

ITS 빅데이터를 이용한 도시 모빌리티 분석 및 정책 활용방안

Analysis of Urban Mobility based on ITS Big Data and Its Application
for Transportation Policies

이백진, 정진규, 오성호, 김광호

■ 연구진

연구책임 이백진 연구위원

정진규 연구위원

오성호 연구위원

김광호 책임연구원

■ 외부연구진

서진이엔에스(주)

■ 연구심의위원

이동우 국토연구원 선임연구위원

이상건 국토연구원 선임연구위원

김대중 국토연구원 연구위원

고용석 국토연구원 연구위원

윤서연 국토연구원 책임연구원

박상조 한국교통연구원 연구위원

김윤기 대전광역시 교통정책과 ITS팀장

발간사

90년대 중반부터 본격적으로 실용화가 시작된 지능형교통체계(ITS)는 지난 20여 년간 전국적으로 빠르게 확산되었다. 2000년대 10년 동안은 공공부문 ITS 구축사업에 2조원 이상이 투입되었고 그 이후로 민간부문에서도 다양한 서비스가 제공되고 있다. 그 결과 이제는 ITS가 국민의 일상에 깊이 관여하고 있다. 승용차 운전 및 대중교통 이용 등 일상 도시통행에서는 물론 명절기간 고속도로의 귀성전쟁 등에서도 그 유용성이 입증되고 있다.

교통정책의 합리적 계획과 실행을 위해서는 교통현상을 구체적이고 객관적으로 진단하고 이를 바탕으로 장래 추구해야할 비전과 목표를 설정할 필요가 있다. ITS는 기존의 교통정보체계와는 다르게 막대한 양의 정밀한 데이터를 수집하고 있어 최근의 사회적 화두인 ‘빅데이터’의 중요한 예라고 할 수 있다. 민간부문에서도 교통카드 데이터, 내비게이션 주행정보, 스마트폰 GPS 등을 이용하여 실시한 교통정보 수집과 제공이 활발하게 이뤄지고 있다. 사람과 차의 이동에 관한 이러한 방대하고 구체적인 정보는 단지 교통운영 측면의 활용을 넘어서 교통정책 및 계획의 수립, 더 나아가서는 타 분야에도 활용 가능성이 높을 것이라 판단된다.

본 연구는 도시교통에서 가장 기초적이고 중요한 평가요소인 ‘이동성(mobility)’ 분석을 위하여 ITS 빅데이터의 활용 가능성을 분석하였다. ITS 빅데이터를 이용한 도시 이동성 지표들을 제시하고, 기존 방법론 대비 ITS 빅데이터의 장점과 교통정책 활용 가능성을 검토하였다. 특히, ITS 운영이 비교적 잘 이루어지

고 있는 국내 두 개 사례도시의 데이터를 통한 실증분석을 시행함으로써 ITS 빅데이터 활용의 확장 가능성을 증명했다고 볼 수 있다. 향후 보다 체계적인 데이터 구축 및 분석을 통하여 이동성 관련 분석의 보완은 물론 기타 다양한 형태의 교통평가가 가능할 것으로 판단된다.

또한 본 연구는 국내 ITS 빅데이터 체계의 문제점 지적을 통하여 활용도 제고를 위한 다양한 정책방안을 제시하고 있다. 특히 지자체의 첨단교통정보센터의 교통정책 지원 역할 강화와 관련 교통부서 지원을 위한 다양한 지표 도입의 필요성을 제시하고 있다. 이를 위하여 기존 첨단교통정보센터의 ITS 빅데이터 운영·관리 체계 도입의 촉진과 중앙정부의 이에 관한 표준 마련이 시급함을 제시하고 있다.

본 연구를 열정적으로 수행한 이백진, 정진규, 오성호 연구위원과 김광호 책임연구원의 노고에 감사를 드리고 함께 수고해주신 외부 연구진께도 감사를 드린다. 또한 연구의 방향 설정에 아낌없는 도움을 주신 자문위원 및 연구심의위원들께도 감사의 말씀을 드린다. 마지막으로 유용한 데이터 제공을 통해 실증분석이 가능토록 도움을 주신 대전광역시 및 부천시 첨단교통정보센터 관계자 분들께도 특별한 감사를 드린다. 아무쪼록 관련 분야 전문가들의 지속적인 협업을 통하여 다양하고 발전적인 연구들이 수행되기를 바란다.

2015년 12월

국토연구원장 김 동 주

주요 내용 및 정책제안

본 연구보고서의 주요 내용

- ① 본 연구는 ITS 빅데이터를 이용한 도시모빌리티 지표들을 제시하고, 기존 방법론 대비 ITS 빅데이터의 장점과 교통정책 활용 가능성을 검토함
- ② 실증분석(대전광역시, 부천시)을 통해 ITS 빅데이터를 활용해 도시의 다양한 모빌리티를 평가할 수 있음을 실증함
 - 특히 ITS 빅데이터의 특성을 반영한 신뢰도(Reliability) 지표를 중심으로 분석
- ③ 국내 ITS 빅데이터의 문제점을 지적하고 교통정책에의 활용방안 제시

본 연구보고서의 정책제안

- ① 도시모빌리티의 기본평가지표인 교통량 데이터 수집시스템을 확대
- ② 첨단교통정보센터를 통해 ITS 빅데이터 기반의 도시모빌리티를 평가하고 월간 (또는 연간) 보고서를 발간하도록 관련 지침 마련
- ③ 첨단교통정보센터의 교통정책 지원을 강화하는 역할 재정립과 유관 교통부서 지원을 위한 다양한 모빌리티 지표 도입
- ④ ITS 빅데이터 기반의 자동화된 모니터링 분석 툴을 개발·보급
- ⑤ 중앙정부 차원에서 ITS 빅데이터의 처리 및 관리에 대한 표준과 ITS 설계단계부터 ITS 빅데이터의 활용이 반영할 수 있도록 ITS 설계지침 마련

요약

1. 연구의 배경 및 목적

- 교통정책의 합리적 계획과 실행을 위해서는 교통현상을 정교하게 진단할 필요가 있는데, 도시의 교통수준 진단, 교통정책 수립과 시행효과를 정량적으로 평가하기 위한 핵심 평가지표로서 도시모빌리티(Urban mobility)가 주로 적용
- 최근 도시모빌리티 평가를 위해 지능형교통체계(Intelligent Transport System, 이하 ITS)로 실시간 수집되는 교통정보데이터(즉, ITS 빅데이터)의 활용성에 주목
 - ITS를 통해 교통데이터를 시·공간적 제약 없이 수집이 가능하고, 방대한 양의 데이터를 과거에 비해 보다 손쉽게 저장, 가공, 분석, 제공할 수 있음
 - 그러나 국내에서는 ITS를 통해 수집된 데이터를 도시의 교통정책 및 계획의 수립, 효과평가 등에 충분히 활용하지 못하고 있음

*) ITS 빅데이터(Big-data)의 정의 : 본 연구에서는 교통시설 및 교통수단에 설치된 다양한 첨단교통정보 수집장치를 통해 '24시간 초(sec) 단위의 연속적으로 수집되는 정형화된 교통정보 데이터'로 정의하고, 공공이 수집한 정보로 대상을 한정함

- 본 연구는 ITS 빅데이터를 이용한 도시모빌리티 분석과 교통정책에의 활용성을 검증하고, 국내 ITS 빅데이터의 교통정책 활용을 위한 정책방안 마련이 목적
 - 특히 국내 도시들을 대상으로 한 실증분석을 통해 ITS 빅데이터의 활용성 제시

- 본 연구에서 다루고자 하는 ‘ITS 빅데이터’는 국내 첨단교통정보센터에서 ITS 정보수집 장비를 통해 실시간으로 수집되는 교통정보로 한정함
 - 이러한 이유는 첫째, 국내 첨단교통정보센터에서 ITS를 통해 수집되는 데이터를 교통정책이나 계획에 충분히 활용하지 못하고 있다는 문제의식에 기인
 - 둘째, 본 연구로 ITS 빅데이터의 활용성 실증, 운영·관리 문제점 제기를 통해 국내 첨단교통정보센터의 ITS 빅데이터 관리체계의 정립 필요성을 강조
 - 셋째, ITS 빅데이터 관리체계가 우선 정립되면, 향후 교통카드 데이터, 모바일 위치정보 데이터 등과 결합하여 보다 실효성 있는 빅데이터 활용 가능 기대

2. 도시모빌리티와 ITS 빅데이터의 특성

- 모빌리티(Mobility)란 개인의 사회활동이나 경제활동을 위해 원하는 목적지까지 적절한 시간과 비용으로 이동할 수 있는 정도이며, 신뢰도(Reliability)는 기대하는 모빌리티가 일관되게 제공되는 교통서비스의 정도로 정의
 - 본 연구는 ITS 빅데이터 특성이 반영된 신뢰도 지표를 중심으로 모빌리티를 평가
- 도시모빌리티의 주요 평가지표는 기본지표로서 속도(Speed)와 교통량(Traffic Volume)이 있으며, 이 기본지표를 바탕으로 통행시간 관련지표, 누적이용 평가지표, 누적운영 성능지표 등 교통서비스의 신뢰도를 평가하는 2차 지표를 산출
- 기존 교통조사 자료에 비해 ITS 자료는 다음 3가지 측면에서 유리
 - 공간적 측면에서 ITS 시스템을 통해 전국규모부터 도시부 세부 가로까지 분석범위의 공간적 유연성이 확대
 - 시간적 측면에서는 ITS 시스템을 통해 ‘초(sec) 단위로 매일 수집되는 교통정보’를 활용하여 분석범위의 시간적 유연성 확대 및 신속한 자료갱신이 가능
 - 대표성 측면에서는 ITS 시스템이 설치된 지점의 경우에는 거의 전수데이터 수집이 가능하여 분석 자료의 대표성과 정확성 개선이 가능

3. ITS 빅데이터의 국내외 활용사례

- 국내외 사례 검토 결과, 미국을 포함 선진국들은 ITS 빅데이터를 교통부문에 활발하게 적용하고 있는 반면, 국내의 적용사례는 많지 않은 실정
 - 미국은 ITS 도입 초기부터 ITS 자료를 체계적으로 수집·관리하고 상호 연계하기 위해 국가표준(ADUS)을 개발하여 운영하고 있는 반면, 국내는 관련 표준 부족
 - 미국은 모빌리티 모니터링 프로그램(MMP) 사업을 통해 ITS 빅데이터 기반 월별 도시 혼잡 보고서를 발간하는 등 도시와 국가차원의 도로혼잡 경향을 분석하는데 적극 활용하고, 2007년 기준 총 23개 도시가 참여
 - 국내는 버스정보시스템(BIS)을 통해 수집되는 버스 운행정보 데이터를 대중교통 정책에 활용하는 사례는 비교적 많으며, 이는 BIS 도입 초기부터 관련 평가지표들을 수집할 수 있는 장비와 운영 시스템을 설치·운영하였기 때문임

- 국내외 사례 검토와 관련 전문가들의 논의 결과들을 바탕으로 국내 ITS 빅데이터의 활용도가 낮은 주요 원인에 대한 검토 결과는 다음과 같음
 - 실시간 교통정보 제공 중심의 ITS 시스템 도입으로 ITS 빅데이터를 체계적으로 분석하고 관리할 수 있는 운영시스템 부족
 - ITS 빅데이터의 자료 처리, 저장, 관리에 대한 표준의 부재
 - 교통정책 및 계획 수립에 활용되기 위해서는 관련 지표 생성이 중요한데, 특히 기본지표인 교통량 데이터 수집이 충분치 않아 적용에 한계
 - 기타 하드웨어 중심의 ITS 사업 추진, 전문 인력 부족 등임

4. ITS 빅데이터를 활용한 도시모빌리티 평가지표

- 교통시스템이 제공하는 모빌리티 수준을 기술하기 위한 기본 평가지표는 속도와 교통량이며, 이용목적에 따라 시·공간적인 집계 방식이 달라질 수 있음
 - 평가지표들의 시간변화를 기술하는 신뢰도(Reliability) 지표도 필요한데, 기본 지표 가공, 유고(Incident) 정보와 같은 타 분야 자료와 통합하여 생성

1) ITS 빅데이터를 활용한 모빌리티 평가지표 : 도로분야

□ 기본지표 : 교통량과 속도

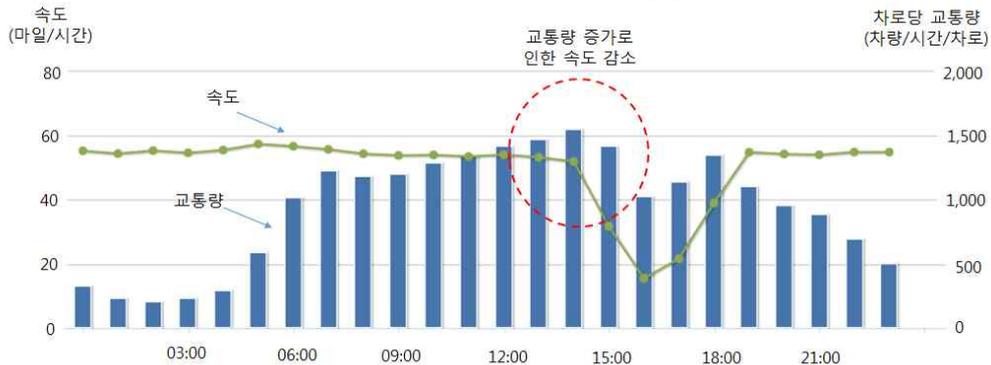
- 주요 병목지점들에 대한 평가지표로 교통량과 속도 지표가 함께 적용되며 해당 병목지점에서 교통량이 혼잡에 미치는 영향 검토가 가능

□ 2차 지표 : 통행시간과 신뢰도(Reliability)

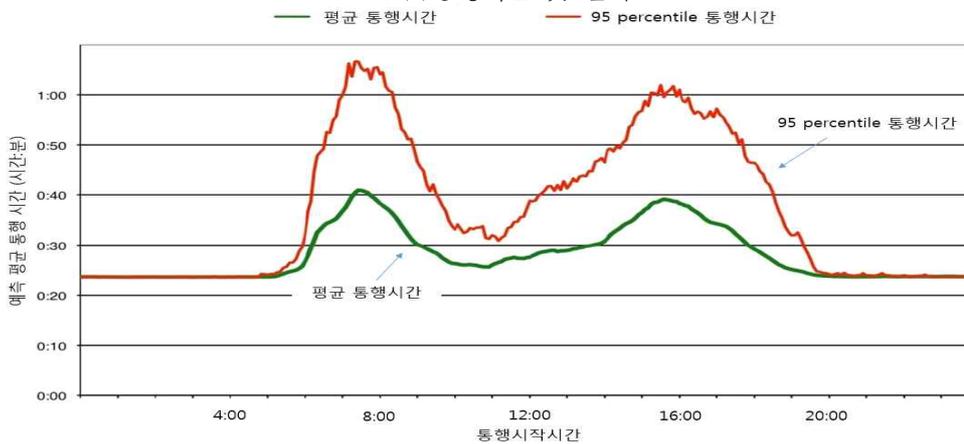
- 통행시간은 지점 속도 자료들로부터 예측될 수 있으며, 특정 경로 및 축(Corridor)의 교통 조건을 일반 대중에게 알기 쉽게 제공하는 데 이용 가능
- ITS 빅데이터를 활용해 평균 통행속도와 95th percentile 통행속도를 시간대별로 검토하여 통행시간의 신뢰도에 대한 시간대별 변화를 모니터링 가능

〈ITS 빅데이터를 활용한 모빌리티 평가지표 : 도로분야 (예시)〉

(a) 특정 지점에서의 속도와 교통량



(b) 통행시간 및 신뢰도



출처: U.S DOT (2013), 그림 내 텍스트 번역 및 추가설명 삽입

- 기타 VKT(Vehicle kilometers traveled) 및 VHT(Vehicle hours of travel), 지체(Delay) 등의 지표가 있음

〈ITS 빅데이터를 통해 도출 가능한 모빌리티 평가지표〉

구분	지표명	용도
기본 지표	속도	· 지점별 교통소통 상태 파악 · 축의 교통소통 상태를 공간적으로 분석
	교통량	· 지점별 이용도 및 교통조건 파악 · 축의 이용도 및 교통조건을 공간적으로 분석
통행시간 관련지표	통행시간	· 특정 기·종점간 교통상태 파악
	percentile 통행시간	· 교통조건에 따른 신뢰도(Reliability) 및 통행시간 분포를 요약적으로 제시함
	TTI, PTI, BTI	· 상이한 길이를 갖는 축 들의 운영 성능 비교
누적이용 평가지표	VKT VHT	· 도로구간, 축 및 도로네트워크 전체의 누적 이용 평가
누적운영 성능지표	차량지체	· 도로구간, 축 및 도로네트워크 전체의 누적 운영 성능 평가
자료통합을 통해 도출된 지표	유고지체	· 유고에 의한 지체를 측정 및 모니터링 함으로써 유고 관리의 효과를 평가함

2) ITS 빅데이터를 활용한 모빌리티 평가지표 : 대중교통(버스) 분야

- 버스 통행속도와 승용차 대비 버스 통행속도
 - 노선(구간)별 버스 통행시간 데이터를 분석해 평균 통행속도를 기준으로, 시간대별(첨두/비첨두), 방향별(도심/외곽), 시계열(월별, 연도별) 변화 모니터링
 - 버스 서비스 수준의 도시간 비교를 위해 버스 통행속도를 승용차 속도와 비교하여 버스의 모빌리티를 평가하고 상대적 비교와 절대적 비교 방법이 있음
- 버스의 신뢰도 지표
 - 버스의 신뢰도 지표로서 배차간격 규칙성, 정류장 정시 도착율 등의 지표가 있으며, 국내에서 이미 많은 지자체에서 해당 지표를 활용하고 있음

5. 실증분석

1) 분석의 개요

- ITS 빅데이터의 교통정책 활용사례를 제시하기 위해 실증분석을 하였으며, 분석은 시공간적 집계단위를 달리하면서 ITS 빅데이터를 분석해 활용가치를 실증
 - 대상도시는 ITS 빅데이터의 수집·관리가 양호한 대전광역시와 부천시로 선정
- 본 실증분석의 주요 내용은 다음과 같음
 - 대전광역시 실증분석은 도로 모빌리티를 분석하며, 대전시 전 도로를 대상으로 도로링크별 이동성 및 신뢰도 평가와 병목지점에 대한 상세 분석 수행
 - 부천시 실증분석은 대중교통 모빌리티를 분석하며, 특정 분석구간의 승용차와 버스의 구간통행속도 비교와 버스 통행속도 분포에 대한 상세 분석 수행
 - 도시 간 비교 분석은 도시별 주요 축에 대한 도로 모빌리티를 비교하며, 도시별로 주요 6개 주요 축을 대상으로 혼잡심각도와 혼잡지속시간에 대해 평가

〈실증분석의 주요 내용〉

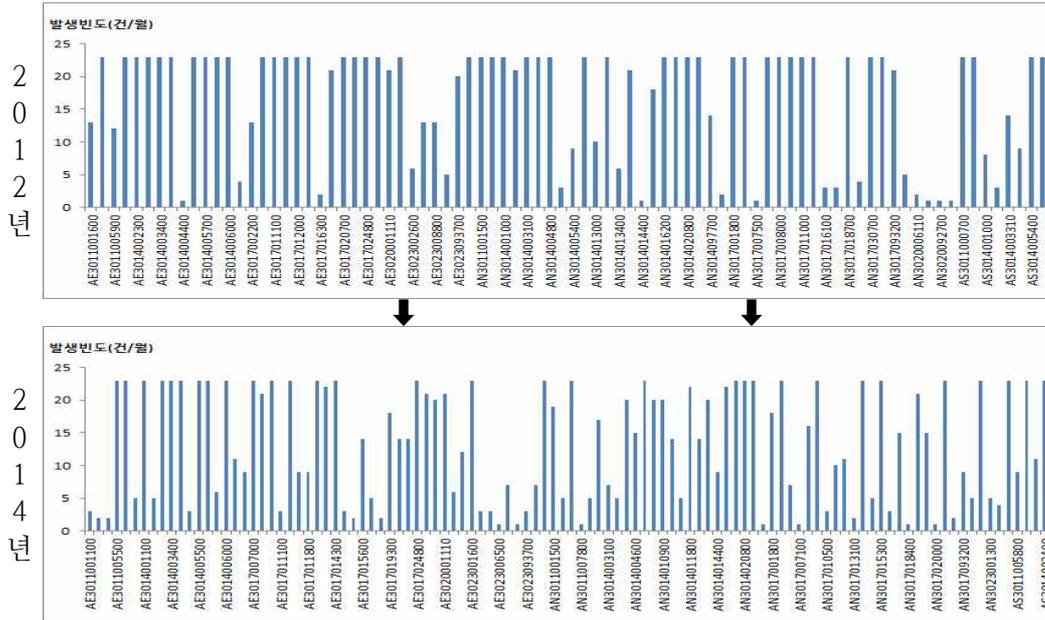
실증분석	주요 내용
•대전광역시 도로 모빌리티 분석	○ 도로 링크별 모빌리티 분석 - 도로링크별 이동성 및 신뢰도 평가 - 도로 병목지점에 대한 상세 분석
•부천시 대중교통 모빌리티 분석	○ 특정 도로 구간의 버스 모빌리티 분석 - 승용차와 버스의 통행속도 비교 - 첨두시간대의 버스 통행속도 분포 분석
•도로 모빌리티에 대한 도시간 비교	○ 축 모빌리티에 기반을 둔 도시 간 비교 분석 - 혼잡심각도에 대한 도시 간 비교 - 혼잡지속시간에 대한 도시 간 비교

2) 실증 분석 (I) : 대전광역시 도로 모빌리티 분석

- 도로 링크의 연도별 이동성 변화 평가
 - ITS 빅데이터로 각 도로 링크별 일평균 통행속도 산출하고 연차별 변화를 분석하

여 도로 링크의 이동성을 평가, 통행속도가 매우 낮게(5th percentile 값) 발생하는 빈도로 해당 링크의 이동성 평가 가능

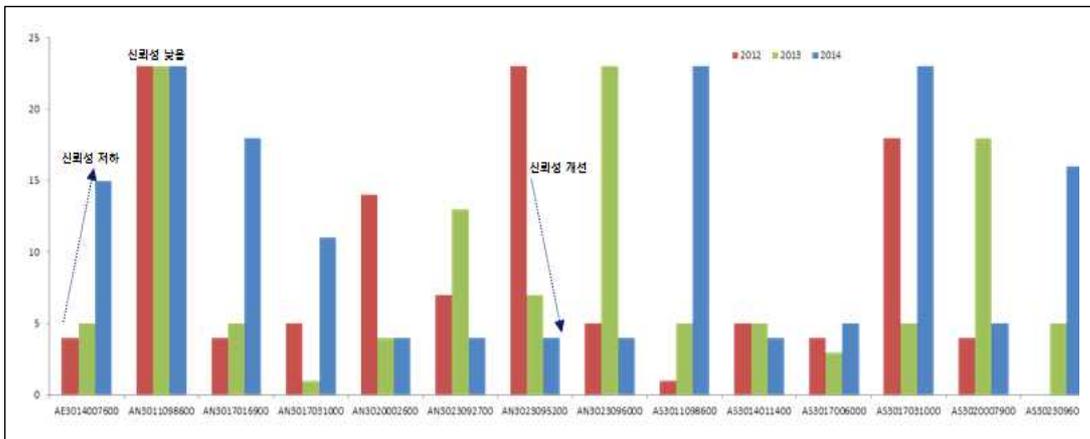
<5th percentile 일 평균통행속도가 발생하는 도로링크와 월간 발생빈도(평일)>



□ 도로 링크의 연도별 신뢰도 변화 평가

- 도로 링크별 “통행시간의 95th percentile 값”과 “일평균통행시간 값”의 차로, 해당 링크의 통행시간 변동성을 평가하고 도로 시설 및 운영개선에 활용

<신뢰도 지표의 연도별 변화 비교: 대전시 전 도로 대상>



□ 도로 병목지점에 대한 상세분석 : 대전시 ‘한밭대교네거리’

- 속도의 시·공간도는 각 링크들의 평균 속도를 음영으로 나타내며 일일 속도 및 교통량 시계열 변화를 그래프로 파악 가능
- 속도와 교통량의 시계열 그래프로 시간별 변화를 파악하는데, 아래 그림에서 속도감소는 교통량 증가에 기인하는 전형적인 교통 혼잡패턴임을 알 수 있음
- 교통 혼잡패턴은 평균통행시간 및 95th percentile 통행시간에 대한 시계열 변화 그래프를 통해 확인하고, 해당 교차로의 신뢰도를 평가 가능(극심한 혼잡이 발생하면, 자유 교통류 상황의 통행시간에 비해 약 3배에서 4배에 달함)

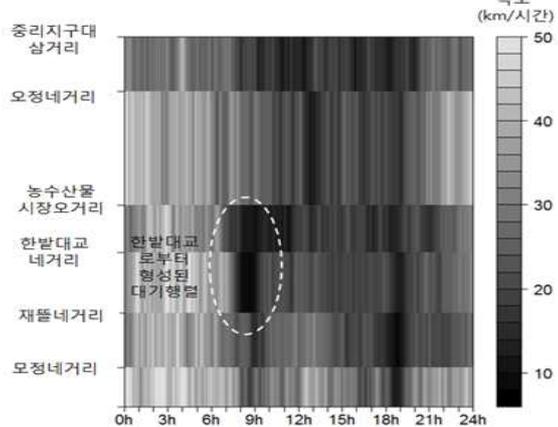
〈도로 병목지점 분석 예시〉

(a) 대상 교차로: 한밭대교네거리

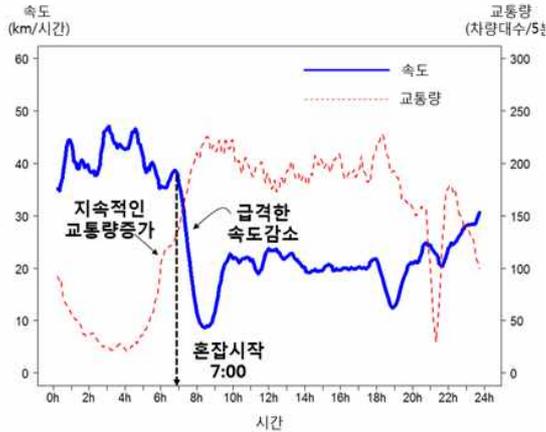


주) 네이버 지도(<http://map.naver.com/>) 바탕 작성

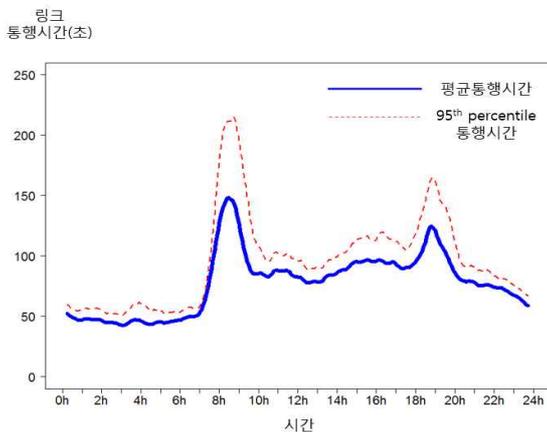
(b) 속도 시·공간도: 한밭대로 방면



(c) 속도 및 교통량의 시계열:
재플네거리→한밭대교네거리



(d) 평균통행시간 및 95th percentile 통행시간의 시계열:
재플네거리→한밭대교네거리



3) 실증분석 (II): 부천시 대중교통 모빌리티 분석

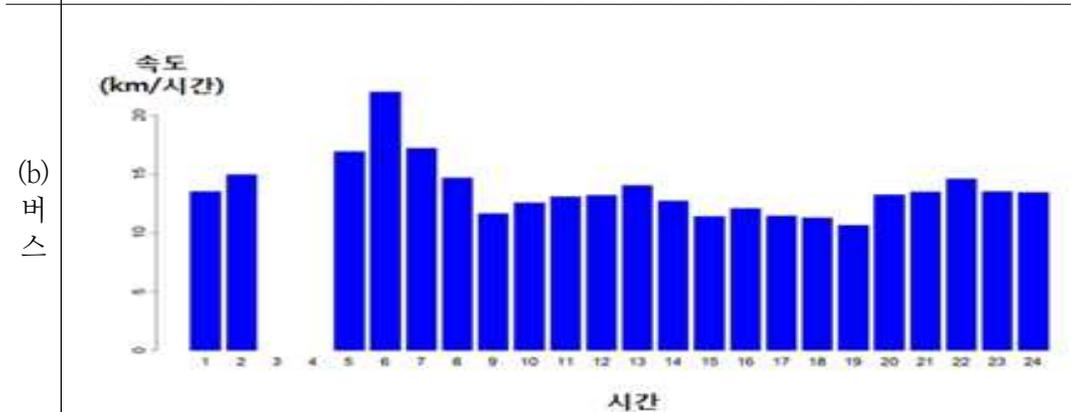
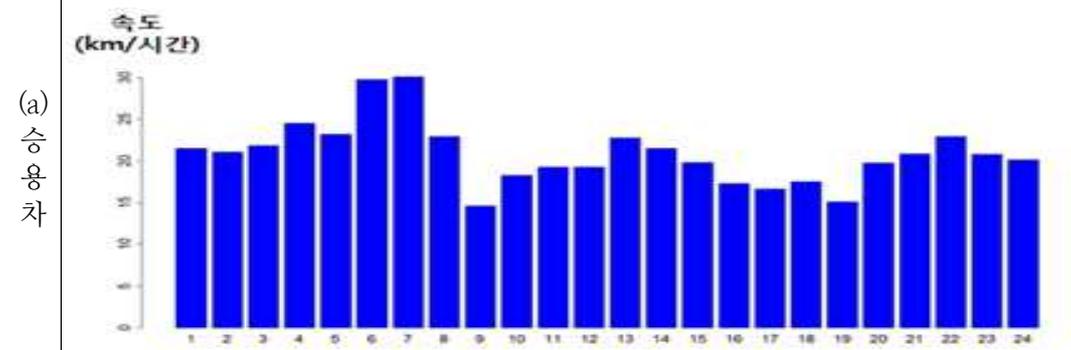
□ 승용차와 대중교통 모빌리티 비교

- 분석자료는 2014년 7월 둘째 주 평일 5일간의 BIS 자료이며, 대상도로는 부천시 주요 교통축인 길주로(동쪽 방향)의 약 2.5km 구간임
- 승용차와 버스의 평균 통행 속도는 유사한 패턴을 보이며, 버스는 해당 정류장들에서의 지체 발생으로 인해 승용차에 비해 낮은 평균 속도를 보이는 경향이 있음

〈승용차와 버스의 시간대별 구간 평균속도〉



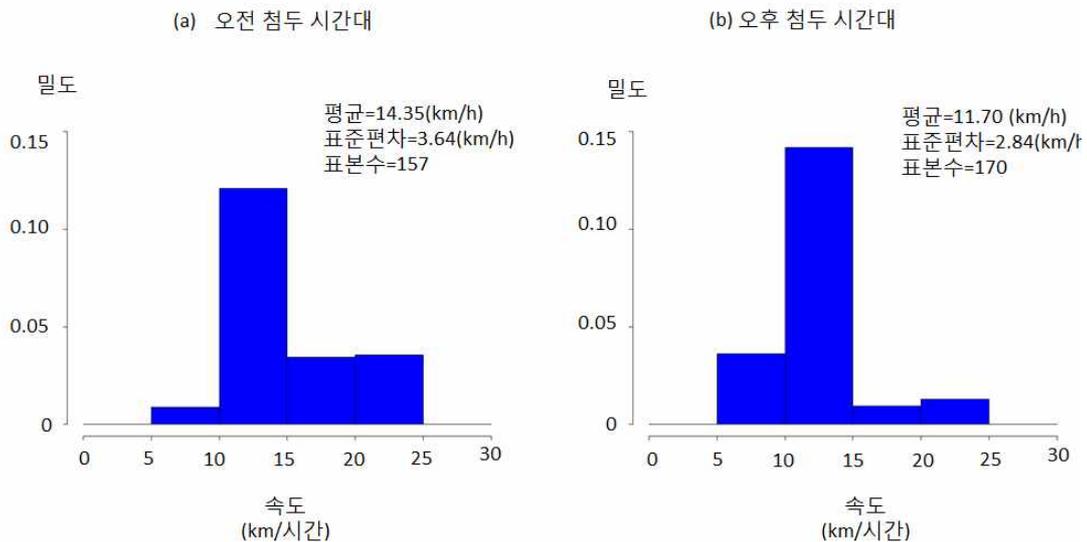
주) 네이버 지도(<http://map.naver.com/>)를 바탕으로 저자 작성



□ 침두 시간대의 대중교통 서비스 수준 평가

- 오전 및 오후 침두 시간대에 버스 속도의 상대도수 히스토그램을 작성하여 대중교통 서비스 수준을 평가하였으며, 오전 침두시간 대비 오후에 15(km/h)이하의 발생빈도가 많아 오후의 대중교통 서비스 수준이 더 낮았음

〈침두시간대 버스 평균속도 분포〉



4) 실증분석 (Ⅲ): 도로 모빌리티에 대한 도시 간 비교

□ 분석의 개요

- 도시별 공간구조, 사회경제학적인 특성 등 여러 측면에서 고유성이 있어, 도시 전체 도로의 평균속도나 혼잡 도로 링크 개수 등의 단순 비교는 불가능
- 본 연구는 도로 모빌리티의 도시간 비교를 위해 무단위(Unitless) 지표인 TTI(Travel Time Index)를 적용하였는데, TTI는 ‘일평균 혼잡지속시간’으로 축 길이의 차이가 작은 도시들의 간선 축 비교에 활용될 수 있는 장점이 있음
- 본 분석을 위해 대전광역시와 부천시 모두 2014년 10월 1개월간 평일에 수집된 교통 자료를 이용함으로써, ITS 빅데이터의 수집 시점 차이에 의한 계절적 영향을 최소화

〈분석대상 간선축 (빨강실선 표시)〉

대전광역시	부천시
	
<p>-동서 3개축(한밭대로, 계룡로, 동서대로), 남북 3개축(유성대로, 대덕대로, 신탄지로-계죽로)</p>	<p>-동서 3개축(길주로, 경인로, 부흥로), 남북 3개축(송내대로, 신흥로, 소사로)</p>

주) 네이버 지도(<http://map.naver.com/>)를 바탕으로 저자 작성

□ 분석결과 1: 일평균 혼잡지속시간(TTI) 비교

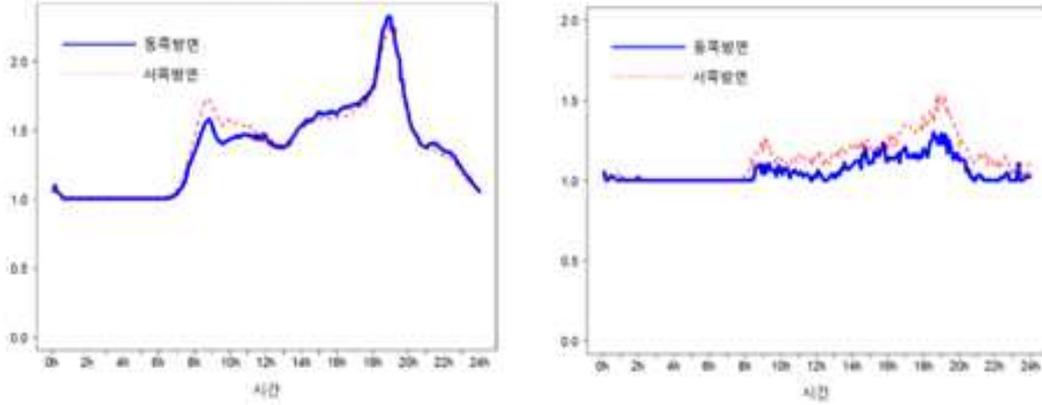
- 대전광역시의 주요 간선도로축에 대한 TTI 시계열을 살펴보면, 동서축과 남북축에 관계없이 TTI 값이 첨두시간대에 높고, 오전 보다 오후 첨두시간대에 높음
- 부천시의 주요 간선도로축의 경우 동서축들의 첨두시간대 TTI가 전반적으로 대전시에 비해 낮고, 높은 TTI 값을 보이는 시간대도 짧은 편
- 도시간 비교를 위해 대전시와 부천시 각각에 대해 주요축의 TTI 시계열을 등고선도(Contour map) 형태로 결합시켜서 제시함
 - 각 조감도에서 음영이 짙은 영역은 해당 축과 시간대에 혼잡이 심각함을 나타내는데, 대전시가 부천시에 비해 전반적으로 혼잡이 심각하다는 것을 보여줌

□ 분석결과 2: 일평균 혼잡지속시간(TTI)의 시계열 변화

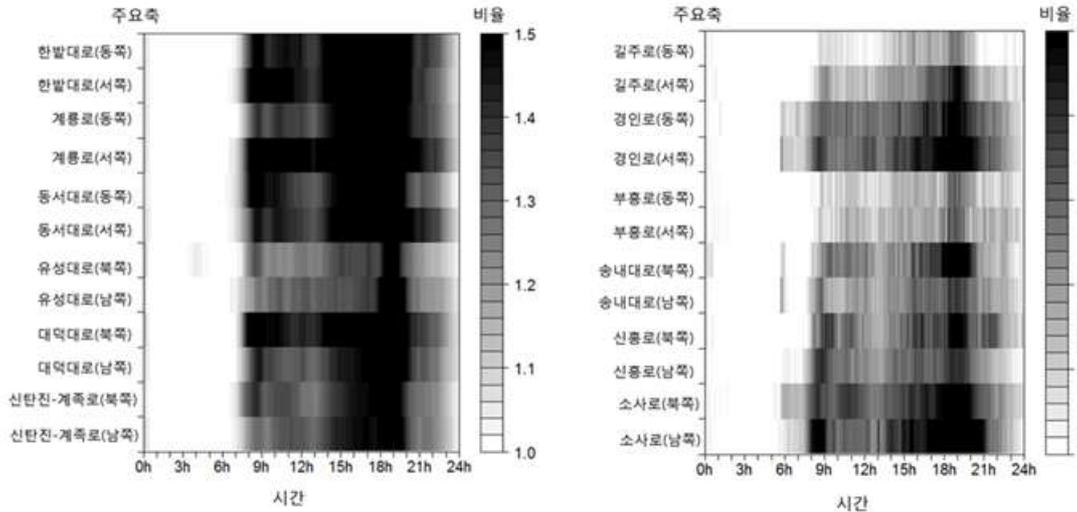
- 부천시와 대전시가 도로 모빌리티 비교를 위해 주요 교통축들에 대한 “혼잡 지속시간”의 평균값을 측정하여 비교함
- 혼잡 지속시간은 TTI 시계열에 기반하여 24시간 중에 특정 경계값(Threshold) 보다 높은 TTI 값을 보이는 시간이 얼마나 되는 지를 측정하여 산출하였는데, 대전시의 평균 혼잡 지속기간이 부천시에 비해 상대적으로 길게 나타남

〈도로 모빌리티에 대한 도시 간 비교(예시)〉

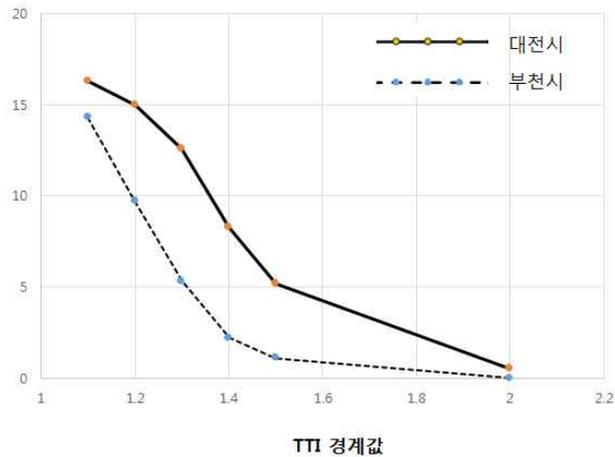
(a) 일평균 혼잡지속시간(TTI): 대전시 한밭대로 (b) 일평균 혼잡지속시간(TTI): 부천시 길주로



(c) 도시별 TTI 시계열 조감도 (좌: 대전시, 우: 부천시)



(d) TTI 경계값에 따른 각 도시별 주요 축들의 혼잡시간 평균 시간



6. ITS 빅데이터 교통정책 활용방안

1) ITS 빅데이터 기반 모빌리티 평가지표의 교통정책 활용방안

- 교통정책 활용측면에서 기존 자료 대비 ITS 빅데이터는 대표성을 갖춘 연속성 있는 자료수집과 이를 시계열(일, 월, 연)적으로 모니터링이 가능하다는 점임
 - 이 연구는 실증분석을 통해 ITS 빅데이터의 교통정책 활용성을 제시하였고, ITS 빅데이터 기반 모빌리티 지표를 통해 교통시설의 운영평가, 중앙정부의 투자정책 수립과 평가, 환경성 평가 등 다양한 교통정책에 활용 가능성을 제시
- 국내에서 ITS 빅데이터의 교통정책 활용을 위해 선행되어야 할 과제를 제시함
 - 도시모빌리티의 기본평가지표인 교통량 데이터 수집시스템을 개발·확대하고, 수집범위도 도시의 주요 교통축들은 실시간 정보수집이 가능하도록 확대
 - ITS 빅데이터 기반 모빌리티 지표를 이용하여 정부의 교통투자, 전략수립, 환경성 평가, 투자우선순위 산정 등에 활용할 수 있도록 시범사업을 통해 검증 필요
 - 첨단교통정보센터를 통해 ITS 빅데이터 기반의 도시모빌리티를 평가하고 월간 (또는 연간) 보고서를 발간하도록 관련 지침 마련과 표준화된 평가지표 마련

2) ITS 빅데이터의 활용도 개선방안

- 상기 선행과제 이외 국내 ITS 빅데이터의 활용도 개선노력이 필요하며, 본 연구에서 국내외 사례분석, 실증분석, 전문가 의견 등을 종합해 정책방안을 제시
- 방안 1. 기존 첨단교통정보센터의 역할 재정립
 - 지금까지 국내 첨단교통정보센터는 주로 실시간 교통정보 제공에 중점을 둔 반면, 또 하나의 중요한 기능인 교통정책 지원기능은 미흡
 - 따라서 국내 첨단교통정보센터의 교통정책 지원 역할을 강화하고, 관련 교통부서 (예, 도로정책, 대중교통정책, 복지정책 등)들과 효과적으로 연계 필요

- 방안 2. 순차적인 ITS 빅데이터 운영·관리 체계 도입 추진
 - 먼저 소규모 지역을 대상으로 잘 정의된 데이터와 비교적 단순한 데이터를 이용해 시범적인 ITS 빅데이터 운영·관리 프로그램을 구축 후 전(全) 도시를 대상으로 적용범위와 분석범위를 추가해 나가는 방식 필요
 - 수집데이터가 일정 수준이상 데이터의 정확도 수준을 유지하고, 수요자가 필요로 하는 공간적 분석이 가능하도록 집계할 수 있어야 함

- 방안 3. ITS 빅데이터 기반의 자동화된 모니터링 분석 툴 개발·보급
 - 대부분의 지자체 첨단교통정보센터는 평균통행속도 등과 같은 1차적인 지표들을 주로 산출하고 있으며, 본 연구의 신뢰도 지표와 같은 추가 지표 산출은 한계
 - 따라서 본 연구에서 제시된 다양한 모빌리티 지표들을 자동적으로 산출·보고할 수 있는 기능을 가진 모니터링 분석 툴을 중앙정부 차원에서 개발·보급 필요

- 방안 4. 중앙정부의 ITS 빅데이터 처리 및 관리에 대한 표준 마련
 - 현재 첨단교통정보센터의 ITS 빅데이터의 처리 및 관리에 대한 표준이 존재하지 않아 저장주기, 집계 방법들이 서로 다른 문제가 야기되고, 이는 향후 국가차원에서 수집된 정보를 활용하고자 할 때도 장애 발생

- 방안 5. ITS 시스템의 초기 설계단계부터 ITS 빅데이터의 활용을 반영
 - 지금까지 첨단교통정보센터는 실시간 교통정보 제공을 위한 시스템 설계되었기 때문에, ITS 빅데이터 활용을 고려하여 센터의 DB 구조, 장비용량, S/W 구조 등에 대한 설계에 반영하도록 유도할 필요

- 방안 6. ITS 빅데이터 자료 분석을 위한 전문 인력 강화
 - 첨단교통정보센터의 운영주족의 대부분이 전산, 통신, 일반사무 인력중심으로 구성되어 있어, ITS 빅데이터를 이용해 도시모빌리티를 분석하는 전문가 부재
 - 따라서 첨단교통정보센터 내 자체적으로 ITS 자료들을 활용하여 교통운영이나 전략을 수립할 수 있는 전문인력들을 보강할 필요

차례

발간사	i
주요 내용 및 정책제안	iii
요약	iv
차례	xix
I. 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	3
1) 연구 배경	3
2) 연구의 목적	6
2. 연구의 범위 및 방법	6
1) 연구의 범위	6
2) 연구방법	8
3) 연구의 흐름	9
3. 선행연구와의 차별성	10
4. 기대효과	12
1) 정책적 기여도	12
2) 학술적 기여도	13

II. 도시모빌리티와 ITS 빅데이터의 특성	15
1. 도시모빌리티의 개념과 주요 평가지표	17
1) 도시모빌리티의 정의	17
2) 도시모빌리티의 주요 평가지표	19
2. ITS 빅데이터의 특성	20
1) ITS 교통정보 수집기술의 발전	20
2) ITS 교통정보 수집 및 가공 항목	21
3) ITS 교통정보의 특성과 장점	22
III. ITS 빅데이터의 국내외 활용사례	25
1. ITS 빅데이터의 국내 활용사례	27
1) 서울시 교통정보 종합관리시스템	28
2) 대전시 교통데이터웨어하우스	29
3) 부천시 교통정보센터	31
4) 기타 ITS 자료 활용	32
2. ITS 빅데이터 국외 활용사례	33
1) FHWA Mobility Monitoring Program	33
2) California PeMS	34
3) 기타 국외 사례 검토 요약	35
4) 국내와 국외의 활용사례 비교	37
3. 국내외 활용사례 시사점	38
IV. ITS 빅데이터를 활용한 도시모빌리티 평가지표	41
1. 평가지표의 도출 방향	43
2. ITS 빅데이터를 활용한 모빌리티 평가지표 : 도로분야	44
1) 기본지표 : 교통량과 속도	44
2) 통행시간과 신뢰도	45
3) VKT와 VHT	46
4) 지체(Delay)	47

3. ITS 빅데이터를 활용한 모빌리티 평가지표 : 대중교통(버스) 분야	49
1) 속도 지표	49
2) 신뢰도(Reliability) 지표	51
V. 실증분석	53
1. 분석의 개요	55
2. 분석대상 도시들의 도로망 및 ITS 구축 현황	57
1) 대전시	57
2) 부천시	61
3. 분석된 ITS 빅데이터의 개요	64
1) 대전광역시	64
2) 부천시	67
4. 실증 분석 (I) : 대전광역시 도로 모빌리티 분석	69
1) 도로 링크별 모빌리티 평가	69
2) 도로 병목지점에 대한 상세분석	74
5. 실증분석 (II) : 부천시 대중교통 모빌리티 분석	83
1) 분석 개요	83
2) 버스의 구간통행시간 산출 방법론	85
3) 승용차와 대중교통 모빌리티 비교	86
4) 첨두 시간대의 대중교통 서비스 수준 평가	87
6. 실증분석 (III) : 도시간 모빌리티에 대한 도시 간 비교분석	88
1) 분석의 개요 및 방법론	88
2) 모빌리티의 도시 간 비교를 위한 대상 도로축의 선정	89
3) 주요 분석결과	90
7. 실증분석을 통한 시사점	96

VI. ITS 빅데이터 활용도 개선방안	97
1. ITS 빅데이터 기반 모빌리티 평가지표와 교통정책 활용	99
2. 국내 ITS 빅데이터의 교통정책 활용도 개선 방안	102
VII. 결론 및 정책제언	107
1. 연구의 결과	109
2. 정책 제언	110
참고문헌	113
SUMMARY	117

〈표 1-1〉 본 연구의 차별성	11
〈표 2-1〉 도시모빌리티의 주요 평가지표	19
〈표 2-2〉 ITS 기반 교통정보 수집기술 발전 단계	20
〈표 2-3〉 교통정보센터의 주요 정보수집 및 가공 항목	21
〈표 2-4〉 기존 교통조사 자료와 ITS 자료의 비교	22
〈표 3-1〉 서울 TOPIS ITS 자료 처리 과정	28
〈표 3-2〉 부천시 교통정보센터의 ITS 자료 활용 예시	31
〈표 3-3〉 국외 ITS 자료 수집, 가공, 활용 요약	36
〈표 4-1〉 ITS 빅데이터를 통해 도출 가능한 모빌리티 평가지표	48
〈표 4-2〉 버스 통행속도별 서비스 수준	49
〈표 5-1〉 실증분석의 주요 내용	56
〈표 5-2〉 대전광역시 광역도로망 현황	57
〈표 5-3〉 대전광역시 관할의 간선도로광역도로망 현황	58
〈표 5-4〉 대전광역시 교통정보제공 시스템 시설현황	60
〈표 5-5〉 부천시 주요도로망 현황	61
〈표 5-6〉 교통정보제공 시스템 시설현황	63
〈표 5-7〉 분석 ITS 빅데이터의 개요	64
〈표 5-8〉 통행속도 데이터	65
〈표 5-9〉 VDS 교통량 데이터	65
〈표 5-10〉 대전시 ITS 자료 예시 : 한발대로 교차로 및 링크ID	66
〈표 5-11〉 분석 ITS 자료의 개요	67
〈표 5-12〉 버스 출발/도착 데이터 (예시)	68
〈표 5-13〉 2012년 기준 연도별 일평균 통행속도 낮은 구간 도출 (예시)	71
〈표 5-14〉 분석 대상 링크 속성	75
〈표 5-15〉 길주로 주요 버스 노선	84
〈표 6-1〉 ITS 빅데이터 기반 모빌리티 지표의 교통정책 활용	101
〈표 6-2〉 지방자치단체의 도로교통 관련 주요 업무와 ITS 자료 수요(예시)	103

〈그림 1-1〉 연구의 흐름	9
〈그림 2-1〉 모빌리티(Mobility)와 신뢰도(Reliability)	17
〈그림 2-2〉 교통정책의 의사결정 과정과 모빌리티	18
〈그림 2-3〉 ITS 자료의 적용범위와 확장성	23
〈그림 3-1〉 TOPIS의 교통정보분석 시스템	29
〈그림 3-2〉 대전광역시 교통데이터 웨어하우스 시스템 구성도	30
〈그림 3-3〉 대중교통카드 데이터를 이용한 환승거점 선정 사례	32
〈그림 3-4〉 PeMS 분석화면	35
〈그림 4-1〉 특정 지점에서의 시간대별 속도와 교통량	44
〈그림 4-2〉 통행시간 및 신뢰도 : 시간대별	45
〈그림 4-3〉 대기행렬 이론을 이용한 유고 지체의 계산	47
〈그림 5-1〉 대전광역시 도로망 현황	59
〈그림 5-2〉 대전광역시 ITS 주요 시설물 설치 위치도	60
〈그림 5-3〉 부천시 주요도로망	62
〈그림 5-4〉 ITS 주요 시설물 설치 위치도	63
〈그림 5-5〉 대전광역시 ITS 자료 예시 : 한밭대로(상행) 평일	66
〈그림 5-6〉 5th percentile 일 평균통행속도가 발생하는 도로링크와 월간 발생빈도(평일)	70
〈그림 5-7〉 링크 평균통행시간과 95th percentile 통행시간(예시)	72
〈그림 5-8〉 신뢰도 지표의 연도별 비교	73
〈그림 5-9〉 한밭대교네거리 교차로 부근의 지도	74
〈그림 5-10〉 한밭대교네거리 교차로 상세 지도	75
〈그림 5-11〉 속도 시·공간도: 한밭대로	76
〈그림 5-12〉 속도 시·공간도: 유동로	77
〈그림 5-13〉 속도 및 교통량의 시계열: 링크 1	78
〈그림 5-14〉 속도 및 교통량의 시계열: 링크 2	79
〈그림 5-15〉 평균통행시간 및 95th percentile 통행시간의 시계열: 링크 1	80

〈그림 5-16〉 평균통행시간 및 95th percentile 통행시간의 시계열: 링크 2	81
〈그림 5-17〉 시간대별 차량-지체: 링크 1	82
〈그림 5-18〉 시간대별 차량-지체: 링크 2	82
〈그림 5-19〉 분석 구간 (길주로)	83
〈그림 5-20〉 분석대상 버스 노선의 운행 궤적	84
〈그림 5-21〉 개별 버스의 평균속도 산출 방법	85
〈그림 5-22〉 승용차와 버스의 시간대별 구간 평균속도	86
〈그림 5-23〉 침두시간대 버스 평균속도 분포: 2015년 7월 둘째주 평일	87
〈그림 5-24〉 특정 축에 대한 TPI 시계열 및 일평균 혼잡기간 산정 방법	88
〈그림 5-25〉 분석대상 간선축	89
〈그림 5-26〉 대전시 주요 교통축에 대한 방향별 TPI 시계열	91
〈그림 5-27〉 부천시 주요 교통축에 대한 방향별 TPI 시계열	92
〈그림 5-29〉 도시별 TPI 시계열 조감도	93
〈그림 5-30〉 TPI 경계값에 따른 각 도시별 주요 축들의 혼잡시간 평균	94
〈그림 5-31〉 PPI 경계값에 따른 각 도시별 주요 축들의 혼잡시간 평균	95
〈그림 5-32〉 교통 네트워크의 분석 단위	96
〈그림 6-1〉 국내 ITS정보센터의 일반적 조직구성	106

제 1 장 서론

이 장에서는 연구의 배경과 목적, 연구의 범위와 한계, 연구수행 방법론을 기술하였다. 연구의 배경에서는 국내 첨단교통정보센터의 ITS 빅데이터 활용측면에서 문제점을 제시하였다. 더불어 본 연구에서 분석하고자 하는 ITS 빅데이터를 정의하고 연구의 범위와 한계를 기술 하였다.

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구 배경

(1) ITS 빅데이터를 이용한 도시모빌리티 분석의 중요성

교통정책의 합리적 계획과 실행을 위해서는 도시의 교통현상을 정교하고 객관적으로 진단하고 이를 바탕으로 장래 추구해야할 비전과 목표를 설정할 필요가 있다. 이때 도시의 교통수준 진단, 교통정책 수립과 시행효과를 정량적으로 평가하기 위한 핵심 평가지표로서 도시모빌리티(Urban mobility)가 주로 적용된다.

*) 도시모빌리티(Urban mobility) : 시민들이 일상생활을 위하여 도시 내에서 원하는 목적지까지 효과적이고 자유롭게 이동할 수 있는 정도로 도로 혼잡도 개선, 대중교통 서비스 개선 등은 도시모빌리티 향상을 위한 노력이라 할 수 있음 (Tim et. al., 2003)
 - 도시모빌리티 수준 평가를 위한 주요지표로는 통행속도(Travel Time), 도로혼잡도(Delay), 접근성(Accessibility) 등과 같은 세부 평가지표들을 이용

그러나 교통현상은 사람들의 의사결정 결과인 통행행태(Travel Behavior)와 직접적인 관련이 있기 때문에 매우 복잡(Complex)하고 동적(Dynamic)으로 변화하는 특성이 있다. 따라서 교통현상을 보다 정교하게 분석하고자 하는 것은 해당 분야에서 오랫동안 연구되어 온 과제이다. 특히 도시의 교통현상 분석에 있어 근본적인 한계로 오래전부터 지적되어온 것은 신뢰도가 높고 충분한 양의 교통데이터를 확보하는 것이다. 예를 들면, 도시교통정비기본계획을 수립하는 경우, 한정된 조사기간과 비용 제약으로 짧은 기간 일부 지역의 조사데이터를 이용하는 것이 일반적인데, 이는 데이터의 대표성 문제, 지역별 교통특성 도출의 한계, 기본계획의 지속적인 효과평가와 피드백 한계 등의 문제들을 포함하고 있다. 따라서 신뢰도 높고 시간적이나 공간적으로 충분한 양의 교통 데이터를 확보하지 못하는 경우, 이를 바탕으로 도출된 도시모빌리티 지표값의 대표성과 정확성 등에 편위(Bias)가 발생할 가능성이 높고 결과적으로 교통정책의 실효성을 제약하는 요소로 작용할 수 있다.

이러한 측면에서 최근 교통에 정보통신기술을 접목한 지능형교통체계(Intelligent Transport System, 이하 ITS)를 통해 실시간으로 수집되는 방대한 양의 교통정보 데이터(이하, ITS 빅데이터)의 활용성에 관심이 높아지고 있다(Giuliano, 2014; 박은미, 2015). 즉, 교통정보를 수집할 수 있는 ITS 장비가 설치되어 있다면, 분석하고자 하는 지역에 대한 시계열 데이터를 공간적으로 거의 무제한으로 수집 가능하다. 또한 정보통신 기술발달로 인해 방대한 양의 ITS 빅데이터를 과거에 비해 보다 손쉽게 저장, 가공, 분석, 제공할 수 있게 됨으로서 도시의 교통현상을 보다 정교하고 객관적으로 분석할 수 있다. 따라서 ITS 빅데이터를 이용하여 도시모빌리티를 분석하는 것은, 복잡하고 동적으로 변화하는 교통현상을 과거에 비해 보다 다양한 측면에서 정교하고 정량적으로 파악할 수 있도록 하며, 결과적으로 합리적이고 실효성 높은 교통정책을 수립하고 실행하는데 기여할 수 있다는 측면에서 중요하다.

*) ITS 빅데이터(Big-data)의 정의 : 본 연구에서는 교통시설 및 교통수단에 설치된 다양한 첨단교통정보 수집장치를 통해 '24시간 초(sec) 단위의 연속적으로 수집되는 정형화된 교통정보 데이터'로 정의하고, 공공이 수집한 정보로 대상을 한정함

(2) 국내 ITS 빅데이터의 활용성 제고 필요

국내 ITS는 '94년 고속국도 ITS 시범사업 이후 전국적으로 빠르게 확산되어 왔는데, 전국적으로 공공부문 ITS 구축사업에 '01년부터 10년간 약 2조 1,147억 원이 투자되었다. 또한 '12년 기준으로 국토교통부의 국가교통정보센터를 포함 한국도로공사, 경찰청, 34개 지자체 등 48개 기관들에서 첨단교통정보센터를 운영 중이며, 버스정보 제공시스템은 52개 지자체에서 구축하여 운영 중에 있다 (국토교통부^a, 2014). 따라서 국내 ITS 빅데이터는 현재까지 인구 10만 이상 대부분의 도시에서 수집이 가능하다. 이와 더불어 공공부문 뿐만 아니라 민간부문도 교통카드 데이터, 내비게이션 주행정보, 스마트폰 GPS 등을 이용한 실시간 교통정보 수집과 제공이 활발하게 이뤄지고 있어 ITS 빅데이터 활용 잠재력은 매우 높다고 평가된다.

그러나 지금까지 ITS를 통해 수집된 빅데이터를 도시의 교통정책 수립에 활용한 국내 사례는 미흡하다. 한국도로공사를 포함하여 서울시나 대전시 등 일부 지자체에서 ITS 빅데이터를 교통정책 수립에 적용한 사례가 있으나, 현재까지 대부분의 지자체 첨단교통정보센터에서는 ITS 빅데이터를 충분히 활용하지 못하고 있는 실정이다. 이에 반해 ITS 선진국인 미국에서는 ITS 도입 초창기부터 ITS 빅데이터를 도시교통정책에 본격적으로 활용하고 있으며, 지속적으로 관련 연구들을 수행하고 있다(U.S DOT, 2013).

국내에서 ITS 빅데이터의 활용도가 낮은 이유는, ITS의 구축목적이 정확도 높은 실시간 교통정보를 제공하는데 중점을 둔 반면, 도시의 교통계획이나 운영에 활용하고자 하는 노력은 상대적으로 미흡하였기 때문이다. 특히, 국내 첨단교통정보센터는 실시간 교통정보 제공이 주요 기능이였기 때문에, 대용량의 ITS 데이터가 관리되지 못하고 있는데 예를 들면, 센터 저장용량 한계 등의 이유로 일정기간 동안(예, 3개월)에만 보존하고 삭제하는 실정이다. 이는 국내 ITS 도입초기의 목적은 이용자들에게 실시간 교통정보를 제공하여 효율적인 교통네트워크 활용에 있었기 때문이다.

현재 대부분의 국민들이 도로나 버스에 대한 실시간 교통정보를 편리하게 사용하는데 결정적인 역할을 하고 있으며 향후에도 이러한 역할은 매우 중요할 것이다. 이번 연구를 통해 강조하고 싶은 것은 이용자들에게 실시간 교통정보를 제공하는

기능과 더불어 이제는 ITS 빅데이터를 교통계획이나 평가에 활용하는 정책 활용성 측면의 강화가 필요하다는 점이다.

따라서 첨단교통정보센터의 ITS 빅데이터 활용도를 높일 수 있도록 할 필요가 있는데, 본 연구에서는 첨단교통정보센터가 교통정책의 의사결정을 지원할 수 있도록 다양하고 유용한 도시모빌리티 지표들을 도출하고 적용사례를 제시하였다. 현재 국내 대부분의 첨단교통정보센터에서는 도시모빌리티 평가에 평균통행시간 등과 같은 단순지표들만을 산출하고 있어, 예를 들면 도로구조 개선지점 선정, 신규도로 건설 필요 지점 선정 등과 같은 교통계획에 활용하기에는 한계가 있다.

2) 연구의 목적

본 연구는 ITS 빅데이터를 이용한 도시모빌리티 분석방법론과 관련 지표들을 제시하고, ITS 빅데이터의 활용도 제고를 위한 정책방안 도출을 목적으로 한다. 특히 국내 도시를 대상으로 사례분석을 실시하여 도시모빌리티 분석에 있어 ITS 빅데이터의 유효성을 실증하였다.

2. 연구의 범위 및 방법

1) 연구의 범위

(1) 연구의 시·공간적 범위

본 연구에서 사용하는 각종 통계 자료 및 법·제도적 사항의 시간적 범위는 2015년을 기준으로 작성하되 구득이 어려운 경우 가장 최근 자료를 활용한다. 단, 실증분석의 경우 대상도시의 ITS 빅데이터 저장 시기에 따라 다를 수 있다. 실증 분석을 위한 공간적 범위는 첨단교통정보센터를 운영하고 있는 2개 지자체(대전광역시와 부천시)를 대상으로 하였다.

(2) 내용적 범위

본 연구에서는 먼저 ITS 빅데이터의 자료특성과 도시모빌리티 평가지표를 고찰하고, ITS 빅데이터의 국내외 활용사례를 검토하였다. 다음으로 ITS 빅데이터를 이용한 도시모빌리티 분석의 유효성 검증을 위해 대전광역시(도로분야)와 부천시(도로 및 버스 분야)를 대상으로 실증분석을 하였다. 마지막으로 ITS 빅데이터의 교통정책 활용방안과 활용도 제고를 위한 정책방안을 도출하였다.

(3) 본 연구에서 ITS 빅데이터의 정의와 연구의 범위

Dubow(2014)는 빅데이터(Big-data)를 데이터의 크기와 복잡성에 의해 기존 전통적인 데이터 처리방식으로는 다루기 어려운 정형 또는 비정형화된 방대한 양의 데이터 집합으로 정의하고 있다. 또한 빅데이터는 복잡하고 방대한 양(Complex high-volume), 빠른 속도(High-velocity), 높은 다양성(High-variety)과 높은 정확성(High-veracity)을 가지는 특징이 있다.

최근 국내외에서 빅데이터를 이용해 사회현상을 분석하고자 하는 연구들이 활발하게 수행되고 있으며, 정부에서도 공공데이터 개방을 통해 관련 연구나 새로운 산업창출을 지원하는 노력들을 진행하고 있다(정준화, 2014). 교통부문에서도 빅데이터를 이용한 연구가 매우 활발하게 진행되고 있는데, 예를 들면 교통카드 데이터를 이용한 대중교통 이용행태 분석(빈미영 외, 2011; 김순관, 2013), 빅데이터의 교통정책 활용방안(이석주 외, 2013), 모바일 위치정보를 이용한 활동인구 분석(김종학 외, 2014) 등이 대표적이다. 이러한 교통부문 빅데이터 관련 연구들은 주로 교통카드 데이터, 모바일 위치정보 데이터, SNS 정보 등을 다루고 있다.

반면, 본 연구에서 다루고자 하는 'ITS 빅데이터'는 국내 첨단교통정보센터에서 ITS 정보수집 장비를 통해 실시간으로 수집되는 교통정보로 정의함으로써 그 대상을 한정하였다. 이러한 근본적인 이유 중 하나는 국내 첨단교통정보센터에서 ITS를 통해 수집되는 데이터를 교통정책이나 계획에 충분히 활용하지 못하고 있다는 문제의식이 본 연구의 출발점이기 때문이다. 또한 본 연구를 통해 우선 ITS로 수집되는 대규모 빅데이터의 활용성을 실증하고 운영·관리 문제점을

추가로 제기함으로서, 국내 첨단교통정보센터의 ITS 빅데이터 관리, 표준화, 인력 등에 관한 체계를 조기에 정립해야할 필요성을 강조하기 위해서이다. 끝으로 첨단교통정보센터에서 ITS 빅데이터의 운영·관리 체계가 효율적으로 갖추어진다면, 향후 ITS 데이터와 교통카드 데이터, 모바일 위치정보 데이터, SNS 정보 등을 결합함으로써 교통계획과 평가, 이용자 서비스 개선 등을 위해 보다 실효성 있는 빅데이터 활용이 가능할 것으로 기대하기 때문이다.

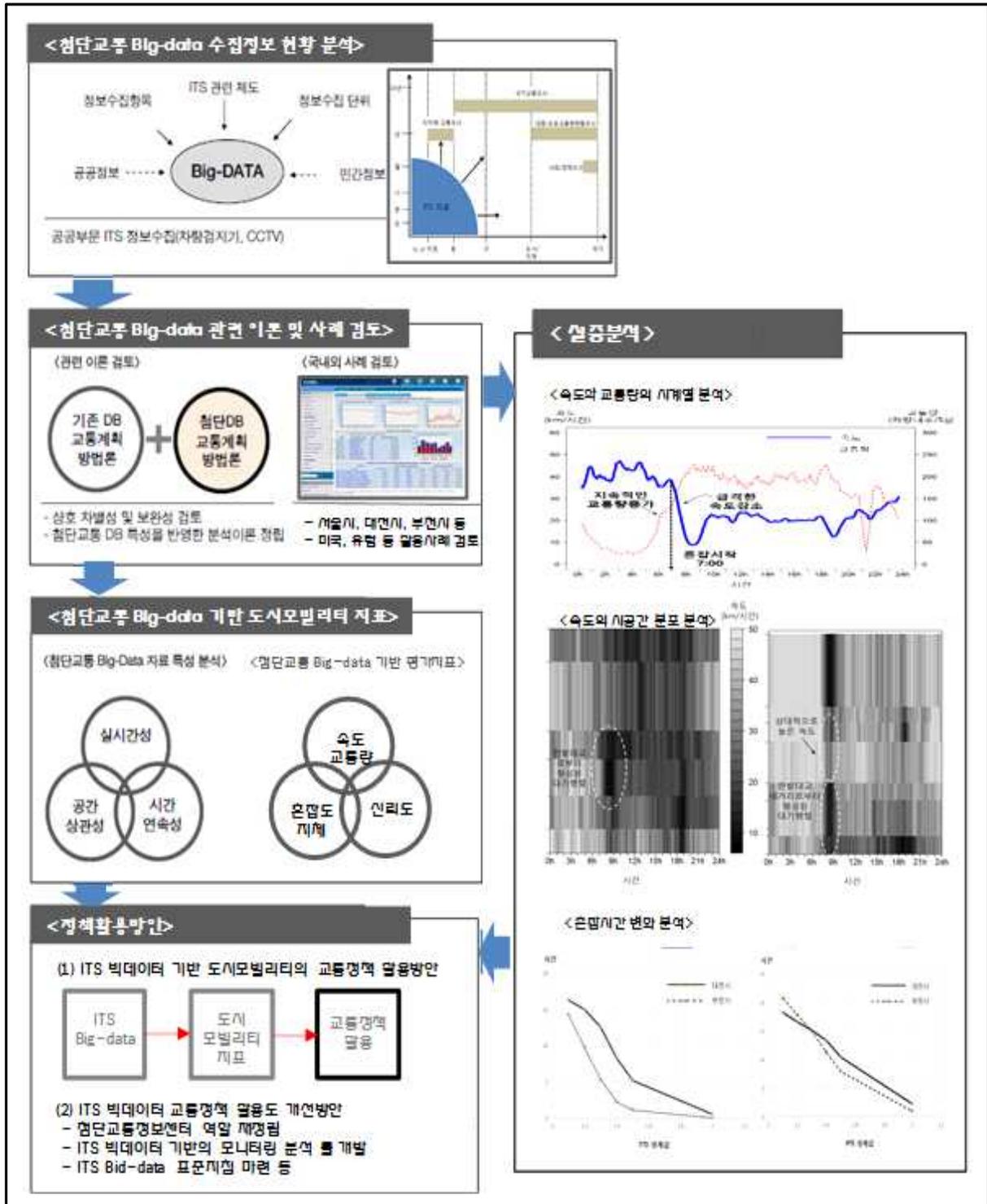
2) 연구방법

연구 방법론으로 먼저 관련 도시 모빌리티와 ITS 데이터 활용에 대한 문헌검토를 통해 관련 이론을 고찰하고 국내외 ITS 빅데이터 활용사례 검토하였다. 또한 실증분석을 실시하였는데, 실증분석을 위한 ITS 빅데이터는 첨단교통정보센터를 운영하고 있는 지자체와 협조하여 구득하였으며, 기타 분석 대상 도시의 도시현황, 도로현황 및 네트워크 자료 등을 추가로 조사하여 입력데이터로 활용하였다.

또한 실효성 있는 정책대안 발굴과 현장연구 수행을 위해 실증분석 대상인 지자체 첨단교통정보센터 담당자들과 정책협의회를 개최하였으며(총 5회 개최-대전시 3회, 부천시 2회), 더불어 국내 교통계획모형의 전문가들과 연구협력체계를 구축하여 세부 이론 검토 및 정책방향을 제시하였다. 끝으로 대용량의 ITS 빅데이터를 가공, 분석하기 위해 첨단교통정보센터 운영경험이 있는 민간기업과의 협동연구를 통해 전문성을 강화하고자 노력하였다.

3) 연구의 흐름

〈그림 1-1〉 연구의 흐름



3. 선행연구와의 차별성

선행연구 이석주 외(2013)는 교통부문의 빅데이터가 가지는 특성을 정의하고 적용에의 한계 및 이용증대를 위한 제도적 개선방안을 제시하였으나, 현장 데이터를 이용한 분석은 실시하지 않았다. 반면 본 연구는 ITS 빅데이터를 활용한 도시모빌리티측정방법론과 지표를 제시하고 사례분석을 통해 실증하였다는 점에서 차별화되었다.

빈미영 외(2011)는 대중교통에 중점을 두고 교통카드 빅데이터를 이용한 환승 지점의 특성 분석을 시도하였으며 구체적인 실증분석을 통해 시사점을 제시하였다. 본 연구는 대중교통과 도로를 모두 다루며 분석의 목적 또한 도시모빌리티를 분석하고자 하는 측면에서 기존 연구와 차별화 되었다. 특히 본 연구는 지자체 첨단교통정보센터의 역할을 기존 교통정보 제공뿐만 아니라 교통운영 및 계획수립의 주체로서 역할 강화방안을 마련하고자 한다.

김수철(2014)는 교통정책 지원 및 분석 시스템 개발에 관한 연구를 통해 한국형 교통수요 분석 모형 및 정책지원 모형을 개발하였고, 특히 국가교통DB와의 연계된 시스템을 구축하였다. 본 연구는 주로 도시부의 지자체에서 ITS 장비를 통해 수집되는 ITS 빅데이터를 활용하여 도시모빌리티 지표를 평가하고자 하는 연구로서, 향후 선행연구와 본 연구의 결과물이 상호 보완성이 높은 것으로 판단된다.

이외에도 박은미(2015)은 대전시를 대상으로 교통 빅데이터를 활용한 교통정책지원시스템에 대한 연구를 수행하였는데, 날씨에 따른 통행행태 변화, 특별행사를 위한 교통처리 방안 등 ITS 빅데이터의 높은 활용성을 실증하였다. 본 연구는 선행연구에서 제시한 활용사례 이외에도 다양한 도시모빌리티 평가를 위한 지표를 제시하고 실증분석을 통해 검증하였다는 점에서 차별화된다.

〈표 1-1〉 선행연구와 본 연구의 차별성

구 분	선행연구와의 차별성			
	연구목적	연구방법	주요 연구내용	
주요 선행 연구	1	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 빅데이터를 이용한 교통정책 개발 및 활용성 증대방안 연구자(년도): 이석주 외(2013) 연구목적: 타 분야에서 빅데이터를 어떻게 활용하고 있는지에 대한 사례 조사를 통해, 교통분야에서 다양한 교통정책 개발 및 의사결정 활용방안 모색 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 문헌 검토 및 활용사례 분석 교통부문 빅데이터 현황 및 특성분석 -국내에 이용가능한 빅데이터의 현황 및 특성 분석 관련 활용사례 분석을 통한 한계와 문제점 제시 -다양한 활용사례를 면밀하게 검토하고 주요한 한계와 문제점, 극복방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 교통부문 빅데이터의 정의 -교통부문 빅데이터에 대한 정의와 특성을 관련 문헌을 통해 정비 교통활용 사례 및 한계 제시 -교통부문 빅데이터를 활용가능한 분야, 적용상의 한계 및 개선방향, 법제도적 한계 등을 제시 교통부문 빅데이터 정책성 활용성 증대방안 -빅데이터의 교통부문 활용 증대를 위한 제도적 개선방안 제시
	2	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 경기도 교통카드 자료를 이용한 통행패턴 분석과 활용방안 연구 연구자(년도): 반미영 외(2011) 연구목적: 경기도 교통카드 데이터를 이용하여 버스 정류소의 유형을 구분하고 그 활용방안을 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 문헌 검토 교통카드기반 통행패턴 분석 -군집분석, 의사결정트리(CHAD) 분석 방법론 등 적용 환승정류소 유형구분과 활용방안 실증분석 	<ul style="list-style-type: none"> 경기도 교통카드 데이터를 활용한 통행패턴 분석 -출발지에서 최종 목적지까지 환승을 포함한 통행사슬 개념을 적용 -버스 노선별/정류소별 수요분석 등 환승정류소 유형구분 -이용수요, 평균대기시간, 평균접근거리, 평균환승회수의 규모 등을 구분하여 정류장별 특성 분석 시도
	3	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 교통정책 지원 및 분석시스템 개발 연구자(년도): 김수철 (2014) 연구목적: 교통정책의 수립 및 집행을 위한 통합교통정책 지원 및 분석시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 문헌 검토 기존 모형 문제점 분석 및 시스템 개발방향 설정 시스템 개발 및 검증 국가R&D과제로 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 통합형 인터모달 교통수요 분석모형 개발 한국형 수요분석 모형 개발 거시적 정책지원모형 개발 사용자 접근성 및 국가교통 DB와 연계된 시스템 구축
본 연구	<ul style="list-style-type: none"> ITS 빅데이터를 이용한 도시 모빌리티 평가방법론 개발, 지표의 도출과 정책적 활용방안 마련 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 문헌 검토 해외 활용사례 검토 지자체 도시교통업무 조사 ITS 빅데이터 기반 도시 모빌리티 평가 방법론 개발 실증분석: 지자체 대상 모빌리티 평가 및 개선방안 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ITS 빅데이터 기반 도시 모빌리티 평가 방법론 개발 -도시 모빌리티 평가를 위한 지표 및 산출 방법론 정립 실증분석: 2개 도시 대상 모빌리티 평가 및 정책방안 제시 ITS를 운영하는 지자체 및 중앙 교통관리센터에서 운영 가능한 현장적용성이 높은 연구를 수행 	

4. 기대효과

1) 정책적 기여도

본 연구의 정책적 기여도는 다음과 같다. 첫째 정부투자 효율성 제고에 기여할 수 있다. 지금까지 지자체 및 중앙 교통관리센터에서 ITS를 통해 수집/누적된 ITS 빅데이터는 센터 용량제약으로 일정기간 보관이후 소실되는 문제가 발생했다. 따라서 본 연구를 통해 ITS 빅데이터의 교통정책부문의 유효성을 실증하고 활용방안을 제시하여 정부의 재정투자를 통해 획득된 빅데이터를 소실시키지 않고 다양하게 활용함으로써 정부투자의 효율성을 제고하는데 기여할 수 있다.

둘째, 정부투자의 예산절감에 기여할 수 있다. 지금까지 다양한 교통정책 수립 및 평가를 위한 기초 DB는 매번 현장조사, 대규모 샘플 조사 등을 통해 이루어져 추가 예산이 소모되고 있으나, 기존에 설치되어 운영하고 있는 ITS 장비를 통해 수집되는 ITS 빅데이터를 활용함으로써 추가 예산 절감이 가능하다. 그러나 지금까지 ITS 빅데이터를 활용하여 교통정책 수립 및 평가에 적용한 실증연구가 부족하여 실무측면에서 적용이 어려웠던 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 ITS 빅데이터를 활용하여 다양한 교통정책 수립과 평가에 활용될 수 있음을 실증함으로써 향후 ITS 빅데이터의 활용성을 높이고, 정부 예산절감에 기여할 수 있을 것이다.

셋째 교통부문의 보다 정교한 정책의 수립과 실현에 기여할 수 있다. 즉 ITS 장비가 설치되어 있는 곳이라면, 시공간적 제약 없이 국토공간 전체에서 발생하는 이동 관련 연속적(시계열) 데이터를 수집하고 분석하는 것이 가능하다. 본 연구에서는 실증분석을 통해 기존 교통모형의 자료측면의 한계를 극복하고 보다 정교한 정책의 수립과 실현에 기여할 수 있음을 실증하고자 하였다. 그러나 연구기간의 제약으로 인해 실증분석은 두 개의 지자체만을 대상으로 하여 한계가 있으며, 향후 광역교통이나 보다 다양한 교통수단(예, 지하철, 철도 등)에 대한 심도있는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

2) 학술적 기여도

본 연구는 도시모빌리티 분석을 위해 ITS 빅데이터의 특성을 우선 제시하였다. 또한 이를 통해 ITS 빅데이터를 활용하여 도시의 모빌리티를 평가하는 평가방법론을 제시하고 다양한 분석지표를 제안하여 학술적인 기여와 관련 후속 연구 기회를 제공 한다. 특히 국내에서는 ITS 빅데이터를 이용하여 도시교통정책에 활용하기 위한 관련 연구가 많지 않은 상황에서 학술적 기여가 있는 것으로 판단된다.

제 2 장 도시모빌리티와 ITS 빅데이터의 특성

도시모빌리티와 ITS 빅데이터의 특성

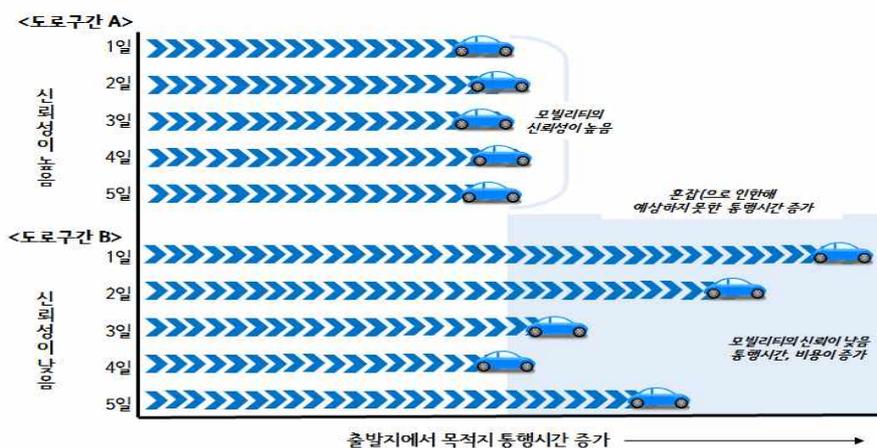
이 장에서는 도시모빌리티(Urban mobility)의 개념을 정의하고 주요 평가지표들에 대해 고찰하였다. 또한 ITS 빅데이터의 특성을 공간적, 시간적, 데이터의 대표성 측면에서 살펴보고 기존 방법론에 비해 어떠한 장점들이 있는지에 대해 기술하였다.

1. 도시모빌리티의 개념과 주요 평가지표

1) 도시모빌리티의 정의

모빌리티(Mobility)란 개인의 사회활동이나 경제활동을 위해 원하는 목적지까지 적정한 시간(Time)과 비용(Cost)으로 이동할 수 있는 정도로 정의된다 (William & Jason, 2008). 신뢰도(Reliability)이란 교통서비스가 일관되게 제공되는 정도로 정의되며, 교통서비스의 신뢰도가 낮으면 사람들은 일반적으로 출발시간을 앞당기게 된다.

<그림 2-1>모빌리티(Mobility)와 신뢰도(Reliability)

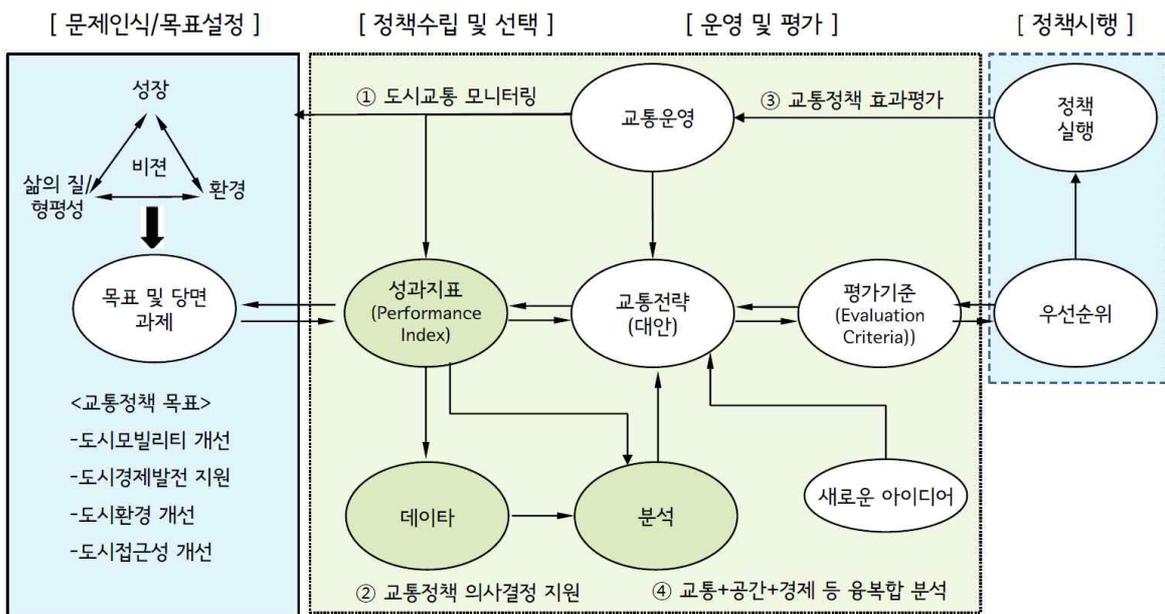


출처) William & Jason(2008)의 p.3를 바탕으로 저자 재작성

혼잡(Congestion)이란 도로지체 등으로 인해 원하는 목적지까지 적정한 시간과 비용으로 이동할 수 없는 정도로 정의되며, 예측하지 못한 혼잡이 빈번하게 발생하면 교통서비스의 신뢰도가 낮아진다. 결과적으로 도시의 교통정책 목표는 모빌리티 수준을 높이고 혼잡의 발생을 낮추어 교통서비스의 신뢰도를 높이는 것이다.

도시의 모빌리티는 교통정책의 수립과 시행의 전(全)과정에 걸쳐 도시의 교통문제를 진단하고 장래 교통계획의 목표를 설정하며, 실행되는 교통정책을 평가하는 주요 지표로 활용된다. 아래 그림에서 모빌리티는 ① 도시교통의 문제점을 진단하는 모니터링, ② 교통정책의 의사결정, ③ 교통정책 시행의 효과평가, ④ 교통전략의 평가와 우선순위 선정의 판단기준으로 활용된다. 도시의 모빌리티는 다양한 성능평가 지표(Performance measures)로 평가되는데 예를 들면, 평균통행속도, 평균통행시간, 교통량 등이 있다.

〈그림 2-2〉 교통정책의 의사결정 과정과 모빌리티



출처) Michael & Eric (2001)의 p.79를 바탕으로 저자 재작성

2) 도시모빌리티의 주요 평가지표

도시의 모빌리티를 측정하기 위한 주요 평가지표(Performance measures)는 기본 지표로서 속도(Speed)와 교통량(Traffic volume)이 있으며, 이 기본지표를 바탕으로 통행시간 관련지표, 누적이용 평가지표, 누적운영 성능지표 등 교통서비스의 신뢰도를 평가하는 2차 지표를 산출한다.

일반적으로 기본지표인 속도와 교통량은 특정기간동안 대표적인 몇 개의 조사 지점을 대상으로 현장에서 조사자들이 기록한 자료가 활용되고, 이를 바탕으로 교통모형을 별도로 구축하여 2차 지표인 통행시간 지표를 산출한다. 이렇게 도출된 평가지표는 데이터의 대표성 문제, 지역별 교통특성 도출의 한계, 기본계획의 지속적인 효과평가와 피드백 한계 등의 문제점을 내재하고 있다. 그러나 ITS를 통해 대상 도시 전역에 대해 실시간의 연속적 속도와 교통량에 대한 자료수집이 가능해짐에 따라 기본지표의 대표성과 정확성 개선에 기여할 수 있다.

〈표 2-1〉 도시모빌리티의 주요 평가지표

구분	지표명	용도
기본 지표	속도	· 조사 지점별 교통소통 상태 파악 · 축의 교통소통 상태를 공간적으로 분석
	교통량	· 조사 지점별 이용도 및 교통조건 파악 · 축의 이용도 및 교통조건을 공간적으로 분석
통행시간 관련지표	통행시간	· 특정 기점(Origin)과 종점(Destination)간 교통상태 파악
	percentile 통행시간	· 교통조건에 따른 신뢰도 및 통행시간 분포를 요약적으로 제시함
	TTI, PTI, BTI	· 상이한 길이를 갖는 축 들의 운영 성능 비교
누적이용 평가지표	VKT, VHT	· 도로구간, 축 및 도로네트워크 전체의 누적 이용 평가
누적운영 성능지표	차량지체	· 도로구간, 축 및 도로네트워크 전체의 누적 운영 성능 평가
자료통합을 통해 도출된 지표	유고지체	· 유고에 의한 지체를 측정 및 모니터링 함으로써 유고 관리의 효과를 평가함

주) TTI=Travel Time Index, PTI=Planning Time Index, BTI=Buffer Time Index,

VKT=Vehicle Kilometers Travelled, VHT=Vehicle Hours Travelled

2. ITS 빅데이터의 특성

본 연구에서 ITS 빅데이터(Big-data)란 교통시설 및 교통수단에 설치된 다양한 ITS 교통정보 수집 장치를 통해 '24시간 초(sec) 단위의 연속적으로 수집되는 정형화된 대용량의 교통정보 데이터'로 정의한다.

1) ITS 교통정보 수집기술의 발전

첨단정보통신 기술 발달에 따라 교통정보 수집기술도 발전하였는데 아래 그림과 같이 3세대 방식으로 구분 가능하다. 이러한 자료수집 기술의 발전은 단순히 정보수집 장비의 발달뿐만 아니라 수집 자료의 시·공간적 활용 가능성을 확대하고 있는 점에서 중요하다. 즉, 1세대 조사원에 의해 수집된 자료에 비해 첨단교통정보 수집장비가 적용됨으로서 도시모빌리티의 분석범위가 공간적(2세대-지점, 2.5세대-도로구간, 3세대-도로네트워크), 시간적(특정시간→초(sec) 단위 24시간), 시계열적(시간대별, 일별변화, 요일별 변화, 년도별 변화) 확대가 가능하다.

〈표 2-2〉 ITS 기반 교통정보 수집기술 발전 단계

구분	설명
1세대	Manual observation <ul style="list-style-type: none"> · 교통량, 시간, 거리 등을 조사원이 관측하여 교통정보 수집 · 초시계, 출자 등 이용 · Test vehicle, Floating car 등
2세대	Auto collection at a fixed position <ul style="list-style-type: none"> · 고정지점에 매설된 검지기를 통해 교통정보 수집 · 루프검지기, 초단파 검지기, 영상검지기 등 · 지점속도 측정
3세대	Auto collection at a fixed section <ul style="list-style-type: none"> · 고정구간에 매설된 검지기를 통해 교통정보 수집 · AVI(Automatic vehicle identification) <ul style="list-style-type: none"> -비컨, DSRC, License plate matching camera 등 이용 · 구간속도측정
4세대	Auto collection by wireless communication <ul style="list-style-type: none"> · 무선통신을 이용해 임의구간에서 교통정보 수집 · AVL(Automatic vehicle location) <ul style="list-style-type: none"> -GPS, Cellular Phone 등 이용 · 구간속도측정

출처) 한국ITS학회, 2008. p.84을 참조하여 재작성

2) ITS 교통정보 수집 및 가공 항목

국내 교통정보센터가 수집하는 주요 정보수집 및 가공 항목을 도로 부문과 대중교통 부문으로 나누면 아래 <표 2-2>와 같다. 일차로 검지기 등을 통해 대상 지점/구간별 속도, 교통량 등의 정보들을 실시간으로 수집하여 집계하고, 이런 데이터를 이용하여 교통현황 분석 등을 위해 추가적으로 2차 정보를 가공한다.

<표 2-3> 교통정보센터의 주요 정보수집 및 가공 항목

구분	정보수집 공간/위치	정보수집 항목	정보수집 주기
도로	지점(Point)	-지점속도 -지점교통량 -차선별·방향별·차종별 교통량 등	-초(sec) -5분집계
	도로구간(Link)	-통행시간 -평균속도 -개별차량별 통행속도 -차선별·방향별·차종별 교통량 등	
대중 교통	버스차내장치 (OBU)	-버스속도 -운행소요시간 -배차간격 -정류소 위치, 거리 -차내혼잡도 등	-초(sec) -5분집계
	교통카드 데이터	-카드번호 -승·하차 정류장 위치 및 시간 등	-정보연계 수집
기상	기상정보	-실시간 기상정보	-정보연계 수집

출처) Shawan(2001), Robert et. al(1998), 한국ITS학회(2008)을 참조하여 재작성

3) ITS 교통정보의 특성과 장점

(1) ITS 교통정보의 특성

기존 교통조사 방식(예, 조사원 조사)에 의한 자료는 시간적으로 특정 조사시점에 한정된 통행량만을 제공하고, 공간적으로 교통정책 대상 지역에 대한 상세한 통행정보 제공에는 한계가 있어 매번 필요에 따라 별도의 추가 조사가 필요하다. 이러한 수집방식은 기초자료의 갱신주기가 길고, 조사에서 최종 자료갱신까지 1년 이상 소요되는 등 자료의 연속성 측면에서 한계가 있다. 예를 들면, 지금까지 도시부/지역/국가 교통진단 및 정책 수립을 위한 기초 DB는 4년마다 실시하는 가구통행조사, KTDB는 5년 주기로 갱신된다. 또한 지구단위교통영향평가 등을 위해서는 평가 대상지역을 중심으로 한 소규모 표본조사에 의존하고 있는 실정으로 자료의 대표성 측면에서 한계가 있다.

〈표 2-4〉 기존 교통조사 자료와 ITS 자료의 비교

구분	기존 교통조사 자료	ITS 자료
시간단위	비연속적	연속적
조사방법	조사원 등 인력중심, 개인별 노력	자동화(도로변 검지기 등)
표본	특정 시간과 장소에 한정	전(全)시간대/ 공간적 커버리지(Coverage) 계산
신뢰도	신뢰도 있으나 조사자에 따라 차별 (오류는 조사기간 중에 발견)	신뢰도를 검증하는 별도 과정 필요 (오류를 파악하기 어려움)
저장 공간	저용량	대용량
비용	대규모 조사비용 소요	초기 설치비 및 유지관리비 소요

출처) Shawan(2001), Robert et. al(1998), 한국ITS학회(2008)을 참조하여 저자 재작성

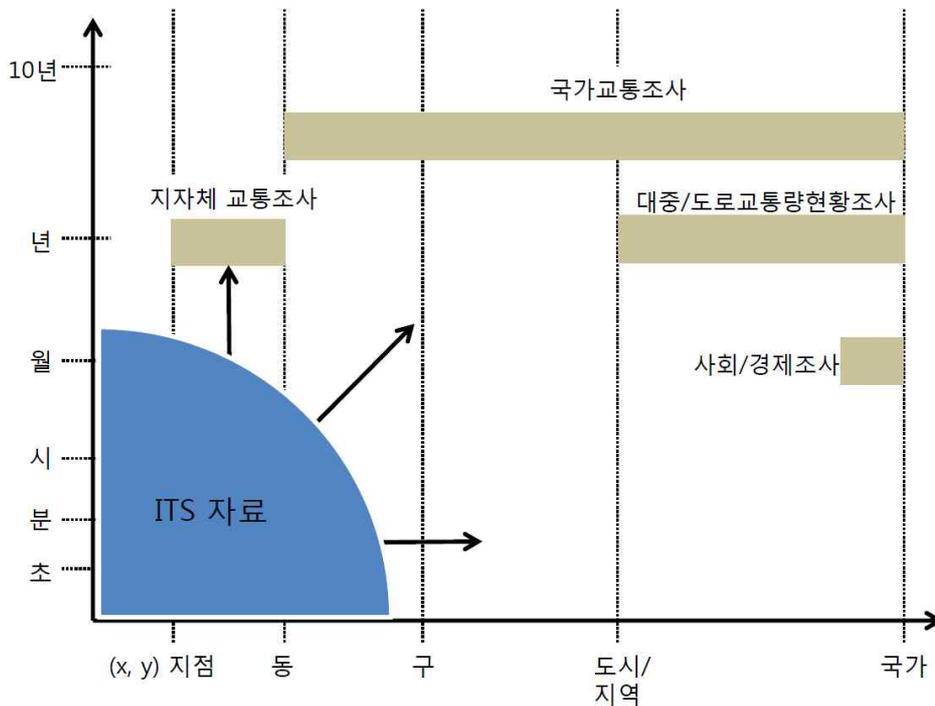
(2) ITS 교통정보의 장점

기존 교통조사 자료에 비해 ITS 자료는 다음 3가지 측면에서 유리하다.

공간적 측면에서는 ITS 시스템을 통해 전국규모부터 도시부 세부 가로까지 분석범위의 공간적 유연성이 확대된다. 시간적 측면에서는 ITS 시스템을 통해 ‘초(sec) 단위로 매일 수집되는 교통정보’를 활용하여 분석범위의 시간적 유연성 확대 및 신속한 자료갱신이 가능하다. 마지막으로 대표성 측면에서는 ITS 시스템이 설치된 지점의 경우에는 거의 전수데이터 수집이 가능하여 분석 자료의 대표성이 개선된다.

결과적으로 교통계획 수립, 교통설계 및 운영, 효과평가 등을 위해서는 세분화된 사공간 정보와 장기적으로 대표성을 갖춘 연속성 있는 자료가 요구되며, ITS 빅데이터를 통해 기존 방법론이 보완 가능하다. 또한 기존 조사원간 측정오차에 의해 데이터의 일관성을 담보하기 곤란했던 반면, 데이터 수집 표준화를 통한 일관성 확보가 가능하다.

〈그림 2-3〉 ITS 자료의 적용범위와 확장성



주) Giuliano et. al (2014)을 참조하여 저자 재작성

제 3 장
ITS 빅데이터의 국내외
활용사례

ITS 빅데이터의 국내외 활용사례

이 장에서는 ITS 빅데이터의 국내외 활용사례를 살펴보고 주요 시사점을 도출하였다. 국내 활용사례는 서울특별시, 대전광역시, 부천시에 대해 고찰하였고, 국외 활용사례는 미국의 ADUS 프로젝트를 중심으로 살펴보았다. 국내외 활용사례를 통해 ITS 빅데이터의 표준화 필요성, 첨단교통정보센터의 기능강화 필요성 등 다양한 시사점을 도출하였다.

1. ITS 빅데이터의 국내 활용사례

ITS를 통해 수집된 자료들을 교통정보 제공뿐만 아니라 교통운영, 교통정책 및 계획의 수립과 평가 등에 활용하는 노력들은 ITS 도입 초기부터 시도되어 왔으나 실제 시스템을 구축하여 운영하고 있는 사례는 많지 않다. 국내 ITS는 '94년 고속국도 ITS 시범사업 이후 전국으로 확산되고 최근에는 인구 10만 이상 도시의 대부분이 ITS 자료를 수집하고 있으나, 서울, 대전 등 일부 지자체 이외에는 ITS 자료를 통계적으로 관리·운영하는 사례는 거의 없다. 그러나 미국이 1990년대 ADUS(Archived Data User Service) 프로젝트를 통해 ITS 자료의 체계적 관리와 상호연계를 위한 표준화 노력을 시도한 반면, 국내는 관련 표준이 부재하고 ITS 담당자들의 인식도 낮은 편으로 ITS 자료관리가 되지 않거나 개별 지자체에서 필요에 따라 부분적으로 활용되고 있는 실정이다.

1) 서울시 교통정보 종합관리시스템³⁾

서울시 교통정보 종합관리시스템(Transportation Operation & Information Service, 이하 TOPIS)은 2005년 1단계 사업을 통해 자체수집 교통정보와 유관기관들의 교통정보를 연계해 실시간 교통상황에 대해 모니터링을 시작하였다. 2009년까지 매년 사업이 실시되었고, 주로 교통정보 제공, 교통상황 종합관리, 통합교통관리 센터 구축 등이 목적이었다. TOPIS와 연계된 공공기관들은 기상청, 국토관리청, 경찰청 등이며, 민간은 SK NateDrive, 교통카드데이터 회사 등이다.

정보가공 및 분석은 일반차량과 버스 수집정보가 활용되며, 1차 가공단계를 통해 정보 정확성 검증 및 보정, 패턴 정보 생성, 기초 이동성 지표(속도, 교통량, 버스 포화도 등) 등을 생성한다. 정보가공 및 분석의 2차 가공단계를 통해 추가 이동성 지표(상습/비반복 패턴정보, 노선별 교통통계, 특정기간 및 유고상황 교통통계 등) 등을 생성한다. 특히, TOPIS는 대용량의 교통카드데이터를 별도로 연계하여 다양한 추가적인 교통관련 통계자료를 생성하는데 활용하고 있다.

〈표 3-1〉 서울 TOPIS ITS 자료 처리 과정

통합DB	1차 가공	2차 가공	통합DB
<ul style="list-style-type: none"> · 수집 데이터 · 가공 데이터 · 분석데이터 	<ul style="list-style-type: none"> · 일반차량정보 가공 프로세스 <ul style="list-style-type: none"> → 패턴 및 경보정보 생성 → 판단정보 생성 → 통합정보 생성 → 결측정보 생성 · 버스정보 가공 프로세스 <ul style="list-style-type: none"> → 버스통행속도 생성 → 링크내 버스포화도 가공 → 버스속도의 일반차량 속도정보생성 → 상습/비반복패턴 생성 · 일반차량 및 버스정보 가공 프로세스 <ul style="list-style-type: none"> → 일반차량-버스 속도차 · 기상 정보가공 프로세스 <ul style="list-style-type: none"> → 기상패턴정보 생성 	<ul style="list-style-type: none"> · 일반차량 정보 분석 프로세스 <ul style="list-style-type: none"> → 상습/비반복 경보정보 생성 → 상습/비반복 패턴정보 생성 → 통계정보 생성 · 교통정보 분석 프로세스 <ul style="list-style-type: none"> → 노선별 교통통계/속도/교통량 → 특정기간 교통상황/속도/교통량 → 돌발상황 유형/상세 → 침두시 속도/교통량 등 · 돌발 프로세스 <ul style="list-style-type: none"> → 돌발 수집 프로세스 	<ul style="list-style-type: none"> · 수집 데이터 · 가공 데이터 · 분석데이터

3) 본 내용은 박평근(2015)의 자료를 요약 제시한 것임

TOPIS는 ITS 자료를 활용하여 교통정책을 지원하기 위한 별도의 OLAP(Online Analytical Processing)기반 교통정보분석 시스템을 운영하고 있다. 교통정보분석시스템을 통해 월 평균속도 및 교통량, 연평균 일교통량, 버스카드 정보 분석 등 통계 데이터 생성 및 분석 보고서를 제공한다.

〈그림 3-1〉 TOPIS의 교통정보분석 시스템



출처) 박평근 (2015)

2) 대전시 교통데이터웨어하우스⁴⁾

대전시는 2000년 첨단교통모델도시 사업을 시작으로 ITS를 도입하였으며, 교통데이터웨어하우스는 2010년 사업을 시작하여 2012년 1월 구축되었으며, 2015년 완공을 목표로 제5차 시스템 개선사업이 진행 중에 있다. 교통데이터웨어하우스⁵⁾는 교통 운영자가 ITS 자료를 기반으로 통계적인 분석 데이터를 쉽게 획득할 수 있도록 하여 관련업무 효율성을 개선하고, 합리적인 교통정책 도출에 기여하기 위해 도입하였다. 또한 일반시민에게 교통통계정보를 인터넷을 통해 알기 쉽게 제공한다.

대전시 교통데이터웨어하우스는 OLAP⁶⁾ 기반으로 사용자가 다차원 데이터에

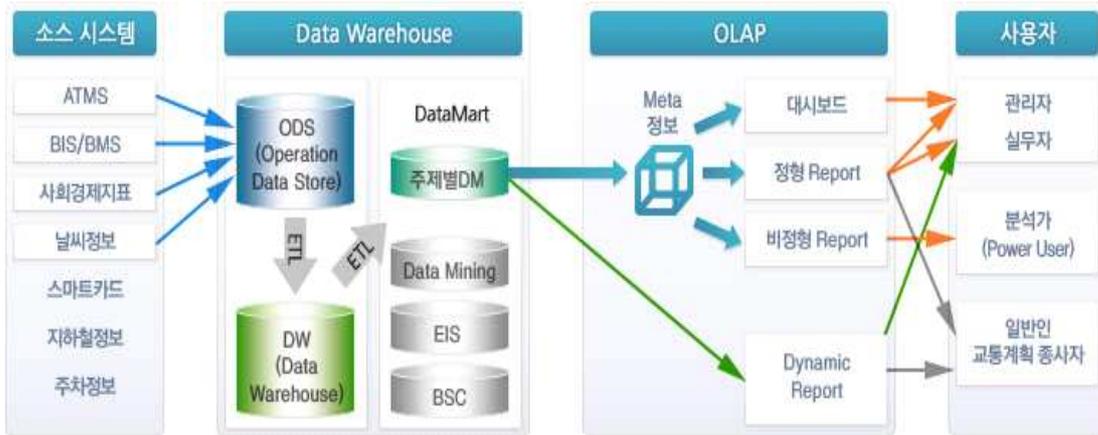
4) 본 내용은 박은미(2015)의 자료를 요약 제시한 것임

5) 데이터웨어하우스(DW: Data Warehouse) : 데이터웨어하우스의 사전적 정의는 “의사 결정을 지원하기 위해 주제 중심적이면서 통합적이며, 시간성을 가진 비휘발성 자료의 집합”, 즉 특정목적을 가지고 분석을 위한 데이터의 창고역할을 하는 것임 (교통정보공학론, 2008)

직접 접근하여 정보를 분석하고 의사결정에 활용할 수 있도록 구성되어있다. OLAP은 대쉬보드⁷⁾, 정형 보고서, 비정형 분석보고서, 정기 보고서로 구성되어 있으며 현재 인포그래픽스(Infographics) 서비스를 시범운영 중에 있다. 이를 통해 제공되는 주요 통계정보는, 먼저 공간적 교통정보로 행정구역별 교통량, 도로별 소통정보, 구간별 소통정보 등이 있고, 시간적 교통정보는 시간대별 혼잡도, 시간대별 통행속도, 시간대별 누적통행속도 등이 제공된다. 또한 사회·경제지표는 인구, 지역별 사고, 지역별 주차시설 정보 등이 제공된다.

교통데이터웨어하우스는 대전시의 교통관련 업무에도 다양하게 활용되고 있는데, 교통현황 및 추세의 조회와 분석, 각종 이벤트 상황에 대한 교통대책수립, 교통관련 법정계획 수립을 위한 현황분석 자료, 교통정책 또는 사업시행의 사전과 사후 효과분석, 기타 주요 교통현황에 대한 기초 분석 자료 등으로 쓰인다.

〈그림 3-2〉 대전광역시 교통데이터웨어하우스 시스템 구성도



출처) 대전교통정보센터 홈페이지 (<http://traffic.daejeon.go.kr>, 2015.5.25)

- 6) OLAP(On-Line Analytical Processing): 다차원 데이터 구조를 이용하여 다차원의 복잡한 질의를 고속으로 처리하는 데이터 분석 기술(두산백과, 2015)
- 7) 대쉬보드: 전일 교통상황이 요약된 장표, 정형보고서: 일정 보고서 틀 안에서 생성단위, 일자, 시간, 공간 조건 등으로 조회, 비정형보고서: 유연한 분석이 가능토록 사전에 정의된 '차원'값과 '사실'값들 중 사용자가 원하는 값들을 끌어 교차분석 수행, 정기보고서: 교통상황을 요약한 일간보고서 및 월간보고서

3) 부천시 교통정보센터⁹⁾

부천시 교통정보센터는 2007년 구축되었고 현재 15개의 단위시스템(도시교통정보시스템, 버스정보시스템 등)을 운영하고 있으며, 매년 ITS 자료를 활용한 통계 분석 보고서를 발간하여 교통정책을 지원한다. ITS 자료를 활용한 주요 통계분석 항목으로 교통량 분석, 통행속도 분석, 돌발상황 수집건수 분석, 주차장 수집 데이터 분석, 어린이 보호구역 노변경고시스템 수집 속도 분석, 버스몰림률 등이 있다.

〈표 3-2〉 부천시 교통정보센터의 ITS 자료 활용 예시

분석종류	주요 분석 내용
어린이 보호구역 노변경고 시스템 설치 효과 분석	<ul style="list-style-type: none"> · 분석목적: 어린이 보호구역 속도감소를 유도하기 위해 관내 초등학교 14개소에 설치된 노변경고시스템에 대해 ITS 자료로 사전·사후 평가 시행 · 분석기간: 2014년 1월 1일~12월 31일 (등교:08:00-09:00, 하교:12:00-16:00) · 분석지표: 노변경고시스템이 설치된 지점 중심 주변 ITS 검지기들을 이용하여 평균 차량평균속도 변화 측정 · 분석결과: 차량평균속도는 약 30km/h로 대체로 효과가 있는 것으로 분석되었으나, 일부 초등학교 주변의 경우에는 효과가 미흡한 것으로 분석
버스몰림률 분석	<ul style="list-style-type: none"> · 분석목적: 버스운행서비스 개선을 위해 운행하는 버스들이 특정 시간과 공간에 집중되지 않도록 배차간격을 유지하기 위해 시행하였으며, 부천시 69개 버스노선 대상 · 분석기간: 2014년 1월 1일~12월 31일/ · 분석지표: 차량 몰림율=차량별몰림 횟수 ÷ 정류소별 총운행횟수 × 100 *) 차량 몰림율: 개별 차량의 정류소 통과 시 앞차 또는 뒷차와의 간격이 몰림기준시간 이하로 운행하는 경우 · 분석결과: 전체 노선의 약 79.1%가 몰림률 4% 이하로 대체로 양호하였으며, 마을버스 노선의 몰림율이 관내 및 관외 운행노선에 비해 높은 것으로 분석, 노선별, 시간대별, 운수회사별 몰림율을 분석하여 개선 유도

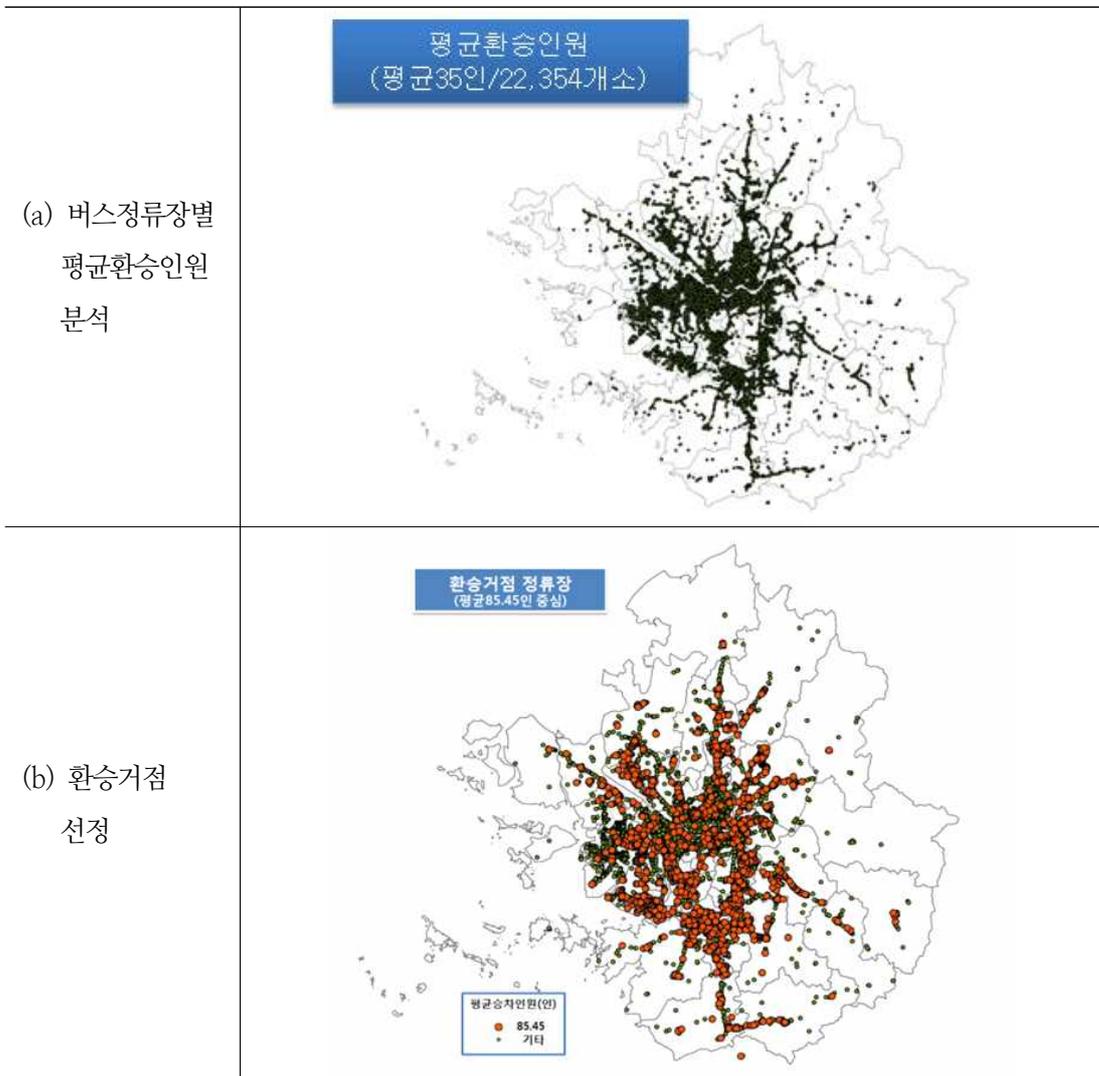
출처) 부천시설공단 (2015)

9) 본 내용은 부천시설공단 (2015)의 자료를 참고로 재작성한 것임

4) 기타 ITS 자료 활용

서울시는 실시간 버스 운행데이터와 교통카드데이터를 통합하고 추가적으로 사회 경제 속성데이터(인구, 토지이용, 경제활동 지표 등)와의 융합을 통해 다양한 분석을 통해 교통정책에 활용하고자 시도했다. 빈미영(2012)는 경기도 교통카드데이터를 이용하여 경기도 주민들의 대중교통 이용행태를 매우 세밀하게 분석하였으며, 이를 바탕으로 주요 환승거점 선정에 적용했다.

〈그림 3-3〉 대중교통카드 데이터를 이용한 환승거점 선정 사례



출처) 빈미영(2012)

2. ITS 빅데이터 국외 활용사례

미국에서는 1990년대 후반부터 실시간 ITS 자료를 통계자료로서 활용하고자 하는 ADUS 프로젝트를 수행했다 (박상조, 2007). ADUS는 ITS를 통해 수집된 자료를 통계적으로 정리, 분석, 공유함으로써 다양한 교통부문(행정, 정책, 계획, 서비스평가, 사업평가, 운영개선, 연구 등)에 활용하는 것을 목적으로 하였다. 또한 ADUS을 위한 자료수집, 집계, 통계화, 관리·배포하기 위해 ‘통계자료관리시스템(ADMS: Archived Data Management Subsystem)’을 구축·운영하였다. 특히, 해당 연구를 통해 ITS 자료를 체계적으로 수집·관리하고 상호 연계하기 위해 ITS 자료 국가표준¹⁰⁾을 개발하여 시행했다.

ADUS 프로젝트를 시작으로 다수의 주(州) 교통국에서 ITS 자료를 이용한 연구들과 관련 시스템들이 개발·적용되었다. 주요 프로젝트로는 FHWA Mobility Monitoring Program, California의 PeMS, Washington의 TRAC, Wisconsin의 WisTransPortal, Florida의 CFDW (The Central Florida Data Warehouse), Virginia의 ADMS Virginia 등이 있다. 이 연구에서는 FHWA Mobility Monitoring Program과 PeMS 내용을 기술하였다.

1) FHWA Mobility Monitoring Program¹¹⁾

미 연방도로국(FHWA)이 2000년에 실시한 것으로 미국의 여러 도시들에서 ITS를 통해 수집되는 통계자료들을 연계하여 도로의 성능평가(이동성, 신뢰도) 모니터링을 시도한 최초 프로그램이다. 정보연계 도시는 Atlanta, Cincinnati, Detroit,

10) 대표적으로 재정된 표준은 아래와 같음(OST-R 홈페이지, 2015)

- ASTM E2259-03a Standard Guide for Archiving and Retrieving ITS-Generated Data
- ASTM E2468-05 Standard Practice for Metadata to Support Archived Data Management Systems
- ASTM E2665-08 Standard Specifications for Archiving ITS-Generated Traffic Monitoring Data

11) Sharan et. al. (2009) 내용을 참조하여 작성

Hampton, Roads, Houston, Los Angeles, Minneapolis-St. Paul, Seattle, San Antonio가 있다.

Mobility Monitoring Program(이하 MMP)은 도시별로 각각 다른 형식으로 수집·저장·관리되고 있는 ITS 자료들을 5분 단위와 차선별로 표준화하여 집계하여 평가하고, 특히 ITS 자료의 정확도 지표(Quality control measures)를 적용하여 정확성이 떨어지는 데이터의 표시나 오류 데이터를 제거한다. 프로그램 초기 통행시간 자료를 기반으로 도로축이나 지역 단위로 혼잡도 매트릭스(Congestion metrics)를 분석하여 제공하였으며, 2007년부터는 도로 유고자료(Incident data), 신호운영자료(단속류)도 포함하여 분석한다. 분석 결과는 온라인(Online)을 통해 제공하거나 CD 등으로 개별 저장된다.

MMP 프로그램의 목적은 도시와 국가 차원에서 각 시스템의 모빌리티와 신뢰도를 모니터링 하는 것이며, 대상도시들을 점차 확대하는 방식으로 추진되었다. 미국 정부는 이러한 시범사업을 통해 월별 도시 혼잡 보고서(Monthly urban congestion report)를 발간하고 있으며, 이는 도시와 국가차원의 도로혼잡 경향을 분석하는데 활용되고 있다. 2007년에는 총 23개 도시가 보고서 작성에 참여하고 있다.

2) California PeMS¹³⁾

미국 캘리포니아 교통국(Caltrans, California department of transportation)과 UC Berkeley 대학이 공동으로 개발하였으며, 실시간 ITS 자료와 이력자료를 기반으로 한 캘리포니아 주의 도로 성능평가를 위해 개발되었다. PeMS(The freeway performance measurement system)는 캘리포니아 교통관리센터(TMC, Traffic Management Center)로 30초 단위로 수집되는 실시간 ITS 자료를 5분 단위로 집계하고 UC Berkeley 대학에 설치되어 있는 데이터 웨어하우스(Data Warehouse, DW)로 전송·관리된다.

도로 성능평가를 위해 일차적으로 차선별 교통류 속도, 점유율(Occupancy), 교통량 등을 검지기 위치 단위로 사전 집계하고, 이를 통해 VMT, VHT, 통행시간, 도로지체

13) 박상조(2007) 내용을 참조하여 작성

등을 산출한다. 분석 결과는 온라인(online)을 통해 제공되고, 이용자들은 특정 출발지에서 목적지(O-D)까지의 최적 노선을 검색할 수 있는 서비스를 제공한다.

〈그림 3-4〉 PeMS 분석화면



출처) Karl(2007)

3) 기타 국외 사례 검토 요약

국외 ITS 자료를 이용한 정보의 수집, 가공, 활용 현황을 종합적으로 살펴보면¹⁵⁾, 정보 수집과 가공 단계에서는 전반적으로 비슷한 형식과 방법론을 적용하고

15) 본문에 제시된 사례 이외에도 Virginia ADMS, 네델란드, 벨기에, 이스라엘 등도 추가 검토하여 요약 제시함 (Shara, 2011)

있었으나, 정보 활용에 있어서는 일부 차이가 있다. 정보 수집단계에서는 교통정보 센터(TMC)에 대부분 30초 단위로 정보가 일차적으로 가공되며, 대부분 검지기가 설치된 지점을 중심으로 교통량, 속도, 점유율, 유고상황 등의 정보를 수집한다.

정보 가공단계에서는 대부분 5분 단위로 집계하고 필요에 따라 연장된 시간단위로 집계되며, 통행시간지표와 혼잡도 지표가 주로 생산되며, 그 외에도 일부 시스템의 경우 VMT, VHT, AADT 등을 추가 가공한다.

정보 활용단계에서는 상대적으로 차이가 많았는데, PeMS의 경우 도로 병목지점 도출 및 분석(Bottleneck identification and analysis)을 별도로 시행하고 있으며, Virginia ADMS의 경우에는 지역계획과 환경평가 등 교통외 부문에 직접적으로 활용된다. 정보 활용단계에서 차이가 발생하는 것은 ITS를 통해 수집되는 정보의 정확성, 수집 범위, 수집 장비성능, 수집가능 정보 종류 등에 의한 것으로 판단된다.

〈표 3-3〉 국외 ITS 자료 수집, 가공, 활용 요약

정보 수집	정보 가공	정보 활용
<ul style="list-style-type: none"> · 정보수집단위 : 30초 · 교통량 · 지점 및 구간 속도 · 점유율 · 유고상황 · 공사정보 · 날씨 	<ul style="list-style-type: none"> · 정보가공단위: 5분(필요에 따라 10분, 15분 등으로 확대) · 누락자료 보정 계수 적용 · 도로혼잡도 · 통행시간지표(TTI 등) · VMT · VHT · 일평균교통량(AADT) 	<ul style="list-style-type: none"> · 도로 일반현황 분석 · 도로 병목지점 도출 및 분석 · 유고상황 교통관리 · 대규모행사 교통관리 · 도로정책효과분석 (램프미터링, 도로건설 등) · 신호계획수립 · 지역계획수립 · 환경평가

출처) Shara(2011)를 참조하여 저자 재작성

4) 국내외의 활용사례 비교

〈표 3-2〉에서 제시한 국외 ITS 정보의 수집, 가공, 활용에 대한 요약결과와 비교할 때, ITS를 통해 수집되는 정보의 종류는 국외와 국내에 차이가 거의 없었다. 그러나 핵심 교통지표인 교통량 자료를 수집하는 국내 지자체는 많지 않으며 수집 범위도 넓지 않은 실정이다. 또한 이러한 수집단계에서의 문제는 교통지표를 생성하는 가공단계에서 VMT, VHT, 일평균 교통량 등을 생성할 수 없도록 하며, 결과적으로는 ITS 빅데이터의 활용단계에서 도로정책 효과분석, 지역계획 수립, 환경평가 등에 활용할 수 없는 제약으로 작용한다. 이외에도 ITS를 통해 정보가 수집되고 있다고 할지라도 이를 활용해 교통정책 및 계획수립에 활용하기 위한 정보의 가공과 활용도 미흡한 실정이다. 예를 들면, 대전시의 경우 교통데이터웨어하우스를 통해 대규모 행사의 교통대책수립을 위해 활용한 사례가 있으나, 그 외 경우에는 활용사례를 찾기가 쉽지 않다.

이에 반해, 국내의 경우 버스정보시스템(BIS)을 통해 수집되는 버스 운행정보 데이터를 대중교통정책에 활용하는 사례는 매우 많다. 예를 들면, 부천시 사례에서 살펴본 바와 같이, 버스 운행정보를 이용해 차량 몰림율 분석, 버스 위반사례 분석(배차 간격, 무정차, 개문발차) 등을 통해 버스 서비스 개선, 버스 보저금 지급 등과 연계하여 활용하고 있다. 이러한 사례는 국외에 비해 국내에서 보다 활발하게 활용되고 있다고 할 수 있는데, 이는 국내에서 버스 공영제나 보조금 지급 등의 공공교통정책을 추진하고 있기 때문이고, 이를 지원하기 위해 BIS 도입 초기부터 관련 평가지표(즉, 실시간 버스정보 제공 이외)들을 수집할 수 있는 장비와 운영 시스템을 설치하여 실시간으로 정보를 수집·가공하고 있기에 가능한 것이다.

3. 국내외 활용사례 시사점

국외 활용사례를 검토한 결과 ITS 빅데이터의 활용성은 매우 높다고 할 수 있는데, 특히 미국을 포함한 여러 선진국에서는 첨단교통정보센터를 중심으로 ITS 빅데이터를 교통계획 및 정책 수립에 이용하고자 하는 연구들을 다수 진행하고 있으며 실무적으로도 다양하게 적용되고 있음을 알 수 있었다. 반면, 국내에서는 ITS 시스템을 도입하고 첨단교통정보센터를 운영하고 있는 지자체는 많은 반면, ITS 빅데이터를 활용하고 있는 사례는 본 연구에서 살펴본 몇몇 지자체를 제외하면 그 수가 매우 적었으며, 활용범위도 다양하지 않았다. 본 장에서는 ITS 빅데이터의 국내외 활용사례 검토와 관련 전문가들의 논의 결과들을 바탕으로 국내 첨단교통정보센터의 ITS 빅데이터의 활용도가 낮은 원인에 대해 제시하고자 한다.

■ 실시간 교통정보 제공 중심의 ITS 시스템 도입 및 운영

지금까지 국내 첨단교통정보센터는 주로 실시간 교통정보 제공에 중점을 둔 시스템으로 구성되어 있기 때문에 ITS 빅데이터를 체계적으로 분석하고 관리할 수 있는 운영시스템을 갖추지 못하였다. 이러한 원인은 국내 ITS 도입초기의 목적이 이용자들에게 실시간 교통정보를 제공함으로써 보다 효율적인 교통네트워크 활용에 있었기 때문이다. 현재 대부분의 국민들이 도로나 버스에 대한 실시간 교통정보를 편리하게 사용하는데 결정적인 역할을 하고 있으며 향후에도 이러한 역할은 매우 중요할 것이다. 따라서 초기 국내 ITS 도입 목적은 충분히 달성되었다고 말 할 수 있으며, 본 연구에서 강조하고 싶은 것은 이용자들에게 실시간 교통정보를 제공하는 기능과 더불어 이제는 ITS 빅데이터를 교통계획이나 평가에 활용하는 정책 활용성 측면의 강화가 필요하다는 점이다.

미국은 MMP 사업을 통해 ITS 자료에 기초한 월별 도시 혼잡 보고서를 발간하는 등 도시와 국가차원의 도로혼잡 경향을 분석하는데 적극 활용하고 있다. 2007년 기준 총 23개 도시가 보고서 작성에 참여하고 있다. 반면 국내 ITS는 도시부교통관리 시스템은 48개 도시, 버스정보제공 시스템은 52개 도시가 구축·운영하고 있는

반면, 일부 사례지역을 제외하고 대부분의 교통정보센터가 ITS 자료의 체계적인 수집·저장·관리 시스템이 부재하여 활용사례가 미흡한 실정이다. 이는 지금까지 국내 ITS가 실시간 교통정보제공을 위주로 시스템을 구성되어 있고 도시교통관리 측면의 관련 시스템 도입이 미흡한 것에 기인한다. 또한 대부분의 국내 교통정보센터는 ITS 자료를 활용하여 정기적인 교통통계 분석보고서를 작성하지 않은 경우가 대부분이다.

■ ITS 빅데이터의 자료 처리, 저장, 관리에 대한 표준의 부재

국내에는 ITS 빅데이터의 자료 처리, 저장, 관리에 대한 명시적인 표준지침이 존재하지 않아 수집 주체인 첨단교통관리센터의 임의처리에 의존하고 있는 실정이다. 국내 대부분의 첨단교통관리센터는 ITS 빅데이터를 센터 시스템 용량제약을 고려해 소실시키고 있는 실정(지자체별, 데이터의 종류별로 일부 차이가 있으나 짧게는 약 15일, 길게는 6개월 보관)으로 이는 향후 중장기 국가교통정책 전략수립의 주요한 원천 데이터(일일DB→월DB→년DB 축척)의 소실과 투자대비 효과를 반감 시키는 등의 문제를 야기할 수 있다.

미국은 ITS 도입 초기부터 ITS 자료를 체계적으로 수집·관리하고 상호 연계하기 위해 ITS 자료 국가표준(ADUS)을 개발하여 운영하고 있는 반면, 국내에서는 관련 표준이 제정되지 않아 개별 지자체 교통정보센터에서 필요에 따라 분석 시스템을 구축·운영 중에 있다. 국내에서도 최근 빅데이터에 대한 관심이 높아짐에 따라 지자체 교통정보센터들은 ITS 자료를 활용한 교통 분석시스템 도입을 시도하고 있으나, ITS 자료 관리의 표준이 부재하여 장래 각 지자체별 분석시스템들을 상호연계하고 일관성 높은 국가단위 ITS 자료의 수집·분석에 장애요인으로 작용할 가능성이 높다.

■ 교통정책 및 계획 수립에 필요한 데이터 수집 부족

교통정책 및 계획 수립을 위해서는 다양한 지표를 생성할 수 있어야 한다. 특히 도시모빌리티 관련 지표 생성이 중요한데, ITS 빅데이터의 수집단계에서부터 필요한

정보가 충분히 수집되지 못하고 있다. 예를 들면, 도시모빌리티 평가를 위한 핵심 지표는 교통량 데이터이다. 그런데 국내 ITS를 도입한 도시들의 경우, 핵심 지표인 교통량 자료를 실시간으로 수집하는 현장장비 설치개소가 부족하여 실제 분석에는 한계가 존재한다. 또한 다양한 측면에서 도시모빌리티를 평가하기 위해서는 보다 다양한 교통정보(예, 차선별 교통량, 차종별 교통량 등)가 수집되어야 하나 기술적이나 비용측면에서 현재까지는 한계가 있다.

■ 하드웨어 중심의 ITS 사업 추진

국내 ITS 빅데이터의 활용도가 낮은 것은 지금까지의 ITS 사업들이 하드웨어 중심의 시설물 설치사업 위주로 진행되어 왔고 첨단교통정보센터의 운영 소프트웨어는 상대적으로 중요하게 취급되지 못한 점이다. 이러한 것은 ITS 사업의 사업비 배분 비율을 살펴봐도 쉽게 알 수 있는데, 대부분의 사업비가 장비 설치비에 할당되어 있고 운영 소프트웨어 개발비가 차지하는 비율은 매우 낮게 책정되어 있다 (국토교통부^b, 2014).

■ ITS 빅데이터 활용을 위한 전문인력 부족

ITS 빅데이터가 수집·저장되고 있다 하더라도 담당자의 ITS 자료 활용에 대한 인식이나 전문성 부족으로 교통전략 수립, 투자우선순위 평가 등에는 충분히 활용되지 못하고 있다. 대부분의 지자체 첨단교통정보센터의 운영관리에 투입되는 인력구조를 살펴보면, 대부분 전기·전자 분야의 ITS 시스템을 관리하기 위한 인력이 대부분이고, ITS 빅데이터를 전문적으로 분석하고 활용할 수 있는 교통운영 관리자는 거의 보유하고 있지 못한 실정이다.

제 4 장
ITS 빅데이터를 활용한
도시모빌리티 평가지표

ITS 빅데이터를 활용한 도시모빌리티 평가지표

이 장에서는 ITS 빅데이터를 활용해서 산출할 수 있는 도시모빌리티 평가지표를 제시하였는데, 평가지표는 기본지표와 기본지표를 가공해서 도출할 수 있는 추가지표로 나누어 기술하였다. 또한 도로와 대중교통으로 구분하여 평가지표를 제시하였다. 특히 대중교통은 현재 국내 첨단교통정보센터에서 활용되고 있는 평가지표를 제외하고 주로 대중교통 모빌리티 분석에 활용될 수 있는 지표를 중심으로 기술하였다.

1. 평가지표의 도출 방향

교통시스템이 제공하는 모빌리티 수준을 기술하기 위한 두 가지 기본 평가지표(Measures of performance)는 속도와 교통량이며, 이 지표들이 이용되는 목적에 따라 시·공간적인 집계 방식이 달라질 수 있다. 속도 및 교통량의 평균값도 중요하지만, 이러한 평가지표들의 시간에 따른 변화를 기술하는 변동성(Variability) 또는 신뢰도(Reliability)에 관한 지표도 필요하다. 속도, 교통량이라는 기본 지표 이외에도, 이 기본 지표를 가공하거나, 유고(Incident) 정보와 같은 타 분야의 자료를 통합적으로 사용하여 유용한 추가 지표들을 생성할 수 있다. 본 절은 미국 연방 도로청이 발간한 관련 지침(U.S DOT, 2013)에 소개된 “교통정보센터 자료로부터 도출 가능한 모빌리티 평가 지표” 들 중에서 국내 도입에 적합한 지표들에 대한 개념, 용도 및 특성 등을 요약하여 제시하였다.

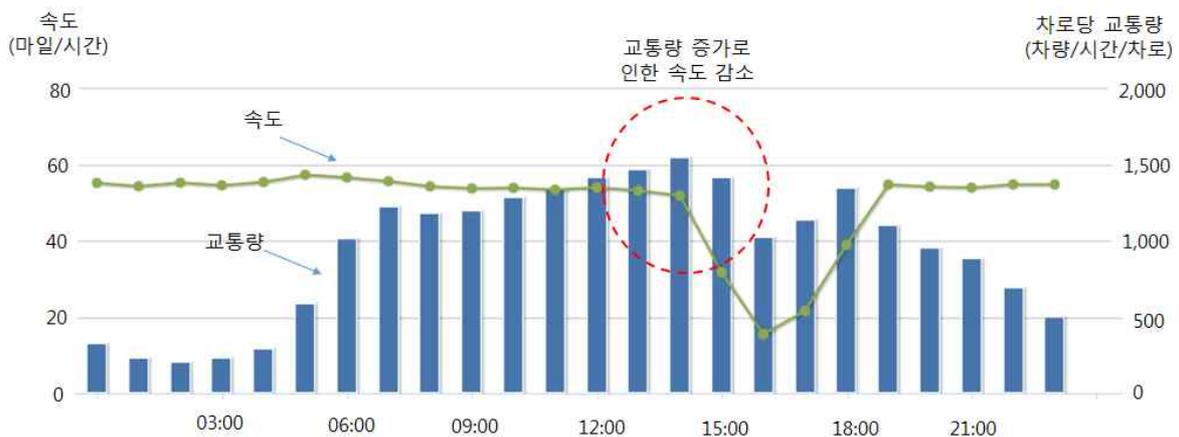
2. ITS 빅데이터를 활용한 모빌리티 평가지표 : 도로분야

1) 기본지표 : 교통량과 속도

주요 병목지점들에 대한 평가지표로 교통량과 속도 지표가 함께 적용되며 해당 병목지점에서 교통량이 혼잡에 미치는 영향에 대한 검토가 가능하다. 예를 들면 <그림 4-1>에서 오후 침투 시간에 혼잡이 시작되기 직전(즉, 오후 2시경) 교통량이 상승하다가, 혼잡이 시작됨에 따라 해당 지점의 가능 용량이 감소하여 교통량이 줄어드는 양상을 보인다.

기본지표인 교통량과 속도 자료를 지속적(일, 월, 년)이고 공간적으로 주요 교통축에 대해 수집하는 것이 매우 중요한데, 이러한 기본지표를 도시의 교통현황 분석에 활용것은 표본의 대표성 측면, 활용성 측면, 경제성 측면에서 기존 인력 중심의 조사방법으로는 불가능했던 다양한 분석들을 가능하게 할 것이다. 그러나 국내에서는 특히 도시부 도로에 대한 교통량 수집 장비의 설치 비율이 매우 낮고 설치 범위도 일부 도로에 그치고 있는 실정이다. 이러한 교통량 기본지표의 수집 부족은 ITS 빅데이터를 도시 전체를 대상으로 한 도로의 현황분석, 주요 병목지점의 도출, 도로사업의 효과평가, 장래 수요예측 등에 활용되는데 제약요인으로 작용하고 있다.

<그림 4-1> 특정 지점에서 시간대별 속도와 교통량



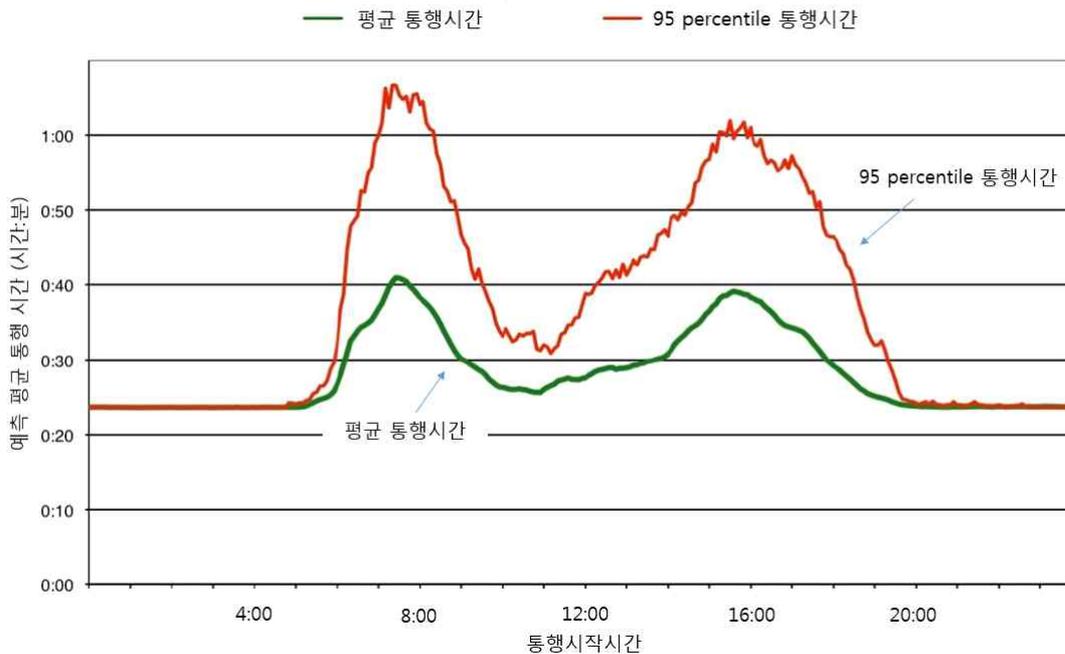
출처) U.S DOT (2013), 그림 내 텍스트 번역 및 추가설명 삽입

2) 통행시간과 신뢰도(Reliability)

통행시간은 지점 속도 자료들로부터 예측될 수 있으며, 특정 경로 및 축(Corridor)의 교통 조건을 일반 대중에게 알기 쉽게 제공하는 데 이용될 수 있다. 예를 들면 95th percentile 통행속도는 해당 도로 구간에 대한 “최악”의 통행 경험을 대변할 수 있는 지표이며, 사고 등 유고 상황이 교통 상태를 얼마나 심각하게 악화시키는지를 파악하는 데 적절하다.

신뢰도(Reliability)지표는 분석하고자 하는 특정 도로구간에 특정기간(주, 월, 연) 동안의 평균 통행속도와 95th percentile 통행속도를 이용하여 분석할 수 있다. 즉 <그림 4-2>와 같이 분석하고자 하는 특정 도로구간에 대해 1년 동안의 평균 통행속도와 유고상황과 같은 심각한 지체를 나타내는 95th percentile 통행속도를 시간대별로 함께 검토함으로써 통행시간의 신뢰도(Reliability)가 시간대별로 얼마나 차이가 나는지를 가늠할 수 있다.

<그림 4-2> 통행시간 및 신뢰도 : 시간대별



출처) U.S DOT (2013), 그림 내 텍스트 번역 및 추가설명 삽입

평가지표로서 통행시간이 갖는 단점은 길이가 서로 다른 길이의 경로에 대한 운영 성능 비교가 어렵다는 점이다. 이에 대한 해결책으로 무단위(unitless) 지표들이 사용될 수 있는데, TTI, PTI, BTI 지표가 대표적이며 서로 길이가 다른 통행에 대한 지체 수준을 비교하는 데 이용될 수 있다. 그러나 이 세 가지 평가지표를 사용함에 있어서, 축을 너무 길게 잡으면 짧은 혼잡구간이 과소평가되거나, 반대로 혼잡구간만 포함되게 짧은 축을 선택하면 혼잡이 과대평가될 수 있으므로 축을 선정할 때 신중해야한다.

$$Travel\ Time\ Index(TTI) = \frac{\text{평균통행시간}}{\text{자유교통류 통행시간}}$$

$$Planning\ Time\ Index(PTI) = \frac{95th\ percentile\ 통행시간}{\text{자유교통류 통행시간}}$$

$$Buffer\ Time\ Index(BTI) = \frac{95th\ percentile\ 통행시간 - \text{평균통행시간}}{\text{자유교통류 통행시간}}$$

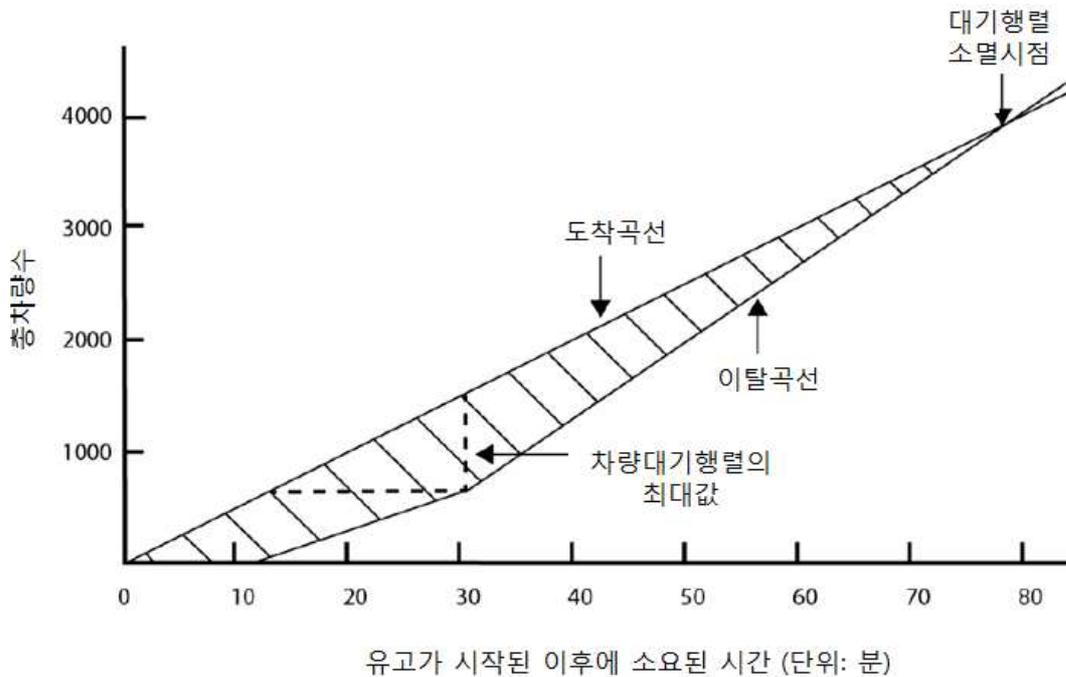
3) VKT와 VHT

VKT(Vehicle kilometers traveled) 및 VHT(Vehicle hours of travel)는 해당 도로 구간 및 축의 누적 이용 패턴을 분석하는 데 유용하다. 축을 구성하는 각 구간의 통행량을 대표하는 지점 교통량은 해당 구간의 길이와 곱해서 누적하면 축에 대한 VKT를 도출할 수 있으며, 각 도로 구간을 통과하는 데 필요한 소요 시간에 해당 도로 구간의 교통량을 곱해서 누적하면 축에 대한 VHT를 도출할 수 있다. 특히 VKT와 VHT 지표는 도로의 환경성(즉, 특정도로구간의 혼잡으로 인한 배기가스 배출량 계산)이나 경제성(즉, 신규도로건설에 의한 시간절약의 가치계산)을 평가하는데 중요한 지표가 될 수 있다. 그러나 국내에서는 기본지표인 교통량 데이터의 수집이 충분하지 않아 VKT와 VHT 지표의 산출이 매우 어려운 실정이다.

4) 지체(Delay)

차량 지체는 실제 VHT에서 자유 교통류 상태의 VHT (예, 제한 속도 값을 이용하여 추정된 VHT)를 빼서 구할 수 있으며, 해당 도로구간의 누적 운영 성능을 평가하는데 이용될 수 있다. 유고에 의한 지체(Incident delay)는 유고에 대한 대응 및 관리의 효과를 평가하기 위해 사용될 수 있으며, 유고에 대한 +자료와 속도 및 교통량 자료를 시공간적으로 매칭하는 작업이 요구된다. 유고가 시작된 시점부터 유고가 종료되어서 대기행렬이 소멸되는 시점까지, 해당구간에 유입되는 누적 교통량 곡선 (도착 곡선)과 유출되는 누적 교통량 곡선 (이탈 곡선)으로 둘러싸인 부분의 넓이가 유고 지체에 해당하게 된다. <그림 4-3>의 빗금친 영역이다.

<그림 4-3> 대기행렬 이론을 이용한 유고 지체의 계산



출처) U.S DOT (2013), 그림 내 텍스트 번역 및 추가설명 삽입

〈표 4-1〉 ITS 빅데이터를 통해 도출 가능한 모빌리티 평가지표

구분	지표명	용도	주요 자료 수집 출처 또는 요구자료	가능한 집계 방식
기본 지표	속도	· 지점별 교통소통 상태 파악 · 축의 교통소통 상태를 공간적으로 분석	· 고정식 검지기 또는 프로브 검지기	월별, 일별, 시간대별 등
	교통량	· 지점별 이용도 및 교통조건 파악 · 축의 이용도 및 교통조건을 공간적으로 분석	· 고정식 검지기	"
통행시간 관련지표	통행시간	· 특정 기·종점간 교통상태 파악	· 고정식 검지기 · 인접한 검지기간 거리 자료	"
	percentile 통행시간	· 교통조건에 따른 신뢰도(Reliability) 및 통행시간 분포를 요약적으로 제시함	· 고정식 검지기 · 인접한 검지기간 거리 자료	"
	TTI, PTI, BTI	· 상이한 길이를 갖는 축 들의 운영 성능 비교	· 통행시간 자료 · 해당 통행 경로의 연장 자료	"
누적이용 평가지표	VKT VHT	· 도로구간, 축 및 도로네트워크 전체의 누적 이용 평가	· 교통량 자료 · 구간 통행시간 자료 · 구간 연장 자료	"
누적운영 성능지표	차량지체	· 도로구간, 축 및 도로네트워크 전체의 누적 운영 성능 평가	· 속도 및 교통량 자료 · 구간 통행시간 자료	"
자료통합을 통해 도출된 지표	유고지체	· 유고에 의한 지체를 측정 및 모니터링 함으로써 유고 관리의 효과를 평가함	· 유고 자료(주요 유고 이벤트의 위치 및 시간) · 위치 및 시간에 따른 교통량, 속도자료	· 총 시스템 지체에서 유고 지체가 차지하는 비율 · 유고의 종류, 지속시간 및 유고 관리 종류별 유고 지체

주) TTI=Travel Time Index, PTI=Planning Time Index, BTI=Buffer Time Index

3. ITS 빅데이터를 활용한 모빌리티 평가지표 : 대중교통(버스) 분야

1) 속도 지표

(1) 버스 통행속도

노선(구간)별 버스의 통행시간 데이터를 분석하여 평균 통행속도를 산출하며, 아래와 같은 구체적인 분석이 가능하다.

- 시간대별 비교 : 첨두/비첨두시 차이
- 방향별 비교 : 도심/외곽방향별 차이
- 지역별 비교 : 도심/외곽구간, 간선/지선, 전용차로 유/무 차이
- 시계열적 비교 : 월별 변화, 년도별 서비스 수준 변화 여부 등

미국의 도로용량편람과 우리의 도로용량편람에서는 버스의 통행속도별 서비스 수준을 제공하고 있지 않으며, 버스차량내 용량, 운행빈도, 정류장용량 등을 기준으로 서비스 수준(LOS) 기준을 제공한다(TRB, 2000). 반면 TRB(2013) 보고서에서는 버스 통행속도별 서비스 수준을 <표 4-2>와 같이 제시하고 있다. 분석 DATA는 노선 전체 및 구간(정류장-정류장)별 버스운행 소요시간 및 거리가 된다.

<표 4-2> 버스 통행속도별 서비스 수준

서비스 수준	A	B	C	D	E	F
버스통행속도 (mile/h)	16.7 ↑	12.7 ↑	8.7 ↑	6.0 ↑	4.7 ↑	4.7 ↓
버스통행속도 (km/h)	27.0 ↑	20.0 ↑	14.0 ↑	10.0 ↑	7.5 ↑	7.5 ↓

출처) TRB(2013)

(2) 승용차 대비 버스 통행속도

버스의 속도 자체도 모빌리티의 지표가 될 수 있으나, 도시의 규모 및 도로체계 등에 따라 운행환경이 다양하여 도시와 도시의 비교가 어려울 수 있다. 따라서 비교하고자 하는 도시들의 버스 통행속도를 승용차 속도와 비교하여 버스의 모빌리티를 평가할 수 있다.

통행시간 관련 버스와 승용차의 모빌리티를 비교하기 위해서는 정류장 및 주차장 접근시간, 정류장 대기시간 등을 포함하는 door-to-door의 소요시간을 고려해야 하나, 본 연구는 동일구간에서의 통행시간 데이터를 활용하여 승용차 대비 버스의 통행속도 지표만을 산출한다. 버스의 분석구간은 정류장-정류장, 승용차의 분석구간은 교차로-교차로이기 때문에 약간의 시간 보정이 필요하다. 또한 통행시간을 비교할 때는 통행의 시점과 종점에서의 정류장 및 주차장 접근시간은 동일하게 적용하고, 버스 대기시간 및 환승시간 적용 등의 시나리오가 필요하다.

※ 미국 도로용량편람(TRB, 2000)의 door-to-door 시간 =
평균 접근시간 + 대기시간 + 차내시간 + 환승시간
평균 접근시간(보행) : 2-3분 (최대 5분 고려)
대기시간 : 배차간격의 50% (10분 이내 경우), 70% (10분 이상)

지표의 유형으로, 상대적 비교(버스/승용차) 및 절대적 비교(버스-승용차) 지표 산출이 가능하고, 상대적 비교는 주로 중장거리에서, 절대적 비교는 거리와 상관없이 가능하다. 분석 데이터는 동일구간의 버스 및 승용차 통과시간 및 거리를 활용한다.

※ 정책목표 예(상대비교) : 승용차 대비 1.2 미만(급행), 1.5 미만(일반)
※ 미국 대중교통용량 및 서비스 매뉴얼(TRB, 2013)에서 제시하는 서비스 등급(절대비교) : A 등급 0분 이하, B 등급 0-15분, C 등급 16-30분, D 등급 31-45분, E 등급 46-60분, F 등급 60분 이상

2) 신뢰도(Reliability) 지표¹⁹⁾

(1) 배차간격 규칙성

대중교통의 신뢰도 평가에 가장 기본적인 ‘정시도착율’은 주로 배차간격이 10분 이상으로 비교적 긴 경우 활용되고, 10분미만으로 짧은 경우는 ‘배차간격 규칙성’이 더 적합하다. 짧은 배차간격에서는 이용자가 예정된 스케줄 보다는 규칙성에 근거한 기대 대기시간이 중요하다. 미국의 경우, 배차간격 10분미만인 경우 계획 배차간격의 $\pm 50\%$ 이내, 배차간격 10분이상인 경우 계획 배차간격의 ± 5 분 이내일 경우 규칙적인 것으로 판단한다. 분석 데이터는 정류장별 버스 도착시간을 활용한다.

- 지표 예 : 침두시 85% 이상, 비침두시 95% 이상

※ 배차간격 규칙성(R) = $1 - 2 * \text{Sum of } (hr - H) * r / n^2 H$

hr : series of headways

r : 1....n, the rank of headways from smallest to largest

H : mean headway, n : frequency of bus arrived

(2) 정류장 정시도착율

정류장 정시도착율은 예정시간 후 5분 이내 도착 비율이고, 운행지연율은 특정 노선(구간)의 운행시간 10% 이상 초과 비율 or 소요시간 분산도 등으로 평가한다. 분석 데이터는 정류장별 버스 도착시간을 활용하며, 향후 카드 data와 연계하여 승객의 가중치가 적용된 정시 도착율로 계산하면, 시간가치의 손실량 계산이 가능하다.

※ 정시도착율 서비스 수준

- A등급 97.5%이상, B 등급 95.0-97.4, C 등급 90.0-94.9,

D 등급 85.0-89.9, E 등급 80.0-84.9, F 등급 80.0% 이하

19) 본 내용은 TRB(2013)의 내용을 참조하여 작성

제 5 장 실증분석

이 장에서는 ITS 빅데이터를 활용해서 모빌리티 평가지표를 산출하고 분석하는 실증분석을 실시하였다. 실증분석의 주요 목적은 ITS 빅데이터의 활용성을 실례로 제시하고 시사점을 도출하기 위해서이다. 분석대상은 대전광역시와 부천시를 대상으로 하였다. 또한 분석대상 도시의 ITS 빅데이터 자료의 유효성을 고려하여, 대전광역시는 도로에 대한 모빌리티 평가, 부천시는 대중교통에 대한 모빌리티를 평가하였고, 끝으로 대전광역시와 부천시의 도로 모빌리티를 상호 비교하고 시사점을 도출하였다.

1. 분석의 개요

본 실증분석에서는 시공간적 집계단위를 달리해가면 ITS 빅데이터를 분석함으로써, 그 활용 가치를 구체적으로 검증하였다. 본 실증 분석의 대상으로는 대전광역시와 부천시가 선정되었다. 그 이유는 첫째, 이 도시들이 ITS를 통해 교통자료를 실시간으로 수집하고, 이 자료를 비교적 장기간 축적하여 보유하고 있었기 때문이었다. 둘째, 본 연구의 시간적·공간적 분석 한계를 고려할 때, 중규모 도시들이 적절하였고, 분석대상 도로 네트워크 또한 비교적 단순하여 도로 혼잡의 발생형태가 대부분 몇몇 도로축에만 제한적으로 발생하는 등 본 연구에 적합한 수준의 복잡성을 보이고 있기 때문이었다.

대전광역시는 첨단교통정보센터의 데이터웨어하우스(DW) 운영을 위해 비교적 장기간(3년 이상)의 도로 관련 ITS 빅데이터를 보유하고 있었다. 이와 같이 여러 해에 걸쳐 수집된 ITS 빅데이터는 해당 교통시설 운영의 연도에 따른 변화 추이를 파악하는 데 활용될

수 있었다. 한편, 대전광역시가 본 연구의 수행기간 동안 대중교통 관련 BIS 데이터를 제공할 수 없었기 때문에, 본 분석에서 대전시에 대한 대중교통 운영에 대한 평가는 배제되었다. 부천시는 대전시와는 달리 도로 관련 ITS 빅데이터를 최근 1년 동안만 보관하고 있었다. 이 자료는 부천시와 대전시의 도로 모빌리티 비교 분석에 사용되었다. 또한 부천시는 최근 3개월간의 BIS 데이터를 보유하고 있었다. 하지만 용량상의 이유로 1주일 자료만을 본 연구에 활용할 수 있었기 때문에 대중교통 모빌리티에 대한 다양한 평가지표의 측정에는 한계가 있었다.

본 연구에서 수행한 실증분석은 <표 5-1>와 같이 크게 세 가지로 구분 된다. 첫째, 대전광역시 실증분석은 도로 모빌리티 분석에 초점을 두고 있다. 이 분석의 기본 단위는 개별 도로링크로 설정되었으나, 대전시에 속한 거의 모든 링크가 분석 대상이 되었다. 이 모빌리티 분석은 도로링크별 이동성 및 신뢰도 평가와 도로 병목지점에 대한 상세 분석을 포함한다. 둘째, 부천시 실증분석은 대중교통 모빌리티에 초점을 두고 있다. 이 분석의 기본 단위는 버스 노선 중 일부 (2.5km 구간)이다. 이 대중교통 모빌리티 분석은 특정 도로 구간에 대한 승용차와 버스의 구간통행속도 비교와 버스 통행속도 분포에 대한 분석을 포함한다. 마지막으로, 도시 간 비교 분석의 기본 단위는 축 모빌리티에 초점을 두고 있다. 이 도시 간 비교 분석의 기본 단위는 축으로 설정되었으나, 도시별로 6개 주요 축이 형성하는 도로 네트워크가 각각 주요 분석 대상이 되었다. 이 비교 분석은 각 도시별 주요 축 및 그 네트워크의 혼잡심각도와 혼잡지속시간에 대한 평가를 포함한다.

<표 5-1> 실증분석의 주요 내용

실증분석의 구분	주요 내용
·대전광역시 도로 모빌리티 분석	○ 도로 링크별 모빌리티 분석 - 도로링크별 이동성 및 신뢰도 평가 - 도로 병목지점에 대한 상세 분석
·부천시 대중교통 모빌리티 분석	○ 특정 도로 구간의 버스 모빌리티 분석 - 승용차와 버스의 통행속도 비교 - 첨두시간대의 버스 통행속도 분포 분석
·도로 모빌리티에 대한 도시 간 비교	○ 축 모빌리티에 기반을 둔 도시 간 비교 분석 - 혼잡심각도에 대한 도시 간 비교 - 혼잡지속시간에 대한 도시 간 비교

2. 분석대상 도시들의 도로망 및 ITS 구축 현황

1) 대전시

(1) 도로 및 가로망 현황

대전광역시의 광역도로망은 고속도로는 경부고속도로 등 5개 노선, 국도는 국도1호선 등 4개 노선, 국지도 1개노선, 지방도는 2개 노선으로 총 12개의 주요노선축이 있으며, 대전광역시와 타 지자체 간 광역 통행을 주로 담당한다(대전광역시, 2014).

〈표 5-2〉 대전광역시 광역도로망 현황

가로명		폭원(m)	차로수	
고속도로	①	경부고속도로	30~40	6~8
	②	호남고속도로	25	4
	③	당진-대전간고속도로	25	4
	④	통영-대전간고속도로	25	4
	⑤	대전남부순환고속도로	25	4
국도	⑥	국도 1호선	15	4
	⑦	국도 4호선	15	4
	⑧	국도 17호선	15	4
	⑨	국도 32호선	15	4
국지도	⑩	국지도 32호선	8	2
지방도	⑪	지방도 571호선	8	2
	⑫	지방도 635호선	20	4

출처)대전광역시(2014)

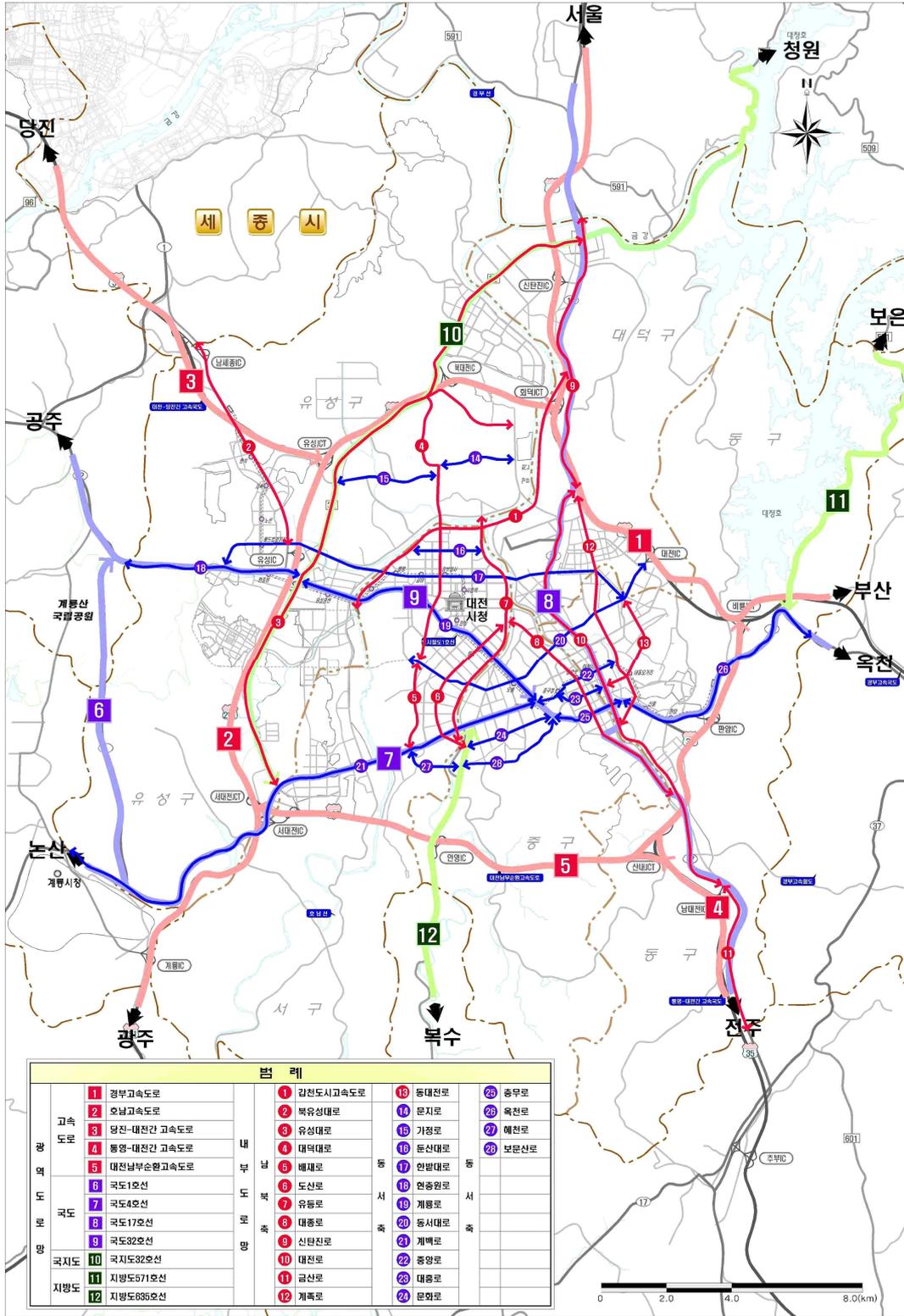
대전광역시 관할의 간선도로망은 유성대로 등 남북축 13개 노선, 계룡로 등 동서축 15개 노선이 격자형의 구조를 이루고 있다(대전광역시, 2014).

〈표 5-3〉 대전광역시 관할의 간선도로망 현황

구분	도로명	기종점	차로수 (왕복)	연장 (km)	
남북축	①	갑천도시고속도로	대덕구 오정도 ~ 대덕구 상서동	6~10	10.3
	②	북유성대로	남세종IC ~ 월드컵네거리	4~10	6.4
	③	유성대로	엑스포로 ~ 진잠네거리	4~8	17.6
	④	대덕대로	신탄진네거리 ~ 안골네거리	4~10	15.7
	⑤	배재로	안골네거리 ~ 계백로	4	2.8
	⑥	도산로	남선공원네거리 ~ 머티네거리	4~6	4.9
	⑦	유등로	도마교 ~ 제1사정교	2~10	9.6
	⑧	대종로	남선공원네거리 ~ 대성동삼거리	4~6	7.8
	⑨	신탄진로	현도교 ~ 읍내삼거리	4~8	11.6
	⑩	대전로	읍내삼거리 ~ 남대전IC	4~8	14.5
	⑪	금산로	남대전IC ~ 금산터널	4~6	5.2
	⑫	계족로	읍내삼거리 ~ 제2치수교네거리	4~8	7.9
	⑬	동대전로	동부네거리 ~ 원동네거리	4~8	3.4
동서축	⑭	문지로	도룡삼거리 ~ 문지삼거리	4~6	2.4
	⑮	가정로	신성교 ~ 연구단지네거리	4~8	3.2
	⑯	둔산대로	갑천삼거리 ~ 평송수련원삼거리	8	2.2
	⑰	한밭대로	덕명네거리 ~ 동부네거리	8~10	13.2
	⑱	현충원로	공주시시계 ~ 구암교네거리	4~6	5.4
	⑲	계룡로	유성대로 ~ 충대병원네거리	4~10	9.5
	⑳	동서대로	안골네거리 ~ 대전IC	8	8.3
	㉑	계백로	계룡시계 ~ 서대전네거리	4~10	16.6
	㉒	중앙로	서대전네거리 ~ 계족로	6	2.8
	㉓	대흥로	문화회관네거리 ~ 우너동네거리	6	1.8
	㉔	문화로	도마교 ~ 충대병원네거리	4~8	3.1
	㉕	충무로	충대병원네거리 ~ 신흥삼거리	4~6	2.7
	㉖	옥천로	제1치수교네거리 ~ 대청동시계	8	8.3
	㉗	혜천로	계백로 ~ 산성네거리	4	1.5
	㉘	보문산로	산성네거리 ~ 충대병원네거리	4	3.9
합 계			-	202.6	

출처)대전광역시(2014)

〈그림 5-1〉 대전광역시 도로망 현황



출처)대전광역시(2014)

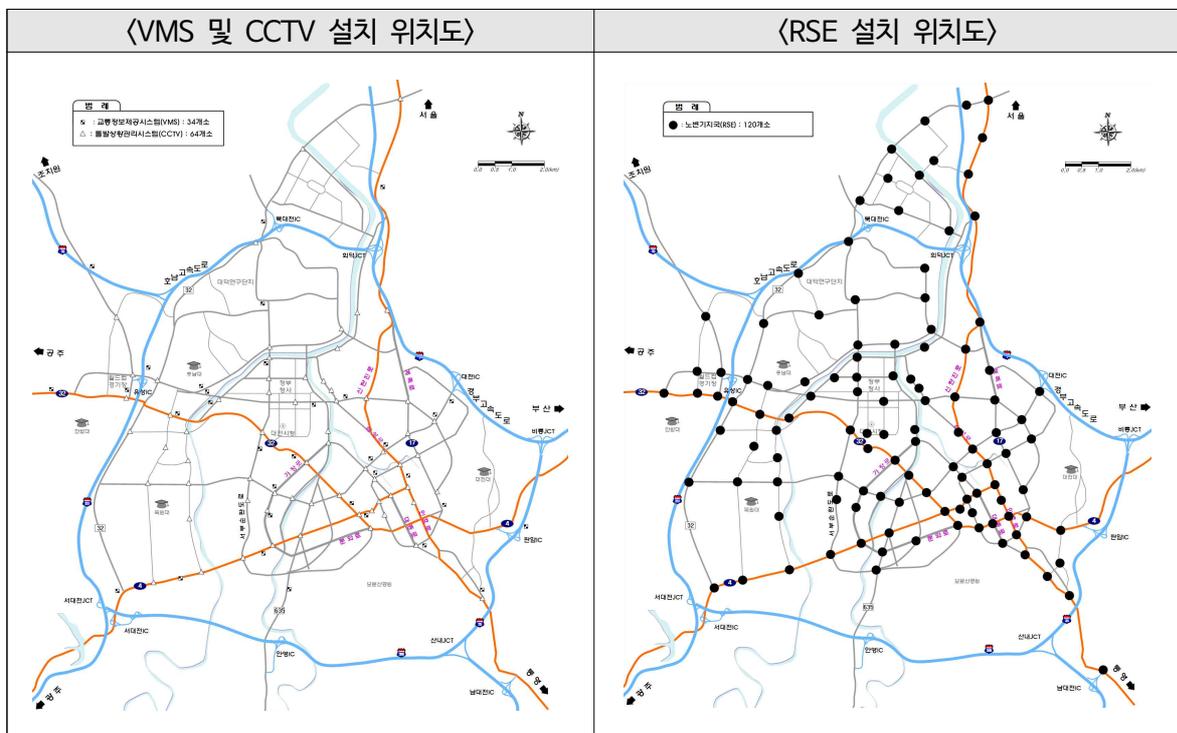
대전광역시 ITS 구축 및 운영 현황은 도로정보 수집용 장비인 노변기지국(RSE)과 차량검지기(VDS)는 각각 377대와 100대, 도로정보 제공용 장비인 도로전광표지판은 42대 구축·운영 중에 있다(대전교통정보센터 홈페이지, 2015). 또한 교통정보 수집용 CCTV가 54개소에 설치되어 운영 중이다.

〈표 5-4〉 대전광역시 교통정보제공 시스템 시설현황

구분	노변기지국(RSE)	차량검지기(VDS)	도로전광표지판(VMS)
수량	377대	100대	42대

출처) 대전교통정보센터 홈페이지(2015)

〈그림 5-2〉 대전광역시 ITS 주요 시설물 설치 위치도



출처) 대전교통정보센터 홈페이지(2015)

2) 부천시

(1) 도로 및 가로망 현황

부천시는 서울특별시와 인천광역시를 연결하는 경인고속국도, 서울외곽순환고속국도가 도시의 남측과 서측으로 통과하고 그 외는 일반국도 6호선(오정로), 39호선(별말로-부천로-호현로), 46호선(경인로)이 부천시를 통과하고 있다(부천시, 2015). 주요 도로현황은 동서축으로는 봉오대로, 길주로, 경인로가 있으며, 남북축으로는 송내대로, 신흥로, 부천로, 소사로, 역곡로 등이 있다(부천시, 2015).

〈표 5-5〉 부천시 주요도로망 현황

구분	도로명	기종점	연장 (km)	
동서축	①	봉오대로	서운삼거리~오정대로삼거리	5.1
	②	오정로	삼정고가교삼거리~오쇠삼거리	1.9
	③	상작로	지역난방공사삼거리~성곡새마을금고여월지점앞	1.2
	④	평천로	호수로삼거리~약대오거리	2.6
	⑤	길주로	삼산체육관사거리~생태박물관삼거리	7.1
	⑥	부흥로	상일고등학교앞(인천시경계)~소명여고사거리	3.8
	⑦	부일로	엄지유치원앞(인천시경계)~동곡초교사거리	7.1
	⑧	경인로	송내1동주민센터앞(인천시경계)~역곡고가사거리	3.4
남북축	⑨	별말로	대장2교(서울시경계)~중동대로입구	0.5
	⑩	송내대로	중동대로입구~구산사거리	6.2
	⑪	석천로	소각장사거리~석천로입구교차로	5.7
	⑫	중동로	삼정주유소앞~송내동신아파트앞	2.2
	⑬	신흥로	봉오대로 입체교차로~심곡고가사거리	5.3
	⑭	부천로	현대오일뱅크주유소앞~북부역사거리	4.5
	⑮	소사로	오쇠삼거리~시흥시계교차로	9.1
	⑯	범안로	괴안삼거리~옥길동시계교차로	1.8
	⑰	역곡로	오정대로삼거리~역곡북부역사거리	5.8

출처) 부천시(2015)

(2) ITS 구축 및 운영 현황

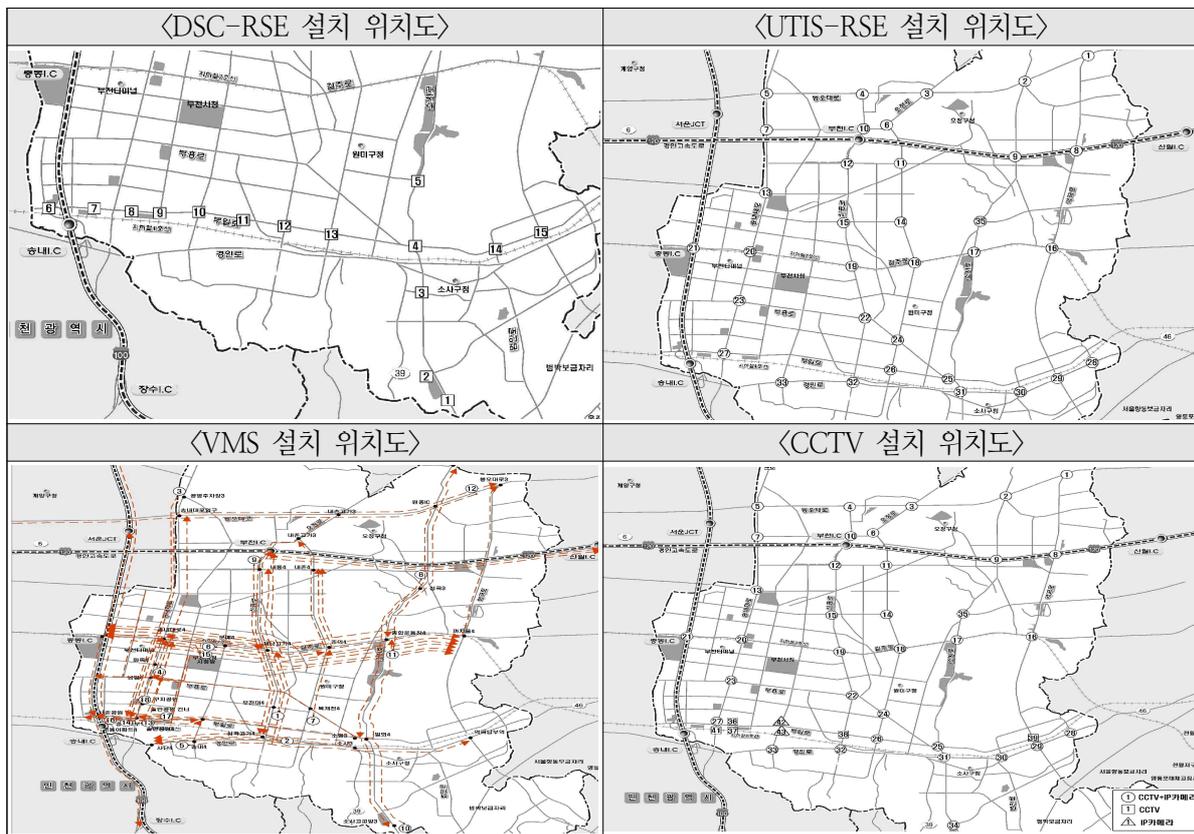
부천시 ITS 구축 및 운영 현황은 도로정보 수집용 장비인 노변기지국(RSE)과 차량검지기(VDS)는 각각 50대와 17대, 도로정보 제공용 장비인 도로전광표지판은 18대를 구축하여 운영 중이다(부천시, 2015; 부천시설공단, 2015). 노변기지국(RSE)은 Hi-Pass OBE 장착차량의 정보를 수집하는 DSRC-RSE가 15개, UTIS-RSE가 35대가 있다(부천시, 2015). 또한 교통정보 수집용 CCTV가 43개소에 설치되어 운영 중이다.

〈표 5-6〉 교통정보제공 시스템 시설현황

구분	노변기지국(RSE)	차량검지기(VDS)	도로전광표지판(VMS)
수량	50대	17대	18대

출처) 부천시(2015)

〈그림 5-4〉 ITS 주요 시설물 설치 위치도



출처) 부천시(2015)

3. 분석된 ITS 빅데이터의 개요

1) 대전광역시

대전광역시 센터로부터 협조된 데이터는 Excel 형식의 파일이며, 통행속도 및 교통량 데이터의 개요는 <표 5-7>과 같다.

<표 5-7> 분석 ITS 빅데이터의 개요

구분	항목	내용
통행속도	데이터 기간	<ul style="list-style-type: none"> 3년간 매년 10월 자료 총 93개 데이터 - 2012년 10월 1일~31일 (31개 데이터) - 2013년 10월 1일~31일 (31개 데이터) - 2014년 10월 1일~31일 (31개 데이터)
	시간 단위	<ul style="list-style-type: none"> 5분단위 288개 데이터 - 24시간 × 60분/5분 = 288개
	대전시 링크 개수	<ul style="list-style-type: none"> 양방향 3,389개 링크 - 상 행 : 1,692 개 - 하 행 : 1,693 개 - 미분류 : 4 개
	분석대상 수	<ul style="list-style-type: none"> 총 90,770,976개 - 3,389(링크) × 288(시간) × 31(일) × 3(년) = 90,770,976 개
	데이터 용량	<ul style="list-style-type: none"> 총 3.33 GB(기가바이트) - 2012년 데이터 용량 : 1.20 GB - 2013년 데이터 용량 : 1.07 GB - 2014년 데이터 용량 : 1.06 GB
교통량	데이터 기간	<ul style="list-style-type: none"> 3년간 매년 10월 자료 총 93개 데이터 - 2012년 10월 1일~31일 (31개 데이터) - 2013년 10월 1일~31일 (31개 데이터) - 2014년 10월 1일~31일 (31개 데이터)
	시간 단위	<ul style="list-style-type: none"> 5분단위 288개 데이터 - 24시간 × 60분/5분 = 288개
	VDS 개수	<ul style="list-style-type: none"> 100개 지점
	분석대상 수	<ul style="list-style-type: none"> 총 2,678,400개 - 100(지점) × 288(시간) × 31(일) × 3(년) = 2,678,400개
	데이터 용량	<ul style="list-style-type: none"> 총 80.8 MB(메가바이트) - 2012년 데이터 용량 : 27.6 MB - 2013년 데이터 용량 : 26.6 MB - 2014년 데이터 용량 : 26.6 MB

구간별 통행속도 정보의 데이터 구성은 <표 5-8>과 같다.

<표 5-8> 통행속도 데이터

컬럼명	내용	CODE							
REG_HM	등록_시분	201210010830 (2012년 10월 01일 08시 30초)							
LINK_ID	링크 ID	AN3020095200 (방향별, 구간별 ID)							
TRVL_SPD	통행_속도	20.7 (km/h)							
CAR_CNT	차량_수	18 (대)							
DAY_CLS	요일_구분	1501 (일요일), 1502 (월요일), ... ,1507(토요일)							
CNGTN_GRD	혼잡도	0501 (소통원활), 0502 (지체서행), 0503 (정체)							
COLCT_TYPE_CLS	수집_유형_구분	3001 (RSE), 3002 (퓨전 RSE+VDS), 3003 (패턴)							
- 원본 파일(예시)									
REG_HM	LINK_ID	TRVL_SPD	CAR_CNT	DAY_CLS	CNGTN_GRD	COLCT_TYPE_CLS			
201210010000	AE3011000100	40.3	10	1502	0501	3002			
201210010000	AE3011000200	30	0	1502	0502	3003			
201210010000	AE3011000700	26.7	0	1502	0502	3003			
201210010000	AE3011001000	20.8	0	1502	0502	3003			
201210010000	AE3011001010	39.9	53	1502	0501	3002			
201210010000	AE3011001100	35.9	21	1502	0501	3002			
- 구간명 링크작업 결과(예시)									
REG_HM	LINK_ID	TRVL_SPD	CAR_CNT	DAY_CLS	CNGTN_GRD	COLCT_TYPE_CLS	도로명	구간명	방향
201210010000	AE3011000100	40.3	10	1502	0501	3002	우암로	성남네거리▶기아자동차네거리	상행
201210010000	AE3011000200	30	0	1502	0502	3003	전개동로	AP3011000992▶대정호자연생태관	하행
201210010000	AE3011000700	26.7	0	1502	0502	3003	은어송로	가오교삼거리▶가오동네거리	하행
201210010000	AE3011001000	20.8	0	1502	0502	3003	용운동길	용운삼정하이츠▶용운동주민센터네거리	하행
201210010000	AE3011001010	39.9	53	1502	0501	3002	동서로	홍도육교오거리▶솔랑아파트	상행
201210010000	AE3011001100	35.9	21	1502	0501	3002	동서로	삼성성당네거리▶홍도육교오거리	상행
201210010000	AE3011001200	30	0	1502	0502	3003	중앙로	대전역사거리▶대전역동광장	하행

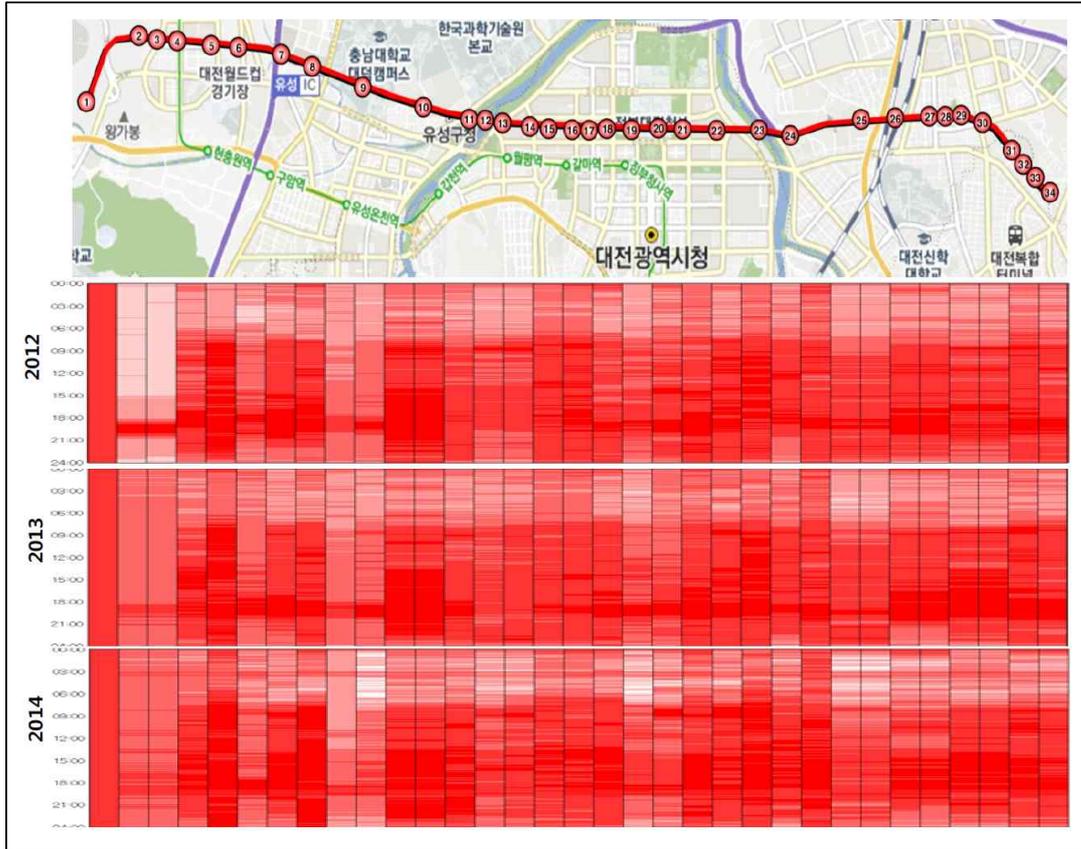
구간별 VDS교통량 정보의 데이터 구성은 <표 5-9>와 같다.

<표 5-9> VDS 교통량 데이터

컬럼명	내용	CODE		
REG_HM	등록_시분	201210010830 (2012년 10월 01일 08시 30초)		
VDS_ID	VDS_ID	VDS0013		
SM_TR_VOL	소형_교통량	30 (대)		
MD_TR_VOL	중형_교통량	12 (대)		
LG_TR_VOL	대형_교통량	1 (대)		
- 원본 파일(예시)				
REG_HM	VDS_ID	SM_TR_VOL	MD_TR_VOL	LG_TR_VOL
201210010000	VDS0001	1	2	0
201210010000	VDS0002	7	2	1
201210010000	VDS0003	10	2	0
201210010000	VDS0004	6	13	0

대전시 ITS 자료를 이용하여 한밭대로(상행) 도로에 대해 2012년부터 2014년까지 각 연도로별로 10월 한 달 동안의 평균통행속도를 <그림 5-5>에 예시하였다.

<그림 5-5> 대전광역시 ITS 자료 예시 : 한밭대로(상행) 평일



주) 네이버 지도(<http://map.naver.com/>)를 바탕으로 저자 작성

<표 5-10> 대전시 ITS 자료 예시 : 한밭대로 교차로 및 링크ID

상행 링크 ID		교차로 명	상행 링크 ID		교차로 명
AE3020062000	↓	① 덕명네거리	AE3020005500	↓	⑦ 노은삼거리
AE3020098300	↓	② 수정초교네거리	AE3020005000	↓	⑧ 궁동네거리
AE3020098200	↓	③ 열매마을11단지	AE3020093100	↓	⑨ 충대오거리
AE3020006700	↓	④ 노은네거리	AE3017091300	↓	⑩ 유성대교
AE3020007000	↓	⑤ 노은농수산물시장네거리	AE3017092800	↓	⑪ 갑천대교네거리
AE3020005600	↓	⑥ 월드컵네거리	AE3017092900	↓	⑫ 이마트
		⑦ 노은삼거리			⑬ 월평역네거리

2) 부천시

부천시 센터로부터 협조된 데이터는 도로 통행속도, BIS 버스 도착 및 통행속도 데이터이다. 부천시는 버스 관련 BIS 자료를 현재 시점부터 최근 3개월 전까지의 자료를 저장·관리하고 있었다. 이 연구에서 BIS 버스 도착 및 통행속도 정보는 대중교통 모빌리티 분석에 적용하였다. 도로 통행속도 정보는 2014년 10월의 1개월 자료를 이용하여 대전시와의 도로 모빌리티의 도시간 비교에 적용되었고, 2015년 7월의 1개월 자료는 대중교통 모빌리티와의 교통수단간 비교에 적용되었다.

〈표 5-11〉 분석 ITS 자료의 개요

구분	항목	내용
도로 통행속도	데이터 기간	<ul style="list-style-type: none"> · 2014년 10월 자료 <ul style="list-style-type: none"> - 2014년 10월 1일~31일 (31개 데이터) · 2015년 7월 자료 <ul style="list-style-type: none"> - 2015년 7월 1일~31일 (31개 데이터)
	시간 단위	<ul style="list-style-type: none"> · 5분단위 288개 데이터 <ul style="list-style-type: none"> - 24시간 × 60분/5분 = 288개
	링크 개수	<ul style="list-style-type: none"> · 양방향 10,816개 링크 (대전시 3배) <ul style="list-style-type: none"> - 부천시 관할 내 링크 별도 추출 필요
	분석대상 수	<ul style="list-style-type: none"> · 주요 도로축에 대해서만 분석
	데이터 용량	<ul style="list-style-type: none"> · 총 844 MB(메가바이트)-TXT(텍스트)형식 파일 <ul style="list-style-type: none"> - 2014년 데이터 용량 : 438 MB - 2015년 데이터 용량 : 406 MB
BIS 버스 도착	데이터 기간	<ul style="list-style-type: none"> · 2015년 7월 1주간 데이터 <ul style="list-style-type: none"> - 2015년 7월 6일(월)~12일 (일)
	정류장 수	<ul style="list-style-type: none"> · 총 4,238개 <ul style="list-style-type: none"> - 부천시 정류장 : 1,188개
	데이터 용량	<ul style="list-style-type: none"> · 총 18.5 GB(기가바이트)-XLS(엑셀)형식 파일
BIS 통행속도	데이터 기간	<ul style="list-style-type: none"> · 2015년 7월 1개월 데이터 <ul style="list-style-type: none"> - 2015년 7월 1일~31일
	구간 수	<ul style="list-style-type: none"> · 총 45,157개 <ul style="list-style-type: none"> - 부천시내 구간 별도 추출
	데이터 용량	<ul style="list-style-type: none"> · 총 1.2 GB(기가바이트)-XLS(엑셀)형식 파일

버스 출발/도착 데이터 형식은 <표 5-12>과 같다.

<표 5-12> 버스 출발/도착 데이터 (예시)

이벤트발생일시	센터수집일시	차량번호	운수회사	노선번호	위치명	모바일번호	이벤트코드
2015-07-06 6:40	2015-07-06 6:40	경기71아8145	성광운수	20	밤골-부천산울림청소년수련관	11386	정류장도착
2015-07-06 3:45	2015-07-06 3:45	경기71아3677	부천버스	88	백마장농협	97003	정류장출발
2015-07-06 7:42	2015-07-06 7:42	경기71아3089	부천버스	88	백마장농협	97003	정류장도착
2015-07-06 0:00	2015-07-06 0:00	경기71아8182	부일교통상	52	부천시청역1번출구	11161	정류장도착
2015-07-06 0:00	2015-07-06 0:00	경기71아8182	부일교통상	52	부천시청역1번출구	11161	정류장출발
2015-07-06 0:03	2015-07-06 0:03	경기71아8153	성광운수	19	부천시청역1번출구	11161	정류장도착
2015-07-06 0:05	2015-07-06 0:05	경기71아8153	성광운수	19	부천시청역1번출구	11161	정류장출발
2015-07-06 0:05	2015-07-06 0:05	경기71아2080	소신여객	700	부천시청역1번출구	11161	정류장도착
2015-07-06 0:05	2015-07-06 0:05	경기71아2080	소신여객	700	부천시청역1번출구	11161	정류장출발
2015-07-06 0:06	2015-07-06 0:06	경기71아3551	부일교통직	56	부천시청역1번출구	11161	정류장도착
2015-07-06 0:06	2015-07-06 0:06	경기71아3551	부일교통직	56	부천시청역1번출구	11161	정류장출발
2015-07-06 0:08	2015-07-06 0:08	경기71아8010	부일교통상	52	부천시청역1번출구	11161	정류장도착
2015-07-06 0:09	2015-07-06 0:09	경기71아8010	부일교통상	52	부천시청역1번출구	11161	정류장출발
2015-07-06 0:14	2015-07-06 0:14	경기71아8155	성광운수	19	부천시청역1번출구	11161	정류장도착
2015-07-06 0:15	2015-07-06 0:15	경기71아8155	성광운수	19	부천시청역1번출구	11161	정류장출발
2015-07-06 0:22	2015-07-06 0:22	경기71아2083	소신여객	700	부천시청역1번출구	11161	정류장도착
2015-07-06 0:27	2015-07-06 0:27	경기71아8156	성광운수	19	부천시청역1번출구	11161	정류장도착
2015-07-06 0:27	2015-07-06 0:27	경기71아8156	성광운수	19	부천시청역1번출구	11161	정류장출발

4. 실증 분석 (I) : 대전광역시 도로 모빌리티 분석

1) 도로 링크별 모빌리티 평가

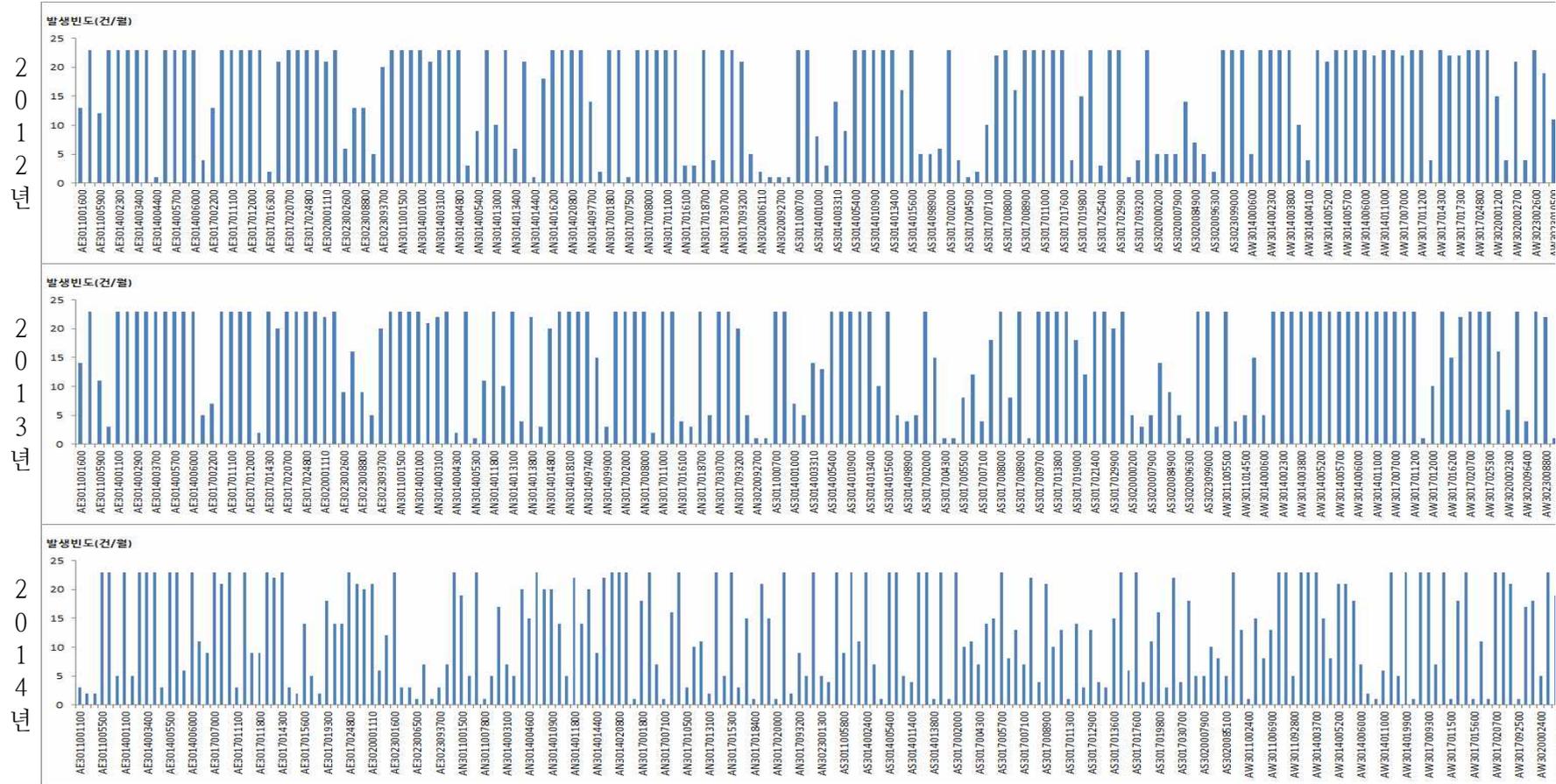
(1) 개요

본 분석은 대전시에 속한 각 링크의 모빌리티가 연차별로 어떻게 달라지는 지에 초점을 맞춰서 수행되었다. 대전시의 전체 도로구간은 3,389 링크(Link)이며, 이중 고속도로 연결 구간과 교통자료의 이상을 보이는 구간을 제외한 3,303 링크에 대해 모빌리티 분석 실시하였다. 이 분석을 위해 2012년~2014년 중 10월 (평일)에 해당하는 ITS 빅데이터가 사용되었다. 이 분석의 기본 단위는 개별 도로 링크이지만, 대전 전체를 대상으로 분석이 수행되었기 때문에, 개별 링크 단위로 모빌리티 평가 지표를 측정하여, 이 값들이 공간적으로 어떻게 분포하는 지에 대한 추가 분석이 가능하다. 본 연구에서는 이런 방식 대신에 축 모빌리티에 기반한 공간 분석을 수행하였다. 그 이유는 후자의 방식이 자료 처리 과정이 단순하며, 그 분석 결과를 함축적으로 제시할 수 있기 때문이다.

(2) 도로 링크의 연도별 이동성 변화 평가

ITS 빅데이터를 가공하면 해당 일에 대한 각 도로 링크의 일평균 통행속도를 손쉽게 구할 수 있다. 이런 기초 자료 처리 후에 각 연도마다 도로 링크별로 일평균 통행속도에 대한 분포에서 속도값이 심각하게 낮게 나타나는 빈도를 평가함으로써, 해당 링크의 이동성을 가늠해 볼 수 있다. 본 분석에서는 각 도로 링크의 이동성 저하에 대한 기준으로 5th percentile을 적용하였다. 다시 말해, 해당 도로 링크의 일평균 통행속도 분포 중 5th percentile 이하에 해당되는 속도 값이 나오는 날의 빈도를 측정하여 (본 분석의 경우, 1개월 당 횟수), 이를 링크 이동성 평가 지표로 활용하였다. <그림 5-6>과 같이, 각 링크에 대한 “5th percentile 이하에 속한 일평균 통행속도의 발생빈도”가 연도별로 어떻게 달라지는 지를 검토함으로써, 해당 도로의 시설 및 운영 개선에 대한 요구사항을 파악할 수 있다.

〈그림 5-6〉 5th percentile 일 평균통행속도가 발생하는 도로링크와 월간 발생빈도(평일)



〈표 5-13〉 2012년 기준 연도별 일평균 통행속도 낮은 구간 도출 (예시)

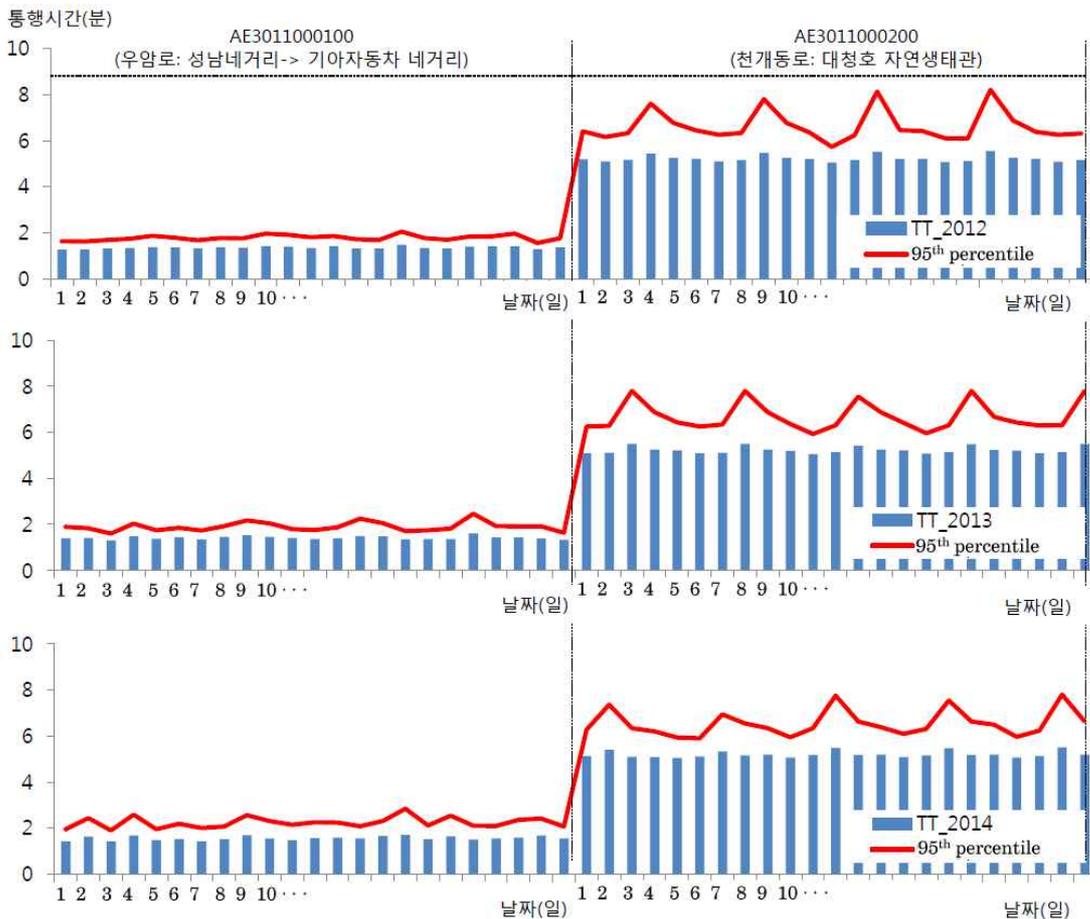
2012년	2013년	2014년	도로명	구간	방향
AE3011005500	*	*	중교로	중교▶원동삼거리	하행
AE3014001100	*	*	자유1로	목동선병원▶중앙고교네거리	하행
AE3014002300	*	개선	선화4길	말뫄산네거리▶선화동천주교회네거리	상행
AE3014005700	*	*	중교로	대전전화국네거리▶은행네거리	하행
AE3014005900	*	개선	중교로	은행네거리▶동양매직네거리	하행
AE3014006000	*	*	중교로	동양매직네거리▶중교	하행
AE3017010900	*	*	둔지미1길	향촌아파트앞▶파랑새네거리	하행
AE3017011100	*	개선	향촌길	병락정네거리▶향촌네거리	하행
AE3017011200	*	*	향촌길	향촌네거리▶은하수네거리	하행
AE3017012000	*	*	향촌길	충청체신청네거리▶크로바네거리	하행
AE3017014300	*	*	갈마중앙길	서부소방서네거리▶경성큰마을네거리	하행
AE3017017300	*	개선	탄방1길	세등선원네거리▶탄방주공네거리	하행
AN3017010500	개선	-	문정로	문정네거리▶국화삼거리	상행
AN3017011000	*	개선	둔지미길	향촌네거리▶향촌아파트앞	상행
AN3017013800	*	*	둔지미길	대한제분앞▶향촌네거리	상행
AN3017018700	*	*	내동로	백운초교(단)▶탄방네거리	상행
AN3017030700	*	*	문예공원길	한가람네거리▶목련네거리	상행
AN3017032700	*	개선	내동로	변전소네거리▶내동네거리	상행
AN3017093200	*	개선	월평동로	반월삼거리▶월평중삼거리	상행
AS3011000700	*	*	용전3길	제일제당네거리▶복합터미널삼거리	하행
AS3011005800	*	개선	대전천우안6길	목척교▶중교	하행
AS3014005400	*	*	대흥로	성모병원오거리▶대고오거리	하행
AS3014005600	*	*	보문로	대전전화국네거리▶대고오거리	하행
AS3014010900	*	개선	오류로	오류네거리▶오류굴다리네거리	하행
AS3014013100	*	*	중평3길	태평2동사무소네거리▶유천예식장네거리	하행
AS3014013400	*	*	당디길	서부네거리▶산성우성아파트네거리	하행
AS3014014800	개선	-	목동길	목동신협▶목동선병원	하행
AS3014015600	*	*	유등천변4길	유등교네거리▶서부터미널	하행
AS3017002000	*	*	은평길	신촌네거리▶(구)중도일보네거리	하행
AS3017007800	*	개선	월평길	누리네거리▶월평중삼거리	하행
AS3017008000	*	*	은평길	월평역네거리▶신촌네거리	하행
AS3017008300	개선	-	월평서로	월평초교삼거리▶월평1동주민센터삼거리	상행
AS3017008900	*	*	월평길	월평1동주민센터삼거리▶월평삼거리	하행

(2) 도로 링크의 연도별 신뢰도 변화 평가

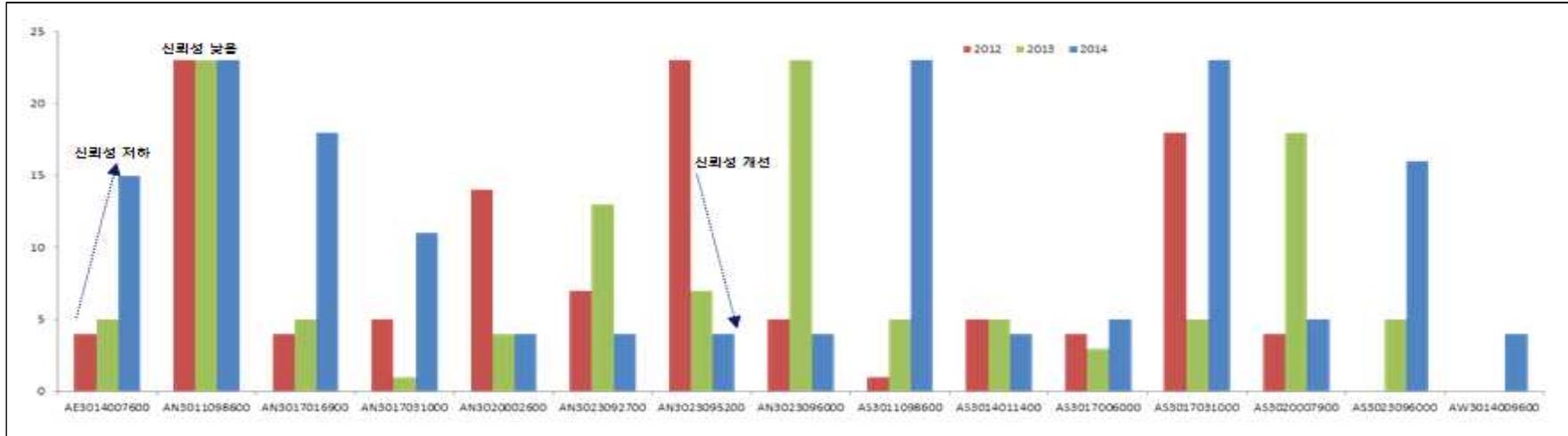
<그림 5-7>과 같이 각 도로 링크별로 해당 일에 대한 “통행시간의 95th percentile 값”과 “통행시간의 일 평균값”의 차이를 계산하여, 해당 링크의 통행시간 변동성을 평가할 수 있다. 본 분석에서는 개별 도로 링크의 통행시간 신뢰도 지표로 “통행시간의 95th percentile 값과 일 평균값의 차이가 2분 이상인 경우의 발생빈도 (횟수/1개월)”를 사용하였다. 각 도로 링크별로 이 지표가 연도별로 어떻게 달라지는 지를 검토함으로써, 통행시간 신뢰도 관점에서 도로 시설 및 운영개선의 요구사항을 파악할 수 있다.

<그림 5-8>은 통행시간 신뢰도 지표의 연도별 추이 및 이에 대한 검토를 통해 파악된 취약 도로 구간들의 목록을 제시한다.

<그림 5-7> 링크 평균통행시간과 95th percentile 통행시간(예시)



〈그림 5-8〉 신뢰도 지표의 연도별 비교



도로ID	도로명	구간	방향	도로ID	도로명	구간	방향
AE3011000200	천개동로	AP3011000992▶대청호자연생태관	하행	AN3023095200	산림욕장길	산디마을▶장동보건진료소	상행
AE3014007600	대사로	테미삼거리▶보문산공원오거리	하행	AN3023096000	대청길	삼정동▶대청교	상행
AN3011098600	대청호수로	비룡삼거리▶동명초삼거리	상행	AS3011098600	대청호수로	동명초삼거리▶비룡삼거리	하행
AN3017016900	버드내길	영화기계제작소삼거리▶남선공원네거리	상행	AS3014011400	오류로	오류굴다리네거리▶서대전역네거리	하행
AS3011098600	대청호수로	동명초삼거리▶비룡삼거리	하행	AS3023096000	대청길	대청교▶삼정동	하행
AS3014099900	산서길	동물원입구삼거리▶동물원입구삼거리	상행	AS3017031000	별곡길	가수원소방파출소앞▶기성동보건지소	하행

2) 도로 병목지점에 대한 상세분석

(1) 개요

본 분석은 한밭대로와 유동로가 만나는 교차로인 한밭대교네거리에서 발생하는 병목 현상을 다룬다. <그림 5-9>의 점선 타원들로 제시된 바와 같이, 이 교차로에 직접 인접한 링크 1과 2가 주요 분석 대상으로 선정하였다.

분석을 위해 먼저, 이 병목 현상의 발생 위치 및 시점 등을 파악할 수 있도록 한밭대로와 유동로 중 한밭대교 네거리 부근에 위치한 도로 링크들에 대한 속도 시공간도를 작성하였다. 더 나아가, 링크 1과 2의 교통 운영 성능에 대한 평가지표들을 측정하여 검토하였다. 본 분석은 한밭대로의 동쪽 방향 통행, 유동로의 북쪽 방향 통행을 중심으로 수행되었다.

<그림 5-9> 한밭대교네거리 교차로 부근의 지도



주) 네이버 지도(<http://map.naver.com/>)를 바탕으로 저자 작성

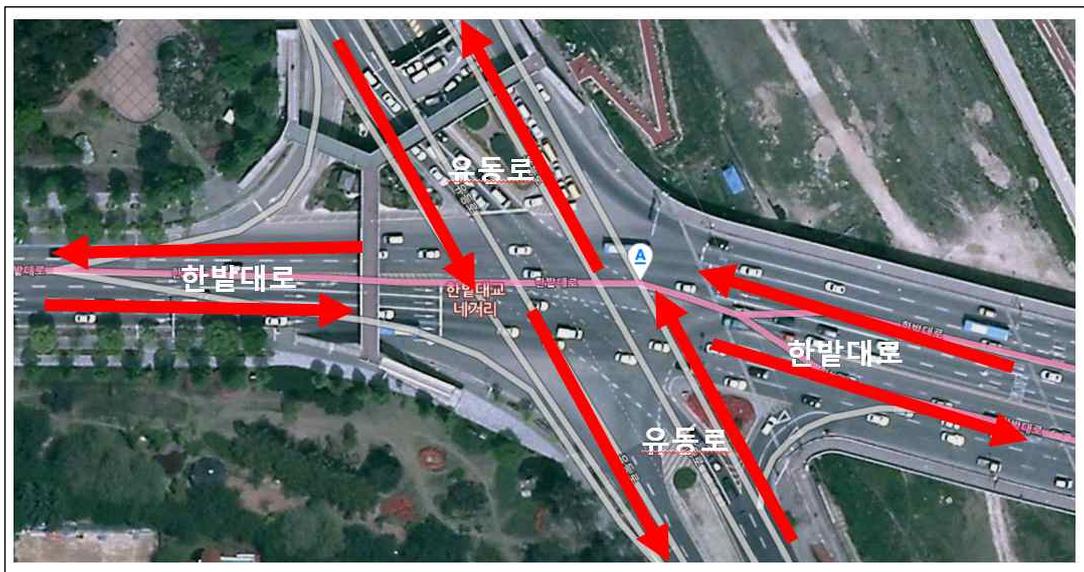
〈표 5-14〉는 링크 1과 2 각각의 사·종점, 구간길이, 차로수 및 도로 폭을 보여준다. 링크 1과 2의 차로 수 및 도로 폭을 고려하였을 때 동일한 교통량 조건이면, 한발대로에 위치한 링크 1에서 교통 혼잡이 먼저 발생할 것으로 추측된다.

〈표 5-14〉 분석 대상 링크 속성

구분	시점 → 종점	구간길이(m)	차로수	도로폭(m)
링크 1	재뜰네거리 → 한발대교네거리	511	3	10.5
링크 2	문정중학교 삼거리 → 한발대교네거리	252	4	14

〈그림 5-10〉에서 보는 바와 같이, 한발대교네거리에서 한발대로 통행과 유동로 통행이 상호 교차하기 때문에, 한발대로에서 교통 혼잡이 발생했을 때, 이 교통 혼잡이 유동로의 교통상태에 영향을 줄 것이라고 추측된다. 위와 같이 도로 기하구조에 기반을 둔 가정에 대해 실증하기 위해 ITS 빅데이터가 활용될 수 있는데, 다음 절에서는 상세 분석 결과를 예시하였다.

〈그림 5-10〉 한발대교네거리 교차로 상세 지도

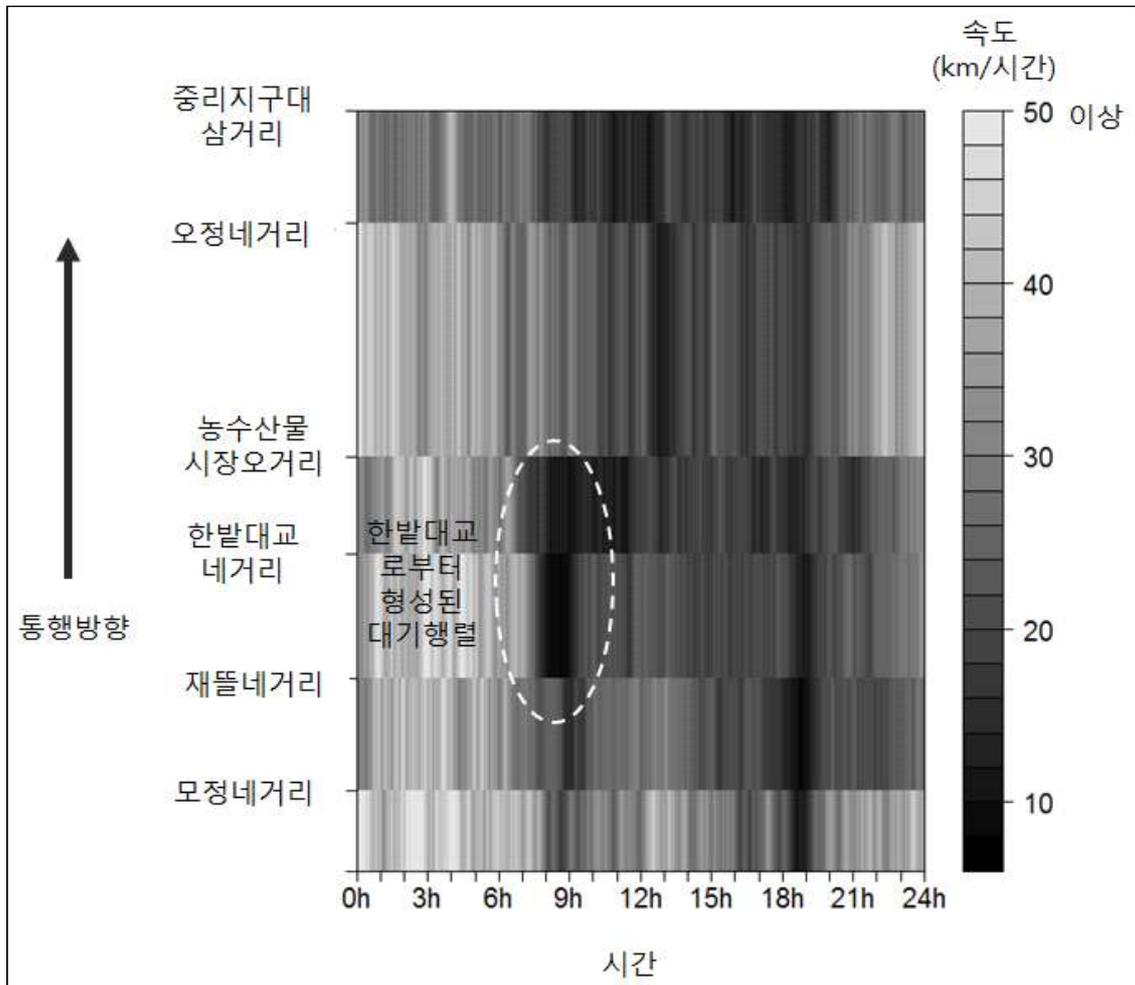


주) 네이버 지도(<http://map.naver.com/>)를 바탕으로 저자 작성

(2) 속도 시·공간도 분석

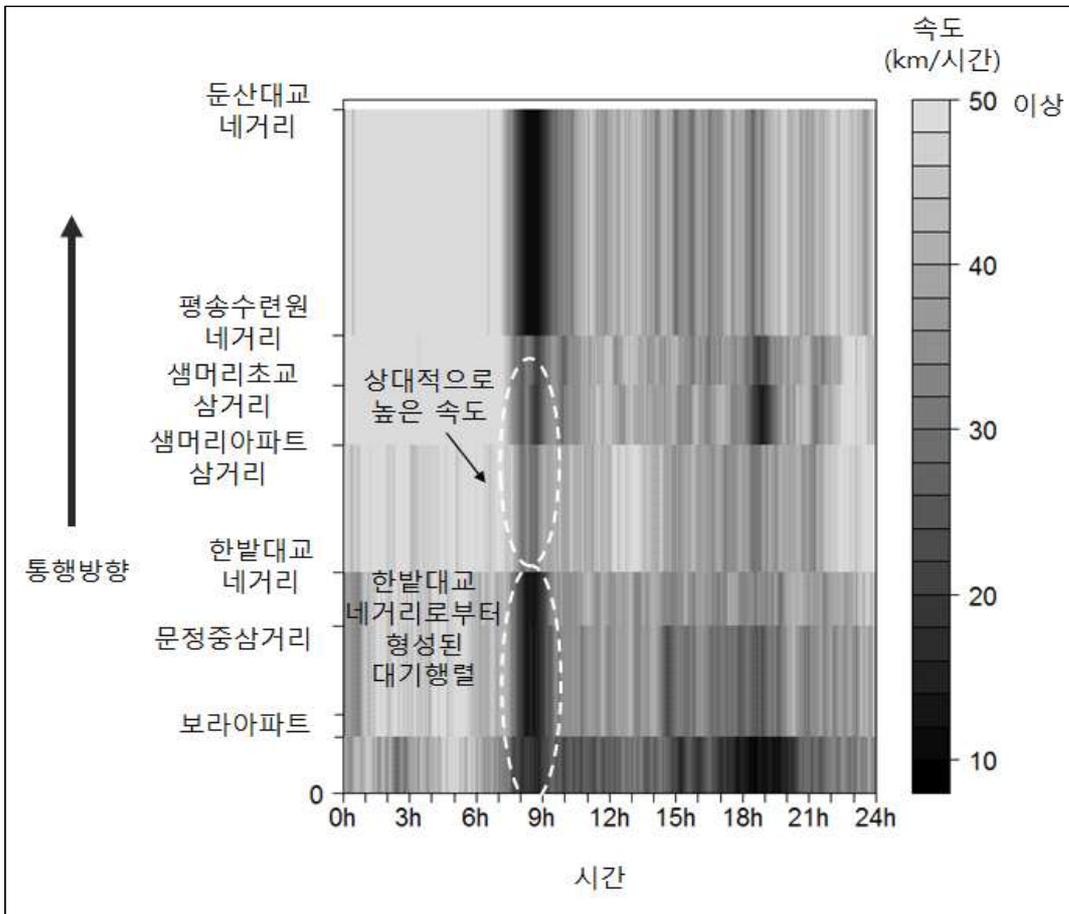
〈그림 5-11〉은 2014년 10월 29일(수요일)에 해당하는 교통 자료를 이용하여 작성되었으며, 한밭대로 (동쪽 방면 통행) 축에서 한밭대교네거리 부근에 위치한 링크들에 대한 속도 시·공간도를 나타낸다. 이 시·공간도의 음영은 각 링크들의 평균 속도를 나타내며, 짙은 음영일수록 속도가 낮다. 이 그림의 점선 타원 안에 드리워진 매우 짙은 음영은 오전 침두시간에 한밭대교 부근에서 대기행렬이 형성되었음을 보여준다.

〈그림 5-11〉 속도 시·공간도: 한밭대로



〈그림 5-12〉는 유동로 (북쪽 방향 통행) 축에서 한발대교네거리 부근에 위치한 링크들에 대한 속도 시·공간도를 나타낸다. 이 시·공간도의 아래쪽 점선 타원 안에 드리워진 매우 짙은 음영은 오전 침두시간에 한발대교네거리 및 그 상류에서 교통 혼잡이 지속된다는 것을 보여준다. 이 교통 혼잡은 한발대교 네거리에서 기인한 것이며, 이는 한발대로 네거리에 바로 인접한 하류 링크의 속도가 비교적 높다는 것을 통해 확인 가능(즉, 속도 시·공간도에서 위쪽 점선 타원의 비교적 밝은 음영 참조)하다.

〈그림 5-12〉 속도 시·공간도: 유동로

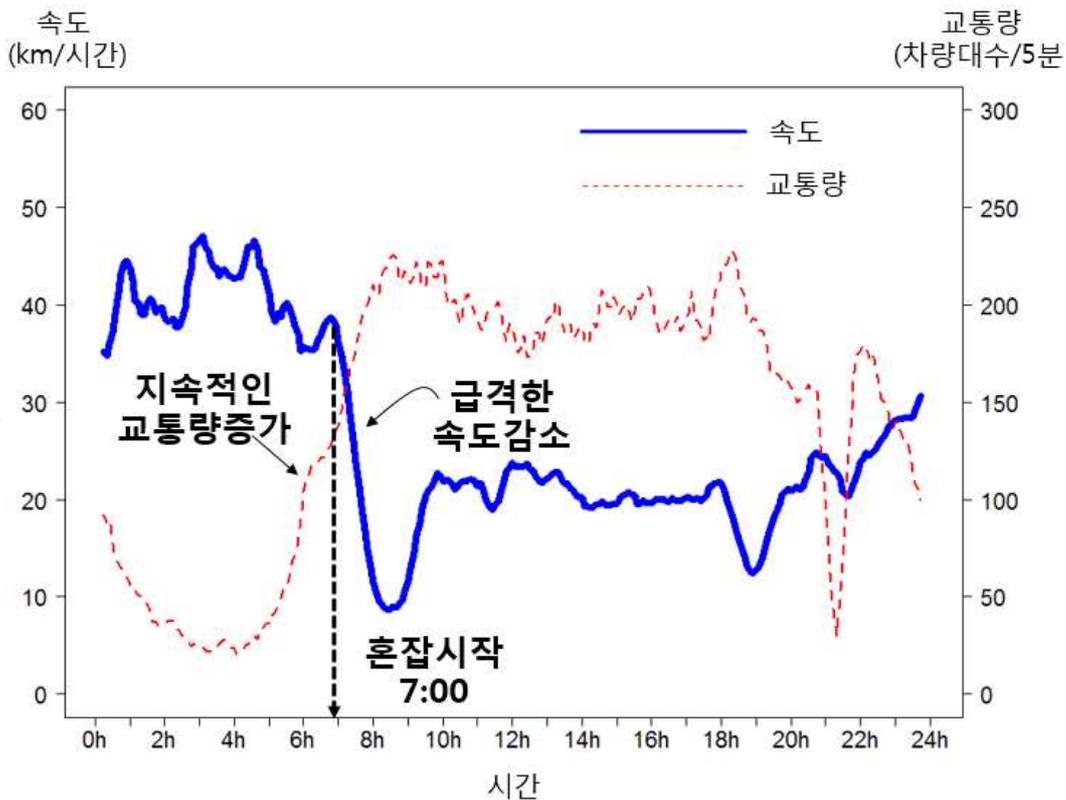


(3) 평가지표 분석

■ 속도와 교통량의 시계열 분석

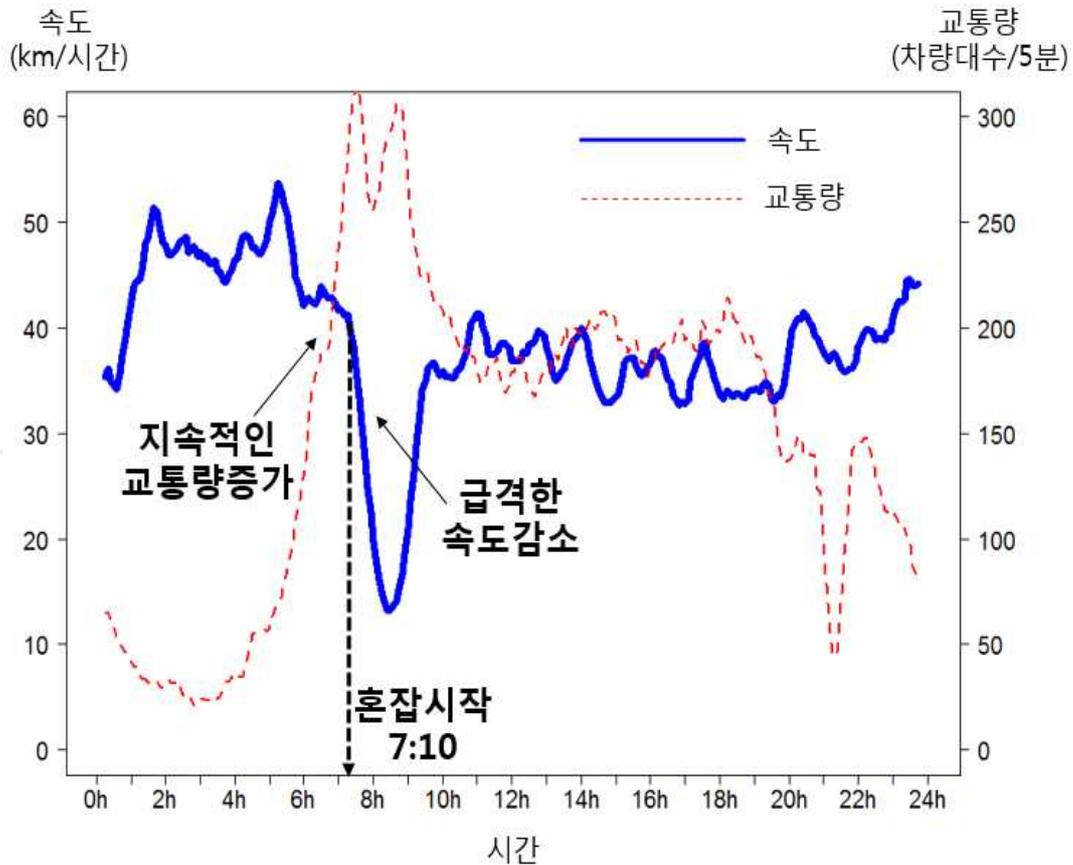
〈그림 5-13〉의 속도 및 교통량에 대한 시계열은 앞서 제시된 속도 시·공간도들과 마찬가지로 2014년 10월 29일(수요일)에 해당하는 교통 자료를 이용하여 작성되었다. 이 시계열 그래프는 한발대로에 위치한 링크 1 (동쪽방면)의 속도 및 교통량의 시간에 따른 변화를 각각 보여준다. 이 그림의 굵은 실선이 보여주는 바와 같이 오전 7시경부터 9시경까지 링크 1은 심각한 속도 감소를 겪었다. 이러한 링크 1의 속도 감소는 교통량 증가에 기인하는 전형적인 교통 혼잡의 결과이다. (그림의 굵은 실선과 가는 점선의 상반된 변화패턴 참조)

〈그림 5-13〉 속도 및 교통량의 시계열: 링크 1



〈그림 5-14〉은 유동로에 위치한 링크 2(북쪽 방향)의 속도 및 교통량의 시간에 따른 변화를 보여준다. 링크 1과 2의 오전 첨두시간의 교통 혼잡 패턴은 상호 유사하며, 후자의 혼잡이 전자보다 10분가량 늦게 시작되었다는 사실은, 전자의 혼잡이 후자에 영향을 미쳤다는 것을 확증해준다. 또한, 링크 1의 속도는 오전 첨두시간이 훨씬 지나서까지 20(km/h)대로 낮게 유지되는 반면에, 링크 2의 속도는 오전 10경 이후에는 40(km/h)대로 회복되었다. 이는 전자의 링크가 후자보다 오전 첨두시간대의 혼잡이 더 오래 지속되었음을 시사한다.

〈그림 5-14〉 속도 및 교통량의 시계열: 링크 2

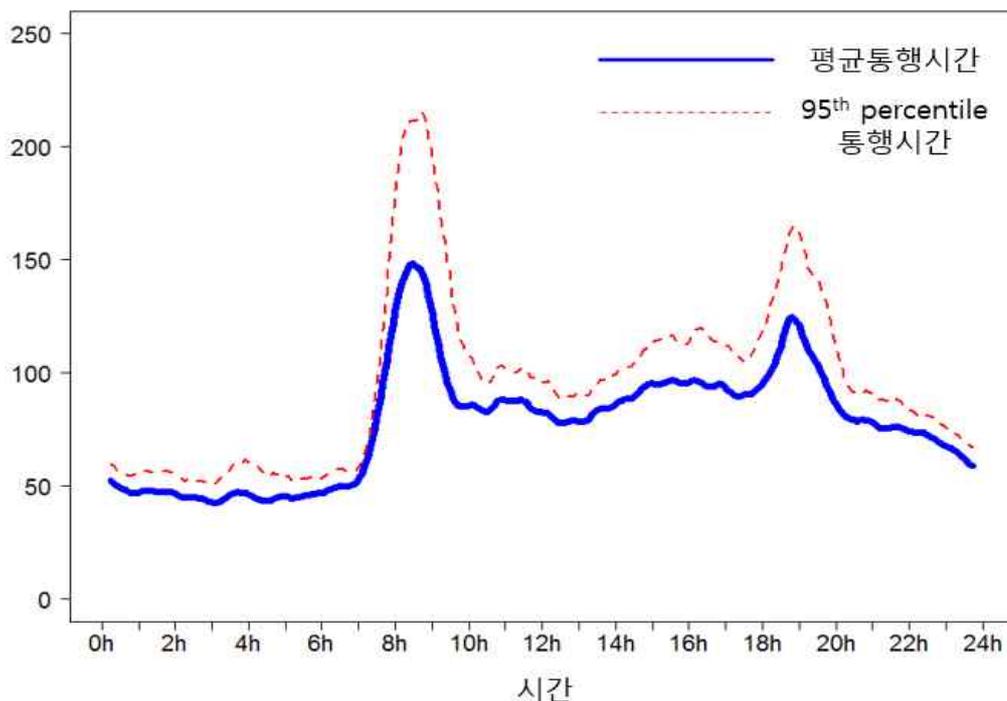


■ 평균통행시간과 95th percentile 분석

위에서 제시한 교통 혼잡 패턴은 2014년 10월 평일에 반복적으로 발생 하였는데, 이러한 반복적 혼잡 발생은 2014년 10월 전체에 걸쳐 수집된 평일 교통 자료들을 이용하여 <그림 5-15>과 같이 평균 통행시간 및 95th percentile 통행시간에 대한 시계열 변화 그래프를 작성하여 확인할 수 있었다. 예를 들면 링크 1에서 오전 및 오후 첨두시간 각각에 대해 평균통행시간 및 95th percentile 통행시간의 급격한 상승을 보여준다. 특히, 혼잡이 가장 극심할 때, 평균통행시간과 95th percentile 통행시간은 각각 자유 교통류 상황의 통행시간의 약 3배와 4배에 달했다. 특히 오전 첨두시간에 관측되는 평균통행시간과 95th percentile 통행시간의 현격한 차이는 이 시간대의 통행시간 변동성이 매우 큰 것을 보여준다.

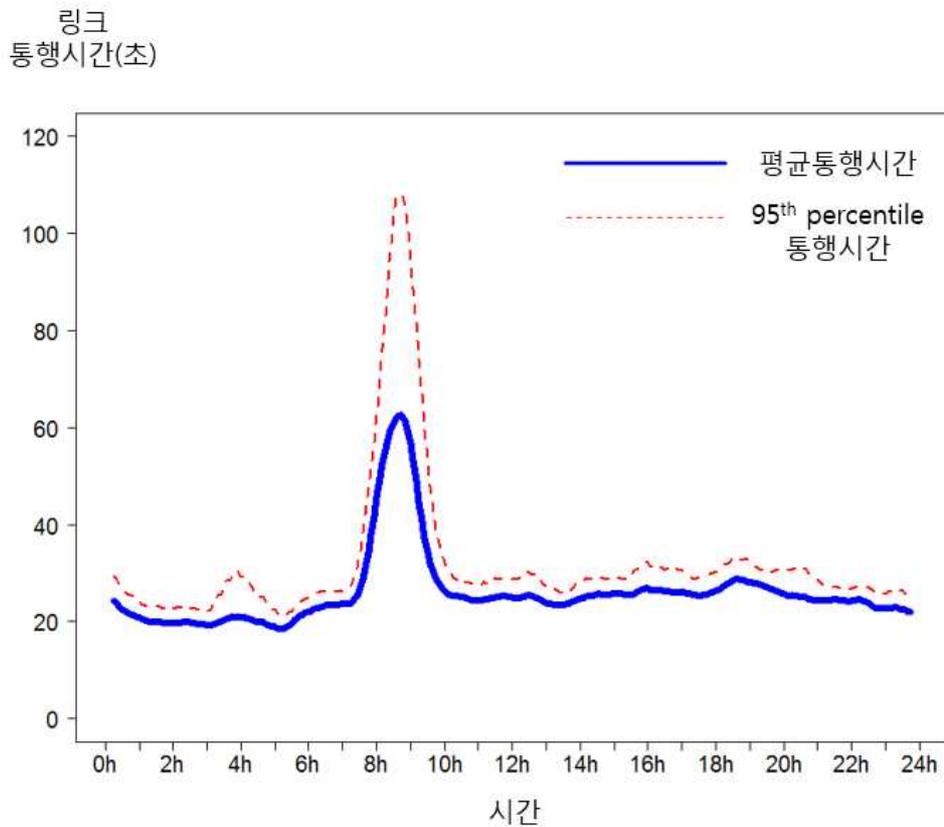
<그림 5-15> 평균통행시간 및 95th percentile 통행시간의 시계열: 링크 1

링크
통행시간(초)



〈그림 5-16〉에서 보는 바와 같이, 링크 2에서는 오전 첨두시간에만 평균통행시간 및 95th percentile 통행시간이 각각 급격히 상승했음을 보여준다. 링크 1에서와 마찬가지로 링크 2에서도 오전 첨두시간 동안 평균통행시간과 95th percentile 통행시간 사이에 현격한 차이가 존재한다.

〈그림 5-16〉 평균통행시간 및 95th percentile 통행시간의 시계열: 링크 2



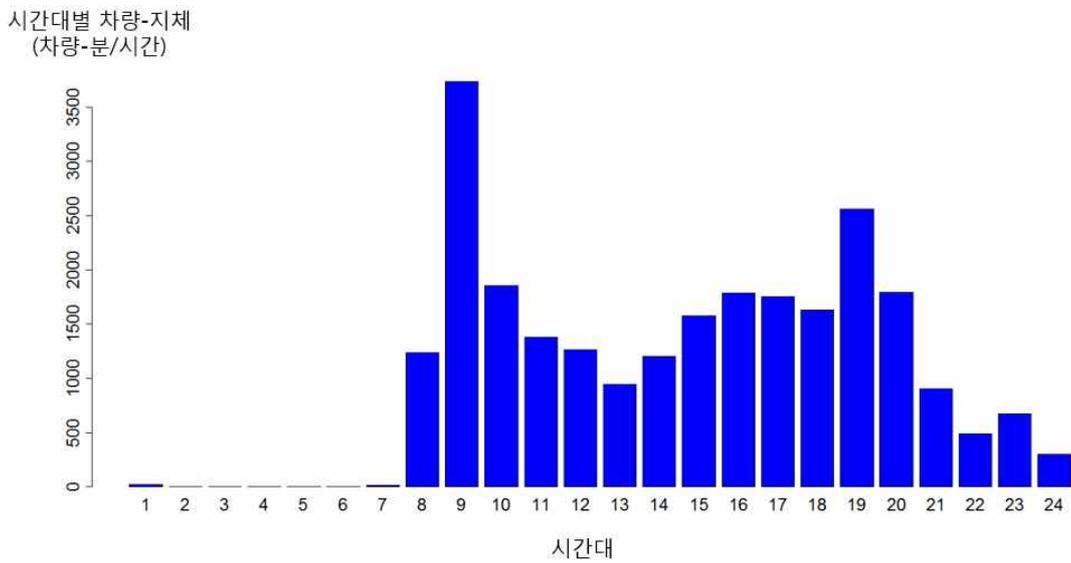
■ 시간대별 차량-지체도 분석(혼잡으로 인한 사회적 비용 분석)

링크 1과 2에서 교통 혼잡으로 인해 발생하는 사회적 비용을 검토하기 위해 시간대별 차량-지체를 검토하였다. 먼저 각 시간대의 평균 통행시간과 자유 교통류 상의 통행시간의 차이를 구해 해당 지체를 계산한 후에, 이 지체에 해당 교통량을 곱하여 시간대별 차량-지체를 도출하였다.

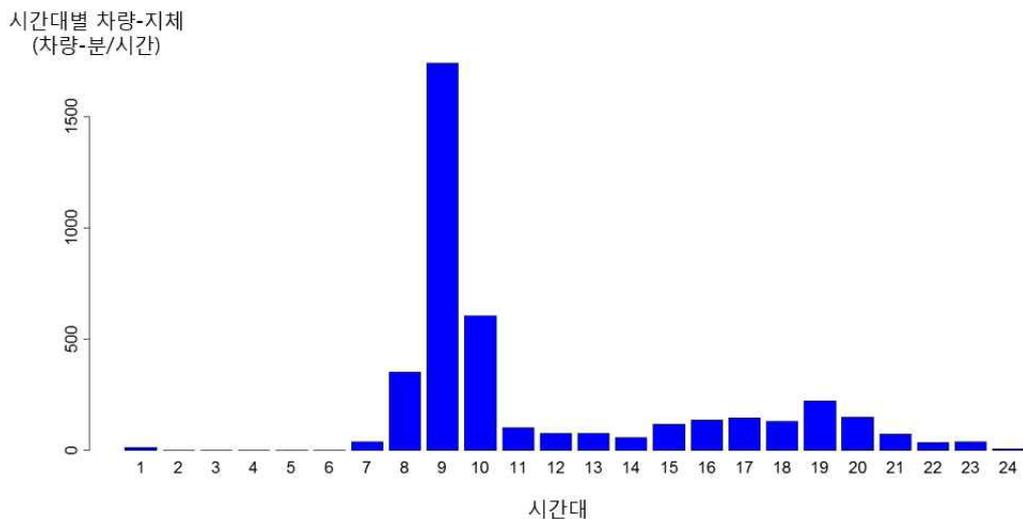
〈그림 5-17〉과 〈그림 5-18〉에서 보는 바와 같이, 링크 1에는 차량-지체가 오전, 오후 첨두시간대에 모두 높게 나타났으나, 링크 2에서는 오전 첨두시간대에만 높게

나타났다. 이러한 패턴은 앞서 제시된 속도 및 통행시간 분석 결과와 일관성을 보인다. 이러한 분석을 통해 링크 1(재뜰네거리→한밭대교네거리)을 이동하는 차량들의 지체에 의한 손실이 링크 2(문정중학교 삼거리→한밭대교네거리)에 비해 상대적으로 매우 큼을 알 수 있다. 또한 차량당 시간가치를 적용한다면 혼잡으로 인한 사회적 비용을 추가적으로 도출할 수 있을 것이다.

〈그림 5-17〉 시간대별 차량-지체: 링크 1



〈그림 5-18〉 시간대별 차량-지체: 링크 2



5. 실증분석 (II): 부천시 대중교통 모빌리티 분석

1) 분석 개요

대중교통 모빌리티는 동일 도로구간을 승용차를 이용한 경우와 버스를 이용한 경우의 각 구간평균통행속도를 산출하고 이를 상호 비교하여 분석하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 부천시를 대상으로 2014년 7월 둘째주의 평일 5일치에 해당하는 BIS 자료를 분석하였다. 분석대상 도로는 <그림 5-19>에서 보는 바와 같이 길주로(동쪽 방향)의 약 2.5km 구간이다. 대상구간에는 롯데백화점, 부천시청, 현대백화점, 부천터미널 등이 위치하고 있어 부천시의 핵심 교통축 중에 하나이며, 도로 혼잡도가 상대적으로 높은 도로이다. 분석대상인 길주로를 운행하는 버스 노선은 양향으로 총 12개였으며, 이 중 대부분이 양방향으로 동일하게 운행되고 있었다. 이 연구에서 분석을 위해 사용된 노선은 <표 5-15>의 음영 부분에 해당하는 700, 23-5, 59-1, 23, 33이다.

분석을 위한 데이터는 대중교통 모빌리티 분석은 2015년 7월의 1개월에 걸쳐 수집된 BIS 도착시간 정보와 BIS 통행속도 지표를 활용하였다. 또한 대중교통과 승용차의 모빌리티 비교분석을 위해 동일 구간의 동일 기간동안 수집된 도로 통행속도 자료를 활용하였다.

<그림 5-19> 분석 구간 (길주로)

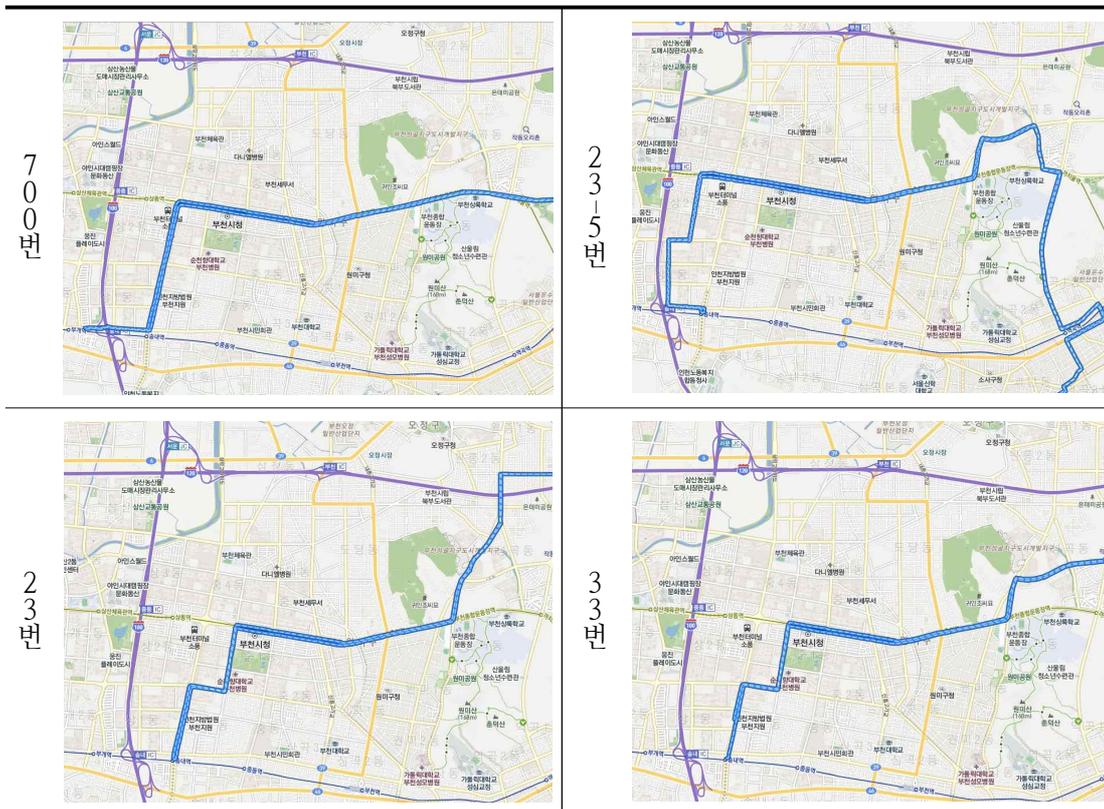


주) 네이버 지도(<http://map.naver.com/>)를 바탕으로 저자 작성

〈표 5-15〉 길주로 주요 버스 노선

방향	노선번호	통과정류장수	방향	노선번호	통과정류장수
서⇒동	700	10	동⇒서	700	10
	23-5	9		23-5	9
	59-1	7		23	7
	23	7		33	7
	33	7		59-1	6
	56	6		23-2	5
	61	5		23-1	5
	59	5		37	4
	23-2	5		87	4
	52	5		52	4
	23-1	5	9800	4	

〈그림 5-20〉 분석대상 버스 노선의 운행 궤적

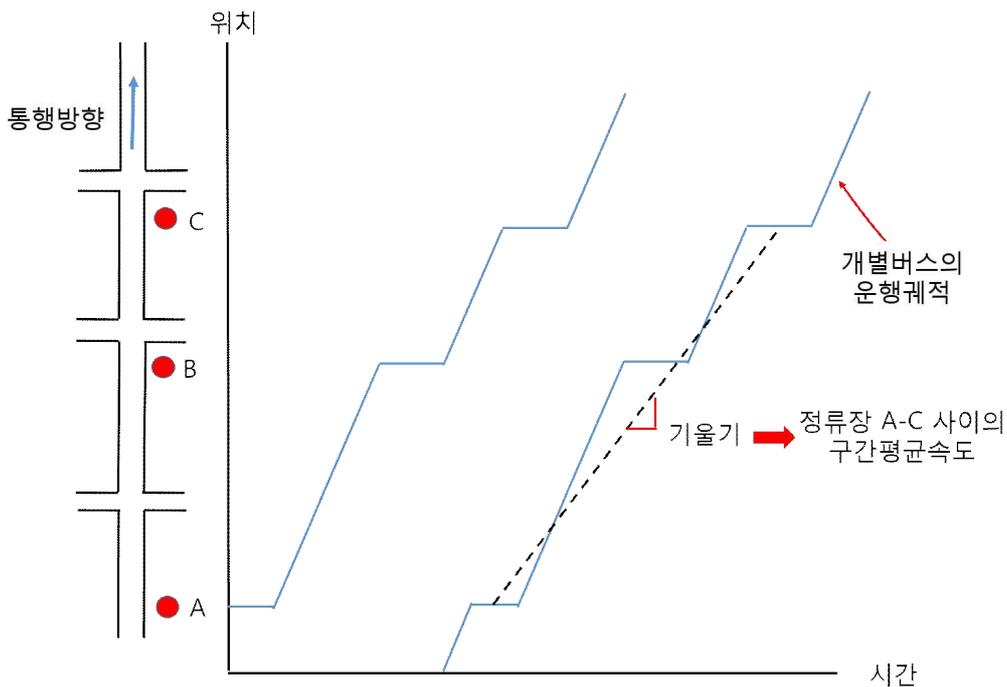


주) 네이버 지도(<http://map.naver.com/>)를 바탕으로 저자 작성

2) 버스의 구간통행시간 산출 방법론

대중교통 모빌리티를 분석하기 위해 우선 분석대상구간을 통과하는 버스의 평균 구간통행시간을 산출하였다. 버스의 평균 구간통행시간 산출 방법은 먼저, 개별 버스들의 구간통행시간을 산정한다. 이를 위해 <그림 5-21>과 같이 개별 버스들이 분석 구간에 진출입하는 시점과 종점에 위치한 버스정류장을 기준으로 시점과 종점의 정류장을 통과하는 통행시간을 측정하여, 이를 개별 버스들의 속도 계산에 사용하였다. 이러한 구간통행시간 산출은 버스의 정류장별 정차시간을 포함하여 대중교통 모빌리티를 산출할 수 있는 장점이 있다. 다음으로 개별 버스들의 구간통행시간을 평균하여 최종적으로 버스의 평균 구간통행시간을 산출하였다. 이와는 별도로 향후 개별 정류장과 버스별로 승객수 자료를 파악할 수 있는 교통카드데이터와 연계한다면, 정류장별 가중치를 적용하거나 개인별 대중교통 모빌리티를 산출할 수 있어 다양한 추가 평가지표를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

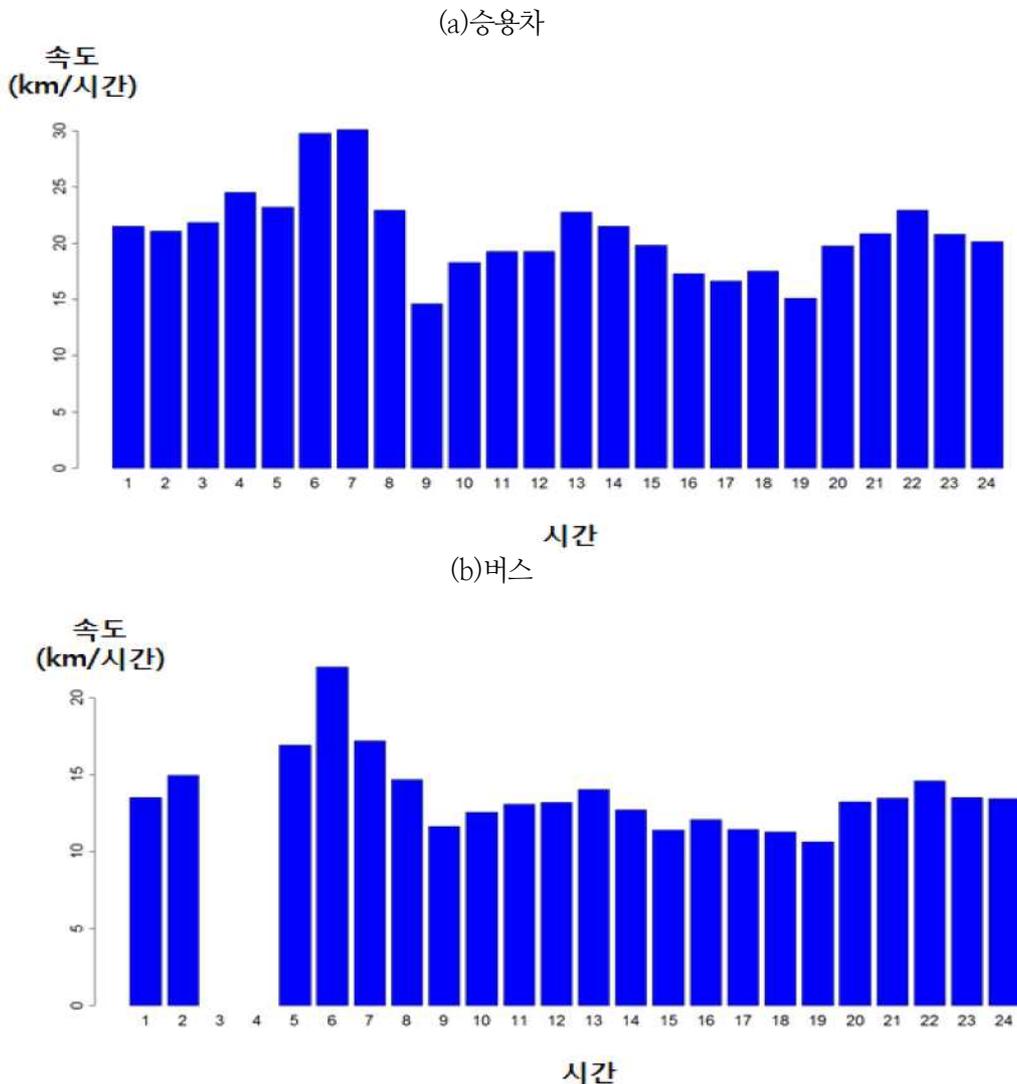
<그림 5-21> 개별 버스의 평균속도 산출 방법



3) 승용차와 대중교통 모빌리티 비교

분석대상 도로인 길주로의 승용차 및 버스의 평균 통행 속도 시계열은 <그림 5-22>과 같다. 단, 버스는 새벽 2시부터 4시까지 운영이 되지 않아서, 이 시간 동안의 속도 측정값은 존재하지 않는다. 승용차와 버스의 평균 통행 속도는 상호 거의 유사한 패턴을 보이며, 특히, 승용차와 버스 모두 오전 첨두시간대의 평균 속도가 오후 첨두 때의 상응하는 값보다 더 높게 나타났다. 버스는 해당 정류장들에서의 지체 발생으로 인해 승용차에 비해 낮은 평균 속도를 보이는 경향이 있다.

<그림 5-22> 승용차와 버스의 시간대별 구간 평균속도

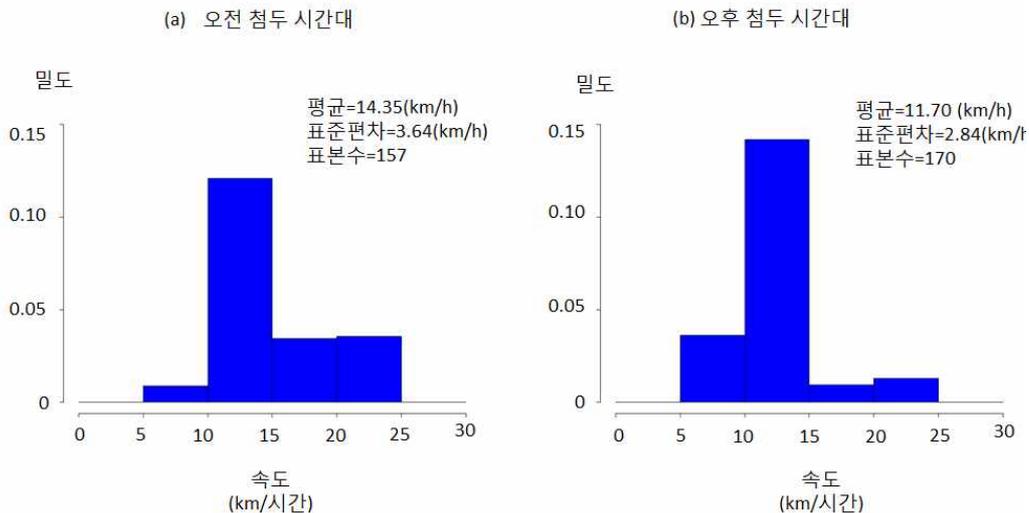


4) 침두 시간대의 대중교통 서비스 수준 평가

침두 시간대의 대중교통 서비스 수준을 비교하기 위해서 아래 그림에서 보는 바와 같이 분석 도로구간에 대해, 오전 침두(오전 6시~9시)와 오후 침두(오후 5시~8시) 시간대로 구분하여, 버스 속도의 상대도수 히스토그램을 각각 작성하였다. 이 히스토그램들은 오전, 오후 침두 시간대 각각에 대해 버스 속도가 10~15(km/h) 구간에서 가장 빈번하게 나타난다는 것을 보여준다. 주목할 점은 오전 침두시간대에는 오후에 비해 15(km/h) 이상의 상대적으로 높은 속도가 더 빈번하게 나타났다는 것이다. 속도 측정값들을 오전, 오후 두 개의 집단으로 묶어 평균값을 비교한 결과 오후 침두 시간대의 평균 버스 통행 속도(11.70 km/h)가 오전의 상응 값(14.35 km/h) 보다 낮았으며, 이 결과는 통계적으로 유의했다($p\text{-value}=1.23\times 10^{-23}$).

위의 결과는 오후 침두 시간대가 오전 보다 전반적으로 도로 혼잡이 더 심각해서 발생한 것으로 추정할 수 있다. 앞의 비교 분석에서 승용차와 버스 모두 오후 침두 시간대가 오전에 비해서 구간 통행속도가 낮았다는 것을 고려하면 이 추정은 타당해 보인다. 하지만, 버스 통행시간은 정류장 정차로 인한 지체 시간을 포함하기 때문에 버스 이용 수요의 시간대별 변화가 위와 같은 버스 속도 분포 차이를 가져왔을 가능성도 배제할 수는 없으므로, 추가 분석이 요구된다.

〈그림 5-23〉 침두시간대 버스 평균속도 분포: 2015년 7월 둘째주 평일



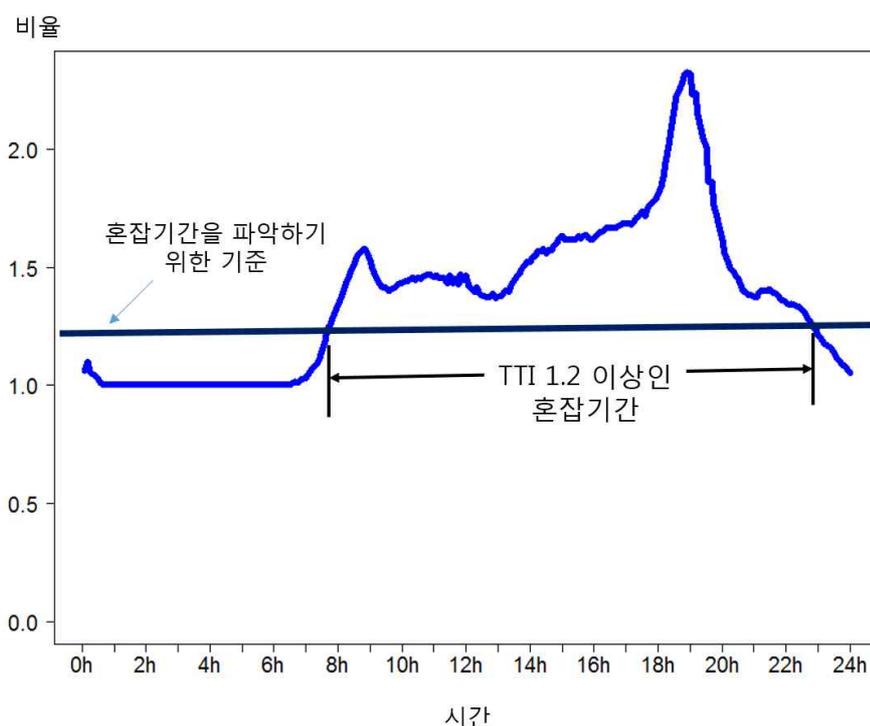
6. 실증분석 (Ⅲ): 도로 모빌리티에 대한 도시 간 비교

1) 분석의 개요 및 방법론

각각의 도시는 공간 구조 및 사회경제학적인 특성 등 여러 측면에서 고유성을 갖고 있으므로, 각 도시의 전체 도로 평균 속도 또는 혼잡 도로 링크 개수 등을 구해서, 이들을 별도의 정규화 과정 없이 도시 간 비교에 활용하는 것은 무리가 있다. 따라서 본 연구는 먼저 각 도시의 주요 교통축에 대해 무단위(Unitless) 지표인 TTI(Travel Time Index)의 시계열을 <그림 5-24>과 같이 도출하였다.

이 TTI 시계열은 해당 교통축의 상승적인 혼잡 심각도가 시간에 따라 어떻게 변화하는 지를 파악하는데 유용하다. 뿐만 아니라, TTI 시계열을 기반으로 하여 특정 교통축의 혼잡이 하루 중에 얼마나 지속되는 지를 측정함으로써, 이 “일평균 혼잡지속시간”을 축 모빌리티 지표로 사용할 수 있다.

<그림 5-24> 특정 축에 대한 TTI 시계열 및 일평균 혼잡기간 산정 방법

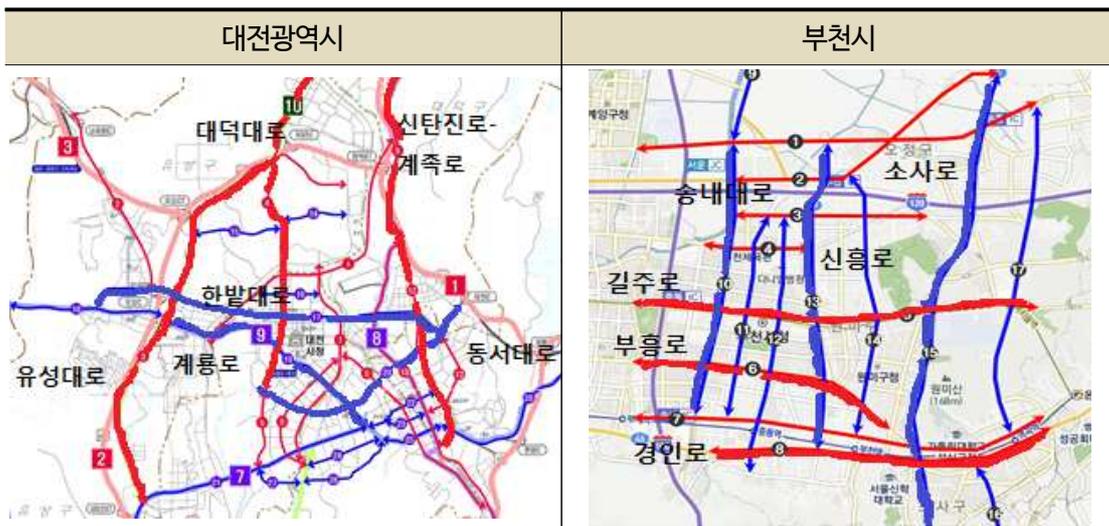


이 혼잡지속시간은 축 길이가 심각하게 차이가 나지 않는 각 도시의 주요 간선 축들 간의 비교에 활용될 수 있다는 장점이 있다. 더 나아가 주요 축들의 혼잡지속시간들을 도시별로 평균하여 도시 간 비교에 활용하였다. 본 분석을 위해 대전광역시와 부천시 모두 2014년 10월 중 평일에 수집된 교통 자료를 이용함으로써, ITS 빅데이터의 수집 시점 차이에 의한 계절적 영향을 최소화했다.

2) 모빌리티의 도시 간 비교를 위한 대상 도로축의 선정

모빌리티의 도시 간 비교를 위해 도시별로 주요 간선축에 대해 TTI 시계열 및 일평균 혼잡지속시간을 분석하였다. 대전광역시에 대해서는 주요 간선축인 동-서 3개축(한밭대로, 계룡로, 동서대로) 및 남-북 3개축(유성대로, 대덕대로, 신탄진로-계족로)을 분석 대상으로 선정하여, 각 축별로 양방향 통행에 대한 분석을 수행하였다. 이와 유사한 방식으로, 부천시의 경우 주요 간선축인 동-서 3개축(길주로, 경인로, 부흥로), 남-북 3개축(송내대로, 신흥로, 소사로)를 대상으로 분석하였다.

〈그림 5-25〉 분석대상 간선축 (빨강실선 표시)



주) 네이버 지도(<http://map.naver.com/>)를 바탕으로 저자 작성

3) 주요 분석결과

(1) 혼잡 심각도

■ 대전광역시

대전광역시의 주요 간선도로축에 대한 TTI 시계열을 살펴 보면, 동서축과 남북축에 관계없이 TTI 값이 첨두시간대에 높은 경향은 보인다. 한편, 오전 보다 오후 첨두시간대에 TTI 값이 전반적으로 높다. 이는 오후 첨두시간대에 각 축에 대한 통행 지체가 특히 높다는 것을 시사한다. 또한, 각 교통축별로 양방향 TTI 시계열들이 전반적으로 서로 비슷한 패턴을 보이지만, 계룡로는 서쪽방면이 동쪽방면 보다, 동서대로는 북쪽방면이 남쪽방면보다 혼잡기간동안의 TTI 값이 높게 나타난다. 이와 같이 해당 교통축에서 혼잡 심각도의 시간대별 또는 방향별로 비대칭성을 보인다는 사실은 교통 운영 개선 측면에서 시사점이 있다.

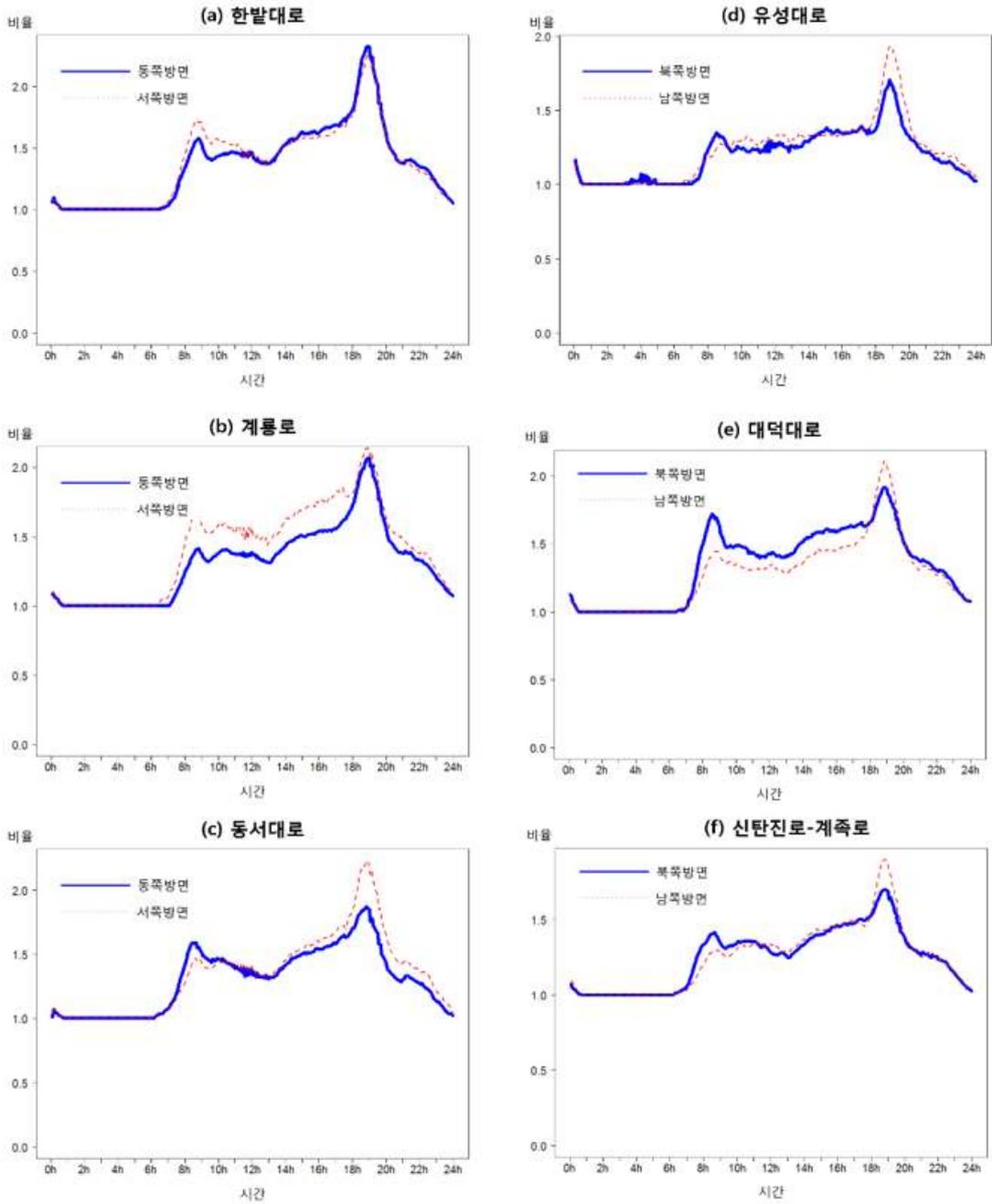
■ 부천시

부천시의 주요 간선도로축에 대한 TTI 지표를 분석한 결과, 동서축들의 첨두시간대 TTI가 전반적으로 대전시에 비해 낮고, 높은 TTI 값을 보이는 시간대도 짧은 편이다. 부천시의 경우도 오후 6시와 8시 사이의 첨두 시간대에는 경인로 서쪽 방면, 송내대로 북쪽 방면 및 소사로 남쪽방면의 TTI가 대전시의 상응하는 수준으로 높게 나타났다. 한편, 부천시는 대전시와 마찬가지로 시간대별 또는 방향별로 TTI의 비대칭성이 존재한다. 예를 들면, 오후 첨두 시간대에 경인로는 서쪽이 동쪽 방면보다, 송내대로는 북쪽이 남쪽 방면보다, 소사로는 남쪽이 북쪽방면보다 높은 TTI를 보인다.

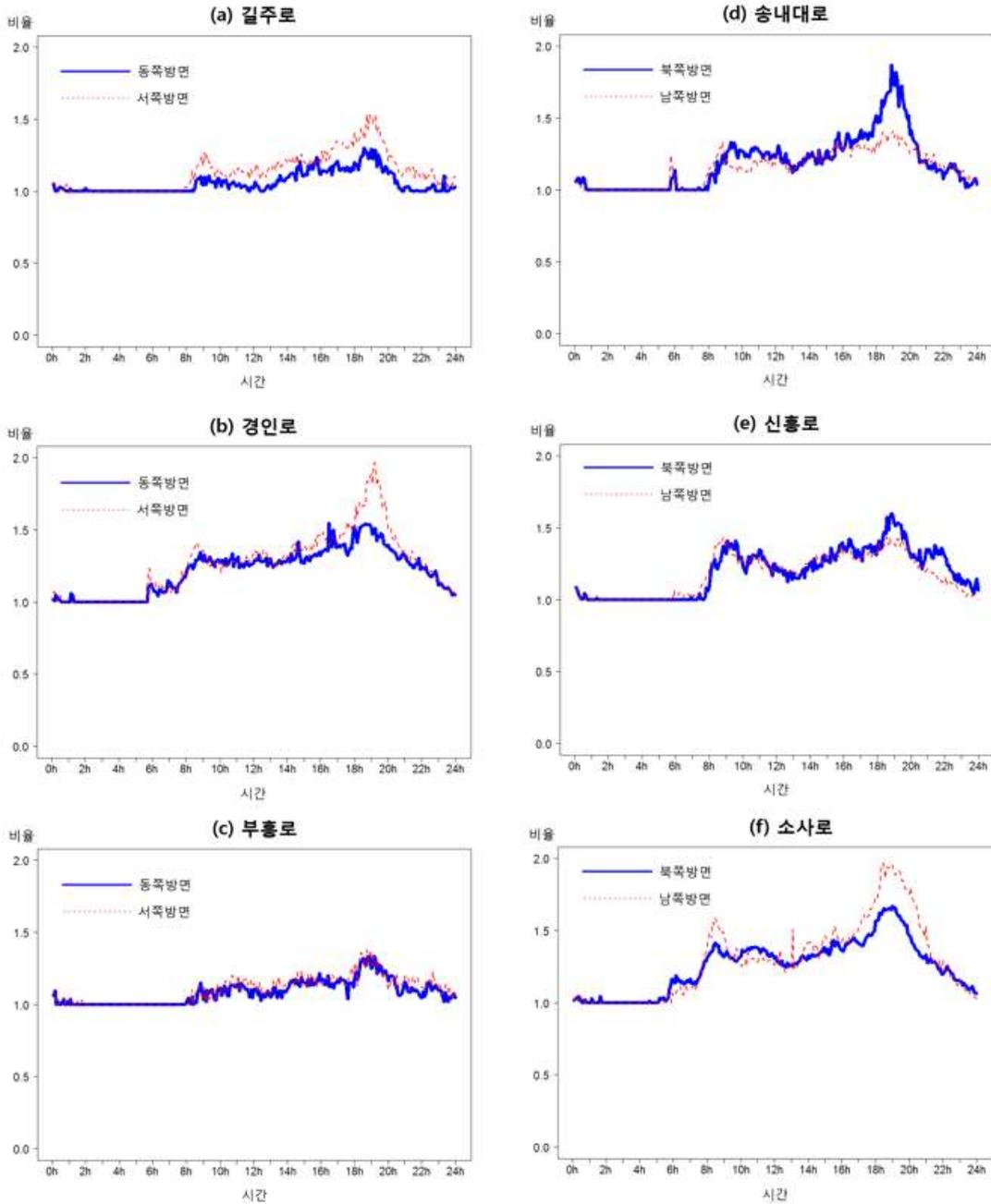
■ 도시간 비교

대전시와 부천시 각각에 대해 주요축의 TTI 시계열을 등고선도(Contour map) 형태로 결합시켜서 조감도를 구축하였다. 각 조감도에서 음영이 짙은 영역은 해당 축과 시간대에 혼잡이 심각함을 나타낸다. TTI 시계열 조감도들의 비교는 대전시가 부천시에 비해 전반적으로 혼잡이 심각하다는 것을 보여준다.

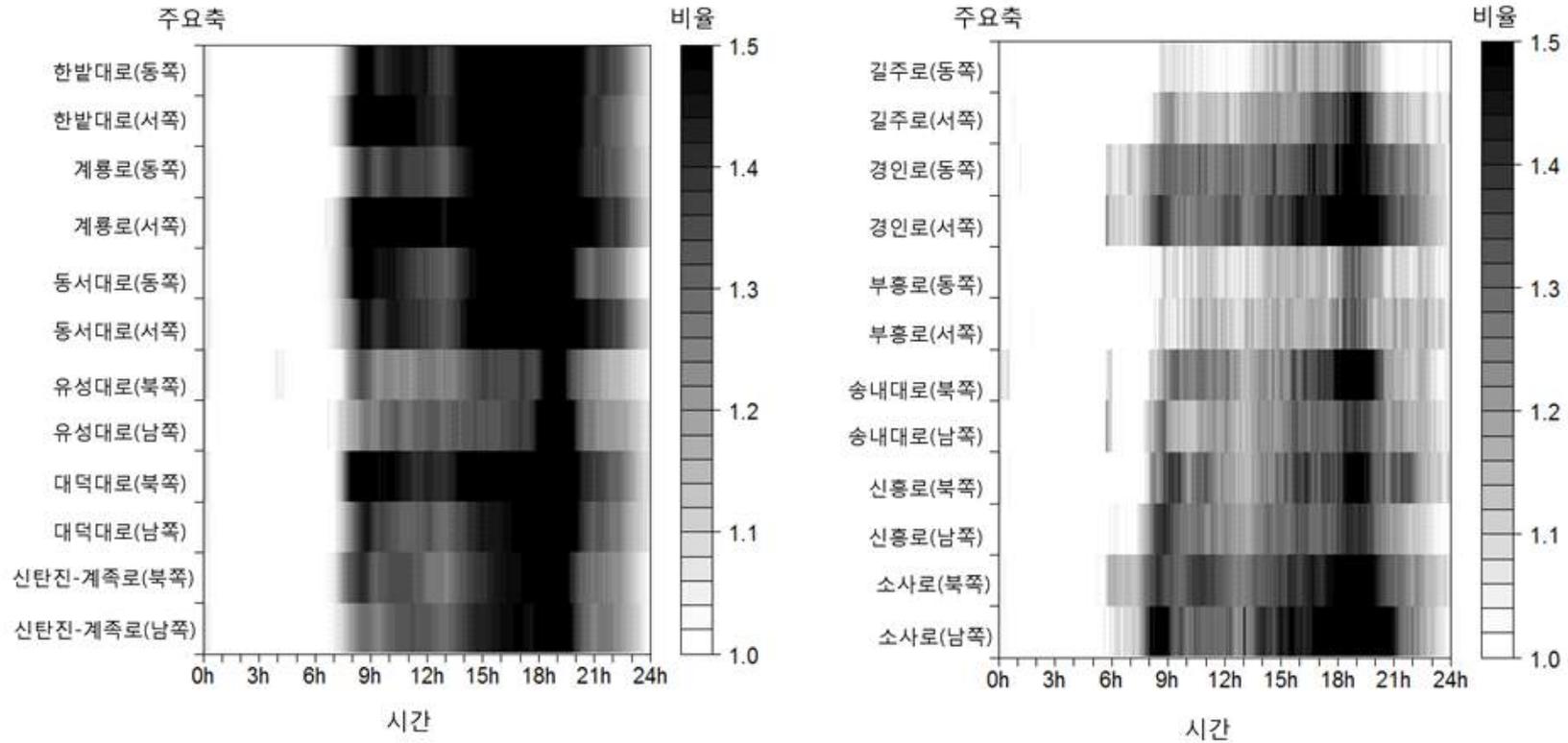
〈그림 5-26〉 대전시 주요 교통축에 대한 방향별 TTI 시계열



〈그림 5-27〉 부천시 주요 교통축에 대한 방향별 TTI 시계열



〈그림 5-29〉 도시별 TTI 시계열 조감도 (좌: 대전시, 우: 부천시)



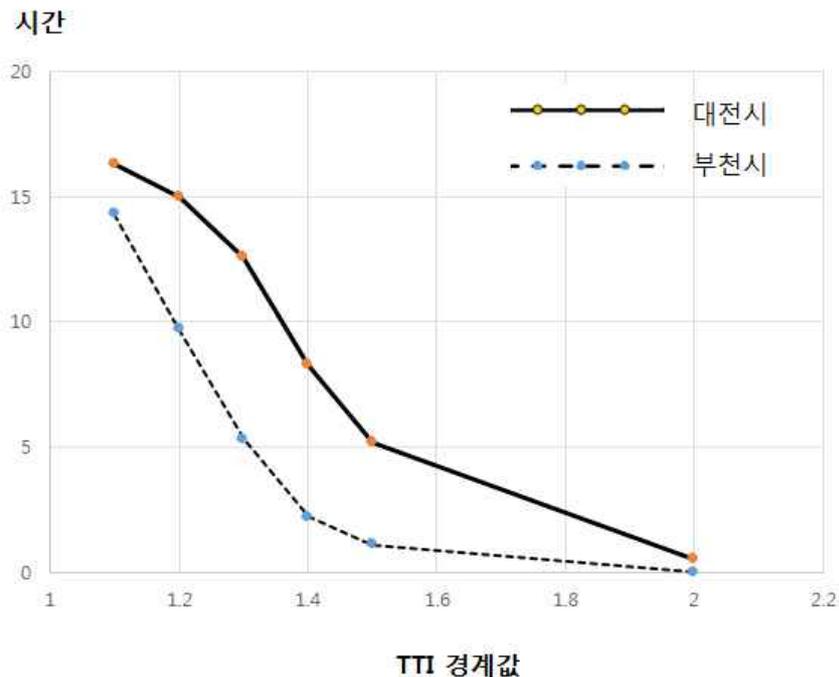
(2) 혼잡 지속시간

■ TTI 시계열에 기반을 둔 혼잡 지속시간 분석

부천시와 대전시가 도로 모빌리티 측면에서 어떤 차이를 보이는 지를 분석하기 위해 각 도시의 주요 교통축들에 대한 “혼잡 지속시간”의 평균값을 측정하였다. 앞에서 언급한 바와 같이 이 혼잡 지속시간은 TTI 시계열에 기반 하여 24시간 중에 특정 경계값(Threshold) 보다 높은 TTI 값을 보이는 시간이 얼마나 되는 지를 측정하여 산출된다. 이런 방식의 혼잡 지속시간 산출은 경계값을 얼마로 잡는가에 따라 그 결과가 달라질 수 있기 때문에 여러 경계값에 대한 민감도 분석이 필요하다.

〈그림 5-30〉은 대전광역시와 부천시의 모든 주요 6개축에 대한 (TTI 경계값에 따른) 혼잡기간 평균을 나타낸다. TTI 경계값에 관계없이 대전시의 평균 혼잡 지속시간이 부천시에 비해 상대적으로 길게 나타났다.

〈그림 5-30〉 TTI 경계값에 따른 각 도시별 주요 축들의 혼잡시간 평균

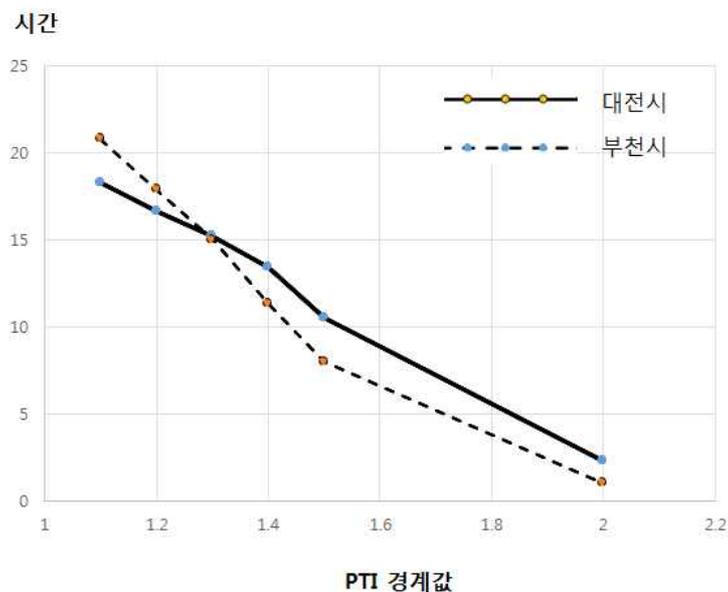


■ PTI 시계열에 기반을 둔 혼잡 지속시간 분석

도로모빌리티에 대한 도시간 비교를 위해 혼잡시간을 측정할 때, TTI가 아닌 PTI의 시계열을 사용할 수도 있다. TTI는 평균적인 통행시간에 대한 지표인 반면에 PTI는 95th percentile에 해당하는 심각한 혼잡에 상응하는 통행시간에 대한 지표이다. 특히, 분석기간이 1년 이상으로 충분이 긴 자료를 사용한다면, 95th percentile에 해당하는 통행 시간의 상당수가 유고 상황에 상응할 가능성이 높다. 이와 관련하여 엄밀성을 기하기 위해 유고상황에 대한 이력자료와 유고 해당 날짜에 대한 PTI 시계열을 매칭하는 작업을 통해 “95th percentile (또는 보다 적합한 percentile) 통행시간이 유고 상황을 잘 대변할 수 있다”는 가정을 검증해 볼 수 있다. 이 가정이 맞다고 판명된다면, PTI 시계열에 기반을 둔 혼잡 지속시간 분석은 유고 대응 전략 수립에 중요한 시사점을 제공할 수 있다.

〈그림 5-31〉은 대전광역시와 부천시의 모든 주요 6개축에 대한 PTI 경계값에 따른 혼잡지속시간 평균들을 나타낸다. 주의할 점은 이 값들은 한 달 자료를 사용하여 도출되었기 때문에 각각의 값들이 반드시 유고상황에 대응한다고 볼 수는 없다는 것이다.

〈그림 5-31〉 PTI 경계값에 따른 각 도시별 주요 축들의 혼잡시간 평균

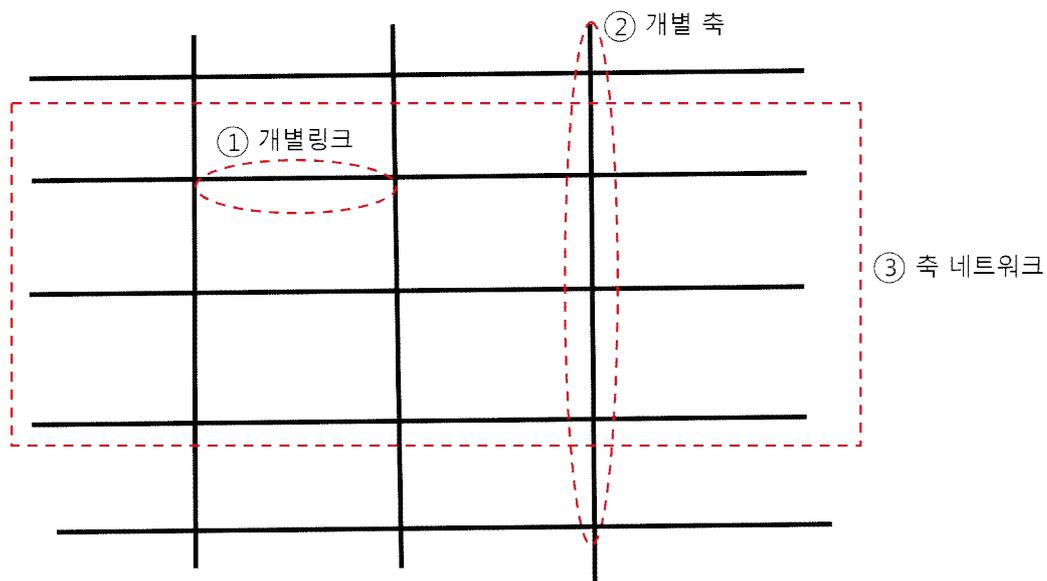


7. 실증분석을 통한 시사점

본 실증 분석은 <그림 5-32>과 같이 공간적 분석단위를 (i)개별 링크, (ii) 개별 축, (iii) 축 네트워크로 확대해 나가면서, 그리고 시간적 분석 단위(시간, 일, 년 등)를 적절히 선택함으로써 ITS 빅데이터가 해당 교통시설의 운영 평가에 효과적으로 쓰일 수 있다는 것을 입증하였다. 본 실증 분석은 기존에 많이 평가되어왔던 1차 평가지표인 통행시간, 속도, 교통량뿐만 아니라, 이를 가공한 형태인 2차 평가지표인 “연도별 통행시간 이동성 및 신뢰도”와 “TTI 시계열 및 이에 기반을 둔 혼잡지속기간” 등을 개발하여 평가했다는 데 의의가 있다.

교통정보센터에서는 데이터베이스를 구축하고 관리하는 일들이 주된 업무이다 보니, 실제 ITS 빅데이터를 어떻게 활용할 지에 대한 조사 및 분석에 인력과 재원을 투자하는 데 한계가 있다. 하지만, 장기적으로 ITS 빅데이터가 정책 개선을 위해 많이 활용되고, 결과적으로 관련 인프라 투자가 확충되는 선순환 구조가 만들어져야 할 필요가 있다. 본 실증 분석의 사례처럼 교통 운영 현황에 대한 다양한 통찰을 제시하기 위한 2차 평가지표의 개발 및 평가 노력은 그러한 장기적인 비전을 달성하기 위한 밑거름이 될 수 있다.

<그림 5-32> 교통 네트워크의 분석 단위



제 6 장

ITS 빅데이터의 교통정책 활용방안

ITS 빅데이터의 교통정책 활용방안

이 장에서는 국내 ITS 빅데이터의 활용을 위한 방안을 제시한다. 이를 위해 먼저 ITS 빅데이터를 이용해 산출한 모빌리티 지표를 활용하여 어떠한 교통정책들에 적용할 수 있는지를 제시하였다. 또한 ITS 첨단교통정보센터를 중심으로 ITS 빅데이터의 활용도를 개선하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 다만, 본 연구에서 제시하는 개선 방안은 정책적 측면에 한정되어 있고 향후 기술적 방안, 재정적 지원방안 등 보다 확대된 논의가 필요할 것으로 판단된다.

1. ITS 빅데이터 기반 모빌리티 평가지표와 교통정책 활용

기존 교통자료에 비해 ITS 빅데이터는 공간적, 시간적 측면에서 분석의 유연성과 적용성이 매우 높다. 특히 ITS 빅데이터의 교통정책 활용측면에서 가장 큰 장점은 대표성을 갖춘 연속성 있는 자료의 수집이 가능하며, 이를 통해 일간, 월간, 연도별 다양한 교통정책에 따른 변화를 지속적으로 모니터링 할 수 있다는 점일 것이다. 예를 들면, 도심에 대규모 교통유발시설이 도입된 경우, 이러한 시설이 실제 도심의 교통흐름에 어떠한 단/중/장기적 영향을 주는지에 대해 파악하는 것은 기존 조사 방법론으로는 거의 불가능하다. 반면, 도심의 전 교차로에 대한 일간, 월간, 연도별 통행속도 자료가 지속적으로 수집된 ITS 빅데이터를 활용한다면 이러한 단/중/장기적 교통흐름 변화에 대한 모니터링이 가능할 것이다. 이 연구에서는 대전시와 부천시를 대상으로 ITS 빅데이터를 활용한 연속적 데이터 수집의 장점을 실증하였다. 즉 공간적 분석단위를 개별 링크→개별 축→축 네트워크로

확대해 나가면서, 그리고 시간적 분석 단위(시간, 일, 년 등)를 적절히 선택함으로써 ITS 빅데이터가 해당 교통시설의 운영 평가에 효과적으로 쓰일 수 있다는 것을 입증하였다. 또한 전 도시를 대상으로 도로링크별 모빌리티 지표의 변화에 대한 시계열 분석과 이를 통해 도로 개선지점 등을 도출하였다.

ITS 빅데이터가 공간적으로 보다 확대된다면, 도시 뿐만 아니라, 중앙정부의 교통투자 정책의 기초자료로 활용될 수 있다. 본 연구의 실증분석을 통해 ITS 빅데이터를 활용하여 개별 도시뿐만 아니라 도시와 도시들의 모빌리티를 상호 비교하는 것이 가능함을 보였다. 따라서 중앙정부 차원에서 지방자치단체의 첨단교통정보센터들을 통해 월간 또는 연간으로 도시모빌리티를 평가하고 보고서를 발간하도록 장려할 필요가 있다. 이러한 도시모빌리티 보고서들은 향후 중앙정부의 도시교통정책 수립에 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 이를 위해서는 중앙정부 차원에서 ITS 빅데이터 기반의 모빌리티 평가지표에 대한 표준화된 지침을 마련하여 우선 제공할 필요가 있다. 중앙정부가 직간접적으로 운영관리하는 국도와 고속도로에 대해서도 본 연구에서 제시한 모빌리티 지표가 활용가능하며 이를 통해 도로의 상시 모니터링과 도로 개선지점들을 도출해 낼 수 있을 것이다. 단, 이러한 분석은 현재의 링크별 통행속도 자료를 통해서도 일정부분 해결될 수 있으며 한국도로공사와 지방국도관리청에서도 일부 적용되고 있다. 다만, 본 연구에서 제시한 도로의 신뢰도 지표 산출과 신뢰도 지표의 시계열적 변화 파악 등 보다 적극적인 교통운영·관리에 활용이 필요하다.

본 연구에서 다루고 있는 ITS 빅데이터는 첨단교통정보센터에서 수집되는 공공정보에 한정하고 있다. 그러나 이러한 공공정보들은 민간에 공개함으로써 민간섹터의 의사결정을 위한 기초 정보를 제공하는 역할 등을 할 수 있을 것이다. 또한 민간과 공공정보를 상호 연계하여 운영한다면 보다 다양한 분야에서 활용이 가능할 것이다.

〈표 6-1〉에 ITS 빅데이터 기반의 모빌리티 지표와 이 지표들이 어떠한 교통정책에 활용될 수 있는지를 요약하여 제시하였다. 제 4장에서 언급한 바와 같이 ITS 빅데이터를 활용한 모빌리티의 기본지표는 통행속도와 교통량 자료이고, 이러한 자료를 2차 가공하여 통행시간, 통행비율, 신뢰도, 차량지체도 등 모빌리티의 추가지표를 산출할 수 있으며, 이를 바탕으로 다양한 교통정책에 활용할 수 있다. 예를 들면, 정부의 교통투자와 정책 수립을 위해서는 교통현황의 월간, 연간 변화 파악, 혼잡에 의한 차량 배출가스 등 환경적

평가와 경제적 피해 산출 등이 필요하다. 이를 위해 통행인당 혼잡시간, 차량지체통행량 등의 모빌리티 평가지표를 통해 산출이 가능하다. 특히 이러한 분석을 시스템화 한다면 보다 체계적인 분석과 시계열적 변화를 상시로 파악할 수 있고, 다양한 교통사업의 사후평가에도 활용될 수 있다.

〈표 6-1〉 ITS 빅데이터 기반 모빌리티 지표의 교통정책 활용

교통정책 활용	ITS 빅데이터 기반 모빌리티 지표								
	통행시간	통행비용	통행인당 혼잡시간	총 통행시간	신폐거(TTI·PTI 내)	총 차량지체 시간	차량지체 통행량	차량지체 비율	혼잡도로
· 정부의 교통투자와 정책 기초자료			●	●	●	●	●	●	●
· 국가/지방 교통정책 및 전략수립			●	●	●	●	●	●	●
· 민간섹터 의사결정을 위한 정보제공	●	●	○	●	●	○	●	●	●
· 토지개발에 의한 영향 평가	●	●	●	●	●	●	○	○	○
· 교통모델의 입력자료	●	●			●				
· 대기오염과 에너지 사용 모델의 입력자료	●	●	●		●				
· 교통문제의 발견	●	●	●	●	●	○	○	○	○
· 교통전략 수립시 대안의 비교 지표			○	●	●	●	○	○	○
· 대안평가의 효과 측정자료		●	●	●	●	●	○	○	○
· 교통개선의 우선순위 결정			●	●	●	●			
· 대중교통 경로/스케줄/정류장위치 평가	●	●	●	●	●	○			
· 교통류제어, TDM 등 평가	●	●			●				
· 실시간 경로선택 정보 제공	●	●	●	●	●				

주) ● = 최우선 적용 지표, ○ = 적용 지표

출처) William and Jason (2008)의 Guidebook for mobility monitoring in small to medium-sized communities, p.21를 참조하여 저자 재작성

지금까지 ITS 빅데이터가 교통정책에 어떻게 활용될 수 있는지에 대해 제시하였는데, 현실적 제약도 존재한다. 예를 들면 본 연구의 실증분석에서는 주로 통행시간(Travel time) 지표와 이를 바탕으로 한 신뢰도(Reliability) 지표에 중점을 두고 분석을 하였다. 이러한 이유는 ITS 빅데이터의 특성으로 통행시간과 신뢰도 지표의 변화를 지속적으로 모니터링 함으로서 <표 6-1>에 제시한 교통문제의 발견, 교통류제어, 교통개선의 우선순위 결정 등에 활용할 수 있기 때문이다. 반면, 다른 핵심 지표인 교통량 지표를 충분히 활용하지는 못하였다. 이는 실제 국내에서 도시의 교통량 자료를 수집하는 ITS 체계를 갖춘 곳이 매우 제한적이었으며, 수집 범위 또한 일부 구간에 한정되어 있어 도시 전체에 대한 분석은 곤란했던 현실적 제약이 있었기 때문이다. <표 6-1>에 제시된 모빌리티 지표 중 통행인당 혼잡시간, 총 통행시간, 총 차량지체시간, 차량지체비율 등을 교통량 데이터가 없으면 산출해 내기는 불가능하다. 따라서 향후 교통량 자료의 수집범위를 대폭 확대할 필요가 있으며 관련 투자가 요구된다. 특히 교통량 자료의 수집이 본격화 된다면 도시의 차량에 의한 대기오염도 산출, 경제성 평가 등 보다 다양한 분야에서 보다 정밀하고 지속적인 모니터링이 가능할 것으로 기대된다.

2. 국내 ITS 빅데이터의 교통정책 활용도 개선 방안²²⁾

■ 방안 1. 기존 첨단교통정보센터의 역할 재정립

첨단교통정보센터는 다음 두 가지의 중요한 기능을 갖고 있다고 할 수 있다. 첫째는 실시간으로 수집되는 ITS 정보를 가공하여 정확성 높은 교통정보를 제공함으로써 교통체계의 이용효율성을 극대화 시키는 것이다. 둘째는 ITS 이력자료를 가공·축적하여 단·중·장기 교통정책의 수립과 실행을 지원하는 기능인데, 예를 들면 도로혼잡도 지표는 신규로 건설되어야 할 대상도로를 선정하기 위한 기초지표로 활용 가능하다. 그러나 지금까지 국내 첨단교통정보센터는 주로 실시간 교통정보 제공에 중점을 둔 반면, 또 하나의 중요한 기능인 교통정책 지원기능은 미흡했다고 할 수 있다. 따라서 국내 첨단교통정보센터의 교통정책

22) 이 절은 본 연구 결과의 일부를 저자가 사전 발표한 자료(이백진, 2015. 교통정보센터의 교통정책지원기능 강화 필요, ITS Brief 제32호, 한국ITS학회)를 기초로 작성되어 일부 본문내용은 중복됨

지원 역할을 강화할 필요가 있다. 이를 위해 첨단교통정보센터는 관련 교통부서(예, 도로정책, 대중교통정책, 복지정책 등)들과 효과적으로 연계하여 정책수립 및 시행에 필요한 다양한 도시모빌리티 지표들을 제공할 필요가 있다. 예를 들면, 주요 도로별 연간 혼잡도, 시간대별 혼잡도 등 지표는 도로개선 지점을 선정하기 위한 기초지표로 활용될 수 있는데, 담당부서가 해당 지표들을 실무적으로 활용할 수 있도록 지원하고 연계체계를 갖출 필요가 있다. 또한 ITS 업무매뉴얼((구)국토해양부, 2006)은 교통정보센터의 역할을 교통관리전략 수립과 교통상황관리 업무로 제한적으로 규정하고 있는데, 이를 교통정책 지원하는 역할을 보다 명시적으로 규정할 필요가 있다. 도로교통 관련 지자체의 주요 업무 내용별 ITS 빅데이터의 수요와 적용성을 <표 6-2>에 간략하게 예시하였다.

<표 6-2> 지방자치단체의 도로교통 관련 주요 업무와 ITS 자료 수요(예시)

구분	활용내용	세부활용내용	ITS 자료 수요	적용성
도시교통 정비기본 계획	도시교통현황 조사 분석 및 통행실태 현황 분석	· 교통량 현황	· 주요교통축 및 구간교통량 · 교차로 교통량 · 시외유출입교통량	△ △ ○
		· 대중교통 운행실태	· 시내버스 운행특성 · 지하철 운행특성	○ ○
대중교통 계획	대중교통현황 조사 분석 및 계획지표 설정	· 노선운영현황 파악	· 노선운영현황	○
		· 교통수단 현황	· 보유차량대수	○
		· 주요 승하차 지점 파악	· 정류장 승하차 인원	△
		· 교통량 현황 파악	· 대중교통/승용차/택시/화물 등 차종별 교통량	△
		· 혼잡지역 파악	· 통행속도 · 정체회수, 정체시간	○ △
교통영향 평가	대규모 시설물 도입에 따른 교통영향 분석의 평가지표 도출	· 교통시설현황	· 신호체계	△
		· 교통소통현황조사	· 교차로 교통량 · 방향대별 교통량 · 시간대별 교통량 · 차종별 교통량 · 평균 통행속도	× △ △ △ ○

주) 국내 ITS 현황을 기초로 적용성 평가(○ 대부분 가능, △ 일부 가능, × 불가)
출처) 일부내용은 박상조(2007)를 참조

■ 방안 2. 순차적인 ITS 빅데이터 운영·관리 체계 도입 추진

현재 한국도로공사, 서울특별시, 대전광역시 등 일부 지역의 첨단교통정보센터 이외에는 ITS 빅데이터의 운영·관리를 위한 체계가 도입되지 못하고 있는 실정이며, 현재 운영 중인 지자체들도 데이터의 운영·관리에 많은 시행착오를 겪어 왔다. 따라서 향후 지자체 첨단교통정보센터에 ITS 빅데이터의 운영·관리 체계를 도입할 때는 작은 범위에서 시작하여 도시 전체로 확대하는 순차적인 도입이 필요하며, 각 단계별 주요 고려 사항에 대해서는 Sharan(2009) 등의 연구내용을 참조하여 다음과 같이 정리하였다.

첫째, 우선 소규모 지역을 대상으로 잘 정의된 데이터와 비교적 단순한 데이터를 이용하여 시범적인 ITS 빅데이터 운영·관리 프로그램을 구축 후 전(全) 도시를 대상으로 다양한 데이터들을 점차적으로 추가해 나가는 방식으로 추진해야 한다. 즉 시스템 도입 초기부터 너무 복잡한 과정과 너무 다양한 데이터들을 포함하여 분석하면 실제 시스템 분석내용을 충분히 이해하지 못하는 문제가 발생할 수 있다.

둘째, 수집데이터의 정확성을 높이기 위한 노력을 지속하고 일정 수준이상 데이터의 정확도 수준을 유지해야 한다. 즉, 수집단계에서 오류 데이터의 대체/제거/보완 방안 등을 마련하고 꾸준히 데이터의 질적 수준을 높여야 한다. 또한 지속적인 검증을 통해 데이터의 질을 유지해야한다. 이와 더불어 데이터의 수집 과정, 보정 과정, 제공데이터의 속성 등을 명확하게 제공해야 한다.

셋째 데이터의 집계수준(Aggregation level)은 유연성을 갖도록 해야 하며, 수요자(또는 교통정책에 활용될 수 있는 레벨)가 필요로 하는 공간적 분석수준을 유지해야한다. 특히 누구나 사용가능하도록 데이터의 사용자 편의성을 높여야 한다.

■ 방안 3. ITS 빅데이터 기반의 자동화된 모니터링 분석 툴 개발·보급

현재 대부분의 지자체 첨단교통정보센터에서는 도로별 평균통행시간, 혼잡도, 교통량 등과 같이 1차적인 모빌리티 지표들만을 산출하여 활용하고 있으며, 전문인력 부족 등으로 본 연구에서 제시한 신뢰도 지표(Reliability index) 등과 같은 2차 가공이 필요한 지표 산출에는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서 제시한 다양한 모빌리티 지표들을 자동적으로 산출·보고할 수 있는 기능을 가진 모니터링 분석 툴을 중앙정부 차원에서 개발하고 보급·

확대 필요가 있다. 더불어 ITS 빅데이터의 표준 운영지침을 마련하여 정기적인 모빌리티 평가를 시행하고 결과를 보고할 수 있는 업무체계를 마련할 필요가 있다. 예를 들면, ITS 자료를 기반으로 연도별 모빌리티 보고서(Annual mobility report) 등을 정기적으로 발간하여 보고하는 체계를 구축할 필요가 있다.

■ 방안 4. 중앙정부의 ITS 빅데이터 처리 및 관리에 대한 표준 마련

현재 첨단교통정보센터의 ITS 빅데이터의 처리 및 관리에 대한 표준이 존재하지 않아 자료의 종류, 저장주기, 집계 방법들이 서로 다른 문제점이 있다. 이는 향후 도시 또는 국가차원에서 기 구축된 시스템을 통해 수집된 정보를 가공하여 분석하거나 데이터베이스화 하려고 해도 추가 분석을 할 수 없는 문제점을 야기하며, 따라서 ITS 자료의 활용측면에서 자료 저장구조의 표준화는 시급한 과제이다. 특히 ITS사업시행지침 제26조(교통정보 안전관리) 제5항에서는 향후 교통정보를 예보, 통계화가 가능하도록 명시하며 저장되는 데이터의 종류를 단순하게 “도로구간의 속도 및 교통량 및 단위시간”으로 제한하여 규정한다. 또한 현재 국가통합교통체계효율화 법에는 정한 교통정보센터가 연계 규정을 인용하여, 실시간 ITS 자료뿐만 아니라 2차 가공된 교통정보도 표준화된 틀 안에서 상호 연계될 수 있도록 유도할 필요가 있다. 미국은 ITS 도입 초기부터 ITS 자료를 체계적으로 수집·관리하고 상호 연계하기 위해 ITS 자료 국가표준을 개발하여 운영 중에 있다.

*) (국가통합교통체계효율화법 제90조 3항, 2015) 교통수단과 교통시설에 대한 교통정보를 수집·분석·관리 및 제공하고자 하는 지자체와 관리청 등이 ITS정보센터를 구축·운영할 경우에 정부는 이들 국가·권역·지역 교통정보센터 간 교통정보를 상호 연계하도록 규정하고 있음

■ 방안 5. ITS 시스템의 초기 설계단계부터 ITS 빅데이터의 활용을 반영

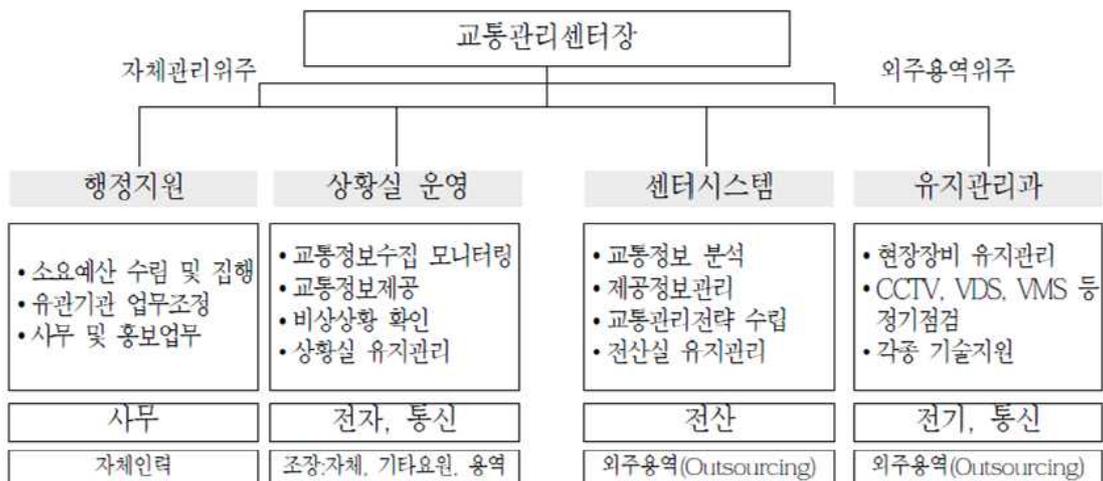
대부분의 국내 첨단교통정보센터는 높은 정확도의 실시간 교통정보 제공을 목적으로 시스템이 설계되기 때문에, ITS 빅데이터 활용을 고려하여 센터의 DB 구조, 장비용량, S/W 구조 등에 대한 설계에 반영하도록 유도할 필요가 있다. 이를 위해서는 중앙정부 차원에서 후속연구를 통해 표준화된 ITS 설계지침 마련이 필요하다.

■ 방안 6. ITS 빅데이터 자료 분석을 위한 전문 인력 강화

첨단교통정보센터의 운영방식 및 조직은 현실상황에 따라 서로 상이하나, 일반적으로 행정 및 상황실 운영, 센터시스템 및 유지관리 운영 조직으로 구성된다.(국토교통부^b, 2014)

그러나 실제로 상기 센터의 조직구성 및 업무내용 등을 살펴보면 ITS정보센터의 운영업무가 단순 센터상황 유지에 집중되어 있음에 따라 수집된 정보에 대한 도시모빌리티를 해석할 수 있는 능력이 결여되어 있다. 센터에 배정된 인력들이 주로 전산, 통신, 일반사무 인력중심으로 구성되어 있어, 권역 및 도시의 교통관리전략을 체계적으로 수립, 계획할 수 있는 교통전문가 부재한 센터가 대다수이다. 따라서 첨단교통정보센터 내 자체적으로 ITS 자료들을 활용하여 교통운영이나 전략을 수립할 수 있는 전문인력들을 보강할 필요가 있다. 즉, ITS 자료를 기반으로 교통전략 및 교통정보 분석 등 지속적으로 모빌리티를 관리하는 전문인력이 필요하나, 국내에서는 이러한 업무에 매우 취약함으로 센터운영 인력 이외 ITS 자료 분석, 수요분석, 교통전략 등 교통 전반에 걸친 업무를 담당할 수 있는 조직과 인력을 충원할 필요가 있다.

〈그림 6-1〉 국내 ITS정보센터의 일반적 조직구성



출처) 국토교통부^b(2014)

제 7 장

결론 및 정책 제언

결론 및 정책 제언

1. 연구의 결과

본 연구는 ITS 빅데이터를 이용한 도시모빌리티 분석방법론과 관련 지표들을 제시하고, ITS 빅데이터의 활용도 제고를 위한 정책방안 도출이 목적으로 하였으며 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 제 2장에서는 도시모빌리티의 일반적 개념을 개략적으로 기술하고, ITS 빅데이터의 특성과 도시모빌리티 평가 측면에서의 장점을 제시하였다. 즉, ITS 빅데이터는 기존 조사방법론에 의한 데이터의 대표성 문제, 지역별 교통특성 도출의 한계, 기본계획의 지속적인 효과평가와 피드백 한계 등의 문제점을 극복할 수 있고 경제성 측면에서도 매우 유효하다. 제 3장에서는 ITS 빅데이터의 국내외 활용사례를 고찰하였다. 국내외 사례분석을 통해 우리나라 ITS 빅데이터의 활용도 측면의 문제점과 시사점을 도출하였으며, 특히 미국 선진사례를 통해 국가표준의 개발 필요성 등을 제시하였다. 제 4장에서는 ITS 빅데이터를 활용하여 도출할 수 있는 도시모빌리티 평가지표를 기술하였다. 특히 도로분야와 대중교통분야로 구분하여 각각 적용할 수 있는 평가지표들을 정리하였다. 제 5장에서는 대전광역시와 부천시에서 수집된 ITS 빅데이터를 이용하여 다양한 도시모빌리티 평가가 가능하며 ITS 빅데이터의 유효성을 실증하였다. 먼저 대전광역시의 도로관련 ITS 빅데이터를 활용하여 도시모빌리티를 분석하였으며, 연차별로 수집된 시계열 자료를 통해 도로의 상태변화 측정,

신규 도로개선 필요 사업 도출 등에 유효함을 실증하였고, 보다 세부적인 분석으로 혼잡도로의 발생원인 분석 사례를 제시하였다. 또한 부천시의 대중교통 관련 ITS 빅데이터를 활용하여 승용차 대비 대중교통(버스)의 통행시간을 상대적으로 비교하였는데, 향후 추가적인 대중교통 모빌리티지표에 대한 분석이 필요할 것으로 판단된다. ITS 빅데이터를 이용한 도시간 비교를 위해 대전광역시와 부천시의 주요 교통축을 대상으로 혼잡에 의한 신뢰도 지표를 바탕으로 상호 비교하였다. 마지막으로 제 6장에서는 국내 ITS 빅데이터의 활용도를 개선하기 위한 정책방안을 제시하였다.

2. 정책 제언

국내 ITS 빅데이터는 실시간 교통정보제공에 사용된 이후 효과적으로 관리되지 못하고 있어, 활용도를 높이기 위한 노력이 요구된다. 이는 일단 수집된 ITS 빅데이터를 다양한 교통정책(예, 모니터링, 교통조사 등)에 활용토록 장려함으로써 공공재정 투자의 경제성 제고에도 기여할 수 있을 것이다. 교통정책 활용측면에서 기존 자료 대비 ITS 빅데이터는 대표성을 갖춘 연속성 있는 자료수집과 이를 시계열(일, 월, 연)적으로 모니터링이 가능하다는 점일 것이다. 이 연구는 실증분석을 통해 ITS 빅데이터의 교통정책 활용성을 제시하였고, ITS 빅데이터 기반 모빌리티 지표를 통해 교통시설의 운영평가, 중앙정부의 투자정책 수립과 평가, 환경성 평가 등 다양한 교통정책에 활용 가능성을 제시하였다.

본 연구에서는 먼저 국내에서 ITS 빅데이터의 교통정책 활용을 위해 선행되어야 할 과제를 다음과 같이 제시한다.

과제 1) 도시모빌리티의 기본평가지표인 교통량 데이터 수집시스템을 개발·확대하고, 수집범위도 도시의 주요 교통축들은 실시간 정보수집이 가능하도록 확대하고 관련 투자가 요구된다.

과제 2) ITS 빅데이터 기반 모빌리티 지표를 이용하여 정부의 교통투자, 전략수립, 환경성 평가, 투자우선순위 산정 등에 활용할 수 있도록 시범사업을 통해 검증하고, 향후 관련 정책에 활용할 수 있도록 지침을 마련할 필요가 있다.

과제 3) 첨단교통정보센터를 통해 ITS 빅데이터 기반의 도시모빌리티를 평가하고 월간(또

는 연간) 보고서를 발간하도록 관련 지침을 마련하고, 특히 중앙정부 차원에서 표준화된 평가지표를 조기에 지자체 첨단교통정보센터에 제공할 필요가 있다.

상기에 제시한 선행과제 이외에도 국내 ITS 빅데이터의 활용도 개선노력이 필요하며, 본 연구에서는 국내외 사례분석, 실증분석, 전문가 의견 등을 종합해 정책방안을 제시하였다.

방안 1) 기존 첨단교통정보센터의 역할 재정립: 국내 첨단교통정보센터의 교통정책 지원 역할을 강화하고, 관련 교통부서(예, 도로정책, 대중교통정책, 복지정책 등)들과 효과적으로 연계할 필요가 있다.

방안 2) 순차적인 ITS 빅데이터 운영·관리 체계 도입 추진: 지자체 첨단교통정보센터에 ITS 빅데이터의 운영·관리 체계를 도입할 때는 적은 범위에서 시작하여 도시 전체로 확대하는 순차적으로 도입되도록 유도해야 한다.

방안 3) ITS 빅데이터 기반의 자동화된 모니터링 분석 툴 개발·보급: 본 연구에서 제시한 다양한 모빌리티 지표들을 자동적으로 산출·보고할 수 있는 모니터링 분석 툴을 중앙정부 차원에서 개발하고 보급·확대할 필요가 있다.

방안 4) 중앙정부의 ITS 빅데이터 처리 및 관리에 대한 표준 마련: 도시 또는 국가차원의 ITS 빅데이터 활용측면에서 자료 저장구조 표준화는 시급한 과제이다.

방안 5) ITS 시스템의 초기 설계단계부터 ITS 빅데이터의 활용을 반영: ITS 빅데이터 활용을 고려해 설계단계부터 센터의 DB 구조, 장비용량, S/W 구조 등을 반영하도록 유도하고, 표준화된 ITS 설계지침을 조기에 마련할 필요가 있다.

방안 6) ITS 빅데이터 자료 분석을 위한 전문 인력 강화: 첨단교통정보센터 자체로 ITS 빅데이터를 활용할 수 있는 전문 인력이 보강될 수 있도록 관련 제도를 마련할 필요가 있다.

이외에도 민간과의 협력, ITS 빅데이터의 정확도 유지 방안 등 다방면의 노력이 필요하며, 특히 본 연구에서 제시한 정책방안의 대부분은 중앙정부가 선도하여 사업을 추진해 나갈 필요가 높은 것으로 판단된다.

참고문헌

- 국토교통부a. 2014. 도로부문 지능형교통체계 설계편람 수립연구(I). 세종시 : 국토교통부.
- 국토교통부b. 2014. ITS산업 활성화를 위한 효과평가 및 시장분석 연구. 세종시 : 국토교통부.
- (구)국토해양부. 2006. ITS 업무매뉴얼-ITS 효과분석. 과천시 : (구)국토해양부.
- 김수철. 2014. 교통정책 지원 및 분석시스템 개발. 안양시 : 국토교통과학기술진흥원.
- 김순관. 2013. 서울시 교통카드 이용자 행태분석과 정보공유의 사회적 가치. 전문가 세미나 발표자료 2013-06-05. 서울연구원.
- 김종학, 고용석, 김준기, 김동한. 2014. 스마트 셀 기반 활동인구의 공간정책 활용방안 연구. 국토연 2014-44. 안양시 : 국토연구원.
- 두산백과. 2015. <http://www.doopedia.co.kr>. 2015.5.25. 검색.
- 대전광역시. 2014. 2020 대전광역시 도시교통정비 중기계획. 대전광역시 : 대전광역시.
- 대전교통정보센터 홈페이지. <http://traffic.daejeon.go.kr>. 2015.5.25. 검색.
- 빈미영, 이수진, 정의석. 2011. 경기도 교통카드자료를 이용한 통행패턴 분석과 활용방안 연구. 정책연구 2011-58. 수원시 경기연구원.
- 빈미영. 2012. 스마트 지식사회의 대중교통정책 수립과 시사점-교통카드 데이터를 중심으로. 세미나 발표자료. 국토연구원.
- 빈미영. 2015. 빅데이터로 만드는 경기도 스마트벨리. GRI정책Brief 2015-02-16. 경기연구원.
- 박상조. 2007. 지능형교통체계(ITS) 정보관리 및 활용방안 연구. 한국교통연구원.
- 박은미. 2015. 교통 빅데이터를 활용한 교통정책지원시스템-대전시 사례 중심으로. 국토, 제405

- 호(2015.7). pp.31-39.
- 박평근. 2015. 서울시 교통정보 종합관리시스템(TOPIS) 현황과 발전 방향. 서울시 내부자료.
- 부천시. 2015. 부천시 지능형교통체계(ITS) 기본계획. 부천시 : 부천시청.
- 부천시설공단. 2015. 2014년 부천시 지능형교통체계(ITS) 운영 및 분석 보고서. 부천시 : 부천시
설공단.
- 이백진. 2015. 교통정보센터의 교통정책지원기능 강화 필요, ITS Brief 제32호. 한국ITS학회.
- 이석주, 연지윤, 천승훈. 2013. 빅데이터를 이용한 교통정책 개발 및 활용성 증대방안. 연구총서
2013-21. 한국교통연구원.
- 정준화. 2014. 공공데이터 개방 및 빅데이터 활용 지원 서비스 현황과 과제. 현장조사보고서
Vol. 35. 국회입법조사처.
- 한국ITS학회. 2008. 교통정보공학론. 파주 : 청문각.
- Dubow, J. 2014. Big data and urban mobility. The World Bank Group. Background Document.
- Giuliano, G., Rhoads, M., Chakrabarti, S. 2014. New data, new applications: using
transportation system data for regional monitoring. Transport Research Arena 2014.
Paris.
- Karl, P. 2007. Nobody is going to pick this up by themselves, presented at ADUS Workshop
held at the annual meeting of the Transportation Research Board in January 2007.
- Michael, D.M. and Eric, J.M. 2001. Urban Transportation Planning : A Decision-Oriented
Approach. McGraw-Hill eds. p.79.
- OST-R(Office of the Assistant Secretary for Research and Technology) 홈페이지.
<https://www.standards.its.dot.gov/Factsheets/Factsheet/72>. 2015.06.24. 검색.
- Robert. E.B., Shawn M.T., William L.E. 1998. Development of an ITS data management
system, presented at the North American Travel Monitoring Exhibition and Conference.
NATMEC 98. Charlotte. North Carolina.
- Sharan D., Yanfeng O., Umit D.T. 2009 Regional Data Archiving and Management for
Northeast Illinois. Research Report ICT-09-050.
- Shara, G.R. 2011. Traffic Archive Data Management System: A study on the feasibility

- of implementation and operation in Indian urban area.
<https://coeut.iitm.ac.in/ADMS%20Report.pdf>.
- Shawan M. T. 2001. Guidelines for Developing ITS Data Archiving Systems. Texas Transportation Institute. Report 2127-3.
- Tim L., David S., Shawn T., Richard M.. 2003. Selecting Travel Reliability Measures. Texas Transportation Institute. <http://d2dtl5nnlpfr0r.cloudfront.net/tti.tamu.edu/documents/TTI-2003-3.pdf>.
- TRB. 2013. Transit Capacity and Quality of Service Manual, TCRP report 165.
- TRB. 2002. A Guidebook for Developing a Transit Performance-Measurement System. Transit Cooperative Research Program Report no. 88.
- TRB. 2000. Highway Capacity Manual. Printed in the United States of America.
- U.S.DOT. 2013. Data Capture for Performance and Mobility Measures Reference Manual, Final Report, FHWA-JPO-13-055.
- William L.E. and Jason A.C.. 2008. Guidebook for Mobility Monitoring in Small to Medium-Sized Communities, Research Product sponsored by the Texas Department of Transportation.

SUMMARY

Keywords: Urban Mobility, Intelligent Transportation Systems, Big Data, Performance Measures

Transportation policies for urban areas need to be established according to a systematic procedure to achieve a vision and goals set by the subject institutions. In this decision-making procedure, the urban mobility is used as one of key concepts either to monitor transportation operations or to evaluate the strategies used for mitigating transportation problems. In that sense, it is notable that the environment to assess the urban mobility has been recently improved as traffic data of high resolution have been accumulated by Intelligent Transportation Systems (ITS) through the widespread deployment of information and communication technologies.

In the last two decades, the Korean government has invested more than 2 trillion won in the deployment of ITS. Such deployed systems made it possible to collect, process, and distribute ITS big data, which are defined in the present study as “the well-framed traffic data continuously collected by the unit of seconds through diverse ITS devices on the subject transportation facilities.” In Korea, however, we have rarely seen the application of ITS big data to the policy decision-making in the field of transportation.

In light of the above, this research is intended (i) to investigate existing performance measures and develop new ones to assess the urban mobility by means of ITS big data and (ii) to suggest policy alternatives to expand the utilization of ITS big data in the decision-making for the transportation policy. To derive concrete findings in this context, a case study was also conducted to assess the urban mobility for two domestic cities.

Diverse performance measures are conceivable to assess the urban mobility by means of ITS big data. Basic measures frequently used in this vein are traffic volume and speed. These basic measures can be also used as inputs to produce secondary ones such as travel time index, vehicle kilometer traveled, and incident delay. These secondary measures usually involve more time and costs for the assessment than the basic counterparts because either more refined data processing or interdisciplinary data fusions is required for the former. The efforts to utilize secondary measures, however, are worthwhile to enhance the practice of evaluating the urban mobility.

Dajeon and Buchen were chosen as the sites for the case study by considering that (i) both of these cities have accumulated ITS big data in real-time basis and have periodically saved them and (ii) these cities' road networks show complexities suitable to the scope of the present research. The case study is composed of three parts: (i) analyses of the road mobility for Dajeon, (ii) analyses of the transit mobility for Buchen, and (iii) comparison between the two cities in terms of the road mobility. This case study proved that ITS big data can provide new insights on the traffic operations of subject facilities if analyzed with suitable spatiotemporal units. This case study also contributed to advancing the current practice by applying newly-developed performance measures such as "travel-time mobility and reliability on a subject link for yearly comparisons" and "a corridor's congestion-durations derived from the time-series of travel time index" to the

evaluation of urban mobility.

To sum up, this study empirically showed the potentials of ITS big data by focusing on their application to the decision-making process for transportation policies. Diverse performance measures for that purpose were investigated and some of them were applied to the case study based on real-world ITS big data. Through this study, we suggest the following policy alternatives to facilitate the application of ITS big data.

- Strengthen the roles of existing traffic management centers to support the transportation policy-making
- Sequentially expand the introduction of systems to operate and manage ITS big data
- Develop and then distribute both automated monitoring systems based on ITS big data and their attendant analysis tools
- Prepare national standards to process and manage ITS big data under the championship of the central government
- Envision utilizing ITS big data for the decision-making of transportation policies in the overall process of deploying traffic management centers from the initial stage of their design
- Expand personnel capable of analyzing ITS big data

국토연 2015-1

ITS 빅데이터를 이용한 도시 모빌리티 분석 및 정책 활용방안

지 은 이 ○○○, ○○○, ○○○

발 행 인 ○○○

발 행 처 국토연구원

출판등록 제25100-1994-2

인 쇄 ○○○○년 ○월 ○일

발 행 ○○○○년 ○월 ○일

주 소 경기도 안양시 동안구 시민대로 254

전 화 031-380-0114

팩 스 031-380-0470

가 격 7,000원

ISBN 979-11-5898-017-7

한국학술진흥재단 연구분야 분류코드 B170300

홈페이지 <http://www.krihs.re.kr>

© 2015, 국토연구원

이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서
정부의 정책이나 견해와는 상관없습니다.

이 연구보고서는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.