 차이가 작은 기종점쌍이 다수 발견되었음
- 특히 수도권에 속하는 기종점 쌍들의 경우 편차율이 10% 미만인 기종점 쌍이 많았고, 경남 김해에서 부산 북고로 진행한 기종점쌍에서도 낮은 편차율이 나타남

- 반면에 통행거리가 50km이상인 기종점 쌍들의 경우 KTDB OD에 비하여 내비게이션 전수화 OD 교통량의 크기가 매우 큰 기종점쌍이 대부분이었음
- 여러 가지 이유가 있을 수 있으나 현재로서는 이렇게 엄청난 편차가 기록되는 가장 큰 원인은 이들 중장거리 통행 기종점 쌍들의 경우 평균 내비게이션 표본율 0.7689에 비하여 훨씬 큰 표본율이 실제값이 아니었을까하는 추측은 가능함
- 즉 평균적인 표본율에 비하여 통행거리가 긴 통행들의 경우 내비게이션을 켜고 통행하는 비율이 훨씬 높아서 평균 표본율을 적용할 경우 상당한 통행 수요의 과다 추정이 발생한다고 생각할 수 있음
- 이러한 사실은 향후 통행거리별 표본율 적용이 필요함을 보여주는 결과임
- 마지막으로 또 다른 특징 중 하나는 KTDB OD 교통량이 작을수록 편차율이 크게 나타난다는 점임
- KTDB OD 교통량이 10,000 이상인 기종점들의 평균 편차율은 40.1%였던 반면, 1,000 이상에 대한 평균을 계산하면 185.6%였고, 1,000 미만인 기종점쌍들에 대하여 평균을 계산하면 37,163.4%가 기록되었음
- 이러한 결과는 KTDB OD 교통량의 크기와 편차율 간의 관계가 존재함을 보여주는 것인데, 이러한 관계가 순수하게 교통량만의 영향인지, 아니면 통행거리의 영향이 간접적으로 포함된 것인지는 분석이 필요함
- 향후 추가 분석을 통해 오차가 적은 기종점쌍과 오차가 큰 기종점 쌍들의 공통적인 특징이 무엇인지를 확인하는 연구가 반드시 필요하다고 판단됨
- <표 2-6>에서는 분석대상 기종점 쌍들에 대하여 기종점 교통량의 존재구간 추정 결과를 제시하였음

<표 2-6> 분석대상 기종점 존재구간 추정 결과

거리 구간	기점	종점	내비 평균	거리 (km)	CV	최소	최대	KTDB OD
20km 이하	서울 송파구	서울 강남구	41,305	2.7	0.170	39,371	43,240	45,788
	경기 성남시 수정구	경기 성남시 중원구	17,454	2.3	0.145	16,754	18,154	17,737
	광주 광산구	광주 북구	117,006	7.5	0.145	112,308	121,703	37,382
	전남 순천시	전남 광양시	44,280	9.8	0.118	42,834	45,727	4,575
	경남 김해시	부산 북구	11,893	12.0	0.128	11,474	12,312	11,809
	경북 안동시	경북 예천군	3,700	24.2	0.244	3,451	3,949	3,522
20 ~50km	경기 용인시 수지구	서울 강남구	7,107	20.2	0.250	6,618	7,591	6,935
	경기 평택시	경기 화성시	83,033	20.6	0.225	77,882	88,185	7,836
	전북 익산시	전북 전주시 완산구	9,187	22.8	0.284	8,466	9,908	10,405
	전남 순천시	전남 여수시	38,176	25.2	0.174	36,347	40,006	9,388
	경북 안동시	경북 예천군	3,700	24.2	0.244	3,451	3,949	3,522
	경남 창원시 성산구	경남 김해시	19,604	20.7	0.168	18,693	20,515	18,912
50 ~100km	경기 여주군	충북 제천시	11,858	59.2	0.397	10,557	13,159	122
	경기 안성시	충북 충주시	4,567	55.5	0.388	4,078	5,056	142
	강원 춘천시	강원 원주시	3,078	65.7	0.234	2,880	3,277	2,452
	전북 전주시 덕진구	충남 계룡시	22,622	54.2	0.393	20,169	25,076	37
	충북 음성군	경북 상주시	33,887	75.5	0.247	31,574	36,200	35
	경남 하동군	경남 함안군	14,790	53.1	0.343	13,391	16,189	114
100km 이상	경북 상주시	경기 이천시	28,880	104.1	0.223	27,101	30,659	48
	경북 상주시	경기 여주군	8,551	116.0	0.200	8,079	9,024	53

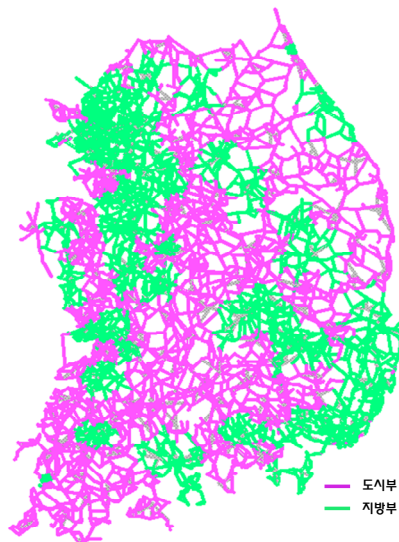
- 존재구간 분석에서는 평균뿐만이 아니라 교통량의 변동성이 영향을 미치게 되는데 이를 분석결과에 따라 분석하면 통행거리가 교통량의 변동성에도 영향을 주고 있음을 확인할 수 있음
- 통행거리가 20km 이하의 기종점 쌍은 CV값이 0.158이나, 20~50 km인 경우 0.224이며, 50~100 km인 경우에는 0.334이므로 통행거리와 교통량 변동은 관계가 있다고 판단됨
- 이러한 분석 결과를 고려할 때 현재의 분석 결과에서는 통행거리가 짧은 기종점쌍이 KTDB OD가 교통량 존재구간 내에 속할 가능성이 높을 것이라 추측할 수 있음
- 통행 거리와 통행량의 변동성간에 관계가 있음은 통근 통학 통행이 주를 이루는 단거리 통행과 여가 및 업무 등이 주를 이루는 장거리 통행의 통행발생 특성의 차이가 반영된 것이라 추측할 수 있음
- 선정된 전체 20개 기종점쌍 중 6개 기종점쌍이 추정 구간 내에 속하는 것으로 분석되었으며, 존재구간 정의에 적용된 신뢰수준은 99%였음
- KTDB OD가 추정 최대 및 최소 구간 내에 속하는 기종점 쌍들의 경우 최대 오차는 3.1%였으며, 최대 오차 크기는 5.1%였음

- 교통량 존재 구간 내에 속하지는 않았으나, 서울 송파구에서 서울 강남구로의 통행도 최대값과 KTDB OD값 간의 차이가 5.59%로서 크지 않았음
- 또, 전북 익산시에서 전주시 완산구로의 통행 역시 최대값과 KTDB OD값 간의 차이가 5.01%로서 편차는 존재구간에 KTDB OD가 속하는 기종점쌍과 비교하여 큰 차이가 없었음
- 분석 결과를 보면 교통량 존재구간 추정 결과와 KTDB OD 교통량을 비교하는 방법이 KTDB OD 검증에 적용 가능하나, 실제 실용적인 측면에서는 교통량의 편차만으로도 검증이 충분히 가능하다고 판단할 수 있음
- 현재의 분석은 신뢰도 99% 수준으로 분석되었으며, 신뢰도가 낮게 설정되면 더 많은 기종점쌍이 교통량 존재 추정 구간 내 KTDB OD 교통량이 속할 수 있고, 신뢰수준을 더 높이면 더 적은 경우만이 수락됨
- 본 연구에서의 기종점 교통량 존재 구간 분석은 앞서 밝힌바와 같이 개발된 방법론의 실제 적용가능성을 확인하는데 목적을 두고 있음
- 따라서 실제 KTDB OD 교통량에 대한 검증은 내비게이션 자료가 보다 장기간에 대하여 수집되어 자료의 편기가 완화되고, 표본율이 지역적으로 보다 안정화되어야 가능할 것으로 판단됨
- 특히 표본율의 경우 내비게이션 OD 교통량 전수화 정확성에 절대적인 영향을 미치므로 표본율을 어떻게 계산하고 전수화에 적용할 것인가에 대한 많은 후속연구가 필요함

제3절 KTDB VDF 위계 재정립에 따른 파라미터 추정 및 검증

1. 도시부/지방부 위계 도입 배경

- 2012년까지 KTDB VDF 도로 등급은 차로수와 교차로 밀도를 기준으로 일반 도로를 유형별로 16등급으로 구분함
- 2012년 과제에서 16등급체계 도로 위계의 문제점이 제시되었는데 그 중 첫 번째는 고속도로 2차로 이하 도로에서 88고속도로와 중앙선 산악통과 구간의 경우 일반 2차로 이하 고속도로의 VDF와는 상당한 차이가 있다는 점임
- 2013년 과제에서는 이 문제를 해결하기 위하여 해당 구간에 대하여 국지적인 물리적 특성을 반영하도록 예외 구간으로 정의해 독립적인 VDF 정의가 가능토록 제안함
- 두 번째 지적된 점은 도시부와 지방부를 구분해 통계분석을 실시한 결과 도시부와 지방부의 분리가 필요하다는 점임
- 이를 반영하기 위하여 2013년 과제에서는 OECD 보고서에서 제시된 한국의 기능적 도시 정의를 기준으로 KTDB 교통망의 링크들을 도시부와 지방부로 구분하였음



<그림 2-43> KTDB 도시부/지방부 도로 분포

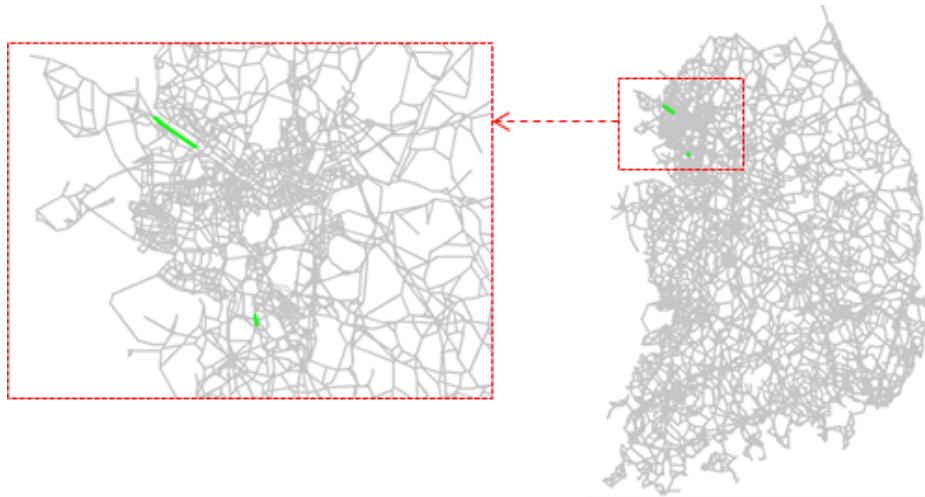
2. KTDB 신규 VDF 체계 파라미터 정산

가. KTDB 신규 VDF 체계 정산 자료 구축

- 앞 절에서 언급되었듯이 2012년 및 2013년 VDF 과업을 통해 기존의 16등급 VDF 체계는 도시부/지방부로 구분된 32등급 체계로 개편되었으며 88고속도로 및 중앙고속도로 등 국지적인 물리적 특성을 가진 일부 구간이 예외 등급으로 지정되었음
- 또한 기존 $\pm 30\%$ 의 정산허용률 대신 도로특성별 새로운 정산 기준이 제시되었으며 내비게이션 자료 및 공간분석을 이용한 정산지점 제외 등이 VDF 정산에 반영되었음
- 본 과업에서는 2014년 KTDB 신규 VDF 체계 정산을 위해 다음과 같은 분석을 수행하고 자료를 구축함
- 첫 번째로 OD, 네트워크, 유료도로 가중치 및 건설기술연구원 관측교통량 등 새로운 기준연도의 KTDB 교통수요분석용 자료를 갱신하여 정산에 적용함
- 두 번째로 2013년 VDF 과업에서 문제가 제기되었던 도시고속도로(VDF 3, 4)의 지방부에 대한 실효성을 검토하여 신규 VDF 체계 구축에 반영함
- 세 번째로 2013년 과업에서 수행되었던 정산 대상지점 선정에 대해 동일한 기준과 방법을 이용하여 2014년 VDF 정산을 위한 새로운 정산 대상지점을 선정함
- 마지막으로 기존 내비게이션 데이터의 필터링 및 분석기법을 보완하여 정확도를 향상시킨 새로운 내비게이션 DB를 구축함
- 본 절에서는 KTDB에서 제공받은 새로 갱신된 교통수요분석용 자료의 구축을 제외한 나머지 세 가지 정산 자료 구축에 대한 설명을 제시함

1) KTDB 신규 VDF 체계 구축

- VDF 파라미터 정산에 앞서 기존 32등급 VDF 체계에서 VDF 통합 및 제외가 필요한 등급을 검토함
- VDF 통합 관련 문제가 제기되었던 OECD 기준 지방부 도시고속도로의 경우 <그림 2-44>에 나타난 것과 같이 KTDB 네트워크 내 링크수가 10개 미만으로 매우 적음
- 또한 해당 링크들은 도시고속도로 외곽의 일부 구간으로 지리적으로는 OECD 기준 지방부에 속해있으나 실제로는 도시부의 특성을 그대로 유지하고 있을 것으로 판단됨



<그림 2-44> OECD 기준 지방부 도시고속도로 분포

<표 2-7> VDF 등급별 도로 속성

VDF	도로속성			
	도로유형	신호등밀도(개/km)	차로수	도시부/지방부
1	고속도로	연속류 (신호등밀도 = 0)	2차로 이하	도시부
2				지방부
3			3차로 이상	도시부
4				지방부
5	도시고속도로		2차로 이하	도시부
7			3차로 이상	
9	다차로도로	≤ 0.3	1차로	도시부
10			2차로 이상	지방부
11				도시부
12				지방부
13		≤ 0.7	1차로	도시부
14			2차로 이상	지방부
15				도시부
16				지방부
17		≤ 1.0	1차로	도시부
18			2차로 이상	지방부
19				도시부
20				지방부
21		≤ 2.0	1차로	도시부
22			2차로 이상	지방부
23				도시부
24				지방부
25		≤ 4.0	1차로	도시부
26			2차로 이상	지방부
27				도시부
28				지방부
29		> 4.0	1차로	도시부
30			2차로 이상	지방부
31				도시부
32				지방부

- 이에 따라 도시고속도로는 도시부에서만 정의되는 것으로 최종 결정하여 이를 신규 VDF 체계 및 정산에 반영하였으며 최종적으로 확정된 KTDB 신규 VDF 체계의 등급별 도로속성은 <표 2-7>과 같음

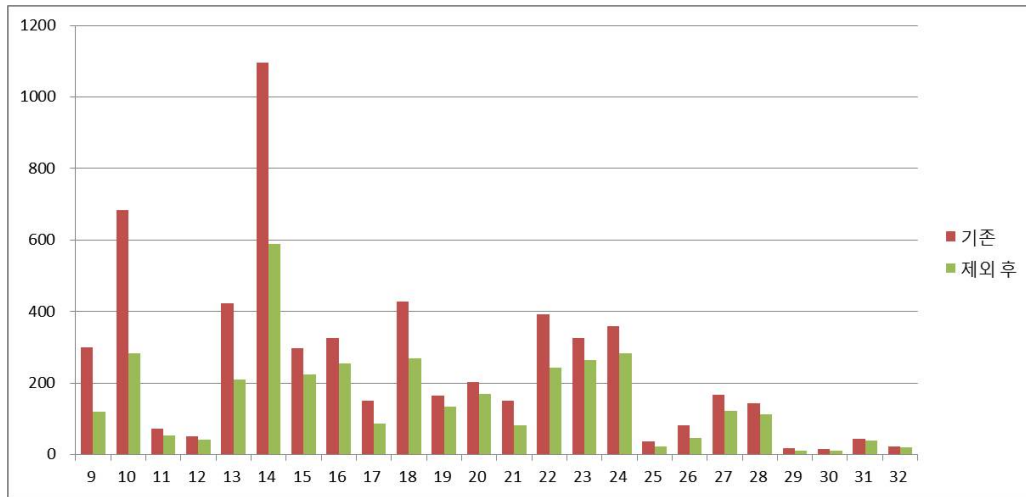
2) VDF 신퇴도 정산 대상지점 선정

- VDF 신퇴도 정산에서는 정산 결과인 링크 추정교통량과의 오차 비교를 위한 링크 관측교통량이 필요하며, 이에 따라 정산 대상지점은 건설기술연구원에서 제공하는 교통량 수시/상시 조사지점을 이용함
- 현재 KTDB VDF 교통망과 대응하는 건설기술연구원의 교통량 수시/상시 조사지점은 총 6,951개소이지만 VDF의 신뢰성에 대한 검증을 위한 자료로써 모든 지점이 적합하지는 않음
- 이와 같은 문제로부터 2013년 VDF 과업에서는 과다 및 과소배정이 불가피한 VDF 정산 부적합 지점을 제외하는 기법을 개발한 바 있음
- VDF 정산 부적합 지점에 대한 기준을 간단히 요약하면 다음과 같음
 - 센트로이드 인접 링크 중 V/C가 2.0 이상인 과다배정 지점 (알고리즘 이용)
 - 교통망 외곽 링크 중 V/C가 0.1 미만인 과소배정 지점 (알고리즘 이용)
 - 1일 관측교통량 1,000pcu 미만 지점
 - 존 내부 통행 비율 50% 이상 또는 통과 기종점쌍 수 10개 미만인 지점
- VDF 정산 부적합 지점 제외에 대한 필요성 및 각 기준에 대한 자세한 사항은 2013년 한국교통연구원의 ‘도로통행비용함수 개선방안 연구’ 최종보고서에 구체적으로 제시되어 있음
- 본 과업에서는 2013년 과업에서 제시한 VDF 정산 부적합 지점 제외 기준 및 방법을 동일하게 적용하여 새로운 정산 대상지점을 선정하였으며, 최종적으로 각 제외 기준에 따른 등급별 정산지점 수는 <표 2-8>와 같음
- VDF 정산 부적합 지점 제외 결과 총 6,951개의 정산지점 중 32%에 해당하는 2,258개의 정산지점이 제외되어 최종 정산지점으로는 4,693개 지점이 선정되었음
- 제외 기준별로 보면 관측교통량(1,000pcu 미만)과 존 내부통행비율(50% 이상)로 인해 제외된 지점이 각각 864개, 837개로 가장 많았으며, 이어서 과소배정 기준 342개, 통과 기종점쌍 기준 155개, 과다배정 기준 60개 순으로 정산지점 제외가 수행되었음
- 관측교통량과 존 내부통행비율로 인해 제외된 정산지점이 전체 제외지점의 75%를 차지하고 있으나 제외된 정산지점들은 2개 이상의 제외기준이 중복될 수 있음

<표 2-8> VDF 등급별 부적합 정산지점 제외 결과

VDF	기존 정산지점수	제외 기준					누적 제외지점수	최종 정산지점수	정산지점 제외비율
		과다 배정	과소 배정	관측 교통량	존내 통행비율	통과 기종점쌍			
1	345	0	0	0	0	0	0	345	0%
2	261	0	0	0	0	0	0	261	0%
3	360	0	0	0	0	0	0	360	0%
4	26	0	0	0	0	0	0	26	0%
5	4	0	0	0	0	0	0	4	0%
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
9	300	3	14	104	49	11	181	119	60%
10	684	0	53	287	44	16	400	284	58%
11	73	0	4	1	14	0	19	54	26%
12	50	0	1	0	4	4	9	41	18%
13	423	1	26	73	105	7	212	211	50%
14	1,097	7	99	248	117	38	509	588	46%
15	297	0	12	2	57	2	73	224	25%
16	325	0	10	1	39	21	71	254	22%
17	150	3	4	18	37	1	63	87	42%
18	428	6	33	50	62	7	158	270	37%
19	166	2	4	0	23	2	31	135	19%
20	203	0	6	6	12	10	34	169	17%
21	151	7	8	6	45	3	69	82	46%
22	392	3	36	44	56	9	148	244	38%
23	327	4	8	4	46	0	62	265	19%
24	360	5	10	5	45	12	77	283	21%
25	36	7	0	2	4	0	13	23	36%
26	81	3	7	10	10	4	34	47	42%
27	168	2	2	0	39	2	45	123	27%
28	144	2	4	0	22	4	32	112	22%
29	18	1	1	2	2	0	6	12	33%
30	15	1	0	1	2	1	5	10	33%
31	45	3	0	0	3	0	6	39	13%
32	22	0	0	0	0	1	1	21	5%
Total	6,951	60	342	864	837	155	2,258	4,693	32%

- <그림 2-45>에서는 각 VDF 등급별로 기존 정산지점 수와 정산지점 제외 후 최종 정산지점 수를 비교하였으며, 고속도로의 경우 정산지점 제외 대상에 포함되지 않아 다차로도로에 대해서만 결과를 제시함
- 각 VDF 등급에서 정산 제외 지점비율이 가장 높은 등급은 VDF 9등급으로 기존 300개의 정산지점 중 60%인 181개가 제외되었음
- 이어서 VDF 10등급에서 400개(58%), 13등급에서 212개(50%), 14등급에서 509개(46%) 등 전체적으로 차로수가 1개인 다차로도로에서 정산지점 제외 비율이 높게 나타났음
- 이와 같은 과정을 통해 정산에 불필요한 정산지점을 제외할 수 있을 뿐 아니라 각 등급 간 정산지점 수의 편차 또한 감소시킬 수 있음



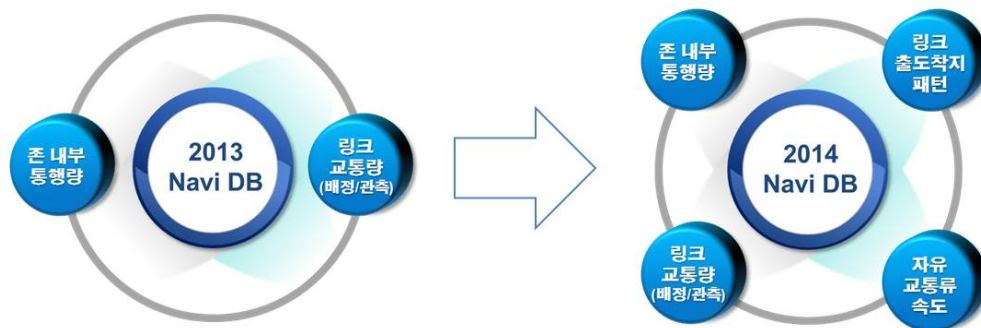
<그림 2-45> 정산 부적합 지점 제외 전후 정산지점 수 비교

- 그러나 여전히 각 등급별로 정산지점 수의 차이가 크고, 내비게이션 데이터의 부족 및 알고리즘의 한계로 인해 여전히 정산에 부적합한 지점이 다수 존재할 것으로 판단됨
- 따라서 향후 모든 교통량 조사지점에서 정산지점을 제외하는 것이 아니라 정산에 필요한 각 등급별 적정 정산지점 수를 산출하고 교통량 자료의 수집 여부와 상관없이 합리적인 정산지점을 선정하기 위한 연구가 추가적으로 필요함
- 또한, 위와 같은 방법으로 선정된 정산지점에서의 교통량 자료 및 내비게이션 자료의 확보를 위한 제도적 장치 마련이 필요함

3) 2014년 내비게이션 DB 구축

- 본 과업에서는 2012년 VDF 과업에서 MN Soft에서 제공받아 구축된 내비게이션 DB의 필터링 및 집계 방법을 분석하고 보완하여 보다 정확한 내비게이션 DB를 구축함
- 수행된 작업을 간단히 요약하면 기존 내비게이션 DB에서의 네트워크 동기화 문제로 인한 정보누락 구간에 대해 경로탐색 알고리즘을 통해 분절된 경로자료를 이어주거나 수정함
- 그 결과 <그림 2-46>과 같이 표준노드링크체계와 동기화 된 보다 다양한 내비게이션 DB가 구축되었으며, 이와 같이 구축된 내비게이션 DB를 갱신하여 VDF 정산에 이용함
- 그러나, 현재 KTDB 네트워크와 표준노드링크 체계 간 매칭이 건설기술연구원의 교통량 조사지점(정산지점)에 대해서만 가능함에 따라 내비자료를 활용한 추가적인 분석에 제약이 있음
- 향후 KTDB 네트워크 전체와 표준노드링크 체계 간 매칭이 완료될 경우 자유교통류 속도

정산 등 보다 다양한 분석이 수행될 수 있을 것임



<그림 2-46> 2014년 내비게이션 DB 구축 및 갱신

나. 신규 VDF 체계 파라미터 정산 결과

- 본 과업에서는 지방부/도시부 분리에 따른 신규 VDF 체계 파라미터 정산에 앞서 KTDB 배포자료와 내비게이션 DB를 갱신하고 정산 대상지점의 재선정 및 도시고속도로의 VDF 통합 등 정산 관련 자료를 재구축하였음
- 새롭게 구축된 정산 자료를 기반으로 화음탐색법을 실시하기 위해서 기존 2013년 과업에서 제시되었던 VDF 파라미터의 범위와 위계를 재검토하여 일부 파라메타의 최소값과 최대값을 수정하였음
- 도시부/지방부 구분에 따른 각 VDF 파라미터 범위의 설정은 자유교통류 속도의 경우 고속도로는 도시부가 지방부보다 높고, 다차로도로에서는 지방부가 도시부보다 더 높은 것으로 설정하였으며 이는 2013년 VDF 과업에서 지자체 ITS 자료를 통해 확인 된 바 있음
- 용량의 경우 도시부일수록, 교차로 밀도가 낮을수록 크게 설정하였으며 이는 도시부에서의 신호연동을 고려한 것임
- 알파값과 베타값의 범위는 화음탐색법을 이용하여 구해지는 최적값의 패턴분석을 통해 설정하였음
- 알파값과 베타값의 경우 도시부와 지방부의 구분 없이 범위값을 설정한 후 최적값을 계산하였는데, 알파값은 전반적으로 지방부에서 크게 나타났으며, 베타값 또한 고속도로에서는 도시부보다 지방부에서 크게 나타나 이를 반영해 파라미터 범위를 설정하였음
- 반면, 다차로도로의 베타값은 혼잡이 거의 발생하지 않는 다차로도로의 특성으로 인해 도시부와 지방부 간 패턴이 뚜렷하게 나타나지는 않아 전반적으로 베타값 정산이 통행패턴 재현

에 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단되어 도시부/지방부 구분 없이 동일한 범위를 설정함

- 이 외 차로수 및 교차로 밀도에 따른 VDF 등급 간 파라미터 범위와 위계는 2011년 정산이론 기초연구에서 제시된 조건을 이용하여 최종 설정함
- 최종적으로 본 과업에서는 도시부/지방부 구분에 따른 신규 VDF 체계의 파라미터의 범위를 <표 2-9>~<표 2-10>과 같이 제시함

<표 2-9> 2014 VDF 등급별 파라미터 범위_도시부

등급	도로 유형	신호등밀도 (개/km)	차로수	α		β		V_0 (kph)		Capa (pcphpl)	
				min	max	min	max	min	max	min	max
1	고속	연속류	2차로 이하	0.35	0.6	1.8	2.8	95	110	1,700	2,127
3	도로		3차로 이상	0.4	0.65	1.6	2.6	105	120	1,750	2,150
5	도시		2차로 이하	0.35	0.6	1.8	2.8	90	100	1,700	2,000
7	고속		3차로 이상	0.4	0.65	1.6	2.6	90	100	1,900	2,200
9	다차 로도 로	≤ 0.3	1차로	0.47	0.85	2.05	2.9	60	70	900	1,200
11			2차로 이상	0.5	0.7	2	2.5	75	85	1,250	1,550
13		≤ 0.7	1차로	0.52	0.88	1.95	2.8	55	65	850	1,150
15			2차로 이상	0.55	0.75	1.9	2.4	70	80	1,200	1,500
18		≤ 1.0	1차로	0.57	0.9	1.85	2.6	50	60	700	1,000
19			2차로 이상	0.6	0.8	1.8	2.3	65	75	1,000	1,300
22		≤ 2.0	1차로	0.58	0.9	1.85	2.4	45	55	600	900
24			2차로 이상	0.62	0.82	1.8	2.05	60	70	800	1,100
26		≤ 4.0	1차로	0.63	0.9	1.75	2.3	40	50	500	800
28			2차로 이상	0.66	0.86	1.7	1.95	55	65	700	1,000
30		> 4.0	1차로	0.67	0.9	1.65	2.2	35	45	400	700
31			2차로 이상	0.71	0.91	1.55	1.85	50	60	700	900

<표 2-10> 2014 VDF 등급별 파라미터 범위_지방부

등급	도로 유형	신호등밀도 (개/km)	차로수	α		β		V_0 (kph)		Capa (pcphpl)	
				min	max	min	max	min	max	min	max
2	고속	연속류	2차로 이하	0.4	0.65	2	3	90	105	1,700	2,127
4	도로		3차로 이상	0.45	0.7	1.8	2.8	100	115	1,750	2,150
10	다차 로도 로	≤ 0.3	1차로	0.47	0.85	2.05	2.9	65	75	900	1,200
12			2차로 이상	0.5	0.7	2	2.5	80	90	1,200	1,500
14		≤ 0.7	1차로	0.52	0.88	1.95	2.8	60	70	850	1,150
16			2차로 이상	0.55	0.75	1.9	2.4	75	85	1,100	1,400
18		≤ 1.0	1차로	0.57	0.9	1.85	2.6	55	65	650	950
20			2차로 이상	0.6	0.8	1.8	2.3	70	80	900	1,200
22		≤ 2.0	1차로	0.58	0.9	1.85	2.4	50	60	500	800
24			2차로 이상	0.62	0.82	1.8	2.05	65	75	700	1,000
26		≤ 4.0	1차로	0.63	0.9	1.75	2.3	45	55	400	700
28			2차로 이상	0.66	0.86	1.7	1.95	60	70	600	900
30		> 4.0	1차로	0.67	0.9	1.65	2.2	40	50	300	600
32			2차로 이상	0.71	0.91	1.55	1.85	55	65	600	800

- 본 과업에서 최종적으로 제시하는 VDF 파라미터 최적값은 <표 2-11>~<표 2-12>에서 제시함
- 신규 VDF 체계 파라미터 정산 결과 각 파라미터 별로 도시부와 지방부 및 도로 위계 간 정산 범위가 대부분 크게 중복되지만 화음탐색범에서는 2012년과 2013년 데이터를 통해 확인된 도로등급 간 관계를 반영하여 최종 파라미터 정산 값에서는 위계 역전 현상이 발생하지 않음

<표 2-11> 2014 VDF 등급별 파라미터 최적값_도시부

등급	도로 유형	신호등밀 도(개/km)	차로수	α	β	V_0 (kph)	Capa (pcphpl)
1	고속	연속류	2차로 이하	0.56	1.8	100.7	1,846
3	도로		3차로 이상	0.57	1.68	115.1	2,028
5	도시		2차로 이하	0.47	2.43	95.5	1,773
7	고속 도로		3차로 이상	0.48	2.4	97.5	2,182
9	다차 로 로	≤ 0.3	1차로	0.51	2.69	66.5	1,100
11			2차로 이상	0.67	2.16	80.7	1,420
13		≤ 0.7	1차로	0.54	2.47	63.9	957
15			2차로 이상	0.68	2.08	79.2	1,341
18		≤ 1.0	1차로	0.6	2.15	55.7	873
19			2차로 이상	0.69	1.93	71	1,242
22		≤ 2.0	1차로	0.6	1.92	51	862
24			2차로 이상	0.71	1.8	69.6	985
26		≤ 4.0	1차로	0.67	1.86	44.1	636
28			2차로 이상	0.72	1.79	62.4	936
30		> 4.0	1차로	0.8	1.82	38.3	595
31			2차로 이상	0.82	1.66	57	801

주 : 해당 파라미터 최적값은 모형상의 최적값으로 실제 KTDB 배포자료의 네트워크에는 현장특성을 반영한 파라메타 값이 적용되어 있음

<표 2-12> 2014 VDF 등급별 파라미터 최적값_지방부

등급	도로 유형	신호등밀 도(개/km)	차로수	α	β	V_0 (kph)	Capa (pcphpl)
2	고속	연속류	2차로 이하	0.55	2.09	95.2	1,786
4	도로		3차로 이상	0.57	2.07	108.2	1,987
10	다차 로	≤ 0.3	1차로	0.51	2.82	67.5	1,090
12			2차로 이상	0.65	2.24	82.3	1,400
14		≤ 0.7	1차로	0.54	2.16	65	925
16			2차로 이상	0.72	2.14	80.7	1,188
18		≤ 1.0	1차로	0.59	1.87	62.8	767
20			2차로 이상	0.73	1.82	72.2	971
22		≤ 2.0	1차로	0.63	1.87	58.1	583
24			2차로 이상	0.8	1.81	70	831
26		≤ 4.0	1차로	0.68	1.79	54.4	580
28			2차로 이상	0.82	1.72	69.3	756
30		> 4.0	1차로	0.72	1.72	44.2	465
32			2차로 이상	0.83	1.7	60	736

주 : 해당 파라미터 최적값은 모형상의 최적값으로 실제 KTDB 배포자료의 네트워크에는 현장특성을 반영한 파라메타 값이 적용되어 있음

3. KTDB 신규 VDF 체계 교통망 정산

가. KTDB 신규 VDF 체계 교통망 정산 결과

- 본 과업에서는 앞 절에서 제시된 4,693개 정산지점에 대해 2014 VDF 등급별 파라미터 최적 값을 이용해 KTDB 전국 교통망 정산을 실시하였으며 정산결과를 <표 2-13>에서 2013 VDF 교통망 정산결과와 비교하여 제시하였음
- 2014년 KTDB 전국 교통망 최종 정산율은 35.8%이며, 고속도로는 70.1%, 다차로도로는 26.6%임
- 2013년 결과와 비교하면 고속도로는 10%상승, 다차로도로는 1~3등급과 4~6등급이 각각 5.8%, 4.9% 하락하였으며 전체 정산율은 약 1.6% 하락함
- 그러나 <표 2-14>에서 제시한 것과 같이 내비게이션 자료인 존 내부통행비율을 적용하지 않고 정산을 시행한 결과 전체 정산율은 기존 31.8%에서 35.5%로 크게 향상되었음
- 따라서 실제 VDF를 이용하는 이용자들은 존 내부통행비율과 같은 내비게이션 자료를 이용하지 않음을 고려했을 때, 기존 VDF에 비해 신규 VDF의 체감적인 정확성은 더 높을 것으로 판단됨

<표 2-13> 2013 및 2014 VDF KTDB 전국 교통망 정산결과

구분	VDF 도로 등급별 정산신뢰수준											
	고속도로			다차로 1~3등급			다차로 4~6등급			전체		
2013 VDF	도시부	지방부	전체	도시부	지방부	전체	도시부	지방부	전체	도시부	지방부	전체
	61.9%	56.2%	60.1%	20.1%	36.3%	31.1%	25.3%	37.5%	33.9%	34.7%	39.4%	37.4%
2014 VDF	고속도로			다차로 1~3등급			다차로 4~6등급			전체		
	도시부	지방부	전체	도시부	지방부	전체	도시부	지방부	전체	도시부	지방부	전체
	68.5%	74.0%	70.1%	22.4%	26.8%	25.3%	23.5%	33.2%	29.0%	38.3%	33.8%	35.8%

<표 2-14> 2013 및 2014 VDF KTDB 전국 교통망 정산결과(내비게이션 자료 미적용)

구분	VDF 도로 등급별 정산신뢰수준											
	고속도로			다차로 1~3등급			다차로 4~6등급			전체		
2013 VDF	도시부	지방부	전체	도시부	지방부	전체	도시부	지방부	전체	도시부	지방부	전체
	61.9%	56.2%	60.1%	18.5%	29.4%	25.9%	19.3%	26.4%	23.4%	32.4%	31.4%	31.8%
2014 VDF	고속도로			다차로 1~3등급			다차로 4~6등급			전체		
	도시부	지방부	전체	도시부	지방부	전체	도시부	지방부	전체	도시부	지방부	전체
	68.5%	74.0%	70.1%	18.2%	29.2%	25.5%	22.1%	31.8%	27.6%	36.3%	34.9%	35.5%

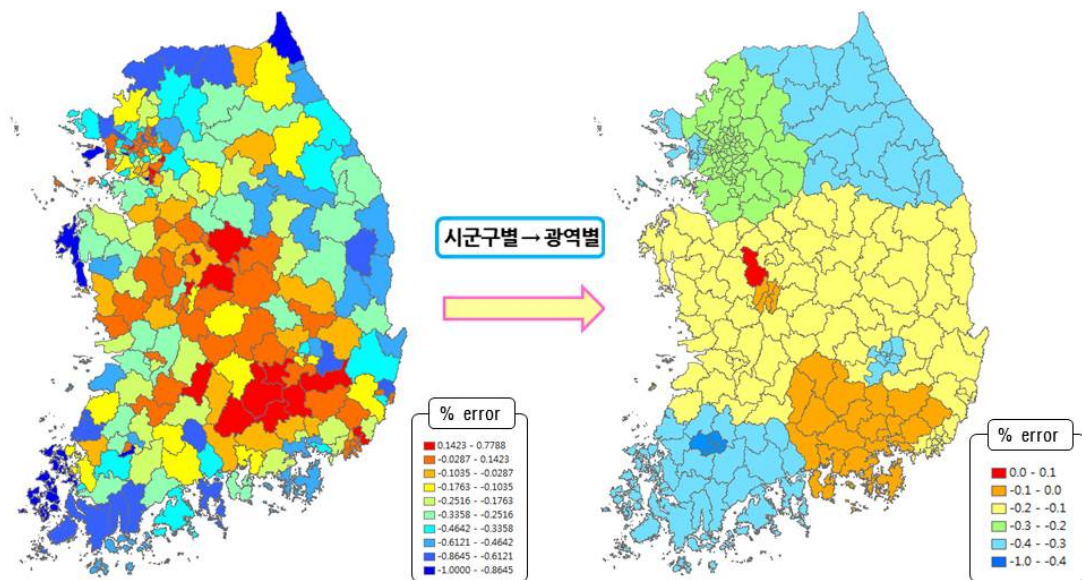
- 2014년 KTDB 전국 교통망 정산결과에 대해 도로유형 및 광역시/도 별 %error 분석을 실시하였으며 분석 결과를 <표 2-15>와 <표 2-16>에 제시하였음
- 분석 결과 국지도 -42.0%, 지방도 -34.2% 등 교통망 전체적으로 과소배정이 발생 한 것을 확인할 수 있으며, 또한 하위도로일수록 존 내부통행 비율이 높아 과소배정이 크게 발생한다는 것을 예상 할 수 있음
- 지역별 관측-배정 교통량의 %error의 경우 강원, 전남, 인천 등 교통망 외곽 지역에서의 과소배정이 매우 큰 것으로 분석되었으며, 이는 존 센트로이드를 통해서만 통행배정이 이루어지는 통행배정 특성이 나타난 것으로 판단됨

<표 2-15> 도로유형별 관측-배정 교통량 %error 분석 결과

구분	관측합계(pcu)	배정합계(pcu)	%error
고속국도	40,471,806	36,400,743	-10.1%
일반국도	18,683,074	13,413,523	-28.2%
국지도	3,023,277	1,753,540	-42.0%
지방도	5,013,251	3,297,081	-34.2%
전체	67,191,407	54,864,887	-18.3%

<표 2-16> 광역지자체별 관측-배정 교통량 %error 분석 결과

구분	관측합계(pcu)	배정합계(pcu)	%error
광주	877,896	479,261	-45.4%
서울	2,031,196	1,543,629	-24.0%
대전	1,358,624	1,302,259	-4.1%
충남	5,978,557	5,307,175	-11.2%
전북	4,098,194	3,302,354	-19.4%
부산	1,397,082	1,178,440	-15.6%
경기	26,820,573	21,028,231	-21.6%
인천	3,729,917	2,551,309	-31.6%
세종	502,164	516,948	2.9%
충북	4,943,616	4,433,554	-10.3%
전남	4,261,133	2,817,487	-33.9%
경북	6,537,486	5,309,467	-18.8%
경남	8,010,183	7,214,382	-9.9%
대구	2,313,963	1,551,739	-32.9%
울산	1,026,783	836,729	-18.5%
강원	2,922,800	2,000,499	-31.6%



<그림 2-47> 광역지자체별 관측-배정 교통량 %error 분석 결과

- <표 2-17>과 <표 2-18>에서는 도로등급별 %RMSE에 대해 2013년과 2014년 결과를 제시하였음
- 두 표의 결과를 비교해보면 교통망 전체의 %RMSE는 79%에서 65%로 약 14% 감소하였음
- 고속도로의 경우 %RMSE가 35%에서 38%로 약간 증가하였으나 다차로도로의 경우 123%에서 94%로 크게 감소하였으며, 다차로도로 1~3등급(-33%)이 4~6등급(-22%) 보다 더 큰 개선이 이루어졌음

<표 2-17> 2013 KTDB 교통망 도로등급별 %RMSE 결과

고속도로		다차로도로			
		1~3등급		4~6등급	
VDF	%RMSE	VDF	%RMSE	VDF	%RMSE
1	39	5	142	11	90
2	29	6	116	12	102
고속도로 전체	35	7	110	13	89
		8	122	14	78
		9	90	15	136
		10	97	16	67
		1~3등급 전체	142	4~6등급 전체	99
		다차로도로 전체			
교통망 전체					79

<표 2-18> 2014 KTDB 교통망 도로등급별 %RMSE 결과

고속도로		다차로도로			
		1~3등급		4~6등급	
VDF	%RMSE	VDF	%RMSE	VDF	%RMSE
1	44	9	135	21	123
2	28	10	159	22	90
3	32	11	81	23	62
4	22	12	101	24	58
고속도로 전체	38	13	91	25	101
		14	111	26	141
		15	93	27	74
		16	82	28	67
		17	105	29	140
		18	89	30	105
		19	71	31	59
		20	59	32	66
		1~3등급 전체	109	4~6등급 전체	77
		다차로도로 전체			
교통망 전체					65

나. KTDB 신규 VDF 체계 정산 결과 검증

1) 신규 VDF 체계 통행시간 검증

- 최종 결정된 2014 VDF 정산결과를 검증하기 위해 먼저 2013 및 2014 VDF를 각각 이용해 배정교통량의 유무에 따른 통행시간 검증 분석을 실시함
- 검증을 위한 비교데이터는 포털사이트 'Daum'에서 제공하는 경로 통행시간과 내비게이션 데이터(단거리)를 이용하였으면 분석대상 기종점은 OD의 양과 지역적 형평성을 고려해 단/중/장거리 총 8쌍을 선정하여 검증하였으며 검증 결과는 <표 2-19>에 제시하였음
- 표의 결과를 보면 2014 VDF 통행시간 검증결과 추정된 통행시간은 배정교통량이 없을 시 약 20% 과소추정 되었으나 배정교통량 존재시 10% 이내의 오차로 현실과 매우 유사하게 추정되었음
- 또한 전체적으로 비교 데이터와의 통행시간 차이를 비교해봤을 때 2014 VDF가 2013 VDF에 비해 현실 설명력이 더 높은 것으로 나타났음

<표 2-19> 도로유형별 관측-배정 교통량 %error 분석 결과

구분	기점	종점	통행시간(분)							
			새벽		OD = 0.01		평시		OD = 배포자료	
			Daum	Navi	2013	2014	Daum	Navi	2013	2014
단거리	서울 강남구	경기 안성시	63	64	42	42	79	74	69	70
	부산 강서구	경남 진주시	67	71	56	58	74	76	77	78
	광주 광산구	전북 남원시	65	68	47	49	75	68	58	61
중거리	서울 강남구	대전 서구	112	-	86	84	142	-	139	141
	대전 서구	광주 북구	115	-	90	101	129	-	114	125
	대전 서구	대구 북구	108	-	86	90	125	-	108	117
장거리	서울 강남구	부산 해운대구	284	-	221	237	309	-	324	342
	서울 강남구	광주 북구	188	-	154	167	222	-	213	227

주 : OD=0.01은 배정교통량이 존재하지 않는 교통망을 재현하기 위해 입력한 최소단위의 OD 값임

2) 신규 VDF 체계 편익 검증

- 신규 VDF 체계가 구축됨에 따라 이를 이용한 편익 산출 시 합리적인 편익이 도출되는지를 검토하기 위한 분석이 필요함
- 본 과업에서는 이를 분석하기 위한 방법론으로써 <그림 2-48>과 같이 두 가지 접근법을 병

행하여 사용함

- 첫 번째 방법은 EMME3를 이용해 기존 VDF 체계와 신규 VDF 체계에 의한 교통망 전체의 총 통행시간 차이를 비교하는 방법임
- 두 번째 방법은 VISSIM Simulation 모형에 의한 통행시간 개선과 신규 VDF에 의한 통행시간 개선의 크기를 비교하는 방법임



(가) 신규 VDF 편익 총량 분석

(나) VDF별 민감도 분석

<그림 2-48> 신규 VDF 체계 편익 검증 방법론

① 신규 VDF 편익 총량 분석

- EMME3를 이용해 기존 및 신규 VDF 체계의 교통망 총 통행시간을 분석함
- 분석결과 신규 VDF 체계의 교통망 총 통행시간이 약 1.17% 증가한 것으로 나타남
- 도로 유형별로 보면 고속도로의 경우 0.32% 감소, 다차로도로는 1.84% 증가하였으며 전반적으로 총 통행시간에 큰 차이를 보이지 않았기 때문에 편익 산출에 있어 신규 VDF 체계는 합리적인 것으로 판단됨
- VDF 등급별 총 통행시간의 경우 지방부의 2차로 이상 다차로도로에서 기존에 비해 총 통행시간이 다소 큰 증가를 보였으며 향후 이에 대한 상세 분석이 필요할 것으로 보임

<표 2-20> 도로유형별 교통망 총 통행시간 분석

구분	총 통행시간 (분-대)		증감율
	기존	신규	
고속도로	225,529,130	224,811,381	-0.32%
다차로도로	501,565,695	510,817,792	1.84%
교통망 전체	727,094,825	735,629,173	1.17%

<표 2-21> VDF 등급별 교통망 총 통행시간 분석

VDF	총 통행시간 (분-대)		증감율	VDF	총 통행시간 (분-대)		증감율
	기존	신규			기존	신규	
1	54,646,855	53,442,487	-2.2%	2	40,396,012	42,121,211	4.3%
3	84,013,730	83,378,828	-0.8%	4	9,218,544	9,429,642	2.3%
5	10,025,794	9,866,785	-1.6%	-	-	-	-
7	25,984,782	25,266,008	-2.8%	-	-	-	-
9	12,637,231	12,891,637	2.0%	10	12,707,816	12,884,910	1.4%
11	6,651,878	6,695,896	0.7%	12	1,870,461	2,100,329	12.3%
13	18,528,795	19,359,140	4.5%	14	20,080,093	21,088,893	5.0%
15	26,853,985	27,329,989	1.8%	16	9,328,585	10,862,277	16.4%
17	7,776,914	7,985,712	2.7%	18	7,933,496	8,483,344	6.9%
19	21,743,652	22,304,346	2.6%	20	5,889,446	7,093,905	20.5%
21	14,854,264	14,717,784	-0.9%	22	8,105,781	8,674,762	7.0%
23	77,651,784	78,082,449	0.6%	24	14,735,796	16,830,470	14.2%
25	12,452,501	12,513,269	0.5%	26	3,432,101	3,449,127	0.5%
27	113,802,504	113,007,409	-0.7%	28	8,081,426	8,585,593	6.2%
29	7,311,443	7,364,811	0.7%	30	1,809,700	1,841,597	1.8%
31	83,818,149	82,975,053	-1.0%	32	3,507,894	3,695,090	5.3%
도시부	578,754,260	577,181,601	-0.3%	지방부	147,097,151	157,141,151	6.8%

② VDF별 민감도 분석

- 두 번째 방법으로 micro simulation 프로그램인 VISSIM을 이용해 특정 교통상황을 시뮬레이션하여 다양한 링크형태 및 교통량 변화량에 따른 기존 VDF와 신규 VDF의 통행시간 차이를 비교 분석하고 이 차이를 이용해 VDF와 가장 밀접한 관계를 갖는 통행시간 절감편익을 산정하여 VDF를 검증함
- 이와 같은 검증 방법은 기존 2012년도 VDF 과업에서 실시했던 바 있으며, 당시 통행시간의 변화를 비교하기 위하여 고속도로, 다차로 2등급, 다차로 5등급에 대하여 이상적인 조건에서의 도로를 구성하고 해당 개별링크에 대한 교통시설 및 분석조건을 <표 2-22>과 같이 가정하였음

<표 2-22> 편익검증을 위한 분석 조건 (한국교통연구원, 2012)

구분	링크길이(km)	교통량(대/시)	차로수	교차로간 연장(km)
고속도로	30	2000,4000,6000	2~5	-
다차로 2등급	5	500,750 1000,1500	1~4	2
다차로 5등급	3	500,750 1000,1500	1~4	0.4

- 또한, 모든 교통량은 승용차만으로 이루어짐을 가정하고 통행량 감소로 인한 통행시간 절감 편익 산정을 위한 시간가치 원단위는 승용차를 기준으로 대당 15,286원/시를 적용하였음
- 본 과업에서는 추가적으로 도시부/지방부 구분에 따른 신규 VDF 체계의 검증을 위해 각 도로유형을 도시부와 지방부로 구분하여 각각의 통행시간을 VISSIM 시뮬레이션 결과와 비교 검증함
- 먼저 고속도로의 용량증대로 인한 편익산정을 위해 기본적으로 2차로와 4차로에 대해 2,000~6,000대/시의 교통량 배정에 따른 통행시간을 도출한 결과를 <표 2-23>에 제시함
- VISSIM 시뮬레이션에 의하면 고속도로 2차로의 경우 교통량 2,000대/시, 4,000대/시, 6,000대/시에 대해 각각 통행시간이 1,408초, 2,557초, 3,259초가 소요되며 3차로의 경우 1,037초, 1,286초, 1,533초가 소요되는 것으로 분석됨
- VISSIM에 의한 통행시간 산출 결과와 도시부 및 지방부에서의 기존 VDF 및 신규 VDF에 의한 통행시간 산출결과를 비교해보면 교통량에 따른 통행시간 추정 정확도는 도시부의 경우 2차로에서는 신규 VDF가, 3차로에서는 기존 VDF가 약간 높게 나타났으나 신규 VDF와의 차이는 미미하였음
- 고속도로 지방부의 경우 2차로와 3차로 모두에서 신규 VDF가 기존 VDF보다 VISSIM에서 재현된 통행시간을 보다 유사하게 재현해내는 것을 알 수 있음
- 따라서 고속도로에서의 경우 전반적으로 신규 VDF가 기존 VDF에 비하여 VISSIM의 통행시간 변화 민감도와 더 유사한 결과를 나타내었음
- 2차로와 3차로의 결과를 비교해보면 2차로의 경우가 전반적으로 VISSIM의 결과와 BPR 식인 VDF의 통행시간 계산 결과에 차이가 상대적으로 컸으며, 과소계산 경향이 나타나는 것으로 나타남

- 향후 VDF 계수 정산에서 이런 문제점들이 보완되어야 할 것으로 판단됨

<표 2-23> 교통상황별 고속도로 링크 통행시간 산정 I (단위: 초)

구분		2,000대/시	4,000대/시	6,000대/시
VISSIM	2차로	1407.75	2556.90	3255.85
	3차로	1036.65	1285.65	1532.55
도시부	기존	2차로	1127.44	2316.27
	VDF	3차로	1036.67	1482.44
	신규	2차로	1271.73	2511.90
	VDF	3차로	1020.83	1460.81
지방부	기존	2차로	1062.44	3181.48
	VDF	3차로	985.08	1456.85
	신규	2차로	1320.11	2979.05
	VDF	3차로	1057.48	1574.83

- 통행시간 절감 편익 산정을 위해 고속도로 차로수를 2차로씩 증가 시킨 후 통행시간을 산정한 결과는 <표 2-24>와 같음
- 고속도로 4차로와 5차로의 경우 도시부 비혼잡 상태에서는 기존 VDF, 혼잡 상태에서는 신규 VDF의 통행시간 추정이 더 정확한 것으로 나타난 반면, 지방부의 경우 반대로 비혼잡 상태에서는 신규 VDF, 혼잡 상태에서는 기존 VDF의 통행시간 추정이 더 정확하게 나타남

<표 2-24> 교통상황별 고속도로 링크 통행시간 산정 II (단위: 초)

구분		2,000대/시	4,000대/시	6,000대/시
VISSIM	4차로	1023.85	1048.15	1169.45
	5차로	1019.4	1036.4	1049.4
도시부	기존	4차로	1008.46	1271.77
	VDF	5차로	994.81	1169.84
	신규	4차로	989.20	1260.56
	VDF	5차로	973.29	1159.81
지방부	기존	4차로	963.22	1214.48
	VDF	5차로	953.59	1107.72
	신규	4차로	1030.86	1316.07
	VDF	5차로	1018.76	1198.46

- 이렇게 분석된 용량증대에 따른 통행시간 변화량을 기반으로 통행시간 절감편익을 산정한 결과는 <표 2-25>와 같음
- 분석 결과 도시부 고속도로의 경우 2차로에서 3차로로 확장시 신규 VDF가 기존 VDF보다

VISSIM의 통행시간을 훨씬 더 정확하게 추정하는 것으로 나타났으며 4차로에서 5차로로 확장시 기존 VDF가 신규 VDF보다 약간 더 정확한 통행시간을 추정하였음

- 지방부의 경우 2차로에서 3차로로 확장시 비혼잡상태에서는 신규 VDF의 추정이 훨씬 더 정확했으나 혼잡상태에서는 기존 VDF와 비슷하거나 다소 낮은 추정력을 보이고 있음
- 또한 4차로에서 5차로로 확장할 경우에는 기존 VDF와 신규 VDF 간 통행시간 정확도가 매우 유사한 수준으로 나타났음

<표 2-25> 용량 증대로 인한 고속도로 통행시간 절감 편익 산정 (단위: 원)

구분		2,000대/시	4,000대/시	6,000대/시	
VISSIM		2차로 → 3차로	3,151,464	21,591,475	43,903,940
		4차로 → 5차로	37,790	199,567	3,058,474
도시부	기존	2차로 → 3차로	770,839	6,480,245	21,243,209
	VDF	4차로 → 5차로	115,919	824,425	2,596,837
	신규	2차로 → 3차로	2,130,699	9,571,754	26,778,270
	VDF	4차로 → 5차로	135,111	865,867	2,566,774
지방부	기존	2차로 → 3차로	656,958	9,745,674	43,937,824
	VDF	4차로 → 5차로	81,780	746,127	2,719,889
	신규	2차로 → 3차로	2,230,312	11,508,999	35,774,845
	VDF	4차로 → 5차로	102,756	862,810	2,996,311

- 이어서 다차로도로 2등급 1차로와 2차로의 VISSIM과 기존 및 신규 VDF에 따른 통행시간 산정결과는 <표 2-26>과 같음
- 분석 결과 기존 VDF와 신규 VDF의 통행시간 추정 정확도는 고속도로에 비해 교통량의 변화에 따라 다소 불규칙한 패턴을 보였음
- 먼저 도시부의 경우 전체적으로 비혼잡 상태에서는 신규 VDF가, 혼잡 상태에서는 기존 VDF가 약간 더 우수한 추정 정확도를 보였으며 지방부의 경우 전체적으로 신규 VDF가 VISSIM에서 산출된 통행시간을 약간 더 정확하게 추정하였음
- 앞서 고속도로와 마찬가지로 도시부에서는 신규 VDF와 기존 VDF가 서로 우수한 경우의 수가 같았으나, 기존 VDF가 신규 VDF보다 우수한 경우에도 그 차이는 크지 않았음
- 각 교통량 수준에 기존 및 신규 VDF에 의한 통행시간의 차이는 거의 큰 차이가 없었으며, 특히 2차로의 경우 기존과 신규 VDF 모두 VISSIM의 추정 통행시간과 매우 유사하게 나타남
- 그러나 2등급 도로의 문제는 VISSIM과 비교했을 때 1차로 도로에서 교통량이 증가할 때 통행시간의 증가폭이 VISSIM 시뮬레이션 결과에 비하여 지나치게 과소추정된다는 점임

- VDF에 의한 통행시간은 시간당 750대에서도 VISSIM의 65~70% 수준, 시간당 1,000대에서는 55~60% 수준에 머물러 있음
- 이는 현재 VDF 다차로 2등급 도로의 경우 α 값과 β 값이 VISSIM 통행시간을 기준으로 보면 과소 추정되어있다고 볼 수 있음
- 다만 이 결과는 VISSIM 시뮬레이션과의 비교결과이므로 실제 관측 통행시간을 현재의 VDF가 과소추정한다고 확실히 말할 수는 없음

<표 2-26> 교통상황별 2등급 다차로도로 링크 통행시간 산정 I (단위: 초)

구분		500대/시	750대/시	1,000대/시	
VISSIM		1차로	298.9	556.85	863.5
		2차로	232.5	222.5	265.3
도시부	기존 VDF	1차로	324.98	384.86	489.17
		2차로	250.30	256.03	264.52
	신규 VDF	1차로	312.29	365.00	451.25
		2차로	231.97	238.19	247.13
지방부	기존 VDF	1차로	284.39	335.65	429.15
		2차로	240.33	247.62	258.58
	신규 VDF	1차로	316.52	371.99	453.89
		2차로	228.77	236.66	248.25

- 따라서 향후 연구를 통해 다차로 2등급 도로의 α 값과 β 값을 증가시킨 후 정산 결과가 향상되는지에 대한 확인이 필요함
- 다차로도로 2등급 3차로와 4차로의 경우 도시부와 지방부 모두에서 교통량에 상관없이 기존 VDF보다 신규 VDF가 VISSIM의 통행시간을 더 잘 추정하는 것으로 나타났으나 1차로, 2차로의 경우와 마찬가지로 통행시간에 큰 차이를 보이지는 않음
- 다만 모든 Case에서 신규 VDF의 재현력이 우수하게 나타나 올해 과제에서 VDF 계수값 정산의 개선이 있었음을 확인할 수 있음

<표 2-27> 교통상황별 2등급 다차로도로 링크 통행시간 산정 II (단위: 초)

구분		750대/시	1,000대/시	1,500대/시
VISSIM	3차로	199.1	216.45	237.95
	4차로	195.5	200.4	208.1
도시부	기존 VDF	250.30	253.82	264.52
	4차로	248.41	250.30	256.03
	신규 VDF	231.97	235.82	247.13
	4차로	229.85	231.97	238.19
지방부	기존 VDF	240.33	244.80	258.58
	4차로	237.96	240.33	247.62
	신규 VDF	228.77	233.63	248.25
	4차로	226.14	228.77	236.66

- 이어서 다차로도로 2등급의 1차로에서 2차로, 그리고 3차로에서 4차로로 차로수 증가를 가정하고 동일한 교통량 상황에서의 통행시간 변화량에 대한 통행시간 절감편익을 산정함
- 이 때, 교통량의 변화는 1차로에서 2차로의 차로 확장의 경우 500대/시, 750대/시, 1,000대/시로 가정하였으며 3차로에서 4차로의 차로 확장은 750대/시, 1,000대/시, 1,500대/시로 가정하였음
- 다차로도로 2등급의 용량 증대에 따른 통행시간 절감 편익 산정 결과는 최종적으로 <표 2-28>과 같이 나타남
- 분석 결과 도시부 1차로에서 2차로 확장의 경우 신규 VDF에 비해 기존 VDF가 VISSIM의 통행시간을 더 정확히 추정하였으며, 특히 혼잡상황에서 월등한 정확도를 보여줌
- 그 외 도시부 1차로에서 2차로 확장 및 지방부 1차로에서 2차로, 3차로에서 4차로 확장의 경우 신규 VDF가 기존 VDF에 비해 보다 나은 추정결과를 나타냈으나 그 차이는 크지 않았음
- 또한 다차로도로 2등급의 경우 비혼잡 상황에서의 차로수 변화에 따른 통행시간은 기존 및 신규 VDF 모두 일정 수준의 추정력을 갖고 있는 것으로 나타났으나 혼잡 상황에서는 추정력이 현저히 떨어지는 결과를 보임
- 이러한 결과는 앞서 통행시간 비교의 경우에 나타난 결과와 동일하며, 즉 다차로 2등급의 경우 혼잡 상황에 대한 설명력이 현재의 계수값으로는 부족하다고 판단됨

<표 2-28> 용량 증대로 인한 다차로도로 2등급 통행시간 절감 편익 산정 (단위: 원)

구분			500대/시	750대/시	1,000대/시
			750대/시	1,000대/시	1,500대/시
VISSIM		1차로 → 2차로	140,971	1,064,765	2,540,024
		3차로 → 4차로	11,465	68,150	190,120
도시부	기존	1차로 → 2차로	158,550	410,270	1,430,833
	VDF	3차로 → 4차로	6,019	14,946	54,074
	신규	1차로 → 2차로	170,524	403,837	866,716
	VDF	3차로 → 4차로	6,751	16,348	56,940
지방부	기존	1차로 → 2차로	93,542	280,339	724,259
	VDF	3차로 → 4차로	7,547	18,980	69,806
	신규	1차로 → 2차로	186,298	430,970	873,170
	VDF	3차로 → 4차로	8,375	20,636	73,819

주 : 1차로→2차로는 500, 750, 1000대/시, 3차로→4차로는 750, 1000, 1500대/시를 비교 분석

- 마지막으로 <표 2-29>과 <표 2-30>의 다차로도로 5등급 1~4차로의 VISSIM과 기존 및 신규 VDF에 따른 통행시간 산정결과를 기반으로 다차로도로 5등급의 통행시간 절감 편익을 산정함
- 이를 위에 앞의 다차로도로 2등급과 동일한 교통상황을 가정하여 분석을 수행하였음
- 먼저 <표 2-29>의 1차로와 2차로에 대한 통행시간 산정결과를 보면 도시부와 지방부 모두에서 Case의 숫자만으로는 기존 VDF가 신규 VDF 보다 통행시간 추정력이 더 높게 나타났음
- 그러나 실제 추정결과를 보면 도시부의 경우 기존 VDF에 의한 결과와 신규 VDF에 의한 결과가 큰 차이가 없어 우위를 구분하는 것이 큰 의미가 없음
- 그리고 5등급 역시 2등급과 마찬가지로 교통량이 시간당 1000대에 이르면 VISSIM 시뮬레이션 결과와는 상대적으로 큰 차이를 보였으며, 5등급의 경우 시뮬레이션 결과에 비해 1차로에서는 과다추정, 2차로 이상에서는 약간 과소추정 되었음
- 따라서 5등급 도시부 1차로의 경우 현재 VDF의 β 값이 약간 과다추정되어있을 가능성이 있으며, 2차로 이상의 경우 과소추정 되어있을 가능성이 있음
- 지방부 도로의 경우 1차로에서는 기존 VDF에 비해 신규 VDF가 현저히 나아진 결과를 보여주고 있으며, 2차로에서는 기존 VDF가 약간 신규 VDF에 비해 우수하나 그 차이는 매우 미미하고, 전반적으로 모든 교통량 수준에서 VISSIM 시뮬레이션에 비해 통행시간이 과소추정되어 있음

- 이는 지방부 도로 2차로 이상 도로에서 자유 교통류 속도, α 값, 및 β 값이 모두 통행시간을 과소추정하도록 설정되어 있을것이라 추측할 수 있음
- 향후 분석을 통해 계수 조정시 정산율 변화를 확인할 필요가 있음

<표 2-29> 교통상황별 5등급 다차로도로 링크 통행시간 산정 I (단위: 초)

구분			500대/시	750대/시	1,000대/시
VISSIM		1차로	408.6	426.4	438.75
		2차로	276.9	297.1	346.5
도시부	기존 VDF	1차로	343.13	454.97	604.40
		2차로	192.68	205.00	221.14
	신규 VDF	1차로	349.78	467.87	625.64
		2차로	184.81	197.32	213.64
지방부	기존 VDF	1차로	312.82	464.81	697.57
		2차로	185.80	208.25	237.08
	신규 VDF	1차로	302.03	412.40	556.46
		2차로	174.89	194.11	218.60

- <표 2-30>의 3차로와 4차로에 대한 통행시간 산정결과에서는 도시부와 지방부 모두에서 기존 VDF가 신규 VDF 보다 VISSIM 시뮬레이션 통행시간과 더 유사한 결과를 나타내었으나 그 차이는 미미하였음
- <표 2-30>에서 보듯 다차로 5등급 3, 4 차로의 문제는 기존 및 신규 VDF가 도시부와 지방부에서 모두 VISSIM 시뮬레이션에 비해 통행시간을 상당히 과소추정하고 있다는 점임
- 모든 교통량 수준에서 이러한 과소 추정이 나타나는 것은 앞서 밝힌바와 같이 자유 교통류 속도, α 값, 및 β 값이 모두 통행시간을 과소추정하도록 설정되어 있을것이라 추측할 수 있음
- 이러한 통행시간의 과소 추정이 링크 관측 교통량 재현에 어떠한 영향을 미쳤는지를 등급별 정산 결과와 비교해 분석할 필요가 있음

<표 2-30> 교통상황별 5등급 다차로도로 링크 통행시간 산정 II (단위: 초)

구분		750대/시	1,000대/시	1,500대/시
VISSIM	3차로	273.8	279.1	312.95
	4차로	212.3	213.3	271.1
도시부	기존 VDF	3차로	192.68	200.46
		4차로	188.04	192.68
	신규 VDF	3차로	184.81	192.71
		4차로	180.09	184.81
지방부	기존 VDF	3차로	185.80	200.03
		4차로	177.17	185.80
	신규 VDF	3차로	174.89	187.09
		4차로	167.46	174.89

- 다차로도로 5등급의 용량 증대에 따른 통행시간 절감 편익 최종 산정 결과는 <표 2-31>에 제시되어 있음
- 분석결과 도시부와 지방부 모두 교통량 상황에 따라 기존 VDF와 신규 VDF 간 통행시간 추정력의 수준은 불규칙하고 다양한 패턴을 보였음
- 전체적으로 혼잡 상황에서의 다차로도로 5등급의 경우 1차로를 2차로로 확장시 도시부 지방부와 상관없이 기존 VDF 및 신규 VDF 모두 통행시간을 매우 과다추정 하는 것으로 나타났음
- 반면 비혼잡 상황에서의 다차로도로 5등급의 경우 3차로를 4차로로 확장시 도시부, 지방부 및 기존, 신규 VDF 모두 통행시간을 매우 과소추정하는 패턴을 보임

<표 2-31> 용량 증대로 인한 다차로도로 5등급 통행시간 절감 편익 산정 (단위: 원)

구분		500대/시	750대/시	1,000대/시
		750대/시	1,000대/시	1,500대/시
VISSIM	1차로 → 2차로	279,606	411,767	391,704
	3차로 → 4차로	195,852	279,394	266,550
도시부	기존 VDF	1차로 → 2차로	319,414	796,050
		3차로 → 4차로	14,776	33,035
	신규 VDF	1차로 → 2차로	350,240	861,589
		3차로 → 4차로	15,031	33,544
지방부	기존 VDF	1차로 → 2차로	269,671	817,037
		3차로 → 4차로	27,483	60,422
	신규 VDF	1차로 → 2차로	269,925	695,163
		3차로 → 4차로	23,661	51,803

주 : 1차로→2차로는 500, 750, 1000대/시, 3차로→4차로는 750, 1000, 1500대/시를 비교 분석

제4절 VDF 애플리케이션의 개선 및 유지보수

1. 기능 개선 및 유지보수 개요

- VDF 정산 애플리케이션의 유지보수와 관련해서는 2013년까지 개발된 기능들을 중심으로 사용자들의 실제 사용 의견을 토대로 기능을 좀 더 이용자 편의가 개선될 수 있도록 향상시킴
- 이와 함께 기능 개선을 위한 유지보수 작업으로서 작년부터 수집되고 있는 스마트폰 내비게이션 기반의 실시간 데이터를 이용해 현재의 내비게이션 자료 기반 DB를 갱신하는 작업을 수행함
- 도로 도시부 및 지방부 정의는 2013년 과제에서 수행된 분석 결과를 이용해 개별 도로별로 속성화된 정보였음. 도시부 지방부의 이용자 정의 기능 개발을 통해 애플리케이션 프로그램을 이용한 분석이 필요함
- 따라서 당해년도 과제에서는 이러한 도시부 지방부의 정의를 이용자가 수정하거나 정의할 수 있도록 하고, 이를 이용해 VDF를 이용자가 정산할 수 있도록 프로그램 개편 작업을 수행함
- 교통량 정산 기능 개발은 배정 교통량과 관측교통량 정보를 차종별로 집계하여 과대/과소 및 오차율 정보를 레포팅할 수 있도록 개발함. 또한 레포팅 결과를 엑셀 파일에 복사할 수 있도록 개발하여, 다양한 사용자 편집이 가능하도록 개발함
- 기타 편의 기능으로서 시작노드, 종료노드 정보만이 포함된 텍스트 파일에 시스템에서 정의한 링크ID를 매칭 할 수 있는 편의 기능 제공을 통해 자료의 입출력이 편리할 수 있도록 개선함
- 구축된 시스템의 전반적인 검증을 통해 사용자의 예외성을 체크하여 보완하며 비정상적인 시스템 종료를 미연에 방지하기 위하여 검증된 소스코드를 이용하여 시스템 개발을 진행 및 보완함
- 최종 사용자에게 배포를 위해 DB 및 어플리케이션 설치를 자동으로 진행할 수 있도록 소프트웨어 인스톨 위자드를 이용하여 사용자의 PC에 안정적으로 설치될 수 있도록 기능을 구성함

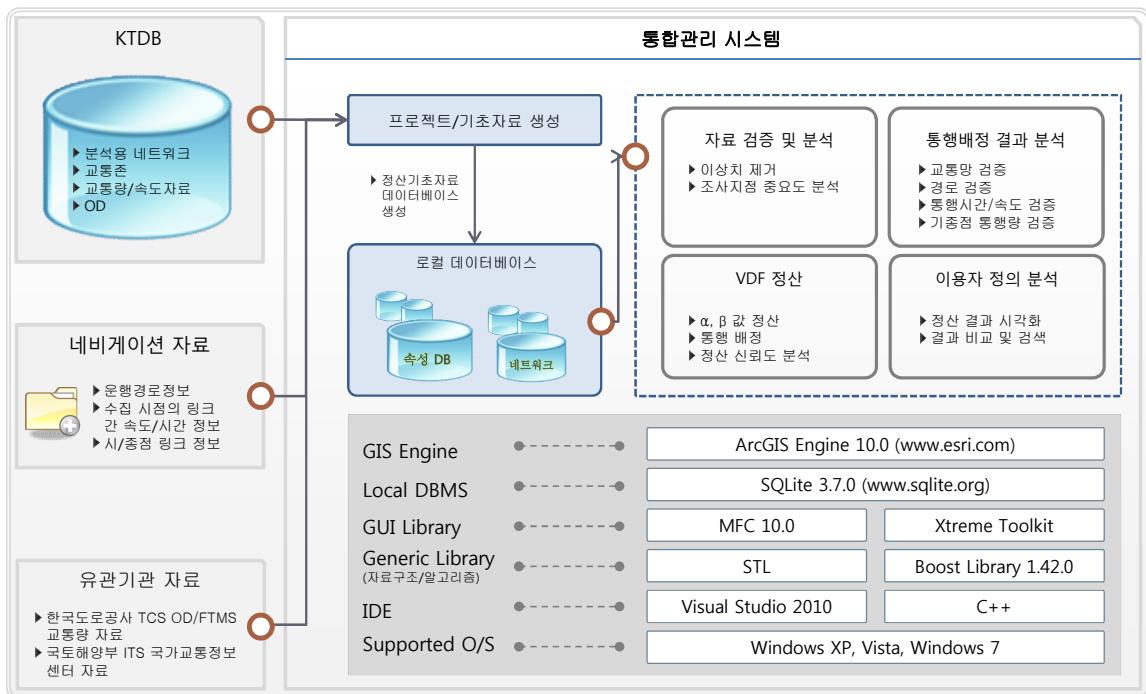
2. 도로통행비용합수 애플리케이션 상세 기능

가. VDF 정산 애플리케이션 소개

1) 개발 개요

- VDF 정산 애플리케이션은 분석가가 첨단자료를 이용하여 다양한 분석을 진행할 수 있도록 다양한 분석 기법을 제공하며, 교통망 정산과정을 효율적으로 수행하고 오류 발생을 최소화 하고자 수행과정을 체계화, 자동화할 수 있도록 개발된 S/W임
- VDF 정산 애플리케이션은 GUI 환경으로 개발되어, 입력 데이터 및 분석 결과를 분석가의 요구에 맞게 시각화하여 제공하며 VDF정산을 쉽게 수행할 수 있도록 함
- VDF 정산 애플리케이션은 GIS 기반의 네트워크 분석 환경으로 개발됨

2) 시스템 구성도

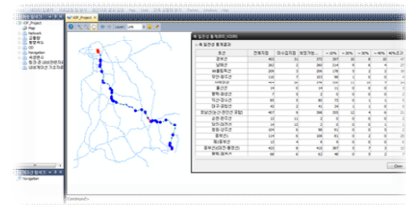


<그림 2-49> VDF 정산 애플리케이션의 시스템구성도

다. 주요기능

○ 축 일관성

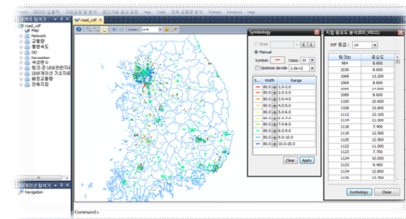
- 축 일관성 검증을 위해 일정 구간의 교통량을 분석 알고리즘을 통해 계산하여 일관성 여부를 체크함
- 오류수정 알고리즘을 이용하여 교통량을 보정함



<축 일관성 검증>

○ 링크 중요도

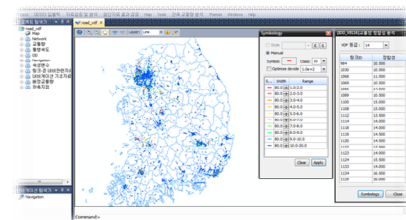
- 지점 중요도 분석을 위한 평가 항목별 가중치 입력
- 선택한 VDF 등급에 해당하는 도로의 등급별 중요도 표출
- 분석 결과를 주제도를 이용하여 지도상에 표출



<링크 중요도>

○ 링크 정합성

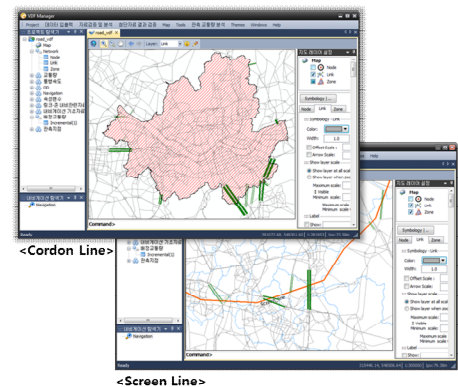
- 교통망 정합성 분석을 위한 평가 항목별 가중치 입력
- 선택한 VDF등급에 해당하는 도로의 정합성 분석 결과 표출
- 분석 결과를 주제도를 이용하여 지도상에 표출



<링크 정합성>

○ Cordon/Screen Line 분석

- Cordon/Screen Line 분석기능은 분석가가 프로그램의 지도를 이용하여 Line정보를 Draw하여 해당 Line의 유출입 링크의 정보를 표출함
- Cordon Line은 사용자 정의 폴리곤 형태의 정의 및 행정구역 선택을 통해 해당지역의 유출입 정보를 분석
- Screen Line은 사용자가 정의 라인을 기준으로 링크별 유출입 정보를 분석 함

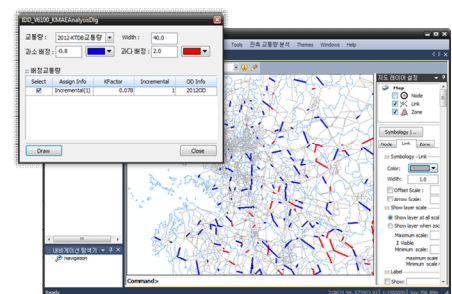


<Cordon Line>

<Screen Line>

○ 과소/과다 분석

- KTDB 네트워크 및 OD를 이용하여 명지대에서 개발한 Incremental Assignment를 통한 배정결과를 이용하여 관측교통량과 비교해 과소배정 및 과다배정 링크를 추정하여 주제도로 표출

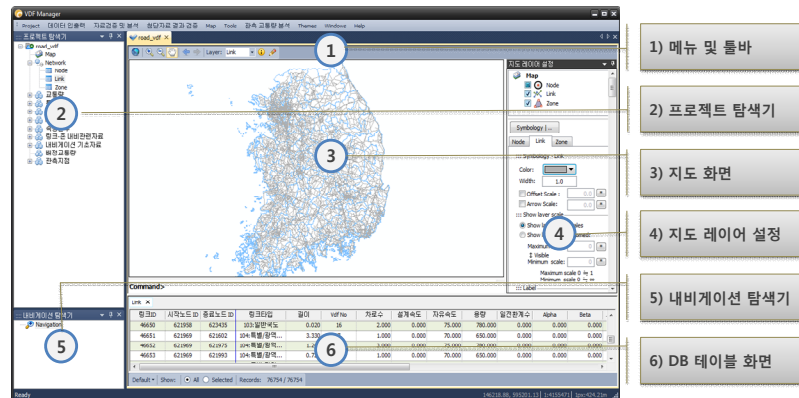


<과소/과다 분석>

나. VDF 정산 애플리케이션 화면 구성

1) 화면구성

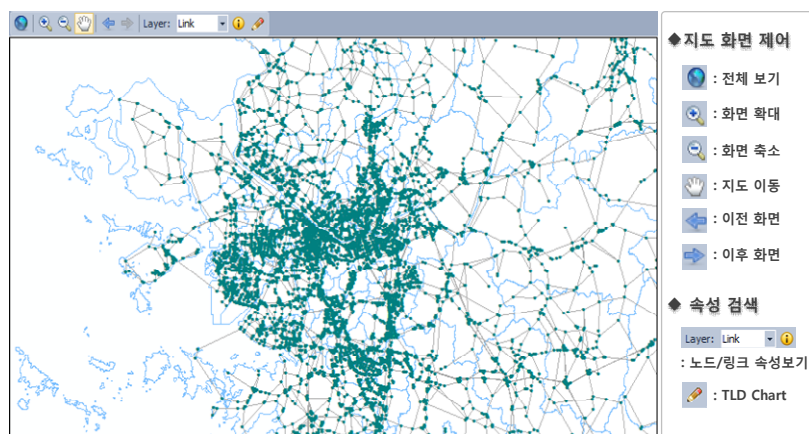
- VDF 애플리케이션 화면 구성은 메뉴 및 툴바, 지도 화면, 프로젝트 탐색기, 지도 레이어 설정, 테이블 뷰 화면으로 구성
- 각 화면은 Docking Pane Window 구조로 설계되어 사용자가 원하는 위치에 자유롭게 배치함



<그림 2-50> 화면 구성

2) 메뉴 및 지도 화면

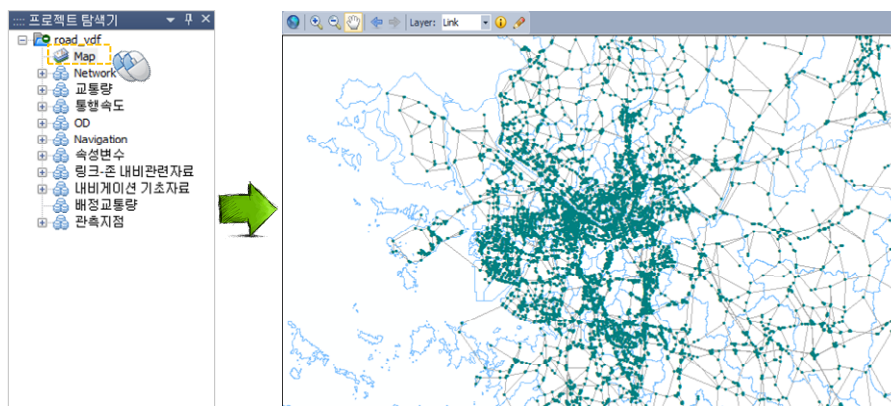
- 메뉴는 Project, 데이터 입출력, 자료검증 및 분석 첨단자료 결과 검증, Map, Tools, 관측 교통량 분석 Themes, Windows, Help로 구성됨
- 지도 화면은 Node, Link, Zone 데이터 및 분석 결과를 화면상에 표출할 수 있는 공간



<그림 2-51> 지도 화면

3) 프로젝트 탐색기

- 프로젝트 탐색기는 지도 및 DB 테이블로 크게 구성되며, 테이블 생성, 테이블 삭제, Import Data 기능을 수행할 수 있음
- 프로젝트 탐색기의 Map을 더블 클릭하면 지도 화면에 Network데이터가 호출됨
 - Map을 선택 후 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하면 Import Data 메뉴가 나옴. 실행하면 다른 Network데이터를 Import할 수 있음



<그림 2-52> 지도 화면에 네트워크 데이터 호출

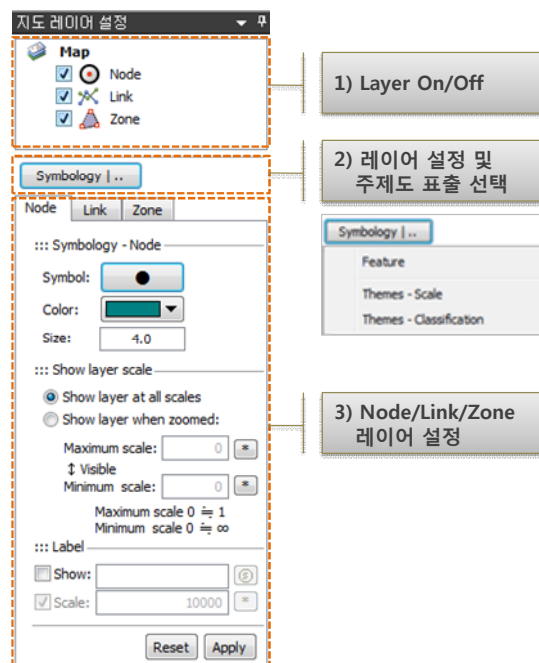
- 프로젝트 탐색기에서 Network, 교통량, 통행속도, OD, Navigation, 속성변수, 링크-존 내비관련자료, 내비게이션 기초자료, 배정교통량, 관측지점 항목의 데이터들을 클릭하면 DB 테이블 화면에 해당 테이블들이 호출됨
 - 교통량, 통행속도, OD 등의 항목을 선택 후 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하면 테이블 생성 메뉴가 나오며 이를 실행하면 해당 항목의 테이블이 입력됨 또한 테이블을 선택 후 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하면 테이블 삭제, Import Data를 실행할 수 있음

The diagram illustrates the data structure for a map project. On the left, a project tree shows various data layers like 'Network', 'Zone', '가중평균속도시간/속도/포분수', and '속도'. A green arrow points to a data table on the right. The table has multiple sheets, including 'Link X' and '가중평균속도시간/속도/포분수 X'. The 'Link X' sheet contains columns for '시작노드ID', '종료노드ID', '링크타입', '길이', 'vdNo', '차로수', '삼계속도', '자유속도', '통행', '일련번호', 'Alpha', 'Beta', and '조시'. The '가중평균속도시간/속도/포분수 X' sheet contains columns for '가중평균속도', '가중평균속도시간', '가중평균속도/속도', '가중평균속도/속도/포분수', and '가중평균속도/속도/포분수/속도'.

<그림 2-53> DB 테이블 표출

4) 지도 레이어 설정

- 지도 레이어 설정 창에서는 지도에 표출 되는 Node, Link, Zone의 레이어의 색상, 크기 등을 설정할 수 있음



<그림 2-54> 지도 레이어 설정 화면

5) DB 테이블 뷰

- 선택한 테이블 내용 및 테이블 기본정보를 볼 수 있도록 구성
- 테이블 화면의 좌측하단에 있는 Default를 클릭 하면 테이블 Import/Export 및 컬럼 On/Off를 수행할 수 있는 Display Column Setting으로 구성

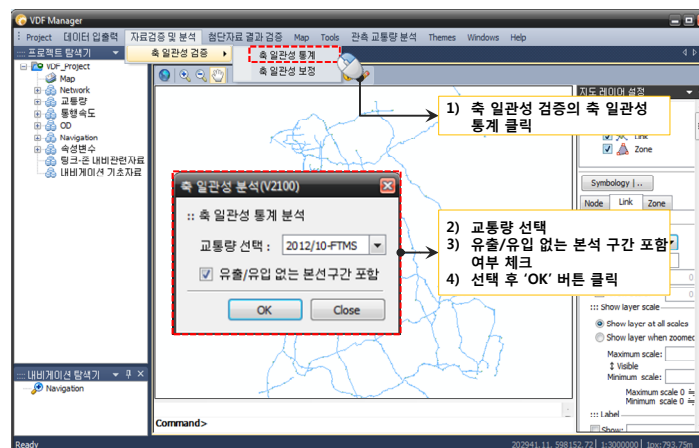
링크ID	시작노드 ID	종료노드 ID	링크타입	길이	vdfNo	차로수	설계속도	자유속도	용량
34827	519850	514317	106:지방도	4.050	9	1.000	0.000	68.000	630.000
34828	519850	519901	107:시군도	3.860	5	1.000	0.000	72.000	680.000
34829	519850	519911	106:지방도	4.990	7	1.000	0.000	70.000	650.000
34830	519877	519881	108:연결램프	0.470	17	1.000	0.000	50.000	1600.000
34831	519877	519882	101:고속국도	0.550	1	2.000	0.000	101.000	1700.000
34832	519878	514149	101:고속국도	7.630	1	2.000	0.000	101.000	1700.000
34833	519879	519878	101:고속국도	0.340	1	2.000	0.000	101.000	1700.000
34834	519879	519880	108:연결램프	0.170	17	1.000	0.000	50.000	1600.000

<그림 2-55> DB 테이블 뷰 구성

다. VDF 정산 애플리케이션 주요 기능

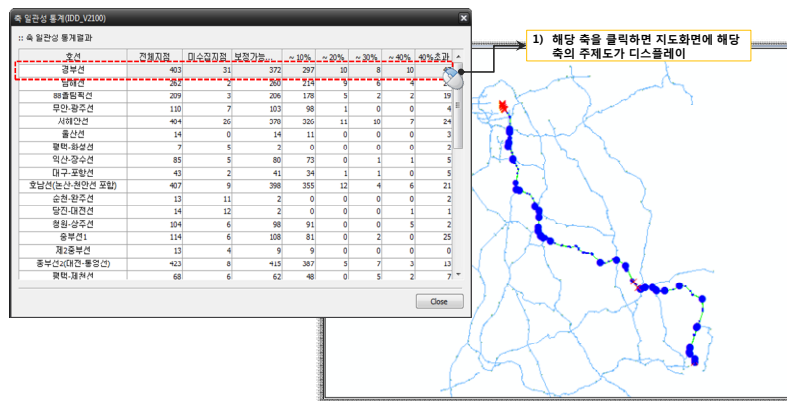
1) 축 일관성 검증

- 축 일관성 검증은 고속도로 프로젝트에서만 실행 가능함
- 축 일관성 통계 : 메뉴의 자료검증 및 분석 선택 후 축 일관성 검증의 축 일관성 통계를 클릭
- 필요 데이터 : 축 정보, 교통량 정보



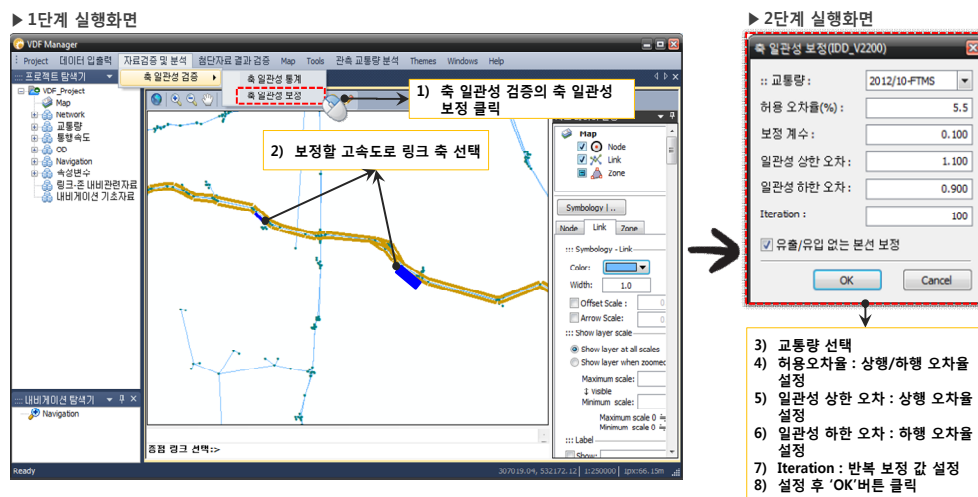
<그림 2-56> 축 일관성 통계 실행 화면

- 축 일관성 통계 실행 후 결과 테이블에서 고속도로 축을 선택하면 지도 화면 주제도가 표출됨
 - 지도화면에서 빨간색으로 X 표시된 구간은 미수집지점이며, 주제도의 원이 작을수록 오차율이 적은구간, 원이 클수록 오차율이 많은 구간으로 구분함



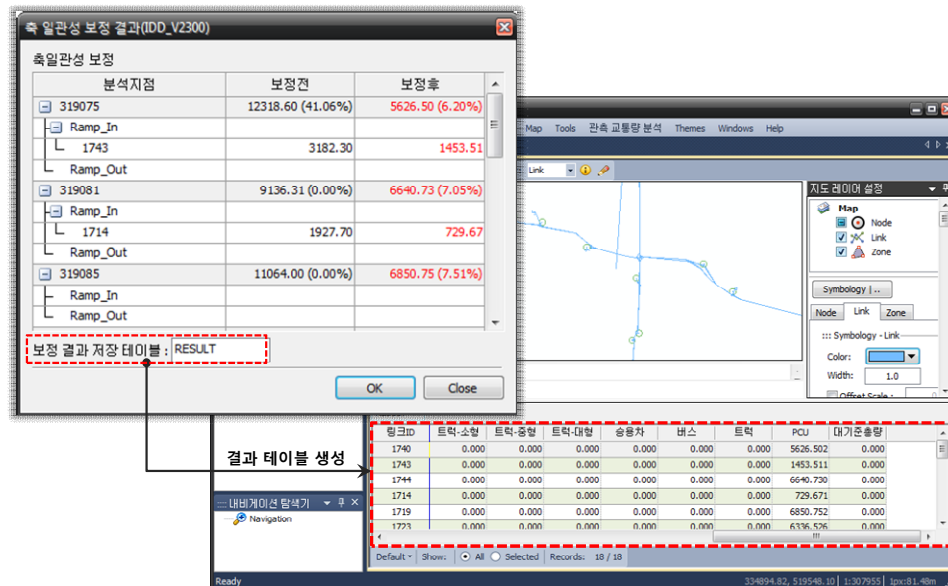
<그림 2-57> 축 일관성 통계 결과 화면

- 축 일관성 보정 : 메뉴의 자료검증 및 분석 선택 후 축 일관성 검증의 축 일관성 보정을 클릭
 - 축 일관성 보정 클릭 후 보정할 고속도로 시작 구간과 종료 구간 선택
 - 구간 선택 후 축 일관성 보정 화면이 나오면 교통량, 보정 계수, 오차율 등을 설정



<그림 2-58> 축 일관성 보정 실행 화면

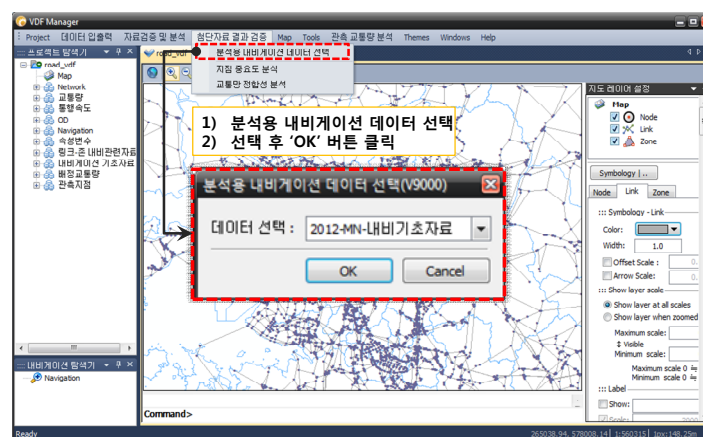
- 축 일관성 보정 실행 후 보정 결과 화면에서 '보정 결과 저장 테이블' 이름 입력 후 'OK' 버튼을 클릭하면 입력한 결과 테이블 생성
 - 보정 결과 화면은 분석지점의 보정전과 보정후의 결과 값을 확인 할 수 있음



<그림 2-59> 축 일관성 보정 결과 화면

2) 첨단자료 결과 검증

- 지점 중요도 분석 및 교통망 정합성 분석을 실행하기 전 ‘분석용 내비게이션 데이터 선택’을 먼저 실행해야함
- 분석용 내비게이션 데이터 선택 : 메뉴의 첨단자료 결과 검증 선택 후 분석용 내비게이션 데이터 선택 클릭

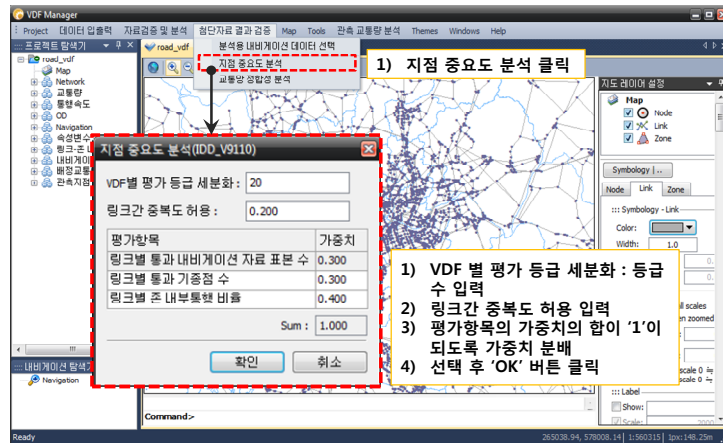


<그림 2-60> 분석용 내비게이션 데이터 선택

- 지점 중요도 분석 : 메뉴의 첨단자료 결과 검증 선택 후 지점 중요도 분석 실행

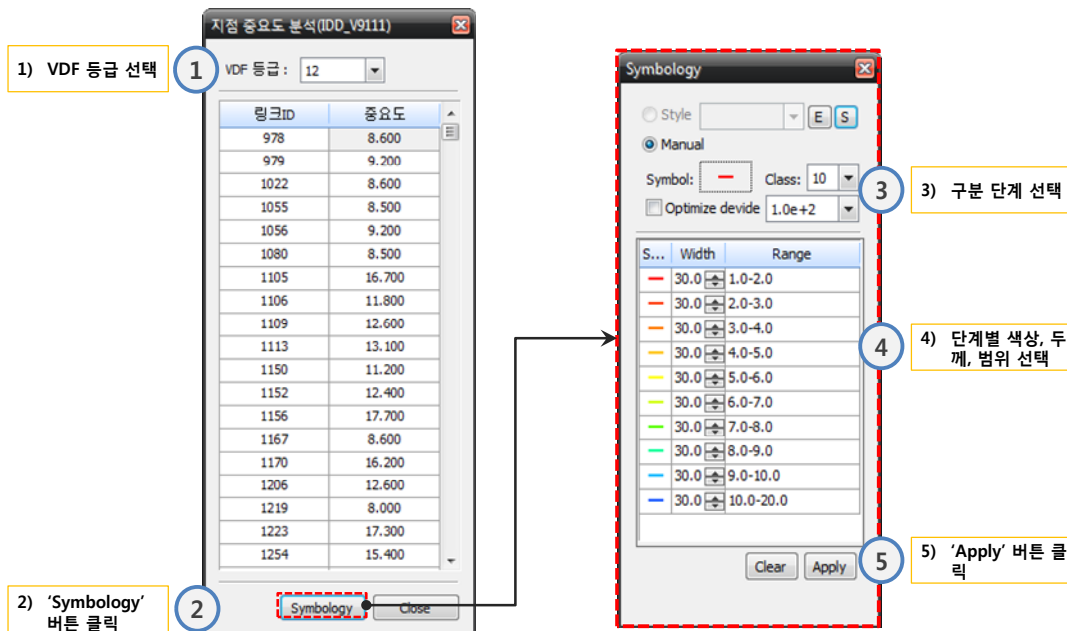
○ 필요 데이터 : 내비게이션 기초자료

- 지점 중요도 분석 설정화면에서 VDF별 평가 등급 세분화 입력, 링크간 중복도 허용 입력, 평가항목의 가중치 입력 후 '확인' 버튼 클릭
- 지점 중요도 분석 실행 전 분석용 내비게이션 데이터 선택을 먼저 실행해야함



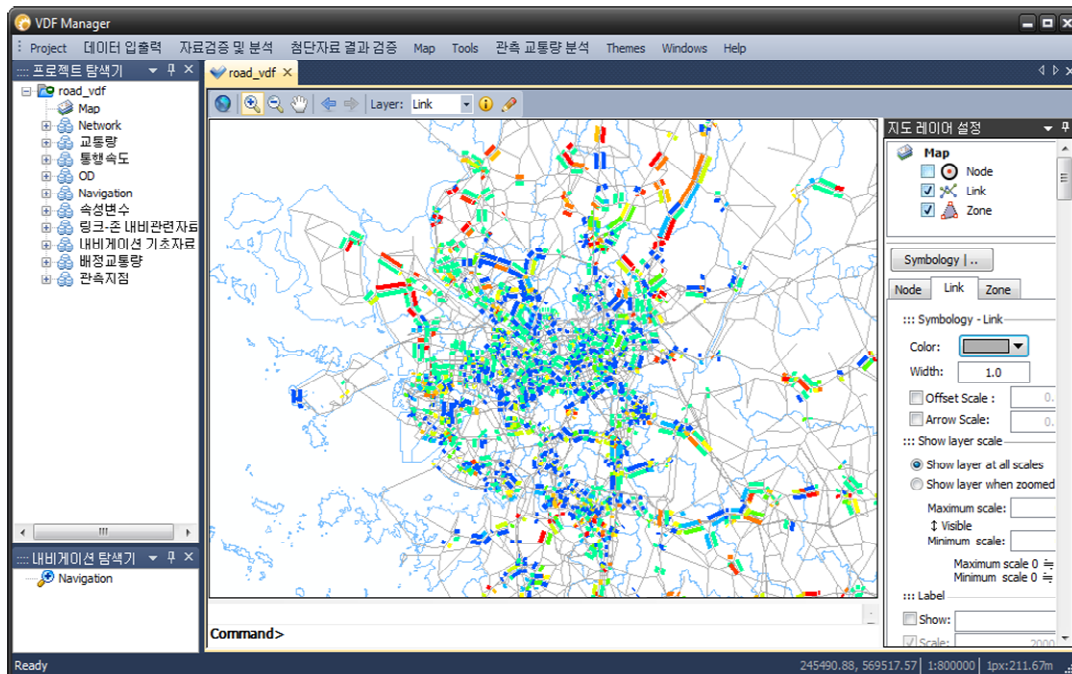
<그림 2-61> 지점 중요도 분석 실행 화면

○ 지점 중요도 분석 실행 후 결과 화면에서 VDF 등급 선택 후 'Symbology' 버튼 클릭. Symbology화면에서 단계 별 색상, 두께, 범위 설정 후 'Apply' 버튼 클릭



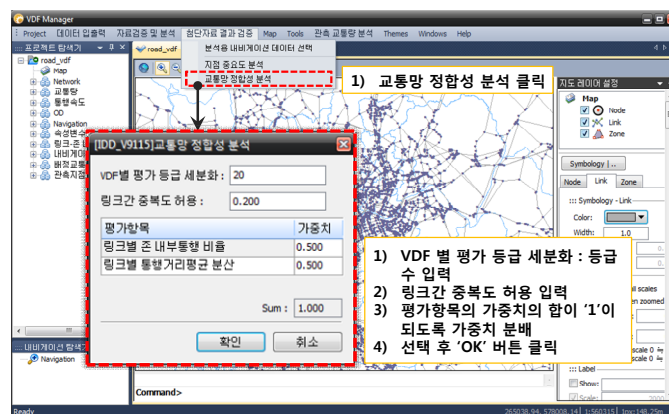
<그림 2-62> 지점 중요도 분석 결과 테이블 및 주제도 설정 화면

- 선택한 VDF 등급에 해당하는 주제도가 지도 화면에 디스플레이 됨



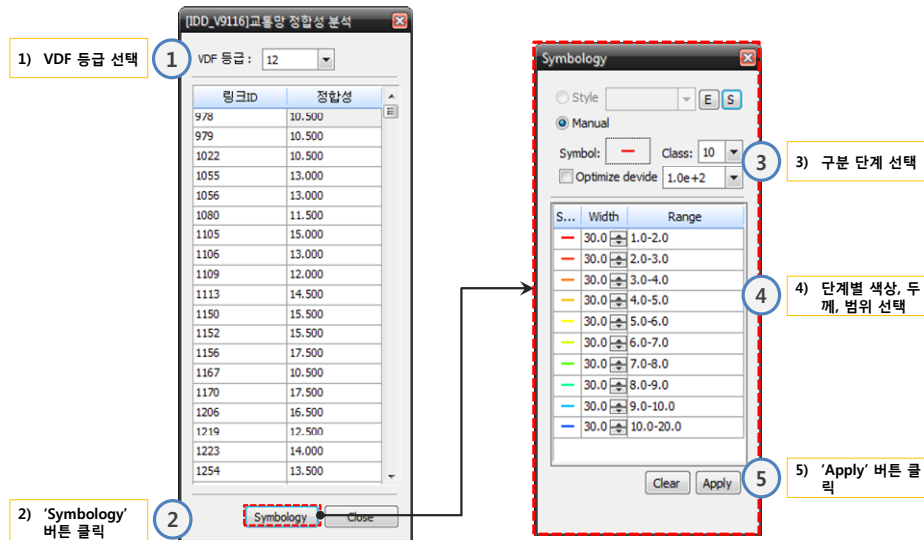
<그림 2-63> VDF 등급 '12'의 주제도 디스플레이

- 교통망 정합성 분석 : 메뉴의 첨단자료 결과 검증 선택 후 교통망 정합성 분석 실행
- 필요 데이터 : 내비게이션 기초자료
 - 교통망 정합성 분석 설정화면에서 VDF별 평가 등급 세분화 입력, 링크간 중복도 허용 입력, 평가항목의 가중치 입력 후 '확인' 버튼 클릭
 - 교통망 정합성 분석 실행 전 분석용 내비게이션 데이터 선택을 먼저 실행해야함



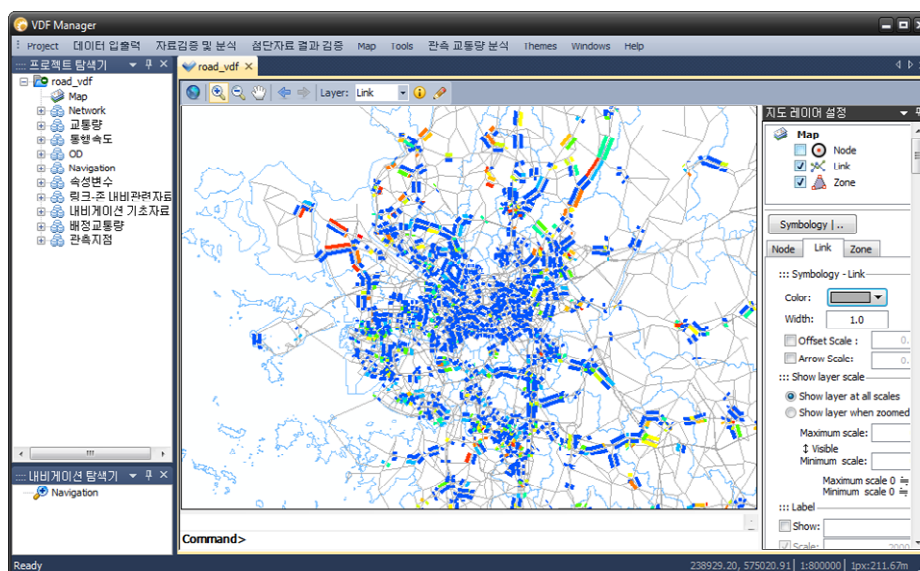
<그림 2-64> 교통망 정합성 분석 실행 화면

- 교통망 정합성 분석 실행 후 결과 화면에서 VDF 등급 선택 후 'Symbology' 버튼 클릭.
Symbology 화면에서 단계 별 색상, 두께, 범위 설정 후 'Apply' 버튼 클릭



<그림 2-65> 교통망 정합성 분석 결과 테이블 및 주제도 설정

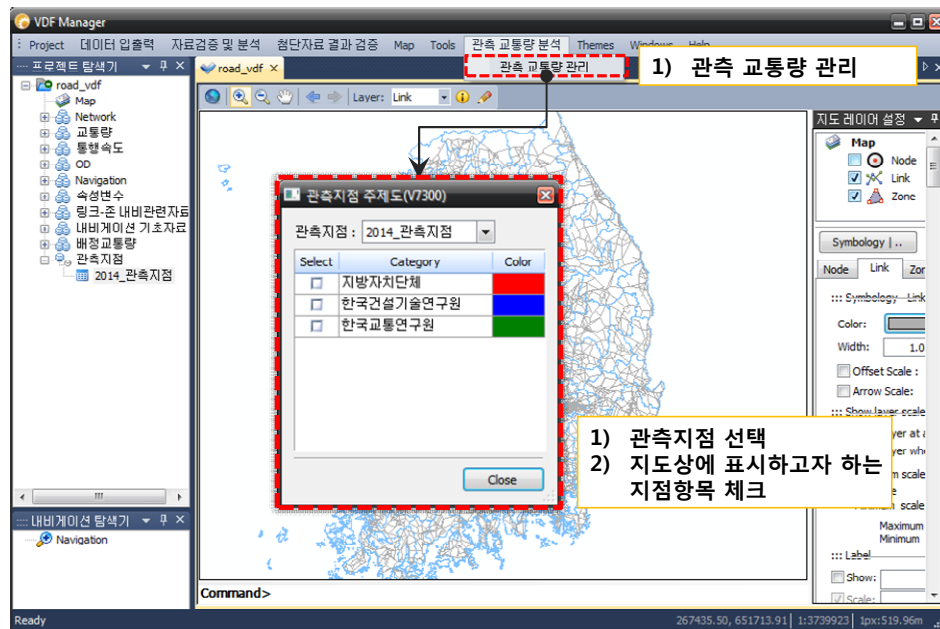
- 선택한 VDF 등급에 해당하는 주제도가 지도 화면에 디스플레이 됨



<그림 2-66> VDF 등급 '12'의 주제도 디스플레이

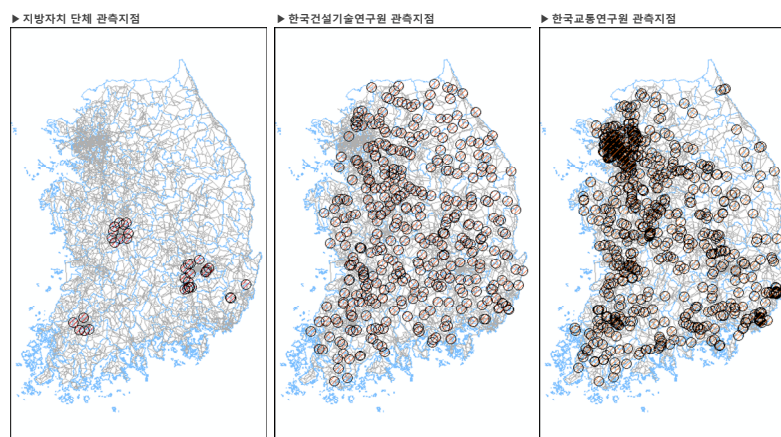
3) 관측 교통량 분석

- 관측 교통량 관리 : 메뉴의 관측 교통량 분석 선택 후 관측 교통량 관리 클릭
- 필요 데이터 : 관측지점 자료



<그림 2-67> 관측 교통량 관리 실행 화면

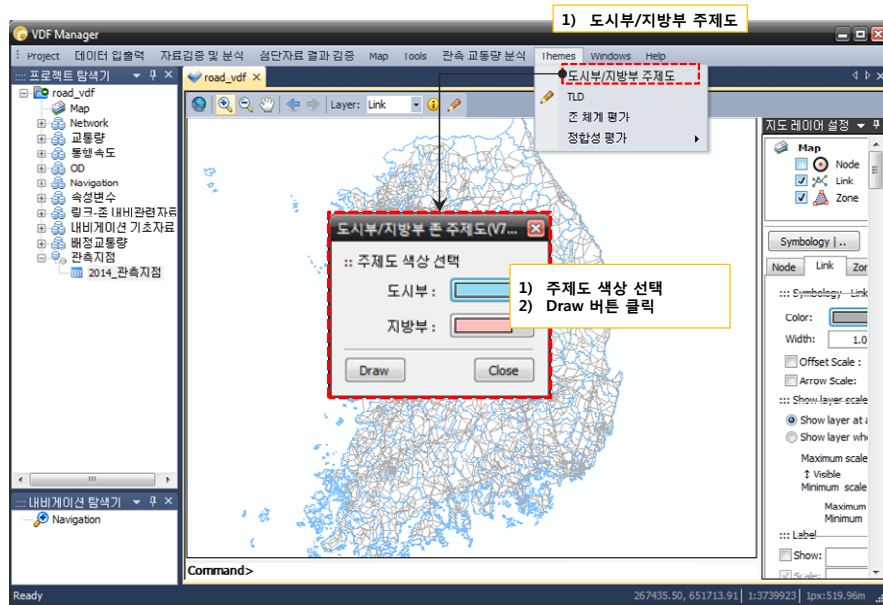
- 실행 후 관측지점 주제도 화면에서 지도상에 표시하고자 하는 지점 항목을 체크하면 지도 화면에 디스플레이 On 해제하면 디스플레이 Off
- 관측지점에 대한 상세내용은 좌측 트리의 관측지점 테이블정보를 참조



<그림 2-68> 관측지점 항목 별 결과화면

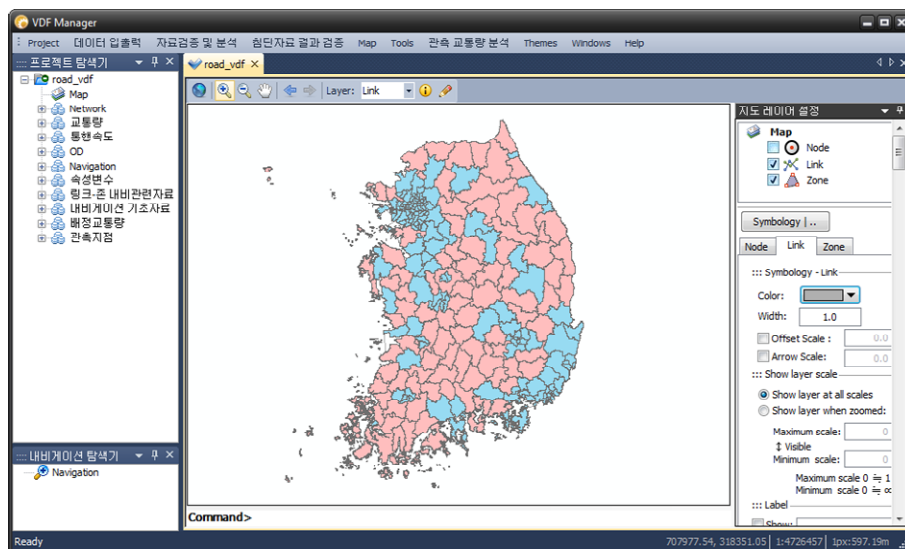
4) 주제도

- 도시부/지방부 주제도 : 메뉴의 Themes에서 도시부/지방부 주제도 클릭



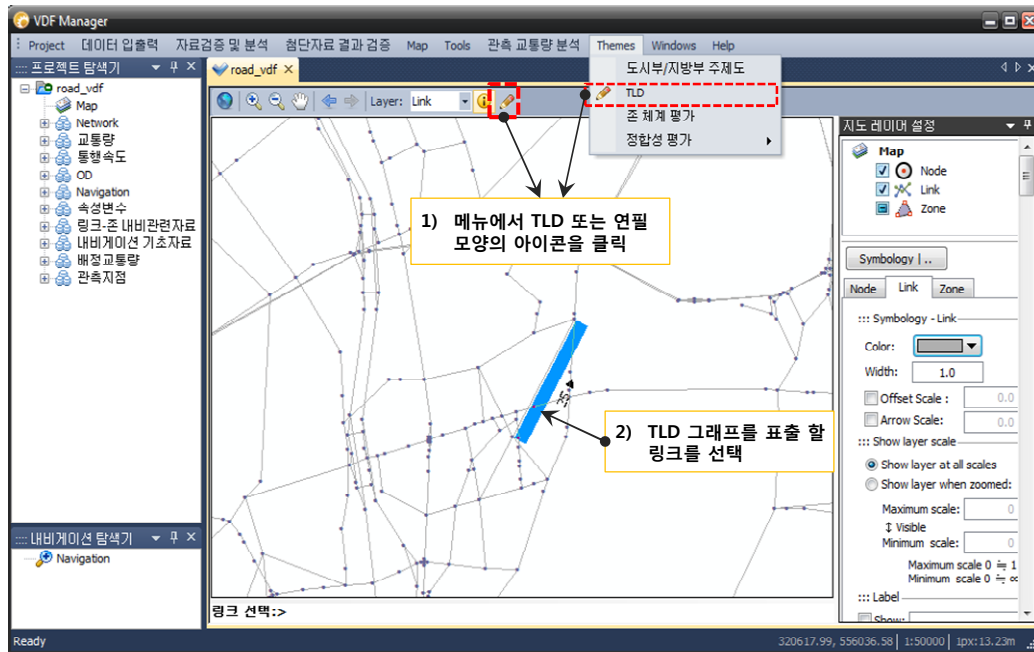
<그림 2-69> 도시부/지방부 주제도 실행

- 지도 화면에 설정한 색상의 도시부/지방부 영역이 시/군/구 행정구역에 디스플레이
- 관측지점에 대한 상세내용은 좌측 트리의 관측지점 테이블정보를 참조



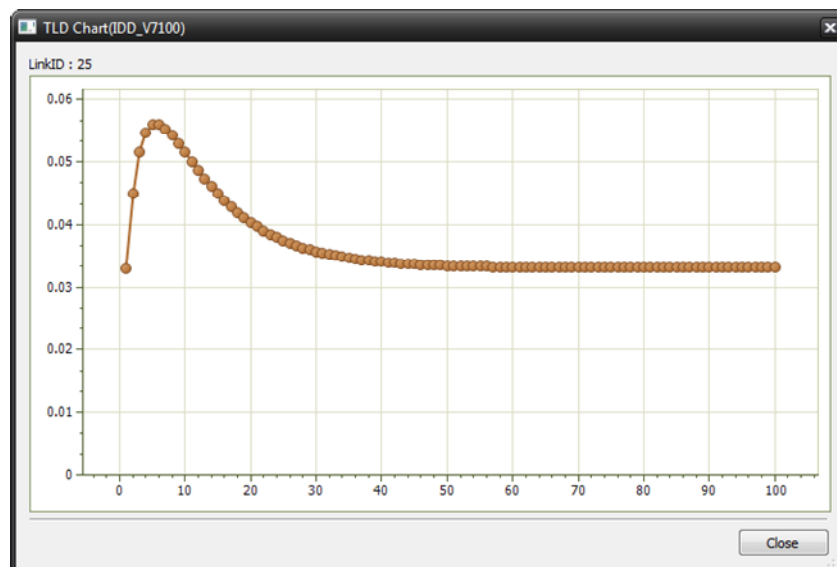
<그림 2-70> 도시부/지방부 주제도 결과 화면

- TLD(Trip Length Distribution) : 메뉴의 Themes에서 TLD 또는 연필모양의 아이콘을 클릭하여 실행



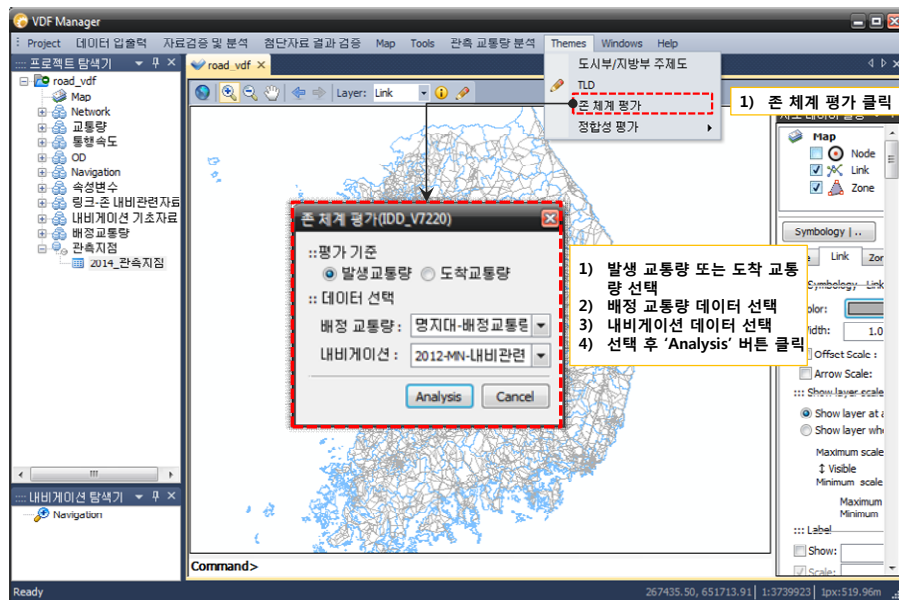
<그림 2-71> TLD 실행

- TLD 그래프를 표출 할 링크를 선택 하면 해당 링크의 TLD 그래프가 디스플레이



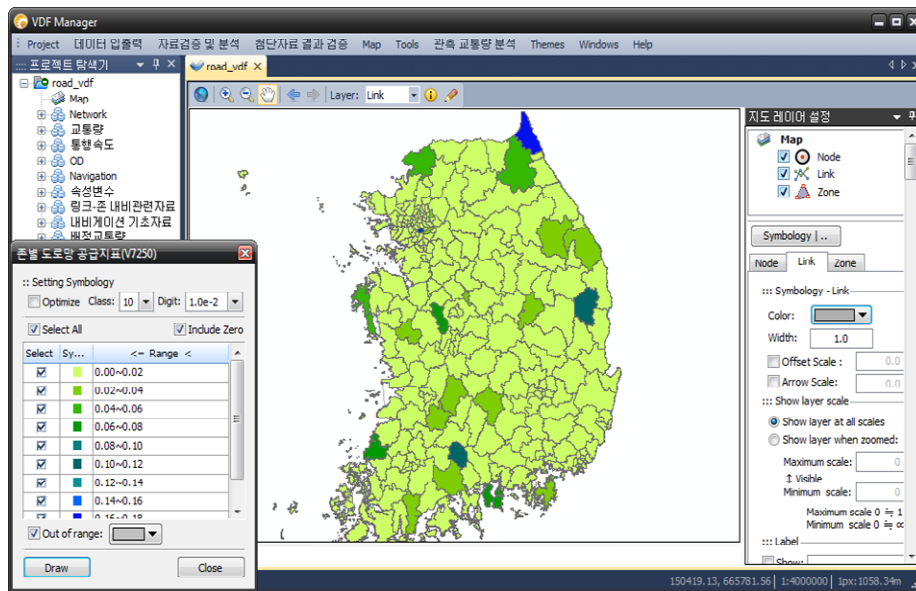
<그림 2-72> Link ID 25번의 TLD Chart

- 존 체계 평가 : 메뉴의 Themes에서 존 체계 평가 클릭
- 존 체계 평가를 위해서는 배정교통량, 링크-존 내비관련자료 필요
 - 존 체계 평가 화면에서 발생교통량 또는 도착교통량 선택
 - 배정교통량과 내비게이션 데이터 선택 후 'Analysis' 버튼 클릭



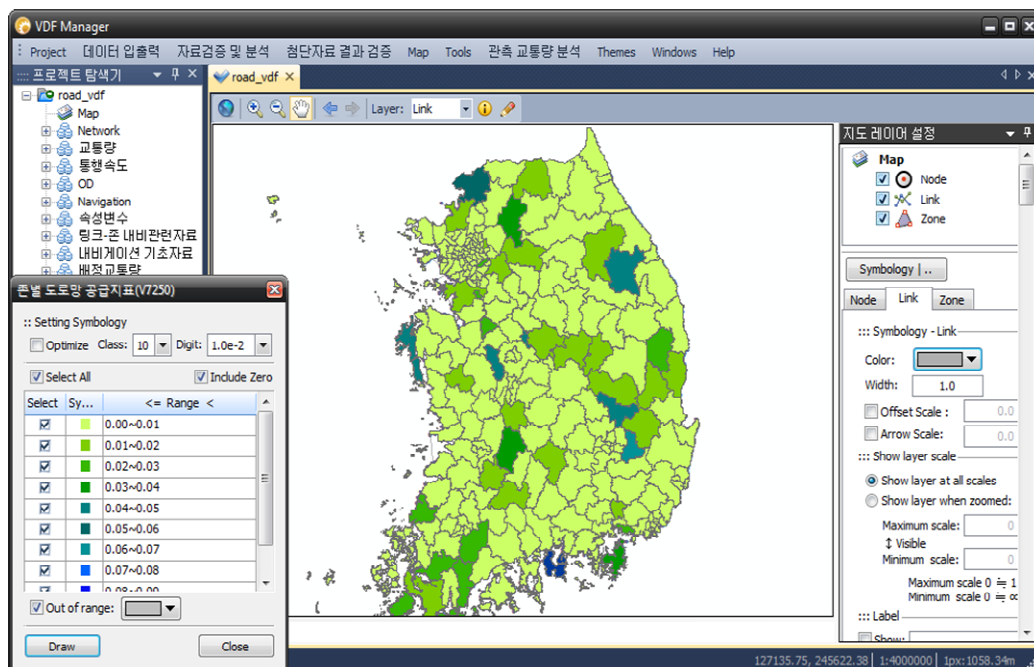
<그림 2-73> 존 체계 평가 실행

○ 발생 교통량을 기준으로 분석 결과



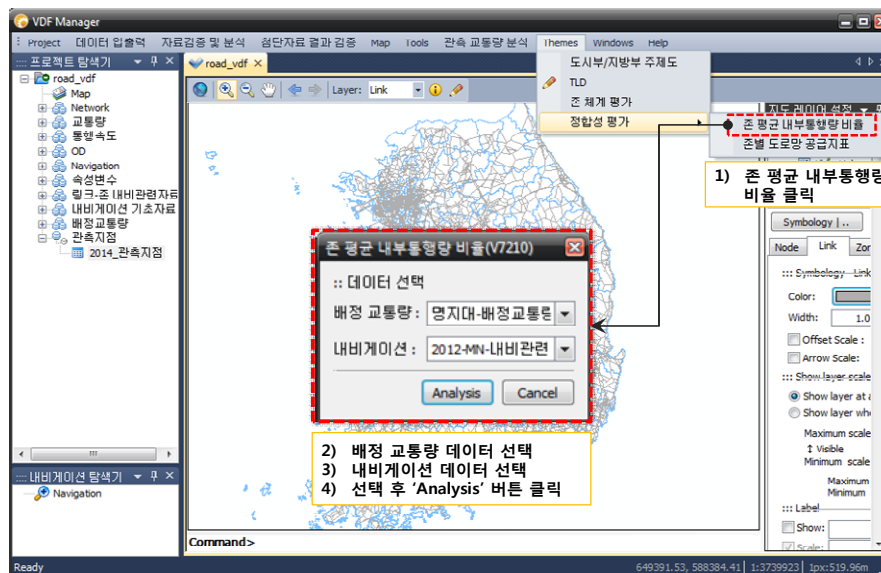
<그림 2-74> 발생교통량 기준의 분석 결과 주제도

○ 도착 교통량을 기준으로 분석 결과



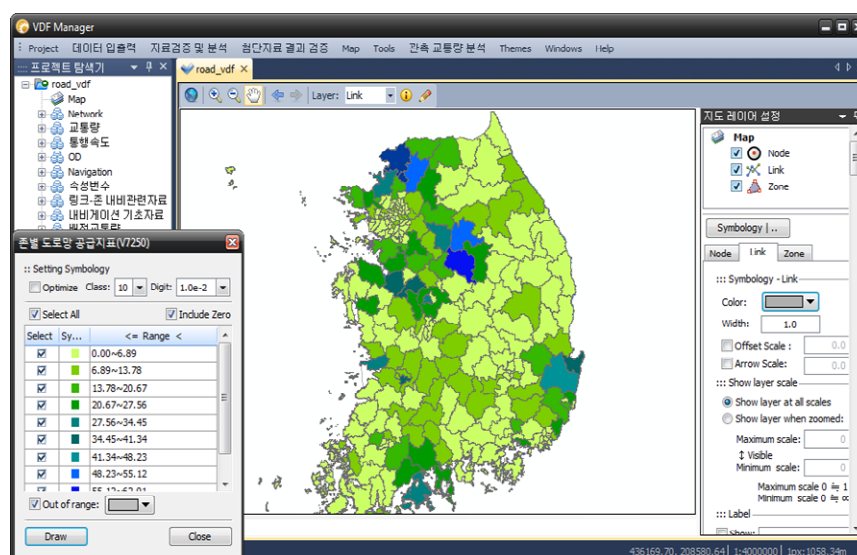
<그림 2-75> 도착교통량 기준의 분석 결과 주제도

- 정합성 평가 - 존 평균 내부통행량 비율 : 메뉴의 정합성 평가 선택 후 존 평균 내부통행량 비율을 클릭하여 실행
- 필요 데이터 : 교통량, 링크-존 내비관련자료 필요
 - 배정 교통량 및 내비게이션 데이터 선택 후 'Analysis' 버튼을 클릭하면 행정구역 주제도로 결과가 디스플레이



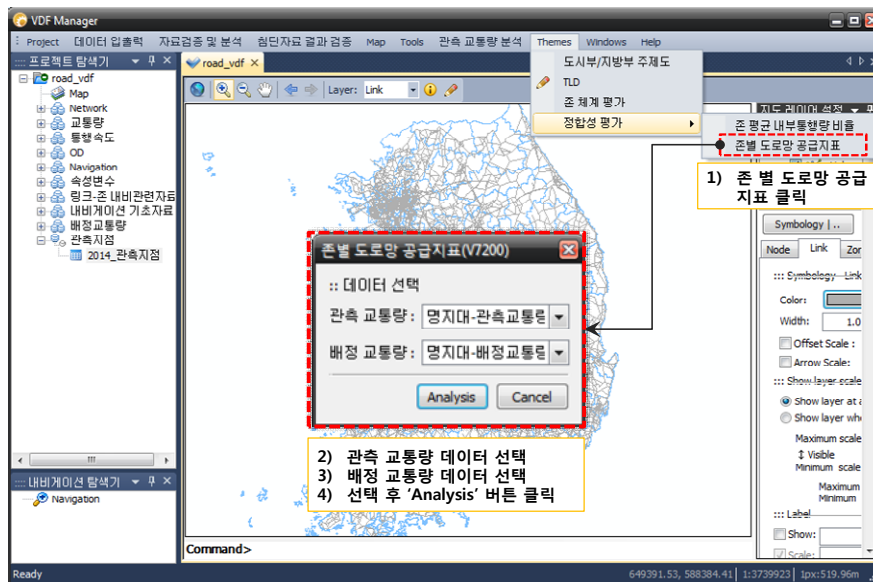
<그림 2-76> 존 평균 내부통행량 비율 실행

- 존 평균 내부통행량 비율 결과



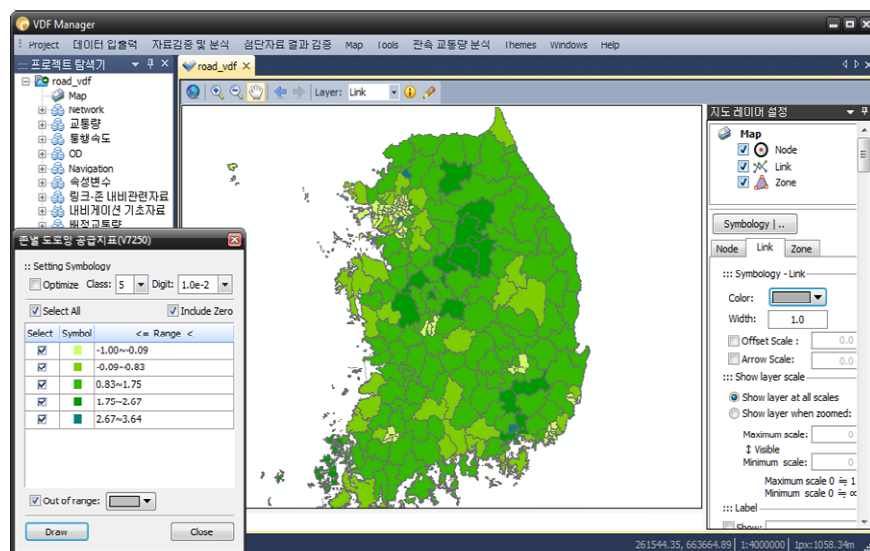
<그림 2-77> 존 평균 내부통행량 주제도 결과

- 정합성 평가 - 존별 도로망 공급지표 : 메뉴의 정합성 평가 선택 후 존별 도로망 공급지표를 클릭하여 실행
- 필요 데이터 : 교통량, 링크-존 내비관련자료 필요
 - 관측 교통량 및 배정 교통량 데이터 선택 후 'Analysis' 버튼을 클릭하면 행정구역 주제로 결과가 디스플레이



<그림 2-78> 존별 도로망 공급지표 실행

- 존별 도로망 공급지표 결과

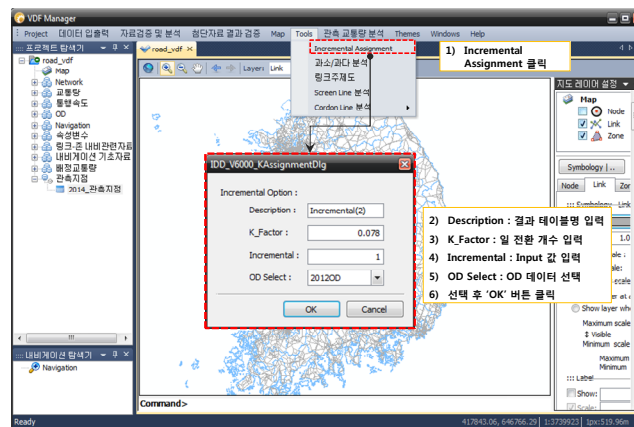


<그림 2-79> 존별 도로망 공급지표 주제도 결과

라. Tools

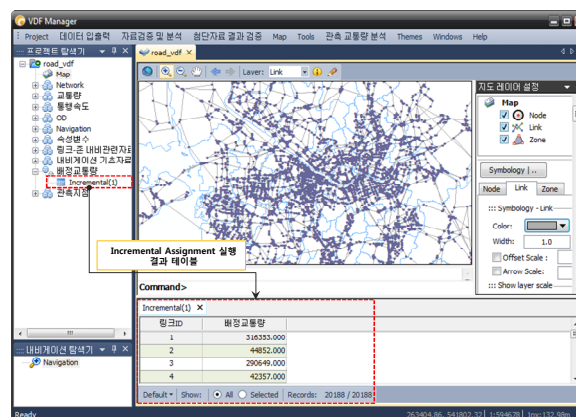
1) Incremental Assignment

- 과소/과다 분석을 하기 위해서는 Incremental Assignment를 먼저 실행해야 함
- 메뉴의 Tools에서 Incremental Assignment를 클릭
- 필요 데이터 : OD 데이터
 - Incremental Assignment화면에서 Description 항목에 결과 테이블명 입력, K_Factor 항목에 일 전환 개수 입력, Incremental 항목에 Input 값 입력, OD Select 항목에 OD값 입력



<그림 2-80> Incremental Assignment 실행

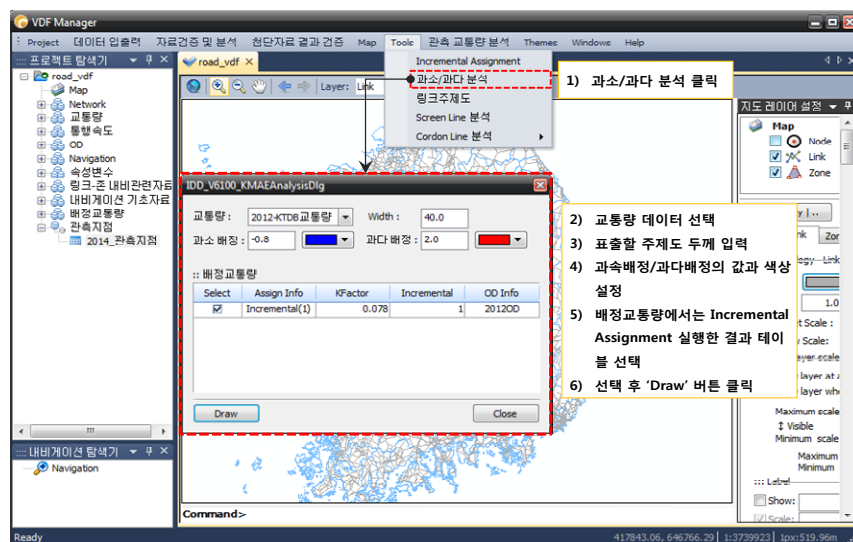
- Incremental Assignment를 실행하면 사용자가 정의한 테이블 명으로 배정교통량에 테이블 생성됨



<그림 2-81> Incremental Assignment 실행 결과 테이블

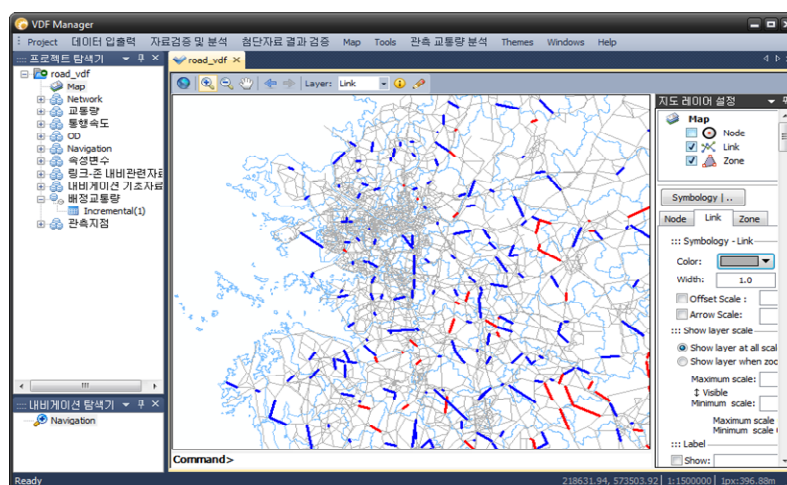
2) 과소/과다 분석

- 메뉴의 Tools에서 과소/과다 분석을 클릭
- 필요 데이터 : 교통량, 배정교통량 필요
 - 교통량 선택 후 표시할 주제도 두께, 과소 배정/과다 배정의 설정값과 색상 설정. 배정교통량에서 Incremental Assignment 실행한 결과 테이블 선택 후 'Draw' 버튼 클릭



<그림 2-82> 과소/과다 분석 실행

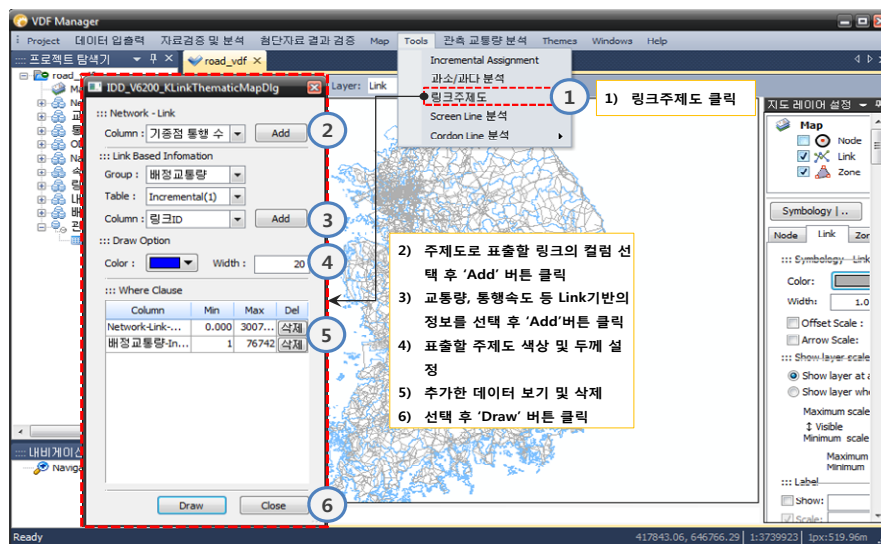
- 과소/과다 분석 결과는 지도 화면에 링크 주제로도 표출



<그림 2-83> 과소/과다 분석의 결과 화면

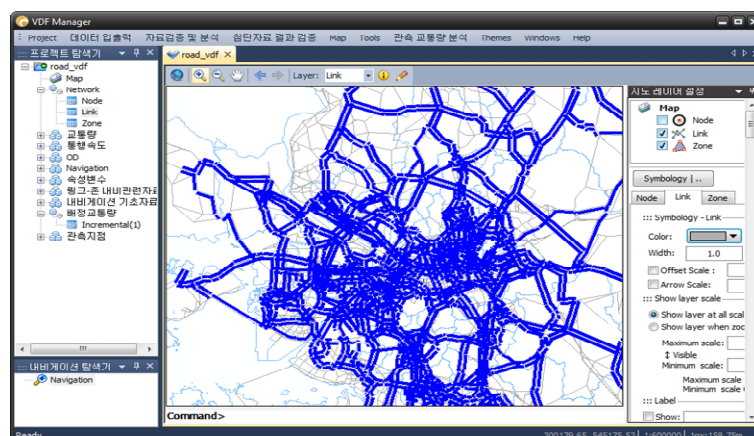
3) 링크 주제도

- 링크 주제도는 복합 검색 결과를 링크 주제도로 표출함
- 메뉴의 Tools에서 링크 주제도를 클릭
 - 링크 주제도 화면에서 Link 테이블의 컬럼 선택 후 'Add' 버튼을 클릭하여 검색조건에 추가
 - Link기반의 다른 정보 선택 후 'Add' 버튼을 클릭하여 추가
 - 선택 완료 후 'Draw' 버튼 클릭하여 주제도 링크 주제도로 표출



<그림 2-84> 링크 주제도 실행

- 링크 주제도 결과 표출

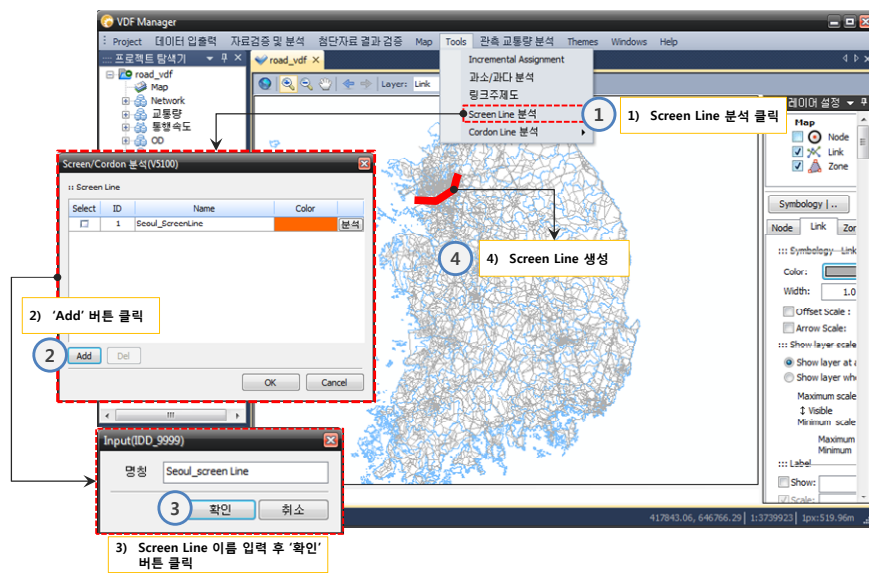


<그림 2-85> 링크 주제도 결과 화면

4) Screen Line 분석

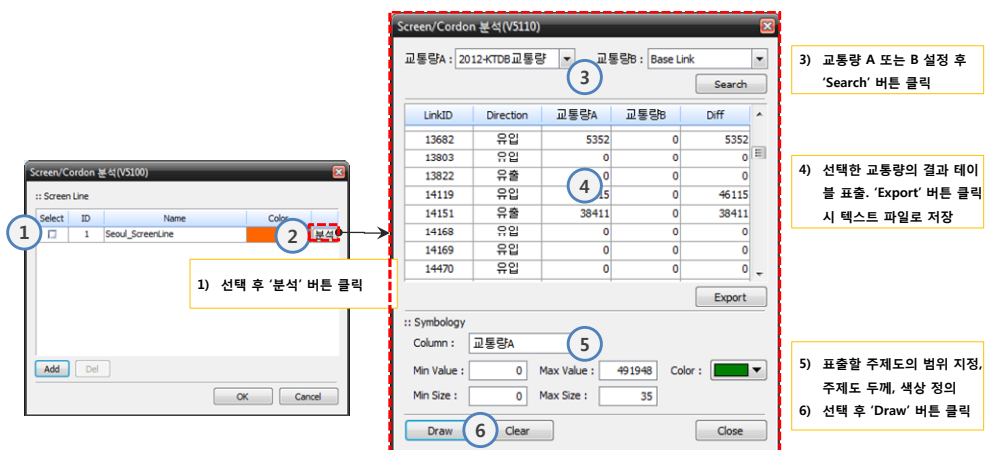
○ 메뉴의 Tools에서 Screen Line 분석 선택

- Screen Line 분석 화면에서 'Add' 버튼을 클릭 후 Screen Line 이름 입력 후 '확인' 버튼 클릭
- 지도화면에서 스크린 라인을 그리면 Screen Line 등록
- 생성 된 스크린 라인 체크 후 '분석' 버튼 클릭



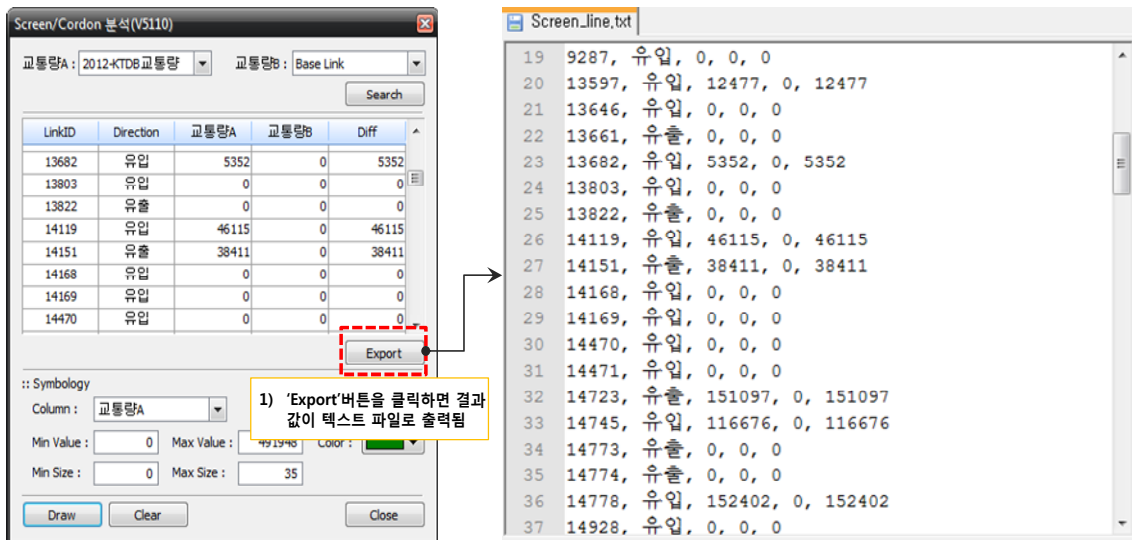
<그림 2-86> Screen Line 분석 실행 1단계

- '분석' 버튼 클릭 후 상세 정의 화면에서 교통량 선택 및 주제도로 표출할 설정값 정의 후 'Draw' 버튼 클릭



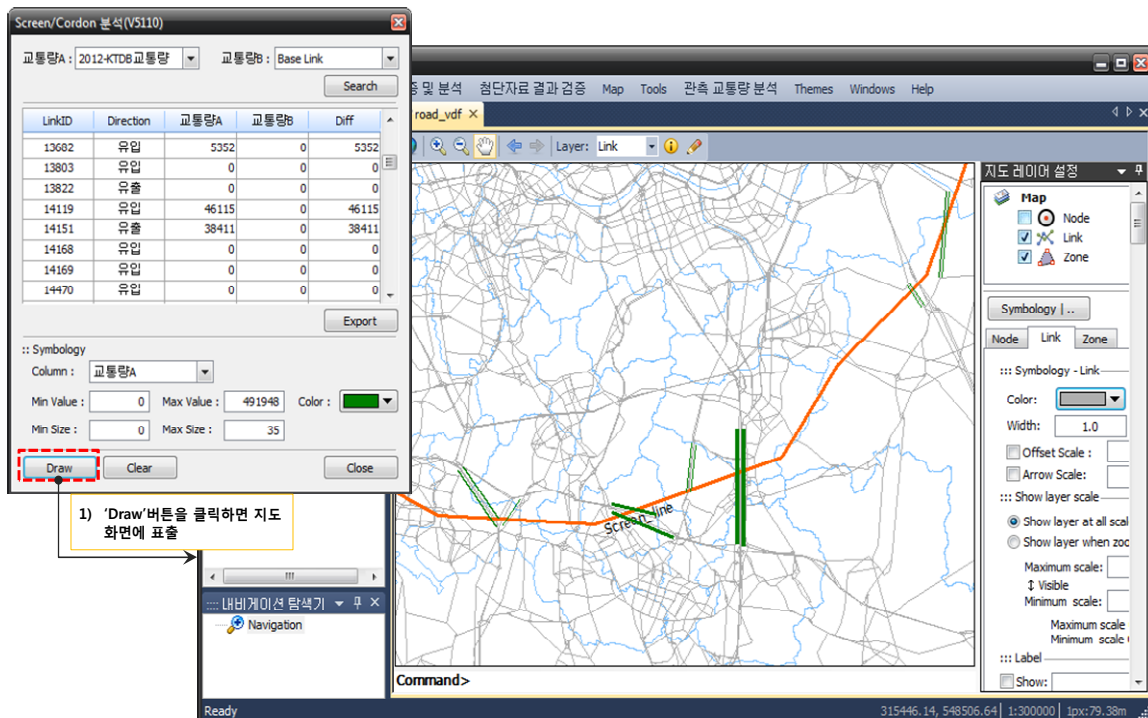
<그림 2-87> Screen Line 분석 실행 2단계

- 상세 정의 화면의 'Export' 버튼을 클릭하면 검색한 결과 값이 텍스트파일로 출력됨



<그림 2-88> Screen Line 분석의 텍스트 파일로 결과값 출력

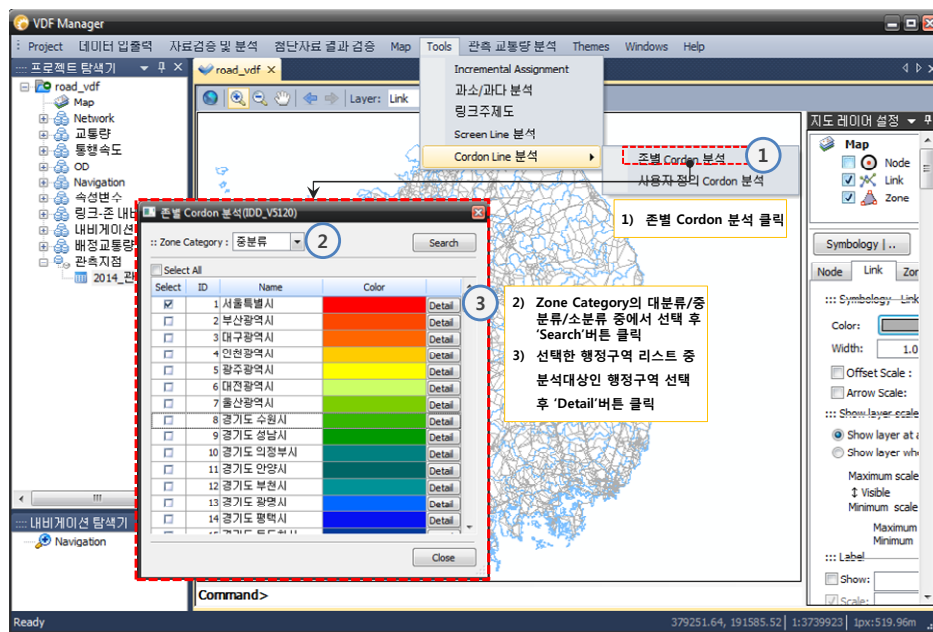
- 상세 정의 화면에서 교통량 데이터 선택 및 주제도를 설정 후 'Draw' 버튼을 클릭하면 지도 화면에 스크린 라인과 분석 결과가 표출



<그림 2-89> Screen Line 분석 결과

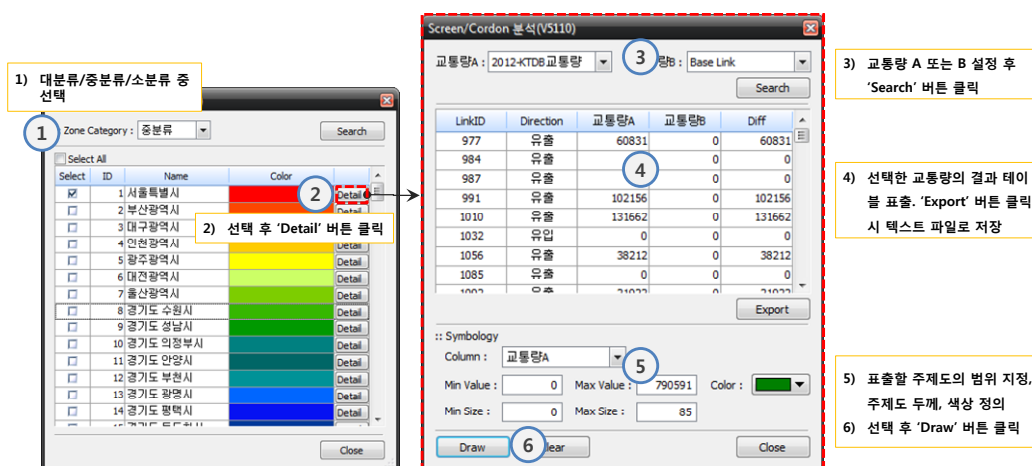
5) Cordon Line 분석

- 준별 Cordon 분석 : 메뉴의 Tools에서 Cordon Line 선택 후 준별 Cordon 분석 클릭
 - 준별 Cordon 분석 화면에서 존(대분류/중분류/소분류) 선택 후 'Search' 버튼을 클릭하면 선택한 행정구역에 대한 리스트가 출력
 - 분석대상인 행정구역을 체크박스에 체크 후 'Detail' 버튼 클릭



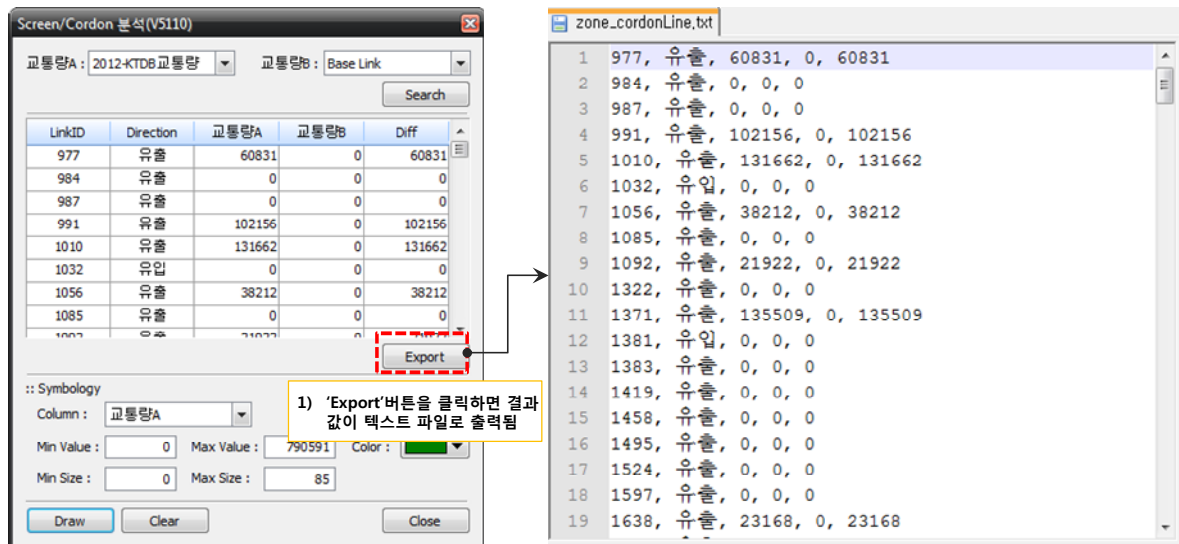
<그림 2-90> 준별 Cordon 분석 실행 1단계

- 'Detail' 버튼 클릭 후 상세 정의 화면에서 교통량 선택 및 주제도로 표출할 설정값 정의 후 'Draw' 버튼 클릭



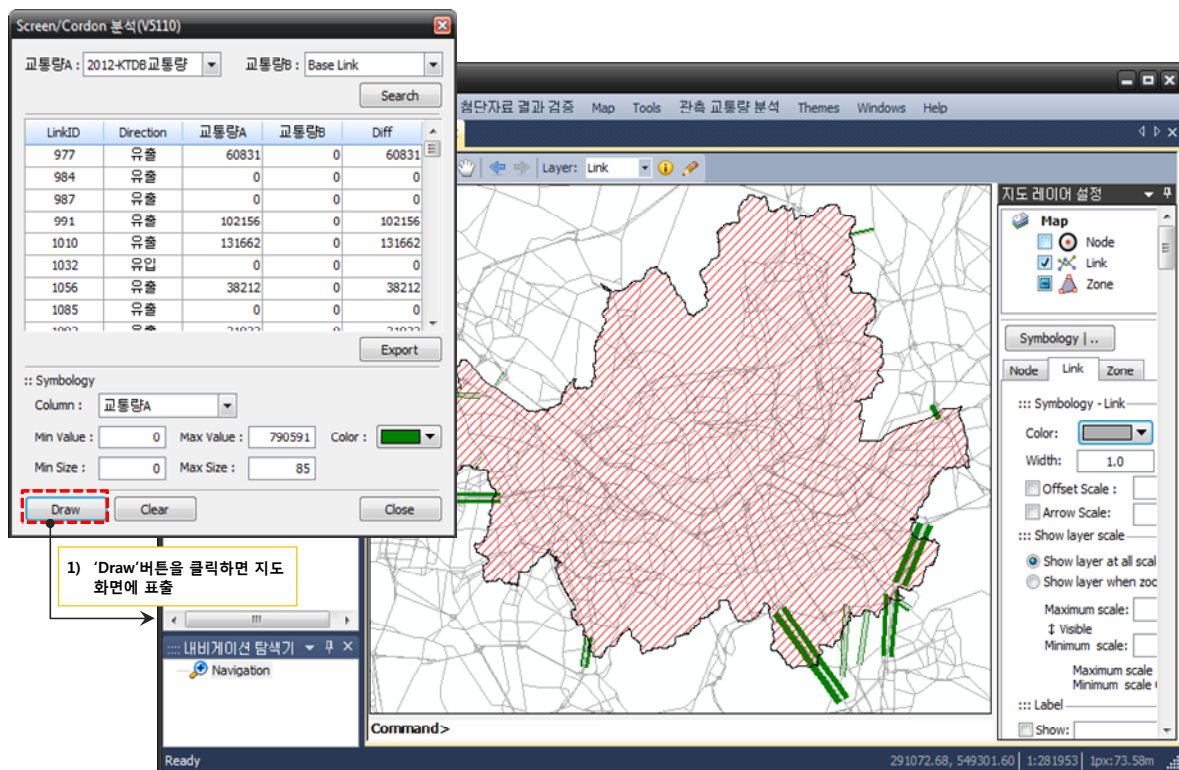
<그림 2-91> 준별 Cordon 분석 실행 2단계

- 상세 정의 화면의 'Export' 버튼을 클릭하면 검색한 결과 값이 텍스트파일로 출력됨



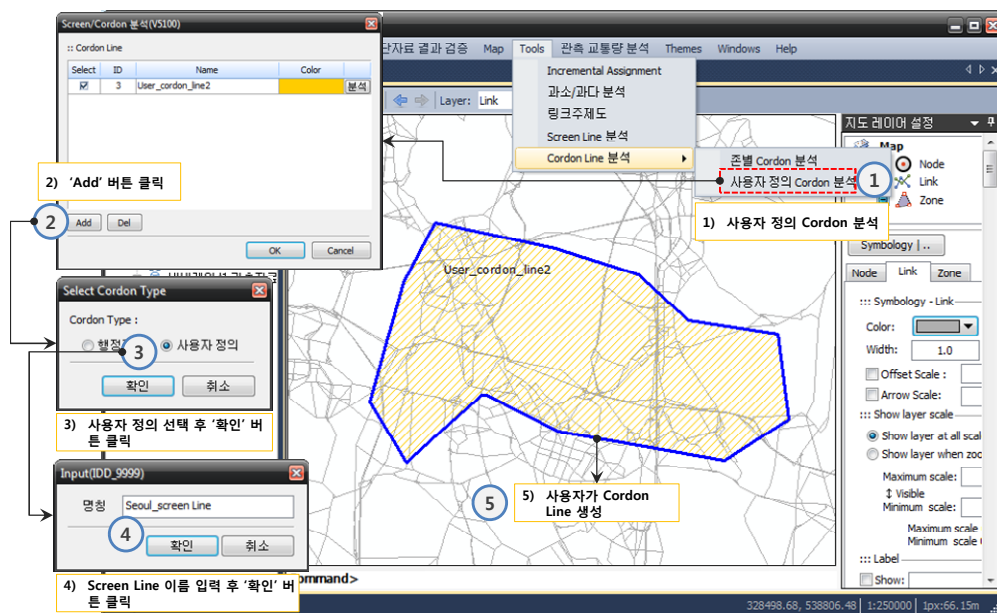
<그림 2-92> 존별 Cordon 분석의 텍스트 파일로 결과값 출력

- 상세 정의 화면에서 교통량 데이터 선택 및 주제도를 설정 후 'Draw' 버튼을 클릭하면 지도 화면에 스크린 라인과 분석 결과가 표출



<그림 2-93> 존별 Cordon 분석 결과

- 사용자 정의 Cordon 분석 : 메뉴의 Tools에서 Cordon Line 선택 후 사용자 정의 Cordon 분석 클릭
 - 사용자 정의 Cordon 분석 화면에서 'Add' 버튼 클릭 후 Cordon Type 선택
 - Cordon Type을 사용자 정의로 선택 시에는 지도화면에 사용자가 직접 영역을 그려주어 Cordon Line을 정의함. 행정구역 선택 시에는 지도화면에서 중분류단위(시/군/구)의 행정 구역을 사용자가 선택



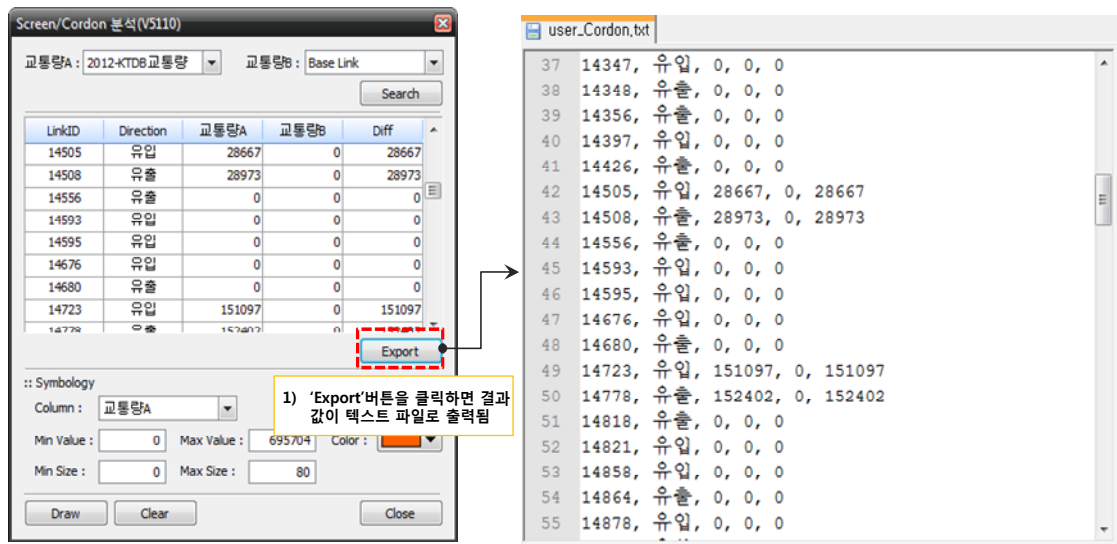
<그림 2-94> 사용자 정의 Cordon 분석 실행 1단계

- '분석' 버튼 클릭 후 상세 정의 화면에서 교통량 선택 및 주제도로 표출할 설정값 정의 후 'Draw' 버튼 클릭



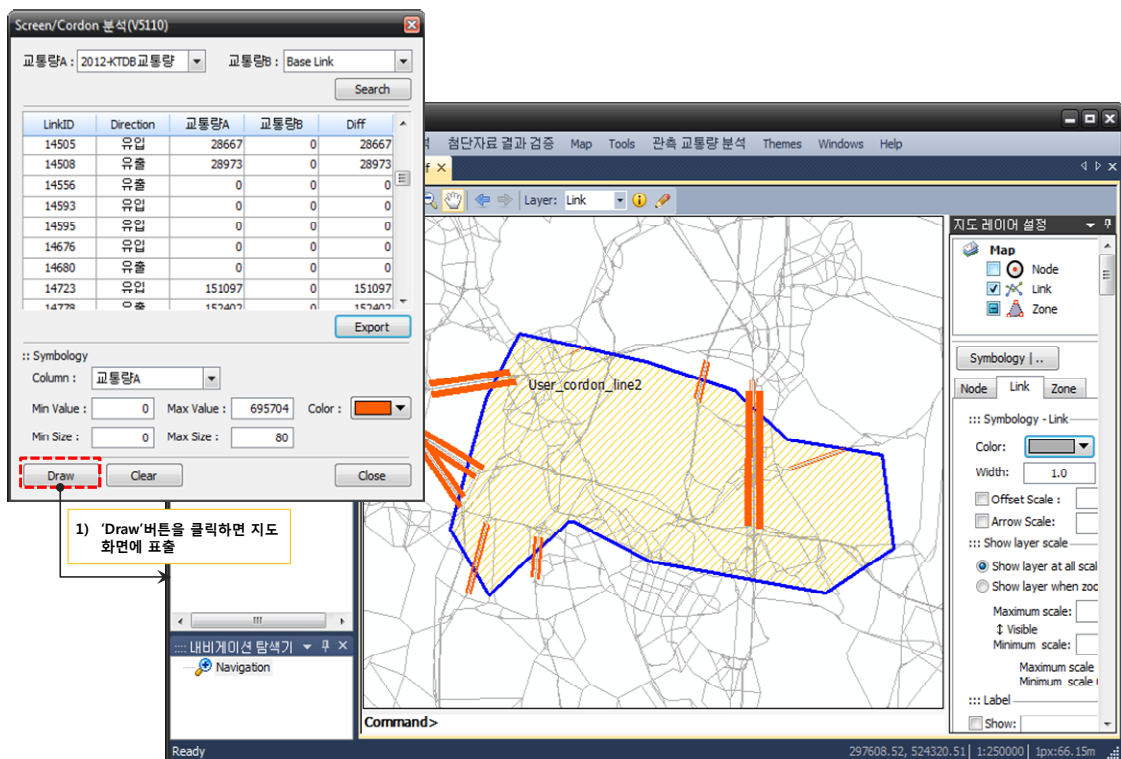
<그림 2-95> 사용자 정의 Cordon 분석 실행 2단계

- 상세 정의 화면의 'Export' 버튼을 클릭하면 검색한 결과 값이 텍스트파일로 출력됨



<그림 2-96> 사용자 정의 Cordon 분석의 텍스트 파일로 결과값 출력

- 상세 정의 화면에서 교통량 데이터 선택 및 주제도를 설정 후 'Draw' 버튼을 클릭하면 지도 화면에 스크린 라인과 분석 결과가 표출



<그림 2-97> 사용자 정의 Cordon 분석의 결과 화면

제3장 대중교통 분석용 네트워크 구축 방안 연구

제1절 과업 개요

제2절 기존 대중교통 네트워크 구축 현황

제3절 대중교통(버스) 네트워크 구축 방법
론 수립

제4절 대중교통(버스) 네트워크 구축

제5절 교통분석용 네트워크 생성 및 관리
Application 개발

제6절 결론 및 향후 연구방향

제3장 대중교통 분석용 네트워크 구축 방안 연구

제1절 과업 개요

1. 과업의 배경 및 목적

가. 과업의 배경

- 교통 분석용 네트워크는 기존점 통행량과 함께 각종 교통계획의 효과적인 수립, 시행, 평가를 위한 기초 자료임
- 특히 도로·철도 네트워크와 더불어 대중교통(버스) 네트워크는 교통SOC 투자평가 신뢰성 확보와 대중교통(버스)을 이용한 통행 행태 분석에 반드시 필요한 자료임
- 현재 교통수요분석에 특화된 도로·철도 교통분석용 네트워크는 지속적으로 보안·갱신이 이루어지는 반면, GIS 기반의 대중교통(버스)의 교통분석용 네트워크는 구축 진행 단계임
- 따라서, 대중교통(버스) 네트워크의 구축 방법론 정립 및 네트워크 구축을 통해 교통SOC 투자평가 및 대중교통(버스)을 이용한 통행자 통행 패턴/통행 행태 분석의 신뢰성을 확보하고자 함

나. 과업의 목적

- 현재 교통 분석용 네트워크 구축은 현장 조사 및 문헌 조사 자료를 이용하여 구축되고 있기 때문에 많은 시간과 비용이 소요됨
- 최근에는 교통 분석용 네트워크의 활용성 및 중요성이 증대되고 있어 보다 신속하고 정확도 높은 자료 구축이 요구되어 교통관련 기초자료 구축 시 Big Data 등 첨단자료를 통해 신뢰성을 확보하기 위한 많은 노력이 이루어지고 있음
- 본 과업에서는 첨단자료인 내비게이션 자료를 이용하여 보다 신속하고 정확도 높은 교통주제도와 교통분석용 네트워크를 구축하고, 이 자료를 토대로 대중교통(버스) 교통분석용 네트워크를 구축하고자 함
- 또한, 검증 시스템을 마련하여 구축된 교통주제도와 교통분석용 네트워크의 신뢰도를 제고하고자 함

2. 과업의 범위 및 내용

가. 시간적 범위

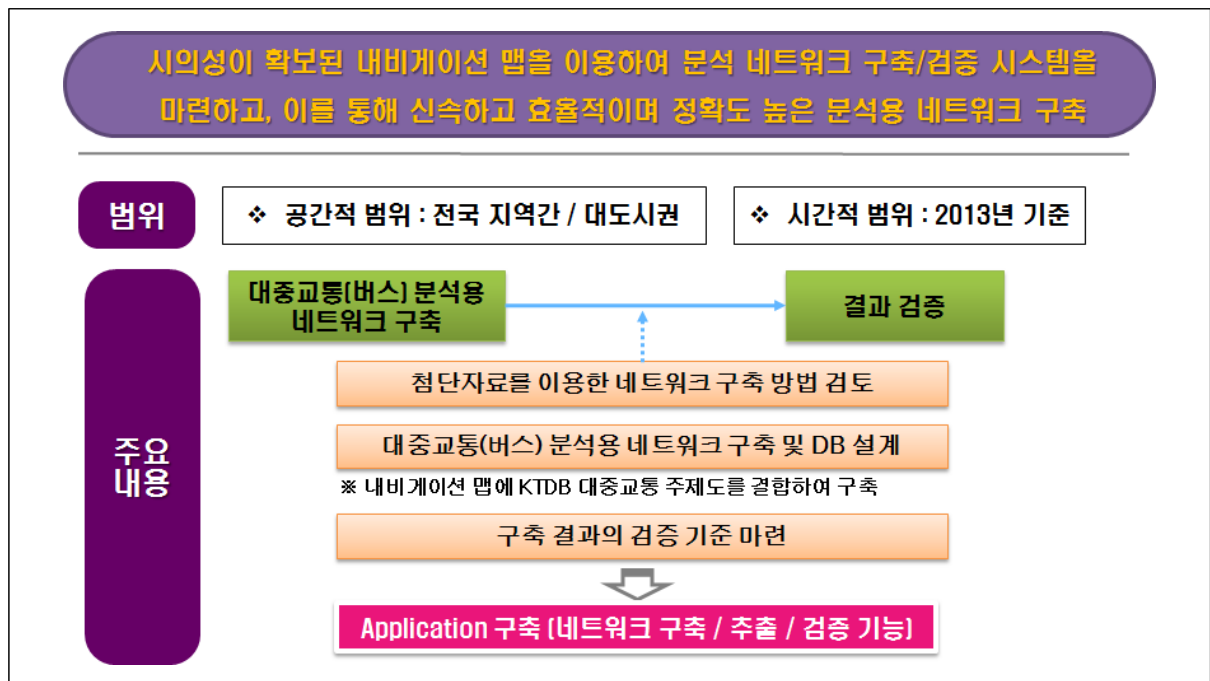
- 2013년 12월 31일 기준 네트워크 갱신 데이터

나. 공간적 범위

- 전국 지역간 및 대도시권

다. 과업의 주요 내용

- 대중교통(버스) 분석용 네트워크 구축 방법론 정립
- 2013년 대중교통(버스) 노선망 조사를 통해 구축된 GIS 기반 대중교통 주제도를 이용한 대중교통 분석용 네트워크 구축
- 구축된 대중교통(버스) 분석용 네트워크를 통한 통행시간 및 통행거리 검증
- 교통분석용 네트워크 생성 및 관리 Application 개발



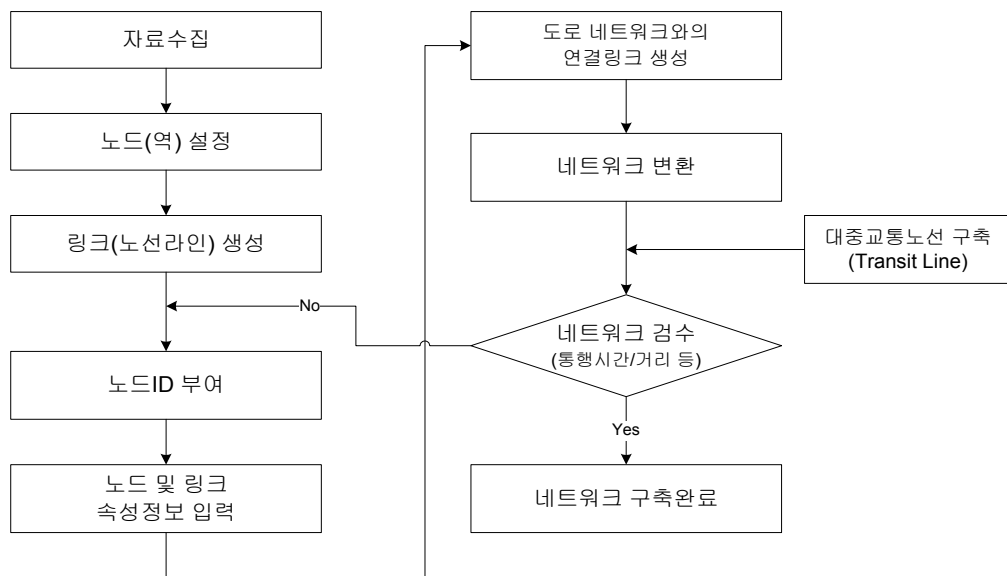
<그림 3-1> 대중교통 분석용 네트워크 구축 과업의 개요

제2절 기존 대중교통 네트워크 구축 현황

1. 전국 지역간 및 지방 5대 광역권

가. 철도 네트워크 구축 절차

- 철도 네트워크는 주제도의 철도 중심선 조사 결과를 기반으로 하여 기본적인 골격을 형성하며, 이에 입력되는 속성 자료는 한국철도공사 및 각 지방 지하철 공사의 운영자료를 기준으로 입력함
- 철도 네트워크는 전국 지역간 네트워크와 각 광역권 네트워크의 반영 내역이 동일하게 적용되어 구축되어 있음
- 철도 네트워크의 구축절차는 <그림 3-2>와 같음



<그림 3-2> 교통분석용 철도 네트워크 구축절차

나. 철도 네트워크 구축

1) 노드

- 철도 노드는 한국철도공사의 “한국철도 영업거리표(한국철도공사)”를 기준으로 구축함
- 도로 네트워크와의 통합네트워크 구축으로 철도의 노드ID는 도로의 노드ID와 중복되지 않도록 통합노드ID체계에 따라 노드ID와 링크의 사중점 노드ID를 부여함
- X, Y 좌표는 교통주제도와 동일한 KATECH 좌표를 입력하며, 소수점 둘째자리까지 표현함

<표 3-1> 네트워크 통합노드ID 체계

구분		설명
코드체계		①②③④⑤⑥(6자리)
코드 설명	①	지역 구분 1~3 : 수도권 (1:서울, 2:인천, 3:경기), 4 : 강원, 5 : 대전/충청, 6 : 광주/전라, 7 : 대구/경북, 8 : 부산/울산/경남
	②	기능 구분 1~4 : 도로 노드, 5 : 철도 노드, 6 : 장래도로 노드, 7 : 장래철도 노드, 8 : 사용자 정의가능 노드, 9 : 더미 노드 및 확장 고려
	③④⑤⑥	일련번호

2) 링크

- 철도 네트워크를 구성하는 링크는 용도에 따라 크게 철도노선을 나타내는 링크, 도로와 철도 노선 간 연결링크, 철도역간 환승링크, 센트로이드 커넥터로 구분됨
- 철도링크의 설정은 “한국철도 영업거리표”와 “철도건설규칙(건설교통부령)” 등을 기준으로 설정함

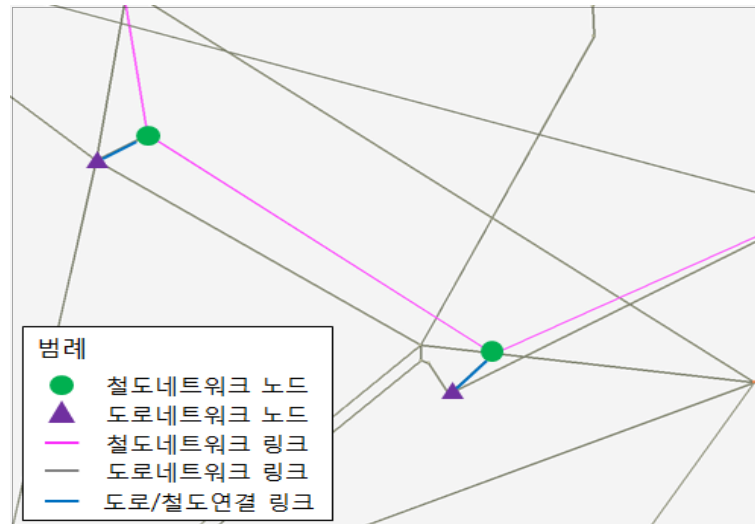
3) 센트로이드 및 커넥터 생성

- 철도 네트워크와 도로 네트워크를 통합한 네트워크는 도로 네트워크의 존 센트로이드와 센트로이드 커넥터를 사용함

4) 도로 네트워크와의 연결링크 생성

- 분석용 네트워크로 통행배정 시 교통수단별 통합 O/D를 이용하여 배정하기 때문에 도로 네트워크와 철도 네트워크를 연결하는 연결링크를 생성하여 통합 네트워크를 구축함

- 연결링크의 생성방법은 철도 네트워크의 노드(역)에서 도로 네트워크 중 고속도로, 도시고속도로, 고속도로 연결램프의 노드를 제외한 가장 가까운 일반 노드(센트로이드 노드점이 아님)와 양방향으로 연결함



<그림 3-3> 철도 네트워크의 연결링크 생성

5) 대중교통노선(Transit Line) 구축

- 대중교통 운행노선 자료는 기반 시설을 나타내는 철도 네트워크와 함께 네트워크를 운행하는 열차운행정보를 나타내며, 구축방법은 데이터 구성 원칙에 따라 관련 변수들에 대해 각 노선별로 입력함
- 한국철도공사, 서울메트로 등 철도 운영기관들의 열차운행 시각표를 기준으로 작성함
- 데이터의 구축범위는 기종점 통행량이 평일기준으로 구축되기 때문에 정기통행노선이 해당되며, 공휴일(비정기)노선, 임시노선 등은 구축하지 않음
- 고속철도 운행노선은 기존선 운행구간과 신선운행구간의 속도차이를 반영하기 위해 분리하여 속도를 반영함
- 열차의 정차패턴은 열차시각표를 기준으로 운행회수, 정차역, 통행시간을 노선별, 구간별, 차량별로 파악한 후 각 구간별, 차량별 운행회수, 통행시간, 정차역이 만족되도록 반영하였음

	노선속성	소요시간(분)	Distance	운행횟수	차종	출발역	도착역	출발역_영문	도착역_영문
1	AB101B	165.7	423.8	3	KTX	서울	부산	Seoul	Busan
2	AB102B	180.5	408.5	2	KTX	서울	부산	Seoul	Busan
3	AB103B	163.0	423.8	1	KTX	서울	부산	Seoul	Busan
4	AB104B	167.0	423.8	1	KTX	서울	부산	Seoul	Busan
5	AB105B	162.0	423.8	1	KTX	서울	부산	Seoul	Busan
6	HB101B	197.0	438.7	1	KTX	행신	부산	Haengsin	Busan
7	AB106B	162.3	423.8	3	KTX	서울	부산	Seoul	Busan
8	AF101B	67.3	159.8	3	KTX	서울	대전	Seoul	Daejeon
9	HB102B	192.0	438.7	1	KTX	행신	부산	Haengsin	Busan
10	AB107B	185.5	408.5	4	KTX	서울	부산	Seoul	Busan
11	HB103B	147.0	401.8	2	KTX	광명	부산	Gwangmyeong	Busan
12	AB108B	161.5	423.8	2	KTX	서울	부산	Seoul	Busan
13	AB109B	158.0	423.8	5	KTX	서울	부산	Seoul	Busan
14	AB110B	206.0	429.9	1	KTX	서울	부산	Seoul	Busan
15	AB111B	149.0	423.8	1	KTX	서울	부산	Seoul	Busan

<그림 3-4> 대중교통노선(Transit Line) 데이터의 구축

6) 네트워크 검수

- 교통분석용 철도 네트워크의 구축이 완료되면 네트워크의 물리적·논리적인 오류와 함께 속성 정보가 정확하게 입력되었는지를 확인하고, 발생한 오류에 대해서는 해당 오류에 따라 수정 작업을 수행하여 오류가 발생하지 않을 때까지 네트워크 검수를 실시함

<표 3-2> 철도 네트워크 구축결과

단위: km

구분	2011년	2012년	차이(2012-2011)
단선	3,355	3,088	-267
복선	4,996	5,260	264
복복선	192	258	66
계	8,543	8,606	63

2. 수도권

가. 대중교통(버스전용차로, 지하철/전철) 링크 구축 (2011년 수도권 보고서 참고)

1) 버스전용차로 구축방안

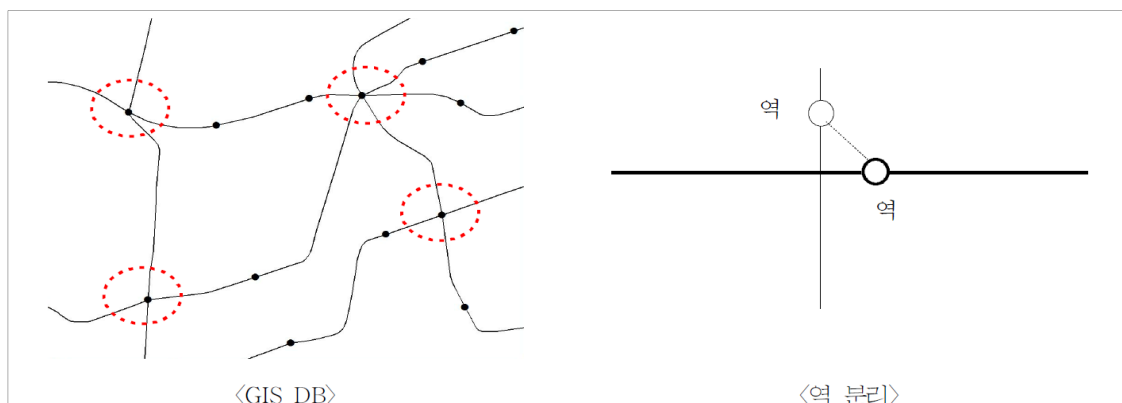
- 전일로 운영되는 버스전용차로 네트워크로 구축 (대안1)
 - 네트워크 구축기준 시점 : 2010년 12월 말
- 버스전용차로 링크는 본선링크와 정류장 연결링크로 구분하여 생성

<표 3-3> 버스전용차로 구축 수준 정의

구분	구축대상			최적안
	중앙	가로변(상시)	가로변(시간제)	
대안1	●			√
대안2	●	●		
대안3	●	●	●	

2) 지하철 네트워크 구축방안

- 고속철도, 일반철도는 제외하여 구축하였으며, 전철/지하철의 경우 별도의 노드와 링크를 추가하여 구축함
- 2개 이상의 노선이 교차하는 역은 분리하여 구축함
- 전체 지하철 네트워크는 본선링크, 환승링크, 접근링크로 구분하여 생성



<그림 3-5> 지하철 네트워크 생성방법

나. 대중교통(버스노선, 지하철/전철노선) Line Data 구축

1) 구축 대상 버스노선 설정

- 수도권 버스 노선 중 총 2,908개 노선을 수집하여 배차간격이 120분 이상되는 노선 1,150개를 제외한 120분 미만의 노선만 네트워크로 구축하도록 함 (인천2개, 경기도 1,148개 노선 제외)

<표 3-4> 수도권 노선버스 수집 및 구축 현황

구분		노선현황				구축노선
		시내버스	좌석버스 (도시내좌석)	직행좌석버스 (광역M버스)	합계	
서울	노선수	406	-	-	406	406
	평균운행거리(km)	36	-	-	36	-
	평균배차간격(분)	11	-	-	11	-
	운행횟수(회)	51,175				51,175
인천	노선수	158	23	26	207	205
	평균운행거리(km)	27	72	84	39	-
	평균배차간격(분)	17	26	27	19	-
	운행횟수(회)	19,269				19,269
경기	노선수	2,080	46	169	2,295	1,147
	평균운행거리(km)	21	38	42	22	-
	평균배차간격(분)	227	48	31	54	-
	운행횟수(회)	68,432				68,432
합계	노선수	-	-	-	2,908	1,758 (60%)
	운행횟수(회)	-	-	-	138,876	133,340 (96%)

2) 전철/지하철 구축 대상

- 전철 및 지하철은 전체노선을 대상으로 Line Data 구축하였으며, 급행노선에 대해 별도 Line Data 구축 함

<표 3-5> 수도권 급행 철도 운행 현황

급행노선명	경유역	배차간격 (첨두)	표정속도	
			일반	급행
인천급행	용산노량진대방신길영등포신도림구로 역곡부천송내부평동암주안동인천	20분 (5분)	39.3	64.4
천안급행 (서울역)	서울역영등포금천구청안양군포의왕 성균관대수원병점오산서정리평택성환두정천안	1일3회운행 (왕복6회)	48.7	74.3
천안급행 (용산)	용산노량진대방신길영등포신도림구로 가산디지털단지안양수원병점오산서정리 평택성환두정천안	1일12회운행 (왕복24회)	48.7	70.3
9호선급행	김포공항가양역창당산여의도노량진동작 고속터미널신논현	15분	30	46.8
경의선 급행	문산금촌금릉탄현일산백마대곡행신 디지털미디어시티신촌	1일1회운행 (서울방향편도 운행)	47.2	60.6
경의선 특급	문산금촌일산백마대곡행신 디지털미디어시티	1일1회운행 (서울방향편도 운행)	47.2	64.6
4호선급행	상계노원창동쌍문수유미아미아삼거리 길음성신여대입구(돈암)한성대입구혜화 동대문동대문역사문화공원충무로명동회현 서울역숙대입구삼각지신용산이촌동작 총신대입구(이수)사당남태령선바위 총신대입구(이수)사당남태령선바위 경마공원대공원과천정부과천청사인덕원 평촌범계금정산본상록수중앙안산	오전3회운행 (편도운행) (상계→안산)	35.3	43.3
중앙선급행	양평양수도심덕소도농구리상봉회기 청량리(지상)왕십리옥수이촌	오전2회운행 (양평→용산)	44.5	55.8
경춘선급행	춘천남춘천강촌가평청평마석평내호평 사릉퇴계원상봉	60분	61.1	76.9

다. 마을버스 노선 구축 (2012년 수도권 보고서 참고)

- 2011년에 시내/좌석/직행좌석 노선에서 마을버스 노선을 추가 구축함

1) 마을버스 노선 구축원칙

- 마을버스 Line Data를 구축함에 있어서 네트워크에 경로가 표현되지 못하는 경우가 있어 다음 같은 원칙하에 Line Data를 구축함

원칙 I : 노선경로가 네트워크에 50%이하로 반영되는 노선 제외(벽지노선 등)
 원칙 II : 경로 중간에 네트워크로 표현되지 못하는 경우에 인접도로 경유

- 마을버스 경로 중간에 네트워크가 없는 경우에는 약간의 우회를 통해 노선을 작성하였으나, 과도하게 우회하는 경우에는 구축하지 않음

2) 마을버스 노선 속성 입력

- 마을버스 노선 속성을 아래 표와 같이 입력함

<표 3-6> 마을버스 Line Data 속성정의

구분	노선 명칭	버스노선(Type)
버스	경기_의정부_1 (특별시도_시_노선번호)	일반(2), 광역(3), 좌석(4)
고속/시외	서울_경남_부산 (특별시도_터미널명_도착지)	고속(5), 시외 (6)
마을	경기_의정부_1_마을 (특별시도_시_노선번호_마을)	마을 (7)

3) 마을버스 노선 Line Data 구축

- 마을버스 노선의 기준시점은 2012년 11월말 기준의 노선을 대상으로 구축하였으며, 서울 220개, 인천 9개, 경기 612개로 총 842개의 마을버스가 운행되고 있음
- 이중 73개는 네트워크에 표현이 불가능 하여 구축에서 제외하였으며, 나머지 769개 노선을 Line Data로 구축하였음

<표 3-7> 수도권 마을버스 노선 및 구축현황

구분	노선 현황	Linn Data		
		구축제외 노선 ¹⁾	구축노선 ²⁾	합계
서울	220개	29	191	220 (100%)
인천	9개	1	8	9 (100%)
경기	612개	43	569	612 (100%)
합계	842개	73	768	842 (100%)

주1 : 미구축 노선 : 노선반영 50%미만 또는 중간에 경로 없는 노선

주2 : 구축노선 : 정상구축노선과 약간의 우회를 통해 구축된 노선

라. 수도권 대중교통 네트워크 구축 결과 (2013년 수도권 보고서 참고)

- 2010년 전수화 및 장래교통수요예측에서 KTDB GIS를 기반으로 교통네트워크를 구축하였으며, 대중교통분석을 위한 Transit Line Data를 최초로 구축하였음
- Transit Line Data는 2010년 최초에 일반버스(일반/좌석/광역)와 전철/지하철, 그리고 수도권 일부 시외/고속버스를 구축하였으나, 마을버스가 누락되는 등 완벽한 대중교통분석 체계가 마련되지 못하였음
- 이후 2012년 현행화 과업까지는 마을버스 및 버스노선의 추가구축과 시외/고속버스를 수도권 전체 노선으로 확대하여 대중교통 network 측면에서 완벽하게 구축되었음

<표 3-8> 수도권 대중교통 네트워크 구축 결과

단위: 노선

구분	2010년 네트워크	2011년 네트워크	2012년 네트워크
버스	1,758	1,877	3,152
마을버스	-	768	853
지하철	34	36	42
시외/고속	582	582	1,268
합계	2,370	3,259	5,315

제3절 대중교통(버스) 네트워크 구축 방법론 수립

1. 기본 방향

- 대중교통(버스) 네트워크는 KTDB 대중교통(버스) 노선망 조사를 통해 구축된 GIS기반 대중교통(버스) 주제도 노선DB와 첨단자료 내비게이션 데이터로 구축한 도로 주제도를 이용하여 신속하고 정확도 높은 자료를 구축하고자 함
- 대중교통(버스) 네트워크 구축 시 고려한 기본 방향은 다음과 같음

가. 주제도의 상세도 결정 및 대중교통(버스) 네트워크 구축 범위

- 대중교통(버스) 주제도 노선DB는 노드, 노선, 노선 정류장리스트, 시각표 등 총 4개의 테이블로 구성되며, 버스 수단 구분은 다음과 같음

<표 3-9> 대중교통(버스) 수단별 유형구분

수단별 구분	수단별 코드	내용	유형구분
시외버스	E	지역간 운행버스	시외우등고속, 시외고속, 시외일반, 시외직행
일반버스	I	시·군내의 운행버스	시내버스, 농어촌버스, 마을버스, 공항버스

- 내비게이션 데이터를 이용하여 구축한 도로 주제도에 KTDB에서 제공한 GIS기반 대중교통 주제도의 버스 정류장과 노선이 가급적 포함되어야 하기 때문에, 전국 지역간 네트워크에 해당하는 도로 주제도 상세도 Level 5를 바탕으로 시외/고속버스 수단에 대하여 주제도 및 네트워크를 구축함
- 대도시권 네트워크는 도로 주제도 상세도 Level 6를 바탕으로 구축되며, 일반버스 수단의 경우 구축된 노선을 검토해본 결과 Level 6보다 더 상세한 수준의 도로 주제도를 요구하는 것으로 나타나 내비게이션 데이터 수집범위의 한계로 이번 과업에서는 구축이 제한적임
- 따라서, 이번 과업에서는 전국 지역간(Level 5)/대도시권(Level 6) 도로 주제도 및 네트워크와 시외/고속 버스에 대한 대중교통 주제도 및 네트워크까지 구축 하는 것으로 범위를 제한하였음

나. 대중교통(버스) 주제도의 버스 정류장 통합 방안

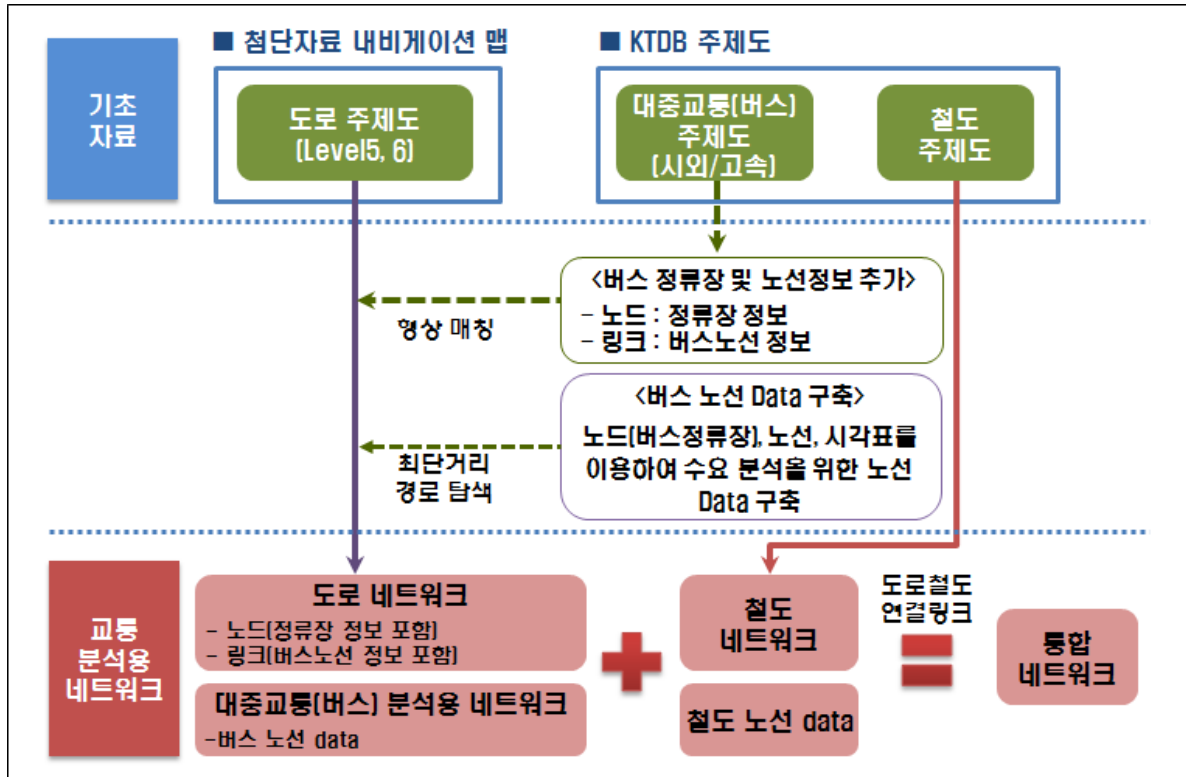
- 대중교통(버스) 주제도 설계 시 버스 정류장 통합 방안으로 모든 정류장을 노드화 하는 방안과 기존 도로 노드에 정류장을 통합하는 방안 2가지에 대해 검토함
- 대중교통(버스) 주제도 단계에서 노선의 손실을 최소화하기 위해 모든 버스 정류장을 노드화 하여 링크를 분할하는 대안을 고려해 보았으나, 노드와 링크수가 너무 많아져서 분석 tool의 용량문제가 발생할 수 있는 한계점이 있음
- 따라서, 기존 도로 주제도 노드에 대중교통 주제도의 가까운 버스 정류장을 노드의 속성값으로 통합시키는 대안으로 구축 방안을 채택함



<그림 3-6> 버스 정류장 통합 방안

2. 방법론 수립

- 대중교통(버스) 네트워크 구축을 위한 전체적인 구축 흐름도는 다음과 같음

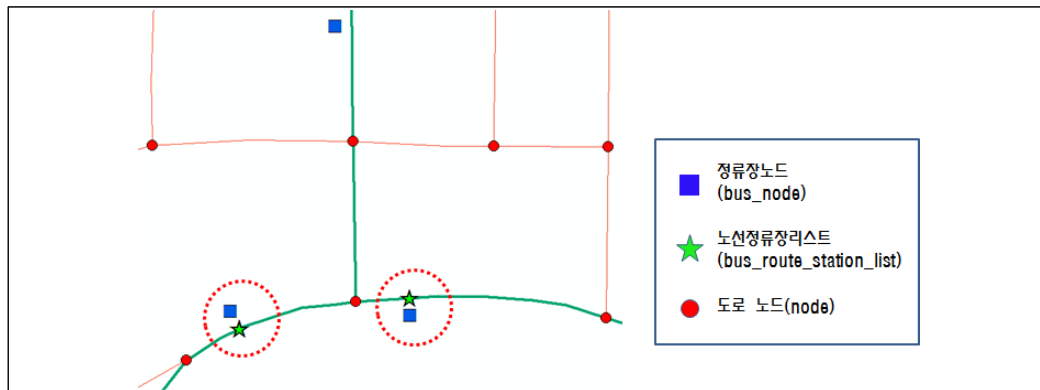


<그림 3-7> 대중교통(버스) 네트워크 구축 흐름도

가. 대중교통(버스) 네트워크 구축 방법

① 도로 주제도에 버스 정류장 매칭

- KTDB 대중교통(버스)주제도 중 노선 정류장리스트(bus_route_station_list) 테이블을 활용하여 도로 주제도의 노드 및 링크에 정보를 매칭함
- KTDB 버스 주제도 중 노선 정류장리스트(bus_route_station_list) 테이블은 정류장 노드(bus_node)와 달리 KTDB 도로주제도의 링크 선상에 구축되어 있으므로 가까운 노드에 통합하는 방식 사용



<그림 3-8> KTDB 대중교통(버스)주제도

② 노선정보를 이용하여 최단경로 알고리즘 적용

- KTDB 대중교통(버스) 주제도와 내비게이션 자료를 이용한 도로 주제도가 정확하게 매칭되는 것이 아니기 때문에 버스 정류장 매칭 정보와 KTDB 대중교통(버스) 주제도에서 기 구축된 경로 정보를 기준으로 도로 주제도에서 최단 경로탐색을 통해 버스 노선을 새롭게 구축함
- 노선별 경로에 대한 오류를 최소화하기 위해 기 구축된 경로 테이블에(bus_route) 대하여 개별 노선별 Buffer를 적용하여 범위 내에서 최단경로를 탐색함

③ 노선 검증

- 기존 노선(bus_route) 테이블의 평균통행거리 및 평균통행시간과 비교했을 때 허용할만한 오차범위(5% 이내)에 있는지 검토하여 새롭게 구축한 노선에 대해 검증을 수행함

④ 대중교통(버스) 주제도 구축

- 시외/고속버스 노선에 대한 최단경로 탐색으로 구축된 노선 경로를 대중교통(버스) 주제도로 표출함 (노드(정류장), 노선, 노선 정류장리스트, 시간표, 노선 경유노드 리스트 테이블)

⑤ 대중교통(버스) 네트워크 구축

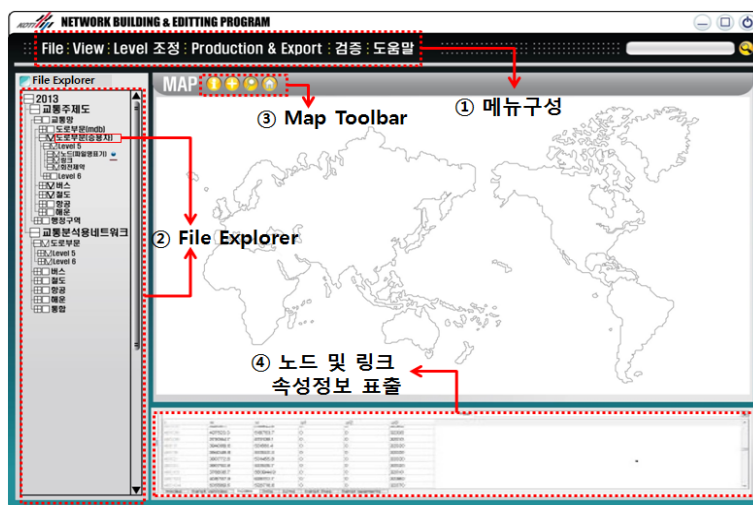
- 대중교통(버스) 네트워크는 노드/링크로 구성된 네트워크가 아닌 대중교통(버스) 주제도와 도로 네트워크를 기준으로 EMME/3 프로그램 구조의 고속/시외버스 Line data 형태로 구축함

⑥ 통합네트워크 구축

- 통합 네트워크는 도로/철도 노드, 링크, 도로철도 연결링크와 대중교통(버스), 철도 line data로 구성됨
- 도로철도 연결링크는 도로 주제도와 철도 주제도를 이용하여 철도역에서 가장 가까운 도로 노드에 자동으로 연결시키는 방식으로 구축함

나. 교통분석용 네트워크 생성 및 관리 Application 설계

- 교통 주제도 DB와 Multi-modal 교통분석용 네트워크의 생성 및 관리를 위한 Application 을 개발함
- 기본적으로 메뉴(추출, 뷰어, 검색, 검증 등), File Explorer, 네트워크 멀티레벨(Level 5/6) 조정, 외부자료(Shp) 노드 및 링크 속성정보 표출 등으로 아래와 같이 UI를 설계함



<그림 3-9> 교통분석용 네트워크 생성 및 관리 Application UI설계

<표 3-10> Application UI 설계 관련 기능 및 내용

구분	내용
파일 로딩	구축된 네트워크 및 노선(버스/철도), 외부데이터 Input을 위한 파일로딩 기능 → 분석용 네트워크와 관련된 다양한 정보 확인 가능
편집 모드	화면 이동 및 통합맵(도로/대중교통)의 Level 선택 기능 등
추출 모드	통합맵 속성을 이용하여 도로분석 네트워크(Level 별), 통합네트워크(Level 별), 버스 노선 data 등 추출
검색 모드	통합맵 속성 중 좌표/철도역명/버스 정류장 명 등을 이용하여 검색
설정 및 부가기능	Application 내에서 단축 아이콘 생성 및 단축키 생성 등 작업 기능상 편의 제공

제4절 대중교통(버스) 네트워크 구축

1. 대중교통(버스) 네트워크 구축을 위한 도로 주제도 구축

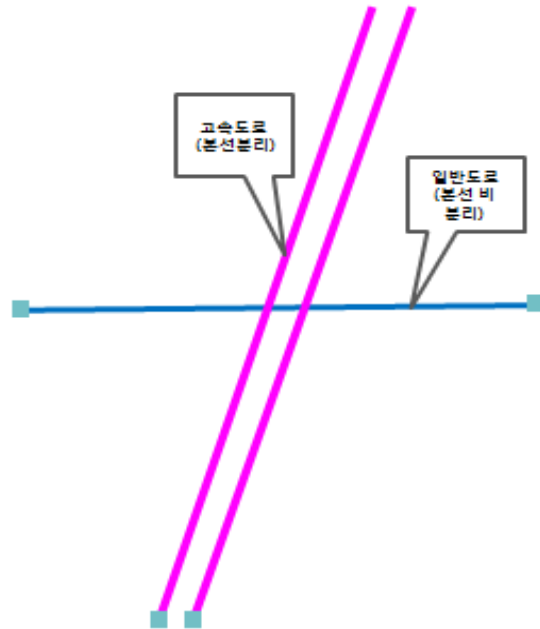
가. 개요

- 주제도 도로망은 현실 세계의 네트워크 구조를 2차원 지도에 표현하여, 다양한 현실 정보를 표현함
- 주제도 도로망은 교차로 명칭, 노드유형, 회전제한, 도로등급, 차로 수(양방향), 최고속도, 도로번호, 도로등급, 일방통행 유/무 등의 정보를 제공함
- 자료 형태는 사실상 표준으로 사용될 만큼 광범위한 사용자층을 확보하고 있는 GIS 포맷인 Shape 파일로 구성됨
 - xxx.shp 파일 : 도형 정보를 담고 있는 파일
 - xxx.shx 파일 : 일종의 인덱스 파일로서 shx를 이용하여 쉽게 도형 정보의 위치를 얻을 수 있음
 - xxx.dbf 파일 : shp에 있는 도형정보에 대한 속성 정보를 담고 있음
- 주제도 제작 좌표계는 GRS80 타원체, UTM 좌표계를 사용하고 있으며, 좌표 변환 공식이 적용된 툴을 이용하여 변환이 가능함

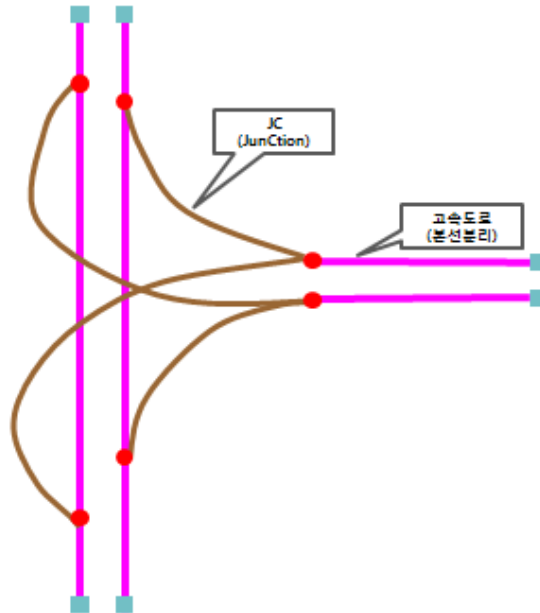
나. 내비게이션 자료를 이용한 도로 주제도 구축

1) 도로 주제도 형상 구축

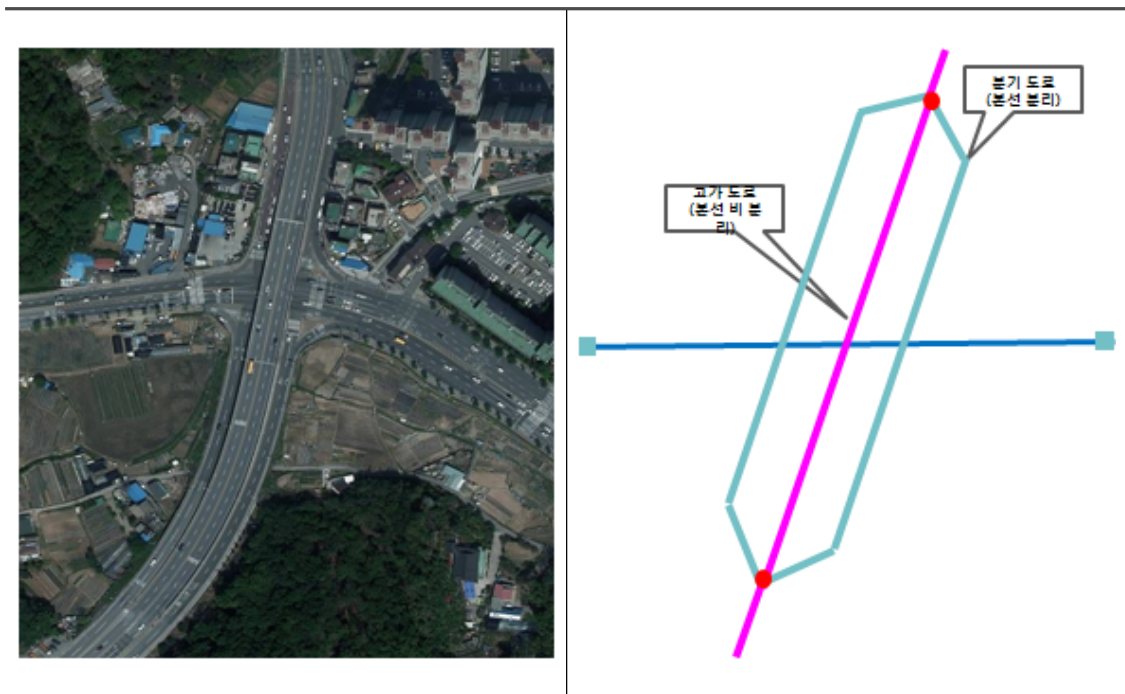
- 현실 세계의 도로망 형상을 지도화 시키기 위해 형상을 구축하는 기준을 별도로 두어 관리함
- 형상을 구분하는 주요 요소는 실제 현장의 현실감 및 실측 좌표에 맞는 지점 정보를 제공하기 위해서임



<그림 3-10> 주제도 네트워크 형상 구축 - 고속도로/ 일반도로



<그림 3-11> 주제도 네트워크 형상 구축 - 분기점



<그림 3-12> 주제도 네트워크 형상 구축 - 고가차도

2) 도로 주제도 속성 구축

- 주제도 도로망의 연장 및 연장 내 속성을 나타내는 링크와 교차점, 속성변화점 등의 지점 정보를 나타내는 노드로 구성됨
- 주제도 링크는 왕복2차선 이상의 도로를 구축하는 것을 기준으로 하되, 왕복 1차선 도로 중 네트워크의 연결성을 가진 도로에 대해서는 포함시킴
- 링크는 도로상의 다양한 현장 정보를 가지고 있으며, 주제도 내에서는 실제 사용되는 속성 컬럼과 장래사용을 위해 확보된 컬럼이 존재함

<표 3-11> 링크 속성 구축

필드명	설명	비고
MAP_ID	도엽ID	사용
LINK_ID	링크ID	사용
ST_ND_ID	링크연결시작노드	사용
ED_ND_ID	링크연결종료노드	사용
LV1	표시레벨1	사용
LV2	표시레벨2	사용
LENGTH	길이	사용
ST_DIR	링크연결시작노드의 연결링크 각도	사용
ED_DIR	링크연결종료노드의 연결링크 각도	사용
LINK_CATE	링크종별1	사용
ROAD_CATE	도로종별	사용
ONEWAY	일방통행	사용
LINK_FACIL	시설물종별(교량, 터널, 지하차도)	사용
FACIL_ID	시설물 ID	사용
FACIL_NAME	시설물 명칭	사용
WIDTH	폭	사용
LANE	차선수	사용
PAVEMENT	포장유무	사용
MAX_SPEED	최고속도	사용
HOV_LANE	중앙버스전용차선	미사용
CAR_LANE	자동차전용차선	사용
EMG_LANE	별도사용자정의컬럼	미사용
VAR_LANE	시변관리차선	사용
PARKING	주차여부	미사용
PROHI_CAR	제한차종	미사용
WEIGHT	무게	미사용
HEIGHT	높이	미사용
DB_YTPE	내부 특이지점 관리 코드	사용
ROAD_NAME	도로명	사용
NUM_CORSS	신호등 수	사용
TRAFFICID_P	정방향 교통정보	사용
TRAFFICID_N	역방향 교통정보	사용
LANE_N	역방향레인정보차선수	사용
LANE_P	정방향레인정보차선수	사용

<표 3-12> 노드 속성 구축

필드명	설명	비고
Node_Id	노드 ID	사용
Node_Attr	노드 속성	사용
RepNd_Id	복합노드ID	사용
Tra_Light	신호등 수	사용
Toll_Id	고속도로시설물(IC, JC, TG) 관리 ID	사용
Nd_Name	노드명칭	사용
Num_Link	연결링크수	사용
Link_Id1	연결링크ID 1	사용
Link_Id2	연결링크ID 2	사용
Link_Id3	연결링크ID 3	사용
Link_Id4	연결링크ID 4	사용
Link_Id5	연결링크ID 5	사용
Link_Id6	연결링크ID 6	사용
Link_Id7	연결링크ID 7	사용
Link_Id8	연결링크ID 8	사용
t_code0	통행규제 코드 0	사용
t_code1	통행규제 코드 1	사용
t_code2	통행규제 코드 2	사용
t_code3	통행규제 코드 3	사용
t_code4	통행규제 코드 4	사용
t_code5	통행규제 코드 5	사용
t_code6	통행규제 코드 6	사용
t_code7	통행규제 코드 7	사용
d_code0	회전규제 코드 0	사용
d_code1	회전규제 코드 1	사용
d_code2	회전규제 코드 2	사용
d_code3	회전규제 코드 3	사용
d_code4	회전규제 코드 4	사용
d_code5	회전규제 코드 5	사용
d_code6	회전규제 코드 6	사용
d_code7	회전규제 코드 7	사용
X	LON	사용
Y	LAT	사용

- 링크 객체의 컬럼 속성은 코드로 구분되어 있으며, 코드에 따라 속성이 분류됨

<표 3-13> 링크 종별 코드

정의	링크종별
코드명	LINK_CATE
코드	코드내역
1	본선분리
2	연결로 (JC)
4	교차로의 통로
8	연결로 (IC)
16	SA 레이어
32	복합교차점내 링크
64	로타리내 링크
128	회전교차로 내 링크
256	회차로 링크
512	P-turn 링크
1024	U-turn 링크
2048	진출입로
4096	단지내 도로
32768	비분리

<표 3-14> 도로 등급 코드

정의	도로등급
코드명	ROAD_CATE
코드	코드내역
101	고속도로
102	도시고속화도로
103	일반국도
104	특별/광역시도
105	국가지원지방도
106	지방도
107	시군도

<표 3-15> 일방통행 코드

정의	일방통행
코드명	ONEWAY
코드	코드내역
0	미조사
1	규제없음
2	조건부 통행금지(양방향)
3	일방통행(정방향)
4	일방통행(역방향)
5	조건부 일방통행(정방향)
6	조건부 일방통행(역방향)

<표 3-16> 시설물 코드

정의	시설물
코드명	LINK_FACIL
코드	코드내역
0	일반도로
1	교량
2	터널
4	고가도로
8	지하도로

<표 3-17> 포장유무 코드

정의	포장유무
코드명	PAVEMENT
코드	코드내역
0	미조사
1	포장
2	포장안됨

<표 3-18> 중앙버스차선 코드

정의	중앙버스차선
코드명	HOV_LANE
코드	코드내역
0	미조사
1	적용

<표 3-19> 측면버스차선 코드

정의	측면버스차선
코드명	S_HOV_LANE
코드	코드내역
0	미조사
1	적용

<표 3-20> 자동차 전용차선 코드

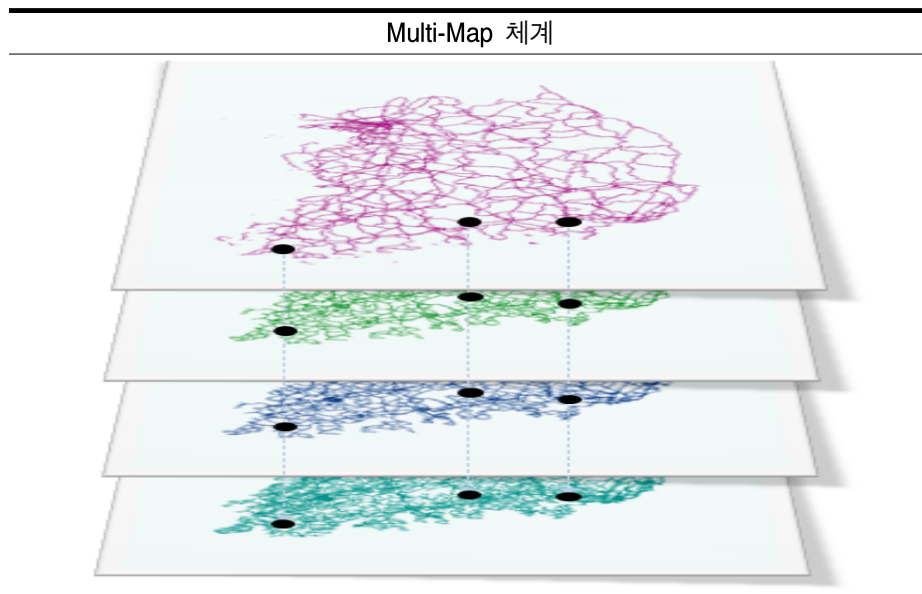
정의	자동차 전용 차선
코드명	CAR_LANE
코드	코드내역
0	미조사
1	적용

<표 3-21> 노드 속성 코드

정의	노드 속성
코드명	NODE_ATTR
코드	코드내역
0	미정의
1	도로 교차점
2	속성 변환점
3	부가점
5	도로 종료점
7	도곽 교차점
9	유턴 노드

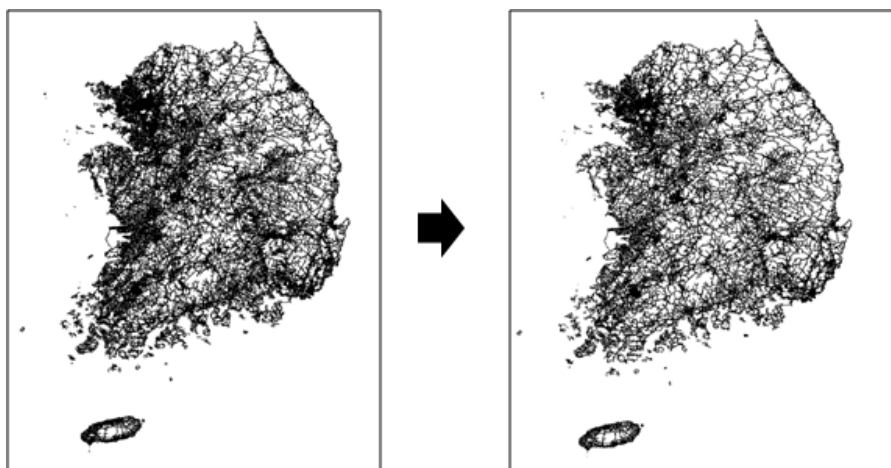
3) 교통 분석용 네트워크 호환 등급

- 7레벨 원도를 기준으로 멀티 레벨화 된 데이터로 구축하여 교통 분석용 네트워크와 업데이트 시점 및 속성이 적용 기준이 부합됨
- 주제도는 멀티 레벨 중 6레벨 단위로 멀티 레벨화 되어 있으며, 교통 분석용 네트워크는 5레벨 단위로 멀티화 되어 있음
- 상위 레벨로 갈수록 (7레벨 ~ 2레벨) 종별이 상위인 도로가 표시되며 속성, 형상이 Merge됨



<그림 3-13> Multi-Map 체계

- 기존 KTDB 주제도 구축 범위에 해당하는 6레벨 MAP 구현 결과 동일 Scale로 구현됨



<그림 3-14> 기존 KTDB주제도와 내비게이션 Multi 6LV 주제도 구현 비교

4) 도로 주제도 구축 결과

- 2013년 12월 기준의 내비게이션 자료를 이용하여 KTDB 자료 특성에 맞게 최종 구축된 결과는 다음과 같음

<표 3-22> 구축 결과

구분		내역
도엽		2150 도엽
속성	노드	36개의 상세 속성으로 구성
	링크	10개의 상세 속성으로 구성
타원체		BESSEL 타원체
좌표계		KATEC 좌표계
데이터 형태		SHP

2. 대중교통(버스) 네트워크 구축을 위한 대중교통(버스) 주제도 구축

가. 개요

- 본 대중교통(버스) 주제도는 「2013년 국가교통조사 및 DB구축사업」 중 ‘교통주제도(대중교통) 구축’ 과업의 대중교통 노선 및 운행현황 조사, 대중교통 GIS DB 구축 결과로 2013년 기준으로 보완·갱신된 자료를 활용함
- 대중교통(버스) 네트워크 구축을 위하여 앞서 첨단자료를 활용하여 구축된 도로 주제도와 KTDB 대중교통 GIS DB구축 결과가 호환이 가능하도록 노선 매칭작업을 통해 신규 대중교통(버스) 주제도를 구축함
- 노선 매칭 및 데이터 포맷 분석/검토를 통해 정확한 데이터를 제공하고자 하였고, 로직을 통한 노선 매칭 전처리를 통해, 노선 매칭율을 향상시킴

나. 대중교통(버스) 주제도 DB구조

- KTDB 2013년 대중교통 GIS DB는 노드, 노선, 노선 정류장리스트, 시각표 등 총 4개의 테이블로 구성됨
- 이번 과업에서 신규로 구축한 대중교통(버스) 주제도는 기존 KTDB 시외버스 주제도 4개의 테이블에 Line data 구축을 위한 노선 경유노드 테이블을 추가로 구축함
- 따라서, 대중교통(시외버스) 주제도는 노드(ex_bus_node), 노선(ex_bus_route), 시각표(ex_bus_time_table), 노선 정류장리스트(ex_bus_route_station_list), 노선 경유노드 리스트(ex_bus_route_node_list) 총 5개의 테이블로 구성됨

1) 노드(ex_bus_node)

- 노드 테이블은 터미널 및 버스 정류장관련 속성을 입력하는 테이블임
- 노드 ID는 ‘수단코드(1) + 테이블 구분(1) + “_” + 시 · 도코드(2) + “_”+ 일련번호(6)’의 형식으로 구성함
 - 예. 시외버스, 노드 테이블, 서울특별시, 112번째 노드 → “EN_11_000112”
- 갱신일자와 자료기준일자는 자료관리 측면에서 필요한 속성으로 갱신일자는 해당 수단의 노드의 변경사항 발생시점을 나타내고, 자료기준일자는 입력자료 조사시점을 나타냄
- 네트워크 레벨은 대중교통 노선 공간정보 DB 구축 후 단계별 단순화 네트워크 구축시 레벨을 의미하고, 상위 레벨 노드 ID는 각 노드의 세밀도를 네트워크 레벨에 맞추어 단순화 할 때 통합되는 대표노드의 ID를 의미함

<표 3-23> 노드 테이블(ex_bus_node)

명칭	내용	자료형	자리수	Key	NN	설명
NODE_ID	노드 ID	char	12	PK	nn	노드 ID
NODE_NAME	노드명칭	char	60		nn	터미널 및 정류장 명칭
NODE_TYPE	노드유형	char	5		nn	코드표 참조
X_COORD	좌표(X)	double	13.3		nn	네트워크 좌표계 상의 X 좌표
Y_COORD	좌표(Y)	double	13.3		nn	네트워크 좌표계 상의 Y 좌표
DISTRICT_ID	행정구역 ID	char	5		nn	행정구역(시·군·구) ID(5자리)
MODIFY_CHECK	갱신여부	char	1		nn	입력(A), 갱신(M), 삭제(D)
MODIFY_DATE	갱신일자	char	8		nn	연·월·일 입력(8자리)
SURVEY_DATE	자료기준일자	char	8		nn	연·월·일 입력(8자리)
LEVEL	네트워크레벨	char	1		nn	네트워크에서의 노드 레벨
UP_LEVEL_NODE_ID	상위 레벨 노드 ID	char	12		nn	상위 네트워크의 노드 ID
DESCRIPTION	설명	char	20			노드설명

- 시외버스 이외의 수단에도 노드 테이블이 존재하므로 각 노드를 수단별로 구분하기 위하여 노드유형에 이니셜로 구분자를 입력하고, 총 5자리로 입력함

<표 3-24> 시외버스 노드유형(ex_bus_node_type)

코드	노드유형	코드	노드유형
EN001	고속버스터미널	EN004	정류장
EN002	시외버스터미널	EN005	고속도로휴게소
EN003	종합터미널	-	-

주 : 시외버스 노드유형은 “EX_NODE”의 이니셜 “EN” 과 숫자를 조합하여 입력

2) 노선(ex_bus_route)

- 노선 테이블은 실제로 버스가 운행하는 노선을 나타냄
- 노선 ID는 ‘수단코드(1)+테이블 구분(1)+“-”+ 시점노드 시 · 도코드(2) + “-”+ 일련번호(6)’의 형식으로 구성함
 - 예. 시외버스, 노선 테이블, 서울특별시, 102번째 노선 → “ER_11_000102”
- 계통명칭은 정확히 동일한 노선구조를 갖지는 않지만 운행하는 노선의 정보가 유사한 그룹을 하나의 명칭으로 입력시 사용함

<표 3-25> 노선 테이블(ex_bus_route)

명칭	내용	자료형	자리수	Key	NN	설명
ROUTE_ID	노선 ID	char	12	PK	nn	노선 ID
ROUTE_GROUP	계통명칭	char	60		nn	노선계통명칭
ROUTE_NAME	명칭/번호	char	60		nn	노선명칭, 노선번호
ROUTE_TYPE	운행유형	char	5		nn	코드표 참조
SNODE_ID	시점노드 ID	char	12	FK	nn	
ENODE_ID	종점노드 ID	char	12	FK	nn	
SNODE_DID	시점노드 행정구역 ID	char	5		nn	
ENODE_DID	종점노드 행정구역 ID	char	5		nn	
AVG_TR_DIST	평균통행거리	double	13.3		nn	
AVG_TR_TIME	평균통행시간	double	13.3		nn	
TT_OP_COUNT	총 운행횟수	int	7		nn	
MODIFY_CHECK	갱신여부	char	1		nn	입력(A), 갱신(M), 삭제(D)
MODIFY_DATE	갱신일자	char	8		nn	연·월·일 입력(8자리)
SURVEY_DATE	자료기준일자	char	8		nn	연·월·일 입력(8자리)
SURVEY_PERIOD	해당기간	char	17		nn	시작날짜 + “-” + 종료날짜
DESCRIPTION	노선설명	char	20			노선설명

- 시외버스 노선유형은 아래의 표와 같고, 다른 수단의 노선유형과 구분하기 위하여 “ER” 구분자를 입력하고, 총 5자리로 입력함

<표 3-26> 시외버스 노선유형(ex_bus_route_type)

코드	운행유형	코드	운행유형
ER001	시외우등고속	ER003	시외직행
ER002	시외고속	ER004	시외일반

주 : 시외버스 노선유형은 “EX_ROUTE”의 이니셜 “ER” 과 숫자를 조합하여 입력

3) 시각표 테이블(ex_bus_time_table)

- 시외버스의 노선별 발차시각을 시각표 테이블로 구성하고, 노선 ID를 기본키로 사용하여 노선정보와 일관성을 유지할 수 있도록 함
- 시각표 ID는 ‘수단코드(2) + 일련번호(8) = “ET00000001”’의 형식으로 구성함

<표 3-27> 시각표 테이블(ex_bus_time_table)

명칭	내용	자료형	자리수	Key	NN	설명
TTABLE_ID	시각표 ID	char	12	PK	nn	시각표 ID
ROUTE_ID	노선 ID	char	12	FK	nn	노선 ID 참조키
NODE_ID	시작노드 ID	char	12	FK	nn	노드 ID 참조키
TIME	출발시각	char	4		nn	출발시각
TT_OP_SEQ	운행차수	int	7		nn	동일노선의 운행 순번
TT_OP_COUNT	총 운행횟수	int	7		nn	동일노선의 1일 총 운행 횟수
MODIFY_CHECK	갱신여부	char	1		nn	입력 (A), 갱신 (M), 삭제 (D)
MODIFY_DATE	갱신일자	char	8		nn	연·월·일 입력 (8자리)
SURVEY_DATE	자료기준일자	char	8		nn	연·월·일 입력 (8자리)
SURVEY_PERIOD	해당기간	char	17		nn	시작날짜 + “-” + 종료날짜
WEEK	노선운행요일	char	7		nn	주중/주말노선을 구분하여 입력

- 노선운행요일은 월요일부터 일요일까지를 1부터 7까지로 각각 표현하여 해당 운행일자를 입력하고, 입력코드는 총 7자리로 구성함
- 예. 월, 토, 일 운영 노선 → “1000067”

<표 3-28> 노선운행요일(week)

노선운행요일	코드	비고
월화수목금	1234500	월~금 노선
토	0000060	토요일 노선
일	0000007	일요일 노선

4) 노선 정류장리스트(ex_bus_route_station_list)

- 노선 정류장리스트는 시외버스 노선을 구성하는 시점, 경유지, 종점을 운행순서에 따라 저장한 리스트임
 - 1번 노선의 시점, 경유지, 종점이 각각 1개인 경우, 3개의 노드 ID를 기준으로 하는 3개의 레코드 생성
- 정류장리스트를 노선 테이블과 별도로 저장하여 노선정보 구축 및 분석이 필요할 경우 사용 가능하도록 구성하고, 노선 ID를 기본키로 사용하여 노선정보와 일관성을 유지할 수 있도록 함

<표 3-29> 노선 정류장리스트 테이블(ex_bus_route_station_list)

명칭	내용	자료형	자리수	Key	NN	설명
ROUTE_ID	노선 ID	char	12	PK/FK	nn	노선 ID
NODE_ID	노드 ID	char	12	FK	nn	노선의 시점, 경유지, 종점노드 ID
NODE_SEQUENCE	정차순서	int	7		nn	시점부터 종점까지 이동순서

5) 노선 경유노드 리스트(ex_bus_route_node_list)

- 노선 경유노드 리스트는 시외버스 노선의 정차하는 정류장을 포함하여 경유하는 모든 도로 노드를 기준으로 순서대로 작성한 리스트이며, 버스 line data 구축의 자동화를 위해 신규로 추가함
- 노선 경유노드 테이블 구조는 다음과 같음
- 정류장 NODE_ID는 도로 NODE_ID 중 정차하는 정류장일 경우에만 작성함

<표 3-30> 노선 경유노드 테이블(ex_bus_route_node_list)

명칭	내용	자료형	자리수	Key	NN	설명
ROUTE_ID	노선 ID	char	12	PK/FK	nn	노선 ID
(도로)NODE_ID	도로 노드ID	char	12		nn	경유하는 모든 도로 노드 ID
(정류장)NODE_ID	정류장 ID	char	12		nn	정차하는 정류장 노드 ID
TOTAL_NODE_SEQ	도로노드 경유순서	int	7		nn	시점부터 종점까지 경유하는 모든 도로 노드 이동순서

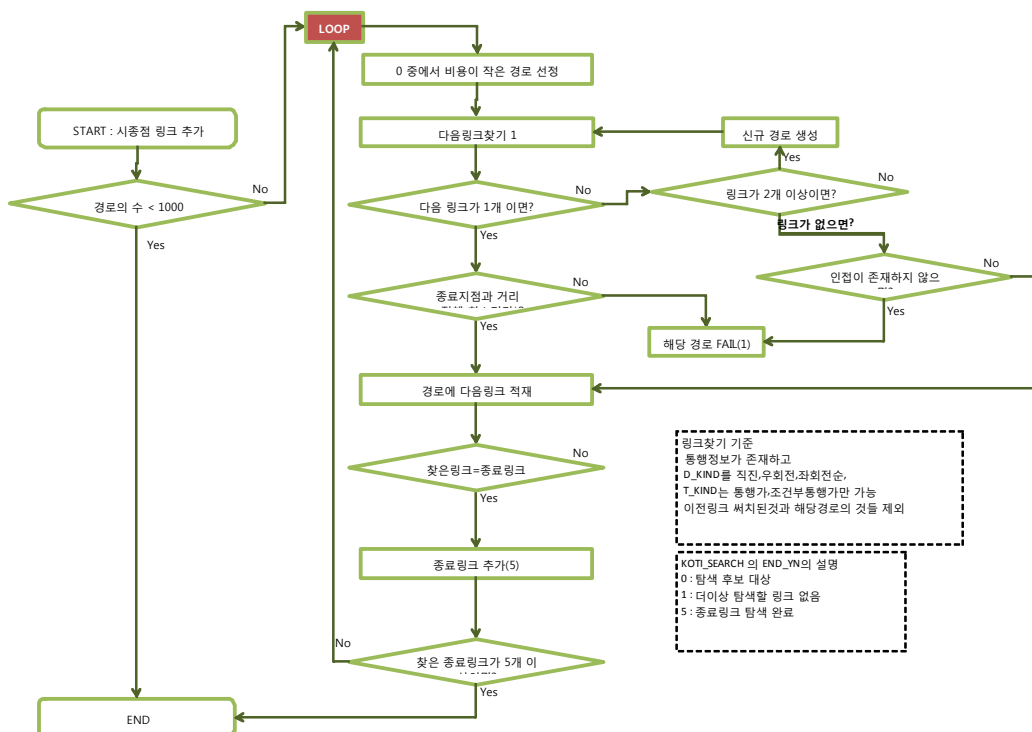
다. 대중교통(버스) 주제도 구축

1) 정류장 매칭

- 노선 구간을 기준으로, 네트워크의 특정 범위를 지정함
- 지정된 범위 내의 시종점 정류장을 매칭하여, 탐색 시종점 구간을 생성함
- 구간 내 경유 정류장을 도로 네트워크 노드에 매칭하여 경유 정보를 생성함

2) 노선 탐색/ 생성

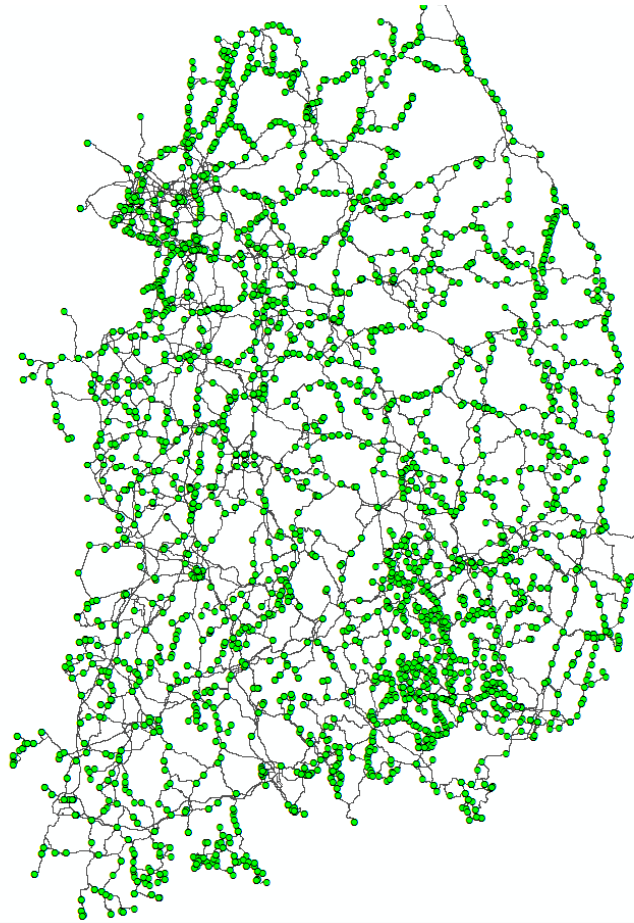
- 설정된 시점과 종점을 기준으로, 최단 거리 탐색 로직을 수행함
 - 탐색을 위한 거리 계산 로직 수행
 - 실제 통행 가능 네트워크 탐색을 위한 통행/회전 규제 검토 로직 수행
 - 탐색 속도 향상을 위한 링크 종별 탐색 로직 수행
- 최종 계산된 링크 합의 거리를 계산하여, 최단거리 탐색
- 구간 내 정류장 매칭 및 네트워크 단절 유효성 검사



<그림 3-15> 대중교통(버스) 주제도 매칭 프로그램 실행 과정

라. 대중교통(버스) 주제도 구축 결과

- 정류장 매칭 및 경로탐색 결과를 토대로 구축된 대중교통(버스) 주제도 구축 결과는 다음과 같음



<그림 3-16> 대중교통(버스) 주제도 구축 결과

3. 도로 네트워크 구축

가. 개요

- 교통 분석용 도로 네트워크는 현실 세계의 네트워크 구조를 2차원 지도에 표현하여, 교통 흐름에 영향을 주는 속성을 격납하여 제공함
- 교통 분석용 도로 네트워크는 노드 좌표, 도로등급, 차로 수(양방향), 행정계 코드, 신호 등의 정보를 제공함
- 작업 형태는 사실상 표준으로 사용될 만큼 광범위한 사용자층을 확보하고 있는 GIS 포맷인 Shape 파일로 작업되며, 최종 data는 txt 파일로 변환되어 추출됨
 - xxx.shp 파일 : 도형 정보를 담고 있는 파일
 - xxx.shx 파일 : 일종의 인덱스 파일로서 shx를 이용하여, 쉽게 shp에 담겨있는 도형 정보의 위치를 얻을 수 있음
 - xxx.dbf 파일 : shp에 있는 도형정보에 대한 속성 정보를 담고 있음
- 네트워크 제작 좌표계는 BESSEL 1841 타원체, KATEC 좌표계로 추출 됨
- 당해년도 주제도 네트워크와 시점 호환성이 유지되는 데이터이며, Scale은 5레벨과 6레벨로 존재함

나. 도로 네트워크 구축 기준

1) 도로 네트워크 형상 구축 기준

- 현실 세계의 교통 도로망을 구현하기 위해서, 구축하는 기준을 별도로 두어 관리함
- 교통 분석용 도로 네트워크는 실제 도로형상이 아닌 노드 시점과 종점 노드 구간을 통해 해당 링크를 표현하며, 구간 내 링크 정보를 표현함
- 노드 정보는 실질적으로 지점의 좌표를 표현하는 수단으로 표현되며, 실제 좌표를 가지고 있음
- 앞서 대중교통(버스) 네트워크 구축을 위해 첨단자료를 이용하여 생성한 도로 주제도 형상 내에서 교통 분석용 네트워크 포맷으로 자동 추출됨
- 지역 간 교통 분석용 네트워크는 멀티 5레벨의 Scale에서 작업되며, 대도시권 네트워크는 멀티 6레벨에서 작업됨

- 지역 간 네트워크와 대도시권 네트워크는 Scale을 제외한 속성 및 작업 방법이 동일함

2) 네트워크 속성 구축 기준

- 도로 네트워크는 연장 및 연장 내 속성을 나타내는 링크와 교차점, 속성변화점 등의 지점 정보를 나타내는 노드로 구성 됨
- 실제 링크 속성은 시작 노드와 끝 노드의 구간으로 표현됨
- 기존 교통 분석용 네트워크 Scale에 맞춰 도로를 구축하는 것을 기준으로 함

<표 3-31> 도로 네트워크 속성 구성

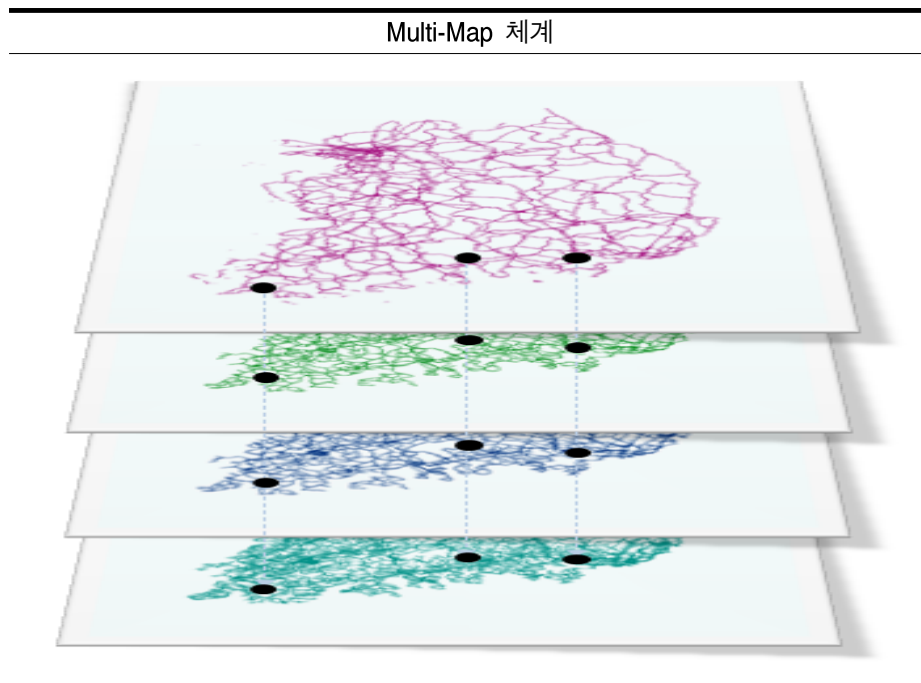
링크	1	UPDATE	a
	2	ST_ND_ID	링크연결시작노드
	3	ED_ND_ID	링크연결종료노드
	4	ROAD_CATE	도로종별
	5	LENGTH	길이
	6	MODES	CP
	7	LANE	차선수
	8	VDF	VDF
	9	USER_1	초기속도
	10	USER_2	용량
	11	USER_3	0
	12	CROSS_NUM	신호등 수
	13	TG_NAME	요금소
	14	ROAD_NAME	유료도로구간
	15	SPOT_ID	관측교통량
	16	TRAFFIC_P	국가표준노드링크 정방향
	17	TRAFFIC_N	국가표준노드링크 역방향
노드	1	센트로이드	센트로이드 여부
	2	Node ID	노드ID
	3	Lon	노드 경도
	4	LAT	노드 위도
	5	User_1	0
	6	User_2	0
	7	User_3	행정계 코드
	8	NODE_LABEL	정류장명칭

<표 3-32> 도로 등급 코드 기준

정의	도로등급
코드명	ROAD_CATE
코드	코드내역
101	고속도로
102	도시고속화도로
103	일반국도
104	특별/광역시도
105	국가지원지방도
106	지방도
107	시군도

3) 교통 분석용 네트워크 호환 등급 기준

- 원도 기준 다양한 레벨의 멀티 MAP이 추출되며, 각 주제에 맞는 레벨로 변환하여, 사용이 가능함



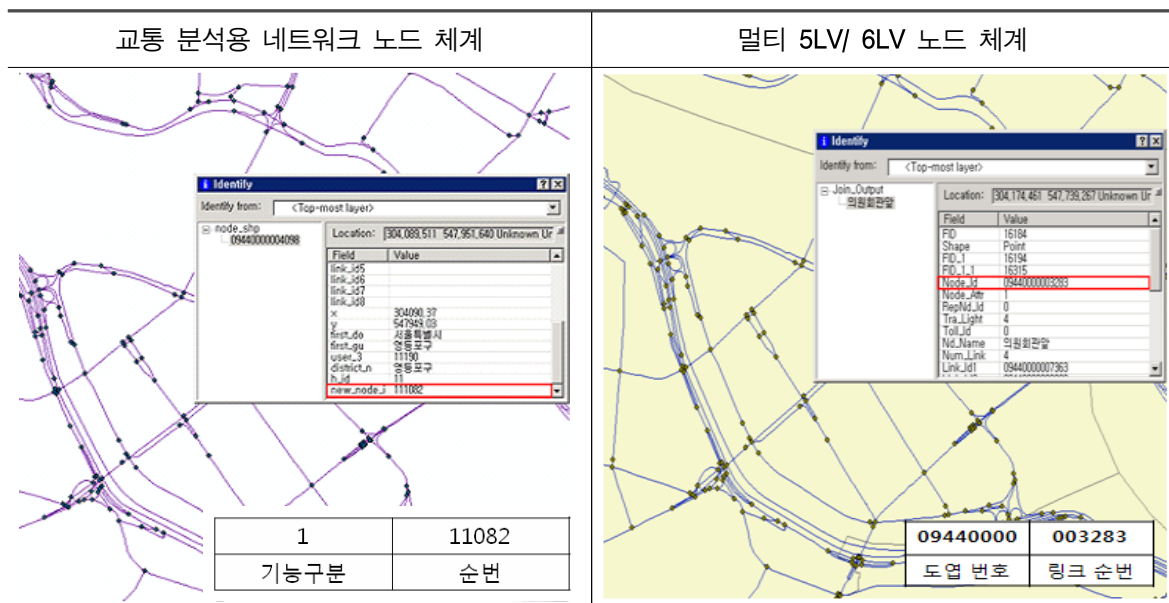
<그림 3-17> Multi-Map 체계

다. 교통 분석용 도로 네트워크 구축

1) 노드 속성 사양 기준 변경/추가

① 노드 ID 체계 변경

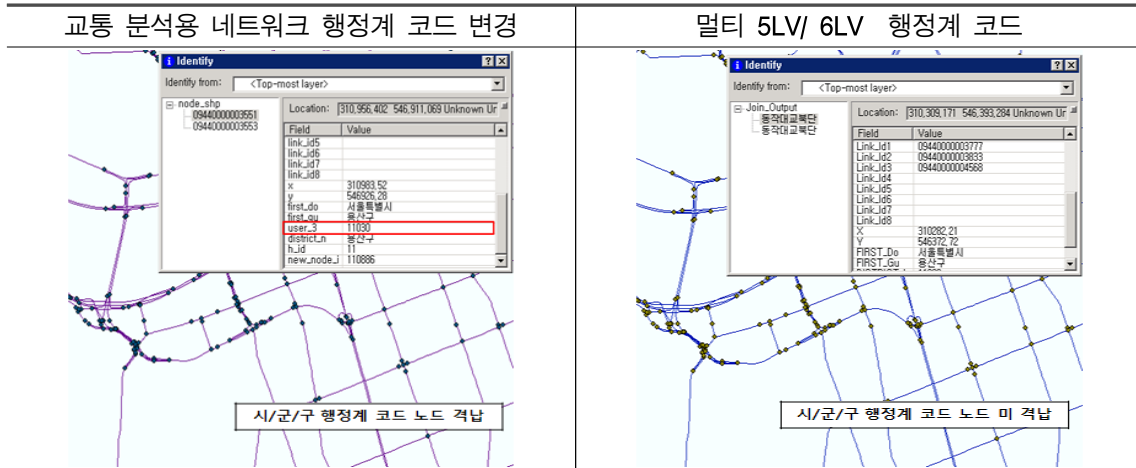
- 교통 분석용 네트워크 사양에 맞는 노드 ID 체계를 구현함
- 도엽번호/ 링크 순번으로 구성된 노드ID 체계를 지역코드/ 기능구분/ 순번으로 구성된 노드 ID 체계로 변경함



<그림 3-18> 교통 분석용 네트워크 노드 ID 체계 변경

② 시/군/구 행정계 코드 정보 노드 격납

- 해당 노드가 존재하는 노드의 시군구 행정계 코드 추가 격납

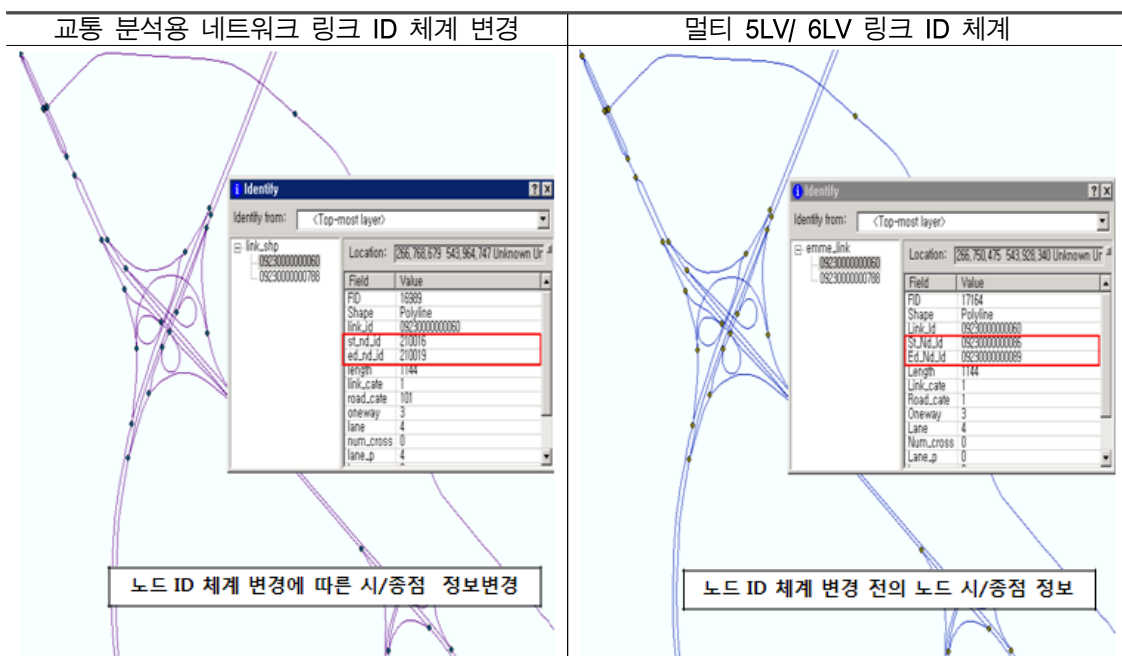


<그림 3-19> 시/군/구 행정계 코드 정보 노드 격납

2) 링크 속성 사양 기준 변경/ 추가

① 링크 시/종점 코드 ID 변경

- 노드 ID 체계 변경에 따라, 링크 시/종점을 구성하는 노드 ID 체계 수정



<그림 3-20> 링크 시/종점 코드 ID 변경

② 링크 도로 종별 코드 변경

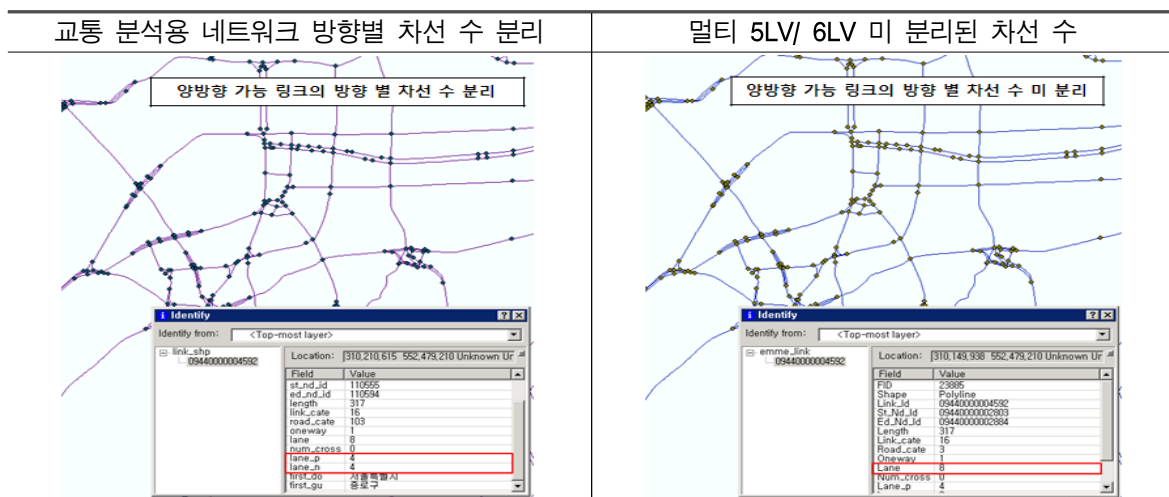
- 교통 분석용 네트워크 기준으로 도로 종별을 변경함
- 국가 지정 도로 종별(고속도로/도시고속도로/국도/국가지원지방도/지방도) 동일한 사양으로 구축되어, 코드 체계만 변경함
- 국가 지정 도로 종별 외 사양이 다른 종별에 대해서는 행정계 코드 및 연결로 속성 기준으로 종별 및 코드 체계를 변경함

종별	코드	종별	코드
고속도로	1	고속도로	101
도시고속도로	2	도시고속도로	102
국도	3	국도	103
국가지원지방도	4	특별/광역시도	104
지방도	5	국가지원지방도	105
주요도로1	6	지방도	106
주요도로2	7	시/군도	107
주요도로3	8	고속도로 연결램프	108
기타도로1	9		
기타도로2	10		
세도로	11		

<그림 3-21> 교통 분석용 네트워크 도로 종별 변경 기준

③ 차선수 분리

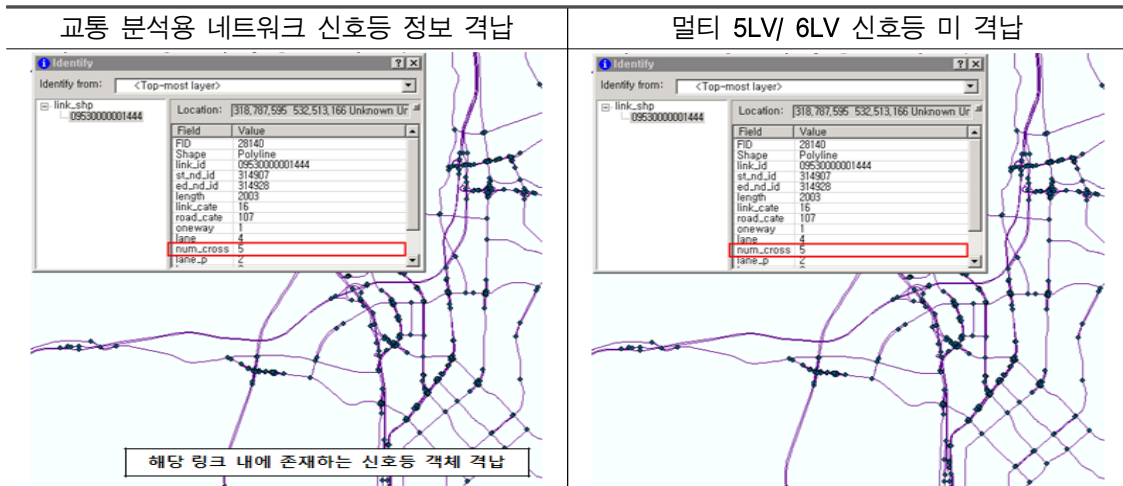
- 기존 도로 네트워크 차선수 사양에 따라 영상 및 실사 자료를 기준으로 차선 수를 분리하여 구축함



<그림 3-22> 교통 분석용 네트워크 방향별 차선수 분리

④ 신호등 정보 격납

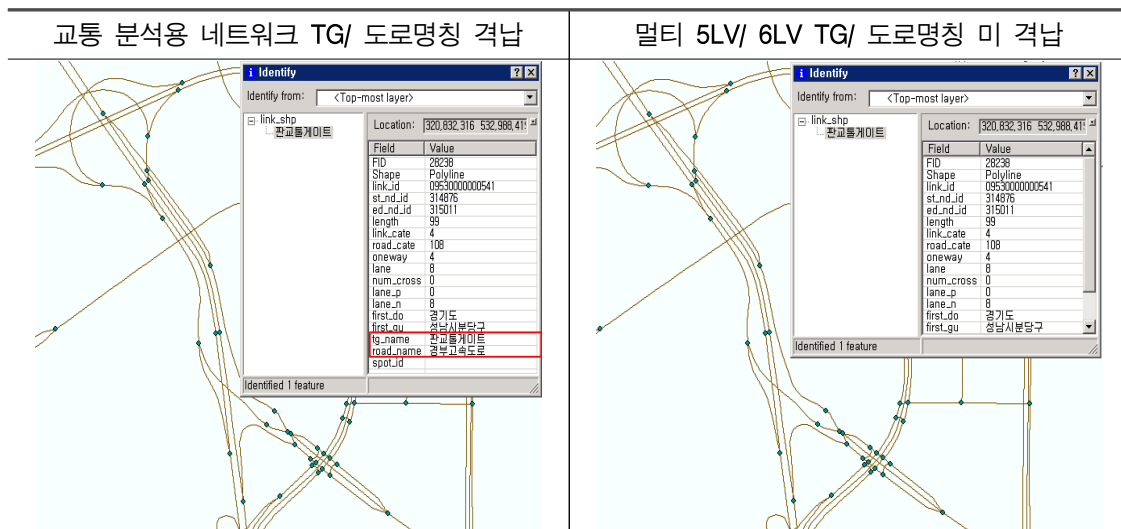
- 네트워크 연장 내에 존재하는 신호등 정보를 링크 속성에 추가 격납함
- 신호등 정보는 네트워크 내의 링크 통행 속도 파라미터로 사용이 가능함



<그림 3-23> 교통 분석용 네트워크 신호등 정보 격납

⑤ 톨게이트 명칭/고속(도시)도로 명칭 격납

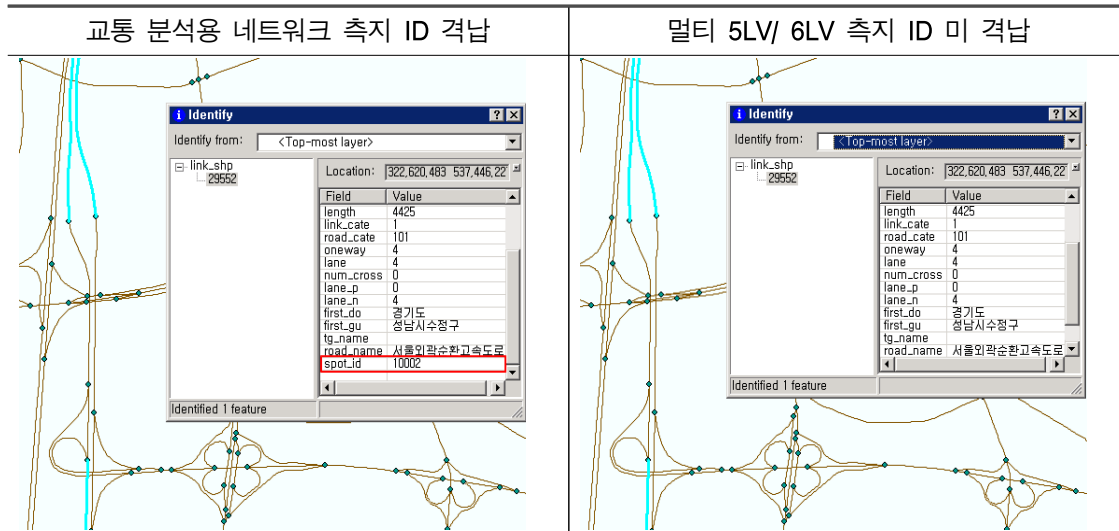
- 톨게이트가 존재하는 링크에 톨게이트 정보와 유료 도로 명칭을 격납 함



<그림 3-24> 교통 분석용 네트워크 톨게이트 및 도로명칭 정보 격납

⑥ 측지 지점 ID 코드 격납

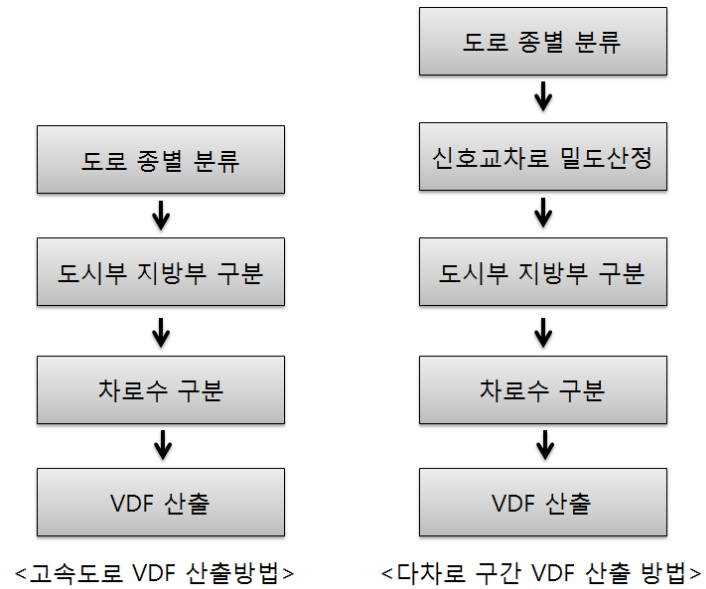
- 교통 분석을 위한 측지 지점의 ID 코드를 링크 정보에 격납함



<그림 3-25> 측지 지점 ID 코드 격납

⑦ VDF 산정

- VDF 산출과정은 고속도로 및 도시고속도로 산출방법과 일반 다차로 구간의 VDF 산출방법으로 구분할 수 있음
- (도시)고속도로는 해당 도로가 존재하는 지점의 도시부/지방부를 구분하고, 도로종별별 차로 기준에 따라 VDF 값을 산정함
- 일반 다차로 구간 역시 도시부/지방부를 구분하고, 신호교차로의 밀도 등급에 맞는 차로 기준에 따라 VDF 값을 산정함

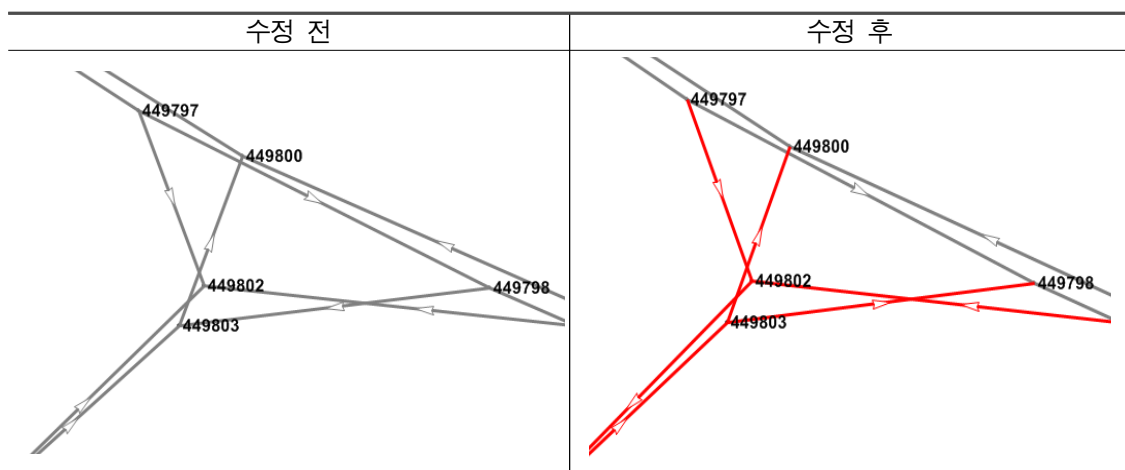


<그림 3-26> 측지 지점 ID 코드 격납

3) 네트워크 연결성 사양 검토

① 링크 방향성 검토

- 링크의 정방향/역방향 네트워크 연결 사양에 따라 네트워크 테이블 배열 변경함



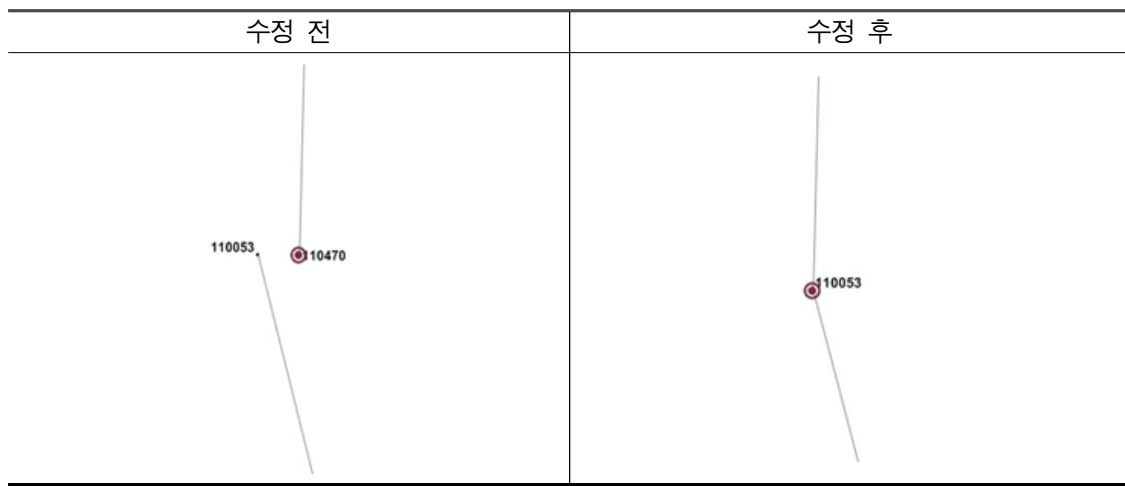
<그림 3-27> 링크 방향성 검토

② 루프 형태의 네트워크 형상 검토

- 시점과 종점이 동일한 다중 링크에 대해 하나의 링크로 변경되도록 수정함

③ 노드 인접 지점 검토

- 인접 정보로 연결된 두 노드점에 대해 연결성을 갖는 하나의 노드로 변경함



<그림 3-28> 노드 인접 지점 검토

라. 도로 네트워크 구축 결과

- 2013년 12월 기준의 내비게이션 자료를 이용하여 KTDB 자료 특성에 맞게 최종 구축된 결과는 다음과 같음

<표 3-33> 교통분석용 네트워크 구축 결과

구분		내역
도엽		전국 통판
속성	노드	4개의 상세 속성으로 구성
	링크	9개의 상세 속성으로 구성
타원체		BESSEL1841
좌표계		KATEC
데이터 형태		TXT

<표 3-35> 고속/시외버스 노선 데이터 예시

a 'EA0001' g 11 45.00 51.72 '동서울종합터미널-현리버스터미널' 11 156 0
path=no ttf=0 dwt=1.00 150263 150264 150270 150269 350183
350048 350187 350188 350185 350186 150018 350184 350175
350176 350177 350196 350197 dwt=#.00 750099 dwt=1.00 750115
550203 550204 dwt=#.00 550087 dwt=1.00 550017 lay=0
a 'GB0146' f 10 22.00 51.72 '상봉터미널-청주고속터미널' 33 8609 0
path=no ttf=0 dwt=1.00 550017 550075 550087 550202 550204
550203 550103 550102 550101 dwt=#.00 350206 370205 350204
350203 370202 dwt=1.00 350200 dwt=#.00 350197 350196 350177
dwt=1.00 350048 350183 dwt=#.00 150270 dwt=1.00 150263 lay=0

① Line name(노선명) : 철도 노선번호는 6자리로 구성되며, 다음과 같이 입력함

- 예 : EA0001 (아래 표 참조)

<표 3-36> 버스 Line name의 구성

자리구분	①②③④⑤⑥				
	①	②	③④⑤⑥		
	출발	도착	일련번호		
내 용	A-Q(지역 구분코드)	A-Q(지역 구분코드)			

- 출발지와 도착지는 ex_bus_route 자료의 SNODE_DID(시점 행정구역)와 ENODE_DID(종점 행정구역) 속성을 통해 파악할 수 있으며, 출발지와 도착지를 아래 표에 따라 지역코드 입력

- 지역구분코드는 17개 시도로 구분되며 다음과 같이 입력함

<표 3-37> 지역구분코드

시도	구분코드	시도	구분코드
서울(11)	A	강원(32)	J
부산(21)	B	충북(33)	K
대구(22)	C	충남(34)	L
인천(23)	D	전북(35)	M
광주(24)	E	전남(36)	N
대전(25)	F	경북(37)	O
울산(26)	G	경남(38)	P
세종(29)	H	제주(39)	Q
경기(31)	I		

② Mode(수단) : 고속버스 노선은 f, 시외버스 노선은 g로 입력

- ex_bus_route 자료의 ROUTE_TYPE 속성에서 ER001, ER002의 경우 고속버스 노선이며, ER003, ER004는 시외버스 노선입

③ Vehicle(차종) : 2개의 버스 차종 유형으로 구분하여 입력

<표 3-38> 버스 차종 유형의 분류기준

버스 차종 구분 코드	범 레
10	고속버스
11	시외버스

④ Headway(배차간격) : 해당 노선(ROUTE_ID)별 첫차 출발시간과 막차 출발시간의 차이를 총 운행횟수로 나누어 Headway을 산정하여 입력

- 1일 1회 운행인 경우 999.00 으로 입력하며, 그 외 배차간격 산정방법은 다음과 같음

=> Headway(분) = (막차 출발시간 - 첫차 출발시간) / 총 운행횟수

(예) 15.51 = { 23:04(1564분) - 06:00(360분) } / 66회

- ex_bus_time_table 의 TIME 속성과 TT_OP_CNT 속성 이용

⑤ Speed(평균속도) : 노선별 평균속도(단위: km/h)는 ex_bus_route의 평균통행거리(AVG_TR_DIST)와 평균통행시간(AVG_TR_TIME)으로 산정하여 입력

=> Speed = 평균통행거리(AVG_TR_DIST) / (평균통행시간(AVG_TR_TIME) / 60)

⑥ Description(노선 부가 설명) : ROUTE_NAME 입력

=> 20자 이내로 할 것(ROUTE_NAME이 20자를 초과할 경우 21자 이후부터 삭제)

⑦ User data1(사용자 자료 1) : ROUTE_ID 의 가운데 두 자리 입력

=> ROUTE_ID가 'ER_11_00156'이면 11 입력

⑧ User data2(사용자 자료 2) : ROUTE_ID 의 마지막 여섯 자리를 실수(real)로 변환하여 입력

=> ROUTE_ID가 'ER_11_000156'이면 00156을 실수로 변환하여 156 입력

- ⑨ User data3(사용자 자료 3) : 0으로 입력
- ⑩ path(노선상 노드 제외 유무) : path=no로 입력
- ⑪ TTF(대중교통 통행비용함수) : ttf=0으로 입력
- ⑫ Line Segment : 정차하는 정류장은 dwt=1.00으로 시작하고, 무정차 정류장은 dwt=#.00으로 시작
 - 정차하는 정류장 : 버스 노선 중 정차하는 (도로)노드
 - 무정차 정류장 : 버스 노선 중 정차하지 않고 지나가는 (도로)노드

=> 노선별 Line Segment는 dwt=1.00로 시작

* dwt : 정차구간당 정차시간(분)
- ⑬ Layover(차량의 종점에서 회차를 위한 시간) : lay=0으로 입력

2) Transit Line 데이터 생성 결과

○ EMME/3 프로그램 구조의 TXT파일 추출

```

t lines init
a 'EA0001' g 11 45.00 51.72 '동서울종합터미널-동' 0 0 0
  path=no ttf=0 dwt=1.00 134919 dwt=#.00 133693 133688 133692
133689 133692 135381 136306 136417 134927 134926 133716 135777
133715 136932 135681 133708 133706 133031 134567 134288 136521
135695 133365 135382 133036 133374 133037 133375 133370 133371
133372 133369 133722 133096 134433 134124 141569 141350 141354
141997 141637 141830 141996 141884 141644 141887 141353 141668
141348 141341 141349 141366 141719 141365 141540 141656 141336
141508 141361 142048 256257 255567 141701 141487 141484 141700
141458 141454 141724 141725 141478 141709 255566 255598 255596
255601 255600 255676 255678 255819 255822 255812 255719 255607
254676 254349 261681 261683 261685 261677 261630 261629 261678
261689 261691 261693 261695 261697 261698 261701 261703 261706
261705 261675 261676 260775 260772 260730 260729 260773 260780
260368 260673 260674 260369 264855 264974 264976 264812 264809
264836 264839 264997 264810 264106 264105 264103 264104 264134
264094 264133 264033 264028 264029 264032 267674 267643 267650
267649 267648 267646 267663 267666 267733 268012 267736 268000
267734 270168 269976 269896 269892 269894 460055 460058 460053
459814 459816 459976 459972 459811 460371 460380 460365 460366
460386 460364 456839 456959 456958 456978 456980 456973 456975
456970 456971 456966 456967 456962 456963 456960 456969 456965
457806 457801 457803 457856 457863 457865 457867 457858 457418
457420 457425 457427 457429 457431 457435 457438 457415 462008
461898 333842 333917 333918 333844 333846 333847 333850 333852
333854 333855 333857 333839 336317 335931 335934 335936 335937
335939 335941 335928 335290 335293 335298 335277 335256 335258
335254 334940 334744 334746 334738 334741 334191 334067 334069
334300 334299 334060 317606 317607 317588 317586 317698 317613
317619 317621 317585 321667 dwt=1.00 321668 dwt=#.00 321669 321670
321261 321611 321612 321257 320741 320243 320747 320244 321144
320270 320271 319987 319347 319346 323517 323253 323251 323263
323264 323252 322361 322355 322556 322555 322961 322963 322356
322153 620536 622071 623407 623408 619678 622990 619666 619801
621003 621201 621980 620849 620740 621654 620736 619673 620735
623182 623331 622651 620325 619667 620326 620324 619818 621989
621988 622048 619824 619823 622110 619825 620861 621900 619812
619814 620645 621987 622516 621566 dwt=1.00 619822 dwt=#.00 619823
619819 623242 623203 623202 623204 623205 623206 623207 623244
623243 620527 619838 620530 623230 623248 623218 623219 623220
623221 623222 623223 623229 623246 620531 619839 620534 620535
622069 621776 621657 619840 623368 622472 622426 620469 619836
619837 619834 622074 621362 622114 620481 620699 622459 619884
622113 620314 619902 620315 619845 621674 621676 619967 619989
622177 620345 620017 622185 621320 620974 620012 620348 621170
622665 621679 621466 621532 620639 622025 620599 620351 620598
620352 620798 621356 621569 621570 620512 620025 622859 620027
626625 625285 625552 625286 625287 626565 625288 626532 625618
dwt=1.00 625617 lav=0

```

<그림 3-29> 버스 Transit Line 데이터 결과

다. 도로/철도 통합 네트워크 구축 자동화

1) 개요

- 통합 네트워크의 데이터 구조는 도로 네트워크와 KTDB에서 제공하는 철도 네트워크를 통합하고, 버스노선과 철도노선을 통합한 구조의 네트워크로 구축함
- 통합 네트워크는 도로의 노드/링크, 철도의 노드/링크, 도로철도 연결링크가 통합된 TXT 파일과 버스노선과 철도노선이 통합된 TXT 파일로 구분됨
- 도로철도 연결링크는 통합 네트워크를 구축함에 따라 도로 주제도와 철도 주제도를 이용하여 철도역에서 가장 가까운 도로 노드에 자동으로 연결시키는 방식으로 구축함
- 가장 가까운 도로 노드 중 링크 속성이 고속도로, 도시고속화도로, 램프 등의 도로는 제외함

2) 자동화 수행 내역

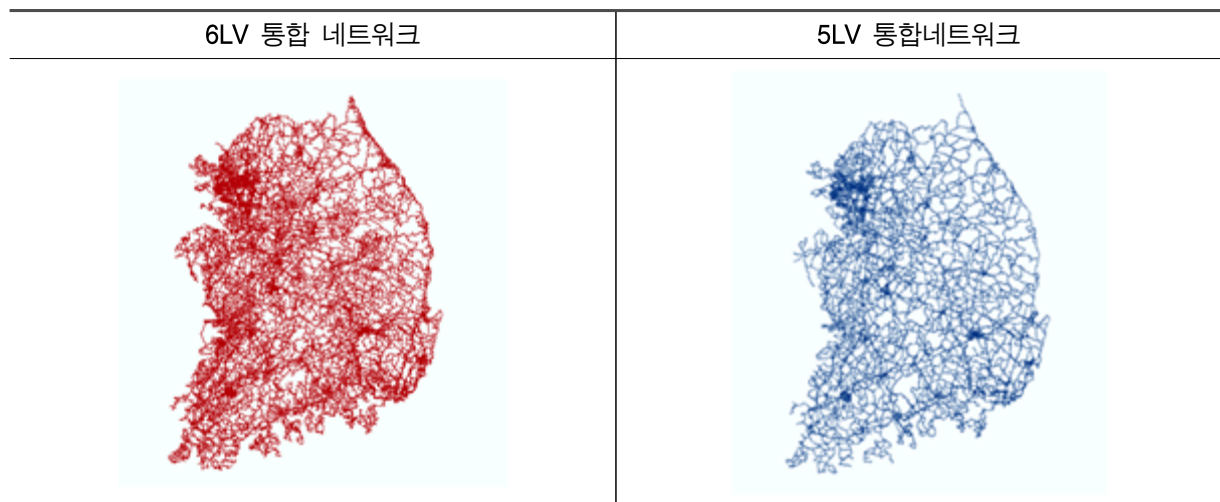
- 도로 네트워크 노드와 KTDB에서 제공하는 철도 네트워크 노드 통합
 - 통합시 도로 네트워크 노드 LABEL에 버스 정류장명 추가 입력(버스 정류장이 없을 경우 빈 칸 처리)
- 도로 네트워크 링크와 KTDB에서 제공하는 철도 네트워크 링크 통합
 - 통합시 도로 네트워크의 수단의 경우 고속버스가 다니는 링크는 'cpf', 시외버스가 다니는 링크는 'cpg', 고속버스와 시외버스가 모두 다니는 링크는 'cpfg' 입력, 그 외 도로 링크는 'cp' 입력
- 도로철도 연결링크 데이터 구조는 기존 도로 링크 구조와 동일함
 - 모든 연결링크에는 출발노드, 도착노드를 제외하고 아래와 동일한 값을 적용함

<표 3-39> 도로/철도 연결링크 데이터 구조 및 입력값

구분	① 출발노드	② 도착노드	③ 거리	④ 수단	⑤ 링크 Type	⑥ 차로수	⑦ VDF	⑧ User data1	⑨ User data2	⑩ User data3
입력의미 (a, d, m)	노드 번호	노드 번호	단위 (km)	링크를 이용하는 수단설정	도로 특성상 구분	편도 차로수	링크에 부여되는 함수정의	속도	-	-
a	node id	node id	0.01	crsedge	930	9.9	40	20	99999	0

<표 3-40> 통합네트워크 TXT파일 구조

t nodes init											존 센트로이드
a*	1	309905.00	554098.00	0	0	11010					
a*	2	312213.00	551430.00	0	0	11020					
a*	3	310307.00	548722.00	0	0	11030					
a	110051	322616.71	541380.52	0	0	11240	동서울터미널				도로노드
a	110055	322828.70	541396.35	0	0	11240					
a	110056	322983.02	541795.59	0	0	11240	고양시외버스터미널				
a	110057	322790.41	541224.10	0	0	11240					
a	850076	462090.00	284090.00	3	38040	8	통해				철도노드
a	850077	460184.00	289551.00	3	38010	8	남창				
a	850078	489784.00	301304.00	1	38100	8	물금				
t links init											센트로이드 커넥터
a	1	111957	0.01	cp	999	9.9	20	20	99999	0	
a	1	116467	0.01	cp	999	9.9	20	20	99999	0	
a	1	117362	0.01	cp	999	9.9	20	20	99999	0	
a	313192	337201	0.53	cpf	107	2	12	50	1300	0	도로링크
a	314507	314506	0.06	cp	108	1	17	50	1000	0	
a	314506	314504	0.08	cpfg	108	1	17	50	1000	0	
a	616639	616640	0.41	cp	107	2	14	40	1100	0	
a	250009	250007	1.40	r	106	2.0	59	78	0	0	철도링크
a	250010	250008	1.50	r	106	2.0	59	78	0	0	
a	250010	250013	1.20	r	106	2.0	59	78	0	0	
a	250011	250013	1.20	r	106	2.0	59	78	0	0	
a	750177	726198	0.01	crsedpfg	930	9.9	40	20	99999	0	연결링크
a	726198	750177	0.01	crsedpfg	930	9.9	40	20	99999	0	
a	750178	724925	0.01	crsedpfg	930	9.9	40	20	99999	0	



<그림 3-30> 통합네트워크 구축 결과

5. 대중교통(버스) 네트워크 구축결과 검증


가. 주요 축 선정

- 대중교통(버스) 네트워크 구축 결과 검증을 위해 주요 축을 선정하여 통행거리와 통행경로를 검토함
- 다음의 6가지 축을 주요 축으로 선정함
 - 가로축 1 : 진주 → 부산
 - 가로축 2 : 동서울 → 주문진
 - 세로축 1 : 해남 → 동서울
 - 세로축 2 : 서울 → 부산
 - 세로축 3 : 동서울 → 마산
 - 세로축 4 : 속초 → 전주

나. 축별 통행거리 및 경로분석 결과

1) 가로축 1

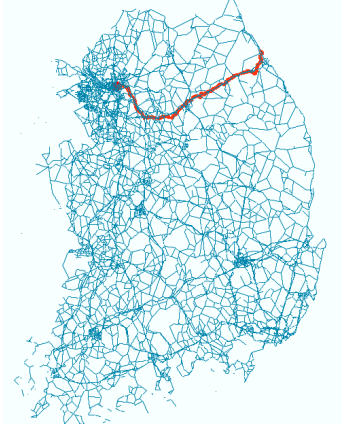
- 가로축 1은 진주 → 부산에 대해 최단 통행거리를 기준으로 경로를 분석함
 - 통행거리는 114.0km로 통행경로는 다음과 같음

구분	출발준	도착준	통행거리(km)	통행경로
가로축 1	진주	부산	114.0	

<그림 3-31> 가로축 1 경로분석 결과

2) 가로축 2

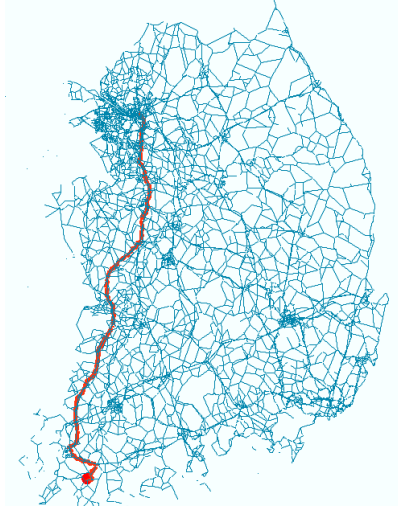
- 가로축 2는 동서울 → 주문진에 대해 최단 통행거리를 기준으로 경로를 분석함
- 통행거리는 240.4km로 통행경로는 다음과 같음

구분	출발존	도착존	통행거리(km)	통행경로
가로축 2	동서울	주문진	240.4	

<그림 3-32> 가로축 2 경로분석 결과

3) 세로축 1

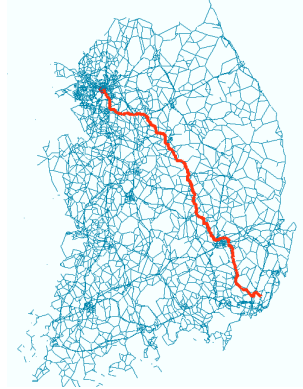
- 세로축은 해남 → 동서울에 대해 최단 통행거리를 기준으로 경로를 분석함
- 통행거리는 397.0km로 통행경로는 다음과 같음

구분	출발존	도착존	통행거리(km)	통행경로
세로축 1	해남	동서울	397.0	

<그림 3-33> 세로축 1 경로분석 결과

4) 세로축 2

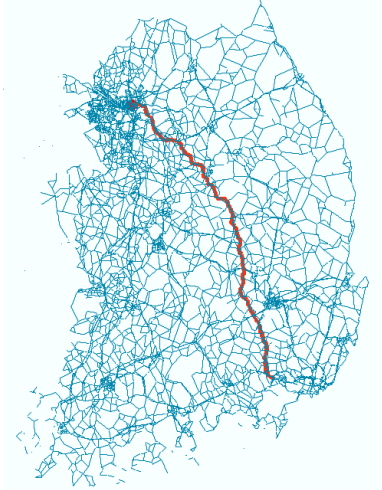
- 세로축 2는 서울 → 부산에 대해 최단 통행거리를 기준으로 경로를 분석함
- 통행거리는 384.4km로 통행경로는 다음과 같음

구분	출발존	도착존	통행거리(km)	통행경로
세로축 2	서울	부산	384.4	

<그림 3-34> 세로축 2 경로분석 결과

5) 세로축 3

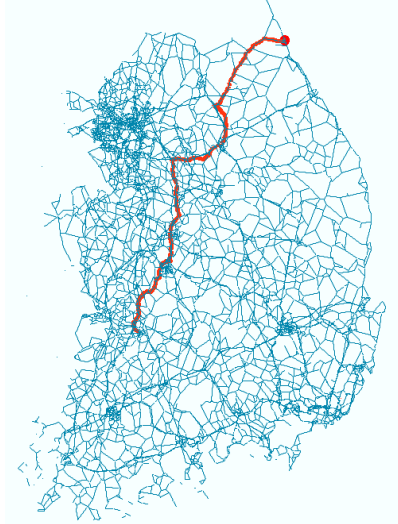
- 세로축 3은 동서울 → 마산에 대해 최단 통행거리를 기준으로 경로를 분석함
- 통행거리는 342.0km로 통행경로는 다음과 같음

구분	출발존	도착존	통행거리(km)	통행경로
세로축 3	동서울	마산	342.0	

<그림 3-35> 세로축 3 경로분석 결과

6) 세로축 4

- 세로축 4는 속초 → 전주에 대해 최단 통행거리를 기준으로 경로를 분석함
- 통행거리는 392.8km로 통행경로는 다음과 같음

구분	출발존	도착존	통행거리(km)	통행경로
세로축 4	속초	전주	392.8	

<그림 3-36> 세로축 4 경로분석 결과

제5절 교통분석용 네트워크 생성 및 관리 Application 개발

1. 데이터 처리

가. 개요

1) 개요

- 데이터 처리는 통합맵에 격납될 데이터를 처리하는 단계와 Application내에서 처리되는 단계로 나뉜다
- 통합맵은 서버 처리를 통해 데이터 고정, 외부데이터 매칭, 연관데이터 포팅, 데이터 포맷 변경등의 작업이 진행된다
- Application 처리 단계에서는 데이터 확인, 데이터 편집, 데이터 변환/추출 등의 작업이 진행된다

2) 목적

- 데이터 처리 효율성
 - 원도 DB 고정과 외부데이터 정제 작업을 서버에서 진행함으로써 작업 결과 및 에러 내역을 진행 단위로 파악할 수 있으며, 원천 소스 데이터의 오류를 사전에 파악하여 데이터 정확성을 확보함
- Application 성능 향상
 - 대규모의 데이터 처리를 사전에 서버에서 진행하여 톨 실행 단계에서의 과부하를 줄여 실제 뷰어 기능 및 추출/편집 기능 향상시킴

나. 데이터 처리 상세 내역

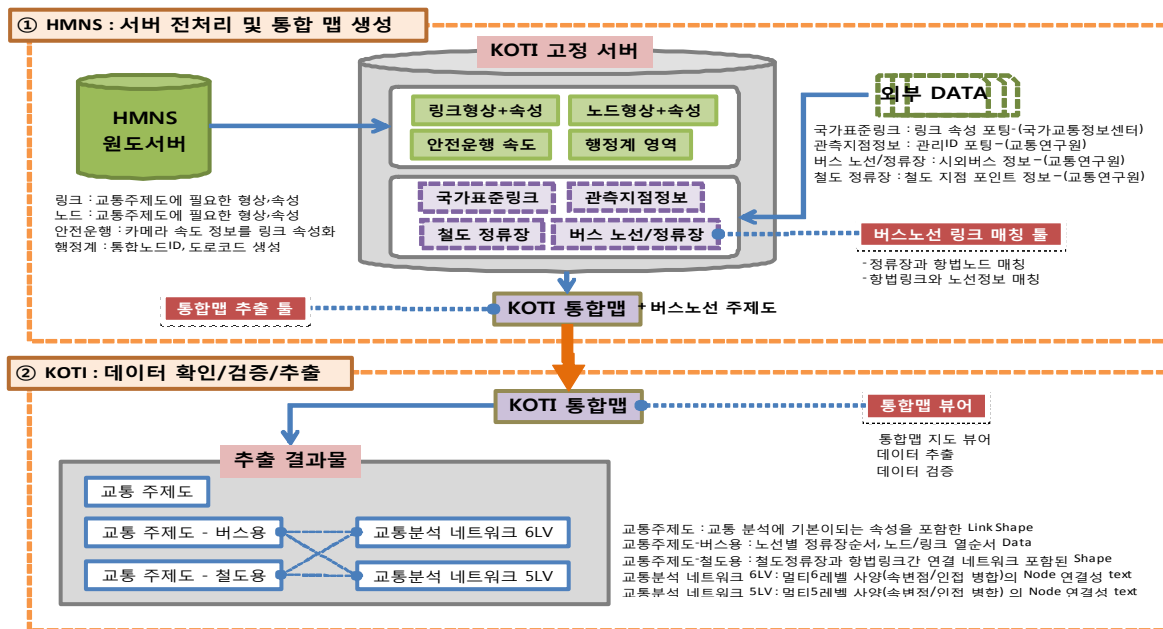
1) 서버 전처리

- 네트워크 사전 검증이 완료된 특정 시점의 데이터를 고정함
- 고정된 데이터는 고정 서버로 이관되어 내부 데이터 정제와 외부데이터 정제 단계로 나뉜다

- 내부데이터 정제시 멀티정보 생성/ 불필요 링크, 노드제거/ 행정계 ID 부여/ 안전운행 정보를 매칭함
- 외부데이터 정제시 국가표준노드링크 포팅/ 관측지점 포팅/ 버스 매칭 및 신규 테이블 생성 등의 작업이 진행됨
- 내/외부 데이터 정제가 완료 되면 서버 추출툴을 이용하여 Application에서 사용하게 될 통합맵을 생성함

2) Application 처리

- 서버에서 전처리된 데이터는 Application을 통해 도엽별/ 객체 속성별 데이터를 확인함
- 멀티 레벨로 구현된 통합맵은 객체를 선택하여 레벨을 조정할 수 있으며, 변경된 레벨은 주제도/ 교통분석용 네트워크, 통합네트워크에 모두 호환되어 반영됨
- 멀티 레벨 간에 노드 ID는 그대로 유지되며, 링크는 멀티맵 병합 기준에 따라 병합됨
- 최종 편집이 완료된 통합맵 데이터는 용도에 따라 주제도, 교통분석용 네트워크, 통합맵으로 나뉘어 추출됨



<그림 3-37> 전처리 및 Application 시스템 구성도

3) 검증 처리

- 추출된 데이터는 SHP 및 TXT 파일 형태를 가지며 별도 검증 툴로 추출 데이터의 무결성을 검증함
- 검증은 속성 코드 오류 및 기본 네트워크 연결성 검사 항목으로 나뉨

2. Application 구동

가. 개요

1) 개요

- Application은 데이터 처리뿐만 아니라 데이터편집/뷰어/추출/검색/설정등의 기능을 제공함
- Application을 통해 각각의 데이터를 별도 상용 툴로 확인할 필요없이 툴 상에서 데이터 정보를 확인할 수 있음
- 통합맵은 Application 상에서 수정이 가능하며 다양한 형태의 데이터로 추출됨

2) 목적

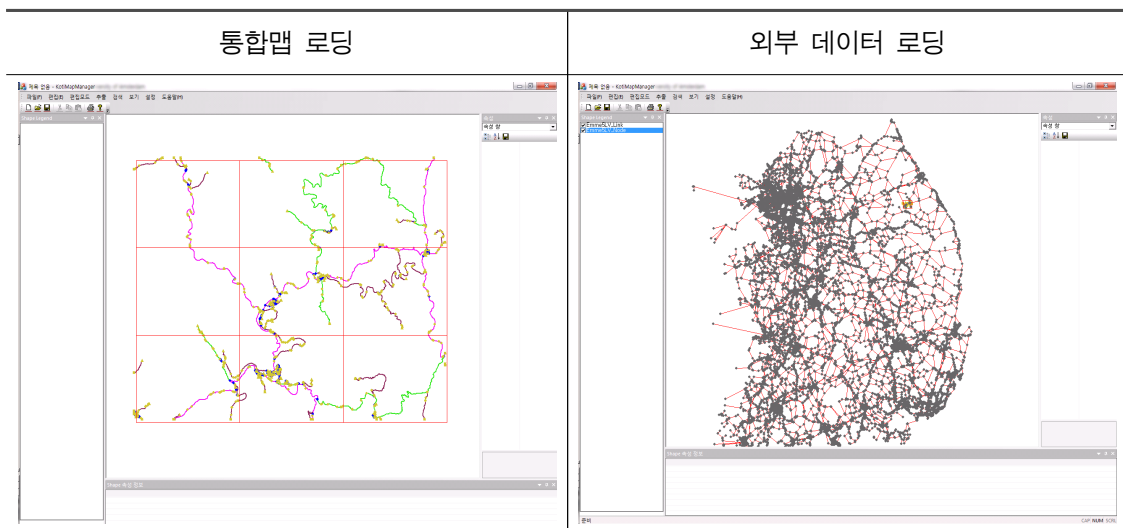
- 데이터 통합 관리
 - 다양한 데이터의 통합 관리를 통해 데이터 간 호환성을 유지하고 특정 데이터에서 변경된 내역이 연관데이터에 바로 적용됨
- 데이터 활용성 향상
 - 추출 전 데이터에 대해 뷰어 기능을 이용하여 상용 툴 없이 사전 확인이 가능하며 지점 검색 및 객체 단위 검색이 가능함
 - 통합맵 데이터 뿐만 아니라, shp형태의 외부 데이터를 통합맵과 함께 로딩하여 데이터 비교가 가능함
- 수작업 자동화
 - 기존 원천 소스의 포맷 및 컬럼 변경을 위해 여러 단계로 가공됨으로써 수작업으로 인한 데이터 유실 및 추출 오류가 발생됨

- 수작업을 진행 내역을 특정 로직에 의해 자동 수정함으로써 수작업으로 인한 데이터 유실 및 오류 발생 내역을 감소시킴

나. Application 구동 상세 내역

1) 파일 로딩

- Application 내에서 파일은 통합맵(mdb)와 외부데이터(shp)파일의 로딩이 가능함
- 통합맵(mdb)은 보기 기능에 따라 로딩화면이 다르게 나타나며, 외부데이터(shp)파일은 사용자의 필요에 따라 색상 및 객체 사이즈를 조절할 수 있음



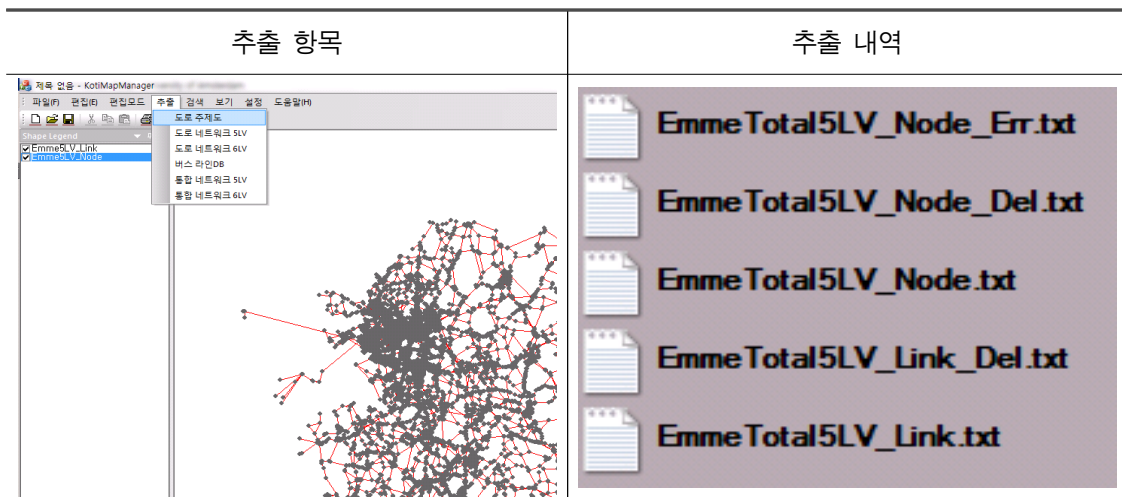
<그림 3-38> Application 파일 로딩

2) 편집 모드

- 편집 모드는 통합맵의 이동 및 선택/ 전체 보기 기능을 제공함
- 이동 기능은 지도상에 원하는 지점으로 화면을 이동하는 기능이며, 선택 기능은 객체 정보확인/ 정보확인 후 수정 기능을 제공함
- 각 기능은 상단의 메뉴 항목 중 편집모드에 존재하며, 단축키를 이용하여 사용자의 편의에 따라 지정이 가능함

3) 추출 모드

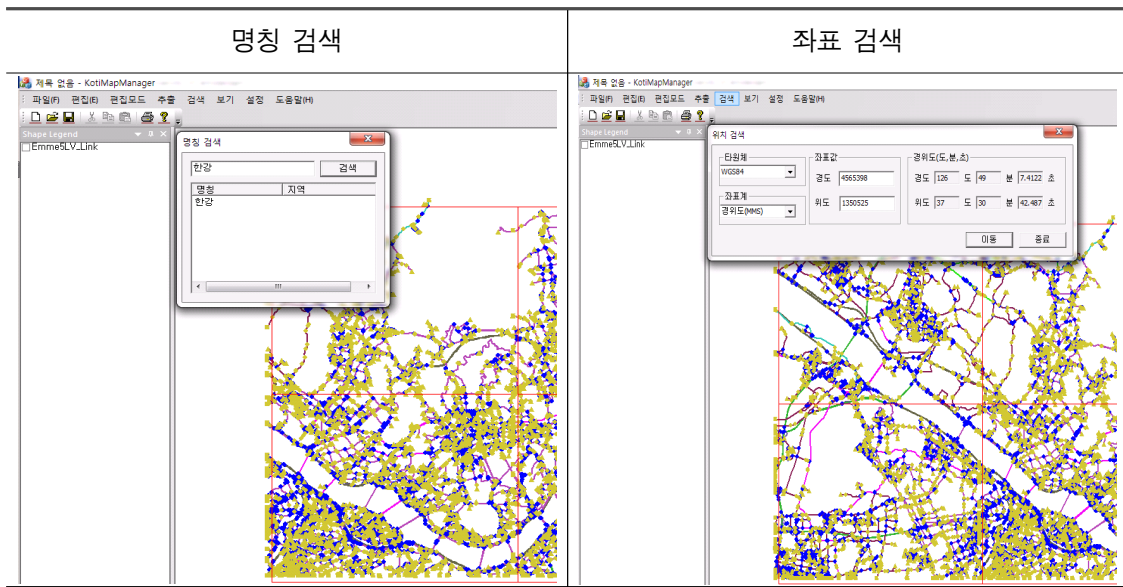
- 추출 모드는 통합맵 속성을 이용하여 도로주제도/ 교통분석용 네트워크(레벨별)/통합 네트워크(레벨별)/ 버스라인DB 추출하는 기능을 제공함
- 추출된 데이터는 툴이 존재하는 상위 폴더에 지정된 파일 명칭 형태로 저장됨
- 각 기능은 상단의 메뉴 항목 중 추출모드에 존재하며, 단축키를 이용하여 사용자의 편의에 따라 지정이 가능함



<그림 3-39> Application 추출 모드

4) 검색 모드

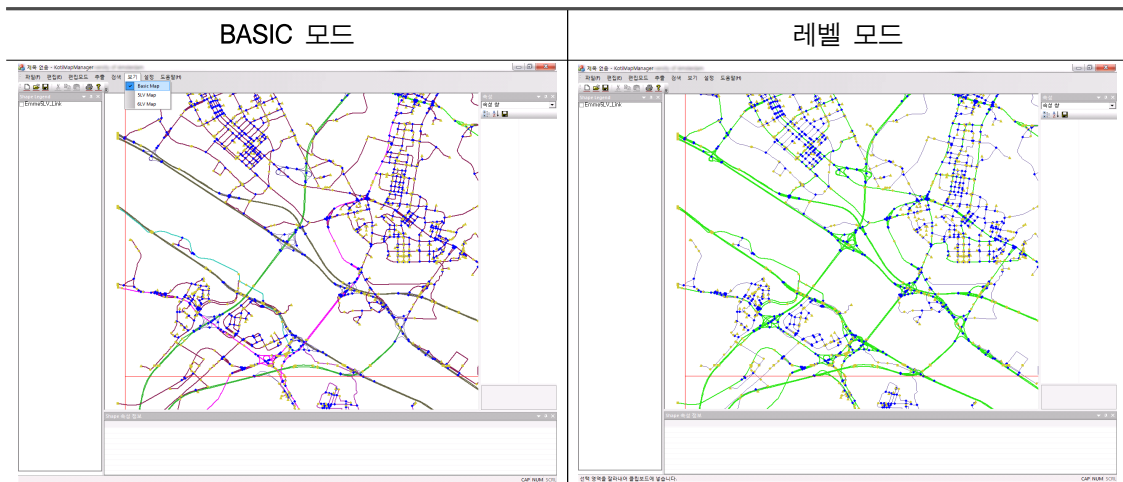
- 검색 모드는 통합맵 속성 중 좌표 및 도엽번호/ 철도역명/ 정류장 명칭 등을 이용하여 원하는 지점으로 이동하는 기능을 제공함
- 원하는 지점으로 이동시 한 도엽의 정보가 열리며, 로딩하고자 하는 도엽 범위를 화면에서 선택하여 다른 도엽의 정보를 열수 있음
- 각 기능은 상단의 메뉴 항목 중 검색모드에 존재하며, 단축키를 이용하여 사용자의 편의에 따라 지정이 가능함



<그림 3-40> Application 검색 모드

5) 뷰어(보기) 모드

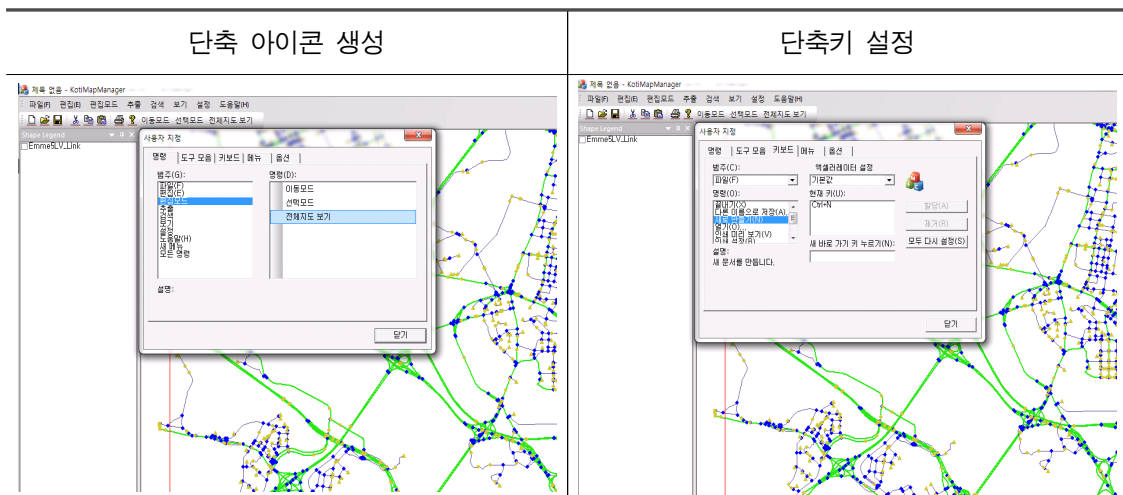
- 뷰어 모드는 통합맵 속성 중 멀티 레벨을 이용하여 원하는 레벨의 맵을 뷰어하는 기능을 제공한다
- BASIC 모드를 선택하면 도로종별로 색상이 다르게 표시되며, 레벨별 보기 모드를 선택하면 해당 레벨의 맵이 하이라이트 되어 표시됨
- 기존 값으로, 통합맵 속성은 툴의 오른쪽에 존재하며, SHP속성 창은 하단/ 범례창은 왼쪽에 존재함
- 각 기능은 상단의 메뉴 항목 중 보기모드에 존재하며, 단축키를 이용하여 사용자의 편의에 따라 지정이 가능함



<그림 3-41> Application 보기 모드

6) 설정 및 부가기능 모드

- 설정 및 부가 기능 모드는 Application 내에서 단축 아이콘 생성 및 단축키 생성/ 테마 변경 등의 기능을 제공함
- 통합맵 속성창/ shp 레전드창/ shp속성 정보창 등의 on/off 기능은 설정 메뉴에서 제어됨



<그림 3-42> Application 설정 모드

다. 검증 시스템 구현

- 검증 시스템은 Application 상의 검증 부문에서 시스템이 연동되도록 구현하여 도로 주제도와 도로 네트워크 검증으로 나누어 탑재됨
- 검증 내용 및 검증시스템 구축 결과는 다음과 같음

1) 도로 주제도 검증 시스템

- 도로 주제도에 대한 검증 항목은 다음과 같음
- 검증 조건에 맞지 않아 오류가 발생할 경우 별도로 생성되는 검증 결과 파일로 오류 사항에 대해 확인 가능함

<표 3-41> 도로 주제도 검증 항목

항목	검증내용	검증조건
ID 적절성 검수	노드 ID Null 여부	1. 노드 ID Null 개수
	링크 ID Null 여부	2. 링크 ID Null 개수
	노드 ID 유일성 여부	3. 노드 ID 중복인 경우 오류
	링크 ID 유일성 여부	4. 링크 ID 중복인 경우 오류
	노드 ID 문자열길이 적절성여부	5. 노드 ID < > string(13) 인 경우 오류
	링크 ID 문자열길이 적절성여부	6. 링크 ID < > string(13) 인 경우 오류
	노드 ID 맵인덱스 적절성여부	7. 노드 ID mapindex(6) < > Mapindex_id 인 경우 오류
	링크 ID 맵인덱스 적절성여부	8. 링크 ID mapindex(6) < > Mapindex_id 인 경우 오류
노드/링크 참조 정확성 검수	링크 시작 노드 위치참조 정확성 여부	1. 링크 시작노드와 해당 실제 노드의 위치 일치여부(0.001m범위)
	링크 시작 노드 ID참조 정확성 여부	2. 링크 시작노드와 해당 실제 노드의 ID 일치여부
	링크 종료 노드 위치참조 정확성 여부	3. 링크 종료노드와 해당 실제 노드의 위치 일치여부(0.001m범위)
	링크 종료 노드 ID참조 정확성 여부	4. 링크 종료노드와 해당 실제 노드의 ID 일치여부
	링크 상하행 노드 필드값 적절성 여부	5. 일방통행 (UF = UT)이면 오류(UF < > UT 증명)
		6. 일방통행 (DF< >'"' or DT < >'")인 경우 오류
		7. 양방통행 (UF< >DT or UT< >DF)인 경우 오류
		8. 양방통행 (UF=UT or DF=DT)인 경우 오류
		9. 양방통행 (UF=DF or DT=UT)인 경우 오류
원형링크 검수	원형링크 선형오류 여부	Link Start node XY = Link End node XY 인 경우 오류
인접링크수 검수	인접링크수 필드값 적절성 여부	Approaches(필드값) = 인접링크수(실제개수)
차선수 검수	상하행 차선수합=총차선수 여부	Up_lanes + Down_lanes = lanes

<표 계속>

항목	검증내용	검증조건
회전제한 검수	회전규제 레이어 누락 여부	1. 동일 디렉토리 또는 현재 레이어에 "Turn_info.shp" 누락 여부
	회전규제 필드값 유효성 여부	2. Restricted < > Null and 0 or 1
	회전규제 필드값 적절성 여부	3. 회전제한유무=1(회전제한개수)/회전제한유무 = 0(회전제한개수=0)
	회전규제 ID Null 여부	4. 회전제한 ID Null 개수
	회전규제 ID 중복 여부	5. 회전제한 ID 유일성 점검
	회전규제 ID 적절성여부	6. 회전제한 ID = string(15)
	회전규제 ID 적절성여부	7. 회전제한 ID mapindex(6) = nodeid Mapindex_id(6)
	회전규제 유형 적절성 여부	8. Turn_type < > Null and 001,002,003,011,012,101,102,103
	노드/회전정보 속성 참조 정확성 여부	9. 참조된 Node_id는 실제 Node_id로 존재해야 함
회전제한 검수	노드/회전정보 위치 참조 정확성 여부	10. 참조 Node와 회전제한 노드 위치 참조 여부
	링크/회전정보 참조 정확성 여부	11. 참조된 Link_id는 실제 Link_id로 존재해야 함
	회전규제방향 정확성 여부	12. 회전유형(011) U-turn허용에 대한 방향성 오류
	회전규제 중복오류	13. 하나의 노드 위치에 중복 회전규제 노드가 존재하는지 검수
도로명칭 검수	도로등급 코드 Null 여부	1. Road_rank < > Null
	도로등급 코드 적절성 여부	2. Road_rank = 101~108
	도로번호 필드 Null 여부	3. Road_rank = 101,103,105,106 and Road_no < > Null
	도로명칭 적절성 여부	4. Road_rank = 101,103,105,106 and Road_name = 도로명칭+'제'+도로번호+'호'
가변차로수검수	가변차로수 필드값 적절성여부	Up_lanes > Reversible lane (상행차로수 > 가변차로수) 이외에 오류
일방통행검수	Oneway 필드값 유효성 여부	1. Oneway < > Null and 1 or 0
	Oneway 필드값 적절성 여부(Oneway=0)	2. 상행차선, 상행속도, 하행차선, 하행속도 < > 0
	Oneway 필드값 적절성 여부(Oneway=1)	3. 상행차선, 상행속도< > 0 and 하행차선 = 하행속도 = 0
버스전용차로 검수	버스전용차로(상행) 필드값 유효성 여부	1. Up_buslane 필드값 < > Null and 0 or 1 or 2(중앙버스전용차로)
	버스전용차로(하행) 필드값 유효성 여부	2. down_busla 필드값 < > Null and 0 or 1 or 2(중앙버스전용차로)
	상행버스전용차로 적절성여부	3. 상행버스전용 = 1 이면 상행차선< > 0 and 상행속도< > 0
	하행버스전용차로 적절성여부	4. 하행버스전용 = 1 이면 하행차선< > 0 and 하행속도< > 0

<표 계속>

항목	검증내용	검증조건
레벨유무검수	노드 레벨 필드값 유효성 여부	1. 노드 Network_le 필드값 < > Null and 2 or 3 or 4
	링크 레벨 필드값 유효성 여부	2. 링크 Network_le 필드값 < > Null and 2 or 3 or 4
	노드 레벨 필드값 적절성 여부	3. 인접링크의 레벨중 최상위 레벨이 입력되었는지 검수
노드유형검수	노드유형 필드값 적절성 여부	1. Node_type < > Null and 101~110
	노드유형별 인접링크수 적절성 여부	2. 101(3이상),104(1개),103,107,109(2개)
	노드유형(103)-속성변경점	3. 링크 주요속성값 변경유무(총 n 개 필드 검토)
	노드유형(107)-U-Turn지점	4. 회전유형 유무 검수
	노드유형(109)-Dummy노드	5. 8개 속성값 변화 유무(변화없어야 정상)
미사용노드 검수	노드 미사용 여부 검수	링크에서 참조하지 않는 노드
중복노드 검수	노드 도형정보 중복 여부	노드의 공간적 객체 유일성을 검수(위치)
중복링크 검수	링크 도형정보 중복 여부	링크의 공간적 객체 유일성을 검수(시점, 종점, 연장)
코드검수	필드 코드값 검수	1. 링크의 SCHOOL_ZONE 코드 검수("T" or "F")
		2. 링크의 CROSS_PASS 코드 검수("0" or "1" or "2")

주제도 검증

파일 선택

주제도 링크 파일

주제도 노드 파일

실행

닫기

링크검증 | 노드검증 |

검수 유형 선택

☒ 전체 ☐ 단일

☐ 링크ID에 0이거나, NULL값이 있으면 안됩니다.

☐ 링크ID는 중복이 있으면 안됩니다.

☐ 링크ID 문자열 길이가 기준 범위 밖에 없습니다. (기준수립 필요)

☐ 링크MAP_ID 문자열 길이가 기준 범위 밖에 없습니다. (기준수립 필요)

☐ 링크의 시작/끝노드가 노드데이터베이스의 연결링크의 현 링크이어야 합니다.

☐ 도로 등급은 101~108번의 코드내에 존재해야 합니다.

☐ 도로등급 101, 103, 105, 106->도로번호 0/NULL이면 안됩니다

☐ 고속도로 도로명은 '~고속도로', '~지선'이어야 합니다.

☐ 고속도로를 제외 도로명은 NULL or '~로'이어야 합니다.

☐ 정/역 중 하나의 LANE만 존재시 ONEWAY 코드는 3~6 입니다.

☐ 시작노드의 좌표와 보간점 첫 좌표가 동일하지 검증 합니다.

☐ 일방통행 역 방향으로 통행이 가능하면 안됩니다.

☐ 링크에 존재하는 네트워크 레벨 코드는 5혹은 6 입니다.

☐ 링크의 연결된 시작노드와 끝 노드 ID는 동일하면 안됩니다.

☐ 정방향 LANE수와 역방향 레인수의 합은 총 레인수의 합과 같아야 합니다.

☐ 정/역 둘다 모두 LANE이 존재시 ONEWAY 코드는 1,2 입니다.

☐ 상하행 차선이 모두 0이면 안됩니다.

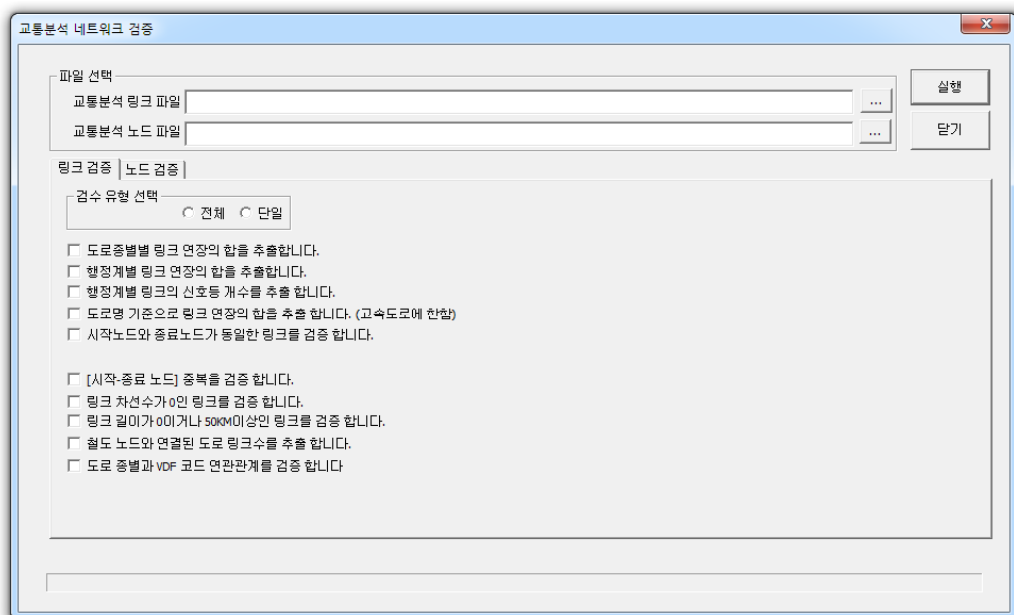
<그림 3-43> 도로 주제도 검증 시스템

2) 도로 네트워크 검증 시스템

- 도로 네트워크에 대한 검증 항목은 다음과 같음
- 도로 주제도 검증 시스템과 동일하게 검증 조건에 맞지 않아 오류가 발생할 경우 별도로 생성되는 검증 결과 파일로 오류 사항에 대해 확인 가능함

<표 3-42> 도로 네트워크 검증 항목

구분	항목		검증 내용
물리적 부분	도로 현황	연장 및 차선수	- 17개 시도별 도로 위계별차로별연장
		신호등	- 17개 시도별 신호등 총개수
		유료도로 현황	- 전국 유료도로 구간 및 요금소 포함 유무 - 유료도로 노선별연장
	연결성 및 방향성		- 미연결 링크 - 방향이 비합리적으로 연결된 링크 - 중복링크
	기능성	네트워크 상세도 검증	- 17개 시도별 도로위계별 도로 연장 X 차선수
노드/ 링크 속성 부분	노드 속성		- 노드ID 체계 - 행정구역 일치
	링크 속성		- 링크별VDF 및 Link TYPE - 링크별차선수 - 링크별 거리
교통수요 분석 부분	통행시간		- 통행시간의 합리성
	통행거리		- 통행거리의 합리성



<그림 3-44> 도로 네트워크 검증 시스템

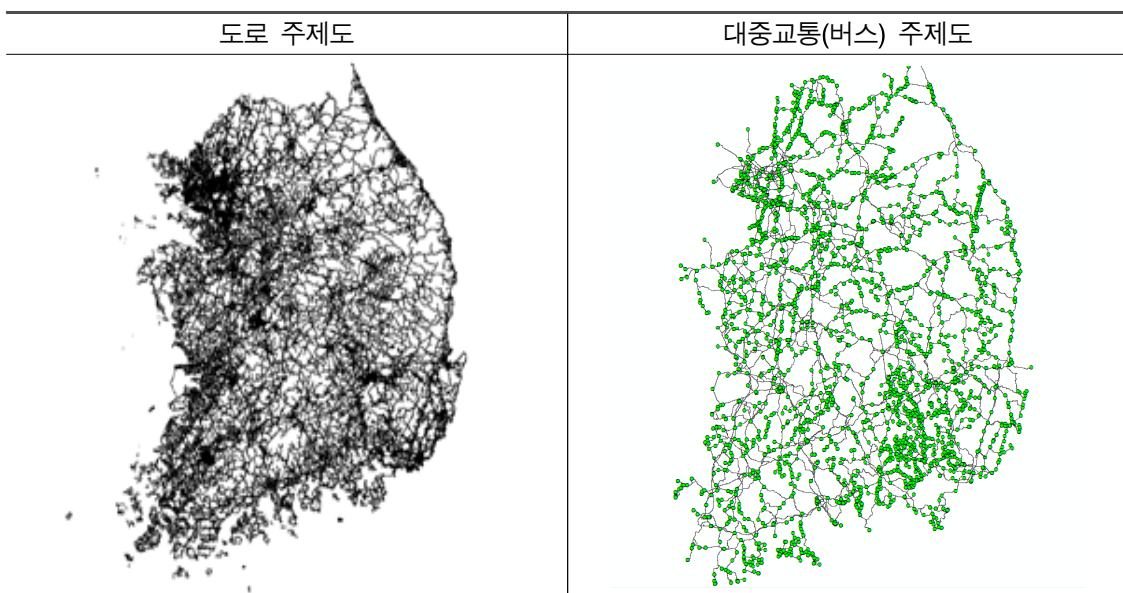
제6절 결론 및 향후 연구방향

1. 결론

- 본 과업에서는 첨단자료를 이용하여 보다 신속하고 정확도 높은 교통주제도 및 교통분석용 도로/대중교통 네트워크구축 방안 연구를 수행하였음
- 또한, 교통분석용 네트워크의 생성 및 관리를 위한 Application 개발로 효율성 향상 및 검증 시스템 구축으로 교통주제도와 교통분석용 네트워크의 신뢰도를 제고함

가. 도로 및 대중교통(버스) 주제도 구축

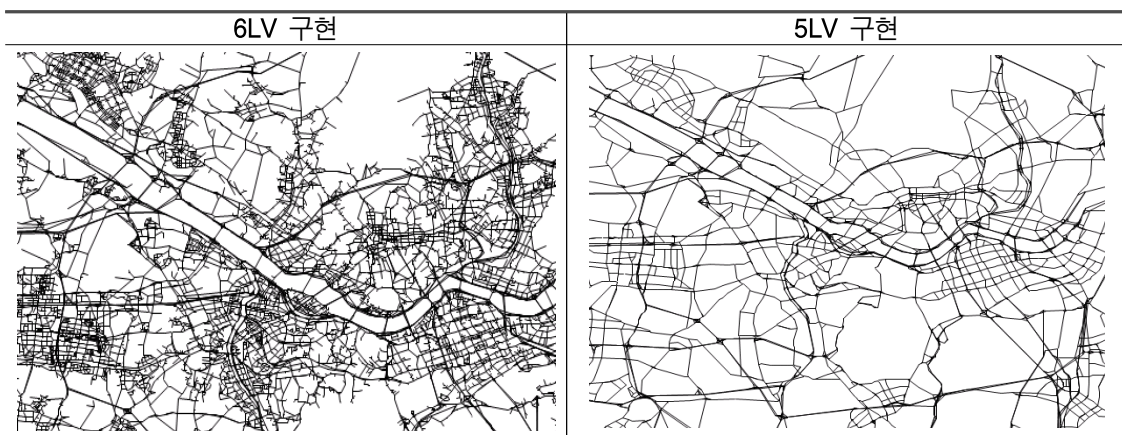
- 2013년 12월 기준으로 업데이트가 완료된 내비게이션 자료를 활용하여 구축한 5레벨/6레벨의 도로 주제도는 전국을 모두 실측 조사하여 구축된 자료가 반영 되어 있으며, 기존의 KTDB 자료 포맷에 맞게 재가공함
- 대중교통(버스) 네트워크 구축을 위하여 앞서 첨단자료를 활용하여 구축된 도로 주제도와 KTDB 대중교통 GIS DB구축 결과가 호환 가능하도록 노선 매칭작업을 통해 신규 대중교통(버스) 주제도를 구축함



<그림 3-45> 도로 및 대중교통(버스) 주제도 구축 결과

나. 도로 및 대중교통(버스) 교통분석용 네트워크 구축

- 도로 네트워크는 도로 주제도와 시점이 호환되며, 주제도 형상 내에서 교통 분석용 네트워크 포맷으로 Application을 통해 자동 추출됨
- 지역 간 교통분석용 네트워크는 멀티 5LV의 Scale로 구축되며, 대도시권 네트워크는 멀티 6LV로 구축됨
- 지역 간 교통분석용 네트워크 및 대도시권 교통 분석용 네트워크는 Application을 통해 멀티 변환이 가능하며, 두 레벨 MAP은 동일한 노드 ID를 공유하여 호환성이 유지됨



<그림 3-46> 멀티6LV / 멀티5LV 도로 네트워크 비교

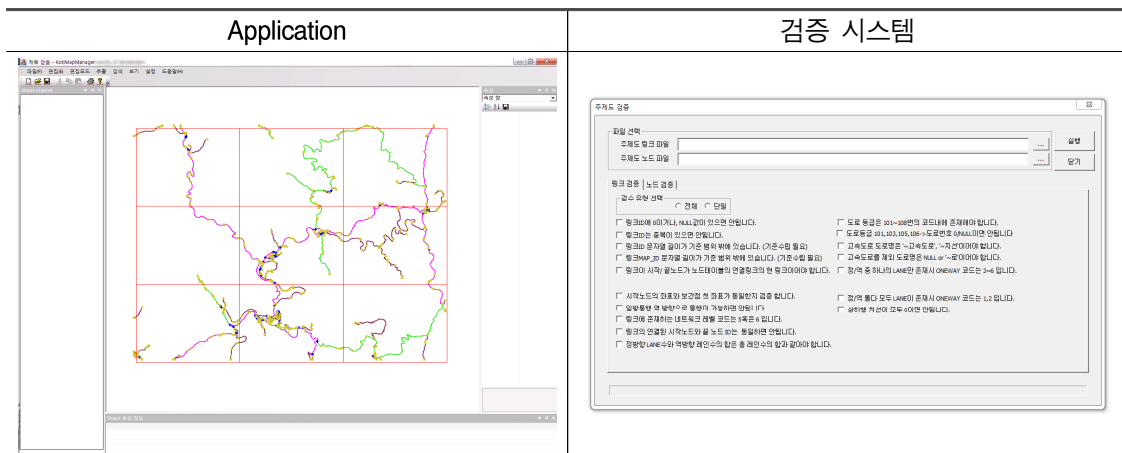
- 대중교통(버스) 네트워크는 앞서 첨단자료를 활용하여 구축된 도로 주제도와 KTDB에서 구축한 대중교통 주제도의 매칭 작업을 통하여 구축된 결과로, 개별 노드/링크로 구성된 네트워크가 생성되는 것이 아니라 도로 네트워크를 바탕으로 Line data 형태로 구축됨

```
t lines init
a 'EA0001' g 11 45.00 51.72 '동서울종합터미널-동' 0 0 0
path=no ttf=0 dwt=1.00 134919 dwt=#.00 133693 133688 133692
133689 133692 135381 136306 136417 134927 134926 133716 135777
133715 136932 135681 133708 133706 133031 134567 134288 136521
135695 133365 135382 133036 133374 133037 133375 133370 133371
133372 133369 133722 133096 134433 134124 141569 141350 141354
141997 141637 141830 141996 141884 141644 141887 141353 141668
141348 141341 141349 141366 141719 141365 141540 141656 141336
141508 141361 142048 255257 255567 141701 141487 141484 141700
141458 141454 141724 141725 141478 141709 255566 255598 255596
255601 255600 255676 255678 255819 255822 255812 255719 255607
254676 254349 261681 261683 261685 261677 261630 261629 261678
261689 261691 261693 261695 261697 261698 261701 261703 261706
261705 261675 261676 260775 260772 260730 260729 260773 260780
260368 260673 260674 260369 264855 264974 264976 264812 264809
264836 264839 264997 264810 264106 264105 264103 264104 264134
264094 264133 264033 264028 264029 264032 267674 267643 267650
267649 267648 267646 267663 267666 267733 268012 267736 268000
```

<그림 3-47> 버스 Transit Line 데이터 결과

다. Application 구축

- 교통 주제도 DB와 Multi-modal 교통분석용 네트워크의 생성 및 관리를 위한 Application 및 검증 시스템을 구축함
- Application에서는 멀티 레벨로 구현된 통합맵의 객체를 선택하여 레벨을 조정할 수 있으며, 변경된 레벨은 주제도/교통분석용 네트워크, 통합네트워크에 모두 호환되어 반영됨
- 멀티 레벨 간에 노드 ID는 그대로 유지되며, 링크는 멀티맵 병합 기준에 따라 병합됨
- 최종 편집이 완료된 통합맵 데이터는 용도에 따라 주제도, 교통분석용 네트워크, 통합맵으로 나뉘어 추출됨
- 검증 시스템은 Application 상의 검증 부문에서 시스템이 연동되도록 구현하여 도로 주제도와 도로 네트워크 검증으로 나뉘어 탑재됨



<그림 3-48> Application 및 검증시스템

- 따라서, 본 연구에서 내비게이션 자료를 활용하여 분석 네트워크를 자동 구축함으로써 구축 효율성을 향상시켰고, 검증 기능을 추가하여 분석 네트워크의 정확성 제고를 위한 기반을 마련하였음
- 뿐만 아니라, 내비게이션 자료에 대중교통 주제도를 통합하여 Inter-Modal 분석의 가능성을 확보함
- 그리고 KTDB에서 구축한 교통 속성정보 이외에 내비게이션 자료에서 취득 가능한 속성정보를 추가하여 다양한 정보의 제공이 가능함

2. 향후 연구방향

- 안정성, 정확성, 기능성이 강화된 Application의 개선 필요하며, 2015년 사업에서 추진할 예정임
 - 메모리 확충 등을 통해 Application의 안정성과 성능의 개선이 필요
 - 정확한 결과 산출을 위한 다양한 검증 체계 필요
 - 대중교통 DB 구축방안 마련 및 경로탐색 알고리즘의 안정화 필요
- 교통수요 분석 패키지의 용량 한계로 인한 네트워크 사이즈 축소 작업이 필요함
 - 내비게이션 자료를 이용하여 네트워크 구축 시 일부 교통수요 분석 패키지의 경우 네트워크 용량문제로 분석이 불가능함
 - 따라서, 내비게이션 자료를 이용하여 구축한 네트워크의 사이즈 축소 작업으로 분석 가능한 용량으로 보완하는 작업이 필요
- 장래계획DB의 추가 반영이 필요함
 - 2014년부터 국가교통조사 및 DB구축사업에서 수행되어 온 장래계획 DB 구축이 완료될 경우 이번 과업에서는 내비게이션 자료를 이용하여 기준연도 주제도 및 네트워크만 구축하였으나 장래계획DB의 추가반영 작업이 필요
 - Application에서 기준연도 뿐만 아니라 장래계획DB도 구축 가능하도록 시스템의 개선이 필요

제4장 통합교통수요 분석 방안 연구

제1절 과업 개요

제2절 도로 및 철도수요 분석 방안

제3절 대중교통수요 분석 방안

제4절 결론

제4장 통합교통수요 분석 방안 연구

제1절 과업 개요

- 본 장에서는 주수단 O/D를 이용한 여객교통수요 분석의 신뢰도를 높이기 위한 통합교통수요 분석 방안을 검토하고자 함
- 여객교통수요 분석은 크게 지역간 통행 분석과 대도시권 통행 분석의 2가지로 구분할 수 있고 각각의 경우에 대하여 공로와 대중교통 분석으로 나눌 수 있음
- 지역간 통행 분석의 주요 대상
 - 공로수요 분석은 승용차와 버스(시외, 고속, 기타버스)이며 대중교통수요 분석은 철도가 고려
- 대도시권 통행 분석의 주요 대상
 - 공로수요 분석은 승용차와 버스이며 여기서 버스는 이용자(여객수요)가 아닌 버스 노선의 배차간격을 이용한 차량대수가 고려
 - 대중교통수요 분석은 버스, 지하철, 버스+지하철가 고려
- 본 과업에서는 지역간과 대도시권 공로수요 분석을 대상으로 도로부분 수요분석 방안을 검토하고 지역간 대중교통수요 분석을 대상으로 철도부분 수요분석 방안을 검토함
- 또한, 대도시권의 대중교통수요 분석은 대중교통수단간 환승 및 대중교통 파라미터 등의 지역간 통행과의 차별적인 특성을 고려하여 별도로 구분하여 대중교통수요 분석 방안을 검토함
 - 현재, 수도권을 대상으로 버스와 지하철 네트워크가 구축되어있고 버스, 지하철, 버스+지하철 O/D가 제공되고 있기에 대도시권은 수도권을 대상으로 검토

<표 4-1> 과업의 분석 내용

검토 내용	통행 구분	분석 대상
도로부분 수요분석	지역간 공로수요 대도시권 공로수요	지 역 간 : 승용차, 버스(시외, 고속, 기타버스) 대도시권 : 승용차, 버스(차량대수)
철도부분 수요분석	지역간 대중교통수요	지 역 간 : 철도 (일반철도, 고속철도, 지하철)
대중교통 수요분석	대도시권 대중교통수요	대도시권 : 버스, 지하철, 버스+지하철 (환승)

제2절 도로 및 철도수요 분석 방안

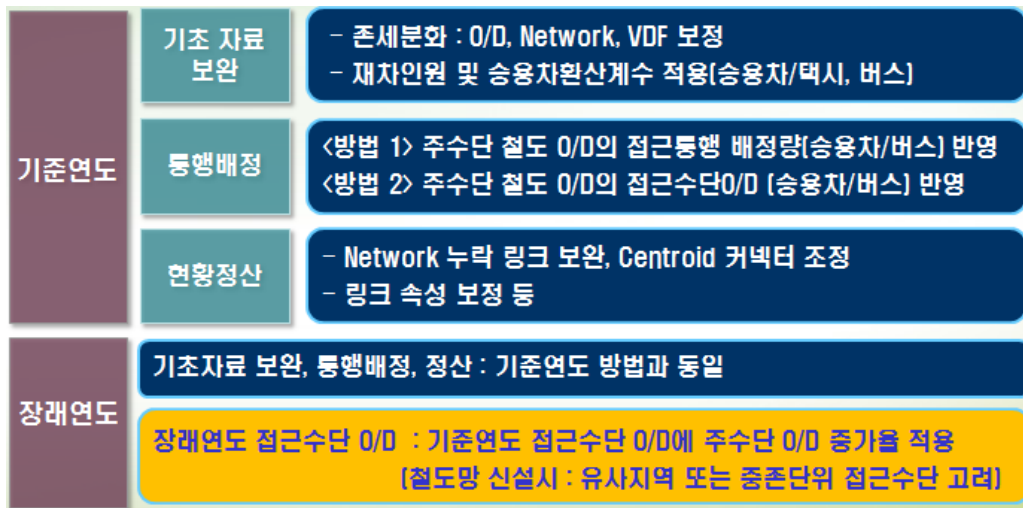
1. 기본 전제

- 도로 및 철도수요 분석시 주수단 O/D를 이용하여 분석하며 주수단 O/D를 이용하여 통행배정을 수행할 경우 대중교통 접근수단 O/D의 손실로 도로부분에 과소 통행배정이 될 수 있음
- 이를 보정하기 위해 도로부분에 주수단 O/D를 통행배정할 경우 접근수단O/D를 추가적으로 반영할 필요가 있음
 - KTDB에서는 주수단 O/D를 이용하여 통행특성을 분석할 시 접근수단을 추가로 고려하는 방법을 제시함
- 도로부분 수요분석은 지역간 통행과 대도시권(수도권) 통행의 수요분석으로 구분할 수 있음
 - 지역간 통행은 고속버스, 시외버스, 승용차의 통행수요를 분석하는 것으로 승용차, 기타버스(시외, 고속, 기타버스)의 주수단 O/D를 통행배정하여 수요를 분석함
 - 대도시권 통행은 승용차의 통행수요를 분석하는 것으로 노선버스의 headway를 이용한 버스통행량을 추가로 고려하여 승용차의 주수단 O/D를 통행배정하여 수요를 분석함

2. 도로부분 수요분석 방안

가. 도로부분 수요분석 과정

- 도로부분의 수요분석 과정은 기준연도와 장래연도로 구분되며 각각에 대하여 기초자료보완, 통행배정, 현황정산 과정으로 이루어 짐
- 통행배정은 접근수단 통행배정량을 반영하는 방법과 접근수단 O/D를 반영하는 방법 2가지 방법을 이용할 수 있음
- 장래연도의 접근수단 O/D는 기준연도 접근수단 O/D에 주수단 O/D 증가율을 적용하여 산출하고 철도망 신설시 유사지역 또는 중존단위 접근수단을 고려할 수 있음

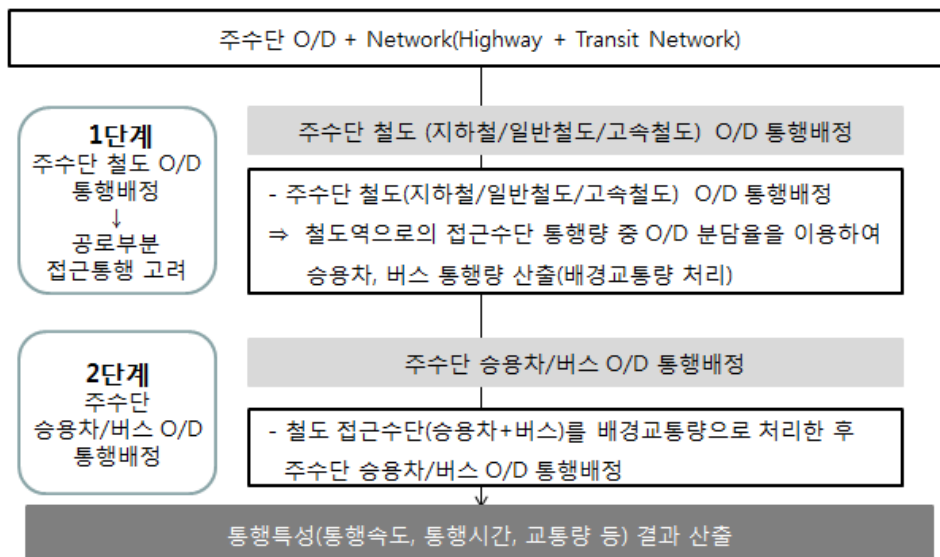


<그림 4-1> 도로부분 수요분석 과정

나. 통행배정 방법

1) 방법 1: 접근수단 통행배정량 이용 분석

- 철도역으로의 접근수단 통행은 최단거리를 이용한다는 기본 가정 하에 두 단계로 통행배정이 이루어짐

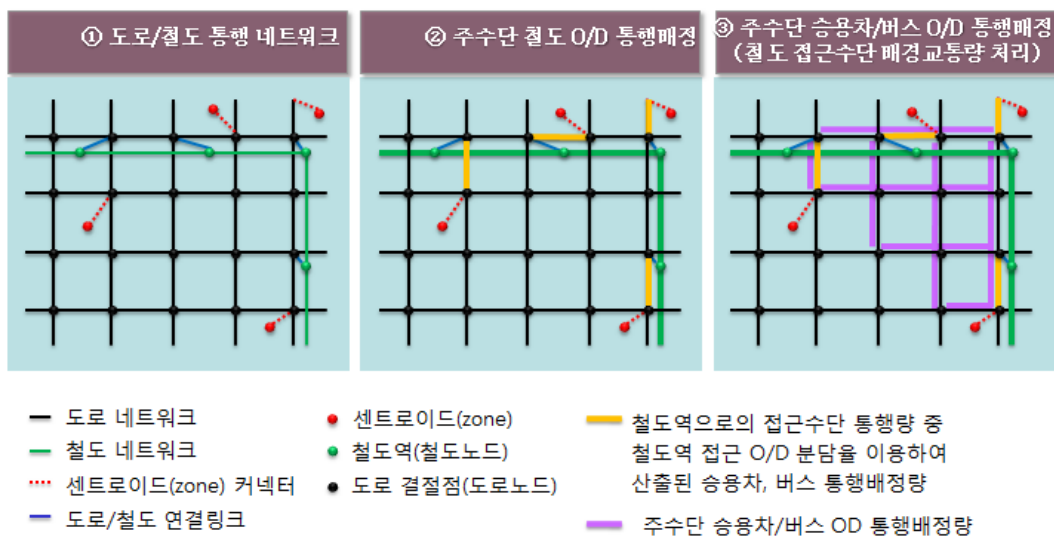


<그림 4-2> 접근수단 통행배정량 이용 통행배정

- 1단계로 지하철, 일반철도, 고속철도의 주수단 철도 O/D를 통행배정하고 철도역으로의 접근수단 통행량을 O/D별 수단분담율 이용하여 승용차, 버스 통행량을 산출하여 배경교통량으로

처리함

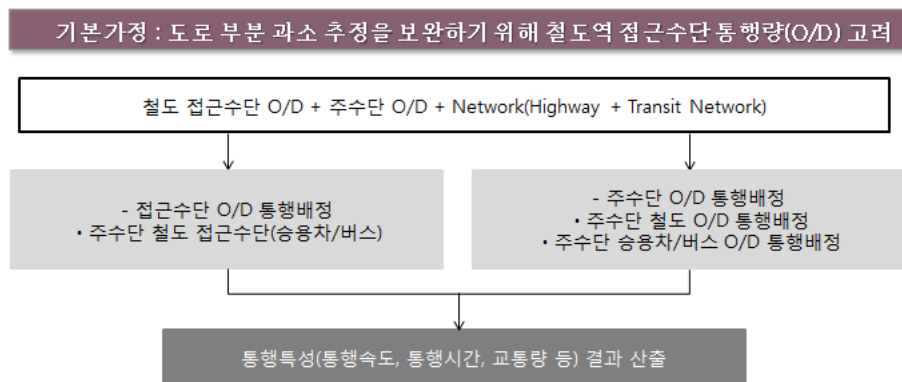
- 대도시권의 경우 노선버스의 통행량을 반영하기 위하여 1단계 시행에 앞서 노선버스 Line Data의 배차간격(headway)을 이용하여 통행량을 산출하고 노선이 지나는 링크의 배경교통량으로 처리
- 2단계로 철도 접근수단을 배경교통량으로 처리한 후 주수단 승용차, 버스 O/D를 통행배정함
- 도로와 철도의 통합 네트워크에서 주수단 철도 O/D를 통행배정한 후 철도이용의 접근수단 통행배정량을 배경 교통량으로 처리하는 것을 도식화하면 다음과 같음



<그림 4-3> 주수단 O/D를 이용한 도로부분 수요분석

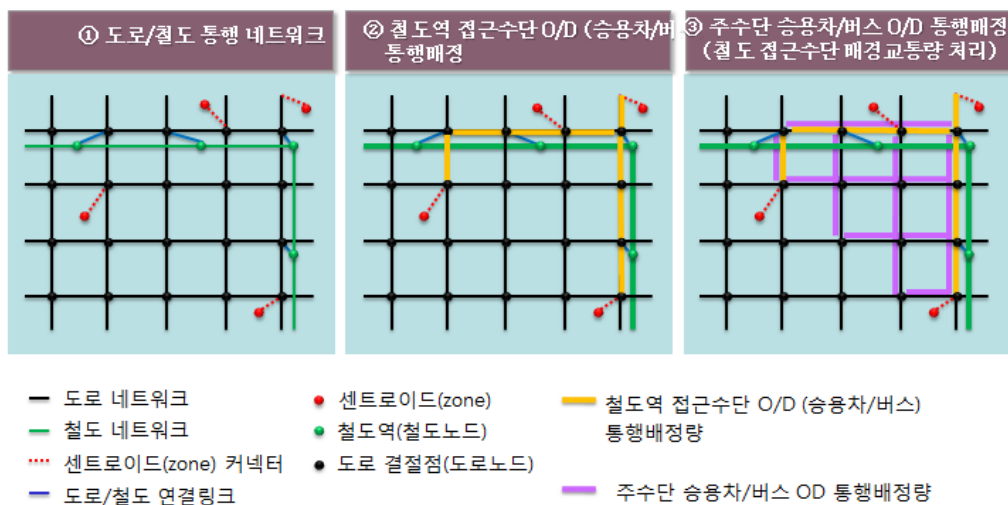
2) 방법 2: 접근수단 O/D 이용 분석

- 도로부분 통행량 과소 추정을 보완하기 위하여 철도역 접근수단 통행량(O/D)을 별도로 고려하는 방법으로 철도 접근수단 O/D를 추가로 고려하여 분석함
- 대도시권 도로부분 수요분석의 경우 노선버스의 통행량을 반영하기 위하여 노선버스 노선자료(line data)의 배차간격(headway)을 이용하여 통행량을 산출하고 노선이 지나는 링크의 배경교통량으로 처리함
- 승용차, 버스의 철도역으로의 접근수단 O/D를 통행배정한 후 주수단 철도, 승용차, 버스 O/D를 차례로 통행배정을 수행하여 도로부분 수요를 분석함



<그림 4-4> 접근수단 O/D를 이용 통행배정

- 도로와 철도의 통합 네트워크에서 접근수단 O/D와 주수단 O/D를 통행배정하는 분석방법론을 도식화 하면 다음과 같음



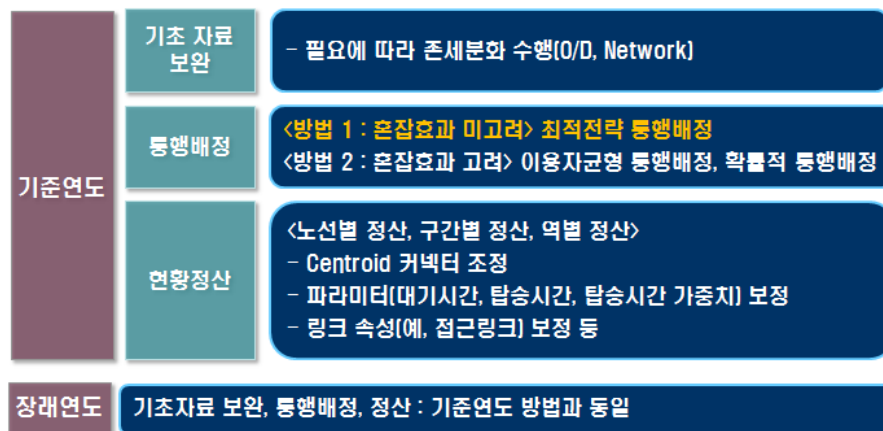
<그림 4-5> 접근수단 O/D를 이용한 도로부분 수요분석

3. 철도부분 수요분석 방안

가. 철도부분 수요분석 과정

- 주수단 O/D를 이용한 철도부분 수요분석은 기존의 역간 O/D와는 달리 접근통행 행태를 구현하는 정산과정이 필요함
- 이를 위하여 주수단 O/D를 이용하여 철도 통행배정 분석을 수행할 시 파라미터 조정, 존 커넥터 보정 등의 과정을 수행할 필요성이 있음

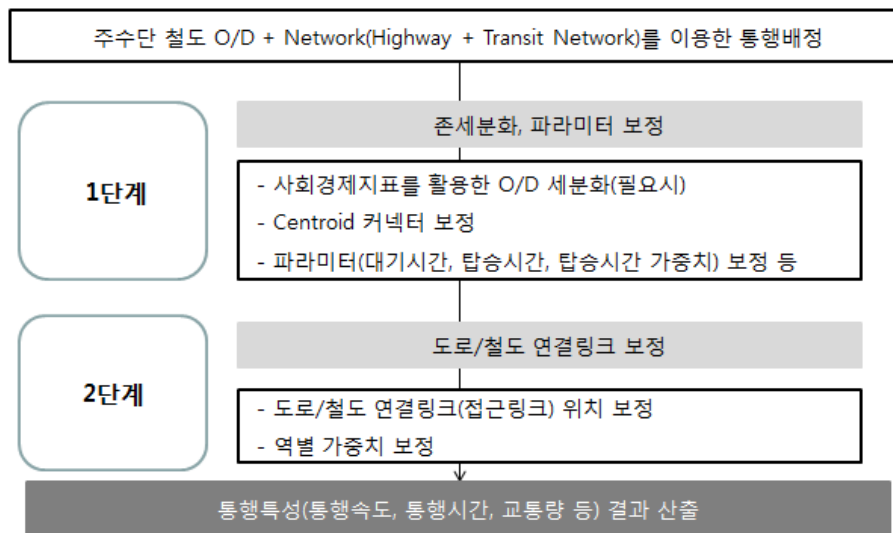
- 기존 개별수단 O/D를 이용하여 통행배정할 경우, 주로 파라미터 위주의 정산이 수행되었으나 주수단 O/D의 경우 존 커넥터 조정, 도로/철도 연결링크 조정이 필요함
- 철도부분 수요분석 방안에서는 주수단 O/D를 이용한 통행배정 수행의 정산방법을 제시하고자 함
- 철도부분의 수요분석 과정은 기준연도와 장래연도로 구분되며 각각에 대하여 기초자료보완, 통행배정, 현황정산 과정으로 이루어 짐
- 통행배정은 혼잡효과를 고려한 최적전략 통행배정과 혼잡효과를 고려한 이용자균형 통행배정, 확률적 통행배정의 2가지 방법을 이용할 수 있음



<그림 4-6> 철도부분 수요분석 과정

나. 통행배정 방법

- 철도부분 통행배정 방법은 도로부분과 달리 주수단 O/D를 이용한 통행배정시 정산방법을 제시하고자 함
- 철도부분 통행배정은 주수단 철도 O/D와 도로 및 철도의 통합네트워크를 이용하여 이루어 지며 존세분화 및 파라미터 보정의 단계와 도로/철도 연결링크 보정의 단계로 이루어 짐
- 존별 철도역 선택행태를 고려하기 위하여 필요시 사회경제지표를 활용한 O/D 세분화 과정이 필요하고 존별 역 선택행태는 접근시간, 배차간격, 대기시간 등에 영향을 받기 때문에 존 컨넥터 위치 및 파라미터 보정을 수행 함
- 또한 도로와 철도의 통합네트워크에서는 존 컨넥터가 도로에 연결되어 있어 철도노선과의 연결을 위해서는 도로/철도 연결링크(접근링크)가 필요하면 이러한 연결링크의 위치 보정이 필요함



<그림 4-7> 주수단 철도 O/D의 통행배정

4. 철도부분 수요분석 사례

- 철도부분 수요분석에 대한 사례로 전국지역간 KTX 경부선과 대도시권인 광주광역시 광주도시철도 1호선을 분석대상으로 사례 분석을 시행함
 - 전국지역간 : 전국권 KTX 경부선
 - 대도시권 : 광주광역시 광주도시철도 1호선

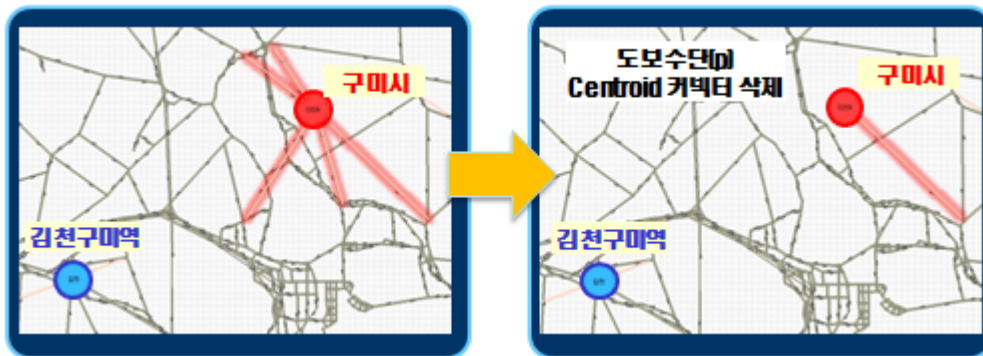


<그림 4-8> 철도부분 수요분석 대상

가. 전국 지역간 KTX 경부선 수요분석

1) 커넥터 조정 및 파라미터 보정

- 현황정산을 위하여 교통존의 센트로이드 커넥터를 추가 또는 삭제 정리하는 커넥터 조정 작업을 수행함



<그림 4-9> 김천구미역 커넥터 조정 예시

- 교통존에서부터 철도역까지의 접근수단을 고려할 경우 현황을 보다 잘 반영할 수 있도록 교통존의 커넥터와 대중교통 노선을 연결하고 차내시간, 탑승시간, 대기시간 등의 파라미터 보정 작업을 수행함
 - 전국 지역간 경부선 KTX의 사례 분석에서는 접근수단을 버스로 가정하여 접근수단 속도를 30km/h로 보정함

<표 4-2> 전국 지역간 철도통행 파라미터 보정

차내시간	탑승시간 (분)	대기시간 Factor	가중치 (weight)		
			접근통행시간	대기시간	탑승시간
1.0	1.0	0.01	1.0	1.0	1.0

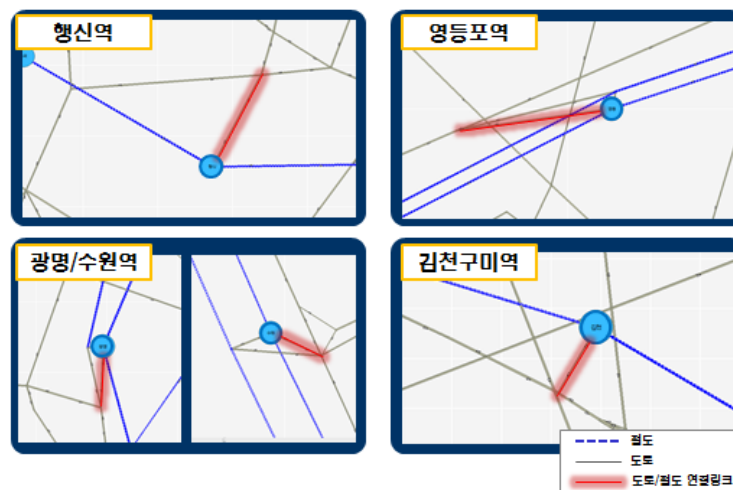
- 통행배정 결과가 현실과 최대한 부합하도록 센트로이드 커넥터와 파라미터를 조정하고 다시 통행배정을 수행하는 시행착오 과정을 반복적으로 수행함
- 전국지역간 KTX 경부선을 대상으로 교통존의 센트로이드 커넥터 조정과 파라미터 보정 작업을 수행한 후의 승·하차 관측교통량과 추정교통량 차이를 비교하면 다음과 같음

<표 4-3> 커넥터 조정 및 파라미터 보정 결과

역명	승차					하차				
	관측 교통량	추정교통량		오차율(%)		관측 교통량	추정교통량		오차율(%)	
		조정 전	1 단계	조정 전	조정 후		조정 전	1 단계	조정 전	조정 후
행신	679	3,199	3,184	371.0	368.7	537	3,129	3,098	483.1	477.3
서울	34,760	24,990	31,266	-28.1	-10.1	35,577	22,734	29,169	-36.1	-18.0
영등포	169	5,693	1,347	3,259.2	694.7	134	5,622	952	4103.8	611.9
광명	8,640	7,324	9,043	-15.2	4.7	8,630	7,402	9,655	-14.2	11.9
수원	1,258	2,965	2,651	135.6	110.6	1,216	2,905	2,525	138.9	107.6
천안아산	7,443	7,473	7,528	0.4	1.1	7,373	7,404	7,454	0.4	1.1
오송	1,685	1,811	1,737	7.5	3.1	1,586	1,618	1,549	2.0	-2.3
대전	13,304	12,864	14,066	-3.3	5.7	13,038	12,888	13,947	-1.2	7.0
김천(구미)	1,048	1,234	1,265	17.7	20.8	1,022	1,252	1,232	22.5	20.6
동대구	16,254	15,245	15,529	-6.2	-4.5	15,861	14,864	15,195	-6.3	-4.2
신경주	2,735	3,292	2,937	20.4	7.4	2,731	3,281	2,931	20.1	7.3
울산	5,155	5,053	5,050	-2.0	-2.0	5,136	5,033	5,029	-2.0	-2.1
밀양	979	655	920	-33.1	-6.0	971	642	908	-33.9	-6.6
구포	2,135	3,447	2,253	61.5	5.5	2,147	3,886	2,218	81.0	3.3
부산	17,435	15,731	16,660	-9.8	-4.4	17,695	15,554	17,003	-12.1	-3.9
합계	113,679	110,976	115,435	-2.4	1.5	113,653	108,214	112,864	-4.8	-0.7

2) 접근링크 보정

- 도로와 철도의 연결을 위한 도로와 철도의 접근링크가 존재하며 정확한 현황정산을 위해서는 접근링크 함수의 가중치 조정을 통한 접근링크의 거리 조정 작업을 수행함



<그림 4-10> 도로/철도의 접근링크 보정

- 접근링크 보정 작업 후의 KTX 경부선의 승·하차 관측교통량과 추정교통량 차이 변화를 비교하면 다음과 같음

<표 4-4> 접근링크 보정 결과

역명	승차					하차				
	관측 교통량	추정교통량		오차율(%)		관측 교통량	추정교통량		오차율(%)	
		1단계	2단계	1 단계	2 단계		1단계	2단계	1 단계	2 단계
행신	679	3,184	1,141	368.7	68.0	537	3,098	1,102	477.3	105.3
서울	34,760	31,266	35,678	-10.1	2.6	35,577	29,169	32,799	-18.0	-7.8
영등포	169	1,347	-	694.7	-	134	952	15	611.9	-88.6
광명	8,640	9,043	8,836	4.7	2.3	8,630	9,655	9,905	11.9	14.8
수원	1,258	2,651	1,474	110.6	17.2	1,216	2,525	1,153	107.6	-5.2
천안아산	7,443	7,528	7,694	1.1	3.4	7,373	7,454	7,606	1.1	3.1
오송	1,685	1,737	1,736	3.1	3.0	1,586	1,549	1,549	-2.3	-2.3
대전	13,304	14,066	14,066	5.7	5.7	13,038	13,947	13,947	7.0	7
김천(구미)	1,048	1,265	1,187	20.8	13.3	1,022	1,232	1,162	20.6	13.7
동대구	16,254	15,529	15,607	-4.5	-4.0	15,861	15,195	15,265	-4.2	-3.8
신경주	2,735	2,937	2,937	7.4	7.4	2,731	2,931	2,931	7.3	7.3
울산	5,155	5,050	5,050	-2.0	-2.0	5,136	5,029	5,029	-2.1	-2.1
밀양	979	920	920	-6.0	-6.0	971	908	908	-6.6	-6.6
구포	2,135	2,253	2,199	5.5	3.0	2,147	2,218	2,167	3.3	0.9
부산	17,435	16,660	16,714	-4.4	-4.1	17,695	17,003	17,054	-3.9	-3.6
합계	113,679	115,435	115,239	1.5	1.4	113,653	112,864	112,592	-0.7	-0.9

나. 광주도시철도 1호선 수요분석

1) 커넥터 조정 및 파라미터 보정

- 광주도시철도 1호선의 경우, 금남로4가~금남로5가 구간의 교통수요가 총장동에 집중되어있어 존세분화가 필요하다고 판단되어 역별 승차인원 비율을 적용하여 총장동1, 2로 존세분화와 센트로이드 커넥터 조정 작업을 수행함
 - 교통수요 O/D : 역별 승차인원 비율 적용 세분화
 - 네트워크 : 존세분화에 따른 센트로이드 커넥터 조정
- 각 교통존에 대한 센트로이드 커넥터에 대하여 도시철도 역별 승하차 인원 정산을 위한 센트로이드 커넥터의 접속위치, 거리 등의 조정 작업을 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구의 기준을 적용하여 수행함



<그림 4-11> 존세분화 및 센트로이드 커넥터 조정

- 또한 모든 역에 대하여 역별 철도 승하차 통행에 대한 파라미터 조정을 수행하며 금남로4, 5가에 대하여 승하차 인원 현황정산을 위하여 다음과 같이 파라미터 조정을 수행함

<표 4-5> 역별 승하차 파라미터 보정

차내시간	탑승시간 (분)	대기시간 Factor	가중치 (weight)		
			접근통행시간	대기시간	탑승시간
1.0	0.5	0.05	1.0	1.0	1.0

2) 접근링크 보정

- 철도와 도로네트워크의 연결을 위하여 도로에서 철도역까지의 접근링크가 필요하며 이러한 접근링크에 대한 양방향 설정, 위치 조정, 접근링크 함수의 가중치 설정을 통한 접근링크의 거리 조정 등의 보정 작업을 수행함
- 남광주역의 경우 철도와 연결되는 도로의 경우 일방향이나 접속링크는 승하차를 위하여 양방향으로 보정



<그림 4-12> 접속링크 보정

3) 철도부분 수요분석 정산시 고려사항

① 노선 및 구간별 정산

- 노선별 통행경로와 이에 따른 통행배정량의 비현실적인 결과를 검토하여야 함
 - 예를들어 서울에서 부산까지 가는 철도통행에서 경부선 KTX(서울→용산) - 호남선 KTX(용산→대전) - 경부선 KTX(대전→부산)의 경로가 나타날 수 있음
 - 노선과 역의 승차시간(line specific boarding times, node specific boarding times) 조정으로 철도노선간 환승 및 특정 역에서의 환승 제약을 설정함으로써 조정
- 구간별 최대 재차인원 분석을 통해 통행배정량을 검토하여야 함
 - O/D별 노선 이용 분석(select line analysis)를 수행하여 정산 수행 구간을 이용하는 O/D쌍을 파악하여 해당 O/D쌍의 커넥터 수정

② 역별 정산

- 철도노선 구간별(segment) 통행속도 및 역별 통행배정량 등을 검토하여야 함
 - TTF함수를 이용하여 구간별 속도를 실제 철도 운행속도와 같게 설정한 대중교통 노선 자료(transit line data)를 구축하여야 함
 - KTDB에서 제공하는 철도 운행속도는 기종점간 평균속도를 구간별로 동일하게 적용하고 있음
 - 개별 대중교통 통행 분석(individual transit trip analysis)으로 특정 O/D쌍의 이동경로를 파악하여 보행속도, 통행시간, 승하차시간(boarding time), 정차시간(dwell time), 접근링크 가중치 조정의 정산 작업 수행
- 존세분화, 커넥터 조정, 파라미터 보정, 접근링크 보정 작업 등의 정산작업 수행후의 광주도 시철도 1호선의 역별 승·하차 관측교통량과 배정교통량 차이 변화를 비교하면 다음과 같음

<표 4-6> 정산작업 수행 수요분석 결과

역명	승차					하차				
	관측 교통량	배정교통량		오차율(%)		관측 교통량	배정교통량		오차율(%)	
		조정 전	조정 후	조정 전	조정 후		조정 전	조정 후	조정 전	조정 후
녹동	53	-	76	-100.0	44.0	58	5	75	-91.3	29.3
소태	1,759	1,613	1,651	-8.3	-6.1	2,026	1,728	2,023	-14.7	-0.2
학동증심사	2,254	1,132	1,953	-49.8	-13.3	2,270	1,085	1,889	-52.2	-16.8
남광주	5,863	2,016	5,483	-65.6	-6.5	5,233	2,147	4,938	-59.0	-5.6
문화전당	3,206	3,165	3,710	-1.3	15.7	2,994	3,250	3,275	8.5	9.4
금남로4가	5,718	9,031	5,217	57.9	-8.8	5,517	7,807	4,805	41.5	-12.9
금남로5가	2,522	1,056	2,697	-58.1	7.0	2,398	1,125	2,501	-53.1	4.3
양동시장	2,764	1,890	2,869	-31.6	3.8	2,580	1,891	2,520	-26.7	-2.3
돌고개	1,807	1,109	1,818	-38.6	0.6	1,791	1,255	1,593	-29.9	-11.1
농성	2,611	680	2,175	-74.0	-16.7	2,761	794	2,105	-71.2	-23.8
화정	2,232	1,494	2,031	-33.1	-9.0	2,374	1,324	2,274	-44.2	-4.2
쌍촌	3,020	2,168	2,916	-28.2	-3.4	3,335	2,729	3,175	-18.2	-4.8
운천	3,383	5,131	3,347	51.7	-1.1	3,455	4,963	3,242	43.6	-6.2
상무	4,535	4,873	4,708	7.5	3.8	4,334	4,967	4,791	14.6	10.5
컨벤션센터	1,008	369	1,006	-63.4	-0.2	1,052	552	1,010	-47.5	-4.1
공항	1,041	898	983	-13.7	-5.6	1,349	1,868	1,102	38.5	-18.3
송정공원	3,978	1,725	4,365	-56.6	9.7	3,999	-	4,322	-100.0	8.1
송정리	2,651	5,752	3,003	117.0	13.3	2,843	6,492	3,175	128.4	11.7
도산	1,373	-	1,474	-100.0	7.4	1,529	-	1,514	-100.0	-1.0
평동	1,885	1,635	2,004	-13.3	6.3	1,761	1,952	2,006	10.8	13.9
합계	53,661	45,737	53,398	-14.8	-0.5	53,661	45,934	52,156	-14.4	-2.8

제3절 대중교통수요 분석 방안

1. 기본 전제

- 대중교통 수요분석은 지역간 통행의 경우 주로 철도 통행을 분석대상으로 하고 대도시권의 경우 버스와 지하철 통행을 분석대상으로 함
- 지역간 통행의 대중교통수요 분석은 앞에서의 철도부분 수요분석 방안에서 제시되어 있기에 본 절에서는 대도시권의 대중교통(버스, 전철/지하철) 수요를 분석대상으로 선정함
- 대도시권의 대중교통수요 분석 방안 검토를 위해 버스와 지하철 네트워크가 구축되어있고 버스, 지하철, 버스+지하철 O/D가 제공되고 있는 수도권을 대상으로 수도권 연구기관과 공동연구를 진행함
- 본 보고서는 대도시권의 대중교통수요 분석의 가이드라인을 제시하는 것으로 분석가는 분석 목적 및 범위에 따라 추가적인 수요분석방안을 검토할 수 있음

2. 대중교통 수요분석 방안

가. 대중교통 통행배정 패키지

- 일반적으로 대중교통 통행배정에 많이 사용되는 분석 패키지는 Emme3, TransCAD, Cube voyager6가 있고 최근에 국내 국가R&D로 개발된 ImTas가 있음
- 현재, 가장 보편적으로 가장 많이 이용되는 것은 Emme3이며 통행배정시 All-or-Nothing 과 Optimal Strategy의 방법을 이용함
- TransCAD는 All-or-Nothing, 일반화비용을 반영하는 Path Finder, 노선 용량을 고려한 확률적 다중노선 탐색의 Stochastic User Equilibrium 방법을 이용함
- Cube는 최적경로 탐색을 통한 Best Path, 노선 용량을 고려한 Clouding Model을 적용하고 있으며 ImTas는 일반화비용을 고려한 Transit Path Generator의 대중교통 다중경로를 탐색하고 탐색된 경로를 대상으로 노선용량을 고려한 확률적 통행배정 Stochastic User Equilibrium 방법을 이용함

<표 4-7> 프로그램별 Transit 통행배정 알고리즘 비교

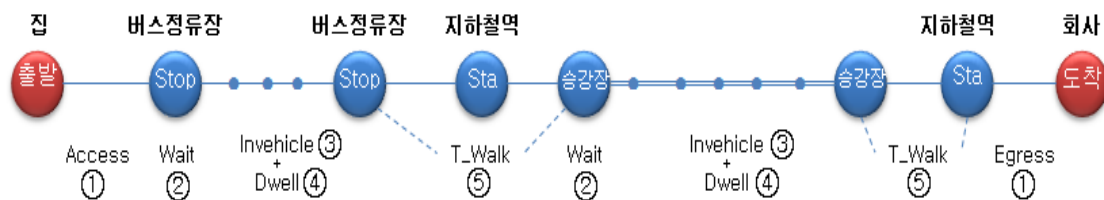
구 분		알고리즘	TransCAD	Emme 3	Cube 6	ImTas
용량 미제약	일반화비용 미반영	All-or-Nothing	○	○	○	○
		Optimal Strategy	○	○	○	×
	일반화비용 반영	Path Finder	○	×	×	×
		Best Path	×	×	○	×
		Transit Path Generator	×	×	×	○
용량 제약		Stochastic User Equilibrium	○	×	×	○
		Clouding Model	×	×	○	×

주 : “○”는 해당기능 지원, “×”는 해당기능 미지원

나. 대중교통 통행배정 관련 파라미터

- 대중교통 통행배정을 위해서는 기종점간에 이용 가능한 경로를 탐색하여야 하고 이러한 경로를 탐색하기 위해서는 경로비용을 산정하여야 함
- 대중교통 경로비용은 차내시간, 차외시간, 요금 등을 고려한 일반화비용이 고려되며 이러한 일반화비용을 산정하기 위해서는 각 비용항목에 대한 가중치, 즉 파라미터를 적용하여야 함
 - 여기서, Access, Egress는 접근·도착시간, Invehicle은 차내시간, Dwell은 탑승시간, T_Walk는 환승시간, w 는 가중치임

$$\text{일반화비용} = (\text{Access}, \text{Egress}) \times w_{\alpha} + \text{Invehicle} \times w_{\beta} + \text{Dwell} \times w_{\gamma} + T_Walk \times w_{\delta}$$



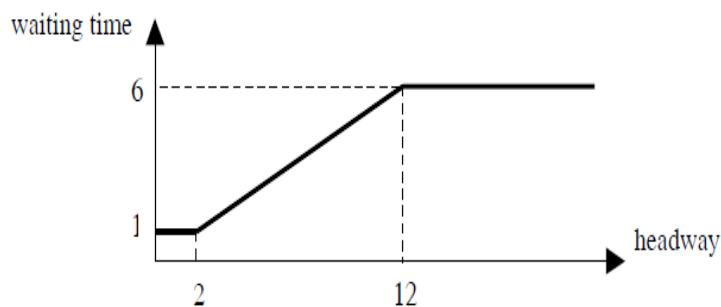
<그림 4-13> 기종점간 대중교통 경로의 일반화비용

- 차내시간은 대중교통 노선이 지나는 링크의 정확한 길이와 대중교통의 운행속도를 적용하여 운행시간을 산정한다면 비교적 정확한 차내시간을 반영할 수 있음

- 차외시간은 접근시간, 대기시간, 환승시간, 도착시간으로 구성되면 각 항목은 다음과 같음
 - 접근시간(Access time) : 출발지에서 정류장까지의 이동시간
 - 대기시간(Wait time) : 정류장 도착시간부터 탑승까지의 시간
 - 탑승시간(Dwell time) : 대중교통 수단의 탑승에 필요한 시간
 - 환승시간(Transfer time) : 환승정류장에서 환승을 위해 필요한 시간
 - 도착시간(Egress time) : 도착 정류장에서 최종 목적지까지의 이동시간
- 정확한 대중교통 수요분석을 위해서는 대중교통의 차외시간을 반영해야하고 차내시간에 대한 차외시간의 합리적인 가중치를 적용하여야 함

1) 대기시간

- 대기시간의 경우 광역/도시철도의 대기시간은 지역간 철도에 비하여 배차간격이 짧기 때문에 확률적으로 배차간격의 1/2를 적용하는 것이 합리적임
- 반면 고정된 배차간격을 가지고 있는 지역간의 일반철도의 경우 통행자는 열차운행계획에 맞춰 정류장에 도착하고 대기하는 경향이 있기 때문에 대기시간을 배차간격의 1/2로 설정하는 것은 비현실적임
 - 지역간 철도와 같이 배차간격이 상당히 큰 노선의 대기시간은 배차간격의 1/2보다 더 작은 값을 적용하는 것이 바람직함

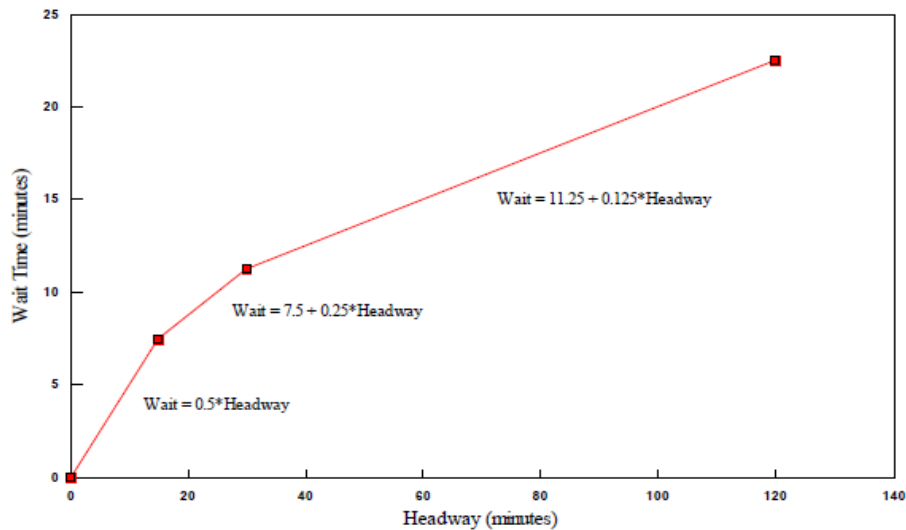


<그림 4-14> 네덜란드 코펜하겐 교통모형의 의 대기시간

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

- 네덜란드 『The Greater Copenhagen Area Traffic model』에서는 최소 대기시간을 1분으로 하고 차두시간이 12분 이상이면 대기시간을 6분으로 계산함
- 뉴욕 BPM에서는 대기시간에 대하여 0분에서 120분사이의 차두시간을 세 개의 구간으로 나

누어 각각의 대기시간 함수를 적용함



<그림 4-15> 뉴욕BPM에서의 통근열차 서비스에 대한 대기시간 계산 예

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

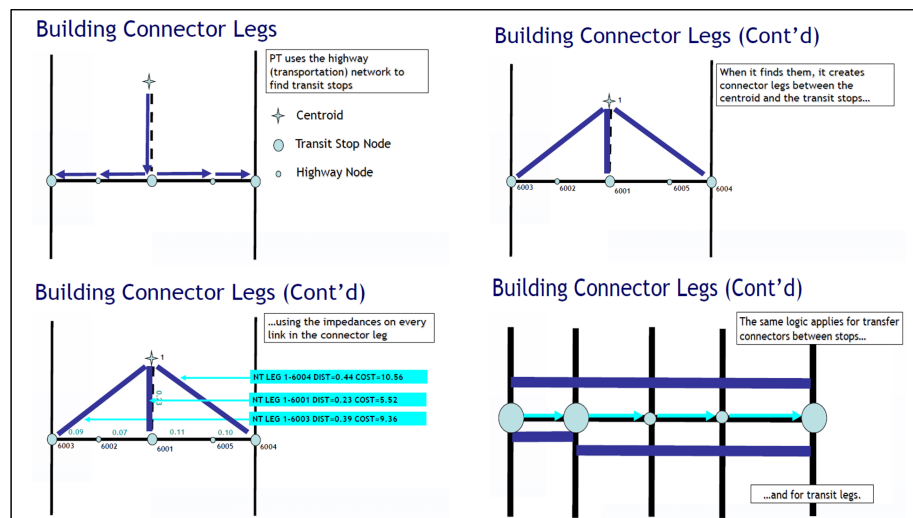
- 대기시간 가중치의 경우 국내의 도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침(제5판)(2008)에서는 1.40~1.91의 범위에서 제시하고 있으며 국외연구는 1.6~2.0의 범위에서 제시하고 있음

2) 탑승시간

- 도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)(2008)에서는 0.5~2분의 탑승시간을 지정하여 탑승시간의 저항력을 설명하고 있음
- 탑승시간을 고려할 때 지하철은 하나의 문에서 하차 후 승차가 이루어지며, 버스는 승차와 하차가 분리되어 있어 지하철이 버스에 비하여 탑승에 대한 저항이 크다고 판단할 수 있어 지하철에 대하여 2분, 버스에 대하여 1분으로 탑승시간을 구분하여 고려할 수 있음
- 대중교통 수단 탑승시간에 대한 저항을 모형화하기 위해 사용되는 탑승시간 가중치는 해외 대중교통 수요분석 사례에서는 2.0을 적용하고 있음

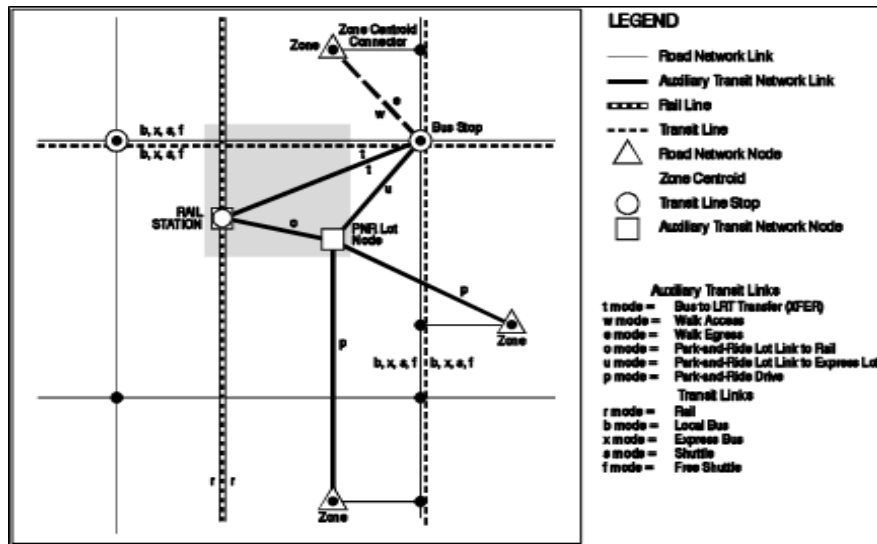
3) 환승시간

- 수단과 수단사이의 환승에 걸리는 환승시간과 그에 대한 가중치를 부여함으로 수단간 환승의 저항력을 설명할 수 있음
- 환승시간은 환승통행에 걸리는 시간이고 수요분석 모형에서는 환승링크를 구축하여 수단간 환승을 구현함
- 환승시간은 환승의 대상이 되는 정류장간의 거리 및 시설에 따라 각각 다를 것이며 보다 정확한 환승시간을 고려하기 위해서는 환승 이동거리에 대한 조사를 통해 실제 환승시간을 DB화하여 반영할 필요가 있음
- 미국 애리조나주는 Emme를 이용하여 대중교통 환승링크와 접근링크를 구축하여 수단간 환승을 구현하였고 아틀란타는 CUBE를 이용하여 도로망에 BRT, PnR, 지상버스와의 환승을 위한 가상링크를 연결하여 지선버스와 BRT의 환승 통행을 반영함



<그림 4-16> Cube에서의 Leg 구축

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



<그림 4-17> 미국 애리조나주의 복합수단 환승 표현

자료 : Transportation planning 『Modeling with EMME/2, Maricopa Association of Governments』, 2000

- 환승시간 가중치의 경우 국내연구는 1.26~1.70의 범위에서 제시하고 있으며 국외연구는 1.2 정도의 가중치를 적용하거나 환승시간에 5분~10분의 환승시간을 추가하여 환승저항을 설명함

4) 접근 및 도착시간

- 접근 및 도착시간은 교통존의 센트로이드에서 부터 영향권 범위의 대중교통 정류장 또는 역 까지의 도로링크와 접근링크의 거리와 통행시간에 따라 결정됨
- 결국, 보다 정확한 접근 및 도착시간을 반영하기 위해서는 환승시간과 마찬가지로 교통존에서의 접근 및 도착시간의 분포를 조사하고 센트로이드의 위치 조정 및 접근링크 구축·보정 작업이 필요함
- 교통존을 대표하는 접근 및 도착시간을 산출하는 것은 대단히 어려운 일이기에 가장 현실적으로 접근 및 도착시간을 반영하기 위해서는 철도부분 수요분석에서 설명한 접근링크 보정 작업을 통해 모형을 정산하는 작업이 중요함
- 도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)(2008)에서는 접근 및 도착시간에 대한 가중치의 범위를 1.00~1.75로 제시하고 있고 해외연구는 1.2~2.3로 제시함

5) 소결

- 국내연구인 도로철도 부문사업의 예비타당성 조사 표준지침(제5판)』에서는 지하철을 포함한 철도부문에 대해서 다음과 같이 차내시간과 차외시간의 가중치를 제시하고 있음

<표 4-8> 철도부문 통행배정 일반화 비용 산정을 위한 국내·외 연구

국·내외 연구		차내 시간	차외시간			
			접근 통행시간	대기 시간	탑승 시간	환승 시간
양창화, 손의영(2000)		1.00	-	-	-	1.70
윤혁렬(2000) ¹⁾		1.00	1.54분(차외시간), 5.81분(환승시간) 1)			
손상훈, 최기주, 유정훈(2007)	전체	1.00	1.527	1.832	-	1.370
	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	-

주1 : 여기서 환승시간은 환승접근시간, 대기시간, 환승패널티를 모두 포함하고 있는 것으로 가정하였음.

주2 : 본 지침연구는 캐나다 토론토를 대상으로 유전자 알고리즘을 활용하여 EMME/2 대중교통 통행배정과 관련된 파라미터를 추정한 연구로 표에 제시된 결과 이외에 탑승시간은 2.6분, 대기시간 factor 0.49를 도출하였음.

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

- 유럽 연합에서는 MOTOS와 같은 교통 수요 분석 매뉴얼을 통하여 유럽연합의 교통수요 분석 지침을 제시하고 있음

<표 4-9> MOTOS의 대중교통 시간가중치

통행시간	가중치
대중교통 이전 시간(Pre-Transport time)	2.3
대기시간(Waiting time)	1.6
차내시간(n-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.

- 유럽의 MOTOS는 접근시간(Access time), 대기시간(Waiting time), 차내시간(In-Vehicle time), 환승시간(Transfer time), 환승횟수(Number of Transfers), 도착시간(Egress time)을 대중교통 수요분석을 위한 차외시간 속성으로 구성하고 가중치를 적용함
- 해외 대중교통 수요분석 모형인 올림푸스 시범모형(Olympus training Model, 2010), 모리스카운티(Morris County Model, 2005), 노스플로리다 모형(North Florida Model, 2006)은 다음과 같이 차외시간의 가중치를 적용함
 - 환승가중치 중 Xferpen은 분단위의 환승 시간을 더하는 방법, Xferfactor는 환승시간에 대하여 가중치를 곱하는 방법, Xferconst는 Xferpen에 적용한 환승시간에 환승시간을 추가하는 방법

<표 4-10> 해외대중교통 수요분석 모형의 대중교통 파라미터

파라미터	올림푸스 시범모형 ¹⁾		모리스카운티 모형 ²⁾		노스플로리다 모형 ³⁾	
운행시간(접근시간) 가중치 (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 (Xfireconst)		5.0		5.0		10.0

1) 『Olympus training model』, 2010, http://www.fsutmsonline.net/index.php?/model_pages/model_pages/2) 『Morris County model』, 2005, http://www.fsutmsonline.net/index.php?/model_pages/model_pages/3) 『North florida model』, 2006, http://www.fsutmsonline.net/index.php?/model_pages/model_pages/

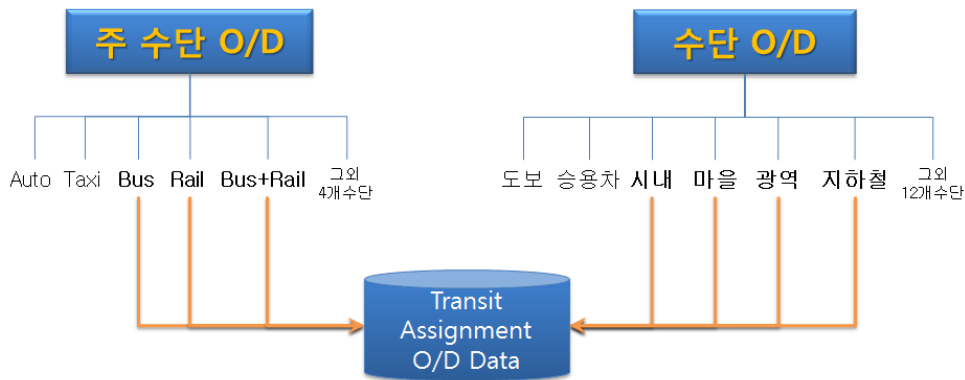
- 대중교통 수요분석의 파라미터는 각 수단별, 정류장별, 지역별로 통행특성이 다르기에 일률적인 표준화된 값을 적용하기는 매우 어려운 것이 현실임
- 차외시간과 관련한 국외 대중교통모형과 국내 대중교통 수요분석에 적용된 값은 수요분석대상에 따라 다양하다는 것을 알 수 있고 보다 정확한 대도시권 대중교통 수요분석을 위해서는 통행배정 결과를 토대로 파라미터를 조정하는 정산과정이 더 중요하다고 할 수 있음
- 향후, 대중교통 파라미터에 대한 표준화된 값을 제시하기 보다는 대중교통 수요분석 과정에서 파라미터 정산을 위한 가이드라인을 제공하고 대중교통 정산 허용기준을 제시하기 위한 연구가 필요함

3. 대중교통 수요분석 사례

가. 수도권 대중교통 DB 구성

1) O/D 및 네트워크 DB

- 대중교통과 관련하여 기준년도와 장래년도에 대한 버스, 지하철, 버스+지하철의 3개 의 대중 교통 주수단 O/D와 기준년도에 대한 시내버스, 마을버스, 광역버스, 지하철의 4개의 대중교 통 수단 O/D로 구성됨



<그림 4-18> 수도권 대중교통 O/D

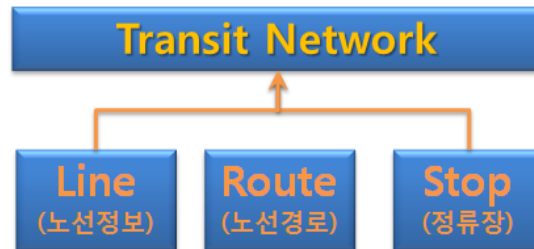
- 수도권의 대중교통 네트워크는 2013년 현행화 사업을 통하여 버스 2,792개, 마을버스 859개, 운행구간별로 구분된 지하철 95개, 시외/고속버스 1,268개 노선으로 구축되어 5,014개 노선으 로 구성됨

<표 4-11> 2014년 현행화 대중교통 노선수

구분	버스	마을버스	지하철	시외/고속	합계
노선수	2,792	859	95	1,268	5,014

- 대중교통 네트워크는 대중교통 노선정보, 노선경로, 정류장으로 구성되며 다음과 같은 정보 를 속성값으로 갖고 있음
 - 노선정보(Line) : 노선명, 속도, 배차간격, 수단(일반, 광역, 좌석, 마을, 전철), 운행년도, 용량, 승차/환승요금

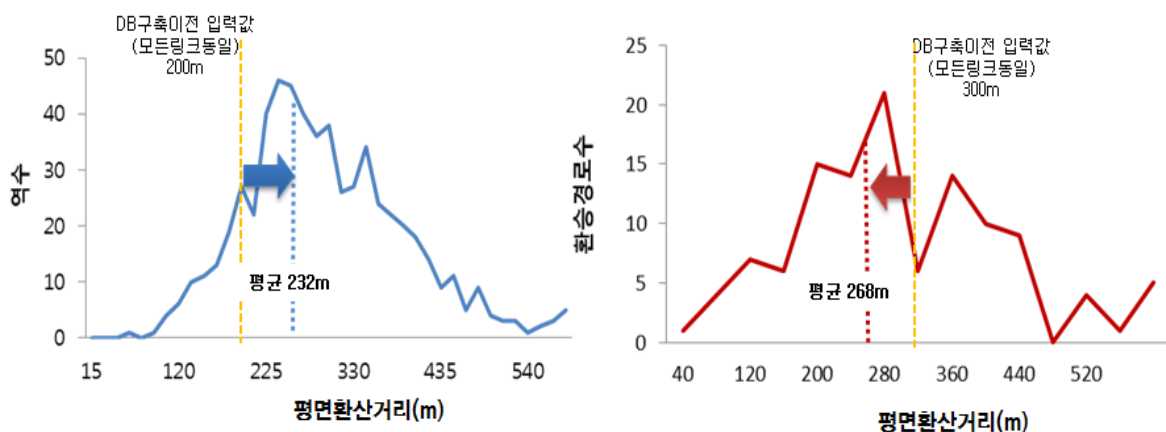
- 노선경로(Route) : 경유노드 ID
- 정류장(Stop) : 정류장 ID, Used Line, Flag(방향), Tag Node



<그림 4-19> 대중교통 네트워크 구성

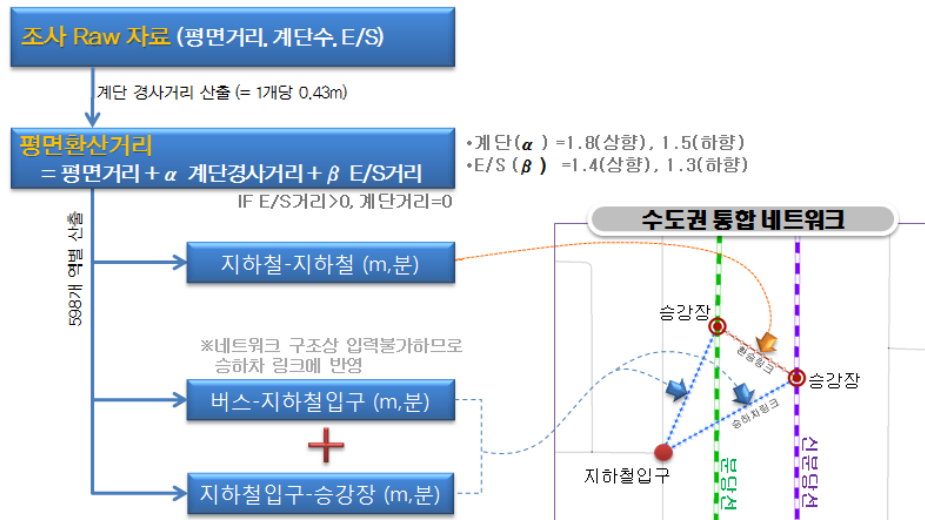
2) 환승링크 DB

- 2014년도 현행화 사업을 통해 수도권 버스-지하철, 지하철-지하철간 환승에 대한 환승링크 DB를 구축하여 수도권 대중교통 네트워크에 반영함
 - 실제 환승이동거리를 적용할 수 있도록 수도권 589개 지하철역의 환승 이동거리 DB를 구축함
- 버스와 지하철간 환승
 - 기존 모든 버스-지하철 환승에 대하여 환승링크 200m 적용을 실제 평면환산거리 적용(평균 232m)
- 지하철과 지하철간 환승
 - 기존 모든 지하철-지하철 환승에 대하여 환승링크 300m 적용을 실제 평면환산거리 적용(평균 268m)



<그림 4-20> 수도권 환승링크 이동거리

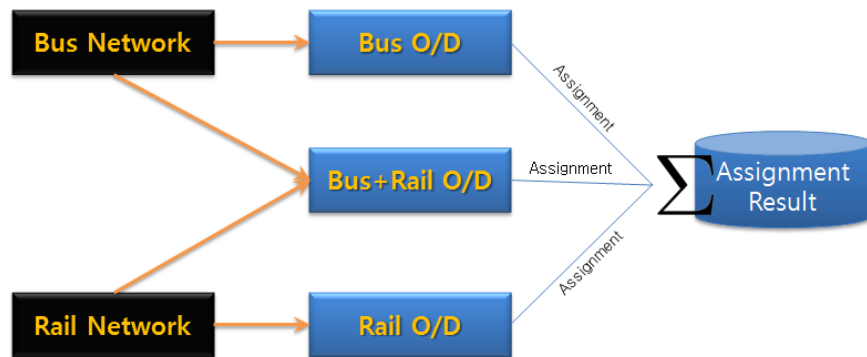
- 환승링크 이동거리 DB를 구축하기 위하여 환승경로의 평면거리, 계단수, E/S이동거리를 조사하여 평면환산거리를 산출하고 이를 환승링크의 이동거리에 반영함
 - 계단 1개의 경사거리는 0.43m/개 적용
 - 계단의 파라미터(α)는 상향일 경우 1.8, 하향일 경우 1.5 적용
 - E/S의 파라미터(β)는 상향일 경우 1.4, 하향일 경우 1.3 적용



<그림 4-21> 환승링크의 이동거리 산출

나. 통행배정 및 파라미터 적용

- 수도권 대중교통 수요분석을 위하여 대중교통 주수단 O/D를 이용한 경우와 수단 O/D를 이용한 경우의 2가지에 대하여 TrnasCAD를 사용하여 통행배정을 수행함
 - 주수단 O/D : 버스 O/D, 지하철 O/D, 버스+지하철 O/D (기준 · 장래년도 제공)
 - 수단 O/D : 일반버스 O/D, 광역버스 O/D, 마을버스 O/D, 지하철 O/D (기준년도만 제공)



<그림 4-22> 대중교통 네트워크와 배정대상 O/D

- 대중교통 관련 파라미터는 다음과 같이 설정하여 통행배정을 수행함

<표 4-12> 역별 승하차 파라미터 보정

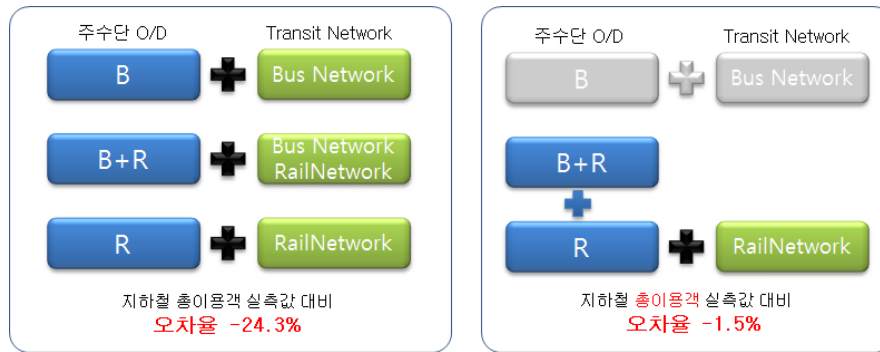
차내시간 (Link Time)	탑승시간 (Dwell on, 분)	배차간격 (Headway)	가중치 (weight)		
			접근통행시간 (Walk Time, Transfer Penalty)	대기시간 (Initial Wait, Transfer Wait)	탑승시간 (Dwell Time)
1.0	광역버스 0.5 지하철 0.0 그 외 0.75	노선별 배차간격	2.0	2.0	1.0

* 지하철의 탑승시간은 표정속도에 반영

다. 대중교통 통행배정 결과

1) 대중교통 주수단 O/D 이용

- TransCAD의 경우 버스와 지하철 네트워크를 모두 이용하게 하는 강제적인 기능이 없어 기종점간 경로의 50% 이상이 버스 또는 지하철 하나만 이용하는 경로로 도출 됨
- 버스+지하철 O/D 배정시 버스만 이용하는 경로가 다수 발생하고 결국, 버스 경로에 더 많은 수요가 배정되어 지하철 경로에 낮은 통행배정 결과가 발생
- 교통수요분석 패키지의 기능 제약으로 인한 불가피한 방법으로 버스+지하철 O/D를 과소하게 배정되는 지하철 O/D에 합산하여 분석을 수행하는 방법을 고려할 수 있고 이는 분석 목적에 따라 활용가능성이 있음



<그림 4-23> 주수단 버스+지하철 O/D 통행배정

<표 4-13> 수도권 주수단 O/D 지하철 노선 통행배정 결과(정산 미시행)

구분		노선실측값 ① (Card Data)	통행배정 ② (Assignment)	오차율 (②-①)/①*100
버스+지하 철 O/D 별도	9호선	246,669	243,103	-1.4 %
	공항철도	69,003	78,797	14.2 %
	신분당선	77,960	41,432	-46.9 %
	그외 노선	7,127,643	5,328,771	-25.2 %
	합계	7,521,275	5,692,103	-24.3 %
버스+지하 철 O/D 합산	9호선	259,771	324,539	24.9 %
	공항철도	74,611	82,769	10.9 %
	신분당선	102,790	43,564	-57.6 %
	그외 노선	7,127,643	7,002,845	-1.8 %
	합계	7,564,815	7,453,718	-1.5 %

- 버스+지하철 O/D를 대중교통 네트워크에 배정시 버스 경로에 다수의 수요가 배정되어 지하철 총 이용객 실측값 대비 -24.3%의 오차율이 발생(정산 미시행 결과)
- 버스+지하철 O/D를 지하철 O/D에 합산하여 지하철 네트워크만 이용하여 통행배정시 노선 실측값 대비 배정결과는 총량의 오차율 -1.5% 발생(정산 미시행 결과)
- 버스노선의 통행배정결과를 살펴보면 용인↔서울은 19.9%, 고양↔서울은 0.6%, 성남↔서울은 -14.6%, 수원↔서울은 -7.2%의 노선 실측값 대비 오차율이 발생(정산 미시행 결과)

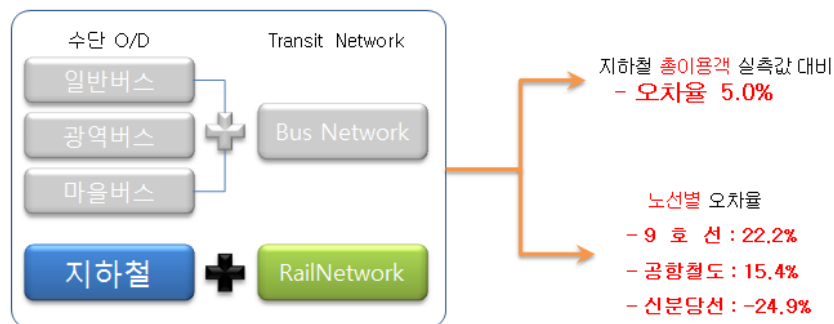
<표 4-14> 수도권 주수단 O/D 버스 노선 통행배정 결과

교통축	노선수 (광역 버스)	실측값 (A)	배정통행량 (B)	오차율(%) $(B-A) \div A \times 100$
용인↔서울	22	94,778	113,674	19.9
고양↔서울	11	66,945	67,318	0.6
성남↔서울	13	52,504	44,831	-14.6
수원↔서울	16	71,309	66,191	-7.2

- 위의 결과는 정산 미시행 결과로 노선별 오차를 감소시키기 위해서는 영향권 설정, 존 위치 이동, 연결링크 조정, 대중교통 파라미터 조정 등의 추가적인 정산 과정이 필요함

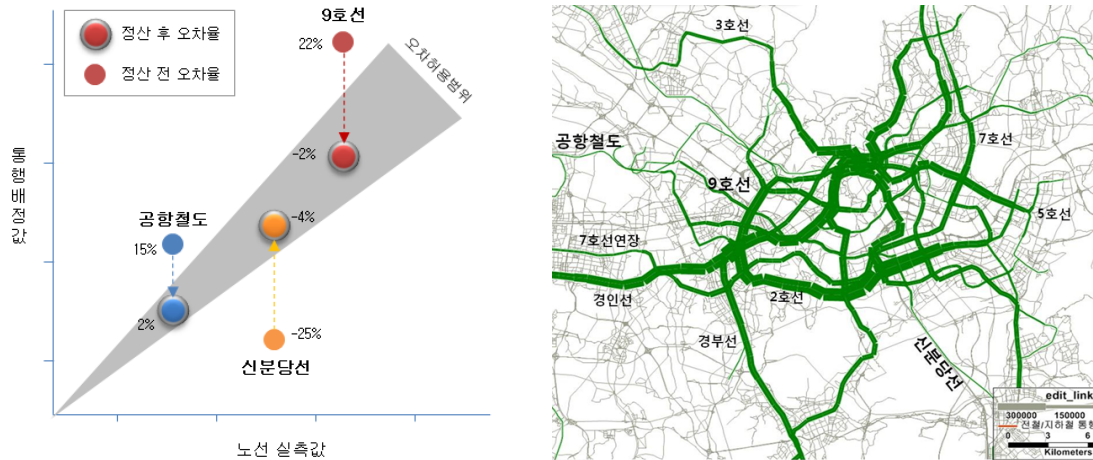
2) 대중교통 수단 O/D 이용

- 기준년도에 대하여 배포되고 있는 18개 수단 O/D 중 광역버스, 일반버스, 마을버스 O/D를 버스 네트워크에 통행배정하고 지하철 O/D를 지하철 네트워크에 배정함
- 통행배정 결과는 총 이용객 실측값과 유사한 결과를 보였고 노선별 오차는 주수단 O/D 대비 감소함



<그림 4-24> 대중교통 수단 O/D 통행배정

- 대중교통 수단 O/D를 대중교통 네트워크에 배정시 지하철의 노선 실측값 대비 배정결과는 총량의 5.0% 오차율이 발생
 - 9호선은 22.2%, 공항철도 15.4%, 신분당선 -24.9%, 그 외 노선 4.6% 오차율 발생
- 9호선, 신분당선, 공항철도 3개 노선에 대한 노선별 오차를 감소시키기 위하여 영향권 설정, 존 위치 이동, 연결링크 조정 등의 추가적인 네트워크 정산 작업을 수행하여 오차율을 감소시킴



<그림 4-25> 대중교통 네트워크 정산 및 통행배정 결과

- 노선별 실측값 대비 통행배정결과의 오차율 $\pm 10\%$ 로 설정하여 정산작업을 수행한 결과는 다음과 같음

<표 4-15> 수도권 주수단 O/D 지하철 노선 통행배정 결과

구분		노선실측값 ① (Card Data)	통행배정 ② (Assignment)	오차율 (②-①)/①*100
버스+지하 철 O/D 별도	9호선	259,771	317,513	22.2 %
	공항철도	74,611	86,081	15.4 %
	신분당선	102,790	77,204	-24.9 %
	그외 노선	7,127,643	7,458,788	4.6 %
	합계	7,564,815	7,939,587	5.0 %
버스+지하 철 O/D 합산	9호선	259,771	254,011	-2.2 %
	공항철도	74,611	75,842	1.7 %
	신분당선	102,790	98,980	-3.7 %
	그외 노선	7,127,643	7,510,754	5.4 %
	합계	7,564,815	7,939,587	5.0 %

제4절 결론

- 본 장에서는 주수단 O/D를 이용한 여객교통수요 분석의 신뢰도를 높이기 위한 통합교통수요 분석 방안 연구를 수행하였음
- 이를 위해 지역간과 대도시권 공로 통행을 대상으로 도로부분 수요분석 방안을 검토하고 지역간 대중교통 통행을 대상으로 철도부분 수요분석 방안을 검토하였음
- 또한 환승 및 다양한 통행제약을 갖는 대도시권의 대중교통수요 통행 특성을 고려하여 수도권 대중교통수요 분석 방안을 검토하였음
- 도로부분 수요분석을 위하여 접근수단 통행배정량을 반영하는 방법과 접근수단 O/D를 반영하는 방법의 2가지 분석 방안을 제시하였음
 - 접근수단 통행량 반영 방법 : 주수단 O/D만을 이용
 - 접근수단 O/D 반영 방법 : 주수단 O/D와 접근수단 O/D를 함께 이용
- 철도부분 수요분석은 기존의 역간 O/D를 이용한 방법이 아닌 주수단 O/D를 이용하는 방법을 제시하였음
 - 기존 역간 O/D의 이용은 대중교통 파라미터 정산을 위주로 수행된 것에 반에 주수단 O/D의 이용은 추가적으로 접근통행 행태를 구현하는 정산과정이 필요하고 이와 관련된 커넥터 조정 및 접근링크 조정 방안을 제시함
- 지역간 통행의 대중교통수요 분석은 철도부분 수요분석 방안에서 제시하였고 대도시권인 수도권의 대중교통(버스, 전철/지하철) 수요분석 방안을 수도권 연구진과 공동연구를 통해 검토함
 - 대중교통 통행배정과 관련한 차외시간과 이에 대한 파라미터값을 검토함
 - 대중교통 통행의 차외시간과 관련하여 2014년도 현행화 사업을 통해 구축된 수도권 대중교통간 환승링크 DB 구축 내용을 제시함
 - 대중교통 통행배정을 위한 주수단 O/D를 이용하는 방법과 수단 O/D를 이용하는 방법을 비교·검토함
- 대도시권 대중교통 수요분석의 경우 현재 수도권의 경우에 한해서 버스 및 지하철 노선 자료와 O/D 자료가 구축되어 있어 보다 정확한 대도시권 수요분석을 위하여 지속적인 추가 연구 수행이 필요하며 대중교통 수요분석의 신뢰도 향상을 위하여 이번 과업에서 환승통행 관련 자료를 구축하였음

- 2017년 국가교통DB 전수화 사업 이후부터 수도권 이외의 타 대도시권에 대해서도 읍면동 단위의 교통 분석존을 구축하고 대도시권 대중교통 DB 구축 및 관련 연구를 보완해 나갈 예정임
- 본 과업은 교통수요 분석의 가이드라인을 제시하는 것으로 분석가는 국가교통DB에서 검토한 방법을 이용하여 수요분석을 할 수 있으나 분석 목적 및 범위에 따라 추가적인 수요분석방안을 검토할 수 있고 정산을 위한 다양한 방법 및 상황에 맞는 조정 작업을 수행하여야 함

파 파



A. 신규 VDF 매뉴얼 작성

1. 신규 KTDB VDF 매뉴얼 작성 배경 및 구성

가. 신규 KTDB VDF 적용 매뉴얼 작성 배경

- 2011년과 12년 과제를 통해 현 16등급 체계에 대한 정산작업 및 내부 통행량 비율 반영 방법론 등이 도입되면서 KTDB VDF 정산 및 적용 과정에 큰 변화가 있었음
- 그러나 2년간 많은 변화들이 있어 실제 VDF를 실무에 적용하는 경우 혼란이 발생할 수 있고, 앞으로의 개선과정들로 인해 변화할 KTDB VDF 적용을 위한 매뉴얼의 필요성이 제기됨
- 지난 3년간 KTDB VDF 위계 및 정산 체계의 변화를 정리한 결과 매뉴얼 작성의 필요성을 요약하면 다음과 같음
- 첫 번째로 VDF의 계수값에 대한 이론적 특성에 대한 이해가 필요함
- 기존 일부 연구들의 경우 VDF의 계수값들을 교통량을 가장 잘 재현하는 값으로 단순히 최적화 알고리즘만을 구성해 도출하는 방식을 택하기도 하였으나 최근 연구에서는 이론적 검토를 통해 각 계수값들이 갖는 특성을 교통류이론에 근거하여 분석하였음
- 이러한 분석을 통해 계수값이 각 위계별로 어떠한 관계를 형성하여야 하는지도 제시하였으며, 이러한 이론적 배경을 매뉴얼을 통해 이해하고 적용하는 것이 필요함
- 두 번째로는 자유교통류 속도와 용량에 대하여 지난 3년간 연구된 결과에 대한 이해가 필요함
- 현재 자유교통류 속도의 경우 시험차량에 의한 속도, 검지기에 의한 속도가 사용되고 있으며, 2014년 과제에서는 내비게이션 자료를 이용한 정산을 수행함
- 용량의 경우 관측 자료를 통해 어떻게 용량을 결정하는 방법론이 여러 가지로 제시되어 있음
- 따라서 매뉴얼에서는 정산에 이용되는 자료의 종류와 자료 전처리, 정산 과정에 대한 설명이 제시됨
- 이와 함께 설명된 내용은 각 계수와 KTDB VDF 정산 신뢰도의 관계에 대한 내용임
- KTDB OD를 통해 통행배정이 이루어지면 혼잡이 어느 정도 발생하는 고속도로와 다차로 상위 2차로 이상 도로들의 경우 용량이 정산 신뢰도에 영향을 줄 수 있는 계수임
- 그러나 다차로 하위등급의 경우 혼잡이 심각한 경우가 거의 없기 때문에 경로 선택에는 자

유교통류 속도가 결정적인 영향을 미치게 됨

- 이와 같이 KTDB VDF 정산 신뢰도 향상 작업을 꾸준히 진행하기 위해서는 각 계수들이 정산 신뢰도에 어떠한 영향을 미치는지를 이해하는 것이 중요하기 때문에 이에 대한 내용을 매뉴얼에 제시함
- KTDB VDF 적용 매뉴얼이 필요한 세 번째 이유는 도시부와 지방부 도로 구분의 도입임
- 과거 VDF 위계에서 도시부와 지방부의 구분이 있었으나 현재의 16등급 체계에 도시부와 지방부가 구분된 30등급(지방부 도시고속도로 제외) 체계의 예는 없었음
- 기존 16등급에 비하여 신규 VDF 체계의 설명력이 향상되어 향후에도 이와 같은 체계가 유지되어야 할 것으로 판단되지만 이에 대한 실무 담당자들의 이해가 아직은 낮은 상황이기 때문에 매뉴얼을 통해 상세한 설명을 제시함
- 마지막으로, 실제 KTDB VDF 이용자들이 VDF를 실무에 적용하기 위해 필요한 VDF 등급 산정 방법 및 각 VDF 등급별 파라미터의 범위를 제시하고 이를 합리적으로 결정할 수 있도록 파라미터의 위계와 권장값에 대한 설명과 구체적인 예시를 제공하기 위함임

나. 신규 KTDB VDF 적용 매뉴얼의 구성

- KTDB VDF 매뉴얼의 구성은 다음과 같음

1) VDF의 이해

- VDF의 특성
 - VDF의 정의, 종류, 구성
- VDF 등급 체계
 - VDF 등급 체계 분류 기준 및 등급별 도로 속성

2) VDF 파라미터 산정

- VDF 파라미터 산정 방법
 - 자유교통류 속도, 용량 및 α 값, β 값 산정 방안
- VDF 파라미터 범위

3) VDF의 적용

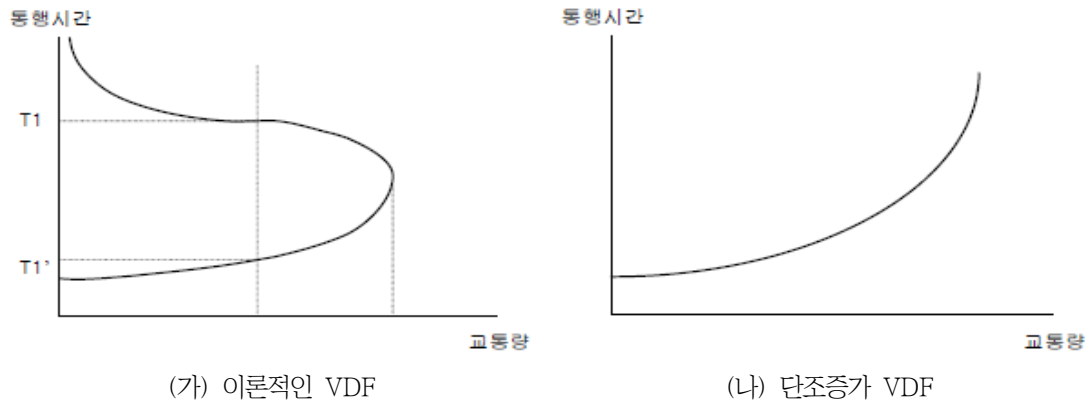
- VDF 등급 간 파라미터의 위계
- VDF 등급별 파라미터 값 결정
- VDF의 적용 사례
 - VDF 등급 산정 방안, 신규도로 및 예외등급도로 VDF 등급 산정 방안
 - 편익 산정 방안

2. VDF의 이해

가. VDF의 특성

1) VDF의 정의

- VDF(Volume-Delay Function)는 도로상의 교통량과 통행시간과의 관계를 나타내는 함수로서 통행자들의 경로선택행위를 모형화한 통행배정(Traffic Assignment)모형에 주로 사용되고 있음
- VDF는 기종점간 최단경로 탐색시 사용되는 시간지체로 운전자의 경로선택에 영향을 미치며, 도로상에 부하되는 교통량을 결정하는 주된 요소임
- 여기서, 최단경로 탐색시 각 경로별 도로저항(Link Impedance)이 판단의 기준으로 사용되는데, 일반적으로 교통량이 임계밀도에 이를 때까지 계속 증가하면 도로저항도 증가하기 때문에 밀도는 감소하고 임계밀도를 넘어서면 교통량과 속도 모두 감소하여 통행시간은 증가하게 됨
- 통행배정에서 VDF는 교통량 증가에 따른 통행시간 변화를 나타내기 때문에 정확한 VDF 없이는 도로 이용자의 통행시간 또는 통행지체에 근거한 이용자의 경로 선택행위를 정확히 모형화 할 수 없기 때문에 매우 중요한 요소임
- 이론상 VDF는 <그림 1>의 왼쪽 그림과 같은데, 그림에서 보듯이 특정 교통량에 각기 다른 두개의 통행시간을 갖게 되므로 이를 그대로 모형화에 사용하기에는 문제가 있음
- 즉, 수리적인 모형으로 표현된 교통배정 모형을 사용하기 위해서는 단조증가 함수 형태로 된 지체함수를 사용하여야 단일해를 찾을 수 있기 때문임
- 따라서, 대부분의 연구에서는 용량보다 큰 교통량에 대해서 <그림 1>의 오른쪽 그림과 같이 단조 증가하는 형태의 VDF를 이용하며, 이와 같은 VDF가 가져야 할 속성은 다음과 같음 (Ortuzar et al,1994)
 - 사용된 통행 지체함수가 현실에 적합해야 함
 - 통행지체함수는 통행량에 대하여 비감소(Non-decreasing), 단조성(Monotone)을 가져야 하며, 연속적(Continuous)이고 미분가능(Differentiable)해야 함
 - 또한, 교통수요가 용량을 초과하는 과포화시를 표현할 수 있어야 하며, 현실적 요구에 맞춰 손쉽게 조작 가능해야 함



<그림 1> VDF의 형태

2) VDF의 종류

- VDF 함수의 종류를 단일식과 복수 분류식으로 나눠서 구분하였고, 이하 각 VDF 함수를 구성하는 기호들에 대한 설명은 다음과 같음

X	: 교통량
t	: 교통량이 X 일 때 통행시간
t_0	: 자유교통류 속도일 경우의 통행시간
C	: 최대 용량
S	: 포화 교통류율(Saturation flow)
D	: 도로연장
J	: 지연매개상수 ($J : \geq 0$, 링크유형과 환경에 의하여 결정)
α, β, γ	: 변수 ($\alpha, \beta, \gamma > 0$)

① 단일식

a) Wardrop 식

- Wardrop은 도로망의 전체 통행속도와 교통량과의 관계를 표시하는 지체함수를 개발함

$$t = \frac{t_0}{1 - \gamma X} + \frac{\alpha \beta}{(\alpha - X) D} \dots\dots\dots \text{식 (35)}$$

- 평균 지체의 역수와 교통량의 관계는 대기행렬과 통행시간에 대하여 대체로 선형 관계임을 증명함

b) Smoke 식

- Smock(1962)는 DATS(Detroit Area Transportation Study)에 사용하기 위해 다음과 같은 지수형식을 개발함

$$t = t_0 \exp(X/C_c) \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

$$t \leq 5t_0 \dots\dots\dots \text{식 (2)}$$

c) Mosher 식

- Mosher(1963)는 다음과 같은 log함수를 제안함

$$t = t_0 + \ln(\alpha) - \ln(\alpha - X) \dots\dots\dots \text{식 (3)}$$

- 쌍곡선 용량함수는 다음과 같음

$$t = \beta - \frac{\alpha(t_0 - \beta)}{X - \alpha} \dots\dots\dots \text{식 (4)}$$

- 단, $X \leq \alpha$ 로 정의되었음

d) BPR 식

- 현재 가장 많이 사용되는 VDF 함수로 미국의 공로국(BPR : Bureau of Public Roads)에서 1964년에 개발하였으며, 함수식은 다음과 같음

$$t = t_0 (1 + \alpha(X/C_p)^\beta) \dots\dots\dots \text{식 (5)}$$

- 파라미터 α, β 값은 통상 0.15, 4를 적용함

e) Soltman 식

- Soltman(1965)은 다음과 같은 비선형 통행비용함수를 제안하여 PATS(Pittsburgh Area Transportation Study)에서 사용함

$$t = t_0 2^{X/C_p} \dots\dots\dots \text{식 (6)}$$

- 단, $X/C_p \leq 2$, 즉, $t/t_0 \leq 4$ 임

f) Overgaard 식

- 위의 Soltman식은 Overgaard(1967)에 의해 다음과 같은 일반식의 형태로 제시됨

$$t = t_0 \alpha^{(X/C_p)^\beta} \dots\dots\dots \text{식 (7)}$$

- 즉, Soltman식은 Overgaard식에서 $\alpha = 2$, $\beta = 1$ 일 경우임

g) TRC 식

- 1966년 TRC(Traffic Research Corporation)는 다음과 같은 비선형 함수식을 제안하여 캐나다 Winnipeg지역에서 사용함

$$t = \alpha + \beta(X_1 - \gamma) + \{\beta^2 (X_1 - \gamma)^2 + \delta\} \dots\dots\dots \text{식 (8)}$$

h) Dafermos 식

- Dafermos(1967)는 다음과 같은 함수식을 제안함

$$t_a = \alpha_a \{\beta_a / (\beta_a + Z_a)\}^{U_a} X_a + B_a X_a \dots\dots\dots \text{식 (9)}$$

- 단, $\alpha_a, \beta_a > 0$, $0 \leq U_a \leq 1$, $Z_a : a$ 구간에서 용량 증가분, $B_a(\cdot) : \text{함수임}$

I) Steenbrink 식

- Steenbrink(1974)는 BPR식의 Practical Capacity 대신에 서비스 수준 E 용량을 사용하여 네덜란드의 교통환경에 대하여 α 와 β 를 검증함
- 이 식에서는 $\alpha = 2.62$, $\beta = 5$ 로 설정하였음

j) Conical 함수

- Spicess & Heinz(1989)가 제안한 모형으로서, BPR 통행비용함수의 급격히 증가하는 곡선의 형태에 대한 문제점을 보완함

$$f(x) = 2 + \sqrt{\alpha^2 (1-x)^2 + \beta^2} - \alpha(1-x) - \beta \dots\dots\dots \text{식 (10)}$$

- 여기서, $\beta = \frac{2\alpha - 1}{2\alpha - 2}$, $x = \frac{X}{C}$, α 는 1보다 큰 상수임

② 복수 분류식

a) Irwin, Dodd와 Von Cube의 식

- Irwin, Dodd와 Von Cube(1961)는 다음과 같이 차로별 교통량과 용량 간 관계에 의해 불연속적으로 적용하는 두 개의 직선함수를 제안함

$$t = t_a + \alpha(X' - C_p') \quad \text{for } X' < C_p' \quad \dots\dots\dots \text{식 (11)}$$

$$t = t_a + \beta(X' - C_p') \quad \text{for } X' \geq C_p' \quad \dots\dots\dots \text{식 (12)}$$

$$\text{단, } t_a = t_0 + \alpha C_p'$$

- 여기서, X' 와 C_p' 는 차로 당 교통량과 용량의 개념임

b) Campbell, Keefer와 Adams 식

- Campbell, Keefer와 Adams는 현재 CATS 함수라고 알려져 있는 다음과 같은 식을 제안함

$$t = t_0 \quad \text{for } \frac{X}{C} \leq 0.6 \quad \dots\dots\dots \text{식 (13)}$$

$$t = t_0 + S\left(\frac{X}{C} - 0.6\right) \quad \text{for } \frac{X}{C} > 0.6 \quad \dots\dots\dots \text{식 (14)}$$

- 신호화된 도시부 간선도로에서의 속도와 V/C 의 관계를 나타내는 모형을 개발하기 위해 시카고 지역 교통조사(CATS)에서 신호에 의한 누적 정지시간을 통행시간에 더하는 방법을 제시함
- 누적 정지시간은 최대 및 최소 가능 정지시간의 평균으로 산출하였고, 최대 및 최소 가능 정지시간은 다양한 신호주기와 교통량을 가진 도로를 대상으로 산출함
- 이 결과 속도-교통량 관계를 규명할 수 있었으며, 이를 속도- V/C 관계식으로 변환함

c) Davidson 식

- Davidson(1966)에 의해 제안된 식으로 대기행렬 이론에 근거한 이론적 함수에 속하며 다음의 3개의 매개상수를 가지는 형태로 표현함

$$t = t_0 \left(1 + J \frac{X}{S - X}\right) \quad \dots\dots\dots \text{식 (15)}$$

- J 는 링크유형과 링크의 환경에 의하여 결정되며, 링크교통량이 용량을 초과하는 경우 이를 반영하지 못하는 단점을 가지고 있기 때문에 이를 추정하기 위해서는 최소 자승법 등 통계적인 처리가 필요함

d) Akcelik 식

- 신호분석상의 지체식에 Davidson 함수를 비교하여 새로운 링크 효용함수를 개발하였음
- Davidson함수식의 확장되어 표현된 식이며, 여기서, $Z_a = S_a - 1$ 임

$$t_a(X_a) = t_0 + 0.25 \cdot T \left[Z + \sqrt{Z_a^2 + 8J_a \cdot \frac{S_a}{C_a \cdot T}} \right] \dots\dots\dots \text{식 (16)}$$

e) Florian and Nguyen(1976)

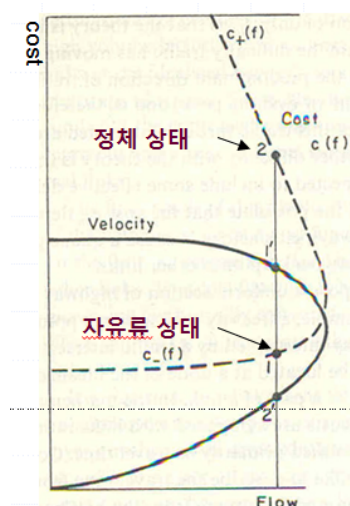
- 도로의 특성인 링크길이, 차로수와 더불어 기하구조에 따른 곡선반경 및 편구배 등에 따른 요소를 반영시킨 비선형 함수식임

$$t_a = D_a \left[\delta + \alpha \left(\frac{v_a}{l_a} - \gamma \right) + \sqrt{\alpha^2 \left(\frac{v_a}{l_a} - \gamma \right)^2 + \beta} \right] \dots\dots\dots \text{식 (17)}$$

- 여기서, l_a : 차로수, $\alpha, \beta, \gamma, \delta$: 곡선에 따라 변하는 상수 값임

f) Newell's(1980)

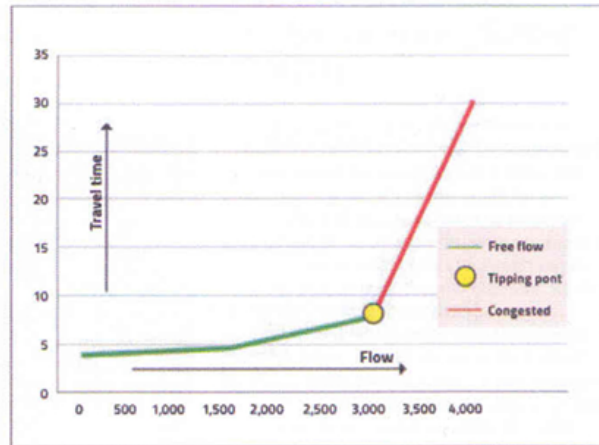
- Newell's은 교통류 제약 통행비용함수를 제시하였는데 인접 링크간 상호 영향과 그로 인해 발생한 지정체 상황을 반영하기 위함임
- 그에 따라 <그림 2>와 같이 고속도로에서 자유교통류 상태와 정체상태에 따라 다른 통행비용함수를 제시함



<그림 2> 교통량과 통행비용의 관계

g) TTI(Traffic Technology International)

- 교통량과 지체와의 관계는 tipping point에 따라 두개의 선형관계로 구분됨
- <그림 3>에서 알 수 있듯이 tipping point에서 급격하게 통행시간이 증가함



<그림 3> 교통량과 통행시간의 관계

3) VDF의 구성

- 우리나라의 경우에는 표준 VDF로써 미국 공로국(BPR : Bureau of Public Roads)에서 개발한 BPR 식을 이용하고 있으며 이하 언급되는 모든 VDF는 BPR 식을 기반으로 한 VDF를 의미함

① VDF의 기본 구조

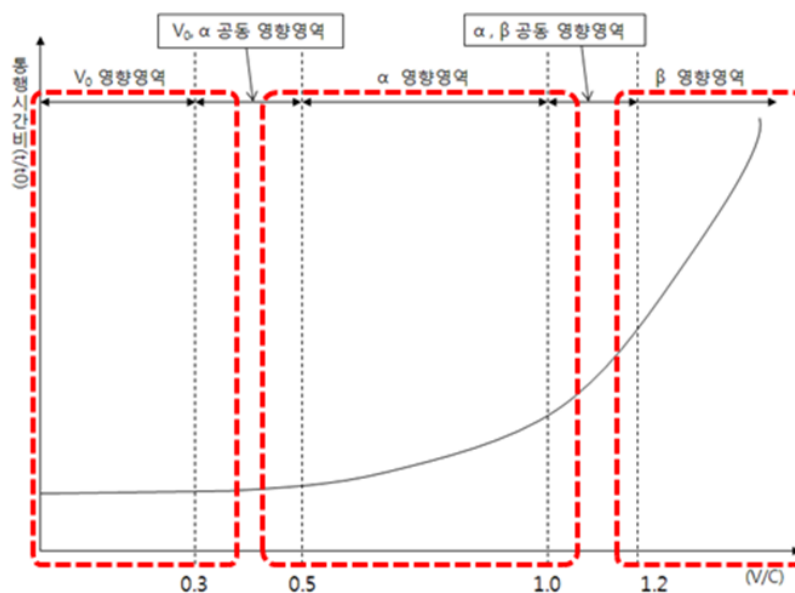
- BPR 식을 기반으로 한 VDF를 사용하기 위해서는 자유교통류 속도, 교통량, 가로의 용량 및 계수 α 와 β 가 필요하며 함수의 기본 형태는 다음의 식 (18)과 같음

$$t = t_0(1 + \alpha(v/c)^\beta) \dots\dots\dots \text{식 (18)}$$

- 여기서 t 는 통행시간, t_0 는 자유교통류 통행시간, v/c 는 교통량 대 용량 비, α 와 β 는 계수임

② VDF의 파라미터

- VDF는 총 4개의 파라미터들을 포함하고 있으며 각 파라미터의 종류는 1)자유교통류 속도, 2)용량, 3) α , 4) β 임
- 위의 4가지의 파라미터들은 크게 두 그룹으로 구분할 수 있음
- 자유교통류 속도와 용량의 경우 v/c 값에 따라 통행시간에 미치는 영향이 변하지 않는 상수와 같은 파라미터이기 때문에 현장에서의 자료 관측을 통하여 직접 결정이 가능함
- 반면, α 와 β 의 경우 v/c 전 구간에 대하여 곡선의 형태에 영향을 미치기 때문에 다양한 교통량에서 수집된 자료를 통해 정산을 시행하거나, 통행배정 모형을 이용한 반복배정기반의 추정 방법을 사용함
- 이러한 특성에 따라 VDF의 각 파라미터들은 <그림 4>와 같이 v/c 구간에 따라 VDF 식의 형태에 영향을 줄 수 있는 범위가 다름

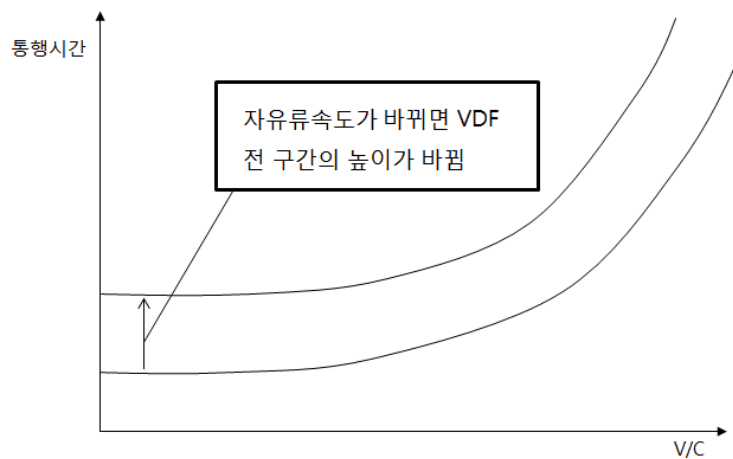


<그림 4> VDF 파라미터별 주 영향 구간

- 이와 같이 VDF를 구성하는 각 파라미터들의 특성이 차이를 보임에 따라 VDF 파라미터 결정시 각 파라미터의 개념 및 성질에 대한 정확한 이해가 필요함
- 따라서 본 절에서는 VDF의 합리적인 적용을 위해 필요한 각 파라미터들의 특성과 VDF에서의 역할 및 고려사항에 대한 추가적인 내용을 설명하였음

a) 자유교통류 속도(V_0)

- 자유교통류 속도는 VDF의 t_0 에 역수를 취한 값으로써 현장조사 결과 분석의 편의를 위해 t_0 와 동일한 개념으로 이용됨
- 자유교통류 속도가 VDF에서 중요한 이유는 α 값이나 β 값이 v/c 와 통행시간의 관계를 설명할 수 없는 구간에서 도로의 통행시간을 결정하는 파라미터이기 때문임
- 즉, v/c 가 낮은 교통류 수준에서는 차량이 증가하더라도 통행시간의 증가는 발생하지 않음
- 따라서 통행량이 많지 않은 비혼잡 시간대 또는 혼잡이 없는 도로구간의 경우 통행배정에서 운전자들의 경로선택에 절대적인 영향을 미치는 것이 도로구간의 자유교통류 속도임
- 자유교통류 속도의 또 다른 중요한 점은 <그림 5>와 같이 자유교통류 속도에 따라 VDF의 다른 파라미터들도 영향을 받는다는 것임
- 즉, 자유교통류 속도는 VDF 시작점의 높이를 정의하기 때문에 이 값이 정확하지 않으면 나머지 모든 파라미터 값들이 정확하게 결정될 수 없음

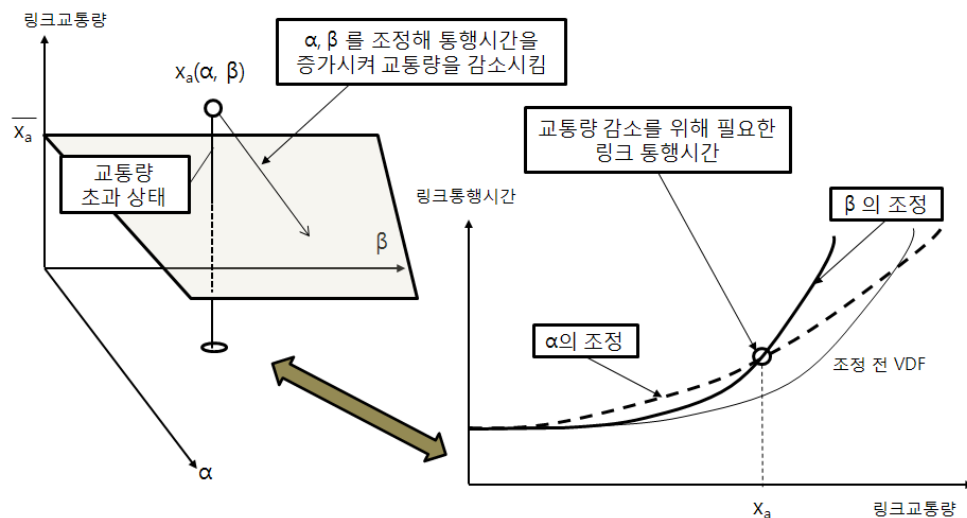


<그림 5> 자유교통류 속도 변화에 따른 VDF의 영향

- 일반적으로 자유교통류 속도는 차량에 주어진 한계주행속도로서 구간길이가 주어지면 VDF의 교통량이 0인 상황에서의 최소통행시간을 정의하게 됨
- 그러나 이와 같은 정의로는 불연속 교통류가 통행하는 다차로도로의 경우 신호시설 또는 교차로의 간격이 자유교통류 속도의 결정에 큰 영향을 미치게 됨
- 따라서 다차로도로에서 VDF를 합리적으로 설명할 수 있는 자유교통류 속도를 결정하기 위해서는 신호시설의 밀도에 따라 도로의 위계를 구분하는 것이 필요함

b) 용량(c)

- VDF에서 용량은 어느 수준의 교통량에서 도로에 혼잡이 발생하는지를 정의하는 역할을 함
- 용량이 과다하게 설정될 경우 현실과 동일한 수준의 교통량이 통과할 때 통행시간이 과소추정 되고, 이에 따라 해당 도로를 통과하는 교통량은 과다추정 됨
- VDF 정산과정에서는 이렇게 과다 추정된 교통량을 감소시키기 위해 <그림 6>과 같이 α 값과 β 값의 조정이 이루어지며 이러한 과정을 통해 연쇄적으로 α 값과 β 값의 과다추정이 발생함



<그림 6> VDF 계수 조정을 통한 링크 교통량 조정 과정

- 한편, 다차로도로의 경우 신호의 영향에 의해 교차로 밀도가 높아질수록 용량은 크게 낮아질 것으로 예상되지만 많은 도로에서 관측교통량 기준 v/c 가 매우 낮아 관측교통량을 통해 용량을 정산하는 것은 쉽지 않음
- 이에 따라 도로의 용량 결정 시 일반적으로 도로용량편람에서 제시된 도로 용량 산정 기법을 이용지만 다양한 연구를 통해 실제 도로에서의 용량은 이보다 다소 낮은 것으로 알려져 있음
- 따라서 VDF에서의 정확한 용량 값을 결정하기 위해서는 실측 자료와 공학적 기법에 의한 용량 계산 기법이 필요함

c) α

- α 값은 앞서 밝힌바와 같이 v/c 의 증가에 대한 통행시간의 증가폭을 결정하는 파라미터 중 하나임
- VDF에서 α 값은 역할은 도로의 교통량이 용량($v/c=1.0$)에 도달했을 때 자유교통류 통행시간을 기준으로 실제 통행시간이 얼마나 증가하는지를 정의해주는 역할을 함
- 이러한 개념을 기초로 해석하면 α 값은 동일한 교통류 특성의 영향을 받는 도로의 등급이나 차로수의 증가 등에 대하여 일관성 있는 변화를 나타내어야 함
- 즉, 다른 모든 조건이 동일하다면 링크의 차로수가 증가할수록 α 값이 줄어들거나 증가하는 경향이 역전될 가능성은 거의 없으며, 연속류와 단속류, 또는 단속류에서도 동일 구간길이에 서 교차로 개수가 증가함에 따라 α 값이 변화하는 추세가 역전되어서는 안됨

d) β

- β 값은 α 값과 마찬가지로 v/c 의 변화에 따른 VDF의 통행시간 변화를 나타내는 파라미터이지만 α 값은 v/c 에 배수로 곱해지는 반면 β 값은 v/c 에 승수로 곱해지기 때문에 두 계수의 측성은 큰 차이가 있다고 할 수 있음
- VDF에서 β 값의 역할은 v/c 의 증가에 따라 통행시간이 얼마나 빠르게 증가하는지를 정의해주는 것이며 값의 역할이 승수이기 때문에 1.0보다 큰 값으로 설정되어야 함
- 즉, v/c 가 1.0 이하인 경우에는 v/c 가 클수록 통행시간은 약간 감소하지만 v/c 가 1.0보다 커지면 통행시간을 지수적으로 증가시키는 역할을 담당함

나. VDF 등급 체계

1) VDF 등급 체계 분류 기준

① 도로유형

- VDF 등급 체계에서 도로유형은 크게 고속도로, 다차로도로, 램프 및 커넥터 이상 3가지로 분류됨
- 먼저 고속도로의 경우 세부적으로 일반 고속도로와 도시고속도로로 재분류되며 <표 1>의 22개 도시고속도로 외 모든 고속도로는 일반 고속도로로 분류됨

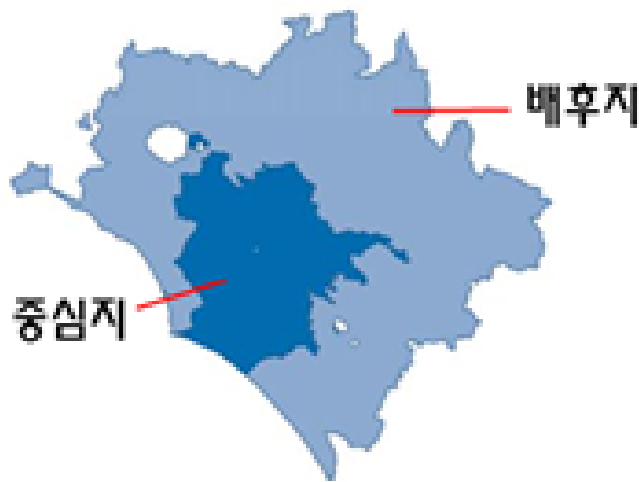
<표 1> 도시고속도로 목록

순번	소재지	고속도로명	순번	소재지	고속도로명
1	서울특별시	강변북로	12	경기도	제3경인고속화도로
2		내부순환도로	13	대전광역시	천변도시고속화도로
3		동부간선도로	14	광주광역시	제2순환로
4		북부간선도로	15	대구광역시	신천대로
5		서부간선도로	16	부산광역시	강변대로
6		올림픽대로	17		관문대로
7	경기도	과천의왕간고속화도로	18		광안대로
8		분당내곡간고속화도로	19		동서고가로
9		분당수서간고속화도로	20		번영로
10		자유로	21		수영강변도로
11		제2자유로	22		장산로

- 다차로도로는 고속도로 및 고속도로 진·출입을 위한 연결로 램프를 제외한 모든 도로를 말하며 편도 1차로도로를 포함함
- 램프는 고속도로와 다차로도로 또는 고속도로와 또 다른 고속도로를 이어주는 연결 도로로서 세부적으로는 연결 램프와 요금소로 구분하고 있으나 이는 유료도로 가중치의 적용을 위한 개념적 구분일 뿐 도로 속성의 차이는 없음
- 커넥터는 실제 도로에 존재하지는 않지만 통행배정을 위한 가상의 도로로서 교통량을 네트워크에 분배해주는 역할을 함

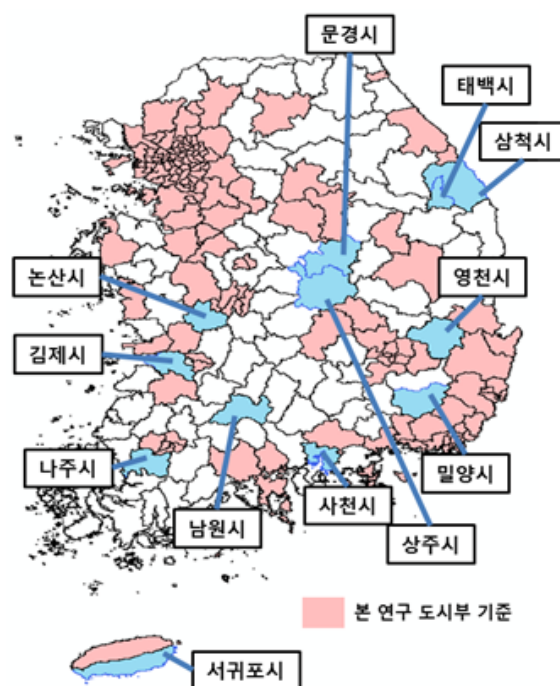
② 도시부/지방부

- VDF 적용을 위한 도로의 도시부/지방부 구분은 도시의 경계를 나타내는 가구와 기업의 형태에 기반하여 OECD에서 제시한 ‘도시의 기능적 정의’를 따름
- 도시의 기능적 정의는 다음의 4단계에 따라 정의됨
 - 첫째 1㎢ 크기 격자에 1,500명 이상 인구가 거주할 경우 고밀도 지점으로 정의함. 유럽, 일본, 한국, 멕시코 등은 1,500명 기준 그 보다 저밀도로 분류되는 캐나다, 미국은 1,000명 기준으로 고밀도 지점을 정의함
 - 둘째 고밀도 지점 거주 인구가 분석대상 행정구역 인구의 50% 이상을 차지할 경우 이 행정구역을 중심지(Urban core)로 정의함
 - 셋째 중심지의 지리적 위치가 떨어져 있더라도 15% 이상의 거주자가 중심지로 통근하는 지역은 해당 중심지의 배후지로 정의함(hinterlands)
 - 넷째 중심지와 배후지를 하나의 기능적 도시로 규정함



<그림 7> 도시의 정의 단계

- 이와 같이 기능적 도시와 우리나라 행정구역상 시에 해당되는 도시를 비교 분석한 결과 <그림 8>과 같이 12개시가 기능적 비도시 지역으로 분류되었으며 이에 따른 우리나라 251개 시군구의 도시부/지방부의 최종 구분 결과는 <표 2>, <표 3>과 같음



<그림 8> 행정구역(시)과 OECD 기준 매칭 결과

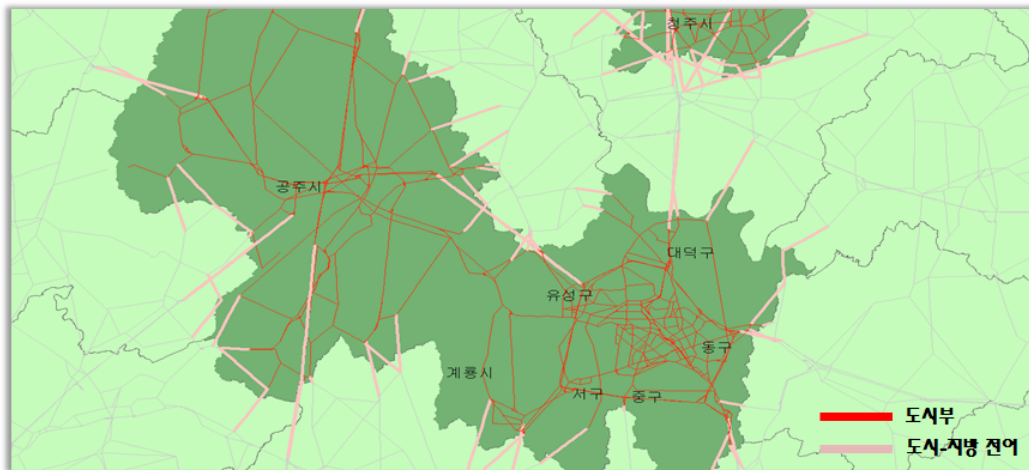
<표 2> OECD 기준 도시부 시군구 목록

광역시	시군구	광역시	시군구	광역시	시군구	광역시	시군구	광역시	시군구	광역시	시군구	광역시	시군구
서울	종로구	서울	강남구	대구	남구	대전	대덕구	경기	안산단원구	강원	원주시	전남	광양시
서울	중구	서울	송파구	대구	북구	울산	중구	경기	고양덕양구	강원	강릉시	경북	포항남구
서울	용산구	서울	강동구	대구	수성구	울산	남구	경기	고양일산동구	강원	동해시	경북	포항북구
서울	성동구	부산	중구	대구	달서구	울산	동구	경기	고양일산서구	강원	속초시	경북	경주시
서울	광진구	부산	서구	대구	달성군	울산	북구	경기	과천시	충북	청주상당구	경북	김천시
서울	동대문구	부산	동구	인천	중구	울산	울주군	경기	구리시	충북	청주흥덕구	경북	안동시
서울	종로구	부산	영도구	인천	동구	경기	수원장안구	경기	남양주시	충북	제천시	경북	구미시
서울	성북구	부산	부산진구	인천	남구	경기	수원권선구	경기	오산시	충남	천안동남구	경북	영주시
서울	강북구	부산	동래구	인천	연수구	경기	수원팔달구	경기	시흥시	충남	천안서북구	경북	경산시
서울	도봉구	부산	남구	인천	남동구	경기	수원영통구	경기	군포시	충남	공주시	경북	칠곡군
서울	노원구	부산	북구	인천	부평구	경기	성남수정구	경기	의왕시	충남	보령시	경남	창원의창구
서울	은평구	부산	해운대구	인천	계양구	경기	성남중원구	경기	하남시	충남	아산시	경남	창원성산구
서울	서대문구	부산	사하구	인천	서구	경기	성남분당구	경기	용인처인구	충남	서산시	경남	창원마산합포구
서울	마포구	부산	금정구	광주	동구	경기	의정부시	경기	용인기흥구	충남	계룡시	경남	창원마산회원구
서울	양천구	부산	강서구	광주	서구	경기	안양만안구	경기	용인수지구	전북	전주완산구	경남	창원진해구
서울	강서구	부산	연제구	광주	남구	경기	안양동안구	경기	과주시	전북	전주덕진구	경남	진주시
서울	구로구	부산	수영구	광주	북구	경기	부천원미구	경기	이천시	전북	군산시	경남	통영시
서울	금천구	부산	사상구	광주	광산구	경기	부천소사구	경기	안성시	전북	익산시	경남	김해시
서울	영등포구	부산	기장군	대전	동구	경기	부천오정구	경기	광주시	전북	정읍시	경남	거제시
서울	동작구	대구	중구	대전	중구	경기	광명시	경기	양주시	전남	목포시	경남	양산시
서울	관악구	대구	동구	대전	서구	경기	평택시	경기	포천시	전남	여수시	-	-
서울	서초구	대구	서구	대전	유성구	경기	안산상록구	강원	춘천시	전남	순천시	-	-

<표 3> OECD 기준 지방부 시군구 목록

광역	시군구	광역	시군구	광역	시군구	광역	시군구	광역	시군구	광역	시군구	광역	시군구	광역	시군구
인천	강화군	강원	횡성군	충북	보은군	충남	서천군	전북	임실군	전남	강진군	경북	문경시	경남	사천시
인천	옹진군	강원	영월군	충북	옥천군	충남	청양군	전북	순창군	전남	해남군	경북	군위군	경남	밀양시
경기	동두천시	강원	평창군	충북	영동군	충남	홍성군	전북	고창군	전남	영암군	경북	의성군	경남	의령군
경기	김포시	강원	정선군	충북	증평군	충남	예산군	전북	부안군	전남	무안군	경북	청송군	경남	함안군
경기	화성시	강원	철원군	충북	진천군	충남	태안군	전남	나주시	전남	함평군	경북	영양군	경남	창녕군
경기	여주군	강원	화천군	충북	괴산군	충남	당진군	전남	담양군	전남	영광군	경북	영덕군	경남	고성군
경기	연천군	강원	양구군	충북	음성군	전북	남원시	전남	곡성군	전남	장성군	경북	청도군	경남	남해군
경기	가평군	강원	인제군	충북	단양군	전북	김제시	전남	구례군	전남	완도군	경북	고령군	경남	하동군
경기	양평군	강원	고성군	충남	논산시	전북	완주군	전남	고흥군	전남	진도군	경북	성주군	경남	산청군
강원	태백시	강원	양양군	충남	금산군	전북	진안군	전남	보성군	전남	신안군	경북	예천군	경남	함양군
강원	삼척시	충북	충주시	충남	연기군	전북	무주군	전남	화순군	경북	영천시	경북	봉화군	경남	거창군
강원	홍천군	충북	청원군	충남	부여군	전북	장수군	전남	장흥군	경북	상주시	경북	울진군	경남	합천군

- 한편 VDF의 적용을 위해서는 각 도로 단위로 VDF 등급을 정의해 주어야 하는데 위와 같이 영역으로 도시부와 지방부를 구분할 경우 도시-지방 전이구간이 발생하게 됨
- 이러한 전이구간들은 대부분 링크 길이가 짧기 때문에 도시부 지역으로 구분하여도 크게 특성이 다르지 않기 때문에 해당 링크들은 모두 도시부에 포함시키는 것을 원칙으로 함



<그림 9> 도시부 및 도시-지방 전이구간 VDF 링크

- OECD 기준의 도로 VDF 정의 시 발생하는 또 다른 문제점으로는 앞서 구분된 ‘도시고속도로’의 일부 구간이 지방부로 정의될 수 있다는 것임

- 그러나 도시고속도로의 고유특성과 실제 OECD 기준의 ‘지방부 도시고속도로’에 해당되는 링크가 경기도 김포시와 화성시 내 10개 미만으로 극소수인 점을 고려해 VDF 적용 시 도시고속도로는 모두 도시부로만 정의하는 것을 원칙으로 함



<그림 10> OECD 기준 지방부 도시고속도로 (도시부로 분류)

- 이 외 모든 일반고속도로 및 다차로도로는 VDF 적용을 위한 등급 체계의 구분에 있어 OECD 기준의 기능적 정의에 따라 도시부와 지방부로 구분되어야하며 램프 및 커넥터는 도시부/지방부의 구분이 불필요함

③ 차로수

- VDF 등급 체계의 또 다른 기준으로 편도 차로 수(이하 차로 수)에 따른 구분이 필요함
- VDF의 4가지 파라미터와 차로 수의 관계는 도로용량편람, HCM 등 국내외 다양한 연구를 통해 입증되었음
- 따라서, 본 절에서는 VDF 등급 분류시 고속도로와 다차로도로의 차로 수 분류 기준만을 간단히 설명하고 VDF 파라미터와 차로 수 간 관계에 대한 설명은 4절에서 자세히 다루기로 함
- 먼저, 고속도로와 도시고속도로의 경우 VDF 등급 분류시 차로 수의 기준은 2차로 이하 고속도로와 3차로 이상 고속도로로 구분되며 이는 과거 고속도로 VDF 등급 분류 기준이었던 편도 1차로, 2차로, 3차로 이상의 3개 등급 중 1차로와 2차로를 통합한 것으로 실제 고속도로 구간 중 1차로인 구간이 거의 존재하지 않았기 때문임

- 다차로도로의 경우 고속도로와는 달리 1차로도로와 2차로 이상 도로로 구분되는데, 이는 1차로도로와 2차로 이상 도로 간 물리적, 교통류적 특성이 명확하게 구분되기 때문임
- 이 외 램프 및 커넥터의 경우 도시부/지방부 구분 기준과 마찬가지로 차로 수에 따른 구분이 불필요함
- 이상의 기준을 <표 4>에 정리하였음

<표 4> VDF 등급 분류시 차로 수의 기준

도로유형	분류기준	도로유형	분류기준	도로유형	분류기준
고속도로	2차로 이하	도시고속도로	2차로 이하	다차로도로	1차로
	3차로 이상		3차로 이상		2차로 이상

④ 교차로 밀도

- 교차로 밀도의 경우 도시부/지방부 및 차로 수의 기준과는 달리 다차로도로에만 적용되는 VDF 등급 분류 기준임
- 적절한 VDF의 산정을 위해서는 주어진 도로와 교통의 환경여건에서 통행비용의 변화를 반영할 수 있는 정확한 지체함수의 정립이 필요하며 이에 따라 기존의 관리주체별 VDF 등급 체계에서 2012년 도로의 물리적 특성을 반영한 VDF 등급체계의 개편이 이루어진 바 있음
- 앞서 언급했듯이 교차로 밀도는 VDF의 4가지 파라미터 모두에 직접적인 영향을 끼치는 주요 요인으로 교통용량편람에서는 <표 5>와 같은 기준으로 다차로도로를 3개 유형으로 구분한 바 있음

<표 5> 다차로도로 유형 구분 (도로용량편람, 2005)

구분	설계속도 (kph)	교차로 밀도 (개/km)	기본 조건의 최대 통행속도 (BSP, kph)
유형 1	90, 100	≤ 0.3	92
유형 2	80	≤ 0.7	87
유형 3	70, 80	≤ 1.0	87

주: 2013년 도로용량 편람의 경우 교차로 밀도 0.5개/km 초과 구간의 경우 다차로도로에서 제외하였음

- 이와 같이 교차로 밀도에 따른 다차로도로 유형분류를 고려하여 본 지침에서는 VDF 적용을 위해 <표 6>의 교차로 밀도에 따라 다차로도로를 총 6등급으로 분류함

<표 6> 다차로도로 VDF 등급 분류시 교차로 밀도의 기준

구분	교차로 밀도(개/km)	구분	교차로 밀도(개/km)
1등급	≤ 0.3	4등급	≤ 2.0
2등급	≤ 0.7	5등급	≤ 4.0
3등급	≤ 1.0	6등급	> 4.0

⑤ 예외 등급

- 도로유형, 도시부/지방부, 차로 수 및 교차로 밀도 이상 4가지 도로속성에 따라 VDF의 등급 체계가 구분되어지며 동일한 VDF 등급 내 모든 도로들은 동일한 VDF 파라미터 값을 적용해야 함
- 그러나 위의 4가지 도로속성으로 분류할 수 없는 특수한 구간 또는 노선의 경우 예외의 등급으로 분리하여 분리 전 동일 VDF 등급의 도로들과 다른 파라미터를 적용할 수 있음
- 예외 등급의 분리를 위해서는 반드시 한국교통연구원의 국가교통DB센터 내 관계자로부터 이와 관련된 자료와 근거에 대한 타당성을 최종 확인받은 후에 적용이 가능함

2) VDF 등급별 도로 속성

- 이상의 기준으로 최종 분류된 VDF 등급 및 각 등급별 도로속성값은 <표 7>과 같음

<표 7> VDF 등급별 도로 속성

VDF	도로속성			
	도로유형	교차로밀도(개/km)	차로수	도시부/지방부
1	고속도로	연속류 (교차로밀도 = 0)	2차로 이하	도시부
2				지방부
3			3차로 이상	도시부
4				지방부
5	도시고속도로		2차로 이하	도시부
7			3차로 이상	
9	다차로도로	≤ 0.3	1차로	도시부
10			2차로 이상	지방부
11				도시부
12				지방부
13		≤ 0.7	1차로	도시부
14			2차로 이상	지방부
15				도시부
16				지방부
17		≤ 1.0	1차로	도시부
18			2차로 이상	지방부
19				도시부
20				지방부
21		≤ 2.0	1차로	도시부
22			2차로 이상	지방부
23				도시부
24				지방부
25		≤ 4.0	1차로	도시부
26			2차로 이상	지방부
27				도시부
28				지방부
29		> 4.0	1차로	도시부
30			2차로 이상	지방부
31				도시부
32				지방부
33	램프	연결램프	-	-
34		요금소	-	-
35	커넥터		-	-

3. VDF 파라미터 산정

가. VDF 파라미터 산정 방법

1) 자유교통류 속도 및 용량 산정 방안

① 개요

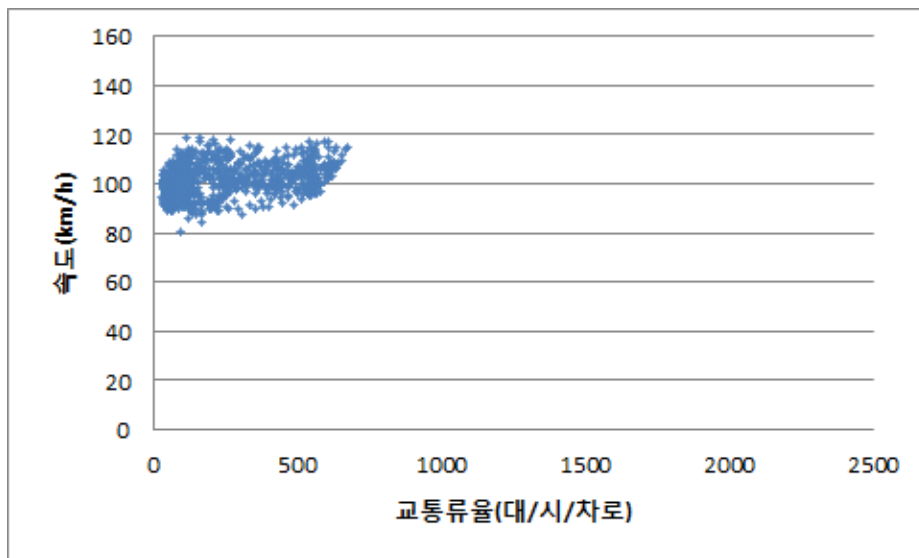
- 앞서 2절에서 설명했듯이 VDF 파라미터 중 통행시간에 가장 중요한 영향을 미치는 파라라 메타는 자유교통류 속도와 용량임
- 즉, 자유교통류 속도와 용량은 VDF 정산 신뢰성에 가장 큰 영향을 미치며 특히 BPR식에서 자유교통류 속도가 잘못 설정되면 함수의 높이 오차가 발생하며 용량이 잘못 설정될 경우 함수 형태가 달라지게 됨
- 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 현실을 반영한 자유교통류 속도와 용량 산정이 필요하며 한국도로공사 교통관리시스템(FTMS), 국도 AVC(Automatic Vehicle Classification, 교통자료 수집장치), 지자체 ITS자료 등 첨단자료를 활용하여 자유교통류 속도 및 용량을 산정할 수 있음

② 자료수집

- 자료 수집의 경우 첨단교통자료(ITS)를 활용하도록 하며 고속도로, 다차로도로, 1차로 도로 등 가능한 자료를 많이 수집함
- 수집된 자료는 원시 자료의 형태일 경우 유효화 작업을 거쳐야 하며 집계된 자료를 받을 경우는 5분 혹은 15분 자료를 이용하여 분석함
 - 점유율, 교통량이 0일 경우 속도 0으로 표시
 - 교통량이 4500대/시 이상일 때
 - 가능 범위를 넘었을 때(가능범위: $0 \leq \text{점유율} \leq 100$),
 - $0 < \text{속도} < 180$, $0 < \text{교통량(30초단위)} < 37.5$

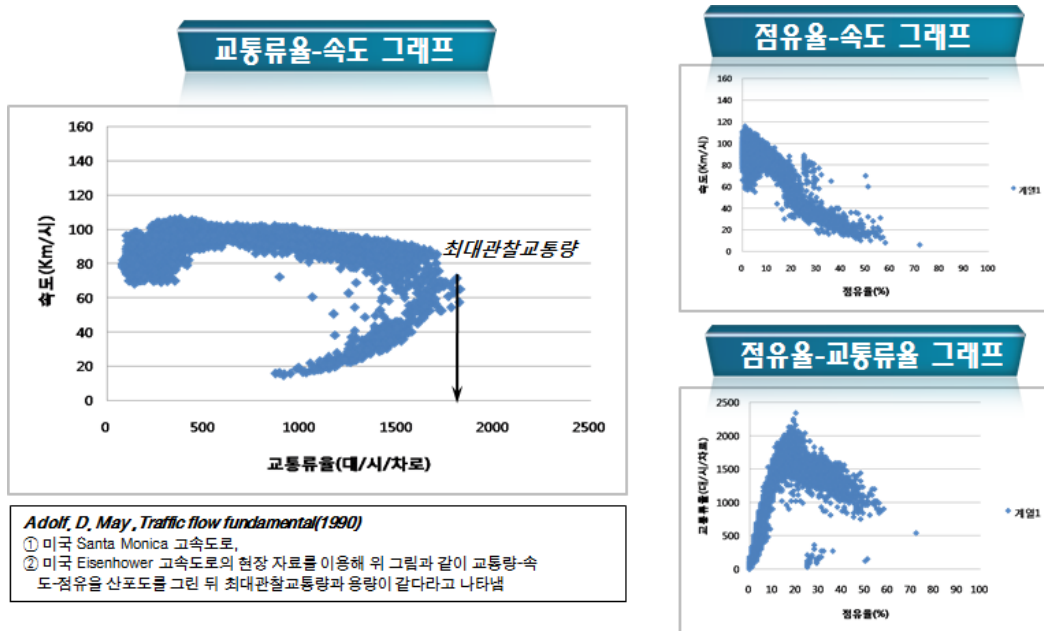
③ 자유교통류 속도 및 용량 산정의 예

- 자유교통류 속도의 경우 먼저 VDF 등급에 따라 노선을 분류하였으며 각 노선별로 밀도 60이하인 속도를 추출함
- 노선별로 추출된 속도는 등급별로 통합하여 범위를 도출하였으며 범위는 85백분위(%)값~99백분위(%)값으로 설정함

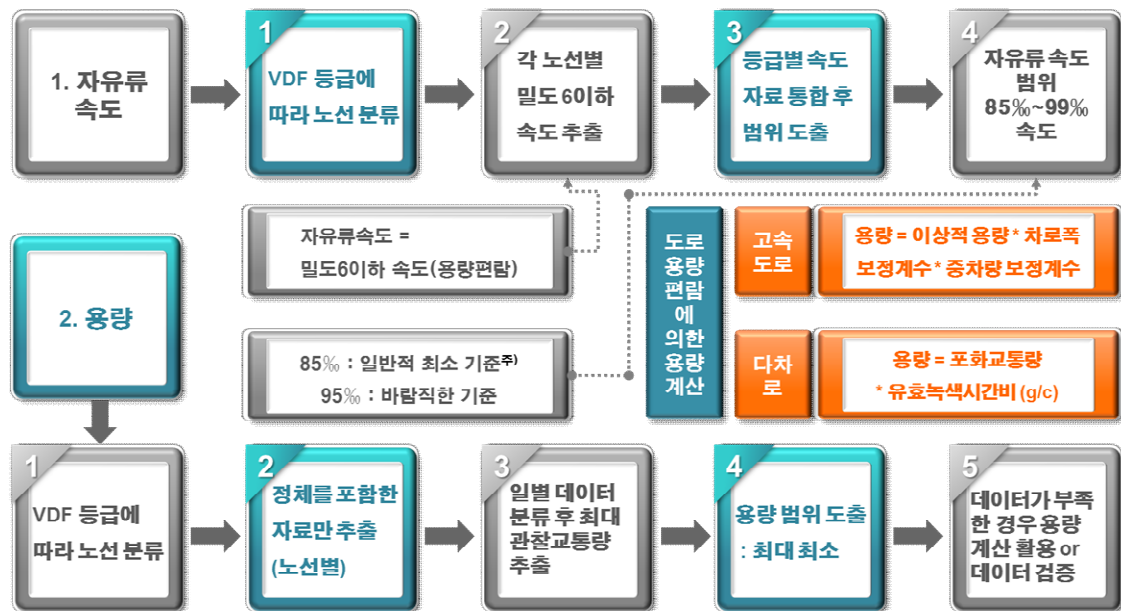


<그림 11> 교통량-속도 그래프(밀도 60이하)

- 용량의 경우 VDF 등급에 따라 노선을 분류하고 분류된 노선별로 교통류율-속도 곡선을 도식화함
- 이때 사용된 교통량, 속도 자료는 정체를 포함한 자료만 사용하며 그 이유는 용량을 산정하기 위해서는 용량을 넘어설 때 발생하는 정체상황이 관측되어야하기 때문임
- 본 예시에서는 교통량-속도 산포도에서 관측되는 최대관찰교통량을 용량으로 산정하였으며 국외 교통류 이론에서 제시한 방법론을 적용하였음
- 용량의 범위는 통합된 VDF 등급내의 최소 최대값을 용량 범위로 설정하며 이는 도로 구간의 Critical Point에 따라 용량이 달라지므로 이를 포함하기 위함임
- 특히 용량의 경우 산정된 값에 대한 검증이 필요하므로 도로용량편람(2013)에서 제시하고 있는 기하구조 자료를 구득할 수 있는 지점에 대해서는 용량값 계산을 통해 검증을 실시함
- 용량 = 이상적 용량 × 차로폭 보정계수 × 중차량 보정계수



<그림 12> 교통류율-점유율-속도 그래프



<그림 13> 자유교통류 속도 및 용량 산정절차

2) α 값 및 β 값 산정 방안

① 개요

- BPR 함수에서 α 와 β 는 교통량-용량 비율 (v/c)의 증가에 따른 통행시간의 증가추세를 설명하는 계수들로서 도로의 물리적 특성, 이에 따른 링크내의 평균적 교통류 특성 등을 반영해 도로 고유의 교통량 증가에 대한 통행속도 감소 패턴에 대한 정보를 포함함
- 따라서 복수의 LOS나 다차종, 도로위계에 각각의 VDF 계수 값을 설정한다면 계수들이 LOS간, 차종간, 도로위계간의 물리적, 교통류적 특성을 일관성 있게 반영해야하며 비현실적인 통행시간을 계산하는 계수값은 배제되어야 함
- 하지만 국내의 많은 연구들에서 이러한 위계 간, 차로수 간 VDF 계수들이 일관성을 확보하지 못하는 경우가 많아 이를 배제할 수 있는 정산과정이 필요함

② α 값 산정 방안 예시

- α 값은 BPR 식의 구조상 α 값은 $V/C=1$ 일 때 T_0 에 비해 VDF에 의한 t 가 얼마나 증가하는가를 결정하는 역할을 함
- 즉, 도로 구간이 용량에 도달했을 때 자유교통류 통행 시간을 기준으로 통행시간이 어느 정도 증가할 것인가를 나타내는 것임

$$t = t_0 \cdot \left\{ 1 + \alpha \cdot \left(\frac{v}{c} \right)^\beta \right\} \dots\dots\dots \text{식 (19)}$$

- $V/C=1$ 이면, 위의 식은 식 (54)와 같이 정리됨

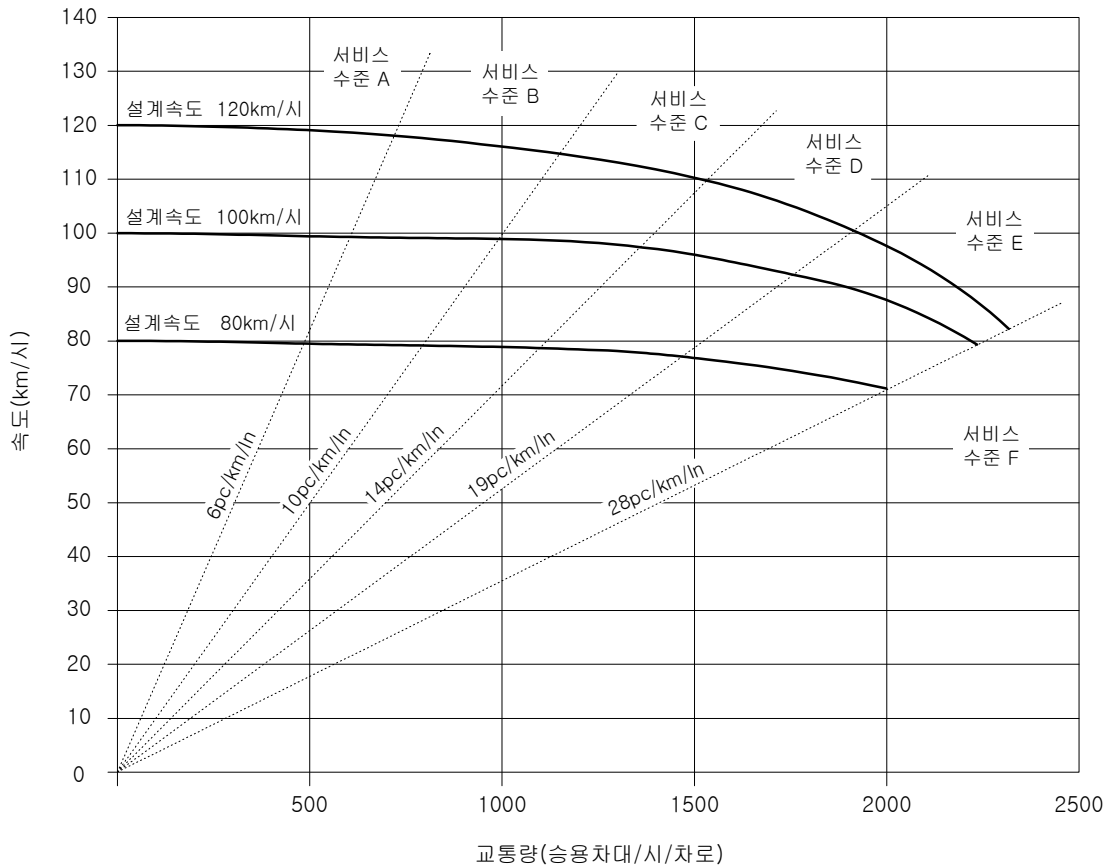
$$t_c = t_0 + t_0 \cdot \alpha \dots\dots\dots \text{식 (20)}$$

- 식 (55)에서 t_c 는 용량상태에서의 통행속도이며, 이를 통해 α 값을 계산하면 식 (21)과 같음

$$\alpha = \frac{t_c - t_0}{t_0} \dots\dots\dots \text{식 (21)}$$

- 이를 속도로 정리하면 식 (21)을 얻을 수 있으며, 설계속도와 용량시 속도가 주어지면 α 값의 추정이 가능함
- 이와 같은 이론적 배경을 토대로 <그림 14>와 같이 도로용량편람에서 제시한 교통량-속도 관계 자료를 이용한 α 값 산정방안의 예시를 설명함

$$\alpha = \frac{t_c - t_0}{t_0} = \frac{\frac{l}{v_c} - \frac{l}{v_0}}{\frac{l}{v_0}} = \frac{\frac{v_0 l - v_c l}{v_0 v}}{\frac{l}{v_0}} = \frac{v_0 - v_c}{v_c} \dots\dots\dots \text{식 (22)}$$



<그림 14> 도로용량편람의 교통량-속도 관계도 (도로용량편람, 2005)

- 먼저 고속도로의 경우를 살펴보면 도로용량편람에서는 설계속도가 100km/h인 경우 $V/C=1$ 에서의 속도가 78.6 km/h, 120km/h인 경우 $V/C=1$ 에서 속도가 82.1km/h로 정의되어 있어, 속도 감소율은 각각 설계속도가 80km/h일 경우 약 7%, 100km/h일 경우 21%, 120km/h인 경우 32%인 것으로 분석됨
- 따라서 도로용량 편람의 교통량-속도 관계도에 근거하여 통행시간 증가폭을 계산하면 고속도로 본선구간의 경우 α 값은 0.07-0.47 사이에서 존재해야함.
- 고속도로 본선구간 외에 엇갈림 구간의 경우 $V/C=1$ 수준에서의 속도 감소폭을 확인해본 결과 설계속도가 편도 4차로 기준 100 km/h인 경우 약 31%, 설계속도가 80 km/h인 경우 23%의 감소가 나타나는 것으로 나타남

- 하지만 이러한 감소율은 <그림 14>에서 보듯 서비스수준이 F 이전에 나타나는 것이며, 교통류 상황이 불안정상태 (unstable condition)에 도달하면 더 급격히 교통류를 변화에 의해 속도 감소가 발생하는 것이며 계수값의 존재 범위는 자료를 통해 나타나는 범위보다는 커야 하는 최대범위로 설정되어야 하므로 고속도로의 경우 0.2~0.7사이로 가정함
- 도로용량편람의 속도 감소폭에서 확인한 중요한 점은 도로의 설계속도와 차로수에 따른 감소율의 변화 경향인데, 분석결과 고속도로의 경우 속도 감소율은 설계속도가 높을수록 더 크게 나타나고, 설계속도가 낮은 경우 감소율도 낮게 나타남
- 이는 초기 설계 속도에 비해 용량에서의 속도 감소율이 고속도로의 경우 설계속도가 높을수록 커지기 때문이며 이러한 경향은 도로 위계 및 차로수에 대한 α 값 관계 설정시 중요한 고려사항으로 이용할 수 있음
- 다차로 도로의 경우 도로용량편람에서는 유형 1의 경우 설계속도가 90 km/h이상, 교차로 밀도가 km당 0.3개 이하인 도로로서, 이 경우 편람에 따르면 속도 감소율은 17% 정도이며, 유형 2의 경우 설계속도가 80km/h이고 교차로 밀도가 0.7개/km 이하인 경우로 정의되는데 이때 속도 감소율은 약 40% 수준임
- 마지막으로 설계속도 80이하 교차로밀도 km당 1.0개 이하인 경우 속도 감소율은 46%이므로, 불연속 교통류인 다차로 도로의 경우 속도 감소율은 17%~46%정도인 것으로 분석되며, 이를 기초로 최대 존재범위를 설정하면 α 값 추정 범위는 0.3-1.0으로 결정됨
- 두 도로 형태를 비교해 도로 위계 간 관계를 검토하면 V/C=1에서의 평균적인 속도 감소율을 비교했을 때 고속도로가 다차로도로에 비해 감소율이 작게 나타나 α 값이 더 작아야 하는 것으로 판단됨
- 그 밖에 설계속도 크기에 대한 감소율을 비교하면 고속도로의 경우 설계속도가 낮아질수록 감소율도 줄어드는 반면, 다차로도로의 경우 설계속도가 낮아지고 교차로 밀도가 증가할수록 속도감소폭은 더 커진 것으로 나타남
- 따라서 고속도로의 경우 최고주행속도가 높을수록 α 값은 줄어들어야하며, 다차로도로의 경우 교차로 밀도가 증가할수록 α 값은 증가하는 것이 용량편람이 제공하는 내용과 일치함
- 본 예시에서 고려하는 고속도로의 경우 차로수가 3차로 이상인 경우와 2차로 이하인 경우, 초기속도는 100, 110으로 가정되어 있기 때문에 3차로 이상인 경우 초기속도 110에 용량편람 설계속도 120km/h 기준을 적용하고, 차로수 2차로 이하인 경우에 대해서는 설계속도 100km/h의 경우를 적용하되 두 VDF가 교차하지 않도록 그 값을 추정함

- 다차로 도로의 경우 1~3등급까지는 도로용량편람과 구분이 일치하므로 1~3등급보다는 낮은 수준으로 결정함
- 이와 관련해 수도권 2006년 기준으로는 α 값이 4~6등급에 대해 1.25~1.67로 정산되어 있어, 현재 본 연구에서 추정한 1~3등급의 α 값 범위 0.20~0.85의 범위와 논리적으로 정확히 부합하는 결과가 나타남
- 따라서 1~3등급은 0.3~1.0 사이에서, 4~6등급은 1.0~1.8정도의 범위에서 α 값의 추정 범위를 설정하는 것이 현재까지의 모든 과거 자료 및 정산 결과, 교통류 이론 및 도로용량편람 기준으로 가장 합리적임
- 이를 기초로 추정한 α 값의 존재 범위는 <표 8>과 같음

<표 8> 도로용량편람에 따른 속도감소율과 α 값 영역범위

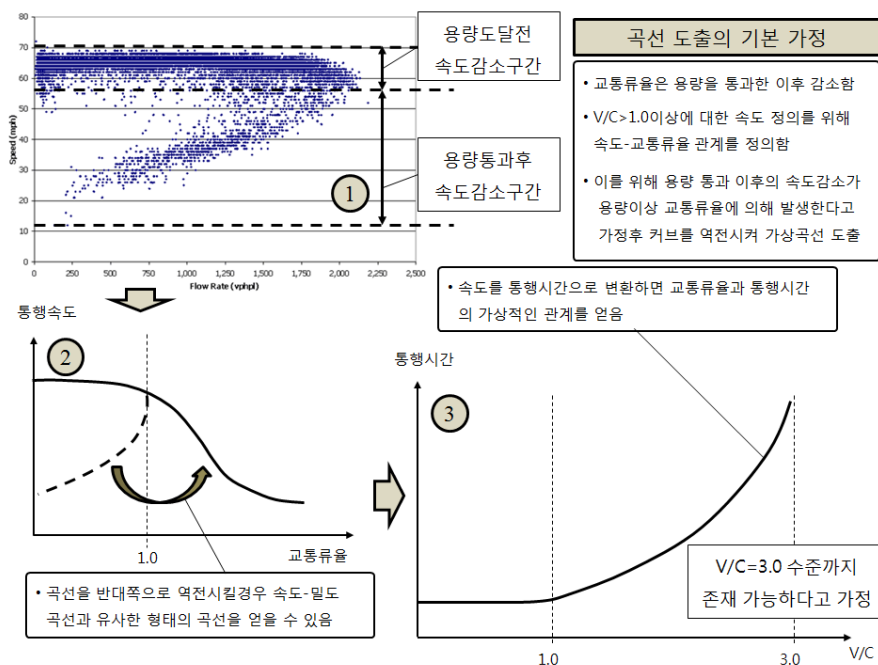
	설계속도 (km/h)	차로수	속도 감소율	통행시간 증가비	α 값 범위	혼잡고려 수정범위
고속 도로	120	편도 4차로	32%	1.47	0.07~0.47	0.2~0.7
	100	편도 4차로	21%	1.26		
	80	편도 4차로	7%	1.07		
다차로 도로	설계속도 (km/h)	교차로밀도	속도 감소율	통행시간 증가비	α 값 범위	혼잡고려 수정범위
	90	<0.3(개/km)	17%	1.20	0.20~0.85	0.3~1.0
	80	<0.7(개/km)	40%	1.67		
	80이하	<1.0(개/km)	46%	1.85		

③ β 값 산정 방안 예시

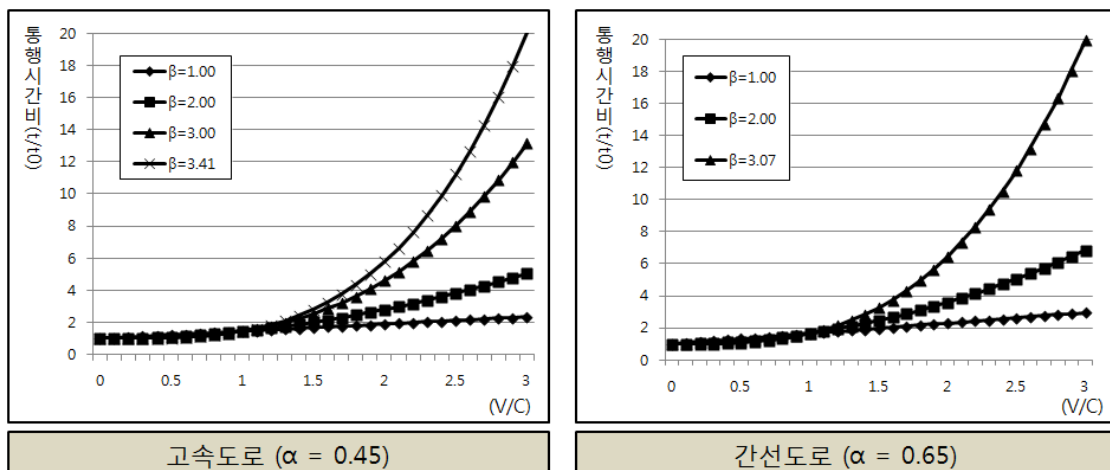
- β 값의 경우 BPR함수에서 v/c 의 증가에 따른 통행시간의 지수적 증가를 반영하기 때문에 1.0 이상의 값을 갖도록 설정하여야 함
- 반면 β 값의 이론적인 최대값은 v/c 의 현실적인 최대 범위 내에서 t/t_0 의 최대 허용값 범위를 벗어나지 않는 값을 정의함으로써 추정이 가능한데, 이를 위해서는 도로구간 최대혼잡시 15분~1시간과 같은 충분한 관측시간 내에 가능한 최소 통행속도가 정의되어야 함

- 정적 통행배정 모형의 목적상 사고가 아닌 정상적인 통행량 증가로 기록될 수 있는 최소 통행속도를 알 수 있다면, 이를 기준으로 최대 통행시간의 정의가 가능하고, 이를 통해 최대 t/t_0 비를 설정해, 이 최대치를 초과하지 않는 β 값을 주어진 α 값 범위 내에서 정의할 수 있음
- 최소통행속도와 관련된 사례를 검토한 결과 DYNASMART-P의 경우 두 가지 형태의 교통류 모형을 사용하고 있는데, 식의 기본 형태는 Modified Greenshield 식이며, 간선 및 일반도로에 적용되는 최소 통행속도는 6 mile/h (=9.65 km/h), 고속도로의 경우 10 mile/h (=16.01 km/h)를 초기설정 값으로 적용하였음
- 초기값 기준으로 간선 및 일반도로는 최대속도가 45 mile/h, 고속도로는 70 mile/h가 설정되어 있기 때문에, 이 경우 t/t_0 의 최대값은 간선도로가 7.5배, 고속도로가 7배 소요되는 것으로 가정되어 있음
- 따라서 연속류의 경우 최대속도를 100 km/h수준이라 가정할 때 최소 평균 통행속도를 5~10 km/h로 설정할 수 있고, 이 경우 t/t_0 의 최대값은 고속도로에서는 10~20 (배) 정도가 됨
- 다차로도로의 경우 고속도로에 비해 설계속도가 낮고 신호시설 등의 영향이 있기 때문에 50~90 km/h로 설계속도가 설정되고 고속도로와 동일하게 10~20배 정도의 t/t_0 증가비율을 적용하면 2.5~5 km/h 정도의 최소통행속도를 가정할 수 있음
- 이렇게 가정된 t/t_0 증가비율을 β 값 제약으로 적용하려면 α 값을 평균값으로 고정시킨 상태에서 v/c 의 최대값에서 얻어진 t 값이 t_0 값의 20배 이하가 되도록 하는 최대의 β 값을 확인해야하는데, 먼저 β 최대값 계산에 기준이 되는 α 값은 고속도로의 경우 0.45, 다차로도로의 경우 0.65 정도로 가정하였음
- 두 번째로 $t/t_0 = 20$ 이 나타나는 도로의 최대 v/c 범위를 결정해야 하는데 교통공학적 정의에서는 교통량은 용량을 넘을 수 없으므로 v/c 값의 최대값은 1.0이지만 통행배정과정에서는 용량 이상의 교통량이 배정될 수 있음
- 따라서 용량이상 구간에서의 통행속도 감소를 분석하기 위해 <그림 15>와 같이 먼저 속도-교통류를 관계도로부터 교통류율이 용량을 통과한 이후 속도 감소 추세를 확인한 결과 용량에 도달했을 때 속도 감소폭에 비하여 이후 최소속도(5~10 km/h)에 도달할 때까지의 통행속도 감소폭이 2~3배 정도 큰 것으로 가정할 수 있음

- 만약 Greenshield 모형과 같이 최대속도-용량속도간 크기가 용량속도-최대속도간 크기와 같은 경우 v/c 최대값은 2.0으로 가정할 수 있으나, 통행배정 과정에는 이를 초과하는 v/c 가 나타날 수 있어 본 연구에서는 이러한 관계를 고려해 최대 v/c 는 3.0으로 가정함
- v/c 최대값을 3.0이라 가정하면 고속도로의 경우 $\alpha=0.45$, 다차로도로의 경우 $\alpha=0.65$ 에 대해 t/t_0 증가비율 최대값 20을 만족시키는 제약하의 최대 β 값을 얻을 수 있는데, <그림 16> 과 같이 β 값은 고속도로의 경우 최대 3.41, 다차로도로의 경우 3.07로 계산됨



<그림 15> $v/c > 1.0$ 구간에 대한 통행시간 도출 가정



<그림 16> $v/c=3.0$ 에서 t/t_0 증가비율 최대값 20을 만족하는 최대 β 값 계산

- 두 도로위계간의 관계를 고려해 β 값의 최대값은 두 값 중 더 큰 값인 3.41과 가까운 3.5로 선정하되, 위계별 β 값 계산 시에는 고속도로의 β 값이 간선도로의 β 값보다는 작아야한다는 제약을 만족하도록 함

나. VDF 파라미터 범위

- 앞에서 제시된 파라미터 산정방법에 따라 최종 결정된 VDF 등급별 각 파라미터 범위의 하한값과 상한값은 <표 9>와 같음

<표 9> VDF 등급별 파라미터 범위

도로유형	도시/지방	VDF	V ₀ (kph)		α		β		Capa (pcphpl)	
			min	max	min	max	min	max	min	max
고속도로	도시부	1	95	110	0.35	0.60	1.80	2.80	1700	2127
	지방부	2	90	105	0.40	0.65	2.00	3.00	1700	2127
	도시부	3	105	120	0.40	0.65	1.60	2.60	1750	2150
	지방부	4	100	115	0.45	0.70	1.80	2.80	1750	2150
도시 고속도로	도시부	5	90	100	0.35	0.60	1.80	2.80	1700	2000
	도시부	7	90	100	0.40	0.65	1.60	2.60	1900	2200
다차로 도로	도시부	9	60	70	0.47	0.85	2.05	2.90	900	1200
	지방부	10	65	75	0.47	0.85	2.05	2.90	900	1200
	도시부	11	75	85	0.50	0.70	2.00	2.50	1250	1550
	지방부	12	80	90	0.50	0.70	2.00	2.50	1200	1500
	도시부	13	55	65	0.52	0.88	1.95	2.80	850	1150
	지방부	14	60	70	0.52	0.88	1.95	2.80	850	1150
	도시부	15	70	80	0.55	0.75	1.90	2.40	1200	1500
	지방부	16	75	85	0.55	0.75	1.90	2.40	1100	1400
	도시부	17	50	60	0.57	0.90	1.85	2.60	700	1000
	지방부	18	55	65	0.57	0.90	1.85	2.60	650	950
	도시부	19	65	75	0.60	0.80	1.80	2.30	1000	1300
	지방부	20	70	80	0.60	0.80	1.80	2.30	900	1200
	도시부	21	45	55	0.58	0.90	1.85	2.40	600	900
	지방부	22	50	60	0.58	0.90	1.85	2.40	500	800
	도시부	23	60	70	0.62	0.82	1.80	2.05	800	1100
	지방부	24	65	75	0.62	0.82	1.80	2.05	700	1000
	도시부	25	40	50	0.63	0.90	1.75	2.30	500	800
	지방부	26	45	55	0.63	0.90	1.75	2.30	400	700
	도시부	27	55	65	0.66	0.86	1.70	1.95	700	1000
	지방부	28	60	70	0.66	0.86	1.70	1.95	600	900
	도시부	29	35	45	0.67	0.90	1.65	2.20	400	700
	지방부	30	40	50	0.67	0.90	1.65	2.20	300	600
	도시부	31	50	60	0.71	0.91	1.55	1.85	700	900
	지방부	32	55	65	0.71	0.91	1.55	1.85	600	800

- 최종 VDF 등급 별 파라미터 값 결정시 원칙적으로는 분석가의 판단에 따라 해당 등급의 각 파라미터 범위 내 모든 값이 적용될 수 있음
- 본 지침에서는 전국 지역 간 네트워크를 이용한 교통망 정산을 통해 각 VDF 등급별 파라미터의 권장 값을 3장에서 제시하고 있으며, 권장값 외 분석가의 판단에 따른 파라미터 값을 적용하기 위해서는 다음의 두 가지 조건을 만족해야함
- 첫째로, VDF에 적용되는 모든 값들은 본 지침에서 제시하는 각 파라미터 별 등급 간 위계를 만족해야함
- 각 파라미터 별 등급 간 위계 조건이란 등급 분류의 기준이 되었던 도로유형, 도시부/지방부, 차로 수 및 교차로 밀도에 따라 상위 또는 하위 등급과의 일관성이 확보될 수 있게 하는 조건으로써 이에 대한 자세한 설명은 3장에 제시되어 있음
- 둘째로, 적용하고자 하는 파라미터 값에 대한 명확한 근거자료가 확보되어야 함
- 자유교통류 속도와 용량의 현장조사를 통해 분석 및 과업 대상 지점, 구간 또는 지역의 파라미터 값과 권장 값 간의 차이를 입증할 수 있는 타당한 자료가 제시되어야 함
- α 값과 β 값의 경우 마찬가지로 적용하고자하는 파라미터 값과 권장 값 간의 차이를 입증할 수 있는 근거자료가 필요하며, 근거자료로는 앞서 언급된 화음탐색법 등 학술적으로 검증되어진 최적화 이론 기반의 파라미터 추정 방법론이 제시되어야 함
- 각 근거자료 구축 및 조사, 연구에 앞서 한국교통연구원의 국가교통DB센터 내 관계자와의 우선 협의를 권장함

4. VDF의 적용

가. VDF 등급 간 파라미터의 위계

- 앞서 2절에서 제시된 VDF 등급 별 파라미터의 범위 내에서 각 사업 및 연구에 적용할 VDF 파라미터 최적값을 결정하고자 할 때 고려해야 할 VDF 등급 간 파라미터 위계는 <표 10>과 같음

<표 10> VDF 등급 간 파라미터 위계

계수	도로 유형	속성 조건	위계 조건
V_0	도로 공통	위계상승에 따라 (다차로→고속국도)	증가함 (고속도로 > 다차로)
		차로수 증가에 따라	증가함 (1차로 < 2차로 < 3차로)
	고속도로	도시부	증가함 (도시부 > 지방부)
	다차로도로	도로등급 상승에 따라 (교차로 밀도 감소)	증가함 (1등급 > 3등급 > 6등급)
		도시부	감소함 (도시부 < 지방부)
α	도로 공통	위계상승에 따라 (다차로→고속국도)	감소함 (고속도로 < 다차로도로)
		차로수 증가에 따라	증가함 (1차로 < 2차로 < 3차로)
	다차로도로	도로등급 상승에 따라 (교차로 밀도 감소)	감소함 (1등급 < 3등급 < 6등급)
β	도로 공통	위계상승에 따라 (다차로→고속국도)	증가함 (고속도로 > 다차로도로)
		차로수 증가에 따라	감소함 (1차로 > 2차로 > 3차로)
	다차로도로	도로등급 상승에 따라 (교차로 밀도 감소)	증가하나 증가 크기는 작음 (1등급 > 3등급 > 6등급)
Capa	도로 공통	위계상승에 따라 (다차로→고속국도)	증가함 (고속도로 > 다차로)
		차로수 증가에 따라	증가함 (1차로 < 2차로 < 3차로)
		도시부	증가함 (도시부 > 지방부)
	다차로도로	도로등급 상승에 따라 (교차로 밀도 감소)	증가함 (1등급 > 3등급 > 6등급)

나. VDF 등급별 파라미터 값 결정

- 본 지침에서 제시하는 VDF 등급별 파라미터 권장값은 <표 11>과 같으며 권장값 외 파라미터 적용시 2장에서 언급한 2개 조건 만족 하에 파라미터 사용 범위 내에서 합리적인 값을 사용할 수 있음

<표 11> VDF 등급별 파라미터 권장값

도로유형	도시/지방	VDF	권장값			
			V_0 (kph)	α	β	Capa (pcphpl)
고속도로	도시부	1	100.7	0.56	1.80	1846
	지방부	2	95.2	0.55	2.09	1786
	도시부	3	115.1	0.57	1.68	2028
	지방부	4	108.2	0.57	2.07	1987
도시 고속도로	도시부	5	95.5	0.47	2.43	1773
	도시부	7	97.5	0.48	2.40	2182
다차로 도로	도시부	9	66.5	0.51	2.69	1100
	지방부	10	67.5	0.51	2.82	1090
	도시부	11	80.7	0.67	2.16	1420
	지방부	12	82.3	0.65	2.24	1400
	도시부	13	63.9	0.54	2.47	957
	지방부	14	65.0	0.54	2.16	925
	도시부	15	79.2	0.68	2.08	1341
	지방부	16	80.7	0.72	2.14	1188
	도시부	17	55.7	0.60	2.15	873
	지방부	18	62.8	0.59	1.87	767
	도시부	19	71.0	0.69	1.93	1242
	지방부	20	72.2	0.73	1.82	971
	도시부	21	51.0	0.6	1.92	862
	지방부	22	58.1	0.63	1.87	583
	도시부	23	69.6	0.71	1.80	985
	지방부	24	70.0	0.8	1.81	831
	도시부	25	44.1	0.67	1.86	636
	지방부	26	54.4	0.68	1.79	580
	도시부	27	62.4	0.72	1.79	936
	지방부	28	69.3	0.82	1.72	756
	도시부	29	38.3	0.8	1.82	595
	지방부	30	44.2	0.72	1.72	465
	도시부	31	57.0	0.82	1.66	801
	지방부	32	60.0	0.83	1.70	736

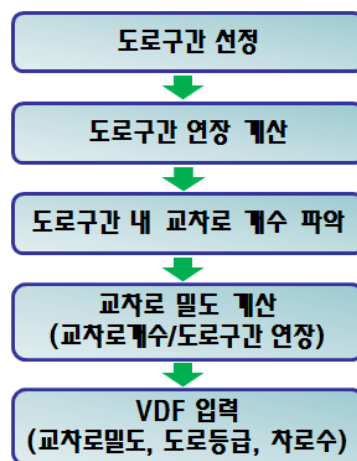
다. VDF의 적용 사례

1) VDF 등급 산정

- VDF는 도로 유형, 차로수, 교차로 밀도 및 도시부/지방부에 이상 4가지 기준에 따라 분류되어 네트워크 내 각 링크에 입력되어야 함
- 위의 4가지 VDF 분류기준 중 도로유형, 차로수 및 도시부/지방주의 경우 명확한 정의에 의해 구분되는 반면 교차로 밀도의 경우 도로구간 연장과 교차로 개수에 따른 산출 과정이 필요함
- 이에 따라 본 절에서는 VDF 등급 산정에 대한 이용자들의 이해를 돕기 위해 교차로 밀도를 산출하는 구체적인 방법과 예시를 중심으로 네트워크 내 각 링크에 VDF 등급을 결정하는 방법을 설명함

① VDF 등급 산정 방법

- VDF 등급을 결정하는 개략적인 방법은 <그림 17>과 같음
- VDF 등급을 결정하기 위해서는 먼저 분석 대상 네트워크 내 VDF 등급 적용이 필요한 구간을 선정하고 각 도로구간의 연장을 계산함
- 다음으로는 교통네트워크 GIS DB(교통주제도)에서 해당 도로구간 내 교차로(노드) 개수를 파악하여 교차로 밀도(교차로 개수 ÷ 도로구간 연장)를 계산함

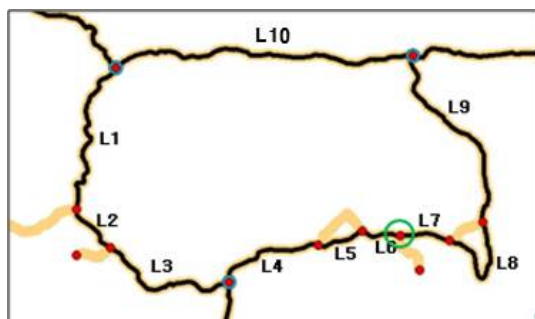


<그림 17> VDF 등급 결정 방법

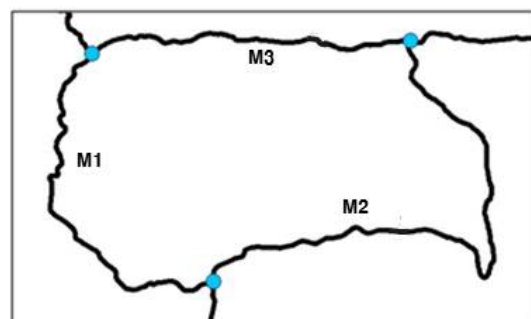
- 단, 이 때 각 도로구간의 양 끝 교차로(2개)의 경우 한 부분의 교차로(1개)만 교차로 개수에 포함시키며 예외적으로 고속도로의 경우 모든 도로구간에서의 교차로 개수는 0개로 계산함
- 각 도로구간의 교차로 밀도가 계산되면 <표 7>에서 제시된 기준에 따라 도로유형의 구분이 가능하며 최종적으로 차로수와 도시부/지방부 구분을 통해 VDF 등급 결정이 가능함

② VDF 등급 산정 예시

- 분석대상 네트워크의 VDF 등급을 결정하는 방법의 구체적인 예시를 위해 <그림 18>과 <표 12>를 제시함
- 왼쪽 그림은 교통네트워크 GIS DB로써 L1~L10 총 10개의 링크가 존재하며 각 링크의 시점과 종점은 빨간색 노드로 구분되어 있고, 각각의 노드는 교차로를 의미함
- 오른쪽 그림은 분석대상 네트워크로써 M1~M3 총 3개의 도로구간이 존재하며 도로구간의 시점과 종점은 파란색 노드로 구분되어 있음
- 두 그림의 분석대상 네트워크와 교통네트워크 GIS DB가 서로 동일한 구간이라고 할 때 도로구간 M1~M3은 각각 링크 L1~L3, L4~L9, L10으로 구성되어 있음
- 먼저, <표 12>를 통해 도로구간 M1~M3의 연장을 계산한 결과 M1은 3.1km, M2는 5.0km, M3은 3.0km임
- 또한 두 그림의 비교를 통해 도로구간 M1~M3에는 각각 3개, 6개, 1개의 교차로가 존재함을 알 수 있음
- 이어서 교차로 밀도를 산출하기 위해 앞서 계산된 각 도로구간의 교차로개수를 도로구간 연장으로 나누게 되면 M1~M3의 교차로밀도(개/km)는 각각 0.97, 1.20, 1.00으로 계산됨



(가) 교통네트워크 GIS DB



(나) 분석대상 네트워크

<그림 18> VDF 등급 산정 예시

<표 12> VDF 등급 산정 예시의 교통네트워크 GIS DB 정보

ID	길이	차로수	도시/지방	ID	길이	차로수	도시/지방
L1	1.6km	1	지방부	L6	0.2km	2	지방부
L2	0.3km	1	지방부	L7	0.3km	2	지방부
L3	1.2km	1	지방부	L8	1.0km	2	지방부
L4	1.2km	2	지방부	L9	2.0km	2	지방부
L5	0.3km	2	지방부	L10	3.0km	2	도시부

- 교차로 밀도 계산결과에 따라 M1~M3의 도로유형을 구분해보면 M1과 M3은 다차로도로 3 등급, M2는 다차로도로 4등급으로 정의됨
- 마지막으로, 각 다차로도로 등급 내에서 차로수와 도시부/지방부의 구분을 통해 M1~M3의 VDF 등급의 결정이 가능하며 각 도로구간의 최종 VDF 등급은 M1이 VDF 18등급, M2는 VDF 24등급, M3은 VDF 19등급으로 결정됨
- 이상의 과정을 수식으로 요약하여 <표 13>에 제시하였음

<표 13> VDF 등급 산정 과정 예시

Step1. 도로 구간 선정

- M1, M2, M3

Step2. 도로구간 연장 계산

- $LEN(M1) = LEN(L1) + LEN(L2) + LEN(L3) = 3.1km$
- $LEN(M2) = LEN(L4) + LEN(L5) + LEN(L6) + LEN(L7) + LEN(L8) + LEN(L9) = 5.0km$
- $LEN(M3) = LEN(L10) = 3.0km$

Step3. 도로구간 내 GIS DB의 교차로 노드 개수 파악

- $COUNT(M1) = L1 + L2 + L3 = 3개$
- $COUNT(M2) = L4 + L5 + L6 + L7 + L8 + L9 = 6개$
- $COUNT(M3) = L10 = 1개$

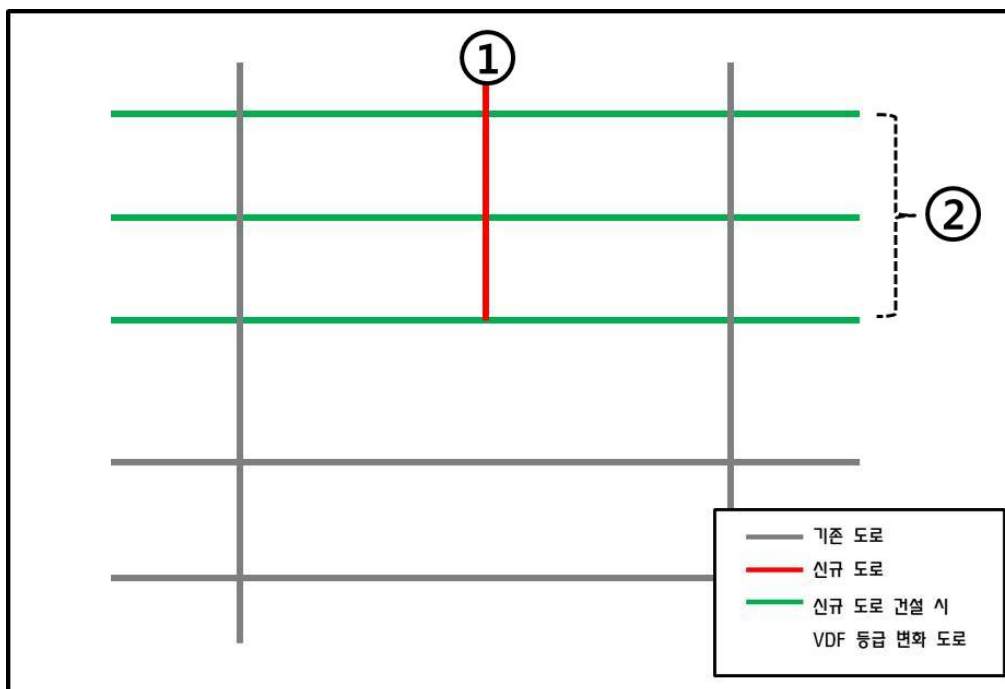
Step4. 연장과 교차로 노드 개수 이용하여 교차로 밀도계산 (밀도 : 교차로 노드 개수/도로구간 연장)

- $DENSITY(M1) = COUNT(M1) / LEN(M1) = 0.97개/km$
- $DENSITY(M2) = COUNT(M2) / LEN(M2) = 1.20개/km$
- $DENSITY(M3) = COUNT(M3) / LEN(M3) = 1.00개/km$

Step5. 교차로 밀도, 도로유형, 차로수, 도시부/지방부 이상 4개 기준을 이용하여 VDF 등급 최종 결정

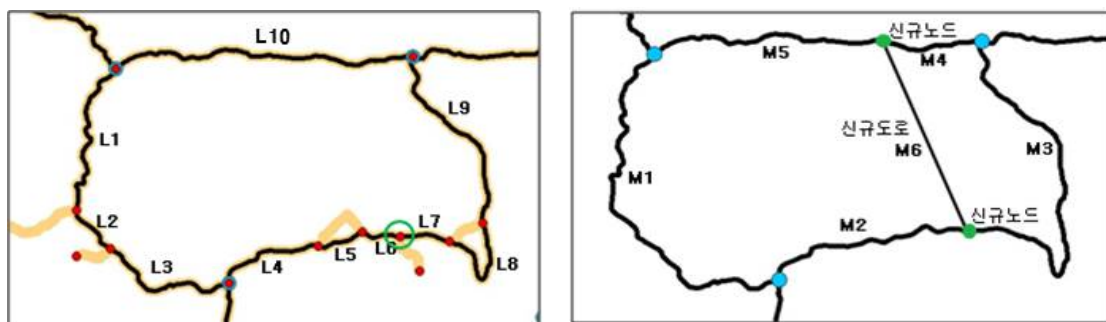
③ 신규도로 건설시 VDF 등급 산정 예시

- 앞서 제시한 VDF 등급 산정 예시의 경우 현재 구축되어져있는 교통네트워크 GIS DB와 KTDB 분석용 네트워크를 이용한 VDF 등급 결정 방법임
- 그러나, 기존 네트워크에 신규도로가 추가될 경우 신규도로의 VDF의 결정 뿐 아니라 기존 도로의 VDF 등급 또한 변할 수 있음
- <그림 19>와 같이 신규도로 건설 시 VDF 등급 결정을 위해 고려해야할 사항으로는 첫째, 신규도로의 VDF의 결정 문제와 둘째, 신규도로로 인해 기존 도로들의 VDF 등급 변화 문제 이상 크게 두 가지로 구분할 수 있음
- 먼저 신규도로의 VDF 결정 문제의 경우 다시 1)신규도로의 교차로 밀도 정의 문제, 2)신규 도로의 도시부/지방부의 구분 문제가 존재함
- 신규도로 교차로 밀도의 경우 신규도로와 기존도로의 교차지점에 새로운 노드(2개)를 추가하고, 해당 신규도로 내 계획된 교차로 개수 및 계획 도로연장을 이용해 계산함
- 시군구별 도시부/지방부의 경우 기준연도의 각 시군구의 사회경제적 특성에 따라 변화할 수 있는 부분이며, 한국교통연구원을 통해 신규도로 건설 지역의 기준연도 OECD 기준 도시부/지방부에 대한 정보를 제공받아 VDF 등급 결정에 이용함



<그림 19> 신규도로 건설 시 VDF 등급 결정 문제

- 기존 도로들의 VDF 등급 변화의 경우 신규도로와 기존도로의 교차지점에 새로운 노드를 추가하고 해당 노드를 기준으로 기존의 도로구간(M)을 분절시킨 후에 교차로 개수와 도로구간 연장을 및 교차로 밀도를 새로 산출함으로써 기존도로의 VDF 등급을 재결정할 수 있음
- 또한, 신규도로 추가시 기존도로의 교차로밀도는 증가만 가능하기 때문에 새로 결정하는 기존도로의 VDF 등급은 하위등급으로의 변경만 가능함
- 신규도로 건설시 분석대상 네트워크의 VDF 등급을 결정하는 방법의 구체적인 예시를 위해 <그림 20>을 제시하였으며 왼쪽 그림의 L1~L10은 <표 12>의 예시와 동일함



(가) 교통네트워크 GIS DB

(나) 분석대상 네트워크

<그림 20> 신규도로 건설시 VDF 등급 산정 예시

- 오른쪽 그림의 분석대상 네트워크 내 신규도로는 지방부에 기존 도로의 링크인 L6와 L7의 교점과 L10의 오른쪽 1/3지점을 잇고 교차로가 없는 2km 길이의 편도 2차로 도로로 가정함
- 이에 따라 각 도로구간 M1~M6의 도로연장은 3.1km, 1.7km, 3.3km, 1.0km, 2.0km, 2.0km 이며 교차로 개수는 각각 3개, 3개, 3개, 1개, 1개, 1개임
- 따라서 M1~M6의 교차로밀도(개/km)는 각각 0.97, 1.76, 0.91, 1.00, 0.50, 0.50으로 계산되고, 이에 따른 각 도로구간의 도로유형 및 차로수, 도시부/지방부의 구분을 통해 최종적으로 M1~M6의 VDF 등급을 산정한 결과, M1=VDF18, M2=VDF24, M3=VDF20, M4=VDF19, M5=VDF15, M6=VDF16으로 구분됨
- 이상의 과정을 수식으로 요약하여 <표 14>에 제시하였음

<표 14> VDF 등급 산정 과정 예시

Step1. 도로 구간 선정

- M1, M2, M3

Step2. 도로구간 연장 계산

- $LEN(M1) = LEN(L1) + LEN(L2) + LEN(L3) = 3.1km$
- $LEN(M2) = LEN(L4) + LEN(L5) + LEN(L6) = 1.7km$
- $LEN(M3) = LEN(L7) + LEN(L8) + LEN(L9) = 3.3km$
- $LEN(M4) = 1.0km$
- $LEN(M5) = 2.0km$
- $LEN(M6) = 2.0km$

Step3. 도로구간 내 GIS DB의 교차로 노드 개수 파악

- $COUNT(M1) = L1 + L2 + L3 = 3개$
- $COUNT(M2) = L4 + L5 + L6 = 3개$
- $COUNT(M3) = L7 + L8 + L9 = 3개$
- $COUNT(M4) = M4 = 1개$
- $COUNT(M5) = M5 = 1개$
- $COUNT(M6) = M6 = 1개$

Step4. 연장과 교차로 노드 개수 이용하여 교차로 밀도계산 (밀도 : 교차로 노드 개수/도로구간 연장)

- $DENSITY(M1) = COUNT(M1) / LEN(M1) = 0.97개/km$
- $DENSITY(M2) = COUNT(M2) / LEN(M2) = 1.76개/km$
- $DENSITY(M3) = COUNT(M3) / LEN(M3) = 0.91개/km$
- $DENSITY(M4) = COUNT(M4) / LEN(M4) = 1.00개/km$
- $DENSITY(M5) = COUNT(M5) / LEN(M5) = 0.50개/km$
- $DENSITY(M6) = COUNT(M6) / LEN(M6) = 0.50개/km$

Step5. 교차로 밀도, 도로유형, 차로수, 도시부/지방부 이상 4개 기준을 이용하여 VDF 등급 최종 결정

④ VDF 예외 등급의 적용

- VDF 등급 분류 시 현 위계를 통해 정의되지 못하거나 부적절하게 정의되는 도로구간이 존재하는 경우 다음의 예시와 같이 예외 등급 적용이 가능함
- <그림 21>은 VDF 1등급 도로인 88고속도로와 VDF 3등급인 중앙고속도로 내 도로의 물리적 특성이 동일 노선 내 타 구간과 확연한 차이를 보이는 구간의 예시임



<그림 21> VDF 예외등급 적용 예시 구간

- 그림에서 보는바와 같이 88고속도로의 경우 실제 VDF 교통망 정산 결과에서 관측 교통량 재현력이 현저히 낮은 것으로 나타나며 그 가장 큰 원인은 88고속도로가 다른 VDF 1등급 도로와는 이질적인 물리적 특성을 갖고 있기 때문임
- 88고속도로의 미확장 구간의 경우 중앙분리대가 없는 양방향 2차로 도로이기 때문에 고속도로라기보다는 다차로 1등급에 가까운 도로이며 설계속도역시 80km/h로 되어있어 고속도로 1등급에 적용되는 자유교통류 속도와는 약 20km/h의 차이가 존재함
- 중앙선 산악지형 통과 구간 역시 도로의 물리적 조건 때문에 최고속도가 80km/h로 제한되어 고속도로라기보다는 다차로 1등급에 속하는 특성이 더 강한 것으로 나타남
- 이와 같이 현재의 30등급 체계에서 설명하기 어려운 도로들에 대해서 현장조사 또는 분석을 통한 명확한 근거자료와 함께 한국교통연구원의 국가교통DB센터 내 관계자와의 협의를 통해 예외 등급 적용이 가능함

- 예외등급의 적용은 고속도로 뿐 아니라 다차로도로의 경우에도 적용할 수 있으며 다차로도로의 경우 동일한 밀도 등급에 따라 6개 구간으로 나누어 놓았기 때문에 서로 다른 등급 간 교통류 특성에 큰 차이가 없는 경우도 나타날 수 있음
- 따라서 도로의 VDF 특성에 영향을 줄 수 있는 경사도나, 통과지역의 특성 등의 기준을 검토한 후 필요로 하는 경우에 이들을 반영해 VDF 예외 등급을 적용함으로써 현실의 도로 특성을 포괄적으로 설명할 수 있음

2) 편익 산정

① 편익 산정의 필요성

- 일반적으로 도로와 같은 교통시설의 투자타당성 평가를 위해 산정하는 편익항목은 크게 통행시간절감편익, 운행비용 절감편익, 사고비용 절감편익, 환경비용 절감편익 등임
- 최근 주차비용 절감편익, 정시성, 선택가치 등을 편익화하여 반영하고자하는 지침 개정이 이루어져 7가지의 편익을 산정하는 경우도 있으나 대부분은 위의 4대 편익을 중심으로 경제성 분석을 수행하고 있음
- 이러한 4대 편익 중 링크의 VDF에 의해 영향을 받는 편익항목은 결국 통행시간 변화량을 기준으로 편익을 산정하게 되는 통행시간 절감편익, 운행비용 절감편익이라고 할 수 있음
- 사고비용 및 환경비용은 도로를 운행하던 승용차, 버스와 같은 통행수단이 줄어들기 때문에 초래되는 편익이라 할 수 있음. 물론 통행속도가 개선됨에 따라 얻어지는 환경비용절감편익도 일부 존재하나 그 양이 앞의 두 가지 편익량에 비하여 상대적으로 매우 적음
- 실제 중요한 4대 편익 중 90%이상의 편익이 통행시간 및 운행비용 절감편익이며 이 두 가지 편익 모두 통행속도 변화에 가장 크게 영향을 받게 됨
- 이와 같이 링크 통행속도를 결정해주는 VDF 함수는 편익산정에 중요한 영향을 미치게 되며, 따라서 현실을 잘 묘사할 수 있는 정확한 VDF 함수 구축이 필요함
- 일반적으로 통행수요 분석 및 편익산정을 위하여 분석초기단계에 수행하여온 링크 교통량 정산만으로 신뢰성 있는 편익산정이 어려운 이유도 여기에 있음

- 즉, 해당 도로에 대한 실제 통행속도에 대한 정산이 이루어지지 못한 채 교통량만을 정산하였을 경우 비현실적인 통행속도로 인하여 나타나는 편익 값은 신뢰성을 결코 확보할 수 없음
- 예를 들어 편도 2차로 도로의 교통량이 2,500대 수준으로 VDF 함수에서는 비교적 높은 속도를 보이는 결과에도 불구하고 실제 도로에서는 상대적으로 더 낮은 속도를 보이는 경우 대체도로 개통이나 수단전이로 인한 통행량 감소효과가 실제보다 과소추정될 가능성이 있음
- 이처럼 편익 산정은 VDF 파라미터의 합리성을 판단하고, 또한 특정 사업 시행 전/후 타당성 평가를 위해서도 매우 중요함

② 편익 산정 방법

- 앞서 언급된 7가지의 편익항목 중 VDF와 가장 밀접한 관계에 있는 것은 통행시간 절감편익임
- 통행시간 절감편익 산정은 통행량 변화로 인하여 링크 통행속도가 변화하게 되고 이에 따른 해당 링크 통행자의 통행시간이 변화하는 상황을 계량화하는 것임
- 통행시간 절감편익 산정식은 식 (23)과 같음

$$VOTS = VOT_{\text{사업미시행}} - VOT_{\text{사업시행}} \dots\dots\dots \text{식 (23)}$$

여기서,

$$VOT = \left\{ \sum_l \sum_{k=1}^n (T_{kl} \times P_k \times Q_{kl}) \right\} \times 365$$

T_{kl} = 링크 l 의 차종별, 인별 통행시간

P_k = 차종별, 인별 시간가치

Q_{kl} = 링크 l 의 차종별, 인별 통행량

k = 차종(승용차, 버스, 화물차 등), 인(지하철, 지역 간 철도 등)

- 편익 산정과 관련된 추가적인 사항은 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 제5판의 5장에 자세히 수록되어 있으며, 본 지침에서는 편익 산정과 VDF 함수와의 관계에 대해서만 간단한 설명을 제시하였음