

3차원 수치지도 편집 시스템 개발 Development of 3D Digital Map Editing System

이재기¹⁾ · 박기석²⁾

Lee, Jae Kee · Park, Ki Surk

Abstract

The 3D spatial information projects have been processed and utilized in varied fields. However, the research of the 3D digital map for a role of national base map is not enough. The draft maps, which are raw data for generating 2D digital map, shows problems in generating 3D digital map. The objective of this research is to develop 3D digital map editing system for modifying and editing of 3D digital map from 2D vector and raster information such as a draft map, 2D digital map, DEM, aerial photo and so forth. This 3D digital map editing system was designed to include data structure of geometric and attribute object under provision of ISO/TC211 and OGC standard. This system was developed to implement the function of 3D stereo editing based on stereo viewing, 3D view editing based on projective, and 3D spatial operation. Using this system, 3D digital maps were able to be successfully produced from not only existing draft maps but also modified or edited draft maps and then application results were compared and analyzed.

Keywords : 3D digital map editing system, Draft map, 3D digital map, 3D object modeling

초 록

3차원 공간정보구축 사업은 현재 다양하게 진행되고 있으며, 많은 분야에 걸쳐 활용되고 있지만, 3차원 국가기본도로서의 역할을 할 수 있는 3차원 수치지도에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기존 2차원 수치지도 제작의 원시자료인 도화원도의 문제점을 분석하고, 3차원 수치지도 제작을 위한 도화원도의 수정 및 활용방안을 제시하였으며, 도화원도, 수치지도, DEM, 항공영상 등의 2차원 벡터 및 래스터 자료로부터 3차원 수치지도를 제작 및 편집할 수 있는 3차원 수치지도 편집 시스템을 개발하는데 그 목적이 있다. 본 시스템은 ISO/TC211과 OGC의 표준인인 기하 및 속성객체의 자료구조를 수용하여 설계하였으며, 입체시 기반의 3차원 입체(stereo 3D) 편집기능, 투영 기반의 3차원 뷰(2.5D) 편집 기능 및 3차원 공간연산자에 대해 설계·구현 하였다. 또한 본 연구에서 개발된 3차원 수치지도 편집시스템을 활용하여 기존에 제작된 도화원도를 이용한 3차원 수치지도의 제작과 기존 도화원도를 수정·편집하여 3차원 수치지도를 제작하였으며, 각각의 적용 결과에 대하여 비교·분석 하였다.

핵심어 : 3차원 수치지도 편집 시스템, 도화원도, 3차원 수치지도, 3차원 객체 모델링

1. 서 론

3차원 공간정보는 국토의 효율적인 이용 및 관리, 도시 계획 수립, 환경 및 재난관리 등과 같은 공공차원에서의 의사결정 시스템에서 뿐만 아니라 일반인을 대상으로 하는 지도검색 웹서비스, 차량항법시스템, 관광정보 및 지

역홍보 등을 위한 3차원 시뮬레이션 서비스 등 다양한 분야에서 광범위하게 이용되고 있다. 현재 국내에서는 이러한 국가적, 국민적 수요를 충족하기 위해 3차원 공간정보를 구축하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있으며, 범정부 차원에서는 시범사업 단계를 넘어 다양한 방법을 통한 3차원 공간정보 구축 사업을 진행 중에 있다. 그러나

1) 정희원 · 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail:leejk@chungbuk.ac.kr)

2) 연결저자 · 정희원 · 충북대학교 공과대학 토목공학과 박사수료(E-mail:kspark@git.co.kr)

현재 국내에서는 기존의 2차원 수치지도와 같이 표준화되고 체계화 된 작업절차에 의하여 모든 공간정보의 기초 자료로 활용될 수 있는 국가기본도로서의 3차원 공간정보가 존재하지 않고 있으며, 각 기관의 수요와 필요에 따라 구축되고 있는 실정이다.

3차원 공간정보와 관련한 기술은 1980년대부터 현재까지 3차원 지형분석의 2차원적 표현에서부터 3차원 지형의 가시화 및 분석시스템을 거쳐 최근 3차원 가상도시 단계까지 발전해오고 있지만 3차원 공간분석, 질의처리 등 필수적인 공간분석 기능들은 제한적으로 사용되었다. Suveg와 Vosselman(2003)은 3차원 공간정보의 주요 대상으로 항공사진과 수치지도를 이용하여 3차원 건물을 복원하는 방법에 대하여 연구한 바 있으며, Bandrova 등(2005)은 3차원 공간정보를 제작에 들어가는 비용을 최소화하기 위하여 3차원 심볼 시스템을 적용하는 방안에 대하여 연구하였고 Zebedin 등(2006)은 항공영상으로부터 3차원 지도를 제작하는 방안에 대한 연구를 수행한 바 있다. 국내에서는 건설교통부(2003)에서 3차원 공간정보의 활용성에 관한 연구를 통하여 정보화 기술의 발달에 따른 3차원 공간정보 구축을 위한 활용분석을 실시한 바 있으며, 또한 3차원 공간정보 구축 시범사업을 통하여 다양한 종류의 공간정보 데이터를 활용하여 3차원 공간정보를 구축하는 방안에 대하여 연구를 수행한 바 있다(2006). 박승용 등(2006)은 3차원 수치지도를 제작하기 위한 3차원 심볼 라이브러리의 적용 방안에 대한 연구를 통해 신속한 3차원 공간정보의 생성과 관련한 연구를 수행하였다. 3차원 공간정보의 구축은 2차원의 공간정보 구축과 비교하여 시간과 비용이 크다는 단점을 내포하고 있으며, 이에 따라 최근의 연구동향은 빠르고 정확한 3차원 공간정보의 구축에 초점이 맞추어진 상태이다(2006).

본 연구에서는 3차원 공간정보 구축에 기반이 되는 3차원 수치지도를 제작하기 위한 기초자료로 기존 2차원 수치지도 제작의 원시자료인 도화원도의 활용 및 편집 방안을 도출하였으며, 이를 토대로 도화원도, 수치지도 2.0, DEM, 항공영상 등의 2차원 벡터 및 래스터 자료로부터 3차원 수치지도를 제작하고 수정·편집할 수 있는 3차원 편집 시스템의 개발을 목적으로 하고 있다. 또한 개발된 3차원 수치지도 편집 시스템의 활용을 위해 기존 제작된 도화원도를 직접 이용하여 3차원 수치지도를 제작하였으며, 또한 기존 도화원도를 제시된 3차원 도화규정에 맞게 3차원 수치지도 편집 시스템을 이용하여 수정·편집하였으며, 이 과정에서 발생할 수 있는 문제점을 분석하고 해

결방안에 대하여 제시하고자 한다.

2. 도화원도의 활용 및 편집 방안

본 연구에서 개발된 3차원 수치지도 편집 시스템은 기 구축 되어 있는 도화원도 및 2차원 수치지도 2.0을 활용하여 3차원 수치지도를 제작하는 시스템으로 제작과정에 대한 전체 시스템 개발 흐름도 및 고려 사항을 우선적으로 분석하여 개선방안을 제시하였다.

2.1 도화원도의 활용

3차원 수치지도를 제작하기 위해서는 기존의 3차원 자료를 이용하거나 별도의 3차원 측량방법을 이용할 수 있다. 라이다 등과 같은 3차원 측량방법은 고가의 비용이 소요될 뿐만 아니라 전 국토에 대한 자료가 미비한 단점이 있다. 이에 비해 항공 삼각 측량에 의해 지상좌표가 등록된 입체 항공영상을 도화기를 이용하여 수치지도화한 도화원도는 표현되는 전체 지형지물에 높이값을 포함하고 있을 뿐만 아니라 전국적인 자료가 구축되어있어 쉽게 취득이 가능하다(2002).

따라서 3차원 수치지도의 제작은 모든 지형지물에 3차원 좌표값을 가진 도화원도를 이용하여 입체화하는 것이 효율적이고 경제적이다.

도화원도를 활용하여 3차원 수치지도를 제작하는 방법은 그림 1과 같은 공정을 따른다. 우선 기존의 도화원도

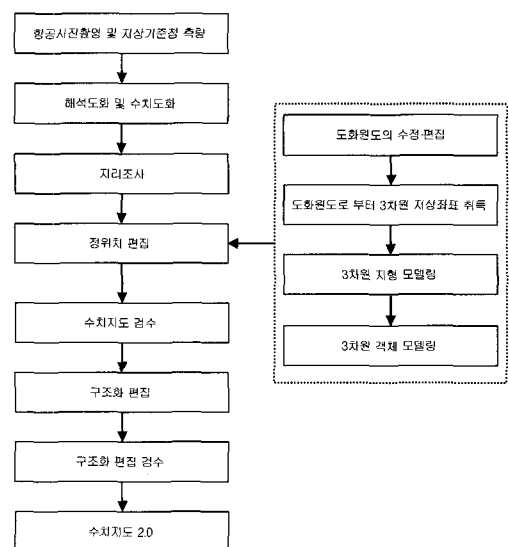


그림 1. 3차원 수치지도제작 공정

구축을 위한 방법과 마찬가지로 항공사진촬영 및 지상기준점 측량을 수행하고, 수치/해석도화를 통해 도화원도를 제작한 후 지리조사 등의 방법으로 도화원도를 보완하여 정위치 편집을 수행한다. 이때 3차원 수치지도를 제작하는 과정에서는 도화원도의 수정·편집 및 3차원 지상좌표의 취득, 3차원 지형 모델링, 3차원 객체 모델링 등의 추가적인 작업이 이루어지게 되며, 이후 수치지도의 검수 및 구조화 편집 등을 거쳐 최종적인 3차원 수치지도가 제작된다.

2.2 도화원도 활용시의 문제점 분석

시스템을 개발하기에 앞서 본 연구에서는 현재 구축되어 있는 도화원도를 우선적으로 분석한 결과 3차원 복원에 있어 몇 가지의 문제점을 내포하고 있음을 발견할 수 있었다.

그림 2에서 나타난 바와 같이 현재의 도화원도는 같은 수준의 건물 지붕면에 대한 vertex 정보에서 높이값이 다르게 표현되어 있는 문제를 발견할 수 있다.

이와 같은 현상이 발생하는 이유는 건물을 묘사할 때 층수의 변동으로 인해 건물의 상단 높이가 달라지거나 폐색 및 음영 지역으로 인한 도화 작업과정에서의 문제점으로 볼 수 있으며, 도화사가 항공사진을 이용하여 도화시 부점(floating mark)의 정위(on the ground)과정에서 발생하는 문제일 수도 있으며, 실제의 건물 높이가 데이터 상에 표현된 것과 같이 상이하게 표현하는 경우도 존재할 수 있다. 현재의 도화규정은 2차원의 수치지도제작을 목적으로 건물의 코너점을 입체화하여 묘사하도록 되어 있기 때문에, 3차원으로 복원시 단순한 형태의 건물에 대해서는 빠르고 정확한 복원이 가능하나 높이의 변화가 많은 건물에 대해서는 정확한 표현이 불가능하다는 단점이 있다.

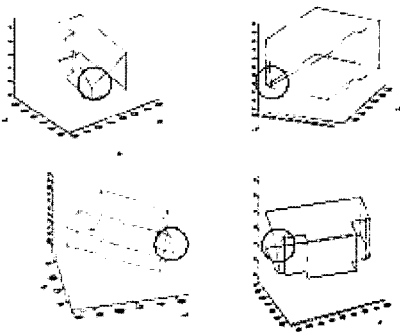


그림 2. 3차원 복원 시의 높이값 오류

따라서 기존의 도화원도만을 이용할 경우 건물에 대한 정확도의 한계를 가지는 3차원 수치지도만이 제작 가능하며, 최근 건물 지붕의 다양화된 형태나 복잡한 구조의 표현이 불가능하기 때문에 높은 정확도의 3차원 복원은 한계성을 갖는다.

따라서 이러한 문제를 해결하고, 도화원도에 대한 추가적인 확인 작업이 없이 빠르고 효율적인 3차원 수치지도를 제작하기 위하여 수치지도의 허용오차 범위 안에서 특징적으로 구분되는 높이의 차이가 적은 값들은 일반화하여 높이 값을 동일하게 하는 알고리즘이 추가되어야 한다. 이는 높이차가 존재하는 데이터의 경우 대부분 그 차이가 미미하여 실제로 건물의 포인트 사이에 높이차가 존재하는 것으로 볼 수 없기 때문이다. 만약 허용오차 범위 밖의 높이차가 존재하는 건물의 경우 건물의 형상이 왜곡되어 표현되거나 또는 실제 건물의 형상이 복잡할 수 있기 때문에, 항공사진을 이용한 추가적인 편집이 요구된다.

도화원도로부터 3차원 수치지도를 제작하는 경우 발생할 수 있는 문제는 도화원도 상의 객체의 표현이 너무 자세하거나 혹은 너무 단순화되어 있다는 점이다. 도화원도 상의 객체에 대한 표현이 너무 자세한 경우는 도화의 정확도를 높이기 위해 객체의 요철(凹凸)을 세밀하게 표현하는 경우에 속한다. 이 경우 3차원의 자료가 2차원에 비하여 데이터의 양이 기하급수적으로 늘어날 수 있기 때문에, 3차원 수치지도의 활용적 측면에서 도화원도의 세밀한 표현을 단순화시킬 필요가 있다. 이와는 반대로 학교 혹은 주요건물이 밀집되어 있는 지역에서 건물 객체에 대한 세밀한 표현이 이루어지지 않은 채 건물의 외곽만을 표현함으로써 객체에 대하여 단순화 시키는 경우가 발생하며, 이는 실제 데이터에 대한 왜곡으로 나타나게 되기 때문에 이러한 경우에도 3차원 수치지도의 활용측면을 고려하여 왜곡된 데이터를 그대로 사용하는 경우와 수정해야 하는 경우를 구분할 수 있는 방안이 마련되어야 하며, 수정이 필요한 경우 항공사진을 활용하여 입체상태에서 도화원도를 편집할 수 있어야 한다.

따라서 3차원 수치지도 편집시스템에서는 기존 도화원도의 직접 활용 뿐만 아니라 기존 도화원도의 수정·편집이 가능해야 하며, 그림 3과 같이 각각의 경우에 따라 3차원 수치지도를 제작하는 공정이 구분되어야 한다.

2.3 수치지도 2.0의 활용

3차원 수치지도의 원시 데이터인 도화원도는 높이 정보를 포함하고 있지만, 정위치 편집과 구조화편집이 이루어

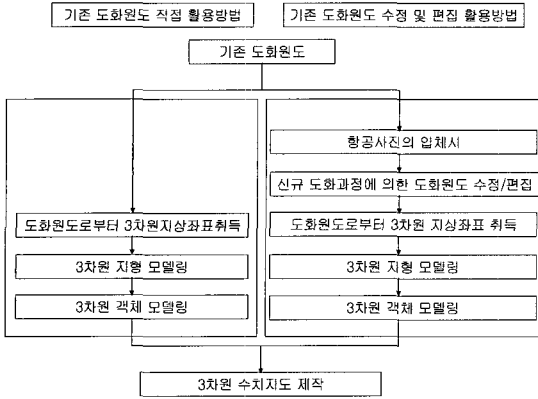


그림 3. 도화원도의 활용방법에 따른 제작 공정

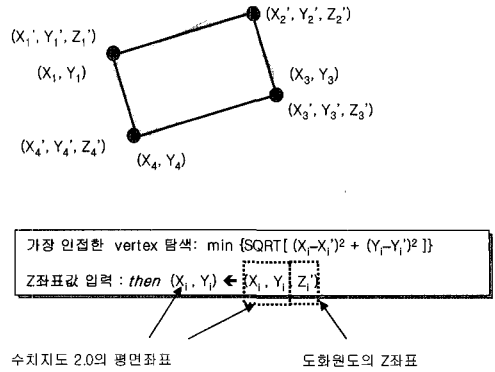
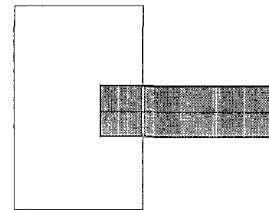


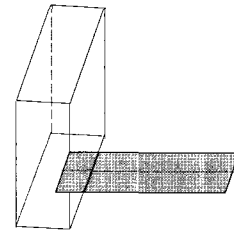
그림 4. 도화원도와 수치지도의 평면위치 오차

어지지 않은 데이터이다. 정위치 편집되지 않은 도화원도와 정위치 편집된 후에 수치지도 2.0을 비교하면 편집과정에서의 변화로 인하여 실제 수치지도와 평면 위치상의 오차를 포함하는 객체들이 발견된다. 따라서 3차원 수치 지도를 제작하기 위해 도화원도만을 이용할 경우 정위치 편집 과정의 추가 및 속성 연결을 위한 구조화 편집 과정이 반드시 추가되어야 하며 정위치 편집 및 구조화 편집이 이루어진 수치지도 2.0을 기반으로 도화원도상에서 높이 값을 추출하여 복원하는 방안이 필요하다.

본 연구에서는 그림 4와 같이 도화원도와 수치지도 2.0을 이용하여 3차원 수치지도 제작함에 있어 평면위치상의 좌표는 수치지도 2.0으로부터 취득하였으며, 높이 값은 수치지도와 도화원도의 중첩을 통해 인접 및 중첩된 같은 점을 검색하여, 수치지도상의 평면위치에 도화원도로부터 높이 값을 취득 및 입력하였다.



(a) 2차원 편집방법



(b) 3차원 편집방법

그림 5. 3차원 수치지도의 편집방안

3. 3차원 수치지도 편집시스템의 개발

3차원 수치지도 편집시스템의 주요 목적은 도화원도와 수치지도 2.0을 활용한 3차원 수치지도 생성과 공간 및 속성 자료의 오류 수정과 편집에 있다. 본 연구에서 개발된 3차원 수치지도 편집 기능은 그림 5와 같이 도화원도를 사용하여 생성된 3차원 수치지도에서 발생할 수 있는 기하학적 오차(예: 위치오차, 직교하지 않는 건물 외곽선, 연결되지 않은 선 등)를 3차원 공간상에서 수정하는 기능과 논리적 오류(예: 도로를 침범한 건물, 서로 교차하는 독립된 인접 건물 등)를 탐지하여 편집하는 기본기능을 포함하였다.

또한 도화원도 데이터는 다양하고 복잡한 구조의 지붕

형태에 대한 정보를 포함하고 있지 않기 때문에 도화원도로부터 생성할 수 있는 건물모델은 지붕이 평면인 박스 형태로 표현할 수 없으며, 따라서 실제 건물의 형태를 묘사할 수 없다. 그러므로 보다 상세하고 정밀한 3차원 수치지도를 효율적으로 제작하기 위하여 입체항공 영상을 이용한 3차원 입체편집기능도 구현하고자 하였다.

3.1 3차원 수치지도 편집시스템 흐름도

본 연구에서 제안한 3차원 수치지도의 제작 방안은 크게 그림 6과 같이 두 가지의 공정으로 구별된다. 첫 번째 방법은 기존의 도화원도 및 수치지도 2.0로부터 취득된 3차원 데이터를 자동입력 여부에 따라 3차원 수치지도를 제작하는 것이며, 다른 하나의 방법은 3차원 수치지도에 적합한 새로운 도화방식에 의해 수치도화를 수행한 후 취

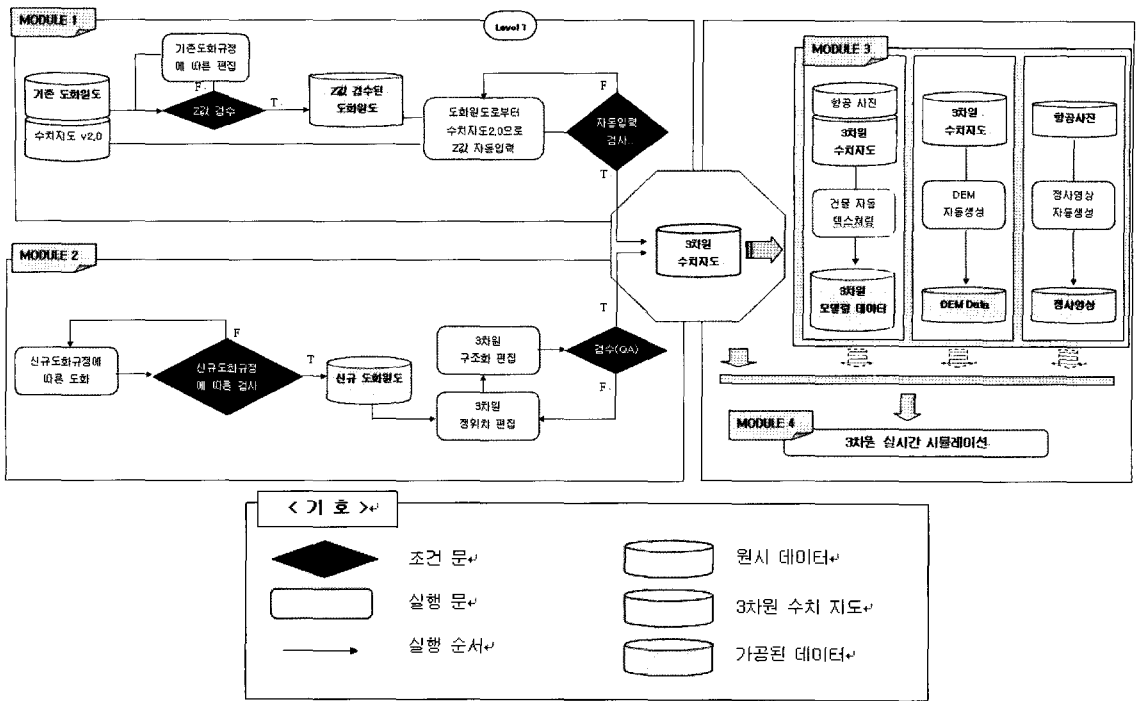


그림 6. 3차원 수치지도 편집시스템 흐름도

득된 도화원도로부터 3차원 정위치 편집 및 구조화 편집을 수행하여 3차원 수치지도를 제작하는 것이다.

첫 번째 방법의 경우 추가적인 편집에 소요되는 비용을 최소화할 수 있으며, 대부분의 작업이 자동화되어 있으므로 빠르고 경제적인 3차원 수치지도 제작에 적합하다.

두 번째 방법의 경우 현실세계에 대한 충실한 묘사를 위해 기존의 도화규정을 수정하고 3차원 데이터를 생성하는데 따른 추가적인 비용이 소요되나 현실세계의 재현성 및 지형지물의 인식률을 높일 수 있으므로 증가하는 3차원 공간데이터에 대한 수요를 충족시킬 수 있는 3차원 수치지도 제작에 적합하다.

3차원 수치지도는 항공사진을 이용하여 건물을 피복(Textureing)하는 경우 보다 사실감 있는 3차원 데이터를 제공할 수 있으며, 3차원 수치지도를 이용한 DEM 및 정사영상 등의 데이터를 모두 취합한 3차원 시뮬레이션 기능을 통해 3차원 공간 데이터의 다양할 활용이 가능하다.

3차원 수치지도 편집시스템은 그림 6과 같이 3차원 수치지도 제작을 위한 작업공정 및 데이터의 흐름을 정의하였으며, 이를 바탕으로 시스템 설계를 수행하였다. 개발된 시스템은 크게 4개의 모듈로 구분된다. 모듈 1은 기존의 도화원도를 그대로 사용하는 경우와 도화원도를 수정, 편

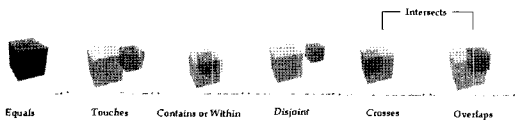
집 하는 부분이며, 모듈 2는 새로운 도화방식을 적용하는 경우의 흐름이다. 모듈 3은 현실감 있는 3차원 뷰잉을 위해 다양한 형태의 데이터를 가공하며, 모듈 4는 3차원 데이터와 DEM, 정사영상, 텍스처 오브젝트 등을 활용하여 3차원 시뮬레이션을 제공하도록 하였다.

3.2 3차원 수치지도 편집 시스템 설계

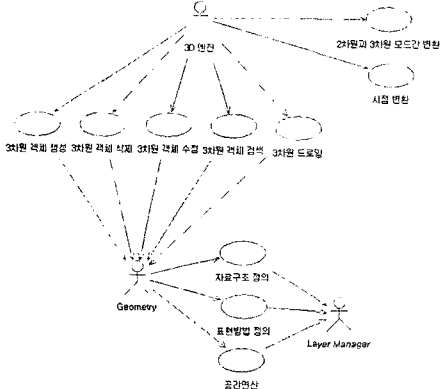
3차원 수치지도를 위한 자료구조는 현재 통용되고 있는 2차원 수치지도의 객체모델을 수용할 수 있어야 한다. 국토지리정보원에서는 국외의 표준인 ISO/TC211과 OGC에서 제안한 표준안을 최대한 수용하여 기하객체 및 속성객체의 자료구조를 제시하고 있으므로 본 연구에서도 이 표준안을 수용하여 그림 7과 같이 설계하였다. 또한, 입체시 기반의 3차원 입체(stereo 3D) 편집 뿐 아니라 투영기반의 3차원 뷰(2.5D) 편집 또한 가능할 수 있도록 기존의 2차원 공간연산자를 3차원으로 확장하여 그림 7(a)와 같이 3차원 공간연산자에 대해 설계하였다.

3.3 시스템 구현 및 공간객체의 편집

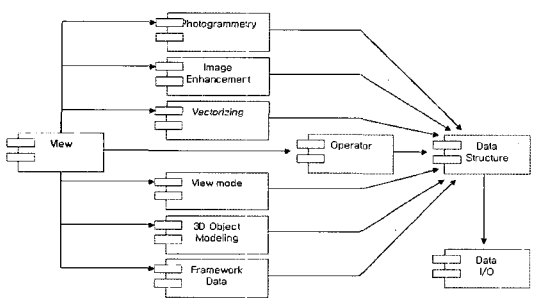
본 연구에서는 Microsoft 사의 Visual C++을 기반으로 하고 3차원 렌더링에 필요한 OpenGL 언어를 추가적으로



(a) 3차원 공간 연산자



(b) 3D엔진에 대한 유스케이스 다이어그램



(c) 3차원 수치지도 편집시스템 컴포넌트 구성도

그림 7. 3차원 수치지도 편집시스템의 설계

사용하여 그림 8과 같은 시스템을 개발하였다.

시스템은 뷰 모드에 따라 입체시 모드와 3차원 뷰 모드를 모두 지원하며, 각각의 모드에서 필요한 편집 기능을 포함하고 있다. 입체시 모드에서의 편집은 도화원도와 항공사진의 중복을 통하여 기존 도화원도의 생성 및 수정과 유사한 기능을 수행한다.

3차원 뷰 모드에서의 편집을 위한 3차원 공간데이터는 2차원 데이터에 비하여 단순히 높이값이 추가되어 있는 형태이나 이를 표현함에 있어서는 추가적인 고려사항이 필요하다.

도화원도에 나타난 3차원 데이터의 높이 값은 객체의 최상단에 대한 정보만을 포함하고 있기 때문에 객체가 지표면에서 최상단으로 이루어지는 실제의 높이를 표현하

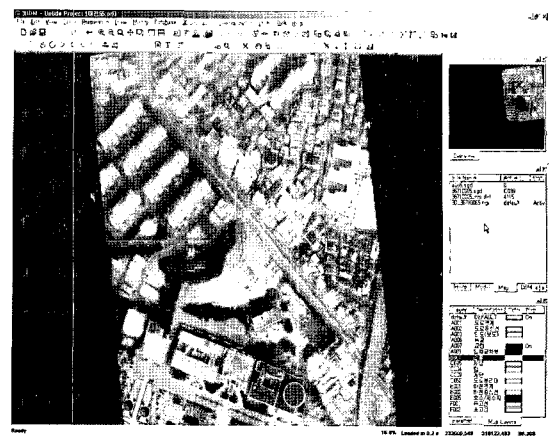
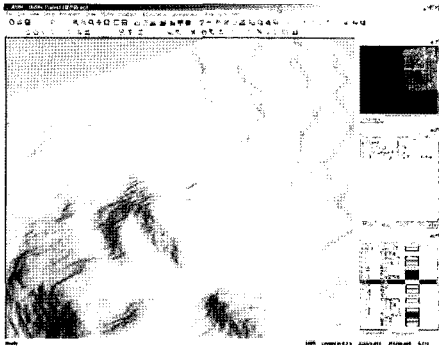


그림 8. 3차원 수치지도 편집시스템 메인화면

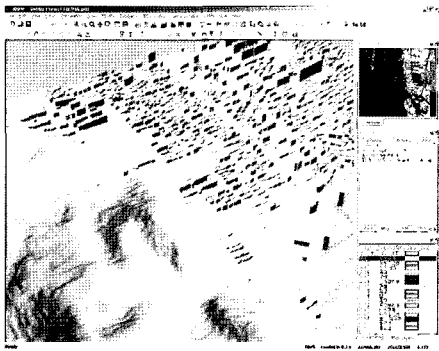
지 못한다. 현재의 자료구조에서의 객체의 높이는 속성 정보에 간략화 된 형태로 표현하고 있을 뿐 공간데이터의 자료구조에 포함되어 있지 않으며, 또한 이를 도화작업 시에 취득하는 방법 또한 효율적이지 못하다. 따라서 본 연구에서는 도화원도나 수치지도 2.0의 등고 및 표고 데이터를 보간법을 이용하여 그림 9(a)와 같이 지형데이터를 생성하였으며 건물객체의 높이 값과 지형데이터의 활용을 통하여 건물의 3차원 편집을 수행할 수 있도록 하였다.

건물 객체의 경우 지형데이터를 이용한 보간(Interpolation)으로 객체의 하단면을 설정하고 최상단점을 폴리곤화하여 하단면까지 수직으로 연결된 박스형태의 건물을 생성하였다. 1개 이상의 다면체가 복합적으로 존재하는 건물이나 혹은 홀(Hole)폴리곤 형태의 경우 3차원 공간 연산을 통하여 건물을 편집하게 되며, 편집의 효율성을 위해 시스템 내에서 자동으로 편집하는 알고리즘을 구현하였다.

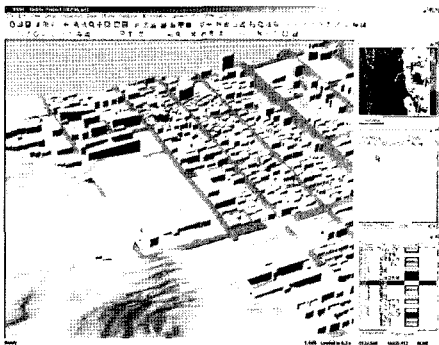
도로의 3차원 편집은 높이 값이 지형과 일치하게 되는 일반도로와 높이 값이 의미를 갖게 되는 고가도로 혹은 입체교차로 등으로 구별된다. 일반도로의 경우 해당 객체를 3차원 지형데이터의 높이와 비교하여 DEM 상에 표현하게 되며, 과대오차가 발생한 지점의 경우 도로의 경사도 및 주변부와의 비교를 통하여 의미 있는 값인지를 판단하여 객체를 생성한다. 고가도로나 입체교차로 등의 경우 각 객체를 단위묘사하고 단위도로를 접합하는 형태로 편집이 이루어진다. 그림 9(b)와 그림 9(c)는 본 시스템을 통한 건물 및 도로의 편집 결과를 보여준다.



(a) 3차원 지형데이터



(b) 3차원 건물 객체



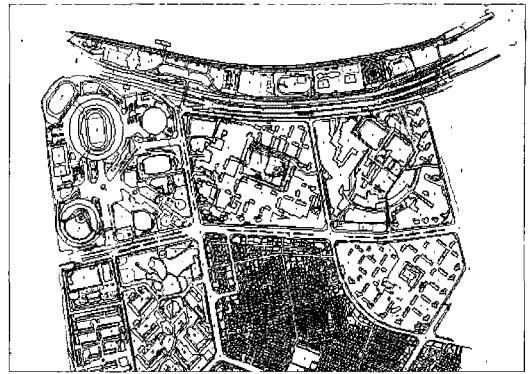
(c) 3차원 도로 객체

그림 9. 3차원 공간 객체의 편집

4. 적용 및 평가

4.1 3차원 수치지도 시범제작 대상 지역

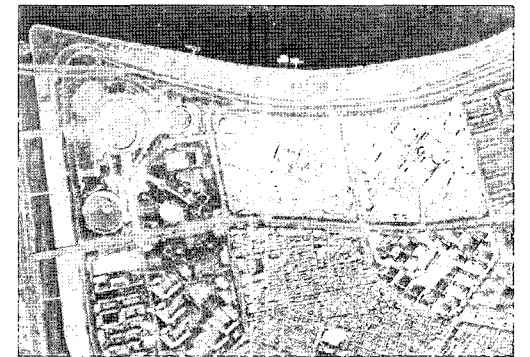
3차원 수치지도 시범제작 대상 지역은 다양한 형태의 건물 및 도로, 수계가 존재하는 서울 종합운동장 부근으로 그림 10은 본 연구에서 사용한 연구 대상지역의 도화원도, 수치지도2.0 그리고 항공사진을 보여준다.



(a) 도화원도



(b) 수치지도 2.0



(c) 항공사진

그림 10. 연구 대상 지역

4.2 3차원 수치지도 제작

본 연구에서는 개발된 3차원 수치지도 편집시스템을 적용하여 앞서 제시한 3차원 수치지도 제작 방안에 따라 기존 도화원도를 직접 활용한 3차원 수치지도의 제작과 도화원도의 수정 및 편집을 통한 3차원 수치지도의 제작을 수행하였으며, 각각의 적용 결과에 대하여 평가하였다.

그림 11(a)는 연구대상지역의 기준에 구축되어 있는 도

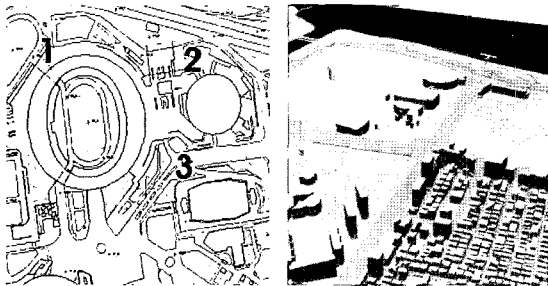
화원도에 대하여 수정 없이 수치지도 2.0과 함께 시스템 상에 입력하여 3차원 수치지도를 제작한 것을 나타낸 것이다. 좌측 상단의 올림픽 주 경기장 및 주변의 건물의 경우 현행 도화원도 규정에 따라 직외곽의 형태만이 도화되어 있어 단순 박스 형태의 객체로 표현되어 있는 것을 확인할 수 있다.

그림 11(b)는 연구대상지역의 기존 도화원도를 새롭게 편집하여 수치지도 2.0과 함께 시스템 상에 입력하여 3차

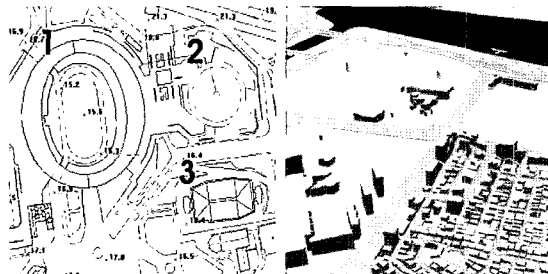
원 수치지도를 제작한 것을 나타낸 것이다.

기존 도화원도에 비하여 추가적으로 올림픽 주 경기장 및 주변의 건물들에 대한 상세한 도화를 수행하였으며, 시스템 상에서 홀 폴리곤의 표현 및 지붕 구조의 변화 등에 대한 편집을 수행하였다. 이로 인해 각 객체에 대한 보다 현실적인 표현이 이루어져 것을 확인할 수 있다.

그림 12는 본 연구에서 제안한 3차원 수치지도 제작방안에 따라 취득된 3차원 공간데이터에 항공사진으로부터 취득한 텍스처 데이터를 붙여 최종적으로 제작된 3차원 수치지도이다.



(a) 기존 도화원도를 이용한 3차원 수치지도



(b) 도화원도를 수정·편집한 3차원 수치지도

그림 11. 도화원도를 활용한 3차원 수치지도

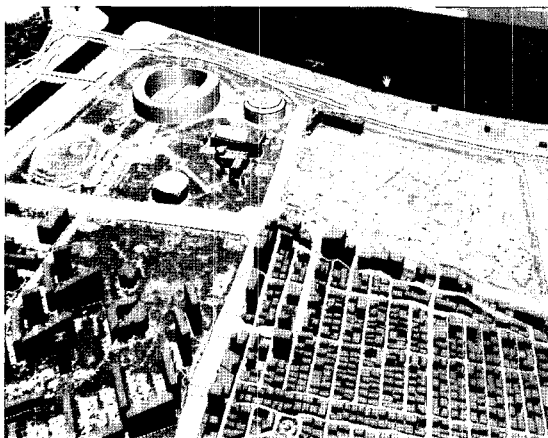


그림 12. 3차원 수치지도

5. 결 론

본 연구에서는 도화원도, 수치지도 2.0 등의 기존 자료와 신규자료를 동시에 사용할 수 있는 3차원 수치지도 편집 시스템을 개발함에 있어 발생하는 문제점을 분석하고, 이를 토대로 3차원 수치지도 편집 시스템을 설계 및 개발하였으며, 3차원 수치지도를 시범구축을 수행함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 3차원 수치지도 제작을 위한 기존 도화원도의 문제점을 분석함으로써 향후 3차원 수치지도 제작을 위한 도화원도 보완방안을 도출하였다.

둘째, 건물 및 도로의 3차원 복원을 위하여 도화원도상에서의 높이값 일반화 방안을 도출하였으며, 수치지도 2.0과의 중첩을 통해 체계적인 3차원 복원방안을 제시하였다.

셋째, 도화원도, 수치지도, DEM, 항공사진 등의 기초 자료를 이용하여, 3차원 수치지도를 제작하기 위한 입체시 모드와 3차원 편집 모듈 등으로 구성된 3차원 수치지도 편집 시스템을 개발하였다.

참고문헌

- 건설교통부 한국건설교통기술평가원 (2006), 2차원에서 3차원으로의 지도학적 차원의 변화모색, 연구보고서.
- 박승용, 이재빈, 유기윤, 김용일 (2006), 3차원 심볼을 활용한 3차원 수치지도 제작에 관한 연구, 한국측량학회지, 제24권, 제5호, pp. 417-424.
- 이동천, 유근홍, 손은정, 김호성, 문용현 (2006), 도화원도 데이터를 이용한 3차원 수치지도 생성과 편집 시스템 개발, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 359-367.
- 건설교통부 (2004), 3차원 공간정보구축 시범연구, 연구보고서.
- 건설교통부 한국건설교통기술평가원 (2004), 3D Virtual 국토

정보구축 및 활용기술 개발, 연구보고서.
 최종현, 조우석 (2003), 3차원 도시공간 모형의 활용성 연구, 연구보고서, 건설교통부.
 건설교통부 국토지리정보원 (2003), 측량 및 지형공간정보백서, 보고서.
 최운수, 한상득, 위광재 (2002), 도화원도를 이용한 LiDAR DEM의 정확도 평가, 한국측량학회지, 제20권, 제 2호, pp. 1273-136.
 Bandova, T. (2005), Innovative technology for the creation of

3D maps, *Data Science Journal*, Vol. 4, pp. 53-58.
 Ildiko, S., George, V. (2004), Reconstruction of 3D build models from aerial images and maps, *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, ISPRS, Vol. 58, pp. 202-224.
 Lukas, Z., Andreas, K., Barbara, G. G., and Konrad. K. (2006), Towards 3D map generation from digital aerial images, *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, ISPRS, Vol. 60, pp. 413-427.

(접수일 2007. 5. 28, 심사일 2007. 6. 10, 심사완료일 2007. 6. 19)