Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 21(1) 2018, pp. 57-70 ISSN 1226-9719(Print)On
https://doi.org/10.11108/kagis.2018.21.1.057 ISSN 2287-6952(Online)

공간 빅데이터를 위한 동태적 시각화 모형의 개발과 적용

김동한[1※] · 김다윗[1]

Development and Application of Dynamic Visualization Model for Spatial Big Data

Dong-han KIM[1※] · David KIM[1]

요 약

빅데이터 시대로 진입하게 되면서 전 세계적으로 생산 및 공유되어지는 무수한 양의 데이터를 활용하고자 하는 노력이 곳곳에서 이루어지고 있다. 특히, 이러한 데이터와 발전된 기술을 통해 국토와 도시 공간에서 일어나는 현상들을 분석함으로써 기존의 전통적 방식에서 보여주지 못하던 새로운 정보를 제공 할 수 있는 가능성과 이에 대한 기대가 커지고 있다. 따라서 기존의 틀을 넘어서는 정보의 구득 방식, 활용 및 전달을 위한 과학적이고 효과적인 방법과 수단이 필요하며 이를 공공의 의사결정의 지원수단으로 활용하려는 노력도 함께 요구된다. 이 연구는 국토도시계획지원(planning support)의 한 수단으로 공간 빅데이터의 동태적 시각화 모형의 개발과 실증적용에 주요한 목적을 두고 수행하였다. 주요한 내용은 다음과 같다. 첫째, 데이터 시각화의 개념과 의미와 함께 계획지원 또는 의사결정에서의 공간 빅데이터 시각화의 적용이 가지는 효용성을 살펴보고 시사점을 고찰하였다. 둘째, 공간 빅데이터 동태적 시각화 모형을 개발하고, 제주도를 대상으로 실증적용을 수행하였다. 도시 공간의 현황 파악과 문제 해결을 지원하기 위한 데이터의 시각화 자체는 새로운 것은 아니다. 그러나 빅데이터와 새로운 시각화 툴을 활용할 경우 기존의 방식과는 차별되는 결과를 도출할 수 있다. 본 연구는 위와 같은 내용을 바탕으로 향후 계획지원을 위한 데이터 시각화의 활용성을 체계적으로 검토하고, 이를 확대하기 위한 방안을 구축하는데 필요한 시사점을 제시하였다.

주요어 : 공간 빅데이터, 빅데이터 어낼리틱스, 빅데이터 시각화, 계획 지원

ABSTRACT

The advancement and the spread of information and communication technology (ICT)

2017년 7월 31일 접수 Received on July 31, 2017 / 2018년 3월 12일 수정 Revised on March 12, 2018 / 2018년 3월 13일 심사완료 Accepted on March 23, 2018

1 국토연구원 국토계획 · 지역연구본부 National Territorial & Regional Research Division, Korea Research Institute for Human Settlements
※ Corresponding Author E-mail : dhkim@krihs.re.kr

changes the way we live and act. Computer and ICT devices become smaller and invisible, and they are now virtually everywhere in the world. Many socio-economic activities are now subject to the use of computer and ICT devices although we don' t really recognize it. Various socio economic activities supported by digital devices leave digital records, and a myriad of these records becomes what we call 'big data' . Big data differ from conventional data we have collected and managed in that it holds more detailed information of socio-economic activities. Thus, they offer not only new insight for our society and but also new opportunity for policy analysis. However, the use of big data requires development of new methods and tools as well as consideration of institutional issues such as privacy. The goals of this research are twofold. Firstly, it aims to understand the opportunities and challenges of using big data for planning support. Big data indeed is a big sum of microscopic and dynamic data, and this challenges conventional analytical methods and planning support tools. Secondly, it seeks to suggest ways of visualizing such spatial big data for planning support. In this regards, this study attempts to develop a dynamic visualization model and conducts an experimental case study with mobile phone big data for the Jeju island. Since the off-the-shelf commercial software for the analysis of spatial big data is not yet commonly available, the roles of open source software and computer programming are important. This research presents a pilot model of dynamic visualization for spatial big data, as well as results from them. Then, the study concludes with future studies and implications to promote the use of spatial big data in urban planning field.

KEYWORKDS : Spatial Big Data, Big Data Analytics, Big Data Visualization, Big Data, Planning Supp

서 론

수년전부터 인터넷과 IoT, 통신환경의 변화에 따른 무수한 양의 빅데이터가 도시 내에서 생산되고 있으며, 이를 처리하고 활용하기 위한 기술의 발달이 이루어지고 있다. 또한 도시 내의 복잡한 현상과 방대한 디지털 데이터를 공공과 대중에게 효과적이며 이해하기 쉬운 형태로 제공하는 데이터 시각화의 기술이 중시되고 있다. 하지만 우리나라의 경우 체계적인 데이터 활용 및 분석기술의 적용을 통한 정책지원의 수단으로의 빅데이터 활용은 아직까지 미흡한 부분이 있다고 할 수 있다.

다양한 종류의 빅데이터를 활용·분석하여 기존의 방식과 기술로는 확인하기 어려웠던 도시 내의 역동적인 활동과 움직임, 상호작용, 패턴 등을 분석하고, 이를 과학적 정책지원수단으로 활용하기 위해서는 생산되는 데이터의 특징을 파악하고 이를 효과적으로 수집·정제·전달 할 수 있는 적합한 방식과 툴의 개발이 필수적이다.

최근 빅데이터와 컴퓨팅 기술의 발전으로 인해 데이터의 수치나 통계정보를 그래프, 표의 형태로 표현하는 전통적인 방식을 넘어서는 데이터 시각화의 기술과 활용성이 확대되어 가고 있다. 즉, 많은 데이터를 한 번에 나타내기에는 전통적 방식이 한계를 가지기 때문에, 시각화의 기술적 요소와 더불어 데이터의 요약과, 한눈에 살펴볼 수 있는 시각화의 방법론적 요소의 중요성이 커지고 있다(Kim, 2013). 해외 선진국의 경우 빅데이터를 활용하여 다양하고 새로운 시각화를 시도하고 정책지원에 활용하고 있다. 우리나라도 최근 데이터의 시각화를 통한 정책지

원과 공공정보의 제공에 있어 시각화의 중요성이 인식되어, 일부에서는 실용화의 노력이 이루어지고 있다. 일례로, 서울시의 경우 '열린데이터 광장 시각화 서비스' 를 구축하고, 시의 재정 등의 통계를 인포그래픽 방식으로 제공하고 있다. 공공데이터와 함께 사용자가 직접 자신이 가진 데이터도 다양한 방식으로 시각화 할 수 있는 도구를 웹 기반에서 제공한다. 하지만, 이러한 방식은 궁극적으로 빅데이터를 분석하고 시각화하여 나타내기에는 용량 및 표현방식 등에 한계를 가진다.

본 연구는 이러한 배경 속에서 공간 빅데이터의 시각화가 가지는 정책지원수단으로의 특징과 장점을 밝히고자 하며, 이를 위한 동태적 시각화 모형을 개발하고자 하였다. 그리고 실증 분석을 통해 시각화의 활용성을 검토하고 시사점을 제공하고자 한다. 공간 빅데이터의 동태적 시각화를 위해 오픈소스 소프트웨어인 프로세싱(Processing)의 라이브러리를 활용하여 자바(Java) 언어로 모형을 설계하였으며, 제주도를 대상으로 휴대폰 기반의 유동인구 데이터를 활용하여 시간별 활동의 변화를 미시적이고 동태적으로 시각화하였다.

데이터 시각화의 개념과 의미

1. 데이터 시각화의 발전 흐름

정보의 시각화는 인류의 역사와 함께 발전되어 오고 있다. 원시시대의 벽화 위의 동물그림이나 파피루스 위에 남겨진 이집트의 사후세계의 모습 등은 인간이 정보를 시각화하여 저장하려는 노력이 인류의 역사와 함께 진행되어 왔다는 것을 말해주고 있다. 뿐만 아니라 기하학의 다이어그램, 우주의 별과 태양 등의 위치와 움직임, 탐사를 위한 지도 등은 현실 세계의 모습을 그 활용목적에 맞도록 시각화하여 표현한 것이라 할 수 있겠다. 이 후, 수학과 물리, 통계 등의 지식의 발달 과정에서 현상을 관찰, 측정하여 결과를 나타내기 위한 테이블, 도표 등의 등장은 현대까지 이어져 온 분석을 목적으로 한 시각화의 시초라 말할 수 있다.

17세기에는 영토의 확장과 관련된 항해술, 천문학, 지도 작성법 등이 발전하였다. 또한 시공간, 거리 등의 물리적 특성을 측정할 필요가 발생하면서 기하학, 측정 및 추정, 확률 및 인구통계학 등 새로운 이론들이 발달하였다. 따라서 이러한 필요와 이론들을 이해하고 전달하기 위한 시각적 표현의 방법들이 함께 개발되었다. 18세기에는 새로운 그래픽 형태가 등장하게 되는데, 단순히 지리적 위치를 나타내는 지도에서 등고선과 같이 추가적인 정보를 개념화하여 전달하려는 시도가 이루어졌으며, 통계에서는 추상적 그래프와 함수 등의 표현이 다루어졌다. 이는 단순히 현실에 존재하는 사물의 모습을 간략하게 표현하는 시각화를 뛰어넘어 정보에 규칙을 부여하고, 추상적 개념을 표현하는 방식을 통해 더 많은 정보를 '보는 것' 으로 전달하고자 하는 시도로 볼 수 있다. 또한 경제, 의학 등의 분야에서도 주제별 지도작성이 시작되었다. 19세기는 계획, 산업, 상업, 운송의 발전에 따라 수치정보가 중요하게 되었고, 통계 이론은 많은 데이터를 이해할 수 있는 수단으로 제공됨에 따라 시각화기술 및 방식도 함께 발전하였다. 20세기에 들어서서는 컴퓨터를 활용한 데이터 분석과 입출력의 노력이 이루어지게 되는데, 통계 결과 및 데이터의 시각화를 위한 프로그래밍 언어와 소프트웨어가 등장하게 되었다.

최근 데이터 시각화의 가장 큰 잠재력은 실시간으로 상호작용할 수 있는 동적인 그래픽 도구의 발전에 의한 데이터 시각화라고 할 수 있다(Friendly, 2006). 고성능 컴퓨터의 등장, 고차원 데이터의 시각화 방식의 개발, 대화형 컴퓨팅기술의 발전과 함께 데이터 저장능력, 분석 및 그래픽 기술 등의 발전과 오픈소스를 통한 활용범위의 확대 덕분에 데이터 시각화가 많은 분야에서 다양하고 빠른 발전을 이루고 있다.

IT기술의 발달과 함께, 인터넷, 통신, 사회관계망 서비스, 대중교통 사용 정보, 신용정보 등 비정형 데이터의 생산이 실시간으로 사회 곳곳에서 이루어지고 있고, 이러한 정보를 기반으로 공공 및 민간 서비스 공급의 확대가 이루어지고

있다. 또한 이렇게 시각화된 데이터를 제공받는 수용자의 범위가 확대되었다. 즉, 초창기 데이터의 시각화는 통계학을 기반으로 프로그래밍 및 수학적 처리에 발맞추어 발전해 왔고, 그 목적이 데이터의 비교, 향후 흐름 파악 등 전문가의 필요에 맞춰져 있어 시각적 표현방법 자체에는 큰 관심을 두지 않았지만(Ahn, 2013), 이제는 시각화된 데이터를 마주하게 되는 대상자의 폭이 넓어지고 있어, 효과적이고 이해하기 쉬운 시각적 이해도에 대한 중요성이 높아지고 있다.

한편, 시각화된 데이터가 불특정 사용자에게 전달될 때, 같은 내용에 대한 주관적 해석으로 인해 사용자 간의 해석의 차이가 발생할 수도 있다는 문제점이 있기에(Kim, 2014) 데이터의 효과적 가공과 명확한 전달이 요구된다. 따라서 통계분석과 디자인적 요소와 함께 정보 지각, 인지 등 시각화와 인간의 정보습득에 관련된 연구도 함께 진행될 필요가 있을 것으로 보인다.

2. 데이터 시각화의 의미와 분류

앞서 살펴본 바와 같이 문명의 발전과 함께 해 온 정보의 시각화에는 공통된 목표가 있는데, 그것은 '정보의 효과적인 교류' 이다. 즉, 특정한 정보를 효과적으로 전달하고 전달받는 것이 그 목적이다. 좀 더 좁은 의미에서 데이터 시각화(data visualization)는 데이터를 시각적으로 표현하는 과학으로, 정보의 속성 혹은 변수 등을 포함하여 개략적인 형태의 추상화된 정보(Friendly, 2009)로 정의되고 있다. 또한, 데이터 시각화의 목적은 시각화(그래픽 수단)를 통해 명확하고 효과적으로 정보를 교류(Communication)하는 것으로 정의되고 있다(Friedman, 2008).

데이터 시각화는 정보 시각화, 과학적 시각화, 인포그래픽스 등으로 나눌 수 있다(Choe, 2013). 정보 시각화(Information Visualization)는 대규모의 데이터를 시각화를 구성하는 색채, 통계(도표, 그래프 등), 이미지 등을 활용하여 요약적으로 표현하는 것이다. 과학적 시각화(Scientific Visualization)는 시뮬레이션 분석 데이터와 같이 복잡하거나 양이 많은 데이터를 사용자가 쉽게 알아보고 활용 할 수 있도록 돕는 것으로, 대표적으로 3차원 그래픽 시각화가 있다. 인포그래픽스는 수치, 텍스트 등 다량의 정보를 차트, 지도, 다이어그램, 로고, 일러스트레이션 등 그래픽 표현 도구를 활용해 정보의 파악을 돕는 방식이라고 할 수 있으며, 인포그래픽이라는 단어 자체가 인포메이션과 그래픽의 조합으로 정보를 그래픽화하여 나타낸다는 의미를 가진다(Choe, 2013).

Yau(2011)는 정보를 시각화하는 방법에 따라 시간 시각화, 분포 시각화, 관계 시각화, 비교 시각화, 공간 시각화로 분류하였다. 시계열 데이터(Time series data)를 시각화하여 시간에 따른 활동의 경향성(트렌드)을 살피고 향후의 변화를 예측할 수 있을 것인데 이를 시간 시각화라 할 수 있다.

분포 데이터(proportional data)는 데이터의 구분을 분류, 세부분류, 가짓수(발생 가능한 결과 수) 단위로 두어 데이터의 전체 분포를 살펴볼 수 있게 도와주며, 관계시각화는 인자들 간의 상관관계를 나타내며 기존의 X축, Y축의 상관관계에 더하여 버블차트와 같이 색깔, 원의 크기 등으로 더욱 많은 상관관계를 하나의 그림에 표현할 수 있는 방식이다. 비교 시각화는 상대적으로 비교해야 될 대상이 많을 경우 시각화를 통해 전체 데이터를 한 번에 볼 수 있고, 또한 비교 단위에 따라 예외 등을 검토할 수 있다. 공간 시각화는 지도상의 데이터를 표현하여 정보를 제공하는 것이다.

두 가지 이상의 시각화 방법이 함께 사용 한다면 더욱 많은 정보를 효과적으로 나타낼 수도 있는데, 예를 들어 시계열 자료가 공간(지도)상에 시간의 흐름에 따라 애니메이션으로 표현된다면 시간에 따른 공간적 변화의 특성을 살펴볼 수 있을 것이다. 이를 통해 특정 지역의 인구 변화, 경제활동의 변화, 부동산 가격의 변화의 패턴 등을 살펴볼 수 있을 것이며, 자료를 보는 이들에게 기존보다 더 많은 정보를 제공하게 된다.

3. 계획지원 과정에서 데이터 시각화의 의미

앞서 언급한 바와 같이 데이터 시각화의 목적이 정보의 효과적 전달이라면, 도시 계획과 관리에 참여하는 다양한 주체들에게 많은 정보가 쉽고 효과적으로 전달되게 할 수 있는 데이터의 시각화는 중요한 도구이다. 많은 데이터들이 모여 정보가 되고, 이는 또 지식이 되어 의사결정에 영향을 미칠 것이다. 더욱이 현재와 같이 도시 곳곳에서 빅데이터가 생성되고 이와 함께 컴퓨터 기술의 발달, 새로운 빅데이터 분석 및 시각화 소프트웨어의 등장에 따라 이전 자료에서 발견하지 못했던 새로운 정보가 시각화를 통해 효과적으로 전달된다면, 이를 활용하는 정책결정자의 통찰력은 증대될 수 있을 것이다. 이는 빅데이터 시각화를 통해 많은 데이터 자료를 짧은 시간 안에 효과적인 방식으로 접하고, 직관적인 이해와 그에 따른 즉각적 상황 판단이 가능해 질 수 있기 때문이다. 그 결과 현재에 대한 좀 더 명확한 관찰과 이를 근거로 한 미래에 대한 예측이 가능할 것이다.

시각화의 필요성은 계획지원시스템의 흐름 속에서도 찾아볼 수 있다. 1950년대부터 컴퓨터를 활용하여 계획에 적용하려는 노력은 꾸준히 이어져 왔다. 하지만, 도시계획 관련 분야에서 컴퓨터를 기반으로 한 지리정보 기술을 활용하여 과학적이고 객관적인 계획을 지원하는 의사결정 지원체계의 결합 개념인 '계획지원시스템(PSS: Planning Support System)'이 등장한 것은 1980년 말 Harris(1989)에 의해서였다. 한편, 계획을 바라보는 시각은 시대에 따라 변화해왔는데, 1960년대는 Lowery 모델(1964) 등과 같이 토지이용, 교통분야 등에서 모델이 개발되며 응용과학적 측면이 강조되었고, 70년대는 정책적(politics) 관점, 80년대는 의사소통(communication)관점이 강조가 되었으며, 1990년대에 들어서는 사회적 소통과 상호간의 의사소통을 통한 공동의 문제해결이라는 관점인 '협력적 논의(reasoning together)' 측면으로의 계획을 바라보았다(Klosterman, 2001). 정보기술에 대한 초점도 시대에 따라 변화하게 되는데, 1960년대는 전자 데이터의 처리기능을 활용하여 효율적인 업무처리 기능이, 70년대에는 데이터를 분석, 요약하여 의미있는 '정보' 제공 기능이 중시되었고, 80년대에는 정보와 경험 등에 기초한 '지식'의 관점에서 정보기술을 바라보게 되며, 사용자와의 소통이 가능한 친사용자적 환경에서 의사결정을 돕는 결정지원시스템(DSS: Decision Support System)[1]이 등장하게 되었다(Klosterman, 2001). 이 후 1990년대에는 정보기술을 '지능'의 관점으로 바라보게 되며, 정보기술이 소통과 공동체의 목표달성, 공동의 문제 해결을 위한 도구로의 역할과 함께 새롭게 등장한 상황과 복잡한 문제 해결을 위한 추론의 역할이 강조되게 된다(Klosterman, 2001).

TABLE 1. Evolving views of planning and information technology (Klosterman(2001))

Years	Planning	Information technology
1960s	Applied science	Data
1970s	Politics	Information
1980s	Communication	Knowledge
1990s	Reasoning together	Intelligence

계획을 바라보는 관점이 의사소통과 집합적 논의로 발전하게 되었고, 정보기술은 사용자 친화적 환경에서 상호소통(interaction)을 통해 의사결정을 지원할 수 있도록 발전하였으며, 동시에 타 시스템과의 연계가 강화되었다. 이에 따라 다른 이들에게 정보를 전달하고, 함께 논의하는 계획의 개념이 가능하고 또 중시되는 상황에서 소통을 위한 정보전달의 효과적인 도구로서 데이터의 시각화는 그 역할이 더욱 중요시 되어가고 있다고 할 수 있다.

Langendorf(2001)는 도시계획 및 관리와 관련한 데이터 시각화의 필요성에 대한 다음의 네 가지의 전제(premise)를 언급하였다. 첫째는 도시와 이웃, 지역은 복잡한 현상들을 내포하고 있으며 이를 이해하고 미래를 예측하는 것은 어

렵다는 점, 두 번째는 시간이 갈수록 과거에 비해 생성되는 정보의 양이 무한히 증대하는 시대에 살고 있다는 점, 세 번째는 복잡한 정보는 시각화를 통해 이해의 폭이 넓어질 수 있다는 점, 마지막으로 의사소통과 협력이 요구되어지는 복잡한 문제해결에 있어서, 시각화는 참여자들의 소통을 돕는 효과를 가진다는 점이다.

도시와 도시 구성원 간의 상호관계는 다양하고 복잡하게 연결되어 있고, 이들로부터 발생하는 활동과 현상들 또한 복잡하다. 도시에서 발생하는 현재의 상황을 명확히 살피고, 미래를 예측하고 계획하는 것이 계획가의 역할이라면 이렇게 복잡하고 빠르게 변화하는 현황을 명확하고 빠르게 이해하는 것이 중요하다. 하지만, 다양한 도시의 현상을 전체적으로 파악하지 못하고 각각의 현상들의 단면들만을 살펴보게 되는 위험성에 대해서 Langendorf(2001)는 '장님이 자신이 만진 코끼리 부위가 코끼리의 전체인 양 생각하는 오류' 를 들어 설명하고 있다. 즉, 도시의 현황을 파악하고자 할 때, 다양한 데이터의 일부만을 보고 해석을 한다면 이러한 오류가 발생할 수 있을 것이고, 많은 데이터를 요약하고 직관적이며 명확한 방식으로 나타내는 시각화는 이러한 오류를 해결할 수 있는 유용한 방식이다.

현재 도시 내에서 데이터는 활발하게 생성되며, 접근도 빨라지고 있다. 공간데이터, 공간데이터와 결합되어진 형태의 데이터, GPS 및 GIS와 고해상도의 위성사진 등의 기술들이 발전되어 오고 있는데 이러한 발전은 도시의 현황을 탐색하고 분석하는 능력을 향상시켰다. 하지만 동시에 과거보다 더 많은 데이터를 다루는 상황은 데이터의 신중한 선정, 정제의 과정을 요구하게 되었다. 또한 시각화를 통한 도시 현상의 복잡한 패턴의 이해를 위해 발전된 방식과 기술이 요구되어 지고 있다.

시각화는 특히 복잡하고 많은 정보를 이해하는데 도움을 줄 수 있다. 시각화의 특성상 정보를 개념화 하는 과정이 포함 될 수 있는데, 이는 현상의 이해에 대한 도움과 창의적인 문제해결 기회를 향상시킬 수 있다. 언어는 마음 속의 구상과 연상을 구체화 한 것이고, 구상은 사람의 마음속에 그림을 그리는 것이라고 할 수 있다(Langendorf, 2001). 시각화는 단지 언어와 개념적 의미를 지원하는 역할을 넘어 그 자체가 사람으로 하여금 빠른 지각(perception)을 가능하게 하고 이는 인지(cognition)적 사고로 연결될 수 있을 것이다. 과학적 시각화는 컴퓨팅의 한 방법으로 현황과 미래의 시뮬레이션을 관찰할 수 있는 방편이다. 머릿속에 있는 현실의 모습에 대한 추측, 미래에 대한 예측과 같이 보이지 않던 것들을 눈앞에 나타내 보이는 도구가 시각화이다. 이러한 과정은 과학적 탐색과 새로운 발견의 과정을 풍성하게 하고, 예측하지 못했던 깊이 있는 통찰력을 불러일으킨다(McCormick *et al.*, 1987).

현대 도시는 더욱 복잡해지고 다양한 이해관계자들이 연결된 많은 문제가 존재한다. 이러한 문제의 해결을 위해서는 참여자들의 의사소통과 협동의 과정이 필요하며, 시각화는 이 과정 속에서 참여자들의 소통과 협력, 상호작용에 유용한 도구로 활용 될 수 있다. 다양한 이해관계자들이 문제 해결에 참여를 원하고, 때로는 많은 참여가 더욱 효과적이고 공평한 제안과 결과도출로 이어질 수 있다. 더욱 복잡한 문제일수록 더욱 많은 이들의 참여와 노력이 요구되어지는 경우가 많은데, 현대 사회와 같이 다양한 사람이 도시에 모여 있는 경우 이들의 서로 다른 배경(문화, 환경, 전공, 언어 등)이 소통과 협력의 장애요인이 될 수도 있다. 시각화는 특히 이러한 상황에서 의사소통과 협력의 도구로 힘을 발휘한다. 이미지는 언어에서 다루지 못하는 이해하기 쉬운 표현방식을 나타내고 서로 다른 배경을 넘나들 수 있는 도구이다. 또한 시각화된 이미지는 더욱 쉽게 기억되고 사람들로 하여금 더욱 신뢰할 수 있게 만드는 경향이 있다. 그것은 대부분의 사람들은 '보이는 것을 믿는다' 라고 생각하고, 때때로 사람들은 언어에 대한 불신과 눈 앞에 나타나 보이는 것에 대한 확신을 가지고 있기 때문일 것이다(Langendorf, 2001).

도시계획에 있어 도시의 현상을 묘사하는 방식은 향후 도시의 실제모습에 영향을 줄 수 있

다. 즉, 도시의 현상을 나타내는 방식에 따라 그 사람이 도시를 어떻게 생각하게 되는지에 영향을 줄 수 있다는 것이다. Bosselmann(1998)은 건축가, 엔지니어, 도시계획가와 같이 도시의 미래를 계획하고 디자인 하는 사람들이 자신들이 도시를 표현하고자 선택한 방식에 의해 도시를 바라보는 시각이 형성되어 가는 과정을 설명하였다. 즉, 현재의 도시 모습과 향후 변화 될 모습을 묘사 할 때, 현실의 복잡성이 다 표현될 수 없기에, 필요에 따라 현실을 추상적으로 표현해야 하는 방식을 선택하는데, 이 묘사의 과정은 머릿속에 복잡한 추론의 과정을 동반 하게 된다. 즉 도시를 표현하기로 선택한 그 방식으로 복잡한 추론을 하게 되고 그 과정에서 그들의 현실을 바라보는 시각이 형성되어 갈 것이다. 그들이 곧 도시를 디자인하고 계획하게 되기에, 궁극적으로 실제 미래의 도시의 형태에 영향을 줄 것이라고 주장하고 있다. 다시 말해, 도시의 미래를 계획하는 사람들이 도시를 표현하는 방식, 그리고 그 방식의 형태와 범위에 따라서 그들의 사고가 영향을 받아 계획하게 되고, 결국 실제 미래 도시의 모습에 반영되어 진다는 것이다. 따라서 현재의 도시의 모습과 미래의 예측 등 도시계획 과정에서 데이터의 표현 방식은 신중하게 고려되어야 할 필요가 있다.

공간 빅데이터 시각화의 중요성과 도전과제

1. 빅데이터와 공간빅데이터의 특성

빅데이터에 관해서는 학자들마다 조금씩 다르게 정의하고 있으나 일반적으로 빅데이터는 그 양이 방대하고 복잡하여 기존 데이터 처리와 관련한 소프트웨어의 기능을 넘어서는 대량의 정형, 비정형 데이터라고 정의되고 있다. 빅데이터가 가지는 특징은 흔히 3V(Volume, Variety, Velocity)로 그 양이 방대하고 형태가 다양하며, 그 생성 속도가 실시간으로 처리될 필요를 가진다는 것인데, 최근에는 3V에 Veracity(정확성), Value(가치)등의 추가적 개념을 포함하여 설명하기도 한다.

빅데이터는 개인이나 기업 등 미시적인 행위주체의 사회경제활동을 기반으로 실시간적으로 생성되고 지속적으로 축적되므로 기존의 정기적 또는 비정기적 현장조사에 기반하여 생산되는 사회경제 통계데이터에 비해 더욱 미시적(micro)이고 동태적(dynamic)인 특징을 가지고 있다고 할 수 있다. 한편 공간 빅데이터는 빅데이터의 일반적인 속성을 공유하면서 이에 더하여 위치적 정보와 장소적 특성을 가지는 빅데이터라고 할 수 있다(Kim, 2015). 즉, 빅데이터의 일반적인 속성데이터와 위치정보가 결합된 데이터라고 할 수 있으며 따라서 그 활용도가 매우 크다고 할 수 있다. Kim(2015)은 이러한 공간 빅데이터를 크기가 큰 공간 데이터와(big spatial data)와 공간성을 가지는 빅데이터(spatially enabled big data)로 다시 구분하고 각각에 대해 설명하였다. 전자는 데이터의 크기가 큰 공간 데이터(고해상도 위성데이터, 격자단위 공간정보 등)이며, 후자는 위치정보를 포함하거나 향후 가공을 통해 위치정보를 부여할 수 있는 데이터로 최근 그 중요성과 활용성이 부각되고 있는데, 휴대폰 데이터, 교통카드 데이터, 신용카드 데이터 등이 이에 해당한다고 할 수 있다.

2. 공간 빅데이터 시각화의 필요성

공간 빅데이터는 기존 빅데이터의 특성과 함께 위치와 장소에 관한 정보를 포함하고 있을 뿐만 아니라, 다양한 시간차원을 가지고 있다고 할 수 있다. 따라서, 공간 빅데이터는 일반적인 빅데이터 보다도 볼륨, 다양성, 복잡성이 상대적으로 크다고도 할 수 있으며, 따라서 공간 빅데이터를 통해 사회경제적 현상을 직관적으로 이해하기 위해서는 기존 통계자료의 시각화와는 다른 차원의 접근이 필요하다.

예를 들어, 인구 센서스 자료의 경우를 살펴보면 인구는 시간적으로 일정한 특정 기간 동안에, 공간적으로는 행정구역 단위로 조사되어 정태적인 특징을 가지며, 데이터의 제공이 해당 시간과 공간 안에서 누적되어 나타나는 집계적

(aggregated) 데이터의 특징을 가진다고 할 수 있다. 이와 같은 통계 데이터는 기본적으로는 텍스트와 숫자로 표현이 되지만, GIS 소프트웨어 등을 통해 시각화 할 경우, 관련 정보를 보다 직관적으로 제공할 수 있을 뿐만이 아니라, 숫자와 텍스트 형태의 정보로는 손쉽게 전달할 수 없었던 공간성과 장소성에 관한 정보를 부가적으로 생산하여 사용자에게 전달할 수 있는 장점이 있다.

공간 빅데이터 시각화의 필요성와 중요성도 전통적인 공간정보 시각화와 유사한 연장선상에서 이해할 수 있다. 그러나 공간 빅데이터는 행위주체자의 미시적(micro)이며 동태적(dynamic)인 활동을 담고 있는 비집계적(desegregated) 데이터의 성격을 가지고 있어, 정보의 구체성을 표현하기 어려운 관계로 행정구역 등을 단위로 집계하여 표현하는 경우가 많다. 예를 들어, 버스 승하차 기록을 가진 교통카드 데이터, 휴대폰 사용자 위치 데이터, 신용카드 사용 데이터 등과 같은 공간 빅데이터는 해당 행위가 발생한 시간과 장소에 대한 구체적인 정보를 가지고 있으나, 행정구역 단위 등을 기반으로 집계하여 분석하고 시각화하는 경우가 많다고 할 수 있다[2].

그러나 공간 빅데이터의 활용성을 높이기 위해서는 공간 빅데이터의 시공간적 미시성과 동태성을 충분히 반영한 시각화가 필요하다고 할 수 있다.

3. 기존 공간 빅데이터 소프트웨어의 한계

앞서 언급한 바와 같이 공간 빅데이터는 행위주체자의 미시적(micro)이며 동태적(dynamic)인 활동을 담고 있는 대용량의 데이터이다. 이러한 특성을 가진 데이터를 활용하여 분석하기 위해서는 이에 적합한 분석방법과 수단이 필요하다. 기존의 소프트웨어를 활용하기에는 공간 빅데이터가 가진 특징과 장점을 효율적으로 분석하여 표현해 내는데 한계를 가진다고 할 수 있다. 기존 공간정보를 포함하는 데이터는 특정한 시공간의 총계적, 정태적 단위로 제공되는 것에 반해 공간빅데이터는 활동주체자의 미시적인 활동이 실시간적으로 업데이트 되고 있는데, 이러한 미시적(micro)인 활동 지도상에 포함해 내기 위해서는 실제 좌표의 표현, 특정 포인트에서의 활동 크기에 대한 정보의 표현 등이 필요하다. 시간에 따른 행위주체자의 활동양과 위치의 변화를 시각화하여 연속으로 표현하는 것이 빅데이터가 가지는 미시적(micro)이고 동태적(dynamic)인 특징을 잘 표현해 내는 것이라 할 수 있겠지만, 기존의 GIS와 같은 소프트웨어를 활용하여 표현하기에는 한계가 있다.

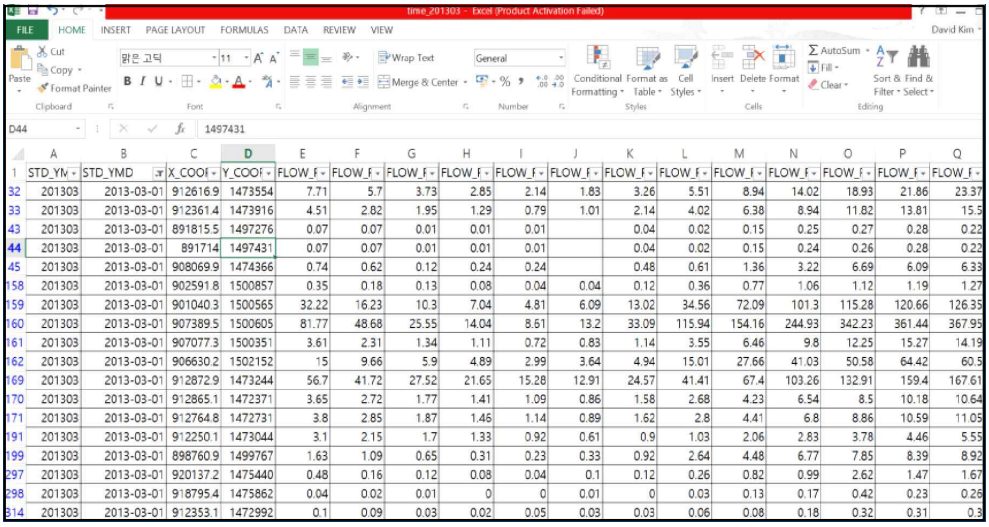
따라서 본 연구에서는 GIS와 함께 Java 기반의 오픈소스 공간정보시각화 프로그램인 Processing을 활용하여 분석함으로써, 이러한 한계를 극복하고 공간 빅데이터가 가지는 동태적이고 미시적인 특성을 시각화하여 나타내고자 한다.

동태적 시각화 모형의 개발

1. 활용 데이터

공간 빅데이터의 유형은 다양하게 정의될 수 있으나, 실제로 구득하여 가용한 공간 빅데이터는 상대적으로 많지 않은 실정이다. 현재 연구용 또는 업무용으로 자주 활용되는 대표적인 공간 빅데이터로는 버스 승하차 정보를 포함하는 교통카드 데이터, 소비활동 위치를 나타내는 신용카드 데이터와 휴대폰 사용자의 위치정보를 나타내는 휴대전화 사용자 데이터 등이 있는데, 이 연구에서는 SKT 지오비전에서 제공하는 유동인구 데이터(2013년 3월~2014년 2월)를 활용하였다. 이 데이터는 전국을 50m×50m의 셀로 구획하고(전국 약 300만 포인트) 그 범위 내 신호의 양을 측정하여 해당 셀에서의 유동 인구를 매 시간 단위로 표시하여 제공하고 있다.

시각화 모형개발과 적용을 위한 사례지역으로 제주도를 선정하여 자료를 구득하였다. 제주도는 우리나라 최남단, 최대의 섬으로 면적은 약 1,845㎢이며, 2015년을 기준으로 인구는



	STD_YM	STD_YMD	X_COOF	Y_COOF	FLOW_F	FLOW_F	FLOW_F	FLOW_F	FLOW_F	FLOW_F	FLOW_F	FLOW_F	FLOW_F	FLOW_F	FLOW_F	FLOW_F	FLOW_F
32	201303	2013-03-01	912616.9	1473554	7.71	5.7	3.73	2.85	2.14	1.83	3.26	5.51	8.94	14.02	18.93	21.86	23.37
33	201303	2013-03-01	912361.4	1473916	4.51	2.82	1.95	1.29	0.79	1.01	2.14	4.02	6.38	8.94	11.82	13.81	15.5
43	201303	2013-03-01	891815.5	1497276	0.07	0.07	0.01	0.01	0.01		0.04	0.02	0.15	0.25	0.27	0.28	0.22
44	201303	2013-03-01	891714	1497431	0.07	0.07	0.01	0.01	0.01		0.04	0.02	0.15	0.24	0.26	0.28	0.22
45	201303	2013-03-01	908069.9	1474366	0.74	0.62	0.12	0.24	0.24		0.48	0.61	1.36	3.22	6.69	6.09	6.33
158	201303	2013-03-01	902591.8	1500857	0.35	0.18	0.13	0.08	0.04	0.04	0.12	0.36	0.77	1.06	1.12	1.19	1.27
159	201303	2013-03-01	901040.3	1500565	32.22	16.23	10.3	7.04	4.81	6.09	13.02	34.56	72.09	101.3	115.28	120.66	126.35
160	201303	2013-03-01	907389.5	1500605	81.77	48.68	25.55	14.04	8.61	13.2	33.09	115.94	154.16	244.93	342.23	361.44	367.95
161	201303	2013-03-01	907077.3	1500351	3.61	2.31	1.34	1.11	0.72	0.83	1.14	3.55	6.46	9.8	12.25	15.27	14.19
162	201303	2013-03-01	906630.2	1502152	15	9.66	5.9	4.89	2.99	3.64	4.94	15.01	27.66	41.03	50.58	64.42	60.5
169	201303	2013-03-01	912872.9	1473244	56.7	41.72	27.52	21.65	15.28	12.91	24.57	41.41	67.4	103.26	132.91	159.4	167.61
170	201303	2013-03-01	912865.1	1472371	3.65	2.72	1.77	1.41	1.09	0.86	1.58	2.68	4.23	6.54	8.5	10.18	10.64
171	201303	2013-03-01	912764.8	1472731	3.8	2.85	1.87	1.46	1.14	0.89	1.62	2.8	4.41	6.8	8.86	10.59	11.05
191	201303	2013-03-01	912250.1	1473044	3.1	2.15	1.7	1.33	0.92	0.61	0.9	1.03	2.06	2.83	3.78	4.46	5.55
199	201303	2013-03-01	898760.9	1499767	1.63	1.09	0.65	0.31	0.23	0.33	0.92	2.64	4.48	6.77	7.85	8.39	8.92
297	201303	2013-03-01	920137.2	1475440	0.48	0.16	0.12	0.08	0.04	0.1	0.12	0.26	0.82	0.99	2.62	1.47	1.67
298	201303	2013-03-01	918795.4	1475862	0.04	0.02	0.01	0	0	0.01	0	0.03	0.13	0.17	0.42	0.23	0.26
314	201303	2013-03-01	912353.1	1472992	0.1	0.09	0.03	0.02	0.05	0.03	0.03	0.06	0.08	0.18	0.32	0.31	0.3

FIGURE 1. Contents of floating population data

약 62만명이다.

시점에 따라 다소 유동성은 있으나 제주도 내의 휴대폰 기반의 유동인구는 아래의 그림과 같은 약 6만여개 포인트에 대해 매 시간 단위로 수집, 구축되고 있는데, 각 포인트의 X, Y 좌표값을 활용하여 지오코딩을 수행하여 공간정보화하였다. 이렇게 구축된 유동인구 자료를 제주도의 상주인구 통계 수집단위와 비교하면 아래의 그림과 같다.

2. 활용 소프트웨어

1960년대 GIS가 최초 태동하고 발전하기 시작한 이후, 여러 가지 형태의 GIS 소프트웨어가 개발되어 있다. 형태와 유형을 막론하고 GIS 소프트웨어는 공간 정보를 효과적으로 수집, 저장, 분석, 활용할 수 있는 가장 강력한 수단으로 자리매김하고 있다. 그러나 대개의 GIS 소프트웨어는 공간성을 시각적으로 표현하는 것에는 큰 문제가 없으나, 시간성을 시각적으로 표현하는 데는 한계가 있다.

이 연구에서는 공간 빅데이터가 가지는 시공간적 구체성과 동태성에 주목하여 매 시간 단위의 흐름에 따른 공간적 활동의 변화를 시각화 하고자 하는데, 이 경우 전통적인 GIS 소프트웨어로는 다양한 시간차원의 시각화에 한계

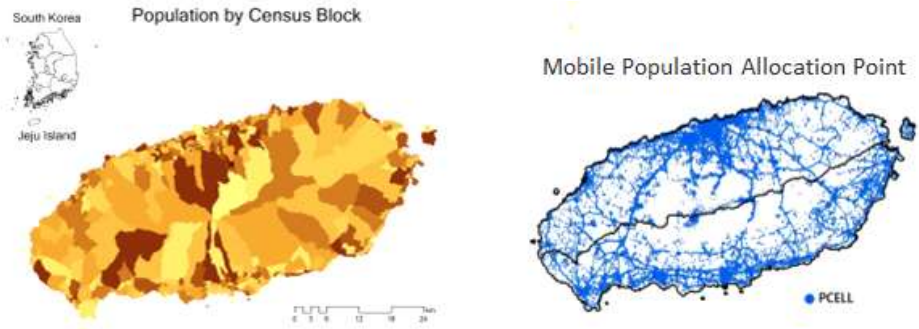


FIGURE 2. Comparison of census block area and floating population Point

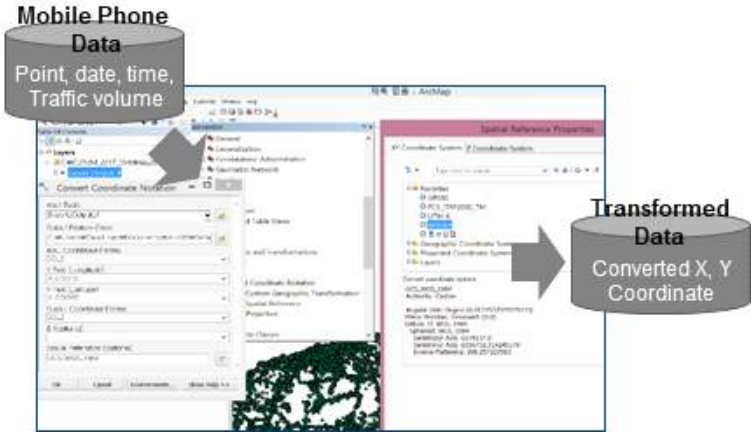


FIGURE 3. Transformation of coordinate System

를 가지게 된다.

이와 같은 한계를 극복하기 위해서는 다른 형태의 시각화 방법이 필요한데, 이를 위해 시각 디자인 분야의 오픈소스 소프트웨어인 Processing을 활용하였는데, Processing은 MIT의 벤플라이(Ben Fry)와 카세이레스(Casey Reas)가 고안한 자바(Java) 기반의 오픈 프로그램으로 서로 다른 운영체재간 호환성이 높고, 상대적으로 빠른 구현속도를 가지고 있다. 또한 공간데이터의 시각화 및 애니메이션을 지원하는 라이브러리를 제공하고 있는 점 등을 고려하여 이 연구에서 공간 빅데이터 시각화 모형개발을 위한 수단으로 활용하였다.

3. 시각화 방법

휴대폰 데이터를 활용해 제주도의 시간별 활동인구를 시각화하기 위해서 먼저 데이터의 구성을 확인할 필요가 있다. 그림 3에서 나타나듯 휴대폰 유동인구 데이터는 각 위치별 50m×50m 범위 내의 휴대폰 사용자에 대한 정보(날짜, 시간, 인구수)를 알 수 있는 정보를 담고 있다. 1차적으로는 사용하는 프로그램에 적합하도록 데이터를 수정(좌표수정)하여 화면상에 표시를 하였다.

동일 시간대의 활동정보를 한 화면(한 프레임)에 표현을 한 후, 정적인 이미지를 시간에 따라 애니메이션(animation)형태로 표현하였다.

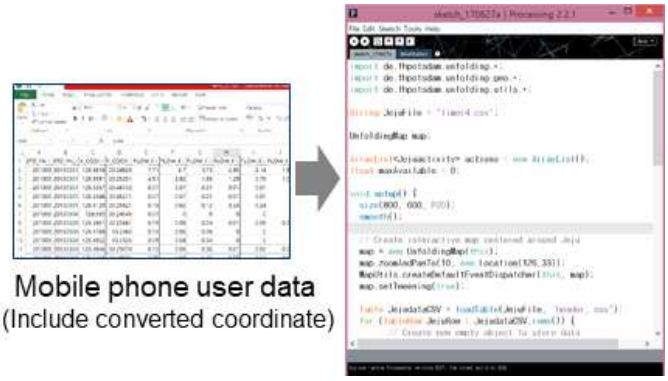


FIGURE 4. Development of dynamic visualization model

애니메이션[3]은 정적인 여러 이미지를 빠르게 순차적으로 보여줌으로써 점차적인 시간의 흐름에 따른 변화를 볼 수 있게 해 주는 기술로 본 연구에서는 이를 활용하여 시간의 변화에 따른 실제적인 인구의 미시적 움직임에 대한 이해를 넓히기 위해 이와 같은 시각화 방법을 적용하였다.

4. 시각화 결과

동태적 시각화 모형을 개발하고 이를 통해 시각화를 수행한 결과 단일한 화면 또는 도면 형태의 정태적 시각화에서는 확인할 수 없었던 새로운 사실관계를 손쉽게 파악할 수 있었다. 먼저 50m 셀 단위의 공간 빅데이터 시각화는 기존의 통계 데이터로는 파악할 수 없었던 구체적인 사실관계를 보여주었다. 예를 들어 제주도의 경우 대부분의 상주인구는 제주시와 서귀포시의 도시부에 거주하고 있는데, 미시적 공간 단위를 유동인구 빅데이터를 시각화 한 결과, 상주인구가 많지는 않으나, 유동인구는 많은 다양한 장소들에 대한 위치를 손쉽게 파악할 수 있었다. 그리고 더 나아가 동일한 위치와 장소의 무수히 많은 서로 다른 시간 차원을 시각화 함으로써 해당 장소의 시간대별 변화, 요일별 변화, 계절별 변화 등을 직관적으로 파악할 수 있었다.

제주도 유동인구 데이터를 활용한 시각화 결과를 구체적으로 살펴보면 먼저, 전통적인 방식의 시각화 자료(특정 시공간 단위 내의 총계적 자료)에서 볼 수 없었던 실제 위치에 기반한 활동과 활동의 흐름(움직임)을 발견 할 수 있었다. 제주도의 도시지역에 해당하는 제주시청, 제주대학교, 공항 인근과 중문단지의 활동인구는 저녁시간부터 밤까지 집중되어있고, 비도시지역에서는 오전시간의 활동인구 비중이 상대적으로 더 높음을 알 수 있다. 제주시와 서귀포시에 가장 많은 상주인구가 분포하나, 공식적으로 상주인구통계로는 파악이 어려운 주민과 관광객 등이 활동하는 다양한 지역이 구체적으로 나타나고 있다. 오전 10시에서 오후 6시까지 활동이 밀집한 지역 간 도로를 중심으로 선형의 활동의 모습이 포착되는데 이를 통해 두 지역 사이의 활동 인구의 흐름을 유추할 수 있다.

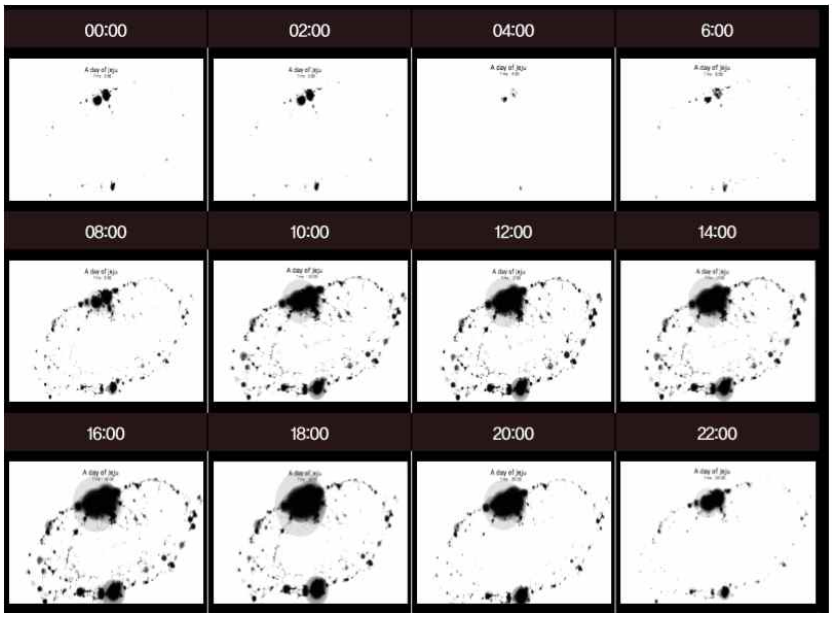


FIGURE 5. Dynamic visualization of floating population data

이렇듯 각 위치의 정태적 활동, 동태적인 활동량과 그 변화 뿐 아니라 활동 포인트 간 시간에 따른 흐름(이동)정보도 파악할 수 있었다. 지면의 한계로 인하여 애니메이션 형태로 구현된 시각화 결과물을 있는 그대로 제시하지는 못하나 일부 스크린캡쳐 화면은 그림 5와 같다.

시사점 및 결론

이 연구는 도시공간 내에서 무수히 발생되는 공간 빅데이터와 발전된 컴퓨팅 기술이라는 기회요인의 도시계획적 또는 도시정책적 활용가능성을 탐색하기 위해 출발하였다.

이러한 노력의 일환으로 먼저 공간 빅데이터의 시각화가 계획지원에 있어서 가질 수 있는 장점을 살펴보았는데, 복잡해지는 도시의 문제해결을 위하여 비전문가를 포함한 다양한 배경의 사람들이 참여하고 협력하는 과정에서, 효과적인 의사소통과 협력을 돕는 자료로 활용할 수 있음을 제시하였다. 또한 시각화된 자료가 의사소통 수단으로 가지는 특징과 장점을 살펴보았는데, 시각자료는 뇌의 지각(perception)능력을 활용하여 많은 정보를 빠르고 효과적인 방식으로 전달하고, 의사소통의 장애(언어, 문화, 다른 전공 등)을 극복 할 수 있으며, 많은 자료를 한 눈에 파악하게 함으로써 전체적인 현상의 관찰과 직관적인 통찰력을 제공할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 마지막으로, 공간 빅데이터의 특징과 장점을 검토해 보았고 민간부문의 공간 빅데이터인 유동인구 빅데이터를 동태적으로 시각화하여 실증분석을 수행하였다.

본 연구를 통해 다음의 사실들과 시사점을 정리할 수 있었다. ① 공간 빅데이터는 활발한 활동이 일어나는 현대 도시의 현실을 더욱 잘 반영해 준다 ② 공간 빅데이터는 생성과 취득의 속도가 빠르다 ③ 공간 빅데이터의 시각화는 지각능력을 통해 많은 정보를 직관적으로 파악할 수 있게 하고 ④ 특히 시간에 따른 변화에 있어 종합적인 경향(패턴)을 파악 할 수 있게 한다 ⑤ 현재 도시처럼, 도시 내의 활동과 계획에 더욱 다양하고 많은 인원이 참여하게 될 때 시각화는 좋은 의사소통과 협력의 수단으로 활용 가능하다.

위 ①~④의 사실들은 공간 데이터의 특성인 '많은 양의 데이터', '미시적(micro), 동태적(dynamic) 속성'이 시각화로 표현될 때 현대 도시 내의 동태적이고 미시적인 많은 양의 활동 정보를 전달하여 직관적 판단과 빠른 대응 준비, 미래의 예측에 도움을 줄 수 있는 적합한 도구로 활용될 수 있다는 것을 말해준다. 실제 활동을 더욱 잘 나타내는 정보는 수요자가 체감할 수 있는 공공서비스 제공의 가능성을 높이는데 도움이 되리라 판단된다. 이러한 효과는 기존 전통적인 자료로부터는 알 수 없는 부분이었다. 궁극적으로 기존의 계획지원 도구와 함께 이를 보완하는 발전된 계획지원 도구로서 공간 빅데이터의 시각화는 그 활용도가 크다고 할 수 있다.

한편 공간 빅데이터의 특성을 잘 나타내는 시각화를 위해서는 기존의 전통적인 GIS소프트웨어로는 일정한 한계가 있어, 차별화된 시각화 도구와 수단이 필요하며, 이와 같은 문제인식하에 이 연구에서는 오픈소스 소프트웨어인 프로세싱을 활용하여 공간 빅데이터를 시각하고자 하였다. 그러나 해당 소프트웨어는 공간 빅데이터가 가지고 있는 다양한 속성정보를 효과적으로 표현하는데는 한계가 있으며, 이 연구에서 개발한 시각화 모형도 공간 빅데이터의 내용적 속성을 다양하게 시각화하는 데에는 한계가 있다.

빅데이터 분야의 빠른 발전에 따라 이를 효과적으로 시각화하는 소프트웨어들도 급증하고 있다. 그러나 공간 빅데이터가 가지는 미시적인 시공간의 단면들과 이에 연계된 각종 속성정보를 유연하게 시각화할 수 있는 소프트웨어의 개발과 활용은 아직 미흡하다고 할 수 있는데, 일반적인 범용툴이 개발되고 보급되기 전까지는 이 연구에서 시도한 것과 같이 다양한 관점에서 공간 빅데이터의 시각화에 대한 지속적인 연구개발이 필요할 것으로 생각된다. KAGIS

주

1) DSS가 GIS의 기능을 중심으로 공간적 의사결정에 적용 된 것이 SDSS(Spatial Decision Support System)이라 할 수 있다. 이와 비교하여 계획지원시스템(PSS: Planning Support System)은 보다 장기적인 문제해결과 집단간의 상호작용과 논의를 지원한다는 특징이 있다(Klosterman, 2001).
2) 기술적, 제도적 문제 등으로 인하여 시간과 장소에 관한 구체적 정보까지 제공되지 않는 경우가 많으나, 공간 빅데이터의 근본적인 특성은 시간과 장소의 구체성을 보유하고 있다는 것이다.
3) 많은 사람들이 애니메이션을 움직임과 같은 뜻으로 이해하지만, 애니메이션은 시각적 효과를 가지는 모든 변화를 포함한다. 즉, 형태의 변화, 색체, 투명도, 구조, 그리고 객체의 텍스처, 빛의 변화, 카메라의 위치, 각도, 그리고 포커스 등을 포함한다(Langendorf, 2001).

REFERENCES

Ahn, C.M. 2013. A Study on the current status of Data Visualization. Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences. pp.868-869 (안춘모. 2013. 데이터 시각화의 현황과 전망에 관한 연구. 한국통신학회 학술대회논문집, 868-869쪽).

Bosselmann, P. 1998. Representation of places. Reality an realism in city design. University of California Press, Berkeley, California.

Choe, G.S., Y.G. Ham, and S.H. Kim. 2013. Big data visualization. KSCI review 21(1):33-43 (최광선, 함영경, 김선호, 2013. 빅데이터 시각화. 한국컴퓨터정보학회지 21(1):33-43).

Friedman, V. 2008. Data visualization and infographics. Smashing Magazine. http://www.smashingmagazine.com/2008/01/14/mondayinspiration-data-visualization-and-infographics/

Friendly, M. 2006. A brief history of data visualization. In: C. Chen et al.(ed.). Handbook of Data Visualization. Springer Handbooks Computational Statistics. Springer, Berlin, Heidelberg, pp.15-56.

Friendly, M. 2009. Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization. http://www.math.usu.edu/~symanzik/teaching/2009_stat6560/Downloads/Friendly_milestone.pdf

Kim, D.H. 2015. Spatial big data analysis and application for national and urban policy. Real Estate Focus, 84. pp.26-41. (김동한. 2015. 국토도시 정책을 위한 공간 빅데이터 분석과 활용. 부동산 포커스, 84: 26-41쪽).

Kim, H.Y. 2014. Case study of big data visualization. Journal of Integrated Design Research, 13(4):125-136). (김형년. 2014. 빅데이터 비주얼라이제이션 사례 분석. Journal of Integrated Design Research, 13(4):125-136).

Kim, M.S. 2013. Spatial big data issue. The Korean Society for Geospatial Information Science. pp.33-43 (김민수. 2013. 공간 빅데이터 이슈. 한국지형공간정보학회 학술대회, 33-43쪽).

Klosterman, R.E. 2001. Planning Support Systems: a new perspective on computer-aided planning. In: R.K. Brail and R.E Klosterman(ed.). Planning Support Systems Integrating geographic information systems,

models, and visualization tools. ESRI Press. pp.1-23.

Langendorf, R. 2001. Computer-aided visualization: Possibilities for urban design, Planning, and Management. In: R.K. Brail and R.E Klosterman(ed.). Planning Support Systems Integrating geographic information systems, models, and visualization tools. ESRI Press. pp.309-359.

McCormick, B.H., T.A. DeFanti and M.D. Brown. 1987. Visualization in scientific computing. Computer Graphics 21(6). 1987.

Yau, N. 2011. Visualize this: the flowing data guide to design, visualization, and statistics. John Wiley & Sons. KAGIS