HTML5 WebGL을 이용한 스마트폰 3차원 지형정보 시각화

김광섭 · 이기원[†]

한성대학교 정보시스템공학과

Visualization of 3D Terrain Information on Smartphone using HTML5 WebGL

Kwangseob Kim and Kiwon Lee[†]

Dept. of Information Systems Engineering, Hansung University

Abstract : The public and civilian demands regarding 3D geo-spatial information processing on mobile device including smartphone are increasing. But there are few actual implementations or application cases. This work is to present some results by a prototype implementation of 3D terrain information visualization function with satellite image and DEM using HTML5 WebGL, which is a web-based graphic library under the standardization process. This is a useful standard for cross-platform operation for 3D graphic rendering without other plug-in modules. As the results, in the different types of operating system or browser in a personal computer or a smartphone, it shows same rendering results, as long as they support HTML5 WebGL. As well, geo-metadata search and identification functions for data sets for 3D terrain visualization process are added in this implementation for the practical aspect.

Key Words : 3D Geo-spatial, WebGL, HTML5, WebGL Framework, Smartphone

요약 : 스마트폰 등과 같은 모바일 단말에서 3차원 지형정보 처리 기술에 대한 민간과 공공 수요는 계속 증가하고 있으나 실제 개발 및 활용 사례는 많지 않다. 이 연구에서는 HTML5의 OpenGL ES 2.0을 기반으로 한 웹 기반의 그래픽 라이브러리인 WebGL을 적용하여 위성영상자료와 DEM 자료를 이용한 3차원 지형정보 가시화기능을 프로토타입으로 구현하고 시험 적용한 결과를 제시하고자 한다. WebGL을 사용함으로써 웹 환경 뿐만 아니라 뿐 모바일 브라우저에서도 별도의 추가 프로그램 없이 브라우저만으로 구동이 가능하다. 실험 결과로 HTML5 WebGL을 지원하는 개인용 컴퓨터나 스마트폰에서 구동되는 서로 다른 운영체제와 브라우저에서 위성영상정보와 DEM 자료의 중첩에 따른 3차원 지형의 가시화 결과가 동일함을 확인하였다. 또한 적용된 자료는 각각 공간 메타데이터를 검색하고 확인할 수 있도록 하여 실무적인 활용 가능성을 증가시킬 수 있도록 하였다.

접수일(2012년 3월 10일), 수정일(1차 : 2012년 4월 4일), 게재확정일(2012년 4월 9일).

[†] 교신저자: 이기원(kilee@hansung.ac.kr)

1. 서론

3차원 공간정보 기술은 컴퓨터 하드웨어 발전과 그래픽 기술 발전으로 3차원 지형정보에 대한 시각화 기능과 분석 기능을 제공하는 전문 패키지 소프트웨어로 개발되어 여러 활용 분야에 적용되고 있다. 또한 컴퓨터 그래픽 기술, 증강현실 기술 및 위상기하학 등 다양한 기술이 3차원 공간정보와 융합되면서 u-City, 텔레매틱스, 위치기반서비스, 도시계획, 재난방재, 교통 제어 및 환경 등 공공 분야 및 관련 산업의 기반이 되는 미래 유망 기술로 부각되고 있다(박세환, 2011). 따라서 최근 이러한 3차원 공간정보를 응용 소프트웨어뿐 아니라 인터넷 웹 브라우저에서 활용할 수 있는 기반 기술 및 응용 기술 개발에 대한 연구가 주요 연구 주제로 부각되고 있다. 웹 환경에서 3차원 공간 자료를 표현하기 위한 방법으로 VRML(Virtual Reality Modeling Language)을 이용하는 경우도 있으나(한국전자통신연구원, 1999; Mat *et al.*, 2009; 장영운 등, 2011), 최근에는 웹 환경뿐 만 아니라 모바일 환경에서도 운영가능한 3차원 공간정보 처리를 위한 연구가 수행되고 있다. Kim and Lee(2006)과 Lee and Kim(2006)은 PDA(Personal Digital Assistant) 단말에서 OpenGL ES 1.0(OpenGL for Embedded Systems)을 이용하여 3차원 공간정보 처리를 위한 시험 시스템을 개발한 바 있으며, Lee and Dong(2008)은 휴대폰 상에서 3차원 공간객체 렌더링을 위한 시스템 설계에 M3G API(Application Programming Interface)를 적용한 바 있다.

한편 2000년대 후반부터 스마트폰에서 구동되는 응용 소프트웨어에서 위치정보의 활용이 증가하면서 항공 사진이나 위성영상정보를 포함하는 공간자료를 기반으로 하여 부가 콘텐츠를 제공하는 소위 '공공 앱' 개발 사례도 증가하고 있다(예: 서울 열린데이터광장: data.seoul.go.kr). 또한 스마트폰에서 3차원 공간정보를 처리하도록 하는 기반 기술과 응용 기술에 대한 수요가 증가하는 추세이다. Noguera *et al.*(2011)은 모바일 단말에서 위성영상정보와 연계하는 3차원 지형정보 가시화 처리의 중요성과 전망을 한 바 있다.

스마트폰에서의 3차원 공간 자료 콘텐츠를 표현하기 위한 요소기술 개발은 크로노스(KHRONOS) 그룹에서 관리 중인 표준 중 휴대단말기나 임베디드 장치에서 복

잡한 3차원 그래픽렌더링을 위한 라이브러리인 OpenGL ES를 사용 할 수 있다. 그러나 이 연구에서는 다양한 스마트 기기에 대응하기 위한 방법으로 현재 W3C(World Wide Web Consortium)에서 표준 제정 단계에 있는 HTML5(Hypertext Markup Language 5) 기술 중 하나인 WebGL을 적용하였다.

WebGL도 크로노스 그룹의 OpenGL ES 2.0 기반으로 되어 있다. WebGL은 HTML5의 기술 중 하나로 별도의 플러그인(Plug-In) 도구를 필요로 하지 않고 직접 웹 브라우저에서 구동되므로 개인용 컴퓨터 웹 브라우저 뿐 아니라 스마트폰에 탑재된 웹 브라우저에서도 구동이 가능하다. Boulos *et al.*(2010)에서는 HTML5를 공간정보 응용을 위한 웹 매핑 모바일 시스템 개발 연구를 수행한 바 있다. 김광섭과 이기원 (2011)은 HTML5를 이용하여 공간 메타데이터 검색 하이브리드 앱을 시험 구현 한 사례가 있다. Mouton *et al.*(2011)은 향후 웹을 통한 협업 기반의 3차원 그래픽 시스템에서 웹 브라우저는 가상의 운영환경에서 구동되며 이러한 브라우저는 WebGL, XMLHttpRequest, CSS3(Cascading Style Sheet 3: 종속형 시트)등과 같은 기술요소가 적용될 것이라고 예상한 바 있다. 김광섭과 이기원 (2012)은 지형공간정보 가시화에서 HTML5의 적용 가능성을 제시한 바 있다.

이번 연구의 주요 내용으로는 WebGL에 대한 개요와 기술적인 분석, 개발 환경 프레임워크에 대해서 소개를 하고자 한다. 또한 스마트폰 브라우저 상의 3차원 지형 공간 정보처리를 하기 위한 기초 연구로 시각화를 중심으로 설계하였으며, 실제 자료의 출처와 내용에 대한 공간 메타데이터의 확인 및 검색 기능을 추가하고자 한다.

2. 3차원 그래픽 라이브러리 WebGL

최근 다양한 해상도 및 운영체제를 지원하는 스마트폰이나 태블릿 단말기가 산업계의 중요한 플랫폼으로 인식되고 있다. 이러한 다양한 스마트 기기에서 구동되는 어플리케이션과 서비스 시스템을 개발하기 위해서는 서로 경쟁관계에 있는 각각의 운영체제와 해상도에 따라 별도로 개발하고 테스트를 해야 하는 어려운 점이 있다. 하지만 웹 브라우저가 탑재되어 있는 스마트 기기에

는 웹 표준이나 웹 개발 언어를 적용하여 이러한 문제를 해결 할 수 있다.

HTML은 1990년대 초반 최초 버전이 발표된 이후 1997년 HTML4가 발표되고 2000년대 초반 XHTML1, 2005년에는 AJAX 기법 등과 같이 지속적으로 발전하고 있다. HTML5는 2012년 현재 W3C에서 표준 제정 중이며 마이크로소프트, 모질라, 애플, 구글, 오페라 등 모든 웹 브라우저 개발사가 참여하고 있으며, 과거 HTML의 호환성을 유지하면서 RIA(Rich Internet Application) 기능을 수행 할 수 있는 웹 표준안이다. HTML5는 스마트폰 웹브라우저에 대한 지원이 높으며, 기존에는 플러그인을 설치하여 이용한 비디오, 오디오, WebWorker, 캔버스, 위치정보 등을 별도의 플러그인 없이 웹 언어만을 이용하여 접근 할 수 있다. 이러한 장점 때문에 2011년에는 전 세계 시장을 기준으로 22%의 스마트 단말기가 HTML5를 지원하고 있으며, 2016년에는 85%에 달 할 것으로 예상하고 있다(전자신문, 2011. 12. 'HTML5 혁명온다' 기사 인용).

한편 2011년에는 HTML5 기술 중 하나인 WebGL 1.0이 개발, 발표하여 웹 언어만을 이용하여 브라우저 상에서 3차원 정보처리 기술을 적용 할 수 있게 되었다. WebGL은 다양한 플랫폼과 장치에서 동적인 미디어의 가속화된 재생 및 제작을 가능하게 해주는 개방형 표준 API 개발과 배포를 주도하는 비영리 단체인 크로노스 그룹에서 관리되고 있다. WebGL은 HTML5의 목적 중 하나인 별도의 플러그인 없이 3차원 렌더링을 할 수 있는 라이브러리이다. 기존의 HTML5의 Canvas 기능을 사용하여 2차원 렌더링이 가능하였지만, WebGL을 이용하면 웹 브라우저에서 3차원 렌더링이 가능하다. WebGL은 휴대단말기나 임베디드 장치에서 복잡한 3차원 그래픽 렌더링을 하기 위한 그래픽 라이브러리인 OpenGL ES 2.0을 기반으로 하는 개발자용 API로 되어 있다. 따라서 버텍스 셰이더(Vertex Shader)와 픽셀 셰이더(Pixel Shader)로 프로그램이 작동 하며 상위 레벨 셰이딩 언어인 GLSL(OpenGL Shading Language)를 이용하여 그래픽 파이프라인이 구성된다(Rettig, 2011).

크로노스 그룹에서 관리 중인 OpenGL 4.1, OpenGL ES 2.0, WebGL 1.0은 모두 GLSL을 이용하여 그래픽 파이프라인을 구성한다. 하지만 특징으로 OpenGL은 개인용 컴퓨터 기반의 그래픽 렌더링을 하기 위한 라이

Fig. 1. HTML, Javascript and CSS3 role in Web Browser.

Fig. 2. Javascript and GLSL API Graphic pipeline in WebGL.

브러리이며, OpenGL ES 2.0은 위에서 언급한 것과 같이 임베디드 장치나 휴대단말기에서 그래픽 렌더링을 하기 위한 라이브러리이다. WebGL은 플랫폼에 관계없이 웹 브라우저상에서 OpenGL과 OpenGL ES와 같은 방식으로 3차원 그래픽 렌더링이 가능하다. 최근 구글 맵(Google Map)과 노키아 맵(Nokia Map)에서는 WebGL을 이용하여 개인용 컴퓨터 웹 브라우저에서 3차원 공간객체에 대한 확대, 축소, 이동과 회전 기능을 제공하여 스트리트뷰(StreetView)와 같은 서비스를 시험적으로 제공하고 있다.

Fig. 1은 WebGL이 웹 브라우저에서 구동되는 언어인 HTML, Javascript, CSS3의 역할을 간략하게 도식화한 내용이며, Fig. 2는 Javascript와 GLSL API의 그래픽 파이프라인의 관계를 나타낸 것이다.

하지만 2012년 상반기 현재 모바일 단말에서 출시된 모든 웹 브라우저에서 WebGL을 지원하지는 않는다. 참고로 Table 1에서 현재 개인용 컴퓨터 웹 브라우저에서의 WebGL의 지원 현황을 정리하였으며, Table 2는 스마트폰 웹 브라우저에서의 WebGL 지원 현황을 정리한 것이다.

Table 1와 같이 개인용 컴퓨터에서의 WebGL 지원 현황은 마이크로소프트사의 인터넷 익스플로러(IE) 외의 웹 브라우저들은 운영체제에 관계없이 모두 지원하

Table 1. Support for WebGL in desktop Web Browser (2012. 03)

OS	Browser Name	Version	Support
Windows	Internet Explorer	9	X
-	Firefox	11	O
	Opera	12	O
	Chrome	17.0	O
	Safari	5.1	O

Table 2. Support for WebGL in smartphone Web Browser (2012. 03)

OS	Browser Name	Version	Support
Android	WebKit Browser	2.3.x	X
		4.0	X
iOS	Safari	5	X
Windows Mobile	Mango	7.5	X
BlackBerry PlayBook OS	BlackBerry	2.0	O
-	Firefox Mobile	10	O
-	Opera Mobile	12	O

고 있다. 하지만 Table 2에서의 스마트 기기에 탑재된 웹 브라우저는 현재 WebGL을 지원하고 있지 않는 경우가 많다. 안드로이드 운영체제의 기본 웹 킷 브라우저

에서는 WebGL을 지원하고 있지 않지만, 운영체제와 독립적인 브라우저인 Firefox Mobile이나 Opera Mobile을 별도로 안드로이드 마켓을 이용하여 설치한 후 사용할 수 있다. 하지만 애플의 iOS 기반 운영체제에서는 Firefox Mobile과 Opera Mobile 브라우저를 지원하고 있지 않아 WebGL을 사용할 수 없다.

3. WebGL 프레임워크: Three.js

WebGL은 OpenGL ES 2.0 기반으로 GLSL을 이용한 별도의 프로그래밍을 통하여 3차원 객체를 가시화한다. GLSL 프로그래밍 작업을 용이하게 하기 위한 다양한 WebGL 프레임워크(Framework)가 발표되고 있다. 프레임워크의 특징과 라이선스를 Table 3에 정리하였다.

WebGL 프레임워크들 중 Three.js는 Scene-graph API 와 추상화 객체의 개념을 기본적으로 사용하고 있는 3차원 엔진 프레임워크로서, 2010년에 공개가 되었으며 HTML5의 Canvas와 SVG 요소만을 가지고 렌더링이 가능하였다. WebGL이 발표됨과 동시에 얼마 지

Table 3. Features and License of WebGL framework (Khronos, 2012)

Name	Features	License
C3DL	Cameras, lights, swappable shader effects, collada model loading etc support.	MIT
CopperLicht	3D file format support	Free / Commercial
CubicVR.js	XML and BadgerFish-JSON format support.	MIT
GammaJS	2.5D platform games powered.	MIT
GLGE	Keyframe animation and collada model support.	BSD
O3D	Collada model convert, format loading and Scene graph API support.	BSD
Oak3D	Math library, Model library, skeletal animation library and etc support.	GNU
OpenWeb Globe SDK	Image data, height data, POI, vertex data, 3D object support.	MIT
PhiloGL	Data visualization, game develop framework.	MIT
SceneJS	Graphic API base on JSON.	MIT
SpiderGL	Relies on WebGL for realtime reandering.	LGPL
TDL	Scarifies feature for speed.	BSD
Three.js	Canvas, SVG, WebGL render support.	MIT
X3DOM	integrating and manipulating scenes as HTML5-DOM element.	MIT
OSG.JS	Some plugin has been made for OpenSceneGraph to manipulate model and export.	GNU
JebGL	Java applet that emulates a WebGL canvas, providing a fallback option for browsers that don't support WebGL.	MIT
KickJS	3D game engine.	BSD
Storm EngineC	OBJ format loading and physical simulation support.	GNU

나지 않아 WebGL 기반 3차원 렌더링 기능에 대한 확장성이 뛰어난 프레임워크이다.

4. 스마트폰 3차원 지형공간정보 시각화 기능 구현 결과

이 연구에서는 HTML5, Javascript와 CSS3를 이용하여 개발 프레임워크를 기반으로 3차원 지형공간 시각화 기능을 시험 구현하였다. 이 연구는 HTML5 WebGL을 주요 내용으로 하지만 CSS3 기술요소도 설계나 구현 단계에서 중요한 역할을 하므로 이를 다음과 같이 정리하고자 한다.

WebGL은 이를 지원하는 브라우저만 스마트폰에 설치되어 있으면 구동이 가능하며 웹 브라우저에서 구동되는 언어 중 하나인 CSS3의 미디어 쿼리(Media Query)를 이용하여 다양한 해상도를 가진 장치에 적용할 수 있다. CSS의 미디어 쿼리는 반응형 웹디자인으로 불리고 있으며, 기본 개념은 CSS2부터 등장 하였지만 미디어에 대한 특징이나 범위를 정확하게 지정할 수 없기 때문에 일부분만 사용되었고, HTML5와 함께 CSS3가 발표되면서 미디어의 특징을 표현하고, 필요한 경우 확장할 수 있는 상세 사양을 공개되어 있다. 이러한 미디어 쿼리를 이용한 실제 사례로 삼성화재의 다이렉트 홈페이지와 국내 음원 포털 사이트인 멜론 서비스 등이 있으며, PC에서 접속한 인터넷 홈페이지는 마우스 클릭에 알맞게 설계되어 있지만, 태블릿 PC나 스마트폰에서 접속을 할 경우 구동되는 단말 기기의 해상도에 맞게 유저 인터페이스와 레이아웃이 변경되도록 한다. 즉

CSS3의 미디어 쿼리는 단지 스마트폰을 위해서만 사용되는 것은 아니므로 다양한 해상도의 스마트 기기에 대응하기 위한 기술이다. 이 연구에서는 인터넷 웹 브라우저와 스마트폰 웹브라우저에서의 3차원 지형 공간정보 시각화를 동시에 수행하기 위해 CSS3의 미디어 쿼리를 적용하여 단말 기기의 해상도에 따라 렌더링 결과를 최적화하도록 하였다.

한편 WebGL 프레임워크로는 Three.js를 사용하였다. Three.js는 비교적 다른 프레임워크에 비하여 시스템 부하가 작은 프레임워크로 알려져 있으며 3차원 지형을 렌더링할 수 있는 다양한 함수를 제공하고 있어 사용자를 위한 도구가 아닌 개발 프레임워크로 많이 사용되고 있다. 그러나 Three.js는 현재 스마트폰에서의 터치 이벤트(Touch Event)와 사용자 인터페이스 관련 함수를 제공하지 않는다. 따라서 별도로 스마트폰에서의 터치 이벤트 및 유저 인터페이스를 편리하게 적용할 수 있는 프레임워크로 Sencha Touch와 JQTouch를 사용할 수 있지만, 현재 WebGL을 지원하고 있는 웹브라우저 중 하나인 Firefox에서는 이러한 프레임워크들을 충분하게 지원하지 않는다.

따라서 이번 연구에서는 별도의 사용자 인터페이스 프레임워크를 사용하지 않고 3차원 지형을 시각화하면서 스마트폰 버튼을 통해 렌더링 결과를 상, 하, 좌, 우로 이동하거나 확대 및 축소할 수 있는 기본 기능을 구현하였다. 이번 연구에서는 개인용 컴퓨터 웹 브라우저, 안드로이드 스마트폰 웹 브라우저와 태블릿 웹 브라우저에서 적용 실험을 하였으며, 테스트 영상으로는 Fig. 3에서 보이는 관악산 주변 지역의 IKONOS 영상과 동일 지역의 DEM 자료를 대상으로 하였다.

Fig. 3. IKONOS Satellite Imagery and DEM data around Gwanak mountain, Seoul.


```

if(!Detector.webgl){ Detector.addGetWebGLMessage(); } //WebGL Check
...
function getHeightData(img) { // Height data apply function
var canvas = document.createElement('canvas');
canvas.width = 256; canvas.height = 256;
var context = canvas.getContext('2d');
var size = 256 * 256, data = new Float32Array(size);
context.drawImage(img,0,0);
for ( var i = 0; i < size; i ++ ) { data[i] = 0 }
var imgd = context.getImageData(0, 0, 256, 256);
var pix = imgd.data;
var j=0;
for (var i = 0, n = pix.length; i < n; i += (4)) {
var all = pix[i]+pix[i+1]+pix[i+2];
if(window.innerWidth > 480){
data[j++] = all/40;
} else data[j++] = all/70;
}
return data;
}
...
texture = new THREE.Texture( generateTexture( height_data, worldWidth, worldDepth ),
new THREE.UVMapping(), THREE.ClampToEdgeWrapping, THREE.ClampToEdgeWrapping );

```

Fig. 4. A part of source code for WebGL verification and importing height value.

Fig. 5. 3D visualization in web browsers: (a) IE 9, (b) Safari 5.1, (c) Chrome 12, (d) Opera 12 and (e) Firefox 4.

Fig. 4는 WebGL을 이용하여 3차원 렌더링을 하기 위해 구현한 부분 중 중요 소스 코드로 WebGL을 지원하는 브라우저인지 검사하는 부분과 DEM 데이터를 높이 값(Height Value)으로 입력 하는 자바스크립트 소스 코드 일부 내용을 제시한 것이다.

Fig. 5는 개인용 컴퓨터 웹 브라우저에 대한 적용 실험 결과이다. (a)는 인터넷 익스플로러(IE) 9이며 현재

WebGL을 지원하고 있지 않아 렌더링 결과가 출력되지 못한 것으로 나타낸다. (b)는 Mac OS 10.7 운영환경에서 구동되는 Safari 5.1이며 WebGL 활성화 설정에 따른 지원 결과를 나타낸다. (c), (d), (e)는 차례대로 Chrome 브라우저에서의 구동 결과, Opera 12 브라우저의 구동 결과, Firefox4 브라우저에서의 동일한 구동 결과를 나타낸다.

Fig. 6. 3D visualization in web browsers on smartphone: (a) Android Web Kit browsers, (b) Firefox Mobile 4 and (c) Zoom-in function in Firefox Mobile 4.

Fig. 7. Geo-metadata search and identification in Firefox: (a) Desktop browser8 and (b) Android browser.

Fig. 6은 모바일 웹 브라우저와 태블릿 단말기에서의 구동 결과이다. 모바일 단말기는 개인용 컴퓨터 모니터 보다 해상도가 작기 때문에 CSS3 미디어 쿼리를 이용하여 버튼과 3차원 지형공간 렌더링 결과를 출력 해상도에 맞게 조절한 결과이다. 여기서 (a)는 현재 WebGL을 지원하지 않는 안드로이드 진저브레드 웹 킷 브라우저이며, (b)는 안드로이드 마켓에서 다운받아 설치가 가능한 Firefox Mobile 4의 결과, (c)는 버튼 이벤트를 이용하여 3차원 지형정보를 확대한 결과이다.

Fig. 7에서는 3차원 렌더링 작업에 적용된 개별 공간 자료에 대한 메타데이터를 제공하는 페이지이다. 이 기능을 통하여 3차원 공간 시각화 작업시에 메타데이터의 검색 및 확인이 가능하다. (a)는 개인용 컴퓨터에서 적용한 공간 메타데이터를 확인한 결과이고 (b)는 모바일 Firefox에서의 메타데이터 확인 결과이다.

5. 결 론

모바일 스마트 단말 기기에서 3차원 공간정보를 처리하는 기술에 대한 필요성이 증가하고 있다. 이 연구에서는 HTML5의 OpenGL ES 2.0을 기반으로 한 웹 기반의 그래픽 라이브러리인 WebGL을 적용하여 위성영상 자료와 DEM 자료를 이용한 3차원 지형정보 가시화 기능을 설계하고 시험 적용한 결과를 제시하였다. 이번 연구에서는 Three.js WebGL 프레임워크를 기반으로 시험 기능을 구현하였으며 CSS3를 이용하여 다양한 단말기의 해상도에 따른 렌더링 결과물의 최적화 기능을 설계하였다. 실험 결과로 HTML5 WebGL을 지원하는 서로 다른 운영체제와 브라우저에서 위성영상정보와 DEM 자료의 중첩에 따른 3차원 지형의 가시화 결과가 개인용 컴퓨터나 모바일 단말이나 동일함을 확인하였다. 또한 적용된 자료는 각각 공간메타데이터를 검색하고 확인할 수 있도록 하여 실무적인 활용 가능성을 증가할 수 있도록 하였다. 그러나 이 연구에서는 개발 환경에 대한 분석과 함께 실제 가시화 렌더링 기능 구현에 주안점을 두고 있어 실용화 모델로 발전하기 위해서는 보다 심층적인 연구가 필요하다. 향후에는 SNS(Social Network Service)와 연계를 통한 3차원 지형 모델의 활용 및 보급, 3DStudio, SketchUp, Collada 등과 같

은 3차원 자료 포맷의 지원, 클라우드 환경에서 3차원 모델의 자료처리 및 가시화 기법 등에 대해 연구를 지속할 것이다.

사 사

이 연구는 한성대학교 교내연구비 지원과제임.

참고문헌

- 김광섭, 이기원, 2011. 위성영상정보 공간 메타데이터 검색 하이브리드 앱 설계 및 시험 구현, 대한원격탐사학회지, 27(2): 203-211.
- 김광섭, 이기원, 2012. 스마트폰 3D 지형 공간 정보처리 HTML5 적용, 대한원격탐사학회 춘계학술대회 논문집.
- 박세환, 2011. 3차원 GIS 및 지도 데이터 기술 동향, 정보통신산업진흥원 주간기술 동향.
- 장영운, 최연웅, 조기성, 2011. VRML을 이용한 도심지역 LiDAR 압축자료의 3차원 표현, 지형공간정보학회지, 19(2): 3-85.
- 한국전자통신연구원, 1999. 웹 기반 3차원 지리정보 소프트웨어 도구개발에 관한 연구, 108p.
- Boulos, M.N.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: 1-14.
- Kim, S.Y. and K. Lee, 2006. Development of Mobile 3D Terrain Viewer with Texture Mapping of Satellite Images, *Korean Journal of Remote Sensing*, 22: 351-356.
- Lee, K. and S.Y. Kim, 2006. Development of Mobile 3D Urban Landscape Authoring and Rendering System, *Korean Journal of Remote Sensing*, 22: 221-228.
- Lee, K. and W.C. Dong, 2008. A Prototype Implementation for 3D Feature Visualization

- on Cell Phone using M3G API, *Korean Journal of Remote Sensing*, 24: 245-250.
- Mat, R.C., A.R.M. Shariff, and A.R. Mahmud, 2009. Online 3D Terrain Visualization: A Comparison of Three Different GIS Software, *ICIME* 2009.
- Mouton, C., K. Sons, and I. Grimsteadz, 2011. Collaborative Visualization Current Systemes and Future Trends, *2011 Web 3D Conference*.
- Noguera, J.M., R.J. Segura, C.J. Ogayar, and R. Joan-Arinyo, 2011. Navigating large terrains using commodity mobile devices, *Computers & Geosciences*, 37: 1218-1233.
- Rettig P., 2011. 3D In the Browser, Presentation material in Liberally using Material From: Mozilla MIT IAP WebGL Class.
- Khronos, 2012. User Contributions, http://www.khronos.org/webgl/wiki/User_Contributions.