

위성 영상을 이용한 3차원 영상처리



우 동 민
명지대학교 정보공학과

I. 서론

고해상도 영상 센서의 개발에 의해, 원격탐사용 인공위성으로부터 취득된 영상자료의 활용도가 증대되고 있다. 원격탐사를 위한 위성영상으로 종래에는 Landsat이나 Spot과 같이 10m~30m정도의 해상도를 가진 위성영상자료를 주로 사용해 왔으며, 첩보위성 등에서 얻어지는 1m 이하 급의 고해상도 영상자료는 일반사용자에게는 배포가 금지되어있다. 그러나, 1997년에 들어서 고해상도 자료에 대한 일반의 요구가 증가하면서 이들의 상업적 이용과 배포가 제한적으로 가능해져 해상도 5m급 IRS 위성영상과 1m급 IKONOS 위성영상도 일반 민간 상업용으로 사용되게 되었다. 해상도 1m급의 위성영상을 사용하면 지형 및 건물의 전반적인 형태 외에도 1 평방 m 보다 큰 특징인 건물의 창이나 도로 상의 맨홀 뚜껑까지도 식별이 가능하여 종래에는 불가능했던 많은 응용이 현실화되고 있다.

이러한 고해상도 위성영상은 군사 방위의 분야에서 첩보 수집용으로 매우 긴요하게 사용되어 왔으며, 우주항공 분야에서도 NASA의 화성탐사에서 그 활용도가 입증되었다. 일반 민간의 용도로도 환경 보존을 위한 감시, GIS 구축을 위한 지형 자료 구성의 측면에서 주로 많이 사용된다.

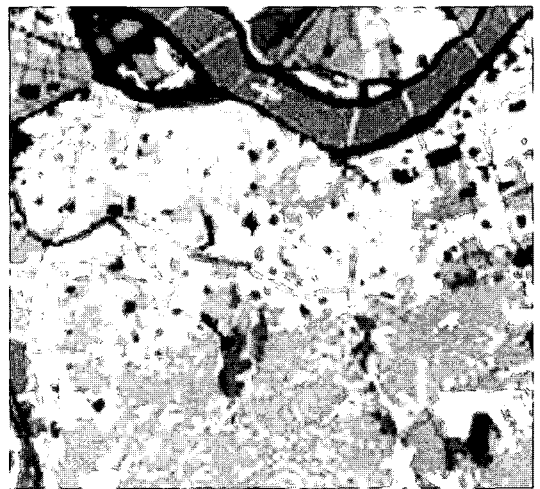


그림 1 서울 위성영상의 토지 표면/사용 분류 결과

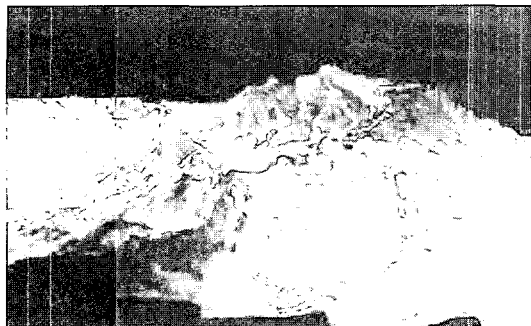


그림 2 DEM의 3차원 재현(CORONA 위성영상)

토지 표면의 분류(Land Cover Classification)는 영상의 영역을 숲, 초지, 도로, 평지 등으로 구분하는 것으로 영상의 화소들로부터 특징을 추출하여 패턴을 인식하는 영상처리 시스템에 의해 수행된다. 분류된 결과는 정부관계자 외에도 지역개발자, 환경공학자, 농업 및 임업 관계자, 이동통신설계자 등에게 귀중한 정보를 제공한다. 이와 유사한 응용으로 토지사용의 분류(Land Use Classification)가 있으며, 위성영상에 나타난 토지의 영역을 경작지, 주택지, 상업지역 등으로 분류한다. 변화 검출(Change Detection)은 서로 다른 시점에 취득한 위성영상을 비교하여 다른 점을 검출하는 것으로 수종의 변화, 산림훼손 검출과 같은 환경 보존용으로 사용된다.

위성영상의 가장 기본적이고 중요한 적용 분야의 하나는 겹쳐져 취득된 영상 쌍으로부터 3차원 지형 모델을 구성하는 것이다. 이러한 결과는 GIS 사업의 핵심인 위성 영상에 의한 정확한 지도 제작에 적용될 수 있다. 측량에 의한 지도 제작에 많은 인력 및 비용이 소모되고, 측량 오차가 상당한 것을 감안할 때, 이러한 연구의 경제적 효과 또한 매우 크다. 현재 이러한 고 정밀도

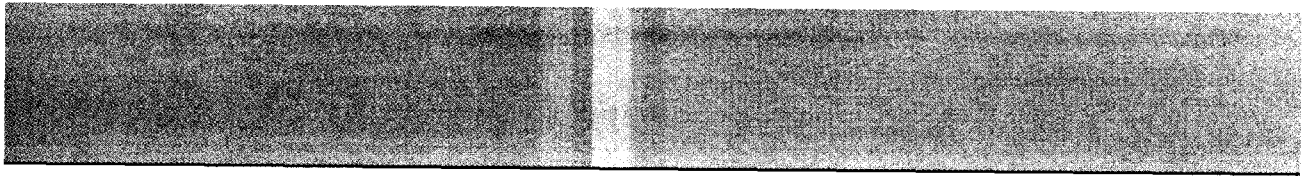
의 지도 제작은 환경 및 자원관리를 위해서도 범 국가적으로 추진되고 있다.

3차원 지형 모델은 일반적으로 지표면의 각 격자점에 대해 수치고도를 구한 수치고도 모델(Digital Elevation Model)의 형태로 나타난다. 3차원 그래픽 소프트웨어를 이용하면 이 모델로부터 지형의 3차원 재현도 가능하며, walk-through 혹은 fly-through 형태의 가상 동영상 제작도 가능하다. 이러한 지형 모델을 발생하기 위한 3차원 영상처리 시스템은 겹쳐져 취득된 영상 쌍으로부터 깊이 정보를 구하는 스테레오 영상해석 알고리즘을 기본으로 하여 구성된다.

II. 3차원 영상처리

위성영상을 이용한 3차원 영상처리는 겹쳐져 취득된 위성영상 쌍으로부터 3차원 지형을 복원하는 것이다. 3차원 지형 복원을 위한 일반적인 3차원 영상처리 알고리즘은 epipolar resampling, 스테레오 정합, model 발생의 3단계로 구성된다. Epipolar resampling은 일종의 전처리 과정으로서 stereo geometry의 특성을 이용한 epipolar geometry에 의해 영상간의 불일치가 수직방향에서는 나타나지 않도록 다시 샘플링 하는 과정이다. 스테레오 정합은 한 영상의 지점과 또 다른 영상에서 상응하는 지점과의 간격을 불일치(disparity)로서 구하는 과정으로서, 서로 상응하는 지점을 검색하기 위해 정합(matching)이 수행된다.

스테레오 정합에 의해 구해진 불일치에 의해 3차원 좌표가 계산된다. 이렇게 구해진 3차원 좌표들로부터 보간(interpolation)에 의해 각 격자



위성 영상을 이용한 3차원 영상처리

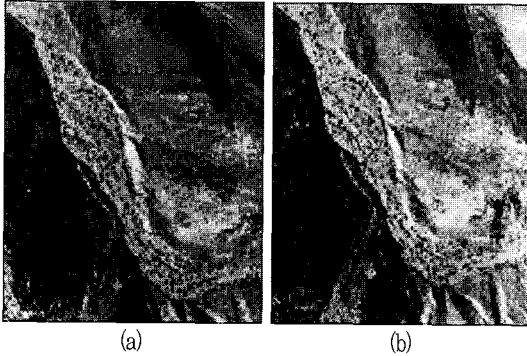
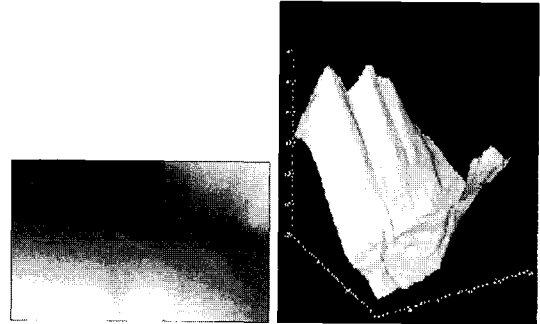


그림 3 겹쳐져 취득된 사막지형의 영상



(a) DEM을 밝기로 표현한 영상 (b) Shading된 3차원 형태

그림 4 3차원 영상처리 시스템에 의해 구성된 DEM의 형태

점에 대한 고도 값을 구하는데 이 단계가 마지막 모델 발생의 단계이다. 이렇게 각 격자점에 대해 구해진 고도의 모델을 DEM(Digital Elevation Map)이라고 한다.

3차원 영상처리의 3단계 중 스테레오 정합이 가장 어려운 부분으로서, 이과정의 정확도에 의해 최종적으로 구해지는 DEM의 정확도가 결정된다. 3차원 지형 복원에서는 촘촘하게 배열된 격자점에 거리 영상의 형태로 표현된 3차원 영역 모델이 발생되어야 하므로, 경계선, 모서리를 이용하는 특징기반 정합보다는 상호 상관을 이용하는 영역기반 정합 기법이 이용되어 왔다. 영역기반 정합 방법에 관해 많은 연구가 수행되었으며, 다해상도 기법, NCC(Normalized Cross-Correlation), NSSR(Narrow Search Subpixel Registration)을 사용한 현재의 3차원 영상처리 기술은 정교한 모델을 발생하는 수준에 도달하였다.

다해상도 기법은 경계선 검출 등의 응용에 자주 사용되던 계층화 영상 데이터 구조인 피라미

드(pyramid)를 스테레오 정합에 적용한 것으로 영상의 해상도를 역 피라미드의 형태로 줄여서 해상도가 가장 낮은 영상에서부터 정합 하여 해상도가 가장 좋은 영상까지 변환하며 가장 적합한 불일치(disparity)를 결정하는 방법이다. 다해상도 기법을 적용하면 정합을 위한 탐색시간도 줄일 수 있는 반면에 안정된 정합결과를 얻을 수 있어 3차원 모델발생을 위한 대부분의 시스템이 이 기법을 채용하고 있다. 또한 NCC는 2개의 영상 각 지점의 정합도를 계산할 때 영상의 밝기와 contrast에 무관한 정합점수이며 NSSR은 이러한 정합점수로부터 최적의 불일치를 구하기 위해 널리 사용되는 방법이다.

그림 4의 (a)는 다해상도 기법, NCC, NSSR을 이용한 3차원 영상 처리에 의해 그림 3의 위성영상의 겹쳐진 부분으로부터 DEM을 구한 결과이다. 이러한 DEM으로부터 그래픽 툴에 의해 3차원 형태로 재현한 영상이 그림 4의 (b)에 나타난다.



III. 결론

3차원 영상처리 분야는 위성영상으로부터 매우 정교한 3차원 지형모델을 구할 수 있는 수준까지 도달하였다. 그러나 3차원 영상처리 과정의 영역기반 스테레오 정합 과정에는 많은 오류의 요인이 존재한다. 가려짐 현상은 스테레오 정합의 속성상 피할 수 없는 요인이다.

이의 해결 방안으로서 3개 이상의 겹쳐진 영상을 사용하는 다영상 스테레오 알고리즘이 많이 연구되고 있다. 또한 정합창 내에 현저한 특징이 없거나 반복적인 무늬가 있는 경우도 정합의 오류가 발생된다. 이를 위해 가변 정합창 크기를 이용하는 강인한 알고리즘이 개발되고 있다.

인공물과 자연 지형이 혼재한 위성영상의 경우는 영역기반 방법만을 사용한 3차원 영상처리가 적합하지 않다. 인공물의 경우는 면의 형태가 불연속적으로 변화하므로 영역기반 정합의 속성상 이의 정확한 불일치의 검출이 불가능하기 때문이다. 이러한 인공물을 포함한 영상의 3차원 모델 발생에 대해 현재 많은 연구가 진행되고 있으며, 영역기반 기법과 경계선과 같은 특징기반 기법을 동시에 적용하는 3차원 영상처리 방법인 해결방안으로서 나타나고 있다.

참고 문헌

- [1] C. C. Slama, Manual of Photogrammetry, American Society of Photogrammetry, Falls Church, VA, 1980.
- [2] Wenzhong Shi and Changqing Zhu, "The line segment match method for extracting road network from high-resolution satellite images", IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 40, No. 2, pp. 511-514, Feb. 2002.
- [3] K. Segl and H. Kaufmann, "Detection of small objects from high-resolution panchromatic satellite imagery based on supervised image segmentation", IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 39, No. 9, pp. 2080-2083, Sept. 2001.
- [4] H. Spitzer, R. Franck, M. Kollwe, N. Rega, A. Rothkirch and R. Wiemker, "Change detection with 1 m resolution satellite and aerial images", Int. Geoscience and Remote Sensing Symposium, Vol. 5, pp.2256-2258, 2001.
- [5] M. J. Hannah, "A system for digital stereo image matching", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 55, no. 12, pp. 1765-1770, 1989, 12.
- [6] M. Schmidt, R. Goossens, G. Menz, A. Altmaier and D. Devriendt, "The use of CORONA satellite images for generating a high resolution digital elevation model", Int. Geoscience and Remote Sensing Symposium, Vol. 5, pp. 3123-3125, 2001.
- [7] D. J. Panton, "A flexible approach to digital stereo mapping", Photogram. Eng. Remote Sensing, vol. 44, no. 12, pp. 1499-1512, 1978, 12.
- [8] T. Kanade and M. Okutumi, "A Stereo matching algorithm with adaptive window: Theory and experiment", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 16, no. 8, pp. 920-932, 1994.