

화소 분할을 이용한 건물의 에지 추출

이 대 선*, 엄 기문, 이 쾨희

서강 대학교 전자공학과

로보트 연구실

Edges Extraction of Buildings Using Sub-divided Pixels

Dae-sun Lee*, Gi-mun Um, Kwee-hi Lee

Sogang Univ. Electronic Eng. Robotics Lab.

Abstract

The purpose of extraction of edges of buildings is an extraction of 3-dimensional information. The performance of an exact extraction of edges of buildings using several classic algorithms was not so good. In this study we merged several exposed algorithms -----split-and-merge, anisotropic diffusion, modified canny operation, least mean square. Results of this extraction algorithm show better performance than any other detection algorithms of edges of buildings.

1. 서론

영상에서 에지는 밝기의 불연속적인 점들에 대응되고 이 점들은 하나의 정보가 된다. 즉 이런 점들은 형태에 따라 선, 면, 입체 등이 될 수 있고, 이러한 속성이 우리가 필요로 하는 정보와 관련된다. 그러나 그림자, 반사계수의 불연속성 등 또한 이런 에지를 만들기 때문에 실제로는 모든 점들이 필요한 정보를 가지지는 않는다.

대부분의 이런 정보들은 에지 검출기의 성능에 의존하고 있으나 그림자가 많은 항공영상이나 해상도가 낮은 위성영상에서의 에지 추출에서는 필요없는 정보 즉, 그림자, 불연속적인 반사 계수의 점 등과 같은 잡음에 민감한 문제 때문에 검출기 자체만으로는 에지를 찾는데 어려움이 많다. 따라서 새로운 방법을 이용한 에지 추출이 필요시 되고 이런 방법은 실제 에지와 동일하면서 잡음에 강한 특성을 보여야 한다.

본 논문의 목적은 항공영상에서 두개의 스템레오 영상 정합을 통한 3 차원 정보 추출을 하기 위한 전단계로서의 임의의 항공영상에서 건물의 에지 성분을 추출하는데 있으며 이를 위해 모든 건물의 밝기값이 주변 화소점들의 밝기값보다 크다고 가정하였다.

2. 기존의 알고리듬

지금까지 에지추출 알고리듬은 많은 사람들에 의해 연구되어 왔다. 많이 그러나 기존의 에지추출 알고리듬은 실제 건물같은 중요한 정보만을 추출하려는 목적에서 나온것이 아니라 모든 에지 성분들을 찾기 때문에 항공영상에서 그림자도 하나의 정보로 보고있다. 이러한 문제는 실제 항공영상이나 위성영상에서 건물 추출을 어렵게 만든다. 따라서 기존의 알고리듬만으로는 건물의 추출이 어려우므로 건물 추출에 적합한 새로운 알고리듬을 필요로 한다.

3. 제안한 건물 에지 추출 알고리듬

이 알고리듬은 먼저 건물의 후보를 추출하고 그 영역에 대한 전처리를 한다음 그 영역의 직선성분을 서로 연결함으로써 건물의 에지 성분들을 연결시키게 된다.

3.1 전처리 과정

일반적인 영상의 전처리는 모든 화소에 대하여 동일하게 처리하기 때문에 에지의 심한 감쇄를 가지고 온다. 이런 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 anisotropic 한 처리 과정을 가지는 Perona 와 Malik 이 제안한 anisotropic diffusion 을 이용하여 에지 부분의 감쇄를 최소로 하였다. 식 1과 그림 1은 이 알고리듬을 설명하고 있다.

$$I_t = \text{div}(D \nabla I) \quad \text{식 1}$$

여기에서 $D = g(\|\nabla I(i, j, t)\|) = g(s)$

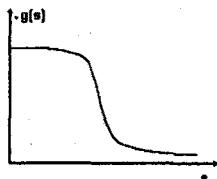


그림 1. 비선형적 $g(\cdot)$ 의 특성 곡선

이 식에서 알 수 있듯이 화소간의 기울기 (gradient)가 크면 상수 D 값이 작아져서 평활화 (smoothing)을 크게 시켜주고 기울기가 크면 D 값을 크게하여 평활화를 크게 해주게 된다.

3.2. 전물의 후보 추출 과정

전처리 과정을 거친 영상에 대하여 전물 후보를 추출하기 위하여 본 논문에서는 Xiaolin Wu 가 제안한 0도, 45도, 90도, 135도의 4 방향 split-and-merge 알고리듬을 이용하였다. 이 알고리듬은 최소자승값(least mean square)을 최소로 하는 한 방향에 대해서 영역을 둘로 나누고 다시 그 자른 영역들을 계속해서 최소 자승값의 어느 임계치까지 도달할 때까지 영역들을 자르게 된다. 그후 분할된 영역에 대해 바로 인접한 영역과의 최소 자승값의 합이 임계치이하 일때 두 지역을 합치게 된다. 이런 과정을 반복한 뒤에 그 합쳐진 여러개의 지역들 중에 평균 화소의 밝기값이 전체 영상의 밝기값의 2/3 이상이 되면 그 지역을 건물이 있을 영역이라고 추정하게 된다. 4 방향 Split-and-Merge 의 알고리듬을 요약하면 아래와 같다.

- ① 영역 G 의 MSE 가 임계치보다 작다면 으로 가고 그렇지 않다면 2 의 과정으로 간다.
- ② 영역 G 를 4 방향에 대해서 MSE 를 최소로 하는 G1,G2 로 나눈다. 그런 다음 1 의 과정으로 간다.
- ③ 잘려진 영역들과 이웃하는 영역들의 최소자승값이 임계치보다 작으면 병합하고 아니면 다른 영역을 조사한다. 모든 영역에 대해 실행한 후 종결한다.

3.3 추정된 전물의 중심점과 길이의 추출 및 전물의 에지점 추출

전물 후보가 추출된 후에는 전물이라고 추정되는 영역의 중심점과 그 화소의 면적을 구해서 전물이 직사각형이라는 가정하에 그 전물의 길이를 구하게 된다. 이렇게 구한 전물의 중심점에서 이 전물의 길이만큼 좌우상하의 순서로 Sarkar 와 Boyer 가 제안한 1 차원 변형된 캐니 연산자 (modified canny operator)를 사용하여 국부최대값을 가지는 점을 추출한다. 이때 만약 처음으로 나온 부분이 있으면 그 에지점으로부터 화소의

분할 및 에지점을 찾아서 연결한다. 본 논문에서 사용한 변형된 캐니 연산자는 아래 그림 2 와 같다.

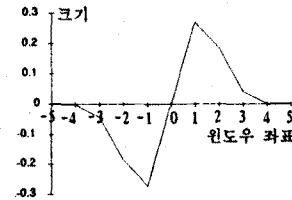


그림 2. 1 차원 변형된 캐니 연산자

3.4. 화소의 분할 및 Anisotropic diffusion

다음의 과정은 위에서 찾은 영역의 에지점에 9x9 창들을 써워 영상을 부화소 단위로 분할하여 화소를 분할하여 두 화소 사이에 새로운 화소를 생성시킨다. 이 과정은 모든 화소의 값은 연속적으로 변화한다고 가정한 Nitzberg 와 Takahiro 가 제안한 식 2 와 식 3 을 이용하였다.

$$\begin{aligned}\Delta_{new} &= x_{i+1} - x_{new} = x_{new} - x_i \\ \Delta_l &= \Delta_{l-1} + \Delta_{new} = x_{new} - x_{l-1} \\ \Delta_r &= \Delta_{new} + \Delta_{l+1} = x_{l+1} - x_{new} \quad \text{식 2} \\ I_{ln} &= \frac{1}{2}[I_l + I_{l+1}] \\ I_{out} &= [I_{l-1}\Delta_r + I_{l+2}\Delta_l]/[\Delta_r + \Delta_l] \\ I_{new} &= \frac{I_{ln}\Delta_l\Delta_r - I_{out}\Delta_{new}^2}{\Delta_l\Delta_r - \Delta_{new}^2} \quad \text{식 3}\end{aligned}$$

3.5. 캐니 연산자를 이용한 전물의 양 방향의 에지 추출

위에서 처리한 영상은 잡음이 상당히 제거된 영상이며 이로부터 에지를 찾는다. 여기에서는 2 차원 캐니 연산자를 사용하였고 단 방향의 직선을 찾기 때문에 한점과 3 개 이상으로 만나는 에지점들을 끈어주었다. 그림 3 은 캐니 연산자의 2 차원적인 구조를 보이고 있다.

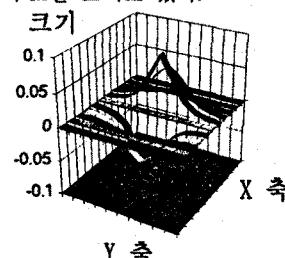


그림 3. 2 차원 변형된 캐니 연산자

3.6. 최소 자승법을 이용한 직선 성분들만의 추출

앞에서 얻은 화소점들을 통계적 특성을 가진 직선으로 만들어내면 그 식은 아래의 식을 최소로 하는 식이 된다. 이것은 식 4를 미분하는 형태가 되고 그 결과는 식 8 이 된다.

$$N^2 = \sum_{i=1}^N y_i - b - ax_i \quad \text{식 4}$$

$$S = N \quad S_x = \sum_{i=1}^N x_i \quad S_y = \sum_{i=1}^N y_i \quad \text{식 5}$$

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^N x_i^2 \quad S_{xy} = \sum_{i=1}^N x_i y_i \quad \text{식 6}$$

$$aS + bS_x = S_y \quad \text{식 7}$$

$$aS_x + bS_{xx} = S_{xy}$$

$$\Delta = SS_{xx} - S_x^2$$

$$a = \frac{S_{xy}S_y - S_xS_{xy}}{\Delta} \quad \text{식 8}$$

$$b = \frac{SS_{xy} - S_xS_y}{\Delta}$$

a, b 파라미터는 직선을 구성하는 모든 정보이므로 실제의 직선을 위 식으로부터 구하게 된다.

3.7. 직선의 연결

위에서 찾은 직선을 원래의 영상의 좌표로 환원시켜서 그 환원된 좌표로 부터 꼭지점을 찾은 뒤 계속해서 그 꼭지점으로 부터 다시 건물의 에지점들을 찾게된다.

이 점들을 계속해서 원영상으로 좌표로 전이시킴으로써 에지점들을 서로 연결하게 된다.

4. 실험결과



그림 4. 실험영상

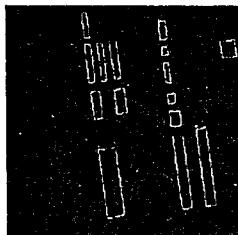


그림 5. 추출된 건물의 에지

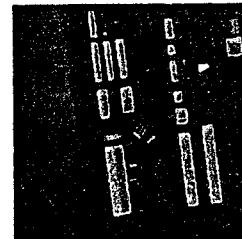


그림 6. 원영상에 투영시킨 건물 에지

그림 4는 건물 추출을 하기 위한 본 논문의 실험영상이며 그림 5는 실험영상에서 제안한 알고리듬을 적용해서 얻은 건물의 에지가 된다. 그리고 얻은 건물의 에지들을 그림 6에서는 실험영상에 투영시킨 영상이 된다.

표 1. 건물 추출의 결과

실제 건물의 수	찾은 건물후보의 수	찾은 건물의 수
17	16	15

본 논문에서는 제안한 알고리듬을 사용하여 공항지역을 포함한 항공영상에 대해 건물 추출을 수행하여 보았다. 표 1은 전체 알고리듬을 수행한 결과를 표로 보이는데 실제 건물과 찾은 건물의 결과를 보면 두 개의 건물은 찾지 못한 것을 보이고 있다.

5. 결론 및 추후과제

본 논문에서는 화소분할을 이용하여 항공영상에서 건물 에지를 추출하기 위한 알고리듬을 제안하였다. 또한 이 알고리듬을 공항지역의 항공영상에 적용한 결과 좋은 성능을 보였다. 추후과제로는 건물을 추출되지 않은 부분에 대한 원인 분석 및 더 좋은 성능을 가진 전처리 과정에 대한 연구가 필요할 것이다.

6. 참고 문헌

- [1] P.Perona and J. Malik,"Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion," *IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-12, pp. 629-639, July 1990.
- [2] Sudeep Saker and Kim L. Boyer,"On optimal infinite impulse response edge detection filters," *IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-13, pp. 1154-1171, Nov. 1991.
- [3] Mark Nitzeberg and Takahiro Shiota," Nonlinear image filtering with edge and corner enhancement," *IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-14, pp. 826-833, Aug. 1992.
- [4] Xiaolin Wu," Adaptive split-and-merge segmentation based on piecewise least-square approximation," *IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-15, pp. 808-815, Aug. 1993.