

## 단일 고해상도 위성영상과

## 수치지도를 이용한 3차원 영상 생성

박현주<sup>0</sup>, 신성식, 권오봉

전북대학교 전자·정보공학부(컴퓨터공학)

loveofhj@gmail.com, gshinnom@gmail.com, obgwun@chonbuk.ac.kr

### Creation of 3D Images using DEM and a Satellite Image

Hyun-Ju Park<sup>0</sup>, Sung-Sik Shin, Ou-Bong Gwoun

Division of Computer Science and Engineering, Chonbuk National University

#### 요약

최근 단일 고해상도 위성영상과 건물과 지형에 대한 정보를 가지고 있는 수치지도(DEM: Digital Elevation Model)를 이용하여 3차원 영상으로 구축하는 연구가 많이 이루어지고 있다. 3차원 영상을 구축하기 위해서는 건물과 지형의 위치, 크기, 형상에 관한 정보가 필요하나 위성영상만으로는 구하기가 어려워 수치지도를 활용한다. 본 논문에서는 수치지도를 이용하여 3차원 건물과 지형의 고도 정보를 추출하고, 위성영상과 Snake 모델을 이용하여 반자동으로 추가적인 건물 높이와 바닥면에 대한 정보를 추출하여, 3차원 영상을 생성하는 방법을 제안한다.

#### 1. 서론

최근에 2차원 맵을 3차원 맵으로 변환하는 연구가 많은 분야에서 진행되고 있다. 그 중에서 단일 고해상도 위성영상 이용하여 3차원 영상을 구현하는 연구가 급속도로 발전하고 있다. 국내에 1m 해상도를 가지는 고해상도 카메라(Multi-Spectral Camera, MSC)를 탑재한 아리랑2호가 2006년 7월에 발사되어, 국가 정밀지도 제작 및 GIS 분야, 국토관리 분야, 재해예방 분야 등에 사용되고 있다. 특히, GIS와 지도제작 분야에서 고해상도 위성영상은 경제적 측면에서 기존의 항공사진을 이용한 지도 제작 방식을 대체 할 수 있는 대안으로 급부상하고 있으며, 국가단위의 넓은 지역의 수치지도 제작이나 지형공간정보를 신속히 제공할 수 있는 장점을 가지고 있다.

위성영상을 가지고 건물의 모델링은 다중의 위성영상을 사용하여 스테레오 알고리즘을 이용한 DEM을 생성하고 이를 기반으로 건물의 3차원 모델을 획득하는 방법 [1]과 영상뿐만 아니라 다른 센서 정보들을 동시에 활용하여 건물의 3차원 모델을 획득하는 방법 [2], 그리고 단일 영상을 이용하여 건물의 3차원 모델을 획득하는 방법 [3]이 있다.

그러나 이러한 노력에도 건물 바닥면의 정보가 뚜렷하지 않은 경우 추출하는데 어려움이 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 본 논문에서는 DEM을 이용하여 지형과 건물의 기본 데이터를 추출하고, 단일 고해상도 위성영상과 Snake 알고리즘을 이용하여 건물정보를 추가적으로 추출하고 통합하여 3차원 영상을 생성하는 시스템을 제안한다. 본 논문의 구성은 2장에서는 관련연구를 요약하고 3장에서는 위성영상과 DEM을 이용하여 3차원 영상 생성하는 시스템에 대해 기술한다.

#### 2. 관련연구

3차원으로 영상을 생성하기 위해서는 건물과 지형고도의 정보를 추출해야 한다. 건물의 정보를 추출하기 위해서 스테레오 영상 기반의 여러 장의 항공사진을 이용하여 DEM을 생성하고 건물정보를 추출하는 방법과 건물의 높이를 추출하기 위해 단일 고해상도 위성영상으로부터 그림자를 이용한 3차원 건물정보 추출 방법 [4] [5], 최근에는 자동적으로 건물정보를 추출하기 위해 도심지역에 건물구조, 텍스처, 스펙트럼을 이용하여 고해상도 위성영상으로부터 자동적으로 건물정보를 추출하기 위한 여러 연구가 진행되고 있다 [6] [7] [8]. 그러나 여러 장의 항공사진의 데이터를 구하는 비용이 많이 드는 단점이 있으며, 자동적으로 건물의 영역을 추출하는 연구는 건물은 복잡한 구조와 다양한 색 정보를 가지고 있고, 이러한 정보는 semantic 정보이기 때문에 건물 정보를 추출하는데 어려움이 있다.

본 논문에서는 추출하기 어려운 건물정보는 추출하기 위해 건물의 footprint의 중심점을 주어 Radial Casting과 Snakes 알고리즘을 이용하여 건물의 바닥면을 추출하고 [9] 건물의 그림자와 위성과의 관계에 따라 건물의 높이를 구하고 지형의 고도정보와 건물정보와 맵핑을 통하여 3차원 영상을 구축하는 시스템을 기술한다.

#### 3. 위성영상과 DEM을 이용한 3차원 영상 생성

본 논문에서는 3차원 영상 생성하는 절차 시스템은 다음 그림 1과 같다. DEM에서 건물의 정보와 지형의 고도 정보 추출한 다음, 그 중 추출되지 않은 건물 footprint의 중심점을 주어 Radial Casting과 Snake 알고리즘을 이용하여 건물의 영역을 추출한다. 추출된 건물 바닥면의 특징 점에서 그림자영역을 찾는다. 그 다음

그림자의 유무에 따라 건물의 높이 추출한다. 추출된 3차원 건물정보와 지형의 높이 정보를 통합하여 3차원 영상을 생성한다.

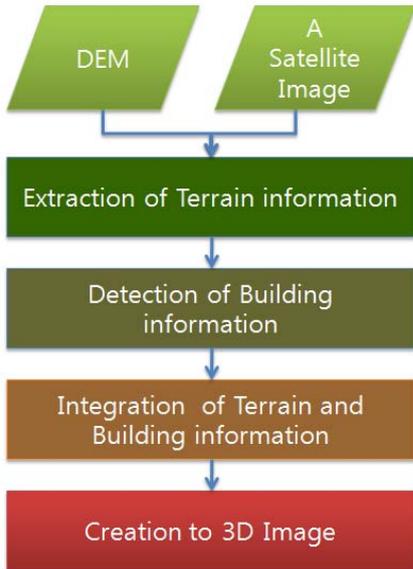


그림 1. 3차원 영상 생성 시스템

### 3.1 지형정보추출

건물영역의 좌표를 추출하기 위하여 DEM 중 수치데이터는 관리, 사용, 변환이 용이하고, 변환효율도 뛰어난 DXF 파일을 사용하였다. DXF 파일은 전주시 일부부 지역을 1:5,000 비율로 나타낸다.



그림 2. 추출된 지형도와 건물정보

### 3.2 건물정보추출

건물의 정보는 바닥면, 지붕의 모양, 높이 등의 정보를 추출하는데 여러 가지 어려움이 있다. 건물은 다양한 구조의 모양, 색을 가지고 있으며, 건물의 정보는 semantic 정보이기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기

위해서 사용자가 건물의 영역에 중심점을 주어 Radial casting 알고리즘과 Snake 알고리즘을 조합하여 추출한다.

#### 3.2.1 건물의 윤곽선 추출

수치지도에서 추출된 건물 데이터와 위성영상 비교해 보았을 때, 추출되지 않은 부분의 경우, 사용자가 건물의 영역에 중심점을 주어 Radial Casting과 Snakes 알고리즘을 이용하여 추출한다. Snakes 알고리즘은 객체의 윤곽선을 추출하는데 용이한 방법이다. 하지만 Snake Control point를 초기화해 줘야하는 단점이 있다. 그 단점을 보완하기 위해서 Radial Casting 알고리즘을 이용하여 초기화 해준다.

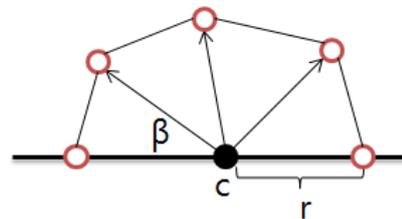


그림 3. Radial Casting 알고리즘

그림 3을 보면, Radial Casting을 이용한 Snake Control point를 초기화 한다. 여기서, 각 건물영역의 중심점을 C이다. r은 중심점에서 Snake Control Point로부터 길이이며,  $\beta$ 만큼의 각도로 탐색하여 설정된다. 중심점과 Snake Control Point의 길이 r은 각각 다르기 때문에 8개에서 13개의 샘플을 채택하여 Snake Control Point와 건물의 바닥면에 가장 잘 매칭 되는 r을 선정한다.

Snake 알고리즘은 Active contour model이라고 부르기도 한다. 이 알고리즘은 energy function을 정의한다. 가중치를 적용한 internal energy, external energy, image의 최소값을 가진다. 여기서는 external energy는 사용하지 않는다. Continuity energy, Curvature energy, image energy 조건을 사용하며, 최소한의 값을 가진다.

$$E_{Snakes} = E_{Cont} + E_{Curv} + E_{Ima} \quad (1)$$

$v_i = (x_i, y_i)$ 는 이미지 상에 하나의 Snake Control Point를 나타낸다.

$$E_{Cont} = \left( \sum_{i=0}^n \frac{|v_{i+1} - v_i|}{n} \right) - |v_i - v_{i-1}| \quad (2)$$

$E_{cont}$ 는 n개의 Snake Control Point의 평균거리와 두 Snake Control Point 간의 거리의 차이값을 나타낸다.

$$E_{Curv} = |v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}|^2 \quad (3)$$

$E_{Curv}$ 는 Snakes points 간의 곡률 에너지의 값을 나타낸다.

$$E_{ima} = \frac{Min - Mag}{Max - Min} \quad (4)$$

$E_{ima}$ 는 Image energy이다.  $Max$ 는 최고의 gradient magnitude,  $Min$ 은 최소한의 gradient magnitude,  $Mag$ 는 각 Snakes control points의 magnitude 값을 나타낸다.

### 3.2.2 건물의 높이 추출

건물의 높이를 구하기 위해서는 먼저 건물의 그림자의 유무를 확인한다. 건물의 그림자가 뚜렷하게 나타나 있는 경우 그림자의 길이와 태양의 고도각과 삼각함수를 이용한 높이 추출법을 이용하고, 건물의 그림자를 이용하지 못할 경우에는 위성과 건물의 지붕면의 특징 점을 이용하여 방향벡터를 통해 추출한다.

먼저 그림자가 뚜렷한 건물의 영역에서 건물 높이를 구하기 위해서는 해당 건물의 그림자의 길이와 태양의 고도각 비례상수를 이용하여 건물의 높이를 추출 하였다. 건물의 높이는 구하는 식은 다음 (5)식과 같다.

$$H = s \times GSD \times \tan(\theta_{sun}) \quad (5)$$

$\theta_{sun}$  : 태양 고도각

$GSD$  : Ground Sample Distance

$s$  : 해당 건물의 그림자의 길이

해당 지역의 높이와 건물의 높이 정보가 있다면, 그 건물의 높이와 해당 삼각형의 한 변의 길이 비를 비례상수로 사용하여 각 건물의 높이를 구할 수 있다. 또 건물의 그림자가 뚜렷하지 않을 경우는 건물의 지붕면과 위성의 관계를 통해 구할 수 있다.

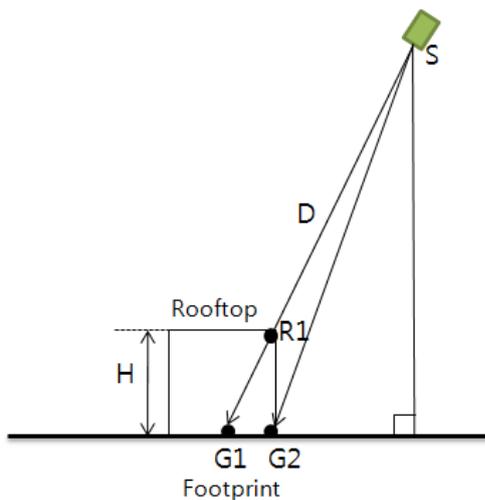


그림 4. 방향벡터를 이용한 건물의 높이 결정

그림 4과 같이 건물의 높이, 위성, rooftop, 바닥면 등의 관계를 나타낸다. 위성 S와 rooftop 중에 R1을 지나는 직선의 방향 벡터를 D라 하면, 건물의 높이 H는 식 (6)과 같이 나타낸다.

$$H = \frac{D_z(G2_x - S_x)}{D_x} + S_z \quad (6)$$

### 3.3 지형과 건물 정합

수치지도에서 추출된 지형정보는 Kiring 보간법을 이용하여 지형의 높이맵을 만든다[10]. 그 높이맵을 가지고 3차원 공간상의 와이어 메쉬를 방법을 사용하여 3차원 지형영상을 만든다. 그 후 건물의 정보를 지형 정보와 건물의 정보를 맵핑한다. 그림 5에서는 지형의 고도에 따라 나타난 3차원 지형도이다.

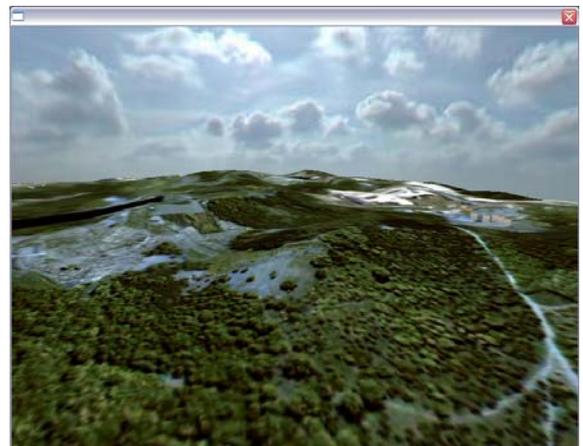


그림 5. 위성영상과 DEM을 정합한 3차원 지형도

### 3.4 3차원 영상 생성

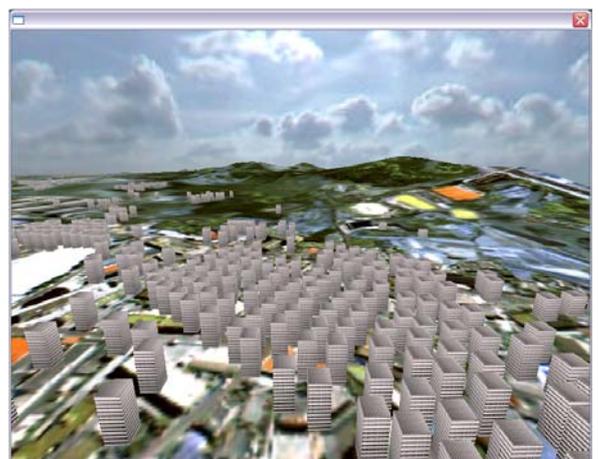


그림 6. 건물과 지형과의 정합 1

그림 5에서는 위성영상을 이용하여 지형의 고도에 따라 나타난 지형도이다. 그림 6, 7은 지형과 건물을 정합

하여 나타낸 결과이다.

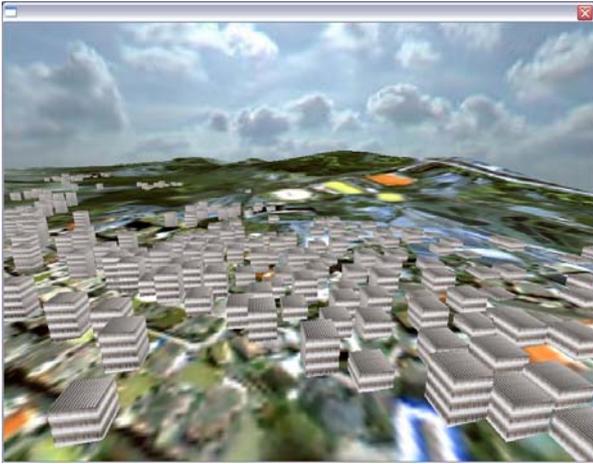


그림 7 건물과 지형과의 정합 2

#### 4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 DEM과 단일 위성영상의 정보를 통합하여 건물과 지형을 3차원으로 생성하는 방법을 제안하였다. 지형과 건물을 정합하여 실시간 3차원 영상으로 볼 수 있으며, 각종 국토사업에도 용이하게 이용할 수 있는 3차원 지도를 만들 수 있다. 또한 건물과 주변지형을 반자동으로 생성하기 때문에 많은 부분이 수작업으로 이루어지고 있는 3차원지리정보 가공업체에서 프로그램 비전문가가 용이하게 사용할 수 있다. 향후 연구로 건물의 모양에 맞게 텍스처를 맵핑하여 현실감을 높이는 연구를 계획하고 있다.

#### 참고문헌

- [1] Rau J. Y., and Chen L. C., Robust Reconstruction of Building models from Three-Dimensional Line Segment, Photogrammetric engineering and remotesensing, pp. 181-188, 2003.
- [2] Chen L. C., Teo T. A., Hsieh C. H. and Rau J. Y., Building Reconstruction From LIDAR Data and Aerial Imagery, Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '05, Proceedings, 2005 IEEE International, pp. 431-439, 2005
- [3] C. Lin, R. Nevatia, Building Detection and Description from a Single Intensity Image, Computer Vision and Image Understanding, Vol. 72, No. 2, pp. 101-121, 1998
- [4] 이태윤, 임영재, 김태정, 단일 고해상도 위성영상으로부터 그림자를 이용한 3차원 건물정보 추출, 한국지형공간정보학회, 제14권 제2호, 3-13, 2006.
- [5] 김혜진, 한동엽, 김용일, 삼각벡터구조를 이용한 고해상도 위성 단영상에서의 건물 높이 추출, 대한원격탐사학회, 제22권, 제6호, 621-626, 2006.
- [6] Xiaoying Jin, Curt H. Davis, Automated

Building Extraction from High-Resolution Satellite Imagery in Urban Areas Using Structural, Contextual, and Spectral Information, EURASIP Journal on Applied Signal Processing, Vol 14, pp 2196-2206, 2005

[7] 이재기, 정성혁, 위성영상의 건물정보 자동추출 알고리즘 개발, 건설기술논문집, 제22권, 제2호, 209-219, 2003.

[8] 오선호, 정순기, 김상희, 김정환, 위성영상을 이용한 건물 모델링 및 지형 정합 시스템, 한국컴퓨터종합학술대회, 제 35권, 제 1호, 549-554, 2008

[9] S.D Mayunga, Dr. Y. Zhang, and Dr. D.J. Coeman, Semi-Automatic Building Extraction Utilizing Quickbird Imagery, IAPRS, Vol. XXXVI, No. 3/W24, pp. 29-30, 2005

[10] M. A. Oliver and R. Webster "Kriging: a method of interpolation for geographical information system", INT. J. Geographical Information Systems, VOL. 4, No. 3, pp. 313-332, 1990.