

# 2012년 국가교통조사 및 DB구축사업 도로통행비용함수 조사연구

2





# 목 차

## 요 약

### 제1장 과업의 개요 ..... 1

제1절 과업의 개요 / 3

제2절 과업의 목표 및 범위 / 4

제3절 과업의 주요 내용 및 수행방법 / 6

### 제2장 도로통행비용함수 관련 문헌고찰 ..... 9

제1절 국내문헌고찰 / 11

제2절 국외문헌고찰 / 15

### 제3장 도로통행비용함수 조사자료 구축 ..... 17

제1절 도로통행비용함수 조사자료 구축 / 19

제2절 조사자료의 이상치 제거기준 수립 / 77

제3절 교통량 조사지점 선정기법 개발 / 118

제4절 도로 통행비용함수 검증을 위한 첨단교통자료 구축 / 143

### 제4장 도로통행비용함수 파라메타 추정 ..... 149

제1절 도로통행비용함수의 유형 검토 / 151

제2절 자유류속도 및 도로용량 산정방안 / 161

제3절 도로통행비용함수의 파라메타 산정 / 167

### 제5장 도로통행비용함수 파라메타 검증 ..... 213

제1절 링크 교통량 검증 / 215

제2절 링크 통행시간 검증 / 227

제3절 기종점 통행시간 검증 / 231

제4절 편익 검증 / 234

제6장 향후 도로통행비용함수 구축관련 개선항목 검토 .....	243
제1절 일전환계수 산정방안 / 245	
제2절 도로등급별 구간별 평균 PCE 환산계수의 DB화 방안/ 246	
제3절 유료도로 요금 가중치 적용방안 / 252	
제4절 신규 VDF 등급 부여 방안 / 264	
제5절 존-네트워크 정합성 검토 방안 / 272	
제6절 존-센트로이드 연결성 검증 방안/ 278	
제7절 경로 추정 및 검증 방안 / 283	
제8절 도로유형별 등급 세분화 검토 / 303	
제7장 결론 및 향후과제 .....	305
제1절 도로통행비용함수 구축관련 조사 주요결과 / 307	
제2절 향후과제 및 로드맵 구축 / 310	
부 록 .....	321



## 표 목 차

〈표 2- 1〉 BPR식의 파라메타 (서선덕, 1990) .....	11
〈표 2- 2〉 도로용량함수의 파라메타 (주정열, 1993) .....	12
〈표 2- 3〉 BPR식의 파라메타 (장덕형, 1993) .....	13
〈표 2- 4〉 BPR식의 파라메타 (강호익, 1996) .....	13
〈표 2- 5〉 BPR식의 파라메타 (임용택, 2007) .....	14
〈표 3- 1〉 도로위계 분류 변경 사항 .....	20
〈표 3- 2〉 도로통행비용함수 구축 조사내용 .....	21
〈표 3- 3〉 교차로 밀도에 따른 도로 등급 .....	27
〈표 3- 4〉 KTDB VDF 위계 별 관측교통량 조사지점 비율 .....	36
〈표 3- 5〉 KTDB VDF 정산 신뢰도 분석표(예) .....	37
〈표 3- 6〉 VDF 정산 교통량-속도 조사지점 물량 산정 결과 .....	39
〈표 3- 7〉 사전조사 물량 및 일정 .....	41
〈표 3- 8〉 예비조사 물량 및 일정 .....	41
〈표 3- 9〉 본 조사 물량 및 일정 .....	42
〈표 3-10〉 보완 조사 물량 및 일정 .....	42
〈표 3-11〉 교통량조사의 문제점 및 보완대책 .....	44
〈표 3-12〉 속도조사의 문제점 및 보완대책 .....	45
〈표 3-13〉 본 조사 VDF등급별 조사지점 .....	47
〈표 3-14〉 본 조사 지역별 조사지점 .....	47
〈표 3-15〉 보완조사 VDF등급별 조사지점 .....	48
〈표 3-16〉 보완조사 지역별 조사지점 .....	49
〈표 3-17〉 VDF 등급별 일평균교통량 비교 .....	50
〈표 3-18〉 VDF 등급별 시간대별 평균교통량(단위 : 대/시) .....	51

〈표 3-19〉 VDF 등급별 시간대별 차로당 평균교통량(단위 : 대/시/차로) .....	52
〈표 3-20〉 VDF 등급별 시간대별 도시부의 평균교통량(단위 : 대/시) .....	53
〈표 3-21〉 VDF 등급별 시간대별 도시부의 차로당 평균교통량(단위 : 대/시/차로) ..	54
〈표 3-22〉 VDF 등급별 시간대별 지방부의 평균교통량(단위 : 대/시) .....	55
〈표 3-23〉 VDF 등급별 시간대별 지방부의 차로당 평균교통량(단위 : 대/시/차로) ..	56
〈표 3-24〉 VDF 등급별 평균주행속도 비교(단위 : km/h) .....	57
〈표 3-25〉 VDF 등급별 시간대별 평균주행속도(단위 : km/h) .....	59
〈표 3-26〉 VDF 등급별 시간대별 도시부의 평균주행속도(단위 : km/h) .....	60
〈표 3-27〉 VDF 등급별 시간대별 지방부의 평균주행속도(단위 : km/h) .....	61
〈표 3-28〉 경부고속도로 및 서해안고속도로 시간대별 램프 교통량 (단위 : 대/시) ..	62
〈표 3-29〉 영동고속도로 및 중부고속도로 시간대별 램프 교통량 (단위 : 대/시) .....	63
〈표 3-30〉 자유속도 조사지점 개요 .....	66
〈표 3-31〉 자유속도 조사 결과 .....	67
〈표 3-32〉 NC-200장비 조사지점 개요(VDF 14등급) .....	68
〈표 3-33〉 NC-200장비 조사지점 개요(VDF 15등급) .....	69
〈표 3-34〉 시험차량조사 주행속도와 NC-200장비를 이용한 지점속도 차이 비교 .....	70
〈표 3-35〉 VDF 등급별 차로당 일평균교통량 비교 .....	73
〈표 3-36〉 VDF 등급별 속도조사(주행속도) 결과 비교 .....	73
〈표 3-37〉 이상치 범위 .....	78
〈표 3-38〉 상/하한값 설정 .....	78
〈표 3-39〉 기존 이상치 제거 알고리즘 분석 .....	80
〈표 3-40〉 KTDB 제공 링크자료 형식 예 .....	89
〈표 3-41〉 다차로 도로 과소배정 지점 비율 .....	99
〈표 3-42〉 MN-Soft 제공 궤적자료 형식 예 .....	101
〈표 3-43〉 내비게이션 자료 월별 수집 현황 .....	105
〈표 3-44〉 KTDB 지역간 교통망의 관측지점수 분석 .....	118

〈표 3-45〉 교통자료 수집기법의 유형 구분 (Dixon and Rillet, 2002) .....	143
〈표 4- 1〉 VDF등급별 노선현황 .....	166
〈표 4- 2〉 고속도로의 (V/C) 구간별 ( $t/t_0$ ) - (V/C) 관계분석 .....	179
〈표 4- 3〉 주요 요금소-인접 본선의 대형차량 구성비율 비교 .....	180
〈표 4- 4〉 고속도로 분리 정산과 다차로 정산 비교 .....	186
〈표 4- 5〉 고속도로 자유류속도 산정결과 .....	187
〈표 4- 6〉 다차로도로 자유류속도 산정결과 .....	188
〈표 4- 7〉 최종 고속도로 자유류속도 적용값 .....	189
〈표 4- 8〉 최종 다차로도로 자유류속도 적용값 .....	189
〈표 4- 9〉 고속도로 최대관찰교통량 산정 결과 .....	191
〈표 4-10〉 다차로도로 최대관찰교통량 산정결과 .....	191
〈표 4-11〉 최종 고속도로 용량 적용값 .....	192
〈표 4-12〉 최종 다차로도로 용량 적용값 .....	192
〈표 4-13〉 기존연구 고속도로 $\alpha$ 값 비교 분석 .....	193
〈표 4-14〉 KTDB 전국 지역간 고속도로 통행비용 함수 .....	193
〈표 4-15〉 KTDB 통행비용 함수 계수 범위 설정 (KOTI, 2012) .....	193
〈표 4-16〉 KTDB 통행비용 함수 정산 결과 (KOTI, 2012) .....	194
〈표 4-17〉 본 과업 KTDB 통행비용 함수 정산 결과 .....	195
〈표 4-18〉 고속도로 분리정산 교통량 정산 결과 .....	196
〈표 4-19〉 고속도로 분리 정산 통행시간 정산 결과 .....	199
〈표 4-20〉 KTDB 기존 VDF vs 2012년 VDF 고속도로 교통망 교통량 재현수준 비교 ..	200
〈표 4-21〉 KTDB vs 2012년 VDF 고속도로 교통망 통행시간 재현수준 비교 .....	201
〈표 4-22〉 링크 유형 및 속성 변화에 따른 $\alpha$ , $\beta$ , $V_0$ 값 변화 (KOTI, 2012) .....	203
〈표 4-23〉 KTDB VDF 계수값 정산 범위 .....	203
〈표 4-24〉 KTDB VDF 계수 정산 값 .....	204
〈표 4-25〉 KTDB 고속도로 교통량 기준 정산 결과 .....	205

〈표 4-26〉 KTDB 고속도로 정산 결과 요약 .....	206
〈표 4-27〉 KTDB 다차로 도로 정산 등급별 결과 .....	207
〈표 4-28〉 다차로도로 유형별 정산 신뢰도 평가 .....	212
〈표 5- 1〉 기존 KTDB 정산수준 검증 .....	216
〈표 5- 2〉 고속도로 VDF 파라미터 비교 .....	217
〈표 5- 3〉 VDF 1등급 파라미터 조정 시 신뢰도 향상 .....	219
〈표 5- 4〉 고속도로 RMAE 및 GEH 검증 .....	219
〈표 5- 5〉 2011년 vs 2012년 KTDB 교통망 전체 신뢰도 분석 .....	220
〈표 5- 6〉 기존 VDF vs 2012년 VDF 다차로 정산 신뢰도 비교 .....	221
〈표 5- 7〉 다차로 1~3등급 RMAE 및 GEH 분석 .....	224
〈표 5- 8〉 다차로 4~6등급 RMAE 및 GEH 분석 .....	225
〈표 5- 9〉 경로 통행시간 검증 시 사용할 자료 .....	231
〈표 5-10〉 EMME/3를 통한 최단경로의 통행시간 .....	232
〈표 5-11〉 강남구-종로구 .....	232
〈표 5-12〉 강남구-분당구 .....	232
〈표 5-13〉 완산구-덕진구 .....	232
〈표 5-14〉 장거리 기종점 통행시간 검증 결과 .....	233
〈표 5-15〉 편익검증을 위한 분석 조건 .....	236
〈표 5-16〉 교통상황별 고속도로 링크 통행시간 산정 (단위: 초) .....	238
〈표 5-17〉 기존 VDF에 의한 용량 증대로 인한 고속도로 통행시간 절감 편익 산정 (단위: 초) .....	238
〈표 5-18〉 고속도로 용량 증대로 인한 통행시간 절감 편익 산정 (단위: 원) .....	239
〈표 5-19〉 교통상황별 다차로 2등급 도로 통행시간 산정 I (단위: 초) .....	239
〈표 5-20〉 교통상황별 다차로 2등급 도로 통행시간 산정 II (단위: 초) .....	240
〈표 5-21〉 용량증대를 반영한 다차로 2등급 도로 통행시간 절감편익 산정 (단위 : 원) .....	240
〈표 5-22〉 교통상황별 다차로 5등급 도로 통행시간 산정 I (단위: 초) .....	241

〈표 5-23〉 교통상황별 다차로 5등급 도로 통행시간 산정 II (단위: 초) .....	241
〈표 5-24〉 용량증대를 반영한 다차로 2등급 도로 통행시간 절감편익 산정 (단위 : 원) .....	242
〈표 6- 1〉 VDF 등급별 일전환계수 산정안 .....	245
〈표 6- 2〉 버스와 트럭의 승용차 환산계수 .....	247
〈표 6- 3〉 가중치에 의한 통행비용과 실제요금 비교(1종 기준) (단위: 원) .....	252
〈표 6- 4〉 서울-광주 고속도로 경로 비교 .....	254
〈표 6- 5〉 VDF 가중치 및 가중평균 가중치 예시 .....	256
〈표 6- 6〉 인천공항 고속도로 요금체계 (단위 : 원/대) .....	256
〈표 6- 7〉 천안-논산 고속도로 요금체계 (단위: 원/대) .....	256
〈표 6- 8〉 대구-부산 고속도로 요금 체계 (단위 : 원/대) .....	257
〈표 6- 9〉 서울 외곽순환 고속도로 요금체계 (단위 : 원/대) .....	257
〈표 6-10〉 부산-울산 고속도로 요금체계 (단위 : 원/대) .....	257
〈표 6-11〉 서울-춘천 고속도로 요금체계 (단위 : 원/대) .....	258
〈표 6-12〉 용인-서울 고속도로 요금체계 (단위 : 원/대) .....	258
〈표 6-13〉 인천대교 요금체계 (단위 : 원/대) .....	258
〈표 6-14〉 서수원-평택 고속도로 요금체계 (단위: 원/대) .....	259
〈표 6-15〉 광역도시권별 유료도로 VDF 가중치 산정 방안 .....	260
〈표 6-16〉 가중치 값 산정 요금 비교 .....	261
〈표 6-17〉 VDF 요금적용 방식에 따른 배정결과 비교 .....	262
〈표 6-18〉 요금가중치 적용방식에 의한 서울-광주 고속도로 경로별 통행량 비교 .....	263
〈표 6-19〉 위계 개선안1 총괄표 .....	269
〈표 6-20〉 위계 개선안2 총괄표 .....	270
〈표 6-21〉 위계 개선안3 총괄표 .....	271
〈표 6-22〉 고속도로 분리 정산 결과 비교 .....	303
〈표 7- 1〉 KTDB VDF 계수값 정산 범위 .....	309
〈표 7- 2〉 KTDB VDF 계수 정산 값 .....	309

〈표 7- 3〉 KTDB VDF 정산 상세 과제 정리 .....	317
〈표 7- 4〉 KTDB VDF 현실설명력 개선 과제 추진 로드맵 .....	318
〈표 7- 5〉 KTDB VDF 논리적 타당성 개선 과제 추진 로드맵 .....	319
〈표 7- 6〉 KTDB VDF 실무 활용성 개선 과제 추진 로드맵 .....	320
〈표 7- 7〉 KTDB VDF 자료 수용성 개선 과제 추진 로드맵 .....	320

## 그림목차

〈그림 1- 1〉 과업의 연구 흐름도 .....	5
〈그림 1- 2〉 과업수행과정 .....	7
〈그림 3- 1〉 과업수행 절차도 .....	22
〈그림 3- 2〉 영상촬영 조사 방법 .....	29
〈그림 3- 3〉 교통량조사 조사장비 설치 .....	30
〈그림 3- 4〉 교통량조사 녹화영상 .....	30
〈그림 3- 5〉 시험차량이용 조사방법 .....	31
〈그림 3- 6〉 속도조사 장비 .....	32
〈그림 3- 7〉 속도조사 조사표 .....	33
〈그림 3- 8〉 기하구조조사 조사표 .....	34
〈그림 3- 9〉 내비게이션 자료 부재시 조사지점 선정 방법론 .....	35
〈그림 3-10〉 사전-본조사 조사지점 위치 선정 가이드라인 .....	40
〈그림 3-11〉 조사원 유의사항배포 및 차량안내문 부착 .....	45
〈그림 3-12〉 VDF 등급별 시간대별 평균교통량 비교(단위 : 대/시) .....	51
〈그림 3-13〉 VDF 등급별 시간대별 차로당 평균교통량 비교(단위 : 대/시/차로) .....	52
〈그림 3-14〉 VDF 등급별 도시부의 시간대별 평균교통량 비교(단위 : 대/시) .....	53
〈그림 3-15〉 VDF 등급별 시간대별 도시부의 차로당 평균교통량 비교(단위 : 대/시/차로) .....	54
〈그림 3-16〉 VDF 등급별 지방부의 시간대별 평균교통량 비교(단위 : 대/시) .....	55
〈그림 3-17〉 VDF 등급별 시간대별 지방부의 차로당 평균교통량 비교(단위 : 대/시/차로) .....	56
〈그림 3-18〉 VDF 등급별 평균주행속도 비교(단위 : km/h) .....	57
〈그림 3-19〉 VDF 등급별 도시부의 평균주행속도 비교(단위 : km/h) .....	58
〈그림 3-20〉 VDF 등급별 지방부의 평균주행속도 비교(단위 : km/h) .....	58
〈그림 3-21〉 VDF 등급별 시간대별 평균주행속도 비교(단위 : km/h) .....	59

〈그림 3-22〉 VDF 등급별 시간대별 도시부의 평균주행속도 비교(단위 : km/h) .....	60
〈그림 3-23〉 VDF 등급별 시간대별 지방부의 평균주행속도 비교(단위 : km/h) .....	61
〈그림 3-24〉 경부고속도로 각 지점별 교통량 비교 그래프 .....	64
〈그림 3-25〉 서해안 고속도로 각 지점 별 교통량 비교 그래프 .....	64
〈그림 3-26〉 영동고속도로 각 지점별 교통량 비교 그래프 .....	65
〈그림 3-27〉 중부고속도로 각 지점별 교통량 비교 그래프 .....	65
〈그림 3-28〉 시험차량조사 주행속도와 NC-200장비를 이용한 지점속도 차이 비교(단위 : km/h) 70	
〈그림 3-29〉 유고검지 알고리즘 .....	83
〈그림 3-30〉 이상치 제거 알고리즘 .....	84
〈그림 3-31〉 이상치 데이터만 추출한 결과 .....	85
〈그림 3-32〉 이상치를 제거한 데이터 결과 .....	86
〈그림 3-33〉 이상치 데이터 제거 전후 .....	86
〈그림 3-34〉 축 일관성의 검증 방법 .....	88
〈그림 3-35〉 교통량 총량 보존법칙의 예 .....	89
〈그림 3-36〉 오차율 계산의 예 .....	90
〈그림 3-37〉 축 일관성 오차율 계산 알고리즘 .....	91
〈그림 3-38〉 고속도로 관측교통량 오류검증 결과의 다양한 표현 .....	92
〈그림 3-39〉 교통량 오차율 계산 예 .....	93
〈그림 3-40〉 교통량 오차율 수정 예 .....	94
〈그림 3-41〉 VDF 애플리케이션 내 축 일관성 검증 기능 .....	95
〈그림 3-42〉 축 일관성 검증 모듈의 교통량 조정 기능 .....	96
〈그림 3-43〉 존 내 통행과 존간 통행 .....	97
〈그림 3-44〉 경로정보를 이용한 존 내부통행량 비율 계산 방법론 예 .....	100
〈그림 3-45〉 존과 궤적의 관계에 따른 통행 정의 .....	101
〈그림 3-46〉 존 내부 통행량 비율 정의 .....	102
〈그림 3-47〉 존 내부통행량 계산 알고리즘 .....	102



〈그림 3-48〉 내비게이션 자료수집 링크 분포 현황 .....	104
〈그림 3-49〉 내비게이션 자료 확보 수 분포 .....	105
〈그림 3-50〉 전국도로 등급별 내비게이션 자료 확보 링크 수 분석 .....	107
〈그림 3-51〉 VDF 등급별 존 내 통행비율 계산 링크 비율 .....	107
〈그림 3-52〉 도로 등급별 존 내 통행량 전국 평균 비율 .....	108
〈그림 3-53〉 존 내부 통행량의 도시부 도로와 지방부 도로의 비교 .....	109
〈그림 3-54〉 다차로 동일 등급 내 존 내 통행량 비율 편차 분석 .....	110
〈그림 3-55〉 존 내 통행비율 전국 분포 .....	111
〈그림 3-56〉 수도권 존 내 통행비율 분포 분석 .....	112
〈그림 3-57〉 내비게이션 자료 미수집 링크 존 내 통행량 추정 과정 .....	114
〈그림 3-58〉 시군구 VDF 별 존 내 통행량 비율 최대 최소값 비교 .....	115
〈그림 3-59〉 광역 시도 VDF 별 존 내 통행량 비율 최대 최소 값 비교 .....	116
〈그림 3-60〉 도시고속도로 미관측문제의 정산 영향 .....	119
〈그림 3-61〉 KTDB 조사지점 선정 방법론 개발 목표 .....	120
〈그림 3-62〉 존기반 관측지점 선정의 예 .....	121
〈그림 3-63〉 축 교통망에서의 관측지점간 중복과 독립 .....	123
〈그림 3-64〉 망 교통망에서의 관측지점간 중복과 독립 .....	123
〈그림 3-65〉 경로교통량을 고려한 관측지점 선정 .....	125
〈그림 3-66〉 관측 지점의 공간적 불균형 .....	127
〈그림 3-67〉 통과차량 중복율을 이용한 링크 유사성 검토 .....	129
〈그림 3-68〉 궤적자료를 이용한 링크-링크 행렬 작성 .....	130
〈그림 3-69〉 기종점 교통량의 링크 통과 비율 계산 방법 .....	132
〈그림 3-70〉 경로 기반의 링크간 교통량 중복도 계산 .....	133
〈그림 3-71〉 기종점 교통량 링크 통과 비율을 이용한 링크 관계도 계산 예 .....	134
〈그림 3-72〉 두 링크의 기종점 교통량 통과율을 만족시키는 로짓모형 계수 정산 .....	135
〈그림 3-73〉 링크 중복도를 고려한 조사지점 선정 방법론 비교 .....	137

〈그림 3-74〉 링크 통과 내비 표본수에 따른 그룹 설정 .....	138
〈그림 3-75〉 링크 조사지점 우선순위 분석 과정 예 .....	140
〈그림 3-76〉 VDF 1등급 링크들의 중요도 평가 결과 .....	141
〈그림 3-77〉 VDF 6 등급과 14 등급의 링크 중요도 분석결과 .....	142
〈그림 3-78〉 내비게이션 통행자료 표본을 이용한 통행배정 통행시간 검증 방안 예 .....	145
〈그림 3-79〉 링크 Raw data의 저장 양식 .....	147
〈그림 3-80〉 링크 통과차량 통행거리 평균 및 분산 .....	148
〈그림 4- 1〉 교통량과 통행비용의 관계 .....	156
〈그림 4- 2〉 교통량과 통행시간의 관계 .....	157
〈그림 4- 4〉 각 VDF 계수값의 영향 영역과 다차로 도로 V/C 분포 .....	161
〈그림 4- 5〉 용량의 과다 설정문제와 VDF 정산 오류 .....	162
〈그림 4- 6〉 자유류속도 및 용량의 VDF 정산 오류 .....	162
〈그림 4- 7〉 교통량-속도 그래프(밀도 6이하) .....	164
〈그림 4- 8〉 교통류율-점유율-속도 그래프 .....	165
〈그림 4- 9〉 자유류속도 및 용량 산정절차 .....	166
〈그림 4-10〉 고속도로-다차로 분리 정산 VDF 정산 .....	167
〈그림 4-11〉 기종점 통행량 자료 미비 구간 예 .....	170
〈그림 4-12〉 고속도로 모형화 물리적 오류 지점 예 .....	171
〈그림 4-13〉 복수 고속도로 축 교차 지점 예 .....	171
〈그림 4-14〉 고속도로 TCS OD → 차종별 DB 변환 과정 .....	172
〈그림 4-15〉 기종점 교통량 출발시간대와 관측지점 통과시간 간 편차 .....	174
〈그림 4-16〉 관측교통량과 최대 일관성을 갖는 기종점 교통량 표 선정 .....	174
〈그림 4-17〉 VDF 함수와 계수값의 주 영향 구간 .....	176
〈그림 4-18〉 VDF 1의 $(t/t_0)$ 와 $(V/C)$ 관계 .....	177
〈그림 4-19〉 VDF 2의 $(t/t_0)$ 와 $(V/C)$ 관계 .....	178
〈그림 4-20〉 VDF 2의 $(t/t_0)$ 와 $(V/C)$ 관계 .....	179

〈그림 4-21〉 화음기억의 원리 .....	182
〈그림 4-22〉 화음탐색법을 이용한 VDF 정산 알고리즘 설계 .....	183
〈그림 4-23〉 정산 방법론 검증을 위한 테스트베드 네트워크 .....	184
〈그림 4-24〉 테스트베드 자료를 이용한 VDF 계수 추정 결과 검증 .....	185
〈그림 4-25〉 고속도로 분리정산 자료 준비 과정 .....	186
〈그림 4-26〉 자유류속도 산정과정 .....	187
〈그림 4-27〉 도로용량 산정과정 .....	190
〈그림 4-28〉 고속도로 분리정산 VDF 1, 2 등급 교통량 오차분포 분석 .....	197
〈그림 4-29〉 고속도로 분리정산 교통량 재현 공간 분석 .....	198
〈그림 4-30〉 KTDB vs 2012 VDF 고속도로 분리정산 오차분포 비교 .....	201
〈그림 4-31〉 KTDB 고속도로 교통량 재현율 오차 분포 분석 .....	206
〈그림 4-32〉 다차로도로 등급별 오차 분포 비교 .....	208
〈그림 4-33〉 VDF 5, 7, 16등급 오차분포 비교 .....	209
〈그림 4-34〉 지역간 교통망 센트로이드 커넥터와 관측지점 문제 .....	210
〈그림 5- 1〉 KTDB 교통량 재현 문제지점 공간 분석 .....	217
〈그림 5- 2〉 KTDB 다차로 오차율 공간분포 분석 .....	222
〈그림 5- 3〉 KTDB 고속도로망과 다차로 상위등급 오차율 분포 상관 분석 .....	223
〈그림 5- 4〉 2011 VDF vs 2012 VDF 등급별 RMAE 값 변화 분석 .....	225
〈그림 5- 5〉 고속도로 통행속도 재현수준 .....	228
〈그림 5- 6〉 고속도로 분리정산 교통량-통행속도 산포도 분석 .....	229
〈그림 5- 7〉 통행속도-통행시간 산포도 분석 .....	229
〈그림 5- 8〉 고속도로 분리정산 vs KTDB VDF 고속도로 통행시간 재현수준 비교 .....	230
〈그림 5- 9〉 고속도로 네트워크 .....	237
〈그림 5-10〉 다차로 2등급 네트워크 .....	237
〈그림 5-11〉 다차로 5등급 네트워크 .....	237
〈그림 6- 1〉 전국 고속도로 구간별 PCE값 분포도 .....	247

〈그림 6- 2〉 고속도로 주요 축별 PCE값 비교 .....	248
〈그림 6- 3〉 고속도로 노선별 PCE값 표준편차 비교 .....	249
〈그림 6- 4〉 VDF 1,2 등급의 PCE 상대도수 분포 .....	250
〈그림 6- 5〉 기존 가중치를 활용한 통행 배정 .....	262
〈그림 6- 6〉 Entry-to-exit toll 적용한 통행배정 .....	262
〈그림 6- 7〉 도시부, 지방부 속도 분석 .....	264
〈그림 6- 8〉 고속도로 차로 구분에 따른 분석 .....	265
〈그림 6- 9〉 신호밀도 구분에 따른 분석 .....	265
〈그림 6-10〉 차로 구분에 따른 속도 분석 .....	266
〈그림 6-11〉 도시부 지방부 분석 .....	266
〈그림 6-12〉 현 VDF 위계 현황 .....	267
〈그림 6-13〉 현 다차로도로 체계 문제점 .....	268
〈그림 6-14〉 존-교통망의 부정합 관계 .....	272
〈그림 6-15〉 존-교통망 정합성 지표 계산 과정 .....	274
〈그림 6-16〉 VDF 1등급 및 6등급 도로의 정합성 평가 결과 .....	275
〈그림 6-17〉 VDF 14등급 도로의 정합성 평가 결과 .....	276
〈그림 6-18〉 KTDB 교통망 전체링크 총괄분석 결과 .....	277
〈그림 6-19〉 존 센트로이드와 커넥터 연결 .....	278
〈그림 6-20〉 서울 강남구 발생도착 교통량 분담율 분석 .....	280
〈그림 6-21〉 강남구 센트로이드 발생통행 분담분석 .....	280
〈그림 6-22〉 강남구 센트로이드 도착통행 분담 분석 .....	281
〈그림 6-23〉 차량의 실제 출발점과 교통 존 체계 .....	283
〈그림 6-24〉 K-path algorithm과 대표경로 선정 문제의 차이 .....	285
〈그림 6-25〉 차량 궤적 자료를 이용한 존 센트로이드 커넥터의 설정 .....	287
〈그림 6-26〉 기종점 통행 이용률을 이용한 경로 중복 산정 유효구간 계산 예 .....	289
〈그림 6-27〉 링크의 존 내 통행비율과 기종점 교통량 링크 통과 비율의 차이 .....	290

〈그림 6-28〉 링크 통과율 기반의 최단경로 탐색 알고리즘 .....	292
〈그림 6-29〉 링크 통과율을 이용한 제 1대표경로 선정 기법 .....	293
〈그림 6-30〉 경로의 그룹 구분을 통한 대표경로집합 구축 과정 .....	294
〈그림 6-31〉 대표경로 선정을 위한 테스트베드 교통망 .....	296
〈그림 6-32〉 임의 발생된 경로 집합 .....	296
〈그림 6-33〉 제 1대표 경로 선정 결과 .....	297
〈그림 6-34〉 최종 생성 대표경로 그룹 수와 그룹 내 표본 수 .....	298
〈그림 6-35〉 ID 21과 ID 2 경로 .....	299
〈그림 6-36〉 우회에 따른 경로 중복 기피 문제 .....	300
〈그림 6-37〉 경로 그룹 내 소속 경로간의 상호 독립성 확보문제 .....	301
〈그림 6-38〉 개선된 알고리즘에 의한 제2, 제3 경로 그룹 결과 .....	302
〈그림 7- 1〉 KTDB VDF 정산 체계 개선 목표와 세부 개선 방안 .....	312
〈그림 7- 2〉 KTDB VDF 정산 과제 정리 .....	315



요약







## 요 약

### 1. 과업의 개요

#### 가. 과업의 개요

- 본 과업은 KTDB 교통망의 통행비용함수(VDF)에 포함된 계수를 정산하고 이를 검증할 수 있는 체계 및 시스템을 구축하는데 목표를 두고 있으며, 계수 정산에 필요한 입력자료의 검증 및 오류 개선, 계수정산 이론의 개발, 계수값의 특성 분석, 기타 현행 KTDB VDF의 등급정의 타당성 검토와 개선방향제시 등을 포함하고 있음
- 특히 본 과업의 기존 VDF 정산 과업과 차별화 되는 점은 첨단 교통자료인 내비게이션 자료를 VDF 정산에 활용한다는 점, 고속도로 VDF에 대하여 속도 자료를 반영한 정산을 시행한다는 점, 그리고 효율적인 정산 및 정산 결과 검증을 가능케 할 VDF 통합관리 애플리케이션을 개발한다는 점임
- 특히 다차로 도로의 경우 고속도로에 비해 관측교통량 재현 수준이 현저히 낮기 때문에 문제 원인을 파악하고 효과적으로 개선할 수 있는 방법과 분석 체계가 필요함
- 이러한 문제점 인식을 기반으로 VDF의 현실 재현 수준을 향상시킬 수 있는 방법을 제시할 것이며, 이러한 개선을 통해 현재 사용되고 있는 VDF 계수값들에 비하여 교통류 이론에 부합하고 현실 재현력 높은 계수값들을 추정해낼 것임
- 또, 연구를 통해 얻어진 계수추정 관련 기법들이나 이론들을 향후에도 개선 발전시킬 수 있도록 VDF 관리 시스템을 개발하여 통행비용 함수 관련 자료를 효율적으로 통합 관리하고, 객관적이고 체계적으로 계수 추정을 할 수 있도록 하며, 정산의 결과 역시 그래픽과 수치 분석, 계량지표 등을 통해 다각적으로 확인할 수 있도록 함

#### 나. 과업의 목표 및 범위

- 본 과업에서 VDF 계수 추정을 통해 달성하고자 하는 목표는 크게 여섯가지 측면으로 구분할 수 있음
- 첫 번째 목표는 정산 입력자료의 개선임
- 현재 VDF 정산을 위해서는 관측교통량을 입력자료로 이용하고 있는데 관측교통량의

경우 특정 링크를 통과하는 모든 교통량을 집계한 것으로서 존 간 통행량과 존 내 통행량이 구분되어있지 않음

- 본 연구에서는 첨단 자료인 자동차 내비게이션 자료를 활용하여 관측교통량 중 존간 통행량을 계산해내어 존 체계와 정합성을 갖는 정산 신뢰도 검증을 수행하였음
- 본 과제에서 달성할 두 번째 목표는 교통류 이론과 현장 자료에 근거한 VDF 계수 정산 방법론을 확립하는 것임
- 이러한 방법론 확립을 통하여 논리적으로 모순이나 불합리한 계수값이 도출되지 않는 계수추정 이론을 개발함
- 세 번째 목표는 계수정산 방법론의 개선으로서 본 연구에서는 확률적 전역탐색 최적화 기법을 통하여 관측자료 재현력이 극대화될 수 있는 계수값을 추정하였음
- 네 번째 목표는 속도 자료를 활용한 계수추정 방법론의 개발임
- 기존 계수추정 방법론의 경우 교통량 재현만을 주 목표로 설정하였기 때문에 관측교통량 재현력이 높은 경우에도 VDF에 의해 얻어진 통행시간은 관측값과는 큰 차이가 나타나는 경우가 많았음
- 따라서 본 연구에서는 링크 통행속도를 교통량과 함께 정산 목적함수에 직접 반영하는 계수추정 문제를 구성하고 이를 반영한 정산 프로그램을 개발하였음
- 다섯 번째 목표는 정산결과 검증의 다각화 및 분석역량 강화임
- 기존 연구들에서는 관측교통량 재현을 제외한 나머지 측면, 예를 들어 경로 검증이나 통행시간 검증 등의 경우 정산 대상 기종점의 선정이나 구간의 선정 등이 임의로 이루어졌으며 어느 정도 수준이 허용 가능한 오차 수준인지에 대한 기준이 없음
- 따라서 본 연구에서는 첨단 자료인 내비게이션 자료를 비롯하여 통행속도 및 교통량 자료 등을 활용하여 통행배정 과정에서 얻어진 통행 속도나 시간, 기종점 교통량, 통행 경로 등에 대한 검증 기준 확립 방안을 제시하였음
- 본 과제의 마지막 목표는 이러한 모든 기능들을 객관적으로 투명하게, 그리고 효율적으로 이용할 수 있도록 VDF 통합분석 시스템을 개발하는 것임
- VDF 통합분석 시스템은 본 과업에서 개발되는 방법론들을 프로그램으로 탑재하여 분석가가 원하는 VDF 관련 작업들을 하나의 프로그램을 통해 수행하고 그 결과를 표나 그림 등을 통해 다각적으로 분석할 수 있도록 함

#### 다. 과업의 주요 내용 및 수행방법

- 본 과업의 가장 중요한 목표는 KTDB 교통망을 효율적으로 관리하고 정산 결과를 검증할 수 있는 DB 시스템을 구축하는 것임
- 이를 달성하기 위해 수행되어야 할 과업의 주요 내용은 크게 조사부문, 학술부문, 애플리케이션 개발 부문으로 나누어 수행됨
- 조사부문의 경우 KTDB 자료를 보완할 수 있는 현장 자료의 수집과 첨단자료인 내비게이션 자료의 DB화에 초점을 맞추고 있음
- 이를 위해 현장조사에서는 248개소에서 교통량과 속도조사가 사전조사, 본조사, 보완조사로 나누어 이루어 졌으며, 조사된 자료에 대한 기초 통계 분석을 실시하였음
- 내비게이션 자료의 경우 총 크기 188 GB 총 1억 2천만 통행의 1년치 궤적자료 (2011년 8월 1일~2012년 8월 1일)를 확보하여 이를 이용한 DB 구축 작업을 수행하였음
- 내비게이션 기반 DB에는 표본 링크자료를 통해 얻은 링크별 통행 속도가 포함되어 있으며, 그밖에 존, 기종점, 경로 등으로 나누어 존내통행량과 같이 내비게이션 자료를 1차 가공한 자료들이 구축되었음
- 학술 부문의 경우 크게 교통 공학부문과 교통망 분석이 주를 이루는 교통계획 부문으로 나누어 수행되었음
- 교통 공학부문의 경우 VDF 별 용량, 자유교통류 속도, 일전환 계수 계산의 내용으로 구성되어 있으며, 이를 기초로 한 VDF 위계 재정립 방안이 포함되어 있음
- 이와 함께 기초 자료의 오류 검증을 위한 자료 필터링 기술개발이 공학적 연구 내용에 포함되어 있음
- 교통 계획 부문의 경우 교통량 및 속도 재현수준을 기초로 한 VDF  $\alpha$ ,  $\beta$  값 정산과 정산 결과에 대한 검증 방안 개발 및 검증 이 포함되어 있음
- 또, 조사지점의 선정 기법이나 축 일관성 검증 등이 교통 계획 부문에 포함됨
- 마지막으로 애플리케이션 개발 부문의 경우 조사를 통해 새롭게 얻어진 자료를 포함한 기존 KTDB를 애플리케이션에서 효과적으로 이용할 수 있도록 DB 구조를 설계하는 일과 DB화된 자료들을 시각적으로 표출하는 기능의 설계와 개발이 포함됨

## 2. 도로통행비용함수 관련 문헌고찰

### 가. 국내문헌고찰

- 우리나라의 경우에는 통행비용함수로는 미국 공로국(BPR : Bureau of Public Roads)에서 개발한 BPR 식이 가장 널리 연구·사용되었으며, 신호가 존재하는 도시내 도로의 경우 비현실적이라는 비판을 받은바 있음. 서울시정개발연구원(2002)에서 제시하였듯이 도시내 도로와 같은 단속류에서는 Conical 함수식을 채택하고 있음

### 나. 국외문헌고찰

- 미국의 공로국(BPR : Bureau of Public Roads, 1964)은 현재 가장 많이 사용되는 VDF 함수이며, 파라메타  $\alpha, \beta$  값은 통상 0.15, 4를 적용하여 사용하고 있으며, 링크의 특성에 따라서 이 파라메타 값을 수정하며 사용하고 있음
- BPR식을 이용한 또 다른 연구로는 Steenbrink(1974)가 BPR식의 Practical Capacity 대신에 서비스 수준 E 용량을 사용하여 네덜란드의 교통환경에 대하여  $\alpha = 2.62, \beta = 5$ 의 값을 추정하였음
- Wardrop(1968)은 도로망의 전체 통행속도와 교통량과의 관계를 표시하는 지체함수를 개발하였으며, 이 함수에서는 신호 교차로에서의 대기시간과 신호 교차로간의 통행시간을 차량 연동식 또는 고정식 신호 두 가지에 대하여 평균 지체와 교통량 관계를 개략적인 식으로 유도함으로써 산출함
- Spicess & Heinz(1989)은 Conical 함수를 제안하였으며, BPR 통행비용함수의 급격히 증가하는 곡선의 형태에 대한 문제점을 보완함. 통행배정단계에서 수렴속도 향상을 위해 개발되었으며,  $V/C > 1$ 인 구간에서 선형의 형태로 통행시간이 증가됨. 하지만 교차로에서의 생기는 지체를 별도로 표현할 수 없다는 단점이 있음

### 3. 도로통행비용함수 조사자료구축

#### 가. 도로통행비용함수 조사자료 구축

##### 1) 공간적 범위

- 전국권 대상(도로등급 중 일반국도, 국가지원지방도, 지방도, 광역시도, 시군도)

##### 2) 시간적 범위

- 조사기간 : 2012년 10월 ~ 2013년 2월
  - 강우, 강설, 결빙 등에 의해 교통류에 영향이 있다고 판단하는 경우 조사일정 제외
  - 연말, 연시, 연휴 등 평상시와 통행 패턴이 다른 경우 조사일정 제외
- 조사시간
  - 교통량 조사 : 평일(화·수·목), 24시간 조사 07:00~익일 07:00
  - 속도조사 : 평일(화·수·목), 12시간 조사 07:00~19:00

## 3) 내용적 범위

- 통행비용합수 구축 관련조사는 조사계획수립 단계, 조사 단계, 자료 정리 및 기초분석 단계로 구분됨

&lt;표 1&gt; 도로통행비용합수 구축 조사내용

단 계	항 목	사 업 내 용	비고(조사대상)
조사 계획 수립 단계	문헌조사	· 도로등급 분류 · 도로명, 교차로명, 코드번호 부여 · 통계연보 검토, 비정상적인 교통수요 발생 요인 검토(행사, 지역축제 등)	전국권 도로 대상
	현장조사	· 도로의 기하구조 <sup>1)</sup> - 시종점, 차로수, 중앙분리대 유무 - 신호등간의 거리, 하류부 교차로시간 - 제한속도, 종·횡단 구배 - 신호연동여부 조사 ※ 303개 지점에 대하여 현장조사를 실시하여 그 중 248개 지점 선정	303개 지점
	조사준비	· 조사원 모집 및 교육 · 조사장비 계획	-
조사 단계	사전조사	· 각 등급별 대표지점 : 속도조사 1개, 교통량조사 1개(VDF 5~VDF 16 : 24개 지점) · 속도조사 <sup>2)</sup> , 교통량조사, 기하구조 조사	24개 지점 (VDF별 각 2개 지점)
	예비조사	· 교통량 및 속도조사 - VDF 13~16등급 조사지점 중 속도조사 1개 지점, 교통량조사 1개지점 ※ 본 조사 실시 전 예비조사를 수행하여 문제점 파악 및 조사계획 최종 확정	8개 지점 (VDF별 각 2개지점)
	본조사	· 교통량 및 속도조사	선정된 208개 지점 - 속도조사 : 84개 - 교통량조사 : 124개
	보완조사	· 샘플 취득율이 미흡한 VDF 등급 지점 조사	교통량 40개 지점
자료 정리 및 기초 분석 단계	DB구축	· 자료검수, 조사자료 정리	-
	기초분석	· 수집된 조사자료를 통한 기초 분석 - 조사지점의 시간대별 교통량 - 통행속도 및 통행패턴 - 교통량-속도 관계 등에 대한 분석 - 도로기하구조 등	분석내용 별도 제시
	보고서 작성	· 사업수행에 대한 종합적인 보고서 작성 및 성과품 제출	-

주: 1) 현장조사를 통하여 전국 단위의 조사지점 확정

2) 통행속도 조사방법론(GPS를 이용한 구간속도조사, 검지기를 이용한 지점속도조사 등) 결정

## 4) 조사지점의 선정

- 지역별 조사지점은 다음과 같음

&lt;표 2&gt; 지역별 조사지점의 선정

구분	본 조사			보완조사	합계
	속도조사	교통량조사	소계	교통량조사	
수도권	26	45	71	11	82
강원도	7	7	14	10	24
충청도	11	15	26	8	34
경상도	26	38	64	9	73
전라도	14	19	33	2	35
합계	84	124	208	40	248

## 5) 조사자료 기초분석

## ① 일평균교통량

- VDF 등급별 일평균교통량이 가장 많은 등급은 VDF 16등급으로 20,553대/일로 조사되었으며, 차로당 평균교통량이 가장 많은 등급은 VDF 16등급으로 7,084대/일/차로로 조사되었음

&lt;표 3&gt; VDF 등급별 일평균교통량 비교

구 분	전체 교통량(대/일)			차로당 교통량(대/일/차로)		
	VDF 평균	도시부 평균	지방부 평균	VDF 평균	도시부 평균	지방부 평균
VDF 5	476	356	556	476	376	552
VDF 6	7,176	4,810	16,643	3,261	2,753	4,178
VDF 7	280	405	91	275	399	109
VDF 8	7,885	8,515	6,940	3,946	4,272	3,490
VDF 9	1,653	2,099	983	1,653	2,109	994
VDF 10	5,987	4,810	7,163	2,846	2,670	2,983
VDF 11	3,640	6,278	1,661	3,639	6,281	1,662
VDF 12	14,109	16,737	7,539	5,979	6,692	3,780
VDF 13	3,697	5,035	1,021	3,686	5,040	1,013
VDF 14	16,044	19,307	9,517	6,237	7,109	4,164
VDF 15	2,838	3,115	2,164	2,831	3,523	1,681
VDF 16	20,553	25,129	9,876	7,084	7,754	4,666

## ② 평균주행속도

- VDF 등급별 평균주행속도가 가장 높은 등급은 VDF 10등급으로 74.71km/h로 조사되었음
- 도시부의 경우 VDF 8등급이 77.09km/h로 가장 높게 나타났으며, 지방부의 경우 VDF 10등급이 77.36 km/h로 가장 높게 조사되었음

<표 4> VDF 등급별 평균주행속도 비교(단위 : km/h)

구 분	VDF 평균		도시부 평균		지방부 평균	
	주행속도	표준편차	주행속도	표준편차	주행속도	표준편차
VDF 5	45.64	7.34	41.39	4.06	48.95	7.15
VDF 6	68.36	18.42	70.66	19.62	65.09	14.22
VDF 7	57.18	9.22	59.59	6.70	53.90	11.56
VDF 8	71.41	10.22	77.09	7.97	64.38	8.31
VDF 9	51.47	15.10	45.14	7.77	65.54	13.18
VDF 10	74.71	10.98	70.85	9.21	77.36	11.01
VDF 11	50.18	12.68	43.88	8.43	56.75	12.01
VDF 12	53.95	15.74	51.84	17.42	58.23	9.66
VDF 13	38.21	13.99	30.40	7.30	53.13	7.39
VDF 14	51.06	23.68	42.69	16.16	65.51	22.48
VDF 15	36.48	17.05	32.87	14.67	59.33	8.33
VDF 16	47.89	13.51	46.91	13.32	56.89	6.46



## 나. 조사자료의 이상치 제거기준 수립

### 1) 캘리포니아 알고리즘을 활용한 이상치 제거

- 본 연구에서는 돌발상황 감지에 사용되는 캘리포니아 알고리즘을 응용한 이상치 제거 알고리즘을 제안함
- 돌발상황 감지 알고리즘도 결국 점유율의 이상치를 찾아내는 방법임
- 파라미터값의 민감도를 조정하면서 적절한 값을 찾음
- 돌발상황 알고리즘의 판별력은 실제 돌발상황의 발생 여부로 확인할 수 있지만 본 이상치 제거의 이상치여부는 판별할 수 없음 (단, 연구의 목적상 사용하고자 하는 교통량-속도 자료에서 이상치를 배제하고자 하는 것이 목적이기 때문에 과감한 데이터 필터링이 필요함)

#### ① 1단계

- T1 : 속도의 공간적 차이로 1번째 검지기에서 측정된 속도와 2번째 검지기 사이의 속도 차이의 절대값임
- 1번째 검제기와 2번째 검제기의 속도 차이가 T1 보다 크다면 이상치로 간주 (다음단계) T1 안에 측정되면 정상값임

#### ② 2단계

- T2 : 속도의 공간적 상대 차이로  $\left| \frac{1\text{번째검지기 속도}}{1\text{번째검지기 속도}} - \frac{2\text{번째검지기 속도}}{1\text{번째검지기 속도}} \right|$  상대적인 차이로 1번째 검지기에서 측정된 것과 그것을 기준으로 다음검지기에서 측정된 속도와의 % 차이로 T2에서 정한 % 보다 크면 이상치로 간주 (다음단계), T2 안에 측정되면 정상값임

#### ③ 3단계

- T3 : 하루 속도의 시간적 상대차이로 속도 측정 시간단위를 15분 단위로 했을 때  $\left| \frac{07:30\text{속도}}{07:30\text{속도}} - \frac{08:00\text{속도}}{07:30\text{속도}} \right|$  07:00 에 측정한 속도와 2 time 다음 시간인 15분+15분 =30분 뒤에서 측정한 속도의 시간적 상대차이 값으로 T3에서 정한 값보다 크면 이상치로 하고 적으면 정상값임

## 2) 축일관성 분석기법 개발

- 축 일관성 검증의 기본 개념은 본선교통량과 유입교통량 및 유출교통량(램프교통량)은 교통량 보존제약에 의해 총량 보존이 되어야 한다는 것이며 이는 고속도로에서만 적용되는 내용임

## 3) 존 내부통행량 계산

- 현재 교통망 VDF 정산에 이용되고 있는 관측교통량의 경우 검지기나 관측자에 의해 해당 검지지점을 통과하는 모든 차량들을 산정하는 방법을 통해 구해짐
- 하지만 통행배정을 통해 계산되는 관측 지점을 통과하는 통행량은 설정된 존 체계에서 존간 통행으로 정의되는 통행량만을 포함한 교통량임
- 따라서, VDF정산에 교통량 자료를 이용하기 위해서는 다차로 도로들에 대한 존 내 통행량 제거과정, 즉 필터링 과정이 필요함
- 이러한 존 내부 통행률 추정 방법 중 가장 정확한 방법은 모든 교통량 조사지점에서 면접조사를 통해 차량의 기종점을 조사한 뒤, 이를 데이터베이스화하여 존 내부와 존 간 통행량 정보를 구축하는 것임
- 내비게이션 자료를 이용할 경우 먼저 내비게이션 샘플 차량계적 정보를 KTDB 관측 교통량 검지지점과 교차 확인하여 내비게이션 장착 차량이 통과한 관측 지점을 찾고, 해당 통행이 현재 존 체계에서 존 내부통행인지 존간 통행인지를 확인해야 함
- 존간 통행인지 존 내부 통행인지를 확인하면 통과 검지기에 통과 교통량으로 추가하고 존간 또는 존 내부 통행으로 기록한 뒤, 집계가 끝나면 검지기별로 존 내부 통행량 비율을 계산해, 해당 비율만큼을 현재 관측교통량에서 제외함
- 하지만, 내비게이션 자료가 완벽하게 EMME/3 교통망상의 링크에 일치하지 않는 존 매칭 불일치 문제가 발생하여 표본이 확보되지 않는 링크들이 존재하며, 따라서 샘플의 수가 부족한 검지 지점에 대해서는 가정에 기반한 존 내부 통행량 추정 기법의 개발이 필요한 것으로 나타남
- 현실적으로는 모든 검지지점에 대하여 내비게이션 자료를 통해 통과 교통량 비율을 계산하는 것은 거의 불가능하다고 판단되며, 대신 각 지역별, 각 도로위계별로 표본이 충분한 검지지점에서 존 내 통행비율을 계산하여 이 값을 동일지역 동일 위계에

모두 적용하는 방법과 동일지역 동일위계에서 모아진 각 표본들을 모두 합하여 해당 지역 해당 위계의 존 내부통행량 대표비율을 계산하는 방법 등을 이용할 수 있음

#### 다. 교통량 조사지점 선정기준 수립

##### 1) 조사지점 선정기법 개발

###### ① Zone 체계를 고려한 조사지점 선정방법

- 현재 KTDB정산 신뢰도 평가의 가장 중요한 기준은 관측 지점의 통행배정 교통량이 관측교통량과 어느 정도 차이가 나는지를 비교하는 것임
- 따라서 통행배정의 입력자료인 기종점 통행수요와 이를 정의하는 존 체계는 관측교통량을 발생시키는 현실의 수요체계와 그 차이가 최소화되어야 함
- 즉, 통행배정 과정에서는 동일한 존에서 발생과 도착이 이루어지는 존 내부 통행의 경우 통행배정에서 제외되기 때문에 존 내 통행비율이 많은 지점은 교통량 관측지점 선정에서 배제하는 것이 바람직함
- 따라서 존 체계를 고려한 바람직한 관측지점이란 존 내부에 설정되는 것 보다는 존과 존의 경계를 통과하는 도로 중심으로 설정되는 것이 바람직하며, 이를 존 기반 관측지점 선정이라 함
- 존 기반 관측지점 선정은 백승걸 (2001)에서 주장된 기법으로 존 체계를 고려해 관측지점을 선정함으로써 존 내부 통행량이 높은 도로를 관측 지점에서 제외하여 지점간의 종속성 문제와 존 크기에 따른 오차를 최소화하도록 교통량 관측지점을 선정하는 기법임

###### ② 교통량 조사지점 중복 및 과다 지점 검토 기법

- 교통망의 관측지점들은 지점간 독립성이 확보될수록 자료로서의 활용성이 높아지는데, 단 교통망에서 조사지점간 중복과 독립 검토 기법은 교통망의 형태가 축인지 망인지에 따라 차이가 있음
- 축 교통망의 경우 교통망에서 축이나 링크의 교차가 많이 발생하지 않기 때문에 지점간 관계를 정의하기가 용이함
- 현재 사용중인 KTDB 관측교통량 지점 중 완전중복이 존재하는 경우 상하류 관측지

점의 교통량간 편차를 조정하여 일관성을 확보해주거나 관측지점 중 일부를 삭제하거나 정산시 반영정도를 낮추어 주는 것이 정산에 도움을 줄 수 있음

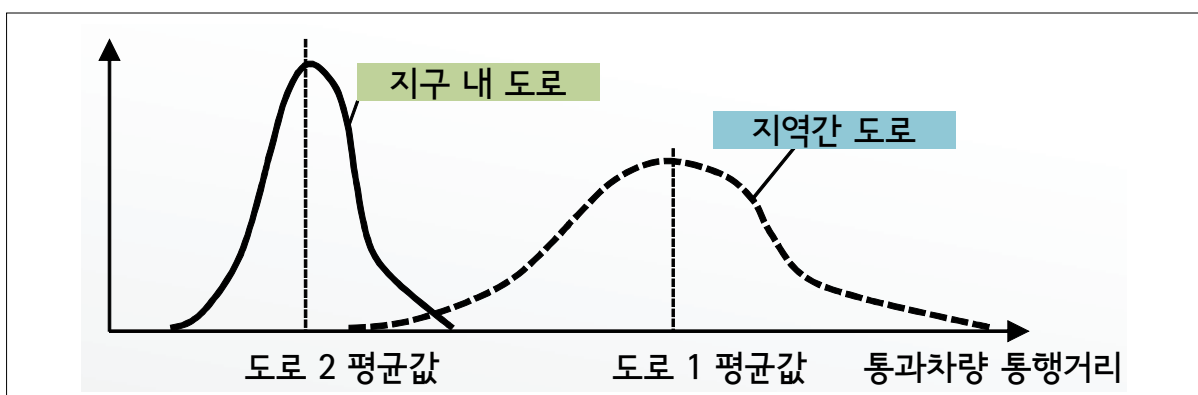
### ③ 내비게이션 자료를 이용한 조사지점 선정기법

- VDF 계수 추정 및 신뢰도 평가를 목적으로 하는 교통량 관측지점 선정의 경우 특히 통행 배정, 즉 경로선택에 영향을 많이 끼칠 수 있고 중요한 지점을 우선적으로 고려해야 함
- 이때 통행배정 관점에서 중요한 지점이란 가장 단순한 관점에서는 교통량이 많은 링크라 정의할 수 있으나, 보다 자세한 정보가 이용 가능한 경우 최대한 많은 수의 경로가 동시에 통과하는 링크라 정의할 수 있음
- 많은 경로가 지나는 링크인 경우 많은 기종점과 관계된 링크라 이해할 수 있으며, 이 경우 선정된 링크를 통과하는 경로가 다양하고 그 기종점 구성도 다양하다면 해당 링크의 관측교통량 재현 수준에 의해 영향을 받는 다른 경로들도 많음을 의미함
- 따라서, 링크를 지나는 경로의 숫자가 많을수록 교통망에서 넓은 범위의 영향을 미친다고 볼 수 있어 통행배정 결과의 검증을 위해서는 중요한 링크라 할 수 있음
- 따라서 내비게이션 자료를 이용하여 기존의 관측지점이나 현재 추가를 고려하는 지점과는 최대한 독립적이면서 지점 추가를 통해 추가로 고려되는 경로의 숫자는 최대화 되도록 지점을 선정하는 문제를 수학적으로 구성하고 최적화 기법을 통해 풀 수 있음

### 라. 도로 통행비용함수 검증을 위한 첨단교통자료 구축

- 본 과업에서 이용한 첨단자료는 크게 ITS 센터로부터 수집된 일부 교통량 자료와 내비게이션 자료가 있음
- 이중 ITS 센터 수집자료의 경우 기존 상시 및 수시 교통량 DB 보완 목적으로 수집되었으며 내비게이션 자료의 경우 과제 내에서 다양하게 이용되었음
- 본 연구에서 DB로 구축한 내비게이션 자료는 크게 3개 종류의 자료로 구분함
- 첫 번째 DB 유형은 기초집계자료로서 내비게이션 궤적자료의 Raw data와 같이 수집된 형태 자체로 저장되거나 링크 기반으로 가공 없이 저장만으로 구축되는 자료를 의미함
- 이러한 링크기반 자료는 구축 난이도가 높지 않으나 정확히 구축된다면 쉽게 교통 정책 의사결정에 사용될 수 있는데, 예를 들어 관측교통량 자료와 함께 이용되면 교통망 전체 온실가스 배출량을 쉽게 계산하는데 사용할 수 있음

- 두 번째 DB 유형은 내비게이션 집계자료로서 이 자료의 유형은 기종점 및 경로 정보를 포함하는 공간분석이 가능한 DB라는 점이 특징임
- 기종점 통행시간 평균 값 및 분산 DB, 기종점간 차량 통행거리 평균 및 분산 DB, 링크 통과 기종점 쌍수 DB, 링크 별 존 발생 및 도착 통행 비율 DB 이 유형에 속함
- 두 번째 DB에 속하는 정보의 특징은 링크 기준으로만 DB가 정의되는 것이 아니라 기종점이나 경로와 같이 하나이상의 지점이 연결되어 정의되는 기준이 정보 구분에 사용된다는 점임
- 특히 기종점 기반 정보들이 많이 구축되는데 내비게이션 자료의 특징상 통행의 시작지점과 종료지점의 파악이 용이해 구축된 DB의 량과 정확도가 경로에 비해서는 정확할 것으로 판단됨
- 세 번째 DB 유형은 내비게이션 원 자료를 이용해 추정한 값들을 DB로 구축한 자료로서 이를 본 연구에서는 Customized data라 정의함
- 이러한 DB의 유형에는 링크 별 존 내부 통행량 비율 DB, 링크 통과차량 통행거리 평균 및 분산 DB, 기종점 교통량 링크 통과비율 DB 등이 있음
- Customized data의 특징은 DB의 구축을 위해 분산과 같은 통계 분석이 필요하거나 내비자료 미수집 지점에 대한 존 내부 통행량 추정과 같은 분석이 필요하다는 점임
- 직접 관측에 의한 집계가 아니지만 Customized data를 구축하는 이유는 특정한 목적 때문에 구축되는 자료이므로 정책의사결정에 직접적인 판단기준을 제시한다는 점임
- 따라서 Customized data DB의 경우 구축에 필요한 계산량이 많은 것이 단점이고 정확도는 낮을 수 있으나 구축될 경우 매우 가치있는 자료가 되는데, <그림 1>과 같이 링크 통과차량 통행거리의 경우 도로 역할 판단에 사용 가능함



<그림 1> 링크 통과차량 통행거리 평균 및 분산

#### 4. 도로통행비용함수 파라메타 추정

##### 가. 도로통행비용함수의 유형 검토

- 현재 적용되고 있는 BPR함수는  $v/c$  비율이 2.0이상에서 통행시간이 급격히 증가하는 문제점을 가지고 있어 이를 보완하기 위해 코니칼함수가 제안됨
- 그러나 코니칼 함수는  $v/c$ 가 1.0이상인 구간에서는 수렴속도가 빠르다는 장점이 있는 반면, 신호교차로에서 발생하는 지정체를 별도로 반영하기에는 한계가 있음
- 최근에는 이러한 신호교차로의 정체를 반영하기 위해 모형에 대한 연구, 기존 BPR식의 보완을 통해 여러 연구가 진행되고 있음
- 따라서 새로운 통행비용함수의 적용은 장기적으로 검토하도록 하며, 본 연구에서는 기존 통행비용함수의 분류체계를 개선하여 VDF 통행비용함수의 신뢰성을 높이는 데 중점을 둠

##### 나. 초기속도 및 도로용량 산정방안

- VDF 계수 값 중 통행시간에 중요한 영향을 미치는 계수값은 초기통행시간과 용량임. 특히 초기통행시간은 차량이 거의 없는 상태일 때의 통행시간으로 자유교통류 속도(이하, 자유류속도)일 때의 통행시간을 의미함
- 자유 속도의 경우 다차로 도로를 예를 들면 현재 배정결과상  $V/C$ 가 1.0이 초과하는 링크 비율이 낮기 때문에 많은 경우 자유속도가( $V_0$ ) 경로선택에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 중요한 계수값으로 정확한 추정이 필요함
- 자유류속도의 경우 먼저 VDF 등급에 따라 노선을 분류하였으며 각 노선별로 밀도 6 이하인 속도<sup>1)</sup>를 추출함
- 노선별로 추출된 속도는 등급별로 통합하여 범위를 도출하였으며 범위는 85백분위(%) 값~99백분위(%)<sup>2)</sup> 값으로 설정함

1) 도로용량편람(2013)에서는 서비스 수준 A일 때의 속도를 자유류속도로 정의하며 밀도 6pcpkmpl 이하, 교통량 600pcphpl이하(설계속도 100km/h) 일 때의 속도

2) 백분위수 통계자료를 공학적인 의미에서 볼 때, 바람직한 기준(desirable criteria)은 99백분위수까지, 일반적인 최소기준(minimum criteria)은 85백분위수까지, 한계최소기준(limiting criteria)은 50백분위수까지 포괄하게 됨. 본 연구에서는 일반적 최소기준과 바람직한 기준을 적용함. 도로국선부의 안전성 향상을 위한 평면선형 설계지침 연구 참조(건기연, 1998)



- 용량의 경우 VDF 등급에 따라 노선을 분류하고 분류된 노선별로 교통류율-속도 곡선을 도식화함. 이때 사용된 교통량, 속도 자료는 정체를 포함한 자료만 사용하였는데 그 이유로는 용량을 산정하기 위해서는 용량을 넘어설 때 발생하는 정체상황이 관측되어야 하기 때문임
- 본 연구에서는 교통량-속도 산포도에서 관측되는 최대관찰교통량을 용량으로 산정하였는데 국외 교통류 이론에서 제시한 방법론을 적용함
- 용량의 범위는 통합된 VDF 등급내의 최소 최대값을 용량 범위로 설정함. 그 이유로는 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

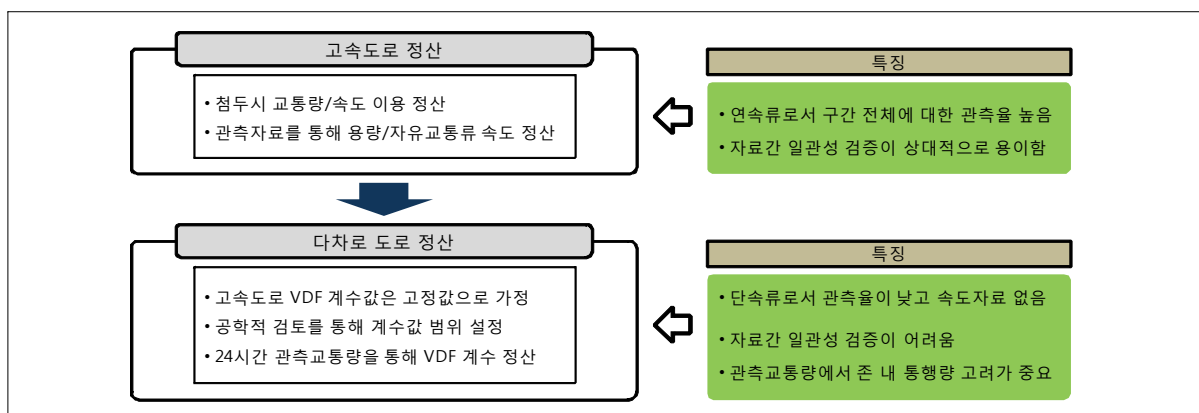
$$\text{용량} = \text{이상적 용량} \times \text{차로폭 보정계수} \times \text{중차량 보정계수}$$

#### 다. 도로통행비용함수의 파라메타 산정

##### 1) 고속도로 KTDB VDF 분리정산

###### ① 고속도로 VDF 계수추정 문제의 특수성

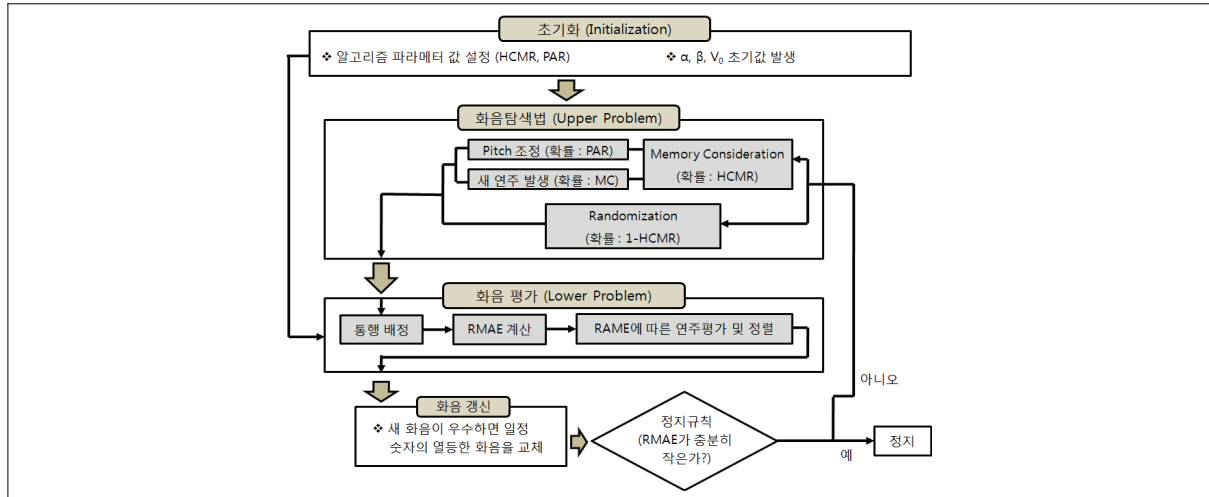
- 본 연구에서는 고속도로와 다차로도로를 분리해 정산하는 방법론을 개발하였고, 고속도로의 경우 링크 교통량과 통행속도를, 다차로 도로의 경우 링크 교통량을 정산 자료로 이용하였음



<그림 2> 고속도로-다차로 분리 정산 VDF 정산

## ② 고속도로 VDF 정산 방법론

- 본 연구에는 김현명 (2012)에서 제시한 Bi-level 구조의 최적해 탐색 기법을 개발하였으며, 개발된 추정모형의 구조는 <그림 3>와 같음



<그림 3> 회음탐색법을 이용한 VDF 정산 알고리즘 설계

## ⑤ KTDB 고속도로 VDF 정산 결과

- 자유류속도 산정 결과

<표 5> EMME3 고속도로 자유류속도 적용값

구분	링크	차로	자유속도(km/h)
VDF 1	고속도로	2차로	100~130
VDF 2		3차로 이상	110~125
VDF 3	도시고속도로	2차로	95~115
VDF 4		3차로 이상	90~110

- 도로용량 산정 결과

<표 6> EMME3 고속도로 용량 적용값

구분	링크	차로	용량(pcphpl)
VDF 1	고속도로	2차로	1,700~2,127
VDF 2		3차로 이상	1,750~2,150
VDF 3	도시고속도로	2차로	1,700~2,000
VDF 4		3차로 이상	1,900~2,200



## 2) KTDB VDF 통합정산

## ① KTDB 교통망 통합정산 기법

- 고속도로 분리정산을 통해 VDF 1, 2 등급의 계수값을 확정하였으며, 이 값을 기초로 KTDB 16등급 전체의 VDF 정산을 시행함
- 정산을 위한 기종점표와 교통망은 2011년 기준으로 구축된 최신 자료를 이용하였으며 링크 관측교통량의 경우 KTDB가 제공하는 수시, 상시 조사 교통량과 올해 과업에서 보강된 관측지점의 교통량을 함께 이용함
- KTDB 기종점 통행량 표의 경우 24시간 교통량을 기준으로 작성되었기 때문에 링크의 용량에 일전환 계수를 적용해 24시간 교통량과 합리적인 V/C 계산이 가능하도록 해야 하는데, 이를 위해 고속도로의 경우 0.078, 다차로의 경우 0.106의 값을 적용함
- VDF 계수의 정산은 고속도로 분리정산과 마찬가지로 화음탐색법과 ImTas가 함께 적용되어 반복계산을 통한 계수값 계산을 시행하였으며 반복계산의 중지 조건은 5,000회 반복계산이 이루어지거나 최적해의 갱신이 500회 반복계산 동안 없는 경우로 설정하였음

<표 7> 링크 유형 및 속성 변화에 따른  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $V_0$  값 변화 (KOTI, 2012)

계수	도로 유형	속성변화	계수 값 변화 추이
$\alpha$ 값	도로 공통	위계상승에 따라 (다차로→고속국도)	감소함 (고속도로 $\alpha <$ 다차로도로 $\alpha$ )
		차로수 증가에 따라	증가함 (1차로 $<$ 2차로 $<$ 3차로)
	다차로도로	도로등급 상승에 따라 (교차로 밀도 감소)	감소함 (1등급 $\alpha <$ 3등급 $\alpha <$ 6등급 $\alpha$ )
$\beta$ 값	도로 공통	위계상승에 따라 (다차로→고속국도)	증가함 (고속도로 $\beta >$ 다차로도로 $\beta$ )
		차로수 증가에 따라	감소함 (1차로 $>$ 2차로 $>$ 3차로)
	다차로도로	도로등급 상승에 따라 (교차로 밀도 감소)	증가하나 증가 크기는 작음 (1등급 $\beta >$ 3등급 $\beta >$ 6등급 $\beta$ )
$V_0$ 값	도로 공통	위계상승에 따라 (다차로→고속국도)	증가함 (고속도로 $V_0 >$ 다차로 $V_0$ )
		차로수 증가에 따라	증가함 (1차로 $<$ 2차로 $<$ 3차로)
	다차로도로	도로등급 상승에 따라 (교차로 밀도 감소)	증가함 (1등급 $V_0 >$ 3등급 $V_0 >$ 6등급 $V_0$ )

&lt;표 8&gt; KTDB VDF 계수값 정산 범위

정산범위			$V_0(\text{km/시})$	용량(대/시)	$\alpha$	$\beta$
고속도로	1	2차로 이하	100 ~ 130	1,700 ~ 2,100	0.25 ~ 0.65	1.80 ~ 3.50
	2	3차로 이상	110 ~ 125	1,750 ~ 2,150	0.30 ~ 0.70	1.50 ~ 3.20
	3	2차로 이하	95 ~ 115	1,700 ~ 2,000	0.35 ~ 0.75	1.60 ~ 3.40
	4	3차로 이상	90 ~ 110	1,900 ~ 2,200	0.40 ~ 0.80	1.40 ~ 3.10
다차로 도로	5	1차로	70 ~ 90	680 ~ 1,400	0.47 ~ 0.85	2.05 ~ 2.90
	6	2차로 이상	90 ~ 105	1,150 ~ 1,550	0.50 ~ 0.70	2.00 ~ 2.50
	7	1차로	70 ~ 85	650 ~ 1,150	0.52 ~ 0.88	1.95 ~ 2.80
	8	2차로 이상	85 ~ 100	1,100 ~ 1,500	0.55 ~ 0.75	1.90 ~ 2.40
	9	1차로	65 ~ 85	630 ~ 1,000	0.57 ~ 0.90	1.85 ~ 2.60
	10	2차로 이상	83 ~ 100	930 ~ 1,500	0.60 ~ 0.80	1.80 ~ 2.30
	11	1차로	65 ~ 80	550 ~ 800	0.58 ~ 0.90	1.85 ~ 2.40
	12	2차로 이상	80 ~ 95	780 ~ 1,450	0.62 ~ 0.82	1.80 ~ 2.05
	13	1차로	65 ~ 75	400 ~ 600	0.60 ~ 0.90	1.75 ~ 2.30
	14	2차로 이상	80 ~ 90	600 ~ 800	0.66 ~ 0.86	1.70 ~ 1.95
	15	1차로	60 ~ 70	350 ~ 550	0.67 ~ 0.90	1.65 ~ 2.20
	16	2차로 이상	70 ~ 80	600 ~ 800	0.71 ~ 0.91	1.55 ~ 1.85

&lt;표 9&gt; KTDB VDF 계수 정산 값

정산범위			$V_0(\text{km/시})$	용량(대/시)	$\alpha$	$\beta$
고속도로	1	2차로 이하	101	1,700	0.55	2.60
	2	3차로 이상	121	1,900	0.48	2.50
	3	2차로 이하	98	1,700	0.50	2.40
	4	3차로 이상	92	1,900	0.42	2.30
다차로 도로	5	1차로	72	680	0.85	2.85
	6	2차로 이상	90	1,300	0.70	2.20
	7	1차로	70	650	0.86	2.75
	8	2차로 이상	86	1,200	0.73	2.10
	9	1차로	68	630	0.87	2.60
	10	2차로 이상	84	1,100	0.76	2.00
	11	1차로	66	600	0.88	2.40
	12	2차로 이상	82	950	0.78	1.90
	13	1차로	65	580	0.89	2.25
	14	2차로 이상	80	800	0.80	2.80
	15	1차로	62	550	0.89	2.15
	16	2차로 이상	75	780	0.82	1.75

## ② KTDB 교통망 고속도로 정산 결과 분석

- 고속도로 정산 결과 고속도로 전체의 정산 비율은  $\pm 30\%$  이내 재현 링크 비율이 59.9%,  $\pm 50\%$  이내 재현율은 76.8%로 나타남

&lt;표 10&gt; KTDB 고속도로 정산 결과 요약

고속도로 정산결과	30% 이내 비율	59.9%	
	50% 이내 비율	76.8%	
VDF1	30% 이내 비율	57.2%	과다 배정 경향
	50% 이내 비율	72.0%	
VDF2	30% 이내 비율	64.3%	과소 배정 경향
	50% 이내 비율	84.6%	

## ③ KTDB 교통망 다차로 정산 결과 분석

- 다차로 도로만을 분리해 평가한 정산 신뢰도는  $\pm 30\%$  이내 정산율이 25.4%,  $\pm 50\%$  이내 정산율이 44.3%임

&lt;표 11&gt; KTDB 다차로 도로 정산 등급별 결과

오차범위	링크 갯수	총계	다차로 1등급		다차로 2등급		다차로 3등급		다차로 4등급		다차로 5등급		다차로 6등급	
			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
200%이상	672	11.4%	15.5%	17.5%	10.7%	14.2%	6.5%	17.8%	4.9%	11.6%	13.4%	7.9%	17.1%	7.7%
200%	645	11.0%	13.9%	9.6%	11.8%	13.5%	9.7%	10.3%	8.3%	9.0%	4.2%	9.2%	2.9%	10.8%
100%	264	4.5%	4.2%	7.0%	5.4%	3.5%	3.4%	4.3%	3.3%	5.7%	1.7%	5.4%	2.9%	4.6%
75%	400	6.8%	6.6%	7.9%	6.2%	9.2%	4.9%	9.2%	4.7%	8.2%	6.7%	9.2%	2.9%	1.5%
50%	291	5.0%	3.6%	7.9%	4.2%	7.1%	3.7%	7.4%	4.7%	6.4%	1.7%	5.7%	0.0%	9.2%
30%	162	2.8%	2.0%	0.9%	1.7%	3.6%	2.2%	3.4%	3.1%	5.4%	0.8%	3.5%	0.0%	6.2%
20%	90	1.5%	0.7%	0.9%	1.3%	1.7%	1.3%	3.7%	1.8%	1.7%	3.4%	0.9%	5.7%	1.5%
15%	104	1.8%	0.9%	0.9%	1.1%	2.2%	2.0%	1.4%	2.2%	3.1%	1.7%	3.2%	5.7%	1.5%
10%	108	1.8%	1.5%	1.8%	1.2%	2.9%	1.7%	2.3%	2.2%	2.5%	0.8%	2.5%	0.0%	1.5%
5%	107	1.8%	1.3%	0.0%	0.7%	3.6%	1.5%	3.4%	2.9%	2.2%	2.5%	2.2%	0.0%	1.5%
-5%	139	2.4%	1.4%	1.8%	1.6%	3.1%	2.7%	3.4%	2.5%	3.2%	3.4%	4.1%	0.0%	1.5%
-10%	125	2.1%	1.4%	5.3%	1.6%	2.4%	2.2%	2.3%	1.8%	2.2%	1.7%	4.7%	2.9%	6.2%
-15%	118	2.0%	0.8%	3.5%	1.4%	2.4%	2.7%	1.7%	3.3%	2.6%	0.8%	2.8%	2.9%	3.1%
-20%	137	2.3%	1.8%	3.5%	1.5%	1.9%	3.2%	2.0%	3.3%	3.6%	2.5%	2.2%	2.9%	3.1%
-30%	405	6.9%	7.2%	3.5%	6.4%	5.4%	7.4%	4.3%	11.8%	6.1%	9.2%	6.0%	11.4%	6.2%
-50%	820	14.0%	9.7%	16.7%	13.8%	10.0%	21.5%	10.0%	19.1%	14.0%	15.1%	11.1%	14.3%	29.2%
-75%	589	10.0%	13.7%	4.4%	11.6%	7.8%	8.1%	8.0%	8.2%	6.4%	16.0%	12.3%	20.0%	3.1%
-100%이내	696	11.8%	13.7%	7.0%	17.7%	5.2%	15.3%	4.9%	12.0%	6.1%	14.3%	7.0%	8.6%	1.5%
-100%	4	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30%	5876	25.4%	19.0%	21.9%	18.5%	29.4%	26.8%	28.1%	34.8%	32.6%	26.9%	32.3%	31.4%	32.3%
50%		44.3%	32.3%	46.5%	36.5%	46.5%	52.0%	45.6%	58.6%	53.0%	43.7%	49.1%	45.7%	70.8%

## 5. 도로통행비용함수 파라메타 검증

### 가. 링크 교통량 검증

#### 1) 링크 교통량 검증 기법

- 링크 교통량 검증의 경우 크게 두 가지 방법론을 통해 수행되는데, 첫 번째는  $\pm 30\%$ ,  $\pm 50\%$  오차내 재현비율을 보완하기 위한 연속지표에 의한 평가이며, 이를 위해 RMAE (Relative Mean Absolute Error) 평가와 GEH 분석을 시행할 것임

#### 2) 고속도로 링크 교통량 검증 결과

- 본 연구에서 설정된 VDF 정산 범위 내에서 KTDB 전체 도로등급에 대하여 재 정산을 수행하였으며, 이 결과를 기존 KTDB와 2011년과 2012년 KTDB 고속도로 정산 결과를 <표 12>에 비교하였음

<표 12> 고속도로 RMAE 및 GEH 검증

구분		RMAE 평균	GEH값 분포					
			5미만	5-15	15-25	25-50	50-100	100이상
2011	VDF1	26.1%	6.5%	14.6%	14.1%	27.6%	30.6%	6.6%
	VDF2	22.5%	4.7%	8.0%	10.3%	21.5%	29.8%	25.7%
2012	VDF1	29.0%	4.6%	13.9%	15.5%	23.9%	35.9%	6.2%
	VDF2	23.7%	4.8%	7.0%	8.7%	20.5%	33.4%	25.6%

## 3) 다차로도로 링크 교통량 검증 결과

- 다차로 도로의 RMAE값과 GEH 값을 2011년 과제와 2012년 과제에 대하여 비교분석하였음

&lt;표 13&gt; 다차로 1~3등급 RMAE 및 GEH 분석

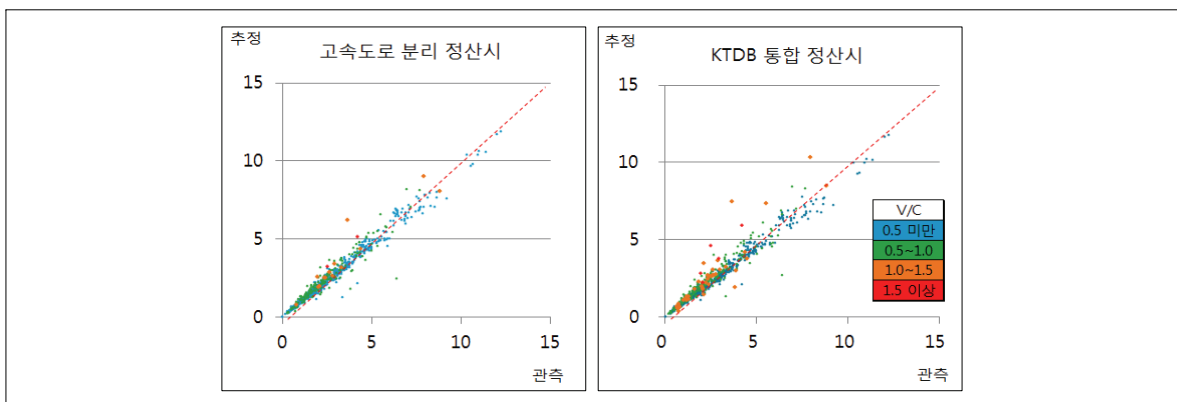
구분		RMAE 평균	GEH값 분포					
			5미만	5-15	15-25	25-50	50-100	100이상
VDF 5	2011	139.5%	6.9%	11.4%	12.8%	39.2%	27.3%	2.4%
	2012	88.3%	6.8%	18.2%	18.4%	36.3%	18.2%	2.0%
VDF 6	2011	69.9%	2.8%	10.1%	11.0%	19.3%	36.7%	20.2%
	2012	61.1%	2.6%	11.4%	9.6%	25.4%	36.0%	14.9%
VDF 7	2011	103.4%	5.9%	10.7%	12.0%	32.8%	33.5%	5.1%
	2012	75.5%	4.5%	15.2%	18.5%	34.8%	23.7%	3.3%
VDF 8	2011	57.5%	3.8%	12.0%	12.0%	24.9%	32.6%	14.6%
	2012	65.3%	5.9%	14.0%	10.0%	22.3%	31.0%	16.8%
VDF 9	2011	91.5%	7.3%	13.2%	7.8%	22.5%	41.9%	7.2%
	2012	61.4%	8.6%	19.5%	19.1%	28.0%	20.8%	4.0%
VDF 10	2011	50.7%	5.8%	13.2%	9.9%	30.1%	30.1%	10.8%
	2012	64.0%	6.3%	11.5%	8.6%	26.4%	34.1%	13.2%

&lt;표 14&gt; 다차로 4~6등급 RMAE 및 GEH 분석

구분		RMAE 평균	GEH값 분포					
			5미만	5-15	15-25	25-50	50-100	100이상
VDF 11	2011	88.7%	5.8%	10.2%	10.6%	27.2%	33.8%	22.7%
	2012	55.3%	8.5%	20.9%	17.2%	29.9%	17.8%	5.6%
VDF 12	2011	57.5%	5.1%	12.9%	11.1%	22.7%	25.5%	22.7%
	2012	60.8%	5.7%	11.1%	13.4%	22.6%	32.5%	14.8%
VDF 13	2011	125.1%	2.9%	7.8%	8.7%	25.2%	27.2%	25.2%
	2012	62.9%	6.7%	11.8%	14.3%	25.2%	31.9%	10.1%
VDF 14	2011	54.0%	4.8%	9.5%	9.9%	19.4%	23.4%	33.0%
	2012	52.7%	5.7%	10.8%	10.8%	23.7%	31.0%	18.0%
VDF 15	2011	69.0%	0.0%	11.1%	5.6%	22.2%	44.4%	16.7%
	2012	78.5%	0.0%	20.0%	22.9%	14.3%	28.6%	14.3%
VDF 16	2011	47.8%	5.9%	11.8%	5.9%	5.9%	38.2%	32.4%
	2012	43.1%	3.1%	7.7%	7.7%	7.7%	32.3%	9.2%

## 나. 링크 통행시간 검증

- 고속도로 분리정산 결과를 기준으로 통행시간 정산 결과를 정리하여 분석함
- 고속도로 분리 정산의 통행시간 분석 정확도 분석은 이미 고속도로 분리 정산 부분에서 정리한 바 있으므로 본 절에서는 고속도로 분리정산과 KTDB 통합정산시 VDF를 각각 고속도로망에 적용하여 FTMS 관측 통행시간 재현력을 비교 평가하였음
- 고속도로 분리정산의 경우 대부분의 추정값이 관측값과 매우 유사한 재현 수준을 나타내었으나 KTDB 통합 정산에 의해 얻어진 VDF 값의 경우 통행시간 재현력이 분리정산의 경우보다 낮은 것을 확인할 수 있음
- BPR식의 구조상 혼잡 구간에서의 통행시간 추정 정확도가 낮은 약점이 있는데 이러한 문제점이 어떻게 현재 KTDB VDF에서 나타나는 지를 확인하기 위해 통행시간 재현 수준을 V/C별로 구분해 분석하였음
- 분석의 정확도를 위해 V/C 계산시 교통량은 관측교통량을 사용하였음
- <그림 4>에서 확인할 수 있듯 V/C가 1.0 이상인 경우 45도 선상에서 자료의 거리가 멀어짐을 확인할 수 있으며 이러한 경향은 V/C가 증가할수록 두드러지게 나타남
- 다만 이러한 문제점은 고속도로 분리정산 VDF에서는 조금 완화되어 나타나기 때문에 교통량 정산 수준이 높을수록 통행시간 재현 수준도 높아지리라 기대할 수 있고 정확한 등급체계 구분 등을 통해 통행시간 추정력의 향상도 기대할 수 있을 것이라 예상
- 하지만 혼잡구간에서 통행시간 재현력이 낮아지는 문제의 근본적인 원인은 현재 사용되는 VDF식은 BPR식 자체의 구조적 문제가 크기 때문에 BPR식의 이러한 한계를 극복할 수 있는 해결책도 향후 제시되어야 할 것으로 판단됨



<그림 4> 고속도로 분리정산 vs KTDB VDF 고속도로 통행시간 재현수준 비교

#### 다. 기종점 통행시간 검증

- 본 연구에서는 통행배정 결과와 온라인 경로제공 웹사이트 (네이버 참고)의 통행시간 결과를 비교하여 VDF 함수의 통행시간 재현력을 검증하였음
- 검증을 위하여 세로축 3개소, 가로축 2개소 서남축 및 북동축 1개소를 선택하여 분석하였음
- 검증결과 총 7개소 중 4개소에서 본과업의 VDF가 우수한 결과를 나타내었고, 2개소에서는 기존 VDF(2012년 결과) 우수하였으며, 1개소 진주-춘천간 통행시간의 경우 두 VDF의 우열을 판정할 수 없었음
- 이때 세로3축과 가로2축의 경우 중앙선 및 88고속도로의 영향을 받는 도로로써 교통량 검증 부분에서 현 VDF 체계에서는 VDF 1으로 설명이 어려운 도로이며, 예외조항을 통해 통행속도나 용량을 조정해야 하는 도로로 지적한 바 있음

<표 15> 장거리 기종점 통행시간 검증 결과

구분	출발존	도착존	통행시간			검증 결과
			네이버	기존 VDF	본과업 VDF	
세로축1	서울 강남구	광주 서구	3시간 59분	4시간 33분	3시간 47분	본과업 VDF 우수
	광주 서구	서울 강남구	3시간 57분	4시간 38분	3시간 50분	
세로축2	진주	춘천	5시간 9분	5시간 42분	4시간 47분	유사
	춘천	진주	5시간 14분	5시간 39분	4시간 46분	
세로축3	강릉	부산 부산진구	5시간 49분	5시간 38분	4시간 41분	기존 VDF 우수
	부산 부산진구	강릉	5시간 44분	5시간 38분	4시간 42분	
가로축1	강릉	태안	4시간 19분	4시간 52분	4시간 10분	본과업 VDF 우수
	태안	강릉	4시간 22분	4시간 57분	4시간 14분	
가로축2	군산	포항 남구	4시간 37분	4시간 34분	3시간 50분	기존 VDF 우수
	포항 남구	군산	4시간 36분	4시간 30분	3시간 48분	
서남축	서울 강남구	부산 부산진구	5시간 4분	6시간 17분	5시간 12분	본과업 VDF 우수
	부산 부산진구	서울 강남구	5시간 8분	6시간 16분	5시간 11분	
북동축	강릉	광주 서구	5시간 41분	6시간 47분	5시간 40분	본과업 VDF 우수
	광주 서구	강릉	5시간 41분	6시간 53분	5시간 45분	

## 라. 편익 검증

- 신규 VDF에 의한 편익산정 결과에 대한 합리성을 검토하고자 함
- 고속도로의 용량증대로 인한 편익산정을 위해서 기본적으로 2차로와 4차로에 대한 2,000대/시~6,000대/시의 교통량이 배정되었을 경우에 대한 통행시간을 도출함
- VISSIM에 의하면 2,000대/시의 경우 2차로에서는 1,408초가 소요되었으며, 6,000대의 경우 3,256초가 소요되는 것으로 분석됨
- 다음 표를 보면 VISSIM에서 재현된 교통상황별 통행시간을 기존 VDF보다 신규 VDF가 더욱 잘 추정해내는 것을 알 수 있음

<표 16> 교통상황별 고속도로 링크 통행시간 산정 (단위: 초)

구분		2,000대/시	4,000대/시	6,000대/시
VISSIM	2차로	1407.75	2556.9	3255.85
	4차로	1023.85	1048.15	1169.45
기존 VDF	2차로	986.48	1356.13	2255.57
	4차로	916.21	964.05	1076.84
신규 VDF	2차로	1206.57	1901.54	3457.57
	4차로	981.08	1057.68	1221.05

- 통행시간 절감 편익 산정을 위하여 고속도로 차로수를 증가 시킨 후 통행시간을 산정한 결과는 다음 표와 같음
- 이렇게 분석된 용량증대에 따른 통행시간 변화량을 기반으로 통행시간 절감편익을 산정하고자 함

<표 17> 기존 VDF에 의한 용량 증대로 인한 고속도로 통행시간 절감 편익 산정(단위: 초)

구분		2,000대/시	4,000대/시	6,000대/시
VISSIM	3차로	1036.65	1285.65	1532.55
	5차로	1019.4	1036.4	1049.4
기존 VDF	3차로	927.82	1045.94	1333.34
	5차로	912.48	938.44	1000.09
신규 VDF	3차로	923.81	1069.31	1379.61
	5차로	974.05	1017.90	1017.90



- 분석결과 VISSIM에서 산정된 통행시간 변화량에 의한 통행시간 절감편익을 기존 VDF보다는 신규 VDF가 훨씬 잘 설명하는 것으로 나타남
- 특히 혼잡이 높게 나타나는 교통류 상황에 대해서는 기존 VDF는 통행시간 절감편익을 과소추정하고 있는 것을 확인 할 수 있었으며, 이러한 문제를 신규 VDF를 통해 극복할 수 있을 것으로 예측됨
- 일반적으로 교통시설 투자사업이 혼잡이 반복적으로 나타나는 구간에 대한 개선을 가장 큰 목적으로 하는 경우가 많기 때문에 이러한 혼잡구간을 대상으로 한 정확한 통행시간 절감편익 산정은 타당성조사에서 중요한 요소가 되고 있음
- 이러한 점에서 개선된 신규 VDF가 교통시설 투자사업에 대한 타당성조사의 정확성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단됨

<표 18> 고속도로 용량 증대로 인한 통행시간 절감 편익 산정(단위: 원)

구분		2,000대/시	4,000대/시	6,000대/시
VISSIM	3차로	3, 151, 464	21, 591, 475	43, 903, 940
	5차로	37, 790	199, 567	3, 058, 474
기존 VDF	3차로	498, 154	5, 268, 405	23, 495, 346
	5차로	31, 676	434, 972	1, 955, 334
신규 VDF	3차로	2, 401, 261	14, 134, 964	52, 939, 494
	5차로	59, 700	675, 641	5, 175, 585

## 6. 향후 도로통행비용합수 구축관련 개선항목 검토

### 가. 일전환계수 산정방안

- 최근 도시부/지방부 및 관광지역의 영향을 도로용량 계산시 고려하기 위해 도로용량 편람 개정연구가 수행되었고 일전환계수(설계시간계수)도 개정됨
- 2013 도로용량편람에서 개정된 설계시간 계수 값은 고속국도와 국도에 따라 구분되며 도시지역, 지방지역, 관광지역에 따라 구분됨
- 다차로도로의 경우 VDF 5에서 VDF 8 등급까지는 대부분 지방부, VDF15, 16등급은 대부분 도시부이므로 각 지역 특성에 따라 일전환계수를 적용함
- 그러나 VDF 9에서 VDF 14 등급은 도시부와 지방부가 혼재되어 있으므로 일전환계수 적용시 각 링크의 지역 특성에 따라 적용할 수 있음
- 또한 범위 값도 제시하여 분석가의 판단에 따라 일전환계수를 적용할 수 있음

<표 19> VDF 등급별 일전환계수 산정안

구 분		VDF 등급	차로 구분	일전환계수		범위
고속국도		1	2차로	0.14		0.09~0.19
		2	3차로 이상	0.14		
도시고속도로		3	2차로	0.10		0.07~0.13
		4	3차로 이상	0.10		
다차로도로	1등급	5	1차로	0.16		0.13~0.20
		6	2차로 이상	0.12		0.09~0.15
	2등급	7	1차로	0.16		0.13~0.20
		8	2차로 이상	0.12		0.09~0.15
	3등급	9	1차로	(도) 0.12	(지) 0.16	도시지역 0.10~0.14(1차로) 0.07~0.12(2차로이상)
		10	2차로 이상	(도) 0.10	(지) 0.12	
	4등급	11	1차로	(도) 0.12	(지) 0.16	지방지역 0.13~0.20(1차로) 0.09~0.15(2차로이상)
		12	2차로 이상	(도) 0.10	(지) 0.12	
	5등급	13	1차로	(도) 0.12	(지) 0.16	
		14	2차로 이상	(도) 0.10	(지) 0.12	
	6등급	15	1차로	0.12		0.10~0.14
		16	2차로 이상	0.10		0.07~0.12

#### 나. 도로등급별 구간별 평균 PCE 환산계수의 DB화 방안

- 본 연구에서 DB화한 자료는 전국 고속도로의 구간별 PCE 값임
- 현재 통행배정 기반 교통망 분석에서는 다차종 통행배정을 시행할 수 없기 때문에 대 (Vehicle)단위로 기종점 통행량이 준비되더라도 차종별로 독립적인 경로 선택을 모형화하기 어려움
- 뿐만 아니라 현재 24시간 교통량으로 DB화 되어있는 관측 교통량 역시 대단위 교통량이므로 PCE로 변환되어 배정된 통행량과 비교하기 위해서는 대단위 관측교통량에 PCE 환산계수를 곱해야 함
- 그런데 현재 국내에서는 각 도로 구간별 PCE 환산계수가 DB화 되어있지 않기 때문에 전국 도로에 대해 하나의 값을 PCE 환산계수로 적용하고 있는데 각 도로 위계별로 차종구성비에 큰 차이가 존재하기 때문에 전국 모든 도로에 동일한 PCE 환산계수를 적용하는 것은 관측교통량 환산에 큰 오류원인으로 작용할 수 있음
- 이를 해결하고자 본 연구에서는 전국 고속도로 망에 대하여 가능한 모든 지점에 대하여 차종별 구성비 자료를 확보한 뒤 이를 활용해 각 조사지점에 대해 독립적인 PCE 환산계수를 계산하였음
- 차로수가 많은 고속도로 구간일수록 승용차 구성 비율이 많다는 것인데, 이러한 도로 구간이 주로 대도시 주변이나 도시를 잇는 주요 고속도로 축임을 고려할 때 전체적인 트럭 교통량 자체는 VDF 1 등급도로나 VDF 2 등급도로에서 큰 차이가 없으나 VDF 2 등급 도로에서 승용차 통행량 자체가 증가하면서 PCE 값을 낮추게 되는 경향이 나타난 것으로 판단됨
- 도로 위계의 특성상 다차로 도로의 경우 구간별 특성에 따라 차종구성비가 매우 큰 편차를 보일 것으로 판단되기 때문에 향후 후속연구 등을 통해 다차로 교통량 PCU 환산에 사용할 구간별 PCE 계산도 필요하다고 판단됨

#### 다. 유료도로 요금 가중치 적용방안

- 현행 가중치 적용방안의 문제점은 다음과 같이 정리할 수 있음
- 첫째, 폐쇄식 재정고속도로의 경우 기본요금과 km당 운행거리별 요금을 병합하는 현재의 가중치 산정과정은 경로기반이 아닌 링크기반의 요금산정이 이루어지므로 요금 체계가 동일한 다양한 경로에 대해 각각 다른 통행요금이 일반화비용으로 산정될 수 있음. 이에 따라 통행배정결과의 왜곡이 발생할 수 있음
- 둘째, 거리별 통행요금 가중치적용방식에 의해 제시된 통행비용 가중치가 현실과는 차이를 보이는 문제가 발생함
- 셋째, 점점 증가하고 있는 민자고속도로에 대한 가중치 부과기준이 정리되지 못해 km당 요금기준을 획일적으로 적용하여 기종점별 다양한 요금체계를 반영하지 못함. 특히 재정고속도로와 연계되어 경쟁적인 경로의 성격을 보이는 민자고속도로의 경우 명확한 통행요금에 대한 일반화비용 환산기준이 제시되지 못할 경우 링크별 통행량 배정이 비현실적으로 이루어질 수 있음
- 넷째, 수도권을 제외한 광역도시권에 대한 유료도로 VDF 가중치 산정기준이 하나로 제시되어 있어 다양한 지역별 통행행태 반영이 어려움
- 다섯째, 차종별 유료도로에 대한 일반화비용 가중치 적용이 합리적이지 못하고, 차종별 통행배정이 이루어질 때만 가능한 통행배정의 현실성이 부족하여 특정차종에 대한 통행량배정이 왜곡되는 현상이 발생함
- 본 연구에서는 이러한 문제점 중 다차종 통행배정방식에 근본적인 문제가 있는 마지막 다섯 번째 문제점을 제외하고 나머지 문제점에 대한 개선방안을 제시하고자 함
- 현재 지역간 유료도로에 적용된 가중치가 가장 높은 차종구성 비율을 보이는 승용차에 대한 통행요금을 중심으로 현실성 있는 값을 보이도록 가중치를 개선하고자 함. 이를 위해 2차로 도로를 기준으로 km당 41.4원이 부과되는 현재의 주행요금체계를 기준으로 가중치를 산정하면 전국권으로 제시된 2차로 고속도로의 가중치 0.22는 0.16으로, 수도권의 2차로 고속도로의 가중치 또한 0.334에서 0.207로 개선될 필요가 있음
- 또한 요금소에 대한 램프구간은 2.34에서 1.77로 조정되어야 기본요금 900원에 대한 절반수준의 요금부과가 이루어질 수 있음
- 민자고속도로의 경우는 다양한 기종점 기준으로 통행료 산정기준이 다음과 같이 정립되어 있으므로 이를 반영한 링크별 통행비용함수 가중치를 개별적으로 마련할 필요가 있음

## 라. 신규 VDF 등급 부여 방안

### 1) 위계 개선안(대안1)

- 첫 번째 위계 개선안은 현 VDF 분류체계를 유지시키면서 자유류속도 관측값을 분석했을 때 동일한 수준의 속도가 나타나는 VDF 등급끼리 부분적으로 통합함

<표 20> 위계 개선안1 총괄표

구분	링크 Type	차로구분	관측값(통합) (km/h)	비고
고속도로	1	2차로 이상	110~120	VDF2와 통합
도시고속도로	2	2차로	106~117	
	3	3차로 이상	101~112	
국도	4	1차로	75~89	
	5	2차로 이상	90~103	
	6	1차로	73~86	VDF7, 9 통합
	7	2차로 이상	86~99	VDF8, 10 통합
	8	1차로	69~82	
	9	2차로 이상	83~95	
	10	1차로	68~78	
	11	2차로 이상	81~91	
	12	1차로	65~75	
	13	2차로 이상	71~82	

- 기존의 VDF 1 등급은 110~120km/h로 속도 범위가 분석되었고 VDF 2 등급은 VDF 1 과 동일한 수준으로 110~121km/h로 속도 범위가 분석
- VDF 7 등급은 77~86km/h, VDF 9 등급은 76~86km/h로 동일한 수준으로 나타났고, VDF 8 등급은 86~99km/h, VDF 10 등급은 83~99km/h로 동일한 수준으로 나타남
- 위의 내용으로 다음의 표와 같이 총 16개의 VDF등급 분류에서 13개의 VDF등급 분류로 축소하여 기존 VDF 1,2를 VDF 1으로, VDF 7,9를 VDF 6으로, VDF 8,10을 VDF 7으로 각각 통합하여 재설정 함

## 2) 위계 개선안(대안2)

- 두 번째 위계 개선안은 고속도로와 도시고속도로는 현 VDF 분류체계를 유지시키고 국도를 도시부와 지방부로 구분하여 다차로 위계를 개선함

&lt;표 21&gt; 위계 개선안2 총괄표

구분	링크 Type	차로구분	신호밀도
고속도로	1	2차로	-
	2	3차로 이상	-
도시고속도로	3	2차로	-
	4	3차로 이상	-
국도 지방부	5	1차로	0.0 ~ 0.3 개/km
	6	2차로 이상	
	7	1차로	0.3 ~ 1.0 개/km
	8	2차로 이상	
	9	1차로	1.0 ~ 2.0 개/km
	10	2차로 이상	
	11	1차로	2.0 개/km 이상
	12	2차로 이상	
국도 도시부	13	2차로 이상	0.0 ~ 1.0 개/km
	14	2차로 이상	1.0 ~ 4.0 개/km
	15	2차로 이상	4.0 개/km 이상

- 기존의 차로수 분류에서 차로별 분류와 지방부, 도시부로 기준을 분류하고 기존 신호 밀도 분류 기준에서 등급별 자유류속도 관측값 중 동일 수준값을 통합을 하고 신호 밀도 기준을 다시 분류 함
- 국도 도시부의 경우 차로구분이 편도 1차로인 곳이 많지 않기 때문에 편도 2차로 이상으로 일괄적으로 통일 함. 신호밀도 기준은 0.0 ~ 1.0 개/km, 1.0 ~ 4.0 개/km, 4.0 개/km 이상 총 3가지 신호밀도 기준으로 통합 함
- 국도 지방부의 경우 기존 신호밀도 0.0 ~ 0.3 개/km, 0.3 ~ 0.7 개/km, 0.7 ~ 1.0 개/km, 1.0 ~ 2.0 개/km, 2.0 ~ 4.0 개/km, 4.0 개/km 이상 총 6가지 신호밀도 기준에서 0.0 ~ 0.3 개/km, 0.3 ~ 0.1 개/km, 1.0 ~ 2.0 개/km, 2.0 개/km로 4가지 신호밀도 기준으로 통합 함

## 3) 위계 개선안(대안3)

- 세 번째 위계 개선안은 현 VDF 분류체계를 기존 차로수 분류와 도시부, 지방부 분류를 적용하고, 신호밀도분류 기준은 유사수준의 자유류속도를 통합하고 새로운 신호밀도기준으로 분류 함

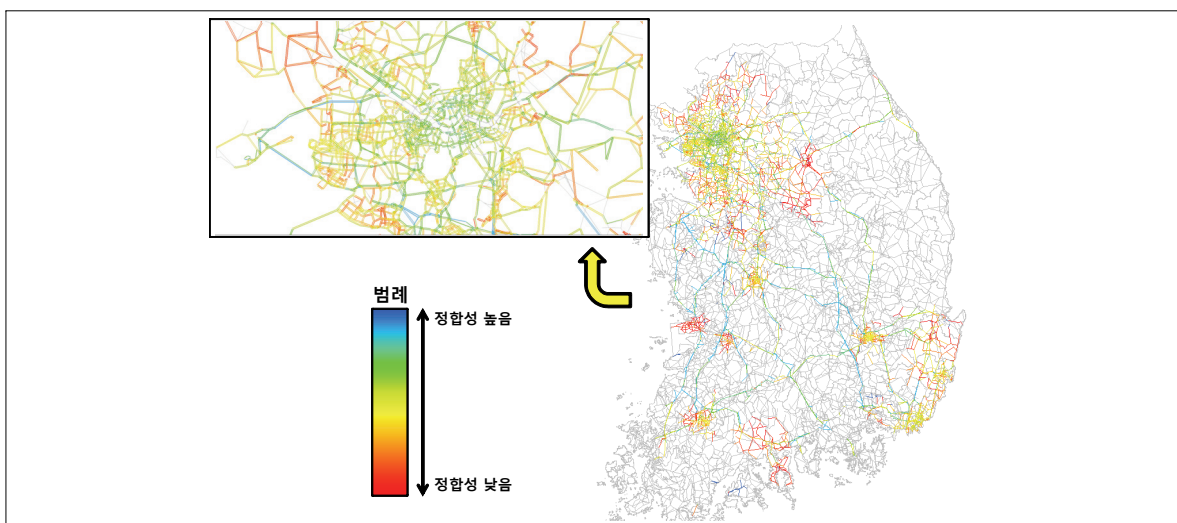
&lt;표 22&gt; 위계 개선안3 총괄표

링크Type	도로구분	지역구분	차로구분 (편도기준)	신호밀도
1	고속도로	지방	2차로	-
2		도시	2차로	-
3		지방	3차로 이상	-
4		도시	3차로 이상	-
5	도시고속도로	도시	2차로	-
6		도시	3차로 이상	-
7	국도 다차로도로	지방	1차로	0.0 ~ 1.0 개/km
8		도시	1차로	
9		지방	2차로 이상	
10		도시	2차로 이상	
11		지방	1차로	1.0 이상 개/km
12		도시	1차로	
13		지방	2차로 이상	
14		도시	2차로 이상	

- 앞에서 언급하였던 대안2와 달리 지방부와 도시부의 구분은 국도 및 다차로도로 뿐만 아니라 고속도로에도 적용을 함으로써 해당도로의 지역적 특성을 보다 반영하기가 용이하고 지방부와 도시부 분류와 함께 차로 구분도 같이 분류 되어 기존보다 미시적으로 적용 구분하기 용이 할 것으로 예상
- 기존 VDF등급들의 자유류속도를 분석하여 유사수준  $\pm 10\text{km/h}$  이내 범위끼리 통합이 필요하다 판단이 됨
- 위의 방법으로 통합 후 신호밀도기준이 기존보다 단순화가 됨. 이 분석을 통하여 신호밀도기준은 1km당 신호의 유무만으로도 충분히 VDF등급을 분류 적용 할 수 있다고 생각 됨

#### 마. 존-네트워크 정합성 검토방안

- 전국 전체 등급 정합성 분석결과 정합성이 낮은 링크들은 군집을 이루어 나타나는 특성을 갖고 있었음
- 특히 이러한 링크들이 경우 존 내부 통행량 비율이 높은 지역에 속한 경우가 많아 지역간 통행에 적합성이 낮게 평가된 것으로 판단됨
- 현재 정합성 평가를 위한 항목별 가중치가 모두 (1/3)로 설정되어 있어 이에대한 검증이 필요하며, 검증을 통해 KTDB에 적합한 정합성 계산 가중치가 결정되면 향후 전국 단위 평가 작업이 필요함
- 이상의 결과를 분석하면 내비게이션 자료를 통해 계산된 존 내 통행비율과 링크 통과 평균 통행거리를 기준으로 KTDB 교통망 링크의 존 크기와의 적합성 분석이 가능함을 확인하였음
- 분석 결과 현재 KTDB 교통망에 포함된 링크들 중 지역간 존 체계하에서 통행배정에 포함되는 것이 적합하지 않은 링크들이 존재할 수 있는 가능성을 확인함
- 다만 정밀한 분석의 경우 현재 개발된 VDF 통합관리 애플리케이션을 이용하여 다양한 가중치 변경과 지표 추가를 통해 시행되는 것이 바람직하다고 판단됨
- 보다 상세한 존 체계를 설정할 경우 교통망 전체의 정합성 수준이 어느 정도 향상되는지, 또 각 존별로 정합성이 낮은 존과 큰 존을 분석해보는 등의 다양한 분석 작업들이 진행되어야 함

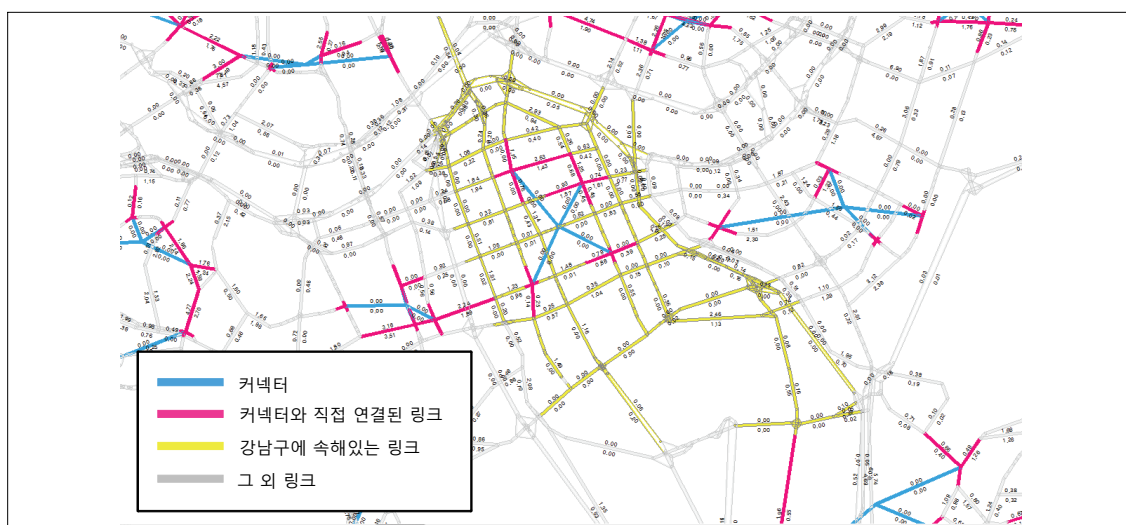


<그림 5> KTDB 교통망 전체링크 총괄분석 결과

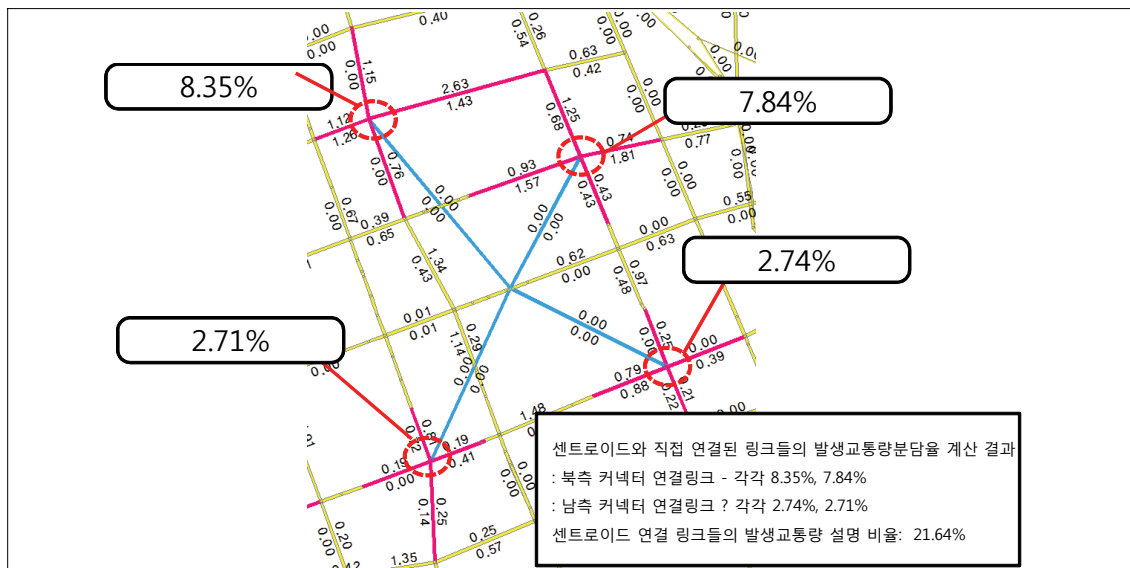


## 바. 존 센트로이드 연결성 검증 방안

- KTDB 교통망내 모든 링크에 대하여 존 내에서 발생하고 도착하는 차량의 표본수를 이용하여 발생 도착율을 계산하고 DB로 구축하였음
- 모든 링크들에 대하여 자신이 속한 존을 기준으로 발생 교통량 분담율과 도착 교통량 분담율을 계산하였음
- 링크 발생도착 분담율 DB를 센트로이드 연결성 검증에 어떻게 사용할 수 있는지를 설명하기 위하여 서울 강남구를 예로 분석하였음
- 강남구 존의 센트로이드 커넥터 연결지점의 발생도착 교통량 설명력을 검증하기 위해 센트로이드 커넥터에 직접 연결된 링크들의 발생도착 교통량 분담비율을 분석함
- 커넥터 연결링크의 총 분담율이 높은 경우 실제 교통량의 발생 도착량과 센트로이드 체계를 이용한 재현이 유사할 가능성이 높다고 판단할 수 있으며, 반대로 분담율이 낮다면 커넥터에 연결되지 않은 다른 지역의 링크에서 실제 통행이 발생하는 량이 많다는 것이므로 커넥터 연결링크에서는 과다 배정이, 기타 링크에서는 과소배정이 나타날 것임

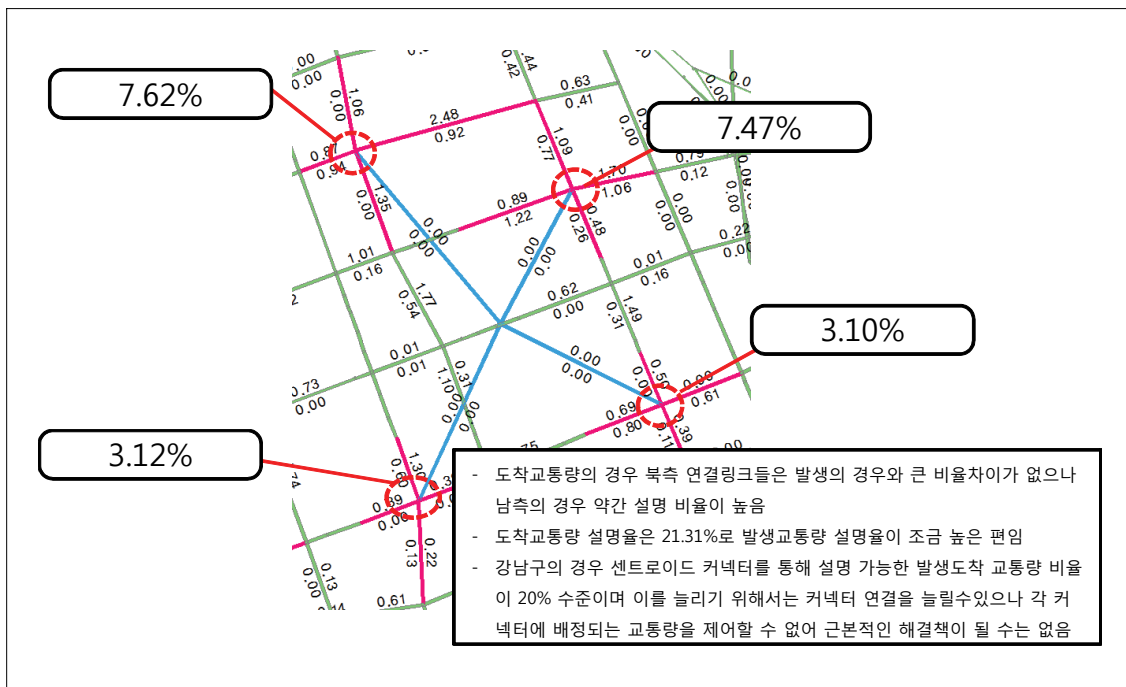


<그림 6> 서울 강남구 발생도착 교통량 분담율 분석



<그림 7> 강남구 센트로이드 발생통행 분담분석

- 존 체계의 발생과 도착 교통량 설명력을 나누어 분석하기 위해 강남구 발생통행량의 센트로이드 커넥터 직접 연결 링크에 의한 설명수준을 분석하였음
- 발생 교통량 설명력을 보면 존 센트로이드에 직접 연결된 링크들의 발생분담 비율은 약 21.64%로 나타났으며, 북측 연결 링크들의 경우 약 16%, 남측 링크의 설명력은 5% 수준인 것으로 분석되었음
- 강남구의 토지이용 특성 상 북측지역의 통행 발생량이 남측지역보다 높고 북측 지역의 경우 링크 집중도가 높아 일부 링크에서 2% 이상의 분담율이 나타나지만 남측의 경우 모든 링크에서 유사한 발생 분담율이 나타나는 것이 원인으로 분석됨
- <그림 8>에서는 도착 교통량 분담 비율을 분석하였는데 발생비율 분석과 유사하게 센트로이드 커넥터 직접 연결 링크들의 경우도 약 21.31%의 설명율을 나타냄
- 도착 설명 비율 분포도 발생과 유사하게 북측 링크들의 비율이 남측에 비해 2배 이상 높아 강남구의 경우 남측 지역의 실제 발생도착 패턴 재현이 취약한 것으로 분석됨
- 이러한 분석에서 확인할 수 있는 존 센트로이드의 설명력은 존 내 일부 링크에 교통량의 발생도착이 편중되는 경우에 높게 나타남

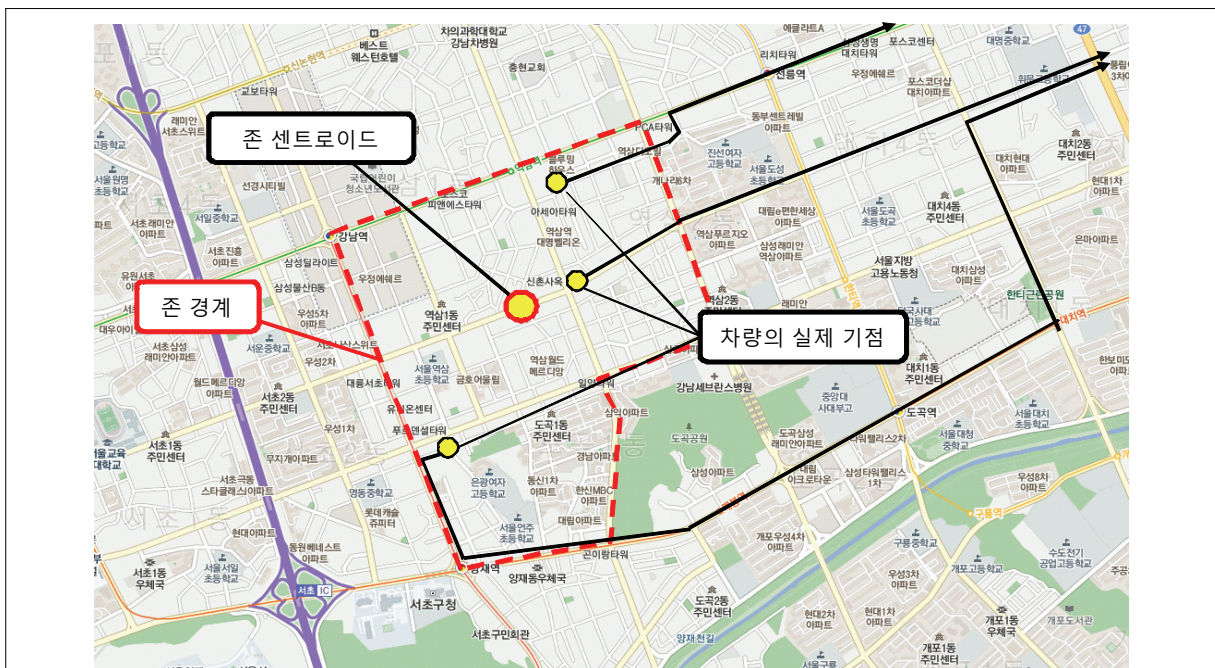


<그림 8> 강남구 센트로이드 도착통행 분담 분석

- 이상의 분석 결과에서 보듯 실제 발생도착 통행 패턴을 존 체계를 통해 잘 설명하기 위해서는 먼저 존의 크기가 작아져야 함
- 존 내에 포함되는 링크의 숫자가 많아질수록 한정된 센트로이드 커넥터만으로 모든 발생도착 통행의 공간적 위치를 재현하는 것이 어려워지기 때문임
- 만약 대 존 체계를 유지해야하는 경우에는 전에 센트로이드를 하나만 설정하지 않고 통행배정 모형을 개선해 DYNASMART-P가 사용하는 방식과 같이 통행의 발생도착을 개별 링크에서 모두 가능하도록 모형을 개선하는 방법도 고려할 수 있음
- 과거 컴퓨터의 계산 능력이 열악했을때는 최단경로 탐색 시간 문제상 이러한 모형 실행이 어려웠으나 최근의 고성능 컴퓨팅 기술의 지원하에서는 센트로이드 방식의 교통망 분석의 타당성을 확보하기 어려움
- 또, 이러한 센트로이드 기반 배정 방식의 한계 때문에 관측교통량 지점 선정의 경우 현재의 존 체계에서는 센트로이드 커넥터에 직접 연결되거나 근접한 지점은 실제 통행에 비해 매우 큰 통행이 센트로이드에 의해 배정되므로 VDF 정산지점에서 배제하는 것이 타당함

## 사. 경로 추정 및 검증 방안

- 기종점별 대표경로 결정문제란 궤적자료에 기록된 차량들의 경로 중 기종점 간을 잇는 가장 대표적인 경로 집합을 결정하는 문제를 의미함
- 이때 기종점간을 잇는 대표적인 경로란 기종점간을 통행하는 차량들에 의하여 가장 많이 이용된 경로로 정의되며, 이러한 경로들의 집합은 내비게이션 자료에 기록된 차량들의 경로들을 기초로 표본수가 가장 많은 순서에 따라 정의될 수 있음
- 하지만 내비게이션 자료를 이용해 기종점간 대표 경로 집합을 결정하기 위해서는 해결해야할 문제들이 있음
- 먼저 내비게이션 자료의 경우 기종점 존이라는 개념이 없고 분석 지역 내의 모든 공간적 위치가 기종점이 되기 때문에 존 내에 포함되는 모든 지역에서 통행이 시작되고 종료되는데 존 기반의 교통망에서는 센트로이드에서 통행이 시작해 센트로이드에서 통행이 종료되기 때문에 이를 어떻게 처리할 것인지에 대한 검토가 필요함

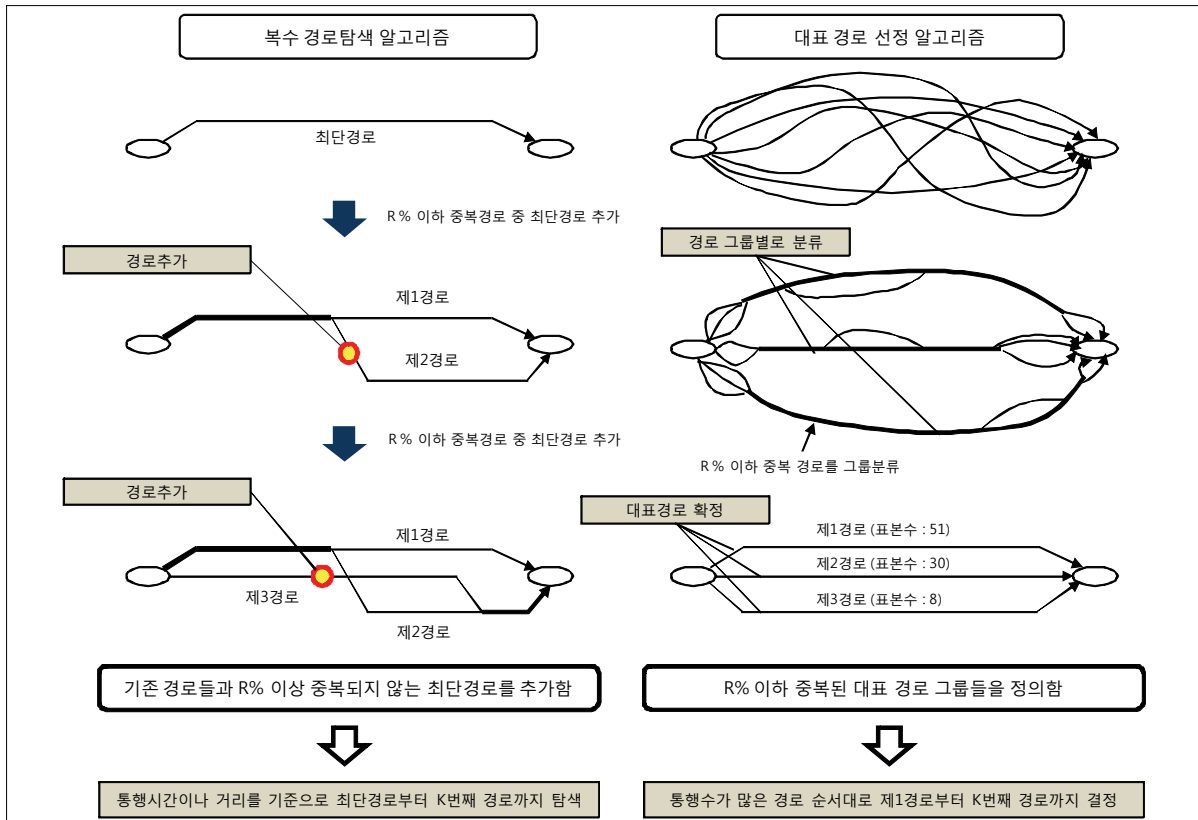


<그림 9> 차량의 실제 출발점과 교통 존 체계

- 산업공학 분야나 교통분야에서 경로집합이란 동일한 기점노드와 종점노드를 잇는 복수의 경로들을 의미하는 것이나 차량들의 실제 궤적을 교통망에 매칭시키면 <그림 9>와 같이 통행을 시작하는 지점이 모두 다를 것임



- 따라서 차량의 내비게이션 자료를 집계하더라도 이론적인 관점에서 완전한 경로 집합을 존간 통행에 대해 정의할 수는 없음
- 하지만 교통 존 체계에서 차량의 내비게이션 자료에서 얻어진 경로자료를 교통 분석에 이용하기 위해서는 내비게이션 경로를 존 체계 경로로 변환할 수 있는 방법론의 개발이 필요함
- 내비게이션 자료를 이용해 존 간의 대표 경로를 결정할 때 또 다른 문제점은 실제 현실의 차량 궤적은 서로 정확히 일치하는 자료가 거의 없을 것이라는 점임
- 여기에는 두 가지 이유가 있는데 첫 번째 문제는 GIS 기반 자료를 KTDB 교통망 자료로 변환한 후 동일한 기종점 존 사이를 통행하더라도 실제 차량들이 출발하는 위치와 도착하는 위치에는 차이가 존재하기 때문에 출발지점에서 주요도로로 나온 후 도착지점 근처의 주요도로 유출지점까지 완전히 이용한 링크가 동일한 두 차량이 있다고 하더라도 완전히 동일한 경로로 인식되지는 않기 때문임
- 따라서 경로간의 실질적 중복을 고려하기 위해서는 교통망에서 기점에서 간선도로에 연결되는 일부 교통망에 대해서는 중복도를 확인하지 않는 기법이 필요하며, 이러한 개념이 적용될 경우 교통망에서 간선도로망과 지선도로망 및 존내 도로망을 레벨을 구분해 중복도를 계산해야 함
- 두 번째 문제는 두 차량이 거의 경로가 일치하더라도 국지적으로 일부 이용 링크가 다른 경우가 발생할 수 있는데 이 경우 교통망 관점에서는 이를 동일한 경로로 간주하여야 하나 어느 정도까지 두 경로가 동일한 링크들을 공유해야 동일한 경로로 파악할 것인지에 대한 기준이 없다는 점임
- 이를 경로간 중복 문제라 하는데 교통망 연구에서는 경로 Enumeration 문제나 복수경로 탐색에서 경로간 중복 문제를 어떻게 고려할 것인지에 대한 이론 개발이 진행되어 왔음
- 기존의 경로중복 고려 기법들은 일반적으로 경로간 일대일 비교를 통해 중복도를 계산한 뒤 중복이 큰 경로를 배제하는 방식을 택하고 있는데 이는 알고리즘을 통해 최단경로를 순차적으로 탐색하는 경우에 적합한 방법임



<그림 10> K-path algorithm과 대표경로 선정 문제의 차이

- 하지만 본 연구에서 풀어야 할 대표경로를 선정하는 문제는 이미 발생된 여러 경로들을 유사한 경로들끼리는 묶어 하나의 경로그룹으로 정의하고 이를 통해 가장 많이 이용된 경로들을 정의하는 것이기 때문에 기존의 탐색기반 복수 경로생성 문제와는 차이가 있음
- 특히 본 연구와 같이 대규모의 궤적자료에서 중복을 고려하는 경우에는 기존 복수경로 탐색알고리즘에서 개발된 기법을 적용하기가 어려운데, 예를 들어 <그림 10>에서 보는바와 같이 K-path 알고리즘의 경우 일반적으로 최단 경로를 하나 찾아놓고 이를 기준으로 Second-best, Third-best 경로를 중복을 회피하며 추가하는 방식이지만 대규모 궤적자료로부터 대표경로를 뽑는 경우에는 마지막 궤적자료까지 탐색이 끝나기 전에는 기준이 되는 최단 거리 궤적이 무엇인지 파악이 되지 않음
- 또, 이미 찾아진 대표 경로와 해당 경로가 얼마나 다른지 확인하기 위해서는 각 궤적에 대해 이미 선정된 대표경로들과의 일대일 비교가 필요한데 이 계산량은 궤적자료의 양이 많아질수록 크게 증가할 것임

- 하지만 대표경로 선정 문제의 경우 이미 전체 통행기록들을 확보한 상황에서 각 경로들을 중복도가 높은 경로들끼리 묶어 경로 집합을 구성하여 기종점간에 대표적으로 이용되는 경로를 정의한다는 점에서 기존에 복수경로 탐색을 위해 사용되던 K-path algorithm과는 근본적인 차이가 있음
- 기본적으로 대표경로 결정에서는 동일한 경로 그룹 내의 궤적들은 최대한 중복도가 높아 동질적일수록 이상적이며, 각 경로 그룹간에는 최대한 독립적이어야 함
- 두 문제간에는 상당한 차이가 존재하는데 예를 들어 기존의 복수경로 탐색 알고리즘의 경우 최단경로를 가장 먼저 찾고 중복도가 충분히 낮은 제 2 최단경로를 추가하는 방식으로 탐색이 진행되어 통행시간이나 거리를 기준으로 각 경로의 순위가 정의되지만 대표경로 선정 문제에서는 가장 많이 이용되는 경로가 제 1 경로가 되고 그 다음으로 표본 궤적의 숫자가 많은 경로가 제 2 경로가 됨
- 따라서 복수 경로 탐색 문제의 경우 교통망의 물리적 속성이 경로를 결정하는 중요한 기준이 되지만, 대표 경로 결정 문제의 경우 이용자의 경로선택 행태가 경로 결정의 중요한 기준이 됨
- 이러한 차이점을 인식하고 본 연구에서는 대규모 궤적자료를 기초로 경로를 단순화, 그룹화 하여 중간 대표경로를 정의할 수 있는 방법론을 개발할 것임

#### 아. 도로유형별 등급 세분화 검토

- 본 연구에서는 동일 VDF등급이라도 여러 가지 유형의 도로들이 혼재되어 포함되어 있다는 점을 인지하였고, 고속도로 중 타 고속도로와 특성이 상이한 88고속도로에 대한 분리정산을 시행함
- 88고속도로의 분리정산 시행결과 기존 VDF체계에서의 고속도로의 정산신뢰도 보다 분리정산시 신뢰도가 0.5% 향상되는 것으로 분석되었음
- 또한, 88고속도로만의 정산신뢰도결과는  $\pm 30\%$  이내 재현 링크 비율이 76.2%,  $\pm 50\%$  이내 재현율은 95.2%로 나타남
- 본 연구를 통하여 고속도로에 대한 분리정산을 시행하였을 시 전체적인 정산신뢰도 향상이 이루어지는 것을 밝혀 내었으며, 향후 기타 고속도로에 대한 분리정산을 통하여 고속도로 정산신뢰도 향상 방안을 모색할 예정임

## 7. 결론 및 향후과제

### 가. 도로통행비용함수 구축관련 조사 주요결과

#### 1) 정산 신뢰도 개선방안 도출

- 존 내 통행량이 관측교통량에 포함되어 있어 이를 정산 과정에서 고려하는 방법론을 개발
- 계수정산 과정의 임의성을 줄이기 위해 최적화 기법인 화음탐색법 기반의 정산 모형 개발
- 정산 신뢰도 향상을 위한 분석 도구로서 VDF 통합관리 애플리케이션을 개발

#### 2) 정산 방법론 타당성 개선방안 도출

- 교통량 뿐만 아니라 통행시간을 VDF 정산 과정에서 반영할 수 있는 방법론을 개발
- 통행시간의 정산 반영을 위해 고속도로-다차로의 분리 정산 방법론 개발
- 통행시간 기반 신뢰도 검증을 위해 기종점 및 경로 통행시간 검증 방법론 강화
- 자유 교통류 속도와 용량의 경우 현장자료 기반의 정산 기법을 도입

#### 3) 정산자료 정확성 개선방안 도출

- 교통량 자료 일관성 검증 기법 개발 및 애플리케이션 내 검증 기능 설치
- 애플리케이션 내 다양한 주제도 분석기능을 통해 정산 자료의 문제점을 직관적으로 파악하고 수정할 수 있도록 지원
- 존-교통망 정합성 평가, 센트로이드 컨넥터 검증 등 교통망 기초 신뢰도 분석 기능 개발

#### 4) 첨단자료의 활용

- 고속도로 기종점 통행수요 파악을 위해 TCS 자료 분석 및 DB 구축
- 고속도로 교통량 및 통행시간 자료 구축을 위해 FTMS 자료 분석 및 DB 구축



- 존 내 통행량 분석을 비롯한 교통망 분석 자료로서 내비게이션 궤적자료 1년치를 분석해 DB화
- 교통망 구축부터 최종 정산과정까지 내비게이션 자료의 활용 방안을 개발하고 적용

#### 5) 도로통행비용함수 구축관련 애플리케이션 개발

- 교통량, 통행시간 자료 검증 방법론 개발 및 적용
- 그래프, 표, 주제도, 통계 지표 분석 등 다양한 검증 기법들을 개발해 다각적인 복수 자료 평가 체계 개발
- Multi-Source 자료 비교 기능 개발 및 연도별, 기관별 자료 관리 DB 체계 구축

#### 6) KTDB VDF 파라메타 제시

- 본 연구를 통하여 KTDB 교통망의 통행비용함수(VDF)에 포함된 계수를 범위를 설정하여 제시하였으며, 개별사업 평가시에는 현장의 조건에 따라 다양한 변화요인이 발생될수 있으므로 제시된 계수범위내에서 개별 분석가가 현황 정산시 탄력적으로 적용해야 할것임

<표 23> KTDB VDF 계수값 정산 범위

정산범위			$V_0(\text{km/시})$	용량(대/시)	$\alpha$	$\beta$
고속도로	1	2차로 이하	100 ~ 130	1,700 ~ 2,100	0.25 ~ 0.65	1.80 ~ 3.50
	2	3차로 이상	110 ~ 125	1,750 ~ 2,150	0.30 ~ 0.70	1.50 ~ 3.20
	3	2차로 이하	95 ~ 115	1,700 ~ 2,000	0.35 ~ 0.75	1.60 ~ 3.40
	4	3차로 이상	90 ~ 110	1,900 ~ 2,200	0.40 ~ 0.80	1.40 ~ 3.10
다차로 도로	5	1차로	70 ~ 90	680 ~ 1,400	0.47 ~ 0.85	2.05 ~ 2.90
	6	2차로 이상	90 ~ 105	1,150 ~ 1,550	0.50 ~ 0.70	2.00 ~ 2.50
	7	1차로	70 ~ 85	650 ~ 1,150	0.52 ~ 0.88	1.95 ~ 2.80
	8	2차로 이상	85 ~ 100	1,100 ~ 1,500	0.55 ~ 0.75	1.90 ~ 2.40
	9	1차로	65 ~ 85	630 ~ 1,000	0.57 ~ 0.90	1.85 ~ 2.60
	10	2차로 이상	83 ~ 100	930 ~ 1,500	0.60 ~ 0.80	1.80 ~ 2.30
	11	1차로	65 ~ 80	550 ~ 800	0.58 ~ 0.90	1.85 ~ 2.40
	12	2차로 이상	80 ~ 95	780 ~ 1,450	0.62 ~ 0.82	1.80 ~ 2.05
	13	1차로	65 ~ 75	400 ~ 600	0.60 ~ 0.90	1.75 ~ 2.30
	14	2차로 이상	80 ~ 90	600 ~ 800	0.66 ~ 0.86	1.70 ~ 1.95
	15	1차로	60 ~ 70	350 ~ 550	0.67 ~ 0.90	1.65 ~ 2.20
	16	2차로 이상	70 ~ 80	600 ~ 800	0.71 ~ 0.91	1.55 ~ 1.85

&lt;표 24&gt; KTDB VDF 계수 정산 값

정산범위		$V_0(\text{km/시})$	용량(대/시)	$\alpha$	$\beta$
고속도로	1 2차로 이하	101	1,700	0.55	2.60
	2 3차로 이상	121	1,900	0.48	2.50
	3 2차로 이하	98	1,700	0.50	2.40
	4 3차로 이상	92	1,900	0.42	2.30
다차로 도로	5 1차로	72	680	0.85	2.85
	6 2차로 이상	90	1,300	0.70	2.20
	7 1차로	70	650	0.86	2.75
	8 2차로 이상	86	1,200	0.73	2.10
	9 1차로	68	630	0.87	2.60
	10 2차로 이상	84	1,100	0.76	2.00
	11 1차로	66	600	0.88	2.40
	12 2차로 이상	82	950	0.78	1.90
	13 1차로	65	580	0.89	2.25
	14 2차로 이상	80	800	0.80	2.80
	15 1차로	62	550	0.89	2.15
	16 2차로 이상	75	780	0.82	1.75

#### 나. 향후과제 및 로드맵 구축

- 본 과업에서 개발된 KTDB VDF 통합관리 프로그램의 개발 취지를 고려하고 향후 현 정산 기초자료나 정산 모듈이 갖는 한계를 극복하기 위해서는 현 프로그램을 어떻게 개선해 나갈것인가에 대한 계획이 필요하다고 판단됨
- 특히 내비게이션 자료에 기초한 분석이 많은 과업의 특성상 향후 내비게이션 자료가 축적되고 보다 상세한 내비게이션 자료, 예를 들어 차종별 내비게이션 자료가 독립적으로 수집되는 환경이 도래한다면 이를 수용할 수 있는 방안을 마련해야 함
- 또한 본 과업을 통해 드러난 현 VDF 정산 수준과 이를 효율적으로 향상시킬 방안을 찾기 위해서는 VDF 정산 체계상의 모든 세부 과정들에 대한 질적 개선이 필요하다고 판단됨
- 하지만 이러한 사항들은 매우 기초적인 수준의 자료 관리부터 정산 프로그램의 개발, 정산 신뢰도의 수치적, 시각적 분석기능 개발 등 광범위한 분야의 문제들을 다루기 때문에 본 과제의 수행기간 내에는 완전한 형태로 구현되기 어려움
- 따라서 본 과업의 특별 제안으로서 연구진은 KTDB VDF 통합분석 프로그램이 궁극적으로 갖추어야 할 기능들을 설계하고, 이를 단계별로 어떻게 구축해나갈 것인가를 로드맵 형태로 제안함
- VDF 통합분석 로드맵의 역할은 장기적으로 VDF 분석시스템을 구축하는데 있어 설계도의 역할을 하게 될 것이며, 이러한 로드맵을 통해 구축될 KTDB VDF 분석시스

템의 형태를 파악할 수 있을 뿐만 아니라, 각 기능들 간의 관계 설정이 가능해 장래 개발될 기능들이 필요로 하는 기능들의 중복 구축을 막을 수 있는 등 구축과정 효율화에 기여할 수 있음

- 이러한 배경을 고려해 VDF 통합관리 애플리케이션 개발 로드맵에서는 소프트웨어적인 개선 및 계산 알고리즘 개선뿐만 아니라 현재 수집되지 않는 자료들에 대한 수집 필요성 제거나 현재 기술로는 Raw data로부터 추출할 수 없는 정보들을 어떻게 가공할 것인지에 대한 방안까지 포괄적으로 담도록 하였음



## 제1장 과업의 개요

---

제1절 과업의 개요

제2절 과업의 목표 및 범위

제3절 과업의 주요 내용 및 수행방법



## 제1장 과업의 개요

### 제1절 과업의 개요

#### 1. 개요

- 본 과업은 KTDB 교통망의 통행비용함수(VDF)에 포함된 계수를 정산하고 이를 검증할 수 있는 체계 및 시스템을 구축하는데 목표를 두고 있으며, 계수 정산에 필요한 입력자료의 검증 및 오류 개선, 계수정산 이론의 개발, 계수값의 특성 분석, 기타 현행 KTDB VDF의 등급정의 타당성 검토와 개선방향제시 등을 포함하고 있음
- 특히 본 과업의 기존 VDF 정산 과업과 차별화 되는 점은 첨단 교통자료인 내비게이션 자료를 VDF 정산에 활용한다는 점, 고속도로 VDF에 대하여 속도 자료를 반영한 정산을 시행한다는 점, 그리고 효율적인 정산 및 정산 결과 검증을 가능케 할 VDF 통합관리 애플리케이션을 개발한다는 점임
- 현재 사용되고 있는 VDF의 경우 통행배정을 통해 얻어진 교통량과 링크 관측교통량 간의 차이가 상당히 커서 현황 통행패턴 재현 수준이 낮은 실정이며 이에 따라 VDF 계수나 등급체계의 신뢰도도 검증이 필요하다는 의견이 있어 왔음
- 특히 다차로 도로의 경우 고속도로에 비해 관측교통량 재현 수준이 현저히 낮기 때문에 문제 원인을 파악하고 효과적으로 개선할 수 있는 방법과 분석 체계가 필요함
- 이러한 문제점 인식을 기반으로 VDF의 현실 재현 수준을 향상시킬 수 있는 방법을 제시할 것이며, 이러한 개선을 통해 현재 사용되고 있는 VDF 계수값들에 비하여 교통류 이론에 부합하고 현실 재현력 높은 계수값들을 추정해낼 것임
- 또, 연구를 통해 얻어진 계수추정 관련 기법들이나 이론들을 향후에도 개선 발전시킬 수 있도록 VDF 관리 시스템을 개발하여 통행비용 함수 관련 자료를 효율적으로 통합 관리하고, 객관적이고 체계적으로 계수 추정을 할 수 있도록 하며, 정산의 결과 역시 그래픽과 수치 분석, 계량지표 등을 통해 다각적으로 확인할 수 있도록 함

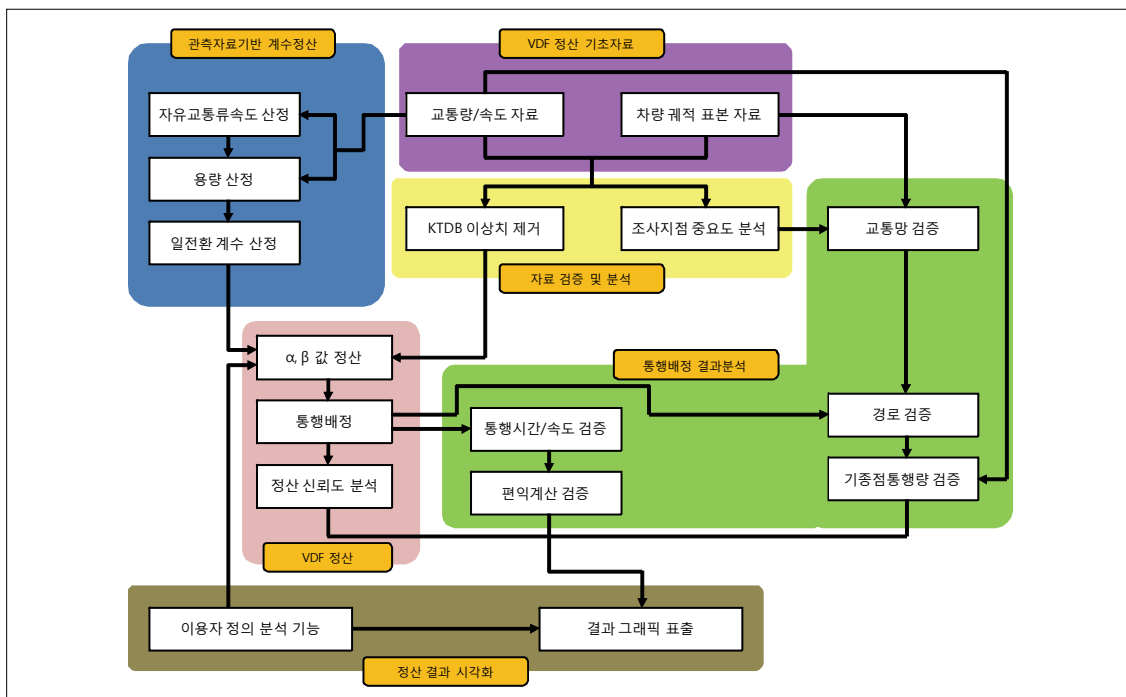
## 제2절 과업의 목표 및 범위

### 1. 목표 및 범위

- 본 과업에서 VDF 계수 추정을 통해 달성하고자 하는 목표는 크게 여섯가지 측면으로 구분할 수 있음
- 첫 번째 목표는 정산 입력자료의 개선임
- 현재 VDF 정산을 위해서는 관측교통량을 입력자료로 이용하고 있는데 관측교통량의 경우 특정 링크를 통과하는 모든 교통량을 집계한 것으로서 존 간 통행량과 존 내 통행량이 구분되어있지 않음
- 본 연구에서는 첨단 자료인 자동차 내비게이션 자료를 활용하여 관측교통량 중 존간 통행량을 계산해내어 존 체계와 정합성을 갖는 정산 신뢰도 검증을 수행하였음
- 본 과제에서 달성할 두 번째 목표는 교통류 이론과 현장 자료에 근거한 VDF 계수 정산 방법론을 확립하는 것임
- 이러한 방법론 확립을 통하여 논리적으로 모순이나 불합리한 계수값이 도출되지 않는 계수추정 이론을 개발함
- 세 번째 목표는 계수정산 방법론의 개선으로서 본 연구에서는 확률적 전역탐색 최적화 기법을 통하여 관측자료 재현력이 극대화될 수 있는 계수값을 추정하였음
- 네 번째 목표는 속도 자료를 활용한 계수추정 방법론의 개발임
- 기존 계수추정 방법론의 경우 교통량 재현만을 주 목표로 설정하였기 때문에 관측교통량 재현력이 높은 경우에도 VDF에 의해 얻어진 통행시간은 관측값과는 큰 차이가 나타나는 경우가 많았음
- 따라서 본 연구에서는 링크 통행속도를 교통량과 함께 정산 목적함수에 직접 반영하는 계수추정 문제를 구성하고 이를 반영한 정산 프로그램을 개발하였음
- 단, 속도자료를 이용한 교통망 차원의 정산이 처음 시도되는 문제이기 때문에 일단 자료의 정확도나 완비성이 높은 고속도로부터 개발된 방법론을 적용하였음
- 다섯 번째 목표는 정산결과 검증의 다각화 및 분석역량 강화임
- 기존 연구들에서는 관측교통량 재현을 제외한 나머지 측면, 예를 들어 경로 검증이나 통행시간 검증 등의 경우 정산 대상 기종점의 선정이나 구간의 선정 등이 임의로 이루어졌으며 어느 정도 수준이 허용 가능한 오차 수준인지에 대한 기준이 없음



- 따라서 본 연구에서는 첨단 자료인 내비게이션 자료를 비롯하여 통행속도 및 교통량 자료 등을 활용하여 통행배정 과정에서 얻어진 통행 속도나 시간, 기종점 교통량, 통행 경로 등에 대한 검증 기준 확립 방안을 제시하였음
- 본 과제의 마지막 목표는 이러한 모든 기능들을 객관적으로 투명하게, 그리고 효율적으로 이용할 수 있도록 VDF 통합분석 시스템을 개발하는 것임
- VDF 통합분석 시스템은 본 과업에서 개발되는 방법론들을 프로그램으로 탑재하여 분석가가 원하는 VDF 관련 작업들을 하나의 프로그램을 통해 수행하고 그 결과를 표나 그림 등을 통해 다각적으로 분석할 수 있도록 함
- 본 연구의 수행과정 및 주요 연구 주제는 <그림 1-1>에 제시되어 있으며, 크게 6가지 분야로 구분할 수 있음
- 그리고 본 연구의 주 결과물은 1) VDF 계수 추정치, 2) 정산 신뢰도 분석 결과, 3) 속도와 교통량 자료를 동시에 이용하는 정산 방법론 개발, 4) KTDB 관측교통량 중 존내 통행량 계산, 5) 새로운 VDF를 이용한 통행배정 결과의 신뢰도를 다각적으로 분석할 수 있는 검증기법 개발, 6) VDF 통합분석 프로그램의 개발 등임



<그림 1-1> 과업의 연구 흐름도

### 제3절 과업의 주요 내용 및 수행방법

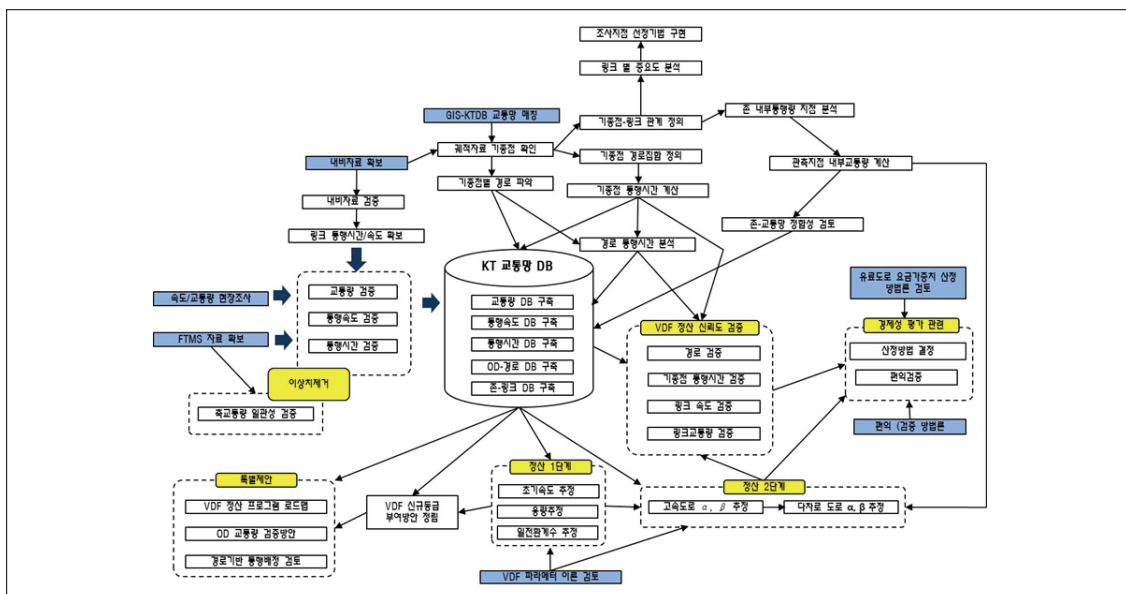
#### 1. 주요 내용

- 본 과업의 가장 중요한 목표는 KTDB 교통망을 효율적으로 관리하고 정산 결과를 검증할 수 있는 DB 시스템을 구축하는 것임
- 이를 달성하기 위해 수행되어야 할 과업의 주요 내용은 크게 조사부문, 학술부문, 애플리케이션 개발 부문으로 나누어 수행됨
- 조사부문의 경우 KTDB 자료를 보완할 수 있는 현장 자료의 수집과 첨단자료인 내비게이션 자료의 DB화에 초점을 맞추고 있음
- 이를 위해 현장조사에서는 248개소에서 교통량과 속도조사가 사전조사, 본조사, 보완조사로 나누어 이루어 졌으며, 조사된 자료에 대한 기초 통계 분석을 실시하였음
- 내비게이션 자료의 경우 총 크기 188 GB 총 1억 2천만 통행의 1년치 궤적자료 (2011년 8월 1일~2012년 8월 1일)를 확보하여 이를 이용한 DB 구축 작업을 수행하였음
- 내비게이션 기반 DB에는 표본 링크자료를 통해 얻은 링크별 통행 속도가 포함되어 있으며, 그밖에 존, 기종점, 경로 등으로 나누어 존내통행량과 같이 내비게이션 자료를 1차 가공한 자료들이 구축되었음
- 학술 부문의 경우 크게 교통 공학부문과 교통망 분석이 주를 이루는 교통계획 부문으로 나누어 수행되었음
- 교통 공학부문의 경우 VDF 별 용량, 자유교통류 속도, 일전환 계수 계산의 내용으로 구성되어 있으며, 이를 기초로 한 VDF 위계 재정립 방안이 포함되어 있음
- 이와 함께 기초 자료의 오류 검증을 위한 자료 필터링 기술개발이 공학적 연구 내용에 포함되어 있음
- 교통 계획 부문의 경우 교통량 및 속도 재현수준을 기초로 한 VDF  $\alpha$ ,  $\beta$  값 정산과 정산 결과에 대한 검증 방안 개발 및 검증 이 포함되어 있음
- 또, 조사지점의 선정 기법이나 축 일관성 검증 등이 교통 계획 부문에 포함됨
- 마지막으로 애플리케이션 개발 부문의 경우 조사를 통해 새롭게 얻어진 자료를 포함한 기존 KTDB를 애플리케이션에서 효과적으로 이용할 수 있도록 DB 구조를 설계하는 일과 DB화된 자료들을 시각적으로 표출하는 기능의 설계와 개발이 포함됨

- 특히 애플리케이션 개발의 경우 이용자가 쉽게 자신이 원하는 정보를 추출하고 편하게 분석할 수 있도록 정리하는 이용자 분석기능을 강화하고 주제도를 이용해 시각적이고 직관적인 분석과 판단이 가능한 프로그램을 개발하는데 초점을 맞추었음

## 2. 과업 수행방법

- 본 과업은 앞서 설명한 조사, 학술, 애플리케이션 개발의 3대 주체별로 나누어 진행되며 최종 목표는 KT 교통망 DB를 구축하는 것임
- 하지만 과업의 특성상 모든 과업들이 상호 연결되어 있고 최종 목표의 달성을 위해서는 각 전후 과업간의 관계가 명확히 정의되어야 하므로 <그림 1-2>와 같이 전체 과업의 수행과정을 도식화하였음
- 과업의 초기단계에서는 조사등을 통한 자료의 확보와 연구개발에 필요한 이론을 검토하였으며, 이러한 초기단계가 끝나면 첨단자료와 조사자료를 이용하는 분석 연구를 수행하였음
- 자료의 구축과 필터링이 마무리된 뒤 해당 자료들을 이용하여 VDF 계수추정을 수행하였으며 이후에는 정산 신뢰도를 다양한 지표들을 이용해 검증하였음
- 마지막으로 향후 KTDB의 개선을 위한 특별 제안 연구를 수행하였음



<그림 1-2> 과업수행과정



## 제2장 도로통행비용함수 관련 문헌고찰

---

제1절 국내문헌고찰

제2절 국외문헌고찰



## 제2장 도로통행비용함수 관련 문헌고찰

### 제1절 국내문헌고찰

#### 1. 단일식

- 이의은(1986)은 부산-울산간 국도와 지방도를 분석 대상으로 BPR식의 파라메타를 도출( $\alpha = 0.3$ ,  $\beta = 2$ ) 하였고, 대체로  $\alpha$  값이 커짐에 따라  $R^2$  값이 떨어지는 경향이 있다고 하였으며 지체함수를 통행자 구분, 지역유형, 교통시설 유형별로 세분화하여 적용하는 방안이 강구되어야 한다고 제안함

#### 2. 복수 분류식

- 최기주(1986)는 서울의 도시가로인 영동지역을 대상으로 BPR, Smock과 Davidson함수의 적합도를 검증하였는데 도시부 가로에서는 Davidson식이 우수하며, 이 때 파라메타  $J$  값이 0.09임을 제시하였음. 그리고 지역별 특성에 따라 지체함수를 분별하여 선택하여야 한다고 제안함
- 서선덕(1990)은 처음으로 우리나라 전국 도로망에서 BPR 지체함수의 파라메타를 산출하였고, 전국적인 교통망의 O-D표를 사용하여 Bi-level Programming 모형을 통하여 BPR 지체함수의 파라메타를 도출함
- 서비스수준 C, D, E에서의 용량에 대하여 BPR식과 Steenbrink식에 초기값을 사용하여 계산한 결과는 <표 2-1>과 같음

<표 2-1> BPR식의 파라메타 (서선덕, 1990)

함수식	초기값	기준용량	산출결과
BPR	$\alpha=0.15$ $\beta=4$	LOS C	$\alpha=0.41$ , $\beta=7.21$
		LOS D	$\alpha=0.45$ , $\beta=7$
		LOS E	$\alpha=1.65$ , $\beta=9$
Steenbrink	$\alpha=2.62$ $\beta=5$	LOS C	$\alpha=2.70$ , $\beta=6$
		LOS D	$\alpha=2.72$ , $\beta=6$
		LOS E	$\alpha=2.92$ , $\beta=2$

- 주정열(1993)은 분석대상을 전국 규모의 지역간 도로망과 도시 가로망으로 구분하고, <표 2-2>와 같이 세분화하여 BPR식과 Davidson식의 파라메타를 검증함. 연구 결과 BPR식은 전반적으로 모든 차로에서 통행행태를 잘 묘사하고 Davidson식은 도시부 3차로 도로의 통행행태를 잘 나타내는 것으로 분석하고 있으며, <표 2-2>와 같은 결과를 도출함. 또한 파라메타 값을 통하여 차량 통행의 내부적 상충이 가장 심한 곳은 도시부의 2차로 도로이며 차량지체에 가장 민감한 곳은 3차로 도로라고 지적함

<표 2-2> 도로용량함수의 파라메타(주정열, 1993)

함수식	파라메타	지역간				도시내					
		총량	고속도로	국도	지방도	총량	간선도로	보조간선	1차로	2차로	3차로
BPR	$\alpha$	2.04	2.06	1.38	1.9	2.0	0.9	2.05	1.65	5.79	-
	$\beta$	1.99	1.09	1.91	3.0	3.04	4.5	2.00	3.3	0.95	-
Davidson	$J$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.33

- 장덕형(1993)은 21년간(1971년-1991년)의 고속도로 O-D자료를 사용하여 고속도로 통행의 지체함수 산출을 시도하였음. BPR식의 파라메타를 검증하였는데 서비스 수준에 따라 산출된 파라메타 값은 <표 2-3>과 같음
- LOS E 를 적용한 결과  $t = t_0 \{1 + 0.58(X/C)^{2.4}\}$  에서  $X/C=1$  이므로  $t = 1.58 t_0$  가 되는데 이는 용량에 도달하였을 때의 통행시간은 자유교통류 상태의 1.58배이며, 이는 자유교통류 속도의 0.63배에 해당함
- 그러나 Greenshield 식에 의하면 용량상태에서의 통행속도는 자유교통류 속도의 1/2이고, 통행시간은 2배가 되므로 Greenshield 과 실제 정산결과에는 차이가 있었음
- 한국관 도로용량편람(KHCM) 작성을 위한 연구 결과로 도출된 용량 상태의 평균 주행속도가 미국의 1985년 HCM에서 제시하고 있는 속도 또는 과거의 통념(용량 상태에서의 평균 주행속도는 50kph)보다 10-20kph 높은 점이 특이하다고 보고되었는데 이 결과 역시 장덕형의 연구 결과와 맥을 같이 한다고 볼 수 있음
- 이러한 결과는 최근 다른 나라에서도 비슷한 양상을 나타내는 것으로 보고되었으며 이외의 교통류 특성 연구 결과와도 일맥상통한다고 할 수 있음



&lt;표 2-3&gt; BPR식의 파라메타 (장덕형, 1993)

초기값	기준용량	산출결과
$0 < \alpha \leq 1$ $0 < \beta \leq 10$	LOS C	$\alpha=0.17, \beta=1.5$
	LOS D	$\alpha=0.37, \beta=2.3$
	LOS E	$\alpha=0.58, \beta=2.4$

- 강호익(1996)은 고속도로 교통관리시스템의 차량검지시스템에서 수집된 자료와 전국 국도에 설치된 상시교통량 조사장비에서 수집된 자료를 이용하여 BPR식의 파라메타를 정산하였으며 그 결과는 <표 2-4>와 같음

&lt;표 2-4&gt; BPR식의 파라메타 (강호익, 1996)

구 분	차로수	$\alpha$	$\beta$	$R^2$
고속도로	8	0.77	1.20	0.517
	4	0.48	1.91	0.588
국도	4	0.93	1.80	0.573
	2	1.30	2.30	0.770

- 김병기(2002)는 전국의 국도 기능분류 상으로 국도 I 이고, 4차로인 도로의 자료를 이용하여 회귀분석을 통해 도로 기하구조, 교통특성 및 주변 환경 등을 반영한 통행지체함수를 BPR 모형, 직선 모형, 지수 모형을 통하여 파라메타를 추정하였음
- 김병기(2002)의 연구는 국내에서 교통류조사와 통계기법을 사용해 VDF 계수값을 추정하는 시도를 했다는 점을 평가할 수 있으나 특정 도로에 국한한 정산이 이루어졌다는 점에서 교통망 분석에 이용할 수 있는 결과를 도출하지는 못하였음
- 전남대 (2007)은 고속도로와 일반국도를 대상으로 국가교통DB(이하 KTDB)를 이용하여 통행배정된 배정교통량과 건설교통부의 도로교통량통계연보(2006)상 관측교통량과의 차이를 최소화시키는 방법으로 파라메타를 추정하였고, 추정방법은 전구간을 탐색하는 열거법에 황금분할법(golden section method)을 결합시켜 효율적으로 해를 찾는 방법이며, 소요시간이 많이 걸린다는 점증적 추정법의 단점을 보완함
- 사용중인 VDF 파라메타와 비교할 때, 고속도로는 전 차로의  $\alpha, \beta$  값은 크게 추정되었으나, 2차로의 값만 작게 추정되었으며, 국도는 이와 반대로 전 차로의 값은 작게 추정되었음. 수정된 파라메타를 검증한 결과, 대체로 현 VDF 파라메타를 사용한 결과보다는 현실 재현력이 개선된 것으로 나타남

&lt;표 2-5&gt; BPR식의 파라메타 (임용택, 2007)

도로등급	자유속도 (Km/h)	용량/차로 (pcupl)	파라메타	
			$\alpha$	$\beta$
고속도로(1차로)	80	1,600	3.931	5.316
고속도로(2차로)	117	2,200	1.459	1.943
고속도로(3차로 이상)	119	2,200	3.210	5.936
일반국도(1차로)	70	750	1.896	3.894
일반국도(2차로)	80	1,000	0.430	3.566
일반국도(3차로 이상)	90	1,200	0.653	3.232

- 우리나라의 경우에는 통행비용함수로는 미국 공로국(BPR : Bureau of Public Roads)에서 개발한 BPR 식이 가장 널리 연구·사용되었으며, 신호가 존재하는 도시내 도로의 경우 비현실적이라는 비판을 받은바 있음. 서울시정개발연구원 (2002)에서 제시하였듯이 도시내 도로와 같은 단속류에서는 Conical 함수식을 채택하고 있음

## 제2절 국외문헌고찰

### 1. 단일식

- 미국의 공로국(BPR : Bureau of Public Roads, 1964)은 현재 가장 많이 사용되는 VDF 함수이며, 파라메타  $\alpha, \beta$  값은 통상 0.15, 4를 적용하여 사용하고 있으며, 링크의 특성에 따라서 이 파라메타 값을 수정하며 사용하고 있음
- BPR식을 이용한 또 다른 연구로는 Steenbrink(1974)가 BPR식의 Practical Capacity 대신에 서비스 수준 E 용량을 사용하여 네덜란드의 교통환경에 대하여  $\alpha = 2.62, \beta = 5$ 의 값을 추정하였음
- Wardrop(1968)은 도로망의 전체 통행속도와 교통량과의 관계를 표시하는 지체함수를 개발하였으며, 이 함수에서는 신호 교차로에서의 대기시간과 신호 교차로간의 통행시간을 차량 연동식 또는 고정식 신호 두 가지에 대하여 평균 지체와 교통량 관계를 개략적인 식으로 유도함으로써 산출함
- Spicess & Heinz(1989)은 Conical 함수를 제안하였으며, BPR 통행비용함수의 급격히 증가하는 곡선의 형태에 대한 문제점을 보완함. 통행배정단계에서 수렴속도 향상을 위해 개발되었으며,  $V/C > 1$ 인 구간에서 선형의 형태로 통행시간이 증가됨. 하지만 교차로에서의 생기는 지체를 별도로 표현할 수 없다는 단점이 있음

### 2. 복수 분류식

- Irwin, Dodd와 Von Cube(1961)는 차로별 교통량과 용량간 관계에 의해 불연속적으로 적용하는 두 개의 직선함수를 제안하였으며, 다시 Irwin과 Von Cube는 세 개의 직선식으로 발전시켰지만, 결정적으로 함수가 비연속이기 때문에 수리모형 교통배정에는 사용할 수 없는 단점이 있음
- Davidson(1966)은 대기행렬 이론에 근거한 이론적 함수를 제시함. 하지만 링크교통량이 용량을 초과하는 경우 이를 반영하지 못하는 단점을 가지고 있기 때문에 이를 추정하기 위해서는 최소 자승법 등 통계적인 처리가 필요함
- 이 함수는 Daganzo(1977), Boyce, Janson, Eash(1981) 등의 여러 연구에서 적용되었고, Akcelik(1999)은 이 함수를 확장시켜 개발하였음

$$\text{Davidson 의 식} : t = t_0 \left(1 + J \frac{X}{S - X}\right)$$

$$\text{Akcelik 의 식} : t_a(X_a) = t_0 + 0.25 \cdot T \left[ Z + \sqrt{Z^2 + 8J_a \cdot \frac{S_a}{C_a \cdot T}} \right]$$

$$\text{여기서, } Z_a = S_a - 1$$

- Mahmassani & Mouskos (1988)는 기존의 BPR 식으로부터 승용차와 트럭의 통행을 고려할 수 있도록 분류한 MUC (multi user class) 모형을 제시함
- 실제 교통망에서 트럭과 관련된 문제를 다룰 때에는 승용차와 트럭간 상호작용을 명확하게 포착하여 통행비용함수를 개발해야 한다고 제시하였음

$$\text{승용차 BPR 식} : t_a^1(x_a) = 3 \left[ 1 + 0.15 \left( \frac{x_a^1 + 2x_a^2}{500} \right)^4 \right]$$

$$\text{트럭 BPR 식} : t_a^2(x_a) = 4 \left[ 1 + 0.25 \left( \frac{x_a^1 + 2x_a^2}{500} \right)^4 \right]$$

- 식의 교통량 계수를 보면 2번 차종이 1번 차종에 비해 2배의 V/C 영향력을 갖고 있고, 이는 2번 차종이 1번 차종에 비해 중차량임을 의미함
- 위 식에서 확인할 수 있듯 중차량(2번 차량)의 경우 BPR식의  $\alpha$ 이 일반 승용차 (1번 차량)에 비해 더 크게 설정되어 있는 것을 알 수 있는데, 이는 동일한 V/C 증가에 대해 중차량의 통행속도 저하가 더 큰 것을 의미하며, 이는 중 차량일수록 감속 능력이 승용차에 비해 떨어지기 때문에 현실을 잘 반영한 것이라 할 수 있음
- 하지만 Mahmassani & Mouskos (1988)의 연구에서 사용한 계수값은 실제 정산을 통해 얻어진 값은 아니며, 유사한 배경에서 식을 제시한 Wynter (1995), 김현철 (1997)도 실제 자료를 통해 다차종 통행배정 비용 함수의 계수값을 제시하지는 않았음

## 제3장 도로통행비용함수 조사자료 구축

---

제1절 도로통행비용함수 조사자료 구축

제2절 조사자료의 이상치 제거기준 수립

제3절 교통량 조사지점 선정기준 수립

제4절 도로 통행비용함수 검증을 위한  
첨단교통자료 구축



## 제3장 도로통행비용함수 조사자료 구축

### 제1절 도로통행비용함수 조사자료 구축

#### 1. 조사의 개요

##### 가. 조사의 배경 및 목적

- 과거의 도로통행비용함수(VDF) 구축은 일부 구간만을 대상으로 조사를 실시하여 방법론을 통해 도로통행비용함수(VDF)를 보정하였으나, 지난 『2008년 국가교통수요조사 및 DB구축사업』 중 “도로통행비용함수 구축관련 조사 및 연구”에서는 전국권 도로 중 205개 지점에 대한 조사를 실시하였음
- 그러나, 각 도로위계별로 관측비율이 현저히 낮거나 관측지점이 전혀 없는 링크가 존재하므로 본 과업에서는 도로통행비용함수(VDF) 신뢰성 확보를 위한 조사를 중심으로 도로위계, 차선, 용량, 교통량, 속도 등의 기초자료에 대한 전국단위 조사를 수행하여 실제 도로와 교통의 환경여건을 반영한 도로통행비용함수(VDF)를 구축하고자함

## 나. 조사의 범위

### 1) 공간적 범위

- 전국권 대상(도로등급 중 일반국도, 국가지원지방도, 지방도, 광역시도, 시군도)

<표 3-1> 도로위계 분류 변경 사항

현재 도로위계(편도)		변경 도로위계(편도)	조사 대상			
구 분	VDF					
고속도로 (1차로)	1	고속국도	2차로 이하	1		
고속도로 (2차로)	2		3차로 이상	2		
고속도로 (3차로이상)	3	도시고속국도	2차로 이하	3		
일반국도 (1차로)	4		3차로 이상	4		
일반국도 (2차로)	5	국도/ 국지도/ 지방도/ 광역시도/ 시군도	1차로	5	○	
일반국도 (3차로이상)	6		2차로 이상	6	○	
지방도, 국지도 (1차로)	7		2등급	1차로	7	○
지방도, 국지도 (2차로)	8			2차로 이상	8	○
지방도, 국지도 (3차로이상)	9		3등급	1차로	9	○
광역시도, 시군도 (1차로)	10			2차로 이상	10	○
광역시도, 시군도 (2차로)	11		4등급	1차로	11	○
광역시도, 시군도 (3차로 이상)	12			2차로 이상	12	○
도시고속화도로 (3차로이상)	14		5등급	1차로	13	○
도시고속화도로 (2차로이하)	15			2차로 이상	14	○
고속도로 연결램프	16		6등급	1차로	15	○
				2차로 이상	16	○
		램프	연결램프	-	17	
			요금소	-	18	
		센트로이드 커넥터			20	

### 2) 시간적 범위

- 조사기간 : 2012년 10월 ~ 2013년 2월
  - 강우, 강설, 결빙 등에 의해 교통류에 영향이 있다고 판단하는 경우 조사일정 제외
  - 연말, 연시, 연휴 등 평상시와 통행 패턴이 다른 경우 조사일정 제외
- 조사시간
  - 교통량 조사 : 평일(화·수·목), 24시간 조사 07:00~익일 07:00
  - 속도조사 : 평일(화·수·목), 12시간 조사 07:00~19:00



## 3) 내용적 범위

- 통행비용합수 구축 관련조사는 조사계획수립 단계, 조사 단계, 자료 정리 및 기초분석단계로 구분됨

&lt;표 3-2&gt; 도로통행비용합수 구축 조사내용

단 계	항 목	사 업 내 용	비고(조사대상)
조사 계획 수립 단계	문헌조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로등급 분류</li> <li>· 도로명, 교차로명, 코드번호 부여</li> <li>· 통계연보 검토, 비정상적인 교통수요 발생 요인 검토(행사, 지역축제 등)</li> </ul>	전국권 도로 대상
	현장조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도로의 기하구조<sup>1)</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시종점, 차로수, 중앙분리대 유무</li> <li>- 신호등간의 거리, 하류부 교차로시간</li> <li>- 제한속도, 종·횡단 구배</li> <li>- 신호연동여부 조사</li> </ul> </li> <li>※ 303개 지점에 대하여 현장조사를 실시하여 그 중 248개 지점 선정</li> </ul>	303개 지점
	조사준비	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 조사원 모집 및 교육</li> <li>· 조사장비 계획</li> </ul>	-
조사 단계	사전조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 각 등급별 대표지점 : 속도조사 1개, 교통량조사 1개 (VDF 5~VDF 16 : 24개 지점)</li> <li>· 속도조사<sup>2)</sup>, 교통량조사, 기하구조 조사</li> </ul>	24개 지점 (VDF별 각 2개 지점)
	예비조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 교통량 및 속도조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>- VDF 13~16등급 조사지점 중 속도조사 1개 지점, 교통량조사 1개 지점</li> </ul> </li> <li>※ 본 조사 실시 전 예비조사를 수행하여 문제점 파악 및 조사계획 최종 확정</li> </ul>	8개 지점 (VDF별 각 2개 지점)
	본조사	· 교통량 및 속도조사	선정된 208개 지점 -속도조사 : 84개 -교통량조사 : 124개
	보완조사	· 샘플 취득율이 미흡한 VDF 등급 지점 조사	교통량 40개 지점
자료 정리 및 기초 분석 단계	DB구축	· 자료검수, 조사자료 정리	-
	기초분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수집된 조사자료를 통한 기초 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조사지점의 시간대별 교통량</li> <li>- 통행속도 및 통행패턴</li> <li>- 교통량-속도 관계 등에 대한 분석</li> <li>- 도로기하구조 등</li> </ul> </li> </ul>	분석내용 별도 제시
	보고서 작성	· 사업수행에 대한 종합적인 보고서 작성 및 성과품 제출	-

주: 1) 현장조사를 통하여 전국 단위의 조사지점 확정

2) 통행속도 조사방법론(GPS를 이용한 구간속도조사, 검지기를 이용한 지점속도조사 등) 결정

### 다. 조사의 수행과정

- 본 과업수행 과정은 과업의 목표설정, 조사계획 수립(조사대상 지점선정, 조사항목설정, 조사원 모집 및 교육, 조사방법 결정 등), 조사실시(사전조사, 예비조사, 본조사, 보완조사), 자료정리 및 기초분석 등의 과정으로 수행함



<그림 3-1> 과업수행 절차도

## 2. 조사의 내용 및 방법

### 가. 조사의 내용

#### 1) 조사의 기본방향

- 본 조사는 기존의 도로 통행비용함수(VDF)에 적용된 도로유형이 관리주체에 근거하여 분류된 것을 도로기능에 근거하여 재분류하여 조사지점을 선정하고 교통량 및 속도, 기하구조를 조사하여 도로 통행비용함수의 적정 용량 및 파라메타를 추정하기 위한 것임
- 국토해양부에서 제시하고 있는 교통조사지침상의 도로교통량조사 및 차량속도조사 수행방법을 원칙으로 하여, 현장검수 및 논리검수체계를 수립하여 자료의 오류가 최소화되도록 함
  - 국토해양부에서 수행하고 있는 「도로교통량통계연보」상의 교통량 조사지점과 지방국토관리청에서 수행하고 있는 교통량 조사지점을 제외하고 지역간 연결도로 위주로 교통량 조사지점을 선정하여 최대한 자료구축의 효율성을 제고하도록 함
  - 도로통행비용함수 구축을 위해 첨두시간대가 포함된 일과 시간대에 대해서만 교통량 및 속도조사를 수행하여도 무방할 것으로 판단되나, 추후 전국 여객O/D 정산 및 검증 등에 활용할 수 있도록 24시간 기준의 차종별 교통량 조사

#### 2) 조사의 내용

- 본 과업의 조사는 크게 교통량 및 속도조사, 도로의 기하구조조사(시종점, 차로수, 중앙분리대 유무, 구간 내 교차로 개수, 신호등연동여부, 구간내 제한속도, 차로폭, 측방여유폭, 종단구배 등)로 구분하였음
- 교통량 및 차량속도조사는 국토해양부 「교통조사지침, 2009. 8」의 도로교통량조사 및 차량속도조사 지침을 토대로 설정하였음
- 조사 지점은 총 248개 지점(속도조사:84개, 교통량조사:164개)이며, 해당 도로구간의 교통량조사와 속도조사 이외에 도로기하구조 조사(시종점, 차로수, 중앙분리대 유무, 구간내 교차로 개수, 신호등연동여부, 구간내 제한속도, 차로폭, 측방여유폭, 종단구배 등)를 포함하였음
- 과업은 크게 조사계획수립단계, 조사단계, 자료정리 및 기초분석단계로 구분되며 전체 사업내용은 다음과 같음

### ① 조사계획수립단계

- 조사수행을 위한 준비단계로 조사항목 설계, 조사지점 확정, 조사지점에 따른 장비계획, 피조사원 교육을 실시함
- 현장조사는 과업대상권역을 세분화하여 조사책임자와 현장을 방문, 점검함으로서 조사의 신뢰성향상에 기여하며, 기하구조 확인조사를 병행하여 실시함
- 또한, 조사지점 선정에 대하여 사전에 점검회의를 개최하고, 현장조사를 실시하여 지점선정 및 지점별 인원계획을 수립함

### ② 조사단계

#### ○ 사전조사

- 사전조사의 목적은 조사 방법의 문제점을 파악 및 조사 방식을 결정하는 것으로, 객관적이고 신뢰 할 수 있는 조사결과가 수집되도록 VDF 5등급~VDF 16등급의 속도 조사 12개 지점, 교통량조사 12개 지점에서 수행
- 속도조사 : 조사방법론결정 및 실제조사구간 시험운행
- 교통량조사 : 영상카메라설치 및 야간 교통량 관측여부 파악
- 조사 위험구간, 유출입구간, 시·종점 위치파악, 조사원 교체시간 및 위치결정

#### ○ 예비조사

- 예비조사의 목적은 본 조사과정과 동일하게 조사를 수행하여 문제점 파악 및 조사계획 최종 확정
- 속도조사 : 07:00시~19:00시 조사 실시로 문제점 파악 및 조사계획 확정
- 교통량조사 : 07:00시~익일 07:00시 조사 실시로 문제점 파악 및 조사계획 확정

#### ○ 본 조사

- 교통량조사 : 164개소
  - 선정된 조사지점에 대해 영상촬영기법을 이용하여 조사기간(평일 화, 수, 목요일 기준으로 24시간(07:00시~익일 07:00시)동안 조사
- 속도조사 : 84개소

- 선정된 조사지점에 대해 프로브 차량을 이용한 구간속도조사를 실시하며, 대표지점에 NC-200을 이용한 지점 속도조사를 병행하여 조사결과와 검증이 가능토록 함
  - 교통량조사와 속도조사를 동시에 실시하는 지점은 동일 날짜에 조사
  - 자료의 검증
    - 교통량조사 : 촬영된 화면을 검토하여 비정상적으로 촬영된 부분에 대해 재조사를 실시하여 보완
      - 촬영상태가 고르지 못하여 관독이 불가능할 경우
      - 잘못된 촬영위치에서의 촬영으로 관독이 불가능할 경우
      - 조사지점의 통행량이 너무 작아 조사 자료가 무의미할 경우
    - 속도조사 : 조사책임자가 조사자료를 검토하여 보완조사의 필요성을 결정함
  - 보완조사
    - 조사자료의 샘플 취득율이 낮은 VDF 13등급~16등급 40개 지점에 대하여 교통량조사 수행
- ③ 자료정리 및 기초분석 단계
- 조사결과를 이용하여 방향별·차종별 교통량, 시간대별 교통량, 방향별 차량속도, 지점별 지하구조의 특징에 따른 교통량 및 속도변화, 교통량과 속도관계 등의 기초분석을 수행함

## 나. 조사의 방법

### 1) 조사 수행방법

- 본 과업을 위한 조사 항목은 크게 속도조사, 교통량조사, 기하구조 조사로 구분할 수 있음
- 총 조사지점은 사전에 도로위계별로 선정된 총 248개 지점(속도조사 : 84지점, 교통량 조사 : 164지점)이며, 본 조사 구간은 총 208개(속도조사 : 84개 지점, 교통량조사 : 124개 지점)지점, 보완조사 지점은 40개(교통량조사 : 40개 지점)지점으로 문헌조사 및 현장조사를 실시하여 조사지점을 확정하였음
- 조사지점 선정을 위해 303개 지점에 대하여 현장조사를 실시하였고, 도로등급(도로위 계) 구분의 기준이 되는 도로구간의 적정성에 대한 검토가 필요할 것으로 판단됨

### 2) 항목별 조사방법

#### ① 조사구간 선정방법

- 문헌조사를 통한 조사구간 선정방법은 다음과 같음
  - 연속교통류와 단속교통류가 혼재하는 다차로도로의 특성상 서비스수준을 분석하기 위해서는 먼저, 분석 대상구간을 동질성을 갖는 유형별로 분할 ⇒ VDF 유형은 KTDB 네트워크를 기준으로 분할
  - 분석대상 구간을 분할하는 기준은 동질성 구간 즉, 통행속도에 영향을 미치는 변수들이 일정한 구간을 구분하는 데 적용되는데, 도로 주변 개발 현황(도시지역과 지방 지역), 교통량, 신호교차로 간격, 도로 조건 등이 구분 기준에 포함
  - 도로구간 구분 기준
    - 국도/국지도/지방도/광역시도/시군도 등급 산출 방법
    - 교차로 밀도에 따라 1등급~6등급으로 구분

&lt;표 3-3&gt; 교차로 밀도에 따른 도로 등급

구분	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	6등급
교차로 밀도	0.0~0.3	0.3~0.7	0.7~1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0~

## ※ 교차로 밀도 산출 방법

$$\text{링크 교차로 밀도} = 1/\text{교차로간 연장(km)}$$

- 위의 방법을 통하여 248개 지점을 선정하였으며, 선정기준은 다음과 같음
- 본조사 지점 선정기준
  - 인접지역에 동일한 VDF 지점 배제
  - 상시/수시 조사지점 중복 배제
  - 존 경계에 위치한 링크 우선 선택
  - 도시부/지방부에 적절한 지점 분배
  - 현 VDF별 관측을 고려한 조사등급 고려
- 보완조사 지점 선정기준
  - VDF 조사자료 관측율이 낮은 등급(13~16 등급) 고려
  - KTDB 배정결과 교통량이 많은 곳 우선 선택
  - 지역별 조사지점 균등 배분
- 문헌조사시 선정된 303개 지점을 대상으로 현장조사를 실시하여 본조사 구간은 총 208개 (속도조사 : 84개 지점, 교통량조사 : 124개 지점) 지점, 보완조사 지점은 40개 (교통량조사 : 40개 지점) 지점을 최종적으로 선정하였으며, 현장조사시 고려사항은 다음과 같음
  - 조사지점 주변에 교통정보 수집장치가 설치되어있을 때
    - 조사구간 전·후방 6km 이상 이격시 조사구간 선정
    - 교통정보 수집장치가 6km미만에 설치되었더라도 지방도, 국도 등 주요 도로가 교차하여 교통류의 특성이 변경될 것으로 판단되는 구간은 조사구간으로 선정
  - 조사구간 내 도로확장공사 등이 수행되어 조사기간 내에 공사로 인한 영향을 받을수 있는 구간 조사지점에서 제외
  - 조사구간이 지역간 연결도로의 역할을 수행하지 않고, 마을등의 진입로로 사용되는 경우 조사지점에서 제외

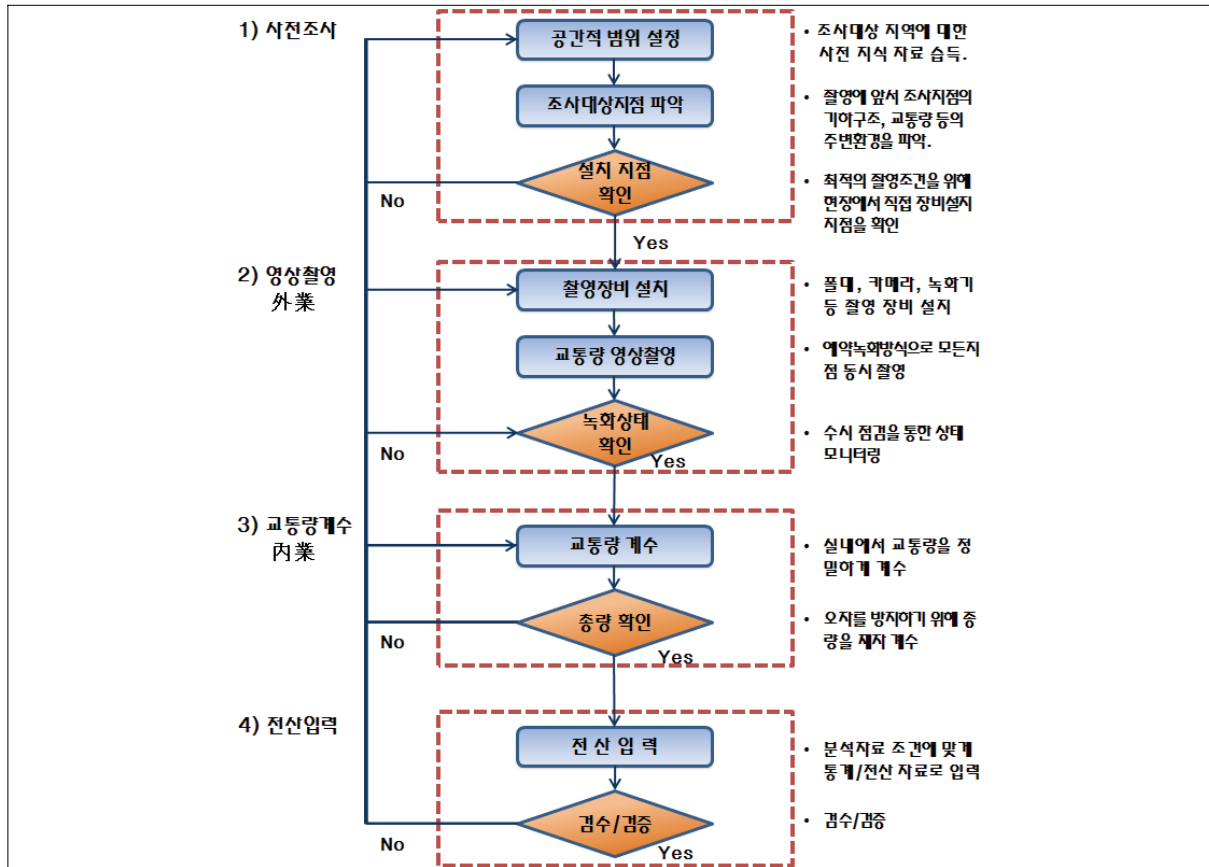
- 오지에 위치하여 조사기간 중 폭설 등 기상영향과 차량사고의 위험이 있는 구간 조사지점에서 제외
- 차로수가 1차로에서 2차로로 변경되어 VDF 특성이 변경된 구간 조사지점에서 제외
- 구간길이가 짧은 경우(1km이하) 조사지점에서 제외
- 차로폭이 줄어들어 중앙선이 없어지거나 병목구간이 발생하여(500m 이상) VDF 특성에 부합되지 않다고 판단되는 구간 조사지점에서 제외
- 군사지역, 특수지역에 위치하고 있는 구간 조사지점에서 제외
- 진출입구가 너무 많이 설치되는 등 속도조사의 의미가 없다고 현장조사원의 판단이 발생한 구간 조사지점에서 제외

## ② 교통량조사

- 교통량조사는 총 248개 지점(본 조사 208개 지점, 보완조사 40개 지점)에 대해서 07:00시부터 익일 07:00시까지 영상촬영을 실시하였으며, 조사장비 설치팀을 2개 권역으로 나누어 장비 설치 1팀, 회수 및 검수 1팀으로 구분하였으며, 조사된 자료는 바로 사무실로 송부하여 계수요원이 교통량을 계수하였음
- 조사 행태
  - 교통량조사에서는 시간대별, 차종별, 방향별 교통량을 조사함
  - 교통량 조사는 도로교통량 통계연보 상에 분류된 12개 차종으로 구분하여 조사함



- 계수시 발생될 수 있는 오차를 방지하기 위하여 총량을 재차 계수하여 총량 대조 및 검증하고 표본 샘플링을 통하여 반복 재생하여 교통량 계수시 오차가 최소화 되도록 함



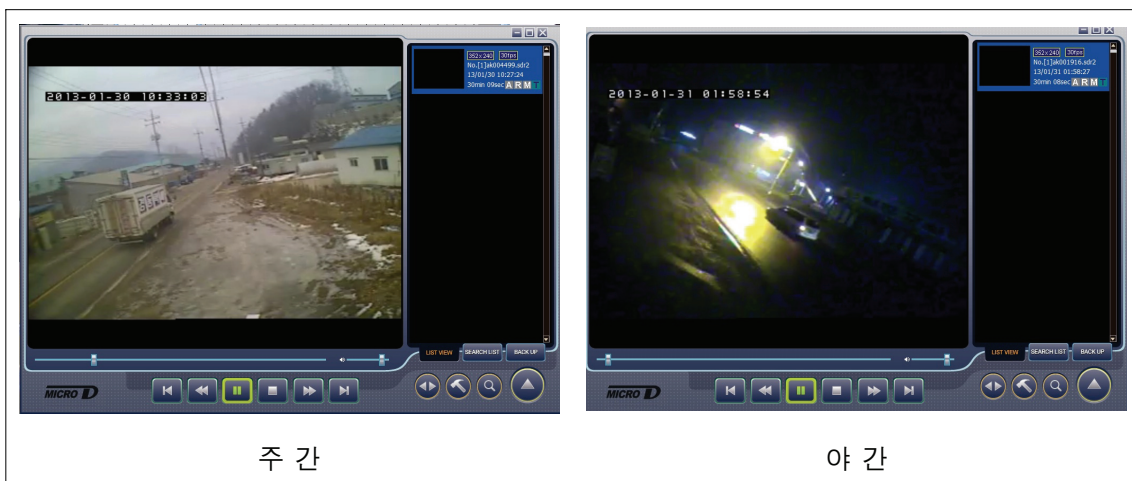
<그림 3-2> 영상촬영 조사 방법

- 조사 시간
  - 조사는 일주일중 평일(화, 수, 목-기상상태 등에 따라 비정상적인 교통수요가 발생하는 일은 제외) 3일에만 조사하는 것으로 계획하였으며, 조사시간은 24시간 조사이며 조사기준시간은 07:00시부터 익일 07:00시까지 조사를 수행함
- 조사 환경
  - 조사지점에 대한 사전조사를 실시하여 주변 환경에 맞는 조사장비와 적절한 조사위치를 선정하고, 이동방안을 강구하였음
  - 조사 수행 2~3일 전 기상상태를 확인 후 기상여건에 따라 조사시행 여부를 판단하고 돌발적인 기상변화에 대비하여 영상장비의 전원 및 배터리를 추가적으로 확보하고 익일 촬영하는 것으로 하였음

- 특정 장날 및 축제, 문화행사 등을 고려하여 조사일시를 선정하였으며, 가급적 같은 지역에서 동시에 조사가 이루어지도록 계획하였음
- 가로등의 조명시설이 없는 경우 차량식별에 어려움이 있어 야간촬영이 가능한 장비 (적외선카메라) 활용하였음



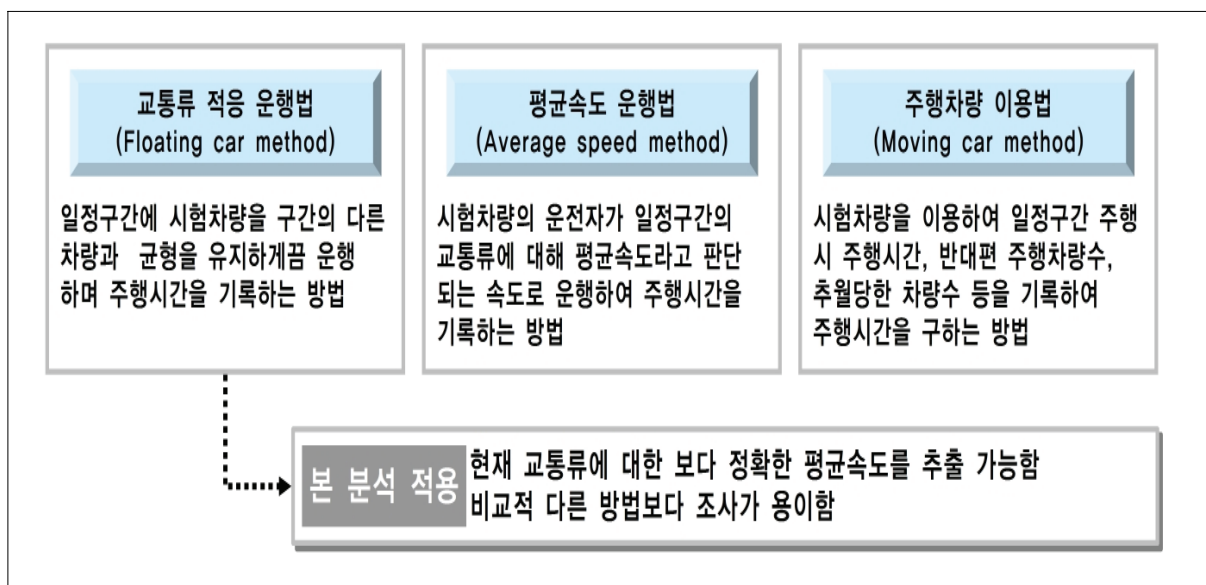
<그림 3-3> 교통량조사 조사장비 설치



<그림 3-4> 교통량조사 녹화영상

## ③ 속도조사

- 본 과업의 속도조사는 84개 지점을 대상을 수행하였으며, 오전 07:00시부터 오후 19:00시까지 12시간을 조사하였음
- 조사방법으로는 시험차량을 이용한 조사 방법을 선택하였으며, 조사 자료의 신뢰도와 정확성을 높이기 위해 차량 내부에 영상기록장치를 부착하고 주행시 영상을 녹화하였으며, GPS가 내장된 첨단교통조사단말기(PDA)를 매 시간대별 1회 이상 수행하였음
- 구간속도조사의 경우 일반적으로 쓰이고 있는 시험차량조사 중 교통류적응 운행법을 실시하며, 더 정확한 평균속도를 도출할 수 있도록 시험차량에 GPS가 내장된 영상 기록장치를 설치 및 첨단교통조사 장비(PDA) 사용하여 조사를 실시하였음
- 또한, 속도조사는 지점속도조사와 구간속도조사로 나뉘며, 본 과업에서는 시험차량을 이용한 구간속도조사를 중심으로 조사하였으며, VDF 14등급~16등급의 대표구간에 대해 지점속도 조사를 병행하여 구간속도조사 결과를 검증하는 자료로 활용하였음.
  - 구간속도 : 시험차량주행법, 운전자와 조사가원이 2인 1팀이 되어 조사지점을 순환하여 속도조사를 실시
  - 지점속도 : 정확하고 체계적인 통행속도 자료수집이 가능한 차량감지기 중 NC-200을 이용하여 조사를 실시



&lt;그림 3-5&gt; 시험차량이용 조사방법



<그림 3-6> 속도조사 장비

- 시험차량 이용 방법으로 조사를 실시한 구간속도조사는 다음과 같은 세부 방법을 결정하여 조사를 실시하였음
  - 시·종점부 결정
    - 교차로가 시종점 전후방에 있을 경우 교차로를 지나 45m 이격하여 시·종점 선정
    - 부득이한 경우 45m이내에서 교차로의 영향이 없다고 판단되는 지점에 선정
  - 차량 출발지점
    - 시점 전방 약 1km 전에서 차량 출발
  - 조사차량 출발시 행동사항
    - 조사표에 출발시간 기입 (동승자)
    - 첨단교통조사단말기 (PDA) 전원켜기 (동승자)
    - 스틱위치 준비 (동승자)
  - 주차후 행동사항
    - 조사표 작성
    - 다음조사 준비

조사회차			조사회차		
조사시작시간			조사시작시간		
조사자			조사자		
주행차로			주행차로		
구 분	시 간	정지사유	구 분	시 간	정지사유
1번 정지시간			1번 정지시간		
1번 출발시간			1번 출발시간		
2번 정지시간			2번 정지시간		
2번 출발시간			2번 출발시간		
3번 정지시간			3번 정지시간		
3번 출발시간			3번 출발시간		
4번 정지시간			4번 정지시간		
4번 출발시간			4번 출발시간		
5번 정지시간			5번 정지시간		
5번 출발시간			5번 출발시간		
6번 정지시간			6번 정지시간		
6번 출발시간			6번 출발시간		
7번 정지시간			7번 정지시간		
7번 출발시간			7번 출발시간		
8번 정지시간			8번 정지시간		
8번 출발시간			8번 출발시간		
9번 정지시간			9번 정지시간		
9번 출발시간			9번 출발시간		
종점 통과시간		-	종점 통과시간		-

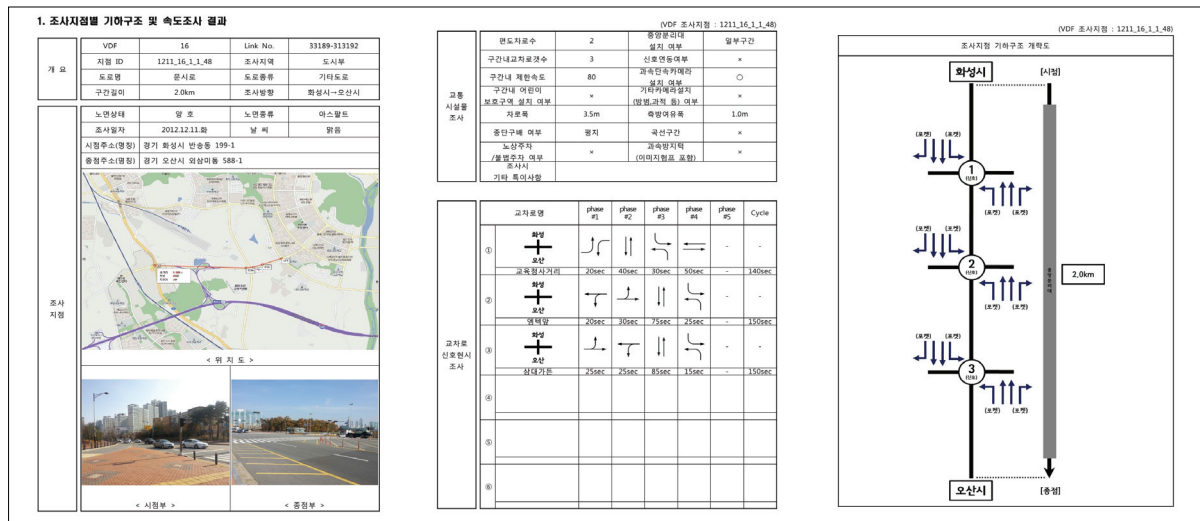
정지사유 : 신호대기(A), 자연지체(B), 전방의 보행자/주정차 차량(C), 유고관련(D), 축제 또는 행사(E), 기타(F)

<그림 3-7> 속도조사 조사표

#### ④ 기하구조 조사

- 기하구조 조사항목에는 시·종점, 차로수, 중앙분리대 유무, 신호등간의 거리, 하류부 교차로 시간, 제한속도, 종단·횡단 구배 등을 조사항목으로 설정 함
- 조사 방법은 사전 조사 지점 확인 시 차로수, 중앙분리대 유무, 제한속도, 신호등간 간격거리, 하류부 교차로 시간 등을 조사하는 것으로 계획하였으며, 구배 및 시·종점은 현장조사 자료와 문헌자료를 토대로 하여 조사하는 것으로 함
- 도로유형 분류에 직접적인 영향을 주지 않으면서 통행속도에 영향을 미치는 요소인 종단구배는 추후 도로유형별 종단구배가 고르게 분포되어 모든 도로여건에 대한 공통성을 확보할 수 있는지 여부를 판단하기 위하여 정밀하게 조사하지 않고 구배 정도의 상, 중, 하 수준으로 조사를 실시함



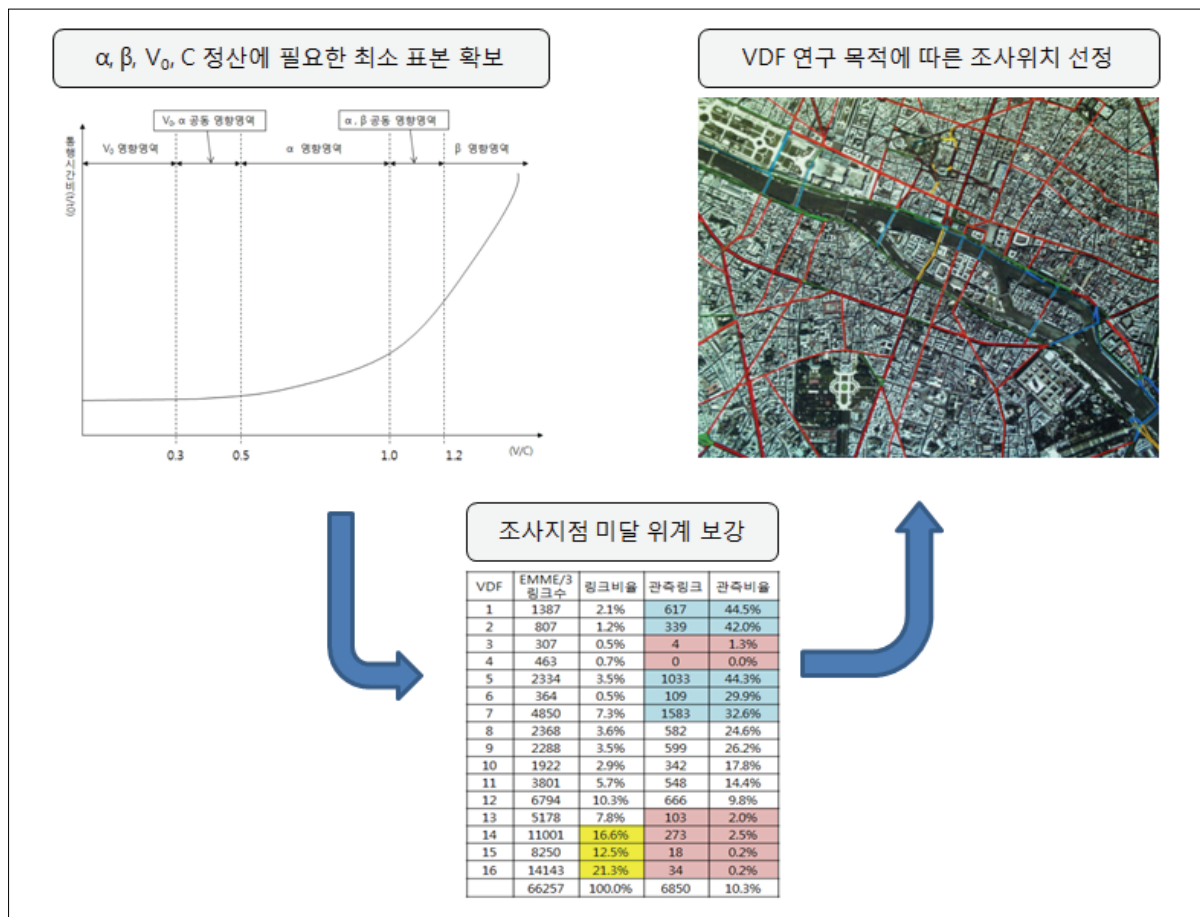


<그림 3-8> 기하구조조사 조사표

#### 다. 조사 지점의 선정

- 본 연구를 통해 개발된 조사지점 선정 방법론은 내비게이션 자료를 이용해 개별 링크가 현재의 통행패턴에서 차지하는 상대적 중요도를 평가해 이를 기초로 교통량 및 속도 조사지점을 선정하는 개념에 기초를 두고 있음
- 하지만 내비게이션 자료가 이용 할 수 없는 경우나 조사 준비시간이 촉박하여 내비게이션 자료 기반의 분석을 할 수 없는 경우 개략적인 방법으로 기존 교통량 자료체계에서 보강이 필요한 지점들을 추가해 조사하는 방법론이 필요함
- 현재 본 과업의 수행에서도 내비게이션 자료가 확보되기 전에 사전 조사 계획을 수립하여야 했기 때문에, 현 KTDB 관측교통량 자료체계를 보강하기 위한 조사지점 선정 방법론을 제시하였음
- 내비게이션 자료 분석이 불가능한 경우 조사지점 선정의 목표는 도로망의 VDF 각 위계별로 파라미터를 추정할 수 있는 최소 숫자의 표본을 확보하는 것이며, 이러한 최소 숫자의 표본이 확보된 이후에도 추가 조사가 가능한 경우에는 등급별 표본을 차이를 완화할 수 있도록 표본율이 낮은 VDF 위계에 집중적으로 조사지점을 배치해야 함
- 개략적인 전체 조사지점 숫자가 선정되면 각 위계별로 조사지점을 선정해야 함
- 조사지점 결정의 경우 교통망에서 링크가 차지하는 공간적인 중요성이 분석되어야 하므로 내비게이션 자료와 같은 공간 상관성을 반영할 수 있는 자료를 이용하는 것이 필요하나, 자료 이용이 불가능한 경우에는 VDF 연구에서 고려해야 할 주요 영향요소를 확인할 수 있도록 조사 설계를 할 수 있음

- 이러한 기본 개념에 따라 본 연구의 사전 조사 및 본조사를 위한 조사지점 선정 작업을 수행하였으며, 내비게이션에 의한 자료 조사는 보완조사지점 선정시 적용토록 함
- 사전 조사 및 본조사가 필요한 자료는 지점 교통량과 구간 통행시간임
- 앞서 밝힌바와 같이 교통량의 경우 고려해야 할 사항은 두 가지인데, 첫 번째는 각 위계별로 최소한의 관측표본수가 필요하고 위계별로 교통량 관측비율 차이가 지나치게 차이가 나서는 안된다는 것이며, 이러한 방법론에 따라 먼저 현 KTDB VDF 위계별 관측교통량 조사지점 비율을 <표 3-4>와 같이 검토함
- VDF 1~4 등급은 기존에 자료를 조사하고 있는 기관들로부터 확보가 가능하기 때문에 조사지점 선정에서 제외하면, 남은 VDF 등급은 다차로 1등급부터 6등급까지 총 12개 등급임



<그림 3-9> 내비게이션 자료 부재시 조사지점 선정 방법론

&lt;표 3-4&gt; KTDB VDF 위계 별 관측교통량 조사지점 비율

VDF	도로유형		EMME/3 링크수	관측링크	위계내 관측비율
1	고속국도	2차로	1,378	582	42.2%
2		3차로이상	861	356	41.3%
3	도시 고속도로	2차로	317	4	1.3%
4		3차로이상	463	0	0.0%
5	다차로 1등급	1차로	2,357	955	40.5%
6		2차로 이상	412	114	27.7%
7	다차로 2등급	1차로	5,037	1,511	30.0%
8		2차로 이상	2,486	578	23.3%
9	다차로 3등급	1차로	2,327	596	25.6%
10		2차로 이상	2,024	349	17.2%
11	다차로 4등급	1차로	3,971	551	13.9%
12		2차로 이상	7,040	687	9.8%
13	다차로 5등급	1차로	5,408	119	2.2%
14		2차로 이상	11,412	316	2.8%
15	다차로 6등급	1차로	8,541	35	0.4%
16		2차로 이상	14,579	65	0.4%
			68,613	6,818	9.9%

- 먼저 사전 조사의 경우 표본수가 부족하고 상대적으로 단속류 특성이 강한 다차로 4, 5, 6 등급에 대하여 조사를 실시하되, 본 연구에서 필요한 자료 특성에 따라 도시부와 지방부 특성이 강한 도로에 대하여 각각 2개 지점씩을 선정함
- 이 경우 각 등급별로 도시부 2개 지점과 지방부 2개 지점씩 총 4개 지점이 선정되어 4, 5, 6등급에 대해 총 24개 지점이 교통량 조사가 되어야 함
- 본조사 지점 선정 계산의 경우 위계별 조사비율이 가장 우선 고려되어야 함
- 다차로 도로만을 고려하면 현재 다차로 12등급까지는 전체 교통망 중 10%이상의 링크에서 교통량이 조사되어있어 충분한 자료 확보가 되어있는 상태임. 이에 비하여 다차로 13, 14 등급은 2%대 다차로 15, 16등급은 0.2%대에 불과해 이들 4개 위계에 대한 중점적인 자료보강이 필요함
- 본 조사를 통한 조사율 보강에서는 앞서 지적한 두 가지 기준을 적용해야하는데, 먼저 KTDB 신뢰도 평가에서는 관측값에서 일정범위 ( $\pm 30\%$ )내에 속하는 지점 비율을 고려하며, 이 경우 오차 구간별로 조사지점 수를 확보해 신뢰도를 평가하며 그 예는 <표 3-5>과 같음. 구간 간격을 매우 작게 설정할 경우 분석의 상세도는 높아지나 각 구간에 포함되는 지점의 숫자는 줄어들고, 구간 간격을 넓히면 필요한 관측지점 수는 줄어들지만 분석의 상세도가 낮아지는데 현 KTDB 오차 범위를 고려해 총 등급은 13개로 설정됨



&lt;표 3-5&gt; KTDB VDF 정산 신뢰도 분석표 (예)

교통량 편차		고속국도 및 도시고속도로		
		기존 KTDB	본과업	변동
과다추정	200%이상	1.2 %	0.8 %	-0.3 %
	100~200%	2.7 %	4.4 %	1.6 %
	75~100%	3.9 %	5.7 %	1.9 %
	50~70%	4.7 %	4.6 %	-0.1 %
	30~50%	9.5 %	7.9 %	-1.7 %
허용범위 이내	15~30%	13.6 %	11.6 %	-2.0 %
	0~15%	20.1 %	14.6 %	-5.4 %
	-15~0%	20.0 %	20.5 %	0.5 %
	-30~-15%	14.1 %	16.1 %	2.0 %
과소추정	-50~-30%	6.1 %	8.9 %	2.9 %
	-70~50%	2.0 %	2.3 %	0.3 %
	-100~-70%	1.8 %	1.9 %	0.1 %
	-100%	0.4 %	0.6 %	0.2 %
± 30 %		67.8 %	62.8 %	-4.9 %
± 50 %		83.4 %	79.6 %	-3.8 %

- 이렇게 분석 구간의 수가 주어지는 경우 통계학에서 히스토그램 작성 시 자료수에 따라 돛수 간격을 설정하는데 사용하는 스타지스(Sturges)식을 이용할 수 있음

$$x=1+3.3\cdot\ln n$$

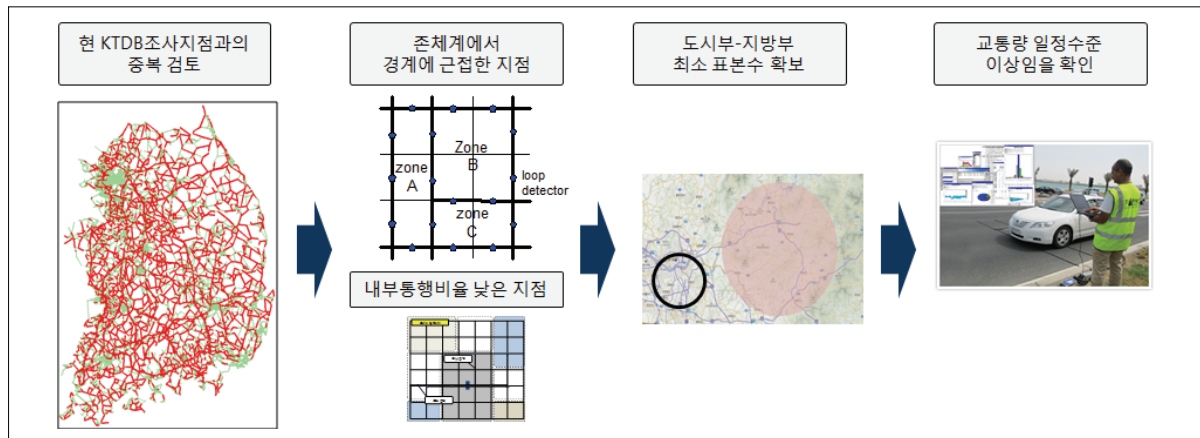
- 여기서, x는 돛수 간격의 수이고 n은 자료의 수인데 현재 돛수 간격이 13이므로 이를 이용해 자료의 수를 계산하면 <표 3-5>의 작성을 위해서는 최소 37.95개, 즉 38개의 표본이 각 VDF 등급마다 확보되어야 하며 이 경우 각 급간 평균 3개 정도의 자료가 확보됨
- 하지만 본 연구에서는 히스토그램의 작성이 아니라 각 급간마다 관측교통량과 배정교통량의 편차를 계산해야 하기 때문에 급간별 교통량 편차평균이 안정적으로 계산될 수 있는 표본수가 필요하고 38개 확보시의 급간 평균 3개는 과소하다 판단하였음
- 따라서 안정적으로 평균을 계산할 수 있는 수준의 지점 확보를 위해 각 급간마다 10개 정도의 지점이 속할 수 있도록 하면 130개 지점이 확보되어야 하는데, 매우 극단적인 과소 및 과다 배정 상황인 100% 이상 과다에 해당하는 급간 2개와 미배정 상황인 -100%를 제외하면 10개의 급간이 존재하기 때문에 100개의 조사지점이 각 VDF 위계별로 확보되어야 함
- 이러한 기준을 적용하면 15등급과 16등급의 경우 각각 82개와 66개의 조사지점 보강이 이루어져야 함

- 이렇게 100개소의 표본이 확보될 경우 15등급은 관측률 1.21(%), 16등급은 0.71(%)가 되는데, 이렇게 개선된 관측률이 매우 낮아 보이지만 본 과업의 경우 존 체계와 교통망간 분석을 통해 지역간 교통망 분석에 적합하지 않는 링크들을 일부 지역간 교통망에서 삭제되며, 이러한 링크들은 주로 위계가 낮은 도로일 것이라 예상되기 때문에 두 위계 모두 최소수준 이상의 관측율을 확보할 수 있음
- 다른 도로 위계들의 경우 모두 100개소 이상의 조사지점을 확보하고 있어 앞에서 제시한 기준은 넘고 있으나, 위계별 용량을 결정하기 위해 교통량 조사가 필요하고, 내비게이션 자료 의존도가 높다고는 하지만 자유속도 검증을 위한 통행시간 조사를 위해서도 각 위계별로 조사가 필요함
- 이러한 속도조사의 경우 도로 위계에 따라서 필요한 자료 숫자가 차이가 날 수 있는데 예를 들어 다차로 1등급의 경우 거의 연속류에 가깝기 때문에 신호시설의 영향이 거의 없어 소수의 조사나 내비게이션 자료를 통한 자유교통류 통행시간 확인이 가능하지만, 다차로 5,6등급의 경우 교차로 밀도가 높기 때문에 교차로의 형태나 교차로간 간격에 따라 동일한 밀도에서도 자유교통류 통행시간에 상당한 편차가 존재할 수 있음
- 따라서 각 VDF별로 속도는 5개 지점씩, 교통량 조사는 등급별로 10개 지점씩을 하는 것으로 가정하되, 교통량 관측률이 높은 다차로 1, 2등급에 대해서는 5개 지점씩 교통량 조사를 하는 것으로 계획함
- 사전조사와 본조사를 합하면 <표 3-6>과 같이 속도는 총 84개 지점에서, 교통량의 경우 총 164개 지점에서 조사가 이루어짐
- 이렇게 조사가 시행되는 경우 다차로 6등급의 경우 다른 등급에 비해 충분한 관측지점이 확보되지 않기 때문에 교통량 조사를 추가로 시행해야 함
- 위계별로 동등한 수준의 조사지점을 확보하면서 모두 100개 이상의 지점을 확보하는 것은 당해년도 과제에서는 어렵기 때문에 2012년 조사에서는 <표 3-6>에서 제시한 바와 같이 VDF 13등급 7개소, VDF 14등급 7개소, VDF 15등급 10개소, VDF 16등급 16개소를 보강조사하기로 결정함
- 조사의 실시는 사전조사와 본조사의 경우 내비게이션 자료를 이용한 신 지점선정 방법론이 개발되기 어렵기 때문에, 과업의 특성과 목표를 고려해 방법론을 개발하였음
- 보완조사의 경우 새롭게 개발되는 첨단자료 기반 조사지점 선정 기법에 의해 지점을 선정할 것이며 총 40개소에서 교통량 관측이 이루어질 것임

&lt;표 3-6&gt; VDF 정산 교통량·속도 조사지점 물량 산정 결과

구분		도로 링크수	현 교통량 관측수(①)	사전조사		본조사		교통량 보강(③)	과업후 교통량 관측수 (①+②+③)
				속도	교통량	속도	교통량(②)		
다차로 1등급	VDF 5	2,334	1,033	1	1	5	5	-	1,038
	VDF 6	364	109	1	1	5	5	-	114
다차로 2등급	VDF 7	4,850	1,583	1	1	5	5	-	1,588
	VDF 8	2,368	582	1	1	5	5	-	587
다차로 3등급	VDF 9	2,288	599	1	1	5	10	-	609
	VDF 10	1,922	342	1	1	5	10	-	352
다차로 4등급	VDF 11	3,801	548	1	1	9	14	-	562
	VDF 12	6,794	666	1	1	9	14	-	680
다차로 5등급	VDF 13	5,178	103	1	1	9	14	7	124
	VDF 14	11,001	273	1	1	9	14	7	294
다차로 6등급	VDF 15	8,250	18	1	1	9	14	10	42
	VDF 16	14,143	34	1	1	9	14	16	64
합계		63,293	5,890	12	12	84	124	40	6,054

- 조사계획 수립의 최종단계인 조사지점 선정의 경우 사전 보사와 본조사 지점 선정에서 중요하게 고려해야 할 사항은 4가지임
- 가장 중요한 고려해야 할 사항은 사전 조사와 본 조사 지점 선정시 공통적으로 추가 교통량 조사 지점은 현 KTDB에 포함된 조사지점과 중복이 되어서는 안되는것임
- 또 한 가지 중요한 점은 조사 지점이 교통망과 존의 정합성 검증에서 삭제 가능성이 있는 링크인지를 고려해야 한다는 점임
- 즉, 지점 교통량을 확보하더라도 만약 해당 링크가 존-교통망 링크 정합성 검증에서 삭제가 권유되는 지점이라면 검증 자료로서의 가치가 낮기 때문임
- 이와 함께 존내 통행량 비율이 많을 것이라 판단되는 지점도 최대한 배재해야함
- 즉, 존 내 통행량 비율이 높을 경우 통행배정 교통량과의 검증에 있어 존내 추정 통행량이 상수값으로 비교시에 포함되기 때문에  $\alpha$ ,  $\beta$  값 정산에 관측교통량의 영향력이 낮아짐. 존-교통망 링크 정합성과 존내 통행량 비율의 고려는 교통량이 일정 수준 이상이 확보되고 도로의 지역적 특성상 존간을 연결하는 지점을 선택하는 것이 바람직하며, 이를 고려할 때 현 지역간 존체계의 경계 근처에 위치한 링크 중에서 교통량이 일정수준 이상일 것이라 판단되는 지점을 선택하도록 함
- 마지막으로 사전 조사의 경우 앞서 밝힌바와 같이 일전환계수 산정 등을 위해 도시부와 지방부 도로의 특성이 뚜렷한 지점을 선택해 조사를 실시해야 함



<그림 3-10> 사전-본조사 조사지점 위치 선정 가이드라인

- 이상의 과정을 통해 선정된 지점에서 사전 및 본조사가 이루어진 후 VDF 정산과정에서 조사자료가 부족한 등급이 발견될 경우 보완조사를 통해 자료를 보강하며, 이 경우 보강되는 조사 지점의 경우 내비게이션 자료에 의해 평가되는 링크의 중요도를 우선 기준으로 고려함

## 라. 조사물량 및 일정

### 1) 사전조사

- 사전조사는 각 등급별 (VDF 5~VDF 16)로 대표되는 조사지점을 1개씩 선정하여, 교통량조사 12개 지점, 속도조사 12개 지점, 총 24개 지점에 대하여 교통량 및 속도조사를 실시하였으며, 사전조사를 통해 조사의 문제점 파악 및 방법을 결정하여 객관적이고 신뢰 할 수 있는 조사결과가 수집되도록 설정하였음
  - 속도조사 : 조사방법론결정 및 실제조사구간 시험운행
  - 교통량조사 : 영상카메라설치 및 야간 교통량 관측여부 파악
  - 조사 위험구간, 유출입구간, 시·종점 위치파악, 조사원 교체시간 및 위치결정

&lt;표 3-7&gt; 사전조사 물량 및 일정

구 분		조사물량	조사일자	비고
사전 조사	교통량조사	24개 지점 - 속도조사 12개 지점 - 교통량조사 12개 지점	2012년 11월 6일 ~ 11월 8일 (3일간)	- 조사항목별로 VDF 등급별 1개소씩 조사 지점 선정 - 1일 4개 지점 조사 (교통량조사와 속도조사는 같은 날 수행)
	속도조사			

## 2) 예비조사

- 예비조사는 VDF 하위 등급(VDF 13~VDF 16)의 조사지점 중 대표지점 1개 지점, 교통량조사 4개 지점, 속도조사 4개 지점, 총 4개 지점을 선정하여 본조사과정과 동일하게 조사를 수행하여 문제점 파악 및 조사계획을 최종 확정하였음
- 속도조사 : 07:00시~19:00시 조사 실시로 문제점 파악 및 조사계획 확정
- 교통량조사 : 07:00시~익일 07:00시 조사 실시로 문제점 파악 및 조사계획 확정

&lt;표 3-8&gt; 예비조사 물량 및 일정

구 분		조사물량	조사일자	투입인원
예비 조사	교통량조사	8개 지점 - 속도조사 4개 지점 - 교통량조사 4개 지점	2012년 11월 14일	2개조 (1개조당 2개 지점 설치)
	속도조사			8명 (1지점당 2명)

## 3) 본 조사

- 본 조사는 2012년 11월 20일~12월 20일 까지 총 208개(속도조사 : 84개 지점, 교통량조사 : 124개 지점)지점에 대하여 조사를 실시하였음
- 1주일 중 화~목에 조사를 실시하였으며, 공휴일 및 기상악화시는 조사일에서 제외하였음
- 교통량과 속도조사를 동시에 실시하는 84개 지점에 대해서는 교통량조사와 속도조사를 같은날 실시토록 하였음

&lt;표 3-9&gt; 본 조사 물량 및 일정

구 분		조사물량	조사일자	투입인원
본 조사	교통량조사	124지점	2012년 11월 20일 ~ 12월 20일 (화, 수, 목)	31개조 (1개조당 4지점 설치)
	속도조사	84지점		168명 (1지점당 2명)

## 4) 보완조사

- 보완조사는 2013년 1월 30일~2월 14일 까지 총 40개(교통량조사 : 40개 지점)지점에 대하여 조사를 실시하였음
- 보완조사 지점은 VDF 13등급~VDF 16등급 중에서 표본 취득율과 지역별 배분 등을 고려하여 선정하였음

&lt;표 3-10&gt; 보완 조사 물량 및 일정

구 분		조사물량	조사일자	투입인원
보완 조사	교통량조사	40지점	2013년 1월 30일 ~ 2월 14일 (화, 수, 목)	10개조 (1개 조당 4지점 설치)

### 3. 조사수행결과

#### 가. 사전·예비조사

##### 1) 목적

- 본 조사 수행전 사전·예비조사를 통하여 조사상의 예상문제 등에 관한 제반사항을 사전에 파악·보완하여 본 조사 수행시 보다 향상된 조사가 시행될 수 있도록 하는데 있음

##### 2) 조사내용

###### ① 사전조사

- 조사일시 : 2012년 11월 6일~11월 8일 (3일간)
- 조사지점 : 각 등급별 (VDF 5~VDF 16) 대표 1지점, 총 24개 지점
- 조사항목 : 속도조사 - 조사방법론결정 및 실제조사구간 1회 시험운행  
교통량조사 - 영상카메라설치 및 야간 교통량 관측여부 파악
- 조사목적 : 조사 위험구간, 유출입구간, 시·종점 위치파악, 조사원 교체시간 및 위치결정

###### ② 예비조사

- 조사일시 : 2012년 11월 14일
- 조사지점 : VDF 하위 등급(VDF 13~VDF 16) 조사지점 중 각 1지점, 총 8개 지점
- 조사항목 : 속도조사 - 07:00시~19:00시 조사 실시로 문제점 파악 및 조사계획 확정  
교통량조사 - 07:00시~익일07:00시 조사 실시로 문제점 파악 및 조사계획 확정
- 조사목적 : 본조사과정과 동일하게 조사를 수행하여 문제점 파악 및 조사계획을 최종 확정

### 3) 사전·예비조사 결과

- 조사구간을 선정함에 있어, 도심지역은 신호등 밀도가 계획시 설정한 신호등 밀도에 비해 조밀한 구간이 대부분인 반면, 교외지역의 경우는 신호등 밀도는 적당하였으나, 시·종점이 입체교차로의 형태를 띠는 곳이 많아, 본 조사를 시행 전에 조사원의 사전답사를 통한 조사구간의 정확한 이해가 필요함

#### ① 교통량조사

- 영상촬영장비를 이용하여 교통량조사를 수행할시 발생하는 몇가지 문제점은 다음과 같음
  - 조사지점을 통과하는 대형차량이 동방향 차선을 가리는 현상
  - 촬영장비 설치위치에 대형차량이 주차하여 CCTV 시야를 가리는 현상
  - 심야시간대의 차량계수시 관독이 어려움
- 이러한 문제점을 보완하여 촬영장비를 설치하고, 속도조사팀은 수시로 CCTV 설치지점을 단속하는 방안을 모색하였음

<표 3-11> 교통량조사의 문제점 및 보완대책

구 분	문 제 점	보 완 대 책
설치 위치	· 심야시간대 차량계수시 화면이 어두워 관독이 어려움	· 촬영장비 설치시 가로등 등의 조명시설의 위치를 고려하여 설치
기타	· 대형차량의 통과시 동방향 차선을 가리는 현상 · 대형차량의 주차로 인해 CCTV를 가리는 현상	· 촬영장비를 최대한 높은곳에 설치하여 시야확보 · 속도조사팀과 연계하여 대형차량의 주차방지

#### ② 속도조사

- 교외지역의 조사지점의 경우 차량속도가 높은 반면 안전시설(조명, 보도미설치 등)의 미비로 인해 안전사고의 위험이 높은 것으로 판단되어 조사원의 각별한 주의가 필요함
- 시험차량운행을 통한 구간속도조사의 경우 특정구간을 장시간 반복 운행함에 따른 집중력 저하 및 피로도 누적으로 인해 1시간 운행 후 5~10분 정도의 휴식시간 및 졸음 방지를 위한 사탕, 껌, 음료 등의 제공이 필요할 것으로 판단됨



- 또한, 본 조사 전 조사원의 사전답사를 통해 위험구간 파악 및 조사원 교대시간 및 교대위치를 사전에 파악할 수 있어야함
- NC-200을 이용한 지점속도 조사의 경우 단말기 설치시 주의사항(조사시점 30분전 설치, 조사종료 10분후 제거, 차량주행방향과 단말기 방향 일치 등) 숙지가 필요하며, 조사원의 안전을 위한 대책(경광봉 및 야광안전띠 등)이 강구되어야 함
- 사전·예비조사를 통해 발생한 문제점을 보완한 내용은 다음과 같음

&lt;표 3-12&gt; 속도조사의 문제점 및 보완대책

구 분		문 제 점	보 완 대 책
속 도 조 사	안전 사고	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 속도조사차량 사고위험</li> <li>· 계속된 구간 반복운행으로 집중력저하 및 피로도 누적 및 졸음운전</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 조사원의 사전답사를 통한 위험구간 파악</li> <li>· 운전자보험 가입</li> <li>· 1시간운행후 5~10분 휴식</li> <li>· 껌, 사탕, 음료등 제공</li> <li>· 조사원 유의사항 배포</li> <li>· 조사차량 안내문 부착</li> </ul>
	기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>· NC200설치 주의</li> <li>· NC200설치시 안전대책</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· NC200설치시 주의사항 숙지 (조사시점 30분전 설치, 조사종료후 10분후 제거, 차량주행방향과 단말기 방향 일치 등)</li> <li>· 경광봉, 삼각대, 야광안전띠 등</li> </ul>

<div style="text-align: center; border: 1px solid black; margin-bottom: 10px; padding: 5px;"> <b>조사원 유의사항</b> </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 현장조사 당일 조사시 직전 1회 운행하여 조사구간을 숙지하도록 합니다.</li> <li>2. 사전운행 중 교통량조사 카메라의 위치를 확인하여 속도조사의 방향과 일치하는지 여부를 확인하시기 바랍니다.</li> <li>3. 시점 및 종점을 충분히 확인하여 조사준비가 되면 6시 50분까지 준비보고를 하여 주시기 바랍니다. (휴대폰, SMS, 카카오톡 이용)</li> <li>4. 영상기록장치(블랙박스)의 데이터는 중간에 확인하여 녹화가 되고 있는지 확인하고, 시간이 지남에 따라 데이터가 삭제되지 않도록 미리 다운로드 하시기 바랍니다.</li> <li>5. 조사 중 특이사항 발생시 즉시 연락하여 조치를 받도록 합니다. ※ 도로공사, 교통사고, 체육행사, 데모, 기상악화, 검문, 방역, 대규모 장비 등의 이동 등 교통상황이 평상시와 상이할 경우</li> <li>6. 점심식사, 화장실, 주유 등은 미리 준비하시고 조사시간에 지장이 없도록 합니다.</li> <li>7. 첨단교통조사단말기(PDA)는 시간당 1회 이상 수행하여 주시기 바랍니다.</li> </ol> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; margin-top: 10px; padding: 5px;"> <b>비 상 연 락 망</b> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">■ 동해엔지니어링(주) <span style="float: right;">TEL. 02-464-1190</span></td> </tr> <tr> <td style="width: 25%;">성 명</td><td style="width: 25%;">전화번호</td><td style="width: 25%;">성 명</td><td style="width: 25%;">전화번호</td> </tr> <tr> <td>송 병 관</td><td>010-2227-4461</td><td>이 상 업</td><td>010-9251-7464</td> </tr> <tr> <td>김 성 철</td><td>010-9082-3201</td><td>박 성 은</td><td>010-3052-0170</td> </tr> <tr> <td>김 준 영</td><td>010-6661-0802</td><td>남 형 수</td><td>010-7777-8124</td> </tr> </table> <div style="margin-top: 10px;">       ■ (주)한국교통량데이터베이스       <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 25%;">성 명</td><td style="width: 25%;">전화번호</td><td style="width: 25%;">성 명</td><td style="width: 25%;">전화번호</td></tr> <tr> <td>김 연 세</td><td>010-7243-3757</td><td>서 의 성</td><td>010-2350-2390</td></tr> </table> </div>	■ 동해엔지니어링(주) <span style="float: right;">TEL. 02-464-1190</span>				성 명	전화번호	성 명	전화번호	송 병 관	010-2227-4461	이 상 업	010-9251-7464	김 성 철	010-9082-3201	박 성 은	010-3052-0170	김 준 영	010-6661-0802	남 형 수	010-7777-8124	성 명	전화번호	성 명	전화번호	김 연 세	010-7243-3757	서 의 성	010-2350-2390	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 90%;"> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">국가교통수요조사 및 DB구축사업</p> <p style="font-size: 1.1em; margin: 0;">(도로통행비용함수 구축관련 조사연구)</p> <p style="font-size: 1.5em; color: red; margin: 10px 0 0 0;"><b>조사차량입니다.</b></p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 20px; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p style="font-size: 0.8em;">한국교통연구원</p> <p style="font-size: 0.7em;">THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="font-size: 0.8em;">동해엔지니어링(주)</p> <p style="font-size: 0.7em;">DONGHAI</p> </div> </div> </div>
■ 동해엔지니어링(주) <span style="float: right;">TEL. 02-464-1190</span>																													
성 명	전화번호	성 명	전화번호																										
송 병 관	010-2227-4461	이 상 업	010-9251-7464																										
김 성 철	010-9082-3201	박 성 은	010-3052-0170																										
김 준 영	010-6661-0802	남 형 수	010-7777-8124																										
성 명	전화번호	성 명	전화번호																										
김 연 세	010-7243-3757	서 의 성	010-2350-2390																										

&lt;그림 3-11&gt; 조사원 유의사항배포 및 차량안내문 부착

## 나. 본 조사

### 1) 조사내용

- 조사일시 : 2012년 11월 20일~12월 20일 (화, 수, 목 조사)
  - 교통량조사와 속도조사 동시 실시지점은 동일 날짜에 조사
- 조사지점 : 208개 지점 (속도조사 : 84개 지점, 교통량조사 : 124개 지점)
- 조사항목
  - 교통량조사 : 선정된 조사지점에 대해 영상촬영기법을 이용하여 조사기간(평일 화, 수, 목요일 기준으로 07:00시~익일 07:00시) 동안 조사
  - 속도조사 : 선정된 조사지점에 대해 프로브 차량을 이용한 구간속도조사를 실시하였으며, 대표지점에 NC-200을 이용한 지점 속도조사 병행

### 2) 조사결과

#### ① VDF유형별 조사지점

- 본 조사는 2012년 11월 20일~12월 20일 까지 총 208개(속도조사 : 84개 지점, 교통량조사 : 124개 지점) 지점에 대하여 조사를 실시하였음
- 본 조사지점 124개 지점에 대해 VDF유형 별(VDF5~VDF16)로 도시부와 지방부로 나누어 조사를 실시하였으며, VDF5~VDF8은 속도조사와 교통량조사 각 5개 지점, VDF9~VDF10은 속도조사 5개 지점, 교통량조사 10개 지점, VDF11~VDF16은 속도조사 9개 지점, 교통량조사 14개 지점으로 총 208개 지점에 대해 조사를 실시하였음
- VDF등급별 조사지점은 다음과 같음

&lt;표 3-13&gt; 본 조사 VDF등급별 조사지점

구분	속도조사			교통량조사			합계
	도시부	지방부	소계	도시부	지방부	소계	
VDF 5	2	3	5	2	3	5	10
VDF 6	4	1	5	4	1	5	10
VDF 7	3	2	5	3	2	5	10
VDF 8	3	2	5	3	2	5	10
VDF 9	3	2	5	6	4	10	15
VDF 10	2	3	5	5	5	10	15
VDF 11	4	5	9	6	8	14	23
VDF 12	6	3	9	10	4	14	23
VDF 13	5	4	9	10	4	14	23
VDF 14	5	4	9	10	4	14	23
VDF 15	7	2	9	12	2	14	23
VDF 16	8	1	9	13	1	14	23
합계	52	32	84	84	40	124	208

## ② 지역별 조사지점

- 본 조사지점 208개 지점에 대해 지역별로 수도권 71개 지점, 강원도권 14개 지점, 충청도권 26개 지점, 경상도권 64개 지점, 전라도권 33개 지점을 조사하였음
- 지역별 조사지점은 다음과 같음

&lt;표 3-14&gt; 본 조사 지역별 조사지점

구분	속도조사	교통량조사	합계
수도권	26	45	71
강원도	7	7	14
충청도	11	15	26
경상도	26	38	64
전라도	14	19	33
합계	84	124	208

## 다. 보완조사

### 1) 조사내용

- 조사일시 : 2013년 1월 30일~2월 14일(수, 목 조사)
- 조사지점 : 40개 지점(교통량조사)
- 조사항목
  - 교통량조사 : 선정된 조사지점에 대해 영상촬영기법을 이용하여 24시간(수, 목요일 기준으로 07:00시~익일 07:00시) 동안 조사
  - 본 조사지점(208개 지점) 외에 40개 지점 추가 조사

### 2) 조사결과

#### ① VDF유형별 조사지점

- 보완조사는 2013년 1월 30일~2월 14일까지 총 40개(교통량조사 : 40개 지점) 지점에 대하여 조사를 실시하였음
- 기존 본조사 물량(속도조사 : 84개 지점, 교통량조사 : 124개 지점) 외에 추가적인 조사(교통량조사 : 40개 지점)를 실시하였음
- 보완조사지점 40개 지점에 대해 VDF유형별(VDF13~VDF16)로 도시부와 지방부로 나누어 조사를 실시하였음
- VDF등급별 조사지점은 다음과 같음

<표 3-15> 보완조사 VDF등급별 조사지점

구분	도시부	지방부	합계
VDF 13	4	3	7
VDF 14	4	3	7
VDF 15	5	5	10
VDF 16	8	8	16
합계	21	19	40

## ② 지역별 조사지점

- 보완조사지점 40개 지점에 대해 지역별로 균등한 조사가 될 수 있도록 보완조사지점을 선정하여 지역별로 수도권 11개 지점, 강원도 10개 지점, 충청도 8개 지점, 경상도 9개 지점, 전라도 2개 지점을 조사하였음
- 지역별 조사지점은 다음과 같음

&lt;표 3-16&gt; 보완조사 지역별 조사지점

구분	본 조사			보완조사	합계
	속도조사	교통량조사	소계	교통량조사	
수도권	26	45	71	11	82
강원도	7	7	14	10	24
충청도	11	15	26	8	34
경상도	26	38	64	9	73
전라도	14	19	33	2	35
합계	84	124	208	40	248

#### 4. 조사자료 기초분석

##### 가. 조사자료 기초 분석

##### 1) 교통량

##### ① 일평균교통량

- VDF 등급별 일평균교통량이 가장 많은 등급은 VDF 16등급으로 20,553대/일로 조사되었으며, 차로당 평균교통량이 가장 많은 등급은 VDF 16등급으로 7,084대/일/차로로 조사되었음

<표 3-17> VDF 등급별 일평균교통량 비교

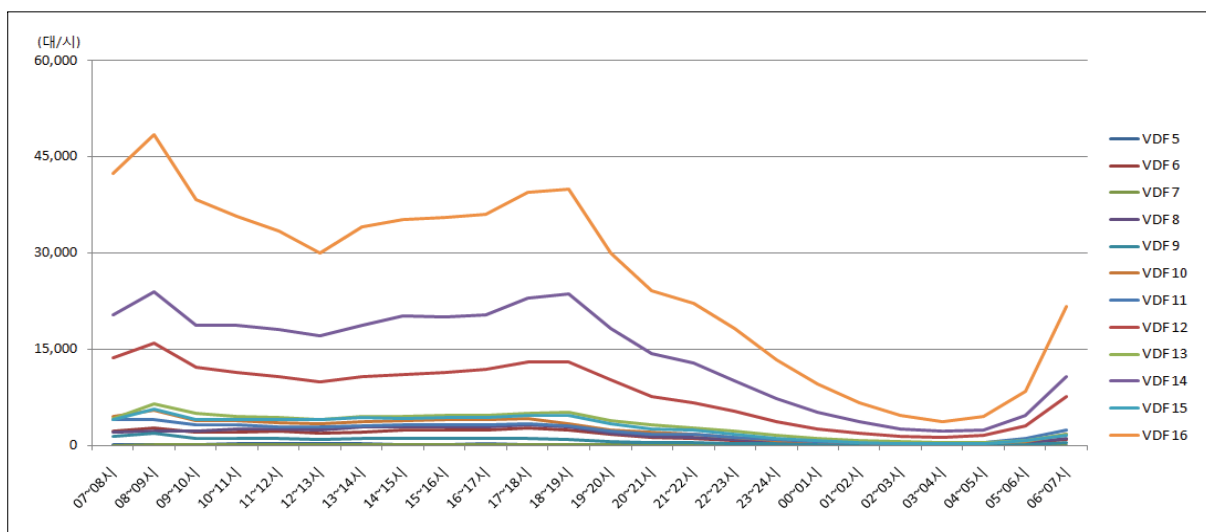
구 분	전체 교통량(대/일)			차로당 교통량(대/일/차로)		
	VDF 평균	도시부 평균	지방부 평균	VDF 평균	도시부 평균	지방부 평균
VDF 5	476	356	556	476	376	552
VDF 6	7,176	4,810	16,643	3,261	2,753	4,178
VDF 7	280	405	91	275	399	109
VDF 8	7,885	8,515	6,940	3,946	4,272	3,490
VDF 9	1,653	2,099	983	1,653	2,109	994
VDF 10	5,987	4,810	7,163	2,846	2,670	2,983
VDF 11	3,640	6,278	1,661	3,639	6,281	1,662
VDF 12	14,109	16,737	7,539	5,979	6,692	3,780
VDF 13	3,697	5,035	1,021	3,686	5,040	1,013
VDF 14	16,044	19,307	9,517	6,237	7,109	4,164
VDF 15	2,838	3,115	2,164	2,831	3,523	1,681
VDF 16	20,553	25,129	9,876	7,084	7,754	4,666

## ② 시간대별 평균교통량

- VDF 등급별 시간대별 평균교통량이 가장 많은 시간은 08~09시이며, VDF 16등급이 616,597대/시로 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다

&lt;표 3-18&gt; VDF 등급별 시간대별 평균교통량(단위 : 대/시)

구 분	VDF 5	VDF 6	VDF 7	VDF 8	VDF 9	VDF 10	VDF 11	VDF 12	VDF 13	VDF 14	VDF 15	VDF 16	합 계
07~08시	112	2,309	48	1,968	1,443	4,523	3,973	13,684	4,217	20,390	4,030	42,408	99,105
08~09시	136	2,771	110	2,235	1,964	5,505	3,981	15,984	6,466	23,971	5,694	48,520	117,337
09~10시	137	2,059	133	2,137	1,069	3,857	3,134	12,153	5,074	18,745	4,106	38,370	90,974
10~11시	215	2,194	86	2,507	1,064	3,800	3,154	11,403	4,470	18,684	4,030	35,724	87,331
11~12시	243	2,212	90	2,573	1,030	3,538	2,884	10,700	4,361	18,118	4,071	33,504	83,324
12~13시	210	1,989	124	2,365	916	3,297	2,821	9,924	4,075	17,161	3,979	30,119	76,980
13~14시	191	2,148	94	2,793	1,090	3,759	2,946	10,670	4,481	18,764	4,430	34,097	85,463
14~15시	156	2,372	105	2,824	1,069	3,933	3,108	11,050	4,598	20,257	4,221	35,248	88,941
15~16시	158	2,403	95	2,807	1,127	4,072	3,138	11,331	4,690	20,009	4,337	35,530	89,697
16~17시	185	2,421	111	2,867	1,040	4,069	3,114	11,815	4,679	20,379	4,327	36,113	91,120
17~18시	138	2,707	105	3,206	1,121	4,126	3,256	13,102	5,064	23,064	4,727	39,574	100,190
18~19시	121	2,427	95	2,796	847	3,389	2,996	13,013	5,155	23,680	4,652	40,032	99,203
19~20시	94	1,732	70	1,846	594	2,442	2,104	10,269	3,953	18,182	3,367	30,004	74,657
20~21시	76	1,257	41	1,401	464	1,964	1,714	7,653	3,310	14,267	2,635	24,249	59,031
21~22시	54	1,057	24	1,154	355	1,635	1,604	6,686	2,807	12,831	2,390	22,232	52,829
22~23시	30	729	22	788	269	1,258	1,206	5,270	2,310	10,035	1,702	18,227	41,846
23~24시	15	518	16	530	160	775	855	3,703	1,580	7,251	1,054	13,304	29,761
00~01시	19	332	6	374	101	500	566	2,564	1,104	5,126	693	9,690	21,075
01~02시	10	216	5	237	83	346	314	1,885	848	3,602	450	6,647	14,643
02~03시	6	143	5	204	51	226	222	1,322	631	2,550	317	4,659	10,336
03~04시	4	152	2	203	58	236	205	1,217	518	2,186	274	3,739	8,794
04~05시	12	268	2	207	52	319	339	1,551	574	2,398	296	4,499	10,517
05~06시	18	437	4	381	135	618	965	3,035	842	4,564	686	8,453	20,138
06~07시	39	1,028	5	1,021	423	1,679	2,355	7,546	1,838	10,702	1,634	21,655	49,925
합 계	2,379	35,881	1,398	39,424	16,525	59,866	50,954	197,530	77,645	336,916	68,102	616,597	1,503,217

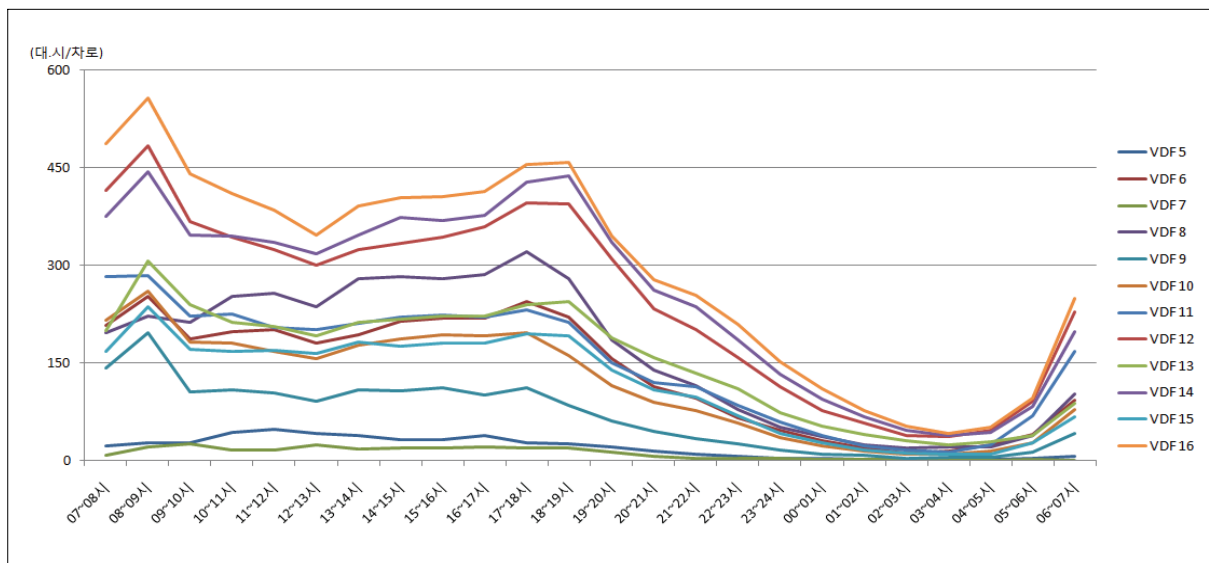


&lt;그림 3-12&gt; VDF 등급별 시간대별 평균교통량 비교(단위 : 대/시)

- VDF 등급별로 차로당 1시간 평균교통량이 가장 많은 시간은 08~09시이며, VDF 16 등급이 7,084대/시로 가장 많이 발생하는 것으로 나타났음

<표 3-19> VDF 등급별 시간대별 차로당 평균교통량(단위 : 대/시/차로)

구 분	VDF 5	VDF 6	VDF 7	VDF 8	VDF 9	VDF 10	VDF 11	VDF 12	VDF 13	VDF 14	VDF 15	VDF 16	합 계
07~08시	23	209	8	197	143	216	283	415	200	377	168	488	2,727
08~09시	27	253	22	223	197	261	285	484	307	445	237	558	3,299
09~10시	28	187	27	213	106	183	223	368	240	347	171	441	2,534
10~11시	43	198	17	252	109	182	226	344	213	346	168	411	2,509
11~12시	48	202	17	257	104	168	206	325	206	336	170	386	2,425
12~13시	42	181	25	237	92	158	202	300	192	318	166	347	2,260
13~14시	38	194	19	280	109	178	211	324	213	347	183	392	2,488
14~15시	32	215	21	282	107	188	222	334	218	375	177	405	2,576
15~16시	32	219	20	280	112	194	225	343	223	370	181	407	2,606
16~17시	38	219	22	286	102	193	222	359	223	378	182	415	2,639
17~18시	27	245	21	321	113	197	232	396	240	429	196	455	2,872
18~19시	25	221	20	280	85	162	213	394	245	438	193	459	2,735
19~20시	20	158	13	185	61	116	151	310	189	337	140	345	2,025
20~21시	15	114	7	140	46	91	121	233	158	262	109	278	1,574
21~22시	10	97	4	116	35	78	114	202	134	237	98	254	1,379
22~23시	6	67	4	79	26	59	85	159	110	186	70	209	1,060
23~24시	3	47	4	52	16	37	61	113	74	134	43	153	737
00~01시	3	31	1	38	10	23	40	77	52	95	28	111	509
01~02시	2	20	1	24	9	16	23	57	40	67	18	77	354
02~03시	1	12	1	20	4	11	17	39	30	47	13	53	248
03~04시	-	15	-	21	6	11	14	37	24	39	11	42	220
04~05시	2	24	-	21	5	15	25	46	28	44	11	51	272
05~06시	4	40	1	39	14	29	70	91	39	84	29	97	537
06~07시	7	93	-	103	42	80	168	229	88	199	69	250	1,328
합 계	476	3,261	275	3,946	1,653	2,846	3,639	5,979	3,686	6,237	2,831	7,084	41,913



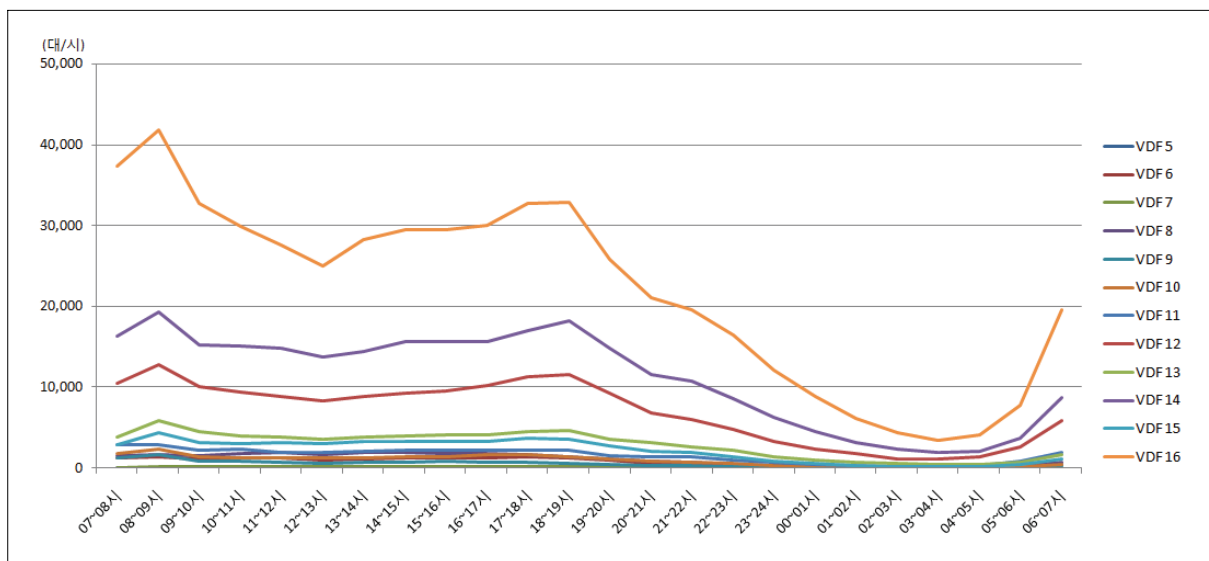
<그림 3-13> VDF 등급별 시간대별 차로당 평균교통량 비교(단위 : 대/시/차로)



- VDF 등급별 도시부의 시간대별 평균교통량이 가장 많은 시간은 08~09시이며, VDF 16등급이 527,716대/시로 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다

<표 3-20> VDF 등급별 시간대별 도시부의 평균교통량단위 : 대/시)

구 분	VDF 5	VDF 6	VDF 7	VDF 8	VDF 9	VDF 10	VDF 11	VDF 12	VDF 13	VDF 14	VDF 15	VDF 16	합 계
07~08시	19	1,255	36	1,435	1,255	1,915	2,888	10,514	3,884	16,426	2,923	37,406	79,956
08~09시	31	1,391	98	1,597	1,694	2,400	2,851	12,794	5,888	19,359	4,406	41,925	94,434
09~10시	48	1,123	124	1,550	824	1,421	2,278	10,102	4,590	15,220	3,173	32,781	73,234
10~11시	49	1,218	77	1,809	813	1,383	2,279	9,341	4,038	15,156	3,074	29,953	69,190
11~12시	56	1,198	74	1,901	793	1,308	1,991	8,883	3,823	14,862	3,137	27,669	65,695
12~13시	52	1,059	107	1,643	618	1,268	2,002	8,311	3,581	13,752	3,023	25,059	60,475
13~14시	63	1,078	85	1,864	782	1,378	2,102	8,846	3,927	14,510	3,363	28,343	66,341
14~15시	49	1,253	86	1,838	780	1,397	2,144	9,242	4,064	15,650	3,285	29,498	69,286
15~16시	59	1,225	79	1,827	809	1,448	2,204	9,496	4,156	15,636	3,368	29,572	69,879
16~17시	65	1,266	95	1,716	751	1,737	2,229	10,158	4,185	15,716	3,386	30,114	71,418
17~18시	54	1,378	89	1,670	777	1,723	2,274	11,345	4,479	17,021	3,755	32,804	77,369
18~19시	45	1,312	83	1,414	558	1,483	2,144	11,541	4,633	18,217	3,652	33,005	78,087
19~20시	42	960	64	1,047	442	1,142	1,569	9,292	3,665	14,808	2,737	25,855	61,623
20~21시	19	672	38	867	353	903	1,337	6,882	3,133	11,639	2,151	21,170	49,164
21~22시	21	603	23	708	265	781	1,344	6,088	2,648	10,779	2,008	19,609	44,877
22~23시	8	433	19	470	206	621	1,054	4,826	2,225	8,570	1,384	16,467	36,283
23~24시	6	308	13	343	124	343	732	3,373	1,513	6,348	857	12,117	26,077
00~01시	3	204	6	243	91	209	496	2,385	1,057	4,562	565	8,903	18,724
01~02시	3	140	3	162	72	166	265	1,756	819	3,212	364	6,158	13,120
02~03시	1	108	5	151	42	95	186	1,211	613	2,292	251	4,364	9,319
03~04시	-	102	2	166	53	96	177	1,145	508	1,941	200	3,444	7,834
04~05시	1	191	2	153	35	103	306	1,403	566	2,098	241	4,141	9,240
05~06시	7	258	3	281	108	182	851	2,603	804	3,774	538	7,786	17,195
06~07시	10	503	5	689	347	549	1,966	5,836	1,696	8,747	1,112	19,573	41,033
합 계	711	19,238	1,216	25,544	12,592	24,051	37,669	167,373	70,495	270,295	52,953	527,716	1,209,853

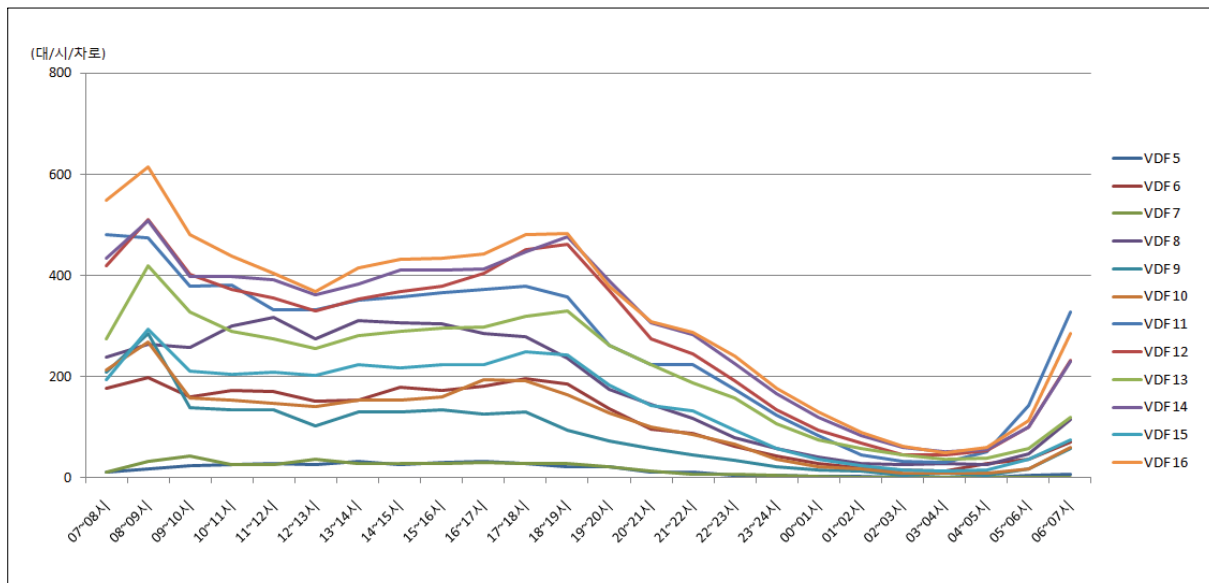


<그림 3-14> VDF 등급별 도시부의 시간대별 평균교통량 비교단위 : 대/시)

- VDF 등급별 도시부의 차로 당 1시간 평균교통량이 가장 많은 시간은 08~09시이며, VDF 16등급이 7,754대/시로 가장 많이 발생하는 것으로 나타났음

<표 3-21> VDF 등급별 시간대별 도시부의 차로당 평균교통량단위 : 대/시/차로

구 분	VDF 5	VDF 6	VDF 7	VDF 8	VDF 9	VDF 10	VDF 11	VDF 12	VDF 13	VDF 14	VDF 15	VDF 16	합 계
07~08시	10	178	11	239	209	213	481	420	276	434	194	550	3,215
08~09시	17	199	33	265	285	268	475	512	420	509	294	616	3,893
09~10시	25	160	43	259	138	158	379	404	328	399	210	482	2,985
10~11시	26	174	25	302	135	153	380	374	290	399	205	440	2,903
11~12시	29	172	25	318	134	147	333	356	275	391	209	406	2,795
12~13시	27	152	36	275	103	142	333	331	256	363	202	369	2,589
13~14시	32	154	28	311	130	153	351	354	281	384	224	416	2,818
14~15시	27	179	28	307	131	154	357	369	290	411	218	434	2,905
15~16시	30	174	27	305	135	161	367	380	297	411	224	435	2,946
16~17시	33	181	30	287	126	193	372	406	299	414	224	443	3,008
17~18시	28	197	28	280	131	192	379	453	320	447	250	483	3,188
18~19시	23	187	27	236	95	165	358	462	330	478	243	485	3,089
19~20시	22	138	21	176	73	128	261	371	262	390	183	380	2,405
20~21시	10	96	13	145	59	101	223	276	224	307	143	310	1,907
21~22시	12	88	7	118	45	86	223	245	189	283	133	288	1,717
22~23시	5	62	6	79	35	67	175	193	159	225	93	242	1,341
23~24시	4	44	5	57	21	38	123	136	108	166	57	178	937
00~01시	2	29	2	41	15	23	84	96	76	120	37	131	656
01~02시	2	21	1	28	13	19	44	70	58	84	23	91	454
02~03시	1	16	1	26	6	10	32	47	45	59	16	63	322
03~04시	-	14	-	29	10	10	30	46	37	51	13	50	290
04~05시	1	28	-	26	5	11	51	55	40	55	16	61	349
05~06시	4	38	1	48	17	18	142	102	59	99	37	114	679
06~07시	6	72	1	115	58	60	328	234	121	230	75	287	1,587
합 계	376	2,753	399	4,272	2,109	2,670	6,281	6,692	5,040	7,109	3,523	7,754	48,978

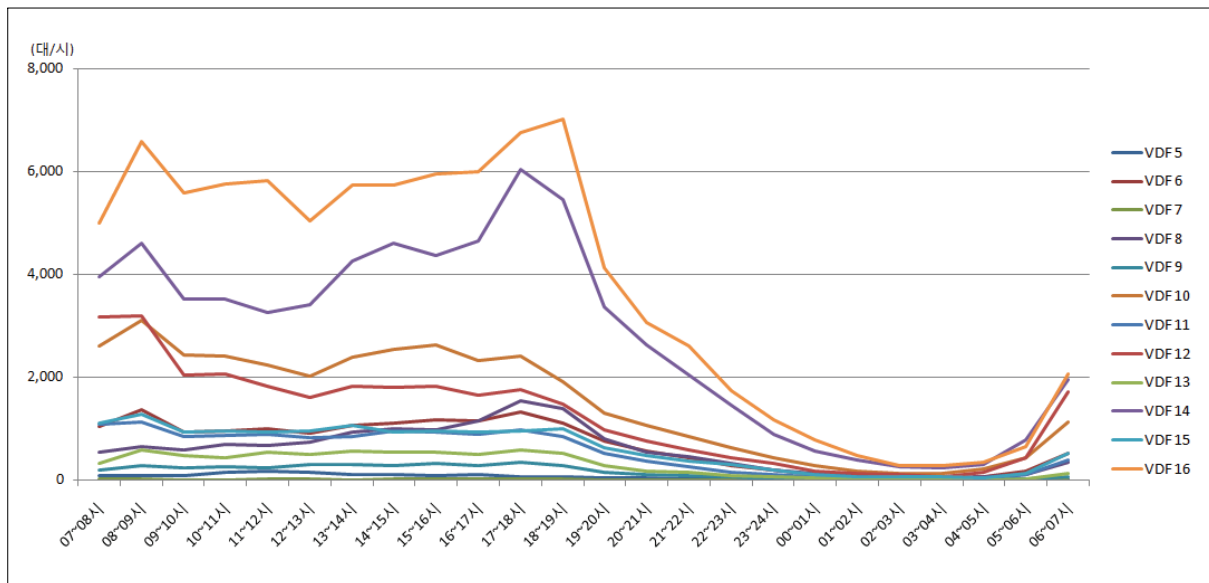


<그림 3-15> VDF 등급별 시간대별 도시부의 차로당 평균교통량 비교단위 : 대/시/차로

- VDF 등급별 지방부의 시간대별 평균교통량이 가장 많은 시간은 08~09시이며, VDF 16등급이 88,881대/시로 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다

<표 3-22> VDF 등급별 시간대별 지방부의 평균교통량(단위 : 대/시)

구 분	VDF 5	VDF 6	VDF 7	VDF 8	VDF 9	VDF 10	VDF 11	VDF 12	VDF 13	VDF 14	VDF 15	VDF 16	합 계
07~08시	93	1,054	12	533	188	2,608	1,085	3,170	333	3,964	1,107	5,002	19,149
08~09시	105	1,380	12	638	270	3,105	1,130	3,190	578	4,612	1,288	6,595	22,903
09~10시	89	936	9	587	245	2,436	856	2,051	484	3,525	933	5,589	17,740
10~11시	166	976	9	698	251	2,417	875	2,062	432	3,528	956	5,771	18,141
11~12시	187	1,014	16	672	237	2,230	893	1,817	538	3,256	934	5,835	17,629
12~13시	158	930	17	722	298	2,029	819	1,613	494	3,409	956	5,060	16,505
13~14시	128	1,070	9	929	308	2,381	844	1,824	554	4,254	1,067	5,754	19,122
14~15시	107	1,119	19	986	289	2,536	964	1,808	534	4,607	936	5,750	19,655
15~16시	99	1,178	16	980	318	2,624	934	1,835	534	4,373	969	5,958	19,818
16~17시	120	1,155	16	1,151	289	2,332	885	1,657	494	4,663	941	5,999	19,702
17~18시	84	1,329	16	1,536	344	2,403	982	1,757	585	6,043	972	6,770	22,821
18~19시	76	1,115	12	1,382	289	1,906	852	1,472	522	5,463	1,000	7,027	21,116
19~20시	52	772	6	799	152	1,300	535	977	288	3,374	630	4,149	13,034
20~21시	57	585	3	534	111	1,061	377	771	177	2,628	484	3,079	9,867
21~22시	33	454	1	446	90	854	260	598	159	2,052	382	2,623	7,952
22~23시	22	296	3	318	63	637	152	444	85	1,465	318	1,760	5,563
23~24시	9	210	3	187	36	432	123	330	67	903	197	1,187	3,684
00~01시	16	128	-	131	10	291	70	179	47	564	128	787	2,351
01~02시	7	76	2	75	11	180	49	129	29	390	86	489	1,523
02~03시	5	35	-	53	9	131	36	111	18	258	66	295	1,017
03~04시	4	50	-	37	5	140	28	72	10	245	74	295	960
04~05시	11	77	-	54	17	216	33	148	8	300	55	358	1,277
05~06시	11	179	1	100	27	436	114	432	38	790	148	667	2,943
06~07시	29	525	-	332	76	1,130	389	1,710	142	1,955	522	2,082	8,892
합 계	1,668	16,643	182	13,880	3,933	35,815	13,285	30,157	7,150	66,621	15,149	88,881	293,364

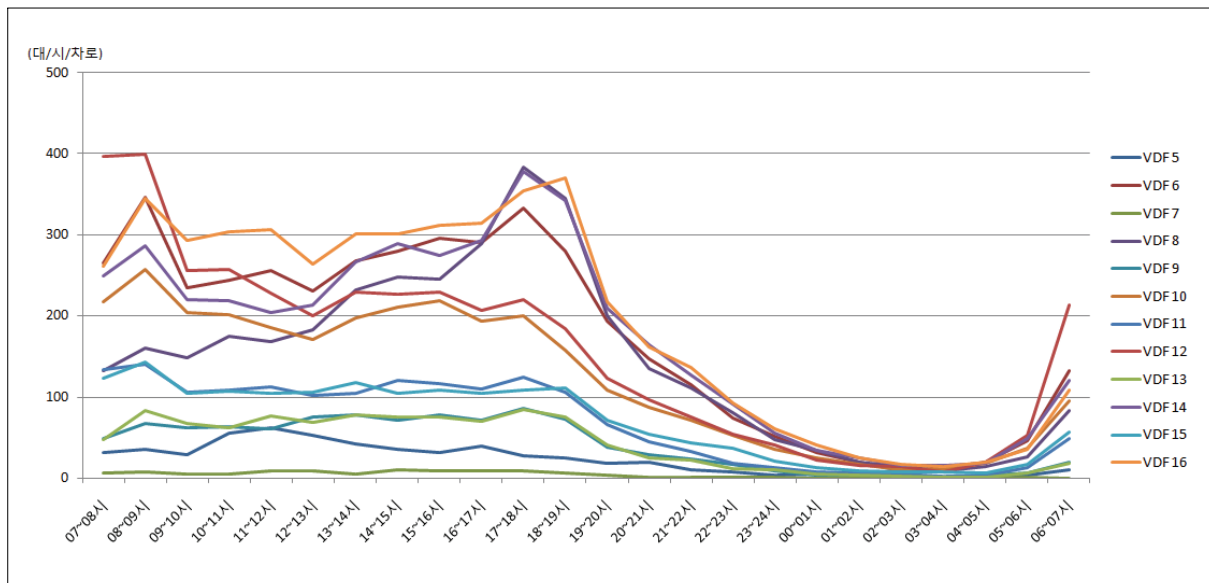


<그림 3-16> VDF 등급별 지방부의 시간대별 평균교통량 비교(단위 : 대/시)

- VDF 등급별 지방부의 차로 당 1시간 평균교통량이 가장 많은 시간은 17~18시이며, VDF 16등급이 4,666대/시로 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다

<표 3-23> VDF 등급별 시간대별 지방부의 차로당 평균교통량(단위 : 대/시/차로)

구 분	VDF 5	VDF 6	VDF 7	VDF 8	VDF 9	VDF 10	VDF 11	VDF 12	VDF 13	VDF 14	VDF 15	VDF 16	합 계
07~08시	31	265	7	133	49	218	135	397	48	249	123	262	1,917
08~09시	35	346	8	161	68	258	141	400	84	287	143	346	2,277
09~10시	29	235	5	148	62	204	107	257	68	220	104	294	1,733
10~11시	56	244	6	175	64	202	109	258	62	219	107	304	1,806
11~12시	62	256	9	168	61	186	113	229	77	204	104	307	1,776
12~13시	53	231	9	183	76	171	103	201	69	213	106	265	1,680
13~14시	42	268	6	232	78	198	105	230	78	266	118	302	1,923
14~15시	36	280	11	248	72	211	121	227	75	289	104	302	1,976
15~16시	32	296	10	246	78	219	117	230	76	274	108	313	1,999
16~17시	40	290	9	289	72	194	110	207	70	293	105	315	1,994
17~18시	28	333	9	384	86	200	125	220	85	378	108	355	2,311
18~19시	25	280	7	346	73	158	107	185	75	342	111	371	2,080
19~20시	18	193	4	200	38	108	67	123	41	209	71	218	1,290
20~21시	19	147	2	135	29	87	46	97	25	164	54	162	967
21~22시	10	115	1	112	23	71	33	76	22	128	43	137	771
22~23시	7	74	2	81	17	52	19	54	12	92	36	93	539
23~24시	3	52	2	48	9	35	14	41	10	56	21	61	352
00~01시	5	32	-	34	3	24	8	23	5	35	13	41	223
01~02시	2	20	1	20	3	16	7	16	3	25	9	25	147
02~03시	2	9	-	14	3	10	5	14	2	16	7	16	98
03~04시	1	13	-	9	1	11	3	8	1	16	7	14	84
04~05시	3	20	-	14	4	18	4	20	1	19	6	19	128
05~06시	3	46	1	26	6	37	14	53	6	49	16	35	292
06~07시	10	133	-	84	19	95	49	214	18	121	57	109	909
합 계	552	4,178	109	3,490	994	2,983	1,662	3,780	1,013	4,164	1,681	4,666	29,272



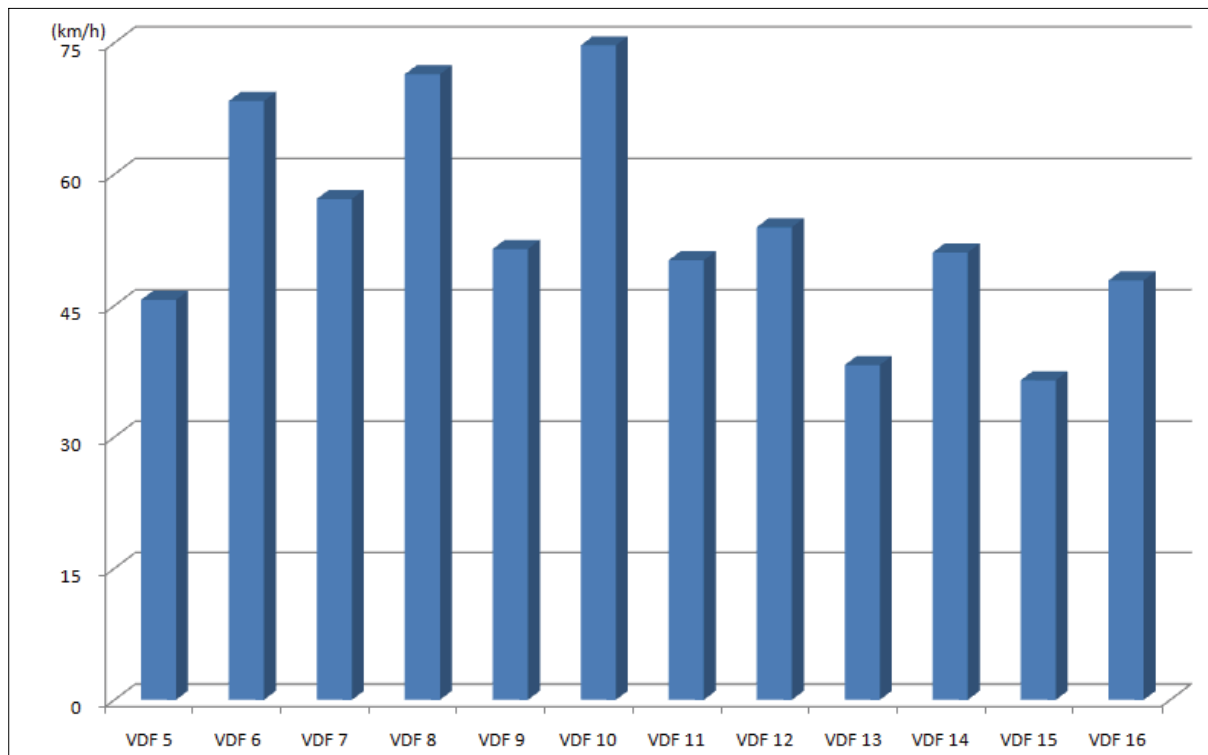
<그림 3-17> VDF 등급별 시간대별 지방부의 차로당 평균교통량 비교(단위 : 대/시/차로)

## 2) 평균주행속도

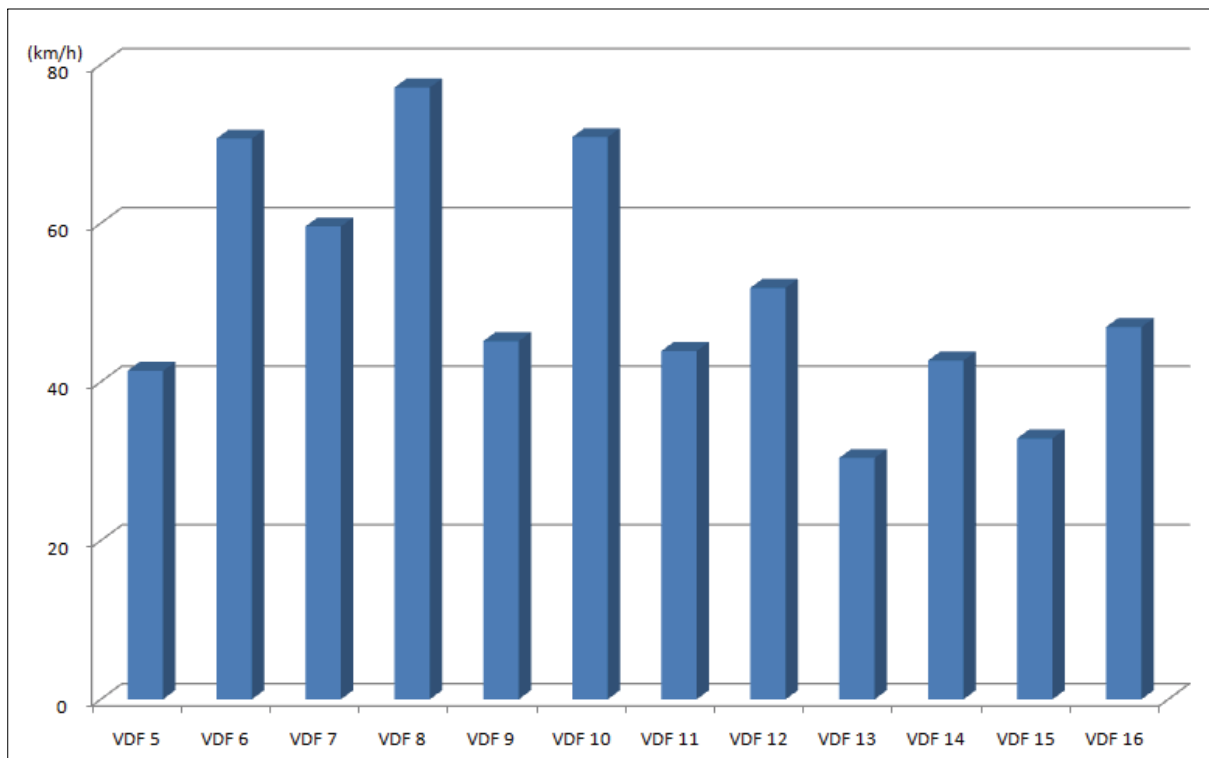
- VDF 등급별 평균주행속도가 가장 높은 등급은 VDF 10등급으로 74.71km/h로 조사되었음
- 도시부의 경우 VDF 8등급이 77.09km/h로 가장 높게 나타났으며, 지방부의 경우 VDF 10등급이 77.36 km/h로 가장 높게 조사되었음

&lt;표 3-24&gt; VDF 등급별 평균주행속도 비교(단위 : km/h)

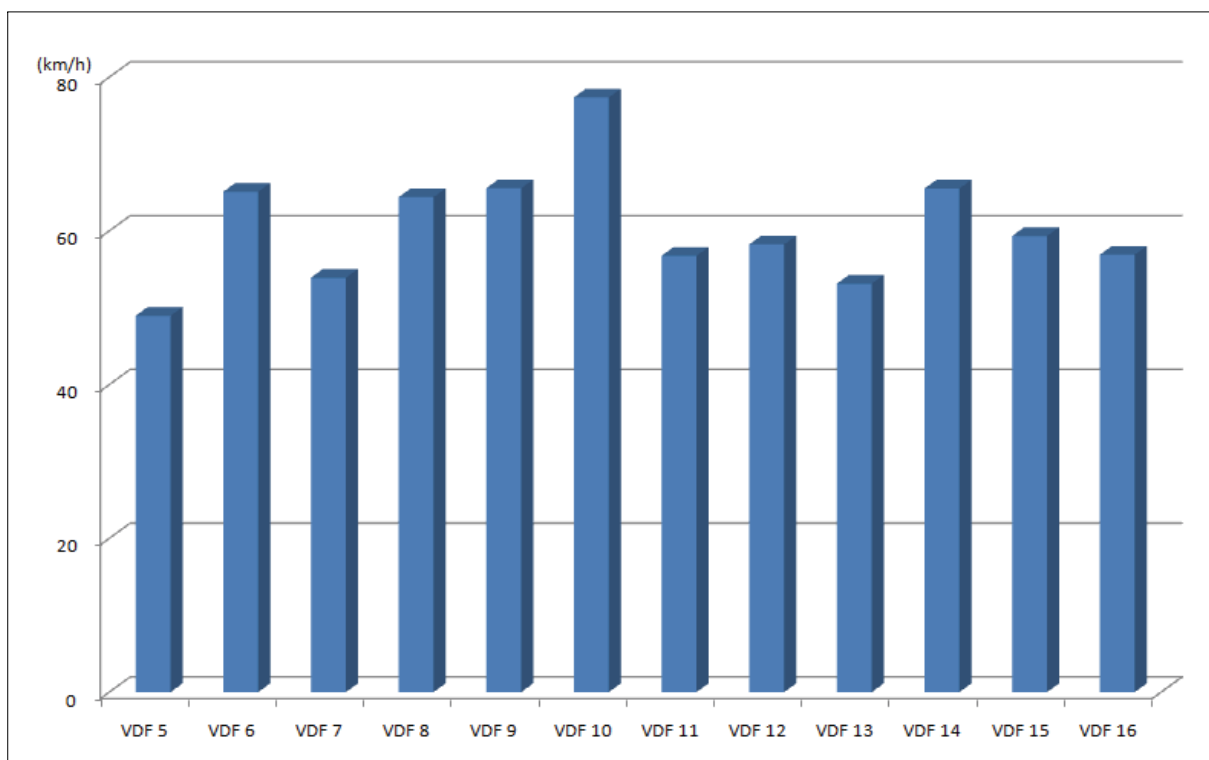
구 분	VDF 평균		도시부 평균		지방부 평균	
	주행속도	표준편차	주행속도	표준편차	주행속도	표준편차
VDF 5	45.64	7.34	41.39	4.06	48.95	7.15
VDF 6	68.36	18.42	70.66	19.62	65.09	14.22
VDF 7	57.18	9.22	59.59	6.70	53.90	11.56
VDF 8	71.41	10.22	77.09	7.97	64.38	8.31
VDF 9	51.47	15.10	45.14	7.77	65.54	13.18
VDF 10	74.71	10.98	70.85	9.21	77.36	11.01
VDF 11	50.18	12.68	43.88	8.43	56.75	12.01
VDF 12	53.95	15.74	51.84	17.42	58.23	9.66
VDF 13	38.21	13.99	30.40	7.30	53.13	7.39
VDF 14	51.06	23.68	42.69	16.16	65.51	22.48
VDF 15	36.48	17.05	32.87	14.67	59.33	8.33
VDF 16	47.89	13.51	46.91	13.32	56.89	6.46



&lt;그림 3-18&gt; VDF 등급별 평균주행속도 비교(단위 : km/h)



<그림 3-19> VDF 등급별 도시부의 평균주행속도 비교(단위 : km/h)

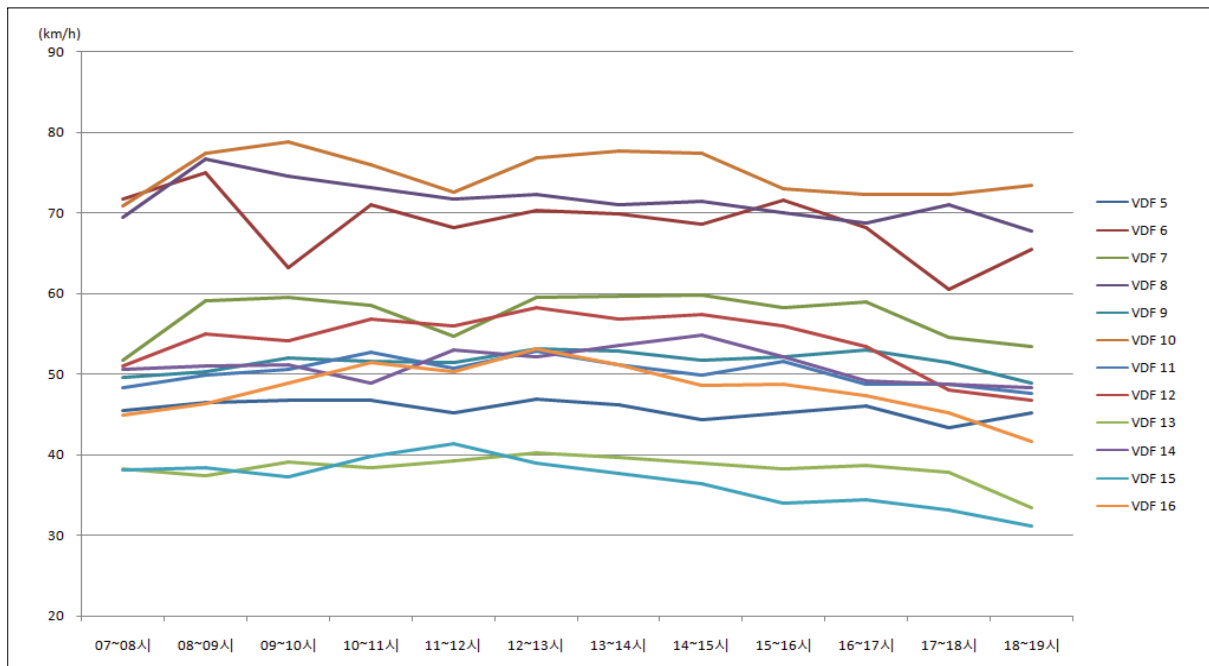


<그림 3-20> VDF 등급별 지방부의 평균주행속도 비교(단위 : km/h)

- VDF 등급별 주행속도가 가장 높은 시간대는 12~13시이며, VDF 10등급이 74.71km/h로 가장 높게 주행하는 것으로 나타났다

<표 3-25> VDF 등급별 시간대별 평균주행속도(단위 : km/h)

구 분	VDF 5	VDF 6	VDF 7	VDF 8	VDF 9	VDF 10	VDF 11	VDF 12	VDF 13	VDF 14	VDF 15	VDF 16	평균 속도
07~08시	45.55	71.71	51.75	69.45	49.53	70.85	48.29	50.97	38.30	50.53	38.08	44.87	50.27
08~09시	46.51	74.97	59.08	76.62	50.36	77.46	49.88	55.00	37.42	51.00	38.39	46.28	52.22
09~10시	46.71	63.25	59.47	74.52	52.03	78.77	50.66	54.14	39.04	51.11	37.29	48.90	52.17
10~11시	46.79	71.07	58.47	73.20	51.59	76.00	52.78	56.80	38.44	48.89	39.84	51.41	53.02
11~12시	45.15	68.15	54.70	71.72	51.44	72.61	50.75	56.00	39.30	52.95	41.36	50.28	52.58
12~13시	46.86	70.33	59.52	72.22	53.14	76.76	52.87	58.22	40.18	52.12	38.94	53.20	53.89
13~14시	46.24	69.82	59.61	71.07	52.80	77.72	51.13	56.86	39.68	53.58	37.74	51.17	53.18
14~15시	44.32	68.57	59.78	71.41	51.67	77.42	49.82	57.37	38.94	54.78	36.36	48.59	52.25
15~16시	45.24	71.64	58.29	70.08	52.10	72.94	51.57	56.04	38.31	52.18	34.05	48.69	51.55
16~17시	46.05	68.16	58.98	68.74	53.05	72.24	48.76	53.39	38.68	49.22	34.40	47.29	50.80
17~18시	43.34	60.45	54.63	71.07	51.42	72.23	48.72	48.09	37.76	48.78	33.12	45.17	48.80
18~19시	45.22	65.48	53.47	67.79	48.88	73.48	47.65	46.78	33.44	48.37	31.18	41.64	47.26
평균속도	45.64	68.36	57.18	71.41	51.47	74.71	50.18	53.95	38.21	51.06	36.48	47.89	51.42

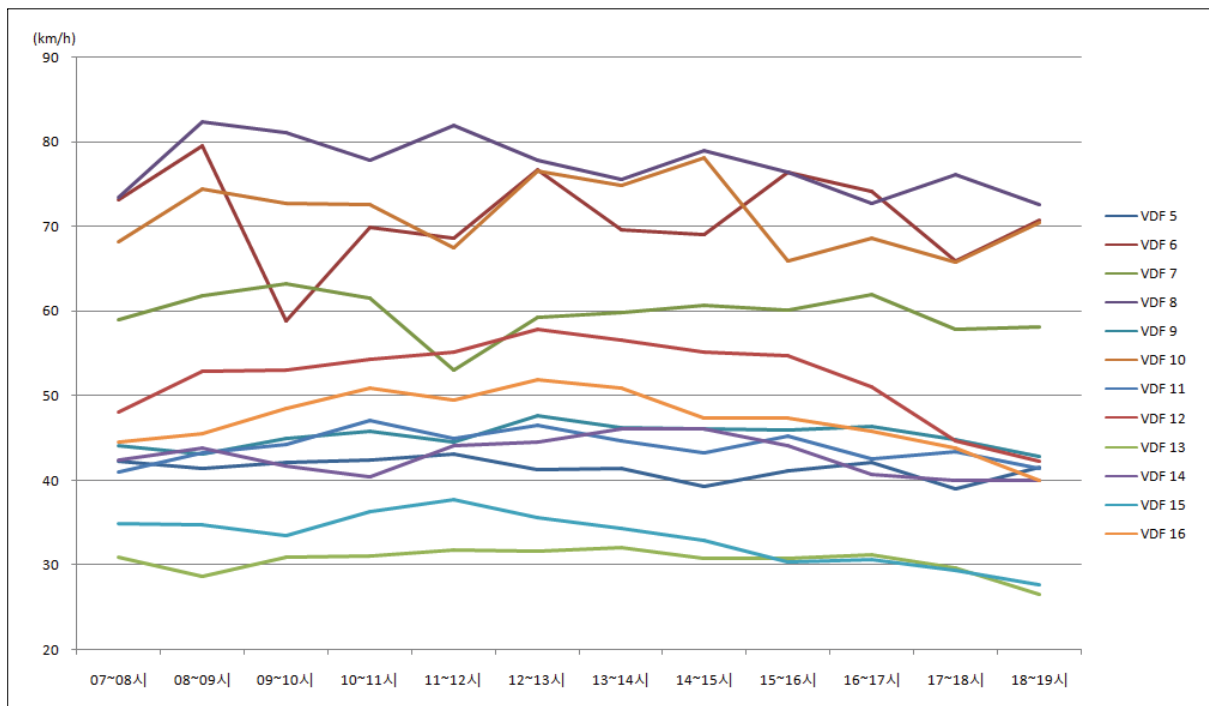


<그림 3-21> VDF 등급별 시간대별 평균주행속도 비교(단위 : km/h)

- VDF 등급별 도시부의 주행속도가 가장 높은 시간대는 12~13시이며, VDF 8등급이 77.09km/h로 가장 높게 주행하는 것으로 나타났음

<표 3-26> VDF 등급별 시간대별 도시부의 평균주행속도(단위 : km/h)

구 분	VDF 5	VDF 6	VDF 7	VDF 8	VDF 9	VDF 10	VDF 11	VDF 12	VDF 13	VDF 14	VDF 15	VDF 16	평균 속도
07~08시	42.30	73.13	59.02	73.42	44.12	68.21	41.04	48.10	30.91	42.32	34.93	44.47	46.61
08~09시	41.34	79.60	61.80	82.37	43.06	74.44	43.28	52.89	28.65	43.74	34.77	45.48	47.57
09~10시	42.14	58.85	63.30	81.14	44.89	72.76	44.18	53.00	30.87	41.74	33.43	48.50	47.38
10~11시	42.40	69.96	61.51	77.79	45.74	72.66	47.06	54.28	31.03	40.42	36.31	50.95	48.70
11~12시	43.14	68.65	53.00	81.99	44.48	67.43	44.88	55.12	31.76	44.06	37.78	49.50	48.50
12~13시	41.20	76.73	59.29	77.81	47.57	76.56	46.57	57.82	31.67	44.53	35.59	51.93	49.74
13~14시	41.44	69.63	59.83	75.56	46.23	74.93	44.71	56.64	32.00	46.07	34.25	50.86	48.93
14~15시	39.32	69.02	60.73	78.92	46.13	78.16	43.22	55.22	30.73	46.11	32.89	47.37	47.90
15~16시	41.09	76.38	60.15	76.38	45.94	66.00	45.25	54.74	30.80	44.06	30.29	47.40	47.30
16~17시	42.14	74.18	61.95	72.80	46.34	68.62	42.47	50.99	31.23	40.64	30.55	45.79	46.58
17~18시	38.96	66.00	57.85	76.10	44.85	65.78	43.43	44.67	29.59	39.92	29.40	43.77	44.47
18~19시	41.59	70.74	58.07	72.61	42.80	70.44	41.36	42.22	26.53	39.94	27.63	39.98	43.08
평균속도	41.39	70.66	59.59	77.09	45.14	70.85	43.88	51.84	30.40	42.69	32.87	46.91	47.16



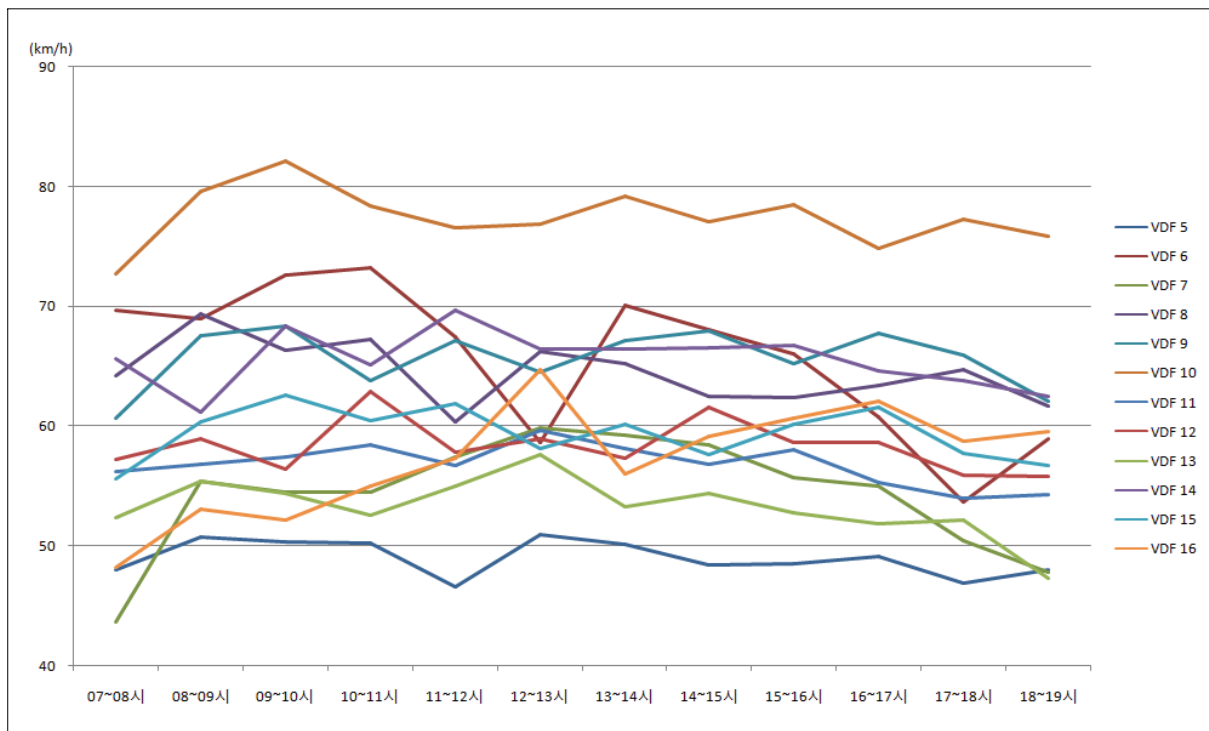
<그림 3-22> VDF 등급별 시간대별 도시부의 평균주행속도 비교(단위 : km/h)



- VDF 등급별 지방부의 주행속도가 가장 높은 시간대는 12~13시이며, VDF 10등급이 77.36km/h로 가장 높게 주행하는 것으로 나타났음

<표 3-27> VDF 등급별 시간대별 지방부의 평균주행속도(단위 : km/h)

구 분	VDF 5	VDF 6	VDF 7	VDF 8	VDF 9	VDF 10	VDF 11	VDF 12	VDF 13	VDF 14	VDF 15	VDF 16	평균 속도
07~08시	48.00	69.67	43.67	64.23	60.67	72.72	56.25	57.21	52.39	65.63	55.62	48.21	56.55
08~09시	50.74	68.94	55.42	69.36	67.53	79.62	56.82	58.91	55.43	61.15	60.38	53.07	60.48
09~10시	50.35	72.57	54.52	66.38	68.32	82.15	57.40	56.38	54.33	68.39	62.60	52.17	60.86
10~11시	50.26	73.20	54.43	67.25	63.82	78.41	58.47	62.89	52.54	65.08	60.41	54.96	60.80
11~12시	46.59	67.43	57.46	60.38	67.19	76.54	56.69	57.78	54.96	69.64	61.88	57.29	60.20
12~13시	50.93	58.61	59.87	66.27	64.47	76.90	59.66	58.89	57.60	66.45	58.09	64.67	61.28
13~14시	50.12	70.07	59.29	65.25	67.12	79.20	58.16	57.29	53.24	66.45	60.20	55.96	60.94
14~15시	48.43	68.01	58.42	62.49	68.00	77.05	56.77	61.57	54.40	66.52	57.63	59.18	60.70
15~16시	48.51	66.01	55.69	62.36	65.22	78.44	58.07	58.61	52.79	66.78	60.19	60.68	60.26
16~17시	49.09	60.77	55.02	63.43	67.79	74.88	55.31	58.68	51.83	64.57	61.56	62.07	59.66
17~18시	46.85	53.68	50.41	64.67	65.90	77.27	53.97	55.93	52.17	63.82	57.72	58.69	57.42
18~19시	48.02	58.91	47.79	61.66	62.09	75.86	54.24	55.82	47.28	62.45	56.73	59.50	56.56
평균속도	48.95	65.09	53.90	64.38	65.54	77.36	56.75	58.23	53.13	65.51	59.33	56.89	59.59



<그림 3-23> VDF 등급별 시간대별 지방부의 평균주행속도 비교(단위 : km/h)

### 나. 램프교통량 분석 결과

- 한국도로공사의 FTMS자료를 통해 교통량을 분석하고 DB로 구축함

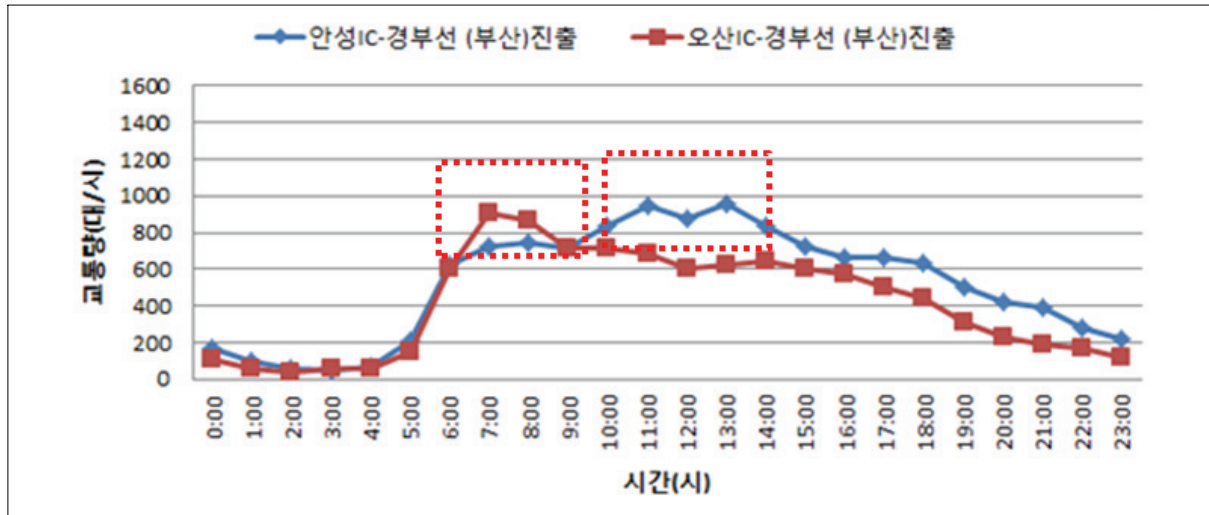
<표 3-28> 경부고속도로 및 서해안고속도로 시간대별 램프 교통량(단위 : 대/시)

구분	안성IC-경부선 (부산)진출	오산IC-경부선 (부산)진출	서평택IC-서해안선 (서울)진입	발안IC-서해안선 (서울)진출
00:00	169	107	82	33
01:00	94	60	50	25
02:00	62	41	44	14
03:00	47	54	39	23
04:00	63	53	111	21
05:00	209	152	218	48
06:00	621	600	337	148
07:00	726	908	378	275
08:00	745	871	479	275
09:00	711	716	703	223
10:00	833	718	779	261
11:00	946	689	850	340
12:00	873	603	747	250
13:00	957	627	829	301
14:00	839	649	987	346
15:00	728	601	1,011	300
16:00	660	572	1,003	304
17:00	663	507	1,109	306
18:00	631	439	866	211
19:00	501	315	669	161
20:00	422	233	576	137
21:00	391	186	416	91
22:00	283	171	249	76
23:00	224	118	169	60

&lt;표 3-29&gt; 영동고속도로 및 중부고속도로 시간대별 램프 교통량(단위 : 대/시)

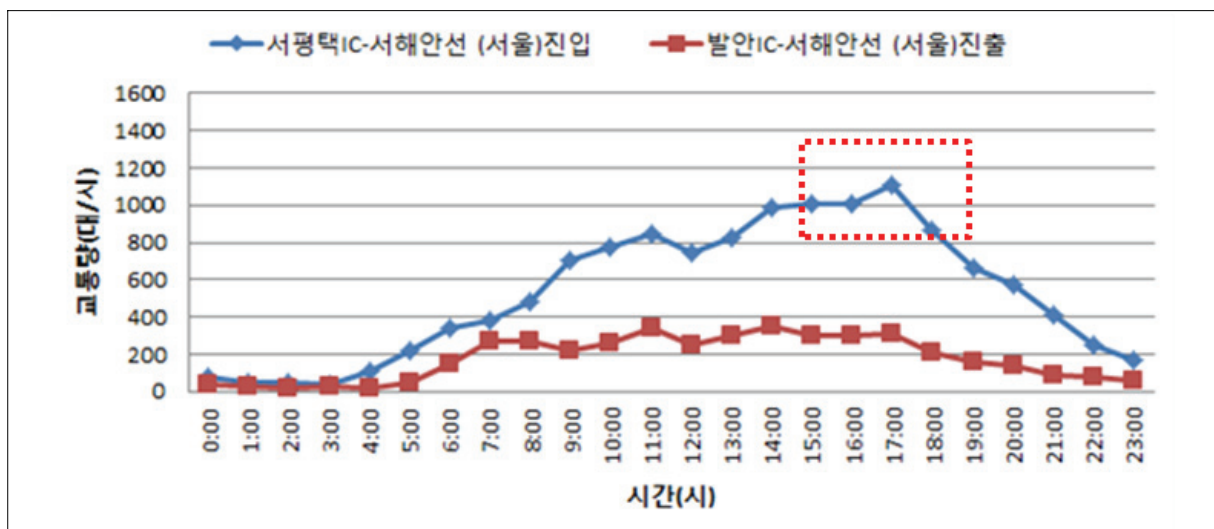
구분	서안산IC-영동선 (강릉)진출	군포IC-영동선 (강릉)진출	곤지암IC-중부선 (하남)진입	부곡IC-중부선 (인천)진출
00:00	143	155	42	72
01:00	92	105	45	51
02:00	71	70	47	33
03:00	57	58	40	24
04:00	82	124	43	60
05:00	325	582	84	227
06:00	1,049	1,073	202	455
07:00	1,385	1,089	309	920
08:00	1,365	1,306	382	943
09:00	1,122	1,074	407	823
10:00	954	1,165	494	824
11:00	942	1,240	483	748
12:00	917	1,393	462	660
13:00	918	1,009	582	718
14:00	1,023	1,025	638	825
15:00	984	1,019	650	846
16:00	905	955	681	930
17:00	844	937	937	1,022
18:00	762	1,014	1,069	1,231
19:00	680	950	694	843
20:00	561	715	589	566
21:00	442	588	314	458
22:00	370	454	152	289
23:00	239	315	102	154

- 경부고속도로의 경우 램프지점마다 교통량 첨두시가 각각 다르게 나타남
- 안성IC-경부선(부산) 진출의 교통량 첨두시는 11:00~13:00으로 나타났고, 오산IC-경부선(부산) 진출의 첨두시는 07:00~08:00 으로 나타남



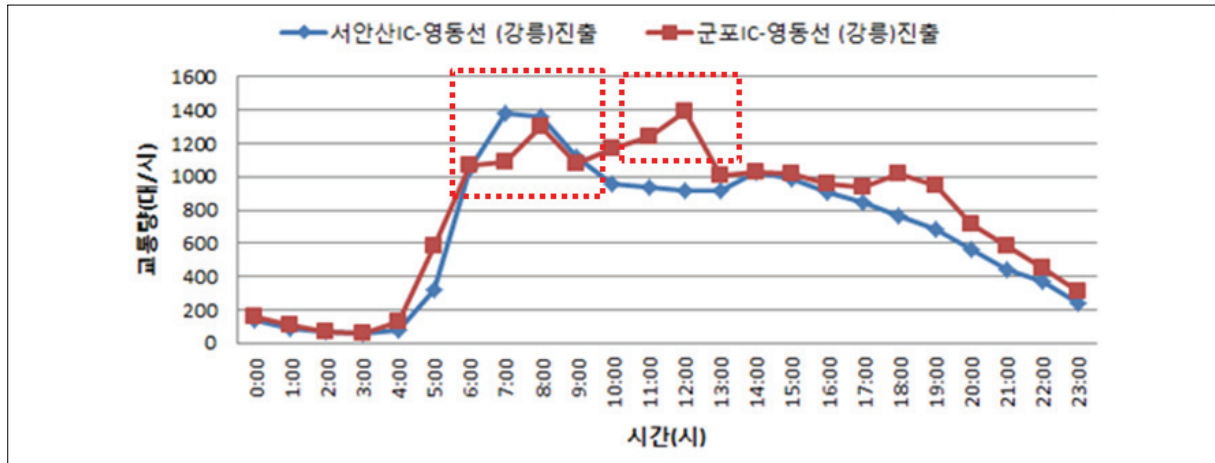
<그림 3-24> 경부고속도로 각 지점별 교통량 비교 그래프

- 서해안고속도로의 경우 서평택IC-서해안선(서울)진입의 교통량 첨두시는 15:00~17:00으로 나타남



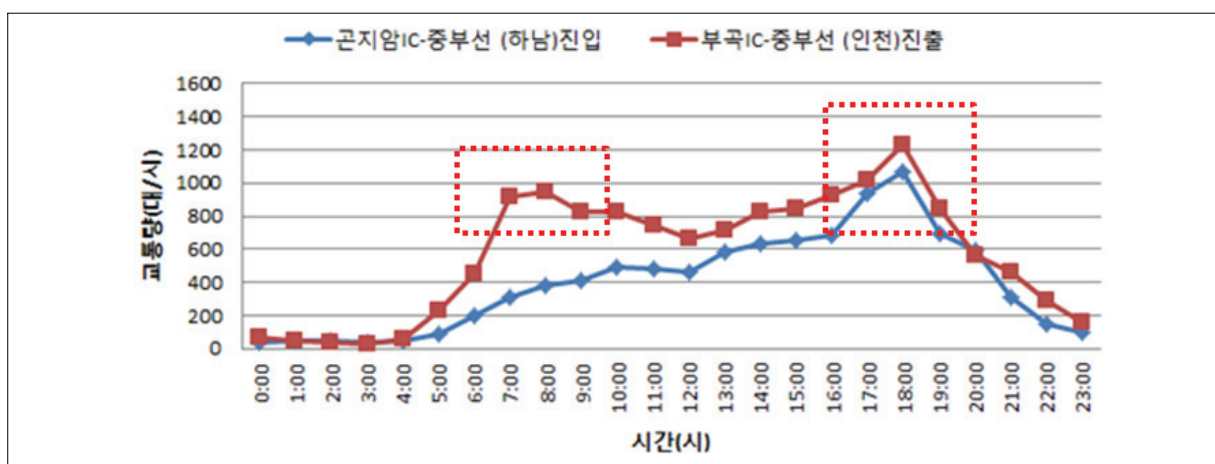
<그림 3-25> 서해안 고속도로 각 지점 별 교통량 비교 그래프

- 영동고속도로의 경우 램프 지점마다 교통량 첨두시가 각각 다르게 나타남
- 서안산IC-영동선(강릉) 진출의 첨두시는 07:00~08:00 이고, 군포IC-영동선(강릉) 진출의 교통량 첨두시는 11:00~12:00이지만 07:00~08:00에도 첨두시가 발생하는 것이 나타남



<그림 3-26> 영동고속도로 각 지점별 교통량 비교 그래프

- 중부고속도로의 경우 교통량 첨두시가 거의 유사하게 나타남
- 곤지암IC-중부선(하남) 진입의 첨두시는 17:00~18:00 이고, 부곡IC-중부선(인천) 진출의 교통량 첨두시는 17:00~18:00이지만 07:00~09:00에도 첨두시가 발생하는 것이 나타남
- 교통량 정산시 축 일관성 검증 등에 사용함



<그림 3-27> 중부고속도로 각 지점별 교통량 비교 그래프

## 다. 자유속도 조사

### 1) 조사개요

- 자유속도조사는 VDF 5등급~16등급까지 각 등급별로 도시부와 지방부 1개소씩을 선정하였으며, 조사시간대는 04:00시~05:00시에서 수행하였으며, 일부 지역의 경우 낮 시간동안이라도 같은 방향을 운행하는 차량에 방해가 없는 경우 자유속도를 조사하였음

<표 3-30> 자유속도 조사지점 개요

구 분	VDF 5		VDF 6		VDF 7	
지점번호	249	114	101	208	115	240
Link No.	612004-830856	513768-610172	710124-412614	720867-720912	630354-630079	520634-721616
조사지역	도시부	지방부	도시부	지방부	도시부	지방부
교차로 처리방식	평면	평면	입체	입체	평면	평면
편도차로수	1차로	1차로	2차로	2차로	1차로	1차로
제한속도	60km/h	40km/h	80km/h	80km/h	60km/h	60km/h
교 통 량	685대/일	112대/일	3,860대/일	5,368대/일	854대/일	119대/일
구 분	VDF 8		VDF 9		VDF 10	
지점번호	109	210	218	135	236	111
Link No.	322937-421038	833250-833260	823686-823980	530441-530448	823350-823356	310059-412442
조사지역	도시부	지방부	도시부	지방부	도시부	지방부
교차로 처리방식	평면	평면	평면	평면	평면	평면
편도차로수	2차로	2차로	1차로	1차로	3차로	2차로
제한속도	80km/h	80km/h	50km/h	60km/h	80km/h	80km/h
교 통 량	6,559대/일	5,728대/일	484대/일	1,046대/일	3,190대/일	3,957대/일
구 분	VDF 11		VDF 12		VDF 13	
지점번호	122	229	124	258	207	131
Link No.	614875-616107	525612-525731	614401-612932	813183-813187	332858-332852	633128-636213
조사지역	도시부	지방부	도시부	지방부	도시부	지방부
교차로 처리방식	평면	평면	평면	입체	평면	입체
편도차로수	1차로	1차로	2차로	2차로	1차로	1차로
제한속도	60km/h	60km/h	80km/h	80km/h	30km/h	60km/h
교 통 량	1,263대/일	1,044대/일	741대/일	7,368대/일	5,756대/일	458대/일

&lt;표 3-30&gt; 자유속도 조사지점 개요(계속)

구 분	VDF 14		VDF 15		VDF 16	
지점번호	256	119	160	262	162	243
Link No.	211815-332070	627990-627975	338495-338521	526302-526305	323820-323825	525636-525644
조사지역	도시부	지방부	도시부	지방부	도시부	지방부
교차로 처리방식	평면	입체	평면	평면	평면	평면
편도차로수	4차로	2차로	1차로	1차로	2차로	2차로
제한속도	70km/h	80km/h	60km/h	60km/h	70km/h	80km/h
교 통 량	23,085대/일	1,379대/일	3,554대/일	422대/일	12,320대/일	6,148대/일

## 2) 조사결과

- 자유속도조사는 VDF 5~16등급까지 각 등급별로 도시부와 지방부 1개소씩을 선정하였으며, 조사시간대는 04시~05시에서 수행하였으며, 일부 지역의 경우 낮 시간동안이라도 같은 방향을 운행하는 차량에 방해가 없는 경우 자유속도를 조사하였음

&lt;표 3-31&gt; 자유속도 조사 결과

구분	구간주행속도(km/h)			
	도시부	지방부	평균	표준편차
VDF05	48.37	44.83	46.53	6.83
VDF06	102.27	79.87	90.93	9.62
VDF07	59.06	53.44	56.43	7.56
VDF08	72.29	64.29	68.05	8.31
VDF09	46.80	59.86	52.53	7.31
VDF10	72.17	91.22	80.58	9.05
VDF11	55.28	55.01	55.15	7.43
VDF12	67.80	54.13	60.20	7.82
VDF13	26.53	66.79	37.98	6.87
VDF14	59.86	106.82	76.72	9.15
VDF15	43.11	52.59	47.38	6.93
VDF16	53.12	77.51	63.04	8.11

## 라. NC-200 장비를 이용한 지점속도 조사

### 1) 조사개요

- 본 과업에서는 VDF 14, VDF 15 등급의 대표지점에 대해서 시험차량을 이용한 구간 통행속도조사와 NC-200장비를 이용한 지점속도 조사를 병행하여 조사하였음
- NC-200 장비를 이용한 조사지점은 총 6개소로 VDF 14등급 4개소, VDF 15등급 2개소를 조사하였으며, 지역별로는 서울 1개소, 경기도 2개소, 충청도 1개소, 전라도 2개소를 조사하였음
- 조사구간내 교차로 처리방식은 VDF 14등급의 경우 조사지역별로 입체와 평면을 각각 1개소씩 선정하였으며, VDF 15등급의 경우 평면을 선정하였음

<표 3-32> NC-200장비 조사지점 개요(VDF 14등급)

구 분	내 용			
지점번호	141	159	119	132
Link No.	529244-336705	119084-332903	627990-627975	619887-619862
조사지역	도시부	도시부	지방부	지방부
조사방향	경기 평택시 → 충남 아산시	서울 은평구 → 경기 고양시	전북 부안군 → 전북 김제시	전남 담양군 → 광주 북구
도 로 명	일반국도 45호선	지방도 371호선	일반국도 30호선	국지도 29호선
조사구간내 신호교차로개수	1개소	3개소	-	1개소
교차로 처리방식	입체	평면	입체	평면
편도차로수	2차로	2차로	2차로	2차로
제한속도	80km/h	70km/h	80km/h	70km/h
교 통 량	9,146대/일	5,059대/일	1,379대/일	11,465대/일



&lt;표 3-33&gt; NC-200장비 조사지점 개요(VDF 15등급)

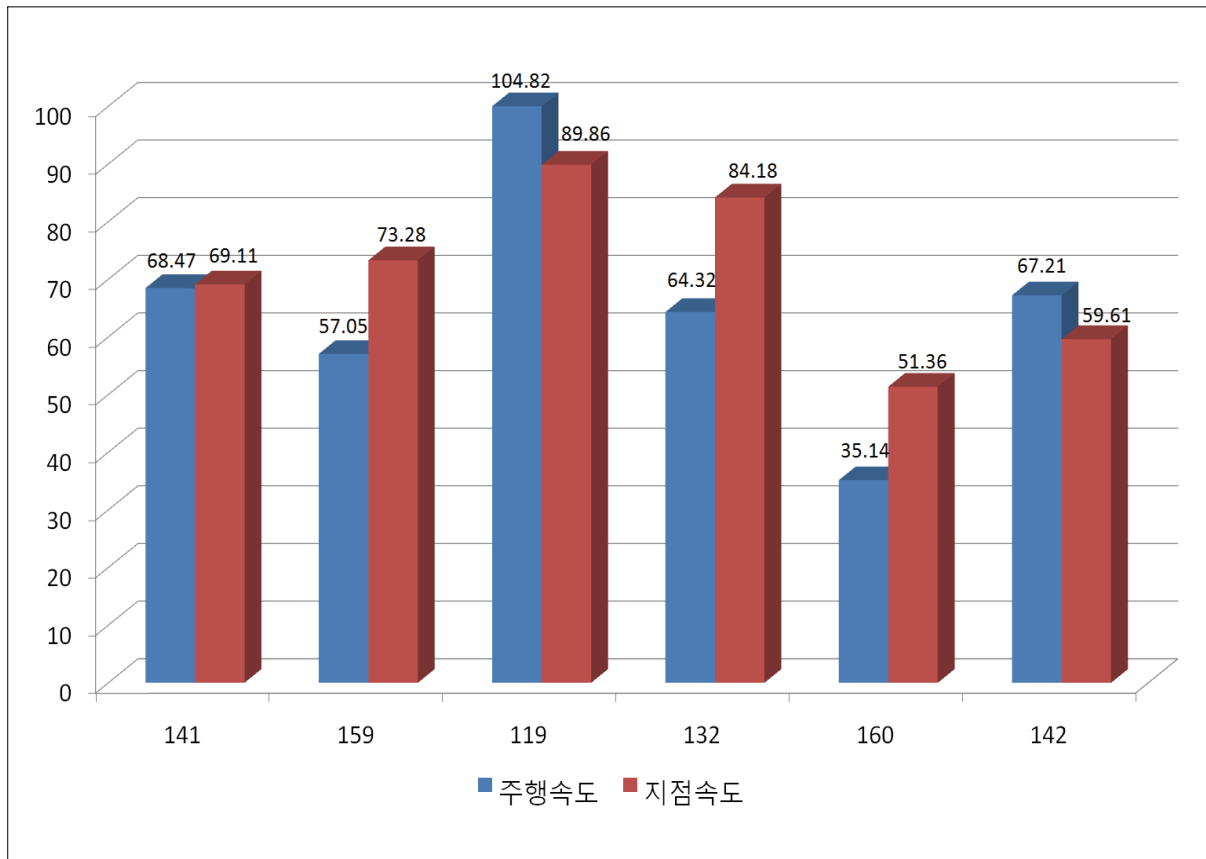
구 분	내 용	
지점번호	160	142
Link No.	338495-338521	530228-530229
조사지역	도시부	지방부
조사방향	경기 고양시 → 경기 파주시	충남 공주시 → 충남 부여군
도 로 명	송파로	지방도 651호선
조사구간내 신호교차로개수	3개소	없음
교차로 처리방식	평면	평면
편도차로수	1차로	1차로
제한속도	60km/h	60km/h
교 통 량	3,554대/일	835대/일

## 2) 조사결과

- 시험차량을 이용한 주행속도와 NC-200장비를 이용한 지점속도 조사 결과 도시부의 경우 NC-200을 이용한 지점속도가 시험차량을 이용한 주행속도보다 높게 나타났으며, 지방부의 경우 시험차량을 이용한 주행속도가 높게 나타났음
- 도시부의 경우 신호교차로의 설치로 인한 시험차량의 감속 및 가속이 이루어지므로 지점속도 보다는 다소 낮게 나오는 것으로 판단됨
- 또한, 교통량이 많을수록 시험차량을 이용한 주행속도와 NC-200 장비를 이용한 지점속도의 차이가 작게 나타났으며, 교통량이 많은 경우 차량이 군집을 이루어 이동하므로 교통량의 차이가 작게 나타나는 것으로 판단됨

&lt;표 3-34&gt; 시험차량조사 주행속도와 NC-200장비를 이용한 지점속도 차이 비교

구 분	VDF 14				VDF 15	
지점번호	141	159	119	132	160	142
조사지역	도시부	도시부	지방부	지방부	도시부	지방부
교 통 량	9,146대/일	5,059대/일	1,379대/일	11,465대/일	3,554대/일	835대/일
시험차량조사 주행속도(①)	68.47km/h	57.05km/h	104.82km/h	64.32km/h	35.14km/h	67.21km/h
NC-200 지점속도(②)	69.11km/h	73.28km/h	89.86km/h	84.18km/h	51.36km/h	59.61km/h
차이(②-①)	0.64km/h	16.23km/h	-14.96km/h	19.86km/h	16.22km/h	-7.60km/h



&lt;그림 3-28&gt; 시험차량조사 주행속도와 NC-200장비를 이용한 지점속도 차이 비교(단위 : km/h)

## 5. 조사결과 및 향후 개선방향

### 가. 조사결과

- O/D자료는 각종 교통계획의 효과적인 수립, 시행, 평가를 위해 필수적으로 요구되는 기초자료로서 교통투자 우선순위 평가시 객관성 확보에 큰 기여를 하고 있음
- 특히 통행배정시 어떠한 도로통행비용함수(Volume-delay Function : VDF)를 적용하는가에 따라 통행배정 결과가 달라지며 결국 전체 교통계획에 영향을 미치게 되므로, 적절한 도로통행비용함수(VDF)의 산정은 교통계획 과정에서 매우 중요함
- 본 연구에서는 기존의 도로통행비용함수(Volume-delay Function : VDF)가 도로 통행 특성을 제대로 반영하지 못하고 도로통행비용함수(VDF) 구축에 대한 방법론을 통해 보정하는 등의 문제점이 제기되어, 통행배정과정에서 발생하는 도로통행비용함수로 인한 오차를 최소화하기 위해 도로위계, 차로, 용량, 교통량, 속도 등의 기초자료에 대한 전국단위 조사를 수행하고 실제도로와 교통의 환경여건을 반영한 도로통행비용함수(VDF)를 구축함
- 조사의 공간적 범위는 전국권을 대상으로 하였으며, 도로의 기능적 범위로는 국도, 국가지원지방도, 지방도 및 기타도로 중 지역간 연결도로를 대상으로 하였음
- 시간적 범위는 도로 특성에 따라 평일(화, 수, 목요일)에 조사를 실시하였으며, 교통량조사는 24시간 조사를 실시하였으며, 속도조사는 지점별로 교통량 조사와 동일한 일자에 아침 07:00~19:00시까지 조사를 실시하였음
- 내용적 범위는 KTDB에서 제시하고 있는 도로통행비용함수 중 국도, 지방도, 국가지원지방도, 기타도로 중 12개 유형을 대상으로 시간대별 차종별 교통량과, 구간통행속도, 조사대상구간의 기하구조(경사도, 차로수, 중앙분리대 유무, 신호시간 등) 조사를 실시하고, 조사된 자료를 이용하여 기초분석을 실시하였음
- 조사를 수행하기 전 2012년 11월 6일부터 2012년 11월 8일까지 3일에 걸쳐 교통량조사 12개 지점, 속도조사 12개 지점, 총 24개 지점에 대하여 사전조사를 수행하였으며, 실제조사구간 시험운행을 통해 조사구간(지점)에 대한 위험구간 파악, 유출입구간, 시·종점 위치파악, 조사원 교체시간 및 위치를 결정하였고 속도조사방법 결정을 위하여 NC-200장비를 이용한 지점속도조사, 프로브차량과 GPS를 이용한 구간속도조사를 병행 실시하여, 조사결과를 바탕으로 그중 신뢰도가 가장 높다고 판단되는 프로브차량을 이용한 속도조사 방법을 본조사시 속도 조사 방법으로 결정하였음

- 또한, 교통량조사의 영상카메라설치 위치 및 야간 교통량 관측여부를 파악하였음
- 교통량 및 속도조사는 예비조사, 본조사, 보완조사로 나누어서 시행하였으며, 사전조사 결과에 따라 교통량조사는 영상촬영법으로 조사를 실시하였고, 속도조사는 프로브 차량을 이용하여 구간속도조사를 실시하였음
- 그러나, 본 과업에서는 장비를 이용한 조사와 인력을 이용한 조사의 오차를 파악하고 향후 장비를 이용한 조사를 활성화하기 위한 방안을 모색하기 위해 VDF 14등급과 VDF 15등급 지점에서 NC-200장비를 이용한 지점속도조사를 병행하기로 계획하였음
- 예비조사는 2012년 11월 14일에 교통량조사 4개 지점, 속도조사 4개 지점, 총 8개 지점에서 본조사 과정과 동일하게 조사를 수행하여 문제점 파악 및 조사계획을 최종 확정하였고, 본 조사는 2012년 11월 20일부터 2012년 12월 20일까지 약 2개월, 보완조사는 2013년 1월 30일부터 2013년 2월 14일까지 약 15일에 걸쳐서 평일(화, 수, 목요일)에 실시하였음
- 프로브차량을 이용한 속도조사는 1시간당 최소 1회, 15분 간격으로 오전 7:00시부터 오후 19:00시까지 12시간을 조사하였으며 총 84개 구간을 조사하였음
- 본 조사의 계획 도로유형은 VDF 12개 유형, 총 208개 구간으로 계획하였으며, 예비조사를 통하여 실제 조사시 발생할 수 있는 문제점 등을 분석하여 조사를 실시하였고 위와 같은 과정을 거쳐서 조사된 자료는 실제 도로통행 여건을 제대로 반영하고 있는 것으로 판단되며, 조사된 자료는 신뢰성 있게 조사된 것으로 분석됨
- 교통량조사 결과를 살펴보면, VDF 5등급, VDF 6등급, VDF 10등급은 지방부의 평균 차로당일교통량이 도시부보다 많은 것으로 조사되었고, VDF 8등급까지는 도시부와 지방부의 교통량 차이가 크지 않은 반면 VDF 8등급 이하에서는 도시부와 지방부의 교통량 차이가 큰 것으로 나타났음

&lt;표 3-35&gt; VDF 등급별 차로당 일평균교통량 비교

구분	교통량(대/일/차로)		
	VDF 평균	도시부	지방부
VDF 05	476	376	552
VDF 06	3,261	2,753	4,178
VDF 07	275	399	109
VDF 08	3,946	4,272	3,490
VDF 09	1,653	2,109	994
VDF 10	2,846	2,670	2,983
VDF 11	3,639	6,281	1,662
VDF 12	5,979	6,692	3,780
VDF 13	3,686	5,040	1,013
VDF 14	6,237	7,109	4,164
VDF 15	2,831	3,523	1,681
VDF 16	7,084	7,754	4,666

- 주행속도 결과를 살펴보면, VDF 9등급 이하에서는 지방부의 주행속도가 도시부보다는 높은 것으로 나타났으며, VDF 10등급의 주행속도가 가장 높은 것으로 조사되었음

&lt;표 3-36&gt; VDF 등급별 속도조사(주행속도) 결과 비교

구분	속도조사(km/h)						자유속도(km/h)	
	전체		도시부		지방부		주행속도	표준편차
	주행속도	표준편차	주행속도	표준편차	주행속도	표준편차		
VDF05	45.64	7.34	41.39	4.06	48.95	7.15	46.53	9.66
VDF06	68.36	18.42	70.66	19.62	65.09	14.22	90.93	11.79
VDF07	57.18	9.22	59.59	6.70	53.90	11.56	56.43	9.26
VDF08	71.41	10.22	77.09	7.97	64.38	8.31	68.05	11.75
VDF09	51.47	15.10	45.14	7.77	65.54	13.18	52.53	10.34
VDF10	74.71	10.98	70.85	9.21	77.36	11.01	78.22	12.66
VDF11	50.18	12.68	43.88	8.43	56.75	12.01	55.28	9.11
VDF12	53.95	15.74	51.84	17.42	58.23	9.66	60.20	11.06
VDF13	38.21	13.99	30.40	7.30	53.13	7.39	37.98	9.71
VDF14	51.06	23.68	42.69	16.16	65.51	22.48	76.72	12.94
VDF15	36.48	17.05	32.87	14.67	59.33	8.33	46.81	8.43
VDF16	47.89	13.51	46.91	13.32	56.89	6.46	61.24	9.82

## 나. 도로통행비용함수조사의 문제점 및 향후 개선방향

### 1) 조사의 문제점

#### ① 조사준비 및 예비조사

- 본 과업의 조사구간 선정은 인접 지역에 동일한 VDF 지점과 상시/수시 조사 지점을 배제한 후 존 경계에 위치한 링크를 우선 선택하는 방법으로 선정하여 현장 답사 후 조사지점을 결정하였음
- 조사구간 선정부터 조사준비 기간이 부족하였으며, 실제 현장 답사시에는 VDF의 구분이 모호한 경우가 많아 최종 조사지점을 선정하는데 어려움이 있음
- 또한 조사시기가 겨울이어서 강설, 노면 결빙 등 기상여건의 영향을 많이 받아 조사를 연기하는 등의 조사일정 조정이 있었고, 특히 NC-200장비를 노면에 부착할 경우 노면 결빙으로 부착이 되지 않는 경우가 발생하였음
- 교통량조사는 24시간 조사로 인해 일몰이후 시간에 이루어지는 야간조사는 영상촬영 화면판독의 어려움과 전원공급 문제로 인한 일부 영상촬영 오류발생, 불법 주정차로 인한 CCTV의 시야를 가리는 현상이 발생하였음
- 속도조사는 교외지역의 경우 가로등 미설치로 새벽 및 일몰 후 운전자의 주변 사물에 대한 인지능력이 떨어져 차량의 사고위험 등의 문제점이 발생되었고, 장시간 반복 운행에 따른 집중력 저하 및 피로도 누적 문제가 발생하였음

#### ② 조사구간 선정

- 본 조사에서는 도로 기능별 특성에 따른 도로 유형 분류와 유형별 교통량과 속도관계식을 제대로 반영할 수 있는 조사구간 선정이 제일 중요하며, 이러한 교통량과 속도 관계식을 제대로 나타내기 위해서는 적절한 교통량과 적정 구간길이가 확보된 조사구간 선정이 필수적이나, 본 과업의 조사구간 선정시 지역간 연결도로를 우선으로 선정하다보니 VDF 하위등급의 도로는 조사구간이 짧거나 연결링크 개념의 도로가 많았으며, VDF 상위등급의 도로는 조사구간이 도로 등급 산출에 부합되지 않는 경우가 발생하였음
- 실제적으로 문헌조사자료를 이용하여 1차적으로 조사구간을 선정하고 현장 확인한 결과 문헌자료와 현장여건이 많이 상이하여 조사목적에 부합되는 유형별 구간 선정에 어려움이 많았음

## ③ 조사시 문제점

- 속도조사시 구간별 유효 속도조사 자료 샘플 확보를 위하여 일부 구간은 2대 이상의 차량이 필요하므로 그로인한 조사원 관리 및 조사차량 관리에 어려움이 많았음
- 연속된 차량 탑승 속도조사로 인한 조사원의 피로에 의한 사고위험 및 조사의 공간적 범위가 전국적으로 분포되어 조사완료 후 다음 조사구간으로 이동시 많은 시간이 필요하며, 많은 차량 및 장거리 이동으로 인한 어려움이 있었음
- 교통량 조사에 있어서 카메라 설치 지점에 일부 대형차량의 불법주차로 인한 카메라 가림으로 인한 조사에 오류가 발생하는 문제점이 있었으며, 가로등이 설치되어 있지 않은 조사지점에 있어서는 계수시 차종구분에 어려움이 있었음

## ④ 기타

- 속도조사 영상데이터 촬영시 기기마다 저장용량이 상이하고 조사자의 조작 미숙, 전원문제 등으로 영상이 저장되지 않는 경우가 발생함
- NC-200 장비를 이용한 속도조사의 경우 저장 용량상의 문제로 인해 개별 차량의 속도는 표출되지 않으며 15분 단위의 평균속도가 표출됨

## 2) 개선방향

## ① 조사준비 및 예비조사

- 조사시 조사기간에 대하여 충분한 기간을 확보할 수 있도록 하여야 하며, 조사시기 선정에 있어서도 기후변화가 큰 겨울이나, 여름은 가능한 피하여 가을에 조사가 이루어 질수 있도록 계획을 수립하면 기후로 인한 조사의 어려움은 상당부분 해결될 것으로 판단되고, 상시교통량 조사 시기와 맞추어서 조사를 하면 조사데이터의 검증 및 비교도 가능하다고 사료됨
- 자유속도 조사시간 선정에 있어서는 야간에 수행시 운전자의 인지능력 저하, 초행길 사고 위험 등의 문제가 있으므로 도로통행비용함수 목적을 고려하여 교통량의 변화가 큰 낮 시간대(오전첨두, 오후첨두, 비첨두)를 이용하여 조사를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단됨

## ② 조사구간 선정

- 조사구간의 선정은 VDF 등급별로 연차별 계획을 수립하여 교통측, 지역적으로 집중적으로 조사를 수행하고 이를 네트워크에 반영하는 것이 필요함

## ③ 조사시

- 속도조사시 문제점은 조사원 관리 및 조사원 확보에 어려움이 주요 문제점으로 나타났으며, 이에 대한 적절한 개선방안으로는 조사구간별 적절한 조사인원을 조사준비 단계에서 파악하여 적정인원을 확보하여 조사원의 피로로 인한 사고를 예방하고, 신뢰성 있는 조사자료를 구축하여야 함
- 교통량조사에 있어서는 주변 장애물로 인한 카메라 가림 문제 해결을 위하여 카메라 설치시 대형차량 등 주변 장애물에 의한 영향을 받지 않을 적절한 위치에 카메라 설치지점을 선정하고, 또한 돌발상황에 대처할 수 있도록 관리인원을 권역별로 배치하는 것이 필요함
- 본 과업시 수행한 NC-200을 이용한 기계적 조사의 경우 저장 용량상의 문제로 인해 개별 차량의 속도는 표출되지 않으며 15분 단위의 평균속도가 표출되는 문제점에도 불구하고 조사 수행시 제약이 없으며, 가용장비 내에서 많은 지점을 한번에 조사할 수 있는 장점이 있으므로 중·장기적으로는 상기와 같은 인력에 의한 조사는 지양하고 NC-200, 이동식 차량검지 데이터 검측 장비 등 기계적 조사를 수행하는 것을 검토하여야 할 것임



## 제2절 조사자료의 이상치 제거기준 수립

### 1. 교통량-속도자료 이상치 제거 방법론 개발

#### 가. 관련연구 검토

##### 1) 중위절대 편차를 이용한 이상치 제거방법

- 한국도로공사(2000)는 고속도로 TCS(Toll Collection System) 자료를 이용하여 통행시간을 산출함에 있어 중위절대편차(MAD: Median Absolute Deviation)를 이용함

$$MAD = 1.4826 \times \text{median} \|\chi_i - \chi_{med}\|$$

$$Z_i^{med} = \frac{X_i - X_{med}}{MAD}$$

여기서,

$\chi_i$  = 변수  $\chi$  의 관측값

$\chi_{med}$  = 변수  $\chi$  의 중위값(median)

1.4826 =  $MAD$ 를 정규분포에 대한 표준편차와 같도록 만들어 주는 수정계수(correction factor)

$|Z_i^{med}| > Z_{cut}$  이면 이상치로 판단함 ( $Z_{cut}=3$ )

##### 2) 서울시 도시고속도로 교통관리시스템

- 서울시 도시고속도로 교통관리시스템은 <표 3-37>과 같은 이상치 판단기준에 의거하여 아래와 같이 수집된 자료의 오류여부를 결정함
- 교통량 - 점유율 - 통행속도 관계식에 기초하여 3개의 교통자료가 서로 상관관계를 유지하지 못할 경우 이상치로 판정하여 처리함
- 4개 이상의 연속된 검지기의 교통량, 점유율, 지점속도가 모두 동일한 경우 이상치로 한정함(단, 교통량이 적은 심야시간의 경우 전구간에 교통량, 지점속도, 점유율이 0인 경우가 발생할 수 있으므로, 이런 경우 지점속도를 대상도로의 제한속도로 보정)
- 통신장애나 하드웨어적 결함으로 인하여 수집된 자료를 이상치로 판정하여 처리함

&lt;표 3-37&gt; 이상치 범위

구분	교통량	점유율	속도
오류조건	$0 \leq \text{차로별 환산 교통량} \leq 3,014$	$0 \leq \text{점유율 (백분율)} \leq 99$	$0 \leq \text{속도} \leq 140\text{km/h}$

## 3) 신뢰구간 추출법에 의한 이상치 제거방법

- 강진기 외(2001)는 비매설식 AVI를 개발하면서 신뢰구간 추출법을 적용한 이상치 제거방법을 제시하였음
- 이 방법은 우선 각 개별차량의 구간 통행시간값이 극단적인 측정치들에 의하여 편중되지 않도록 상한값과 하한값들을 상수값으로 설정하여, 이 범위 이외의 구간통행시간 자료 측정치를 제거함
- 남은 값들 중에서 신뢰도 95% 혹은 68%의 범위를 초과하는 값들을 제거하는 방법임

## ① 상한값/하한값 설정

&lt;표 3-38&gt; 상/하한값 설정

순서	내용
상한값	해당도로 설계속도의 2배를 초과하는 구간 통행시간을 제외
하한값	해당구간을 10km/h 이하로 통행하는 구간 통행시간값을 제외 단, 이러한 하한치를 보이는 구간통행시간값들의 개수가 전체 구간 통행시간값들의 50% 이상을 초과할 경우 포함하여 산정

- 운전자에게 정확한 교통정보를 제공하기 위해서는 도로상의 교통상태를 정확히 표현할 수 있는 구간대표 통행시간 값을 산출하여야 함
- 따라서 상한값과 하한값을 제거한 개별 구간통행시간 자료에 대하여 신뢰구간을 설정하여 이 범위 이외의 자료를 제거하였음
- 이때 신뢰구간 설정방법은 정규분포에서 평균값과 표준편차와의 신뢰도 확률을 적용하여 산정하였음
- 구간교통정보 수집장치로부터 수집된 개별차량의 구간통행시간 값으로부터 평균값을 구한 후, 표준편차를 산출하고, 표준편차의 1배 범위(신뢰구간 68%)를 만족하지 못

하는 개별 차량의 구간통행시간 값들을 제거한 후, 나머지 구간통행시간 값을 산술평균하여 구간대표 통행시간 값으로 적용하였음

$$\begin{aligned}\bar{T} &= \frac{\sum T_i}{n} \\ \sigma &= \sqrt{\frac{\sum T_i^2 - n\bar{T}^2}{n-1}} \\ T_{is} &= |T_i - \bar{T}| \leq \sigma\end{aligned}$$

여기서,

$\bar{T}$  : 구간교통정보 수집장치로부터 수집된 개별 차량들의 구간 통행시간 값의 산술평균값

$T_i$  : 구간교통정보 수집장치로부터 수집된 개별 차량의 구간통행 시간값

$\sigma$  : 구간교통정보 수집장치로부터 수집된 개별 차량들의 구간통행시간 표준편차

$T_{is}$  : 구간교통정보 수집장치로부터 수집된 개별 차량중 유효한 차량

$n$  : 구간교통정보 수집장치로부터 자료가 수집된 차량수중 상/하한값을 제외한 차량대수

$$T_s = \frac{\sum T_{is}}{n_s} \quad V_s = \frac{S_s}{T_s}$$

여기서,

$S_s$  : 구간 s 의 거리

$n_s$  :  $T_{is}$  의 차량 대수

$T_s$  : 구간 s 의 평균통행시간

$V_s$  : 구간 s 의 공간평균속도

#### 4) ARIMA 모형에 의한 GPS 데이터 이상치 제거

- 최기주와 장정아(2004)는 구간검지체계 GPS 프로브 원시데이터의 1차 가공을 위한 평균화과정에서 발생할 수 있는 문제점으로 이상치 문제에 대하여 검토하고 있음
- 이상치 데이터를 제거하지 않을 경우 구간검지기의 수집 및 가공 신뢰도를 저하시킬 수 있으므로, 이상치 데이터를 수집 주기별로 판단하여 제거하여야 하는 방법을 제안하였음
- 이때, 이상치 제거 알고리즘으로 ARIMA 모형을 적용시켜 실시간적 신뢰구간 추정과 점들을 제시하였음

### 5) 기존 이상치 제거 알고리즘의 특징 분석

- 기존의 이상치 제거 알고리즘들의 특성 및 장단점을 분석한 결과 <표 3-39>과 같이 대부분의 방법이 상한값 및 하한값을 추정하여 이상치를 제거하는 기법을 사용하고 있음

<표 3-39> 기존 이상치 제거 알고리즘 분석

종류	특징
중위절대편차 (한국도로공사)	상/하한값 추정방식 연속 교통류에 적합한 방식
서울시 도시고속도로 교통관리시스템	교통량, 밀도, 속도의 연관관계를 이용하는 방식
신뢰구간 추출법 (강진기 등)	상/하한값 추정방식 측정된 구간 통행시간 값들 중 하한값의 개수가 전체 구간 통행시간 값들의 50% 이상을 초과할 경우 하한값도 포함하여 속도를 산정
ARIMA 모형 (최기주, 장정아)	상/하한값 추정방식 제안된 방법에 대한 검증이 미흡

## 나. 알고리즘 개발

### 1) 기존 유고검지 알고리즘의 종류

#### ① 비교 또는 형태인식 알고리즘

##### ○ 캘리포니아 알고리즘

- 점유율의 차이가 유의하다고 판단되면 유고발생으로 선언함

##### ○ 다목적 유고검지 알고리즘 (APID)

- 캘리포니아 알고리즘을 확장·통합한 구조로서, 압축과 검사와 지속성 검사 기능을 갖추고 있음

#### ② 통계학적 알고리즘

##### ○ Standard normal deviation 알고리즘

- 과거의 평균차선 점유에 대한 기록과 SND (평균에서 구한 표준편차들의 수)를 비교하여 유고를 검지함

##### ○ Bayesian 알고리즘

- 하류부 차선의 차단에 의해 유고신호가 발생할 확률을 계산하기 위하여 Bayesian 통계기법을 이용함

#### ③ 시계열 알고리즘

##### ○ DES(Double exponential smoothing)

- 하나의 교통변수를 시계열에서 불규칙성을 찾아내기 위하여 단기 예측기법을 이용함

##### ○ Dynamic model

- 속도, 교통량, 밀도의 교통변수를 전개시킴에 있어, Dynamic 모형을 이용함

#### ④ 파국이론 알고리즘

##### ○ McMaster 알고리즘

- 교통류에 파국이론 (Catastrophe)을 적용한 것으로서, 비혼잡에서 혼잡으로 교

통상황이 이동할 때 교통류와 점유율은 순조롭게 변화하는 반면 속도는 급격하게 변하게 됨

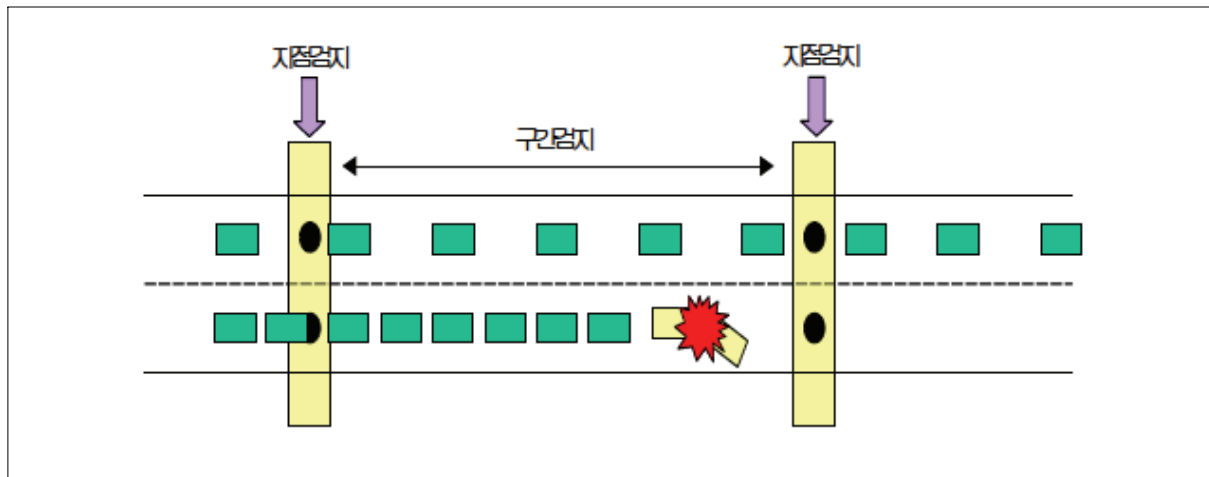
- 현재 3단계 버전까지 발전되었고, 초기버전인 McMaster-I은 검지율에 초점을 맞춰 정체시 유고상황에 대한 문제를 극복하지 못했으나, McMaster-III은 오검지율을 최소화하는 것에 초점을 맞추어 정체시 유고검지 문제를 극복하였음

## 2. 유고검지 알고리즘 적용사례

- 1992년 한국도로공사에서 시행한 FTMS(고속도로 교통관리 시스템)에 국내 처음으로 유고 검지 알고리즘이 도입되었으며, 최근에는 도시부 교차로 및 고속화도로 등의 ITS 삽입에 다양한 모형들을 적용하고 있음

## 3. 지점 및 구간 유고검지 모형

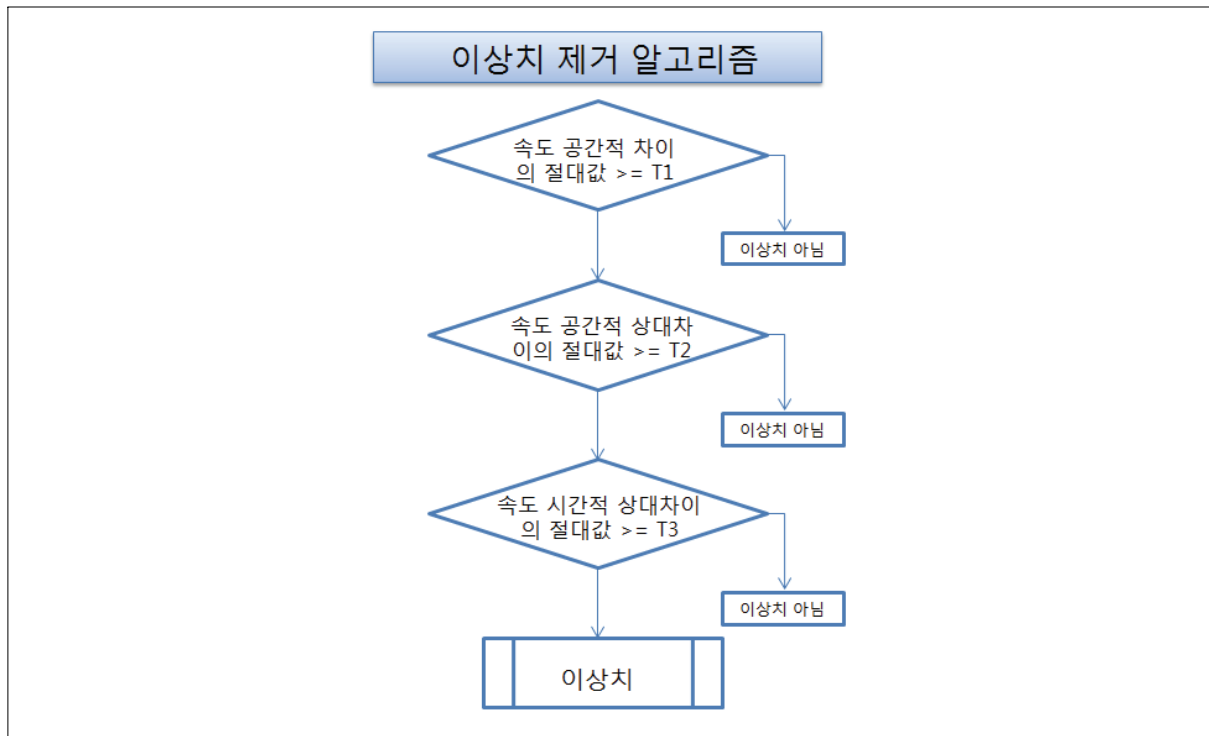
- 유고검지는 일반적으로 지점검지와 구간검지로 구분됨
- 지점검지는 한 지점에서 옆 차로간 LOS 차이를 한산상태와 근포화상태에서 검지하는 것이며, 과포화 상태에서도 검지효과를 기대할 수 있음
- 구간검지는 상류부와 인접하는 하류부의 교통상채를 비교하여 검지하는 것이며, 판단 기준은 역시 LOS의 차이가 됨
- 유고상황은 지점유고와 구간유고를 수행하므로, 특정상황에서는 구간 및 지점유고가 동시에 검지될 수도 있음
- 알고리즘 특성상 지점유고가 선행하여 검지되고, 이후 구간유고가 검지되는 것이 정상적인 결과임
- 유고검지 알고리즘은 Greenberg model을 기초로 하며, 지점내 각 차선별 밀도 변화에 의한 유고판단과 지점간 밀도변화에 의한 유고판단을 매 주기마다 수행함



<그림 3-29> 유고검지 알고리즘

#### 4. 캘리포니아 알고리즘을 활용한 이상치 제거

- ARIMA모형, Box-plot방법, Kurtosis 통계량 방법, 등 다양한 방법이 있지만, 본 연구에서 사용하는 데이터는 row data가 아닌 1차 가공된 데이터(1시간 데이터)를 사용함에 따라 통계적 검정법을 사용하기에 무리가 있음
- 본 연구에서는 돌발상황 감지에 사용되는 캘리포니아 알고리즘을 응용한 이상치 제거 알고리즘을 제안함
- 돌발상황 감지 알고리즘도 결국 점유율의 이상치를 찾아내는 방법임
- 파라미터값의 민감도를 조정하면서 적절한 값을 찾음
- 돌발상황 알고리즘의 판별력은 실제 돌발상황의 발생 여부로 확인할 수 있지만 본 이상치 제거의 이상치여부는 판별할 수 없음 (단, 연구의 목적상 사용하고자 하는 교통량 속도 자료에서 이상치를 배제하고자 하는 것이 목적이기 때문에 과감한 데이터 필터링이 필요함)



<그림 3-30> 이상치 제거 알고리즘

① 1단계

- T1 : 속도의 공간적 차이로 1번째 검지기에서 측정된 속도와 2번째 검지기 사이의 속도 차이의 절대값임
- 1번째 검제기와 2번째 검제기의 속도 차이가 T1 보다 크다면 이상치로 간주 (다음단계) T1 안에 측정되면 정상값임

② 2단계

- T2 : 속도의 공간적 상대 차이로  $\left| \frac{1\text{번째검지기 속도}}{1\text{번째검지기 속도}} - \frac{2\text{번째검지기 속도}}{1\text{번째검지기 속도}} \right|$  상대적인 차이로 1번째 검지기에서 측정된 것과 그것을 기준으로 다음검지기에서 측정된 속도와의 % 차이로 T2에 서 정한 % 보다 크면 이상치로 간주 (다음단계), T2 안에 측정되면 정상값임

③ 3단계

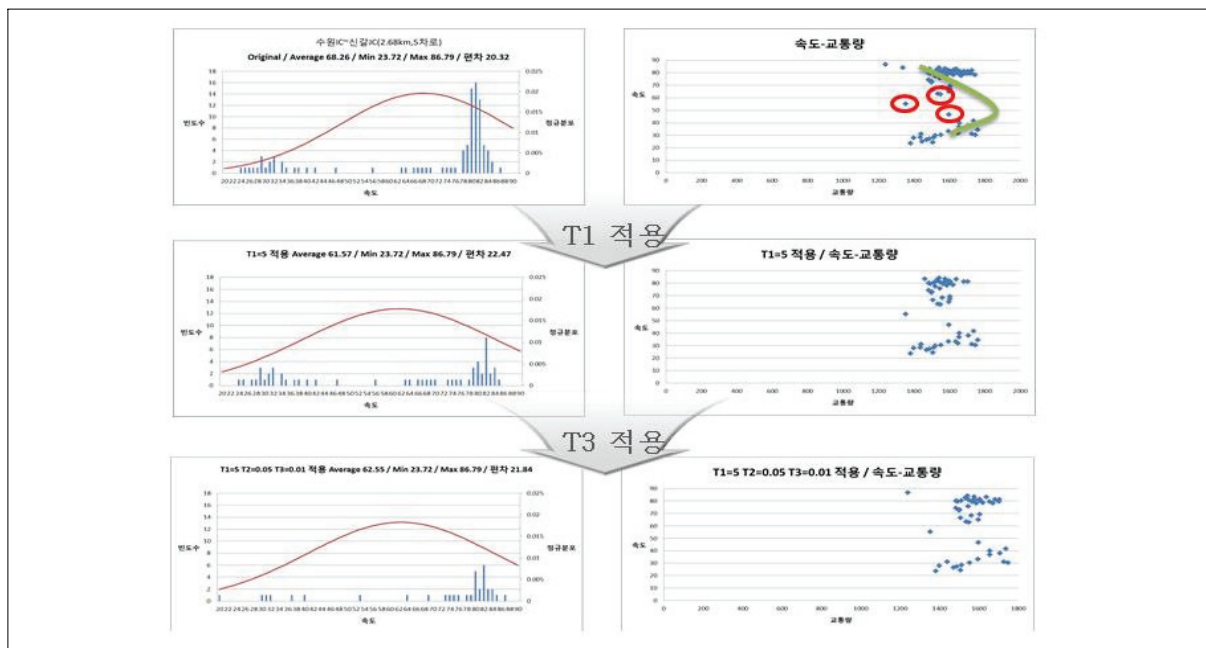
- T3 : 하루 속도의 시간적 상대차이로 속도 측정 시간단위를 15분 단위로 했을 때



$\left| \frac{07:30 \text{ 속도} - 08:00 \text{ 속도}}{07:30 \text{ 속도}} \right|$  07:00 에 측정한 속도와 2 time 다음 시간인 15분+15분 =30 분 뒤에서 측정한 속도의 시간적 상대차이 값으로 T3에서 정한 값보다 크면 이상치로 하고 적으면 정상값임

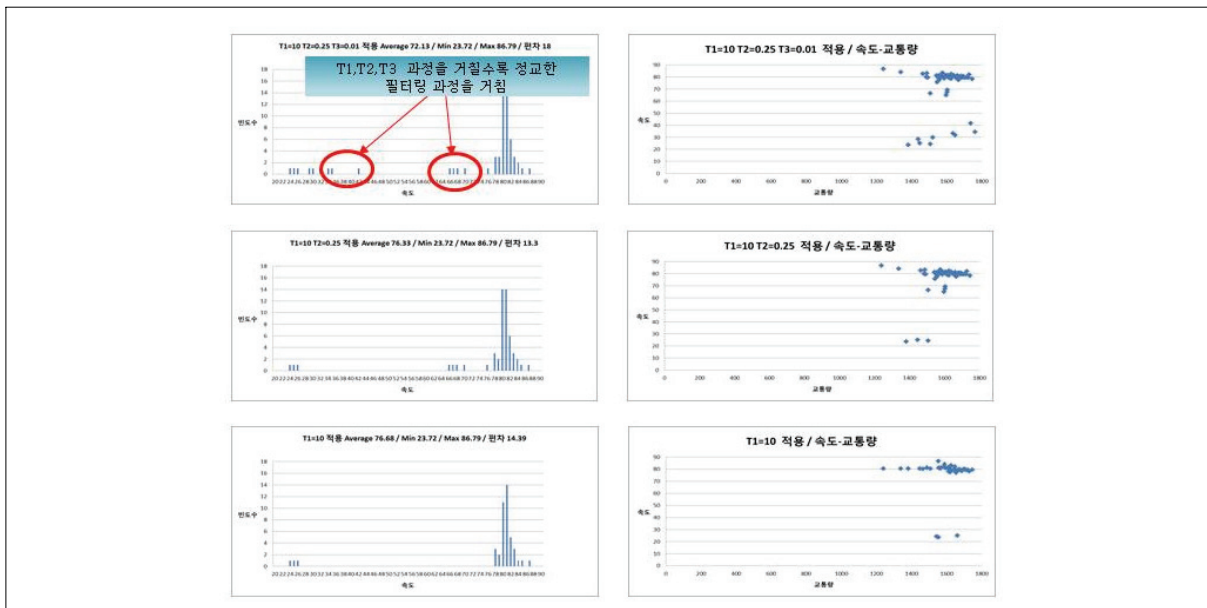
## 다. 데이터 적용 결과 분석

### 1) 이상치 데이터를 추출 한 결과 분석



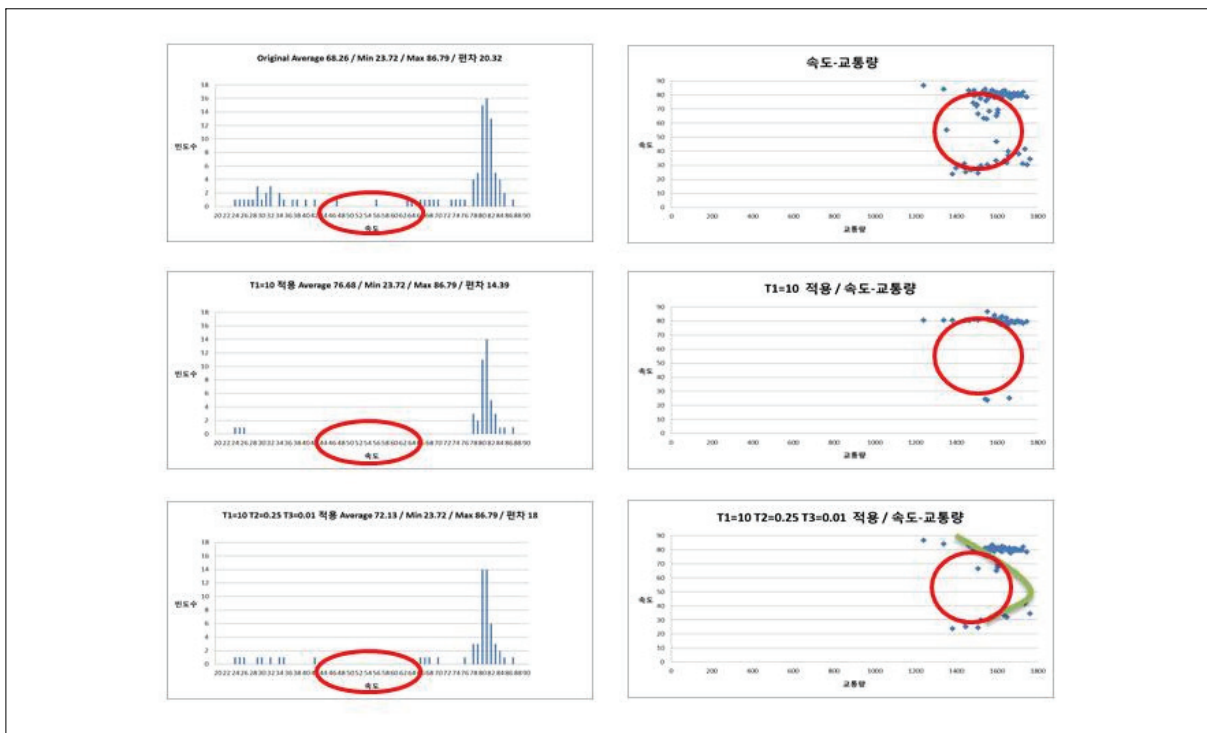
<그림 3-31> 이상치 데이터만 추출한 결과

## 2) 이상치를 제거한 데이터를 추출한 결과 분석



<그림 3-32> 이상치를 제거한 데이터 결과

## 3) 이상치 제거 전후 비교 분석



<그림 3-33> 이상치 데이터 제거 전후

- 기존의 데이터에는 다양한 속도 및 교통량이 존재 하는 것을 데이터 베이스를 통해 확인
- 그 데이터 안에는 운전자의 통행 특성에 따라 다양한 속도 분포가 존재
- 몇몇 운전자에 의해 발생하는 특정 속도는 표준으로 사용하기에 무리가 있는 것으로 판단, 이를 이상치 데이터로 간주
- 이를 제거하기 위해 새로운 알고리즘을 적용한 결과 특정 속도 구간에서 많이 밀집되어 있는 분포를 확인 할 수 있음
- 이는 이상치를 제거한 결과, 표준 데이터로 활용하기 위한 근거를 마련함
- 알고리즘에 T1적용 결과 과감한 데이터 제거를 확인 할 수 있었음
- 이후 T2, T3를 적용하면서 T1에서 과감하게 제거된 데이터 중 일부가 복구 되면서 이상치 제거의 정교한 필터링 과정을 거침
- 본 연구에서는 새롭게 개발한 알고리즘에 T1, T2, T3 값을 찾는 것은 기초 데이터 및 광범위한 자료를 요구하기 때문에 방법론적인 면을 제시하고자 함

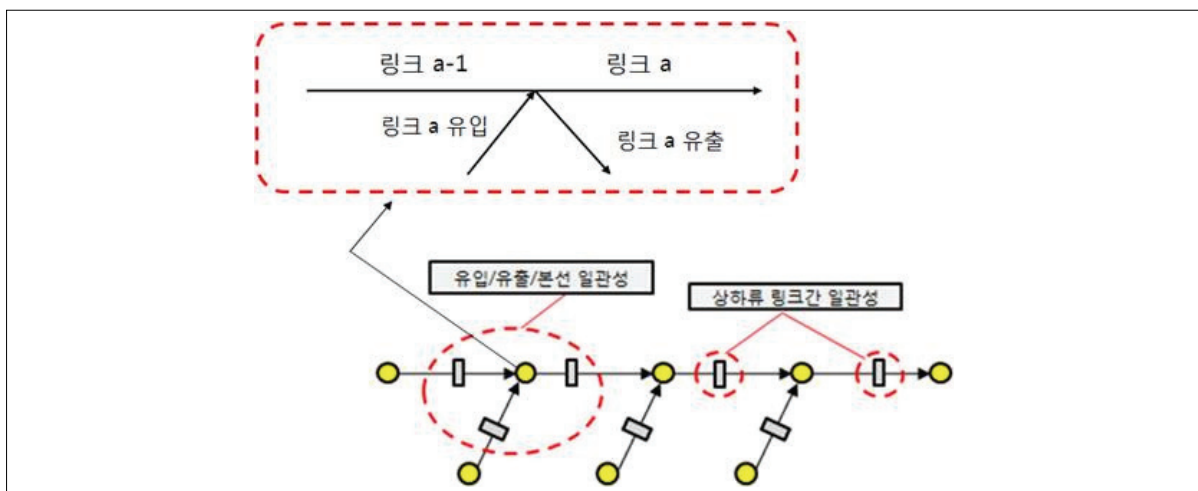
## 5. 축일관성 분석기법 개발

### 가. 오류검지 알고리즘의 개발

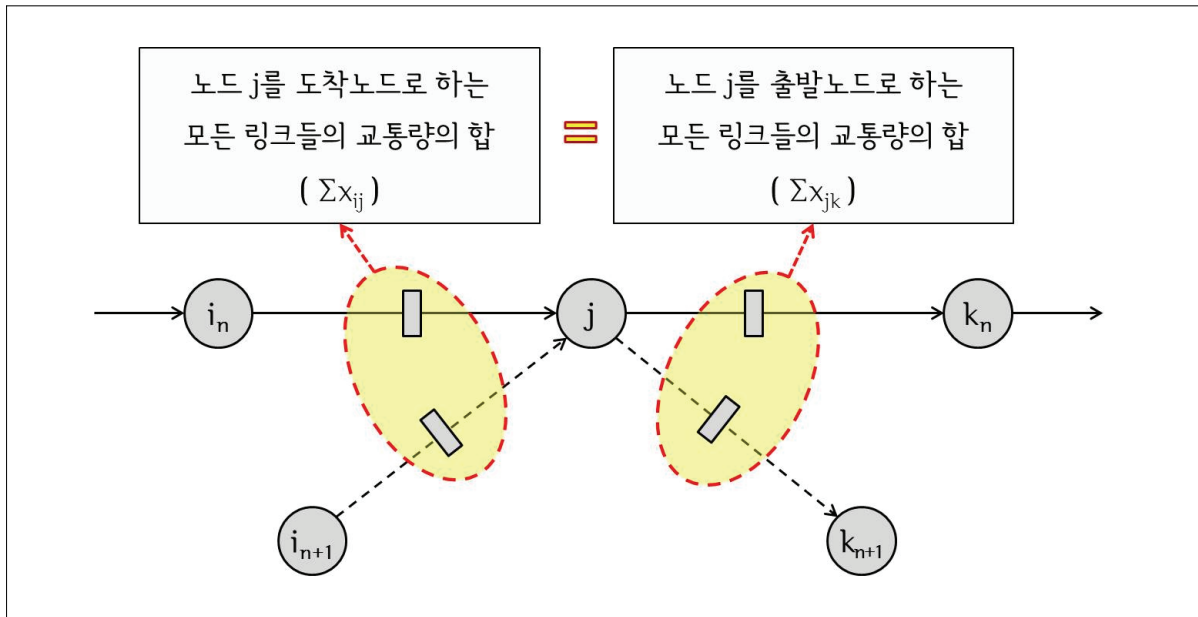
- 교통량 검증 과정은 크게 축 교통량 일관성 검증과 망 교통량 일관성 검증으로 구분되는데 이중 본 과제에서는 올해 과업기간 내에 축 교통망에 대해서만 애플리케이션을 개발함
- 축 일관성 검증의 기본 개념은 본선교통량과 유입교통량 및 유출교통량(램프교통량)은 교통량 보존제약에 의해 총량 보존이 되어야 한다는 것이며 이는 고속도로에서만 적용되는 내용임
- 축 교통량 총량 보존이란 <그림 3-34>에서와 같이 각 노드로 유입되는 교통량과 본선 교통량 및 유출교통량 간의 관계를 식 처럼 표현 할 수 있다는 의미임

$$x_a = x_{a-1} + u_a - v_a$$

- 식에서  $x_a$ 는 링크  $a$ (본선 링크)의 교통량을 의미하며, 링크  $a-1$ 은 링크  $a$ 의 선행 링크를 의미함
- 본선 링크  $a$ 로 유입되는 링크의 교통량은  $u_a$ 로, 유출되는 링크의 교통량은  $v_a$ 로 정의하였으며,  $u_a$ 와  $v_a$ 는 램프교통량을 의미함



<그림 3-34> 축 일관성의 검증 방법

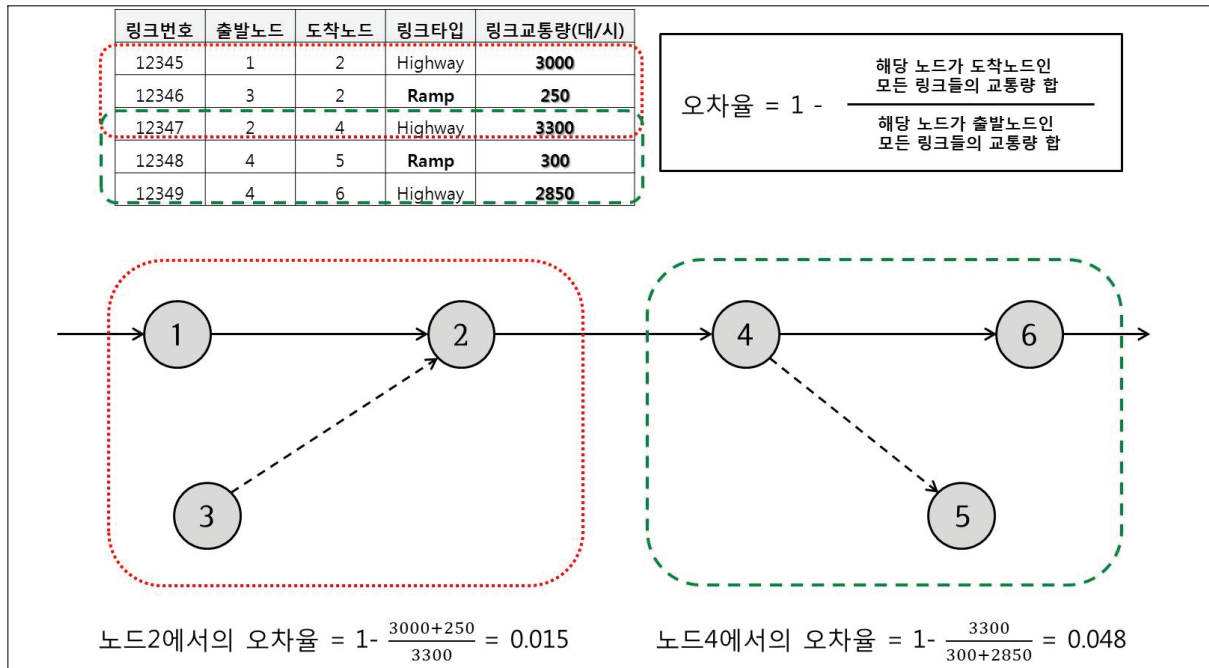


<그림 3-35> 교통량 총량 보존법칙의 예

- 축 일관성 검증을 위해서는 축 상 특정 지점(노드)에서의 오차율을 계산하여야 함
- 이에 따라 예를 들어, 고속도로 상 연속된 3개의 노드에 대해 위의 내용을 다르게 표현하면 <그림 3-35>와 같이 표현할 수 있으며, 여기서 본선링크(검증하고자 하는 축을 구성하는 링크)는 실선으로, 유출입 링크(램프)는 점선으로 표현하였음
- <표 3-40>은 본 과업에서 교통량 검증 과정을 위해 제공될 링크자료 형식의 예이며, 이를 이용해 <그림 3-35>에 대한 내용을 자세하게 설명하면 <그림 3-36>과 같음
- 분석을 위하여 고속도로 링크의 종류는 본선구간, 유입램프, 유출램프로 구분하고 본선구간은 각 결절점에서 하나의 유입램프나 유출램프만을 만난다고 가정함

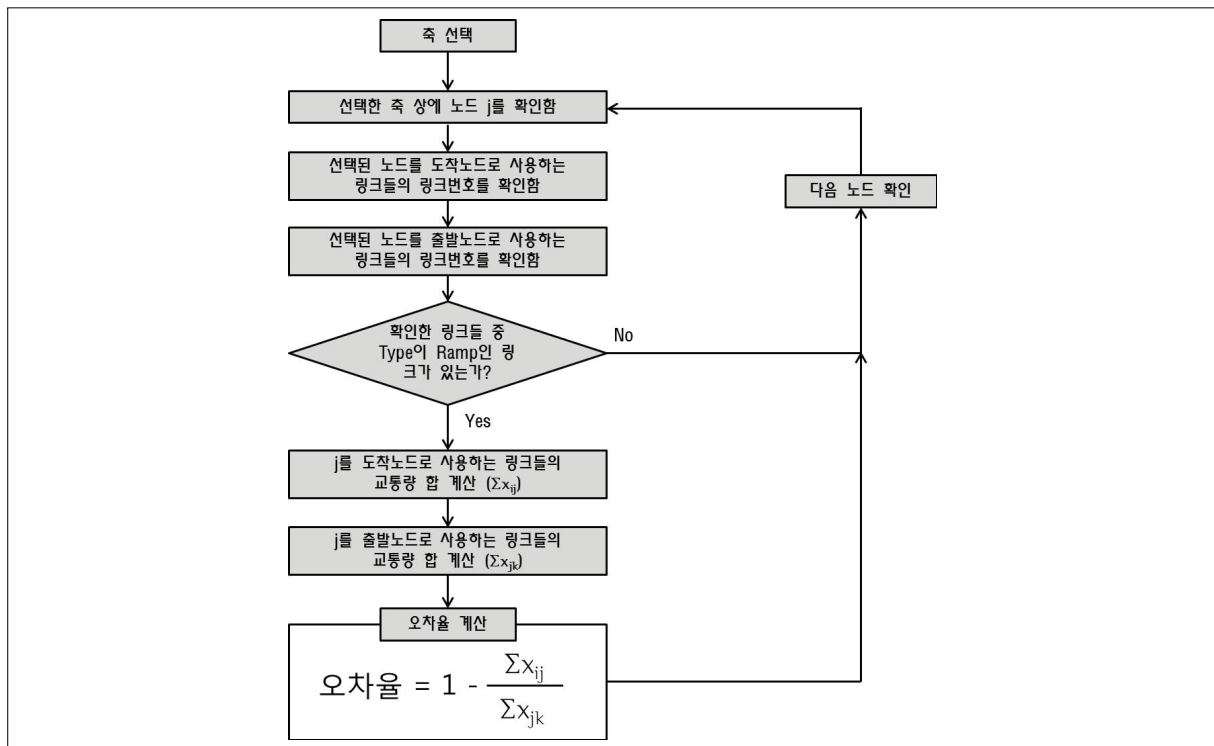
<표 3-40> KTDB 제공 링크자료 형식 예

링크번호	출발노드	도착노드	링크타입	링크교통량(대/시)
12345	1	2	Highway	3000
12346	3	2	On-Ramp	250
12347	2	4	Highway	3300
12348	4	5	Off-Ramp	300
12349	4	6	Highway	2950



<그림 3-36> 오차율 계산의 예

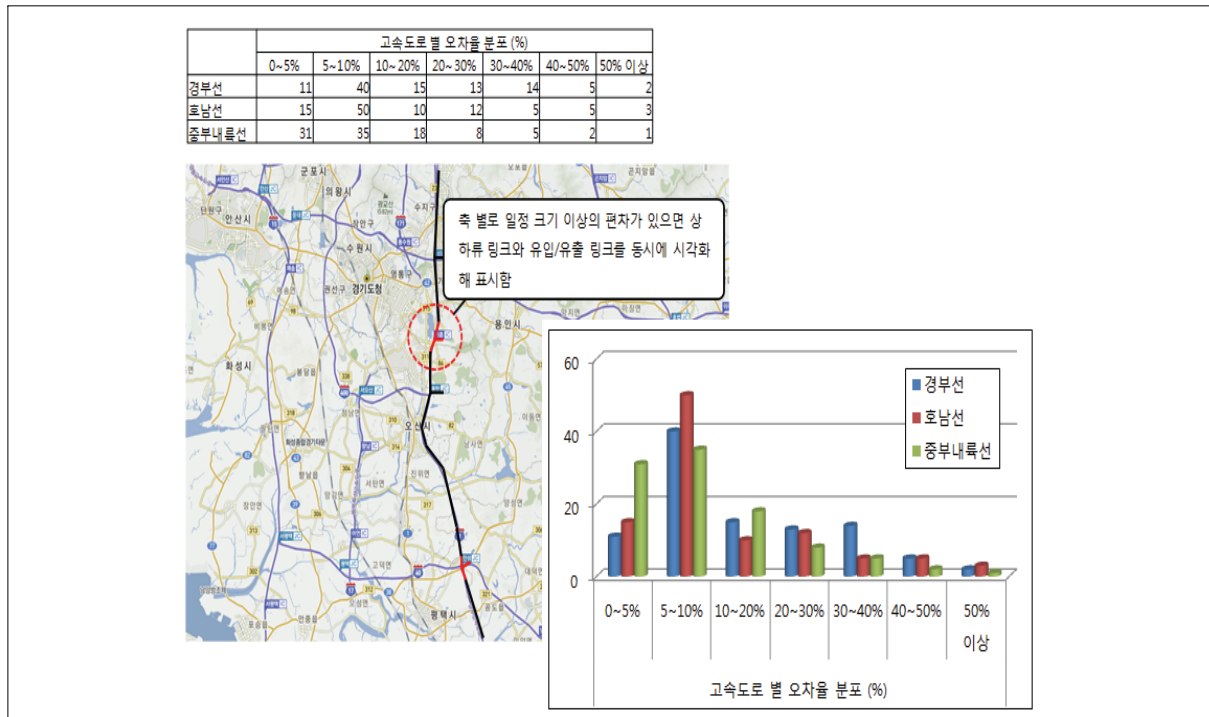
- 점선간격이 좁은 부분은 축 상의 노드가 유입링크를 만났을 때의 경우의 예이며, 점선간격이 넓은 부분은 유출링크를 만났을 때의 예임
- <그림 3-36>은 한 결절점에서의 오차율 계산 방법을 간단히 설명하고 있는데, 이러한 결절점 확인과 오차율 계산 과정을 최 상류부 링크로부터 하류부로 진행하는 한 차례의 축 교통량 검증이 종료되는 것임
- 오차율 계산은 기준교통량에 대한 상하류 교통량의 편차로 정의되는데, 이때 기준교통량을 상류 교통량과 하류 교통량인지에 따라 오차율에 차이가 발생할 수 있음
- 본 연구에서는 편의상 오차율의 계산에서는 상류부 교통량을 기준 교통량으로 정의하여 오차율 계산시 분모에 상류부 교통량을 사용하였는데, 이는 계산 상 큰 영향은 없으며 그 이유는 실제 교통량 Smoothing과정에서는 상류와 하류를 반복해가며 교통량 조정이 진행되기 때문에 상하류 교통량 모두가 기준교통량이 될 수 있음



<그림 3-37> 축 일관성 오차율 계산 알고리즘

- 이를 알고리즘으로 표현하면 <그림 3-37>과 같음 ( <그림 3-36>의 j 노드부터 알고리즘이 시작될 경우)
- 각 고속도로 축별로 오류 검증 알고리즘에 따라 교통류의 합류분류가 발생한 지점들에 대한 검증이 끝나면 각 지점별 오차율이 계산됨
- 이러한 오차율 계산이 끝나면 이를 각 축별로 시각화시켜 현재 고속도로에서 어느 정도의 관측교통량간 편차가 발생하는지를 분석가가 확인할 수 있도록 하는데 그 예는 <그림 3-38>과 같음
- 현재 일관성 수준의 표출 방식은 3가지 방식이 가능한데, 첫 번째는 지도상에 특정 % 이상의 교통량 불일치 지점들을 보여주는 것이고, 두 번째는 전체 고속도로 축의 노선별로 오차의 분포범위를 표로 보여주는 것이고, 세 번째는 그래프로 오차 분포를 축별로 보여주는 것임
- 이중 올해 과업에서는 주제도에 의한 표현과 표로 보여주는 방법을 채택하였음



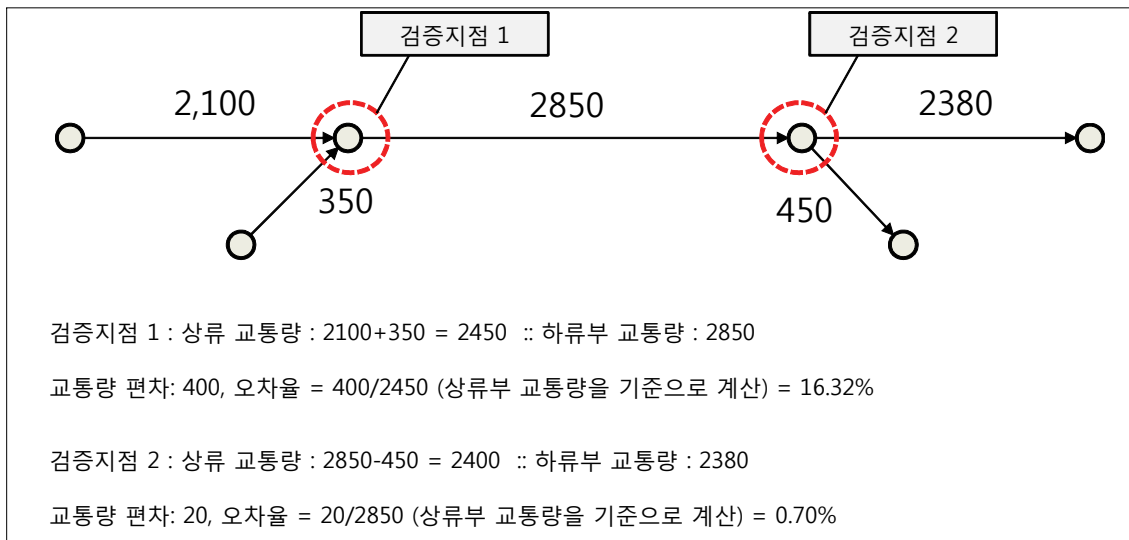


<그림 3-38> 고속도로 관측교통량 오류검증 결과의 다양한 표현

#### 나. 오류수정 알고리즘 개발

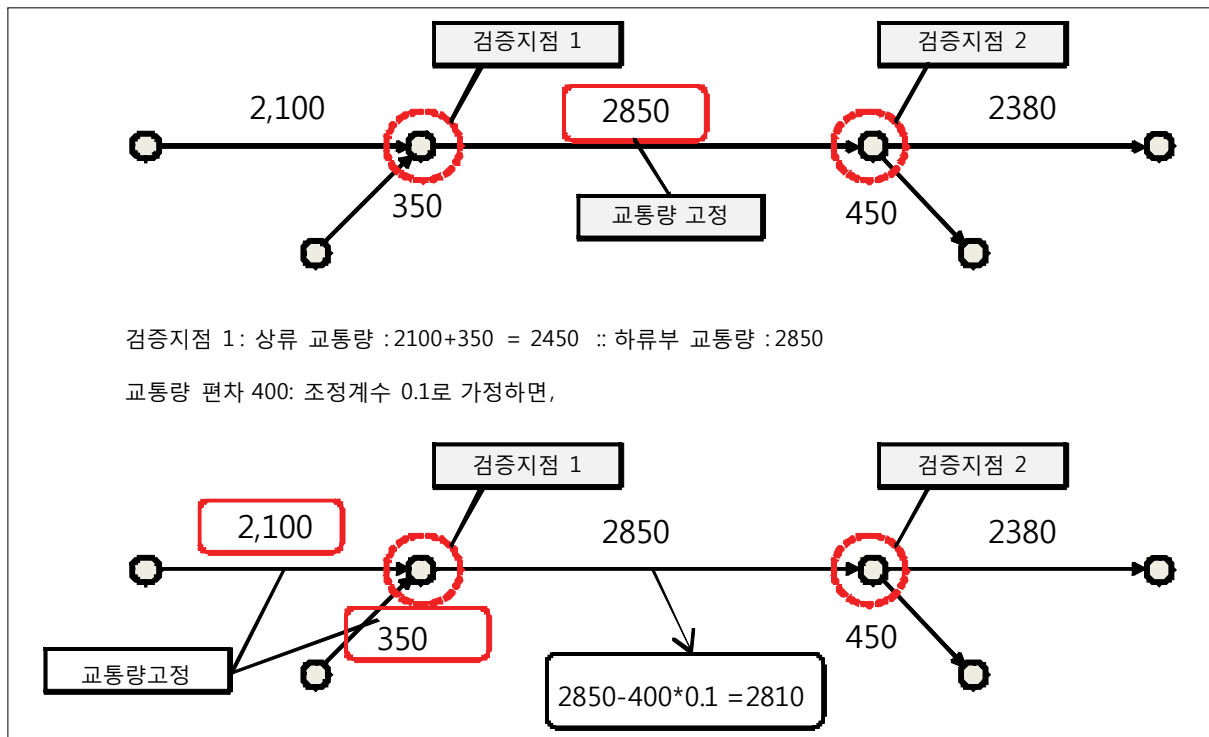
- 이러한 관측교통량 불일치 지점들이 확인되면 다음 작업으로는 이들 교통량 불일치 지점을 어떻게 처리할 것인가 하는 문제가 발생함
- 이때 불일치 지점의 교통량 조정을 통한 불일치 수준 완화 과정은 크게 세 가지 과정을 거치게 됨
- 첫 번째 과정은 교통량 수정이 필요한 지점을 선정하는 것으로 이를 위해서는 교통량 불일치의 허용 수준을 결정하는 것이 필요함
- 프로그램 내에서는 분석가가 최대 일관성 오차 허용 수준을 결정할 수 있음
- 일관성 오차란 앞선 정의에 따라 상류부 지점의 교통량과 하류부 교통량간의 차이를 상류부 교통량으로 나눈 값으로 정의하며, 예를 들어 <그림 3-39>의 검증지점 1의 경우 상류부 교통량이란 검증지점 1의 노드를 기준으로 정의되는데 검증지점 1을 링크의 종점 노드로 갖는 두 링크의 교통량 2,450이 상류부 교통량이 되고, 검증지점 1을 링크의 기점노드로 갖는 링크의 교통량 2,850이 하류부 교통량이 됨





<그림 3-39> 교통량 오차율 계산 예

- 만약 최대허용 오차율을 10%라 하면 그림의 계산 결과에 따라 검증지점 1은 오차율이 16.32%로서 허용 오차율을 벗어나며, 검증지점 2의 경우 오차율이 0.70%로서 상하류 교통량 일관성이 확보되었다고 판단함
- 일단 특정 지점이 교통량 불일치 지점으로 선정되면, 다음 과정으로는 어떤 링크의 교통량을 조정할 것인가를 결정하게 됨
- 어떠한 링크를 조정 대상으로 선정할 것인가에 있어 가장 중요한 점은 현재 일관성이 수용가능 수준인 다른 링크의 교통량은 수정하지 않는다는 것임
- 이러한 일관성 확보 링크들이 조정될 경우 하류나 상류 링크들이 연속적으로 수정이 되어야 하는 상황이 발생할 수 있으므로 이를 방지하기 위해 현재 조정대상 링크로 결정된 링크들이 아닌 경우에는 교통량 조정을 실시하지 않도록 해 일들 교통량을 교통량 조정 링크 선정이나 조정에서 제약으로 고려토록 함
- 예를 들어 <그림 3-39>을 보면 검증지점 1의 경우 편차 400에 조정계수 0.1을 곱해 조정값을 설정하고 이를 상류부 본선과 램프교통량의 비율에 따라 반영해 값을 갱신함
- 교통량 갱신을 <그림 3-40>과 같이 실시하면 본선 교통량은 2,100에서 2,130으로 갱신되고 램프 교통량은 350에서 355로 갱신됨



<그림 3-40> 교통량 오차율 수정 예

- 이러한 방식으로 교통량이 가장 상류 링크부터 하류부까지 교통량 갱신이 끝나면 다음번 갱신계산에서는 가장 하류부부터 가장 상류부로 진행하며 동일한 작업을 실시하는데, 이렇게 역방향 갱신 진행의 경우 하류부 교통량이 기준교통량이 되고 필요한 경우 고정되었던 교통량 2,850도 수정이 가능함
- 이러한 축 교통량 Smoothing 작업에서 주의할 점은 교통량 불일치 수준을 10% 까지는 수용하기 때문에 10% 이내로 교통량을 조정하는 작업을 하지 않으며, 한 번에 너무 많은 교통량을 수정할 경우 이러한 링크가 고속도로 본선일 경우 상하류 교통량에 영향을 줄 수 있으므로 한 번에 많은 량을 수정하지 않고 고속도로 상류에서 하류로, 다음 반복과정에서는 하류에서 상류로 이동하며 작은 크기만큼 교통량을 수정함
- 이러한 과정을 반복하여 교통량 불일치지점의 숫자가 충분히 작아지면 교통량 조정 과정을 중지함

#### 다. 알고리즘 적용

- 본 과업에서 개발된 축 일관성 검증 기법을 실제 교통망에 적용하기 위하여 애플리케이션에 모듈화하여 탑재하였음
- 모형은 크게 축 일관성을 검증하는 기능과 일관성 개선을 위해 교통량을 자동으로 조정하는 과정으로 구성되어 있으며, 검증 기능은 각 상하류 교통량간의 편차를 보여주고 조정 기능에서는 일관성 확보를 위해 조정되어야 할 교통량의 크기와 조정 후 관측 교통량을 제시함
- 검증 기능에서는 최대허용 편차를 이용자가 정의할 수 있으며 정의된 최대 허용치를 벗어나는 상하류 교통량이 존재하는 경우 표나 주제도를 통해 <그림 3-41>과 같이 확인할 수 있음
- 축 일관성 검증 기능을 통해 상하류간 교통량 편차가 존재함을 확인한 경우 검증을 거쳐 해당 구간내 관측교통량을 조정할 수 있음
- 수시 및 상시 조사 관측 교통량의 경우 임의로 수정할 수 없기 때문에 원 자료값을 수정 할 수는 없으나 이 값을 그대로 유지할 경우 VDF 정산 오차에 영향을 미칠수 있어 이에 대한 조정이 필요함

구간	관측교통량	대수합치량	보정가능...	~ 10%	~ 20%	~ 30%	~ 40%	40% 이상
경부선	403	31	372	297	10	8	10	47
남해선	262	2	260	214	9	6	4	27
88종횡직선	209	3	206	178	5	2	2	19
무안-광주선	110	7	103	98	1	0	0	4
서해안선	404	26	378	326	11	10	7	24
울진선	14	0	14	11	0	0	0	3
광학-광성선	7	5	2	0	0	0	0	2
익산-장수선	85	5	80	73	0	1	1	5
대구-포항선	43	2	41	34	1	1	0	5
호남선(논산-천안선 포함)	407	9	398	355	12	4	6	21
순천-광주선	13	11	2	0	0	0	0	2
당진-대전선	14	12	2	0	0	0	1	1
청음-삼죽선	104	6	98	91	0	0	5	2
동부선1	114	6	108	81	0	2	0	25
제2동부선	13	4	9	9	0	0	0	0
동부선2(대전-충청선)	403	8	415	387	5	7	3	13
광학-정읍선	68	6	62	48	0	5	2	7

<그림 3-41> VDF 애플리케이션 내 축 일관성 검증 기능

- 따라서 VDF 통합관리 애플리케이션에서는 관측교통량 조정 기능을 통해 <그림 3-41>과 같이 문제 지점을 파악한 뒤 교통량 조정 기능을 통해 축 일관성이 확보되도록 설정된 구간의 교통량을 조정할 수 있음
- <그림 3-41>과 같이 구간의 설정은 구간의 시점과 종점 링크를 선택하여 진행되며 교통량의 조정은 허용치 내로 문제 지점 교통량의 편차가 줄어들 때까지 계속됨
- 이때 수시 및 상시 교통량의 원래 값은 저장되며 새롭게 조정된 교통량은 <그림 3-42>와 같이 따로 저장됨
- 이때 두 지점의 교통량 간에 편차가 발생하는 경우 일방적으로 한쪽 교통량을 조정할 수 없고 주변 지점의 교통량 조정을 통해 특정 지점의 교통량을 지나치게 조정하는 것을 막아야 함
- 따라서 구간 전체 관측 교통량들을 왕복하며 작은 크기만큼 매 반복조정마다 수정하고 모든 문제 지점들의 편차가 허용 수준 내 진입하면 반복계산을 종료함
- 기능적으로는 축 교통량 검증 및 조정 기능이 완전하게 구현되었으나 현재 고속도로에서 상하류 교통량 및 램프의 유출입 교통량이 완전하게 조사된 구간이 많지 않아 전 구간에서 자동 검지 및 조정 작업을 수행할 수는 없었음
- 따라서 현재는 조정이 가능한 구간을 분석가가 직접 설정한 뒤 검지 및 자동 조정 작업을 수행해야함
- 향후 램프 유출입 교통량의 확보를 통해 보다 완전한 형태의 교통량 DB가 구축되면 우리나라 연속류 도로에 전체에 대한 축일관성 검증 작업이 가능해 질 것임

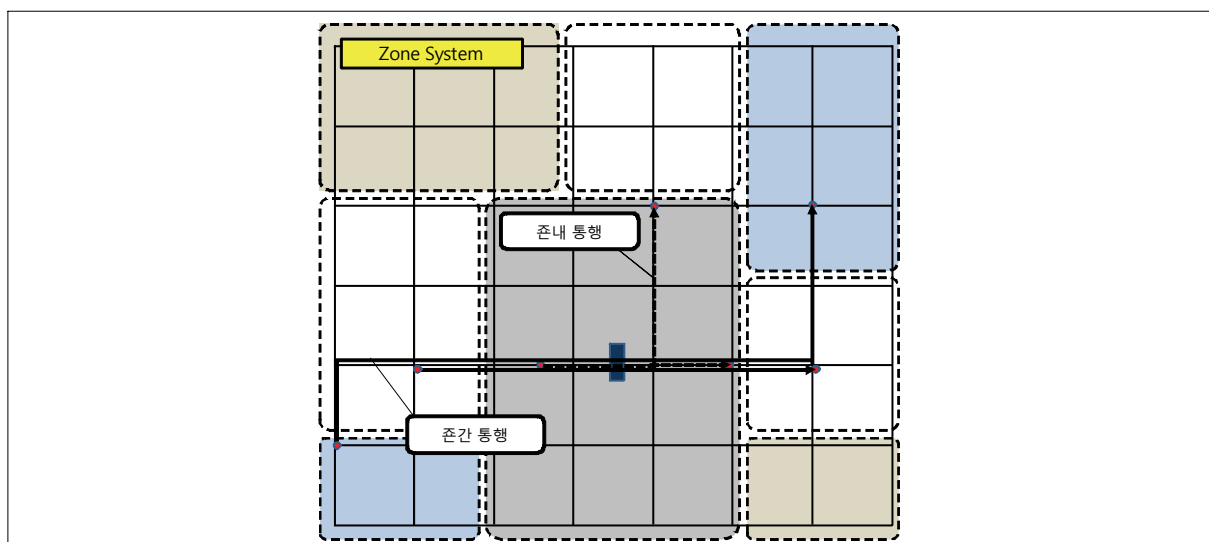
분석지점	보정전	보정후
316061	3769.27 (0.00%)	2307.11 (5.29%)
Ramp_In		
Ramp_Out		
316045	3769.27 (55.62%)	2185.15 (5.38%)
Ramp_In		
Ramp_Out		
316039	2317.08 (0.00%)	2608.65 (5.28%)
Ramp_In		
Ramp_Out		
316049	2829.58 (0.00%)	2749.15 (5.17%)
Ramp_In		

<그림 3-42> 축 일관성 검증 모듈의 교통량 조정 기능

## 6. 존 내부통행량 계산

### 가. 분석 배경

- 현재 교통망 VDF 정산에 이용되고 있는 관측교통량의 경우 검지기나 관측자에 의해 해당 검지지점을 통과하는 모든 차량들을 산정하는 방법을 통해 구해짐
- 하지만 통행배정을 통해 계산되는 관측 지점을 통과하는 통행량은 설정된 존 체계에서 존간 통행으로 정의되는 통행량만을 포함한 교통량임
- <그림 3-43>에서 예시한 바와 같이 검지지점을 통과하는 차량의 기점과 종점이 검지가 설치된 존 내에 있는 경우 이 통행은 존 내부통행이 되고, 현재의 존 체계에서는 통행배정 교통량에 포함되지 않음
- 이러한 존 내 통행량은 고속국도 및 일부 도시고속도로 검지 교통량을 제외한 전 관측교통량에 포함되어 있으나, 현재 각 검지 지점이 몇 %의 존 내부통행량을 포함하고 있는지는 연구된 바 없음
- 이렇게 관측교통량에 존 내부 통행량이 포함되어 있다면 VDF 계수값이 정확하게 결정되어 있고 경로선택 모형도 현실의 경로선택 행태를 완벽하게 반영한다 하더라도 존 체계가 개별 차량의 기종점 단위로 상세화되지 않는 한 관측교통량은 통행배정 교통량에 비하여 언제나 클 수밖에 없음



<그림 3-43> 존 내 통행과 존간 통행

- 따라서, VDF정산에 교통량 자료를 이용하기 위해서는 다차로 도로들에 대한 존 내부통행량 제거과정, 즉 필터링 과정이 필요함
- 이러한 존 내부 통행량 추정 방법 중 가장 정확한 방법은 모든 교통량 조사지점에서 면접조사를 통해 차량의 기종점을 조사한 뒤, 이를 데이터베이스화하여 존 내부와 존 간 통행량 정보를 구축하는 것임
- 하지만 현재 조사지점의 수를 고려할 때 모든 지점에서 면접조사를 실시하는 것은 불가능하기 때문에 이를 대체할 수 있는 방법이 필요한데, 대안으로 가장 현실성이 있는 것은 자동차 내비게이션 시스템의 자료를 이용하는 것임
- 내비게이션 자료를 이용할 경우 먼저 내비게이션 샘플 차량계적 정보를 KTDB 관측교통량 검지지점과 교차 확인하여 내비게이션 장착 차량이 통과한 관측 지점을 찾고, 해당 통행이 현재 존 체계에서 존 내부통행인지 존 간 통행인지를 확인해야 함
- 존 간 통행인지 존 내부 통행인지를 확인하면 통과 검지기에 통과 교통량으로 추가하고 존 간 또는 존 내부 통행으로 기록한 뒤, 집계가 끝나면 검지기별로 존 내부 통행량 비율을 계산해, 해당 비율만큼을 현재 관측교통량에서 제외함
- 내비게이션 자료를 이용하기 위해서는 해당 통행의 기점과 종점이 현재 존 체계에서 어디에 속하는지를 파악할 수 있도록 Look-up table을 작성하는 것이 필요하고, 차량 샘플이 통과하는 링크들을 교통망 통행배정 링크와 일치시켜 검지기 설치위치와의 매칭 작업이 쉽게 하는 것이 필요함
- 하지만, 내비게이션 자료가 완벽하게 EMME/3 교통망상의 링크에 일치하지 않는 존 매칭 불일치 문제가 발생하여 표본이 확보되지 않는 링크들이 존재하며, 따라서 샘플의 수가 부족한 검지 지점에 대해서는 가정에 기반한 존 내부 통행량 추정 기법의 개발이 필요한 것으로 나타남
- 현실적으로는 모든 검지지점에 대하여 내비게이션 자료를 통해 통과 교통량 비율을 계산하는 것은 거의 불가능하다고 판단되며, 대신 각 지역별, 각 도로위계별로 표본이 충분한 검지지점에서 존 내부 통행비율을 계산하여 이 값을 동일지역 동일 위계에 모두 적용하는 방법과 동일지역 동일위계에서 모아진 각 표본들을 모두 합하여 해당 지역 해당 위계의 존 내부통행량 대표비율을 계산하는 방법 등을 이용할 수 있음

### 나. 존 내부통행량 계산 방법론

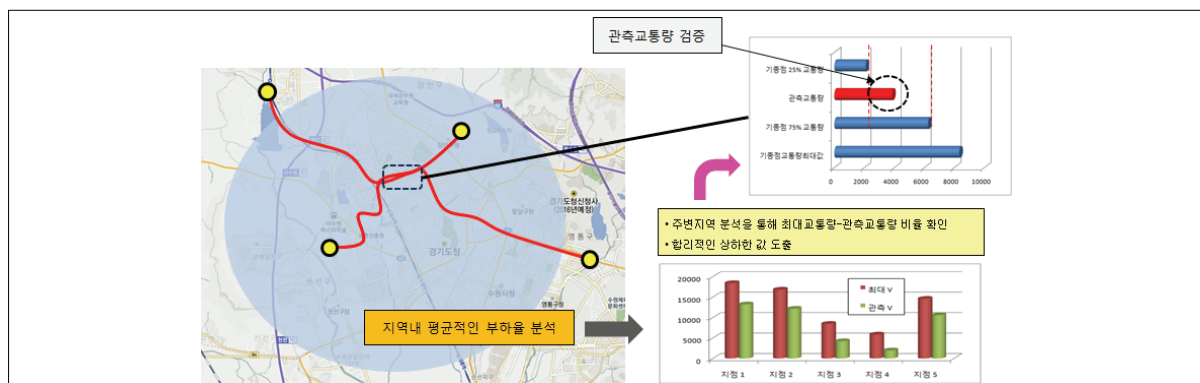
- 내비게이션 자료를 이용한 분석이 필요하겠으나 일반적인 도로위계와 통행거리의 관계를 고려할 때 도로의 위계가 낮을수록 통행거리는 짧을 것으로 예상할 수 있음
- 따라서 도로위계에서 하위에 속하는 다차로 4, 5, 6등급 도로가 내부통행량 비율이 가장 높을 것이라 예상되며, 이러한 추측은 VDF 정산과정에서 배정교통량과 관측교통량간 관계분석을 통해 추측할 수 있음
- <표 3-41>에서 확인할 수 있는 바와 같이 다차로 도로의 경우 하위 도로로 내려갈수록 미배정 교통량이 증가하고 있는데, 기종점 통행량표 자체가 가진 오차나 통행배정 모형의 한계는 도로 위계에 구분 없이 영향을 미친다는 점을 고려한다면 이러한 미배정 문제는 존 내부 통행량의 포함비율의 차이에 의해 발생한다고 추측됨
- 특히 6등급 도로의 경우 77%의 링크가 심각한 과소배정을 나타내고 있어 상당한 비율의 내부통행량이 관측교통량에 포함되어 있을 것이라 생각되며, 다차로 1, 2, 3 등급의 경우 그 비율이 미세하지만 4, 5등급에 비해 조금 높게 나타나는데, 이는 실제 다차로 1, 2, 3 등급의 경우 실제 현실에서는 고속도로나 도시고속도로를 이용할 중 장거리 통행들을 유인하여 과소비율을 낮추었을 가능성이 있어 다차로 하위등급 도로에 비해 더 심각한 VDF 정산 오차의 원인이 될 수 있음
- 따라서 전 도로에서 내비게이션 통행자료를 이용하여 내부 통행량 비율 계산을 하는 것이 필요한데, 다만 도로 위계에 따라서 내비게이션 자료로 내부통행량 비율을 직접 계산할 수 있는 경우가 있고, 그렇지 못한 경우가 있을 수 있음

<표 3-41> 다차로 도로 과소배정 지점 비율

과소 비율	다차로도로	다차로 1등급	다차로 2등급	다차로 3등급	다차로 4등급	다차로 5등급	다차로 6등급
-30% ~ -50%	10.2%	6.1%	9.5%	10.0%	14.0%	12.5%	25.0%
-50% ~ -70%	9.9%	6.9%	10.1%	9.1%	10.5%	16.2%	21.2%
-70% ~ -100%	16.1%	14.0%	15.6%	17.6%	15.9%	22.1%	17.3%
-100%	17.5%	23.5%	19.5%	14.8%	14.1%	5.9%	13.5%
계	53.7%	50.5%	54.7%	51.5%	54.5%	56.7%	77.0%



- 즉 내비게이션 자료가 각 위계별로 동일한 수준의 표본률을 확보하지 못하고 다차로 1, 2, 3에서는 충분한 표본이 확보되지만, 다차로 4, 5, 6에 대해서는 표본수가 부족할 수도 있음
- 따라서 먼저 내비게이션 자료들을 검토후 충분한 자료가 확보되어있는 도로위계에 대해서만 내부존 통행량 비율을 확인하고, 표본이 충분하지 않은 경우에는 소수의 표본을 모형과 함께 이용해 내부통행량을 추정하는 방법론을 개발하여야 함
- <그림 3-44>에서는 이러한 방법론의 예를 들고 있는데, 통행배정 모형이 기종점간 통행경로를 저장하고 있다면 각 기종점들과 각 검지지점들 간의 관계를 정의할 수 있음
- 이때 모든 기종점 교통량을 해당 검지지점을 통과하는 경로에 부과하였을 때 얻어지는 교통량이 해당 검지지점의 배정가능 최대교통량으로 정의할 수 있음
- 물론 이러한 최대교통량은 존간 통행량의 최대값을 나타내는 것으로 이 값보다 관측교통량이 크다면 이 지점은 존 내부통행량 비율이 매우 높은 검지지점으로 결정할 수 있음
- 하지만 배정가능 최대교통량에 비하여 관측교통량이 작다 해도 실제 배정시에는 하나 이상의 경로로 기종점 교통량이 배분되므로 현실적인 배정 수준보다 관측교통량이 큰 검지지점들을 찾아내야 하는데, 이를 위해서는 해당지역 내에서 내비게이션 자료로 확인한 다른 검지지점들의 평균 내부통행량의 비율과 통행배정 결과를 통해 계산된 다른 검지기의 최대 배정교통량 대비 배정교통량의 비율을 이용해 내비게이션 자료로 존 내부통행량 비율을 계산할 수 없는 검지지점의 내부 통행량 비율을 계산할 수 있음
- 즉, 내부통행량 비율이 있는 주변 검지지점에서 내부통행량을 제외한 관측교통량대비 배정교통량 비율을 계산하여 배정율의 상하한을 계산한 뒤 평균적인 수준에서 추정 배정율을 계산해 내부 통행량을 추정함

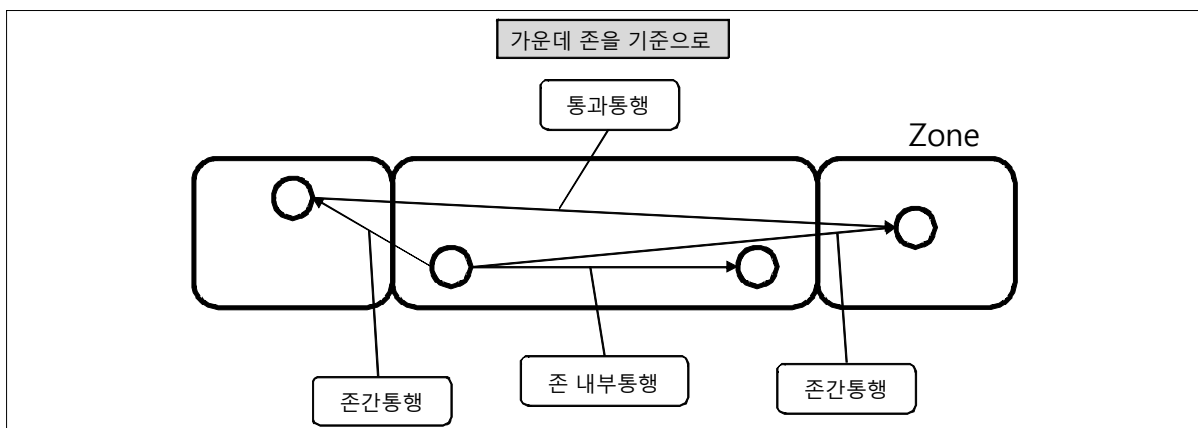


<그림 3-44> 경로정보를 이용한 존 내부통행량 비율 계산 방법론 예



### 다. 계산 알고리즘

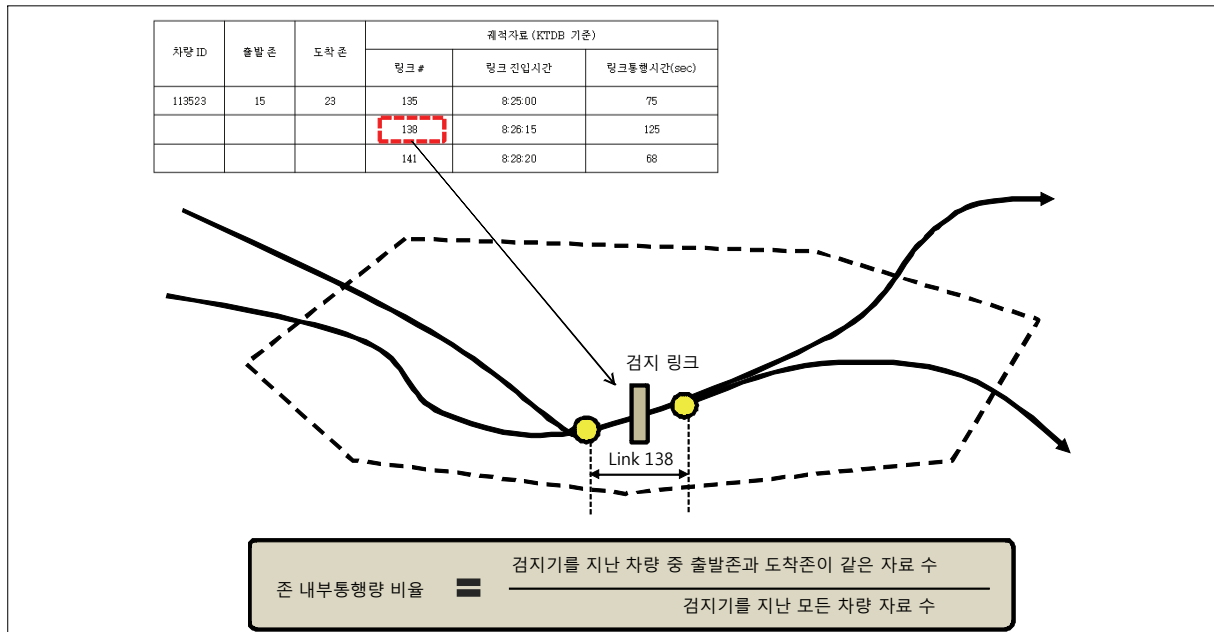
- 존 내부 통행량이란 하나의 교통존 (행정체계 기준 시군경계/읍면동경계) 의 내부에서 출발하여 내부에서 통행이 종료되는 통행을 의미함
- <그림 3-45>에서 보는바와 같이 존과 궤적의 관계에 따라 통행은 크게 세 가지 종류로 구분되는데, 존 내부 통행량 계산 알고리즘에서는 이중 현재 KTDB 교통량이 존 재하는 다차로도로 지점 (링크) 들에 대하여 관측교통량 중 존 내부통행량이 어느 정도 비율인지를 계산함
- 내비게이션 자료를 통해 차량이 이용한 링크와 존간의 관계를 확인할 수 있는데, 출발 존과 도착 존이 같은 경우 내부존 통행이 되며, 이를 검지 링크 기준으로 합산해 계산하면 존 내부통행량을 계산할 수 있음
- 내비게이션 자료를 통해 차량이 이용한 링크와 존 간의 관계를 확인할 수 있는데, 출발 존과 도착 존이 같은 경우 내부존 통행이 되며, 이를 검지 링크 기준으로 합산해 계산하면 존 내부통행량을 계산할 수 있음



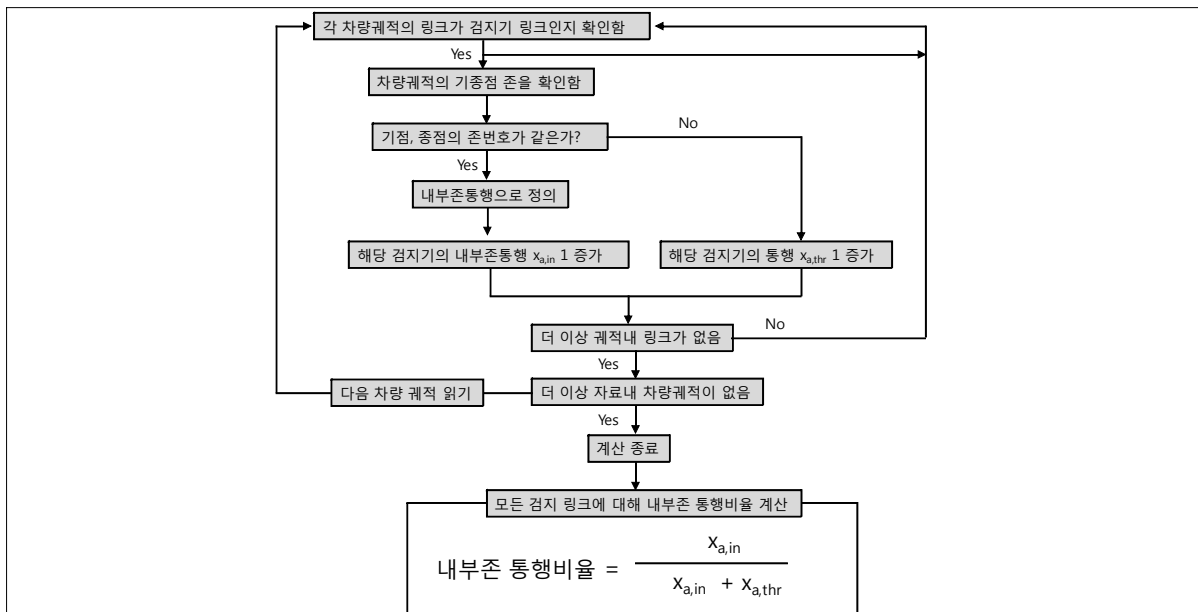
<그림 3-45> 존과 궤적의 관계에 따른 통행 정의

<표 3-42> MN-Soft 제공 궤적자료 형식 예

차량 ID	출발 존	도착 존	궤적자료 (KTDB 기준)		
			링크 #	링크 진입시간	링크통행시간(sec)
113523	15	23	135	8:25:00	75
			138	8:26:15	125
			141	8:28:20	68



&lt;그림 3-46&gt; 준 내부 통행량 비율 정의



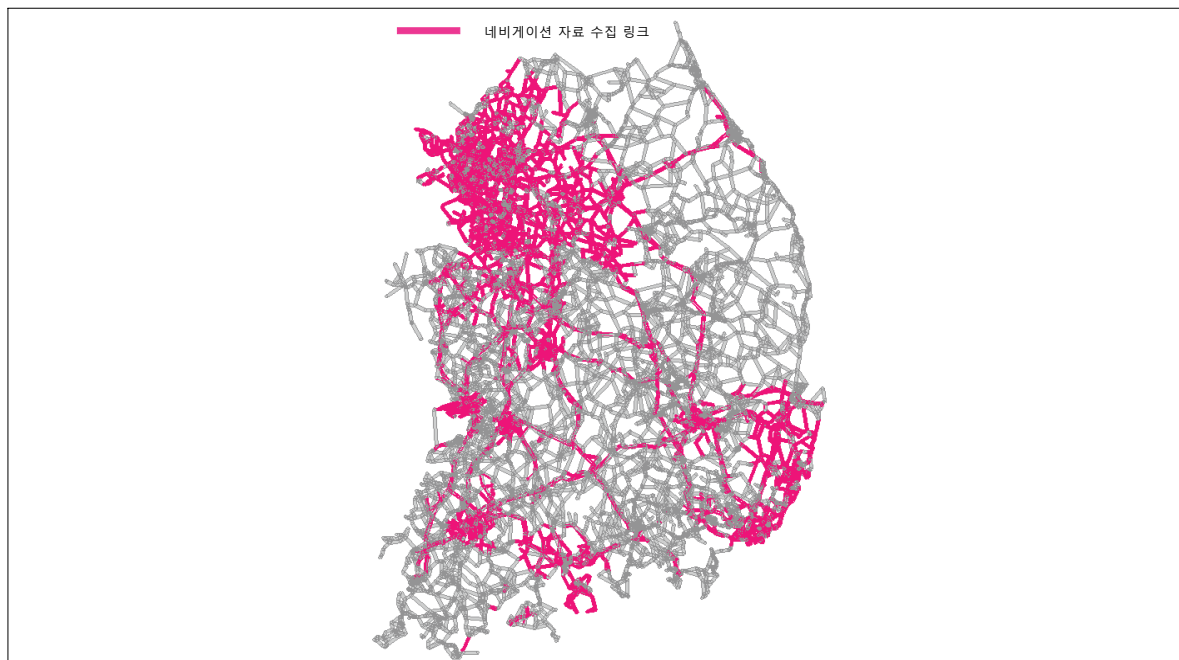
&lt;그림 3-47&gt; 준 내부통행량 계산 알고리즘

- 따라서 <그림 3-46>과 같이 자료를 저장하면 각 검지기(링크)가 위치한 준과 각 차량의 기종점을 비교한 뒤 링크가 속한 준과 통행의 기점과 종점이 같은 준인 경우 이를 내부통행량으로 정의함
- 준 내부통행량을 계산하는 알고리즘은 <그림 3-47>과 같음

- 알고리즘에서는 각 차량 ID별로 통과한 링크를 검색하여 검지기가 설치된 링크인 경우 두 가지 변수의 값을 업데이트 하게됨
- 이때,  $x_{a,in}$ 은 링크 a의 교통량 중 존 내 통행량을 의미하는 것이고,  $x_{a,thr}$ 의 경우 존 간 통행량을 의미함
- 만약 차량의 기점과 종점이 동일한 존이라면 링크 a에 대해  $x_{a,in}$ 가 1 증가되고, 그렇지 않은 경우에는  $x_{a,thr}$ 의 값이 1 증가됨
- 모든 차량 궤적의 검색작업이 끝나면 최종적으로 계산된  $x_{a,in}$ 과  $x_{a,thr}$ 을 이용해 <그림 3-47>에 제시된 방법으로 모든 링크 a에 대한 존 내 통행량 비율을 계산함

#### 라. 존 내부 통행량을 통한 KTDB 관측교통량 검증

- 앞서 설명한 방법론을 통해 본 연구에서는 KTDB EMME/3 교통망의 링크에 대한 존 내 통행비율 분석을 MN Soft의 내비게이션 자료를 통해 분석함
- 자료는 2011년 8월 1일 부터 2012년 7월 31일까지 1년치 자료를 이용하였으며 분석에 사용된 차량 궤적의 총 수는 약 1억 2천만 통행임
- 다만 현재 MN Soft의 내비게이션 자료 수집 교통망의 링크들이 KTDB의 전체 링크를 포함하고 있지 않아 전체 KTDB 교통망 링크에 대한 존 내 통행량 분석이 이루어지지 않는
- KTDB 교통망 전체 링크를 기준으로 분석하면 존내통행량 비율이 계산된 링크는 1년간 30개 이상의 자료가 수집된 33,179개로서 KTDB EMME/3 교통망 링크 68,613개의 48.4%에 해당함
- 이중 수시·상시 교통량 관측 링크 기준으로는 전체 교통량 관측지점 6,818개소 중 2,614 개소에 대한 존 내통행량이 계산되어 38.3% 관측지점에 대한 존내통행량 비율 계산이 가능하였음
- 현 KTDB 교통망에서 존 내 통행량 비율 계산이 가능한 지점은 <그림 3-48>과 같이 분포하여 있음

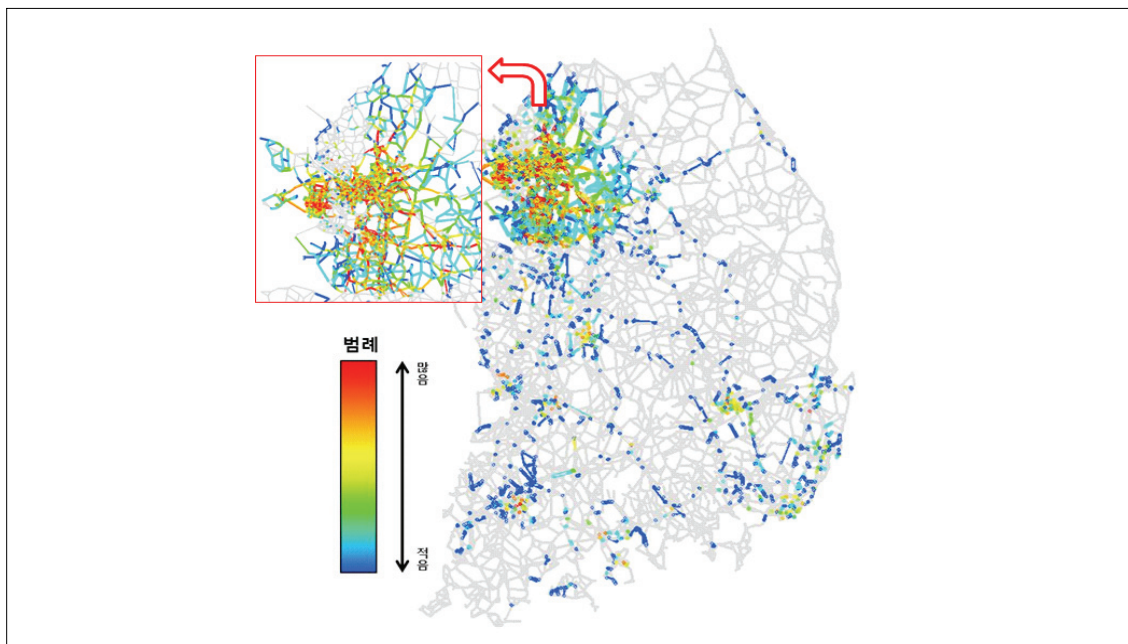


<그림 3-48> 내비게이션 자료수집 링크 분포 현황

- <표 3-43>에서는 내비게이션 자료의 월별 수집 현황을 분석하였음
- 자료의 월별 수집 패턴을 보면 가장 자료가 많이 수집된 달은 2012년 4월이며 자료가 가장 적게 수집된 달은 2011년 8월이었음
- 4월의 경우 여가 활동이 활발한 시기이고 8월의 경우 휴가기간의 요인이 있을 것으로 추정되나 이에 대한 상세한 분석은 향후 연구가 필요함

<표 3-43> 내비게이션 자료 월별 수집 현황

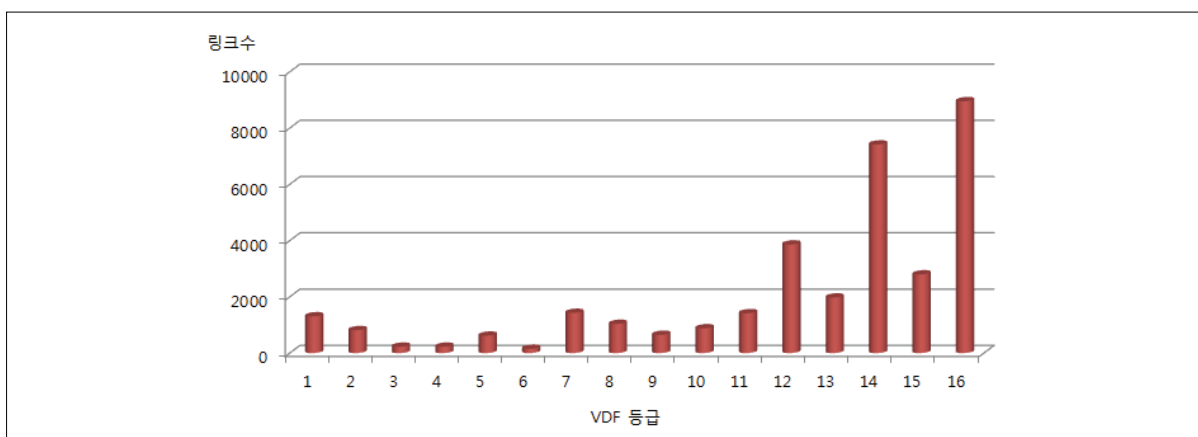
구분	데이터 갯수	데이터크기
2011년 8월	100,867,854	4,477,516 MB
2011년 9월	117,622,988	5,221,250 MB
2011년 10월	150,111,285	6,663,383 MB
2011년 11월	177,879,140	7,895,984 MB
2011년 12월	223,420,038	9,917,492 MB
2012년 1월	279,396,760	12,402,266 MB
2012년 2월	353,584,875	15,695,414 MB
2012년 3월	517,133,669	22,955,219 MB
2012년 4월	551,465,149	24,479,172 MB
2012년 5월	526,109,425	23,353,633 MB
2012년 6월	347,283,353	15,415,711 MB
2012년 7월	138,557,074	6,150,500 MB



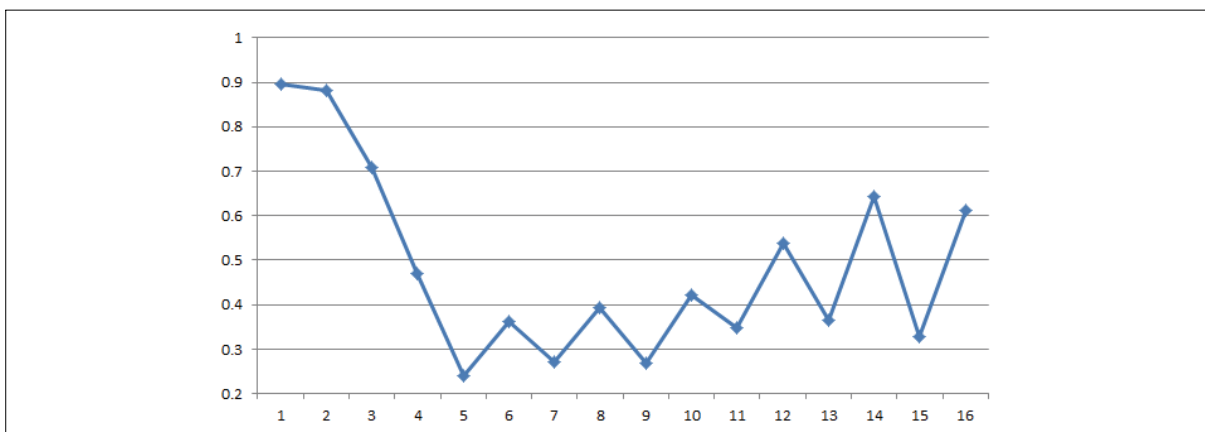
<그림 3-49> 내비게이션 자료 확보 수 분포

- 〈그림 3-49〉는 각 링크별로 수집된 내비게이션 자료의 숫자를 30개 이상 수집된 링크들에 대해 구분해 나타낸 것임
- 그림에서 나타난 바와 같이 도시지역의 도로망일수록 상대적으로 많은 숫자의 표본들이 수집됨을 확인할 수 있음
- 따라서 도시부 도로들의 존 내 통행량의 경우 충분한 표본숫자를 통해 신뢰도를 확보할 수 있고 상세한 분석, 예를 들어 시간대별 존 내 통행 비율이나 요일별 존 내 통행비율 등에 대한 분석도 가능할 수 있으나, 반대로 표본의 숫자가 많지 않은 지방부 도로의 경우 존 내통행량 비율의 추정 정확도가 낮을 것으로 판단됨
- 신뢰도 있는 존 내 통행량 비율 DB 구축을 위해서는 내비게이션 자료 수집 링크를 공간적으로 확대할 뿐만 아니라 각 링크별로 더 많은 내비 자료를 수집하기 위한 방안이 마련되어야 함
- 현재 VDF 계수값을 정산하는 VDF 16등급까지의 전체 도로에 대하여 존 내 통행량 비율이 계산된 링크 33,179개를 각 등급별로 분류한 결과는 〈그림 3-50〉과 같음
- 전체 16등급 중 링크별 내비게이션 자료가 가장 많이 수집된 등급은 16등급으로서 총 8,920개의 링크에서 존 내 통행 비율이 분석되었음
- 특히 다차로의 경우 14등급과 16등급에서 자료수집 링크수가 많았는데 이는 이러한 링크들이 도시지역에 위치한 경우가 많았기 때문임
- 따라서 이들 등급의 경우 조사된 존내 통행비율의 평균은 도시부 통행의 특성을 많이 반영하고 있어 이를 기초로 지방부 14, 16등급의 통행을 분석할 경우 오차가 발생할 수도 있다고 판단됨
- 동일 등급 내 얼마나 많은 숫자의 링크들에서 존 내부통행량이 관측되었는지도 중요하지만, 각 등급 내 링크들 중 얼마나 많은 링크들에서 존 내 통행율이 관측되었는지가 자료의 질적 측면에서는 더 중요함
- 고속국도와 도시고속도로로 구성된 VDF 1~4등급의 경우 고속 국도인 VDF 1, 2등급에서는 거의 대부분의 링크에서 존 내통행량 비율이 분석되었으나 도시고속도로의 경우 3등급과 4등급에서는 각각 225개 및 217개에서 자료가 수집되었음
- 단 도시고속도로의 경우 KTDB 교통망에서 교통량이 관측된 지점의 숫자가 다른 등급에 비하여 매우 작아 실제 관측 교통량 조정에 사용 가능한 링크 숫자는 많지 않음

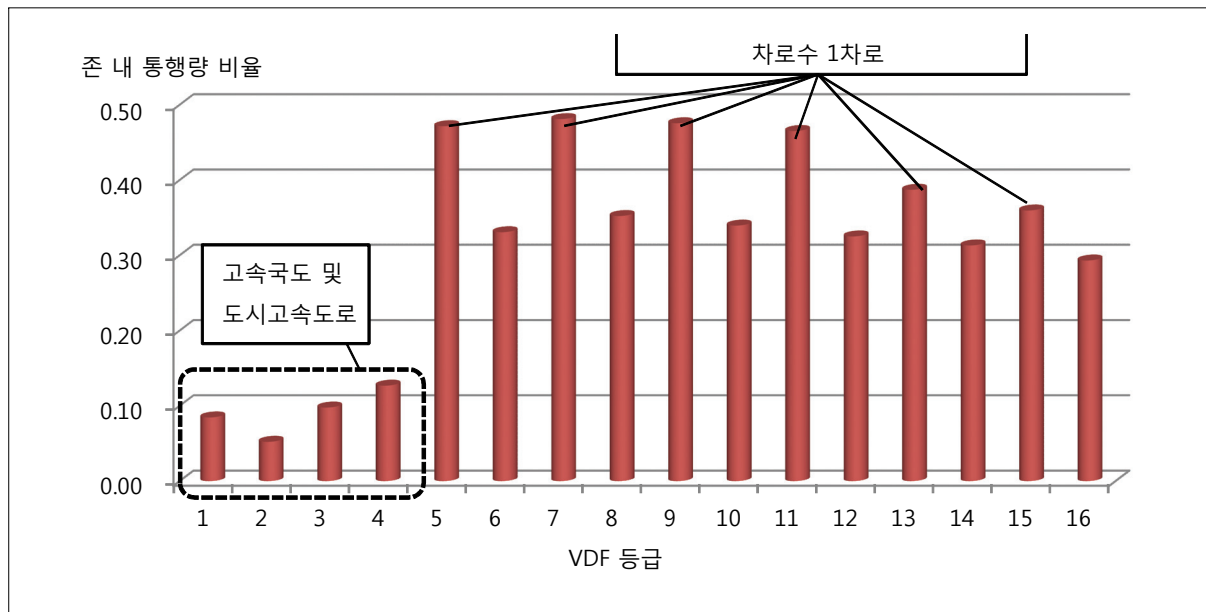
- 다차로 도로의 경우 전반적으로 고속국도와 도시고속도로에 비하여 존 내 통행비율이 계산된 링크의 비율이 상대적으로 낮게 분석되었으며, 다차로 도로간에는 등급이 낮아질수록 존 내 통행비율이 계산된 링크 비율이 점차 증가함을 확인할 수 있음
- 특히 다차로 도로의 경우 5등급, 7등급, 9등급 도로들의 존 내부 통행비율 관측율이 가장 낮는데 해당 도로들이 교통량 기준 정산 수준 역시 평균적으로 가장 낮게 나타나는 도로라는 점, 그리고 링크 숫자도 많은 등급이라는 점에서 향후 해당 등급 도로에 대한 자료의 수집과 정산수준 향상 연구가 필요하다고 판단됨



<그림 3-50> 전국도로 등급별 내비게이션 자료 확보 링크 수 분석



<그림 3-51> VDF 등급별 존 내 통행비율 계산 링크 비율

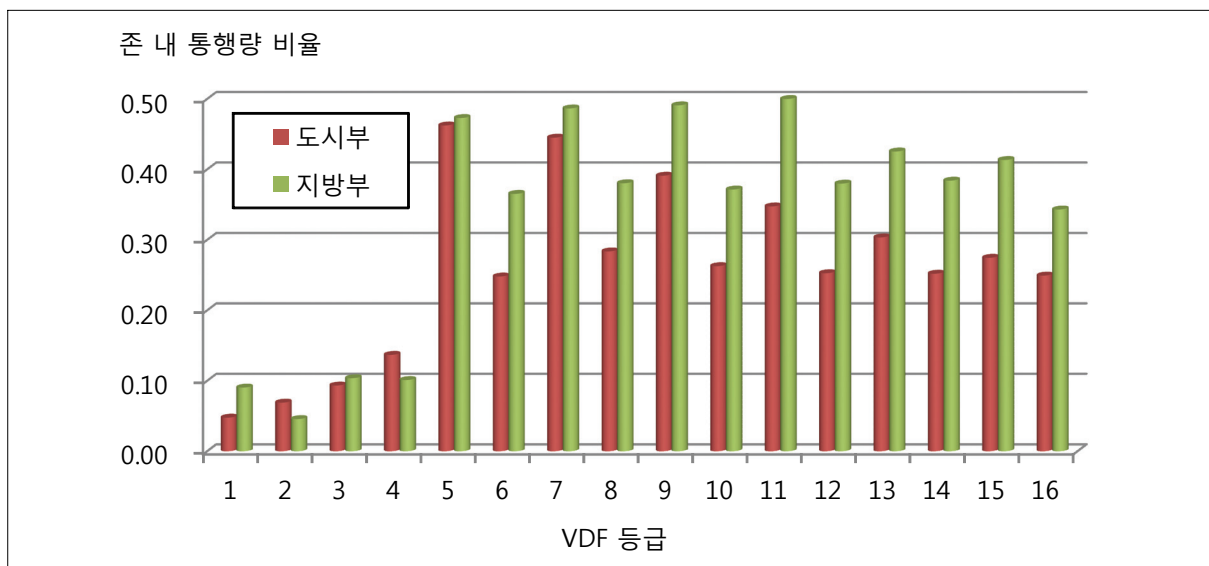


<그림 3-52> 도로 등급별 존 내 통행량 전국 평균 비율

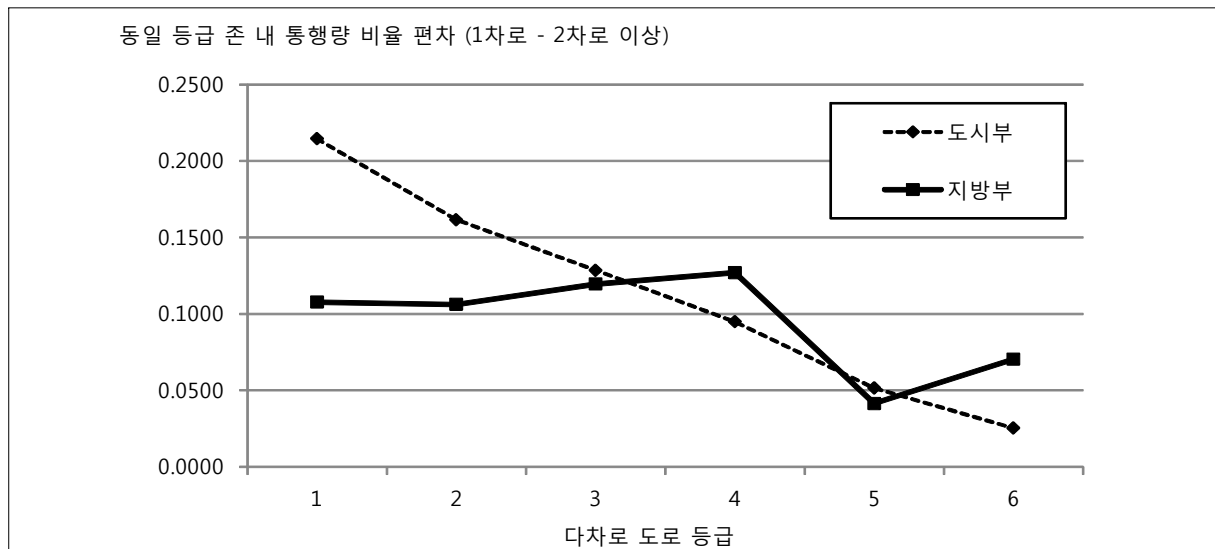
- <그림 3-52>은 도로 등급별로 평균 존 내 통행량 비율 전국 평균값을 통해 분석한 것임
- 먼저 확인되는 점은 고속 국도 및 도시 고속도로와 다차로도로간의 존 내 통행량 비율이 큰 차이를 보인다는 점임
- 고속 국도의 경우 2차로 이하 도로가 8.46%, 3차로 이상 도로가 5.22%의 존 내 통행량 비율을 나타냄
- 도시 고속도로의 경우 3등급과 4등급 도로가 9.77%와 12.68%의 존 내 통행량 비율을 나타내 고속국도에 비해서는 높은 비율을 나타내지만 다차로 도로와는 현저한 차이를 보임
- 다차로 도로의 존 내 통행량 비율은 크게 두 가지의 특징을 나타내는데 첫 번째는 <그림 3-52>에 표시한 바와 같이 홀수 도로의 존 내 통행량 비율이 동일한 교차로 밀도 등급 내에서는 항상 짝수 도로 등급보다는 높다는 점임
- 이는 존 내 통행량 비율이 차로수가 증가할수록 낮아지는 경향이 있음을 보여줌
- 두 번째 특징은 VDF 등급이 증가할수록, 즉 교차로 밀도가 증가할수록 존 내 통행량 비율이 감소하는 경향이 나타난다는 점임
- 이러한 경향은 일반적인 추론과는 반대라 할 수 있는데 교차로 밀도가 증가할수록 장거리 통행이 감소할 것이라 가정할 수 있으나 실제 조사된 결과는 교차로 밀도가 증가할수록 존 내 통행량 비율은 감소하고 있음



- 이를 좀 더 상세히 분석하면 1차로 도로의 경우 다차로 4등급 도로까지는 1차로 도로의 경우 존 내부 통행량 비율이 크게 변하지 않으나 다차로 5등급과 6등급 도로의 경우 1차로 도로의 내부통행량 비율이 낮은 경향이 명확히 나타남
- 이에 반해 2차로 이상의 도로의 경우 다차로도 1등급부터 6등급까지 존 내부통행량 비율이 크게 변하지 않음을 확인할 수 있음
- 보다 상세한 비교를 위하여 각 도로를 도로가 속한 행정 구역을 기준으로 도시부 도로와 지방부 도로로 구분한 뒤 존 내 통행량 비율을 VDF 등급별로 분석하였음
- 이때 도시부의 경우 서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산에 속한 도로로 가정하였고 도시부에 속하지 않는 도로들은 모두 지방부로 가정하였음
- <그림 3-53>에서 나타나는 첫 번째 특징은 연속류 도로를 제외한 모든 도로에서 도시부에 비해 지방부 도로의 존 내 통행량 비율이 높다는 점임
- 이는 도시부 도로에 비하여 지방부 도로들이 동일한 존 내에서 발생과 도착이 이루어지는 단거리 통행의 비율이 높다는 것을 의미하며 이는 지방의 경우 단거리 통행에도 승용차를 이용하는 비율이 높은 상황임을 나타내는 것임



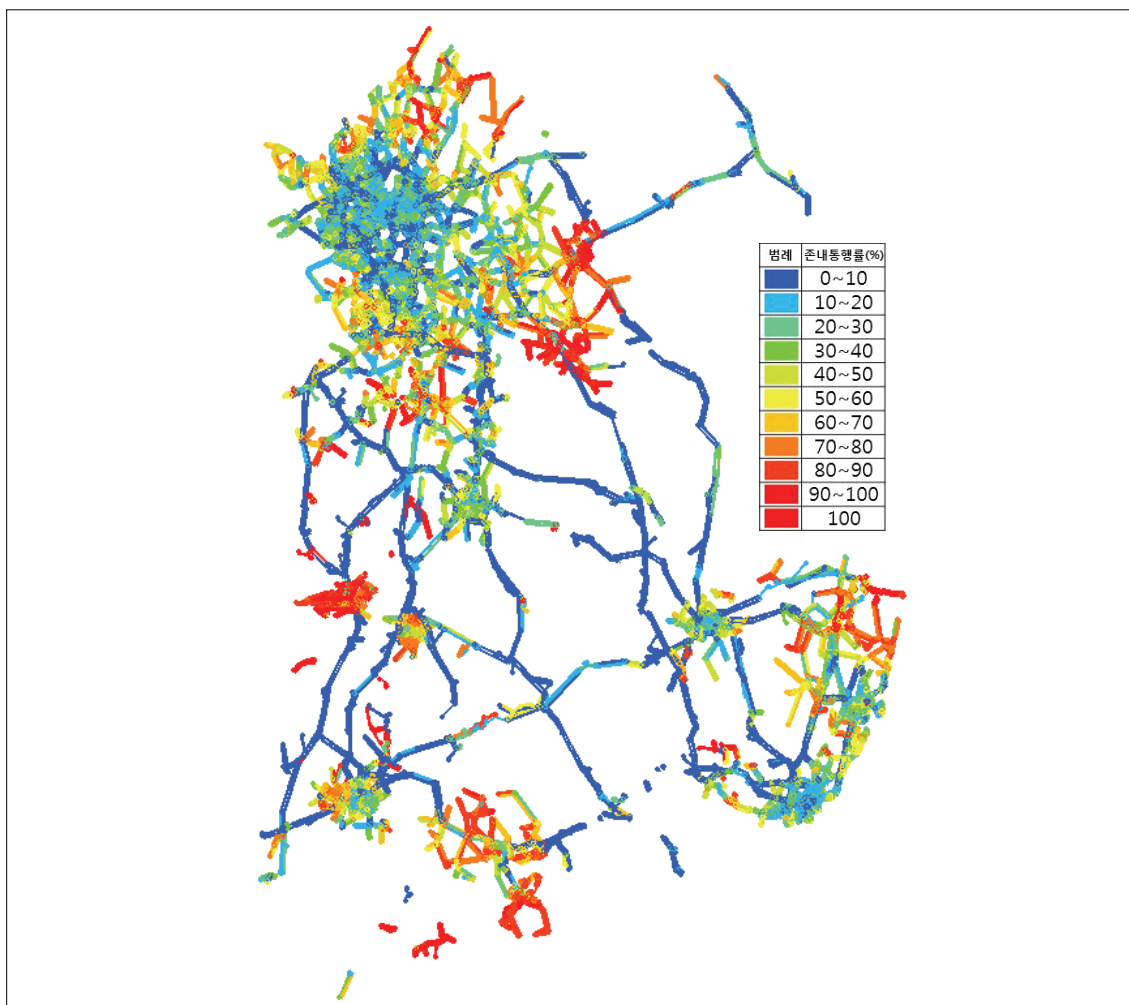
<그림 3-53> 존 내부 통행량의 도시부 도로와 지방부 도로의 비교



<그림 3-54> 다차로 동일 등급 내 존 내 통행량 비율 편차 분석

- 세 번째 특징은 VDF 등급 증가에 따라 두 지역 도로들의 존 내부 통행비율 변화 추세가 다르게 나타난다는 점임
- 즉, 도시부도로의 경우 특히 1차로 도로에서 VDF 등급 증가에 따라 존 내부 통행량 비율이 낮아지는 추세가 명확히 나타나는데 비하여 지방부 도로의 경우 그러한 경향이 상대적으로 덜 뚜렷하고 일관적이지 않음
- 좀 더 상세한 분석을 위하여 차로수에 따른 존 내 통행량 비율의 영향을 분석함
- <그림 3-54>에서 분석했듯이 모든 다차로 교차로 밀도 등급에서 1차로 도로의 존 내 통행량 비율이 2차로 이상 도로의 존 내 통행량 비율에 비하여 높게 나타남
- 또 다른 특징은 도시부의 경우 교차로 밀도가 증가할수록 1차로와 2차로 이상 도로간 존 내 통행량 비율의 차이가 줄어든다는 점인데 이는 교차로 밀도가 증가할수록 차로수에 의한 통과 교통량의 통행거리 차이가 줄어들음을 보여주는 것임
- 이러한 결과를 해석하면 도시부도로의 경우 연속류에 가까운 다차로 1, 2 등급의 경우 1차로 도로와 2차로 이상 도로간의 통행거리가 상당한 차이를 나타내나 이러한 경향은 교차로 밀도가 조밀해 질수록 완화된다고 해석됨
- 상대적으로 지방부도로의 경우 등급에 따른 연속적 추세가 나타나지는 않으나 다차로 1~4등급까지는 교차로 밀도가 증가할수록 차로수의 영향이 미세하게 증가함
- 그러나 더 뚜렷하게 나타나는 특징은 다차로 1~4 등급과 다차로 5 및 6등급의 존 내 통행량 비율의 차로에 의한 영향이 명확한 차이를 나타낸다는 점임

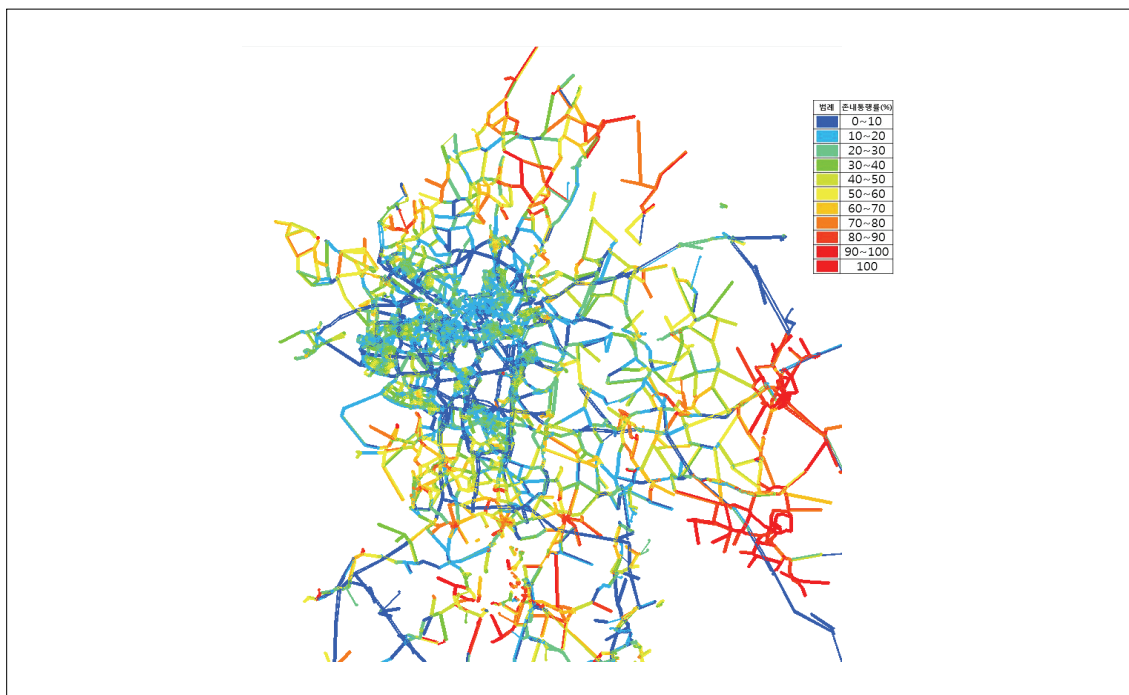
- 즉 지방부 다차로 도로의 경우 차로수에 따른 존 내부 통행량 비율의 차이가 교차로 밀도 4등급까지와 그 이후 도로간에 상당한 차이가 난다는 사실을 확인할 수 있음
- 앞선 분석들을 통하여 각 도로들의 차로수와 교차로밀도에 따라 상이한 존 내 통행비율을 나타내며, 이러한 차이는 도시부도로와 지방부 도로간에도 상당한 차이를 보임을 확인하였음
- 이를 보다 상세히 분석하기 위하여 <그림 3-55>에서는 전국 도로망에 대하여 존 내 통행비율의 크기 분포를 분석하였음



<그림 3-55> 존 내 통행비율 전국 분포

- 존 내 통행량 비율을 공간적으로 분석한 결과 지역간 수송을 담당하는 고속국도의 경우 대부분의 구간에서 존 내 통행량 비율이 0~10% 수준으로 나타남

- 하지만 다차로 도로의 경우 지역에 따라 존 내 통행량 비율에 큰 편차가 존재함을 확인하였는데 가장 뚜렷하게 나타나는 특징은 지방의 도로망의 경우 많은 도로에서 매우 높은 존 내 통행율이 나타난다는 점임
- 이러한 도로들의 경우 실제 관측 교통량이 존재하더라도 현재 지역간 존 체계를 기초로 정의된 기종점 교통량으로는 해당 링크를 통과하는 차량들을 설명할 수 없음
- 도시부의 경우 전반적으로 존 내부 통행량 비율이 상대적으로 높지 않으나 많은 광역시 지역 도로에서 20~40% 수준의 존 내 통행량 비율이 나타남
- 특징적인 존 내 통행량 비율 분포가 나타나는 지역은 서울을 포함한 수도권임
- 수도권의 경우 존 내 통행량 비율이 지역 내 도시들에 따라 다양하게 나타나는데 뚜렷하게 확인되는 특징은 서울을 중심으로 외곽지역에 위치한 도로일수록 존 내부통행량의 비율이 증가한다는 점임
- 즉, <그림 3-56>을 보면 서울특별시 내부의 도로망들의 경우 거의 대부분의 링크에서 70% 이상의 존 내부 통행량이 존재하는 링크를 찾아볼 수 없음



<그림 3-56> 수도권 존 내 통행비율 분포 분석

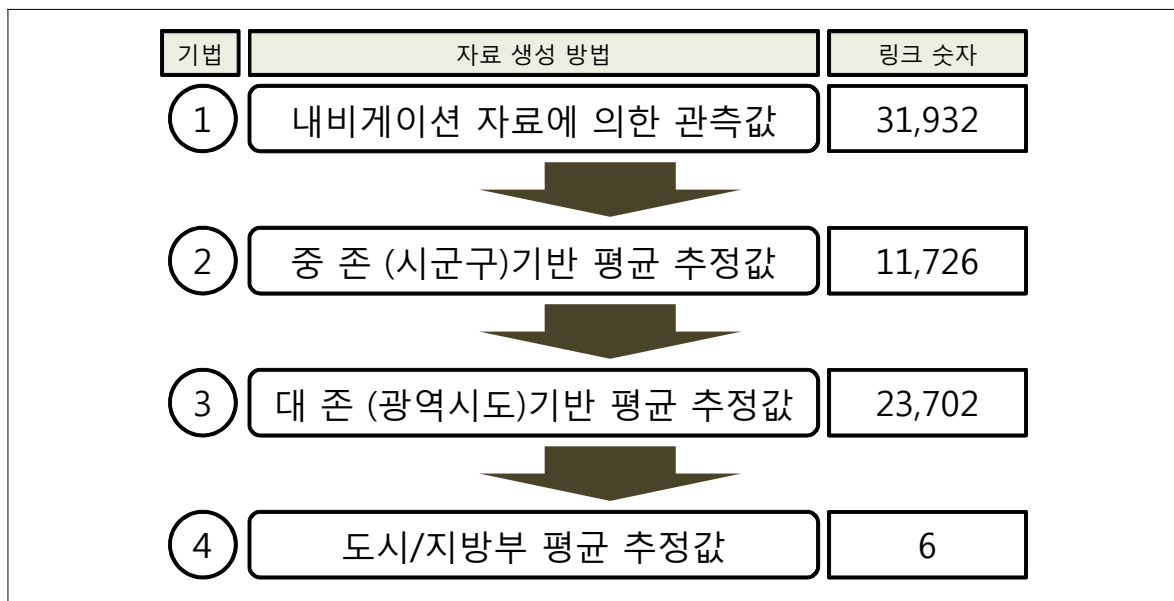
- 이러한 이유 중 하나로는 서울 지역의 경우 상대적으로 존의 크기가 작은 것도 영향을 미친 것으로 판단됨

- 그러나 경기도 권역의 도로들의 경우 서울 주변 지역의 도로들은 40~60%의 존 내부 통행량이 존재하는 링크들이 상당수 나타나며 더 외곽지역으로 벗어나면 60~90% 수준의 존 내부 통행량이 존재하는 링크들이 나타남
- 또, 이러한 지역과 서울을 연결하는 도로들의 경우 존 내부통행량이 매우 낮게 나타나고 있어 존 내부통행량 만으로도 도로의 역할을 판단할 수 있으며 이러한 분석을 통하여 현재 지역간 기종점 표와 교통망의 정합성 수준을 평가할 수 있는 기초정보를 확보함
- 다만 올해 과제 내에서 분석한 내비게이션 자료의 경우 승용차 통행에 대한 분석만이 시행되었기 때문에 통행 특성이 다른 버스나 트럭에 대한 내비자료가 확보되어야 존 내 통행율에 대한 포괄적인 분석이 가능할 것으로 판단됨
- 또, 존 내 통행량 비율이 관측되는 링크의 비율이 50% 이하이고 확보된 링크의 공간적 분포가 도시지역에 집중되어있어 지역간 교통망에서 큰 비중을 차지하는 지역간 도로의 존 내 통행비율에 대한 보강 작업이 필요함

#### 마. 내비게이션 자료를 이용한 KTDB 존간 관측 교통량 추정 방법론

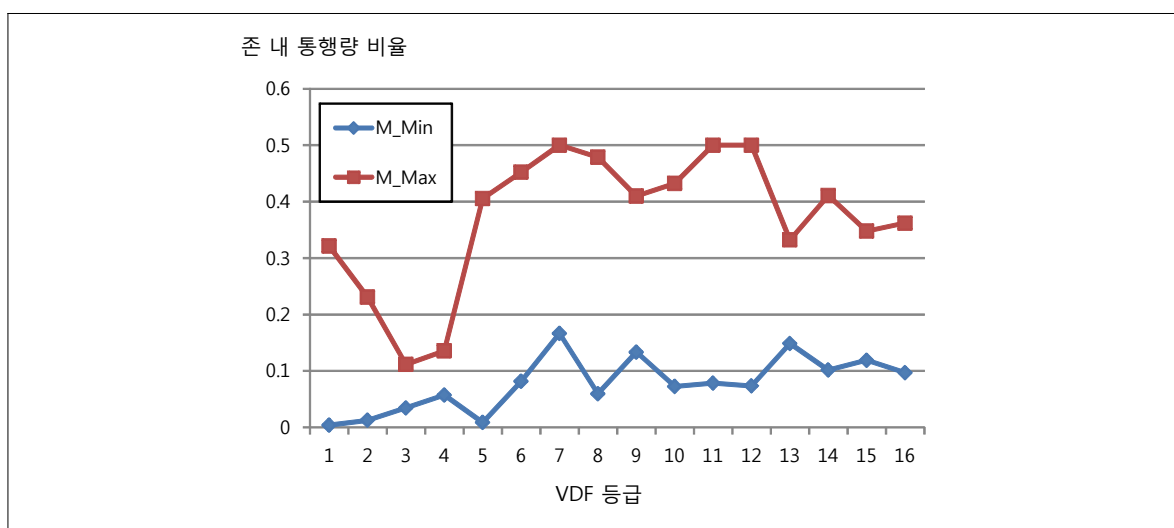
- 현재 내비게이션 자료를 통하여 VDF 1~16 등급에 속하는 67,366개의 EMME/3 링크들 중 총 31,932 개의 링크에서 존 내부통행량 비율이 관측되어 47.40%의 관측율을 나타내었음
- 본 과업의 존 내 통행율 계산시에는 관측치의 신뢰도 확보를 위해 최소 30개 이상의 궤적자료가 통과한 링크에서 계산된 존 내 통행량 비율만을 관측값으로 인정하였음
- 이는 전체 교통망에서 존 내부통행량이 어떻게 분포하고 있는지를 분석하는 데는 충분한 정보를 전달할 수 있는 표본수임
- 그러나 VDF 정산을 위해서는 관측교통량이 존재하는 모든 지점에 대하여 존 내부 통행량 비율을 확보해야 관측교통량에서 존간 통행량의 크기를 결정할 수 있음
- 따라서 VDF 정산용 존 간 관측교통량 DB 구축을 위해서는 내비게이션 자료가 수집되지 않은 수시 및 상시 교통량 관측 지점에 대한 존 내부 통행량 추정 방안이 마련되어야함
- 이를 위해 본 연구에서는 존 내부 통행량 미관측 링크에 대하여 크게 3단계의 추정 방안을 <그림 3-57>과 같이 마련함
- <그림 3-57>에서 보는 바와 같이 기법 1에 속하는 링크들은 내비게이션 자료로부터 직접 관측값이 추출된 링크들임

- 그러나 관측에 의한 존 내 통행량 비율을 확인할 수 없는 링크들은 먼저 기법 2에 의해 추정치를 계산하게 되는데 이때 사용되는 추정치는 중존(시군구 단위) 기준으로 16개 VDF에 대해 계산된 평균값을 사용하는 방법임
- 즉, 예를 들어 서울의 경우 구별로 중존 기준 VDF 등급별 존 내부 통행량 비율을 계산하였는데, 존 내 통행량 비율이 없는 링크는 동일한 구의 동일 VDF 값으로 존 내 통행량을 추정하는 방법임
- 만약 링크가 두 중존을 통과한다면 두 중존의 해당 VDF 평균 존 내 통행량 비율을 링크의 평균 존 내 통행량 비율로 사용함
- 이러한 방법을 통해 잔여 미관측 링크 35,434개 중 11,726개의 존 내 통행량 비율을 추정할 수 있었으며, 이는 전체 링크의 17.41%에 해당함
- 중존 기준 존 내 통행량 비율은 상세도에 있어 현재로서는 가장 정확한 값이나 중존의 숫자가 249개에 달해 중존 기준으로는 상당히 많은 VDF 등급이 30개의 표본 값을 갖지 못하였음



<그림 3-57> 내비게이션 자료 미수집 링크 존 내 통행량 추정 과정

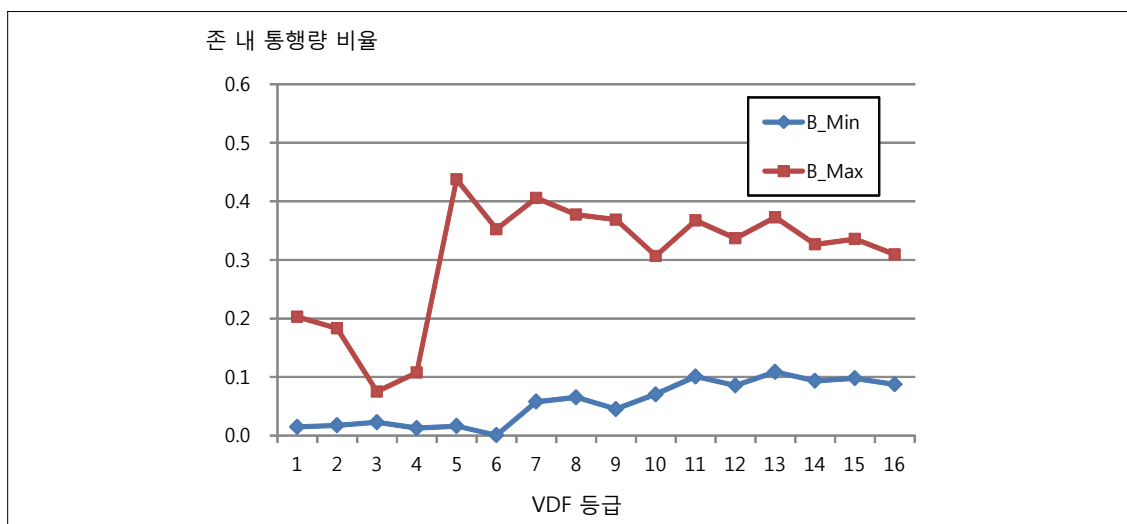
- 따라서 기법 2를 통해 존 내 통행량 비율을 추정하지 못한 링크에 대해서는 16개 광역시도 기준으로 계산된 VDF 별 평균 존 내 통행량 비율을 링크의 값으로 추정함
- 기법 3을 이용해 존 내 통행량 비율이 추정된 링크의 숫자는 23,702개로서 잔여링크 대부분의 값 추정이 가능하였음
- 기법 3의 경우 충분한 표본의 수가 확보되기 때문에 모든 잔여 링크들에 추정 값을 배정할 수 있다는 장점이 있으나 동일한 광역시도 내의 동일 VDF 내에서도 존 내 통행비율에 상당한 차이가 있을 수 있다는 문제가 있음
- 마지막으로 이러한 방법으로도 표본수의 부족으로 추정값이 배정되지 않는 링크가 6개 존재하였으며, 이는 앞서 시행한 도시부와 지방부 분석에서 얻어진 VDF 별 존 내 통행량 비율 값을 이용해 추정값을 배정하였음
- 이 기법을 기법 4로 칭하였는데 전체 링크 중 6개 링크만이 이 기법을 통해 값을 배정 받음
- 이상의 방법을 통해 KTDB 통행배정용 교통망 전체 링크에 존 내부 통행량 비율을 결정하였으며 이에 따라 모든 수시, 상시 교통량 관측 링크에 대한 존 내부 통행량 비율의 계산도 가능하였음
- 각 링크별로 평균값을 통해 추정치를 설정하는 것은 가능하였으나 문제는 동일한 존, 동일한 VDF 사이에도 존 내 통행량 비율에 상당한 차이가 존재한다는 점임
- <그림 3-58>은 249개 시군구 기준 존 내 통행량 비율의 최대값과 최소값을 동일 VDF에 대하여 분석한 것임



<그림 3-58> 시군구 VDF 별 존 내 통행량 비율 최대 최소값 비교



- <그림 3-59>에서 보는바와 같이 VDF 3, 4 등급을 제외하면 대부분의 VDF 등급에서 최대 30~40% 정도의 존 내 통행량 편차가 나타나며 평균과 비교하더라도 약 15% 정도의 평균적인 편차가 존재함
- 따라서 실제 관측값을 사용하는 경우와 비교해 10~20% 정도의 평균적인 오차 가능성이 존재하는 것으로 판단됨
- 시군구 기준으로는 값의 편차가 상당히 나타나지만 이를 광역시도별로 정리하면 시도별 평균값이 편차치가 줄어듦
- 광역시도별로는 각 VDF 별로 20~30%의 정도의 편차가 나타나 이를 평균값과 비교하면 평균적으로는 10% 정도의 평균적인 오차 가능성이 존재하는 것으로 판단됨
- 그러나 광역시도별 평균의 경우 지나치게 다양한 지역을 통과하는 동일한 VDF 등급 도로들을 평균한 것이기 때문에 자료가 존재한다면 시군구 기준 VDF 등급자료를 이용해 추정값을 산정하는 것이 바람직하다고 판단됨
- 그리고 향후 내비게이션 자료의 수집이 전체 통행배정 교통망에서 이루어질 예정이기 때문에 현재의 존 내 통행량 추정값들은 향후 실측값으로 대체가 가능할 것임
- 분석을 토대로 본 과업에서는 직접 관측에 의해 추정된 존 내부 통행량 비율과 시군구 단위로 추정된 기법 2에 의한 존 내부 통행량 비율을 VDF 검증에 적용하였으며, 자료 중 지나치게 과다한 존내부 통행량이 추정된 링크의 값은 일부 조정하였음



<그림 3-59> 광역시도 VDF 별 존 내 통행량 비율 최대 최소 값 비교



- 즉, 존 내부통행량은 승용차 통행만을 분석한 것으로 현재 KTDB OD 내에 PCU기준으로 승용차 통행량 비율이 77% 수준임을 감안하여 존 내부 통행량이 77% 이상으로 나타난 링크에 대해서는 존 내부 통행량을 77% 까지만 반영하였음
- 올해 과업에서는 표본수의 부족과 공간적인 편중에 의해 완전한 형태의 존내 통행비율 DB가 구축되지 못하였으나 향후 추가 자료 보강에 의해 이러한 문제점들은 완화될 것으로 판단됨

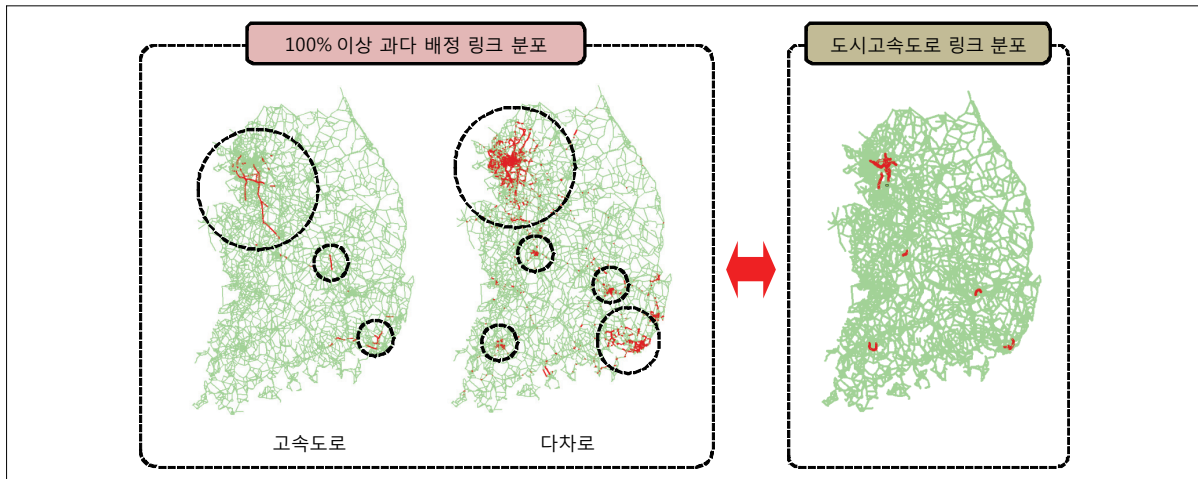
### 제3절 교통량 조사지점 선정기법 개발

#### 1. 조사지점 선정 기준 정립 필요성

- 현재 사용되고 있는 링크 관측 교통량 자료의 경우 지역간 교통망 기준으로 분석할 경우 전체링크숫자 68,613개 중에서 약 10%인 6,818개 링크에 조사지점을 확보하고 있어 조사지점수를 기준으로서는 적지 않은 숫자의 링크비율을 관측하고 있음
- 하지만 각 도로위계별로는 전체 링크들 중 관측지점수 비율이 편차가 상당히 커 이러한 위계간 관측률 차이를 고려하지 않을 경우 정산과정에서 여러 문제가 나타날 수 있음
- <표 3-44>에서 보는바와 같이 가장 관측률이 높은 지점의 경우 40%대에 달하지만 낮은 관측률을 갖는 위계의 경우 관측지점이 전혀 없거나 미미한 수준인 것으로 분석됨
- 특히 관측지점수가 부족한 위계 문제는 크게 두 가지로 구분할 수 있는데, 첫 번째 문제는 VDF 등급 3과 4에 해당하는 도시고속도로의 관측지점 부족 문제임
- 도시고속도로의 경우 전체 링크수 780개중 4개 링크만이 관측되어 실질적으로 관측지점이 없는 것으로 간주할 수 있는데, 이러한 관측지점 부재가 다른 등급의 VDF 정산에도 영향을 미치게 됨

<표 3-44> KTDB 지역간 교통망의 관측지점수 분석

VDF	도로유형		EMME/3 링크수	관측링크	위계내 관측비율
1	고속국도	2차로	1,378	582	42.2%
2		3차로이상	861	356	41.3%
3	도시 고속도로	2차로	317	4	1.3%
4		3차로이상	463	0	0.0%
5	다차로 1등급	1차로	2,357	955	40.5%
6		2차로 이상	412	114	27.7%
7	다차로 2등급	1차로	5,037	1,511	30.0%
8		2차로 이상	2,486	578	23.3%
9	다차로 3등급	1차로	2,327	596	25.6%
10		2차로 이상	2,024	349	17.2%
11	다차로 4등급	1차로	3,971	551	13.9%
12		2차로 이상	7,040	687	9.8%
13	다차로 5등급	1차로	5,408	119	2.2%
14		2차로 이상	11,412	316	2.8%
15	다차로 6등급	1차로	8,541	35	0.4%
16		2차로 이상	14,579	65	0.4%
			68,613	6,818	9.9%



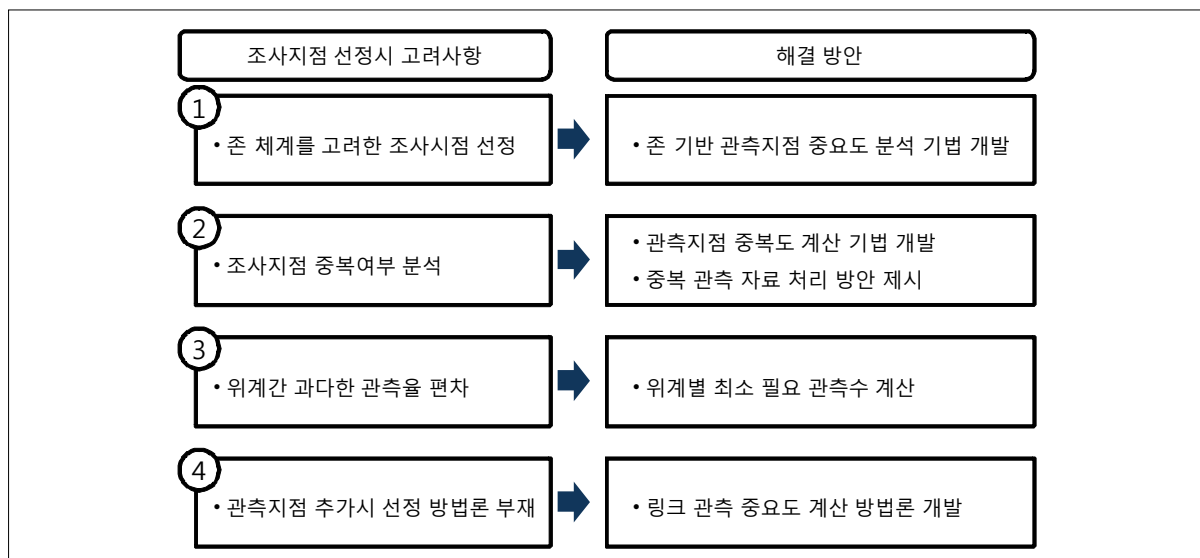
<그림 3-60> 도시고속도로 미관측문제의 정산 영향

- 예를 들어 <그림 3-60>에서는 2011년 VDF 정산 계수를 이용해 통행배정을 시행했을 때 100%이상 통행량이 과다 배정된 링크들의 공간적 분포가 나타나있는데, 그림에서 나타난 것과 같이 교통량이 크게 과다 배정된 링크들은 도시고속도로 링크가 분포된 지역과 정확히 일치함을 확인할 수 있음
- 이러한 분석을 통해 특정 위계의 미관측 링크 문제가 다른 링크들에게 큰 영향을 준다는 사실을 확인할 수 있으며, 이러한 이유로 본 과업에서는 교통량 관측률이 높은 고속도로와 관측률이 낮은 다차로도로를 분리 정산하는 방법을 개발하였음
- 그러나 VDF 분리 정산 기법은 KTDB 교통량 DB의 질적 개선 없이는 근본적인 해결 방안이 될 수 없음
- 관측 교통량 부재 문제를 해결하기 위해서는 교통량 관측지점의 보강이 이루어져야하나 현재 6만개 이상의 링크에서 교통량을 확보하는 것은 불가능하기 때문에 교통량 조사가 꼭 필요한 지점에 대한 우선 보강이 필요함
- 따라서 KTDB 교통망에서 VDF 등급 별로 가장 중요한 링크, 특히 VDF 정산을 위해 교통량 조사가 필요한 링크를 판단할 수 있는 우선순위를 결정하는 방법론을 개발하여 내비게이션 자료를 이용한 적용 결과를 분석함

## 2. 조사지점 선정 기법 개발

### 가. 개발 배경

- 교통망 정산 및 VDF 계수 추정에서 조사자료 수집위치가 차지하는 중요성이 매우 크기 때문에 조사지점을 선정하는 방법론이 합리적으로 정립되는 것이 매우 중요함
- 교통량 및 속도 조사지점의 선정문제는 크게 두 가지로 구분할 수 있는데 첫 번째는 조사지점 선정의 일반론적 문제이고, 두 번째는 특정 위계내의 조사지점 선정 문제가 있음
- 조사지점 선정 방법론 개발에서 일반론적인 문제는 1) 존 체계와 조사 지점들간의 관계, 2) 조사지점의 중복 및 과다지점 문제로 정의될 수 있음
- 이에 비해 특정 위계와 관계되는 문제로는 1) 위계간의 과다한 관측을 편차, 2) 관측지점 추가시 선정 방법론 부재 등을 들 수 있음
- <그림 3-61>에서는 현 KTDB 조사지점 선정 방법론 개발에서 고려해야 할 사항과 이에 대한 해결방안을 제안하였음
- <그림 3-61>에서 제시한 해결방안을 통해 4대 주요 고려사항이 반영된 조사방법론이 개발될 경우 현 KTDB 관측자료의 문제점 중 많은 부분이 해결될 뿐만 아니라 향후 어떤 위계에 몇 개의 교통량 관측지점이 추가 조사되어야 하는지와 그 순서를 결정할 수 있음

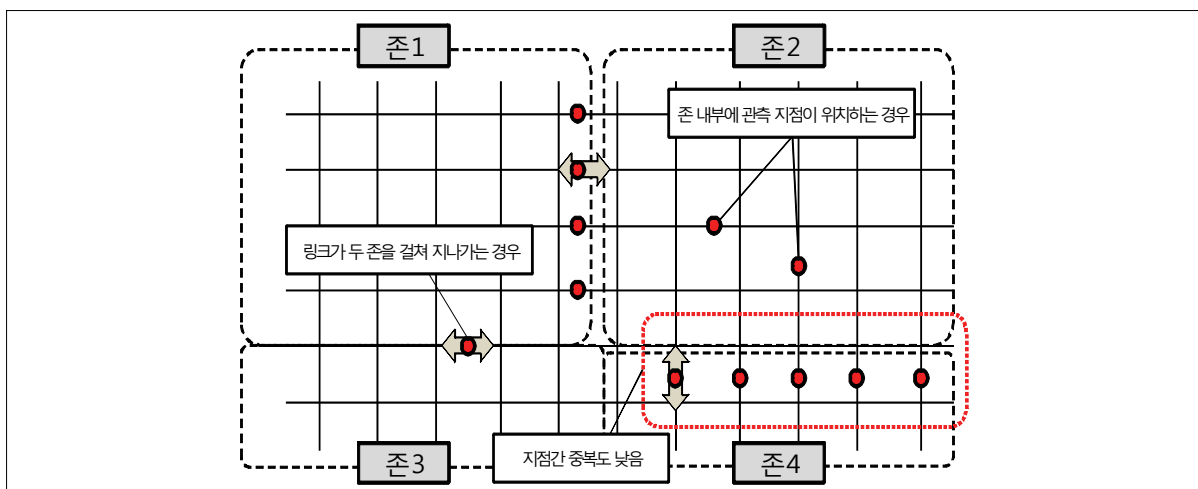


<그림 3-61> KTDB 조사지점 선정 방법론 개발 목표

## 나. KTDB 조사지점 선정 방법론

### 1) Zone 체계를 고려한 조사지점 선정방법

- 현재 KTDB정산 신뢰도 평가의 가장 중요한 기준은 관측 지점의 통행배정 교통량이 관측교통량과 어느 정도 차이가 나는지를 비교하는 것임
- 따라서 통행배정의 입력자료인 기종점 통행수요와 이를 정의하는 존 체계는 관측교통량을 발생시키는 현실의 수요체계와 그 차이가 최소화되어야 함
- 즉, 통행배정 과정에서는 동일한 존에서 발생과 도착이 이루어지는 존 내부 통행의 경우 통행배정에서 제외되기 때문에 존 내 통행비율이 많은 지점은 교통량 관측지점 선정에서 배제하는 것이 바람직함
- 따라서 존 체계를 고려한 바람직한 관측지점이란 존 내부에 설정되는 것 보다는 존과 존의 경계를 통과하는 도로 중심으로 설정되는 것이 바람직하며, 이를 존 기반 관측지점 선정이라 함
- 존 기반 관측지점 선정은 백승걸 (2001)에서 주장된 기법으로 존 체계를 고려해 관측지점을 선정함으로써 존 내부 통행량이 높은 도로를 관측 지점에서 제외하여 지점간의 종속성 문제와 존 크기에 따른 오차를 최소화하도록 교통량 관측지점을 선정하는 기법임
- <그림 3-62>에는 존 기반 관측지점 선정 기법의 예가 제시되어 있는데, 존 1과 존 2 간의 가로방향 링크들이나 존 2와 존 4 사이의 세로방향 연결 링크들은 존 내부 통행량을 포함하고 있을 가능성이 낮기 때문에 존 체계에 적합한 관측지점이라 할 수 있음

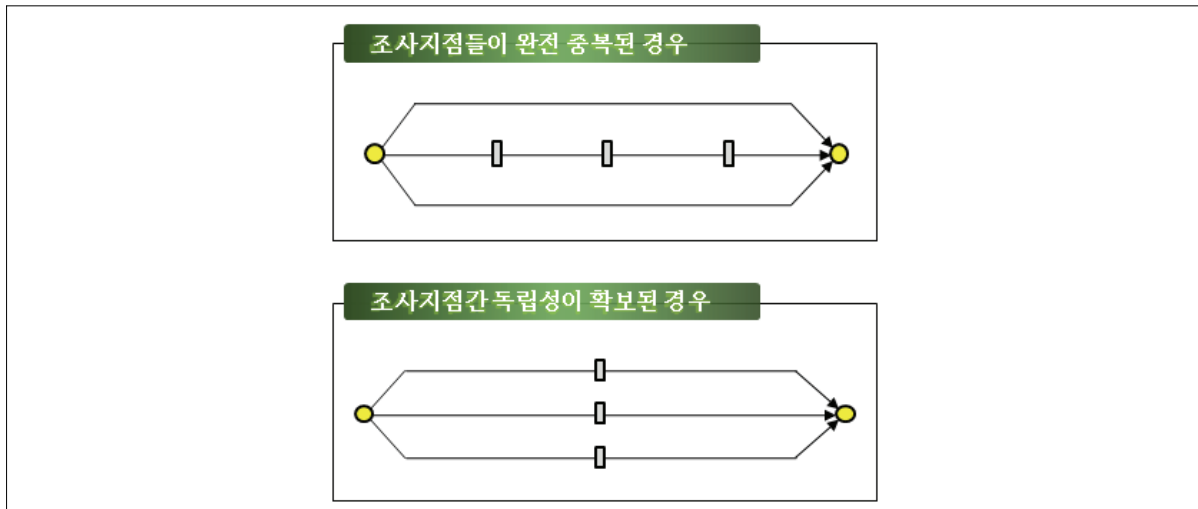


<그림 3-62> 존기반 관측지점 선정의 예

- 이렇게 존의 경계에 위치한 지점들의 경우 인접 지점들을 함께 선택하더라도 평행하게 진행되는 서로 독립적인 경로에 의해 이용되기 때문에 지점 간 중복도도 낮게 나타남
- 하지만 존의 중심에 위치한 관측지점일수록 내부통행량 포함 가능성이 높아지기 때문에 존 중심에 위치한 링크보다는 존 외곽이나 경계에 위치한 지점이 바람직함
- 또 현실의 존 체계는 행정구역 단위를 따르는 경우가 많은데 이 경우 존 1과 존 3 간에 위치한 가로방향 링크와 같이 링크가 두 도로의 경계에 위치하는 경우가 발생할 수 있음
- 이 경우 링크가 두 존 사이에 위치하였다면 관측지점으로 선정할 수 있으나 그 소속이 명확하지 않은 경우 상하류 링크 중 좀 더 명확히 두 존 사이에 걸쳐진 링크를 찾아 조사지점으로 선정함
- 이와 같이 개념적, 이론적으로는 존 체계가 주어지는 경우 어떻게 관측지점을 선정해야 하는지에 대한 연구들이 수행되어 왔으나, 그 연구 성과가 실제 지점 선정 방법론으로 발전된 예는 찾아보기 힘들며, 또 KTDB와 같이 현재 조사지점이 존재하는 경우 이를 보완하기 위한 조사지점 추가 이론을 정립한 연구는 없었음
- 본 연구에서는 이와 같은 존 기반 관측지점 평가 및 선정 기법을 수학적 논리로 개발한 후 KTDB 통합관리 시스템 내에 프로그램으로 구현되어 대규모 교통망에서의 신속한 지점 평가가 가능하도록 개발하였음

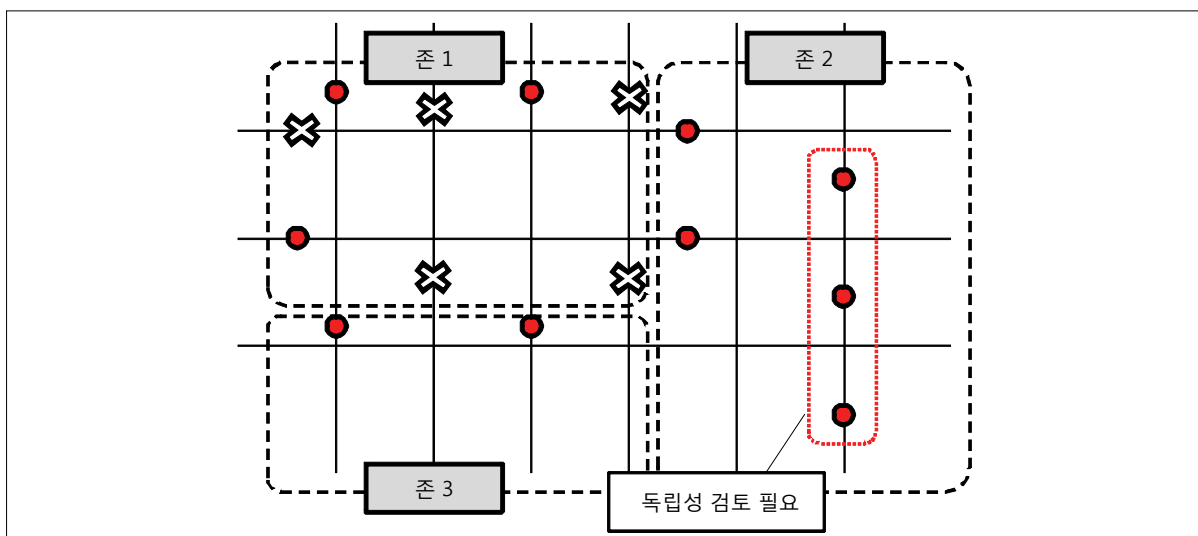
## 2) 교통량 조사지점 중복 및 과다 지점 검토 기법

- 앞서 〈그림 3-63〉에서 살펴본바와 같이 교통망의 관측지점들은 지점간 독립성이 확보될수록 자료로서의 활용성이 높아지는데, 단 교통망에서 조사지점간 중복과 독립 검토 기법은 교통망의 형태가 축인지 망인지에 따라 차이가 있음
- 〈그림 3-63〉은 축 교통망에서의 조사지점 중복과 독립의 개념을 도해한 것인데, 축 교통망의 경우 교통망에서 축이나 링크의 교차가 많이 발생하지 않기 때문에 지점간 관계를 정의하기가 용이함
- 현재 사용중인 KTDB 관측교통량 지점 중 〈그림 3-63〉과 같이 완전중복이 존재하는 경우 상하류 관측지점의 교통량간 편차를 조정하여 일관성을 확보해주거나 관측지점 중 일부를 삭제하거나 정산시 반영정도를 낮추어 주는 것이 정산에 도움을 줄 수 있음



<그림 3-63> 축 교통망에서의 관측지점간 중복과 독립

- 축 교통망의 경우 조사지점이 중복되는 경우 중복도가 높은 상하류 조사지점간 교통량 비교를 통해 특정 지점에서 관측 오차가 발생하는 경우를 포착할 수 있고, 조사지점간 독립성이 확보되면서 특정 기종점간 경로를 모두 포착하는 경우 해당 링크 통과 교통량 중 각 기종점 교통량의 비율을 알 수 있다면 링크 교통량을 이용해 기종점 교통량의 정확도를 평가할 수도 있음
- 축에서의 관측 지점간 관계 검토는 간단한 반면 망에서의 지점간 관계 검토는 <그림 3-64>에서 보는바와 같이 조금 더 복잡한 양상으로 나타남



<그림 3-64> 망 교통망에서의 관측지점간 중복과 독립

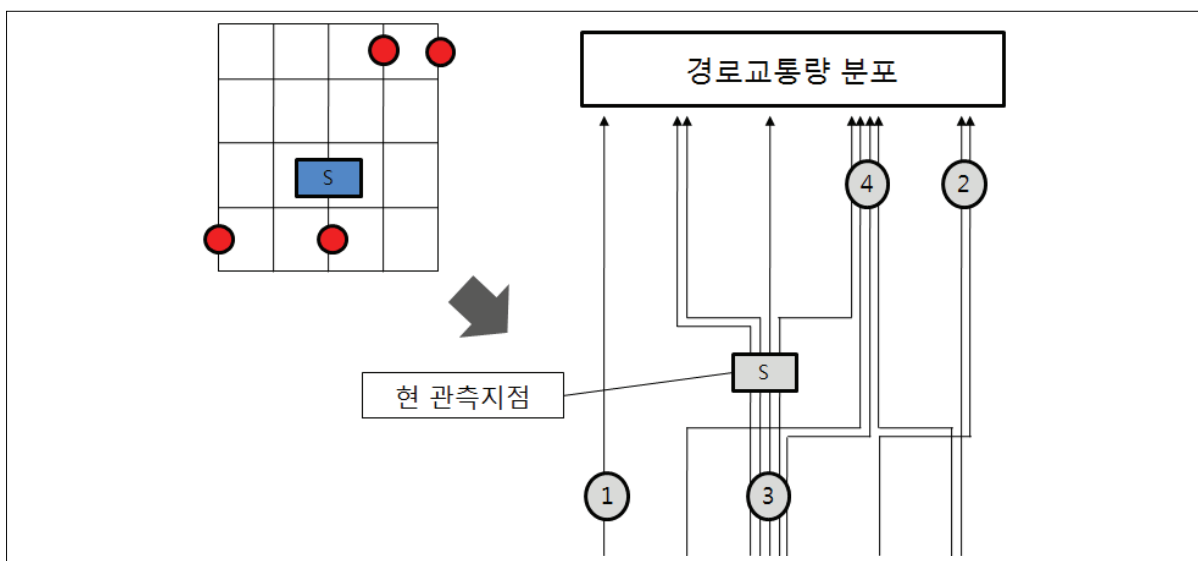


- 〈그림 3-64〉 존 1의 경우 존에 유출입하는 링크의 개수는 12개이며 이중 7개의 링크가 관측되고 있음
- 이중 4개의 관측지점은 존 2와 존 3에 속한 링크이나 이들은 두 존을 통과하고 있어 하나의 관측지점으로 두 개 존의 코든라인(Cordon line)을 구성하는 지점으로 이용이 가능함
- 존 1의 코든라인을 구성한 7개의 링크들은 전체 유출입 링크의 절반이상을 포착하고 있고 상호 독립적이기 때문에 내비게이션 자료를 통해 미관측 링크와 관측 링크간 이용비율을 알 수 있다면 기점 발생 교통량의 정확도 평가에도 사용될 수 있음
- 이렇게 조사지점이 기종점 교통량의 검증까지 고려해 선정되는 경우에는 존간 통과 위치만 중요한 것이 아니라 조사 지점이 얼마나 많은 교통량과 기종점에 의하여 이용되는지가 중요한 지점선정 근거가 되는데 이러한 분석은 내비게이션 자료를 통해 가능함
- 내비게이션 자료의 또 다른 효용은 〈그림 3-64〉 존 2에서와 같이 관측지점이 상하류 링크에 연속적으로 위치하는 경우임
- 이 경우 만약 연속된 세 지점들이 동질적인 교통량 구성에 의해 이용되었다면 이들 세 지점은 중복된 것이며 이중 일부 관측지점, 예를 들어 중간에 위치한 지점은 삭제나 중요도 축소가 가능함
- 하지만 이들 세 지점이 동질적인 교통량에 의해 이용되는 지를 판단하기 위해서는 기종점간 이용경로 자료를 통해 세 지점을 이용한 기종점간 경로들이 얼마나 유사한지를 확인해야 하며, 이러한 작업을 위해서는 내비게이션에 의해 수집된 기종점간 경로 자료를 이용할 수 있음
- 이러한 유형의 분석을 위해서는 내비게이션을 통해 수집되는 자료를 기종점, 경로별로 저장하는 기술이 필요한데, 경로의 경우 극히 일부 링크만이 겹치지 않고 대부분의 링크가 중복되는 경우 이를 개별 경로로 볼 것인가 하는 문제가 존재함
- 정리하면 존 체계와 지점간 중복도를 이용해 겹치지않는 지점을 선정하는 경우 존의 경계에 위치할수록 우선순위를 높아지며 내비게이션 자료를 통해 동질적인 기종점 교통량이 통과한 비율이 높은 지점들은 중복도가 높다고 판단할 수 있음
- 이러한 평가 기법은 수학적 논리 연산으로 구성되어 KTDB VDF 분석 애플리케이션에 포함되었으며, 중복 평가 기준값은 실제 자료를 이용한 테스트를 거쳐 결정됨



### 3) 내비게이션 자료를 이용한 조사지점 선정기법

- 본 과업에서 KTDB VDF 정산과 평가 및 관리의 핵심 요소로 고려되는 것이 새롭게 추가된 내비게이션 통행자료임
- 차량 내비게이션 자료는 다른 여러 분야에서도 활용될 예정이나 앞서 존 체계를 고려한 관측지점 선정에서 살펴본 바와 같이 교통량 조사 물량 및 지점선정 계획을 지원하는 핵심 자료의 역할을 하게 될 것임
- 특히 다차로 하위 등급의 경우 한 등급 내에 포함된 KTDB 교통망 링크수가 10,000개 이상인 경우가 많지만 실제 관측율은 0~2% 수준이므로 수백 개의 대안 지점 중 하나의 최적관측지점을 선택해야 함
- 본 연구는 이러한 문제를 풀기위해 내비게이션 자료를 이용한 경로기반 관측지점 선정 방법론을 개발함
- VDF 계수 추정 및 신뢰도 평가를 목적으로 하는 교통량 관측지점 선정의 경우 특히 통행배정, 즉 경로선택에 영향을 많이 끼칠 수 있고 중요한 지점을 우선적으로 고려해야 함
- 이때 통행배정 관점에서 중요한 지점이란 가장 단순한 관점에서는 교통량이 많은 링크라 정의할 수 있으나, 보다 자세한 정보가 이용 가능한 경우 최대한 많은 수의 경로가 동시에 통과하는 링크라 정의할 수 있음



<그림 3-65> 경로교통량을 고려한 관측지점 선정

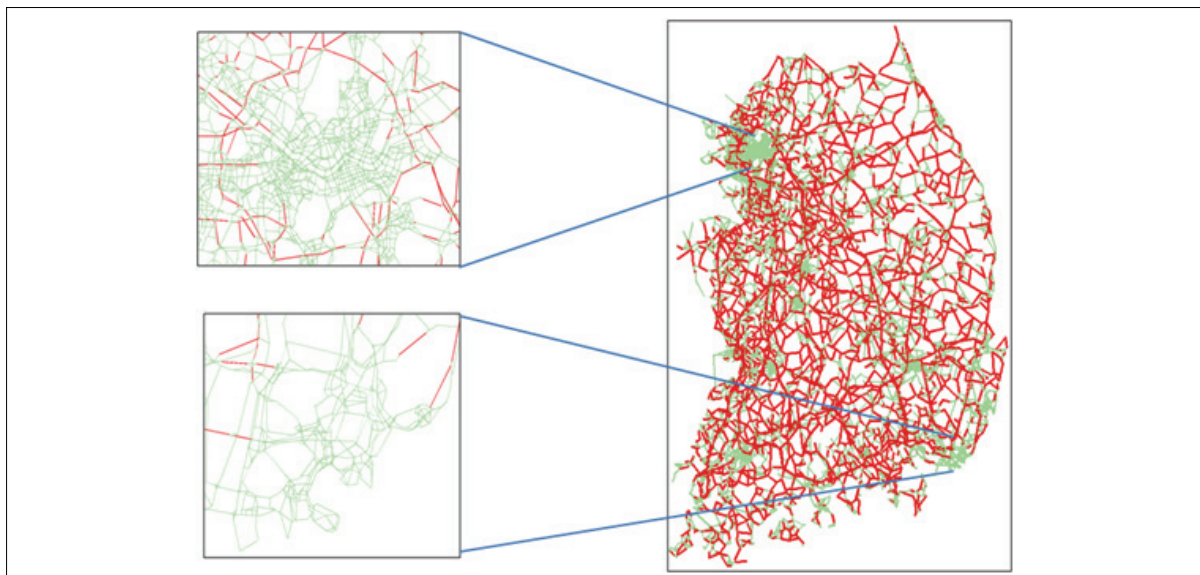
- 많은 경로가 지나는 링크인 경우 많은 기종점과 관계된 링크라 이해할 수 있으며, 이 경우 선정된 링크를 통과하는 경로가 다양하고 그 기종점 구성도 다양하다면 해당 링크의 관측교통량 재현 수준에 의해 영향을 받는 다른 경로들도 많음을 의미함
- 예를 들어 <그림 3-65>와 같은 교통망에서 경로 교통량의 분포가 그림과 같다면 현재 관측지점이 존재하지 않는 링크 중에는 4곳의 관측지점 대안 중 5개의 경로가 통과하는 링크인 지점 3이 가장 중요한 링크라 할 수 있음
- 하지만 현재 관측지점 s에서 교통량이 관측되고 있는 경우 관측 경로가 4개이며 그중 관측지점 s와 중복되는 경로가 하나뿐이므로 3개의 미관측 경로를 추가할 수 있는 지점 4가 최적의 관측 추가지점이라 할 수 있음
- 반면 5개의 통과 경로 중 4개가 관측지점과 중복되는 조사지점 3은 경로 추가 관측 효과는 지점 1과 함께 가장 효과가 적은 지점이라 할 수 있음
- 이때 지점 1의 경우 오직 하나의 기종점간 경로만을 관측하는데 이 경우 해당 지점에서 배정교통량이 관측교통량을 정확히 재현하더라도 이를 통해 검증되는 기종점은 오직 하나밖에 없으므로 검증 영향력은 매우 낮다고 할 수 있음
- 따라서, 링크를 지나는 경로의 숫자가 많을수록 교통망에서 넓은 범위의 영향을 미친다고 볼 수 있어 통행배정 결과의 검증을 위해서는 중요한 링크라 할 수 있음
- 반대로 특정 링크가 오직 하나의 경로에 의해 영향을 받고 이 경로는 해당 기종점의 유일한 경로라면 이 링크는 오직 하나의 기종점쌍의 경로선택 검증에 대한 결과만을 제시할 수 있으므로 검증을 위한 정보로서의 가치는 낮다고 할 수 있음
- 이와 같은 경로와 링크간의 관계는 최적화이론으로도 설명이 가능한데, 관측교통량을 정확히 재현하는 문제를 수학적으로 구성한다면 다음 식과 같이 정의가 가능함

$$\overline{x_a} = \hat{x_a} = \sum_{ij} \sum_p \hat{x_{p,a}^{ij}}$$

- $\overline{x_a}$ 는 링크 a의 관측교통량을 나타내고  $\hat{x_a}$ 는 링크 a의 배정교통량을,  $\hat{x_{p,a}^{ij}}$ 는 기종점 ij간의 교통량 중 경로 p를 이용하여 링크 a를 통과하는 교통량을 의미하며, 위식은 배정 기종점 경로 교통량의 조합이 링크 관측교통량을 만족해야 한다는 제약식이라 해석할 수 있음
- 이때 링크 a를 통과하는 기종점 ij간 경로p의 숫자가 많으면 많을수록 제약식에 포함된 변수의 개수가 늘어남을 의미하며, 이는 수학적 문제를 푸는데 이용 가능한 정보

의 량이 늘어남을 의미해 동일한 목적함수가 제공되는 경우 실행가능 영역을 축소시켜 보다 정확한 해를 찾도록 함

- 따라서 동일한 수의 관측지점을 추가할 경우 최대한 많은 기종점 쌍과 경로를 포함시키는 것이 통행배정 결과와 관측교통량을 비교해 정산 신뢰도를 확인하는데 도움이 됨
- 단, 최대한의 경로수를 포함하더라도 링크를 통과하는 경로가 두 관측 지점 간에 동일하다면 이는 수학적으로 이 두 지점이 선형종속(linearly dependent)함을 의미하며, 이 경우 두 지점은 하나의 제약식 역할밖에는 하지 못함
- 따라서 내비게이션 자료를 이용하여 기존의 관측지점이나 현재 추가를 고려하는 지점과는 최대한 독립적이면서 지점 추가를 통해 추가로 고려되는 경로의 숫자는 최대화 되도록 지점을 선정하는 문제를 수학적으로 구성하고 최적화 기법을 통해 풀 수 있음
- 교통량 조사지점 선정에서 고려되어야 하는 마지막 문제는 관측 지점이 공간적으로 균등하지 못하게 분포하는 문제를 어떻게 완화시킬 것인가 하는 점임
- 특정 지역 전체가 관측되지 않는 경우에는 해당 지역을 통과하는 모든 경로들이 미관측 지역에서의 세부적인 링크 구성의 정확도를 검증받을 수 없음
- 본 연구에서는 이러한 선정 규칙을 최대한 VDF 분석 애플리케이션 내에 반영하여 향후 관측지점 선정에 사용할 수 있는 프로그램을 개발함



<그림 3-66> 관측 지점의 공간적 불균형

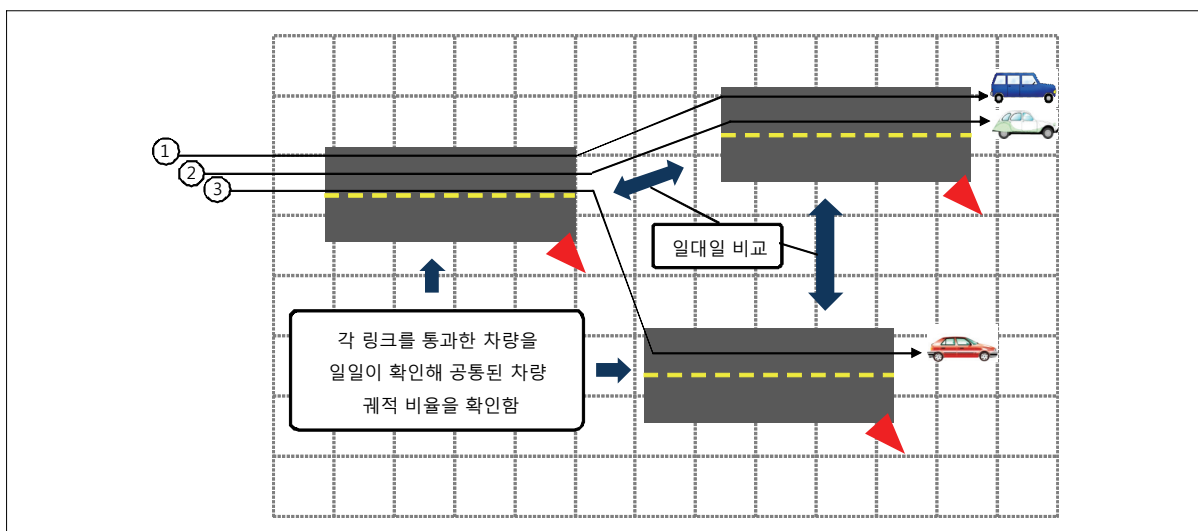
#### 4) 조사지점 선정을 의한 링크간 관계도 분석

##### ① 링크간 관계도 분석 기법의 필요성

- 링크간 관계도(Relation) 분석이란 교통망을 구성하는 두 개의 링크가 얼마나 유사한지를 분석하는 것으로, 여기서 두 링크의 유사성은 링크를 통과하는 차량들이 얼마나 중복되어 있는 지로 평가 가능함
- 이때 링크간 유사성은 두 링크를 동시에 이용한 차량이 얼마나 되는지를 통해 분석이 가능  
한데 개별 차량 한 대 한 대를 조사해 통과 경로를 검토하기는 어렵기 때문에 두 링크를  
통과한 기종점 교통량이나 경로 교통량의 유사성을 통해 두 링크의 상관도 정의가 가능함
- 링크간 관계도는 다양한 용도로 사용이 가능하나 특히 본 과업에서는 링크 중요도를  
기초로 한 조사지점 선정 프로그램에서 유사 조사지점간 중복조사를 막기 위해 필요함
- 즉, 교통량이 많고 다양한 존간 통행을 포착할 수 있는 링크는 조사 우선순위가 높지만,  
두 링크를 통과하는 차량들의 구성이 유사하다면 두 지점을 함께 조사할 필요는 없음
- 또, 교통망에서 링크간 관계도는 향후 교통망의 망 차원의 관측 교통량 일관성을 검  
증하는데도 중요한 정보가 됨
- 축 일관성의 경우 상하류 링크간의 관계를 통해 검증이 가능하지만 교통망의 관측 지  
점간의 일관성 검증의 경우 연속적인 상하류 관계에 위치하지 않고 서로 떨어져 위치  
하게 되므로 단순한 교통량 보존 법칙을 이용해서는 일관성 검증이 어려움
- 따라서 망 일관성 검토를 위해서는 이격된 두 링크간의 상관성을 정의하여 이를 이용  
한 지점간 교통량의 상호 일관성을 평가하는 기법이 필요하며, 이를 위해 필요한 것  
이 링크간 관계도 분석기법임
- 그러나 현재 KTDB에서 확보되어 있는 자료나 수집 가능한 자료를 이용해서는 조사지  
점간의 통과 경로 및 교통량의 유사성을 판단할 수 없음
- 따라서 본 연구에서 새롭게 구축되는 차량 내비게이션 자료를 이용하여 서로 다른 두  
링크를 구성하는 교통량이 얼마나 기종점 및 경로 관점에서 유사한지를 판단할 수 있  
는 방법론을 개발함

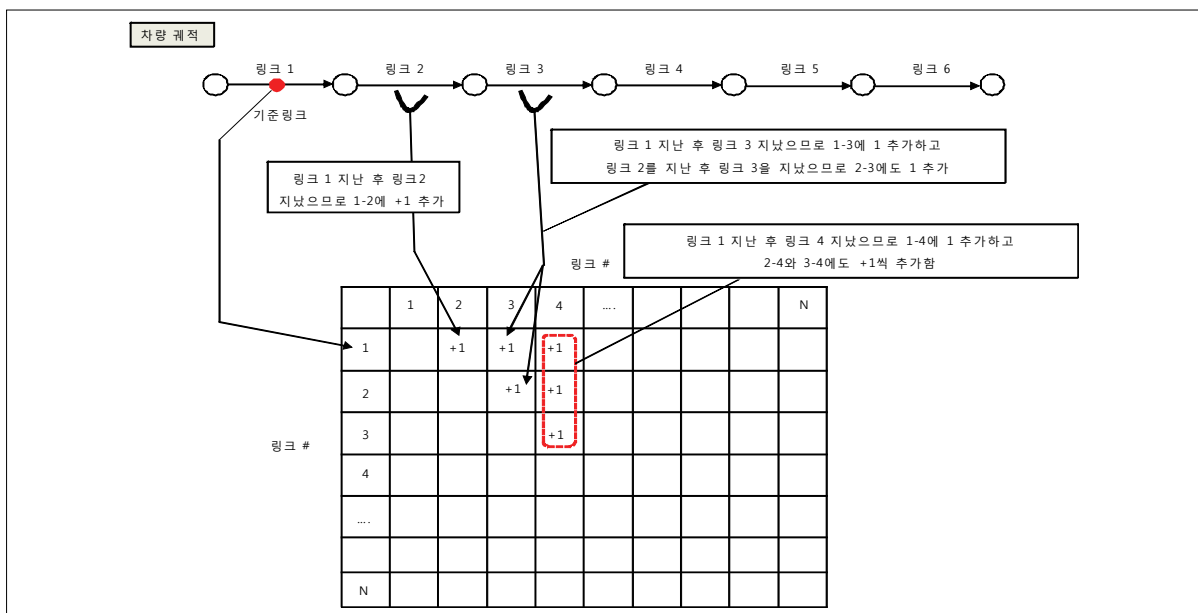
## ② 링크간 관계도 분석 기법

- 링크간 관계도 분석을 위한 기법에는 여러 접근법이 이용될 수 있음
- 본 연구에서는 링크 관계도를 두 링크를 통과하는 차량들이 얼마나 유사한가로 정의하였으므로 이를 파악할 수 있는 수학적 방법론이나 경험적 방법론을 구축하면 됨
- 방법론적 관점에서 가장 간단한 방법은 두 지점간을 동시에 통과하는 차량의 비율을 이용하는 것임
- 즉 <그림 3-67>과 같이 통과하는 모든 차량들의 궤적을 호출하여 두 링크를 동시에 통과한 궤적의 숫자를 계산한 뒤 각 링크의 전체 통과 궤적당 중복된 차량 궤적의 비율을 정의함
- 단, 두 링크를 통과한 전체 궤적 수에는 차이가 있을 수 있는데, 예를 들어 링크 1을 통과한 총 궤적의 숫자가 50개이고, 링크 2를 통과한 궤적수는 40개이며, 이중 두 링크를 동시에 통과한 차량의 숫자가 10개라면 링크 1 기준의 궤적 중복도는 20% (10/50)이지만 링크 2 기준의 중복도는 25% (10/40)임
- 차량 궤적을 이용하여 일대일 링크 비교를 통해 링크 유사성을 정의하는 방식은 명료하게 링크간 유사성을 정의할 수 있으나 대규모 자료DB에 적용하는데는 한계가 있음
- 첫 번째 문제는 링크의 일대일 비교를 통한 중복도 정의가 링크의 숫자가 많을 경우 지나치게 많은 계산량을 요구한다는 점임



<그림 3-67> 통과차량 중복율을 이용한 링크 유사성 검토

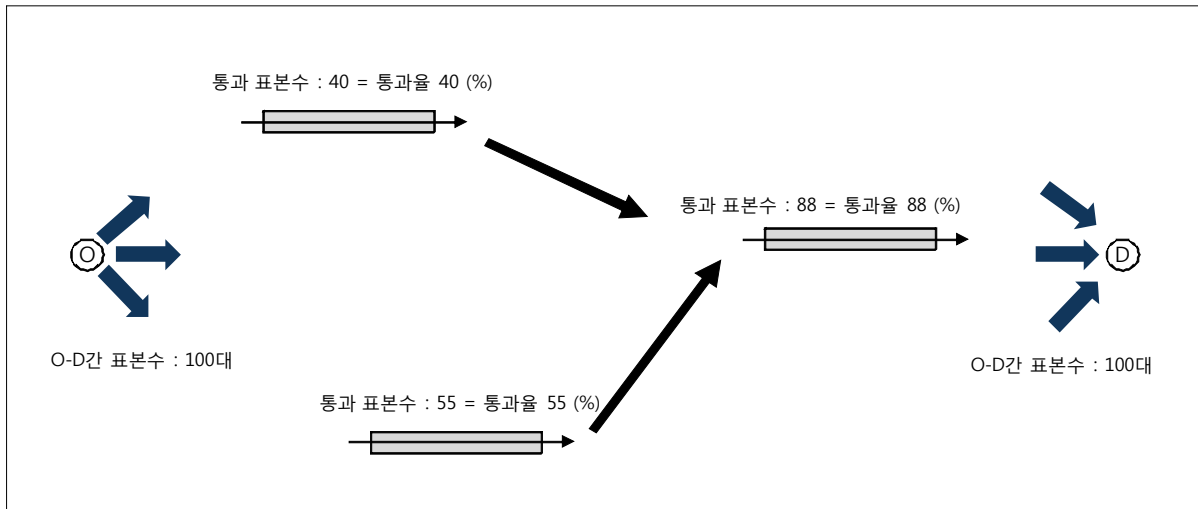
- 예를 들어 100개의 링크를 갖는 교통망의 경우  $100 \times 100 = 10,000$ 의 원소를 갖는 행렬로 상관도가 정의되지만, 1,000개의 링크를 갖는 교통망의 경우  $1,000 \times 1,000 = 1,000,000$ 의 행렬로 정의되기 때문에 교통망의 증가에 따라 정의되어야 할 값의 량이 기하급수적으로 증가함
- 차량 궤적을 이용한 일대일 대응 비교의 또 다른 문제점은 일일이 차량의 궤적을 확인하여야하기 때문에 모든 차량의 궤적 정보를 저장하고 호출해야 한다는 점임
- 특히, 모든 링크의 일대일 비교에 모든 차량의 궤적을 호출하는 것은 대규모 교통망의 경우에는 거의 불가능함
- 물론 분석이 필요한 링크가 단 두 개이거나 소수인 경우 궤적자료를 Raw data로 보관하고 있다가 표본 자료 전체를 검색해 상세한 분석을 시행할 수 있으나, 이러한 방법으로 대규모 교통망의 모든 링크간 상관도를 분석하기는 어려움
- 다만 대규모 데이터의 처리가 가능할 정도로 충분한 시간이 있다면 <그림 3-68>과 같이 전체 교통망의 링크에 대해 표본 궤적들을 탐색해 링크간 상관도를 정의하는 것이 가장 정확하게 교통망에서 링크간의 관계를 정의하는 방법이 될 수 있음
- 즉, 두 링크에 대해 필요할 때마다 Raw data를 호출하는 것이 아니라 전체 교통망 링크에 대해 <그림 3-68>과 같이 행렬을 정의하여 공통 통과 궤적수를 저장해 놓고 필요하면 각 링크를 통과하는 전체 궤적수 중 공통 통과 궤적 수를 비율로 계산해 링크간 관계도를 정의함



<그림 3-68> 궤적자료를 이용한 링크-링크 행렬 작성



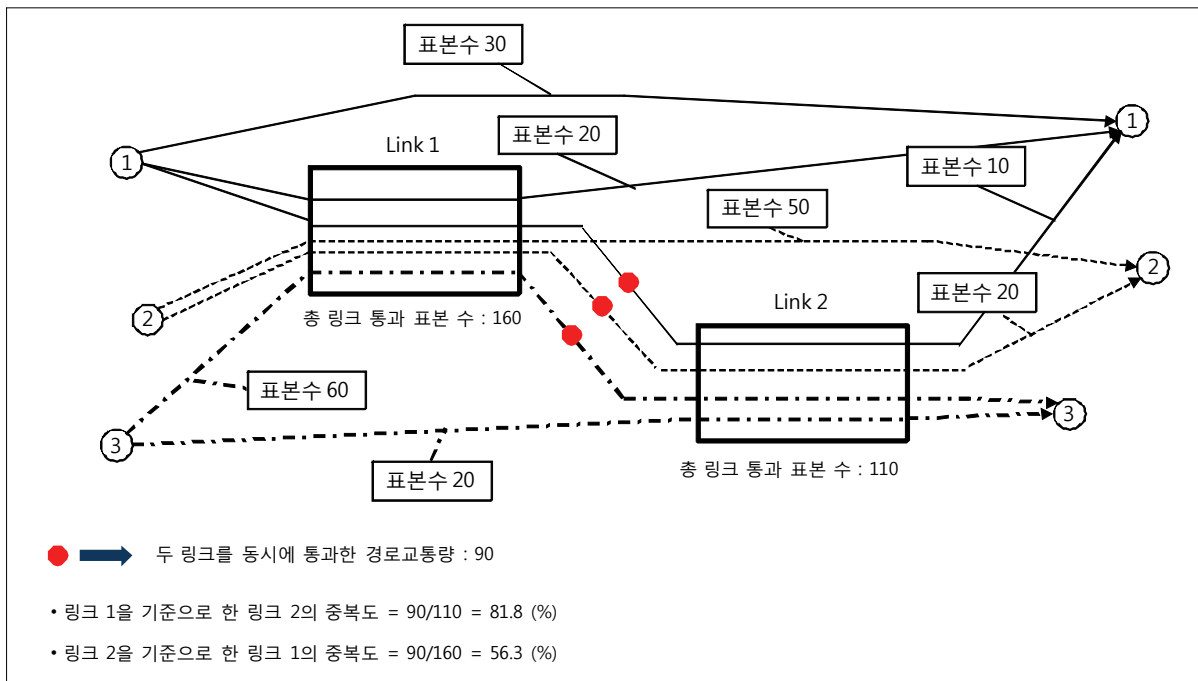
- 링크-링크 통과 교통량 행렬의 작성은 단순하며, <그림 3-68>에서 보는바와 같이 개별 차량 궤적을 호출한 후 첫 번째 링크부터 전진하면서 후속 링크를 첫 번째 링크-통과링크에 해당하는 위치에 +1씩 중복 차량수를 증가시킴
- 단 <그림 3-68>에서 보면 링크 1을 통과한 후 통과하는 모든 링크들은 링크 기준으로 함께 공유해 통과되는 링크이므로 링크 1 통과링크를 +1하면서 링크 2 통과링크도 함께 갱신할 수 있음
- 이 경우 한 번의 전진탐색 만으로 궤적에 포함된 모든 링크간의 관계도를 저장할 수 있음
- 앞서 밝힌바와 같이 이러한 행렬이 작성될 경우 링크 간 관계도 분석에는 매우 편리하나 대규모 교통망의 경우 전체 궤적에 대해 이러한 저장 작업을 하는데 걸리는 시간이 문제가 될 수 있어 계산 시간과 저장 공간을 줄일 수 있는 방법론의 개발도 필요함
- 따라서 대규모 교통망에 적용가능한 방법론 개발을 위해서는 개별 차량의 궤적자료 대신에 궤적자료를 집계한 기종점간 경로 교통량이나 기종점간 교통량의 링크 통과비율 등을 이용해 링크 간 비교를 시행하는 것이 효율적임
- 이 두 가지 방법을 비교할 때 기종점 간 경로를 비교하는 방법 역시 각 기종점 별로 모든 경로를 저장하는데 상당한 저장 공간이 필요하고, 이를 링크의 일대일 비교시마다 호출하는 것도 매우 많은 계산 량을 필요로 함
- 물론 선택된 소수의 기종점에 대해 대표경로로 저장된 소수의 경로자료만을 이용해 두 링크간의 상관도를 분석할 수 있음
- 하지만 소수의 기종점 자료를 이용할 경우 소량의 정보로 링크 간 관계도를 정의하기 때문에 상당한 오차가 포함될 수 있고, 선택된 소수의 기종점으로는 유효한 정보가 두 링크에 대해 정의되지 않아 두 링크의 상관도 정의 자체가 불가능 할 수도 있음
- 마지막으로 이용할 수 있는 방법은 본 연구에서 DB로 구축되는 기종점 교통량의 링크 통과 비율임
- 기종점 교통량의 링크 통과비율이란 특정 기종점의 교통량이 교통망의 각 링크를 통과하는 비율을 나타내는 것임



<그림 3-69> 기종점 교통량의 링크 통과 비율 계산 방법

- 계산 방법은 단순한데 기종점 교통량이란 기점 존과 종점 존을 통행하는 내비게이션 자료의 총 표본수로 정의되며, 이중 각 링크를 통과한 표본수를 확인한 뒤 <그림 3-69>와 같이 총 기종점간 표본수 중 특정 링크를 통과한 비율을 계산하면 됨
- 계산 방법은 단순하지만 실제 대규모 DB를 이용할 경우 기종점의 숫자와 링크의 숫자가 워낙 많기 때문에 모든 기종점 쌍에 대하여 모든 링크에 대한 통과율을 계산하는 것은 상당한 시간과 저장 공간을 필요로 함
- 또 기종점간의 표본 숫자가 많지 않을 경우에는 이러한 링크 통과율 계산이 무의미함
- 따라서 일정 숫자 이상의 표본이 확보된 기종점들에 대해서만 링크 통과 비율을 계산할 수 있으며, 이 정보를 이용해 두 링크 간을 통과하는 차량들 간의 유사성을 정의함으로써 링크 간 유사성, 즉 상관도를 정의할 수 있음
- 현재 본 연구에서 가장 핵심적인 과제는 기종점 링크이용 확률 정보를 이용해 관계도가 높은 링크를 어떻게 결정할 것인가 하는 점임
- 자료간의 관계를 통계적으로 정의하는 상관도나 상관계수는 대응하는 두 자료집단간의 관계를 수치적으로 분석하는 방법이기 때문에 본 연구에서 정의하는 링크간 관계도 계산에 적용하기는 어려움
- 즉, 링크간 관계도란 두 링크를 이용하는 교통류가 얼마나 중복되는가를 나타내는 지표이므로 가장 이상적인 방법은 개별 차량 궤적의 확인을 통해 두 링크간의 궤적 중복도를 확인하는 것임



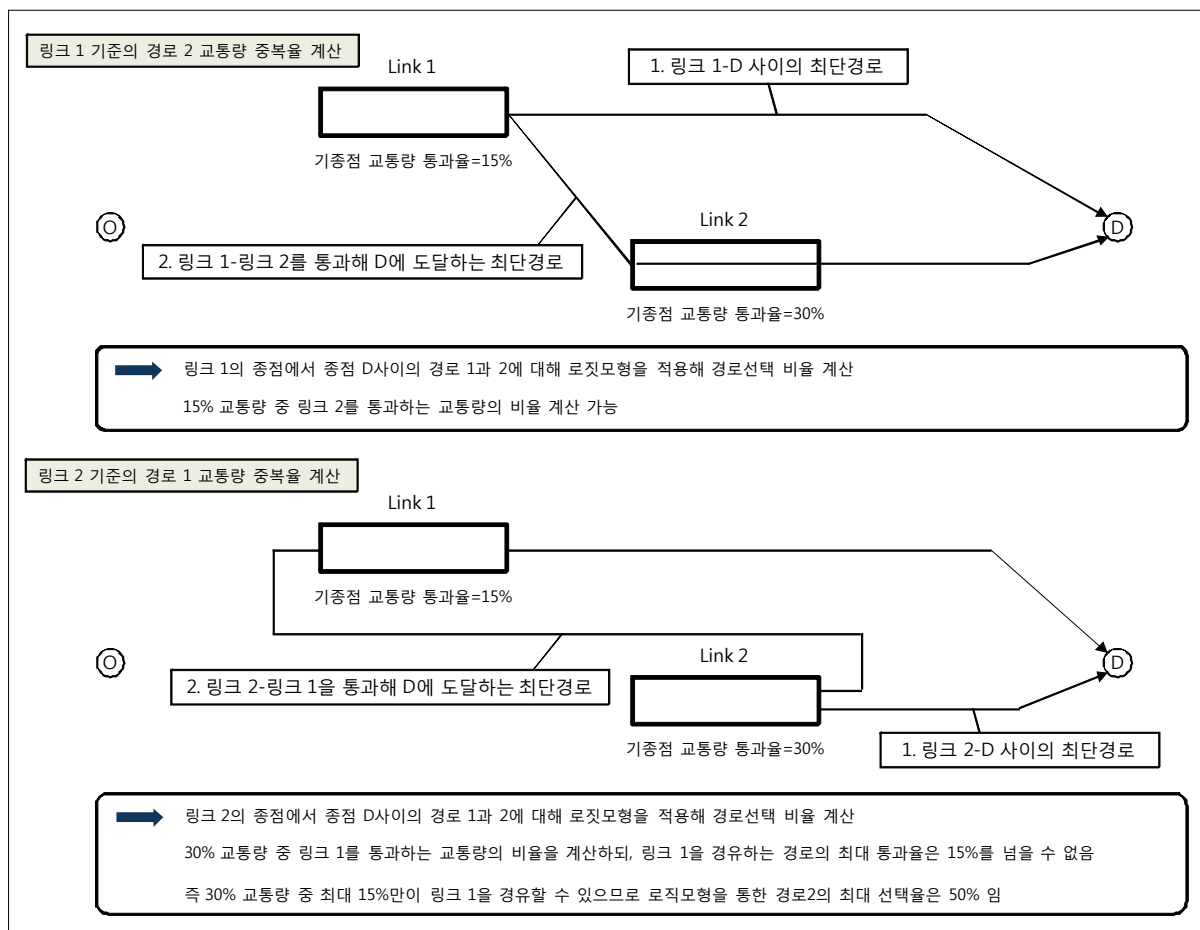


<그림 3-70> 경로 기반의 링크간 교통량 중복도 계산

- 하지만 앞서 밝힌바와 같이 Raw data의 크기 때문에 이러한 분석은 불가능하며, 이러한 개별 궤적 기반의 계산이 불가능할 경우 다음으로 동일한 종류의 정보로 간주할 수 있는 것이 차량의 경로교통량 자료임
- 경로 교통량 자료의 경우 표본수가 충분한 기종점들에 대해서 대표경로를 선정하는 경우 이러한 주요 경로들을 이용하여 두 링크간의 관계도 분석이 가능하며 이 기법을 이용하는 것이 가장 정확한 기준이 될 것임
- 다만 경로 기반의 관계도를 계산할 경우 <그림 3-70>에서 제시한 바와 같이 중복 경로 교통량과 각 링크 교통량의 비율을 통해 관계도가 계산되는데 기준이 되는 링크 교통량이 서로 다르기 때문에 두 링크 간에는 서로 다른 관계도가 정의됨
- 즉, <그림 3-70>의 경우 링크 2은 총 교통량이 110인데 링크 1-2간을 동시에 통과한 경로 교통량은 90대이므로 링크 2 기준의 링크 1-2간 중복 교통량 기준의 링크 1과의 관계도는  $90/110 = 81.8 (\%)$ 임
- 반대로 링크 1의 경우 전체 링크 교통량이 160인데 이중 두 링크를 동시에 이용하는 경로교통량은 90이므로 링크 1 기준의 링크 2와의 관계도는  $56.3 (\%)$ 가 됨
- 즉, 링크 1을 기준으로는 전체 교통량 160대 중 링크 2와 중복되는 교통량이 90이므로 링크 2와의 중복도가 높지 않다고 판단할 수 있으나, 링크 2의 경우 전체 110대

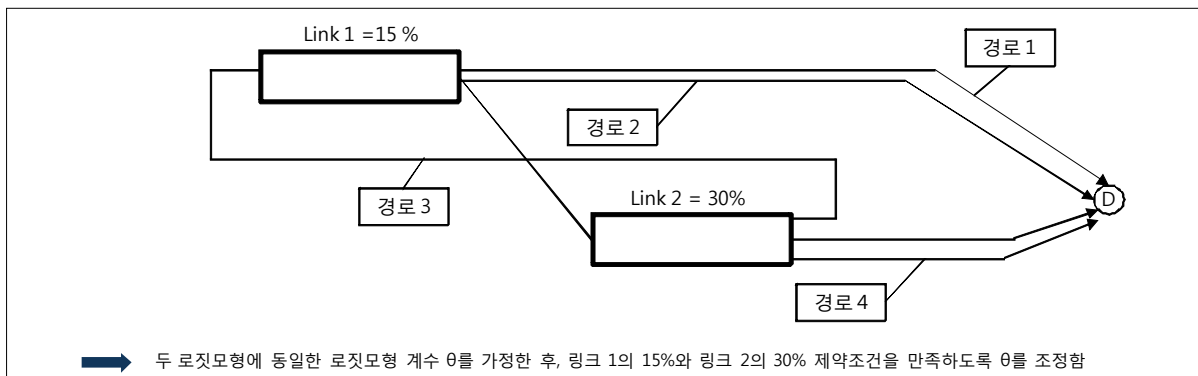
중에서 90대가 링크 1을 통과한 차량들이므로 링크 1과의 중복도가 상당히 높다고 판단할 수 있는 것임

- 따라서 두 링크 간을 통과하는 경로교통량은 중복을 통해 동일하게 계산되더라도 링크의 교통량에 따라 관계도는 상대적으로 정의되는 것이 합리적이라 판단할 수 있음
- 물론 모든 기종점에 대하여 대표경로를 선정할 수는 없으므로 위와 같은 분석은 이용 가능한 경로들만을 이용해 수행 가능함
- 마지막으로 기종점간 대표경로를 이용하기 어려운 경우에는 기종점 교통량의 링크 통과 비율을 통해 두 링크간 관계를 정의할 수 있는 방법을 찾아내야 함
- 기종점 교통량 통과율이 경로 교통량과 가장 크게 다른 점은 통과율 만으로는 직접 두 링크간의 중복 교통량을 산정할 수 없다는 점임



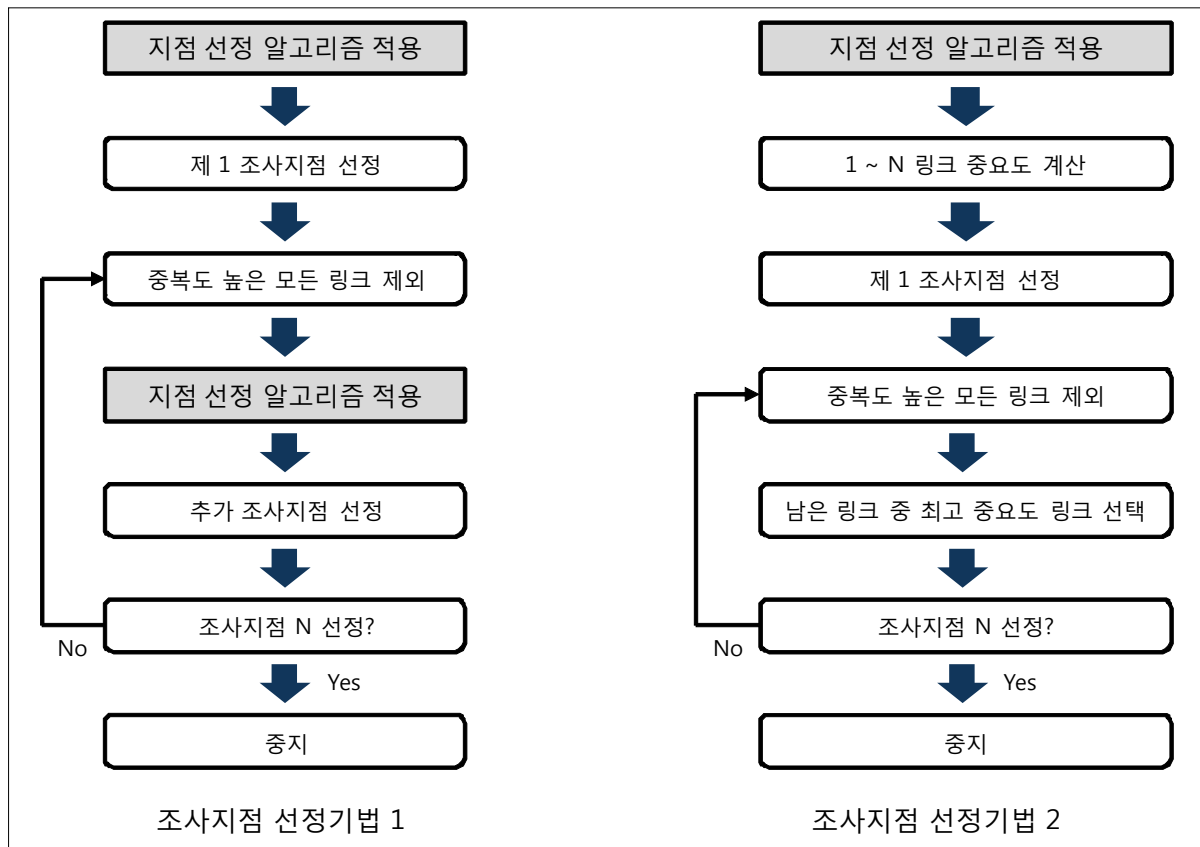
<그림 3-71> 기종점 교통량 링크 통과 비율을 이용한 링크 관계도 계산 예

- 즉, <그림 3-71>과 같이 동일한 기종점에 대해 링크 1의 경우 기종점 교통량의 링크 통과율이 15%라 하고 링크 2의 경우 30%라 하면 모든 링크 1의 교통량이 링크 2도 지나는 경우 최대 15%의 교통량 중복이 발생할 수 있으나, 두 링크가 전혀 독립적인 경로에 의해 이용되는 경우 교통량 중복은 0%일 수 있음
- 따라서 두 링크를 순차적으로 통과하는 경로와 그렇지 않은 나머지 경로들의 교통량 비율에 대한 추정이 되어야 두 링크를 중복해 이용한 교통량의 계산이 가능함
- 이러한 문제는 <그림 3-72>와 같은 로짓모형 기반의 추정 방법론을 통해 해결이 가능함
- 링크 1을 통과하는 기종점 통행량 비율을 15%라 가정할 때 링크 1의 종점노드에서 종점 D까지의 최단경로를 찾아 경로 1이라 정의하고 링크 1의 종점 노드를 지나 링크 2를 거쳐 종점 D로 도달하는 경로를 경로 2라 정의함
- 이렇게 경로 1과 2가 계산되면 로짓 모형을 통해 두 경로의 선택 확률을 계산하여 링크 1 기준으로 링크 2를 이용하는 교통량 비율을 계산함
- 반대로 링크 2에 대해서도 동일한 방법으로 링크 1을 동시에 이용할 교통량 비율을 계산할 수 있는데, 단 링크 1의 경우 기종점 교통량 통과율이 15%이므로 링크 2 기준으로는 링크 2를 통과하는 총 비율 30%에 로짓모형을 통해 링크 1을 경유해 종점 D로 가는 경로의 선택비율이 50% 이상 될 경우 최대 선택율을 50%로 가정해 통과율을 계산함
- 이렇게 계산을 해서 4가지 경로에 의한 경로 통과율을 계산하면 각 링크에 정의되어 있는 통과율 15%와 30%가 만족되지 않고 초과될 것임
- 따라서 <그림 3-72>와 같이 조금씩 로짓모형 계수 값  $\theta$ 를 조정하여 링크 1의 통과율 15%와 링크 2의 통과율 30%를 만족시킴



<그림 3-72> 두 링크의 기종점 교통량 통과율을 만족시키는 로짓모형 계수 정산

- 또 다른 주요 문제는 과연 링크 관계도를 앞서 논의한 바와 같이 모든 링크에 대해 일대일 관계로 정의하는 것이 필요한가 하는 점임
- 본 연구에서 링크 관계도는 크게 조사지점 선정과 관측교통량의 망 일관성 검증에 필요함
- 이중 관측교통량의 망 일관성의 경우 본 과업의 범위 내에서는 실제 대규모 자료에 대해 적용되지 않으며, 링크 관계도를 이용해 정의하는 방법 외에 다른 기법의 개발도 검토 가능하며, 링크 관계도가 정의될 경우 어떠한 형태로 정의되던 간에 활용이 가능할 수 있어 망 일관성 검증을 위해 링크 관계도를 일대일로 정의할 필요는 없음
- 따라서 링크간 관계도 정보가 주로 이용될 분야는 조사지점의 중복선정을 막는데 쓰이는 것이며, 이 경우 모든 링크에 대하여 링크 중복도를 검토하지 않더라도 중복이 없는 조사지점 선정은 가능함
- 조사지점 선정의 경우 다양한 기준에 의해 충분한 숫자의 지점들이 선정되기 때문에 선택된 링크들에 대해서만 중복도를 확인하면 됨
- 따라서 링크간 관계도 계산량을 최소화하는 조사지점 선정 방법론으로 두 가지 방안을 생각할 수 있음
- 첫 번째 방법은 조사지점 선정에서 첫 번째 조사지점을 선정하면, 이 지점과 다른 모든 링크들간의 중복도를 계산하여 일정 허용 중복수준을 초과하는 모든 링크들은 제외하고 나머지 링크들에 대해 다른 기준들을 적용해 두 번째 조사지점을 선정하는 것임
- 예를 들어 링크가 1,000개라 가정하면 관계도를 고려하지 않고 하나의 조사지점을 선정한 뒤, 나머지 999개 링크들에 대해 관계도 분석을 해 중복도가 높은 링크들은 제외 후 나머지 기준들을 적용해 두 번째 조사지점을 선정하는 것임
- 이러한 과정은 원하는 숫자의 조사지점이 선택될 때까지 반복함
- 이 기법은 계산량이 상당할 것같이 보이나 실제로는 현재 교통량이 조사된 링크들이 충분히 존재하므로 이 링크들과 관계도가 높은 링크들을 우선 제외할 경우 실제 관계도를 검토할 잔여 링크의 숫자는 상당히 감소할 수 있음
- 두 번째 방법은 관계도 검토를 선정된 조사지점 후보에 대하여 적용하는 것임
- 즉, 100개의 조사지점을 선정한다고 하면 100개 이상의 조사지점 후보를 여러 기준을 적용해 선정한 뒤 제1조사지점 후보로부터 나머지 99개 지점과의 상관도 분석을 실시하고, 이를 통해 중복도가 허용치 이상인 지점을 삭제하고 남은 후보들 중 기존 순위가 가장 높은 지점을 제2지점으로 선정하는 것임



<그림 3-73> 링크 중복도를 고려한 조사지점 선정 방법론 비교

- 제 2 지점이 선정되면 제 1지점을 제외하고 남은 지점들에 대해 제 2 지점 기준의 관계도 계산을 실시하고, 허용 관계도를 초과하는 링크들을 제외한 후 잔여 링크 중 기존 순위가 가장 높은 링크를 제 3 지점으로 선정함
- 이 기법은 중복도 계산이 최소화되는 단점이 있으나 이러한 검토를 통해 링크들을 제외하다보면 중복도를 검토하지 않고 선정한 후보 링크들이 상호 중복도가 높을 경우 이 후보들만으로는 미리 설정한 조사지점의 숫자가 다 확보되지 못하는 경우가 발생할 수 있음
- 이러한 경우 처음부터 후보의 숫자를 늘리거나 또는 후보에 선정되지 않은 잔여 링크들에 대해 다시 후보선정을 실시해 뽑혀있는 링크들과의 중복도를 다시 검토해 미리 설정한 조사지점수가 채워질 때까지 이 과정을 반복할 수 있음
- 대규모 교통망의 경우 선정된 후보 링크들 간의 상관도를 검토하는 것이 계산량이나 시간 측면에서 유일한 현실적 대안이라 판단됨

### 5) KTDB 교통량 조사지점 선정 기법 개발

- 앞 절에서 설명한 조사지점 선정에서 중요한 사항들과 현재 조사지점 선정에 이용 가능한 정보들을 포괄적으로 고려하여 KTDB 교통량 조사지점 선정 기법을 개발하였음
- 교통조사의 목적상 조사지점은 자료를 최대한 확보할 수 위치로 선정되어야 함
- 기종점 교통량 추정을 위한 지점 선정의 경우 링크 교통량이 최대인 지점을 선정하는 것이 우선 고려사항이나 현재 KTDB 교통량 조사지점의 경우 교통량이 없는 지점을 조사지점으로 선정해야 하므로 교통량 자체를 선정 기준으로 할 수는 없음
- 따라서 링크를 통과하는 내비게이션 자료의 수가 차량들의 링크 이용량과 비례한다는 가정 하에 링크 통과 내비게이션 표본수가 많은 링크들을 조사지점 선정을 위한 링크 중요도의 첫 번째 기준으로 결정하였음
- 이때 링크 통과 표본수로 우선순위를 정하는 것은 단순하지만 본 연구에서 링크 중요도 평가를 위해 고려하는 기준이 링크 통과 표본수 외에도 여러 가지가 있기 때문에 이러한 기준들을 어떻게 함께 이용하는가가 선정기법 개발의 주요한 과제가 됨
- 본 연구에서는 각 기준들의 상대적 중요도를 우선 결정해 중요도에 따라 우선 적용하지만 각 기준에 따라 엄밀한 순서를 정하는 것이 아니라 기준별 등급을 통해 각 링크들을 그룹화하도록 함
- 이에 따라 제 1 기준인 링크 통과 표본수를 적용할 경우 각 VDF 등급별로 먼저 전체 링크들을 링크 통과 표본수에 따라 정렬함

우선 순위	I	J	통과표본수
1	332	333	285
2	125	128	283
3	1325	1328	265
4	412	148	245
5	1051	745	205
6	1166	385	202
7	1339	874	195
8	956	958	186
9	254	305	170
10	184	185	145
11	204	352	130
12	205	112	145

1등급

통과 표본 수에 따라  
전체 링크에 등급을 부여

2등급

<그림 3-74> 링크 통과 내비 표본수에 따른 그룹 설정

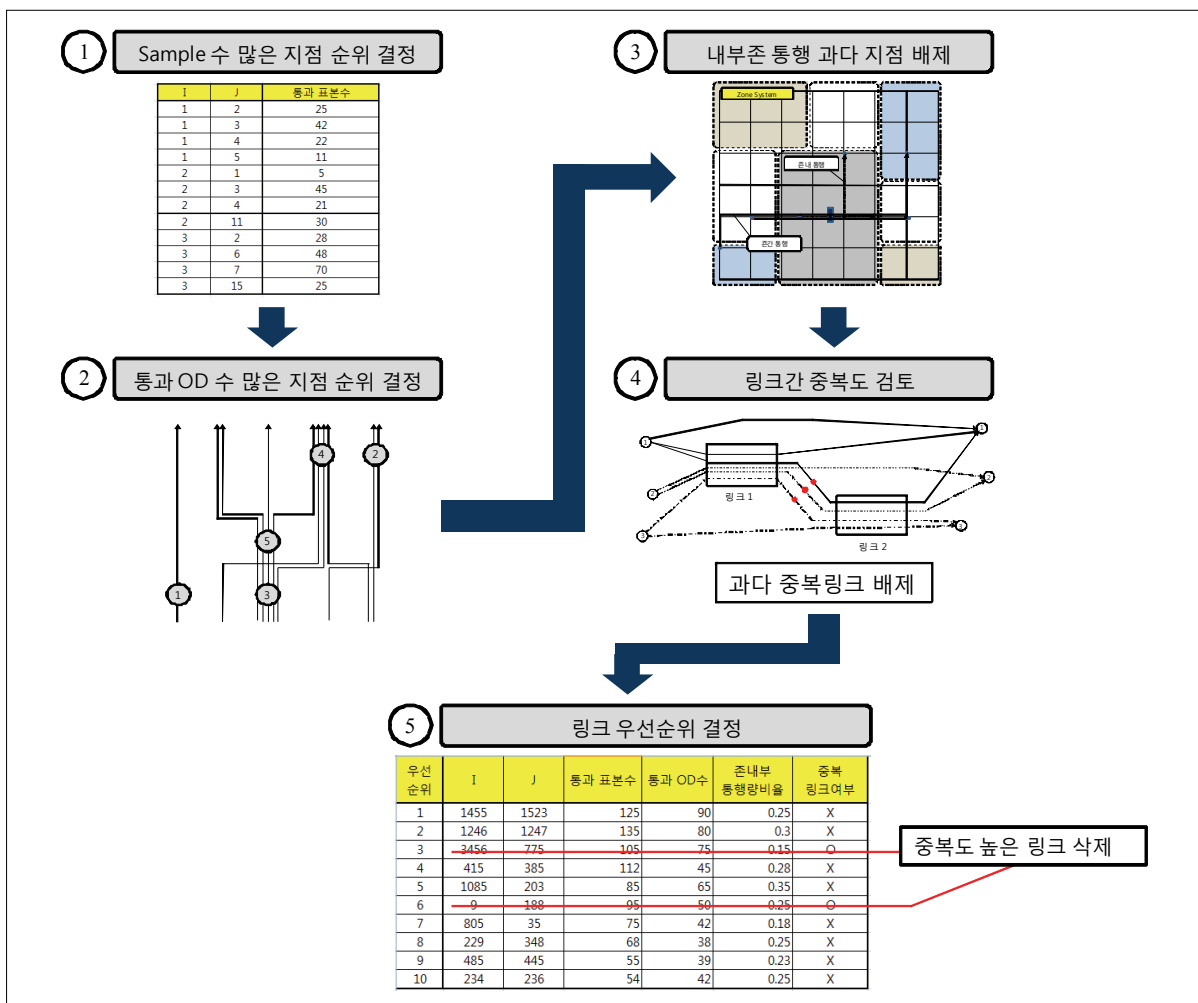
- 이때 각 링크별 순위가 결정되지만 통과 표본수에 따라 링크들을 그룹화하여 통과 표본수가 아주 많은 그룹부터 낮은 그룹까지 링크그룹을 등급화 함
- 링크 통과 내비 표본수에 의해 우선순위가 모든 링크에 대해 정의가 되었음에도 링크 우열을 등급으로 정리하는 이유는 링크 통과 표본수가 자량계적 모집단에 의해 정의된 것이 아니라 한정된 회사의 자료로 수집된 것이고 이러한 순위는 자료가 바뀌면 변화가 가능하기 때문에 절대적인 지표로 사용하기 어렵기 때문임
- 또 하나의 기준을 통해 전체 링크들의 순위를 매기는 경우 다음에 적용될 기준에 의한 순위를 전체 순위 평가에 어떻게 반영할 것인가 하는 문제가 발생함
- 따라서 본 연구에서는 내비 샘플수에 의한 전체 우선순위 평가 후 전체 링크들을 한정된 등급으로 재분류하고 동일한 등급간에는 내비 샘플수 차이가 의미가 없는 것으로 가정함
- 두 번째 기준은 통과 기종점 숫자가 많은 지점에 우선순위를 부여하는 것으로 특정한 링크가 다른 링크에 비해 많은 기종점간 통행을 담당하고 있다는 것은 해당 지점에서 교통량 조사가 이루어졌을 때 타 지점에 비해 교통량이 검증되는 기종점의 숫자가 많음을 의미함
- 두 번째로 적용되는 통과 기종점 수 역시 우선순위가 평가되더라도 내비 샘플수의 경우와 마찬가지로 등급으로 구분함
- 통과 표본 숫자와 통과 기종점 수와 함께 고려되는 사항은 존 내 통행량 비율이 지나치게 높은 링크들을 조사에서 제외하는 것임
- 존 내 통행량 비율이 높은 링크들은 존간 통행량 배정 결과를 통해 검증을 시행하는 VDF 정산에는 적합하지 않으므로 존 내부 통행률이 낮을수록 높은 등급을 부여하여 점수를 평가함
- 세 가지 선행 기준에 의하여 각 링크마다 세 가지의 등급이 부여되면 다음식과 같이 등급에 부여된 점수를 가중 평균하여 각 링크별로 평가 점수를 산정함

$$\text{Total Score} = a_1 \cdot P1 + a_2 \cdot P2 + a_3 \cdot P3$$

- 식에서  $P_n$ 은 기준  $n$ 의 등급에 의한 점수이며,  $a_n$ 값은 기준  $n$ 에 대한 가중치로서 본 과업에서는 각 기준에 (1/3)의 가중치를 부과하였음



- 식에서 평가되는 점수를 링크 중요도라 하며 링크가 교통망에서 존간 통행패턴에서 얼마나 중요한 위치를 차지하는 지표로 사용함
- 세 지표에 의해 링크 중요도가 평가되면 전체 링크의 조사 우선순위 결정이 가능함
- 이때 조사의 경우 각 VDF 별로 현재의 관측율을 고려해야하므로 우선순위 평가시 VDF 별 순위를 매기는 것이 바람직하고 중복 조사를 막기 위해 특정 링크가 조사지점으로 선정되면 해당 링크와 중복되는 링크들은 조사 지점에서 제외하는 것이 필요함
- 이러한 이론에 따른 링크 조사지점 우선순위 분석은 <그림 3-75>와 같음
- 그러나 본 연구에서 현재의 내비게이션 자료를 통해 링크 간 중복도를 분석하는 것은 개별 경로 파악이 되어있지 않은 현재로서는 어렵기 때문에 링크 중복도 고려는 향후 과제로 남겨둠

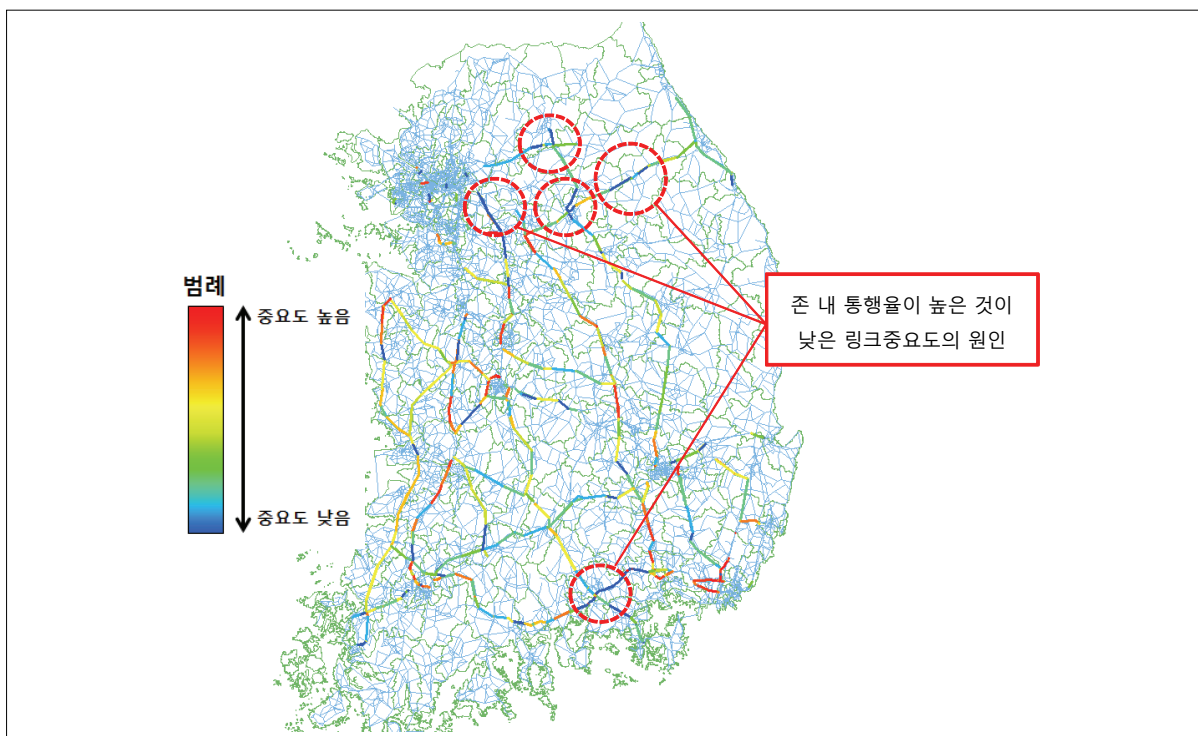


<그림 3-75> 링크 조사지점 우선순위 분석 과정 예



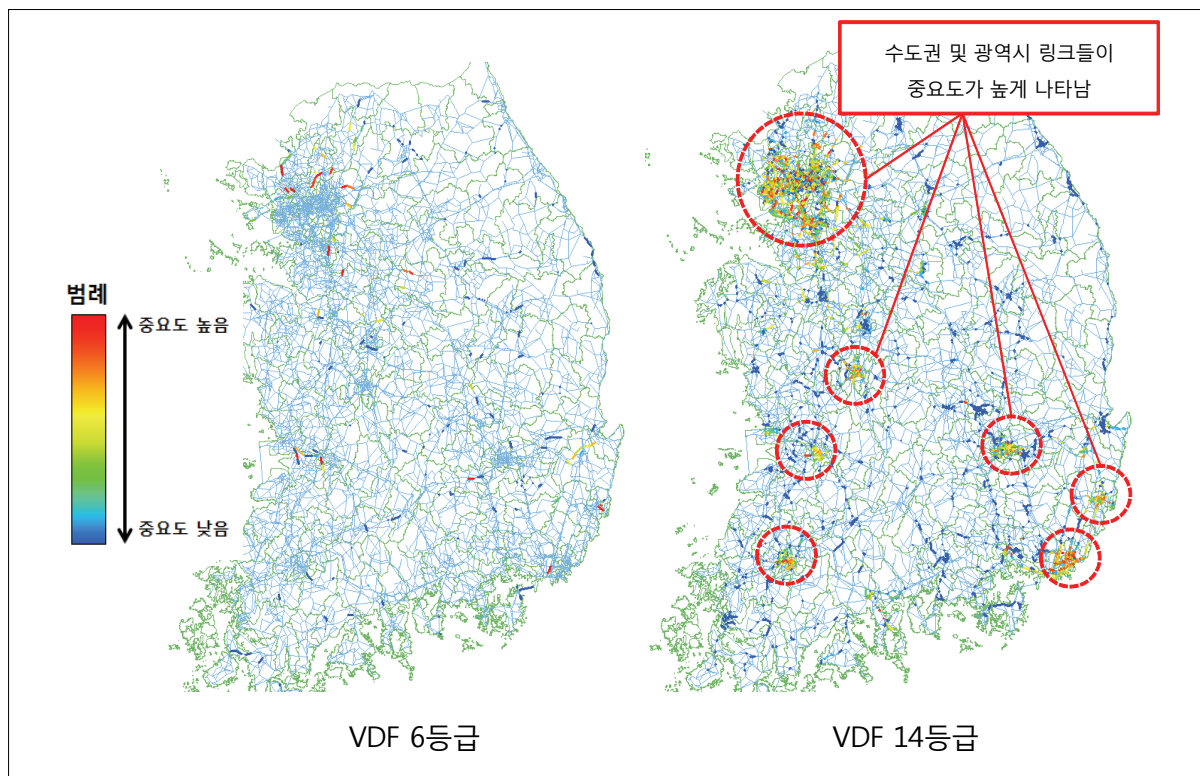
## 6) KTDB 교통망 링크 중요도 분석

- 앞 절에서 설명한 내용에 따라 KTDB 교통망에 대한 링크 중요도 분석을 시행하였음
- 내비게이션 자료가 전체 링크에 대해 수집되고 있지 않은 관계로 경로기반의 분석이 불가능 하였고 전체 내비게이션 자료의 량이 방대해 링크 중복도를 평가할 수 있는 자료의 분석도 과업기간에는 어려워 조사지점 우선순위 평가는 향후 연구과제로 남겨두었음
- 교통망 링크 중요도 분석을 시행하는 링크들은 내비게이션 자료가 30개 이상 확보된 링크들만을 대상으로 하며 이 경우 KTDB 교통망의 절반 수준의 링크들에 대해서만 중요도가 평가됨
- 링크 중요도 평가는 앞서 설명한 바와 같이 가중치는 각각 (1/3)로 설정하고, 각 항목의 점수를 산정하는데 사용되는 등급 수는 세 항목 모두 10등급으로 구분하였음
- 링크 중요도의 평가 목적이 각 등급별로 조사 우선 순위를 선정하는 것이며 등급별로 통과 표본 숫자나 통과 기종점 수가 크기의 차이가 크기 때문에 모든 등급을 함께 평가하지 않고 VDF 등급별로 구분해 적용함



<그림 3-76> VDF 1등급 링크들의 중요도 평가 결과

- 〈그림 3-76〉은 고속도로 1등급 링크들이 중요도 평가 결과인데 주로 대도시 부근 일부 링크들과 지방부 고속도로 링크들이 다른 고속도로 링크들에 비해 상대적인 중요도가 낮게 나타남
- 이때 VDF 1등급에서 중요도가 낮다는 것은 상대적인 개념으로 다른 등급 도로들과 비교할 경우 평가점수가 높게 나타날 수 있으나 같은 고속도로 2차로 이하 링크들 중에서는 상대적인 중요도가 낮은 링크라는 의미임
- 다차로 도로들의 경우에는 도시부와 지방부 도로에 따라 중요도에 상당한 차이가 나타나는데 〈그림 3-77〉을 보면 등급에 관계없이 도시내 도로들이 높은 중요도를 차지하는 것으로 분석됨
- 도시부 도로에서 높은 중요도가 나타난 것은 표본의 숫자와 통과 기종점쌍수가 큰 영향을 미쳤음을 알 수 있는데 그 이유는 존 내 통행량 비율의 경우 도시부에서 큰 값이 나타나나 다른 기준에서 도시부가 높은 등급을 받기 때문임
- 따라서 향후 가중치를 적절히 설정하는 연구가 필요하다고 판단됨
- 이상의 분석은 VDF 통합관리 애플리케이션에 기능으로 설치하였음



<그림 3-77> VDF 6 등급과 14 등급의 링크 중요도 분석결과

## 제4절 도로 통행비용함수 검증을 위한 첨단교통자료 구축

### 1. 첨단교통자료 도입의 필요성

- KTDB의 VDF 검증을 위한 기준은 교통량 편차 검증과 통행시간 검증이 사용되고 있음
- 교통량 검증의 경우 관측교통량 자료가 존재하는 모든 지점에서 배정교통량과 관측교통량과의 비교를 통해 검증이 이루어지고 있으며 VDF 계수 추정의 신뢰도를 평가하는 가장 중요한 자료로서 이용되고 있음
- 통행시간 검증의 경우 중요 기종점간 통행시간에 대해 관측 통행시간과 추정 VDF를 사용한 통행배정 결과에서 나타난 추정 통행시간간의 편차를 비교하는 방법으로 이루어지고 있으나 어떠한 기종점을 선택해야 하는지에 대한 명확한 기준이 없고 어느 정도 수준의 편차 내에 들어야 허용 가능한 오차인지에 대한 정의가 없는 실정임
- 또, 관측 기종점 통행시간의 경우 현재 KTDB에서 충분한 정보를 확보하고 있지 못하고 있어 교통량 검증과는 달리 충분한 숫자의 관측 자료와의 비교가 어려운 실정임
- 통행시간 조사의 경우 일반적으로 시험차량을 이용한 조사가 이루어져야하기 때문에 자료 수집에 필요한 시간과 비용이 큰 관계로 전 교통망 기종점에 대해 충분한 자료가 확보되지 못한 실정임
- 하지만 본 연구에서는 향후 장기적인 정산 방법론 개선 방향으로서 관측 통행 속도나 통행시간을 고려한 정산이 개발되어야 한다고 주장하고 있기 때문에 검증 차원에서도 통행 시간 자료나 속도자료에 대한 보완이 필요함
- 첨단 정보통신 기술의 발전에 따라 다양한 정보통신 관련 교통자료들이 이용가능해지고 있는데 승용차 내비게이션 자료도 이러한 자료의 예라 할 수 있음

<표 3-45> 교통자료 수집기법의 유형 구분 (Dixon and Rillet, 2002)

수집기법 유형구분		특징
1세대	단순관측법 (Simple observation)	수작업을 통한 교통량 관측, 인터뷰 조사법
2세대	고정센서 설치법 (Fixed sensor deployment)	Inductive loop detector (ILD), Sonic sensor, 비디오 촬영법 등
3세대	이동 센서 (Floating sensor)	휴대폰 기반 이동자료, 대중교통 스마트 카드 데이터, GPS 자료, Radio frequency identification (RFID) data 등

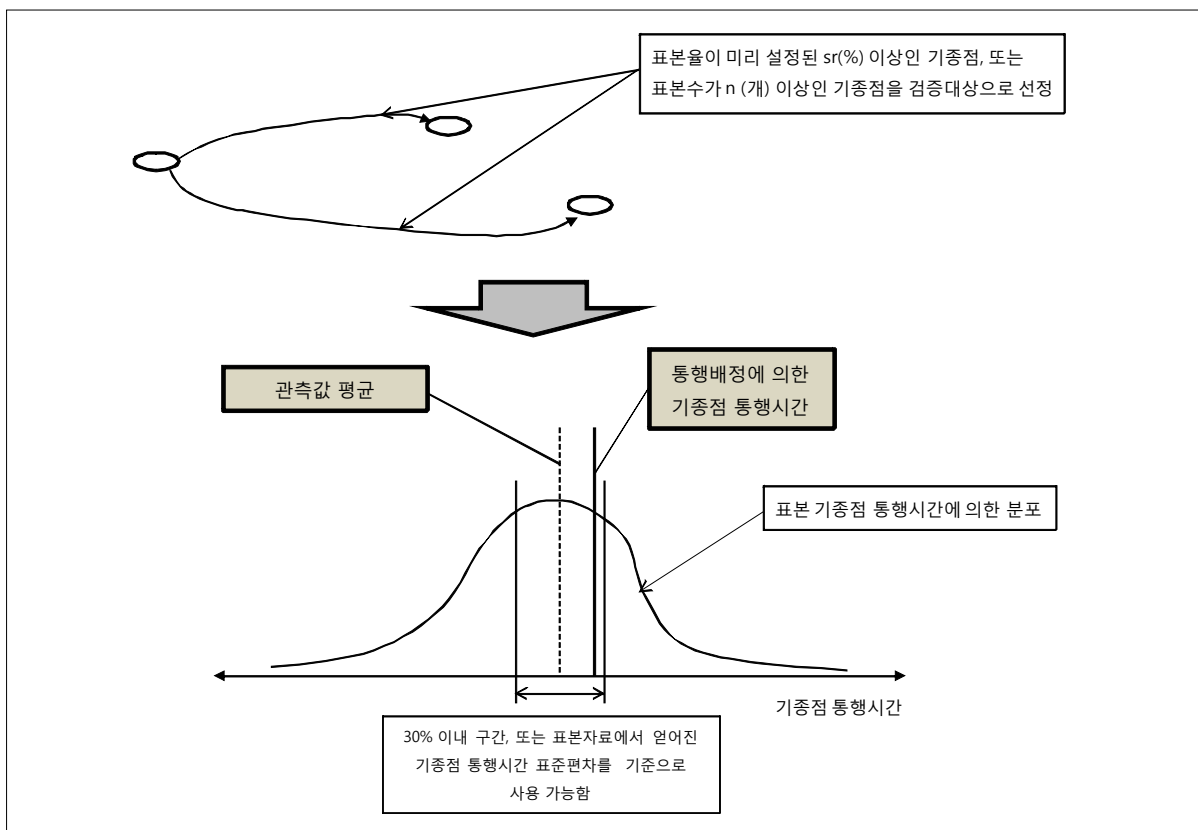
- 차량 내비게이션 자료는 통행 궤적자료의 일종으로서 Dixon and Rillet (2002)의 교통 자료 구분에 따르면 교통부문에서 현재 이용가능한 정보중 개별 차량의 이동 기록을 확인하여 공간적으로 링크간 연결 관계를 확인할 수 있는 제3세대 정보로 구분됨
- 제 3세대 자료인 궤적자료의 특징은 1세대와 2세대 자료들이 지점자료이기 때문에 공간자료로서의 가치가 낮은 반면, 제 3세대 자료의 경우 시공간상의 연속적 이동을 통해 자료가 수집되기 때문에 링크와 링크간의 연결관계나 공간상의 구간 통행속도 등을 파악하기 위한 자료원으로서 가치가 있음
- 단, 본 연구에서 이용 가능한 내비게이션 자료의 경우 일부 표본 차량의 궤적만이 파악가능하기 때문에 모집단 전체의 양적 규모파악에는 이용이 어려운 단점이 있으며, 이를 보완하기 위해 지점 관측 교통량과 같은 모집단을 대상으로 한 지점 자료로 보완이 필요함
- 본 연구에서는 이러한 제 3세대 궤적자료로서의 내비게이션 자료의 장점을 최대한 활용하여 도로 통행비용 함수의 검증 방안을 제시하였음
- 본 연구에서 내비게이션 자료는 기존 자료의 속도 및 통행시간 자료 보완, 교통량 관측위치 평가 및 선정, 관측교통량 일관성 검증, 현 도로위계 및 교통망 정합성 평가 등에 이용되었음
- 그리고 본 연구의 범위에는 속하지 않으나 장기적인 검증분야 확장 방안으로서 내비게이션 자료와 관측교통량을 동시에 이용한 기종점포 추정 방안을 제시하여, 향후 KTDB 기종점 교통량 검증에 이용할 수 있는 방안도 제안하였음

## 2. 첨단교통자료를 이용한 VDF 정산 검증 방안

- 앞서 밝힌바와 같이 본 제안서에서 제시하는 첨단교통자료의 활용 방안 중 첫 번째는 기종점 및 통행시간 파악임
- 현재는 VDF 정산 신뢰도 평가를 위해 사용가능한 기종점 통행시간 자료가 부족하기 때문에 내비게이션 자료에 기록된 차량별 기종점 통행시간을 첨두시간대와 비첨두시간대에 대하여 각각 집계한 뒤 통행배정을 통해 얻어진 통행시간과 비교할 수 있는 기준 자료로 활용하고자 함
- 이때 중요한 제안은 현재 검증 체계에서는 어떠한 기종점이 통행시간 검증에 이용가능한지, 또 어느 정도 수준까지가 편차로서 허용가능한지에 대한 기준이 마련되어 있

지 않은 상태이므로 이러한 기준 역시 본 연구에서 내비게이션 자료 분석을 통해 제시할 예정이다

- 고려 가능한 기준 선정 방안으로는 <그림 3-78>에서 제시한 바와 같이 일정한 표본 수 이상이 존재하는 기종점들을 검증대상으로 선정하고 이들에 대한 관측값과 추정값의 비교를 실시하되 허용 가능한 오차의 범위는 현재 교통량 검증 기준인 관측값 기준 30% 수준과 기종점 통행시간 자체의 표준편차를 동시에 이용할 수 있음
- 또 관측교통량이 포함하고 있는 존 내 통행량을 내비게이션 자료를 통해 추정해내고 이를 정산을 위한 관측교통량에서 제외하거나, 존 내 통행비율이 지나치게 많은 관측 지점의 경우 VDF 검증을 위한 관측지점에서 제외하는 방안도 필요함
- 이러한 방법론을 확대 적용하여 내비게이션 자료를 통해 얻어진 통행거리 표본 자료를 집계하여 각 링크를 이용하는 차량들의 평균 통행거리를 확인한 뒤 해당 링크가 설정된 존 체계의 통행분석에 적절치 않을 경우 적합성이 낮은 교통망 링크로 선정해 해당 존체계의 분석을 위해서는 삭제를 권고하는 방안도 제시될 수 있음



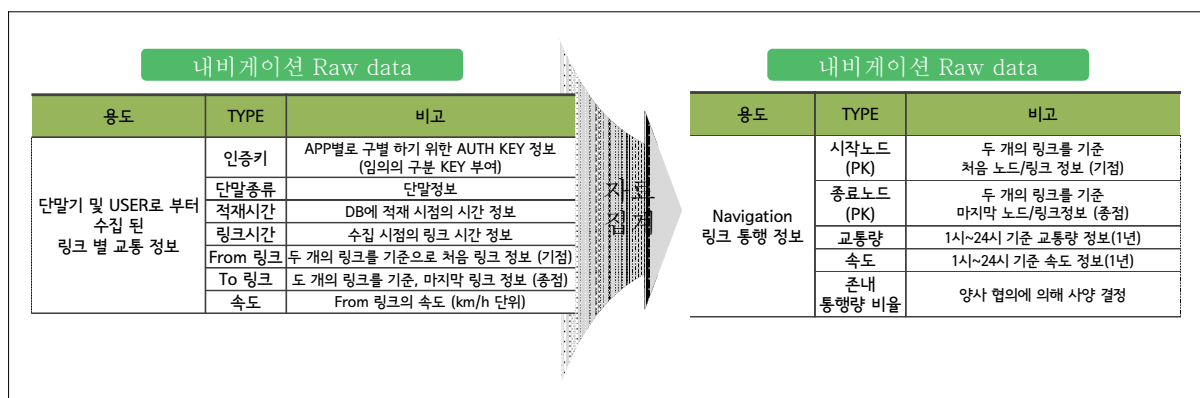
<그림 3-78> 내비게이션 통행자료 표본을 이용한 통행배정 통행시간 검증 방안 예



- 본 연구에서는 이러한 교통망 평가를 링크 중요도 평가와 링크 정합성 분석이라 칭하고 KTDB교통망에 적용하여 그 결과를 제시하였음
- 즉, 내비게이션 자료를 통해 얻어진 통행거리 표본 자료를 집계하여 각 링크를 이용하는 차량들의 평균 통행거리를 확인한 뒤 해당 링크가 설정된 존 체계의 통행분석에 적절치 않을 경우 정합성이 낮은 교통망 링크로 선정해 해당 존체계의 분석을 위해서는 삭제를 권고하는 방안도 제시할 수 있음
- 이와 관련된 내용은 도로 통행비용함수에 따른 존과 네트워크의 정합성 검토에서 보다 상세히 설명함
- 마지막으로 본 연구에서 시행할 도로 통행비용함수의 유형 재 검토에서도 첨단 교통 자료를 검증 자료로 활용할 수 있음
- 예를 들어 도로의 유형 구분의 새로운 기준으로 산악도로를 추가하고 이러한 유형 상세화가 타당한지를 검증하기 위해 산악지역 링크를 주행한 내비게이션 자료의 평균 통행 속도 및 자유 교통류 통행 속도와 타지역 도로의 값을 통계적으로 분석하여 도로 유형 구분의 타당성을 검증하는데 이용할 수 있음
- 본 연구에서는 정합성 평가와 관련해 링크를 통과하는 차량들의 존내 통행률과 평균 통행거리를 이용하여 링크가 지역간 통행을 처리하는 링크인지 지구내 통행량을 주로 처리하는 링크인지를 평가하였음

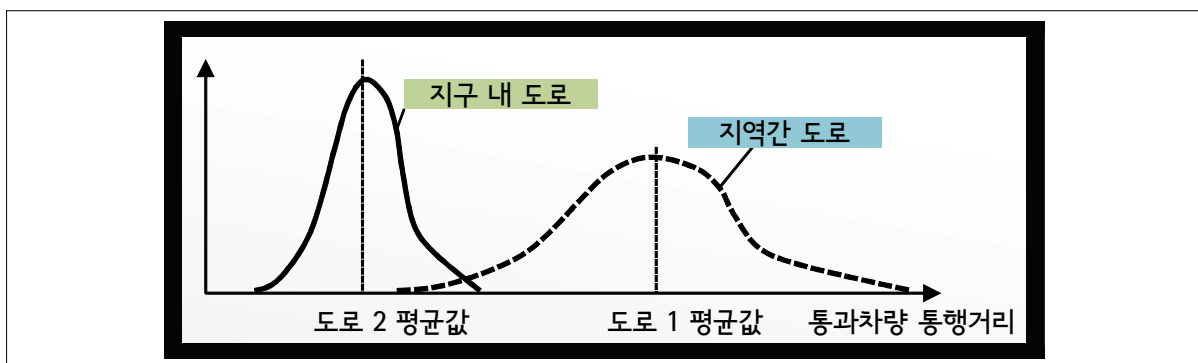
### 3. KTDB 첨단자료 DB 구축

- 본 과업에서 이용한 첨단자료는 크게 ITS 센터로부터 수집된 일부 교통량 자료와 내비게이션 자료가 있음
- 이중 ITS 센터 수집자료의 경우 기존 상시 및 수시 교통량 DB 보완 목적으로 수집되었으며 내비게이션 자료의 경우 과제 내에서 다양하게 이용되었음
- 본 절에서는 이중 내비게이션 자료가 KTDB에 어떠한 형태의 자료로 정리되었는지는 설명토록 함
- 본 연구에서 DB로 구축한 내비게이션 자료는 크게 3개 종류의 자료로 구분함
- 첫 번째 DB 유형은 기초집계자료로서 내비게이션 궤적자료의 Raw data와 같이 수집된 형태 자체로 저장되거나 링크 기반으로 가공 없이 저장만으로 구축되는 자료를 의미함
- 본 과업에서 사용된 내비게이션 자료의 경우 <그림 3-79>의 형태로 저장되는데 1억 2천만 통행 궤적이 개별 차량 기반으로 저장되므로 실제 자료를 이용하기 위해서는 이를 개별 링크별로 저장하는 작업이 필요함
- 따라서 Raw data를 개별 링크별로 저장해 구축되는 DB는 링크 통과 내비 표본수, 링크 평균 통과 속도 등이 있음
- 이러한 링크기반 자료는 구축 난이도가 높지 않으나 정확히 구축된다면 쉽게 교통 정책 의사결정에 사용될 수 있는데, 예를 들어 관측교통량 자료와 함께 이용되면 교통망 전체 온실가스 배출량을 쉽게 계산하는데 사용할 수 있음



<그림 3-79> 링크 Raw data의 저장 양식

- 두 번째 DB 유형은 내비게이션 집계자료로서 이 자료의 유형은 기종점 및 경로 정보를 포함하는 공간분석이 가능한 DB라는 점이 특징임
- 기종점 통행시간 평균 값 및 분산 DB, 기종점간 차량 통행거리 평균 및 분산 DB, 링크 통과 기종점 쌍수 DB, 링크 별 존 발생 및 도착 통행 비율 DB 이 유형에 속함
- 두 번째 DB에 속하는 정보의 특징은 링크 기준으로만 DB가 정의되는 것이 아니라 기종점이나 경로와 같이 하나이상의 지점이 연결되어 정의되는 기준이 정보 구분에 사용된다는 점임
- 특히 기종점 기반 정보들이 많이 구축되는데 내비게이션 자료의 특징상 통행의 시작 지점과 종료지점의 파악이 용이해 구축된 DB의 량과 정확도가 경로에 비해서는 정확할 것으로 판단됨
- 세 번째 DB 유형은 내비게이션 원 자료를 이용해 추정한 값들을 DB로 구축한 자료로서 이를 본 연구에서는 Customized data라 정의함
- 이러한 DB의 유형에는 링크 별 존 내부 통행량 비율 DB, 링크 통과차량 통행거리 평균 및 분산 DB, 기종점 교통량 링크 통과비율 DB 등이 있음
- Customized data의 특징은 DB의 구축을 위해 분산과 같은 통계 분석이 필요하거나 내비자료 미수집 지점에 대한 존 내부 통행량 추정과 같은 분석이 필요하다는 점임
- 직접 관측에 의한 집계가 아니지만 Customized data를 구축하는 이유는 특정한 목적 때문에 구축되는 자료이므로 정책의사결정에 직접적인 판단기준을 제시한다는 점임
- 따라서 Customized data DB의 경우 구축에 필요한 계산량이 많은 것이 단점이고 정확도는 낮을 수 있으나 구축될 경우 매우 가치있는 자료가 되는데, <그림 3-80>과 같이 링크 통과차량 통행거리의 경우 도로 역할 판단에 사용 가능함



<그림 3-80> 링크 통과차량 통행거리 평균 및 분산



## 제4장 도로통행비용함수 파라메타 추정

---

제1절 도로통행비용함수의 유형 검토

제2절 자유류속도 및 도로용량 산정방안

제3절 도로통행비용함수의 파라메타 산정



## 제4장 도로통행비용함수 파라메타 추정

### 제1절 도로통행비용함수의 유형 검토

#### 1. VDF함수의 종류

##### 가. 단일식

##### 1) Wardrop 식

- Wardrop은 도로망의 전체 통행속도와 교통량과의 관계를 표시하는 지체함수를 개발함

$$t = \frac{t_o}{1 - \gamma X} + \frac{\alpha \beta}{(\alpha - X) D}$$

- 평균 지체의 역수와 교통량의 관계는 대기행렬과 통행시간에 대하여 대체로 선형 관계를 증명함

##### 2) Smock 식

- Smock (1962)는 DATS(Detroit Area Transportation Study)에 사용하기 위해 다음과 같은 지수형식을 개발함

$$t = t_0 \exp(X/C_c), \quad t \leq 5t_0$$

##### 3) Mosher 식

- Mosher (1963)는 다음과 같은 log함수를 제안함

$$t = t_0 + \ln(\alpha) - \ln(\alpha - X)$$

- Hyperbolic 용량함수는

$$t = \beta - \frac{\alpha(t_0 - \beta)}{X - \alpha}$$

- 단,  $X \leq \alpha$  로 정의되었음

#### 4) BPR 식

- 현재 가장 많이 사용되는 VDF 함수로 미국의 공로국(BPR : Bureau of Public Roads)에서 1964년에 개발하였으며, 함수식은 다음과 같음

$$t = t_0(1 + \alpha(X/C_p)^\beta)$$

- 파라메타  $\alpha, \beta$  값은 통상 0.15, 4를 적용함

#### 5) Soltman 식

- Soltman(1965)은 다음과 같은 비선형 통행비용함수를 제안하여 PATS(Pittsburgh Area Transportation Study)에서 사용함

$$t = t_0 2^{X/C_p}$$

- 단,  $X/C_p \leq 2$ , 즉,  $t/t_0 \leq 4$  임

#### 6) Overgaard 식

- 위의 Soltman식은 Overgaard(1967)에 의해 다음과 같은 일반식의 형태로 제시됨

$$t = t_0 \alpha^{(X/C_p)^\beta}$$

- 즉, Soltman식은 Overgaard식에서  $\alpha = 2$ ,  $\beta = 1$ 일 경우임

## 7) TRC 식

- 1966년 TRC (Traffic Research Corporation)는 다음과 같은 비선형 함수식을 제안하여 캐나다 Winnipeg 지역에서 사용함

$$t = \alpha + \beta(X_1 - \gamma) + \{\beta^2(X_1 - \gamma)^2 + \delta\}$$

## 8) Dafermos 식

- Dafermos (1967)는 다음과 같은 함수식을 제안함

$$t_a = \alpha_a \{ \beta_a / (\beta_a + Z_a) \}^{U_a} X_a + B_a X_a$$

- 단,  $\alpha_a, \beta_a > 0$ ,  $0 \leq U_a \leq 1$ ,  $Z_a$ :  $a$  구간에서 용량 증가분,  $B_a(\cdot)$ : 함수임.

## 9) Steenbrink 식

- Steenbrink (1974)는 BPR식의 Practical Capacity 대신에 서비스 수준 E 용량을 사용하여 네덜란드의 교통환경에 대하여  $\alpha$  와  $\beta$  를 검증함
- 이 식에서는  $\alpha = 2.62$ ,  $\beta = 5$  로 설정하였음

## 10) Conical 함수

- Spicess & Heinz (1989)가 제안한 모형으로서, BPR 통행비용함수의 급격히 증가하는 곡선의 형태에 대한 문제점을 보완함

$$f(x) = 2 + \sqrt{\alpha^2(1-x)^2 + \beta^2} - \alpha(1-x) - \beta$$

- 여기서,  $\beta = \frac{2\alpha - 1}{2\alpha - 2}$ ,  $x = \frac{X}{C}$ ,  $\alpha$  는 1보다 큰 상수임

## 나. 복수 분류식

### 1) 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

$$t = t_a + \alpha(X' - C_p') \quad \text{for } X' < C_p'$$

$$t = t_a + \beta(X' - C_p') \quad \text{for } X' \geq C_p' \quad \text{단, } t_a = t_0 + \alpha C_p'$$

- 여기서,  $X'$ 와  $C_p'$ 는 차로 당 교통량과 용량의 개념임

### 2) Campbell, Keefer와 Adams 식

- Campbell, Keefer와 Adams는 현재 CATS 함수라고 알려져 있는 다음과 같은 식을 제안함

$$t = t_0 \quad \text{for } \frac{X}{C} \leq 0.6$$

$$t = t_0 + S\left(\frac{X}{C} - 0.6\right) \quad \text{for } \frac{X}{C} > 0.6$$

- 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
- 이 관계식을 곡선으로 나타내면 대체로  $V/C$ 가 0.6일 때 단절점을 갖는 두개의 선형 구간으로 나타남

### 3) Davidson 식

- Davidson(1966)에 의해 제안된 식으로 대기행렬 이론에 근거한 이론적 함수에 속하며 다음의 3개의 매개상수를 가지는 형태로 표현함

$$t = t_0(1 + J \frac{X}{S - X})$$

- $J$  는 링크유형과 링크의 환경에 의하여 결정되며, 링크교통량이 용량을 초과하는 경우 이를 반영하지 못하는 단점을 가지고 있기 때문에 이를 추정하기 위해서는 최소자승법 등 통계적인 처리가 필요함

#### 4) Akcelik 식

- 신호분석상의 지체식에 Davidson 함수를 비교하여 새로운 링크 효용함수를 개발하였음
- Davidson함수식의 확장되어 표현된 식임

$$t_a(X_a) = t_0 + 0.25 \cdot T \left[ Z + \sqrt{Z^2 + 8J_a \cdot \frac{S_a}{C_a \cdot T}} \right]$$

여기서,  $Z_a = S_a - 1$  임

#### 5) Florian and Nguyen(1976)

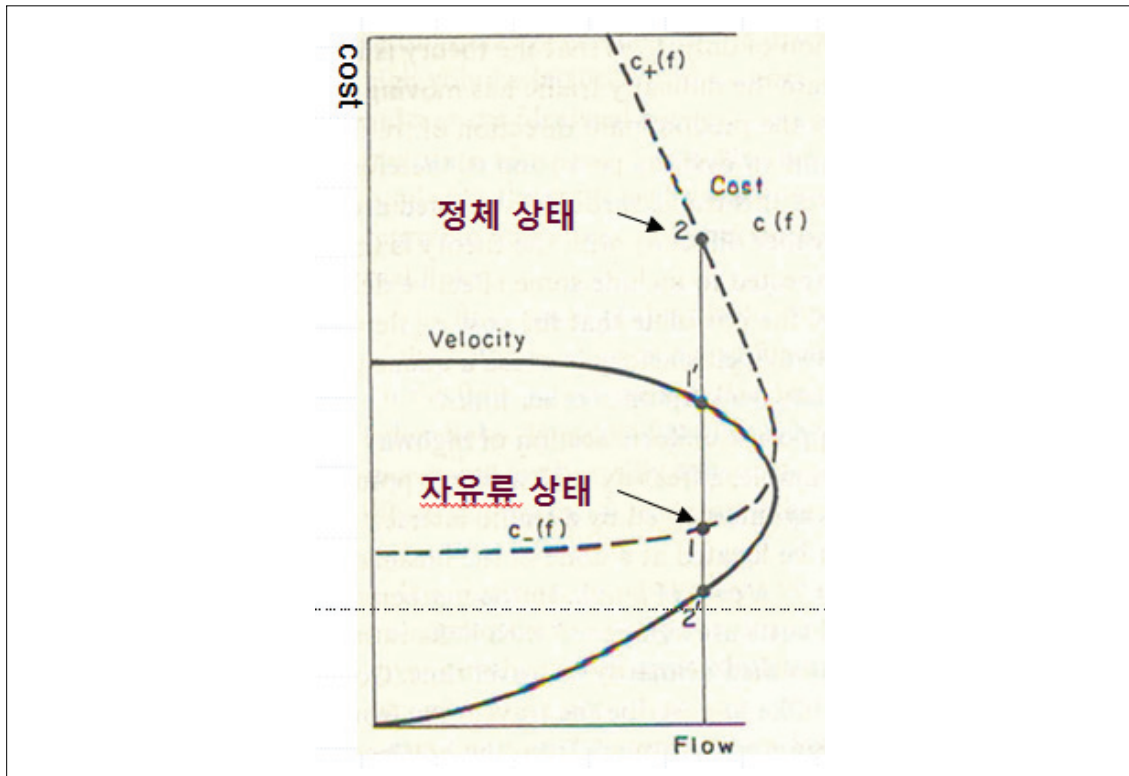
- 도로의 특성인 링크길이, 차로수와 더불어 기하구조에 따른 곡선반경 및 편구배 등에 따른 요소를 반영시킨 비선형 함수식임

$$t_a = D_a \left[ \delta + \alpha \left( \frac{v_a}{l_a} - \gamma \right) + \sqrt{\alpha^2 \left( \frac{v_a}{l_a} - \gamma \right)^2 + \beta} \right]$$

- 여기서,  $l_a$  : 차로수,  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  : 곡선에 따라 변하는 상수 값임

#### 6) Newell's(1980)

- Newell's은 교통류 제약 통행비용함수를 제시하였는데 인접 링크간 상호 영향과 그로 인해 발생한 지정체 상황을 반영하기 위함임
- 그에 따라 <그림 4-1>과 같이 고속도로에서 자유류 상태와 정체상태에 따라 다른 통행비용함수를 제시함

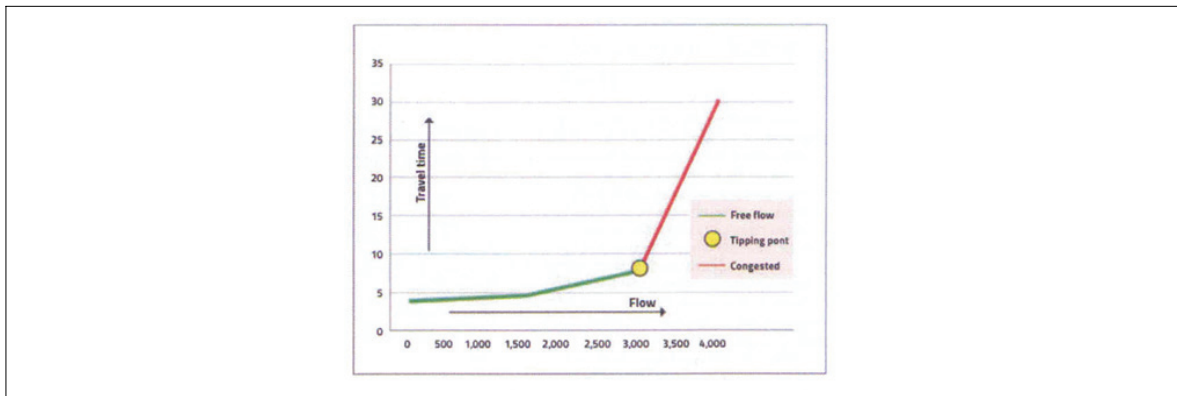


<그림 4-1> 교통량과 통행비용의 관계



7) TTI (2012)<sup>1)</sup>

- 교통량과 지체와의 관계는 tipping point에 따라 두개의 선형관계로 구분됨
- <그림 4-2>에서 알 수 있듯이 tipping point에서 급격하게 통행시간이 증가함



&lt;그림 4-2&gt; 교통량과 통행시간의 관계

## 2. VDF 함수의 고찰

- 국내외 통행비용 함수와 관련한 연구에서 주로 사용되었던 함수는 다음과 같음

## 1) BPR함수

- BPR (Bureau of Public Roads)에서 발표한 함수로서 현재 가장 많이 사용되고 있으며, 이 함수를 사용하기 위해서는 자유속도, 교통량, 그리고 가로의 용량이 필요함. 함수의 형태는 다음의 식과 같음

$$t = t_0 (1 + \alpha (v/c)^\beta)$$

여기서,

$t$  = 통행시간  $t_0$  = 자유류 통행시간

$\alpha, \beta$  = 계수  $v/c$  = 교통량 대 용량 비

1) TTI : Traffic Technology International

- 이러한 BPR곡선은 과거에 널리 사용이 되어 왔으나, 현재 몇 가지 문제점을 내포하고 있음
- 우선 이 곡선은 자유속도와 용량을 얼마나 정확하게 예측하는가 하는 것이 매우 중요한데, 실제적으로 이러한 사항을 정확히 예측하기가 쉽지 않다는 것임
- 또한 이 공식은 1985년과 1994년 그리고 최근의 1997년의 HCM에서 사용한 자료들을 가지고 BPR식을 검정하였을 때 기존의 모양과 차이가 많이 난다는 점임. 1965년의 HCM에 따르면 교통량-밀도의 곡선이 다항식의 모양을 따른다고 이해하였으나, 최근의 1997년 보완 HCM에 따르면, 속도-교통량 관계식이 상당히 평탄한 관계를 보이고 있다는 것임. 즉 속도가 교통량에 둔감하다는 것을 의미함
- 이러한 BPR공식은 혼잡으로 인한 지체를 과소평가하는 약점도 가지고 있어, 서선덕 (1994)에서도 보인 바와 같이  $v/c$ 가 1 근처에서, 실제적으로는 통행시간이 약 100% 정도 증가되는 반면에 공식에서는 약 20~30%정도의 증가만을 보이게 됨
- 마지막으로, BPR공식은 교통신호제어 간선도로의 통행시간을 적절하게 나타낼 수 있는 변수를 식에 가지고 있지 않아, 특히 도시부에서의 적용에서 많은 문제점을 보일 수 있음

## 2) Horowitz의 접근방법

- 기존의 BPR공식이 1965년 HCM을 개발할 때 사용된 자료에 근거하여 만들어져 있다는 점에 착안하여, Horowitz 는 1985년 HCM에 근거한 일련의 속도-교통량 관계식을 개발하였고, 교차로에서의 지체를 차량의 속도에 반영할 수 있는 방법도 개발하였음 BPR공식의 계수  $\alpha$ 와  $\beta$ 값을 도로의 특성별로 달리 제시하고 있음
- 또한 교차로가 있는 시설에 대해서는 교차로 용량을 추정하는 공식을 다음의 식과 같이 제시하고 있음

$$c = s \left[ c = s \left[ \frac{Y}{(Y + Y^*)} \right] \frac{[C - L]}{C} \right]$$

여기서,

$c$  = 주접근로의 용량

$s$  = 주접근로의 모든 현시에 걸친 평균포화유율

$Y$  = 주접근로나 대향 접근로의 최대  $v/s$ 비

$Y^*$  = 주접근로와 그 대향 접근로를 제외한 모든 상충접근로의 최대  $v/s$ 비

$C$  = 주기

$L$  = 주기당 손실시간

## 3) Akcelik/Davidson 공식

- 대기행렬이론에 근거한 공식으로서, 입력자료로서 자유여행시간을, 분석기간의 길이, 링크의 용량, 그리고 시설이 용량에 있을 경우의 여행시간을 필요로 하며, 다음과 같은 공식에 따라서 통행시간을 예측함

$$t = t_0 + [0.25 T(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{8J_A}{QT}x}]$$

여기서,

$t$  = 단위 거리당 평균통행시간,  $t_0$  = 단위 거리당 자유속도 통행시간

$T$  = 분석시간,  $x$  = 포화도 =  $v/c$ 비

$Q$  = 용량,  $J_A$  = 지체변수

$$J_A = \frac{2Q}{T}(t_c - t_0)^2$$

여기서,

$t_c$  = 용량상태에서의 통행시간

- Akcelik공식은 그 개념에서 기존의 Davidson 공식과 유사하다고 할 수 있으며, 특히 도시부에서 그 적용도가 높을 것으로 기대되고 있음

## 4) Conical 지체함수

- Spiess(1989)는 통행배정단계에서의 수렴과정을 빨리 하기 위해서 conical 지체함수를 개발하였음. 기존의 BPR 함수는  $v/c$ 비율이 커지면 매우 불안정해지고, 또한 높은  $\beta$ 값을 사용하는 식은 계산에 많은 시간이 필요하였음
- 제시된 식은 다음의 식과 같음

$$t = t_0 \times [t_c/t_0 + \sqrt{a^2 \times (1-x)^2 + b^2} - a \times (1-x) - b]$$

여기서,

$a$  = 정산계수 (1보다 커야함)  $b = (2a - 1)/(2a - 2)$

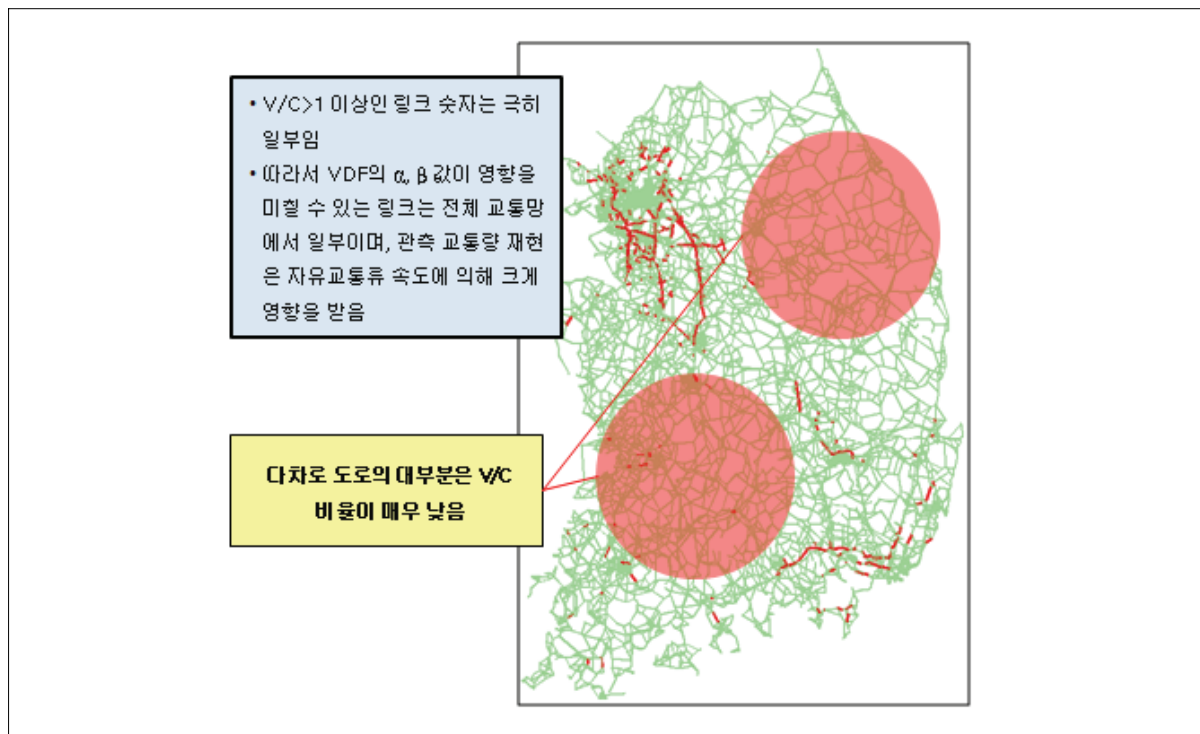
## 5) 소결론

- 현재 적용되고 있는 BPR함수는  $v/c$  비율이 2.0이상에서 통행시간이 급격히 증가하는 문제점을 가지고 있어 이를 보완하기 위해 코니칼함수가 제안됨
- 그러나 코니칼 함수는  $v/c$ 가 1.0이상인 구간에서는 수렴속도가 빠르다는 장점이 있는 반면, 신호교차로에서 발생하는 지정체를 별도로 반영하기에는 한계가 있음
- 최근에는 이러한 신호교차로의 정체를 반영하기 위해 모형에 대한 연구, 기존 BPR식의 보완을 통해 여러 연구가 진행되고 있음
- 따라서 새로운 통행비용함수의 적용은 장기적으로 검토하도록 하며, 본 연구에서는 기존 통행비용함수의 분류체계를 개선하여 VDF 통행비용함수의 신뢰성을 높이는 데 중점을 둠

## 제2절 자유류속도 및 도로용량 산정방안

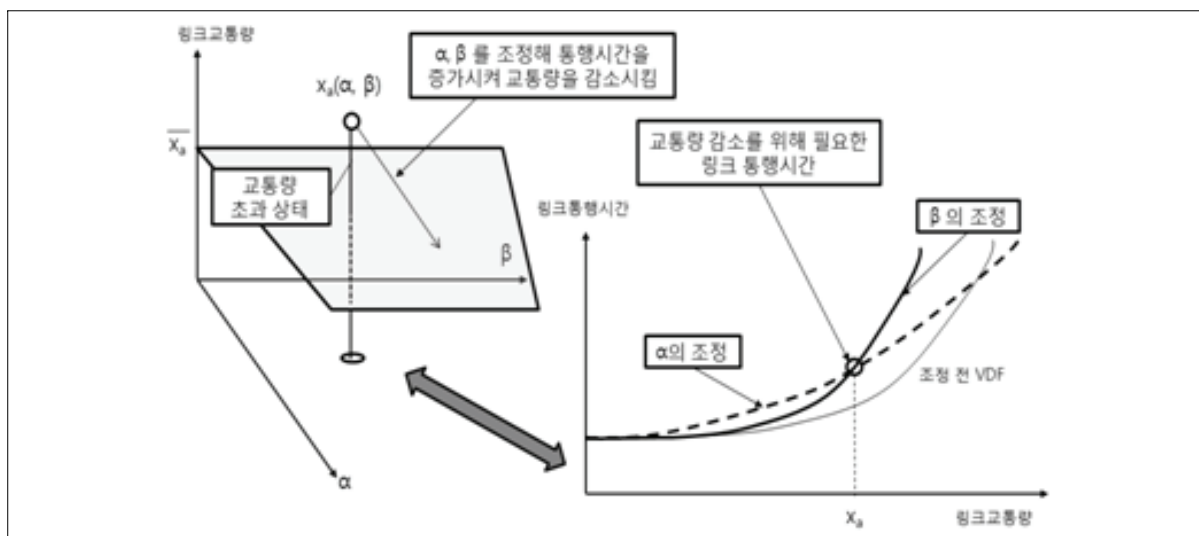
### 1. 개요

- VDF 계수 값 중 통행시간에 중요한 영향을 미치는 계수값은 초기통행시간과 용량임. 특히 초기통행시간은 차량이 거의 없는 상태일 때의 통행시간으로 자유교통류 속도 (이하, 자유류속도)일 때의 통행시간을 의미함
- 자유 속도의 경우 다차로 도로를 예를 들면 현재 배정결과상  $V/C$ 가 1.0이 초과하는 링크 비율이 낮기 때문에 많은 경우 자유속도가( $V_0$ ) 경로선택에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 중요한 계수값으로 정확한 추정이 필요함
- 용량의 경우 실제보다 과다하게 설정되면 현실과 동일한 수준의 교통량이 통과할 때 통행시간이 과소 추정 되고, 이에 따라 이 도로를 통과하는 교통량은 과다 추정됨
- 교통량이 과다 추정되면 정산 과정에서는  $\alpha$ 와  $\beta$ 값을 증가시켜 통행 시간을 늘림으로써 교통량을 감소시키려 하게 되고, 그 결과  $\alpha$ 와  $\beta$  값의 과다추정 문제가 발생하게 됨

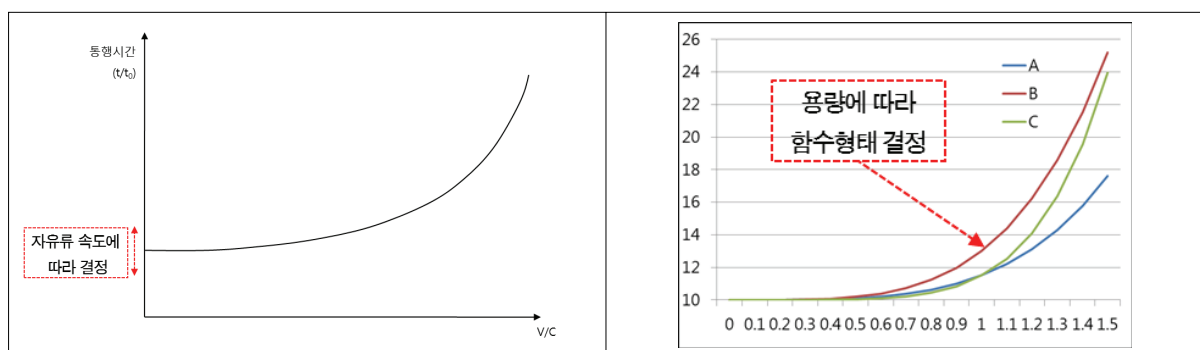


<그림 4-4> 각 VDF 계수값의 영향 영역과 다차로 도로  $V/C$  분포

- 즉 자유류속도와 용량은 VDF 정산 신뢰성에 영향을 미치며 특히 BPR식에서 자유류속도가 잘못 설정되면 함수의 높이 오차가 발생하며 용량이 잘못 설정될 경우 함수 형태가 달라지게 됨
- 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 현실을 반영한 자유류속도와 용량 산정이 필요하며 한국도로공사 교통관리시스템(FTMS), 국도 AVC(Automatic Vehicle Classification, 교통자료 수집장치), 지자체 ITS자료 등 첨단자료를 활용하여 자유류속도 및 용량을 산정함



<그림 4-5> 용량의 과다 설정문제와 VDF 정산 오류



<그림 4-6> 자유류속도 및 용량의 VDF 정산 오류

## 가. 자료수집

### 1) 수집노선

#### ① 고속도로

- 고속도로 초기속도를 산정하기 위해서 FTMS 검지기 자료를 수집하였고, 수집 노선은 경부선(18), 서울외곽선(6), 서해안선(14), 영동선(10), 제2중부선(4), 통영대전중부선(5)임. 괄호는 검지기 수량임
- 도시고속도로는 서울내부순환로(23), 강변북로(8), 북부간선도로(2)의 검지기 자료를 수집함

#### ② 다차로도로 및 1차로도로

- 다차로도로 및 1차로도로 초기속도를 산정하기 위해서 국도 AVC자료 및 지자체 ITS 검지기 자료를 수집하였고, 현장 조사 자료를 수집함
- 국도 AVC수집 자료는 1, 3, 5, 6, 7, 17, 31, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 56, 59호선, 총 19개노선 230개지점 자료임
- 지자체 VDS(차량검지기)자료는 용인시, 대전시, 남양주시, 성남시, 총 115개 지점 자료임
- 현장 조사자료는 국도 상시조사지점을 제외한 수도권(19), 강원도(6), 충청도(17), 경상도(29), 전라도(13), 총 84개 지점 자료임

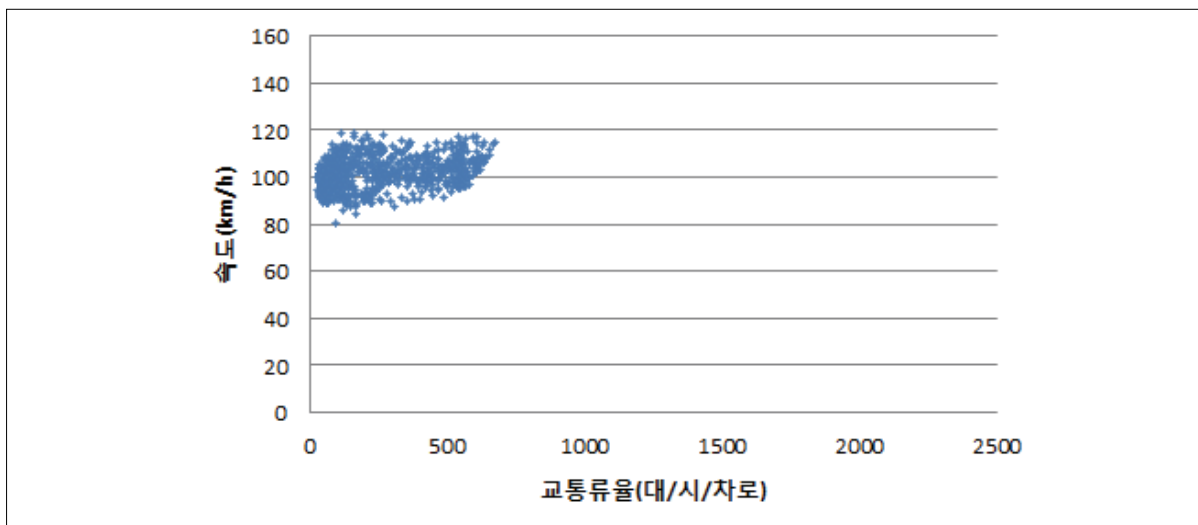
### 2) 유효 자료의 선정(자료 가공)

- 각 노선별로 원시데이터(30초)를 수집하여 교통량, 속도 자료를 5분단위 1분 이동평균으로 자료로 가공함
- 일반적으로 교통류율을 나타낼 경우 5분단위와 15분단위 자료를 사용함. 본 연구에서는 5분단위 자료를 이용하였는데 5분단위로 산출한 용량값과 용량계산식에 의한 용량값이 비슷한 수준을 보였기 때문임
- 검지기에서 수집되는 원시데이터는 검지기의 결함, 제어기의 결함, 통신선의 결함 등 자료의 왜곡이 발생하는 경우가 있으므로 이를 해결하기 위해서는 데이터 평활화 작업이 필요함

- 따라서 유효한 자료의 수집을 위해 유효화 과정을 거쳤으며 다음의 경우에는 그 자료 전체를 포기함
  - 점유율, 교통량이 0일 경우 속도 0으로 표시
  - 교통량이 4,500대/시 이상일 때
  - 가능 범위를 넘었을 때(가능범위:  $0 \leq \text{점유율} \leq 100$ ),  
 $0 < \text{속도} < 180$ ,  $0 < \text{교통량(30초단위)} < 37.5$ )

#### 나. 자유류속도 및 용량 산정방안

- 수집된 자료를 바탕으로 자유류속도와 용량을 산정하였으며 그 내용은 다음과 같음
- 자유류속도의 경우 먼저 VDF 등급에 따라 노선을 분류하였으며 각 노선별로 밀도 6 이하인 속도<sup>2)</sup>를 추출함
- 노선별로 추출된 속도는 등급별로 통합하여 범위를 도출하였으며 범위는 85백분위(%) 값~99백분위(%)<sup>3)</sup> 값으로 설정함



<그림 4-7> 교통량-속도 그래프(밀도 6이하)

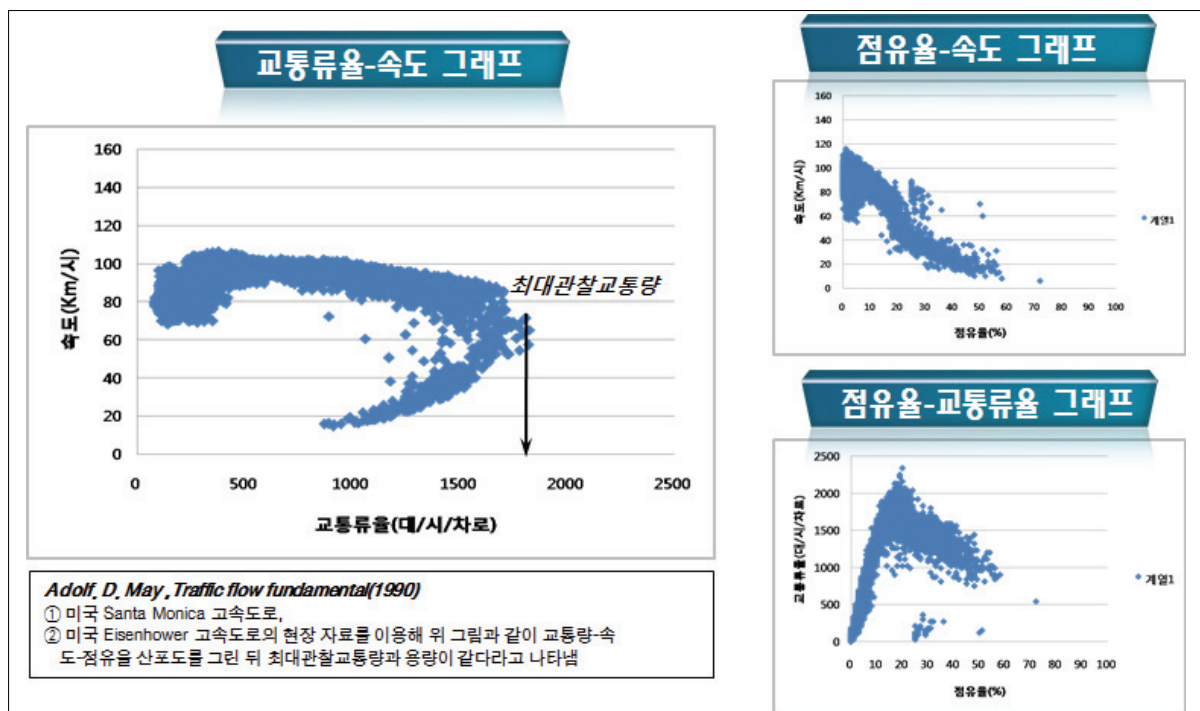
2) 도로용량편람(2013)에서는 서비스 수준 A일 때의 속도를 자유류속도로 정의하며 밀도 6pc/km/pl 이하, 교통량 600pc/h/pl 이하(설계속도 100km/h) 일 때의 속도

3) 백분위수 통계자료를 공학적인 의미에서 볼 때, 바람직한 기준(desirable criteria)은 99백분위수까지, 일반적인 최소기준(minimum criteria)은 85백분위수까지, 한계최소기준(limiting criteria)은 50백분위수까지 포괄하게 됨. 본 연구에서는 일반적 최소기준과 바람직한 기준을 적용함. 도로곡선부의 안전성 향상을 위한 평면선형 설계지침 연구 참조(건기연, 1998)



- 용량의 경우 VDF 등급에 따라 노선을 분류하고 분류된 노선별로 교통류율-속도 곡선을 도식화함. 이때 사용된 교통량, 속도 자료는 정체를 포함한 자료만 사용하였는데 그 이유로는 용량을 산정하기 위해서는 용량을 넘어설 때 발생하는 정체상황이 관측되어야 하기 때문임
- 본 연구에서는 교통량-속도 산포도에서 관측되는 최대관찰교통량을 용량으로 산정하였는데 국외 교통류 이론에서 제시한 방법론을 적용함
- 용량의 범위는 통합된 VDF 등급내의 최소 최대값을 용량 범위로 설정함. 그 이유로는 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

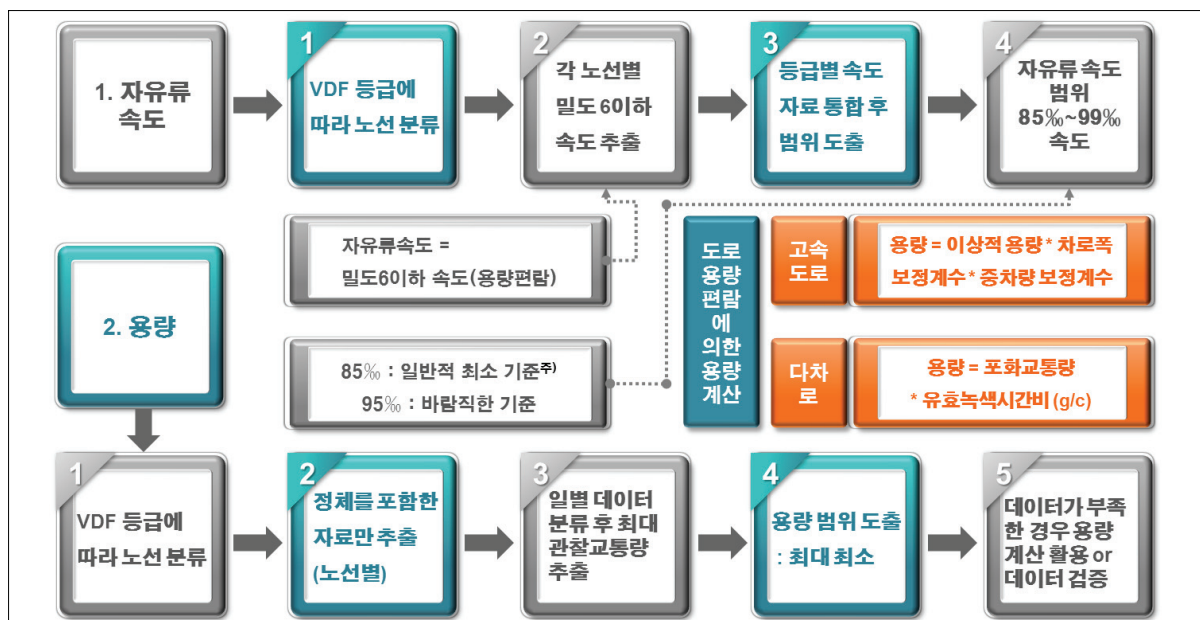
$$\text{용량} = \text{이상적 용량} \times \text{차로폭 보정계수} \times \text{중차량 보정계수}$$



<그림 4-8> 교통류율-점유율-속도 그래프

&lt;표 4-1&gt; VDF등급별 노선현황

구분	수집노선
VDF 1	제2중부선, 통영대전중부선, 서해안선
VDF 2	경부선, 서울외곽선, 서해안선, 영동선
VDF 3	북부간선도로
VDF 4	내부순환로, 강변북로
VDF 5	5, 6, 7, 18, 29, 30, 31, 44, 56 호선
VDF 6	5, 13, 19, 26, 27 호선
VDF 7	1, 5, 6, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 59, 77 호선
VDF 8	1, 2, 3, 4, 5, 7, 13, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 26, 29, 32, 38, 44, 45, 47 호선
VDF 9	5, 15, 17, 18, 20, 23, 29, 30 호선
VDF 10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 17, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 30, 38 호선
VDF 11	18, 20, 21, 23, 26, 29, 30, 31, 32 호선
VDF 12	1, 2, 3, 4, 5, 7, 13, 17, 19, 21, 23, 24, 26, 27, 30, 32, 38, 44, 45, 47, 48 호선
VDF 13	-
VDF 14	1, 4, 3, 7, 23, 29, 31, 32, 44, 45, 48 호선
VDF 15	-
VDF 16	-



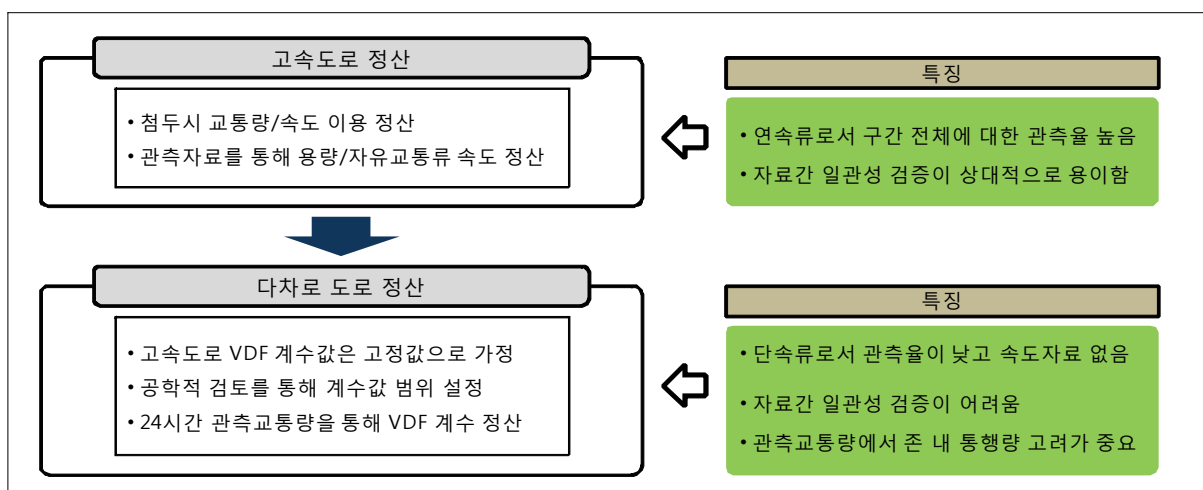
&lt;그림 4-9&gt; 자유류속도 및 용량 산정절차

### 제3절 도로통행비용함수의 파라메타 산정

#### 1. 고속도로 KTDB VDF 분리정산

##### 가. 고속도로 VDF 계수추정 문제의 특수성

- 현재까지 시행된 VDF 정산 연구들 중 통행배정 교통량과 관측교통량의 비교를 통해 계수값을 정산하는 경우에는 전체 교통망에 대해 일괄 검증을 시행하는 것이 일반적 이었음
- 하지만 교통망의 크기가 매우 크고 도로의 위계도 다양한 경우 위계별로 관측교통량 의 정확도에 차이가 있을 수 있고 속도 자료 등 일부 자료가 특정 도로에서만 수집되 는 경우에는 전체 교통망을 일괄적으로 정산하는 것은 어려움
- 통행배정을 이용한 VDF 정산 문제의 특성상 교통망의 형태에 따라 VDF 계수값이 교통량에 미치는 영향이 크고 현재 좌표체계상 속도자료가 교통량과 동일한 링크에서 수집가능하며 이용 가능한 자료의 량도 차이가 크다는 점을 고려할 때 고속도로와 다 차로를 함께 정산하던 과거 정산방법론은 개선이 필요함
- 따라서 본 연구에서는 고속도로와 다차로도로를 분리해 정산하는 방법론을 개발하였 고, 고속도로의 경우 링크 교통량과 통행속도를, 다차로 도로의 경우 링크 교통량을 정산 자료로 이용하였음



<그림 4-10> 고속도로·다차로 분리 정산 VDF 정산

- 이렇게 고속도로에서만 속도와 교통량을 동시에 이용하는 이유는 고속도로의 경우 많은 링크에서 속도자료가 이용 가능하지만, 다차로 도로의 경우 속도자료가 이용 가능한 링크의 숫자가 제한적이라는 점임
- 이렇게 등급간 자료 확보에 차이가 많이 나는 경우 자료 확보율이 높은 위계가 다른 위계의 VDF 정산에 큰 영향을 미쳐 자료 확보율이 낮은 위계의 정산을 방해할 수 있음
- 특히 다차로 도로의 경우 교통량이 작아  $V/C$ 값이 높지 않은 경우가 많기 때문에 이러한 링크들의 경우  $\alpha$ 값과  $\beta$ 값의 수정에 대하여 교통량이 민감하게 변화하지 않아 고속도로와 동시에 정산을 수행할 경우  $\alpha$ 값이나  $\beta$ 값의 정산을 정밀하게 수행하기 어려움
- 또, 자료의 질도 큰 차이가 있는데 고속도로의 경우 TCS OD를 기반으로 하기 때문에 수요에 의한 오차 발생 가능성이 다차로 교통망에 비해 작고, 통행시간이나 관측 교통량도 매일 자동적으로 조사되는 FTMS 자료를 기반으로 하기 때문에 다차로도로에 비해 정확도가 높다고 할 수 있음
- 그러나 다차로도로의 경우 24시간 교통량이 이용될 뿐 아니라 속도자료가 없는 구간이 많기 때문에 고속도로와는 달리 기존의 교통량 기반 정산 방법론을 이용해야함
- 따라서 고속도로를 우선 정산하고 VDF 계수값을 상수로 고정한 뒤 다차로 도로 VDF에 대하여 정산하는 것이 정산과정에서 발생하는 오차의 전파를 최소화 할 수 있음
- 고속도로와 다차로도로의 VDF 정산을 분리할 경우 또 문제가 될 수 있는 것은 고속도로와 같이 속도 자료가 정산 기초자료로서 목적함수에 포함되는 경우 현재까지 이용한 정산 자료양식과는 다른 형태의 정산 자료 형태가 필요하다는 점임
- 교통량을 이용한 정산의 경우 1일 기종점 통행수요를 통행배정한 뒤 1일 링크 교통량을 관측해 두 교통량간의 차이를 최소화하도록 VDF 계수를 정산하여 왔음
- 하지만 속도자료의 경우 각 시간대 수집된 속도를 모두 합해 1일 속도 누적값을 이용하는 것은 타당하지 않으며, 속도 평균값을 이용하여야 하는데 1일 평균 속도를 이용할 경우 첨두시간대와 비첨두시간대의 통행속도가 합해져 상쇄현상이 발생하기 때문에 첨두시간 속도에 비해 훨씬 높은 통행속도가 전 링크에 걸쳐 나타남
- 이 경우 대부분의 링크에서 비혼잡 상황의 자료만이 나타나기 때문에 일정 수준이상의 교통량이나 혼잡이 포함된 자료가 있어야 정산이 가능한  $\alpha$ 값이나  $\beta$ 값의 정산은 불가능함
- 따라서, 이 문제를 해결하기 위해서 첨두시간과 같이 특정한 시간대의 자료를 이용하거나, 첨두·비첨두 시간의 자료를 동시에 이용하더라도 이를 합산하지 않고 짧은 단위시간별로 자료를 구분하여 정산에 이용하여야 함

- 하지만 통행배정 모형의 경우 서로 다른 시간대의 복수 OD를 동시에 배정하고 비교하기는 어렵기 때문에 첨두시 자료를 이용해 VDF를 정산하는 것이 바람직하며, 필요한 경우 첨두시와 비첨두시 두 시간대에 대해 구분하여 통행배정을 실시하고 목적함수에서 첨두시와 비첨두시 통행량 및 통행시간 편차를 동시에 고려하여 최적화 문제를 구성하였음

#### 나. 고속도로 VDF 정산을 위한 자료 준비

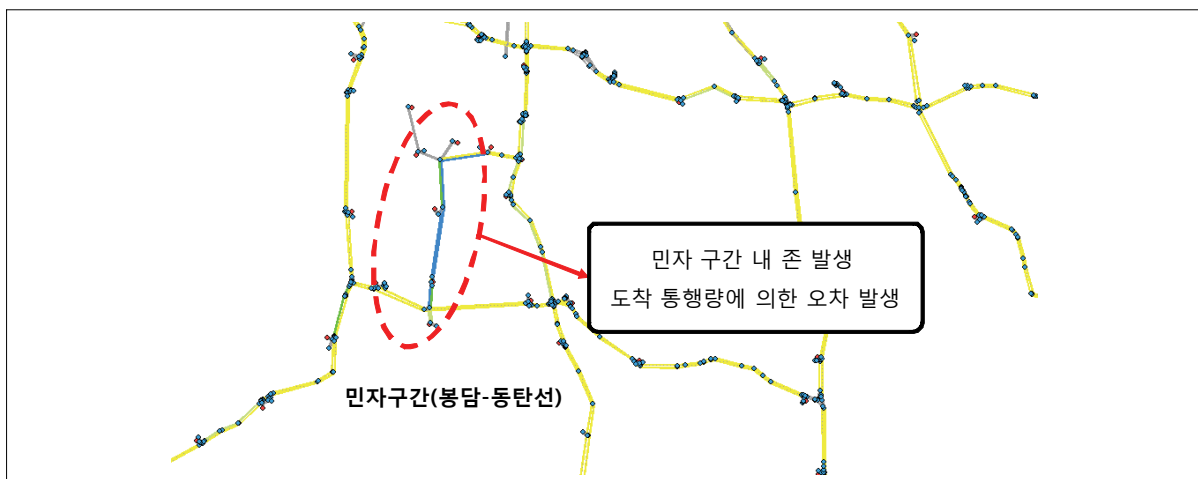
##### 1) 교통량 자료 보정 및 수정 작업

- 본 연구에서는 고속도로망에 대해 2시간 첨두 교통량 기준의 정산 분석을 수행하기 때문에 현재까지 구축된 KTDB 24시간 교통량 자료를 사용할 수 없음
- 따라서 한국 도로공사의 자료 협조를 통해 2012년 10월 8일 (월요일)에 대해 TCS (Toll Collecting System) 기종점 교통량 자료와 FTMS (Freeway Traffic Management System) 15분 교통량 및 15분 평균 통행시간 자료를 확보함
- 확보된 자료는 2시간 총 교통량과 2시간 평균 통행시간 자료로 환산되어 KTDB에 기초한 고속도로망에 데이터베이스화 되었음
- 새롭게 구축된 고속도로 교통 DB를 통해 고속도로 본선구간 750개소에 대한 2시간 첨두 평균 교통량이 12차종에 대하여 구축되었으며, 각 구간별 차종별 교통량에 의해 계산된 구간별 PCE값도 전 고속도로망에 대하여 DB화 되었음
- 속도 자료의 경우 15분 단위로 계산된 링크별 통행속도를 각 15분 교통량의 가중 평균으로 계산하여 2시간 평균 통행속도로 환산하였는데, 교통량이 존재하는 750개 지점에 이에 대응하는 속도자료를 DB화하였음
- 그밖에 고속도로 램프의 경우 45개소에 대하여 교통량 자료를 이용 가능한 유출입 링크 194개 지점에 대해서 교통량 DB를 구축하였음
- FTMS 자료의 경우 자동 수집되는 자료이기 때문에 해당 지점에서 해당 시각에 사고나 돌발상황이 발생했다거나, 기기의 오작동 등으로 잘못된 자료가 보고된 경우에도 이에 대한 정보를 확인할 수 없음
- 교통량 및 속도 자료 DB화 과정에서 명백히 오류라 판단되는 지점 자료에 대해서는 보정 작업을 시행하였음

- 교통량 자료의 경우 상하류의 교통량과 비교하여 명백히 편차가 존재하는 경우와 용량대비 지나치게 관측값이 낮은 경우에 대하여 한국 도로공사의 교통량 통계연보의 값과 비교해 값을 수정하였음
- 속도자료의 경우 도로공사의 공식적인 통계값이 발표되지 않기 때문에 다른 자료와의 비교 검증은 어렵고, 상하류 관측속도와 (V/C) 값을 고려할 때 명백히 이상치라 판단되는 경우에만 상하류 값의 평균으로 속도값을 보정하였음
- 관측 오차 등 자동 검측 자료로서의 한계를 갖는 FTMS자료를 정산 기초 자료로 이용하는 이유는 현재 교통량-속도를 동일 구간, 동일시간대에 대해 함께 제공하는 자료는 FTMS자료가 가장 질적으로 우수하기 때문이며, TCS OD와도 동일일 최적시간대 결정이 가능하기 때문임

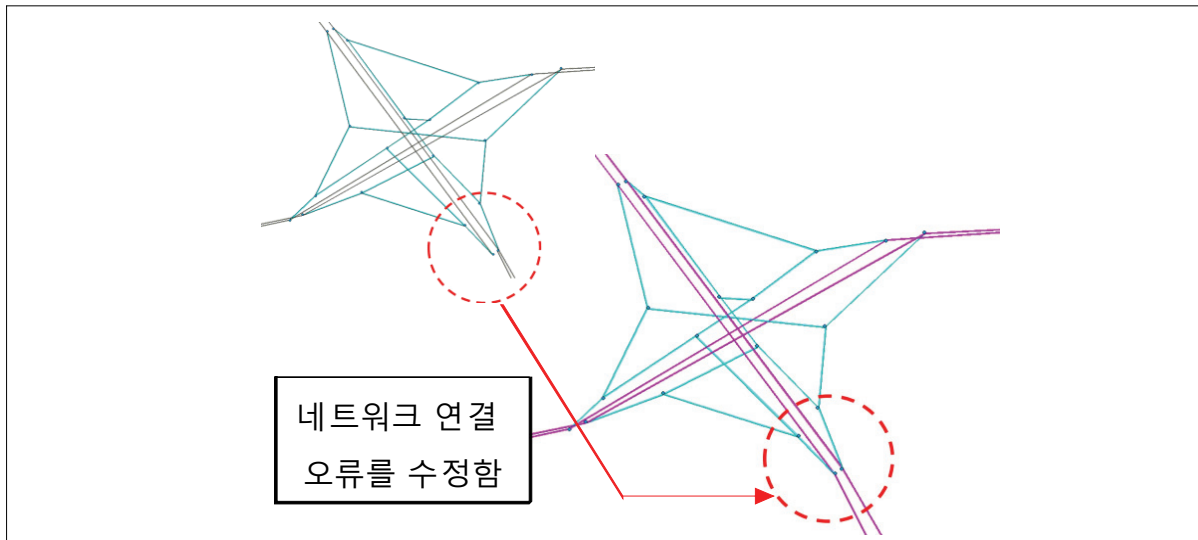
## 2) 교통망 오류 수정 및 보완 작업

- 고속도로 VDF 정산에 사용한 교통망은 KTDB 지역간 교통망을 이용해 VDF 1, 2등급 링크 및 램프 링크만을 추출한 교통망임
- 대부분의 구간에서 통행배정에 사용하는데 큰 문제는 없었으나 일부 고속도로 망의 경우 민자도로로서 현재 TCS OD를 이용해서는 정확한 유출입 교통량 및 구간 교통량을 산정할 수 없는 경우가 있어 이를 정산 교통망 구간에서 제외함

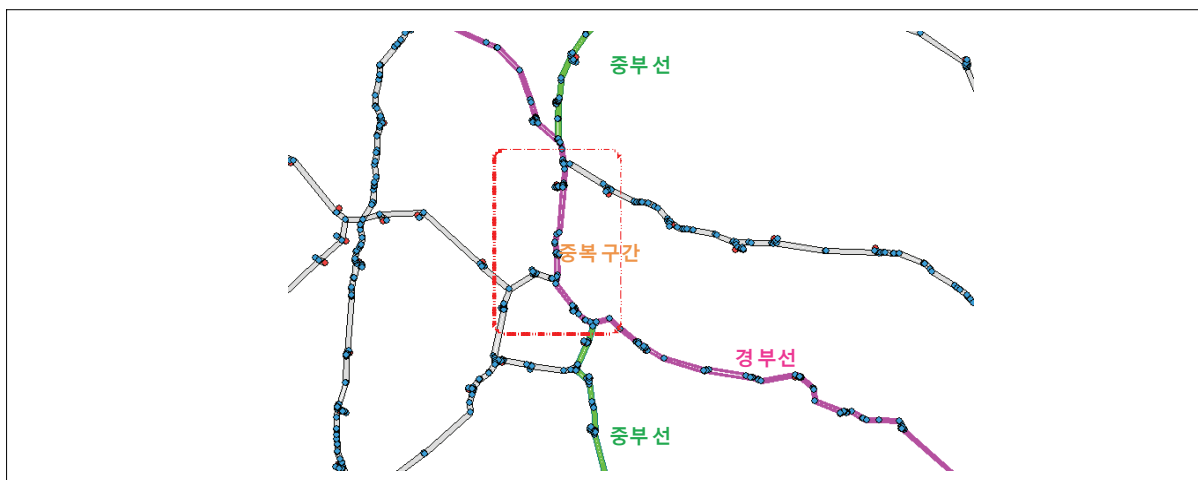


<그림 4-11> 기종점 통행량 자료 미비 구간 예





<그림 4-12> 고속도로 모형화 물리적 오류 지점 예

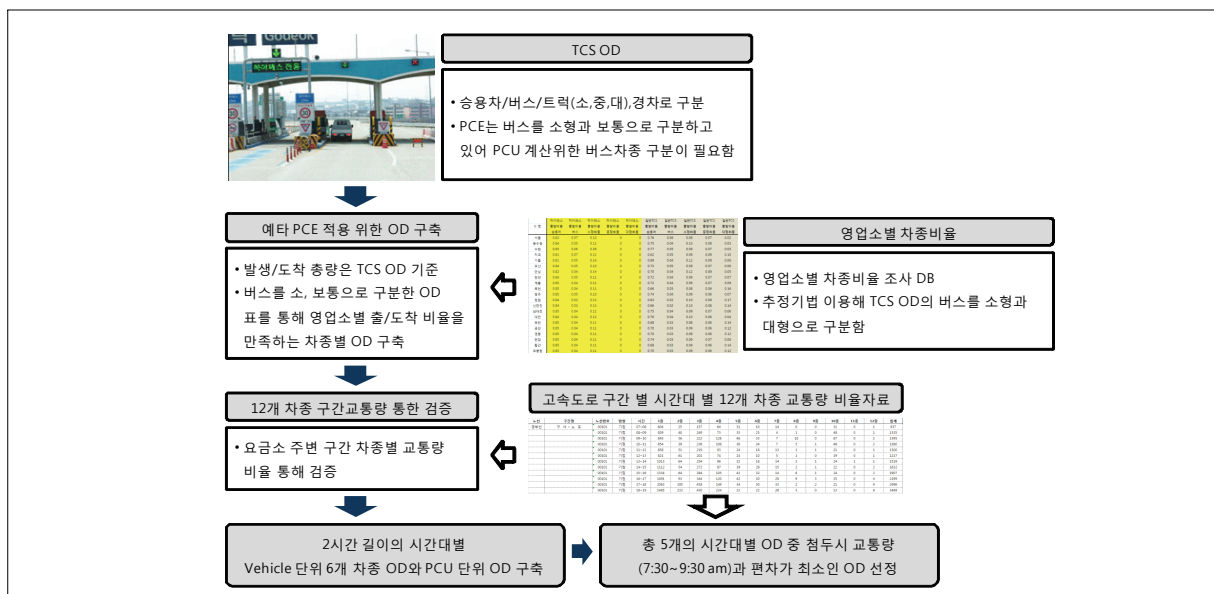


<그림 4-13> 복수 고속도로 축 교차 지점 예

- 또 일부 지점의 경우 실제 고속도로 망의 형태와 통행배정을 위한 교통망에서 모형화된 형태가 다른 경우들이 존재하였는데 이에 대한 수정 작업역시 진행하였음
- 또 축 일관성 검증을 위해서는 각 고속도로 노선별로 고유 ID를 배정하고 동일 축으로 인식시키는 작업이 필요한데 이에 대한 작업을 진행하였음
- 이 과정에서 고속도로 일부 구간의 경우 두 개의 고속도로가 하나의 도로구간을 함께 공유하는 경우가 발생하였는데, 이때는 도로공사에서 정의한 도로로 정리하였음

### 3) TCS OD 보정 및 검증 작업

- 본 연구의 고속도로 정산이 갖는 특징은 기존의 VDF 정산에서는 기종점 교통량의 오차 크기를 알 수 없어 통행 수요의 오류가 관측교통량과 배정교통량의 편차에 어느 정도 영향을 주는지 확인할 수 없었으나 고속도로의 경우 개별 차량 자료를 통해 정확도 높은 TCS OD를 확보함으로써 통행수요의 오류에 의한 정산 오류 가능성을 최소화 할 수 있었다는 점임
- 특히 TCS OD의 수집일을 교통량 및 속도 관측일과 동일하게 설정할 수 있어 일간 편차에 따른 문제도 해결하였음
- 그러나 도로공사의 TCS OD는 차종을 승용차, 버스, 트럭 (소, 중, 대), 경차로 요금징수 체계에 따라 기록하고 있는 반면, PCU 환산의 기준이 되는 차종별 PCE의 경우 버스 역시 중형과 대형에 대해 다른 PCE를 적용하고 있기 때문에 TCS OD의 버스 차종을 중형과 대형으로 구분하는 작업이 필요함
- 이를 위해 본 연구에서는 도로공사로부터 각 영업소 별로 출발 및 도착 차량의 차종별 비율을 조사한 자료를 확보하였는데, 이 자료의 경우 승용차에 소형버스가 포함되어 조사되었기 때문에 두 자료를 이용해 상호제약식을 만드는 방식으로 소형 버스 교통량을 승용차에서 분리해 TCS OD를 PCU 환산이 적합한 6종 OD로 환산하는 방법론을 개발하였음



<그림 4-14> 고속도로 TCS OD → 차종별 DB 변환 과정

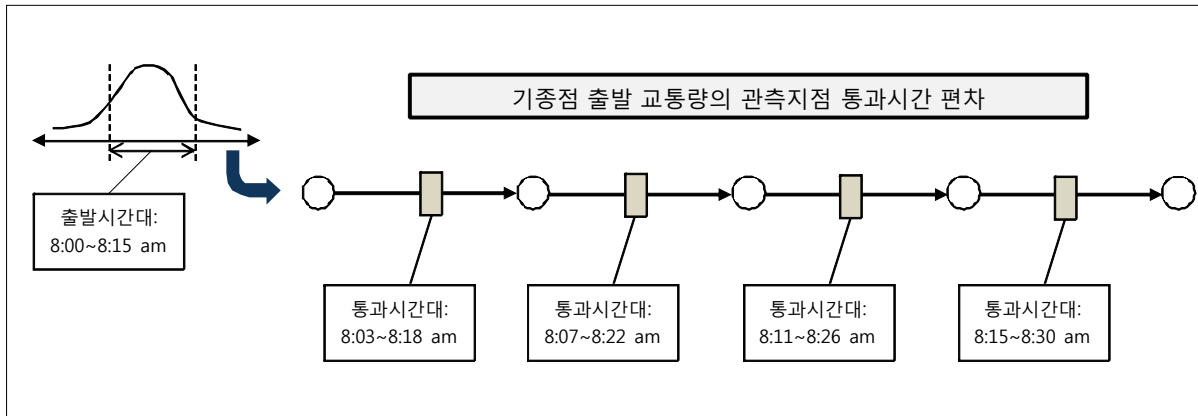


- PCE 적용 기준 6개 차종 OD를 계산한 뒤에는 <그림 4-14>에 예시된 바와 같이 도로 공사에서 조사한 고속도로 구간별 12개 차종 교통량을 이용해 조정된 요금소 유출입 6종 교통량과 요금소 인접 고속도로 차종별 교통량을 상호 검증함
- 검증을 종료하면 6개 차종의 차종별 OD와 이 OD와 PCE를 적용해 만든 PCU 단위 OD를 얻을 수 있음
- 이러한 PCU OD를 6:15~7:15분 사이에 출발하는 2시간 길이의 OD를 매 15분마다 만들면 5개의 2시간 길이 OD를 얻을 수 있는데 이들을 각각 통행배정하여 본 연구에서 첨두시로 선정된 7:30~9:30 am 사이에 집계된 지점 교통량과 가장 편차가 작은 시간대 OD를 관측교통량과 일관성이 가장 높은 OD표로 선정하는 방법론은 선택함
- 이에 따라 본 연구에서는 출발시간 기준 6:45~8:45 am 의 OD가 첨두시간 관측교통량과 가장 일관성이 높은 OD로 최종 선정되었음

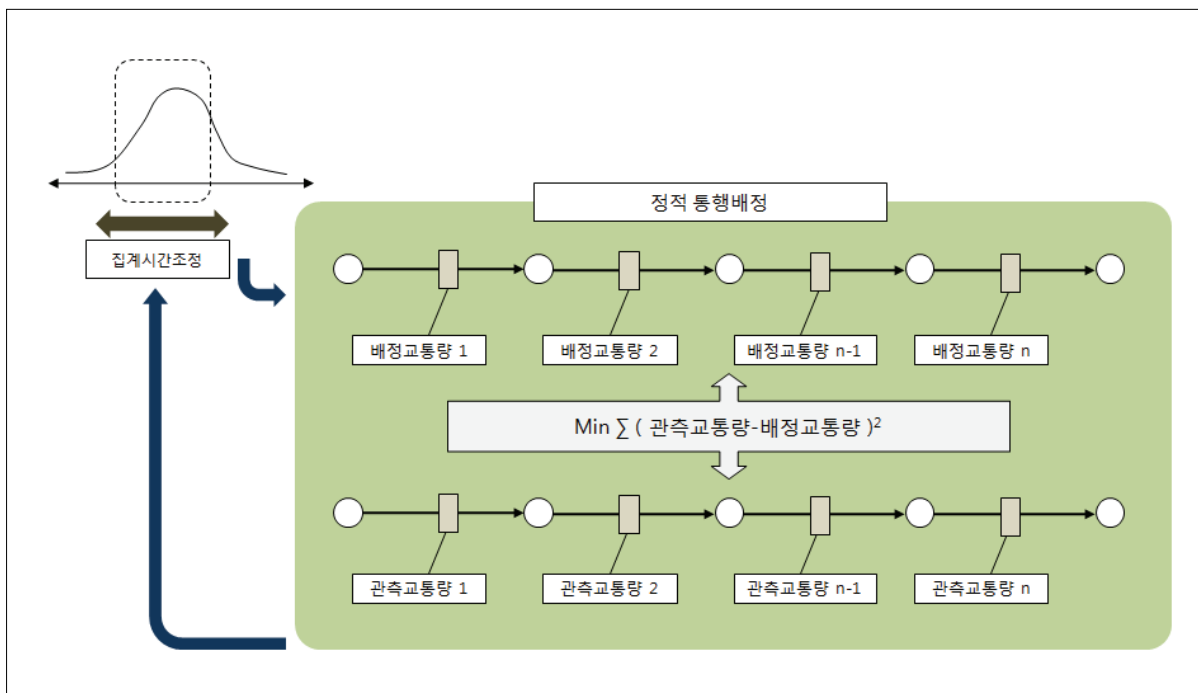
#### 4) 기종점 교통량-링크교통량 간 일관성 확보

- 본 연구가 기존 연구에 비해 가장 큰 차별성을 갖는 점은 다양한 경로를 통해 수집된 자료들간의 일관성을 검증할 수 있는 방법론을 개발하고 이를 자료 일관성 향상에 적용하였다는 점임
- 기존 연구의 경우 기종점 교통량, 링크 관측교통량이 서로 다른 기관에 의해 수집되고 그 구축 기준 일자도 모두 다르기 때문에 자료간 일관성에 대한 기초 검증도 시행된 바 없었으나 본 연구에서는 자료간 일관성을 최대화 하기 위한 다양한 방법론을 개발함
- 먼저 TCS OD와 링크 관측 교통량의 경우 첨두시 2시간 값을 기준으로 정산용 자료 DB를 구축하였으나, 두 자료의 시간대가 일치하는 것은 불가능함
- 교통망 상을 통행하는 차량들은 기종점들이 모두 상이하고 각 기종점별로 소요되는 통행시간에도 차이가 있기 때문에 관측 교통량을 완벽하게 설명할 수 있는 하나의 출발 시간대란 존재할 수 없음
- 즉, 기점을 출발한 각 차량들은 <그림 4-15>와 같이 시간의 흐름에 따라 각 교통량 관측 지점들을 순차적으로 통과하고 통행거리가 긴 경우 2시간이라는 관측시간 내에 일부 관측지점에는 도착하지 못할 수도 있음

- 따라서 본 연구에서는 <그림 4-16>과 같이 기종점 교통량 집계 시간 중 동일한 시간대 길이의 관측 교통량과 통행배정을 실시했을 때 가장 편차가 작은 기종점 교통량 집계 시간대를 탐색하여 기종점 교통량과 관측 통행량의 일관성을 최대화하는 방법론을 사용함



<그림 4-15> 기종점 교통량 출발시간대와 관측지점 통과시간 간 편차



<그림 4-16> 관측교통량과 최대 일관성을 갖는 기종점 교통량 표 선정

- 두 자료의 일관성 분석을 위해 두 자료 중 하나의 자료에 대해서 시간대를 고정해야 하는데, 본 연구에서는 관측교통량의 집계시간대를 먼저 결정하였음
- 관측시간대 집계시간 결정은 전국 고속도로망의 시간대별 교통량을 분석해 6:30~8:30분 사이에서 2시간 단위의 총통행량을 집계한 뒤 이중 관측교통량 총합이 최대가 되는 시간대를 첨두시간대로 결정하였는데, 최종 결정된 시간대는 7:30~9:30분의 두 시간이었음
- 교통망 통과 교통량 기준으로 첨두시간 결정 후에는 7:30~9:30분대 교통량과 일관성이 가장 높은 기종점 통행량 표를 결정하기 위하여 6:15분부터 7:15분까지 매 15분마다 전체 시간길이 2시간의 OD표를 5개 작성하였음
- 이때 7:15분을 마지막 출발시간 시작 시간대로 한 것은 논리적으로 링크 교통량 집계 시간 시작 시점인 7:30분 보다는 빠른 시간대에 출발 차량을 집계해야 각 링크를 통과하는 차량과 논리적 일관성을 갖는 OD 교통량 집계가 가능하기 때문임
- 이러한 분석 과정을 거쳐 본 연구에서는 오전 6:45~8:45분 사이에 집계된 기종점 교통량이 PCU 기준으로 오전 7:30~9:30분 사이의 고속도로 구간별 관측 통행량과 가장 일관성이 높은 것으로 판단하였음

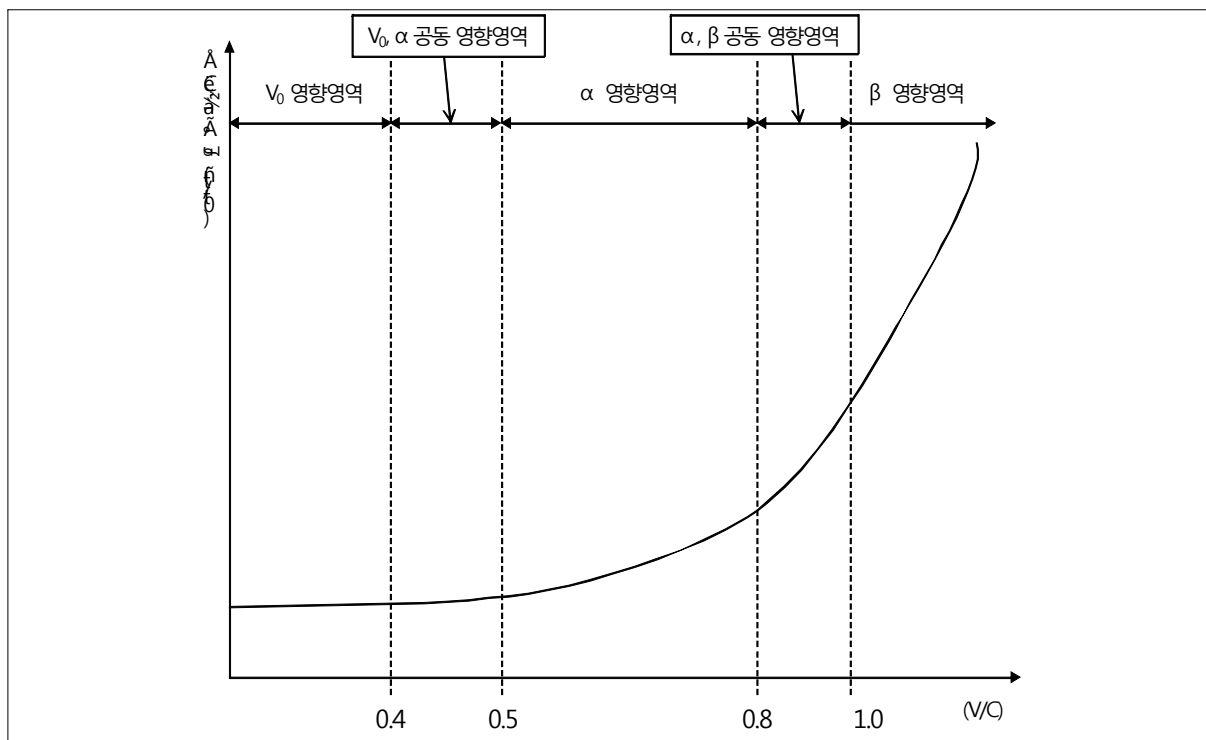
#### 다. VDF 정산 기초자료 분석

##### 1) 속도-교통량 자료 분석

- 고속도로 구간에서 조사된 통행 속도와 교통량 자료의 분석을 통하여 현재 BPR식이 고속도로의 교통류 특성 설명이 가능한 지에 대한 검토를 시행함
- 일반적으로 교통량과 통행속도간 관계를 설명하려면 혼잡과 비혼잡 구간에 대해 동일한 교통류 읍에서 두 가지의 통행속도가 나타날 수 있기 때문에 BPR식과 같은 단조증가 식이 필요로 하는 수학적 단조증가성이 현실에서는 관측되지 않는다는 의견이 있는 반면, 공학적으로 짧은 관측시간동안 조사된 자료의 경우 단조성이 확인되지 않으나 이를 한 시간 정도의 충분히 긴 시간동안 관측하면 평균적인 경향으로는  $V/C$ 가 증가할수록 통행시간도 증가하며 통행속도는 감소한다는 의견도 있음
- 교통량-통행시간 자료의 강 단조성 여부는 BPR 식 계수정산에서 매우 중요한데 그 이유는 통계적 분석을 통해 주어진 교통량이나 속도를 설명하는 계수값들은 찾을 수 있다 하더라도 BPR식과 같이 이용자 평형 통행배정에 사용되는 통행비용 함수 자체가 갖는 수학적 조건인 강단조성이 실제 현실에서 나타나지 않을 경우 강단조 증가

함수로 교통량-통행시간 간의 관계를 설명하는 것은 현실 재현력에 의문이 제기될 수 있기 때문임

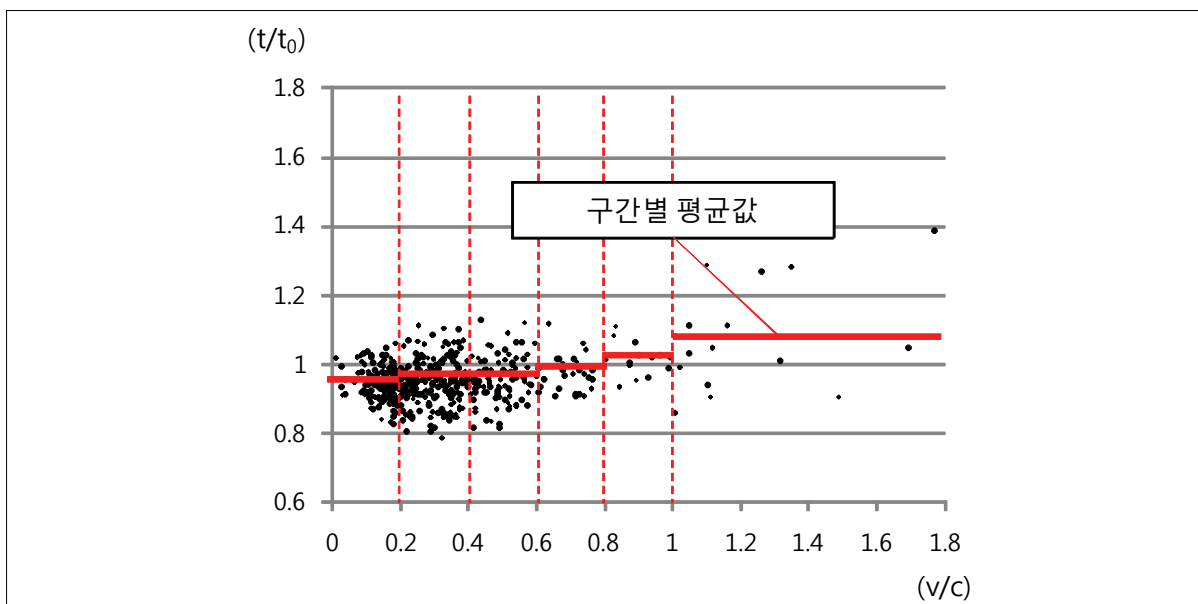
- 이러한 배경에서 본 연구에서는 VDF 정산에 사용될 FTMS 교통량 및 속도 자료를 이용하여 각 VDF 별로 속도-교통량 관계가 현 VDF 형태로 설명이 가능한지에 대해 검증하였음
- 사용된 자료는 2시간 평균 통행속도와 교통량 자료이며 서로 다른 지점들에서 수집된 FTMS 자료를 동일한 VDF 등급별로 취합하여 동일한 VDF에 속한 링크들의 FTMS 자료에서 BPR식으로 설명 가능한 경향성이 나타나는지를 검토하는데 분석의 목적이 있음
- BPR식의 초기속도,  $\alpha$  및  $\beta$ 는 각각 함수 형태에 영향을 미치는 주 구간이 다르다는 사실은 KOTI(2012)에서 제시된 바 있기 때문에 각 구간별로 교통량 증가와 통행시간 증가의 민감도를 분석하였음



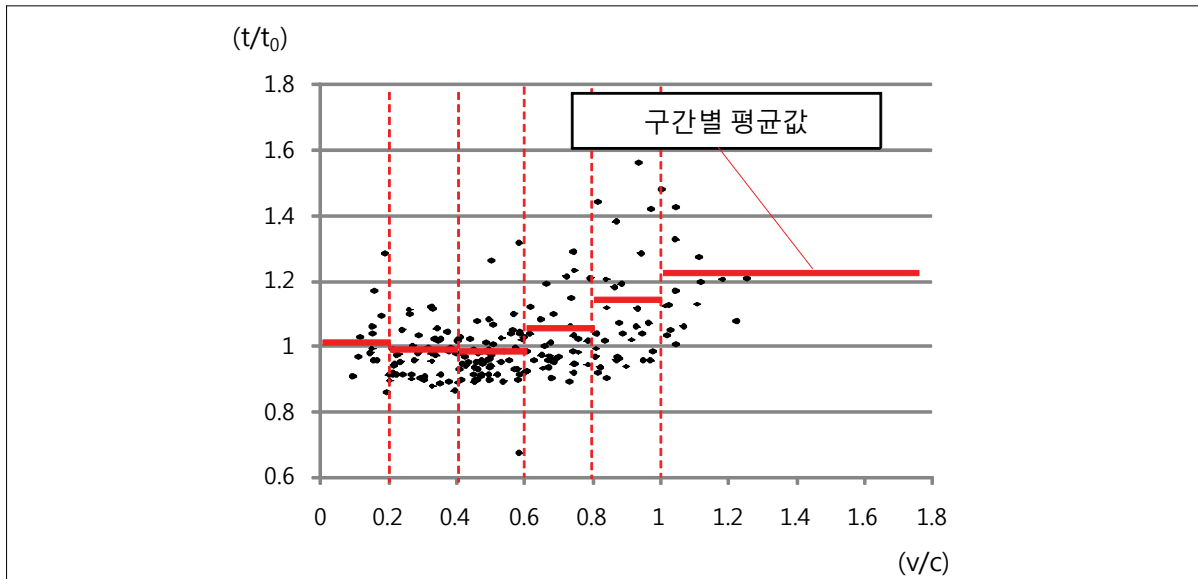
<그림 4-17> VDF 함수와 계수값의 주 영향 구간

- 초기속도의 경우 차량이 거의 없는 상태의 속도이므로  $V/C$ 가 0.5 이하인 구간을 주 분석구간으로 설정하였고,  $\alpha$ 값의 경우  $0.4 < V/C < 1.0$  사이의 구간을,  $\beta$ 값의 경우  $V/C > 0.8$  이상인 구간을 주 영향구간으로 선정하였음

- 예를 들어  $\beta$ 의 경우 ( $V/C$ )의 승수인 계수이므로 혼잡증가에 따른 통행시간 증가를 설명하기 위해서는 최소 ( $V/C$ ) > 1.0 이상인 자료구간에 대해서만 교통량과 통행시간 간 증가관계 설명력이 있음
- 단, 일부 근포화 상태의 자료를 포함해야 함수 전체 형태를 고려한  $\beta$ 값 분석이 가능하므로 ( $V/C$ ) = 0.8 수준부터  $\beta$ 의 영향구간으로 선정하였음
- 각 구간의 길이나 차로수에 차이가 있어 자료를 정규화해 분석을 수행하기 위해 Y축은 통행시간비 ( $t/t_0$ )로 설정하고 X축 역시 (교통량/용량)비로 설정하였음
- 이러한 자료 변환 후 각 구간별로 모두 (+)의 경향성이 자료를 통해 나타나며 이러한 기울기가 ( $V/C$ )의 증가에 따라 커진다면 현재 고속도로의 자료를 통해 통행시간과 교통량 간에 단조증가성이 나타난다고 말할 수 있음



<그림 4-18> VDF 1의 ( $t/t_0$ )와 ( $V/C$ ) 관계

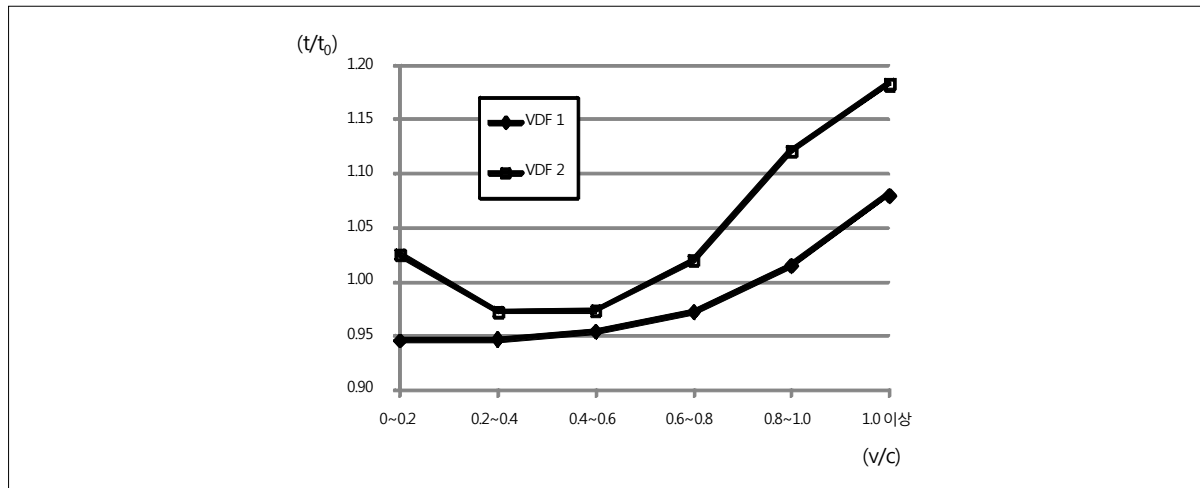


<그림 4-19> VDF 2의  $(t/t_0)$ 와  $(V/C)$  관계

- 이러한 강단조성의 분석을 위해 <그림 4-18> 및 <그림 4-19>와 같이 VDF 1과 2에 대하여 구간별 평균  $(t/t_0)$  값을 계산하였음
- 개략적인 분석결과 전반적으로 비혼잡 구간에서는 자료값은 많으나 분산이 커 평균값의 미세한 증감이 발생하였으나  $(V/C)$ 가 증가할수록 평균  $(t/t_0)$  값이 증가하는 경향성은 확인할 수 있었음
- <표 4-2>에서  $(V/C)$  0.2구간 별로 VDF 1과 2에 대하여  $(t/t_0)$  값을 비교한 결과 VDF 1의 경우 비혼잡 구간에서는  $(V/C)$ 의 증가에 따라  $(t/t_0)$  값이 증가하지 않았으나 혼잡이 증가할수록 평균값이 상승하여 단조성이 나타남
- $(V/C)$ 와  $(t/t_0)$  값 간의 관계를 그림으로 확인하더라도 VDF 1의 경우 단조증가성을 확인할 수 있어 BPR식을 통해 두 값간의 관계 설명이 가능한 것을 알 수 있음
- 다만 VDF 2의 경우 비 혼잡 구간에서  $(V/C)$  증가에 따라  $(t/t_0)$  값이 감소하다 증가하는 경향이 나타나는데 이에 따라 자료상에서는 완전한 단조증가성이 나타나지는 않으나 전반적으로는 증가 관계가 나타남을 확인할 수 있음

<표 4-2> 고속도로의 (V/C) 구간별 ( $t/t_0$ ) - (V/C) 관계분석

X/C		0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0	1.0 이상
$t/t_0$	VDF 1	0.946	0.947	0.955	0.973	1.015	1.080
	VDF 2	1.025	0.973	0.973	1.020	1.121	1.183

<그림 4-20> VDF 2의 ( $t/t_0$ )와 (V/C) 관계

## 2) 기종점 교통량 분석

- TCS OD의 경우 버스가 차종 분류가 되어있지 않아 본 연구에서 개발된 요금소 별 12개 차종 도착 비율과 OD 변환 기법을 통해 TCS OD에서 소형 버스와 일반 버스 비율을 추정할 수 있음
- 이렇게 추정된 6개 차종 (승용차, 소형버스, 일반버스, 소형트럭, 중형트럭, 대형트럭)의 비율이 정확히 추정되었는지에 대한 검증이 필요함
- 따라서 TCS OD와 가장 가까운 곳의 본선 검지기 자료를 통해 검증을 실시함
- OD에 의한 출발 대형차종 비율과 인접 FTMS 자료를 비교하면 대부분의 주요 요금소에서 대형차량 비율의 차이가 크지 않음을 확인할 수 있음
- 약간의 편차가 존재하나 대형차량 비율의 OD와 관측값의 차이는 5% 내외로서 향후 차종별 OD를 보다 신뢰성 있게 추정할 수 있는 방법론 개발이 필요함

&lt;표 4-3&gt; 주요 요금소인접 본선의 대형차량 구성비율 비교

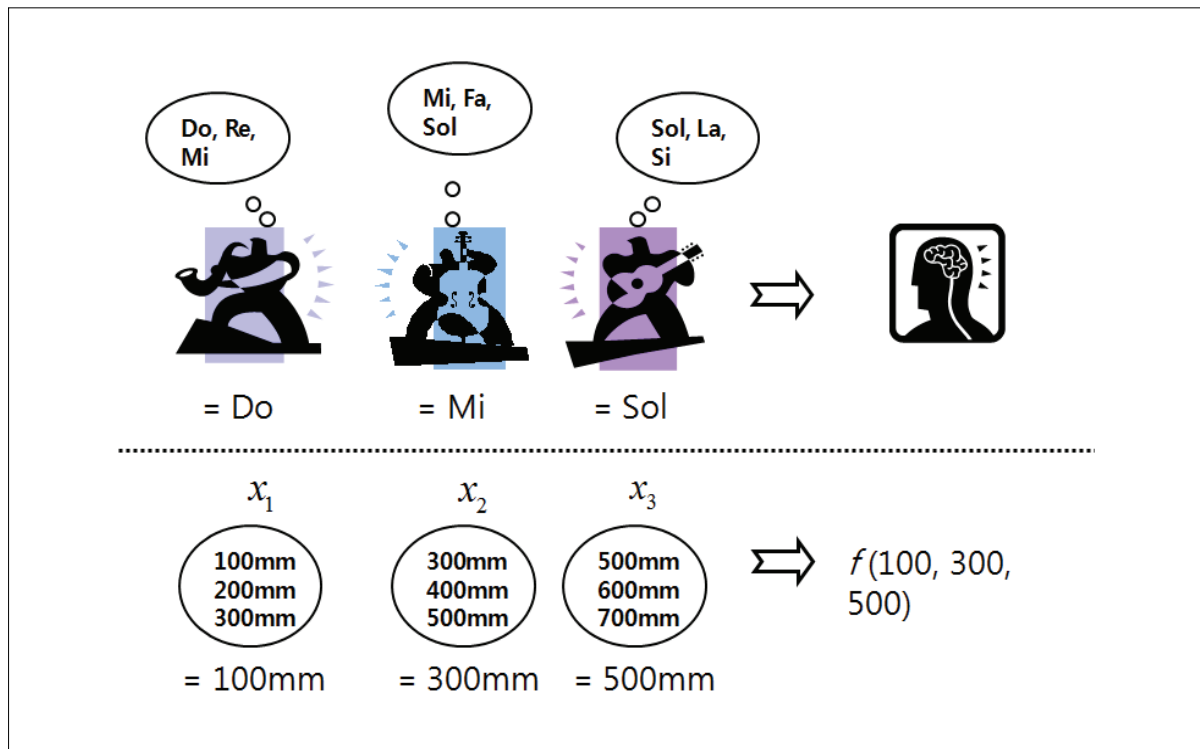
위치	방향	타입	구성비		편차 (%)	
			소형,중형차량	대형차량	소형,중형차량	대형차량
서울TG	출발	OD (vph)	0.828	0.172	4.31	20.73
		FTMS (vph)	0.864	0.136		
	도착	OD (vph)	0.836	0.164	3.36	17.11
		FTMS (vph)	0.808	0.192		
부산TG	출발	OD (vph)	0.824	0.176	4.90	22.97
		FTMS (vph)	0.865	0.135		
	도착	OD (vph)	0.887	0.113	7.27	57.14
		FTMS (vph)	0.823	0.117		
서서울TG	출발	OD (vph)	0.860	0.140	3.01	18.53
		FTMS (vph)	0.886	0.114		
	도착	OD (vph)	0.903	0.097	7.28	68.04
		FTMS (vph)	0.838	0.162		
서안산IC	출발	OD (vph)	0.823	0.177	1.00	4.64
		FTMS (vph)	0.831	0.169		
	도착	OD (vph)	0.891	0.109	6.68	54.56
		FTMS (vph)	0.831	0.169		



## 라. 고속도로 VDF 정산 방법론

### 1) VDF 정산 모형

- 최적화기반 VDF 계수추정 문제는 목적함수 최적화를 위한 계수 조정과 통행배정과정을 반복하는 구조를 가지고 있기 때문에 전통적인 Bi-level optimization 문제로 구성됨
- 김현명 등 (2012)이 밝힌바와 같이 최적화 기반의 Bi-level 문제로 구성된 VDF 계수 추정 문제는 복수의 최적해조합을 갖게되며, 이 경우 Convex problem을 해결하는데 사용해온 경사탐색 기반 최적화 기법을 사용하기 어렵기 때문에 전역탐색 최적화 기법을 사용하는 것이 바람직함
- 김현명 등 (2012)은 이러한 문제 해결을 위해 최근 산업공학 등에서 많이 이용되고 있는 화음탐색법(Harmony search)을 이용한 VDF 정산 알고리즘을 개발하였음
- 화음탐색법 (이하 HS) 는 음악 작곡에서 그 기본개념을 가져왔는데, 연주자가 청중에게 감동을 주기위해 현장에서 좋은 화음 조합을 찾아 연주하는 즉흥 연주를 모방한 알고리즘으로서, 연주자들이 서로 조화를 찾아가며 연주하는 것을 모방해 아름다운 화음을 찾듯이 해를 검색하는 방법임
- 화음탐색법에서는 연주자가 자신의 악기를 이용해 음을 연주하되 복수의 악기를 연주한 음이 얼마나 아름다운지를 평가하고 이를 조정하는 과정으로 이루어짐
- 이때, 각 악기들이 연주한 음들 중 좋은 화음이 저장되는데 이를 Harmony memory(이하 HM)라 하고, HM에 저장 가능한 화음의 최대 개수는 HMS (Harmony memory size)라 하며, HMS의 역할은 유전알고리즘(Genetic algorithm)에서 유전자와 동일함
- 유전 알고리즘의 돌연변이 확률이나 교배법칙 설정과 마찬가지로 HS역시 초기에 Harmony memory size, 화음기억율(Harmony memory considering rate, HMCR), 피치조정율 (Pitch adjusting rate, PAR), 종료조건 등의 외부 입력 변수값들이나 규칙들을 설정함
- 화음탐색법의 핵심적인 과정은 화음기억과 피치조정이라 할 수 있는데, 화음 기억의 경우 <그림 4-21>에서 보는바와 같이 화음을 조합해 멜로디를 만드는 과정과 같이 해를 구성하는 조합들 중 상위의 결과를 제공하는 조합들의 부분들을 임의로 호출하여 조합함으로써 새로운 해를 도출함

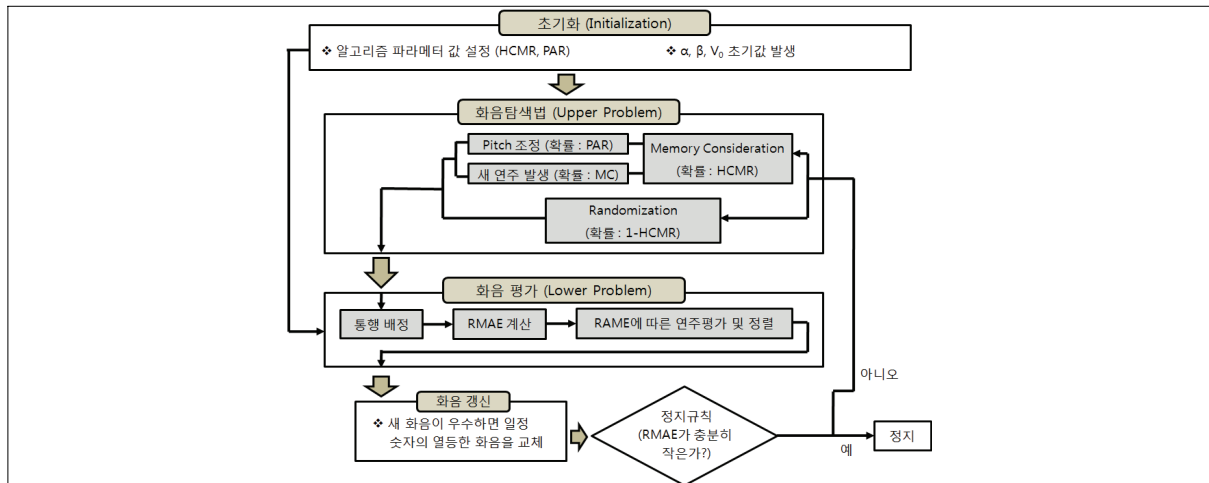


<그림 4-21> 화음기억의 원리

- 즉, 각 연주자들은 기존에 연주된 화음 중 가장 성과가 좋았던 음들을 화음의 성과 순서에 따라 기억하고 있는데 화음기억과정에서는 저장된 음을 각 연주자별로 하나씩 선택하여 임의의 화음 대안을 만듦
- 이에 비하여 피치조정이란 현실의 연주자들이 자신이 연주하는 주 화음을 조금씩 변형해가며 더 나은 멜로디를 만들어가는 과정을 묘사한 것임
- 즉, 현실의 연주자들은 자신이 연주한 음이 다른 연주자들과 어울리지 않다고 느꼈을 때 현재의 음을 조금만 올리거나 내려서 좀 더 나은 연주를 만들어 가는데, 피치 조정은 이와 같이 악보나 연주에서 음을 위나 아래로 조정해 화음을 만드는 방법임
- 알고리즘에서는 PAR이라는 계수로 피치조정 선택 확률을 결정하며 보통 0.01에서 0.3 사이 값으로 설정함
- 화음 탐색법에서는 해를 구성하는 모든 값들의 피치조정을 통해 실행가능 영역의 전 방향으로 주변 영역내의 목적함수 값들을 탐색하여 해가 갱신할 수 있는 방향이 존재한다면 쉽게 해당 방향으로 이동할 수 있음
- 화음 탐색법을 이용한 VDF 계수 추정 알고리즘의 성능은 이미 김현명 등 (2012)에서

증명된 바 있으며 현재까지 사용된 황금율법이나 점진증가법 등보다 더 정확한 VDF 계수 추정이 가능함

- 따라서 본 연구에서도 김현명 (2012)에서 제시한 Bi-level 구조의 최적해 탐색 기법을 개발하였으며, 개발된 추정모형의 구조는 <그림 4-22>와 같음



<그림 4-22> 화음탐색법을 이용한 VDF 정산 알고리즘 설계

- 이때 새롭게 개발되는 추정 모형이 기존 김현명 (2012)와 다른 점은 과거 연구들의 경우 통행량만을 이용하여 최적 VDF 계수값을 추정하지만, 새 알고리즘에서는 링크 통행속도도 통행배정을 통해 재현되어야 할 목표값으로 가정함
- 관측교통량과 관측 통행속도를 동시에 고려해 VDF 정산문제를 최적화 문제로 구성하는 경우 서로 단위가 다른 두 지표가 동시에 목적함수를 구성해야하기 때문에 다목표 (Multi-objective) 최적화문제로 구성되어야하는데, 이 경우 여러 가지 방법이 고려 가능하지만 수학적으로 가장 일반적인 방법은 식과 같이 두 지표를 임의의 가중치와 함께 단일 목적함수로 구성하는 것임

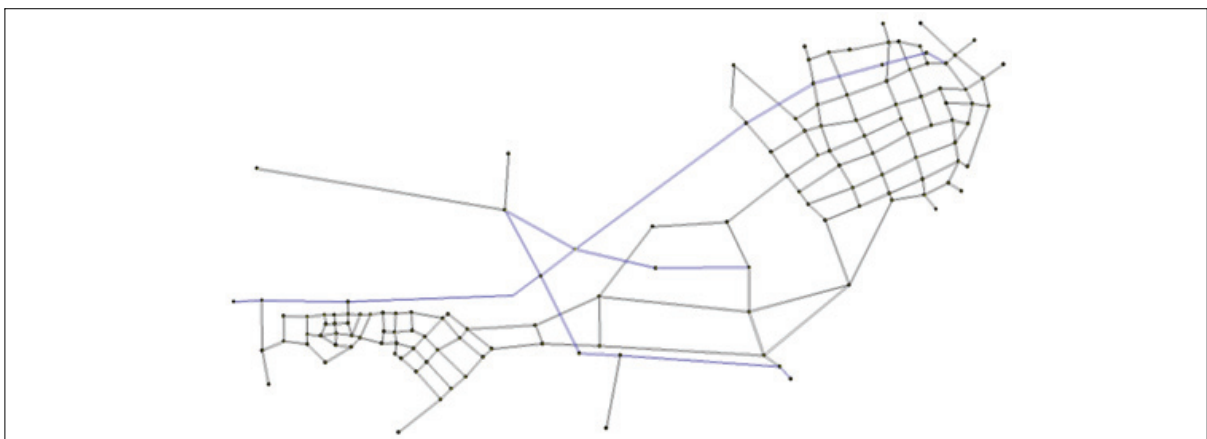
$$\text{Min} \sum_{a \in A} (1 - \gamma) \cdot \frac{|x_a - \overline{x_a}|}{x_a} + \gamma \cdot \sum_{b \in B} \frac{|v_b - \overline{v_b}|}{v_b} \quad a \in A, b \in B$$

- 식에서 A는 관측교통량 검지지점 링크집합이며, B는 통행속도 검지 링크집합이고,  $\gamma$ 는 교통량 편차와 속도편차간의 상대가중치를 결정하는 계수로서 분석가에 의해 두 항의 상대적인 중요성을 기초로 결정되는 값임

- $x_a$ 는 링크 a의 교통량이고,  $v_b$ 는 링크 b의 통행속도이며  $\overline{x_b}$ 와  $\overline{v_b}$ 는 관측교통량과 관측통행속도를 의미함
- 관측값과 재현값의 오차를 최소화하는 문제의 경우 GLS (General least square) 형태의 함수를 많이 이용하지만 본 연구에서는 교통량과 속도라는 서로 단위가 다르고 값의 크기가 다른 지표를 이용하기 때문에 목적함수를 단순한 편차의 제곱이나 절대값으로 고려하지 않고 관측값 기준 상대편차의 평균을 목적함수로 이용할 예정임
- 관측교통량과 통행배정문제를 상하위 목적함수로 이용하는 VDF정산 문제의 경우 관측교통량을 재현할 수 있는 VDF계수 조합이 하나이상 존재할 수 있기 때문에 복수최적해 (Multiple optimum solutions)가 존재하는 최적화 문제라 할 수 있고 이러한 문제의 해를 찾기 위해 유전알고리즘이나 화음탐색법과 같은 확률적 전역탐색 최적화 기법을 적용함
- 본 연구에서는 전역탐색 최적화 기법의 하나인 화음탐색법을 이용한 해법 알고리즘을 개발하였으며, 알고리즘의 탐색성능 향상을 개선하여 대형교통망에서 빠른 속도로 수렴하는 알고리즘을 개발함

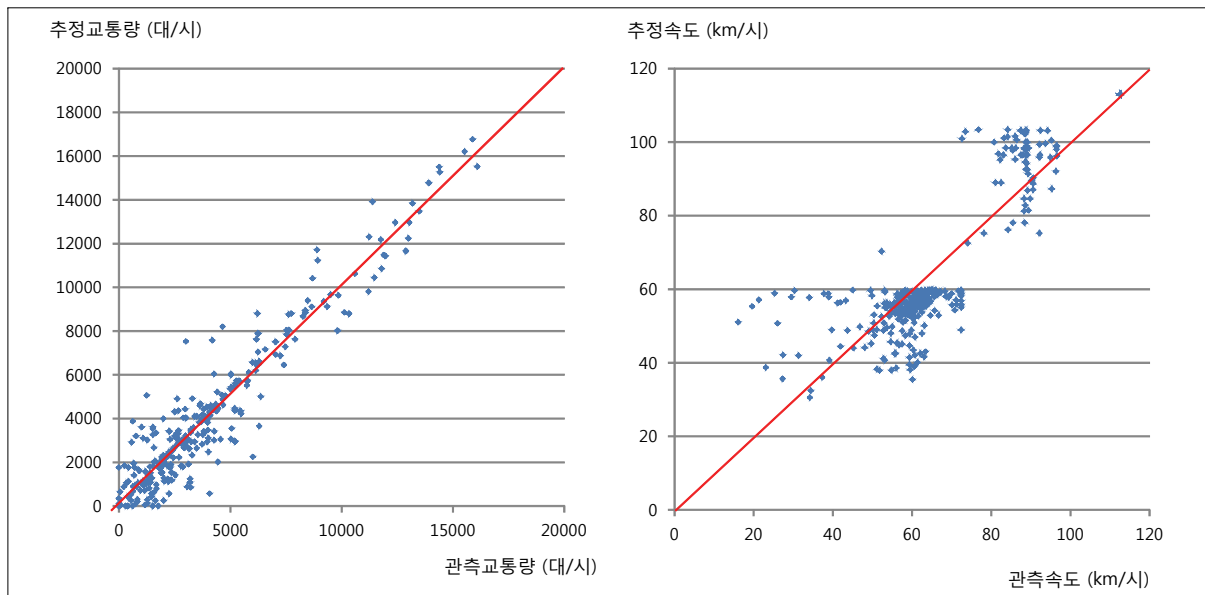
## 2) 테스트베드 자료를 통한 방법론 성능 검증

- 본 연구에서 개발한 화음탐색법 기반 고속도로 정산 모형의 성능 실험을 위해 DYNASMART-P를 이용해 테스트베드를 구축함



<그림 4-23> 정산 방법론 검증을 위한 테스트베드 네트워크

- 테스트베드 교통망에서는 4시간의 교통상황이 시뮬레이션되며 이중 30분은 각각 Warm-up 시간대와 시뮬레이션 Clearing time으로 사용하였음
- 기존점 교통량 출발 시간 길이와 교통량 집계 시간 길이는 각각 2시간으로 일치시켰으며, 얻어진 자료를 관측 자료로 이용해 이용자 평형 통행배정을 통한 VDF 정산을 수행하였음
- <그림 4-24>에서 보듯 교통량의 경우 관측교통량과 VDF 정산에 E라 배정된 추정교통량간에 큰 차이가 나타나지 않은 반면 속도의 경우 60 (km/시)와 80 (km/시)에서 관측속도에 상당한 분산이 나타남을 알 수 있음
- 정적 통행배정에 이용되는 BPR식의 경우 최대속도가 고정되어 있어 해당 값 이상의 속도가 나타날 수 없기 때문에 실제 관측 자료를 이용할 경우 이러한 현상은 더 크게 나타날 것으로 예상됨
- 화음탐색법에 의한 정산 결과 초기 정산 범위의 중간값으로부터 교통량은 RMAE기준 6%, 통행속도의 경우 13%의 개선이 발생하였으며 최종적으로 얻어진 정산 수준은 RMAE 기준으로 교통량은 17%, 속도는 20% 오차가 존재하였음
- 분석 결과 화음탐색법을 통한 VDF 정산 능력은 충분한 것으로 검증되었으나 속도 검증이 교통량 검증에 비하여 좀 더 분석 방법의 개선이 필요할 것으로 판단함



<그림 4-24> 테스트베드 자료를 이용한 VDF 계수 추정 결과 검증

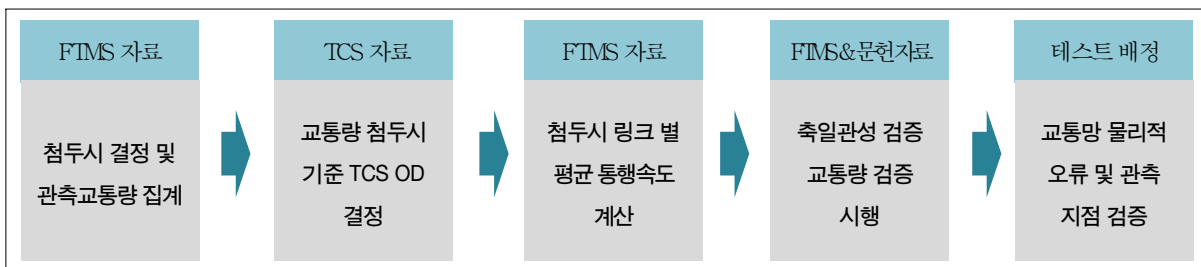
## 마. KTDB 고속도로 VDF 정산 결과

### 1) KTDB 고속도로 우선정산 배경

- 속도와 교통량을 함께 이용한 정산 기법을 고속도로 교통망에 적용하여 VDF 1 및 2 등급의 정산을 수행함
- <표 4-4>에 정리한 바와 같이 고속도로의 경우 TCS 자료와 FTMS 자료에 의한 정산 자료 확보가 가능하기 때문에 자료의 정확성이나 기준점 표의 정확성이 상대적으로 낮은 KTDB 전체 교통망과는 분리해 정산하는 것이 타당함
- 고속도로 분리정산을 위한 자료는 FTMS자료와 TCS자료를 이용하며 TCS OD 구축시에는 출발시간 기준 2시간 OD를 구축하였고 FTMS자료를 통해서는 15분 평균 집계후 2시간 평균 교통량과 통행속도 및 통행시간 자료 DB를 구축함

<표 4-4> 고속도로 분리 정산과 다차로 정산 비교

구분	고속도로 분리 정산	다차로 도로 정산(KTDB 교통망)
정산 기법	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 첨두시 자료 기반 분석</li> <li>- TCS 자료를 이용하여 수요의 불확실성을 제거</li> <li>- 통행시간과 교통량 자료 이용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전일 자료 기반 분석</li> <li>- 통행수요 및 관측자료의 오차포함 가능성 높음</li> <li>- 교통량 자료만을 이용</li> </ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연속류 도로이며 관측율이 높음</li> <li>- 존내 통행량 비율 낮음</li> <li>- 자료간 일관성 검증이 용이함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 단속류 도로이며 관측율 낮음</li> <li>- 존 내 통행량 비율 높음</li> <li>- 자료 신뢰도 검증이 어려움</li> </ul>

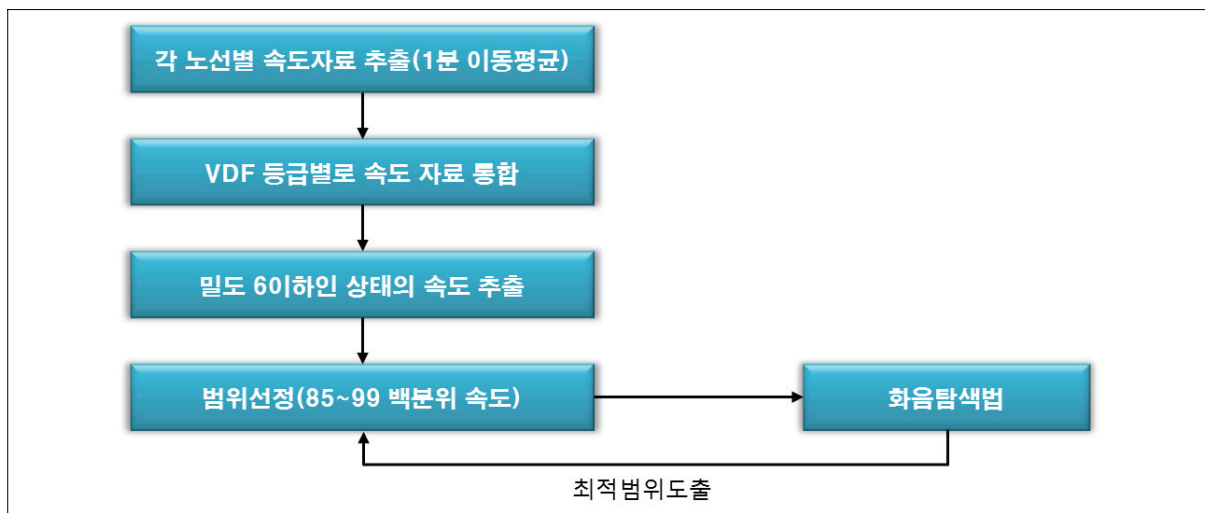


<그림 4-25> 고속도로 분리정산 자료 준비 과정

## 2) 자유류속도

## ○ 자유류속도 산정 과정

- 초기속도는 VDF 등급별로 산정하였으며 고속도로 초기속도 값은 FTMS 자료를 활용하고 국도 초기속도 값은 지자체 ITS 자료, 현장 조사 자료를 활용함
- 조사치를 활용하여 화음탐색법을 통하여 자유류속도의 최적범위를 도출하였음



&lt;그림 4-26&gt; 자유류속도 산정과정

## ○ 고속도로 자유류속도 산정 결과

- 각 노선별 자료를 VDF 등급에 따라 통합하여 85%~99% 속도를 선정
- 고속도로 자유류 속도

&lt;표 4-5&gt; 고속도로 자유류속도 산정결과

구분	링크	차로	본 연구 자유류속도 (km/h)	분석데이터 (샘플갯수/분석갯수)
VDF 1	고속도로	2차로	110~120	11개/11개
VDF 2		3차로 이상	110~121	49개/49개
VDF 3	도시 고속도로	2차로	106~117	16개/16개
VDF 4		3차로 이상	101~112	31개/31개

○ 다차로도로 자유류속도 산정 결과

<표 4-6> 다차로도로 자유류속도 산정결과

구분	차로	자유류속도(km/h)	분석데이터 (샘플갯수/분석갯수)
		본 연구	
VDF 5	1차로	75~89	7/1, 830
VDF 6	2차로 이상	90~103	13/732
VDF 7	1차로	77~86	23/2, 698
VDF 8	2차로 이상	86~99	11/5, 002
VDF 9	1차로	76~86	10/1, 220
VDF 10	2차로 이상	83~99	36/3, 660
VDF 11	1차로	69~82	23/1, 282
VDF 12	2차로 이상	83~95	114/6, 507
VDF 13	1차로	68~78	0/122
VDF 14	2차로 이상	81~91	46/2, 112
VDF 15	1차로	65~75	0/0
VDF 16	2차로 이상	71~82	54/260

○ 최적범위 산정과정

- 본 연구에서는 자유류속도 관측결과를 토대로 최종 자유류속도 값을 적용함
- 특히 고속도로 및 도시고속도로에 해당하는 VDF1~VDF4는 네비게이션 데이터 분석이 가능하므로 관측결과 및 네비게이션 분석결과를 종합하여 범위를 산정함
- 네비게이션 분석결과 VDF1, VDF2는 자유류속도의 99백분위 값이 130km/h, 125km/h로 도출되어 최대범위로 적용하였으며 85백분위 값인 최소범위는 검지기 관측결과를 적용함
- 그러나 VDF1의 경우 최소범위를 검지기 관측결과인 110km/h로 적용할 경우 일부 88고속도로 및 중앙고속도로 등 정산시 설명이 안되는 고속도로 링크가 존재하므로 최소범위를 100km/h로 조정함
- VDF3, VDF4는 데이터 분석 결과를 종합하여 최대범위를 115km/h, 110km/h로 산정하였으나 VDF3, VDF4는 데이터 샘플개수가 적은 점을 고려하여 기존 연구결과(KOTI, 2012)를 포함하여 최소 범위를 산정함
- 기존 연구결과는 VDF3, VDF4의 자유류속도를 각각 90km/h로 정의하였는데 본 연구에서는 최대범위를 고려하여 95km/h, 90km/h로 최소범위를 산정함



- 다차로도로에 해당하는 VDF5~VDF16은 현장조사 결과와 ITS 시스템(국도 AVC, 지자체 자료 등) 검지기 분석결과를 종합하여 범위를 산정함
- 다차로도로의 경우 현장조사자료와 ITS 시스템 분석결과를 비교해 보면 2차로 이상의 도로에서는 현장조사결과와 ITS 시스템 분석결과가 비슷하고 1차로 도로에서는 약간의 차이를 보임
- 그 결과 일부 2차로도로 이상 및 1차로 도로의 최소범위가 본 연구에서 제시한 값보다 낮은 경우가 있는데 현장조사자료를 포함하여 범위값이 도출되었기 때문임
- 또한 자유류속도의 끝자리를 대부분 0.5로 통일하였는데 통계적으로 이 값을 사용하는데 큰 무리가 없으며 사용자들의 편의를 위해서임

○ 최종 자유류속도 산정결과

<표 4-7> 최종 고속도로 자유류속도 적용값

구분	링크	차로	자유속도(km/h)
VDF 1	고속도로	2차로	100~130
VDF 2		3차로 이상	110~125
VDF 3	도시고속도로	2차로	95~115
VDF 4		3차로 이상	90~110

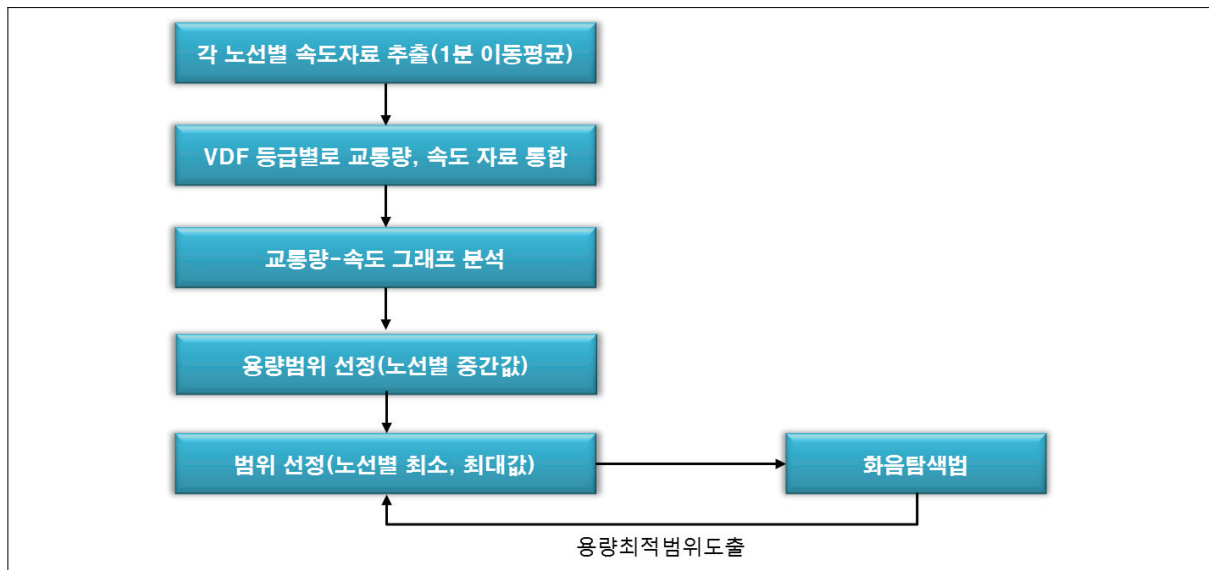
<표 4-8> 최종 다차로도로 자유류속도 적용값

구분	링크	차로	자유속도(km/h)
VDF 5	국도 지자체	1차로	70~90
VDF 6		2차로 이상	90~105
VDF 7		1차로	70~85
VDF 8		2차로 이상	85~100
VDF 9		1차로	65~85
VDF 10		2차로 이상	83~100
VDF 11		1차로	65~80
VDF 12		2차로 이상	80~95
VDF 13		1차로	65~75
VDF 14		2차로 이상	80~90
VDF 15		1차로	60~70
VDF 16		2차로 이상	70~80

### 3) 도로용량

#### ○ 도로용량 산정 과정

- 도로용량은 VDF 등급별로 산정하였으며 고속도로 초기속도 값은 FTMS 자료를 활용하고 국도 초기속도 값은 지자체 ITS 자료, 현장 조사 자료를 활용함
- 조사치를 활용하여 화음탐색법을 통하여 용량의 최적범위를 도출하였음



<그림 4-27> 도로용량 산정과정

## ○ 고속도로 최대관찰교통량 산정 결과

&lt;표 4-9&gt; 고속도로 최대관찰교통량 산정 결과

구분	링크	차로	최대관찰 교통량 본연구 (대/시)	최대관찰 교통량 본연구 (pcphpl)	용량계산주 (대/시)	분석데이터 (샘플갯수/분석 갯수)
VDF 1	고속도로	2차로	1,752~2,052	1,813~2,127	통영대전 : 2,047	11개/11개
VDF 2		3차로 이상	1,664~2,127	1,725~2,168	경부선 : 1,986, 영동선 : 1,958	49개/49개
VDF 3	도시 고속도로	2차로	1,656~2,004	1,656~2,004	-	16개/16개
VDF 4		3차로 이상	1,628~2,194	1,628~2,194	내부순환로 : 2,156	31개/31개

주 : 본 연구결과에 대한 검증을 위해 계산이 가능한 노선에 대해 용량 계산

## ○ 다차로 도로 최대관찰교통량 산정결과

&lt;표 4-10&gt; 다차로도로 최대관찰교통량 산정결과

구분	차로	용량(pcu)	분석데이터 (샘플갯수/분석갯수)
		본 연구 <sup>주)</sup>	
VDF 5	1차로	1,035~1,380	7/1830
VDF 6	2차로 이상	1,175~1,558	13/732
VDF 7	1차로	656~1,124	23/2698
VDF 8	2차로 이상	1,105~1,478	11/5002
VDF 9	1차로	633~976	10/1220
VDF 10	2차로 이상	930~1,517	36/3660
VDF 11	1차로	551~735	23/1282
VDF 12	2차로 이상	780~1,438	114/6507
VDF 13	1차로	452~602	0/122
VDF 14	2차로 이상	584~858	46/2112
VDF 15	1차로	384~512	0/0
VDF 16	2차로 이상	573~876	54/260

주 : 도시부와 지방부가 모두 포함된 일부 등급에서는 용량 차이가 상대적으로 큼

○ 최적범위 산정과정

- 최종 적용 용량의 경우 끝자리를 대부분 0으로 통일하였는데 통계적으로 이 값을 사용하는 데 큰 무리가 없으며 사용자들의 편의를 위해서임
- 또한 화음탐색법은 범위를 최대한 넓게 줄수록 최적 값이 나올 확률이 높기 때문에 최대한 범위를 넓게 적용함
- 용량의 경우 관측된 최대 관찰교통량값을 용량값으로 적용하였으나 VDF1은 최소 용량을 1,700pcphpl로 적용함. 이는 VDF1의 88고속도로, 중앙고속도로 등을 반영해 주기 위함

○ 최종 용량 산정결과

<표 4-11> 최종 고속도로 용량 적용값

구분	링크	차로	용량(pcphpl)
VDF 1	고속도로	2차로	1,700~2,127
VDF 2		3차로 이상	1,750~2,150
VDF 3	도시고속도로	2차로	1,700~2,000
VDF 4		3차로 이상	1,900~2,200

<표 4-12> 최종 다차로도로 용량 적용값

구분	링크	차로	용량(pcphpl)
VDF 5	국도 지자체	1차로	680~1,400
VDF 6		2차로 이상	1,250~1,550
VDF 7		1차로	650~1,150
VDF 8		2차로 이상	1,100~1,500
VDF 9		1차로	630~1,000
VDF 10		2차로 이상	930~1,500
VDF 11		1차로	550~800
VDF 12		2차로 이상	780~1,450
VDF 13		1차로	400~600
VDF 14		2차로 이상	600~800
VDF 15		1차로	350~550
VDF 16		2차로 이상	600~800

4)  $\alpha$  및  $\beta$  값 범위 설정

- KOTI (2012)의 연구에서 지적된 바와 같이 <표 4-13>을 보면 과거 국내의 VDF 정산 연구에서 정산된 고속도로 계수값들은 연구간 편차가 매우 컸음
- <표 4-13>에서 보는 바와 같이  $\alpha$ 값의 경우 최소 0.48에서 최대 3.93까지 값이 분포하고 있으나 최근 수행된 연구(KOTI, 2009)나 KTDB에서 제시한 값들을 보면 대체로 0.50~0.65 사이에서  $\alpha$ 값이 존재한다고 판단됨
- 현재 KTDB에서 사용하고 있는 고속도로 VDF 계수값은 <표 4-14>에 제시하였는데  $\alpha$  값의 경우 약 0.611과 0.526을 사용함

<표 4-13> 기존연구 고속도로  $\alpha$ 값 비교 분석

구분	고속도로				
	2	3	4	5이상	증감
강호익 (1996)			0.480	0.770	(+)
전남대 (2007)	3.931		1.459	3.210	(-)
KTDB	0.645	0.601			(-)
KOTI (2009)	0.611	0.526			(-)
KOTI (2012)	0.611	0.526			(-)

&lt;표 4-14&gt; KTDB 전국 지역간 고속도로 통행비용 함수

도로유형 (편도)		VDF	자유속도	$\alpha$	$\beta$	가중치	용량	일전환계수
고속국도	1차로	1	80	0.611	2.772	0.11	1600	0.078
	2차로	2	117	0.611	2.772	0.22	2200	0.078
	3차로 이상	3	119	0.526	2.707	0.264	2200	0.078
고속국도 연결램프	연결램프	16	50	0.15	4.0	-	1600	0.078
	요금소	17	50	0.15	4.0	2.34	1600	0.078

&lt;표 4-15&gt; KTDB 통행비용 함수 계수 범위 설정 (KOTI, 2012)

구분		VDF	자유속도		$\alpha$		$\beta$	
			최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값
고속국도	2차로	1	86	103	0.25	0.65	1.80	3.50
	3차로이상	2	102	117	0.30	0.70	1.50	3.20

&lt;표 4-16&gt; KTDB 통행비용 함수 정산 결과 (KOTI, 2012)

구분		VDF	자유속도	$\alpha$	$\beta$	용량
고속국도	2차로	1	93	0.611	2.772	1,450
	3차로이상	2	113	0.526	2.707	1,780

- 이러한 분석 내용을 기초로 2012년 KOTI에서 수행된 연구에서는 <표 4-15>와 같이 통행비용 함수의 계수 범위를 설정하였으며, 이에 따라 정산된 VDF의 계수 값들은 <표 4-16>과 같음
- 올해 분석의 경우에도  $\alpha$ ,  $\beta$ 값의 범위의 경우 2012년 KOTI의 설정범위를 그대로 이용하였음

5)  $\alpha$  및  $\beta$  값 추정 결과

- 이상의 계수 추정 범위를 이용해 화음탐색법으로 고속도로 1등급과 2등급의 VDF 계수값을 추정한 결과 최종 추정치는 <표 4-17>과 같이 계산되었음
- 고속도로 정산과 다차로 정산을 위해 사용된 화음탐색법 프로그램의 경우 화음탐색법과 ImTas 통행배정 모형을 결합해 구축하였음
- 정산 결과 용량의 경우 VDF 1등급에 대해서는 2,056대/시 2등급에 대해서는 2,139대/시로 결정되었고, 초기속도의 경우 1등급과 2등급에 대하여 각각 120 km/시와 112 km/시로 정산되었음
- 이러한 정산 결과는 용량의 경우 주어진 정산 범위를 고려할 때 VDF 1등급과 2등급 모두 상한에 가까운 값이며, 특히 VDF 2의 경우 상한과 거의 동일한 값이 도출됨
- 초기 속도의 경우 VDF 1등급의 경우 탐색 범위의 중간값이 최적 값으로 도출되었으나, VDF 2등급의 경우 하한에 가까운 값이 최적 값으로 도출됨
- $\alpha$ 값의 경우 VDF 1등급의 경우 0.350로 정산되었는데 이는 정산 범위 0.25~0.65를 고려하면 정산 범위 중 낮은 영역에서 결정된 것이고 VDF 2등급의 경우 0.325로 결정되었는데 이 역시 하한인 0.30에 가까운 값임
- 이를 기존 고속도로  $\alpha$ 값과 비교하면 기존 KTDB의 경우 VDF 1등급은 0.611 2등급은 0.526이었기 때문에 고속도로 분리정산에 의한 결과가 상당히 낮은  $\alpha$ 값을 도출하였음을 확인할 수 있음
- $\beta$ 값의 경우 VDF 1등급의 경우 2.000 2등급의 경우 2.100으로 정산되었는데 이는 탐색 범위에서는 중간 위치에 해당하는 값이며 기존 KTDB에서 제시하는  $\beta$ 값인 VDF 1등급 2.772, VDF 2등급 2.707에 비하면 비하여 상당히 낮은 값임

&lt;표 4-17&gt; 본 과업 KTDB 통행비용 함수 정산 결과

구분		VDF	자유속도	$\alpha$	$\beta$	용량
고속국도	2차로	1	120	0.3500	2.0	2,056
	3차로이상	2	112	0.3251	2.1	2,139

## 6) 고속도로 분리정산 결과 검증

- 고속도로 분리정산 결과 FTMS 관측자료에 매우 가까운 통행배정에 의한 추정 결과를 얻을 수 있었음

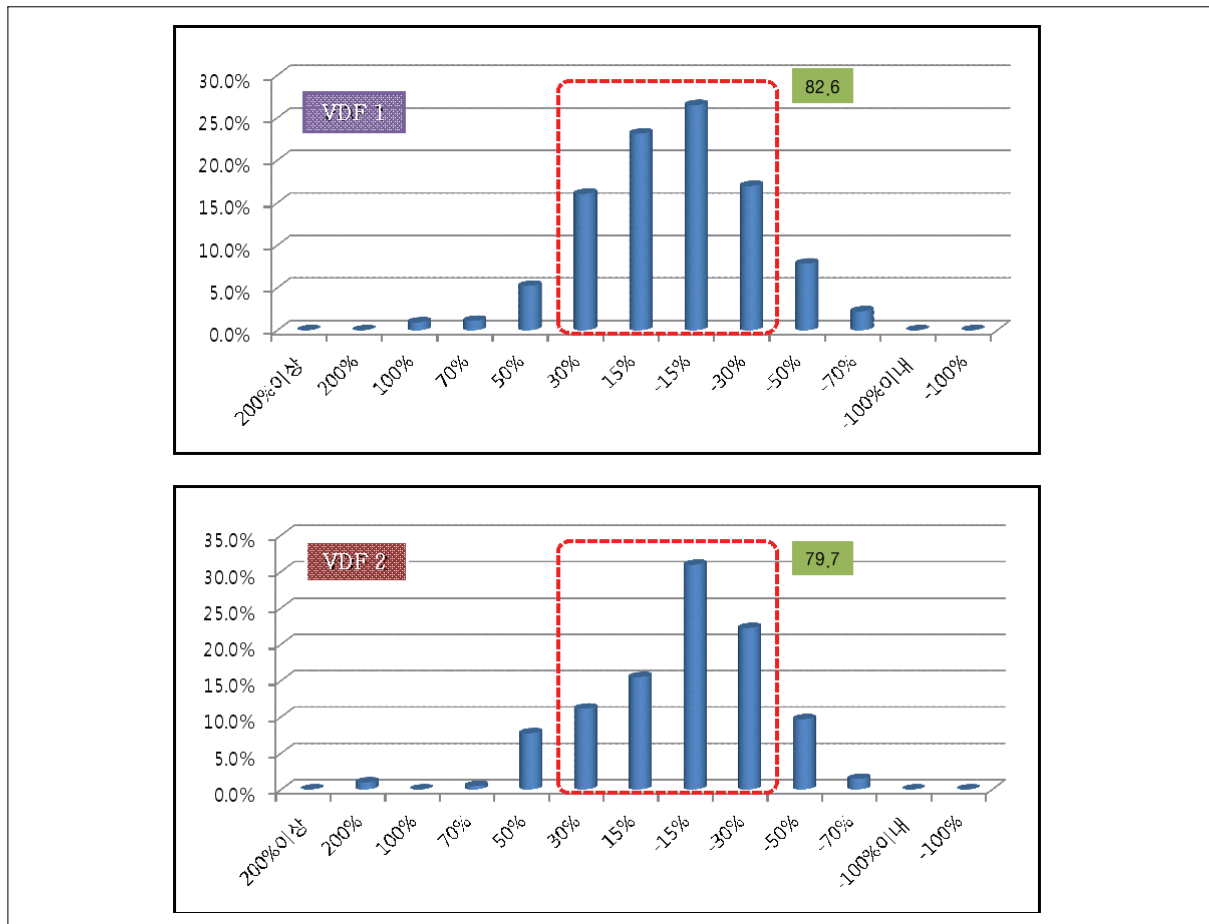
&lt;표 4-18&gt; 고속도로 분리정산 교통량 정산 결과

구분	전체	VDF1	VDF2
200%이상	0.0%	0.0%	0.0%
200%	0.3%	0.0%	1.0%
100%	0.7%	0.9%	0.0%
70%	0.9%	1.1%	0.5%
50%	5.9%	5.2%	7.7%
30%	14.8%	16.0%	11.1%
15%	20.9%	23.1%	15.5%
-15%	27.6%	26.5%	30.9%
-30%	18.7%	17.0%	22.2%
-50%	8.3%	7.8%	9.7%
-70%	2.0%	2.2%	1.4%
-100%이내	0.0%	0.0%	0.0%
-100%	0.0%	0.0%	0.0%
30%	82.0%	82.6%	79.7%
50%	96.1%	95.7%	97.1%

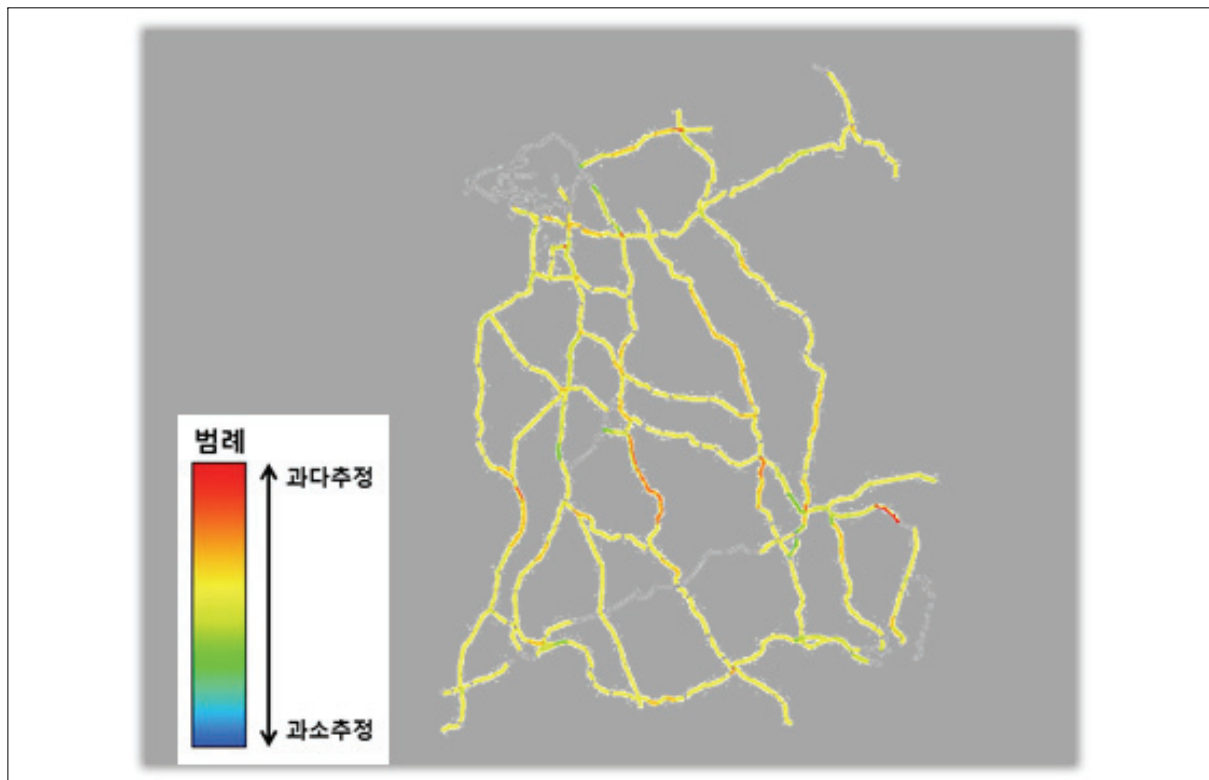
- 교통량의 경우  $\pm 30\%$  이내 오차율 링크의 비율이 VDF 1등급의 경우 82.6%, VDF 2등급의 경우 79.7%로 나타났으며 전체적으로는 82.0%의 고속도로 링크가  $\pm 30\%$  이내의 교통량 오차율을 기록하였음
- 교통량  $\pm 50\%$  이내 정산율은 더 높아서 VDF 1등급의 경우 95.7%, 2등급의 경우 97.1% 고속도로 전체는 96.1%로서 대부분의 고속도로 링크들이 교통량 오차 50% 이내에서 재현됨을 확인하였음



- 전반적인 링크 오차율의 분포는 <그림 4-28>에서 보인바와 같이 VDF 1등급의 경우 과다 구간에 링크 분포 비율이 약간 높은 반면 VDF 2등급의 경우 과소배정 구간에 비율이 약간 높게 나타남



<그림 4-28> 고속도로 분리정산 VDF 1, 2 등급 교통량 오차분포 분석



<그림 4-29> 고속도로 분리정산 교통량 재현 공간 분석

- <그림 4-29>에서는 교통량 재현 오차가 고속도로 공간상에서는 어떻게 분포하는지를 분석하였음
- <그림 4-29>에서 보듯 대부분의 고속도로 링크에서는 큰 오차가 나타나지 않았으나 중부 내륙 일부 구간을 포함해 부분적으로 과다 배정이 나타나는 링크들이 발견됨
- 통행시간 정산의 경우 본 연구에서 최초로 전국단위 정산이 시행되었기 때문에 적절한 신뢰도 평가 기준의 정립도 중요한 문제임
- 분석 결과 통행시간의 경우 교통량에 비하여 값의 크기가 상대적으로 작고 최소값이 0의 값을 갖는 것이 아니기 때문에 관측값과 추정값의 차이가 교통량보다는 좁은 범위에 존재함
- 따라서  $\pm 30$ 로는 재현수준의 정밀한 평가가 어려웠으며 본 연구에서는  $\pm 15\%$ 를 정산 기준으로 제시함
- 통행시간 재현 수준은  $\pm 15\%$  오차 이내 재현 링크 비율은 전체 고속도로의 경우 82.4%,  $\pm 30\%$  오차이내 재현율은 98.1%로 대부분의 링크들이 30% 오차범위 내에서 통행시간을 재현하였음

&lt;표 4-19&gt; 고속도로 분리 정산 통행시간 정산 결과

구분	전체	VDF1	VDF2
100%이상	0.0%	0.0%	0.0%
100%	0.0%	0.0%	0.0%
75%	0.1%	0.2%	0.0%
50%	0.7%	0.4%	1.4%
30%	1.6%	1.3%	2.4%
20%	1.2%	0.7%	2.4%
15%	2.5%	1.9%	4.3%
10%	7.9%	3.5%	19.3%
5%	11.1%	7.8%	19.8%
-5%	13.7%	12.7%	16.9%
-10%	26.8%	30.8%	14.5%
-15%	20.4%	25.9%	6.8%
-20%	8.0%	10.1%	2.4%
-30%	4.9%	0.4%	6.8%
-50%	0.5%	0.0%	1.0%
-75%	0.5%	0.0%	1.9%
-100%이내	0.0%	0.0%	0.0%
30%	82.4%	82.6%	81.6%
50%	98.1%	99.1%	95.7%

- VDF 1등급의 경우  $\pm 15\%$  링크 비율은 82.6%였고 VDF 2등급의 경우 81.6% 였음
- 통행시간 분리정산의 경우 VDF 1 등급의 경우에는 과소 추정 비율이 높게 나타났는데 이는 실제 관측값에 비하여 통행배정에서 얻어진 통행시간 추정값이 조금 짧게 나타나는 경향이 있음을 의미함
- 반대로 VDF 2등급의 경우 전반적으로 관측값에 비하여 통행배정 추정값이 조금 크게 나타나 과다 추정 경향이 있음을 확인하였음
- 통행시간 재현 수준의 공간적인 분석 결과 대부분의 지역간 구간에서는 추정치와 관측치간의 차이가 크지 않았으며 수도권 일부 구간과 대도시 부근 일부 고속도로에서 통행시간이 과다 추정된 구간들이 나타남
- 하지만 전국 고속도로망 전체적으로는 부분적으로 통행시간이 과소추정되는 구간들이 더 많이 나타나 전반적으로는 현재의 VDF가 미시하게 고속도로 통행시간을 저추정하는 경향이 있는 것으로 판단됨

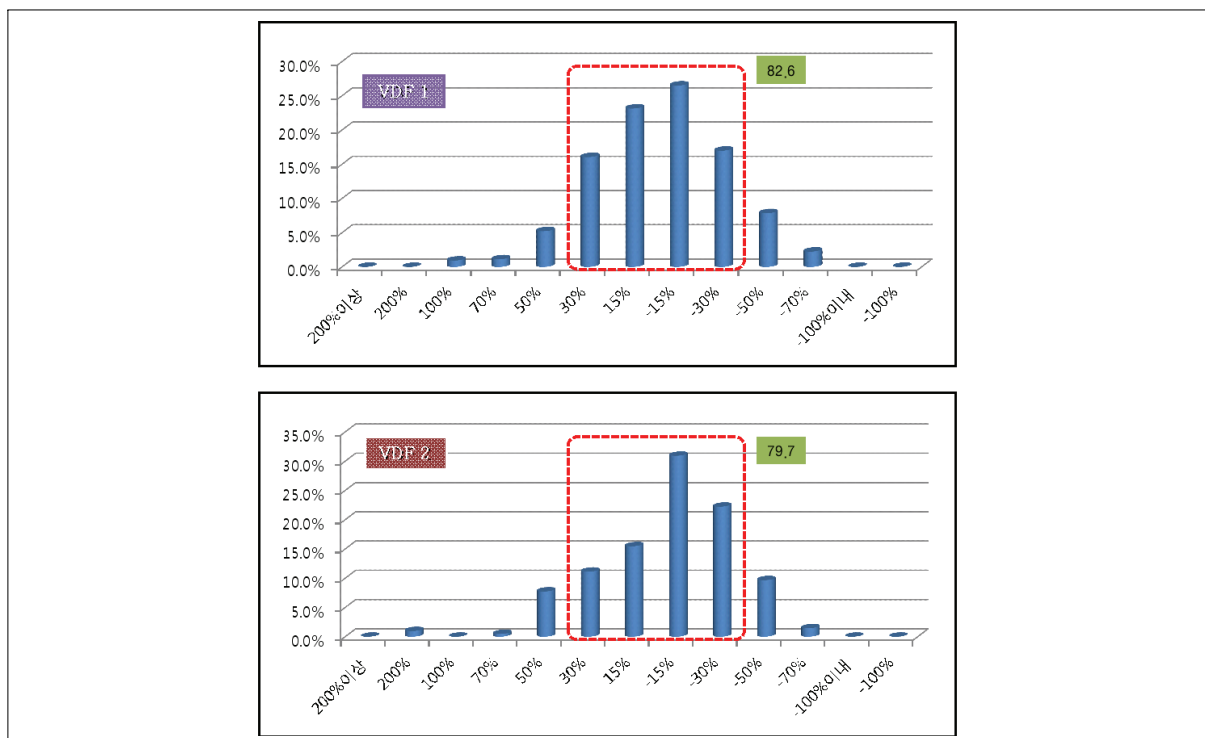
- 2012년의 분리 정산 결과가 기존 VDF 결과와 비교하여 얼마나 교통량 및 통행시간의 설명력이 향상되었는지를 평가함
- 기존 분석 결과의 경우 다차로와의 통합 정산결과만을 VDF 1과 2에 대해 이용 가능하기 때문에 KTDB의 VDF 계수값을 고속도로 분리정산 교통망과 자료에 적용하여 정산 수준을 계산함
- KTDB VDF 적용 결과 교통량의 경우 <표 4-20>에 제시한바와 같이 전반적으로 본 과제의 정산 결과와 기존 KTDB의 정산 결과에 큰 차이가 없었음
- 기존 KTDB 계수값을 적용하더라도 30% 오차범위 내에서는 82.5%, 50% 오차범위 내에서는 96.3%의 재현율이 나타나 올해 재정산 결과와 큰 차이가 없었음
- 반면 통행시간의 경우 약간의 차이가 나타났는데 15% 정산 비율의 경우 KTDB VDF 적용시 82.8%, 30% 정산비율의 경우 90.1%가 나타남
- 이는 <표 4-20>에서 보는바와 같이 15% 재현 수준에서는 유사하며 30% 이내 재현율에서는 올해 과제가 1.5% 개선된 수치임
- 특히 통행시간 재현 신뢰도의 경우 VDF 2에서 큰 차이가 나타나 올해 과제를 통해 15%는 4.8%, 30%의 경우 1.9%의 재현비율 향상이 있었음

<표 4-20> KTDB 기존 VDF vs 2012년 VDF 고속도로 교통망 교통량 재현수준 비교

교통량	전체			VDF1			VDF2		
	KTDB	2012	증감	KTDB	2012	증감	KTDB	2012	증감
200%이상	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
200%	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%	0.0%
100%	0.8%	0.7%	-0.1%	1.1%	0.9%	-0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
75%	0.8%	0.9%	0.1%	0.9%	1.1%	0.2%	0.5%	0.5%	0.0%
50%	5.5%	5.9%	0.4%	4.7%	5.2%	0.6%	7.7%	7.7%	0.0%
30%	14.3%	14.8%	0.5%	15.1%	16.0	0.9%	11.6%	11.1%	-0.5%
15%	22.4%	20.9%	-1.5%	24.4%	23.1%	-1.3%	17.4%	15.5%	-1.9%
-15%	26.9%	27.6%	0.7%	26.5%	26.5%	0.0%	28.5%	30.9%	2.4%
-30%	18.9%	18.7%	-0.3%	17.0%	17.0%	0.0%	23.2%	22.2%	-1.0%
-50%	8.3%	8.3%	0.0%	8.2%	7.8%	-0.4%	8.7%	9.7%	1.0%
-70%	1.9%	2.0%	0.1%	2.1%	2.2%	0.2%	1.4%	1.4%	0.0%
-100%이내	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
-100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30%	82.5%	82.0%	-0.5%	83.0%	82.6%	-0.4%	80.7%	79.7%	-1.0%
50%	96.3%	96.1%	-0.1%	95.9%	95.7%	-0.2%	97.1%	97.1%	0.0%

&lt;표 4-21&gt; KTDB vs 2012년 VDF 고속도로 교통망 통행시간 재현수준 비교

통행시간	전체			VDF1			VDF2		
	KTDB	2012	증감	KTDB	2012	증감	KTDB	2012	증감
100%이상	0.3%	0.0%	-0.3%	0.4%	0.0%	-0.4%	0.0%	0.0%	0.0%
100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
75%	0.3%	0.1%	-0.1%	0.4%	0.2%	-0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
50%	1.2%	0.7%	-0.5%	1.1%	0.4%	-0.7%	1.4%	1.4%	0.0%
30%	1.5%	1.6%	0.1%	1.3%	1.3%	0.0%	1.9%	2.4%	0.5%
20%	1.1%	1.2%	0.1%	1.1%	0.7%	-0.4%	1.0%	2.4%	1.4%
15%	2.1%	2.5%	0.4%	2.4%	1.9%	-0.6%	1.4%	4.3%	2.9%
10%	4.9%	7.9%	2.9%	4.1%	3.5%	-0.6%	7.2%	19.3%	12.1%
5%	10.4%	11.1%	0.7%	9.0%	7.8%	-1.1%	14.5%	19.8%	5.3%
-5%	16.8%	13.7%	-3.1%	15.7%	12.7%	-3.0%	20.3%	16.9%	-3.4%
-10%	30.4%	26.8%	-3.6%	34.1%	30.8%	-3.4%	18.8%	14.5%	-4.3%
-15%	18.1%	20.4%	2.3%	19.9%	25.9%	6.2%	14.5%	6.8%	-7.7%
-20%	6.3%	8.0%	1.7%	6.0%	10.1%	4.1%	6.8%	2.4%	-4.3%
-30%	5.1%	4.9%	-0.1%	4.3%	4.3%	0.0%	7.2%	6.8%	-0.5%
-50%	1.1%	0.5%	-0.5%	0.4%	0.4%	0.0%	2.9%	1.0%	-1.9%
-75%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	1.9%	0.0%
-100%이내	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
15%	82.8%	82.4%	-0.4%	85.1%	82.6%	-2.4%	76.8%	81.6%	4.8%
30%	90.1%	91.6%	1.5%	92.2%	93.5%	1.3%	84.5%	86.5%	1.9%



&lt;그림 4-30&gt; KTDB vs 2012 VDF 고속도로 분리정산 오차분포 비교

## 2. KTDB VDF 통합정산

### 가. KTDB 교통망 통합정산 기법

- 고속도로 분리정산을 통해 VDF 1, 2 등급의 계수값을 확정하였으며, 이 값을 기초로 KTDB 16등급 전체의 VDF 정산을 시행함
- 정산을 위한 기준점표와 교통망은 2011년 기준으로 구축된 최신 자료를 이용하였으며 링크 관측교통량의 경우 KTDB가 제공하는 수시, 상시 조사 교통량과 올해 과업에서 보강된 관측지점의 교통량을 함께 이용함
- KTDB 기준점 통행량 표의 경우 24시간 교통량을 기준으로 작성되었기 때문에 링크의 용량에 일전환 계수를 적용해 24시간 교통량과 합리적인 V/C 계산이 가능하도록 해야 하는데, 이를 위해 고속도로의 경우 0.078, 다차로의 경우 0.106의 값을 적용함
- VDF 계수의 정산은 고속도로 분리정산과 마찬가지로 화음탐색법과 ImTas가 함께 적용되어 반복계산을 통한 계수값 계산을 시행하였으며 반복계산의 중지 조건은 5,000회 반복계산이 이루어지거나 최적해의 갱신이 500회 반복계산 동안 없는 경우로 설정하였음
- KTDB 16개 VDF 등급별 정산 범위는 <표 4-23>과 같으며, 각 계수의 도로 차로수나 등급별 관계는 2011년 VDF 정산연구에서 제시된 관계를 기초로 하였고 올해 연구를 통해 일부를 보완하였음
- 2012년 발표된 KOTI의 2011년 VDF 정산연구를 참고하면  $\alpha$ 값의 경우 다차로가 고속도로보다는  $\alpha$ 값이 커야하고 차로수가 클수록  $\alpha$ 값은 큰 관계를 가져야 함
- 본 연구에서도 이러한 관계를 기초로  $\alpha$ 값 정산 범위를 선정하였으나, 다차로 1차로 도로의 경우 여러 등급의 도로가 혼재하여 있고 2차로 이상 도로에 비해 도로의 교통류 특성이 다양한 것으로 나타나는 등 여러 상황을 반영해 일부 범위를 수정함
- $\beta$ 값의 경우 다차로가 고속도로에 비해 높게 나타나고 차로수가 증가할수록  $\beta$ 값이 감소하는 것으로 2012년 연구에서 분석되었는데, 본 연구에서도 이러한 범위 설정을 그대로 수용하였음
- 자유 교통류 속도의 경우 현장자료 분석을 통해 얻은 결과를 토대로 범위를 선정하였으며 전반적인 평균값간의 관계는 2012년 연구 결과와 동일함

<표 4-22> 링크 유형 및 속성 변화에 따른  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $V_0$  값 변화 (KOTI, 2012)

계수	도로 유형	속성변화	계수 값 변화 추이
$\alpha$ 값	도로 공통	위계상승에 따라 (다차로→고속국도)	감소함 (고속도로 $\alpha <$ 다차로도로 $\alpha$ )
		차로수 증가에 따라	증가함 (1차로 $<$ 2차로 $<$ 3차로)
	다차로도로	도로등급 상승에 따라 (교차로 밀도 감소)	감소함 (1등급 $\alpha <$ 3등급 $\alpha <$ 6등급 $\alpha$ )
$\beta$ 값	도로 공통	위계상승에 따라 (다차로→고속국도)	증가함 (고속도로 $\beta >$ 다차로도로 $\beta$ )
		차로수 증가에 따라	감소함 (1차로 $>$ 2차로 $>$ 3차로)
	다차로도로	도로등급 상승에 따라 (교차로 밀도 감소)	증가하나 증가 크기는 작음 (1등급 $\beta >$ 3등급 $\beta >$ 6등급 $\beta$ )
$V_0$ 값	도로 공통	위계상승에 따라 (다차로→고속국도)	증가함 (고속도로 $V_0 >$ 다차로 $V_0$ )
		차로수 증가에 따라	증가함 (1차로 $<$ 2차로 $<$ 3차로)
	다차로도로	도로등급 상승에 따라 (교차로 밀도 감소)	증가함 (1등급 $V_0 >$ 3등급 $V_0 >$ 6등급 $V_0$ )

&lt;표 4-23&gt; KTDB VDF 계수값 정산 범위

정산범위		$V_0(\text{km/시})$	용량(대/시)	$\alpha$	$\beta$
고속도로	1 2차로 이하	100 ~ 130	1,700 ~ 2,100	0.25 ~ 0.65	1.80 ~ 3.50
	2 3차로 이상	110 ~ 125	1,750 ~ 2,150	0.30 ~ 0.70	1.50 ~ 3.20
	3 2차로 이하	95 ~ 115	1,700 ~ 2,000	0.35 ~ 0.75	1.60 ~ 3.40
	4 3차로 이상	90 ~ 110	1,900 ~ 2,200	0.40 ~ 0.80	1.40 ~ 3.10
다차로 도로	5 1차로	70 ~ 90	680 ~ 1,400	0.47 ~ 0.85	2.05 ~ 2.90
	6 2차로 이상	90 ~ 105	1,150 ~ 1,550	0.50 ~ 0.70	2.00 ~ 2.50
	7 1차로	70 ~ 85	650 ~ 1,150	0.52 ~ 0.88	1.95 ~ 2.80
	8 2차로 이상	85 ~ 100	1,100 ~ 1,500	0.55 ~ 0.75	1.90 ~ 2.40
	9 1차로	65 ~ 85	630 ~ 1,000	0.57 ~ 0.90	1.85 ~ 2.60
	10 2차로 이상	83 ~ 100	930 ~ 1,500	0.60 ~ 0.80	1.80 ~ 2.30
	11 1차로	65 ~ 80	550 ~ 800	0.58 ~ 0.90	1.85 ~ 2.40
	12 2차로 이상	80 ~ 95	780 ~ 1,450	0.62 ~ 0.82	1.80 ~ 2.05
	13 1차로	65 ~ 75	400 ~ 600	0.60 ~ 0.90	1.75 ~ 2.30
	14 2차로 이상	80 ~ 90	600 ~ 800	0.66 ~ 0.86	1.70 ~ 1.95
	15 1차로	60 ~ 70	350 ~ 550	0.67 ~ 0.90	1.65 ~ 2.20
	16 2차로 이상	70 ~ 80	600 ~ 800	0.71 ~ 0.91	1.55 ~ 1.85

&lt;표 4-24&gt; KTDB VDF 계수 정산 값

정산범위			$V_0(\text{km/시})$	용량(대/시)	$\alpha$	$\beta$
고속도로	1	2차로 이하	101	1,700	0.55	2.60
	2	3차로 이상	121	1,900	0.48	2.50
	3	2차로 이하	98	1,700	0.50	2.40
	4	3차로 이상	92	1,900	0.42	2.30
다차로 도로	5	1차로	72	680	0.85	2.85
	6	2차로 이상	90	1,300	0.70	2.20
	7	1차로	70	650	0.86	2.75
	8	2차로 이상	86	1,200	0.73	2.10
	9	1차로	68	630	0.87	2.60
	10	2차로 이상	84	1,100	0.76	2.00
	11	1차로	66	600	0.88	2.40
	12	2차로 이상	82	950	0.78	1.90
	13	1차로	65	580	0.89	2.25
	14	2차로 이상	80	800	0.80	2.80
	15	1차로	62	550	0.89	2.15
	16	2차로 이상	75	780	0.82	1.75



## 나. KTDB 교통망 고속도로 정산 결과 분석

- 고속도로 분리 정산 결과를 기초로 KTDB 지역간 교통망에 대한 전체 정산을 수행함
- 정산 기법 설계시에는 고속도로 분리정산 결과는 고정하고 다른 등급 도로만을 전체 정산에서 수행할 계획이었으나 분리 정산에서 도출된 고속도로 VDF 정산 결과를 그대로 유지하고 정산 신뢰도를 2011년 과제와 비교해 향상시키기 어려웠음
- 따라서 <표 4-25>에서 제시한 정산 범위를 통해 전 등급에 대해 VDF 계수값들을 재정산하였으며, 먼저 고속도로 정산 결과를 정리함
- 고속도로 정산 결과 고속도로 전체의 정산 비율은  $\pm 30\%$  이내 재현 링크 비율이 59.9%,  $\pm 50\%$  이내 재현율은 76.8%로 나타남
- <표 4-25>에서 정산 결과를 VDF 등급별로 나누어 살펴보면 VDF 1등급의 경우  $\pm 30\%$  이내 재현 링크 비율이 57.2%,  $\pm 50\%$  이내 재현율은 72.0%인 반면, VDF 2등급의 경우  $\pm 30\%$  이내 재현 링크 비율이 64.3%,  $\pm 50\%$  이내 재현율은 84.6%로 나타남

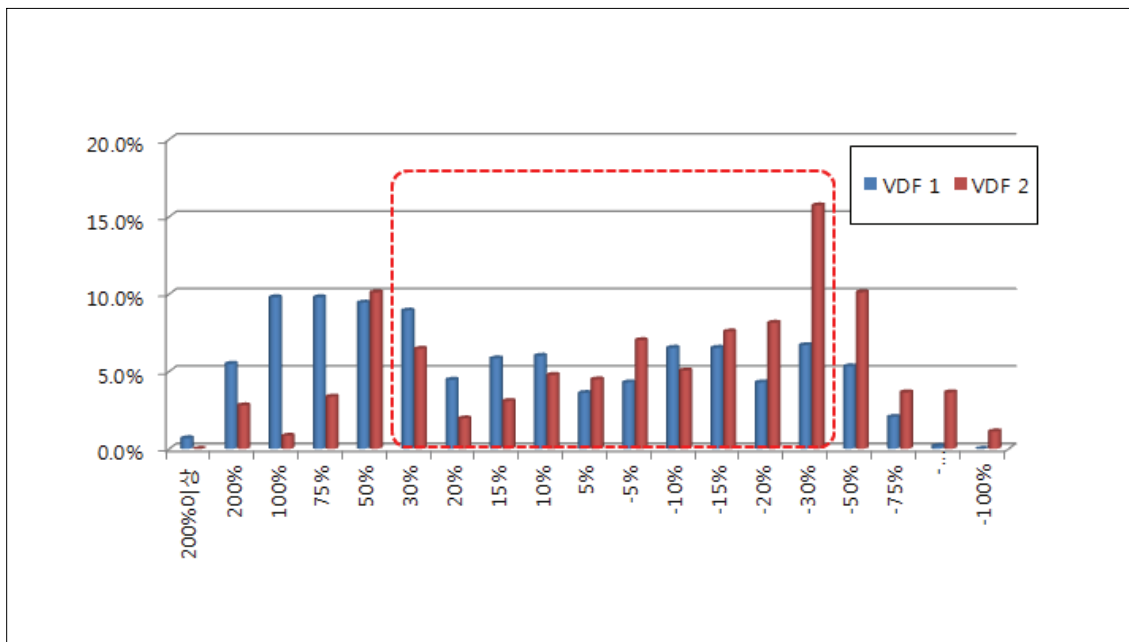
&lt;표 4-25&gt; KTDB 고속도로 교통량 기준 정산 결과

오차범위	고속도로		VDF1		VDF2	
	링크갯수	비율	링크갯수	비율	링크갯수	비율
200% 이상	4	0.4%	4	0.7%	0	0.0%
200%	42	4.5%	32	5.5%	10	2.8%
100%	60	6.4%	57	9.8%	3	0.8%
75%	69	7.4%	57	9.8%	12	3.4%
50%	91	9.7%	55	9.5%	36	10.1%
30%	75	8.0%	52	8.9%	23	6.5%
20%	33	3.5%	26	4.5%	7	2.0%
15%	45	4.8%	34	5.8%	11	3.1%
10%	52	5.5%	35	6.0%	17	4.8%
5%	37	3.9%	21	3.6%	16	4.5%
-5%	50	5.3%	25	4.3%	25	7.0%
-10%	56	6.0%	38	6.5%	18	5.1%
-15%	65	6.9%	38	6.5%	27	7.6%
-20%	54	5.8%	25	4.3%	29	8.1%
-30%	95	10.1%	39	6.7%	56	15.7%
-50%	67	7.1%	31	5.3%	36	10.1%
-75%	25	2.7%	12	2.1%	13	3.7%
-100% 이내	14	1.5%	1	0.2%	13	3.7%
-100%	4	0.4%	0	0.0%	4	1.1%
30%	938	59.9%	582	57.2%	356	64.3%
50%		76.8%		72.0%		84.6%

&lt;표 4-26&gt; KTDB 고속도로 정산 결과 요약

고속도로 정산결과	30% 이내 비율	59.9%	
	50% 이내 비율	76.8%	
VDF1	30% 이내 비율	57.2%	과다 배정 경향
	50% 이내 비율	72.0%	
VDF2	30% 이내 비율	64.3%	과소 배정 경향
	50% 이내 비율	84.6%	

- 이러한 분석결과를 토대로 전체적인 정산 수준을 정리하면 <표 4-26>에서 제시한 바와 같이 VDF 1의 낮은 정산율이 전체 정산율 신뢰도에 상당한 악영향을 미치고 있음을 알 수 있음
- 등급별로 전반적인 재현 패턴에도 차이가 있음을 <그림 4-31>에서 확인할 수 있는데, VDF 1등급의 경우 관측교통량에 비하여 교통량이 과다 배정되는 것이 문제인 반면 VDF 2 등급에서는 관측교통량에 비하여 통행배정 교통량이 전반적으로 낮은 링크들이 많은 것으로 분석됨
- 이전 정산 결과들의 비교 및 고속도로 정산 신뢰도에 대한 상세한 분석은 검증 부분에서 제시하도록 함



&lt;그림 4-31&gt; KTDB 고속도로 교통량 재현율 오차 분포 분석

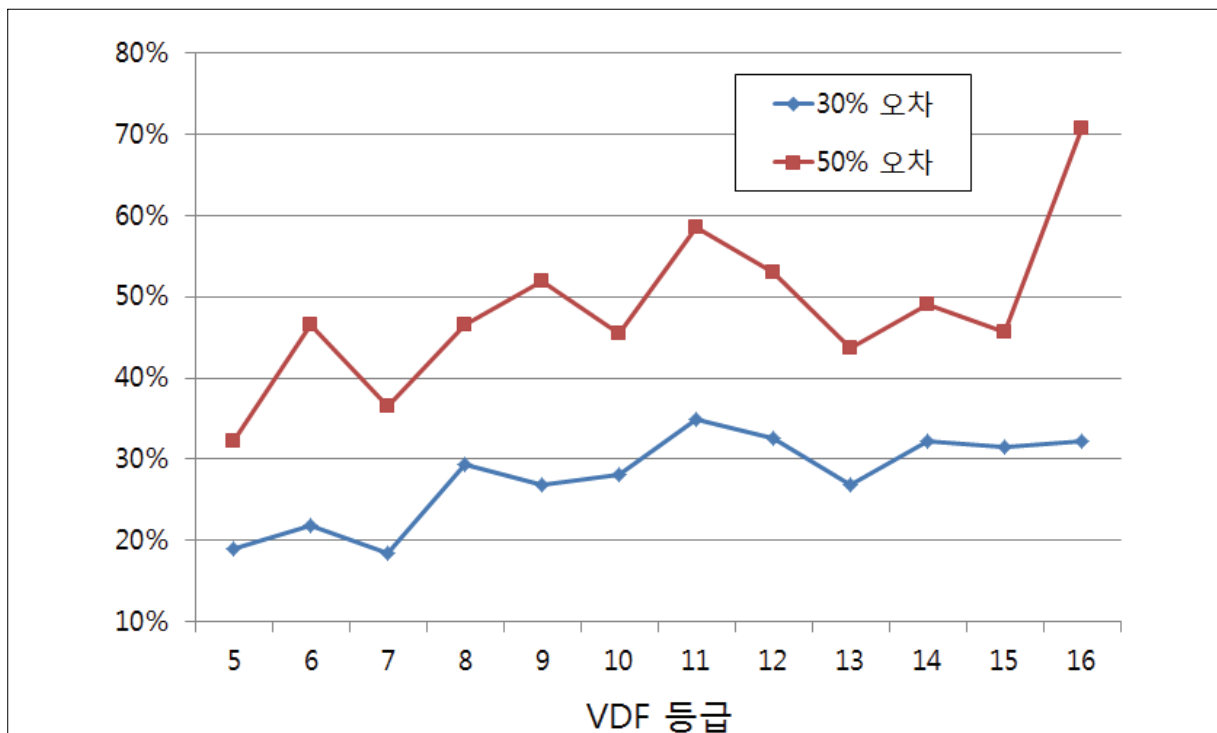
## 다. KTDB 교통망 다차로 정산 결과 분석

- 다차로 정산의 경우 총 12개 등급에 대한 정산이 시행되었으며 전체적인 정산 신뢰도는 <표 4-27>과 같음
- 다차로 도로만을 분리해 평가한 정산 신뢰도는  $\pm 30\%$  이내 정산율이 25.4%,  $\pm 50\%$  이내 정산율이 44.3%임
- $\pm 30\%$  정산율 기준으로 가장 정산신뢰도가 높은 등급은 다차로 4등급의 1차로 도로인 VDF 11등급으로서  $\pm 30\%$  이내 정산율이 34.8%였으며, 그 다음으로는 VDF 12등급, 14등급, 16등급이 32%의 정산율을 나타내 다차로 하위등급의 2차로 이상 도로들의 정산 신뢰도가 전반적으로 높았음
- $\pm 50\%$  정산 신뢰도의 경우 VDF 16등급의 정산율이 70.8%로 나타나 매우 높은 수준의 정산율을 나타내었고, VDF 11, 12, 9등급의 정산율도 50% 이상의 정산율을 나타내었음
- 반대로 VDF 5등급과 7등급의 경우  $\pm 30\%$  정산율이 20% 이하,  $\pm 50\%$  정산율이 50% 이하로서 매우 낮은 재현율을 나타내어 전반적인 다차로 신뢰도 저하의 원인이 VDF 5등급과 7등급 때문인 것으로 분석되었음

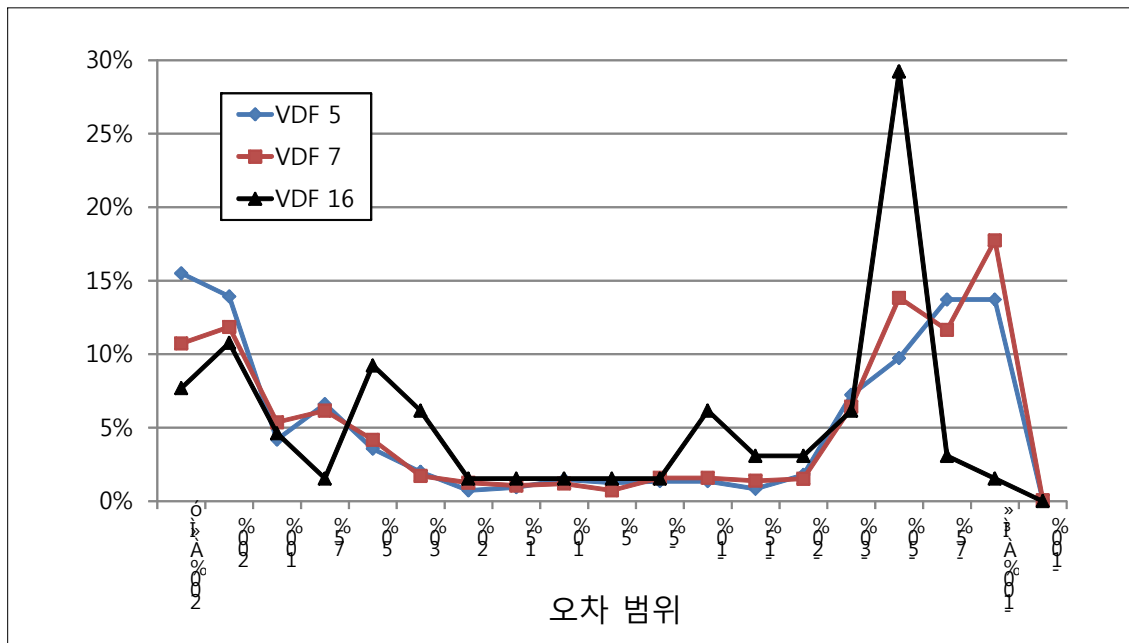
&lt;표 4-27&gt; KTDB 다차로 도로 정산 등급별 결과

오차범위	링크 갯수	총계	다차로 1등급		다차로 2등급		다차로 3등급		다차로 4등급		다차로 5등급		다차로 6등급	
			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
200%이상	672	11.4%	15.5%	17.5%	10.7%	14.2%	6.5%	17.8%	4.9%	11.6%	13.4%	7.9%	17.1%	7.7%
200%	645	11.0%	13.9%	9.6%	11.8%	13.5%	9.7%	10.3%	8.3%	9.0%	4.2%	9.2%	2.9%	10.8%
100%	264	4.5%	4.2%	7.0%	5.4%	3.5%	3.4%	4.3%	3.3%	5.7%	1.7%	5.4%	2.9%	4.6%
75%	400	6.8%	6.6%	7.9%	6.2%	9.2%	4.9%	9.2%	4.7%	8.2%	6.7%	9.2%	2.9%	1.5%
50%	291	5.0%	3.6%	7.9%	4.2%	7.1%	3.7%	7.4%	4.7%	6.4%	1.7%	5.7%	0.0%	9.2%
30%	162	2.8%	2.0%	0.9%	1.7%	3.6%	2.2%	3.4%	3.1%	5.4%	0.8%	3.5%	0.0%	6.2%
20%	90	1.5%	0.7%	0.9%	1.3%	1.7%	1.3%	3.7%	1.8%	1.7%	3.4%	0.9%	5.7%	1.5%
15%	104	1.8%	0.9%	0.9%	1.1%	2.2%	2.0%	1.4%	2.2%	3.1%	1.7%	3.2%	5.7%	1.5%
10%	108	1.8%	1.5%	1.8%	1.2%	2.9%	1.7%	2.3%	2.2%	2.5%	0.8%	2.5%	0.0%	1.5%
5%	107	1.8%	1.3%	0.0%	0.7%	3.6%	1.5%	3.4%	2.9%	2.2%	2.5%	2.2%	0.0%	1.5%
-5%	139	2.4%	1.4%	1.8%	1.6%	3.1%	2.7%	3.4%	2.5%	3.2%	3.4%	4.1%	0.0%	1.5%
-10%	125	2.1%	1.4%	5.3%	1.6%	2.4%	2.2%	2.3%	1.8%	2.2%	1.7%	4.7%	2.9%	6.2%
-15%	118	2.0%	0.8%	3.5%	1.4%	2.4%	2.7%	1.7%	3.3%	2.6%	0.8%	2.8%	2.9%	3.1%
-20%	137	2.3%	1.8%	3.5%	1.5%	1.9%	3.2%	2.0%	3.3%	3.6%	2.5%	2.2%	2.9%	3.1%
-30%	405	6.9%	7.2%	3.5%	6.4%	5.4%	7.4%	4.3%	11.8%	6.1%	9.2%	6.0%	11.4%	6.2%
-50%	820	14.0%	9.7%	16.7%	13.8%	10.0%	21.5%	10.0%	19.1%	14.0%	15.1%	11.1%	14.3%	29.2%
-75%	589	10.0%	13.7%	4.4%	11.6%	7.8%	8.1%	8.0%	8.2%	6.4%	16.0%	12.3%	20.0%	3.1%
-100%이내	696	11.8%	13.7%	7.0%	17.7%	5.2%	15.3%	4.9%	12.0%	6.1%	14.3%	7.0%	8.6%	1.5%
-100%	4	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
30%	5876	25.4%	19.0%	21.9%	18.5%	29.4%	26.8%	28.1%	34.8%	32.6%	26.9%	32.3%	31.4%	32.3%
50%		44.3%	32.3%	46.5%	36.5%	46.5%	52.0%	45.6%	58.6%	53.0%	43.7%	49.1%	45.7%	70.8%

- 다차로 5등급과 7등급의 경우 총 관측 링크수가 2,466개로서 다차로 전체 관측링크 5,876개의 41.97%를 차지하고 있기 때문에 5, 7등급의 정산 신뢰도 개선 없이는 KTDB 교통망 정산 전체의 신뢰도 개선이 매우 어렵다고 판단됨
- 또, 다차로 도로의 경우 <그림 4-32>에서 확인할 수 있듯 하위등급으로 갈수록 정산 신뢰도가 낮게 나타나는 경우가 발생하고 있는데, 이는 다차로의 경우 교차로 밀도가 낮을수록 현재 VDF의 교통량 재현력이 떨어지고 있음을 의미함
- 이렇게 다차로 도로에서 정산 신뢰도가 낮게 나타나는 원인에는 여러 가지가 있을 수 있는데, 첫 번째는 존 내 통행량 비율이 높다는 점, 두 번째는 동일 등급이라도 여러 가지 유형의 도로들이 혼재되어 포함되어 있다는 점, 세 번째는 관측교통량 정확도가 검증되지 않았다는 점, 네 번째로는 지역간 교통망의 특성상 센트로이트 커넥터 주변 링크들의 경우 구조적으로 과대배정이 발생할 수밖에 없다는 점 등을 들 수 있음

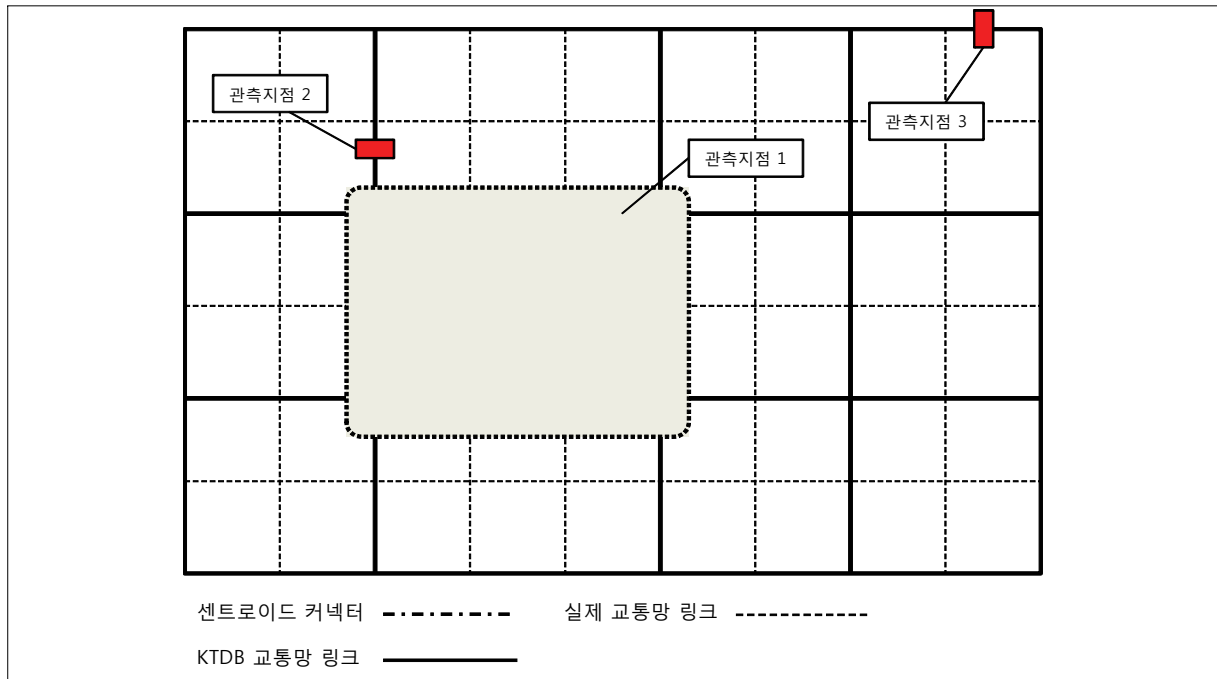


<그림 4-32> 다차로도로 등급별 오차 분포 비교



<그림 4-33> VDF 5, 7, 16등급 오차분포 비교

- 이중 <그림 4-33>에서 보는 바와 같이 다차로 5, 7등급에서 200% 이상 극단적인 과다 배정이 많이 나타나는 원인은 센트로이드 커넥터 관련 문제임
- 통행배정을 위한 교통망은 일반적으로 실제 도로의 모든 교통망을 포함하지는 않기 때문에 일부 링크가 삭제되어 교통망으로 구성되게 됨
- 또, 통행배정에서는 센트로이드에서만 통행이 발생하고 도착하기 때문에 센트로이드와 센트로이드 커넥터를 이용하여 통행이 시작되는 지점을 센트로이드 주변의 일부 링크로 설정하게 됨



<그림 4-34> 지역간 교통망 센트로이드 커넥터와 관측지점 문제

- 이때 발생하는 문제는 실제 교통망에서는 존 내에 포함된 모든 링크에서 차량 통행이 발생하고 도착하지만 통행배정 교통망에서는 센트로이드 커넥터와 직접 연결되어있는 링크들에서만 통행이 발생할 수 있기 때문에 관측지점이 센트로이드 커넥터와 얼마나 떨어져 있는가, 또는 센트로이드 커넥터와 공간적으로 어떻게 서로 위치하고 있는가에 따라 교통량 재현력에 큰 영향을 받을 수 있음
- 예를 들어 <그림 4-34>에서 관측지점 1의 경우 센트로이드 커넥터와 직접 연결된 링크인데 이 경우 관측지점 1 링크의 경우 해당 존에서 북동방향으로 통행하는 차량들의 절반 수준의 수요가 해당 링크를 통과해 통행을 시작하게 됨
- 하지만 실제 현실에서는 존 내의 모든 링크에서 통행이 시작되기 때문에 관측지점 1에서 통행을 시작하는 통행 배정 교통량보다는 훨씬 작은 교통량이 관측지점 1에서 관측됨
- 따라서 관측지점 1의 경우 항상 매우 큰 과다배정이 발생할 가능성이 높음
- 센트로이드 커넥터 연결 지점과 점점 멀어질수록 이러한 과다배정 경향은 낮아지는데 예를 들어 관측지점 2의 경우 직접 연결 링크들로부터 한 번의 4지 교차노드를 통한 교통량 분산이 이루어지기 때문에 상대적으로 관측지점 1 보다는 과다 배정의 가능성이 낮아지게 됨

- 이와 같이 통행배정 교통망 자체의 구조적 문제 때문에 상당한 관측지점들이 근본적으로 관측교통량을 재현하기 어려운 위치에 설정되어 있어 이를 정산 지점에서 제외하는 방안을 검토할 필요가 있음
- 특히 이러한 구조적 문제 때문에 대부분의 센트로이드 커넥터들은 다차로 상위 등급에 연결되는 경우가 많고 특히 링크 길이가 긴 5~10등급의 경우 지방부 도로일수록 주변에 다른 링크들이 없어 센트로이드 커넥터와 직접 연결되는 경우가 많음
- 이러한 교통망의 특성상 차로수가 작은 5, 7, 9등급 도로의 경우 과다배정을 피하기 어려운 문제가 있음
- 이러한 문제 외에 <그림 4-34>에서 보듯 다차로 도로의 경우 U자형 오차범위 링크 분포가 나타나는데, 이는 즉 동일등급에서 동일한 VDF를 사용할 경우 극단적인 과다배정과 과소배정이 나타남을 의미함
- 이는 고속도로에서도 일부 확인할 수 있는데, 이러한 현상이 나타날 수 있는 원인은 첫 번째로는 기종점 통행수요가 정확하지 않아서이며, 두 번째는 하나의 VDF 계수값으로는 해당 등급의 도로 유형을 모두 설명할 수 없기 때문임
- 현재 분석 결과로는 기종점 수요가 정확했던 고속도로 분리 정산에서도 동일한 문제가 발생했기 때문에 U자형 오차분포 문제가 발생하는 원인중 하나는 동일 VDF 등급에 상이한 도로들이 함께 포함되어 있는 것이 원인으로 판단됨
- 따라서 다차로 도로의 U자형 오차범위 분포 문제 해결을 위해서는 VDF 등급 체계의 개편도 진행되어야 한다고 판단됨
- 다차로도로의 상세한 정산 수준 분석을 위해 먼저 <표 4-28>과 같이 다차로 도로등급을 교차로 밀도와 차로수로 그룹화하여 집계하였음
- 다차로 도로의 낮은 정산 신뢰도 문제의 원인을 분석하기 위해 도로의 유형별로 집계하여 오차율을 분석함
- 먼저 다차로 도로를 교차로 밀도에 따라 1~3등급과 4~6등급으로 나누어 구분하면 다차로 1~3등급의 경우  $\pm 30\%$  재현율이 22.3%인 반면 4~6등급의 경우 32.8%로서 교차로 밀도가 낮은 도로들의 재현율이 매우 낮은 상태임을 알 수 있음
- 특히 다차로 1~3의 관측지점 숫자가 4,103개인 반면 다차로 4~6의 관측지점 숫자는 1,773개이기 때문에 다차로 1~3의 낮은 정산 신뢰도는 전체 신뢰도에 큰 영향을 미치고 있음

- 다차로 도로의 낮은 정산 신뢰도 문제 해결을 위해 다차로 1~3과 4~6 도로를 차로수가 1인 경우와 2차로 이상은 경우로 구분하여 추가 분석하였음
- <표 4-28>에서 보는바와 같이 네 가지 링크 유형 중 가장 정산 신뢰도가 낮은 그룹은 다차로 1~3 중 차로수가 1인 경우였으며, 다음으로 다차로 1~3 중 2차로 이상인 경우가  $\pm 30\%$  이내 교통량 재현 비율이 28.1%였음
- VDF 5, 7, 9로 구성된 다차로 1~3 1차로 그룹의 경우  $\pm 30\%$  이내 교통량 재현 비율이 20.2%로 정산 신뢰도가 매우 낮았음
- 특히, 이 도로유형 중 문제의 핵심은 다차로 5, 7등급이므로 두 등급의 문제를 해결할 경우 KTDB 교통망 전체의 정산 신뢰도가 큰 개선이 있을 것으로 예상됨
- 마지막으로 확인할 수 있는 특징은 30% 이내 교통량 재현비율에서 2차로 도로가 거의 대부분의 경우에 1차로 도로에 비해 재현율이 높다는 점임
- 또 2차로 도로의 경우 과다 배정이 많은 반면 1차로 도로의 경우 과소 배정이 높은 특징이 나타나는데 이에 대한 원인 검토도 필요함

<표 4-28> 다차로도로 유형별 정산 신뢰도 평가

	총계	다차로1~3	다차로4~6	다1~3(1)	다1~3(2+)	다4~6(1)	다4~6(2+)
200%이상	11.4%	12.5%	9.0%	11.4%	15.8%	7.0%	10.3%
200%	11.0%	12.1%	8.5%	12.1%	12.0%	7.4%	9.2%
100%	4.5%	4.5%	4.5%	4.6%	4.1%	3.0%	5.5%
75%	6.8%	6.8%	6.8%	6.0%	9.0%	5.0%	8.1%
50%	5.0%	4.8%	5.4%	3.9%	7.3%	4.0%	6.4%
30%	2.8%	2.2%	3.9%	1.9%	3.3%	2.6%	4.9%
20%	1.5%	1.4%	1.8%	1.1%	2.3%	2.3%	1.5%
15%	1.8%	1.4%	2.7%	1.2%	1.8%	2.3%	3.0%
10%	1.8%	1.7%	2.2%	1.4%	2.6%	1.8%	2.4%
5%	1.8%	1.6%	2.4%	1.0%	3.2%	2.7%	2.2%
-5%	2.4%	2.1%	3.0%	1.7%	3.1%	2.6%	3.4%
-10%	2.1%	1.9%	2.7%	1.6%	2.7%	1.8%	3.2%
-15%	2.0%	1.7%	2.8%	1.5%	2.3%	2.8%	2.7%
-20%	2.3%	2.0%	3.2%	1.9%	2.1%	3.1%	3.2%
-30%	6.9%	6.3%	8.2%	6.9%	4.8%	11.3%	6.1%
-50%	14.0%	13.2%	15.7%	14.0%	10.8%	18.2%	14.0%
-75%	10.0%	10.6%	8.8%	11.6%	7.5%	10.1%	8.0%
-100%이내	11.8%	13.3%	8.5%	16.0%	5.3%	12.2%	6.1%
-100%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
30%	25.4%	22.3%	32.8	20.2%	28.1%	33.3%	32.5%
50%	44.3%	40.2%	53.9%	38.2%	46.2%	55.5%	52.9%



## 제5장 도로통행비용함수 파라메타 검증

---

제1절 링크 교통량 검증

제2절 링크 통행시간 검증

제3절 기종점 통행시간 검증

제4절 편익 검증



## 제5장 도로통행비용함수 파라메타 검증

### 제1절 링크 교통량 검증

#### 1. 링크 교통량 검증 기법

- 본 과제에서 정산된 새로운 VDF 계수값들은 실제 교통망에 적용되어 현재의 관측교통량 설명력을 개선할 수 있는지를 검증 받아야 함
- 현재 KTDB VDF의 정산 신뢰도는 교통량 관측지점에서 통행배정 교통량과 관측교통량이  $\pm 30\%$  범위내에 속한 링크 비율이 얼마인지를 이용해 평가하고 있으며 본 연구에서도 이러한 검증을 앞 절을 통해 제시한 바 있음
- 하지만 본 연구의 경우 VDF 정산 방법론에 큰 변화가 있고  $\pm 30\%$  이내 오차비율이 교통망 정산 신뢰도를 포괄적으로 평가하기 어렵기 때문에 링크교통량 검증을 통해 상세한 분석을 시행토록 함
- 링크 교통량 검증의 경우 크게 두 가지 방법론을 통해 수행되는데, 첫 번째는  $\pm 30\%$ ,  $\pm 50\%$  오차내 재현비율을 보완하기 위한 연속지표에 의한 평가이며, 이를 위해 RMAE (Relative Mean Absolute Error) 평가와 GEH 분석을 시행할 것임
- 두 번째로 VDF 정산 과업 자체의 연속성을 고려하여 이전 VDF 정산 신뢰도와 비교 평가를 수행할 것임
- 비교 평가 역시 두 가지의 비교분석이 필요한데, 첫 번째는 이전 결과와의 직접 비교이며, 두 번째는 이전 VDF 계수값을 올해 자료 및 교통망에 적용했을 때의 정산 신뢰도를 분석하는 것임
- 이전 VDF 계수 값을 새로운 KTDB 자료에 적용해 비교하는 이유는 본 과제부터 VDF 정산 개선 뿐만 아니라 KTDB 자료체계 자체의 개선도 수행하고 있어 이러한 개선효과를 비교에 반영하기 위해서임

## 2. 고속도로 링크 교통량 검증 결과

- 고속도로 VDF 1, 2 등급의 경우 고속도로 분리 정산을 통해 VDF 계수값을 정산하고 이 값을 고정시켜 다차로와 함께 통합 정산을 수행하려 하였으나, 고속도로 분리 분석에서 정산된 VDF를 그대로 적용한 결과 정산 신뢰도가 지나치게 낮게 나타남
- 따라서 본 연구에서 설정된 VDF 정산 범위 내에서 KTDB 전체 도로등급에 대하여 재 정산을 수행하였으며, 이 결과를 기존 KTDB와 2011년과 2012년 KTDB 고속도로 정산 결과를 <표 5-1>에 비교하였음
- 먼저 KTDB의 정산 수준과 비교하면 기존 KTDB 정산 결과와 비교시 전체 고속도로의 경우  $\pm 30\%$  수준에서는 기존 KTDB 신뢰도는 67.8%, 2011년 과제에서의 신뢰도는 62.8%, 본 과제의 경우 59.9%임
- 2011년 정산결과와 상세 분석을 시행하면 VDF 1등급의 경우 60%에서 57.2%로 VDF 2등급의 경우 68.1%에서 64.3%로 각각 신뢰도가 낮아졌으며,  $\pm 50\%$ 로 검증 범위를 확대하면 VDF 1등급은 77.8%에서 72.0%로 낮아졌고 VDF 2등급은 81.1%에서 84.6%로 약간 높아짐

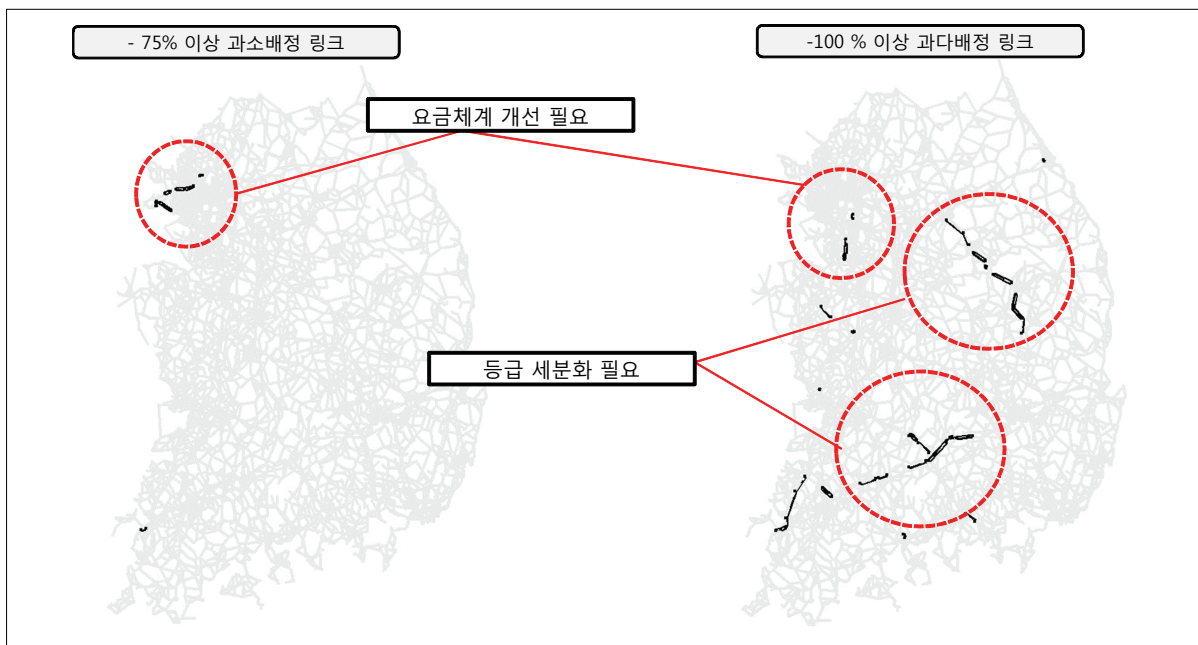
<표 5-1> 기존 KTDB 정산수준 검증

	기존 KTDB	2011년			2012년		
		총계	VDF1	VDF2	총계	VDF1	VDF2
200%이상	1.2%	0.8%	0.5%	2.4%	0.4%	0.7%	0.0%
100 ~ 200%	2.7%	4.4%	4.7%	5.3%	4.5%	5.5%	2.7%
75 ~ 100%	3.9%	5.7%	7.5%	2.4%	6.4%	9.8%	0.8%
50 ~ 70%	4.7%	4.6%	6.0%	3.5%	7.4%	9.8%	3.4%
30 ~ 50%	9.5%	7.9%	11.3%	5.6%	9.7%	9.5%	10.1%
15 ~ 30%	13.6%	11.6%	12.8%	9.1%	11.5%	13.4%	8.4%
0 ~ 15%	20.1%	14.6%	15.2%	14.5%	14.3%	15.5%	12.4%
-15 ~ 0%	20.0%	20.5%	18.5%	26.0%	18.2%	17.4%	19.7%
-30 ~ -15%	14.1%	16.1%	13.5%	18.6%	15.9%	11.0%	23.9%
-50 ~ -30%	6.1%	8.9%	6.5%	7.4%	7.1%	5.3%	10.1%
-70 ~ 50%	2.0%	2.3%	2.9%	0.6%	2.7%	2.1%	3.7%
-100 ~ -70%	1.8%	1.9%	0.3%	3.5%	1.5%	0.2%	3.7%
-100%	0.4%	0.6%	0.3%	1.2%	0.4%	0.0%	1.1%
30%	67.8%	62.8%	60.0%	68.1%	59.9%	57.2%	64.3%
50%	83.4%	79.6%	77.8%	81.1%	76.8%	72.0%	84.6%

&lt;표 5-2&gt; 고속도로 VDF 파라메터 비교

VDF	기존 KTDB		2011년		2012년			
					고속도로 독립정산		KTDB 전체 정산	
	속도	용량	속도	용량	속도	용량	속도	용량
1	117	2200	94	1450	120	2055	101	1700
2	119	2200	113	1780	112	2140	121	1900

- 특히 2011년 결과와 2012년 결과를 비교하면 VDF 1등급의 신뢰도가 상당히 낮다는 특징이 있으며, 과다배정 링크의 비율이 높음을 확인할 수 있음
- 2011년 정산 결과에 비하여 본 과제의 정산 신뢰도가 낮고, 최종 정산된 파라메터도 고속도로만을 분리 정산했을 때에 비하여 상당한 차이가 있음
- <표 5-2>에서는 기존 연구와 본 과업에서 정산된 고속도로 VDF의 계수값을 비교하였음
- 가장 정산 신뢰도가 높은 경우인 고속도로 분리정산의 VDF 파라메터와 가장 유사한 값을 보인 파라메터값은 기존 KTDB의 값이며 다음이 2011년 VDF, 가장 좋지 않은 결과가 본 과업의 KTDB 전체정산 결과임



&lt;그림 5-1&gt; KTDB 교통량 재현 문제지점 공간 분석

- 이러한 문제 인식하에 2012년 KTDB 통합정산 문제지점이 어떠한 링크들인지를 확인하기 위해 공간분석을 <그림 5-1>과 같이 실시함
- 문제 지점의 정의는 과소배정의 경우 -75%, 과다배정의 경우 100% 이상으로 정의하였음
- 분석 결과 관측교통량에 비하여 배정교통량이 매우 작은 지점들은 인천 공항과 연결된 유로도로인 것으로 나타나 요금체계 개선을 통해 해결되어야 할 지점으로 판단됨
- 관측교통량에 비하여 통행이 과다하게 배정되는 링크들도 개별 링크별로 산재되어있는 것이 아니라 구간상에 위치하는데 인천대교의 경우와 같이 민자도로인 경우가 발견되었으며 88고속도로와 중부 내륙 고속도로도 긴 구간에 걸쳐 과다 배정이 나타남
- 특히 과다 배정의 경우 실제 도로의 물리적인 여건이 동일 등급의 도로와는 상당한 차이를 보이는 특징이 있는데, 예를 들어 88고속도로의 경우 중앙분리대가 없는 양방향 2차로 도로이기 때문에 VDF 1등급에 속해있기는 하나 실제 도로의 물리적 특성은 VDF 5등급에 가깝다고 할 수 있음
- 화음탐색법에 의한 정산 결과 VDF 1이 정산 범위의 최소값을 기록하게되어 탐색 범위를 반복해 조정해 조정해 결과 정산율이 향상됨을 확인할 수 있었음
- 또 <그림 5-1>에서 88 고속도로 과다배정 구간이 끝나는 동쪽 최종지점이 88고속도로의 확장 구간이 시작되는 지점임을 고려할 때 88 고속도로의 과다배정은 현재 1차로 구간이 VDF 1등급에 의해 설명될 수 없는 도로이기 때문일 가능성이 가장 높음
- 예를 들어 VDF 1등급에 대하여 용량을 100 대/시 속도를 6 km/시 감소시킨 후 정산 신뢰도를 확인한 결과  $\pm 30\%$  및  $\pm 50\%$  편차에서 각각 1~2%의 정산율 향상이 발생함을 확인하였음
- 화음탐색법을 최초로 도입한 2011년 과제에서 VDF 1, 2 등급의 용량이 각각 1,450 대/시와 1,780 대/시 로 결정되고, 속도 역시 VDF 1등급의 경우 26 km/시 올해보다 낮게 도출된 이유 역시 이를 통해 과다 배정 링크 비율을 낮출 수 있었기 때문이라고 판단됨
- 본 연구에서는 이러한 인위적인 용량 감소에 의한 고속도로 정산 신뢰도 향상이 의미가 없다고 판단하여 고속도로 전체 평균  $\pm 30\%$  오차 범위내 비율 60%에서 정산을 중지하였음

&lt;표 5-3&gt; VDF 1등급 파라미터 조정 시 신뢰도 향상

	2011년		2011년	
	감소전	감소후	감소전	감소후
200%이상	0.7%	0.5%	0.0%	0.0%
200%	5.5%	3.8%	2.8%	2.8%
100%	9.8%	8.4%	0.8%	0.8%
75%	9.8%	10.1%	3.4%	3.7%
50%	9.5%	9.8%	10.1%	8.7%
30%	8.9%	6.7%	6.5%	8.4%
20%	4.5%	5.0%	2.0%	1.7%
15%	5.8%	4.5%	3.1%	3.7%
10%	6.0%	6.4%	4.8%	4.5%
5%	3.6%	4.8%	4.5%	5.1%
-5%	4.3%	4.0%	7.0%	5.9%
-10%	6.5%	4.6%	6.1%	4.5%
-15%	6.5%	7.0%	7.6%	8.9%
-20%	4.3%	6.2%	8.1%	9.0%
-30%	6.7%	8.4%	15.7%	14.9%
-50%	5.3%	7.0%	10.1%	10.4%
-75%	2.1%	2.6%	3.7%	3.4%
-100%이내	0.2%	0.0%	3.7%	3.4%
-100%	0.0%	0.2%	1.1%	1.1%
30%	57.2%	57.6%	64.3%	65.7%
50%	72.0%	74.4%	84.6%	84.8%

- 그리고 88 고속도로와 중부 내륙 일부 링크들에 대해서는 향후 위계 재 정립시 현장에서 관측되는 용량과 자유교통류 속도를 이용해 VDF 1등급과 상관없이 파라미터값을 조정할 수 있도록 하는 안을 제안함
- 다음으로는 고속도로에 대하여 RMAE 및 GEH 분석을 실시함
- 앞서  $\pm 30\%$  오차 범위 내 비율에서 확인하였듯이 2012년 고속도로 정산 신뢰도가 2011년 정산 신뢰도에 비하여 상당히 낮음을 확인할 수 있음
- 교통량 평균 오차율이 VDF 1의 경우 2011년 26.1% 였으나 2012년에는 29.0%로 2.9% 증가하였으며, VDF 2의 경우 2011년 22.5%에서 역시 2012년 23.7%로 1.2% 증가하였음
- 그러나 오차율의 상승은  $\pm 30\%$  오차범위내 재현율의 저하에 비해 그 값의 크기가 크지 않아 평균적인 교통량 오차 변화는 미미하였다고 판단됨

&lt;표 5-4&gt; 고속도로 RMAE 및 GEH 검증

구분		RMAE 평균	GEH값 분포					
			5미만	5-15	15-25	25-50	50-100	100이상
2011	VDF1	26.1%	6.5%	14.6%	14.1%	27.6%	30.6%	6.6%
	VDF2	22.5%	4.7%	8.0%	10.3%	21.5%	29.8%	25.7%
2012	VDF1	29.0%	4.6%	13.9%	15.5%	23.9%	35.9%	6.2%
	VDF2	23.7%	4.8%	7.0%	8.7%	20.5%	33.4%	25.6%

### 3. 다차로도로 링크 교통량 검증 결과

- 다차로 도로와 고속도로를 모두 포함한 KTDB 교통망 전체의 정산율을 보면  $\pm 30\%$  이내 정산율이 30.2%로서 2011년 정산율 27.5%에 비하여 2.7% 향상되었음
- 50% 정산율의 경우 2011년 과제에서는 39.8%가 나타났으나 본 과제의 경우 48.8%로 약 9%의 개선이 나타나 KTDB 전체 교통망 측면에서는 상당한 신뢰도 상승이 있었음을 확인할 수 있음
- <그림 5-2>에서 확인할 수 있는 바와 같이 오차범위 30% 이내 구간에서도 전반적으로 2012년의 정산 결과가 2011년의 정산 결과에 비하여 높은 값들을 나타냄
- 특히 크게 개선된 부분은 관측교통량은 존재하나 통행배정 교통량은 존재하지 않는 -100% 오차값을 갖는 링크 비율인데 2011년의 경우 12.4%가 미배정 링크였으나 2012년에는 0.1%로 크게 감소하였음
- 다만 이렇게 미배정 링크에서 배정 링크로 배정교통량이 상승하였으나 여전히 관측교통량과의 오차는 존재하는 경우가 많아 -30~100% 오차범위 구간에 속하는 링크의 비율이 2011년에 비하여 2012년에 크게 는 반면 그 이상으로 오차를 줄이지는 못한 경우가 많았음

<표 5-5> 2011년 vs 2012년 KTDB 교통망 전체 신뢰도 분석

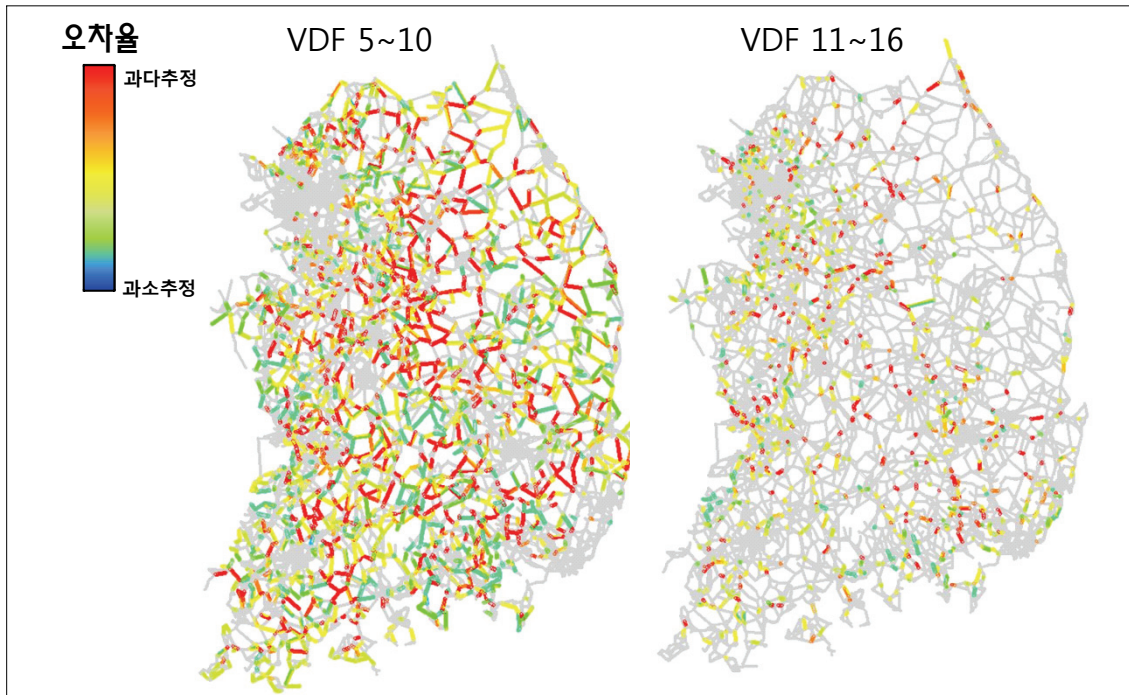
구분	2011년	2012년
200%이상	9.7%	9.9%
200%	7.6%	10.1%
100%	3.7%	4.8%
75%	5.6%	6.9%
50%	5.8%	5.6%
30%	3.4%	3.5%
20%	1.9%	1.8%
15%	2.3%	2.2%
10%	2.4%	2.3%
5%	2.1%	2.1%
-5%	2.2%	2.8%
-10%	2.1%	2.7%
-15%	2.2%	2.7%
-20%	2.4%	2.8%
-30%	5.0%	7.3%
-50%	8.0%	13.0%
-75%	9.2%	9.0%
-100%이내	12.0%	10.4%
-100%	12.4%	0.1%
30%	26.0%	30.2%
50%	39.8%	48.8%



&lt;표 5-6&gt; 기존 VDF vs 2012년 VDF 다차로 정산 신뢰도 비교

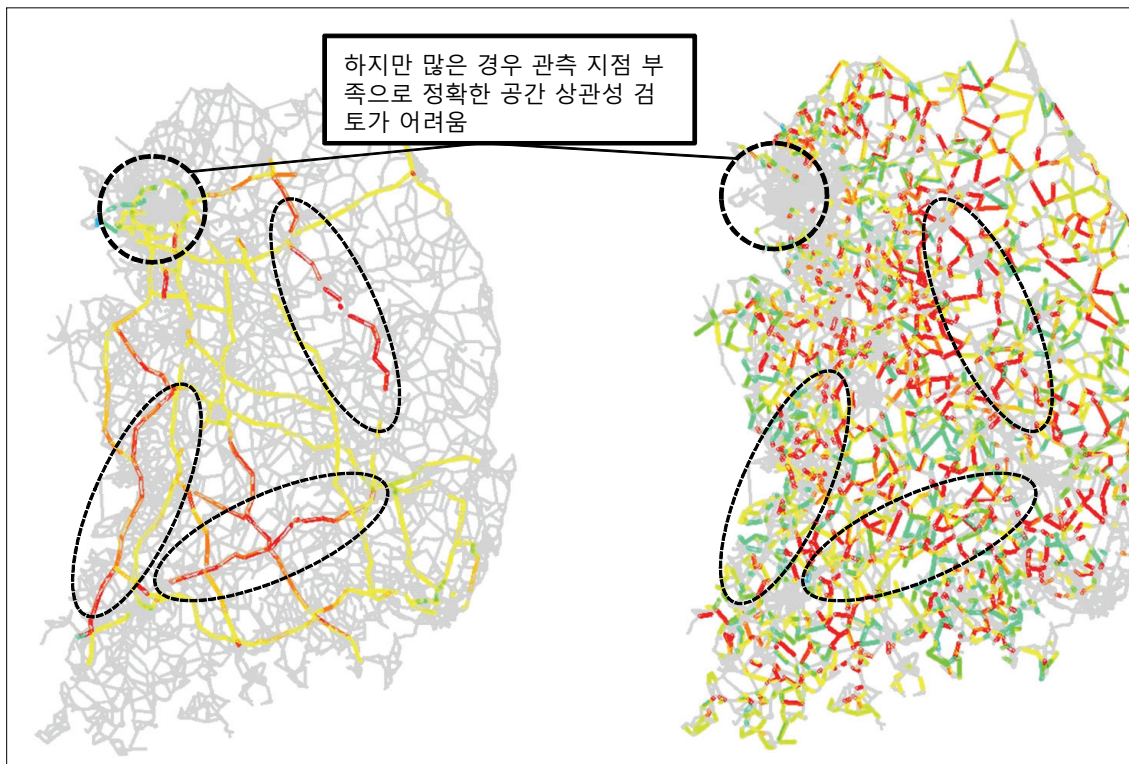
구분	기존 KTDB	2011년 VDF	2012년 VDF
200%이상	7.7%	6.2%	11.4%
100 ~ 200%	7.4%	6.2%	11.0%
75 ~ 100%	4.6%	3.4%	4.5%
60 ~ 70%	4.6%	3.6%	6.8%
30 ~ 60%	6.8%	4.6%	5.0%
15 ~ 30%	4.9%	4.2%	4.3%
0 ~ 15%	6.6%	6.7%	5.4%
-15 ~ 0%	6.0%	6.1%	6.5%
-30 ~ -15%	6.1%	6.6%	9.2%
-60 ~ -30%	7.6%	10.2%	14.0%
-70 ~ 60%	6.6%	9.9%	10.0%
-100 ~ -70%	13.9%	16.1%	11.8%
-100%	19.4%	17.6%	0.1%
30%	22.5%	22.5%	25.4%
50%	35.9%	37.2%	44.3%

- 이러한 미배정 링크의 감소는 올해 과제에서 도입된 존내 통행량 비율의 적용에 따른 개선 효과임
- 특히 전체 정산수준이  $\pm 30\%$  이내에서  $30\%$  이상으로 향상되고  $\pm 50\%$  이내 정산 비율이 48.8%에 달해 50%에 근접하는 등 전반적으로 정산 신뢰도에 향상이 있었음
- <표 5-6>에서는 다차로 도로만의 오차율 분석을 본 과업과 기존 KTDB 그리고 2011년 과업에 대하여 정리하였음
- 다차로 도로를 분리하여 분석하면 기존 KTDB 및 2011년 과제 결과의 경우  $\pm 30\%$  이내 재현율이 22.5% 수준이었으나 본 과제의 경우 25.4%로 향상되었음
- $\pm 50\%$ 의 경우에도 기존 30% 중반 수준에서 44.3%로 큰 폭의 상승이 나타나 전반적인 다차로 신뢰도 수준이 향상되었음을 확인하였음
- 전체적인 정산의 특징 중 하나는 100% 이상 과다 배정된 링크들이 상당히 상승하였는데 그 이유로는 2011년 정산에 비하여 다차로 도로의 자유 교통류 속도가 높게 정산된 것이 한 가지 원인으로 판단됨
- 과소배정 링크들의 경우  $-30\%$  이상 과소배정 링크의 비율이 기존 KTDB의 경우 47.5%, 2011년 정산 결과의 경우 53.7%로 상승하였으나 올해 정산결과에서는 35.9%로 감소하였음



<그림 5-2> KTDB 다차로 오차율 공간분포 분석

- 이러한 개선은 존내 통행비율의 반영이 주 원인이나 존내 통행비율 추정값의 적용만으로는 다차로의 과소배정 문제를 완전히 해결할 수 없음도 본 과제 결과를 통해 확인하였으며, 존 내 통행비율 추정 정확성 향상과 추가적인 과소배정 원인 분석이 필요함
- 과다와 과소배정의 공간적인 분포 분석을 위하여 VDF 5~10 등급 (다차로 1, 2, 3 등급)과 11~16 등급 (다차로 4, 5, 6) 등급에 대한 과다와 과소 수준을 <그림 5-2>에 표시하였음
- 전반적으로 다차로 1, 2, 3등급 도로들의 과다추정 경향이 상당히 강하게 나타남을 확인할 수 있으며, 특히 지역간 도로망의 지방부 도로들의 과다배정 비율이 높음
- 강원 일부 지역을 포함한 중부 내륙지방의 링크들이 다차로 1, 2, 3 등급에서 정산율이 열악한 특징이 나타나는데, 이는 이 지역에 절대적인 링크의 숫자가 적어 소수의 링크에 센트로이드 커넥터가 직접 연결되는 경우가 많아 과다 배정이 이루어지는 것이 한 가지 이유로 판단됨
- 또 다차로 도로의 경우 과소배정 링크들이 교통망의 외곽 끝 부분에 많이 위치함을 확인할 수 있는데, 이러한 도로들의 경우 통행배정 시에는 기종점간 경로에 의해 선택받지 못하는 경우가 많아 배정 자체가 불가능한 경우가 있는 것으로 판단됨



<그림 5-3> KTDDB 고속도로망과 다차로 상위등급 오차율 분포 상관 분석

- 다음으로 등급간 경로 건택에 따른 오차율 영향을 검토하기 위해 고속도로와 고속도로의 대안 경로를 형성할 수 있는 다차로 1, 2, 3 등급간에 오차 패턴의 상관성이 존재하는지를 공간분석을 통해 검토하였음
- 즉, 고속도로 분석에서 붉은색이 나타난 지역 (과다 배정 링크) 부근의 다차로 도로에서 녹색이 나타난다면 다차로도로를 통과해야하는 차량들이 고속도로에 몰려 과다한 통행량이 배정된 것이라 할 수 있음
- 분석 결과 중앙 고속도로의 경우 뚜렷한 상관 관계를 확인할 수 없었으나 서해안 일부 구간과 88 고속도로의 경우 일부 상관관계가 공간적으로 존재하는 것으로 추정되며, 이러한 경우 고속도로의 등급 조정을 통하여 다차로도로의 정산 문제도 해결 가능할 것이라 예상됨
- 다음으로는 다차로 도로의 RMAE값과 GEH 값을 2011년 과제와 2012년 과제에 대하여 비교분석하였음

&lt;표 5-7&gt; 다차로 1~3등급 RMAE 및 GEH 분석

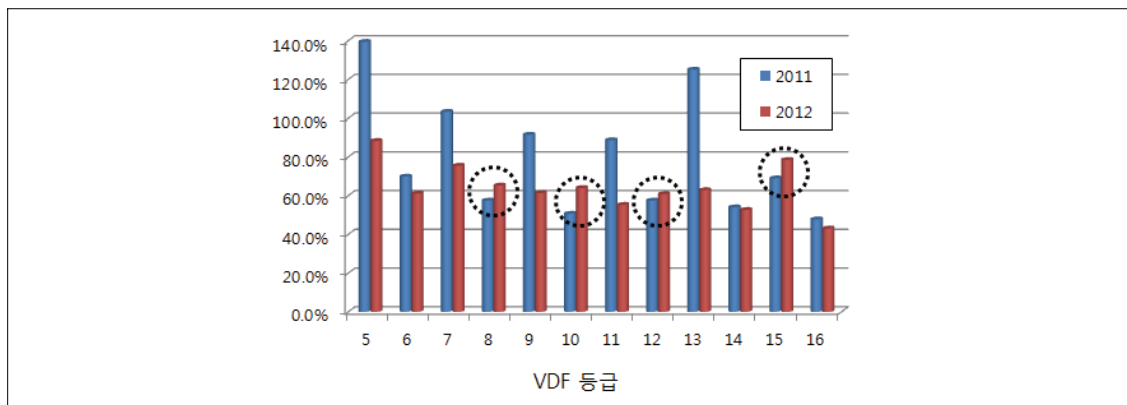
구분		RMAE 평균	GEH값 분포					
			5미만	5-15	15-25	25-50	50-100	100이상
VDF 5	2011	139.5%	6.9%	11.4%	12.8%	39.2%	27.3%	2.4%
	2012	88.3%	6.8%	18.2%	18.4%	36.3%	18.2%	2.0%
VDF 6	2011	69.9%	2.8%	10.1%	11.0%	19.3%	36.7%	20.2%
	2012	61.1%	2.6%	11.4%	9.6%	25.4%	36.0%	14.9%
VDF 7	2011	103.4%	5.9%	10.7%	12.0%	32.8%	33.5%	5.1%
	2012	75.5%	4.5%	15.2%	18.5%	34.8%	23.7%	3.3%
VDF 8	2011	57.5%	3.8%	12.0%	12.0%	24.9%	32.6%	14.6%
	2012	65.3%	5.9%	14.0%	10.0%	22.3%	31.0%	16.8%
VDF 9	2011	91.5%	7.3%	13.2%	7.8%	22.5%	41.9%	7.2%
	2012	61.4%	8.6%	19.5%	19.1%	28.0%	20.8%	4.0%
VDF 10	2011	50.7%	5.8%	13.2%	9.9%	30.1%	30.1%	10.8%
	2012	64.0%	6.3%	11.5%	8.6%	26.4%	34.1%	13.2%

- <표 5-7>에서는 다차로 1~3등급 도로의 RMAE 값 및 GEH 값의 분포를 비교분석 하였음
- 대부분의 등급에서 RMAE 값이 2011년에 비교해 2012년에 큰 향상이 있었음을 확인할 수 있는데, 특히 다차로 5 등급과 7등급의 경우 RMAE 값 기준으로는 큰 신뢰도 향상이 나타남
- 즉,  $\pm 30\%$  정산 수준을 통해서는 여전히 다차로 5등급과 7등급의 경우 재현비율이 20% 이하에 머물러 매우 낮은 신뢰도 수준을 나타내고 있으나 2011년과 비교하면 교통량 재현 오차가 VDF 5등급은 51.2% 개선되었으며 VDF 7등급 역시 27.9%의 개선을 이룸
- 그밖에 VDF 9등급 역시 30.1%의 RMAE값 감소가 나타나 다차로 1~3등급의 1차로 도로의 경우 예년에 비하여 상당한 교통량 재현수준 향상이 나타남
- 그러나, 이러한 개선은  $\pm 30\%$  및  $\pm 50\%$  재현 수준을 통해서는 크게 체감되지 않아 정교한 검증을 위해서는 연속형 지표의 이용이 필요하다는 사실을 확인할 수 있음
- <표 5-8>에서는 다차로 4~6등급의 하위등급 도로의 RMAE 분석 및 GEH 분석 결과를 제시하였음
- 다차로 하위등급의 경우 VDF 13등급에서 가장 큰 개선이 나타나 2011년 125.1%의 RMAE 오차에서 2012년 62.9%로 오차의 크기가 크게 감소하였음

&lt;표 5-8&gt; 다차로 4~6등급 RMAE 및 GEH 분석

구분		RMAE 평균	GEH값 분포					
			5미만	5-15	15-25	25-50	50-100	100이상
VDF 11	2011	88.7%	5.8%	10.2%	10.6%	27.2%	33.8%	22.7%
	2012	55.3%	8.5%	20.9%	17.2%	29.9%	17.8%	5.6%
VDF 12	2011	57.5%	5.1%	12.9%	11.1%	22.7%	25.5%	22.7%
	2012	60.8%	5.7%	11.1%	13.4%	22.6%	32.5%	14.8%
VDF 13	2011	125.1%	2.9%	7.8%	8.7%	25.2%	27.2%	25.2%
	2012	62.9%	6.7%	11.8%	14.3%	25.2%	31.9%	10.1%
VDF 14	2011	54.0%	4.8%	9.5%	9.9%	19.4%	23.4%	33.0%
	2012	52.7%	5.7%	10.8%	10.8%	23.7%	31.0%	18.0%
VDF 15	2011	69.0%	0.0%	11.1%	5.6%	22.2%	44.4%	16.7%
	2012	78.5%	0.0%	20.0%	22.9%	14.3%	28.6%	14.3%
VDF 16	2011	47.8%	5.9%	11.8%	5.9%	5.9%	38.2%	32.4%
	2012	43.1%	3.1%	7.7%	7.7%	7.7%	32.3%	9.2%

- 다차로 하위 등급인 VDF 11~16의 경우 일부 등급에서 RMAE값의 증가가 있었는데 VDF 12, 15 등급에서 오차율의 증가가 있었음
- 그러나 전반적으로 교통량 재현의 정확도가 악화된 것으로 판단하기는 어려웠는데 즉, GEH 값의 VDF 12 및 15등급 분포를 보면 VDF 12등급의 경우 GEH 25 이하 구간에 속하는 비율이 2012년 오히려 증가하였고 VDF 15 역시 GEH 15 이하에 속하는 비율이 2012년이 2배 정도 더 높았음
- 이러한 예들은  $\pm 30\%$  이내 재현율, RMAE, GEH 등 다양한 지표를 검토해야 VDF 정산 수준을 정확히 파악할 수 있다는 사실을 입증하는 것임
- <그림 5-4>에서는 VDF 5~16 등급에 대하여 2011년과 2012년 RMAE 값의 변화를 비교해 제시하였음



&lt;그림 5-4&gt; 2011 VDF vs 2012 VDF 등급별 RMAE 값 변화 분석



- 전반적으로 2011년에 비해 VDF 5, 7, 9, 11, 13 등급에서 RMAE값의 큰 감소가 있었음을 확인할 수 있으며 이들 도로가 1차로 도로라는 점에서 본 2012년 VDF 정산 과업에서는 다차로 1차로 도로의 정산 수준이 상당히 개선된 것으로 나타남
- 반대로 VDF 8, 10, 12, 15 에서는 RMAE값이 증가한 것으로 나타났는데, 이중 8, 10, 12 등급의 경우 2차로 이상 도로라는 공통점이 있음
- 이렇게 2차로 이상 도로에서 RMAE값이 미세하나마 증가한 원인에 대해서는 향후 추가 원인 규명이 필요할 것으로 판단됨
- 하지만 전반적으로 2011년과 2012년 RMAE값의 분포를 비교하면 2012년의 경우 등급별로 RMAE 수준에 큰 편차가 없는 반면 2011년의 경우 매우 RMAE값이 큰 등급이 존재한다는 차이가 있음
- 따라서 2011년과 비교하여 2012년 VDF 정산 결과는 다차로에 대해 균등한 오차율이 나타나고 있다고 결론지을 수 있음

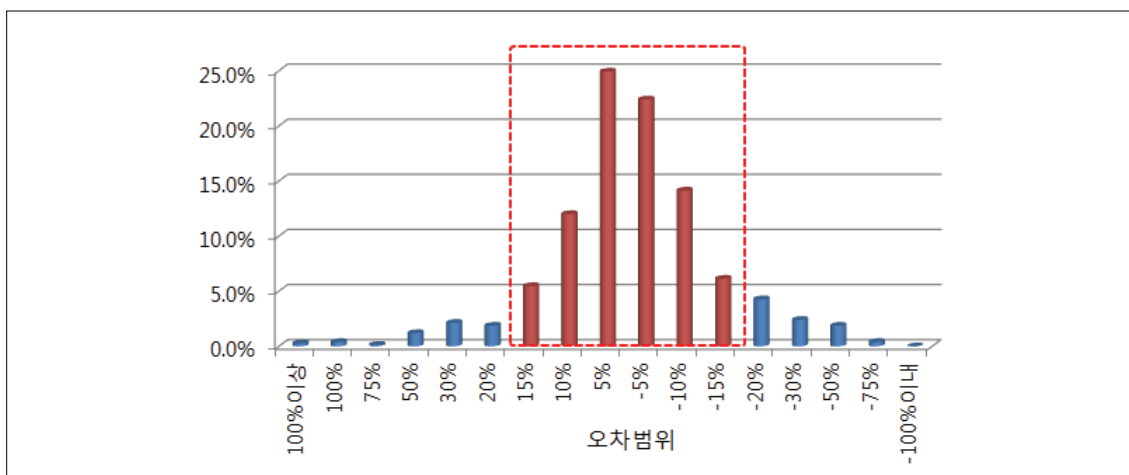
## 제2절 링크 통행시간 검증

### 1. 링크 통행시간 검증 도입의 배경

- 본 연구에서는 관측 통행 속도를 정산에 직접 반영하기 때문에 기존 연구들에 비해서는 속도 재현력이 향상될 것으로 판단되지만, 자료의 한계로 속도가 반영되는 도로는 고속도로로 제한되어있음
- 하지만 통행속도 자료의 경우 다차로 도로에서도 다양하게 수집되기 때문에 이를 이용한 정산 결과의 신뢰도 검증이 필요함
- 통행 속도의 경우 링크기반으로 분석하는 방법과 기종점 평균 통행속도나 구간 통행속도를 이용하는 방법이 있는데, 검증하고자하는 속도가 어떻게 정의되는가에 따라 적절한 기법이 달라질 수 있음
- 고속도로의 경우 링크 기준으로 수집된 관측속도가 이용가능하기 때문에 주요 링크의 관측속도 재현 수준을 검증할 수 있음
- 다차로 도로의 경우 네비게이션 자료를 통해 주요 구간의 자유교통류 통행속도가 교차로의 밀도를 고려하여 수집가능하기 때문에 초기속도 검증을 구간 기반으로 시행할 수 있음
- 그밖에 교통량이 일정수준 이상 통과하여  $\alpha$ 와  $\beta$ 이 통행시간에 영향을 미치는 경우 통행배정을 통해 얻어진 통행시간을 통행속도로 변환하여 관측 통행속도와 비교할 수 있는데 이 경우 평균 통행속도를 얻기 위한 집계시간이 길어질수록 정적 통행배정을 통해 얻어진 통행속도와 실제 관측 통행속도간의 차이가 커 질수 있어 이를 고려할 수 있는 방법론의 개발이 병행되어야 함
- 이중 올해 과제에서는 신뢰할 수 있는 링크 통행속도 및 통행시간 자료가 확보된 고속도로에 대하여 통행시간 검증을 실시함
- 다차로 도로의 경우 현재 네비게이션 자료를 통한 자료 확보가 부족한 관계로 향후 링크 통행시간 자료 DB가 완전하게 구축되는 경우 검증을 수행토록 함

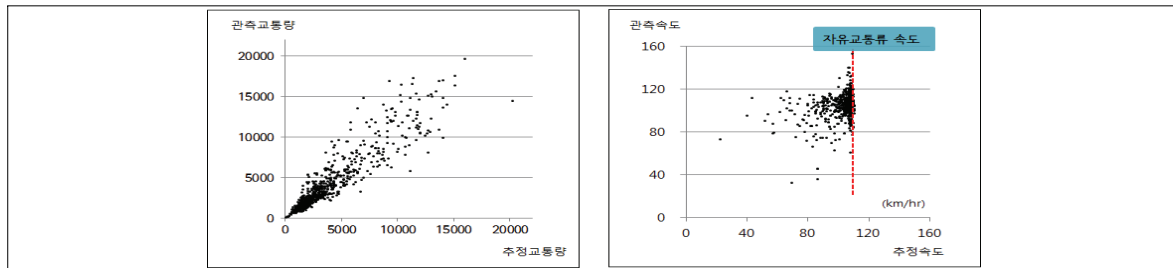
## 2. 통행속도 기준 검증의 문제점

- 테스트베드 정산 결과에서 분석한 결과 통행속도 재현력의 경우  $\pm 15\%$  이내 비율이 80%를 상회하더라도 45도 산포도 적합성 분석의 경우 낮은 재현수준이 나타남
- 교통량과 VDF 함수의 특성상 지점 평균 속도의 재현보다는 공간 평균 속도의 재현이 VDF 정산에 더 적합한 속도라 할 수 있으며, 이를 고려하면 통행속도보다는 링크의 길이를 고려하는 통행시간이 더 적합한 정산 지표임
- <그림 5-5>에서 보는바와 같이 통행배정에 의한 통행속도가 관측값의  $\pm 15\%$  이내로 재현된 링크들은 전체 링크 대부분을 차지하고 있어 고속도로 분리 정산의 경우 통행속도 재현이 매우 정확하다고 판단할 수 있음
- 관측 속도와 추정 속도간의 재현수준을 비교하면 히스토그램 분석과는 전혀 다른 결과가 나타남



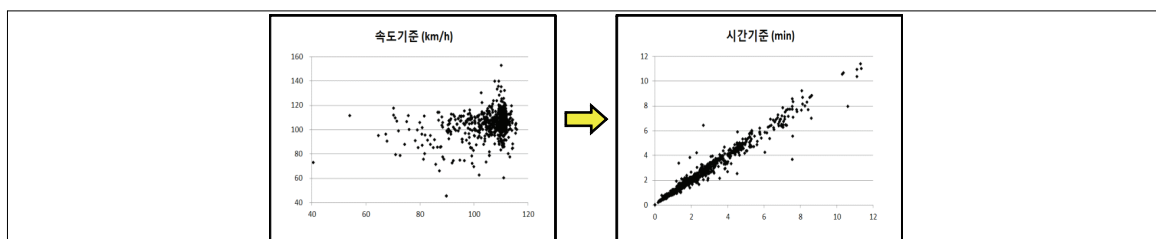
<그림 5-5> 고속도로 통행속도 재현수준





<그림 5-6> 고속도로 분리정산 교통량통행속도 산포도 분석

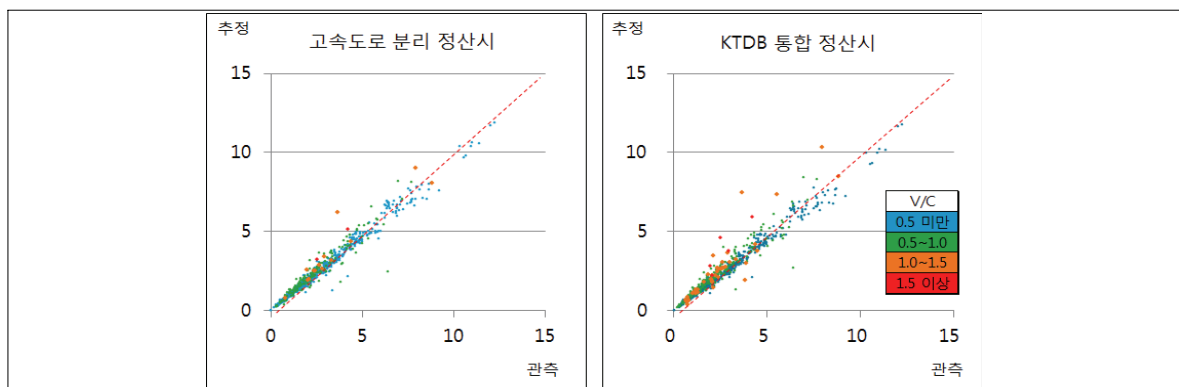
- <그림 5-6>은 동일한 고속도로 분리정산 수준에서 교통량과 통행속도에 대한 재현 수준 산포도 분석을 제시한 것임
- 그림에서 제시한 바와 같이 교통량의 경우 상당히 정확한 수준으로 재현되었으나 속도의 경우 매우 낮은 상관도가 나타남을 확인할 수 있음
- 따라서 속도는 더 엄격한 정산 신뢰도 평가 기준을 적용해야할 필요성이 있는데, 문제는 BPR식에 의한 재현속도의 경우 자유 교통류 속도 이상의 속도 재현이 불가능하기 때문에 다양한 관측속도가 나타나는 여러 링크에 대해 재현값은 자유교통류 속도까지 밖에는 자료를 설명하지 못하는 문제가 발생함
- 따라서 BPR식의 구조적 문제 때문에 통행 속도 추정값과 관측값으로 비교하는 것은 적합하지 않다고 판단됨
- 또, 통행거리가 긴 링크의 경우와 짧은 링크의 경우를 차별화해 정산에 반영하는 것이 교통망 전체 정산에 더 적합한 측면이 있으며 통행속도를 단순히 통행 시간으로 변환하는 것만으로도 교통량과 마찬가지로 관측값과 추정값의 적합도를 높일 수 있음
- <그림 5-7>에서 볼 수 있듯이 통행속도에 링크 거리를 반영해 통행시간으로 변환하는 경우 자유교통류 속도 제한에 관계 없이 관측값과 재현값간의 편차가 통행량과 같이 분석 가능함을 확인할 수 있음
- 따라서 본 연구에서는 통행 속도 대신에 통행 시간을 기준으로 정산 신뢰도 평가를 시행하였음



<그림 5-7> 통행속도-통행시간 산포도 분석

### 3. 고속도로 분리정산 링크 통행시간 검증 결과

- 고속도로 분리정산 결과를 기준으로 통행시간 정산 결과를 정리하여 분석함
- 고속도로 분리 정산의 통행시간 분석 정확도 분석은 이미 고속도로 분리 정산 부분에서 정리한 바 있으므로 본 절에서는 고속도로 분리정산과 KTDB 통합정산시 VDF를 각각 고속도로망에 적용하여 FTMS 관측 통행시간 재현력을 비교 평가하였음
- 고속도로 분리정산의 경우 대부분의 추정값이 관측값과 매우 유사한 재현 수준을 나타내었으나 KTDB 통합 정산에 의해 얻어진 VDF 값의 경우 통행시간 재현력이 분리정산의 경우보다 낮은 것을 확인할 수 있음
- BPR식의 구조상 혼잡 구간에서의 통행시간 추정 정확도가 낮은 약점이 있는데 이러한 문제점이 어떻게 현재 KTDB VDF에서 나타나는 지를 확인하기 위해 통행시간 재현 수준을 V/C별로 구분해 분석하였음
- 분석의 정확도를 위해 V/C 계산시 교통량은 관측교통량을 사용하였음
- <그림 5-8>에서 확인할 수 있듯 V/C가 1.0 이상인 경우 45도 선상에서 자료의 거리가 멀어짐을 확인할 수 있으며 이러한 경향은 V/C가 증가할수록 두드러지게 나타남
- 다만 이러한 문제점은 고속도로 분리정산 VDF에서는 조금 완화되어 나타나기 때문에 교통량 정산 수준이 높을수록 통행시간 재현 수준도 높아지리라 기대할 수 있고 정확한 등급체계 구분 등을 통해 통행시간 추정력의 향상도 기대할 수 있을 것이라 예상됨
- 하지만 혼잡구간에서 통행시간 재현력이 낮아지는 문제의 근본적인 원인은 현재 사용되는 VDF식은 BPR식 자체의 구조적 문제가 크기 때문에 BPR식의 이러한 한계를 극복할 수 있는 해결책도 향후 제시되어야 할 것으로 판단됨



<그림 5-8> 고속도로 분리정산 vs KTDB VDF 고속도로 통행시간 재현수준 비교

### 제3절 기종점 통행시간 검증

#### 1. 중·단거리 기종점 통행시간 검증 기법

- 내비게이션 데이터의 경로별 통행시간, 통행시간 표본의 분산 자료를 추출함
- 표본의 수가 많은 기/종점을 기준으로 강남구-종로구, 강남구-분당구, 전주 완산구-덕진구의 통행시간 자료를 경로통행시간 결과 검증 데이터로 추출하였음
- 각 시간대별 표본수가 30개 이상이기 때문에 중심극한정리에 의해 통행시간은 정규분포를 이룬다고 가정함
- 표본의 95% 유효범위 상·하한값은  $\bar{x}-1.96\sigma/\sqrt{n}$  과  $\bar{x}+1.96\sigma/\sqrt{n}$  으로 각각 계산함 (여기서  $\bar{x}$ 는 통행시간,  $\sigma$ 는 표준편차,  $n$ 은 표본의 수)
- 대표 시간대는 검증하고자 하는 통행배정 시간대에 맞추어 사용할 수 있도록 일일 중 교통량이 집중되는 9시간을 대상으로 1시간 단위로 결과를 제시함
- 경로 통행시간의 결과값이 유효범위 하한과 상한 사이에 속한다면 통행배정 결과의 경로 통행시간 값이 참값이라 간주함

<표 5-9> 경로 통행시간 검증 시 사용할 자료

시점	종점	속송	통행거리	구분	6시	7시	8시	9시	17시	18시	19시	20시	21시
강남구	종로구	단거리	15.6km	표본수	375	627	830	1013	1000	984	765	613	559
				통행시간(분)	37	41	38	37	47	46	50	58	60
				95%유효범위 하한	33.1	38.1	35.6	34.7	43.7	42.9	45.4	50.6	50.2
				95%유효범위 상한	40.9	43.9	40.4	39.3	50.3	49.1	54.6	65.4	69.8
강남구	분당구	중거리	16.86km	표본수	694	1408	2743	2031	3486	5208	3716	3038	3156
				통행시간(분)	37	29	26	31	38	39	44	47	51
				95%유효범위 하한	29.1	26.8	24.6	27.4	35.5	37.7	41.7	44.3	47.9
				95%유효범위 상한	44.9	31.2	27.4	34.6	40.5	40.3	46.3	49.7	54.1
완산구	덕진구	단거리	7.62km	표본수	11616	27772	28908	22864	30493	33231	24063	19826	17393
				통행시간(분)	21	22	20	21	24	24	23	25	26
				95%유효범위 하한	20.3	21.5	19.6	20.5	23.3	23.3	22.2	24.1	25.0
				95%유효범위 상한	21.7	22.5	20.4	21.5	24.7	24.7	23.8	25.9	27.0

## 2. 중·단거리 기종점 통행시간 검증

- 통행시간 결과 데이터에서 95% 유효범위의 하한 최소값을 가진 시간대와 95% 유효 범위의 상한 최대값을 가진 시간대의 값을 설정
- 두 개의 통행시간에서 얻어진 값과 Shortest Path를 통해 얻어진 값을 비교 함
- 내비게이션 데이터와 Shortest Path 데이터 비교 분석 결과 모두 95% 유효 범위 안에 들어오지 않음
- 단거리 통행의 경우 EMME/3 존 센트로이드의 위치에 따라 오차가 커질 수 있음
- 단거리 통행의 경우 EMME/3에서 신호의 영향을 거의 못 받으므로 통행시간이 짧게 나타남
- EMME/3는 하나의 센트로이드에서 통행이 발생 하지만 내비게이션 데이터는 존 어디 서든 발생 할 수 있는데 그 예로 EMME/3에서는 강남구 한 지점에서만 통행이 발생 하지만, 내비게이션 데이터는 강남구 최서단과 최동단 어디서든 발생

<표 5-10> EMME/3를 통한 최단경로의 통행시간

시점	종점	속성	통행거리 (km)	통행 시간
강남구	종로구	단거리	1.56	24.86
강남구	분당구	중거리	16.86	18.7
완산구	덕진구	단거리	7.62	7.32

<표 5-11> 강남구-종로구

시점	종점	속성	통행거리	구분	6시	구분	8시	Shortest Path	판별
강남구	종로구	단거리	15.6 (km)	95%유효 범위 하한 최소	33.1	95%유효 범위 하한	50.2	24.86	X
				95%유효 범위 상한	40.9	95%유효 범위 상한 최대	69.8		

<표 5-12> 강남구-분당구

시점	종점	속성	통행거리	구분	8시	구분	21시	Shortest Path	판별
강남구	분당구	중거리	16.86 (km)	95%유효 범위 하한 최소	24.6	95%유효 범위 하한	47.9	18.7	X
				95%유효 범위 상한	27.4	95%유효 범위 상한 최대	54.1		

<표 5-13> 완산구-덕진구

시점	종점	속성	통행거리	구분	8시	구분	21시	Shortest Path	판별
완산구	덕진구	단거리	7.62 (km)	95%유효 범위 하한 최소	19.6	95%유효 범위 하한	25.0	7.32	X
				95%유효 범위 상한	20.4	95%유효 범위 상한 최대	27.0		

### 3. 장거리 기종점 통행시간 검증

- 장거리 통행 기종점 검증의 경우 현재 시간대별로 30개 이상의 표본이 오전 및 오후 첨두에 30개 이상 확보되어야하는 조건을 만족하는 기종점을 찾을 수 없어 내비게이션 자료를 통한 검증은 올해 과제에서는 수행할 수 없었음
- 따라서 본 연구에서는 통행배정 결과와 온라인 경로제공 웹사이트 (네이버 참고)의 통행시간 결과를 비교하여 VDF 함수의 통행시간 재현력을 검증하였음
- 검증을 위하여 세로축 3개소, 가로축 2개소 서남축 및 북동축 1개소를 선택하여 분석하였음
- 검증결과 총 7개소 중 4개소에서 본과업의 VDF가 우수한 결과를 나타내었고, 2개소에서는 기존 VDF(2012년 결과) 우수하였으며, 1개소 진주-춘천간 통행시간의 경우 두 VDF의 우열을 판정할 수 없었음
- 이때 세로3축과 가로2축의 경우 중앙선 및 88고속도로의 영향을 받는 도로로써 교통량 검증 부분에서 현 VDF 체계에서는 VDF 1으로 설명이 어려운 도로이며, 예외조항을 통해 통행속도나 용량을 조정해야 하는 도로로 지정한 바 있음

<표 5-14> 장거리 기종점 통행시간 검증 결과

구분	출발존	도착존	통행시간			검증 결과
			네이버	기존 VDF	본과업 VDF	
세로축1	서울 강남구	광주 서구	3시간 59분	4시간 33분	3시간 47분	본과업 VDF 우수
	광주 서구	서울 강남구	3시간 57분	4시간 38분	3시간 50분	
세로축2	진주	춘천	5시간 9분	5시간 42분	4시간 47분	유사
	춘천	진주	5시간 14분	5시간 39분	4시간 46분	
세로축3	강릉	부산 부산진구	5시간 49분	5시간 38분	4시간 41분	기존 VDF 우수
	부산 부산진구	강릉	5시간 44분	5시간 38분	4시간 42분	
가로축1	강릉	태안	4시간 19분	4시간 52분	4시간 10분	본과업 VDF 우수
	태안	강릉	4시간 22분	4시간 57분	4시간 14분	
가로축2	군산	포항 남구	4시간 37분	4시간 34분	3시간 50분	기존 VDF 우수
	포항 남구	군산	4시간 36분	4시간 30분	3시간 48분	
서남축	서울 강남구	부산 부산진구	5시간 4분	6시간 17분	5시간 12분	본과업 VDF 우수
	부산 부산진구	서울 강남구	5시간 8분	6시간 16분	5시간 11분	
북동축	강릉	광주 서구	5시간 41분	6시간 47분	5시간 40분	본과업 VDF 우수
	광주 서구	강릉	5시간 41분	6시간 53분	5시간 45분	

## 제4절 편익 검증

### 1. 편익 검증의 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 개정<sup>1)</sup>이 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 편익산정에 중요한 영향을 미치게 되는 링크 통행속도를 결정해주는 VDF 함수는 당연히 현실에 대한 신뢰성이 검증되어야 함
- 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
- 이를 개선하기 위하여 현실의 도로소통상태(속도나 통행시간 등)을 정확히 모사할 수 있는 현실성있는 VDF 파라미터 정산이 필요함

1) 교통시설 투자평가 지침, 국토해양부, 2011

- 본 절에서는 앞에서 검토한 VDF 개선 및 정산방법론을 다양한 도로 형태에 적용하였을 경우 기존 VDF에 비하여 편익 산정결과에 어떠한 차이를 보이는지 그리고 이러한 차이가 현실성이나 신뢰성을 높일 수 있는 결과인지를 살펴보고자 함

## 2. 신규 VDF 사용에 따른 편익검증 방법론

- 신규 VDF에 의한 편익검증을 위하여 분석하고자 하는 편익항목은 VDF에 상대적으로 큰 영향을 받는 통행시간 절감편익과 운행비용 절감편익임
- 통행시간 절감편익 산정은 통행량 변화로 인하여 링크 통행속도가 변화하게 되고 이는 해당 링크 통행자의 통행시간이 변화하는 상황을 계량화하는 것임

$$VOTS = VOT_{\text{사업미시행}} - VOT_{\text{사업시행}}$$

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)

- 본 절에서는 신규 VDF를 통한 편익산정과정의 합리성을 검증하기 위하여 다양한 링크형태(도로형태) 및 교통량 변화량에 따른 통행시간 차이를 검토하고자 함
- 또한 이러한 결과가 기존 VDF를 통해 산정된 결과와 어떠한 차이가 있는지를 미시적 시뮬레이터인 VISSIM을 활용하여 분석함으로써 신규 VDF의 우수성을 입증하고자 함
- VISSIM은 독일의 PTV사에 의해 개발된 micro simulation으로 구간 교통량에 대한 링크별 통행속도를 도출하는 데 유용한 툴이라 할 수 있음. 특히 도시부 뿐 만아니라 고속도로의 교통류에 대한 미시적 시뮬레이션을 동시에 수행할 수 있으며 다양한 도로시설 및 기하구조를 표현하고 교통류에 반영하는데 강점을 지니고 있음
- 구체적인 분석을 위해 본 연구에서는 일반도로와 고속도로를 유형화하여 차로수 변화 및 교통량 변화에 따라 변화하는 통행시간을 기존 VDF와 신규 VDF에 대해 비교 검토하고자 함



- 특히 통행시간의 차이는 편익산정시 중요한 결정인자가 되므로 이에 대한 면밀한 분석을 통해 편익 산정의 결과값도 함께 비교 검토하고자 함
- 현실 교통류에 대한 모사는 앞에서 언급한 VISSIM을 활용하였으며 다양한 교통상황에 대한 교통류를 재현한 뒤 이를 기존 VDF와 신규 VDF를 통해 산정한 통행시간과 비교하였음
- 분석대상도로의 유형은 고속도로, 다차로 2등급, 다차로 5등급 임
- 통행시간의 변화를 비교하기 위하여 이상적인 조건에서의 도로를 구성하고 해당 개별 링크에 대한 교통시설 및 분석조건을 다음과 같이 가정함
- 이때 모든 교통량은 승용차만으로 이루어짐을 가정함
- 통행량 감소로 인한 통행시간 절감편익 산정을 위한 시간가치 원단위는 승용차를 기준으로 대당 15,286원/시를 적용함

<표 5-15> 편익검증을 위한 분석 조건

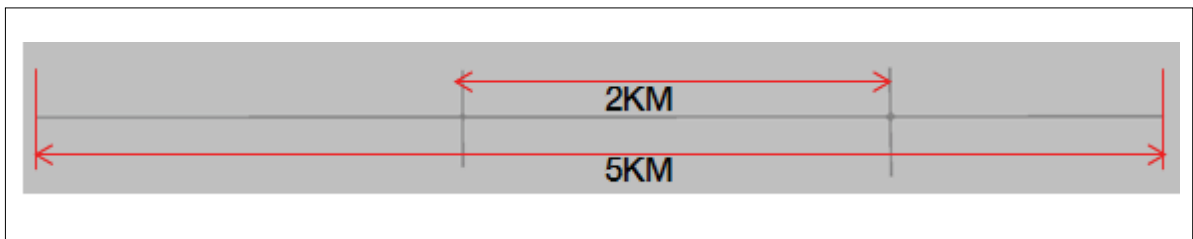
구분	링크길이(km)	교통량(대/시)	차로수	교차로간 연장(km)
고속도로	30	2,000, 4,000, 6,000	2~5	-
다차로 2등급	5	500, 750 1,000, 1,500	1~4	2
다차로 5등급	3	500, 750 1,000, 1,500	1~4	0.4



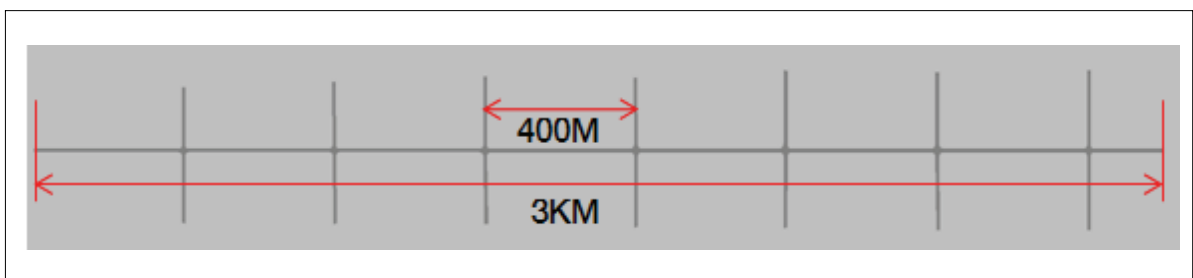
- 고속도로의 경우 정체를 만들어 주기위해 <그림 5-9>와 같은 병목구간을 두어 통행시간 변화를 주도록 하였음
- 다차로 도로의 경우 각 교차로에서 본선으로 유입되는 교통량은 150대로 통일함
- 1차로 분석의 경우 차로당 용량이 650대로 적어 VISSIM분석이 불가능하다 판단하여 1500대/시가 아닌 750대/시로 분석을 시행함
- 총 주기 180초, 4현시로 주 링크의 주기가 총주기의 75%, 교차로 링크는 25%가 차지하도록 신호를 만들어 주어 분석함



<그림 5-9> 고속도로 네트워크



<그림 5-10> 다차로 2등급 네트워크



<그림 5-11> 다차로 5등급 네트워크

### 3. 신규 VDF 적용시 편익 검증 결과

- 본 절에서는 신규 VDF에 의한 편익산정 결과에 대한 합리성을 검토하고자 함
- 고속도로의 용량증대로 인한 편익산정을 위해서 기본적으로 2차로와 4차로에 대한 2,000대/시~6,000대/시의 교통량이 배정되었을 경우에 대한 통행시간을 도출함
- VISSIM에 의하면 2,000대/시의 경우 2차로에서는 1,408초가 소요되었으며, 6,000대의 경우 3,256초가 소요되는 것으로 분석됨
- 다음 표를 보면 VISSIM에서 재현된 교통상황별 통행시간을 기존 VDF보다 신규 VDF가 더욱 잘 추정해내는 것을 알 수 있음

<표 5-16> 교통상황별 고속도로 링크 통행시간 산정 (단위: 초)

구분		2,000대/시	4,000대/시	6,000대/시
VISSIM	2차로	1407.75	2556.9	3255.85
	4차로	1023.85	1048.15	1169.45
기존 VDF	2차로	986.48	1356.13	2255.57
	4차로	916.21	964.05	1076.84
신규 VDF	2차로	1206.57	1901.54	3457.57
	4차로	981.08	1057.68	1221.05

- 통행시간 절감 편익 산정을 위하여 고속도로 차로수를 증가 시킨 후 통행시간을 산정한 결과는 다음 표와 같음
- 이렇게 분석된 용량증대에 따른 통행시간 변화량을 기반으로 통행시간 절감편익을 산정하고자 함

<표 5-17> 기존 VDF에 의한 용량 증대로 인한 고속도로 통행시간 절감 편익 산정(단위: 초)

구분		2,000대/시	4,000대/시	6,000대/시
VISSIM	3차로	1036.65	1285.65	1532.55
	5차로	1019.4	1036.4	1049.4
기존 VDF	3차로	927.82	1045.94	1333.34
	5차로	912.48	938.44	1000.09
신규 VDF	3차로	923.81	1069.31	1379.61
	5차로	974.05	1017.90	1017.90

- 분석결과 VISSIM에서 산정된 통행시간 변화량에 의한 통행시간 절감편익을 기존 VDF보다는 신규 VDF가 훨씬 잘 설명하는 것으로 나타남
- 특히 혼잡이 높게 나타나는 교통류 상황에 대해서는 기존 VDF는 통행시간 절감편익을 과소추정하고 있는 것을 확인 할 수 있었으며, 이러한 문제를 신규 VDF를 통해 극복할 수 있을 것으로 예측됨
- 일반적으로 교통시설 투자사업이 혼잡이 반복적으로 나타나는 구간에 대한 개선을 가장 큰 목적으로 하는 경우가 많기 때문에 이러한 혼잡구간을 대상으로 한 정확한 통행시간 절감편익 산정은 타당성조사에서 중요한 요소가 되고 있음
- 이러한 점에서 개선된 신규 VDF가 교통시설 투자사업에 대한 타당성조사의 정확성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단됨

<표 5-18> 고속도로 용량 증대로 인한 통행시간 절감 편익 산정단위: 원)

구분		2,000대/시	4,000대/시	6,000대/시
VISSIM	3차로	3, 151, 464	21, 591, 475	43, 903, 940
	5차로	37, 790	199, 567	3, 058, 474
기존 VDF	3차로	498, 154	5, 268, 405	23, 495, 346
	5차로	31, 676	434, 972	1, 955, 334
신규 VDF	3차로	2, 401, 261	14, 134, 964	52, 939, 494
	5차로	59, 700	675, 641	5, 175, 585

- 다차로 2등급의 다양한 교통상황에 대한 통행시간 산정 결과는 다음과 같음
- 앞의 고속도로와 마찬가지로 VISSIM에서 구현한 통행시간을 기존 VDF보다 신규 VDF가 더 합리적으로 산정해내고 있음을 알 수 있음

<표 5-19> 교통상황별 다차로 2등급 도로 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
기존 VDF	1차로	398. 24	478. 55	585. 46
	2차로	271. 43	294. 64	313. 76
신규 VDF	1차로	364. 62	584. 92	980. 18
	2차로	214. 97	216. 65	225. 51

&lt;표 5-20&gt; 교통상황별 다차로 2등급 도로 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
기존 VDF	3차로	271.43	277.76	294.64
	4차로	267.67	271.43	281.46
신규 VDF	3차로	214.97	219.67	233.60
	4차로	212.40	214.97	222.58

- 다차로 2등급 도로에 대한 통행시간 절감편익 산정을 위하여 차로수 증가를 가정하고 같은 교통량 상황에서 통행시간 감소분에 대한 통행시간 절감편익을 산정함
- 예를 들어 500대/시의 교통량에 대해서는 1차로에서 2차로로 증가하는 경우를 가정하여 통행시간 차이를 통해 통행시간절감편익을 산정하였으며, 750대/시와 1,000대/시의 경우는 1차로에서 2차로 뿐 만 아니라 3차로에서 4차로로 증가하는 경우에 대해서는 통행시간 절감편익을 산정함
- 분석결과 고속도로에서와 마찬가지로 혼잡상황에 대해서 기존 VDF는 과소추정을 하는 것으로 나타났으며 이에 대해 신규 VDF는 상대적으로 합리적인 편익량을 산정해 내는 것으로 나타남
- 하지만 고속도로와 같이 높은 정확도는 기대하기 힘들었으며 일부 비혼잡구간에서는 기존 VDF보다 낮은 정확도를 보이기도 함

&lt;표 5-21&gt; 용량증대를 반영한 다차로 2등급 도로 통행시간 절감편익 산정(단위 : 원)

구분		500대/시	750대/시	1,000대/시
		750대/시	1,000대/시	1,500대/시
VISSIM	3차로	140,971	1,064,765	2,540,024
	4차로	7,643	51,113	126,746
기존 VDF	3차로	269,225	585,677	1,153,668
	4차로	7,983	20,158	55,964
신규 VDF	3차로	317,715	1,172,787	3,204,413
	4차로	5,456	14,968	46,792

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

- 마지막으로 다차로 5등급 도로에 대한 통행시간 절감편익 산정결과를 검증하고자 함
- 이를 위해 앞의 다차로 2등급 도로와 동일한 교통상황을 가정하여 분석을 수행함
- 분석결과 다차로 5등급 도로의 경우는 통행시간 산정결과가 앞의 고속도로나 다차로 2등급 도로에 비하여 정확도가 현저하게 떨어지는 것을 알 수 있음
- 특히 차로수 변화와 같은 도로용량 증대효과를 적절히 반영하지 못하는 것으로 분석되었는데 이는 다양한 5등급 도로조건에 비하여 하나의 VDF 값을 적용함으로 인해 나타나는 통행시간 재현능력의 한계 때문인 것으로 파악됨
- 따라서, 개별사업에서는 현황정산시, 이러한 특성을 고려하여 도로의 현장조건에 맞게 VDF값을 조정하여 정산해야함

&lt;표 5-22&gt; 교통상황별 다차로 5등급 도로 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
기존 VDF	1차로	314.38	395.95	499.04
	2차로	188.64	224.74	247.26
신규 VDF	1차로	272.05	429.83	669.87
	2차로	148.31	162.61	181.35

&lt;표 5-23&gt; 교통상황별 다차로 5등급 도로 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
기존 VDF	3차로	189.63	275.19	217.47
	4차로	185.09	189.63	200.75
신규 VDF	3차로	148.31	157.34	181.35
	4차로	142.93	148.31	162.61

&lt;표 5-24&gt; 용량증대를 반영한 다차로 2등급 도로 통행시간 절감편익 산정(단위 : 원)

구분		500대/시	750대/시	1,000대/시
		750대/시	1,000대/시	1,500대/시
VISSIM	3차로	279,606	411,767	391,704
	4차로	130,568	209,546	177,700
기존 VDF	3차로	266,953	545,233	1,069,086
	4차로	9,639	272,473	70,995
신규 VDF	3차로	262,707	850,984	2,074,310
	4차로	11,422	28,757	79,572

주 : 1-2차로는 500, 750, 1000대/시, 3-4차로는 750,1000,1500대/시 분석

## 제6장 향후 도로통행비용함수 구축관련 개선항목 검토

---

제1절 일전환계수 산정방안

제2절 도로등급별 구간별 평균 PCE  
환산계수의 DB화 방안

제3절 유료도로 요금 가중치 적용방안

제4절 신규 VDF 등급 부여 방안

제5절 존-네트워크 정합성 검토방안

제6절 존-센트로이드 연결성 검증 방안

제7절 경로 추정 및 검증 방안

제8절 도로유형별 등급 세분화 검토





## 제6장 향후 도로통행비용함수 구축관련 개선항목 검토

### 제1절 일전환계수 산정방안

#### 1. 향후 일전환계수 산정방안

- 최근 도시부/지방부 및 관광지역의 영향을 도로용량 계산시 고려하기 위해 도로용량 편람 개정연구가 수행되었고 일전환계수(설계시간계수)도 개정됨
- 2013 도로용량편람에서 개정된 설계시간 계수 값은 고속국도와 국도에 따라 구분되며 도시지역, 지방지역, 관광지역에 따라 구분됨
- 다차로도로의 경우 VDF 5에서 VDF 8 등급까지는 대부분 지방부, VDF15, 16등급은 대부분 도시부이므로 각 지역 특성에 따라 일전환계수를 적용함
- 그러나 VDF 9에서 VDF 14 등급은 도시부와 지방부가 혼재되어 있으므로 일전환계수 적용시 각 링크의 지역 특성에 따라 적용할 수 있음
- 또한 범위 값도 제시하여 분석가의 판단에 따라 일전환계수를 적용할 수 있음

<표 6-1> VDF 등급별 일전환계수 산정안

구 분		VDF 등급	차로 구분	일전환계수		범위
고속국도		1	2차로	0.14		0.09~0.19
		2	3차로 이상	0.14		
도시고속도로		3	2차로	0.10		0.07~0.13
		4	3차로 이상	0.10		
다차로도로	1등급	5	1차로	0.16		0.13~0.20
		6	2차로 이상	0.12		0.09~0.15
	2등급	7	1차로	0.16		0.13~0.20
		8	2차로 이상	0.12		0.09~0.15
	3등급	9	1차로	(도) 0.12	(지) 0.16	도시지역 0.10~0.14(1차로)
		10	2차로 이상	(도) 0.10	(지) 0.12	
	4등급	11	1차로	(도) 0.12	(지) 0.16	지방지역 0.13~0.20(1차로)
		12	2차로 이상	(도) 0.10	(지) 0.12	
	5등급	13	1차로	(도) 0.12	(지) 0.16	0.09~0.15(2차로이상)
		14	2차로 이상	(도) 0.10	(지) 0.12	
	6등급	15	1차로	0.12		0.10~0.14
		16	2차로 이상	0.10		0.07~0.12

## 제2절 도로등급별 구간별 평균 PCE 환산계수의 DB화 방안

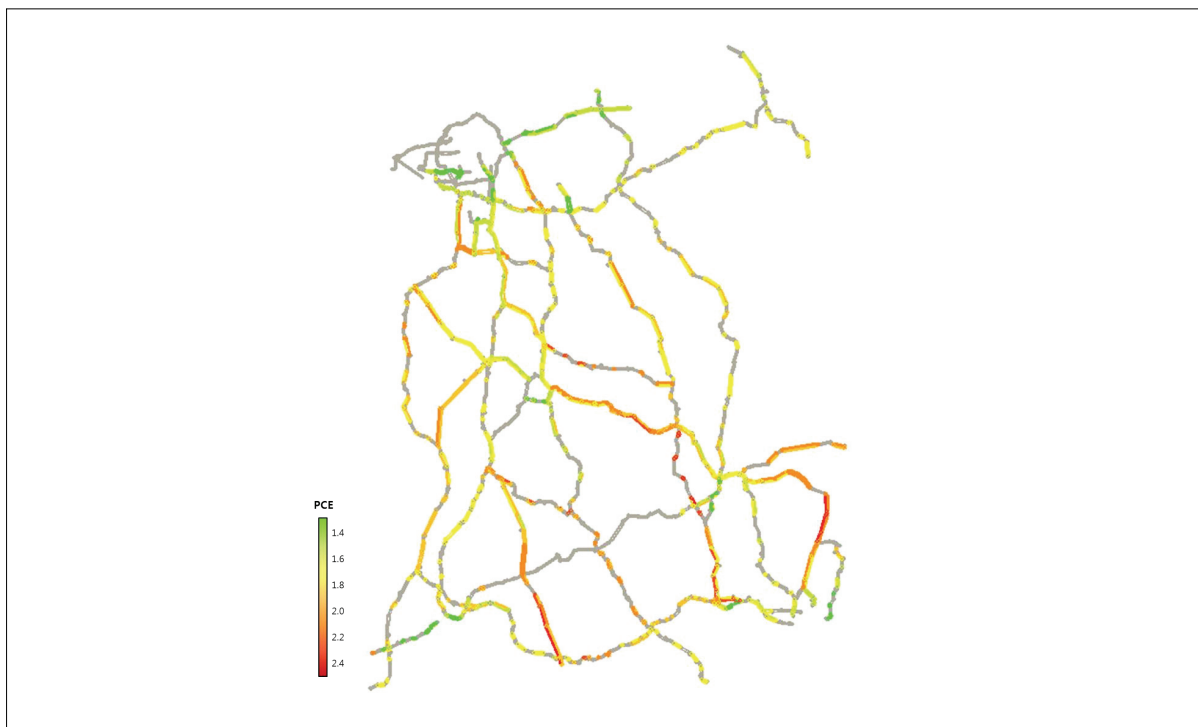
- 본 연구에서 DB화한 자료는 전국 고속도로의 구간별 PCE 값임
- 현재 통행배정 기반 교통망 분석에서는 다차종 통행배정을 시행할 수 없기 때문에 대 (Vehicle)단위로 기종점 통행량이 준비되더라도 차종별로 독립적인 경로 선택을 모형화하기 어려움
- 뿐만 아니라 현재 24시간 교통량으로 DB화 되어있는 관측 교통량 역시 대단위 교통량이므로 PCE로 변환되어 배정된 통행량과 비교하기 위해서는 대단위 관측교통량에 PCE 환산계수를 곱해야 함
- 그런데 현재 국내에서는 각 도로 구간별 PCE 환산계수가 DB화 되어있지 않기 때문에 전국 도로에 대해 하나의 값을 PCE 환산계수로 적용하고 있는데 각 도로 위계별로 차종구성비에 큰 차이가 존재하기 때문에 전국 모든 도로에 동일한 PCE 환산계수를 적용하는 것은 관측교통량 환산에 큰 오류원인으로 작용할 수 있음
- 이를 해결하고자 본 연구에서는 전국 고속도로 망에 대하여 가능한 모든 지점에 대하여 차종별 구성비 자료를 확보한 뒤 이를 활용해 각 조사지점에 대해 독립적인 PCE 환산계수를 계산하였음
- 먼저 전국 고속도로 망을 VDF 1등급(고속도로 2차로 이하)과 2등급(고속도로 3차로 이상)으로 구분하여 차종별 자료가 확보되어 있는 총 806개 지점에 대하여 구간별 PCE를 계산하였음
- 구간 분석에 사용한 PCE값은 2008년 KDI에서 발표한 예타 5관을 참고하였는데, 그 값은 <표 6-2>와 같으며, 차종별 교통량은 한국 도로공사의 차종별 교통량 조사 자료를 오전 7:30~9:30분에 대해 집계하여 승용차 포함 6종으로 구분해 적용하였음
- 현재 예타 5관의 경우 전국 지역간 교통망에 대해서 버스는 소형의 경우 1.30, 보통의 경우 3.70으로 PCE값을 제시하고 있으며, 트럭의 경우 소형이 1.30, 중형이 3.70, 대형이 3.80의 값을 사용함
- 수도권을 포함한 광역권의 경우 전국 지역간 교통망과는 다른 PCE값을 적용토록 하고 있는데 버스의 경우 일괄적으로 2.00을 적용하며 트럭의 PCE값은 제시하지 않았음
- 구간별 PCE 평균은 <표 6-2>의 차종별 PCE값을 승용차를 포함해 6종 차종별 교통량 비율에 적용하여 차종별 교통량 가중평균으로 계산하였음

- 계산을 통해 분석된 전국 고속도로 PCE값 분포는 <그림 6-1>과 같음
- 전체적으로 중부지방보다는 남부지방의 PCE 평균값이 높게 나타나며 공업지역 부근의 도로들이 2.00 이상의 높은 PCE값을 기록했는데 해당 도로들은 호남의 경우 여수, 광양 부근의 고속도로이며, 세종-상주, 대전-구미, 구미-고령(대구 남서측 지점), 울산-양산, 창원 인근 등의 도로에서 PCE 평균 2.00 이상의 구간이 나타났음

&lt;표 6-2&gt; 버스와 트럭의 승용차 환산계수

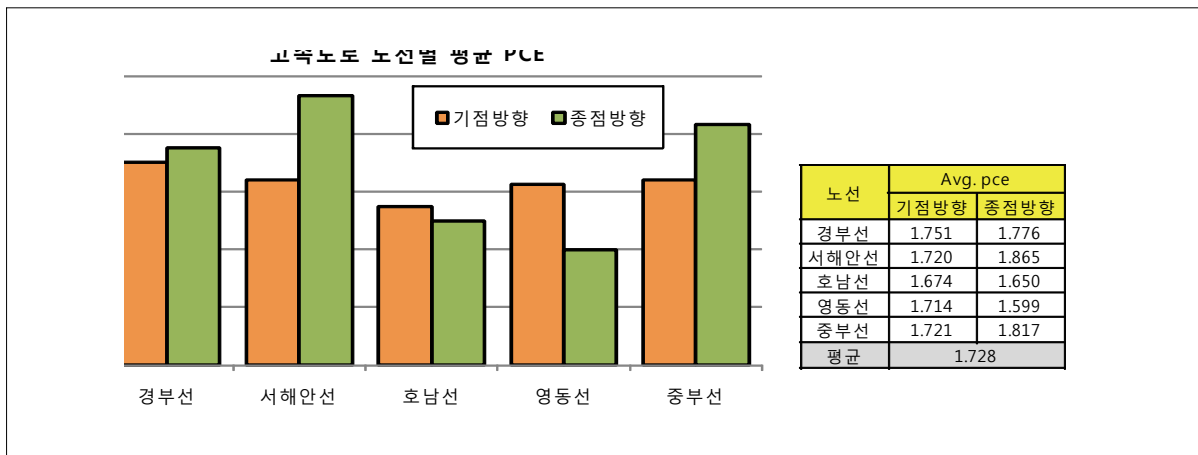
권역	버 스			트 럭			
	평균	소형 (16인승 미만)	보통 (16인승 이상)	평균	소형 (2.5톤 미만)	중형 (2.5톤 이상)	대형 (세미트레일러 이상)
전국	2.13	1.30	3.70	1.56	1.30	3.70	3.80
수도권	2.00			-			
광역권	부산·울산권	2.00		-			
	대구권	2.00		-			
	광주권	2.00		-			
	대전권	2.00		-			
	전주권	2.00		-			

주 : 한국개발연구원 (2008) 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구 (제5판)



&lt;그림 6-1&gt; 전국 고속도로 구간별 PCE값 분포도

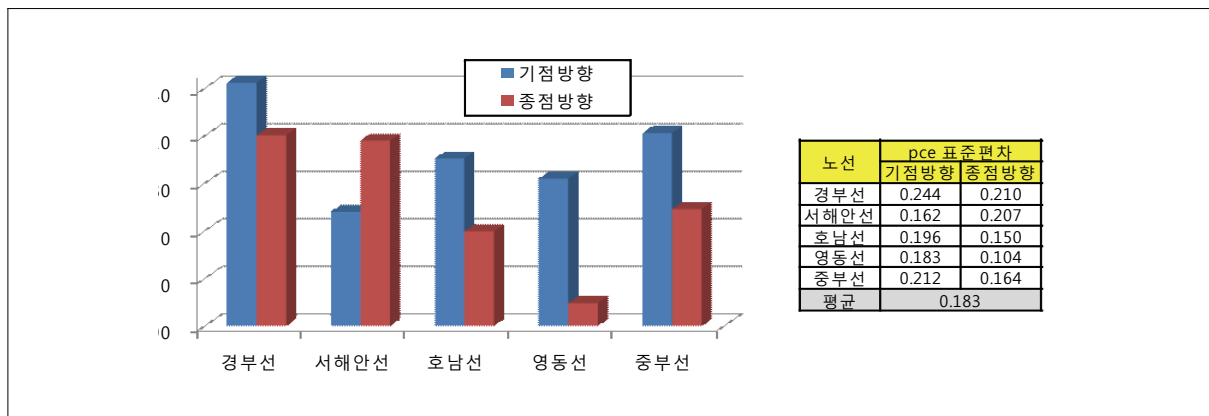
- 반대로 대도시 구간의 경우 PCE 값이 1.40~1.60 사이에 분포함을 확인할 수 있는데 이는 대도시 통과구간의 승용차 비율이 높기 때문으로 판단됨
- <그림 6-2>에서 확인할 수 있듯 전국 고속도로 구간별로 PCE값은 큰 편차가 존재하며 동일한 권역이나 노선별로도 차이가 큼을 확인할 수 있음
- 따라서 현재 전국적으로 동일한 PCE값을 적용해 관측 대 (Vehicle) 단위 교통량을 PCU 단위로 환산하는 것은 교통량 환산과 수요예측에 큰 왜곡을 불러일으킬 수 있는 오차 원인이 된다고 판단됨
- 향후 정확한 교통수요예측과 검증을 위해서는 도로 위계별, 지역별, 구간별로 신뢰성 있는 PCE값을 계산하여 이를 관측교통량 정의에 사용하는 등의 노력이 필요하다고 판단됨



**<그림 6-2> 고속도로 주요 축별 PCE값 비교**

- 총 전국 806개 지점에서 조사된 PCE값의 산술 평균값은 1.728이었으며, 이를 서울을 기준으로 상·하행을 구분해 평균을 계산하면, 서울로 상행하는 노선의 평균 PCE는 1.764, 서울에서 타 시도로 하행하는 축의 PCE는 1.693으로 계산되었음
- 노선의 상·하행 정의는 나머지 도로의 경우 종점방향이 모두 상행방향이나 영동선의 경우 기점방향이 서울 방향이며, 종점방향이 강릉방향으로 정의되어 있음
- 분석에 따르면 오전 첨두시의 분석시간대 (오전 7:30~9:30)에는 증차량의 흐름이 지방에서 서울로 향하고 있음
- 노선별 분석을 보면 가장 PCE값이 높은 노선은 서해안선으로 상·하행 평균은 1.792였고, 다음으로는 중부선이 1.769를 나타내었음

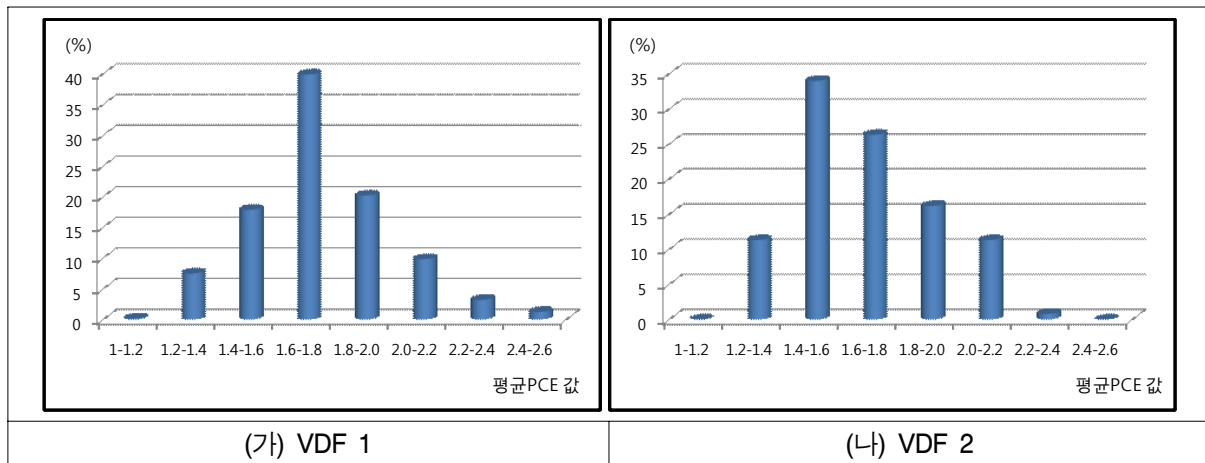
- 경부선의 상·하행 평균 PCE는 1.763으로 평균적인 수준을 나타낸 반면 호남선은 1.662, 영동선은 1.656으로 나타나 축의 통과 및 종점 지역의 산업화 수준과 PCE값에 연관성이 존재함을 추측할 수 있음
- 노선별 PCE분포를 보면 경부선과 호남선의 경우 상·하행의 편차가 크지 않은 반면 서해안선은 PCE의 방향별 편차가 매우 크게 나타났으며 중부선과 호남선 역시 PCE값의 방향별 분포가 상당히 크게 나타났음
- 다음으로는 PCE값의 변동이 동일한 노선 내에서 어떻게 나타나는 지를 분석하기 위해 노선내 구간별 PCE값의 표준편차를 계산하였음



<그림 6-3> 고속도로 노선별 PCE값 표준편차 비교

- 노선별 분석결과 축 내에서 구간별 PCE값 편차가 가장 큰 노선은 경부선으로 나타났는데 이 지표는 동일한 노선을 따라 진행하면서 차량의 구성비율이 크게 바뀔을 의미하는 것임
- 즉, <그림 6-3>에서 도시부의 경우 평균 PCE가 낮고 지방부의 경우 평균 PCE가 높게 나타나는데 경부선의 경우 노선 자체가 상호 이질적인 도시부와 지방부가 혼재되어 있음을 의미함
- 서해안선이나 중부선 역시 방향별로 보면 상당한 표준편차값이 나타나는데 이 역시 구간별로 중차량이 많이 이용되는 구간과 그렇지 않은 구간이 혼재되어 있음을 나타냄
- 반면 호남선이나 영동선의 경우 상·하행 모두 0.200 이하의 편차를 나타내는데 이는 전 구간에 걸쳐 중차량 구성비가 상대적으로는 안정적인 비율을 유지함을 보여줌

- 특히 영동선 종점방향 (강릉방향)의 경우 오전시간대에 PCE 값 자체도 낮고 표준편차 값도 낮아 전 구간에 걸쳐 오전에는 승용차 통행 비율이 높고 구간별로도 승용차 비율이 높은 경향성에 큰 변화가 없음을 알 수 있음
- 분석에서 확인된 바와 같이 노선별 PCE값은 노선별로도 큰 차이가 존재하고, 방향별, 구간별로도 상당히 큰 차이가 존재하기 때문에 특정한 단일 PCE를 지역이나 노선 및 방향별로 적용할 경우 상당한 오차의 원인이 될 것으로 판단됨
- 이상의 PCE 분석을 VDF 등급별로 시행한 결과 VDF 1 (2차로 이하)의 경우 평균 PCE 값은 1.744이고 VDF 2 (3차로이상)의 경우 평균 PCE 값은 1.673으로 나타나 차로수가 적은 고속도로의 중차량 비율이 더 높은 것으로 추정됨



<그림 6-4> VDF 1,2 등급의 PCE 상대돏수 분포

- 상대돏수 분포를 통해 VDF 1과 VDF 2의 PCE분포를 분석하면 VDF 1은 1.6~1.8 사이 구간에 위치한 구간 돏수가 가장 많은 반면 VDF 2의 경우 1.4~1.6 구간의 돏수가 가장 많아 돏수의 최빈구간 역시 VDF 1이 VDF 2에 비해 PCE 값이 더 크다는 사실을 확인할 수 있음
- 이상의 비교를 통해 확인할 수 있는 사실은 차로수가 많은 고속도로 구간일수록 승용차 구성 비율이 많다는 것인데, 이러한 도로구간이 주로 대도시 주변이나 도시를 잇는 주요 고속도로 축임을 고려할 때 전체적인 트럭 교통량 자체는 VDF 1 등급도로나 VDF 2 등급도로에서 큰 차이가 없으나 VDF 2 등급 도로에서 승용차 통행량 자체가 증가하면서 PCE 값을 낮추게 되는 경향이 나타난 것으로 판단됨
- VDF 1의 평균값 1.744와 VDF 2의 평균값 1.673은 그 편차가 0.071이고 VDF 2기준으로 역 4.24 (%)의 상대편차를 나타내는데 이 값 자체는 통계적 검증을 거치지 않았기

때문에 서로 다른 값이라 판단하기는 어렵지만, 〈그림 6-4〉에서 확인되는 상대뒳수 분포의 차이 등을 고려할 때 차로 수에 따른 PCE 차이의 영향도 어느 정도 존재하는 것으로 판단됨

- 도로 위계의 특성상 다차로 도로의 경우 구간별 특성에 따라 차종구성비가 매우 큰 편차를 보일 것으로 판단되기 때문에 향후 후속연구 등을 통해 다차로 교통량 PCU 환산에 사용할 구간별 PCE 계산도 필요하다고 판단됨

### 제3절 유료도로 요금 가중치 적용방안

#### 1. 현행 기법을 적용한 유료도로 가중치 분석

- 현행 산정기법에 의한 승용차의 유료도로 통행비용을 실제 요금과 비교하면 다음과 같음

<표 6-3> 가중치에 의한 통행비용과 실제요금 비교(1종 기준) (단위: 원)

구분		고속도로(폐쇄식)		고속도로 (개방식)	민자고속도로	
		서울-대전	서울-부산	청계	천안-논산	미사-춘천
가중치 적용 요금	기본 요금	1,192원	1,192원	1,000원	-	-
	거리별 요금	요금 가중치 (0.264)*거리 (137.6) = 36.33분 시간가치 (15,286원) 적용후 요금 = 9,255원	(0.264*137.6+0.22*257.4)= 92.95분 시간가치 (15,286원) 적용후 요금 = 23,682원	-	8,741원 (km당 요금적용)	6,497원 (km당 요금적용)
실제요금		7,700원	18,800원	1,000원	9,100원	6,500원

- 이와 같이 폐쇄식이나 민자고속도로의 통행료 요금산정액은 실제 요금과는 차이가 발생할 수 있는 개연성이 있음. 특히 현재 제시된 지역간 통행비용함수의 통행시간 가중치는 상대적으로 실제요금과는 차이를 보이고 있음
- 특히 위의 표와 같이 링크에 부과되는 통행비용에 대한 가중치는 한 개의 차종을 대상으로 가정할 수 밖에 없으며 몇가지 차종을 동시에 고려하더라도 차종별 구성비를 고려하지 못하고 단지 해당링크의 거리별 차종별 요금부과기준에 의한 합산값을 가중치로 활용 할 수 밖에 없게 되어 다차종에 대한 운행경로 선택행위를 모사하기 어려운 한계가 있음
- 하지만 통행배정과 관계되는 보다 중요한 문제는 시간가치를 적용한 이후 실제 배정되는 통행량의 현실모사능력이라 할 수 있음
- 기존 연구에서는 이러한 문제점을 동일한 기준점을 갖는 재정고속도로 이용자의 경우 경로에 상관없이 동일한 통행료를 지불하는 현실과 다른 통행배정결과를 문제점으로



제시하고 있는데 이는 현재의 유료도로 가중치 적용이 통행거리에 비례하여 부과되는 방식으로 이루어져 있기 때문임

- 다음에 예를 보면 그 상황을 이해할 수 있는데 서울-부산간 통행량 배정시 현재의 가중치 적용방식으로 통행배정 하였을 때 다양한 경로에 통행량이 배정되지 못하고 최단경로(중부내륙선-신대구부산선)에 집중되어 통행량이 배정되는 것을 알 수 있음
- 하지만 도로공사(2009)에서는 Entry-to-Exit Toll 부과방식의 매트릭스 적용과정을 통해 다중경로 이용과 같은 현실성을 모사할 수 있는 방안을 제시하였음
- 하지만 Entry-to-Exit toll 부과방식은 실제 요금소간 통행요금을 matrix형태로 구축하여 VDF함수에 적용하는 OD기반 배정 방식이기 때문에 링크기반의 통행배정방식인 현재의 VDF함수 체계에서는 적용이 어렵다는 단점이 제기됨
- 이에 따라 통행상황에 따라 다양한 경로로 이동하는 현실적인 지역간 고속도로 통행자의 통행행태 모사에 한계가 있음
- 또한 다양한 민자고속도로 건설로 인하여 나타나는 기존 고속도로와의 연계에 의한 통행량 배정도 비현실성을 보이는 경우가 존재하는 데 다음의 예를 보면 그 현상을 분명히 알 수 있음
- 서울에서 광주로 고속도로로 이동하는 경우 1기 민자고속도로인 천안-논산고속도로를 이용하게 되는데 해당고속도로를 이용할 경우 통행요금은 현재의 14,400원에서 18,500원으로 증가하게 됨
- 이때 통행시간은 19분정도 단축되는데 통행비용은 4,100원이 상대적으로 증가하는 경로특성을 지니고 있음
- 통행비용 4,100원 차이는 현재의 통행요금 가중치적용방식에 의하면 승용차기준으로 16.1분의 가치임
- 이에 따라 현재의 유료도로 통행배정방식에 의한 통행배정을 수행하게 되면 대부분의 차량(95%이상)이 천안-논산 고속도로를 이용하여 광주로 통행하는 패턴이 나타남. 하지만 실제 해당 경로 통행량의 비율은 80% 수준으로 제시되어 있음
- 이는 유료도로 통행배정과정에서 통행자들의 경로선택이 일반화비용이 가장 작은 경로로 배정되기 때문으로 판단됨
- 하지만 현재의 통행패턴은 서울-광주간 통행량의 민자고속도로 이용량이 80% 수준임을 고려할 때 이러한 통행배정은 현실을 모사하는데 한계가 있음을 알 수 있음

- 또한 현재의 가중치 적용기법은 승용차, 버스, 트럭에 대한 시간가치를 역산하는 방식에 의해 PCU 단위의 통행시간 가중치를 적용하는 과정을 제안하고 있음
- 하지만 이러한 방식은 다차종 통행배정모형과 결합된 통행비용함수 적용이 아닌 단순히 차종별 가중치를 통해 얻어진 PCU 단위의 통행시간 가중치를 합산하는 방식을 적용함으로 인하여 현실모사능력에 한계를 지니고 있음

<표 6-4> 서울-광주 고속도로 경로 비교

구분	서울-광주 고속도로	
	서울-회덕-광주 (재정고속도로)	서울-천안-논산-광주 (재정-민자고속도로)
통행거리	297.5km	266.3km
통행시간	3시간	2시간41분
통행요금	14,400원	18,500원
통행분포	20%	80%

자료: 도로공사(2013년) 내부자료

## 2. 신규 유료도로 요금 가중치 적용 결과 분석

### 가. 유료도로 가중치 값 산정 및 적용 개선방안

- 앞 절에서 검토한 현행 가중치 적용방안의 문제점은 다음과 같이 정리할 수 있음
- 첫째, 폐쇄식 재정고속도로의 경우 기본요금과 km당 운행거리별 요금을 병합하는 현재의 가중치 산정과정은 경로기반이 아닌 링크기반의 요금산정이 이루어지므로 요금 체계가 동일한 다양한 경로에 대해 각각 다른 통행요금이 일반화비용으로 산정될 수 있음. 이에 따라 통행배정결과의 왜곡이 발생할 수 있음
- 둘째, 거리별 통행요금 가중치적용방식에 의해 제시된 통행비용 가중치가 현실과는 차이를 보이는 문제가 발생함
- 셋째, 점점 증가하고 있는 민자고속도로에 대한 가중치 부과기준이 정리되지 못해 km당 요금기준을 획일적으로 적용하여 기종점별 다양한 요금체계를 반영하지 못함. 특히 재정고속도로와 연계되어 경쟁적인 경로의 성격을 보이는 민자고속도로의 경우 명확한 통행요금에 대한 일반화비용 환산기준이 제시되지 못할 경우 링크별 통행량 배정이 비현실적으로 이루어질 수 있음
- 넷째, 수도권권을 제외한 광역도시권에 대한 유료도로 VDF 가중치 산정기준이 하나로 제시되어 있어 다양한 지역별 통행행태 반영이 어려움
- 다섯째, 차종별 유료도로에 대한 일반화비용 가중치 적용이 합리적이지 못하고, 차종별 통행배정이 이루어질 때만 가능한 통행배정의 현실성이 부족하여 특정차종에 대한 통행량배정이 왜곡되는 현상이 발생함
- 본 연구에서는 이러한 문제점 중 다차종 통행배정방식에 근본적인 문제가 있는 마지막 다섯 번째 문제점을 제외하고 나머지 문제점에 대한 개선방안을 제시하고자 함
- 현재 지역간 유료도로에 적용된 가중치가 가장 높은 차종구성 비율을 보이는 승용차에 대한 통행요금을 중심으로 현실성 있는 값을 보이도록 가중치를 개선하고자 함. 이를 위해 2차로 도로를 기준으로 km당 41.4원이 부과되는 현재의 주행요금체계를 기준으로 가중치를 산정하면 전국권으로 제시된 2차로 고속도로의 가중치 0.22는 0.16으로, 수도권권의 2차로 고속도로의 가중치 또한 0.334에서 0.207로 개선될 필요가 있음
- 또한 요금소에 대한 램프구간은 2.34에서 1.77로 조정되어야 기본요금 900원에대한 절반수준의 요금부과가 이루어질 수 있음

&lt;표 6-5&gt; VDF 가중치 및 가중평균 가중치 예시

구 분		차 종	통행요금 (원/km)	시간가치 (원/대)	가중치 (분/km)
고속 도로	전국권	승용차(1종)	41.4	15,286	<b>0.163</b>
		버 스(3종)	43.9	44,772	0.036
		트 렉(2종)	42.2	18,351	0.138
		합 계			0.337
	수도권	승용차(1종)	41.4	12,009	<b>0.207</b>
		버 스(3종)	42.2	59,446	0.042
		트 렉(2종)	43.9	18,351	0.144
		합 계			0.393

※ 램프구간(요금소)의 가중치는 0.177로 개선

- 민자고속도로의 경우는 다양한 기준점으로 통행료 산정기준이 다음과 같이 정립되어 있으므로 이를 반영한 링크별 통행비용함수 가중치를 개별적으로 마련할 필요가 있음

&lt;표 6-6&gt; 인천공항 고속도로 요금체계 (단위 : 원/대)

차종	신공항영업소	북인천영업소	기준	차량예시
경차	4,000	1,950	1000cc 미만	
소형	8,000	3,900	2축차량/ 1.5톤 이하화물	그렌저, 카니발, 소형화물차등
중형	13,600	6,600	2축차량 1.5톤 초과화물	버스, 중형화물차등
대형	17,700	8,600	3축이상 차량	덤프, 중장비차

자료: 신공항 하이웨이 (www.hiway21.com)

&lt;표 6-7&gt; 천안-논산 고속도로 요금체계(단위: 원/대)

구분	천안 JCT	남천안 IC	정안 IC	북공주 JCT	공주 JCT	남공주 IC	탄천 IC	서논산 IC	연무 IC	논산 JCT
천안JCT	-	200	2,000	3,800	3,800	4,600	6,200	7,200	8,200	9,100
남천안IC	200	-	1,800	3,600	3,600	4,400	6,000	7,000	8,000	8,900
정안IC	2,000	1,800	-	1,800	1,800	2,600	4,200	5,200	6,200	7,100
북공주JCT	3,800	3,600	1,800	-	200	1,000	2,700	3,600	4,600	5,500
공주JCT	3,800	3,600	1,800	2,00	-	800	2,400	3,400	4,300	5,300
남공주IC	4,600	4,400	2,600	1,000	8,00	-	1,600	2,600	3,500	4,500
탄천IC	6,200	6,000	4,200	2,700	2,400	1,600	-	1,000	1,900	2,900
서논산IC	7,200	7,000	5,200	3,600	3,400	2,600	1,000	-	1,000	1,900
연무IC	8,200	8,000	6,200	4,600	4,300	3,500	1,900	1,000	-	900
논산JCT	9,100	8,900	7,100	5,500	5,300	4,500	2,900	1,900	900	-

자료: 천안논산고속도로 (www.cneway.co.kr)

주: 1종 요금 기준

&lt;표 6-8&gt; 대구-부산 고속도로 요금 체계 (단위 : 원/대)

구분	동대구JC	동대구IC	수성IC	청도IC	밀양IC	남밀양IC	삼랑진IC	상동IC	대동JC
동대구JC	-	300	1,000	3,500	5,700	6,500	7,400	9,300	10,100
동대구IC	300	-	1,000	3,200	5,400	6,200	7,100	9,000	9,800
수성IC	1,000	1,000	-	2,700	5,000	5,700	6,600	8,500	9,300
청도IC	3,500	3,200	2,700	-	2,200	3,000	3,900	5,800	6,600
밀양IC	5,700	5,400	5,000	2,200	-	1,000	1,700	3,600	4,400
남밀양IC	6,500	6,200	5,700	3,000	1,000	-	1,000	2,800	3,600
삼랑진IC	7,400	7,100	6,600	3,900	1,700	1,000	-	1,900	2,700
상동IC	9,300	9,000	8,500	5,800	3,600	2,800	2,800	-	800
대동JC	10,100	9,800	9,300	6,600	4,400	3,600	3,600	800	-

자료: 대구부산 고속도로 (www.dbeway.co.kr)

주: 1종 요금 기준

&lt;표 6-9&gt; 서울 외곽순환 고속도로 요금체계 (단위 : 원/대)

구분	일산IC	고양IC	통일로IC	송추IC	의정부IC	벌내IC	퇴계원IC
일산IC	-	1,000	1,100	3,000	3,000	4,400	4,800
고양IC	1,000	-	1,100	3,000	3,000	4,400	4,800
통일로IC	1,100	1,100	-	3,000	3,000	4,400	4,800
송추IC	3,000	3,000	3,000	-	1,400	2,800	3,200
의정부IC	3,000	3,000	3,000	1,400	-	1,400	1,800
벌내IC	4,400	4,400	4,400	2,800	1,400	-	1,000
퇴계원IC	4,800	4,800	4,800	3,200	1,800	1,000	-

자료: 서울외곽순환 고속도로 (www.seoulbeltway.co.kr)

주: 1종 요금 기준

&lt;표 6-10&gt; 부산-울산 고속도로 요금체계 (단위 : 원/대)

구분	해운대	해운대·송정	기장·일광	장안	온양	청량	문수	울산
해운대	-	1,000	1,100	1,600	2,400	3,000	3,500	3,800
해운대·송정	1,000	-	1,000	1,100	1,900	2,600	3,000	3,300
기장·일광	1,200	1,000	-	1,000	1,300	1,900	2,300	2,700
장안	1,600	1,100	1,000	-	1,000	1,500	1,900	2,300
온양	2,500	2,000	1,300	1,000	-	1,000	1,100	1,400
청량	3,100	2,600	1,900	1,500	1,000	-	1,000	1,000
문수	3,500	3,000	2,400	1,900	1,100	1,000	-	1,000
울산	3,900	3,400	2,700	2,300	1,400	1,000	1,000	-

자료: 부산울산고속도로(www.busanulsanway.co.kr)

주: 1종 요금 기준

&lt;표 6-11&gt; 서울-춘천 고속도로 요금체계 (단위 : 원/대)

구분	미사IC	덕소삼패IC	화도IC	서종IC	설악IC	강촌IC	남춘천IC	춘천JCT
미사IC	-	1,000	1,800	2,400	4,100	5,000	6,000	6,500
덕소삼패IC	1,000	-	1,800	2,400	4,100	5,000	6,000	6,500
화도IC	1,800	1,800	-	1,000	2,300	4,100	4,500	5,000
서종IC	2,400	2,400	1,000	-	1,600	3,400	3,900	4,400
설악IC	4,100	4,100	2,300	1,600	-	1,800	2,900	3,600
강촌IC	5,000	5,000	4,100	3,400	1,800	-	1,100	1,800
남춘천IC	6,000	6,000	4,500	3,900	2,900	1,100	-	600
춘천JCT (조양)	6,500	6,500	5,000	4,400	3,600	1,800	600 (1000)	-

&lt;표 6-12&gt; 용인-서울 고속도로 요금체계 (단위 : 원/대)

구분	서수지 영업소	금토 영업소	서수제IC 영업소
1종	1,100	900	600
2종	1,100	900	600
3종	1,100	900	600
4종	1,400	1,000	600
5종	1,500	1,100	700

자료: 용인서울고속도로(www.yseway.com)

주: 1종 요금 기준

&lt;표 6-13&gt; 인천대교 요금체계 (단위 : 원/대)

차종	통행요금		
	합계	민자	국고
경차	3,000	2,800	200
소형	6,000	5,600	400
중형	10,200	9,500	700
대형	13,200	12,300	900

- 기본 통행료: 6000원(소형기준), 인천대교(민자구간): 5,600원(부과세 포함)

- 연결도로(국고구간): 400원(부과세 면제)

자료: 인천대교 (www.incheonbridge.com)

주: 국고 구간은 인천대교영업소에서 정부를 대행하여 수납함

&lt;표 6-14&gt; 서수원-평택 고속도로 요금체계 (단위: 원/대)

구분	봉담	정남	북오산	동탄	안녕	향남	북평택
봉담	-	1,000	1,600	2,100	1,300	1,700	3,000
정남	1,000	-	1,000	1,400	1,000	1,100	2,600
북오산	1,600	1,000	-	400	1,000	1,400	2,700
동탄	2,100	1,400	400	-	1,400	1,800	3,100
안녕	1,300	1,000	1,000	1,400	-	1,100	2,600
향남	1,700	1,100	1,400	1,800	1,100	-	1,500
북평택	3,000	2,600	2,700	3,100	2,600	1,500	-

자료: 경기고속도로 (www.ggex.co.kr)

주: 1종 요금기준

- 예를 들어 마지막 서수원-평택 고속도로 요금체계를 살펴보면 거리별 요금체계가 아닌 기종점별 요금체계이므로 이에 대한 반영을 위해서는 해당링크에 직접 통행요금과 수도권 승용차 통행시간가치를 역산하여 링크별 VDF 가중치를 입력하여 계산하는 것이 바람직함
- 이를 위해서는 각각의 기종점별 통행요금 정산을 위한 링크 및 요금소의 요금기준을 명확하게 검토하여야 하며 이를 기준으로 민자고속도로의 요금기준이 계산되어야 함.
- 링크 및 요금소에 할당된 요금가중치가 현실적인 요금수준을 정확히 묘사하게 된다면 재정고속도로와의 경쟁 및 연계관계도 합리적으로 설명되어 통행량 배정이 더욱 현실적이 될 것임
- 광역도시권에 대한 유료도로 가중치는 해당 광역권의 통행시간가치를 기준으로 다양하게 설정할 수 있으며 이를 통해 지역별 유료도로에 대한 가중치 적용과정의 현실 묘사성을 향상시킬 수 있음

&lt;표 6-15&gt; 광역도시권별 유료도로 VDF 가중치 산정 방안

구 분		차 종	통행요금 (원/km)	시간가치 (원/대)	가중치 (분/km)
고속도로	부산 울산권	승용차(1종)	41.4	10,172	<b>0.244</b>
		버 스(3종)	43.9	97,897	0.027
		트 력(2종)	42.2	18,351	0.138
		합 계			0.409
	대구 광역권	승용차(1종)	41.4	11,074	<b>0.224</b>
		버 스(3종)	42.2	100,011	0.025
		트 력(2종)	43.9	18,351	0.144
		합 계			0.393
	광주 광역권	승용차(1종)	41.4	10,382	<b>0.239</b>
		버 스(3종)	43.9	104,260	0.025
		트 력(2종)	42.2	18,351	0.138
		합 계			0.403
	대전 광역권	승용차(1종)	41.4	11,378	<b>0.218</b>
		버 스(3종)	42.2	111,112	0.023
		트 력(2종)	43.9	18,351	0.144
		합 계			0.385

- 마지막으로 다중경로간 통행량 배정의 현실성 향상을 위한 고속도로 통행요금 반영을 위해서는 기종점별 통행요금에 대한 시간가치를 반영한 일반화비용 Matrix를 구축하여 VDF와 별도로 합산하는 방식을 제안할 수 있음
- 이는 기존 연구의 Entry-to-Exit Toll(도로공사, 2009) 적용방식과 동일한 개념으로 다음과 같은 형태의 통행요금 반영을 수행하게 됨

$$gc_{od}^m = \sum_{i \in A_{od}^m} \{VOT^m \cdot VDF_i\} + MT_{od}^m$$

- 이러한 방식의 고속도로 통행요금 반영은 이미 기존의 링크중심의 유료도로 통행배정으로 인한 고속도로 통행량이 저추정되는 비현실성을 개선할 수 있는 대안으로 제시된 바 있음
- 따라서 이러한 Matrix 형태의 기종점 통행요금 반영을 통해 단구간이나 특정권역내에서의 통행량 추정은 기존 방식보다 더 효율적인 통행수요예측을 수행할 수 있을 것으로 판단됨

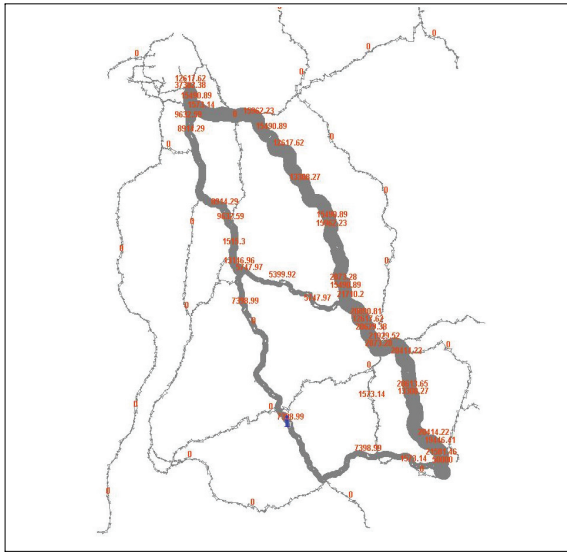


## 나. 유료도로 가중치 값 산정 및 적용 개선방안 검증

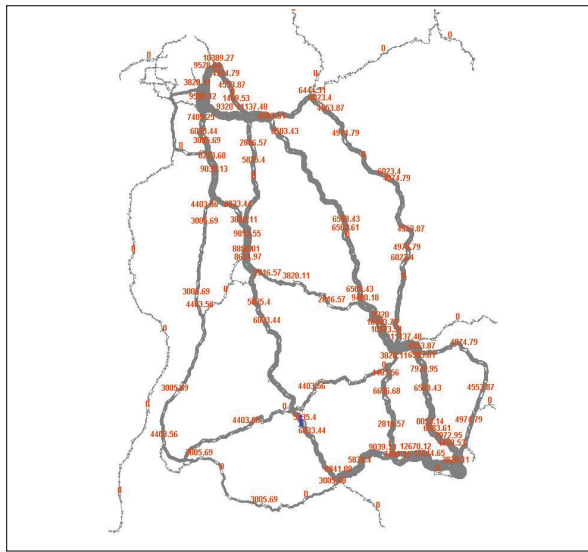
- 본 절에서는 앞에서 제안된 개선된 유료도로 가중치 적용에 대한 검증을 수행하고자 함
- 이를 위해 앞에서 검토한 폐쇄식 고속도로 및 광역권 고속도로의 통행요금에 대한 검증을 수행하고자 함
- 본 연구에서 제안한 통행비용함수 적용 가중치에 의한 폐쇄식 고속도로 통행비용 산정결과 서울-대전, 서울-부산 두 구간 모두 실제요금과 유사한 통행요금수준으로 일반화비용이 산정된 것을 알 수 있음
- 이는 기본요금수준 뿐 만 아니라 본선구간의 요금수준도 합리적인 요금가중치가 적용된 결과라고 할 수 있음
- 한편, 동일한 기종점간 다른 통행비용 부과로 인하여 나타나는 특정 경로에 대한 통행량 집중 및 유료도로 과소추정부분은 제안한 기종점별 통행요금 Matrix 적용을 통한 Entry-to-Exit Toll 적용으로 상당부분 해소가 됨을 알 수 있었음
- 아래 그림 및 표를 보면 기존 방식보다 훨씬 다양한 경로에 대한 통행배정이 이루어짐을 확인할 수 있으며 통행량 배정결과도 관측통행량을 훨씬 잘 설명하고 있음을 규명하였음

&lt;표 6-16&gt; 가중치 값 산정 요금 비교

구분		고속도로(폐쇄식)	
		서울-대전	서울-부산
가중치 적용 요금	기본 요금	900원	900원
	거리별 요금	요금 가중치 ( $0.163 \times 1.2$ ) * 거리 (137.6) = 26.91분 시간가치 (15,286원) 적용후 요금 = 6,856원	( $0.163 \times 1.2 \times 137.6 + 0.163 \times 257.4$ ) = 68.87분 시간가치 (15,286원) 적용후 요금 = 17,546원
실제요금		7,700원	18,800원



<그림 6-5> 기존 가중치를 활용한 통행 배정



<그림 6-6> Entry-to-exit toll 적용한 통행배정

<표 6-17> VDF 요금적용 방식에 따른 배정결과 비교

방 법	관측 VKT(2006)	배정 VKT (2006)	
개선된 요금가중치 적용	134, 619, 625	135, 582, 977	100. 72%
기존 요금가중치 적용		119, 418, 420	88. 71%

- 한편, 민자고속도로의 경우도 통행요금에 대한 가중치가 기종점별로 명확하게 표시됨으로 인하여 통행량 배정의 정확성을 향상시킬 수 있는 것으로 확인됨
- 서수원-평택고속도로의 경우 km당 통행요금을 적용할 경우 각 구간별로 현재의 요금부과 체계와 상이한 결과가 나타나는데 예를 들어 봉담 TG-북오산 TG의 경우 현재 공시된 km당 요금체계인 122원을 적용할 경우 1,366원이 산정되나 실제 요금체계는 1,600원으로 책정되어 있어 이를 반영할 경우 보다 현실성 있는 통행량이 배정되는 것으로 분석됨
- 이와 같은 민자고속도로 요금체계의 구체적인 반영은 민자고속도로와 연계 혹은 경쟁 관계에 있는 재정고속도로의 통행수요예측에도 영향을 미치는 것을 확인할 수 있음
- 앞서 검토한 서울-광주간 천안-논산고속도로 vs 재정고속도로(회덕 JC 이용)의 통행량 배정 비율을 현실적으로 검토한 결과 현재의 유료도로 통행비용 부과방식에 의하면 재정고속도로에 대한 통행비용이 지나치게 높게 설정되어 있고, 상대적으로 민자고속도로구간의 통행비용은 낮게 설정됨에 따라 천안-논산 고속도로에 대한 집중율이 높게 나타난 것으로 분석됨

- 이에 따라 재정고속도로의 통행료가중치를 앞에서 제시한 값으로 조정하고, 천안-논산 고속도로에 대한 통행료를 천안 JCT-논산JCT 구간에 대해 부과하여 통행배정을 수행한 결과 현실적인 통행배정이 이루어짐을 확인할 수 있었음

<표 6-18> 요금가중치 적용방식에 의한 서울-광주 고속도로 경로별 통행량 비교

구분	서울-광주 고속도로	
	서울-회덕-광주 (재정고속도로)	서울-천안-논산-광주 (재정-민자고속도로)
기존 통행요금 가중치	4.7%	95.3%
개선된 통행요금 가중치	21.6%	78.4%
관측자료 통행분포	20%	80%

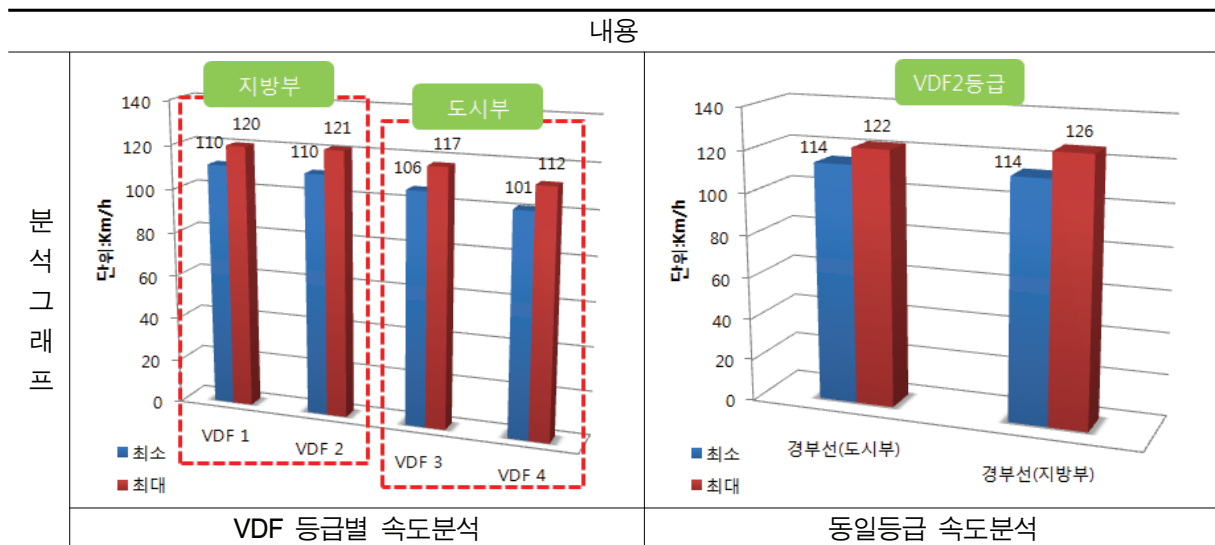
자료: 도로공사(2011년) 내부자료

## 제4절 신규 VDF 등급 부여 방안

### 1. 자유류속도 및 도로용량 분석

#### 가. 고속도로 산정 결과 분석

##### 1) 도시부, 지방부 속도 분석

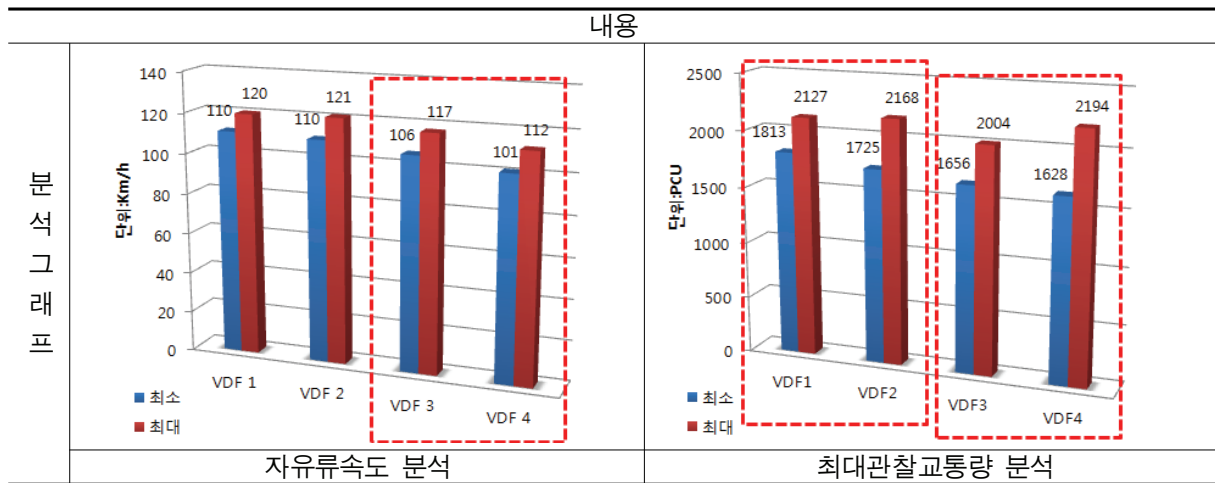


<그림 6-7> 도시부, 지방부 속도 분석

#### ○ 분석내용

- 한국도로공사 관리구간에 해당하는 지방부(VDF 1, 2) 자유류 속도와 지자체 관리구간에 해당하는 도시부(VDF 3, 4)의 자유류속도 분석결과 지방부 자유류속도가 도시부 자유류속도에 비해 높은 것으로 나타남
- 또한 동일등급 내에서도 지방부 자유류속도가 도시부 자유류속도보다 높게 나타남
- 따라서 현 분류체계를 유지하되 VDF 1, 2 등급내에서 도시부 자유류속도와 지방부 자유류속도를 구분할 필요가 있음

## 2) 고속도로 차로 구분에 따른 분석



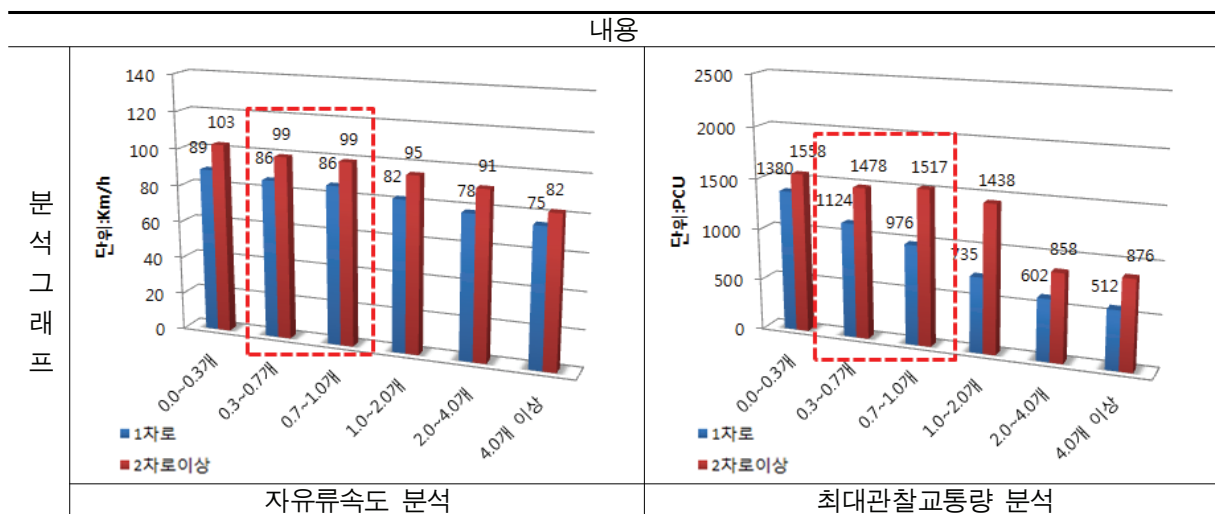
&lt;그림 6-8&gt; 고속도로 차로 구분에 따른 분석

## ○ 분석내용

- VDF 1, 2 등급 속도 데이터를 제외하면 대체적으로 편도 2차로와 편도 3차로 이상 데이터의 차이가 있음
- 따라서 VDF 1, 2, 3, 4 등급 분류 체계는 현 구분 체계를 유지할 필요가 있음

## 나. 다차로도로 산정 결과 분석

## 1) 신호밀도 구분에 따른 분석

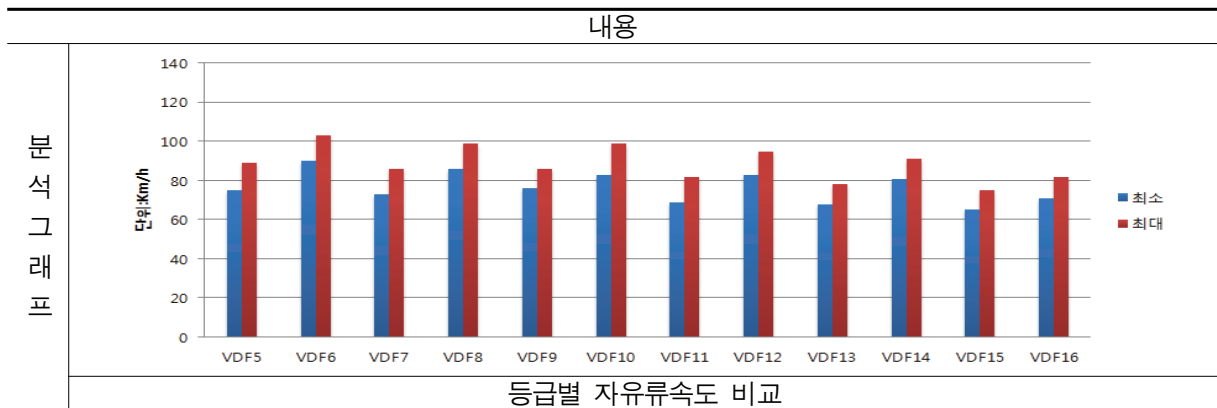


&lt;그림 6-9&gt; 신호밀도 구분에 따른 분석

## ○ 분석내용

- 대체적으로 신호밀도의 증가함에 따라서 속도 및 교통량이 감소하는 현상이 보이나 신호밀도 0.0 ~ 1.0 개/km 사이에는 속도 및 교통량이 비슷한 결과를 나타냄
- 따라서 신호밀도 기준을 재구분 할 필요가 있음

## 2) 차로 구분에 따른 속도 분석

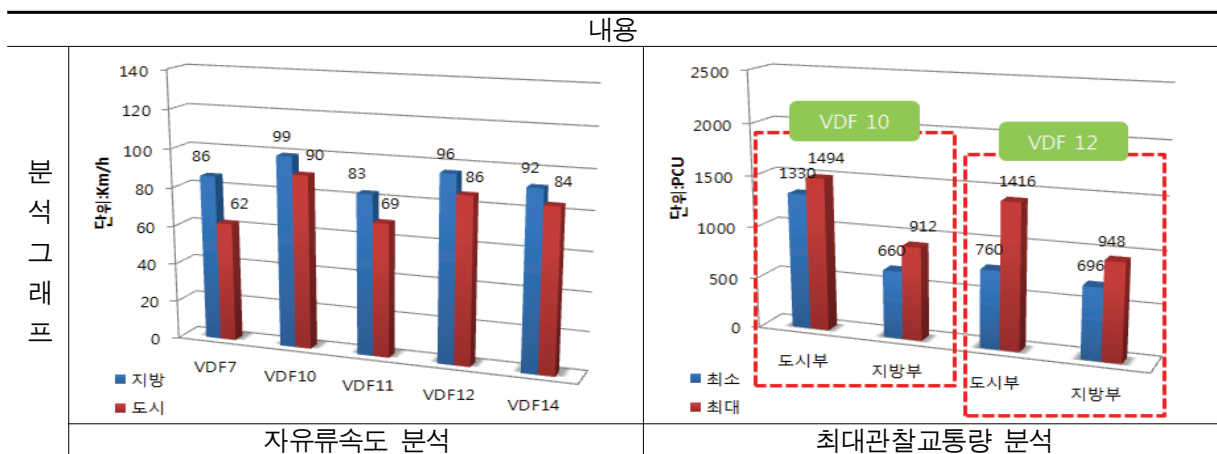


&lt;그림 6-10&gt; 차로 구분에 따른 속도 분석

## ○ 분석내용

- 편도 1차로와 편도 2차로 이상에서 속도가 차이가 나는 것으로 분석되어 차로 구분은 유지 할 필요가 있음

## 3) 도시부 지방부 분석



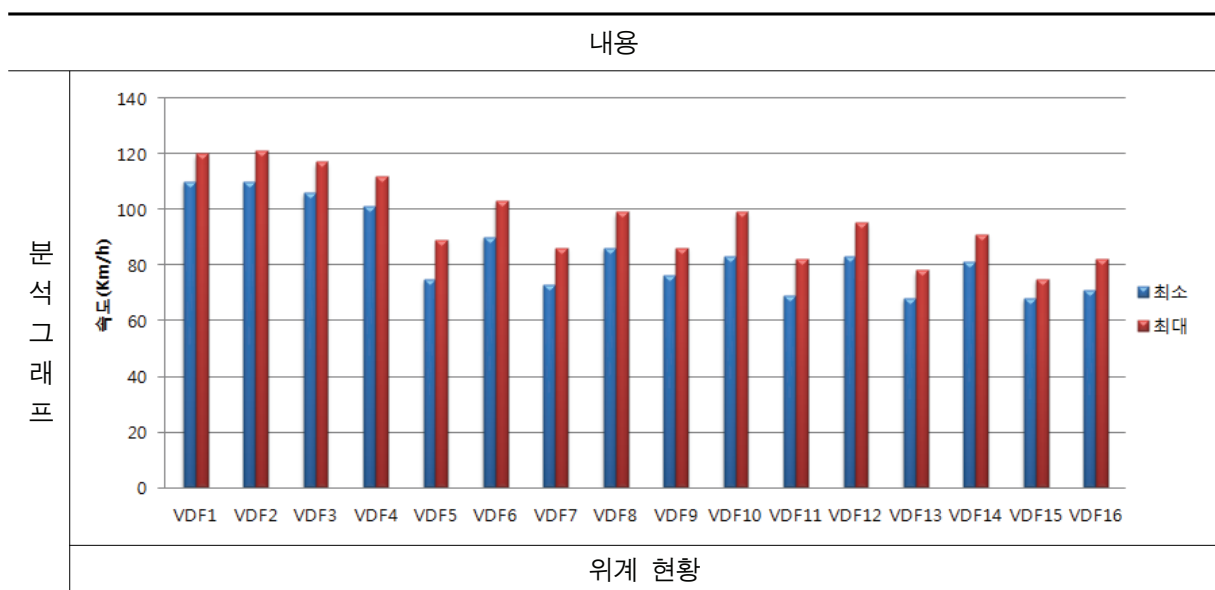
&lt;그림 6-11&gt; 도시부 지방부 분석

## ○ 분석내용

- 각 등급별 도시부와 지방부 비교시 지방부가 도시부보다 자유류속도 및 관대관찰교 통향이 높게 나타남
- 따라서, 각 등급내에서 도시부와 지방부를 구분할 필요가 있음

## 2. 현 VDF 체계 문제점

## 가. 현 VDF 위계 현황

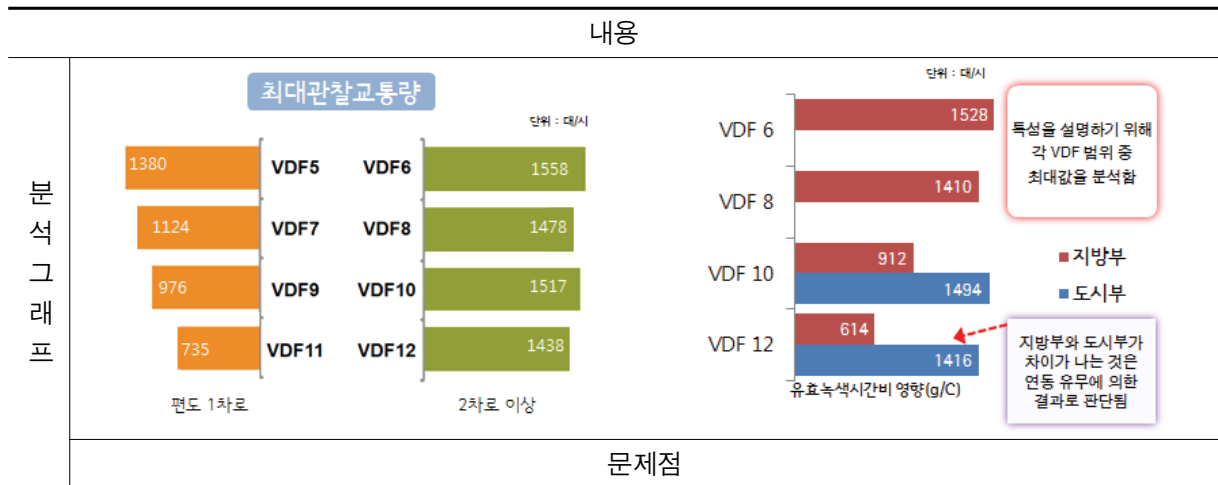


&lt;그림 6-12&gt; 현 VDF 위계 현황

## ○ 분석내용

- 위의 그래프와 같이 VDF 1과 VDF 2, VDF 7과 VDF 9, VDF 8과 VDF 10 이 각각 동일한 수준의 속도를 나타내고 있음
- 위와 같이 각각 유사한 속도 및 등급끼리 통합할 필요성이 있음

## 나. 현 다차로도로 체계 문제점



&lt;그림 6-13&gt; 현 다차로도로 체계 문제점

## ○ 분석내용

- 편도 1차로인 경우 VDF 7과 VDF 9, VDF 8과 VDF 10의 최대관찰교통량 값이 비슷함
- 2차로 이상인 경우 최대관찰교통량이 크게 감소하지 않음(신호등밀도기준에 따라 감소함)
- 지방부인 경우 등급이 높을수록 최대관찰교통량이 감소하나 VDF 10부터 도시부를 포함함으로 감소현상이 상쇄됨



### 3. VDF 도로 위계 개선 방안

#### 가. 위계 개선안(대안1)

- 첫 번째 위계 개선안은 현 VDF 분류체계를 유지시키면서 자유류속도 관측값을 분석했을 때 동일한 수준의 속도가 나타나는 VDF 등급끼리 부분적으로 통합함

<표 6-19> 위계 개선안1 총괄표

구분	링크 Type	차로구분	관측값(통합) (km/h)	비고
고속도로	1	2차로 이상	110~120	VDF2와 통합
도시고속도로	2	2차로	106~117	
	3	3차로 이상	101~112	
국도	4	1차로	75~89	
	5	2차로 이상	90~103	
	6	1차로	73~86	VDF7, 9 통합
	7	2차로 이상	86~99	VDF8, 10 통합
	8	1차로	69~82	
	9	2차로 이상	83~95	
	10	1차로	68~78	
	11	2차로 이상	81~91	
	12	1차로	65~75	
	13	2차로 이상	71~82	

- 기존의 VDF 1 등급은 110~120km/h로 속도 범위가 분석되었고 VDF 2 등급은 VDF 1 과 동일한 수준으로 110~121km/h로 속도 범위가 분석
- VDF 7 등급은 77~86km/h, VDF 9 등급은 76~86km/h로 동일한 수준으로 나타났고, VDF 8 등급은 86~99km/h, VDF 10 등급은 83~99km/h로 동일한 수준으로 나타남
- 위의 내용으로 다음의 표와 같이 총 16개의 VDF등급 분류에서 13개의 VDF등급 분류로 축소하여 기존 VDF 1,2를 VDF 1으로, VDF 7,9를 VDF 6으로, VDF 8, 10을 VDF 7으로 각각 통합하여 재설정 함

### 나. 위계 개선안(대안2)

- 두 번째 위계 개선안은 고속도로와 도시고속도로는 현 VDF 분류체계를 유지시키고 국도를 도시부와 지방부로 구분하여 다차로 위계를 개선함

<표 6-20> 위계 개선안2 총괄표

구분	링크 Type	차로구분	신호밀도
고속도로	1	2차로	-
	2	3차로 이상	-
도시고속도로	3	2차로	-
	4	3차로 이상	-
국도 지방부	5	1차로	0.0 ~ 0.3 개/km
	6	2차로 이상	
	7	1차로	0.3 ~ 1.0 개/km
	8	2차로 이상	
	9	1차로	1.0 ~ 2.0 개/km
	10	2차로 이상	
	11	1차로	2.0 개/km 이상
	12	2차로 이상	
국도 도시부	13	2차로 이상	0.0 ~ 1.0 개/km
	14	2차로 이상	1.0 ~ 4.0 개/km
	15	2차로 이상	4.0 개/km 이상

- 기존의 차로수 분류에서 차로별 분류와 지방부, 도시부로 기준을 분류하고 기존 신호 밀도 분류 기준에서 등급별 자유류속도 관측값 중 동일 수준값을 통합을 하고 신호 밀도 기준을 다시 분류 함
- 국도 도시부의 경우 차로구분이 편도 1차로인 곳이 많지 않기 때문에 편도 2차로 이상으로 일괄적으로 통일 함. 신호밀도 기준은 0.0 ~ 1.0 개/km, 1.0 ~ 4.0 개/km, 4.0 개/km 이상 총 3가지 신호밀도 기준으로 통합 함
- 국도 지방부의 경우 기존 신호밀도 0.0 ~ 0.3 개/km, 0.3 ~ 0.7 개/km, 0.7 ~ 1.0 개/km, 1.0 ~ 2.0 개/km, 2.0 ~ 4.0 개/km, 4.0 개/km 이상 총 6가지 신호 밀도 기준에서 0.0 ~ 0.3 개/km, 0.3 ~ 0.1 개/km, 1.0 ~ 2.0 개/km, 2.0 개/km로 4가지 신호밀도 기준으로 통합 함

## 다. 위계 개선안(대안3)

- 세 번째 위계 개선안은 현 VDF 분류체계를 기존 차로수 분류와 도시부, 지방부 분류를 적용하고, 신호밀도분류 기준은 유사수준의 자유류속도를 통합하고 새로운 신호밀도기준으로 분류 함

&lt;표 6-21&gt; 위계 개선안3 총괄표

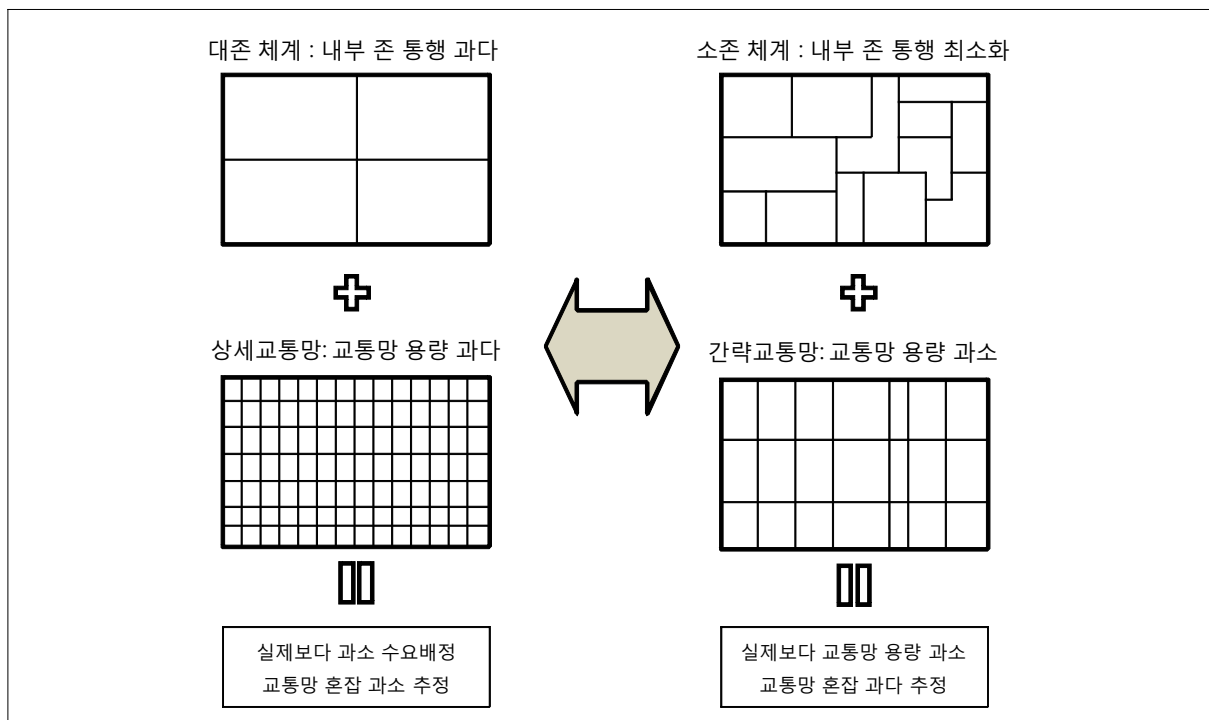
링크Type	도로구분	지역구분	차로구분 (편도기준)	신호밀도
1	고속도로	지방	2차로	-
2		도시	2차로	-
3		지방	3차로 이상	-
4		도시	3차로 이상	-
5	도시고속도로	도시	2차로	-
6		도시	3차로 이상	-
7	국도 다차로도로	지방	1차로	0.0 ~ 1.0 개/km
8		도시	1차로	
9		지방	2차로 이상	
10		도시	2차로 이상	
11		지방	1차로	1.0 이상 개/km
12		도시	1차로	
13		지방	2차로 이상	
14		도시	2차로 이상	

- 앞에서 언급하였던 대안2와 달리 지방부와 도시부의 구분은 국도 및 다차로도로 뿐만 아니라 고속도로에도 적용을 함으로써 해당도로의 지역적 특성을 보다 반영하기가 용이하고 지방부와 도시부 분류와 함께 차로 구분도 같이 분류 되어 기존보다 미시적으로 적용 구분하기 용이 할 것으로 예상
- 기존 VDF등급들의 자유류속도를 분석하여 유사수준  $\pm 10\text{km/h}$  이내 범위끼리 통합이 필요하다 판단이 됨
- 위의 방법으로 통합 후 신호밀도기준이 기존보다 단순화가 됨. 이 분석을 통하여 신호밀도기준은 1km당 신호의 유무만으로도 충분히 VDF등급을 분류 적용 할 수 있다고 생각 됨

## 제5절 존-네트워크 정합성 검토방안

### 1. KTDB 교통망 정합성 검증 필요성

- 존-네트워크의 정합성 (Compatibility) 검증이란 존과 네트워크가 상세도에 있어 동일한 수준을 갖는가를 검증하는 것임
- 예를 들어 존의 경우 전체 지역을 소수의 존으로 나눈 반면 교통망의 경우 존재하는 모든 링크들을 모두 포함시켰다면 전체 통행을 존 통행으로 정의하는 과정에서 존내 통행의량이 크게 증가하기 때문에 많은 링크에서 교통량이 실제 관측 통행량보다는 적게 나타남
- 반대로 교통망의 링크들은 간선도로 링크만을 포함시켜 작성하였으나 존은 지나치게 상세하게 정의한 경우 실제 차량들이 이용하는 도로들이 생략되어 교통망의 용량이 현실보다 낮게 정의되므로 실제보다 더 심각한 혼잡이 교통망에 나타날 수 있음
- <그림 6-14>에서 이러한 두 가지의 경우에 대한 교통망의 상세도와 존 설정의 상세도 차이에 의한 부정합을 예시하였음

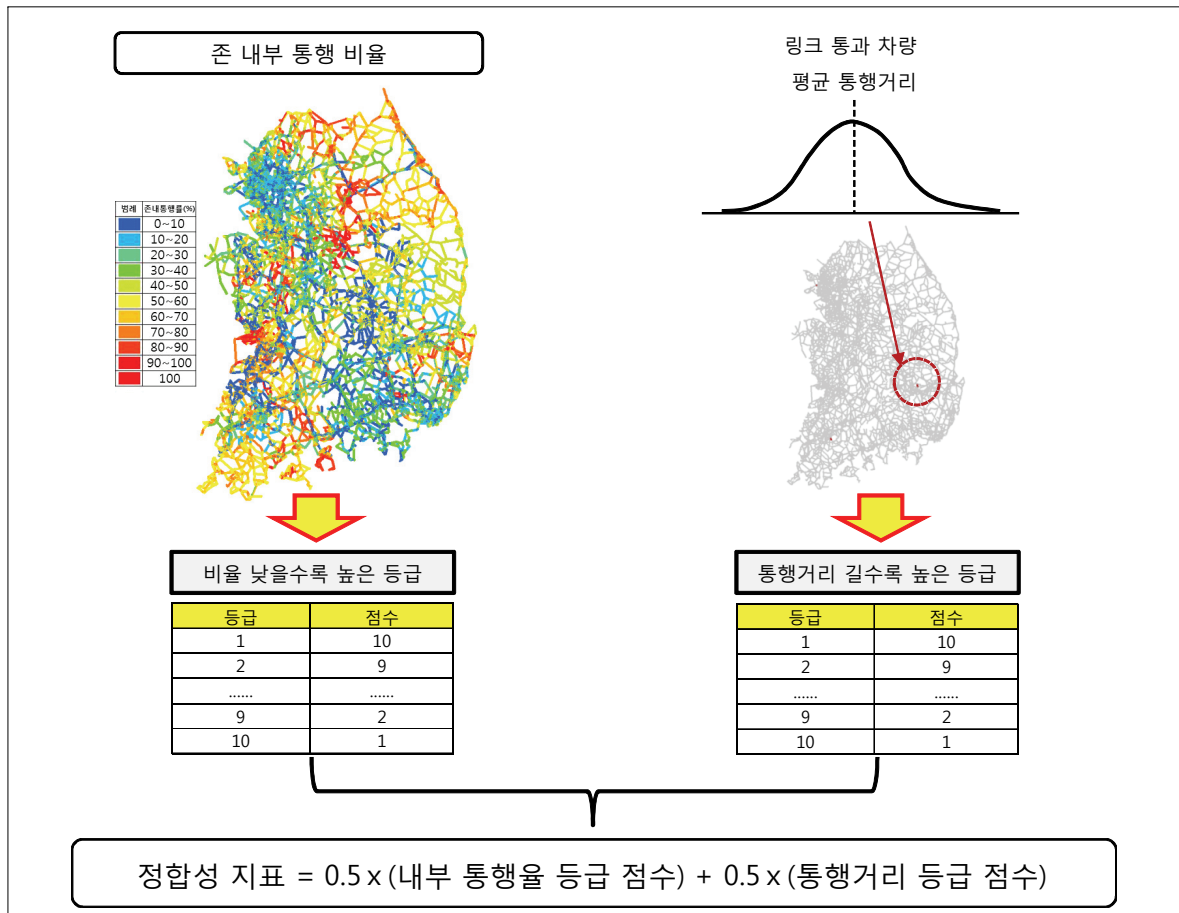


<그림 6-14> 존-교통망의 부정합 관계

- 하지만 일반적으로 존 체계의 경우 교통망과의 상세수준을 고려해 재편성을 할 수 있는 것이 아니라 행정 체계를 기준으로 정의되는 것이 일반적이므로 존-교통망 정합성 검증이란 실제로는 주어진 존 체계와 교통망이 얼마나 부합하는가, 교통망이 포함하고 있는 링크들이 얼마나 적절한가를 검토하는 데 사용될 수 있음
- 따라서 정합성 검증과정은 먼저 존 체계를 기준으로 개별 링크들이 해당 존체계 하에서의 통행패턴에서 교통망에 포함될 수 있을 정도로 역할을 수행하는 링크인지 아니면 존 체계의 정의상 교통망에 포함되는 것이 적절하지 않은 링크인지를 판단하는 과정이 됨
- 이와 관련해 본 과업에서는 분석을 통해 현재의 존 체계와 부합하지 않는 링크들을 선별하기는 하지만 이를 링크들을 교통망에서 삭제하거나 용량을 감소시키는 작업들은 하지 않으며, 실제 이러한 분석결과를 교통망 작성에서 어떻게 이용하는가는 일차적으로는 분석가의 판단이며, 향후 필요하다면 후속 과제를 통해 보다 구체적인 실행 방안을 제시할 것임

## 2. 존-교통망 정합성 분석 방법론

- 본 과업에서는 이러한 배경아래 현재 존 체계에서 링크의 통행패턴상의 역할을 통해 교통망의 링크가 현재의 존 체계에 적합한지를 평가할 수 있는 방법론을 개발함
- 앞서 설명한 바와 같이 존과 교통망을 구성하는 링크간의 정합성을 평가할 수 있는 정보는 현재 크게 두 가지임
- 첫 번째 자료는 존 내부 통행비율로서 존 내부 통행량이 높은 링크의 경우 존 내부를 통행하는 차량들에 의해 주로 이용되는 링크이므로 존 간 통행을 분석하는 통행배정 모형을 위한 교통망에는 적합하지 않은 정합성이 낮은 링크로 판단할 수 있음
- 그런데 존 내부 통행량이 높더라도 정합성이 낮은 링크일 가능성이 있는 경우가 존재하는데 이는 링크의 위치가 존 경계에 위치하는 경우임
- 즉, 링크가 존과 존 사이의 경계에 위치하는 경우 존 내부 통행이 존재할 수 없기 때문에 모든 관측교통량이 존 간 통행으로 정의됨
- 하지만 이러한 존 경계상의 링크들 중 통행거리가 매우 짧은 차량들에 의해 주로 이용되는 링크가 있다면 해당 링크는 국지도로일 가능성이 높으며, 따라서 이러한 링크들도 정합성 고려에서 포함시켜야 할 필요성이 있음

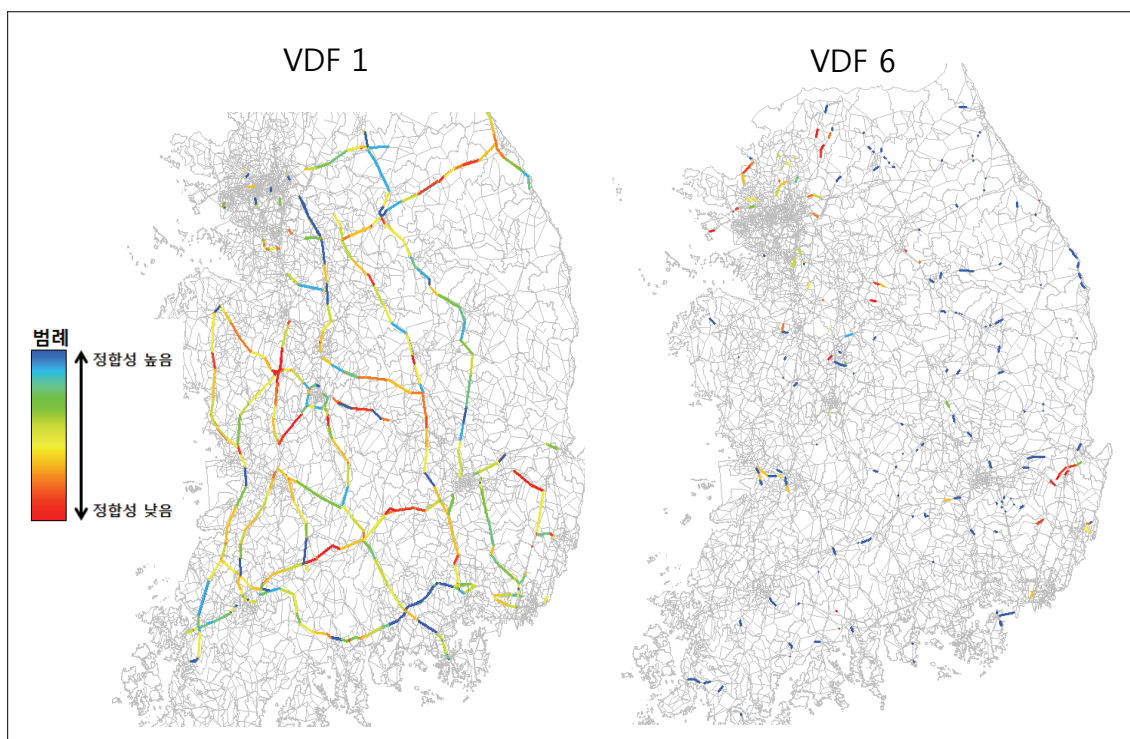


<그림 6-15> 존-교통망 정합성 비표 계산 과정

- 링크 통과 차량의 평균 통행거리 분석을 위해 30개 이상의 통과 차량 궤적이 존재하는 모든 링크들에 대하여 통과 차량의 평균 통행거리를 계산하여 DB에 탑재하였음
- <그림 6-15>에서 보는 바와 같이 통과 차량의 평균 통행거리에 따라 링크들은 10등급으로 구분되었으며 평균 통행거리가 길수록 높은 점수를 부여하였음
- 링크 중요도 분석 기법과 유사하게 각 링크에 대하여 두 가지 지표를 통하여 자신이 속한 VDF 내에서 평가 등급을 부여하고 각 등급에 점수를 최대 10까지 부여한 뒤 두 지표의 가중 평균을 통해 정합성 지수를 계산하였음
- 이러한 분석 과정은 각 평가 점수에 대한 가중치는 0.5를 적용하여 분석하였음
- 이상의 분석 과정은 VDF 통합관리 애플리케이션에 프로그램으로 개발되어 탑재되었고 현재 분석에 사용한 등급수와 평가점수 가중치는 변경이 가능함

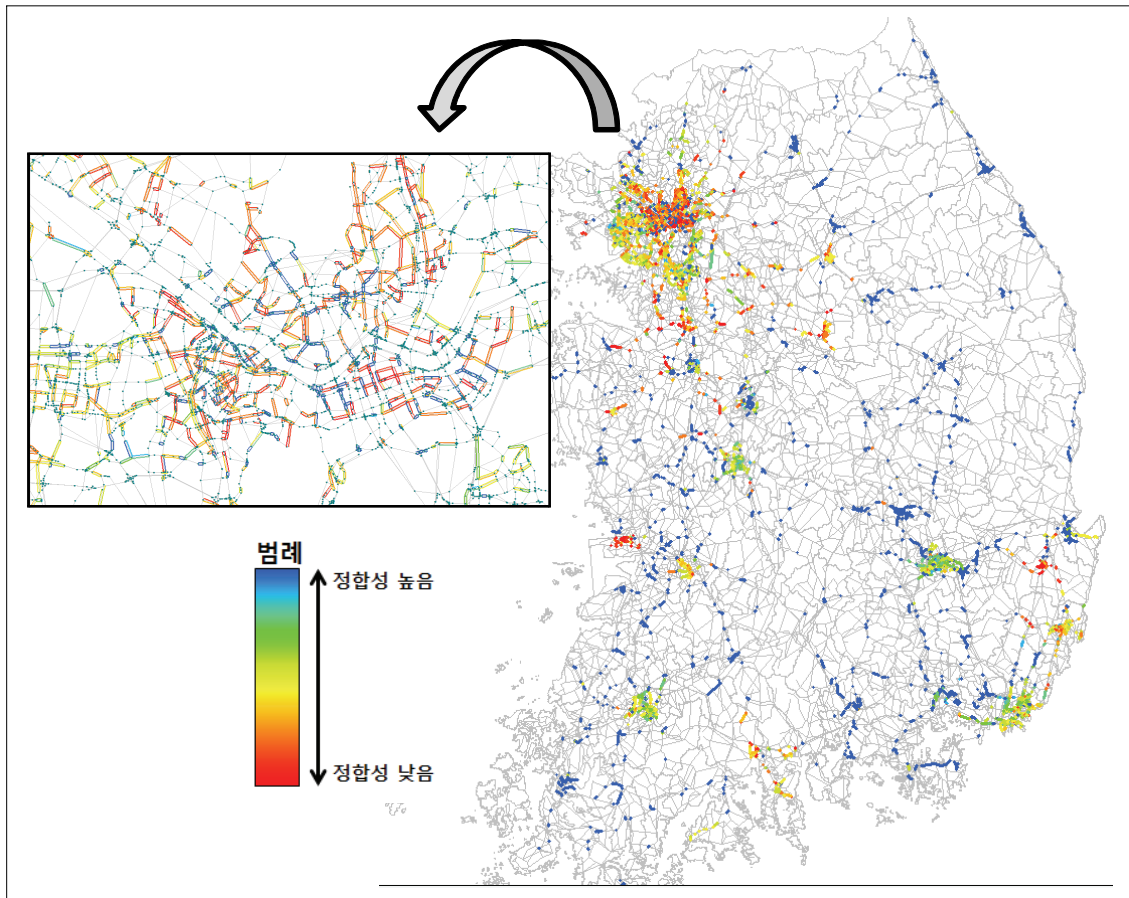
### 3. 존-교통망 정합성 평가 결과

- 앞서 제시한 분석 기법을 이용하여 KTDB 지역간 교통망 전체에 대한 존과 교통망 링크들의 정합성 분석을 실시하였음
- 존-교통망 정합성 평가 결과는 전체 교통망으로 분석할 수도 있으나 KTDB 교통망 링크의 숫자가 많아 분석 결과를 주제도에 표시하기 어려워 각 VDF 등급별로 정합성 분석을 예시함
- <그림 6-16>에서는 VDF 1등급과 VDF 6등급의 정합성 분석결과를 제시하였음
- VDF 1등급의 경우 고속국도이므로 다른 등급 도로들과 비교하면 정합성이 매우 높지만 VDF 1등급 교통망 내에서는 링크간 정합성 수준에 차이가 있음
- VDF 1 등급의 경우 전반적으로 강원도를 비롯해 일부 지방부 구간에서 낮은 정합성이 나타남
- 반면 VDF 6등급의 경우 지방부 도로에서는 정합성이 상대적으로 높았으나, 도시부에 위치한 도로들의 정합성은 낮은 경향이 있었음



<그림 6-16> VDF 1등급 및 6등급 도로의 정합성 평가 결과

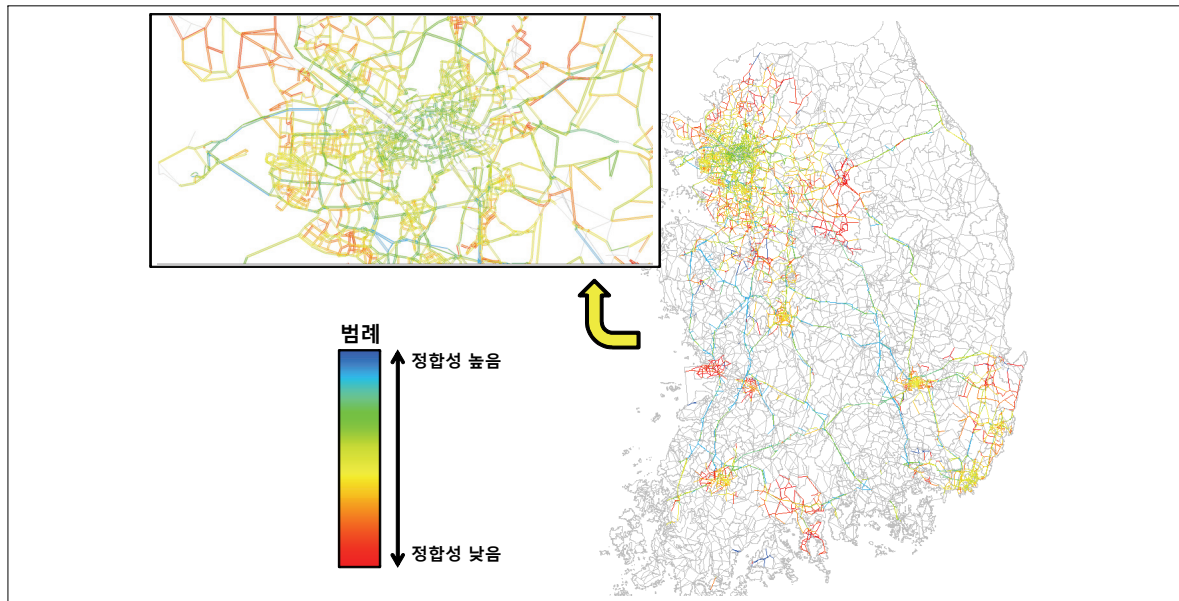




<그림 6-17> VDF 14등급 도로의 정합성 평가 결과

- <그림 6-17>에서는 상대적으로 링크의 개수가 많은 VDF 14등급 도로들의 정합성을 평가하였음
- VDF 14등급에서도 마찬가지로 지방부 도로들의 경우 정합성이 상대적으로 높게 나타난 반면 도시부 도로들의 경우 상대적으로 정합성이 낮게 나타나는 경향이 있음을 확인할 수 있음
- 특히 서울시 내부 도로 링크들을 분석하면 도로에 따라 동일한 등급 도로들 사이에도 정합성 수준에 상당한 차이가 있음을 확인할 수 있음
- 각 VDF 간 정합성 수준 차이가 상당히 크기 때문에 VDF 등급별 분석을 통해 개별 링크의 구체적인 정합성 수준을 판단하기는 어려워 KTDB 교통망 전체에 대한 정합성 분석을 실시하였으며 그 결과는 <그림 6-18>에 정리하였음





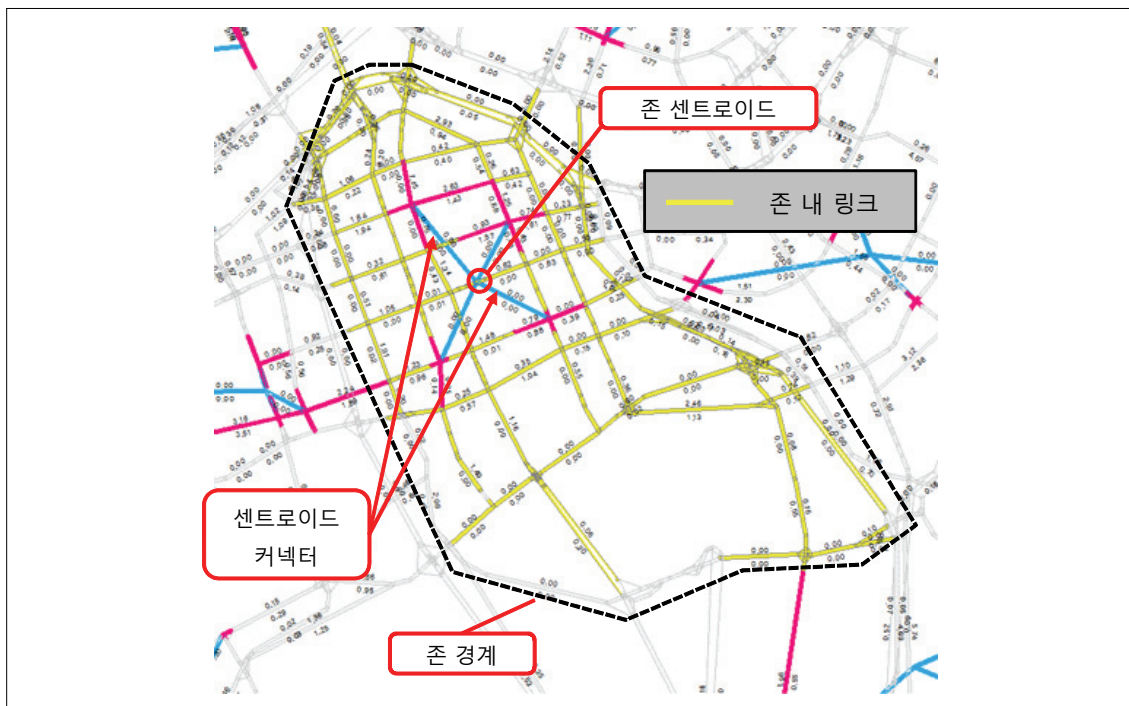
<그림 6-18> KTDB 교통망 전체링크 총괄분석 결과

- 전국 전체 등급 정합성 분석결과 정합성이 낮은 링크들은 군집을 이루어 나타나는 특성을 갖고 있었음
- 특히 이러한 링크들이 경우 존 내부 통행량 비율이 높은 지역에 속한 경우가 많아 지역간 통행에 적합성이 낮게 평가된 것으로 판단됨
- 현재 정합성 평가를 위한 항목별 가중치가 모두 (1/3)로 설정되어 있어 이에대한 검증이 필요하며, 검증을 통해 KTDB에 적합한 정합성 계산 가중치가 결정되면 향후 전국단위 평가 작업이 필요함
- 이상의 결과를 분석하면 내비게이션 자료를 통해 계산된 존 내 통행비율과 링크 통과 평균 통행거리를 기준으로 KTDB 교통망 링크의 존 크기와의 적합성 분석이 가능함을 확인하였음
- 분석 결과 현재 KTDB 교통망에 포함된 링크들 중 지역간 존 체계하에서 통행배정에 포함되는 것이 적합하지 않은 링크들이 존재할 수 있는 가능성을 확인함
- 다만 정밀한 분석의 경우 현재 개발된 VDF 통합관리 애플리케이션을 이용하여 다양한 가중치 변경과 지표 추가를 통해 시행되는 것이 바람직하다고 판단됨
- 또한 보다 상세한 존 체계를 설정할 경우 교통망 전체의 정합성 수준이 어느 정도 향상되는지, 각 존별로 정합성이 낮은 존과 큰 존을 분석해보는 등의 다양한 분석 작업들이 진행되어야 함

## 제6절 존-센트로이드 연결성 검증 방안

### 1. KTDB 교통망 센트로이드 연결성 검증 필요성

- 앞서 대표경로 산정 과정을 설명하면서 존 별 발생 및 도착 교통량 링크 분담 비율의 개념을 설명한 바 있는데 이 비율을 이용하면 현재 KTDB 교통망에 설정된 존 센트로이드 커넥터 연결 위치의 적절성을 평가할 수 있음
- 센트로이드 커넥터란 존의 센트로이드와 실제 교통량을 연결하는 기능을 담당하는 가상의 링크로서 매우 큰 용량을 설정해 혼잡이 발생하지 않도록 설계함
- 센트로이드 커넥터의 이용은 존을 기반으로 한 교통계획 및 통행배정 기법에서는 피할 수 없는 것이나 존 센트로이드와 커넥터를 통해 실제 교통망의 통행 패턴을 그대로 묘사하기는 어려우며 이는 존의 크기가 커질수록 더 어려워짐
- <그림 6-19>과 같이 실제 교통망 링크들의 경우 존 전체 지역에 분포하지만 통행배정 모형의 특성상 존에는 하나의 센트로이드만 설정할 수 있고 센트로이드 커넥터의 경우에도 그림에서 보인바와 같이 한정된 숫자만을 연결시킬 수 있음



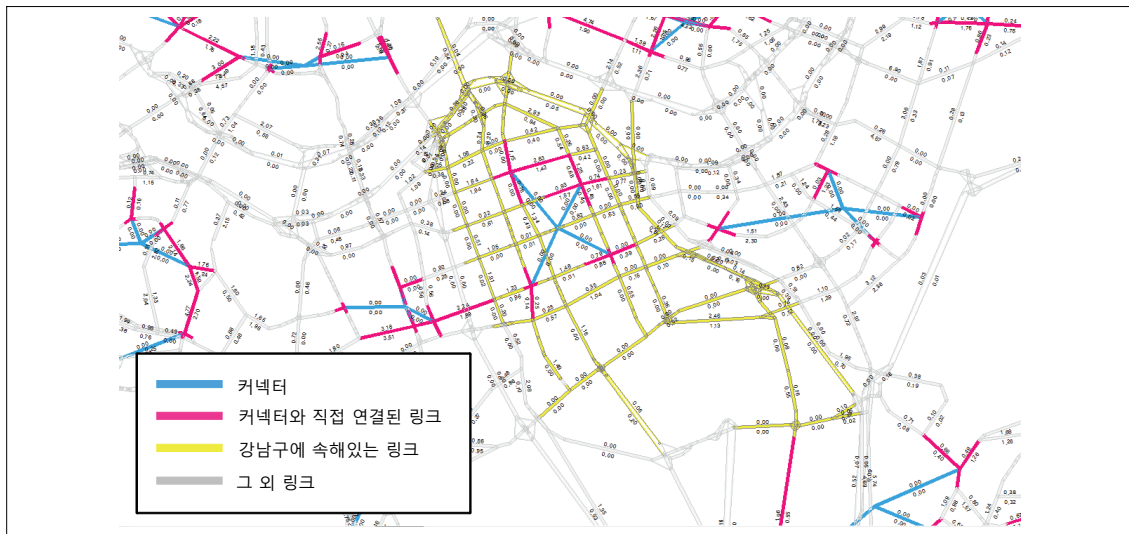
<그림 6-19> 존 센트로이드와 커넥터 연결

- 현실에서는 모든 링크에서 차량 통행이 발생하는 반면 통행배정 교통망의 경우 센트로이드에서만 통행이 발생하여 커넥터로 연결된 링크에서만 현실 교통망에서 통행이 시작되기 때문에 센트로이드 커넥터와 연결된 링크들의 경우 현실보다 과다한 통행이 배정되는 경우가 많음
- 반대로 커넥터와 연결되어있지 않은 링크들의 경우 통행이 발생될 수 없어 실제 관측 통량에 비하여 과소배정이 발생할 수 있음
- 이러한 문제를 해결하기 위해 센트로이드 커넥터의 개수를 늘릴 경우에도 실센트로이드간의 최단경로에만 통행량이 배정되므로 개별 센트로이드에 발생비율을 설정하지 않는다면 존 센트로이드 체계를 통해 현실의 관측교통량을 설명하기는 어려움
- 이러한 문제점은 존의 크기가 커질수록 존내에 포함되는 물리적인 링크의 숫자가 많아지기 때문에 더 심각해짐
- 하지만 현재까지 교통망 연구에서 존의 센트로이드 연결의 적절성이나 하나의 존에 포함 가능한 링크의 숫자 등은 연구된 바가 없음
- 본 연구에서는 대표경로 산정이론에서 소개한 링크 발생도착 통행량 비율을 이용해 존 센트로이드의 연결 적절성이나 존 크기의 적절성 등을 평가할 수 있는 이론을 제시할 것임
- 연구의 결과에 의해 향후 현재의 존 체계를 부분적으로 개편하거나 전국적으로 소존 체계를 이용할 경우 교통수요 예측의 정확도가 얼마나 향상될 것인지 등을 예상할 수 있으며, 장기적으로는 존 센트로이드 체계 자체가 갖는 구조적 한계를 극복할 수 있는 방법론 개발의 동기가 제공될 수 있음

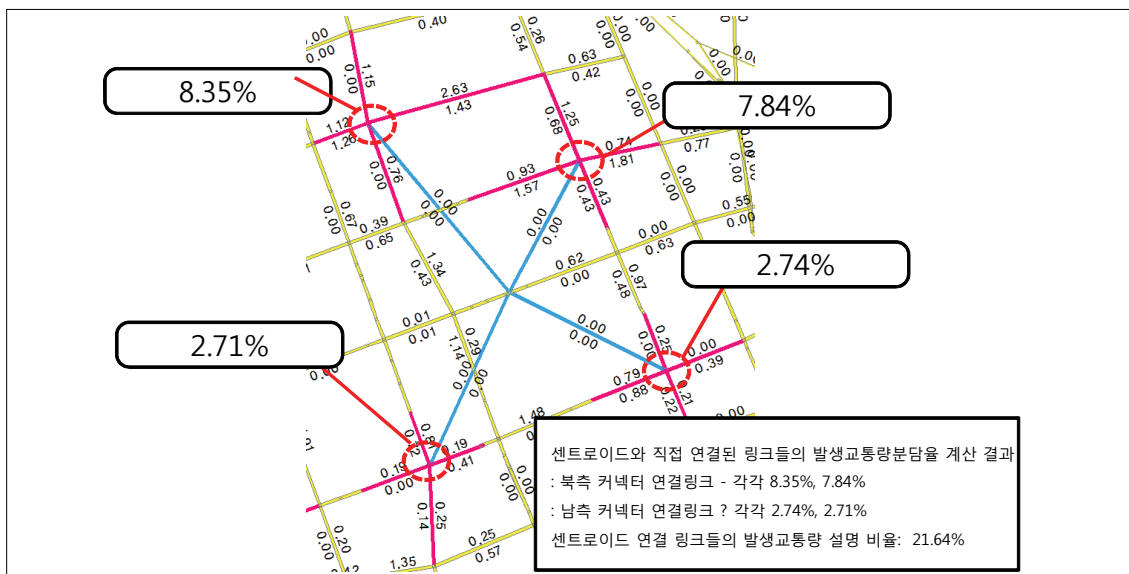
## 2. KTDB 교통망 센트로이드 연결성 분석 결과

- KTDB 교통망내 모든 링크에 대하여 존 내에서 발생하고 도착하는 차량의 표본수를 이용하여 발생 도착율을 계산하고 DB로 구축하였음
- 모든 링크들에 대하여 자신이 속한 존을 기준으로 발생 교통량 분담율과 도착 교통량 분담율을 계산하였음
- 링크 발생도착 분담율 DB를 센트로이드 연결성 검증에 어떻게 사용할 수 있는지를 설명하기 위하여 서울 강남구를 예로 분석하였음

- 강남구 존의 센트로이드 커넥터 연결지점의 발생도착 교통량 설명력을 검증하기 위해 센트로이트 커넥터에 직접 연결된 링크들의 발생도착 교통량 분담비율을 분석함
- 커넥터 연결링크의 총 분담율이 높은 경우 실제 교통량의 발생 도착량과 센트로이드 체계를 이용한 재현이 유사할 가능성이 높다고 판단할 수 있으며, 반대로 분담율이 낮다면 커넥터에 연결되지 않은 다른 지역의 링크에서 실제 통행이 발생하는 량이 많다는 것이므로 커넥터 연결링크에서는 과다 배정이, 기타 링크에서는 과소배정이 나타날 것임

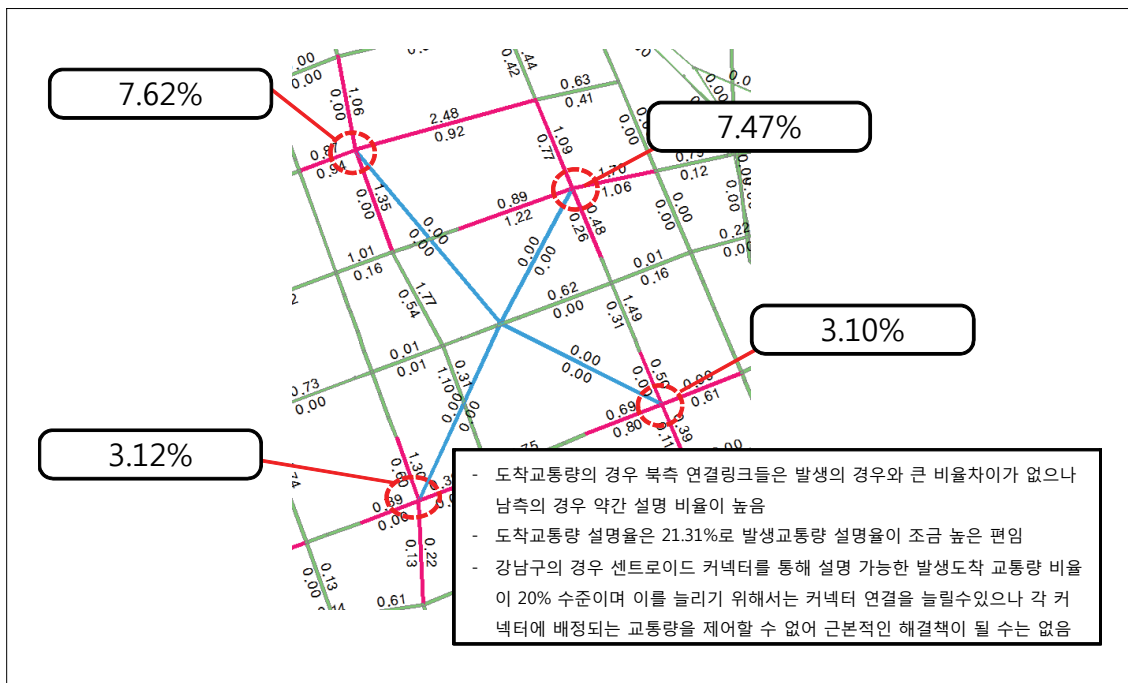


<그림 6-20> 서울 강남구 발생도착 교통량 분담율 분석



<그림 6-21> 강남구 센트로이드 발생통행 분담분석

- 존 체계의 발생과 도착 교통량 설명력을 나누어 분석하기 위해 강남구 발생통행량의 센트로이드 커넥터 직접 연결 링크에 의한 설명수준을 분석하였음
- 발생 교통량 설명력을 보면 존 센트로이드에 직접 연결된 링크들의 발생분담 비율은 약 21.64%로 나타났으며, 북측 연결 링크들의 경우 약 16%, 남측 링크의 설명력은 5% 수준인 것으로 분석되었음
- 강남구의 토지이용 특성 상 북측지역의 통행 발생량이 남측지역보다 높고 북측 지역의 경우 링크 집중도가 높아 일부 링크에서 2% 이상의 분담율이 나타나지만 남측의 경우 모든 링크에서 유사한 발생 분담율이 나타나는 것이 원인으로 분석됨
- <그림 6-22>에서는 도착 교통량 분담 비율을 분석하였는데 발생비율 분석과 유사하게 센트로이드 커넥터 직접 연결 링크들의 경우도 약 21.31%의 설명율을 나타냄
- 도착 설명 비율 분포도 발생과 유사하게 북측 링크들의 비율이 남측에 비해 2배 이상 높아 강남구의 경우 남측 지역의 실제 발생도착 패턴 재현이 취약한 것으로 분석됨
- 이러한 분석에서 확인할 수 있는 존 센트로이드의 설명력은 존 내 일부 링크에 교통량의 발생도착이 편중되는 경우에 높게 나타남



<그림 6-22> 강남구 센트로이드 도착통행 분담 분석

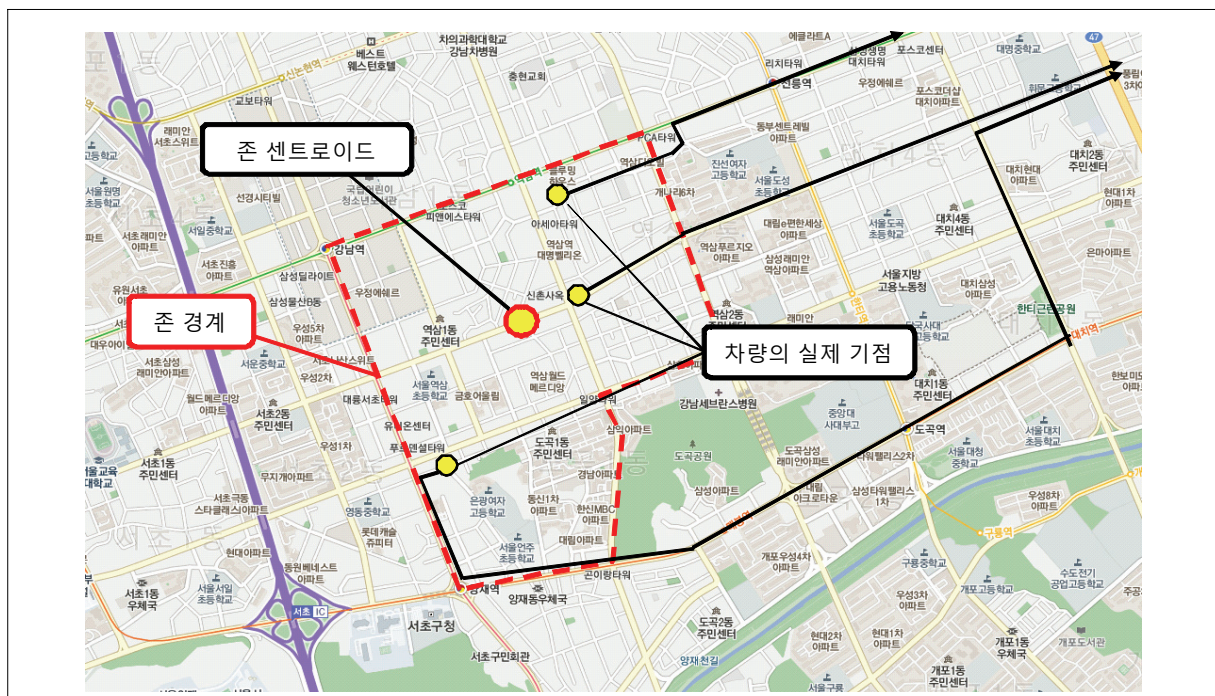


- 이상의 분석 결과에서 보듯 실제 발생도착 통행 패턴을 존 체계를 통해 잘 설명하기 위해서는 먼저 존의 크기가 작아져야 함
- 존 내에 포함되는 링크의 숫자가 많아질수록 한정된 센트로이드 커넥터만으로 모든 발생도착 통행의 공간적 위치를 재현하는 것이 어려워지기 때문임
- 만약 대 존 체계를 유지해야하는 경우에는 전에 센트로이드를 하나만 설정하지 않고 통행배정 모형을 개선해 DYNASMART-P가 사용하는 방식과 같이 통행의 발생도착을 개별 링크에서 모두 가능하도록 모형을 개선하는 방법도 고려할 수 있음
- 과거 컴퓨터의 계산 능력이 열악했을때는 최단경로 탐색 시간 문제상 이러한 모형 실행이 어려웠으나 최근의 고성능 컴퓨팅 기술의 지원하에서는 센트로이드 방식의 교통망 분석의 타당성을 확보하기 어려움
- 또, 이러한 센트로이드 기반 배정 방식의 한계 때문에 관측교통량 지점 선정의 경우 현재의 존 체계에서는 센트로이드 커넥터에 직접 연결되거나 근접한 지점은 실제 통행에 비해 매우 큰 통행이 센트로이드에 의해 배정되므로 VDF 정산지점에서 배제하는 것이 타당함

## 제7절 경로 추정 및 검증 방안

### 1. 기종점별 대표경로 결정 문제

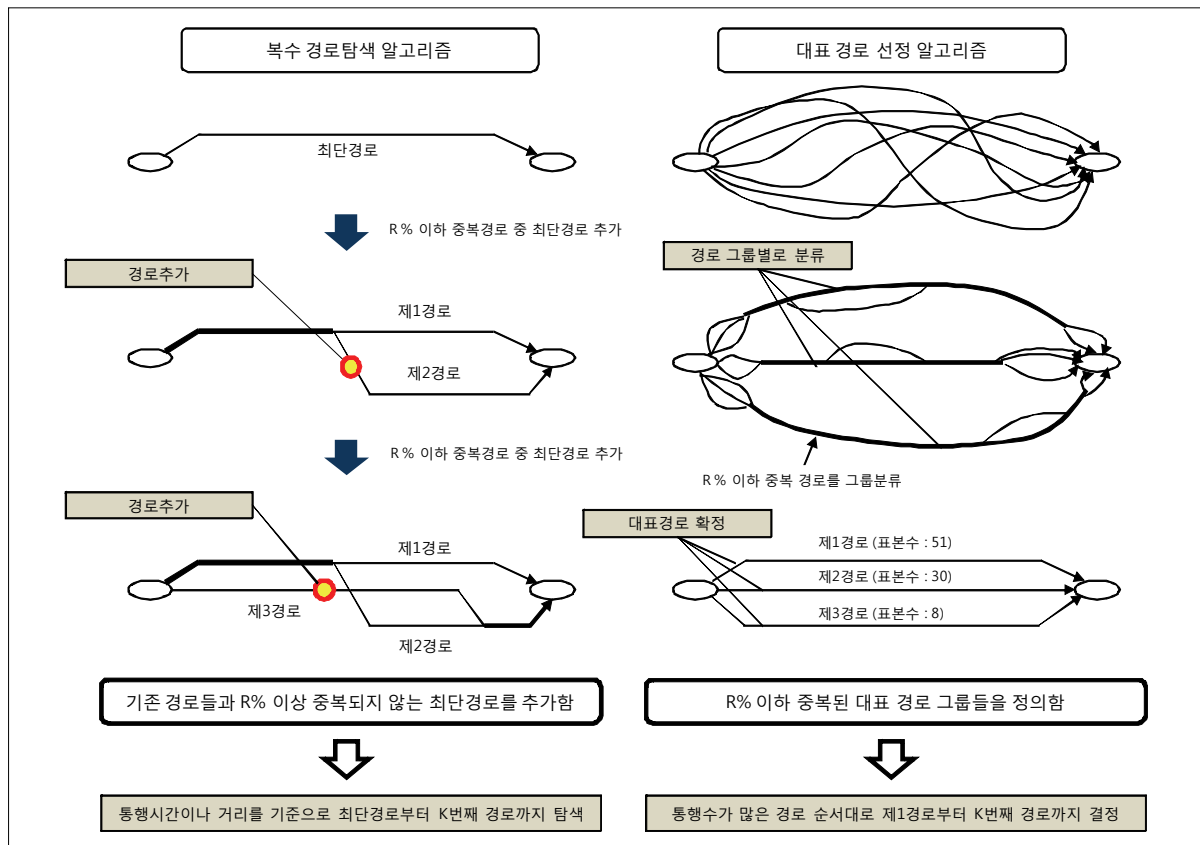
- 기종점별 대표경로 결정문제란 궤적자료에 기록된 차량들의 경로 중 기종점 간을 잇는 가장 대표적인 경로 집합을 결정하는 문제를 의미함
- 이때 기종점간을 잇는 대표적인 경로란 기종점간을 통행하는 차량들에 의하여 가장 많이 이용된 경로로 정의되며, 이러한 경로들의 집합은 내비게이션 자료에 기록된 차량들의 경로들을 기초로 표본수가 가장 많은 순서에 따라 정의될 수 있음
- 하지만 내비게이션 자료를 이용해 기종점간 대표 경로 집합을 결정하기 위해서는 해결해야할 문제들이 있음
- 먼저 내비게이션 자료의 경우 기종점 존이라는 개념이 없고 분석 지역 내의 모든 공간적 위치가 기종점이 되기 때문에 존 내에 포함되는 모든 지역에서 통행이 시작되고 종료되는데 존 기반의 교통망에서는 센트로이드에서 통행이 시작해 센트로이드에서 통행이 종료되기 때문에 이를 어떻게 처리할 것인지에 대한 검토가 필요함



<그림 6-23> 차량의 실제 출발점과 교통 존 체계

- 산업공학 분야나 교통분야에서 경로집합이란 동일한 기점노드와 종점노드를 잇는 복수의 경로들을 의미하는 것이나 차량들의 실제 궤적을 교통망에 매칭시키면 〈그림 6-23〉과 같이 통행을 시작하는 지점이 모두 다를 것임
- 따라서 차량의 내비게이션 자료를 집계하더라도 이론적인 관점에서 완전한 경로 집합을 존간 통행에 대해 정의할 수는 없음
- 하지만 교통 존 체계에서 차량의 내비게이션 자료에서 얻어진 경로자료를 교통 분석에 이용하기 위해서는 내비게이션 경로를 존 체계 경로로 변환할 수 있는 방법론의 개발이 필요함
- 내비게이션 자료를 이용해 존 간의 대표 경로를 결정할 때 또 다른 문제점은 실제 현실의 차량 궤적은 서로 정확히 일치하는 자료가 거의 없을 것이라는 점임
- 여기에는 두 가지 이유가 있는데 첫 번째 문제는 GIS 기반 자료를 KTDB 교통망 자료로 변환한 후 동일한 기종점 존 사이를 통행하더라도 실제 차량들이 출발하는 위치와 도착하는 위치에는 차이가 존재하기 때문에 출발지점에서 주요도로로 나온 후 도착지점 근처의 주요도로 유출지점까지 완전히 이용한 링크가 동일한 두 차량이 있다고 하더라도 완전히 동일한 경로로 인식되지는 않기 때문임
- 따라서 경로간의 실질적 중복을 고려하기 위해서는 교통망에서 기점에서 간선도로에 연결되는 일부 교통망에 대해서는 중복도를 확인하지 않는 기법이 필요하며, 이러한 개념이 적용될 경우 교통망에서 간선도로망과 지선도로망 및 존내 도로망을 레벨을 구분해 중복도를 계산해야 함
- 두 번째 문제는 두 차량이 거의 경로가 일치하더라도 국지적으로 일부 이용 링크가 다른 경우가 발생할 수 있는데 이 경우 교통망 관점에서는 이를 동일한 경로로 간주하여야 하나 어느 정도까지 두 경로가 동일한 링크들을 공유해야 동일한 경로로 파악할 것인지에 대한 기준이 없다는 점임
- 이를 경로간 중복 문제라 하는데 교통망 연구에서는 경로 Enumeration 문제나 복수경로 탐색에서 경로간 중복 문제를 어떻게 고려할 것인지에 대한 이론 개발이 진행되어 왔음
- 기존의 경로중복 고려 기법들은 일반적으로 경로간 일대일 비교를 통해 중복도를 계산한 뒤 중복이 큰 경로를 배제하는 방식을 택하고 있는데 이는 알고리즘을 통해 최단경로를 순차적으로 탐색하는 경우에 적합한 방법임





<그림 6-24> K-path algorithm과 대표경로 선정 문제의 차이

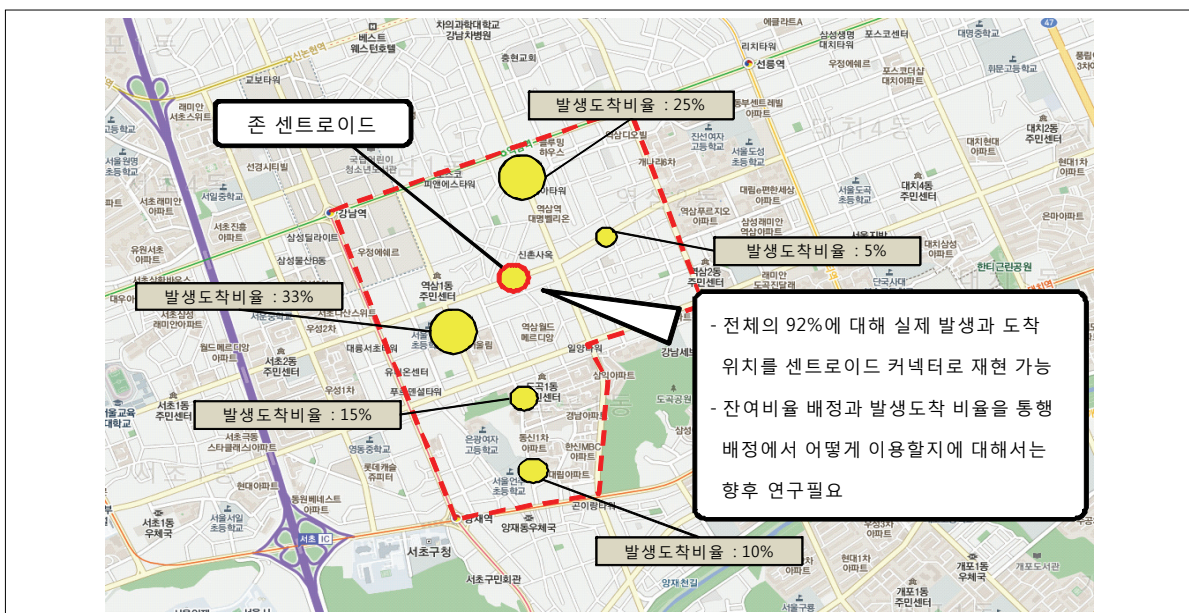
- 하지만 본 연구에서 풀어야 할 대표경로를 선정하는 문제는 이미 발생된 여러 경로들을 유사한 경로들끼리는 묶어 하나의 경로그룹으로 정의하고 이를 통해 가장 많이 이용된 경로들을 정의하는 것이기 때문에 기존의 탐색기반 복수 경로생성 문제와는 차이가 있음
- 특히 본 연구와 같이 대규모의 궤적자료에서 중복을 고려하는 경우에는 기존 복수경로 탐색알고리즘에서 개발된 기법을 적용하기가 어려운데, 예를 들어 <그림 6-24>에서 보는바와 같이 K-path 알고리즘의 경우 일반적으로 최단 경로를 하나 찾아놓고 이를 기준으로 Second-best, Third-best 경로를 중복을 회피하며 추가하는 방식이지만 대규모 궤적자료로부터 대표경로를 뽑는 경우에는 마지막 궤적자료까지 탐색이 끝나기 전에는 기준이 되는 최단 거리 궤적이 무엇인지 파악이 되지 않음
- 또, 이미 찾아진 대표 경로와 해당 경로가 얼마나 다른지 확인하기 위해서는 각 궤적에 대해 이미 선정된 대표경로들과의 일대일 비교가 필요한데 이 계산량은 궤적자료의 양이 많아질수록 크게 증가할 것임

- 하지만 대표경로 선정 문제의 경우 이미 전체 통행기록들을 확보한 상황에서 각 경로들을 중복도가 높은 경로들끼리 묶어 경로 집합을 구성하여 기종점간에 대표적으로 이용되는 경로를 정의한다는 점에서 기존에 복수경로 탐색을 위해 사용되던 K-path algorithm과는 근본적인 차이가 있음
- 기본적으로 대표경로 결정에서는 동일한 경로 그룹 내의 궤적들은 최대한 중복도가 높아 동질적일수록 이상적이며, 각 경로 그룹간에는 최대한 독립적이어야 함
- 두 문제간에는 상당한 차이가 존재하는데 예를 들어 기존의 복수경로 탐색 알고리즘의 경우 최단경로를 가장 먼저 찾고 중복도가 충분히 낮은 제 2 최단경로를 추가하는 방식으로 탐색이 진행되어 통행시간이나 거리를 기준으로 각 경로의 순위가 정의되지만 대표경로 선정 문제에서는 가장 많이 이용되는 경로가 제 1경로가 되고 그 다음으로 표본 궤적의 숫자가 많은 경로가 제 2경로가 됨
- 따라서 복수 경로 탐색 문제의 경우 교통망의 물리적 속성이 경로를 결정하는 중요한 기준이 되지만, 대표 경로 결정 문제의 경우 이용자의 경로선택 행태가 경로 결정의 중요한 기준이 됨
- 이러한 차이점을 인식하고 본 연구에서는 대규모 궤적자료를 기초로 경로를 단순화, 그룹화 하여 중간 대표경로를 정의할 수 있는 방법론을 개발할 것임
- 이러한 연구가 이론적인 관점에서는 K-path algorithm의 개발 등에서 다양하게 이루어져 왔으나 실제 국내에서 얻어진 대규모 자료를 이용한 분석은 없었기 때문에 대표 경로 선정 방법론 개발에 많은 어려움이 따를 것이라 예상됨

## 2. 기종점별 대표경로 계산 사전 작업

- 대표경로 선정 개념에 대해 설명하였으나 이러한 경로선정 과정을 시작하기 전에 먼저 필요한 과정은 실제 차량의 궤적자료를 KTDB 교통망의 링크와 존체계에 매칭시키는 일임
- 이때 궤적자료를 KTDB 교통망으로 매칭시키는 일은 표준 GIS 교통망 궤적을 가장 가까운 위치의 KTDB 교통망 링크에 매칭시키는 방법을 통하여 수행 가능하며 기술적으로는 상대적으로 단순한 작업임
- 궤적자료를 존 체계에 매칭시키는 작업 역시 존의 경계가 GIS 맵에 표시되는 경우 차량의 실제 궤적이 출발하는 지점의 존과 도착하는 지점의 존을 확인하는 것으로 작업 수행이 가능함

- 하지만 차량의 궤적을 정확히 저장하지 않고 출발존과 도착존만을 확인하는 경우 차량의 정확한 경로를 파악하거나 이 자료를 이후 KTDB 교통망에서 확인할 때 문제가 발생함
- 앞서 설명한바와 같이 실제 현실 차량들의 통행 시작지점과 종료 지점은 존의 전 지역에 분포하지만 만약 이 자료를 존 기반 자료로 변환에 저장하는 경우 통행배정 과정에서 기종점간의 모든 통행은 센트로이드와 센트로이드 커넥터에 의해 발생하기 때문에 차량의 실제 출발위치에 센트로이드 커넥터가 없다면 실제 차량의 궤적은 통행배정 과정에서 정확하게 재현될 수 없음
- 또, 이러한 경우 차량들이 실제로 이용하는 경로들도 센트로이드커넥터가 어떻게 연결되는가에 따라 통행배정 상에서는 발생되지 않을 수 있음
- 이러한 문제를 막기 위해서는 존을 기준으로 모든 궤적들의 기점 존과 종점 존을 정의하고 존 내에서 실제 차량이 출발하는 노드도 인식시켜야 함
- 이렇게 실 차량들의 출발 지점이나 링크가 확인되는 경우 차량들이 실제 교통망에 진입하는 링크들을 확인할수 있으므로 이 링크들에 센트로이드 커넥터를 연결한다면 실제 차량들이 이용한 경로를 손실 없이 재현할 수 있음
- 또 내비게이션 차량 자료에 의해 차량의 실제 발생 및 도착 지점이 파악되고 이를 링크나 노드 기반으로 저장시킬 경우 이를 DB화하여 KTDB 교통망 구축시 중요 자료로 활용이 가능함



<그림 6-25> 차량 궤적 자료를 이용한 존 센트로이드 커넥터의 설정

- 센트로이드 커넥터는 통행배정 결과에 큰 영향을 미치지만 현재 교통망 구축시에는 센트로이드 커넥터가 정확하게 연결되어있는지를 검증할수 있는 방법이 없기 때문에 이러한 DB가 구축될 경우 센트로이드 커넥터의 검증에 도움을 줄 수 있음
- 다음으로는 실제 기점 주위와 종점 주위에서 이용하는 링크들은 실제로는 경로 계산에 중복으로 포함시키는 것이 적합지 않으므로 교통망에서 국지도와 같은 링크들은 속성을 부여해 중복도 계산에서 제외시킬 수 있도록 함
- 즉 동일한 지역에서 통행을 시작하더라도 각 출발지점으로부터 실제 주행이 이루어지는 도로까지 오는 경로들은 모든 차량들에 차이가 있을 수 있기 때문에 이러한 도로들은 경로중복도 계산에서 제외하는 것임
- 예를 들어 주행이 가능한 도로로 진입하기 위해 아파트 주차장에서 간선도로까지 주행한 도로가 교통망에 포함되어 있다면 아파트 입구에 따라 간선도로까지 주행한 도로는 같은 아파트 주민들 사이에도 차이가 있을 수 있는데 이 부분을 경로의 일부로 간주하기는 어렵기 때문임
- 물론 이러한 방법은 이론적으로는 경로 중복도 계산에서 왜곡 가능성을 줄일 수 있는 기법이지만 실제로는 교외지역과 도심지역에서 각각 상황이 다를 수 있고 일괄적으로 특정 VDF 등급에 대해 중복도 계산에서 제외하는 것도 모든 지역에서 타당하지는 않을 수 있어 실제 자료를 이용한 검토가 필요함

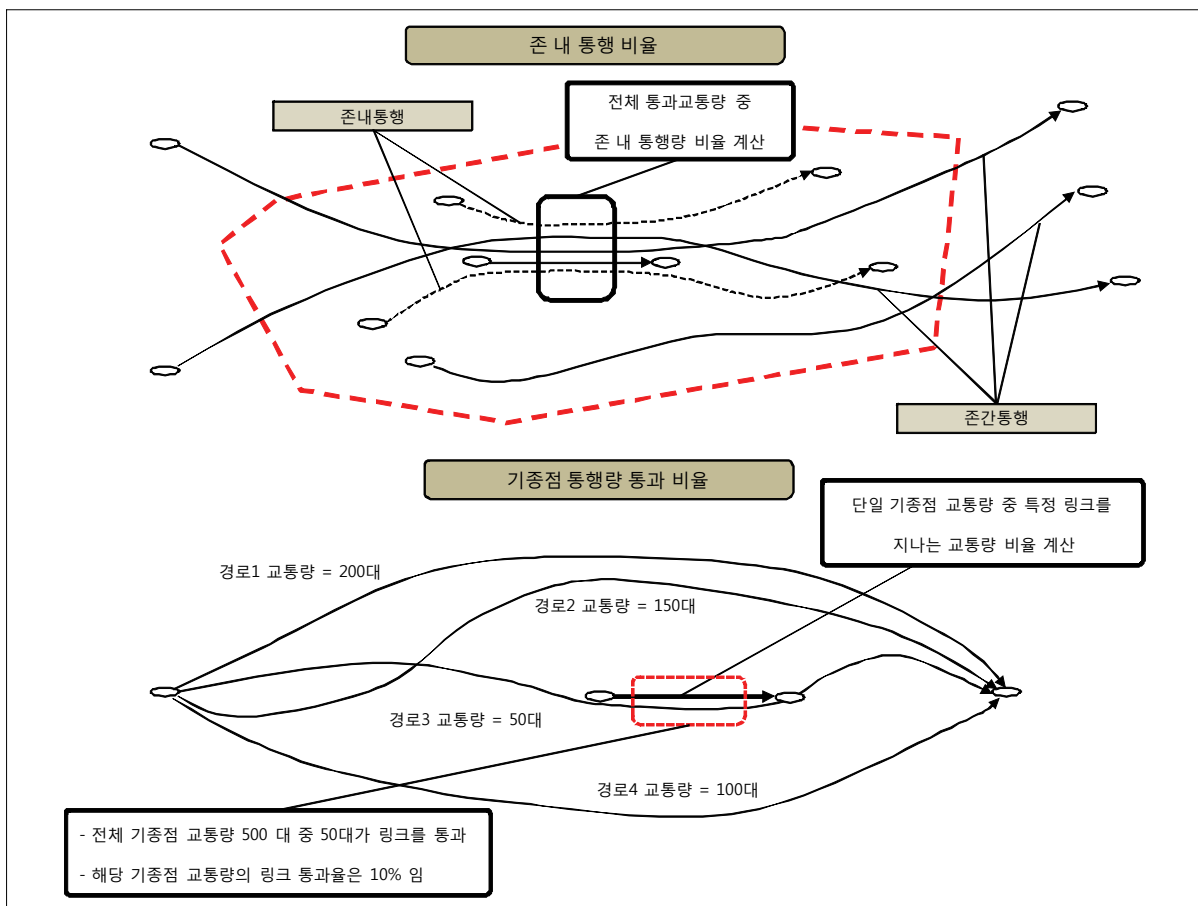


<그림 6-26> 기종점 통행 이용률을 이용간 경로 중복 산정 유효구간 계산 예

- 현재로서는 통행을 위한 접근도로 사용되는 도로인 경우 해당 기종점을 통행하는 여러 차량에 의해 이용되는 링크는 아닐 것이므로 동일 기종점간 경로들의 링크 통과수나 통과율을 계산하여 그 통과율이 미미하거나 소수의 차량만이 이용한 경우에는 차량들의 교통망 접근을 위한 링크로 판단할 수 있음
- 예를 들어 기종점 통행량 통과율 최소 기준은 5%로 설정한 경우 내비게이션 자료에 의한 표본 기종점 통행량이 100대라 할 경우 5대 이하의 기종점 통행량이 존재하는 링크들에 대해서는 기종점간 주요 도로상에 진입하지 않은 것으로 간주하여 경로 중복에서 고려하지 않는 것임
- 현재 과업에서 고려하는 교통망의 경우 지역간 교통망이기 때문이 이러한 세가로들이 많이 포함되어 있을 가능성은 크지 않으나 기종점 분석시 존 내부, 또는 센트로이드 커넥터와 연결된 링크부터 주간선 및 보조간선링크까지의 연결 구간의 경우 기종점 교통량 비율이 낮은 도로들이 있다면 해당 도로들은 집·분산 기능을 담당하는 세가도로 판단하여 경로 중복 계산에서 제외하여 경로 중복 판단을 현실적인 교통상황을 반영해 결정할 수 있음
- 이와 같이 본 연구에서 도로의 속성을 파악하고 경로간 중복을 계산하기 위해 가장 핵심적인 정보는 기종점 교통량의 링크 통과 비율임



- 도로의 기능을 분류하기 위해서 본 연구에서는 링크가 기종점 통행량에 의해 얼마나 이용되는지를 기종점 통행량 통과율을 이용해 정의함
- 만약 연구 진행 중에 이러한 계산과 데이터 저장에 과도한 공간이 필요할 경우 이를 링크의 표본 숫자나 기점기반 통과율이나 종점기반 통과율로 정의해 필요 계산량을 감소시킬 수 있으나, 기본적으로는 링크기반의 다양한 비율들이 과업 전반에 걸쳐 이용됨
- 본 연구에서 링크 기반으로 계산이 필요한 값들은 1) 링크의 존 내 통행 비율, 2) 링크의 특정 기종점 교통량 통과비율, 3) 링크통과 경로개수, 필요한 경우 4) 링크의 특정 기점, 종점 교통량 통과 비율, 5) 링크간 상관도 분석을 위한 경로공유도 상위 n개 링크 등이 있음
- 이중 자료 분석에서 가장 시급하게 구축되어야 할 자료는 링크의 존 내 통행비율과 링크의 특정 기종점 교통량 통과 비율이며, 그 개념의 차이는 <그림 6-27>과 같음

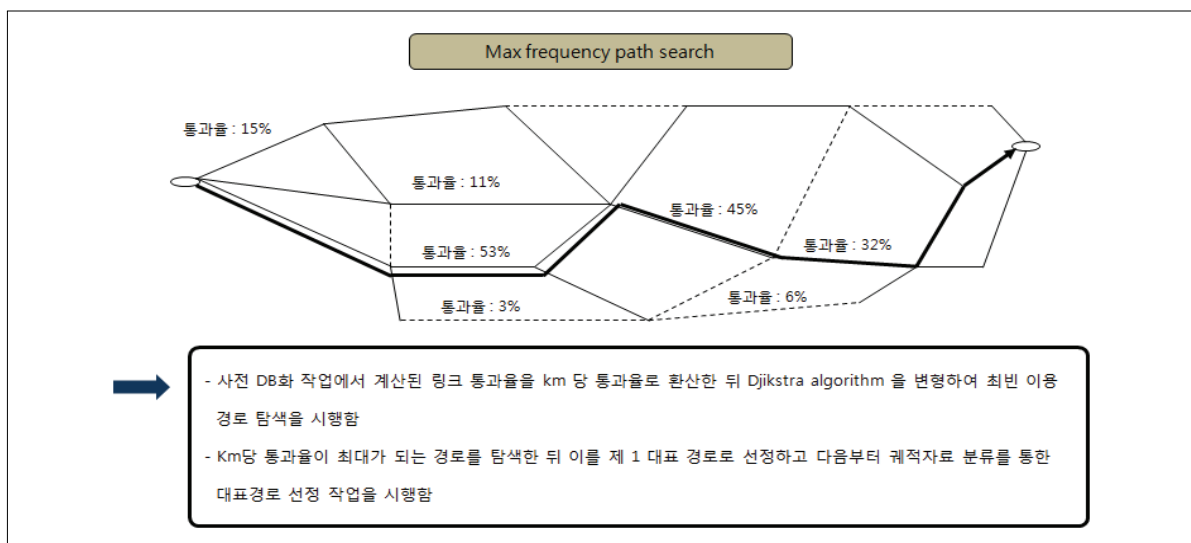


<그림 6-27> 링크의 존 내 통행비율과 기종점 교통량 링크 통과 비율의 차이

- 존 내 통행비율의 경우 하나의 링크를 통과하는 모든 경로교통량의 기종점을 확인한 뒤 해당 링크가 속한 존의 내부에서 시작해 내부에서 끝나는 비율을 계산하는 것으로 각 링크마다 하나의 상수 값으로 정의되기 때문에 저장 공간이 크게 필요하지 않음
- 하지만 기종점 교통량의 특정 링크 통과 비율의 경우 각 기종점 별로 교통망의 모든 링크에 대하여 통과비율을 계산해야하기 때문에 (기점숫자 × 종점숫자 × 링크숫자) 만큼의 저장 공간이 필요하고 계산 소요시간도 큼
- 다만 기종점 교통량의 특정 링크 통과 비율은 비평형 (Non-UE) 통행배정이나 경로기반 통행배정 모형을 개발하는데 핵심적인 자료가 될 뿐만아니라, 특정 링크에 배정교통량이 관측교통량과 편차가 발생할 때 해당 편차가 기종점 교통량의 문제 때문인지 경로선택의 오차 때문인지를 판정하는데 중요한 정보가 됨
- 또, 더 나아가 향후 링크 관측교통량 기반 기종점 교통량 추정이나 갱신 모형을 개발할 때도 기종점 교통량 링크 통과 비율이 핵심적인 DB로 이용될 수 있으므로 반드시 본 연구를 통해 기본적인 방법론 개발과 DB 구축이 시작되어야 함
- 다만 앞서 밝힌바와 같이 존 내 통행량 비율의 경우 저장에 필요한 공간이 많지 않으나 기종점 통행량 통과비율의 경우 저장공간이 상당히 요구되므로 모든 기종점에 대하여 이러한 DB화 작업이 필요한 지에 대한 판단이 필요함
- 즉 올해 과제의 경우 이러한 DB가 필요한 이유는 기종점 대표경로 선정시 세가도로 이용되는 링크들을 경로 중복도 계산에서 배제하기 위한 것이기 때문에 경로를 선정할 수 있을 정도로 표본 내비게이션 자료가 확보되지 않은 기종점에 대해서는 이러한 DB를 구축할 필요가 없음
- 따라서 올해 과제의 경우 분석시간이 부족하거나 저장 공간이 너무 많이 필요한 경우 경로 선정이 가능한 량의 내비게이션 표본이 수집된 기종점에 대해서만 이러한 작업이 수행 될 수 있으며 이때 복수 경로를 선정할 수 있는 표본 내비게이션 숫자는 표본수 30~50 개 정도일 것으로 판단함
- 즉, 내비게이션 자료들을 표준 GIS 맵과 KTDB 교통망 매칭 작업 후 기종점별로 집계한 뒤 표본숫자가 30개 이상인 기종점 쌍, 또는 50개 이상인 기종점 쌍에 대하여 기종점 통행량 통과 비율을 링크별로 계산함
- 이러한 사전 작업이 끝나면 각 기종점별로 대표경로 선정 작업을 시작할 수 있음

### 3. 대표경로 선정 알고리즘 개발

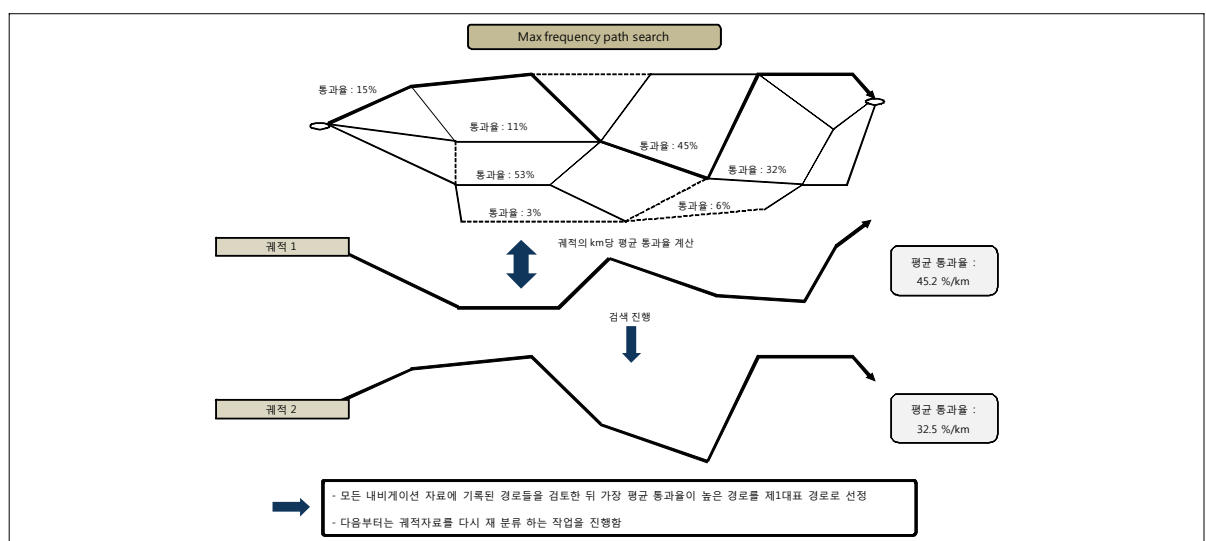
- 앞서 살펴본 사전 정보 DB화 작업이 끝난 기종점에 대해서 대표 경로 결정 작업을 시작함
- 대표 경로 결정 문제의 경우 전통적인 K-path algorithm과는 달리 수집된 표본을 이용해 공간적인 분석을 시행한 후 중복도가 높은 경로그룹과 상호 독립적인 그룹들을 구분하는 것이 주요 과정이 될 것임
- 분석 과정상 먼저 가장 대표적인 첫 번째 경로를 선정해야하는데 이를 어떻게 결정하는가에 따라 대표경로 선정 방법론을 두 가지 제시할 수 있음
- 첫 번째 방법은 링크별로 계산된 기종점 통과 비율을 이용하여 통과비율이 높은 링크들을 연결하면서 통행거리도 최단경로에 가까운 경로를 제1 대표경로로 선택하는 것임
- 이 경우 첫 번째 경로 선정을 위해 궤적자료 전체를 탐색할 필요가 없기 때문에 계산 시간은 단축되지만, 이렇게 선정된 경로가 실제 내비게이션 자료에서는 존재하지 않을 수 있음
- 단, 이 기법의 경우 기종점 교통량 통과 비율이 높은 링크들을 연결하기 때문에 실제 궤적이 많이 통과하는 링크들로 경로가 구성되므로 실제 내비게이션 자료에서 유사한 표본이 나타날 가능성은 상당히 높을 것임
- 이렇게 제1 대표경로가 선정되면 이후에는 동일한 기종점을 잇는 모든 내비게이션 표본들을 검색하여 해당 경로와 경로 중복도가 R% 이상인 경우 제1 대표경로의 경로교통량에 추가하고, R%이하의 중복 경로인 경우에는 독립적인 경로로 추가하고 저장함



<그림 6-28> 링크 통과율 기반의 최단경로 탐색 알고리즘

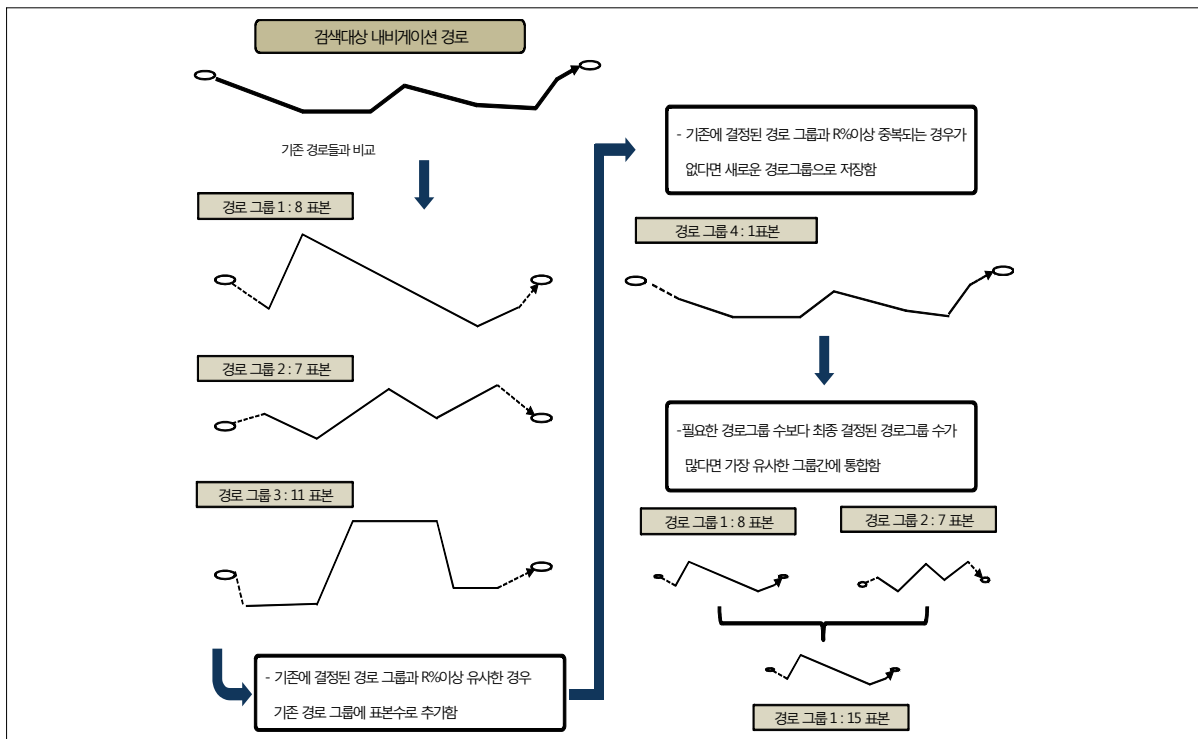


- 이때 주의할 점은 내비게이션 자료와 대표경로 집합내의 각 경로들간의 중복도 확인은 경로와 경로간 일대일 검토를 하는 것으로 예를 들어 50% 이하의 중복도만 허용할 때 제 1경로와 49% 중복, 제 2경로와 45% 중복되나 1, 2 경로를 합친 그래프에 대해서는 90% 이상 중복된다 하더라도 이는 독립적인 경로로 저장함
- 이러한 작업은 모든 내비게이션 자료 검토가 끝날 때 까지 계속 진행하며, 만약 최종적으로 생성된 경로 집합의 경로수가 미리 설정한 최대 대표경로 숫자보다 크면 최대 허용 중복도를 높혀 재검색하거나 현재 찾아진 경로들 중 가장 유사성이 큰 경로그룹들을 통합하여 대표경로의 숫자를 줄이도록 함
- 두 번째 기법의 경우 최단경로 알고리즘과 같은 방법으로 가상의 제 1 대표 경로를 미리 선정하는 것이 아니라 현재 계산된 기종점 통행량 통과 비율을 기초로 모든 내비게이션 궤적자료를 검색하여 가장 통과율이 높은 링크들로 구성된 경로를 선정하는 것임
- 이때 단순히 경로에 속한 링크의 통과율을 산술적으로 더하는 방법을 이용할 경우 경로의 길이가 길어질수록 비율 총합이 증가하므로, 이러한 방법대신 전체 통과율 합계를 경로 길이로 나누어 단위 km당 통과율과 같은 지표를 통해 궤적의 대표성을 평가해야 함
- <그림 6-29>에서 제시한 바와 같이 링크 통과율을 이용한 제 1 대표경로 선정의 경우 장점은 <그림 6-28>에서 제시한 탐색 알고리즘의 경우 제 1 대표경로가 실제로는 통행이 이루어지지 않은 경로가 선정될 가능성이 일부 존재하지만, 수집된 경로들만을 이용하는 <그림 6-29>의 기법은 언제나 실제 이루어진 통행경로가 제 1 대표경로에 선정된다는 장점이 있음



<그림 6-29> 링크 통과율을 이용한 제 1대표경로 선정 기법

- 아직 실제 자료를 이용한 분석이 이루어지지 않은 상황에서 어느 알고리즘이 보다 현실성 있는 기종점간 대표 경로를 선정하는데 적합한가를 판정하기는 어려우며, 특히 이러한 형태의 최빈 이용 대표경로 선정 문제는 기존에 교통망 분야에서 다루어지지 않은 분야이므로 방법론 정립에 있어 많은 시행착오를 경험할 가능성이 있음
- 이러한 검색을 통해 차량들에 의해 기록된 경로들 중 제 1 대표경로가 선정되면 그 다음부터는 앞서 설명한 방식과 동일하게 현재 까지 탐색된 대표 경로들과 중복도가 높은 궤적은 대표경로 교통량에 추가하고 중복도가 낮은 경로는 경로집합에 추가함
- 이러한 검토를 위해서는 <그림 6-30>과 같이 현재까지 탐색된 대표 경로들에 대하여 수집된 표본 경로들을 대조해보는 과정이 진행되어야 하며 판정의 기준이 되는 최대 중복율 R은 경험적인 판단과 경로 결정의 목적에 따라 분석 전에 미리 결정되어야 함
- 일단 대표 경로가 결정된 이후에는 대표경로 1을 기준으로 동일한 기종점을 통행한 모든 내비게이션 궤적자료를 호출하여 현재까지 탐색된 경로 그룹 중 호출된 궤적과 R%이상 중복된 경로가 있는지 검토함
- 이때 중복도 R%는 중복된 링크의 길이를 기준으로 계산함



<그림 6-30> 경로의 그룹 구분을 통한 대표경로집합 구축 과정

- 만약 현재까지 결정된 경로 그룹중 검색대상 내비게이션 궤적과 중복도가 R% 이상인 그룹이 없다면 새로운 그룹을 생성하고 저장함
- 마지막 내비게이션 경로 검토가 끝나면 최종적으로 결정된 경로그룹을 대표 그룹으로 저장하는데 만약 경로 그룹의 숫자가 지나치게 많은 경우 현재 찾아진 경로들 중 가장 유사한 경로 그룹들을 통합하여 허용 가능한 경로그룹 숫자까지 줄인 후 저장함
- 이때 기존에 독립적으로 존재하던 경로그룹이라면 중복도로 서로 R% 미만이라는 의미이므로 이때에는 중복도를  $(R-\alpha)\%$ 로 설정하고  $\alpha$ 값을 작은 단위값으로 감소시키며 해당 중복도보다 큰 중복도를 갖는 두 경로그룹을 찾은 뒤 통합함

#### 4. 대표경로 선정 알고리즘 성능 검증

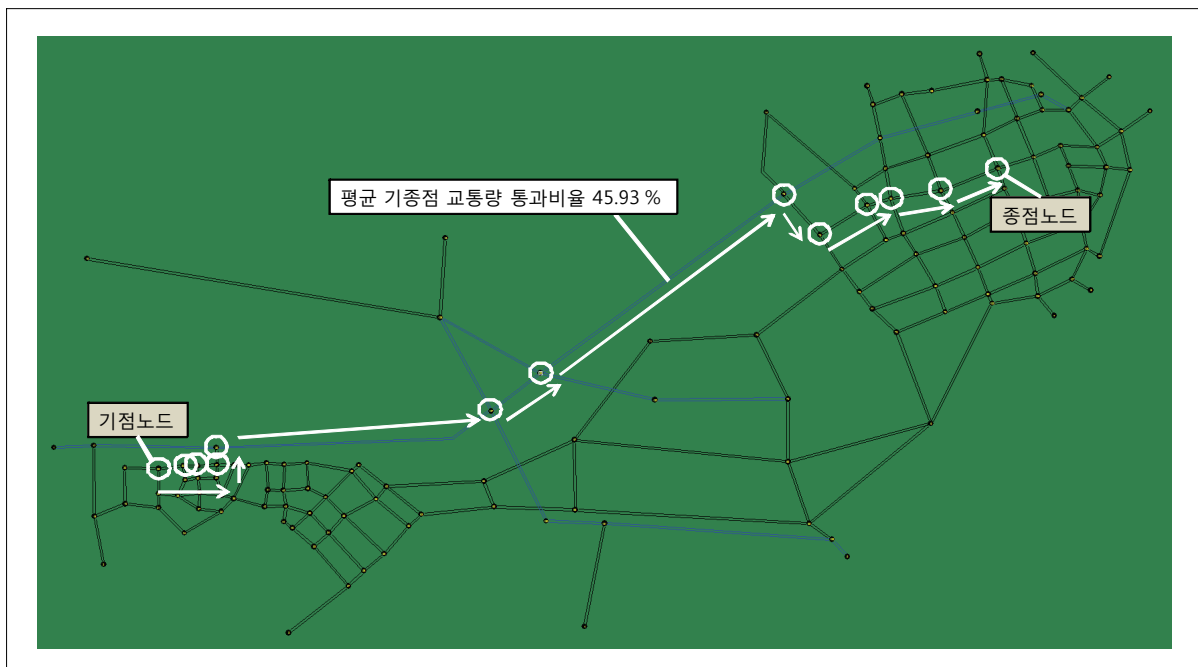
- 제시된 알고리즘을 실제 교통망에 적용하여 현실적인 대표 경로 선정이 가능한지 확인이 필요함
- 현실적인 교통망 상황을 재현하기 위해 서울 강남구와 분당지역간의 교통망을 테스트베드 교통망으로 선정하여 DYNASMART-P의 교통망 작성 기능을 이용해 교통망을 구축함
- 교통망은 135개 노드와 418개의 링크로 구성되어 있으며, 교통존은 52개로 설정함
- 본 예제에서 분석하는 내비게이션 자료의 경우 동일한 존에서 동일한 존으로 통행하더라도 정확한 통행의 출발 지점과 종료지점이 모두 다르기 때문에 이를 교통망에서 반영하기 위해 기점의 경우 5개 노드, 종점의 경우 3개 노드를 임의로 선정해 통행의 기점과 종점이 발생된다고 가정함
- 기점존과 종점존 사이에는 500개의 경로를 임의로 발생시켰는데, 발생되는 500개의 경로 간에는 완전한 중복은 허용하지 않았기 때문에 500개 경로간에 이용 링크가 완전 일치하는 경우는 존재하지 않음
- 임의 발생된 500개의 경로는 개별 차량의 내비게이션 자료라고 가정하고 먼저 대표경로 선정 작업의 사전 작업으로서 기종점 교통량의 링크 통과 표본수를 이용하여 기종점 교통량 링크 이용율을 계산함



- 식에서  $\phi_a^{ij}$ 는 기종점 ij간 표본자료들의 링크 a 통과 비율을 나타내며,  $\hat{x}_a^{ij}$ 는 기종점 ij간을 통행한 표본들 중 링크 a를 통과한 표본의 숫자를 나타내며  $\hat{T}^{ij}$ 는 기종점 ij간의 총 표본 숫자를 나타냄
- 모든 링크에 대하여 기종점 교통량 링크 이용률을 계산한 뒤, 개별 경로들을 구성하는 링크들의 이용률을 링크 거리에 대해 가중평균하여 경로의 평균 이용률을 계산함

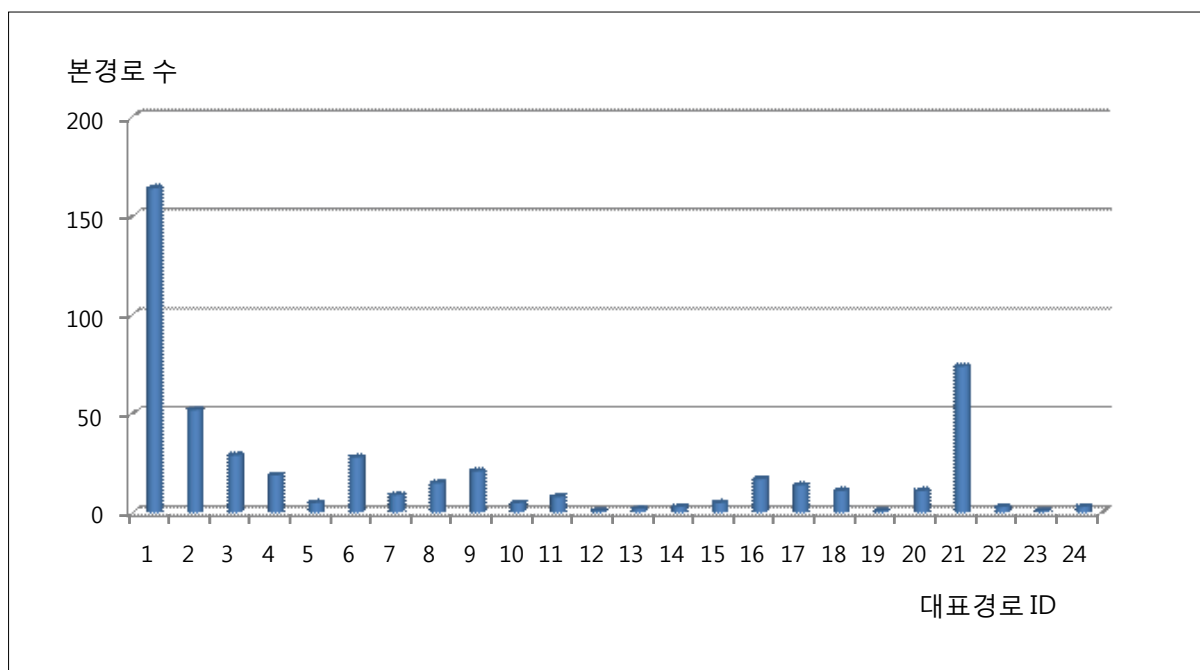
$$\phi_p^{ij} = \frac{\sum_{a \in A_p^{ij}} \phi_a^{ij} \cdot l_a}{\sum_{a \in A_p^{ij}} l_a}$$

- 이러한 분석을 통해 전체 500개 경로의 평균 링크 이용률을 계산한 결과 0.2973으로 계산되었는데, 이는 경로의 단위 길이 (km)당 기종점 교통량의 링크 평균 통과비율이 29.73% 임을 의미하는 것임
- 500개 경로중 가장 링크 평균 통과비율이 가장 큰 경로는  $\phi_p^{ij}$  값이 0.4594로서 경로를 구성한 링크들의 평균 단위 km당 기종점 교통량 통과율이 46% 수준으로서, 해당 경로는 전체 기종점 통행량 중 절반 정도가 통과하는 링크들을 통과하는 경로임



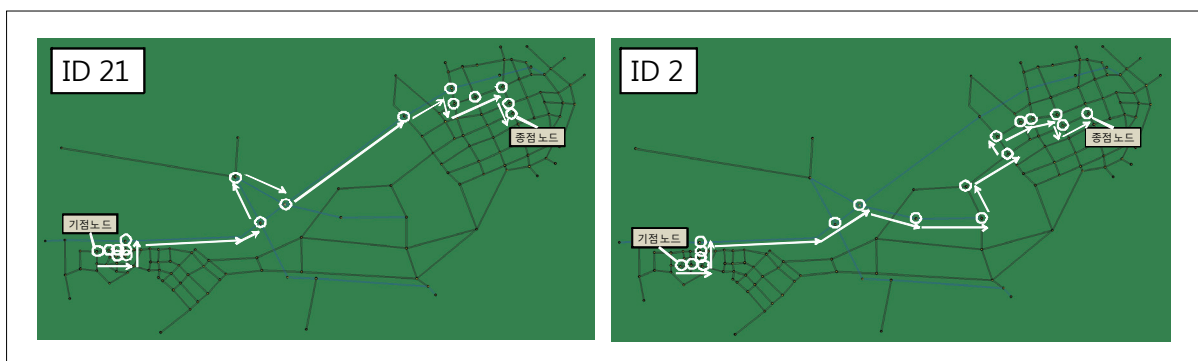
<그림 6-33> 제 1대표 경로 선정 결과

- 제 1 대표경로가 평균 링크 통과비율을 통해 선정되면 <그림 6-39>에서 설명한 방법을 통해 나머지 499개 경로표본에 대하여 경로 그룹작업을 시작함
- 이때 분석 예제의 경로 중복율은 50%로 가정하는데 만약 전체 경로의 길이 중 이미 대표경로 집합 내에 선정된 경로와 중복율이 50%를 초과하는 경우에는 기존 대표경로에 속하는 경로로 추가하며, 50% 미만의 중복율인 경우 새로운 경로로 저장함
- 중복율이 낮아지는 경우에는 대표경로의 숫자는 줄어드는데, 예를 들어 30%를 최대 중복허용도라 설정하면 30% 이상이 중복되는 경우에는 기존 경로와 충분히 중복된 것으로 판단해 기존 대표경로로 구분되기 때문임
- 따라서 최대 허용 중복율이 낮아지면 서로 상당히 다른 경로들이 하나의 대표경로와 유사경로로 분류되어 동일한 경로집합으로 구분된 경로들간의 이질성이 상당히 커지는 반면 최대허용 중복율을 높이면 동일 경로 그룹 내의 동질성은 증가하나 저장해야 하는 대표경로의 숫자가 증가함
- 중복율 계산의 경우 통행발생 지역 및 통행도착 지역 내의 국지 도로의 경우 중복도 계산에서 제외하는 것이 현실적인 중복도 계산에 바람직하므로 기점 존내 5개 노드와 종점 존내 3개 노드에 직접 연결된 링크들의 경우 중복도 계산에서 제외하였음



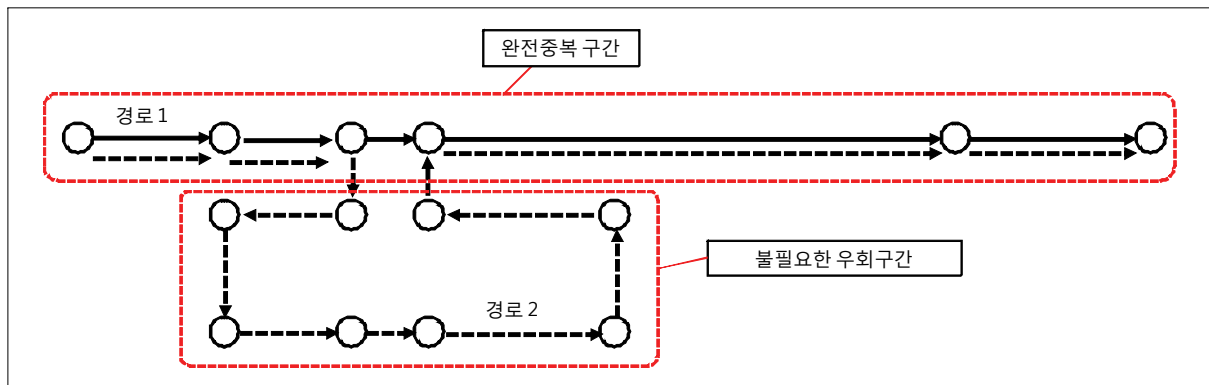
<그림 6-34> 최종 생성 대표경로 그룹 수와 그룹 내 표본 수

- 중복율 50%를 적용한 결과 500개의 표본경로들은 24개의 경로그룹으로 구분되었으며, 가장 많은 경로들이 속한 그룹은 제 1 대표경로로서 총 표본수는 164개로 전체 표본 경로들 중 32% 정도가 제 1 대표경로와 50%이상 중복되는 것으로 나타남
- 표본수가 많은 두 번째 경로그룹은 ID21로서 74개 표본을, 그밖에 ID 2, 3, 6이 각각 표본수 52, 29, 28개를 확보하여, 상위 5개 대표경로의 총 표본수는 347개로서 상위 5개 경로에 전체 500개 경로들의 69.4%가 포함됨을 알 수 있음
- 위의 경로집합들 중 대표 경로 ID 21과 ID 2의 경로를 <그림 6-35>에 제시하였음
- ID 21의 경우 제1대표경로와 비교할 때 사용된 고속도로 축이 동일하나 제1대표경로에 비해 링크를 하나 더 고속도로에서 이용한 뒤 일반도로 망으로 진입하였는데 축에는 큰 차이가 없으나 국지 도로 이용에서 차이가 있었음을 알 수 있음
- 이때 ID21이 발생할 때 사용된 차량 표본자료 자체가 일부 경로 우회를 포함하고 있어 일부 불필요한 우회구간이 존재하였는데 실제 차량 궤적에서는 이러한 불합리한 구간의 포함은 줄어들 것이라 생각됨
- 하지만 실제 자료에서도 이러한 우회가 존재하는 경우 이러한 우회가 많은 궤적이 실제 주요도로 이용구간은 거의 동일하더라도 우회구간 때문에 전체 경로의 거리가 길어져 현재 대표경로로 선정된 경로그룹과 중복되지 않는 것으로 판단될 수 있음
- 이에 비해 대표경로 ID 2의 경우 ID 1이나 ID 21의 경로에 비해 이용된 링크의 구성이 명확히 다름을 확인할 수 있음
- 개발된 알고리즘을 통해 500개 경로에 대한 그룹화를 진행한 결과 초기의 설계목적대로 상호 충분히 독립적인 경로 그룹으로 표본 경로들을 구분할 수 있었으며, 경로 중복도와 도출되는 경로들의 특성간 관계도 분석하였음



<그림 6-35> ID 21과 ID 2 경로

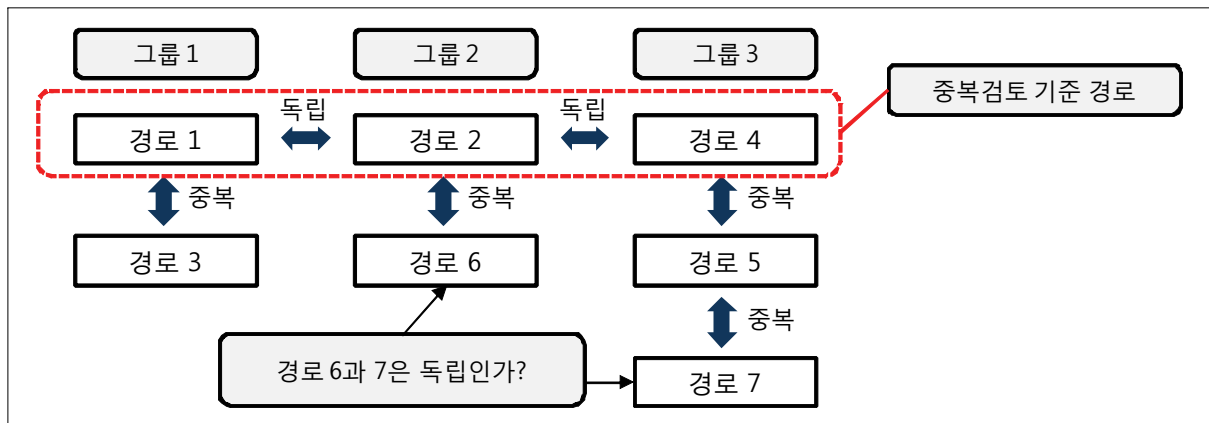




<그림 6-36> 우회에 따른 경로 중복 기피 문제

- 하지만, 설계 당시에 파악하지 못한 문제점도 발견되었는데, 먼저 비현실적 우회가 포함되어있는 경로가 기존의 경로와 독립적인 경로로 파악되어 새로운 대표경로로 분류되는 경우 실제 이용된 중요 링크들은 같으나 독립된 경로로 분류될 수 있음
- 즉, <그림 6-36>에서 점선으로 표시된 경로 2의 경우 경로 1과 거의 대부분의 경로구간이 같지만 불필요한 우회구간이 많아 전체 구간길이가 길어지면서 경로 1과 중복경로가 아닌 것으로 판단될 수 있음
- 하지만 반대로 경로 1의 경우 전체 구간 길이 중 경로 2와 중복된 구간이 대부분이므로 경로 1 기준으로는 두 경로는 중복임
- 이를 통해 불필요한 우회부에 의해 발생하는 문제를 해결할 수 있는데, 먼저 기종점간에 전체 통행거리나 시간 평균값을 찾은 뒤 이보다 일정비율 이상의 거리나 통행시간이 소요된 경로는 표본 집합에서 제외하는 것임
- 두 번째 방법은 경로간 독립을 정의할 때 하나의 경로를 기준으로 정의하는 것이 아니라 두 경로를 기준으로 중복율을 모두 계산한 뒤 그중 큰 값을 두 경로의 공통 중복율로 판단하는 것임
- 이 경우 <그림 6-37>의 두 경로의 경우 경로 1을 기준으로 중복길이를 고려한 중복율이 두 경로의 공통 중복율로 고려되므로 두 경로가 독립 경로로 인정되는 경우는 없어짐
- 또 다른 문제는 경로 그룹화 과정에서 서로 독립적으로 판단된 경로그룹들 중 경로를 하나씩 선택해 1-1 비교를 할 경우 두 경로가 독립적이지 않은 경우가 나타날 수 있다는 점임
- 그룹 1에 속한 경로 1과 3은 서로 50% 이상 중복되며 경로 2와 경로6, 경로 4와 경로 5, 7도 서로 50% 이상 중복됨





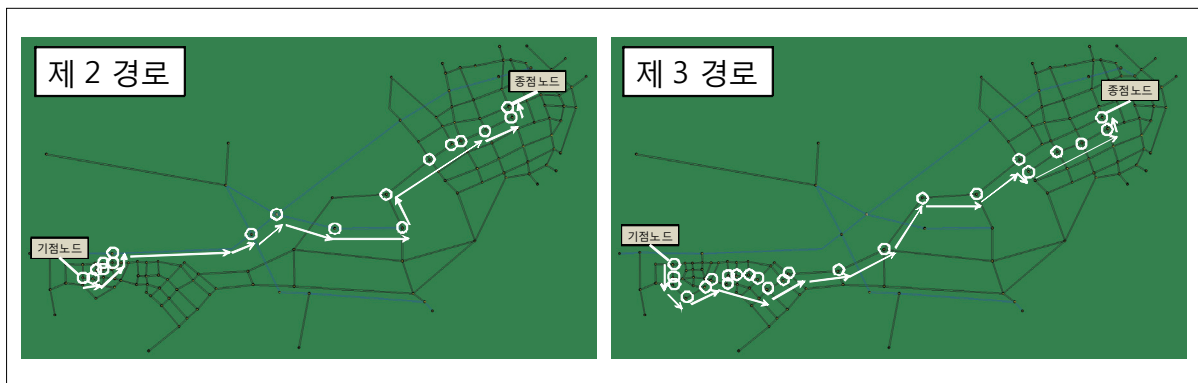
<그림 6-37> 경로 그룹 내 소속 경로간의 상호 독립성 확보문제

- 이때 경로 1, 경로 2, 경로 4는 각각 경로 그룹이 생성될 때 서로 50% 이하의 중복도를 가지는 것으로 판단되어 독립적인 경로군으로 분류된것이므로 서로 독립을 보장할 수 있음
- 문제는 이후 분류된 경로 5의 경우 각 그룹과 독립인지 아닌지를 판단할 때 각 그룹에 속한 모든 경로를 검토한 것이 아니라 경로그룹의 기준이 된 경로 1, 2, 4와 중복도를 검토한 뒤 가장 중복도가 높은 그룹으로 분류됨
- 따라서 모든 분류된 경로들은 그룹별 기준 경로들 (경로 1, 2, 4)을 기준으로 판단하면 합리적으로 독립성을 확인받았으나 각 그룹에 하위경로로 속해있는 경로를 한 개씩 뽑아 독립성을 확인할 경우 두 경로가 독립적이지 않을 가능성이 존재
- 이러한 문제를 막기 위해서는 각 경로를 분류할 때 각 그룹내에 속해있는 모든 경로들을 검토한 뒤 가장 중복도가 높은 경로가 속해있는 경로그룹에 경로를 배치해야하는데, 이러한 작업은 이론적으로는 문제를 해결할 수 있으나 중복검토 계산량을 크게 늘릴수 있어 대규모 데이터를 분석해야 하는 경우에는 실제 적용이 불가능할 수 있음

## 5. 알고리즘 개선 및 성능 향상 결과 검토

- 앞서 제시된 문제 중 먼저 중복도 계산에서 분류 대상인 경로의 길이를 중심으로 계산하던 것을 두 경로의 길이 중 짧은 경로의 길이를 기준으로 중복도를 계산하는 방식으로 바꾸어 동일한 교통망에서 경로를 재 그룹 하였음
- 분석결과 이전 알고리즘에서 경로그룹이 24개 도출되던 것이 20개로 4개 그룹이 감소하였으며, 상위 5개 그룹의 표본 경로 숫자가 386개로, 이전의 347개에서 39개 증가하였음

- 이는 개선된 알고리즘이 소수의 경로로도 이전 알고리즘보다 보다 많은 경로들을 포함하는 대표 경로그룹을 찾아냄을 의미하는 것이며, 개선된 알고리즘에 의해 도출된 대표 경로들이 이전 알고리즘 결과보다 보다 대표성 있는 경로들을 결정할 수 있음을 의미하는 것임
- 이전 알고리즘에 비해 개선된 결과를 제공한다는 점은 도출된 경로그룹 별 대표경로를 통해서도 확인할 수 있음
- <그림 6-38>을 보면 개선된 알고리즘의 제2대표경로의 경우 제1경로와 명확히 다른 고속도로 구간과 일반도로 구간을 통과하는 경로로 구성되어 있음을 확인할 수 있음
- 또, 제 3경로의 경우에도 전 구간을 일반 도로로만 통과하는 경로이므로 <그림 6-38>에서 제시된 이전 알고리즘의 계산 결과에 비해 명백히 서로 다른 경로그룹이 도출되었음을 확인할 수 있음
- 이러한 분석을 통해 대표경로 산정 기법을 개발하고 이를 기초로 중형 교통망에서 대표경로를 산정하였으나, 본 과업에서 실제 KTDB 교통망 전체에 대한 기종점 교통망 링크 통과 비율을 구축하지 못한 관계로 KTDB 교통망 대표경로 산정 문제는 향후 연구로 남겨둠



<그림 6-38> 개선된 알고리즘에 의한 제2, 제3 경로 그룹 결과

## 제8절 도로유형별 등급 세분화 검토

- 본 연구에서는 동일 VDF등급이라도 여러 가지 유형의 도로들이 혼재되어 포함되어 있다는 점을 인지하였고, 고속도로 중 타 고속도로와 특성이 상이한 88고속도로에 대한 분리정산을 시행함
- 88고속도로의 분리정산 시행결과 기존 VDF체계에서의 고속도로의 정산신뢰도 보다 분리정산시 신뢰도가 0.5% 향상되는 것으로 분석되었음
- 또한, 88고속도로만의 정산신뢰도결과는  $\pm 30\%$  이내 재현 링크 비율이 76.2%,  $\pm 50\%$  이내 재현율은 95.2%로 나타남
- 본 연구를 통하여 고속도로에 대한 분리정산을 시행하였을 시 전체적인 정산신뢰도 향상이 이루어지는 것을 밝혀 내었으며, 향후 기타 고속도로에 대한 분리정산을 통하여 고속도로 정산신뢰도 향상 방안을 모색할 예정임

<표 6-22> 고속도로 분리 정산 결과 비교

기존결과	고속도로 정산결과	30% 이내 비율	59.9%
		50% 이내 비율	76.8%
분리정산결과	고속도로 분리정산결과	30% 이내 비율	60.4%
		50% 이내 비율	80.4%
	88고속도로 정산결과	30% 이내 비율	76.2%
		50% 이내 비율	95.2%



## 제7장 결론 및 향후과제

---

제1절 도로통행비용함수 구축관련 조사 주요결과

제2절 향후과제 및 로드맵 구축



## 제7장 결론 및 향후과제

### 제1절 도로통행비용함수 구축관련 조사 주요결과

- 본 연구는 KTDB 교통망의 통행비용함수(VDF)에 포함된 계수를 정산하고 이를 검증할 수 있는 체계 및 시스템을 구축하는데 목표를 두고 있으며, 계수 정산에 필요한 입력자료의 검증 및 오류 개선, 계수정산 이론의 개발, 계수값의 특성 분석, 기타 현행 KTDB VDF의 등급정의 타당성 검토와 개선방향제시 등을 포함하고 있음
- 특히 본 연구의 기존 VDF 정산 과업과 차별화 되는 점은 첨단 교통자료인 내비게이션 자료를 VDF 정산에 활용한다는점, 고속도로 VDF에 대하여 속도 자료를 반영한 정산을 시행한다는 점, 그리고 효율적인 정산 및 정산 결과 검증을 가능케 할 VDF 통합관리 애플리케이션을 개발하였음
- 특히 다차로 도로의 경우 고속도로에 비해 관측교통량 재현 수준이 현저히 낮기 때문에 문제 원인을 파악하고 효과적으로 개선할 수 있는 방법과 분석 체계를 구축하였음
- 이러한 개선을 통해 현재 사용되고 있는 VDF 계수값들에 비하여 교통류 이론에 부합하고 현실 재현력 높은 계수값들을 추정하였음
- 본 연구의 주요결과는 다음과 같음

#### 1. 정산 신뢰도 개선방안 도출

- 존 내 통행량이 관측교통량에 포함되어 있어 이를 정산 과정에서 고려하는 방법론을 개발
- 계수정산 과정의 임의성을 줄이기 위해 최적화 기법인 화음탐색법 기반의 정산 모형 개발
- 정산 신뢰도 향상을 위한 분석 도구로서 VDF 통합관리 애플리케이션을 개발

## 2. 정산 방법론 타당성 개선방안 도출

- 교통량 뿐만 아니라 통행시간을 VDF 정산 과정에서 반영할 수 있는 방법론을 개발
- 통행시간의 정산 반영을 위해 고속도로-다차로의 분리 정산 방법론 개발
- 통행시간 기반 신뢰도 검증을 위해 기종점 및 경로 통행시간 검증 방법론 강화
- 자유 교통류 속도와 용량의 경우 현장자료 기반의 정산 기법을 도입

## 3. 정산자료 정확성 개선방안 도출

- 교통량 자료 일관성 검증 기법 개발 및 애플리케이션 내 검증 기능 설치
- 애플리케이션 내 다양한 주제도 분석기능을 통해 정산 자료의 문제점을 직관적으로 파악하고 수정할 수 있도록 지원
- 존-교통망 정합성 평가, 센트로이드 컨넥터 검증 등 교통망 기초 신뢰도 분석 기능 개발

## 4. 첨단자료의 활용

- 고속도로 기종점 통행수요 파악을 위해 TCS 자료 분석 및 DB 구축
- 고속도로 교통량 및 통행시간 자료 구축을 위해 FTMS 자료 분석 및 DB 구축
- 존 내 통행량 분석을 비롯한 교통망 분석 자료로서 내비게이션 궤적자료 1년치를 분석해 DB화
- 교통망 구축부터 최종 정산과정까지 내비게이션 자료의 활용 방안을 개발하고 적용

## 5. 도로통행비용함수 구축관련 애플리케이션 개발

- 교통량, 통행시간 자료 검증 방법론 개발 및 적용
- 그래프, 표, 주제도, 통계 지표 분석 등 다양한 검증 기법들을 개발해 다각적인 복수자료 평가 체계 개발
- Multi-Source 자료 비교 기능 개발 및 연도별, 기관별 자료 관리 DB 체계 구축



## 6. KTDB VDF 파라메타 제시

- 본 연구를 통하여 KTDB 교통망의 통행비용함수(VDF)에 포함된 계수를 범위를 설정하여 제시하였으며, 개별사업 평가시에는 현장의 조건에 따라 다양한 변화요인이 발생할수 있으므로 제시된 계수범위내에서 개별 분석가가 현황 정산시 탄력적으로 적용해야 할것임

<표 7-1> KTDB VDF 계수값 정산 범위

정산범위			$V_0(\text{km/시})$	용량(대/시)	$\alpha$	$\beta$
고속도로	1	2차로 이하	100 ~ 130	1,700 ~ 2,100	0.25 ~ 0.65	1.80 ~ 3.50
	2	3차로 이상	110 ~ 125	1,750 ~ 2,150	0.30 ~ 0.70	1.50 ~ 3.20
	3	2차로 이하	95 ~ 115	1,700 ~ 2,000	0.35 ~ 0.75	1.60 ~ 3.40
	4	3차로 이상	90 ~ 110	1,900 ~ 2,200	0.40 ~ 0.80	1.40 ~ 3.10
다차로 도로	5	1차로	70 ~ 90	680 ~ 1,400	0.47 ~ 0.85	2.05 ~ 2.90
	6	2차로 이상	90 ~ 105	1,150 ~ 1,550	0.50 ~ 0.70	2.00 ~ 2.50
	7	1차로	70 ~ 85	650 ~ 1,150	0.52 ~ 0.88	1.95 ~ 2.80
	8	2차로 이상	85 ~ 100	1,100 ~ 1,500	0.55 ~ 0.75	1.90 ~ 2.40
	9	1차로	65 ~ 85	630 ~ 1,000	0.57 ~ 0.90	1.85 ~ 2.60
	10	2차로 이상	83 ~ 100	930 ~ 1,500	0.60 ~ 0.80	1.80 ~ 2.30
	11	1차로	65 ~ 80	550 ~ 800	0.58 ~ 0.90	1.85 ~ 2.40
	12	2차로 이상	80 ~ 95	780 ~ 1,450	0.62 ~ 0.82	1.80 ~ 2.05
	13	1차로	65 ~ 75	400 ~ 600	0.60 ~ 0.90	1.75 ~ 2.30
	14	2차로 이상	80 ~ 90	600 ~ 800	0.66 ~ 0.86	1.70 ~ 1.95
	15	1차로	60 ~ 70	350 ~ 550	0.67 ~ 0.90	1.65 ~ 2.20
	16	2차로 이상	70 ~ 80	600 ~ 800	0.71 ~ 0.91	1.55 ~ 1.85

<표 7-2> KTDB VDF 계수 정산 값

정산범위			$V_0(\text{km/시})$	용량(대/시)	$\alpha$	$\beta$
고속도로	1	2차로 이하	101	1,700	0.55	2.60
	2	3차로 이상	121	1,900	0.48	2.50
	3	2차로 이하	98	1,700	0.50	2.40
	4	3차로 이상	92	1,900	0.42	2.30
다차로 도로	5	1차로	72	680	0.85	2.85
	6	2차로 이상	90	1,300	0.70	2.20
	7	1차로	70	650	0.86	2.75
	8	2차로 이상	86	1,200	0.73	2.10
	9	1차로	68	630	0.87	2.60
	10	2차로 이상	84	1,100	0.76	2.00
	11	1차로	66	600	0.88	2.40
	12	2차로 이상	82	950	0.78	1.90
	13	1차로	65	580	0.89	2.25
	14	2차로 이상	80	800	0.80	2.80
	15	1차로	62	550	0.89	2.15
	16	2차로 이상	75	780	0.82	1.75

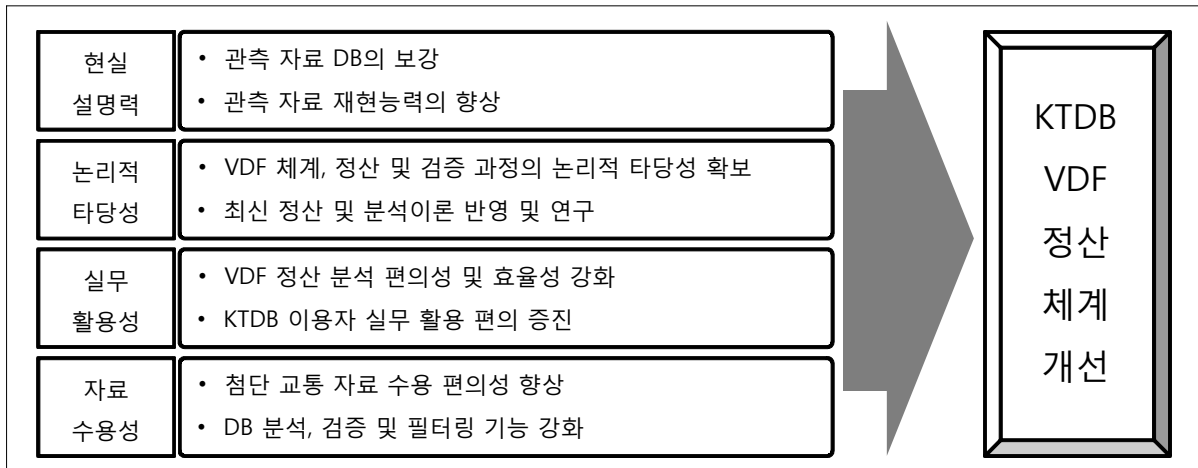
## 제2절 향후과제 및 로드맵 구축

- 본 연구에서는 KTDB 통행비용 함수의 정산에 필요한 자료를 개선하고 최신 자료를 통해 갱신하였으며, 이를 이용하여 VDF 함수 계수값을 추정하였고, 그 신뢰도를 평가할 수 있는 프로그램을 개발하였음
- 연구 수행결과 현재 VDF 정산 과정 자체가 갖는 한계와 문제점 및 이에 대한 개선 방안이 논의되었고, 이러한 개선 방안을 어떻게 향후 연구 진행하거나 개발된 프로그램 내에 장착할 것인가에 대한 논의 필요성이 제기되었음
- 본 과업에서 개발된 KTDB VDF 통합관리 프로그램의 개발 취지를 고려하고 향후 현 정산 기초자료나 정산 모듈이 갖는 한계를 극복하기 위해서는 현 프로그램을 어떻게 개선해 나갈 것인가에 대한 계획이 필요하다고 판단됨
- 특히 내비게이션 자료에 기초한 분석이 많은 과업의 특성상 향후 내비게이션 자료가 축적되고 보다 상세한 내비게이션 자료, 예를 들어 차종별 내비게이션 자료가 독립적으로 수집되는 환경이 도래한다면 이를 수용할 수 있는 방안을 마련해야 함
- 또 본 과업을 통해 드러난 현 VDF 정산 수준과 이를 효율적으로 향상시킬 방안을 찾기 위해서는 VDF 정산 체계상의 모든 세부 과정들에 대한 질적 개선이 필요하다고 판단됨
- 하지만 이러한 사항들은 매우 기초적인 수준의 자료 관리부터 정산 프로그램의 개발, 정산 신뢰도의 수치적, 시각적 분석기능 개발 등 광범위한 분야의 문제들을 다루기 때문에 본 과제의 수행기간 내에는 완전한 형태로 구현되기 어려움
- 따라서 본 과업의 특별 제언으로서 연구진은 KTDB VDF 통합분석 프로그램이 궁극적으로 갖추어야 할 기능들을 설계하고, 이를 단계별로 어떻게 구축해나갈 것인가를 로드맵 형태로 제안함
- VDF 통합분석 로드맵의 역할은 장기적으로 VDF 분석시스템을 구축하는데 있어 설계도의 역할을 하게 될 것이며, 이러한 로드맵을 통해 구축될 KTDB VDF 분석시스템의 형태를 파악할 수 있을 뿐만 아니라, 각 기능들 간의 관계 설정이 가능해 장래 개발될 기능들이 필요로 하는 기능들의 중복 구축을 막을 수 있는 등 구축과정 효율화에 기여할 수 있음
- 이러한 배경을 고려해 VDF 통합관리 애플리케이션 개발 로드맵에서는 소프트웨어적인 개선 및 계산 알고리즘 개선뿐만 아니라 현재 수집되지 않는 자료들에 대한 수집 필요

성 제거나 현재 기술로는 Raw data로부터 추출할 수 없는 정보들을 어떻게 가공할 것인지에 대한 방안까지 포괄적으로 담도록 하였음

## 1. KTDB VDF 통합관리 프로그램 개선 목표 설정

- KTDB VDF 통합관리 프로그램의 개선 로드맵 도출을 위해서는 먼저 향후 KTDB VDF 정산이 어떠한 목표를 달성해야 하는지에 대한 정의가 필요함
- KTDB VDF 정산 목적을 고려해 설정한 KTDB VDF 통합관리 프로그램의 개선 목표는 <그림 7-1>과 같음
- KTDB VDF의 정산 결과가 개선되기 위해서 첫 번째 달성되어야 할 목표는 현실 설명력의 개선임
- 현실 설명력이란 현실에서 관측되는 현장의 상황을 VDF 정산 결과가 얼마나 잘 설명할 수 있는가를 의미하며, 이때 현장 상황은 관측 자료를 통해 파악됨
- KTDB VDF 정산 결과의 현실 설명력을 높이기 위해서는 두 가지 측면에서의 개선이 이루어져야 하는데, 그 중 첫 번째는 관측 자료 DB의 보강임
- 현재 KTDB의 경우 교통량 중심의 검증 체계에 의존하고 있으며, 교통량의 경우에도 관측율이 10% 수준에 머물러 있음
- 또, 올해 과제부터 적용된 속도 및 통행시간 자료는 고속도로에 대해서만 DB 구축과 정산 활용이 시작된 상황임
- 교통 계획 분야에서 현실의 교통상황은 관측자료를 통해서만 확인 가능하므로 얼마나 많 이, 얼마나 다양하게 관측자료 DB를 구축하는가가 현실 설명력 개선에 핵심 선결 과제임



<그림 7-1> KTDB VDF 정산 체계 개선 목표와 세부 개선 방안

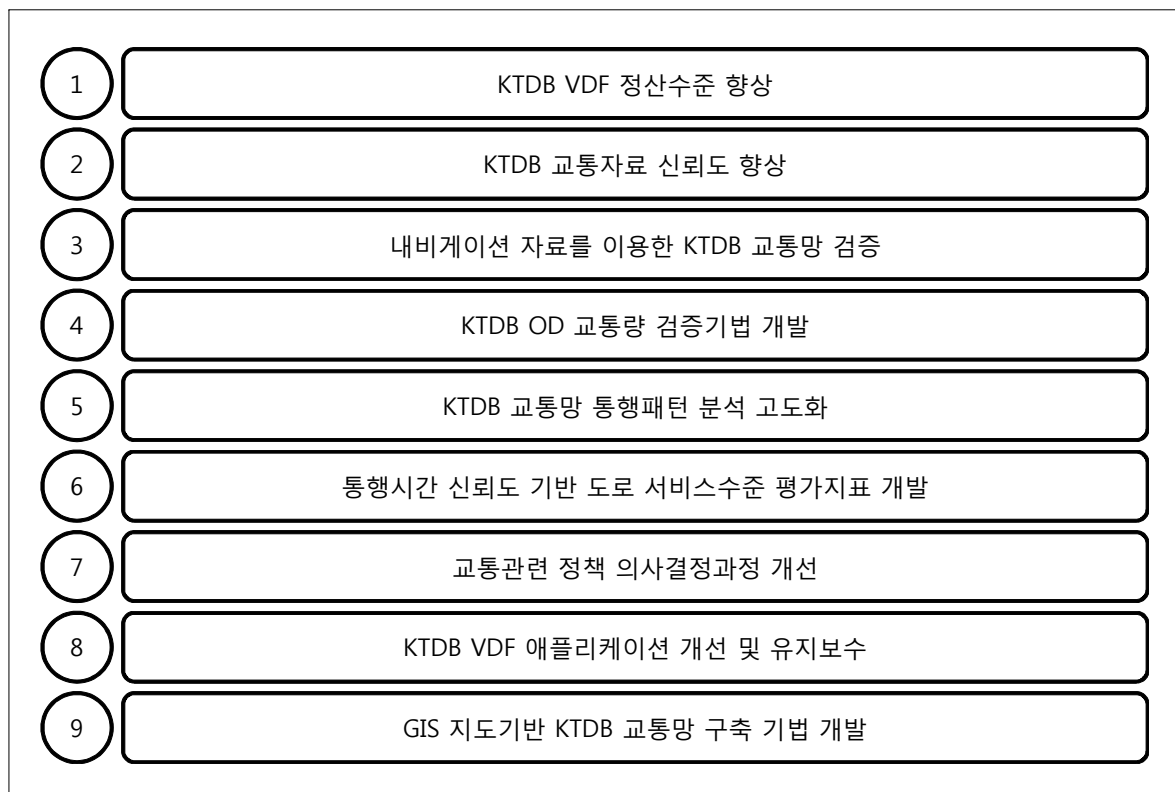
- 현실 설명력 개선을 위해 달성되어야 할 두 번째 목표는 관측자료 재현 능력의 향상임
- 즉, 정산된 VDF를 통행배정 모형에 적용했을 때 관측 통행시간과 관측교통량에 유사한 값이 도출되어야 함
- 이때 재현값과 관측값이 유사하다는 것은 어떤 지표를 통해 어느 정도 수준까지 재현되어야하는지도 현실설명력 개선 부문에서 정의되어야 함
- 또, 관측자료가 다양한 자료공급원에 의해 공급되고 FTMS 자료나 내비게이션 자료와 같이 일별로 자료가 수집되는 경우도 존재하기 때문에 향후에는 통행속도 및 통행시간과 교통량이 현재의 상수 형태가 아니라 평균과 분산을 통해 통계치로 정의될 가능성이 높음
- 따라서 장기적인 관점에서는 관측자료 DB가 교통망에서 발생하는 가변성과 불확실성을 포착할 수 있도록 자료 콘텐츠를 다각화하고 이를 통계적으로 분석해 DB로 보강해야하며, 이러한 가변성과 불확실성을 포함해 정의되는 현실을 설명할 수 있는 확률적 수요분석 기법의 개발도 필요함
- KTDB VDF의 정산 결과가 개선되기 위해서 두 번째로 달성되어야 할 목표는 논리적 타당성 보강임
- 이때 논리적 타당성이란 VDF 정산 결과가 합리적으로 도출되고 정산 결과 내에 모순이 존재하지 않음을 의미함
- 예를 들어 고속도로의 자유교통류 통행속도가 다차로의 자유교통류 통행속도보다 낮은 것이 일부 정산 지표를 개선하는 결과가 나온다 하더라도 실제 교통류 특성을 고려할 때 이는 비합리적이므로 이러한 결과가 도출되어서는 안 됨

- 특히, VDF 내에 포함되는  $\alpha$ ,  $\beta$ 와 같은 파라미터들은 현장에서 직접 관측되는 값이 아니라 간접적인 검증 지표들을 통해서만 추정 수준이 검증되므로 정산 과정에서 논리적으로 타당한 최소 만족 조건들을 정립하는 것이 중요함
- 이때, 논리적으로 타당하다는 기준은 객관적인 연구 성과나 분석을 통해서 제시되어야 하며, 이를 위해서는 단기적으로는 국내외 관련연구들을 통한 논리 보강이 필요하고 장기적으로는 KTDB에 축적된 현장자료를 분석하는 연구가 진행되어야 함
- KTDB VDF의 정산 결과가 개선되기 위해서 세 번째로 달성되어야 할 목표는 실무 활용성 확보임
- 이때 실무 실용성이란 두 가지 측면에서 정의가 가능한데 첫 번째는 정산 결과를 실무 종사자가 교통 분석에 사용할 때의 편의성을 의미하는 것이며, 두 번째는 VDF를 직접 정산하는 분석가가 효과적이고 효율적으로 정산 작업을 수행 할 수 있도록 지원하는 것임
- 실무 종사자의 편의성 향상을 위해서는 새롭게 VDF 위계를 정의하거나 새로운 함수를 적용하거나 통행시간이나 교통량과 같은 검증 DB가 구축되는 경우 실무에서 사용하는데 지나치게 복잡한 작업을 필요로 하지 않도록 이를 고려하는 것을 뜻함
- 분석가의 정산 작업 지원을 위해서는 정산 결과의 검증 과정에서 다양한 지표를 이용 가능토록 하고, 정산 작업에 문제가 발생했을 경우 그 원인을 쉽게 찾을 수 있도록 분석기능을 강화해야 함
- 또, KTDB에서 원하는 자료를 쉽게 검색 및 비교할 수 있도록 하고 필요한 경우 그래프나 주제도 기능을 통해 시각적으로 비교 분석 할 수 있는 기능을 개발해야 하며, 장기적으로는 현재 독립적으로 개발된 화음탐색법 기반 정산 알고리즘을 VDF 통합관리 프로그램 내에서 운용할 수 있도록 해야 함
- KTDB VDF의 정산 결과가 개선되기 위해서 마지막으로 달성되어야 할 목표는 신규 자료의 수용성 강화임
- 본 과제에서도 내비게이션 자료와 고속도로 FTMS자료 및 지방 ITS 센터 자료 등 기존 VDF 정산에서 반영하지 않던 자료들이 사용된 바 있으며, 이러한 자료들은 자료의 형태나 질이 서로 상이함
- 이때 정산 과정에서 사용하는 자료의 정의나 KTDB VDF 통합관리 프로그램에 수용할 수 있는 자료의 형태가 가변적으로 설계되지 않는 경우 향후 새로운 형태의 자료가 수집될 경우 이를 정산 과정에 반영하기 어려움
- 따라서 향후 수집될 첨단 자료를 정산 및 검증에 쉽게 반영할 수 있도록 애플리케이션을 개발하고 관련 연구를 수행하는 것이 필요함

- 그리고 정산 및 검증 과정에서의 자료 수용성 개선에 앞서 먼저 연구되어야 할 것이 DB 분석, 검증 및 필터링 기능의 강화임
- 본 과제에서 일부 연구가 수행되었으나 관측자료 DB가 축적되면 동일한 대상에 대하여 복수의 자료가 존재하거나 유사한 대상에서 수집되는 여러 종류의 자료가 수집될 수 있음
- 특히 자료 수용성이 확대될 경우 자료를 DB에 수용하기에 앞서 잘못된 자료가 DB에 반영되지 않도록 자료를 검증하는 연구가 반드시 필요함
- 본 과업 진행과정에서도 자유교통류 속도, 용량 등의 결정이나 통행시간 관련 자료 등의 분석에서 여러 종류의 이상치가 확인된 바 있음
- 본 과제에서는 과업 기간상 단순한 기법들을 통해 작업을 수행하고 이론적으로 이용가능한 기법들을 제시한 바 있으나 향후에는 DB에 포함되는 자료가 다양화되고 첨단화 될 것이므로 이들을 처리할 수 있는 정교한 분석, 검증, 필터링 기법들이 마련되어야 KTDB의 질을 훼손하지 않으면서 자료의 수용성을 강화 할 수 있을 것임

## 2. KTDB VDF 통합관리 프로그램 개선 과제 선정

- KTDB VDF 통합관리 프로그램은 VDF 정산 뿐만이 아니라 향후 KTDB 활용을 위한 플랫폼의 역할을 수행할 것이기 때문에 KTDB 자체의 개선 방향을 모두 포함하여 개선 로드맵이 작성되어야 함
- 본 과제를 수행하면서 도출된 KTDB VDF 정산 관련 개선 분야를 <그림 7-2>와 같이 10개 분야로 정리하였음
- 1과 2의 경우 현재 VDF 정산 신뢰도 수준을 단기간에 향상시키기위해 필요한 사업들로 구성하며, 3, 4, 5의 경우 VDF 정산의 논리적 타당성을 향상시키는 사업들로 구성함
- 논리적 타당성 개선을 위해서는 크게 교통망의 검증, OD 교통량의 검증, 그리고 통행배정 모형 자체의 개선이 필요함
- 그밖에 실무 활용성 관련해서는 새로운 교통망 평가 지표개발에 KTDB 자료를 활용하고 이를 기초로 교통관련 정책 의사결정 과정을 개선할 수 있음



<그림 7-2> KTDB VDF 정산 과제 정리



- 마지막으로 자료의 수용성 개선을 위해서는 KTDB VDF 애플리케이션을 꾸준히 개선하고 새로운 DB를 탑재할 수 있도록 유지보수 하는 것이 필요함
- GIS 지도를 직접 이용하여 KTDB 교통망을 자동으로 구축하는 기능을 애플리케이션에 탑재함으로써 자료간 매칭과정의 문제를 근본적으로 해결하는 것이 필요함
- 이러한 정산 관련 과제들의 문제점등을 해결하기 위해 필요한 사업들을 본 과제 수행결과에 따라 도출하면 <표 7-3>과 같음
- <표 7-3>에서 제시한 바와 같이 KTDB VDF의 정산 수준을 향상시키기 위한 과제들과 KTDB 교통자료 신뢰도 향상을 위한 과제들은 현재의 KTDB의 현실 설명력을 개선하기 위한 연구들로 구분할 수 있음
- 이러한 과제들을 통해 관측교통량 재현력이나 통행시간 설명력의 개선을 달성할 수 있음
- VDF 정산 체계의 논리적 타당성을 개선하기 위해서는 교통망 분석 과정 전반에 걸친 개선이 달성되어야하며, 이는 크게 교통망의 개선, 통행수요의 개선, 그리고 통행배정 모형의 개선을 포함함
- 특히 통행배정 모형의 개선은 5번 과제인 KTDB 교통망 통행패턴 분석 고도화를 통해 달성될 것인데, 이를 위해서는 크게 현재 표준 경로선택 모형으로 이용되고 있는 이용자 평형 규칙의 실제 자료를 통한 검증이 필요하며, 두 번째로는 다차종 통행배정 기법의 개선이 이루어져야 함
- 그리고 단기적으로는 현재 DB가 구축중인 존 내부통행량 자료를 링크 혼잡에 직접 반영해 경로선택을 할 수 있는 통행배정 모형의 개발도 시급히 필요함
- KTDB 애플리케이션의 실무 활용성 개선을 위한 과제로는 먼저 자료 보강을 통해 통행시간 등의 분산 분석이 가능해짐에 따라 이를 활용할 수 있는 교통망 자료의 확률성에 기반한 신뢰도 기반 정책 평가 기법 도입이 필요함
- 또, 이러한 자료들의 정책 의사결정 반영을 위해 투자타당성 평가 등에서 수요 및 교통망의 물리적 용량 등을 확률적으로 고려할 수 있는 기법 개발도 필요함
- 마지막으로 자료의 수용성 확대의 경우 애플리케이션의 꾸준한 유지 보수가 필요하고 또 현재 높은 정밀도 수준으로 구축된 GIS 지도를 직접 교통분석용 지도로 변환할 수 있는 기능을 개발하여 맵 매칭 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 방안 마련이 필요함



&lt;표 7-3&gt; KTDB VDF 정산 상세 과제 정리

현실 설명력	KTDB VDF 정산수준 향상	
	1-1	도로 통행비용합수 위계 재정립
	1-2	KTDB 정산 취약 부문 요인 분석
	1-3	유료도로 가중치 적용 개선방안 수립
	1-4	도로 통행비용합수 정산기준 재정립
	1-5	다차로도로 통행비용합수 고도화
	KTDB 교통자료 신뢰도 향상	
	2-1	전국 교통량 관측지점 적합성 분석
	2-2	존 내부통행량 비율 계산 개선
	2-3	존 내부통행량 관측율 향상
	2-4	망 일관성 분석기술 개발
	2-5	고속도로망 축입관성 분석을 위한 교통량 DB 구축
	2-6	KTDB 교통망 링크별 평균 승용차 환산계수 (PCE) 및 일전환 계수 산정
논리적 타당성	내비게이션 자료를 이용한 KTDB 교통망 검증	
	3-1	존 발생도착 교통량 센트로이드 설정 적합성 분석
	3-2	링크 중요도 평가 기법 고도화
	3-3	존-교통망 링크 적합성 평가기법 고도화
	3-4	내비게이션 자료를 이용한 KTDB 교통망 검증 고도화
	KTDB OD 교통량 검증기법 개발	
	4-1	내비게이션 자료기반 OD estimation 기법 개발
	4-2	기종점-링크 관계 DB 구축
	4-3	KTDB OD 교통량 검증 알고리즘 개발 및 애플리케이션 탑재
	KTDB 교통망 통행패턴 분석 고도화	
	5-1	존 내부 통행량 반영 통행배정기법 개발
	5-2	기종점간 대표경로 DB 구축 방안
	5-3	내비게이션 자료를 활용한 KTDB 교통망 이용자 평형 분석
	5-4	기종점간 대표경로 기반 통행배정 모형 개발
	5-5	기종점 교통량 링크 선택 비율 기반 통행배정 모형 개발
	5-6	차종별 내비게이션 자료 확보 및 분석 방안
	5-7	복수차종 통행배정 모형 개발
	5-8	복수차종 교통량 기준 VDF 정산 체계 연구
	5-9	복수차종 VDF 파라미터 정산
실무 활용성	통행시간 신뢰도 기반 도로 서비스수준 평가지표 개발	
	6-1	기종점 통행시간 신뢰도 분석 및 DB 구축
	6-2	통행시간 신뢰도기반 도로서비스 평가지표 다양화
	6-3	도로 통행시간 신뢰도 기반 교통투자분석평가 개선
	교통관련 정책 의사결정 과정 개선	
	7-1	교통 의사정책 결정과정 KTDB 활용방안 검토
	7-2	KTDB OD 표 구축 과정 개선
	7-3	첨단자료 및 차세대 통행수요 분석 기법 기반 투자타당성 평가 지침 수립
자료 수용성	KTDB VDF 애플리케이션 개선 및 유지 보수	
	8-1	현 설치 기능 검증 및 활용 방안 도출
	8-2	Customized 내비게이션 DB 표출 고도화
	8-3	애플리케이션 활용성 강화를 위한 추가 지표 발굴
	8-4	애플리케이션 실무 활용 확대를 위한 방안 연구
	GIS 지도기반 KTDB 교통망 구축 기법 개발	
	9-1	GIS 주제도 - KTDB 교통망 매칭 기술 향상
	9-2	GIS 지도 기반 통행배정 교통망 자동 생성 알고리즘 개발
	9-3	GIS 기반 자동생성 교통망 검증 기법 개발

### 3. KTDB VDF 통합관리 프로그램 로드맵 도출

- <표 7-3>과 같이 도출된 세부 과제들을 추진할 상세 계획을 위해서는 이들 계획을 어떤 기간동안 수행할 것인지를 정의하는 로드맵이 필요함
- 이를 위해 선후 관계 정의, 시급성을 고려한 우선순위, 추진 난이도, 추진 환경을 고려해 단기, 중기, 장기 과제로 구분하며 장기간 연구가 필요한 경우 하나 이상의 연구기간 설정이 가능토록 함
- 연구진의 검토를 통해 정산체계 4대 목표별로 세부 과제 추진 로드맵이 제시되었음
- 먼저 <표 7-4>에서는 현실 설명력 개선을 위한 과제들의 로드맵이 제시되었는데 현실 설명력 개선의 경우 KTDB의 문제점들을 신속히 개선하기 위해 시급한 과제들이 많아 대부분 단기와 중기에 배치되어 있음
- VDF 위계 재정립의 경우 다른 과제의 진행에 따라 추가 세분화나 통합 작업이 꾸준히 진행될 것으로 예상되므로 단기부터 장기까지 전 연구기간에 걸쳐 추진되어야 할 사업으로 정의하였음
- KTDB 정산 취약 부문 요인 분석의 경우 현재 관측 교통량 재현율이 매우 낮은 링크들을 VDF 등급별, 지역별로 분석하여 현 KTDB 자료 체계를 개선할 수 있는 방안들을 도출하는 기초적인 작업임
- 다차로 도로 통행비용 함수 고도화의 경우 VDF 함수 형태 자체에 대한 연구임

<표 7-4> KTDB VDF 현실설명력 개선 과제 추진 로드맵

현실 설명력		과제명	단기	중기	장기
KTDB VDF 정산수준 향상	1	도로 통행비용함수 위계 재정립	○	○	○
	2	KTDB 정산 취약 부문 요인 분석	○		
	3	유료도로 가중치 적용 개선방안 수립	○		
	4	도로 통행비용함수 정산기준 재정립	○	○	
	5	다차로도로 통행비용함수 고도화		○	○
KTDB 교통자료 신뢰도 향상	1	전국 교통량 관측지점 적합성 분석	○		
	2	존 내부통행량 비율 계산 개선	○	○	
	3	존 내부통행량 관측을 향상	○	○	
	4	망 일관성 분석기술 개발	○	○	
	5	고속도로망 축일관성 분석을 위한 교통량 DB 구축		○	
	6	링크별 평균 승용차 환산계수 (PCE) 및 일전환 계수 산정	○	○	

&lt;표 7-5&gt; KTDB VDF 논리적 타당성 개선 과제 추진 로드맵

논리적 타당성		과제명	단 기	중 기	장 기
내비게이션 자료를 이용한 KTDB 교통망 검증	1	존 발생도착 교통량-센트로이드 설정 적합성 분석	○		
	2	링크 중요도 평가 기법 고도화	○	○	
	3	존-교통망 링크 적합성 평가기법 고도화	○	○	
	4	내비게이션 자료를 이용한 KTDB 교통망 검증 고도화		○	○
KTDB OD 교통량 검증기법 개발	1	내비게이션 자료기반 OD estimation 기법 개발	○	○	
	2	기종점-링크 관계 DB 구축	○	○	
	3	KTDB OD 교통량 검증 알고리즘 개발 및 애플리케이션 탑재		○	○
KTDB 교통망 통행패턴 분석 고도화	1	존 내부 통행량 반영 통행배정기법 개발	○		
	2	기종점간 대표경로 DB 구축 방안	○	○	
	3	내비게이션 자료를 활용한 KTDB 교통망 이용자 평형 분석		○	
	4	기종점간 대표경로 기반 통행배정 모형 개발		○	○
	5	기종점 교통량 링크 선택 비율 기반 통행배정 모형 개발		○	○
	6	차종별 내비게이션 자료 확보 및 분석 방안		○	
	7	복수차종 통행배정 모형 개발		○	
	8	복수차종 교통량 기준 VDF 정산 체계 연구		○	○
	9	복수차종 VDF 파라미터 정산			○

- VDF의 논리적 타당성 개선 과제들은 KTDB 교통망 자료의 논리적 문제점을 개선하거나 개선하는데 필요한 사항들을 연구하는데 목적을 두고 있음
- 교통망 검증에서는 먼저 존 발생도착 교통량 비율을 통해 현재의 센트로이드 설정 상태의 적합성을 분석하며, 다음으로는 당해년도 과제에서 개발한 다양한 교통망 검증 기능들을 고도화하는 사업들을 진행함
- 예를 들어 링크 중요도 평가의 경우 본 과제에서 중요도 평가 함수를 정의하고 애플리케이션 내에 탑재하였으나, 중요도 함수의 타당성, 중요도 가중치의 결정에 대한 검토가 필요하며, 검토를 통해 보완할 사항들을 도출하고 고도화하는 연구가 필요함
- OD 교통량 관련해서는 내비게이션 자료 기반의 OD추정 기법과 이를 활용한 OD교통량 검증 기법의 개발을 통해 KTDB OD 교통량의 정확성에 대한 논쟁에 대응 가능한 객관적이고 계량적인 분석 자료를 확보함
- 마지막으로 통행배정 관련해서는 이용자 평형 기능 검증과 다차종 통행배정 기법 개발을 통해 차세대 통행패턴 분석 모형 개발을 추진함

&lt;표 7-6&gt; KTDB VDF 실무 활용성 개선 과제 추진 로드맵

실무 활용성		과제명	단기	중기	장기
통행시간 신뢰도 기반 도로 서비스수준 평가지표 개발	1	기종점 통행시간 신뢰도 분석 및 DB 구축	○	○	
	2	통행시간 신뢰도기반 도로서비스 평가지표 다양화		○	
	3	도로 통행시간 신뢰도 기반 교통투자분석평가 개선		○	○
교통관련 정책 의사결정 과정 개선	1	교통 의사정책 결정과정 KTDB 활용방안 검토	○	○	
	2	KTDB OD 표 구축 과정 개선		○	
	3	첨단자료 및 차세대 통행수요 분석 기법 기반 투자타당성 평가 지침 수립		○	○

- 실무활용성 개선을 위해서는 현재 KTDB에서 첨단자료 보강을 통해 구축되는 DB를 교통관련 의사결정 체계에 반영하는 과제들의 로드맵이 <표 7-6>과 같이 제시되어 있음
- 단기적으로는 통행시간 신뢰도 분석 DB 구축과 이를 활용할 수 있는 방안 분지가 필요하며, 중, 장기적으로는 신뢰도 서비스 지표를 개발하고 첨단자료 및 차세대 통행수요 분석 기법을 타당성 분석에 활용하는 방안 연구를 추진함
- 마지막으로 자료수용성 개선의 경우 단기적으로는 애플리케이션의 유지보수 사업들을 진행하며 장기적으로는 현재 자료 구축의 큰 걸림돌인 GIS 맵과 교통 주제도간의 매칭문제를 해결할 수 있는 연구를 수행함

&lt;표 7-7&gt; KTDB VDF 자료 수용성 개선 과제 추진 로드맵

자료 수용성		과제명	단기	중기	장기
KTDB VDF 애플리케이션 개선 및 유지 보수	1	현 설치 기능 검증 및 활용 방안 도출	○	○	
	2	Customized 내비게이션 DB 표출 고도화	○	○	
	3	애플리케이션 활용성 강화를 위한 추가 지표 발굴	○	○	
	4	애플리케이션 실무 활용 확대를 위한 방안 연구		○	○
GIS 지도기반 KTDB 교통망 구축 기법 개발	1	GIS 주제도 - KTDB 교통망 매칭 기술 향상	○		
	2	GIS 지도 기반 통행배정 교통망 자동 생성 알고리즘 개발		○	
	3	GIS 기반 자동생성 교통망 검증 기법 개발		○	○

## 부 록

---

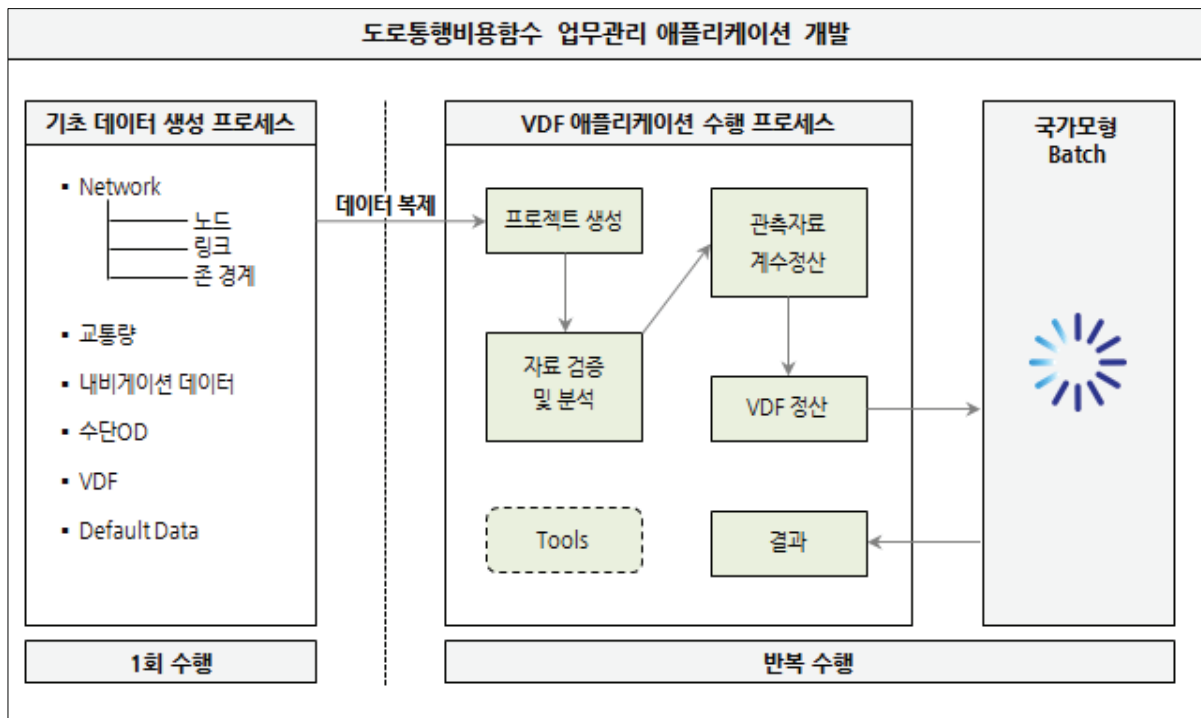
### A. 도로통행비용함수 업무관리 애플리케이션개발



## A. 도로통행비용함수 업무관리 애플리케이션개발

### 1. 시스템 구성도

- 도로통행비용함수 업무관리 애플리케이션은 기초 데이터 생성 프로세스와 VDF 애플리케이션 수행 프로세스와 국가모형의 배정모듈로 구성됨



<그림 1> 도로통행비용함수 업무관리 애플리케이션 개발

## 2. 시스템 기능 정의

- 도로통행비용함수 업무관리 애플리케이션의 주요 기능 및 메뉴는 다음과 같음

<표 1> 시스템 기능 정의

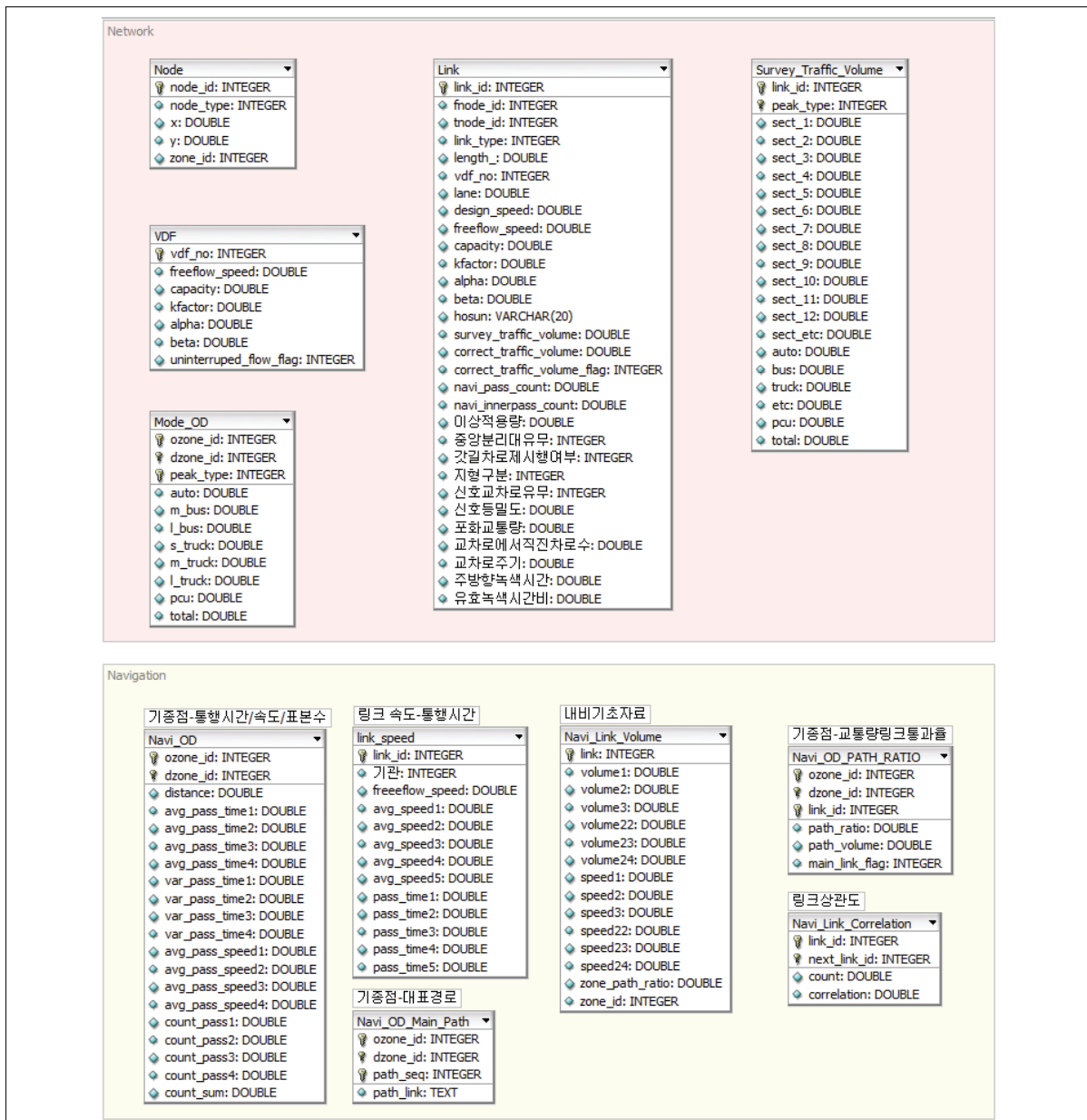
기능 구분		기능 설명
Project	New	▪ 신규 프로젝트 생성
	Open	▪ 기존 프로젝트 열기
	Edit	▪ 프로젝트 설명 편집 및 저장
	Close	▪ 현재 프로젝트 종료
지도제어	View	▪ 지도 확대, 축소, 이동 등 지도의 기본적인 제어
	주제도	▪ 노드, 링크 기반 데이터를 지도상에 주제도로 표출
기초 데이터 입력	네트워크	▪ emme/txt 형태의 KTDB 노드, 링크 입력
	기종점 자료	▪ KTDB 기종점 자료 입력
	관측 교통량	▪ 링크별 차종별 관측 교통량 자료 입력 ▪ 멀티 테이블을 지원하여 동시에 다양한 교통량 자료를 입력할 수 있음
	관측 속도	▪ 링크별 관측속도 자료 입력 ▪ 멀티 테이블을 지원하여 동시에 다양한 교통량 자료를 입력할 수 있음
	내비게이션	▪ 기종점 통행시간, 속도 표본 수, 링크통과율, 대표경로를 입력 ▪ 링크별 상관도 데이터 입력 및 존 내부 통행 비율 정보를 입력
	VDF	▪ VDF별 속도, 용량, Alpha, beta, Kfactor 등의 값을 입력



### 3. 데이터베이스 설계

- 도로통행비용합수 업무관리 애플리케이션의 데이터베이스는 Network Domain 영역과 내비게이션 데이터를 관리하는 Navigation Domain 영역으로 구분됨

#### 가. ERD



<그림 2> ERD

## 나. 테이블 정의서

### 1) 시스템 테이블

<표 2> CODE\_DEFINE 테이블 정의

테이블 ID		테이블 설명		
CODE_DEFINE		코드 테이블		
No	필드명	타입	PK	설명
1	TABLE_NAME	VARCHAR	Y	테이블 명칭
2	COLUMN_NAME	VARCHAR		컬럼 명칭
3	CODE	VARCHAR		코드
4	CODE_NAME	VARCHAR		코드 명칭

<표 3> COLUMN\_DESCRIPTION 테이블 정의

테이블 ID		테이블 설명		
COLUMN_DESCRIPTION		Table의 컬럼 정보 관리 테이블		
No	필드명	타입	PK	설명
1	TABLE_NAME	VARCHAR	Y	테이블 명칭
2	COLUMN_NAME	VARCHAR		컬럼 명칭
3	DATA_TYPE	INTEGER		데이터 타입
4	COLUMN_TYPE	INTEGER		컬럼 타입
5	CODE_YN	INTEGER		코드 여부
6	DISPLAY_YN	INTEGER		디스플레이 여부
7	FREEZE_YN	INTEGE		컬럼 고정 여부
8	DISPLAY_NAME	VARCHAR		표출 명칭
9	COLUMN_INFO	TEXT		컬럼 정보
10	DISPLAY_ORDER	INTEGER		디스플레이 순서
11	ZONEGROUP_YN	INTEGER		존 그룹 여부
12	PK_YN	INTEGER		PK 여부

&lt;표 4&gt; TABLE\_MASTER 테이블 정의

테이블 ID		테이블 설명		
TABLE_MASTER		테이블 마스터		
No	필드명	타입	PK	설명
1	TABLE_NAME	VARCHAR	Y	테이블 명칭
2	DISPLAY_NAME	VARCHAR		표출 명칭
3	TABLE_INFO	TEXT		테이블 정보
4	CREATE_DATE	DATE		생성일자
5	MODIFY_DATE	DATE		수정일자
6	TABLE_TYPE	INTEGER		테이블 타입
7	DISPLAY_TYPE	INTEGE		디스플레이 타입

&lt;표 5&gt; NAVIGATION 테이블 정의

테이블 ID		테이블 설명		
NAVIGATION		지도 주요 지점을 관리하는 테이블		
No	필드명	타입	PK	설명
1	NAVI_ID	INTEGER	Y	지점 ID
2	NAVI_NAME	VARCHAR		지점 명칭
3	MIN_X	DOUBLE		영역 최소 X 좌표
4	MIN_Y	DOUBLE		영역 최소 Y 좌표
5	MAX_X	DOUBLE		영역 최대 X 좌표
6	MAX_Y	DOUBLE		영역 최대 Y 좌표

## 2) 프로젝트 테이블

&lt;표 6&gt; LINK 테이블 정의

테이블 ID		테이블 설명		
LINK		LINK 테이블		
No	필드명	타입	PK	설명
1	LINK_ID	INTEGER	Y	링크 ID
2	FNODE_ID	INTEGER		시점노드 ID
3	TNODE_ID	INTEGER		종점노드 ID
4	LINK_TYPE	INTEGER		링크 타입
5	LENGTH	DOUBLE		링크 길이
6	VDF_NO	INTEGER		VDF 타입
7	LANE	DOUBLE		링크 차로 수
8	DESIGN_SPEED	DOUBLE		링크 설계속도
9	FREEFLOW_SPEED	DOUBLE		링크 자유속도
10	CAPACITY	DOUBLE		차로별 용량
11	KFACTOR	DOUBLE		일전환 계수
12	ALPHA	DOUBLE		ALPHA 값
13	BETA	DOUBLE		BETA 값
14	HOSUN	INTEGER		호선 정보
15	SURVEY_TRAFFIC_VOLUME	DOUBLE		조사 교통량
16	CORRECT_TRAFFIC_VOLUME	DOUBLE		보정 교통량
17	CORRECT_TRAFFIC_VOLUME_FLAG	INTEGER		교통량 보정여부
18	NAVI_PASS_COUNT	DOUBLE		내비게이션 통과 횟수
19	NAVI_INNERPASS_COUNT	DOUBLE		내비게이션 내부통행 수

&lt;표 7&gt; NODE 테이블 정의

테이블 ID		테이블 설명		
NODE		노드 테이블		
No	필드명	타입	PK	설명
1	NODE_ID	INTEGER	Y	노드 ID
2	NODE_TYPE	INTEGER		노드 타입
3	X	DOUBLE		X 좌표
4	Y	DOUBLE		Y 좌표
5	ZONE_ID	INTEGER		존 ID

&lt;표 8&gt; ZONE 테이블 정의

테이블 ID		테이블 설명		
ZONE		노드 테이블		
No	필드명	타입	PK	설명
1	ZONE_ID	INTEGER	Y	존 ID
2	NAME	VARCHAR		존 명칭
3	DISTRICT_ID	INTEGER		행정구분 코드

&lt;표 9&gt; MODE\_OD 테이블 정의

테이블 ID		테이블 설명		
MODE_OD		수단별 OD 테이블		
No	필드명	타입	PK	설명
1	OZONE_ID	INTEGER	Y	시점 존 ID
2	DZONE_ID	INTEGER	Y	종점 존 ID
3	AUTO	DOUBLE		승용차
4	M_BUS	DOUBLE		중형버스
5	L_BUS	DOUBLE		대형버스
6	S_TRUCK	DOUBLE		소형트럭
7	M_TRUCK	DOUBLE		중형트럭
8	L_TRUCK	DOUBLE		대형트럭
9	PCU	DOUBLE		PCU
10	TOTAL	DOUBLE		총량

&lt;표 10&gt; SURVEY\_TRAFFIC\_VOLUME 테이블 정의

테이블 ID		테이블 설명		
SURVEY_TRAFFIC_VOLUME		교통량 테이블		
No	필드명	타입	PK	설명
1	LINK_ID	INTEGER	Y	링크 ID
2	SECT_1	DOUBLE		1종 교통량
3	SECT_2	DOUBLE		2종 교통량
4	SECT_3	DOUBLE		3종 교통량
5	SECT_4	DOUBLE		4종 교통량
6	SECT_5	DOUBLE		5종 교통량
7	SECT_6	DOUBLE		6종 교통량
8	SECT_7	DOUBLE		7종 교통량
9	SECT_8	DOUBLE		8종 교통량
10	SECT_9	DOUBLE		9종 교통량
11	SECT_10	DOUBLE		10종 교통량
12	SECT_11	DOUBLE		11종 교통량
13	SECT_12	DOUBLE		12종 교통량
14	AUTO	DOUBLE		승용차 교통량
15	BUS	DOUBLE		버스 교통량
16	TRUCK	DOUBLE		트럭 교통량
17	PCU	DOUBLE		PCU
18	TOTAL	DOUBLE		총량

&lt;표 11&gt; NAVI\_OD\_MAIN\_PATH

테이블 ID		테이블 설명		
NAVI_OD		기종점 대표경로 테이블		
No	필드명	타입	PK	설명
1	OZONE_ID	INTEGER	Y	시점 존 ID
2	DZONE_ID	INTEGER	Y	종점 존 ID
3	PATH_SEQ	DOUBLE		경로 시퀀스
4	PATH_LINK	DOUBLE		경로 LINK (구분';)

&lt;표 12&gt; NAVI\_OD\_PATH\_RATIO 테이블 정의

테이블 ID		테이블 설명		
NAVI_OD_PATH_RATIO		기종점-교통량 링크 통과율 테이블		
No	필드명	타입	PK	설명
1	OZONE_ID	INTEGER	Y	시점 존 ID
2	DZONE_ID	INTEGER	Y	종점 존 ID
3	LINK_ID	INTEGER	Y	링크 ID
4	PATH_RATIO	DOUBLE		링크 통과비율
5	MAIN_LINK_FLAG	INTEGER		주 링크 여부

&lt;표 13&gt; NAVI\_LINK\_CORRELATION

테이블 ID		테이블 설명		
NAVI_LINK_CORRELATION		링크 상관도		
No	필드명	타입	PK	설명
1	LINK_ID	INTEGER		링크 ID
2	NEXT_LINK	INTEGER		하류 링크 ID
3	COUNT	DOUBLE		중복통과표본도수
4	CORRELATION	DOUBLE		링크 상관도

&lt;표 14&gt; NAVI\_OD\_MAIN\_PATH

테이블 ID		테이블 설명		
VDF		VDF 정보 테이블		
No	필드명	타입	PK	설명
1	VDF_NO	INTEGER	Y	VDF NO
2	FREEFLOW_SPEED	DOUBLE		자유 속도
3	CAPACITY	DOUBLE		용량
4	KFACTOR	DOUBLE		일전환 계수
5	ALPHA	DOUBLE		ALPHA
6	BETA	DOUBLE		BETA
7	UNINTERRUPTED_FLOW_FLAG	INTEGER		단속류/연속류 구분

&lt;표 15&gt; NAVI\_OD

테이블 ID		테이블 설명		
NAVI_OD		기종점 통행시간속도 표본 수		
No	필드명	타입	PK	설명
1	OZONE_ID	INTEGER	Y	
2	DZONE_ID	INTEGER	Y	
3	DISTANCE	DOUBLE		
4	AVG_PASS_TIME1	DOUBLE		
5	AVG_PASS_TIME2	DOUBLE		
6	AVG_PASS_TIME3	DOUBLE		
7	AVG_PASS_TIME4	DOUBLE		
8	VAR_PASS_TIME1	DOUBLE		
9	VAR_PASS_TIME2	DOUBLE		
10	VAR_PASS_TIME3	DOUBLE		
11	VAR_PASS_TIME4	DOUBLE		
12	AVG_PASS_SPEED1	DOUBLE		
13	AVG_PASS_SPEED2	DOUBLE		
14	AVG_PASS_SPEED3	DOUBLE		
15	AVG_PASS_SPEED4	DOUBLE		
16	COUNT_PASS1	DOUBLE		
17	COUNT_PASS2	DOUBLE		
18	COUNT_PASS3	DOUBLE		
19	COUNT_PASS4	DOUBLE		
20	COUNT_SUM	DOUBLE		



## 4. 시스템 세부 기능

### 가. 프로젝트 생성 및 데이터 설정

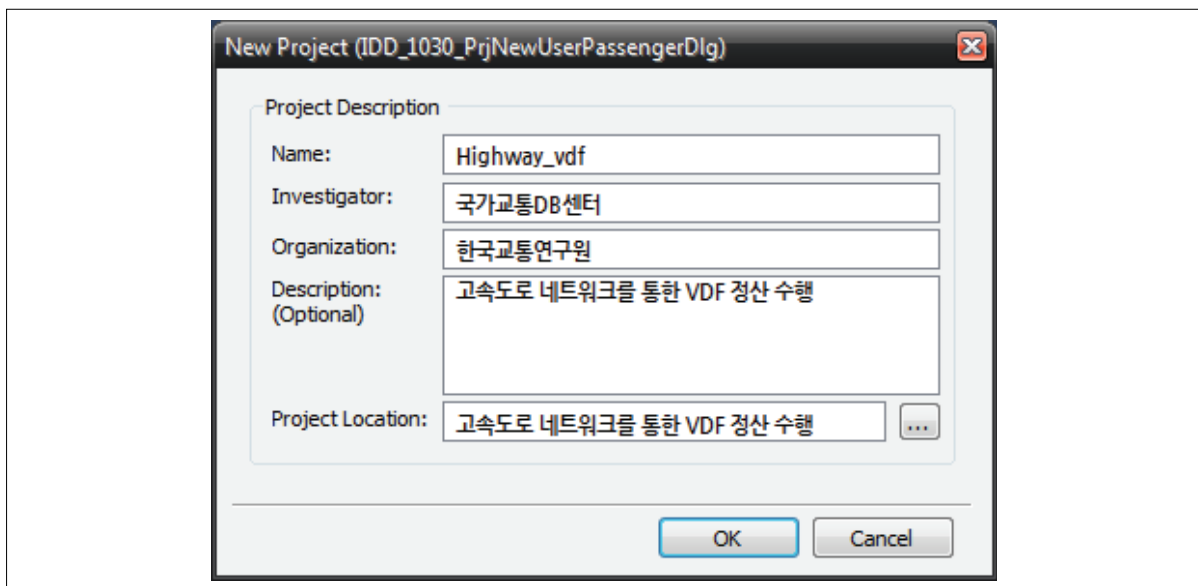
#### 1) 프로젝트 생성

##### ① 이벤트 정의서

<표 16> 프로젝트 생성 이벤트 정의서

사용자	시스템
메뉴 Project > New를 선택	
	프로젝트 명칭, 설명정보, 저장경로를 설정할 수 있는 창을 활성화
활성화된 창의 명칭, 경로 및 설명정보를 입력한 후 OK 선택	
	사용자가 선택한 경로에 프로젝트 수행을 위한 기본 설정 파일 및 Base DB를 생성

##### ② UI 설계



<그림 3> 프로젝트 생성

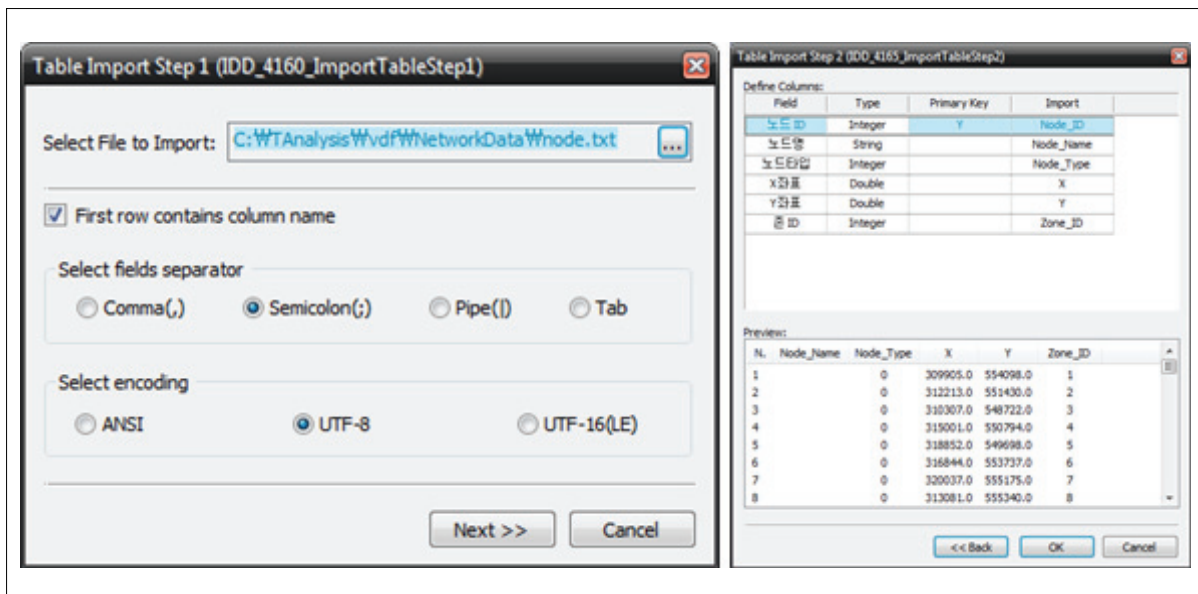
## 2) 네트워크 데이터 생성

## ① 이벤트 정의서

&lt;표 17&gt; 네트워크 데이터 생성 이벤트 정의서

사용자	시스템
프로젝트 탐색기의 Node를 선택 후 클릭하여 Import Data를 선택함	
Import할 파일에 맞게 해당 정보를 선택한 후 Next >> 버튼을 선택함	Import할 파일의 기본정보(경로, 헤더유무, 구분자 타입, 인코딩 타입)등을 선택할 수 있는 창을 활성화
데이터가 정상적으로 설정되었는지 확인하며 오류가 있을 시 전단계로 변경 또는 컬럼 매칭정보를 올바르게 수정한 후 OK 버튼을 선택함	선택한 값의 Import 시 Preview를 사용자에게 보여주며 DB상의 컬럼과 Import할 파일의 컬럼의 매칭정보를 표출
데이터가 정상적으로 설정되었는지 확인하며 오류가 있을 시 전단계로 변경 또는 컬럼 매칭정보를 올바르게 수정한 후 OK 버튼을 선택함	입력받은 데이터가 정상적인지를 검증함 오류시 사용자에게 해당라인정보 표출 정상적일 경우 해당 정보를 DB에 Import함
프로젝트 탐색기의 Link를 선택 후 클릭하여 Import Data를 선택함	
Import할 파일에 맞게 해당 정보를 선택한 후 Next >> 버튼을 선택함	Import할 파일의 기본정보(경로, 헤더유무, 구분자 타입, 인코딩 타입)등을 선택할 수 있는 창을 활성화
데이터가 정상적으로 설정되었는지 확인하며 오류가 있을 시 전단계로 변경 또는 컬럼 매칭정보를 올바르게 수정한 후 OK 버튼을 선택함	선택한 값의 Import 시 Preview를 사용자에게 보여주며 DB상의 컬럼과 Import할 파일의 컬럼의 매칭정보를 표출
데이터가 정상적으로 설정되었는지 확인하며 오류가 있을 시 전단계로 변경 또는 컬럼 매칭정보를 올바르게 수정한 후 OK 버튼을 선택함	입력받은 데이터가 정상적인지를 검증함 오류시 사용자에게 해당라인정보 표출 정상적일 경우 해당 정보를 DB에 Import함

## ② UI 설계



&lt;그림 4&gt; 네트워크 데이터 생성

## 3) 교통량 데이터 생성

## ① 이벤트 정의서

&lt;표 18&gt; 교통량 데이터 생성 이벤트 정의서

사용자	시스템
프로젝트 탐색기의 교통량을 선택 우클릭하여 Table 생성을 선택함	
	생성할 교통량 테이블의 명칭을 입력할 수 있는 창을 활성화
활성화된 창에 생성할 교통량의 명칭을 입력한 후 OK 버튼을 선택	
	해당 명칭의 중복을 체크하며 중복일시 사용자에게 중복되었다는 알림창 팝업 해당 명칭의 교통량 테이블을 생성함 프로젝트 탐색기의 교통량 트리에 입력한 명칭의 교통량 테이블 트리를 추가함
프로젝트 탐색기에 추가된 교통량 테이블을 선택한 후 해당 아이템을 우클릭하여 Import Data를 선택함	
	Import할 파일의 기본정보(경로, 헤더유무, 구분자 타입, 인코딩 타입)등을 선택할 수 있는 창을 활성화
Import할 파일에 맞게 해당 정보를 선택한 후 Next >> 버튼을 선택함	
	선택한 값의 Import 시 Preview정보를 사용자에게 보여주며 DB상의 컬럼과 Import할 파일의 컬럼의 매칭정보를 표출
데이터가 정상적으로 설정되었는지 확인하며 오류가 있을 시 전단계로 변경 또는 컬럼 매칭정보를 올바르게 수정한 후 OK 버튼을 선택함	
	입력받은 데이터가 정상적인지를 검증함 오류시 사용자에게 해당라인정보 표출 정상적일 경우 해당 정보를 DB에 Import함 Import된 결과를 Data Viewer를 통해 사용자에게 표출함

## ② UI 설계

&lt;그림 5&gt; 교통량 생성

## 4) 내비게이션 데이터 생성

## ① 이벤트 정의서

&lt;표 19&gt; 교통량 데이터 생성 이벤트 정의서

사용자	시스템
프로젝트 탐색기의 기종점-통행시간/속도/표본수 항목을 우 클릭하여 Import Data 선택	
Import할 파일에 맞게 해당 정보를 선택한 후 Next >> 버튼을 선택함	Import할 파일의 기본정보(경로, 헤더유무, 구분자 타입, 인코딩 타입)등을 선택할 수 있는 창을 활성화
	선택한 값의 Import 시 Preview를 사용자에게 보여주며 DB상의 컬럼과 Import할 파일의 컬럼의 매칭정보를 표출

데이터가 정상적으로 설정되었는지 확인하며 오류가 있을 시 전단계로 변경 또는 컬럼 매칭정보를 올바르게 수정한 후 OK 버튼을 선택함	
	입력받은 데이터가 정상적인지를 검증함 오류시 사용자에게 해당라인정보 표출 정상적일 경우 해당 정보를 DB에 Import함
프로젝트 탐색기의 기종점-교통량링크통과율 항목을 우클릭하여 Import Data 선택	
	Import할 파일의 기본정보(경로, 헤더유무, 구분자 타입, 인코딩 타입)등을 선택할 수 있는 창을 활성화
Import할 파일에 맞게 해당 정보를 선택한 후 Next >> 버튼을 선택함	
	선택한 값의 Import 시 Preview를 사용자에게 보여주며 DB상의 컬럼과 Import할 파일의 컬럼의 매칭정보를 표출
데이터가 정상적으로 설정되었는지 확인하며 오류가 있을 시 전단계로 변경 또는 컬럼 매칭정보를 올바르게 수정한 후 OK 버튼을 선택함	
	입력받은 데이터가 정상적인지를 검증함 오류시 사용자에게 해당라인정보 표출 정상적일 경우 해당 정보를 DB에 Import함
프로젝트 탐색기의 기종점-대표경로 항목을 우클릭하여 Import Data 선택	
	Import할 파일의 기본정보(경로, 헤더유무, 구분자 타입, 인코딩 타입)등을 선택할 수 있는 창을 활성화
Import할 파일에 맞게 해당 정보를 선택한 후 Next >> 버튼을 선택함	
	선택한 값의 Import 시 Preview를 사용자에게 보여주며 DB상의 컬럼과 Import할 파일의 컬럼의 매칭정보를 표출

<p>데이터가 정상적으로 설정되었는지 확인하며 오류가 있을 시 전단계로 변경 또는 컬럼 매칭정보를 올바르게 수정한 후 OK 버튼을 선택함</p>	
	<p>입력받은 데이터가 정상적인지를 검증함 오류시 사용자에게 해당라인정보 표출 정상적일 경우 해당 정보를 DB에 Import함</p>
<p>프로젝트 탐색기의 링크상관도 항목을 우클릭하여 Import Data 선택</p>	
	<p>Import할 파일의 기본정보(경로, 헤더유무, 구분자 타입, 인코딩 타입)등을 선택할 수 있는 창을 활성화</p>
<p>Import할 파일에 맞게 해당 정보를 선택한 후 Next &gt;&gt; 버튼을 선택함</p>	
	<p>선택한 값의 Import 시 Preview를 사용자에게 보여주며 DB상의 컬럼과 Import할 파일의 컬럼의 매칭정보를 표출</p>
<p>데이터가 정상적으로 설정되었는지 확인하며 오류가 있을 시 전단계로 변경 또는 컬럼 매칭정보를 올바르게 수정한 후 OK 버튼을 선택함</p>	
	<p>입력받은 데이터가 정상적인지를 검증함 오류시 사용자에게 해당라인정보 표출 정상적일 경우 해당 정보를 DB에 Import함</p>

## 나. 네트워크 Editor 기능 정의

### ① 이벤트 정의서

<표 20> 지도제어 이벤트 흐름

구분	사용자	시스템
전체화면	지도 툴바의 전체화면 아이콘 선택	
		전체 레이어의 Full Extent 계산 현재 지도의 Extent를 변경 지도 Redraw
화면확대	지도 툴바의 화면 확대 아이콘 선택	
		지도에서의 마우스 아이콘을 확대 아이콘으로 변경
	확대 영역을 마우스로 드래그	
		드래그 영역의 Extent 계산 현재 지도의 Extent를 변경 지도 Redraw
화면축소	지도 툴바의 화면 축소 아이콘 선택	
		지도에서의 마우스 아이콘을 축소 아이콘으로 변경
	축소 영역 지도 클릭	
		선택 지점을 중심으로 영역의 Extent를 축소 계산 현재 지도의 Extent를 변경 지도 Redraw
화면이동	지도 툴바의 화면 이동 아이콘 선택	
		지도에서의 마우스 아이콘을 이동 아이콘으로 변경
	지도 선택 후 마우스 이동	
		지도 이동
이전보기	지도 툴바의 이전 아이콘 선택	
		지도 Extent 정보에서 이전 영역 정보 추출 현재 지도의 Extent 변경
이후보기	지도 툴바의 이후 아이콘 선택	
		지도 Extent 정보에서 이후 영역정보 추출 현재 지도의 Extent 변경



속성보기	지도 툴바의 속성보기 아이콘 선택	
		지도에서의 마우스 아이콘을 속성보기 아이콘으로 변경
	지도에서 마우스 클릭 또는 드래그	
		사용자가 선택한 Extent 계산 각 레이어 별로 Extent와 교차하는 엔티티 추출 Attributes 창에 Extent에 해당하는 Network 정보를 그룹별로 표출
	트리 리스트에서 항목 선택	
		선택 항목에 대한 상세정보를 확인할 수 있는 창 표출 선택 Shape Flash 효과

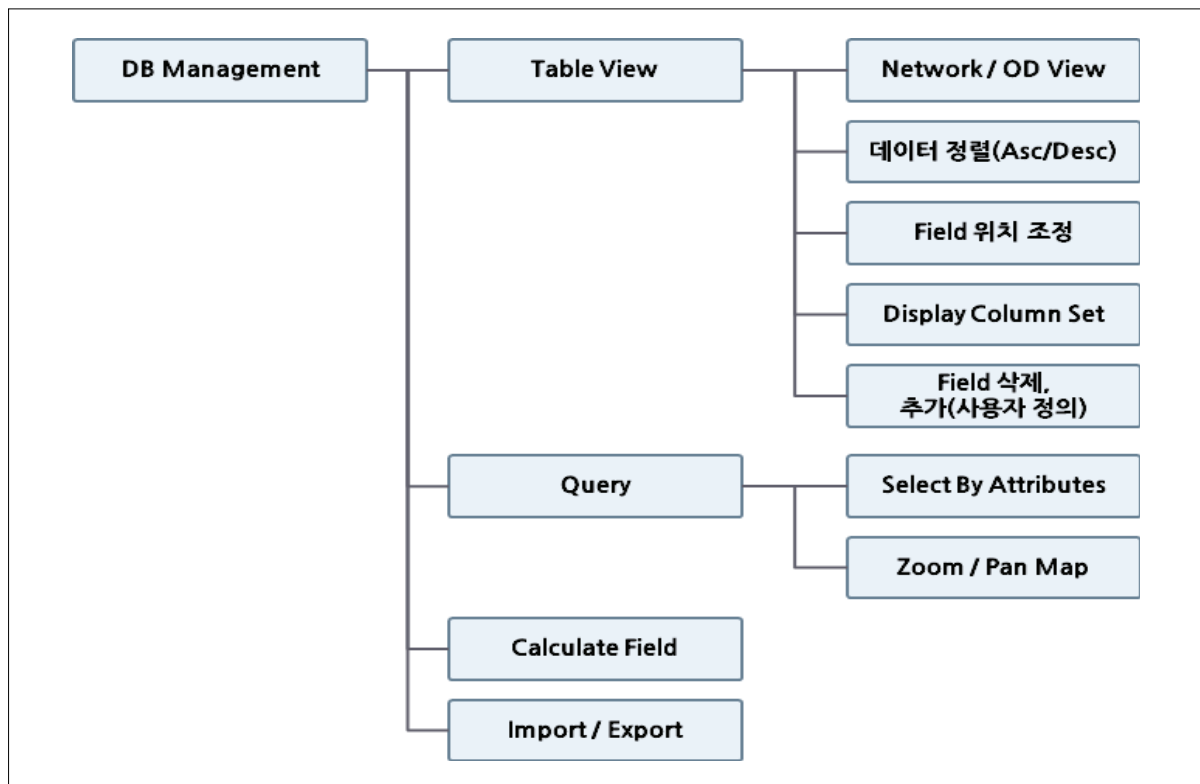
## 다. Data Viewer 기능 정의

### ① 이벤트 정의서

<표 21> Data Viewer 이벤트 흐름

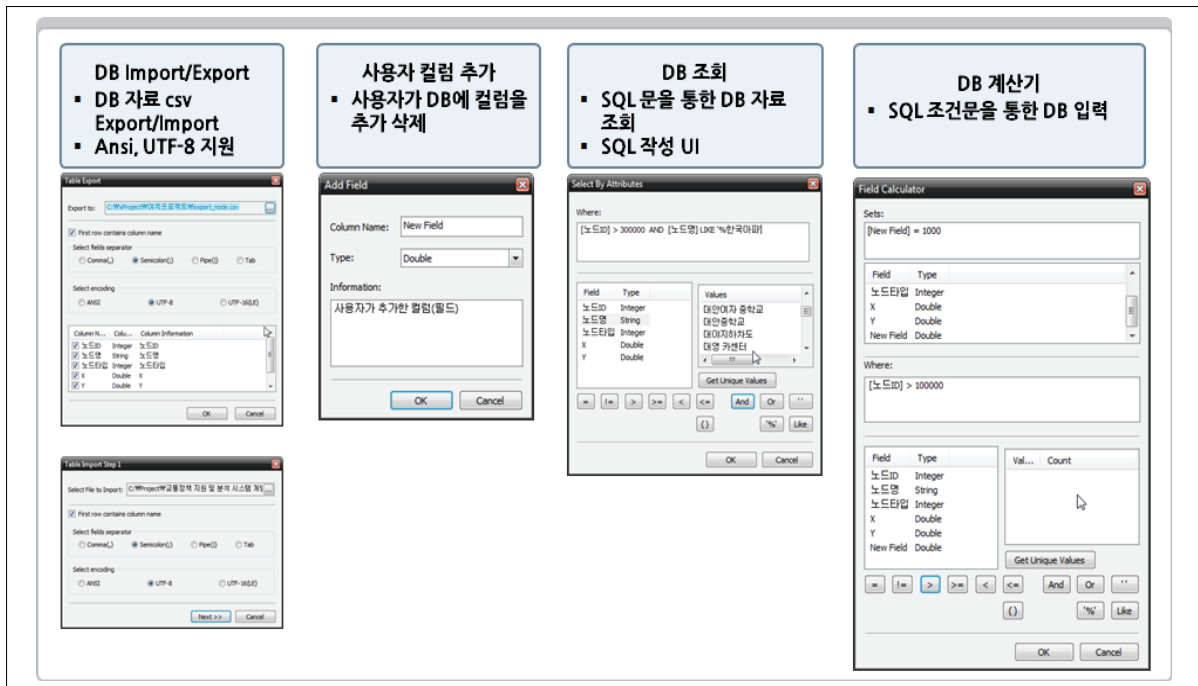
구분	사용자	시스템
기본 흐름	프로젝트 탐색기 창에서 Data 폴더 트리의 항목을 더블 클릭	데이터 조회 현재 활성화된 Viewer 존재 여부 체크 컬럼 정보를 조회하여 물리적인 명칭과 논리적 명칭을 맵핑
	Data View 창에서 Column 선택	사용자가 선택한 Column 확인 현재 정렬 여부 확인 현재 정렬 방법 확인 현재 컬럼이 내림차순 정렬이면 오름차순 정렬로 변경 현재 컬럼이 오름차순 정렬이면 내림차순 정렬로 변경 데이터 조회(Asc, Desc) 디스플레이
컬럼 위치조정	Data View 창에서 헤더 선택 디스플레이 순서에 맞추어 이동	컬럼 순서에 맞추어 디스플레이
	Data View 창에서 헤더 선택 데이터 그리드 부분에서 마우스 릴리즈	데이터 디스플레이
Display Column Set	Data View 창에서 헤더를 선택, 마우스 우측 버튼 클릭 Context Menu에서 Display Column set 명령 실행	현재 데이터 View에서 디스플레이 컬럼 항목을 조회 다이얼로그 활성화 -> Display On/Off 항목 표시
	디스플레이 On/Off 컬럼 선택 후 OK 버튼 클릭	데이터 디스플레이

컬럼 추가	Data View 창 메뉴에서 Add Field 명령 실행	
		Add Field 다이얼로그 활성화 컬럼 명칭, 컬럼 타입, 컬럼 설명
	컬럼 정보를 선택한 후 OK 버튼을 선택	
		선택한 데이터 컬럼을 추가 컬럼 추가 규칙 : 각 레이어의 영문 명칭 + 숫자(Max + 1) 데이터 디스플레이
지도 위치 이동	Data View 창에서 Row 선택 마우스 오른쪽 버튼 클릭 Zoom To 또는 Pan To 명령 실행	
		선택한 레코드의 ID 정보조회 지도 레이어에서 해당 ID를 갖고 있는 Entity 정보 검색 Zoom to(Entity 확대 및 이동) Pan To(Entity 중심 이동)

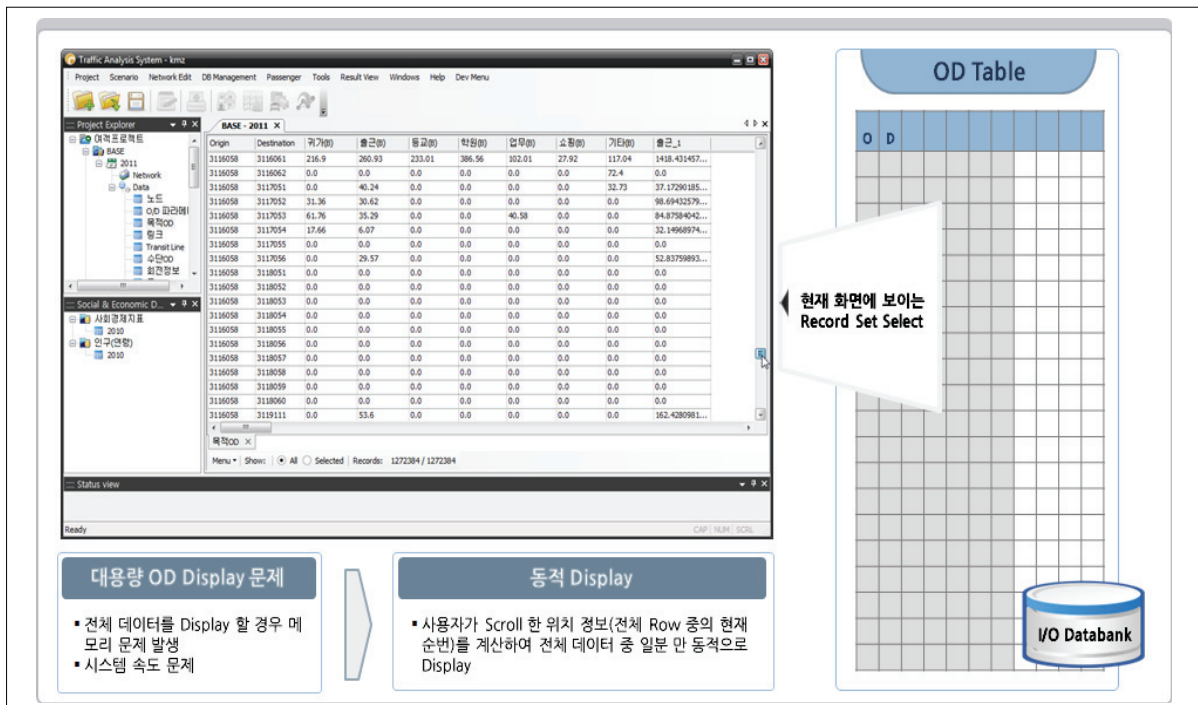


&lt;그림 6&gt; DB Management 기능 구성도

## ② UI 설계



&lt;그림 7&gt; DB Management 상세 기능



&lt;그림 8&gt; OD 디스플레이

## 라. 축 일관성 검증

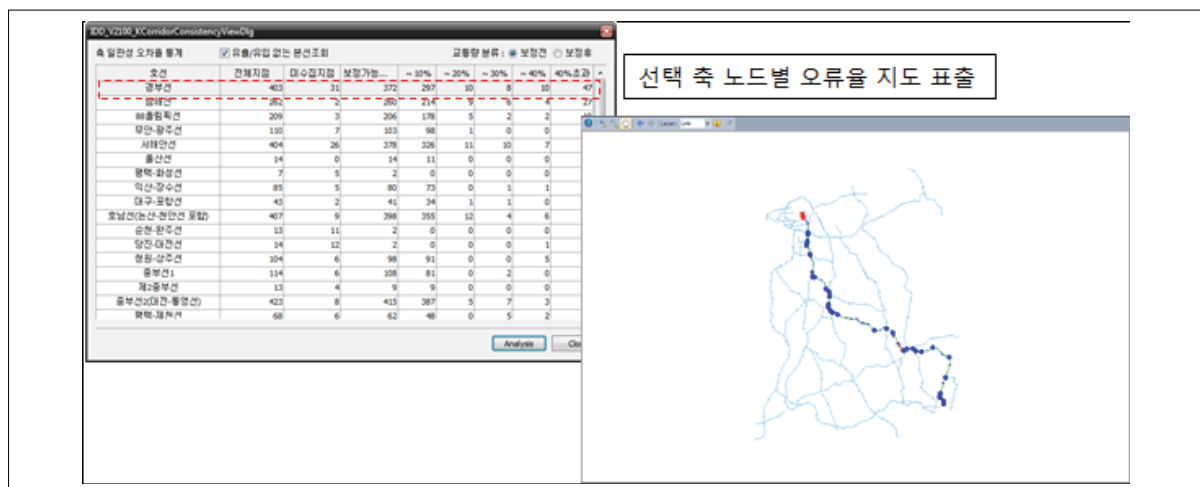
## 1) 축 일관성 통계 분석

## ① 이벤트 정의서

&lt;표 22&gt; 축 일관성 검증 이벤트 정의서

사용자	시스템
메뉴 > 자료검증 및 분석 > 축 일관성 검증 > 축 일관성 통계 선택	
	축 일관성 통계를 확인할 수 있는 다이얼로그 팝업
팝업 된 다이얼로그의 유출/유입 없는 본선 조회 여부를 체크하고, 오차율을 분석할 교통량의 타입을 선택 Analysis 버튼을 클릭함	
	전체 고속도로의 지점 개수, 보정이 불가능한 지점과 가능한 지점 개수 지점별 오차율을 퍼센트 별로 분류하여 표출
통계 분석 결과 중 호선을 선택함	
	선택한 호선의 지점별 오차율과 보정 불가능 지점을 지도상에 주제도를 통하여 표출함

## ② UI 설계



&lt;그림 9&gt; 축 일관성 검증

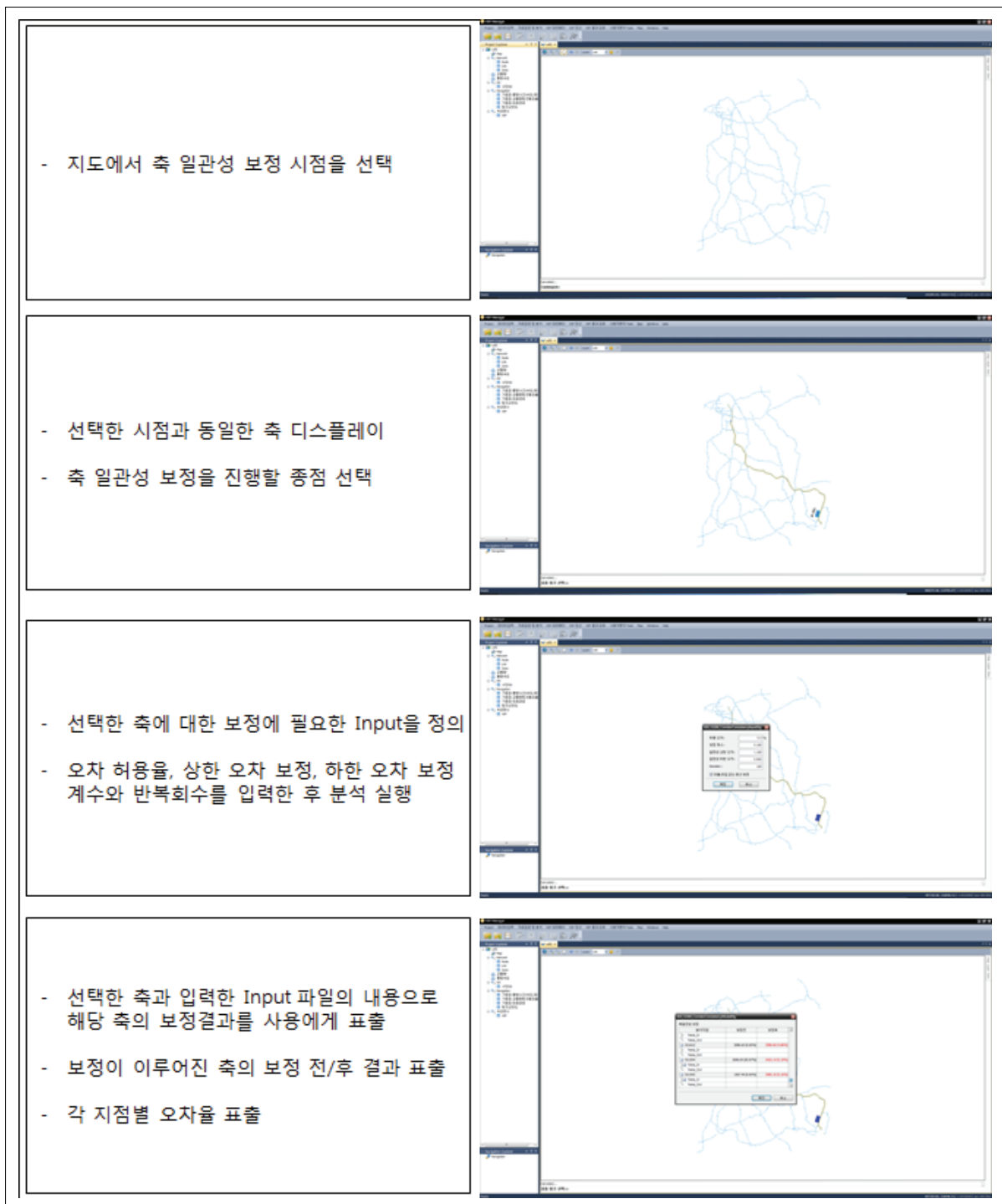
## 2) 축 일관성 보정

## ① 이벤트 정의서

&lt;표 23&gt; 축 일관성 보정 이벤트 정의서

사용자	시스템
메뉴 > 자료검증 및 분석 > 축 일관성 검증> 축 일관성 보정 선택	
	지도 프레임에서 전체 고속도로 정보 표출 지도에서 일관성 보정 시점 선택 메시지 출력
지도에서 마우스를 이용 시점링크 선택	
	선택한 링크가 고속도로가 아닐 경우 오류 메시지 출력 정상적으로 선택 시 해당하는 고속도로 정보 표출 축 일관성 검증을 진행할 선택 메시지 표출
지도에서 마우스를 이용 종점링크 선택	
	선택한 링크의 고속도로 여부 체크 및 시점과 동일 고속도로 정보인지 체크하여 아닐 시 오류 메시지 표출 정상일시 오차허용범위, 보정계수, 반복회수등을 정의할 수 있는 창 활성화
활성화 된 창에 유입/유출 없는 본선 보정 여부, 오차 허용범위, 상한 오차, 하한 오차 반복회수를 입력한 후 분석 선택	
	사용자가 입력한 정보로 선택한 축을 분석 기존 교통량과 보정 후 교통량을 다이얼로그의 Grid를 통해 표출
해당 결과를 확인 후 시스템에 반영하려면 Apply 버튼을 선택	
	보정된 교통량을 DB에 입력함

## ② UI 설계



&lt;그림 10&gt; 축 일관성 보정

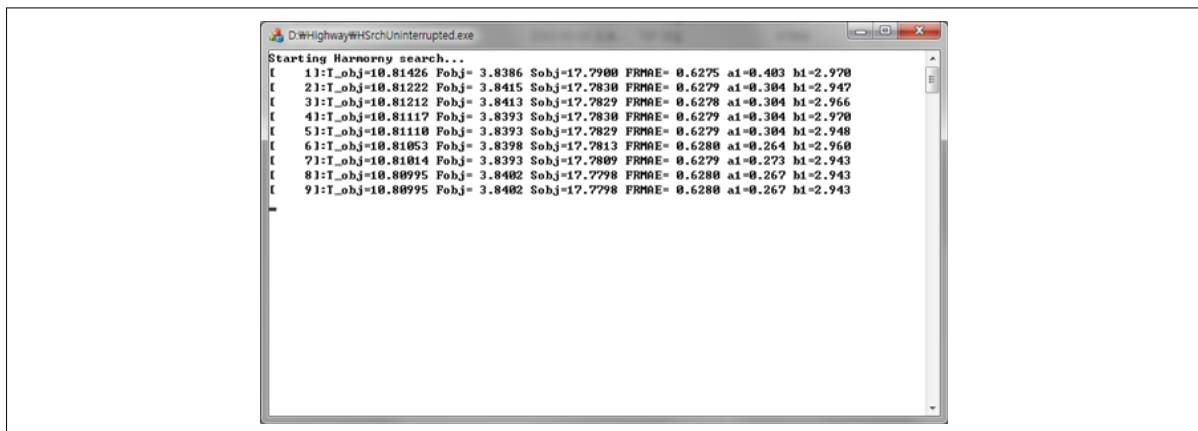
## 마. $\alpha$ , $\beta$ 정산

### ① 이벤트 정의서

<표 24>  $\alpha$ ,  $\beta$ 정산 이벤트 정의서

사용자	시스템
노드/링크 Data Viewer의 하단 메뉴의 Default > Export를 선택	
	테이블 데이터를 Export 하는 창을 활성화
Export할 정보와 경로를 확인한 후 OK 선택	
	사용자가 선택한 경로에 해당 파일을 작성함
vdf_hs_fc.txt 파일(VDF별 속도, 용량, Alpha, Beta)의 위계를 정의함 vdf_rmae_spd.txt/vdf_rmae_vol.txt RMAE 범위와 각 RMAE별 가중치 값을 정의함 $\alpha$ , $\beta$ 정산 실행파일을 실행	
	네트워크 파일 및 설정의 오류를 체크하며 오류가 있을 시 사용자에게 알림 하모니 정산을 통해 최적의 Alpha, Beta, Speed, Capacity 값을 정산함
결과 파일을 통해 정산결과를 확인 해당 정산결과를 시스템에 입력함	
	사용자가 입력한 결과를 시스템에 반영

### ② UI 설계



<그림 11>  $\alpha$ ,  $\beta$ 정산



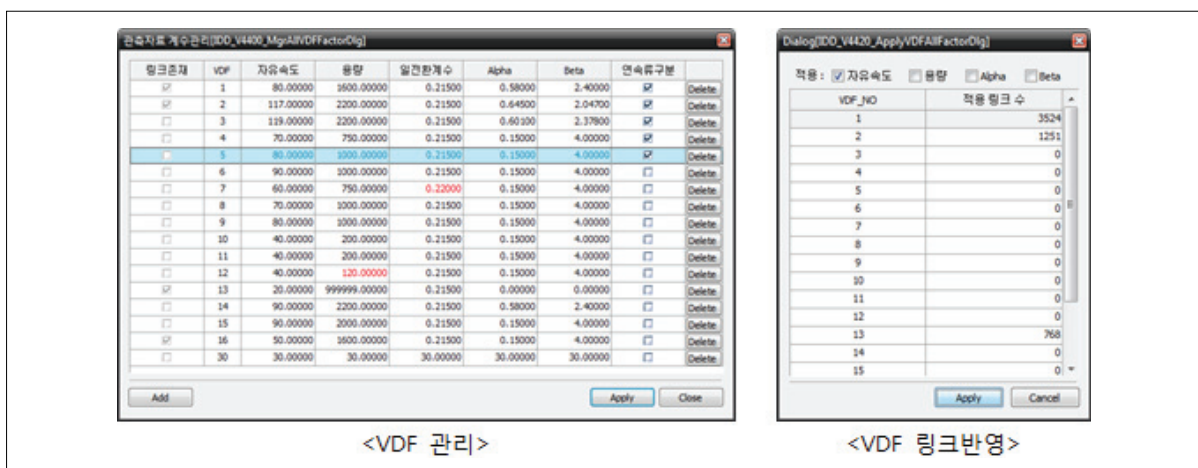
## 바. 관측자료 계수정산

### ① 이벤트 정의서

<표 25> 관측자료 계수정산

사용자	시스템
메뉴 > VDF 파라미터 > VDF 관리 선택	
VDF 등급별 자유속도, 용량, 일전환계수, Alpha, Beta, 연속류 구분등 정보를 Grid로 표출하는 다이얼로그를 팝업	
VDF 결과값을 수정하거나 새로운 VDF 추가 또는 삭제한 후 Apply 버튼 선택	
	사용자 입력값 오류 검증 오류가 없을 시 해당 정보를 DB에 입력하며 입력완료시 “수정되었습니다” 알림창 표시
메뉴 > VDF 파라미터 > VDF 링크 반영 선택	
	현재 설정된 VDF 정보와 해당 VDF를 가지고 있는 링크개수를 표출하는 창 활성화
자유속도, 용량, Alpha, Beta 값중 링크에 적용하고자 하는 항목을 체크함 Apply 버튼을 선택	
	사용자가 선택한 항목에 대해 VDF 관리에 정의된 값으로 LINK테이블의 동일한 VDF를 가진 링크에 해당정보를 업데이트

### ② UI 설계



<그림 12> 관측자료 계수정산

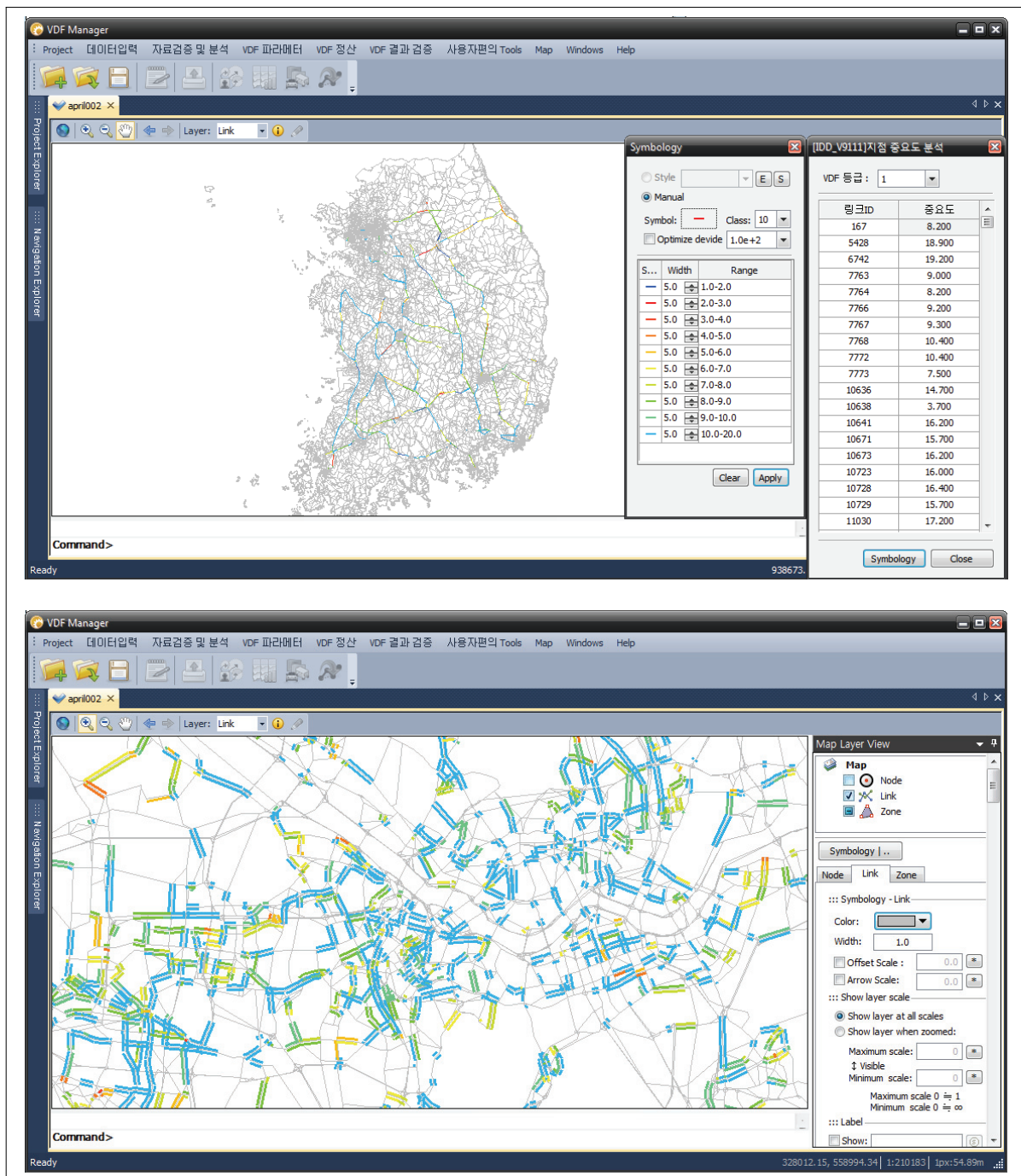
## 사. 지점 중요도 분석

### ① 이벤트 정의서

<표 26> 지점 중요도 분석

사용자	시스템
메뉴 > VDF 결과 검증 > 지점 중요도 분석 선택	
표출된 창의 평가 항목별 가중치, VDF별 평가 등급 세분화, 링크간 중복도 허용 수치값을 입력한 후 OK 버튼 선택	지점 중요도 분석에 사용되는 평가항목별 가중치, 평가등급 세분화, 링크 중복도 허용도를 입력할 수 있는 창 활성화
지점 중요도를 분석할 VDF 번호를 콤보박스에서 선택함	현재 프로젝트의 링크에 설정된 VDF 종류를 선택할 수 있는 정보를 조회하여 콤보박스에 아이템으로 입력 링크ID, 중요도를 표출할 수 있는 창 활성화
다이얼로그를 통해 해당 VDF의 링크별 중요도를 확인하며 주제도 확인을 위해 주제도 버튼 선택	선택한 VDF 링크에 대하여 사용자가 입력한 평가항목별 가중치, 평가등급 세분화, 링크 중복도 허용도를 이용하여 선택 VDF에 대하여 링크 중요도를 계산함 계산 결과를 창에 표출함
표출할 주제도의 단계를 설정함	다이얼로그의 데이터를 주제도 창으로 복사함 링크 중요도 결과를 이용 색상별 범위 및 크기를 선택할 수 있는 창을 활성화
각 단계별 색상, 크기, Range를 설정한 후 Apply 버튼을 선택함	사용자가 선택한 단계에 따라 주제도의 범위를 세분화 함
	사용자가 선택한 정보에 맞춰 선택한 VDF의 링크에 대하여 주제도를 생성 함

## ② UI 설계



&lt;그림 13&gt; 관측자료 계수정산

## 아. 교통망 정합성 분석

### ① 이벤트 정의서

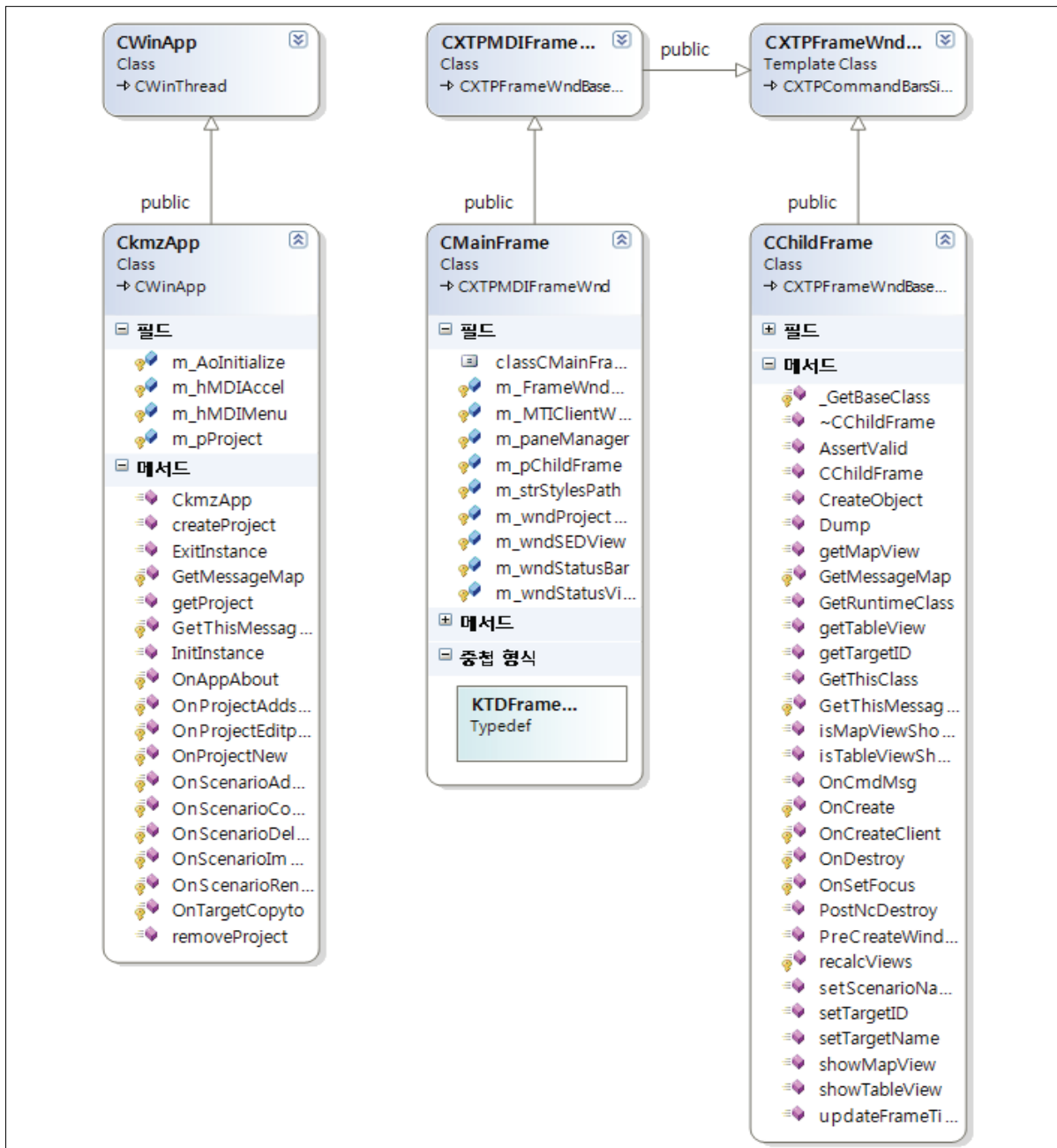
<표 27> 교통망 정합성 분석

사용자	시스템
메뉴 > VDF 결과 검증 > 교통망 정합성 분석 선택	
	지점 중요도 분석에 사용되는 평가항목별 가중치, 평가등급 세분화, 링크 중복도 허용도를 입력할 수 있는 창 활성화
표출된 창의 평가 항목별 가중치, VDF별 평가 등급 세분화, 링크간 중복도 허용 수치값을 입력한 후 OK 버튼 선택	
	현재 프로젝트의 링크에 설정된 VDF 종류를 선택할 수 있는 정보를 조회하여 콤보박스에 아이템으로 입력 링크ID, 중요도를 표출할 수 있는 창 활성화
지점 중요도를 분석할 VDF 번호를 콤보박스에서 선택함	
	선택한 VDF 링크에 대하여 사용자가 입력한 평가항목별 가중치, 평가등급 세분화, 링크 중복도 허용도를 이용하여 선택 VDF에 대하여 링크 중요도를 계산함 계산 결과를 창에 표출함
다이얼로그를 통해 해당 VDF의 링크별 중요도를 확인하며 주제도 확인을 위해 주제도 버튼 선택	
	다이얼로그의 데이터를 주제도 창으로 복사함 링크 중요도 결과를 이용 색상별 범위 및 크기를 선택할 수 있는 창을 활성화
표출할 주제도의 단계를 설정함	
	사용자가 선택한 단계에 따라 주제도의 범위를 세분화 함
각 단계별 색상, 크기, Range를 설정한 후 Apply 버튼을 선택함	
	사용자가 선택한 정보에 맞춰 선택한 VDF의 링크에 대하여 주제도를 생성 함

## 5. 주요 클래스 상세

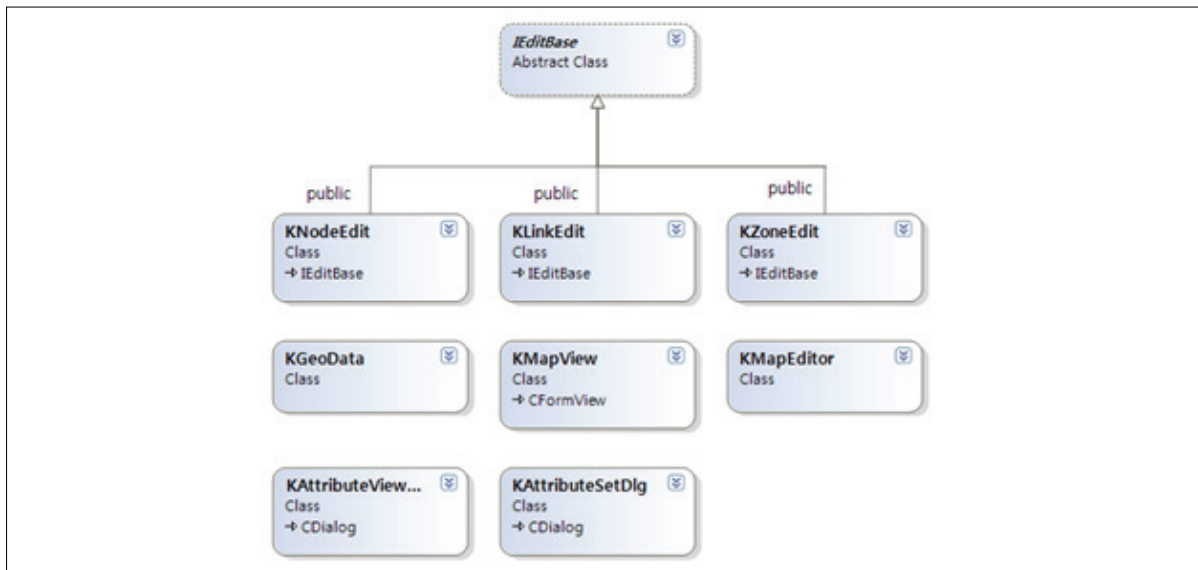
### 가. 주요 클래스 다이어그램

- VDF 정산 애플리케이션 프레임 윈도우 클래스



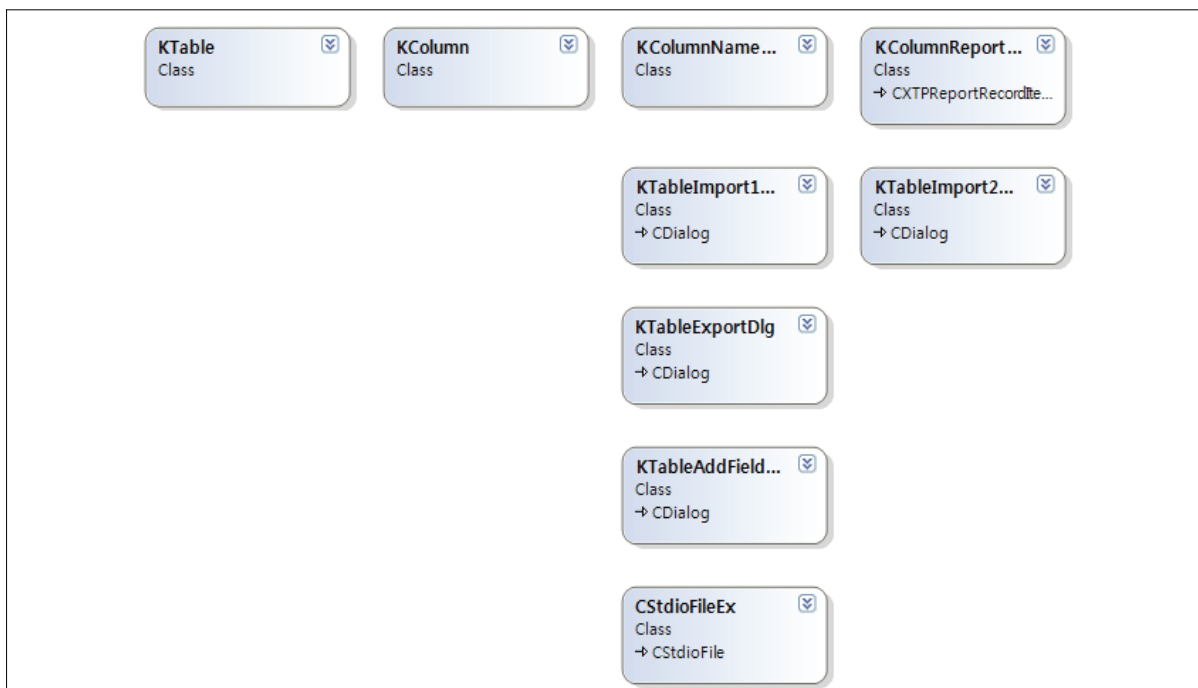
<그림 14> VDF 정산 애플리케이션 프레임 윈도우 클래스

○ VDF 정산 애플리케이션 네트워크 에디터 클래스



<그림 15> VDF 정산 애플리케이션 네트워크 에디터 클래스

○ VDF 정산 애플리케이션 DB Management 클래스 다이어그램



<그림 16> VDF 정산 애플리케이션 DB Management 클래스 다이어그램

## 나. 주요 클래스 상세정보

### ○ CChildFrame 클래스 상세 정보

<표 28> CChildFrame Method 정보

Return Type	명칭	설명
void	SetScenarioName	Scenario 명칭을 설정
void	SetTargetName	Target year 명칭을 설정
bool	IsMapViewShowed	Map View가 보여지고 있는지 여부를 반환
bool	IsIOViewShowed	IO Data View가 보여지고 있는지 여부를 반환
unsigned int	GetTargetID	Target year의 ID를 반환
void	SetTargetID	Target year의 ID를 설정
KMapView	GetMapView	Map View를 반환
KIOView	GetIOView	IO View를 반환
void	SetTarget	Target year를 설정
KTarget	GetTarget	Target year를 반환
void	ShowMapView	Map View를 호출하거나 숨김
void	ShowIOView	IO Data View를 호출하거나 숨김
void	UpdateFrameTitle	Frame의 제목 문자열을 갱신

### ○ CVDFApp 클래스 상세 정보

<표 29> CVDFApp Method 정보

Return Type	명칭	설명
HMENU	GetMenuHandle	Menu의 Handle을 반환
HACCEL	GetAcceleratorHandle	Accelerator의 Handle을 반환
KProject *	GetProject	Project 정보를 반환
bool	OpenProject	파일로부터 Project를 읽음
void	SaveProject	프로젝트를 저장
void	CloseProject	프로젝트를 종료

○ KMapFrameWnd 클래스 상세 정보

<표 30> KMapFrameWnd Method 정보

Return Type	명칭	설명
void	KMapFrameWnd	생성자
void	~KMapFrameWnd	소멸자
KMapView*	getMapView	MapView 리턴
KMapLayerView	getMapLayerView	MapLayer 리턴
void	ShowDockingPanePopupMenu	Dockinng Pane 윈도우 팝업메뉴 선택 이벤트 처리
BOOL	PreCreateWindow	윈도우 이벤트 처리
BOOL	OnCreateClient	윈도우 Create 이벤트 처리
BOOL	OnCmdMsg	윈도우 Command 메시지 처리
int	OnCreate	윈도우 생성 이벤트 처리
void	OnSize	윈도우 사이즈 변경 이벤트 처리
void	OnSetFocus	윈도우 포커스 이벤트 처리
int	OnCreateControl	컨트롤 Create 이벤트 처리
LRESULT	OnDockingPaneNotify	윈도우 Docking 발생시 이벤트 처리
void	OnMapViewEditOperation	지도 편집모드 설정 이벤트 처리

○ KMapView 클래스 상세 정보

<표 31> KMapView Method 정보

Return Type	명칭	설명
void	KMapView	생성자
void	~KMapView	소멸자



IMapControl4Ptr	getMapControl	MapControl 리턴
KEMMapMode	GetMapMode	현재의 Map 모드 정보 Get
KGeoData*	GetGeoData	GeoData 정보 리턴
void	DisplayMap	맵 디스플레이
void	SetupRenderer	렌더러 세팅
void	SetMapMode	맵 모드 정의
void	ShowFullExtentMap	전체화면
IFeature*	FindFeature	Feature 검색
HRESULT	FindFeature	Feature 검색
void	ZoomtoFeature	Feature 확대
void	PantoFeature	Feature 이동
void	ChangeFeatureLayerProperties	레이어 설정 변경 이벤트 처리
void	AdjustViewLayout	사이즈 변경 이벤트 처리
void	UpdateMapCursor	맵 커서 변경
void	SetupNodeRenderer	노드 렌더링 초기화
void	SetupLinkRenderer	링크 렌더링 초기화
void	SetupZoneRenderer	존 렌더링 초기화
void	LoadSymbolFromResource	심볼 리소스 로드
void	FlashShape	Feature Flash
void	FlashPointShape	포인트 타입 Feature Flash
void	FlashPolyLineShape	라인 타입 Feature Flash
void	FlashPolygonShape	폴리곤 타입 Feature Flash
void	ZoominMap	확대
void	ZoomoutMap	축소
void	PanMap	이동

void	IdentifyMap	속성 보기
void	ShowAttributeView	속성 보기 창 활성화
void	ShowFeaturePopupMenu	Feature 선택 후 마우스 오른쪽 버튼 이벤트 처리
void	OnInitialUpdate	초기화 처리
BOOL	Create	윈도우 Create 이벤트 처리
void	OnMouseDownMapcontrol	맵 컨트롤 마우스 다운 이벤트 처리
void	OnMouseMoveMapcontrol	맵 컨트롤 마우스 이동 이벤트 처리
void	OnMouseUpMapcontrol	맵 컨트롤 마우스 업 이벤트 처리
void	OnDoubleClickMapcontrol	맵 컨트롤 마우스 더블클릭 이벤트 처리
void	OnAfterScreenDrawMapcontrol	ScreenDraw 이벤트 처리
void	OnAfterDrawMapcontrol	DrawMapcontrol 이벤트 처리
void	OnViewRefreshedMapcontrol	ViewRefresh 이벤트 처리
void	OnBeforeScreenDrawMapcontrol	ScreenDraw 이벤트 처리
void	OnPaint	On Paint 이벤트
void	OnSize	사이즈 변경 이벤트 처리
void	OnMapviewCommand	맵 커맨드 이벤트 처리
void	OnUpdateMapviewCommand	맵 커맨드 업데이트 처리
void	OnMapviewFullExtent	전체 화면 이벤트 처리
void	OnMapEditOperationCommand	에디팅 모드 이벤트 처리
void	OnEditTarget	에디팅 타겟 레이어 정의 이벤트 처리
void	OnEditTask	에디트 테스크 선택 후 이벤트 처리

void	OnMapExtentStack	Map Extent Stack 이벤트 발생
void	OnUpdateMapExtentStack	이전, 이후 활성화
void	OnIdentifyCommand	속성 보기 이벤트 처리
void	OnUpdateIdentifyCommand	속성 보기 명령 이후 이벤트 처리
void	OnPopupMapeditEditproperties	편집 모드에서 팝업메뉴 이벤트 처리

○ KMapLayerView 클래스 상세 정보

<표 32> KMapLayerView Method 정보

Return Type	명칭	설명
void	KMapLayerView	생성자
void	~KMapLayerView	소멸자
HRESULT	setTOCBuddyControl	지도와 TOC 동기화 처리
void	adjustViewLayout	사이즈 변경 이벤트 처리
void	OnMouseDownTocontrol	TOC 마우스 다운 이벤트 처리
void	OnDoubleClickTocontrol	TOC 마우스 더블클릭 이벤트 처리
void	OnContextMenu	상황 메뉴 이벤트 처리
int	OnCreate	윈도우 Create 이벤트 처리
void	OnSetFocus	윈도우 Focus 이벤트 처리
void	OnSize	TOC Size 변경 처리

○ KTableImport1Dlg 클래스 상세 정보

<표 33> KTableImport1Dlg Method 정보

Return Type	명칭	설명
void	KTableImport1Dlg	생성자
void	~KTableImport1Dlg	소멸자
BOOL	OnInitDialog	다이얼로그 초기화
void	OnBnClickedOk	확인 버튼

○ KTableImport2Dlg 클래스 상세 정보

<표 34> KTableImport2Dlg Method 정보

Return Type	명칭	설명
void	KTableImport2Dlg	생성자
void	~KTableImport2Dlg	소멸자
void	SetDB	데이터베이스 Set
void	SetTable	테이블 Set
void	SetFile	파일 경로 정의
void	SetContainsColumn	컬럼 포함 여부 정의
void	SetSeparator	파일 구분자 정의
int	SetStatus	OK, Cancel, Back 모드
void	SetCSVEncoding	인코딩 정보 정의
bool	LoadCSVFile	CSV 파일 Read
void	ParseCSVLineString	구분자를 통한 텍스트 Parsing
void	InitializeColumnField	컬럼 필드 정보 초기화
void	UpdateColumnRecord	CSV 컬럼 업데이트
void	InitializePreview	CSV Preview
bool	ImportTable	Import Table
bool	ImportTableByAppend	Append Type SQL 수행
bool	ImportTableByUpdate	Update Type SQL 수행
bool	ImportTableByReplace	Replace Type SQL 수행
CString	GenerateColumnNames	컬럼명 SQL
CString	GenerateValues	데이터 Insert SQL
CString	GenerateSets	데이터 Set SQL
CString	GenerateWhere	조건절 생성
BOOL	OnInitDialog	다이얼로그 초기화
void	OnBnClickedBack	이전 버튼
void	OnBnClickedOk	OK 버튼

○ CMainFrame 클래스 상세 정보

<표 35> CMainFrame Method 정보

Return Type	명칭	설명
KProjectView*	GetProjectView	Project View를 반환
KStatusView*	GetStatusView	상태창을 반환.
KNaviTreeView*	GetNaviTreeView	Navi Tree View를 반환
CChildFrame*	GetChildFrame	Child Frame Window를 반환
CChildFrame*	ShowChildFrame	Child Frame을 호출
void	ShowNetworkView	Network View를 호출
void	ShowTableView	Table 명에 해당하는 IO Table View를 호출
void	RemoveChildFrame	Child Frame을 닫음
KNaviWnd*	GetNaviWnd	Navi View를 반환
KNaviWnd*	ShowNaviWnd	Navi View를 호출
void	RemoveNaviWnd	Navi View를 닫음
void	ShowNaviTableView	Navi Table View를 호출

○ IEditBase 클래스 상세 정보

<표 36> IEditBase Method 정보

Return Type	명칭	설명
IFeaturePtr	GetSelectedFeature	선택된 Feature를 반환.
KEMMapHitResult	GetHitResult	Hittest 결과를 반환
virtual void	EditProperties	속성을 편집한다
virtual void	MouseMove	Mouse Move event를 처리
virtual void	LButtonDown	Mouse Left Button Down event를 처리
virtual void	LButtonUp	Mouse Left Button Up event를 처리
virtual void	LButtonDbIClk	Mouse Left Button Double Click event를 처리
virtual void	LButtonMouseMove	Mouse Left Button Down 상태에서 Move event를 처리

virtual void	RButtonDown	Mouse Right Button Down event를 처리
virtual void	RButtonUp	Mouse Right Button Down event를 처리
virtual void	RButtonDbIClk	Mouse Right Button Double Click event를 처리
virtual void	RButtonMouseMove	Mouse Right Button Down 상태에서 Move event를 처리
virtual void	KeyDown	Keyboard Key Down event를 처리
virtual void	KeyUp	Keyboard Key Up event를 처리
virtual void	ResetEditing	현재의 Editing 정보를 초기화
__int64	GetFeatureID	주어진 Feature의 ID를 반환
bool	GetFeatureValue	Feature의 Value를 반환.
bool	SetFeatureValue	Feature의 Value를 설정
IFeaturePtr	FindFeature	
double	ConvertPixelsToMapUnit	
virtual KEMMap HitResult	HitTestSelectedFeature	

○ KBulkDBase 클래스 상세 정보

<표 37> KBulkDBase Method 정보

Return Type	명칭	설명
static bool	BulkOneKeySelect	Primary Key가 1개인 데이터 조회
static bool	BulkZoneSelect	존 데이터 조회
static bool	BulkNodeSelect	노드 데이터 조회
static bool	BulkLinkSelect	링크 데이터 조회
static bool	BulkLinkFTNodeSelect	링크ID/ FromNode, TNode 조회
static bool	BulkZoneUpdate	존 정보 업데이트
static bool	BulkNodeUpdate	노드 정보 업데이트
static bool	BulkLinkUpdate	링크 정보 업데이트
static bool	BulkODSelect	OD 정보 선택
static bool	BulkODUpdate	OD 정보 Update
static bool	BulkODUpsert	OD 정보 Update And Insert

○ KBulkDBase2File 클래스 상세 정보

<표 38> KBulkDBase Method 정보

Return Type	명칭	설명
static bool	ExportDB2NodeFile	노드 파일 생성
static bool	ExportDB2LinkFile	링크 파일 생성
static KIOColumnCollection	GetFixedLinkColumns	링크의 고정 컬럼 정보 조회
static bool	ExportDB2ODFile	OD 파일 생성

○ KCodeGroup 클래스 상세 정보

<표 39> KCodeGroup Method 정보

Return Type	명칭	설명
void	CodeGroupKey	Code Group의 Key를 설정.
int	CodeGroupKey	Code Group Key를 반환
void	CodeGroupName	Code Group의 이름을 설정
LPCTSTR	CodeGroupName	Code Group의 이름을 반환
void	CodeDataFile	Code Data가 존재하는 DB 파일을 정의
int	CodeCount	Code의 갯수를 반환
bool	ReadCodeData	설정된 DB 파일로부터 Code data Read
bool	AddCode	CodeData에 새로운 code-value쌍을 추가
bool	UpdateCode	CodeData에서 code에 해당하는 value를 갱신
void	RemoveCode	CodeData에서 code에 해당하는 Code- Value 쌍을 삭제
void	RemoveAllCode	CodeData에서 모든 Code-Value 쌍을 삭제하고 DB의 정보도 삭제
void	ResetCodeData	CodeData에서 모든 Code-Value 쌍을 삭제하지만 DB는 미수정
CString	CodeValue	CodeData에서 code에 해당하는 value를 반환
void	GetCodes	CodeData내의 모든 code value를 반환

○ KCodeManager 클래스 상세 정보

<표 40> KCodeManager Method 정보

Return Type	명칭	설명
void	CodeGroupFile	Code Group이 존재하는 파일을 지정한다.
int	CodeGroupCount	현재 Code Group의 개수를 반환
bool	ReadCodeGroups	설정된 DB로부터 Code group 정보 Read
bool	AddCodeGroup	새로운 Code Group을 추가
void	RemoveCodeGroup	기존의 Code Group을 삭제
bool	RenameCodeGroup	기존의 Code group의 명칭을 새로운 명칭으로 변경한다
void	RemoveAllCodeGroup	모든 Code group 정보와 DB의 data를 삭제
void	ResetCodeManager	DB의 정보는 수정하지 않고, 모든 Code group 정보를 초기화
KCodeGroup *	FindCodeGroup	주어진 이름의 CodeGroup 정보를 반환
KCodeGroup *	FindCodeGroup	주어진 Key값의 CodeGroup 정보를 반환
CString	GetCodeValue	Code group에서 code에 해당하는 값을 반환
void	GetCodeGroups	전체 Code Group 목록을 반환

○ KIORecordSet 클래스 상세 정보

<표 41> KIORecordSet Method 정보

Return Type	명칭	설명
virtual int	ReadRecord	DB로부터 data를 읽는다
virtual const KIORow *	GetRow	nIndex에 해당하는 Row 정보를 반환
virtual void	Clear	Recordset 정보를 초기화
int	GetRowCount	Row의 갯수를 반환
const KIOColumnCollection *	GetColumns	Recordset에 설정된 Column collection을 반환



○ KIORecordSet 클래스 상세 정보

<표 42> KIORecordSet Method 정보

Return Type	명칭	설명
virtual int	ReadRecord	DB로부터 data를 읽는다
virtual const KIORow *	GetRow	nIndex에 해당하는 Row 정보를 반환
virtual void	Clear	Recordset 정보를 초기화
int	GetRowCount	Row의 갯수를 반환
const KIOColumnCollection *	GetColumns	Recordset에 설정된 Column collection을 반환

○ KIORow 클래스 상세 정보

<표 43> KIORow Method 정보

Return Type	명칭	설명
KIOItem *	AddNewItem	빈 Item을 추가하고 추가된 Item을 반환
int	AddNewItem	Item을 추가하고 추가된 Item의 Index를 반환
void	Clear	모든 Item을 삭제
int	ItemCount	Item의 전체 갯수를 반환
KIOItem *	GetItem	Index에 해당하는 Item을 반환

○ KIOStaticRecordSet 클래스 상세 정보

<표 44> KIOStaticRecordSet Method 정보

Return Type	명칭	설명
virtual int	ReadRecord	DB로부터 data를 읽는다
KIORow *	GetRow	nIndex에 해당하는 Row 정보를 반환
virtual void	Clear	Recordset 정보를 초기화

○ KIORowCollection 클래스 상세 정보

<표 45> KIORowCollection Method 정보

Return Type	명칭	설명
int	RowCount	전체 Row의 갯수를 반환
KIORow *	AddNewRow	새로운 Row를 추가하고 추가된 row를 반환
void	RemoveRow	Collection 에서 row를 삭제
void	Clear	collection 에서 모든 row를 삭제
KIORow *	GetRow	주어진 index의 row를 반환
int	FindRowIndex	collection 에서 지정된 열의 지정된 값을 가진 첫번째 row를 찾아서 index를 반환

○ KIOTableViewController 클래스 상세 정보

<표 46> KIOTableViewController Method 정보

Return Type	명칭	설명
void	Attach	Contoller에 model과 view를 할당
LPCTSTR	Name	Controller의 이름을 반환. Controller의 이름은 model이 이름이며 Attach시 할당
bool	SelectRow	TableView에서 선택 된 Row만 Visible
bool	AddRow	Model에 row를 추가
bool	CalculateField	Table의 field를 특정 값으로 채움
bool	AddField	주어진 table에 field를 추가
bool	ImportTable	파일로 부터 주어진 table로 data를 Import
bool	ExportTable	주어진 table의 data를 파일로 저장
bool	DeleteColumn	Table에서 column을 삭제
void	ZoomTo	주어진 row의 정보를 이용하여 Networkview의 해당 객체로 영역을 확대/축소
void	PanTo	주어진 row의 정보를 이용하여 Network view의 해당 객체로 영역을 이동
void	ViewClosed	View가 종료 될때 호출되며 control의 종료를 처리

## ○ KIOTable 클래스 상세 정보

&lt;표 47&gt; KIOTable Method 정보

Return Type	명칭	설명
const LPCTSTR	Name	Table 명 Get
void	Name	Table 명을 설정
const LPCTSTR	Caption	Table의 표출 명을 반환
void	Caption	Table의 표출 명을 설정
int	RecordCount	해당 테이블에 존재하는 전체 row 갯수를 반환
KIOColumnCollection *	Columns	Column의 Collection을 반환
KIORecordset *	GetRecordset	Recordset을 반환
KIORecordset *	GetRecordset	주어진 Filter와 order의 recordset을 반환
KIORecordset *	GetRecordset	주어진 Filter와 order의 recordset을 반환
KIORecordset *	GetRecordset	주어진 Filter와 order의 recordset을 반환
bool	LoadTable	Table의 column 정보와 전체 Record 갯수 등 기초 정보를 로드하고 전체에 대한 SELECT를 수행하여 Recordset을 갱신.
void	Clear	테이블의 모든 내용을 초기화.
KIOColumn *	AddColumn	새로운 column을 추가.
KIOColumn *	AddDoubleValueColumn	Data type double형인 새로운 column을 추가
KIOColumn *	UpdateColumn	column의 정보를 갱신
bool	RemoveColumn	column을 삭제
sqlite3 *	GetDBConnection	sqlite3 DB에 대한 connection handle을 반환
CString	GetMinValue	주어진 column의 최소값을 반환
CString	GetMinValue	주어진 column의 최소값을 반환
CString	GetMaxValue	주어진 column의 최대값을 반환
CString	GetMaxValue	주어진 column의 최대값을 반환
bool	BeginTransaction	transaction을 시작
bool	CommitTransaction	transaction을 commit
bool	RollbackTransaction	transaction을 rollback
bool	InsertRow	Table에 row를 추가
bool	UpdateRow	Table의 row를 갱신
bool	DeleteRow	Table에서 row를 삭제
bool	ExecuteSQL	주어진 SQL을 실행한다
KTableOwner *	GetOwner	KIOTable의 소유객체를 반환
CString	GetUsableColumnName	새 컬럼 추가 시 이전 컬럼 명과 중복되지 않는 컬럼명을 반환
bool	BulkODUpdate	OD Data Update

○ KIOTableManager 클래스 상세 정보

<표 48> KIOTableManager Method 정보

Return Type	명칭	설명
KIOTable *	CreateTable	새로운 Table을 생성하고 생성된 table 정보를 반환
void	DeleteTable	table을 삭제
KIOTable *	FindTable	주어진 이름의 table을 검색 하여 반환
void	Clear	모든 table 정보를 삭제하고 초기화
int	GetCount	KIOTableManager의 table 갯수를 반환
KIOTable *	GetTableAt	index에 해당하는 table을 반환

○ KObject 클래스 상세 정보

<표 49> KObject Method 정보

Return Type	명칭	설명
bool	IsTypeOf	객체가 해당 종류와 일치 여부를 반환
KEObjectType	GetType	객체의 종류를 반환
unsigned int	GetID	객체의 ID를 반환
void	SetID	객체의 ID를 설정
CString	GetName	객체의 명칭을 반환
void	SetName	객체의 명칭을 설정
CString	GetLocation	객체의 위치를 반환
void	SetLocation	객체의 경로를 설정
KObject *	GetParentObject	부모 객체를 반환
void	SetParentObject	부모 객체를 설정
virtual bool	InitializeObject	객체를 초기화

○ KProject 클래스 상세 정보

<표 50> KProject Method 정보

Return Type	명칭	설명
void	SetInvestigator	Investigator를 설정
CString	GetInvestigator	Investigator를 반환
void	GetOrganization	Organization을 설정
CString	GetOrganization	Organization을 반환
void	SetSummary	Summary를 설정
CString	GetSummary	Summary를 반환
bool	InitializeObject	객체를 초기화
bool	ModifyProject	프로젝트 정보를 수정함
bool	OpenProject	프로젝트 정보를 수정함
void	SaveProject	현재 프로젝트를 파일로 저장
bool	InitializeCodeManager	Code Manager를 초기화
static double	GetLinkOffset	Link의 Offset 정보를 반환함
static void	SetLinkOffset	Link의 Offset 정보를 설정함
bool	openProject	프로젝트 정보를 오픈함

○ KSingleton 클래스 상세 정보

<표 51> KSingleton Method 정보

Return Type	명칭	설명
static T *	getInstnce	Observer 패턴의 Subject Interface class

○ KTarget 클래스 상세 정보

<표 52> KTarget Method 정보

Return Type	명칭	설명
bool	IsEmptyData	Empty data 여부를 반환
CString	GetNetworkDataFileName	Network data 파일명을 반환
CString	GetIODataFileName	IO data 파일명을 반환
sqlite3 *	GetDB	Sqlite DB Connection을 반환
KIOTableManager *	Tables	IO data의 Table manager를 반환
KGeoData *	GetGeoData	Network Data를 반환
bool	InitializeObject	객체를 초기화
bool	OpenNetworkData	파일로부터 Network data를 읽음
bool	OpenIOData	파일로부터 IO data를 읽음
bool	CopyFrom	파일로부터 IO data를 읽음
void	RegisterController	Controller를 등록
void	UnregisterController	Controller를 해지
KIOTableController *	GetIOController	Controller를 반환
KCodeManager *	CodeManager	Code Manager를 반환
bool	AttachDatabase	다른 Database와 연결
void	DetachDatabase	다른 Database와의 연결을 해제
void	BeginTransaction	Transaction을 시작
void	CommitTransaction	Transaction을 커밋
void	RollbackTransaction	Transaction을 취소함