

## 계층적 깊이 영상을 활용한 3차원 공간정보 구현

### 3D Spatial Info Development using Layered Depth Images

송 상 훈 , 조 명 희  
Sang-Hun Song, Myung-Hee Jo

경일대학교 위성정보공학과  
Dept. of Satellite GeoInfo. Eng. Kyungil University

[et7989@nate.com](mailto:et7989@nate.com), [mhjo@kiu.ac.kr](mailto:mhjo@kiu.ac.kr)

#### 요 약

3차원 공간정보는 2차원에 비해 공간적 현실감이 뛰어나기 때문에 최근 경관분석, 도시 계획 및 웹(Web) 을 통한 지도 서비스 분야 등에서 이에 대한 관심이 증가하고 있으나, 3차원 공간 정보의 기하학적 특성상 기존의 2차원 공간정보에 비해 데이터 량이 방대해 지고 있으며 이를 활용한 또 다른 콘텐츠 제작과 빠르고 효율적인 처리에 많은 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 위성 및 항공으로부터 획득한 DEM(Digital Elevation Model)을 이용하여 생성된 3차원의 지형정보와 도시 모델링 및 텍스처 맵핑 과정을 통해 획득한 정보를 기반으로 하여 각각의 위치에 카메라를 설정하고, 설정된 카메라 위치를 기반으로 Camera Matrix를 구한다. 이렇게 획득한 카메라의 정보엔 깊이 정보를 포함하고 있는데, 깊이 정보를 기반으로 하여 3차원의 워핑(Warping) 작업을 통해 계층적 깊이 영상(LDI)를 생성하고, 생성된 계층적 깊이 영상을 이용하여 3차원의 공간정보를 구현한다.

주요어 : LDI(Layered Depth Images), DEM, 3D GIS, VRML

#### 1. 서 론

최근의 GIS 개념은 단일 소프트웨어로 한정된 정보를 분석 및 관리하는 특별한 목적을 위한 전문가의 정보시스템보다는 다양한 사용자 계층에서 각각의 필요에 따른 활용 목적을 포괄적으로 수용하는 통합정보시스템으로 변화하고 있으며, 정보기술의 발전과 함께 다양한 정보처리 및 플랫폼과 환경에서 운용 가능한 기술

로 진화하고 있다.

그 중에서도 특히 하드웨어 및 소프트웨어 분야의 급속한 발달과 사용자들의 시스템에 대한 질적 요구사항이 높아짐에 따라 영상 정보를 활용한 다양한 콘텐츠 개발이 진행 중에 있다. 이러한 추세 맞추어 최근 영상 기반 표현 기술이라는 실시간 영상 생성을 위한 새로운 접근 방법이 제시되고 있다.

영상 기반 표현 기술은 3차원 물체를 렌더링 비용이 많이 드는 기하 물체로 표현하는 대신 2차원 영상으로 대체하는 방법으로, 여러 장의 참조 영상으로부터 픽셀 재투사나 시점보간 등을 사용하여 임의의 시점에서 장면이나 물체를 표현함으로써 전통적인 모델링 방법에 비하여 빠르고 사실적인 영상을 생성할 수 있다는 장점을 가지게 된다. 이러한 접근 방식은 생성하려는 장면의 복잡도와 무관하며, 원하는 장면을 생성하기 위해 복잡한 3차원 모델을 만드는 것보다 영상이나 사진을 얻는 것이 훨씬 쉽다.

최근에는 이러한 영상 기반 렌더링 기법 중에서 LDI(Layered Depth Images)에 관한 연구가 주목 받고 있다. LDI는 여러 시점에서 생성된 깊이 영상을 합성하여 하나의 데이터 구조로 만드는 것으로, 임의 시점의 영상을 변형(Warping)함수를 사용하여 쉽게 생성할 수 있었다.

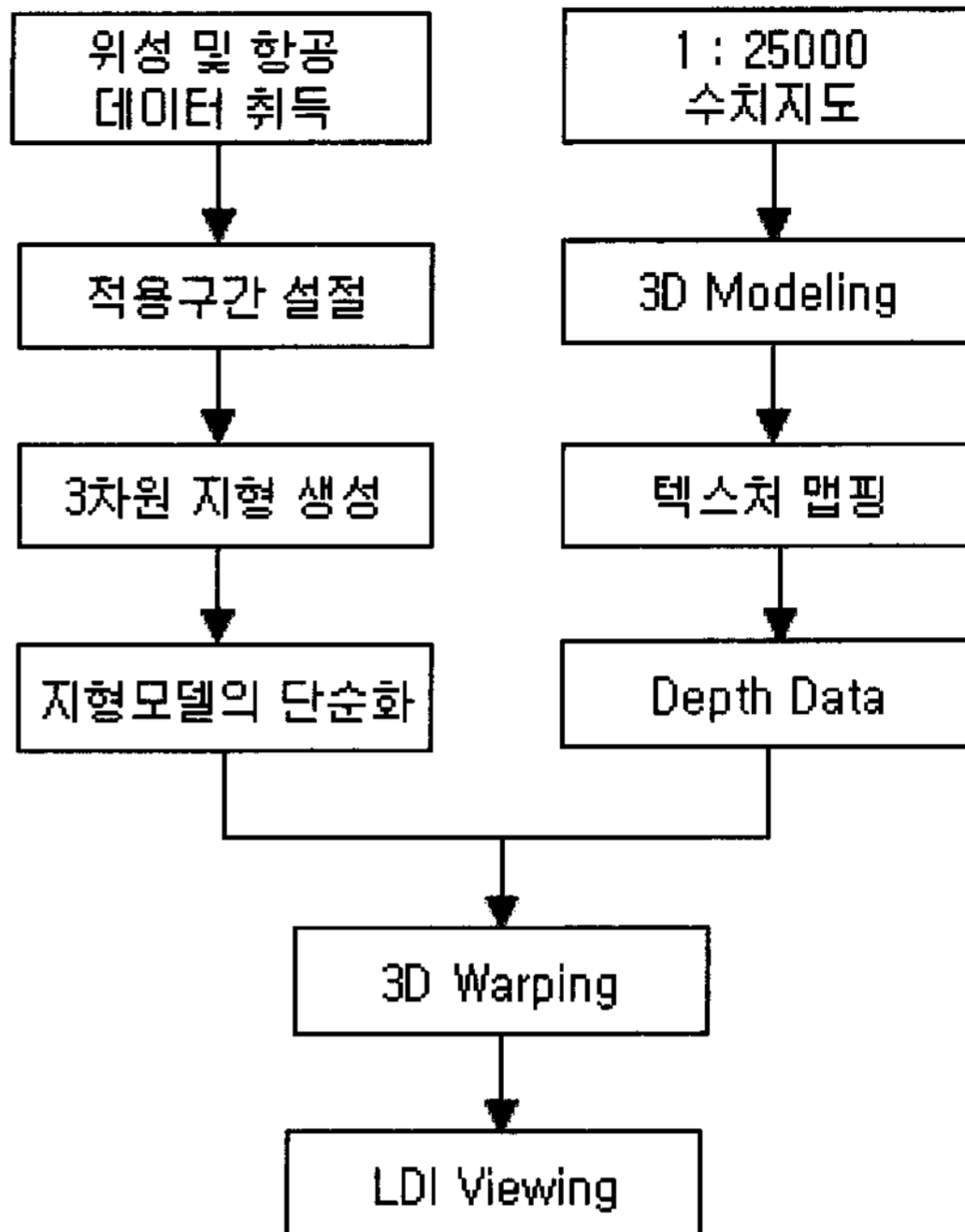
LDI 생성은 깊이 정보를 필요로 하므로 본 논문에서는 깊이 정보의 획득을 위해 위성 및 항공으로부터 획득한 DEM(Digital Elevation Model) 데이터를 이용하여 생성된 3차원의 지형정보에 3Ds-Max를 이용한 건물 및 도로에 대한 3차원의 모델링 및 텍스처 맵핑된 고안 정보를 기반으로 하여 각각의 위치에 카메라를 설정하고, 설정된 카메라 위치를 기반으로 Camera Matrix를 구한다. 이렇게 획득한 카메라의 정보엔 깊이 정보를 포함하고 있는데, 깊이 정보를 기반으로 하여 3차원의 워핑(Warping) 작업을 통해 계층적 깊이 영상을 생성하였다.

## II. 전체 시스템 개요

그림1은 본 논문의 전체 시스템을 알고리즘 흐름도로 나타낸 것이다.

본 논문의 구성은 3차원의 지형정보 생

성 및 단순화하는 부분과 모델링 데이터를 통하여 계층적 깊이 영상을 생성하는 부분으로 구성된다.



<그림 1> 전체 시스템 구성도

### 1) 3차원 지형 정보의 생성

DEM은 지형 데이터를 2차원 평면상의 표본 점 들에 대한 고도 데이터 값의 집합으로 표현한 것이다. 이 격자구조를 가지는 방대한 양의 자료는 현재에 이르러는 도시 계획, 토지 조사 및 지도 제작, 군사 목적을 위한 지형물의 표현 및 GIS 등의 여러 분야 등 비교적 상세한 고도 정보를 필요로 하는 분야에서 사용되고 있다. 또한 표현이 간결할 뿐만 아니라 단순히 격자 점 들에 대한 sub sampling만으로 낮은 상세도 레벨을 생성할 수 있으므로 여러 단계의 상세도 모델을 쉽고 빠르게 만들 수 있다는 장점이 있다.

현재 GIS 분야에서 가장 범용 적으로 사용되는 DEM 자료는 ASCII 코드의 형태로

제공되어 쉽게 자료의 내용을 검색할 수 있도록 되어있다. 따라서 획득된 DEM 자료를 VRML상에서 가시화하기 위해서는 DEM file의 header 부분을 해석하여 필요한 부분만을 선택하여 VRML file 형태로 변환하여 사용한다.

이렇게 변환된 DEM을 읽어 들여 각각의 DEM의 구조를 분석하고 DEM상의 변환될 구간을 설정하게 된다. DEM 자료로부터 측량된 지역의 넓이와 수치데이터 간격, 고도 수치 값을 읽어서 VRML 형태로 옮겨 놓게 되고, 옮겨진 VRML file은 VRML Browser를 통해 3차원 지형으로 가시화 하게 된다.

## 2) 지형 모델의 단순화

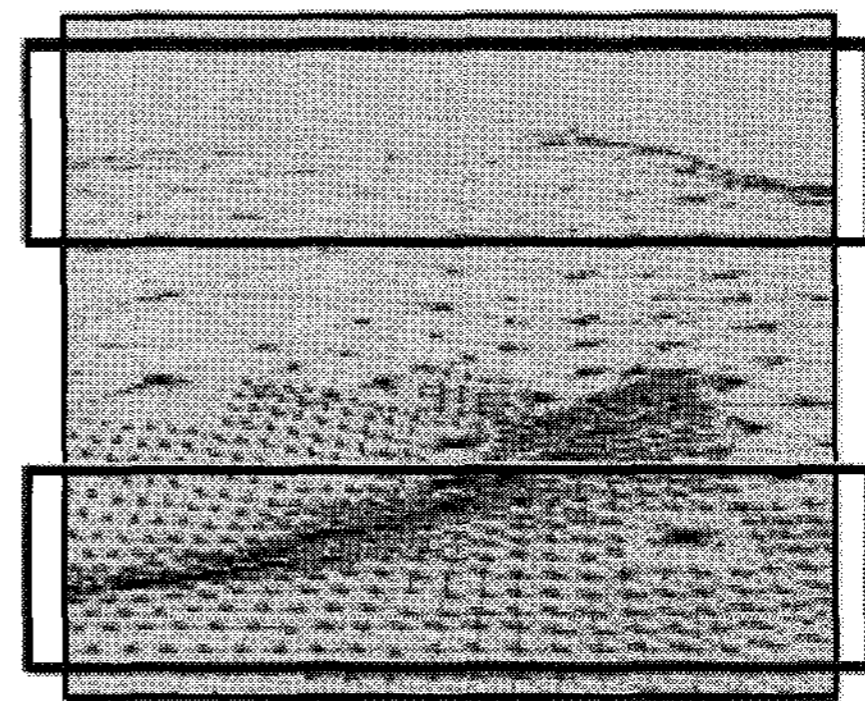
지형 모델은 지난 20여 년 전부터 컴퓨터 그래픽스의 여러 응용 분야에 있어 중요한 데이터가 되어 왔다. 대표적인 응용 예로는 비행 시뮬레이션, 지상 운전 시뮬레이션, LIS, GIS, 비디오 게임, 그리고 가상현실 시스템 등이 있다.

기하학적 입장에서 보았을 때 지형물은 다른 모델과 구별되는 몇 가지 특성을 가지고 있다. 첫째, 지형물의 표면 모델은 평면상의 모든 점들에 대해 고도 값을 부여하는 연속 함수의 그래프로 볼 수 있다. 이러한 점에서 지형물은 기하학적 관점에서 본 모델 클래스 중 가장 간단한 것으로 분류되기도 한다[Heckbert97]. 둘째, 지형물은 대부분 그 크기가 매우 방대하다. 응용 범위에 따라 차이가 있으나, 지형을 사실적으로 렌더링하기 위해 필요한 삼각형의 개수는 수백만 개에 이르기도 한다.

이와 같은 특성을 고려하여 지형물을 실시간에 렌더링하기 위한 많은 연구들이 수행되어 왔다. 지형물의 현실감 있는 표

현을 위해서는 수백만 개의 삼각형들이 필요할 뿐만 아니라 대부분의 응용 분야에서는 이러한 삼각형들을 실시간에 렌더링할 것을 요구하고 있다.

즉, 시점에서 가까운 곳은 원래 모델에 가깝게 높은 상세도로 표현하고, 시점에서 멀리 떨어져 있거나 보이지 않는 곳은 덜 자세하게 표현하거나 그리지 않는 방법을 써서, 시각적인 효과를 유지하면서 계산 비용을 효과적으로 줄일 수 있다는 것이다.



<그림 2> LOD 기법을 이용한 지형 모델의 단순화 과정

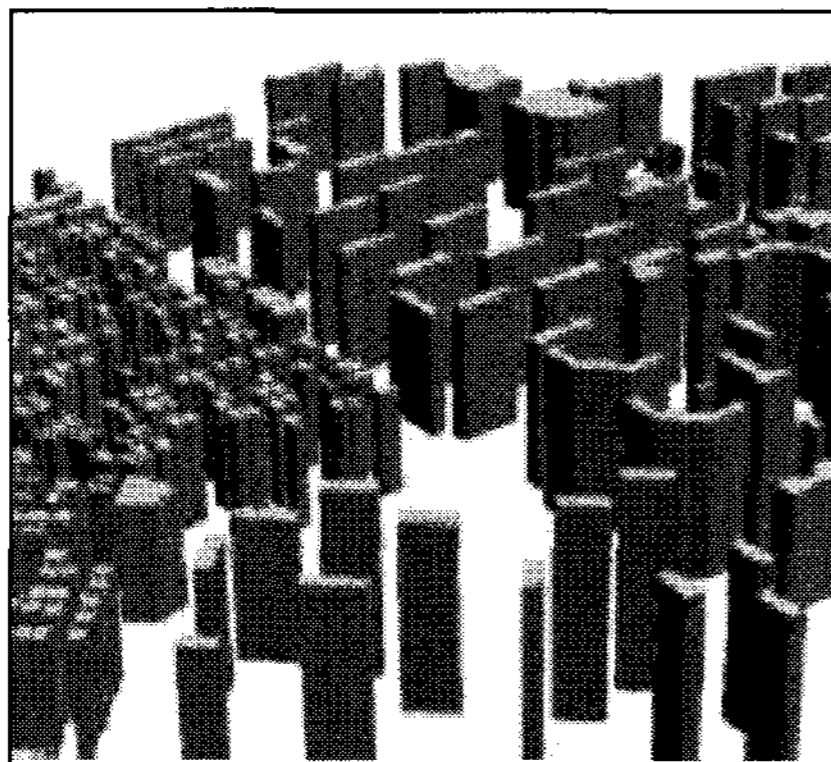
본 논문에서는 다단계 LOD(Level of Detail) 기법을 사용하여 대용량의 3차원 지형 데이터를 표현되는 요구 정도에 따라 처리 시간 대비 표현력의 최적화를 통한 구현과정을 통해 3차원 데이터간의 거리를 자동으로 계산하여, 획득된 지형정보에서 근거리에 있는 데이터는 지형을 표시하는 도형의 수를 많이 사용하여 자세하게 지형을 표현하였다. 이와 반대로 원거리에는 지형을 표시하는 도형의 수를 적게 함으로써 거리에 따른 표현의 상세도를 다단계로 나누어 실시간(동적)으로 조절하여 최단시간 내에 최적의 디스플레이

이를 구현하였다. 지형 및 건물, 도로, 기타 시설물에 대한 개별적인 동적 처리가 가능하게 하였다.

### 3) 입력 데이터의 생성

도시 지역의 대부분을 차지하는 건물에 대한 3차원 정보는 도로, 교통 등의 시설물관리시스템 구축, 도로계획, 택지개발, 도시계획 등 여러 분야에 필요하다. 3차원 도시모델은 실세계와 유사한 가상모델을 의미하며, 도시를 구성하는 지표면상의 모든 지형지물들의 3차원 모델을 포함하며, 지형지물의 종류에 따라 표현하는 방식이 달라지지만 기본적으로 지형지물의 기하학적 정보, 복사학적 정보, 속성정보로 구성된다.

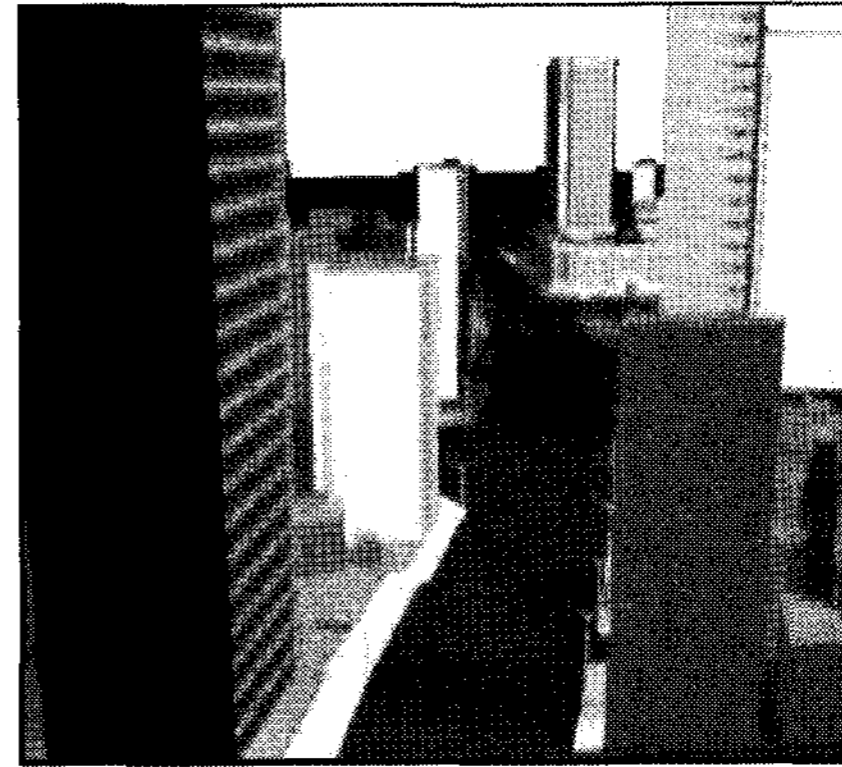
계층적 깊이 영상을 생성하기 위한 방법으로 그림 3과 같이 수치지도를 기반으로 하여 X, Y, Z 축 방향의 좌표 값을 갖진 실물과 같은 도시 공간 모델을 입력하고, 3차원의 도시 모델을 생성하게 된다.



<그림 3> 수치지도를 기반으로 생성된 3차원 공간 모델링 과정

이렇게 생성된 도시 공간모델에 각각의 위치에 해당하는 건물 및 도로에 대한 정보에 각 해당 건물의 정면에서 사진 촬영

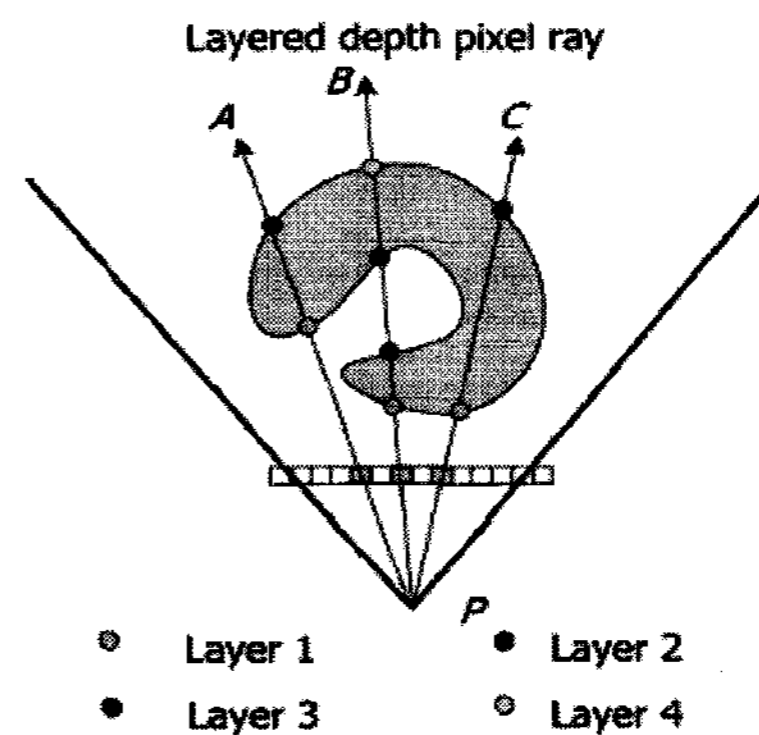
을 하고 이를 바탕으로 모델링 프로그램에서 일반적으로 사용하는 UV 텍스처 맵핑 방법을 사용하여 3차원의 모델링된 데이터를 획득하였다.



<그림 4> 텍스처 맵핑된 3차원 도시정보

### 4) 계층적 깊이 영상의 생성

LDI(Layered Depth Images)는 여러 시점에서 생성된 깊이 영상을 합성하여 하나의 데이터 구조로 만든 것으로, 각각의 픽셀에 여러 개의 깊이 픽셀을 저장할 수 있는 데이터 구조이다.

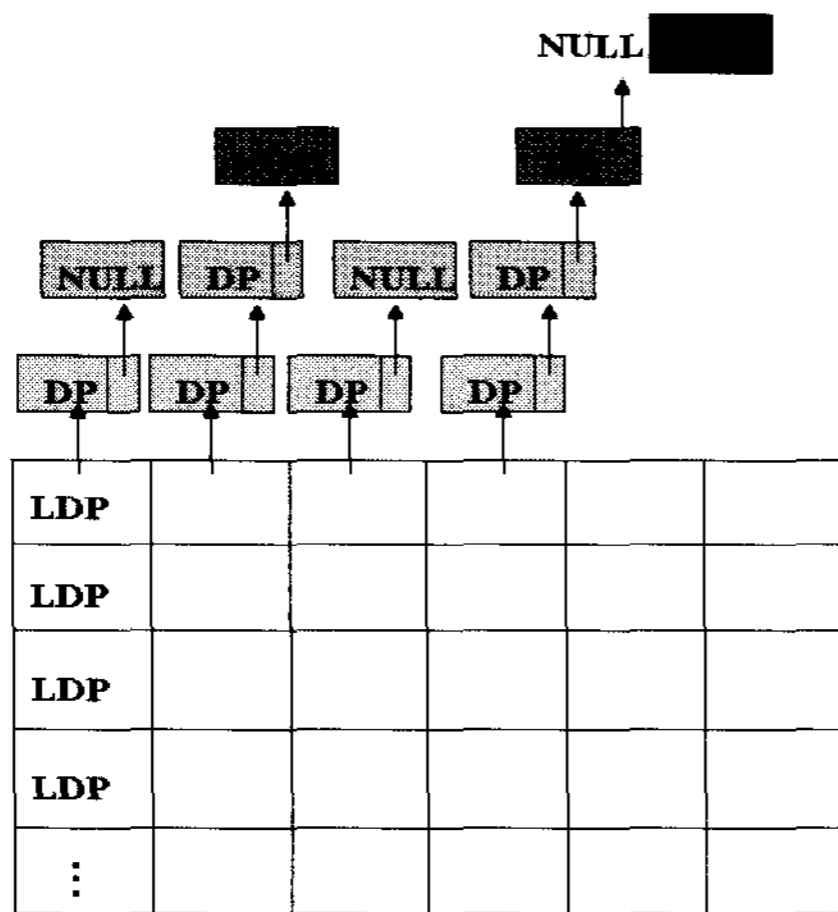


<그림 5> LDI 구조

여러 시점에서 얻은 다수의 깊이 영상정보를 포함하므로, 각 LDI 화소는 색상 정보,

깊이 정보 및 렌더링을 지원하는 특성 정보를 담고 있다. 또한, LDI는 각 화소의 위치마다 다수의 계층을 가진다.

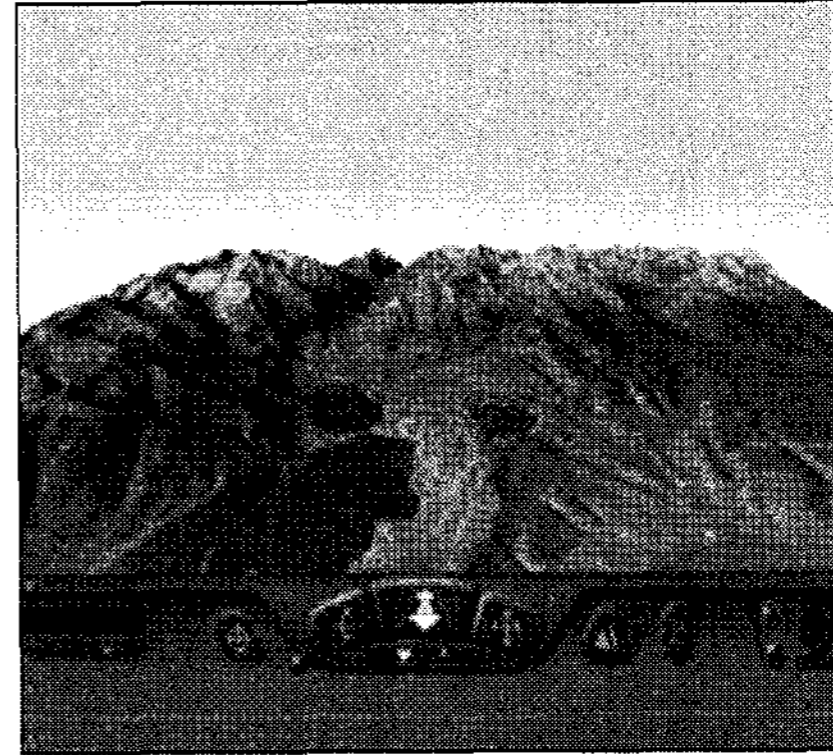
LDI는 카메라의 정보를 저장하는 구조체와 LDP(layered Depth Pixel) 2 차원 배열로 이루어졌으며, LDP는 깊이 픽셀의 개수를 저장하는 변수와 깊이 픽셀을 연결 리스트를 이용하여 저장하는 구조로 되어 있다. 깊이 픽셀은 픽셀의 색상과, 깊이 값을 저장할 수 있는 구조로 되어 있다.



<그림 6> LDI 저장 구조

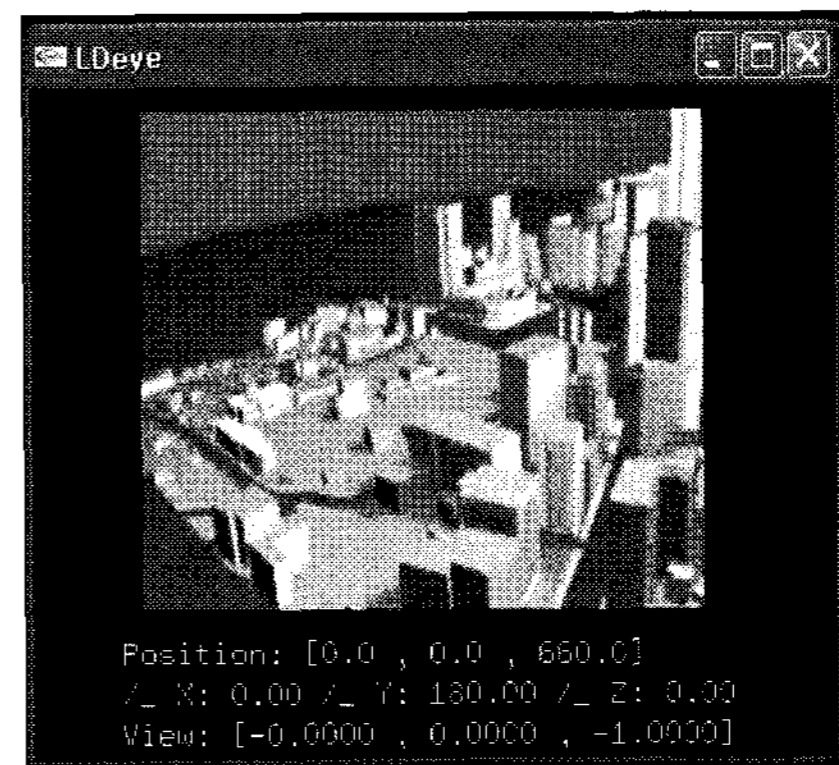
본 논문에서는 계층적 깊이 영상을 생하기 위한 방법으로 그림 3과 4를 통해 획득한 3차원의 모델링 데이터를 기반으로 하여 각각의 위치에 해당하는 카메라를 설정하고, 설정된 카메라에 대한 정보와 위치 값을 획득하게 된다. 이렇게 획득된 각각의 카메라에 대한 위치 값을 기반으로 하여 Camera Matrix를 획득하게 되고, 각각의 카메라 위치에 대한 3차원의 워핑(Warping) 작업을 통하여 LDI를 생성하였다.

### III. 실험 및 결과



<그림 7> 3차원으로 가시화된 지형정보

그림 7은 위성 및 항공으로부터 획득한 DEM 데이터를 측량된 지역의 넓이와 수치 데이터 간격, 고도 수치 값을 읽어 VRML로 가시화된 3차원의 지형정보이다.



<그림 8> 계층적 깊이 정보(LDI)를 통해 생성된 3차원 공간정보

그림 8은 가시화된 3차원의 지형정보에 모델링된 데이터를 기반으로 하여 계층적 깊이 정보를 통해 생성된 3차원 공간정보이다.

#### IV. 결론 및 향후 과제

3차원 공간 정보는 3차원의 X, Y 위치 정보와 위치 정보에 따른 높이 또는 심도 즉, Z 값으로 표현되는 기하학적 정보 및 각 객체에 따른 재질, 색상, 질감 등과 같은 속성정보를 포함하고 있으며, 이를 이용해 현실 세계를 실사와 유사하게 표현하며 추사화 및 일반화 하여 실세계를 유사하게 표현하는 것뿐만 아니라 정량적인 분석과 의사결정 등과 같은 분석 기능을 가능하게 함으로써 3차원 GIS의 중요한 정보로 제공되고 있다.

본 연구에서는 이러한 3차원 공간정보를 빠르고 효율적인 장면 렌더링을 위하여 영상 기반 모델링과 렌더링에서 이용되고 있는 계층적 깊이 정보를 활용하여 3차원의 공간정보를 구현하였다.

그러나 본 연구의 가장 큰 문제점인 전통적인 모델링 방식으로 공간 정보를 구현하였기 때문에 시간과 비용 면에서 비효율적 이었다. 추후 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 수치지도를 통해 자동으로 3차원의 공간 정보를 구현하는 방법을 연구할 것이다.

#### 참고문헌

1. 한국전산원 "3차원 GIS 동향분석", 정보화표준 이슈 03-표준-06 / 2003. 12
2. J. Shade, S. Gortler, and S. Szaliski, "Layered Depth Images," Proceedings of ACM SIGGRAPH, pp. 291-298, July 1998.
3. J. Duan and J. Li, "Compression of the Layered Depth Image," IEEE Trans. On Image Processing, Vol. 12, pp. 365-372, March 2003.
4. "Virtual GIS: A Realtime 3D Geographic Information System," with David Koller, Peter Lindstrom, Larry Hodges, Nick Faust, and Gregory Turner, Report GIT-GVC-95-14, IEEE Proceedings Visualization'95, pp. 94-100
5. P. Lindstrom, D. Koller, L.F. Hodges, W. Ribarsky, N. Faust, and G. Turner, "Level-of-Detail Management for Real-Time Rendering of Phototextured Terrain," Graphics, Visualization & Usability Center, Georgia Institute of Technology, Technical Report GIT-GVU-95-06 (1995)
6. 송상훈, 정영기, "3D GIS를 활용한 웹 기반의 가상도시 구현"(HCI2007)
7. 서혜원, 1998 "지형물의 실시간 렌더링을 위한 다단계 모델 생성과 제어 알고리즘의 분석 및 성능평가" 한국과학기술원 석사학위논문
8. 허민, 김형태, 김병국, 김용일, "Lidar 데이터를 이용한 건물추출" 한국GIS학회 '99추계학술발표회