

기하학적 방법을 이용한 건물의 경계선 추출

임 형득, 예 철수, 이 쾌희
서강대 전자공학과 대학원
Tel : 02-704-4088. Fax : 02-704-4088

요약

본 논문에서는 고해상도 영상에서 건물의 경계선을 추출하기 위해 선소 추출, 선소 연결 과정을 통해 건물의 corner점을 찾아 이들을 이용하여 건물의 내부에 존재하는 삼각형을 찾아가는 과정을 수행함으로써 Closed된 선소, 즉 건물의 경계를 추출 할 수 가 있다.

1. 서론

스테레오 항공 영상이나 위성 영상으로부터 건물을 추출하거나 건물에 대한 3차원 정보를 얻어내기 위한 일은 많은 사람들에 의해 연구되어 왔다. 최근에는 고해상도 영상을 이용한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 고해상도 스테레오 영상을 이용한 건물의 3차원 복원은 먼저 고해상도 영상으로부터 건물을 추출해 내는 과정이 선행되어야 한다. 그래서 추출된 에지로부터 근사화된 직선들을 perceptual grouping이나 line relation graph를 이용해서 건물을 구성하는 직선들을 찾아내는 연구가 제안되었다.[1,2,3,4]

본 논문에서 제시한 알고리즘은 선소와 코너점을 이용하여 건물 내부에 존재하는 삼각형을 찾아가는 과정을 통해서 건물의 경계선을 찾게 되고 이와 동시에 건물의 유형까지 예측할 수가 있다, 또한 여러 복잡한 다각형 건물을 추출할 수가 있다.

그림 1은 건물 추출 과정에 대한 전체 알고리즘 과정을 나타낸 것이다. 먼저 영상으로부터 에지 추출하고, 직선화 과정을 통해 건물의 경계 부분인 선소를 추출한다. 이렇게 얻어진 선소는, 선소 연결 과정을 행한 후, 선소와 선소의 연결점인 코너점을 찾는다. 이런 선행 과정을 거친 후에 본 논문에서 제시하는 알고리즘을 통하여 건물의 경계선을 추출하게 된다.

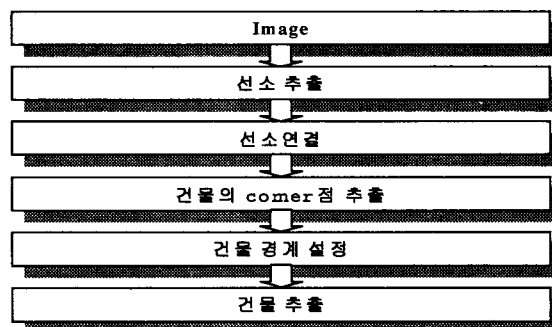


그림 1 건물 추출 알고리즘

2. 선소 추출(line segment detection)

에지는 영상의 특징 성분이 되는 선소로 영상 내에서 건물을 포함한 물체와 배경을 구분하는 기준이며 고도 불연속 또는 밝기 불연속이 발생하는 부분이다. 에지를 추출하기 위해 Prewitt 경사 창틀(gradient mask)을 사용하고 최 청 등이 제안한 에지 추적 알고리즘을 사용하여 한 화소 두께의 에지를 추출하였다. 추출된 에지를 직선으로 근사화하기 위해 에지의 양 끝점 사이에 직선을 그리고 이 직선과 에지 위의 모든 점에 대해 수직 거리를 계산하여 임계 거리 이내에 속할 때까지 에지를 분할하여 근사화한다. 근사화 오차를 최소화하기 위해 선소 측정 함수를 이용한다[5].

3. 선소 연결(Line Merging)

선소 연결 과정은 각 선소들은 근처의 선소들과 비교하여 조건이 만족되면 하나의 선소를 연결시키는 것을 말한다. 건물의 경계선을 정확하게 추출하기 위해서는 선소의 기하학 조건을 이용하여 선소 연결 과정을 수행한다.[2][6]. 그림 2.6은 선소 AB와 선소 CD의 연결 조건에 대해서 나타내고 있다. 기준 선소 AB에 비교되는 선소 CD는 다음과 같은 조건에 부합하면 두 선소는 하나의 선소로 연결된다

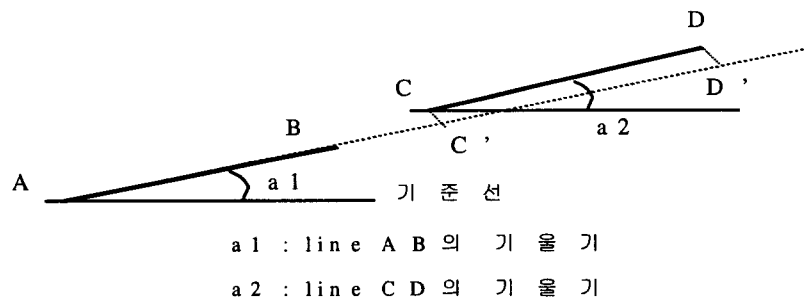


그림 2 선소 AB와 선소 CD의 선소 연결 조건

선소 연결 조건 :

- i) $|a_1 - a_2| < T_1$ 선소 AB와 선소 CD의 기울기의 차는 임계값 T_1 내에 존재하여야 한다.
- ii) $AD > AB + CD$
- iii) $BC < T_2$ 선소 AB와 선소 CD의 거리가 임계값 T_2 내에 존재해야 한다.

4. 건물의 corner 점 추출

건물의 corner 점은 선소와 선소가 만나는 점으로 선소와 선소의 길이를 연장(그림3의 d)하여 만나는 점을 corner 점으로 추출하게 된다. 선소들의 관계에 따라 그림 3과 같이 T자형, L자형 corner점이 추출된다. 첫 번째 경우는 T자형 corner점 추출로 그림 3의 왼쪽과 같이 선소 AB가 선소 CD와 서로 직각으로 만나면서 corner점이 선소 AB위에 존재하게 된다. 이때 corner점 C1은 선소 AC1과 선소 CD, 선소 BC1과 선소 CD의 corner점이 된다. 두 번째 경우는 L자형 corner점 추출로 그림 3의 오른쪽과 같다. 두 개의 직

선의 연장선들을 서로 교차함으로 해서 corner점을 추출하게 된다. 그리고 d의 임계값은 선소AB와 선소 CD의 길이에 비례하여 결정한다.

$$d = k(w_1 * AB + w_2 * CD)$$

여기서 k, w_1, w_2 는 비례상수로 w_1, w_2 는 T자형과 L자형에 따라 다르게 적용된다.

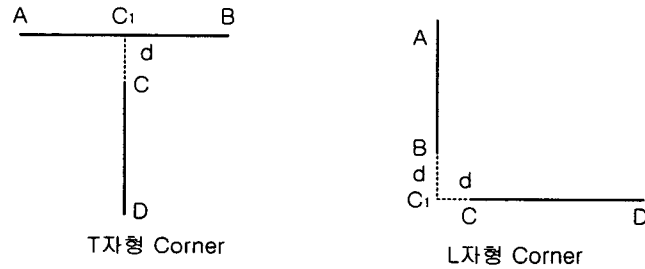


그림 3

5. 건물의 경계 결정

다각형 도형은 기본형이 삼각형이기 때문에 다각형 건물을 추출하기 위해서는 건물 내부에 존재하는 삼각형을 찾아 각각의 삼각형의 변 중 전 단계의 과정에서 구한 선소와 일치되는 변들을 결합 함으로 건물의 경계선을 추출 할 수가 있다. 따라서 추출된 선소와 corner 점을 이용하여 건물 내에 존재하는 삼각형을 찾아가는 과정은 다음과 같다.

삼각형의 변과 선소와의 관계를 다음과 같이 두 가지로 정의 할 수가 있다.(그림 5)

Closed : 삼각형의 변이 선소와 일치하는 경우

Open : 삼각형의 변과 선소가 일치하지 않는 경우.

위와 같이 정의 할 수가 있다.

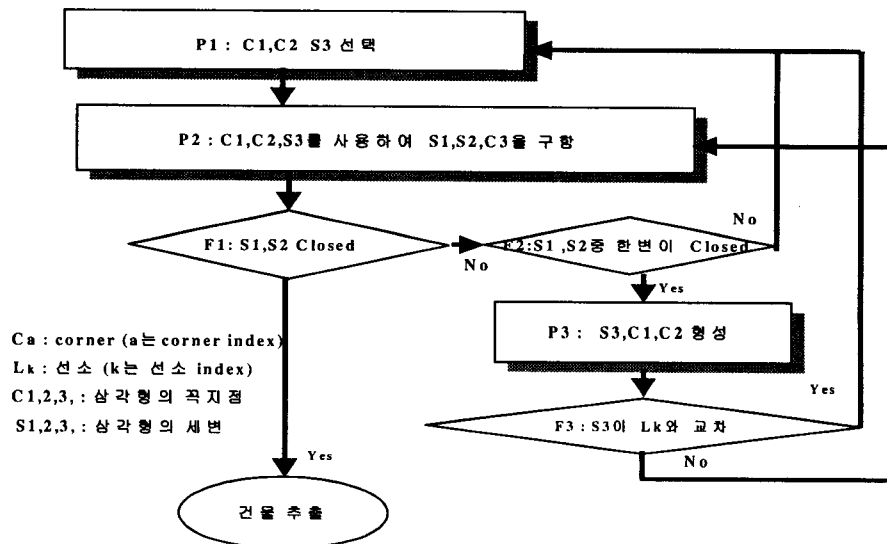


그림 4 건물의 경계선 추출(closed-loop 추출 알고리즘)

선소와 corner점 그리고 위의 정의를 이용해서 건물의 경계선을 구하는 과정은 다음과 같다.(그림 4)

- P1) Ca중 Ci와Cj(i≠j) 사이에 선소 Lk가 있는 Ci와Cj를 선택하여, 각각을 삼각형의 두 꼭지점과 한 변(C1=Ci, C2=Cj, S3=Lk)으로 정한다.(S3을 기준 변이라 한다.)
- P2) C1,C2,S1 이용하여 Ca중(a≠i,j) 삼각형을 형성하는 다른 한 corner C3선택한다. 이때 C3,C1과 C3,C2사이의 변 S1, S2는 적어도 한 변이 Closed 되어야 한다. 만일 모든 Ca(a≠i,j)에 대해서 C3을 구하지 못할 경우 다시1)의 과정을 수행한다.
- F1) 만일 S1과 S2가 Closed 되면 건물이 검출되고 Closed된 변을 저장한다. 그리고 1)의 과정으로 돌아가 모든 선소와 corner점에 대해서 수행한다.
- F2) 만일 S1과S2중 한 변이 Closed 되면 Closed된 변을 저장한다. 그리고 Open 된 변을 S3(기준 변)으로 변경하고 이 변 S3의 양 꼭지점을 C1, C2로 변경하는 P3)의 과정을 수행한다.
- F3) 변 S3이 위에서 구한 Closed된 선소 이외의 선소와 교차하게 되면 P1)의 과정을 수행한다. 교차하지 않게 되면 계속해서 F1)을 만족할 때까지 위의 알고리즘을 수행한다.

그림 5는 건물의 경계선을 추출하는 과정을 보여주는 예이다. P1)의 과정에서 C1,과 C2 사이에 건물의 선소가 존재하므로 Closed된 변 L1과 C1, C2를 이용하여 P2)의 과정을 통해 삼각형 형성 시 Closed되는 변이 적어도 하나 이상인 점 C3을 선택하게 된다. 이때 L2는 Closed된 변이고 L3은 Open 된 변이 된다. 새로 형성된 삼각형의 두변 ,Closed된 변 L2와 Open된 변 L3은 F2) 조건을 만족하기 때문에 P3)의 과정에서 변 L3이 기준선이 되고 C2와 C3이 두 corner점이 된다. C2, C3, L3을 사용하여 계속해서P2)와 P3)의 과정을 수행하게 되면 변L5, L7은 Open된 변이 되어 P3)의 과정에서 기준선이 되고 변 L4, L6은 Closed된 변이 된다. 마지막으로 corner점 C4, C5,와 기준선 L7을 사용하여 P2)의 과정을 수행하면 변 L8, L9는 각각 Closed 된 변이 된다. 이 두 변은 F1)의 조건을 만족하기 때문에 건물 추출이 완료 되게 된다. 따라서 Closed 된 변 L1, L2, L4, L6, L8, L9는 건물의 경계선이 된다.

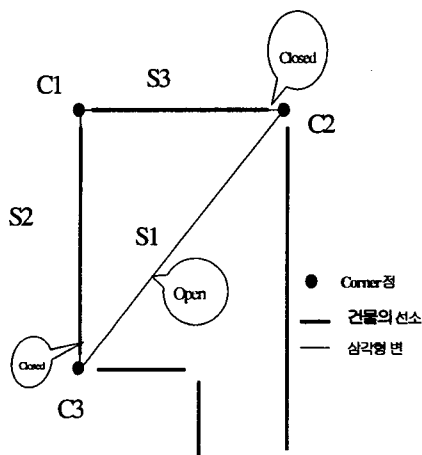


그림 5

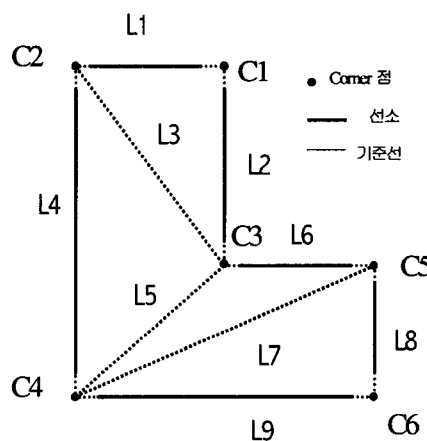


그림 6

6. 실험 결과

제안한 알고리즘을 이용하여 건물 검출 실험을 하였다. 사용한 영상은 ETH Zurich에서 제공하는 영상을 사용하였다.

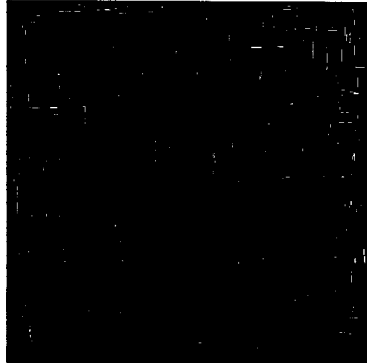


그림 7 선소 추출

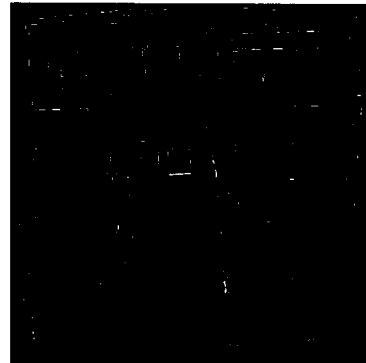


그림 8 선소 연결

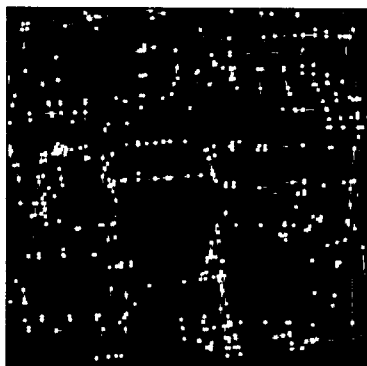


그림 9 corner 점 추출

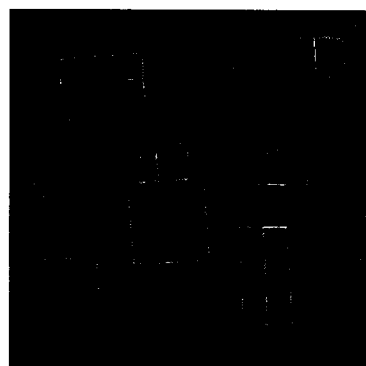


그림 10 건물 경계선 추출

7. 결론

항공 영상에서 건물을 검출하기 위해 본 논문에서 항공 영상으로부터 영상에 포함된 건물의 검출을 위해 선소와 corner점을 추출하였고, 이를 이용해 건물 내에 존재하는 삼각형을 찾아가 알고리즘을 통해 건물의 경계선을 추출 할 수가 있었다.

- [1] R. Mohan and R. Nevatia, "Using perceptual organization to extract 3-D structures," *IEEE Trans. on Pattern Anal. and Machine Intell.*, vol. PAMI-11, no. 11, pp. 1121-1139, Nov., 1989.
- [2] T.J. Kim and J.P. Muller, "Automatic building height extraction and building detection from high resolution aerial and space imagery," *IAPR Workshop on Machine Vision Applications*, Kawasaki, Dec. 1994.
- [3] Huertas and R. Nevatia, "Detecting buildings in areal images," *Compt. Vision Graphics Image Processing*, vol. 41, pp. 131-152, 1988.

- [4] V. Venkateswar and R. Chellapa, "A frame work for interpretationof aerial images," *Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition*, Atlantic City, NJ, pp. 204-206, 1990.
- [5] F. Bignolne, *Segment Stereo Matching and Coplanar Grouping. Technical Report BIWI-TR-165*, Institute for Communications Technology, Image Science Lab., ETH, Zürich, Switzerland, 1995.
- [6] M. Atiquzzaman and M. W. Akhtar, "Complete line segment description using the hough transform," *Image and Vision Computing*, 12(5):267-273, 1994