

3차원 선소의 Grouping에 의한 3차원 건물 모델 발생

Generation of 3D Building Model by Grouping of 3D Line Segments

강연옥*, 우동민*

Yonuk Kang*, Dong-Min Woo*

Abstract

This paper presents a new rooftop surface estimation method from 3D line segments. 3D rooftop surface estimation is based on the hierarchical grouping and initiated by 3D line merging for the disconnected 3D line segments. Merged 3D lines are applied to the detection of rooftop by surface estimating technique. To estimate surfaces we detect L-corner and T-corner points, and find fixed reliable junction points. The hypothesis of the possible rooftop surfaces are estimated as polygonal surfaces by these fixed junction points and building's rooftop models are generated by testing the possible surfaces in terms of assumptions of building surface properties. We carried out experiments by synthetic images on Avenches data set and the experimental results showed that we could reliably build 3D model with 3D surfaces, errors of which came up with 0.4 - 1.3 meter, 2.5 times more accurate than the elevation date from the conventional area-based stereo.

요약

본 논문에서는 3차원 선소로부터 건물의 rooftop 평면을 추정하는 새로운 기법이 제안되었다. 3차원 rooftop 평면 추정은 3차원 선소의 계층적 grouping에 기반한 것으로, 끊어진 3차원 선소의 병합으로부터 시작된다. 병합된 3차원 선소는 평면 추정기법에 의해 rooftop 검출에 적용되는데, 평면 추정을 위해 T자형 모서리 및 L자형 모서리 검출을 통해서 신뢰성 있는 접속점이 구해진다. 구해진 접속점에 의해 가정된 rooftop 평면이 발생될 수 있으며, 건물 평면의 속성에 의해 최종적으로 검증되어, 건물의 rooftop 모델이 결정된다. Avenches 항공영상 데이터로부터 구해진 모의영상에 의해 실험이 수행되었는데, 실험 결과 0.4 - 1.3 meter의 오차를 가진 rooftop 평면 모델이 구해졌으며, 이는 종래의 영역기반 스테레오에 의해 구해진 고도에 비해 정확도가 2.5배 정도 향상되었음을 알 수 있었다.

1. 서론

항공 및 위성영상의 가장 기본적이고 중요한 적용 분

* 명지대 정보공학과

(Dept. of Information Engineering, Myong Ji University)

接受日:2006年 3月 7日, 修正完了日: 2006年 6月 8日

야는 겹쳐져 취득된 영상 쌍으로부터 3차원 지형[1] 및 건물모델을 발생[2]하는 것이다. 3차원 모델발생 과정에서는 스테레오 정합[3]이 매우 중요한 부분으로, 정합 기법에는 영역기반(area-based stereo) 방법[4]과 특징기반(feature-based stereo) 방법[5-6]이 있다. 영역기반 기법은 자연 지형의 3차원 모델 발생에는 적합하나, 건물의 경계선과 같은 불연속 영역에서 정확한 3차원 고도의 측정이 불가능하기 때문에 인공물을 포

합하는 도시지역의 3차원 모델 발생에는 적합하지 않다. 특징기반 기법은 건물의 경계선과 같은 선소를 특징으로 정합하므로 도시지역의 3차원 모델발생에 적합하나, 영상 내에 많은 선소가 있는 경우에는 선소의 정합오류가 발생하기 쉬운 단점이 있다. 영역기반 기법과 특징기반 기법의 장단점을 서로 보완한 하이브리드 기법[7]은 정합오류의 발생을 최소화하여 선소를 정합할 수 있으므로 건물의 정확한 3차원 선소를 발생 하는 것이 보고되었다.

이러한 하이브리드 기법에 의해 구해진 3차원 선소들은 기본적인 모서리 점 추출과 사각형태의 평면가 정을 통해 건물의 rooftop 추출[8]에 사용되어 졌다. 하지만 주어진 영상 데이터의 특성에 따라 추출된 3차원 선소의 끊어짐 현상이나 건물에서 벗어난 선소 발생 등에 의해 rooftop 평면 발생의 오류가 크게 나타날 수 있다. 따라서 본 논문에서는 하이브리드 기법에 의해 발생된 3차원 선소를 계층적인 정합과 grouping에 의해 건물의 rooftop 평면을 추정하는 3차원 건물 모델을 발생 연구를 수행하였다.

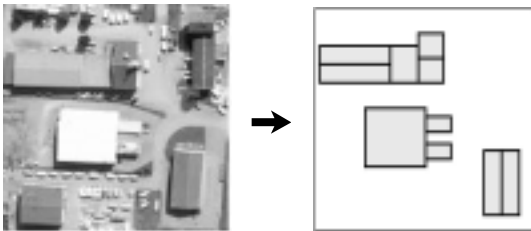


그림 1. 직사각형 형태를 가지는 rooftop 모델로의 표현
Fig. 1. Rooftop model assumed the form of rectangular

대부분 건물들의 특징을 보면, 건물 모델들은 지형으로부터 추출된 다각형 형태의 rooftop[8,9]으로 구성된다고 할 수 있다. 그러한 rooftop의 모양은 간단한 삼각형 모양에서부터 복잡한 다각형까지 다양한데, 건물의 rooftop의 모양들이 점점 복잡 해 짐에 따라, rooftop 평면 추정 시 요구되는 계산 량 또한 증가된다. 그러나 대부분의 rooftop은 직선 형태이고, 사각형의 집합(그림 1)으로 구성되어 있는 것이 대부분이다. 따라서 본 논문에서는 rooftop의 형태가 직사각형 형태를 가진다는 가정 하에 rooftop 평면을 추정하는 연구가 수행되었다.

그림 2에 나타난 전체 3차원 모델 발생의 과정을 보면, 먼저 에피폴라 영상과 정사영상을 이용하여 영역 기반 기법과 특징 기반 기법의 협조에 의한 하이브리드 스테레오 정합 기법을 이용하여 영상의 3차원 선소를 각각 추출한다. 도시지역 영상의 특성상 건물의 외곽 부분에서는 스테레오 기법으로는 해결될 수 없는 가려짐(occlusion) 현상이 발생되므로 다 영상 (multi-image) 스테레오 기법[3]이 적용되었고, 이러한 3차원 선소들은 선소 정합 및 grouping 과정에 의해 보다 정확한 3차원 선소로 나타내어 질 수 있다. Rooftop 생성을 위해 먼저 3차원 선소 데이터로부터 각 모서리 점을 추출하고 고정시켜 rooftop 구성을 위한 평면들의 구성원이 되며 제안된 조건을 충족시켜 신뢰 가능한 평면들을 생성 시킨다. 이러한 과정을 통해 발생된 평면들은 LSE(Least Squared Error)를 통해 오차를 최소화 하여 최종적인 건물의 rooftop을 완성하게 된다.

Reference image Target image
epipolar image 2D line detection
stereo matching reliable disparity
disparity map
rectification
3D line segment
line merging and grouping
3D line fusion
rooftop estimation
Rooftop surface
3D Building Model

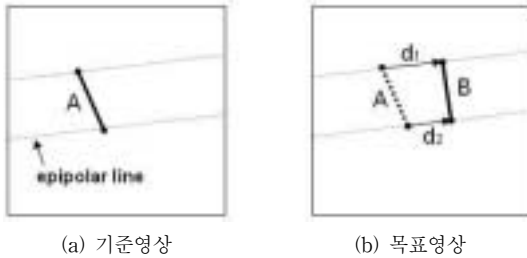
그림 2. 3차원 선소 정합을 이용한 건물 모델 발생 과정
Fig. 2. Generation procedure of building model using 3D line fusion

II. 3차원 선소 추출 과 Rooftop 생성

2.1 하이브리드 정합을 이용한 3차원 선소 추출

하이브리드 스테레오 정합 기법은 영역 기반 기법에서 발생된 불일치(disparity) 값을 특징 기반 기법의 선소정합에 참조[7]하여 신뢰성이 높은 3차원 선소를 추출해 내는 것이다. 먼저 스테레오 영상 해석 과정에서 보편적으로 사용되는 에피폴라 정렬을 통해 y축 방향 불일치가 없도록 영상을 샘플링 한다. 그 후 그림 3에서처럼 기준 영상 내의 선소 A는 목표 영상에

서 d_1 , d_2 만큼의 불일치가 발생하므로 그 값을 각각 더하여 이동하면, 선소 B에 정합될 수 있다. 이러한 방법으로 구해진 불일치 맵은 기준 영상과 목표 영상의 역할을 바꾸어 구한 불일치 맵과 서로 비교되어 불일치의 자기 일치성[10,11]에 의해 신뢰도 판정 후 2차원 선소 정합에 참조 된다. 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 각각 3차원 triangulation과 DEM 고도를 적용하면, 3차원 건물 복원에 사용 가능한 3차원 선소들이 추출되는 것이다.



(a) 기준영상

(b) 목표영상

그림 3. 불일치 값 참조

Fig. 3. reference of disparity value

2.2 3차원 선소 grouping

스테레오 triangulation과 DEM 고도에 의해 구해진 각각의 3차원 선소들은 여러 부분에서 끊어진 현상이 발생 될 수 있다. 이것은 주어진 영상 데이터에 따라 추출된 3차원 선소의 생성이나 끊어짐 현상이 크게 다르므로, 이러한 3차원 선소를 바탕으로 rooftop을 추정하면 선소 추출이 잘 수행된 일부 영상에 대해서는 rooftop 추출이 가능하다[12]. 그러나 끊어짐 현상이 많은 다른 여러 영상 데이터를 통한 rooftop 추출 수행이 어렵고, 정확한 건물의 rooftop 추정 또한 어려우며 오차가 다소 크게 나타날 수밖에 없다. 본 논문에서는 정확한 3차원 rooftop 평면 발생을 위해 이러한 끊어진 선소들을 정합하고 grouping을 수행하였다. 그림 4에서와 같이 먼저 선소 연결을 위해 두 개의 끊어진 선소 AB와 CD를 찾는다. 이 선소들의 연결 조건은 먼저 식 (1)에 의해 선소 AB와 선소 CD의 기울기 차이가 임계치보다 작아야 한다.

$$|\theta_1 - \theta_2| < THD_{deg\ ree} \quad (1)$$

그리고 두 선소의 거리의 비교를 위해 식 (2)처럼 두 선소의 합을 양끝 점의 길이 AD로 나눈 값을 임계치와 비교한다.

$$(AB + CD)/AD > THD_{length} \quad (2)$$

마지막으로 식 (3)과 같이 선소 AB의 연장선 위에 선소 CD에서 수직으로 내린 길이 d_1 과 d_2 가 임계값보다 작다면, 두 선소 AB와 CD는 하나의 선소로 연결이 된다.

$$d_1 < THD_{dist} \text{ and } d_2 < THD_{dist} \quad (3)$$

이러한 조건에 부합하여 연결된 선소 데이터들은 실제 건물 모델의 구성을 위한 rooftop 모델 발생 과정에서 신뢰 있는 3차원 선소로서 사용되어 진다.

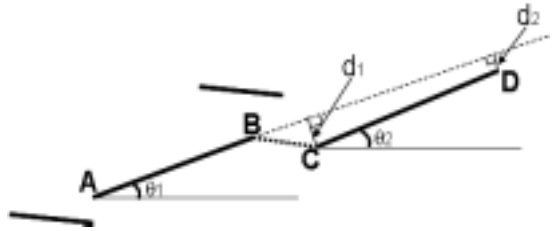


그림 4. 3차원 선소 정합 및 그룹화

Fig. 4. 3D line merging and grouping

2.3 건물의 모서리 점 추출

선소 정합에 의한 고 신뢰도의 3차원 선소를 이용하여 건물의 rooftop 평면을 추정할 수 있다. 먼저 평면을 구성하는 선소로부터 접속점(junction)을 추출하는 접속점 추출 수행을 위해 선소들의 관계에 따라 그림 5와 같이 T자형, L자형 모서리로 나눌 수 있으며, 주어진 조건식 (4)를 만족한다면 모서리 점을 추출이 가능하다.

$$d < THD_{dist}, \text{ height gap} < THD_{gap}, \\ THD_{min} < \theta < THD_{max} \quad (4)$$

두 선소간의 거리와 높이차, 각도가 조건에 맞다면 선소들의 교점을 찾는 방정식에 의해 모서리 점을 추출할 수 있다. 식 (5), (6)에서와 같이 선소 AB와 선소 CD의 기울기와 상수값을 각각 구한다.

A:(x₁, y₁) B:(x₂, y₂) 선소 AB y = ax + b

기울기 a = (y₂ - y₁) / (x₂ - x₁),
 상수값 b = y₁ - x₁ * (y₂ - y₁) / (x₂ - x₁) (5)

C:(x₃, y₃) D:(x₄, y₄) 선소 CD y = cx + d
 기울기 c = (y₄ - y₃) / (x₄ - x₃),
 상수값 d = y₃ - x₃ * (y₄ - y₃) / (x₄ - x₃) (6)

기울기와 상수 값을 구하면 두 직선의 방정식을 알 수 있고, 두 직선의 교점 (x, y)를 식 (7)과 같이 계산하여 구할 수 있다.

교점(x, y): x = (d - b) / (a - c), y = ax + b (7)

모든 선소 데이터에 대해 이와 같은 과정의 계산이 이루어지고 결과적으로 평면 구성을 위한 모든 모서리 점들을 구하게 된다. 이러한 모서리 점들은 조건에 맞는 3차원 선소에 대한 모든 점들이므로 실제 건물의 하나의 코너에 대해 여러 개의 점들로 나타날 수 있다. 그러므로 식 (8)과 같이 여러 점들 중 좌표 값이 같거나 그 차이가 임계치보다 작다면, 그 점들은 하나의 점으로 간주하는 점 grouping을 수행하여 보다 신뢰 있는 모서리 점들을 rooftop 평면 구성의 점으로서 고정 시킬 수 있다.

|point(x₁, y₁, z₁) - point(x₂, y₂, z₂)| < THD (8)

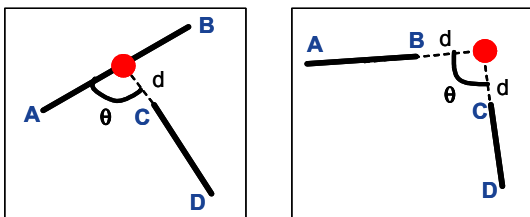


그림 5. T자형 모서리와 L자형 모서리 점의 추출
 Fig. 5. Extraction of T-corner and L-corner points

2.4 가정된 Rooftop 평면 생성

모서리 점들을 이용하여 가능한 직사각형 평면으로 가정한다. 평면을 구성하기 위해서는 변과 내각의 조

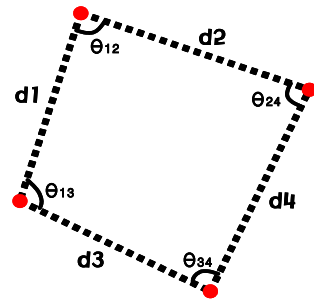


그림 6. 접속점에 의한 직사각형 가정
 Fig. 6 possible rectangular from junction points

건이 필요한데, 대부분의 건물은 사각형의 형태를 띄우므로 rooftop 평면은 사각형으로 한정지어 가정한다. 먼저 임의의 4개의 접속점을 연결하여 평면이 될 수 있는지의 여부를 판단한다. 가정되는 평면은 rooftop 평면 가능성이 있는 직사각형의 형태를 띄우기 위해 식 (9)와 같이 서로 마주보는 변의 길이와 내각들이 임계치와 비교되어 판단된다. 그림 6은 접속점의 조합에 의한 평면 추정을 나타낸다.

|d₁ - d₄| and |d₂ - d₃| < THD_{dist}
 THD_{min} < theta_{all} < THD_{max} (9)

2.5 Rooftop 평면 검증

가정된 모든 직사각형 평면들은 추출된 신뢰 있는 3차원 선소와 함께 비교되어 실제 건물 모델의 rooftop 평면 가능성 여부를 판단해야 한다. 먼저 식 (10)에 나타난 것처럼 가정된 평면의 변위에 일정한 간격으로 임의의 샘플링 된 점들의 좌표를 얻는다. 여기서 k는 일정한 간격에 대한 변수이고, 샘플링 된 점의 총 개수는 (THD_{sample} - 1)개 이다.

samplepoint_{-x} = x₁ + |x₁ - x₂| * k / (THD_{sample} - 1)
 samplepoint_{-y} = y₁ + |y₁ - y₂| * k / (THD_{sample} - 1)
 samplepoint_{-z} = z₁ + |z₁ - z₂| * k / (THD_{sample} - 1)
 (k = 0, 1, ..., THD_{sample}) (10)

샘플링된 점과 인접한 3차원 선소와의 최소거리를 구

하여 임계치보다 작고, 벡터의 유사성이 있다고 판단되면 rooftop 평면으로 간주할 수 있다. 여기서 최소 거리는 샘플링된 점을 가지는 가정된 평면의 변과 3차원 선소간의 벡터의 유사성을 판단하므로 높이 z 를 제외한 2차원적으로 계산할 수 있다.

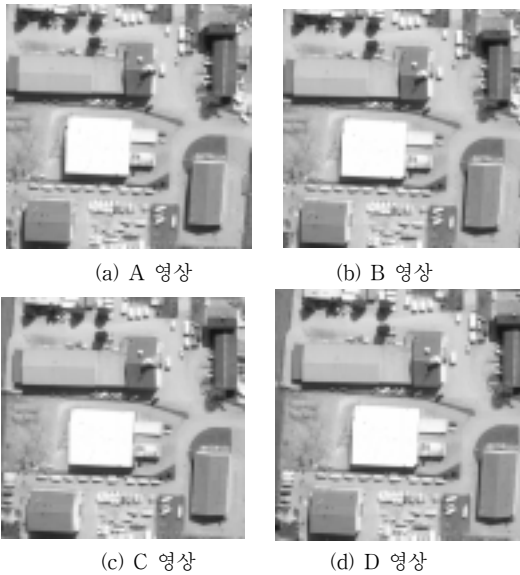


그림 8. 산업지역의 모의영상
Fig. 8 Synthetic images of industry area

식 (11)는 $samplepoint(p, q, r)$ 와 3차원 선소 $ax + by + cz + d = 0$ 의 2차원 적인 최소거리를 나타낸다.

$$minimum_distance = |(a \cdot p) + (b \cdot q) + d| / \sqrt{a^2 + b^2} \quad (11)$$

가정된 평면의 변과 그에 인접한 3차원 선소를 벡터 \vec{x}, \vec{y} 라 하면, 두 선소간의 cosine 값은 식 (12)처럼 구할 수 있다. 두 벡터의 방향이 유사하다면 $\cos \theta$ 는 1에 근접하게 된다.

$$\cos \theta = (\vec{x} * \vec{y}) / (|\vec{x}| * |\vec{y}|) \quad (12)$$

이러한 rooftop 평면 추정과정에 대해서 그림 7을 보면, 먼저 평면 (1)은 네 변들에 대한 샘플링된 점과 인접한 3차원 선소간의 최소거리와 벡터의 유사성이 조건에 맞으므로 rooftop 평면으로 추정할 수 있다. 그러

나 평면 (2)은 최소거리가 임계치보다 크고 벡터의 유사성이 없으므로 직사각형 평면으로 가정 되었음에도 실제 rooftop 평면으로 볼 수 없다. 이러한 과정을 통해서 발생하는 건물의 rooftop 평면들에 대하여 LSE (Least Squared Error)를 통해 오차를 최소화 하여 최종적으로 신뢰 있는 rooftop 평면을 추정할 수 있다.

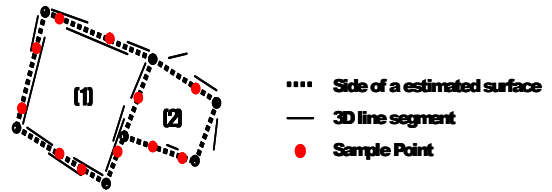
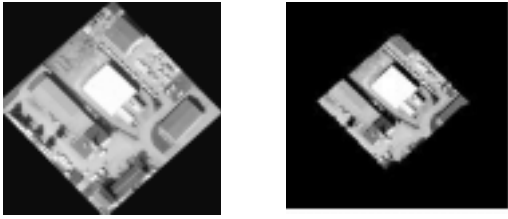


그림 7. Rooftop 평면 추정
Fig. 7 Estimation of Rooftop surface

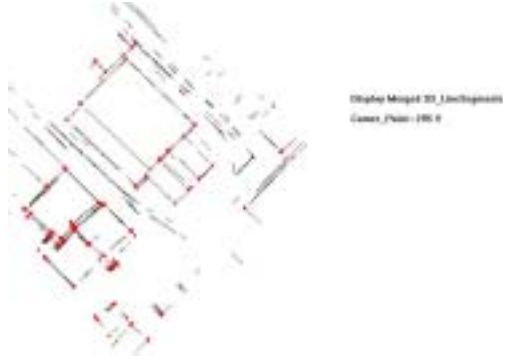
III. 실험 및 결과 고찰

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. 모의 영상은 고도 1500m 지점에서 정사영상의 좌상, 우상, 좌하, 우하의 방향에서 취득된 총 4개의 영상으로 이루어졌다. 그림 8은 이렇게 제작된 4개의 모의영상 A, B, C, D를 나타낸다.

하이브리드 스테레오 정합 수행을 위해서 4개의 모의 영상을 이용하여 에피폴라 정렬이 수행되어 구성된 4개의 에피폴라 영상과, 정사영상 4개가 제작되었다. 구성된 영상을 이용하여 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 선소정합과 grouping을 통해 실제 rooftop 생성에 쓰이는 3차원 선소 데이터로 만들었다. 그림 9 (a), (b)는 4개의 에피폴라 영상과 정사영상 중의 하나이고, 4개의 영상에서 발생된 모든 3차원 선소들의 grouping 결과를 나타낸다. 그림 9 (c)는 (a) 와 (b)의 선소를 다시 정합한 3차원 선소를 나타낸다.



(a) 에피플라 영상과 3D 선소 (b) 정사영상과 3D 선소



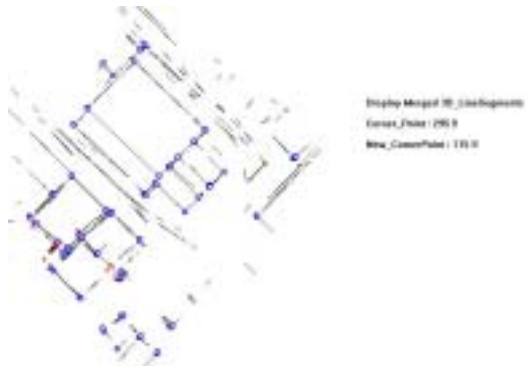
(a) 모서리 점 추출



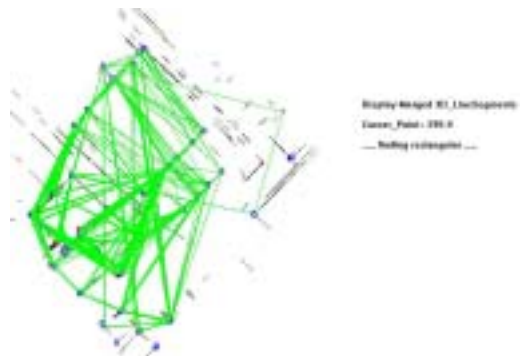
(c) merging and grouping된 3D_line

그림 9. 선소 추출에 사용된 각 영상과 3차원 선소

Fig. 9 Each image for extracting line and 3D line segments

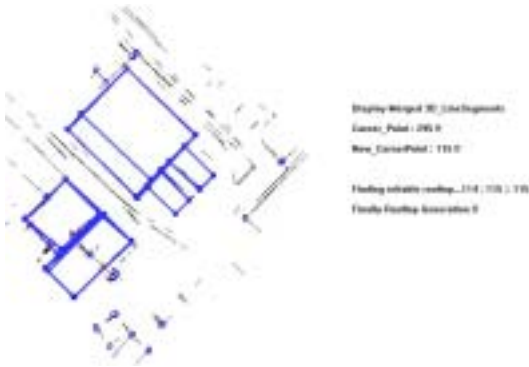


(b) 모서리 점 그룹화와 고정



(c) 구성 가능한 평면 가정

이렇게 생성된 3차원 선소 데이터를 이용하여 건물의 rooftop 생성을 위해서 먼저 rooftop 구성을 위한 각 평면 모서리의 점을 구하는 접합점 추출을 수행하고, 이러한 접합점들 중에 실제 평면 구성에 사용되는 접합점을 grouping 하고 고정시켜 평면을 가정한 후, 신뢰성 있는 건물의 rooftop을 추출해 내었다. 그림 10은 3차원 선소를 이용한 건물의 rooftop 평면 발생을 나타내고 있다.



(d) rooftop 평면 생성

그림 10. 평면 추정에 의한 건물의 rooftop 생성

Fig. 10. Generation of building's rooftop using surface estimation

평면 추정에 의한 rooftop 생성 방법의 정확한 입증 을 위해 항공영상 이외의 다른 이미지에서 실험을 수 행하여 보았다. 그림 11의 이미지는 항공 영상이 아닌 미국 보스톤 지역의 IKONOS 위성 영상으로서 건물의 형태가 비교적 뚜렷한 부분을 추출하여 위의 실험과 동일한 방법으로 실험하였다. 영상으로부터 3차원 선 소에 대한 모서리 점을 추출한 후, rooftop 평면의 생 성을 완성할 수 있었다.

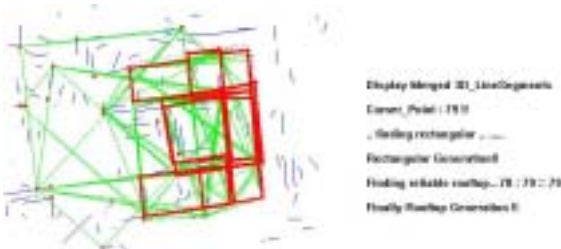


그림 11. 위성영상에 대한 rooftop 평면 생성

Fig. 11 Generation of rooftop surface for the satellite image

본 실험에서 구해진 3차원 rooftop 평면의 결과를 좀 더 시각적인 표현을 위하여 구상화 할 수 있다. 이를 위해 구해진 평면의 모서리 점에 대한 높이 값을 이용 하여 수직으로 일정간격 만큼 내려 실제 건물과 흡사 하게 나타낼 수 있었다. 그림 12는 실험을 통하여 발생된 rooftop 평면을 OpenGL을 이용하여 3차원 구상 화 시킨 결과를 나타낸다.

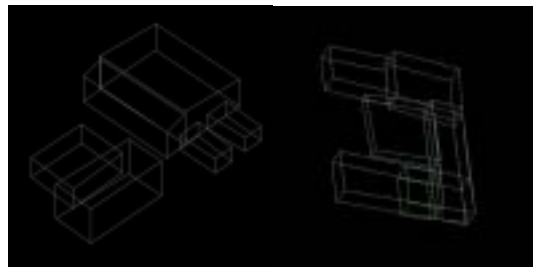


그림 12. Rooftop 평면을 이용한 3차원 구상화

Fig. 12 3D visualization using rooftop surfaces

본 논문에서 제안한 3차원 Rooftop 평면 추출 방법에 대한 정량적인 오차분석을 위하여 Avenches 데이터에 서 제공되는 지형 및 건물에 대한 실제값과 제안된 방 법을 통해 발생된 3차원 평면 사이의 3차원 거리의 평 균 오차를 이용한 비교를 수행하였다. 표 1은 전체 영 상에 대한 rooftop 평면을 각각 6개로 나누어 제안된 방법을 통해 추출된 3차원 rooftop 평면들에 대한 실 제값과의 평균 오차를 계산한 결과이다.

실험을 통해 구해진 각 평면으로부터 평균오차를 계산 한 결과 영역. (6)의 오차가 약 0.43m 로서 가장 정확 했으며 영역. (1)의 오차가 약 1.35m 로서 실험 영역 중에서 가장 많은 오차를 포함하였다. 모든 rooftop 평 면인 전체 영역에 대한 오차율은 약 0.85m 로 나타났 다. 제안된 방법의 타당성을 입증하기 위해서 영역기 반 기법을 통해 발생하는 오차율과의 비교를 수행하였 다. 실제값으로 가정된 3차원 선소가 있는 지점에서의 수치고도를 DEM으로부터 보간에 의해 구해 수치고도 의 실제값과 비교하는 방법을 이용하였다. 그 결과 영 역기반 기법에 의한 오차율은 약 2.135m 정도의 수치 고도 오차가 건물들의 외곽선에서 나타나 제안된 방법

표 1. 추출된 3차원 Rooftop 평면의 평균 오차 [단위 : m]
Table 1. Average errors of detected 3D rooftop surfaces [unit : m]

	제안된 방법	영역기반기법
영역. (1)	1.349720	/
영역. (2)	1.261395	
영역. (3)	0.684059	
영역. (4)	0.792404	
영역. (5)	0.610470	
영역. (6)	0.433153	
전체 영역	0.855200	2.135175

에 비해 훨씬 많은 오차를 나타냈다. 또한 건물의 외곽선에서 고도의 변화차가 커서 3차원 건물 모델 발생에 직접적으로 사용하기 힘든 단점이 있다.

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

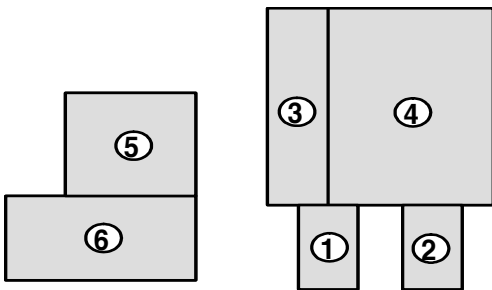


그림 13. 실험결과 분석을 위한 rooftop의 영역
Fig. 12 3D Sub-areas of rooftop for the analysis of experimental result

IV. 결론

항공 영상에서 하이브리드 정합 기법을 이용하여 3차원 선소를 구하고 건물의 Rooftop을 구성하였다. 에피폴라 영상과 정사 영상으로부터 3차원 선소를 추출한 후 정합을 하여 보다 정확한 3차원 선소 추출이 수행되었다. 이러한 선소 데이터를 이용하여 접합점을 추출하고 grouping 하여 신뢰있는 접합점으로써 고정시켰다. 고정된 특징 점들은 rooftop 구성을 위한 평면들의 구성원이 되며 제안된 조건을 충족시켜 신뢰 가능한 평면들을 생성하고, 최종적인 건물의 rooftop을 완성하게 되었다. 또한 위성 영상의 실험에서도 제안된 방법을 통해 특징 건물의 rooftop 평면을 생성할 수

참고 문헌

[1] 우동민, “적응적인 스테레오 정합 기법에 의한 3차원 지형 복원”, 대한전기학회 논문집 47권 12호, pp. 411-449, 1999

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

[3] T. Kanade and M. Okutumi, “A Stereo, motion estimation, and pose determination”, Int. J. Comput. Vision 10 (1) (1993) 7-25

[4] M. J. Hannah, “A system for digital stereo image matching”, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vo. 55, No. 12, pp. 1765-1770, 1989.12

[5] W. Eric L. Grimson, “Computational experiments with feature based stereo algorithm”, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 7 (1) (1985) 17-34.

[6] G. Medioni, R. Nevatia, “Segment-based stereo matching”, Computer Vision, Graphics, and Image Process. 31 (1985) 2-18.

[7] 이동훈, 우동민, 정영기, “새로운 하이브리드 스테레오 정합기법에 의한 3차원 선소 추출”, 대한전기학회 논문집 53권 4호, pp. 277-285, 2004.

[8] C. Lin, A. Huertas and R. Nevatia, “Detection of buildings using perceptual grouping and shadows”,

Proceedings of IEEE CVPP, pp. 62-69, 1994.

[9] 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.

[9] 예철수, 전승헌, 이호영, 이쾌희, "선소의 추출과 그룹화를 이용한 원격탐사영상에서 건물 지붕의 복원", Korean Journal of Remote Sensing, vol. 19, no. 2, pp. 159-169, 2003.

[10] Y. Leclerc and Q. Luong, "Self-Consistency: A novel approach to characterizing the accuracy and reliability of point correspondence algorithms", DARPA Image Understanding Workshop, Monterey, CA, Morgan Kauffman, 1998.

[11] 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.

[12] S. Heuel, F. Lang, and W. Forstner. "Topological and geometrical reasoning in 3d grouping for reconstructing polyhedral surfaces", In International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, volume XXXIII, B3, pages 397-404, Amsterdam, 2000. ISPRS.

우동민 (정회원)



1980년 : 연세대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 1982년 : 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1987년 : Case Western Reserve Univ. (Ph.D.)
 1990년 ~ 현재 : 명지대학교 정보공학과 교수

<주관심분야>
 컴퓨터비전, 위성영상처리

저 자 소 개

강연욱 (학생회원)



2004년 : 명지대학교 정보공학과 졸업 (공학사)
 2006년 : 명지대학교 대학원 정보공학과 (공학석사)
 2006 ~ 현재 : (주) 한국마스프

<주관심분야>
 3차원영상해석, 위성영상처리