

## 2015년도 국가교통조사 및 DB구축사업 교통혼잡지도 DB구축

2015. 12







# 제 출 문

국토교통부장관 귀하

본 보고서를 국가정보화사업 중 「2015년도 국가교통조사 및 DB구축 사업」의 최종보고서를 제출합니다.

2015년 12월

한국교통연구원

원장 이 창 운

**본 『2015년도 국가교통조사 및 DB구축사업』은 다음  
연구진에 의해 수행되었습니다.**

**참 여 연 구 진**

<b>&lt;한국교통연구원&gt;</b>	
연구책임자	◦ 김찬성 연구위원
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 박인기, 최정민, 정경옥 연구위원</li> <li>◦ 조종석, 박민철, 박용일, 이석주, 김주영, 황순연, 홍다희, 전승훈, 연지윤, 장동익, 김병관, 우왕희 부연구위원</li> <li>◦ 신영권, 성홍모, 김동호, 김진우, 김규진, 김정은, 강국수, 고두환, 김관용, 김성민, 김은미, 김진오, 박미란, 박준호, 변상진, 신동찬, 오연선, 이선아, 유연승, 이용철, 정성환, 정승연, 조용훈, 정현진, 주진호, 최서윤, 탁지훈, 홍성표 연구원</li> <li>◦ 신지현, 서유진 연구조원</li> <li>◦ 전윤미, 나선영, 소윤종, 윤황섭, 박선임</li> </ul>
<b>&lt;한국해양수산개발원&gt;</b>	
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 이호춘 전문연구원</li> <li>◦ 이건우 전문연구원</li> <li>◦ 이해진 연구원</li> </ul>

# 『2015년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

## 보고서 구성 및 담당연구진

번 호	과 제 명	연 구 진
제 1권	요약보고서	박용일, 신영권, 박준호, 김규진, 신동찬
제 2권	전국 여객 O/D 보완갱신	조종석, 김병관, 강국수, 박미란
제 3권	여객 O/D 조사 예비조사	조종석, 김병관, 정현진
제 4권	여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구	박인기, 천승훈, 김성민, 정성환
제 5권	장래교통계획DB 및 모니터링 체계구축	김주영, 유연승, 김관용
제 6권	전국 화물 O/D 보완갱신	박민철, 우왕희, 변상진, 조용훈
제 7권	화물통행수요추정 신뢰도 개선방안 연구	박민철, 우왕희, 변상진, 조용훈
제 8권	해상화물O/D 보완갱신 및 신뢰도 개선방안 연구	KMI
제 9권	도로망 GIS 및 교통분석용 네트워크 구축	김동호, 탁지훈, 정승연
제10권	대중교통 GIS 및 교통분석용 네트워크 구축	김동호, 이선아, 정승연
제11권	국가교통통계조사	황순연, 오연선, 고두환
제12권	교통수단 이용실태조사	연지윤, 주진호, 김정은
제13권	특별교통통행실태조사	성흥모, 김은미
제14권	교통혼잡지도 DB구축	천승훈, 김진우, 김성민
제15권	국가교통물류경쟁력조사연구	천승훈, 장동익, 연지윤, 이석주, 홍다희, 김진우, 김정은, 홍성표, 주진호, 김진오

## 『2015년도 국가교통조사 및 DB구축사업』

### 과제별 공동참여·위탁용역 사업자

【공동사업 참여기관】
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (부산·울산권 부문) <ul style="list-style-type: none"> <li>- ㈜선일이엔씨, 경성대학교산학협력단</li> </ul> </li> <li>• 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (대전광역시권 부문) <ul style="list-style-type: none"> <li>- ㈜드림이엔지</li> </ul> </li> <li>• 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (광주광역시권 부문) <ul style="list-style-type: none"> <li>- ㈜유신</li> </ul> </li> <li>• 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (수도권 부문) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 서울연구원, 경기연구원, 인천발전연구원</li> </ul> </li> <li>• 전국여객 O/D 현행화 공동사업 (대구광역시권 부문) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대구경북연구원</li> </ul> </li> </ul>
【위탁용역 사업자】
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2015년 국가교통DB점검단 운영지원 <ul style="list-style-type: none"> <li>- (사)교통투자평가협회</li> </ul> </li> <li>• 교통수단이용실태조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>- ㈜메트릭스코퍼레이션</li> </ul> </li> <li>• 교통혼잡지도 시스템 유지보수 및 온라인 시범 서비스 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 서울대학교&amp;(주)큐빅웨어 컨소시엄</li> </ul> </li> <li>• 첨단교통자료를 활용한 교통망 성능평가 지표개발 및 DB구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 서울대학교&amp;(주)큐빅웨어 컨소시엄</li> </ul> </li> <li>• 첨단자료를 활용한 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 명지대학교</li> </ul> </li> <li>• 여객 O/D 예비조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 나이스알앤씨(주), ㈜엘비씨소프트, 홍익대학교 산학협력단, 동해엔지니어링㈜</li> </ul> </li> <li>• 대중교통 GIS DB 및 대중교통 분석용 네트워크 현행화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- (주)큐빅웨어 컨소시엄</li> </ul> </li> </ul>

**【위탁용역 사업자】**

- 도로망 GIS DB 및 교통 분석용 네트워크 현행화
  - 현대엠엔소프트(주)
- 장래교통계획 관련 DB 수집 및 GIS 맵 구축
  - ㈜팀지오
- 2015년도 국가교통DB Brief 발행
  - (주)피그마리온
- 대도시 화물 O/D 구축방안연구
  - 중앙대학교 산학협력단
- 복합화물운송 분석을 위한 화물P/C 조사
  - ㈜메트릭스코퍼레이션
- 2015년 가정의 달 특별교통통행실태조사
  - 리서치랩
- 국가교통물류경쟁력지표 조사연구를 위한 전문가 설문
  - 리서치랩
- 특별교통통행실태조사 및 이용자 만족도 조사
  - 리서치랩
- 웹사이트 운영 환경 개선 및 인프라 유지보수
  - (주)한신정보기술
- 국가교통DB 통합관리방안 관련 연계시스템 구축I
  - GNT 솔루션
- 국가교통DB 통합관리방안 관련 연계시스템 구축II
  - 아로정보기술
- 화물P/C를 활용한 화물수단 선택모형 개발 연구
  - 한국교통대학교 산학협력단
- 국가교통통계 개선방안 연구
  - ㈜블루와이즈
- 전국 읍면동 간 자동차·대중교통 통행경로와 통행시간 산정
  - ㈜아로정보기술

**【자문용역 사업자】**

- 전국 장래 시군 및 읍면동 인구예측에 관한 연구
  - 고려대 김기환교수

## **최종보고서 목차**

- 제 1권 요약보고서**
- 제 2권 전국 여객 O/D 보완갱신**
- 제 3권 여객 O/D 조사 예비조사**
- 제 4권 여객교통수요 신뢰도 개선방안 연구**
- 제 5권 장래교통계획DB 및 모니터링 체계구축**
- 제 6권 전국 화물 O/D 보완갱신**
- 제 7권 화물통행수요추정 신뢰도 개선방안 연구**
- 제 8권 해상화물O/D 보완갱신 및 신뢰도 개선방안 연구**
- 제 9권 도로망 GIS 및 교통분석용 네트워크 구축**
- 제 10권 대중교통 GIS 및 교통분석용 네트워크 구축**
- 제 11권 국가교통통계조사**
- 제 12권 교통수단 이용실태조사**
- 제 13권 특별교통통행실태조사**
- 제 14권 교통혼잡지도 DB구축**
- 제 15권 국가교통물류경쟁력조사연구**

# 목 차

## 요약

### 제1장 연구개요 ..... 1

제1절 연구의 배경 및 목적 / 3

제2절 연구의 범위 / 4

제3절 연구의 수행 체계 / 5

### 제2장 관련 기술현황 검토 및 선행연구 고찰 ..... 7

제1절 교통량/속도자료 수집기술 현황 / 9

제2절 교통량(AADT) 추정 관련 선행연구 고찰 / 17

제3절 교통사고 지표 관련 연구고찰 / 25

제4절 네트워크 성능평가 지표의 개발 및 현황분석 / 35

### 제3장 내비게이션 수집 교통정보의 신뢰도 검토 ..... 43

제1절 내비게이션 데이터 수집 현황 / 45

제2절 내비게이션 수집 교통정보의 신뢰도 평가 / 48

### 제4장 개별링크 교통량 추정 및 DB 구축 ..... 63

제1절 추정 개요 / 65

제2절 미관측 도로구간의 일교통량 추정 방법론 개발 / 66

제3절 미관측 도로구간의 시간대별 교통량 추정 방법론 개발 / 72

제4절 링크구간별 추정 교통량 DB 구축 / 73

제5절 추정교통량 오차 검증 / 75

### 제5장 회전 교통량 추정 및 DB 구축 ..... 79

제1절 회전교통량 추정방법론 개요 / 81

제2절 회전 교통량 특성 분석 / 82

제3절 회전 교통량 추정 방법론 개발 / 83

제4절 회전교통량 추정결과 / 86

**제6장 전국 개별링크 속도 DB 구축 ..... 93**

제1절 개별링크 속도 데이터 집계를 위한 DB설계 / 95

제2절 링크구간별 대표속도 산출을 위한 방법론 개발 / 97

제3절 전국 개별링크 속도 DB 구축 / 100

**제7장 신규 교통지표 개발 ..... 101**

제1절 교통소통지표 산정방법론 개발 / 104

제2절 교통사고 지표 산정방법론 개발 / 106

제3절 교통 환경지표 산정방법론 개발 / 124

**제 8 장 기존 교통지표 모형 개선 ..... 135**

제1절 기 개발된 교통 혼잡지표의 모형 정밀도 개선 / 137

제2절 확장된 수집데이터에 기반한 시간적·공간적 단위 세분화 / 138

제3절 개선모형의 가공교통DB 시스템 반영 / 139

**제9장 교통혼잡지도 시스템 유지보수 및 온라인 시범 서비스 구축 ..... 141**

제1절 개요 / 143

제2절 교통혼잡 모니터링 체계의 현황 분석 / 147

제3절 교통혼잡 데이터 가공 / 162

제4절 교통혼잡지도 시스템 개발 / 185

제5절 교통혼잡지도 온라인 시스템 개발 / 200

제6절 시스템 테이블 구성 / 215

**제10장 향후 발전방향 ..... 227**

제1절 링크교통량 추정 및 성능평가지표 산정 관련 전문가 의견수렴 / 229

제2절 네트워크 성능평가지표 발전방향 제시 / 230

제3절 링크교통량 추정 방법론 발전방향 제시 / 231

제4절 향후 발전방향 종합 / 232



## 표 목 차

〈표 2-1〉 차량 검지기 종류 .....	9
〈표 2-2〉 검지기 시스템별 특징 요약 .....	14
〈표 2-3〉 교통량(AADT) 추정관련 선행연구 분류 .....	17
〈표 2-4〉 AADT 추정관련 연구고찰 .....	24
〈표 2-5〉 거시적 사고예측모형과 미시적 사고예측모형의 비교 .....	26
〈표 2-6〉 교통사고관련 요인(연속류) .....	27
〈표 2-7〉 교통사고관련 요인(연속류) .....	28
〈표 2-8〉 교통사고관련 요인(단속류) .....	29
〈표 2-9〉 교통사고 노출지표 관련 기존연구 .....	32
〈표 2-10〉 국내 네트워크 성능평가지표 현황 .....	35
〈표 2-11〉 국외 네트워크 성능평가지표 현황 .....	37
〈표 3-1〉 표준노드링크와 KOTI Lev6 네트워크 정보 비교 .....	46
〈표 3-2〉 Probe건수의 DB구축 형태 .....	47
〈표 3-3〉 상관성 분석결과 : 관측교통량과 Probe 건수의 시간대별 분포 .....	51
〈표 3-4〉 표본율에 따른 상관성 분석결과(교통량 : 도시부 톨게이트) .....	54
〈표 3-5〉 표본율에 따른 상관성 분석결과(교통량 : 지방부 톨게이트) .....	55
〈표 3-6〉 표본율에 따른 상관성 분석결과(통행속도 : 도시부 톨게이트) .....	58
〈표 3-7〉 표본율에 따른 상관성 분석결과(통행속도 : 지방부 톨게이트) .....	60
〈표 4-1〉 링크구간별 차종별 일 추정교통량의 DB구축 형태 .....	73
〈표 4-2〉 링크구간별 차종별 시간대별 추정교통량의 DB구축 형태 .....	74
〈표 4-3〉 추정교통량의 오차 검증 결과 .....	75
〈표 5-1〉 Probe 기반 회전교통량 추정결과 .....	88
〈표 5-2〉 TCS기반 회전교통량 산정결과 .....	89
〈표 5-3〉 Probe 기반 회전교통량 추정결과 .....	89
〈표 5-4〉 TCS기반 회전교통량 산정결과 .....	90
〈표 5-5〉 Probe 기반 회전교통량 추정결과 .....	90

〈표 5-6〉 TCS기반 회전교통량 산정결과 .....	91
〈표 5-7〉 분석지점별 회전교통량 오차율 .....	91
〈표 6-1〉 차량용 내비게이션 프로브 데이터의 수집 형태 .....	95
〈표 6-2〉 속도 빈도 분포(Speed Profile)의 DB 구축 형태 .....	95
〈표 6-3〉 대표속도 DB 데이터 정의서 .....	96
〈표 6-4〉 링크구간별 대표속도의 DB구축 형태 .....	100
〈표 7-1〉 기존 교통혼잡지표 .....	103
〈표 7-2〉 UTIS 사고자료 현황 .....	108
〈표 7-3〉 교통사고 요인분석 .....	111
〈표 7-4〉 관측교통량 조사지점 구축 현황 .....	126
〈표 7-5〉 IPCC Guideline 온실가스 추정방법 비교 .....	128
〈표 7-6〉 차종별 총 주행거리(관용+자가용 기준) .....	129
〈표 7-7〉 도로이동 오염원 사용연료 분류 .....	130
〈표 7-8〉 연료별·차종별 총 주행거리 현황 .....	130
〈표 7-9〉 버스 구성 비율 현황 .....	130
〈표 7-10〉 이산화탄소 배출계수 .....	131
〈표 7-11〉 일산화탄소 배출계수 .....	132
〈표 7-12〉 휘발성 유기화합물 배출계수 .....	133
〈표 7-13〉 질소산화물 배출계수 .....	133
〈표 7-14〉 미세먼지 배출계수 .....	134
〈표 8-1〉 교통혼잡지표 개발현황 .....	137
〈표 9-1〉 과업의 주요 내용 .....	145
〈표 9-2〉 국내 교통혼잡 모니터링 관련 시스템 현황 .....	147
〈표 9-3〉 국외 교통혼잡 모니터링 관련 시스템 현황 .....	152
〈표 9-4〉 국내 교통혼잡 모니터링 관련 시스템의 한계 및 문제점 .....	159
〈표 9-5〉 국외 교통혼잡 모니터링 관련 시스템의 한계 및 문제점 .....	160
〈표 9-6〉 표준노드링크 및 KOTI Lev6 네트워크 비교 .....	162
〈표 9-7〉 2015년 전국 분석맵 구축 현황 .....	172
〈표 9-8〉 2014년 관측교통량 자료 현황 .....	173

〈표 9-9〉 교통혼잡시스템에서의 관측교통량 테이블 설명 .....	175
〈표 9-10〉 사고데이터 테이블 설명 .....	176
〈표 9-11〉 내비게이션 구축 결과 항목 .....	184
〈표 9-12〉 온라인 시범서비스 S/W 구성 .....	200
〈표 9-13〉 온라인 시범서비스 메뉴 구성 .....	203
〈표 9-14〉 Link 테이블 정의서 .....	215
〈표 9-15〉 Node 테이블 정의서 .....	218
〈표 9-16〉 koti_2level_link .....	220
〈표 9-17〉 koti_2level_node .....	221
〈표 9-18〉 koti_2level_links .....	221
〈표 9-19〉 District1(시도) 테이블 정의서 .....	222
〈표 9-20〉 District2(시군구) 테이블 정의서 .....	222
〈표 9-21〉 District3(읍면동) 테이블 정의서 .....	223
〈표 9-22〉 day_traffic_volume (건기원-수시 교통량) .....	223
〈표 9-23〉 year_traffic_volume (건기원-상시 교통량) .....	224
〈표 9-24〉 TCS_OD (한국도로공사 교통량) .....	224
〈표 9-25〉 koti_traffic_volume (KOTI 스크린/코든 교통량) .....	225
〈표 9-26〉 urban_traffic_volume_seoul (서울시 교통량) .....	226
〈표 9-27〉 urban_6_traffic_volume (6대 광역시 교통량) .....	226

## 그림 목차

〈그림 1-1〉 본 연구의 수행체계 .....	5
〈그림 2-1〉 건설기술연구원 교통량정보제공시스템 .....	12
〈그림 2-2〉 한국도로공사 고속도로 공공데이터 포털 .....	12
〈그림 2-3〉 미국 알칸사스 주 2014년 AADT 정보 제공 .....	13
〈그림 2-4〉 교통사고 유발요인 .....	25
〈그림 3-1〉 링크별 내비게이션 수집 교통정보 생성 개념도 .....	45
〈그림 3-2〉 통행속도 분포도(Speed Profile)의 형태 .....	47
〈그림 3-3〉 관측교통량과 Probe 건수와의 관계 .....	49
〈그림 3-4〉 관측교통량과 Probe건수의 시간대별 분포비교(도시부) .....	50
〈그림 3-5〉 관측교통량과 Probe건수의 시간대별 분포비교(지방부) .....	51
〈그림 3-6〉 표본율에 따른 시간대별 교통량 분포(도시부) .....	53
〈그림 3-7〉 표본율에 따른 시간대별 관측교통량과 Probe 건수와의 관계(도시부) .....	53
〈그림 3-8〉 표본율에 따른 시간대별 교통량 분포(지방부) .....	54
〈그림 3-9〉 표본율에 따른 시간대별 관측교통량과 Probe 건수와의 관계(지방부) .....	55
〈그림 3-10〉 Probe와 타 시스템의 시간대별 속도분포 비교 .....	56
〈그림 3-11〉 표본율에 따른 Probe의 속도분포(도시부) .....	57
〈그림 3-12〉 표본율에 따른 관측속도분포와 Probe의 속도분포의 관계(도시부) .....	58
〈그림 3-13〉 표본율에 따른 Probe의 속도분포(지방부) .....	59
〈그림 3-14〉 표본율에 따른 관측속도분포와 Probe의 속도분포의 관계(지방부) .....	59
〈그림 3-15〉 고속도로 상시조사지점 AADT와 AADP와의 상관성분석 결과 .....	61
〈그림 3-16〉 일반도로 상시조사지점 AADT와 AADP와의 상관성분석 결과 .....	62
〈그림 3-17〉 서울시 조사지점의 AADT와 AADP와의 상관성분석 결과 .....	62
〈그림 4-1〉 개별링크 교통량 추정을 위한 입력 자료의 흐름도 .....	65
〈그림 4-2〉 관측 대상구간과 인접한 개의 관측구간 간 오차곡선 구축(Step 1) .....	70
〈그림 4-3〉 미관측 대상구간과 인접한 개의 오차곡선에 대한 값 파라미터 최적화(Step 2) ....	70
〈그림 4-4〉 미관측 대상구간의 연평균 일 추정교통량 추정(Step 3) .....	71

〈그림 4-5〉 미관측 대상구간의 시간대별 교통량 추정 .....	72
〈그림 4-6〉 관측교통량과 추정교통량 산포도(고속도로, 건기원 상시조사) .....	76
〈그림 4-7〉 관측교통량과 추정교통량 산포도(일반국로, 건기원 상시조사) .....	76
〈그림 4-8〉 관측교통량과 추정교통량 산포도(서울특별시) .....	77
〈그림 5-1〉 회전교통량 추정방법론 개요 .....	81
〈그림 5-2〉 회전 발생 지점의 유형 .....	82
〈그림 5-3〉 복잡한 네트워크 Grouping 작업 .....	82
〈그림 5-4〉 회전교통량 추정 시 입력자료 형태(링크/프로브 회전 교통량) .....	83
〈그림 5-5〉 회전교통량 추정 프로세스 .....	84
〈그림 5-6〉 회전교통량 산출방법론 개발 개념도 .....	85
〈그림 5-7〉 회전교통량 검증 대상지점 .....	87
〈그림 5-8〉 회전교통량 추정 존 설정(장안IC) .....	88
〈그림 5-9〉 회전교통량 추정 존 설정(북강릉IC) .....	89
〈그림 5-10〉 회전교통량 추정 존 설정(보성IC) .....	90
〈그림 6-1〉 구간별 대표속도 DB 구축을 위한 시스템 ERD .....	96
〈그림 6-2〉 링크구간의 통행속도 및 Speed Profile 생성 개념도 .....	97
〈그림 6-3〉 이상치 제거 전, 후 Speed Profile 구축 .....	99
〈그림 7-1〉 교통지표 산정개요 .....	103
〈그림 7-2〉 혼잡시간강도 산정방법 .....	104
〈그림 7-3〉 혼잡빈도강도 산정방법 .....	105
〈그림 7-4〉 혼잡기대강도 산정방법 .....	105
〈그림 7-5〉 교통사고지표 산정개요 .....	106
〈그림 7-6〉 UTIS 사고발생건수 현황 .....	108
〈그림 7-7〉 교통사고율 신뢰성 검증결과 .....	109
〈그림 7-8〉 교통사고 요인분석 .....	110
〈그림 7-9〉 운전피로도 지표 개념 .....	115
〈그림 7-10〉 분석대상 노선 .....	116
〈그림 7-11〉 링크별 FDR(주행시간) 지표와 사고율과의 관계(경부고속도로) .....	117
〈그림 7-12〉 링크별 FDR(주행거리) 지표와 사고율과의 관계(경부고속도로) .....	118
〈그림 7-13〉 FDR지표와 사고율과의 관계(경부고속도로) .....	118

〈그림 7-14〉 링크별 FDR(주행시간) 지표와 사고율과의 관계(서해안고속도로) .....	119
〈그림 7-15〉 링크별 FDR(주행거리) 지표와 사고율과의 관계(서해안고속도로) .....	120
〈그림 7-16〉 FDR지표와 사고율과의 관계(서해안고속도로) .....	120
〈그림 7-17〉 링크별 과속차량비율 지표와 사고율과의 관계(경부고속도로) .....	122
〈그림 7-18〉 SVR지표와 사고율과의 관계(경부고속도로) .....	122
〈그림 7-19〉 링크별 과속차량비율 지표와 사고율과의 관계(서해안고속도로) .....	123
〈그림 7-20〉 SVR지표와 사고율과의 관계(경부고속도로) .....	123
〈그림 7-21〉 교통 환경지표 산정개요 .....	124
〈그림 7-22〉 교통 환경지표 산출방법 .....	125
〈그림 7-23〉 교통 환경지표 산정방법 예시 .....	127
〈그림 7-24〉 환경지표(이산화탄소 배출량) 산정결과 .....	134
 〈그림 8-1〉 교통 혼잡지표의 산정 세분화 .....	 138
 〈그림 9-1〉 연차별 개발 목표 .....	 143
〈그림 9-2〉 과업범위 .....	144
〈그림 9-3〉 연구 수행체계 .....	146
〈그림 9-4〉 국토교통부 ITS 국가교통정보센터 (www.its.go.kr) .....	148
〈그림 9-5〉 한국도로공사 Road Plus (www.roadplus.co.kr) .....	149
〈그림 9-6〉 도로교통공단 UTIS (www.utis.go.kr) .....	150
〈그림 9-7〉 서울특별시 TOPIS (www.topis.seoul.go.kr) .....	151
〈그림 9-8〉 Traffic England (www.trafficengland.com) .....	153
〈그림 9-9〉 Help2Travel (www.help2travel.co.uk) .....	154
〈그림 9-10〉 OLSIM (www.autobahn.nrw.de) .....	155
〈그림 9-11〉 Autoroutes (www.autoroutes.fr) .....	156
〈그림 9-12〉 Beat the Traffic (www.travelersnetwork.com) .....	157
〈그림 9-13〉 INRIX Traffic (www.trafficengland.com) .....	158
〈그림 9-14〉 분석 Map 집계 예시 .....	162
〈그림 9-15〉 표준노드링크와 분석맵 네트워크의 관계 및 맵핑테이블 예시 .....	163
〈그림 9-16〉 전차년도 분석맵 구축 현황 .....	163
〈그림 9-17〉 분석맵 자동 변환 방안 .....	164
〈그림 9-18〉 경로탐색 모듈을 이용한 분석맵 자동 변환 방안 .....	165
〈그림 9-19〉 분석맵 편집 도구 기능 .....	166

〈그림 9-20〉 네트워크에 따른 링크 선택 방법 예시 .....	166
〈그림 9-21〉 분석맵 오류 검증 UI .....	167
〈그림 9-22〉 KOTI Lev6 → 분석맵으로 1차 자동 변환 (천안부근) .....	169
〈그림 9-23〉 KOTI Lev6 → 분석맵으로 1차 자동 변환 (서울시) .....	170
〈그림 9-24〉 검수 및 수정 완료 예시 화면 (천안부근) .....	171
〈그림 9-25〉 검수 및 수정 완료 예시 화면 (서울시) .....	171
〈그림 9-26〉 검수 및 수정 완료 예시 화면 (세종시) .....	172
〈그림 9-27〉 2014년 KOTI 스크린/코든 관측지점 예시 화면(좌표) .....	174
〈그림 9-28〉 2014년 서울시 관측지점 예시 화면(이미지) .....	174
〈그림 9-29〉 사고데이터 자료 현황 .....	176
〈그림 9-30〉 사고데이터 구축결과 예시 테이블 .....	177
〈그림 9-31〉 가공 절차 및 방법론 .....	178
〈그림 9-32〉 단선 네트워크의 양방향 구분 방법 .....	179
〈그림 9-33〉 회전정보를 이용한 경로 탐색 예시 .....	179
〈그림 9-34〉 2014년 통행량 정보 및 속도 Profile 테이블 예시 .....	180
〈그림 9-35〉 표준노드링크와 Lev6 네트워크의 속도 프로파일 생성 비교 .....	181
〈그림 9-36〉 이동류 별 통행량 정보 생성 테이블 예시 .....	181
〈그림 9-37〉 내비게이션 통계정보 UI .....	182
〈그림 9-38〉 단말기 경로정보 UI 및 주행 경로 예시 화면 .....	183
〈그림 9-39〉 분석시스템 구성 .....	185
〈그림 9-40〉 시스템 기능구성 .....	186
〈그림 9-41〉 시스템 화면구성 .....	187
〈그림 9-42〉 네트워크에 따른 지표 산정 방법 예시 화면 .....	189
〈그림 9-43〉 양선 네트워크에서의 주제도 표현 예시 .....	190
〈그림 9-44〉 Offset 후 양방향 지도 표현 예시 .....	190
〈그림 9-45〉 년도 별 네트워크 및 결과에 대한 데이터 그룹 예시 .....	191
〈그림 9-46〉 전차년와 본과업에서의 시스템 프로젝트 비교화면 .....	192
〈그림 9-47〉 분석맵 데이터를 Shp 파일로 출력 예시 화면 .....	193
〈그림 9-48〉 연도별 멀티맵 디스플레이 예시화면 .....	194
〈그림 9-49〉 화면 배치 기능 예시화면 .....	194
〈그림 9-50〉 단선링크기반의 데이터 선택방법 .....	195
〈그림 9-51〉 링크의 속성보기 UI .....	195
〈그림 9-52〉 행정구역 자동 생성 기능 설명 .....	196

〈그림 9-53〉 데이터 변환 UI .....	197
〈그림 9-54〉 ‘월단위 생성’ 및 ‘1년단위로 병합’ 기능 UI .....	198
〈그림 9-55〉 속도프로파일 출력 UI .....	198
〈그림 9-56〉 평일 교통량 추정 결과 예시 화면 .....	199
〈그림 9-57〉 관측교통량 UI 및 주데모 예시 화면 .....	199
〈그림 9-58〉 온라인 시스템 구성도 .....	200
〈그림 9-59〉 교통혼잡지도 온라인 시범서비스 DB 구축 프로세스 .....	201
〈그림 9-60〉 온라인 시범서비스 화면 구성 .....	202
〈그림 9-61〉 지도 서비스 예시 화면 .....	204
〈그림 9-62〉 지도서비스 별 주제도 비교 화면 .....	204
〈그림 9-63〉 멀티맵 실행 화면 .....	205
〈그림 9-64〉 사용자 범례 UI .....	206
〈그림 9-65〉 사용자 범례 설정 예시 화면 .....	206
〈그림 9-66〉 속성보기 예시 화면 .....	207
〈그림 9-67〉 위치이동 예시 화면 .....	207
〈그림 9-68〉 구간추정교통량 - 도로등급 단위의 예시 화면 .....	208
〈그림 9-69〉 구간추정교통량 -시군구 단위의 예시 화면 .....	209
〈그림 9-70〉 차량주행거리 표출 예시 화면 .....	210
〈그림 9-71〉 혼잡강도-혼잡빈도강도 예시 화면 .....	210
〈그림 9-72〉 평균속도 예시 화면 .....	211
〈그림 9-73〉 혼잡시 평균속도 예시 화면 .....	211
〈그림 9-74〉 정상시 평균속도 예시 화면 .....	212
〈그림 9-75〉 지체시간 예시 화면 .....	212
〈그림 9-76〉 본 과업에서 산정한 경계속도 적용 - 혼잡비용-전체 예시 화면 .....	213
〈그림 9-77〉 기존 경계속도 적용 - 혼잡비용-전체 예시 화면 .....	213
〈그림 9-78〉 교통환경지표 예시 화면 .....	214
〈그림 10-1〉 전문가 의견 수렴 .....	229
〈그림 10-2〉 네트워크 성능평가지표 발전방향 .....	230
〈그림 10-3〉 링크 교통량 추정 방법론 발전방향 제시 .....	231
〈그림 10-4〉 향후 발전방향 .....	232



요약





## 요 약

### 1. 연구개요

#### 가. 연구의 배경 및 목적

- 한국교통연구원 데이터베이스(이하 KTDB)는 도로 네트워크 시스템의 성능(Performance)을 계량화하기 위한 연구를 지속적으로 진행하고 있으며, 「2013년 국가교통조사 및 DB구축사업」 중 『교통네트워크 소통 성능지표 연구』, 「2014년 국가교통조사 및 DB구축사업」 중 『대용량교통정보시스템 구축 및 분석』을 통하여 IT 기반 빅 데이터 분석을 네트워크 성능평가에 적용하고자 하는 목표를 단계적으로 수행하고 있음
- 개별 통행자들의 통행정보를 수집하기 위한 다양한 개인용 GPS 기기들이 생활의 편의를 위해 다양하게 활용되고 있는 상황에서 그 중 가장 대표적인 개인 GPS 기기인 차량용 내비게이션은 차량 운행을 위한 필수적인 장치로 인식되고 있을 정도로 활용도도 높고 기술적인 안정성도 충분이 확보되어 있으며, 최근의 모바일 내비게이션 시장 확대에 의해 소통정보 수집 범위가 급속도로 확대되고 있음
- 최근의 빅 데이터의 활용도에 대한 관심과 이를 위한 기술적 발달로 인해 차량용 내비게이션을 통해 수집되는 소통정보의 유용성도 재평가 받고 있는 상황이며, 정보 수집 및 가공·통신환경·위치기반 기술 등의 발달에 기반 하여 교통정보 수집의 패러다임이 기존의 설치 장비 중심에서 개별 이동주체에 탑재된 정보수집 기기 중심으로 변화하고 있는 시기임
- 이와 더불어 도로의 소통상태 파악을 통해 기 구축된 교통 시스템의 효율성을 평가할 수 있도록 하며, 교통 시스템의 운영 현황에 대한 객관적이고 정확한 진단을 통하여 발생한 혼잡에 대한 대응방안 수립을 예산의 한계 내에서 수행할 수 있는 대안적인 교통정보 수집과 활용도 높은 교통정보의 생성이 필요한 시점임
- 본 연구에서는 축적된 내비게이션 자료 및 대용량 데이터 분석 기술을 기반으로 하여 기본적인 도로 네트워크상의 교통 속성 정보에 대한 DB를 구축하고 이를 기반으로 도로의 소통상태 및 성능을 평가할 수 있는 네트워크 성능지표 평가방법론을 고안하고, 특히 교통네트워크 성능평가의 키워드인 혼잡으로 인한 영향분석과 네트워크상의 문제점 파악을 가능하게 하여 교통시스템의 소통현황에 대한 전반적인 구축 정보를 공유할 수 있는 기반을 마련하고자 함

- 교통네트워크 성능평가에 필수적인 항목인 링크 교통량에 대한 전수화 연구와 개별링크 속도DB 구축을 통해 각 도로별 통행 특성을 파악하고 전체 네트워크의 성능지표 총량을 산출할 수 있는 기초를 마련하고자 함
- 특히 교통류의 미시적인 특성을 반영하기 위한 회전교통량 추정방법론 연구를 통해 경로 특성이 반영된 성능지표 평가방법론을 개발함으로써 일반인들 수준에서 쉽게 이해할 수 있는 논리적인 근거를 확보함과 동시에 분석결과의 정밀도를 향상시키고, ITS 장비 중심으로 추정되고 있는 교통량 정보에 대한 추정방법론 마련을 통해 교통량 정보의 공간적인 한계를 극복하고자 함
- 이를 위하여 기존에 수집된 내비게이션 자료를 통해 추정된 전국범위의 링크교통량을 기초로 하여 네트워크 성능지표의 신규 개발과 기존 교통소통지표에 대한 개선을 수행하고자 하며 지역 간 도로에 대한 회전교통량 추정방법론 연구와 기 개발된 교통소통지표의 모형 개선을 통해 교통소통지표의 정밀도 향상을 위한 핵심기술을 확보하고자 함

#### 나. 연구의 범위

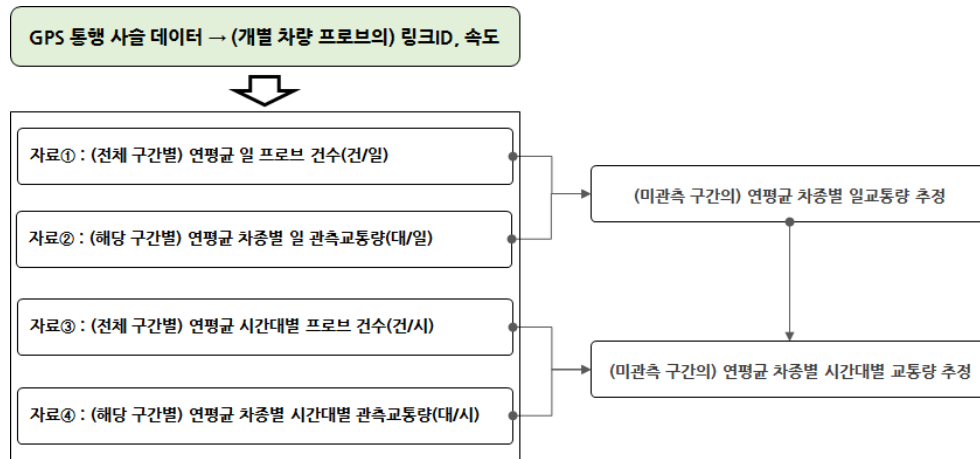
- 공간적 범위
  - 전국 대상
    - 지역 간 도로 : 고속도로(연결로 포함), 일반국도, 지방도(국가지원지방도 포함)
    - 도시부 도로 : 도시 고속도로, 특별·광역시도, 시·군도
- 시간적 범위
  - 2014년 기준
- 내용적 범위
  - 관련 기술현황 검토 및 선행연구 고찰
  - 내비게이션 수집 교통정보의 신뢰도 검토
  - 개별 링크 교통량 추정 모형 개발
  - 지역 간 도로 회전교통량 추정방법론 연구
  - 전국 개별 링크 속도 산출방법론 개발
  - 신규 교통지표 및 산출방법론 개발
  - 향후 연구발전 방향 제시

## 2. 내비게이션 수집 교통정보의 신뢰도 검토

- 내비게이션 수집 교통정보(Probe건수, 통행속도)는 해당 도로를 통과하는 전체 차량들의 교통정보가 아니라 일부 차량에 대한 교통정보에 해당하므로 이는 하나의 표본 자료라고 볼 수 있음
- 이러한 표본 자료를 이용하기 위해서는 해당 표본이 전체 모집단을 대변할 수가 있어야 함
- 즉, 내비게이션 수집 교통정보가 실제 현장의 교통상황과 유사한 지에 대한 해당 자료의 신뢰도 평가가 수행되어야 함
- 따라서 본 연구의 내비게이션 수집 교통정보에 대한 신뢰도 평가는 자료의 신뢰성이 높은 자료 한국도로공사 자료(TCS), 건기원 상시조사 자료, 서울시 교통량(온라인 조사시스템) 자료를 이용하여 해당 Probe 통행량과 속도에 대하여 모집단의 교통정보에 대한 유사성을 통계적으로 검증해보고자 함

## 3. 개별링크 교통량 추정 및 DB 구축

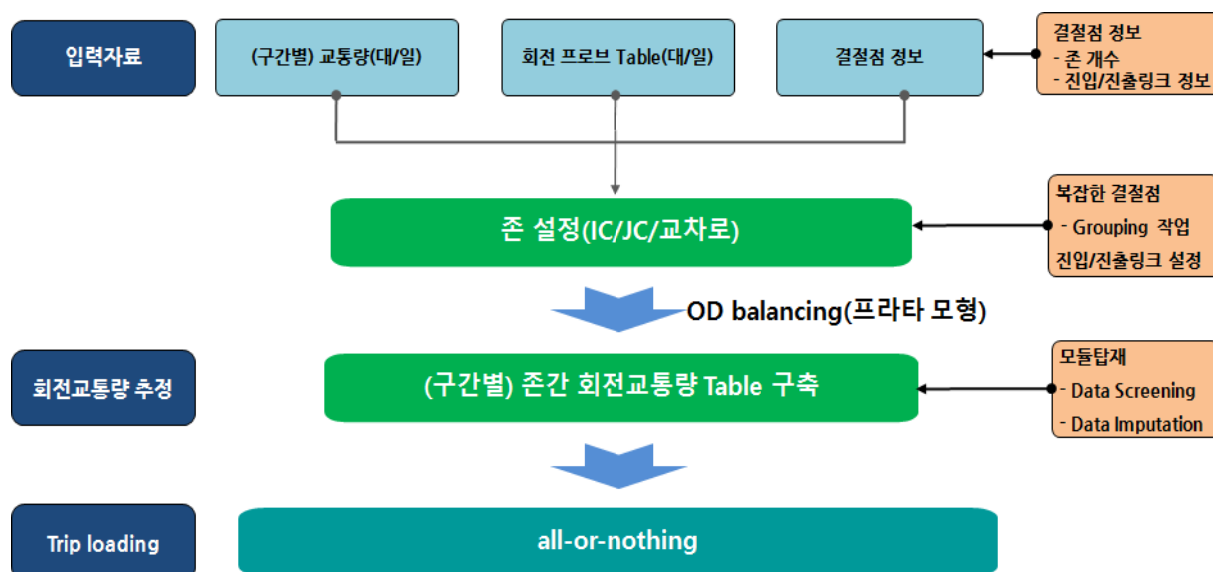
- 교통량은 속도, 밀도와 더불어 교통 연구 분야에서 거시적인 교통류 변수로 이용되고 있으며, 특히 연평균 일교통량(AADT)의 경우는 장래 교통수요 예측, 계획도로의 차로 수 결정, 교통시설의 규모 결정 등 다양한 교통관련 분야의 의사결정을 위한 핵심적인 변수로 이용되고 있음
- 도로교통량 조사는 크게 상시조사와 수시조사로 구분되며, 전국적으로 교통량을 알 수 있는 교통량 조사 지점은 KOTI Level 6 네트워크의 전체 링크구간 기준으로 약 1.9% 수준에 해당됨. 즉, 관측링크 구간을 제외한 나머지 98.1%의 미관측 구간에 대한 현황 교통량 자료는 알 수가 없음
- 또한, 교통량 조사 지점을 제외한 나머지 98.1%의 링크 구간에 대한 현황 교통량을 파악하기 위하여 대규모 교통량 조사장비와 인력을 투입하는 것은 범국가적인 차원에서 예산 낭비이므로 기존의 설치된 교통량 조사 지점의 교통량 조사 자료를 이용하여 나머지 미 관측 구간에 대한 교통량을 추정할 수 있는 방법론을 개발하는 것이 더 효율적이라고 판단됨
- 따라서, 본 연구에서는 현재 설치되어 있는 기관별 도로교통량 조사지점의 교통량 자료와 차량용 내비게이션 프로브 자료를 이용하여 미관측 구간의 교통량을 추정할 수 있는 모형을 개발하고자 함. 여기서, 교통량을 추정하기 위한 입력 자료는 (일 또는 시간대별)프로브 건수와 관측 교통량 자료가 필요하며, 개별링크 교통량 추정을 위한 입력 자료의 흐름도는 다음과 같음



<그림 4> 개별링크 교통량 추정을 위한 입력 자료의 흐름도

#### 4. 회전교통량 추정 및 DB 구축

- 본 연구의 내비게이션 데이터 기반의 회전 교통량 추정 방법론을 개발하기 위해서 사용되는 입력자료는 교차로 접근하는 모든 링크에 대한 전수화 교통량과 내비게이션 장착 Probe 차량의 회전교통량 자료가 필요함
- 분석에 사용되는 입력자료는 교차로에 접근하는 모든 진입/진출링크에 대한 연평균일교통량(AADT)과 연평균프로브(AADP) 교통량 자료가 사용되며, 추가적으로 결절점에 대한 정보들이 회전교통량 사용에 사용됨
- 회전교통량 추정의 대상은 기본적으로 2개 링크 이상이 만나는 지점을 대상으로 하였고, 복잡한 네트워크 구조를 갖는 지점에 대해서는 추가로 그룹핑 작업을 수행하였음
- 입력자료로 사용되는 연평균프로브 자료는 From link에서 To link의 경로형태로 구성되며, 프로브의 회전비율과 교차로 접근로의 링크교통량을 이용하여 통행분포 모형 중 프라타(Fratar) 모형을 이용하여 회전교통량을 추정함
- 또한, 프로브 자료는 시스템을 통해 집계된 자료이기 때문에 자료형태 및 교통량이 없는 문제점이 발생할 수 있으므로 분석이전에 검수할 수 있도록 Screening 모듈을 탑재함



<그림 5> 회전교통량 추정방법론 개요

## 5. 전국 개별링크 속도 DB 구축

- 본 연구의 차량용 내비게이션 프로브 데이터는 KOTI Lev6 네트워크의 링크구간 단위로 맵 매칭(Map Matching)하여 진입링크 기준 구간별 속도(km/h) 데이터의 형태로 수집되며, 이 데이터는 주어진 수집기간(2014년 기준) 동안 개별 프로브 차량이 통과하는 구간에 대하여 시간 순으로 발생하는 이벤트(Event) 자료의 형태임

<표 1> 차량용 내비게이션 프로브 데이터의 수집 형태

Column명	설명	Data Type	비고
auth_key	단말기 ID	Datetime	-
link_time	수집 시간(년/월/일/시/분/초)	Integer	-
from_link	진입 링크번호 (데이터 저장을 위한 링크기준)	Integer	-
to_link	진출 링크번호	Integer	-
speed	속도 (km/h)	Integer	-

- 위의 차량용 내비게이션의 속도 데이터를 이용하여 정수 형태의 이산적인 속도 범위 (1~150km/h)에 따라 년/월/일/시간(00~24시) 단위의 속도 빈도 분포(Speed Profile)로 집계함

&lt;표 2&gt; 속도 빈도 분포(Speed Profile)의 DB 구축 형태

No	Column	Type	설명	비고
1	year	Varchar	수집 년 (2014년)	-
2	month	Varchar	수집 월 (01~12월)	-
3	day	Varchar	수집 일	-
4	time	Varchar	수집 시간(00~24시)	1시간 단위
5	from_link_id	Integer	진입 링크 ID	-
6	probe_cnt	Double	Probe건수	(건/시)
7	speed_profile	Double	속도 1~150km/h의 빈도	(건/시)

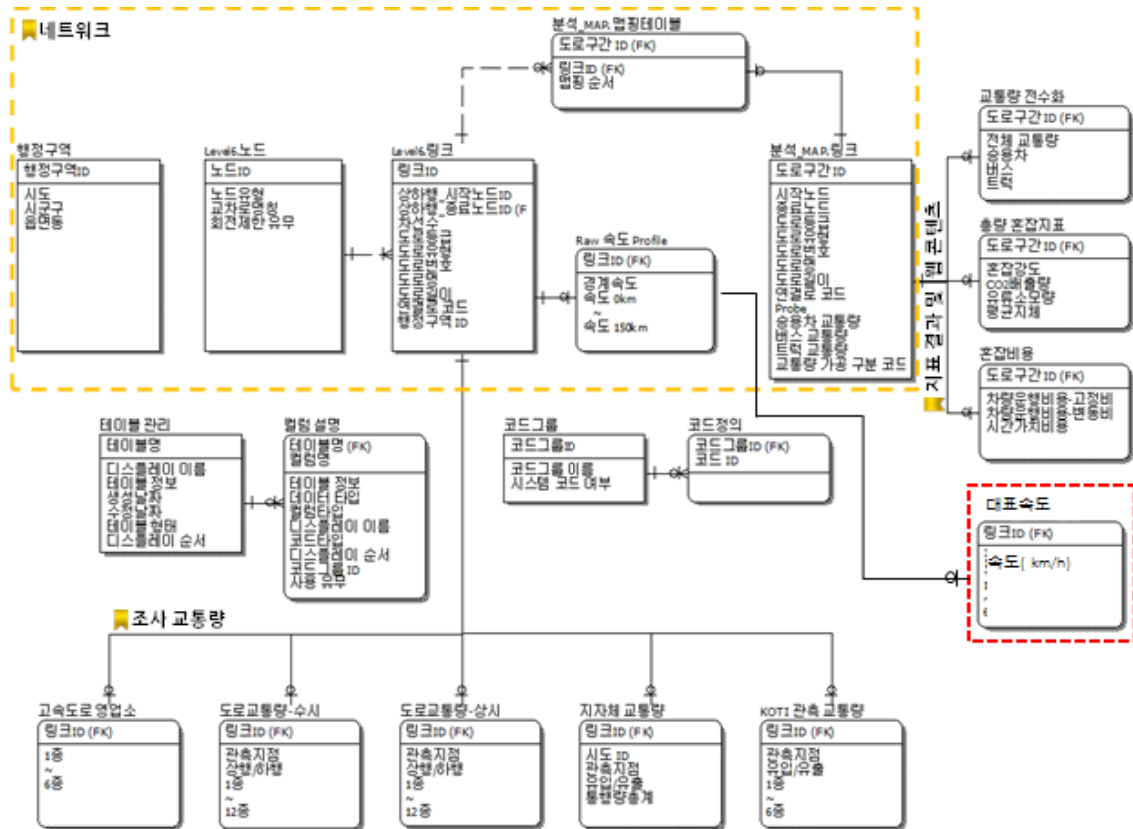
- 위의 속도 빈도 분포(Speed Profile)를 이용하여 대표 속도로 산출하며, 이를 구간별 년/월/일/시간대에 따른 대표속도의 DB로 구축함

&lt;표 3&gt; 대표속도 DB 데이터 정의서

No	Column	Type	설명	비고
1	year	Varchar	수집 년 (2014년)	-
2	month	Varchar	수집 월 (01~12월)	-
3	day	Varchar	수집 일	-
4	time	Varchar	수집 시간(00~24시)	1시간 단위
5	from_link_id	Integer	진입 링크 ID	-
6	main_speed	Double	대표 속도 (km/h)	-

- 교통혼잡지도 시스템 DB는 ①네트워크, ②수집데이터, ③혼잡지표, ④시스템 관리 항목으로 구성되어 있으며, 링크구간별 대표속도는 이 중 네트워크의 링크 데이터와 수집데이터의 속도 빈도 분포(Raw Speed\_Profile) 테이블을 이용하여 년/월/일/시간대별로 대표속도 DB를 구축함
- 따라서, 구간별 대표속도 DB를 구축하기 위한 교통혼잡지도 시스템의 ERD(Entity Relation Diagram)는 다음과 같음





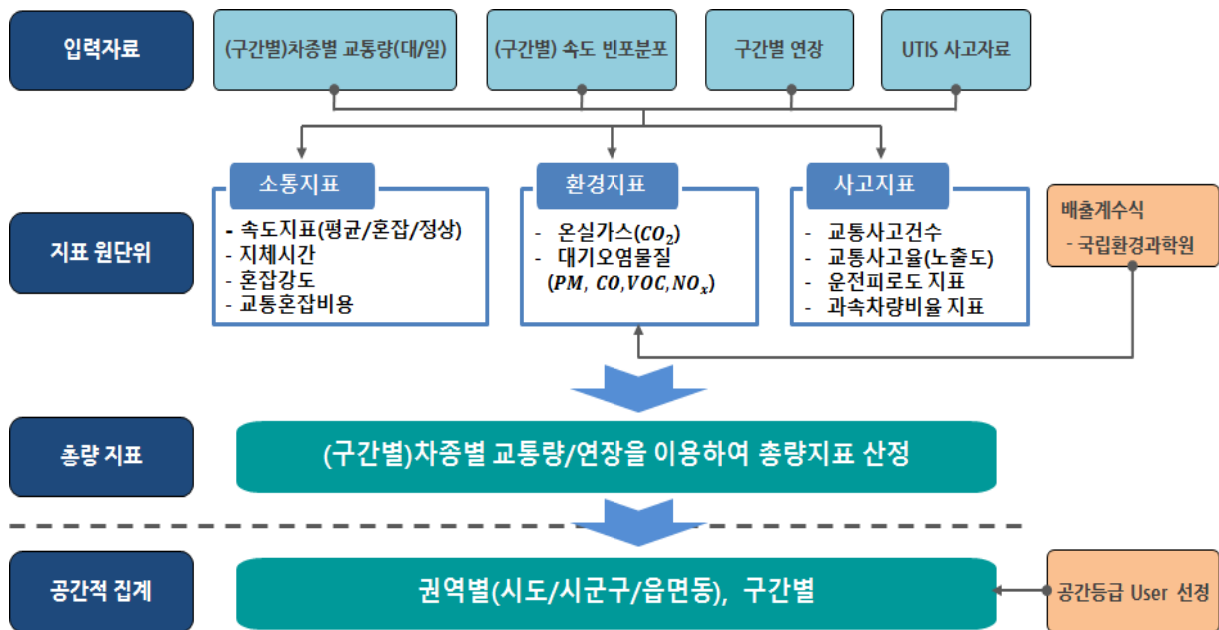
<그림 6> 구간별 대표속도 DB 구축을 위한 시스템 ERD

## 6. 신규 교통지표 개발

- 본 과업에서 개발된 교통지표는 소통지표와 환경지표, 사고지표로 구분하였으며, 기 개발된 지표 외에 신규로 개발된 교통지표는 다음과 같음
  - 소통지표 중 혼잡강도는 기존에 혼잡시간강도의 개념이었으며, 추가적으로 혼잡빈도강도, 혼잡기대강도 지표를 개발함
  - 환경지표는 기존에 온실가스( $CO_2$ ) 배출량만을 산정하였으나, 대기오염물질( $PM$ ,  $CO$ ,  $VOC$ ,  $NO_x$ ) 지표를 추가함
  - 교통사고지표는 본 과업에서 추가된 지표로 교통사고건수(AN), 교통사고율(AR), 운전피로도지표(FDR), 과속차량비율(SVR)를 개발함

&lt;표 4&gt; 기존 교통혼잡지표

구분	주요 혼잡지표	세부 혼잡지표
기존 지표	혼잡강도(CI: Congestion Index, %)	표본수
	CO2배출량(COE, CO2 Emission, g/km/대)	85%속도
	연료소모량(FC, Fuel Consumption, l/km/대)	경계속도
	지체시간(CD, Control Delay, 초/대)	평균속도
		혼잡평균속도
		정상평균속도



&lt;그림 7&gt; 교통지표 산정개요

## 7. 기존 교통지표 모형 개선

- 기 개발된 교통 혼잡지표는 전국 표준노드링크를 이용하여 개별 링크 단위로 혼잡지표를 산정하며, 해당지역(광역시/도, 시/군/구)의 공간적 단위로 집계함
- 하지만, 본 연구에서는 과거 월 단위(2013년 10월~2014년 1월) 내비게이션 자료가 연 단위(2014년 1월~2014년 12월) 자료로 확장됨에 따라 혼잡지표에 대한 새로운 시·공간적 집계방법이 필요함
- 본 연구에서 고려한 교통 혼잡지표는 기 개발된 지표 외에 교통량/교통소통지표의 개선과 새롭게 검토된 교통사고지표, 환경지표 등을 개발함

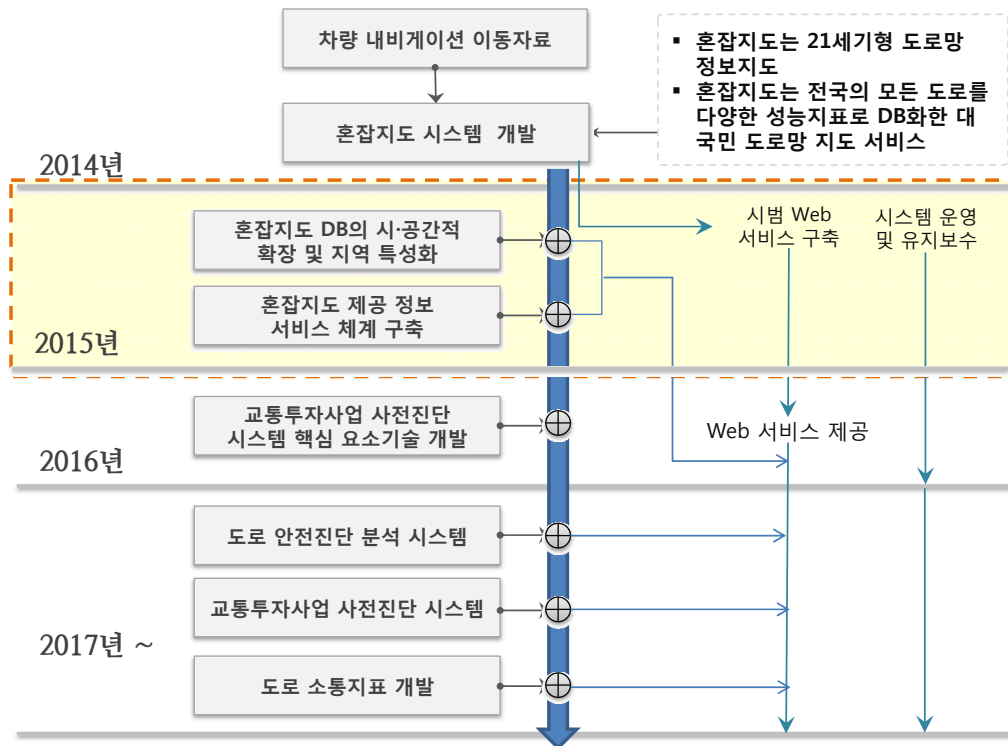
&lt;표 5&gt; 교통혼잡지표 개발현황

구분	서브메뉴	지표구분	시간대	행정구역(주제도)	도로 (주제도)
교통량	구간 추정 교통량		평일, 24시간	0	0
	VKT		평일	0	0
교통소통지표	혼잡시간강도		평일	0	0
	혼잡빈도강도				
	혼잡기대강도				
	평균속도		평일, 24시간	0	0
	혼잡시 평균속도		평일, 24시간	0	0
	정상시 평균속도		평일, 24시간	0	0
	지체시간		평일	0	0
	교통혼잡비용		평일	0	0
교통환경지표	이산화탄소 배출량	총량	평일	0	0
		원단위	평일	X	0
	미세먼지 배출량	총량	평일	0	0
		원단위	평일	X	0
	일산화탄소 배출량	총량	평일	0	0
		원단위	평일	X	0
	휘발성 유기화합물 배출량	총량	평일	0	0
		원단위	평일	X	0
	질소산화물 배출량	총량	평일	0	0
		원단위	평일	X	0
교통사고지표	구간교통사고건수		평일	0	0
	구간교통사고율		평일	0	0

## 8. 교통혼잡지도 시스템 유지보수 및 온라인시범 서비스 구축

- 도로의 혼잡수준을 파악하는 것은 기 구축된 교통 시스템의 효율성을 평가할 수 있게 하며, 교통 혼잡에 대한 객관적이고 정확한 진단을 통하여 교통혼잡에 대한 대응방안 수립을 가능하게 함
- 첨단교통기기를 통해 수집된 내비게이션 데이터 및 교통자료를 활용하여 교통혼잡지도를 구축하여 혼잡의 현황을 파악하는 연구가 수행됨
- 본 과업에서는 축적된 대용량 내비게이션 자료 및 혼잡 분석 기술을 기반으로 혼잡지표의 신뢰도를 제고하고 교통혼잡에 의한 다방면의 영향분석과 네트워크상의 문제점 파악을 가능하게 하고, 혼잡에 대한 전반적인 구축 정보를 공유할 수 있는 기반을 마련하고자 함

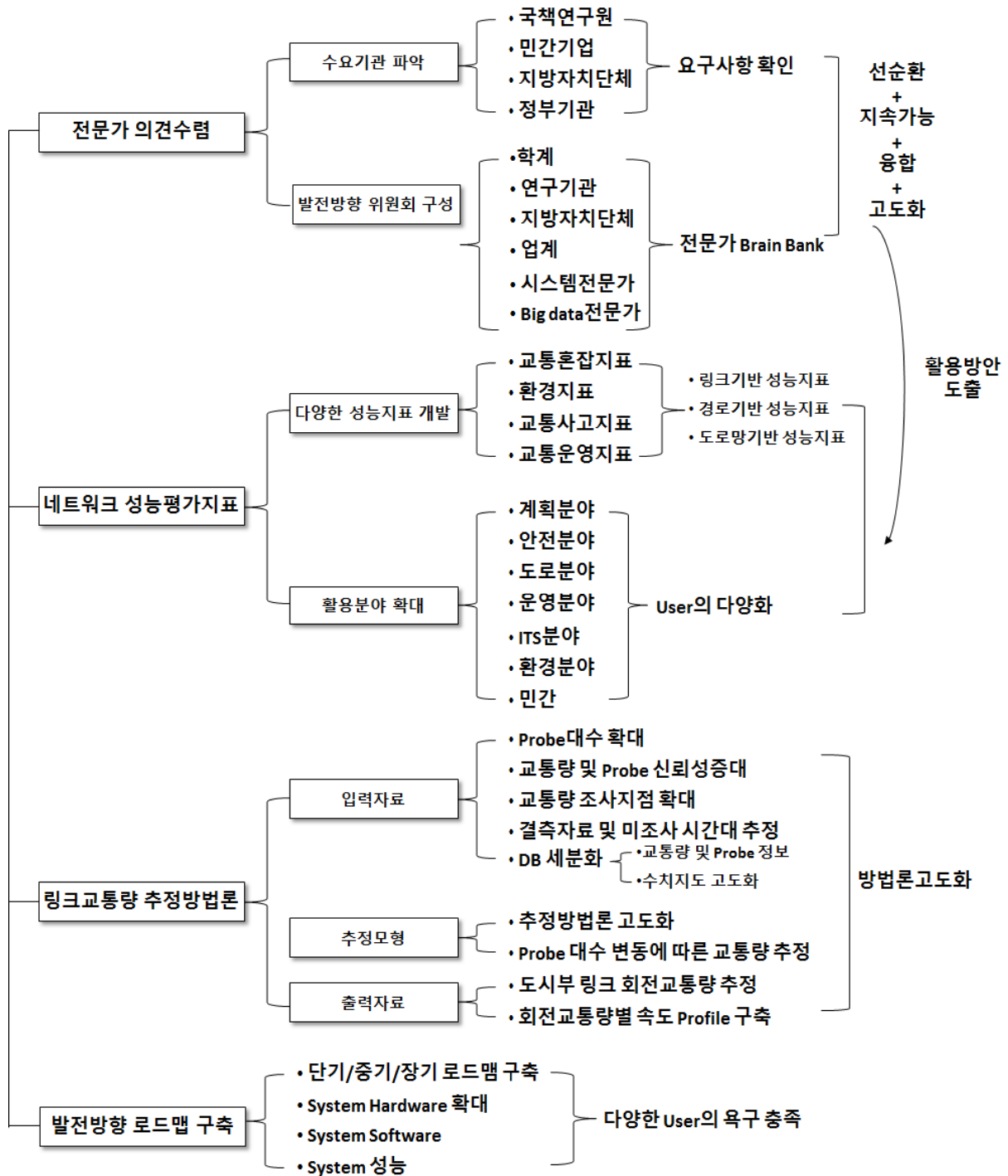
- 이를 위하여 기존에 개발된 내비게이션 자료 기반 교통혼잡지표 시스템 및 교통혼잡지도 분석 맵의 유지보수를 통해 기존 교통혼잡지도 시스템의 연속성을 확보하고자 하며, 교통혼잡정보 제공 온라인 서비스 시스템의 시범 구축을 통해 이용자 중심의 교통혼잡 관련 콘텐츠 제공을 위한 기반을 다지고자 함



<그림 8> 연차별 개발 목표

## 9. 향후 발전 방향

- 향후발전 방향을 종합하면 다음과 같음



<그림 9> 향후 발전방향



## 제1장 연구개요

---

제1절 연구의 배경 및 목적

제2절 연구의 범위

제3절 연구의 수행체계





## 제1장 연구개요

### 제1절 연구의 배경 및 목적

- 한국교통연구원 국가교통DB사업단에서(이하 KTDB)는 도로 네트워크 시스템의 성능(Performance)을 계량화하기 위한 연구를 지속적으로 진행하고 있으며, 「2013년 국가교통 조사 및 DB구축사업」 중 『교통네트워크 소통 성능지표 연구』, 「2014년 국가교통조사 및 DB구축사업」 중 『대용량교통정보시스템 구축 및 분석』을 통하여 IT 기반 빅 데이터 분석을 네트워크 성능평가에 적용하고자 하는 목표를 단계적으로 수행하고 있음
- 개별 통행자들의 통행정보를 수집하기 위한 다양한 개인용 GPS 기기들이 생활의 편의를 위해 다양하게 활용되고 있는 상황에서 그 중 가장 대표적인 개인 GPS 기기인 차량용 내비게이션은 차량 운행을 위한 필수적인 장치로 인식되고 있을 정도로 활용도도 높고 기술적인 안정성도 충분이 확보되어 있으며, 최근의 모바일 내비게이션 시장 확대에 의해 소통정보 수집 범위도 급속도로 확대되고 있음
- 최근의 빅 데이터의 활용도에 대한 관심과 이를 위한 기술적 발달로 인해 차량용 내비게이션을 통해 수집되는 소통정보의 유용성도 재평가 받고 있는 상황이며, 정보 수집 및 가공·통신환경·위치기반 기술 등의 발달에 기반 하여 교통정보 수집의 패러다임이 기존의 설치 장비 중심에서 개별 이동주체에 탑재된 정보수집 기기 중심으로 변화하고 있는 시기임
- 이와 더불어 도로의 소통상태 파악을 통해 기 구축된 교통 시스템의 효율성을 평가할 수 있도록 하며, 교통 시스템의 운영 현황에 대한 객관적이고 정확한 진단을 통하여 발생한 혼잡에 대한 대응방안 수립을 예산의 한계 내에서 수행할 수 있는 대안적인 교통정보 수집과 활용도 높은 교통정보의 생성이 필요한 시점임
- 본 연구에서는 축적된 내비게이션 자료 및 대용량 데이터 분석 기술을 기반으로 하여 기본적인 도로 네트워크상의 교통 속성 정보에 대한 DB를 구축하고 이를 기반으로 도로의 소통상태 및 성능을 평가할 수 있는 네트워크 성능지표 평가방법론을 고안하고, 특히 교통네트워크 성능평가의 키워드인 혼잡으로 인한 영향분석과 네트워크상의 문제점 파악을 가능하게 하여 교통시스템의 소통현황에 대한 전반적인 구축 정보를 공유할 수 있는 기반을 마련하고자 함

- 교통네트워크 성능평가에 필수적인 항목인 링크 교통량에 대한 전수화 연구와 개별링크 속도DB 구축을 통해 각 도로별 통행 특성을 파악하고 전체 네트워크의 성능지표 총량을 산출할 수 있는 기초를 마련하고자 함
- 특히 교통류의 미시적인 특성을 반영하기 위한 회전교통량 추정방법론 연구를 통해 경로 특성이 반영된 성능지표 평가방법론을 개발함으로써 일반인들 수준에서 쉽게 이해할 수 있는 논리적인 근거를 확보함과 동시에 분석결과의 정밀도를 향상시키고, ITS 장비 중심으로 추정되고 있는 교통량 정보에 대한 추정방법론 마련을 통해 교통량 정보의 공간적인 한계를 극복하고자 함
- 이를 위하여 기존에 수집된 내비게이션 자료를 통해 추정된 전국범위의 링크교통량을 기초로 하여 네트워크 성능지표의 신규 개발과 기존 교통소통지표에 대한 개선을 수행하고자 하며 지역 간 도로에 대한 회전교통량 추정방법론 연구와 기 개발된 교통소통지표의 모형 개선을 통해 교통소통지표의 정밀도 향상을 위한 핵심기술을 확보하고자 함

## 제2절 연구의 범위

### 1. 공간적 범위

- 전국 대상
  - 지역 간 도로 : 고속도로(연결로 포함), 일반국도, 지방도(국가지원지방도 포함)
  - 도시부 도로 : 도시 고속도로, 특별·광역시도, 시·군도

### 2. 시간적 범위

- 2014년 기준

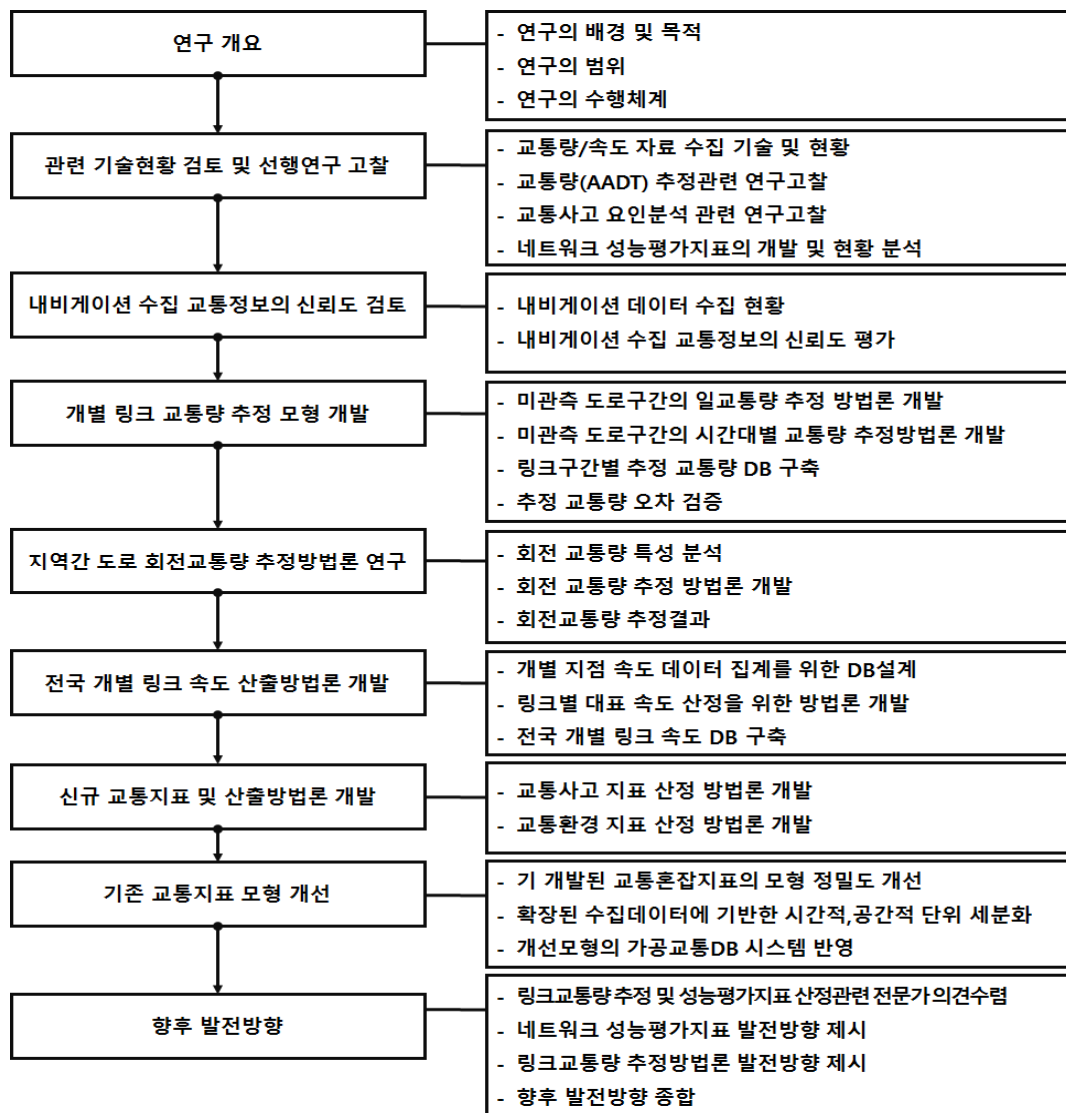
### 3. 내용적 범위

- 관련 기술현황 검토 및 선행연구 고찰
- 내비게이션 수집 교통정보의 신뢰도 검토
- 개별 링크 교통량 추정 모형 개발
- 지역 간 도로 회전교통량 추정방법론 연구

- 전국 개별 링크 속도 산출방법론 개발
- 신규 교통지표 및 산출방법론 개발
- 기존 교통지표 모형 개선
- 향후 연구발전 방향 제시

### 제3절 연구의 수행 체계

- 본 연구의 수행체계는 아래의 그림과 같음



<그림 1-1> 본 연구의 수행체계



## 제2장 관련 기술현황 검토 및 선행연구 고찰

---

제1절 교통량/속도자료 수집기술 현황

제2절 교통량(AADT) 추정 관련 선행연구  
고찰

제3절 교통사고 지표 관련 연구고찰

제4절 네트워크 성능평가 지표의 개발 및  
현황분석



## 제2장 관련 기술현황 검토 및 선행연구 고찰

### 제1절 교통량/속도자료 수집기술 현황

#### 1. 차량 검지기 개요

- 차량검지기는 교통량, 점유율, 지점속도, 차종 및 정지영상 등의 기본 자료를 수집할 수 있는 장치로 크게 지점검지/구간검지/이동궤적검지체계로 구분됨
- 지점검지체계는 도로상의 한 지점(point)의 교통류특성을 검지하는 검지기 체계로, 설치지점의 지점속도(spot speed), 교통량, 점유율을 검지하고, 여러 지점의 검지기 자료를 이용하여 다양한 2차 정보의 추정도 가능함
- 구간검지체계는 도로 구간의 통과시간(통행속도, 혼잡상태) 수집을 위한 검지기 체계로서 차량번호인식과 위치정보과학기술의 통합이 필요함
- 이동궤적 검지체계는 스마트폰, 내비게이션 등을 통하여 개별차량의 이동궤적 정보자료가 수집되며, 별도의 인프라 구축 없이 전국도로에 대한 교통소통상황 분석이 가능함

<표 2-1> 차량 검지기 종류

수집체계	분류	검지기 종류
지점검지기	매설형	- 루프검지기, 지자기(능동형, 수동형), 압전
	비매설형	- 튜브, 전기접촉, 광전자, 초음파, 극초단파, 적외선, 영상, 음향
구간검지기	차량-노변장치	- 위성기반 위치시스템, 노변통신방식, 스마트폰
	노변장치	- AVI, AVL, ETC
이동궤적 검지기	이동센서 (Floating sensor)	- 휴대폰 기반 이동자료, 내비게이션 GPS자료, RFID(Radio Frequency Identification)

## 2. 교통량 자료 수집 기술 및 현황

- 중앙정부 주도로 이루어진 사업에서 수집 가능한 자료는 ITS 센터 DB에 수집된 자료로 고속도로에는 100% 구축되어 있고, 국도(19%)와 도심부의 도로(9.4%)는 구축비율이 높지 않음(KTDB, 2013:78)
- 지역 간 교통량의 경우 한국도로공사와 한국건설기술연구원에서 지속적인 수집이 이루어지고 있음
- 도심부 교통량의 경우 6대광역시와 ITS 구축 중소도시에서 교통량 수집을 위해 루프검지기(loop detector)를 설치하였으나 보급률이 저조한 실정임
- 수도권 포함 6대 광역시에서는 인력식 조사에 의존하고 있으며, 연 1회 조사하여 DB를 구축하고 있음

## 3. 교통량 조사 현황

- 국내의 교통량 조사는 상시조사 및 수시조사의 형태로 이루어지고 있음
- 건설기술연구원과 서울시의 교통량조사 및 한국도로공사 등의 기관에서 교통량을 조사하고 있음

### 가. 상시조사(PTC, Permanent Traffic counter)

#### 1) 건설기술연구원

- 특정 지점에 자동 차종분류 조사 장비(AVC)를 설치하여 1년 365일 24시간 연속으로 통과 차량의 차종별, 방향별, 시간대별로 측정하고 기록함
- 총 12개 차종(승용차/미니트럭, 버스, 소형화물차 A/B, 중형화물차 A~C, 대형화물차 A~E)을 대상으로, 일반국도 630개 지점(2014년 기준)에서 교통량 자료를 수집함

#### 2) 서울시

- 조사지점에 차량검지기(Loop Detector)를 매설하고 교통량측정기를 설치한 뒤 전용선을 연결한 통신망을 활용하여 On-Line 조사를 실시함



- 도로별/지점별/방향별/요일별/시간대별 조사를 실시함
- On-Line 교통량 조사 자료를 가공하고 분석시스템의 구축을 통해 교통량 데이터를 수집하고 분석함

### 3) 한국도로공사

- 본래 통행료징수를 목적으로 설치되어 교통량 집계를 목적으로 실시하는 건설기술연구원 및 서울시의 교통량 조사와는 목적이 상이하나, 통행료징수시스템(TCS)을 이용하여 교통량 조사를 실시함
- 총 6개 차종(1종~6종)을 대상으로 하여 자료를 수집하고 있음

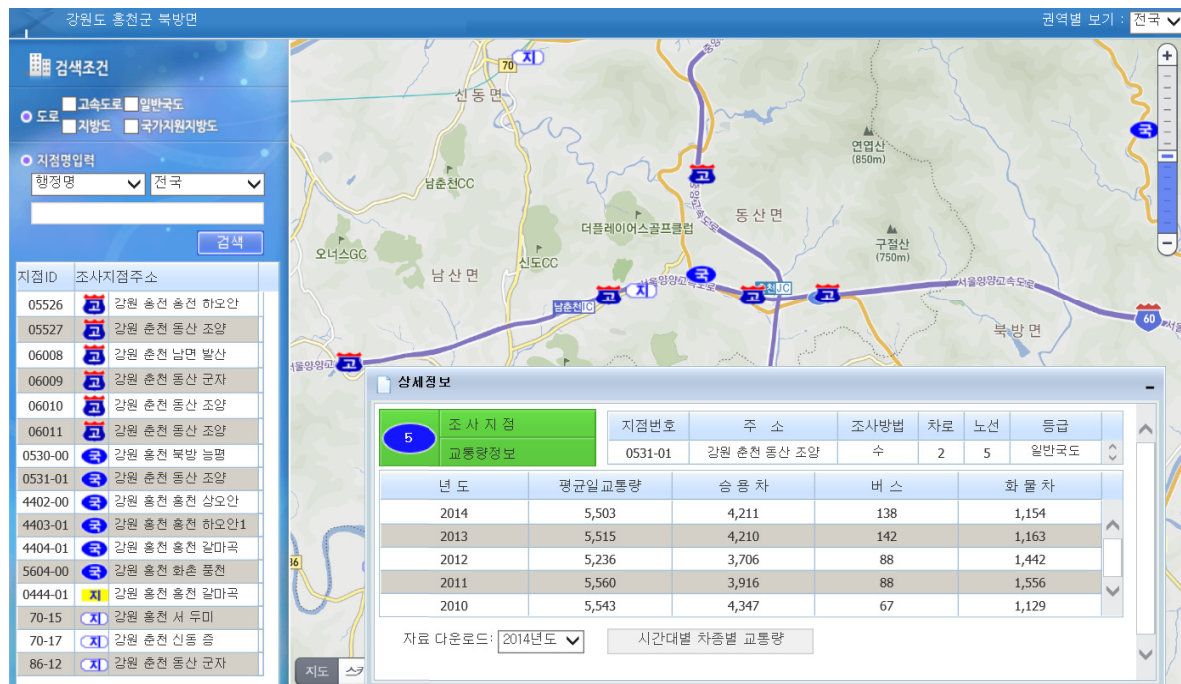
### 나. 수시조사(STTC, Short-term Traffic Counter)

- 수시 교통량조사는 ATR(Automatic Traffic Recorder)를 이용하여 특정 조사지점을 대상으로 하여 이루어지고 있음
- 건설기술연구원 및 서울시, 6대 광역시(부산/대구/인천/울산/광주/대전)에서 매년 수시조사를 통한 교통량 정보 수집이 이루어지고 있음
- 매년 10월 셋째 주~넷째주의 특정일 또는 일주일간 조사를 실시하며, 차종별/방향별/시간대별 교통량 조사를 실시함

## 4. 교통량 정보제공 현황

### 가. 건설기술연구원

- 교통량정보제공시스템(TMS, Traffic Monitoring System)을 통해 교통량 정보를 제공하고 있음
- 통계자료를 통한 교통량 정보제공 및 전자지도를 이용한 지점별 교통량 정보 제공이 이루어지고 있음



<그림 2-1> 건설기술연구원 교통량정보제공시스템

## 나. 한국도로공사

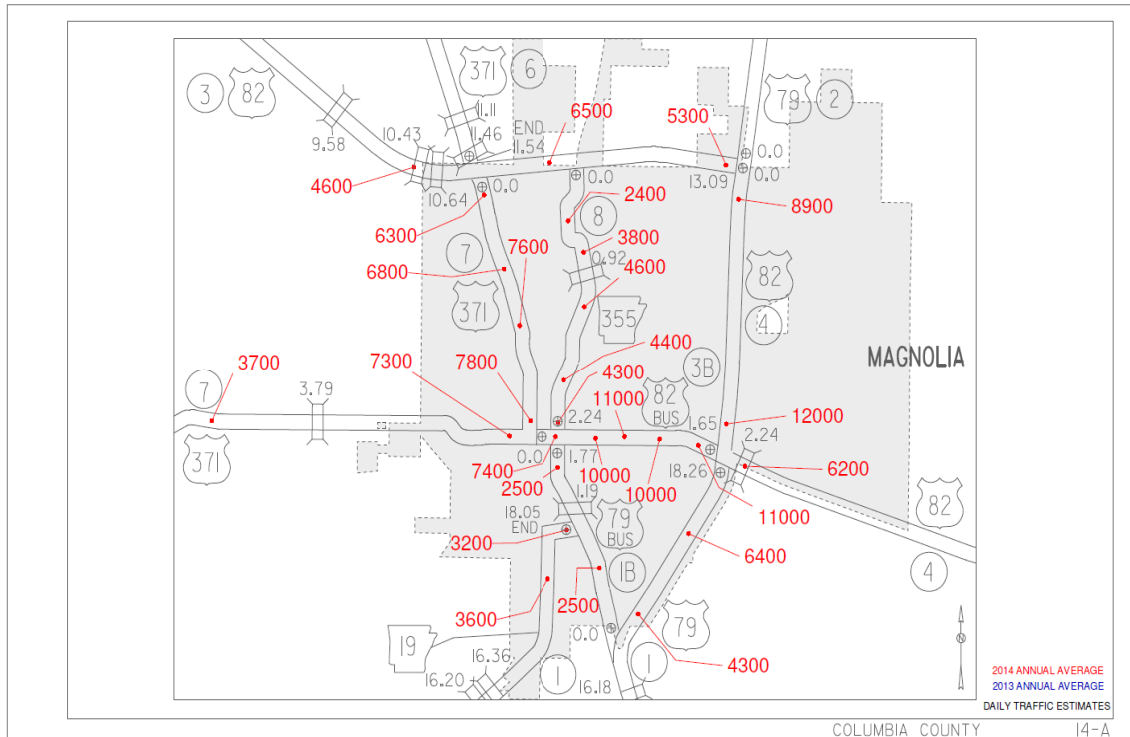
- 한국도로공사고속도로 공공데이터 포털을 통하여 교통량 등 교통정보를 제공하고 있으며, 원하는 자료 형태에 맞게 교통량 정보를 제공받을 수 있음



<그림 2-2> 한국도로공사 고속도로 공공데이터 포털

#### 다. 외국 사례(미국)

- 미국의 경우, 매년 각 주별로 교통량 조사를 실시하며 각 주의 교통부를 통해 교통량 정보를 제공하고 있음



<그림 2-3> 미국 알칸사스 주 2014년 AADT 정보 제공

#### 5. 소통(속도)자료 수집 기술 및 현황

- 교통량 자료와 비교하여 소통(속도)자료 수집 장치는 풍부한 실정임, 교통소통정보를 수집하는 장치(Vehicle Detection System, VDS)의 종류 및 설치현황을 관리 주체별로 살펴보면 다음과 같음
  - 고속도로의 전 구간에 일정간격으로 노변기지국(RSE)이 설치되어 있으며, DSRC(Dedicated Short Range Communication) 시스템을 이용하여 원시자료가 수집되며, 수집된 데이터를 가공하여 구간별 소통자료를 생성함
  - 일반국도는 대부분 영상검지기를 통해 속도정보를 수집하는 반면, 지자체 관할 도로에서는 영상·루프·레이더 등의 다양한 검지기를 통해 속도자료를 수집하고 있음
  - 검지기 전체 설치비율은 영상검지기가 76.5%로 가장 많고, 루프검지기가 20.0% 레이더 검

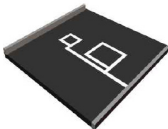

지기가 3.5% 수준을 나타내고 있으며, 일부 지자체에서는 Probe 차량을 이용하여 속도 정보를 수집하고 있음



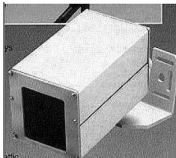

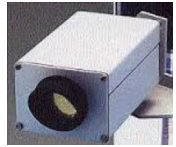
- 민간 내비게이션 업체(SK T-map, 현대 엠엔소프트 등) 및 도로교통공단 UTIS의 경우, GPS 통행 자료를 수집하여 가공함으로써 구간속도 정보를 수집하고 있음

## 6. 검지기 시스템별 특징 요약

- 검지 시스템은 루프검지기와 같은 매설형과 노면 및 기존 도로 시설물에 설치하여 운영할 수 있는 비매설 장비로 구분할 수 있으며 이들 검지기의 특징 및 장단점은 다음과 같이 정리됨

<표 2-2> 검지기 시스템별 특징 요약

구분		수집정보	특징	장점	단점
루프 검지기		교통량, 점유율, 속도, 대기행렬길이	도로에 매설된 루프코일을 차량이 통과하는 경우 인덕턴스의 변화를 이용하여 교통 파라미터 측정	-현장 검지의 우수성 -타검지기에 비해 설 치비 저렴 -검지정보 신뢰성 우수	-도로파손에 의한 훼손 우려 -설치 및 유지보수 시 차로 통제 -차종구분이 어려움
자기 검지기	-	교통량, 점유율	코일을 감은 원통을 도로면에 매설하는 방식으로, 특수한 장소에 사용 위해 루프대체형으로 개발	-루프설치가 곤란한 지점에 설치 가능 -루프보다 차량들로 인한 파손이 적음	-설치시 노면 절개 -설치 및 유지관리시 차로통제 -적은 검지영역 -일반적으로 교통량과 점유율 수집만을 위해 사용
영상 검지기		교통량, 점유율, 속도, 대기행렬길이, 차량길이, 주행궤적, 영상	영상검지기기술을 이용 하여 검지영역 통과시 교통 파라미터 측정	-카메라 전 영역에 대 한 분석가능 -검지영역 변경요이, 다차로 검지가능 -교통상황 모니터링 가능	-영상인식에 대한 오류 가능성 있음 -기상 및 야간에 영상 인식 오류 가능성이 있음 -설치/유지보수 시 전 문 인력 필요 -구매/설치비용 고가

구분		수집정보	특징	장점	단점
음향 검지기		교통량, 점유율, 속도	차량이 발생하는 음을 수신 및 처리함	-일반적으로 기상조건 에 영향을 적게 받음 -완전 수동식 검지 방 식	-교통류 검지체계로는 비교적 새로운 기술이 라고 볼 수 있음
AVI		차량번호인식, 교통량, 구간통과속도, 구간통과시간, 영상	영상처리기술을 이용 하여 지점별 차량번호판을 인식하고 구간속도 및 구간통행시간 산출	-수집주기 및 수집차로 변경가능 -도로유지 보수 시 손 상문제가 없음 -교통상황 모니터 가능	-설치/유지보수 시 전문 인력 필요 -1개의 AVI로 구간 정 보를 산출할 수 없음
CCTV		동영상, 정지영상	영상수집 기술을 이용하여 운영자가 도로관리 주요구간을 모니터링	-교통상황 실시간 모 니터 가능 -영상 및 정지영상을 web에 제공가능	-설치/유지보수 시 전 문 인력 필요 -자동으로 교통정보를 수집하지는 않음
초단파 검지기		교통량, 점유율, 속도, 대기행렬, 차두시간	초단파주파수를 이용하여 초단파 차량에 충돌한 후 반사되어 오는 반사파를 감지하여 측정	-다차로 검지가가능 -날씨의 영향에 제약 을 받지 않음 -공사 시 교통흐름의 직접적인 방해 없음	-전자기 장애(EMI) 유 발 -전파력과 주파수 사용 이 제한적임 -구매/설치비용 고가 -검지각도와 폭에 영향 을 많이 받음
적외선 검지기		교통량, 점유율, 속도	Infrared Beam을 이용한 차량검지기로서 교통정보 수집용도의 초소형 차량검지기	-설치가 용이하며, 유 지비가 저렴 -주행차량 자동인식 체계가 있어 높은 자 료 전송율을 실현 -다차로 동시 운영 가 능	-포장의 색채나 빛, 날 씨에 민감 -설치/유지보수 시 전문 인력 필요 -구매/설치비용 고가
초음파 검지기		교통량, 점유율, 속도, 차두간격	초음파를 차량에 주사하여 반사되는 반사파를 감지하여 차량의 유·무를 검지	-검지영역 조절이 쉬움 -다차로 검지가가능 -실시간 모니터링 -유고징후 검지가가능	-설치와 유지보수 시 전문 인력 필요 -구매비용 고가 -다른 검지방식에 비해 검지 출력이 비교적 느린 편

주: 국토교통부, 도시교통관리를 위한 ITS 필수교육 교육코스

## 7. 기술의 한계 및 개발방향 설정

### ○ 국내외 기술의 한계 및 문제점

- 국내외 교통량 자료 수집을 위한 검지방식은 크게 지점검지방식, 구간검지방식, 이동궤적 방식으로 구분되며 검지방식들은 각각 기술적인 한계 및 문제점을 갖고 있음
- 지점검지방식은 검지기가 설치된 지점에 대한 교통정보만 수집이 가능함
- 또한 검지기 설치 및 유지비용이 고가이며, 대표적인 지점검지기인 루프검지기의 경우 포장상태 변형에 따라 검지성능이 저하되어 유지관리가 어려운 단점이 있음
- 구간검지방식은 지점검지자료를 이용한 구간정보 생성 시 정확성 및 신뢰도가 저하되는 문제로 인하여 도입하였으나, 차량의 이동궤적을 확인할 수 없는 한계를 가짐
- 매설형 검지기를 이용한 교통정보 수집은 검지기가 설치된 지점 및 구간에 대한 정보만을 수집할 수 있으므로 교통정보 수집에 대한 공간적 범위의 제약이 존재하며, UTIS, TOPIS 등과 같이 Probe 차량을 대상으로 정보를 수집할 경우 지역적 제약이 존재
- 따라서, 전국을 대상으로 연구를 수행하기 위해서는 개별차량의 이동궤적 정보수집이 가능하고 공간적 범위가 제약이 없는 교통검지체계의 활용이 필요함

### ○ 개선방향

- 기존에 교통량 정보 수집기법을 개선을 위해서는 아래의 조건이 충족되어야 함
- 첫째, 수집된 교통량 정보의 정확성 및 신뢰성이 보장되어야 함
- 둘째, 교통량 정보 수집의 공간적 제한이 없어야 함
- 최근 첨단기술의 발전에 따라 내비게이션, 스마트폰 등 첨단기기가 보급되면서, 기존에 수집할 수 없었던 새로운 교통정보를 수집할 수 있게 되었음
- 교통량 정보를 수집하는데 있어 내비게이션 자료를 활용하는 것은 기존의 교통량 정보 수집 기법에 있어 다양한 장점이 있음
- 내비게이션 자료는 차량의 이동궤적을 확인할 수 있기 때문에, 교통량 정보 수집뿐만 아니라 교통수요분석, 교통조사, 혼잡분석 등 활용가치가 매우 높음
- 내비게이션 자료는 기존 교통량 정보 수집기법과는 달리, 한 달 분량의 자료만으로 전국 링크의 90% 이상을 커버할 수 있는 공간적 범위의 장점을 가지고 있음
- 내비게이션 자료는 ITS 국가표준노드링크 체계를 기반으로 구축되어 있기 때문에, 해당 체계를 기반으로 하는 각종 정보와 융합하여 새로운 연구결과물을 도출할 수 있음
- 또한 전국 단위의 동종자료로서, 전국을 동일한 기준으로 평가할 수 있기 때문에 일관성, 객관성, 신뢰성을 확보할 수 있음
- 내비게이션 자료를 이용한 교통량 정보 수집은 기존의 교통량 정보 수집기술이 가지고 있는 한계 및 문제점 보완이 가능함

## 제2절 교통량(AADT) 추정 관련 선행연구 고찰

- 교통량(AADT) 추정 관련 선행연구는 현재 수시조사 지점의 교통량의 AADT 추정에 통상적으로 이용되고 있는 상시조사 지점의 변동계수(Seasonal Factor)를 적용하는 방법에서부터 진화된 다양한 방법까지 그 동안 많은 연구들이 진행되어 왔음
- 이러한 연구들은 <표 2-3>과 같이 ①수시조사 교통량의 AADT 추정, ②미관측 도로구간의 교통량(AADT) 추정, ③장래 교통량(AADT) 예측, ④기타 관련 연구(상시조사 지점의 시간대별 결측값 보정기법, 상시조사 지점의 변동계수 분석 등)의 형태로 크게 4가지로 분류할 수 있음

<표 2-3> 교통량(AADT) 추정관련 선행연구 분류

구분	적용방법
수시조사 교통량의 AADT 추정	① 통상적인 방법 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인접 상시조사 구간의 seasonal factor 적용</li> <li>- 선형 기반의 추정 기법</li> </ul> ② 비선형 기반 추정 모형 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 베이지안 분석(Bayesian Analysis)</li> <li>- 클러스터링(Clustering)</li> <li>- 뉴럴 네트워크(Neural Network)</li> </ul> ③ 항공사진 방법
미관측 도로구간의 교통량(AADT) 추정	① 공간통계 모형 <ul style="list-style-type: none"> <li>- OLS(Ordinary Least Squares) 기법</li> <li>- WLS(Weighted Least Squares) 기법</li> <li>- GWR(Geographically Weighted Regression) 모형</li> <li>- 크리깅(Kriging) 모형</li> </ul> ② Assignment 모형과의 결합 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Travel Demand Model(TDM)</li> <li>- Origin-Destination Centrality(ODC)</li> </ul>
장래 교통량(AADT) 예측	① SVR(Support Vector Regression) 모형 ② OLS(Ordinary Least Squares) 기법 ③ ES(Exponential Smoothing) 기법
기타	① 상시조사 지점의 시간대별 결측값 보정기법 등 ② 상시조사 지점의 seasonal factor 분석 등

## 1. 수시조사 지점의 AADT 추정

- 수시조사 지점의 경우, 인력에 의하여 연 3~5회에 걸쳐 교통량을 조사하기 때문에 직접적으로 AADT를 추정할 수가 없고 대상구간과 인접한 상시조사 지점의 교통량 자료를 이용하여 간접적으로 AADT를 추정해야 함
- 통상적으로 적용되고 있는 방법은 미국 FHWA(2013)에서 발간한 Traffic Monitoring Guide(이하 TMG)에서 제시하고 있는 수시조사 지점의 교통량에 변동계수를 적용하는 방법이며, 우리나라의 도로교통량 조사지침(국토해양부 예규 제2012-252호)에서도 TMG에서 제시하는 방법을 토대로 하여 상시조사 지점의 그룹핑을 이용한 수시조사 지점의 AADT를 산출하는 방법을 제시하고 있음
- 즉, 그룹핑을 통하여 각 수시조사 지점과 유사한 특성을 지닌 상시조사 지점의 군집을 구축하여 해당 상시조사 군집의 변동계수를 수시조사 지점에 적용하는 방법으로 AADT를 산출함. 여기서, 소구간으로 구성되어 있는 수시조사 지점과 유사한 교통 패턴의 상시조사 지점을 군집화하여 대구간으로 설정하는 것을 그룹핑이라 정의하고 아래와 같이 크게 2단계 걸쳐 수행함
  - 1단계 : 지방도 이상의 도로와 교차하여 교통류의 변화가 생기는 구간을 소구간으로 설정한 후 수시조사 지점을 선정한다(단, 교통량이 많은 시군도 포함)
  - 2단계 : 교통류의 변화가 크게 일어나는 일반국도, 고속국도와의 교차로 인한 교통 패턴 구간내의 소구간들을 병합하여 대구간으로 선정하여 그룹핑 한다(단, 교통량이 많은 지방도 포함, 도시부를 통과할 경우 도시부 내의 구간은 제외)
- 위의 그룹핑 방법을 통하여 구축된 상시조사 지점의 군집을 각 수시조사 지점과의 교통특성 별로 연결한 후, 각 군집의 교통 특성을 나타내는 변동계수를 구함. 여기서, 변동계수 월 변동계수( $M_i$ )와 일 변동계수( $W_{ij}$ )로 구분하며, 각 산출 식은 다음과 같음
  - 월 변동계수( $M_i$ ) : AADT에 대한 월 평균 일교통량의 비율

$$\text{월변동계수}(M_i) = \frac{i\text{월의 평균 일교통량}(ADT_i)}{\text{연 평균 일교통량}(AADT)}, (i = 1, 2, \dots, 12)$$

- 요일 변동계수( $W_{ij}$ ) :  $i$ 월 평균 일교통량에 대한  $j$ 요일 평균 일교통량의 비율

$$\text{요일변동계수}(W_{i,j}) = \frac{i\text{월 } j\text{요일의 평균 일교통량}(ADT_{i,j})}{i\text{월의 평균 일교통량}(ADT_i)} \\ (i = 1, 2, \dots, 7)$$



- 그리고 각 상시조사 지점의 군집에 소속되는 수시조사 지점을 결정한 후, 각 군집의 변동계수를 해당 수시조사 교통량에 적용하여 AADT를 추정하며, 각 수시조사 지점의 AADT를 추정하는 방법은 다음과 같음

$$\widehat{AADT} = Vol \times \frac{1}{M_i} \times \frac{1}{W_{i,j}} = \frac{Vol}{M_i \times W_{i,j}}$$

여기서,  $Vol$  = 수시조사 지점에서 조사된 24시간 교통량(대/일)

$M_i$  = 해당 상시조사 군집에서  $i$ 월의 월 변동계수

$W_{i,j}$  = 해당 상시조사 군집에서  $i$ 월의  $j$ 요일에 대한 월 변동계수

- 기존의 통상적인 보정계수 적용방법에서 벗어나 크게 3가지 종류의 AADT 추정방법들을 다음과 같은 선행연구들에서 적용하였음
  - 첫째, 다중회귀(Multiple Regression) 분석을 이용한 AADT 추정(Faghri and Hua 1994; Lingras and Adamo 1996),
  - 둘째, 클러스터링 기법을 이용한 AADT 추정(Faghri and Hua 1994; Sharma and Werner 1981; Sharma et al. 1986; Flaherty 1993; Rossi et al. 2014; Lingras 1995; Li and Friker 2008; Gecchele et al. 2012; Rossi et al. 2012; Gastaldi et al. 2013),
  - 셋째, 신경망(Neural Network) 모형을 이용한 AADT 추정에 관한 연구들이다(Faghri and Hua 1994; Lingras 1995; Lingras and Adamo 1996; Sharma et al. 1999; Sharma et al. 2000; Sharma et al. 2001)
- 먼저, 다중회귀 분석의 경우는 이항 터미변수 또는 시간대별 교통량을 변수로 하는 AADT를 추정하는 연구가 수행되어 왔음(Lingras and Adamo 1996, Lingras and Adamo 1996)
- 클러스터링 기법의 경우는 세부적으로 계층적 군집 방법(Hierarchical Cluster Procedures) 중  $N \times N$  거리행렬이 주어진 경우 가까운 개체들끼리 묶어감으로써 군집을 만들어 가는 ① 병합적(Agglomerative) 방법(Sharma and Werner 1981; Sharma et al. 1986; Lingras 1995), ②최단 요소 연결법(Element linkage)과 중심연결법(centroid linkage)(Faghri and Hua 1994), 비계층적 군집 방법(Non-hierarchical Cluster Procedures) 중 가장 보편적으로 적용되고 있는 ③ $k$ -means 군집화 기법(Flaherty 1993), ④모형 기반(Model-based) 군집화 기법(Flaherty 1993, Rossi et al. 2014), ⑤ $k$ 개의 최근린 이웃(KNN) 기법(Li and Friker 2008), ⑥퍼지(Fuzzy) 기법(Gecchele et al. 2012; Rossi et al. 2012; Gastaldi et al. 2013)과 ⑦유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)(Lingras 2001)을 적용한 연구들로 수행되어 왔음

- 마지막으로 신경망(Neural Network) 모형의 경우는 그룹핑과 할당을 동시에 수행할 수 있는 장점이 있어 최근 연구들에서 많이 적용되고 있으며, 신경망 모형을 포함하여 다중회귀모형, 클러스터링 기법 등을 적용하여 교통량(AADT)를 추정한 결과는 전체적으로 기존의 통상적인 방법 보다 추정 오차의 정확도가 높은 것으로 나타났음
- 이어서 항공사진(Aerial Photography)을 이용한 원격감지기술(Remote Sensing Technology)과 전년도 수시교통량 데이터를 융합하여 AADT를 추정한 결과, 10% 이내의 추정 오차 범위에 포함되는 것으로 분석되어 추정 오차의 정확도가 가장 높은 것으로 분석되었음(McCord et al. 2003; Jiang et al. 2006)

## 2. 미관측 도로구간의 AADT 추정

- 앞서 수시조사 교통량의 AADT 추정 관련 연구들은 상시와 수시조사 지점을 제외한 나머지 미관측 조사구간의 AADT 추정에 적용하기에는 한계가 있음
- 따라서 주어진 입력 자료의 공간적 분포 특성을 파악하고, 미지의 값을 예측하기 위한 데이터들의 공간적 상호관계와 연속성의 정도를 파악할 수 있는 공간통계모형(Spatial Statistics Model)을 적용한 연구들이 진행되었음
- 일반적으로 공간통계모형에서 사용되는 공간자료는 특정 위치 또는 특정 지역에서의 관측 값이나 측정값으로 구성되며, 지리통계자료, 격자자료, 공간패턴자료와 같은 3가지의 유형으로 분류할 수 있음. 즉, 미 관측 조사구간의 AADT 추정을 위하여 대표적인 공간통계모형은 ①회귀분석(Regression Analysis), ②지리적 가중회귀(Geographically Weighted Regression, 이하 GWR) 모형, ③크리깅(Kriging) 모형 등이 있음
- 먼저, 회귀분석은 연속형 관측 자료를 이용하여 독립변수와 종속변수 사이의 인과관계에 따른 선형관계식을 구하고, 해당 독립변수의 관측 값을 대입하여 종속변수 값을 추정하는 방법으로 선형관계식을 구축하기 위한 최적화 방법으로 최소제곱법(Ordinary Least Squares, 이하 OLS)과 가중제곱법(Weighted Least Squares, 이하 WLS)이 이용되고 있음(Mohamad et al. 1998; Anderson et al. 2006).
- 둘째, GWR 모형은 공간에서의 모든 점의 국소적 선형회귀(Local Linear Regression)를 구하기 위해서 대상구간과 인접한 관측 지점과의 거리를 가중치로 이용하는 방법으로 기존의 다중회귀분석 보다 우수한 추정력 나타내고 있음(Zhao and Chung 2001; Zhao and Park 2004; Selby and Kockelman 2013)

- 마지막으로 크리깅은 확률변수의 공간적 변화량을 설명하는 베리오그램(Variogram)에 따라 선택된 가중치와 자료 간의 선형결합 형태로 임의의 공간상 위치에서의 값을 추정하는 선형 추정 방법이며, 여기서 적용되는 가중치는 모형의 평균오차라는 가정 하에 오차의 분산이 최소가 되도록 모형을 구축함(Eom et al. 2006; Wang and Kockelman, 2009; Selby and Kockelman 2013; Shamo et al. 2014).
- 그 이외의 적용방법으로는 교통 분야의 Assignment 모형과의 결합된 TDM(Travel Demand Model)방법(Zhong and Hanson 2009), ODC(Origin-Destination Centrality)방법(Lowry 2014)이 있으며, 보통 인접 관측교통량 조사자료, 일반적인 운전자의 특성, 도로 특성, 사회 경제적 지표와 같은 4개의 그룹에 해당하는 독립변수를 이용하였음

### 3. 장래 AADT 예측

- 앞서 살펴본 수시조사 교통량의 AADT 추정과 미 관측 조사구간의 AADT 추정 관련 연구들은 장래가 아닌 모두 현재 또는 과거의 어느 시점 기준의 AADT를 추정하는 방법들이며, 만약 추정하고자 하는 대상구간에 대한 시계열적인 AADT 자료가 주어진다면, 현재 또는 장래의 AADT를 예측할 수가 있는 대안이 될 수 있음
- 이와 관련된 선행 연구들은 많지 않으며, 현재 기준년도의 사회경제지표를 독립변수로 이용하고 다중회귀분석을 적용하여 장래 AADT를 예측하는 연구가 일반적임(AI-Masaeid et al. 1998)
- 그 다음으로 많이 적용되고 있는 방법으로는 데이터 기반의 파라미터를 적용하는 서포터 벡터 회귀(Support vector regression, 이하 SVR) 기법이 있으며(Castro-Neto et al. 2009), SVR모형은 장래 예측의 불확실성에 대하여 기존의 최소제곱법과 지수평활법(Holt-Winters Exponential Smoothing) 보다 더 우수한 결과를 나타내고 것으로 분석되었음

### 4. 기타

- 상시조사 지점의 교통량 조사는 VDS, AVC, TCS 등과 같은 고정식 기계조사장비를 이용하여 통과 교통량 데이터를 수집하기 때문에 수집시간대별로 불가피하게 차량검지기 통신장애, 기계조사장비의 오류 등으로 인한 일부 결측 데이터(Missing Data)가 발생됨

- 이렇게 발생하는 결측 데이터는 적절한 데이터 보정기법을 적용하여 해당 수집시간대의 결측 데이터를 보정해야 하며(Chang et al. 2012), 과거 결측 데이터 보정과 관련된 많은 연구들이 수행되어 왔으나, 교통량(AADT) 추정과 관련된 결측 데이터 보정기법에 관한 연구들은 극히 제한적임
- Zhong et al.(2004)은 보정된 데이터에 대한 정확도를 개선하기 위하여 회귀모형(regression model)과 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm, 이하 GA)이 결합된 RG모형, 계절형 ARIMA(Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average, 이하 SARIMA) 모형, GA와 뉴럴 네트워크(Neural Network, NN)가 결합된 모형을 제안하였음
- Chang et al. (2012)은 실제 현장의 원시데이터(Raw Data)를 이용하여 비 모수 회귀(Non-parametric Regression, 이하 NPR) 모형 기반의 데이터 보정기법을 제안하였으며, 데이터 보정 값의 변동성과 안정성을 고려할 경우, 비 모수 기법의 하나인 NPR 모형이 모수 기반의 통계모형인 SARIMA 보다 더 우수한 것으로 나타났음

## 5. 선행연구의 한계 및 시사점

- 앞서 AADT 추정 관련 선행연구를 고찰한 결과, <표 2-3>과 같이 ①수시조사 교통량의 AADT 추정, ②미관측 도로구간의 교통량(AADT) 추정, ③장래 교통량(AADT) 예측으로 크게 3가지로 요약할 수 있음
- 먼저 수시조사 교통량의 AADT 추정에 관한 연구에서는 연 3~5회 교통량 조사가 이루어지는 수시 교통량조사 지점에 대한 간접적인 AADT 추정방법들을 적용하고 있음. 하지만 전체 도로구간 중 상시 또는 수시 교통량 조사가 이루어지는 지점은 극히 일부이며, 나머지 대부분의 도로구간은 미 관측 상태임. 따라서 상시 또는 수시조사 지점을 제외한 나머지 미 관측 도로구간에 대한 AADT 추정에 어려움이 발생함
- 둘째, 미 관측 도로구간의 AADT 추정에 관한 연구에서는 대표적으로 회귀분석(Regression Analysis), 지리적 가중회귀(Geographically Weighted Regression, 이하 GWR) 모형, 크리깅(Kriging) 모형 등과 같은 공간통계모형(Spatial Statistics Model)과 TDM(Travel Demand Model), ODC(Origin-Destination Centrality) 등과 같은 교통 분야의 Assignment 모형과 결합된 추정모형이 적용되고 있음
  - 추정모형은 대부분 복잡하고, 해당 분석가의 역량에 따라 AADT의 추정력이 다르게 나타남
  - 공간적 대상범위가 고속도로, 국도, 대도시, 소도시 등과 같이 상이함

- 공간통계 모형의 경우 사회경제 지표가 개별 도로구간 단위로 세분화되어 있지 않아 향후 GIS 기반의 첨단자료관리시스템에 탑재하기 위한 입력 자료의 구축 문제가 발생함
- 다수의 연구들에서는 AADT 추정오차가 수용할 수준에 도달하지 못하고 통계기반 모형의 특성상 교통량 추정을 위한 많은 관측조사 지점이 필요한 한계가 있음
- 빅 데이터의 활용이라는 측면에서 GPS기반의 개별 차량 이동궤적 자료를 이용한 미관측 도로구간의 교통량(AADT 추정)에 관련 연구도 전무한 실정임
- 마지막으로 장래 AADT 예측의 경우는 시계열 AADT 자료를 이용하여 현재 또는 장래의 AADT를 예측할 수가 있어 대안이 될 수 있으나, 이와 관련된 선행연구는 미미한 실정임
- 그리고 국내의 상시 또는 수시 교통량 조사지점은 전국 도로망 대비 상당히 부족하나, 그렇다고 전체 도로구간에 대하여 상시 교통량 조사 시스템을 설치하여 전수화 조사를 수행하기에는 현실적으로 불가능하며, 현재 소수 상시조사 지점의 수준에서 미 관측 도로구간에 대한 교통량을 추정할 수 있는 합리적인 방법론을 개발하는 것이 합리적일 것으로 판단됨
- 최근 기존의 고정식 지점검지체계에서 차량용 내비게이션 등과 같이 개별 차량의 이동궤적 데이터를 알 수 있는 이동식검지체계로 변화하고 있음. 즉, 데이터의 양과 질이 급속히 발전하고 시·공간적 범위도 전국의 모든 도로망으로 확대되면서 그야말로 빅 데이터 시대에 진입하였으며, 이는 과거 도로의 특성, 사회경제적 지표 등과 같은 통상적인 자료를 이용한 교통량 추정방법에서 벗어나 개별 차량의 이동궤적 데이터 등과 같은 빅 데이터를 활용한 교통량 추정방법으로 진화해야 함
- 따라서 본 연구에서는 빅 데이터 활용이라는 측면에서 GPS기반 개별 차량의 이동궤적 자료를 이용하여 미관측 도로구간에 대한 AADT 추정 방법론을 개발하고자 하며, 본 개발모형은 향후 GIS 기반의 교통량 추정시스템에 탑재하기 위한 단순하고 일반화된 모형으로 개발해야 하며, 모형개발의 위한 방향설정은 다음과 같음
  - 첫째, 모든 도로구간에 적용할 수 있어야 하며, 모형은 단순하고 파라미터 최적화가 자동으로 이루어져야 함
  - 둘째, 빅 데이터의 활용 측면에서 Data기반의 모형으로 개발해야 하며, 수용 가능한 추정오차 수준 확보해야 함
  - 셋째, 소수의 상시조사 교통량 자료를 이용해야 하므로 AADT 추정하기 위한 강력한 설명변수 필요하며, 도로별 구간별 수요특성을 반영해야 함
  - 넷째, 전국 도로망 대상으로 하는 System 지향적 모형으로 개발해야 하며, 다양한 인접지역 교통량 조사 자료의 활용이 가능해야 함

- 다섯째, 현장 조건의 변화와 수집 자료의 추가 등으로 입력 자료가 변경될 경우 개발모형의 구조변경에 대한 용이성도 확보되어야 함

<표 2-4> AADT 추정관련 연구고찰

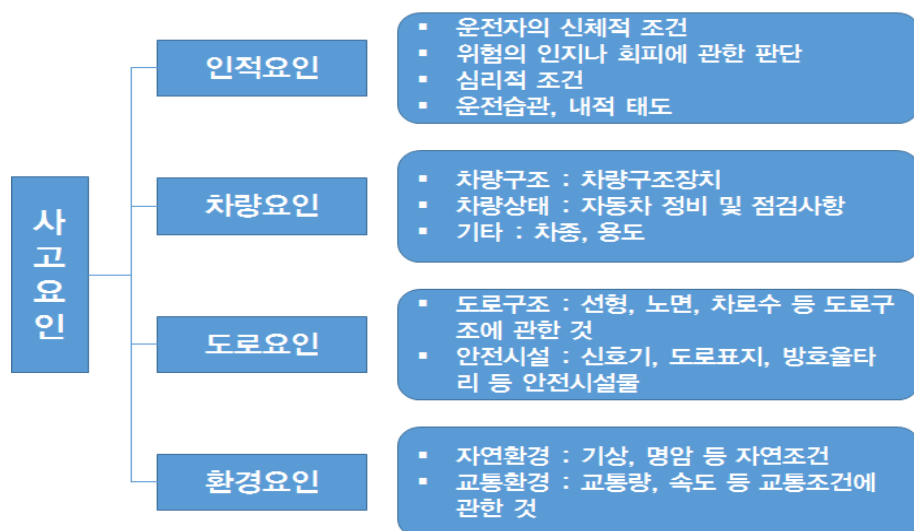
구분	방법론	관련연구
수시조사 교통량의 AADT 추정	다항회귀모형	Faghri (1994), Lingras (1996)
	군집분석(Clustering)	Faghri (1994), Sharma (1986), Flaherty (1993), Rossi (2014), Lingras (1995), Li (2008), Gecchele (2012), Rossi (2012), Gastaldi (2013)
	NN (Neural Network)	Faghri (1994), Lingras (1995), Lingras (1996), Sharma (1999), Sharma (2000), Sharma (2001)
	k-means	Flaherty (1993)
	KNN	Li (2008)
	Fuzzy C-means	Gecchele (2012), Rossi (2012), Gastaldi (2013)
	유전자알고리즘	Lingras (2001)
미관측 도로구간의 교통량(AADT) 추정	OLS (Ordinary Least Squares)	Mohamad (1998), Anderson (2006),
	공간회귀모형 (GWR)	Zhao (2001), Zhao (2004), Selby (2013)
	Kriging	Eom (2006), Wang (2009), Selby (2013), Shamo (2014)
	SCAD (smoothly clipped absolute deviation)	Yang (2014)
	TDM (travel demand model)	Zhong (2009)
	ODC (origin-destination centrality)	Lowry (2014)
장래 교통량(AADT) 예측	다항회귀모형	AI-Masaeid (1998)
	SVR (Support vector regression)	Castro-Neto (2009)
기타	회귀모형, 유전자알고리즘 SARIMA	Zhong (2004)
	NPR 모형	Chang (2012)

### 제3절 교통사고 지표 관련 연구고찰

#### 1. 기존 교통사고 요인분석 연구

##### 가. 교통사고 관련연구

- 교통사고 연구는 『① 교통사고 예측모형, ② 교통사고 심각도모형』으로 분류되며, 개별사고와 사고에 영향을 미치는 요인간의 관계 분석(factor analysis)을 통해 결과를 도출함
- 교통사고를 유발하는 요인은 인적요인, 차량요인, 도로요인, 환경요인으로 분류할 수 있으며 이에 대한 이해가 필요함
  - 인적요인 : 운전자의 신체적 조건 및 위험의 인지나 회피에 관한 판단 등의 심리적 조건에 관한 것으로 운전자의 정보처리과정(인지-판단-조작), 연령, 성별, 운전습관 등이 포함
  - 차량요인 : 차량의 기능적 결함, 중차량 포함 여부 등의 원인으로 발생한 사고로 교통사고 현장에서 사고의 원인이 차량요인으로 밝혀지는 경우는 극히 적은 것으로 알려져 있음
  - 도로요인 : 도로구조, 교통안전시설물, 노면상태, 기하구조 형태 등은 교통사고에 영향을 미치는 주요요인으로 도로종류 및 도로형태에 따라 분석함
  - 환경요인 : 사고발생 시간(주간/야간), 기상상태, 계절 등 기존의 여러 연구에서 교통사고에 영향을 미치는 요인으로 밝혀짐



<그림 2-4> 교통사고 유발요인

## 1) 교통사고 예측모형

- 교통사고 예측모형은 크게 거시적 모형과 미시적 모형으로 구분됨
- 거시적 교통사고 예측모형은 국가, 지방자치단체, 도로관리청 등 특정권역에서 발생하는 도로교통사고의 발생추이를 예측하기 위해 구축되며, 거시적 모형에 주로 이용되는 자료는 도로교통사고 발생건수, 사망자수 부상자수 등의 시계열 자료를 사용함
- 거시적 교통사고 예측모형은 장래 교통사고의 발생추이를 추정하여 교통사고 감소목표를 설정할 때 활용되거나 교통사고감소를 위해 주로 관리해야 할 정책변수를 선별할 때에도 활용됨
- 미시적 교통사고 예측모형은 주로 도로에서의 교통사고와 도로/환경적 요인들과의 관계를 규명하기 위해 구축되며, 도로계획 단계에서 노선대안별 안전도를 평가하는데 활용하거나 도로설계단계에서 일부 설계요소의 변화가 사고에 미치는 효과를 추정하기 위해 사용됨

<표 2-5> 거시적 사고예측모형과 미시적 사고예측모형의 비교

구 분	거시적 사고예측모형	미시적 사고예측모형
모형의 목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가, 지방정부, 도로관리청 차원의 도로교통사고 발생 경향 파악</li> <li>- 인구, 자동차등록대수 등 사회경제지표와 교통사고 발생의 관계분석을 통한 주요 정책변수의 파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로교통사고와 도로의 선형, 운영방식, 교통량 등 도로환경과의 관계를 규명</li> </ul>
자료의 종류	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사고건수 추이(연, 월, 일 단위)</li> <li>- 사회경제지표(인구, 자동차등록대수, GDP, 대중교통수단분담율 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통관련요소 : 교통량, 중차량구성비</li> <li>- 도로선형요소 : 평면곡선, 편구배, 종단곡선길이, 종단경사, 길어깨 폭, 차로폭, 설계속도 등</li> <li>- 도로운영요소 : 신호주기, 현시 등</li> </ul>
분석방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시계열분석 : AR, MA, ARMA, ARIMA 모형</li> <li>- 선형/비선형 회귀분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 선형/비선형 회귀분석</li> <li>- 포아송분포</li> <li>- 음이항분포</li> </ul>
모형의 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교통사고의 장래발생 추이 추정 및 교통사고 감소 목표설정</li> <li>- 교통사고 감소를 위한 주요정책변수 선정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도로계획 단계에서 노선대안별 안전도 평가</li> <li>- 도로설계 단계에서 도로선형 등 설계요소 변화가 사고에 미치는 영향파악</li> </ul>

주: 한상진 (2007), 우리나라의 시도별 교통사고 특성분석, 환경논총



## 2) 교통사고 심각도 예측모형

- 교통사고 심각도는 하나의 사고건수에 대하여 심각도를 판단하는 연구가 있고, 특정구간의 교통사고 심각도를 판단하는 연구가 존재
- 교통사고 심각도 연구는 인적요인, 도로요인, 환경요인 등 다양한 요인을 고려하여 분석을 수행하였고, 주로 사고발생건수, 사고등급, 사망자수 등을 종속변수로 하여 모형을 구축함
- 교통사고 심각도 연구는 교통사고를 통해 수집되는 성별, 연령별, 시간대, 차종 및 기하구조 등의 다양한 변수들의 관계분석을 통해 교통사고 심각도에 영향을 미치는 주요 변수들을 찾아내고, 그 영향정도를 파악하는데 목적이 있음

## 나. 기존연구의 분석방법론

- 교통사고 모형과 관련된 기존연구에서는 사고발생 지점의 도로요인, 환경요인과 개인 인적요인의 자료를 이용하여 다양한 모수모형/비모수모형을 활용하였으며, 대부분의 연구에서 통계적기반의 Parametric 모형을 사용함

&lt;표 2-6&gt; 교통사고관련 요인(연속류)

분석 모형		건수	해당 연구
Parametric	로짓모형 (다항로짓, 이항로짓 순서형프로빗 등)	16	1, 6, 7, 9, 10, 11, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 27, 29
	회귀모형 (선형, 비선형, 포아송, 음이항 등)	8	8, 13, 15, 16, 22, 25, 31, 32
	구조방정식	3	3, 28, 31
	베이지안	1	4
	다변량분석	1	5
	수량화이론	1	12
Non-parametric	신경망모형	3	23, 26, 31
	의사결정나무	2	2, 23
	퍼지모형	1	30

주) 1=Celik (2014), 2=Joaquin (2013), 3=Lee (2008), 4=Juan (2013), 5=Shankar (1995), 6= Ratanavaraha (2014), 7=Martha (2000), 8=윤일수 (2012), 9=문승라 (2011), 10=원민수 (2009), 11=김주희 (2012), 12=이혜령 (2011), 13=문승라 (2012), 14=최윤환 (2014), 15=박민호 (2014), 16=황경성 (2010), 17=Abdel-Aty (2003), 18=O'Donnell (1996), 19=Kockelman (2002), 20=Quddus (2002), 21=Abdel-Aty (2006), 22=Chin (2003), 23=손소영 (1998), 24=하오근 (2005), 25=박준태 (2010), 26=최재원 (2004), 27=이동민 (2008), 28=김상록 (2011), 29=한수산 (2011), 30=강영균 (2011), 31=오주택 (2013), 32=박병호 (2009)

#### 다. 기존연구의 교통사고 요인

- 교통사고분석은 도로유형에 따라 연속류와 단속류로 분류되며, 각 형태별로 교통사고에 미치는 요인은 차이를 보이는 것으로 분석됨
- 연속류를 대상으로 한 교통사고 연구에서는 다음 표와 같이 인적요인, 차량요인, 환경요인, 도로요인별로 다양한 요인들이 고려되었고, 주로 사고발생시간, 교통량, 속도, 기하구조(종단선형, 평면선형) 등을 고려함
- 기타요인으로서는 단속카메라, 차량주행제약시설물, 종단경사 변화율, 곡선길이, 가감속차로, IC간 간격 등을 고려하고 있음

<표 2-7> 교통사고관련 요인(연속류)

요 인		건수	해당 연구
인적요인	성별	5	2, 3, 4, 7, 9
	연령	5	1, 2, 3, 4, 7
차량요인	차종	6	1, 2, 3, 9, 12, 13
환경요인	사고발생시간	9	1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12
	교통량	6	6, 8, 10, 13, 15, 16
	속도	6	1, 5, 6, 8, 9, 10
	계절	3	1, 2, 4
	사고차량수	3	2, 3, 4
	날씨	2	2, 8
도로요인	종단선형	9	3, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 16
	평면선형	7	3, 5, 6, 8, 9, 10, 12
	노면상태	4	1, 3, 9, 12
	곡선반경	3	14, 15, 16
	구간길이	3	13, 15, 16
	길어깨 폭	3	2, 4, 15
	조명시설	2	2, 4
	차로폭	2	2, 4
	차로수	2	6, 15
	곡선구간수	2	13, 16
	시거	2	2, 4

주) 1=Celik (2014), 2=Joaquin (2013), 3=Lee (2008), 4=Juan (2013), 5=Shankar (1995), 6=Ratanavaraha (2014), 7=Martha (2000), 8=윤일수 (2012), 9=문승라 (2011), 10=원민수 (2009), 11=김주희 (2012), 12=이혜령 (2011), 13=문승라 (2012), 14=최윤환 (2014), 15=박민호 (2014), 16=황경성 (2010)

- 단속류를 대상으로 한 교통사고 연구에서는 다음 표에서 제시한 인적요인, 환경요인, 도로요인별로 다양한 요인들이 고려되었으며, 주로 성별, 연령, 교통량, 발생시간, 속도, 평면선형, 조명시설들의 변수들을 고려함
- 기타요인으로서는 차종, 계절, 시거, 현시수, 신호등 유무, 비보호좌회전, 중앙분리대 유무, 차량주행제약시설물, 우회전전용차로, 단속카메라, 좌회전 유도선, 교차로면적, 딜레마구간길이, 주도로 길어깨폭, 차도폭, 횡단거리, U턴, 교차각 등을 고려하였음

&lt;표 2-8&gt; 교통사고관련 요인(단속류)

요 인		건수	해당 연구
인적요인	성별	7	1, 2, 3, 4, 9, 12, 13
	연령	6	1, 2, 3, 4, 12, 13
	음주	4	1, 2, 3, 12
환경요인	교통량(주도로/부도로)	6	6, 8, 11, 14, 15, 16
	사고발생시각	7	1, 2, 3, 4, 10, 12, 13
	속도	6	1, 2, 3, 7, 9, 10
	회전비율(좌회전/우회전)	3	6, 8, 15
	날씨	2	12, 13
	제한속도	2	11, 15
도로요인	평면선형	5	1, 4, 5, 9, 12
	조명시설	4	5, 8, 11, 15
	좌회전전용차로	3	11, 15, 16
	버스정류장 유무	2	6, 15
	횡단보도	2	11, 15
	노면상태	2	4, 13
	종단선형	2	5, 12
	차로수	2	14, 15

주) 1=Abdel-Aty (2003), 2=O'Donnell (1996), 3=Kockelman (2002), 4=Quddus (2002), 5=Abdel-Aty (2006), 6=Chin (2003), 7=손소영 (1998), 8=하오근 (2005), 9=박준태 (2010), 10=최재원 (2004), 11=이동민 (2008), 12=김상록 (2011), 13=한수산 (2011), 14=강영균 (2011), 15=오주택 (2013), 16=박병호 (2009)

## 2. 기존 교통사고율 지표

- 교통사고율은 기존의 연구들에서는 교통사고 발생건수(또는 사망자수)를 교통사고 노출지표로 나누어 산정하고 있음
- 교통안전 연구 분야의 선행연구들에서 교통사고 노출도(Traffic Accident Exposure) 지표는 교통사고에 직·간접적인 영향을 주는 요인으로 사고를 발생시킬 수 있는 기회의 수라는 개념으로 정의되고 있음
- 기존의 연구들에서 제시하고 있는 교통사고 발생정도를 설명할 수 있는 지표로 이용되는 교통사고율로는 인구당 사고율, 자동차등록대수당 사고율, 도로연장당 사고율, 자동차 주행거리당 사고율 등이 개발되었으며, 세부적인 내용은 다음과 같음

### 가. 인구당 사고율

- 인구당 사고율은 지역범위 내에서 발생한 교통사고 발생건수를 동일지역 인구로 나누어준 값을 통해 산정한 지표로, 행정구역별 사고율 비교를 위한 지표로 활용이 가능함
- 이러한 인구 노출지표에 기초한 사고율은 인구에 대한 자료를 지역별로 수집이 용이한 대표적인 거시적 교통사고율로 활용이 가능함
- 하지만, 상대적으로 인구밀도가 낮은 지역의 사고율이 높게 나타나는 문제점이 있을 수 있으며, 또한, 도심과 같이 상주인구수는 적지만 차량 통행이 많은 지역에 대해서는 높게 산정되는 문제가 있음

$$AR_i = \frac{\sum A_i}{\sum P_i}$$

여기서,  $AR_i$  :  $i$  지역의 인구당 사고율

$A_i$  :  $i$  지역의 교통사고 발생건수

$P_i$  :  $i$  지역의 인구

#### 나. 자동차등록대수당 사고율

- 자동차등록대수당 사고율은 어느 지역범위 내에서 발생한 교통사고 발생건수를 동일지역 자동차등록대수로 나누어준 값을 통해 산정할 수 있으며, 자동차등록대수 역시 지역별로 비교적 쉽게 자료수집이 가능하므로 거시적 교통사고율로서 활용이 용이함
- 단, 자동차등록대수가 높다는 것이 해당지역의 통행이 많은 것을 의미하는 것은 아니기 때문에 통행량에 따른 사고율을 산정하는 것은 한계가 있음

$$AR_i = \frac{\sum A_i}{\sum V_i}$$

여기서,  $AR_i$  :  $i$  지역의 자동차등록대수당 사고율

$A_i$  :  $i$  지역의 교통사고 발생건수

$V_i$  :  $i$  지역의 자동차등록대수

#### 다. 도로연장당 사고율

- 도로연장당 사고율은 지역 내 발생한 교통사고 발생건수를 동일지역 범위 내 도로의 총 연장으로 나누어준 값을 통해 산정할 수 있으며, 도로현황조서 등을 통해 지역별로 통계자료의 수집이 용이하여 거시적 교통사고율으로써 활용성이 용이함
- 도로연장당사고율은 단순히 도로연장(km) 보다는 차로수별 연장(Lane-km)을 반영하는 것이 교통사고 노출지표로서 타당함
- 도로연장이 길다는 것이 해당 지역의 통행량이 많다는 것을 의미하는 것은 아니므로, 사고율 지표로는 한계를 보임

$$AR_i = \frac{\sum A_i}{\sum RL_i}$$

여기서,  $AR_i$  :  $i$  지역의 도로연장당 사고율

$A_i$  :  $i$  지역의 교통사고 발생건수

$RL_i$  :  $i$  지역의 도로연장

### 라. 자동차 주행거리당 사고율

- 자동차 주행거리당 사고율은 지역 내 발생한 교통사고 발생건수를 동일지역 자동차등록대수별 총주행거리의 합으로 나누어준 값을 통해 산정함
- 해당지역의 교통량을 고려한 사고율 지표로 도로의 단일지점이나 일부구간에 대한 평가 시 미시적 노출지표로 이용될 수 있음

$$AR_i = \frac{\sum A_i}{\sum VK_i}$$

여기서,  $AR_i$  :  $i$  지역의 자동차주행거리당 사고율

$A_i$  :  $i$  지역의 교통사고 발생건수

$VK_i$  :  $i$  지역의 자동차등록대수별 총 주행거리

- 그밖에 지역별 교통사고 발생정도를 설명할 수 있는 노출지표는 거시적 측면의 노출지표이며, 이러한 거시적 노출지표를 이용한 선행연구들은 다음과 같음

<표 2-9> 교통사고 노출지표 관련 기존연구

구분		노출지표
국외	Smeed (1949)	인구, 자동차등록대수
	Adams (1987)	인구, 자동차등록대수
	Firas (1989)	인구, 자동차등록대수
	Oppe (1991)	자동차주행거리
	Koornstra (1992)	자동차주행거리
	Litman (2001)	인구, 자동차등록대수
	Page (2001)	인구, 자동차수, 알코올소비량
	Bester (2001)	소득수준 (GDP)
	Al Haji (2005)	인구, 자동차수, 도로연장, 소득수준, 교육수준, 기대수명 등
국내	김홍상 (1987)	인구, 자동차등록대수
	이일병 (1990)	자동차등록대수
	임헌연 (1993)	자동차등록대수
	김경환 (1994)	인구, 자동차등록대수, 도로연장
	성낙문 (2005)	인구, 자동차등록대수
	박준태 (2011)	토지이용자료, 교통여건자료, 사회경제자료

주: 김기용, (2013), 거시적 교통사고율 지표 통합모델 연구, 한양대학교 박사학위 논문

### 3. 소결

- 교통사고와 관련된 연구는 교통사고 예측모형, 교통사고 심각도 예측모형 연구로 구분되며, 개별사고와 사고에 영향을 미치는 요인간의 관계 분석을 통해 결과를 도출함
  - 교통사고 예측모형은 크게 거시적 모형과 미시적 모형으로 구분되며, 거시적 모형은 국가, 지방자치단체, 도로관리청 등 특정권역에서 발생하는 교통사고의 발생추이를 예측하기 위하여 구축되며, 미시적 모형은 주로 도로구간에서의 교통사고와 도로/환경요인들과의 관계를 규명하거나, 사고에 미치는 영향을 추정하기 위해 사용됨
  - 교통사고 심각도 모형연구는 교통사고를 통해 수집되는 다양한 변수들과의 관계분석을 통해 교통사고 심각도에 영향을 미치는 변수들을 찾아내고, 그 영향정도를 파악하는데 목적이 있음
  - 교통사고를 유발하는 요인은 인적요인, 차량요인, 도로요인, 환경요인으로 분류할 수 있으며 이에 대한 이해가 필요함
  - 교통사고 모형과 관련된 기존연구에서는 사고발생 지점의 다양한 환경적 요인과 인적요인의 자료를 이용하여 모수모형/비모수 모형을 활용하고 있으며, 주로 로짓모형, 회귀모형을 이용한 연구들이 대부분임
- 기존의 교통사고 연구에서는 도로유형별(연속류/단속류)로 고려되는 요인들은 차이가 있지만, 유형에 상관없이 사고발생시간, 교통량, 속도 등의 주행 환경적인 요인이 가장 많이 고려되고 있음
  - 연속류를 대상으로 한 연구에서는 주로 사고발생시간, 교통량, 속도, 기하구조(종단선형, 평면선형) 등을 고려함
  - 단속류를 대상으로 한 연구에서는 주로 성별, 연령, 교통량, 발생시간, 속도, 평면선형, 조명 시설 등을 고려함
  - 즉, 교통사고는 사고가 발생하는 구간의 교통상황과 밀접한 관계가 있음을 나타내고 있음을 의미함
  - 기존의 국내외 연구를 검토한 결과 대부분의 연구에서 사고발생지점의 도로요인, 환경요인, 차량요인과 관련된 변수들만을 대상으로 하였지만, 최근 5년간 고속도로 사고자료를 분석해 보면 전체 사고 중 약 75%가 운전자 요인에 의한 사고인 것으로 나타남
  - 하지만 그동안의 연구에서는 운전자의 요인에 대한 변수들을 고려하지 못한 한계가 있으므로 이를 고려할 수 있는 변수의 개발이 필요할 것으로 판단됨
  - 본 연구에서는 운전자요인의 사고에 대한 설명력 향상을 위해 신규사고지표로 운전자 피로도(FDR, Fatigued Driver Rate)를 개발하고자 함

- 본 연구에서는 기 구축된 교통혼잡지도를 통해 수집 가능한 지표들인 교통혼잡지표(혼잡강도, 지체시간, 혼잡비), 속도자료(전체평균속도, 혼잡교통류의 속도/표준편차, 정상교통류의 평균속도/표준편차, 정상교통류에서  $V_{85}$ 이상의 비율,  $V_{85}$ 이상 차량의 평균속도, 혼잡경계속도 등), 교통량자료(Probe 건수, 전수화교통량, 대·km), 운전 피로도(FDR) 지표와 교통사고지표 사이의 상관성 분석을 통해 교통사고의 요인분석을 수행하고자 함
- 교통사고율은 교통사고 발생건수(또는 사망자수)를 교통사고 노출지표로 나누어 산정한 지표로 교통사고에 직·간접적으로 영향을 주는 요인으로 사고를 발생시킬 수 있는 기회의 개념으로 정의되고 있음
  - 기존에 개발된 교통사고율 지표로는 인구당 사고율, 자동차등록대수당 사고율, 도로연장당 사고율, 자동차 주행거리당 사고율 등이 개발되었으나, 전국을 대상으로 실제 해당링크의 교통량을 기준으로 한 교통사고율 지표는 보고되지 않음
  - 또한, 기존의 사고 잦은 곳 선정기준은 행정구역/도로형태별 교통사고 발생건수를 기준으로 선정하고 있으며, 교통사고분석시스템(TAAS)의 GIS 교통사고 주제도 역시 교통사고 발생건수를 기준으로 표출하고 있음
  - 하지만, 해당링크의 교통량을 고려하지 않고 단지 교통사고 발생건수를 이용하여 산정하는 것은 교통사고의 발생확률 산정 시 도로구간별 상대적 분석을 수행하는데 있어 한계가 있음
- 기존에 개발된 사고율 지표들은 링크의 통행특성을 제대로 반영하지 못한 한계가 있으므로, 링크의 통행특성(교통량)을 고려한 교통사고 노출도 지표 개발이 필요함
  - 본 연구에서는 전국에 발생한 사고발생건수를 사고가 발생한 링크에 각각 매칭하고, 전국 링크를 대상으로 추정된 교통량 자료를 활용하여 링크단위/행정구역 단위의 교통사고지도 서비스를 제공할 수 있음
  - 전국단위의 교통사고지도 개발을 통해 교통사고 모니터링 체계 구축 및 교통안전 개선을 위한 대책 수립 시 활용이 가능하도록 설계할 예정임



## 제4절 네트워크 성능평가 지표의 개발 및 현황분석

### 1. 국내 네트워크 성능평가지표 개발 및 현황

- 국내의 네트워크 성능평가지표는 주로 교통혼잡을 측정하는 지표가 대다수를 차지함
- 국내에서 사용되는 지표로는 통행시간기반 혼잡측정지표, 통행밀도기반 혼잡측정지표, 교통량기반 혼잡측정지표, 기타 측정지표 등을 들 수 있음

<표 2-10> 국내 네트워크 성능평가지표 현황

기준	평가지표	특징
통행시간	통행시간, 통행률, 지체율, 지체비	- 자료수집 비용이 많이 소요됨
통행밀도	대기행렬길이, 체류시간, 차선점유도	- 자료수집이 어려움 - 첨단시스템 도입에 따라 활용범위 확대가능성이 존재
교통량	교통량 대비 용량비 (V/C)	- 자료수집이 용이함 - 교통시스템 전체의 서비스수준을 평가하기에는 한계가 있음
기타	OCI (Occupancy Congestion Index)	- 기존 혼잡지표에 혼잡강도개념을 추가함 - 통행밀도, 포화통행밀도 개념 사용
	CI (Circuitry Index)	- 네트워크의 이동성을 평가함
	VKT (Vehicle Kilometers Traveled)	- 교통수요의 다양한 측면들의 변화측정에 사용
	VHT (Vehicle Hours Traveled)	- 지역 내의 교통혼잡을 평가
	PKT (Passenger Kilometers Traveled)	- 사람통행 (person trip)을 기준 - VKT 추정에 비해 시간/비용 많이 소요

#### 가. 통행시간기반 혼잡측정지표

- 통행시간기반 혼잡측정지표는 미국 등의 선진국에서 많이 사용하고, NCHRP Report 398에서 추천하는 통행시간, 통행률, 지체율, 지체비 등이 대표적으로 사용되고 있음
- 자료수집에 소요되는 비용이 통행량기반 측정지표의 자료수집에 드는 비용보다 많은 단점이 존재함

#### 나. 통행밀도기반 혼잡측정지표

- 통행밀도기반 측정 기준에는 대기행렬 길이 및 체류시간(Queue Length & Duration)과 차선점유도가 존재하나, 자료수집에 어려움이 있어 제한적으로 사용되고 있음
- 첨단교통관리 시스템 도입에 따라 루프검지기 혹은 영상검지기 설치 운영 시, 자료수집의 용이함을 바탕으로 활용범위의 확대 가능성이 존재함

#### 다. 교통량기반 혼잡측정지표

- 교통량기반 혼잡측정지표의 대표적인 예로는 교통량 대비 용량비(V/C)가 사용됨
- 다른 측정기준에 비교하여 상대적으로 자료수집이 용이한 전형적 혼잡측정 기준임
- V/C비는 교통량이 도로용량을 초과하지 않는 개별 도로구간(link)의 서비스수준을 평가하기 위해 사용될 수 있으나, 교통시스템 전체의 서비스 수준을 평가하기 위해 사용되기에는 한계가 존재함

#### 라. 기타 측정지표

- 기타 측정지표로는 OCI(Occupancy Congestion Index), CI(Circuity Index), VKT (Vehicle Kilometers Traveled)와 VHT(Vehicle Hours Traveled), PKT(Passenger Kilometers Traveled)가 존재함
- OCI는 도로의 혼잡상태를 계량적으로 일관성 있게 나타낼 수 있는 새로운 혼잡지표로, 기존 혼잡지표에 대해 혼잡의 강도개념을 추가하였고, 혼잡의 강도를 나타내는 측정기준으로 통행 밀도(대/km)와 포화통행밀도(Jam Density) 개념을 사용함
- CI는 도로교통망의 이동성을 평가하는 지표로, 네트워크를 구성하는 구간의 길이(distance of link)와 경로(path) 정보를 알 때, 출발점과 도착점을 연결하는 경로의 우회정도를 측정하여 네트워크의 이동성을 평가함
- VKT는 개별 도로구간의 연평균 1일 교통량(Annual Average Daily Traffic Volume: AADT)을 도로구간 길이(The length of the roadway segments)로 곱한 후 이를 모든 도로구간에 대해 합하여 산출하며, 보통 1년 혹은 1일 단위로 표현하며, 교통 시스템 자체의 서비스 수준을 평가하기보다 교통 수요의 다양한 측면들의 변화를 살펴볼 수 있음

- VHT는 어떤 지역의 VHT는 주어진 기간 동안 그 지역의 도로를 이용하는 모든 차량의 총 통행시간으로 정의되고 있으며, 어떤 지역 내에서의 교통혼잡 뿐만 아니라 교통부문으로부터 발생하는 대기오염의 정도를 추정할 수 있는 근거를 제공함
- PKT는 VKT와 달리 총 통행수요를 차량이 아닌 사람을 기준으로 하여 표현한 지표로, 분석 대상이 차량통행(vehicle trip)이 아닌 사람통행(person trip)이며, VKT의 추정에 비해 시간과 비용이 더 많이 소요됨

## 2. 국외 네트워크 성능평가지표 개발 및 현황

- 국외 네트워크 성능지표는 주로 교통 혼잡을 측정하는 지표가 대다수를 차지함
- 국외에서 사용되는 지표로는 축 이동성지수, 도로혼잡지표, 통행률지표, 도로차선연장 체류시간지표, 혼잡 심각도 지표, 통행시간지표 등을 들 수 있음

<표 2-11> 국외 네트워크 성능평가지표 현황

평가지표	내용	필요자료
축 이동성지표 (Corridor Mobility Index)	- 도로 이용자의 이동성을 표현하는 지표	- 승객수, 속도자료
도로혼잡지표 (RCI; Road Congestion Index)	- 고속도로와 주간선도로의 혼잡상황을 나타냄	- 차선수, 구간길이, 첨두시간 교통량, 도로위계 정보
통행률지표 (TRI; Travel Rate Index)	- 첨두시간 동안에 통행하는데 걸리는 별도의 추가 요구시간척도	- 구간길이, 첨두시간 교통량, 실제통행시간, 허용통행시간, 도로위계 정보
도로차선연장 체류시간지표 (LMDI; Lane Mile Duration Index)	- 고속도로 혼잡의 지리적 범위와 체류시간을 함께 사용한 지표	- 구간길이, 지체시간, 혼잡 체류시간
혼잡심각도지표 (CSI; Congestion Severity Index)	- 서비스수준 D 이상인 상태에서 발생하는 고속도로 혼잡의 정도	- 고속도로용량, 고속도로 시간당 교통량, 구간길이, 실제통행시간, 허용통행시간
통행시간지표 (TTI; Travel Time Index)	- 자유속도에서 통행률과 첨두시 통행률을 비교	- 해당구간의 자유교통류 시 통행시간, 첨두시 통행시간

### 가. 축 이동성 지수(Corridor Mobility Index)

- 도로 이용자의 이동성을 표현하는 지표로서, 현재 도로를 이용 중인 승객수(교통량×평균 승차인원)와 평균통행속도의 곱을 정규화 상수로 나눈 값임

$$\text{축 이동성지수} = \frac{\text{승객수(명)} \times \text{평균통행속도(mile/h)}}{\text{정규화 상수(고속도로 : 125,000/간선도로 : 25,000)}}$$

### 나. 도로혼잡지표(RCI: Road Congestion Index)

- Lomax(1982)에 의해 개발되었으며, 고속도로와 주간선도로의 혼잡상황을 함께 나타낸 혼잡 지표로 교통 혼잡의 기간(duration)과 강도(Intensity)를 반영하는 척도임
- RCI 산출에 이용되는 고속도로, 주간선도로, 보조간선도로에서의 일평균 통행거리(VMT)는 도로연장에 평균교통량을 곱해서 계산됨

$$RCI = \frac{\left[ \frac{\text{Freeway VMT}}{\text{Lane-Mile}} \times \text{Freeway VMT} + \frac{\text{Prin. Art VMT}}{\text{Lane-Mile}} \times \text{Prin. Art VMT} \right]}{14,000 \times \text{Freeway VMT} + 5,500 \times \text{Prin. Art VMT}}$$

### 다. 통행률지표(TRI: Travel Rate Index)

- 첨두시간 동안에 통행하는데 소요되는 별도의 통행소요시간 척도임

$$TRI = \frac{\left[ \frac{\text{Freeway Travel Rate}}{\text{Freeflow Rate}} \times \text{Peak Period Freeway VMT} + \frac{\text{Prin. Art VMT}}{\text{Lane-Mile}} \times \text{Prin. Art VMT} \right]}{\text{Freeway Peak Period VMT} + \text{Arterial Peak Period VMT}}$$

### 라. 도로차선연장 체류시간지표(LMDI: Lane-Mile Duration Index)

- Cottrel(1992)에 의해 개발되었으며, 고속도로 혼잡의 지리적 범위와 체류시간을 함께 사용한 지표로
- 각 도로구간별로 혼잡한 도로연장에 혼잡한 체류시간을 곱하여 합계를 구한 값을 사용하고 있음

$$\sum_{i=0}^m [\text{Congested Lane-Miles}_i \times \text{estimated Duration}_i(\text{hours})]$$

#### 마. 혼잡심각도지표(CSI: Congestion Severity Index)

- Lindley(1986)에 의하여 처음 개발된 지표로, 서비스수준 D(V/C, 0.77) 이상인 상태에서 발생하는 총 고속도로 지체시간(단위: Veh-hours)을 고속도로 통행량(단위: 백만 Vehicle-miles of Travel)으로 나눈 값을 사용함

$$CSI = \frac{\text{Total Freeway Delay (Veh-Hrs.)}}{\text{Freeway (Million VMT)}}$$

#### 바. 고속도로혼잡지표(FCI: Freeway Congestion Index)

- 도로차선연장 체류시간지표(LMDI)를 이용하여 고속도로 일정구간의 혼잡크기를 나타낼 수는 있으나 서로 다른 고속도로 간의 상호비교가 불가능한 문제 존재
- Thurgood(1994)는 혼잡지표를 정규화하기 위해 LMDI를 전체도로연장으로 나눠 고속도로혼잡지표(FCI)를 개발하였음

$$FCI = \frac{LMDI}{\text{총도로연장}}$$

#### 사. 통행시간지표(TTI: Travel Time Index)

- TRI와 같이 자유속도에서 통행률과 첨두시 통행률을 비교하는 지표로, 자유류 통행시간에 대한 첨두시 통행시간의 비로 나타냄
- TRI는 상습 지체(recurring congestion)만을 고려하지만, TTI는 상습 지체와 비상습 지체를 동시에 고려한다는 점에서 차이점이 있음

$$TTI = \frac{\text{Peak period travel time}}{\text{Free-flow travel time}}$$

#### 아. 기타 측정지표

- 통행률(Travel Rate)은 단위거리당 통행시간이며, 특정구간 또는 각기 다른 교통수단을 이용하여 통행하는 통행자들의 평균속도를 추정하기 위해 사용함

$$\text{통행률 (분/km)} = \frac{\text{통행시간 (분)}}{\text{구간길이 (km)}} = \frac{60}{\text{평균속도 (km/h)}}$$

- 혼잡도로(Congested Roadway)는 도로의 교통혼잡을 혼잡구간의 길이를 통해 양적인 지표로 표현함

$$\text{혼잡도로(km)} = \sum [\text{혼잡구간 길이(km)}]$$

- 지체율(Delay Rate)은 교통혼잡 상태에서의 사람 또는 차량의 시간손실률을 의미함

$$\text{지체율(분/km)} = \frac{\text{실제통행시간(분)} - \text{바람직한통행시간(분)}}{\text{도로구간 길이(km)}}$$

- 접근성(Accessibility)은 목적하는 지점에 바람직한 통행시간(acceptable travel time) 내에 도착한 차량이나 사람의 수를 측정하여 접근성을 평가함

$$\text{접근성} = \sum \text{바람직한 통행시간 내에 도착한 차량수(사람수)}$$

- 총 지체(Total Delay)는 교통혼잡으로 인해서 차량 또는 사람이 경험하는 특정구간의 손실 시간의 합을 의미하며, 차량-시간(vehicle-hour) 또는 사람-시간(person-hour) 단위로 표현함

$$\text{총 지체(분·대)} = [\text{실제통행시간} - \text{바람직한 통행시간(분)}] \times \text{교통량(대)}$$

- 상대 지체율(Relative Delay Rate)은 고속도로, 간선도로, 대중교통수단 통행로 등 다른 운영특성의 도로에서의 상대적 교통혼잡 수준의 비교를 위해 사용함

$$\text{상대 지체율} = \frac{\text{지체율(분/km)}}{\text{바람직한통행률(분/km)}}$$

- 지체비(Delay Ratio)는 고속도로, 간선도로, 대중교통수단 통행로 등 다른 운영특성의 도로에서의 상대적 교통혼잡 수준의 비교를 위해 사용이 가능하며, 지체율을 실제 통행률(분/km)로 나눈 값으로 표현

$$\text{지체비} = \frac{\text{지체율(분/km)}}{\text{실제 통행률(분/km)}}$$

- 혼잡통행(Congested travel)은 교통혼잡을 겪는 통행량을 차량-거리(대·km) 단위로 표현함

$$\text{혼잡통행(대·km)} = \sum [\text{혼잡구간길이(km)} \times \text{교통량(대)}]$$

### 3. 기술의 한계 및 개발방향 설정

#### 가. 국내외 네트워크 성능평가지표의 한계 및 문제점

- 첫째, 수집되는 교통데이터에 대하여 추가적인 가공 및 산출을 거치지 않은 단순 1차 자료들(교통량, 통행속도 등)만을 제공함
- 둘째, 통행밀도기반 혼잡측정지표의 경우, 밀도자료를 조사하는데 있어 어려움이 존재함
- 셋째, 자료수집의 공간적 범위의 한계로 인하여 지역 간 도로(한국건설기술연구원)와 도시부 도로(각 지자체)의 구간만을 대상으로 하며, 도로유형의 경우 고속도로, 국도 및 지방도, 지역적으로는 수도권, 광역도시만을 대상으로 평가를 수행하고 있음
- 넷째, 대도시의 교통조사를 수행할 때에는 도시마다 조사시기 및 범위, 조사방법 등이 상이하 여, 교통조사 결과를 토대로 네트워크 성능평가 및 도시 간 통행여건 비교를 전체적으로 수행하는데 한계점이 존재함
- 다섯째, 성능평가지표에 사용되는 속도자료의 한계로 지역 간 도로는 BPR 모형식을 이용하여 구간별 통행속도를 추정하기 때문에 실제 현장의 교통상황을 제대로 반영하지 못하고 있는 실정임
- 여섯째, 교통데이터의 시간적 범위의 한계로 인하여 특정기간(연휴기간, 주말, 요일별, 시간대별 등)에 대한 성능평가를 수행하지 못함

#### 나. 개선방향 설정

- 네트워크 성능평가지표 값 산출을 위해 수집되는 자료의 신뢰성 재고와, 수집되는 자료의 공간적 범위의 한계를 극복하기 위하여 내비게이션 이동궤적 자료를 이용하여 교통량과 속도 DB를 기반으로 한 전국규모의 성능평가지표 개발이 필요함
- 시간적 범위의 한계를 극복하기 위해 주말·명절·요일시간대 등 특정기간에 대한 성능평가지표 산정을 위한 일반화 방법론을 제시할 필요가 있음
- 교통네트워크의 성능을 평가하기 위해서는 검지기 및 단말기 등에서 수집되는 1차 지표뿐만 아니라, 기타 지표의 개발이 필요함
- 기존 개발된 혼잡지표의 보완 및 새로운 혼잡지표, 환경지표, 사고노출도지표 등 다양하게 활용 가능한 지표들이 개발되어야 함





## 제3장 내비게이션 수집 교통정보의 신뢰도 검토

---

제1절 내비게이션 데이터 수집 현황

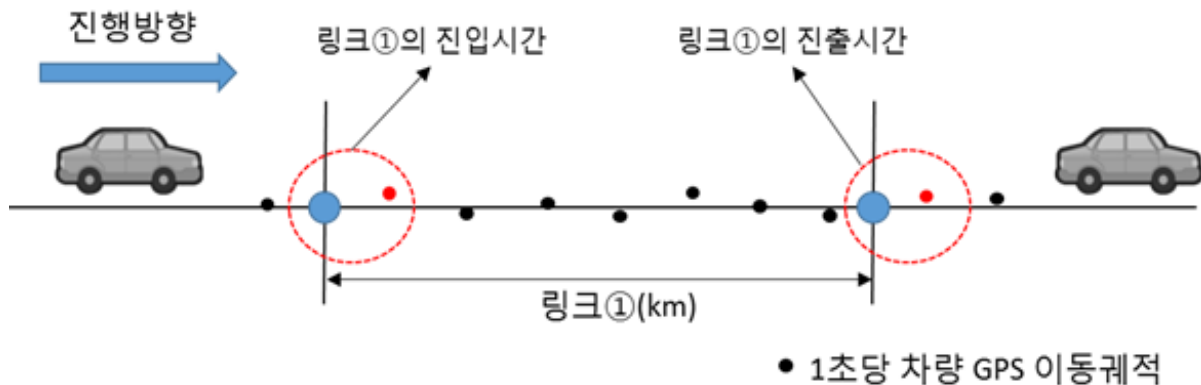
제2절 내비게이션 수집 교통정보의 신뢰도  
평가



## 제3장 내비게이션 수집 교통정보의 신뢰도 검토

### 제1절 내비게이션 데이터 수집 현황

- 본 연구의 내비게이션 수집 교통정보는 개별 차량의 내비게이션 단말기에서 수집되는 차량의 이동궤적 정보로서 국토교통부에서 제공하고 있는 ITS 표준노드링크 체계의 링크 단위로 개별 Probe 차량의 이동궤적을 맵 매칭하여 링크별 Probe건수와 통행속도 자료를 수집하고 있음
- 내비게이션 수집 교통정보 : Probe건수, 통행속도, 이동경로
- 여기서, 개별 차량의 이동궤적 정보로부터 링크별 내비게이션 수집 교통정보(Probe건수, 통행속도)를 생성하는 과정은 아래의 그림과 같음
- 링크①의 개별 Probe건수(건) = 링크 ①에 맵 매칭이 이루어진 차량 건수
- 링크①의 개별 통행속도(km/h) = (링크 ①의 연장) / (진출시간 - 진입시간)



<그림 3-1> 링크별 내비게이션 수집 교통정보 생성 개념도

- 위에서 설명한 개별 차량의 이동궤적 정보를 맵 매칭하기 위하여 이용되고 있는 ITS 표준노드링크는 교통정보를 수집 및 제공하기 위하여 교통체계 지능화 사업자가 구축하는 전자교통지도로서 민간에게 공개되고 있음
- 노드(Node)는 도로법에 의한 도로로서 교차로, 분기점, 터널입구 등 교통흐름이 변경되는 지점을 전자적으로 형상화한 것을 말하며, 링크(Link)는 위의 노드와 노드를 도로선형에 따라 연결하는 도로구간을 전자적으로 형상화한 것을 말함

- 표준 노드/링크체계는 노드정보와 회전정보, 링크정보, 링크부가정보로 구성하며, 각각은 별도의 자료구조를 가짐
- 전차년도 교통 혼잡지도 시스템의 분석맵 네트워크는 표준노드링크 기반으로 구축되었음
- 교통 혼잡지도 분석맵은 표준노드링크가 가지고 있는 분석용 네트워크로서의 문제점 보완과 교통 혼잡지도의 분석 및 활용성의 극대화를 위하여 구축한 Map을 의미함
- 그러나, 표준노드링크는 자료 구축 범위 및 신뢰도 부분에서 KOTI Lev6 네트워크에 비해 낮으므로, 본 과제에서는 KOTI Lev6 네트워크를 기반으로 기존 시스템을 개선 및 유지보수를 진행하였음
- 표준노드링크와 KOTI Lev6 네트워크에 대한 세부적인 비교는 다음과 같음

<표 3-1> 표준노드링크와 KOTI Lev6 네트워크 정보 비교

구분		Network	
		표준노드링크	KOTI Lev6 네트워크
좌표체계		ITRF2000 (타원체:GRS80)	Katech (타원체:Bessel)
Link 형상 정보		양선 (상행/하행 구분)	단선 (상행/하행 통합)
Link	Link 개수	255,590 개	541,739 개
	Link 길이	62,525 km	114,162 km
Node	Node 개수	98,729 개	444,184 개
	교차로 개수	34,183 개	215,610 개
특이사항		도로명, 차선수 등 정보가 기입되지 않는 구간이 많음 도로등급이 실세계의 정보와 상이함	표준노드링크에 비해 도로의 정보가 정확함 노드는 연결링크 및 통행 가능/불가 정보 등이 있음
데이터 이력		2014년 3월 17일 기준	2014년 기준

주: 1) KOTI Lev6 네트워크는 단선으로 Link 개수 및 길이를 산출할 때 다음과 같은 식을 적용함  
 - KOTI Lev6 네트워크의 Link길이 또는 Link개수 = Link길이 또는 Link개수 \* 2 적용 (고속도로와 자동차 전용도로는 양선으로 제외함)

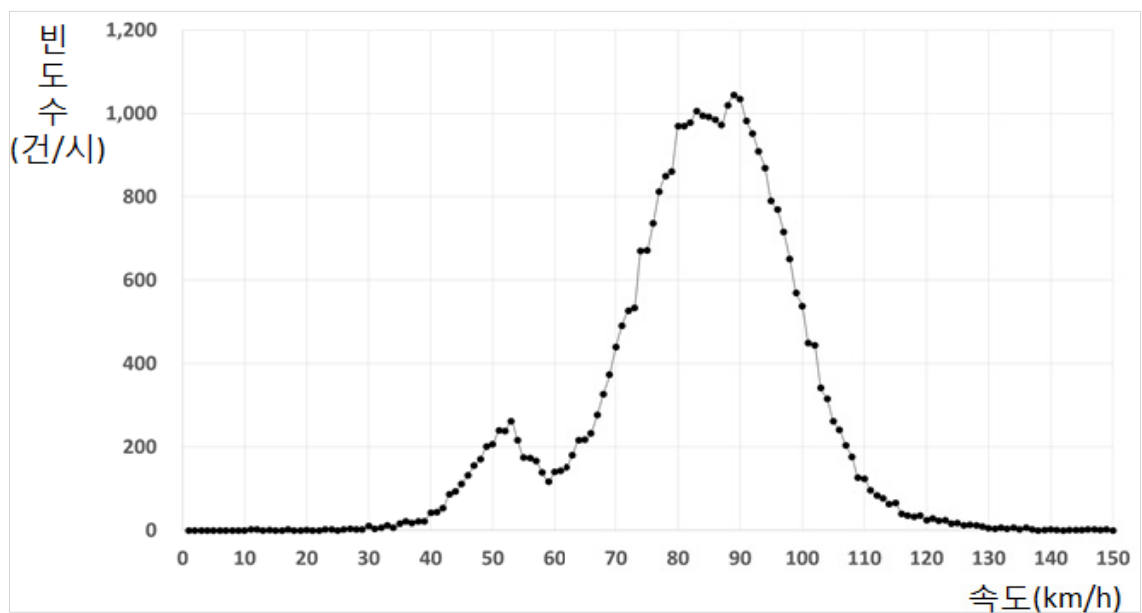
- 내비게이션 수집 교통정보는 앞서 설명한 ITS 표준링크를 기반으로 개별차량별 수집시간 순으로 수집되며, 수집 자료의 저장 형태는 시/공간적 범위에 따라 총 5가지(①단말기ID/②진입링크/③진출링크/④운행시간/⑤속도) 정보가 텍스트로 저장됨

- 본 연구에서 사용된 Probe 자료는 2014년 1월 1일 ~ 2014년 12월 31일의 자료를 사용함
- 앞서 설명한 내비게이션 수집 교통정보(Probe건수, 통행속도)는 데이터 수집기간 내 월/일/시간대에 따라 각 링크별로 수집·저장됨
- 먼저, Probe건수는 각 링크별로 수집되는 건별 Probe를 1시간 단위로 누적 합계하여 아래와 같이 Probe건수 DB를 구축함

<표 3-2> Probe건수의 DB구축 형태

구분	Probe건수(건/시)				
	Link 1	Link 1	Link 3	...	링크 n
2013년10월1일 00-01시	24	66	22	...	25
2013년10월1일 01-02시	18	20	45	...	17
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2015년2월28일 22-23시	24	89	34	...	66
2015년2월28일 23-24시	20	100	45	...	47

- 통행속도의 경우는 각 링크별로 수집되는 건별 차량 내비게이션 통행속도 자료를 이용하여 정수형태의 이산적인 속도 범위(1~150km/h)에서 아래와 같이 링크별/월별/일별/시간대별 통행속도 분포도(Speed Profile)의 형태로 DB를 구축함



<그림 3-2> 통행속도 분포도(Speed Profile)의 형태

## 제2절 내비게이션 수집 교통정보의 신뢰도 평가

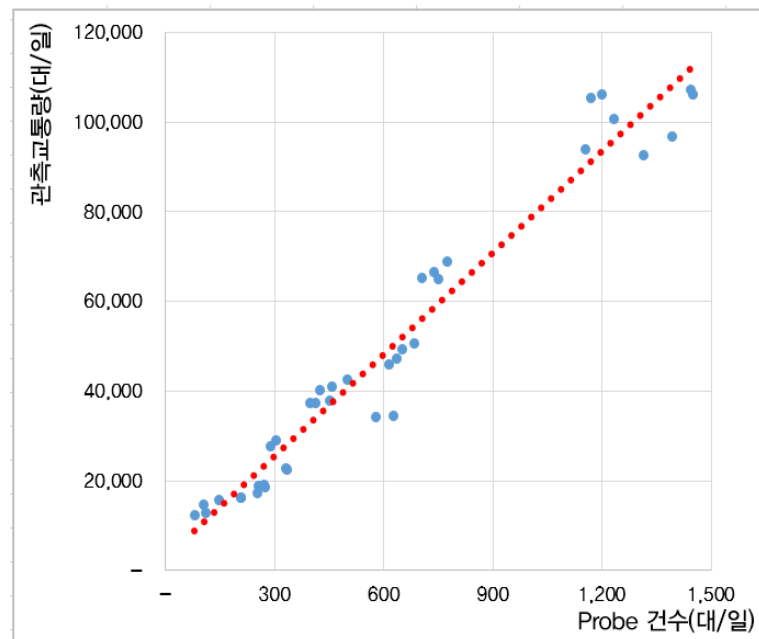
- 내비게이션 수집 교통정보(Probe건수, 통행속도)는 해당 도로를 통과하는 전체 차량들의 교통정보가 아니라 일부 차량에 대한 교통정보에 해당하므로 이는 하나의 표본 자료라고 볼 수 있음
- 이러한 표본 자료를 이용하기 위해서는 해당 표본이 전체 모집단을 대변할 수가 있어야 함. 즉, 내비게이션 수집 교통정보가 실제 현장의 교통상황과 유사한 지에 대한 해당 자료의 신뢰도 평가가 수행되어야 함
- 따라서 본 연구의 내비게이션 수집 교통정보에 대한 신뢰도 평가는 자료의 신뢰성이 높은 자료 한국도로공사 자료(TCS), 건기원 상시조사 자료, 서울시 교통량(온라인 조사시스템) 자료를 이용하여 해당 Probe 통행량과 속도에 대하여 모집단의 교통정보에 대한 유사성을 통계적으로 검증해보고자 함

### 1. Probe 통행량의 신뢰도 평가

- 본 연구의 Probe건수 자료에 대한 신뢰도 평가는 자료의 신뢰성이 높은 한국도로공사의 교통량 조사자료(TCS)를 이용하여 평가를 수행하며, 분석의 대상지역은 교통량 수준과 표본율에 따른 분석을 수행하기 위하여 교통량이 많은 도시부지역과 교통량이 상대적으로 적은 지방부지역으로 구분하여 분석을 수행함
- 분석링크(톨게이트) : 도시부 톨게이트 5개(서울, 동서울, 서서울, 군자, 남양주TG), 지방부 톨게이트 5개(마산, 춘천, 서부산, 서대구, 광주TG)
- 내비게이션 Probe 자료
  - 링크별(평일/주말) 연평균 Probe 건수, 시간대별(24시간) 연평균 Probe 건수
- 고속도로 톨게이트 유출입 자료
  - 고속도로 톨게이트별(평일/주말) 연평균 유/출입교통량, 시간대별(24시간) 연평균 유/출입 교통량
- Probe 건수의 신뢰도 평가방법은 총 3가지의 방법으로 평가가 이루어짐
  - 평가방법 ① : 분석링크의 관측교통량과 Probe건수의 상관관계 분석
  - 평가방법 ② : 분석링크의 관측교통량과 Probe건수의 시간대별 분포 비교
  - 평가방법 ③ : 붓스트랩(bootstrap) 방법을 이용한 Probe 표본의 신뢰성 평가

### 가. 평가방법 ① : 분석링크의 관측교통량과 Probe건수의 상관관계 분석

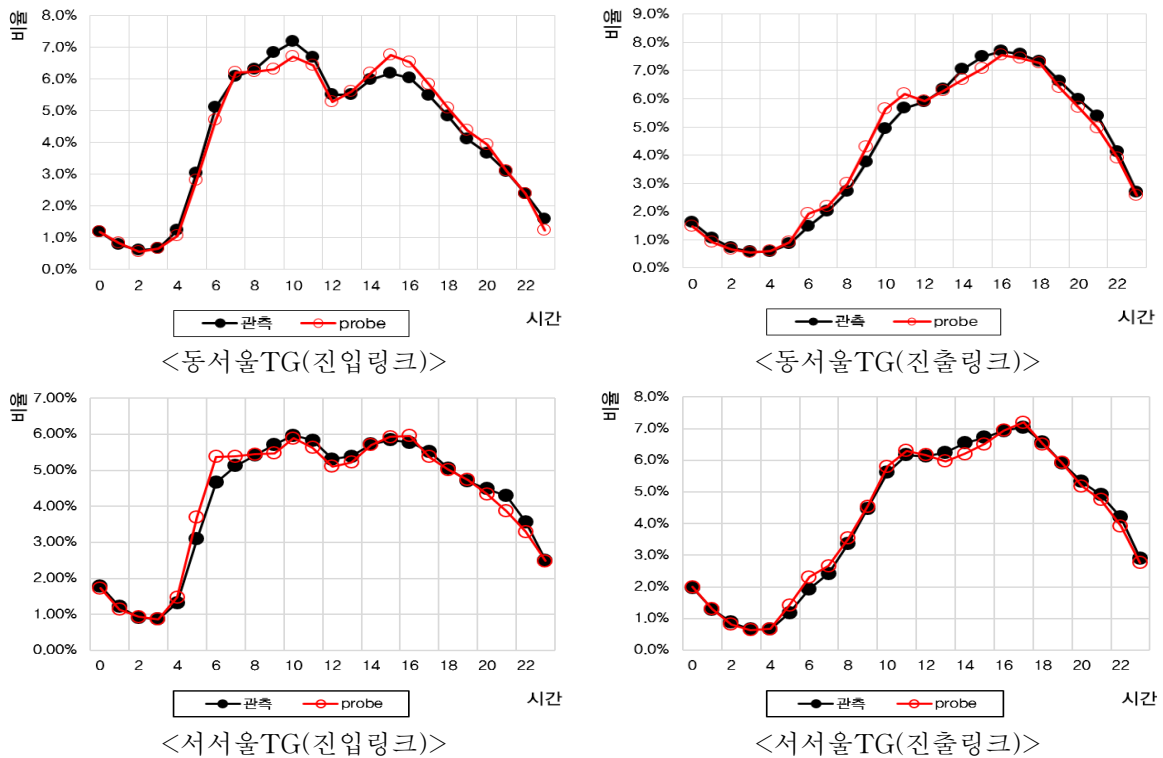
- Probe 건수의 신뢰도 평가방법 ①은 분석링크의 관측교통량과 Probe건수와의 상관관계를 비교하는 것으로 분석대상이 되는 8개의 톨게이트 진입/진출 교통량과, 이와 매칭되는 링크의 Probe 건수와의 관계를 비교하는 것임
- 분석링크(톨게이트)의 관측교통량과 Probe건수와의 상관관계 분석 절차는 다음과 같음
  - Step1 : TCS자료를 이용하여 분석링크(톨게이트)의 1일 평균(AADT) 유/출입 교통량 자료 구축
  - Step2 : 분석링크의 1일 평균(AADT) Probe건수 자료 구축
  - Step3 : 분석링크구간에 대한 1일 평균(AADT) Probe건수와 톨게이트 1일 평균(AADT) 유/출입 교통량과의 상관관계 분석
- 분석링크(톨게이트)의 관측교통량과 Probe 건수와의 상관성을 분석하기 위하여 총 32개(톨게이트(8개)×진입/진출링크(2가지)×평일/주말(2가지)) 지점의 자료를 사용하였음
- 상관계수 분석결과 0.9778 값으로 나타났으며, 관측교통량과 Probe건수에 대한 산점도는 다음 그림과 같음, 즉, Probe 자료는 관측교통량과의 상관성이 매우 높으므로 모집단을 설명하기에 충분한 자료인 것으로 분석됨



<그림 3-3> 관측교통량과 Probe 건수와의 관계

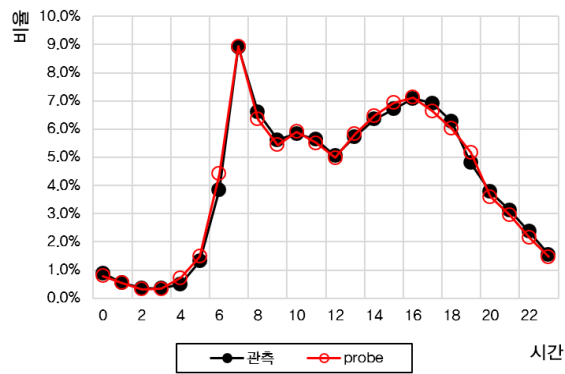
## 나. 평가방법 ② : 분석링크의 관측교통량과 Probe건수의 시간대별 분포 비교

- Probe 건수의 신뢰도 평가방법 ②는 Probe 자료가 시간대별 특성을 반영할 수 있는지 여부를 판단하기 위하여 분석링크의 관측교통량과 Probe건수의 시간대별 분포의 비교를 통해서 신뢰성을 검증하는 과정임
- Probe 자료는 샘플자료이고, 분석링크 자료는 총량자료이므로 총량에 대한 비교는 한계가 있으므로 1일을 기준으로 각 시간대의 교통량 비율을 이용하여 분석을 수행함
  - Step1 : 대상 톨게이트 구간 10개 선정(도시부 5개, 지방부 5개)
  - Step2 : 해당 구간에 대한 내비게이션 시간대별 Probe건수 자료 구축 → 해당 링크별 연평균의 시간대별(24시간) Probe건수
  - Step3 : 해당 구간에 대한 시간대별 유/출입 교통량 자료 구축 → 해당 톨게이트별 연평균의 시간대별(24시간) 유/출입 교통량
  - Step4 : 두 자료에 대한 링크구간별/시간대별 분포비 비교
- 두 자료에 대한 해당 구간의 시간대별 교통량 분포도 그래프를 이용하여 두 자료의 유사성을 직관적으로 비교한 결과 시간대별로 유사성을 보이는 것으로 나타남

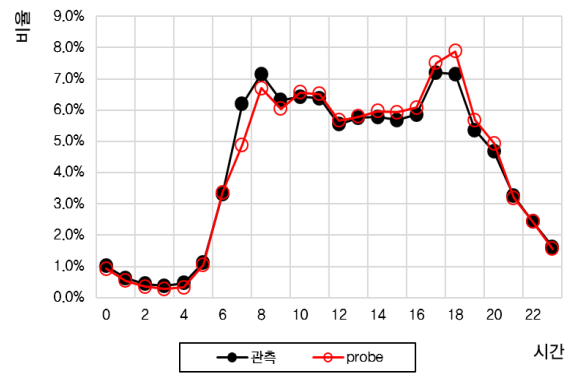


<그림 3-4> 관측교통량과 Probe건수의 시간대별 분포비교(도시부)

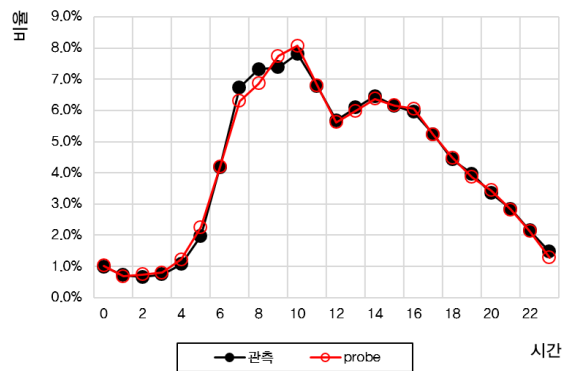




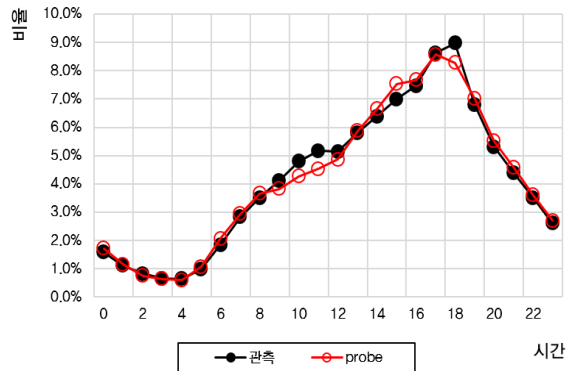
&lt;마산TG(진입링크)&gt;



&lt;마산TG(진출링크)&gt;



&lt;광주TG(진입링크)&gt;



&lt;광주TG(진출링크)&gt;

&lt;그림 3-5&gt; 관측교통량과 Probe건수의 시간대별 분포비교(지방부)

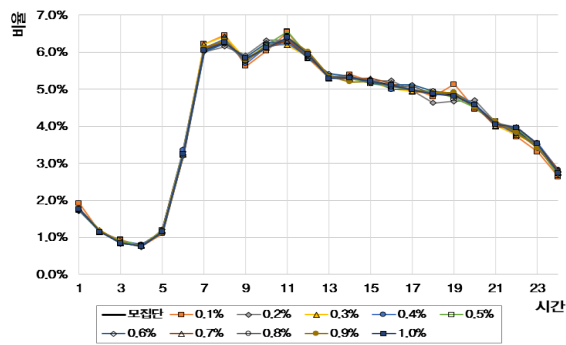
- 해당링크의 관측교통량(한국도로공사 TCS자료)과 프로브 건수의 시간대별 분포에 대한 상관성을 분석한 결과, 도시부는 평균 0.987, 지방부는 0.988로 관측교통량과 Probe 건수 사이에 높은 상관성을 보이는 것으로 분석됨
- 즉, 프로브자료는 시간대별 교통특성에 대한 설명력이 검증되었으므로, 교통 혼잡지표에 대한 시간대별 분석이 가능할 것으로 판단됨

&lt;표 3-3&gt; 상관성 분석결과 : 관측교통량과 Probe 건수의 시간대별 분포

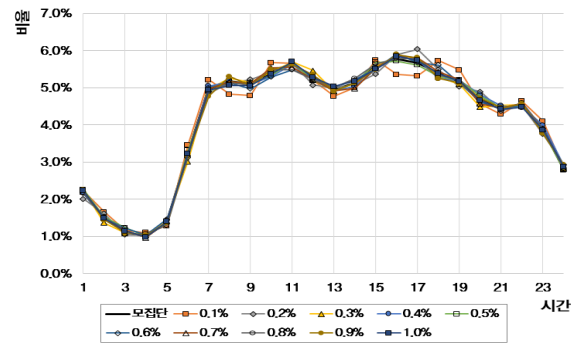
요일	진출입 구분	도시부					지방부				
		서울	동서울	서서울	군자	남양주	마산	춘천	서부산	서대구	광주
평일	진입	0.958	0.986	0.980	0.985	0.992	0.997	0.968	0.957	0.972	0.997
	진출	0.979	0.991	0.992	0.990	0.991	0.990	0.986	0.988	0.974	0.994
주말	진입	0.970	0.991	0.990	0.989	0.992	0.997	0.992	0.997	0.985	0.996
	진출	0.981	0.994	0.997	0.996	0.999	0.997	0.983	0.998	0.990	0.996
평균(상관성)		0.987					0.988				

#### 다. 평가방법 ③ : 붓스트랩(bootstrap) 방법을 이용한 Probe 표본의 신뢰성 평가

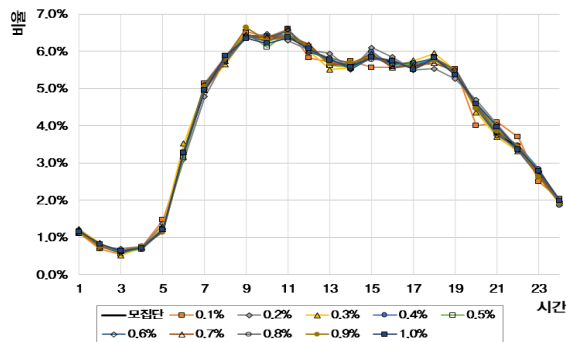
- Probe자료를 이용하여 현재의 교통상황을 설명할 수 있는지 여부를 평가하는 과정으로, 최소표본율 설정을 위한 과정임
- 분석방법은 분석링크(톨게이트)의 1일 평균(AADT) 시간대별 유출입 교통량을 이용하여 분포비를 산정하고, 붓스트랩(bootstrap) 방법을 이용하여 표본의 최소비율이 몇 % 이상일 경우에 분석링크의 교통상황을 설명할 수 있는지를 평가함
  - 붓스트랩(bootstrap) 방법은 비모수 통계적 기법으로 실제 조사한 결과를 바탕으로 가상의 샘플링을 수행하고 그 결과를 기반으로 결과의 정확성을 평가하거나 분포를 추정하는 방법임. 즉, 주어진 확률표본  $x_1, x_2, \dots, x_n$ 으로부터 복원 추출방법으로 붓스트랩 표본  $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$ 을 구함. 추출 가능한 붓스트랩 표본의 총 수는  $n^n$ 개임
- 또한, 교통량이 많은 도시부와 교통량이 상대적으로 적은 지방부의 교통상황을 설명하기 위한 Probe의 최소표본 비율을 검증하기 위하여 도시부 5곳(서울, 동서울, 서서울, 군자, 남양주TG), 지방부 5곳(마산, 춘천, 서부산, 서대구, 광주TG) 총 10군데에 대하여 평일/주말에 대하여 분석을 수행함
- 마지막으로, 분석링크의 Probe 자료를 이용하여 최종검증을 수행함
- 붓스트랩 방법을 이용한 Probe 표본의 신뢰성 평가 방법은 다음과 같음
  - Step1 : 대상 톨게이트 구간 10개 선정(도시부 5, 지방부 5)
  - Step2 : 해당 구간에 대한 내비게이션 시간대별 Probe건수 자료 구축 → 해당 링크별 연평균의 시간대별(24시간) Probe건수
  - Step3 : 해당 구간에 대한 시간대별 유/출입 교통량 자료 구축 → 해당 톨게이트별 연평균 시간대별(24시간) 유/출입 교통량
  - Step4 : Step3의 자료를 이용하여 붓스트랩 방법 적용 → 최소표본율(%) 산정(모집단과 표본집단 간의 상관성분석 및  $R^2$ 분석, 산점도 활용)
  - Step5 : 각 구간별 관측교통량의 최소표본율(%)에 대하여 내비게이션 Probe건수의 표본 수가 적합한 지 판단
- Probe의 최소표본율을 검증을 위해 붓스트랩 방법을 통해 모집단 대비 0.1%~1.0%까지 표본율에 따라 실제 모집단의 교통상황(시간대별 교통량비율)과의 유사성을 평가하였음
- 도시부 톨게이트 대상 중 서울, 군자TG를 대상으로 분석을 수행한 결과는 다음과 같음



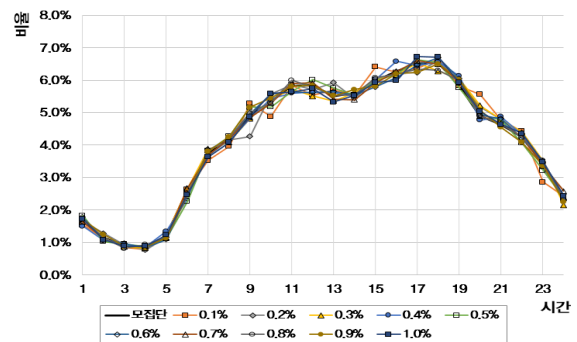
&lt;서울TG 평일 : 표본율(0.1~1.0%)&gt;



&lt;서울TG 주말: 표본율(0.1~1.0%)&gt;

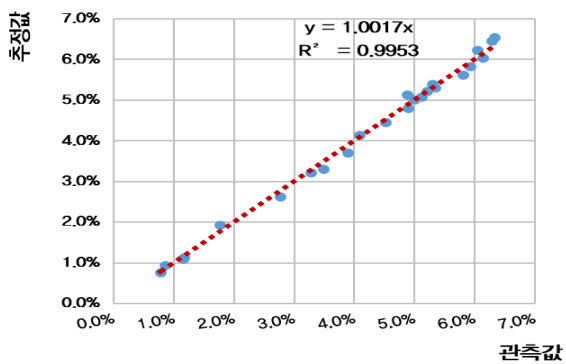


&lt;군자TG 평일 : 표본율(0.1~1.0%)&gt;

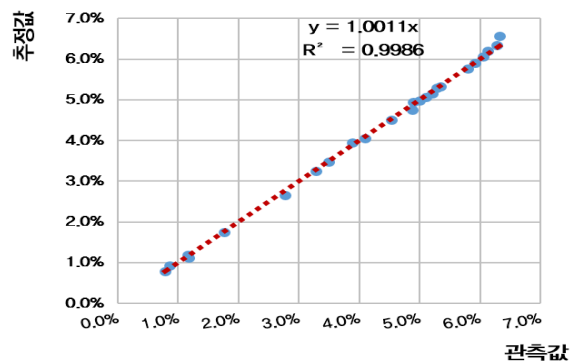


&lt;군자TG 주말: 표본율(0.1~1.0%)&gt;

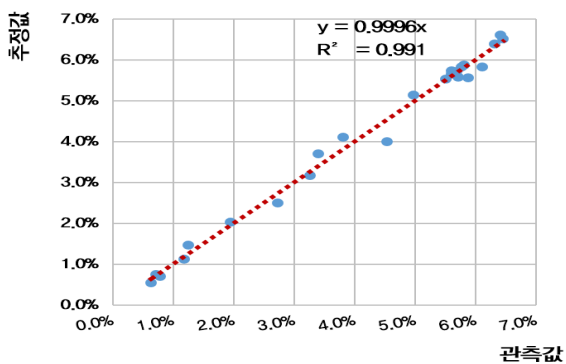
&lt;그림 3-6&gt; 표본율에 따른 시간대별 교통량 분포(도시부)



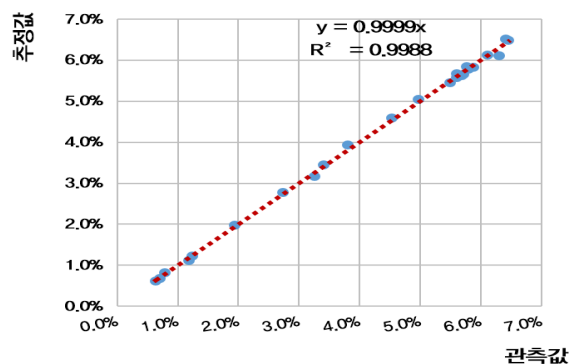
&lt;서울TG 평일 : 표본율(0.1%)&gt;



&lt;서울TG 주말 : 표본율(0.5%)&gt;



&lt;군자TG 평일 : 표본율(0.1%)&gt;



&lt;군자TG 주말 : 표본율(0.5%)&gt;

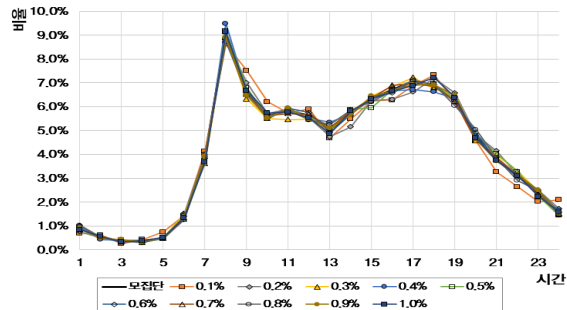
&lt;그림 3-7&gt; 표본율에 따른 시간대별 관측교통량과 Probe 건수와의 관계(도시부)

- 도시부 톨게이트를 대상으로 모집단의 시간대별 교통량과 표본율에 따른 시간대별 교통량과의 상관성을 분석한 결과 표본율 0.1%인 경우에도 0.99의 높은 상관성을 보이는 것으로 나타남
- 도시부 고속도로의 Probe 표본율은 평균 1.22%로 Probe 자료로 해당 구간의 교통량을 설명하는데 있어 충분한 설명력이 있는 것으로 분석됨

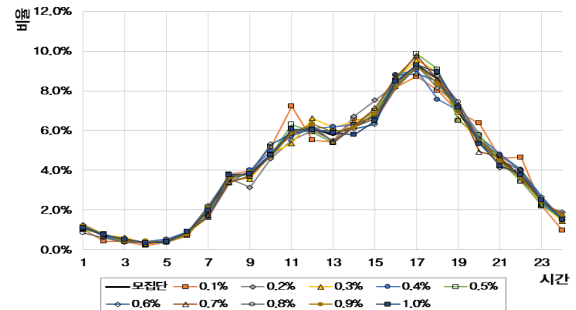
<표 3-4> 표본율에 따른 상관성 분석결과(교통량 : 도시부 톨게이트)

구분	톨게이트	요일	AADT (대/일)	Probe 표본율	표본율									
					0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%
도 시 부	서울	평일	107,100	1.35%	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
		주말	106,060	1.37%	0.990	0.996	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000
	동서울	평일	64,995	1.15%	0.997	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
		주말	69,014	1.12%	0.992	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000
	서서울	평일	100,676	1.22%	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
		주말	94,055	1.23%	0.993	0.997	0.998	0.999	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
	군자	평일	50,569	1.35%	0.995	0.998	0.998	1.000	0.999	0.999	1.000	0.999	0.999	0.999
		주말	45,866	1.34%	0.991	0.995	0.997	0.997	0.997	0.998	0.999	0.999	0.998	0.998
	남양주	평일	29,030	1.05%	0.996	0.997	0.999	0.998	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000
		주말	37,357	1.07%	0.991	0.996	0.997	0.998	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999
평균			70,472	1.22%	0.994	0.997	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	

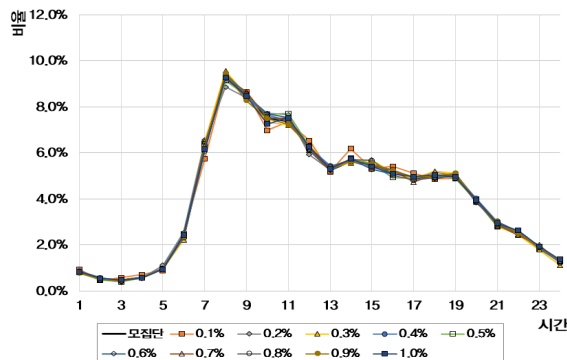
- 지방부 톨게이트 대상 중 마산, 서대구TG를 대상으로 분석을 수행한 결과는 다음과 같음



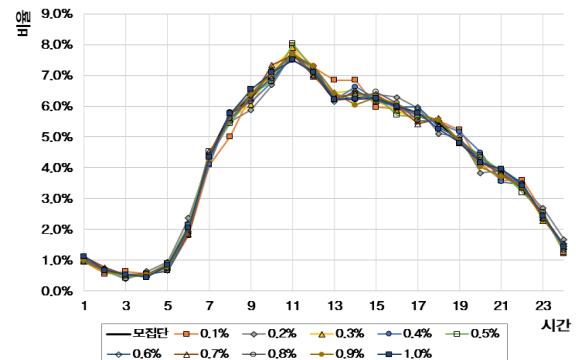
<마산TG 평일 : 표본율(0.1~1.0%)>



<마산TG 주말: 표본율(0.1~1.0%)>

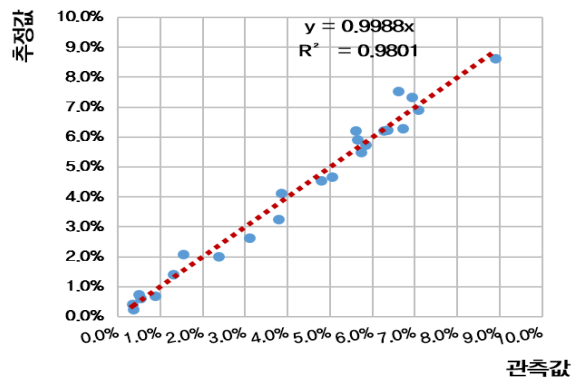


<서대구TG 평일 : 표본율(0.1~1.0%)>

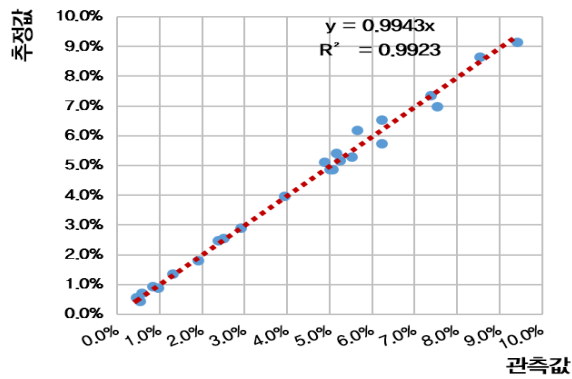


<서대구TG 주말: 표본율(0.1~1.0%)>

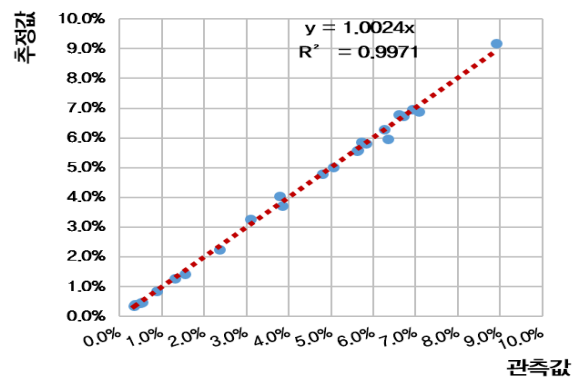
<그림 3-8> 표본율에 따른 시간대별 교통량 분포(지방부)



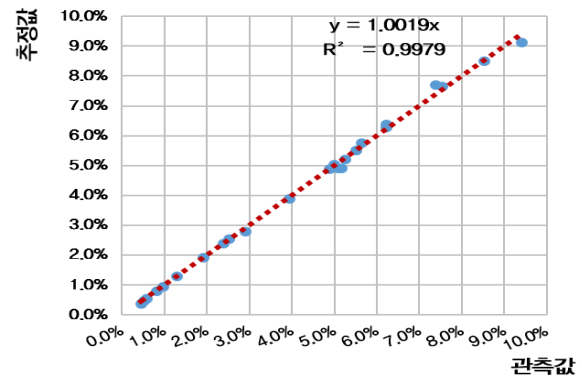
&lt;마산TG 평일 : 표본율(0.1%)&gt;



&lt;서대구TG 평일 : 표본율(0.1%)&gt;



&lt;마산TG 주말 : 표본율(0.5%)&gt;



&lt;서대구TG 주말 : 표본율(0.5%)&gt;

&lt;그림 3-9&gt; 표본율에 따른 시간대별 관측교통량과 Probe 건수와의 관계(지방부)

- 지방부 톨게이트를 대상으로 모집단의 시간대별 교통량과 표본율에 따른 시간대별 교통량과의 상관성을 분석한 결과 표본율이 0.1%인 경우에도 0.991의 높은 상관성을 보이는 것으로 나타남
- 지방부 고속도로의 Probe 표본율은 평균 1.58%로 도시부 보다 다소 높으며, Probe 자료로 해당 구간의 교통량을 설명하는데 있어 충분한 설명력이 있는 것으로 분석됨

&lt;표 3-5&gt; 표본율에 따른 상관성 분석결과(교통량 : 지방부 톨게이트)

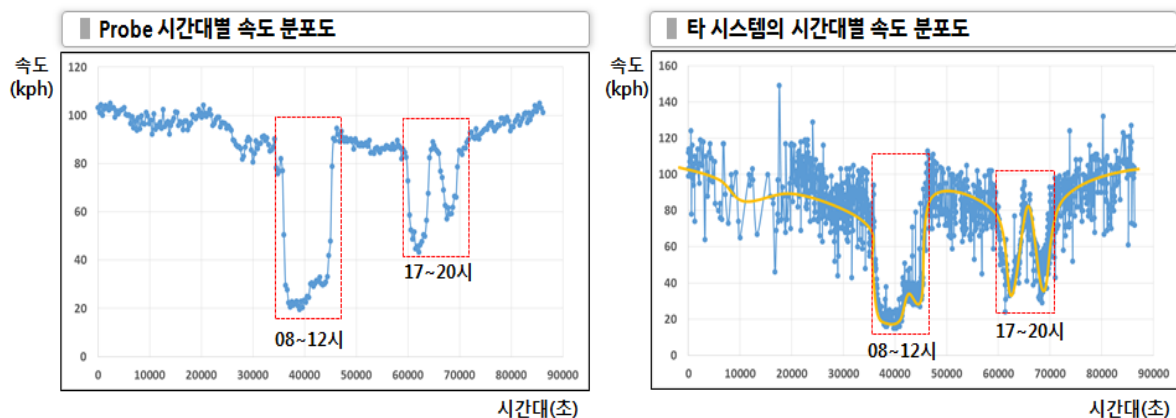
구분	톨게이트	요일	AADT (대/일)	Probe 표본율	표본율									
					0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%
지 방 부	마산	평일	16,311	1.28%	0.994	0.998	0.997	0.998	0.997	0.998	0.999	0.999	0.999	1.000
		주말	18,687	1.47%	0.985	0.993	0.997	0.994	0.996	0.997	0.997	0.998	0.999	0.998
	춘천	평일	12,873	0.85%	0.992	0.996	0.996	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
		주말	15,627	0.94%	0.977	0.993	0.996	0.994	0.998	0.997	0.998	0.998	0.997	0.998
	서부산	평일	40,936	1.12%	0.996	0.998	0.998	0.998	0.999	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000
		주말	42,544	1.17%	0.988	0.994	0.995	0.998	0.998	0.997	0.998	0.998	0.999	0.999
	서대구	평일	34,258	1.69%	0.996	0.998	0.999	1.000	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	0.999
		주말	34,521	1.82%	0.994	0.997	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
	광주	평일	18,796	1.35%	0.994	0.995	0.998	0.998	0.998	0.998	0.999	1.000	1.000	0.999
		주말	22,705	1.46%	0.977	0.989	0.996	0.996	0.996	0.998	0.998	0.999	0.997	0.999
	평균		27,570	1.58%	0.991	0.995	0.997	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999

## 2. Probe 통행속도의 신뢰도 평가

- 본 연구의 Probe의 속도profile 자료에 대한 신뢰도 평가는 교통량 수준과 표본율에 따른 분석을 수행하기 위하여 교통량이 많은 도시부지역과 교통량이 상대적으로 적은 지방부지역으로 구분하여 분석을 수행함
- 내비게이션 Probe 자료
  - 링크별(평일/주말) 연평균 Probe 속도분포(1~150km/h) 자료
- 고속도로 톨게이트 유출입 자료
  - 고속도로 톨게이트별(평일/주말) 연평균 유/출입교통량
- Probe 속도분포의 신뢰도 평가방법은 총 2가지 방법으로 평가가 이루어짐
  - 평가방법 ① : Probe와 타 시스템의 시간대별 속도 분포도 비교
  - 평가방법 ② : 붓스트랩(bootstrap) 방법을 이용한 Probe 표본의 신뢰성 평가

### 가. 평가방법 ① : Probe와 타 시스템의 시간대별 속도 분포 비교

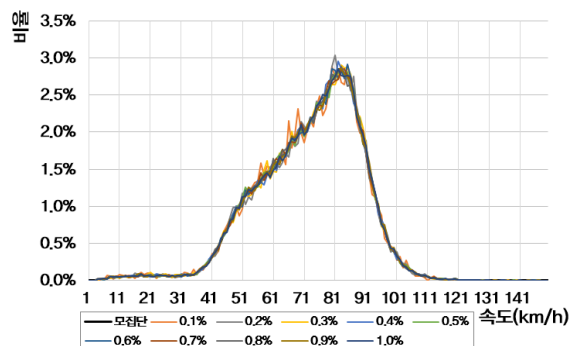
- 타 시스템의 속도자료는 2014년 9월 1일 기준 한국도로공사 DSRC 자료를 이용하였고, 대상도로는 서울외곽순환고속도로 서하남IC~송파IC 구간에 대하여 분석함
- 두 자료에 대한 해당 구간의 시간대별 속도 분포 그래프를 이용하여 비교한 결과, 시간대별 속도 변화의 형태가 전반적으로 유사한 것으로 나타남
  - 특히, 두 자료의 오전/오후 첨두시 속도 변화의 형태가 거의 유사한 것으로 나타남



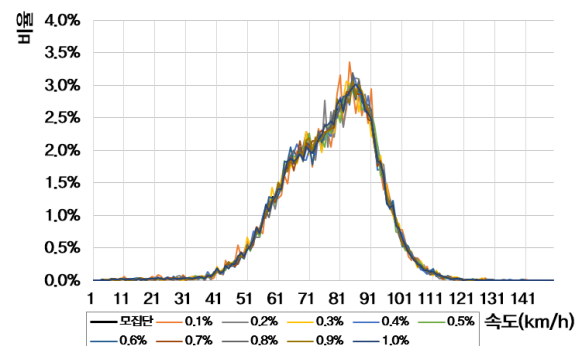
<그림 3-10> Probe와 타 시스템의 시간대별 속도분포 비교

## 나. 평가방법 ② : 붓스트랩(bootstrap) 방법을 이용한 Probe 표본의 신뢰성 평가

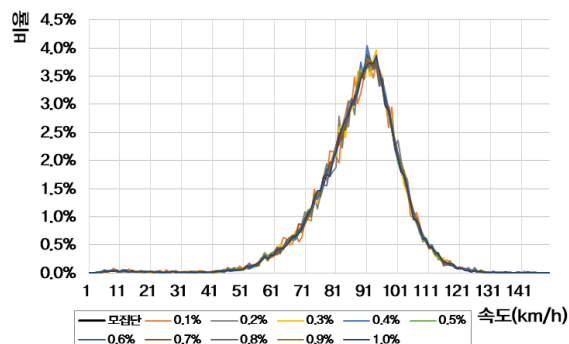
- Probe자료를 이용하여 현재의 교통상황을 설명할 수 있는지 여부를 평가하는 과정으로, 최소표본율 설정을 위한 과정임
  - 본 연구에서는 Probe의 속도분포를 TCS 교통량으로 환산하여 참값으로 가정한 후 표본비율에 따른 Probe 속도분포에 대한 신뢰성 검증을 수행함
- Probe 속도분포의 신뢰도 평가방법은 붓스트랩(bootstrap) 방법을 이용하였고 평가방법은 다음과 같음
  - Step1 : 대상 톨게이트 구간 8개 선정(도시부 4개, 지방부 4개)
  - Step2 : 해당 구간에 대한 연평균 Probe 속도분포 자료 구축
  - Step3 : Step2의 자료를 이용하여 붓스트랩 방법 적용 → 최소표본율(%) 산정(모집단과 표본 집단간의 상관성분석, 산점도 활용)
- Probe의 최소표본율을 검증하기 위해 붓스트랩 방법을 통해 모집단 대비 0.1%~1.0%까지 표본율에 따라 실제 모집단의 교통상황(속도분포)과의 유사성을 평가하였음
- 도시부 톨게이트 대상 중 군자, 남양주TG를 대상으로 분석을 수행한 결과는 다음과 같음



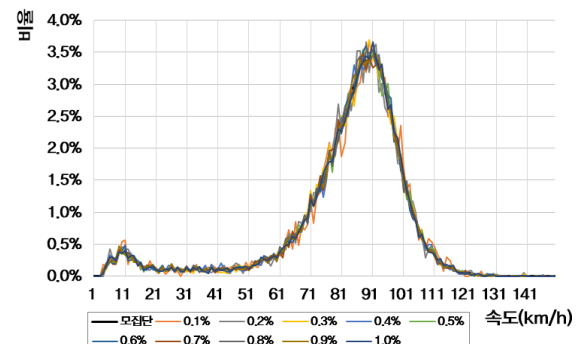
<군자TG 평일 : 표본율(0.1~1.0%)>



<군자TG 주말: 표본율(0.1~1.0%)>

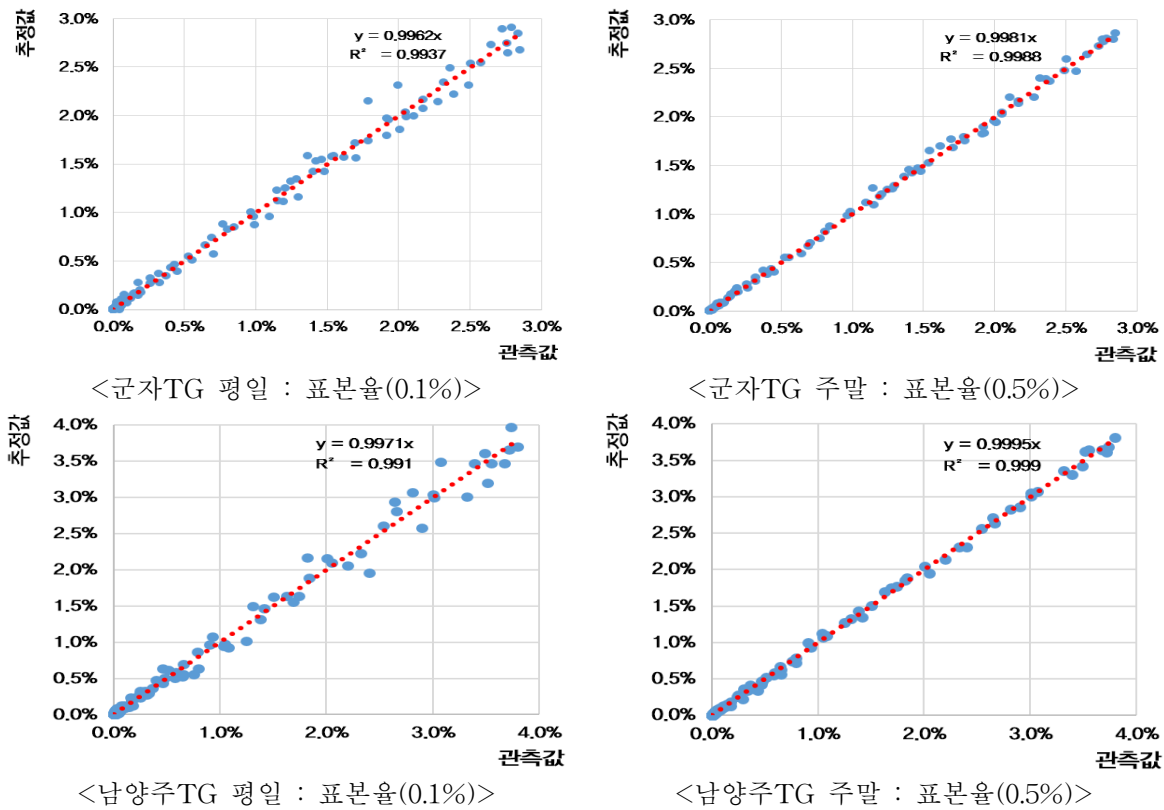


<남양주TG 평일 : 표본율(0.1~1.0%)>



<남양주TG 주말: 표본율(0.1~1.0%)>

<그림 3-11> 표본율에 따른 Probe의 속도분포(도시부)



<그림 3-12> 표본율에 따른 관측속도분포와 Probe의 속도분포의 관계(도시부)

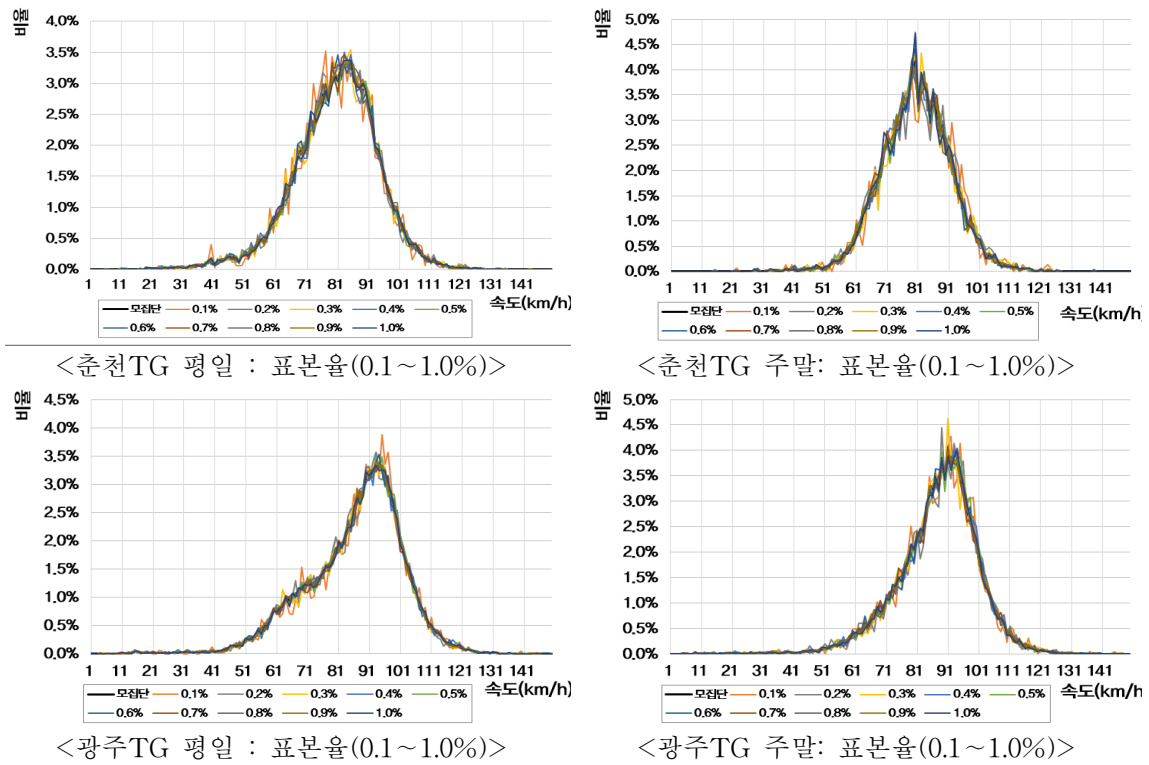
- 도시부 톨게이트를 대상으로 모집단의 연평균 속도분포와 표본율에 따른 속도분포의 상관성을 분석한 결과 표본율 0.1%인 경우에도 0.996의 높은 상관성을 보이는 것으로 나타남
- 도시부 고속도로의 Probe 표본율은 평균 1.25%로 Probe 자료로 해당 구간의 속도분포를 설명하는데 있어 충분한 설명력이 있는 것으로 분석됨

<표 3-6> 표본율에 따른 상관성 분석결과(통행속도 : 도시부 톨게이트)

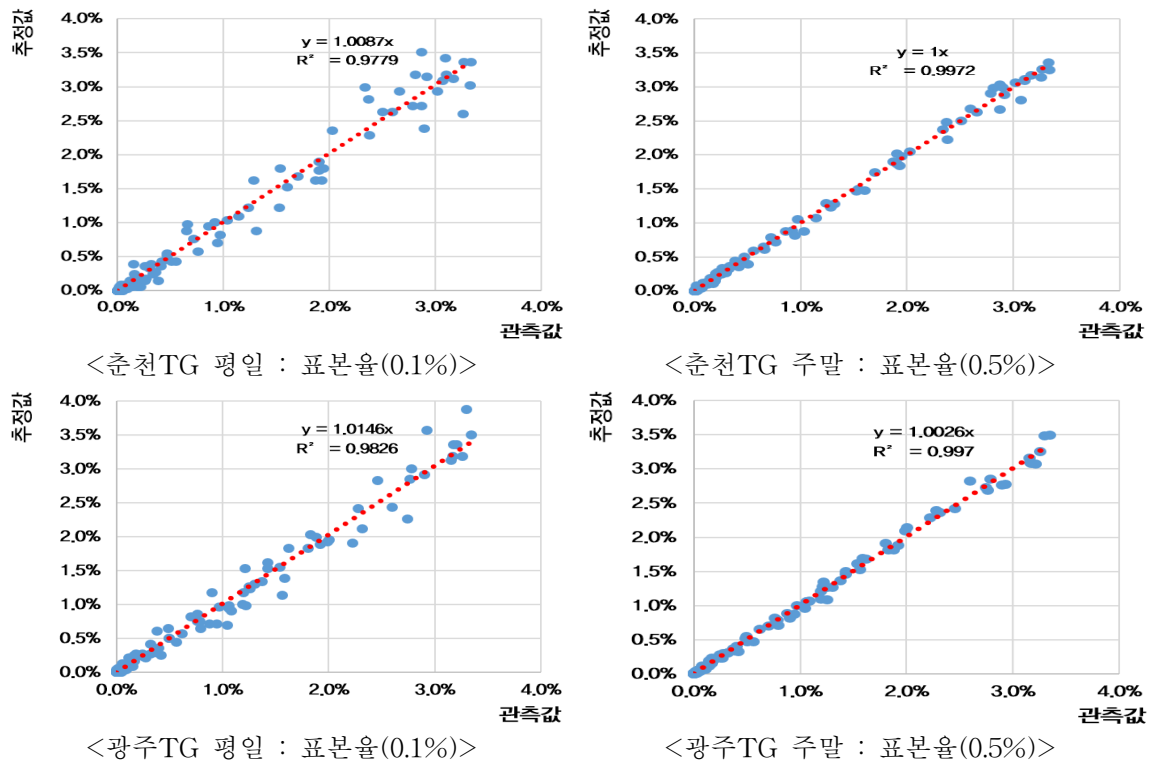
구분	톨게이트	요일	AADT (대/일)	Probe 표본율	표본율										
					0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%	
도 시 부	서울	평일	107,100	1.35%	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
		주말	106,060	1.37%	0.998	0.998	0.999	0.999	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	
	서서울	평일	100,676	1.22%	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
		주말	94,055	1.23%	0.995	0.997	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	0.999	1.000	
	군자	평일	50,569	1.35%	0.997	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	
		주말	45,866	1.34%	0.993	0.996	0.997	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	
	남양주	평일	29,030	1.05%	0.995	0.997	0.999	0.999	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	
		주말	37,357	1.07%	0.992	0.995	0.997	0.998	0.998	0.998	0.999	0.998	0.999	0.999	
	평균			71,339	1.25%	0.996	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000

- 지방부 톨게이트 대상 중 춘천, 광주TG를 대상으로 분석을 수행한 결과는 다음과 같음





<그림 3-13> 표본율에 따른 Probe의 속도분포(지방부)



<그림 3-14> 표본율에 따른 관측속도분포와 Probe의 속도분포의 관계(지방부)

- 지방부 톨게이트를 대상으로 모집단의 연평균 속도분포와 표본율에 따른 속도분포와의 상관성을 분석한 결과 표본율이 0.1%인 경우에도 0.990의 높은 상관성을 보이는 것으로 나타남
- 지방부 고속도로의 Probe 표본율은 평균 1.41%로 도시부 보다 다소 높으며, Probe 자료로 해당 구간의 속도분포를 설명하는데 있어 충분한 설명력이 있는 것으로 분석됨

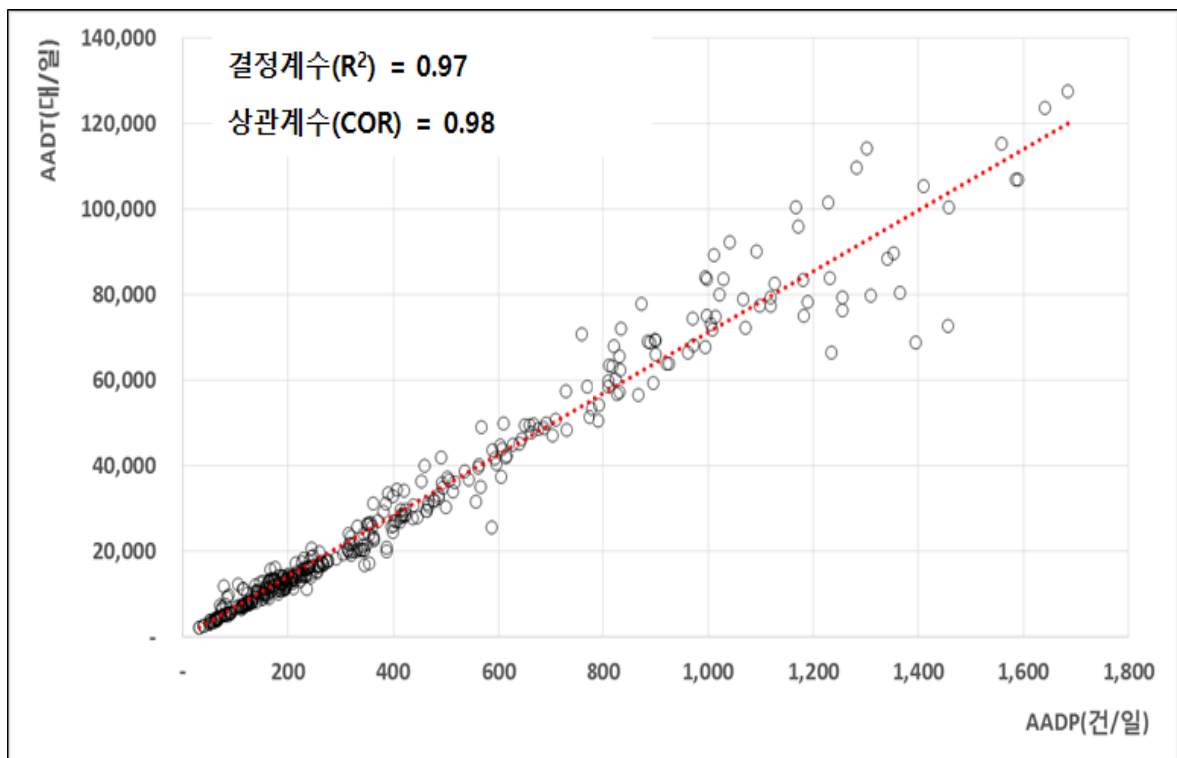
<표 3-7> 표본율에 따른 상관성 분석결과(통행속도 : 지방부 톨게이트)

구분	톨게이트	요일	AADT (대/일)	Probe 표본율	표본율									
					0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%
지 방 부	마산	평일	16,311	1.28%	0.992	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000
		주말	18,687	1.47%	0.981	0.995	0.994	0.997	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.999
	춘천	평일	12,873	0.85%	0.989	0.997	0.996	0.998	0.999	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999
		주말	15,627	0.94%	0.985	0.990	0.994	0.997	0.997	0.997	0.998	0.998	0.998	0.997
	서부산	평일	40,936	1.12%	0.996	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000
		주말	42,544	1.17%	0.994	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
	광주	평일	18,796	1.35%	0.991	0.996	0.998	0.998	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999
		주말	22,705	1.46%	0.992	0.992	0.995	0.997	0.997	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999
	평균		20,750	1.41%	0.990	0.995	0.996	0.998	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999

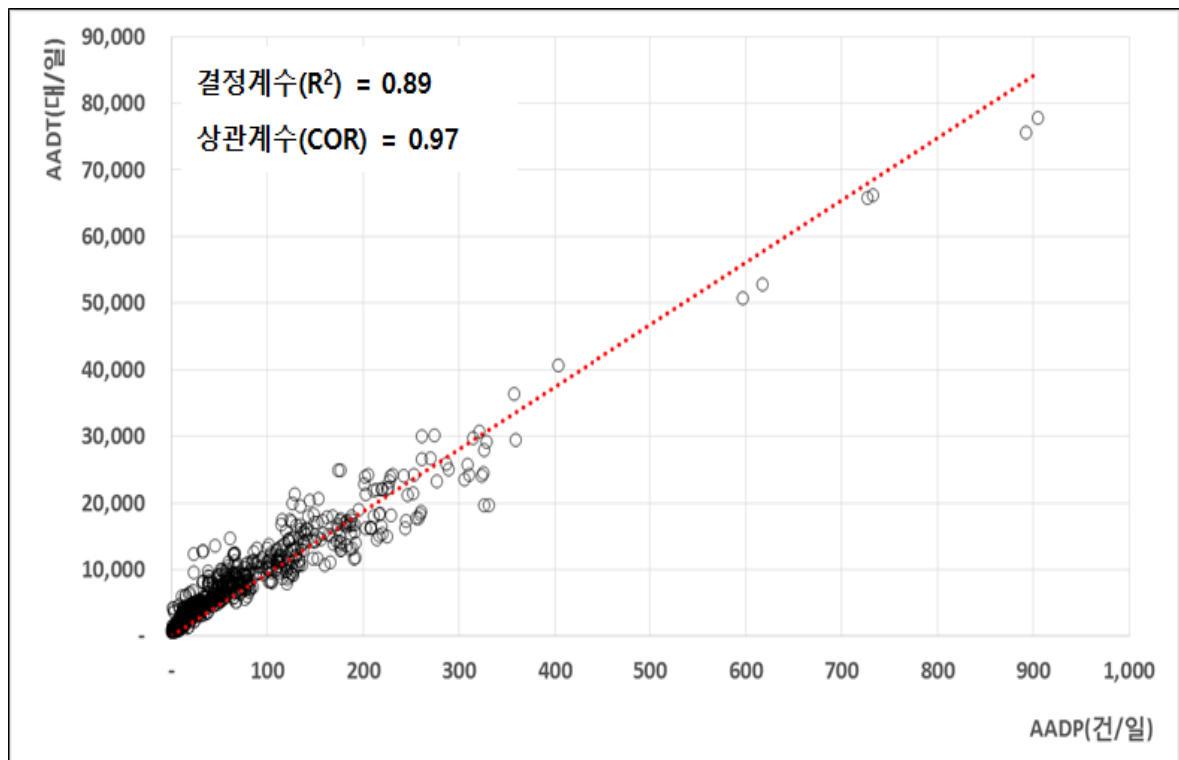
### 3. 관측지점의 AADT와 AADP의 특성분석

- 상시조사는 특정 지점에 자동 차종분류 장비(AVC)를 설치하여 1년 365일 24시간 연속으로 통과차량의 차종별, 방향별, 시간대별로 수집함으로써 요일별, 계절별 교통량 변동특성을 분석하고, 인근 수시조사 지점의 연평균 일교통량(AADT) 추정에도 활용함
- 수시조사는 교통량 자료가 필요하다고 판단되는 도로 구간에 대하여 관측원을 배치하여 특정일(10월 셋째주)을 대상으로 조사가 이루어지고 있으며, 연평균일교통량은 인근지역의 상시조사지점의 요일별, 계절별 변동특성 계수를 활용하여 산정됨
- 따라서, 수시조사 지점의 연평균 교통량은 1년을 대표하는 교통량으로의 설명력에는 한계가 있으므로 상시조사지점의 연평균일교통량(AADT)과 연평균일 프로브대수(AADP)와의 상관성에 대하여 분석을 수행함
- 추가적으로 도시부 도로의 관측교통량과 AADP와의 상관성 분석을 위해 서울시 교통량조사 자료를 활용하였음

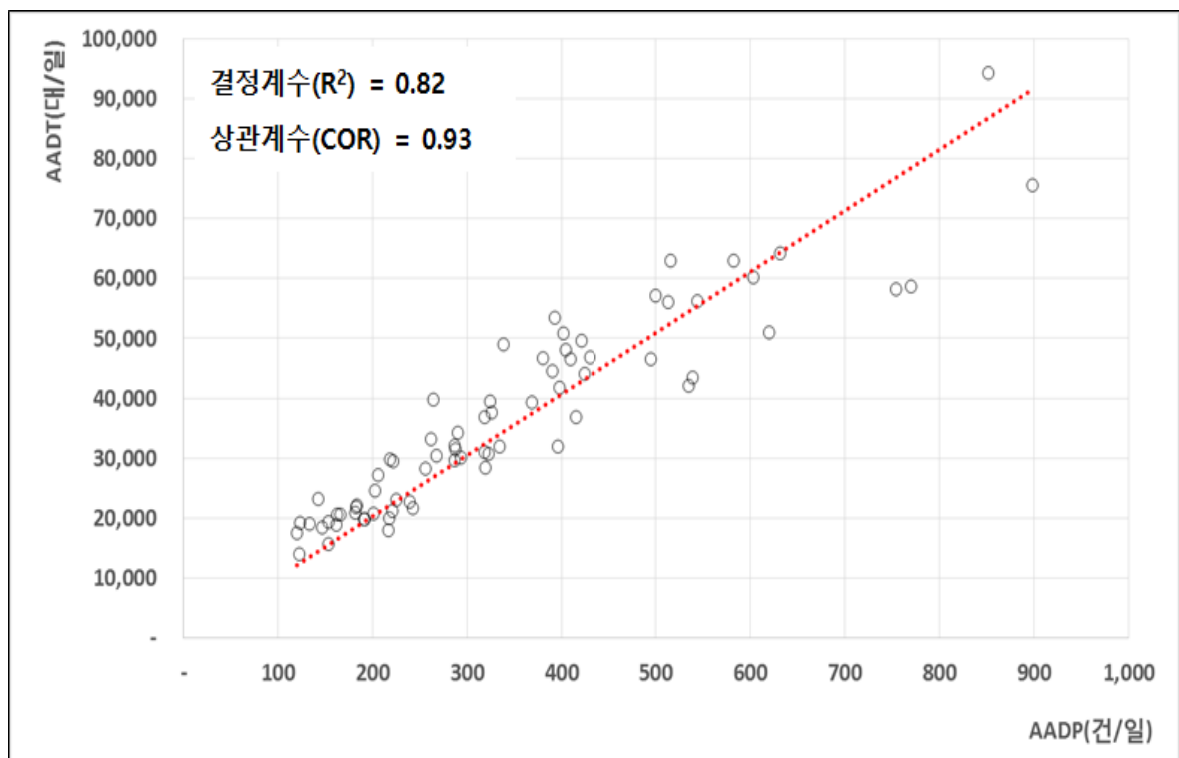
- 서울시 교통량 조사는 1년 중 교통량을 대표할 수 있는 기간인 10월 넷째주 1주일간의 교통량 자료를 기본으로 분석하여 교통운영에 활용 할 수 있도록 하였으며, 조사지점에 차량검지기(Loop)를 매설하고, 교통량측정기를 설치하여 전용선을 연결한 통신망을 활용하여 On-line 조사를 수행하고 있음
- 따라서, 인력조사인 수시조사 교통량에 비하여 자료의 신뢰성이 높으므로 분석에 사용함
- 고속도로 상시조사지점 AADT와 AADP의 상관성 분석결과 0.98로 상관성이 매우 높은 것으로 나타났으나, 교통량이 많은 지점에 대한 상관성은 다소 낮은 것으로 나타남
- 일반도로 상시조사지점 AADT와 AADP의 상관성 분석결과 0.97로 고속도로와 유사한 상관성을 보였으나, 결정계수는 0.89로 고속도로(0.97)에 비하여 다소 낮은 것으로 나타남
- 서울시 교통량 조사지점의 AADT와 AADP의 상관성 분석결과는 상시조사지점 보다는 다소 낮게(0.93) 나타났으나, 프로브의 자료의 설명은 상당히 우수한 것으로 나타남
- 즉, 내비게이션 Probe 자료가 고속도로뿐만 아니라 도시부 도로의 교통량을 설명하기에 충분한 것으로 판단됨



<그림 3-15> 고속도로 상시조사지점 AADT와 AADP와의 상관성분석 결과



<그림 3-16> 일반도로 상시조사지점 AADT와 AADP와의 상관성분석 결과



<그림 3-17> 서울시 조사지점의 AADT와 AADP와의 상관성분석 결과

## 제4장 개별링크 교통량 추정 및 DB 구축

---

제1절 추정 개요

제2절 미관측 도로구간의 일교통량 추정  
방법론 개발

제3절 미관측 도로구간의 시간대별 교통량  
추정 방법론 개발

제4절 링크구간별 추정 교통량 DB 구축

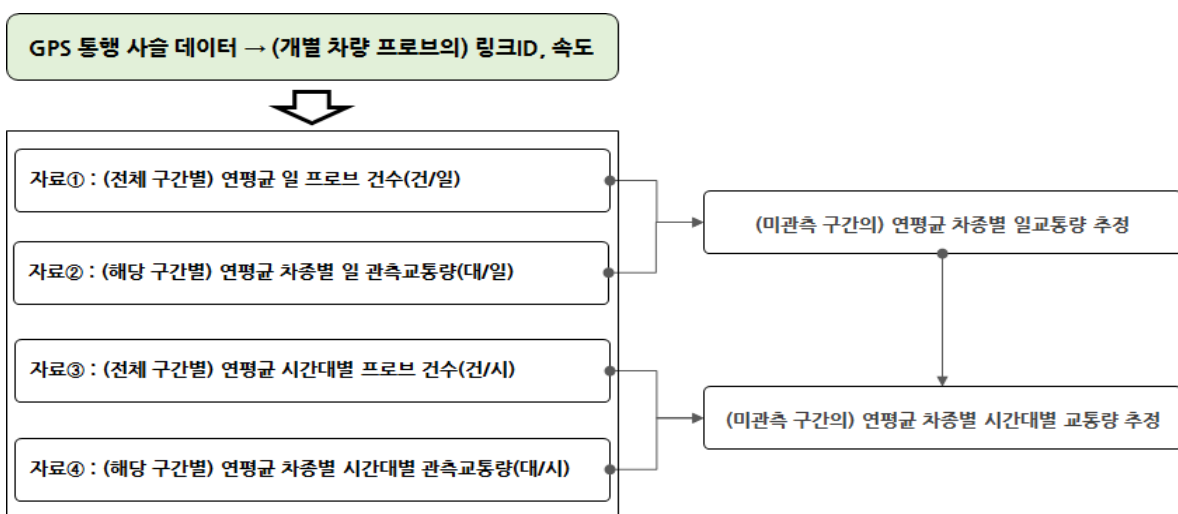
제5절 추정교통량 오차 검증



## 제4장 개별링크 교통량 추정 및 DB 구축

### 제1절 추정 개요

- 교통량은 속도, 밀도와 더불어 교통 연구 분야에서 거시적인 교통류 변수로 이용되고 있으며, 특히 연평균 일교통량(AADT)의 경우는 장래 교통수요 예측, 계획도로의 차로 수 결정, 교통 시설의 규모 결정 등 다양한 교통관련 분야의 의사결정을 위한 핵심적인 변수로 이용되고 있음
- 도로교통량 조사는 크게 상시조사와 수시조사로 구분되며, 전국적으로 교통량을 알 수 있는 교통량 조사 지점은 KOTI Level 6 네트워크의 전체 링크구간 기준으로 약 1.9% 수준에 해당 됨. 즉, 관측링크 구간을 제외한 나머지 98.1%의 미관측 구간에 대한 현황 교통량 자료는 알 수가 없음
- 또한, 교통량 조사 지점을 제외한 나머지 98.1%의 링크 구간에 대한 현황 교통량을 파악하기 위하여 대규모 교통량 조사장비와 인력을 투입하는 것은 범국가적인 차원에서 예산 낭비이므로 기존의 설치된 교통량 조사 지점의 교통량 조사 자료를 이용하여 나머지 미 관측 구간에 대한 교통량을 추정할 수 있는 방법론을 개발하는 것이 더 효율적이라고 판단됨
- 따라서, 본 연구에서는 현재 설치되어 있는 기관별 도로교통량 조사지점의 교통량 자료와 차량용 내비게이션 프로브 자료를 이용하여 미관측 구간의 교통량을 추정할 수 있는 모형을 개발하고자 함. 여기서, 교통량을 추정하기 위한 입력 자료는 (일 또는 시간대별)프로브 건수와 관측교통량 자료가 필요하며, 개별링크 교통량 추정을 위한 입력 자료의 흐름도는 <그림 4-1>과 같음



<그림 4-1> 개별링크 교통량 추정을 위한 입력 자료의 흐름도

## 제2절 미관측 도로구간의 일교통량 추정 방법론 개발

### 1. 개발방향 설정

- 현재 전국 도로망 기준으로 볼 때 도로 교통량 조사지점은 상당히 부족한 실정이며, 즉 교통량 조사지점을 제외한 나머지 미관측 구간에 대한 현황 교통량 조사 자료는 알 수가 없음
- 이러한 미관측 도로구간의 현황 교통량을 조사하기 위하여 대규모 교통량 조사장비와 인력을 투입하는 것은 범국가적인 차원에서 예산 낭비이므로 현재 설치되어 있는 교통량 조사 지점의 자료를 최대한 활용하여 미관측 도로구간의 교통량을 추정할 수 있는 합리적인 방법론을 개발하는 것이 더 효율적이라 판단됨
- 따라서, 본 연구에서는 차량용 내비게이션 프로브 자료와 각 기관별 도로교통량 조사 자료를 이용하여 미관측 도로구간의 (일 또는 시간대별)교통량을 추정하기 위한 모형을 개발하고자 하며, 본 개발모형은 향후 GIS 기반의 교통량 추정시스템의 탑재를 위하여 단순하고 일반화된 모형으로 개발해야 함

### 2. 요구조건 분석

- 본 연구의 교통량 추정모형 개발에 앞서 먼저 모형의 용도와 운영환경 등을 고려한 요구조건 분석이 선행되어야 하며, 특히 개발모형은 향후 GIS 기반 교통량 추정시스템의 탑재를 위하여 일부 특정 구간이 아닌 전국 미 관측 도로 구간에 대한 교통량 추정을 목표로 해야 함
- 즉, 전국 모든 도로 구간에 적용이 가능한 일반화된 교통량 추정 모형으로 개발해야 하며, 적용되는 파라미터는 모두 최적화 되어야 하고 다음과 같은 요구 조건을 고려하여 모형을 개발하고자 함
  - 수용 가능한 추정오차 수준 확보(5~15%)
  - 모든 도로구간에 적용할 수 있어야 함
  - Simplified + expert-friendly + 파라미터 자동 정산
  - Data기반 + Behavior 기반 Nonparametric + Parametric
  - 통상적인 사회·경제지표의 적용은 어려우므로 이 보다 강력한 설명변수 필요
  - 교차로 회전교통량과 IC/JC 연결로 교통량을 추정



- 전국 대상 System 지향적 모형 개발
- 차종구성비를 동시에 추정해야 함
- Estimation 기능을 내재적으로 포함(관측오차 최소화)
- 인접지역 조사교통량 활용이 가능해야 함
- 소수의 관측지점의 자료만으로 추정이 가능해야 하며, 도로별 구간별 수요특성이 반영되어야 함
- AADT 수준에서 시간대별 교통량을 추정해야 함

### 3. 추정문제의 정의

#### 가. 입/출력 데이터 정의

- 본 연구의 개발모형은  $k$ 개의 최근린 이웃 기법과 단순선형회귀모형이 결합한 형태의 교통량(AADT) 추정모형으로 개발하는 것임
- 개발모형의 입력 데이터는 주어진 대상구간( $t$ )에 대하여 ①연평균 일 프로브통행량( $p_t$ ), ②연평균 일교통량( $q_t$ ), ③대상구간과 인접한  $k$ 개의 관측구간 간의 KNN 집합( $X_{t,i}^c, i \in k$ )으로 정의하며, KNN 집합( $X_{t,i}^c$ )의 정의는 다음과 같음

$$X_{t,i}^c = [x_{t,1}^c, x_{t,2}^c, \dots, x_{t,k}^c], i \in k$$

$$c = [p, q, d]$$

- 여기서,  $d$ 는 대상구간과 인접한  $k$ 개의 관측구간 간의 최단경로거리이며, 대상구간으로부터  $d$ 가 짧은 관측구간 순으로  $i=1$ 부터  $k$ 까지 입력데이터 집합  $c$ 를 구축함
- 개발모형의 출력 데이터는 주어진 대상구간( $t$ )에 대하여 연평균 일 추정교통량( $\hat{q}_t$ )으로 정의함

#### 나. 교통량 추정모형 식 설정

- 본 연구의 교통량 추정 모형은 AADP(건/일)와 AADT(대/일)의 상관관계가 양의 방향으로 강한 선형관계를 가진다는 조건과 AADP 자료가 전체 통과차량 중 특정 내비게이션을 이용하는 표본 차량에 해당되므로 기본교통량(Background Volume)을 고려해야 함

- 따라서, 본 연구의 추정모형 형태는 단순회귀모형의 형태와 동일한  $y = a + bx$  형태가 되어야 하며, 주어진 대상구간( $t$ )에 대한 추정모형 식은 다음과 같음

$$\hat{q}_t = \hat{e}_t \times p_t + \hat{q}_{t,b}$$

여기서,  $\hat{q}_t$  = 대상구간( $t$ )의 연평균 일 추정교통량(대/일)

$\hat{e}_t$  = 대상구간( $t$ )의 추정모형 식 기울기(Expansion Factor)

$p_t$  = 대상구간( $t$ )의 연평균 일 프로브통행량(건/일)

$\hat{q}_{t,b}$  = 대상구간( $t$ )의 추정모형 식 상수항(Background Volume)

#### 다. 추정모형 식의 목적함수 설정

- 본 연구의 AADT 추정 문제는 주어진 대상구간( $t$ )에 대하여 추정 모형 식으로 추정된  $i$ 개 ( $i \in k$ )의 연평균 일 추정교통량( $\hat{q}_{t,i}$ )과 관측 값인 연평균 일교통량( $q_{t,i}$ )의 추정오차를 최소화 시키는 문제라 할 수 있으며, 본 연구의 목적 함수는 다음과 같이 정의함

Given  $p_t, q_t, X_{t,i}^c, c = [p, q, d]$  near by Target Link,  $i \in k$

Estimate Target Link  $\hat{q}_t$  with min. of  $MAPE(\%)$

$$MAPE(\%) = \frac{\sum_{i=1}^k (|q_{t,i} - \hat{q}_{t,i}| / q_{t,i})}{k} \times 100 \times w_{t,i}$$

$$\text{subject to } \hat{q}_{t,b} > 0, \hat{e}_t > 0, 0 < \hat{q}_{t,b} \leq \hat{q}_{t,\max}, \hat{e}_{t,\min} < \hat{e}_t < \hat{e}_{t,\max}$$

여기서,  $q_{t,i}$  = 대상구간( $t$ )의  $i$ 번째 멤버의 연평균 일교통량(대/일)

$\hat{q}_{t,i}$  = 대상구간( $t$ )의  $i$ 번째 멤버의 연평균 일 추정교통량(대/일)

$w_{t,i}$  = 대상구간( $t$ )의  $i$ 번째 멤버의 가중치(0~1)

- 위에서 적용한 평균 절대 백분위 오차(Mean absolute percentage error, 이하 MAPE(%))는 교통량과 같이 관측치와 추정치의 변동 폭이 큰 경우에 직관적이면서 공정한 평가의 기준을 제공해 줄 수 있는 것으로 나타남(Smith et al., 2002)

#### 4. 링크구간별 교통량 추정 모형 개발

- 미관측 도로구간의 교통량(AADT)을 추정하기 위한 입력 자료는 주어진 대상구간( $t$ )에 대하여 ①연평균 일 프로브통행량( $p_t$ ), ②연평균 일교통량( $q_t$ ), ③대상구간과 인접한  $k$ 개의 관측구간 간의 KNN 집합( $X_{t,k}^c$ ,  $c = [p, q, d]$ ,  $k \in k_{\max}$ )으로 정의한다. 여기서,  $d$ 는 대상구간과 인접한  $k$ 개의 관측구간 간의 최단경로거리이며, 대상구간으로부터  $d$ 가 짧은 관측구간 순으로  $k=1$ 부터  $k_{\max}$ 까지 입력데이터 집합  $c$ 를 구축함
- 미관측 도로구간의 교통량(AADT)을 추정하는 과정은 ①(관측구간을 대상으로)대상구간( $t$ )과 인접한  $k$ 개( $k_{\min} \leq k \leq k_{\max}$ )의 관측구간 간 오차곡선( $EC_{t,k}$ ) 구축, ②(미관측 구간을 대상으로)대상구간( $t$ )과 인접한  $n$ 개( $k_{\min} \leq n \leq k_{\max}$ )의 오차곡선에 대한  $k$ 값별 평균 오차가 최소화 되는 최적 파라미터( $k_t^o$ ) 산출, ③(미관측 구간을 대상으로)대상구간( $t$ )의 연평균 일 프로브통행량( $p_t$ )을 적용하여 연평균 일 추정교통량( $\hat{q}_t$ ) 추정으로 총 3단계에 걸쳐 대상구간( $t$ )의 교통량(AADT)를 추정함
- Step 1: (관측구간을 대상으로)대상구간( $t$ )과 인접한  $k$ 개의 관측구간 간 오차곡선 구축
  - STEP 1에서는 관측구간을 대상으로 주어진 대상구간( $t$ )의 입력자료( $p_t$ ,  $q_t$ ,  $X_{t,k}^c$ ,  $c = [p, q, d]$ ,  $k_{\min} \leq k \leq k_{\max}$ )를 이용하여 최단경로거리( $d$ )의 순서대로 구축된  $k$ 개의 멤버를  $k_{\min}$ 부터  $k_{\max}$ 까지( $k_{\min} \rightarrow k_{\max}$ )  $k$ 값별로 본 개발모형을 이용하여 추정모형 식을 구축함. 각  $k$ 값별로 구축된 추정모형 식의 오차곡선( $EC_{t,k}$ )을 구축함

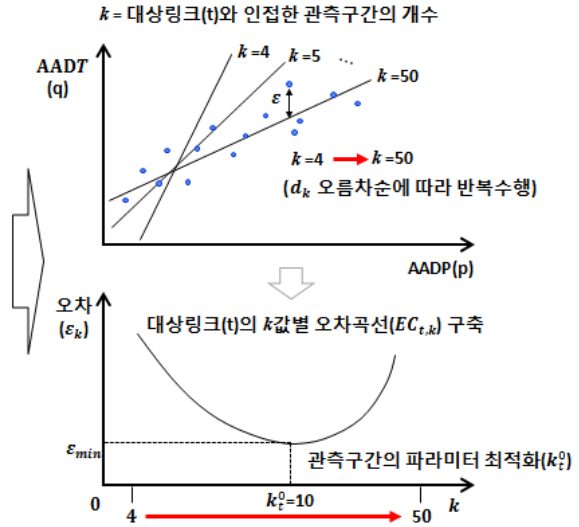
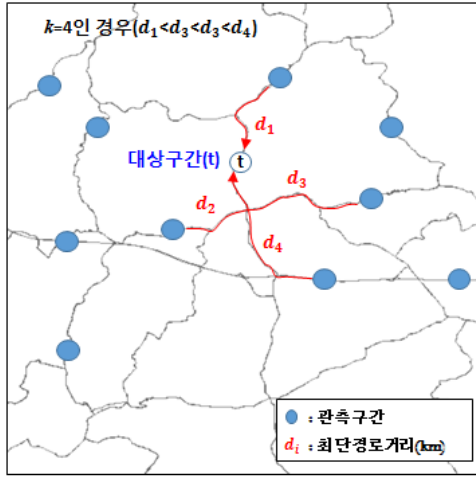
$$EC_{t,k} = \frac{\sum_{i=k_{\min}}^{k_{\max}} \sum_{j=1}^k (|q_{t,i} - \hat{q}_{t,i}|/q_{t,i})}{k} \times 100 \times w_{t,i}, \quad i \in k, \quad k_{\min} \leq k \leq k_{\max}$$

$$\text{subject to } \hat{q}_{t,b} > 0, \hat{e}_t > 0, 0 < \hat{q}_{t,b} \leq \hat{q}_{t,\max}, \hat{e}_{t,\min} < \hat{e}_t < \hat{e}_{t,\max}$$

- 그리고 각  $k$ 값별 오차곡선( $EC_{t,k}$ )에서 오차를 최소화하는 대상구간( $t$ )의 최적 파라미터( $k_t^o$ )를 산출하며, 미관측 구간을 대상으로 해당 대상구간( $t$ )의  $k$ 값에 대한 파라미터를 최적화하는 것임. 최적 파라미터( $k_t^o$ )의 산출 식은 다음과 같음

$$k_t^o = \operatorname{argmin}[EC_{t,k}, k], \quad k_{\min} \leq k \leq k_{\max}$$

-대상구간(t)와 인접한  $k$ 개의 관측구간을 대상으로



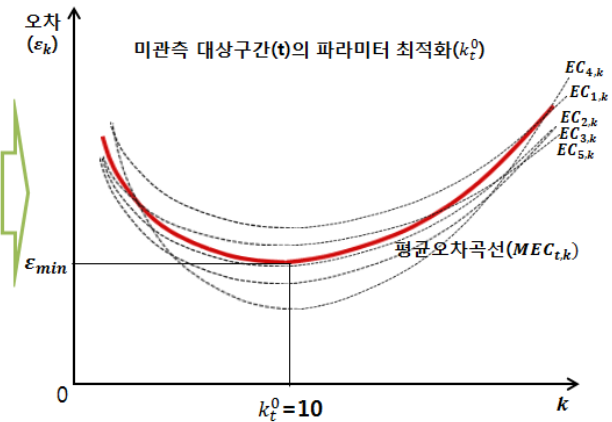
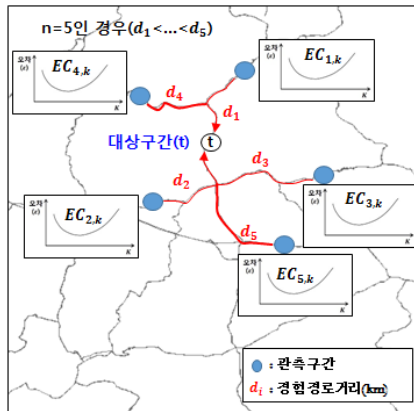
<그림 4-2> 관측 대상구간과 인접한  $k$ 개의 관측구간 간 오차곡선 구축(Step 1)

- Step 2: (미관측 구간을 대상으로)대상구간(t)와 인접한  $n$ 개의 오차곡선에 대한  $k$ 값별 평균 오차가 최소화 되는 최적 파라미터( $k_t^0$ ) 산출

- STEP 2에서는 미관측 구간을 대상으로 대상구간(t)와 인접한  $n$ 개( $k_{min} \leq n \leq k_{max}$ ) 관측구간의 오차곡선( $EC_{t,k}$ )에 대하여  $k$ 값별로 평균 오차곡선( $MEC_{t,k}$ )을 구축함
- $k$ 값별 평균 오차곡선( $MEC_{t,k}$ )에서 오차를 최소화하는 대상구간(t)의 최적 파라미터( $k_t^0$ )값을 산출하며, 이는 미관측 구간을 대상으로 해당 대상구간의  $k$ 값에 대한 파라미터를 최적화하는 것임. 최적 파라미터( $k_t^0$ )의 산출 식은 다음과 같음

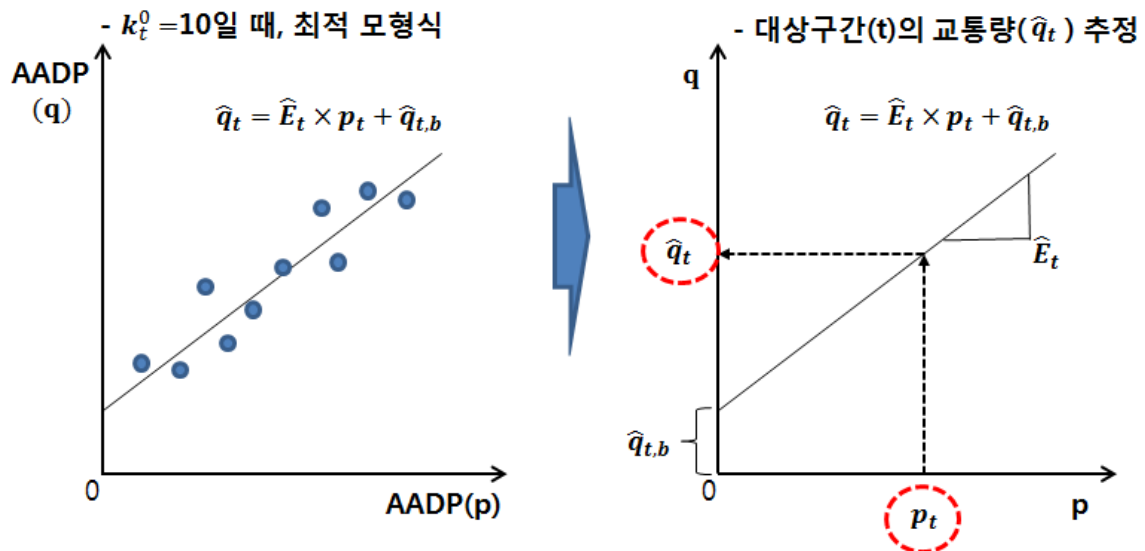
$$k_t^0 = \operatorname{argmin}[MEC_{t,k}, k], k_{min} \leq k \leq k_{max}$$

- 대상구간(t)와 인접한  $n$ 개의 관측구간 대상



<그림 4-3> 미관측 대상구간과 인접한  $n$ 개의 오차곡선에 대한  $k$ 값 파라미터 최적화(Step 2)

- Step 3: (미관측 구간을 대상으로)대상구간( $t$ )의 연평균 일 추정교통량( $\hat{q}_t$ ) 추정
  - STEP 4-1에서는 이전 단계에서 산출한 대상구간( $t$ )의 최적 파라미터( $k_t^o$ )를 이용하여 최종모형 식을 구축하고, 이 식에 대상구간( $t$ )의 연평균 일 프로브통행량( $p_t$ )을 대입하여 연평균 일 추정교통량( $\hat{q}_t$ )을 추정함



<그림 4-4> 미관측 대상구간의 연평균 일 추정교통량 추정(Step 3)

### 제3절 미관측 도로구간의 시간대별 교통량 추정 방법론 개발

- 미관측 도로구간의 시간대별 교통량을 추정하기 위한 입력 자료는 주어진 미관측 대상구간( $t$ )에 대하여 ①대상구간의 연평균 시간대별 프로브 분포비( $p_{t,h}$ ,  $h \in 24$ ), ②대상구간과 인접한  $k$ 개의 관측구간에 대한 연평균 시간대별 프로브 분포비( $p_{k,h}$ ,  $k \in k_t^o$ )와 연평균 시간대별 관측교통량 분포비( $q_{k,h}$ )로 정의함
- 미관측 도로구간의 시간대별 교통량을 추정하는 과정은 앞서 미관측 구간을 대상으로 산출한 최적 파라미터( $k_t^o$ )를 이용하여 대상구간( $t$ )과 인접한  $k_t^o$ 개의 관측 구간에 대한 연평균 시간대별 프로브 통행량( $p_{k,h}$ )과 연평균 시간대별 관측교통량( $q_{k,h}$ )의 오차곡선( $EC_{k,h}$ ,  $k \in k_t^o$ )을 구축함. 그리고  $k_t^o$ 개의 시간대별 오차곡선을 하나의 평균 오차곡선( $MEC_{k,h}$ )으로 구축하고, 이를 이용하여 시간대별 가중치 비율( $r_{t,h}$ )을 산출함
- 따라서, 대상구간( $t$ )의 시간대별 추정교통량( $\hat{q}_{t,h}$ )은 해당 구간의 연평균 일 추정교통량( $\hat{q}_t$ )에서 연평균 시간대별 프로브 분포비( $p_{t,h}$ )와 시간대( $h$ )별 가중치 비율( $r_{t,h}$ )을 곱하여 산출함

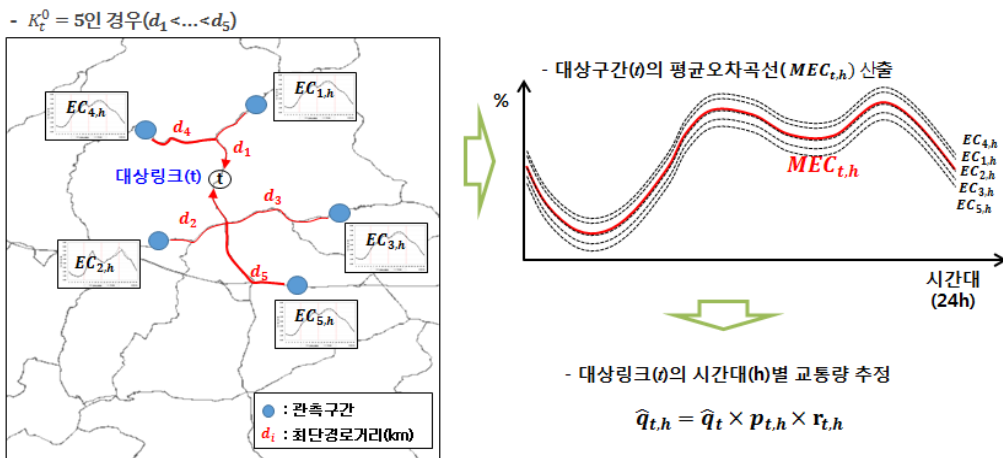
$$\hat{q}_{t,h} = \hat{q}_t \times p_{t,h} \times r_{t,h}$$

여기서,  $\hat{q}_{t,h}$  = 대상구간( $t$ )의 시간대( $h$ )별 추정교통량(대/시)

$\hat{q}_t$  = 대상구간( $t$ )의 연평균 일 추정교통량(대/일)

$p_{t,h}$  = 대상구간( $t$ )의 시간대( $h$ )별 프로브 분포비(0~100%)

$r_{t,h}$  = 대상구간( $t$ )의 시간대( $h$ )별 가중치 비율(0~100%)



<그림 4-5> 미관측 대상구간의 시간대별 교통량 추정

## 제4절 링크구간별 추정 교통량 DB 구축

- 일 추정교통량(대/일)은 개별 링크구간 단위의 차종별로 추정교통량 DB를 구축하며, 이 중 관측 조사지점에 해당하는 구간은 해당 구간의 관측교통량을 그대로 이용함
  - 대상지역 : 전국
  - 총 링크 개수 : 962,584개(KOTI Level 6 네트워크 기준)
  - 차종 : 4개 차종(승용차, 버스, 트럭, 전체)
  - 대표속도 DB 규모 : 약 3.9백만개 Column(962,584개 링크구간 × 4개 차종)
- 링크구간별 차종별 추정교통량(대/일)의 DB구축 형태는 <표 4-1>과 같음

<표 4-1> 링크구간별 차종별 일 추정교통량의 DB구축 형태

구분	일 추정교통량(대/일)			
	승용차( $\hat{q}_{auto}$ )	버스( $\hat{q}_{bus}$ )	트럭( $\hat{q}_{truck}$ )	계( $\hat{q}_{total}$ )
링크구간 1	613	19	226	858
링크구간 2	1,974	69	564	2,607
링크구간 3	2,166	66	612	2,844
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
링크구간 n-2	8,398	724	2,023	11,145
링크구간 n-1	8,408	736	2,003	11,147
링크구간 n	9,546	739	1,394	11,679

- 시간대별 추정교통량(대/시)은 개별 링크구간 단위의 차종별 시간대별로 추정교통량 DB를 구축하며, 이 중 관측 조사지점에 해당하는 구간은 해당 구간의 차종별 시간대별 관측교통량을 그대로 이용함
  - 대상지역 : 전국
  - 총 링크 개수 : 962,584개(KOTI Level 6 네트워크 기준)
  - 차종 : 4개 차종(승용차, 버스, 트럭, 전체)
  - 시간대 개수 : 24개(00~24시간)
  - 대표속도 DB 규모 : 약 92.4백만개 Column(962,584개 링크구간 × 4개 차종 × 24개 차종)
- 링크구간별 차종별 시간대별 추정교통량(대/시)의 DB구축 형태는 <표 4-2>와 같음

<표 4-2> 링크구간별 차종별 시간대별 추정교통량의 DB구축 형태

구분	승용차 추정교통량( $\hat{q}_{auto}$ , 대/일)							
	00~01시	01~02시	02~03시	03~04시	...	22~23시	23~24시	계
링크구간 1	46	36	15	21	...	118	237	18,056
링크구간 2	56	77	25	52	...	522	115	18,195
링크구간 3	54	83	12	71	...	105	336	17,584
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
링크구간 n-2	24	48	13	35	...	138	130	19,145
링크구간 n-1	42	25	5	20	...	389	464	21,443
링크구간 n	65	121	30	91	...	24	108	25,042
구분	버스 추정교통량( $\hat{q}_{bus}$ , 대/일)							
	00~01시	01~02시	02~03시	03~04시	...	22~23시	23~24시	계
링크구간 1	8	2	2	0	...	1	20	156
링크구간 2	1	8	8	0	...	3	13	161
링크구간 3	2	18	8	10	...	4	24	180
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
링크구간 n-2	3	11	9	2	...	8	16	126
링크구간 n-1	9	26	4	22	...	1	2	129
링크구간 n	7	6	0	6	...	4	10	132
구분	트럭 추정교통량( $\hat{q}_{truck}$ , 대/일)							
	00~01시	01~02시	02~03시	03~04시	...	22~23시	23~24시	계
링크구간 1	11	34	17	17	...	11	38	3,150
링크구간 2	21	41	10	31	...	22	41	3,611
링크구간 3	12	74	50	24	...	5	77	3,248
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
링크구간 n-2	11	22	1	21	...	18	20	3,247
링크구간 n-1	19	71	37	34	...	15	26	4,684
링크구간 n	14	28	6	22	...	52	25	4,717
구분	전체 추정교통량( $\hat{q}_{total}$ , 대/일)							
	00~01시	01~02시	02~03시	03~04시	...	22~23시	23~24시	계
링크구간 1	65	72	34	38	...	130	295	21,362
링크구간 2	78	126	43	83	...	547	169	21,967
링크구간 3	68	175	70	105	...	114	437	21,012
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
링크구간 n-2	38	81	23	58	...	164	166	22,518
링크구간 n-1	70	122	46	76	...	405	492	26,256
링크구간 n	86	155	36	119	...	80	143	29,891



### 제5절 추정교통량 오차 검증

- 본 연구에서는 개발모형의 교통량 추정에 대한 정확도를 검증하기 위하여 교통량 조사가 이루어지는 관측구간을 미관측 도로구간으로 가정하고 해당 구간에 본 개발모형을 적용하여 추정된 교통량(AADT)과 실제 관측 값과 비교·분석하였음
- 추정 교통량의 오차 검증을 위하여 평가지표는 ①평균절대비율오차(Mean Absolute Percent Error, MAPE, %), ②평균비율오차(Mean Percent Error, MPE, %)를 적용하였음

$$MAPE(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{|q_i - \hat{q}_i|}{q_i} \right) \times 100}{n}, \quad MPE(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{q_i - \hat{q}_i}{q_i} \right) \times 100}{n}$$

여기서,  $q_i$  = 구간  $i$ 의 관측교통량(대/일)

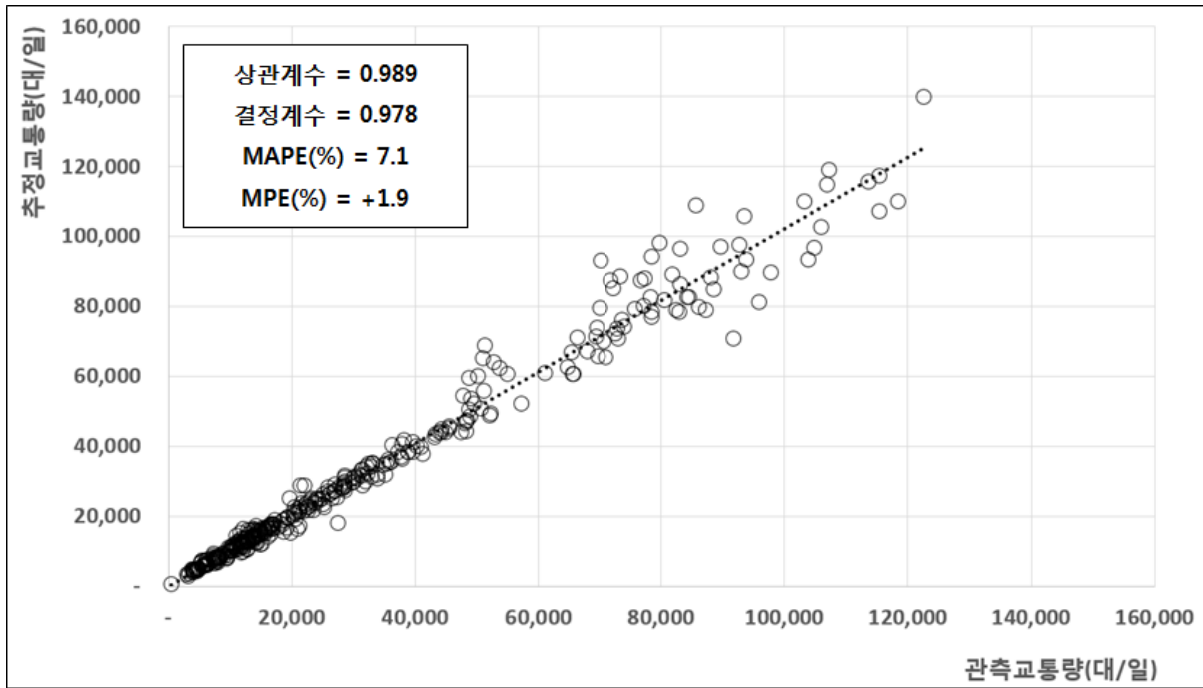
$\hat{q}$  = 구간  $i$ 의 추정교통량(대/일)

$n$  = 전체 구간의 개수(개)

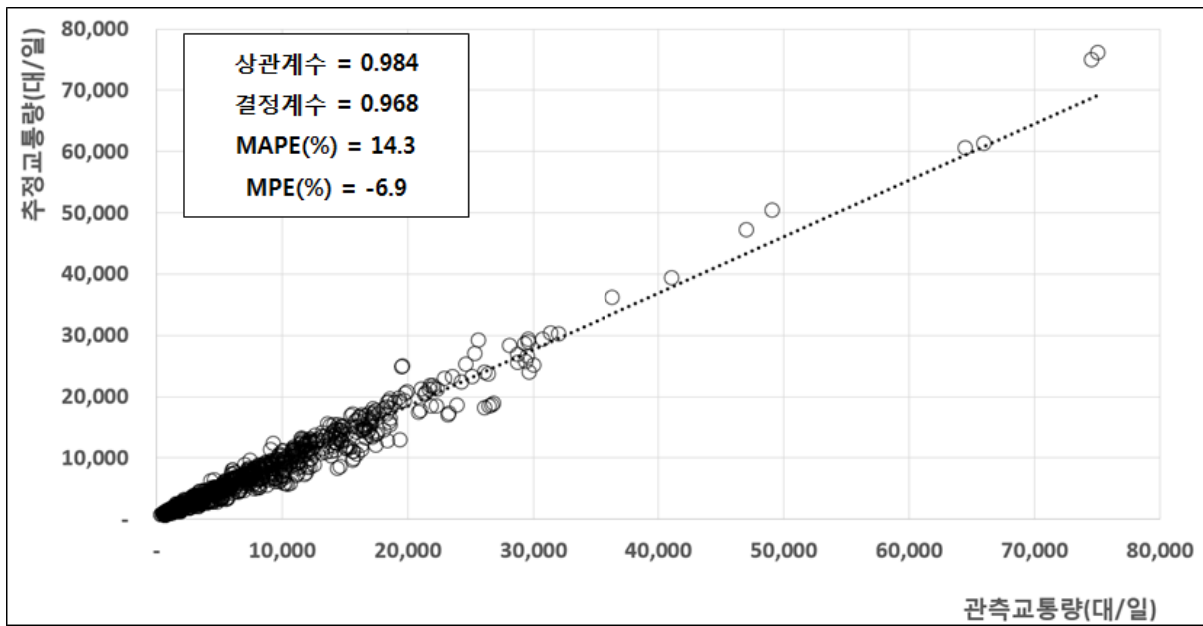
- 전국 도로교통량 조사 구간 중 한국건설기술연구원(이하 건기원)의 고속도로와 일반국도 상시조사 구간과 서울특별시 전체 교통량 조사 구간을 대상으로 관측교통량과 추정교통량에 대한 오차 검증을 수행하였으며, 그 결과는 <표 4-3>과 같음.
- 전체 구간의 MAPE(%)가 7.1~14.3%로 이는 전체 구간에서 수용할 오차 수준(5.0~15.0%)에 도달하는 것으로 분석되었음. 일반국도의 경우 고속도로와 서울특별시에 비해 오차가 크게 나타났으며, 이는 일반국도의 특성 상 차량 내비게이션 이용 빈도와 지점별 관측 교통량의 변동성이 크기 때문인 것으로 판단됨

<표 4-3> 추정교통량의 오차 검증 결과

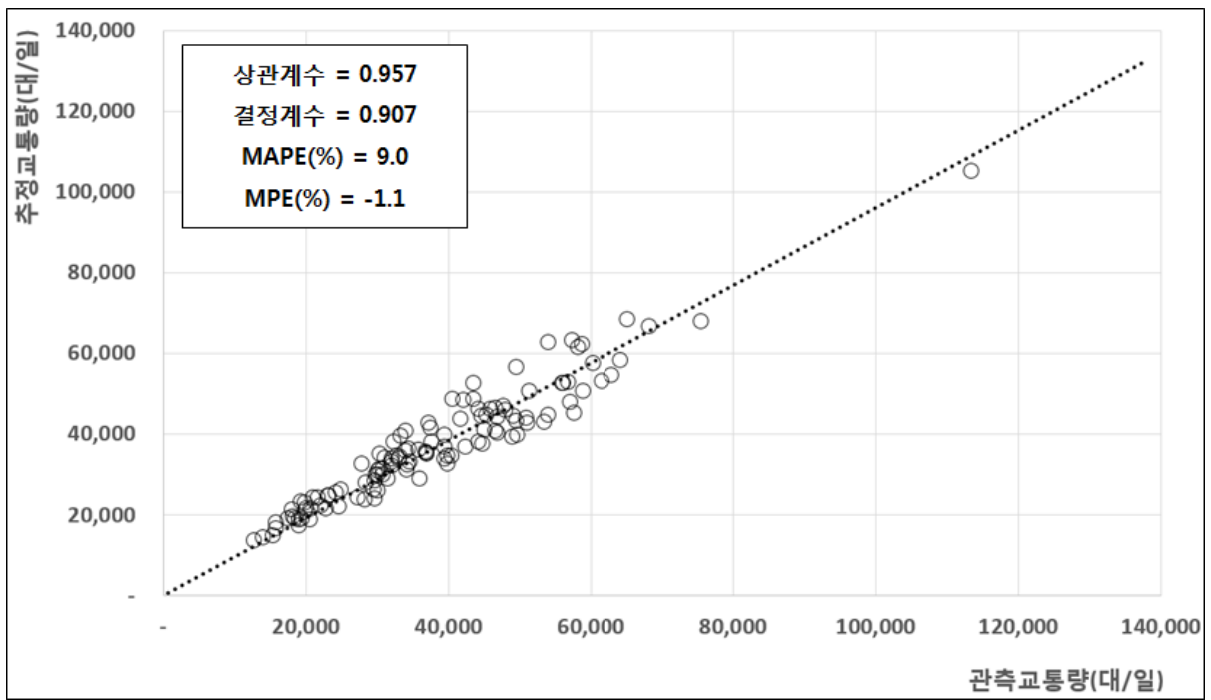
구분	구간개수(개)	상관계수	결정계수	MAPE(%)	MAE(%)
고속도로 (건기원 상시)	364	0.989	0.978	7.1	+1.9
일반국도 (건기원 상시)	986	0.984	0.968	14.3	-6.9
서울특별시	120	0.957	0.907	9.0	-1.1



<그림 4-6> 관측교통량과 추정교통량 산포도(고속도로, 건기원 상시조사)



<그림 4-7> 관측교통량과 추정교통량 산포도(일반국로, 건기원 상시조사)



<그림 4-8> 관측교통량과 추정교통량 산포도(서울특별시)



## **제5장 회전교통량 추정 및 DB 구축**

---

**제1절 회전교통량 추정방법론 개요**

**제2절 회전 교통량 특성 분석**

**제3절 회전 교통량 추정 방법론 개발**

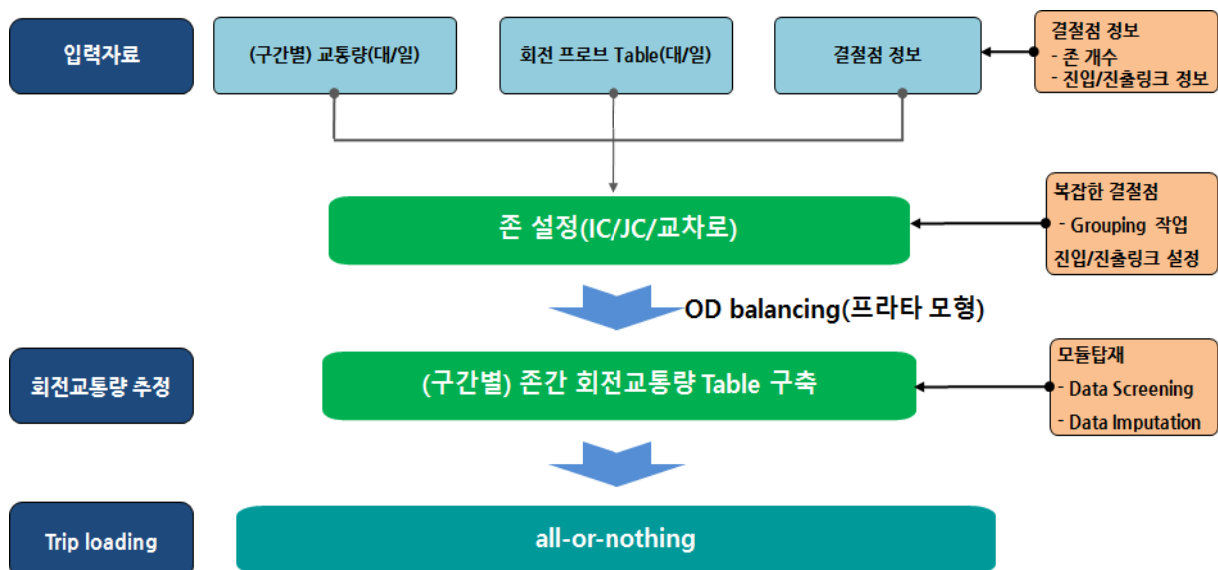
**제4절 회전교통량 추정결과**



## 제5장 회전 교통량 추정 및 DB 구축

### 제1절 회전교통량 추정방법론 개요

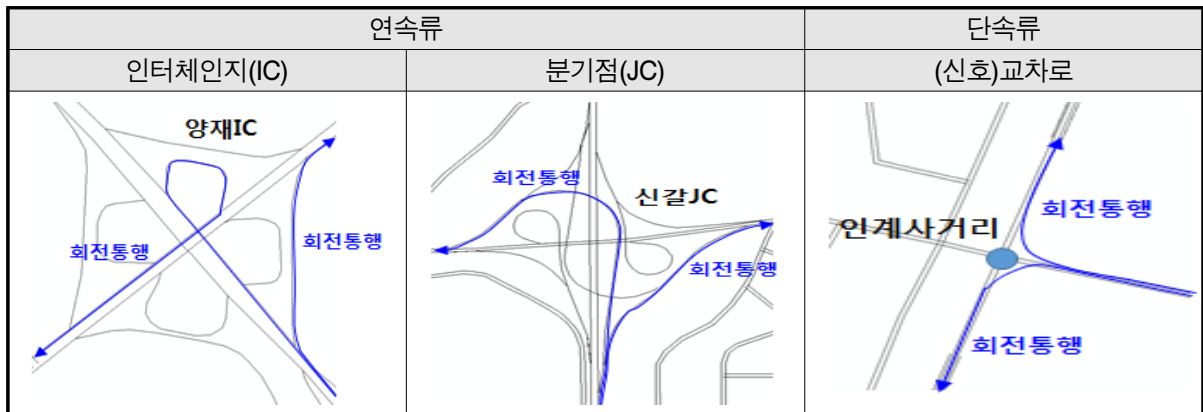
- 본 연구의 내비게이션 데이터 기반의 회전 교통량 추정 방법론을 개발하기 위해서 사용되는 입력자료는 교차로 접근하는 모든 링크에 대한 전수화 교통량과 내비게이션 장차 Probe 차량의 회전교통량 자료가 필요함
- 분석에 사용되는 입력자료는 교차로에 접근하는 모든 진입/진출링크에 대한 연평균일교통량(AADT)과 연평균프로브(AADP) 교통량 자료가 사용되며, 추가적으로 결절점에 대한 정보들이 회전교통량 사용에 사용됨
- 회전교통량 추정의 대상은 기본적으로 2개 링크 이상이 만나는 지점을 대상으로 하였고, 복잡한 네트워크 구조를 갖는 지점에 대해서는 추가로 그룹핑 작업을 수행하였음
- 입력자료로 사용되는 연평균프로브 자료는 From link에서 To link의 경로형태로 구성되며, 프로브의 회전비율과 교차로 접근로의 링크교통량을 이용하여 통행분포 모형 중 프라타(Fratar) 모형을 이용하여 회전교통량을 추정함
- 또한, 프로브 자료는 시스템을 통해 집계된 자료이기 때문에 자료형태 및 교통량이 없는 문제점이 발생할 수 있으므로 분석이전에 검수할 수 있도록 Screening 모듈을 탑재함



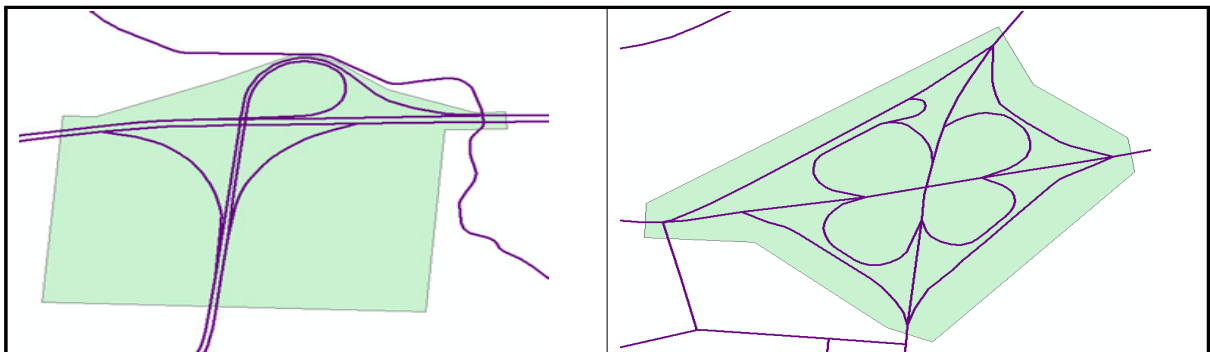
<그림 5-1> 회전교통량 추정방법론 개요

## 제2절 회전 교통량 특성 분석

- 프로브 차량의 링크별 회전 통행량 자료를 이용하기 위해서는 각 회전 링크별 교통량 특성 분석이 선행되어야 함
- 본 연구에서 회전교통량은 기본적으로 모든 교차점을 대상으로 추정을 하게 되며, 복잡한 네트워크 구조의 형태(IC/JC/고가차로/지하차로 등)를 보이는 지역에서는 별도로 Grouping 작업을 수행하여 분석을 수행하였음
- 도로의 회전교통량은 2개 이상의 도로가 만나는 교차점에서 접근하는 도로의 동일 진행방향이 아니라 차량을 회전하여 다른 도로로 진입하는 교통량을 의미함. 도로구간에서의 회전통행은 연속류의 경우 인터체인지(IC)와 분기점(JC)에서 발생하고, 단속류의 경우 대부분 신호교차로에서 차량의 회전통행이 발생하고 있음
- 위의 각 회전 통행발생 지점(교차로, IC, JC)에 대한 대표적인 유형은 아래와 같음



<그림 5-2> 회전 발생 지점의 유형

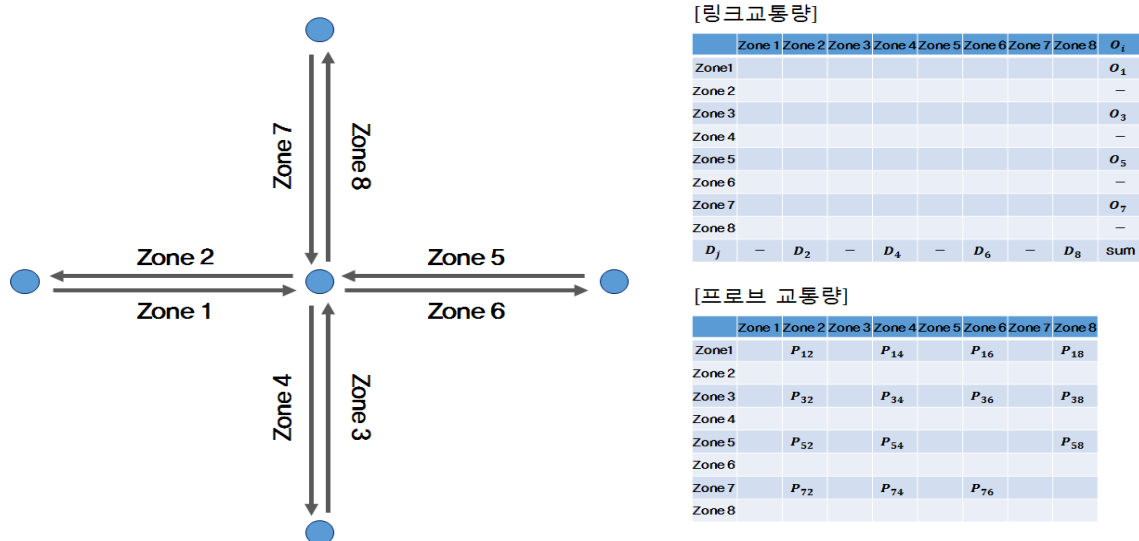


<그림 5-3> 복잡한 네트워크 Grouping 작업

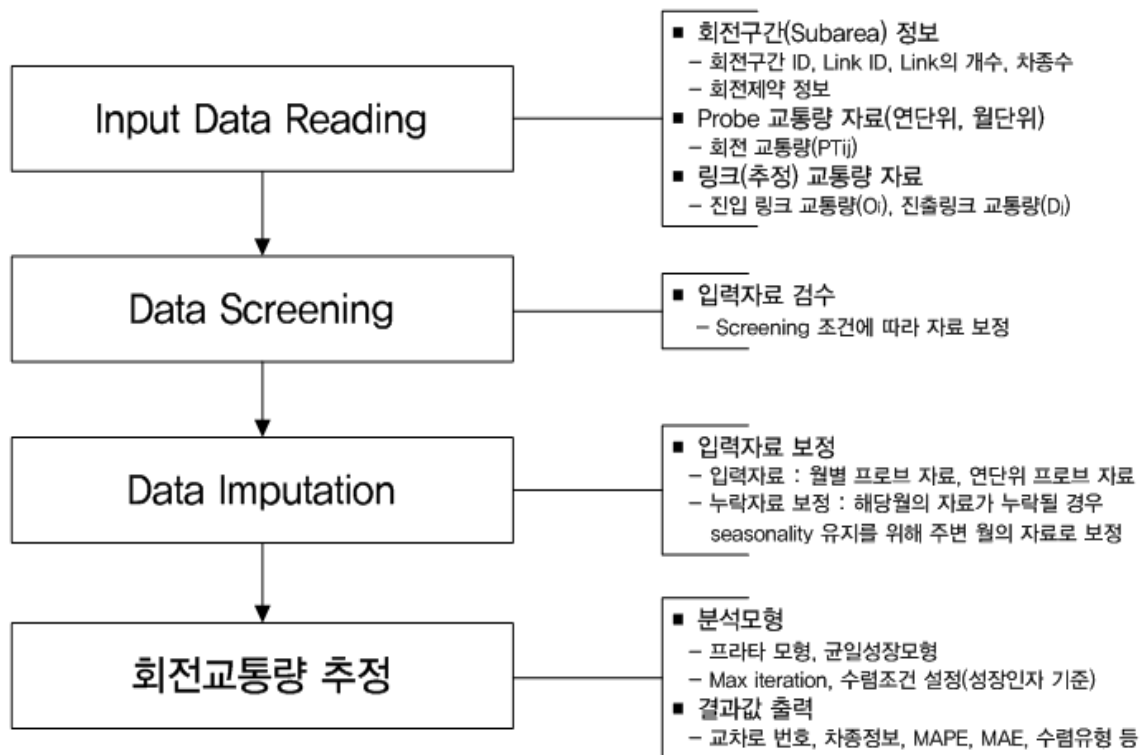


### 제3절 회전 교통량 추정 방법론 개발

- 회전 통행발생 지점별(교차로, IC, JC별) 회전교통량을 산출을 위해서는 링크별 전수화 교통량과 회전 Probe 교통량 데이터가 필요함
- 회전교통량 추정에 사용된 입력 데이터는 평일을 기준으로 연평균 프로브교통량(AADP)과 해당링크의 연평균교통량(AADT)을 사용함
- 회전 Probe 통행량은 Probe 차량의 개별 이동궤적 데이터를 이용하여 각 결절점(교차로, IC, JC별)에서의 회전 정보를 이용하여 생성된 통행량 자료를 통해 집계됨
  - 회전 통행발생 지점(교차로, IC, JC별)에 접근하는 링크는 진입/진출 링크로의 구분이 필요하며, 이를 판단하기 위하여 프로브의 경로자료를 이용하여 From Link는 진입링크, To Link는 진출링크로 결정됨
  - 회전방향별 Probe 통행량 정보 생성은 차량의 진입링크→교차로노드→진출링크 단위로 데이터를 생성하고, 생성기간은 년/월 단위로 집계함
- 링크별 전수화 교통량과 회전 Probe 교통량 데이터를 이용하여 각 결절점(교차로, IC, JC)에 대한 회전 통행 O/D 테이블 2개(Probe 통행량, 전수화 교통량)를 구축함
- 해당 결절점의 방향별 Probe 테이블과 전체 진입/진출링크의 전수화 교통량을 이용하여 전수화된 회전 교통량 테이블을 추정하고자 함



<그림 5-4> 회전교통량 추정 시 입력자료 형태(링크/프로브 회전 교통량)



<그림 5-5> 회전교통량 추정 프로세스

- 전수화된 회전교통량을 추정하기 위한 방법으로 교통 분야의 통행분포 모형에서 일반적으로 이용되고 있는 프라타(Fratar) 모형을 적용하고자 함
- 프라타(Fratar) 모형
  - 프라타 모형은 균일성장인자모형이나 평균성장인자모형이 유출입 제약조건을 만족시키지 못하는 문제를 해결한 모형으로, 기준이 되는 통행분포표(OD Table)와 목표가 되는 존별 통행발생량(전수화된 링크교통량)을 이용하여 유출입제약을 만족시키는 통행분포를 추정할 수 있기 때문에 회전교통량을 추정하는데 적합할 것으로 판단됨
  - 링크 간의 통행량은  $E_i$ 와  $F_j$ 에 비례하여 증가하는 원리를 이용
  - 프라타 모형의 반복과정은  $E_i^n$ ,  $F_j^n$ 이 1.0에 접근할 때 까지 반복 수행함, 즉, 두 O/D 테이블의 진입/진출 통행량이 일치되도록 조정함

$$q_{ij}^n = q_{ij}^{n-1} E_i^{n-1} F_j^{n-1} \frac{(L_i^{n-1} + M_j^{n-1})}{2}$$

$$E_i^{n-1} = \frac{O_i^*}{O_i^{n-1}}, \quad F_j^{n-1} = \frac{D_j^*}{D_j^{n-1}}$$

$$L_i^{n-1} = \frac{\sum_j q_{ij}^{n-1}}{\sum_i F_j^{n-1} q_{ij}^{n-1}}, \quad M_j^{n-1} = \frac{\sum_i q_{ij}^{n-1}}{\sum_i E_i^{n-1} q_{ij}^{n-1}}$$

여기서,  $q_{ij}^n$  : 반복횟수  $n$ 에서 기점  $i$ 에서 종점  $j$ 간 통행량

$E_i$  : 링크  $i$ 의 유출량의 성장률,  $F_j$  : 링크  $j$ 의 유입량의 성장률

$L_i$  : 유입 보정치,  $M_j$  : 유출 보정치

- 회전교통량 추정 시 수렴조건은 모든 접근로에 대하여 준별 성장인자인  $E_i^n$ ,  $F_j^n$ 의 오차율이 0.001% 이내일 경우에 대하여 수렴하도록 하였으며, 수렴조건에 만족하지 않는 경우에는 입력자료(링크교통량)의 보정 작업을 수행 후 프라타 모형을 재수행 함

[프로브 회전교통량]

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	$PO_i$
Zone 1		7		25		7		37	76
Zone 2									
Zone 3		6				7		9	22
Zone 4									
Zone 5		15		4				6	25
Zone 6									
Zone 7		35		7		11			53
Zone 8									
$PD_j$		63		36		25		52	176

회전교통량 추정 (프라타 모형)

[승용차]

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	$O_i$
Zone 1		3		172		103		22	300
Zone 2									-
Zone 3		95				333		72	500
Zone 4									-
Zone 5		85		109				6	200
Zone 6									-
Zone 7		67		19		64			150
Zone 8									-
$D_j$	-	250	-	300	-	500	-	100	1150

[버스]

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	$O_i$
Zone 1		1		11		4		9	25
Zone 2									-
Zone 3		3				2		10	15
Zone 4									-
Zone 5		5		3				2	10
Zone 6									-
Zone 7		6		1		2			9
Zone 8									-
$D_j$	-	15	-	15	-	8	-	21	59

[화물차]

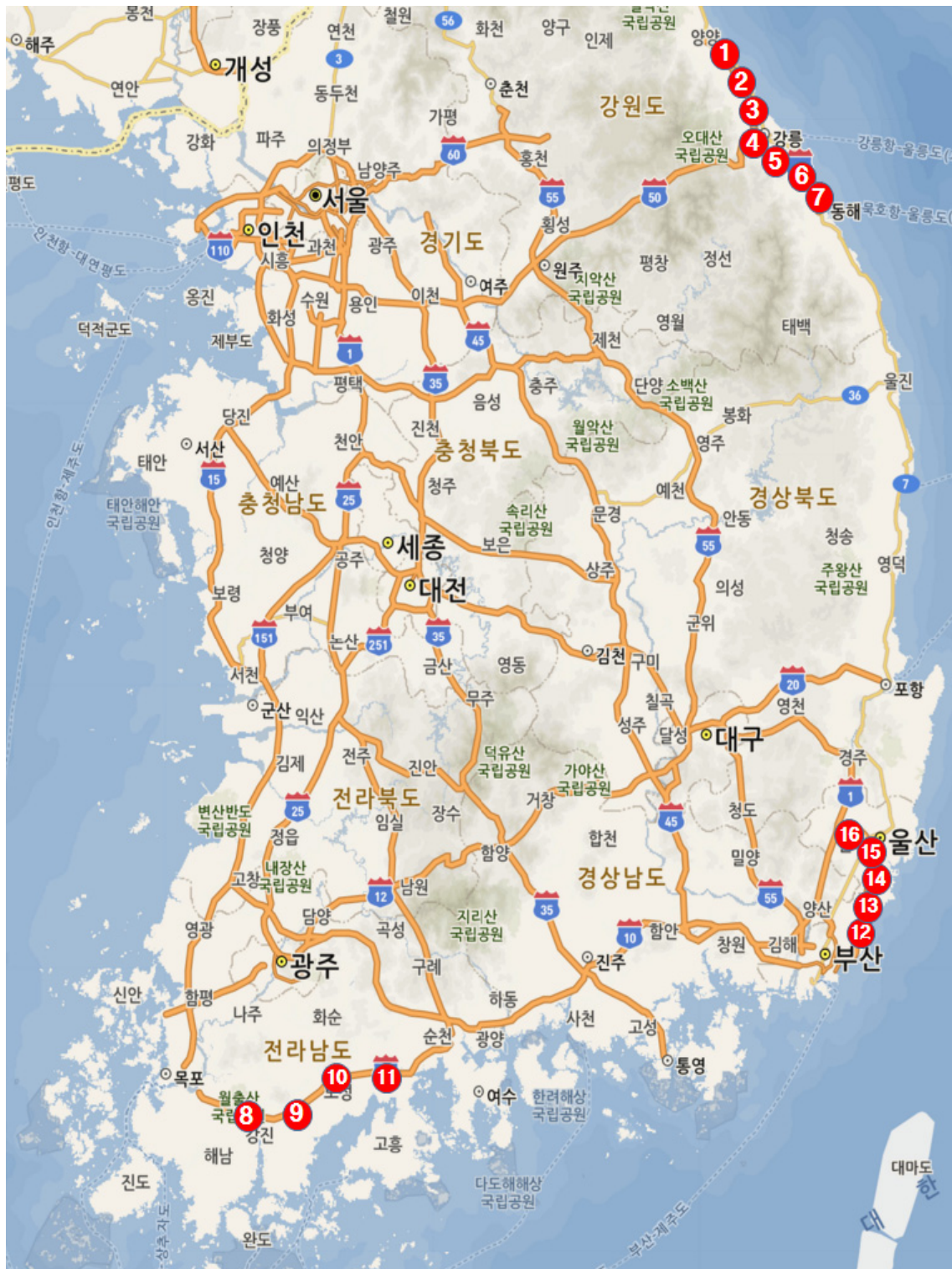
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	$O_i$
Zone 1				8		6		21	35
Zone 2									-
Zone 3		1				4		10	15
Zone 4									-
Zone 5		7		4				4	15
Zone 6									-
Zone 7		17		3		10			30
Zone 8									-
$D_j$	-	25	-	15	-	20	-	35	95

<그림 5-6> 회전교통량 산출방법론 개발 개념도

## 제4절 회전교통량 추정결과

### 1. 회전교통량 추정결과 검증방법

- 현재까지 전국 네트워크를 대상으로 회전교통량을 추정한 사례는 없으며, 결절점(교차로, IC, JC)에서의 회전비율을 조사하고 있는 기관도 존재하지 않음
- 6대광역시의 일부 교차로 지점에 대해서 교통량 조사를 하기는 하지만 특정일에 대하여 조사된 값으로 대푯값으로 사용하기에는 한계가 있음
- 이러한 이유로 회전교통량 추정값을 검증할 수 있는 참값이 존재하지 않음
- 추정된 회전교통량을 검증하기 위해서 검증할 수 있는 대상이 필요하나, 연평균 단위의 회전교통량을 집계한 통계자료가 없으므로, 본 과업에서는 고속도로 구간 중 교통량 검지기 데이터를 이용하여 회전교통량을 산정할 수 있는 지점을 선정하였음
- TCS 영업소간 교통량 데이터를 이용하여 각 방향별 신뢰성 있는 회전교통량을 산출하기 위하여 분석지점은 차량의 이동방향(one-way trip)을 명확하게 파악할 수 있는 지점을 대상으로 선정하도록 함
- 선정된 대상지점은 동해고속도로 7개 지점(하조대IC, 현남IC, 북강릉IC, 강릉JC, 강릉IC, 남강릉IC, 옥계IC), 남해고속도로 4개 지점(강진무위사IC, 장흥IC, 보성IC, 벌교IC), 부산울산고속도로 5개 지점(기장IC, 장안IC, 온양IC, 청량IC, 문수IC) 총 16개 지점을 선정하였음
- O/D 이동 간 차량의 이동방향이 one-way 이상이 되는 경우 정확한 회전교통량의 산출이 어려움이 있으므로 검증에서 제외함
- 회전교통량 검증은 Probe 회전교통량과 추정된 링크교통량 자료를 본 과업에서 개발된 회전교통량 추정 모듈의 입력자료로 사용하여 산정된 방향별 OD matrix와 검지기 교통량 데이터(한국도로공사 TCS)를 이용하여 산정된 방향별 OD matrix 자료가 사용됨
- 회전교통량 검증에 사용된 Probe 자료는 연평균 평일(AADP)자료 이므로, TCS의 자료 역시 2014년 1년치 평일자료를 이용하여 구축함



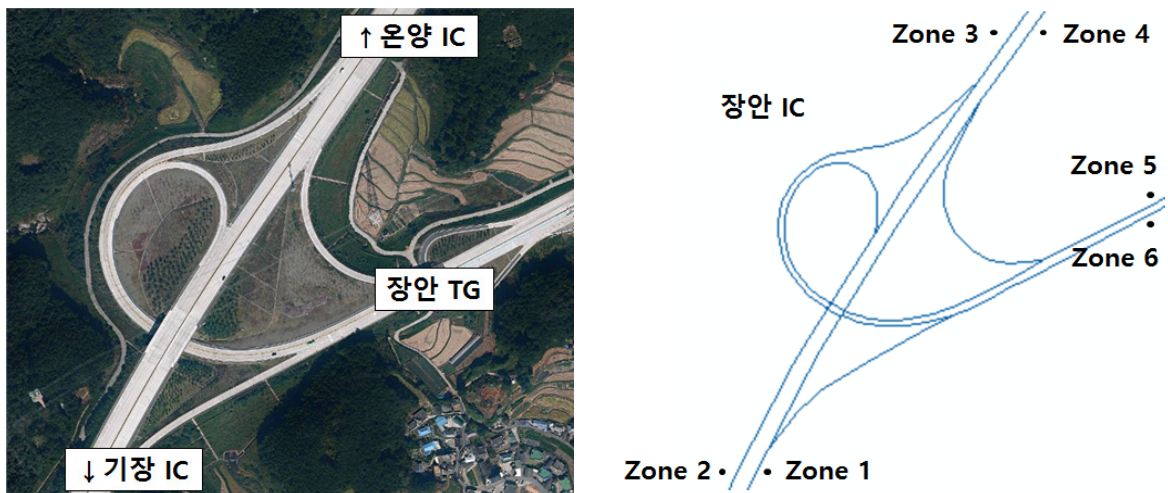
<그림 5-7> 회전교통량 검증 대상지점

## 2. 회전교통량 검증결과

- 회전교통량 검증은 동해고속도로 7개 지점, 남해고속도로 4개 지점, 부산울산고속도로 5개 지점 총 16개 지점을 대상으로 수행함
- 검증방법은 Probe자료를 기반으로 산정된 OD matrix와 TCS자료를 기반으로 산정된 OD matrix를 이용하여 ①평균절대퍼센트오차(MAPE), ②평균절대오차(MAE)를 이용하여 검증을 수행함

### 가. 장안IC (부산울산고속도로)

- 장안IC 지점의 회전교통량 검증결과 MAPE(%)는 2.7%, MAE는 130대로 오차율이 매우 낮은 것으로 나타났으며, 해당지점의 전체 교통량에 대한 오차는 4.6%로 나타남



<그림 5-8> 회전교통량 추정 존 설정(장안IC)

<표 5-1> Probe 기반 회전교통량 추정결과

O \ D	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	합계
Zone 1				3, 233		3, 446	6, 679
Zone 2							-
Zone 3		3, 428				10, 617	14, 045
Zone 4							-
Zone 5		3, 521		11, 042			14, 563
Zone 6							-
합계	-	6, 949	-	14, 275	-	14, 063	35, 287

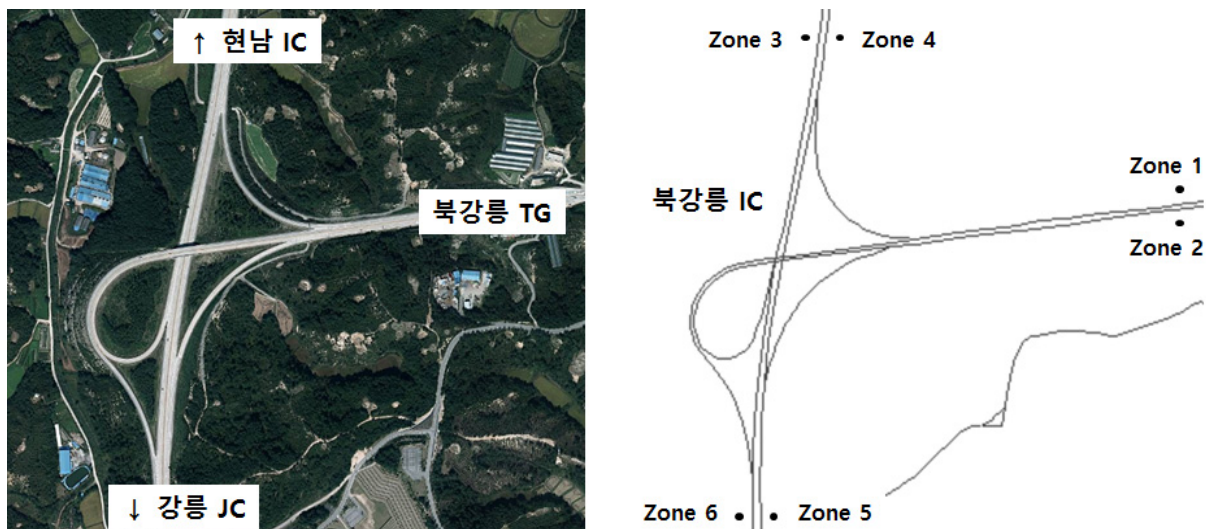


&lt;표 5-2&gt; TCS기반 회전교통량 산정결과

O \ D	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	합계
Zone 1				3,212		3,488	6,700
Zone 2							-
Zone 3		3,407				10,562	13,968
Zone 4							-
Zone 5		3,546		11,188			14,735
Zone 6							-
합계	-	6,953	-	14,400	-	14,050	35,403

## 나. 북강릉IC (동해고속도로)

- 북강릉IC 지점의 회전교통량 검증결과 MAPE(%)는 18.5%, MAE는 158대로 오차율이 다소 높은 것으로 나타났으며, 해당지점의 전체 교통량에 대한 오차는 3.6%로 나타남



&lt;그림 5-9&gt; 회전교통량 추정 존 설정(북강릉IC)

&lt;표 5-3&gt; Probe 기반 회전교통량 추정결과

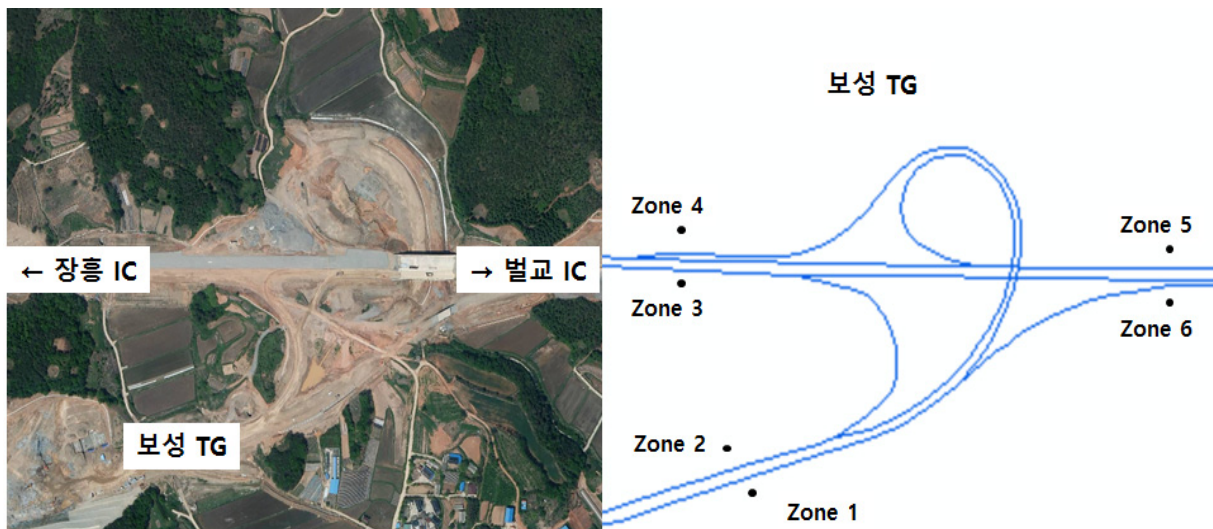
O \ D	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	합계
Zone 1				384		2,044	2,429
Zone 2							-
Zone 3		443				3,870	4,313
Zone 4							-
Zone 5		2,167		3,987			6,153
Zone 6							-
합계	-	2,610	-	4,371	-	5,915	12,895

&lt;표 5-4&gt; TCS기반 회전교통량 산정결과

O \ D	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	합계
Zone 1				624		2,188	2,812
Zone 2							-
Zone 3		806				3,676	4,481
Zone 4							-
Zone 5		2,432		3,651			6,083
Zone 6							-
합계	-	3,238	-	4,275	-	5,863	13,376

## 다. 보성IC (남해고속도로)

- 보성IC 지점의 회전교통량 검증결과 MAPE(%)는 5.8%, MAE는 138대로 오차율이 매우 낮은 것으로 나타났으며, 해당지점의 전체 교통량에 대한 오차는 2.0%로 나타남



&lt;그림 5-10&gt; 회전교통량 추정 존 설정(보성IC)

&lt;표 5-5&gt; Probe 기반 회전교통량 추정결과

O \ D	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	합계
Zone 1				392		2,419	2,812
Zone 2							-
Zone 3		415				4,189	4,604
Zone 4							-
Zone 5		2,450		4,517			6,967
Zone 6							-
합계	-	2,865	-	4,909	-	6,608	14,383



&lt;표 5-6&gt; TCS기반 회전교통량 산정결과

O \ D	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	합계
Zone 1				407		2,516	2,924
Zone 2							-
Zone 3		457				3,892	4,349
Zone 4							-
Zone 5		2,572		4,262			6,834
Zone 6							-
합계	-	3,029	-	4,669	-	6,408	14,106

## 라. 결과 정리

- 추정된 회전교통량에 대한 검증을 위해 3개 노선을 대상으로 총 16개 지점을 선정하여 교통량 총량과 회전교통량에 대하여 관측값과 추정값의 오차를 산정하였음
- 교통량 총량에 대한 오차율은 평균 3.6% 매우 낮은 것으로 분석되었으며, 회전교통량에 대한 차이는 평균 MAPE 9.5%, 평균 MAE 179대로 분석됨
- 추정된 회전교통량은 평균적으로 오차가 낮은 것으로 나타났으나, 일부 교통량이 적은 지점에 대해서는 절대적인 값이 작으므로 오차율이 다소 높게 산정되었음

&lt;표 5-7&gt; 분석지점별 회전교통량 오차율

분석지점			교통량(대/일)			회전교통량	
			Probe 기반	TCS기반	오차(%)	MAPE (%)	MAE(대)
1	동해 고속도로 (양양TG ~ 동해TG)	하조대 IC	9680	9252	4.6	19.4	158
2		현남 IC	10193	9007	13.2	18.5	158
3		북강릉 IC	12895	13376	3.6	15.8	220
4		강릉 JC	31210	31074	0.4	5.3	193
5		강릉 IC	25876	26751	3.3	6.6	193
6		남강릉IC	20201	18688	8.1	11.9	252
7		옥계 IC	18318	17829	2.7	12.5	220
8	남해 고속도로 (서영암TG ~ 고흥IC)	강진무위사 IC	9141	9123	0.2	10.6	136
9		장흥 IC	9238	9034	2.3	16.5	119
10		보성 IC	14383	14106	2.0	5.8	138
11		벌교 IC	14176	12575	12.7	7.5	150
12	부산울산 고속도로 (해운대송정TG ~ 문수JC)	기장 IC	35250	34846	1.2	4.6	194
13		장안 IC	35287	35403	0.3	2.7	130
14		온양 IC	31431	30949	1.6	6.1	246
15		청량 IC	36307	36144	0.5	3.4	190
16		문수 IC	30795	30283	1.7	4.0	164
평균					3.6	9.5	179



## **제6장 전국 개별링크 속도 DB 구축**

---

**제1절 개별링크 속도 데이터 집계를 위한  
DB설계**

**제2절 링크구간별 대표속도 산출을 위한  
방법론 개발**

**제3절 전국 개별링크 속도 DB 구축**



## 제6장 전국 개별링크 속도 DB 구축

### 제1절 개별링크 속도 데이터 집계를 위한 DB설계

- 본 연구의 차량용 내비게이션 프로브 데이터는 KOTI Lev6 네트워크의 링크구간 단위로 맵 매칭(Map Matching)하여 진입링크 기준 구간별 속도(km/h) 데이터의 형태로 <표 6-1>과 같이 수집되며, 이 데이터는 주어진 수집기간(2014년 기준) 동안 개별 프로브 차량이 통과하는 구간에 대하여 시간 순으로 발생하는 이벤트(Event) 자료의 형태임

<표 6-1> 차량용 내비게이션 프로브 데이터의 수집 형태

Column명	설명	Data Type	비고
auth_key	단말기 ID	Datetime	-
link_time	수집 시간(년/월/일/시/분/초)	Integer	-
from_link	진입 링크번호 (데이터 저장을 위한 링크기준)	Integer	-
to_link	진출 링크번호	Integer	-
speed	속도 (km/h)	Integer	-

- 위의 차량용 내비게이션의 속도 데이터를 이용하여 <표 6-2>과 같이 정수 형태의 이산적인 속도 범위(1~150km/h)에 따라 년/월/일/시간(00~24시) 단위의 속도 빈도 분포(Speed Profile)로 집계함

<표 6-2> 속도 빈도 분포(Speed Profile)의 DB 구축 형태

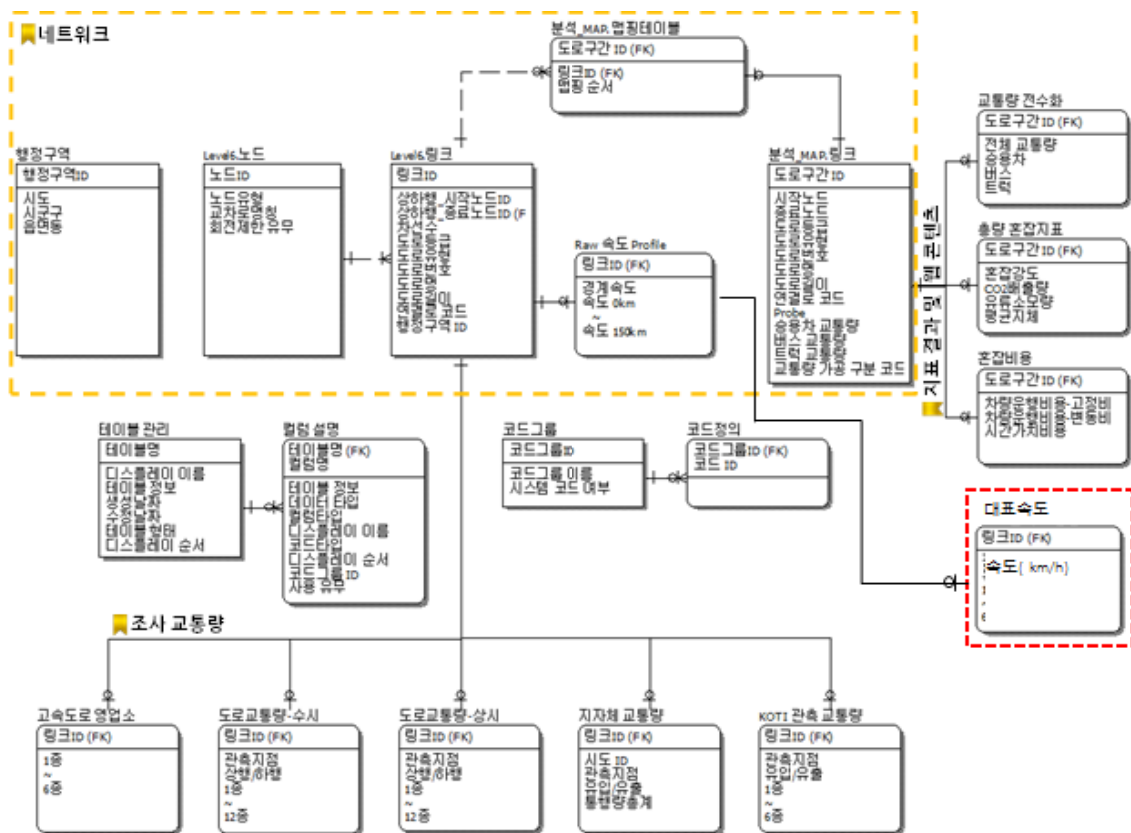
No	Column	Type	설명	비고
1	year	Varchar	수집 년 (2014년)	-
2	month	Varchar	수집 월 (01~12월)	-
3	day	Varchar	수집 일	-
4	time	Varchar	수집 시간(00~24시)	1시간 단위
5	from_link_id	Integer	진입 링크 ID	-
6	probe_cnt	Double	Probe건수	(건/시)
7	speed_profile	Double	속도 1~150km/h의 빈도	(건/시)

- 위의 속도 빈도 분포(Speed Profile)를 이용하여 대표 속도로 산출하며, 이를 <표 6-3>과 같이 구간별 년/월/일/시간대에 따른 대표속도의 DB로 구축함

&lt;표 6-3&gt; 대표속도 DB 데이터 정의서

No	Column	Type	설명	비고
1	year	Varchar	수집 년 (2014년)	-
2	month	Varchar	수집 월 (01~12월)	-
3	day	Varchar	수집 일	-
4	time	Varchar	수집 시간(00~24시)	1시간 단위
5	from_link_id	Integer	진입 링크 ID	-
6	main_speed	Double	대표 속도 (km/h)	-

- 교통혼잡지도 시스템 DB는 ①네트워크, ②수집데이터, ③혼잡지표, ④시스템 관리 항목으로 구성되어 있으며, 링크구간별 대표속도는 이 중 네트워크의 링크 데이터와 수집데이터의 속도 빈도 분포(Raw Speed\_Profile) 테이블을 이용하여 년/월/일/시간대별로 대표속도 DB를 구축함
- 따라서, 구간별 대표속도 DB를 구축하기 위한 교통혼잡지도 시스템의 ERD(Entity Relation Diagram)는 <그림 6-1>과 같음



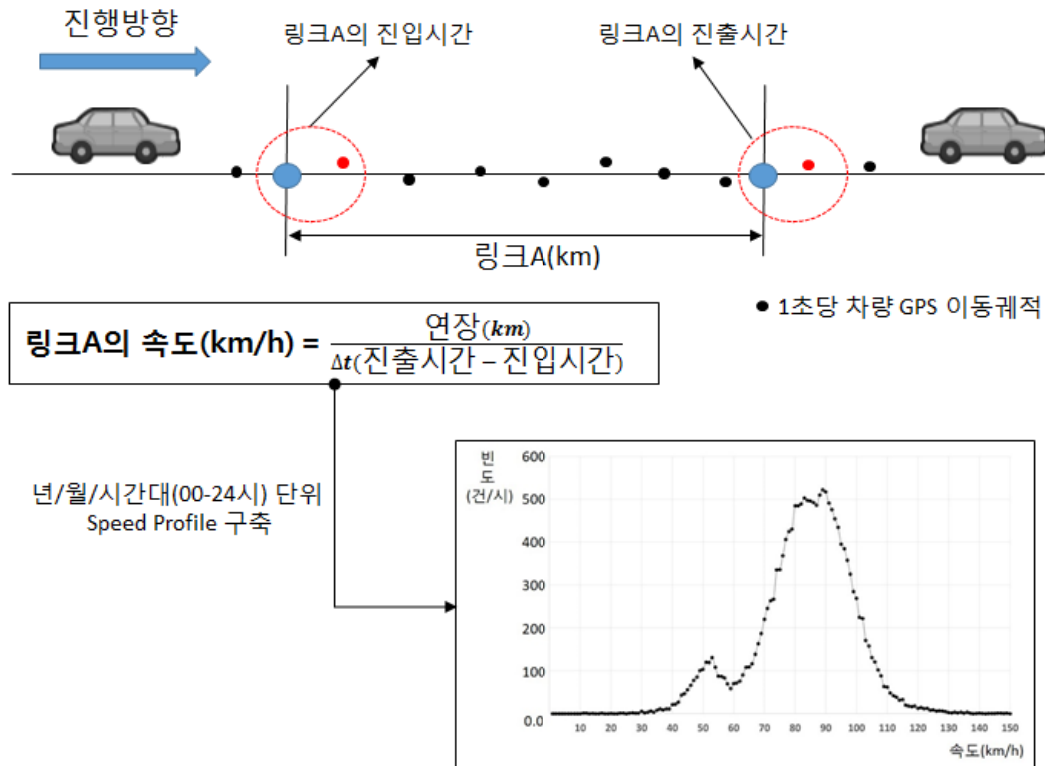
&lt;그림 6-1&gt; 구간별 대표속도 DB 구축을 위한 시스템 ERD

## 제2절 링크구간별 대표속도 산출을 위한 방법론 개발

- 본 연구의 대표속도는 주어진 링크구간과 시간조건(년/월/일/시간대)에 대하여 ①초기 Speed Profile 구축, ②이상치 제거 및 최종 Speed Profile 구축, ③대표속도 산출로 3단계에 걸쳐 산출되며, 산출된 대표속도는 년/월/일/시간대에 따라 대표속도 DB로 구축함

### 1. 초기 Speed Profile 구축

- 차량용 내비게이션에서 수집되는 속도(km/h)는 주어진 링크구간(링크A)에 대하여 해당 구간의 연장(km)에서 통과하는 차량의 통행시간( $\Delta t$ =진출시간-진입시간)을 나누어 산출되며, 이 데이터는 주어진 시간 순으로 생성되며, 링크구간의 속도 산출 개념도는 <그림 6-2>와 같음
- 위의 속도 데이터는 이산적인 속도 범위(1~150km/h)내에서 속도 빈도 분포(Speed Profile) 형태의 년/월/일/시간대(00~24시간) 단위로 DB를 구축함



<그림 6-2> 링크구간의 통행속도 및 Speed Profile 생성 개념도

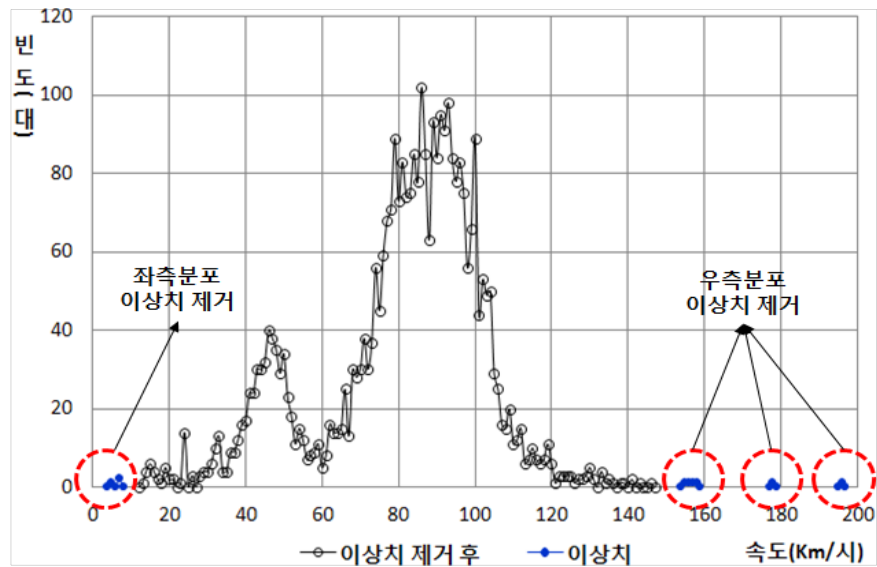
## 2. 이상치 제거 및 최종 Speed Profile 구축

- 해당 링크구간의 대표속도를 산출하기 위하여 먼저 초기 Speed Profile에 대한 이상치 제거가 선행되어야 하며, 이러한 이상치 제거는 총 4단계로 전체 이상치 제거 프로세스는 다음과 같음
- 여기서, 내비게이션 프로브 차량의 속도자료는 비선형적 관계를 가진다고 할 수 있으며, 이러한 다양한 형태의 비선형적 관계를 효율적으로 분석할 수 있는 밀도분석 방법론으로 순응형 이동식 Paragon 창 기법을 적용하였음

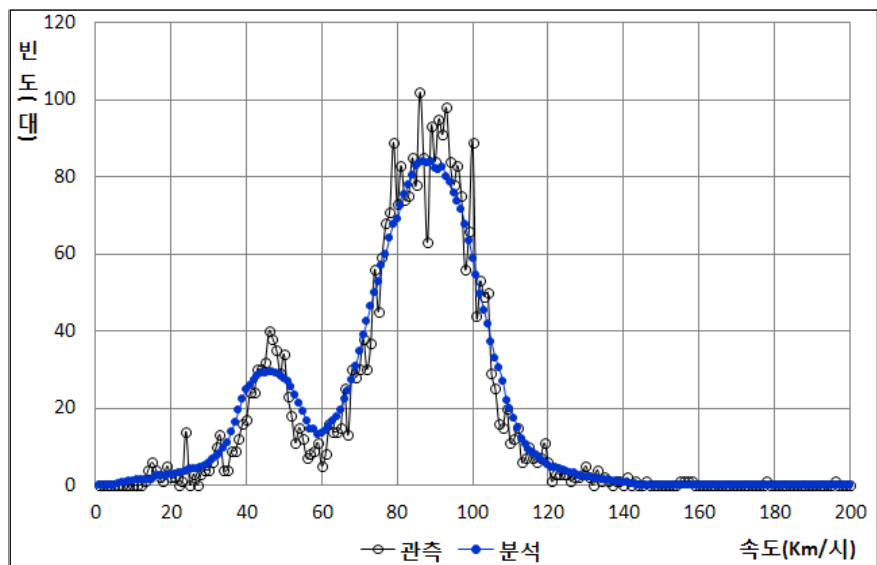
: 주어진 링크구간, 시간조건(년, 월, 일, 시간대)에 대하여

- Step 1 : 초기 Speed Profile의 1차 이상치 제거
  - 1-1. 1km/시의 계급구간으로 구성되는 속도 히스토그램(Histogram) 구축
  - 1-2. 좌/우측 outlier 제거 비율값( $tv_{lt}$ ,  $tv_{rt}$ ,  $0.0 \leq tv_{lt}, tv_{rt} \leq 0.03$ )을 이용한 1차 이상치 제거
  - 1-3. Paragon Window의 길이( $w_l$ ,  $1 \leq w_l \leq v_{\max}$ ,  $v_{\max}$ =차량의 이상적 속도 최대값) 최적화를 통한 속도의 밀도 Profile( $SDP_{op}$ )을 구축
  - 1-4. 쌍봉분포 또는 단일분포의 분석 및 첨두에서 속도값 결정
- Step 2 : 저속도 분포의 이상치 제거
  - 2-1. 속도 1km/h와  $SDP_{op}$ 의 저속 분포의 첨두시 속도( $v_{lp}$ )\*g구간의 속도 히스토그램 구축, 여기서, g=황금비(0.618)
  - 2-2. Step 1-3을 수행하여  $SDP_{op}$ 을 재구축
  - 2-3. 쌍봉분포의 분석 및 첨두에서  $tv_{lt}$ 값 결정
- Step 3 : 고속도 분포의 이상치 제거
  - 3-1. 고속 분포의 첨두시 속도( $v_{up}$ )\*g와  $v_{\max}$  구간의 속도 히스토그램 구축
  - 3-2. step 1-3을 수행하여  $SDP_{op}$ 을 재구축
  - 3-3. 쌍봉분포의 분석 및 첨두에서  $tv_{rt}$ 값 결정
- Step 4 : 최종 Speed Profile 구축
  - 4-1. 1km/시의 계급구간으로 구성되는 속도 히스토그램 구축
  - 4-2. 갱신된 좌우측 outlier 제거 비율값( $tv_{lt}$ ,  $tv_{rt}$ )을 이용한 이상치 제거
  - 4-3. Paragon Window의 길이( $w_l$ ,  $1 \leq w_l \leq v_{\max}$ ,  $v_{\max}$ =차량의 이상적 속도 최대값) 최적화를 통한 최종 Speed Profile( $SDP_{op}$ ) 구축





&lt;이상치 제거 전&gt;



&lt;이상치 제거 후 최종 Speed Profile&gt;

&lt;그림 6-3&gt; 이상치 제거 전, 후 Speed Profile 구축

### 3. 대표속도 산출

- 본 연구의 대표속도는 이전 단계에서 구축한 최종 Speed Profile을 이용하여 다음과 같이 빈도기반 가중 조화평균으로 산출함
- ： 주어진 링크구간( $t$ )과 시간조건(년/월/일/시간대)에 대하여

$$V_t = \frac{\sum_{i=1}^{150} n_{t,i}}{\sum_{i=1}^{150} \left(\frac{n_{t,i}}{v_{t,i}}\right)}, \quad n_{t,i} > 0, v_{t,i} > 0$$

여기서,  $V_t$ : 링크구간( $t$ )의 대표속도( $km/h$ )

$n_{t,i}$ : 링크구간( $t$ )의 Speed Profile  $i$ 번째 빈도 수(건)

$v_{t,i}$ : 링크구간( $t$ )의 Speed Profile의  $i$ 번째 속도( $km/h$ )

### 제3절 전국 개별링크 속도 DB 구축

- 전국 링크구간별 대표속도는 앞서 설명한 하나의 링크구간 대한 3단계 대표속도 산출방법을 모든 구간에 적용하며, 주어진 년/월/일/시간대(00~24시간) 단위에 따라 구간별 대표속도 DB로 구축함
  - 대상지역 : 전국
  - 총 링크구간 개수 : 962,584개(KOTI Level 6 네트워크 기준)
  - 구축일 개수 : 365일(2014년 1월 1일 ~ 2014년 12월 31일)
  - 시간대 개수 : 24시간
  - 대표속도 DB 규모 : 약 84.3억개 Column(962,584개 링크구간 × 365일 × 24시간)
- 년/월/일/시간대(00~24시간) 단위에 따른 링크구간별 대표 속도의 DB구축 형태는 아래와 같음

<표 6-4> 링크구간별 대표속도의 DB구축 형태

구분	대표속도(km/h)							
	14010101	14010102	14010103	14010104	...	14123122	14123123	14123124
링크구간 1	54	53	53	50	...	48	47	49
링크구간 2	48	47	45	49	...	40	41	43
링크구간 3	68	65	67	68		51	54	59
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮		
링크구간 n-2	63	64	65	66		40	48	52
링크구간 n-1	55	54	58	59	...	45	47	50
링크구간 n	55	53	53	55	...	47	48	51

## 제7장 신규 교통지표 개발

---

제1절 교통소통지표 산정방법론 개발

제2절 교통사고 지표 산정방법론 개발

제3절 교통 환경지표 산정방법론 개발

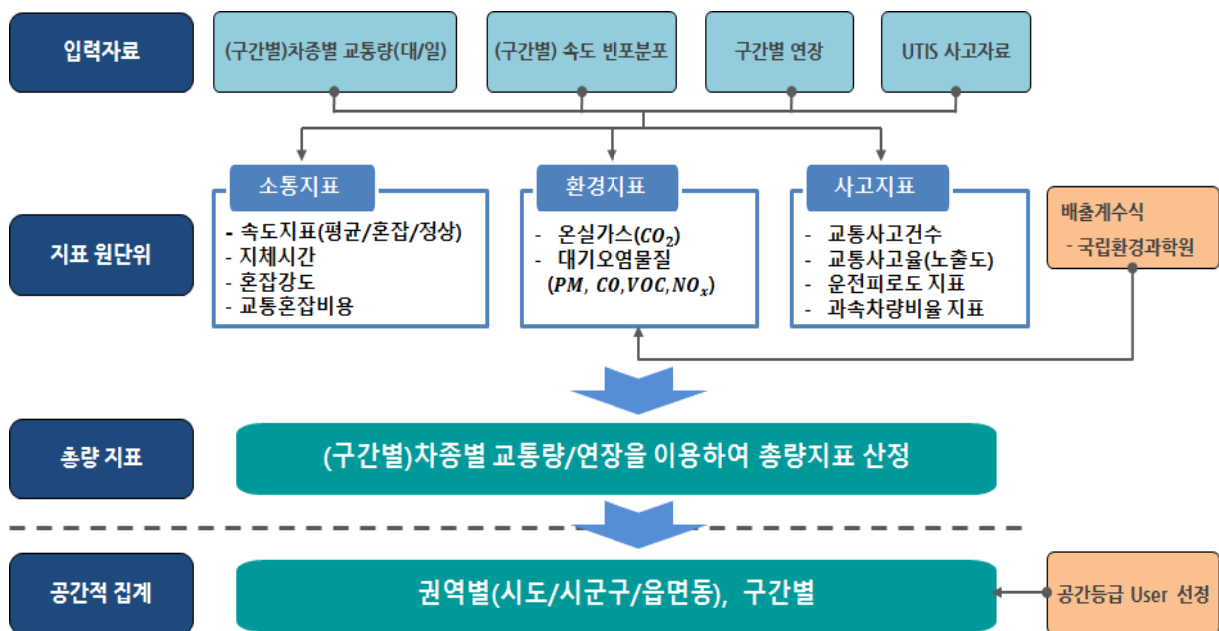


## 제7장 신규 교통지표 개발

- 본 과업에서 개발된 교통지표는 소통지표와 환경지표, 사고지표로 구분하였으며, 기 개발된 지표 외에 신규로 개발된 교통지표는 다음과 같음
  - 소통지표 중 혼잡강도는 기존에 혼잡시간강도의 개념 이였으며, 추가적으로 혼잡빈도강도, 혼잡기대강도 지표를 개발함
  - 환경지표는 기존에 온실가스( $CO_2$ ) 배출량만을 산정하였으나, 대기오염물질( $PM$ ,  $CO$ ,  $VOC$ ,  $NO_x$ ) 지표를 추가함
  - 교통사고지표는 본 과업에서 추가된 지표로 교통사고건수(AN), 교통사고율(AR), 운전피로도지표(FDR), 과속차량비율(SVR)를 개발함

<표 7-1> 기존 교통혼잡지표

구분	주요 혼잡지표	세부 혼잡지표
기존 지표	혼잡강도 (CI: Congestion Index, %) CO2배출량(COE, CO2 Emission, g/km/대) 연료소모량(FC, Fuel Consumption, l/km/대) 지체시간(CD, Control Delay, 초/대)	표본수 85%속도 경계속도 평균속도 혼잡평균속도 정상평균속도



<그림 7-1> 교통지표 산정개요

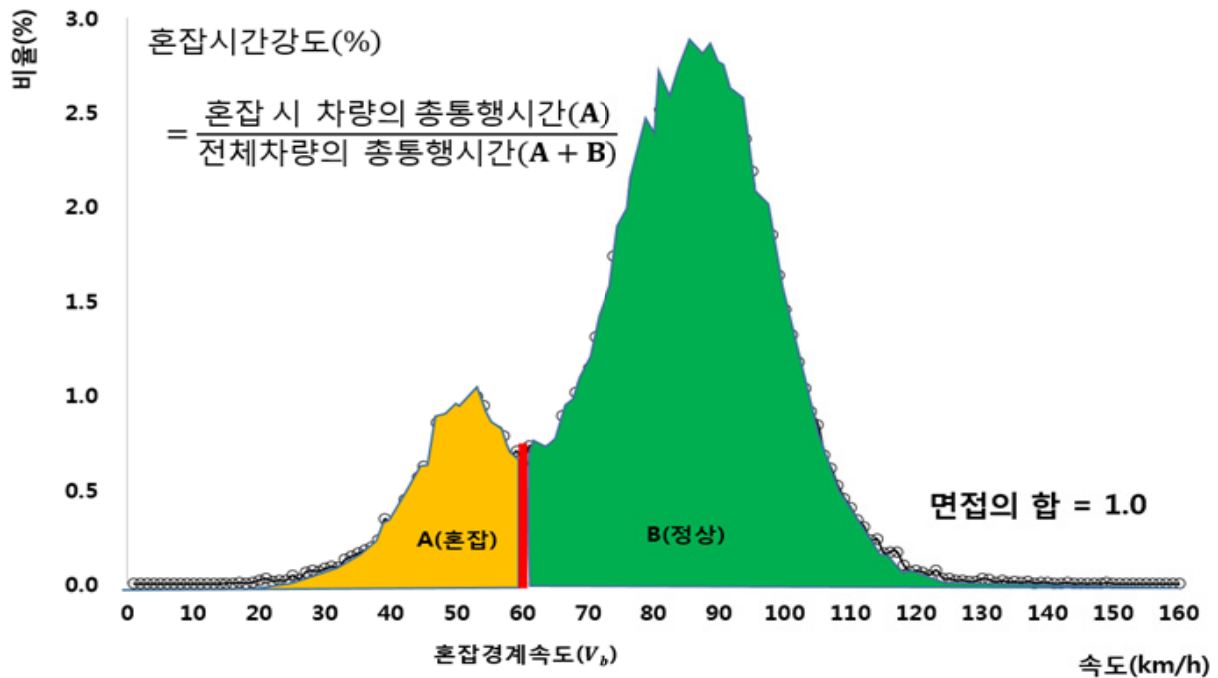
## 제1절 교통소통지표 산정방법론 개발

- 기존에 개발된 혼잡강도 지표(NCI; Network Congestion Intensity)는 특정기간 동안(시간대, 일, 주중, 주말)에 특정 도로망의 도로구간을 이용한 총 차량이 경험한 총 통행시간대비 혼잡속도로 주행한 차량의 총 통행시간의 비율(%)로 혼잡시간강도로 재정의함

$$\text{혼잡시간강도}(\%) = \frac{\sum_{i=1}^{v_b} \left[ q_s(i) \times \frac{l}{v(i)} \right]}{\sum_{i=1}^{v_b} \left[ q_s(i) \times \frac{l}{v(i)} \right] + \sum_{i=v_b+1}^{v_{\max}} \left[ q_s(i) \times \frac{l}{v(i)} \right]}$$

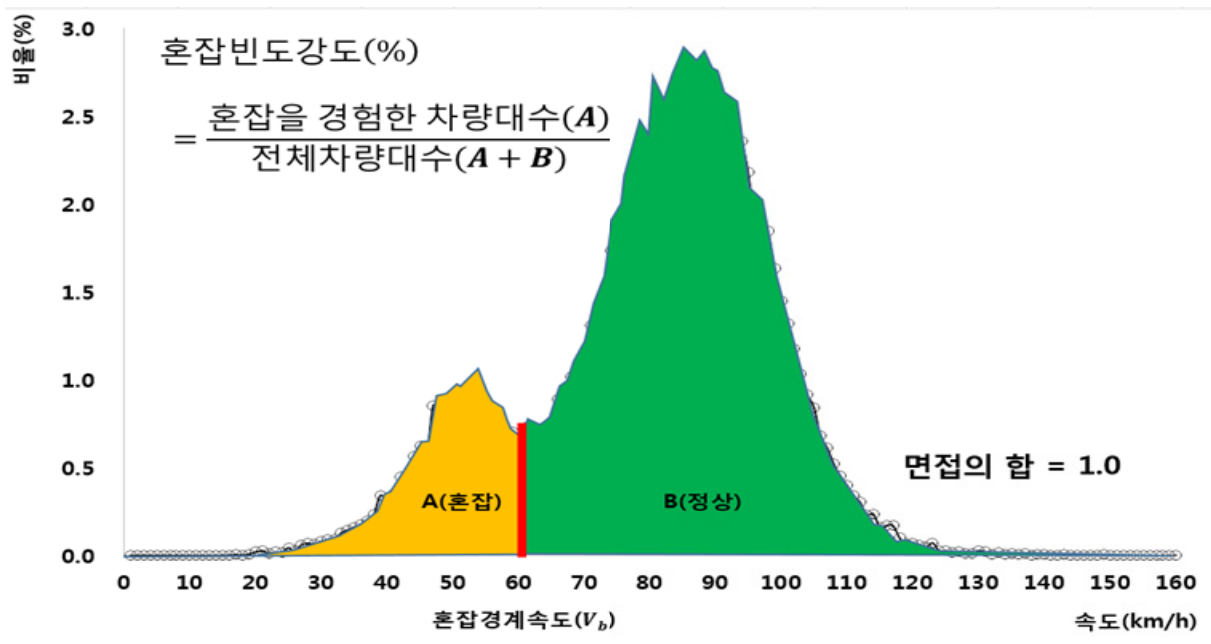
여기서,

- $v(i)$  :  $i$ 번째 속도(정수),  $1 \leq v(i) \leq v_{\max}$
- $v_b$  : 혼잡경계속도
- $v_{\max}$  : 차량의 최대속도(km/h),  $v_{\max} = 150\text{km/h}$
- $q_s(i)$  :  $i$ 번째 속도의 Probe Sample(건)
- $l$  : 도로구간의 길이(km)

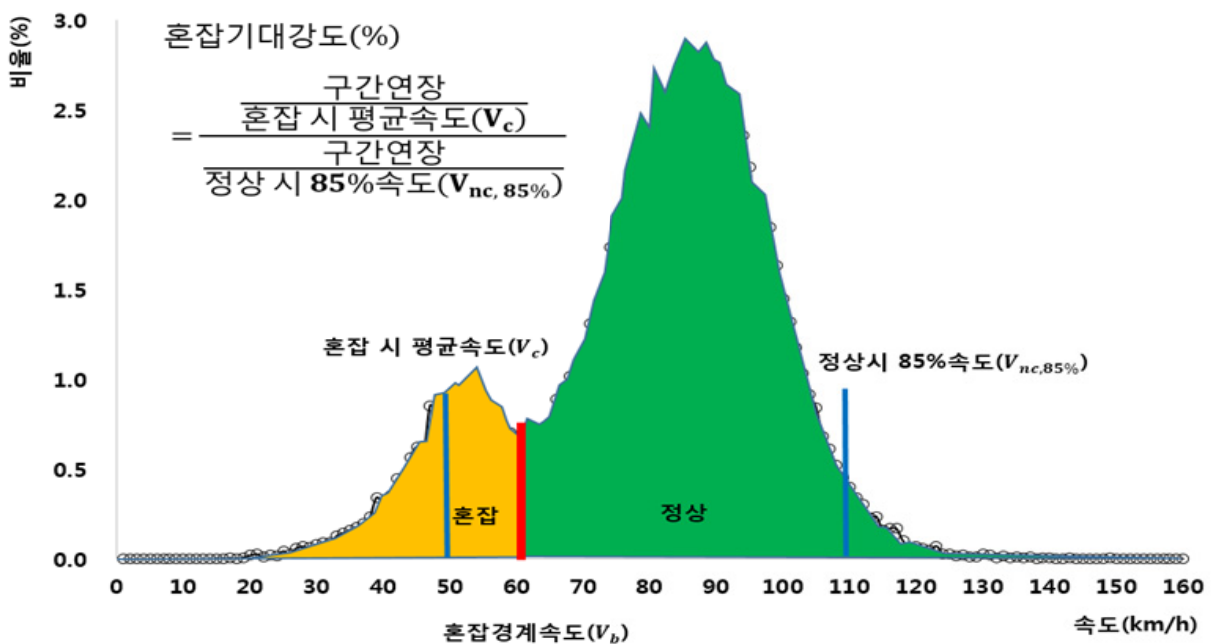


<그림 7-2> 혼잡시간강도 산정방법

- 기 개발된 혼잡시간강도 이외에 혼잡빈도강도, 혼잡기대강도 지표를 추가로 개발함
  - 혼잡빈도강도는 전체차량 중 교통혼잡을 경험한 차량들의 비율을 의미함
  - 혼잡기대강도는 정상시(85%속도) 대비 몇 배 더 시간이 걸리는지를 의미하는 지표로 통행시간 신뢰성 기반의 지표임



&lt;그림 7-3&gt; 혼잡빈도강도 산정방법

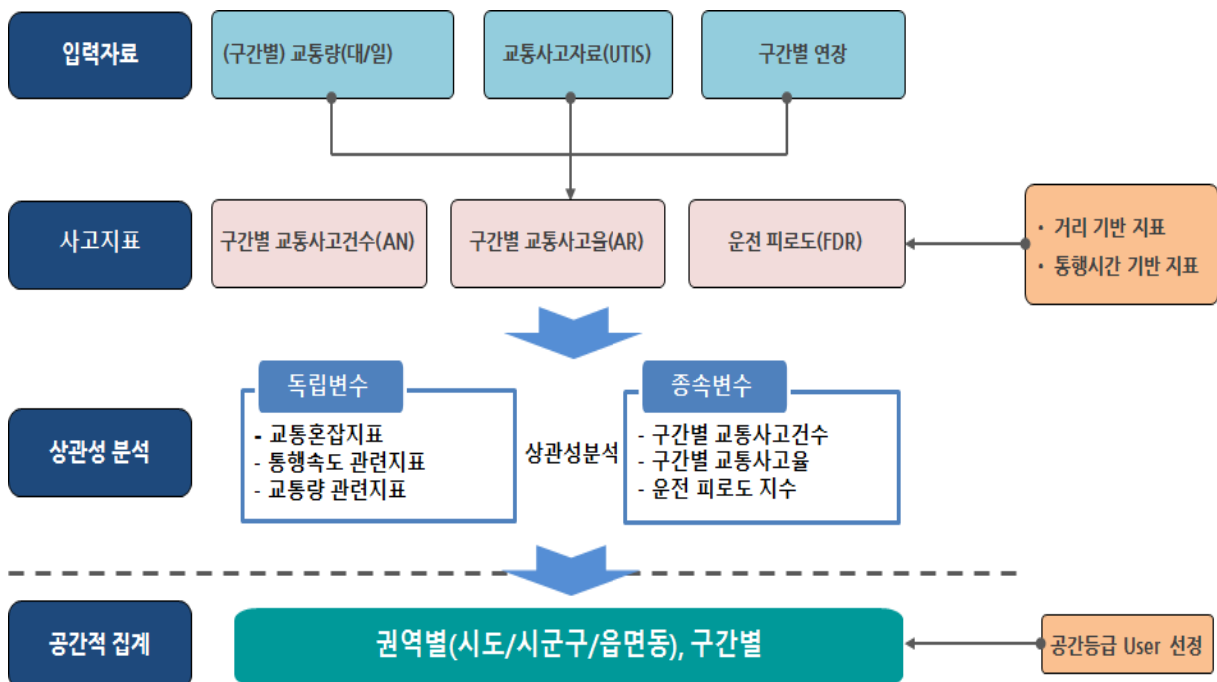


&lt;그림 7-4&gt; 혼잡기대강도 산정방법

## 제2절 교통사고 지표 산정방법론 개발

### 1. 교통사고지표 산정방법 개요

- 교통사고지표는 구간별 교통사고건수(AN, Accident Number), 교통사고율(AR, Accident Rate) 지표를 산정하고, 운전자요인에 대한 사고의 요인분석을 위하여 신규지표로 운전피로도 지표(FDR, Fatigued Driver Rate)를 개발함
- 교통사고 자료는 UTIS의 돌발상황정보 자료 중 사고에 해당하는 자료만을 대상으로 데이터를 구축하였으며, 각 사고자료의 좌표정보를 이용하여 링크에 매칭하는 작업을 수행함
- 사고율 지표는 교통사고가 발생할 수 있는 기회의 수로 해당 구간에 발생한 사고건수를 VKT(Vehicle Kilometer Traveled)로 나누어 산정함
- 또한, 사고지표들과 혼잡지표들과의 상관성 분석을 통해 사고발생에 영향을 미치는 요인들을 분석하고자 함
- 마지막으로 각 지표들을 구간별, 권역별로 집계하여 거시적으로 교통사고 모니터링을 수행할 수 있는 체계를 구축하고자 함



<그림 7-5> 교통사고지표 산정개요



## 2. 교통사고율 지표

### 가. 교통사고율 지표 산정개요

- 해당지역의 교통사고 위험성을 확인할 수 있는 가장 간단한 방법은 교통사고 발생건수와 같은 지표를 이용하여 확인할 수 있으나, 이는 동일지역에 국한된 방법임
- 다른 지역과 상대적인 교통사고의 위험성을 비교하기 위해서는 해당지표가 시공간적으로 전이성(Transferability)이 확보되어야 하나, 교통사고 발생건수는 시간적, 공간적으로 고정된 개념의 지표로, 다른 지역과의 상대적인 비교 시 한계가 있음
- 다른 지역과의 직접적인 비교를 위한 지표는 시간적, 공간적인 전이성을 확보할 수 있어야 하며, 이러한 지표로 활용이 가능한 것은 교통사고율(Traffic Accident Rate) 지표임
- 교통사고율은 기존의 연구들에서는 교통사고 발생건수(또는 사망자수)를 교통사고 노출지표로 나누어 산정하고 있음
- 교통사고 노출도(Traffic Accident Exposure) 지표는 교통사고에 직·간접적인 영향을 주는 요인으로 사고를 발생시킬 수 있는 기회의 수로 정의하고 있음
- 본 과업에서는 교통사고율을 해당링크의 연간 교통사고 발생건수(또는 사망자수)를 전수화된 연평균 일교통량으로 나누어 교통사고 노출도 지표로 활용하고자 함
- UTIS 사고 자료에는 사고발생지역의 X, Y좌표 정보를 포함하고 있어, 각 링크에 매칭하는 작업을 수행함

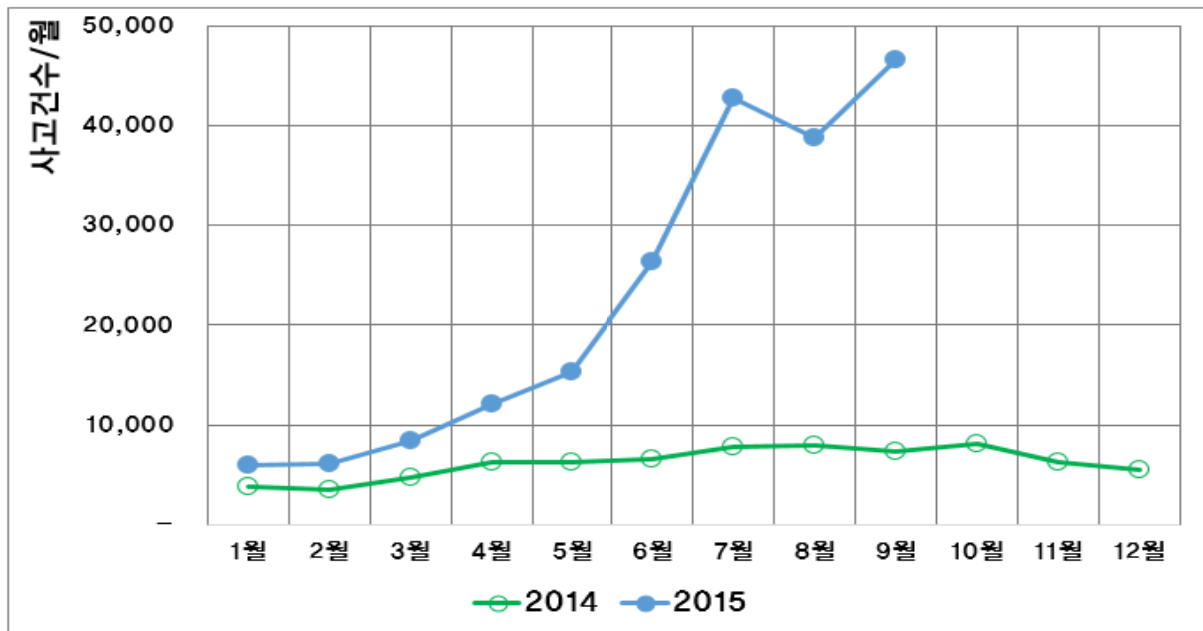
$$\text{교통사고율}(AR) = \frac{\text{해당링크의 교통사고 발생건수(건/년)}}{\text{해당링크의 연평균일교통량}(AADT) \times \text{연장}(km) \times 365\text{일}} \times 10^6$$

- 교통사고율 지표 개발을 위하여 사용되는 교통사고 건수의 자료는 UTIS 돌발상황 자료를 사용하였으며, 세부적인 내용은 다음과 같음
- 시간적 범위 : 2014년 1월 ~ 2015년 9월(21개월)
- 공간적 범위 : 전국
- 교통사고 발생건수 : 275,977건
- UTIS 돌발상황 자료의 구성은 사고, 공사, 행사, 기상으로 인해 발생하게 되는 사건에 대하여 집계하고 있으며, 세부적인 정보로는 시작/종료시간, Link\_ID(ITS 표준노드링크 기준), 돌발제목, X, Y좌표, 돌발등급, 통제유무 등의 정보를 포함하고 있음

- 본 연구에서는 돌발상황 자료 중 사고자료 만을 대상으로 하며, 해당자료에 대하여 검토한 결과 자료의 수집은 2014년부터 수집되기 시작하였으며, 수집초기(2014년)에는 사고자료 입력이 원활히 이루어지지 않아 월 평균 사고발생건수(6,150건/월)는 2015년(22,465건/월)과 비교하였을 때 매우 큰 차이를 보이는 것으로 나타남
- 집계된 사고건수가 큰 차이를 보이는 이유는 2015년부터는 사고발생시 세부적인 사고현황을 파악할 수 있도록 현장조사원들의 개인단말기 및 핸드폰 애플리케이션 보급을 확대하였으며, 이로 인해 전산 상에 입력이 용이해 졌고, 또한 전산 상에 입력을 장려(인센티브)하고 있어 향후 수집되는 사고 자료의 신뢰성은 더욱 높아질 것으로 판단됨
- 2014년 1월~2015년 6월의 사고자료는 시계열적인 변동폭이 너무 크므로 사용하는데 한계가 있으므로 사고발생건수가 어느 정도 안정화되기 시작한 2015년 7~9월의 사고자료를 이용하여 분석에 적용하였음
- 본 연구는 교통사고지도 개발을 위한 초기연구로 특정기간에 대한 사고자료 만을 사용하며, 향후에 신뢰성 높은 사고자료의 확보가 가능하면 자료의 확장은 가능함

<표 7-2> UTIS 사고자료 현황

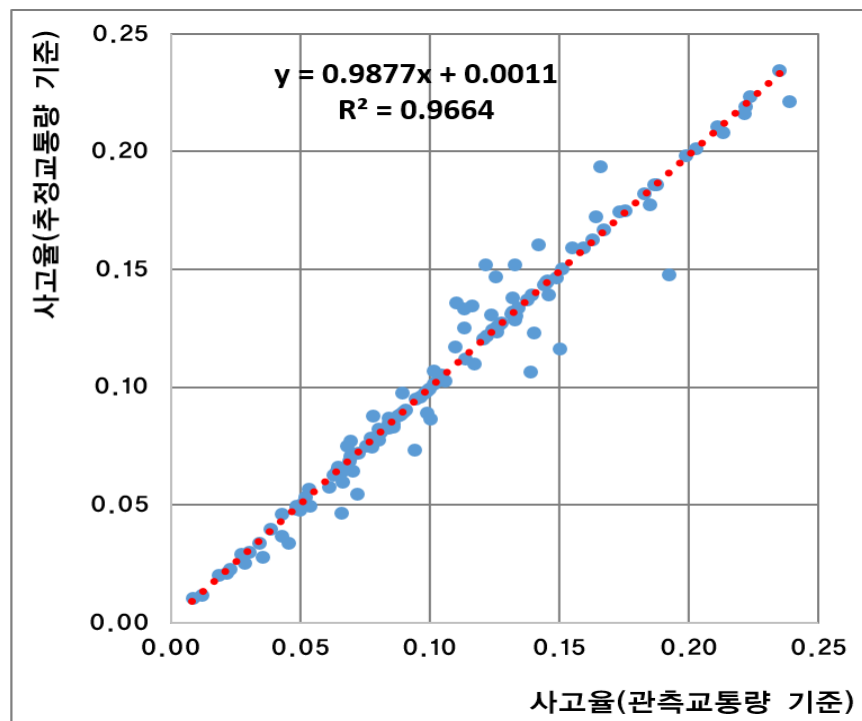
연도	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	총합계
2014	3,751	3,438	4,798	6,208	6,244	6,537	7,810	7,891	7,281	8,156	6,197	5,484	73,795
2015	5,932	6,043	8,413	12,155	15,237	26,397	42,780	38,678	46,547				202,182
													275,977



<그림 7-6> UTIS 사고발생건수 현황

### 나. 교통사고율 지표의 신뢰성 검토

- 현재까지 전국 네트워크 단위의 교통사고율 지표를 제공한 사례는 없으며, 본 과업에서는 링크별 교통사고율 지표를 통하여 전국단위의 교통사고 모니터링 시스템 즉, 교통사고지도를 개발하여, 기존의 혼잡지도와 같이 링크별/행정구역별로 서비스할 수 있도록 시스템을 설계하였음
- 하지만, 교통사고율 지표는 추정된 교통량을 기반으로 산정된 지표이므로 이에 대한 신뢰성 검토가 선행되어야 함
- 교통사고율 지표의 신뢰성 검토를 위하여 관측교통량 기반의 사고율지표와 추정된 교통량 기반의 사고율 지표를 비교 평가함
  - 고속도로 본선 구간은 대부분 관측교통량 자료가 존재하므로, 사고율지표의 신뢰성 검토는 고속도로 2개(경부고속도로, 서해안고속도로) 노선에 대하여 검증을 수행함
- 교통사고율 지표의 신뢰성 검증결과 관측교통량 기반의 사고율과 추정교통량 기반의 사고율 지표 간에는 매우 유사성( $R^2=0.97$ )을 보였으며, 상관성 분석결과도 0.98로 나타남
- 이를 통해, 추정교통량 기반의 교통사고율 지표가 신뢰성을 확보할 수 있음을 증명함



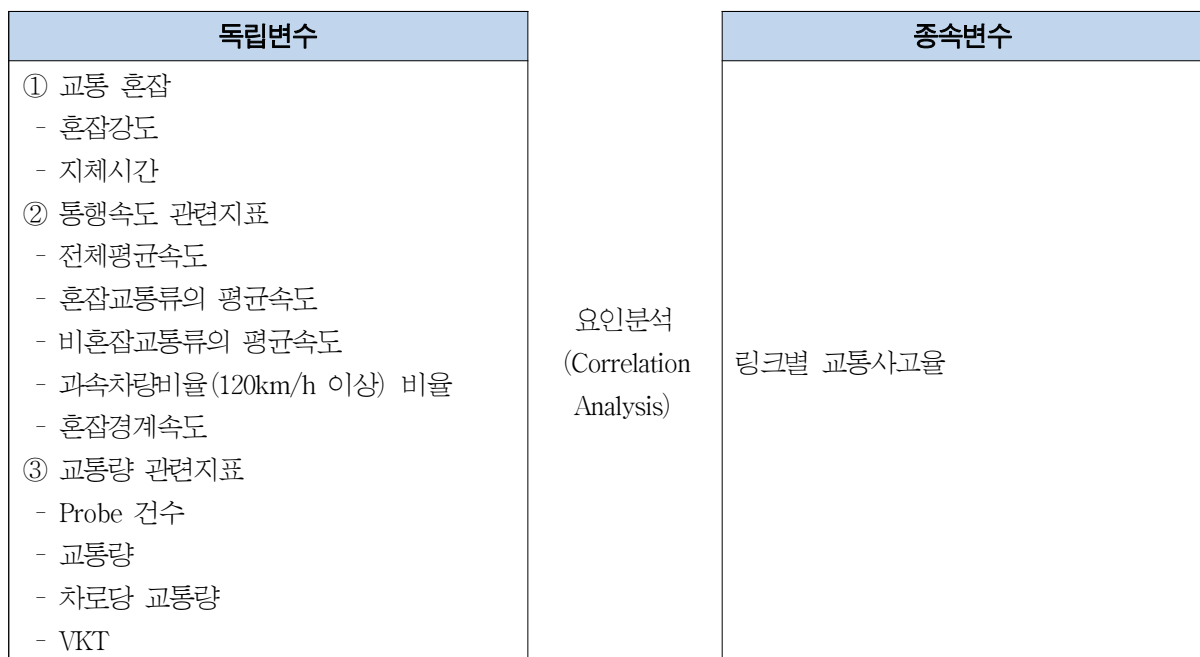
<그림 7-7> 교통사고율 신뢰성 검증결과

### 3. 교통사고 요인분석

#### 가. 교통사고 요인분석 개요

- 기존의 교통사고 요인분석은 사고발생지점의 도로요인, 차량요인, 교통소통상황, 인적요인, 환경요인 등에 대한 자료들을 이용하여 분석을 수행하였음
  - 도로의 유형에 따라 연속류, 단속류로 분류하여 연구를 진행하고 있으며, 고려되는 요인들은 차이를 보이고 있는 것으로 분석됨
  - 하지만, 전국 네트워크 단위의 규모에서 각 지점별로 사고에 영향을 미치는 요인들에 대한 자료를 구축하는 것은 한계가 있음
- 기존의 교통사고 요인분석 관련 연구를 고찰한 결과 도로의 유형에 상관없이 사고발생시간, 교통량, 속도 등의 주행환경 요인이 가장 많이 고려되고 있음
- 즉, 교통사고는 사고가 발생하는 구간의 교통상황과 밀접한 관계가 있다는 것을 의미함
- 기 구축된 교통 혼잡지도를 통해 수집 가능한 지표들인 교통 혼잡지표(혼잡강도, 지체시간), 통행속도 관련지표(전체평균속도, 혼잡교통류의 평균속도, 비혼잡 교통류의 평균속도, 과속차량 비율, 혼잡경계속도), 교통량지표(Probe 건수, 교통량, 차로당 교통량, VKT)와 교통사고지표(교통사고율) 사이의 상관성 분석을 통해 교통사고의 요인분석을 수행하고자 함

<그림 7-8> 교통사고 요인분석



## 나. 요인분석결과

- 교통사고의 요인은 도로요인, 환경요인, 차량요인, 인적요인에 의해서 또는 이들 상호간의 복합적인 관계에서 발생하지만, 전국 네트워크 단위의 규모에서 각 지점별로 사고에 영향을 미치는 요인들에 대한 자료를 구축하는 것은 한계가 있음
- 따라서, 교통사고에 영향을 미치는 요인에 대하여 전국 네트워크 단위의 분석을 수행하기 위해 각 링크에 매칭된 사고자료(사고율)와 교통혼잡지표들과의 상관성 분석을 수행함
- 요인분석을 위한 대상구간은 경부고속도로와 서해안고속도로를 대상으로 지표들간의 상관성(correlation) 분석을 수행하였음
  - 본 과업에 사고건수, 사고율은 UTIS의 돌발상황 자료를 사용하여 구축하였으나, 분석에 적용된 자료의 수집기간이 짧고, 월별로 데이터의 변동이 크므로, 분석을 위한 자료로서 신뢰도가 다소 떨어지므로 요인분석을 위한 사고자료로 한국도로공사의 교통사고(2010~2014년, 5년치) 통계자료를 활용함
- 교통사고 요인분석결과 교통사고율에 양(+)의 영향을 미치는 변수로는 평균통행속도, 비혼잡교통류 평균속도, 과속차량비율로 나타남
- 교통사고율에 음(-)의 영향을 미치는 변수로는 교통혼잡지표, 교통량 관련 지표들로 분석됨
- 고속도로 구간에서 교통사고에 영향을 미치는 요인은 대부분 통행속도관련 지표이며, 이 중 과속차량의 비율이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 혼잡한 구간은 오히려 사고율이 대체적으로 낮은 것으로 분석됨
- 향후 사고자료에 대한 신뢰성이 확보되면 고속도로 이외의 도로에 대한 분석도 가능함

<표 7-3> 교통사고 요인분석

구분	세부지표	교통사고율(AR)
교통혼잡	혼잡시간강도 (%)	-0.32
	혼잡빈도강도 (%)	-0.29
	지체시간(초/대)	-0.01
통행속도관련지표	평균통행속도 (km/h)	0.55
	혼잡교통류 평균속도 (km/h)	-0.02
	비혼잡교통류 평균속도 (km/h)	0.56
	과속차량비율 (120km/h 이상)	0.57
	혼잡경계속도 (km/h)	-0.04
교통량관련지표	Probe건수(건/년)	-0.63
	교통량(대/일)	-0.63
	차로당 교통량(대/일/차로)	-0.67
	VKT(대km)	-0.25

#### 4. 교통사고 신규지표 개발

- 현대사회는 경제활동을 통한 이익 창출이 중요한 가치를 지니고 있으며 시간도 자본으로 여겨질 만큼 중요성이 크게 증가하고 있으며, 이 같은 사회적 환경변화에 따라 운수업 종사자들의 작업시간은 길어짐
- 또한 공공기관들의 지방이전 등으로 인해 직장과 거주지 간의 거리가 멀어짐에 따라 운전자들의 통행거리 및 통행시간이 증가하고 있으며, 물류이동의 정시성의 요구와 운송사업 부문에서의 각종 규제철폐 등의 요인에 의한 운송사업 간의 경쟁 과다 등이 결과적으로 운전피로와 졸음운전에 대한 국제적 관심을 불러일으킴(Hartley, 2004)
- U.S Department of Transportation Federal Highway Administration의 보고서에 따르면 고속도로에서 발생하는 사고 중 약 절반 이상의 원인을 운전자의 피로도 누적으로 인한 동작오류가 원인이라고 보고하고 있음
- 교통사고를 유발하는 요인은 도로요인(도로구조/안전시설), 차량요인(차량구조, 차량상태), 환경요인(자연환경/교통환경), 인적요인(신체적조건, 심리적 조건) 등 복합적인 영향으로 인하여 발생하게 됨
  - 고속도로 안전진단은 Hardware(설계부문), 교통자료에만 집중되어 중-장거리 통행을 담당하는 고속도로 운전자의 운전 누적부하를 고려한 생리적인 측면(졸음, 피로도 등)을 고려하지 않고 있는 실정임
  - 또한, 기종점간 다중경로화는 고속도로 운전자의 생리학적인 운전 피로도(Fatigue)에 변화를 가져오며, 이는 기존 교통사고 예측모형으로는 분석이 어려운 실정임
- 2008년~2014년 8월까지 전국 고속도로에서 발생한 사고를 살펴보면 총 사고발생건수 64,354건 중 운전자요인으로 인한 사고건수는 47,838건으로 전체사고의 약 74%에 해당
  - 기존의 도로요인 및 환경요인 기반의 사고예측모형으로는 운전자요인(졸음, 주시태만, 안전거리 미확보, 과속 등)으로 인한 사고를 설명하는데 한계가 있음
  - 고속도로의 경우 졸음, 부주의 운전 등으로 인한 사고율이 매우 높지만 기존의 교통사고 예측모형은 이를 고려하지 못하고 있음(백승걸 외, 2005)
  - 또한, 고속도로는 최상위 도로로서 국도 및 도시부도로에 비하여 양호한 기하구조 조건을 갖고 있으므로 운전자 요인으로 인한 사고를 설명하기 어려움
  - 과속으로 인한 사고 역시 과속차량 비율과 관련된 자료 수집의 한계로 기존의 사고모형에서 고려되지 못하였음

- 피로도 지표/과속차량비율 지표를 산정하기 위해서 본 연구에서는 GPS기반 Car Navigation 데이터를 이용하였음
- 내비게이션 원시자료는 단말기ID, 링크ID, 속도정보, 해당링크의 진입시간, 진출시간 정보와 각 링크를 통행한 정보, 즉 이동궤적정보를 갖고 있음
- 분석 데이터는 2014년 1년치 내비게이션 자료를 사용하였고, 총 43백만건/년의 OBU자료와 3,652백만건/년의 이벤트 자료로 이루어져있음
- 현재까지 운전자 조건(운전피로도, 과속비율)을 고려한 교통사고 요인분석에 관한 연구는 거의 수행되지 못하였음
- 운전자요인의 사고를 고려할 수 있는 지표개발을 위해 대상구간은 경부고속도로와 서해안고속도로를 대상으로 하였고, 해당링크를 통행한 차량(Probe 자료)의 주행시간분포, 주행길이분포를 구축하여 운전자의 누적 운전부하와 교통사고율과의 관계를 분석하고, 링크별로 통행 속도 분포 자료를 구축하여 교통사고율과의 관계를 분석하고자 함

#### 가. 운전피로도(FDR, Fatigued Driver Rate) 개발

##### 1) 운전피로도(FDR) 지표 개요

- 국외에서는 그 동안 피로나 졸음으로 인한 교통사고 위험에 대해 많은 연구가 이뤄져 왔으나 우리나라의 경우 졸음운전 사고나 실태조사와 관련된 연구가 대부분으로 관련대책을 마련하는데 있어 기초가 부족한 실정임
- 피로(fatigue)는 작업에 필요한 능력이 감소한 상태를 의미하며, 연속적인 작업수행과 신체 및 정신에 영향을 주는 심리·환경·사회경제적 요인에 의해서도 발생됨
- 피로가 누적되면 선택적 주의, 복잡한 의사결정, 자동화 된 지각-운동 제어기능과 같은 인지적 활동들의 기능이 저하되며, 이것들이 점진적 주의력 약화로 나타나게 되고, 이는 곧 졸음의 증상으로 발현함(Brown, 1994)
- 또한, 장시간의 운전 및 장거리 운전은 운전자에게 가해지는 일종의 스트레스라고 할 수 있으며, 장시간 운전 시에는 지속적인 스트레스를 받게 되므로 신체의 생리화학적 요소들에 의해 변화가 일어나게 됨
- 운전피로도(FDR)는 해당구간을 이용하는 차량들이 운전을 하는데 얼마나 피곤함을 느끼는지를 데이터를 기반으로 하여 정량화할 수 있는 지표를 의미함

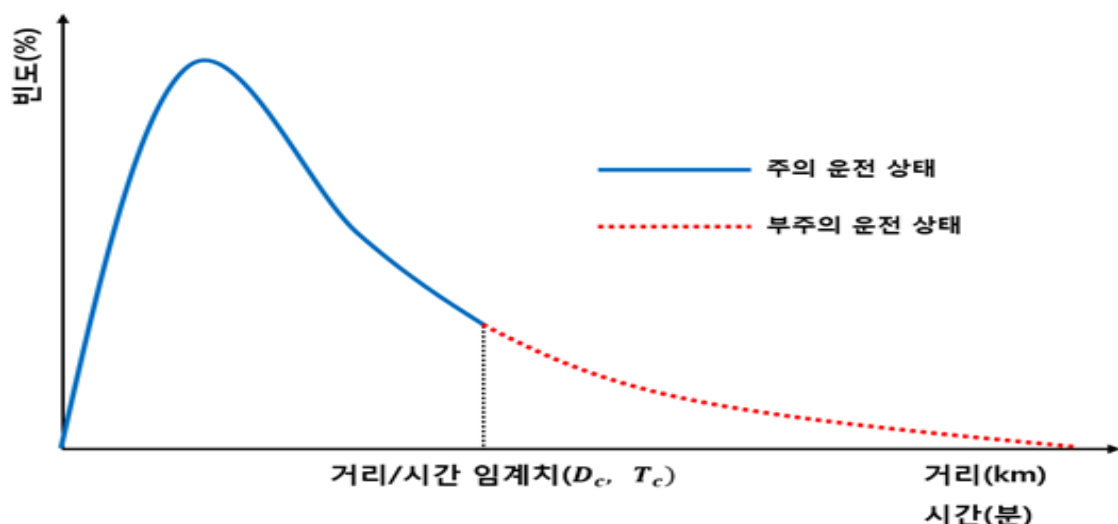
- 지표개발을 위해 개별차량별 주행궤적자료를 활용하여 해당링크를 통과하는 차량들에 대해 기점에서 해당링크까지의 주행시간, 주행거리를 각각 산정하여 구축 함
- 자료구축 시 휴게소/졸음쉼터 등을 이용하는 차량을 제외하기 위하여 고속도로 이외의 도로에서 접근하는 차량의 자료를 대상으로 수집함
- 백승걸(2005)은 자료수집의 한계로 고속도로에 접근하는 차량의 접근시간을 도시부 40분, 지방부 30분으로 가정하여 분석을 수행하였으나, 본 과업에서는 내비게이션 자료를 활용하여 출발지에서 고속도로에 접근하는 시간까지 고려하여 분석할 수 있는 장점이 있음
- 주행시간 분포는 1분단위로 0~500분, 통행거리도 1km단위로 0~500km의 범위로 하여 자료를 구축하였음

## 2) 운전피로도 관련 기존연구 고찰

- 운전피로도 지표의 임계치를 산정하기 위해 운전자들의 주행시간(주행거리)이 피로도에 미치는 영향과 관련된 기존의 국내외 연구결과를 고찰함
- 이순철(2008)은 피로를 유발하는 주요 요인으로 작업부하(workload)를 꼽았으며, NASA TLX(NASA-Task Load Index)를 이용하여 운전자의 작업부하와 피로간의 관계를 분석한 결과 승용차 운전자들은 장시간 운전에 따른 신체적 부담에 의해서, 그리고 화물차 운전자들은 정신적 부담과 신체적 부담 및 시간적 부담에 의해 운전피로가 발생하는 것으로 나타남
- 박상우(2010)는 장거리 운행이 많은 화물자동차 운전자의 운행시간에 따른 사고위험도를 분석한 결과 운행시간 1~3시간 까지 운전한 운전자의 사고위험도 차이는 없는 것으로 나타났으나, 3시간 이상 운행한 경우는 비선형적으로 증가함을 보였고, 운행시간이 10시간인 운전자는 운행시간 1시간 운전자보다 사고위험도가 2.2배 높은 것으로 분석됨
- 김선웅(2003)은 자동차 운전자의 주행피로도를 생리신호를 이용하여 운행시간에 따라 EMG(Electromyography) 신호에 의한 근피로 평가와 Flicker를 이용한 눈 피로도 평가를 수행한 결과 운전시간에 따른 피로는 대략 운전을 시작한지 60~90분 이후부터 급격하게 증가하는 것으로 나타남
- 성홍모(2003)는 실제 고속도로를 주행하는 실험을 통해 운전자의 심전도 신호(HRV, heart rate variability)를 수집하여 장시간 운전을 하는 경우에 운전자의 상태를 분석한 결과 대부분 60~90분을 전후로 유의한 것으로 나타남, 즉, 운전시간 증가에 의한 변화는 약 1시간 이후로 추정할 수 있으며, 이 시간을 기준으로 운전자에게 일정한 휴식기간이 필요하며, 운전자의 신체변화는 운전자세보다는 오히려 운전시간대가 큰 영향을 미치는 것으로 나타남



- Lin(1994)은 1924명의 운행일지를 이용하여 운전자의 나이, 경력, 운행행태, 운전시간 등을 수집하여 화물자동차 운전자 사고에 미치는 요인 및 사고율에 대하여 분석한 결과 4시간 이상 운전할 경우 1시간 운전한 운전자 보다 약 1.5배 사고위험이 높게 나타남
- Tucker(2003)는 운전시간과 사고위험의 관계를 언급하면서, 휴식은 피로에 의한 운전수행능력 감소를 예방하는데 효과적임을 밝혔으며, 2시간 간격의 휴식이 운전뿐만 아니라 많은 산업에서 일반적임을 예를 들면서 피로에 따른 위험의 관리차원에서 필요함을 강조함
- 국내관계기관(한국도로공사, 한국자동차협회, 한국운수산업연구원), 영국의 Highway Code 등 고속도로 운전에서 2시간 주행 후 휴식을 권장하고 있음
- 운전자들의 주행시간과 운전피로도 관련 연구들을 고찰한 결과 대부분의 연구에서 1시간 이후부터는 사고의 위험성이 증가할 수 있음을 나타내고 있으며, 2시간 이후부터는 사고의 위험성이 급격히 증가할 수 있음을 분석을 통해서 제시하고 있음
- 본 연구에서는 기존연구 결과와 국내외 기관에서 권장하는 기준을 고찰한 결과를 토대로 운전피로도 지표의 임계치를 2시간으로 설정하여, 해당구간을 이용하는 차량 중 연속적으로 2시간 이상 주행한 차량의 비율 값으로 운전피로도 지표를 정의하였음
- 주행거리의 경우 해당구간을 이용하는 차량들이 기점에서부터의 주행거리가 90, 120, 150, 180km로 구분하여 민감도 분석을 수행한 결과 150km이상 주행한 차량의 비율 값이 사고율과의 상관성이 가장 높은 것으로 나타나 150km를 임계치로 설정함



<그림 7-9> 운전피로도 지표 개념

### 3) 운전피로도 산정방법

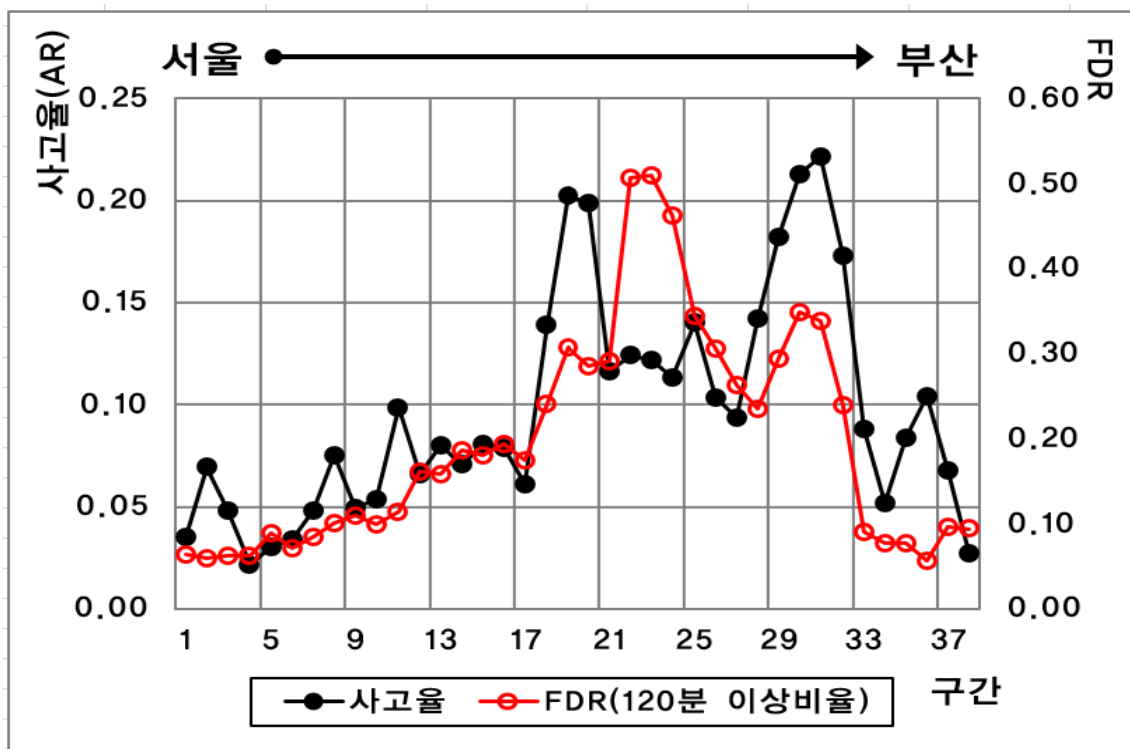
- 운전피로도 지표(FDR)는 그동안 고려하지 못하였던 운전자 요인에 대한 사고에 대한 설명력을 높일 수 있을 것으로 판단되며, 이를 증명하기 위해 운전피로도지표와 사고율과의 관계를 분석함
  - 분석대상 구간 : 경부고속도로, 서해안고속도로
  - 사고자료 : 한국도로공사 내부자료(2010~2014년)
  - 운전피로도 지표(FDR) : 2014년 내비게이션 자료를 이용하여 산정
  - 분석지점 : 고속도로 본선구간
- 운전피로도 지표 검증은 고속도로 본선구간을 대상으로 하였으며, 본선구간 중 톨게이트(TG)와 터널이 포함된 링크는 분석에서 제외하였음
  - 톨게이트 구간과 터널 구간은 기하구조 및 기타 환경적인 영향으로 본선구간에 비하여 사고건수가 상대적으로 많으며 이는 운전피로도 지표로 설명하는데 한계가 있으므로 분석에서 제외하였음



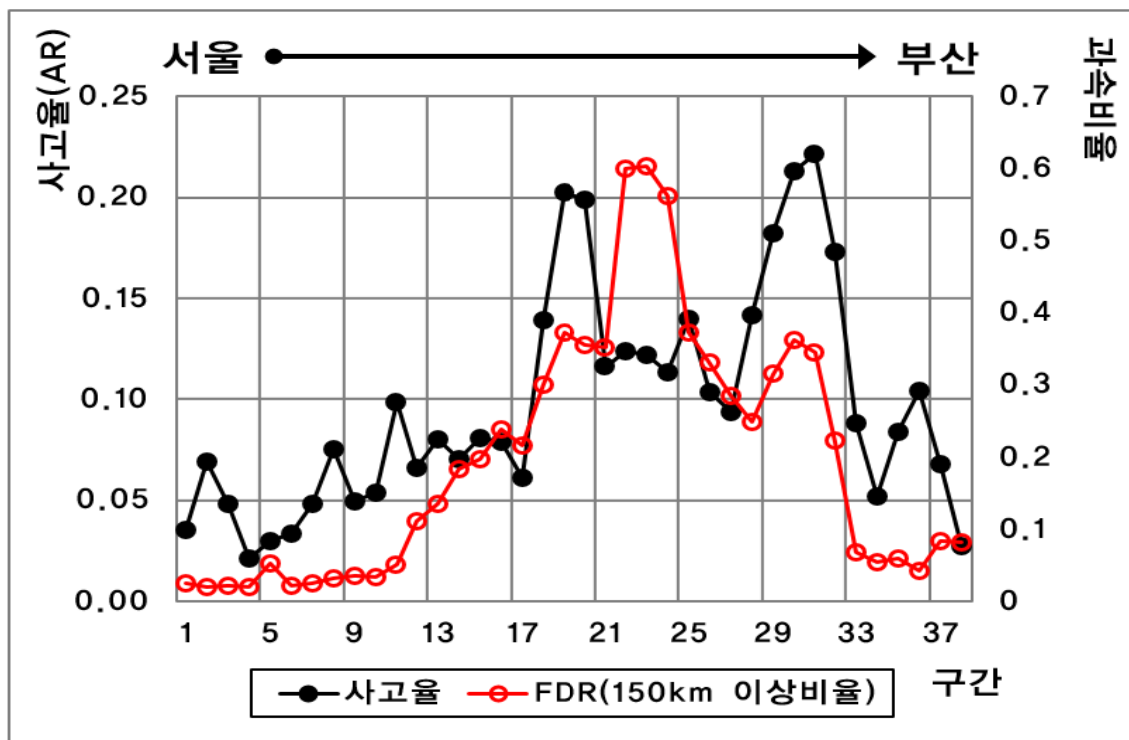
<그림 7-10> 분석대상 노선

## 4) 분석결과

- 운전피로도(FDR) 지표는 주행시간과 주행거리를 기준으로 선정된 임계치를 기준으로 이를 초과하는 비율을 의미하여, 경부고속도로와 서해안고속도로를 대상으로 운전피로도 지표와 사고율과의 관계를 분석함
- 경부고속도로를 대상으로 분석한 결과 사고율과 FDR 지표 간에는 매우 유사한 패턴을 보이는 것으로 나타났으며, 단일변수가 갖는 설명력도 매우 높은 것으로 나타남
  - 경부고속도로의 본선구간 총 38개 구간에 대하여 링크별 FDR(주행시간 120분 이상비율)지표와 사고율과의 관계는 다음의 그림과 같으며, FDR지표 값이 큰 구간은 사고율(AR) 역시 높은 행태를 보이는 것으로 나타남
  - 동일한 방법으로 사고율과 FDR(주행거리 150km 이상비율)과 사고율의 형태도 주행시간 기반의 FDR지표와 유사한 행태를 보이는 것으로 나타남
  - 즉, 주행시간과 주행거리 기반의 FDR지표는 유사성을 보이는 것으로 판단됨

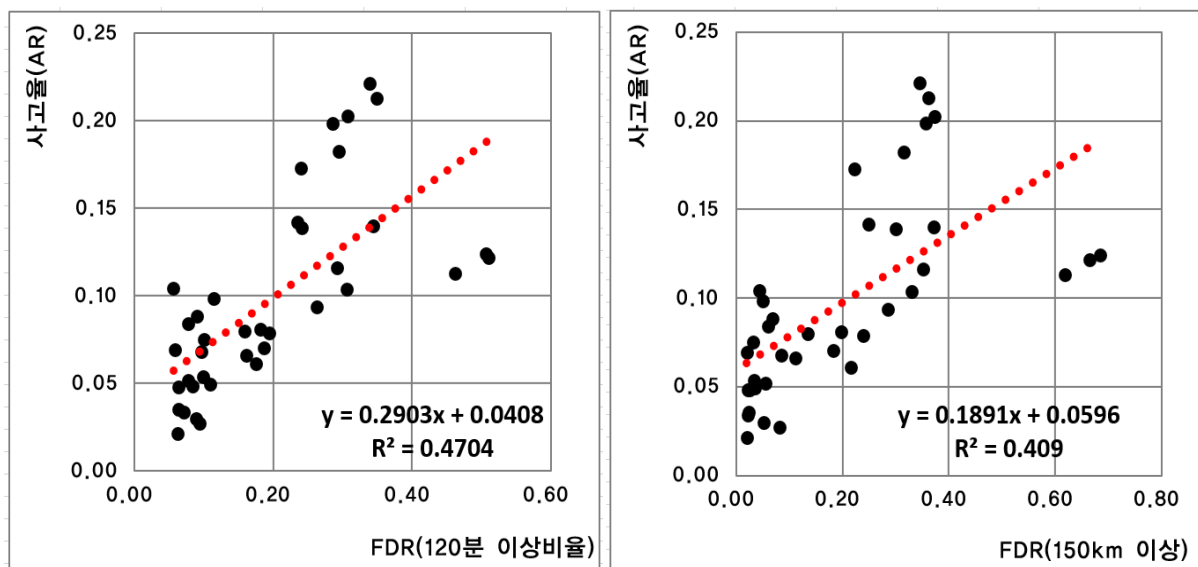


<그림 7-11> 링크별 FDR(주행시간) 지표와 사고율과의 관계(경부고속도로)



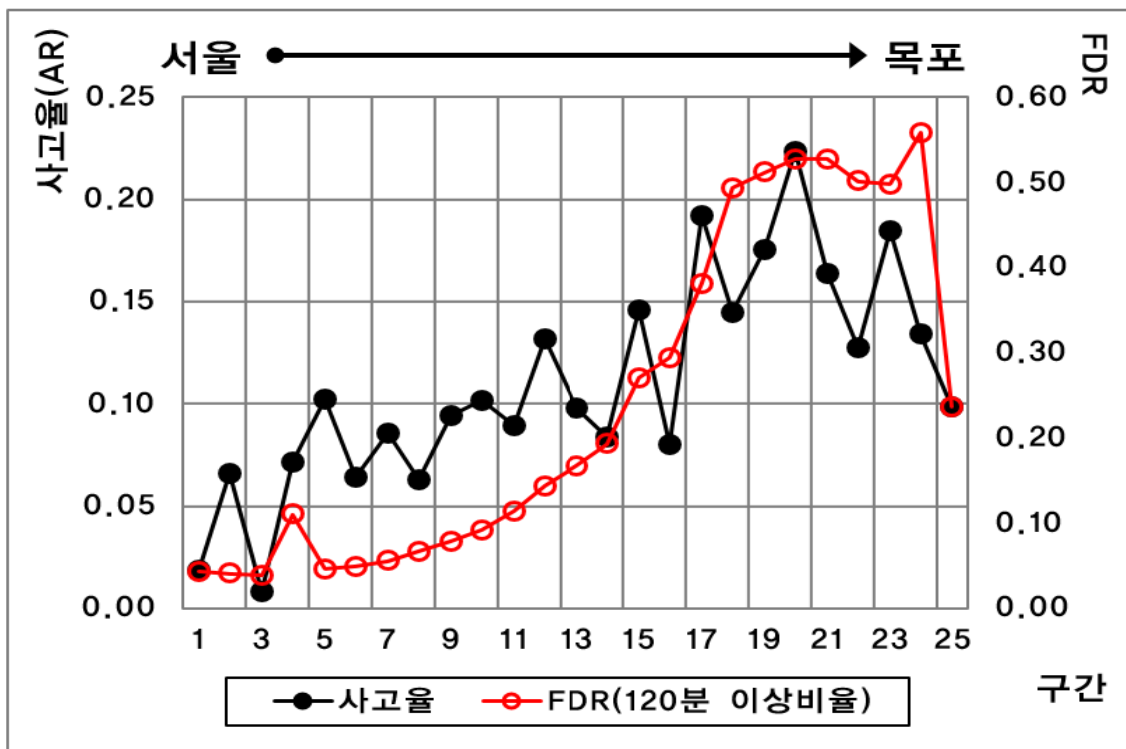
<그림 7-12> 링크별 FDR(주행거리) 지표와 사고율과의 관계(경부고속도로)

- FDR지표가 사고율을 얼마나 잘 설명할 수 있는 변수인지를 판단하기 위하여 회귀분석을 수행한 결과 FDR(주행시간)지표는  $R^2 = 0.47$ , FDR(주행거리)는  $R^2 = 0.41$ 로 단일변수에 대한 설명력이 매우 높은 것으로 나타남

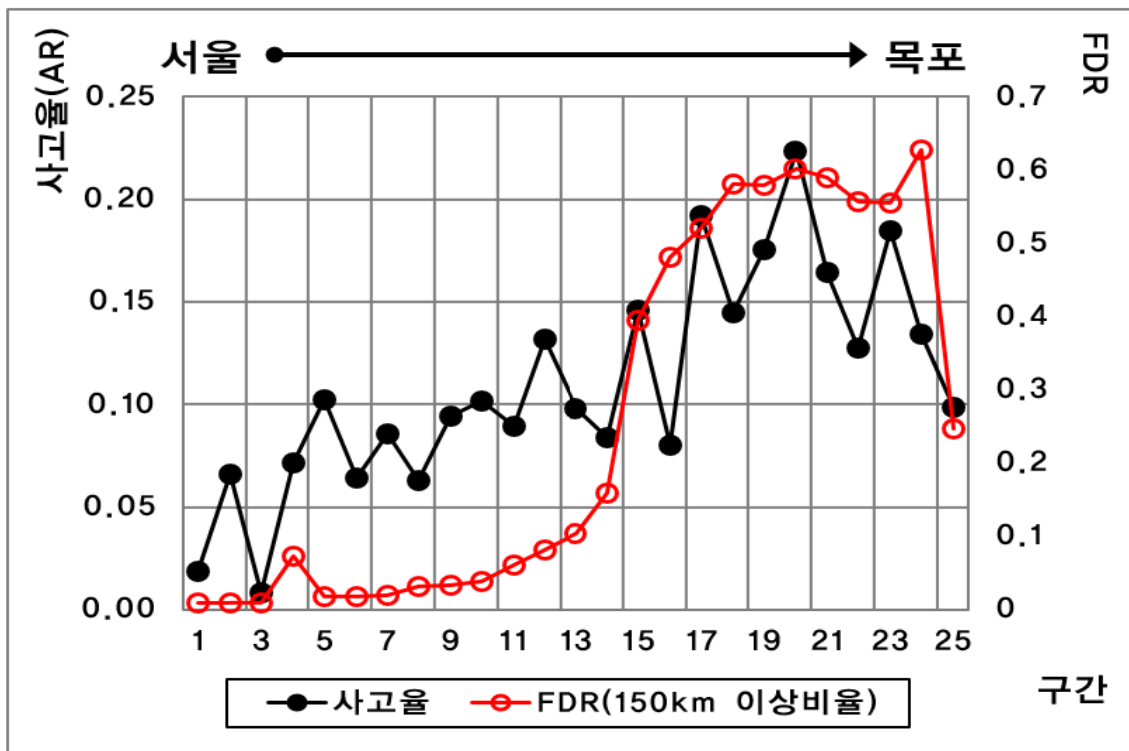


<그림 7-13> FDR지표와 사고율과의 관계(경부고속도로)

- 서해안고속도로사고율과 FDR 지표 간에는 매우 유사한 패턴을 보이는 것으로 나타났으며, 경부고속도로에 비하여 상관성은 더 높은 것으로 나타남
- 서해안고속도로의 본선구간 총 25개 구간에 대하여 링크별 FDR(주행시간 120분 이상비율)지표와 사고율과의 관계는 다음의 그림과 같으며, 경부고속도로 분석결과와 같이 FDR지표 값이 큰 구간은 사고율(AR) 역시 높은 행태를 보이는 것으로 나타남
- 동일한 방법으로 사고율과 FDR(주행거리 150km 이상비율)과 사고율의 형태도 주행시간 기반의 FDR지표와 유사한 행태를 보이는 것으로 나타남
- 즉, FDR지표는 사고율을 설명할 수 있는 강력한 변수임이 증명됨
- 서해안고속도로는 경부고속도로에 비하여 2시간 이상 주행하는 운전자의 비율이 상대적으로 높은 것으로 나타났으며, 이러한 이유로 FDR지표의 대한 설명력이 더 높은 것으로 판단됨
- 지역 간 고속도로와 같이 운전자들의 운전지속시간이 평균적으로 높은 노선에서 FDR지표는 효율적으로 사용될 수 있을 것으로 판단됨

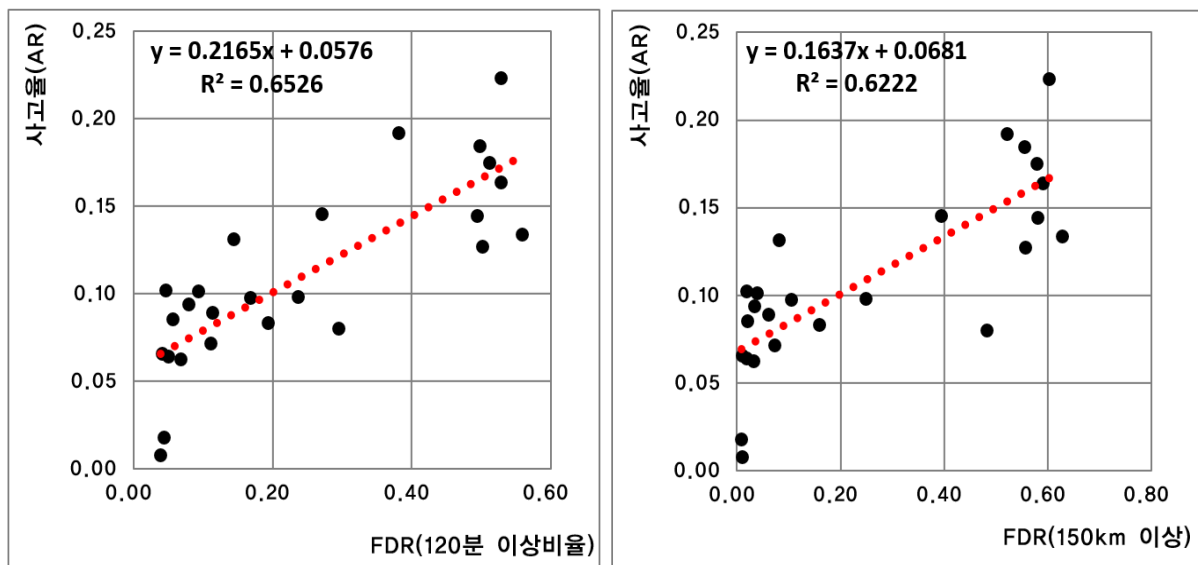


<그림 7-14> 링크별 FDR(주행시간) 지표와 사고율과의 관계(서해안고속도로)



<그림 7-15> 링크별 FDR(주행거리) 지표와 사고율과의 관계(서해안고속도로)

- FDR지표가 사고율을 얼마나 잘 설명할 수 있는 변수인지를 판단하기 위하여 회귀분석을 수행한 결과 FDR(주행시간)지표는  $R^2 = 0.65$ , FDR(주행거리)는  $R^2 = 0.62$ 로 단일변수에 대한 설명력이 매우 높은 것으로 나타남



<그림 7-16> FDR지표와 사고율과의 관계(서해안고속도로)

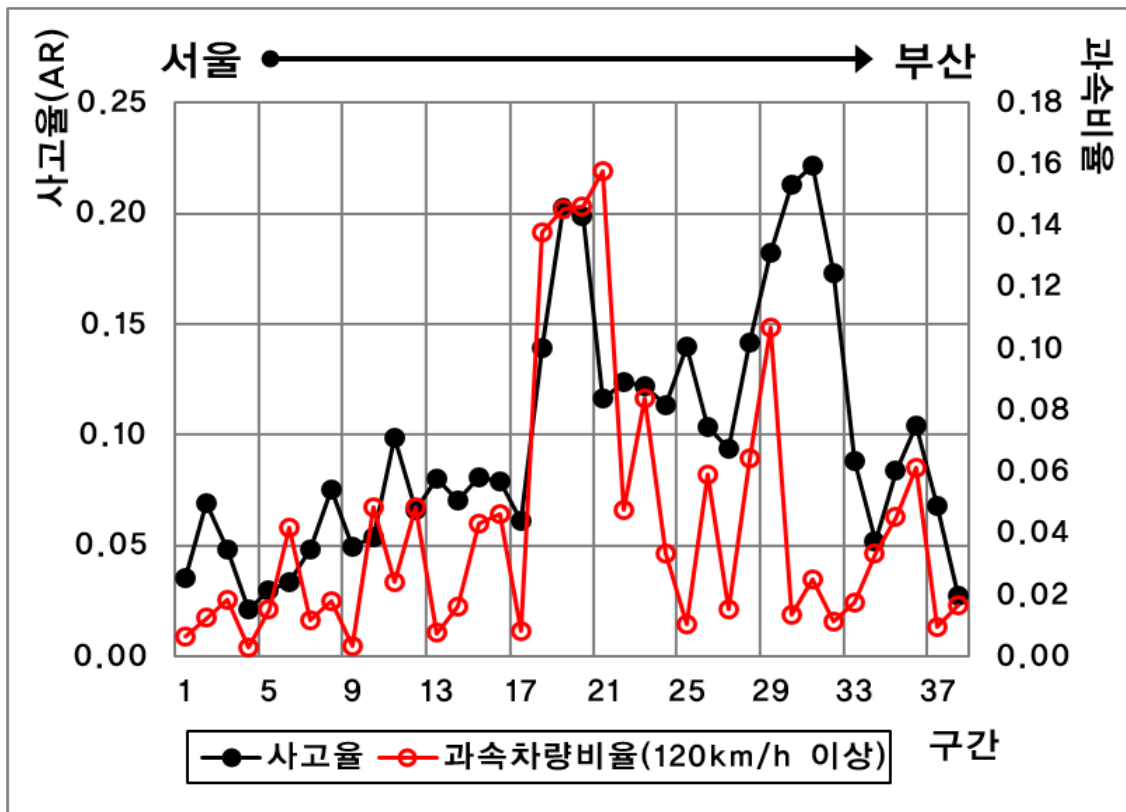
## 나. 과속차량비율(SVR, Speeding Vehicle Rate) 지표 개발

### 1) 과속차량비율 산정방법

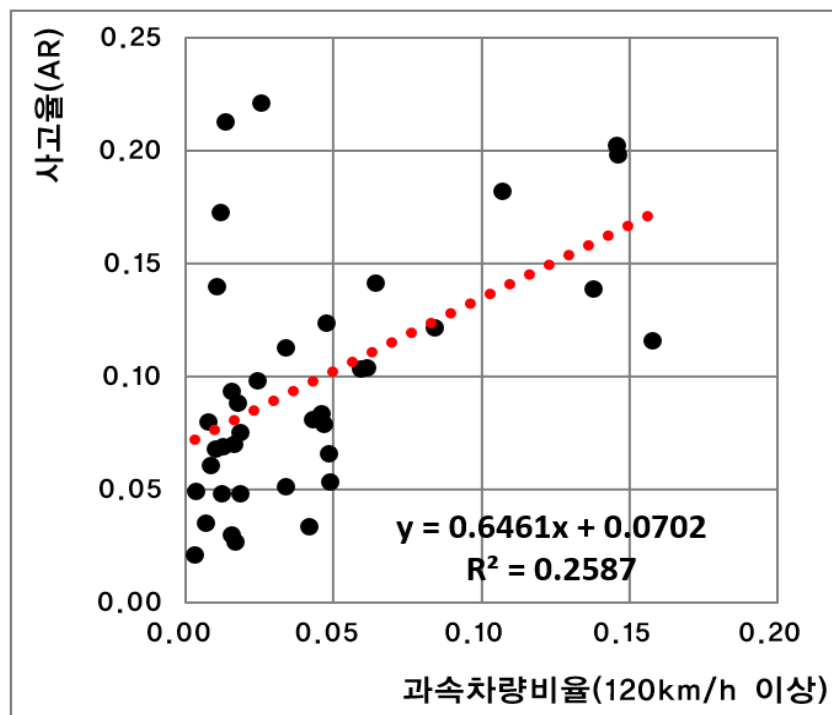
- 현재 까지 해당구간을 이용하는 모든 개별차량의 속도자료를 수집하여 이를 이용하여 가공된 지표를 적용하여 사고분석을 수행한 연구는 많지 않음
- FDR지표 산정과 마찬가지로 동일한 구간과 자료를 이용하여 과속차량비율 지표를 개발하였고, 이를 사고율과의 관계를 분석함
  - 속도분포 자료는 내비게이션 자료를 이용하여 2014년 1년 동안 해당구간을 주행한 모든 차량에 대한 속도값을 1~150km범위에 대해 1km단위로 자료를 수집함
  - 수집된 속도자료를 토대로 과속기준치를 초과하는 차량의 비율을 산정함
- 과속차량비율 지표 산정을 위한 과속기준은 120km/h 이상으로 주행한 차량비율을 적용함
  - 경부고속도로와 서해안고속도로의 제한속도는 110km/h로 제한속도 보다 10km/h 이상 주행한 차량을 과속차량으로 정의함

### 2) 분석결과

- 과속차량비율(SVR) 지표는 과속 임계치(120km/h)를 기준으로 이를 초과하는 비율을 의미하여, 경부고속도로와 서해안고속도로를 대상으로 SVR과 사고율과의 관계를 분석함
- 경부고속도로, 서해안고속도로를 대상으로 분석한 결과 사고율과 SVR 지표 간에는 유사한 패턴을 보이는 것으로 나타났으며, 지표의 설명력도 높은 것으로 나타남
  - 두 개의 노선의 링크별 SVR지표와 사고율과의 관계를 살펴보면 일반적으로 사고율이 높은 구간에서 과속하는 차량의 비율이 높은 것으로 나타남
  - SVR지표가 사고율을 얼마나 잘 설명할 수 있는 변수인지를 판단하기 위하여 산점도 그래프로 표현하고, 두 지표에 대해 회귀분석을 수행한 결과 경부고속도로의 경우  $R^2 = 0.26$ , 서해안고속도로는  $R^2 = 0.55$ 로 나타남
  - 운전피로도지표(FDR) 보다는 설명력이 낮은 것으로 분석되었으나, 단일변수로서의 설명력 역시 높은 것으로 나타남
- FDR지표는 지역 간 고속도로와 같이 운전지속시간이 평균적으로 높은 노선에서 효율적으로 사용될 수 있을 것으로 분석되었으며, SVR지표는 지역 간 고속도로뿐만 아니라 도시부 도로에서도 효율적으로 사용될 수 있을 것으로 판단됨

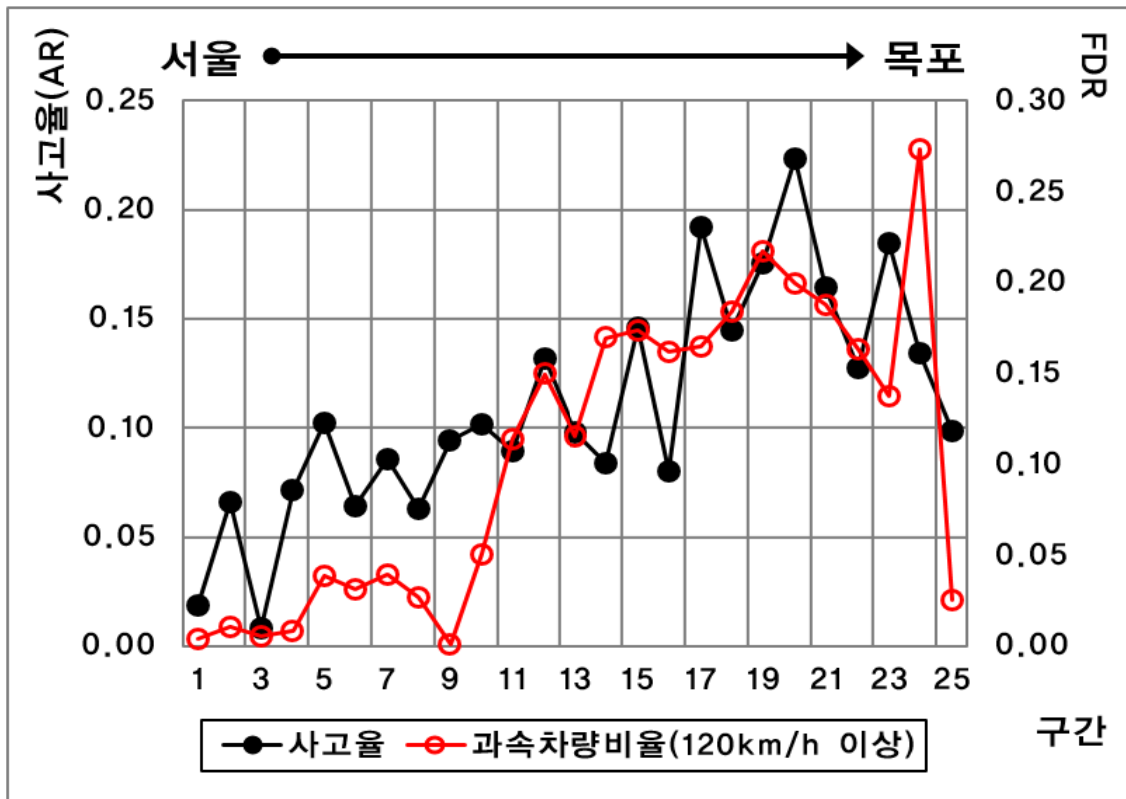


<그림 7-17> 링크별 과속차량비율 지표와 사고율과의 관계(경부고속도로)

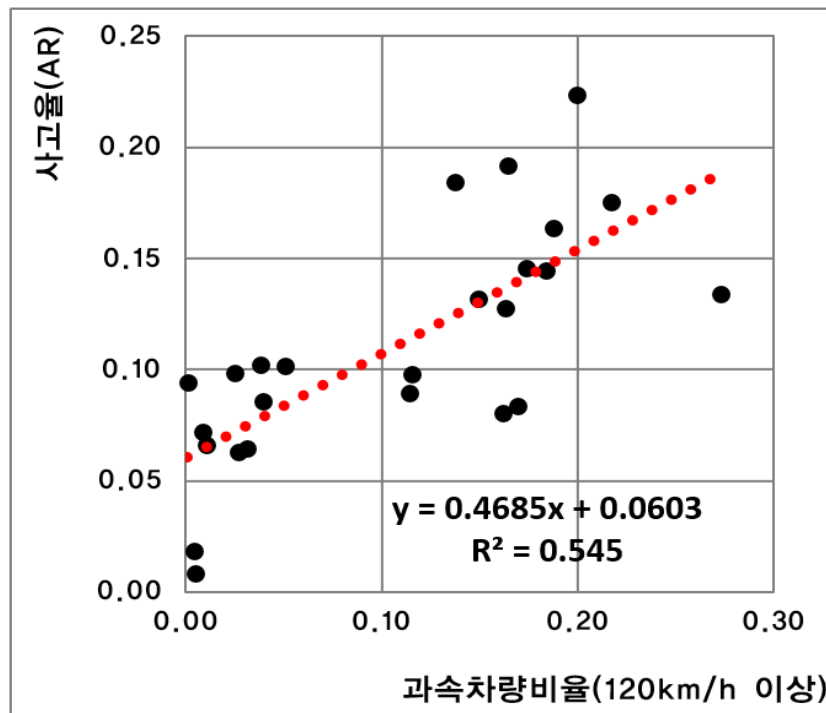


<그림 7-18> SVR지표와 사고율과의 관계(경부고속도로)





<그림 7-19> 링크별 과속차량비율 지표와 사고율과의 관계(서해안고속도로)

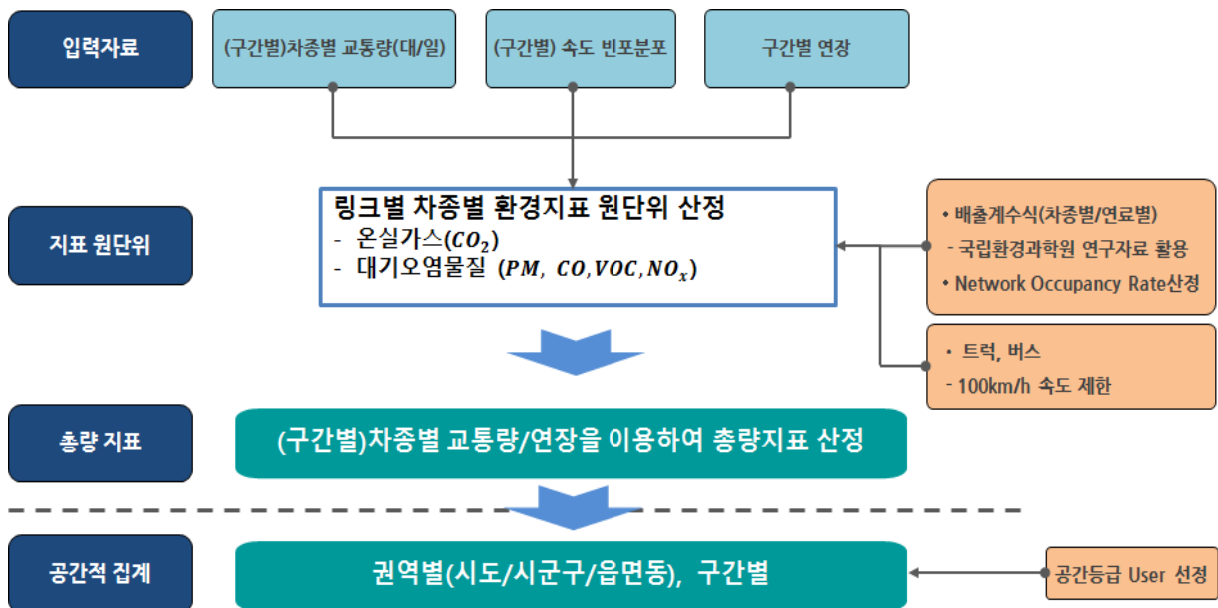


<그림 7-20> SVR지표와 사고율과의 관계(경부고속도로)

### 제3절 교통 환경지표 산정방법론 개발

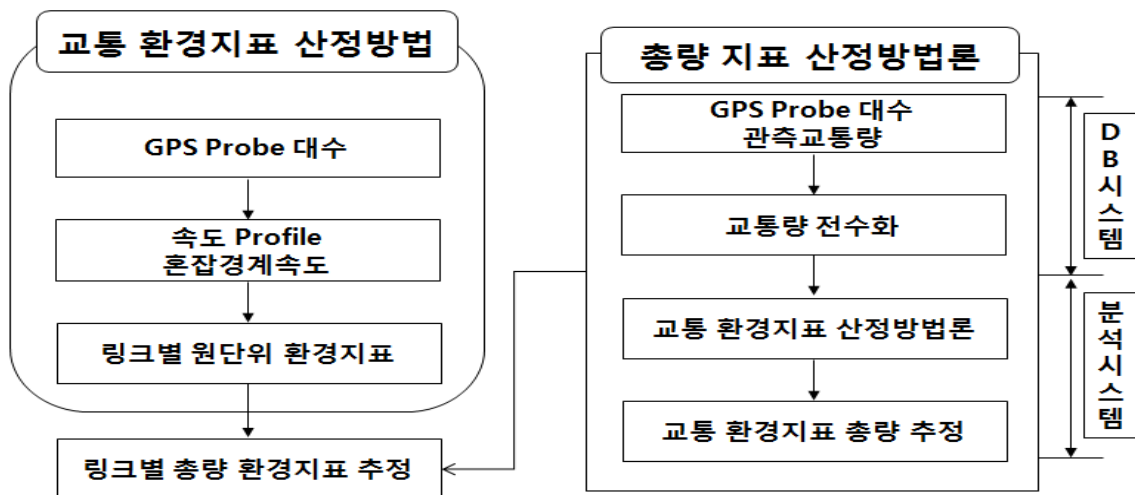
#### 1. 교통 환경지표 산정 개요

- “2013년 국가교통수요조사 및 DB구축사업 중 Car Navigation 자료를 이용한 교통 혼잡지도 연구”에서는 과거의 일괄적으로 적용된 혼잡기준속도가 아닌 개별 차량의 실제 속도자료를 이용하여 구간별 도로특성에 따른 상대적인 혼잡기준속도를 적용한 교통 환경지표 ( $CO_2$  배출량, 연료소모량)를 기 개발하였음
- 교통 환경지표는 ① Speed-Profile을 이용하여 링크별 원단위 환경지표를 산정하고, ② 산정된 원단위 환경지표와 전수화 교통량을 이용하여 링크별 총량 환경지표를 산정함
- 기 개발된 교통 환경지표 외에 교통시설사업을 시행함으로써 발생하는 환경비용 절감편익항목 대기오염물질( $CO$ ,  $VOC$ ,  $NO_x$ ,  $PM$ ) 항목을 추가함
- 환경지표 분석에 사용된 배출계수식은 국립환경과학원의 자료를 활용함
  - 온실가스 : 수송부문 온실가스 기후변화대응 시스템 구축(II) - 자동차 온실가스 Bottom-up 배출계수 개발, 국립환경과학원, 2009.
  - 대기오염물질 : 국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(III), 국립환경과학원, 2013.



<그림 7-21> 교통 환경지표 산정개요

- 교통 환경지표 산정방법은 기 개발된 교통 환경지표와 마찬가지로 내비게이션의 개별 차량의 실제 속도자료를 통해 Speed\_Profile를 구축하고, 각 오염물질의 배출계수식을 이용하여 링크별 원단위 혼잡지표를 산정함. 산정된 원단위 혼잡지표와 추정된 전수화 교통량을 이용하여 링크별 총량지표를 산정하도록 함



<그림 7-22> 교통 환경지표 산출방법

## 2. 교통 환경지표 산정방법

### 가. 관측교통량 차종 구분

- 온실가스 및 대기오염물질 산정을 위해서는 자동차의 등급별, 유형별, 연료별, 연식 등에 따라 각각의 배출계수식을 적용하여 산정하도록 개발되어 있음
- 하지만, 관측교통량자료에 따라 차종 분류기준이 다르며, 이에 따른 배출계수식의 적용도 다르기 때문에 전국네트워크 차원의 분석을 위해서는 대표차종 설정이 필요함
- 본 연구의 관측교통량 조사지점 구축현황을 살펴보면, 건설기술연구원의 상시/수시 교통량자료는 12종, 고속도로 영업소 교통량과 KOTI의 스크린/코든라인 교통량은 6종, 서울시는 차종구분을 하지 않고 있으며, 6대 광역시의 교통량 자료도 각기 다른 형태를 보이는 것으로 분석되었음
- 본 연구에서는 대표차종으로 승용차, 버스, 화물차로 구분하였고, 구분기준은 각 기관에서 수집된 조사 자료의 차종구분기준을 바탕으로 재분류하여 구축하였음

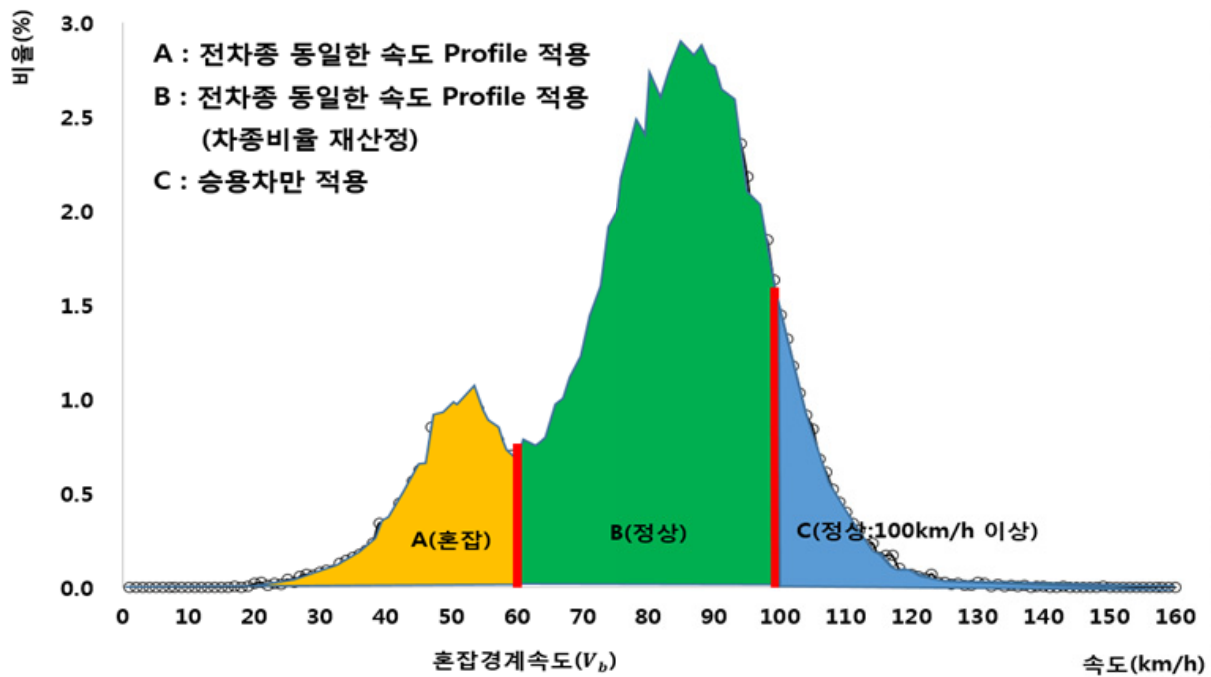
&lt;표 7-4&gt; 관측교통량 조사지점 구축 현황

구분		조사범위	조사지점 (상행+하행)	차종 개수
건설기술연구원	상시교통량	전국	1,504	12종
	수시교통량		5,018	12종
한국도로공사	영업소교통량	고속국도	695	6종
KOTI	스크린/코든교통량	전국	1,205	6종
서울시 / 6대광역시	서울시	도시부 도로	177	차종구분 없음
	울산		853	4종
	대전		363	4종
	광주		439	7종
	인천		608	7종
	대구		334	3종
	부산		407	7종

#### 나. 배출량 산정방법

##### 1) 산정방법 개요

- 환경오염지표(온실가스, 대기오염물질)의 차종별 원단위 산정은 기본적으로 Network Occupancy Rate를 고려하여 각 차종별/연료별 배출계수식 이용하여 산정함
- 기존의 환경지표산정 관련 연구는 대표차종을 선정하여 배출량을 산정하므로, 배출량 산정시 신뢰성에 대한 문제가 발생함
- 화물차와 버스의 경우는 고속으로 주행하는 것이 한계가 있으므로, Probe의 속도 Profile을 동일하게 적용하는 것은 문제가 발생하므로 혼잡경계속도를 기준으로 혼잡교통류, 정상교통류로 구분하여 배출량을 산정함
- 혼잡교통류/정상교통류 배출량 산정방법은 다음과 같음
  - 혼잡교통류 : 차종에 상관없이 Probe 속도 Profile을 동일하게 적용함
  - 정상교통류 : 버스와 화물차는 100km/h 이상의 속도로 주행하는 것이 한계가 있으므로, 100km/h 이상은 승용차로 가정하고, 혼잡경계속도~100km/h의 구간에 대해서는 차종구성비를 재 산정함
- 각 환경지표의 차종별 원단위를 산정한 후 링크별로 추정된 전수화 교통량과 차종구성비율을 이용하여 배출량을 산정함



<그림 7-23> 교통 환경지표 산정방법 예시

- 도로부문 환경지표 배출량 산정을 위한 방법은 기본적으로 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Guideline<sup>1)</sup>에서 제시하고 있으며, 배출계수도 국내<sup>2)</sup>에서 개발된 내용을 제외하고는 IPCC에서 제시된 것을 사용하고 있음
- IPCC Guideline 보고서에서는 배출량 산정을 위한 방법으로 Tier 1, Tier 2, Tier 3을 제시하고 있으며, 본 연구에서는 연료 소비량을 기본으로 하는 Tier 1, 2 방법론을 배제하고, 차량 주행거리를 기본으로 하는 Tier 3 방법론을 기반으로 하여 도로 이용차량의 배출량을 산정할 수 있는 방법론을 도출함

<sup>1)</sup> 2000년 “ Good practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories”

<sup>2)</sup> 김기준 (2010)의 연구에서 배출계수는 국립환경과학원 (2007)의 대기오염물질 배출량 산정방법 편람을 참조하여, 국내 연구기관의 배출계수를 우선적으로 적용하고 국내 미개발 배출계수는 국외의 내용을 면밀히 검토하여 적용하고 있는 실정이라 언급함.

&lt;표 7-5&gt; IPCC Guideline 온실가스 추정방법 비교

방법	산정식	특징
Tier 1	$Emissions = \sum (Fuel_a \times EF_a)$ <p> <i>Emissions</i> : 배출량(kg)  <i>Fuel<sub>a</sub></i> : 연료 a 소비량(TJ), <i>EF<sub>a</sub></i> : 배출계수(kg/TJ)  <i>a</i> : 연료 종류(예, 휘발유, 경유, LPG 등)         </p>	가장 기본적인 Top-down 방식 에너지원별, 모드별, 연료별 IPCC 배출계수 적용 차량 주행거리는 고려되지 않음
Tier 2	$Emissions = \sum (Fuel_{a,b,c} \times EF_{a,b,c})$ <p> <i>Emissions</i> : 배출량(kg)  <i>Fuel<sub>a,b,c</sub></i> : 이동 배출원 활동도에 대한 연료 소비량(TJ)  <i>EF<sub>a,b,c</sub></i> : 배출계수(kg/TJ)  <i>a</i> : 연료 종류(예, 휘발유, 경유, LPG 등), <i>b</i> : 차종  <i>c</i> : 배출제어기술(제어장치의 미장착, 촉매변환장치 등)         </p>	Bottom-up 방식 차종별, 배출제어기술에 따른 배출계수 적용 차종별 에너지 소비량 자료 필요
Tier 3	$Emissions = \sum (Distance_{a,b,c,d} \times EF_{a,b,c,d}) + \sum C_{a,b,c,d}$ <p> <i>Emissions</i> : 배출량(kg)  <i>EF<sub>a,b,c,d</sub></i> : 배출계수(kg/km)  <i>Distance<sub>a,b,c,d</sub></i> : 주어진 이동 배출원 활동도에 대해 열적으로 안정된 엔진 운전 단계 동안의 차량 주행거리(VKT) (km)  <i>C<sub>a,b,c,d</sub></i> : 예열 중 배출량(cold start) (kg)  <i>a</i> : 연료 종류(예, 휘발유, 경유, LPG 등), <i>b</i> : 차종  <i>c</i> : 배출제어기술(제어장치의 미장착, 촉매변환장치 등)  <i>d</i> : 운전 조건(예, 도심 또는 교외의 도로종류, 기타 환경적 요인)         </p>	Bottom-up 방식 차종별, 배출제어기술에 따른 배출계수 적용 배출량을 가장 정확히 산정하는 수준이기 때문에 많은 자료가 요구됨

## 2) 배출량 산정과정

### ① 차종별/연료별 Network Occupancy Rate 산정

- 교통 환경지표의 배출계수는 차종별, 규모별, 연료별로 각각 개발되어 있으나, 실제로 해당구간에 주행하는 차량의 구성비를 모두 파악하는 것은 한계가 있음
- 기존의 연구들에서는 차종별로 대표차종을 선정하여 배출량을 산정하는 연구가 대부분이었으나, 이는 신뢰성 있는 배출량 산정의 결과로 판단하는데 한계가 있음

- 본 연구에서는 차종별 대표차종을 선정하지 않고, 국립환경과학원에서 개발되어 있는 차종별 연료별 배출계수를 이용하여 환경지표의 원단위를 산정하고자 함
  - 단, 본 연구에서는 연식에 대해서는 고려하지 않았음
- 또한, 기존의 연구에서 대표차종을 선정하여 배출량을 산정하는 방법을 적용하지 않고, 교통안전공단에서 조사하는 자동차 주행거리 자료를 바탕으로 도로상에 해당 차종(연료별)이 얼마나 주행하였는지를 산정하여 각 비율을 산출함
  - 즉, Network Occupancy Rate는 해당차종이 도로상에 점유하고 있는 비율을 의미함
- 차종별 연간주행거리 산정은 관용, 자가용차량을 기준으로 산정하였고, 각 차종별/규모별로 살펴보면, 승용차는 중/대형차량이 80% 이상을 점유하고 있으며, 승합차는 소형이 90% 이상, 화물차도 소형이 87%로 가장 높은 점유율을 보이는 것으로 분석되었음

&lt;표 7-6&gt; 차종별 총 주행거리(관용+자가용 기준)

차종		등록대수(천대)	연간주행거리(백만km)	비율	
승용차	경형	1,299	11,356	6.8%	100%
	소형	1,895	16,700	10.0%	
	중형	7,139	88,186	52.7%	
	대형	3,501	51,009	30.5%	
승합차 (버스포함)	소형	836	8,813	91.7%	100%
	중형	26	440	4.6%	
	대형	16	356	3.7%	
화물차	소형	2,329	34,642	87.0%	100%
	중형	225	3,608	9.1%	
	대형	70	1,587	4.0%	

자료 : 2012년도 자동차 주행거리 실태분석 연구, 교통안전공단(2013)

- 도로이동 오염원의 사용연료는 경유, 무연휘발유, LPG, CNG 등이 사용되며, 교통안전공단의 2012년도 자동차 주행거리 실태분석 연구(2013)자료에서 연료별·차종별 총 주행거리 자료를 이용하여 각 비율을 산정하였고, 분석된 결과는 다음 표와 같음

&lt;표 7-7&gt; 도로이동 오염원 사용연료 분류

연료명	설 명
경 유	디젤 엔진을 장착한 승합차, 버스, 화물차, 특수차 등에서 사용
무연휘발유	가솔린 엔진을 장착한 승용차 등 소형차에서 주로 사용
LPG	택시에서 주로 사용하며, 일부 승용차에서도 사용
CNG	천연가스를 압축한 연료로서 대형버스 일부 및 청소차에서 사용

&lt;표 7-8&gt; 연료별·차종별 총 주행거리 현황

구분	연료	등록대수(천대)	연간주행거리(백만km)	비율	
승용차	휘발유	9,219	99,490	51.8%	100%
	경유	3,121	47,768	24.9%	
	LPG	1,959	44,788	23.3%	
승합차 (버스포함)	휘발유	6	64	0.3%	100%
	경유	704	16,722	72.4%	
	LPG	262	3,601	15.6%	
	기타	30	2,714	11.7%	
화물차	휘발유	10	101	0.2%	100%
	경유	2,960	56,648	95.5%	
	LPG	209	2,589	4.4%	

자료 : 2012년도 자동차 주행거리 실태분석 연구, 교통안전공단(2013)

- 버스의 배출계수는 시내버스와 고속버스로 구분되어 있으며, 이에 대한 비율은 KTDB의 여객운송사업 사업체수 및 차량대수 현황(2012)자료를 활용하였음
- 버스의 연료구분은 시내버스는 CNG, 고속버스는 경유를 사용연료로 가정하여 분석함

&lt;표 7-9&gt; 버스 구성 비율 현황

시도	대분류	중분류	차량등록대수		
			차량수		비율
시내버스	시내버스	보유대수	32,934	34,722	78.4%
	농어촌버스	보유대수	1,788		
	마을버스	보유대수	-		
고속버스	시외버스	보유대수	7,653	9,590	21.6%
	고속버스	보유대수	1,937		
	전세버스	보유대수	-		

자료 : 여객운송사업 사업체수 및 차량대수 현황(2012), KTDB



② 온실가스( $CO_2$ ) 배출량 산정

- ‘수송부문 온실가스 기후변화대응 시스템 구축(II) - 자동차 온실가스 Bottom-up 배출계수 개발’에서는 모든 차종에 대한 온실가스( $CO_2$ ) 배출계수를 제시하고 있음
- 또한, 제시되는 배출계수는 속도의 함수로 이루어져 있으며, 차종 및 연료에 따라 다른 배출 계수가 적용되도록 설정되어 있음
- 온실가스 배출량 산정의 정밀도 향상을 위하여 차종 및 연료별 도로상의 점유율을 고려하여 각각의 배출계수식을 적용하여 배출량 원단위를 산정함
- 온실가스 배출량은 배출량 원단위와 해당링크에 대하여 추정된 전수화교통량과 차종구성비, 연장으로 이루어진 함수로 산정됨

$$Emissions(CO_2) = \sum_{a=1}^3 (Length \times EU_a \times Volume_a)$$

$$EU_a = \sum_b (NOR \times EF_a)$$

$Emissions$  : 배출량(ton),  $Length$  : 연장(km),  $EU$  : 배출량 원단위,  $Volume$  : 교통량(대),  $NOR$  : 네트워크 점유율(%),  $EF$  : 배출계수식(g/대·km),  $a$  : 차종(1=승용차, 2=버스, 3=화물차),  $b$  : 연료별/차종별 구분

<표 7-10> 이산화탄소( $CO_2$ ) 배출계수

차종		연료	Network Occupancy Rate	배출계수	
				차속구분	산출식
승용차	경형	휘발유	6.8%	65.4km/h 미만	$Y=887.12 \times V^{(-0.5703)}$
				65.4km/h 이상	$Y=0.9303 \times V + 30.821$
	소형	휘발유	6.7%	65.4km/h 미만	$Y=1313.7 \times V^{(-0.6)}$
				65.4km/h 이상	$Y=0.5447 \times V + 78.746$
		경유	3.2%	65.4km/h 미만	$Y=1133.1 \times V^{(-0.587)}$
				65.4km/h 이상	$Y=0.6175 \times V + 62.478$
	중형	휘발유	27.3%	65.4km/h 미만	$Y=1555.5 \times V^{(-0.578)}$
				65.4km/h 이상	$Y=0.0797 \times V + 144.19$
		경유	13.1%	65.4km/h 미만	$Y=1818.1 \times V^{(-0.6643)}$
				65.4km/h 이상	$Y=0.3184 \times V + 95.66$
		LPG	12.3%	65.4km/h 미만	$Y=1539.4 \times V^{(-0.5748)}$
				65.4km/h 이상	$Y=0.5056 \times V + 117.39$
버스	대형	휘발유	21.0%	65.4km/h 미만	$Y=1970.1 \times V^{(-0.6187)}$
				65.4km/h 이상	$Y=0.1791 \times V + 145.07$
				65.4km/h 미만	$Y=1849.8 \times V^{(-0.6164)}$
	대형(고속버스)	경유	21.6%	65.4km/h 이상	$Y=-0.1348 \times V + 159.9$
				-	$Y=5019.8 \times V^{(-0.5582)}$
				65.4km/h 미만	$Y=2676.7 \times V^{(-0.3344)}$
화물차	소형	경유	87.0%	65.4km/h 이상	$Y=1.3034 \times V + 548.56$
				65.4km/h 미만	$Y=1135.2 \times V^{(-0.4668)}$
	중형	경유	9.1%	65.4km/h 이상	$Y=2.2307 \times V + 25.76$
				65.4km/h 미만	$Y=0.1029 \times V^2 - 14.937V + 798.9$
화물차	대형	경유	4.0%	$Y=6240.3 \times V^{(-0.3829)}$	

### ③ 대기오염물질( $CO$ , $VOC$ , $NO_x$ , $PM$ ) 배출량 산정

- ‘국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(Ⅲ), 국립환경과학원(2013)’에서는 모든 차종에 대한 대기오염물질( $CO$ ,  $VOC$ ,  $NO_x$ ,  $PM$ ) 배출계수를 제시하고 있음
- 온실가스 배출계수와 동일하게 속도의 함수로 이루어져 있으며, 차종 및 연료에 따라 다른 배출계수가 적용되도록 설정되어 있음
- 대기오염물질 배출량 산정방법은 온실가스 배출량 산정방법과 동일하게 적용하여 산정함

$$Emissions(CO, VOC, NO_x, PM) = \sum_{a=1}^3 (Length \times EU_a \times Volume_a)$$

$$EU_a = \sum_b (NOR \times EF_a)$$

$Emissions$  : 배출량(ton),  $Length$  : 연장(km),  $EU$  : 배출량 원단위,  $Volume$  : 교통량(대),  $NOR$  : 네트워크 점유율(%),  $EF$  : 배출계수식(g/대·km),  $a$  : 차종(1=승용차, 2=버스, 3=화물차),  $b$  : 연료별/차종별 구분

<표 7-11> 일산화탄소( $CO$ ) 배출계수

차종		연료	Network Occupancy Rate	배출계수	
				차속구분	산출식
승용차	경형	휘발유	6.8%	45.0km/h 미만	$Y=4.9952 \cdot V^{(-0.8461)}$
				45.0km/h 이상	$Y=-0.0001 \cdot V^2 + 0.0229 \cdot V - 0.5701$
	소형	휘발유	6.7%	-	$Y=19.681 \cdot V^{(-1.0085)}$
		경유	3.2%	-	$Y=0.5775 \cdot V^{(-0.7524)}$
	중형	휘발유	27.3%	-	$Y=36.511 \cdot V^{(-1.2078)}$
		경유	13.1%	-	$Y=0.5414 \cdot V^{(-0.7524)}$
		LPG	12.3%	-	$Y=73.022 \cdot V^{(-1.2078)}$
	대형	휘발유	21.0%	-	$Y=36.511 \cdot V^{(-1.2078)}$
		LPG	9.5%	-	$Y=73.022 \cdot V^{(-1.2078)}$
버스	대형( 시내버스 )	CNG	78.4%	-	$Y=18.235 \cdot V^{(-0.3767)}$
	대형( 고속버스 )	경유	21.6%	-	$Y=8.3966 \cdot V^{(-0.8759)}$
화물차	소형	경유	87.0%	-	$Y=1.2211 \cdot V^{(-0.6083)}$
	중형	경유	9.1%	-	$Y=15.256 \cdot V^{(-0.7448)}$
	대형	경유	4.0%	-	$Y=52.136 \cdot V^{(-0.8618)}$

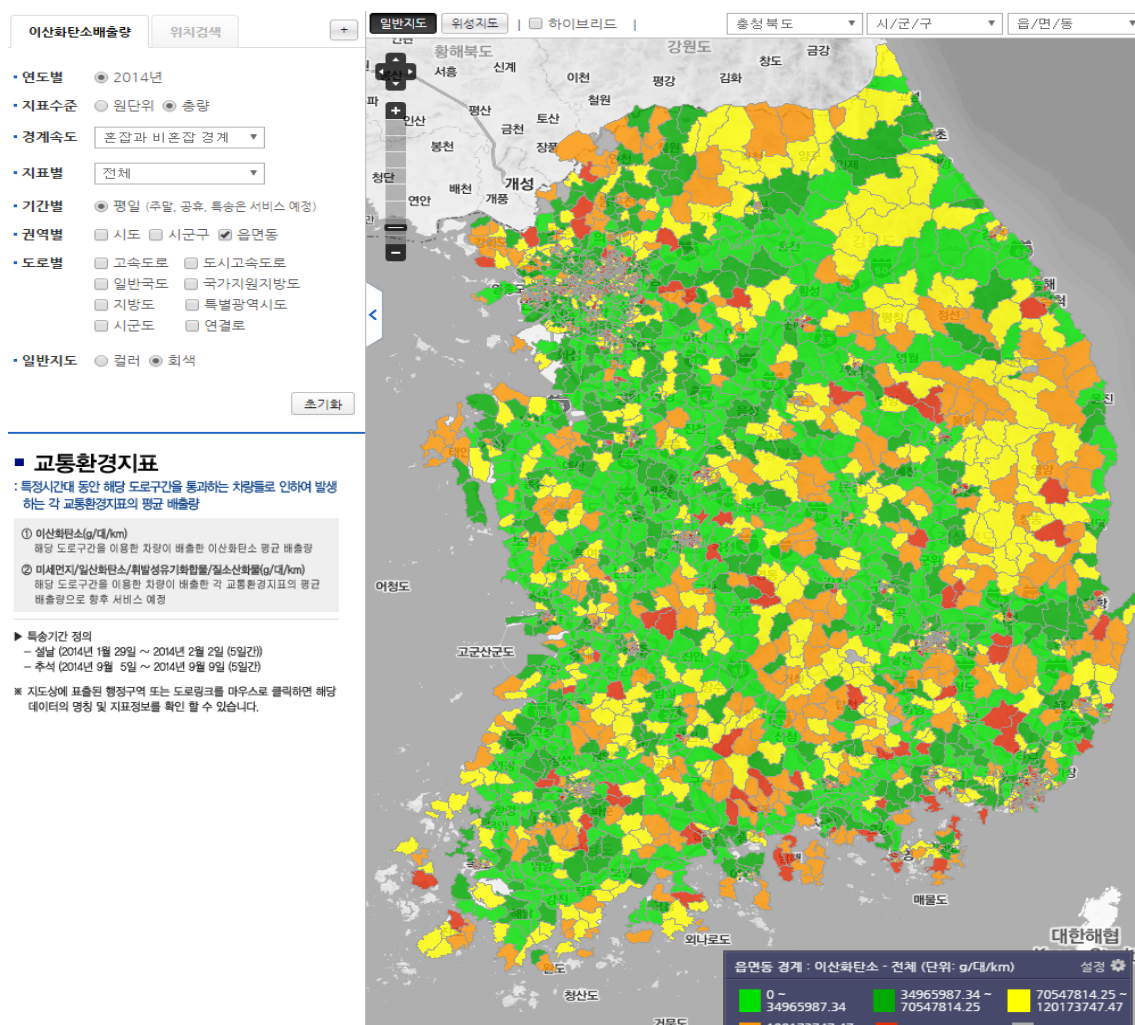
&lt;표 7-12&gt; 휘발성 유기화합물(VOC) 배출계수

차종		연료	Network Occupancy Rate	배출계수	
				차속구분	산출식
승용차	경형	휘발유	6.8%	-	$Y=0.2958 \cdot V^{(-0.7830)}$
	소형	휘발유	6.7%	-	$Y=2.4151 \cdot V^{(-1.3927)}$
		경유	3.2%	-	$Y=0.0825 \cdot V^{(-0.6848)}$
	중형	휘발유	27.3%	-	$Y=3.6805 \cdot V^{(-1.5356)}$
		경유	13.1%	-	$Y=0.0927 \cdot V^{(-0.6848)}$
		LPG	12.3%	-	$Y=4.4166 \cdot V^{(-1.5356)}$
	대형	휘발유	21.0%	-	$Y=3.6805 \cdot V^{(-1.5356)}$
		LPG	9.5%	-	$Y=4.4166 \cdot V^{(-1.5356)}$
버스	대형( 시내버스 )	CNG	78.4%	-	$Y=8.0544 \cdot \exp(-0.0174V)$
	대형( 고속버스 )	경유	21.6%	-	$Y=1.2191 \cdot V^{(-0.5266)}$
화물차	소형	경유	87.0%	-	$Y=0.1224 \cdot V^{(-0.5684)}$
	중형	경유	9.1%	-	$Y=2.0502 \cdot V^{(-0.6504)}$
	대형	경유	4.0%	-	$Y=3.7878 \cdot V^{(-0.5425)}$

<표 7-13> 질소산화물( $NO_x$ ) 배출계수

차종		연료	Network Occupancy Rate	배출계수	
				차속구분	산출식
승용차	경형	휘발유	6.8%	-	$Y=0.4819 \cdot V^{(-0.9198)}$
	소형	휘발유	6.7%	-	$Y=1.2279 \cdot V^{(-0.7864)}$
		경유	3.2%	65.4km/h 미만	$Y=1.1849 \cdot V^{(-0.5476)}$
				65.4km/h 이상	$Y=-0.000002 \cdot V^2 + 0.0021 \cdot V - 0.0110$
	중형	휘발유	27.3%	-	$Y=1.3520 \cdot V^{(-0.7978)}$
		경유	13.1%	65.4km/h 미만	$Y=1.1281 \cdot V^{(-0.5476)}$
				65.4km/h 이상	$Y=-0.000002 \cdot V^2 + 0.0020 \cdot V - 0.0105$
		LPG	12.3%	-	$Y=2.0280 \cdot V^{(-0.7978)}$
	대형	휘발유	21.0%	-	$Y=1.3520 \cdot V^{(-0.7978)}$
		LPG	9.5%	-	$Y=2.0280 \cdot V^{(-0.7978)}$
버스	대형( 시내버스 )	CNG	78.4%	-	$Y=8.6972 \cdot \exp(-0.0130V)$
	대형( 고속버스 )	경유	21.6%	-	$Y=40.9398 \cdot V^{(-0.5611)}$
화물차	소형	경유	87.0%	65.4km/h 미만	$Y=2.0832 \cdot V^{(-0.6485)}$
				65.4km/h 이상	$Y=-0.00003 \cdot V^2 + 0.0060 \cdot V - 0.1339$
	중형	경유	9.1%	-	$Y=15.001 \cdot V^{(-0.4528)}$
	대형	경유	4.0%	-	$Y=107.5 \cdot V^{(-0.5679)}$

차종		연료	Network Occupancy Rate	배출계수	
				차속구분	산출식
승용차	경형	휘발유	6.8%		
	소형	휘발유	6.7%		
		경유	3.2%		$Y=0.0420 \cdot V^{(-0.3420)}$
	중형	휘발유	27.3%		
		경유	13.1%		$Y=0.0396 \cdot V^{(-0.3420)}$
		LPG	12.3%		
	대형	휘발유	21.0%		
		LPG	9.5%		
버스	대형( 시내버스 )	CNG	78.4%		
	대형( 고속버스 )	경유	21.6%	80.0km/h 미만	$Y=0.2986 \cdot V^{(-0.5711)}$
				80.0km/h 이상	$Y=0.0001 \cdot V^{(1.2263)}$
화물차	소형	경유	87.0%		$Y=0.1759 \cdot V^{(-0.5357)}$
	중형	경유	9.1%		$Y=0.2979 \cdot V^{(-0.4008)}$
	대형	경유	4.0%		$Y=2.6847 \cdot V^{(-0.6112)}$



<그림 7-24> 환경지표(이산화탄소 배출량) 산정결과

## 제8장 기존 교통지표 모형 개선

---

제1절 기 개발된 교통혼잡지표의 모형 정밀도  
개선

제2절 확장된 수집데이터에 기반한 시간적 ·  
공간적 단위 세분화

제3절 개선모형의 가공교통DB 시스템 반영



## 제 8 장 기존 교통지표 모형 개선

### 제1절 기 개발된 교통 혼잡지표의 모형 정밀도 개선

- 기 개발된 교통 혼잡지표는 전국 표준노드링크를 이용하여 개별 링크 단위로 혼잡지표를 산정하며, 해당지역(광역시/도, 시/군/구)의 공간적 단위로 집계함
- 하지만, 본 연구에서는 과거 월 단위(2013년 10월~2014년 1월) 내비게이션 자료가 연 단위(2014년 1월~2014년 12월) 자료로 확장됨에 따라 혼잡지표에 대한 새로운 사·공간적 집계방법이 필요함
- 본 연구에서 고려한 교통 혼잡지표는 기 개발된 지표 외에 교통량/교통소통지표의 개선과 새롭게 검토된 교통사고지표, 환경지표 등을 개발함

<표 8-1> 교통혼잡지표 개발현황

구분	서브메뉴	지표구분	시간대	행정구역(주제도)	도로 (주제도)
교통량	구간 추정 교통량		평일, 24시간	0	0
	VKT		평일	0	0
교통소통지표	혼잡시간강도		평일	0	0
	혼잡빈도강도				
	혼잡기대강도				
	평균속도		평일, 24시간	0	0
	혼잡시 평균속도		평일, 24시간	0	0
	정상시 평균속도		평일, 24시간	0	0
	지체시간		평일	0	0
	교통혼잡비용		평일	0	0
교통환경지표	이산화탄소 배출량	총량	평일	0	0
		원단위	평일	X	0
	미세먼지 배출량	총량	평일	0	0
		원단위	평일	X	0
	일산화탄소 배출량	총량	평일	0	0
		원단위	평일	X	0
	휘발성 유기화합물 배출량	총량	평일	0	0
		원단위	평일	X	0
	질소산화물 배출량	총량	평일	0	0
		원단위	평일	X	0
교통사고지표	구간교통사고건수		평일	0	0
	구간교통사고율		평일	0	0

## 제2절 확장된 수집데이터에 기반한 시간적공간적 단위 세분화

- 혼잡지표의 시/공간적 집계를 위해서는 먼저 이용자가 분석하고자 하는 시/공간적 범위가 설정되어야 하며, 설정된 범위를 기준으로 해당 시/공간적 범위 내 각 혼잡지표를 집계함
- 지난 2014년 한국교통연구원에서 수행한 “2014년 국가교통조사 및 DB구축사업 중 Car Navigation 자료를 이용한 교통혼잡지도 검증 및 고도화 연구”에서는 분석에 사용되는 내비게이션자료의 부족으로 시간적 범위는 평일/주말로만 분류하여 정보를 제공하였음
- 내비게이션 자료가 연 단위(2014년 1월~2014년 12월) 자료로 확장됨에 따라 평일/주말 외에 공휴일, 특송(설날, 추석)의 교통혼잡지표를 산정하였음
- 공간적 집계단위는 도로등급, 행정구역별로 교통 혼잡지표를 산정하여 표출하도록 하였고, 도로등급은 고속국도, 도시고속국도, 일반국도, 특별/광역시도, 국가지원지방도, 지방도, 시군으로 구성되며, 행정구역 표출단위는 시·도, 시·군·구, 읍·면·동 단위로 표현이 가능함
- 교통량/속도관련지표는 일평균자료 이외에 시간대별 정보를 제공할 수 있도록 시간적 단위를 세분화 하였고, 환경지표는 기존의 원단위 지표 외에 총량지표를 추가로 개발함
- 또한, 지표의 표출을 위한 범례의 설정을 이용자가 임의로 설정할 수 있도록 개선함
- 혼잡강도와 환경지표 산정 시 적용되는 혼잡경계속도는 기존의 자유주행속도 경계와 본 연구에서 개발된 혼잡과 비혼잡 경계 개념의 속도 두 가지를 설정할 수 있도록 함

· 연도별 ☒ 2014년

· 지표별

· 기간별 ☒ 평일 (주말, 공휴, 특송은 서비스 예정)

· 시간대

· 권역별 ☐ 시도 ☐ 시군구 ☒ 읍면동

· 도로별 ☒ 고속도로 ☐ 도시고속도로  
☐ 일반국도 ☐ 국가지원지방도  
☐ 지방도 ☐ 특별광역시도  
☐ 시군도 ☐ 연결로

· 일반지도 ☐ 컬러 ☒ 회색

· 연도별 ☒ 2014년

· 지표수준 ☐ 원단위 ☒ 총량

· 경계속도

· 지표별

· 기간별 ☒ 평일 (주말, 공휴, 특송은 서비스 예정)

· 권역별 ☐ 시도 ☐ 시군구 ☒ 읍면동

· 도로별 ☒ 고속도로 ☐ 도시고속도로  
☐ 일반국도 ☐ 국가지원지방도  
☐ 지방도 ☐ 특별광역시도  
☐ 시군도 ☐ 연결로

· 일반지도 ☐ 컬러 ☒ 회색

<그림 8-1> 교통 혼잡지표의 산정 세분화



### 제3절 개선모형의 가공교통DB 시스템 반영

- 전국 교통혼잡지도 데이터베이스는 점차적으로 증가하는 대용량 데이터를 고려하여 안정적이고 효율적으로 관리할 수 있도록 대용량 데이터베이스 논리 설계 및 물리 설계를 개선함
- 변화되는 요구사항에 부합되도록 확장 가능한 설계를 하여 다양한 유형별 자료를 효과적으로 구축할 수 있는 구조로 설계
- 데이터베이스 설계 방법론에 입각한 현행 시스템 및 데이터를 분석하고 표준화 방안 등을 마련하여 시스템에서 요구하는 데이터 분석이 가능한 구조로 설계함
- 데이터 수집량이 증가하면서 기존 월 단위 혼잡지표 분석에서 일 단위 및 시간단위 분석이 가능하도록 데이터베이스를 수정 보완함
- 주제도 분석은 사용자가 특정 지역에 대하여 시/도, 시/군/구, 읍/면/동/ 단위의 행정구역 및 도로 주제도 표출이 가능하도록 기능 구현
- 교통환경지표 분석을 위해서 분석맵 기준의 행정구역/도로 주제도 분석이 가능하며, 지표의 원단위와 총량 지표를 각 개발하였고, 차종별로 각 지표들을 확인할 수 있도록 설계함
  - 환경지표는 기 개발된 이산화탄소배출량과 추가로 개발된 대기오염물질지표(미세먼지, 일산화탄소, 휘발성 유기화합물, 질소산물 배출량)를 표출할 수 있도록 설계
  - 환경지표는 원단위와 총량지표 각각 서비스할 수 있도록 설계하였고, 선택한 지역과 도로에 대하여 다양한 조건(환경지표 결과에 대한 범위 지정)을 정의 및 표출 되도록 기능 구현
- 교통사고율 분석을 위해서는 분석맵 기준의 행정구역/도로 주제도 분석이 가능하며, 링크 단위의 상세 분석이 가능하도록 개발
  - 교통사고 DB를 구축하고 개별 링크에 사고건수를 매칭
  - 전수화된 링크 교통량과 교통사고건수를 이용한 교통사고율 지표를 표출할 수 있도록 설계함



## **제9장 교통혼잡지도 시스템 유지보수 및 온라인 시범 서비스 구축**

---

**제1절 개요**

**제2절 교통혼잡 모니터링 체계의 현황 분석**

**제3절 교통혼잡 데이터 가공**

**제4절 교통혼잡지도 시스템 개발**

**제5절 교통혼잡지도 온라인 시스템 개발**

**제6절 시스템 테이블 구성**

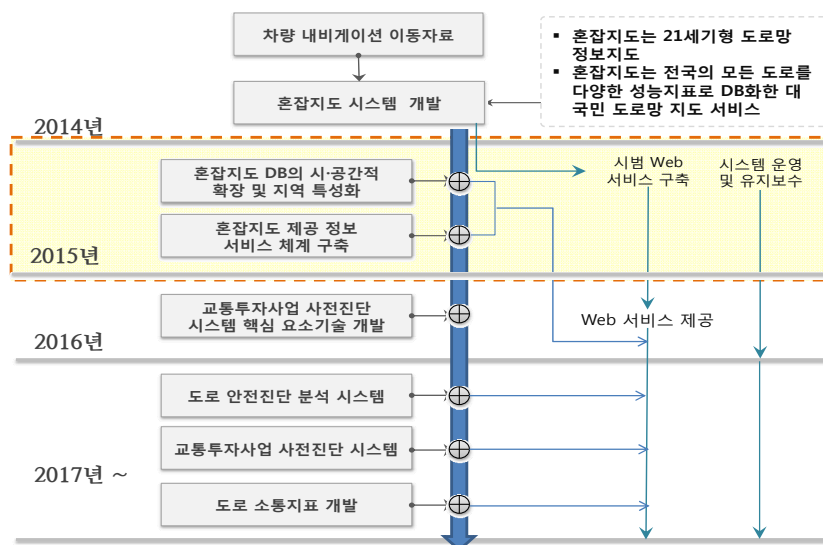


## 제9장 교통혼잡지도 시스템 유지보수 및 온라인 시범 서비스 구축

### 제1절 개요

#### 1. 개요

- 도로의 혼잡수준을 파악하는 것은 기 구축된 교통 시스템의 효율성을 평가할 수 있게 하며, 교통혼잡에 대한 객관적이고 정확한 진단을 통하여 교통혼잡에 대한 대응방안 수립을 가능하게 함
- 첨단교통기기를 통해 수집된 내비게이션 데이터 및 교통자료를 활용하여 교통혼잡지도를 구축하여 혼잡의 현황을 파악하는 연구가 수행됨
- 본 과업에서는 축적된 대용량 내비게이션 자료 및 혼잡 분석 기술을 기반으로 혼잡지표의 신뢰도를 제고하고 교통혼잡에 의한 다방면의 영향분석과 네트워크상의 문제점 파악을 가능하게 하고, 혼잡에 대한 전반적인 구축 정보를 공유할 수 있는 기반을 마련하고자 함
- 이를 위하여 기존에 개발된 내비게이션 자료 기반 교통혼잡지표 시스템 및 교통혼잡지도 분석맵의 유지보수를 통해 기존 교통혼잡지도 시스템의 연속성을 확보하고자 하며, 교통혼잡정보 제공 온라인 서비스 시스템의 시범 구축을 통해 이용자 중심의 교통혼잡 관련 콘텐츠 제공을 위한 기반을 다지고자 함



<그림 9-1> 연차별 개발 목표

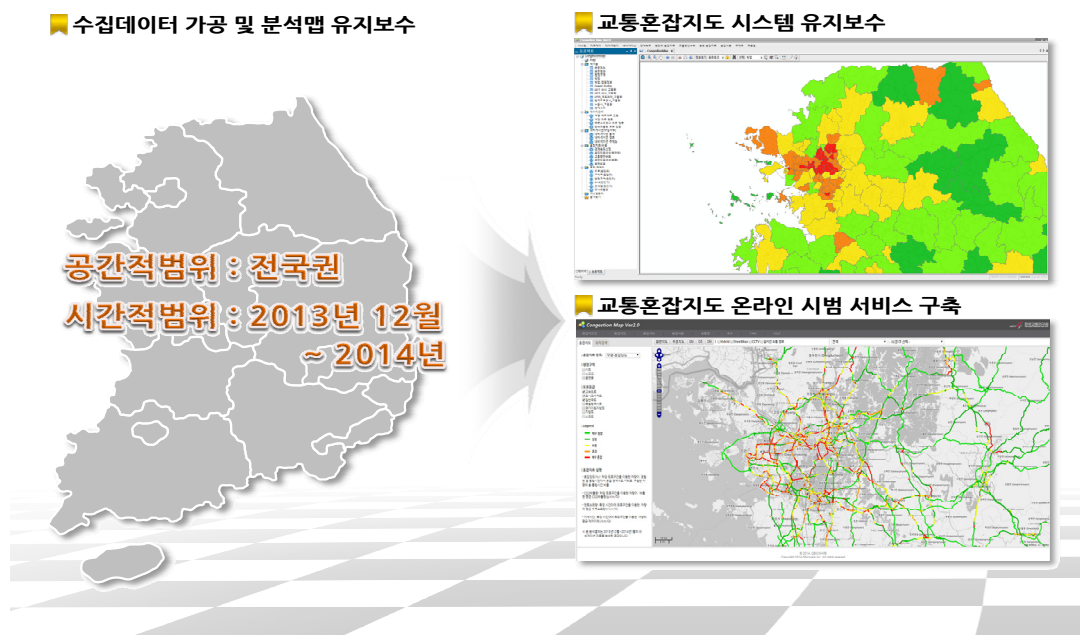
## 2. 연구의 내용 및 범위

### 가. 과업의 범위

- 공간적 범위 : 전국
- 시간적 범위
  - 사업기간 : 2015년 4월 10일 ~ 2015년 12월 15일
  - 분석년도 : 2014년 1월 ~ 2014년 12월 내비게이션 데이터

### 나. 내용적 범위

- 교통혼잡 모니터링 체계의 현황 분석
- 수집데이터 가공 프로세스 개선 및 유지보수
- 네트워크 변경에 따른 편집기능 개선 및 분석맵 유지보수
- 교통혼잡지도 시스템 유지보수
- 교통혼잡지도 온라인 시범 서비스 구축
- 교통혼잡지도 시스템 활용 방안 제시



<그림 9-2> 과업범위

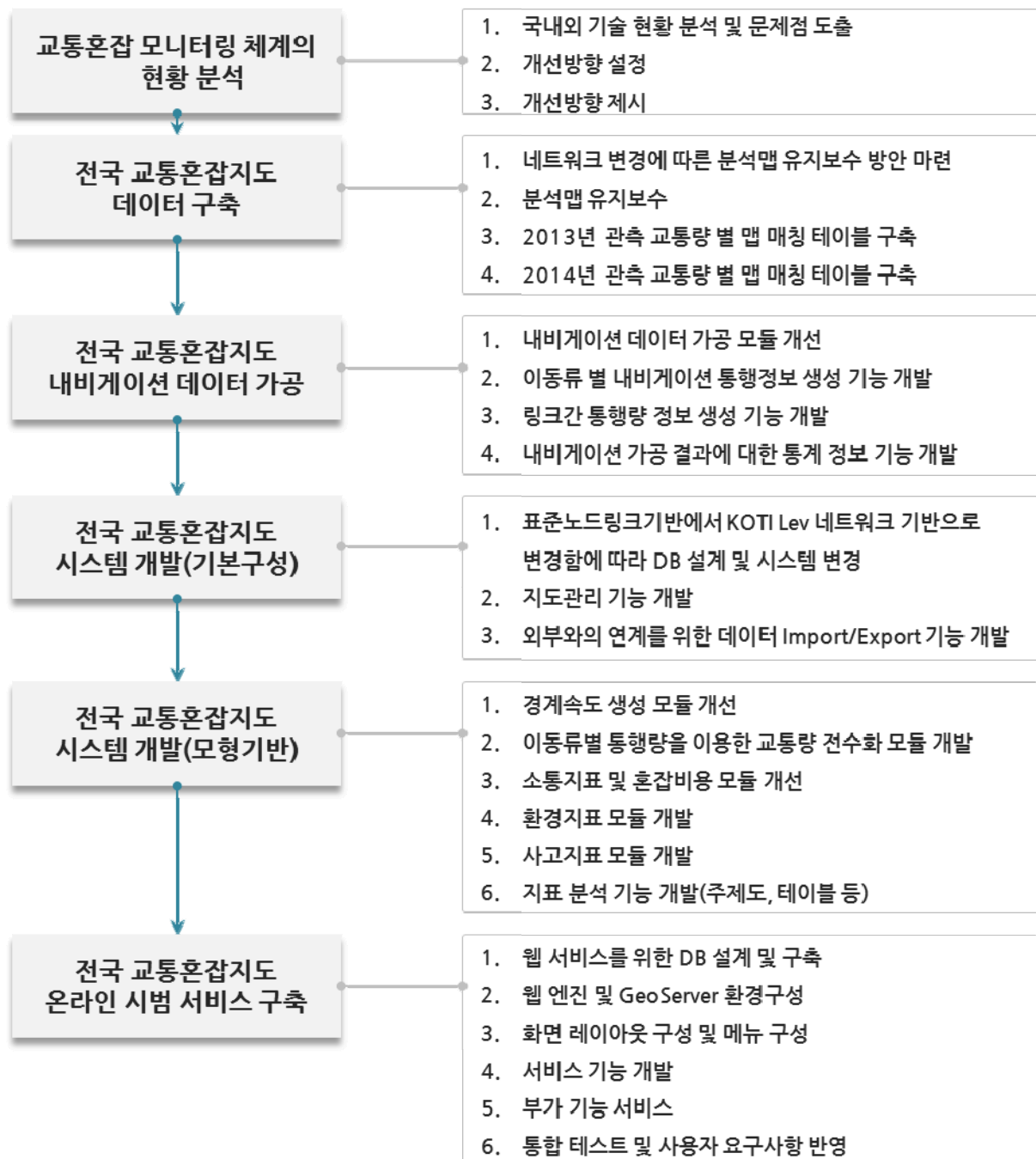
- 과업의 수행 내용은 다음과 같음

<표 9-1> 과업의 주요 내용

구 분		내 용
교통혼잡 모니터링 체계의 현황 분석		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내외 기술 현황 분석 및 문제점 도출</li> <li>· 개선방향 설정</li> </ul>
데이터 관리 시스템 개선 및 유지보수	내비게이션 데이터 가공	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 내비게이션 데이터 가공 모듈 개선</li> <li>· 사용자 설정에 의한 자료처리 기능 개발</li> <li>· 내비게이션 가공 결과 확인 기능 개발</li> <li>· 가공 결과 통계 정보 기능 개발</li> <li>· 내비게이션 회전 통행량 생성 기능 개발</li> </ul>
	조사 교통량 유지보수	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 데이터 유지보수를 위한 관측 교통량 자료 입력 및 검증 기능 개발</li> <li>· 조사 교통량 별 맵매칭 테이블 구축</li> </ul>
교통혼잡지도 네트워크 개선 및 유지보수		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 네트워크 변경에 따른 분석맵 유지보수 방안 마련</li> <li>· 분석맵 유지보수</li> </ul>
교통혼잡지도 분석시스템 유지보수 및 개선	대용량데이터베이스 설계 및 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 파일기반에서 데이터베이스 기반으로 설계 및 구축</li> <li>· C/S 및 온라인 서비스를 고려한 통합데이터베이스 설계 및 구축</li> </ul>
	교통혼잡지도 어플리케이션 유지보수	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 표준노드링크기반에서 KOTI Lev6 네트워크 기반으로 네트워크 변경에 따른 전체 시스템 개선</li> <li>· 교차로별 회전교통량 표출 기능 개발</li> <li>· 지도 디스플레이 및 제어 기능 개선</li> <li>· 년도 별 데이터 관리 기능 개발</li> <li>· 외부와의 연계를 위한 데이터 Import/Export 기능 개발</li> </ul>
교통혼잡지도 온라인 시범서비스 구축		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 교통혼잡지도 유사 시스템 분석 및 사례 연구</li> <li>· 교통혼잡지도 온라인 서비스 사용자 분석 및 사용자별 시나리오 방안을 도출하여 일반 서비스, 분석가, 관리자 별 화면 구성</li> <li>· GIS 웹 서비스를 위한 공간데이터베이스 엔진 구성 방안 도출</li> <li>· 웹 시스템 개발 표준 적용성 검토 및 표준 적용</li> <li>· 교통혼잡지도 온라인 서비스 DB 설계 및 기능 연계</li> <li>· 교통혼잡지도 온라인 서비스 시스템 및 웹어플리케이션 개발</li> </ul>
교통혼잡지도 시스템 활용 방안 제시		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 교통혼잡지도 수집데이터 활용 방안 및 데이터 연계 활용 방안</li> <li>· 교통혼잡지도 데이터베이스 및 시스템 활용도 강화 방안</li> </ul>

### 3. 연구의 수행 체계

- 본 연구는 전국 교통혼잡지도 데이터 구축, 내비게이션 가공, 시스템 개발, 온라인 시범 서비스 구축으로 수행되며, 연구의 수행체계는 아래의 그림과 같음



<그림 9-3> 연구 수행체계



## 제2절 교통혼잡 모니터링 체계의 현황 분석

### 1. 국내외 기술 현황 분석 및 문제점

#### 가. 국내외 기술 현황 분석

##### 1) 국내 기술 현황

- 국내 기술 현황은 국토교통부 ITS국가교통정보센터, 한국도로공사 Road Plus, 도로교통공단 UTIS, 서울시 TOPIS 과 같은 주요 공공기관의 교통정보센터 시스템에 대한 현황 분석을 검토하였음
- 차량 이용자를 대상으로 인터넷, 어플리케이션 등을 통하여 실시간 교통정보 및 돌발상황 정보 등의 교통정보를 제공함으로써 각 기관별 대상도로에 대한 교통혼잡을 관리하고 있음

<표 9-2> 국내 교통혼잡 모니터링 관련 시스템 현황

기관/시스템	대상도로	교통혼잡 관련 제공정보
국토교통부 ITS국가교통정보센터	전국 고속도로 및 국도	실시간 도로교통 정보, CCTV영상, 사고/돌발 정보 제공
한국도로공사 Road Plus	전국 고속도로	현재 교통상태 정보, 통행패턴, 구간 통계값, 돌발상황정보 제공
도로교통공단 UTIS	서울, 인천 등 13개 도시 주요도로	교통소통정보, 돌발정보, CCTV영상, 교통안전정보 제공
서울특별시 TOPIS	서울시 주요도로	현재 교통상태 정보, 통행패턴, 구간 통계값, 돌발상황정보 제공

- 1) 국토교통부 ITS국가교통정보센터
  - 전국 고속도로 및 국도에 대한 실시간 교통정보를 제공함
  - 돌발(사고)정보 및 통제(공사)정보 또한 제공 중에 있음
  - 교통정보 연계기관으로부터 수집된 자료를 가공하여, 표준화된 형태의 정보로 제공함

자료 1) <http://www.its.go.kr>



- 2)한국도로공사 Road Plus
  - 전국 고속도로 및 우회도로 구간의 교통소통정보, 실시간 CCTV 영상정보, 분기점 및 나들목의 상세정보 등을 제공하고 있음

- 실시간 교통정보를 고속도로에 설치된 가변정보표지(Variable Message Sign, VMS), 인터넷 등 다양한 매체를 통하여 정보를 제공하고 있음
- 또한, 서울을 기준으로 주요 7개 도시(목포, 광주, 대전, 대구, 울산, 부산, 강릉)까지의 예상 정보를 시간대별로 제공함



<그림 9-5> 한국도로공사 Road Plus (www.roadplus.co.kr)

○ 3) 도로교통공단 UTIS

- UTIS는 서울, 인천 등 13개 도시에서 운영 중이며, 실시간 교통정보, 돌발정보, CCTV 영상을 제공하며 교통정보를 안내하고 있음
- 세그먼트 단위 교통정보를 수집 및 가공하여 제공용 자료 및 이력자료를 생성하며, 기타 ITS 수집원을 통해 수집된 데이터와 융합한 정보를 이용자에게 제공함

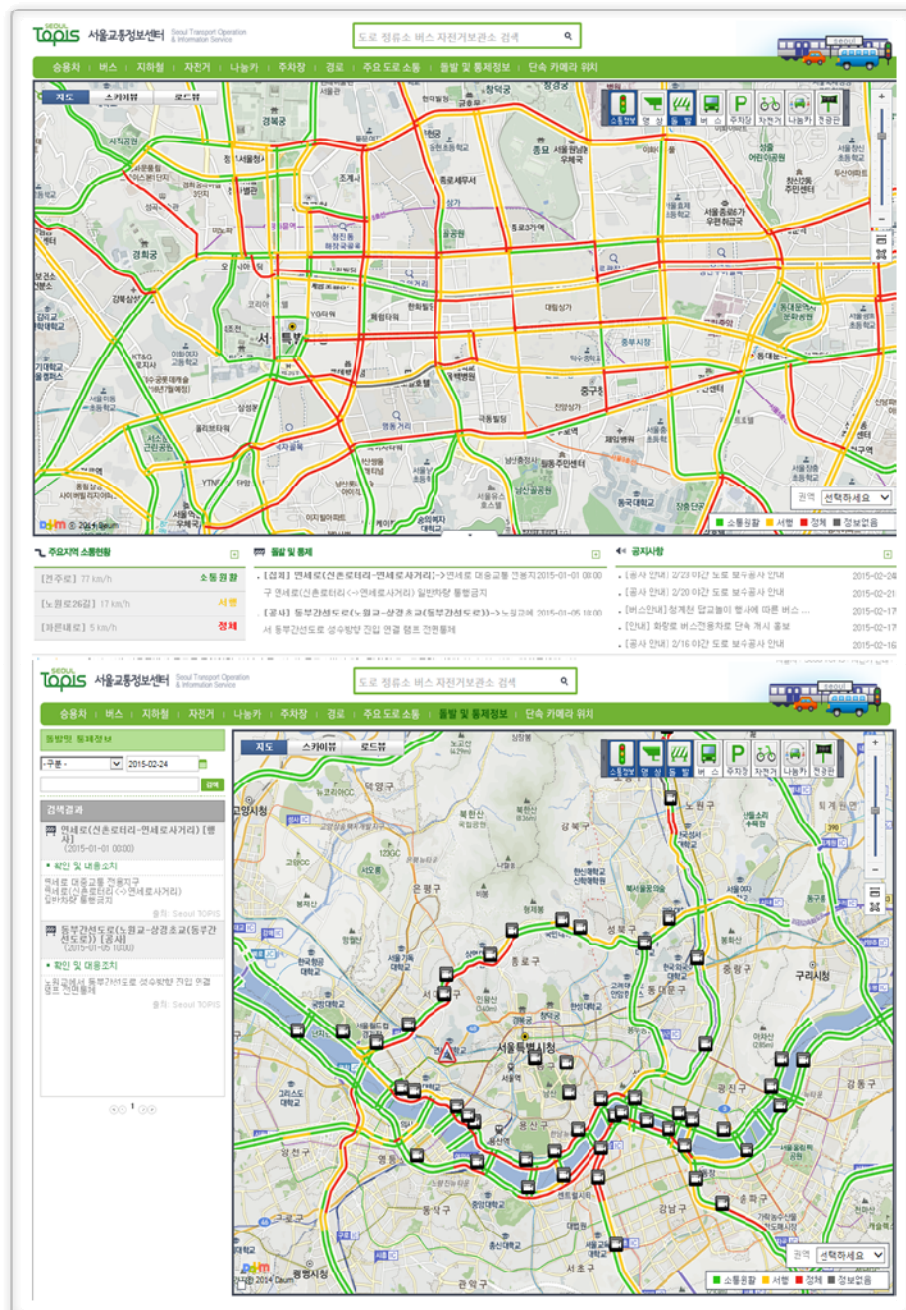


<그림 9-6> 도로교통공단 UTIS (www.utis.go.kr)



## ○ 4) 서울특별시 TOPIS

- 다양한 교통관련 기관에서 제공하는 수집정보를 이용하여 실시간 도로소통 및 돌발상황 정보를 제공함으로써 서울시 교통혼잡 상황을 총괄 운영 및 관리하고 있음
- 기타 대중교통(버스, 지하철), 자전거, 나눔카, 주차장 등의 정보도 제공하고 있음



<그림 9-7> 서울특별시 TOPIS (www.topis.seoul.go.kr)

자료 4) <http://topis.seoul.go.kr/index.jsp>

## 2) 국외 기술 현황

- 국외 기술 현황은 미국의 Beat the Traffic와 INRIX Traffic, 영국의 Traffic England와 Help2Travel, 독일의 OLSIM, 프랑스의 Autoroutes 등의 국가별 교통정보시스템에 대한 현황 분석을 검토하였음
- 대부분 실시간교통정보, 돌발상황정보 및 공사정보를 제공하고 있으며, 미국의 INRIX Traffic은 경찰활동 정보도 제공하고 있음

<표 9-3> 국외 교통혼잡 모니터링 관련 시스템 현황

시스템(국가)	대상도로	교통혼잡 관련 제공정보
Beat the Traffic(미국)	고속도로, 간선도로, 보조간선도로	실시간교통정보, CCTV영상, 사고 및 기상상황 정보 제공
INRIX Traffic(미국)	고속도로, 간선도로, 보조간선도로	실시간교통정보, 사고 및 공사정보, 경찰활동 정보 제공
Traffic England(영국)	주요 도시별 고속도로 및 국도	실시간교통정보, 돌발상황 및 공사정보, 도로폐쇄 정보 제공
Help2Travel(영국)	Midland 지역	실시간교통정보, 사고 및 공사정보, 도로폐쇄 정보 제공
OSLIM(독일)	고속도로	실시간교통정보, 공사 및 도로폐쇄 정보 제공
Autoroutes(프랑스)	고속도로	실시간교통정보, 사고정보 제공

- <sup>5)</sup>Traffic England(영국)
  - 영국 도로관리청(Highway Agency)의 교통정보 웹사이트로, National Traffic Control Center에서 운영하고 있음
  - 루프검지기 및 ANPR 카메라를 이용해 도로 교통정보를 수집함
  - 주요 도시별 고속도로 및 국도의 실시간교통정보(교통량, 평균속도, 지체)를 제공함
  - 그 외 도로 폐쇄, 돌발상황 및 공사정보 또한 제공하고 있음
  - 또한, 과거 이력 데이터를 이용한 예측된 결과를 현재 속도와 비교하는 기능을 제공하고 있음

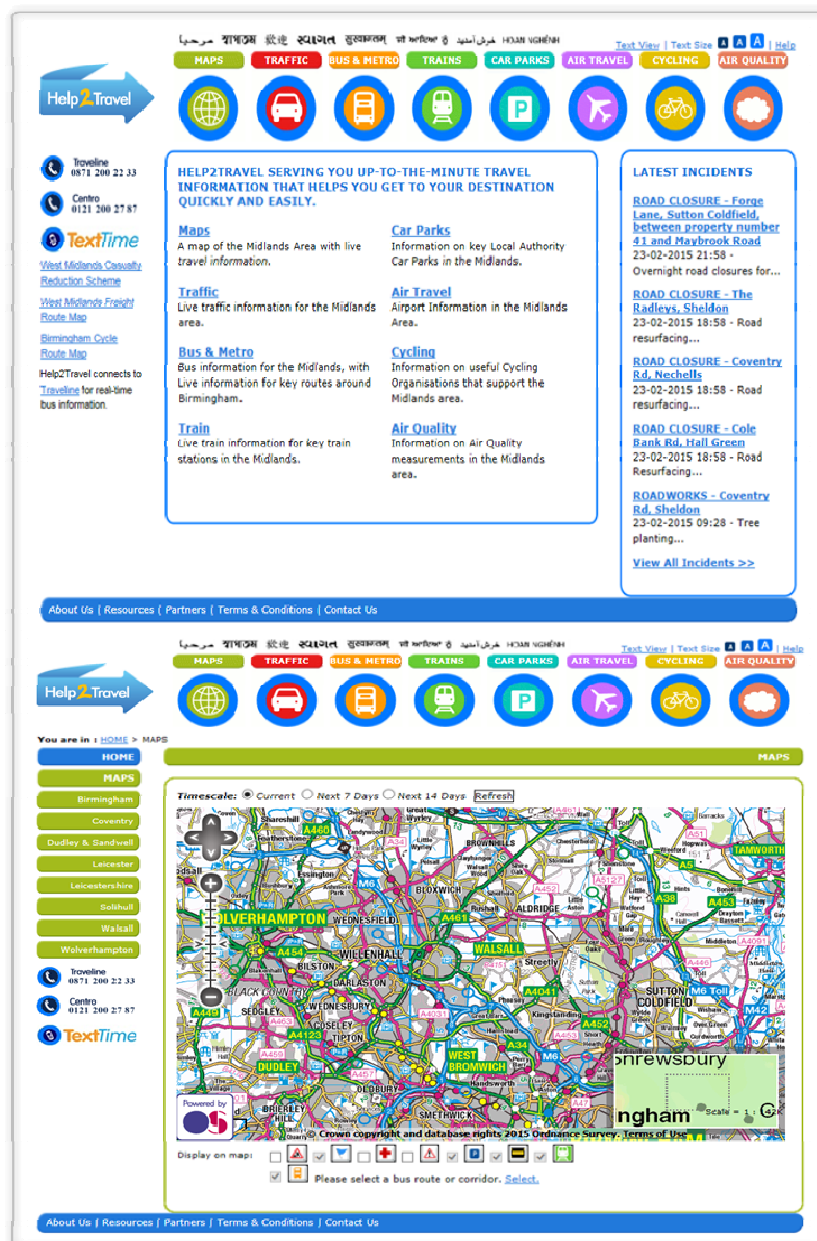
자료 5) <http://www.trafficengland.com/index.aspx>



<그림 9-8> Traffic England (www.trafficengland.com)

- 6) Help2Travel(영국)
  - 영국의 Midland 지역을 대상으로 함
  - 웹페이지를 통해 도로교통 및 버스, 지하철, 기차, 주차, 항공, 자전거 이용 등에 관한 실시간 교통정보를 제 공하고 있음
  - 대중교통(버스, 지하철, 전철)의 경우, 최적 노선 및 정거장 등의 정보를 제공함
  - 이외에 돌발상황, 도로폐쇄 및 공사정보 등을 함께 제공함

자료 6) <http://www.trafficengland.com/index.aspx>



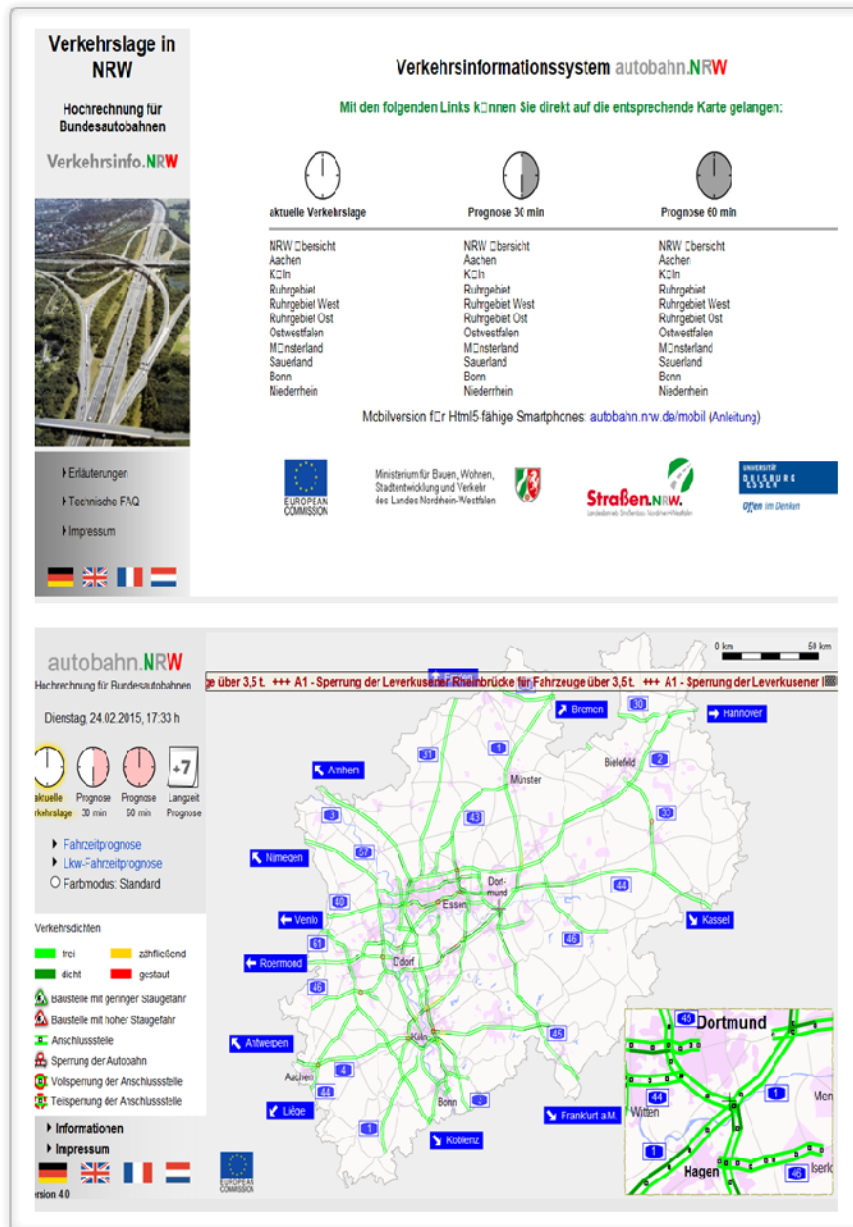
<그림 9-9> Help2Travel (www.help2travel.co.uk)

- 7) OLSIM(독일)
  - 미국 NASA에서 1990년대 초 개발한 TRANSIMS를 기반으로 하여 개발됨
  - 독일의 북 라인-베스트팔리아 주(North Rhine-Westphalia)를 대상으로 함
  - 4,000개의 고속도로 루프검지기를 이용해 데이터를 수집하며, 도시고속도로 및 일반도로는 제외됨

자료 7) <http://www.autobahn.nrw.de/>



- Autobahn 고속도로를 대상으로 하여 실시간교통정보를 제공함
- 공사정보의 경우, 교통상황에 미치는 영향에 따라 Low jam risk, High jam risk로 구분하여 표출함. 하지만 모바일을 이용한 정보 제공은 이루어지지 않고 있음



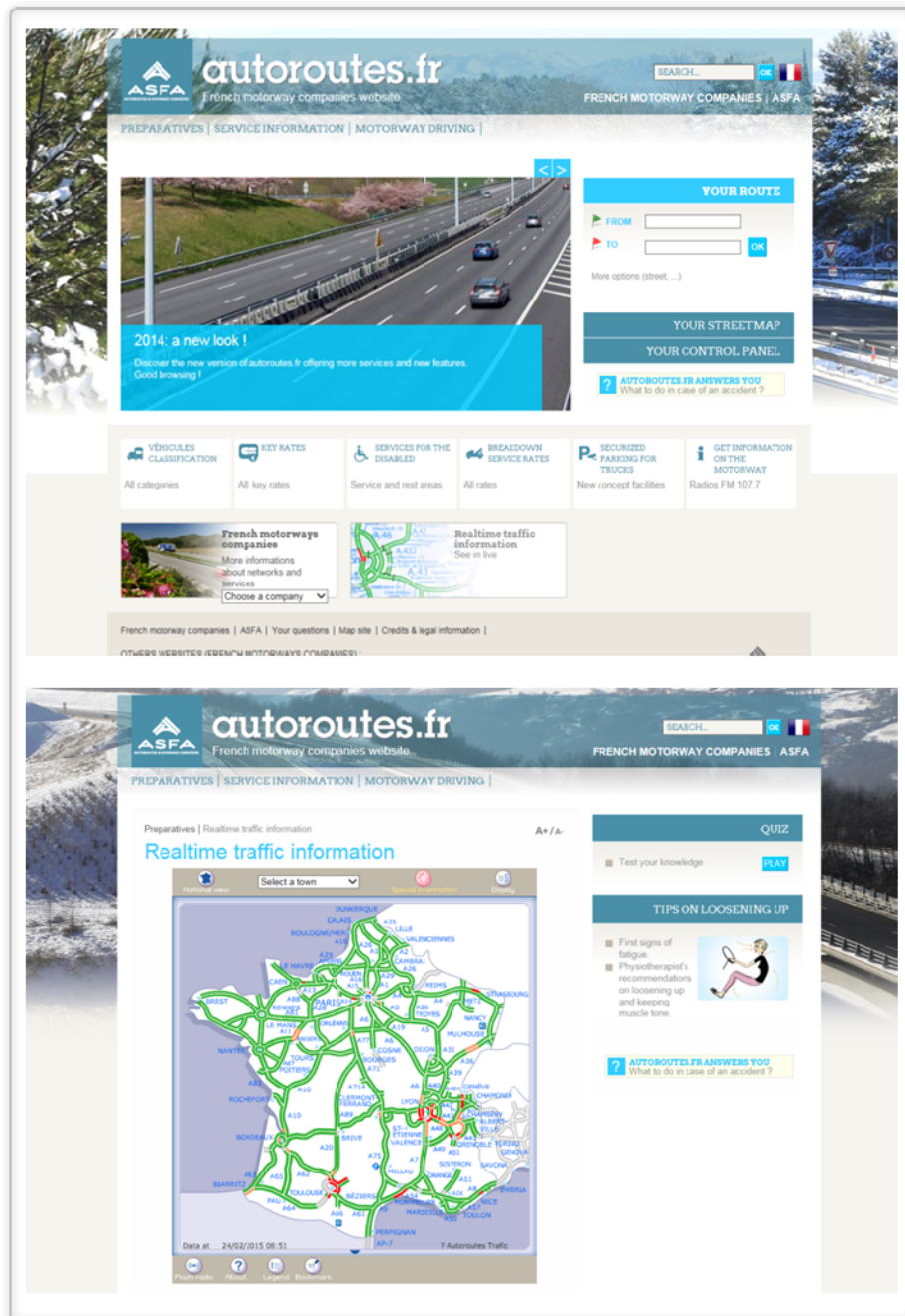
<그림 9-10> OLSIM (www.autobahn.nrw.de)

○ 8) Autoroutes(프랑스)

- 프랑스 고속도로 정보 사이트로, 교통지도, 날씨정보, 도로운행 시 기본사항 등의 정보를 제공

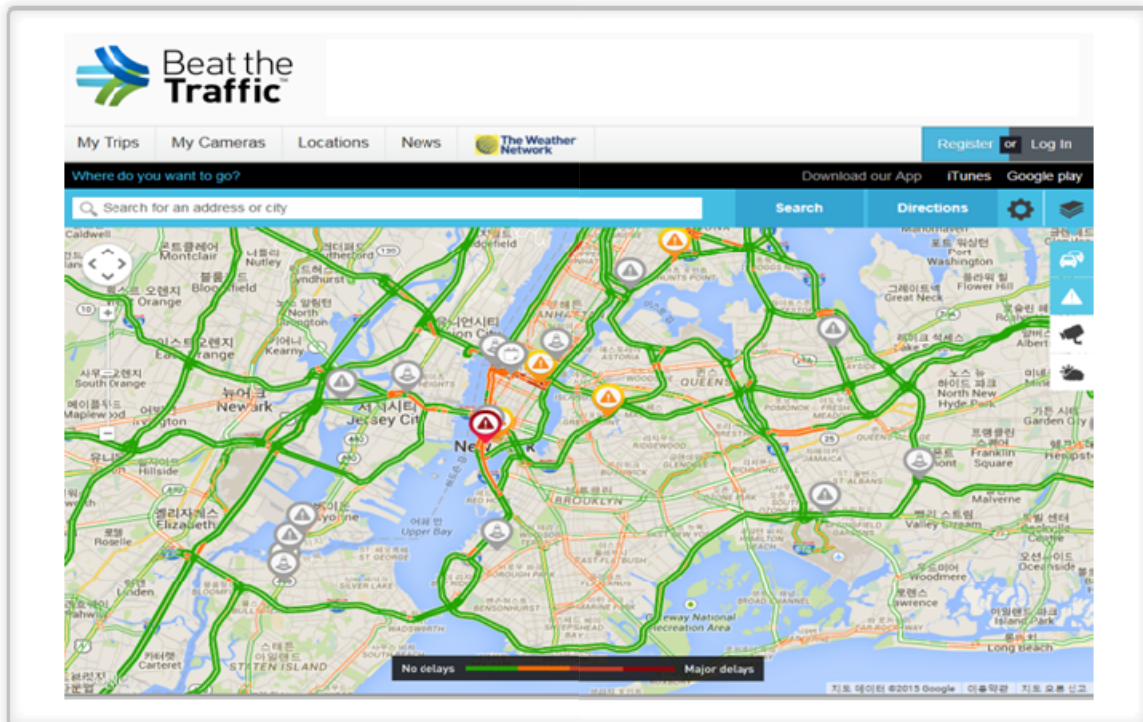
자료 8) <http://www.autoroutes.fr/index.htm?lang=en>

- 프랑스 내 고속도로를 대상으로 실시간교통정보를 제공하고 있음
- 웹페이지 상에서 출발지와 도착지, 경로안내 유형(최단시간, 최단거리, 관광목적 등) 및 차종을 입력하면 입력 정보에 따른 경로정보를 제공함
- 그 외 교통사고 및 돌발상황 정보 등을 웹서비스 및 라디오 교통방송과 연계하여 제공함. 하지만 모바일을 이용한 교통정보 제공은 하지 않고 있음



<그림 9-11> Autoroutes (www.autoroutes.fr)

- 9) Beat the Traffic(미국)
  - 미국 Triangle Software사에서 개발한 어플리케이션임
  - 미국 및 캐나다의 실시간 교통정보 및 사고, 기상상황 정보 등을 제공하고 있음
  - CCTV영상을 통해 실시간 교통카메라 이미지를 제공함
  - 또한, 이용자가 지정한 기종점간 노선에 대한 통행시간 및 사고정보 등을 제공함

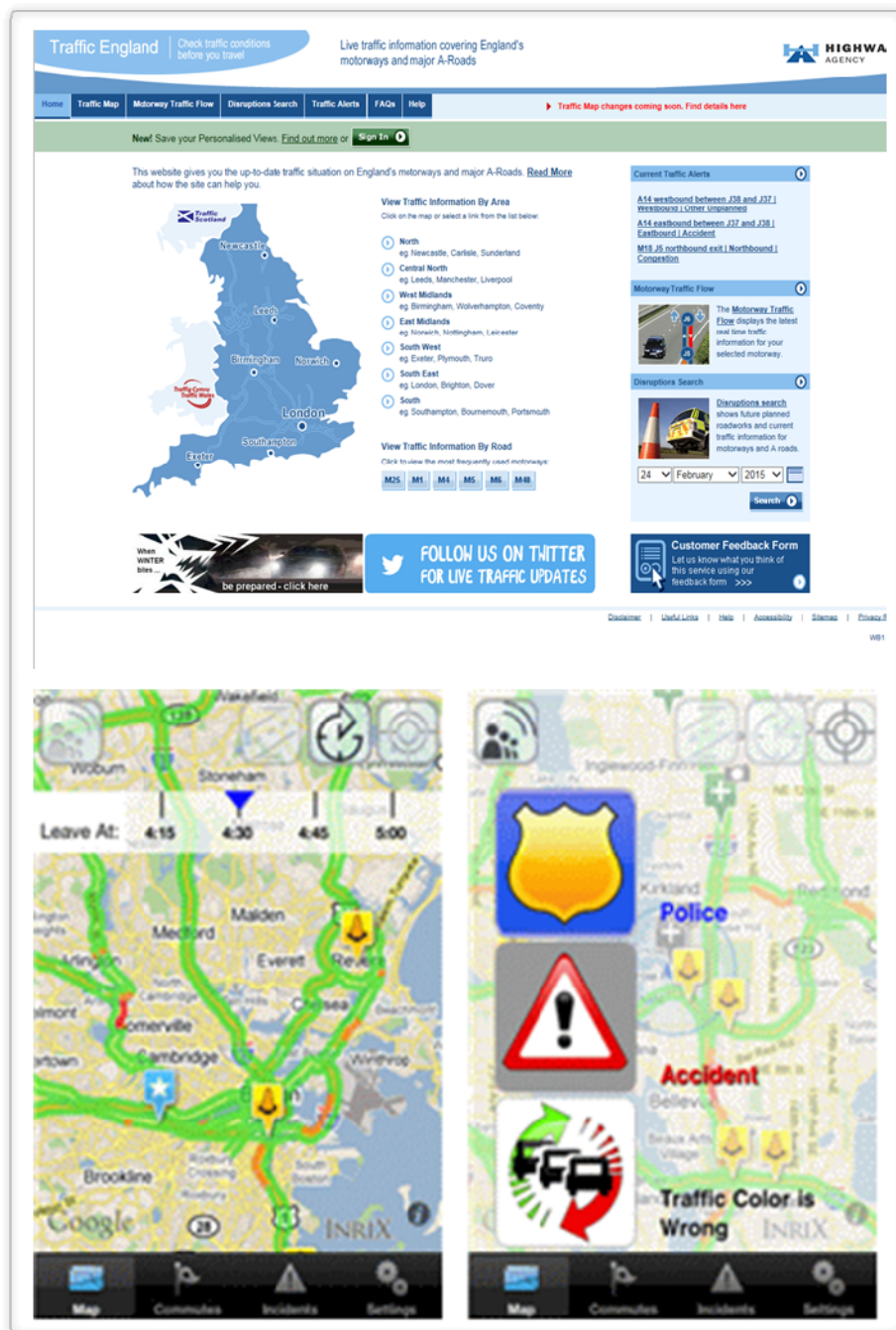


<그림 9-12> Beat the Traffic (www.travelersnetwork.com)

- 10) INRIX Traffic(미국)
  - 미국 INRIX사가 개발한 실시간교통정보 어플리케이션임
  - 고객차량의 GPS, Historical 교통 데이터 및 Fleet 데이터 등을 수집하여, 자체 솔루션을 통해 가공한 뒤 이용자들에게 교통정보를 제공함
  - 텔레매틱스 단말을 통해 5분마다 이용자들에게 실시간 교통정보 및 사고정보를 제공함
  - 이외에도, 이용자들에게 경찰활동 정보를 제공하고 있음

자료 9) <http://www.travelersnetwork.com/>

자료 10) <http://www.trafficengland.com/index.aspx>



<그림 9-13> INRIX Traffic (www.trafficengland.com)

## 나. 기존 기술의 한계 및 문제점

### 1) 국내 기술의 한계 및 문제점

- 국내 교통혼잡 모니터링 관련 시스템의 기술적 한계 및 문제점은 다음과 같음



- 실시간 교통소통정보 제공 위주 → 과거 교통혼잡 정보제공 미비
  - 대용량 이력자료의 활용 미흡 → 과거 일별/시간대별/구간별 교통혼잡 수준을 파악하기 어려움
  - 교통혼잡 정보제공을 위한 공간적 Coverage가 제한적임  
예) 한국도로공사 Road Plus - 고속도로 대상, 서울특별시 TOPIS - 서울시 대상 등
  - 이용자 중심의 맞춤형 정보가 아닌 일방향적 교통혼잡 정보 제공
  - 교통정보 수집을 위한 Probe 샘플 수의 부족하여 정확하고 신뢰성 있는 정보를 제공하는데 한계가 있음
- 국내의 교통정보시스템은 실시간 교통소통정보 제공 위주이며, 대용량 이력자료를 활용하여 해당 도로에 대한 교통혼잡 모니터링 서비스 제공이 미미한 실정임

<표 9-4> 국내 교통혼잡 모니터링 관련 시스템의 한계 및 문제점

기관/시스템	대상도로	교통혼잡 관련 제공정보	한계 및 문제점
국토교통부/ ITS국가교통정보센터	전국 고속도로 및 국도	실시간 도로교통 정보, CCTV영상, 사고/돌발 정보 제공	- 실시간 교통정보 제공 위주 - 과거 이력자료의 활용 미흡 - 고속도로와 국도만 대상
한국도로공사/ Road Plus	전국 고속도로	현재 교통상태 정보, 통행패턴, 구간 통계값, 돌발상황정보 제공	- 실시간 교통정보 제공 위주 - 과거 이력자료의 활용 미흡 - 고속도로 본선구간에 대한 정보 제공 ⇒ 타 도로와의 연계 불가능
도로교통공단/ UTIS	서울, 인천 등 13개 도시 주요도로	교통소통정보, 돌발정보, CCTV영상, 교통안전정보 제공	- 실시간 교통정보 제공 위주 - 과거 이력자료의 활용 미흡 - 해당 지자체 주요 도로에 한정 - 정보 수집을 위한 Probe 샘플 부족
서울특별시/ TOPIS	서울시 주요도로	현재 교통상태 정보, 통행패턴, 구간 통계값, 돌발상황정보 제공	- 실시간 교통정보 제공 위주 - 과거 이력자료의 활용 미흡 - 서울시 주요 도로에 한정

## 2) 국외 기술의 한계 및 문제점

- 국외 교통혼잡 모니터링 관련 시스템의 기술적 한계 및 문제점은 다음과 같음
  - 실시간 교통소통정보 제공 위주 → 과거 교통혼잡 정보제공 미비
  - 과거 대용량 이력자료의 활용 미흡 → 과거 일별/시간대별/구간별 교통혼잡 수준을 파악하기 어려움
  - 교통혼잡 정보제공을 위한 공간적 범위가 제한적임 → 주로 고속도로 및 국도 대상
  - Beat the Traffic(미국), INRIX Traffic(미국)의 경우는 대국민 서비스가 아닌 유료 이용자를 대상으로 서비스를 제공함
  - 정보수집 관련 검지체계 기술이 국내보다 떨어짐 → 국외는 대부분 지점 검지체계 방식
- 국외의 교통정보시스템은 국내에 비하여 다양한 정보 제공을 하고 있으나, 실시간 교통소통 정보 제공 위주로 과거의 대용량 이력데이터를 활용한 교통혼잡 모니터링 서비스 제공이 미비한 실정임

**<표 9-5> 국외 교통혼잡 모니터링 관련 시스템의 한계 및 문제점**

기관/시스템	대상대로	교통혼잡 관련 제공정보	한계 및 문제점
Traffic England(영국)	고속도로 및 주요국도	실시간교통정보, 돌발상황 및 공사정보, 도로폐쇄 정보 제공	- 실시간 교통정보 제공 위주 - 과거 이력자료의 활용 미흡 - 다양한 정보를 제공하고 있으나 이용자편의성이 낮음
Help2Travel(영국)	Midland 지역	실시간교통정보, 사고 및 공사정보, 도로폐쇄 정보 제공	- 실시간 교통정보 제공 위주 - 과거 이력자료의 활용 미흡 - Midland지역에 한정
OSLIM(독일)	고속도로	실시간교통정보, 공사 및 도로폐쇄 정보 제공	- 실시간 교통정보 제공 위주 - 과거 이력자료의 활용 미흡
Autoroutes(프랑스)	고속도로	실시간교통정보, 공사/사고 정보, 영상정보	- 실시간 교통정보 제공 위주 - 과거 이력자료의 활용 미흡
Beat the Traffic(미국)	전국	실시간교통정보, CCTV영상, 사고 및 기상상황 정보 제공	- 실시간 교통정보 제공 위주 - 과거 이력자료의 활용 미흡 - 대국민 서비스가 아닌 고객대상 (유료 : \$19.95/1년)
INRIX Traffic(미국)	전국	실시간교통정보, Community Traffic Report(이용자참여유도) 사고 및 공사정보, 경찰활동 정보 제공	- 실시간 교통정보 제공 위주 - 과거 이력자료의 활용 미흡 - 대국민 서비스가 아닌 고객대상 (유료 : \$9.99/1년)

## 2. 개선방향

### 가. 기존 기술의 한계 및 문제점

- 국내외 교통혼잡 모니터링 관련 시스템의 공통적인 기술적 한계 및 문제점을 요약하면 크게 다음과 같음
  - 대용량 이력자료의 활용 미흡 → 과거 일별/시간대별/링크별 교통혼잡 수준을 파악하기 어려움
  - 교통혼잡 정보제공을 위한 공간적 Coverage가 제한적임
  - 실시간 교통소통정보 제공 위주 → 과거 교통혼잡 정보제공 미미
  - 이용자 중심의 맞춤형 정보가 아닌 일방향적 교통혼잡 정보 제공
  - 교통혼잡 모니터링 서비스 제공이 미비

### 나. 교통혼잡 모니터링 서비스를 위한 전국 교통혼잡지도 시스템 개선방향 제시

- 개선방향 1 : 대용량 이력자료의 활용 및 공간적 Coverage 확대
  - 교통혼잡지도 시스템 DB 확대 구축
    - ▶ 2013년 연구 : 1개월치 Car Navigation 자료(2013년 9월)
    - ▶ 2014년 연구 : 4개월치 Car Navigation 자료(2013년 10월 ~ 2014년 1월)
    - ▶ 본 연구(2015년) : 1년 이상의 Car Navigation 이력자료 구축 → 충분한 Probe 샘플 수 확보 및 공간적 Coverage 확대
- 개선방향 2 : 대용량 이력자료 기반 다양한 교통혼잡 정보 콘텐츠 개발
  - Car Navigation 이력자료를 이용한 신규 교통혼잡 지표 개발
    - ▶ 이용자가 원하는 과거 일별/시간대별/구간별 다양한 교통혼잡 정보서비스 제공
- 개선방향 3 : 이용자 중심의 맞춤형 교통혼잡 정보 제공
  - 교통혼잡지도 시스템 유지보수 및 온라인 시범 서비스 구축
    - ▶ 전국 교통혼잡지도의 대국민 온라인 서비스 제공
    - ▶ 일반 이용자가 이해하기 쉽도록 UI 구축 및 다양한 정보제공을 위한 주제도 기능 강화
    - ▶ 교통혼잡 모니터링 서비스 제공

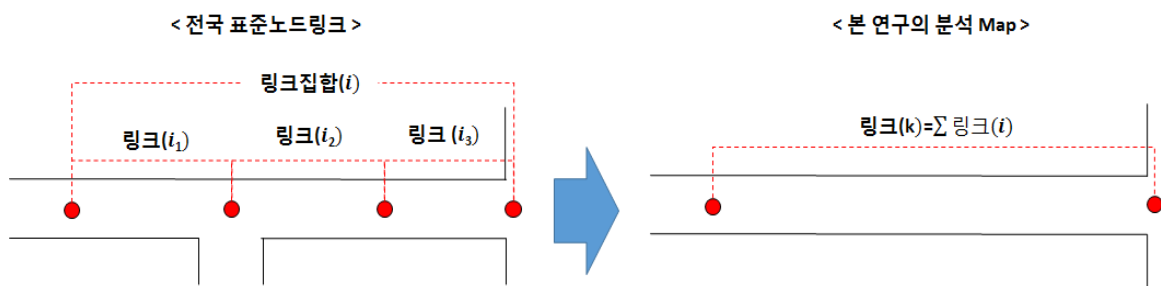
## 제3절 교통혼잡 데이터 가공

### 1. 데이터 구축

#### 가. 분석맵 유지보수

##### 1) 베이스 네트워크 변경

- 전차년도 교통혼잡지도 시스템의 분석맵은 표준노드링크 기반으로 구축된 상위 레벨 도로 네트워크로 이용자들의 주어진 시·공간적 조건에 따른 혼잡지표 집계를 위하여 가장 기본이 되는 분석단위임



<그림 9-14> 분석 Map 집계 예시

- 표준노드링크는 현재 전국에 대한 구축이 진행 중이며, 구축된 지역에 대해서는 업데이트를 진행하고 있지만 자료 구축 범위 및 신뢰도 부분에서 KOTI Lev6 네트워크에 비해 낮은 수준임. 이에 본 과업에서는 KOTI Lev6 네트워크를 기반으로 시스템을 개선 및 분석맵을 구축 함

<표 9-6> 표준노드링크 및 KOTI Lev6 네트워크 비교

구분		표준노드링크	KOTI Lev6 네트워크
Link 형상 정보		양선	단선
Link	Link 개수	255,590 개	962,584 개
	Link 길이	62,525 km	112,955 km
Node	Node 개수	98,729 개	444,184 개
	교차로 개수	34,183 개	215,610 개
데이터 이력		2014년 3월 17일 기준	2014년 기준



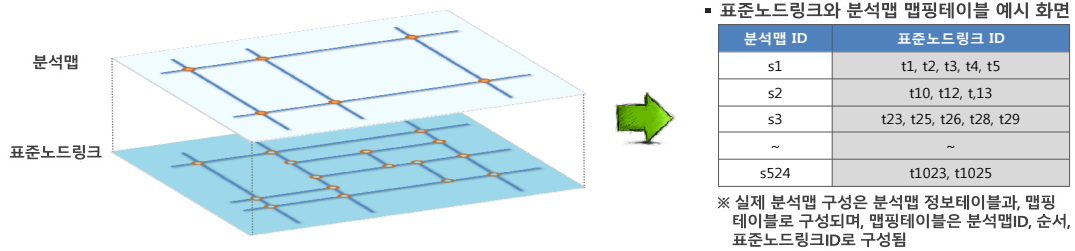
## 2) 네트워크 변경에 따른 분석맵 유지보수 방안

- 표준노드링크 기반의 네트워크를 KOTI Lev6 네트워크로 변경됨에 따라, 전차년도에 구축된 분석맵을 KOTI Lev6 네트워크의 상위레벨 네트워크로 변환 및 유지보수 함

### ① 전차년도 분석맵 구축 현황

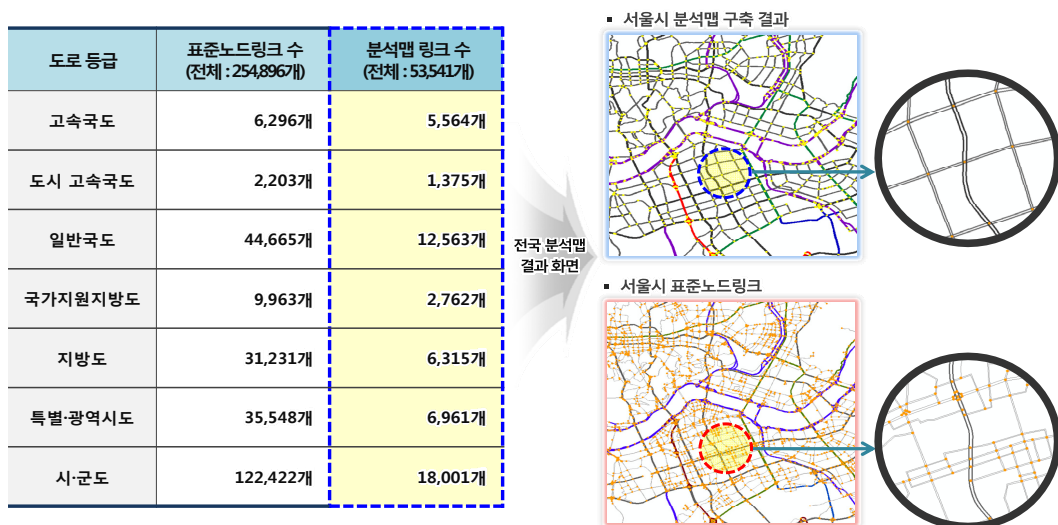
- 전차년도 분석맵은 표준노드링크 기반위에 지역간 도로 및 4차선 이상의 주요도로를 기준으로 분석맵을 구축하였음
  - 분석맵은 표준노드링크의 도로등급, 도로유형, 연결로 코드 등의 정보를 동일하게 적용하여 구축하였음
  - 분석맵은 표준노드링크와 분석맵 간의 맵핑 테이블로 데이터를 구성함

#### ▶ 표준노드링크와 분석맵 네트워크의 관계 및 맵핑테이블 예시



<그림 9-15> 표준노드링크와 분석맵 네트워크의 관계 및 맵핑테이블 예시

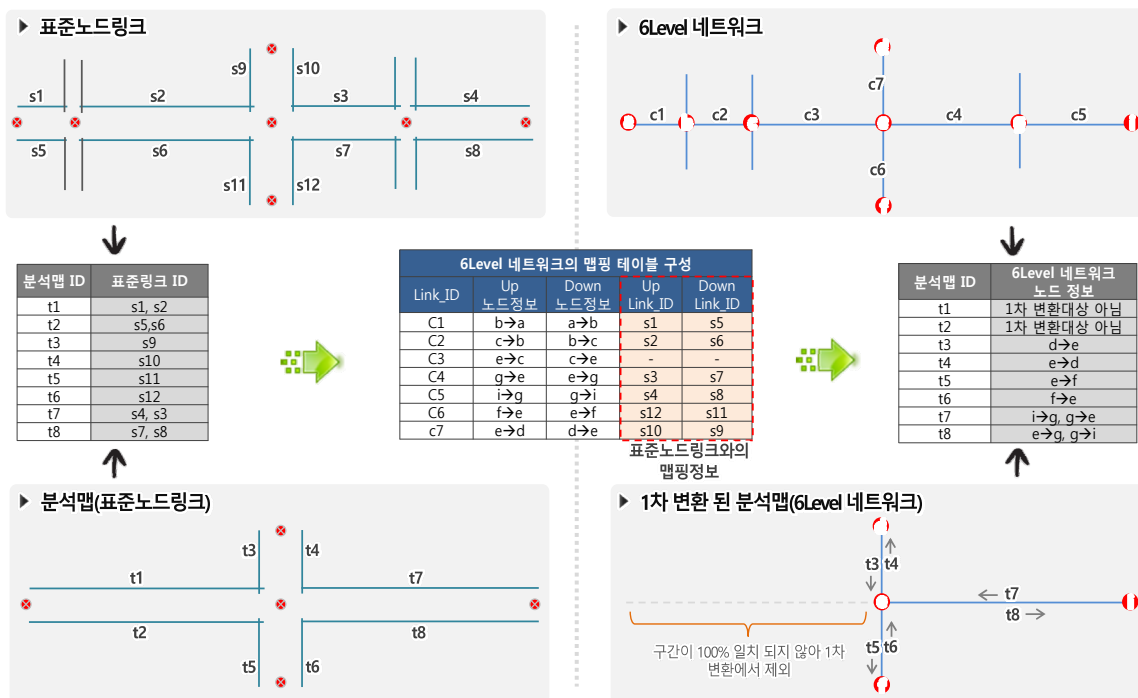
- 표준노드링크를 기반으로 구축한 전국 분석맵 도로등급 별 구축 결과는 다음과 같음



<그림 9-16> 전차년도 분석맵 구축 현황

## ② 분석맵 유지보수 방안

- 표준노드링크 기반의 분석맵을 KOTI Lev6 네트워크 기반으로 분석맵을 변환하기 위해서 두 개의 네트워크 차이를 분석하고 이를 고려한 변환 프로그램을 개발함
  - 형상정보 : 표준노드링크 → 양선으로 구성, KOTI Lev6 네트워크 → 단선으로 구성
  - 상행/하행 정보 : 표준노드링크 → 링크 ID로 구분, KOTI Lev6 네트워크 → 링크의 f\_node와 t\_node로 구분
  - 도로 연장 : 표준노드링크 → 약 6만km, KOTI Lev6 네트워크 → 약 11만km
  - KOTI Lev6 네트워크의 링크 정보에는 표준노드링크와의 �핑정보가 있음
- 1. KOTI Lev6 네트워크의 표준노드링크와의 �핑저오를 이용하여 분석맵 도로구간이 100% 일치하는 구간은 분석맵으로 자동 변환되도록 개발함

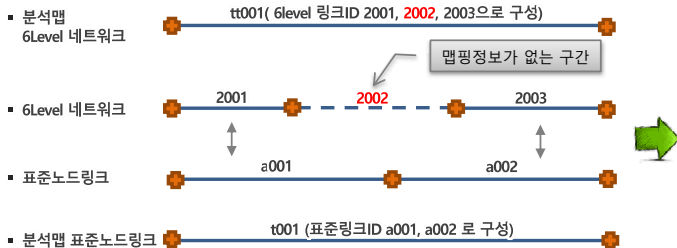


<그림 9-17> 분석맵 자동 변환 방안

- 2. 표준노드링크와 KOTI Lev6 네트워크의 형상정보가 일치하지 않아 정보가 누락된 구간은 경로탐색 모듈을 이용하여 연결된 링크를 찾아 분석맵으로 자동 변환되도록 개발함
  - 아래그림의 분석맵 t001의 표준링크ID 정보를 기준으로 KOTI Lev6 링크와의 �핑 정보조회 시에는 ID 2001과 2003만 조회

- Lev6 링크ID 2001과 2003사이에는 2002링크가 있어, 2001과 2003으로는 연결된 분석맵을 생성할 수 없음
- 누락된 KOTI Lev6 링크ID 2002를 찾기 위해서는 경로탐색 모듈을 이용하여 2001과 2003의 연결된 링크ID 2002를 찾아 분석맵 tt001로 변환 자동 변환 가능하도록 기능 개발

#### ▶ 네트워크 관계도



<그림 9-18> 경로탐색 모듈을 이용한 분석맵 자동 변환 방안

- 3. 자동 변환 된 분석맵 검수 및 수정
- 4. KOTI Lev6 네트워크에만 있는 주요도로구간은 수작업으로 분석맵 데이터 구축

### ③ 분석맵 편집 도구 개선

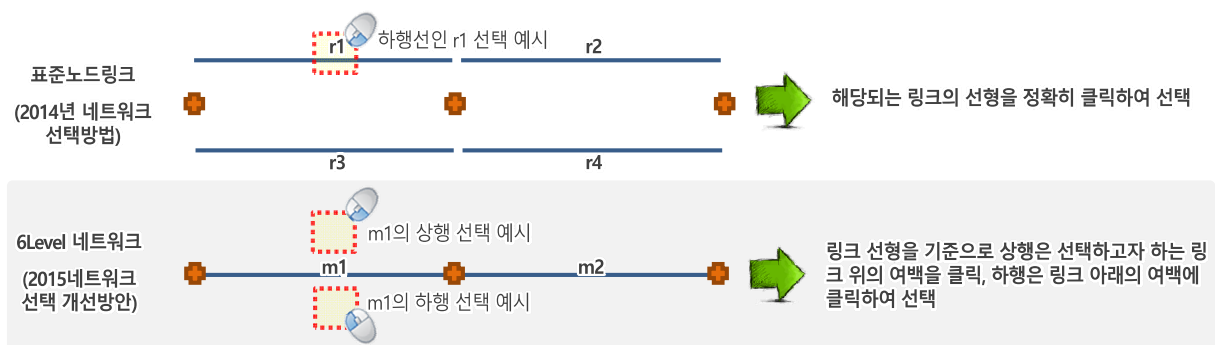
- 전차년도에 개발된 분석맵 편집 도구는 표준노드링크의 형상(양선 네트워크)과 속성정보를 고려한 분석맵 편집기능을 개발하였음. 본 과업에서는 변경된 KOTI Lev6 네트워크의 형상(단선 네트워크)과 속성정보를 고려한 편집 도구를 개발 함
- 분석맵 편집 도구 기능
  - 분석맵 편집 도구는 도로구간의 생성, 수정, 삭제, 병합, 분할 기능과 정방향 도로구간 생성 시 사용자 선택에 의하여 역방향 도로구간도 자동생성 되도록 개발함



<그림 9-19> 분석맵 편집 도구 기능

○ 분석맵 편집도구 개선 결과

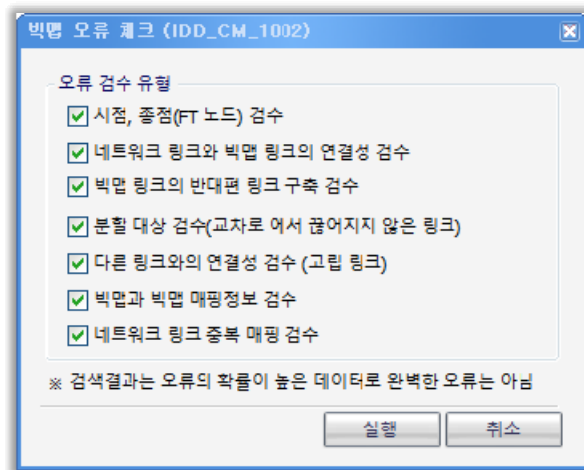
- 표준노드링크 속성정보 포맷으로 맞추어져 있는 구조를 KOTI Lev6 네트워크의 속성정보 포맷 구조로 변경
- 표준노드링크와 KOTI Lev6 네트워크의 도로정보가 상이한 데이터는 KOTI Lev6 네트워크의 정보로 Update할 수 있도록 기능 개발
- 표준노드링크는 상행/하행 정보 및 형상이 별도로 구분되어 있는 양선 네트워크로 전차년도 사업에서는 양선 네트워크에 맞게 편집 기능 개발. 본 과업에서는 단선 네트워크로 변경됨에 따라, 이에 맞게 편집 기능 개발
  - 단선 네트워크를 중심으로 위측·아래측 또는 좌측·우측에 해당하는 영역에 클릭 시 클릭 한 영역을 기준으로 링크의 from\_node → to\_node의 정보를 검색하여 분석맵 생성 및 정보를 입력 할 수 있도록 개선



<그림 9-20> 네트워크에 따른 링크 선택 방법 예시

#### ④ 분석맵 검증 기능 개발

- 분석Map을 구성하는 KOTI Lev6 네트워크와의 관계성 검증 및 분석맵 오류 검증
  - 시점노드와 종점노드 검수
  - KOTI Lev6 링크와 분석맵 링크의 연결성 검수
  - 분석맵 링크의 반대편 링크 구축 검수
  - 분할 대상 검수(교차로에서 분할되지 않은 링크)
  - 다른 링크와의 연결성 검수(고립 링크)
  - 분석맵과 KOTI Lev6 매칭정보 검수
  - 네트워크 링크 중복 매칭 검수



<그림 9-21>분석맵 오류 검증 UI

### 3) 분석맵 구축

#### ① 분석맵 구축 프로세스



- 분석맵 자동변환
  - 표준노드링크와 분석맵 링크와의 매칭테이블 업로드
  - KOTI Lev6 링크 테이블의 표준노드링크 ID정보와 매칭테이블을 이용하여 분석맵 링크로 변환

- 분석맵 변환 시 연결성을 고려하여 연결성이 끊어진 부분은 경로탐색 모듈을 이용하여 데이터를 연결하여 분석맵 단위의 링크 구간 생성 완료
- 분석맵의 정보는 KOTI Lev6 네트워크의 도로정보로 업데이트
- 주요도로보완작업
  - KOTI Lev6는 표준노드링크보다 도로구간이 약 5만km 도로차이(Lev6 > 표준노드링크) 발생. 이에 차이 발생하는 구간에서 분석맵으로 구축해야 하는 대상이 있는지 검수 후 구축
  - 검수 대상은 1차 고속도로에서 누락이 발생했는지 확인 후, 2차 도시고속국도, 3차 일반국도, 4차 지방도, 5차 특별광역시도, 6차 시군도로 순으로 주요도로 확인
- 검수 및 수정 대상은 분석대상에서 제외해야 하는 도로 삭제와 데이터 검증기능을 이용한 분석맵과 연결성 확인 및 교차로 구간에서의 분할여부, 데이터 중복 등을 확인 및 수정

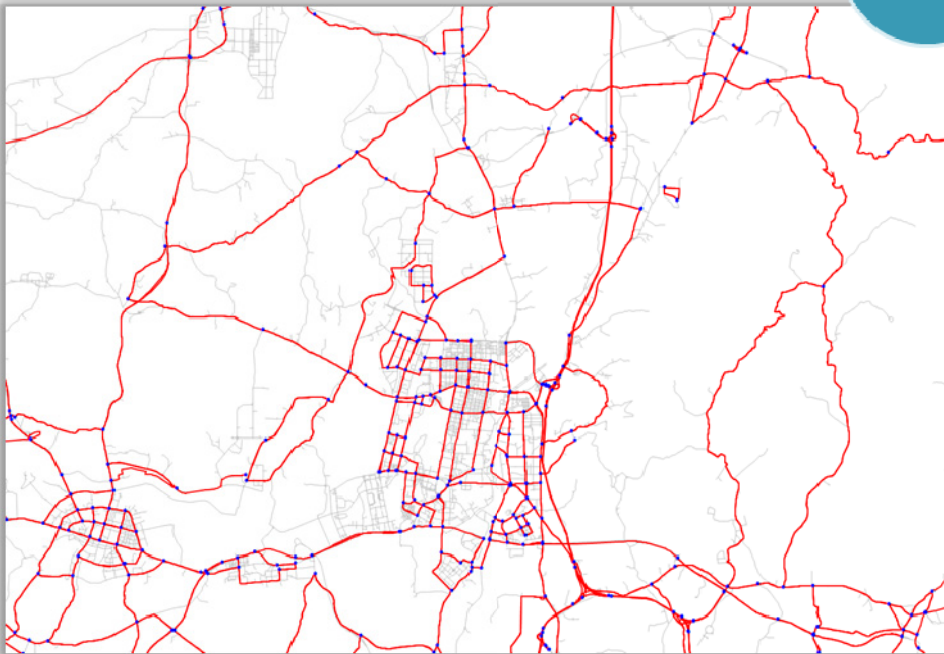
## ② 분석맵 구축 결과

- KOTI Lev6 네트워크에서 분석맵 자동 생성 모듈을 실행하면 아래와 같이 KOTI Lev6기준의 분석맵으로 1차 변환 됨

### ■ KOTI Lev6 네트워크



### ■ 자동 변환 후 분석맵 네트워크



분석맵  
자동변환

<그림 9-22> KOTI Lev6 → 분석맵으로 1차 자동 변환 (천안부근)

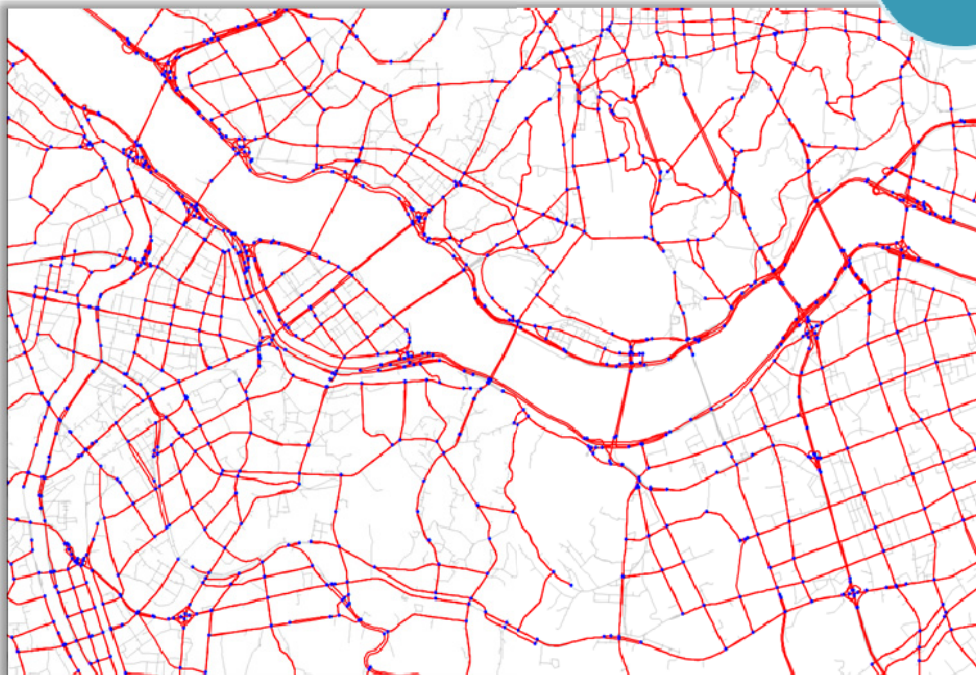
- 특별 광역시의 분석맵 자동 변환 결과는 다음과 같으며, 연결성 끊김현상 및 주요도로 누락 등으로 인한 수작업 대상은 약 10 ~ 25% 정도 발생함



### ■ KOTI Lev6 네트워크



### ■ 자동 변환 후 분석맵 네트워크



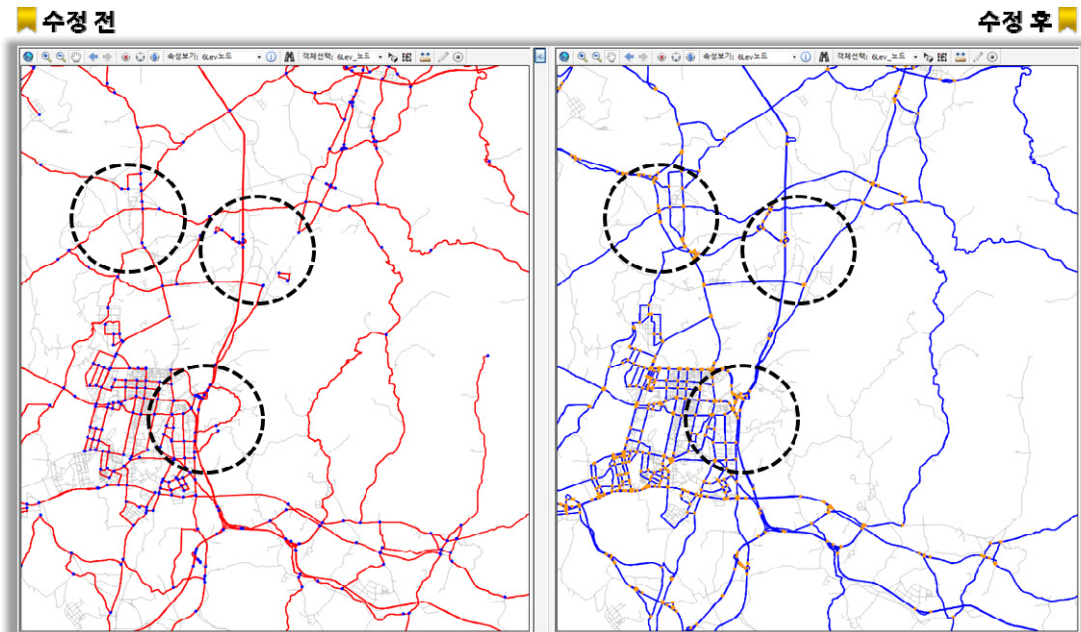
분석맵  
자동변환

<그림 9-23> KOTI Lev6 → 분석맵으로 1차 자동 변환 (서울시)

- 자동 변환 후, 연결성 오류, 교차로 구간 분할, 분석맵 대상 추가, 분석맵 삭제 작업 진행 후 결과는 다음과 같음

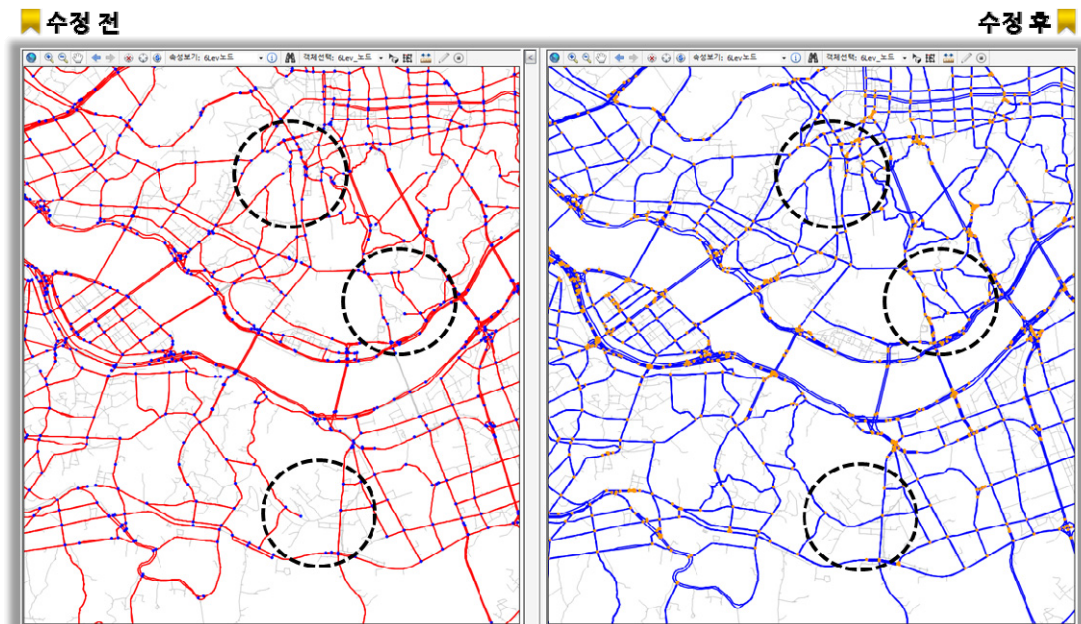


- 천안부근의 수정 전과 수정 후 예시 화면



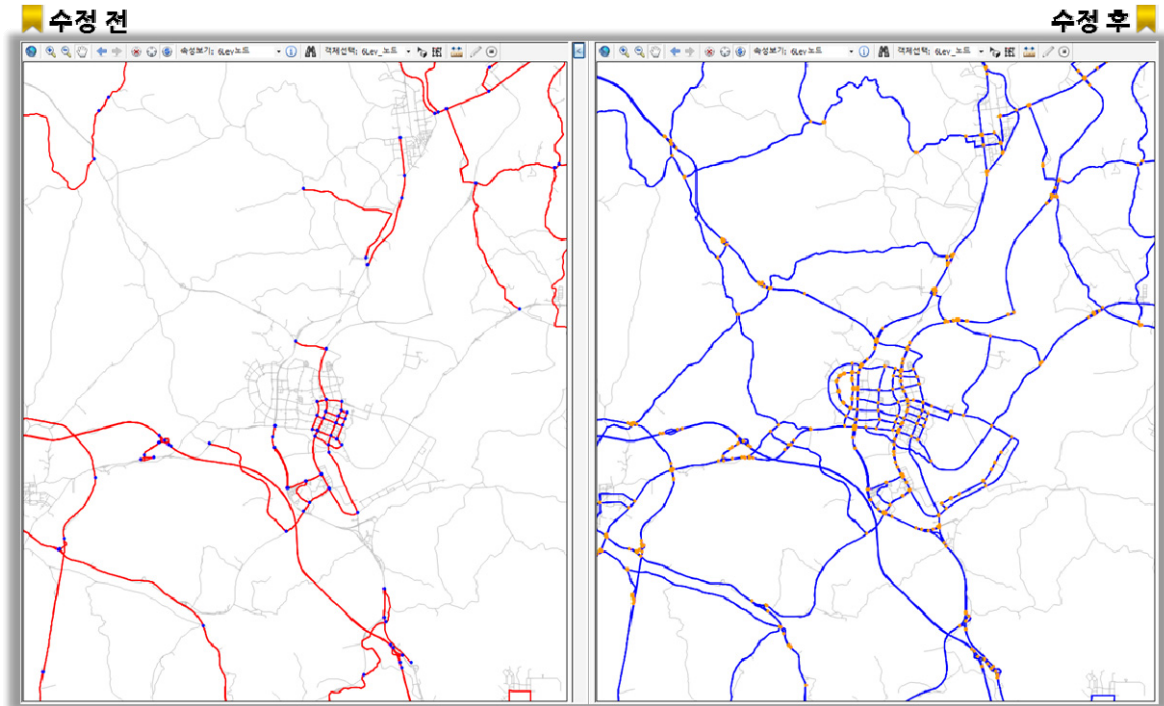
<그림 9-24> 검수 및 수정 완료 예시 화면 (천안부근)

- 서울시의 수정 전과 수정 후 예시 화면



<그림 9-25> 검수 및 수정 완료 예시 화면 (서울시)

- 전차년도 분석맵은 표준노드링크의 세종시 네트워크 구축 미비로 수정전의 세종시는 분석맵이 미비하였음. 그러나 KOTI Lev6 네트워크로 변경됨에 따라 세종시지역의 분석맵을 보완함



<그림 9-26> 검수 및 수정 완료 예시 화면 (세종시)

- 전국 분석 Map 구축 결과는 다음과 같음

<표 9-7> 2015년 전국 분석맵 구축 현황

도로 등급	KOTI Lev6 링크 개수	분석맵 링크 개수
고속국도 (101)	9,132	2,721
도시고속국도 (102)	1,647	1,057
일반국도 (103)	55,860	26,664
특별광역시도 (104)	84,765	20,156
국가지원지방도 (105)	13,101	6,150
지방도 (106)	38,734	16,483
시군도 (107)	324,360	39,670
연결로 (108)	6,418	5,601
합계	534,017	118,502

## 나. 관측교통량 구축

### 1) 관측교통량 자료 현황

- 관측교통량 자료는 전국 교통량 추정을 위한 기초 데이터로 KOTI Lev6 링크 ID와 매칭 테이블을 구축함
- 본 시스템에서 사용한 관측교통량 자료 현황은 다음과 같음

**<표 9-8> 2014년 관측교통량 자료 현황**

구분		조사 도로등급	지점수	차종	시간
건기연/수시		고속국도 ~ 지방도	2,783	1~12종	평일, 24시
건기연/상시		고속국도 ~ 일반국도	822	1~12종	평일, 휴일, 24시
TCS_OD		고속국도	366	1~6종	평일, 휴일, 24시
KOTI_(스크린/코든)		전도로	774	1~6종	평일, 24시
서울		전도로	93	차종없음	평일, 휴일, 24시
지자체	광주	전도로	77	1~10종	평일, 24시, 15시
	대구	전도로	86	1~10종	평일, 24시, 6시, 3시
	대전	전도로	95	1~5종	평일, 6시
	부산	전도로	93	1~10종	평일, 24시, 14시
	인천	전도로	116	1~10종	평일, 24시, 6시, 3시
	울산	전도로	125	1~8종	평일, 20시

### 2) 2014년 관측 교통량 구축

- 수집된 관측교통량을 시스템에서 사용하고 있는 KOTI Lev6 링크와 매칭
  - 관측지점은 위치(x,y)정보 또는 이미지로 제공
    - 위치정보로 제공되는 관측지점은 KOTI Lev6의 좌표체계로 좌표변환 후 해당위치의 가장 가까운 도로와 매칭함. 단 매칭 시 관측교통량 자료의 도로등급과 KOTI Lev6 링크의 도로등급이 같은지 확인 후 구축하며, 다를 경우는 작업 대상에서 제외시킴
    - 건기연 수시/상시, KOTI-스크린/코든라인은 아래와 같이 위치정보를 제공함으로 제공된 위치를 기준으로 구축



- 한국도로공사는 톨게이트명을 참조하여 링크의 톨게이트 정보와, 포털지도사이트의 정보를 이용하여 데이터를 구축
- 관측지점과 링크ID와 매칭 후 교통량 추정 시 사용되는 테이블 포맷대로 관측교통량 정보를 아래와 같이 가공

**<표 9-9> 교통혼잡시스템에서의 관측교통량 테이블 설명**

구분	설명	Type	PK	상세코드
v_link_id	가상 링크 ID	integer	Y	ID 끝자리가 01이면 상행 노드정보와 연결 ID 끝자리가 02이면 하행 노드정보와 연결
up_down	상행/하행, 진입/진출	integer		1: 상행 (진입) 2: 하행 (진출)
spot_name	관측지점 명칭	text		
hour	조사시간	integer	Y	0시 ~ 24시
v_total_wd	평일-교통량합계	double		
v_auto_wd	평일-승용차 교통량	double		
v_bus_wd	평일-버스 교통량	double		
v_truck_wd	평일-트럭 교통량	double		
v_total_h	휴일-교통량합계	double		
v_auto_h	휴일-승용차 교통량	double		
v_bus_h	휴일-버스 교통량	double		
v_truck_h	휴일-트럭 교통량	double		

- KOTI Lev6 링크와의 매칭 결과는 다음과 같음
  - 건기연 상시조사 : 816지점 구축, 평일/휴일에 대한 차종별 교통량, 시간대 별 전체 교통량
  - 건기연 수시조사 : 2,724지점 구축, 평일 및 시간대 별 차종별 교통량
  - KOTI 스크린/코든라인 : 681지점 구축, 평일 및 시간대 별 차종별 교통량
  - TCS-OD : 351지점 구축, 평일/휴일 및 시간대 별 차종별 교통량
  - 서울시 교통량 : 93지점 구축, 평일/휴일 및 시간대 별 전체 교통량
  - 인천시 교통량 : 99지점 구축, 평일 및 시간대 별 차종별 교통량
  - 대전시 교통량 : 52지점 구축, 평일 및 시간대 별 차종별 교통량
  - 대구시 교통량 : 75지점 구축, 평일 및 시간대 별 차종별 교통량
  - 광주시 교통량 : 53지점 구축, 평일 및 시간대 별 차종별 교통량
  - 부산시 교통량 : 80지점 구축, 평일 및 시간대 별 차종별 교통량
  - 울산시 교통량 : 41지점 구축, 평일 및 시간대 별 차종별 교통량



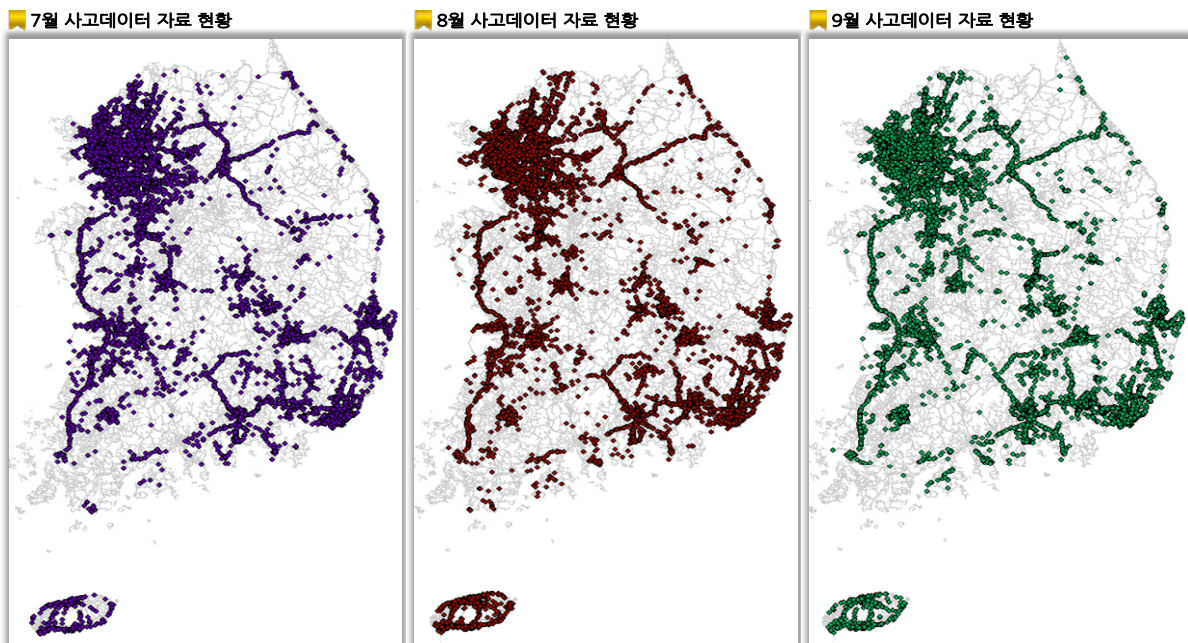
#### 다. 사고데이터 구축

- 사고데이터는 UTIS에서 제공받은 2015년 7월 ~ 9월까지의 자료를 가공하여 구간별 사고건수 및 사고율을 구축
- 제공받은 사고데이터 자료형태는 다음과 같음

<표 9-10> 사고데이터 테이블 설명

구분	설명	Type	비고
INCIDENTID	돌발ID	CHAR (12)	돌발ID
STARTDATE	시작시간	CHAR (14)	YYYYMMDDHH24MISS
ENDDATE	종료(예상) 시간	CHAR (14)	YYYYMMDDHH24MISS
LINKID	LinkID	CHAR (10)	관련 LinkID (국토부)
INCIDENTCODE	돌발상황코드	CHAR (1)	1:사고, 2:공사, 3:행사, 4:기상
INCIDENTTITLE	돌발제목	VARCHAR	돌발제목 (String)
COORDX	기점경도	NUMBER (10)	X좌표:DEG. nnnnnnnn
COORDY	기점위도	NUMBER (9)	Y좌표:DEG. nnnnnnnn
TROUBLEGRADE	돌발등급	CHAR (1)	5:A등급 4:B등급 3:C등급

- 전국 사고데이터 위치 정보 현황은 다음과 같음



<그림 9-29> 사고데이터 자료 현황

- 구간별 사고데이터를 구축과정은 다음과 같음
  - 1. 본 과업에서의 사고데이터 구축 대상은 돌발상황코드의 1:사고 지역에 대해서만 구축 함
  - 2. 추출한 사고데이터의 위치정보(x,y)를 이용하여 shp 파일로 변환
    - UTIS에서 제공하는 링크ID는 약 40%의 정보만 있기 때문에 본 과업에서는 위치정보를 기반으로 링크와 매칭
  - 3. 위치데이터와 KOTI Lev6 링크와 매칭 함. 매칭 시 사고발생지점을 기준으로 반경 100m 이내에서 가장 가까운 링크를 찾아 매칭 함
  - 4. 반경 100m 이내로 설정 시 약 98% 링크와의 매칭을 성공
  - 5. 매칭된 링크 정보를 이용하여 링크 기준의 구간별 사고건수를 구함
  - 6. 사고건수와 추정된 교통량정보를 이용하여 사고율을 구함
- 구간별 사고데이터 구축 결과는 다음과 같음

link_id	도로등급	도로명칭	연장	7월 사고 건수	8월 사고 건수	9월 사고 건수	전체 사고 건수	사고율
412300413	106	대한로	0.349	1	0	0	1	35.28097058
412300438	107	신영로	0.233	0	1	0	1	21.64446462
412300640	106	일주서로	0.034	0	0	1	1	223.3903494
412300700	106	일주서로	0.027	0	0	1	1	109.5085819
412300790	107	동일하모로	0.393	0	0	1	1	12.31529579
412401724	107	고산로	0.617	1	0	0	1	28.7887653
412401785	107	무영로40번길	1.783	0	1	0	1	3.142152558
412402162	107	칠전로	1.952	0	1	0	1	1.76175616
412402848	106	대한로	0.039	0	0	1	1	85.44396518
412402854	106	중산간서로	0.039	0	1	0	1	78.66250297
412403267	107	일주서로3000번길	0.185	0	1	0	1	13.96755371
412501176	107	한림로	0.694	0	1	0	1	4.378626504
412501429	106	일주서로	1.083	2	0	0	2	6.523017751
412503292	106	일주서로	0.676	0	0	1	1	5.005894984
413301861	107	화순해안로	0.237	1	1	0	2	58.11418828
413301973	107	화순로	0.422	1	2	0	3	30.28393654
413301975	107	화순중앙로	0.44	1	0	0	1	13.16677097
413301980	107	산방로	1.031	0	0	1	1	3.669235065
413301982	107	산방로	0.099	0	1	0	1	34.29741703
413302117	107	산방로	0.566	0	1	0	1	6.072295888
413302132	107	형제해안로	2.245	1	1	0	2	3.396817718
413302338	107	신영로	0.223	0	0	1	1	31.98076348
413302368	107	상모대서로	0.373	1	0	0	1	8.435737417
413302891	107	화순중앙로12번길	0.049	0	1	0	1	261.9732358
413302903	107	상모로	0.033	1	0	0	1	231.3273566
413303022	107	상모로273번길	0.34	0	1	0	1	33.21518813
413303037	107	최남단해안로15번길	0.046	0	1	0	1	408.4302689
413303044	107	최남단해안로	0.151	1	0	0	1	27.45934325
413303051	107	하모항구로10번길	0.06	0	0	1	1	205.9778136
413303081	107	하모항구로	0.055	0	1	1	2	492.9909781
413303087	107	신영로	0.099	0	0	1	1	55.98648203
413303219	107	최남단해안로	1.248	0	1	1	2	20.75197511

&lt;그림 9-30&gt; 사고데이터 구축결과 예시 테이블

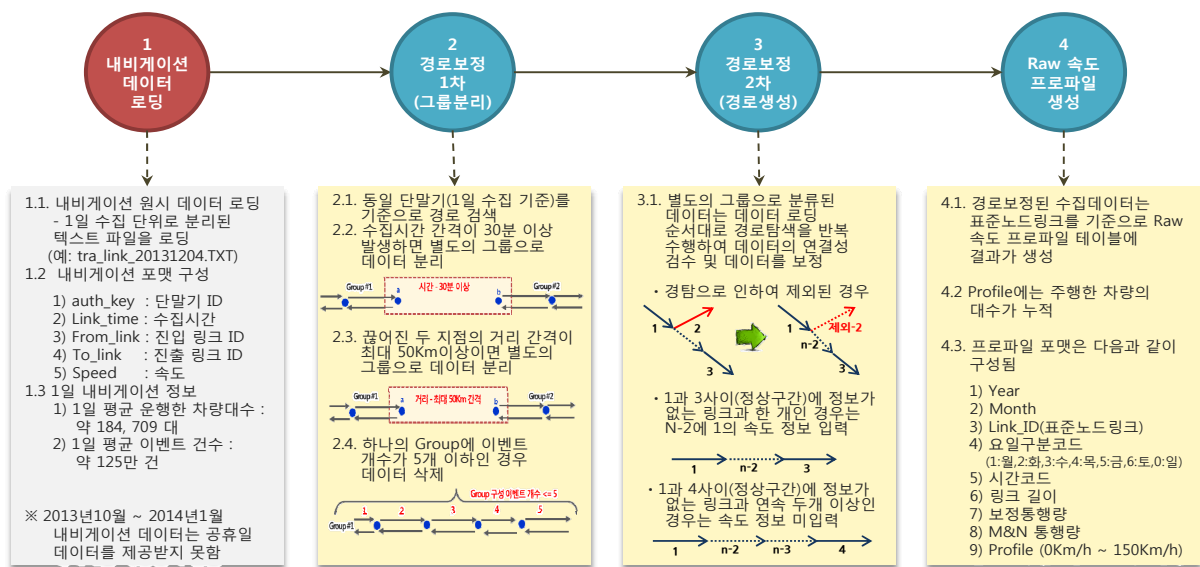
## 2. 내비게이션 데이터 가공

- 내비게이션 데이터 가공은 월 4억 건의 차량 이동 궤적 자료를 교통혼잡지도 시스템에서 요구하는 데이터로 변환하는 프로세스를 의미
- 대량의 데이터를 처리하기 위해서는 교통혼잡지도 시스템에서 요구하는 업무 흐름에 맞는 데이터 가공 및 빠른 변환 프로세스 개발이 필요

### 가. 내비게이션 데이터 가공 모듈 개선

#### 1) 전차년도 내비게이션 데이터 가공 프로세스

- 내비게이션 가공 순서는 내비게이션 원시 자료를 로딩하여 시간순서로 정렬 작업을 수행 후 동일 단말기별 시간 그룹을 설정함. 설정된 시간 그룹의 데이터를 경로탐색 과정을 통해 경로 보정을 수행
- 경로 보정된 내비게이션 데이터를 혼잡지도 시스템에서 요구하는 속도 프로파일 형태로 집계 처리



<그림 9-31> 가공 절차 및 방법론

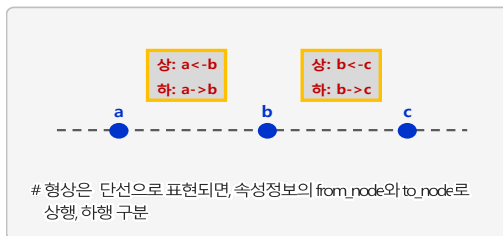
#### 2) 내비게이션 데이터 가공 모듈 개선

- 전차년도는 표준노드링크 기반 네트워크를 기준으로 내비게이션 데이터를 가공하였으나, 본 과업에서는 KOTI Lev6 네트워크로 변경됨에 따라, 변경된 네트워크에 맞게 가공 모듈을 개선함

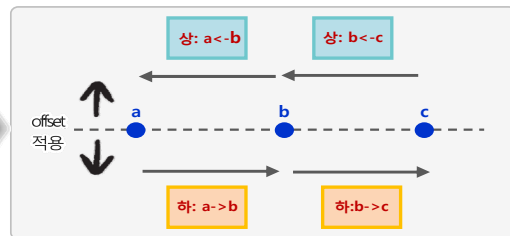


- 내비게이션 데이터는 베이스 네트워크간의 매칭문제 및 불안정한 GPS 수신으로 인하여 주행경로이상 및 짧은 미 수집 구간 발생하는데 이를 보완하기 위하여 경로탐색을 이용한 경로보정 프로그램을 개발함
- 본 과업에서는 네트워크 변경에 따라 내비게이션 경로탐색 기능을 다음과 같이 개선함
  - KTDB Lev6 네트워크는 단선의 형상(Geometry)에 상행의 시작노드와 종료노드, 하행의 시작노드와 종료노드 정보를 갖고 있음
  - 링크 기반의 경로 탐색을 위해서는 속성정보를 기준으로 가상의 링크(상행, 하행)를 생성 후 경로 탐색을 진행함

■ Level6 네트워크 - 단선 (상·하행 정보)



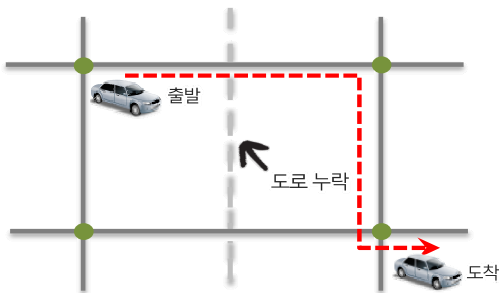
■ 상·하행 정보를 통한 가상의 상·하행 링크 구성



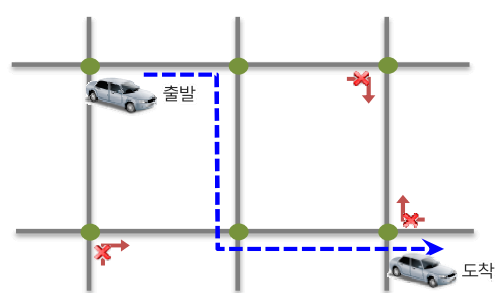
<그림 9-32> 단선 네트워크의 양방향 구분 방법

- KOTI Lev6 네트워크는 전차년도 네트워크에 비해 정확한 도로 속성 정보 및 회전 정보가 구축되어 있어 이를 활용하여 경로 탐색 모듈을 최적화 함
- 경로 탐색 시 도로 등급 정보 적용 : 시작링크와 종료링크의 도로 등급 정보를 이용한 경우 중간 경유 링크는 동일한 도로 등급 정보로 경유하도록 유도

■ 도로정보 및 회전 정보가 없는 경우의 경로탐색 예시 화면



■ 도로정보 및 회전 정보가 있는 경우의 경로탐색 예시 화면



<그림 9-33> 회전정보를 이용한 경로 탐색 예시

- 본 과업에서는 내비게이션 데이터의 증가(3개월 → 1년)에 따라 내비게이션 처리속도를 최소화하기 위하여 경로탐색 시 경로 주변의 검색 데이터양을 최소화하여 경로탐색 속도를 향상시킴

## 나. 링크 별 통행정보 개선 및 이동류 별 통행정보 개발

### 1) 전차년도 링크통행량 정보 및 속도 프로파일 기능

- 내비게이션 차량 궤적데이터는 차량별 이동 정보를 갖고 있기 때문에 교차로 별로 내비게이션 통행량 정보를 생성할 수 있음
- 기존 내비게이션 경로 보정 및 프로파일 생성모듈에서 교차로별 통행정보를 누적하여 출력할 수 있도록 개발함
- 전차년도 사업에서의 링크 통행량 생성 기능은 다음과 같음
  - 내비게이션 데이터는 단말기 별로 링크를 통과한 정보(진입링크ID, 진출링크ID) 및 통과시간, 통과 시 주행 속도에 대한 정보를 가지고 있음
  - 전차년도 사업에서는 내비게이션 정보를 활용하여 표준노드링크의 링크 별 속도 Profile을 생성함
  - 링크 별 통행량 및 속도 Profile은 년/월/요일/시간대(3시간 단위)로 구분하며, 속도는 0~150Km 까지 구분하여 Profile 생성. 이를 이용한 지역간 교통량 전수화 모듈 및 교통량을 생성함

■ 2014년 통행량 정보 및 속도 Profile 정보

Year	Month	From_Link_...	Week_Type	Time	Link_Length	보정통행량	전차수집통...	MN수집통...	UPLUS수집...	0_km/h	1_km/h	2_km/h	3_km/h	4_km/h
2013	12:12월	1000000301	0:일요일	1	0.150	457.000	428.000	428.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	12:12월	1000000301	0:일요일	2	0.150	139.000	133.000	133.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	12:12월	1000000301	0:일요일	3	0.150	263.000	255.000	255.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	12:12월	1000000301	0:일요일	4	0.150	372.000	352.000	352.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	12:12월	1000000301	0:일요일	5	0.150	367.000	338.000	338.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	12:12월	1000000301	0:일요일	6	0.150	336.000	323.000	323.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	12:12월	1000000301	0:일요일	7	0.150	274.000	257.000	257.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	12:12월	1000000301	0:일요일	8	0.150	61.000	58.000	58.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	12:12월	1000000301	0:일요일	9	0.150	113.000	110.000	110.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2013	12:12월	1000000302	0:일요일	1	0.120	482.000	425.000	425.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

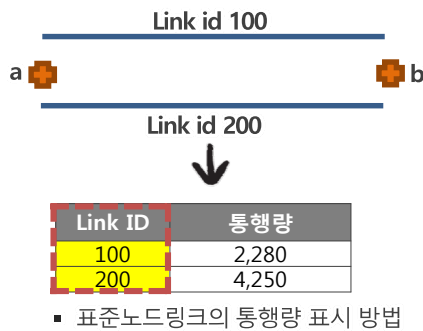
<그림 9-34> 2014년 통행량 정보 및 속도 Profile 테이블 예시

### 2) 링크별 내비게이션 통행정보 기능 개선

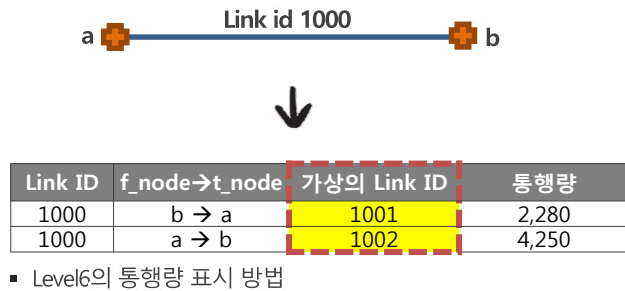
- 내비게이션 데이터는 계속적으로 수집되는 데이터로 본 과업에서는 2014년 1년간의 내비게이션 데이터를 사용하였음. 또한 내비게이션 데이터는 대용량 데이터로 1년 데이터를 한 번에 변환하여 사용하기보다 월별로 변환하여 사용자가 원하는 기간을 재 집계하여 사용할 수 있도록 개선함

- KOTI Lev6 링크는 단선 데이터로 하나의 단선에 상행과 하행을 구분해야 함. 그래서 가상의 정방향 링크 ID와 역방향 링크 ID를 생성하여, 가상의 정방향 링크 ID와 역방향 링크 ID에 정보를 생성하도록 개선하였음

#### ▶ 표준노드링크



#### ▶ Level6 링크



<그림 9-35> 표준노드링크와 Lev6 네트워크의 속도 프로파일 생성 비교

### 3) 교차로 별 내비게이션 회전 통행정보 개발

- 교통량 추정 모형 개선 및 정확도 향상을 위해 교차로의 내비게이션 회전 통행량을 생성 할 수 있도록 개발함
- 내비게이션 데이터는 차량별 이동 정보를 갖고 있기 때문에 이를 활용하여 교차로에 해당하는 회전 별 통행량 정보 및 속도 Profile을 생성함
- 교차로의 회전 별 통행량은 차량의 진입노드 중간노드 진출 노드 정보 별 통행량과 속도 Profile 생성

#### ■ 교차로에 대한 내비게이션 회전 통행량 및 속도 Profile 생성 예시 화면



<그림 9-36> 이동류 별 통행량 정보 생성 테이블 예시

## 다. 내비게이션 가공 결과에 대한 통계 정보 및 경로 분석 기능 개발

### 1) 내비게이션 통계 정보

- 내비게이션 자료를 제공한 회사의 사용자 이용률에 따라 전국 커버리지 및 이벤트 건수의 차이가 발생할 수 있음. 사용자가 내비게이션 통계 저오를 활용하여 내비게이션 데이터에 대한 자료 유형 파악을 할 수 있도록 함으로써 교통 혼잡지표 생성에 사용하는 내비게이션 데이터를 필터링 하는데 참조 할 수 있도록 기능을 개발 함
- 내비게이션 데이터의 자료유형/기간/시간대/지역 별에 따라 데이터의 가공 전 정보와 가공 후의 정보를 비교할 수 있도록 UI 구성
  - 내비게이션 자료 유형 및 수집기간을 선택 할 수 있도록 기능 구성
  - 월단위/일단위/시간대별/지역별로 데이터 정보를 디스플레이 할 수 있도록 영역 분리
  - 월단위/일단위/시간대별/지역별로 단말기 개수, 이벤트 건수, Link 매칭정보, Link Coverage와 보정후의 정보를 테이블 형태로 디스플레이할 수 있도록 개발
  - 선택한 정보에 대하여 텍스트 파일로 Export 할 수 있도록 개발

2014년 1월 주행한 차량들에 대한 통계 정보 예시 화면

내비게이션 통계 정보(IDD\_3840)

Navi Type: MN 기간: 2014 년 1 월

월단위 현황

OBU개수	이벤트건수	Link매칭정보	Coverage	보정후 이벤트건수	보정후 Link매칭...	보정후 Coverage
3,871,739	310,960,262	216,236 / 217,509	84.41%	422,281,251	232,429 / 256,161	90.74%

지역별 이벤트건수(시도)

지역	이벤트건수	비율	시간대	이벤트건수	비율
서울특별시	63,370,470	20.38%	00	7047801	02.27%
부산광역시	19,699,233	06.33%	01	5256844	01.69%
대구광역시	11,892,598	03.82%	02	3859237	01.24%
인천광역시	15,723,100	05.06%	03	2919473	00.94%
광주광역시	10,258,346	03.30%	04	2831423	00.91%

일단위 현황

일자	OBU개수	이벤트건수	Link매칭정보	Coverage	보정후 이벤트...	보정후 Link매칭...	보정후 Coverage
2	158,169	12,255,421	184,136 / 185,362 / 256...	71.88%	16,655,223	199,225 / 256,161	77.77%
3	160,173	13,138,519	185,869 / 187,094 / 256...	72.56%	17,922,675	200,850 / 256,161	78.41%
4	154,297	12,717,444	186,101 / 187,333 / 256...	72.65%	17,310,000	201,736 / 256,161	78.75%
5	132,948	10,419,509	182,552 / 183,777 / 256...	71.26%	14,097,180	198,046 / 256,161	77.31%
6	155,075	12,153,673	185,112 / 186,340 / 256...	72.26%	16,542,418	200,130 / 256,161	78.13%
7	151,270	12,431,013	185,621 / 186,839 / 256...	72.46%	16,910,933	200,191 / 256,161	78.15%
8	147,170	11,971,614	182,003 / 183,211 / 256...	71.82%	16,177,451	199,569 / 256,161	77.87%

Export 닫기

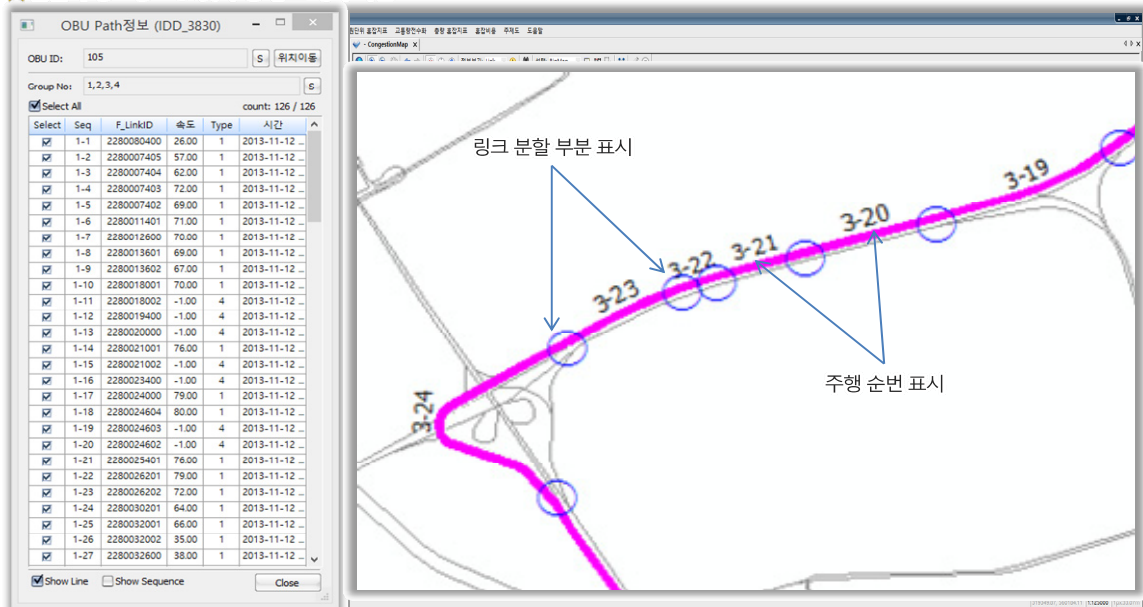
<그림 9-37> 내비게이션 통계정보 UI

### 2) 내비게이션 경로 보정 결과 분석 기능

- 내비게이션 데이터에 대한 경로 보정의 정확도를 높이기 위해서는 특정 차량의 이동 궤적 정보와 경로 보정이 적용된 경로에 대한 비교 검토할 수 있는 도구가 필요

- 내비게이션 원시자료에서 사용자가 선택한 특정일의 차량에 대한 운행 원시자료와 경로 보정 결과를 테이블과 지도 화면에 표현함으로써 분석가가 경로 보정 결과에 대한 확인이 가능하도록 개발함
- 내비게이션 단말기 별 경로 정보 생성 기능
  - 경로 정보를 생성할 내비게이션의 종류 및 수집 기간 설정
  - 설정 후 ‘단말기 별 경로 정보 생성’ 선택 후 실행하면 해당 테이블에 정보가 저장되도록 개발
  - 단말기별 경로 정보는 진입링크 ID, 주행 순서, 속도, 가공정보, 그룹ID, 수집시간 순으로 데이터 저장
- 단말기 별 경로 정보 결과 보기 기능
  - 사용자가 선택한 내비게이션 수집일자 및 단말기 ID를 지도 화면에 디스플레이 할 수 있도록 기능 개발
  - 경로 정보 생성 시 단말기 별 그룹핑 정보보기 및 해당 그룹ID만 선택 시 해당 데이터만 디스플레이 되도록 함
  - 선택한 단말기의 경로 중 사용자 선택에 의한 On/Off 기능
  - 경로 정보 테이블은 경로선택, 순서, 링크 ID, 속도, 가공정보, 시간에 대한 정보를 사용자가 확인 가능하도록 테이블 정의

단말기 경로정보 UI 및 주행 경로 예시 화면



<그림 9-38> 단말기 경로정보 UI 및 주행 경로 예시 화면

## 라. 내비게이션 구축 결과

- 내비게이션 가공 최종결과물은 원시 자료를 기반으로 속도 프로파일, 차량별 경로 정보, 존간 통행 정보, 내비게이션 회전통행량 정보, 통계 정보를 생성함
- 내비게이션 데이터를 이용한 가공 결과는 다음과 같음

**<표 9-11> 내비게이션 구축 결과 항목**

구분	내용	항목
속도 프로파일	링크ID 별 차량의 통행량 정보 및 속도 Profile 정보 생성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수집기간(년/월/일/시간)</li> <li>- 링크정보</li> <li>- 통행량 정보(경로 보정전/보정후)</li> <li>- 속도 프로파일</li> </ul>
차량별 경로 정보	차량별 주행경로를 Map영역에서 확인가능. 링크ID, 주행순서, 보정 유무, 시간, 속도 순으로 정보 생성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- OBU ID(임의의 차량 구분 번호)</li> <li>- 링크 ID 및 주행 순번</li> <li>- 보정 정보(보정 구분 코드)</li> <li>- 속도 및 시간</li> </ul>
존간 통행 정보	존간에 유입/유출 통행량 및 시간 정보 생성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 출발/도착 존 ID</li> <li>- 내부/외부 통과대수</li> <li>- 전체 통과대수</li> </ul>
이동류 별 내비게이션 통행량 정보	교차로의 회전 별로 통행량, 속도, 시간 정보가 생성됨	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수집기간(년/월/일/시간)</li> <li>- 회전정보(진입/교차로/진출노드ID)</li> <li>- 통행량 정보</li> <li>- 속도 프로파일</li> </ul>
내비게이션 통계 정보	가공한 내비게이션 데이터의 단말기 수, 이벤트 정보 전국기준의 네트워크 Coverage정보 등이 생성됨	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기간 정보</li> <li>- 월단위/일단위 내비게이션 현황</li> <li>- 지역별/시간대별 이벤트 건수</li> </ul>

- 존간 통행 정보 및 내비게이션 통계 정보는 Text파일로 Export할 수 있도록 기능 구현
- 내비게이션 가공 결과는 KOTI Lev6 네트워크 기준으로 데이터가 저장되어야 하며, 데이터 Export시에는 KOTI Lev6 네트워크 및 표준노드링크(맵핑테이블 기준)로 제공이 가능하도록 기능 구현

## 제4절 교통혼잡지도 시스템 개발

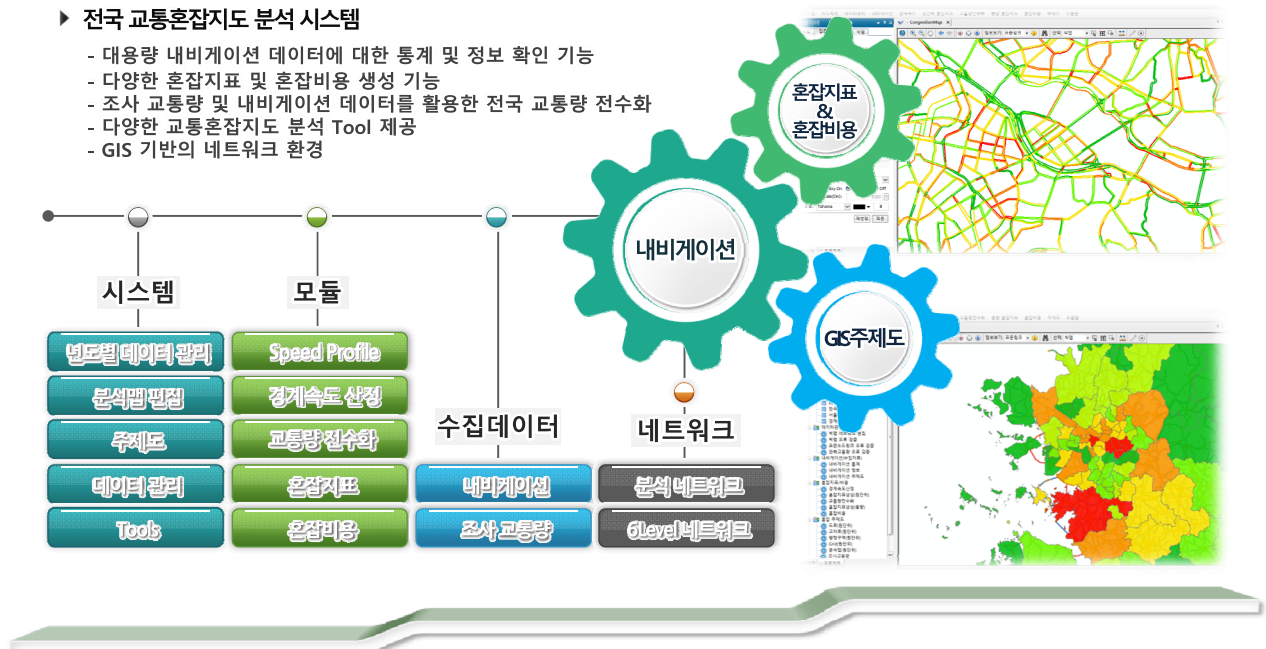
### 1. 교통혼잡지도 분석시스템 구성

#### 가. 시스템 구성

- 교통혼잡지도 분석시스템은 데이터 정보 확인, 경계속도 생성 프로세스, 혼잡지표 및 혼잡비용 생성 프로세스, GIS기반 주제도 표출 시스템으로 구성
- 대용량 내비게이션 데이터 및 교통량 전수화 자료를 이용하여 다양한 혼잡지표 및 혼잡비용을 생성할 수 있는 모듈 탑재 및 GIS 기반의 교통혼잡지도 분석 Tool 제공
- 시스템에 탑재된 DB 현황은 다음과 같음
  - 네트워크 : 2014년 KOTI Lev6 네트워크, 분석네트워크(Lev6 기반), 2014년 행정구역
  - 내비게이션 데이터 : 2014년 1월 ~ 2014년 12월
  - 관측교통량 : 2014년 건기연 수시/상시, KOTI 스크린/코든, TCS OD, 서울시, 지자체 (인천, 대전, 광주, 대구, 울산, 부산)

#### ▶ 전국 교통혼잡지도 분석 시스템

- 대용량 내비게이션 데이터에 대한 통계 및 정보 확인 기능
- 다양한 혼잡지표 및 혼잡비용 생성 기능
- 조사 교통량 및 내비게이션 데이터를 활용한 전국 교통량 전수화
- 다양한 교통혼잡지도 분석 Tool 제공
- GIS 기반의 네트워크 환경

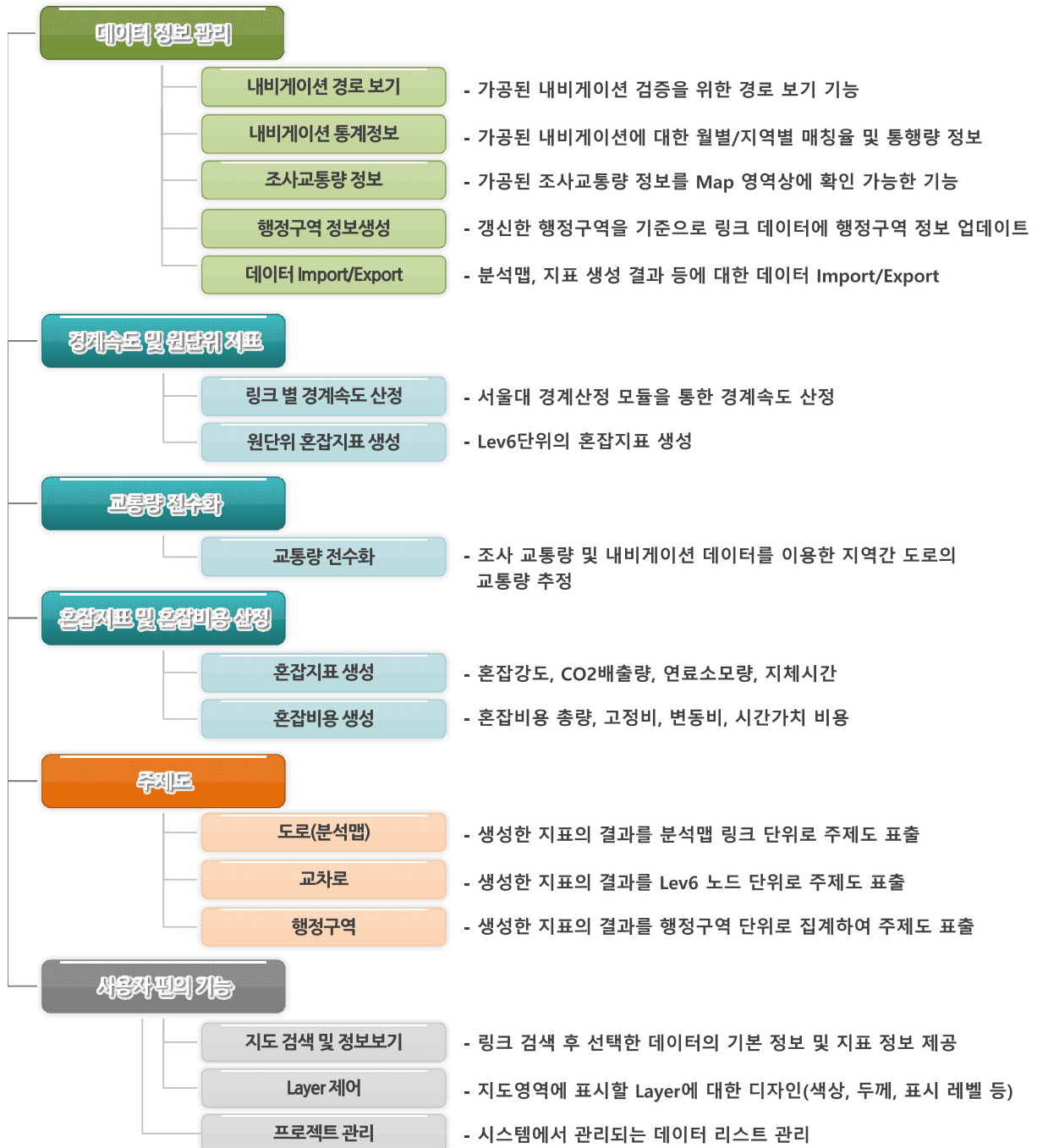


<그림 9-39> 분석시스템 구성



## 나. 기능 구성

- 교통혼잡지도 분석시스템의 기능구성은 크게 데이터 정보관리, 경계속도 산정, 지표 생성, 분석 기능, 사용자 편의 기능으로 구성

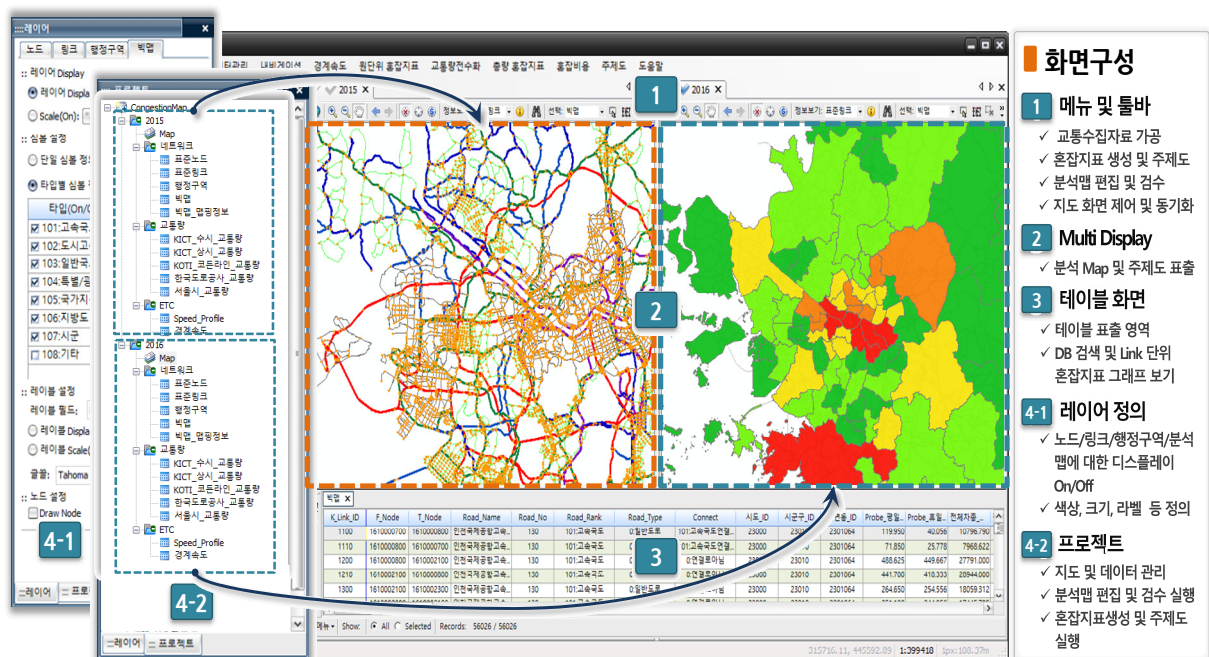


<그림 9-40> 시스템 기능구성



## 다. 화면구성

- 교통혼잡지도 분석시스템 화면구성은 메뉴 및 툴바, 지도화면, 테이블 화면, 프로젝트 관리, 레이어 정의 영역으로 구성
- 전차사업부터 계속적으로 누적되는 데이터를 효율적으로 관리 및 분석하기 위하여 년도 별 데이터로 구분하였으며, 년도 별 데이터를 비교 분석 할 수 있도록 멀티맵 표출 지원



<그림 9-41> 시스템 화면구성

- 본 과업에서는 데이터를 복수의 년도 별 네트워크와 기타 데이터로 구분하였으며, 년도 별 데이터를 비교 및 분석이 가능하도록 복수화면 구성
- 스마트 도킹 도구 모음을 비롯한 도킹 윈도우 기반으로 개발. 도킹 팬(Docking Pane)형태로 시스템을 구성하였기 때문에 사용자가 원하는 위치 및 크기로 화면 구성을 변경 할 수 있음
- 주제도 및 데이터 비교 시나리오 간 비교가 가능할 수 있도록 동적 분할 윈도우 형태로 개발되어 시나리오별 주제도 및 데이터를 비교 검토 가능
- 사용자가 네트워크와 데이터를 한 화면에서 비교 및 검토할 수 있도록 하나의 지도와 데이터를 하나의 프레임 안에서 두 개로 분리함

## 2. 교통혼잡지도 분석시스템 개선

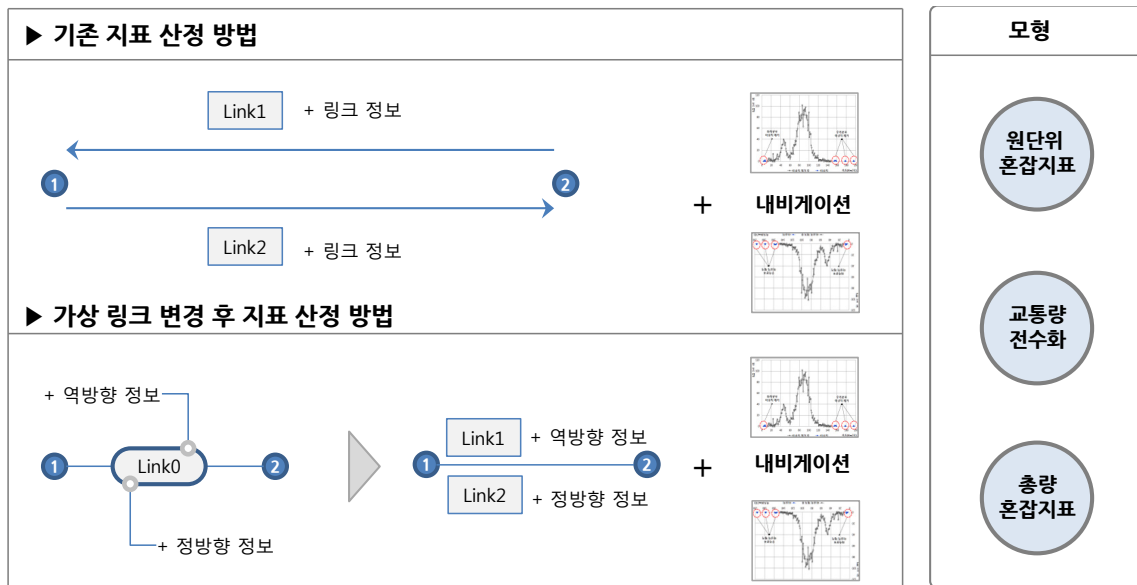
### 가. 시스템 개선 및 유지보수 내역

- 표준노드 기반에서 KOTI Lev6 네트워크 변경에 따른 개선 내역
  - 양선 기반(도로의 방향별 형상, 정보) 표준노드링크 네트워크에서 단선 기반(단선 형상에 상행, 하행 정보로 구성) 네트워크의 변화는 혼잡지표 산정 모형의 입/출력 자료의 변경, 데이터관리, 지도 표현 방법의 변경이 발생함
  - 혼잡지표 산정 모형 수정
    - 기존 알고리즘은 방향별 도로 기준으로 전체 모형이 구현되어 있음. 단선 기반 네트워크에서 가상의 양선 링크를 구성한 후 기존 모형의 인풋 자료로 계산하여 처리하여 기존 모형 변경 최소화
    - 모형 계산 중 발생하는 공간 검색 기능 및 링크 검색 기능 수정
  - 지도 및 주제도 표현 방법론 수정
    - 기존 교통혼잡지표 주제도 표출 기능은 표준노드링크 기반의 양선 네트워크에서 주제도를 표현 함. KOTI Lev6 네트워크는 단선 형상에 상행, 하행 정보를 갖고 있는 구성이기 때문에 도로의 방향별 주제도 표현이 가능하도록 개발. 도로의 방향별 주제도 표현 시 선의 중심점을 기준으로 표현하는 방법과 선의 진행방향의 우측으로 두께를 표현할 수 있는 기능 개발을 통해 주제도 표출시 상행, 하행 정보가 중복되지 않도록 개발
  - 자료 관리 방법론 수정
    - 공통의 네트워크를 사용하기 때문에 혼잡지표의 분석 결과를 네트워크 데이터베이스 테이블에 컬럼을 추가하여 관리할 수 없으므로, 별도의 결과 테이블에 저장하는 구조로 전체 시스템 변경
- 년도별 교통혼잡지도 관리 및 분석 체계 구성
  - 년도별로 조사교통량 자료, 내비게이션 자료, 교통혼잡지표를 관리할 수 있도록 구성
  - 분석결과에 대해서 년도별 비교가 가능할 수 있도록 개발
    - GIS 지도 상에 혼잡지표, 내비게이션 정보에 대한 증감을 색상으로 표현 및 비교 결과를 텍스트 파일로 출력할 수 있도록 개발
- 자료 입력/출력 기능 강화
  - 교통혼잡지도 시스템에서 분석 및 관리하는 데이터베이스 테이블 정보를 텍스트 파일 입력/출력할 수 있도록 하여 반복적으로 요청되는 분석 자료 요청에 빠르게 응대할 수 있도록 개발

## 나. 베이스 네트워크 변경에 따른 시스템 개선

### ○ 베이스 네트워크 변경에 따른 모형 수정 내역

- 현행 시스템은 도로의 방향별 링크에 대한 혼잡 강도 및 혼잡 지표를 산정하고 있음. 혼잡 강도, 혼잡지표는 혼잡지도 시스템 모형식에 의한 계산 결과와 기존 혼잡 분석방법론에 따른 결과를 저장하고 있음
- 기존 모형 계산은 링크의 속성정보(타입, 유형, 길이 등)와 내비게이션 자료를 원단위 혼잡 지표 산정 모형식의 입력 자료로 구성 후 혼잡지표 산정 모형식을 통해 계산 됨
- 가상의 정방향과 역방향에 해당되는 링크 ID를 생성 후 기존 모형의 인풋 자료를 구성하여 지표결과를 산출할 수 있도록 하여, 모형 변경을 최소화하였음
  - 가상 링크 ID 생성 규칙 : 정방향(링크ID x 100 + 1), 역방향(링크ID x 100 + 2)



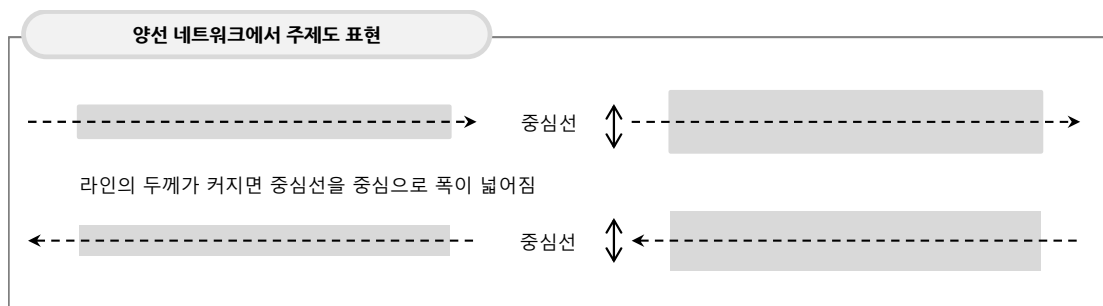
<그림 9-42> 네트워크에 따른 지표 산정 방법 예시 화면

### ○ 공간 검색 기능

- 주변 링크 검색 : 주어진 영역 조건에 해당하는 데이터 공간 검색
  - 공간 데이터 레이어의 인덱스 테이블에서 교차 연산을 수행. 교차 연산 후 검색된 Entity에 대해 가상 링크 ID 발생하는 방법으로 변경
- 현재 링크를 진출 또는 진입하는 링크 검색
  - 링크의 시작노드와 종료노드를 검색 후 각 노드를 시작노드로 하고 있는 데이터 검색. 발견된 노드를 시작노드로 하는 링크를 반복적으로 검색하면서 검색 진행하는 방법으로 변경

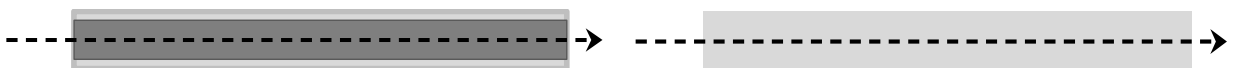
#### 다. 지도 및 주제도 표현 방법론 변경

- 단선 네트워크에서의 상행, 하행 지도에 주제도로 표현 시 문제점
  - 표준노드링크는 도로 중심선을 중심으로 방향별 일정 거리를 떨어트려 그리는 것을 규칙으로 하고 있기 때문에 라인의 두께 값이 일정 크기 전까지는 디스플레이에 문제가 없음
  - 일반적으로 선형의 두께를 두껍게 하면 선의 중심을 기준으로 양쪽으로 두께가 커지면서 드로잉 되는 것을 알 수 있음. 표준노드링크는 일정한 폭이 있기 때문에 매우 큰 두께의 선형이 아닌 경우 중복되는 문제는 발생하지 않음



<그림 9-43> 양선 네트워크에서의 주제도 표현 예시

- 단선의 형상에 상행, 하행 주제도 표현을 할 경우 한선에 그려야 하는 값이 두 종류이기 때문에 둘 중 한 개의 값으로 주제도 표현을 하거나, 양방향 정보에 대한 수식 연산(평균, 합, 차, Min, Max)한 값을 지도에 주제도로 표현할 수밖에 없음
- 단선에 상행, 하행 정보를 중복하여 표현한 경우
- 단선에 한 개의 정보를 표현



- 진행 방향의 우측으로 Offset 후 양방향 지도 표현
  - 시작노드 종료노드 방향으로 우측으로 표현하고자하는 두께의 0.5배의 위치에 링크의 중심점을 법선 이동 후 링크 주제도를 표현하게 되면 양방향 정보가 중복되지 않고 표현할 수 있음
  - 진행 방향 우측 Offset Draw



<그림 9-44> Offset 후 양방향 지도 표현 예시

○ 구현 방법

- 링크의 Shape 정보는 좌표의 목록으로 구성되어 있으며, 좌표의 순서는 드로잉 절점의 순서와 같음. 링크 Shape 정보는 정방향, 역방향 정보를 갖고 있지 않음
- 정방향, 역방향을 계산하기 위해서는 시작노드, 종료노드 좌표가 링크의 시점 또는 종점의 위치에 가까운 가를 판단하여 링크의 절점 정보의 순서가 정방향인지 역방향인지 판단함
- 현재 링크(시작-종료)의 방향 정보를 계산 후에는 링크의 두께가 지도에 표현되었을 때의 좌표를 계산함. 라인은 중심점을 기준으로 그려지기 때문에 계산된 위치의 0.5배 위치에서 그림
- 링크의 모양이 고깔(Λ) 모양인 경우 절점을 Offset 했을 경우 선형이 꼬이는 경우가 발생할 수 있음. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 선형 Offset 계산 전에 선형 단순화 알고리즘을 적용하여 Offset 했을 때 각 Offset 절점이 겹쳐지는 문제를 해결함

## 라. 데이터 관리기능 개발

### 1) 년도별 데이터 관리 기능 개발

- 수시로 변화되는 도로형상 및 도로속성 정보, 행정구역 정보를 반영하기 위하여, KOTI Lev6 네트워크는 년 단위로 유지보수 및 관리 되고 있음
- 신설도로, 도로속성(차선수, 링크길이, 기타 등), 행정구역 정보가 변경되면 기초데이터 및 혼잡지표에 영향을 주기 때문에 년도 별로 데이터 관리가 필요함
  - 도로생성 시 링크가 분할되면 링크의 ID정보 변경 및 길이가 변경됨
  - 행정구역이 분할 및 병합됨에 따라 지표가 변경됨
- 내비게이션 데이터는 계속적으로 데이터가 수집되고 있으며, 조사 교통량은 년도 별로 교통량 조사 및 수집 함. 기초데이터(내비게이션 데이터, 조사 교통량)는 해당년도의 네트워크 및 행정구역을 기준으로 데이터를 가공하기 때문에 년도 별로 데이터 구분 및 관리가 필요함

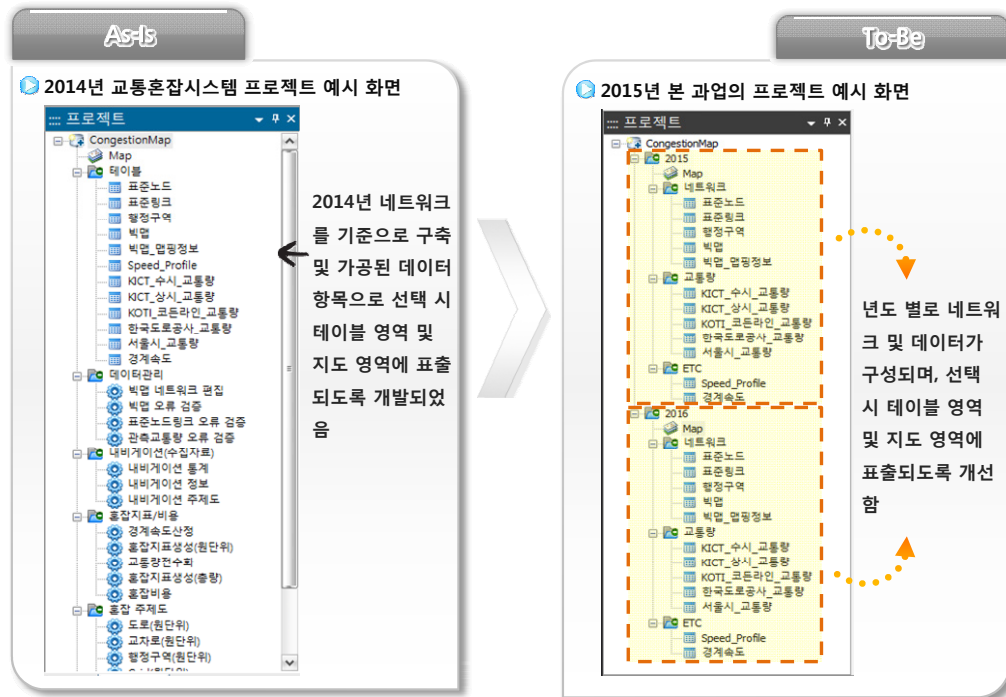
#### ▶ 년도 별 네트워크 및 결과에 대한 데이터 관리



<그림 9-45> 년도 별 네트워크 및 결과에 대한 데이터 그룹 예시

○ 년도별 데이터 관리 기능 개발

- 년도 별로 데이터를 관리하기 위하여 년도 별로 데이터를 구성할 수 있도록 데이터베이스를 설계 및 시스템을 개선하여, 년도 별 데이터 비교 및 분석이 가능하도록 함



<그림 9-46> 전차년과 본과업에서의 시스템 프로젝트 비교화면

2) 자료 입력/출력 기능 강화

○ 자료 입력/출력 기능의 필요성

- 교통혼잡지도 시스템에서 분석 및 관리하는 데이터베이스 테이블 정보를 텍스트 또는 Shape파일로 입력/출력할 수 있도록 하여 반복적으로 요청되는 분석 자료 요청에 빠르게 응대할 수 있도록 기능 개발이 필요함

○ 조사 교통량 입력/출력 기능 개발

- 전차년도에 사용된 조사 교통량은 KICT(한국건설기술연구원)의 수시/상시 교통량과, 한국도로공사 교통량, 서울시 교통량, KOTI(한국교통연구원)의 수시 교통량이 있으며, 조사 교통량은 베이스 네트워크의 링크 ID와 맵핑 작업 후 시스템에 입력 함
- 기존의 조사 교통량을 시스템에 입력 및 출력하는 방식은 수동으로 테이블 생성 후 데이터 베이스 상용 프로그램을 이용하여 데이터를 입력 및 출력하였음

- 조사 교통량은 매년 데이터를 조사 및 배포하기 때문에 시스템에 자동으로 입력할 수 있는 기능과 사용자에게 제공할 수 있는 출력 기능을 개발함
- 조사 교통량을 시스템에 입력 시 시스템의 데이터 필드와 텍스트 파일의 필드를 연결하여 데이터를 입력되도록 함. 조사 교통량을 출력 시에는 사용자가 선택한 필드만 제공되도록 하며, 텍스트 파일로 출력되도록 개발 함
- 혼잡지표/혼잡비용/교통량 전수화 항목에 대한 출력 기능 개발
  - 교통혼잡지도 시스템은 내비게이션 데이터와 조사 교통량 데이터를 이용하여 다양한 혼잡지표/혼잡비용/교통량 전수화를 생성하고 있으며, 도로 등급 별, 행정구역 별로 생성이 가능함
    - 혼잡지표는 혼잡강도, CO2 배출량, 연료소모량, 지체시간으로 구분되며, 혼잡비용은 고정비, 변동비, 시간가치 비용으로 크게 구분됨
    - 교통량 전수화는 조사 교통량을 이용하여 전국 지역간 도로의 교통량을 추정하는 모듈로 평일/휴일에 대한 추정된 통행량이 있음
  - 교통혼잡지도 시스템에서 생성한 결과를 사용자가 선택한 도로 및 행정 구역 정보에 대하여 텍스트 파일로 제공이 가능하도록 개발 함
    - 선택 가능한 도로 정보는 도로등급(고속국도, 도시고속국도, 일반국도, 지방도 등)과 도로유형(고가차도, 지하차도, 터널 등)으로 선택한 항목에 대해서만 결과 값이 출력되도록 기능 개발 함
    - 행정구역은 사용자가 시/도, 시/군/구, 읍/면/동 단위로 선택이 가능하도록 기능을 구현하며, 선택한 행정구역에 대해서만 결과 값이 출력되도록 기능 개발 함
- 분석맵 Shape 파일 출력기능 개발
  - 분석맵은 KOTI Lev6 네트워크의 상위 레벨 네트워크로 KOTI Lev6 네트워크와 분석맵 간의 맵핑테이블로 구성됨
  - 맵핑테이블로 구성된 분석맵을 다양하게 활용할 수 있도록 Shape 파일로 출력할 수 있는 기능을 개발함



<그림 9-47> 분석맵 데이터를 Shp 파일로 출력 예시 화면

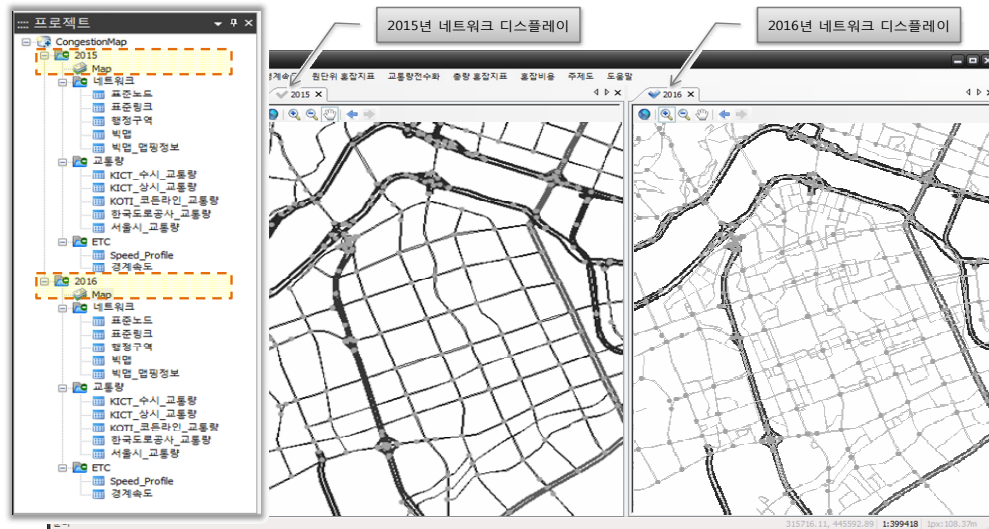


### 3) 지도기능 개선

#### ○ 멀티맵 디스플레이 및 화면 배치 기능 개발

- 년도 별로 관리되는 Map(노드, 링크, 행정구역)을 사용자가 복수 개를 화면상에 디스플레이 할 수 있도록 하여 년도 별 비교 및 분석 할 수 있도록 기능 개발

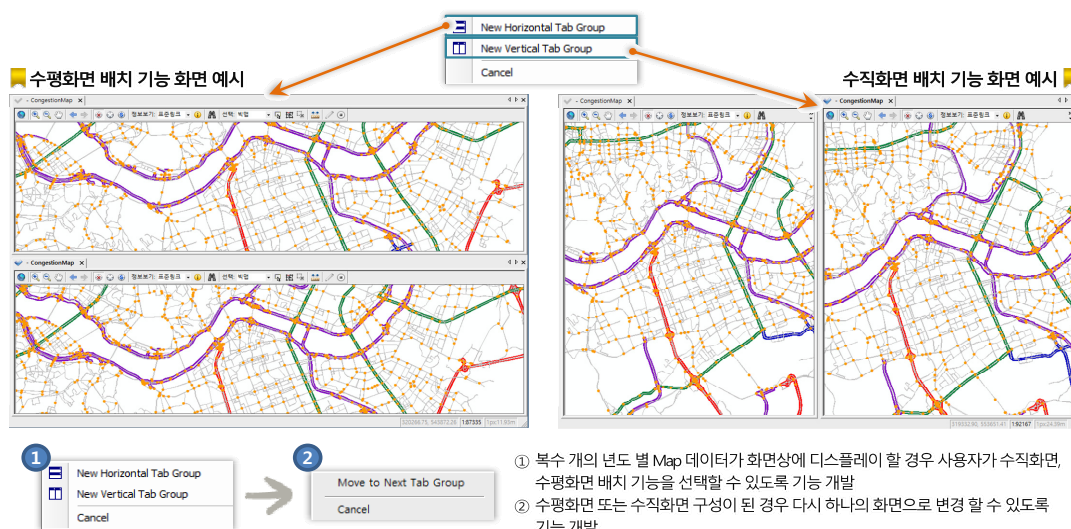
■ 년도 별 네트워크 디스플레이 예시 화면



<그림 9-48> 연도별 멀티맵 디스플레이 예시화면

#### ○ 화면 배치 기능 개발

- 복수 개의 Map 데이터를 사용자의 선택에 의하여 Map 영역 화면상에 수평화면과 수직화면으로 배치 할 수 있도록 기능 개발

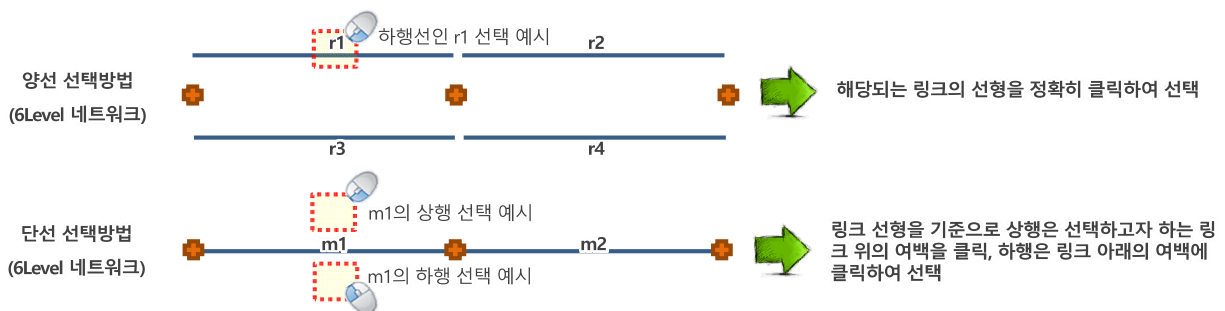


<그림 9-49> 화면 배치 기능 예시화면



○ 데이터 정보보기 기능 개선

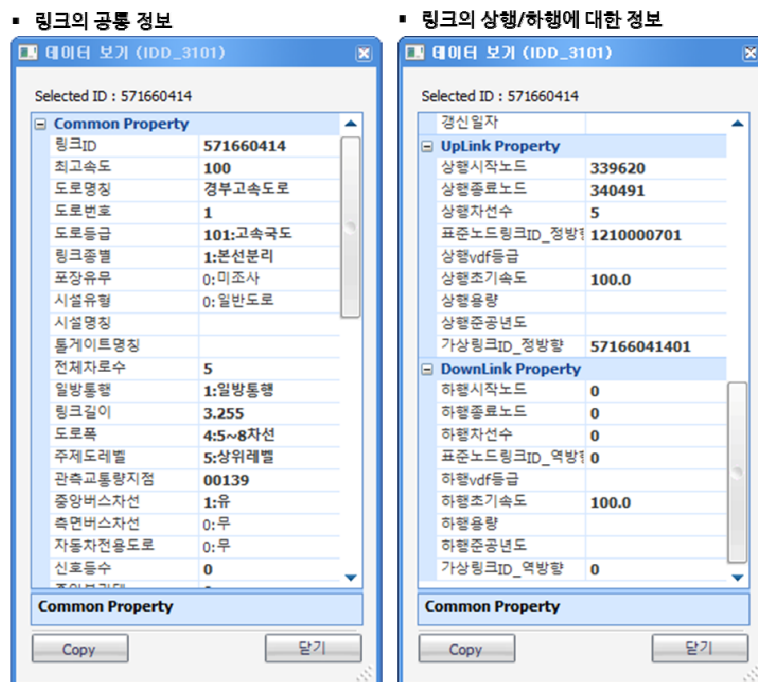
- 전차년도에서 사용된 양선 네트워크(표준노드링크)와, 단선 네트워크(KOTI Lev6 네트워크)로 변경됨에 따라 링크의 선택 방식을 변경할 필요성이 있음
- 전차년도에서는 링크의 형상을 선택하여 상행/하행에 대한 네트워크를 선택하였다면, 단선 네트워크는 단선 링크 선상의 위나 아래 여백을 선택하여 데이터를 선택할 수 있도록 기능 개발
- GIS 공간 연산을 활용하여 선택한 영역의 좌표정보와 링크선상과의 각 정보를 이용하여 상행/하행 구분



<그림 9-50> 단선링크기반의 데이터 선택방법

○ 링크의 속성정보는 상행과 하행을 구분하여 데이터 정보를 확인할 수 있도록 기능 개발

- 속성보기는 Lev6 링크/노드, Lev6 링크의 방향별 데이터 선택, 분석맵 링크/노드, 행정구역(시도/시군구/읍면동)의 속성보기 기능을 제공함



<그림 9-51> 링크의 속성보기 UI

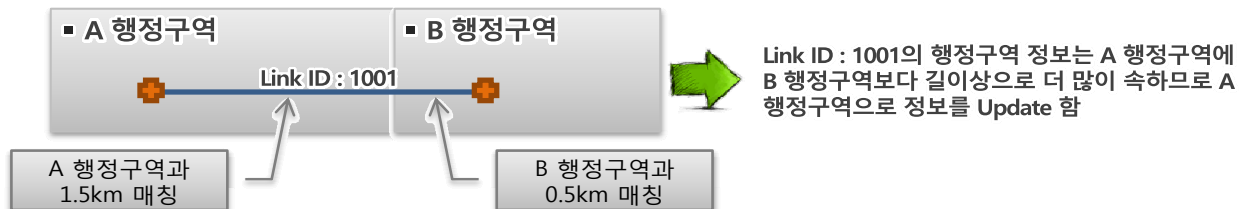
○ 행정구역 정보 Update 기능 개발

- 행정구역 정보 Update 기능 필요성

- 교통혼잡지도에서 생성한 혼잡지표 및 혼잡비용 등은 링크를 기본단위로 지표를 생성함. 행정구역 단위의 지표를 산정 시에는 링크의 결과 값을 집계하여 산정하는데, 이때 링크정보의 행정구역 정보를 이용함
- 링크에 행정구역 정보가 있을 경우는 이를 이용하나, 데이터의 생성 및 편집 때문에 신규로 행정구역 정보를 부여하는 경우가 필요함
- 분석맵은 베이스 네트워크를 주요 도로구간 단위로 그룹핑한 데이터로 하나의 분석맵 링크에 여러 개의 행정구역 정보가 있을 수 있음. 이때 대표 행정구역 정보를 부여하는 경우가 필요함

- 행정구역 정보 Update 기능 개발

- KOTI Lev6 네트워크 및 분석맵 링크의 행정구역 정보를 업데이트하기 위해서는 면으로 구성된 행정구역과 링크를 공간조인하여 링크가 가장 많이 속한 행정구역을 링크의 대표 행정구역으로 정의하며, 이를 업데이트 할 수 있도록 기능개발
- 링크의 행정구역 정보 Update는 KOTI Lev6 네트워크 또는 분석맵 선택 후 실행 버튼을 클릭하면 해당 테이블에 정보가 자동 Update되도록 하며, 행정구역 단위의 기준의 읍면동 단위임



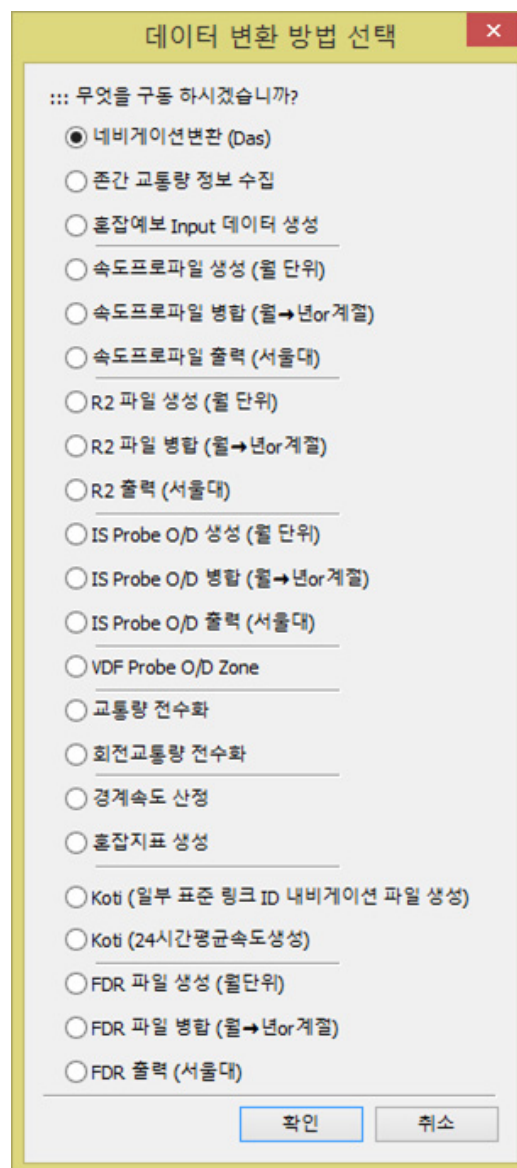
<그림 9-52> 행정구역 자동 생성 기능 설명

○ Multi Select의 추가 기능 개발

- 전차년도에 개발한 Select기능은 Map영역 상에 범위를 지정하여 데이터를 선택하면 해당 테이블에 선택한 정보가 표출 되도록 개발하였음
- 본 과업에서는 링크를 선택하여 선택한 링크의 특정 필드 값을 보여주고 그 값들의 누적 값과 평균값을 계산할 수 있도록 기능을 개발 함
- 선택한 링크에 번호를 부여하여, 정보 창과 Map영역에 번호를 디스플레이하여 사용자가 육안으로 쉽게 확인 할 수 있도록 함
- 선택한 데이터는 정보 창에 선택한 링크의 ID와 선택한 필드의 정보를 표출하며, 정보 창 하단에 평균값 및 총계 정보를 확인할 수 있도록 함

### 3. 지표 모듈 개선

- 전차년도에서는 네비게이션 가공 → 속도프로파일 생성 → 교통량 추정 → 혼잡지표 산정 → 데이터 분석 구현을 하나의 시스템에서 모두 구현 가능하도록 구성
- 본 과업에서는 점차적으로 증가하는 데이터를 분산하여 데이터를 변환하여 변환시간을 감소할 수 있도록 시스템을 데이터 변환 시스템과 데이터 분석 시스템으로 분리하여 구축
- 경계속도, 교통량 추정, 이동류별 교통량, 혼잡지표, 환경지표 등이 개선 및 추가 개발됨에 따라 전차년도에 탑재한 지표관련 모듈을 본 과업에서 모두 변경함



<그림 9-53> 데이터 변환 UI

- 데이터 변환 프로그램 실행방법은 다음과 같음
  - 만약 속도프로파일을 실행한다면 위 데이터 변환 창에서 속도프로파일 생성(월단위)를 선택
  - 프로파일 데이터 생성 창에서 내비게이션 데이터가 있는 폴더를 선택 후, 선택한 데이터의 기간 설정 후, 집계 방식 선택 후 실행함
  - 속도 프로파일 생성 시 주의할 점은 월단위로 첫 번 째 생성 후, 데이터 변환 창에서 속도프로파일 병합(월 → 년)을 선택하여 1년단위로 집계함

프로파일데이터 생성 (IDD\_CREATEPROFILE\_DLG)

폴더 (das):

기간: 2015 년 1 월

집계단위 월: ☒ 요일(7) ☐ 월(31)

집계단위 시간: ☐ 시간대(9+a) ☒ 시간(24)

Option - BidMan

☐ 방향별 교통량 저장

경로Upload ☒ First Row Header 실행 닫기

월단위로 생성한 데이터를  
1년단위로 집계

프로파일데이터 집계 (IDD\_MERGEPROFILE\_DLG)

폴더 (db):

기간: 2015 년 1 월 ~ 12 월

집계단위 월: ☒ 요일(7) ☐ 월(31)

실행 닫기

<그림 9-54> ‘월단위 생성’ 및 ‘1년단위로 병합’ 기능 UI

- 생성한 속도 프로파일을 분석 및 제공하기 위해서는 속도 프로파일 출력을 선택하여 텍스트 파일로 생성 함

프로파일 출력 (IDD\_WRITE\_PROFILE\_DLG)

폴더 (db):

기간: 2015 년

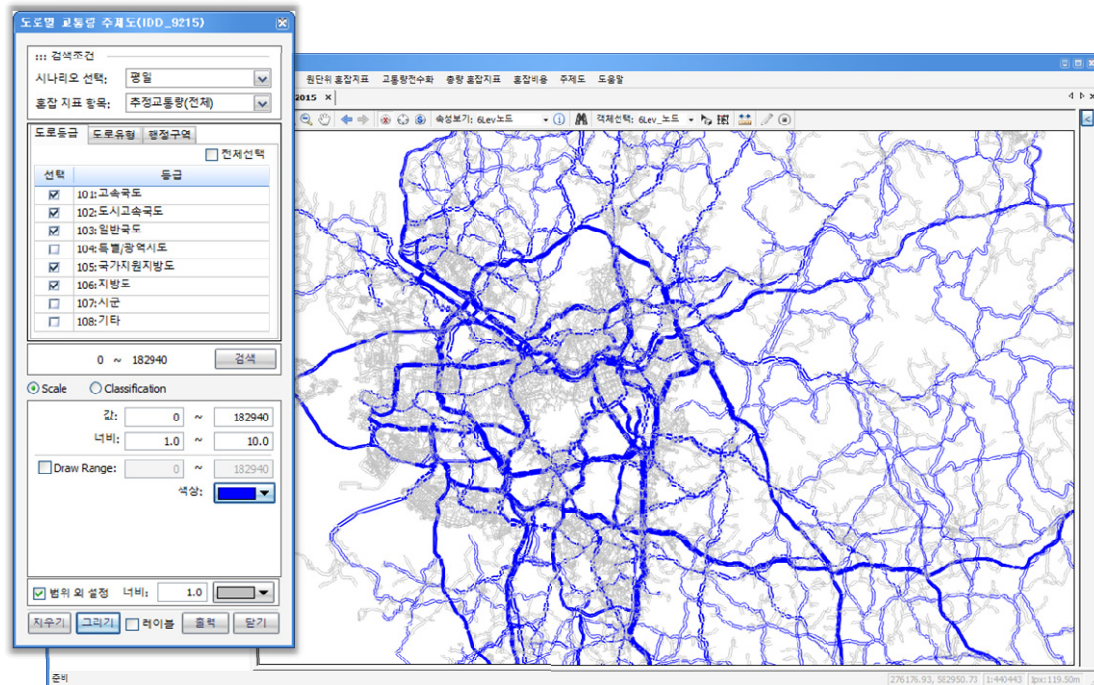
☒ Probe(주말/경일/특송/공휴일)

☐ Profile(요일/특송/공휴일)

실행 닫기

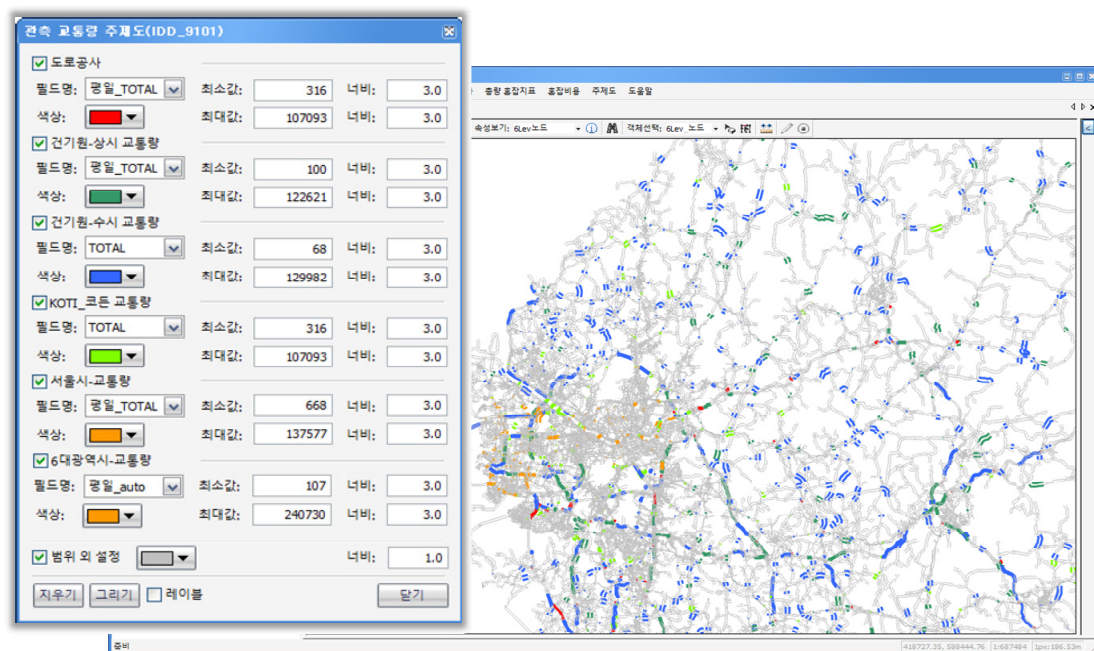
<그림 9-55> 속도프로파일 출력 UI

- 교통혼잡지도 분석시스템에서의 데이터 분석기능은 다음과 같음
- 교통량 추정 결과를 Lev6 네트워크 주제로로 표출



<그림 9-56> 평일 교통량 추정 결과 예시 화면

- 관측 교통량과 링크와의 매칭 결과를 주제로로 표출



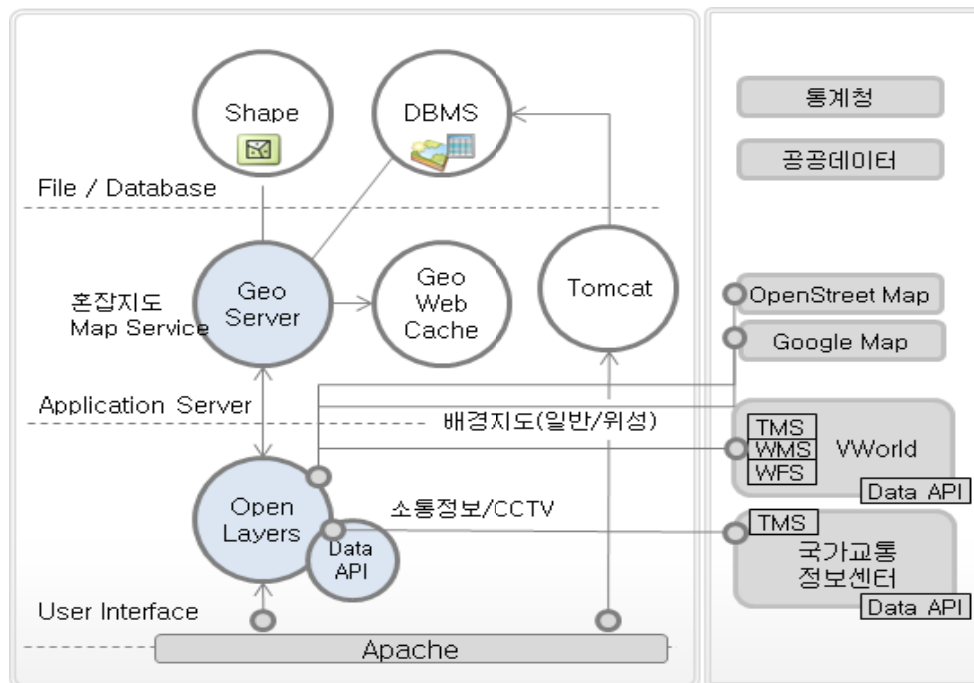
<그림 9-57> 관측교통량 UI 및 주제도 예시 화면



## 제5절 교통혼잡지도 온라인 시스템 개발

### 1. 시스템 구성

- 교통혼잡지도 온라인 시범서비스 시스템 구성은 일반 웹 서비스와 웹 GIS서비스로 구성됨
- 시스템의 범용성과 호환성을 확보하기 위하여 웹 표준(W3C)과 OGC(Open Geospatial Consortium) 표준을 준수하여 구성 함
- 교통혼잡지도 온라인 시범서비스 시스템 구성은 다음과 같음



<그림 9-58> 온라인 시스템 구성도

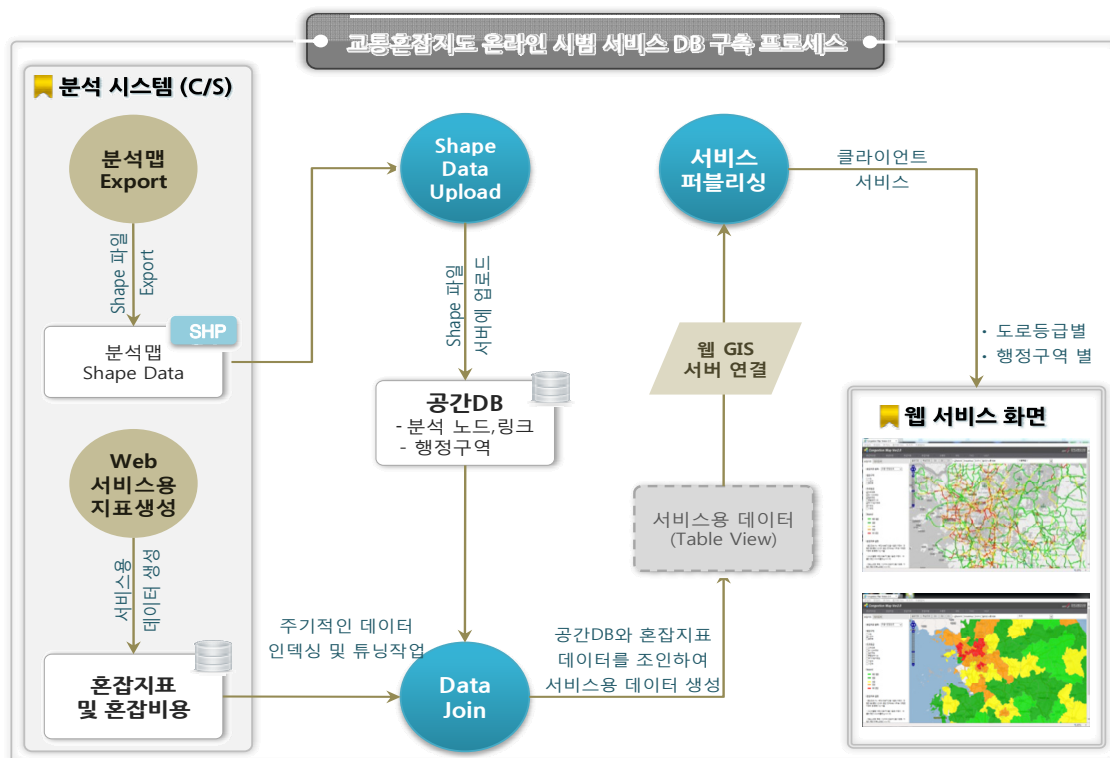
- 교통혼잡지도 온라인 시범서비스의 S/W 구성은 다음과 같음

<표 9-12> 온라인 시범서비스 S/W 구성

역할	도입 소프트웨어
Web Server	Apache Web Server 2.4
WAS Server	Apache Tomcat 7.0
DB Server	MS-SQL Server
GIS Server	GeoServer 2.6
GIS Client	Open Layers

## 2. 서비스를 위한 GIS DB 설계

- 교통혼잡지도 온라인 시범서비스의 원활한 서비스와 데이터의 최신성 확보를 위하여 통합 데이터베이스를 설계 함
- GIS DB의 데이터 호환성과 웹 GIS 서비스와의 연계를 위하여 OGC 표준을 준수 함
- GIS 데이터베이스 기본 구성
  - 공간데이터 및 혼잡지표 결과의 최신성, 신뢰성 확보와 다중 사용자의 원활한 이용을 위하여 RDBMS를 통한 서비스를 구성 함
  - KTDB 센터 내의 S/W 보유 현황과 웹 서비스간의 연동성을 고려하여 MS-SQL을 선정 함
  - MS-SQL 내부의 데이터베이스 구조는 공간데이터와 분석 결과를 나타내는 DB로 구성 됨
  - 공간데이터 구조는 GeoServer와의 연동성을 고려하여 OGC 표준 공간 데이터베이스 구조인 ST\_Geometry 구조로 관리 함
- 교통혼잡지도 온라인 시범서비스 DB구축 프로세스
  - 온라인 서비스 구축 및 활용을 위하여 DBMS 시스템 구조에 데이터를 변환하여 적재 함

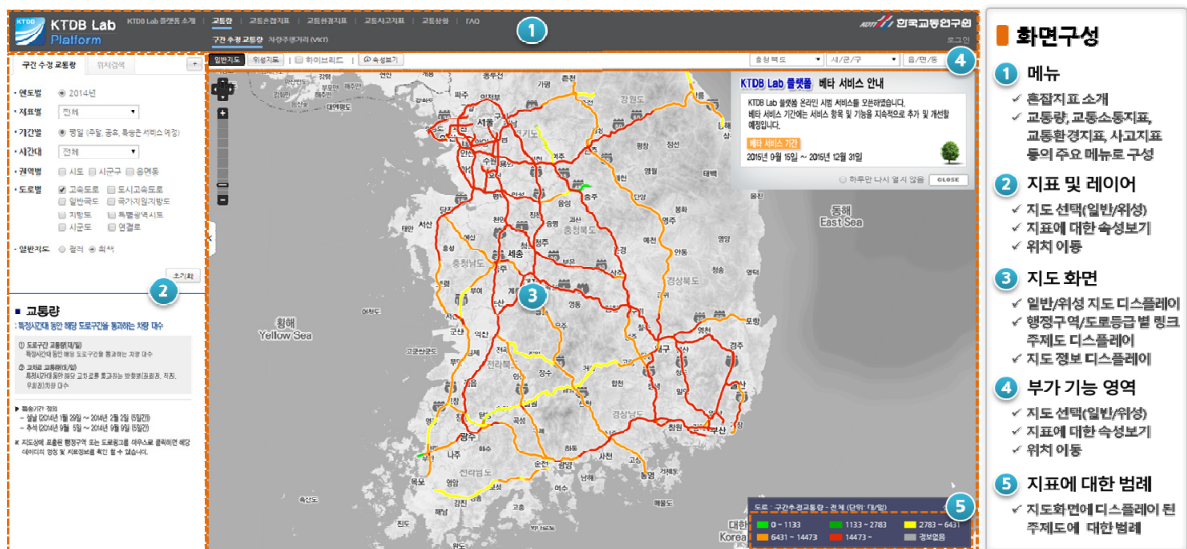


<그림 9-59> 교통혼잡지도 온라인 시범서비스 DB 구축 프로세스

### 3. 화면 및 기능 구성

#### 가. 화면구성

- 혼잡지도 온라인 시범 서비스 화면은 상단의 메뉴 선택 영역과 해당 메뉴의 서비스를 구성하는 검색 영역, 지도화면의 부가기능을 제공하는 기능 서비스 영역과 요청된 서비스에 따라 혼잡지도 콘텐츠와 다양한 지도 레이어를 표출하는 지도화면 영역으로 구성
- 검색 서비스 영역의 경우는 사용자의 편의를 위해, 해당 영역을 ON/OFF 하여 지도 화면 영역으로 대체할 수 있는 기능을 제공함



<그림 9-60> 온라인 시범서비스 화면 구성

- 메뉴 선택 영역
  - 혼잡지도 온라인 시범 서비스의 정보, 혼잡지표, 혼잡비용, 교통량, 속도, 도움말, 로그인 등의 주요 상위 메뉴로 구성되어 있으며, 해당 메뉴를 선택할 경우 개별 콘텐츠 내용과 화면으로 이동
- 기능 서비스 영역
  - 사용자 편의에 맞는 다양한 배경지도와 Open API 연계를 통한 실시간 소통정보, 행정구역 검색 등을 지도화면 영역에 표출
- 검색 서비스 영역
  - 혼잡지표, 혼잡비용, 교통량과 속도 등의 세부 콘텐츠 항목과 각 항목에 대한 도로등급과 행정구역 (시도/시군구/읍면동) 선택에 따른 혼잡지도 서비스를 지도영역에 표출하며, 각 서비스 항목에 맞는 범례정보를 동적으로 제공



- 지도화면 영역

- 기본적인 지도 화면을 제어하는 지도 제어 바와 스케일 영역을 제공하며, 위치 검색 및 선택 시 해당 좌표로 이동하는 기능을 제공

## 나. 메뉴 구성

- 교통혼잡지도 온라인 시범서비스 메뉴는 KTDB Lab 플랫폼 소개, 교통량, 교통혼잡지표, 교통환경지표, 교통사고지표, 교통상황, FAQ, 관리자 메뉴로 구성됨

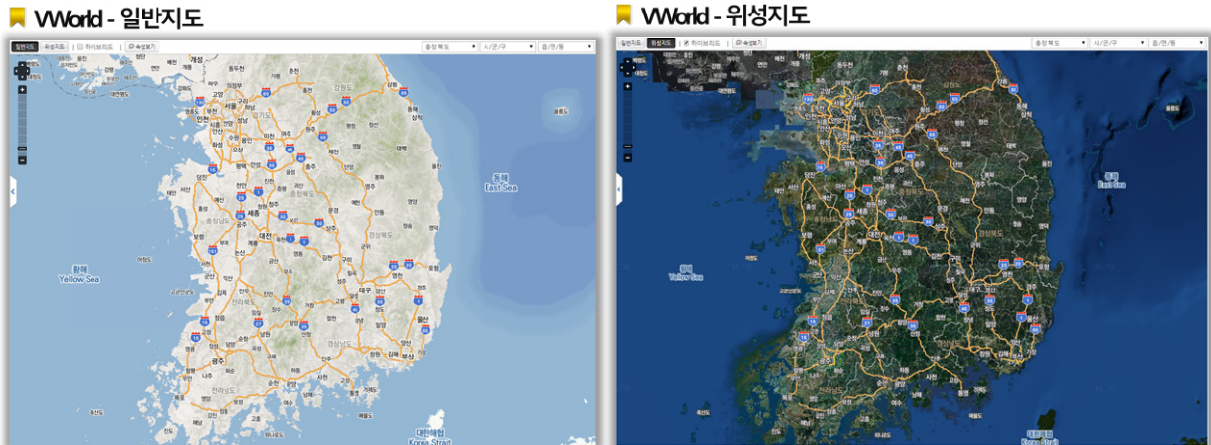
<표 9-13> 온라인 시범서비스 메뉴 구성

메뉴 구성		메뉴 설명
KTDB Lab 플랫폼 소개	KTDB Lab 플랫폼 소개	KTDB Lab 플랫폼 시스템에 대한 간략한 소개
	혼잡의 개념	혼잡의 개념 지표 설명
교통량	구간 추정 교통량	특정시간대 동안 해당 도로구간을 통과하는 차량 대수
	차량주행거리 (VKT)	추정 교통량 기준의 차량주행거리
교통혼잡지표	혼잡강도	전체 차량의 총 통행시간 중 교통혼잡을 경험한 차량들의 총 통행시간 비율
	평균속도	전체 차량의 속도를 평균한 값
	혼잡시 평균속도	전체 차량 중 교통혼잡을 경험한 차량들의 평균속도
	정상시 평균속도	전체 차량 중 교통혼잡을 경험하지 않은 차량들의 평균속도
	지체시간	교통혼잡으로 인하여 발생하는 차량 1대 당 평균 지체시간
	교통혼잡비용	교통혼잡에 따른 차량 통행시간 증가로 인하여 발생하는 추가적인 사회적 손실비용(고정비, 변동비, 시간가치비용)
교통환경지표	이산화탄소배출량	특정시간대 동안 해당 도로구간을 통과하는 차량들로 인하여 발생하는 각 교통환경지표의 평균 배출량
	미세먼지배출량	
	일산화탄소배출량	
	휘발성 유기화합물 배출량	
	질소산화물 배출량	
교통사고지표	구간교통사고건수	해당도로구간에서 3개월 동안 발생한 총 교통사고 건수
	구간교통사고율	해당 도로구간을 통과하는 차량 1백만대당 사고 건수
교통상황	실시간 교통상황	고속국도, 국도별 실시간 소통정보 제공

## 다. 기능 구성

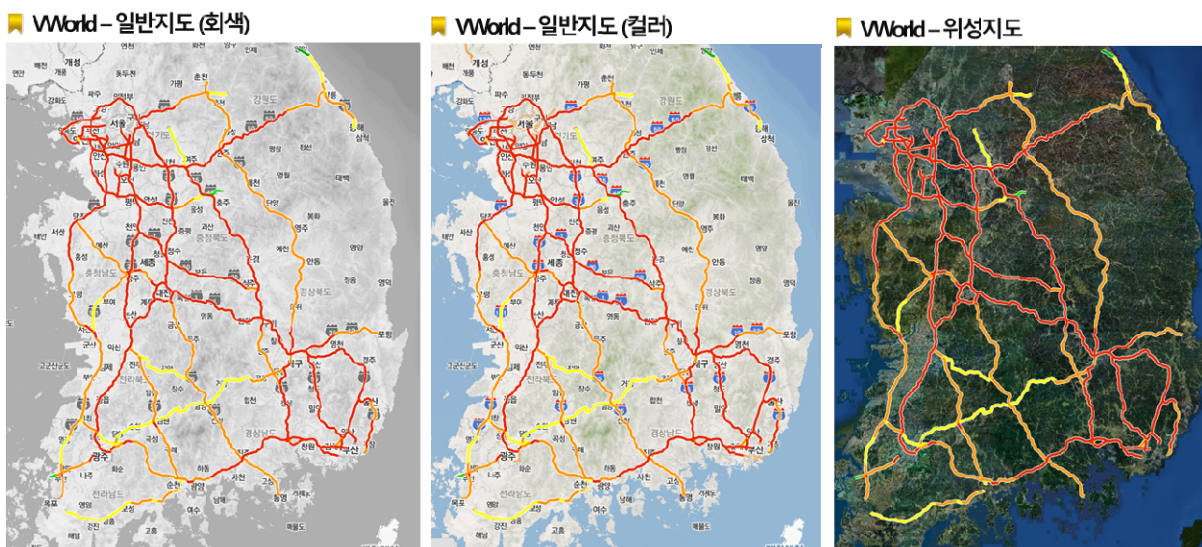
### 1) 배경지도 서비스

- 배경지도 서비스는 VWorld에서 제공하는 일반지도와 위성지도를 교통혼잡지도 온라인 시범 서비스와 연계하여 사용자가 원하는 지도를 선택 및 변경 할 수 있도록 함




<그림 9-61> 지도 서비스 예시 화면

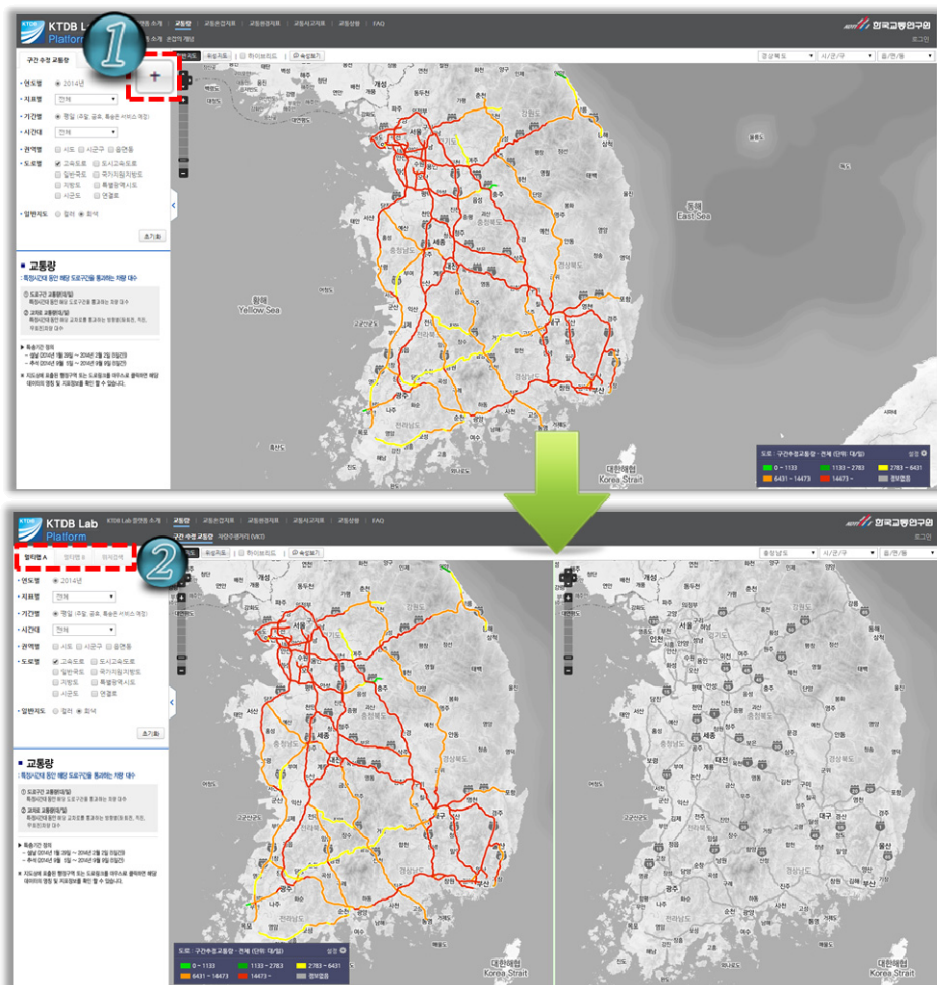
- 배경지도 서비스는 지도영역 상단의 부가기능 서비스 영역에서 제공되며, 다른 콘텐츠 이용 중에도 사용자가 선택하는 배경지도로 변경할 수 있도록 기능 구현함
- 일반지도에서 주제도를 표출 시에는 사용자가 컬러일반지도와 주제도의 구분이 어려울 수 있어 일반지도는 흑백과 컬러로 사용자가 선택 가능하도록 기능 구현



<그림 9-62> 지도서비스 별 주제도 비교 화면

## 2) 멀티맵 기능






- 여러 분석결과를 비교하기 위하여 지도화면을 두 개의 화면으로 분할하여 지표결과를 디스플레이할 수 있도록 기능 구현
- 멀티맵 실행 순서는 다음과 같음
  - 지표설정 영역 상단의  버튼을 클릭하면 지도화면이 추가되어 하나의 프레임 안에 두 개의 지도가 표출됨
  - 두 개의 지도화면이 표출되면 지표설정 영역 상단의 탭 이름이 지표 명칭에서 → 멀티맵 A, 멀티맵 B로 변경됨. 멀티맵A는 초기 설정된 베이스맵임
  - 각 영역의 지표를 설정하기 위해서는 원하는 탭을 선택 후 지표를 설정하면 선택한 지도화면에 표출됨




<그림 9-63> 멀티맵 실행 화면

### 3) 사용자 범례 기능

- 사용자 범례는 사용자가 분석하고자 하는 지표의 단계 별 범위 값을 사용자가 설정할 수 있도록 기능을 개발 함

도로 : 혼잡지표 - 빈도강도 (단위: %)			설정 
 0 ~ 1.21	 1.21 ~ 3.98	 3.98 ~ 13.32	
 13.32 ~ 37.16	 37.16 ~	 정보없음	

<그림 9-64> 사용자 범례 UI

- 사용자 범례 실행 방법은 다음과 같음
  - 사용자 범례 영역 우상단의 **설정**  버튼을 클릭하면 아래와 같이 범위와 색상 설정을 할 수 있는 창이 나옴
  - 해당 설정 창에서 각 단계별 범위 값 설정 및 색상을 선택한 후 적용버튼을 클릭하면 지도 영역에 설정된 값으로 주제도가 표출됨



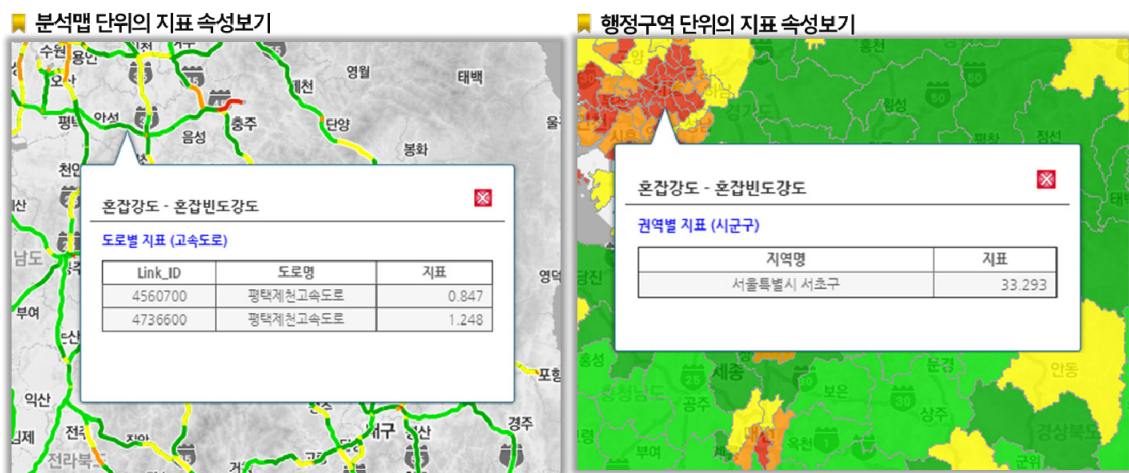
<그림 9-65> 사용자 범례 설정 예시 화면



#### 4) 속성보기 및 위치 이동

##### ○ 속성보기

- 속성보기는 지도화면 상에 표출한 지표결과 정보를 화면상에 표출하는 기능
- 속성보기를 실행하기 위해서는 지표를 선택 후 도로 또는 행정구역 단위의 지표 결과를 화면상에 표출
- 원하는 지역에 마우스를 클릭하면, 선택한 분석맵 또는 행정구역에 대한 정보 및 지표결과가 표출됨



<그림 9-66> 속성보기 예시 화면

##### ○ 위치이동 및 위치 정보

- 지도영역 우상단에 있는 시도/시군구/읍면동 콤보박스는 사용자가 원하는 위치로 이동하거나, 현재 사용자가 마우스로 이동한 지역에 대한 정보를 표출 됨
- 위치 이동시 현재 스케일과 동일한 스케일로 위치 이동이 되며, 스케일에 따라 표출되는 위치정보가 달라짐
  - 전국영역의 레벨에서는 시도 위치정보만 표출되며, 중간레벨은 시군구까지 표출, 하위 레벨에서는 읍면동 단위 정보까지 표출되도록 기능 구현



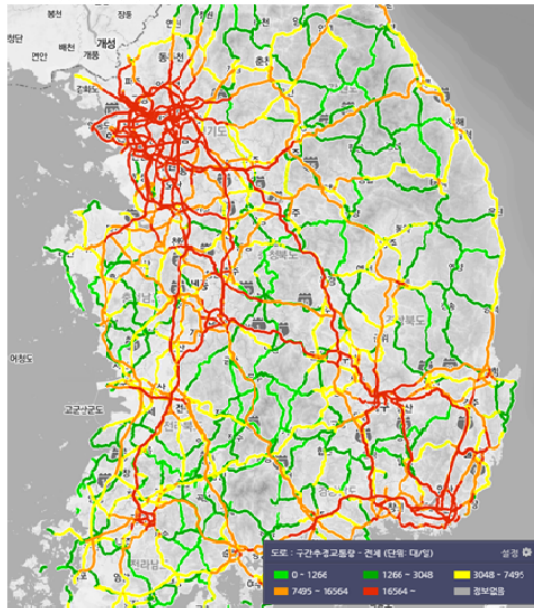
<그림 9-67> 위치이동 예시 화면

## 라. 서비스 결과 화면

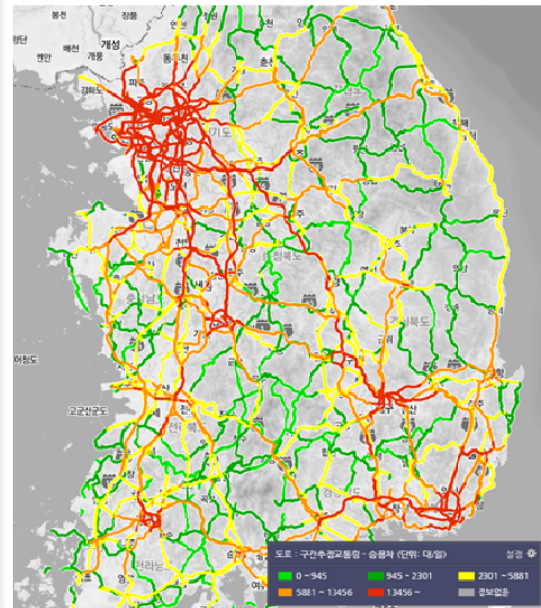
### 1) 교통량

- 구간추정 교통량은 특정시간대 동안, 차종별로, 도로등급별/행정구역 단위로 분석할 수 있도록 서비스 함

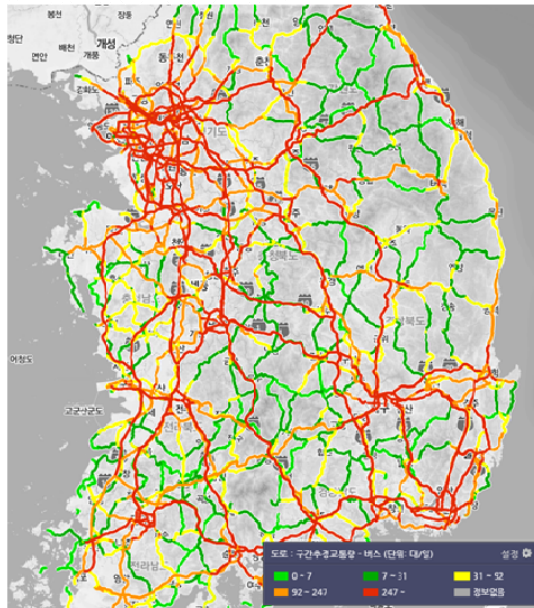
▶ 구간추정교통량-전체



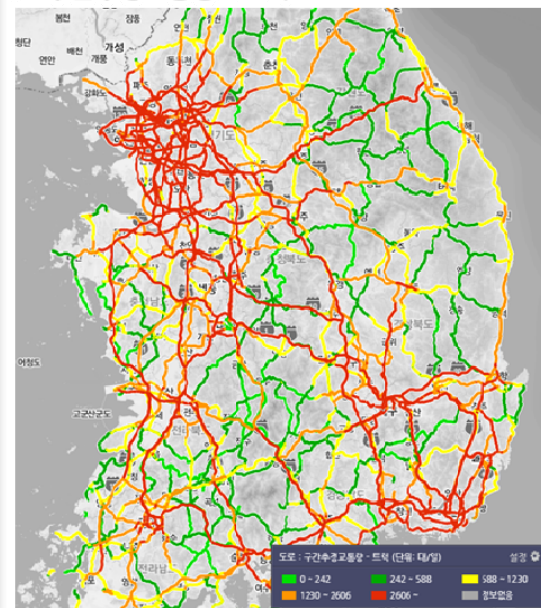
▶ 구간추정교통량-승용차



▶ 구간추정교통량-버스



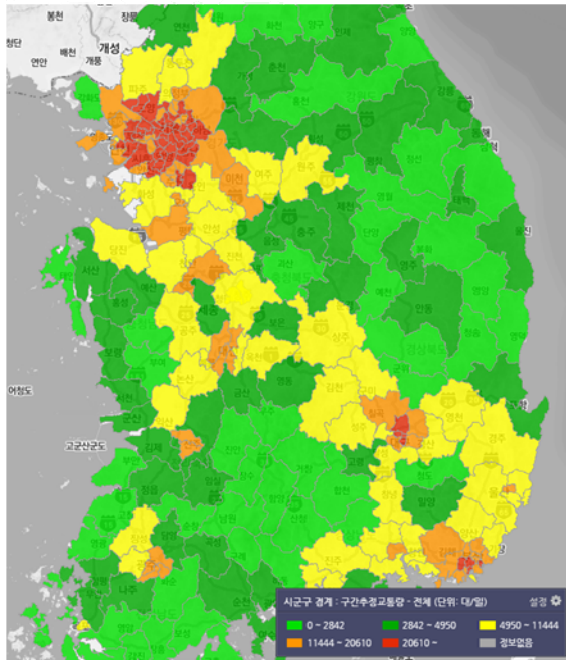
▶ 구간추정교통량-트럭



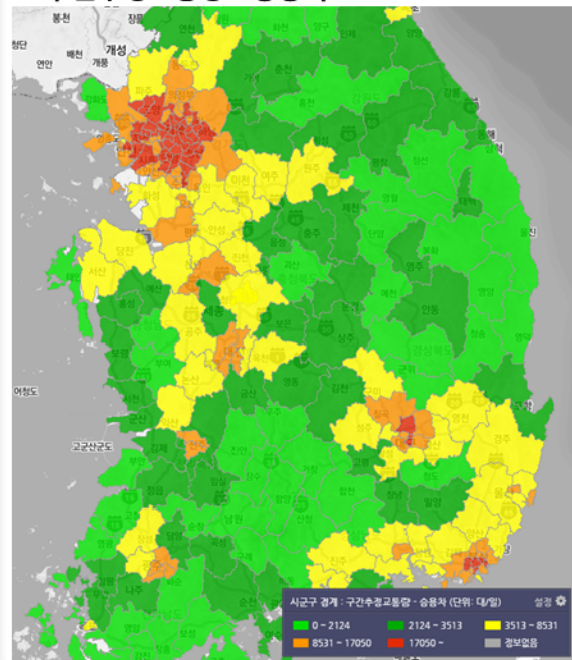
<그림 9-68> 구간추정교통량 - 도로등급 단위의 예시 화면



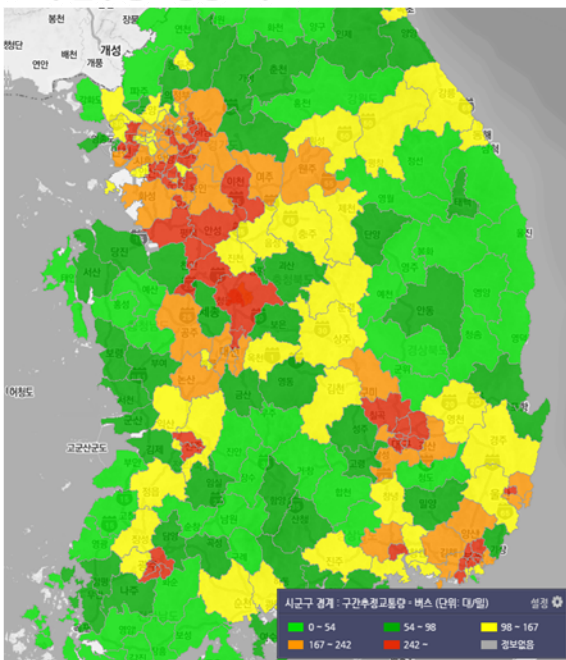
▶ 구간추정교통량- 전체



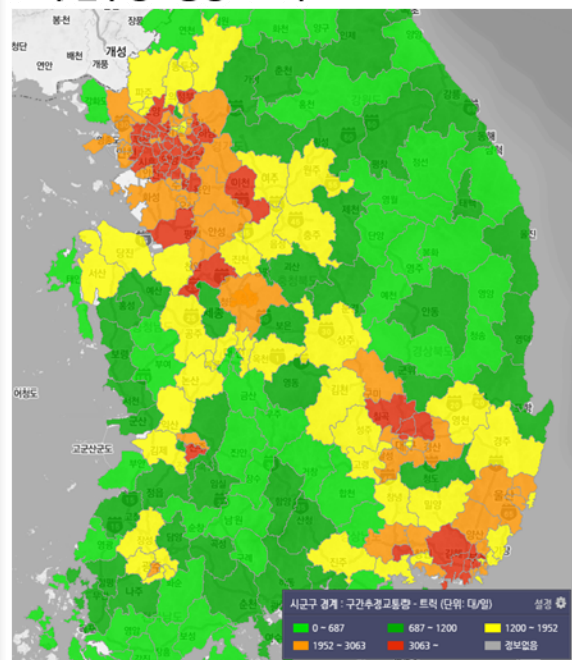
▶ 구간추정교통량- 승용차



▶ 구간추정교통량- 버스



▶ 구간추정교통량- 트럭



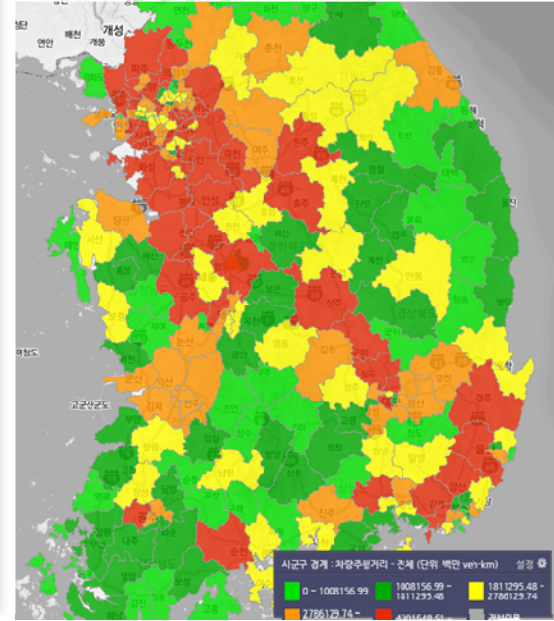
&lt;그림 9-69&gt; 구간추정교통량 - 시군구 단위의 예시 화면

- 차량주행거리(VKT)는 평일 하루 동안 해당 도로구간을 이용한 차량의 총 주행거리를 도로 등급별/행정구역 단위로 분석할 수 있도록 서비스 함

▶ 차량주행거리(고속국도, 일반국도)



▶ 차량주행거리(시군구)

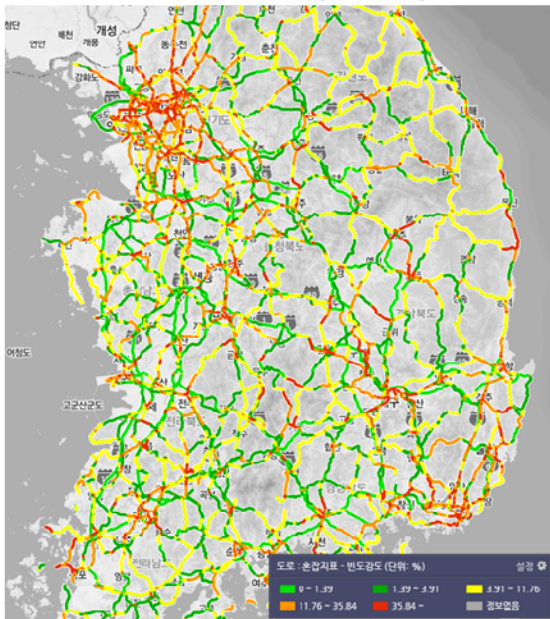


&lt;그림 9-70&gt; 차량주행거리 표출 예시 화면

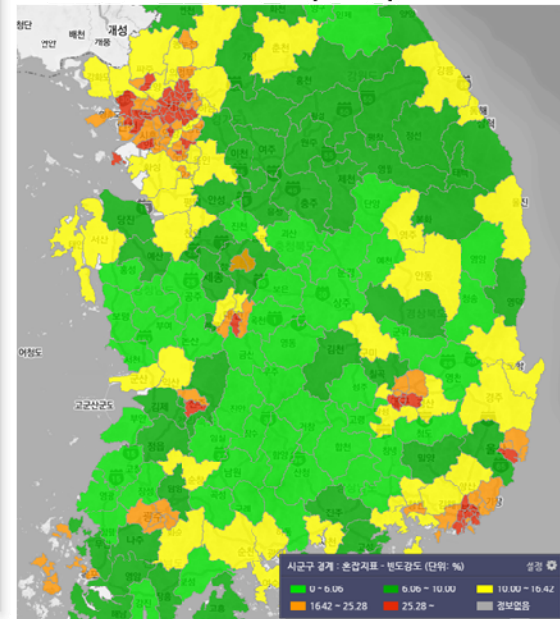
## 2) 교통혼잡지표

- 혼잡강도는 전체 차량의 총 통행시간 중 교통혼잡을 경험한 차량들의 총 통행시간 비율로 도로등급별/행정구역 단위로 분석할 수 있도록 서비스 함

▶ 혼잡강도-혼잡빈도강도(도로등급)



▶ 혼잡강도-혼잡빈도강도(시군구)

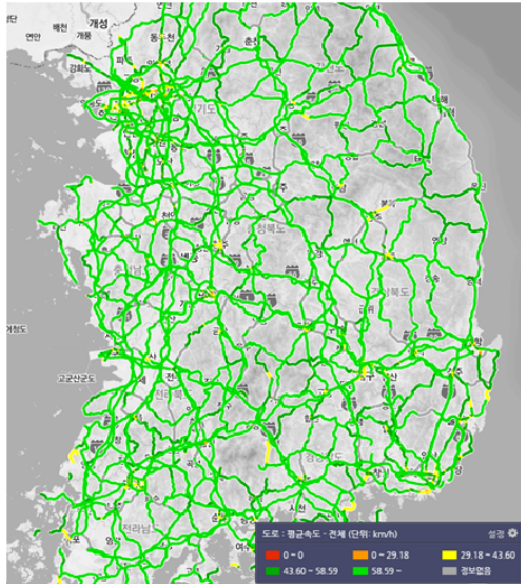


&lt;그림 9-71&gt; 혼잡강도-혼잡빈도강도 예시 화면

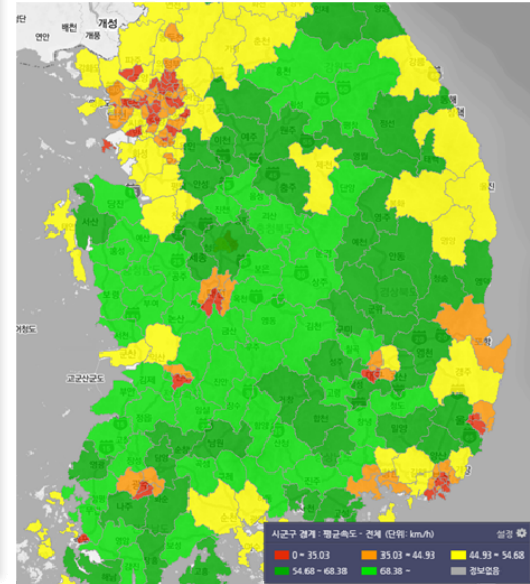


- 평균속도는 전체 차량의 속도를 평균한 값으로 도로등급별/행정구역 단위로 분석할 수 있도록 서비스 함

▶ 평균속도 (고속국도, 일반국도)



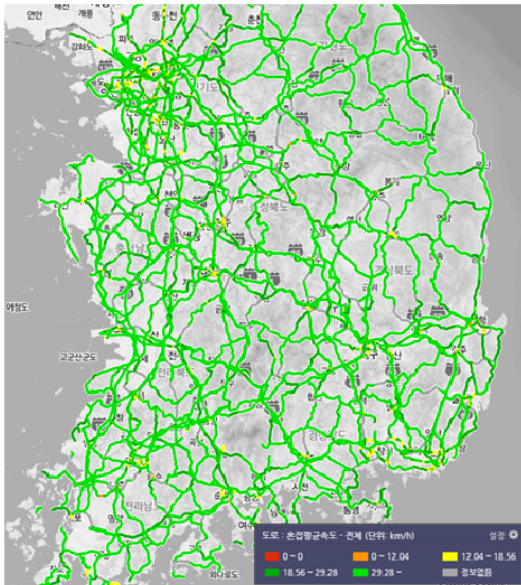
▶ 평균속도 (시군도)



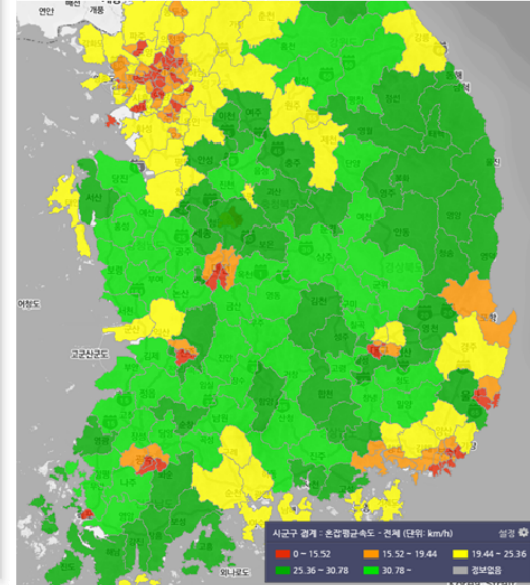
&lt;그림 9-72&gt; 평균속도 예시 화면

- 혼잡시 평균속도는 전체 차량 중 교통혼잡을 경험한 차량들의 평균속도로 도로등급별/행정구역 단위로 분석할 수 있도록 서비스 함

▶ 혼잡평균속도 (고속국도, 일반국도)



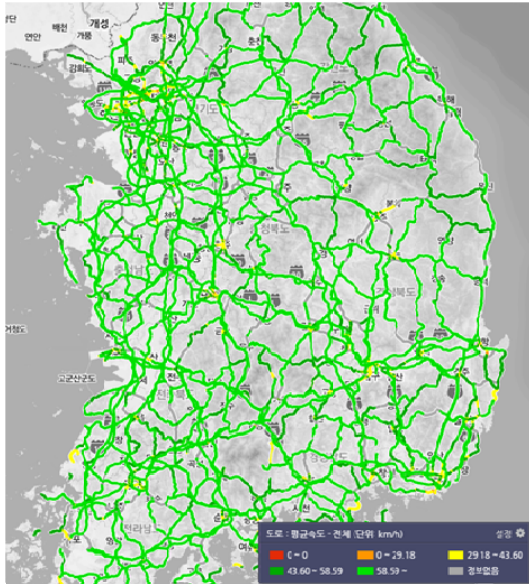
▶ 혼잡평균속도 (시군구)



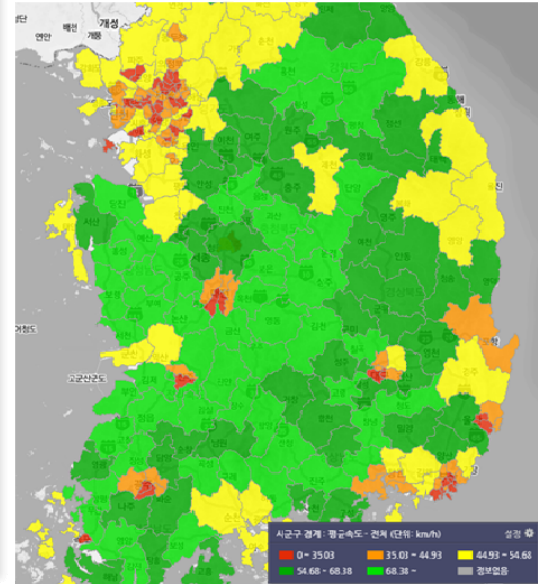
&lt;그림 9-73&gt; 혼잡시 평균속도 예시 화면

- 정상시 평균속도는 전체 차량 중 교통혼잡을 경험하지 않은 차량들의 평균속도로 도로등급별/행정구역 단위로 분석할 수 있도록 서비스 함

▶ 정상시 평균속도 (고속국도, 일반국도)



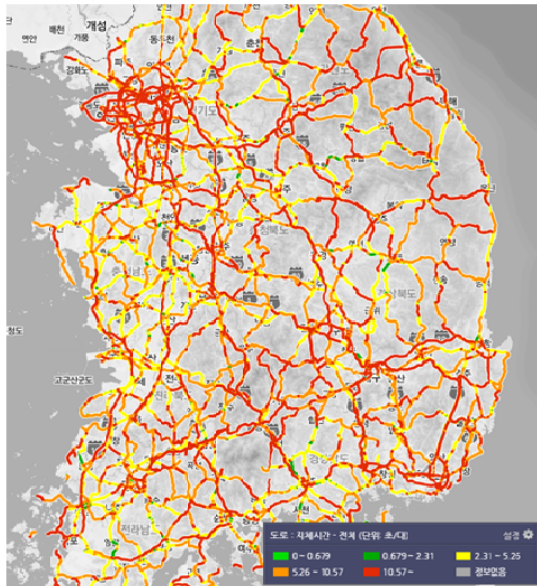
▶ 정상시 평균속도 (시군구)



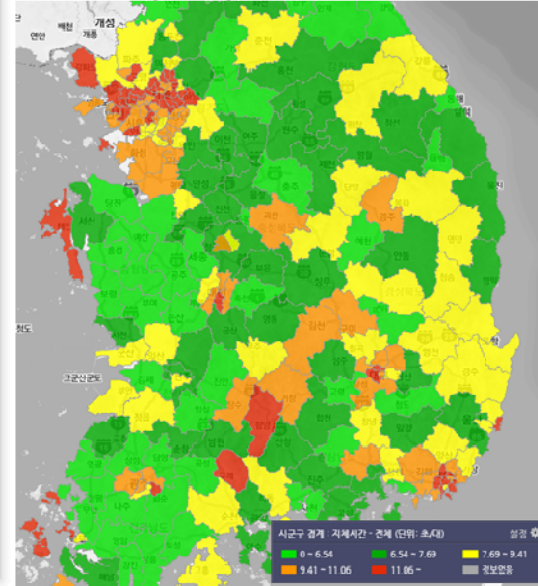
<그림 9-74> 정상시 평균속도 예시 화면

- 지체시간은 교통혼잡으로 인하여 발생하는 차량 1대 당 평균 지체시간으로 도로등급별/행정 구역 단위로 분석할 수 있도록 서비스 함

▶ 지체시간 (고속국도, 일반국도)



▶ 지체시간 (시군구)



<그림 9-75> 지체시간 예시 화면

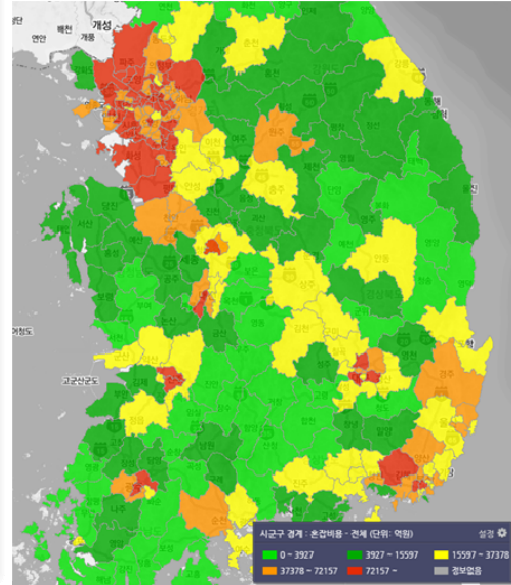


- 교통혼잡비용은 교통혼잡에 따른 차량 통행시간 증가로 인하여 발생하는 추가적인 사회적 손실비용으로 도로등급별/행정구역 단위로 분석할 수 있도록 서비스 함
- 본 과업에서 산정한 경계속도 기준의 혼잡비용 예시

▶ 혼잡비용-전체 (고속국도, 일반국도)



▶ 혼잡비용-전체 (시군도)



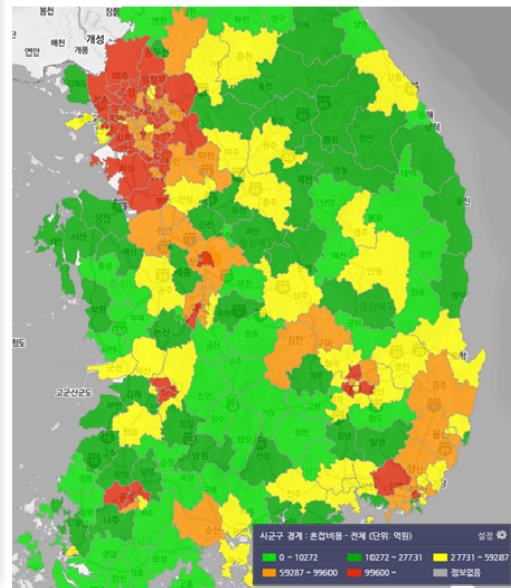
&lt;그림 9-76&gt; 본 과업에서 산정한 경계속도 적용 - 혼잡비용-전체 예시 화면

- 기존 경계속도 기준의 혼잡비용 예시

▶ 혼잡비용-전체 (고속국도, 일반국도)



▶ 혼잡비용-전체 (시군구)

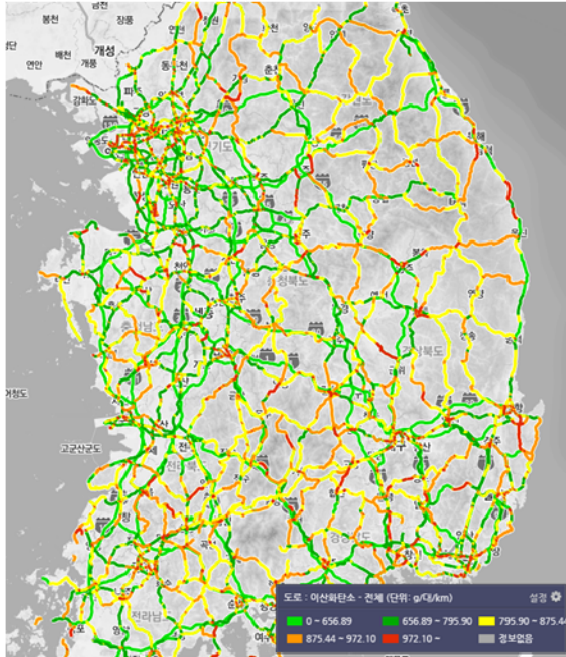


&lt;그림 9-77&gt; 기존 경계속도 적용 - 혼잡비용-전체 예시 화면

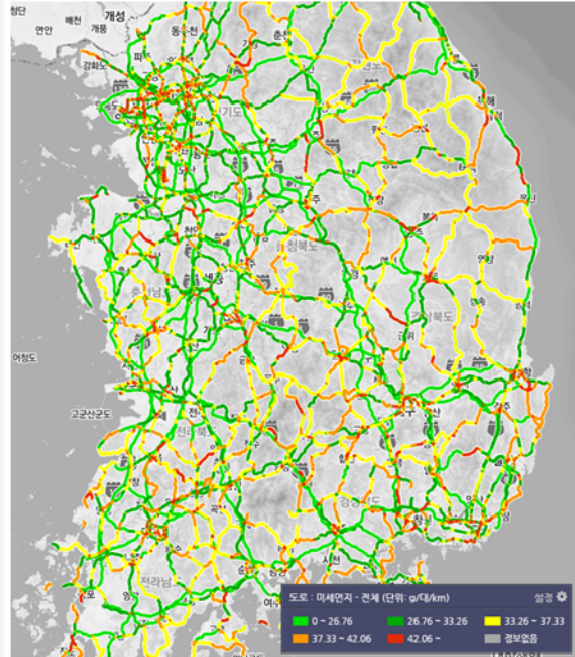
### 3) 교통환경지표

- 교통환경지표는 특정시간대 동안 해당 도로구간을 통과하는 차량들로 인하여 발생하는 각 교통환경지표의 평균 배출량으로 도로등급별/행정구역 단위로 분석할 수 있도록 서비스 함

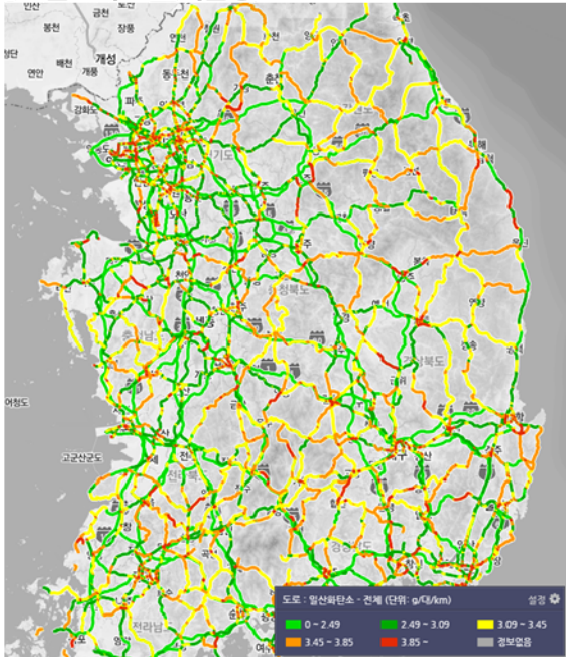
#### ▶ 이산화탄소배출량



#### ▶ 미세먼지 배출량



#### ▶ 일산화탄소 배출량



#### ▶ 휘발성 유기화합물 배출량



<그림 9-78> 교통환경지표 예시 화면



## 제6절 시스템 테이블 구성

- 시스템에서 사용되는 DB는 KTDB2015.DB 파일로 저장되면 테이블 구성은 다음과 같음

<표 9-14> Link 테이블 정의서

필드명	내용	자료형	코드:설명
link_id	Lev6 링크 ID	Integer	-
up_f_node	상행 시작 노드 ID	Integer	
up_t_node	상행 종료 노드 ID	Integer	
dw_f_node	하행 시작 노드 ID	Integer	
dw_t_node	하행 종료 노드 ID	Integer	
max_speed	최고 속도	Integer	
road_name	도로 명칭	Varchar2	
road_no	도로 번호	Char	
road_rank	도로 등급	Integer	101:고속도로 102:도시고속도로 103:국도 104:특별/광역시도 105:국가지원지방도 106:지방도 107:시/군도 108:고속도로연결램프
link_type	링크종별	Integer	1:본선분리 2:연결로(JC) 4:교차로의통로 8:연결로(IC) 16:SA레이어 32:복합교차점내링크 64:로타리내링크 128:회전교차로내링크 256:회차로링크 512:P-turn 513:P-turn, 본선분리 514:P-turn, 연결로(JC) 516:P-turn, 교차로의통로 1024:U-turn 2048:진출입로 2049:진출입로, 본선분리

필드명	내용	자료형	코드:설명
			2052:진출입로, 교차로의통로 2056:진출입로, 연결로 (IC) 2080:진출입로, 복합교차점내링크 2112:진출입로, 로타리내링크 4096:단지내도로 32768:비분리 32772:비분리, 교차로의통로 33280:비분리, P-turn 34816:비분리, 진출입로 36864:비분리, 단지내도로 38912:비분리, 단지내도로, 진출입로
pavement	포장유무	Integer	0:미조사 1:포장 2:포장안됨
road_type	시설 유형	Integer	0:일반도로 1:고가차도 2:지하차도 3:교량 4:터널 5:요금징수시설
facil_name	시설 명칭	Varchar2	
tg_name	톨게이트 명칭	Varchar2	
up_lanes	상행 차로수	Integer	
dw_lanes	하행 차로수	Integer	
lanes	전체 차로수	Integer	
oneway	일방통행	Integer	0:규제없음 1:일방통행
length	링크 길이	Double	
modes	수단	Varchar2	cp:도로망 (자동차, 도보) cpx:도로망, 고속버스 cpi:도로망, 시외버스 cpxi:도로망, 고속버스, 시외버스
width	도로폭	Integer	1:1차선 2:2차선 3:4차선 4:5~8차선 5:9차선이상
Level	주제도 레벨	Integer	5:상위레벨 6:하위레벨

필드명	내용	자료형	코드:설명
spot_id	관측교통량지점 ID	Varchar2	
hov_lane	중앙버스차선	Integer	0:무 1:유
shov_lane	측면버스차선	Integer	0:무 1:유
car_lane	자동차전용도로	Integer	0:무 1:유
num_cross	신호등 수	Integer	
barrier	중앙분리대	Integer	0:무 1:유
up_its_id	상행 표준노드링크 ID	Integer	
dw_its_id	하행 표준노드링크 ID	Integer	
sido_id	시도 행정구역 ID	Integer	
sigungu_id	시군구 행정구역 ID	Integer	
emd_id	읍면동 행정구역 ID	Integer	
up_vdf	상행 VDF 등급	Integer	
dw_vdf	하행 VDF 등급	Integer	
up_i_speed	상행 초기속도	Double	
dw_i_speed	하행 초기속도	Double	
up_capa	상행 용량	Integer	
dw_capa	하행 용량	Integer	
emme_check	네트워크 값 변경 가능 여부	Integer	0:변경가능 1:변경불가
up_c_year	상행 준공년도	Integer	0:기준년도 2020:실제장래년도기입
dw_c_year	하행 준공년도	Integer	0:기준년도 2020:실제장래년도기입
end_year	폐쇄년도	Integer	0:기준년도 2020:실제폐쇄년도기입
m_check	갱신여부	Integer	1:입력 2:갱신 3:삭제
m_date	갱신일자	Char	
up_v_link	상행 가상링크 ID	Integer	
dw_v_link	하행 가상링크 ID	Integer	

&lt;표 9-15&gt; Node 테이블 정의서

필드명	내용	자료형	코드:설명
node_id	노드 ID	Integer	
node_type	노드 유형	char	1:도로교차점 2:속성변환점 3:부가점 5:도로종료점 7:도광교차점 9:유턴노드
node_name	노드 명칭	Varchar	
tra_light	신호등 종류	char	
toll_id	톨게이트 ID	Integer	
num_link	링크 연결수	Integer	
turn_info	회전제한유무	Integer	0:무 1:유
link_id1	1번 연결 링크 ID	Integer	
link_id2	2번 연결 링크 ID	Integer	
link_id3	3번 연결 링크 ID	Integer	
link_id4	4번 연결 링크 ID	Integer	
link_id5	5번 연결 링크 ID	Integer	
link_id6	6번 연결 링크 ID	Integer	
link_id7	7번 연결 링크 ID	Integer	
link_id8	8번 연결 링크 ID	Integer	
t_code1	1번 링크를 기준으로 통행규제정보	char	0:미조사 1:조건부 2:통행불가 3:통행가능
t_code2	2번 링크를 기준으로 통행규제정보	char	
t_code3	3번 링크를 기준으로 통행규제정보	char	
t_code4	4번 링크를 기준으로 통행규제정보	char	
t_code5	5번 링크를 기준으로 통행규제정보	char	
t_code6	6번 링크를 기준으로 통행규제정보	char	



필드명	내용	자료형	코드:설명
t_code7	7번 링크를 기준으로 통행규제정보	char	
t_code8	8번 링크를 기준으로 통행규제정보	char	
d_code1	1번 링크를 기준으로 회전규제정보	char	0:미조사 1:좌회전 2:우회전 3:직진
d_code2	2번 링크를 기준으로 회전규제정보	char	
d_code3	3번 링크를 기준으로 회전규제정보	char	
d_code4	4번 링크를 기준으로 회전규제정보	char	
d_code5	5번 링크를 기준으로 회전규제정보	char	
d_code6	6번 링크를 기준으로 회전규제정보	char	
d_code7	7번 링크를 기준으로 회전규제정보	char	
d_code8	8번 링크를 기준으로 회전규제정보	char	
Level	주제도 레벨	Integer	5:상위레벨 6:하위레벨
x	x 좌표	Double	
y	y 좌표	Double	
sido_id	시도 행정구역 ID	Integer	
sigungu_id	시군구 행정구역 ID	Integer	
emd_id	읍면동 행정구역 ID	Integer	
network_id	EMME 네트워크 ID	Integer	

&lt;표 9-16&gt; koti\_2level\_link

필드명	내용	자료형	코드:설명
k_node_id	분석맵 노드 ID	Integer	
fnode_id	시작 노드 ID	Integer	
tnode_id	종료 노드 ID	Integer	
road_name	도로 명칭	Varchar2	
road_no	도로 번호	Char	
road_rank	도로 등급	Integer	101:고속도로 102:도시고속도로 103:국도 104:특별/광역시도 105:국가지원지방도 106:지방도 107:시/군도 108:고속도로연결램프
link_type	링크종별	Integer	1:본선분리 2:연결로(JC) 4:교차로의통로 8:연결로(IC) 16:SA레이어 32:복합교차점내링크 64:로타리내링크 128:회전교차로내링크 256:회차로링크 512:P-turn 513:P-turn, 본선분리 514:P-turn, 연결로(JC) 516:P-turn, 교차로의통로 1024:U-turn 2048:진출입로 2049:진출입로, 본선분리 2052:진출입로, 교차로의통로 2056:진출입로, 연결로(IC) 2080:진출입로, 복합교차점내링크 2112:진출입로, 로타리내링크 4096:단지내도로 32768:비분리 32772:비분리, 교차로의통로 33280:비분리, P-turn

			34816:비분리, 진출입로 36864:비분리, 단지내도로 38912:비분리, 단지내도로, 진출입로
lane	전체 차로수	Integer	
road_info	도로 정보	VARCHAR	
sido_id	시도 행정구역 ID	Integer	
sigungu_id	시군구 행정구역 ID	Integer	
emd_id	읍면동 행정구역 ID	Integer	

&lt;표 9-17&gt; koti\_2level\_node

필드명	내용	자료형	코드:설명
k_node_id	분석맵 노드 ID	Integer	
node_type	노드 유형	Integer	1:도로교차점 2:속성변환점 3:부가점 5:도로종료점 7:도곽교차점 9:유턴노드
node_name	노드 명칭	VARCHAR2	

&lt;표 9-18&gt; koti\_2level\_links

필드명	내용	자료형	코드:설명
k_link_id	분석맵 링크 ID	Integer	
seq	순서	Integer	
link_id	Lev6 링크 ID	Integer	
check_data	갱신여부	Integer	

&lt;표 9-19&gt; District1(시도) 테이블 정의서

필드명	내용	자료형	코드:설명
zone_id	시도 ID	Integer	-
name	시도명칭	text	
full_name	전체 주소	text	

&lt;표 9-20&gt; District2(시군구) 테이블 정의서

필드명	내용	자료형	코드:설명
zone_id	시군구 ID	Integer	-
name	시도명칭	text	
full_name	전체 주소	text	

&lt;표 9-21&gt; District3(읍면동) 테이블 정의서

필드명	내용	자료형	코드:설명
zone_id	읍면동 ID	Integer	-
name	시도명칭	text	
full_name	전체 주소	text	
sido_id	시도 ID	Integer	
sigungu_id	시군구 ID	Integer	

&lt;표 9-22&gt; day\_traffic\_volume (건기원-수시 교통량)

필드명	내용	자료형	코드:설명
LINK_ID	링크 ID	INTEGER	
from_node_id	시작노드	INTEGER	
to_node_id	종료노드	INTEGER	
up_down	상행/하행	INTEGER	1:상행 2:하행
spot_name	지점명	TEXT	
hour	조사시간	INTEGER	0시~24시
v_total_wd	평일_통행량 총계	DOUBLE	
v_1_wd	평일_1종	DOUBLE	승용차
v_2_wd	평일_2종	DOUBLE	버스
v_3_wd	평일_3종	DOUBLE	소형화물차 A
v_4_wd	평일_4종	DOUBLE	소형화물차 B
v_5_wd	평일_5종	DOUBLE	중형화물차 A
v_6_wd	평일_6종	DOUBLE	중형화물차 B
v_7_wd	평일_7종	DOUBLE	중형화물차 C
v_8_wd	평일_8종	DOUBLE	대형화물차 A
v_9_wd	평일_9종	DOUBLE	대형화물차 B
v_10_wd	평일_10종	DOUBLE	대형화물차 C
v_11_wd	평일_11종	DOUBLE	대형화물차 D
v_12_wd	평일_12종	DOUBLE	대형화물차 E

&lt;표 9-23&gt; year\_traffic\_volume (건기원-상시 교통량)

필드명	내용	자료형	코드:설명
LINK_ID	링크 ID	INTEGER	
from_node_id	시작노드	INTEGER	
to_node_id	종료노드	INTEGER	
up_down	상행/하행	INTEGER	1:상행 2:하행
spot_name	지점명	TEXT	
v_total_wd	평일_통행량 총계	DOUBLE	
v_1_wd	평일_1종	DOUBLE	승용차
v_2_wd	평일_2종	DOUBLE	버스
v_3_wd	평일_3종	DOUBLE	소형화물차 A
v_4_wd	평일_4종	DOUBLE	소형화물차 B
v_5_wd	평일_5종	DOUBLE	중형화물차 A
v_6_wd	평일_6종	DOUBLE	중형화물차 B
v_7_wd	평일_7종	DOUBLE	중형화물차 C
v_8_wd	평일_8종	DOUBLE	대형화물차 A
v_9_wd	평일_9종	DOUBLE	대형화물차 B
v_10_wd	평일_10종	DOUBLE	대형화물차 C
v_11_wd	평일_11종	DOUBLE	대형화물차 D
v_12_wd	평일_12종	DOUBLE	대형화물차 E

&lt;표 9-24&gt; TCS\_OD (한국도로공사 교통량)

필드명	내용	자료형	코드:설명
LINK_ID	링크 ID	INTEGER	
from_node_id	시작노드	INTEGER	
to_node_id	종료노드	INTEGER	
IN_OUT	고속도로 진입/진출	INTEGER	1: 진입 2: 진출
spot_name	지점명	TEXT	
v_total_wd	평일_통행량 총계	DOUBLE	

필드명	내용	자료형	코드:설명
v_1_wd	평일_1종	DOUBLE	
v_2_wd	평일_2종	DOUBLE	
v_3_wd	평일_3종	DOUBLE	
v_4_wd	평일_4종	DOUBLE	
v_5_wd	평일_5종	DOUBLE	
v_6_wd	평일_6종	DOUBLE	
v_total_h	휴일_통행량 총계	DOUBLE	
v_1_h	휴일_1종	DOUBLE	
v_2_h	휴일_2종	DOUBLE	
v_3_h	휴일_3종	DOUBLE	
v_4_h	휴일_4종	DOUBLE	
v_5_h	휴일_5종	DOUBLE	
v_6_h	휴일_6종	DOUBLE	

&lt;표 9-25&gt; kotl\_traffic\_volume (KOTI 스크린/코든 교통량)

필드명	내용	자료형	코드:설명
LINK_ID	링크 ID	INTEGER	
from_node_id	시작노드	INTEGER	
to_node_id	종료노드	INTEGER	
up_down	상행/하행	INTEGER	1:상행 2:하행
hour	조사시간	INTEGER	0시~24시
spot_name	지점명	TEXT	
v_total_wd	평일 통행량 총계	DOUBLE	
v_1_wd	평일 1종	DOUBLE	승용차
v_2_wd	평일 2종	DOUBLE	버스중형
v_3_wd	평일 3종	DOUBLE	버스대형
v_4_wd	평일 4종	DOUBLE	화물소형
v_5_wd	평일 5종	DOUBLE	화물중형
v_6_wd	평일 6종	DOUBLE	화물대형

&lt;표 9-26&gt; urban\_traffic\_volume\_seoul (서울시 교통량)

필드명	내용	자료형	코드:설명
LINK_ID	링크 ID	INTEGER	
from_node_id	시작노드	INTEGER	
to_node_id	종료노드	INTEGER	
IN_OUT	유입/유출	INTEGER	1: 유입 2: 유출
spot_name	지점명	TEXT	
hour	조사시간	INTEGER	0시~24시
v_total_wd	평일 교통량 총계	DOUBLE	
v_total_h	주말 교통량 총계	DOUBLE	

&lt;표 9-27&gt; urban\_6\_traffic\_volume (6대 광역시 교통량)

필드명	내용	자료형	코드:설명
SIDO_NAME	시도명	TEXT	
LINK_ID	링크 ID	INTEGER	
from_node_id	시작노드	INTEGER	
to_node_id	종료노드	INTEGER	
inter_won	교차로 링크 유무	INTEGER	1:교차로(유) 2:교차로외(무)
in_out	교차로 진입/진출	INTEGER	1:진입 2:진출
week_type	평일/휴일 구분	INTEGER	1:평일 2:휴일
hour	조사시간	INTEGER	0시~24시
spot_name	지점명	TEXT	
auto	승용차 교통량	DOUBLE	
bus	버스 교통량	DOUBLE	
truck	트럭 교통량	DOUBLE	



## 제10장 향후 발전방향

---

제1절 링크교통량 추정 및 성능평가지표 산정  
관련 전문가 의견수렴

제2절 네트워크 성능평가지표 발전방향 제시

제3절 링크교통량 추정방법론 발전방향 제시

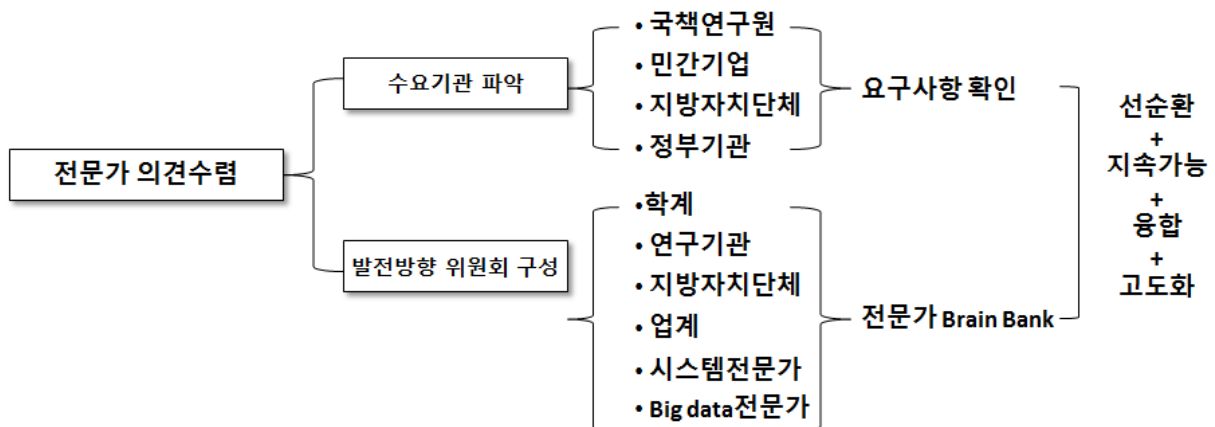
제4절 향후 발전방향 종합



## 제10장 향후 발전방향

### 제1절 링크교통량 추정 및 성능평가지표 산정 관련 전문가 의견수렴

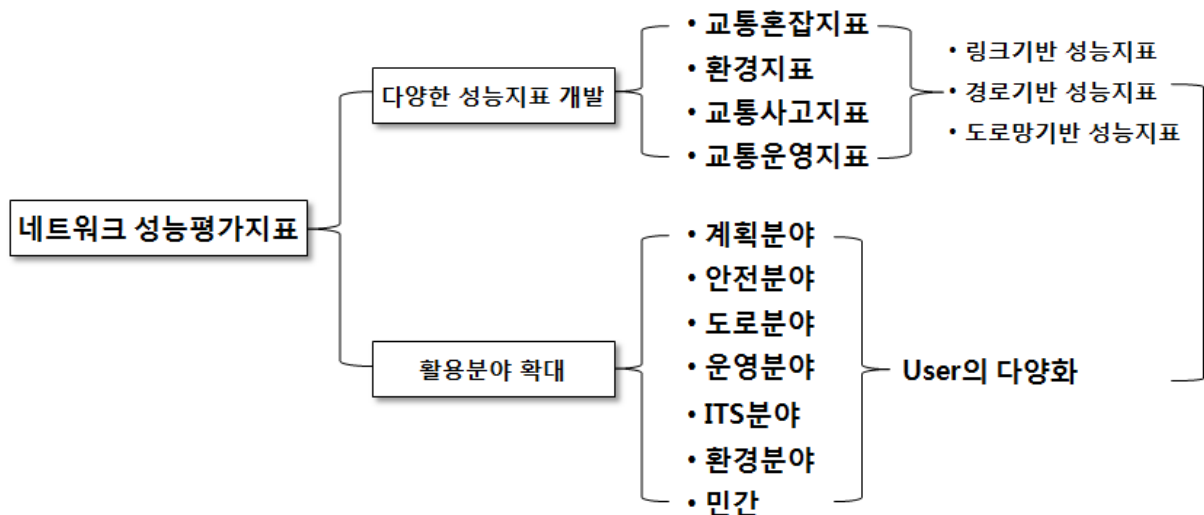
- 2015년 국가교통조사 및 DB구축사업 중 『첨단교통자료를 활용한 교통망 성능평가 지표개발 및 DB구축』 과업은 축적된 내비게이션 자료 및 대용량 데이터 분석기술을 기반으로 하여 도로의 소통상태 및 성능을 평가할 수 있는 네트워크 성능지표 평가 방법론을 고안하고, 혼잡으로 인한 영향 분석과 네트워크상의 문제점 파악을 가능하게 하여, 교통시스템의 소통현황에 대한 전반적인 정보를 구축하고 공유할 수 있는 기반을 마련하였음
- 혼잡지도를 통해 산정 가능한 성능평가지표들을 추가 검토하고, 기 개발된 지표들과 개발 가능한 지표들에 대하여 수요기관(국책연구원, 민간기업, 지방자치단체, 정부기관 등)들을 파악하여 해당기관의 전문가로 구성된 발전방향 위원회 구성(11~20인)
- 발전방향 위원회 자문위원단의 자문의견(요구사항)을 토대로 각 기관에서 필요로 하는 요구사항을 사전에 파악하여, 지표 개발 시 의견을 반영
- 정기적으로 전문가 자문회의 및 세미나 개최



<그림 10-1> 전문가 의견 수렴

## 제2절 네트워크 성능평가지표 발전방향 제시

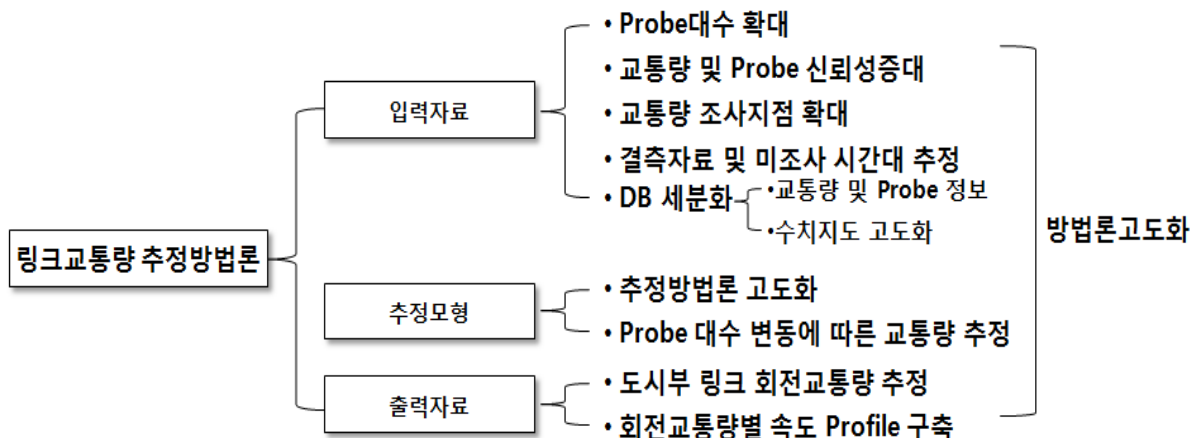
- 전문가 자문회의 및 세미나를 통해 자문위원단의 의견(요구사항)을 수렴하여 네트워크 성능평가지표 개발 시 반영
- 네트워크 성능평가지표의 활용분야의 다각화를 통해 유기적인 협력체계 구축 필요
- 기 개발된 혼잡지표 이외에 자문위원단의 의견을 수렴하여 추가지표 개발을 통하여 지속가능한 교통정책 지원 시 활용
- 각종 교통정책 지표(대·km, 대·시 등) 산출을 위한 기초 자료 제공
- 기존의 링크기반의 성능지표 이외에 경로기반 성능지표, 도로망기반 성능지표 등 지표의 고도화 필요
- 도로분야, 교통운영분야, 안전분야, 환경분야, 교통계획분야, ITS분야, 민간분야 등 활용분야의 확대를 통하여 이용 가능한 User의 다각화 필요
- 인터넷 포털 사이트를 이용한 온라인 서비스를 통해 다양한 교통망 성능평가 지표와 관련된 컨텐츠 제공(대국민 서비스)



<그림 10-2> 네트워크 성능평가지표 발전방향

### 제3절 링크교통량 추정 방법론 발전방향 제시

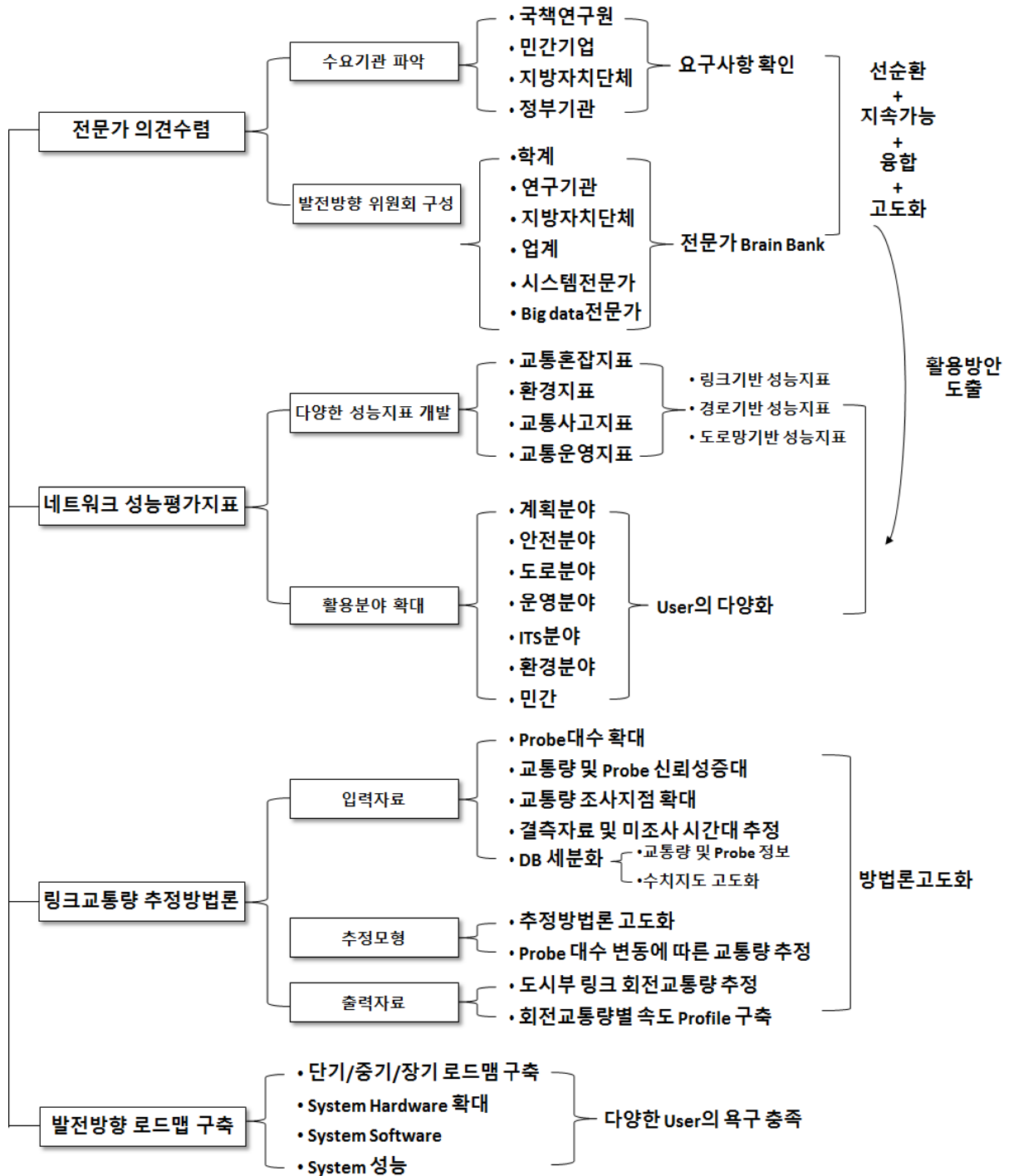
- 교통네트워크 성능평가에 필수적인 항목인 링크 교통량에 대한 전수화 연구는 각 도로별 통행 특성을 파악하고 전체 네트워크의 성능지표 총량을 산정할 수 있는 기초를 마련함
- 입력자료 측면에 이용 가능한 내비게이션 자료의 확장으로 Probe 대수의 확대가 필요하며, Probe 대수의 신뢰성 증대 방안 마련 필요
- 기존의 교통량 조사지점(도로교통량 상시/수시 조사지점, 고속도로 영업소, 서울시 교통량, 전국 코든라인) 이외에 교통량 조사지점의 확대를 통해 추정된 전수화 교통량의 정확성 증대 및 결측자료 및 미조사 시간대의 교통량 추정과 관련된 방법론 개발 필요
- 추정모형 측면에서 이용 가능한 내비게이션 자료의 확장으로 시간적 범위의 세분화와 추정방법론의 고도화가 필요하며, Probe 대수 변동에 따른 Current 교통량 추정 방법론 개발 필요
- 지역간 도로(고속도로, 일반국도) 이외에 도시부 도로의 회전교통량 추정의 신뢰성 개선과 링크 교통량 추정방법론의 고도화 필요



<그림 10-3> 링크 교통량 추정 방법론 발전방향 제시

## 제4절 향후 발전방향 종합

- 교통망 성능평가지표의 향후발전 방향을 종합하면 다음 그림과 같음



<그림 10-4> 향후 발전방향

## 참고문헌

### [국내문헌]

1. 윤일수·박성호·윤정은·최진형·한음, 2012, “유입 유출특성을 고려한 고속도로 연결로의 교통사고 심각도 예측모형”, 『한국도로학회지』, 제14권 제5호, pp.101-111.
2. 문승라·이영인, 2011, “계층 이항 로지스틱모형에 의한 고속도로 교통사고 심각도 분석”, 『한국도로학회지』, 제13권 제 4호, pp.199-209.
3. 이주연·정진혁·손봉수, 2008, “구조방정식모형을 이용한 고속도로 교통사고 심각도 분석” 『대한교통학회지』, 제26권 제2호, pp.17-24.
4. 원민수·이겨라·오철·강경우, 2009, “교통사고 심각도 예측모형의 활용방안에 관한 연구”, 『대한교통학회지』, 제27권 제4호, pp.167-173.
5. 김주희·이수범·김다희·홍지연, 2012, “고속도로 지정차로제 위반과 교통사고 심각도와의 관계분석”, 제30권 제3호, pp.119-127.
6. 이혜령·금기정·손승녀, 2011, “고속도로 교통사고 심각도 등급별 요인분석에 관한 연구”, 『한국도로학회지』, 제13권 제3호, pp.157-165.
7. 문승라·이영인·이수범, 2012, “고속도로 본선에서의 교통사고 예측모형 개발”, 『대한교통학회지』, 제30권 제 2호, pp.101-116.
8. 최윤환·오영태·최기주·이철기·윤일수, 2012, “고속도로 연결로의 교통사고예측모형 개발”, 『한국도로학회지』, 제14권 제5호, pp.133-143.
9. 박민호, 2014, “고속도로 교통사고에 대한 기하구조의 영향(한계효과)에 관한 연구”, 『대한교통학회지』, 제 32권 제1호, pp.73-81.
10. 황경성·최재성·김상엽·허태영·조원범·김용석, 2010, “차량속도를 이용한 도로 구간분할에 따른 고속도로 사고빈도 모형 개발 연구”, 『대한교통학회지』, 제 28권 제2호, pp.151-159.
11. 손소영·신형원, 1998, “데이터마이닝을 이용한 교통사고 심각도 분류분석”, 『대한교통학회지』, 제16권 제4 호, pp. 187-194.
12. 하오근·오주택·원제무·성낙문, 2005, “순서형 프로빗 모형을 이용한 사고심각도 분석”, 『대한교통학회지』, 제23권 제4호, pp. 47-55.
13. 박준태·최병부·이수범, 2010, “지방부 도로 고령 보행자 사고 특성분석연구”, 『대한교통학회지』, 제 28권 제5호, pp.155-162.
14. 최재원·김성호·조준환·김원철, 2004, “인공신경망을 적용한 신호교차로 교통사고심각도 예측에 관한 연 구”, 『대한교통학회지』, 제 22권 제3호, pp. 127-135.
15. 이동민·김응철·성낙문·김도훈, 2008, “지방부 비신호 교차로 교통사고 심각도 예측모형 개발”, 『한국도로 학회지』, 제 10권 제3호, pp.47-56.
16. 김상록·배운경·정진혁·김형진, 2011, “구조방정식모형을 활용한 단속류 시설의 교통사고 유형별 유발요인 분석”, 『대한교통학회지』, 제29권 제3호, pp.93-101.
17. 한수산·박병호, 2011, “순서형 로짓모형을 이용한 사고 심각도 비교분석”, 『국토계획』, 제46권 제2호, pp.183-192.

18. 강영균·김장욱·이수일·이수범, 2011, “퍼지 및 신경망이론을 이용한 도시부 신호교차로 교통사고예측모형 개발”, 『한국도로학회지』, 제13권 제1호, pp.69-77.
19. 오주택·권일·황정원, 2013, “비선형 회귀분석과 구종방정식을 이용한 지방부 4지 신호교차로의 사고요인분석”, 『대한교통학회지』, 제31권 제1호, pp.65-76.
20. 박병호·양정모·김준용, 2009, “사고위치별 로지스틱 회귀 교통사고 모형”, 『사고위치별 로지스틱 회귀 교통사고 모형』, 제11권 제2호, pp.17-25.
21. 정은비·오철, 2011, “속도를 이용한 고속도로 구간 사고율 예측 모형”, 『대한교통학회지』, 제29권 제4호, pp.103-111.
22. 이점호·이동민·최재성, 2000, “평면곡선부의 속도 및 교통사고 영향분석연구”, 『대한교통학회지』, 제18권 제1호, pp.35-43.
23. 하태준·이석, 2002, “지방부2차로 안전성평가에 관한 연구”, 『대한교통학회지』, 제20권 제1호, pp.121-130.
24. 서울시정개발연구원, 2003, “도로교통망의 이동성 분석지표 개발”, pp.18-39.
25. 한국교통연구원, 2014, “차량이동궤적 정보를 활용한 교통혼잡비용 추정방법 개선 연구”, pp.58-59.
26. 교통개발연구원, 2002, “도시교통혼잡지표의 개발 및 활용방안(1단계)”, pp.14-26.
27. 이순철, 황윤숙, 오주석.(2008), 작업부하가 화물운전자의 피로에 미치는 영향, 한국심리학회지, 21, pp. 367-381.
28. 박상우.(2010), 화물자동차 운전자의 운행시간에 따른 사고위험도 분석, 한국도로학회지, 12(1), pp. 21~27.
29. 김선웅, 박세진, 이영신.(2003), 생리신호를 이용한 운전자 피로감 평가 방법 개발, 한국자동차공학회 춘계 학술대회논문집, pp.1208~1212.
30. 이재식.(2006), 수면박탈과 운전 지속시간에 의한 피로가 운전 수행에 미치는 효과, 한국심리학회지, 12(3), pp.69~83.
31. 성홍모, 차동익, 김선웅, 박세진, 김철중, 윤영로.(2003), HRV 분석을 이용한 운전피로도도에 관한 연구, Journal of biomedical engineering research, 24(1), pp.1~8.
32. 백승걸, 장현호, 강정규 (2005), 교통량과 통행길이를 고려한 고속도로 교통사고 예측연구, 대한교통학회지, 23(2), pp. 95-105.
33. 황경성·최재성·김상엽·허태영·조원범·김용석, 2010, “차량속도를 이용한 도로 구간분할에 따른 고속도로 사고빈도 모형 개발 연구”, 『대한교통학회지』, 제 28권 제2호, pp.151-159.
34. 정은비, 오철 (2011), 속도를 이용한 고속도로 구간 사고율 예측 모형, 대한교통학회지, 29(4), pp. 103-111.

#### [국외문헌]

1. Garber N. J., Gadiraju R. (1989), "Factors Affecting Speed Variance and its Influence on Accidents", 『Transportation Research Record』, 1213, p. 64.
2. Solomon D. (1964), "Accidents on main rural highways related to speed, driver and vehicle", U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Administration.



3. Ali K. C., Erkan O. (2014), "A multinomial logit analysis of risk factors influencing road traffic injury severities in the Erzurum and Kars Provinces of Turkey", *Accident Analysis and Prevention*, 72, pp.66-77.
4. Joaquin A., Griselda L., Juan O. (2013), "Analysis of traffic accident severity using Decision Rules via Decision Trees", *Expert Systems with Applications*, 40, pp.6047-6054.
5. Lee J. Y., Chung J. H., Son B. S. (2008), "Analysis of traffic accident size for Korean highway using structural equation models", *Accident Analysis and Prevention*, 40, pp.1955-1963.
6. Juan O., Griselda L., Randa M, Francisco J. C. (2013), "Analysis of traffic accidents on rural highways using Latent Class Clustering and Bayesian Networks", *Accident Analysis and Prevention*, 51, pp.1-10.
7. Venkataraman S., Fred M., Woodrow B. (1995), "Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident frequencies", *Accident Analysis and Prevention*, 27(3), pp.371-389.
8. Vatanavongs R., Sonnarong, S. (2014), "Impacts of accident severity factors and loss values of crashes on expressways in Thailand", *IATSS Research*, 37, pp.130-136.
9. Martha H., Carlos C., Mario F., Rafael A., Victoria L. (2000), *Accident Analysis and Prevention*, 32, pp.703-709.
10. Abdel-Aty M. (2003), Analysis of driver injury severity levels at multiple locations using ordered probit models, *Journal of Safety Research*, 34, pp.597-603.
11. O'Donnel C. J., Connor D. H. (1996), Predicting the severity of motor vehicle accident injuries using models of ordered multiple choice, *Accident Analysis and Prevention*, 28(6), pp.739-753.
12. Kockelman K. M., Kweon Y. J. (2002), Driver injury severity: an application of ordered probit models, *Accident Analysis and Prevention*, 34, pp.313-321.
13. Quddus M. A., Noland R. B., Chin H. C. (2002), An analysis of motorcycle injury and vehicle damage severity using ordered probit models, *Journal of Safety Research*, 33, pp.445-462.
14. Abdel-Aty M., Wang X. (2006), Crash Estimation at Signalized Intersections Along Corridors, *Journal of the Transportation Research Board*, 1953, pp.98-111.
15. Chin H. C., Quddus M. A. (2003), Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections, *Accident Analysis and Prevention*, 35, pp.253-259.
16. Cirillo J. A.(1968), Interstate system accident research: study II, interim report II. Public Roads, 35(3), pp. 71-15.
17. ETSC.(1995), Reducing Traffic Injuries Resulting from Alcohol Impairment, Brussels, European Transport Safety Council.
18. U.S.DOT.(2008), Traffic Safety Fact Sheet, National Highway Traffic Safety Administration (<http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/811162.pdf>).
19. Zheng Z., Ahn S., Monsere C. M.(2010), Impact of traffic oscillations on freeway crash occurrences", *Accident Analysis and Prevention*, 42(2010), pp.626-636.

20. Nilsson G.(1982), The effects of speed limits on traffic crashes in sweden, Organization for Economy, In: Proceedings of the international symposium on the effects of speed limits on traffic crashes and fuel consumption, Dubin, Co-operation, and Development (OECD).
21. David S., Tim L.(1999), The 1999 Annual Mobility Report: Information for Urban America, Texas Transportation Institute.
22. David S., Shawn T., Tim L.(1990), Estimation of Urban Roadway Congestion, Texas Transportation Institute.
23. Shamo, B., Aza, E., and Membah, J. (2014). Linear spatial interpolation and analysis of annual average daily traffic data. *Journal of Computing in Civil Engineering*.
24. Yang, D., Wang, S.G., and Bao, Y. (2014). New efficient regression method for local AADT estimation via SCAD variable selection. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 15(6), 2726-2731.
25. Lowry, M. (2014). Spatial interpolation of traffic counts based on origin-destination centrality. *Journal of Transport Geography*, 36, 98-105.
26. Zhong, M. and Hanson, B.L. (2009). GIS-based travel demand modeling for estimating traffic on low-class roads. *Transportation Planning and Technology*, 32(5), 423-439.
27. Selby, B. and Kockelman K.M. (2013). Spatial prediction of traffic levels in unmeasured locations: applications of universal kriging and geographically weighted regression. *Journal of Transport Geography*, 29, 24-23. >> unmeasured locations
28. Castro-Neto, M., Jeong, Y., Jeong, M.K., and Han, L.D. (2009). AADT prediction using support vector regression with data-dependent parameters. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 2979-2986.
29. Rossi, R., Gastaldi, M., and Gecchele, G. (2014). Comparison of clustering methods for road group identification in FHWA traffic monitoring approach: effects on AADT estimates. *Journal of Transportation Engineering*, 140(7).
30. Eom, J.K., Park, M.S., Heo, T.Y., and Huntsinger, L.F. (2006). Improving the prediction of annual average daily traffic for nonfreeway facilities by applying a spatial statistical method. *Transportation Research Record*, 1968, 20-29.
31. Y.F., Tand, Lam, W.H.K., and Pam, L.P. (2003). Comparison of four modeling techniques for short-term AADT forecasting in Hong Kong. *Journal of Transportation Engineering* 129(3), 223-329.
32. Sharma, S.C., Lingras, P., Xu, F., and Liu, G.X. (1999). Neural networks as alternative to traditional approach of annual average daily traffic estimation from traffic counts. *Transportation Research Record*, 1660, 24-31.
33. Sharma, S.C., Lingras, P., Liu, G.X., and Xu, F. (2000). Estimation of annual average daily traffic on low-volume roads: factor approach versus neural networks. *Transportation Research Record*, 1719, 103-111.
34. Sharma, S.C., Lingras, P., Xu, F., and Kilburn, P. (2001). Application of neural networks to estimate AADT on low-volume roads. *Journal of Transportation Engineering*, 127(5), 426-432.

35. William, H.K. and Xu, J. (2000). Estimation of AADT from short period counts in Hong Kong: a comparison between neural network method and regression analysis. *Journal of Advanced Transportation*, 34(2), 249-268.
36. Li, J. and Friker, J.D. (2008). Applying k-nearest neighbor algorithm for statewide annual average daily traffic estimates. *Transportation Research Board 87th Annual Meeting*, Washington, DC, USA.
37. Fricker, J.D., Xu, C., Li, J. (2008). Comparison of annual average daily traffic estimates: traditional factor, statistical, artificial neural network, fuzzy basis neural network approach. *Transportation Research Board 87th Annual Meeting*, Washington, DC, USA.
38. Jiang, Z., McCord, M.R., and Goel, P.K. (2006). Improved AADT estimation by combining information in mage-and ground-based traffic data. *Journal of Transportation Engineering*, 132(7), 523-530.
39. McCord, M., Yang, Y., Jiang, Z., Coifman, B., and Goel, P. (2003). Estimating AADT from satellite imagery and air photographs: empirical results. *Transportation Research Record*, 1855, 136-142.
40. Xia, Q., Zhao, F., Chen, Z., Shen, L., and Ospina, D. (1999). Estimation of annual average daily traffic for nonstate roads in a Florida county. *Transportation Research Record*, 1660, 32-40.
41. Zhao, F. and Chung, S. (2001). Contributing factors of annual average daily traffic in a Florida county: exploration with geographic information system and regression models. *Transportation Research Record*, 1769, 113-122.
42. Zhao, F. and Park, N. (2004). Using geographically weighted regression models to estimate annual average daily traffic. *Transportation Research Record*, 1879, 99-107.
43. Mohamad, D., Sinha, K., Kuczek, T., and Scholer, C. (1998). Annual average daily traffic prediction model for county roads. *Transportation Research Record*, 1617, 69-77.
44. Zhong, M., Lingras, P., and Sharma, S. (2004). Estimation of missing traffic counts using factor, genetic, neural, and regression techniques. *Transportation*
45. Hartley, L. R.(2004), *Fatigue and driving*. In Rothengatter, T., Huhuenin, R. D.(Eds.). *Traffic & Transport Psychology; Theory and Application*. UK: Elsevier Ltd.
46. Brown, I. D.(1994), *Driver fatigue*. *Human Factors*, 36-2, pp. 298~314.
47. Lin, T., Jovanis, P. P., and Yang, C.(1993), *Modeling the safety of trunk driver service hours using time-dependent logistic regression*, *Transportation Research Record* 1407, *Transportation Research Board*, Washington, D.C, pp.1~10.
48. Wylie, C D., Shultz, T., Miller, J C., Mitler, M M., Mackie, R R.(1996), *Commercial Motor Vehicle Driver Fatigue and Alertness Study*, Technical Report U.S Department of Transp, Federal Highway Administration Report, FHWA-MC-97-002.
49. Tucker.(2003), *The Impact of Rest Breaks upon Accident Risk, Fatigue and Performance : a review*, *Wokr & Stress*, 17(2), pp.123~137.