

## R 이용 오픈데이터 시각화 웹 응용

김광섭<sup>1</sup> · 이기원<sup>1\*</sup>

### A Web Application for Open Data Visualization Using R

Kwang-Seob KIM<sup>1</sup> · Ki-Won LEE<sup>1\*</sup>

#### 요 약

빅 데이터가 정보통신기술 분야의 핵심 이슈로 부각되면서 관련 기술에 대한 관심이 증가하고 있다. 빅 데이터를 구성하는 요소 기술 중에서 이번 연구는 오픈소스를 기반으로 하는 데이터 시각화와 R을 주요 주제로 한다. 데이터 시각화는 웹 사용자의 직관적 활용이 가능하도록 하는 대화식 그래픽 처리 기술이며, R은 통계 기반의 정보 분석을 가능하게 하는 언어와 환경이다. 이번 연구에서 이 두 가지 기술 요소를 연계하여 공간정보를 포함하는 공공 오픈데이터의 시각화를 주요 기능으로 하는 웹 기반 응용 사례를 시험적으로 구현하였다. 별도의 소프트웨어 설치 작업을 요구하지 않는 이 응용 모델은 사용자가 직접 데이터를 구축하지 않고 필요한 자료를 오픈데이터에서 구하고, R에 대한 충분한 지식이 없어도 R의 시각화 처리 기능을 이용할 수 있도록 한다. 이 서비스에 접속한 웹 사용자는 다양한 시각화 기능을 이용하여 가공한 처리 결과를 의사결정 도구로 이용할 수 있다. 향후 R의 공간통계 분석기능과 복합 연산 기능의 제공과 함께 빅 데이터 연계를 통한 다양하고 실무적인 응용 모델 개발을 통하여 공간정보 활용 분야의 확대에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : R 언어, 오픈데이터, 오픈소스, 데이터 시각화, 웹

#### ABSTRACT

As big data are one of main issues in the recent days, the interests on their technologies are also increasing. Among several technological bases, this study focuses on data visualization and R based on open source. In general, the term of data visualization can be summarized as the web technologies for constructing, manipulating and displaying various types of graphic objects in the interactive mode. R is an operating environment or a language for statistical data analysis from basic to advanced level. In this study, a web application with these technological aspects and components is newly implemented and exemplified with data visualization for

2014년 3월 22일 접수 Received on March 22, 2014 / 2014년 6월 3일 수정 Revised on June 3, 2014 / 2014년 6월 6일 심사완료 Accepted on June 6, 2014

<sup>1</sup> 한성대학교 정보시스템공학과 Dept. of Information Systems Engineering, Hansung University

\* Corresponding Author E-mail : kilee@hansung.ac.kr

geo-based open data provided by public organizations or government agencies. This application model does not need users' data building or proprietary software installation. Furthermore it is designed for users in the geo-spatial application field with less experiences and little knowledges about R. The results of data visualization by this application can support decision making process of web users accessible to this service. It is expected that the more practical and various applications with R-based geo-statistical analysis functions and complex operations linked to big data contribute to expanding the scope and the range of the geo-spatial application.

**KEYWORDS :** *R Language, Open Data, Open Source, Data Visualization, Web*

## 서론

최근 정보통신기술 분야에서 주요 이슈로 부각되고 있는 빅 데이터(Big Data)는 다양한 관점에서 여러 가지 정의가 가능할 뿐더러 다양한 분야에서 다루어 오던 정형, 비정형의 데이터를 포괄하는 개념이다(Mckinsey, 2011). 그러나 공간정보 분야에서 다루는 수치지도, 위치정보, 공간정보로부터 도출되거나 파생된 정보 등과 같은 자료 유형을 직접 연계하는 경우가 아직은 그리 많지 않다. 한편 최근 여러 국가에서 제공하고 있는 다양한 분야의 공공 오픈데이터(Open Data)는 빅 데이터의 중요 자원으로 간주되고 있다. 공공 오픈데이터는 정부 또는 공공기관이 각각의 공공 목적에 따라 수집 및 보유, 공개 유통하고 있는 데이터를 의미한다. 미국의 경우 data.gov 사이트에서 발전한 오픈 정부 플랫폼(Open Government Platform)을 통하여 공공데이터에 대한 접근을 가능하게 하고, 우리나라는 공공데이터 포털(<http://data.go.kr>)을 통해 일반 행정, 문화 관광, 보건, 환경, 교통 등의 데이터를 민간에서 이용할 수 있게 하거나 이러한 데이터에 대한 접근 권한을 제공하고 있다.

개념적이건 실제적이건 오픈데이터를 포함하여 빅 데이터를 단순한 데이터가 아닌 서비스가 가능한 객체 수준으로 발전시키기 위해서는 이를 가공하고 분석하는 방법론도 역시 중요한 고려 사항이 된다. R은 이러한 관심으로부터

부각된 통계분석 언어 또는 통계를 위주로 하는 자료처리 환경이다. 빅 데이터 분석 방법과 함께 처리 결과와 관련된 시각화 기술도 실질적으로 필요하면서 중요한 주제 중 하나이다.

데이터 시각화는 당연히 보여주고자 하는 데이터의 종류와 목적에 따라 다양한 방식으로 구현할 수 있지만, 결국은 사용자의 이해와 통찰을 돕는 가장 효과적인 도구로 작용하게 되기 때문이다. 참고로 2012년 8월에 발표된 IDG(International Data Group)의 관련 보고서에서는 일반 사용자가 데이터 시각화 툴을 이용하는 이유의 70% 이상은 이것이 강력한 의사 결정 도구가 되기 때문이라고 한 바 있다. 데이터 시각화의 중요성과 기능적 역할은 공간정보 응용 분야에서 초기부터 계속 강조해 온 부분이다. 여기서 시각화는 영상 처리나 그래픽 처리 기술만을 의미하는 것은 아닌 웹을 기반으로 하는 정보의 표출과 연관되는 복합적인 기술 요소를 의미한다. 이는 현재 데이터 시각화 처리 과정이 다양한 웹 환경에서 구동되어야 하기 때문이다. 이러한 추세에 따라 웹 브라우저는 대부분 스마트 기기에 탑재되고, HTML5(HyperText Markup Language 5) 기술과 연계되면서 하나의 플랫폼으로 발전하고 있다. 따라서 국제적으로 웹 브라우저 상에서 데이터 시각화를 목적으로 하는 다양한 오픈소스가 발표되고 있으며, 공간정보 시각화 또는 웹 매핑을 위한 다양한 라이브러리 및 웹 어플리케이션 개발을 지원하는 데이터 접근 인터페이스가 있다. Kim and Lee(2012)는

HTML5의 WebGL을 적용한 공간영상정보가시화 연구를 수행한 바 있다.

이번 연구에서 오픈데이터, R 데이터 시각화와 같은 독립적인 개별 주제를 공간정보 응용 입장에서 통합하고 연계하는 기술적인 방안을 응용 모델의 예시를 통하여 제시하고자 한다. 또한 이 응용 모델은 공간정보 오픈플랫폼인 브이월드(Vworld)와 연계되도록 하였다. 웹 기반 어플리케이션 개발에 필요한 다양하고 개별적인 기술 요소와 구성 모듈들은 상업적, 독점적 도구를 사용하지 않고 오픈소스를 적용하고 이를 통합, 연계하는 방식으로 개발과 예시 과정을 수행하였다.

## R 개요

데이터에 대한 통계 분석은 상황인식, 문제해결, 미래전망 등 다양한 의사결정 작업에서 중요한 도구로 이용되고 있다. 오픈소스 프로젝트로 진행되고 있는 R은 통계 프로그래밍 언어인 S언어 기반으로 만들어졌으며, 통계 계산과 결과 생성 그래픽을 위한 프로그래밍 언어이자 자료처리 환경이다. R은 프로그램이나 통계 패키지의 범주에 포함되지 않는 하나의 독립된 개발 언어로 이용될 수 있기 때문에 일반 사용자가 자신의 응용 목적에 맞게 이를 활용하는 작업은 쉽지 않다. 그러나 개발자 입장에서는 R이 다른 개발 언어와의 연계 호환이 가능하고, 웹과 연동하여 실시간 처리가 가능하기 때문에 비용 절감에 따른 경제적 이익이 수반되는 새로운 어플리케이션을 개발하거나 웹 서비스로 제공하는 데 유용한 도구이다. 따라서 과학 분야, 금융, 소셜 네트워크 서비스 페이스북, 구글 등 분석 중심인 기업들에게는 가장 인기 있는 언어중 하나이다(Ko *et al.*, 2012; Revolution Analytics, 2013).

R을 위한 오픈소스 프로젝트에서는 사용자가 직접 R에 기반한 응용 패키지를 생산하고 자유로운 배포를 지원하기 위하여 패키지 유통 저장소인 CRAN(the Comprehensive R Archive Network: <http://cran.r-project.org>)을 운영

하고 있다. 2014년 5월 현재 약 5000개 이상의 패키지가 활성화되어 있다.

공간정보를 다룰 수 있는 R에 기반한 패키지가 계속 개발되어 있어 공간정보 응용분야에서도 R을 활용하는 사례는 계속 증가하고 있다. Moore(2009)은 R studio라는 패키지를 개발하고 공간정보 처리함수를 제공한 바 있다. Gesmann and Castillo(2011)는 Google 시각화 API와 R을 연계하는 간단한 예를 제시하였으며, South(2011)는 전 지구 매핑 서비스 모델에 R을 활용하였다. Edzer(2012)는 R과 GIS 데이터를 이용하여 브라질 아마존의 토지 이용 변화를 위한 연구를 수행한 바 있고, Eugster and Schlesinger(2013)는 Open street map과 R을 직접 연계할 수 있는 소스를 제시한 바 있으며, Bivand(2013)는 상관계수 계산 등의 기능을 통하여 전통적인 오픈소스 GIS 도구로 많은 사용자를 확보하고 있는 GRASS와 R을 연계하는 활용 사례를 예시한 바 있다. Horsburgh and Reeder(2014)는 R의 통계분석 기법을 이용하는 수자원 정보처리 시스템을 개발하였다.

## 데이터 시각화

데이터 시각화 기술은 웹 기술의 발전과 같이 지속적으로 발전하면서 웹 서비스 개발 실무 적용을 위한 확장성과 중요성이 강조되고 있다. 우리나라의 공간정보 분야 오픈소스 활용 실태를 조사한 Yoo *et al.*(2013)의 연구에서도 앞으로 공간분석과 시각화 응용 분야가 다른 기술에 비하여 현장 수요가 많을 것이라는 조사 결과를 발표한 바 있다. 특히 Kwakkel *et al.*(2014)는 웹을 통한 공간정보 시각화는 사회적 가치가 충분한 응용 분야가 된다고 주장한 바 있다. 결국 데이터 시각화를 통하여 가공된 정보는 의사결정 과정에 중요한 영향을 미치는 이해와 통찰의 도구로 작용할 수 있기 때문이다. 현재 웹 플랫폼을 기반으로 하여 데이터 시각화 기능을 제공하는 오픈소스 기반의 도구는 수십 가지의 종류가 있다. 표 1은 이번

TABLE 1. Open source list of libraries and external applications for data visualization

Name	Feature	Type
Protovis	Custom views of data with simple marks such as bars and dots	Library
google chart tools	Simple line charts to complex hierarchical tree maps, the chart gallery provides a large number of ready-to-use chart types	
InfoVis	JavaScript toolkit for creating interactive data visualizations for the Web	
<b>D3.js</b>	<b>Binding arbitrary data to a Document Object Model (DOM), related to data-driven transformations to the document</b>	
Processing.js	Data visualization for digital art, interactive animations, educational graphs, or video games. Work using web standards and without any plug-ins	Application
Data wrangler	Interactive tool for data cleaning and transformation, less time formatting and more time analyzing data	
Zoho reports	Securely upload spreadsheets and tabular data in CSV, TSV, XLS or HTML files. Pull data from Web URLs	

연구에서 조사한 데이터 시각화를 주요 목적으로 개발된 기존의 라이브러리와 어플리케이션의 일부를 예로 들은 것이다.

이번 연구에서는 다양한 데이터 시각화 도구 중에서 D3.js(Data-Driven Documents)를 적용하였다. D3.js는 프로토비스(Protovis) 자바스크립트 데이터 시각화 라이브러리를 확대한 프로젝트의 산출물이다(Zhu, 2013). 이것은 웹 표준으로 작성되어 있으며, HTML5 기술과 연계된 다양한 그래픽 객체나 차트 생성 기능을 제공한다. 또한 외부 데이터 불러오기 기능과 객체 변환 및 이동 기능과 함께 다양한 유형과 포맷의 데이터를 웹 문서의 엘리먼트(element)로 바인딩(binding)하여 웹 응용에서 적용할 수 있도록 한다(Murray, 2013). 그러나 이 오픈소스는 기본적으로 사용자가 여러 가지 시도나 실험을 통하여 문제 해결을 할 수 있도록 하는 탐색적 시각화(Exploratory view)보다는 사용자가 처리한 결과의 설명을 위한 시각화(Explanatory view)를 위한 도구이며, SVG나 GeoJson과 같은 웹 파일이 아닌 대용량 영상 자료 유형을 처리하고자 하는 경우에는 별도의 분할(Gridding)이나 타일링(Tiling) 작업을 해주어야 한다.

웹 매핑 또는 지도 시각화의 경우에도 매쉬업(Mash-up)이라는 하나의 트렌드를 만들었

던 구글, 네이버, 다음 등과 같은 검색엔진이나 포털에서 제공하는 다양한 라이브러리와 데이터 접근 API의 사용이 가능하다. 한편 국토교통과학기술진흥원(KAIA)에서 제공하는 지도 서비스인 브이월드는 공간정보 오픈플랫폼(Open platform)유형으로 국가가 보유하고 있는 공개 가능한 공간정보를 웹을 통하여 일반 사용자가 접근할 수 있도록 한다. 이러한 데이터 접근 및 정보 공개 움직임은 기본적으로 공공 오픈데이터를 지향한다. 우리나라에서는 공공데이터포털(<http://www.data.go.kr>)에서 국가 DB구축사업 성과와 연관된 오픈데이터에 대한 카탈로그 정보를 통합적으로 제공하고 있으며, 2014년 5월 현재 670개 이상의 공공 정보 제공 기관에서 데이터 셋과 데이터 접근을 위한 오픈 API를 포함한 약 8000개 이상의 데이터 콘텐츠를 제공하고 있다.

## R 기반 시각화 응용

이번 연구에서는 R을 이용하여 공공 오픈데이터를 공간 데이터로 가공하고, 실시간 시각화할 수 있는 하나의 시험적인 웹 어플리케이션을 설계하고 구현하였다.

표 2는 구현된 시스템을 구성하는 오픈소스 기반의 요소 기술과 어플리케이션 구동에 필요

TABLE 2. Specifications of implementation resources used in this study

	Development environment	Name / Version
Server	Operating system	Ubuntu 12.04 LTS
	Web server	Apache 2.2.22(rApache)
	Server programming language	Python 2.7 R 3.0.2
	Database	PostgreSQL 9.1.11
	Spatial database	PostGIS
Public data	Free map	OpenLayers 2.13 Vworld
	Environment information	Seoul Open API
	Population data	Sejong Dataset
Client	Web programming language	HTML5 JavaScript CSS3
	Networking	jQuery 2.0.3
	User interface	jQuery UI 1.10.4
	Chart visualization	D3.js 3.4.2

한 환경 사양을 정리한 것이다. 시스템은 물리적으로 크게 서버, 클라이언트, 공공 데이터의 세 가지로 이루어진다. 여기서 서버는 특별한 제한 없이 사용할 수 있는 우분투 운영체제를 사용하였으며, 아파치 웹 서버로 구동된다. 실시간 정보 처리를 위한 시스템 모듈은 Python 스크립트로 구현하였으며, 시험적인 공간정보 통계 처리를 위해 R을 사용하였다. 한편 서버에서 사용자가 자신의 공간 데이터를 관리, 저장할 수 있도록 하는 공간 데이터베이스로는 PostGIS가 사용되었다. 클라이언트에서는 HTML5를 기반으로 하는 jQuery를 이용하여 서버와의 통신을 위한 사용자 인터페이스를 구현하였으며, 입력 자료나 처리된 결과의 시각화에 필요한 환경으로 D3.js를 사용하였다. R의 경우에도 분석 처리 결과의 표출을 위한 그래픽 함수를 지원하고 있으나(Murrell, 2006), 이 어플리케이션에서는 R 기반 차트 그래픽에서 지원하지 않은 속성과 연동되는 대화식 그래픽 객체 조작 기능을 제공하기 위하여 D3.js를 적용하였다. 표 2에서 제시된 다른 종류의 오픈소스 기반의 웹 기반 데이터 시각화 도구마다 각각 특장적 기능을 제공하므로 구체적인 활용 목표 시스템에서 이러한 특장점을 필요로

하는 경우에는 추가 확장이나 대체 적용이 가능하다. 한편 R에 익숙하지 않은 일반 사용자 계층을 위하여 사용하고자 하는 통계 분석 기법 중에서 사용자 입력 변수가 필요한 경우, 적용 알고리즘에 대한 기본적인 개념만 알고도 필요한 정보를 바로 입력 처리할 수 있는 사용자 환경을 구축하였다. 이 응용 모델에서는 실제 오픈데이터와 오픈 API를 다루는 별개의 경우를 하나의 통합 환경 어플리케이션에서 처리할 수 있도록 한다. 실제 오픈데이터 적용 사례는 세종특별자치시 인구 데이터이며, 오픈 API 적용 사례는 서울시에서 제공하고 있는 환경 데이터이다. 여기서 세종특별자치시 인구 데이터의 경우 공간 데이터 셋이므로, 우선 웹 기반 시스템에서 인식할 수 있는 내부 처리 작업이 필요하다. 이 단계 이후에는 사용자가 가용한 여러 가지 자료 목록을 보고 자신의 응용 목적에 따라 선택한 자료를 직접 시스템에 등록할 수 있도록 하였다. 또한 브이월드 오픈 API에 연동되는 공간 데이터 시각화에 필요한 웹 맵 도구로는 OpenLayers를 이용하였다.

그림 1은 표 2에 제시한 사양을 기반으로 하는 시스템 구성 요소 간의 데이터 흐름을 개략적으로 나타낸 것이다. 사용자는 시스템에서 제

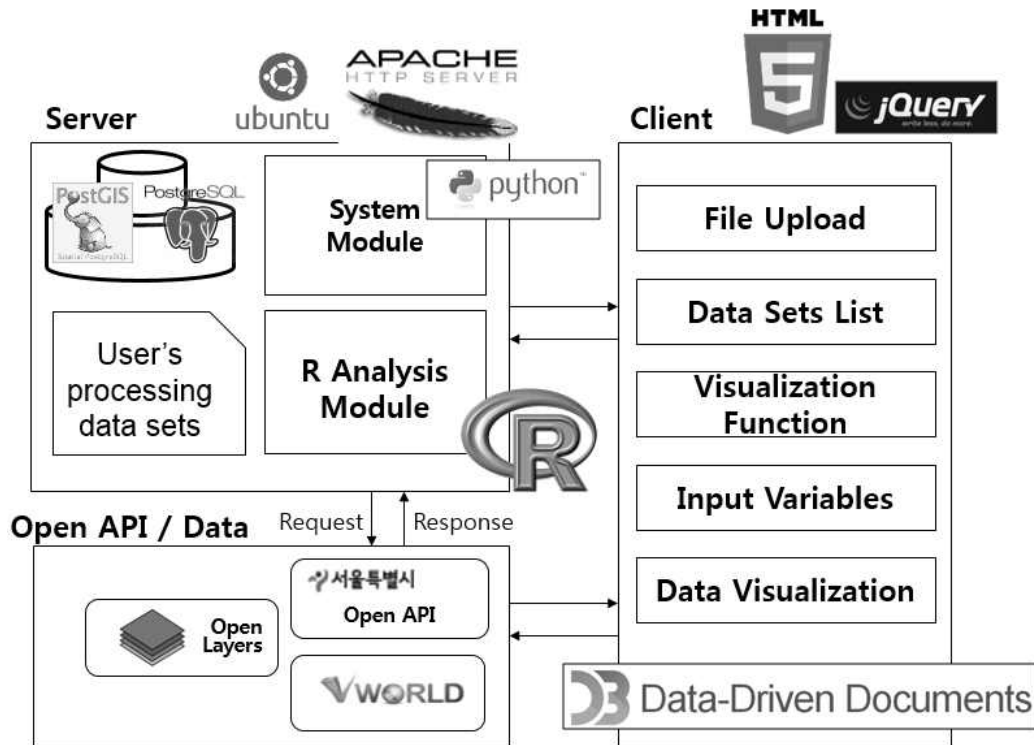


FIGURE 1. A proposed system: components, data flow, and modules

공하는 오픈데이터로 부토 호출한 자료를 이용하거나 자신이 보유하고 있는 데이터를 직접 이 시스템에 입력하여 분석 작업을 수행할 수 있다. 클라이언트에서 차트와 같은 시각화 방식으로 입력 자료를 변환할 수 있으며, R을 기반으로 하는 특정한 분석을 원하는 경우 자신이 원하는 분석 알고리즘이 시스템에서 제공되는 여부를 확인한다. 알고리즘이 있는 경우에는 이를 선택하고 필요한 입력 변수를 설정한 뒤에 서버에 요청을 한다. 서버에서는 사용자의 요청에 맞는 내부 처리 결과를 다시 클라이언트로 보낸다. 이 때 사용자가 서울시 환경 데이터와 같은 오픈 API 서비스를 이용할 경우 서버에서 직접 공공 포털 사이트와 통신하여 실시간으로 데이터를 수집한 후에 필요한 분석 및 가시화 작업을 처리한다.

그림 2는 오픈 API와 연동되는 시각화 처리

결과를 예시한 것이다. 서울시 특정지역을 선택하여 시간대별 또는 주기별로 데이터를 시각화하고 서울시 구역단위의 환경 정보 데이터를 차트 유형으로 시각화한 결과 등을 나타내고 있다. 사용자 인터페이스에서 보이는 지도 시각화는 브이월드 오픈데이터 API를 통하여 필요한 데이터를 호출하도록 한다. 처리 요청 대상이 되는 알고리즘과 시각화 작업을 위한 창은 가용 데이터 목록, R 기반 공간정보 시각화 방법 선택, R 분석 변수 입력, 속성 테이블 시각화 방법 등과 같은 기능을 수행하기 위한 메뉴 체계로 이루어져 있다. 여기서 속성 테이블 시각화는 사용자에게 별도의 데이터베이스 작업을 요청하지 않고도 공간데이터와 연동되어 있는 속성 정보를 질의하여 그 결과를 그래픽 객체로 표출하는 기능이다.

이번 연구에 구현된 시스템은 시험적으로 R

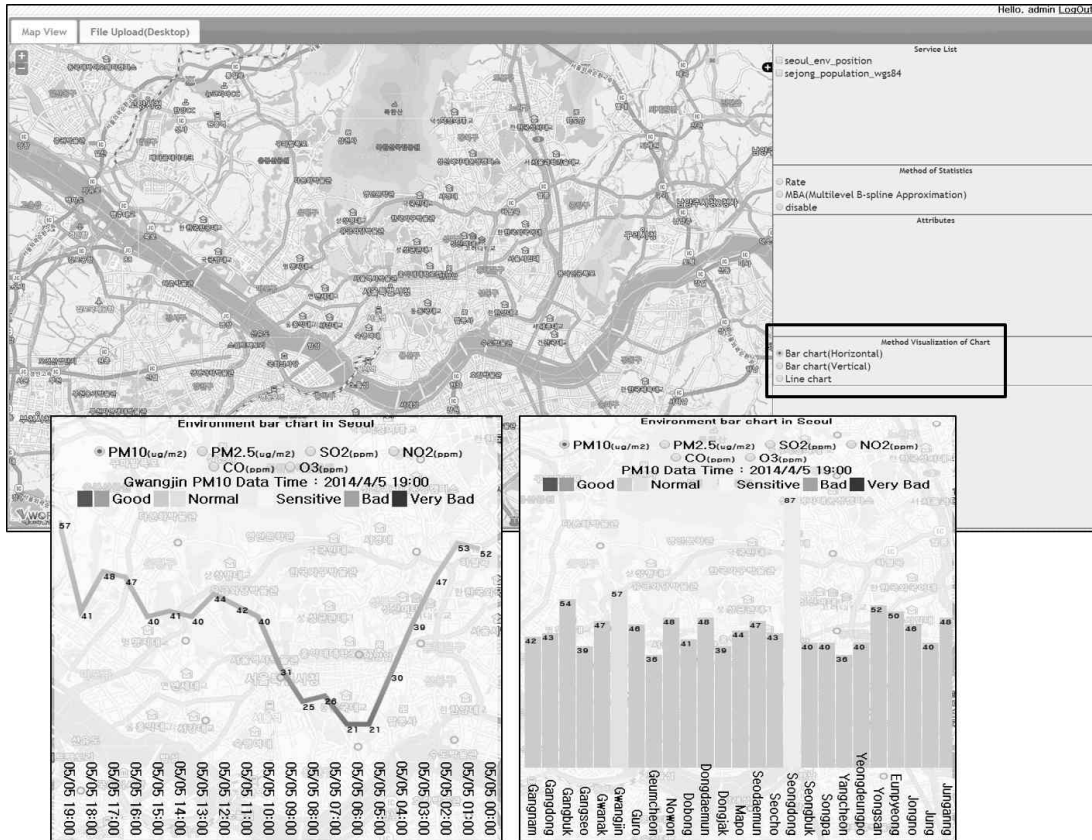


FIGURE 2. Data visualization for time variation and zonal variation using D3.js with air quality data of Seoul API and Vworld

을 적용한 공간정보 시각화 방법으로 두 가지를 제시하는 데, 첫 번째는 점(Point) 객체로부터 근사법(Approximation)등과 같은 과정을 거쳐 격자화된 시각화 결과를 생성하는 것이고, 두 번째는 속성 테이블의 시각화에 대한 것이다. 어떠한 경우이건 통합된 환경에서 사용자가 원하는 분석 방법을 선택하게 되면 우선 입력 설정을 위한 알고리즘 별로 고유한 사용자 환경이 나타나도록 하고, 각 알고리즘 특성에 맞게 변수를 입력하고 필요한 항목을 선택할 수 있도록 한다. 물론 이 때 사용자에게 R 프로그래밍 문법(syntax)에 대한 사전 지식을 요구하지 않는다.

그림 3과 그림 4는 데이터 시각화 처리 결과

중 일부를 예시한 것이다. 그림 3은 서울시 대기 환경 데이터중 오존 데이터를 대상으로 하여 R에서 지원하는 B 스플라인 근사법(B-spline approximation)을 적용하여 2차원 격자와 3차원 그래픽으로 표현한 것이다. 그림 4의 경우 브이월드 지도정보를 기본으로 하여, 오픈데이터로 제공되는 세종특별자치시의 인구정보에 대한 GIS 자료를 이에 중첩하고 일정한 시기의 특정 필드에 대한 속성 자료를 시각화한 것이다. 이 경우는 속성 값의 크기에 비례하는 밀도를 색상 분류와 거품형 표시 맵(Bubble plot map)으로 표현한 것이며, 그 결과는 별도의 팝업 창에 나타나도록 하였다.

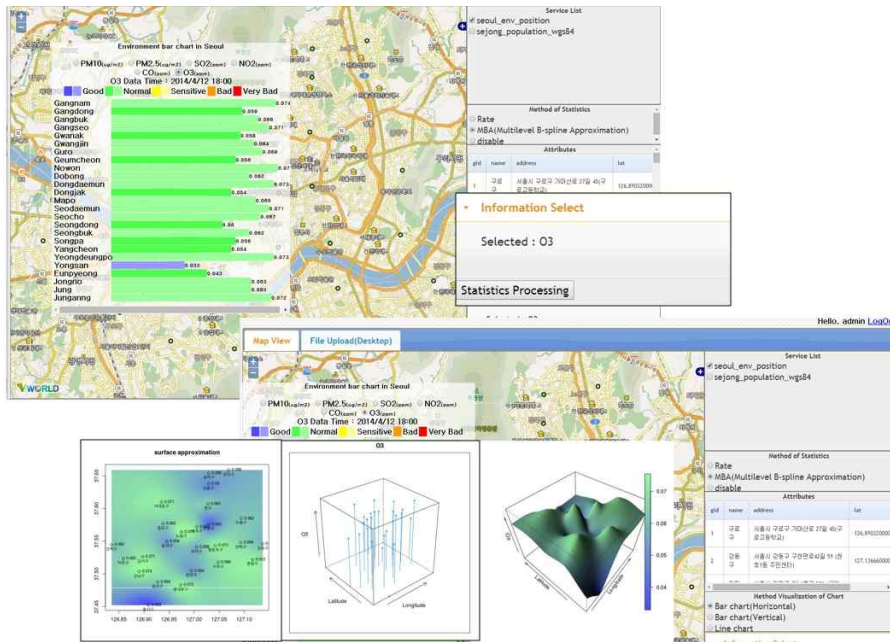


FIGURE 3. Chart generation using D3.js and 2D/3D plot using R with air quality data of Open API

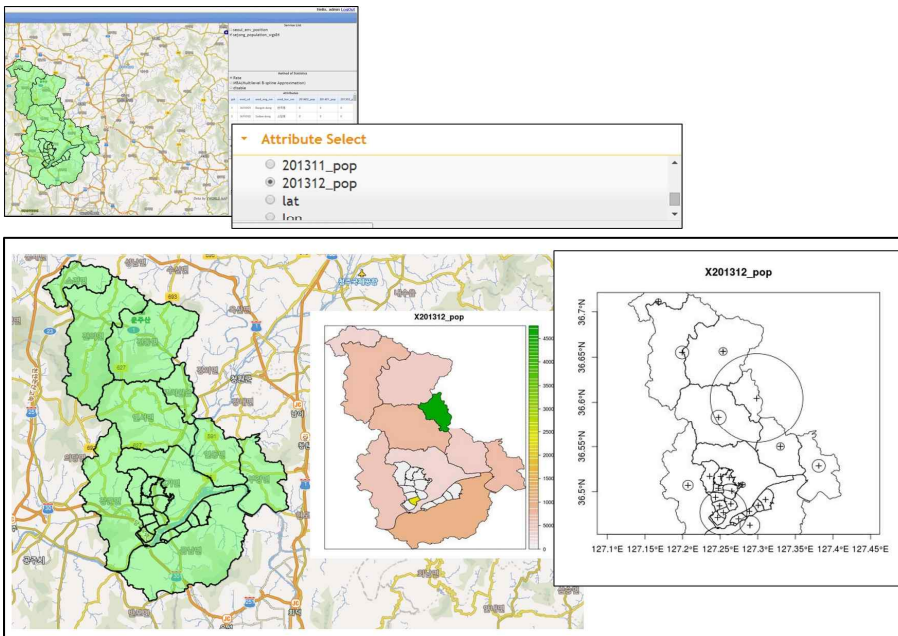


FIGURE 4. Attribute classification and bubble plot map of geo-based open data linked to Vworld base map



## 결론

정보통신기술 분야에서 정보 컨버전스(convergency)와 기술 융합(fusion) 등이 새로운 응용 분야 창출에 기여하고 사업 분야 확대 등과 같은 성과를 보이고 있다. 또한 R과 함께 데이터 시각화라는 주제는 빅 데이터의 활성화에 따라 중요한 기술 요소로 부각되고 있다. 공간정보 분야에서도 이러한 추세에 맞추어 새로운 사업 방향을 도모할 수 있는 다양한 시도를 하고 있는 시점이다. 이 연구에서는 통계 분석을 위한 언어/환경으로써의 R, 데이터 시각화를 위한 D3.js, 공공 오픈데이터와 공개 데이터 API를 지원하는 브이월드 등과 같은 다양한 데이터 출처와 기술을 적용하여 하나의 시험적인 오픈소스 기반의 웹 어플리케이션을 제시하고자 하였다.

이번 연구에 구현된 웹 어플리케이션은 사용자가 상업적 도구를 설치하거나 별도로 플러그인 소프트웨어를 내려받기 하지 않고도 웹 접속만으로 통합된 사용자 인터페이스에서 다양한 의사결정 지원정보를 생성할 수 있도록 한다. 어플리케이션 개발 측면에서 오픈소스 적용 전략은 경제적 효과에 따른 잇점이 주로 강조되고 있으나 이 연구에서는 데이터 시각화 합수 지원에 따른 기능면이나 모듈 추가나 외부 자원 연계와 같은 확장성에서도 현실 문제에 충분한 적용 가능성이 있음을 확인하였다. 이 응용 모델은 R에서 처리한 결과를 R 그래픽과 D3.js와 같은 외부 데이터 시각화 오픈소스를 적용하였으나 활용 목적이나 처리 자료의 특성에 따라 다른 데이터 시각화 기능이나 공간정보 처리 기능을 지원하는 외부의 오픈소스 자원과의 연동도 가능한 구조이다.

이 연구를 바탕으로 하여 향후 R의 공간정보 분석 기능이나 복합 연산과 빅 데이터 연계, 보다 다양한 응용 모델 개발을 위한 연구와 실제 자료 적용 실험이 지속적으로 필요하다. 결론적으로 이러한 웹 기반 어플리케이션 구축 방법은 정부나 공공기관의 오픈데이터 정책에 부합하여 전통적인 GIS 응용 시스템 구축 방식과

연계되거나 점진적으로 대체할 수 있는 중요한 기술 방안이 될 것으로 기대한다.

## 감사의 글

이 연구는 한성대학교 교내연구비 지원과제임. **KAGIS**

## REFERENCES

- Bivand, R. 2013. Using spatial data. Presentation at Norwegian School of Economics and Business Administration. <http://www.edii.uclm.es/~useR-2013/Tutorials/Bivand.html>.
- Eugster, M.J.A. and T. Schlesinger. 2013. Osmar: openstreetmap and R. *The R Journal* 5(1):53-63.
- Gesmann, M. and D. de Castillo. 2011. Using the Google visualisation API with R. *The R Journal* 3(2):40-44.
- Horsburgh, J.S. and S.L. Reeder. 2014. Data visualization and analysis within a hydrologic information system: integrating with the R statistical computing environment. *Environmental Modelling & Software* 52:51-61.
- Kim, K.S. and K.W. Lee. 2012. Overlay rendering of multiple geo-based images using WebGL blending technique. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 15(4): 104-113 (김광섭, 이기원. 2012. WebGL 블렌딩 기법을 이용한 다중 공간영상정보 중첩 가시화. *한국지리정보학회지* 15(4):104-113).
- Ko, Y.J., Y.M. Park and J.S. Kim. 2012. WebER: web based statistical tool interfacing R for teaching purposes.

- Communications of the Korean Statistical Society 19(2):257-266 (고영준, 박용민, 김진석. 2012. WebER: R을 이용한 웹 기반의 교육용 통계분석 시스템 구현. 한국통계학회논문집 19(2):257-266).
- Kwakkel, J.H., S. Carley, J. Chase and S.W. Cunningham, 2014. Visualizing geo-spatial data in science, technology and innovation. *Technological Forecasting & Social Change* 81:67-81.
- Lee, M.J. 2011. Big data and the utilization of public data. *Internet and Information Security* 2(2):47-64 (이만재. 2011. 빅 데이터와 공공 데이터 활용. 한국인터넷진흥원 2(2):47-64).
- McKinsey. 2011. *Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity*. Mckinsey Global Institute. 156pp.
- Moore, C. 2009. R workshop: introduction to geographic mapping and spatial analysis with R. <http://umn.edu/~moor0554>.
- Murray, S. 2013. *Interactive Data Visualization for the Web*. O' Reilly. 255pp.
- Murrell, P. 2006. *R Graphics*. Chapman & Hall/CRC. 328pp.
- Revolution Analytics. 2013. R: The most powerful and most widely used statistical software. <http://www.revolutionanalytics.com/content/r-most-powerful-and-most-widely-used-statistical-software>.
- SAS. 2012. *Data Visualization: Making Big Data Approachable and Valuable*. CIO SAS Complimentary White Paper. 4pp.
- South, A. 2011. Rworldmap: a new R package for mapping global data. *The R Journal* 3(1):35-43.
- Yoo, H.Y., K.W. Lee, K.J. Lee and Y.S. Kim. 2013. Questionnaire analysis of geo-spatial open source application. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 16(4): 106-119 (유희영, 이기원, 이광재, 김용승. 2013. 공간정보 오픈소스 활용 설문조사에 따른 현황 분석. 한국지리정보학회지 16(4):106-119).
- Zhu, N.Q. 2013. *Data Visualization with D3.js Cookbook*. Packt Publishing. pp.8-24. 