

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 첨단교통 정보 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 적정한 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

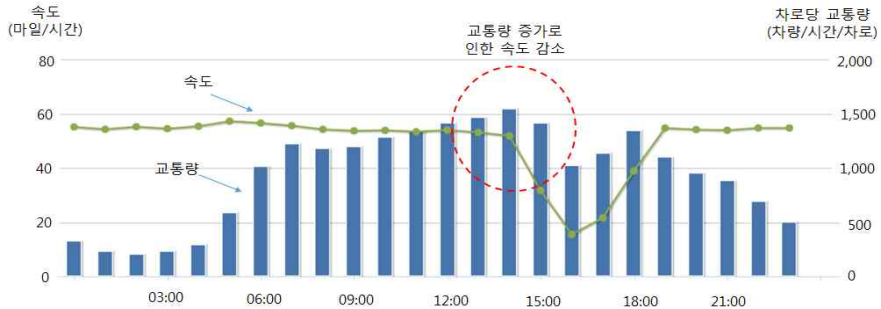
- 주요 병목지점들에 대한 평가지표로 교통량과 속도 지표가 함께 적용되며 해당 병목지점에서 교통량이 혼잡에 미치는 영향 검토가 가능

□ 2차 지표 : 통행시간과 신뢰도(Reliability)

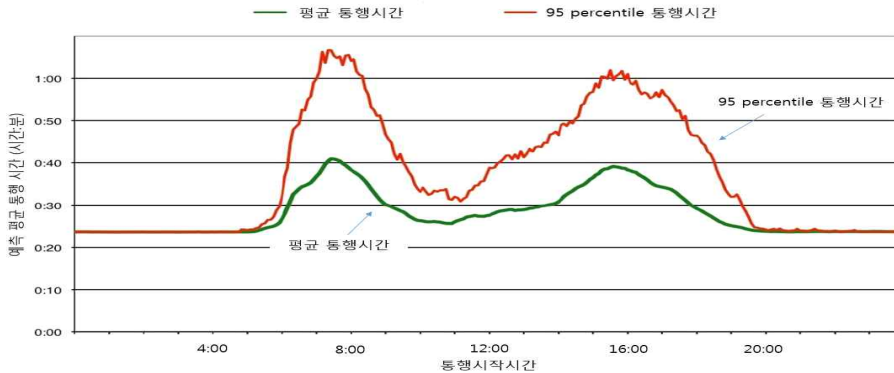
- 통행시간은 지점 속도 자료들로부터 예측될 수 있으며, 특정 경로 및 축(Corridor)의 교통 조건을 일반 대중에게 알기 쉽게 제공하는 데 이용 가능
- ITS 빅데이터를 활용해 평균 통행속도와 95th percentile 통행속도를 시간대별로 검토하여 통행시간의 신뢰도에 대한 시간대별 변화를 모니터링 가능

〈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	· 교통조건 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〉

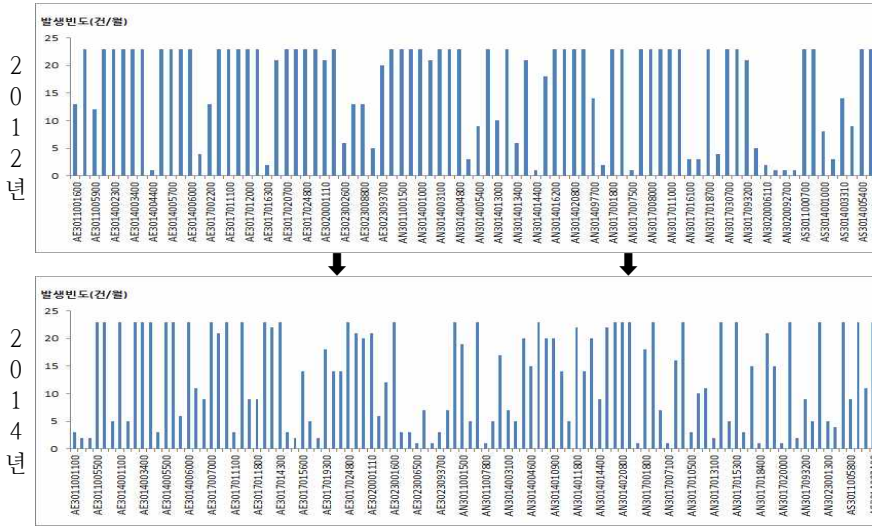
실증분석	주요 내용
•대전광역시 도로 모빌리티 분석	○ 도로 링크별 모빌리티 분석 - 도로링크별 이동성 및 신뢰도 평가 - 도로 병목지점에 대한 상세 분석
•부천시 대중교통 모빌리티 분석	○ 특정 도로 구간의 버스 모빌리티 분석 - 승용차와 버스의 통행속도 비교 - 첨두시간대의 버스 통행속도 분포 분석
•도로 모빌리티에 대한 도시간 비교	○ 축 모빌리티에 기반을 둔 도시 간 비교 분석 - 혼잡심각도에 대한 도시 간 비교 - 혼잡지속시간에 대한 도시 간 비교

2) 실증 분석 (I) : 대전광역시 도로 모빌리티 분석

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

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

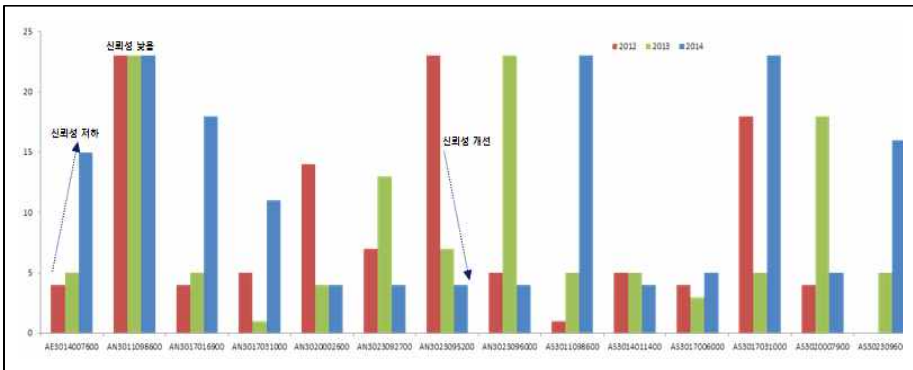
<5th percentile 일 평균통행속도가 발생하는 도로링크와 월간 발생빈도(평일)>



□ 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>



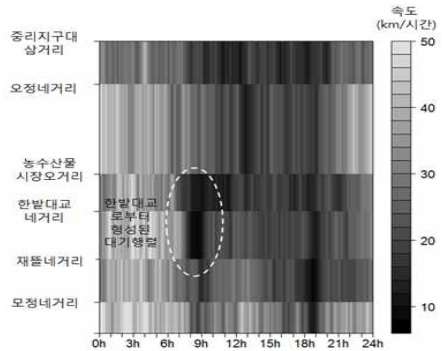
□ 도로 병목지점에 대한 상세분석 : 대전시 ‘한밭대교네거리’

- 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

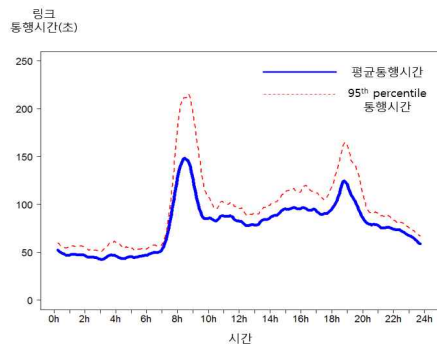
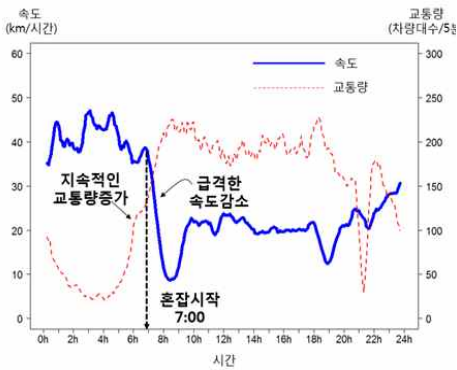
(b) 속도 시-공간도: 한밭대로 방면



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

(c) 속도 및 교통량의 시계열:
재뜰네거리→한밭대교네거리

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

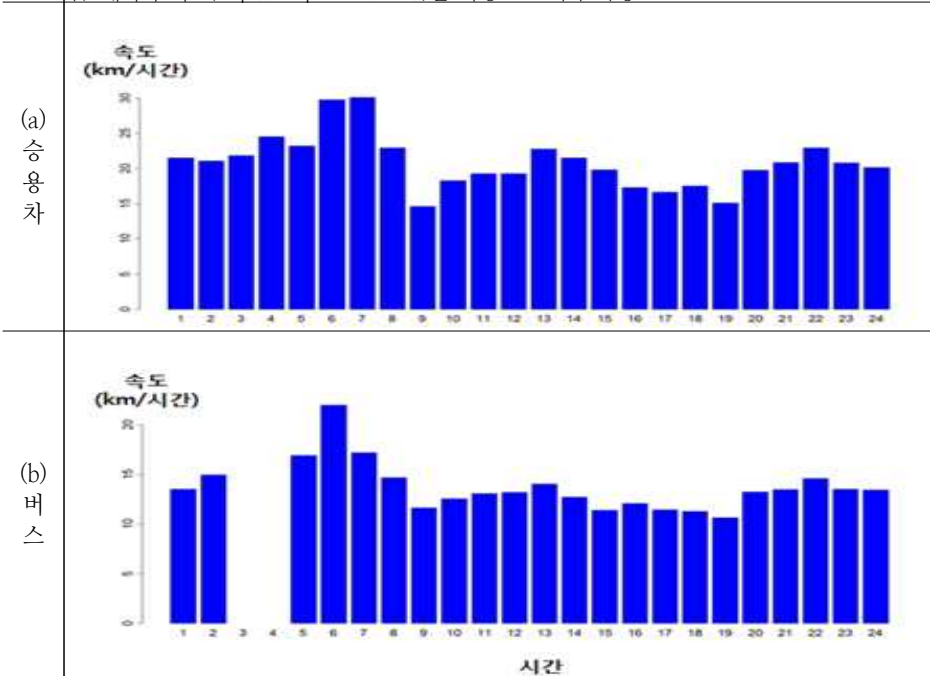


3) 실증분석 (II): 부천시 대중교통 모빌리티 분석

□ 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

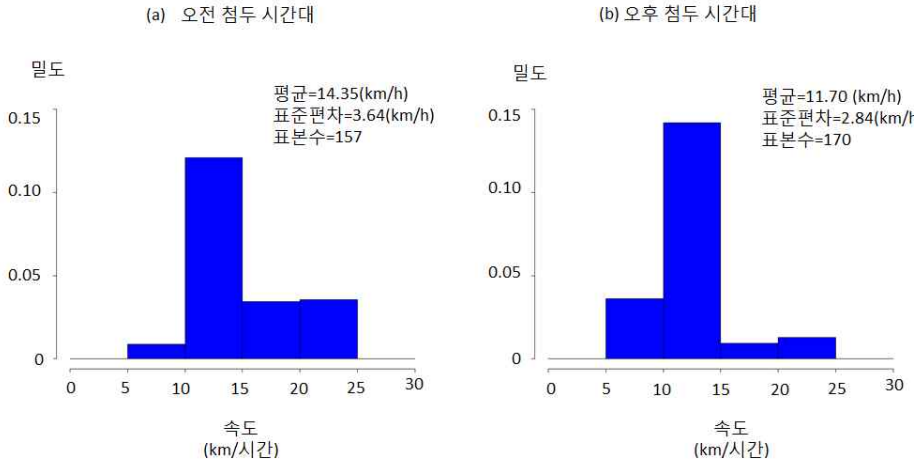
(승용차와 버스의 시간대별 구간 평균속도)



□ 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-계족로)</p>	<p>-동서 3개축(길주로, 경인로, 부흥로), 남북 3개축(송내대로, 신홍로, 소사로)</p>

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

□ 분석결과 1: 일평균 혼잡지속시간(TTI) 비교

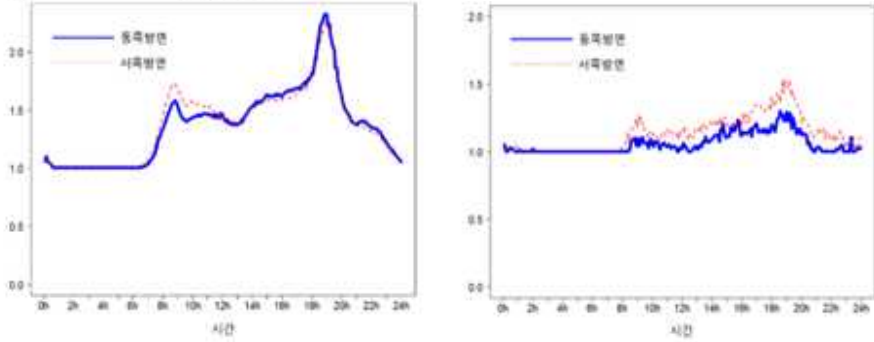
- 대전광역시의 주요 간선도로축에 대한 TTI 시계열을 살펴보면, 동서축과 남북축에 관계없이 TTI 값이 첨두시간대에 높고, 오전 보다 오후 첨두시간대에 높음
- 부천시의 주요 간선도로축의 경우 동서축들의 첨두시간대 TTI가 전반적으로 대전시에 비해 낮고, 높은 TTI 값을 보이는 시간대도 짧은 편
- 도시간 비교를 위해 대전시와 부천시 각각에 대해 주요축의 TTI 시계열을 등고선도(Contour map) 형태로 결합시켜서 제시함
 - 각 조감도에서 음영이 짙은 영역은 해당 축과 시간대에 혼잡이 심각함을 나타내는데, 대전시가 부천시에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

□ 분석결과 2: 일평균 혼잡지속시간(TTI)의 시계열 변화

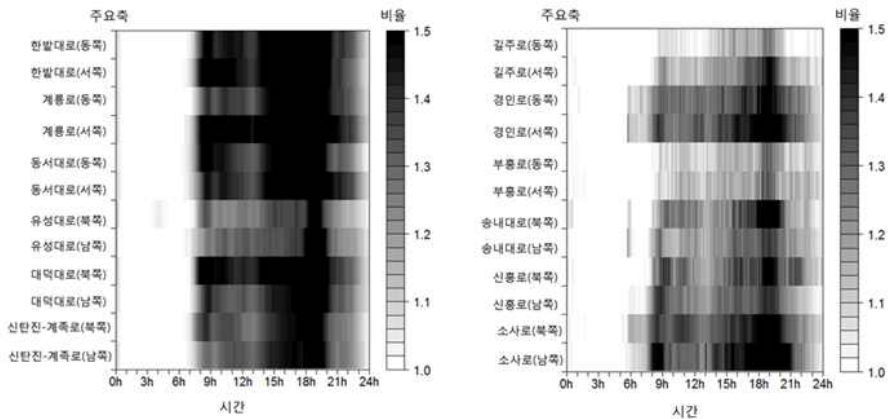
- 부천시와 대전시가 도로 모빌리티 비교를 위해 주요 교통축들에 대한 “혼잡 지속시간”의 평균값을 측정하여 비교함
- 혼잡 지속시간은 TTI 시계열에 기반하여 24시간 중에 특정 경계값(Threshold) 보다 높은 TTI 값을 보이는 시간이 얼마나 되는 지를 측정하여 산출하였는데, 대전시의 평균 혼잡 지속시간이 부천시에 비해 상대적으로 길게 나타남

〈도로 모빌리티에 대한 도시 간 비교(예시)〉

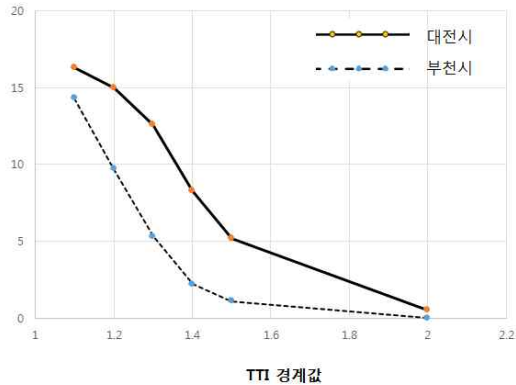
(a) 일평균 혼잡지속시간(TTI): 대전시 한밭대로 (b) 일평균 혼잡지속시간(TTI): 부천시 길주로



(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