

Rooftop 평면 추정에 의한 3차원 건물 모델 발생

강 연 옥, 우 동 민

명지대학교 정보공학과 영상처리 연구실

Generation of 3D Building Model Using Estimation of Rooftop Surface

Yon-Uk Kang, Dong-Min Woo

Myong-Ji University Dept. of Information Engineering

Abstract - This paper presents to generate 3D building model using estimation of rooftop surface after 3D line segment extraction using hybrid stereo matching techniques in terms of the co-operation of area-based stereo and feature-based stereo. we first performed a junction extraction from 3D line segment data which was obtained by stereo images, and finally generated LSE building's reliable rooftop surface model using LSE(Least Square Error) method after creating surfaces by grouped and fixed junction points. we generated synthetic images for experimentation by photo-realistic simulation on Avenches data set of Ascona aerial images.

junction으로써 고정시킨다. 고정된 특징 point들은 rooftop 구성을 위한 평면들의 구성원이 되며 제안된 조건을 충족시켜 신뢰 가능한 평면들을 생성시킨다. 이러한 과정을 통해 발생된 평면들은 LSE(Least Squared Error)를 통해 오차를 최소화 하여 최종적인 건물의 rooftop을 완성하게 된다.

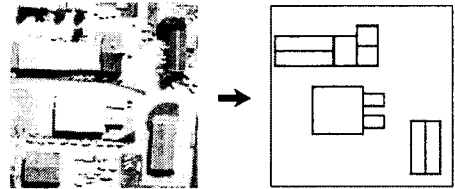


그림 1. rectangular 형태를 가지는 rooftop 모델로의 표현

1. 서 론

항공영상이나 위성영상 같은 고 해상도의 디지털 영상은 지형 복원, 방위 및 GIS(Geometric Information System) 사업의 핵심인 정확한 지도 제작에 유용하게 적용될 수 있다. 항공 및 위성영상의 가장 기본적으로 중요한 적용 분야는 겹쳐져 취득된 영상 쌍으로부터 3차원 지형 및 건물을 복원하는 것이다. 3차원 지형복원 과정에서는 스테레오 정합이 매우 중요한 부분으로, 정합 기법에는 영역기반(area-based stereo) 방법과 특징기반(feature-based stereo) 방법이 있는데, 취득된 영상 내의 건물들의 그림자 등으로 인한 가려진 영역이나 외곽 부분의 smoothing 현상으로 인하여 건물복원 시 많은 문제점이 나타날 수 있다. 그래서 두 방법의 장단점을 서로 보완한 상호 보완적인 하이브리드 정합 기법이 연구되어 왔다.

대부분 건물들의 특징을 보면, 건물 모델들은 지형으로부터 돌출된 polygonal rooftop으로 구성된다고 할 수 있다. 그러한 rooftop의 모양은 간단한 삼각형에서부터 복잡한 다각형까지 다양한데, 건물의 rooftop의 모양들이 점점 복잡 해짐에 따라, rooftop 생성 시 요구되는 계산 또한 증가된다. 그러나 대부분의 rooftop은 직선 형태이고, 사각형의 집합(그림 1)으로 구성되어 있는 것이 대부분이다.

본 논문에서는 먼저 epipolar 영상과 정사영상으로 영역 기반 기법과 특징 기반 기법의 협조에 의한 하이브리드 스테레오 정합 기법을 이용하여 영상의 3차원 선소를 추출한다. 도시지역 영상의 특성상 건물의 외곽 부분에서는 스테레오 기법으로는 해결될 수 없는 가려짐(occlusion) 현상이 발생되므로 다 영상(multi-image) 스테레오 기법이 적용되었고, 이러한 3차원 선소들은 line merging and grouping 과정에 의해 보다 정확한 3차원 선소로 나타내어 질 수 있다.

Rooftop 생성을 위해 먼저 3차원 선소 데이터로부터 각 corner의 point를 추출하는 Junction extraction이 수행되고, 그 junction들을 grouping 하여 신뢰도 있는

2. 3차원 선소 추출

2.1 하이브리드 정합

하이브리드 스테레오 정합 기법은 영역 기반 기법에서 발생된 불일치(disparity) 값을 특징 기반 기법의 선소정합에 참조하여 신뢰성이 높은 2차원 선소를 추출해 내는 것이다. 먼저 스테레오 영상 해석 과정에서 보편적으로 사용되는 Epipolar resampling을 통해 y축 방향 불일치가 없도록 영상을 sampling 한다. 이때 발생된 epipolar 영상에 하이브리드 정합 기법을 이용하여 선소정합을 수행한 고 신뢰도의 2차원 선소들을 추출 한다. 또한 실험 영상 데이터를 이용하여 photo-realistic simulator에 의해 구해진 모의 항공 영상으로 정사영상을 구성하여 2차원 선소를 추출하고, 적합도 평가를 통해 신뢰 가능한 선소 데이터를 추가로 얻는다. 이렇게 구성된 2차원 선소들을 이용하여 3차원 triangulation과 DEM 고도를 적용하면, 3차원 건물 복원에 사용 가능한 3차원 선소가 추출되는 것이다.

2.2 3차원 선소 추출

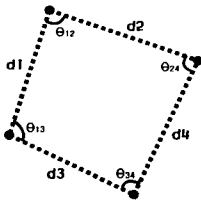
Epipolar 영상과 정사 영상에서 선소 추출을 하기 위해서 먼저 Canny 알고리즘을 통해 경계선을 검출한 후, Boldt가 제안한 token에 근거한 직선 선소를 추출하는 방법을 이용하여 2차원 선소를 추출한다. 각각의 영상에서 발생한 2차원 선소들은 불일치의 자기일치성과 고도의 적합도 평가를 통해 3차원 선소로서 사용할 수 있는 신뢰도가 높은 2차원 선소로서 평가된다.

스테레오 영상에서 추출된 각각의 2차원 선소들은 3차원 triangulation 기법과 영역 기반 정합을 통해 발생한 고도를 이용하여 3차원 선소로 각각 생성된다. 이러한 2가지 방법으로 구한 각각의 선소들을 line merging and

grouping 하여 고 신뢰도의 3차원 선소 데이터로 만들어진다. 이러한 선소 데이터들은 실제 건물 모델의 구성을 위한 rooftop 모델 발생 과정에 사용된다.

3. Rooftop 생성

선소 정합에 의한 고 신뢰도의 3차원 선소를 이용하여 건물의 rooftop 평면을 추정할 수 있다. 먼저 평면을 구성하는 선소로부터 junction을 추출하는 junction extraction 수행을 위해 선소들의 관계에 따라 T자형, L자형 corner point가 추출된다. 이러한 corner점들을 grouping 하여 junction point로써 고정시키고, 평면을 가정한다. 코너 점을 이용하여 평면을 구성하기 위해서는 변과 내각의 조건이 필요하다. 대부분의 건물은 사각형의 형태를 띄우므로 rooftop 평면은 사각형으로 한정지어 가정한다. 먼저 임의의 4개의 junction point를 연결하여 평면이 될 수 있는지의 여부를 판단한다. 가정되는 평면은 rooftop 평면 가능성이 있는 직사각형의 형태를 띄우기 위해 서로 마주보는 변의 길이와 내각들이 임계치와 비교되어 판단된다. 그림 2는 junction point의 조합에 의한 평면 추정과 그 조건식을 나타낸다.



$$|d1 - d4| \text{ and } |d2 - d3| < \text{THD} \quad (1)$$

$$\text{THDmin} < \theta_{all} < \text{THDmax} \quad (2)$$

그림 2. junction point에 의한 평면 가정

가정된 평면들은 추출된 3차원 선소와 함께 비교되어 실제 건물 모델의 rooftop 평면 가능성의 판단을 해야 한다. 각 평면들의 변에 임의의 sample point 좌표를 얻어 모든 3차원 선소와의 최소거리를 구하여 임계치보다 작고, 벡터의 유사성이 있다고 판단되면 rooftop 평면으로 간주할 수 있다. 그림 3에서 평면 (1)은 변의 sample point와 3차원 선소들 간의 최소거리와 벡터의 유사성이 조건에 맞으므로 rooftop 평면으로 추정할 수 있다. 그러나 평면 (2)은 최소거리가 임계치보다 크고 벡터의 유사성이 없으므로 rooftop 평면으로 볼 수 없다. 이러한 과정을 통해서 발생하는 rooftop 평면에 대하여 LSE (Least Squared Error)를 통해 오차를 최소화 하여 신뢰 있는 rooftop 평면을 추정할 수 있다.

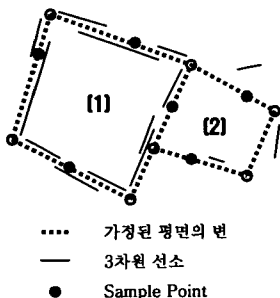
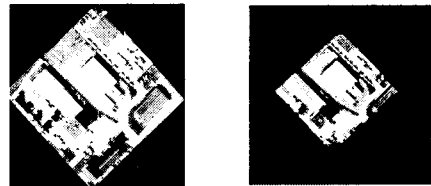


그림 3. Rooftop 평면 추정

4. 실험 결과

본 연구에서는 스위스의 Avenches 지역의 Ascona 항공 영상 데이터를 기반으로 rooftop을 생성하는 실험을 수행하였다. 이미 확보하고 있는 정사영상과 DEM을 가상의 실제 값(pseudo ground truth)으로 가정한 후, Photo-realistic simulation에 의해 모의 영상을 제작하였다. 모의영상은 고도 1500m 지점에서 정사영상의 좌상, 우상, 좌하, 우하의 방향에서 취득된 총 4개의 영상으로 이루어졌다. 하이브리드 스테레오 정합 수행을 위해서 epipolar resampling이 수행되어 구성된 4개의 epipolar 영상과, 모의영상을 이용하여 구성된 정사영상 4개가 제작되었다.

구성된 영상을 이용하여 먼저 Canny 알고리즘과 Boldt 알고리즘을 적용하여 경계선과 직선 선소를 검출하고, 불일치의 자기일치성과 고도 값을 통해 신뢰성이 높은 2차원 선소를 추출한 후, 다시 3차원 triangulation 기법과 영역 기반 정합을 통해 발생된 고도를 이용하여 3차원 선소를 각각 추출하였다. 이러한 각 선소들을 line_merging 과 grouping을 통해 실제 rooftop 생성에 쓰이는 3차원 선소 데이터로 만들었다. 그림 3 (a), (b)는 4개의 epipolar 영상과 정사영상 중의 하나이고, 4개의 영상에서 발생된 모든 3차원 선소들의 grouping 결과를 나타낸다. 그림 3 (c)는 (a)와 (b)의 선소를 다시 정합한 3차원 선소를 나타낸다.



(a) Epipolar 영상과 3D 선소 (b) 정사영상과 3D 선소



(c) merging and grouping된 3D_line

그림 4. 선소 추출에 사용된 각 영상과 3차원 선소

이렇게 생성된 3차원 선소 데이터를 이용하여 건물의 rooftop 생성을 위해서 먼저 rooftop 구성을 위한 각 평면 corner의 point를 구하는 junction extraction을 수행하고, 이러한 junction들 중에 실제 평면 구성에 사용되는 junction point를 grouping 하고 고정시켜 평면을 가정한 후, 신뢰성 있는 건물의 rooftop을 추출해 내었다. 그림 5는 3차원 선소를 이용한 건물의 rooftop 평면 발생을 나타내고 있다.

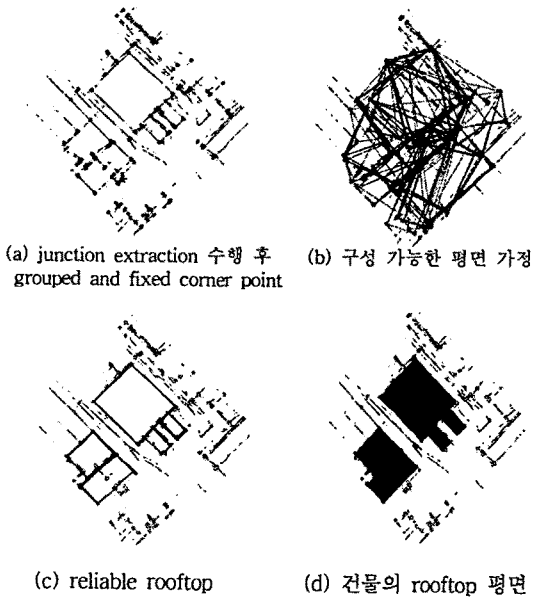


그림 5. 건물의 rooftop 평면 모델 발생

5. 결 론

항공 영상에서 하이브리드 정합 기법을 이용하여 3차원 선소를 구하고 건물의 Rooftop을 구성하였다. Epipolar 영상과 정사 영상으로부터 3차원 선소를 추출한 후, 데이터를 이용하여 junction을 추출하고 grouping하여 junction point로써 고정시켰다. 고정된 특징 point들은 rooftop 구성을 위한 평면들의 구성원이 되며 제안된 조건을 충족시켜 신뢰 가능한 평면들을 생성하고, 최종적인 건물의 rooftop을 완성하게 되었다.

이렇게 생성된 rooftop 모델들은 데이터의 고도 값을 통해 3D visualization 하여 실제 실험 영상의 건물과 흡사하게 나타낼 수 있으며, 이러한 일련의 연구들은 본 연구결과와 함께 일반적인 도시 지역 건물들의 3D 모델 구성에 큰 기여를 하게 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] T. Kanade and M. Okutumi, "A Stereo, motion estimation, and pose determination", Int. J. Comput. Vision 10 (1) (1993) 7-25
- [2] H. Schultz, A. Hanson, E. Riseman, F. Stole, Z. Zhu, D.Woo, "A self-consistency technique for fusing 3D information", Processing of 5th Int. Conf. on Information Fusion, pp. 1106-1112, July 2002
- [3] 우동민, "적응적인 스테레오 정합 기법에 의한 3차원 지형 복원", 대한전기학회 논문집 47권 12호, pp. 411-449, 1999
- [4] C. Lin, A. Huertas and R. Nevatia, "Detection of buildings using perceptual grouping and shadows," Proceedings of IEEE CVPP, pp. 62-69, 1994
- [5] ZuWhan Kim, Andres Huertas, and Ramakant Nevatia, "Automatic Description of Complex Buildings with Multiple Images", 5th IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp. 155-162, 2000
- [6] M. Boldt, R. Weiss, and E. Riseman, "Token-based extraction of straight lines", IEEE Trans. Systems Man Cybernet. vol. 19, no. 6, pp. 1581-1594, 1989
- [7] Matthieu Cord and David Declercq, "Three-Dimensional Building Detection and Modeling Using a Statistical Approach", IEEE transactions on image processing, vol.10, No.5, 715-723, MAY 2001

[8] Ildiko Suveg, George Vosselman, "Automatic 3D Building Reconstruction", SPIE Vol. 4661, 2002

[9] Stephan Heuel, Wolfgang Forstner, "Matching, reconstructing and grouping 3D lines from multiple views using uncertain projective geometry", IEEE Computer society conferenc on Vol. 2, 8-14 Dec. 2001 page(s): II-517 - II-524 vol. 2

[10] M. Boldt, R. Weiss, and E. Riseman, "Token-based extraction of straight lines", IEEE Trans. Systems Man Cybernet. vol. 19, no. 6, pp. 1581-1594, 1989

[11] Sanjay Noronha and Ram Nevatia, "Detection and Description of Building from Multiple Aerial Images", IEEE 1063-6919/97, 588-594, 1997