

HTML5 Canvas를 활용한 시각적 공간분석 환경의 설계와 구현

박미라¹ · 박기호² · 안재성^{3*}

Design and Implementation of a Computing Environment for Geovisual Analytics Using HTML5 Canvas

Mi-Ra PARK¹ · Key-Ho PARK² · Jae-Seong AHN^{3*}

요 약

이 연구에서는 HTML5 canvas를 활용하여 시각화 도구와 사용자와의 동적 상호작용을 지원 하는 웹 기반의 시각적 공간 분석 환경을 설계하고 구현하였다. 분석 환경은 군집지도, 애니메이션 지도, 시간적 평행좌표 그림, 시계열 히트 맵 차트와 같은 시각화 도구로 구성되어 있다. 분석 환경에서는 동일한 군집으로 분류된 지역의 속성 변화를 살펴볼 수 있는 다중창 배열과 선별적 강조를 기반으로 하는 패턴 탐색이 가능하다. 그리고 크로스 브라우저를 지원하기 때문에 다양한 정보 기기를 사용하는 컴퓨팅 환경에서도 활용할 수 있다.

주요어 : HTML5, 시각적 공간분석, HTML5 Canvas

ABSTRACT

This study designed and implemented a web-based computing environment for geovisual analytics using HTML5 canvas. The computing environment supports visualization tools and user's interaction. The visualization tools are cluster map, animated map, temporal parallel coordinate plot, and temporal heat map chart. Users can explore the temporal changes of cluster using multiple view and brushing technique. The computing environment that works well across browsers is used in the computing environment with multiple devices.

2011년 9월 2일 접수 Received on September 2, 2011 / 2011년 9월 27일 수정 Revised on September 27, 2011 / 2011년 10월 12일 심사완료 Accepted on October 12, 2011

1 서울대학교 국토문제연구소 Institute for Korean Regional Studies, Seoul National University

2 서울대학교 지리학과 Dept. of Geography, Seoul National University

3 경일대학교 위성정보공학과 Dept. of Satellite Geoinformatic Engineering, Kyungil University

* 연락처 E-mail : jsahn@kiu.ac.kr

KEYWORDS : HTML5, Geovisual Analytics, HTML5 Canvas

서 론

W3C(World Wide Web Consortium)에서 차세대 웹 표준으로 추진 중인 HTML5가 확산되면서 웹 애플리케이션 개발환경이 변하고 있다. 웹 애플리케이션 개발 측면에서 HTML5가 가지는 의미 중의 하나는 기존 마크업 언어로서 HTML이 가졌던 한계를 극복할 수 있다는 점이다(이원석, 2010). HTML5는 확장된 HTML 태그와 자바스크립트 API(Application Programming Interface)를 활용해서 플러그인 없이 웹 브라우저만 이용해서 사용자에게 풍부한 웹 애플리케이션 개발 환경을 제공할 수 있다. 이러한 HTML5는 웹 브라우저만으로 RIA(Rich Internet Application)를 구현하는 장점을 가지고 있기 때문에 다양한 그래프 표출과 사용자와의 동적 상호작용이 필요한 웹 기반의 시각적 공간 분석 환경 구현의 주요 기술로 활용될 잠재력을 지니고 있다.

웹 기반의 시각적 공간분석 환경은 웹 브라우저에서 분석 결과를 표출하고 사용자가 동적 상호작용을 통해서 탐색할 수 있는 기능을 제공하는 것이 중요하다. 이러한 기능 구현을 위해서 웹 GIS 분야에서는 다양한 방식을 적용해 왔다. 자바의 웹 클라이언트 구현 기법을 활용하는 방식(Takatsuka and Gahegan, 2001), 웹 표준인 SVG(Scalable Vector Graphics)를 활용하는 방식(박기호와 김희원, 2003), Flash와 같은 플러그인 기술을 이용하는 방식(Brezzi *et al.*, 2011)이 대표적이다. 그리고 클라이언트의 동적 상호작용 구현을 위해 AJAX(Asynchronous Javascript and XML)를 활용하는 방식도 있다(안재성 등, 2006). 최근에는 지오웹 플랫폼이 제공하는 매핑 기능과 사용자가 제공하는 콘텐츠 연계 기능을 통합하는 지리정보 매쉬업 기법을 활용하여 주제도를 제작하는 방법이 소개되기도 하였다(김남신과 김석주, 2011).

웹 GIS 분야에서 활용해 온 구현 기술을

대체할 수 있는 것이 HTML5 canvas 이다. HTML5 canvas를 활용하면 자바스크립트를 이용하여 웹 브라우저에서 2차원 그래픽을 표출 할 수 있다. 동적인 그래픽 렌더링(rendering)을 스크립트로 제어할 수 있으며, 2차원 비트맵 이미지에 대한 이미지 프로세싱도 가능하다. 이러한 기능이 플러그인 없이도 웹 애플리케이션에서 구현 가능한 것이 HTML5 canvas의 가장 큰 특징 중 하나이다.

HTML5 canvas가 플러그인 없이 웹 기반의 시각적 공간분석 환경의 요구 기능을 충분히 지원할 수 있는지를 평가하기 위해서는 실제 애플리케이션을 구현해 보는 것이 필요하다. 이에 이 연구에서는 HTML5 canvas를 이용하여 분석 정보 표출을 위한 시각화 도구와 동적 상호작용을 지원하는 시각적 공간분석 환경을 설계하고 구현하여 canvas의 활용 가능성을 평가해 보는 것이 목적이다. 이를 위해서 HTML5와 canvas를 GIS 분야에서 활용하는 사례 연구와 기술 현황을 검토하고, 구현하고자 하는 시각적 공간분석 환경의 모델을 제안한다. 그리고 분석환경을 설계하고 구현하여 HTML5 canvas의 기능과 활용 가능성을 평가한다.

관련 기술

1. HTML5 canvas

HTML5 canvas는 원래 Apple이 자사의 운영체제인 Mac OS X의 대시보드(Dashboard)와 웹 브라우저인 사파리(Safari)에서 사용하고 있는 HTML 레이아웃 엔진인 웹킷(Webkit)에서 사용하도록 2004년도에 소개한 HTML 요소이다. HTML5 canvas를 사용하면 자바스크립트로 그래픽 렌더링을 제어할 수 있다. 또한 비트맵 이미지에 대한 이미지 프로세싱도 가능하다. HTML5 canvas를 이용하면 웹 애플리케이션 개발 과정에서 플러그인 없이도 인터랙티브한 그래픽

콘텐츠를 제공할 수 있는 것이다.

HTML5 canvas를 활용하기 위해서는 HTML 파일에 canvas 태그를 선언한 후, 자바스크립트 API(Application Programming Interface)를 활용하여야 한다. 자바스크립트는 렌더링 콘텍스트(context)를 이용해서 canvas의 정보에 접근하거나 조작한다. Canvas에서 사용하는 2차원 콘텍스트는 CanvasRenderingContext2D 라는 인터페이스를 구현해 놓은 객체라고 할 수 있다. 이 인터페이스에는 그래픽 요소를 그리는 메소드와 그래픽 속성들이 정의되어 있다. 예를 들어, fillStyle은 채우기 속성 값을 정의한 것이고 fillRect() 메소드는 사각형 그래프를 그리는 메소드를 정의한 것이다. CanvasRenderingContext2D가 그릴 수 있는 그래픽 형태는 arc, circles, bezier, quadratic curves, lines, path 로 다양하며 image를 추가할 수도 있다. 그리고 그래픽 속성은 strokeStyle과 같은 속성 값으로 정의할 수 있다. 이러한 특징을 클래스 다이어그램으로 표현하면 그림 1과 같다.

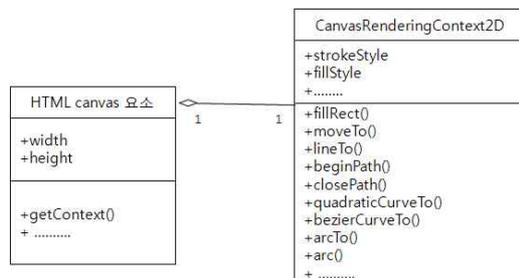


FIGURE 1. HTML5 canvas 요소

2. HTML5기반의 웹 GIS 구현 사례

웹 GIS 분야에서 HTML5 canvas를 이용한 구현사례는 모바일 매핑 플랫폼과 모바일 웹 기반의 웹 애플리케이션에서 찾아볼 수 있다. tile5(<http://www.tile5.org>)는 온라인 매핑 플랫폼을 추구하고 있으며, 베이스 맵을 제공하고 주제 정보 등을 추가할 수 있다. 하지만 HTML5 canvas를 기반으로 한다는 점에서 기존 서비스와 구분이 된다. 그리고 스

마트 폰, 태블릿 PC 환경에서 유연한 매핑 기능을 제공해 주는 것이 특징이다. Cartagen (Boulos *et al.*, 2010)도 HTML5 canvas를 활용하는 매핑 플랫폼이다. Cartagen의 가장 큰 특징 중의 하나가 공간정보를 클라이언트에서 바로 렌더링 한다는 점과 데스크탑과 스마트폰 환경에서 동시에 구동한다는 점이다. 안재성과 김형태(2010)도 모바일 디바이스에 독립적으로 구동하는 모바일 웹 기반의 지오 웹 서비스를 HTML5를 이용해서 시범적으로 구현한 바 있다. 이 시스템은 스마트폰 환경에 상관없이 HTML5를 지원하는 웹 브라우저만 설치되어 있다면 구동이 가능한 특징을 가진다. 또한 김광섭과 이기원(2011)은 위성 영상정보에 대한 메타데이터 검색 서비스를 위한 하이브리드 앱 개발에서 사용자 UI(User Interface) 구현 단계에서 HTML5를 적용한 프로토타입을 구현하였다. 이상의 사례들은 HTML5의 특징을 활용하여 웹 GIS 시스템을 구현하였다. 사례 연구에서 강조한 HTML5의 특징은 다음과 같다. 첫째, HTML5를 이용하면 2차원 그래픽 렌더링과 같은 매핑과 시각화를 위한 기본 기능을 플러그인 없이 직접 구현할 수 있다. 둘째, HTML5를 이용하면 플랫폼에 상관없이 HTML5 표준을 준수하는 웹 브라우저만 설치되어 있으면 구동이 가능하다.

분석 환경의 설계와 구현

1. 구현모델

시각적 공간분석 환경은 컴퓨팅 방법에 기반을 둔 시각적 분석 과정을 통해서 연구자의 분석적 추론을 지원하는 것을 목적으로 한다 (Andrienko *et al.*, 2007). 분석적 추론을 보조하는 개념을 구체화하기 위한 방법에 대해서 Rinner(2007)는 다양한 분석과정을 시각화하여 표현하는 분석 환경을 개발하는 것이 중요함을 강조한바 있다. Rinner의 주장은 시각적 공간분석의 구현에 있어서, 전산분석법

을 기반으로 하되 분석과정과 분석결과들을 다양한 방법으로 시각화하는 환경을 제공해주는 것이 중요함을 강조한다. 결국 시각적 공간분석 환경을 구현한다는 것은 공간 자료를 분석하는 분석법과 시각화 도구와의 결합을 의미한다. 중요한 것은 변화의 패턴을 탐지할 수 있는 분석법의 개발과 분석결과나 분석과정을 시각화 도구와 결합하는 시각화 환경의 구현이다.

이 연구에서는 사용한 분석법은 박미라 등(2011)이 제안한 지역분류 방법이다. 이 방법은 동적 타임 워핑(Dynamic Time Warping) 방법을 적용하여 비슷한 시기에 유사한 변화를 보이는 지역을 분류할 수 있다. 그리고 이 방법을 구현하는 시각적 공간분석 환경은 지역의 시계열적 속성 변화를 탐지할 수 있는 다양한 시각화 도구를 지원해 주어야 한다.

2. 설계과정

이 연구에서는 시각적 분석 작업의 종류와 이를 지원할 수 있는 시각화 도구의 선택 그리고 동적 상호작용의 구현을 중심으로 분석 환경을 설계하도록 한다.

설계 단계는 총 3단계를 거친다. 먼저, 작업 분류 단계이다. 작업 분류는 시공간 자료를 활용하는 전문가와의 심층 인터뷰를 통해서 얻은 결과를 활용하였다. 심층 인터뷰에서는 시각적 공간분석의 개념을 설명하고 시계

열 유사성 기반의 지역 분류에서 어떤 분석 작업을 수행할 수 있는지를 논의하였다. 논의 결과, 다음 두 종류의 작업을 도출하였다.

- 비슷한 시점에 비슷한 변화를 보이는 지역의 탐지
- 비슷한 지역으로 나뉘는 지역의 시계열 속성 변화 탐지

분류한 작업을 어떠한 동적 상호작용을 통해서 구현할 수 있는지를 알아보는 것이 두 번째 단계이다. Wehrend and Lewis(1990)는 시각화 도구를 이용하는 사용자의 동작을 11개로 구분한 바 있는데, Knapp(1995)는 이를 identify, locate, compare, associate로 재분류하고 이 4 가지 동작이 의미가 있다고 강조한 바 있다. 이 연구에서는 Knapp의 재분류에 근거하여 동적 상호작용의 내용을 분류한다. 2가지 작업내용과 4 가지 사용자 동작을 분류한 후, 작업내용과 사용자 동작을 지원할 수 있는 시각화 도구나 기법을 선택한다(표 1).

유사한 지역으로 분류된 지역 확인(A1), 유사한 지역으로 분류된 지역의 위치 표현(A2), 유사한 지역으로 분류된 지역들 간의 비교(A3)는 지도화를 통해서 표현할 수 있다. 그리고 지도에서의 선별적 강조(brushing) 기법을 통해서 유사하게 묶이는 지역을 강조해서 표현할 수 있다.

유사한 지역들로 묶이는 지역들의 시계열 속성 변화와 연결(B1)은 시계열 변화를 표현할 수 있는 다양한 시각화 기법을 활용해야 한다.

TABLE 1. 작업내용, 사용자 동작 분류와 시각화 도구와 기법의 선택

작업 내용	사용자 동작	표기	시각화 도구	시각화 기법
비슷한 시점에 유사한 변화를 보이는 지역의 탐지	■ identify (유사한 지역으로 분류된 지역 확인)	A1	지도	선별적 강조
	■ locate (유사한 지역으로 분류된 지역의 위치 표현)	A2	지도	선별적 강조
	■ compare (유사한 지역으로 분류된 지역들 간의 비교)	A3	지도	선별적 강조
비슷한 지역으로 나뉘는 지역의 속성 변화 탐지	■ associate (유사한 지역들로 묶이는 지역들의 시계열 속성 변화와 연결)	B1	애니메이션 지도, 시간적 평행좌표 그림 시계열 히트 맵 차트	다중창 배열, 선별적 강조

시계열 공간정보의 시각화에 많이 활용해 온 애니메이션 지도(animated map), 시간적 평행좌표그림(temporal parallel coordinate plot), 그리고 시계열 히트 맵 차트(temporal heat map chart)를 활용하여 속성 값의 시계열 변화를 살펴볼 수 있도록 하였다. 이러한 시각화 도구들은 지도와 함께 동시에 보여주는 다중창 배열 기법을 적용해서 표현하며, 한 지역을 선택하면 시각화 도구에서 관련 지역이 갖는 정보가 강조되는 선별적 강조 기법을 함께 활용한다.

3. 분석환경의 구조

분석 환경은 구현 모델에 부합하도록 구성하였다. 즉, 전산 분석법의 기능과 시각화 도구나 기법의 결합을 시도하였다(그림 2).

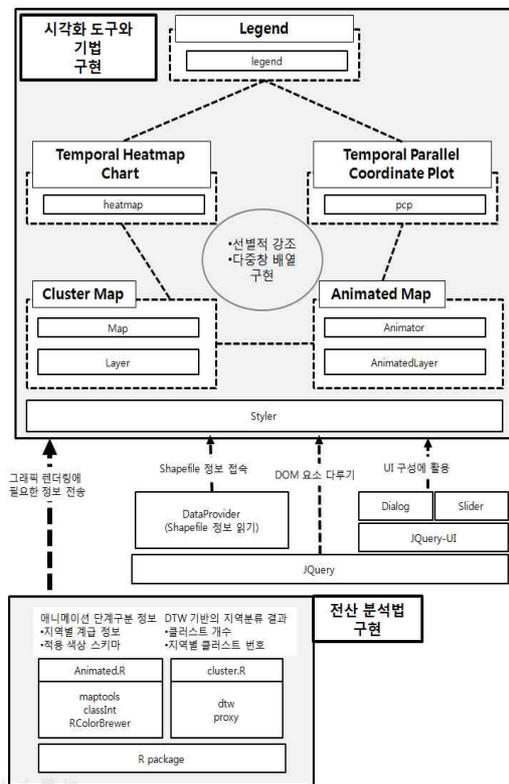


FIGURE 2. 분석 환경 구조

먼저, 전산 분석법을 수행하는 구조이다. 전산 분석법은 시계열 변화 유사성에 기반한 지역분류를 지원한다. 이를 위해서는 공개용 통계 패키지인 R 패키지를 이용하였다. R 패키지 환경에서는 동적 타임 위핑을 이용해서 유사 행렬을 구한 후, 계층적 방법을 이용해서 군집을 나눈다. 군집 분석 결과는 오프라인 방식으로 분석 환경으로 전달된다. 이 과정에서 styler 라는 자바스크립트 객체에 해당 정보를 저장해서 활용한다(표 2).

TABLE 2. styler 객체

```
function styler() {
  this.clusterColor = ['#8dd3c7', '#ffffb3', '중략..'];
  ..중략..
  this.clusterInfo=[1,2,2,3,3 중략....];
  .. 중략..
}
```

시각화 도구와 기법의 구현 과정에서는 자바스크립트 라이브러리인 JQuery (<http://jquery.com>)를 활용한다. JQuery는 HTML의 DOM(Document Object Model) 요소들에 손쉽게 접근할 수 있도록 해 주는 장점을 가진다. 또한 JQuery를 기반으로 다양한 UI를 제공하는 JQuery-UI 라이브러리도 이용하도록 한다. JQuery-UI 위젯(widget) 중 slider는 애니메이션 컨트롤 UI로 활용하고, dialog는 다중창 배열의 구현에 적용한다.

4. 시각화 도구와 기법의 구현

개별 시각화 도구의 구현은 자바스크립트에서 HTML5 canvas 객체를 활용한다. 시각화 도구를 구성할 때 인스턴스 변수에 canvas와 그래픽 콘텍스트 객체를 생성하고 개별 메소드에 시각화 도구의 기능을 구현한다. 예를 들어, 표 3은 시각적 평행좌표 그림에 해당하는 TemporalPCP 객체를 구현하기 위한 코드 구조이다. 코드 구조를 보면, 인스턴스 변수

부분에 canvas 객체와 콘텍스트 객체를 생성한 후, 개별 메소드를 정의하는 것을 알 수 있다.

TABLE 3. TemporalPCP 객체 선언 코드의 구조

```
function TemporalPCP() {
  .. 중략..
  //인스턴스 변수에 canvas 객체 생성
  var canvas = document.createElement('canvas');
  .. 중략 ..
  //콘텍스트 객체 생성
  this.context = canvas.getContext("2d");
  .. 중략 ..
}
TemporalPCP.prototype = {
  constructor : TemporalPCP,
  메소드이름1 : function() {
    .. 중략 ....
  },
  메소드이름2 : function(){
    .. 중략 ..
  }
};
```

시각화 도구는 크게 네 가지이다. 군집지도 (cluster map)는 기본도 역할을 한다. 군집지도는 shapefile 정보를 읽어온 후, styler 객체 정보를 참고해서 군집화 정보와 색상 정보를 적용하여 공간정보를 표출한다.

애니메이션 지도도 공간 자료에 대한 정보를 읽어온 후, styler를 이용해서 단계구분 정보와 색상 정보를 참조하여 연속적인 지도를 표출한다(그림 3).

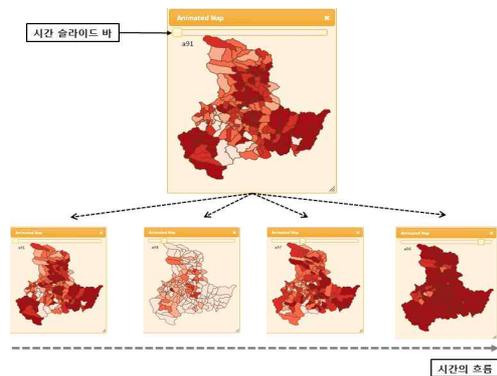


FIGURE 3. 애니메이션 지도의 표현

시간적 평행좌표 그림은 평행좌표 그림의 축을 시간 축으로 대체해서 표현하는 그래프이다. 이 그래프를 이용하면 속성 값이 시기별로 어떻게 변하는지를 파악할 수 있다(그림 4). 그리고 styler의 색상 정보를 이용하면 군집별 변화를 탐색할 수도 있다.

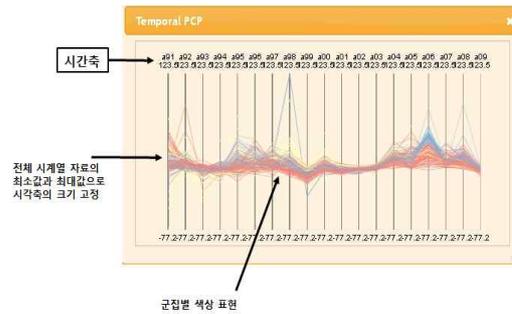


FIGURE 4. 시간적 평행좌표 그림의 표현

시계열 히트 맵 차트는 다변량 정보를 나타내는 히트 맵 차트를 시간 축으로 대체해서 나타낸 그림이다. 히트 맵의 각 셀은 특정 시점에서의 특정 지역이 갖는 속성 값을 의미한다. 이 연구에서는 속성 값을 애니메이션 지도에 적용한 색상 스키마로 적용하여 표현하였다(그림 5). 이 방법을 사용하면 색상의 변화를 통해서 특정 지역의 시계열 변화를 파악할 수 있는 장점을 가진다.

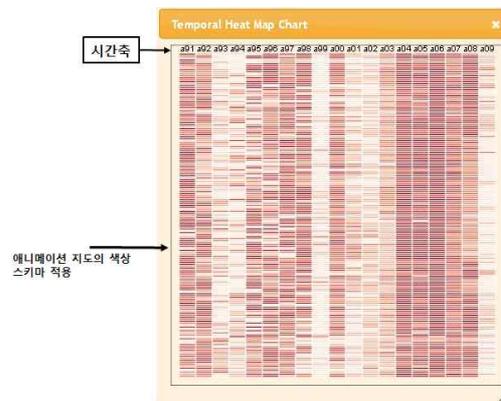


FIGURE 5. 시계열 히트 맵 차트

시각화 기법으로는 선별적 강조와 다중창 배열을 구현한다. 선별적 강조는 개별 시각화 도구마다 이벤트가 발생하면 이벤트가 발생한 객체정보를 파악하여 다른 시각화 도구로 객체정보를 전송하여 그래픽 요소를 다시 그리도록 하는 기능을 구현하였다(그림 6).

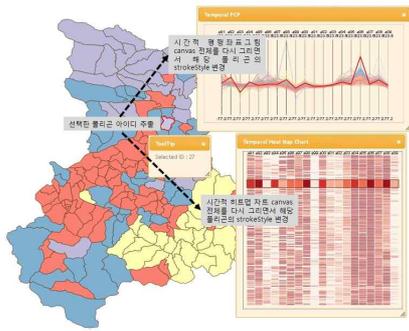


FIGURE 6. 선별적 강조

다중창 배열의 경우에는 JQuery-UI의 dialog 위젯을 이용해서 개별 시각화 도구가 dialog 위젯에 포함될 수 있도록 하였다(그림 7).

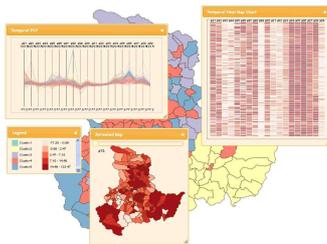


FIGURE 7. 다중창 배열

5. 기능

분석 환경에서는 군집지도를 기반으로 해서 어떤 속성의 변화를 기준으로 비슷한 지역으로 구분이 되었는지를 알 수 있다. 이러한 정보는 속성 정보의 시계열 변화를 나타내는 다른 시각화 도구를 통해서 확인할 수 있다. 그

리고 각 시각화 도구는 군집지도와 연동해서 동시에 표현이 되기 때문에 비슷한 군집으로 분류되는 지역과 각 지역이 가지는 속성 값의 시계열 변화 특성을 시각적으로 분석하는데 도움이 된다(그림 8).

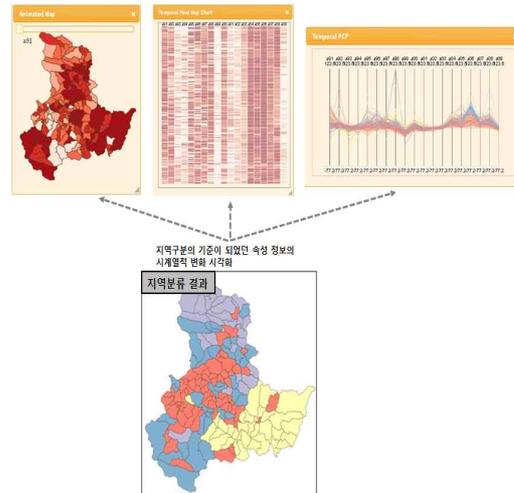


FIGURE 8. 분석결과와 속성정보 시각화

선별적 강조는 특정 지역의 속성 값이 어떤 시계열 변화를 보이는지를 분석하는데 효과적이다. 사용자가 특정 지역을 클릭하면, 시간적 평행좌표 그림, 시계열 히트 맵 차트에서는 해당하는 지역의 속성 값을 나타내는 그래프 요소가 하이라이트 된다. 이 과정에서 히트 맵 차트는 지역의 개수가 많아지면 셀의 크기가 작아서 속성 값의 변화를 표현하는데 한계를 보인다. 이러한 문제를 극복하기 위해서 사용자가 선택한 지역이 강조되는 과정에서 히트 맵 차트의 셀은 확대되어 나타나도록 하였다. 이렇게 하면 지역의 수가 늘어나서 히트 맵 차트의 셀 크기가 작더라도 사용자가 선택한 지역의 셀은 확대되어 나타나기 때문에 사용자가 인식하기 용이한 장점을 가진다. 마지막으로, 군집지도에서는 해당 지역의 간단한 속성 정보를 툴팁 윈도우를 통해서 나타낼 수 있다(그림 9).

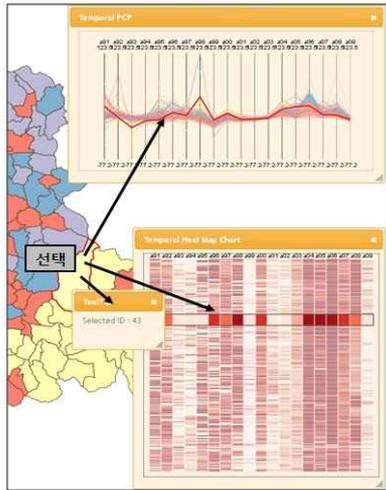


FIGURE 9. 선별적 강조의 연계

특정 지역만 선택하는 것이 아니고 군집 전체를 선택하는 경우도 있다. 동일한 속성을 가지는 지역으로 분류할 수 있는 지역만을 표현하면 군집에 속하는 지역의 분포 특성을 파악할 수 있는 장점을 가진다. 또한 군집별로 지역을 서로 비교할 수도 있다. 분석 환경에서는 군집 지도의 범례에서 특정 군집을 나타내는 영역을 클릭하면 선택한 군집에 해당하는 지역만이 군집지도에 표현된다. 그리고 애니메이션 지도, 시간적 평행좌표 그림, 시계열 히트 맵 차트에서는 해당 군집 지역만 강조되고 나머지 영역은 투명도를 변경하여 흐리게 표현된다(그림 10).

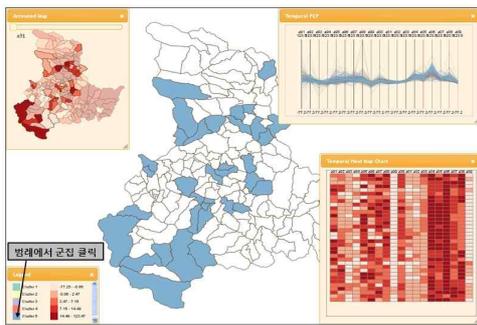


FIGURE 10. 군집별 속성 탐색

HTML5기반의 웹 애플리케이션 개발의 가장 큰 장점 중의 하나가 디바이스나 플랫폼에 독립적으로 구동할 수 있다는 점이다. 이 연구에서 구현한 분석 환경도 HTML5를 기반으로 하였기 때문에 데스크톱, 스마트 폰, 태블릿 PC 환경에서 구현이 가능하다(그림 11). 이를 위해서는 각 디바이스마다 HTML5 표준을 지원하는 웹브라우저만 설치되어 있으면 된다.

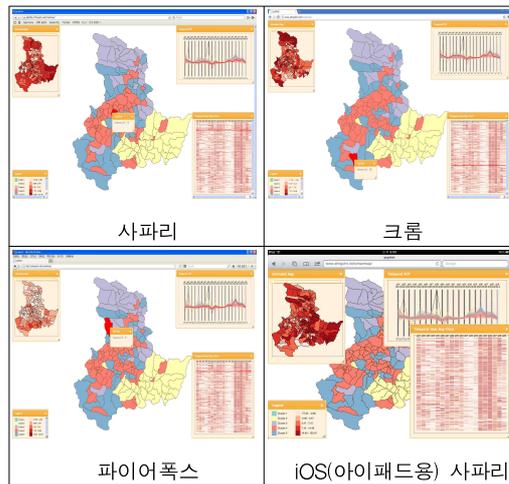


FIGURE 11. 웹 브라우저별 구동화면

결론

이 연구에서는 HTML5 canvas를 이용하여 플러그인 없이 웹 환경에서 구동하는 시각적 공간분석 환경을 설계하고 구현하였다. 시각적 공간분석 환경은 분석 정보를 다양한 시각화 도구로 표현해야 하고, 사용자와의 동적 상호작용을 지원해 주어야 한다. 이 연구에서 구현한 분석 환경은 군집지도, 애니메이션 지도, 시간적 평행좌표 그림, 시계열 히트 맵 차트와 같은 시각화 도구를 지원한다. 그리고 시각화 도구를 다중창으로 배열하여 동일한 군집으로 분류된 지역이 가지는 속성의 시계열 변화를 살펴볼 수 있다. 또한 선별화를 기반으로 하는 패턴 탐색 기능을 지원하여 특정

지점이나 특정 군집을 다양한 시각화 도구를 통해서 동시에 탐색할 수 있는 기능도 지원해 주고 있다.

분석 환경에 필요한 시각화 도구와 분석 기능의 구현 측면에서 HTML5 canvas가 가지는 가장 큰 의미는 플러그인의 지원 없이 시각화 도구의 구현과 동적 상호작용의 구현이 가능하다는 점이다. 이 점이 기존의 웹을 기반으로 하는 시각적 공간분석 환경과의 차이라고 할 수 있다. 따라서 HTML5 canvas를 이용한 분석 환경은 웹 브라우저가 설치되어 있는 장비에서 구동하는 멀티 플랫폼, 멀티 브라우저를 지원하는 특징을 가진다. 스마트폰, PC, 태블릿 PC와 같은 다양한 정보 기기를 사용하는 컴퓨팅 환경의 변화를 고려한다면 HTML5 canvas는 웹 기반의 시각적 공간 분석 환경 구현에 필수적인 요소가 될 것이다.

이 연구에서 구현한 분석 환경은 시계열적 유사성에 기반한 지역 분류를 수행하는 것을 목적으로 한다. 따라서 분석 작업을 지원하기 위한 제한된 시각화 도구와 기법을 구현하였다. 향후 다양한 기능을 갖춘 분석 환경을 구현하는 연구를 진행하여 canvas의 활용에 대한 논의를 확대해 나가야 할 것이다. 특히 HTML5 기능이 계속해서 확대되고 있는 기술 트렌드를 반영하여 SVG와의 통합 방안에 대한 논의와 3차원 시각적 분석 환경의 구현에 대한 논의도 지속적으로 진행되어야 할 것이다. [KAGIS](#)

참고 문헌

- 김광섭, 이기원. 2011. 위성정보 공간 메타데이터 검색 하이브리드 웹 설계 및 시험 구현. 한국원격탐사학회지 27(2):203-211.
- 김남신, 김석주. 2011. GIS와 지오웹 플랫폼을 활용한 웹기반 주제도 표현에 관한 연구. 한국지리정보학회지 14(1):107-117.
- 박기호, 김희원. 2003. SVG를 이용한 지리정보 활용에 대한 연구. 한국GIS학회 추계학술대회논문집. 15-20쪽.
- 박미라, 박기호, 안재성. 2011. 동적 타임 워핑을 통한 시계열적 유사성에 따른 지역 분류 방안에 관한 연구. 국토지리학회지 45(3):387-395.
- 안재성, 김형태. 2010. HTML5를 이용한 모바일 웹 기반의 지오웹 서비스 구현에 관한 연구. 국토지리학회지 44(3):375-381.
- 안재성, 이양원, 박미라, 박기호. 2006. 웹2.0 환경에서 동적상호작용 중심의 시각적 공간 자료분석. 국토지리학회지 40(4):585-594.
- 이원석. 2010. HTML5와 모바일웹. TTA Journal 128:50-54.
- Andrienko, G., N. Andrienko, P. Jankowski, D. Keim, M.J. Kraak, A. MacEachren and S. Wrobel. 2007. Geovisual analytics for spatial decision support: setting the research agenda. International Journal of Geographical Information Science 21(8):839-857.
- Boulos, M.K., J. Warren, J. Gong and P. Yue. 2010. Web GIS in practice VIII: HTML5 and the canvas element for interactive online mapping. International Journal of Health Geographics 9(1):1-13.
- Brezzi, M., M. Jern and L. Thygesen. 2011. OECD explorer : making regional statistics come alive through a geovisual web-tool. Statistika 48(2):92-106.
- Knapp, L. 1995. A task analysis approach to the visualization of geographic data. In: Nyerer, T.L., Mark, D.M., Laurini, R. and Egenhofer, M.J.(ed.). Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems. Dordrecht, Kluwer Academic, USA, pp.355- 371.

- Rinner, C. 2007. A geographic visualization approach to multi-criteria evaluation of urban quality of life, *International Journal of Geographical Information Science* 21(8):907-919.
- Takatsuka, M. and M. Gahegan. 2001. Sharing exploratory geospatial analysis and decision making using GeoVISTA Studio: from a desktop to the Web. *Journal of Geographical Information and Decision Analysis* 5(2):129-139.
- Wehrend, S. and C. Lewis. 1990. A problem-oriented classification of visualization techniques. *IEEE Proceedings of the First IEEE Conference on Visualization: Visualization '90*. San Francisco, CA, Oct. 23-Oct. 26, 1990. pp.139-143.
- <http://jquery.com>.
- <http://www.tile5.org>. 