

# 차량운행경로 빅데이터의 국가도로정책 수립 활용방안 연구

An Application of Vehicle  
Trajectory Data to Road Transport Policy

박종일 외





# 차량운행경로 빅데이터의 국가도로정책 수립 활용방안 연구

An Application of Vehicle Trajectory Data to Road Transport Policy

박종일, 이백진, 김광호

■ 연구진

---

박종일 국토연구원 책임연구원(연구책임)

이백진 국토연구원 연구위원

김광호 국토연구원 책임연구원

■ 외부연구진

---

여화수 한국과학기술원 교수

■ 연구심의위원

---

김호정 국토연구원 선임연구위원

오성호 국토연구원 연구위원

김준기 국토연구원 연구위원

김동한 국토연구원 책임연구원

# 주요 내용 및 정책제안

## FINDINGS & SUGGESTIONS

### 본 연구보고서의 주요 내용

- 1 교통 데이터는 국가도로정책 수립과정에서 핵심적인 역할을 수행함
- 2 클라우드소싱 기반의 차량운행경로 빅데이터는 프로브 차량수의 대폭 증가, 수집비용 감소, 데이터의 정확도 증가, 공간적 범위의 확대라는 효과를 발생시킴
- 3 차량운행경로가 기록되므로 지금까지 분석이 불가능했던 다양한 실증적인 분석이 가능하며 국가도로정책 수립 과정에 혁신적인 변화를 일으킬 것임
- 4 차량운행경로 빅데이터는 수집 측면에서는 데이터의 신뢰도 문제, 개인정보보호 제약으로 인한 자료의 연계 어려움, 활용 측면에서는 단순소통정보 산출 등 제한적으로 활용되고 있는 한계가 도출됨

### 본 연구보고서의 정책제안

- 1 민간교통정보 활용이라는 현재 시점의 정책과 C-ITS/자율주행시대를 대비한 미래 시점의 정책 사이에 일부 시간적 간극이 존재함
- 2 C-ITS/자율주행시대가 도래하기 전까지 차량운행경로 빅데이터를 개선·연계하여 새로운 정책 개발에 활용할 수 있는 방안을 모색하는 방안으로 로드맵 수립이 필요함
- 3 로드맵은 차량운행경로 빅데이터의 명확한 활용 목적, 세부적인 데이터 연계·개발, 추진체계, 자원조달, 기관별 역할 분담 등을 세밀하게 작성되어야 함
- 4 추가적으로, 데이터의 신뢰도 제고, 연계를 위한 표준화, 개인정보보호 관련 제약 해결, 속도 및 교통량 추정의 정확도 제고 등도 선결과제임



# 차례

CONTENTS

주요 내용 및 정책제안 ..... i

## 제1장 연구의 개요 1

1. 연구의 배경 및 목적 ..... 3  
    1) 연구의 배경 ..... 3  
    2) 연구의 목적 ..... 4  
2. 연구의 범위 및 방법 ..... 5  
    1) 연구의 범위 ..... 5  
    2) 연구의 방법 ..... 5  
3. 선행연구와의 차별성 ..... 7  
    1) 선행연구 검토 ..... 7  
    2) 본 연구의 차별성 ..... 8  
4. 연구의 기대효과 ..... 8

## 제2장 국가도로정책과 교통 데이터 11

1. 국가도로정책의 수립 과정 ..... 13  
    1) 정책과 계획의 관계 ..... 13  
    2) 도로정책의 수립 과정 ..... 14  
    3) 도로계획의 수립 과정 ..... 15  
2. 국가도로정책과 교통 데이터 ..... 16

1) 국가도로정책 수립 체계 .....	16
2) 국가도로정책과 교통 데이터 .....	17
3. 교통량 및 속도 데이터 수집 현황 .....	19
1) 교통량 수집 현황 .....	19
2) 속도 수집 현황 .....	20
4. 시사점 .....	21

### **제3장 교통 데이터 수집 · 가공 체계와 변화** **23**

1. 기존 교통 데이터 수집 · 가공 체계 .....	25
1) 수집체계 .....	25
2) 가공체계 .....	29
3) 소결 .....	30
2. 교통 데이터 수집 · 가공 체계의 변화 .....	31
3. 차량운행경로 빅데이터의 활용 가능성 .....	35

### **제4장 차량운행경로 빅데이터 고찰** **39**

1. 내비게이션 데이터 .....	41
1) 수집 현황 .....	41
2) 활용 현황 .....	46
3) 한계점 .....	48
2. 전자식 운행기록장치 데이터 .....	50
1) 수집 현황 .....	50
2) 활용 현황 .....	55
3) 한계점 .....	58
3. 하이패스 단말기 데이터 .....	61
1) 수집 현황 .....	61
2) 활용 현황 .....	65
3) 한계점 .....	66

4. 시사점 ..... 68

**제5장 차량운행경로 빅데이터의 정책적 활용을 위한 요구조건 71**

1. 로드맵 수립 ..... 73  
2. 데이터 신뢰도 향상 및 연계를 위한 표준화 ..... 76  
3. 개인정보보호 문제 해결 ..... 77  
4. 속도 및 교통량 추정 방법론 보완 ..... 78

**제6장 결론 81**

1. 연구결과 요약 ..... 83  
2. 연구의 한계 ..... 84  
3. 향후 연구과제 ..... 84  
    1) 기본방향 ..... 84  
    2) 간선도로 관련 연구 ..... 85  
    3) 도시부 도로 관련 연구 ..... 88  
    4) 안전 관련 연구 ..... 89  
    5) 기타 연구 ..... 93  
  
참고문헌 ..... 95  
SUMMARY ..... 101  
부록 ..... 103



# 연구의 개요

01 연구의 배경 및 목적	03
02 연구의 범위 및 방법	05
03 선행연구와의 차별성	07
04 연구의 기대효과	08



## 1. 연구의 배경 및 목적

### 1) 연구의 배경

- 정책의 수립에 있어서 데이터의 중요성은 주지의 사실임
  - 시대의요구를 반영할 수 있는 정책목표가 수립되기 위해서는 사회경제적 변화를 반영하는 데이터의 생성이 매우 중요함
  - 현재 사용되는 데이터가 현 시대의요구를 담아내고 있는지를 파악하고 유효성을 검증하여야 하며, 새로운 여건변화를 반영할 수 있도록 기존 데이터를 개선하거나 새로운 데이터를 만들어내야 함
  - 분석과 진단이 필요한 현상에 대해서 데이터의 부족으로 분석이 수행되지 못했던 사례들이 존재함
- 정보통신 기술의 발전, 데이터의 수집·분석·저장 기술의 발전으로 새로운 빅데이터가 등장하고 있으며 정책 환경이 변화되고 있음
  - 지금까지 분석이 불가능하였거나 어려웠던 다양한 사회현상에 대한 해석을 가능하게 해주는 새로운 도구가 생김에 따라 기존의 계량지표 기반의 정책수립의 한계를 벗어나 보다 생활 밀착(citizen-oriented), 증거기반(evidence-based), 데이터 기반(data-driven) 정책을 수립할 수 있음(김동한 외, 2014, p. 39-40)
- 도로교통 분야에서도 새로운 빅데이터 기반의 연구와 분석이 가능해짐
  - 교통 분야에서 생성되는 대표적인 빅데이터는 대중교통 분야의 교통카드 빅데이터, 도로교통 분야의 차량운행경로 빅데이터 등이 있음

- 차량운행경로 빅데이터는 개별 차량의 운행궤적이 기록되는 데이터로 다양한 시·공간적 연결성과 방향성 분석이 가능하므로 도로교통 현상을 보다 현실적으로 분석 가능하며 합리적 정책개발의 기초제공이 가능한 매우 유망한 빅데이터임(이석주 외, 2013, p. 33)
  - 현재의 교통 데이터 수집은 도로상에 설치된 고정식 검지기를 통해 수집되는 데이터로 해당 지점을 통과하는 교통량 및 속도에 대한 조사만 가능
  - 반면 차량운행경로 빅데이터는 개별 차량들의 출발 및 도착 시간, 기종점, 속도 등이 기록되어 이동궤적 및 운전자 행태에 대한 분석이 가능
  - 개별 통행에 대한 자료이므로 현재의 데이터 신뢰도와 분석기술의 일부 한계에도 불구하고 장래 매우 활용성 높은 빅데이터임
- 차량운행경로 빅데이터의 수집·활용 현황을 고찰하여 현재 한계점을 정리하고 극복방안을 모색하여 정책적 활용방안을 도출하기 위한 연구가 필요한 시점임

## 2) 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 두 가지로 정리할 수 있음
  - 첫째, 현재 차량운행경로 빅데이터 수집·활용 현황에 대한 면밀한 검토를 통해 문제점과 한계를 도출
  - 둘째, 차량운행경로 빅데이터의 활용도 제고를 위한 선결과제를 도출함

## 2. 연구의 범위 및 방법

### 1) 연구의 범위

#### □ 시간적 범위

- 2015년을 기준으로 하되 구득이 어려운 경우 가장 최근 자료를 활용함

#### □ 내용적 범위

- 국가도로정책과 교통 데이터
  - 국가도로정책의 수립 과정
  - 국가도로정책과 교통 데이터
  - 교통량 및 속도 데이터 수집 현황
- 교통 데이터 수집 · 가공 체계와 변화
  - 기존 교통 데이터 수집 · 가공 체계
  - 교통 데이터 수집 · 가공 체계의 변화
  - 차량운행경로 빅데이터의 활용 가능성
- 차량운행경로 빅데이터 고찰
  - 내비게이션 데이터
  - 전자식 운행기록장치 데이터
  - 하이패스 단말기 데이터
- 차량운행경로 빅데이터의 정책적 활용을 위한 요구조건

### 2) 연구의 방법

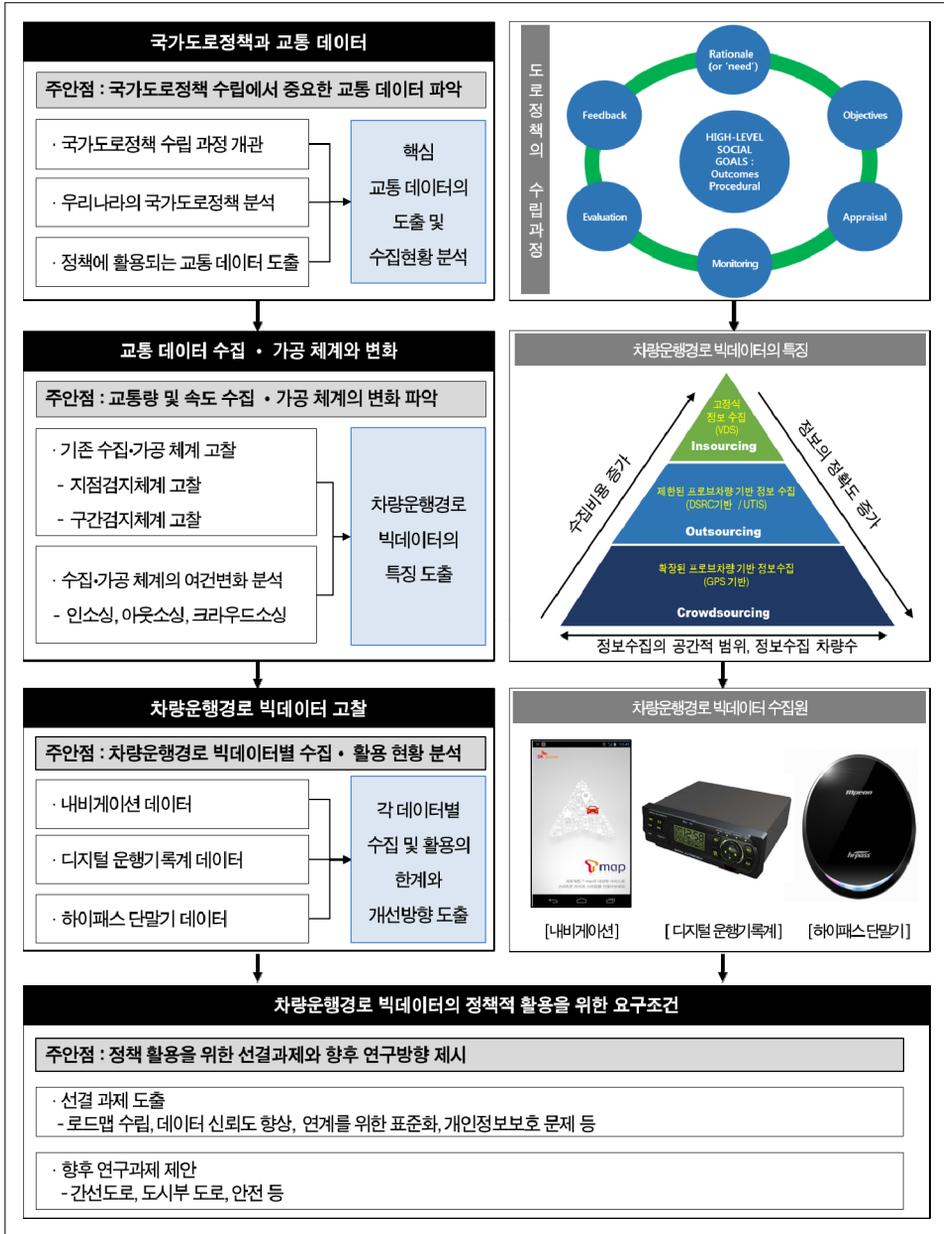
#### □ 국내외 문헌조사 및 관련 연구 고찰

- 정부자료 및 계획, 연구보고서 등 다양한 국내의 자료를 수집하여 검토함

#### □ 외부전문가 의견 수렴 및 협동 연구

- 각 분야별 정부 관계자, 연구자 등 다양한 전문가 의견을 조사 · 수렴함
- 교통량, 속도 추정을 위한 모의실험을 협동연구로 추진함

그림 1-1 연구의 틀



### 3. 선행연구와의 차별성

#### 1) 선행연구 검토

- 차량운행경로 자료와 관련된 연구는 최근 연구되기 시작한 분야로 현재까지는 주로 차량운행경로 자료의 현황과 정책적 활용방향에 대한 연구들이 수행되었으며 대표적으로 최정민 외(2011), 이석주 외(2013), 천승훈 외(2014) 등의 연구가 있음
- 최정민 외(2011)는 교통카드, TCS(Toll Collection Systems), 스마트폰, 내비게이션 등 새롭게 수집되기 시작한 첨단교통정보를 고품질의 교통정보로 생산하기 위한 방법론을 검토하고 정책적 활용방안을 제시
  - 새로운 첨단교통정보의 융합, 분석, 활용을 다룬 초기 연구로 첨단교통정보의 현황 및 활용사례, 분석방법에 대한 폭넓게 고찰
- 이석주 외(2013)는 교통카드와 내비게이션 자료의 현황과 활용사례를 고찰하고 실증적 분석을 통해 교통정책 활용 가능성을 제시함
  - 교통카드, 내비게이션 자료의 세부적인 특성 분석을 통해 해당 자료가 교통정책에 어떻게 활용될 수 있는지 방향성을 제시
- 천승훈 외(2014)는 기존 교통혼잡비용 추정방법의 한계 극복을 위하여 내비게이션 자료 기반 교통혼잡비용 추정방법을 제시하고 사례분석을 시행하였으며 최종적으로 교통혼잡비용 추정 시스템을 구축함
  - 내비게이션 자료를 이용한 미관측 링크에 대한 교통량 추정방법, 실제 차량 주행속도 적용방법, 혼잡경계속도 산출방법, 소구간 단위 교통혼잡비용 추정방법, 공간적 범위의 확장 등 다양한 추정방법론을 제시
- 도로정책과 관련된 연구로 유정복 외(2014)는 도로교통여건의 변화에 따라 전통적인 도로 정책의 전면적인 수정과 새로운 사업영역 모색의 필요성을 지적하고, 2015~2025년 까지 중앙정부의 도로 및 교통안전 정책 분야의 비전, 전략, 정책 및 사업을 우선순위에 따라 체계적으로 정리하여 제시함
  - 미래사회 및 교통여건의 변화에 대응 가능한 도로 및 교통안전 정책과제를 도출하고 구체적 로드맵을 제시함

## 2) 본 연구의 차별성

- 본 연구는 GPS 및 DSRC 기반 차량운행정보 빅데이터별 수집 및 활용 측면의 현황 분석을 통해 한계점과 선결 과제를 도출하고 구체적인 국가도로정책을 제안하는 점에서 차별성을 지님(표 1-1. 참조)
  - 차량운행경로 빅데이터와 관련된 연구들 중 최정민 외(2011), 이석주 외(2013)의 연구는 차량운행경로 빅데이터를 통한 교통정책 활용 가능성을 언급하였으나 구체적인 정책과 연결시키지 않고 방향성만을 제시함
  - 천승훈 외(2014)의 연구는 차량운행경로 빅데이터를 활용한 교통혼잡비용 추정 방법론 개선을 집중적으로 연구함
  - 도로정책 수립과 관련된 유정복 외(2014) 등의 연구들은 대체로 현재 여건 및 미래 전망에 따라 새로운 정책 방향과 필요 정책을 제안하고 있는데 반해, 본 연구는 차량운행경로 빅데이터 기반의 도로정책을 개발하기 위해 필요한 요구조건을 도출함

## 4. 연구의 기대효과

- 차량운행경로 빅데이터별 현재의 수집 및 가공 수준과 그에 따른 한계점을 체계적으로 제시하여 차량운행경로 빅데이터의 활용성 제고에 기여함
- 차량운행경로 빅데이터의 연계 및 활용에 관한 중앙정부의 체계적 로드맵 수립 등 요구조건을 정리하여 차량운행경로 빅데이터의 활용성을 제고하는데 기여함
- 차량운행경로 빅데이터의 활용 가능성에 기반의 다양한 연구제안을 통해 국가도로정책의 개선에 기여함

표 1-1 선행연구와의 차별성

구분	선행연구와의 차별성			
	연구목적	연구방법	주요 연구내용	
주요 선행 연구	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 데이터 마이닝을 이용한 첨단 교통정보의 분석 연구</li> <li>연구자(년도): 최정민 외(2011)</li> <li>연구목적: 교통카드, TCS, 스마트폰, 내비게이션 등의 첨단교통정보를 융합하여 고품질의 교통정보를 생성하기 위한 방법론 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내외 문헌 검토</li> <li>유관기관의 첨단 교통정보 수집</li> <li>데이터마이닝, GIS 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교통자료 현황 및 특성분석</li> <li>교통자료의 연구 및 활용 현황 분석</li> <li>데이터마이닝, GIS 공간분석 등 교통자료 분석</li> <li>교통정책 활용방안</li> </ul>
	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 빅데이터를 이용한 교통정책 개발 및 활용성 증대방안</li> <li>연구자(년도): 이석주 외(2013)</li> <li>연구목적: 교통부문 빅데이터의 현황파악, 활용사례 조사를 통해 교통정책 수립에 빅데이터 활용방안 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내외 문헌 검토</li> <li>실증분석</li> <li>외부 전문가와의 협동연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>빅데이터의 정의 및 특성</li> <li>국내외 선행사례 분석</li> <li>교통부문 빅데이터 현황</li> <li>교통부문 빅데이터 분석사례 및 한계</li> <li>정책적 활용방안</li> </ul>
	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 차량이동계적 정보를 활용한 교통혼잡비용 추정방법 개선 연구</li> <li>연구자(년도): 천승훈 외(2014)</li> <li>연구목적: 내비게이션 자료를 활용한 교통혼잡비용 추정방법론 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내외 문헌 검토</li> <li>내비게이션 자료 기반의 교통혼잡비용 추정 방법론 검토</li> <li>교통혼잡비용 추정 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교통혼잡비용 추정방법의 이론적 고찰</li> <li>내비게이션 자료 현황 및 특성</li> <li>내비게이션 자료 기반 교통혼잡비용 추정방법 개발</li> <li>교통혼잡비용 추정 방법론 검증</li> <li>교통혼잡비용 추정 시스템 개발</li> </ul>
	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 국가 도로교통 정책 구상 및 실행방안</li> <li>연구자(년도): 유정복 외(2014)</li> <li>연구목적: 도로 및 교통안전 분야의 전반적인 정책 및 사업에 대한 로드맵 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내외 문헌 검토</li> <li>전문가 위원회 운영</li> <li>QFD 방법을 통한 정책과제 우선순위 도출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 도로 및 교통안전 정책 현황 분석</li> <li>도로교통환경의 변화 전망</li> <li>선진국의 도로 및 교통안전정책 검토</li> <li>도로 및 교통안전 정책 수요 분석</li> <li>정책과제 우선순위 도출</li> <li>도로 및 교통안전정책 로드맵 도출</li> </ul>
편의 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 차량운행경로 빅데이터의 국가도로정책 수립 활용방안 연구</li> <li>차량운행경로 빅데이터의 특성, 수집 및 활용 실태를 분석하고 빅데이터 기반 새로운 국가도로정책 제안</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내외 문헌 검토</li> <li>외부전문가 협동 연구</li> <li>전문가 자문</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가도로정책과 교통 데이터</li> <li>교통 데이터 수집 가공 체계와 변화</li> <li>차량운행경로 빅데이터 고찰</li> <li>차량운행경로 빅데이터의 도로정책 수립 활용방안</li> </ul>	



## 국가도로정책과 교통 데이터

01 국가도로정책의 수립 과정	13
02 국가도로정책과 교통 데이터	16
03 교통량 및 속도 데이터 수집 현황	19
04 시사점	21



## 국가도로정책과 교통 데이터

### 1. 국가도로정책의 수립 과정

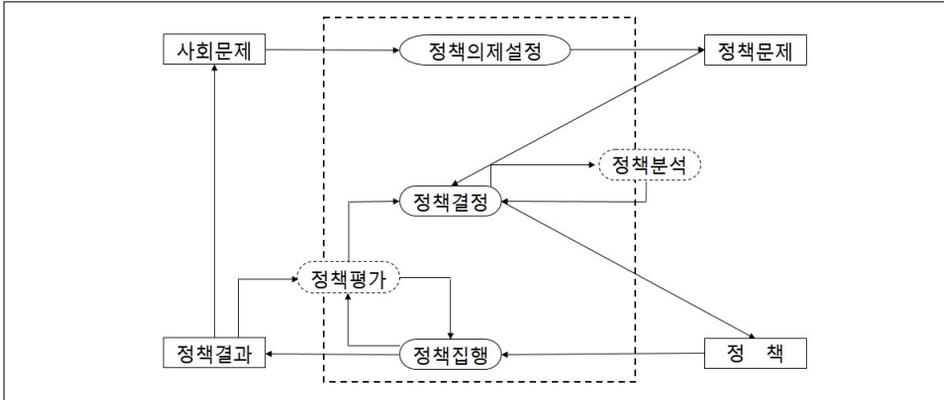
#### 1) 정책과 계획의 관계

- 교통 부문에서 ‘정책(policy)’ 과 ‘계획(planning)’ 은 명확한 구분없이 혼용되어 사용되는 경향이 있으며, 본 연구에서는 교통 정책과 계획을 다음과 같이 개념 정리하고자 함
  - 교통정책은 사회, 경제적 특정 목적을 달성하기 위해 교통체계를 대상으로 정책 방향을 설정하고 대안을 수립하는 과정과 그 결과물임
  - 교통계획은 교통정책에 따라 특정 문제를 해결하기 위한 구체적 해결방법을 수립하는 과정과 그 결과물임
- 일반적으로 사회·경제 분야의 문제 개선 또는 해소를 위하여 교통정책 방향이 수립되고 관련 법령이 정비되며, 이에 근거하여 세부적인 교통계획이 수립·시행되는 과정을 거쳐 교통문제를 해결하는 과정이 이루어짐
- 본 연구의 대상인 국가도로정책은 교통정책을 수단과 대상에 따라 구분할 때 도로 부문에 국한된 정책임
  - 교통정책은 기간(단기, 장기 등), 수단과 대상(도로, 철도, 공항, 항만 등), 공간적 범위(전국, 지역, 도시 등)에 따라 다양하게 구분할 수 있음

## 2) 도로정책의 수립 과정

- 일반적으로 정책은 사회문제를 인식하고 그에 따른 의제설정, 정책결정과 집행, 정책 평가의 과정을 통해 시행되며, 도로정책 과정 또한 이와 유사한 형태로 시행됨 (그림 2-1. 참조)

그림 2-1 정책의 집행과정



출처: 정정길 외(2010, p.14)

- 도로정책 과정은 ① 문제인식, ② 목적 및 대안 설정, ③ 정책 시행, ④ 평가 및 유지의 4단계로 구분할 수 있음<sup>1)</sup>
  - 문제인식 단계는 현재 또는 장래의 예상되는 문제를 인식하여 해결해야하는 대상을 명확하게 이해하는 단계임
  - 목적 및 대안 설정 단계는 인식된 문제의 해결을 위한 목적을 설정하고 해결 대안을 다수 검토하는 단계임
  - 정책시행 단계는 선택된 최적 대안을 다양한 정책 수단을 활용하여 집행하는 단계임
  - 평가 및 유지 단계는 시행 이후 일정 기간 이후에 시행의 효과를 진단하고 개선하는 단계임

1) The Geography of transport systems (<https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch9en/conc9en/ch9c1en.html>), [2016.11.30]

- 도로정책의 집행과정에서 매우 중요한 점은 각 단계에서 어떤 교통 데이터에 기반하여 평가를 수행하는가임
  - 평가지표에 따라 문제 인식, 정책의 목적 및 대안 설정, 평가의 내용이 완전히 변경될 수도 있음
  - 많은 국가에서 도로정책의 수립에 있어 효율성 중심의 평가지표를 사용하였으나 최근 안전성, 환경성, 이동성, 형평성 등에 대한 사회적 관심과 중요성이 증대됨에 따라 새로운 평가 지표의 개발과 적용 필요성이 활발히 논의되고 있음

### 3) 도로계획의 수립 과정

- 도로계획은 도로정책에서 제시한 목표를 구현하기 위하여 현재와 미래의 도로교통 여건과 문제에 대한 면밀한 분석과 진단을 바탕으로 대안을 설정·집행하는 과정임
- <그림 2-2>에서 제시된 것처럼 도로계획은 ① 자료정리와 문제진단, ② 전통적인 계획과정, ③ 스케줄과 예산, ④ 모니터링의 과정을 거쳐 시행됨(원제무, 2009)
- 도로계획 과정에서도 교통 데이터에 기반하여 현황 문제진단과 계획과정을 수행함



출처: 원제무(2009, p.30)

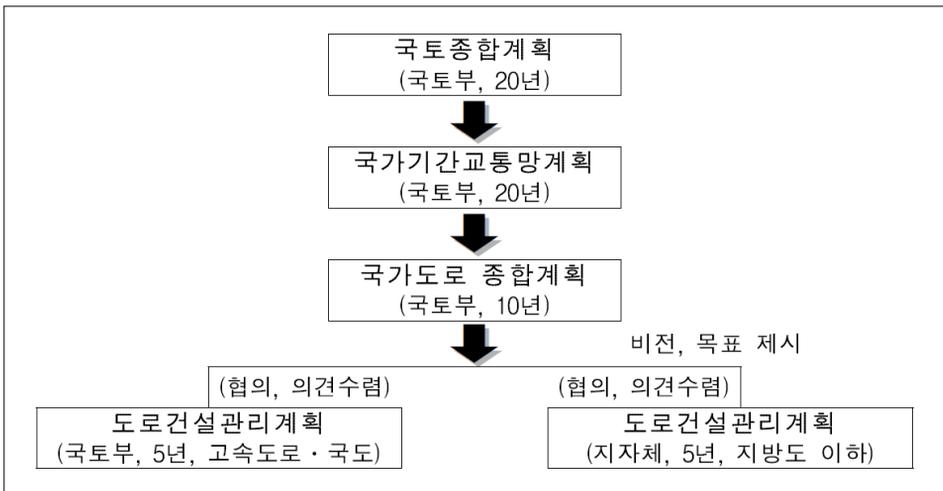
## 2. 국가도로정책과 교통 데이터

### 1) 국가도로정책 수립 체계

□ 우리나라의 국가도로정책은 「도로법」 제5조의 따른 도로분야 최상위 법정계획인 「제1차 국가도로종합계획(2016~2020)」(이하, 국가도로종합계획)을 통해 포괄적으로 제시됨

- 우리나라 도로의 현황과 그동안의 성과를 평가하고, 장래 여건변화를 면밀히 분석하여 향후 도로정책의 방향을 제시하는 중장기 계획
- 「국토종합계획」, 「국가기간교통망계획」과 연계되는 계획이며 수립 후 5년마다 타당성을 검토하여 필요시 변경
- 교통부문의 최상위계획은 「국가기간교통망계획」이지만 실제 사업계획은 도로법에 의거한 「국가도로종합계획」과 「도로건설관리계획」에서 수립함

그림 2-3 국가도로종합계획의 위계



출처: 국토교통부(2016, p.3)

## 2) 국가도로정책과 교통 데이터

- 국가도로정책은 국가도로종합계획, 도로건설관리계획을 통해 실행되므로 해당 계획에서 사용되는 교통 데이터를 살펴봐야 함
- 국가도로종합계획, 제2차 도로정비기본계획, 제4차 국도 5개년 계획 등에서 현황 진단, 미래 전망, 사업 선정(투자우선순위 포함) 과정에서 사용된 교통 데이터는 <표 2-1>과 같음<sup>2)</sup>
- <표 2-1>에서 보듯이 현황진단, 미래전망, 사업선정의 과정에 다양한 평가항목을 활용하고 있으나 도로 정책 및 계획 수립과정에서 가장 중요한 판단기준으로 사용되는 항목은 음영으로 표기한 항목들이며 이중에서 핵심 데이터는 교통량과 속도임
  - 현황 진단 및 미래 전망에서는 혼잡상태를 대변하는 교통량과 통행속도가 핵심 지표임
  - 사업 선정의 핵심 지표는 경제성으로 경제성 분석에서 편익의 산정에 직접적으로 영향을 미치는 지표가 교통량과 통행속도임을 고려할 때, 핵심지표는 교통량과 통행속도로 볼 수 있음
- 교통량과 통행속도는 국가도로정책의 시작인 현황 진단 및 미래 전망에서부터 마지막 단계인 사업 선정의 과정까지 핵심적인 기준으로 적용되므로 이 두 지표의 신뢰도는 국가도로정책의 실효성에 직접적인 영향을 미침
  - 교통량은 계획 측면에서 장래 교통수요예측, 도로시설의 규모 결정 등 다양한 도로 정책 및 계획의 의사결정을 위한 핵심적인 교통 데이터로 매우 중요함
  - 속도는 혼잡을 반영하는 지표로 운영 및 유지관리 측면의 의사결정에 매우 핵심적인 지표임
- 교통량과 속도 데이터의 도로 정책, 계획, 연구에서의 중요성은 여러 연구에서 공통적으로 언급되고 있음

---

2) 도로법 개정에 따라 국가도로종합계획과 도로건설관리계획에서 고속국도, 국도 등의 사업계획이 제시되어야 하나 2016년 12월 7일 현재 도로건설관리계획은 고시되지 않았으므로, 도로법 개정 이전의 사업 계획인 제2차 도로정비기본계획, 제4차 국도 5개년 계획(안)을 기준으로 검토함

**표 2-1** 우리나라 국가도로정책 수립에 활용되는 교통 데이터

정책단계	평가항목		교통 데이터	비고	
현황 진단	도로시설		도로연장	-	
			차로·km	-	
			차로수	-	
			포장률	-	
			교량 및 터널 수	-	
	도로교통		차량총주행거리	-	
			교통량	-	
			혼잡(용량초과)	LOS D, E, F	
			혼잡(통행속도)	지정체 구간(고속도로의 경우 40km/h 이하)	
			교통혼잡비용	-	
교통사고		사고건수	-		
		사망자수 등	-		
미래 전망	교통여건	통행수요	교통량(수요모형 예측치)		
			V/C가 1보다 큰 구간(수요모형 예측치)		
		주행거리	수요모형 예측치		
		물동량 변화	화물의 총 물동량(수요모형 예측치)		
사업 선정	(예비)타당성 검토		경제성 분석	경제성(B/C)	
			정책적 분석	지역균형발전, 정책의 일관성 및 추진의지, 사업추진상의 위험 요인, 사업특수 평가항목	
			종합평가	AHP 기법	
	고속 도로	신설 우선 순위	효율성(5)	경제성(B/C)	
			전략성(3)	교통유발시설 연계성(서비스 권역 분석)	
				사업 추진단계(사업의 진행정도를 정규화)	
		형평성(2)	지역낙후도 지수		
		확장 기준	교통량, 통행속도	LOS D 이상, 40km/h 이하	
			효율성(4)	경제성(B/C)	
	확장 우선 순위		교통여건(4)	현재 교통량(V/C)	
			장래 교통량(V/C)		
		도로여건(2)	개통(확장) 후 공용기간		
	일반국도 투자우선순위 (신설, 확장)		시거불량, 설계기준 미달 비율(%)		
		효율성(7)	경제성(B/C)		
		전략성(3)	사업연계성(구간 인접사업 유무)		
시설접근성(철도, 공항, 항만, 산단, 관광)					
지역낙후도(형평성)					
환경성(지속가능성)					

주 1. 음영은 각 단계에서 중요한 판단지표로 사용되는 교통 데이터임

2. 교통 데이터 항목 중 괄호안의 숫자는 해당 항목의 반영 비율을 의미함(예; 5=50%)

출처: 저자 작성

### 3. 교통량 및 속도 데이터 수집 현황

#### 1) 교통량 수집 현황<sup>3)</sup>

- 중앙정부 사업을 통해 교통량을 수집할 수 있는 ITS 구축 비율은 고속도로 100%, 국도 19%, 도시부 도로 9.4%임
  - 지역 간 교통량은 한국도로공사와 한국건설기술연구원에서 수집중임
  - 한국도로공사는 고속도로 통행료징수시스템(TCS)을 이용하여 6개 차종별로 조사함
  - 한국건설기술연구원은 일반국도 630개 지점(2014년 기준)에서 12개 차종별로 상시조사를 시행하며, 별도로 특정 조사지점을 대상으로 수시조사를 수행하여 교통량을 수집함
  - 도시부는 6대 광역시와 ITS 구축 중소도시에서 루프 검지기를 설치하였으나 활용이 저조하며, 광역시에서는 연 1회의 인력식 조사를 실행하여 DB를 구축함
- 한국도로공사는 고속도로 공공데이터 포털<sup>4)</sup>을 통해서, 한국건설기술연구원은 교통량정보제공시스템<sup>5)</sup>를 통해 수집한 교통량 정보를 제공함
- 도로관리 주체별로 수집체계가 달라 종합적 분석의 한계가 있으며 공간적인 수집 범위가 제한적임(연지윤 외, 2012, p. 114)
  - 수집 주기 및 항목, 차종 구분 등에서 관리주체별로 달라 수집되는 자료의 일관성과 신뢰도에 문제가 있으며 자료의 세밀한 정도에서 차이가 있어 분석에 한계
  - 일반국도는 정보 수집 구간이 대단히 제한적이며 수집되는 지점 또한 대부분 수시조사를 통해 수집되는데(2011년 기준 전체 조사지점의 약 88.6%) 차종구분 및 계절변동에 관한 자료를 추출하기에는 조사횟수가 연 1회에 불과하여 자료의 신뢰도 낮음

3) 한국교통연구원(2015a. p.9-16)의 내용을 정리함

4) <http://data.ex.co.kr/>

5) <http://www.road.re.kr/main/main.asp>

## 2) 속도 수집 현황<sup>6)</sup>

□ 속도자료는 교통량 자료에 비해 상대적으로 풍부하게 수집되고 있음

- 고속도로는 전 구간에 노변장치(RSE: Road Side Equipment, 이하 RSE)<sup>7)</sup>가 설치되어 있으며, 단거리 전용 통신(DSRC: Dedicated short-range communications, 이하 DSRC)<sup>8)</sup> 시스템을 이용하여 원시자료를 수집 후 가공하여 구간속도 정보를 생성함
- 일반국도는 국토관리청에서 속도정보를 수집하며 대부분 영상검지기를 통해 정보를 수집함
- 경찰청은 UTIS 단말기를 장착한 프로브차량을 이용하여 구간속도를 추정함 (2011년 현재, 22개 지자체에 설치된 RSE는 1,145개, OBE는 52,911개임)는 GPS 통행 자료를 수집 후 가공하여 구간속도 정보를 생성함
- 민간부문에서는 내비게이션 업체에서 GPS 기반으로 속도와 차량운행경로 데이터를 수집하고 있으며, 차량용 내비게이션 업체는 업데이트시 이력정보로 수집하고 스마트폰 앱 제공사는 실시간으로 정보를 수집하고 있음

□ 정보의 신뢰성과 이력관리의 문제점이 지적됨(연지운 외, 2012, p. 115)

- 도로 관리 주체별로 수집된 정보를 국가교통정보센터에서 통합하여 제공하고 있으나 수신되는 자료에 대하여 결측 및 오류에 대한 검증 과정이 없으므로 자료의 신뢰성이 떨어짐
- 각 지점에 설치된 검지기를 통해 수집된 속도정보는 대체로 소통정보의 제공이 후 별도로 자료의 이력을 관리하지 않고 폐기됨

6) 한국교통연구원(2015a, p.9-16)의 내용을 정리함

7) 차량 탑재 장치와 데이터 교환과 통신을 목적으로 도로 운송 네트워크를 따라 위치한 장치. 단거리 전용 통신(DSRC, Dedicated Short Range Communications) 또는 기타 다른 무선통신 기술을 사용하여 인근 차량과 메시지를 주고 받는데 사용되는 노변장치(국토교통부, 2015a, p.208)

8) ① ISO 15628에 정의되어 있으며, DSRC 응용계층을 가진 ITS 서비스 제공을 위한 단거리 통신 방법. ② 지능형 교통 시스템(ITS)을 구현하기 위한 단거리 전용 통신 시스템. 단거리 전용 통신(DSRC)은 톨게이트나 도로변에 설치하여 자동차에 탑재한 단말 장치와 수 m~수십 m의 거리에서 양방향 무선 통신을 통하여 다량의 정보를 순간적으로 교환. 주로 통행료 자동 지불 시스템(ETC)에 이용되고 있지만 향후에는 다양한 지능형 교통 시스템(ITS) 서비스와 무선 인터넷 서비스까지 제공을 목표로 하고 있음. 기본적으로 5GHz 대역을 사용하여 데이터를 전송 (미국은 5.9GHz, 한국은 5.8GHz 대역을 사용)(국토교통부, 2015a, p.66)

## 4. 시사점

- 국가도로정책은 현재 발생되고 있는 혼잡과 장래 예상되는 혼잡을 해소하고 효율성, 안전성, 환경성, 이동성 측면의 지속가능성을 확보하기 위한 정책목표를 설정하고 도로계획 과정을 통해 구체적인 해결책을 모색하는 과정임
- 우리나라의 국가도로정책 수립과정과 적용되는 교통 데이터를 고찰한 결과 네 가지의 주요한 시사점을 도출할 수 있음
  - 첫째, 국가도로정책 수립과정에서 교통 데이터는 정책수립의 준거로서 핵심적인 역할을 수행함
  - 둘째, 현재 우리나라에서는 교통량과 속도가 핵심 교통 데이터임
  - 셋째, 교통량과 속도의 신뢰성이 확보되지 않는다면 국가도로정책의 실효성이 저하될 수 있으므로 현재의 수집, 가공 체계에 대한 점검이 필요함
  - 넷째, 도로교통 분야의 새로운 빅데이터가 기존 교통량과 속도 데이터의 신뢰성을 개선하는데 어떤 역할을 할 수 있을지, 또한 지금까지는 추정할 수 없었던 새로운 지표를 생성할 수 있는지에 대한 연구가 필요함
- 연지윤 외(2012, p. 117)는 우리나라에서 교통량과 속도 자료의 활용성을 높이기 위해서는 양적규모 확보, 자료품질 확보 그리고 공유체계가 필요함을 지적하였음
  - 양적 규모와 관련하여 속도자료는 충분하나 교통량 자료는 부족함
  - 자료품질 측면에서 국외의 경우 교통자료에 대한 품질을 측정하고 있는데 반해 우리나라는 별도의 제도적 논의가 이루어지지 않고 있음
  - 공유체계와 관련하여서는 교통 데이터들은 교통정보의 제공 및 정산 등의 제한적인 목적으로만 활용되고 있으며 이력자료는 공유되지 않고 버려지고 있음
- 교통량과 속도 데이터 수집을 위한 검지체계를 전 간선도로망으로 확대하여 구축하는 것은 예산 제약으로 불가능하므로 대체적인 방안에 대한 모색이 필요함
  - 김찬성과 이석주(2012)는 현재의 교통량 및 속도 데이터는 풍부하지만(Data rich), 아직까지 정책에 필요한 정보로서 가공된 결과로는 부족하다고(Information poor) 지적함

- 국토교통부(2014)는 공공부문이 교통 데이터 수집 주체로서의 한계요인으로 첫째, 장비의 단가가 비싸며, 둘째 신뢰성 있고 정확한 자료를 얻기 위해 장비를 설치할 장소가 너무 많고, 셋째, 장비의 유지보수에 막대한 인력과 재정이 필요한 점을 지적하면서 이러한 이유로 미국과 유럽 등에서 민간 부문의 교통 데이터를 구입, 협력 등의 형태로 활발히 이용하는 추세임을 지적함

# 교통 데이터 수집 · 가공 체계와 변화

01 기존 교통 데이터 수집 · 가공 체계	25
02 교통 데이터 수집 · 가공 체계의 변화	31
03 차량운행경로 빅데이터의 활용 가능성	35



# 교통 데이터 수집 · 가공 체계와 변화

## 1. 기존 교통 데이터 수집 · 가공 체계

- 교통 데이터의 수집 · 가공 체계는 크게 지점검지체계(Point-based measurement)와 구간검지체계(Section-based measurement)로 구분됨

### 1) 수집체계

#### (1) 지점검지체계<sup>9)</sup>

- 지점검지체계는 특정 지점에서 차량의 존재나 통과에 대한 정보를 수집하는 방식임
  - 특정지점에 하나 이상의 검지영역을 설정하고 통과하는 차량들에 의하여 발생하는 물리적 변화를 분석함으로써 지점정보를 수집함
  - 차량검지기술은 루프, 영상, 초음파 등의 다양한 기술이 활용되고 있으며 도로 및 교통환경 등의 여건에 따라 적절한 기술을 선택해야 함
  - 일반적으로 센서(검지부)와 제어부로 구성되며, 센서의 자료를 제어부에서 연산하여 점유율, 속도, 차종, 중량 등을 검지해냄
- 지점검지체계는 특정지점의 교통자료를 이용하여, 전체 도로구간의 교통상황을 예상해야 함으로, 정확한 교통정보로의 추정을 위해서는 전략적인 검지영역 및 검지간격의 설정과, 복잡한 알고리즘 및 정밀한 파라미터의 설정이 수반되어야 함
- 지점검지기술별 장단점은 <표 3-1>과 같음

9) 국토교통부(2016, p.33~54) 내용을 발췌하여 정리함

**표 3-1** 지점검기기술별 장단점

구분	장점	단점
일반형 루프검지기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장검지의 우수성</li> <li>- 강력한 환경 내력(강우·강설·안개·황사·분진·진동·온도변화)</li> <li>- 기본적인 교통자료 취득 용이</li> <li>- 타 검지기 대비 설치비 저렴(경제성 우수)</li> <li>- 검지정보의 신뢰성 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차종 구분을 위한 정보수집 어려움</li> <li>- 설치공사 시, 교통통제 필요</li> <li>- 포장상태 변화에 따른 성능저하</li> <li>- 도로파손에 따른 유지보수비용 과다</li> <li>- 사용방법에 따른 검지신뢰도 저하</li> </ul>
차종분류형 루프검지기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 인프라 고도화 활용</li> <li>- 경제성 높음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차축 정보의 부재로 분류의 한계</li> </ul>
유도식 자기검지기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 강 상판 구조의 교량에서 동작</li> <li>- 루프식보다 노면 파손이 적음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노면 훼손</li> <li>- 매설 프루브의 유지보수 곤란</li> </ul>
지자기 검지기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선 RF형 가능</li> <li>- 저전력, 소형화 설계가 용이</li> <li>- 강력한 환경내력</li> <li>- 검지영역에 대한 조정 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지구자기장 각도에 따라 사용 불가지역 존재</li> <li>- 검지영역 불분명</li> <li>- 무선형의 경우 전지수명의 한계</li> </ul>
초음파 검지기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일본에서 풍부한 운영경험</li> <li>- 차고(높이) 검지가 가능</li> <li>- 환경 내력이 비교적 우수</li> <li>- 주야에 관계없이 운영가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 검지 주기가 길어 용도에 한계</li> <li>- 강풍에 영향</li> <li>- 루프검지기보다 구매·설치비 과다</li> <li>- 정체지역에서 검지정보 부정확</li> </ul>
CW Doppler Radar 검지기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정밀한 차량 속도 측정이 가능</li> <li>- 소형화로 타 장치에 내장 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정지차량 검지 애로</li> <li>- 설치를 위한 가설물 시공이 필요</li> <li>- 인접차로의 차고가 높은 차량의 영향으로 검지 신뢰도 저하</li> </ul>
FMCW/PCM Radar 검지기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다차로 검지가 가능</li> <li>- 근거리 검지의 경우 양호한 환경 내력</li> <li>- 도로 유지보수 시 손상이 없음</li> <li>- 기존 가설물 이용 설치 가능, 설치 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 카메라 설치를 위한 구조물 시공 필요</li> <li>- 주기적 유지보수 필요 (팬틸트 조정, 렌즈청소)</li> <li>- 설치/유지보수 시, 전문 인력 필요</li> <li>- 일출/일몰, 조도와 도로 표면 반사, 그림자, 안개, 강우, 강설 등 환경에 영향을 받음</li> <li>- 흔들리는 구조물에서 검지 신뢰성 저하</li> </ul>
영상검지기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설치시 직접적 교통방해 없음</li> <li>- 다양한 교통정보 수집</li> <li>- 검지영역의 설정 및 변경이 용이</li> <li>- 기존 구조물을 이용하여 설치 가능</li> <li>- 다차로 검지, 카메라 전 영역 분석 가능</li> <li>- 교통상황 실시간 모니터링 가능</li> <li>- 타 검지기와 통합 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물 시공이 필요</li> <li>- 설치/유지보수 시 전문 인력 필요</li> <li>- 가격 고가</li> <li>- 도로포장의 색, 빛, 날씨, 반사율이 높은 빨강 계통의 차량 등에 민감</li> <li>- 흔들리는 구조물에서 검지 신뢰성 저하</li> </ul>
적외선검지기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설치시 직접적 교통방해 없음</li> <li>- 기존 구조물을 이용하여 설치 가능</li> <li>- 설치가 용이하며 유지비 저렴</li> <li>- 주야에 관계없이 운영 가능</li> <li>- 주파수 혼선 우려가 낮음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물 시공이 필요</li> <li>- 설치/유지보수 시 전문 인력 필요</li> <li>- 가격 고가</li> <li>- 도로포장의 색, 빛, 날씨, 반사율이 높은 빨강 계통의 차량 등에 민감</li> <li>- 흔들리는 구조물에서 검지 신뢰성 저하</li> </ul>

출처 : 국토교통부(2016, p.47)

## (2) 구간검지체계<sup>10)</sup>

- 구간검지체계는 AVI(Automatic Vehicle Identification), Beacon, DSRC, GPS(Global Positioning System)등의 기술을 이용하여 일정구간에 대하여 시점부와 종점부를 통과하는 차량의 통과시각 차이를 통하여 구간통행시간 등의 교통정보를 직접 수집하는 체계를 말함
  - 지점검지체계의 한계를 극복하기 위해 AVI 방식과 Beacon 방식이 등장하여 구간검지체계가 등장하였으며, 이후 2010년 들어 무선통신기술의 발전에 따라 DSRC, GPS 기반 검지방식이 새롭게 등장함
  - DSRC와 GPS 방식은 개인이 차량에 단말기를 설치하여 한다는 점에 확장의 제약이 있었으나 적극적인 하이패스 단말기 보급 정책과 스마트폰의 등장으로 인한 내비게이션의 활용 확대로 최근 급격하게 데이터가 구축되기 시작함
- AVI 방식은 영상장비를 설치한 두 지점에서 촬영한 차량번호판을 매칭하여 동일한 차량의 촬영된 시간 차이를 이용하여 차량의 속도를 산출함
  - 모든 차량을 촬영하므로 정확도가 높고, 차량의 개략적인 궤적을 추적할 수 있음
  - 장비의 가격이 고가이므로 설치지점이 일반적으로 길며 이로 인해 시간차짐(Time lag) 현상이 발생함
- Beacon 방식은 위치 Beacon과 통신 Beacon으로 구성되며, 차량내 장치를 장착한 차량이 위치 Beacon을 통과하면서 위치 및 시간을 저장한 후 통신 Beacon을 통과할 때 위치 Beacon에서 송신받아 저장한 자료를 송신하여 센터에서 각 Beacon간의 수신시간 차이를 이용하여 통행시간을 산출함
  - Beacon 방식은 AVI에 비해 수집 구간이 짧아 시간차짐은 덜하고 차량의 궤적을 추적할 수 있는 장점이 있음
  - 통신 Beacon이 고가이므로 많은 지점에 설치가 어렵고, 교차로에 Beacon을 설치할 수 없어 교통정보 수집구간과 제공간이 차이가 발생하는 단점 존재
- DSRC 방식은 차량탑재장치(OBU: On-Board Unit, 이하 OBU)<sup>11)</sup>에서 순간속도

10) 주로 최기주 외(2009. p.572~573)의 내용을 발췌하여 정리함

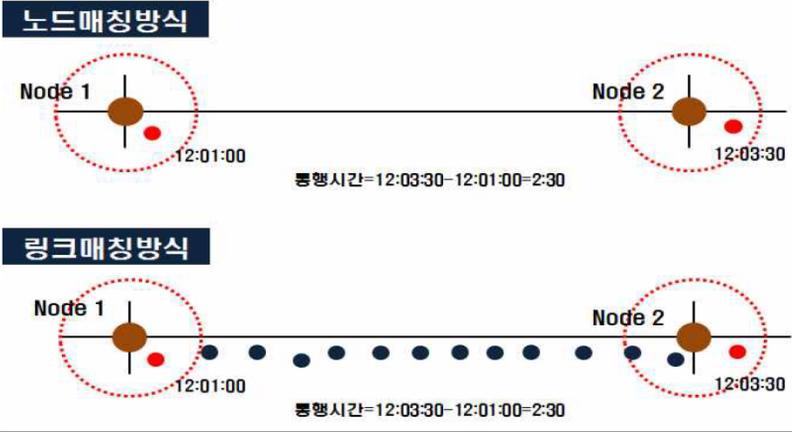
11) 무선 인터페이스를 통한 거래를 위한 차내장치(OBE: On-Board Equipment)의 일부로서 차량에 탑재되는 보조적인 장치들의 총칭으로 디스플레이, 스마트카드, 판독기, 키보드, 안테나 등이 있음

를 저장하고 있다가 RSE를 통과할 때 OBU에 저장된 자료를 송신하고 센터에서는 수신된 자료의 평균통행속도 및 시간을 산출함

- 하이패스 단말기를 프로브차량으로 활용할 수 있는 장점이 있음
  - OBU 및 RSE가 고가이므로 많은 지점에 설치할 수 없어 시간차집이 발생하고 확장이 어려우며 RSE 사이에서 차량의 위치를 확인할 수 없는 단점이 있음
- GPS 방식은 수집된 차량의 위치 정보와 시간을 통해 통행시간을 산출하는 방식임
- 스마트폰에 GPS 수신기가 기본 탑재되기 시작하면서 스마트폰 내비게이션 앱을 사용하는 차량 운전자의 통행경로와 통행속도의 추적이 가능해짐
  - 교통정보의 수집 및 제공 범위가 전국 주요도로로 확장됨
  - 통행시간 산출을 위해 노드매칭방식과 링크매칭방식이 이용되고 있음<sup>12)</sup>

**표 3-2 GPS를 이용한 통행시간 산출방식 비교**

구분	노드매칭방식	링크매칭방식
원리	각 노드에 설정한 범위 내에 존재하는 마지막 GPS 포인트의 시간차이를 통해 통행시간 산출	GPS 포인트 궤적을 링크에 매칭한 후 각 노드의 범위 내에 존재하는 마지막 GPS 포인트의 시간차이를 통해 통행시간 산출
장점	OBU에 맵이 불필요, 업데이트 용이	차량운행경로 추적 가능
단점	차량운행경로 추적 불가	OBU에 맵 필요, 업데이트 어려움



출처 : 최인구 외(2013, p.18)

12) 노드매칭방식은 차량 위치가 특정 노드의 위치를 통과할 때의 시간 차이를 이용하여 통행시간을 산출하는데 비해 링크매칭방식은 차량 궤적을 맵매칭을 통해 링크에 매칭한 후 동일한 방법으로 통행시간을 산출함(최기주 외, 2009, p.572-573)

□ 구간검지기기술별 장단점은 <표 3-3>과 같음

구분	장점	단점
AVI	- 통과차량의 번호판을 매칭하는 방식으로, 안정적인 표본 확보로 대표성 높은 정보 생성 가능 - 별도의 프로브차량(OBE, Tag 등) 운행 불필요	- 고가의 장비 이용으로 확장 어려움 - 구간 길이를 길게 할 경우, 시간차짐 발생 - 검지율, 인식률에 따른 오차 발생
Beacon	- 초고주파 또는 적외선을 사용하여 타 무선통신 방식에 비해 단말기 가격 및 차량장비 가격, 이용 요금이 저렴	- 프로브 수에 따라 데이터 신뢰도 결정 - 통신비컨이 고가이므로 확장 어려움 - 위치 정밀도가 다소 떨어짐 - 다중접속 불가능, 전송속도 저속
DSRC	- 5.8GHz 대역의 높은 주파수 사용으로, 빠른 전송속도, 많은 전송량 등에 유리 - 국가표준 설정 - 하이패스 장착차량을 프로브차량으로 활용가능 - 안테나 설정 및 RSE위치에 따라 도로방향별(상행/하행)의 소통정보 수집 가능	- RSE가 상대적으로 고가(타입에 따라 변동) - 안테나 종류(Omni/patch)에 따라 위치 정밀도(통신영역)가 달라짐 - 차량 궤적 추적 불가로 RSE 설치위치가 Node가 됨(확장을 위해서는 RSE 추가 필요)
GPS	- 차량운행경로 추적으로 지속적으로 수집된 세밀한 자료 분석 및 활용가능 - 좌표에 따라 Node(자료수집의 시종점) 설정이 가능하므로 Node의 추가 및 변경이 자유로움 - 초기 투자 이후 상대적으로 유지비용이 낮음(별도의 통신시스템에 따라 유지비용 변동)	- 터널, 차고지, 고층빌딩 사이 등에서 전파 음영지역 존재 - GPS 자료의 송수신이 가능한 양방향 통신시스템 필요(CDMA, 무선랜 등) - 상대적으로 초기투자 비용이 높음(별도의 통신시스템에 따라 초기투자비용 변동)

출처 : 국토교통부(2016, p.51~52) 일부 수정

## 2) 가공체계

□ 지점검지체계의 가공처리는 교통량, 점유율, 속도, 대기행렬길이 등의 지점검지기로부터 수집되는 기초자료로부터 차두거리, 차두시간, 밀도, 공간평균속도 등의 정보를 산출하는 과정임

- 원시자료의 수집, 오류 및 누락 처리과정(오류자료 판단, 이상치 제거, 결측자료 처리), 평활화, 시공간적 집계과정 등의 과정에서 세밀한 설계가 요구됨

□ 구간검지체계의 가공처리는 구간 수집자료에서 발생하는 오류의 처리와 다양한 요인으로 발생하는 이상치를 제거하고, 최소표본수 이상의 표본자료를 이용한 구간시점에서 종점까지의 통행시간과 통행속도를 산출하는 과정임

- 다양한 수집원으로부터 교통자료를 수집하는 경우, 신뢰도 높은 단일의 교통정보로 가공·통합하는 데이터 퓨전 과정을 거치며, 데이터 특성에 따라 적절한 알고리즘 적용이 필요
- 가공과정을 거쳐 생성된 현재시각 기준의 교통정보는 다양한 알고리즘에 의해 다시 차량이 미래에 이동하면서 지나게되는 시각을 기준으로한 예측자료로 가공처리 됨

### 3) 소결

- 지점검지체계는 교통량의 수집 정확도가 높은 장점을 갖고 있으나 구간정보 생성시 정확도 및 신뢰도를 담보할 수 없다는 점과 검지기 설치 및 유지비용이 높고 유지관리가 까다롭다는 점이 한계점임
- 구간검지체계는 차량운행경로를 추정할 수 있고 구간통행시간 정보를 정확하게 산정할 수 있다는 장점이 있으나 AVI를 제외한 경우 해당 지점의 전체 교통량 파악이 어렵다는 점이 한계점임

**표 3-4** 기존 검지체계별 특성

구분	지점검지체계	구간검지체계
수집자료	- 교통량, 지점속도, 밀도, 점유율 - 대기행렬길이	- 교통량(단말기 장착차량, 또는 매칭차량) - 구간통행시간, 구간통행속도 - 차종, 차량 주행궤적(경로) 등
기술형태	- 루프, 영상, 레이저, 초음파, 초단파 등 - 인프라 기반 불특정 다수	- AVI, DSRC, RFID 등 - 특정차량기반 또는 인프라기반 불특정 다수
기능	- 돌발상황 검지 - 전수차량 검지 가능 - 차로별 차량 검지 가능	- 지점검지기보다 정확한 통행시간 정보 산출 - 구간 및 경로정보 제공가능
문제점	- 유지관리 어려움 - 경로추적 어려움 - 교통류 상태, 검지간격 등이 가공정보 신뢰성에 큰 영향을 미침	- 해당 지점(구간)의 전체 교통량 파악 어려움 - 실제 통행시간 정보가 이미 과거의 정보가 됨(시간차집) - 버스전용차로 등 차로별 교통운영을 달리 하는 경우 차로별 정보 파악 불가

출처 : 국토교통부(2016, p.45)

- 기존 교통 데이터 수집·가공 체계의 근본적인 한계점은 검지기가 설치된 지점에서만 교통 데이터의 수집이 가능하다는 점과 모든 지점에 장비를 설치하는 것은 예산 제약으로 불가능하다는 점임
  - 특히, 계획 측면에서 교통량은 매우 중요한데 많은 미관측 구간이 존재
  - 교통량 미관측 구간의 교통량 추정을 위한 다양한 방법론<sup>13)</sup>이 사용되고 있으나 추정모형이 대부분 복잡하고, 추정결과의 신뢰도를 담보하기 어려움

## 2. 교통 데이터 수집 · 가공 체계의 변화

- 1990년대 초부터 ITS 사업은 지점검지체계 기반의 교통정보 생성으로 시작하여 구간검지체계로 발전하였으며 2010년경부터 하이패스 단말기의 보급 증가, 내비게이션 이용의 폭발적 증가로 새로운 변화가 시작됨
  - 무선통신기술의 발전과 스마트폰의 등장으로 기존 구간검지체계에 포함되던 DSRC 기반 교통 데이터, GPS 기반 교통 데이터가 급격히 증가하고 높은 활용 가능성을 보임
- 조순기(2016)은 이러한 교통 데이터 수집·가공 체계의 변화를 지점 데이터 수집(1세대), 구간 데이터 수집(2세대), 위치기반 차량 데이터 수집(3세대)로 구분함<sup>14)</sup>

**표 3-5** 교통 데이터 수집방식의 변화

구분	1세대 지점 데이터 수집	2세대 구간 데이터 수집	3세대 위치기반 차량 데이터 수집
수집 방법	도로상의 VDS 및 센서	AVI, DSRC, Beacon	무선통신 단말장치 이용
수집 정보	지점 평균속도, 교통량, 점유율	통과시각 정보로 구간 통행 시간 추정	위치정보(차량운행경로), 차량 상태정보, 이벤트 정보

13) 한국교통연구원(2015b. pp.17-24) 참조.

14) 조순기(2016)는 C-ITS 환경에서의 3세대 위치기반 차량 데이터 수집을 언급하고 있는 것으로 본 연구에서의 차량 운행경로 빅데이터가 GPS 기반 교통 데이터, DSRC 기반 교통 데이터를 다루고 있는 점에서는 일부 차이가 있음

구분	1세대 지점 데이터 수집	2세대 구간 데이터 수집	3세대 위치기반 차량 데이터 수집
특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전통적 정보수집방식, 교통류의 소통상황 파악에 유리</li> <li>· 초기 투자 및 유지관리 비용 높음</li> <li>· 지점정보 수집 신뢰도는 높으나 구간정보 추정시 신뢰도 낮아짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 통행시간 직접 수집 가능</li> <li>· 지점방식보다 구간정보 추정 시 신뢰도 높음</li> <li>· 인프라 투자비용이 높음(공공에서 투자하여 추진)</li> <li>· 구간별 적정 프로브 확보 중요</li> <li>· 개인 위치정보 활용 동의 및 암호화 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실시간성과 신뢰성이 가장 높음</li> <li>· 위치, 차량정보 수집을 활용한 다양한 서비스 개발 가능</li> <li>· 데이터 처리규모 가장 많음</li> <li>· 구간별 적정 프로브 확보 중요</li> <li>· 개인 위치정보 활용 동의 및 암호화 필요</li> <li>· 통신방식에 따라 인프라 구축 비용 다양</li> </ul>

자료 : 조순기(2016, p.22)를 참고하여 재구성

- 차량운행경로 빅데이터란 차량의 운행궤적이 기록되는 교통 데이터를 의미하며, GPS 기반 교통 데이터와 DSRC 기반 교통 데이터로 구분할 수 있음<sup>15)</sup>
  - GPS 기반으로 수집되는 교통 데이터는 민간 부문의 내비게이션 데이터와 교통안전공단 DTG 데이터가 있음
  - DSRC 기반으로 수집되는 교통 데이터는 고속도로, 일반국도, 일부 지자체 도로에 설치된 RSE를 통해 수집되는 하이패스 단말기 기반 데이터임
- DSRC, GPS 기술기반 프로브차량을 통한 교통 데이터 수집 체계는 기존의 지점 및 구간 교통 데이터 수집체계와는 전혀 차원의 데이터 수집과 제공 환경임
  - 이러한 변화는 공공 부문의 역량에만 의지하던 교통 데이터의 수집이 점차 민간과 일반 이용자들에게 확대되는 과정으로 기업의 업무처리방식의 변화와 매우 유사함
- 전통적으로 기업은 인소싱(Insourcing)<sup>16)</sup>으로 업무를 처리하여 왔으나 1990년대 이후 일부 업무를 아웃소싱(Outsourcing)<sup>17)</sup>을 통해 경쟁력을 강화하였으며, 최근

15) 국토교통부(2016)에서는 GPS, DSRC 기반 교통 데이터를 기존 구간검지체계에 포함하였으나 최근 활용이 기하급적으로 증가하여 데이터가 크게 쌓이고 있다는 점과 단순히 구간통행속도만을 산출하는데 국한된 것이 아니라 차량운행경로가 기록된다는 점에 근거하여 본 연구에서는 새로운 교통 데이터 수집체계로 분류함

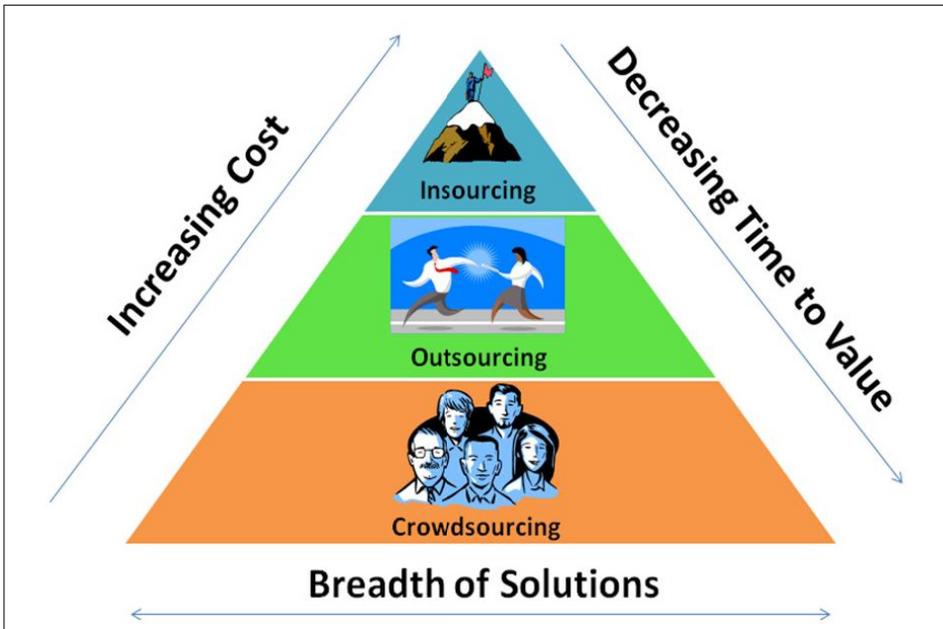
16) 인소싱은 기존의 전통적인 기업 경영의 방식으로 기업 내부 조직의 계통과 체계를 통해 서비스와 기능을 직접 전달하는 경제활동방식(위키피디아(<https://ko.wikipedia.org>)[2016.11.20])

17) 아웃소싱은 기업의 내부 프로젝트나 제품의 생산, 유통, 용역 등 외부의 제3자에게 위탁처리하는 것으로 기업은 핵심사업에만 집중하여 생산성 향상을 극대화시킬 수 있음(위키피디아). 미국 제조업 분야에서 도입되기 시작하였으며 현재는 IT, 인사, 회계, 고객 서비스 등 전 분야로 확대되고 있음(위키피디아(<https://ko.wikipedia.org>)[2016.11.20])

크라우드소싱(Crowdsourcing)<sup>18)</sup>을 통해 급격히 변화되는 여건에 대응하면서 기업의 경쟁력을 유지하고 있음

- 아웃소싱은 소수의 전문가 중심이며 크라우드 소싱은 다수의 비전문가가 포함됨
- 크라우드소싱은 대중들의 참여로 대중의 니즈를 파악할 수 있고, 자연스럽게 고객의 확보로 이어질 수 있음
- 크라우드소싱은 공유경제의 핵심플랫폼으로서의 기능을 제공하며 에어비앤비 등의 사례가 해당되며, 집단 지성의 특성이라는 측면에서 위키피디아 사례를 들 수 있음

그림 3-1 기업의 업무처리 패러다임 비교

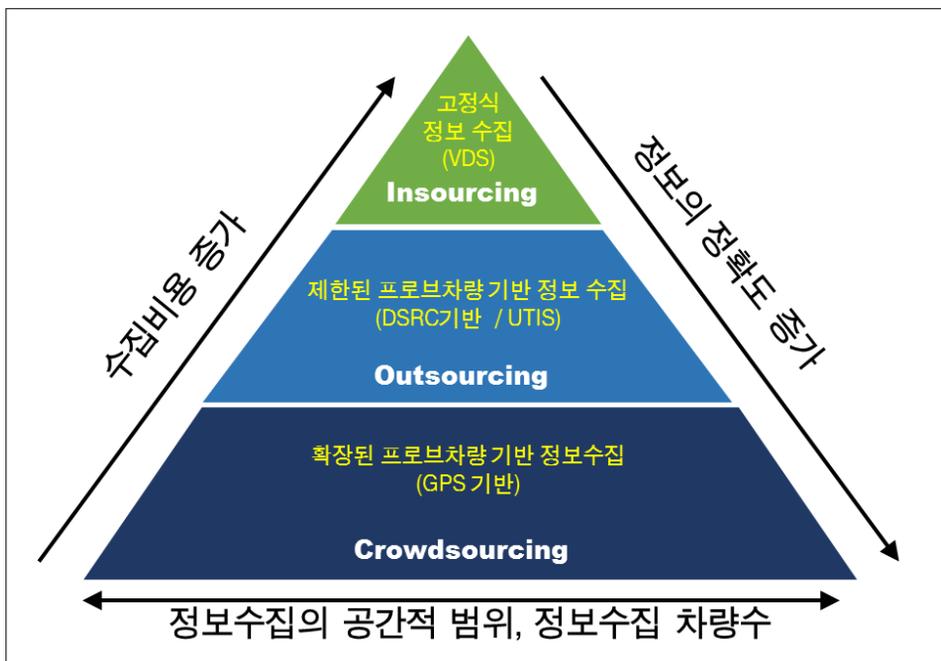


출처 : <https://blogs.sap.com/2009/03/09/crowdsourcing-through-knowledge-marketplace/>[2016.12.04]

18) 크라우드 소싱은 기업활동의 일부 업무에 소비자 또는 대중이 참여할 수 있도록 개방하는 방법으로 '대중(crowd)'과 '외부자원활용(outsourcing)'의 합성어로 소수의 전문가에 국한된 것이 아니라 비전문가인 고객과 대중에게 문제의 해결책을 아웃소싱하는 것임. 2006년 제프 하우(Jeff Howe)에 의해 와이어드(Wired)에 최초로 소개됨(위키피디아). 대표적인 사례로 위키피디아, 공유경제의 플랫폼을 들 수 있음(위키피디아(<https://ko.wikipedia.org>)[2016.11.20])

- 교통 데이터의 수집·활용 체계도 유사한 형태로 발전하고 있음
  - 공공부문 주도의 지점식 교통 데이터 수집은 인소싱에 해당됨
  - 구간 정보 수집을 위한 DSRC 기반 교통 데이터 수집(제한된 하이패스 단말기 차량 정보 수집)을 통한 구간 정보 수집은 아웃소싱에 해당됨
  - IT 기술의 발전에 따라 스마트폰, 차량용 내비게이션과 같은 GPS 기반으로 교통 데이터의 수집이 확대됨과 동시에 정보의 활용자가 동시에 제공자가 된 형태는 클라우드소싱으로 볼 수 있음
- 교통 데이터의 수집이 클라우드소싱의 형태로 발전함에 따라 교통 데이터의 수집 비용 감소, 수집 정보의 정확도 증가와 공간적 범위의 확대 등의 효과가 발생함(그림 3-2. 참조)
- 차량운행경로 빅데이터의 중요한 특징은 교통 서비스를 제공받으면서 교통 데이터를 제공하는 특성으로 개개인의 이동성을 향상시키고 통행관련 편의 증진시키면서 동시에 방대한 교통 데이터를 생산하는 점임
  - 즉, 교통 정보의 소비자가 동시에 교통 데이터의 생산자가 된다는 점임
  - 이러한 특징은 교통 데이터 수집원의 확장에 추가적인 비용소요가 최소화된다는 점, 교통 데이터의 수집이 서비스 이용과 동시에 발생한다는 점, 데이터가 자동으로 수집된다는 점, 개인정보 제공에 대한 거부감이 상대적으로 덜하다는 점에서 기존의 교통 데이터 수집체계와 명백한 차이가 발생
- 이러한 차량운행경로 빅데이터의 차별성은 국가도로정책의 수립 과정에 혁신적인 발전을 가져올 수 있음

그림 3-2 교통 데이터 수집방식의 비교



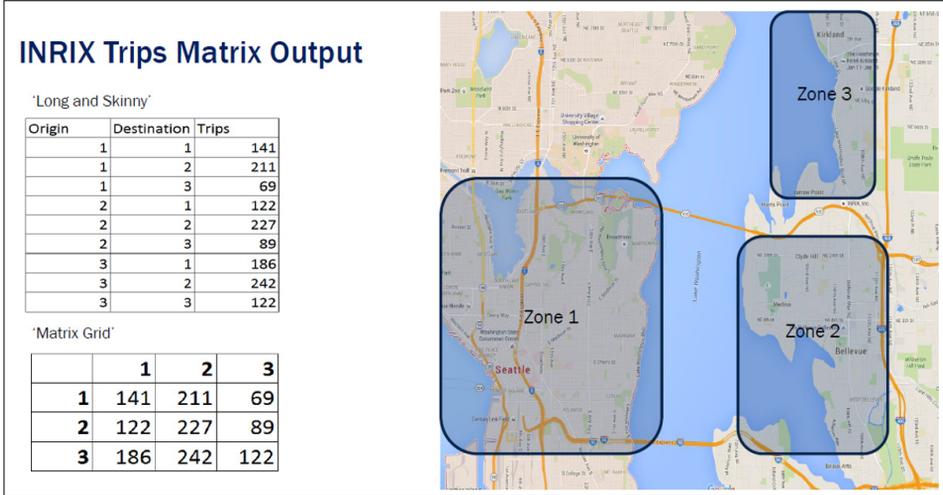
출처 : 저자 작성

### 3. 차량운행경로 빅데이터의 활용 가능성

- 차량운행경로 빅데이터는 지금까지는 알 수 없었던 전국의 모든 개별 링크의 OD, VKT, 광역통행비율 등 교통량의 세부 특성을 분석할 수 있음
- GPS 기반의 교통 데이터를 수집하여 공공부문 등에 판매하고 있는 미국 INRIX의 분석사례를 통해 차량운행경로 빅데이터의 다양한 활용 가능성을 참고할 수 있음<sup>19)</sup>
  - <그림 3-3>은 INRIX TRIPS에서 제공하는 기종점 데이터의 예시로 사용자는 존을 원하는대로 정의하거나, 기존의 행정구역단위로 지정하여 교통량 및 기종점 데이터를 구독할 수 있음

19) www.inrix.com[2016.12.17]

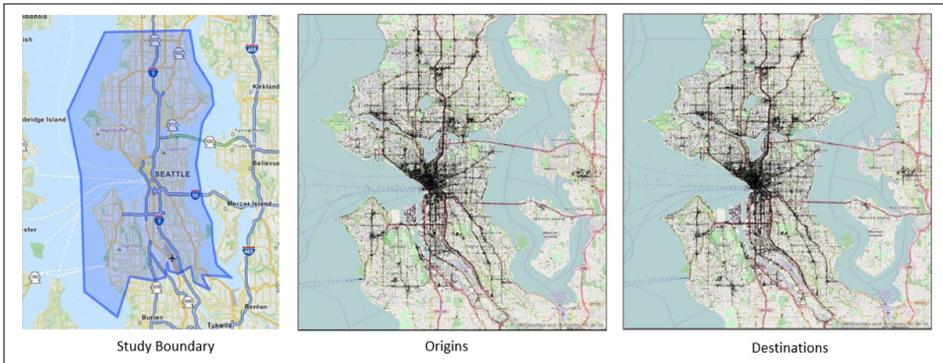
**그림 3-3 INRIX TRIPS에서 제공하는 기종점 데이터**



출처: www.inrix.com[2016.12.17]

- <그림 3-4>는 2016년 5월 8일부터 14일까지 시애틀 지역에서 수집된 데이터<sup>20)</sup>를 지도에 표출한 것으로 기종점이 명확하게 표출됨을 확인할 수 있음

**그림 3-4 INRIX의 시애틀 분석 사례**

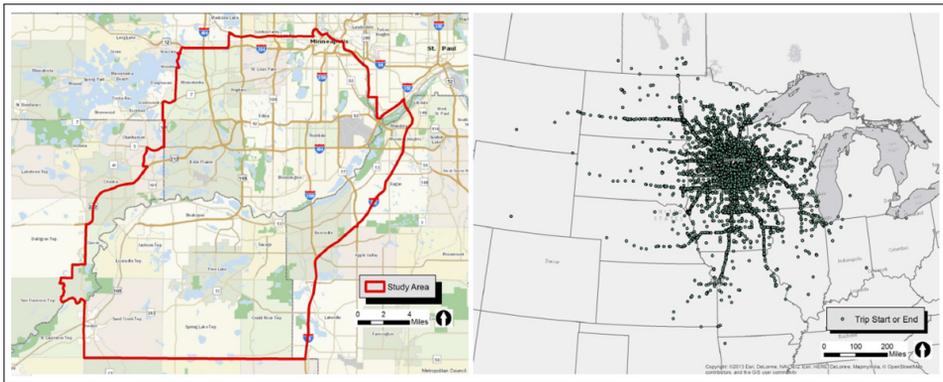


출처: inrix.com[2016.12.17]

20) 교통 데이터의 63%는 INRIX 서비스를 이용하는 운전자에게서 수집된 것이며, 37%는 데이터를 제공하는 목적으로 계약된 차량으로부터 수집됨. 차종별로는 일반 승용차는 약 66%, 13톤이 넘는 대형화물 차량의 비율은 12%임. 기기별로는 29%는 차량에 설치된 GPS 단말기, 71%는 스마트폰을 통해서 구득됨

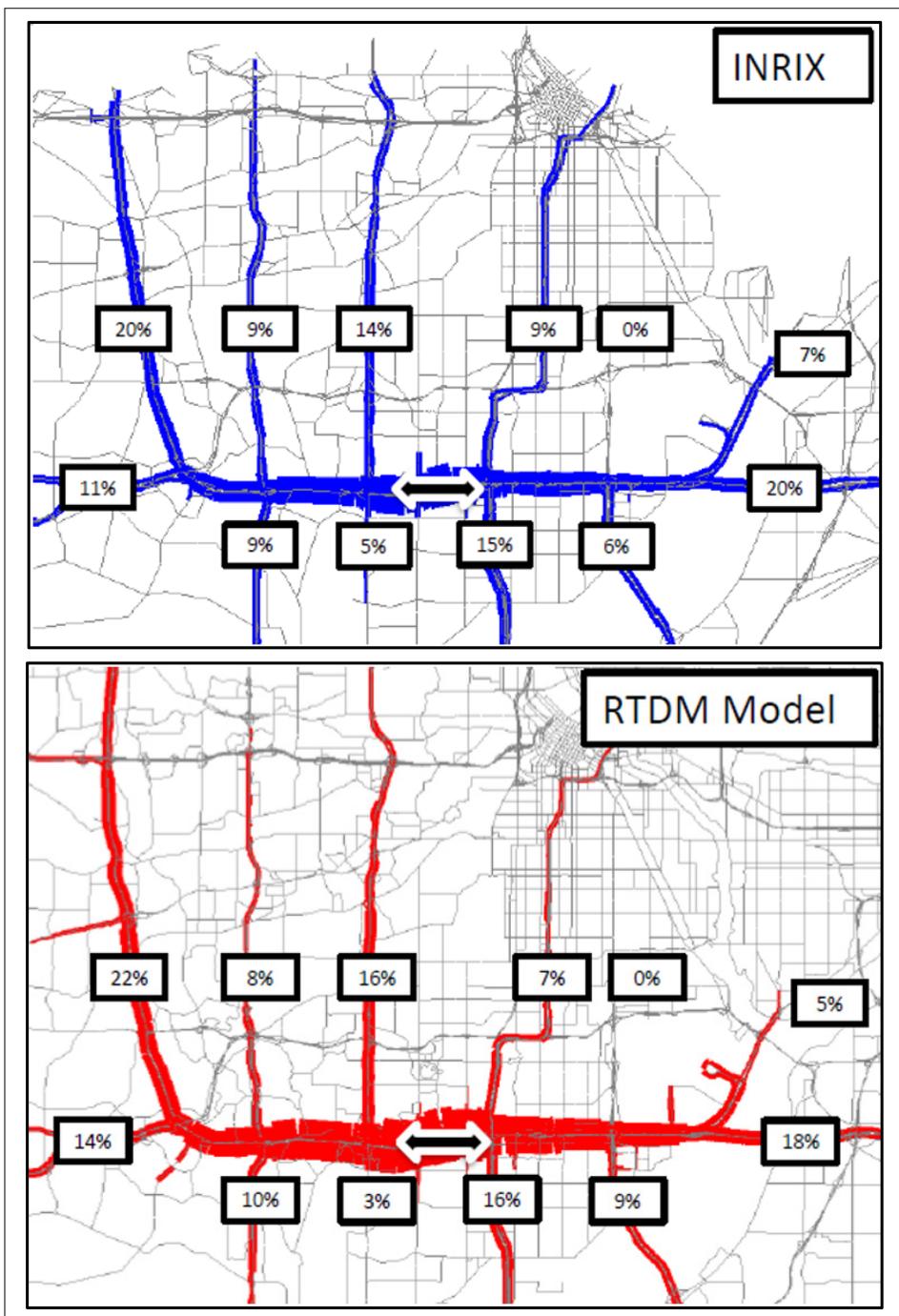
- <그림 3-5, 6>는 미네소타 트윈시티를 대상으로 교통수요모형에 사용된 기종점 데이터를 평가하는 연구 사례임
- <그림 3-5>는 대상지와 대상지 내 기종점을 표출한 것임
- <그림 3-6>은 INRIX의 데이터와 교통수요모형의 결과를 특정 링크를 대상으로 비교한 결과로 교통수요모형의 예측치가 높은 수준임을 확인할 수 있음

**그림 3-5** 기종점 위치정보 표출 사례



출처: inrix.com[2016.12.17]

그림 3-6 기종점 데이터 비교 결과



출처: inrix.com[2016.12.17]

CHAPTER 4

# 차량운행경로 빅데이터 고찰

01	내비게이션 데이터	41
02	전자식 운행기록장치 데이터	50
03	하이패스 단말기 데이터	61
04	시사점	68



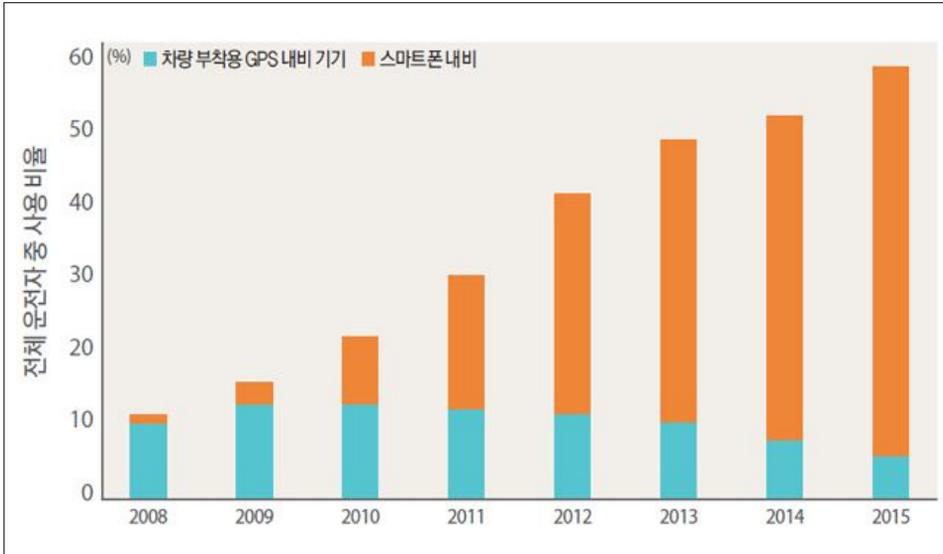
## 차량운행경로 빅데이터 고찰

### 1. 내비게이션 데이터

#### 1) 수집 현황

- 내비게이션은 차량경로안내를 위한 단말기로 개별 내비게이션 단말기에서 생성되는 데이터는 1초 단위의 GPS(Global Positioning System) 좌표 데이터임
- 현재 내비게이션 빅데이터는 민간이 수집 주체이며, 스마트폰 앱 기반 내비게이션과 차량용 내비게이션으로 구분할 수 있음
  - 스마트폰 앱은 포털(네이버, 카카오), 이동통신사(SK텔레콤, KT, LG유플러스)가 대표적임
  - 차량용 단말기는 현대엠엔소프트, 텅크웨어 등의 업체가 주도하고 있음
- 전체 운전자 중 내비게이션 사용비율은 2015년 현재 약 60%에 달함(임일과 조진서, 2015)
  - 내비게이션이 본격적으로 도입되기 시작한 2008년 당시에는 차량용 내비게이션이 시장의 대부분을 점유하였으나 스마트폰의 확산에 따라 2015년 현재는 상당수의 운전자들이 스마트폰 앱 기반 내비게이션을 사용함(그림 4-1. 참조)
  - 2016년 7월 기준으로 티맵의 순 이용자수는 648만명으로 압도적이며 카카오내비, KT올레아이나비 등이 약 229만명으로 뒤를 잇고 있음(그림 4-2. 참조)

그림 4-1 한국 내비게이션 시장의 변화



출처 : 임일과 조진서(2015, p.30)

그림 4-2 내비게이션 월간 이용자수(2016.7월 기준)



자료: 한경비즈니스(2016, p.12)

- 한국교통연구원 KTDB Lab 플랫폼에 자료를 제공한 (주)현대엠엔소프트의 데이터 현황은 다음과 같음<sup>21)</sup>
  - 시간적 범위 : 2014년 1월 ~ 12월
  - 공간적 범위 : 전국
  - 기반지도 : ITS 국가표준노드링크(총 링크개수 255,590개)
  - 수집차종 : 승용차
  - 자료의 크기 : 약 345만개 단말기, 약 3억(건/월) 이벤트 발생
  - 수집자료 : 단말기 정보 실시간 데이터
  - 수집내용 : 구간 통행속도, 구간 프로브건수
  - 커버리지 : 전체 약 85.26%
- 수집 데이터의 형태는 GPS 좌표 기반의 원시데이터가 아닌 GIS 링크 단위로 맵 매칭을 수행한 1차 가공형태의 자료임
  - 데이터 항목 중 진/출입 링크는 ITS 표준노드링크 단위가 적용되며, 내비게이션 수집 데이터의 테이블 형태는 <표 4-1>과 같음

**표 4-1 내비게이션 수집 데이터 테이블**

No	Column	Type	설명	비고
1	AUTH_KEY	Integer	단말기 ID	-
2	FROM_LINK	Integer	진입 링크	-
3	TO_LINK	Integer	진출 링크	-
4	LINK_TIME	Date Time	수집 시간 (년/월/일/분/초)	-
5	SPEED	Double	속도(kph)	-

출처 : 한국교통연구원(2014, p.566)

21) 민간 내비게이션 회사의 교통 데이터 수집현황은 기업 내부 자료로 협조가 매우 어렵기 때문에 한국교통연구원 (2014)를 참조하여 현대엠엔소프트에서 제공한 자료에 특성을 정리하였음

- 1차 가공된 내비게이션 데이터를 이용하여 진입 링크를 기준으로 시간 순서대로 데이터 정렬 작업을 수행한 후, 동일 단말기 ID별 시간 그룹을 설정하고 시간 그룹별 데이터를 아래와 같이 경로 탐색 및 보정을 통한 2차 가공 작업을 수행함
  - 링크와 연결성이 없는 고립 노드, 노드 중복, 링크의 속성정보와 실제 노드와의 연결성 체크, 다른 링크와의 연결성이 없는 고립 링크 체크, 링크의 방향성 등에 대하여 표준노드링크를 수정함
  - 단말기별 수집데이터를 확인하여 이벤트 개수가 특정 개수 이하(20건)이면, 데이터를 필터링하여 불안정한 데이터를 제거함
  - 경로탐색 방법은 링크의 시작노드와 다음 진행 링크의 종료노드를 기준으로 경로 탐색하여 해당구간의 링크를 검색함
  - 동일 단말기 내에서 이벤트 수집시간 간격이 30분 이상 발생 시에는 별도의 그룹으로 데이터를 분류함
  - 동일 단말기 내에서 이벤트의 누락 구간의 거리의 차가 최대 50Km이상 발생 시에는 별도의 그룹으로 데이터를 분류함
  - 별도의 그룹으로 분류된 데이터는 데이터 로딩 순서대로 경로탐색을 반복 수행하여 데이터의 연결성 검수 및 데이터를 보정함
  - 검색한 링크 리스트 중에서 새로운 링크를 검색 시에는 이를 그룹 내의 링크로 추가하여 누락구간 부분을 보정함
  - 검색한 링크 리스트 중에서 그룹 내의 링크가 해당하지 않으면 데이터를 제거함
- 2차 가공작업 수행 후, 기본 데이터의 테이블 형태는 <표 4-2>와 같으며, 링크구간별 프로브 건수와 통행속도 데이터를 알 수 있음
  - 이 데이터는 각종 정보제공 지표 산출을 위한 기본 입력 자료로 활용됨
- 프로브 건수는 해당 링크구간을 통과하는 차량의 대수를 의미하며, 집계시간 간격에 따라 일프로브통행량(Average Daily Probe, 이하 ADP), 연평균 일프로브통행량(Annual Average Daily Probe, 이하 AADP) 등으로 구분할 수 있음

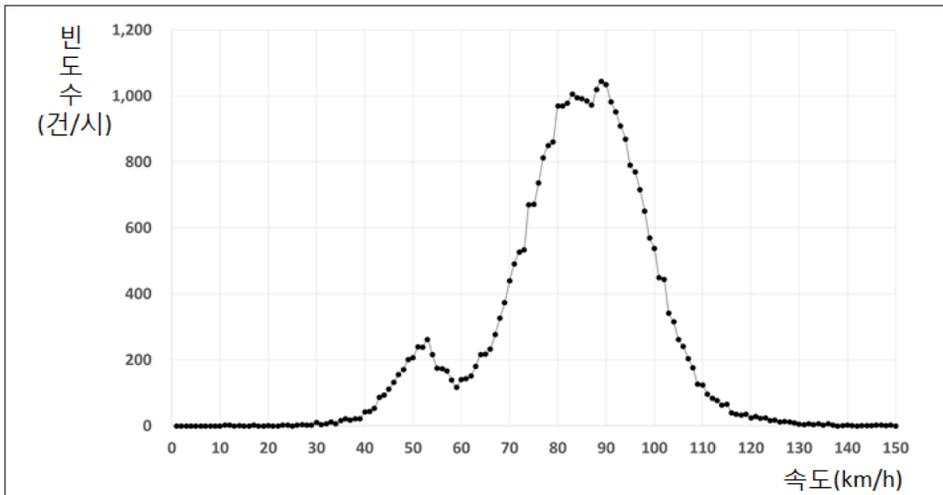
**표 4-2 기본 데이터의 테이블 형태**

No	Column	Type	설명	비고
1	YEAR	Varchar	수집 년	-
2	MONTH	Varchar	수집 월	-
3	FROM_LINK_ID	Integer	진입링크 ID	-
4	WEEK_TYPE	Integer	요일	평일평균
5	TIME	Integer	시간(1h)	
6	VEHICLE_COUNT	Double	프로브(Probe)건수	
7	SPEED_1km_h	Double	속도 0km 빈도수	
⋮	⋮	⋮	⋮	1km/h 단위로 2부터 149km/h까지 컬럼 생성
156	SPEED_150km_h	Double	속도 150km/h 이상 빈도수	

출처 : 한국교통연구원(2015b, p.95-96)

- 통행속도는 링크별로 수집되는 건별 내비게이션 통행속도 데이터를 시간집계 단위에 따라 이산적인 속도 범위(1~150km/h)에서 통행속도 분포도(Speed Profile)의 형태로 저장하고 있음

**그림 4-3 통행속도 분포도의 형태(예시)**

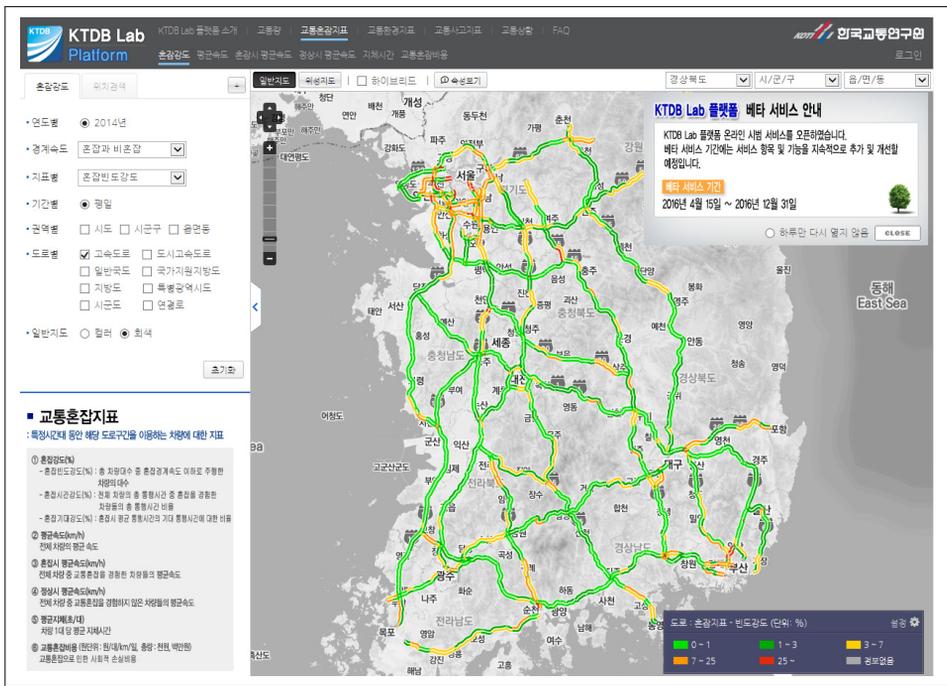


출처 : 한국교통연구원(2015b, p.47)

## 2) 활용 현황

- 내비게이션을 통해 교통 데이터를 수집하는 민간 회사들은 실시간 교통소통정보 표출, 교통 패턴데이터 도출에 국한하여 활용하고 있으며 일부 민간 보험사와의 연계 상품 출시 등 시범적인 서비스를 시작하고 있음
- 공공부문의 내비게이션 데이터를 활용한 사례는 2013년부터 개발을 시작하여 현재 시범운영 중에 있는 한국교통연구원의 KTDB Lab 플랫폼이 있음
  - KTDB Lab 플랫폼은 특정한 공간(도로, 지역)이나 특정한 시간대의 혼잡의 정도를 한눈에 파악할 수 있도록 다양한 혼잡지표를 활용하여 표현한 21세기형 도로망 정보 지도임

**그림 4-4 한국교통연구원 KTDB Lab 플랫폼 홈페이지**



출처 : KTDB Lab 플랫폼(<http://118.129.9.222/map/map.do>)[2016.9.12]

□ KTDB Lab 플랫폼의 서비스 정보는 교통량, 교통혼잡지표, 교통환경지표, 교통사고지표, 교통상황 정보로 구분됨(<표 4-3> 참조)

- 시간적 범위 : 2014년(평일 기준)
- 공간적 범위 : 전국
- 도로별 구분 : 고속도로, 도시고속도로, 일반국도, 국가지원지방도, 지방도, 특별·광역시도, 시·군도, 연결로
- 권역별 구분 : 시/도, 시/군/구, 읍/면/동

**표 4-3** KTDB Lab 플랫폼 제공 정보

구분	세부 정보	제공 단위	제공 범위	
			도로별	권역별
교통량	관측교통량	대/일	○	×
	추정 구간교통량	대/일, 대/시	○	○
	차량주행거리(VKT)	대·km/일	○	○
교통혼잡지표	혼잡강도	혼잡시간강도	%	○
		혼잡빈도강도		
		혼잡기대강도		
	평균속도	km/h	○	○
	혼잡시 평균속도	km/h	○	○
	정상시 평균속도	km/h	○	○
	지체시간	초/대/일	○	○
교통혼잡비용	원/대/km/일	○	×	
	천원	○	○	
교통환경지표	이산화탄소 배출량	g/대/km/일	○	×
		kg	○	○
	미세먼지 배출량	mg/대/km/일	○	×
		g	○	○
	일산화탄소 배출량	g/대/km/일	○	×
		kg	○	○
	휘발성 유기화합물 배출량	g/대/km/일	○	×
		kg	○	○
질소산화물 배출량	g/대/km/일	○	×	
	kg	○	○	
교통사고지표	구간교통사고건수	건/60일	○	×
	구간교통사고율	건/백만대/일	○	×
교통상황	실시간 교통정보	km/h	○	×

출처 : 한국교통연구원(2015b, p.137), KTDB Lab 플랫폼(<http://118.129.9.222/map/map.do>)

- 현재 KTDB Lab 플랫폼에서는 2014년 전체 평일 평균 기준으로 각종 산출 지표를 제공하고 있는 상태이며, 향후 내비게이션 데이터 공급처의 확장을 통하여 정보 제공의 범위를 월별/요일별/일별/시간대별로 세분화하는 것을 목표로 하고 있음
  - 기본 입력 데이터 이외에 다양한 가공 데이터를 생성하여 교통예보, 링크 기반 O/D 산출, 교통신호 운영, 이동류별 교통량 추정 등 다양한 연구 분야의 기초 자료로서 활용이 가능하도록 할 예정임

### 3) 한계점

#### (1) 수집 단계의 한계점<sup>22)</sup>

- (기술 특성에 따른 신뢰도 저하) 도심부에서 정밀도 저하, 음영지역 발생, 날씨의 영향 등 GPS 기술 특성에 따른 신뢰도 저하의 문제가 있음
  - 미국 INRIX에서 시행한 미네소타 트윈시티를 대상으로 시행한 연구에서 맵 매칭 과정에서 GPS 원시데이터의 50%가 이상치로 제거된 사례가 있음
- (원시데이터 제공의 어려움) 현재 민간에서 제공하고 있는 내비게이션 빅데이터의 형태는 원시데이터를 1차 가공한 자료의 형태이며, 개인정보보호법으로 인하여 GPS 차량 이동궤적의 원시데이터로는 제공받을 수 없음<sup>23)</sup>
  - 따라서 원시데이터를 1차 가공 데이터로 변환할 때 발생하는 맵 매칭 오류와 속도 산출 오차에 대해서는 보완이 불가능함
- (표본 자료의 신뢰도 문제) 내비게이션 데이터는 표본이므로 표본 자료에 대한 신뢰도 문제가 발생하며 유효표본수와 데이터 신뢰도 평가 문제로 구분할 수 있음
  - 유효표본수 문제는 전체 모집단을 대표할 수 있는 최소 표본 수를 말하며, 지방부 도로, 도시부 세가로 등에서 표본수가 부족한 구간이 발생함<sup>24)</sup>

22) 한국교통연구원에 제공된 내비게이션 데이터의 문제점을 중심으로 정리함

23) 2016년 9월 발의된 “정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률 일부개정법률안”에 따르면 특정한 개인을 알아볼 수 없도록 개인정보를 가공 및 처리하는 비식별 조치를 규정하고 있음. 즉, 개인정보를 알아볼 수 없도록 비식별 화할 경우, 그 동안 활용하지 못한 수많은 개인정보 데이터의 활용이 가능할 것으로 판단됨. 따라서 향후에는 기존에 활용할 수 없었던 개별 차량의 차량운행경로 데이터를 활용할 수 있는 가능성이 생김

24) 이는 특정 업체의 내비게이션을 이용하는 차량만을 대상으로 하기 때문에 해당 업체의 시장 점유율과 연관됨

- 최소 표본수 이상의 링크구간에서는 데이터의 신뢰도 평가를 위한 대표 구간의 선정과 신뢰도 평가방법에 대한 일반화가 고려되어야 함
- (데이터 제공의 지속가능성 문제) 민간업체에서 데이터를 수집하여 제공하므로 향후 여건변화에 따라 공급이 중단되거나 타 업체로 변경될 경우 연속적인 분석의 한계가 발생할 수 있음
- (실시간 데이터 제공의 부재) 현재 제공된 내비게이션 데이터는 과거이력자료로 실시간 분석이 아닌 이력 분석만 가능함

## (2) 활용 단계의 한계점

- (제한적 활용) 민간 내비게이션 업체별로 실시간 교통소통정보의 표출, 패턴 데이터의 구축에만 제한적으로 활용되고 있으며, 개인정보보호 관련 문제로 외부기관에 데이터 제공이 매우 제한적임
- (교통량 추정의 정확도 개선) 내비게이션 표본 특성에 따른 정확도 개선 필요
  - 비주요 도로구간에서는 내비게이션 표본율이 낮기 때문에 교통량 추정 결과의 신뢰도가 떨어지는 경향이 있음(1일 단위의 교통량 추정은 가능할 수 있으나 1시간 또는 1시간 미만 단위의 교통량 추정에는 한계)
  - 현재 수집 중인 내비게이션 데이터가 승용차만의 데이터로 편기되어 있어 해당 데이터를 이용하여 차종별로 교통량 추정하는 데에 한계
  - 내비게이션 데이터의 표본율이 평균 약 1~5%의 수준으로 수집되고 있으므로 이 표본율이 모집단을 대표할 수 있는 표본이 될 수 있는 지에 대한 추가 검증이 필요

## (3) 소결

- (수집 측면) 실제 내비게이션 데이터는 매우 방대하게 수집되고 있으나, 개인정보 보호의 제약으로 분석을 위해 제공된 데이터는 매우 제한적이며 이 또한 지속성

---

향후 차량운행경로 빅데이터 공급원이 확장되면 해소될 수 있음

있음을 담보할 수 없음

- 개인정보의 중요성을 고려할 때 기술적으로 완벽한 수준의 암호화, 비식별화가 담보되어야하고 법제도적으로 연구목적의 경우에 제공의 예외적 허용이 필요함
  - 문제점으로 제시된 표본의 신뢰도 문제(표본수 부족, 표본의 편기, 이력자료의 한계)는 향후 더 많은 내비게이션 자료가 제공된다면 해결될 수 있을 것임
- (활용 측면) 실제 데이터를 수집하고 있는 내비게이션 업체에서는 실시간 소통정보의 생성과 패턴 데이터 도출 등에만 제한적으로 사용하고 있음

## 2. 전자식 운행기록장치 데이터

### 1) 수집 현황

- 2011년부터 교통안전법 제55조에 의거하여 버스, 택시, 화물 등 사업용 차량<sup>25)</sup>에 전자식 운행기록장치(Digital TachoGraph; 이하 DTG) 장착이 의무화됨
- 기존차량의 경우 버스와 일반택시는 2012년까지, 개인택시와 화물차량은 2013년까지 장착을 완료하도록 하였으며, 2011년 이후의 신규등록차량은 의무적으로 장착하고 있음
- DTG의 장착 목적은 운행기록의 분석을 통해 자동차, 운전자, 교통수단 운영자에 대한 교통안전 업무에 활용하기 위함임
- 2015년 10월 현재 장착 대상인 약 60여 만대의 사업용 자동차에 설치되어 있음
- 화물차량은 2013년 12월부터, 버스/택시는 2012년 6월부터 본격적으로 데이터가 수집되기 시작함

---

25) 1톤 이하인 화물자동차 및 소형 특수자동차는 제외

**표 4-4** 업종별 장착 대수

구분		장착대상	장착(대)	장착율(%)
버스	시내버스	33,686	33,686	100
	농어촌버스	1,811	1,811	100
	마을버스	4,438	4,438	100
	시외버스	7,671	7,671	100
	고속버스	1,882	1,882	100
	전세버스	44,452	44,452	100
	특수여객	3,382	3,382	100
	소계	97,322	97,322	100
택시	법인	90,171	90,171	100
	개인	164,738	164,738	100
	소계	254,909	254,909	100
화물		252,729	252,683	99.9
계		604,960	604,914	99.9

출처: 임동욱(2016, p.10)

- DTG는 차량속도의 검출, 분당 엔진회전수(RPM: Revolution Per Minute)의 감지, 브레이크 신호의 감지, GPS를 통한 위치추적, 입력신호 데이터의 저장, 가속도 센서를 이용한 충격감지, 기기 및 통신상태의 오류검출 등의 기능을 갖춘

**표 4-5** 운행기록장치 표준파일 포맷

항목		자릿수	표기방법	표기시기
운행기록장치 모델명		20	오른쪽으로 정렬하고 빈칸은 0으로 표기	최초사용시 등록
차대번호		17	영문(대문자), 아라비아 숫자 전부 표구	"
자동차 유형		2	11 : 시내버스 12 : 농어촌 버스 13 : 마을버스 14 : 시외버스 15 : 고속버스 16 : 전세버스 17 : 특수여객자동차 21 : 일반택시 22 : 개인택기 31 : 일반화물자동차 32 : 개별화물자동차 41 : 비사업용자동차	"
자동차 등록번호		12	자동차등록번호 전부 표기(한글 하나에 두 자리 차지)	최초사용시 등록
운송사업자 등록번호		10	사업자등록번호 전부 표기(XXXYYZZZZ)	"
운전자 코드		18	운전자의 자격증 번호로, 빈칸은 0으로 표기하고 중간자 - 는 생략	자동차 운송 사업자설정
주행거리 (km)	일일주행 거리	4	00시부터 24시까지 주행한 거리 (범위 : 0000 ~ 9999)	실시간
	누적주행 거리	7	최초 등록일로부터 누적한 거리 (범위 : 0000000 ~ 9999999)	"
정보발생 일시		14	YYMMDDhhmmsssss (연/월/일/시/분/0.01초)	"
차량속도 (km/h)		3	범위 : 000 ~ 255	"
분당 엔진회전수(RPM)		4	범위 : 0000 ~ 9999	"
브레이크 신호		1	범위 : (Xoff) 또는 1(on)	"
차량위치 (GPS X Y 좌표)	X	9	10진수로 표기 (예 : 127.123456*1000000→127123456)	"
	Y	9		
위성항법장치(GPS) 방위각		3	범위 : 0 ~ 360 (0~360°에서 1°를 1로 표현)	"
가속도 (m/sec <sup>2</sup> )	Vx	6	범위 : -100.0 ~ +100.0	"
	Yx	6		
기기 및 통신상태 코드		2	00 : 운행기록장치 정상 11 : 위치추적장치(GPS 수신기) 이상 12 : 속도센서 이상 13 : RPM 센서 이상 14 : 브레이크 신호감지 센서 이상 21 : 센서 입력부 장치 이상 22 : 센서 출력부 장치 이상 31 : 데이터 출력부 장치 이상 32 : 통신 장치 이상 41 : 운행거리 산정 이상 99 : 전원공급 이상	"

출처: 교통안전법 시행규칙 [별표 5]

□ DTG 데이터는 Header부분과 Body부분으로 구성됨<sup>26)</sup>

- Header 부분에는 차량 일반정보가 저장됨
- Body부분에는 DTG 상세 데이터가 레코드 단위로 저장되며 <그림 4-5>은 DTG데이터 Body부분 레코드들의 샘플과 실제로 저장되는 데이터의 샘플임
- 차량 1대의 하루 주행 데이터가 Text Format으로 약 3.4Mbyte정도 저장되며 3개월 분량이 약 300MB임
- 1초 단위로 저장되며 센서 오류 또는 운행기록장치가 제대로 설치되지 않아서 발생하는 쓰레기 데이터가 많이 있으며, 이러한 데이터는 별도로 클린징 하지 않고 제거함<sup>27)</sup>

**그림 4-5 DTG 데이터의 구조**

정보발생일시	속도	RPM	브레이크신호	GPS_X	GPS_Y	방위각	가속도X	가속도Y	상태코드
13090206400000	13	750	0	126935008	37637668	0	0	0	0
13090206400100	13	680	0	126935008	37637668	0	0.3	0	0
13090206400200	13	660	0	126935008	37637668	0	0	0	0
13090206400300	14	660	0	126935008	37637668	0	0.1	0	0
13090206400400	14	670	1	126935008	37637668	0	-0.1	0	0
13090206400500	14	690	1	126935008	37637668	0	0.1	0.1	0
13090206400600	13	690	1	126935008	37637668	0	0.1	0	0
13090206400700	12	660	1	126935008	37637668	0	-0.3	0.1	0

<DTG Body 샘플 데이터>

```
#####MCDTG100(WCDMA),KNGGBK6W1CK0127320,16,(CAR NUMBER),03912674147,#####
0000,0172039,14103008082900,000,0000,0,127313381,037214900,000,+000.0,+000.0,00
0000,0172039,14103008083000,000,0000,0,127313381,037214900,000,+000.0,+000.0,00
0000,0172039,14103008083100,000,0000,0,127313381,037214900,000,+000.0,+000.0,00
0000,0172039,14103008083200,000,0000,0,127313381,037214900,000,+000.0,+000.0,00
0000,0172039,14103008083300,000,0000,0,127313381,037214900,000,+000.0,+000.0,00
0000,0172039,14103008083400,000,0000,0,127313381,037214900,000,+000.0,+000.0,00
0000,0172039,14103008083500,000,0110,0,127313381,037214900,000,+000.0,+000.0,00
0000,0172039,14103008083600,000,0490,0,127313381,037214900,000,+000.0,+000.0,00
0000 0172039 14103008083700 000 0740 0 127313381 037214900 000 +000.0 +000.0 00
```

<실제 저장 내용>

출처: 조원희(2015, p.40)

26) 조원희(2015), p.40

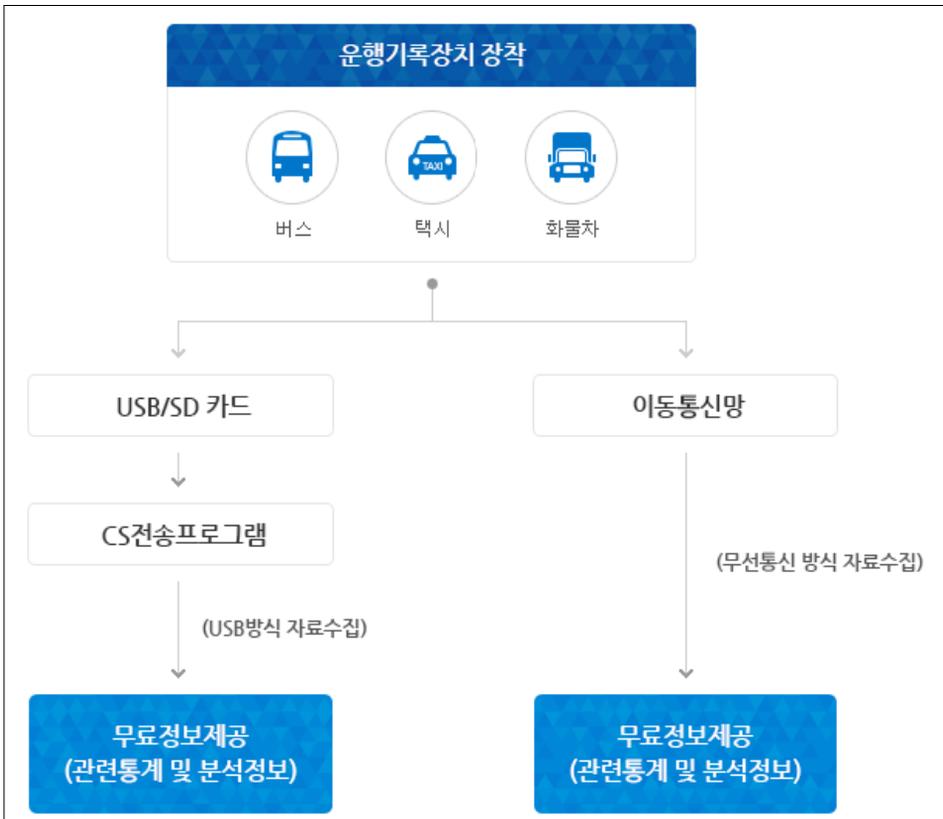
27) 교통안전공단(2015) p. 11-11

□ DTG에 기록된 정보는 USB방식과 무선통신 방식으로 교통안전공단의 운행기록분석시스템(e-TAS)에 제출함(그림 4-6. 참조)

- 가장 일반적으로 사용되는 방식은 USB/SD 메모리를 활용하여 PC에서 운행정보자료를 e-TAS에 업로드 하는 방식임
- 무선통신 방식은 3G/LTE를 통해 실시간으로 자동전송하거나 또는 사내에 설치된 와이파이를 통해 자동으로 수집 PC로 전송되고 이후 인터넷으로 e-TAS에 업로드 되는 방식이며, 무선통신 방식은 모두 해당 기능을 지원하는 장비에서만 가능함

□ 운행기록분석시스템에 업로드된 원시데이터는 6개월 후 폐기하며, 분석결과만 저장함

**그림 4-6** 운행기록자료 수집 방법

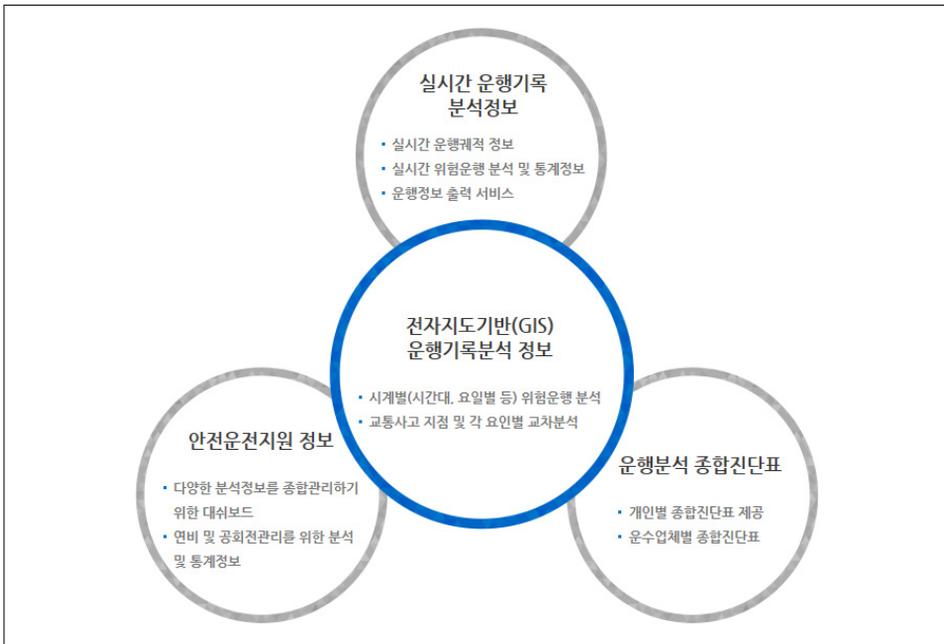


출처 : 교통안전공단 홈페이지(<http://www.ts2020.kr/html/nsi/ssi/CRSDrivRecAnaSys.do>)[2016.12.08]

## 2) 활용 현황

- 교통안전공단에서는 운행기록분석시스템을 통해 업로드된 운행기록을 자동분석하여 운수회사/개인사업자에 대한 운행기록 분석 종합진단과 GIS 분석 등을 제공함
  - 운수회사는 분석 기록을 근거로 소속 운전자의 정기적인 교육에 활용하여 운전자 및 교통안전관리를 시행함

그림 4-7 운행기록분석시스템의 주요 서비스



출처 : 교통안전공단 홈페이지(<http://www.ts2020.kr/html/nsi/ssi/CRSDrivRecAnaSys.do>), [2016.12.08]

- 운수회사/운전자별 운행기록 분석 종합진단에서는 위험운전행동에 대한 상세분석 결과를 제공함
  - 위험운전 행동은 교통안전공단에서 설정한 11개 항목에 대한 위반 여부를 제시함(표 4-6. 참조)
  - 총 운행거리, 총 운행시간, 위험운전행동 종류별 발생건수 등을 제공하며 평가 지수로 점수로 제공(그림. 4-8. 참조)

**표 4-6 11대 위험운전 행동분석 기준 및 정의**

위험운전행동		정 의
과속 유형	과속	도로 제한속도보다 20km/h 초과 운행한 경우( 연속적인 과속행동을 1건으로 분석) ※ 과속 행동별 간격이 3초 이내는 1건으로, 4초 이후는 별도 건으로 처리
	장기과속	도로 제한속도보다 20km/h 초과해서 3분 이상 운행한 경우 ※ 과속 행동별 간격이 3초 이내는 1건으로, 4초 이후는 별도 건으로 처리
급가속 유형	급가속	초당 11km/h ~ 25km/h 가속 운행한 경우( 연속적인 급가속 행동을 1건으로 분석) ※ 급가속 행동별 간격이 3초 이내는 1건으로, 4초 이후는 별도 건으로 처리
	급출발	정지 상태에서 출발하여 초당 11km/h ~ 25km/h 가속 운행한 경우
급감속 유형	급감속	초당 7.5km/h ~ 40km/h 감속 운행한 경우( 연속적인 급감속 행동을 1건으로 분석) ※ 급감속 행동별 간격이 3초 이내는 1건으로, 4초 이후는 별도 건으로 처리
	급정지	초당 7.5km/h ~ 40km/h 감속하여 속도가 "0"이 된 경우
급회전 유형	급좌회전	속도가 15km/h 이상이고, 2초 안에 좌측(60~120° 범위)으로 급회전한 경우
	급우회전	속도가 15km/h 이상이고, 2초 안에 우측(60~120° 범위)으로 급회전한 경우
	급유턴	속도가 15km/h 이상이고, 2초 안에 좌측 또는 우측(160~180° 범위)으로 급하게 U턴한 경우
급진로 변경 유형	급앞지르기	초당 11km/h 이상 가속하면서 진행방향이 좌측 또는 우측(30~60°)으로 차로를 변경하여 앞지르기한 경우
	급진로변경	속도가 30km/h 이상에서 진행방향이 좌측 또는 우측(15~30°)으로 차로를 변경하며 기감속(초당 -5km/h~+5km/h)하는 경우
(연속운전)		운행시간이 4시간 이상 운행, 10분 이하 휴식일 경우 (11대 위험운전행동에 포함되지 않음)

출처: 임동욱(2016, p.19)

그림 4-8 운행기록 분석 종합진단표 예시

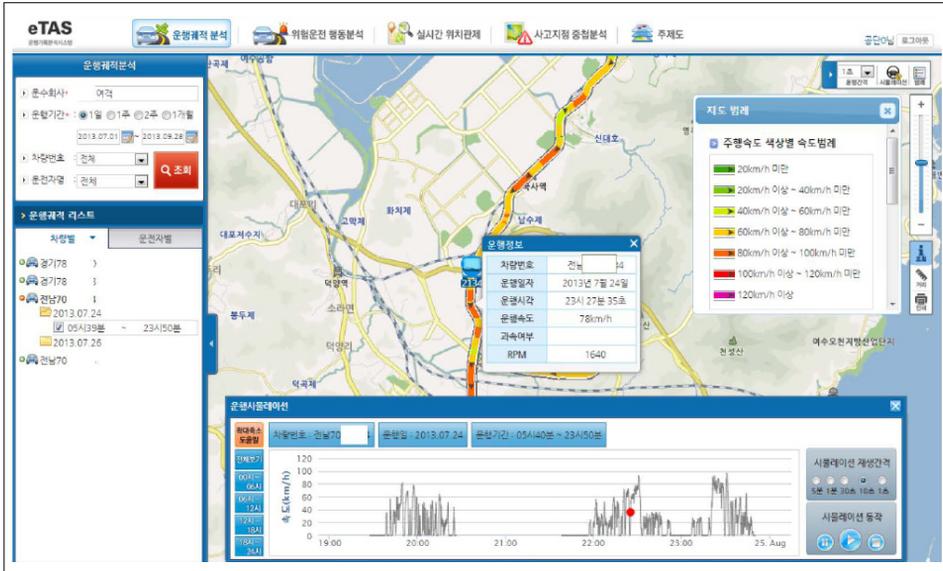


출처: 임동욱(2016, p.15)

□ GIS 분석에서는 운행궤적분석, 위험운전 행동분석, 실시간 위치관제, 사고지점 중첩분석, 주제도 등 5개 서비스를 제공함

- 운행궤적분석 : 자동차의 운행궤적을 주행속도에 따라 색상별로 표현하여 제공
- 위험운전 행동분석 : 도로의 제한속도 기준으로 정상운행(녹색)과 과속운전(적색 등)을 운행궤적에 따라 확인할 수 있으며, 위험운전행동을 한 지점의 위치정보를 제공
- 실시간 위치관제 : 현재 운행 중인 자동차의 실시간 위치정보를 제공(가입 구분에 따라 제한적 제공)
- 사고지점 중첩분석 : 과거 3년간 교통사고가 많이 발생한 지점(전체사고, 사업용자동차사고)과 자동차 운행 궤적을 중첩하여 볼 수 있는 서비스를 제공
- 주제도 : 100km당 위험운전행동 건수를 업종별, 위험운전행동 종류에 따라 전국 17개 광역시도로 구분하여 검색 제공(지역별, 업종별 운행기록자료 제출 실적에 따라 분석결과가 차이가 발생하므로 공식통계 등으로 사용할 수 없음)

그림 4-9 e-TAS 서비스 중 운행계획분석 예시



출처: 임동욱(2016, p.21)

### 3) 한계점<sup>28)</sup>

#### (1) 수집 단계의 한계

□ (데이터 특성에 따른 어려움) DTG 데이터는 IoT센싱 데이터의 일종으로 데이터 특성상 수집 및 전송과정에서 노이즈가 많고 불안정하여 전처리 과정이 필수적이며 매우 많은 양이 발생하여 데이터 마이닝 기법을 이용한 전처리가 필수적임(조원희, 2015)

- 데이터 원천 품질 문제(원본 데이터의 오류 산재 등), 데이터 관리 문제(불완전 데이터, 코드 테이블에 존재하지 않는 데이터 혼재 등), 데이터 통합분석 문제(시계열 분석 제약, 각 시스템 데이터의 분석 관리로 통합 분석의 제약 등) 등을 해결하기 위한 과정 필요

28) 교통안전공단(2013), 교통안전공단(2015), 조원희(2015), 임동욱(2016) 등의 문헌을 검토하여 정리하고 추가적으로 보완함

- (수집장비의 신뢰도 한계) 2012년부터 시작된 의무 장착으로 인해 초기 많은 업체의 난립으로 기술적 신뢰도가 낮은 장비가 공급되었으며, 현재는 대부분의 차량에 설치가 완료됨에 따라 많은 제조사가 폐업으로 고장에 대한 A/S가 불가능함
  - 제작사별로 다른 설계로 타 제작사에서 A/S가 불가능하며, 고장난 장치에 대한 지원규정이 없으므로 고장된 상태로 운행하는 경우 많음
- (시계열 분석 불가능) 막대한 데이터 양으로 인해 eTAS에서는 업로드된 자료를 6개월간만 보관 후 폐기하므로 시계열 분석이 불가능함
- (운전자 정보와 연동 어려움) 운행기록 데이터 자체에는 운전자가 기록되지 않기 때문에 eTAS에 업로드시 운전자와 배차정보를 별도로 업로드 하여야 하므로 실제 운전자 식별이 어렵기 때문에 운전자와 연계한 분석에 한계
- (사고정보와의 연동 어려움) DTG 데이터와 사고발생 데이터와의 연계를 위한 상호간의 key가 존재하지 않아 분석의 어려움 존재

## (2) 활용 단계의 문제점

- (낮은 제출률) 운행기록의 제출은 법적 의무사항이 아니므로 운수회사의 데이터 제출률이 낮음
  - 2015년 기준 활용률은 29.4%이나 이는 1년간 1회 이상 업로드한 DTG 정보를 기준으로 작성된 활용률임
  - 활용률이 낮은 이유는 법적 의무사항이 아닌 점과 USB를 이용한 제출이 번거롭고, 배차정보와 운전자 정보를 같이 업로드 하여야 하는 등 절차가 복잡하기 때문임

**표 4-7** 운행기록자료 제출률(2015.10 기준)

구분	장착대수	분석대수	제출률(%)	
버스	시내버스	33,686	37,314	110.8
	농어촌버스	1,811	996	55.0
	마을버스	4,438	1293	29.1
	시외버스	7,671	3,577	46.6
	고속버스	1,882	1,379	73.3
	전세버스	44,452	28,195	63.4
	특수여객	3,382	1,303	38.5
택시	법인	90,171	40,942	45.4
	개인	164,738	1,700	1.0
화물	일반화물	180,443	44,833	24.8
	개별화물	72,286	16,106	22.3
합 계	604,960	177,638	29.4	

출처: 임동욱(2016, p.21, 33)

□ (위험운전 기준의 문제점) eTAS의 위험운전행동의 적용에 있어서의 문제점이 지적되고 있음

- 11대 위험운전행동을 규정하고 있으나 해당 기준이 위험운전의 임계점에 해당되는지에 대한 근거 부족
- 위험운전 행위가 대부분 과속, 급가속에 집중되어 발생
- 차량규모, 운행특성, 중량 등을 고려하지 않고 일괄적인 판단기준을 적용함(일례로 시내버스와 고속버스는 주행환경이 상이하나 동일한 기준을 적용)
- 교통안전공단은 이를 개선하기 위해 차종별, 차량크기별로 적합한 기준을 설정하기 위한 연구를 수행중임

□ (제한적 활용) 국외의 경우 운행기록을 활용하여 근로시간 및 휴식시간의 준수 여부를 단속하는 등 다양하게 활용하고 있으나 국내의 경우 관련 규정이 없어 활용되지 못함

- 상당한 수준의 데이터가 수집되고 있으나 운전자의 위험운행 분석 등 교통안전 분야 위주에 국한되어 활용

### (3) 소결

- (수집 측면) 데이터 고유의 특성에 따른 데이터 핸들링의 어려움이 존재하며, 타 정보와의 연계분석에 어려움이 있어 보완 필요
  - 우선적으로 DTG 데이터의 품질 확보를 위한 제도적인 접근 필요
  - 다양한 정보와 연계하여 분석이 가능할 수 있는 key에 관한 고민 필요
- (활용 측면) 안전 측면에 한정된 활용 범위의 확대방안 모색 필요
  - 교통안전공단 내부적으로는 어린이 안심 통학버스 운영, 사업용 운전자 연속운전시간 및 최소 휴게시간 위반 단속, 화물차 유가보조금 부정수급 단속, 과속차량 단속, 최고제한속도 장치 해제 차량 조사, 통합 버스정보시스템(BIS) 구축, 택시 운행정보관리시스템 구축 등에 활용하는 방안을 검토중임
- (제도 개선) DTG 데이터의 활용도를 높이기 위한 제도 개선 필요
  - 운행기록 자료 제출의 정기화, 방식의 간소화, 운전자 정보 등 주요 정보와의 연계 등 제도적 보완 필요

## 3. 하이패스 단말기 데이터

### 1) 수집 현황

- DSRC는 RSE와 OBU<sup>29)</sup> 간의 근거리 무선통신 기술임
  - RSE는 OBU를 장착한 개별차량의 정보를 수집하여 통합관제센터로 송신을 하는 기능을 하며, 데이터 가공 후 개별 OBU에 정보를 제공하는 역할을 함
  - RSE는 OBU 장착 차량의 정보 이외에도 VDS, AVI 등의 다양한 검지시스템에서 획득한 자료를 교통정보센터로 송신하는 역할도 수행함

29) 본 절에서 OBU는 하이패스 단말기를 의미함

- RSE로부터 수집되는 DSRC 정보는 차량정보, 지점정보, 궤적정보, 프로브 정보 등임
  - RSE로부터 수집한 DSRC 정보는 차량 OBU 제조번호, 차종, 차량의 통행속도, 통과시간, 검지위치 등임
  - RSE에서 개별차량에 제공하는 정보는 교통소통정보, 교통통제정보, 돌발 상황 정보, 도로 상태정보, 기상정보 등임

**표 4-8 DSRC 기반 단말기 수집정보**

정보명	정보 상세항목	시스템구현	적용시기
기본정보	OBU 제조번호, 차종 등	2009년	2009년
지점정보	지점속도, 지점교통량, 위치좌표 등	2009년	2009년
최근 궤적	날짜, 시간, 운영기관, 영업소번호 등	2009년	2009년
프로브 정보	차량종류, 검지시간, 검지위치 등	2009년	2009년

자료 : 국토해양부 고시 제2009-748호(2009, p.8)

**표 4-9 DSRC 기반 단말기 제공정보**

정보명	정보 상세항목	시스템구현	적용시기
교통소통정보	구간평균속도 및 구간통과시간 등	2009년	2009년
교통통제정보	위치, 통제유형, 대상, 시간 등	2009년	2010년
돌발상황정보	위치, 시각, 유형, 돌발상황상태 등	-	-
도로상태정보	노면상태, 강우/강설수위	2009년	2009년
기상정보	기온, 날씨, 가시거리, 풍속, 습도 등	2009년	2010년

자료 : 전개서(2009, p.8)

- RSE의 설치 위치는 교통정보수집의 목적(본선정보수집, 교통량수집, 특별관리용 등)에 따라 상이하하며, 도로의 시설현황에 따라 IC, JC, 휴게소, 터널, 교량, 반복정체구간, 안개구간, 사고다발구간 등을 고려하여 설계됨
  - 경로변경, 특별관리 목적으로는 해당되는 지점 또는 구간에 설치를 하도록 권장하고 있으며, 설치간격은 본선의 교통정보수집용의 경우 소통원활, 지체, 정체 구간별로 제시하였으며 소통원활의 구간에서 가장 긴 설치간격을 제시함

- 2015년 현재 고속도로에 설치되어 있는 RSE는 총 955대(휴게소 47개소 포함)임
  - 고속도로 구간에 설치된 RSE의 평균이격거리는 평균 약 4.2km로 나타남
  - 현재 한국도로공사에서 관리하고 있는 노선은 본선 전 구간에 걸쳐 RSE가 설치되어 있지만, 민자고속도로 구간에는 아직 RSE가 설치되지 않은 노선이 많음
  - 연결로 구간에는 RSE가 설치되지 않음

**표 4-10 고속도로 RSE 설치 현황**

노선명	연장(km)	개수	평균이격거리(km)	노선명	연장(km)	개수	평균이격거리(km)
경부선	416	122	3.4	평택제천선	165.5	32	5.2
남해선	265	69	3.8	중부내륙선	301.7	72	4.2
88올림픽선	183	45	4.1	영동선	234	67	3.5
무안광주선	41.4	12	3.5	중앙선	386.5	67	5.8
고창담양선	42.3	13	3.3	서울양양선	78.5	5	15.7
서해안선	340.9	79	4.3	동해선	85.1	20	4.3
울산선	14	4	3.5	서울외곽순환선	130.1	31	4.2
대구포항선	69.1	16	4.3	남해제1지선	18	5	3.6
익산장수선	58.9	16	3.7	남해제2지선	21	10	2.1
호남선	197	45	4.4	제2경인선	27	12	2.3
순천완주선	118.3	24	4.9	경인선	24	8	3.0
청원상주선	79.4	17	4.7	서천공주선	61.4	13	4.7
당진대전선	224.2	22	10.2	호남선지선	554	14	3.9
중부선, 대전통영선	214	50	4.3	대전남부순환선	13	4	3.3
중부선	118	34	3.5	중부내륙지선	28.2	10	2.8
제2중부선	30.8	7	4.4	중앙선지선	6.9	10	0.7
전체설치현황	955대(휴게소 : 47개소)						

자료 : 한국도로공사 내부자료(2015년 기준)

- 일반국도의 경우 2012년 현재 서울청 95대, 원주청 2대 설치되어 운영중이며, 지자체는 총 1,221대가 설치되었으며 대전광역시가 377대로 가장 많이 설치되어 있음(국토해양부, 2013; p. 36, 601)

- 하이패스 단말기 등록대수는 1,518만대이며 고속도로 이용자 중 하이패스 이용률은 일평균 75.7%임(2016. 10월 기준)<sup>30)</sup>
  - 2015년 일평균 고속도로 이용 차량대수가 388만대임을 기준으로 하이패스 이용률 75.7% 적용 시 최소 약 294만대에 하이패스 단말기가 장착된 것으로 추정할 수 있음
  - 이중 DSRC 통신이 가능한 RF 방식 단말기<sup>31)</sup>의 정확한 보급대수는 파악되지 않고 있으나 관계자에 따르면 약 30% 수준인 것으로 파악되므로, 이 수치를 적용하면 고속도로를 운행하는 차량 중 운행경로가 기록되는 차량은 약 88만대에 달하는 것으로 추정할 수 있음
- DSRC 자료는 2008년부터 수집되기 시작하였으나, 개인정보보호의 문제로 2015년 1월부터 일별 임시 ID를 부여하는 형태로 저장되기 시작함
  - RSE와 센터간의 통신을 통해서 최초로 수집되는 자료의 형식과 암호화되어 저장되는 형식 총 두 가지의 형태 저장되고 있음
  - 차량의 OBU ID는 가상의 암호화된 ID로 저장되지만, 하루 동안 유지되므로 동일 ID를 시간의 흐름에 따라 정렬하면 통행경로자료 구축이 가능함
  - 최초에 센터에서 수집되는 DSRC 원시자료의 형식은 수집일자, RSE\_ID, 이점, 수집시간, 차종, 가상 OBU ID 등의 정보를 저장함
  - 센터에서 가상의 OBU\_ID를 암호화하여 새로 저장된 DSRC 자료의 형식은 OBU\_ID, RSE\_ID, 노변기지국 수집시간, 센터수집날짜, 센터수집 시각, 차종, OBU 타입 등의 정보를 저장함

30) <http://www.focus.kr/view.php?key=2016112800082635765>[2016.12.12]

31) 하이패스 단말기는 IR 방식과 RF 방식으로 구분됨. IR 방식은 적외선 통신 방식으로 TCS와는 통신 가능하나 DSRC 통신은 불가능함. RF 방식은 전파를 이용한 방식으로 TCS, DSRC 통신 모두 가능함. RF 방식 단말기는 IR 방식 단말기에 비해 고가이므로 보급에 한계가 있으며, 최근의 저가형 행복단말기는 모두 IR 방식 단말기임

**표 4-11 DSRC 자료 형식 (암호화 이전)**

수집일자	RSE_ID	이정	수집시간	차종	가상 OBU_ID
2015.08.11.(화)	2100401014082	408.2	20:00:00	1종	61581
2015.08.11.(화)	2100401014082	408.2	20:00:01	4종	788074
2015.08.11.(화)	2100401014082	408.2	20:00:01	1종	973144
2015.08.11.(화)	2100401014082	408.2	20:00:02	6종	742445
2015.08.11.(화)	2100401014082	408.2	20:00:02	3종	89749
2015.08.11.(화)	2100401014082	408.2	20:00:02	2종	248156
2015.08.11.(화)	2100401014082	408.2	20:00:03	5종	548918

출처 : 한국도로공사 내부자료

**표 4-12 DSRC 자료 형식 (암호화 이후)**

OBU_ID (64자리)	CNTER_COLCT_DTM (센터 수집 시각)	RSE_COLCT_DTM (RSE 수집 시각)	RSE_ID	VEHCL_KIND_CD (차종)
31323.....63	2015-08-11 오후 08:00:10	2015-08-11 오후 08:00:00	2104010013501	1종
31413.....51	2015-08-11 오후 08:00:10	2015-08-11 오후 08:00:01	2104010013180	4종
31148.....19	2015-08-11 오후 08:00:10	2015-08-11 오후 08:00:01	2104010013936	1종
31248.....24	2015-08-11 오후 08:00:10	2015-08-11 오후 08:00:02	2104010013461	6종
31981.....37	2015-08-11 오후 08:00:10	2015-08-11 오후 08:00:02	2104010013249	3종
31549.....46	2015-08-11 오후 08:00:10	2015-08-11 오후 08:00:02	2104010013644	2종
31549.....46	2015-08-11 오후 08:00:10	2015-08-11 오후 08:00:03	2104010013644	2종

출처 : 한국도로공사 내부자료

## 2) 활용 현황

□ 고속도로 구간통행속도 산출에만 국한하여 활용되고 있음

- 단위구간에 대한 통행시간을 기반으로 통행속도를 산출하며, 이를 통해 단위 구간에 대한 정체상태 파악
- DSRC 정보가 없는 구간은 VDS 기반을 통행속도를 산출함

### 3) 한계점

#### (1) 수집 단계의 한계

- (신뢰도 문제) DSRC 자료는 수집 단계의 대표적인 문제로는 통신오류, 국도와 인접한 RSE의 국도통행차량 검지, 이상 주행차량으로 인한 정보 왜곡 등의 문제가 과거 보고된 바 있음<sup>32)</sup>
  - RSE 장비 또는 통신오류로 인하여 누락되는 자료 발생(도로가 정체된 상황에서 RSE 무선 감지영역 근방(경계선)에 위치하거나 또는 RSE 인근에 언덕이 있는 경우 지형적인 영향이 발생할 수 있음)
  - 전산상의 오류 및 고속도로 주변에 국도가 인접한 경우 이상치 발생
  - 노변 주정차, 휴게소 이용차량, 새벽시간대 고속주행차량 등으로 인한 구간교통정보 왜곡
- (공간적 범위의 한계) 고속도로는 RSE가 도로공사 구간은 전 구간 설치되어 있으나 일반국도에는 일부 구간에만 설치되어 공간적 범위가 고속도로로 한정되는 문제
  - 2009년부터 수도권 일반국도 약 360km 구간에 RSE를 이용하여 하이패스 단말기 이용차량 기반으로 통행속도를 추정하고 있으나, 일반국도의 특성 상 자유로운 진출입이 가능하므로 경로를 우회하는 차량으로 인한 이상치 발생, 과도한 통신반경 설정으로 동일 ID의 중복 매칭, OBU ID 매칭 오류 등이 문제로 지적되고 있어 활용에 한계가 있음
- (프로브 차량수의 정제) 정보 수집의 신뢰도 향상을 위해서는 더욱 프로브 차량수의 확대가 중요하나 DSRC 통신이 가능한 하이패스 단말기의 보급은 거의 정체상태이며 향후에도 증가할 요인이 부족함
  - 한국도로공사는 하이패스 보급률 80%를 목표로 저가형 IR 방식 하이패스 단말기를 출시하고 있으며, IR방식은 DSRC 통신은 불가능함

32) 많은 선행연구에서 이를 보완하기 위한 해결방안을 제시하였으며 한국도로공사에서도 개선작업을 시행해오고 있음

## (2) 활용 단계의 한계

- (제한적 활용) DSRC는 양방향 정보 교환이 가능한 장점이 있으나, 구간소통정보 도출에만 국한되어 활용중임
  - (단방향 정보 교환) 데이터의 수집/제공이 동시에 가능한 시스템의 장점을 활용하지 못하고 단위구간의 정체상황을 파악하기 위한 용도로 한정되어 사용됨
  - (차량운행경로 기록) 동일한 ID의 자료를 추출하여 경로자료 분석시 활용할 수 있으나 개인정보 보호 문제, 데이터의 저장이 2015년부터 시작된 점 등으로 아직까지는 활용이 미흡함

## (3) 소결

- (수집 측면) DSRC 기반 교통 데이터는 수집단계의 한계점으로는 수집 데이터의 신뢰도, 공간적 범위의 편재, 프로브 차량수의 정체 등을 지적할 수 있으며 수집단계의 신뢰도 향상을 위한 지속적인 개선 작업이 필요함
  - 수집데이터의 신뢰도 부문은 지속적인 개선 작업 시행으로 과거에 비해 개선되고 있는 것으로 평가되고 있으나 신뢰도에 대한 정밀한 검증작업이 필요함
  - 일반국도 및 지자체에서 DSRC를 이용한 교통정보 수집이 확대되고 있으나 RSE 설치를 위한 비용 부담으로 인해 공간적 범위의 확대는 쉽지 않을 것으로 판단됨
  - 소비자의 입장에서 하이패스 본연의 기능인 요금결제가 가능한 저가형 단말기가 충분한 가격 경쟁력을 갖고 있으므로 향후 프로브 차량은 소폭 증가에 그칠 것으로 예상됨
- (활용 측면) 구간소통정보 산출에만 국한되어 사용됨
  - 교통소통정보 측면에 한정된 활용 범위의 확대방안 모색 필요
  - 한국도로공사 내부적으로 TCS와 DSRC 자료, 일반도로의 교통 자료를 퓨전하여 교통정보의 공간적 범위를 확대하려는 연구를 수행중임

## 4. 시사점

□ 차량운행경로 빅데이터별 주요 현황, 한계점 등은 <표 4-13>과 같음

- 수집 범위에서 GPS 기반 교통 데이터는 전국의 모든 등급 도로까지 가능함
- 프로브 차량수는 내비게이션 약 1,260만대, 하이패스 단말기 약 455만대, DTG 60만대로 추정됨<sup>33)</sup>
- 수집 측면에서는 데이터의 신뢰도 문제, 개인정보보호의 제약으로 인한 자료의 연계의 어려움 등이 있음
- 활용 측면에서는 내비게이션, DRSC는 단순소통정보 산출에 국한되어 있으며, DTG는 운전자 교육에만 국한되어 매우 제한적으로 사용되는 한계가 있음<sup>34)</sup>

**표 4-13** 차량운행경로 빅데이터별 현황

구분	GPS 기반 교통 데이터		DSRC 기반 교통 데이터
	내비게이션 데이터	DTG 데이터	
정보수집 범위	전국 모든 도로	전국 모든 도로	고속도로 전구간, 국도 및 지자체 일부 도로
프로브 차량수	약 1,260만대	약 60만대 (사업용 자동차)	약 455만대
수집 기관	민간 내비게이션 업체	운수회사	한국도로공사
활용 기관	민간 내비게이션 업체 한국교통연구원 등	운수회사, 교통안전공단 등	한국도로공사 등
한계점	수집 단계	· GPS 수집 기술의 한계점 그대로 반영 · 프로브차량수는 방대하나 활용에 제약	· 데이터 고유의 특성에 따른 데이터 핸들링의 어려움 · 타 정보와의 연계분석에 어려움
	활용 단계	· 소통정보 산출, 통행패턴 도출 · KTDB Lab 플랫폼을 통한 활용 시작	· 운전자 안전 교육 · 구간소통정보 산출

33) 프로브 차량수는 정확한 통계자료의 구득이 어려워 관련 자료 및 전문가 자문결과를 바탕으로 개략적으로 추정된 값으로 정확하지 않은 수치임. 내비게이션은 2015년 자동차등록대수 2,100만대에 내비게이션 보급율 60%를 적용하였으며 DSRC의 경우 2016년 하이패스 단말기 등록대수 1,518만대 중 RF 단말기 비율인 30%를 적용한 수치임

34) 한국교통연구원 KTDB Lab 플랫폼에서는 내비게이션 데이터를 활용하여 혼잡지도를 구축하고 다양한 지표를 제공하는 시스템을 구축중이나 현재 시범운영(2016.12월 기준) 중임

- 차량운행경로 빅데이터는 교통 데이터 수집의 공간적 범위 확대, 교통 데이터의 분석 단위의 세밀화, 개별 차량의 운행경로 추출 등이 가능하므로 면밀한 현황 진단과 새로운 패러다임에 대응하는 지표의 생성 등을 기반으로 국가도로정책을 근본적으로 변화시킬 가능성을 갖고 있음
  - 전국의 모든 도로를 대상으로, 집계된 데이터가 아닌 개별 운전자의 통행 행태에 대한 분석이 가능함
- 그러나, 현재의 활용 수준은 제한적이고 단편적인 수준에 머물고 있으며 기관별로 활용성을 높이기 위해 연구 및 시스템 구축을 추진하고 있으나 기관별 빅데이터의 수집 여건, 기관의 성격 등에 따라 개선방안의 위계와 깊이에서 차이가 많음
  - 내비게이션 데이터는 민간 부문에서 수집되는 데이터이므로 정책적 활용을 위한 연계·통합에 관한 민간 회사의 관심이 상대적으로 저조하며, 도로 정책에 반영하기 위해서는 해당 자료의 제공이 필요한데 개인정보보호 문제로 제공되기 어려움
  - DTG 데이터는 미시적인 차량의 움직임과 차량 상태를 GPS 정보와 함께 모두 기록되는 데이터로 안전 정책에서 활용 가능성이 매우 높으나 현재는 운전자 교육 등에만 활용중임
  - DSRC 데이터는 고속도로라는 공간적인 제약이 있으며 일반국도 및 도시부에 RSE의 추가설치를 통해 공간적 범위 확장 가능하나 막대한 예산 소요되어 확대가 어려울 것으로 예상됨
- 교통정책의 수립 과정에서 차량운행경로 빅데이터의 활용도를 높이기 위해서는 우선적으로 구체적 로드맵 수립이 필요하며, 추가적으로 데이터 신뢰도 제고, 연계를 위한 표준화, 개인정보보호 관련 제약 해결에 대한 논의가 필요함



# 차량운행경로 빅데이터의 정책적 활용을 위한 요구조건

01 로드맵 수립	73
02 데이터 신뢰도 향상 및 연계를 위한 표준화	76
03 개인정보보호 문제 해결	77
04 속도 및 교통량 추정 방법론 보완	78



# 차량운행경로 빅데이터의 정책적 활용을 위한 요구조건

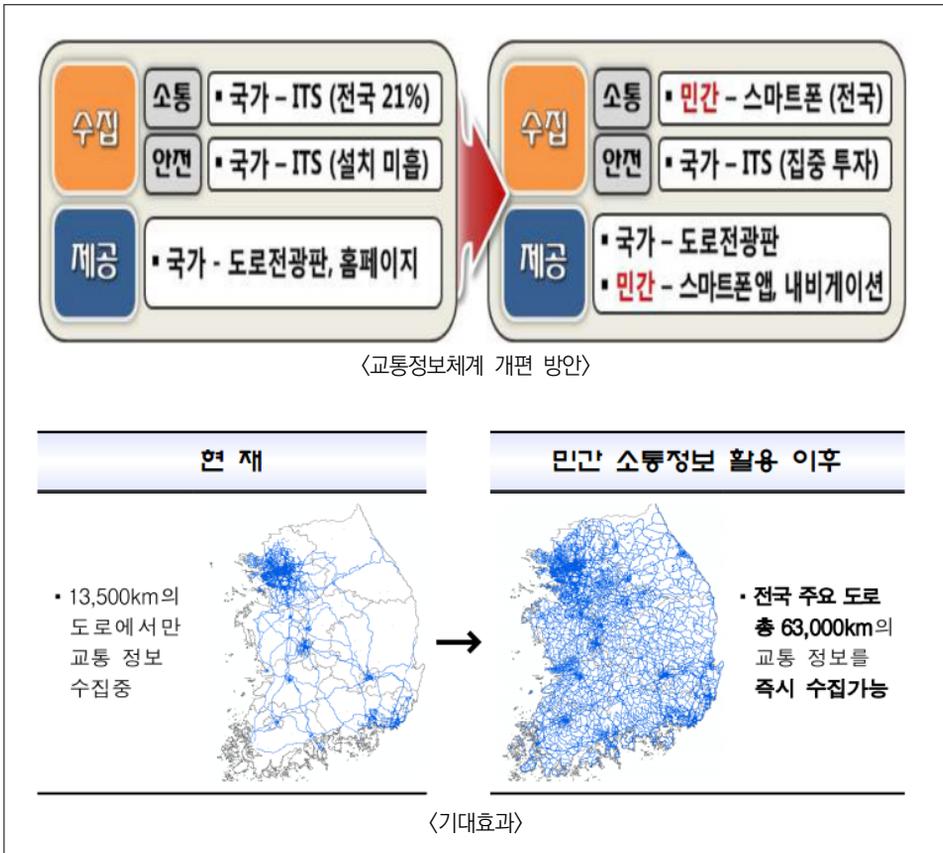
## 1. 로드맵 수립

- 차량운행경로 빅데이터의 체계적 활용을 위해서는 로드맵 수립이 필요함<sup>35)</sup>
  - 민간·공공 기관별로 데이터는 수집되고 있으나, 활용 가능성에 비해 제한적으로만 활용되고 있음
  - 개별 기관별로 추진되고 있는 개선, 연계 계획을 통합하여 구체적인 추진체계를 구축할 수 있는 설계도 필요
- 정부는 민간교통정보의 적극적인 활용이라는 현재 시점의 정책과 C-ITS 및 자율주행시대를 대비한 정책을 동시에 추진하고 있음
- 교통정보 수집 및 제공에 있어 민관협업 체계를 구축하고 투자효율화와 시너지 효과를 발생시키고자 함(국토교통부 보도자료, 2014. 8. 4)
  - 교통소통정보 수집 인프라 구축에 필요한 약 1조 4천억원의 투자비용을 최소화하고 교통안전 부문에 투자
  - 현재 예산 규모를 기준으로 인프라 구축에 90년이 소요<sup>36)</sup>될 것으로 예상되는 ITS 미구축 구간 49,500km의 교통소통정보 즉시 제공 가능

35) 2013년 국토교통부는 다양한 기관과 전문가가 참가하는 '교통정보플랫폼 포럼'을 창립하고 공공과 민간의 교통 데이터 공유 및 활용에 대한 정책방향 설정을 추진중임

36) 1990년대 초반 시작된 ITS 구축은 도로연장 대비 약 21% 수준으로 ITS를 전국에 구축하기 위해서는 현재 가치기준으로 약 1조 3,700억원의 국가예산을 90년간 투입하여야 함. 또한 전국에 ITS를 구축하더라도 노후장비 교체와 기존 장비의 유지관리를 위해 연간 6천억원이 소요될 것으로 예상됨(장유진 외, 2015)

그림 5-1 정부의 ITS 정책 추진방향



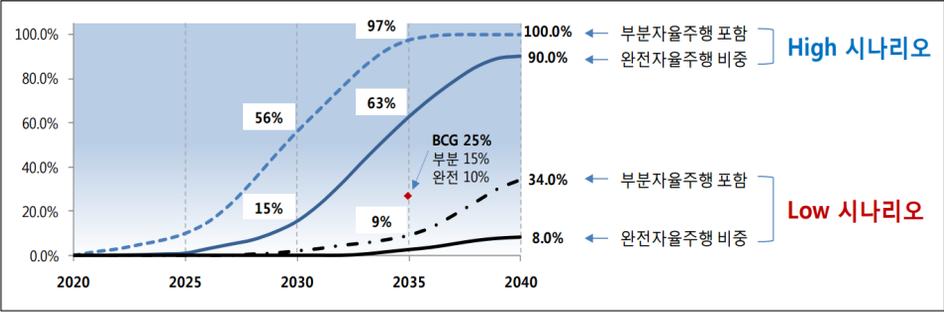
출처: 국토교통부 보도자료(2014.8.4)

- 미래 C-ITS와 자율주행시대에 대비하여 V2X 기반의 교통 데이터 수집·제공 환경 구축하는 정책을 추진중임
  - ‘C-ITS 시범사업 추진’, ‘자율주행차 기술로드맵 및 R&D 정책방향 검토’(국토교통부, 2016. 10), ‘미래형 교통체계 구축을 위한 자율주행 기술개발 추진 전략’(국토교통부, 2016. 12) 등 정책 역량을 집중하고 있음
- 이러한 현재 시점의 민간교통정보의 적극적인 활용 정책과 미래 시점의 C-ITS 및 자율주행시대를 대비한 정책을 동시에 추진하고 있으나 양 정책 사이에 시간적 간극이 존재함

□ C-ITS와 자율주행시대가 구현되면 차량이 교통 데이터의 수집과 제공의 주체되고 인프라와의 통신까지 가능한 V2X 기반 교통정보체계가 구축될 것이나, 실제 구현까지 상당한 시간이 소요될 것이라는 지적이 있음

- 완전 자율주행자동차의 상용화는 5년 이내 가능하더라도 본격적 확산에는 최소 10년에서 20년 이상이 소요될 것으로 예상됨(박형근, 2016)

**그림 5-2 신차 시장 내 자율주행차 비중 전망**



자료: MCKinsey&Company(2016), BCG(2015), 박형근(2016, p.11)에서 재인용

□ 따라서, C-ITS/자율주행시대가 도래하기 전까지 민간 부문의 교통 데이터를 활용한 교통소통정보 제공에서 나아가 다양한 차량운행경로 빅데이터를 개선·연계하여 새로운 정책 개발에 활용할 수 있는 방안을 모색하는 것이 필요하며, 우선적으로 로드맵 수립이 필요함

□ 로드맵은 정책적 활용 방안을 사전에 검토하여 차량운행경로 빅데이터의 명확한 활용 목적, 세부적인 데이터 연계·개발, 추진체계, 재원조달, 기관별 역할 분담 등을 세밀하게 작성하여야 함

□ 추가적으로 민간이 차량운행경로 빅데이터의 개선·연계·활용을 주도할 수 있는 환경 조성에 대한 검토가 필요함

- 다양한 민간부문 전문기업이 일관성 있는 정보 수집, 광범위한 공간적/시간적 범위, 정보 갱신의 신속성 등의 장점으로 정부에 교통 데이터를 판매하고 있으며 정부는 민간 교통 데이터 구입을 통해 비용절감, 정보의 신속성, 정확성, 가용성 등의 효과를 얻고 있음(국토교통부, 2014)

- 미국 전체의 간선도로 교통DB인 NPMRDS(National Performance Management Research Data Set)의 구축을 HERE라는 민간기업이 3년 계약으로 구축·운영중이며, 2016년 현재 236개의 주교통국과 MPO에 제공하고 있음
- 민간부문에서 제공하는 서비스를 통해서 데이터가 구축되므로 이 데이터를 가공, 관리하는 주체가 민간이 되었으며, 민간은 이를 비즈니스 모델화하여 공공에 판매하고 있음

## 2. 데이터 신뢰도 향상 및 연계를 위한 표준화

- 차량운행경로 빅데이터의 수집 및 가공 단계의 데이터 신뢰도 문제가 공통적으로 지적되고 있어 데이터의 신뢰도 향상을 위한 개선작업이 필요함
  - 원시 데이터를 활용 가능한 데이터로 가공하는 단계에서 발생하는 오류를 줄이기 위한 노력이 필요함
  - 교통 데이터의 품질 확보를 위한 노력이 필요하며 기관간 상호 논의를 통해 객관적인 정보 품질 인증 등의 방안 수립이 필요함
- 각 기관별로 차량운행경로 빅데이터를 수집·활용하고 있으나 향후 데이터 연계가 필수적이므로 이에 대비한 데이터 구조의 표준화가 필요함
  - 각 기관별로 데이터의 수집 주기, 형식 등이 상이하므로 표준화 작업이 필요함
  - 암호화 단계, 저장방식 등 알고리즘 표준에 따른 통일 필요
- 데이터의 신뢰도 향상과 연계방식의 표준화를 위하여 기본원칙 설정이 필요하며, 미국 AASHTO의 ‘핵심 데이터(Core Data) 7대 원칙’을 참고할 수 있음
  - 원칙 1(Valuable). 데이터는 가치를 갖고 있으며 그에 따라 적절하게 관리되어져야 하는 핵심 자산임
  - 원칙 2(Available). 데이터는 다양한 애플리케이션에 개방적이며 사용 가능해야 하며 모두 개방되어야 함
  - 원칙 3(Reliable). 데이터 품질은 수용 가능하며 의도한 요구를 충족시켜야 함

- 원칙 4(Authorized). 데이터는 신뢰할 수 있으며 허가 받지 않은 접속으로부터 보호되어야 함
- 원칙 5(Clear). 시스템 전반의 데이터 일관성 및 투명성을 극대화하기 위해 데이터 사전이 개발되고 메타 데이터가 설정되어야 함
- 원칙 6(Efficient). 데이터는 한 번 수집되어 여러 목적으로 여러 번 사용될 수 있어야 함
- 원칙 7(Accountable). 의사결정을 위한 데이터의 유용성을 극대화하려면 관련성 높은 고품질의 데이터가 적시에 사용할 수 있도록 구축되어야 함

### 3. 개인정보보호 문제 해결

- 차량운행경로 빅데이터는 개인의 위치정보를 수집하는 것이므로 새로운 정보를 생성하기 위해서는 이들로부터 수집된 정보를 제공받을 수 있는 법적 근거가 중요함
  - 특히, 많은 이용자가 사용중인 스마트폰 앱 기반 서비스 업체들은 직접 수집하는 개인정보가 많으므로 관계 법령에 따라 차량운행경로 정보의 외부 제공을 매우 엄격하게 제한하고 있음
- 민간 위치정보사업자가 수집한 위치정보는 「위치정보보호법」 상의 ‘위치정보’에 해당하며 이는 ‘개인정보’이고 정당한 사유없이 당해 정보를 제3자에게 제공하는 것은 금지됨(이석주 외, 2013)
  - 그러나 단, 통계작성, 학술연구 또는 시장조사를 위하여 특정 개인을 알아볼 수 없는 형태로 가공하여 제시하는 경우는 예외로 하고 있음
- 위치정보의 수집 및 제공이 정부나 공공기관에서 요구하는 것이 아니고 개인이 민간기업에서 제공하는 특정 서비스를 사용하기 위한 필요조건으로 인식되면서 상대적으로 심리적 저항이 낮은 편임
  - 일정 수준의 암호화를 통한 보호가 제공된다는 전제하에서 소비자는 더 양질의 서비스를 받기 위해서 개인위치정보를 제공할 용의가 다른 개인정보의 제공에 비해 높음을 유추할 수 있음

- 개인정보 비식별을 통한 개인데이터의 활용을 위한 논의와 제도들이 구축되어 있으나 보다 전문적인 검토와 사회적 논의와 합의가 필요함
  - 2016년 6월 정부는 개인정보 비식별 조치 가이드라인을 수립하여 배포
  - 2016년 9월 발의된 “정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률 일부개정법률안”에 따르면 특정한 개인을 알아볼 수 없도록 개인정보를 가공 및 처리하는 비식별 조치를 규정

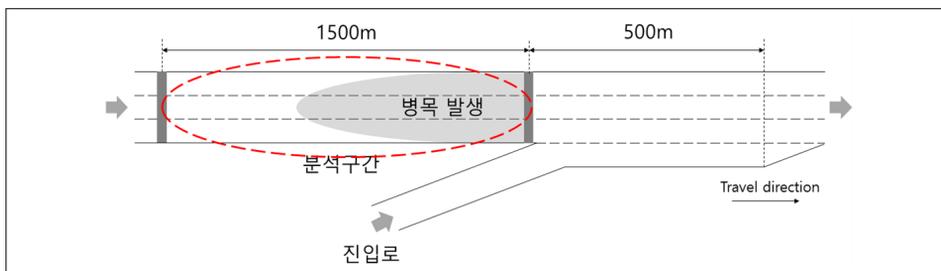
#### 4. 속도 및 교통량 추정 방법론 보완

- 차량운행경로 빅데이터를 통해 정보 수집의 공간적 범위가 전국의 모든 도로로 확대되어 기존의 교통 데이터가 미관측되던 구간의 정보 수집이 가능해짐
  - 그러나, 추정된 데이터의 대표성이 확보되지 못하면 도로 정책 및 계획 과정의 활용에서 제약이 발생할 수 있음
  - 향후 통신사 등의 교통 데이터가 확대 제공된다면 샘플수의 제약을 점차 극복할 수 있을 것으로 예상되나, 현재 활용 가능한 데이터 기반으로 속도 및 교통량을 추정하는 방법론의 지속적인 발전이 필요함
- 본 연구에서는 프로브차량의 비율에 따른 속도 및 교통량 추정의 정확도를 추정하기 위한 모의실험을 실시함<sup>37)</sup>
  - 모의실험을 통해 생성된 차량들 중 일부를 임의로 프로브차량으로 지정하여 이 차량들의 데이터만을 활용하여 속도와 교통량을 추정함
  - 경부고속도로와 호남고속도로 지선이 합류하는 회덕분기점 인근 2km 구간을 대상지로 선정함

---

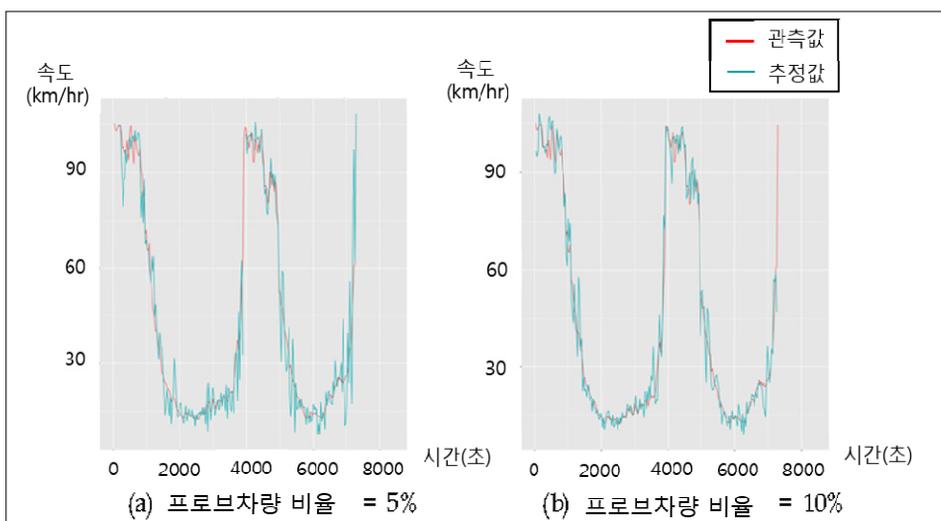
37) [부록 1] 참조

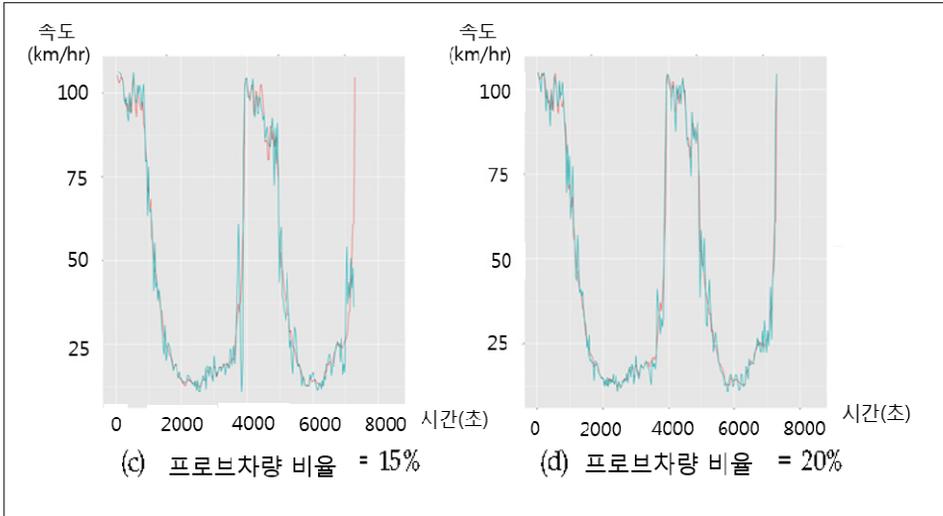
**그림 5-3 합류구간의 병목 발생**



- 모의실험에 필요한 파라미터들의 최적값은 2015년 7월에 수집된 한국도로공사 차량검지기(VDS) 자료를 활용함
- 시나리오는 프로브차량의 점유율(5%, 10%, 15%, 20%)에 따라 속도와 교통량 추정치의 정확도를 분석하기 위해 합류구간의 병목이 발생하는 지점을 주요 분석구간으로 설정함
- 속도의 경우, 5%의 점유율로 자유주행 구간에서는 10% 미만의 오차율을 확보할 수 있으나, 전체 교통상황에 대해서는 15%의 점유율이 되어야 10% 미만의 오차율이 확보되는 것으로 분석됨

**그림 5-4 속도추정 결과**





- 교통량-밀도 관계 곡선을 도출하고 구간평균속도에 대응하는 교통량 값으로 추정하는 방법으로 교통량을 추정한 결과, 상당한 오차가 발생함을 확인함
  - 따라서, 교통량의 추정에 있어서는 제한된 프로브차량 비율로는 명확한 한계가 있어 점유율을 크게 증가시키거나, 지점식 검지기 데이터를 함께 결합하여야 정확도를 높일 수 있을 것임
- 마지막으로 차량운행경로 빅데이터가 확대되더라도 추정된 교통량의 검증을 위하여 기존 검지체계의 확대가 필요하다는 전문가 의견도 있음
- 민간 교통정보의 신뢰도 제고 및 품질평가를 위해서 기존 검지체계를 어느 수준으로 유지 또는 확장하여야 하는지에 대한 연구 필요

CHAPTER 6

# 결론

01 연구결과 요약	83
02 연구의 한계	84
03 향후 연구과제	84



## 1. 연구결과 요약

- 국가도로정책 수립과정에서 교통량과 속도 데이터는 도로정책 수립의 준거로 핵심적인 역할을 수행하고 있음
  - 국가도로정책의 실효성 제고를 위하여 교통량과 속도 데이터의 신뢰성 있는 수집·가공체계는 필수적임
- 정보통신기술의 발전에 따라 등장한 클라우드소싱 기반의 차량운행경로 빅데이터는 프로브 차량수의 대폭 증가, 수집비용 감소, 데이터의 정확도 증가, 공간적 범위의 확대라는 효과를 발생시킴
  - 차량운행경로가 기록되므로 지금까지 분석이 불가능했던 다양한 실증적인 분석이 가능하며 국가도로정책 수립 과정에 혁신적인 변화를 발생시킬 수 있음
- 차량운행경로 빅데이터별로 수집 및 활용 현황을 검토한 결과, 수집 측면에서 데이터의 신뢰도 문제, 개인정보보호 제약으로 인한 자료의 연계 어려움, 활용 측면에서 단순소통정보 산출 등 매우 제한적으로 사용되고 있는 한계가 도출됨
- 정책적 활용방안의 실효성 제고를 위하여 현재 한계점을 극복하기 위해 우선적으로 수행되어야할 선결과제로 로드맵이 수립되어야 함
  - 추가적으로, 데이터의 신뢰도 제고, 연계를 위한 표준화, 개인정보보호 관련 제약 해결, 속도 및 교통량 추정의 정확도 제고 등도 해결되어야 함

## 2. 연구의 한계

- 차량운행경로 빅데이터 기반의 실증적인 연구가 필요함
  - 본 연구는 연구의 규모 한계 등으로 실제 데이터 분석을 통한 실증연구를 진행하지 못하였음
  - 샘플 데이터를 수집하여 데이터 가공, 연계 등과 관련된 실험적 연구를 통해 데이터의 활용 가능성을 확인 또는 보완 방향을 도출하는 연구가 필요함
- 차량운행경로 빅데이터 로드맵 수립을 위한 후속 연구가 필요함
  - 현 정부 정책의 실효성을 높이기 위해 로드맵의 필요성을 제시하였으나, 로드맵 수립에 필수적인 참여자, 조직체계, 기관별 역할, 기술 개선, 예산 등을 체계적으로 수립하기 위한 다양한 행정·도로·교통·정보통신 분야의 협력 연구가 필요함

## 3. 향후 연구과제

### 1) 기본방향

- 차량운행경로 빅데이터 기반 정책 개발을 지원할 수 있는 후속 연구가 필요함
- 2016~2020년 국가재정운용계획(기획재정부, 2016)에 따르면 SOC 분야 주요 교통시설은 투자효율성 제고에 중점을 둔 핵심과제를 제시한 바 있으며, 국토교통부는 이를 반영한 정책을 추진하고 있음
  - 설계 적정성 검토를 통해 고규격, 과잉설계 방지 등
  - 대도시권 혼잡 및 광역도로 등 도시부 인프라 시설의 지속 확충으로 혼잡 해소
  - 위험도로 개선 등 예방중심의 안전관리체계 구축으로 선제적 대응 등
- 핵심과제를 고려할 때, 도로정책의 방향은 첫째, 예산의 효율적 집행, 둘째, 혼잡 해소, 마지막으로 안전 등 새로운 시대요구에 부합할 수 있는 정책 개발이라고 할 수 있음

## 2) 간선도로 관련 연구

### (1) 간선도로망 기능 재평가

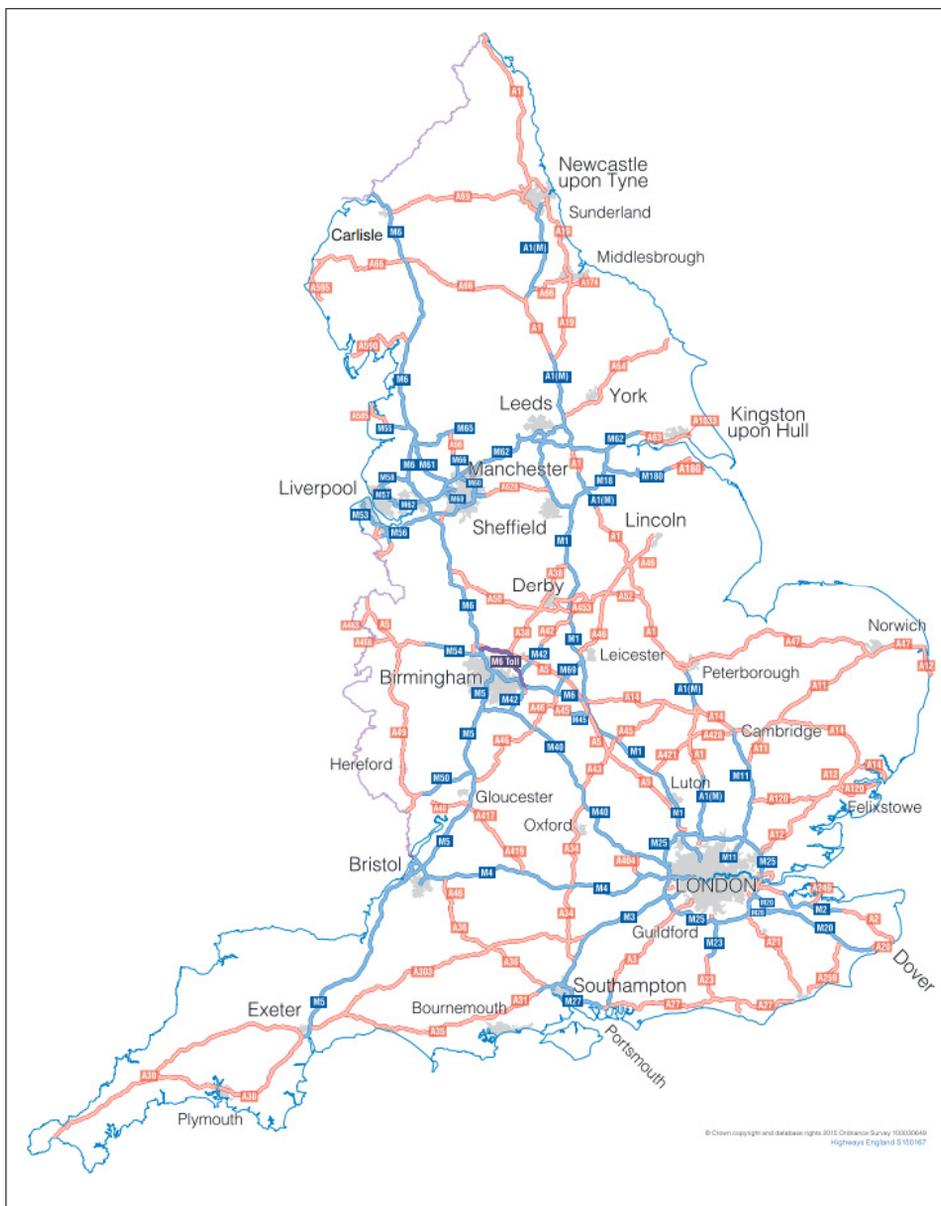
- 우리나라의 간선도로인 일반국도는 4등급으로 구분되며 높은 등급 일수록 고규격 설계에 따른 시공으로 많은 예산이 소요됨
  - 기능에 부합하는 등급 지정은 도로예산의 효율적 집행의 기본 전제임
  - 교통량의 통행거리가 길고, 통행밀도가 높으며, 지역간 통과교통이 높은 도로가 높은 등급의 도로로 지정되는 것이 원칙
- 현 일반국도 등급은 현실 데이터 구득의 어려움으로 인해 수요예측방법론을 대안적으로 사용하여 생성된 지표로 기능을 평가한 한계가 존재함
  - 1999년 3등급 기능분류를 시작으로 2008년 4등급으로 변경하였으나 정확한 기능 평가를 위한 현실 데이터와 평가방법론의 한계로 국민과 정책결정권자가 체감할 수 있는 지표로서는 부족
  - 구간별 통행량 중 장거리 통행량의 비율을 산출하여 이를 기능 평가의 주요 지표 중 하나로 활용
  - 이 지표는 현실 데이터 구득의 한계로 수요예측모형을 통해 가공하고 생성한 지표로 신뢰도에 논란의 소지가 있으며 직관적 이해가 어려운 단점
- 일반국도는 고속도로와 같은 지역간 간선도로로서 기능을 발휘하고 있으나 일부 구간에서는 지방도와 같은 국지적 통행 처리에 국한되고 있다는 한계가 지적됨
  - 일반국도는 간선도로로서 지역간 이동성 위주의 통행을 담당하여야 하므로 등급의 재평가를 통해 기능에 맞는 고규격 시설 제공으로 일반국도의 간선기능 확보, 안전성 제고, 도로부문 예산 효율화 가능
  - 지방도 중 일반국도의 기능을 수행하는 구간은 노선등급 재조정 등의 절차를 통해 적절한 시설 수준이 구축되도록 지원 필요
- 차량운행경로 빅데이터 기반으로 일반국도가 목적에 부합하는 기능을 수행하고 있는지 평가하고 지방도 중 간선도로망으로 기능하는 구간을 발굴하여 등급을 재조정하거나 도로축(Corridor) 중심의 관리방향으로 정책방향을 재편할 수 있음

- 이러한 연구에 기반한 도로관리체계의 개편은 예산의 효율적 집행과 직접 연결되며 기능에 부합하는 시설 공급은 도로의 안전성 향상에 기여할 것임

## (2) 국가전략도로망 선정

- 고속도로를 포함한 간선도로망 재평가 결과에 기초하여 도로관리청 중심의 도로관리체계를 전면 개편하여 핵심 간선도로망에 대해서만 중앙정부가 집중적으로 관리하는 국가전략도로망(SRN; Strategic Road Network) 체계를 도입할 수 있음
  - 중앙정부가 고속국도와 일반국도 전체를 관할하는 것이 아니라 핵심 간선도로망만을 추출하여 관리
  - 차량운행경로 빅데이터에 기반한 개별 도로의 특성 분석 결과에 따라 광역통행 비율, 총주행거리 등 해당 도로의 중요도를 판단하여 간선도로망 중 국가전략도로망을 추출할 수 있음
- 도로관리체계의 개편을 통해 중앙정부 예산의 효율적 집행이 가능함
- 국가전략도로망은 영국의 사례를 참고할 수 있음(Department of Transport, 2015)
  - 총 도로망의 2%를 차지하지만 전체교통량의 33%, 화물교통량의 66%를 처리하는 1,865마일의 고속도로와 2,571마일의 국도를 전략도로망으로 설정
  - 전략도로망의 관리는 Highway England가 전담하며, 향후 5년간 25조원 수준의 투자계획을 수립(최재성, 2016)

그림 6-1 영국 전략도로망 노선도



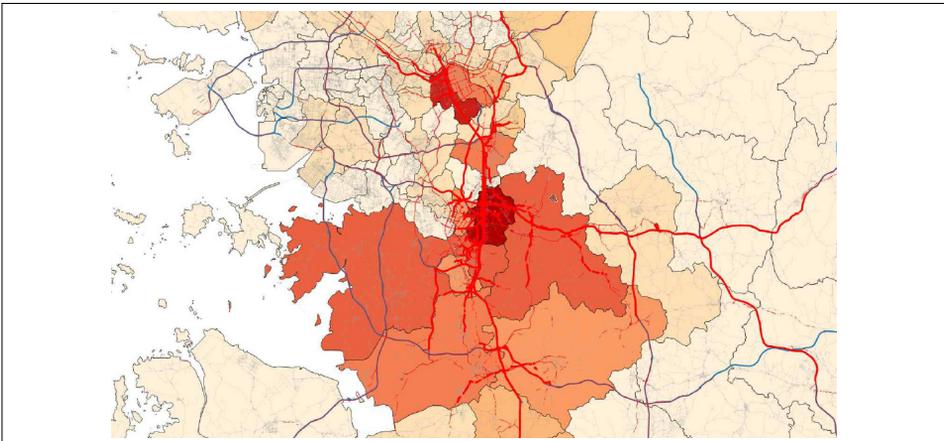
출처 : Highway England(<https://www.gov.uk/government/organisations/highways-england>)[2016.12.17]

### 3) 도시부 도로 관련 연구

#### (1) 도시 생활권의 재정립

- 차량운행경로 빅데이터를 통해서 개별 통행의 기종점 분포를 파악할 수 있으므로 특정 링크의 기종점 분포, 특정 지역의 기종점 분포를 분석할 수 있음
  - 행정구역 단위가 아닌 실제 차량운행기록을 기반으로 통근권, 생활권을 현실적으로 분석할 수 있음
  - 이러한 분석 결과는 해당 지역의 부동산, 주택, 도시 정책에 활용 가능한 기초 자료로 제공 가능(김동한 외, 2014)
- <그림 6-2>는 내비게이션 데이터를 활용하여 서울 톨게이트를 이용한 차량의 기종점을 행정구역 단위로 표출한 사례임
  - 서울시 서초구, 강남구와 경기도 수원시, 용인시가 통행비율이 가장 높은 것으로 표출됨
  - 이를 통해 서울 톨게이트를 이용하는 교통량의 분포를 파악할 수 있고 행정구역 단위별로 분석하면 생활권 분석이 가능함
  - 이러한 분석은 다양한 지역에 확대 적용 가능하며, 통행실태를 반영한 도시부 도로정책 수립에 반영할 수 있음

**그림 6-2** 서울 톨게이트 이용 기종점 통행량 분포



출처: 유정복 외(2015, p.159)

## (2) 도시부 사업의 투자우선순위 기준 개편

- 지역간 간선도로는 건설보다는 정비에 중점을 두고 있는 반면, 도시부는 혼잡해소를 위한 투자확대가 정부정책 방향임
  - 도시부는 막대한 보상비로 인해 사업의 확대에 한계가 있어 시급성에 따른 사업의 우선순위 도출이 매우 중요
  - 현재까지는 경제성에 근거한 투자우선순위 선정으로 실제 해당 도로의 통행 특성이 반영되지 못함
- 차량운행경로 빅데이터 기반으로 도시부 도로의 통행특성에 대한 분석을 통해 경제성 중심의 투자우선순위를 탈피하여 시민들이 개선효과를 더욱 체감할 수 있는 투자우선순위 도출이 가능할 것임
- 추가적으로 도시부 간선도로망을 제외한 하위 도로의 경우 교통 데이터의 부족으로 체계적인 정비가 시행되지 못하였으나, 해당 도로의 교통 데이터 또한 수집 및 분석이 가능해짐에 따라 효과적인 정비사업이 시행될 수 있을 것임

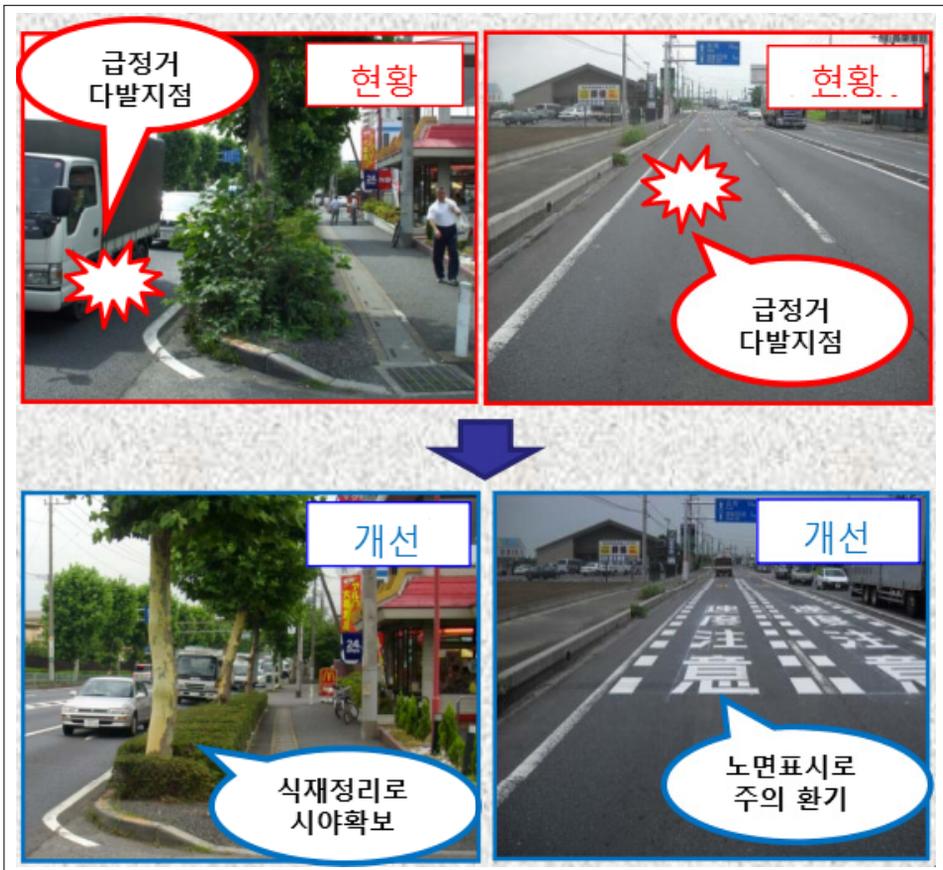
## 4) 안전 관련 연구

### (1) 사고발생 가능지역 선정 및 개선

- 현재 우리나라의 교통사고 위험 지역에 대한 개선대책은 발생한 사고 기록에 기반하여 수립되고 있으나, 차량운행경로 빅데이터를 활용하면 사고가 발생하지 않은 위험지역 선정이 가능함
  - GPS 기반 교통 데이터는 차량의 급정거, 급조향, 급출발 등을 검출할 수 있음
  - 이 데이터를 활용하며 사고가 발생하지 않은 위험지점을 찾아내고 선제적으로 개선대책을 수립할 수 있음
- 일본 사이타마현에서 시행된 정책 사례를 참조할 수 있음
  - 2007~2011년간 혼다 자동차에서 수집한 내비게이션 자료를 분석하여 급정거 다발 지점을 선정하고 개선사업을 시행함

- 사업 시행 후 급정거 발생 총수가 1개월간 개선 전 995회에서 개선 후 326회로 약 70% 감소하였으며, 1년간 인명사고가 190건에서 146건으로 약 20% 감소
- 성공적인 효과를 바탕으로 2012년 이후 동일한 자료를 활용하여 통학로 주변 지점 정비사업을 실시
- 2013년 이후 혼다, 도요타의 내비게이션 자료를 분석하여 급정거 지점을 표시한 안전지도의 작성이 전국으로 확대

그림 6-3 급정거 다발지점에 대한 개선사업 사례



출처 : 카내비게이션 자료를 활용한 안전대책, 일본사이타마현 홈페이지(www.pref.saitama.lg.jp). [2016.12.16]

## (2) 위험물질 운송차량 실시간 관제시스템 구축

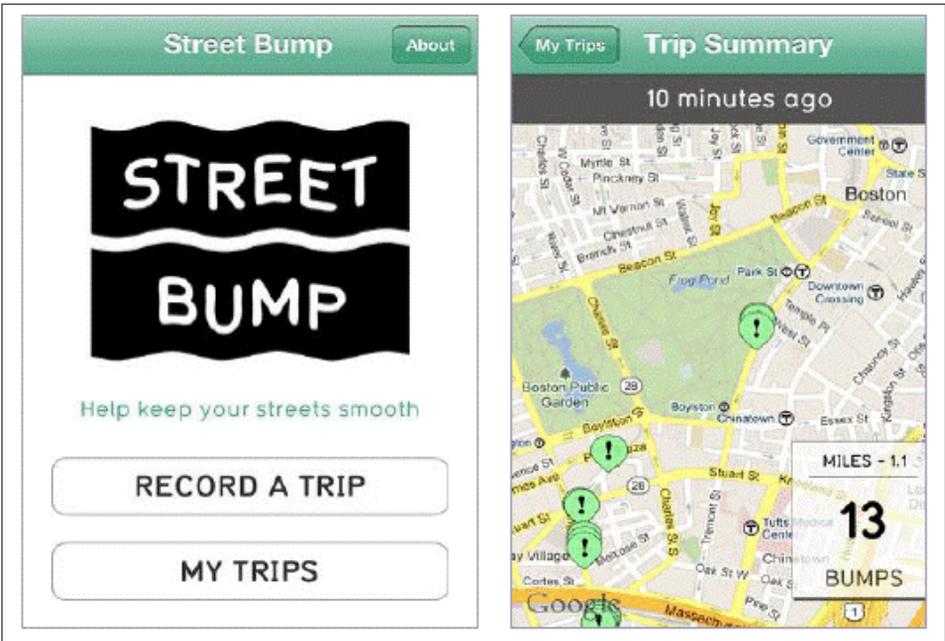
- 위험물질 운송차량의 실시간 관제시스템 구축의 필요성은 꾸준히 제기되어 왔으나 아직 구체적인 추진정책이 수립되지 않고 있음
  - 국내 위험물 운송의 약 80%가 육상운송수단(탱크로리 등)을 통해 이루어지고 있으며, 위험물질 운송차량은 늘 교통사고에 노출되어 있음
  - 2010년 12월 외곽순환고속도로 중동 나들목에서 발생한 탱크로리 폭발사고는 약 2,370억원이 사회적 비용과 4개월의 복구기간 소요
  - 미국과 EU, 일본 등 주요 선진국에서는 '위험물 운송법'을 제정해 위험물 규정과 운송 요건, 운행 경로 등을 명확히 규정하고 있음
- 사업용 차량에 기 설치된 DTG 단말기를 기반으로 위험물질 운송차량 실시간 관제시스템 구축이 가능함
- 관련 사례로 싱가포르의 HTVTS(Hazmat Transport Vehicle Tracking System)를 참고할 수 있음(국토교통부, 2015b)
  - GPS와 GSM 통신기술을 이용하여 차량의 위치를 실시간으로 추적하고 관제
  - 2005년부터 구축되었으며 5년간의 시행착오 이후 안정화 단계 진입
  - 국외 차량의 경우 국경에서 단말기를 임대하여 부착하도록 의무화

## (3) 포트홀의 신속한 정비 및 사고 예방

- 교통량 증가, 노후 포장의 증가, 국지성 호우의 증가로 도시부 도로에서 포트홀이 크게 증가하고 있으며 사고와 연결되는 사례가 발생하고 있음
  - 서울시에서는 2012~2015년간 약 30만건의 포트홀이 발생하였으며 이를 보수하는데 약 84억원이 투입됨
  - 동일기간 동안 포트홀로 인하여 약 1,600여건의 사고가 발생하였고 서울시는 11억원 가량의 피해배상금 지급
- 도시교통관리에 있어서 포트홀의 신속한 보수를 통한 사고 방지가 필요함
  - 서울시는 5월부터 400명의 개인택시운전자로 구성된 '차도 모니터링단' 운영

- 포트홀이 발견되면 택시 내 설치된 카드결제기 버튼을 눌러 위치 자동 전송
  - 모니터링단의 규모와 더불어 자동감지 방식이 아니므로 한계 존재
- 스마트폰의 가속 센서와 자이로 센서를 활용하여 상하 충격을 감지하여 자동으로 포트홀 정보를 도로관리기관에 실시간으로 전송하는 시스템 구축이 가능함
- 미국 보스톤의 스트리트 범프 사례를 참고할 수 있음<sup>38)</sup>
- 보스턴 시는 운전자의 스마트폰을 이용하여 도로노면이 파인 곳을 자동으로 감지하고 도로 관리국에 데이터를 전송하는 'Street Bump'라는 모바일 앱을 개발하여 2012년 말에 보급
  - 앱을 설치한 스마트폰은 운전자가 포트홀을 지나가면 자동적으로 진동을 감지하여 데이터를 도로관리국 서버로 전송하며 타 운전자들에게도 정보 제공
  - 시청 도로 관리국은 곧바로 도로 파손 보수를 실시

그림 6-4 스트리트 범프 앱 구동 화면



출처 : [http://www.crinity.com/Newsletter/2013/12/IT\\_contents1.html](http://www.crinity.com/Newsletter/2013/12/IT_contents1.html)[2016.12.17]

38) [http://www.crinity.com/Newsletter/2013/12/IT\\_contents1.html](http://www.crinity.com/Newsletter/2013/12/IT_contents1.html) 참조[2016.12.17]

## 5) 기타 연구

### (1) 교통수요예측 관련 지침의 개정

- 차량운행경로 빅데이터를 활용하면 현재의 도로계획에서 핵심적인 역할을 수행하는 교통수요예측의 정확도가 크게 개선될 것으로 예상됨
  - 링크 OD의 전 지점의 교통량 추정 가능, 존 내부 통행의 특성 파악, 정산의 정확도 제고 등
  - 또한 교통량 추정에 활용되는 많은 보정계수의 정확도가 제고되거나 불필요해질 것임
  - 이석주 외(2013)은 차량운행경로에 기반하여 존 내부통행량 비율 분석, 존 내 통행발생도착 주요링크 분석, 경로기반 통행배정 모형의 개발, 기종점 추정 및 교통량 검증이 가능할 것이라고 제시함
- 교통수요예측 과정에 사용되는 데이터와 차량운행경로 빅데이터에서 도출되는 데이터 항목간의 비교·분석과 관련 연구수행을 통해 보완방법을 확립한 후 수요예측 관련 지침의 개정이 필요함

### (2) 교통망 성능평가지표 개발

- 미국의 MAP-21(Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act)가 발효되면서 교통망의 성능평가에 대한 중요성이 강조되기 시작함
  - PBPP(Performance-Based Planning and Programing) 시행에 따라 연방정부의 도로예산을 받기 위해서 주정부는 성능평가지표(Performance Measures)를 만족해야함
- 현재 우리나라의 교통망 성능평가에 관한 연구는 초기 단계임
  - 한국교통연구원의 「국가교통조사 및 DB구축사업」의 한 부분으로 연구가 추진되고 있음
  - 홍다희 외(2013)는 기존의 속도, 교통량 중심의 서비스수준(LOS), V/C

(Volume to Capacity) 등 운영자 및 정책결정자 중심의 평가지표의 한계를 지적하고 교통 네트워크 성능평가지표(Performance Measurement Index)를 선정할 바 있음(이동성/정시성, 접근성, 안전성, 환경, 비용, 기타 등 총 6개 항목, 35개 세부지표 제시)

- 이백진 외(2015)는 도로분야의 모빌리티 평가지표를 설정하고 현재 교통정보 센터를 통해 수집되고 있는 ITS 빅데이터 기반으로 대전광역시를 대상으로 실증분석을 수행함
- 차량운행경로 빅데이터를 활용하면 현재 논의되고 있는 도로망 성능평가의 지표의 산출의 편의성과 정확도를 제고하는 것이 가능하며, 데이터의 한계로 산출할 수 없던 새로운 평가지표의 개발이 가능할 것임
- 차량운행경로 빅데이터 기반 도로망 성능평가에 대한 연구과 검증을 정책적으로 추진하고 전 도시별로 평가결과를 정기적으로 발표하는 체계 구축이 필요함

### (3) 운전자의 사회경제적 데이터와 연계

- 차량운행경로 빅데이터와 운전자의 사회경제적 데이터를 연계하여 분석하면 새로운 정책 발굴이 가능함
- 양적 성장에서 질적 성장으로 패러다임이 전환됨에 따라 도로를 이용하는 교통량의 처리 능력 뿐만 아니라 교통량을 구성하는 개별 운전자의 특성을 파악하는 것의 중요성이 증가함
  - 즉, 통행특성에 대한 이해가 필요하며 이를 위해서는 차량운행경로 빅데이터와 운전자 정보와의 연계가 필요
  - 현재 개인정보의 제약으로 차량운행경로 빅데이터의 활용에도 제약이 있는 상황이나, 운전자 정보 연계 시 한 단계 진보된 분석이 가능할 것이므로 이를 위한 방안 모색 필요
- 차량 등록세, 환경개선부담금 등 세금 감면의 인센티브를 제공하면서 운전자의 사회경제적 상태를 간단한 카테고리로 구분하여 선택할 수 있는 편의성을 제공하여 차량운행경로 데이터와 연계하여 일정 기간 동안 데이터로 구축하는 방안이 가능함

### 【인용문헌】

- 국토교통부. 2016. 도로부문 지능형교통체계 설계편람. 세종: 국토교통부
- 국토교통부. 2015a. ITS 용어사전 2015. 세종: 국토교통부
- 국토교통부. 2015b. 위험물질 운송관리시스템 도입 추진방향 연구
- 국토교통부. 2014. 민간 교통정보 수집시스템 구축 및 활용방안 연구 -연구부문-. 세종: 국토교통부
- 국토해양부. 2013. ITS 검지체계 개선을 통한 국도 ITS 선진화 방안연구. 세종: 국토해양부
- 국토교통부 보도자료. 2014. 정부와 민간이 합동으로 첨단교통(ITS) 서비스를 제공한다. 2014. 8. 4
- 국토교통부 보도자료. 2014. T맵아이나비-국토부 “교통안전정보 생태계 조성” 스마트폰내비게이션 교통정보 공유·활용 협약식. 2014. 10. 3
- 국토해양부 고시 제2009-748호. 2009. 고속국도 1호선 등 15개 노선 하이패스 기반 교통정보시스템 구축. 세종: 국토해양부
- 교통안전공단. 2015. 공단 빅데이터 활용방안 연구. 경북: 교통안전공단
- 교통안전공단. 2013. 운행기록분석시스템의 위험운전행동 관리체계 구축 -특성 및 유형 분류 중심으로. 경북: 교통안전공단
- 기획재정부. 2016. 2016~2020년 국가재정운용계획 주요내용
- 김광호, 이백진, 박종일. 2016. 자율주행시대를 대비한 첨단 도로 인프라의 전략적

- 관리 방안 최종보고서(안). 경기: 국토연구원
- 김동한, 김준기, 강혜경, 강민규, 한우석, 성혜정, 박준, 김은빈. 2014. 공간 빅데이터를 활용한 국토도시 정책방안 연구. 경기: 국토연구원
- 김찬성, 이석주. 2012. 빅데이터(Big Data) 시대의 KTDB 발전방향. 월간교통 2013-05. 183호. 5-11. 세종: 한국교통연구원
- 박형근. 2016. 자율주행자동차를 둘러싼 논란 -긍정적 효과 vs. 뛰어넘어야 할 허들-. POSRI 이슈리포트, 2016. 8. 18. 포스코경영연구원
- 연지윤, 김찬성, 김은미. 2012. 9. 국내 교통량 및 속도 자료 DB 구축 현황, 문제점, 그리고 개선방안. 교통연구 제19권 제3호, 세종: 한국교통연구원
- 원제무. 2009. 도시교통론. 서울: 박영사
- 유정복, 천승훈, 이종훈, 김진우. 2015. 국가도로망 도로특성 및 통행특성 분석 연구. 세종: 한국교통연구원
- 유정복, 김영호, 조한선, 채찬들, 이상용. 2014. 국가 도로교통 정책 구상 및 실행방안. 세종: 한국교통연구원
- 이석주, 연지윤, 천승훈. 2013. 빅데이터를 이용한 교통정책 개발 및 활용성 증대방안. 세종: 한국교통연구원
- 이백진, 정진규, 오성호, 김광호. 2015. ITS 빅데이터를 이용한 도시 모빌리티 분석 및 정책 활용방안. 경기: 국토연구원
- 임동욱. 2016. 운행기록분석시스템 소개 및 활용. 국토연구원 세미나 발표자료. 2016. 12. 16
- 임일, 조진서. 2015. '길찾기' 아닌 '길안내'로 패러다임 전환, 엔지니어들의 '실용적 도전' 천만명 플랫폼 낳다. 동아비즈니스리뷰, No. 180, 2015, 6. 동아일보사
- 장유진, 조순기, 안수연. 2015. 지속가능한 교통정보 민-관 협력정책 추진방향. 교통기술과 정책, 제12권, 제1호, 2015년 2월. pp. 83-92. 대한교통학회
- 정정길, 최종원, 이시원, 정준금, 정광호. 2010. 정책학원론. 서울: 대명출판사

- 조순기. 2016. 프로브 차량정보에 의한 교통서비스의 진화와 고려사항. 교통기술과 정책, 제13권, 제4호, 2016년 8월. pp.21-29. 대한교통학회
- 조원희. 2015. DTG 실 주행데이터 및 공간정보를 이용한 빅데이터 기반 연료소모량 추정 모델 연구. 국민대학교 박사학위 논문
- 천승훈, 박인기, 박용일, 김성민. 2014. 차량이동계적 정보를 활용한 교통혼잡비용 추정방법 개선 연구. 세종: 한국교통연구원
- 최기주, 심상우, 김동환. 2009. RFID와 GPS 기반의 교통정보 수집체계 비교분석연구. 대한토목학회논문집. 제29권 제5Dgh. pp.572~573
- 최인구, 남궁성, 김수희, 이환필, 윤미정, 정세준. 2013. 교통정보 DB 플랫폼 구축 및 사업전략 연구. 경기: 한국도로공사 도로교통연구원
- 최정민, 이석주, 조종석. 2011. 데이터 마이닝을 이용한 첨단 교통정보의 분석 연구. 세종: 한국교통연구원
- 최재성. 2016. 영국의 도로교통 SOC 투자정책과 시사점. 도로정책브리프, 제106호, 국토연구원
- 한경비즈니스. 2016. O2O커넥티드 카 '성공열쇠' 모바일 내비게이션 전쟁. 한경비즈니스, no.1089, 2016. 10. 10-16, 한국경제신문
- 한국교통연구원. 2015a. 2015년도 「국가교통조사 및 DB구축사업」 첨단교통자료를 활용한 교통망 성능평가 지표개발 및 DB구축. 세종: 한국교통연구원
- 한국교통연구원. 2015b. 2015년도 「국가교통조사 및 DB구축사업」 교통혼잡지도 DB 구축. 세종: 한국교통연구원
- 한국교통연구원. 2014. 2014년 국가교통조사 및 DB구축사업(요약보고서) 빅데이터 기반 교통예보를 위한 핵심 요소기술 개발. 세종: 한국교통연구원
- 한국도로공사. 2009. DSRC를 활용한 도로교통정보 검지시스템 실용화기술 개발
- 홍다희, 성현곤, 이석주. 2013. 교통네트워크 성능평가를 통한 도심모빌리티 향상 연구. 세종: 한국교통연구원

BCG. 2015. Connected and Autonomous Vehicles - The UK Economic Opportunity'. KPMG

Department of Transport. 2015. Road Investment Strategy: for the 2015/16-2019/20 Road Period

Einav, L. , & Levin, J.D. 2014. The data revolution and economic analysis. In Innovation Policy and the Economy Volume 14. Chicago: University of Chicago Press.

McKinsey&Company. 2016. Automotive revolution-perspective towards 2030 Highway England(<https://www.gov.uk/government/organisations/highways-england>), [2016. 12. 17]

KTDB Lab 플랫폼 : <http://118.129.9.222/map/guide/congest.do>, [2016. 9. 12]

<https://blogs.sap.com/2009/03/09/crowdsourcing-through-knowledge-marketplace/>, [2016. 12. 04]

[www.inrix.com](http://www.inrix.com), [2016. 12. 17]

교통안전공단 홈페이지(<http://www.ts2020.kr/html/nsi/ssi/CRSDrivRecAnaSys.do> ), [2016. 12. 08]

<http://www.focus.kr/view.php?key=2016112800082635765>, [2016. 12. 12]

카내비게이션 자료를 활용한 안전대책. 일본사이타마현 홈페이지 ([www.pref.saitama.lg.jp](http://www.pref.saitama.lg.jp)). [2016. 12. 16]

[http://www.crinity.com/Newsletter/2013/12/IT\\_contents1.html](http://www.crinity.com/Newsletter/2013/12/IT_contents1.html), [2016. 12. 17]

## 【 관련문헌 】

국토교통부. 2016. 12. '미래형 교통체계 구축을 위한 자율주행 기술개발 추진 전략' 세종: 국토교통부

국토교통부. 2016. 10. 자율주행차 기술로드맵 및 R&D 정책방향 검토. 세종: 국토

## 교통부

- 국토교통부. 2016. 8. 제1차 국가도로종합계획(2016~2020). 세종 : 국토교통부
- 국토교통부 보도자료. 2016. 하루 2천만 건의 교통카드 빅데이터 활용 시스템 만든다 -2017년까지 '교통카드 빅데이터 통합정보시스템' 구축키로-. 세종 : 국토교통부
- 국토교통부 보도자료. 2016. 8. 29. 2020년 고속도로 5천km를 돌파하고 새롭게 인공 지능도로 시대를 연다. - 제1차 국가도로종합계획 수립, 2020년 30분 내 고속도로 진입, 스마트톨링 전면 시행, 에너지 생산도로, 입체도로 등 미래도로 7대 비전을 제시. 세종 : 국토교통부
- 김수희, 정소영, 남궁성. 2015. 빅데이터 기반 교통정보서비스 개발 연구. 경기: 한국도로공사 도로교통연구원
- 김종학, 김호정, 고용석. 2012. 수도권 법정교통계획 체계의 실효성 제고방안. 경기: 국토연구원
- 천승훈. 2016. 2. 29. KTDB Lab 플랫폼 활용방안. 세미나 발표자료
- 천승훈. 2015. 10. 28. KTDB Lab Platform의 소개 및 내비게이션 데이터의 신뢰도. 세미나 발표자료
- 천승훈·김찬성·김진우·김성민. 2015. 빅데이터와 KTDB Lab platform. 월간교통. 210호: 56-62.
- 한국개발연구원. 2008. 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구. 제5판. 경기 : 기획재정부.
- 한국교통연구원. 2013. 2013년도 「국가교통조사 및 DB구축사업」 교통네트워크 소통 성능평가지표 연구. 세종: 한국교통연구원
- 한국교통연구원. 2014. 2014년도 「국가교통조사 및 DB구축사업」 교통망 성능평가 연구. 세종: 한국교통연구원
- 한국교통연구원. 2015. 2015년도 「국가교통조사 및 DB구축사업」 교통혼잡지도 DB

구축. 세종: 한국교통연구원

Department of Transport. 2014. National Policy Statement for National Network

Smith, D, D Harris, S Clarke and P Kapugama. 2014. Identify the uses of emerging sources of digital data to assess the efficiency of the state highway network. NZ Transport Agency research report 550.

### **An Application of Vehicle Trajectory Data to Road Transport Policy**

Park Jong-il, Lee Baekjin, Kim Kwangho

The analysis of big data has become possible due to the development of information technology, and the advancement of the data collection, process, and storage. This new tool leads to the establishment of data-driven policies by allowing us to interpret various social phenomenons which were originally difficult to analyze.

The representative big data in the road transport area is the vehicle trajectory data, which is categorized into GPS based data such as navigation and digital tachograph, and DSRC based data utilizing hi-pass OBU. The vehicle trajectory data results in the increase in the number of probe vehicles, decrease in the cost of data collection, increase in the accuracy of data, and expansion of spatial range. Therefore, various empirical analysis can lead to innovative changes in the road transport policy.

This study has been performed for two objectives: First, to review the collection and utilization of the vehicle trajectory data so that we could identify its limits and how to overcome them. Second, to suggest the prerequisites to be settled and the road transport policy to improve the utilization of the vehicle

trajectory data.

The problem in the collection of the vehicle trajectory data is the lack of reliable data and the restriction of data utilization due to the private information protection regulations. In terms of data utilization, there is a problem of only traffic information being collected and utilized.

In order to improve the data utilization policy and overcome the current limitation, both the prerequisites to be settled first and the policy for subsequent measures are suggested here. As for the prerequisites, the establishment of a policy road map should be the highest priority. In addition, there are several works to do as follows: to enhance the data reliability, to standardize the data for its efficient utilization, to remove obstacles associated with the private information protection regulations, and to improve the accuracy of the estimation of velocity and transport volume.

## 1. 차량운행경로 빅데이터 기반의 교통지표 추정 모의실험 결과

### 1) 개요

#### (1) 모의실험 분석 배경

- 차량운행경로 자료를 가공하여 속도, 교통량 등 정량적인 성능지표를 추정할 때 충분한 자료 표본이 확보되어야 추정의 신뢰성을 확보할 수 있음
  - 프로브 차량 (차량운행경로를 제공하는 차량)의 점유율이 해당 성능지표의 추정 신뢰성에 중요한 변수로 간주됨
- 프로브 차량의 점유율이 성능지표 추정의 신뢰도에 미치는 영향을 파악하기 위해 실제 차량들의 궤적 자료를 사용하는 것이 이상적이나, 자료 구득의 한계로 인해 모의실험을 통해 추출된 차량궤적 자료를 사용하여 분석함
  - 모의실험이 현실 교통상황을 적정수준에서 잘 모사한다는 전제하에 프로브 차량의 비율이 성능지표의 추정 신뢰도에 미치는 영향을 파악할 수 있음
  - 모의실험을 통해 생성된 모든 차량 궤적을 완전히 다 알 수 있지만, 현실에서는 프로브 차량의 시장 점유율이 높지 않다는 것을 감안하여 모의실험에서 생성된 차량 들 중의 일부를 임의로 프로브 차량으로 지정하여 이 차량들의 궤적만을 이용하여 지표를 추정함

## (2) 교통지표 추정 기존 연구

- 기존의 연구들의 경우, 실제 프로브 차량에서 수집한 GPS 데이터를 가지고 교통지표를 추정하는 연구들이 대부분임
  - 수집되는 데이터가 대상 구간에 비해 큰 경우, 대부분 없는 데이터를 채우는 방법론에 대한 연구에 초점이 맞춰져 있음
- 기존의 연구들은 과거 데이터와 실시간으로 수집되는 데이터를 융합하여 교통지표를 추정하는 방법을 취하고 있으며, 이 경우, 단일 지표를 추정하는 방법론임
- 여러 개의 지표를 한 번에 추정하는 연구에서는 GPS 데이터 뿐 만 아니라 다른 데이터를 사용하여 정확도를 높이고 있음

**표 부록-1** 교통지표 추정 기존 연구

논문 제목	저자/연도	추정 지표	구간 특성	활용자료
Evaluation of traffic data obtained via GPS-enabled mobile phones : The Mobile Century filed experiment	Herrera et al., 2010	속도	고속도로 (I-880, CA)	프로브차량 GPS 데이터 (3초)
Estimating arterial traffic conditions using sparse probe data	Herring et al., 2010	구간 통행 소요 시간	도심 (SanFrancisco)	Taxi GPS 데이터 (1분)
Traffic flow reconstruction using mobile sensors and loop detector data	Herrera and Bayen, 2007	밀도	고속도로 (US101S, CA)	NGSIM 데이터 (0.1초) (5%, 20% 추출 데이터)
Estimation of flow and density using probe vehicles with spacing measurement equipment	Seo et al., 2015	교통량, 밀도, 속도	도심 (C1 Tokyo)	프로브 차량 데이터, 차간 간격 데이터
Path and travel time inference from GPS probe vehicle data	Hunter et al., 2009	구간 통행 소요 시간	도심 (SanFrancisco)	택시 GPS 데이터

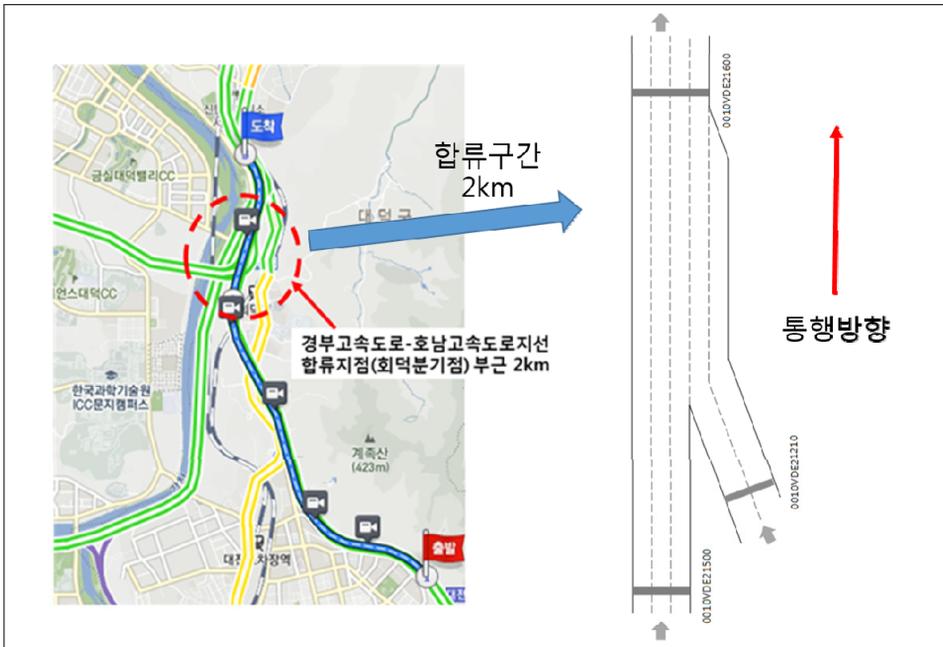
## 2) 연구내용

### (1) 모의실험 분석 네트워크

□ 경부고속도로와 호남고속도로지선이 합류하는 회덕분기점 부근 2km 구간을 모의실험 대상으로 선정함 (<그림 부록-1> 참조)

- 호남고속도로 지선에서 2개 차로가 기존 3차로 경부고속도로와 합류하여 최종적으로 차로 1개가 줄어들어 4개 차로로 이루어지는 기하구조를 보임

그림 부록-1 모의실험 분석 대상



### (2) 모의실험의 파라메타 추정 및 검증

□ 위의 도로 구간을 대상으로 현실 교통자료를 최대한 활용하여 모의실험의 파라메타를 추정하고, 이렇게 추정된 파라메타를 사용하여 수행한 모의실험 결과와 검지기를 통해 측정된 교통 현황을 비교 검토함

- 모의실험에 필요한 파라미터들의 최적값을 산출하기 위하여 대상 도로 구간에서 2015년 7월 한 달동안 수집된 도로공사 차량검지기(VDS) 자료를 활용함
- <표 부록-2>는 모의실험의 주요 파라메타를 나타내며, 이 파라메타는 일반 차량과 중차량으로 구분하여 값이 추정됨
- 자유 교통류 속도 (free flow speed)를 5분 단위 속도 분포의 85백분위수 (85 percentile)에 해당하는 105km로 설정함
  - 반응시간 (reaction time)과 최대 밀도 상태의 차량 간 간격 (jam spacing)은 다수의 모의실험을 수행하여 실제 교통량, 평균 주행속도의 차가 가장 적은 조합을 결정하여 이 값으로 설정함<sup>39)</sup>
  - 그 밖의 파라미터에 대해서는 미국 캘리포니아 주 US-101 고속도로 구간을 통행하는 개별 차량들의 궤적자료<sup>40)</sup>를 기반으로 추정된 값을 사용함

**표 부록-2 모의실험의 주요 파라메타**

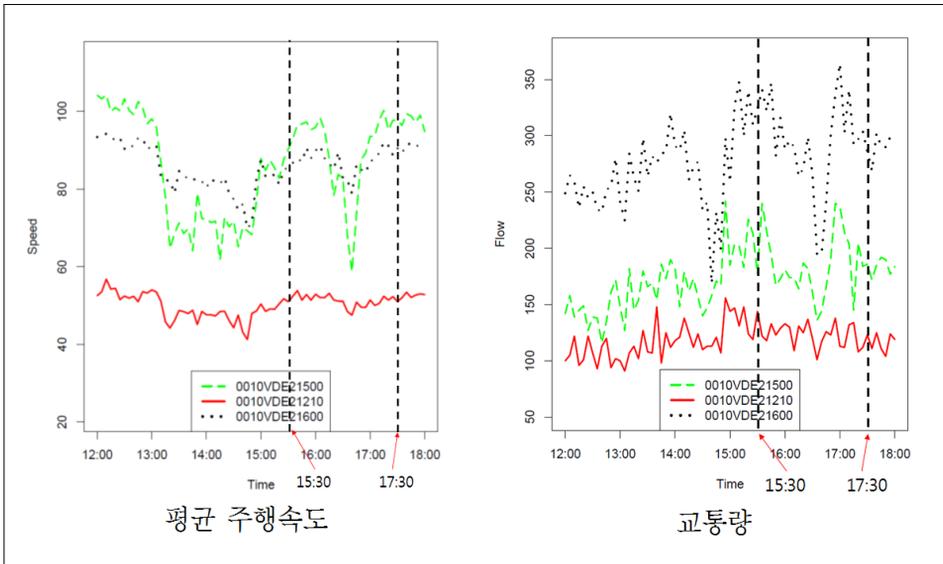
파라메타	설명
자유교통류 속도(km/hr)	자유교통류 상태에서의 차량들의 평균 주행속도
최대 밀도 상태의 차량 간 간격 (m)	극심한 혼잡 상황에서 나타나는 차량 간 간격의 최소값
반응시간 (초)	선두 차량의 가·감속을 후행 차량의 운전자가 인지하여 대응하는데 소요되는 시간
최대가속도 (m/초 <sup>2</sup> )	단위시간 동안 차량 속도 증가의 최대값
최대가속도 (m/초 <sup>2</sup> )	단위시간 동안 차량 속도 감소의 최대값
차량길이(m)	대상 차량의 종단 길이

39) 교통량, 평균 주행속도와외의 평균제곱근편차의 가중치 합을 이용하여 파라메타 추정을 수행한 기존 연구 참조.  
 (예: Schakel, W. J., V. Knoop, and B. van Arem. Integrated Lane Change Model with Relaxation and Synchronization. Transportation Research Record Vol. 2316, 2012, pp. 47-57)

40) NGSIM (2005). <http://ngsim.fhwa.dot.gov>.

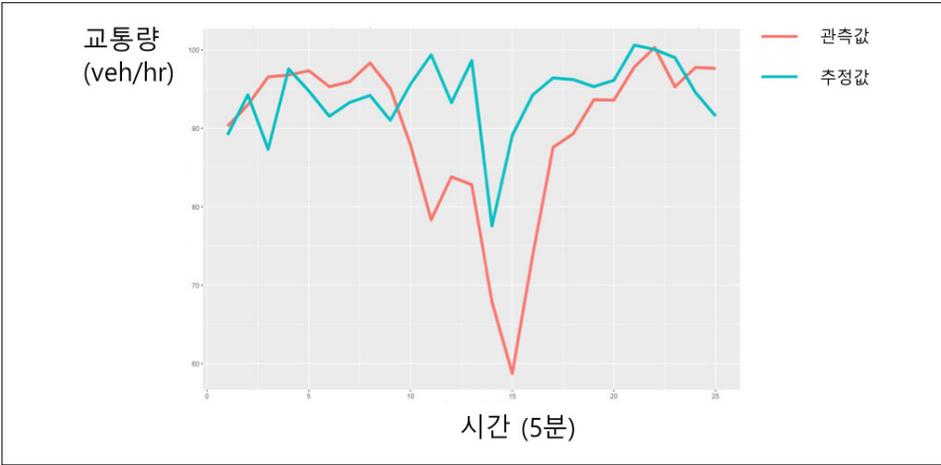
- 2015년 7월 1일 15시30분부터 17시30분까지(2시간)에 해당하는 교통 상황에 대해 모의실험의 현실 모사수준을 검증함
  - <그림 부록-2>는 합류 구간에 위치한 각 차량 검지기에서 측정된 평균 주행속도 및 교통량의 시계열을 나타냄

**그림 부록-2** 평균 주행속도 및 교통량의 시계열 (차량 검지기 측정)

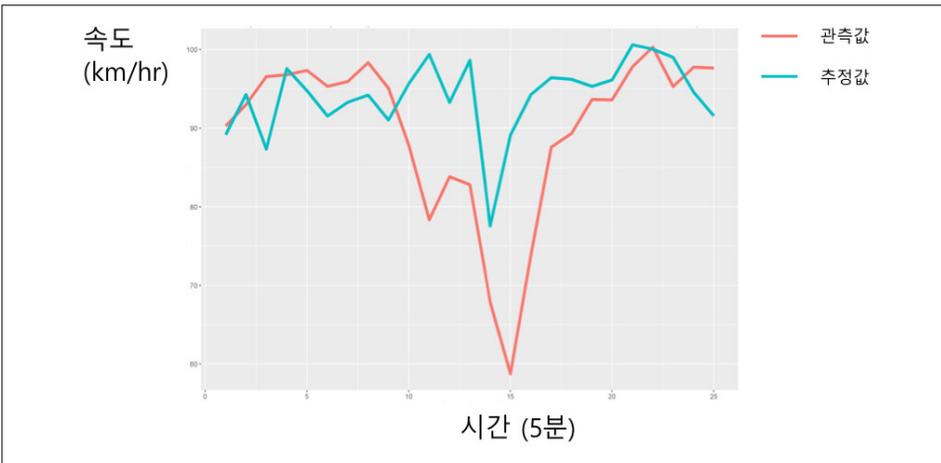


- 2015년 7월 1일 15시30분부터 17시30분까지(2시간)에 대해 합류구간의 하류부 (검지기 ID: 0010VDE21600)에 해당하는 교통량 및 속도 시계열을 비교 검토함
  - <그림 부록-3>과 <그림 부록-4>에서 보는 바와 같이 모의실험 결과는 현실 교통상황을 적정한 수준에서 잘 모사한다고 판단됨
  - 오차가 발생한 부분은 해당 구간의 정확한 중차량비를 알 수 없기 때문에 파라메타 추정에서 중차량비를 30 퍼센트로 가정했기 때문에 나타나는 오차로 판단되며, 교통량의 증감 시점이나 통행 속도의 변동 시점을 잘 모사한다고 판단됨

**그림 부록-3 속도 비교 (검지기 측정값 대 모의실험 관측값)**



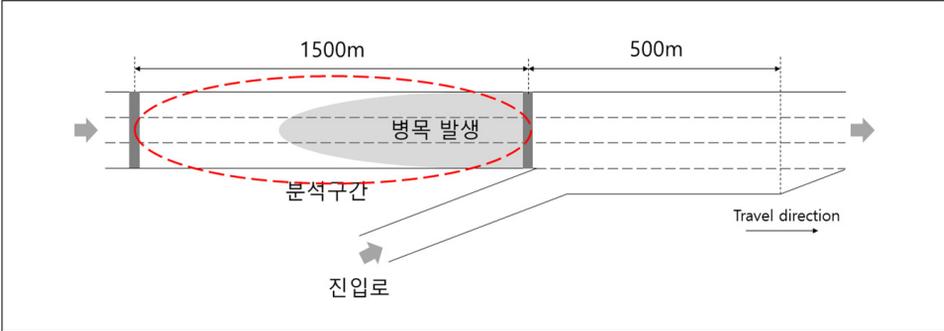
**그림 부록-4 교통량 비교 (검지기 측정값 대 모의실험 관측값)**



### (3) 성능지표 추정에 관한 모의실험 시나리오 설정

- 프로브차량의 점유율 (5%, 10%, 15%, 20%)에 따라 예측할 교통 지표들의 정확도와 신뢰도를 분석하기 위해 모의실험 시나리오를 설정함
  - <그림 부록-5>와 같이 대상 합류구간에 병목이 발생되는 1.5km 구간을 성능지표 평가에 관한 주요 분석구간으로 설정함

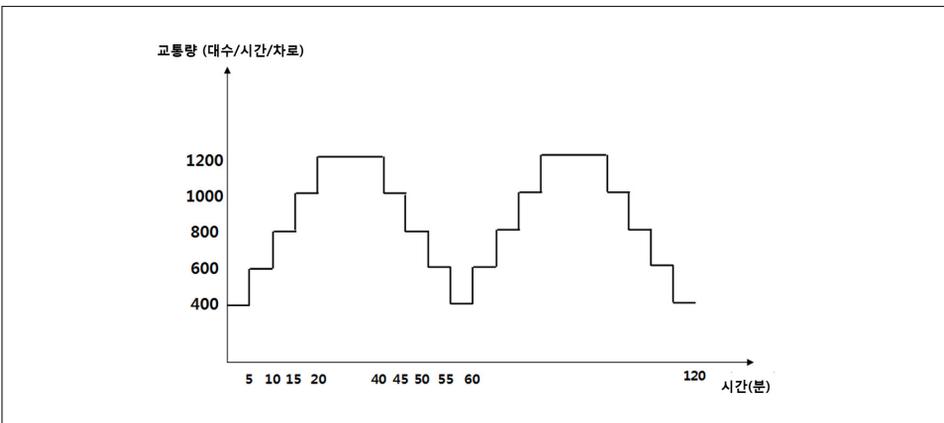
**그림 부록-5** 합류구간의 병목 발생



□ 대상 도로구간의 본선 유입교통량을 <그림 부록-6>과 같이 설정하여 합류부의 병목이 형성되어 해소되는 과정을 구현하기 위해 본선 구간의 유입 교통량 프로파일을 <그림 부록-6>과 같이 가정함 (진입램프 유입교통량은 600 (대/시간)으로 설정하였고, 총 교통량 중 중차량의 비율은 30%로 설정함)

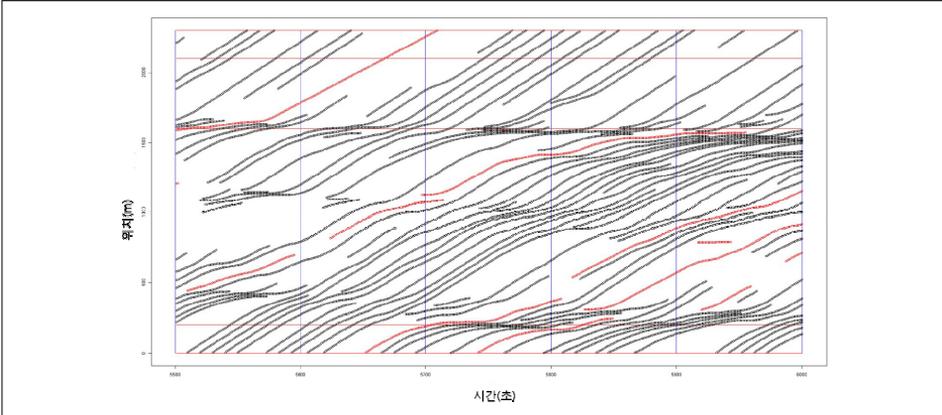
- 모의실험을 통해 자유 교통류 상태(Free-flow), 혼잡상태(Congestion), 전이 상태(Transition period)에 해당하는 교통상태를 관측할 수 있었음
- 자유 교통류 상태는 평균주행속도 시속 80킬로미터 이상, 혼잡상태는 시속 30킬로미터 이하, 전이상태는 시속 30~80킬로미터 구간으로 구분함

**그림 부록-6** 대상 도로구간의 본선 유입교통량 프로파일



- 모의실험 수행 결과 추출된 차량 궤적의 예는 <그림 부록-7>과 같으며 이 궤적 중 프로브차량에 해당하는 것 (빨간색 궤적)만을 사용하여 성능지표를 추정함

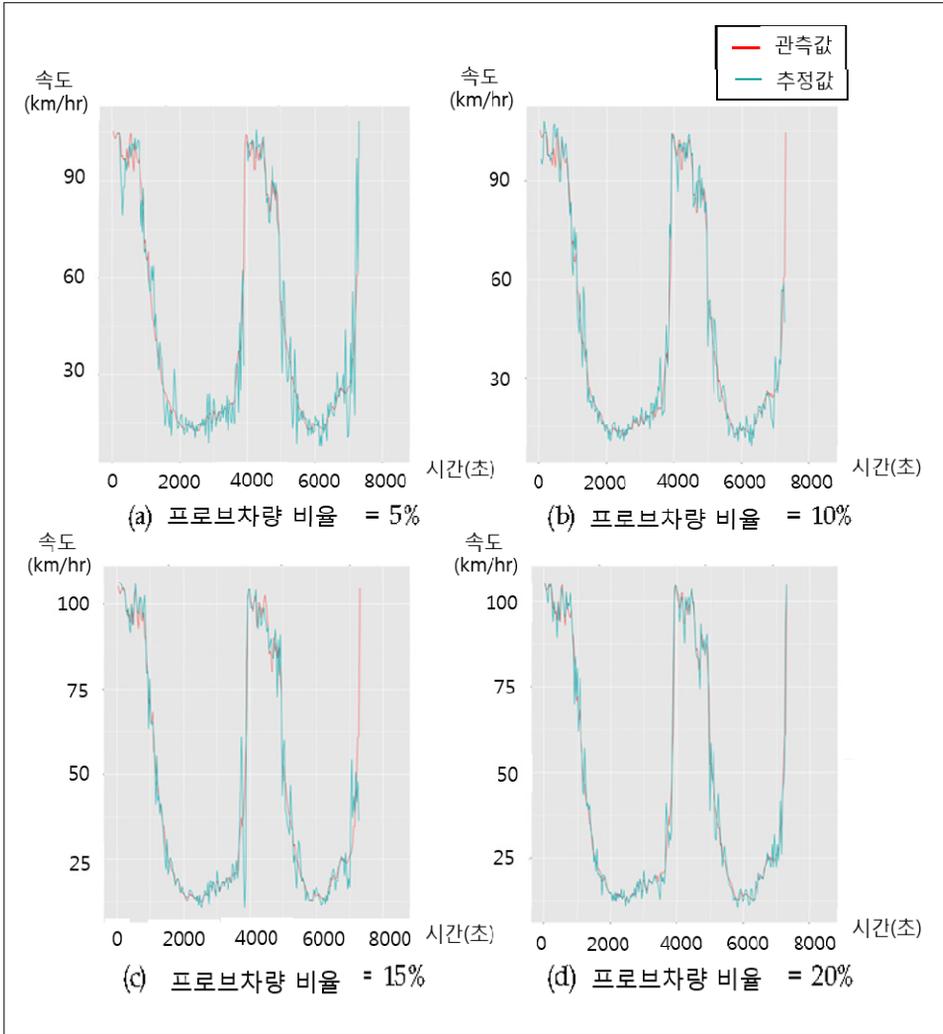
**그림 부록-7** 모의실험을 통해 추출된 차량 궤적(예시)



(4) 프로브 차량비율에 따른 속도 추정결과

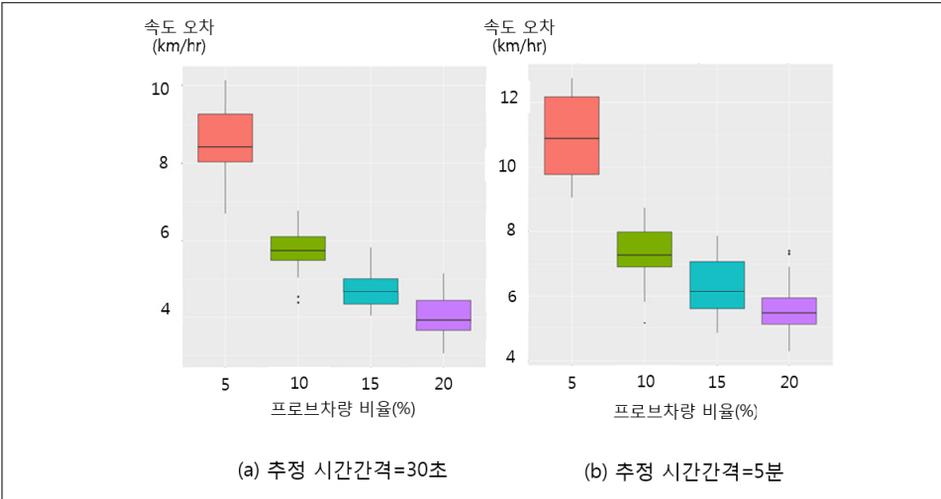
- 프로브차량 점유율에 따른 속도 추정결과는 <그림 부록-8>과 같음 (추정시간 간격은 30초로 설정)
  - 모의실험 결과, 프로브차량 점유율이 높아짐에 따라 구간에서의 차량들의 평균 주행속도 추정 정확도가 높아지는 것을 확인할 수 있음

그림 부록-8 속도추정 결과



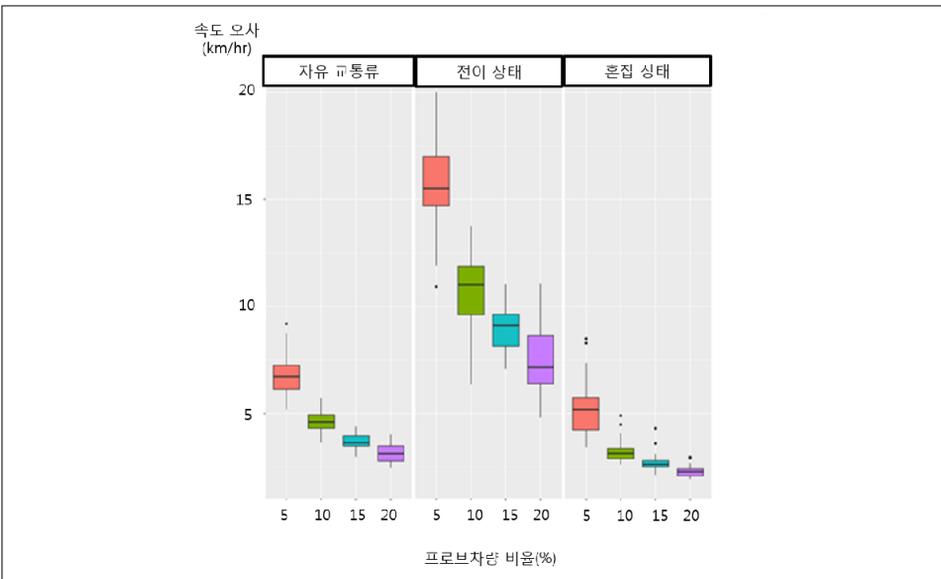
□ <그림 부록-9>에서 보는 바와 같이 추정 시간간격이 5분일 때가 30초인경우와 비교했을 때 속도 추정오차가 더 크다는 것이 확인됨

**그림 부록-9 추정 시간간격 및 프로브차량 비율에 따른 속도 오차**



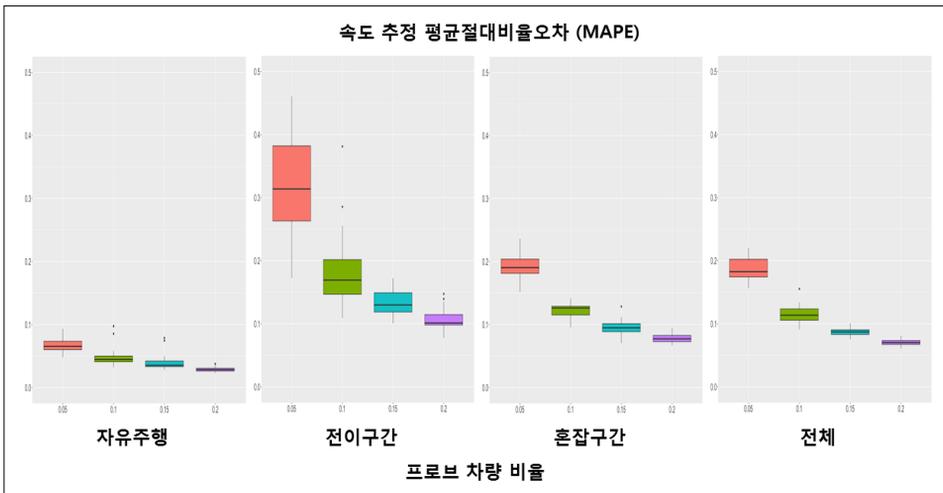
□ 교통상태에 따른 속도 추정 오차를 검토한 결과, 전이상태에서 추정된 속도의 오차가 자유교통류 또는 혼잡상태에 비해 상대적으로 높게 나타남

**그림 부록-10 교통상태 및 프로브차량 비율에 따른 속도 오차(추정시간간격 30초)**



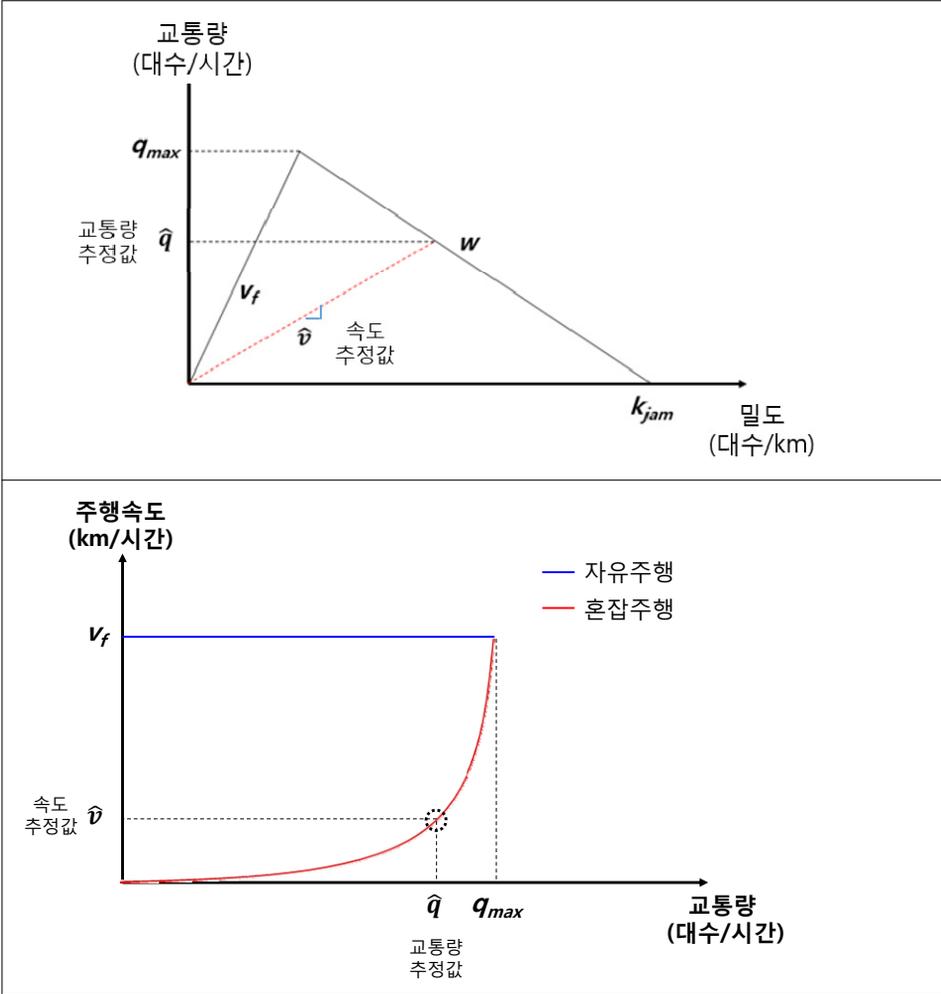
- 평균 주행속도를 추정하였을 때, 교통상태별로 상대적인 오차율을 확인하기 위해 평균 절대비율 오차(MAPE, mean absolute percentage error)를 도출하였음
- <그림 부록-11>은 교통상태별 주행속도 추정값의 평균 절대비율 오차를 보여줌
  - 앞서 평균제공근 오차와 동일하게 전이구간에서 상당히 높은 오차를 보여주고 있는 것을 확인할 수 있으며, 자유주행 구간에서는 10% 미만의 오차율을 나타내고 있음
  - 전체적으로 약17~8%의 상대적인 오차를 보임
- 평균 주행속도가 낮은 혼잡 상태에서 오차율은 자유주행 구간보다 크게 나타나는 경향을 보이고 있음
- 또한 전체적으로 동일하게 프로브 차량 비율이 증가함에 따라 오차율은 감소하는 것을 확인할 수 있는데 자유주행 구간에서는 5% 프로브차량 궤적 데이터만을 활용하더라도 10% 미만의 오차율을 확보할 수 있음
- 그러나, 전이구간, 혼잡구간을 포함한 전체 교통 상황에 대해 10% 미만의 평균 주행속도 오차율을 확보하기 위해서는 15% 프로브차량 궤적 데이터의 활용이 필요함

**그림 부록-11** 교통상태 및 프로브차량 비율에 따른 속도 평균 절대비율 오차(추정시간간격 30초)



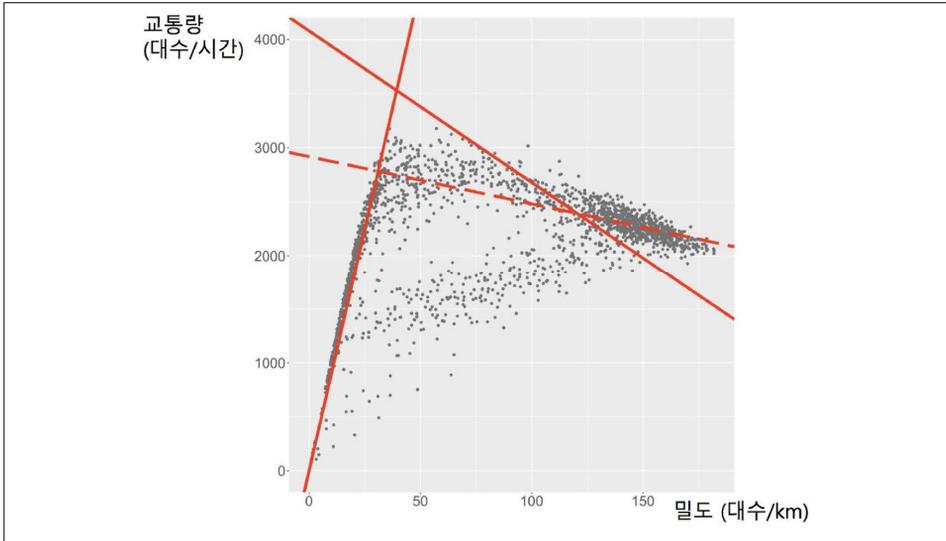
## (5) 교통량 추정결과

- 프로브차량의 궤적 데이터를 토대로 직접적으로 교통량을 유추할 수 있는 방법은 아직까지 시도된 바 없음
  - 앞서 기존 연구들을 살펴보면 궤적 데이터 외에 추가적으로 차간 간격 등과 같은 자료를 활용하여 교통량을 추정함
- 전이구간 및 혼잡구간에서는 차량 추종 모델을 활용하여 선행 차량들의 궤적을 이론적으로 재생성 (Trajectory Reconstruction)하여 교통량을 추정하는데 활용할 수 있음
- 그러나, 자유 주행 구간에서는 차량들이 선행 차량들에 의해 영향을 받아 주행 행태가 변화하지 않기 때문에 위의 방법을 활용하여 교통량 추정이 불가능함
  - 결론적으로 자유 주행 상태의 구간 교통량 추정은 차량 궤적 데이터만을 토대로 불가능함
- 본 연구에서는 <그림 부록-12>과 같이 추정 구간의 교통량-밀도 관계 곡선을 도출하고 이를 활용하여 앞서 추정한 구간 평균속도에 대응하는 교통량 값으로 추정하는 방법을 채택함
  - 교통량-밀도 관계식을 이용하더라도 속도 추정값에 대응하는 교통량 값을 추정할 때에, 자유 주행 상태에서의 평균 주행속도는 교통량에 독립적이기 때문에 추정이 어려움



- 모의실험을 통해 구간의 교통 특성 곡선 (i.e. 교통량-밀도 곡선)을 먼저 도출한 후, 시간 간격 (30초, 5분)별로 평균속도 추정 값에 따른 교통량을 추정하였음
- <그림 부록-13>는 모의실험을 통해 선정한 1.5km 구간에 대한 교통량-밀도 관계를 나타내고 있음

그림 부록-13 교통량-밀도 관계 (모의실험 결과)



- 혼잡구간의 교통량-밀도 관계식을 도출하기 위해 선형회귀분석을 수행하였음
- 선형회귀분석을 수행할 때 교통량이 2000 (대/시간) 이상의 결과만을 활용하여 관계식을 도출하였음
  - 전이상태의 결과를 활용할 경우, 구간의 상태를 정확히 표현할 수 없기 때문에 전이상태 (i.e. 교통량 2000 대/시간 미만)의 데이터를 제외하였음
- 혼잡구간의 교통량-밀도 관계는 이론적으로 시뮬레이션 파라미터 값으로 추정할 수 있음
  - Newell의 차량 추종 모델에 따라 혼잡구간의 교통량-밀도 관계의 기울기는 다음과 같이 계산할 수 있음

$$w = - \frac{s_{jam}}{\tau}$$

- <그림 부록-13>에서의 직선은 이론적으로 도출한 기울기 값을 토대로 회귀분석을 수행한 삼각형 형태의 교통량-밀도 관계식을 나타내고, 실선으로 표시한 부분은 모의실험 결과를 토대로 회귀분석을 수행하여 혼잡구간의 교통량-밀도 관계식을 도출한 결과임

	혼잡구간
이론값	$q = -14.11k + 4079$
회귀분석 결과	$q = -4.357k + 2917$

- 회귀분석 결과, 기울기 값이 이론적으로 도출한 값과 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있는데 이는 일반차량과 중차량 두 차종을 활용하여 모의실험을 수행함에 따라 발생한 것으로 판단됨
- 회귀분석을 통해 얻은 관계식을 통해 교통량을 추정한 결과는 <그림 부록-14>와 <그림 부록-15>과 같고, 추정교통량이 실제 교통량과 잘 대응되지 않는 경우가 빈번하게 발생한다는 것을 알 수 있음
  - 이러한 오차의 원인은 속도 추정의 오차뿐만 아니라 교통량-밀도 관계식 추정에서 내재된 오차 때문임
  - 교통량이 클 때, 추정 오류가 더 큰 것으로 나타남. 교통량이 큰 부분은 변이 구간일 가능성이 높아 오류가 큰 것으로 판단됨
- <그림 부록-14>, <그림 부록-15>는 자유주행 구간을 제외한 전이구간과 혼잡구간에 대해 관측값과 추정값을 비교한 결과임

**그림 부록-14** 추정 교통량과 실제 관측 교통량 비교 그래프  
(30초 데이터, 프로브 차량 비율 : 5%)

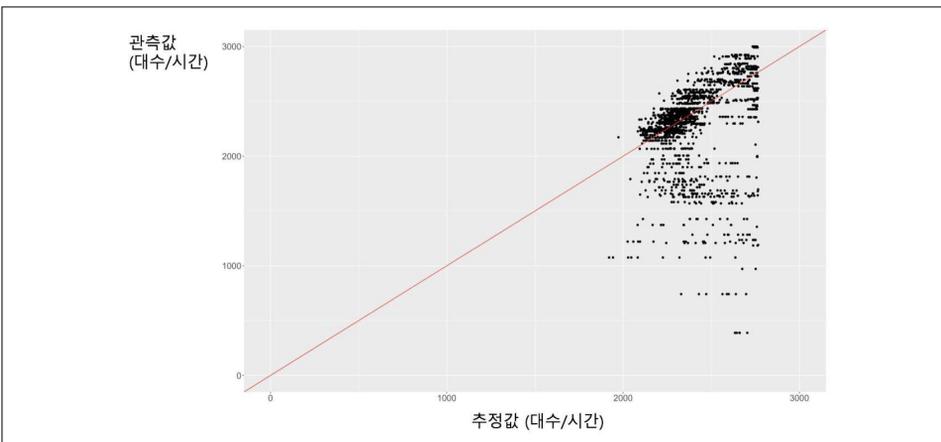


그림 부록-15

추정 교통량과 실제 관측 교통량 비교 그래프  
(5분 데이터, 프로브 차량 비율 : 5%)

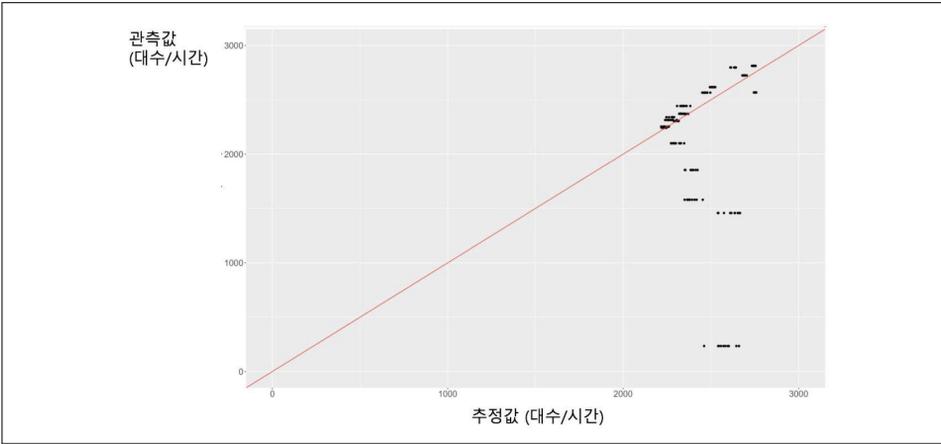
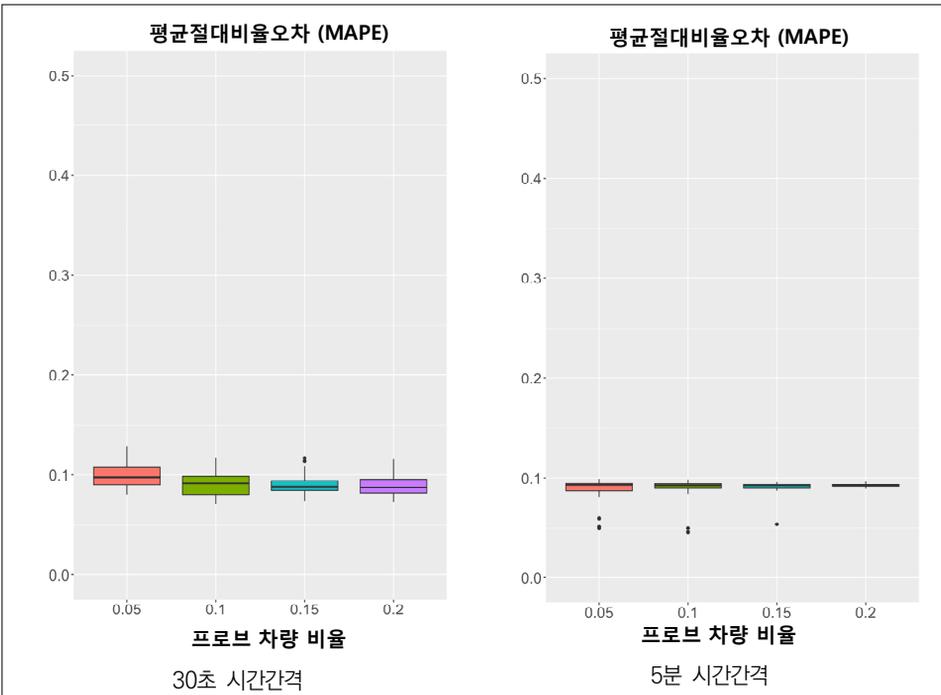


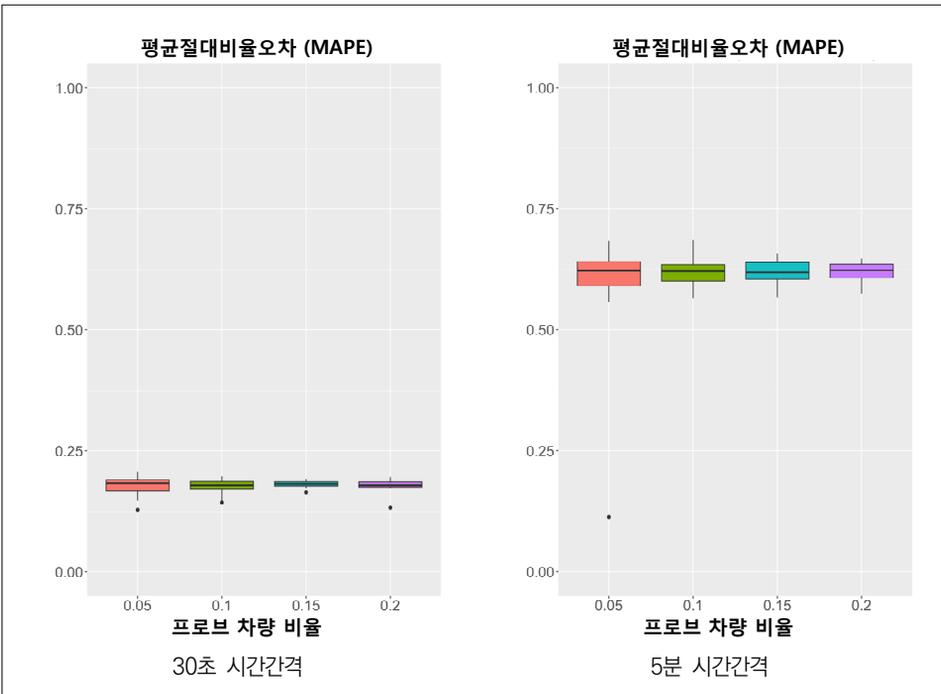
그림 부록-16

프로브차량 비율에 따른 혼잡구간 교통량 추정 오차 비교



- <그림 부록-16>는 전이구간과 혼잡구간에 대해 예측 시간간격에 따른 교통량 추정 오차를 보여주고 있음. 프로브차량 비율이 증가함에 따라, 오차가 조금씩 감소하는 것을 확인할 수 있음
- 이때, 오차는 주행속도 추정에서의 평균 제곱근 오차 (RMSE, root mean square error)를 사용하지 않고 평균 절대비율 오차 (MAPE, mean absolute percentage error)를 사용하였으며, 교통량 추정 값과 실제 값의 절대적인 차이보다는 상대적인 차이를 살펴보기 위함
- 5분 시간간격의 경우, 프로브차량 비율이 증가함에 따라 오차의 증감폭이 크지 않음을 확인할 수 있음
- <그림 부록-17>은 모든 교통상태 즉, 자유주행, 전이, 혼잡 구간을 포함하여 교통량을 추정하였을 때 실제값과 추정값의 오차를 보여주고 있음

**그림 부록-17** 프로브차량 비율에 따른 (자유주행+혼잡)구간 교통량 추정 오차 비교



- <그림 부록-16>, <그림 부록-17>을 비교하면 자유주행 구간을 포함시켜 교통량을 추정하였을 때 오차율이 비약적으로 상승하는 것을 확인할 수 있음
- 특히, 5분 시간간격의 경우, 오차율이 50%가 넘는 것을 확인할 수 있는데 이는 자유주행구간을 포함시켜 교통량을 추정함에 따라 발생하는 오차와 교통상태가 균일하게 5분 이상 유지되는 상황이 모의실험 상 발생하지 않기 때문에 발생하는 오차에 기인한 것으로 판단됨
- 교통량-밀도 (혹은 교통량-주행속도) 관계식을 토대로 예측하는 경우, 앞서 기술한 바와 같이 자유주행 구간의 교통량을 추정하는데 상당한 오차가 발생하는 것을 확인할 수 있음
- 실제 차량 궤적 데이터만을 활용하여 분석 구간에서의 평균 교통량과 주행속도를 추정하는 경우, 루프검지기 자료를 토대로 교통량-밀도 곡선을 정확하게 산출하여 교통량 추정에 활용하더라도 자유주행구간을 포함하면 그 오차율을 커질 것으로 예상됨
- 이를 방지하기 위해서는 기존 연구들에서 활용되었던 주행보조시스템 (driving assist system)에서의 앞차와의 차간 거리 데이터 혹은 루프검지기 데이터를 함께 결합하여 교통량을 추정하는데 활용하는 것이 필요함

수시 16-52

## 차량운행경로 빅데이터의 국가도로정책 수립 활용방안 연구

지 은 이 박종일, 이백진, 김광호

발 행 인 김동주

발 행 처 국토연구원

출판등록 제25100-1994-2

인 쇄 2016년 12월 31일

발 행 2016년 12월 31일

주 소 경기도 안양시 동안구 시민대로 254

전 화 031-380-0114

팩 스 031-380-0470

가 격 비매품

---

ISBN 979-11-5898-170-9

한국연구재단 연구분야 분류코드 B170300

홈페이지 <http://www.krihs.re.kr>

© 2016, 국토연구원

---

이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와는 상관없습니다.

이 연구보고서는 대한인쇄문화협회가 제공한 바른바탕체와 한국출판인회의에서 제공한 Kopub돋움체가 적용되어 있습니다.

# 차량운행경로 빅데이터의 국가도로정책 수립 활용방안 연구



제1장 연구의 개요

제2장 국가도로정책과 교통 데이터

제3장 교통 데이터 수집·가공 체계와 변화

제4장 차량운행경로 빅데이터 고찰

제5장 차량운행경로 빅데이터의 정책적 활용을 위한 요구조건

제6장 결론



국토연구원  
KRIHS

14067 경기도 안양시 동안구 시민대로 254  
전화, 031.380.0114 팩스, 031.380.0470



9 791158 981709 93300  
ISBN 979-11-5898-170-9