위성 및 항공 영상에서의 3차원 건물 복원

이은경¹, 우동민², 호요성³, 정영기¹ 호남대학교¹, 명지대학교², 광주과학기술원³ lek780911@empal.com¹, dmwoo@mju.ac.kr², hoyo@kjist.ac.kr³,

3D Reconstruction of Buildings in the Aerial and Satellite Images

Eun Kyung Lee¹, Dong Min Woo², Yo Sung Ho³, Young Kee Jung¹ Honam University ¹, Myongji University², K-JIST³

요 약

본 논문에서는 여러 장의 영상에서 추출된 에지의 정합을 이용해 3 차원 선소를 추출하고 추출된 선소를 효율적으로 그룹핑하여 영상 내에 존재하는 3 차원 건물을 복원하는 방법을 제안한다. 추출된 선소를 선소간 각도와 거 리의 조건으로 그룹핑한 후 그룹핑된 선소의 모든 점에 대한 근사화된 선소 를 구하고 교차점(junction)을 이용해 건물 객체를 정의한다. 본 논문에서 사 용된 영상은 여러 장의 항공 영상을 사용했으며 영상 내의 건물을 효과적으 로 검출할 수 있었다.

Keyword: 3차원 건물 복원, DEM 영상, 3차원 선소 그룹핑

1. 서 론

최근 2차원 영상을 이용한 3차원 복원에 관한 연구가 여러 분야에서 활발히 진행되고 있다. 그 중 항공 및 위성 영상과 같은 고해상도 영상을 이 용한 3차원 복원 연구는 환경적, 군사적, 자원적 측면에서 많은 관심의 대상이 되고 있다. 복원을 통한 3차원 모델 구축은 범국가적으로 추진되는 GIS의 핵심 분야 중 하나로서 정확한 지도 제작 및 환경 보전의 측면에서 시급히 연구되어야 할 과제이며, 또한 우리나라가 분단 국가임을 감안할 때 국토 방위의 전략적인 면에서도 매우 중요시된 다.

지금까지 3차원 복원 연구는 영역기반 스테레 오 정합을 통한 복원 연구가 대부분이었다[3]. 그 러나 영역기반 복원의 경우 연속적인 형태의 자연 지형에서는 정교한 3차원 복원을 실현할 수 있으 나 건물의 경계선과 같이 불연속점이 많이 포함되 는 도시 영상의 3차원 모델 구성에서는 경계선 주 변에서 많은 오류를 포함한다. 이러한 단점을 보 완하고자 인공물과 자연 지형이 혼재된 도시의 영 상을 영역기반 스테레오 정합과 특징 기반 스테레 오 정합에 의해 3차원으로 복원하는 시스템이 제 안되었고[4], 복원시 건물 영역의 효율적인 검출을 위해 DEM(digital elevation map) 영상을 이용해 건 물 존재영역을 추출하고, 2차원 선소 간의 비교를 통한 오류를 줄이기 위해 3차원 선소를 사용하는 방법들이 제안되었다[2]. 본 논문에서는 건물의 3 차원 복원시 선소의 효율적인 그룹핑을 위한 근사 화 선소 추출 방법과 건물 객체의 교차점에 의한 정의 방법을 제안하고자 한다.

2. 3 차원 건물 복원 시스템

본 논문에서는 여러 장의 항공 영상을 이용하 여 영상 내에 있는 건물 요소를 추출하고 이를 3

282

차원으로 복원하는 시스템에 있어 3 차원 선소의 그룹핑 방법을 제안하고자 한다. 건물의 3차원 복 원 시스템은 크게 4 단계로 구성된다. DEM 영상 을 이용해 건물이 존재하고 있는 영역을 추출할 필터링 영상과 3 차원 선소의 높이값을 비교할 계 층 영상을 생성하는 전처리 단계, 추출된 에지 영 상에 존재하는 직선 성분인 선소(line segment)를 추출해 내는 선소 추출단계, 여러 영상에서 추출 된 선소를 스테레오 정합을 통해 3 차원화 하는 3 차원 선소 생성단계, 마지막으로 본 논문에서 제 안하고 있는 추출된 3 차원 선소들을 하나의 건물 로 정의하는 3 차원 선소 그룹핑 단계로 구성되어 있다.



그림 1. 건물 3차원 복원 시스템

2-1 전처리 단계

DEM 데이터는 스테레오 영상 정합에 의한 두 영상 간의 불일치 값을 구한 것이다. 이는 각 건물의 상대적인 높이값을 나타내는 정보가 된다. DEM 영상을 이용해 후에 처리되어질 영상에 대 한 필터링 영상을 생성하게 된다. 먼저 DEM 의 임계값 이상 높이영역 추출을 통해 필터링 영상을 생성한다. 이는 실제 건물이 존재하는 영역을 추 출하는데 사용된다. 또 DEM 영상을 같은 높이 값을 가진 영역끼리 분리하여 계층 영상을 생성한 다. 이는 후에 추출될 3차원 선소의 높이값과 비 교하여 일정 범위에 속하지 않는 선소를 제거하기 위해 사용된다.

2-1-1 필터링 영상 생성

DEM 영상을 이용하여 실제 건물이 존재하는 영역에 대한 정보를 추출해 낼 수 있다. DEM 영 상을 히스토그램으로 나타내고 히스토그램 분포에 따라 실제 건물이 존재하는 영역에 대한 임계값 이상의 부분만을 추출하면 이는 실제 건물이 존재 하는 영역에 대한 정보를 알 수 있게 된다. 추출 된 필터링 영상을 원 영상과 결합하여 실제 건물 이 존재하는 영역만을 추출하는 필터링 역할을 하 는데 사용된다. 그림 2는 입력 영상과 DEM 영상을 이용해 생성된 필터링 영상 보여준다.



그림 2. 건물 영역 필터링 영상

2-1-2 계층 영상 생성

3차원 선소 추출 결과에는 많은 오류정보가 존 재하게 된다. 이러한 오류 정보를 제거하기 위해 계층 영상을 이용한다. 계층 영상은 DEM 영상의 높이값이 같은 영역을 그룹핑하여 계층을 형성한 것이다.



그림 3. 높이값에 의한 계층 영상

283

이는 후에 스테레오 정합에 의해 추출된 3차 원 선소와 비교하게 된다. 각 3차원 선소의 높이 값과 DEM 영상을 통해 생성된 계층 영상의 높이 값을 서로 비교하여 두 높이가 일정 범위 내에 존 재하는 것을 제외한 나머지 3차원 선소는 모두 제 거한다. 이는 계층 높이값 이외의 선소를 오류 정 보로 판단한 것이다.

2-1-3 건물영역 에지 추출

건물을 3 차원으로 복원하기 위한 첫 단계는 입력 영상에서의 에지 추출 단계이다. 본 논문에 서는 Canny 에지 추출 알고리즘을 이용해 에지를 추출하고 그 에지 영상에서 선소를 추출, 3 차원 선소를 생성하여 복원을 하게 된다. 그러나 이 과 정을 에지 영상 전체를 대상으로 하게 되면 불필 요한 요소들까지 포함하기 때문에 계산량이 많아 지게 된다. 이러한 단점을 극복하기 위해 실제 건 물이 존재하는 영역에 대해서만 계산을 하기 위한 영역 필터링이 요구된다. 건물의 영역 검출을 위 해 전처리 단계에서 생성된 필터링 영상을 사용한 다. 필터링 영상은 영상 내에서 실제 건물이 존재 하고 있는 영역을 알려주는 영상이다. 따라서, 추 출된 에지 영상과 필터링 영상을 결합하면 실제 건물이 존재하는 영역의 에지 정보만을 추출할 수 있게 된다. 이는 불필요한 영역을 제거함으로서 계산량을 크게 감소시킬 수 있다.

2-2 2 차원 선소 생성 단계

2 차원 선소 생성단계에서는 전처리 단계에서 생성된 필터링된 에지 영상을 통해 실제 건물을 구성하고 있는 2 차원 선소 성분을 추출하고자 한 다. 본 알고리즘은 영상 내의 에지점으로부터 직 선 성분을 추출하고 이들의 시작점과 끝점을 검색 하여 영상 내의 직선 성분인 선소를 추출하는 알 고리즘이다. 선소 추출 알고리즘은 네 단계로 구 성되어 있다. 먼저 그림4처럼 수평, 수직, 대각 방향으로 연속되는 성분을 추출하여 제거하는 수 평/수직/대각 성분제거 단계, 인접 점의 개수가 3 개이고 두개의 점 중 하나라도 삭제된 점이 아니 라면 현재 중심점을 삭제하는 인접점 제거 단계, 선분의 기울기의 변화를 조사해 기울기가 임계값 이하이면 하나의 선분으로 인지하여 제거하는 각 도 일치점 제거 단계, 마지막으로 시작점과 끝점 검출 단계로 구성된다.



그림 4. 수직/수평/대각 성분제거

2-3 3 차원 선소 생성 단계

3차원 선소 생성 단계에서는 여러 장의 영상에 서 구해진 2차원 선소들 간의 스테레오 정합을 통 해 3 차원 선소를 생성해 낸다. 생성된 3 차원 선 소를 그룹핑시켜서 최종적으로 건물을 구성하고 있는 3 차원 데이터를 구하고, 복원한다. 기존의 연구에서는 2차원 선소를 기반으로 3차원 복원을 수행하였다[1]. 그러나 2차원 선소를 통해 모델을 생성할 경우 많은 오류를 포함하게 된다. 이러한 점을 보완하기 위해 3차원 선소를 생성한다[2]. 3 차원 선소 생성은 여러 영상에서 추출된 2차원 선 소들 간의 스테레오 정합 방법을 사용한다. 스테 레오 정합을 효율적으로 수행하기 위해 DEM 영상 을 사용한다. DEM 영상은 두 영상 간의 불일치 값을 나타내는 것이기 때문에 DEM 값에 의해 다 른 영상에서의 위치를 예측하는 것이 가능하다. 2 차원 선소의 시작점과 끝점을 각각 스테레오 정합 을 시켜서 3차원 위치를 구하게 되고, 구해진 시 작점과 끝점을 연결하여 3 차원 선소를 생성하게 된다. 생성된 3차원 선소는 전처리 단계에서 생성 된 계층 영상에 의해 일정 범위에서 실제 높이값 과 일치하는 선소만 남기고 제거한다. 이는 2차원 선소에 높이값을 적용하여 선소간의 3 차원 높이값 을 비교함로서 2차원 선소 비교에서 같은 선소로 분류되어 발생하는 선소 오류를 줄일 수 있다.

2-4 3 차원 선소 그룹핑 단계

건물의 요소를 그룹핑 하기 전에 먼저 선행되 어야 하는 것은 각각 떨어져서 존재하는 선소들을 결합시켜주는 과정이 필요하다. 이는 하나의 그룹 으로 존재해야 하는 각각의 선소들이 서로 떨어져 서 존재하기 때문에 이러한 선소들을 하나의 대표 선소로 정의해 주는 과정이다.

2-4-1 3 차원 선소 연결

서로 떨어져서 존재하는 선소를 연결시켜주는 알고리즘으로 본 논문에서는 선소 간의 거리와 각 도 조건에 의해 각각의 선소를 연결한다. 먼저 모 든 선소들 간의 거리를 구해 거리가 임계값 이하 인 경우 선소의 각도를 비교하여 조건에 맞으면 하나의 선소로 연결한다. 그리고 이렇게 연결된 여러 선소를 하나의 대표 선소로 정의하게 된다. 기존의 선소연결 방법은 하나의 선소를 기준으로 다른 선소가 일정거리와 각도 값을 가질 경우 기 준 선소에 맞추는 방법을 사용하였다[5]. 그러나 이 방법은 기준 선소 자체가 오류를 가질 경우 전 체의 선소 방향이 틀어질 수 있는 단점을 가지고 있다. 이러한 점을 보완하기 위해 본 논문에서 제 안한 선소 연결 방법은 두 선소 간의 거리가 임계 값 이하이고, 각도 값이 일정 범위 조건에 맞는 선소에 있어 먼저 그룹핑한다. 그리고 그룹핑된 모든 선소들의 시작점과 끝점에 대해 최적화된 근 사화 선을 찾아 대표 선소로 정의하는 방법을 제 안하였다. 근사화선은 모든 시작점과 끝점에서의 오차 거리의 합이 최소가 되는 선을 정의한 것이 다. 그림 5는 최적화 선소로 근사화된 예를 보여준 다.



그림 5. 근사화된 선소

2-4-2 3 차원 건물 정의

지금까지의 과정을 통해 생성된 선소를 최종 적으로 모델링하기 위해서는 생성된 3차원 선소를 하나의 건물 객체로 정의하는 과정이 필요하다. 추출된 선소를 가지고 건물 객체를 정의하기 위해 서 본 논문에서는 제안된 방법은 교차점 정의를 사용한다. 본 논문에서 사용된 건물은 크게 10개 의 선소로 구성되어 있다. 3 차원 건물 정의 단계 에서는 추출된 10개의 선소들이 어떠한 관계로 연 결되어 있는지를 정의한다. 본 논문에서는 L 자형 교차점, T자형 교차점, U자형 교차점 3가지의 교차 점을 사용하여 건물 객체를 정의한다. L 자형 교 차점은 두 개의 선소가 한 점에서 만나는 경우를 정의하며, T 자형 교차점은 하나의 선소가 다른 선소에 직각으로 만나는 경우를 나타내는 것으로 T자형 교차점이 존재하는 것은 다른 그룹과 접하 고 있음을 의미한다.



건물의 정의하기 위해 먼저 L 자형 교차점을 기준으로 검색을 수행한다. L자형 교차점은 두개 의 선소가 연결된 것을 의미한다. 최초 기준의 L 자형 교차점에 연결된 선을 따라 시계방향으로 이 선소를 공유하고 있는 다른 교차점을 검색한다. 또 연결된 L 자형 교차점에 연결된 선을 따라 같 은 방법으로 검색을 반복하여 최초의 시작된 L자 형 교차점 위치로 돌아올 때까지 검색을 수행하여 하나의 그룹으로 정의한다. 모든 선소를 L자형 교 차점에 의한 그룹핑을 수행한 후, T자형 교차점 을 검색한다. T자형 교차점은 다른 그룹과의 연 결 관계를 의미한다. 따라서 T자형 교차점을 기 준으로 연결된 다른 교차점들을 위와 같은 방법으 로 반복적으로 검색하고 원래 시작 위치로 돌아오 면 이것을 연결된 다른 그룹과 그룹핑하여 하나의 건물로 정의한다. 본 논문에서 추출된 결과를 통

해 이 과정을 수행하면 크게 8개의 L자형 교차점 과 2개의 T자형 교차점으로 정의된다.



그림 7. 3차원 건물 객체 그룹핑

3. 실험 결과 및 분석

그림 8 은 실험에 입력영상으로 사용된 사용된 4 장의 항공 영상이다. 여러 장의 항공 영상에서 스 테레오 정합을 통해 DEM 영상을 추출하고 2차원 선소를 추출, 3차원 선소를 기반으로 건물을 복원 하였다.



그림 8. 입력 영상

그림 9 는 Canny 에지 추출 알고리즘을 이용해 영상의 에지를 추출한 결과이고, 그림 10은 전처리 단계에서 생성된 필터링 영상과 에지영상을 결합 하여 실제 건물이 존재하는 영역의 에지만을 추출 한 결과이다.



그림 9. 추출된 에지 영상



그림 10. 필터링된 에지 영상

그림 11은 각 영상에서 추출된 2차원 선소를 스 테레오 정합 방법을 이용하여 3차원 선소를 생성 한 결과이다. 추출된 3차원 선소는 계층 영상과 비교하여 추출된다.



그림 11. 3차원 선소 추출결과

그림 12는 추출된 3차원 선소를 선소 간의 연 결을 통해 하나의 대표 선소로 근사화되어 정의하 고, 각각 선소간의 떨어져 있는 관계를 교차점을 통해 결합시킨 결과이다.



그림 12. 선소 연결 및 교차점 추출

그림 13 은 연결된 선소를 이용해 3 차원으로 모 델링시킨 결과이고, 그림 14 는 모델링된 결과에 텍 스쳐 매핑을 시켜서 렌더링한 결과이다.



그림 13. 추출된 3 차원 건물의 모델링 결과



그림 14. 3차원 건물의 렌더링 결과

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 항공 및 위성 영상을 이용한 건물의 3차원 복원 시스템에서 3차원 선소의 효 율적인 그룹핑 방법을 제안하였다. 각각 분리되어 존재하는 선소들의 대표 선소를 정의하기 위해 먼

저 각 선소 간의 거리와 각도를 계산하여 추출된 선소들을 그룹핑하였고, 분리되어 존재하는 선소 들의 대표 선소를 정의하기 위해 선소의 시작점과 끝점에 있어 거리 오차 값이 최소화되는 최적화된 근사화 선소를 생성하였다. 생성된 선소들을 통해 건물 객체를 정의하기 위해 T자형 교차점, L자형 교차점을 사용하여 각 교차점을 반복적으로 검색 하는 방법을 통해 영상 내의 모든 객체를 정의하 였고 최종적으로 건물의 외곽을 결정하는 3 차원 모델을 생성하였다. 이는 비교적 복잡한 형태의 건물 그룹핑도 정의할 수 있었다. 이러한 건물의 3차원 복원 연구는 3차원 지도 제작이나 가상 현 실의 가상 공간 구축과 같은 많은 응용 분야에서 활용될 수 있을 것이며, 현재 계속적으로 발전하 고 있는 영상을 이용한 3 차원 복원 연구의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료되어진다.

4. 참고논문

[1] C. Lin and R. Nevatia, "Building Detection and Description from a Single Intensity Image", Computer Vision and Image Understanding, Vol. 72, No. 2, pp.101-121, 1998.

[2] Z. Kim, A. Huertas, and R. Nevatia, "Automatic Description of Buildings with Complex Rooftops from Multiples Images", Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, Vol. 2, pp. 272-279, 2001.

[3] D. Kim and D. Woo and K. Lee, "Robust terrain reconstruction using minimal window technique", Trans. of KIEE, Vol 52D, No. 3, pp. 163-172, 2003.

[4] 이동훈, 우동민, "새로운 하이브리드 스테레오 정합기법에 의한 3차원 선소 추출", 대한전기학회 학회지 논문지, 2004.

[5] C.S. Ye and K.H. Lee, 2002, "Image segmentation and line segment extraction for 3-d building reconstruction", Proceedings of International Symposium on Remote Sensing, 2002.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번 호: R01-2002-000-00336-0) 지원으로 수행되었음.