

도화원도 데이터를 이용한 3차원 수치지도 생성과 편집 시스템 개발 Generation of 3D Digital Map Using Photogrammetrically Compiled Data and Development of Editing System

이동천¹⁾ · 유근홍²⁾ · 손은정³⁾ · 김호성³⁾ · 문용현⁴⁾

Lee, Dong-Cheon · Ryu, Keun-Hong · Son, Eun-Jeong · Moon, Yong-Hyun

¹⁾ 세종대학교 공과대학 지구정보공학과 교수(E-mail: dlee@sejong.ac.kr)

²⁾ 세종대학교 공과대학 지구정보공학과 석사과정(E-mail: geoinfo@sejong.ac.kr)

³⁾ 공간정보기술(주) 공간정보연구소(E-mail: ejson@git.co.kr)

⁴⁾ 국토지리정보원 지리정보과(E-mail: yhmoon@moc.go.kr)

Abstract

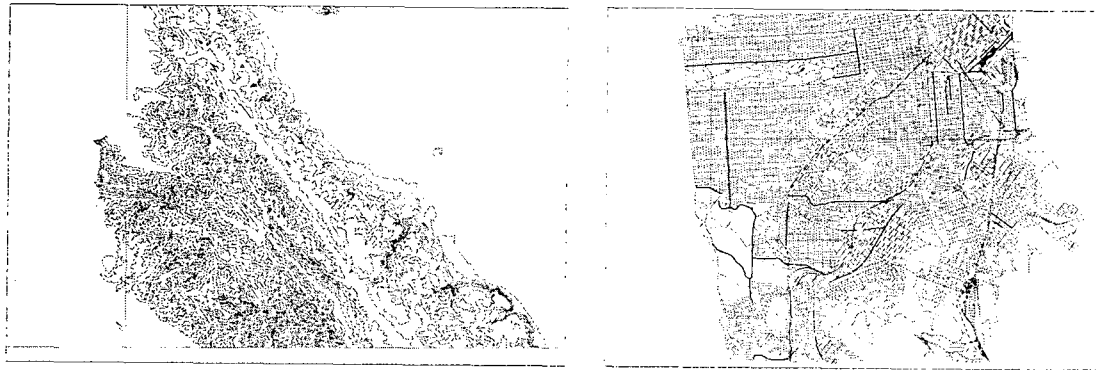
A map is defined as model of 3D spatial phenomena of the real world. Because most of the maps are represented on the 2D plane, limited information is provided. In consequence, applications are also limited with 2D maps and map users of various fields require 3D form of map. Without doubt, state-of-the-art information technology such as telematics and ubiquitous is location based system, therefore, role of the 3D mapping is getting more significant. It is obvious that 3D maps provide more visual perception than 2D maps. The main object of this study is focused on generation of 3D digital maps in economical and efficient way using photogrammetrically compiled data. Topographic maps are required updating and revision in a certain period and the period is getting shorter. Therefore, development of the map editing system is key issue for maintaining quality and updating of the maps to provide reliable geographic information. Special requirements should be taken account into 3D digital map editing. Therefore, design, configuration and functions of the editing system were explored.

1. 서 론

지도는 “공간현상에 대한 모델”(Model of spatial phenomena)로 정의되며 3차원 공간에 존재하는 지리적 정보를 그래픽 요소(점, 선, 면 등), 기호, 영상 또는 문자를 체계적으로 사용하여 주로 2차원 평면에 나타낸 것이다. 또한 지도는 정해진 축척, 투영법 및 좌표체계를 기준으로 표준화된 규정 및 규격에 의하여 표현하여야 하며, 지도에 포함되는 정보는 지형·지물, 지리적 현상 및 환경에 대한 위치, 기하학적 특성, 속성, 위상관계, 물리적 특성과 자연현상 및 분포형태 등 이다(Robinson 등, 1984; Thompson, 1981). 특히 지형도는 지표면의 형태 및 기복, 수계, 토지이용, 취락, 도로, 철도 및 각종 건물과 시설물에 대한 자세하고 정확한 정보를 제공하는 지리정보 매체로서 중요한 역할을 한다. 최근 지리정보에 대한 수요는 2차원에서 3차원으로 급속하게 증가하고 있으며, LiDAR와 같은 첨단 데이터 수집 시스템에 의한 지형도 제작 기술의 발전으로 3차원 지도의 활용이 증가하고 있다(박지혜 등, 2005; 이강원, 2004; 이동천 등, 2005).

그러나 대부분의 지도는 2차원 평면으로 제작되며 2차원 정보만을 제공하고 있으므로 지형·지물에 대한 정보의 손실이 불가피하여 다양한 분야에서의 활용이 제한적일 수밖에 없다. 미국의 경우 USGS(U.S. Geological Survey)가 제공하는 수치지도인 DLG(Digital Line Graph)는 항공사진 또는 기존의 지도를 수동 또는 자동으로 디지털화해서 제작된 2차원 평면 지형도이다. DLG는 현재 국내 수치

지도와 마찬가지로 등고선 레이어만 3차원 정보를 포함하고 있으며, 기본적으로 2차원 수치지도이다 (그림 1, 그림 2). 그러므로 지도의 효용성과 활용의 극대화를 위하여 3차원 지도제작과 기존의 2차원 지도를 3차원화 하는 연구가 필요하다. 3차원 수치지도는 실세계에 대한 지리정보모델의 기본이 되며, 결과적으로는 2차원 지도에 단순히 높이좌표를 추가한 것 이상으로 공간데이터 분석 및 활용에 있어서 시너지 효과를 제공한다. 다양한 분야의 사용자가 각자의 필요에 의해 3차원 공간 데이터를 자체적으로 구축하고 있는 경우가 대부분이며, 3차원 데이터베이스를 효과적으로 구축할 수 있고 생산성을 향상시키고 중복투자를 최소화할 수 있는 표준화된 3차원 지도제작이 요구되고 있다.



(가) 등고선 레이어

(나) 도로 레이어

그림 1. USGS의 DLG

LWPOLYLINE 도면층: "HP_LINE"				LWPOLYLINE 도면층: "BD_LINE"			
면적	137451.7			면적	86169.3		
길이	2439.8			길이	1273.2		
점	X= 749873.0	Y=2025854.6	Z= 420.0	점	X= 745910.7	Y=2027746.2	Z= 0.0
점	X= 749867.1	Y=2025839.3	Z= 420.0	점	X= 745942.1	Y=2027752.2	Z= 0.0
점	X= 749884.4	Y=2025757.2	Z= 420.0	점	X= 745976.0	Y=2027762.3	Z= 0.0
점	X= 749901.6	Y=2025722.9	Z= 420.0	점	X= 746004.0	Y=2027761.6	Z= 0.0
점	X= 749901.7	Y=2025712.7	Z= 420.0	점	X= 746460.7	Y=2027559.1	Z= 0.0
				점	X= 746531.2	Y=2027531.1	Z= 0.0

(가) 등고선 레이어

(나) 건물 레이어

그림 2. USGS의 DLG 데이터 파일

본 연구에서는 3차원 수치지도를 경제적이고 효율적으로 제작하기 위하여 도화원도를 이용하여 기존의 2차원 수치지도를 건물과 도로 레이어를 중심으로 3차원화 할 수 있는 방법을 제안하고, 3차원 수치지도의 품질확보와 검수를 위한 3차원 수치지도 편집 시스템 개발 방안을 제시한다.

2. 3차원 수치지도와 편집 시스템의 필요성

국내외의 연구보고서에 의하면 지난 수년간 지형공간정보와 수치지도의 필요성이 관련 첨단 정보기술 분야 (예: 유무선 통신망을 이용한 인터넷 수치지도 서비스, 위치기반서비스, 차량항법시스템, 텔레매틱스, 유비쿼터스 등)로의 파급효과는 괄목하게 증가하였고, 향후 더욱 증가할 추세이다. 현재 우리나라처럼 높은 수준의 대축척 정밀 수치지도 제작을 체계적이고 독자적으로 수행하고, 수치지도 편집에 필요한 핵심기술을 확보한 국가는 많지 않으며, 현재의 2차원 수치지도가 3차원 수치지도로 갱신되어 사용자들에게 제공되어 진다면, 지도에 포함된 정보의 가치와 활용에 대한 기대효과는 증가 할 것이다.

지도로부터 고부가가치의 정보를 창출할 수 있으며, 3차원 지형공간에 발생하는 제반문제에 대한 효율적이고 신뢰성 높은 의사결정을 수행할 수 있다. 3차원 공간에서 인간의 활동 및 지리적 현상은 위치정보를 기반으로 하고 있으므로 3차원 위치정보의 제공은 필수적이며, 이는 3차원 수치지도로부터 용이하게 획득할 수 있다. 3차원 수치지도는 지리적 정보의 매체로서 뿐 아니라 다양한 분야에서 요구되는 술

루션을 제공하기 위한 중추적인 역할을 할 수 있다. 다음은 3차원 수치지도를 활용한 대표적인 정보 및 솔루션 제공의 예를 제시하고 있다(국토지리정보원, 2005b; 2005c).

- 도시계획 및 도시개발에 있어서 3차원 수치지도로부터 건물의 높이 및 지형에 대한 정보를 얻을 수 있으므로, 2차원 지도에 건물의 높이 정보를 얻기 위하여 건축물 대장과 같은 부수적인 자료의 참조가 불필요
- 도시에 발생하는 다양한 환경적인 문제인 가시권, 일조권, 조망권, 통풍, 열섬현상 등을 효과적으로 시뮬레이션하고 이를 기본으로 분석한 결과를 3차원적으로 시각화하여 효율적인 의사결정 수행
- 도로설계를 위한 필수적인 토공량 계산, 3차원 정밀 노면 및 노선설계 (예: 경사도, 곡률, 완화곡선 설치, 인터체인지 설계 등), 도로부속 구조물, 터널 및 교량설계 등에 활용
- 유비쿼터스 및 텔레매틱스와 같은 정보통신 분야의 인프라가 되는 모바일 통신 네트워크 환경분석, 이동 통신망 구축(Cell planning) 등에 중요한 정보를 제공
- 도심지에 발생하는 재해재난 대응 시스템 및 효율적인 응급구조에 활용
- 3차원 건물 및 도시 모델링에 의한 개별 건물 및 지역 단위별 전기, 도시가스, 식수 공급용량 및 폐수/하수용량 예측, 주차면적 산정 및 설계
- 차량항법용 실감형 3차원 지도제공
- 비행장 설계 및 비행기의 이착륙에 필요한 항공기 운항정보 시스템 구축 시 3차원 수치지도가 제공하는 비행장 주위의 3차원 지형·지물 정보는 장애물 위험유무, 시계확보 등 항공기 안전운항에 결정적인 정보 제공

지도는 지속적이고 주기적으로 정확하게 갱신되어야만 비로소 가치가 주어지게 된다. 최근에는 급속한 국토 및 도시개발이 진행되고 있으며, 특히 차량항법 및 텔레매틱스의 활용을 위해서 요구되는 지도의 갱신 주기는 더욱 짧아지고 있다. 3차원 수치지도의 편집 및 갱신을 위해서는 기존의 2차원 수치지도의 3차원화와 더불어 갱신에 필요한 기술 개발에 대한 연구가 필요하다. 또한 신뢰성 높은 무결점 3차원 수치지도를 제작하기 위한 3차원 수치지도 편집 시스템의 개발은 필연적이다. 지도의 갱신과 편집은 높은 효율성과 경제성 및 신속성을 요구하고 있다.

특히 3차원 편집 시스템의 개발에 있어서 고려할 사항은 기존의 2차원 수치지도 편집 작업에 익숙한 사용자들을 위하여 3차원 환경에서 편집기능 및 편집과정의 복잡성과 어려움을 배제하여야 한다. 이를 위하여 시스템 구현에 있어서 사용자가 기존의 2차원 편집 시스템을 사용하는 것과 차이를 구별할 수 없을 정도로 사용자 인터페이스와 기능을 2차원적 편집환경으로 유지하면서 내부에서 알고리즘적으로 3차원 편집이 수행되도록 설계하는 것이 바람직하다. 2차원 수치지도 편집 시스템을 3차원 공간으로 확장하여 다양한 3차원 지도편집 기능을 포함하게 된다. 또한 도화원도 데이터를 이용하여 생성되는 3차원 수치지도가 표현할 수 있는 한계(3장 참조)를 편집과정을 통해 효율적으로 보완하여 보다 상세한 3차원 수치지도를 제작할 수 있다. 경우에는 입체영상을 참조하여 편집할 수 있는 stereo viewing 기능이 필요하다.

3. 도화원도 데이터의 활용방안

3.1 도화원도의 특성

수치지도는 입체 항공사진을 도화기 상에서 3차원으로 도화하여 도화원도를 생성하고, 정위치 편집과 구조화 편집과정을 거쳐 2차원 수치지도로 제작된다. 도화기에서 생성된 중간 산출물인 도화원도 데이터는 모든 레이어에서 3차원의 정보를 포함하고 있다. 도화작업은 정해진 도화규정에 의거하여 수행되며, 현재 국내 수치지도의 도화규정은 2차원 지도제작을 목적으로 하고 있으므로 도화원도 데이터로부터 실세계의 상세한 세부정보(예: 건물지붕 구조의 상세묘사 등) 획득이 요구되는 활용분야에는 적합하

지 않을 수 있다. 그러나 도화원도를 활용하는 장점은 추가적인 데이터 수집 또는 부수적인 데이터 처리 과정이 불필요하여 직접 3차원 정보를 용이하고 경제적으로 획득할 수 있다. 그림 3은 도화원도 데이터와 기존의 2차원 수치지도의 건물 레이어 데이터를 보여주고 있다. 도화원도는 건물 외곽점(vertex)의 높이좌표를 포함하고 있으며, 이로부터 건물객체에 대한 3차원 모델링이 가능하다.

<pre> POLYLINE 도면층: "AAA008" 공간: 모형 공간 펜들 = 382C 열기 공간 점들이 동일평면상에 없음. 계산되는 면적이 없음. 길이 137.4887 VERTEX 도면층: "AAA008" 공간: 모형 공간 펜들 = 382D 공간에 점, X=255701.4480 Y=305971.7120 Z= 115.6090 VERTEX 도면층: "AAA008" 공간: 모형 공간 펜들 = 382E 공간에 점, X=255700.4120 Y=305951.3680 Z= 115.4510 VERTEX 도면층: "AAA008" 공간: 모형 공간 </pre>	<pre> LWPOLYLINE 도면층: "AAA008" 공간: 모형 공간 펜들 = 13EA5 단형 상수 폭 0.0000 면적 993.5323 둘레 137.4901 점 X=255701.4234 Y=305971.6913 Z= 0.0000 점 X=255700.4117 Y=305951.3677 Z= 0.0000 점 X=255748.4608 Y=305948.6196 Z= 0.0000 점 X=255749.4105 Y=305969.5784 Z= 0.0000 점 X=255701.4234 Y=305971.6913 Z= 0.0000 </pre>
---	--

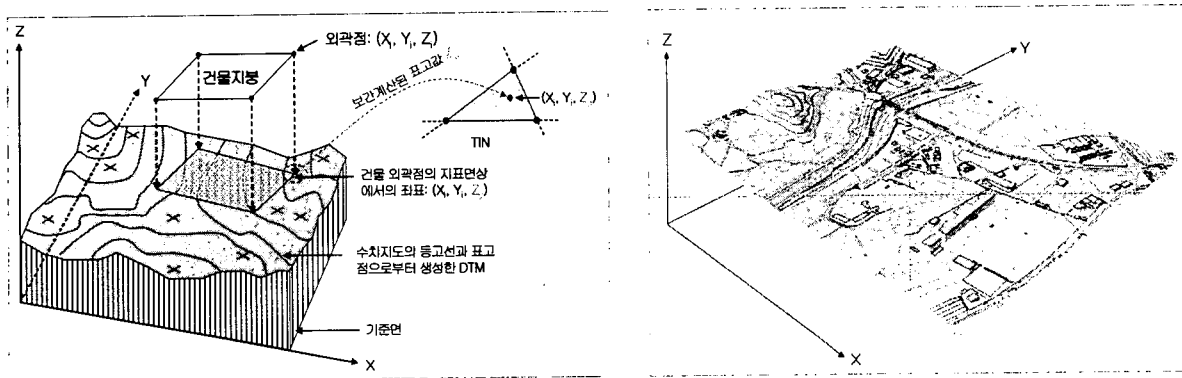
(가) 도화원도 데이터

(나) 2차원 수치지도 데이터

그림 3. 도화원도 데이터와 2차원 수치지도의 건물 레이어 데이터의 비교

3.2 도화원도로부터 3차원 건물생성과 한계

도화원도를 이용하여 3차원 건물의 생성은 용이하게 수행될 수 있다. 도화원도 데이터인 DXF 포맷을 분석하여 건물객체의 외곽점으로부터 폴리곤을 형성하여 지붕면을 구성한 후 각 외곽점에서 지표면까지 수직선을 생성하여 벽면을 형성하게 된다. 여기서 지표면은 도화원도의 등고선과 표고점 레이어로부터 생성한 DTM(수치지형모델)으로 형성된다. DTM은 TIN(불규칙삼각망) 또는 격자형으로 구성할 수 있으며, 건물의 외곽점에서 내린 수선과 DTM면이 교차하는 지점의 표고값은 보간법에 의하여 계산되는데 서로 다른 보간법을 사용하여 발생하는 차이는 대부분 큰 영향이 없다(Burrough, 1988). 그림 4-(가)는 도화원도 데이터로부터 지표면의 DTM을 형성하고 3차원 건물의 생성과정을 보여주고, 그림 4-(나)는 도화원도로부터 생성된 3차원 수치지도를 보여주고 있다.



(가) 3차원 건물생성 방법

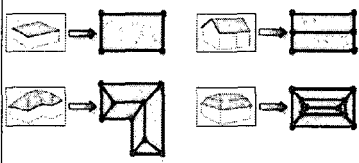
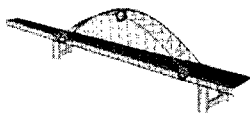
(나) 도화원도로부터 생성한 3차원 수치지도

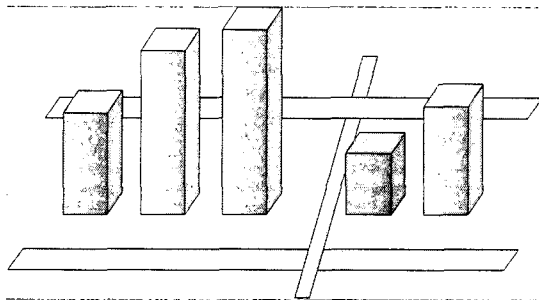
그림 4. 도화원도 데이터로부터 3차원 건물 및 수치지도 생성

현재의 도화규정은 2차원 지도제작을 목적으로 작성되어 있으므로, 건물의 형태와 구조를 실물과 같이 묘사하는 데는 한계가 있다. 이와 같은 한계를 극복하기 위해서는 기존의 도화규정을 부분적으로 수정 보완하는 것이 필요하다. 표 1은 기존의 도화규정(국립지리원, 2001; 국토지리정보원, 2004a; 국토지리정보원, 2005a; 건설교통부, 2004)과 본 연구에서 제안한 보완된 3차원 도화규정(안)을 제시하고 있으며, 그림 5-(가)는 현 도화규정에 따라 작성된 도화원도에 의해 표현한 건물과 도로를 보여주고 있으며,

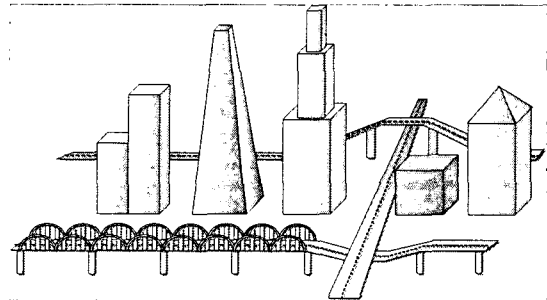
그림 5-(나)는 도화규정(안)에 따라 작성된 3차원 건물과 도로를 모식적으로 보여주고 있다. 다양한 종류의 교량이나 도로 구조물은 3차원적으로 생성한 CAD 그래픽 모델(예: 아치교, 트러스트교, 현수교 등)을 심볼화하여 크기와 회전을 변화시켜 원하는 위치에 삽입하는 방법을 택하면, 도화에 소요되는 시간을 단축하고 효율성을 향상시킬 수 있다(표 1 교량부분 참조). 그림 6은 3차원 건물 및 도로 도화 데이터를 Google Earth상에서 나타낸 것이며, 주요 건물의 지붕형태는 상세하게 도화되었음을 보여주고 있다.

표 1. 건물 및 교량에 대한 기존의 도화규정과 3차원 도화규정(안)

구분	기존의 도화규정	3차원 도화규정(안)	도화 예
건물	건물의 각 코너에 정지한 상태에서 점(Point)으로 관측하여 Line으로 단독 폐합(면)되도록 묘사하여야 한다(Rectangle 사용 불가). 단, 사찰 등 유선형 건물은 실제대로 묘사한다.	건물의 각 코너에 정지한 상태에서 점(Point)으로 관측하여 Line으로 단독 폐합(면)되도록 묘사하여야 한다(Rectangle 사용 불가). 지붕의 형태 및 구조에 따라 지붕의 경사와 높이변화가 발생하는 점을 관측하여 실제대로 묘사한다.	 <p>상세 지붕도화의 예</p>
교량	교량부분은 도로 경계선으로 연결 묘사하고 교량(면)을 별도로 중복 묘사한다.	교량부분은 도로 경계선으로 연결 묘사하고 교량의 상부구조는 교량의 모양을 실제대로 3차원으로 묘사한다.	 <p>CAD 모델로 기호화한 아치교량의 예</p>

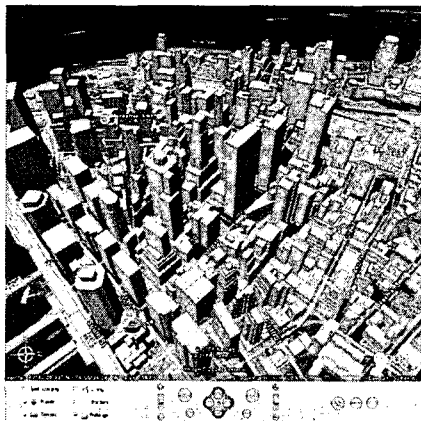


(가) 도화원도로부터 생성한 3차원 건물

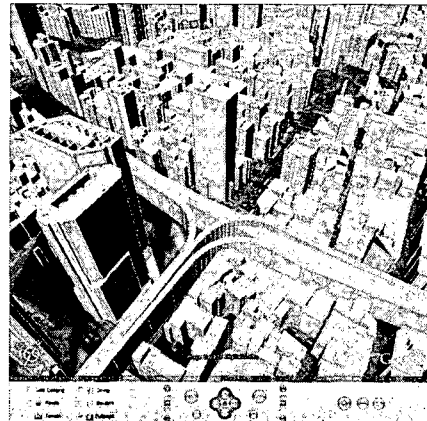


(나) 제안한 도화규정에 의해 생성한 3차원 건물 및 도로 구조물

그림 5. 도화원도에 의해 생성한 3차원 수치지도의 한계와 도화규정(안)



(가) New York Manhattan지역



(나) 서울 도심지역

그림 6. Google Earth상에 표현한 3차원 건물 및 도로모델

4. 3차원 수치지도 편집 시스템

4.1 시스템 설계

3차원 수치지도 편집 시스템은 컴포넌트 기반의 UML 표준을 기본으로 하여 확정성을 고려한 단위 모듈별로 설계한다. 시스템 개발 시 고려해야 할 사항은 도화원도 데이터 및 객체별 3차원 요소에 대한 표현 방법이다. 구현된 편집 시스템은 3차원 수치지도를 참조할 수 있는 영상을 입체시 할 수 있는 stereo viewer와 도화기능 및 3D perspective viewer 기능을 포함하며, stereo viewer 모드에서 3D perspective viewer로의 전환 기능을 구현 할 수 있어야 한다.

그림 7은 컴포넌트 기반의 3차원 수치지도 편집모듈 설계 및 구현 흐름도를 설명하고 있다. 수치지도 편집 시스템 설계에서 핵심적인 항목은 공간관계연산자(Equals, Touches, Contains, Disjoint, Crosses, Overlaps) 및 공간분석연산자(Boundary, Distance, Buffer, Intersection, Union, Difference, Symmetric Difference, Convex hull)와 같은 공간연산 기능의 구현이다. 그림 8은 입체 항공영상을 참조한 3차원 도화 및 편집을 위한 stereo viewer를 보여주고 있다.

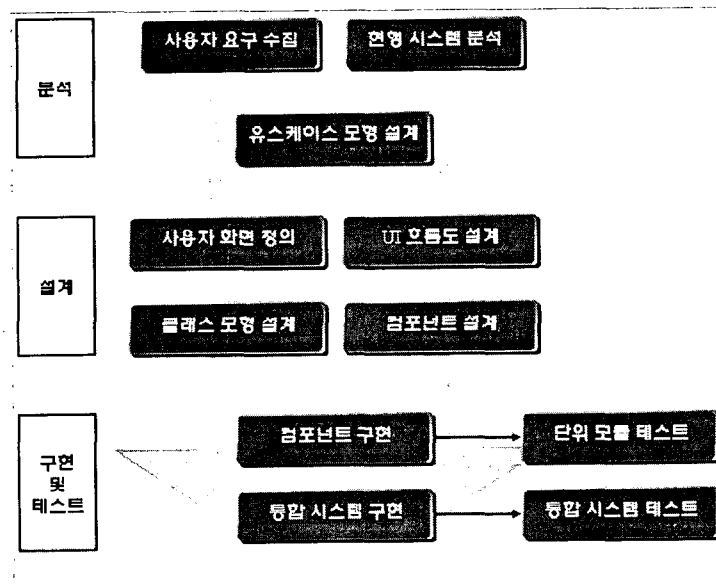


그림 7. 3차원 수치지도 편집 시스템 개발 흐름도

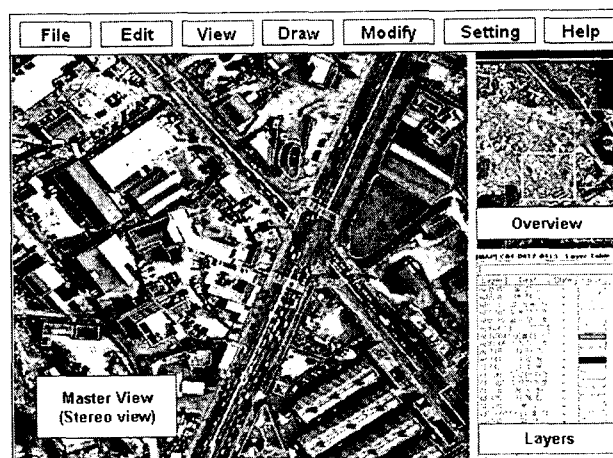


그림 8. 3차원 수치지도 편집을 위한 stereo viewer

4.2 시스템 구성

3차원 수치지도 편집시스템은 사용자가 직접 시스템을 제어하게 되는 어플리케이션 레벨, 3차원 수치지도 편집시스템의 특화된 기능을 수행하는 유틸리티 레벨, 데이터의 표현 및 기본 연산 기능을 제공하는 데이터 레벨과 저장장치에 있는 데이터를 관리하는 스토리지 레벨로 구성되어 있다. 그림 9는 각각의 레벨별 컴포넌트들 간의 관계를 나타내고 있으며, 그림 10은 컴포넌트들 간의 관계를 바탕으로 설계된 시스템 구성을 보여준다.

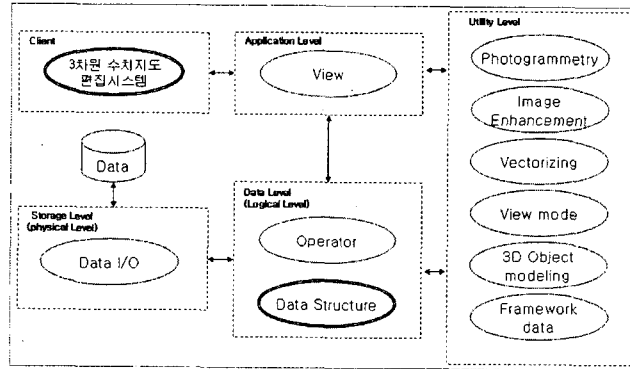


그림 9. 편집 시스템의 컴포넌트 관계

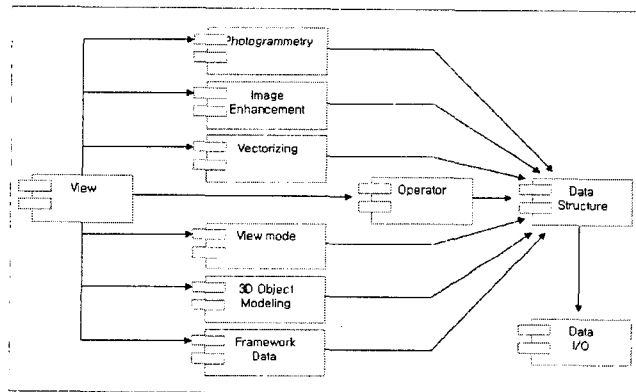


그림 10. 편집 시스템의 컴포넌트 구성도

4.3 편집기능

지도의 편집은 오류수정과 갱신이 주된 목적이다. 본 연구에서 개발되는 시스템의 편집 기능은 도화원도 데이터를 사용하여 생성된 3차원 수치지도에서 발생하는 기본적인 오차 및 기하학적인 오류를 3차원 공간상에서 수정하는 기능(예: 3D trimming, 3D vertex editing, 3D polyline editing, 3D line extending 등)과 논리적 오류(예: 도로를 침범한 건물, 서로 교차하는 독립된 인접 건물 등)를 탐지하여 편집하는 기능을 포함하여야 한다.

또한 도화원도 데이터는 다양하고 복잡한 구조의 지붕형태에 대한 정보를 포함하고 있지 않으므로 도화원도 데이터로부터 생성할 수 있는 건물모델은 지붕이 평면인 박스 형태가 대부분 이므로 실제 건물의 형태를 묘사할 수 없다. 그러므로 보다 상세하고 정밀한 3차원 수치지도를 효율적으로 제작하기 위하여 입체항공 영상을 이용하여 도화기능이 추가된 시스템을 구현한다. 3차원 수치지도 편집 시스템의 장점은 최근에 촬영된 영상을 사용하여 편집을 수행하면 도화원도를 용이하게 갱신할 수 있는 효과를 얻을 수 있다. 그림 11는 편집 시스템의 stereo viewer와 3차원 도화기능을 이용하여 입체 항공영상을 참조하여 도화원도의 건물을 편집하는 예를 보여주고 있다.

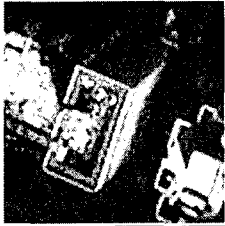

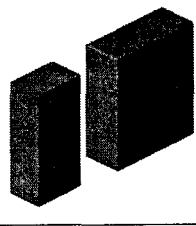


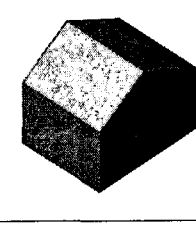

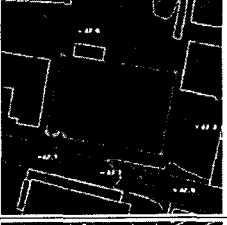
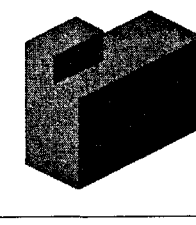


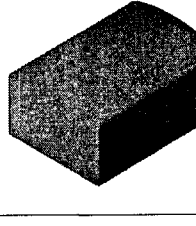
지붕형태	항공영상	도화원도	편집
평면			
박공형			
복층			
아치			

그림 11. 건물의 지붕형태에 따른 3차원 편집의 예

5. 결 론

3차원 공간상에 존재하는 지리적 현상 및 정보를 2차원 매체 상에 표현하면 기하학적 왜곡, 시각적 인지효과 감소, 부정확한 정보획득 등 다양한 측면에서 정보의 손실이 발생하게 된다. 그러므로 2차원 상에 표현되는 지도는 필연적으로 제약적일 수 밖에 없다(Clarke, 1990; Madej, 2001). 수치지도는 공간의 제약을 받지 않고 3차원 정보의 표현이 용이하여 그 활용 가치가 높으며, Google Earth의 출현은 3차원 수치지도 제작과 다양한 분야에서의 활용에 시사하는 바가 크다. 3차원 수치지도를 효율적으로 생성하기 위한 도화원도 데이터의 활용 및 편집 시스템에 대한 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 도화원도 데이터의 활용은 기존의 성과이므로 추가적인 작업과정 없이 경제적이고 효과적으로 3차원 수치지도 생성이 가능한 장점이 있다.
- 기존의 도화규정은 2차원 수치지도 제작을 목적으로 하고 있으므로 도화원도 데이터로부터 상세한 3차원 지도제작에는 한계가 있지만 상세한 묘사가 요구되지 않는 활용분야에는 효과적으로 사용할 수 있다.
- 최근에는 복잡하고 다양한 형태의 건물들이 많이 건축되고 있으며 이러한 객체들을 3차원 지도상에 상세하게 묘사하기 위해서는 기존의 도화규정이 수정 보완될 필요가 있다고 사료된다.
- 생성된 3차원 수치지도의 오차 또는 오류 수정, 건물의 3차원 상세 묘사 및 갱신을 위한 지도편집 시스템의 개발이 필요하며, 특히 3차원 공간상에서 수행되는 다양한 편집기능을 구현할 수 있어야 한다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 건설기술기반구축사업(과제번호: C105B100000105B010000120)의 지원으로 수행되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다. 또한 실험을 위해 도화 데이터를 제공해 준 한진정보통신에게 감사드립니다.

참고문헌

- 국립지리원 (2001), 1/5,000 지형도 도식적용규정, 국립지리원 고시 제2001 - 312호, pp. 1-36.
- 국토지리정보원 (2004a), 1/1,000 수치지형도 용역사업 실무자 교육자료, 국토지리정보원 공간영상과, pp. 1-38.
- 국토지리정보원 (2004b), 기본지리정보 데이터 생산사양 - 시설물(건물) 분야, 건설교통부, pp. 15-48.
- 국토지리정보원 (2005a), 기본지리정보 묘화기반 표준연구, 건설교통부, pp. 125-248.
- 국토지리정보원 (2005b), 시설물(건물)분야 기본지리정보 활용방안 실험연구, 건설교통부, pp. 55-117.
- 국토지리정보원 (2005c), 제2단계 기본지리정보구축 추진전략 수립연구, 건설교통부, pp. 79-156.
- 건설교통부 (2004), 수치지도작성작업규칙, 건설교통부령 제416호, pp.1-4.
- 박지혜, 이임평, 최윤수, 김성준 (2005), 다중 데이터를 융합한 3차원 건물 모델링 자동화 방안, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp.259-266.
- 이강원 (2004), 측량 및 GIS 관련 신기술 - 측량과 IT기술, 제3회 Geomatics Forum, 대한측량협회, pp. 191-209.
- 이동천, 염재홍 (2005), LiDAR 데이터를 이용한 수치지도의 건물 및 등고선 레이어 생성, 한국측량학회지, 23권 3호, pp.313-322.
- Burrough, P. (1988), *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*, Clarendon Press, Oxford, pp. 39-80.
- Clarke, K. (1990), *Analytical and Computer Cartography*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 42-120.
- Madej, E. (2001), *Cartographic Design using ArcView GIS*, OnWord Press, N.Y. pp. 17-44.
- Robinson, A., Sale, R., Morrison, J. and Muehrcke, P. (1984), *Elements of Cartography*, John Wiley & Sons, N.Y., pp. 3-403.
- Thompson, M. (1981), *Maps for America*, U.S. Geological Survey, Washington, D.C. pp. 216-232.