



버스정보안내단말기(BIT)가 통행수단선택 및 버스이용만족도에 미친 영향: 스마트도시 정책의 함의*

The Impact of BIT on Travel Mode Choice and Bus Satisfaction: The Implications of Smart City Policy

이성원**
Lee, Sungwon

Abstract

This study aims to clarify the influence of Bus Information Terminal (BIT), which is one of major smart city services, on travel mode choice and bus satisfaction. Seoul has adopted the BIT and offered the real-time public transit service information over 10 years. Moreover, Seoul plans to input additional investment. Behind the investment, however, there seems to be a vague assumption that it would contribute to improve the quality of life and to realize environmental sustainability by reducing auto dependency. The 10-year panel study results, however, shows that the positive influences of BIT have weakened as time goes on although BIT services significantly escalate the possibilities of mode choice of public transit. BIT services are positively associated with public transit use, but they do not significantly affect the general citizen's satisfaction of bus uses. BIT services significantly increased their satisfaction before 2010, whereas those satisfactions did not last after 2011. Meanwhile senior citizens' satisfaction has continued until now. The results raise the issues of the "appropriate technology" and "digital divide" to the foreground. Since citizen demand in accordance with technical developments changes very quickly, smart city policy has to respond their evolving needs and circumstances. In order to reduce this information gap, moreover, it is necessary to provide smart services and sophisticated smart design, especially considering the information for the disadvantaged.

키 워 드 ■ 버스정보안내단말기, 스마트도시, 적정기술, 정보격차

Keywords ■ Bus Information Terminal, Smart City, Appropriate Technology, Digital Divide

I. 연구의 배경 및 목적

물리적 도시공간과 인터넷의 가상공간 연결이 용이해지고 이를 지원하는 기술들이 실용화단계에 접어들어 따라, 정보통신기술(Information and Communication Technologies, ICT)을 활용하여 도시문제를 해결하고 도시발전을 도모하기 위한 전략

적 수단으로 스마트도시 정책이 부각되고 있다. 스마트도시 정책은 행정, 복지를 비롯하여 도시시설물 관리, 환경, 방법·방재, 교통 등 도시정책 전 부문에 정보통신기술 활용하여 효과적이고 효율적인 정책을 펼치는데 초점을 두고 있으며, 국토교통부, 행정안전부, 과학기술정보통신부, 산업통상자원부 등

* 본 연구는 국토연구원의 「스마트도시의 실효성에 관한 기초 연구: 버스정보시스템(BIS)이 통행행태에 미친 영향」(2016) 보고서를 기반으로 발전시킨 연구이다.

** Korea Research Institute for Human Settlements (sungwon@krihs.re.kr)

여러 부처에서 다양한 사업을 진행하고 있다. 최근 문재인 정부도 스마트도시를 제4차 산업의 물리적 기반으로 인식하고 있으며, 스마트도시 정책을 확대하여 사회적으로 소외된 계층까지 지원할 수 있는 도시계획 수단으로 검토 중이다.

다양한 시장조사 연구기관들은 정보통신기술을 도시개발에 접목한 스마트도시 시장이 크게 성장할 것으로 예측하고 있다. Navigant Research (2014)는 현재 스마트도시 시장을 2014년 기준 275억달러로 추산하였으며 2023년에는 에너지, 수자원, 교통, 빌딩 등 다양한 부문에서 1,744억 달러까지 성장할 것으로 예측했다. MarketsandMarkets (2014)는 교통, 철도 및 도로, 에너지, 빌딩, 교육, 의료, 안전 등 광범위한 분야의 변화를 예측하며 2019년까지 매년 22.5%씩 성장할 것으로 보았다. Frost & Sullivan (2014)은 교통, 방범, 에너지뿐만 아니라 의료, 인프라, 교육, 정부 부문까지 광범위하게 스마트화 할 것으로 보고 있으며, 매년 19.6%씩 성장하여 2020년 1.56조 달러 (약 1,800조 원)에 도달할 것으로 추산하고 있다.

스마트도시에 대한 이러한 긍정적 기대와 가능성은 주로 물리적 인프라 공급이나 인력 투입으로 구축·관리하던 도시분야에 정보통신기술을 도입하여 저비용으로도 높은 정책효과를 창출하기 때문으로 보인다. 스마트기기의 비용이 지속적으로 낮아지고 있는 대외적 환경도 스마트도시 정책에 긍정적이다. 교통 혼잡을 막기 위해 도로를 확장하던 고비용의 공급중심 정책 대신 스마트기기를 활용하여 도로정보를 확인하고 우회도로를 실시간으로 탐색함으로써 추가적인 도로 건설 없이 상대적으로 저렴하게 혼잡문제를 해결할 수 있다. 주차난 해소를 위해 주차 공간을 건설하던 방식도 도시의 빈 주차공간 정보를 활용하여 추가적인 주차 공간 건설 없이 주차난을 해소할 수 있다.

하지만 정보통신기술의 발달이 도시민과 도시계

획에 긍정적인 영향만 존재하는 것일까? 마누엘 카스텔(Manuel Castells)의 정보시대에 관한 3권의 저작(Castells, 1996; 1997a; 1997b)은 네트워크 사회에서 탈공간화된 정보가 어떻게 생산성 향상과 경쟁력 증대로 연결되고 권력으로 작용하는지 보여 주었지만, 사회구조의 재편 과정에서 배제된 계층과 정보를 획득한 계층 간의 격차가 심화될 수 있음을 논리적으로 설명하였다. Van Dijk & Hacker (2003)은 미국과 독일 데이터로 정보통신기술을 향유하는 계층과 부족한 계층 간의 격차, 즉 '정보격차(digital divide)'가 심화되고 있음을 실증적으로 보여주었다.

한편 저비용 고효율로 대표되는 스마트도시 정책이 수요자 특성에 맞는 '적정한 기술 (appropriate technology)'을 적절하게 활용하고 있는지에 대한 우려도 존재한다. 정보통신의 기술과 가격은 매우 빠르게 변화하며 사람들도 상대적으로 빠르게 새로운 변화에 적응해 간다. 하지만 스마트도시 정책으로 채택된 기술이나 정책은 수요변화에 부응하지 못하는 경향이 있다. 이러한 우려들이 본 연구의 시작점으로, 스마트도시에 대한 긍정적 시각이 지배되는 상황에 스마트도시 정책 효과를 객관적으로 검토하고 한계점을 확인하여 향후 정책의 개선안에 반영하기 위한 목적을 갖고 있다.

비록 다양한 부문에서 스마트도시 정책을 계획·시행하고 있으나, 지금까지 국내에서 많은 재원을 투자하고 지속적으로 서비스가 이루어지는 분야는 CCTV를 활용한 방범·방재 등의 안전부문과 교통카드, 하이패스, 버스정보시스템 등의 교통부문 두 분야이다. 교통부문의 스마트도시 정책은 대규모 교통정보를 처리하여 대중교통의 운행자와 이용자에게 동시에 실시간 정보를 전달하고 자가용 운전자에게도 도로상황 정보를 실시간 제공한다. 특히 버스정보안내단말기(Bus Information Terminal)는 정보통신기술을 활용하여 대중교통 이용에 도움을 주는

대표적인 스마트도시 서비스로 다양한 지자체에서 활용하고 있다. 대중교통 이용증대는 이론적으로 환경적, 경제적, 사회적 도시의 지속가능성을 높일 수 있다. 본 연구의 목적은 대표적인 스마트도시 정책인 버스정보이용단말기가 대중교통 이용 증대나 만족도에 미친 영향을 분석하고, 이를 통해 스마트도시 정책의 효과와 한계점을 파악하여 향후 정책에 대한 시사점을 찾는 것이다.

II. 스마트도시, 정보통신기술 및 통행행태

1. 스마트도시 개념

스마트도시 정의에 대해서는 누구나 동의할만한 수준의 개념은 정립되지 않았다(Alawadhi et al., 2012; Allwinkle & Cruickshank, 2011; Caragliu et al., 2011; Chourabi et al., 2012; Papa et al., 2013). 국가별·학자별·기관별로 정의하는 범위가 달라 Hollands (2008)는 자의적(self-declaratory)으로 사용된다고 비판하였다. Hall (2000)은 효율적으로 도시를 유지하는 관리적 측면에 집중하여 스마트도시를 ‘도로, 교량, 터널 등 다양한 도시기반시설 기술을 통합하여 모니터링하는 도시’로 정의하여 도시시설과 정보를 통합하는 기술에 초점을 두고 개념화하였다. 국내에서 스마트도시 정책의 초기 단계로 언급되는 유니쿼터스 도시(Ubiquitous City) 정책도 이러한 정보통신기술을 활용한 도시관리에 초점을 둔 것으로 동일한 맥락의 관점으로 볼 수 있다.

반면 스마트도시를 제4차 산업을 이끌어 내기 위한 추상적 공간으로 정의하여, 산업들 간 효과적인 연계가 일어날 수 있는 스마트 전문화 전략(Smart Specialization Strategy)이 가능한 혁신적 공간으로 개념화한 연구들도 있다 (Caragliu & Bo,

2012; Monfaredzadeh & Krueger, 2015; Ojasalo, & Tähtinen, 2016; Sinkiene et al., 2014). 이러한 접근은 스마트도시 논의를 주도하고 있는 유럽연합(EU)을 중심으로 생산성 향상과 혁신성 확산 방안과 연계하여 논의되고 있으며 지역별 공간특성을 반영하여 요구되는 산업을 효과적으로 매칭(smart matching) 방식을 통해 공간 해법을 찾는 도시를 스마트도시로 정의한다.

주로 한국에서는 정부주도의 기술중심 스마트도시 정책이 시행되어온 반면, 유럽의 스마트도시 정책은 민간을 어떻게 스마트도시 정책 결정과정에 참여시키고 인적자본을 육성하며 사회적 자본을 확대시킬 수 있는지에 대한 내용을 스마트도시 정책에 포괄하고 있다. Nam & Pardo (2011)는 스마트도시 발전을 위해 기술적 요소 이외에 제도적 측면과 인적자본에 대한 요소의 중요성을 지적하며 스마트도시의 핵심요소로 기술, 제도, 인적요소를 언급했다.

한편 스마트도시는 명확한 이미지와 목표(end)를 갖고 있기 보다는 현재도시를 효과적이고 효율적으로 진화시키기 위한 ‘수단’으로 보는 관점(DBIS, 2013)이 있다. ‘스마트(smart)’한 도시는 수단에 초점을 둔 정의로 볼 수 있으며, 궁극적인 스마트도시의 목적으로 지속가능성(sustainability)이 언급되고 있다 (Camagni et al., 1998; Campbell, 1996; Giddings et al., 2002). Tpppeta (2010)는 스마트도시 목적을 지속가능성 증대와 거주성 개선, Kourtit와 Nijkamp (2012)는 사회경제적, 생태적, 합리적 측면과 경쟁력 측면의 도시기능 강화를 스마트도시 목적으로 보았으며, 이는 3축의 지속가능성과 동일하다고 볼 수 있다.

비록 스마트도시에 대한 다양한 논의와 개념이 있고 스마트도시 정책을 접근하는 방식이 다양하지만, 본 연구는 협의적 관점으로 접근하여 정보통신 기술을 주요 수단으로 활용하는 도시로서 사회적

경제적 환경적 지속가능성 증대를 목적으로 하는 도시를 스마트도시로 정의한다. 이러한 접근은 국내의 스마트도시 사업이 주로 기술중심의 유비쿼터스 도시사업으로 진행되어 왔고, 본 연구의 초점이 국내 스마트도시의 정책효과를 실증적으로 검토하는 것이기 때문이다.

2. 정보통신기술과 통행행태 연구

스마트도시를 정보통신기술이라는 수단을 활용하여 효과적으로 지속가능성을 증대시키는 도시로 정의하고 다양한 스마트도시 정책 중 교통부문 정책으로 한정해 보면, 정보통신기술이 어떻게 효과적으로 자가용 통행을 줄이고 대중교통 이용을 증대시켰는지 검토해야 한다. 이러한 논의는 정보통신기술 발전이 통행행태에 미친 효과 연구로 귀결되며, 많은 연구가 교통수요변화에 집중하고 왔다.

전통적인 논의는 정보통신기술이 물리적 통행을 대체하느냐에 대한 것으로 이를 긍정하는 대체이론(substitution)과 이를 부정하는 상보이론(complementary)이 있다. 대체이론은 첨단기술의 등장으로 기존 업무를 어디서나 자유롭게 처리할 수 있게 됨으로서 일상생활과 관련한 통행을 정보통신기술이 대체한다는 이론 (Selvanathan & Selvanathan, 1994; Tonn & Hemrick, 2004)이다. Balepur et al.(1998)와 Henderson & Mokhtarian (1996)은 기술발달에 따른 재택근무의 증가로 정보통신기술에 의해 통행이 대체된다는 것을 실증적으로 보여주었으나, Mokhtarian(1998; 2009)과 Zhu(2013)는 재택근무로 인해 늘어난 자유시간, 장기적 관점에서 도심외곽의 주거지 선호에 의한 주거이동 효과, 그 밖에 여러 다른 이유들로 인해 재택근무의 긍정적 효과의 영향력이 점차 감소한다는 것을 보였다.

하지만 정보통신기술 인프라가 상대적으로 좋은 대도시에서 교통혼잡과 이에 따른 환경문제가 악화되어 가는 대체이론에 대한 실증적 반증이 증가하면서 정보통신기술 발달과 물리적 통행은 서로 상보적 관계를 갖고 있다는 이론(Choo & Mokhtarian, 2007; Srinivasan & Athuru, 2004; Wang & Law, 2007)이 대두되었다. 최근 Hong & Thakuriah(2015)은 스코틀랜드의 데이터를 기반으로 인터넷 이용시간과 통행패턴과의 관계를 분석하여, 인터넷을 많이 이용하는 사람들이 그렇지 않은 사람들에 비해 자동차와 대중교통 모두를 더 자주 이용하며, 총 이동거리가 증가함을 보였다. 이론적으로 정보통신기술을 활용하여 기존에 비해 더 많은 정보를 획득하고 늘어난 정보는 물리적 통행 증가와 연결된다는 것이다. 이러한 논의를 지속가능성 측면과 연계하여보면 대체이론은 정보통신기술 이용이 물리적 활동을 감소시켜 환경적 지속가능성을 증대시키나 상보이론은 환경적 지속가능성을 악화시킨다고 해석할 수 있다.

하지만 이러한 극단적인 논의를 대신하여 혼잡통행을 감소하고 통행시간 단축을 위해 정보통신기술을 적극적으로 이용하여 통행 패턴을 변화시킨다는 수정이론(modification)이 등장하였다. Salomon (1985; 1986)은 정보통신기술을 활용하여 통행경로(travel route) 변경, 통행수단(travel mode) 변경, 그리고 다양한 통행수단(multi-modal) 이용 등 도로 상황에 맞춰 통행행태를 변경한다는 이론이며, 대체이론과 상보이론 모두 정보통신기술 효과를 과도·과소 추정한다고 비판하였다. Mokhtarian et al.(2004)과 Krizek et al.(2005)은 정보통신기술이 전면적으로 물리적 통행을 대체하거나 상보하는 경우를 발견하기 어렵다고 보고 통행수단이나 통행목적별로 차이가 나며, 정보통신기술에 의해 통행패턴을 수정하는 것은 실증적으로 쉽게 확인할 수 있다고 주장하였다.

반면 정보통신기술이 통행행태 변화에 크게 영향을 주지 않는다는 중립성이론(neutrality)도 있다. Hjorthol(2002)은 1997-1998년 노르웨이 통행설문 자료를 바탕으로 가정 내 컴퓨터의 이용과 물리적 통행간의 관계에 대한 실증분석의 결과 두 요소 간에 통계적으로 유의미한 관계를 확인하지 못했다. 비록 집에 컴퓨터를 갖고 있는 사람들의 통행이 감소하긴 했지만, 전체 통행량에서는 컴퓨터를 소유하지 않은 사람들과 통계적으로 유의미한 차이를 확인하지 못한 것이다.

이러한 정보통신기술과 통행행태에 대한 논의는 아직도 진행중이며 정보통신기술 특성과 분석대상 도시 특성에 따라 상이한 결론을 내고 있다. 본 연구의 초점은 수정이론과 중립성이론을 검토하는 것을 목적으로, 구체적으로는 버스정보시스템 기술로 버스정보안내단말기(Bus Information Terminal, BIT)가 통행행태에 미친 영향을 중심으로 분석하고자 한다.

III. 대중교통부문의 스마트도시 정책

1. 국내 교통부문 스마트도시 정책

국내 모든 스마트도시 관련 개발은 법·제도적 완비를 통해 정부주도로 진행되어 왔다 (표1). 초기 국내 교통부문 스마트도시는 유비쿼터스 도시정책 보다는 주로 지능형교통체계(Intelligent Transportation System, ITS)계획으로 수정 및 개량화되었으나, 최근에는 지자체별로 유비쿼터스(최근 '스마트'로 명명 변경) 도시정책으로 교통체계가 개선되는 경우도 증가하고 있다.

다른 유비쿼터스도시계획 사업에 비해 교통부문에 투입된 국가 재정은 상대적으로 상당히 대규모이다. 국토교통부 주도로 2009년부터 2013년까지

총 5년간 지자체의 'U-시범도시사업'과 'U-Eco City사업 (R&D)'에 투자한 금액은 각각 550억과, 990억으로 지자체의 안전관련 CCTV를 포함하여 지자체 수준의 교통서비스나 저소득층 지원 서비스 등 다양한 서비스를 포함한 금액이다. 반면 2001년부터 2010년까지 'ITS 기본계획 21'에 따라 교통부문에 투자된 예산은 2조 4,037억원이며 2014년까지 누적 재정투입규모는 4조 1,725억 (감사원, 2015) 수준이다.

Table 1. Establishment of Laws, Guidelines and Plan related to Smart City Transportation Sector

| Class | Date | Laws, Guidelines & Comprehensive Plan |
|--------------------|----------------------|--|
| Laws | Aug. 9, 1999 | National Transport System Efficiency Act |
| Enforcement Decree | Aug. 9, 1999 | Enforcement Decree of the National Transport System Efficiency Act |
| Laws | Sep. 29, 2008 | Act on the Construction, ETC, of Ubiquitous Cities |
| Enforcement Decree | Sep. 29, 2008 | Enforcement Decree of Act on the Construction, ETC, of Ubiquitous Cities |
| Laws | Dec. 10, 2009 | National Transport System Efficiency Act |
| Enforcement Decree | Jan. 07, 2010 | Enforcement Decree of the National Transport System Efficiency Act |
| Enforcement Rules | Jan. 29, 2010 | Enforcement Rules of the National Transport System Efficiency Act |
| Guidelines | Jun. 27, 2013 | Ubiquitous City Planning Guidelines |
| Guidelines | Jun. 27, 2013 | Ubiquitous City Construction Business Guidelines |
| Guidelines | Jun. 27, 2013 | Ubiquitous City Infrastructure Management Guidelines |
| Guidelines | Jun. 27, 2013 | Ubiquitous Urban Technology Guidelines |
| Plan | Oct. 04, 2013 | The 2 nd Ubiquitous City Comprehensive Plan |
| Laws | Mar. 21, 2017 | Act on the Construction, Industry Promotion ETC, of Smart Cities |
| Enforcement Decree | Sep. 19, 2017 | Enforcement Decree of Act on the Construction, Industry Promotion ETC, of Smart Cities |

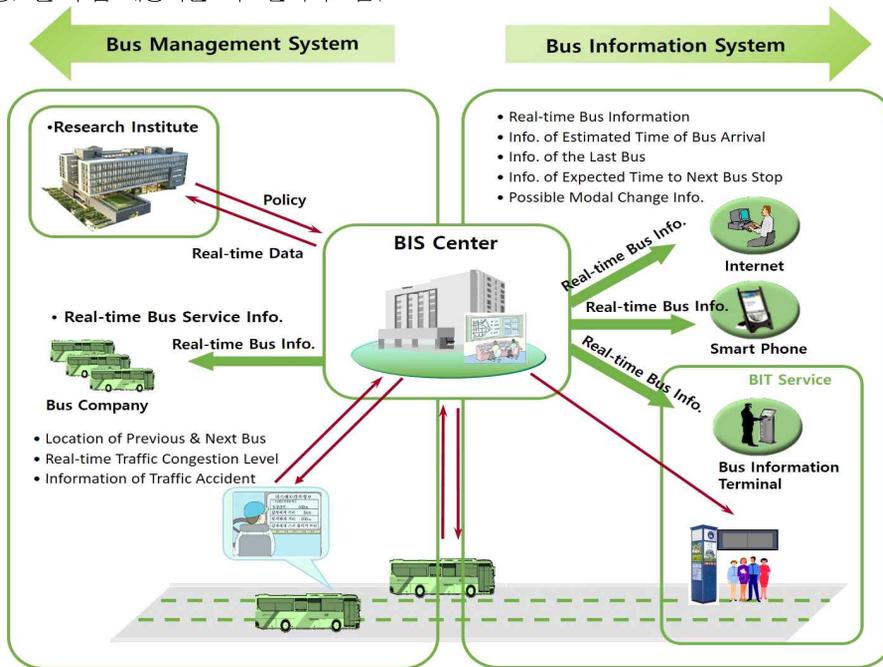
2. 버스정보안내단말기와 버스정보시스템

국내에서 약 20년 전에 시작한 첨단교통체계(ITS)와 약 10년 전부터 추진해 온 유비쿼터스 도시의 대중교통 정책은 주로 지하철 정보와 버스정보시스템(BIS) 등의 실시간 정보통신기술에 초점을 맞추고 있다. 2000년대 중반 이후 버스와 지하철 등 대중교통관련 정보를 실시간(real-time)으로 이용할 수 있는 기술의 발달은 버스정보시스템(BIS)의 구축으로 이어졌으며, 버스정보시스템에서 데이터를 수집·분석한 정보를 기반으로 다양한 정보통신기술을 통해 일반이용자에 전달됨에 따라 교통정보가 통행행태에 다양한 방식으로 영향을 준 것으로 추정된다.

서병민·조준서(2012)에 따르면, 광의의 버스정보시스템(BIS)은 사업시행자와 버스 운영자를 대상으로 버스 정보를 수집·제공하는 버스관리시스템(Bus

Management System; BMS)과, 버스이용자를 대상으로 서비스하는 협의의 버스정보시스템(BIS) 모두를 포괄하는 개념이다. 버스 정보를 수집·가공·제공하는 BIS센터가 버스운행자에게 정보를 주는 경우를 주로 버스관리시스템(BMS)이라고 명명하고, 버스 이용자에게 정보를 줄 경우 버스정보시스템(BIS)이라는 용어를 사용한다(그림 1). 서울시의 경우 BMS를 먼저 도입한 후 BIS를 나중에 서비스했다.

국토교통부(2016) 보고서에 따르면, 2015년 기준 국내 버스정보시스템(BIS)은 전국 162개(광역시8, 기초154) 지자체 중 75개(46.0%) 지역에서 구축·운영되고 있으며, 대부분 수도권과 인구밀도가 높은 대도시권 중심으로 구축되었다. 주로 수도권과 인구밀도가 높은 대도시 지역에 구축·운영되는 것은 정보수요가 인구밀도가 높은 지역에서 높아 우선 투자된 것으로 보인다. 2015년 기준 10개 지자체에서



Source: ROTIS, 2013. The Status and Issues of Bus Information System.

Figure 1. The Role of Bus Information Terminal (BIT).

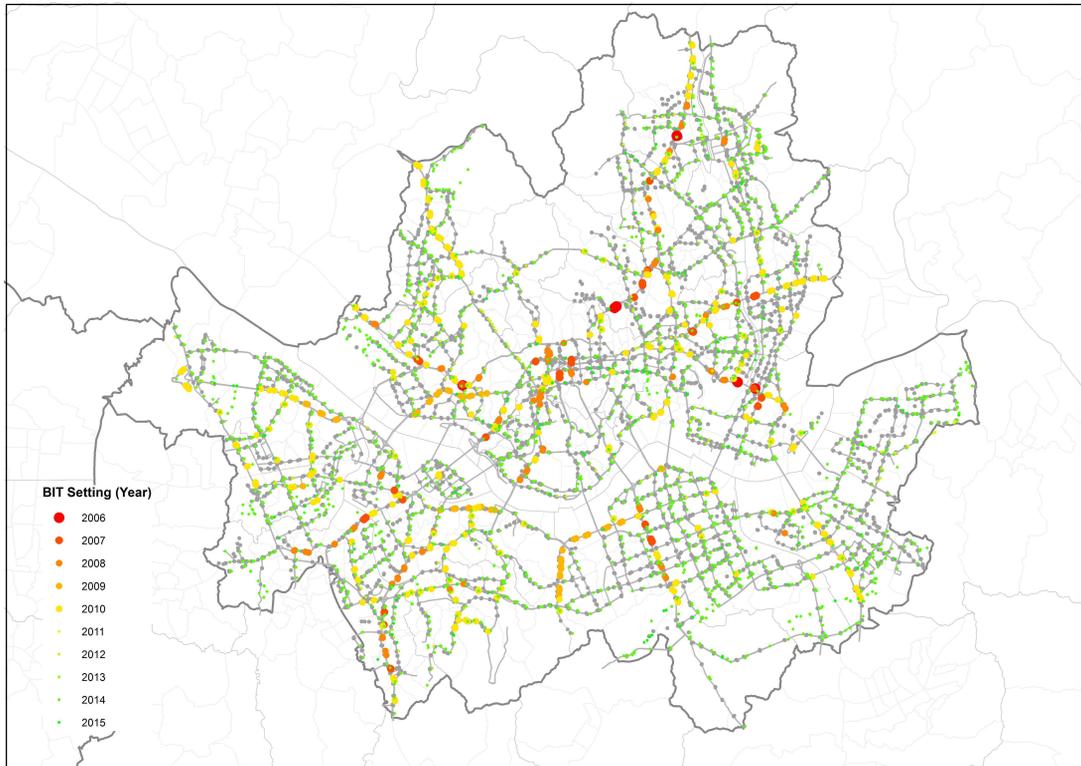


Figure 2. The Installed Locations of BIT from 2006 to 2015.

구축 중이며, 2016년 19개 지자체가 신규 도입 예정에 있어 계획된 지자체를 포함하면 전체 구축 지자체 104개, 미 구축 지자체 58개로 약 64.8% 지자체가 구축 중이라고 할 수 있다.

3. 버스정보안내단말기(BIT)

버스정보시스템 중 버스이용자를 대상으로 교통 정보를 제공하는 방식은 유무선 인터넷/모바일 서비스를 비롯하여 버스정보안내단말기, 스마트폰 등 다양한 종류가 있다(그림 1). 버스정보안내단말기는 버스정류소에 설치되어 실시간으로 버스도착예정시간을 알려주는 교통정보매체로서 서울시의 경우 2006년 기준 7개소에 설치된 것이 매년 증가하여, 2015년말 기준 3500개 이상의 정류소에 설치되었

다(그림 2). 특히 2014년 KT의 가로변 BIT사업을 통해 설치소 개수가 급격히 증가하였다. 현재 서울시 전체 버스정류장 중 약 1/3 정도 설치되었으며, 최근에도 지속적으로 설치하고 있다. 2016년에 300대를 설치했고, 2017년 내에 400대를 추가로 설치할 계획을 갖고 있다.

4. BIT 설치 효과에 관한 기존연구 검토

버스정류장에 실시간 버스도착예정시간을 알려주는 BIT 서비스는 해외에서도 다양한 지역에 도입되었고, BIT가 통행행태에 미친 영향에 대한 연구는 다양하다. 하지만 BIT 효과에 대한 연구는 크게 1) 심리적 만족도 증가, 2) 인지적 대기시간 감소, 3) 대중교통에 대한 지불가능성 (willingness-to-pay)

Table 2. Previous Studies of the Influences of BIT on Travel Behavior

| Previous Studies | Positive Psychological Elements | Reduced Perceived Wait Time | Increased Willingness-to-Pay | Increased Ridership | Reduced Travel Time |
|---|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|
| Widler et al.(1989): (Edvardsson, B. (1998)) | | | ·Increased | | |
| Smith et al.(1994) | ·Positive | ·Reduced | ·Increased | | ·Reduced |
| Abdel-Aty&Jovanis(1995) | | | | ·Increased | |
| Nijkamp et al.(1996) | ·Positive | ·Reduced | | | ·Reduced |
| Sekara&Karlsson(1997) | ·Positive | | | | |
| Infopolis2(1998) | ·Positive | ·Reduced | | ·Increased | ·Reduced |
| Peng & Huang (2000) | | | | ·Increased | |
| Abdel-Aty (2001) | | | | ·Increased | |
| Intermobil(2002) | | | | ·Increased | |
| Lehtonen&Kulmala(2002) | | | | ·Increased | ·Reduced |
| GoTiC(2002) | ·Positive | | | | |
| Rolefson(2003) | | | | ·Increased | |
| Science Applications International Corporation (2003) | ·Positive | ·Not Significant | | | |
| Schweiger(2003) | ·Positive | ·Reduced | ·Increased | ·Not Sig. | ·Reduced |
| Dziekan(2004) | | | ·Not Sig. | | |
| Dziekan&Sedin(2005) | | | | | ·Not Sig. |
| Cham (2006) | | | | ·Increased | |
| Chorus et al.(2006) | | | | ·Not Sig. | |
| Dziekan&Vermeulen(2006) | | ·Reduced | | | ·Not Sig. |
| Dziekan et al. (2006) | ·Positive | | | | |
| Body (2007) | | | | ·Increased | |
| Dziekan&Kottenhoff(2007) | | ·Reduced | | | ·Reduced |
| Holdsworth et al.(2007) | | | | ·Not Sig. | |
| Zhang et al.(2008) | | | | ·Not Sig. | |
| Ferris et al.(2010) | ·Positive | | | | |
| Watkins et al.(2011) | | ·Reduced | | | ·Not Sig. |
| Alves et al.(2012) | | | | ·Increased | |
| Tang&Thakuria(2012) | | | | ·Increased | |
| Rahman et al.(2013) | | | ·Increased | | |
| Vonderschmitt(2014) | | | | ·Increased | |
| Brakewood et al.(2014) | | ·Reduced | | | |
| Brakewood et al.(2015) | | | | ·Increased | |

증대, 4) 대중교통분담률 증가, 5) 통행시간 감소 등으로 나눌 수 있다 (표 2). 초기연구들은 실시간 도착예정정보가 아니라 버스정류장에 버스도착 스케줄을 서비스할 경우 효과에 대한 연구를 중심으

로 이루어 졌다. 먼저 다수의 연구에서 BIT서비스는 교통정보의 불확실성 감소효과가 있어 인지적 대기시간(perceived wait time)을 감소시키는 것으로 나타

났다. Smith et al. (1994)는 런던 자료를 통해 버스정류장 스케줄 제공이 버스도착정보에 대한 정시성이 떨어짐에도 불구하고 인지적 대기시간을 감소시키는 효과를 보였다. 다음으로 일부 연구에서 버스스케줄 제공이 지불가능성 증가에 효과적인 반면 최근 연구(Dziewan, 2004)는 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 대중교통분담율에 관한 효과도 연구에 따라 상이한 경향이 있다. 통행행태 변화에 관한 연구를 보면 Nikamp et al. (1996)은 Birmingham지역의 경우 버스가 언제 도착할지 알 경우 약 20% 사람들이 버스정류소를 떠나 쇼핑이나 은행업무를 본 것으로 나타났다. Southampton지역은 버스도착시간이 상당히 많이 남았다는 것을 알았을 때 통행수단을 변화시켰다. 39%는 도보로, 30%는 다른 정류소를 선택했고, 7%는 택시를 선택했다.

IV. 실증분석

1. 연구 범위 및 분석 모형

본 연구는 서울시를 대상으로 버스정류장에 BIT가 설치되기 이전인 2005년부터 설치되기 시작한 2006년을 포함하여 2015년까지 11년간의 서울서베이의 개인(individual) 단위의 데이터 표본 502,487개를 활용하여 버스이용만족도 (5점척도: 1점-매우 불만족, 5점-매우만족)와 통행수단으로 버스를 선택하는데 버스정보안내단말기(BIT)설치가 미친 효과를 고정효과 패널모형으로 분석하였다. 보다 구체적으로 통행수단으로 버스선택에 미친 영향은 다수준 로짓(multi-level logit model) 모형으로 고정효과 연도더미를 넣어 고정패널형 모형으로 분석하였고, 버스이용만족도에 미친 영향은 다수준 순서형 로짓 (multilevel ordered logit model) 모형으로

이 경우도 마찬가지로 연도더미를 추가하여 고정패널형 모형으로 분석했다. 다수준 모형을 적용한 것은 통행수단선택이나 버스이용만족도에 개인 특성 뿐만 아니라 근린환경요소도 영향을 준다는 점을 반영한 것으로, 본 연구에서는 행정동별 임의절편효과(random intercept effect)를 고려한 모형을 사용하였다. 한편 5점 척도의 버스이용만족도의 경우 서열척도에 의한 이분산을 보정하기 위해 순서형로짓 분포로 추정하였고 통행수단모형의 경우 단순로짓 분포로 추정하였으며, 두 경우 모두 연계함수(link function)로 누적로짓함수(cumulative logit)를 적용하였다.

서울서베이에서 제공하는 성별, 나이, 소득수준, 교육수준, 근무여부, 직종 등의 기초자료에, 서울시의 설치시기별 버스정보안내단말기 좌표와 버스전용차로(Bus Rapid Transit) 정보, 동별 인구밀도, 도로밀도, 토지이용관련하여 주거, 상업 및 녹지비율, 구별 휘발유가격, 등의 자료를 합쳐(merge) 주요 고정효과 변수로 사용하였다. 본 연구는 BIT가 버스선택이나 버스이용만족도에 미친 한계효과를 파악하기 위한 연구로 개인의 소득수준, 교육수준, 나이, 직종 등의 특성과 BIT단말기를 제외한 지역별 특성, 시계열 변화에 다른 기타 효과를 통제하기 위해 다양한 변수를 고려하였다.

2. 변수선정 및 기술통계

기존연구에서 인지적 대기시간 감소나 심리효과를 분석한 것을 반영하여 본 연구에서는 버스이용만족도를 주요 종속변수 중 하나로 분석하였다. 서병민과 조준서 (2010)의 연구에서 이용자관점에서 인터넷, ARS, 버스정보안내단말기(BIT)의 만족도를 비교하여, 버스정보안내단말기의 만족도가 다른기기에 비해 상대적으로 높다는 것을 밝혔다. 김순자

외 (2013)는 부산광역시를 대상으로 BIT의 만족도를 유용성, 편의성, 가용성 등으로 구분하여 구조방정식 모형으로 분석하여 편의성이 만족도에 가장 큰 영향을 미친다는 분석을 내렸다. 하지만 두 연구 모두 버스이용에 대한 전반적인 만족도를 고려하여 만족도에 미칠 수 있는 다양한 요소를 통제된 상태에서 BIT가 만족도에 미치는 한계효과를 분석한 것은 아니며, BIT의 시기별 만족도에 미친 영향의 변화를 파악하기는 어렵다.

한편 특정시기의 대중교통분담율 효과에 대한 기존 연구를 반영하여 BIT가 버스선택에 미친 영향을 분석하였다. 버스선택에 미친 영향은 심리적 만족감을 넘어 BIT의 실질적인 효과로 볼 수 있으며, BIT 설치가 대중교통 선호에 긍정적인 영향을 미친다면 스마트도시의 수단으로 버스정보안내단말기의 근원적인 목적을 달성했다고 할 수 있다.

아래 <표 3>은 본 연구에서 이용하거나 함께 조사하기 위해 주요 종속변수와 독립변수의 2005년부터 2015년까지 11년간 평균값과 5년 단위의 3시기별 대푯값을 나열한 기초통계자료이다. 주요 종속변수로 사용한 버스서비스 만족도와 통행수단으로 버스를 선택한 비율은 11년간 일부 등락은 있었으나 평균적으로 증가하였다. 버스서비스는 3.46에서 3.75로 증가하였고, 통행수단으로 버스를 선택한 비중은 전체 통행수단 중 41%에서 45%로 미미하나 마 증가하였다.

본 연구에서 핵심 독립변수로 이용한 BIT설치에 관한 변수는 시기별 평균 설치개수 대신 누적 설치개수를 분석에 이용하였다. 이는 지역 내 특정시기에 BIT가 설치된 효과보다는 지역 내에 존재하는 전체 BIT 개수가 만족도나 통행수단선택에 영향을 미칠 것이라는 가정이 있기 때문이다. 버스서비스의 만족도와 버스선택에 주로 영향을 미칠 수 있는 중요한 통제변수로 버스전용차로(BRT) 연장을 포함하였다. 본 연구에서는 중앙버스전용차로와 가로변 버

스전용차로를 구분하지는 못하였으나, 버스전용차로는 버스속도에 직접적인 영향을 줄 수 있기 때문에 통제변수로 고려하였으며 이 변수 또한 누적 연장값을 이용하여 분석하였다.

지역별 주요 통제변수로는 토지이용계획 상 주거지, 상업지, 녹지의 비율과 인구밀도, 도로밀도 등을 고려하였고, 개인별 통제변수로 나이, 소득수준, 교육수준, 직종, 등 여러 요소를 고려하였다.

3. 분석결과

<표 4>는 버스정보안내단말기가 통행수단으로 버스선택에 미친 영향을 2005년부터 2015년까지 11년간 지역단위 변수, 임의절편과 개인별 특성을 반영한 다수준 로짓 모형으로 분석한 결과이다. 종속변수는 버스선택 여부이고, 버스선택모형2는 버스선택에 영향을 줄 수 있는 다양한 변수를 모두 포함하여 분석한 결과이며, 모형1은 버스안내단말기 변수를 제외한 모든 변수를 포함한 분석이다.

OLS의 모형적합도는 일반적으로 총변동합에 대한 독립변수들로 설명되는 부분의 총합으로 설명되나, MLE로 추정하는 모든 모형은 아직까지 학계에서 합의된 일반적 모형적합도 산정방식은 없다. 다양한 학자들에 의해 다양한 방식으로 모형적합도 산식이 제안(Aldrish & Nelson, 1984; Demaris, 1991; Hagle & Mitchell, 1992)되고 있으나, 본 연구는 OLS의 모형적합도 결과와 가장 유사한 Hagle & Mitchell (1992)의 산정방식을 적용했다. 그 결과 모형2의 적합도가 조금 높았으나 두 모형 모두 약 50%정도로 추정되었다.

Table 3. Summary Statistics from 2005 to 2015

| Variable | Mean | '05 | '10 | '15 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Bus Satisfaction (Likert Scale) | 3.46 | 3.25 | 3.46 | 3.75 |
| Subway Satisfaction (Likert Scale) | 3.63 | 3.51 | 3.70 | 3.79 |
| Travel Mode: the Ratio of public Transit Choice | 0.56 | 0.55 | 0.58 | 0.59 |
| Travel Mode: the Ratio of Complex Travel Mode Choice | 0.20 | 0.17 | 0.21 | 0.20 |
| Travel Mode: the Ratio of Bus Choice | 0.41 | 0.38 | 0.44 | 0.45 |
| Travel Mode: the Ratio of Subway C. | 0.35 | 0.34 | 0.33 | 0.32 |
| Travel Mode: the Ratio of Bike Choice | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 |
| Travel Mode: Walk | 0.17 | 0.20 | 0.16 | 0.11 |
| (Dong Level) Avg. # of BIT Installation | 0.24 | 0.00 | 0.84 | 0.48 |
| (Dong Level) Avg. Cumulative # of BIT Installation | 0.92 | 0.00 | 1.49 | 8.38 |
| (Dong level) Avg. BRT Extension | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.07 |
| (Dong level) Avg. Cumulative BRT Extension | 0.38 | 0.21 | 0.44 | 0.59 |
| Avg. Age | 43 | 42 | 43 | 45 |
| Professional Job Ratio | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.09 |
| Office Job Ratio | 0.19 | 0.15 | 0.21 | 0.42 |
| Service worker Ratio | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.17 |
| Student Ratio | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.00 |
| Zoning (Residential) | 0.57 | 0.57 | 0.57 | 0.58 |
| Zoning (Commercial) | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| Zoning (Green) | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.37 |
| Pop. Density | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.03 |
| Road Density | 0.80 | 0.79 | 0.79 | 0.82 |
| Monthly Income Level 1 (less than 1 million won) | 0.04 | 0.06 | 0.02 | 0.04 |
| M. Income Level 2 (1 - 2 million won) | 0.11 | 0.18 | 0.07 | 0.18 |
| M. Income Level 3 (2 - 3 million won) | 0.19 | 0.28 | 0.16 | 0.26 |
| M. Income Level 4 (3 - 4 million won) | 0.26 | 0.25 | 0.27 | 0.24 |
| M. Income Level 5 (4 - 5 million won) | 0.19 | 0.11 | 0.22 | 0.15 |
| M. Income Level 6 (more than 5 m. won) | 0.22 | 0.12 | 0.26 | 0.14 |
| Edu. Level 1 (Middle School) | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.02 |

| | | | | |
|----------------------------------|------|------|------|------|
| Edu. Level 2 (High School) | 0.36 | 0.35 | 0.36 | 0.36 |
| Edu. Level 3 (Univ. Graduation) | 0.43 | 0.33 | 0.48 | 0.24 |
| Edu. Level 4. (high than Master) | 0.02 | 0.03 | 0.00 | 0.38 |

지역(행정동)간 차이 정도는 집단 내 상관관계 (intraclass correlation)로 파악할 수 있는데, 지역 간 분산비율과 개인별 분산비율의 합 중 지역간 분산비율의 비율로 확인할 수 있다. 본 연구에서 채택한 모형은 임의효과(random effect)에 개인수준 절편을 넣지 않은 모형으로 Snijders & Bosker (1999)에 따르면 개인수준의 분산비율은 전체 모형의 잔차 분산값으로 대체할 수 있다. 모든 독립변수들을 제외한 공모형(empty model)으로 분석한 결과, 지역간 분산비율이 약 14% (개인간 분산은 약 0.54, 지역간 분산은 약 0.09)로 나타났다. 즉, 전체 모형의 분산 중 약 14%가 지역간 차이에 의한 것으로 다수준 모형 분석이 필요하다는 것을 반증한다. 임의절편계수가 공모형 0.086에서 고정효과 변수를 넣었을 때, 0.069까지 감소하여 분석에 활용한 지역변수들이 지역분산을 줄인 것으로 추정된다.

분석결과는 거주지역 주변에 버스정보안내기가 설치되어 있는 버스정류소가 증가할수록 통계적으로 유의하게 버스를 통행수단으로 선택할 확률이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 성별, 나이, 소득수준, 교육수준, 직업 등 개인별 특성을 통제하고 지역별 특성을 통제한 한계효과이다. 시기별 BIT효과를 재검토하기 위해 <표4>와 동일한 종속변수에 추세 변수와 연도 더미 변수들을 제거하고 선행 모형과 동일한 통제변수를 넣어 BIT가 설치되기 시작한 2006년(2005년에는 설치대수 0임)부터 2015년까지 10년간 누적된 BIT 설치 효과를 매년 각각 분석한 결과, 2015년을 제외한 모든 경우 통계적으로 유의하게 영향을 미쳤으나 그 계수값은 2006년 0.011에

서 2015년 0.001로 점차 감소하여 BIT 영향력은 감소한 것으로 보인다. 비록 영향력은 감소하고 있으나 스마트도시의 계획수단으로 버스정보안내단말기는 버스선택에 긍정적으로 영향을 미친다고 결론 내릴 수 있으나, 계수값의 크기가 버스전용차로 효

과에 비해 상대적으로 적다는 것을 확인 할 수 있다.

기타 통제변인들은 기대한 수준과 크게 다르지 않았다. 20대가 가장 많이 버스를 이용하는 것으로 나타났으며, 30-40대로 올라갈수록 버스이용률이

Table 4. The Influence of BIT on the Choice of Bus as Travel Mode (2005-2015).

| Variable | Model 1 | | | Model 2 | | |
|------------------------------------|-----------------------|------------------|-----|---------------|-------------|-----------|
| | Coef. | t-value | | Coef. | t-value | |
| Fixed Effects | | | | | | |
| Intercept | -0.403 | -3.22 | *** | -0.348 | -2.61 | *** |
| | <Remove Year Dummies> | | | | | |
| Sex | -0.503 | -60.16 | *** | -0.503 | -60.16 | *** |
| Age (10s) | -0.091 | -3.85 | *** | -0.090 | -3.83 | *** |
| Age (20s) | 0.605 | 42.52 | *** | 0.605 | 42.54 | *** |
| Age (40s) | -0.287 | -24.21 | *** | -0.287 | -24.19 | *** |
| Age (older than 50) | -0.344 | -26.53 | *** | -0.344 | -26.52 | *** |
| Income Level 1 | 0.006 | 0.18 | | 0.006 | 0.17 | |
| Income Level 2 | 0.090 | 5.4 | *** | 0.089 | 5.37 | *** |
| Income Level 4 | -0.105 | -8.59 | *** | -0.106 | -8.62 | *** |
| Income Level 5 | -0.079 | -6.04 | *** | -0.080 | -6.07 | *** |
| Income Level 6 | -0.195 | -14.84 | *** | -0.195 | -14.87 | *** |
| Edu. Level 1 | -0.337 | -22.01 | *** | -0.337 | -22.01 | *** |
| Edu. Level 3 | -0.036 | -3.66 | *** | -0.036 | -3.68 | *** |
| Edu. Level 4 | -0.236 | -7.83 | *** | -0.235 | -7.80 | *** |
| Worker (status) | -0.117 | -1.73 | * | -0.113 | -1.67 | * |
| Professional Job | -0.351 | -24.23 | *** | -0.351 | -24.26 | *** |
| Service Worker | -0.071 | -6.12 | *** | -0.072 | -6.15 | *** |
| Student | 0.311 | 4.46 | *** | 0.314 | 4.51 | *** |
| Trend | 0.060 | 8.03 | *** | 0.046 | 3.39 | *** |
| Gasoline Price | 0.040 | 0.43 | | 0.040 | 0.44 | |
| Pop. Density | 0.320 | 0.09 | | 0.751 | 0.22 | |
| Road Density | 0.139 | 1.78 | * | 0.135 | 1.73 | * |
| Zoning (Residential) | 0.197 | 1.56 | | 0.158 | 1.20 | |
| Zoning (Commercial) | -0.189 | -0.73 | | -0.270 | -1.01 | |
| Bus Rapid Rail | 0.010 | 2.74 | *** | 0.008 | 2.06 | ** |
| BIT | | | | 0.003 | 2.27 | ** |
| Random Effects: <i>long</i> | | | | | | |
| | Variance | Component (V.C.) | | V. C. | | |
| Level-2 Intercept | 0.070 | 10.03 | *** | 0.069 | 10.01 | *** |
| Model Fit | | | | | | |
| BIC | | 314,562 | | 312,315 | | |
| -2LL | | 313,711 | | 311,471 | | |
| Pseudo R-sq | | 49.73% | | 50.26% | | |

Note: * p-value<0.1, ** p-value<0.05, *** p-value<0.01. Intraclass Correlation Coefficient (ICC)=.138 (empty model). Values based on SAS PROC GLIMMIX. Estimation Method: Laplace.

Reference Group: Age (30s), Income Level (level 3), Education Level (level 2), Job (Not in categories of Professional Job, Service Worker, Student).

떨어졌으나 50대 이상에서 40대보다는 조금 증가한 것을 볼 수 있다. 하지만 가장 버스를 적게 이용하는 계층은 10대로 나타났다. 소득수준이 증가할수록 버스이용률은 감소하였으나 월소득수준이 100만원 이하인 집단의 버스이용률은 200-300만원대 집단에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 이는 100만원 이하 집단이 실업한 비율과 집에서 가까운 일터에서 도보를 이용하여 통행할 가능성이 상대적으로 높기 때문으로 추정한다. 직종의 경우 전문직을 갖고 있는 집단이 가장 버스이용률이 저조했으며, 다음으로 서비스직종이며, 학생인 경우 가장 많이 이용하는 것으로 나타났다.

지역변수로는 인구밀도가 높을수록 버스를 이용할 확률이 높았으나 도로밀도나 주거지비율은 통계

적으로 유의한 영향을 미치지 못했다. 모형에 따라 상업지비율이 증가할 경우 버스이용률이 통계적으로 감소한 경우가 있는데, 이는 주거지역 내 상업지가 있을 경우 상대적으로 혼잡도가 커 지하철을 이용할 확률이 클 것으로 추정되며, 일부 계층은 주거지 주변의 상업지로 출근하거나 쇼핑이나 다른 목적통행을 할 확률이 크기 때문으로 추정된다.

〈표 5〉는 버스정보안내단말기가 버스이용 만족도에 미친 영향을 다수준 순서형로지 모형으로 분석(2005년부터 2015년까지)한 결과로 모형적합도는 약 60%에 조금 미치지 못했다. 하지만 버스정보안내단말기는 통계적으로 유의한 영향을 미치지 못하였다. 앞서 〈표 4〉의 버스선호 모형 결과와 상이

Table 5. The Influence of BIT on Bus Satisfaction as Travel Mode (2005-2015).

| Variable | Model 1 (empty model) | | | Model 2 | | | Model 3 | | | |
|---|-----------------------|-----------|-----|---------------|---------|-----|---------------|-------------|-----|--|
| | Coef. | t-value | | Coef. | t-value | | Coef. | t-value | | |
| Fixed Effects | | | | | | | | | | |
| Intercept5 | -4.245 | -103.43 | *** | -3.735 | -19.94 | *** | -3.663 | -18.40 | *** | |
| Intercept4 | -2.219 | -63.77 | *** | -1.708 | -9.18 | *** | -1.636 | -8.27 | *** | |
| Intercept3 | -0.079 | -2.33 | ** | 0.436 | 2.34 | ** | 0.508 | 2.57 | ** | |
| Intercept2 | 2.667 | 75.55 | *** | 3.185 | 17.10 | *** | 3.257 | 16.44 | *** | |
| <All Indep. variables of Model 2 & 3 are same with Model 1 & 2 in Table 4, but this table does not show non-significant variables & year dummies> | | | | | | | | | | |
| Age (20s) | | | | 0.195 | 5.69 | *** | 0.195 | 5.70 | *** | |
| Age (40s) | | | | 0.220 | 5.93 | *** | 0.220 | 5.92 | *** | |
| Age (older than 50) | | | | 0.395 | 9.69 | *** | 0.395 | 9.69 | *** | |
| Income Level 5 | | | | 0.072 | 3.95 | *** | 0.073 | 3.98 | *** | |
| Income Level 6 | | | | 0.093 | 5.06 | *** | 0.094 | 5.11 | *** | |
| Professional Job | | | | -0.221 | -9.85 | *** | -0.221 | -9.86 | *** | |
| Service Job | | | | -0.046 | -2.72 | *** | -0.046 | -2.75 | *** | |
| Trend | | | | 0.097 | 8.50 | *** | 0.121 | 5.92 | *** | |
| BRT | | | | 0.014 | 2.41 | ** | 0.017 | 2.79 | *** | |
| BIT | | | | | | | 0.005 | 1.45 | | |
| Random Effects: dong | | | | | | | | | | |
| | | V. C. | | | V. C. | | | V. C. | | |
| Level-2 Intercept | 0.277 | 11.63 | *** | 0.161 | 0.02 | *** | 0.159 | 10.09 | *** | |
| Model Fit | | | | | | | | | | |
| BIC | | 1,148,886 | | 802,661 | | | 796,928 | | | |
| -2LL | | 1,147,233 | | 801,560 | | | 795,835 | | | |
| Pseudo R-sq | | - | | 58.65% | | | 59.31% | | | |

Note: * p-value<0.1, ** p-value<0.05, *** p-value<0.01. Intraclass Correlation Coefficient (ICC)=.186 (Model 1). Values based on SAS PROC GLIMMIX. Estimation Method: Laplace. Ref. Group is same with Table 4.

한 결과의 원인을 파악하기 위해 시기별, 집단별로 나누어 추가적인 분석을 시행했다.

먼저 <표 5> 모형과 같은 버스만족도를 종속변수로 두고 추세 변수와 연도 더미변수를 제거한 뒤 선행 모형과 동일한 기타 통제변수를 넣어 매년 단위로 재분석한 결과, 버스정보단말기가 보급되기

시작한 2006년부터 2010년까지 약 5년간은 통계적으로 유의하게 만족도에 긍정적인 영향을 준 반면, 2011년 이후에도 긍정적으로 영향을 미치지만 통계적으로 유의하지는 않았다. <표 5>의 모형과 동일한 모형으로 분석하되 2005년부터 2010년까지 자료만으로 재분석을 한 결과, 버스정보안내기의 계수

Table 6. The Influence of BIT on Bus Satisfaction with Interaction Terms (2005-2015).

| Variable | Model 4 | | Model 5 | | Model 6 | |
|--|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| | Coef. | t-value | Coef. | t-value | Coef. | t-value |
| Fixed Effects | | | | | | |
| <All indep. variables are same with Model 3 in Table3 5 except for interaction terms. This table shows only the variables related to interaction terms.> | | | | | | |
| Age10 (10s) | -0.029 | -0.97 | -0.015 | -0.50 | -0.034 | -0.74 |
| Age20 (20s) | 0.072 | 3.87 *** | 0.175 | 5.52 *** | 0.192 | 5.60 *** |
| Age30 (40s) | 0.072 | 4.10 *** | 0.202 | 5.80 *** | 0.227 | 6.07 *** |
| Age50 (o.t. 50) | 0.145 | 7.48 *** | 0.388 | 9.86 *** | 0.423 | 9.82 *** |
| └ Age10×BIT | 0.045 | 0.97 | | | | |
| └ Age20×BIT | 0.157 | 4.21 *** | | | | |
| └ Age40×BIT | 0.188 | 4.56 *** | | | | |
| └ Age50×BIT | 0.309 | 6.94 *** | | | | |
| Income Level1 | -0.013 | -0.28 | 0.040 | 0.52 | -0.005 | -0.10 |
| Income Level2 | -0.026 | -1.11 | -0.028 | -0.75 | -0.026 | -1.11 |
| Income Level3 | 0.022 | 1.31 | 0.109 | 3.35 *** | 0.024 | 1.43 |
| Income Level5 | 0.070 | 3.86 *** | 0.201 | 5.09 *** | 0.072 | 3.97 *** |
| Income Level6 | 0.093 | 5.07 *** | 0.140 | 3.54 *** | 0.094 | 5.09 *** |
| └ Income1×BIT | | | 0.164 | 1.44 | | |
| └ Income2×BIT | | | 0.117 | 1.09 | | |
| └ Income4×BIT | | | 0.071 | 1.69 * | | |
| └ Income5×BIT | | | 0.070 | 2.05 ** | | |
| └ Income6×BIT | | | 0.028 | 1.61 | | |
| Edu. Level1 | -0.037 | -1.66 * | -0.012 | -0.54 | -0.017 | -0.37 |
| Edu. Level2 | -0.026 | -1.86 * | -0.021 | -1.55 | -0.019 | -0.70 |
| Edu. Level4 | -0.066 | -1.41 | -0.065 | -1.38 | -0.087 | -1.18 |
| └ Edu1×BIT | | | | | 0.005 | 0.45 |
| └ Edu2×BIT | | | | | 0.004 | 0.42 |
| └ Edu4×BIT | | | | | 0.041 | 0.44 |
| BRT | 0.017 | -2.78 *** | 0.017 | -2.78 *** | 0.017 | 2.78 *** |
| BIT | 0.005 | -1.39 | -0.005 | 1.37 | 0.005 | 1.40 |
| Random Effects: dong | | | | | | |
| | V. C. | | V. C. | | V. C. | |
| Level-2 Intercept | 0.126 | 11.53 *** | 0.125 | 11.49 *** | 0.124 | 11.52 *** |
| Model Fit | | | | | | |
| BIC | 779,655 | | 785,403 | | 791,202 | |
| -2LL | 778,566 | | 784,306 | | 790,106 | |
| Pseudo R-sq | 60.98% | | 60.44% | | 59.87% | |

Note: * p-value<0.1, ** p-value<0.05, *** p-value<0.01. Ref. Group are same with Model 3 in Table 5.

값은 약 0.022로 유의수준 5%에서 통계적으로 유의한 결과를 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 스마트폰의 보급과 무관하지 않은 것으로 추정된다. 스마트폰 보급이 본격화된 2010년 이전에는 주로 버스정보안내단말기를 통해 도착시간을 확인함으로써 그 효용도 높았던 반면, 스마트폰이 보급된 이후에는 일반인들은 대중교통정보를 버스정류소에 직접 확인하기보다는 주로 스마트폰을 통해 확인함으로써 버스정보안내단말기의 효용감소가 만족도 감소로 이어진 것으로 추정한다.

반면 만족도 분석을 고려자 집단, 임산부, 영유아나 저소득계층 혹은 교육수준이 낮은 교통약자로 한정하여 유의한 효과가 있는지 확인하기 위해 나이와 BIT의 상호작용변수, 소득수준과 BIT의 상호작용변수, 그리고 교육수준과 BIT 상호작용변수를 각각 포함하여 분석하였다(표 6). 교육수준의 상호작용변수는 대상에 관계없이 통계적으로 유의한 효과가 없었고, 소득수준의 경우에도 저소득계층의 경우 BIT가 설치되었다고 버스이용만족도에 영향을 주진 못했다. 오히려 소득수준이 평균이상인 집단의 경우 BIT설치가 만족도에 긍정적으로 영향을 주는 것으로 나타났으나 만족도에 미치는 영향력은 크지 않은 것으로 나타났다. 반면 나이는 10대를 제외하고 나이가 많을수록 버스정보안내단말기 설치에 따른 만족도가 통계적으로 유의하게 커지는 것으로 나타났다.

V. 결론

이러한 실증분석 결과들은 정책적으로 매우 중요한 함의를 갖고 있다. 먼저 버스정류소에 지속적으로 설치되고 있는 버스정보안내단말기가 정말 효용이 있는 스마트도시계획시설인지 재검토가 필요하다. 비록 버스정보안내단말기가 설치된 경우 버스를

선택할 확률이 통계적으로 유의하게 큰 것으로 나타났다. 그러나 2006년 처음 설치된 이후 그 효과가 2015년까지 감소해 왔고, 버스이용 만족도의 경우 11년간 패널분석 결과로 보면 통계적으로 유의하지 않기 때문이다. 모바일 인터넷이용실태조사(2013-2015)에 따르면, 이동중인 교통수단안에서 스마트폰을 통한 인터넷 이용 비율이 3년 평균 약 85% 수준이고, 스마트폰 앱을 이용하여 대중교통 도착시간을 확인하는 비율은 2013년 55.9%, 2014년 58.6%, 2015년 62.7%로 지속적으로 증가하고 있다. 이러한 현실을 반영하면 스마트도시 시설로서 버스정보안내단말기의 효용은 크지 않아 정책수요에 맞춰 수단을 변경할 필요가 있다.

버스안내단말기가 정보를 제공하는 방식은 스마트폰이 일반화된 현재에는 더 이상 적절한 기술로 보기 어렵다. 한때 유비쿼터스 서비스로 제공되던 미아서비스 팔찌나 독거노인 모니터링 팔찌 등도 건강기능이나 통화기능을 포함한 스마트워치로 대체되고 있다. 시장에서 빠른 기술변화에 모든 스마트도시 정책이 부응하기란 어려울 수 있다. 하지만 시장에 맞춰 제공하는 서비스를 바꿀 수 있는 유연성도 정책에 포함되어야 한다. 한편 기술이나 제도가 부족해서 일반인들의 기대를 따라가지 못하는 부문들도 있다. 전기나 수자원의 생산·운반·소비 등에 정보통신기술을 접목하여 생산자와 소비자가 서로 교환될 수 있고 상호작용할 수 있는 스마트 그리드(Smart Grid) 혹은 스마트 워터 그리드(Smart Water Grid)는 아직도 개발중인 비싼 스마트 서비스이다. 성공적인 스마트도시를 위해 현재 가용한 기술 중 효용이 높은 서비스를 발빠르게 발굴할 수 있는 추진체계나 방안이 필요하다.

기술적 측면에서 적정기술이 관건이라고 한다면, 시민 입장에서는 유용하고 체감도 높은 서비스를 제공할 수 있는지가 관건이다. 특히 변화하는 트렌드에 맞춰 시민들과 같은 눈높이의 소프트한 정

책이 필요하다. 약 10여년 동안 지역별로 차이가 있으나 다양한 유비쿼터스 서비스가 실험적으로 제공되었다. 하지만 주로 기술 중심적이며, 정부 주도형 서비스들이었으며, 많은 서비스가 지속되지 못했다. 시민이 함께 참여하고 만들어갈 수 있는 스마트도시 정책이 필요하다.

다음으로 교통약자에 대한 배려가 필요하다. 상대적으로 스마트폰 이용률이 낮은 계층들, 본 연구의 결과 상 나이가 많은 집단의 경우, 버스정보안내단말기의 효용은 커지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 버스정보안내단말기를 없애고 스마트폰 중심으로 모든 서비스를 옮겨가기 보다는 현재 스마트 서비스의 주요 대상을 교통약자로 구체화하고 버스정보안내단말기의 폰트 크기를 크게 하거나, 맹인이나 소인을 위해 음성서비스를 시행하는 등 수요에 맞는 서비스를 제공해야 한다는 것이다.

본 연구가 버스정보시스템에 대한 스마트도시시설을 중심으로 그 효과에 대해 분석하였으나 이러한 결과는 비단 대중교통의 스마트도시 시설과 계획에 한정되지는 않을 것이다. 빠르게 변하고 있는 정보통신기술에 맞춰 적정기술을 선택하고, 수요자의 기대치 변화를 모니터링하여 그 수준에 맞는 서비스로 전환시켜야 한다는 것이다. 그리고 디지털 시대에 정보 약자를 위한 정책들이 필요하다.

본 연구에서는 노령층이 버스이용과 관련한 교통약자로 추정되었으나 스마트도시 서비스의 종류에 따라 소득계층이나 학력수준에 따라 다양한 정보약자가 존재할 것이다. 그들이 겪는 정보격차(digital divide)를 감소하기 위한 교육기회 확대 정책도 필요하다. 하지만 스마트도시 정책의 성과물에 정보약자들도 쉽게 이용하고 접근할 수 있는 배려깊은 스마트 디자인이 필요하다.

스마트도시는 현재 진행되고 있는 미래도시이다. 현재 다양한 정책이 펼쳐지고 있지만 정책과정에 보다 세심한 주의와 관심을 갖는다면 미래도시에서

소외된 계층을 줄이고 스마트도시의 본 목적인 효율성에 조금 더 가까이 다가갈 것이다.

인용문헌

References

1. The Board of Audit and Inspection Act, 2015. *Report: ITS Construction and Operation Status*, Sejong.
2. Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, 2016. *The Study of Introduce National BIS and Integrated Service Plan*, Sejong.
3. Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, 2016. *Smart City*. http://www.molit.go.kr/7works/content/sub_0501.jsp.
4. Kim, S. J, Hong, S. G, Cha, Y. S, & Kim, J. W., 2013. "An Empirical Study on the Factors to Affect a BIS Use and Its Vitalization Plan : Busan Metropolitan City", *Journal of the Korea Society of IT Services*, 12(1): 1-14.
5. Kim, J. Y, Jo, C. H, Jang, S. J, Yun, E. J., 2016. *2015 Survey on the Mobile Internet Usage Executive*, Seoul: Korea Internet & Security Agency.
6. Seo, B. M, & Jo, J. S., 2012. "Seoul City Bus Information System(BIS) Case Study: Analysis of the Effect of User View". *Global Management Research*, 24(2): 29-52.
7. Im J. M, Yoo, J. Y, Jang, S. J, Lee, J. H. Yoo, J. M, 2014. *2013 Survey on the Mobile Internet Usage Executive*. Seoul: Korea Internet & Security Agency.
8. Im J. M, Yoo, J. Y, Jang, S. J, Lee, J. H. Yoo, J. M, 2015. *2014 Survey on the Mobile Internet Usage Executive*, Seoul: Korea Internet & Security Agency.
9. Abdel-Aty, M.A., & Jovanis, P.P., 1995. The effect of ITS on transit ridership. ITS

- QUARTERLY, 3(2): 21-25.
10. Abdel-Aty, M.A., 2001. "Using ordered probit modeling to study the effect of ATIS on transit ridership", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 9(4): 265-277.
 11. Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R.M., 2015. "Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives", *Journal of Urban Technology*, 22(1): 3-21.
 12. Alexander, B., Ettema, D., & Dijst, M., 2010. "Fragmentation of work activity as a multi-dimensional construct and its association with ICT, employment and sociodemographic characteristics", *Journal of Transport Geography*, 18(1): 55-64.
 13. Allwinkle, S., & Cruickshank, P., 2011. "Creating Smart-er Cities: An Overview", *Journal of Urban Technology*, 18(2): 1-16.
 14. Balepur, P.N., Varma, K.V., & Mokhtarian, P.L., 1998. "Transportation impacts of center-based telecommuting: interim findings from the neighborhood telecenters project", *Transportation*, 25(3): 287-306.
 15. Camagni, R., Capello, R., & Nijkamp, P., 1998. "Towards sustainable city policy: an economy-environment technology nexus". *Ecological economics*, 24(1): 103-118.
 16. Campbell, S., 1996. "Green cities, growing cities, just cities?: Urban planning and the contradictions of sustainable development", *Journal of the American Planning Association*, 62(3): 296-312.
 17. Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P., 2011. "Smart cities in Europe", *Journal of urban technology*, 18(2): 65-82.
 18. Caragliu, A., & Del Bo, C., 2012. "Smartness and European urban performance: assessing the local impacts of smart urban attributes", *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 25(2): 97-113.
 19. Choo, S., & Mokhtarian, P.L., 2007. "Telecommunications and travel demand and supply: Aggregate structural equation models for the U.S." *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(1): 4-18.
 20. Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J.R., Mellouli, S., Nahon, K., Pardo, T.A., & Scholl, H.J., 2012. "Understanding smart cities: An integrative framework System Science (HICSS)", Paper presented at 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii: University of Hawaii at Monoa.
 21. DBIS., 2013. *Smart Cities: Background paper. (BIS-13-1209)*. London.
 22. Giddings, B., Hopwood, B., & O'brien, G., 2002. "Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development", *Sustainable development*, 10(4): 187-196.
 23. Krizek, K.J., Li, Y., & Handy, S.L., 2005. "ICT as a substitute for non-work travel: a direct examination", Paper presented at TRB 2005 Annual Meeting, 개최지역명: 개최장소명.
 24. Henderson, D.K., & Mokhtarian, P.L., 1996. "Impacts of center-based telecommuting on travel and emissions: analysis of the Puget Sound Demonstration Project", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1(1): 29-45.
 25. Hjorthol, R.J., 2002. "The relation between daily travel and use of the home computer". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 36(5): 437-452.
 26. Hollands, R.G., 2008. "Will the real smart city please stand up?", *City*, 12(3): 303-320.
 27. Hong, J., & Thakuria, P., 2015. "Relationship Between Motorized Travel and Time Spent Online for Non-Work Purposes: An Examination of Location Impact", *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(7): 617-626.
 28. Mokhtarian, P., 2009. "If telecommunication is such a good substitute for travel, why does

- congestion continue to get worse?”, *Transportation Letters*, 1(1): 1-17.
29. Mokhtarian, P. L., 1990. “A typology of relationships between telecommunications and transportation”, *Transportation Research Part A: General*, 24(3): 231-242.
 30. Mokhtarian, P. L., 1998. “A Synthetic Approach to Estimating the Impacts of Telecommuting on Travel”, *Urban Studies*, 35(2): 215-241.
 31. Mokhtarian, P.L., 2000. Telecommunications and travel. *Transportation in the new millennium*, Transportation Research Board, Washington, DC.
 32. Mokhtarian, P.L., 2004. “A conceptual analysis of the transportation impacts of B2C e-commerce”, *Transportation*, 31(3): 257-284.
 33. Nam, T., & Pardo, T.A., 2011. “Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions”, Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times, New York.
 34. Navigant Research., 2014. “Investment in Smart City Technologies is Expected to Exceed \$174 Billion from 2014 to 2023”, Retrieved on Oct. 15, 2014. Accessed on May 16, 2016.
 35. Sinkiene, J., Grumadaite, K., & Liugailaite-Radzvickiene, L., 2014. “Diversity of theoretical approaches to the concept of smart city”, Proceedings of the 8th International Scientific Conference “Business and Management”, Lithuania: Vilnius Gediminas Technical University.
 36. Monfaredzadeh, T., & Krueger, R., 2015. “Investigating social factors of sustainability in a smart city”, *Procedia Engineering*, 118: 1112-1118.
 37. Ojasalo, J., & Tähtinen, L., 2016. “Integrating Open Innovation Platforms in Public Sector Decision Making: Empirical Results from Smart City Research”, *Technology Innovation Management Review*, 6(12):38-48.
 38. Papa, R., Gargiulo, C., & Galderisi, A., 2013. “Towards an urban planners’ perspective on smart city”, *TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 6(1): 5-17.
 39. Salomon, I., 1985. “Telecommunications and travel: substitution or modified mobility?”, *Journal of transport economics and policy*, 19: 219-235.
 40. Salomon, I., 1986. “Telecommunications and travel relationships: a review”, *Transportation Research Part A: General*, 20(3): 223-238.
 41. Selvanathan, E.A., & Selvanathan, S., 1994. “The demand for transport and communication in the United Kingdom and Australia”, *Transportation Research Part B: Methodological*, 28(1): 1-9.
 42. Srinivasan, K., & Reddy Athuru, S., 2004. “Modeling interaction between internet communication and travel activities: Evidence from Bay Area, California, Travel Survey 2000”, *Transportation Research Record*, 1894: 230-240.
 43. Tonn, B.E., & Hemrick, A., 2004. “Impacts of the use of e-mail and the Internet on personal trip-making behavior”, *Social Science Computer Review*, 22(2): 270-280.
 44. Valocchi, F.M., 2013, April 24. “The Urban Data Revolution: How Cities Can Use Analytics To Do More With Less”, Fobes, <https://www.forbes.com/sites/energysource/2013/04/24/the-urban-data-revolution-how-cities-can-use-analytics-to-do-more-with-less/#4b94ecae0c79>
 45. Van Wee, G., Chorus, C., & Geurs, K., 2013. “ICT, travel behavior and accessibility: A review of literature, a conceptual model and a research agenda”, *Journal of Transport and Land Use*, 6(3): 1-16.
 46. Vilhelmson, B., 1999. “Daily mobility and the

- use of time for different activities”, *The case of Sweden. GeoJournal*, 48(3): 177-185.
47. Wang, D., & Law, F.Y.T., 2007. “Impacts of Information and Communication Technologies (ICT) on time use and travel behavior: a structural equations analysis”, *Transportation*, 34(4): 513-527.
48. Wang, J. Y., & Wu, T. L., 2015. “Effects of real-time transit information services on the patronage behavior of passengers”, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 38(8): 1010-1019.
49. Zhang, F., Shen, Q., Clifton, K.J., 2008. “Examination of traveler responses to real-time information about bus arrivals using panel data”, *Transportation Research Record*, 2082: 107-115.
50. Zhu, P., 2013. “Telecommuting, household commute and location choice”, *Urban Studies*, 50(12): 2441-2459.
51. Zito, P., & Salvo, G., 2012. “Latent class approach to estimate the willingness to pay for transit user information”, *Journal of Transportation Technologies*, 2(3): 193-203.

Date Received 2017-09-24
Reviewed(1st) 2017-11-19
Date Revised 2017-11-22
Reviewed(2nd) 2017-12-06
Date Accepted 2017-12-06
Final Received 2018-01-22