

## 항공 영상에서의 평평한 사각형 건물의 정확한 경계 추출

이재범<sup>°</sup>, 엄기문, 이쾌희  
서강대학교 전자공학과 로보트 연구실

Exact Contour Extraction of Buildings in Aerial Image

Jae-Bum Lee<sup>°</sup>, Gi-Mun Um, Kuae-Hi Lee  
Sogang Univ. Electronic Eng. Robotics Lab

### Abstract

To get a good result of the feature-based stereo matching, contour of buildings must be extracted exactly. In this paper, an algorithm that extracts contour of flat top buildings exactly is proposed.

The Algorithm is composed of three steps. One is to find corner points of 4 types in whole image and another is to extract exact lines between corners by edge following technique, the third is to extract exact contour of buildings using binding structures.

We have a good result in extracting contour of buildings.

### 1. 서 론

항공 영상이나 위성 영상에서 나타나는 인공 건물들은 주로 직선에 의해 사각형의 단일 고도면의 조합으로 이루어진 경우가 대부분이며, 이러한 단일면에 대해서는 거의 동일한 밝기를 가지게 된다. 따라서 이러한 인공 건물의 경계는 영상상에서 인공 지물을 나타내는데 중요한 정보가 되며 이 정보들은 직선 성분의 에지들을 특징으로 하는 특정 기반 정합에 매우 효과적이다. 그러므로 이러한 인공 지물들의 경계를 정확히 추출하는 것이 필연적으로 요구된다.

본 논문에서는 건물의 경계를 추출하기 위하여 먼저 4 가지의 각기 다른 창틀(mask)을 사용하여 건물의 꼭지점을 대략적으로 검출하고 이 후보 꼭지점들 사이를 에지 추적 기법을 통해서 추적함으로써 건물의 꼭지점을 검증하게 된다. 이 때 건물의 에지를 추출하는 과정도 병행하게 되는데, 추출된 에지들은 L, U 형태의 특수한 결합 형태로 재구성되며 이러한 결합 요소들을 이용해 건물의 정확한 경계를 추출한다. 본 논문에서는 알고리듬 구현시, 영상상의 인공 건물은 사각형으로 이루어졌고, 평평한 지붕을 가지고 있다고 가정하였다.

### 2. 기존의 알고리듬

인공 건물의 추출을 위한 특징 기반 정합 기법을 사용하기 위해서는 인공 건물의 정확한 경계 추출이 가장 큰 문제로 대두되어 현재까지도 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 아직까지는 이를 완벽하게 구현한 알고리듬을 찾아내지 못하고 있는 실정이다. 인간의 눈으로는 영상의 화질이 일정 수준 이상이 되면 인공 건물의 정확한 모양을 추출해 낼 수 있으나 이를 컴퓨터를 통하여 구현하는 데는 상당한 어려움이 따른다. 이는 영상의 취득시 발생되는 양자화 오차와 잡음, 태양의 고도에 따른 인공 건물면 사이의 특성 변화(밝기값, 그림자 등)로 인해 발생되는 인공 건물 경계의 불확실성에 기인한 것이다.

일반적인 에지 필터링 기법(edge filtering method)을 적용시킬 경우 실내 영상에서는 비교적 좋은 결과를 보이나 자연 지형이 포함된 항공 영상 또는 위성 영상의 경우에는 필요치 않은 에지 화소들이 함께 생성되어 결과가 만족스럽지 못하게 된다. 또한 일반적인 에지 필터링 기법은 전처리(preprocessing) 과정에서 필수적으로 평활화(smoothing) 과정을 포함하고 있으므로 추출된 에지 화소와 실제 인공 건물의 경계 사이에 오차를 내포하게 된다. 따라서 인공 건물 경계에 대한 제한 조건(constraint)을 임의로 만들어주고 이러한 여러 에지 선분들 중 주어진 제한 조건을 만족시키는 에지 선분만을 선별하여 후처리를 통해 인공 건물의 경계를 추출하는 방향으로 많은 연구가 진행되어 왔다.

Huertas와 Nevatia(1988)는 필터링으로부터 에지 직선 성분들을 얻어 각각의 성분들을 labeling 한 후 수직으로 교차하는 성분들을 찾아 인공 지물의 꼭지점을 찾고 교차하는 두 직선에 대해 수평인 직선 성분들을 조사하여 하나의 인공 건물로 인식하는 방법을 사용하였다. 이러한 방법으로 찾아진 후보들을 그림자를 통하여 최종적으로 검증하는 방법으로 인공 지물의 경계를 추출하였는데 실험 결과에서는 거의 모든 인공 건물들의 경계를 추출했음을 볼 수 있으나 필터링으로 인하여 얻어진 에지들

을 직선화 하는 과정에서 발생되는 오차로 인해 정확한 인공 건물의 경계는 추출하지 못했다.

본 논문에서는 Nevatia의 방법을 기본 모델로 하였으나 꼭지점 추출 창틀(cornor detecting mask)을 이용하여 비교적 정확한 건물의 꼭지점을 추출하였고, 이 꼭지점을 중심으로 하여 에지 추적 기법과 특징 성분 추출을 이용한 사각형 형태를 갖는 인공 건물의 경계를 추출하는 방법으로써 인공 건물 경계에 대한 신뢰도를 높였다.

### 3. 건물의 꼭지점 추출

입력영상에 대해서 건물의 4가지 형태의 꼭지점(North East, North West, South East, South West)을 찾아낼 수 있는 4가지 유형의 직각 꼭지점 추출 창틀(orthogonal corner mask)이 생성된다. 그림 1은 그 중 하나의 예를 보이고 있다.

생성된 4가지의 창틀은 각각 시계 방향으로 회전되면서 새로운 창틀을 생성하게 되고, 입력영상은 이 창틀들과 컨볼루션(convolution)된다. 물론 창틀 회전시, 각 창틀 화소들은 미세 화소(subpixel) 단위로 계산되어진다.

그림 1의 창틀에서 보이듯이 빛금진 부분이 건물의 꼭지점만을 추출하기 위해서 양(positive)의 값을 갖도록 고안되었다. 항공 영상의 경우 많은 그림자들이 존재하므로 이와 같은 창틀을 구성함으로써 그림자로부터 꼭지점이 얻어지는 경우를 배제할 수 있다. 즉 컨볼루션의 결과 양의 값이 나오는 경우만을 건물의 꼭지점 후보로 선정하게 된다.

-8.7	-8.7	-8.7	18	18	18	18
-8.7	-8.7	-8.7	18	18	18	18
-8.7	-8.7	-8.7	18	18	18	18
-8.7	-8.7	-8.7	18	18	18	18
-8.7	-8.7	-8.7	8.7	-8.7	-8.7	-8.7
-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7
-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7	-8.7

그림 1. 왼쪽 하단 꼭지점을 추출하기 위한  $7 \times 7$  mask

이러한 창틀 기법에 의해 구해진 꼭지점 값들은 임계값(threshold)과 국부 최대값(local maxima)에 의해 걸러지게 되는데, 이 때 구해진 꼭지점의 유형은 후에 중요한 정보로 이용된다.

### 4. 에지 추적 기법을 이용한 건물의 에지 추출

4 종류의 꼭지점이 추출되면 연결이 가능한 꼭지점 사이를 에지 추적 기법(edge following)을 이용해 에지를 추출하게 된다. 한 꼭지점에서 다른 꼭지점 사이를 연결한 뒤에도 그 방향으로 에지 성분이 계속 존재하면 그 다음으로 나오는 꼭지점의 유무와 종류를 판단해 에지를

연장시키게 된다. 에지를 추적하면서  $1 \times 5$  창틀을 에지와 수직 방향으로 썩워 직각성분이 존재하면 scanning하여 직각 방향으로 직선 성분이 존재하면 건물의 꼭지점이라고 간주하고 추적을 멈추게 된다.

### 5. 건물의 특징 성분 추출

위의 과정에서 추출된 직선 성분을 토대로 L, U형태의 특징 성분을 추출하게 된다.

꼭지점/직선/꼭지점/직선/꼭지점을 연결시키는 L형태의 특수한 결합 형태를 구성하게 되는데, 꼭지점들이 연결 가능한 유형이고, 직선과 직선 사이가 직각에 가까우면 그 사이에 존재하는 직선 성분을 L형태의 결합구조로 합치게 된다. L형태의 결합 성분중에서, 길이가 15 화소 이상인 긴 직선 성분이 존재하면 건물의 경계 후보로 설정한다.

위에서 구한 L형태의 결합 성분 2개를 이용해 새로운 U형태의 결합 성분을 구성한다.

### 6. 완전한 사각형 건물의 경계 추출

위에서 구한 U형태의 특징 성분을 바탕으로 하고 L형태의 특징 성분을 부분적으로 침가하여 건물의 정확한 경계를 추출한다.

U형태의 결합 성분 중 건물로 추출되지 못한 것은 U의 양 끝점 사이를 rescanning하여 일정 임계값 이상 존재하면 건물로 인정하게 된다.

L형태의 결합 성분중에서도 건물의 경계 후보이면서도 추출되지 못한 것은 벡터를 이용하여 가상 꼭지점을 가정하고 가상 꼭지점과 L의 양끝점을 잇는 가상의 직선을 rescanning하여 직선 성분이 일정 임계값 이상 존재하면 건물로 인정하게 된다.

### 7. 실험 결과

실험은 두가지 영상에 대해서 행하였다.

원영상 1 : 공항 영상 ( $256 \times 256$ )

원영상 2 : 위성 영상 ( $256 \times 256$ )



그림 2. 원영상 1

그림 3은 원영상 1을 본 논문의 알고리듬을 이용해 실험한 건물 추출 결과이고, 그림 4는 실험 결과 정확한 건물의 경계가 추출되었는지의 여부를 판단하기 위하여 원영상1에 건물 추출 영상을 덮어 씌운 영상이다. 다음의 표 1은 원영상 1에 대한 실험 결과를 보이고 있다.

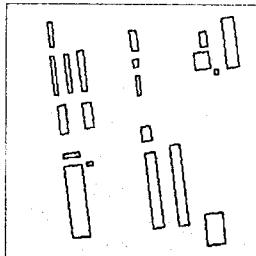


그림 3. 추출된 건물

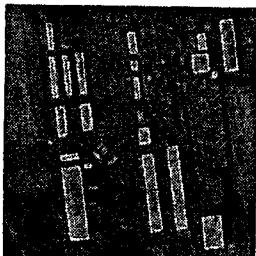


그림 4. 원영상 1 + 추출된 건물

표 1. 원영상 1에 대한 실험 결과

총 건물의 수	20
추출된 실제 건물의 수	18
오인식된 건물의 수	2
건물의 외각선을 잘못 찾은 경우	1

위의 실험 결과를 보면 원영상1의 우하단쪽 건물 2개는 경계선을 추출하지 못하였는데 그것은 건물이 전체적으로 어둡고, 경계선이 불분명하기 때문이다.



그림 5. 원영상 2

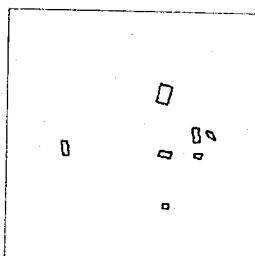


그림 6. 추출된 건물



그림 7. 원영상 2 + 추출된 건물

그림 6은 원영상 2를 본 논문의 알고리듬을 이용해 실험한 건물 추출 결과이고, 그림 7는 실험 결과 정확한 건물의 경계가 추출되었는지의 여부를 판단하기 위하여 원영상2에 건물 추출 영상을 덮어 씌운 영상이다. 다음의 표 2은 원영상 2에 대한 실험 결과를 보이고 있다.

표 2. 원영상 2에 대한 실험 결과

총 건물의 수	7
추출된 실제 건물의 수	7
오인식된 건물의 수	0
건물의 외각선을 잘못 찾은 경우	0

## 8. 결론 및 추후과제

기존의 알고리듬은 인공 건물들의 경계를 추출하는데 있어서 필터링으로 인하여 얻어진 애지들을 직선화 하는 과정에서 발생되는 오차로 인해 정확한 인공 건물의 경계를 추출하지 못한데 반해서 꼭지점 추출과 애지 추적 기법, 특징 성분 추출 등을 이용한 이 알고리듬은 비교적 정확한 건물의 경계선을 찾을 수가 있었다.

실험 결과는 비교적 만족스러웠으나, 더 많은 영상에 적용해 어떤 영상에도 잘 적용되는 보편적인 알고리듬으로 발전시켜나가는 것이 추후과제로 남게 되겠고, 건물 추출 알고리듬에서의 꼭지점 추출 방법이 창틀 기법에 의존하고 있기 때문에 창틀 기법의 특성상 잡음에 민감하고 수행 시간이 많이 걸리는 단점이 있으므로 이러한 점을 보완하기 위해서 영역 확장 기법을 추가해 건물의 대략적인 위치를 찾고, 대략적인 위치가 결정되면 그 주 위에 창틀을 써워 건물의 꼭지점을 찾는 알고리듬을 계획하고 있다.

## 9. 참고 문헌

- [1] R. Mohan and R. Nevatia, "Using Perceptual Organization to Extract 3D Structures" *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 11, pp. 1121-1139, 1989.
- [2] Ronald C.-K. Chung and Ramakant Nevatia, "Recovering Building Structures from stereo," *Proceedings of the IEEE Workshop on applications of Computer Vision*, pp. 64-73, 1992.