

Web 3D 가상도시 구축

Construction of 3D Virtual City on the Web

이종기*, 임일식**, 김병국***

Jong-Ki Lee, Il-Sik Lim, Byung-Guk Kim

요약 실세계의 분석에서부터 3D 가상도시를 구축하는 GIS는 매우 빠르게 발전하고 있다. 3D 가상도시는 GIS 기술, 컴퓨터그래픽스 기술, 가상현실 기술, 공간 데이터베이스 기술에 의해 컴퓨터 속에 구현이 되는 도시를 말한다. 본 연구에서는 수치지도를 이용하여 실세계 지도좌표를 포함한 3차원 지형 기본맵을 구축하였다. 그리고 높이값을 가진 건물과 3차원 지형 기본맵을 통합하여 Cyber City를 구축하였다. 여기에 Server/Client 시스템을 이용하여 3차원 Cyber City 웹서비스 실시하였다. 기존의 이미지 또는 벡터 기반의 웹서비스방식보다 벡터와 이미지의 합성인 하이브리드(Hybrid)방식으로의 개선을 제안하였고, 공간검색·속성검색 기능을 제공함으로써 기존의 Web 3D 기술의 단순한 가시화의 한계를 넘어 Web 3D GIS로의 발전방향을 제시하였다.

ABSTRACT The GIS which is analysis of the real world to construction of 3D virtual city develops in rapid growth. 3D virtual city is simulated by use of a GIS, Computer graphics, virtual reality and Spatial database. In this paper, 3D topographical basemap which have the geographic coordinate of world was constructed by digital map. And build the Cyber city with combining the building that have elevation and 3D topographical basemap. By using server/client system for the cyber city, 3D cyber city web service implemented. We proposed the hybrid base web service method rather than the image or vector base web service. By the spatial and attribute search in the 3D Cyber City, overcome the existing simple visibility of Web 3D technology, and exhibited development direction to the Web 3D GIS.

주요어 : 가상도시, 가상현실, 공간검색, 속성검색

Key word : GIS, Virtual City, Virtual Reality, Spatial Search, Attribute Search

1. 서론

초기의 GIS는 3차원의 실세계를 2차원 평면 위주의 공간자료로 표현하였다. 그로 인하여 높이정보의 손실로 왜곡이 발생하였다. 3차원 실세계를 그대로 표현하기 위한 많은 연구가 이루어져 최근의 GIS는 3차원 GIS로 발전하고 있으며, 특히, 3차원 지도를 단순 제공뿐만 아니라, 3차원 공간정보의 검색과 편집·분석이 가능한 Web 3D GIS로 발전하고 있다.

3D GIS의 가장 큰 장점은 기존의 2D와 비교하여

높은 현실감을 줄 수 있고, 현실세계를 가장 잘 표현하고 있으며, 실생활과 같은 환경에서의 공간분석 등 GIS의 기능도 제공한다는 데 있다. 3D GIS에서는 실세계를 컴퓨터상에 정확하고 현실감 있게 보여주는 부분은 가상현실 기술을 사용하고, 공간분석과 공간자료의 처리 부분은 GIS가 맡게 된다. 3D 가상도시의 이용은 응급사과 서비스, 도시계획, 무선통신, 건축, 도시 시설물 관리, 관광 및 오락, 환경, 교육 등과 같은 다양한 분야에 적용이 되고 있다.

본 연구에서는 인하대학교 부근의 지형자료를 이용

* 인하대학교 지리정보공학과 박사과정

** 인하대학교 지리정보공학과 석사과정

*** 인하대학교 지리정보공학과 부교수

g2021543@inhavision.inha.ac.kr

g2021281@inhavision.inha.ac.kr

byungkim@inha.ac.kr

하여 3D 가상도시를 구축하였다. 먼저 수치지도를 이용하여 등고선과 건물 등 벡터자료를 구축하고, 위성영상자료와 건물이미지 등 래스터자료를 구축하였다. 구축된 자료를 이용하여 3차원 지형 기본맵을 구축하였고, 자체개발한 모델러로 Cyber City를 구현한 후 ActiveX 컨트롤과 ADO를 결합하여 웹서비스를 실시하였다. 특히, 단순한 가시화가 아닌 건물의 위치정보, 속성정보의 공간검색 기능이 제공되고 이미지와 벡터를 통합하여 구현하였으며 수학적 가상의 좌표가 아닌 실세계 좌표가 서비스되도록 함으로써 기존의 Web 3D의 한계를 극복하였다.

2. 관련연구

2.1 연구동향

기존의 연구는 가상도시의 지형데이터와 도형데이터를 Web 3D언어인 VRML이나 JAVA3D 등을 통하여 Web에서 구현하는 것이다.

VRML이 Web 3D언어로 국제표준화기구의 표준으로 인정받고, 3D 오브젝트의 모델링 위주의 시각화에 적합하며 인터넷에 3D 공간을 표현하는 그래픽스 데이터의 기술언어으로써 훌륭하다.

하지만, VRML은 EAI(External Authoring Interface)를 통하여야만 사용자와의 동적인 상호작용이 가능하고, GIS의 검색기능의 한계, 수학적 가상의 좌표체계를 가지고 표현한다는 단점을 가지고 있다.

그러므로 3차원 실제 지도좌표를 구현하고 상호작용이 가능하도록 하기 위해서는 기존의 VRML을 이용하는 것보다 웹상에서 3차원 자료를 보기 및 검색할 수 있는 새로운 컨트롤이 필요한 시점이다.

2.2 3D 가상도시 구축기술

2.2.1 자료구축

3D 가상도시 구축의 가장 기본이 되는 부분으로 여러 가지 구축방법이 있으며 방법에 따라 시간과 비용이 많은 차이를 가지고 있다. 본 연구에서는 위 여러 가지 기술을 자료구조 측면인 벡터자료와 래스터자료로 나누어 보았다.

가. 벡터자료 구축

수치지도는 지방자치단체 또는 국립지리원에서 구입할 수 있으며 수치지도상에 건물, 등고선 등 원하는 레이어를 쉽게 추출할 수 있다. 특히, 시설물도를 사용할 수 있다면 건물에 대한 정확한 정보를 얻을 수 있다.

수치에 의하여 지형의 상태를 나타낸 자료를 통칭하여 수치표고자료라 한다. 수치표고자료의 유형으로는 지형을 일정크기의 격자로 나누어 높이값을 기록한 DEM(Digital Elevation Model)이 가장 많이 알려져 있다. DEM은 표고값을 중심으로 지형을 표현한 모델로서 일정크기의 격자를 기반으로 이루어진 매트릭스 형태에 표고값을 저장한 것이다. 또한 불규칙하게 분포된 위치에서 표고를 추출하여 이들 위치를 삼각형의 형태로 연결하여 전체 지형을 표현하는 방식으로 TIN(Triangulated Irregular Network)방법을 사용한다. TIN 모델은 각 삼각형과 인접 삼각형의 위상관계를 저장하고 있어 이러한 형태의 자료구조는 지형을 비롯한 여러 가지 형태의 Surface를 분석, 도시하는데 매우 효과적이다.

나. 래스터자료 구축

인공위성영상은 자료의 수집과정에서 여러 가지 요인에 의해 왜곡이 발생한다. 이러한 요인은 수집된 자료의 처리나 분석 시에 여러 가지 오차 요인으로 작용하기 때문에 반드시 보정을 통해 자료의 수정 작업이 필요하다. 영상왜곡의 원인을 모두 고려하여 기하학적으로 영상 촬영 당시와 똑같은 환경을 재구성함으로써 영상의 위치를 보정하는 방법이다. 정사보정이 수행된 영상은 모든 점에서 나타나는 편위가 제거됨으로써 사진상에 나타나는 상이 일반 지도에서 보는 것처럼 모든 점에서 축척이 일정하게 유지된다.

또한, 건물측면을 디지털카메라로 촬영하면 왜곡이 발생한다. 3차원 건물모델에 이미지 텍스처링을 하기 위해서는 왜곡보정을 한 후 매핑이 되어야 하므로 왜곡을 반드시 보정하여야 한다. 보정하는 방법은 여러 가지가 있으며 그 중 한 가지가 포토샵을 이용하는 방법이다.

3. 연구의 범위와 방법

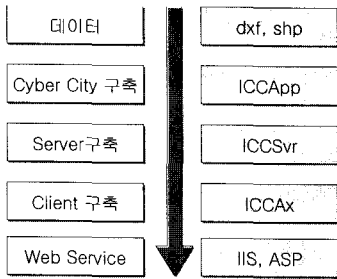
인하대학교 부근의 높이 값이 입력된 건물과 등고선을 포함한 수치지도(1:1,000과 1:5,000)파일, 디지털카메라로 취득한 건물이미지자료, 그리고 TIN과 위성영상을 이용한 정사영상 등을 이용하여 지형자료를 구축하였다.

구축된 대용량의 3차원 자료를 효율적으로 관리하고 웹서비스를 하기 위하여, 기존 지형자료 포맷을 자체 디자인한 3차원 지형 자료구조 포맷인 MSG(Map Spatial Geographic)와 3차원 공간 인덱스 포맷인 MSI(Map Spatial Index)를 개발하였다. 개발된 포

맷을 이용하여 기존자료를 재구축하였고, 자체 디자인 한 포맷으로 변경하여 자료를 구축하기 위한 3차원 모델러인 ICCApp를 개발하여 Cyber City를 구축하였다. 구축된 Cyber City를 웹서비스 하기 위해 각각 서버와 클라이언트 프로그램을 개발하였다.

3.1 연구의 흐름

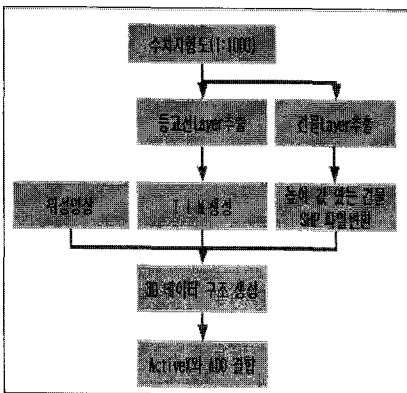
연구의 흐름은 <그림 1>과 같고 그림의 좌측은 구축 절차를 나타내며 우측은 해당데이터포맷과 개발한 소프트웨어를 나타낸다.



<그림 1> 연구의 흐름

3.2 3D 지형 기본맵 구축

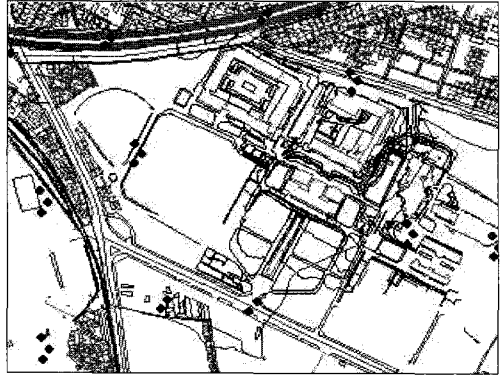
수치지도를 이용하여 벡터 지형데이터를 구축하였고, 높이값을 가진 수치지도 레이어(등고선 레이어 등)를 이용하여 만든 TIN과 위성영상과 결합하여 정사영상을 생성하였다.



<그림 2> 3D 지형 기본맵

여기에 추출된 건물 레이어에 실측을 통하여 얻어진 건물 높이값을 적용한 수치파일을 결합하여 3D 데이터 구조를 생성한다. 위와 같은 과정은 3D 지형 및 객체 관리 소프트웨어를 개발하여 구현이 가능하다.

3.2.1 벡터자료 구축



<그림 3> 연구지역 벡터자료

<그림 3>은 웹서비스를 위해 구축한 벡터자료이다. 1:5,000 수치지도에서는 인천행정구역경계, 고속도로, 구 경계 등 3개의 레이어를 구축하였고, 1:1,000 수치지도에서는 도로, 건물 등 레이어를 추출하였다.

웹서비스시 축척단계에 보일 단계를 7단계로 나누어, 각 단계별로 여러 레이어로 그룹을 지었다. 이 그룹은 사용자가 확대·축소기능이나 윈도우검색을 할 경우 보일 단계를 정한 것이다.

축척단계를 7단계로 정한 것은 각 단계에서 보여지는 내용이 도곽의 크기와 균형을 맞추기 위하여 자체적으로 조정된 것이다. 이 단계는 구성되는 정보에 따라 조정 될 수 있다.

<표 1>은 Level별로 구축된 레이어를 보여준다.

<표 1> 수치지도 그룹별 모음

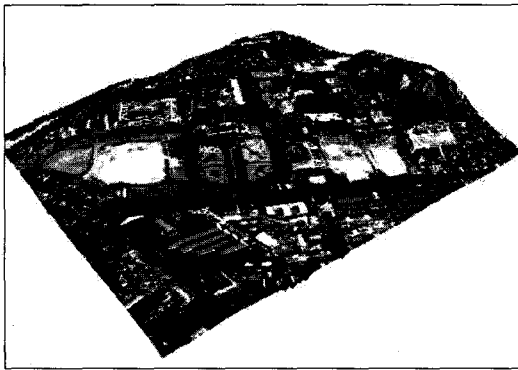
level	코드	명칭	지도축척
1	hanggung	인천행정 경계	1:5000
	highway	고속국도	"
2	gu_dong	남구+동	"
3	ad002	도로중심선	1:1000
	aaa008	빌딩	"
	ea0018	법정동계	"
:	:	:	:
:	:	:	:
7	aaa001	일반주택	"
	aaa002	연립주택	"
	aaa007	가건물	"
	ae001	인도	"
	ae110	육교	"

3.2.2 정사영상 구축

〈그림 4〉는 정사사진을 나타낸 것이다. 정사보정은 사진 또는 영상의 모든 지점의 위치오차를 최소화하는 보정방법으로 정사보정이 수행된 영상은 모든 점에서 나타나는 편위가 제거됨으로써 사진 상에 나타나는 상이 일반 지도에서 보는 것처럼 모든 점에서 축척이 일정하게 유지된다.

1:1,000수치지도에서 등고선 레이어를 추출하여 TIN을 생성하였다. TIN을 DEM으로 변환 후, 구축된 DEM을 이용하여 정사보정을 실시하였다.

텍스처링 영상은 항공사진이나 인공위성영상 모두 가능하다. 하지만 항공사진은 대부분 흑백영상이므로, 시각적인 효과를 위하여 고해상도 컬러 위성영상을 주로 사용한다.



〈그림 4〉 정사사진

3.2.3 건물사진 구축

〈그림 5〉 건물측면이미지를 왜곡보정 과정을 보여 주는 것이다. 건물측면을 디지털카메라로 촬영하면 좌측과 같은 왜곡이 발생한다. 3D건물모델에 이미지 텍스처링을 하기 위해서는 왜곡보정을 한 후 매핑이 되어야 하므로 우측과 같이 왜곡을 보정한다.

왜곡 보정하는 방법은 2D Projective Transformation과 같은 변환을 프로그램 개발을 통해 구현할 수 있다. 2D Projective Transformation은 평면이미지 왜곡 보정에는 잘 적용되지만 원형이나 복잡한 건물에는 적용이 쉽지 않은 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 포토샵에서 이미지 왜곡을 보정하고 3D건물모델에 텍스처(Texture) 매핑하는 방법을 채택하였다.

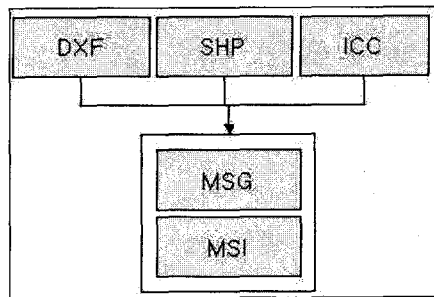


〈그림 5〉 건물 측면 이미지 취득

3.3 Cyber City 구축

자체 개발한 프로그램인 ICCApp(지형자료 구축 모델러)를 이용하여 벡터자료를 구축하였다. 실제 지도좌표가 표현된 3차원 지형정보와 높이값이 추가된 건물이 통합된 Cyber City를 구축하였다. 본 연구의 목적이 다양한 벡터데이터를 모두 사용하여 지형데이터를 구축하는 것이므로 지원되는 파일포맷은 DXF, SHP, ICC이다.

DXF는 Autodesk사에서 Autocad 자료의 호환을 위하여 개발하였으며, GIS소프트웨어 간에 데이터교환, 특히 도형정보의 교환을 위하여 널리 사용되고 있다. SHP는 ESRI에서 지리정보에 대한 데이터를 처리하기 위해서 만들어진 벡터파일이다. ICC는 본 연구에서 새로 만들 파일포맷으로 ICCApp를 이용하여 구축된 벡터파일을 저장하는 파일포맷이다.



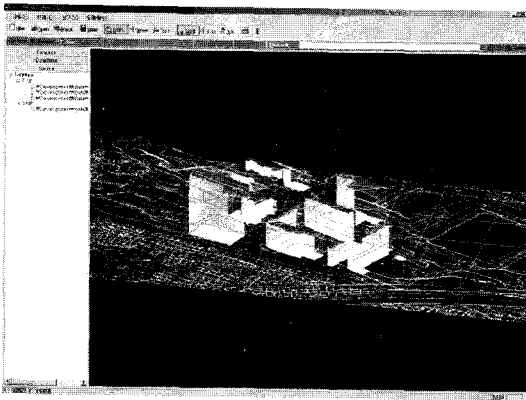
〈그림 6〉 ICCApp를 이용한 데이터 구축

3개의 파일포맷으로 구축된 도형데이터는 자체개발한 포맷인 MSG(Map Spatial Geographic)와 MSI

(Map Spatial Index)포맷으로 저장되는데 MSG는 지형 Feature정보를 저장하며 MSI는 공간인덱스정보를 저장한다.

도형데이터는 ICCApp를 이용하여 구축된 벡터데이터와 이미지데이터를 자체개발한 포맷인 MSG와 MSI로 저장되고, 공간인덱스는 질의를 통해 데이터에 접근할 수 있도록 R*-TREE를 적용한다. R*-TREE는 데이터 기반의 구조의 인덱싱 방법으로 R-TREE에서 발생하는 중첩현상을 해결하기 위해서 중첩을 최소화시키는 방법으로 분할하는 다차원 인덱스구조이다. R*-TREE는 R-TREE에서 발생하는 최소경계사각형간의 중첩의 양을 줄였고, R+-TREE에서 노드에 데이터가 중복 저장되는 문제를 제거하였다.

(그림 7)은 지형과 건물이 통합된 Cyber City를 보여준다. 수치지도를 이용하여 구현한 결과를 보여주는 것으로 ICCApp로 구축된 결과이다.



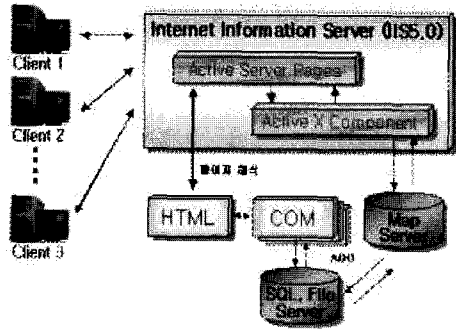
〈그림 7〉 지형과 건물이 포함된 Cyber City

3.4 Cyber City 웹서비스

3.4.1 웹서비스 개요

웹서비스는 Server-Client 방식으로 가상도시를 웹서비스를 구현한다. (그림 8)은 웹서비스 구조를 보여준다.

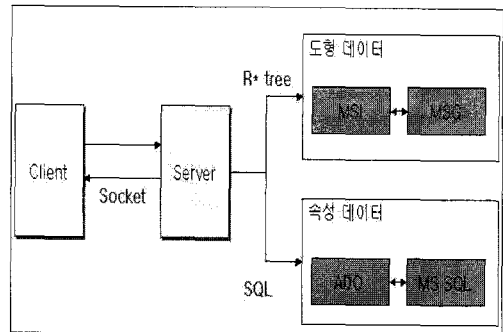
Client는 Server를 통해 도형 및 속성정보를 요구한다. Server는 이를 처리하여 도형정보는 ActiveX 컨트롤로 보여주고, 속성정보는 인터넷 익스플로러 창에 보여진다. 이를 통해 Client는 위치정보, 속성정보를 검색하고 조회 결과 볼 수 있다.



〈그림 8〉 웹서비스 구조

3.4.2 웹서비스 운영방식

(그림 9)는 웹상에서 Server-Client 시스템으로 데이터베이스 운영방식을 보여준다. Server-Client의 통신은 소켓(Socket)을 이용하여 이루어진다. 소켓은 TCP/IP 프로토콜의 프로그래머 인터페이스로 존재하는 프로세스들 사이의 대화를 가능하게 하는 프로세스 상호 통신방식이다.



〈그림 9〉 벡터방식 웹서비스

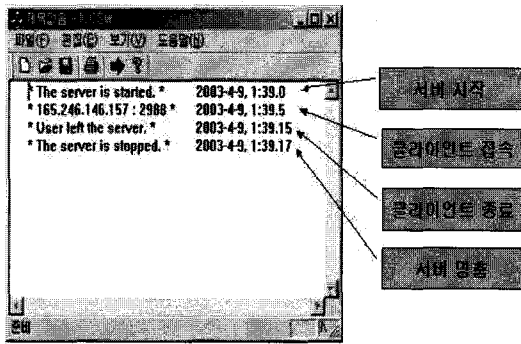
도형데이터는 자체개발한 포맷인 MSG와 MSI로 저장된 데이터를 검색하여 서비스한다. 사용자 ActiveX컨트롤 상에서 일정한 지역정보를 보고 싶거나, 특정한 건물을 찾고 싶을 때, 해당 지역은 공간인덱스를 통하여 검색한 후, 검색된 인덱스를 이용하여 구축된 MSG포맷의 데이터에서 실제 데이터를 불러온다. 데이터는 Serialization 방식을 통하여 소켓에 저장하여 사용자에게 전송한다.

속성데이터는 ADO(ActiveX Data Object)와 MS-SQL의 연동으로 구현된다. ASP(Active Server Page)에는 데이터베이스 액세스 컴포넌트가 제공되는

데 ADO라고 알려진 서버컴포넌트 객체는 웹페이지와 모든 종류의 데이터와의 연결구실을 한다. 사용자가 Server의 ASP를 통해 서비스를 요구하면 ADO는 MS-SQL에 SQL문을 전달하고 Server는 이를 처리하여 결과를 ASP로 제공하는 시스템이다.

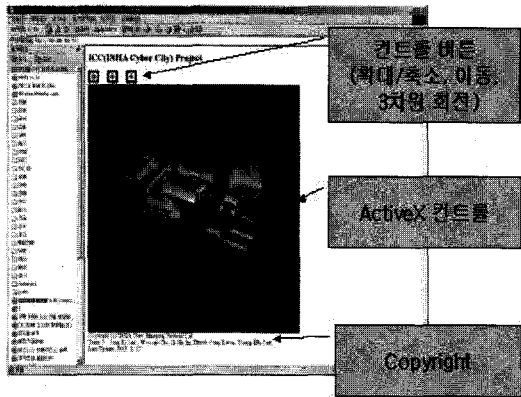
3.4.3 웹서비스 내용

〈그림 10〉은 웹 서버 작동상태를 보여준다. Client가 접속 및 종료 상태와 Server의 시작 및 종료 상태를 확인할 수 있도록 구현되었다.



〈그림 10〉 웹 서버 작동 상태 표시

〈그림 11〉은 Client의 작동상태를 보여준다. 상단에는 기능 버튼으로 확대/축소, 이동, 3차원회전 등의 기능이 제공되고, 가상도시는 ActiveX 컨트롤로 서비스된다. 그리고 우측에는 건물의 위치정보, 속성정보 등 공간검색 기능이 제공되도록 되어있다.

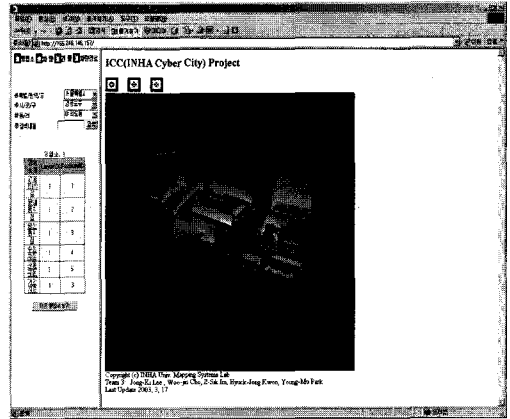


〈그림 11〉 웹 클라이언트 작동상태

3.4.4 웹서비스 공간/속성 검색

공간검색 및 속성검색은 좌측 입력창에 검색내용을

입력한 뒤 검색버튼을 누름으로써 내용을 검색할 수 있다. 검색된 내용은 검색창 아래 표로 나타나며, 오른쪽 지도상에도 표시된다.



〈그림 12〉 웹서비스 공간/속성검색

4. 결론 및 향후 연구방향

본 연구에서는 수치지도, 위성영상, 그리고 디지털 사진을 이용하여 3차원 지형자료를 생성하고, 가상도시를 구축하는 소프트웨어를 개발하였다. 여기에 웹서비스를 위하여 각각 Server, Client, 데이터베이스 등을 구축하였다. 구체적인 결론 및 향후 연구방향은 다음과 같다.

첫째, OpenGL과 Visual C++를 이용하여 3차원 가상도시 구축하는 소프트웨어를 개발함으로써 VRML이나 JAVA3D에 종속되지 않는 3차원 가상도시 구축 기술을 축적하였다.

둘째, 기존의 Web 3D 가상도시는 수학적 좌표체계로 표현되었지만 본 연구에서는 지도에서 사용하는 실좌표체계로 표현함으로써 완벽한 실세계를 표현할 수 있었다.

셋째, 기존의 지리정보의 웹서비스 방식은 이미지 기반의 서비스인데 반해 벡터와 이미지를 혼합한 하이브리드방식 서비스가 가능하도록 하여 현실성 있는 정보를 제공할 수 있었다.

넷째, 단순한 가시화가 아닌 건물의 위치정보, 속성정보를 검색할 수 있도록 하는 GIS적 기능을 추가하여 3차원 웹서비스의 방향을 제시하였다.

다섯째, 2D 인덱싱의 R*-TREE를 3D로 확장함으로써 방대한 양의 지리정보 데이터에 대한 R*-TREE의 적용 가능성을 발견하였다.

향후 연구방향은 건물 측면이미지 취득 및 왜곡보정에 대한 연구를 통해 건물 텍스처링을 개선할 수 있는 방법을 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Siyka Zlatanova, "An alternative for a 3D GIS", INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1999
- [2] Yoav I H Parish, Pascal Muller, "Procedural Modeling of Cities", ASPRS, 2001
- [3] M.Varshosaz, "TRUE REALISTIC 3D MODELS OF BUILDING IN URBAN AREAS", IAP, RS and SIS, Vol.XXXIV-5/W10
- [4] 김재윤, "사이버도시 실현을 위한 3차원 공간 데이터베이스 구축과 활용", The Journal of Association of Korea, Vol.9 No.2, 2001, pp.325-340.



임일식

2001년 전주대학교 토목환경 공학과 졸업(공학사)
2002년~현재 인하대학교 지리정보 공학과 석사과정
관심분야 : GPS, GIS, 지적



김병국

1978년 서울대학교 토목공학과 졸업(공학사)
1986년 University of Wisconsin-Madison 졸업(석사)

1989년 University of Wisconsin-Madison 졸업(박사)
1993년~1996년 아주대학교 토목공학과 조교수
1996년~현재 인하대학교 지리정보공학과 부교수
관심분야 : GIS, 사진측량, 실시간 위치결정, 측량정보공학



이종기

2000년 인하대학교 산업공학과 졸업(공학사)
2002년 인하대학교 지리정보 공학과 졸업(석사)
2002년~현재 인하대학교 지리정보공학과 박사과정

관심분야 : 실시간 3D WEB GIS, GPS/INS, Multi-Sensor Fusion