

다차원 도시시설물 관리를 위한 멀티 텍스처 기법과 다중 스레드 기법의 적용에 관한 연구

A Study on Application of Multi-Texture and Multi-Thread for Multi-Dimensions Urban Facility Management System

최 근 호* 강 병 준** 조 흥 범** 김 원 철**
Keun Ho Choi Byoung Jun Kang Hong Beom Cho Won Cheol Kim

요 약 최근까지 도시시설물 관리를 위해 활용된 GIS 기술은 주로 2차원 기반의 GIS 기술이었다. 하지만 도시시설물은 3차원 공간상에 존재하며 이를 2차원으로 추상화시키면 정보의 손실이 일어나게 된다. 또한 도시 공간 내에 점차 시설물의 수가 증가하고 있고 대부분의 도시시설물이 지하공간에 위치하기 때문에 2차원 기반의 시스템에서 도시 내 모든 시설물의 정보를 동시에 파악하고 관리하는 것이 어려워지고 있다. 본 논문에서는 멀티 텍스처 기법을 이용한 다차원 도시시설물 관리 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 3차원 상에서 도시시설물을 가상화하여 데이터의 손실을 줄이고 정보의 가독성을 높이며, 2차원 벡터 데이터의 3차원 라스터 변환을 통한 가상화 기법을 개발하여 다양한 2차원 GIS의 공간분석 결과를 3차원 데이터와 동시에 활용할 수 있도록 한다. 또한 3차원 데이터를 처리하는 경우에 시스템의 속도 및 성능이 저하되어 활용 효율성이 떨어지는 문제를 해결하기 위하여 다중 스레드 프로세스를 적용하였다. 본 논문에서 제안한 기술은 기존에 텍스처를 통해 보여주던 센서의 상태정보를 3차원 영상, 시설물 데이터와 함께 시각정보로 표출함으로써 직관적인 시설물 모니터링이 가능해졌다는데 의의가 있다.

키워드 : 시설물 관리, 멀티 텍스처, 다중 스레드, 3차원 GIS

Abstract Recently, 2D GIS technology is applied for urban facility management. However, urban facilities are located in 3D space and the information loss is occurring during data abstraction from 3D urban facility to 2D object. Also, the number of urban facilities is increasing steadily and most of urban facilities are located in underground space in the city. Therefore 2D urban facility management system has a limitation on visualization and management for a large number of urban facilities. In this paper, a multi-dimensions urban facility management system based on multi-texture technology is proposed. The proposed system reduces the information loss and improves the readability of information by visualizing urban facilities on 3D virtual space. A multi-texturing technology is applied for integrating of 2D vector data and 3D raster data, and a multi-thread technology is used for improving speed and performance of the system. The proposed technology can be used as a guideline for urban facility monitoring as providing visual information of a facility status with 3D image and facility data.

Keywords : Facility Management, Multi-Texture, Multi-Thread, 3D GIS

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목표

현재 IT 분야의 새로운 성장동력으로 유비쿼터스 패러다임이 인식되고 있으며, 신도시 혹은 기존도시의 지능적인 도시 관리를 위하여 u-City 건설 추진

이 급증하고 있는 추세이다(한국전산원, 2005). 이러한 u-City 건설 흐름에 맞추어, u-City 내 서비스 제공의 기반이 되는 도시시설물의 지능화된 관리 방안에 관한 연구가 활발히 진행 중이다(김정훈 외, 2008).

성공적인 u-City 추진을 위해서는 지능화 기반의

* 본 연구는 건설교통부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비 지원(06국토정보C01)에 의해 수행되었습니다.

서울시립대학교 공간정보공학과 박사과정, khchoi@ksic.net(교신저자)

** (주)한국공간정보통신 연구원, bj790408@ksic.net, chohb@ksic.net, quenakn@ksic.net

도시공간정보 서비스가 핵심이며, 이러한 흐름에 발맞춰 구축된 도시정보시스템은 GIS(Geographic Information System) 기술 및 유비쿼터스(Ubiquitous) 기술을 핵심으로 한 지능형 도시정보화(u-UIS)로 한 단계 발전되어야 할 것이다(김은형, 2009). 도시시설물들의 지능화된 관리를 위해서는 정밀한 시설물의 위치정보와 상태정보를 동시에 모니터링 하면서, 시설물의 상태 변화에 맞추어 최적화된 관리방안을 도출하는 것이 필요하다. GIS 기술은 공간정보와 속성정보를 동시에 관리할 수 있으며, 다양한 공간분석 및 공간연산 기능을 통한 최적화된 의사결정을 지원하기 때문에 다양한 도시시설물 관리의 기반기술로 적용되어왔다.

최근까지 도시시설물 관리를 위해 활용된 GIS 기술은 주로 2차원 기반의 GIS 기술이었다. 주로 2차원 기반의 GIS 기술이 활용된 이유는 3차원 GIS 기술을 도시시설물 관리시스템에 적용하기 위해서는 초기 데이터 구축에 많은 비용과 시간이 필요하며 단순한 데이터 가시화 기능 외에는 별도의 분석 기능이 부족하여 다양한 의사결정상황을 지원하지 못하기 때문이다. 하지만 도시시설물은 3차원 공간상에 존재하며 이를 2차원으로 추상화시키면 정보의 손실이 일어나게 된다. 또한 도시 내에 시설물의 수가 증가하고 있고 대부분의 도시시설물이 지하공간에 위치하기 때문에 2차원 기반의 시스템에서는 도시 내의 모든 시설물의 정보를 동시에 파악하고 관리하는 것이 어려워지고 있다(안기원 외, 2003).

도시공간 내 다양한 공간에 분포하는 다수의 도시시설물의 지능화된 관리를 위해서는 3차원 시스템이 요구되며, 이러한 이유로 1990년대 중반 이후 3차원 GIS의 중요성이 인식되기 시작하였다. 하지만 현재까지의 사례를 살펴보면 단지 DEM (Digital Elevation Model) 데이터로부터 지형을 3차원적으로 표현하거나, 가시권 분석, 일조권 분석, 시곡면 분석 등의 간단한 3차원 분석 기능만을 포함하는 3차원 지형의 가시화 및 분석시스템에 머물고 있다.

본 연구에서는 멀티 텍스처 기법을 이용한 다차원 도시시설물 관리 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 3차원 상에서 도시시설물을 가시화하여 데이터의 손실을 줄이고 정보의 가독성을 높였으며, 2차원 벡터 데이터의 3차원 라스터 변환을 통한 가시화 기법을 개발하여 다양한 2차원 GIS의 공간분석 결과를 3차원 데이터와 동시에 활용할 수 있도록

하도록 하였다. 또한 3차원 데이터를 처리하는 경우에 시스템의 속도 및 성능이 저하되어 활용 효율성이 떨어지는 문제를 해결하기 위하여 다중 스레드 프로세스를 적용하였다.

1.2 관련 연구 동향

국내·외적으로 3차원 GIS와 관련된 많은 연구개발이 이루어지고 있지만, 다양한 2차원 공간분석 기능을 3차원 GIS 시스템에 적용하여 서비스할 수 있는 연구사례와 그 기술적 수준은 아주 미흡한 실정이다. 이와 더불어 3차원 GIS 기반 서비스의 속도 및 성능을 향상시키는 것은 많은 시간과 기술을 필요로 한다.

3차원 GIS 서비스를 위해서는 3차원 공간데이터 모델의 개발이 선행되어야 한다. 이와 관련하여 수행된 연구로서 김경호 등(1998)은 3차원 GIS의 기본구조와 프로토타입 모델 개발을 통해 지형고도 데이터와 위성영상 데이터를 가상공간에 표현하였으며, 3차원 피쳐에 대한 멀티미디어 정보검색기능을 구현하였다. 연구에서는 3차원 공간 데이터에 대해 가시화하는 방안을 제시하였지만, 별도의 공간분석 기능이나 활용방안에 대해서는 제시하지 않았다. 또한 박세호와 이지영(2009)은 국내외 3차원 공간정보 데이터 모델의 기하학적 모델, 위상학적 모델과 3차원 공간정보 가시화 방법 등의 항목별로 비교하고, 각각의 데이터 구조를 분석하여 데이터 모델의 특징을 비교하였다. 3차원 공간데이터 모델의 개발뿐만 아니라 효율적이며 사실적인 3차원 공간정보를 구축하기 위하여 다중 공간영상 기반의 건물 텍스처 추출, 모바일 시스템을 이용한 3차원 데이터 구축, 3차원 수치지도 구축 등의 다양한 방안이 시도되고 있다(오재홍 외, 2007; 황태현 외, 2005; 이재기와 박기석, 2007).

3차원 GIS와 관련한 공공기관의 활동을 살펴보면 지식정보화 사회와 유비쿼터스 국토의 가반을 조성하는 3차원 공간정보의 필요성을 인지하여 2006년도부터 국토지리정보원의 주관으로 3차원 국토공간정보를 구축하고 이를 활용하기 위한 소프트웨어를 개발하여 배포하였다. 3차원 국토공간정보는 기존의 2차원 공간정보의 한계점을 극복하여 3차원 공간정보로서 보다 효율적인 업무수행을 위하여 국가단위로 구축을 진행하고 있다. 3차원 국토공간정보 데이터의 구축체원은 1:1000 수치지형도, 수치지표고

모델, 정사영상, 3차원 데이터로서 수치표고모델과 정사영상을 활용하여 3차원 지형을 구성하고 수치 지형도와 3차원 데이터를 3차원 가시화데이터로 활용하여 3차원 국토를 표현한다. 2009년도 까지 5대 광역시를 포함하여 전체 24개 지역의 3차원 국토공간정보 데이터 구축을 완료하였으며 전국 지방자치단체를 대상으로 사업을 계획하고 있다. 다음의 표 1은 3차원 국토공간정보를 구축한 지방자치단체를 나타낸다.

표 1. 3차원 국토공간정보 데이터 구축지역

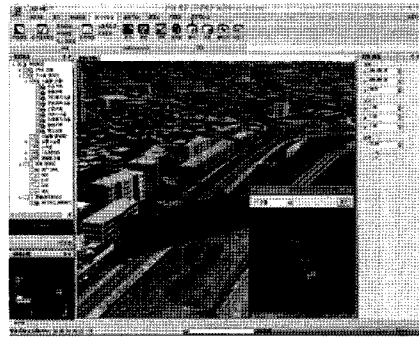
사업지역	사업기간	사업지역	사업기간
대전시	2004~2005	구리시	2008~2009
원주시	2006~2007	의정부시	2008~2009
의왕시	2006~2007	창원시	2008~2009
양산시	2006~2007	마산시	2008~2009
통영시	2006~2007	거제시	2008~2009
진해시	2006~2007	광주시	2008~2009
제주도	2006~2007	공주시	2008~2009
인천시	2007~2008	경기도 광주시	2008~2009
청주시	2007	춘천시	2009
수원시	2007	여주시	2009
대구시	2007~2008	서울시	2009
오산시	2007~2008	평양시	2009

자료 : 국토지리정보원 공간영상과 2009년도 사업현황

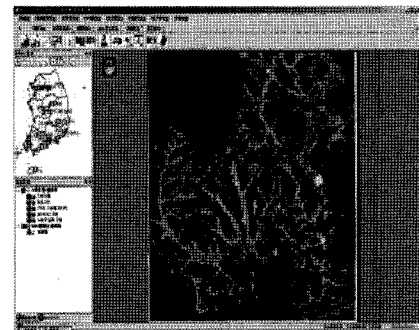
3차원 공간정보의 효율적인 활용을 위하여 3차원 국토공간정보 데이터의 구축과 함께 이를 활용할 수 있는 소프트웨어의 개발도 병렬적으로 진행되었다. 3차원 국토공간정보 데이터의 확인 및 활용을 위한 3차원 공간정보 활용시스템(2006)을 시작으로 3차원 국토공간정보 데이터를 활용기관에서 손쉽게 편집하고 활용할 수 있는 3차원 국토공간정보 편집 소프트웨어(2009)까지 소프트웨어 사업을 진행하여 산출물인 소프트웨어를 배포하였다.

3차원 국토공간정보 데이터를 활용이 용이한 환경에서 편집 및 관리하기 위하여 구축된 최신의 3차원 국토공간정보 편집 소프트웨어는 (주)한국공간정보통신과 (주)지오투정보기술에서 개발을 수행하였다. 대용량의 3차원 공간데이터의 특성에 맞추어 3차원 GIS 데이터 관리기술, 실시간 3차원 시각화 기술, 3차원 GIS 분석 기술을 적용하여 구축되

었으며 영상 및 수치표고자료 데이터 편집과 3차원 GIS 데이터 편집 기능을 구현하여 개발하였다. 다음의 그림 1은 2009년도에 구축되어 활용되고 있는 3차원 국토공간정보 편집 소프트웨어를 나타낸다.



(a) (주)한국공간정보통신 3차원 편집 SW



(b) (주)지오투정보기술 3차원 편집 SW

그림 1. 3차원 국토공간정보 편집 소프트웨어

3차원 GIS와 관련하여 국외 연구를 살펴보면 Lin 등(1999)은 웹 기반으로 하는 3차원 가시화를 위해 다차원 데이터와 응용시스템 간의 관계를 중점으로 VRML과 Java 3D를 이용하였다. 또한 Moore 등(1999)은 TIN(Triangulated Irregular Networks), DEM 데이터를 이용한 지형 표현 기법으로 VFC(Virtual Field Course)를 통하여 3차원 GIS 서비스를 위한 기본사항인 3차원 지형의 가시화 방안을 제안하였다. Zlatanova와 Gruber(1998)는 3차원 도시데이터의 가시화를 위한 공간분석과 데이터 저장 구조로 3차원 FDS(Formal Data Structure)를 제안하였다. 이외에도 데이터 유형별 3차원 텍스트링 기법의 적용 방안을 제안한 연구 (Dischler and Gazanfarpour, 2001)가 진행되었으며, 포인트 레이어, 랜드마크 레이어, 차트 레이어 등의 다양한 레이어

를 3차원 지형과 함께 가시화하여 3차원 GIS 시스템의 활용가능성을 향상시킨 연구(Stephen and Jacqueline, 2008)가 있었다.

대부분의 선행연구들에서 제안한 3차원 GIS 시스템은 3차원 기반의 데이터 처리 및 가시화 기법으로 기존의 2차원 GIS 시스템에서 한 단계 진보된 것은 사실이나, 3차원으로 표현된 데이터에 대한 분석 및 관리기능은 취약하다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 3차원 가시화 기법을 토대로 멀티 텍스처링 기법을 활용하여 다양한 공간분석을 3차원 시스템에서 적용하는 방안을 연구범위에 포함하였다.

2. 관련 기술 분석

2.1 3차원 GIS 기술 분석

2차원 GIS를 거쳐 발전해온 3차원 GIS는 초창기에는 지형을 단순히 3차원으로 가시화하는 기능 위주였지만, 최근에는 3차원 지형 분석 및 3차원 시설물과 3차원 도시 등의 실감 있는 모델링, 분석 기능을 제공하는 단계까지 이르렀고, 미래에는 3차원 모델링뿐만 아니라 현실감 있는 가상현실(Virtual Reality) 기능이 더욱 강조된 3차원 GIS 시스템이 등장할 것이다(안기원 외, 2003).

이러한 3차원 GIS의 발전 추이로는 1980년대에 3차원 지형분석 알고리즘이 개발되었으나 컴퓨터 그래픽 기술의 부족으로 인해 분석결과를 3차원적으로 표현하지 못하고 2차원적 표현만 가능하였다. 다음단계로 컴퓨터 그래픽 기술의 발달과 하드웨어의 성능 향상으로 인해 지형의 3차원적 가시화 및 애니메이션이 가능해졌다. 1990년대 이후로는 3차원 지형의 단순한 가시화뿐만 아니라 다양한 분석의 결과를 3차원적으로 나타내어 사용자의 이해력을 높이고 요구를 충족시켜 주었다. 또한 최근에는 대형 포털 업체들이 3차원 공간영상서비스를 선보이면서 3차원 가상 모델에 대한 수요가 증가하고 있다. 최근 요구되는 3차원 가상 모델은 과거의 프리젠테이션, 디스플레이 위주의 목적으로 제작된 모델과는 달리 일조권 분석 3차원 GIS 연동 등의 분야에서 높은 속성 정확성, 기하학적 정확성을 요구하고 있다(오재홍 외, 2007). 표 2는 3차원 GIS의 발전 단계를 1980년대부터 현재까지 3차원 지형분석의 2차원적 표현에서부터 3차원 지형의 가시화 및 분석시스템을 거쳐 최근 웹 기반의 3차원 가상모델

구축 단계까지를 보여주고 있다.

표 2. 3차원 GIS의 발전 단계

연대	단계	기술	비고
1980	1단계	2차원 GIS의 지형분석 표현	등고선, GRID
	2단계	2차원 지형 가시화 시스템	위성영상, DEM 자료의 가시화
1990	3단계	2차원 지형분석 시스템	지형 가시화 및 분석(향, 고도, 가시권, 단면분석)
2000	4단계	3차원 브라우저 시스템	가상 도시구축, 3D Browsing
	5단계	3차원 가상 모델 서비스	3D 검색, 편집, 분석, 가상현실 (Virtual Reality)

자료 : 안기원 외, 3차원 GIS 적용을 위한 가상공간데이터베이스 구축, 한국측량학회지 제 21권 제1호, 2003

2.2 멀티 텍스처(Multi Texture) 기법

멀티 텍스처(Multi Texture)란 도형객체를 출력하는 경우 도형객체의 텍스처를 다중으로 구성하여 표현하는 기법이다(김용준, 2005). 텍스처를 중첩하여 표현하기 위한 텍스처 보관 영역을 텍스처 스테이지(Texture stage)라 하며, 모든 텍스처 스테이지는 각각 2개의 입력을 받아서 이 값을 합성한 뒤 다음 단계의 스테이지로 전송하여 최종적으로 텍스처를 구성한다. 그림2는 텍스처 스테이지별로 텍스처가 결합되어 멀티 텍스처가 만들어지는 과정을 보여준다.

단일 텍스처 기법을 활용하는 기존의 3차원 활용 시스템에서는 2차원 GIS 데이터를 DEM으로부터 3차원 고도값을 획득하여 3차원 GIS 데이터로 구성하고 3차원 공간상에 표현하였다. 3차원 GIS 데이터는 객체별로 정점(Vertex)에 3차원 고도값을 부여하게 되며, 이 정점의 3차원 고도값을 이용하여 3차원 공간상에 표출한다. 이러한 방식으로 3차원 지형과 동일한 고도를 보유한 GIS 데이터를 표출하는 경우, 3차원 GIS 데이터가 3차원 지형 아래에 존재하거나 위에 존재하는 현상이 발생한다.

멀티 텍스처 기법을 활용하여 GIS 데이터를 표현하는 경우 3차원 지형을 구성하는 메쉬(Mesh)에 항공영상 혹은 인공위성 영상 외에 GIS 데이터 정보

를 텍스처로 표현하여 지형과 밀착하여 시각화 한다. 또한, 건물 및 시설물에 멀티 텍스처를 적용하여 3차원 건물 및 시설물에 환경변화나 센서정보 등의 자연스러운 표현이 가능하며, 다양한 주제(Theme) 데이터, 센서정보, 추가 텍스처 등을 3차원 공간상에 표현함으로써 다양한 정보의 효율적 가시화를 지원한다.

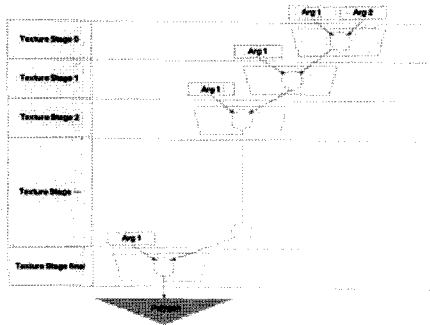


그림 2. 멀티 텍스처 구성 원리

2.3 다중 스레딩(Multi-Threading) 기법

스레드(Thread)는 운영 체제에서 작업처리 시간을 할당하는 기본 단위로, 다중 스레딩 기법을 적용한 시스템에서는 두 개 이상의 스레드가 해당 프로세스(Process) 내에서 실행될 수 있다. 이는 스레드가 모두 같은 주소 공간에서 동작하여 하나의 CPU 캐시 공유 집합과 하나의 변환 색인 버퍼(TLB)만 있는 멀티프로세서 시스템(멀티 코어 시스템)과는 구별된다. 다중 스레딩 시스템은 프로그램 안에서 병렬 처리의 이점을 가질 수 있지만, 멀티프로세서 시스템은 여러 개의 프로그램들을 병렬로 처리하는 것만이 가능하며 프로그램 내 프로세스의 병렬 처리는 불가능하다. 그러므로 다중 스레딩 시스템은 하나의 코어에 대한 이용성을 효율적으로 증가시켜 시스템의 효율성을 높인다고 할 수 있다.

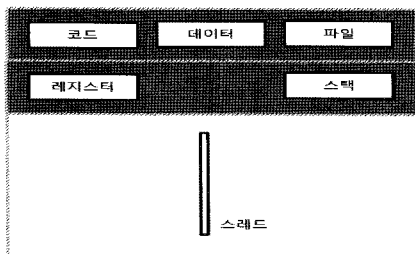


그림 3. 단일 스레드 프로세스

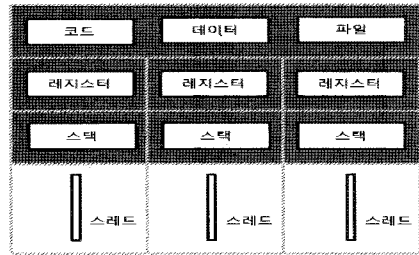


그림 4. 다중 스레드 프로세스

그림 3과 그림4는 각각 단일 스레딩 시스템과 다중 스레딩 시스템에서 작업 처리 프로세스를 보여준다. 그림에서와 같이 단일 스레딩 시스템에서는 시스템 자원의 여유가 있다고 할지라도 동시에 하나의 작업만을 진행시키므로 시스템의 작업 성능이 비효율적일 수 있다. 반면에 다중 스레딩 시스템에서는 시스템 자원이 처리할 수 있는 한도 내에서 여러 가지 작업을 동시에 처리하므로 시스템 성능을 향상시키는 것이 가능하다.

3. 다차원 도시시설물 관리 시스템 개발

본 논문에서는 2장에서 살펴본 3차원 GIS 기술, 멀티 텍스처 기법, 다중 스레드 기법 등의 관련기술을 기반으로 다차원 도시시설물 관리 시스템을 개발하였다. 다차원 도시시설물 관리 시스템에서는 시설물 상태정보, 2차원 공간데이터 및 3차원 공간데이터를 포함하는 공간 데이터베이스를 사용하여 서비스를 제공하며, 데이터베이스 내 다양한 차원의 데이터들을 동시에 서비스하기 위해 멀티 텍스처 기법을 활용한 가시화 기능을 개발하였다. 이러한 가시화 기능이 적용된 부분은 1)2차원 공간데이터와 3차원 영상데이터 간의 멀티 텍스처링을 활용한 가시화 부분과 2)시설물 상태 데이터와 3차원 모델 간의 멀티 텍스처링을 활용한 가시화 부분이다. 또한 대부분의 3차원 GIS 시스템이 속도 및 성능이 떨어지는 문제점을 가지며, 본 논문에서 제안하는 시스템은 3차원 공간데이터 이외에도 다양한 데이터를 사용한다는 점을 감안하여 3차원 지형 데이터, 3차원 모델 데이터 및 모델의 텍스처 데이터의 로딩 및 가시화 프로세스에 다중 스레드 기법을 적용하여 시스템의 성능을 높이코자 하였다.

3.1 공간 데이터베이스 설계 및 구축

다차원 도시시설물 관리 시스템의 데이터베이스는 크게 2차원 도시시설물 데이터, USN 센서 정보, 3차원 지형 데이터와 3차원 모형 데이터로 구성된다. 3차원 지형 데이터는 위성영상과 DEM 데이터의 결합을 통해 만들어지며, 3차원 모형 데이터는 건물, 시설물 등의 도시 표면을 구성하는 대상물체를 대상으로 한다. 그림 5는 도시시설물 관리 시스템의 데이터베이스 구성요소들을 보여준다.

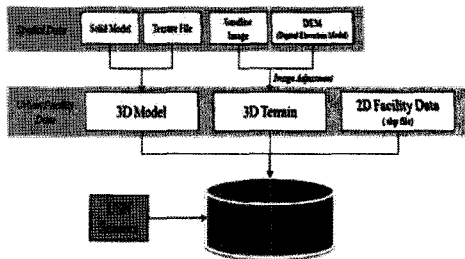


그림 5. 공간 데이터베이스의 구성

3차원 지형데이터를 구성하는 영상 데이터는 항공기 혹은 위성 영상에 영상센서를 부착하여 지형의 광학정보로 구성된다. 수집된 영상 데이터를 전처리 작업을 통하여 실제세계에 위치하는 위치정보를 부여한다. 3차원 지형데이터를 구성하는 DEM 데이터는 항공측량 혹은 LiDAR 측량 결과를 통하여 구성된다. 항공사진을 통하여 획득되는 영상데이터를 입체적인 정보를 획득할 수 있도록 처리과정을 거치고 3차원적인 변곡점을 추출하여 지형의 고도값을 획득하여 DEM 데이터를 구성한다. 반면 LiDAR 측량은 지형 및 지물의 높이 정보를 LiDAR 시스템을 통하여 획득한 후 분류작업을 수행하여 지형을 구성하는 높이 정보를 추출하여 지형의 고도 값을 획득한다.

3차원 모형데이터는 대상 물체의 형상을 나타내는 3차원 모델데이터와 물체의 외관을 구성하는 텍스처 데이터로 구성되어진다. 3차원 모형데이터는 실제 측량 혹은 수치지도 등의 GIS 데이터로부터 대상물체의 형상 및 외관정보를 수집하고 이를 바탕으로 3차원적으로 구성하여 획득한다.

3.2 공간 데이터베이스 설계 및 구축

3.2.1 3차원 지형정보의 멀티 텍스처 기법 활용
일반적인 3차원 공간정보 서비스는 구글사의 구

글 어스(Google Earth), 마이크로소프트사의 버추얼 어스(Virtual Earth) 등과 같이 위성영상이나 항공사진을 DEM 데이터와 결합하여, 높이를 가지는 3차원 지형정보를 기본으로 다양한 정보를 제공한다(오재홍 외, 2007). 하지만 대부분의 3차원 영상 기반의 서비스들은 영상정보와 함께 3차원 모델만을 제공해주며, 2차원 공간정보 데이터는 서비스 대상에서 제외된다.

도시시설물의 관리를 위해서는 시설물의 위치정보 및 속성정보를 데이터베이스에 저장하여 관리하고, 이를 가시화하여 보여주는 것이 필요하다. 하지만 시설물의 지능화된 관리를 위해서는 이러한 사항 이외에도 다양한 상황 및 사고를 대비한 공간분석 기능이 필요하다. 현재까지 개발된 3차원 GIS 시스템은 가시권 분석, 일조권 분석, 시곡면 분석과 같은 3차원 공간분석기능 외에 2차원 GIS 시스템에서 사용가능한 다양한 공간연산, 공간분석, 중첩분석 기능을 지원하지 못하며, 이러한 이유로 인하여 대부분의 시설물 관리 시스템은 2차원 GIS 기반의 시설물 관리 시스템이다.

본 논문에서 제안하는 다차원 도시시설물 관리 시스템에서는 3차원 GIS 시스템을 통해 실제 도시 환경과 유사한 환경을 제공하며, 2차원 GIS의 다양한 공간연산 및 분석 결과를 3차원 시스템에서 제공하기 위하여 멀티 텍스처 기법을 사용하였다. 그림 6에서는 멀티 텍스처 기법을 통한 2차원 공간데이터와 3차원 지형정보의 결합을 보여주고 있다. 멀티 텍스처 기법을 기반으로 2차원 공간데이터를 3차원 지형과 함께 표현하는 경우, 3차원 지형을 구성하는 메쉬(Mesh)에 항공영상 혹은 인공위성 영상 외에 2차원 GIS 데이터를 텍스처로 표현하여 지형과 밀착하여 시각화한다.

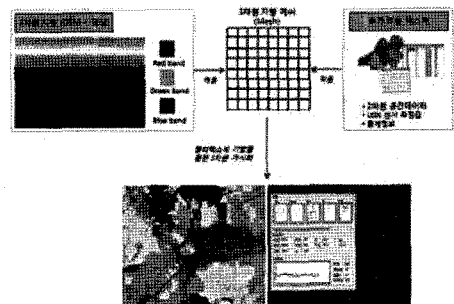


그림 6. 지형정보의 멀티 텍스처 기법 활용방안

벡터 기반의 2차원 공간데이터를 라스터 기반의 3차원 지형정보와 결합하기 위해서는 2차원 벡터 데이터 내 공간객체들을 3차원 라스터 데이터를 구성하는 화소(pixel)에 대응시켜야 한다. 폴리곤 데이터의 경우에는 다음의 단계를 통해 2차원 공간객체를 3차원 라스터 데이터에 대응시켰다.

- ① 폴리곤의 MBR(Minimum Bounding Rectangle -최소면적 사각형) 계산
- ② MBR 내의 화소(Pixel)를 1차로 추출
- ③ 1차 추출된 화소와 폴리곤과의 교차점 수 계산
- ④ 교차점의 수가 홀수인 경우 내부점, 짝수인 경우 외부점으로 분류

2차원 라인 데이터의 경우에는 라인 객체와 교차하는 모든 화소들을 데이터 포함화소로 설정하여, 2차원 공간 객체를 3차원 라스터 데이터에 대응시켰다.

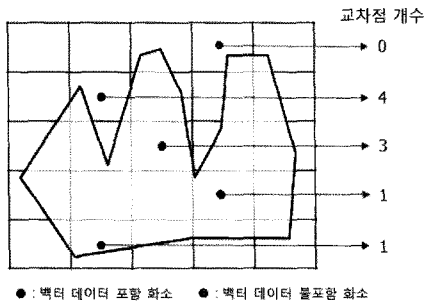


그림 7. 화소 포함여부 판별 방안 - 폴리곤 객체

그림 7과 그림 8에서는 2차원 공간객체를 3차원 지형을 구성하는 메쉬와 대응시켜 2차원 객체와 대응되는 픽셀을 구하는 방안을 보여준다. 2차원 공간 객체와 대응되는 화소의 경우에는 해당 화소에 기본 영상이미지 이외에 추가로 RGB 값을 주어 3차원 지형정보와 함께 시각화한다.

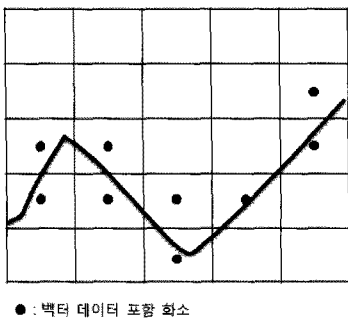


그림 8. 화소 포함여부 판별 방안 - 라인 객체

3.2.2 3차원 모델의 멀티 텍스처 기법 활용

도시 환경에는 다양한 건물과 시설물이 존재하며, 3차원 공간정보 서비스에서는 이러한 건물 및 시설물을 표현하기 위하여 3차원 모델을 지형 영상위에 나타내는 방법을 사용한다. 또한, 사실감을 높이기 위하여 모델의 표면에 이미지나 실사 사진과 같은 텍스처를 입혀 실제 도시의 모습과 유사한 정보를 제공한다.

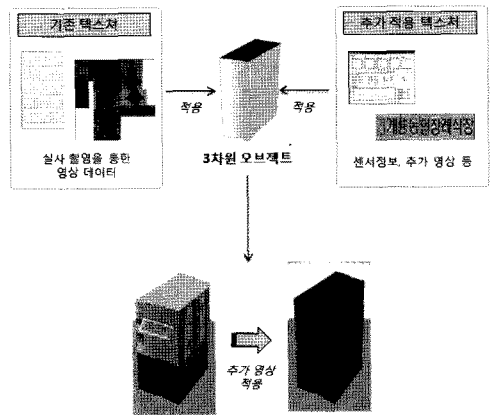


그림 9. 3차원 모델의 멀티 텍스처 기법 활용 방안

도시시설물 관리에서는 시설물의 위치뿐만이 아니라 시설물의 상태정보, 센싱 데이터 정보와 같은 부가적인 정보를 획득하는 것이 중요하며, 이를 기반으로 지능화된 관리가 가능해진다. 본 논문에서는 시설물 및 건물 내 센싱 데이터에 이상이 있을 경우에 이를 3차원 상에서 효과적으로 나타내기 위하여 3차원 모델에 멀티 텍스처 기법을 적용하였다. 그림 9에서는 멀티 텍스처 기법을 통한 3차원 시설물 내 부가정보의 표현 방안을 보여주고 있다. 그림에서와 같이 센싱 데이터가 기준치를 초과하는 것과 같이 시설물에 이상이 발생하면 3차원 모델에 추가 텍스처를 적용하여 효과적으로 이를 표현하도록 하였다.

3.3 다중 스투드 기법의 활용

다차원 도시시설물 관리 시스템에서는 다중 스투드 기법의 활용분야는 크게 3부분으로 (1) 지형의 로딩 및 가시화, (2) 3차원 모델 데이터(Solid Model)의 로딩 및 가시화, (3) 3차원 모델데이터 텍스처의 로딩 및 가시화 부분이다.

지형의 로딩 및 가시화는 DEM 데이터를 기반으로 3차원 지형공간을 구성하는 메쉬를 형성한 후, 영상을 텍스처 형식으로 각각의 메쉬에 적용하여 이루어진다. 이 때, DEM 및 영상 데이터를 피라미드 형태로 구성하여 사용자가 지정한 영역의 3차원 지형을 최적화한 구성에 맞추어 로딩하고 가시화한다.

3차원 모델 데이터는 3차원 평면 혹은 2차원 평면 형태로 구성되어있는 데이터를 개별 객체의 높이에 맞게 사출하여 표현하거나, 객체 높이 측정 결과를 토대로 구성된 3차원 모델을 표현하는 2가지 방식으로 로딩 및 가시화 과정이 진행된다.

텍스처 데이터는 3차원 모델 데이터의 외관 및 상태(Status)를 나타내는 데이터로 이미지 파일의 형태로 구성된다. 텍스처 데이터는 모델의 기하학적 형태에 상대 좌표(UV좌표)를 계산하여 3차원 모델의 외관에 표현된다. 텍스처 데이터의 로딩 및 가시화는 이미지 파일의 품질에 따라 시스템의 부하 및 속도에 큰 영향을 미친다. 텍스처 데이터는 좌표값이 없는 이미지 파일이기 때문에 독립적으로 이미지 파일을 불러오는 시간 외에도 상대 좌표를 결정하는 계산과정이 필요하기에 3가지 처리 과정 중 가장 많은 비중을 차지한다.

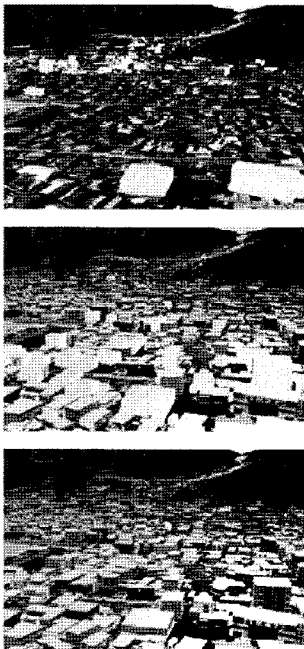


그림 10. 다중 스테드 사용을 통한 순차적 데이터 로딩

다차원 도시시설물 관리 시스템에서 다루는 지형, 모델, 텍스처 데이터는 대용량의 3차원 데이터이기 때문에 처리 및 가시화를 위한 시간이 2차원 시스템에 비해 상대적으로 많이 필요하다. 따라서 처리 속도의 개선을 위해 다중 스테드 기법을 적용하였다. 세 가지 스테드는 서로 동일 공간상에 존재하기 때문에 연관되어 수행된다. 다중 스테드 작업 처리 순서는 지형 데이터, 모델 데이터, 텍스처 데이터를 위한 다중 스테드 작업의 순서로 처리되어 3차원 데이터를 가시화하게 된다. 그림 10은 다중 스테드 기법을 통해 3차원 모델 및 텍스처 데이터가 순차적으로 로딩되는 과정을 보여준다.

4. 다차원 도시시설물 관리 시스템 개발 결과

멀티 텍스처 기법과 다중 스테드 기법을 기반으로 개발된 다차원 도시시설물 관리 시스템을 공주시 일대 지역을 대상으로 적용하여 효용성을 살펴 보았다. 대상 지역의 영상 및 DEM 데이터의 주요 자원, 테스트를 위하여 사용한 장비의 자원 및 공주시 지역의 3차원 지형과 중첩을 위해 사용된 모델 데이터의 레이어 종류와 용량은 다음과 같다(표 3).

가시화 성능을 확인하기 위하여 다중 스테드 기법을 적용하지 않고 데이터의 로딩 및 가시화를 진행하였을 때는 시스템 과부하로 인하여 시스템이 버티지 못하고 중간에 다운되는 결과가 발생하였다. 다중 스테드 기법을 적용하여 3차원 지형 및 모델 데이터의 로딩 및 가시화 성능을 확인하기 위하여 “지형의 로딩”, “모델 데이터 정점 로딩”, “모델 데이터 텍스처 가시화”의 3가지 항목의 처리시간을 비교하였다(표 4). 또한 다중 스테드 기법을 적용한 시스템의 안정성 및 운용성을 확인하기 위하여 CPU 사용률과 메모리 사용량을 확인하여 자원활용의 효율성을 판단하였다(표 5).

다차원 도시시설물 관리 시스템에서는 3차원 GIS 데이터와 2차원 공간정보를 동시에 확인하는 것이 가능하다. 그림 11은 개발 시스템에서 도시 내에 존재하는 온도센서 데이터를 기반으로 2차원 보간법에 의해 도시 내 온도분포를 도출한 후에 이를 멀티 텍스처링 기법을 통하여 3차원 모델 및 영상과 함께 보여주는 화면이다. 이러한 방안을 통해 시설물의 상태정보를 바탕으로 지역별 현황 정보를

관리자에게 제공해줄 수 있으며 주로 가시화 기능만을 제공하는 기존의 3차원 시스템보다 도시시설물 관리의 효율성을 높일 수 있다.

표 3. 테스트 데이터 및 장비의 세부 정보

종류	세부 사항
영상 데이터	- 포맷: IMG - 영상 해상도: 25cm - 데이터 타입: Unsigned 8bit - 영상크기: 39584 * 35793pixels(1082.68 km ²)
DEM 데이터	- 포맷: IIMG - DEM 해상도: 1m - 데이터 타입: Float single - 영상크기: 9987 * 8849 pixels (1082.68km ²)
테스트 장비	- OS : Windows Vista Ultimate K,32bit - CPU : Intel(r) Core(TM)2 Quad CPU Q6600 @ 2.40Ghz - RAM : 4.00GB - Display : NVIDIA GeForce 8800 GTS 512
가시화 대상 레이어	- 시설물(건물) 레이어: 10개 레이어 (282MB) - 시설물(교통) 레이어: 19개 레이어 (51.4MB) - 도로 레이어: 5개 레이어 (26.7MB) - 수자원 레이어: 3개 레이어 (1.01MB)

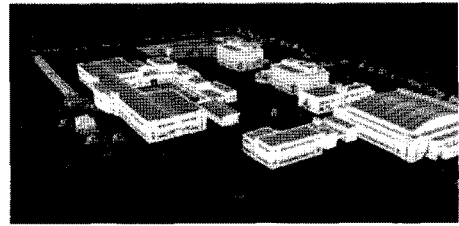


그림 11. 2차원 보간법을 활용한 밀도분석 예시

개발 시스템에서는 단순히 2차원 데이터와 3차원 데이터를 융합하여 가시화하는 것 이외에도 실시간으로 시설물 센서 정보를 수신하고, 건물 내 센서정보의 이상이 발생하면 이상 건물을 3차원 상에서 시각화해준다. 또한 시설물 관리자를 위하여 2차원 공간분석 기능을 제공하고, 2차원 공간분석 결과를 시스템에서 바로 확인할 수 있도록 하여 의사결정 및 문제해결의 정확도 및 신속성을 향상시킨다. 그림 12에서는 특정 시설물에서 이상이 발생하였을 때, 2차원 공간 분석을 통해 영향범위 및 영향권 내 건물들을 확인하는 것을 보여준다.

표 4. 3차원 데이터 가시화 기능 성능분석

종류	세부 사항
3차원 지형의 로딩	1.84초
모델 데이터 정점 로딩	3.4초
모델 데이터 텍스처 가시화	17.2초

5. 결론

본 연구에서는 멀티 텍스처링 기법을 기반으로 2차원 벡터 데이터, 센서 상태정보 데이터와 3차원 영상 데이터간의 데이터 융합을 통한 다차원 도시

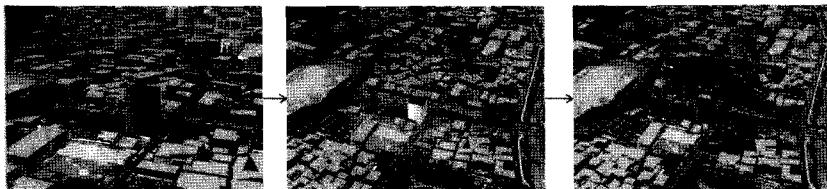


그림 12. 2차원 공간분석 기법을 활용한 영향권 및 대상 분석

표 5. 자원효율성 성능분석

성능점검 항목	측정 항목	측정결과									
		26	31	36	41	46	51	56	61	66	
3차원 지형의 로딩	(시간-초)	26	31	36	41	46	51	56	61	66	
	CPU 사용률(%)	0	31	3	29	4	33	5	28	30	
	자원사용량(MB)	429	440	439	428	435	442	437	441	436	
모델 데이터 로딩 및 가시화	(시간-초)	00	20	40	60	80	120	140	160	180	
	CPU 사용률(%)	8	87	84	56	50	51	54	54	55	
	자원 사용량(MB)	440	497	508	509	509	509	509	509	509	

시설물 관리 시스템을 개발하였다. 본 논문에서 제안한 멀티 텍스처링 활용 기술은 실세계의 3차원 지형, 시설물 등을 3차원 지리정보 데이터로 구축하고 센서의 상태정보 데이터를 3차원 지리정보에 투영하여 시각화함으로써 현실세계의 동적인 센서 정보를 유비쿼터스 환경에서 제공할 수 있다. 이러한 기술은 기존에 텍스처를 통해 보여주던 센서의 상태정보를 3차원 영상, 시설물 데이터와 함께 시작정보로 표출함으로써 직관적인 시설물 모니터링이 가능해졌다는데 의의가 있다.

본 연구에서 제안한 2차원 벡터 데이터와 3차원 영상 데이터의 융합 및 표출 기술은 기존의 2차원 GIS 시설물 관리 시스템과 3차원 GIS 시설물 관리 시스템이 가지는 한계를 극복하고, 3차원 상에서 2차원 공간분석 결과를 확인할 수 있도록 함으로써 정보의 가독성을 높임과 동시에 단시간에 최적의 의사결정을 지원할 것으로 판단된다. 또한, 시스템 성능의 향상을 위해 다중 스테딩 기술을 개발 시스템에 적용하여 시스템 자원을 효율적으로 분배하여 사용하고 시스템의 안정성을 높였다. 본 논문에서 제안한 기술들은 향후에 도시시설물 관리 분야뿐만 아니라 기존의 3차원 GIS 기술을 활용한 지역정보시스템, 토지정보시스템, 도시정보시스템, 교통정보시스템, 환경정보시스템 등의 활용 시스템을 구축하는 데 있어 기반기술로 사용될 것으로 기대한다.

향후에는 다양한 센서들과 센서의 상태정보를 효과적으로 가시화하는 방안과 기본적인 2차원 공간연산 이외에도 네트워크 분석, 통계 분석과 같은 다양한 분석 결과를 표출하는 기술로 확장할 계획이다. 또한, 2차원 공간분석과 3차원 공간 분석을 결합한 다차원의 분석 기법의 개발을 통해 제안된 기술의 발전을 모색하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] Dischler, J.M., Ghazanfarpour, D., 2001, A survey of 3D texturing, *Computers & Graphics*, 25, 135-151.
- [2] Lin, H., Gong, J., Wang, F., 1999, Web-based three-dimensional georeferenced visualization, *Computers & Geosciences*, 25(10), 1171-1185.
- [3] Moore, K., Dykes, J., Wood, J., 1999, Using Java to interact with geo-referenced VRML within a virtual field course, *Computers & Geosciences*, 25(10), 1125-1136.
- [4] Stephen, B., Jacqueline, L.W., 2008, Multilayer hybrid visualizations to support 3D GIS, *Computers, Environment and Urban Systems*, 32, 278-292.
- [5] Zlatanova, S., Gruber, M., 1998, 3D Urban GIS on the Web: Data Structuring and Visualization, In *Proceedings of the AGILE conference*, 111-120.
- [6] 김경호·이기원·이종훈, 1998, "Java/VRML 기반 3차원 GIS의 기본 구조와 프로토타입 모델 개발", *한국지형공간정보학회 논문집 제6권 제1호*, pp.11-17.
- [7] 김용준, 2005, "3D 게임 프로그래밍", *한빛미디어*, pp.216-219.
- [8] 김은형, 2009, "센서기반 도시시설물 관리를 위한 정보모델 -지상·지하시설물을 중심으로-", *한국GIS학회지 제17권 제1호*, pp.79-87.
- [9] 김정훈·이미숙·한재일, 2008, "지능형 지하시설물관리를 위한 상수도 모니터링 기술개발의 우선 순위 평가에 관한 연구", *한국GIS학회지 제17권 제2호*, pp.263-278.
- [10] 박세호·이지영, 2009, "3차원 공간정보 데이터 모델 비교 분석", *한국GIS학회지 제17권 제3호*, pp.277-285.
- [11] 안기원·신석효·김상철, 2003, "3차원 GIS 적용을 위한 가상공간데이터베이스 구축", *한국측량학회지 제21권 제1호*, pp.53-60.
- [12] 오재홍·신성용·박진호·이효성, 2007, "3차원 도시모델 생성을 위한 다중 공간영상 기반 건물 모델 텍스처 추출", *한국측량학회지 제25권 제4호*, pp.347-354.
- [13] 임효상, 이재길, 이민재, 황규영, "데이터와 질의의 이원성을 이용한 데이터스트림에서의 연속질의 처리," *정보과학회논문지*, 제33권 제3호, 2006.
- [14] 이재기·박기석, 2007, "3차원 수치지도 편집 시스템 개발", *한국측량학회지 제25권 제3호*, pp. 239-247.
- [15] 한국전산원, 2005, "한국형 u-City 모델제안", *한국전산원*, pp.1-2.
- [16] 황태현·주인학·최경호, 2005, "4S-Van을 이용한 공간정보 구축과 갱신을 위한 변화탐지 시스템"

템의 개발”, GIS/RS 공동 춘계학술대회 학술지, pp.47-52.

논문접수 : 2010.02.04
수정일 : 1차 2010.02.23
심사완료 : 2010.03.10



강 병 준

2005년 서울대학교 지구환경시스템공학부 졸업 (학사)

2007년 서울대학교 지구환경시스템공학부 졸업 (석사)

2007년~현재 한국공간정보통신 부설

한국공간정보연구소 연구원

관심분야는 GIS, 지질공학, 자원공학



최 근 호

1997년 경원대학교 조경학과 졸업 (학사)

1999년 한양대학교 도시정보공학과 졸업 (석사)

2008년~현재 서울시립대학교 공간정보공학과 재학 (박사)

2000년~현재 한국공간정보통신 부설 한국공간정보연구소 부장

관심분야는 데이터베이스, GIS, LBS 정책 및 기술, 데이터스트림, 지오 센서네트워크



조 홍 범

2006년 인하대학교 토목공학과 졸업 (학사)

2008년 인하대학교 지리정보공학과 졸업 (석사)

2008년~현재 한국공간정보통신 부설

한국공간정보연구소 연구원

관심분야는 3차원 공간정보 획득 및 처리, 항공사진측량, 원격탐사



김 원 철

2007년 한림대학교 컴퓨터공학과 졸업 (학사)

2007년~현재 한국공간정보통신 부설 한국공간정보연구소 연구원

관심분야는 그래픽스, GIS, 데이터스트림