

# 1m 해상도 위성영상으로부터 라인분석과 정합을 통한 반자동 건물추출연구 (building Extraction from 1m Resolution Satellite Images through Line Analysis and Matching)

김태정\*, 임영재°, 김경옥°  
Taejung Kim\*, Soo Jeong°, Kyung-Ok Kim°

\* 인하대학교 지리정보공학과

Tel: +82-32-860-7606, Fax: +82-32-863-1506, E-mail: tejid@inha.ac.kr

° 한국전자통신연구원 텔레매틱스연구단 공간정보연구팀

Tel: +82-42-860-1034, Fax: +82-42-860-4844, E-mail: {yjlim,kokim}@etri.re.kr

## 요 약

이 논문에서는 1m 해상도 위성영상에서 관측할 수 있는 여러 인공지물 중에서 아파트 및 산업용 건물 등, 비교적 중대형이고 사각형 형태인 건물들을 반자동으로 추출하기 위한 알고리즘을 소개한다. 기존에 연구된 건물추출을 위한 방식으로는 Perceptual Grouping, 스테레오 분석, LIDAR 센서 등에서 얻은 3 차원 정보를 이용하는 방식 등이 있다. 여기서는 단일영상 만을 이용하여 반자동으로 건물을 추출하는 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 먼저 영상으로부터 라인을 추출한 후, 라인분석을 통하여 건물의 위치와 방향을 결정하고, 템플릿 정합을 이용하여 이를 개선한다. 그리고 자동으로 추출된 건물외각선에 포함된 오류를 제거하기 위하여 수동편집 단계를 수행한다. 또한 먼저 수행한 건물추출 결과를 활용하여 주변에 유사한 형태의 건물외각선을 빠르게 추출하기 위해 기존에 추출된 건물 외각선 Polygon 을 템플릿으로 정의하고 정합을 수행하여 건물 외각선을 추출한다. 개발된 알고리즘은 기존의 다른 방식들에 비해 추가적인 영상이나 정보를 요구하지 않고도 빠른 시간에 정확한 사각형 형태의 건물을 추출할 수 있었다.

## 1. 서론

1999년도에 발사된 IKONOS 위성을 영상취득을 목적으로 발사/운용되고 있다. 비롯하여 Quick Bird 위성 그리고 이러한 고해상도 위성영상을 매핑분야는 2005년도에 발사예정인 아리랑 2호 등 물론 교통, 환경, 도시계획, 물류 등의 많은 위성들이 1m 이상의 높은 해상도의 다양한 분야에서 활용하기 위한 요소기술

중에 하나로 영상에 나타난 도로, 건물 등의 인공지물을 추출하는 기술을 들 수 있다. 특히 기존에 도면을 수치화하는 데 사용된 Head-up Digitizing 방법은 시간과 인력이 많이 소요되는 방식이기 때문에 상대적으로 고가인 고해상도 위성영상에 이 방식을 적용한다면 다른 방식으로 인공지물을 매핑하는 기술에 비하여 경쟁력을 확보하기 어려운 측면이 있다.

따라서 위성영상에서 보다 자동화된 방법으로 인공지물을 추출하는 연구가 필요하며, 이제까지 여러 선행연구들이 진행되어 왔다. 이 중 건물추출 분야의 선행연구를 살펴보면, 라인 분석과 Perceptual Grouping 기법을 이용한 방법(Shufelt and McKeown, 1993; Kim and Muller, 1999)이 있고 그밖에도 그림자 정보와 투시가하학을 활용하는 방법(Huertas and Nevatia, 1988) 등이 있다. 또한 건물형상 인식을 보조하기 위하여 3차원 정보를 활용하는 방식으로 Shufelt and McKeown (1993)과 Kim and Muller (1998)는 입체영상의 정합과 라인분석을 결합하여 건물추출을 시도하였고 Cochran and Medioni (1992)와 Kim and Muller (1996)는 영상정합결과를 건물정보를 이용하여 개선하였다. 또한 여러 연구자들이 건물에 대한 3차원 정보를 얻을 수 있는 데이터(DTM 또는 DEM)가 가용하다는 가정 하에 건물추출을 시도하기도 하였다 (Baltsavias et al., 1996).

이 논문에서는 인공지물 중에서 아파트, 산업용 건물 등 비교적 중대형이고

사각형 형태인 건물들을 반자동으로 추출하기 위한 알고리즘을 소개한다. 제안하는 알고리즘은 오직 단일 위성영상만을 사용하여 최대한 자동화된 방법으로 건물의 외곽선을 추출하는 것을 목표로 개발되었다. 보다 강인한 건물추출을 위해서 스테레오 해석 또는 LIDAR 센서를 통한 높이정보나 기존 대축적 지도에서의 건물 정보를 융합하여 사용할 수 있을 것이다. 그러나 융합을 적용하기 이전에 각 요소기술의 철저한 분석을 통해 실현가능 범위와 한계를 파악해야 하는 것이 중요하다고 생각되며, 이 논문에 소개되는 기술은 이러한 맥락에서 1m 해상도의 단일영상으로부터 다른 정보 소스를 사용하지 않고 라인분석과 템플릿 매칭, 그리고 사용자의 최소한의 입력을 가정하여 건물추출을 구현하고자 의도하였다.

## 2. 반자동 건물추출 알고리즘

이 논문에서 제안하는 건물추출 알고리즘은 먼저 사용자가 건물 내에 위치한 한 점을 클릭하면 그 지점을 중심으로 먼저 라인을 추출하고 (과정 1), 추출된 라인으로부터 건물의 방향과 위치를 추정하여 건물 외곽선을 추출한다 (과정 2). 이때 추출된 건물 외곽선 Polygon의 위치, 방향 및 크기를 사용자가 마우스 조작으로 변경하여 보다 정확하게 건물의 외곽선을 편집할 수 있다. 한편, 먼저 추출된 건물 외각선을 템플릿으로 하여 정합을 통해 유사한 형태의 건물외각선의 자동 추출이 수행된다 (과정 3).

다음은 반자동 건물 외곽선 추출 알고리즘의 세부 설명이다.

## 2.1 라인추출

건물 외곽선 추출을 위해 먼저 위성영상에서 라인을 추출하는 작업을 수행한다. 사용자가 마우스로 클릭한 지점을 중심으로 100 x 100 픽셀 크기의 영역에 대하여 라인을 추출한다. 라인 추출은 Burns et. al (1985) 라인추출 알고리즘을 사용하였다. 이때 사용자가 클릭한 지점은 추출하고자 하는 건물영역 내에 위치한 한 점이라고 가정한다.

다음은 1m 영상의 건물부분과 라인추출 결과로 얻어진 라인영상이다.

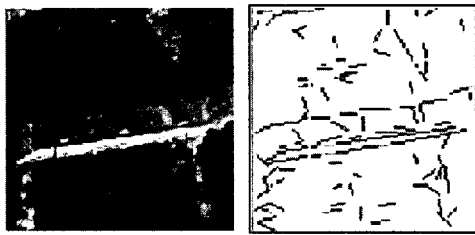


그림 1. 건물 영역과 라인추출 결과

## 2.2 건물 방향 및 위치추정

영상으로부터 라인이 추출되면, 이를 기반으로 건물 방향과 건물 외각선의 위치에 대한 초기값이 먼저 추정된다. 건물 방향의 초기값은 추출된 라인의 각도를 계산, voting 을 통해서 가장 많은 vote 를 획득한 각도로 추정한다.

건물 위치의 초기값은 앞서 추정된 건물 방향으로 라인영상을 Slicing 하여, Slicing 된 구간별로 라인화소 수를 Voting 하여 최대 구간으로 결정한다. 이 과정을 그림으로 표현하면 아래와 같다.

이 과정으로 결정되는 위치는 사각형 건물의 외각선 중에서 길이가 긴 쪽의 외각선 (이를 일차 외각선이라 하자) 중의 하나위 위치이다.

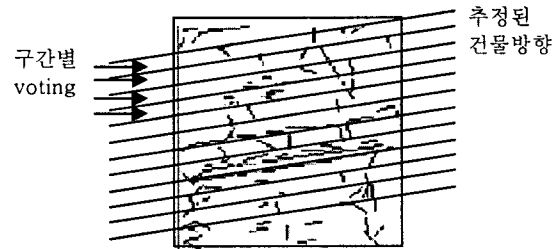


그림 2. 건물 위치 초기값 결정과정

건물 방향과 위치의 초기값을 결정하고 나면, 다시 이 값을 최소자승 템플릿 정합 (Least Squares Template Matching)을 통해서 개선한다. 사용된 최소자승 템플릿 정합방식의 상세한 내용은 참고문헌(Kim et al., 2004)에서 다루고 있으므로 여기서는 그림 3 을 통해 간략히 설명한다. 먼저 추정된 방향과 위치상에 라인 템플릿을 정의하고, 정의된 템플릿과 라인영상간에 최소자승정합을 수행한다. 최소자승정합이 수행되면 라인 템플릿과 라인영상에 있는 라인들이 일치되도록 최적화되는 방향으로 템플릿의 위치와 방향을 조절하게 된다. 이는 결과적으로 건물의 방향과 위치를 개선하는 결과가 된다.

일차외각선의 방향과 위치를 추정하면, 사각형 건물에서 일차외각선과 대칭되는 외각선 (이차외각선이라하자)을 추출한다. 이차외각선은 일차외각선과 동일한 각도를 가지고 있고 초기 마우스 입력점을 기준으로 일차외각선과 반대 방향에 위치한다고 가정한다. 이차 외각선은 위의 두가지 조건을 만족하면서

건물 방향으로 Slicing 하였을때 가장 많은 라인픽셀 Vote 수를 가지고 있는 구간에 위치한다.

건물의 나머지 두 외각선(측면 외각선이라하자)은 일,이차 외각선의 각도와 직각방향으로 라인영상을 Slicing 하여 라인화소의 개수를 voting 하는 방식으로 찾아낸다. 그림 4 에서 이러한 방식으로 얻어지는 네개의 건물 외각선의 위치와 방향을 보여주고 있다. 그림 4 에 나타낸 것과 같이, 많은 경우에 추출된 측면외각선의 위치가 실제 건물의 외각선의 위치와 다르게 나타났다. 이 이유는 1m 해상도 위성영상에서 많은 건물의 측면 외각선이 육안으로도 잘 식별이 안될만큼 분간이 안되며 결과적으로 측면 외각선에서 라인을 추출하지 못했기 때문이다.

따라서, 정확한 건물외각선 추출을 위해서는 이제까지 설명한 자동 건물추출 결과를 수동으로 편집해야 할 필요성이 있다. 실제 개발된 알고리즘은 그림 5와 같이 회전이동, 크기조절, 그리고 위치이동이 가능하도록 구현되었다.

### 2.3 건물 Polygon 정합

대부분의 도심지역을 살펴보면 특히 아파트 단지와 같은 경우, 주변의 건물들이 모두 유사한 모양을 가지고 있음을 알 수 있다. 이러한 경우를 위하여 먼저 추출하였던 건물 외각선을 이용하여 주변의 건물 추출을 보다 쉽게 수행할 수 있도록 하는 알고리즘을 개발하였다.

이경우도 최소자승 템플릿 정합을 사용하였다. 즉, 먼저 추출된 외각선을 템플릿으로 만들고 사용자가 마우스로 클릭하는 지점에서 추출한 라인영상과 최소자승정합을 수행하여 새로운 건물의 외각선을 추출하였다. 상세한 최소자승정합에 대한 설명은 생략하고 실제 건물 Polygon 정합을 적용하는 과정을 그림 6 에 나타낸다.

### 3. 실험결과 및 결론

앞 절에서 설명한 반자동 건물추출 알고리즘을 이용하여 서울지역을 촬영한 IKONOS 위성영상으로부터 건물을 추출하는 실험을 수행하였다. 제한된 지면으로 인해 상세한 실험결과의 분석과 결과영상은 별도로 정리하여 추후에 발표하기로 한다.

본 논문에서 제안한 반자동 건물추출을 위한 여러 과정 중에서 1차 외각선의 위치와 방향을 자동으로 추출하는 과정에서는 대부분의 경우에 오류없이 수행될 수 있었다. 그러나 2차 외각선을 추출하는 경우에 예러가 다소 발생하였으며 측면 외각선의 자동추출은 대부분의 경우에 실제 건물 외각선을 추출하지 못하였다.

실험결과, 제안한 알고리즘은 당초 의도한 데로 아파트, 산업용 건물 등의 중대형 건물에 잘 적용되었다. 개인주택 등 소형 건물의 경우는 건물 외각선에서

라인을 추출하기가 어려웠으며 따라서 이 알고리즘을 적용하기 어려웠다. 그러나 개인주택이 블록형태로 위치한 경우는 개별 주택 대신, 전체 블록을 추출할 수 있었다.

자동으로 추출된 외각선을 템플릿으로 하여 주변의 건물 외각선을 추출하는 실험을 반복 수행결과, 이 방식으로 건물 외각선을 보다 손쉽게 추출하는 것이 가능(feasible)하다고 판단된다. 그러나 정합의 Pull-in 범위에 대한 분석, 최적의 결과를 위한 정합파라미터의 선정 등은 여기에서 제안하는 방식을 실용화하기 위해서 추후에 더 수행해야 할 과제라고 생각된다.

#### 4. 참고문헌

1. J. Shufelt and D.M. McKeown, 1993, Fusion of Monocular Cues to detect Man-made Structure in Aerial Imagery, *Computer Vision, Graphics, and Image Processing: Image Understanding*, 57(3):307-330
2. T. Kim and J-P Muller, 1999, "Development of a Graph-based Approach for Building Detection", *Image and Vision Computing*, 17(1):3-14
3. A. Huertas and R. Nevatia, 1988, "Detecting Buildings in Aerial Images", *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 41:131-152
4. T. Kim and J-P. Muller, 1998, "A Technique for 3D Building Extraction", Taejung Kim and Jan-Peter Muller, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 64(9):923-930
5. S.D. Cochran and G. Medioni, 1992, "3-D Surface Description from Binocular Stereo", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 14(10):981-994
6. T. Kim and J-P. Muller, 1996, "Automated Urban Area Building Extraction from High Resolution Stereo Imagery", Taejung Kim and Jan-Peter Muller, *Image and Vision Computing*, 14(2):115-130
7. E. Baltasvias, S. Mason, and D. Stallmann, 1996 "Use of DTMs/DSMs and Orthoimages to Support Building Extraction", *Automated Extraction of Man-made Objects from Aerial and Space Images*, (edited by A. Gruen et al.), pp.199-210, *Birkhauser*
8. J.B. Burns, A.R. Hanson and E.M. Riseman, 1986, "Extracting Straight Lines", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(4):425-445
9. Taejung Kim, Seung-Ran Park, Moon-Gyu Kim, Soo Jung, Kyung-Ok Kim, Tracking road centerlines from high resolution remote sensing images by least squares

correlation matching, , Photogrammetric press), 2004  
 Engineering and Remote Sensing, (in

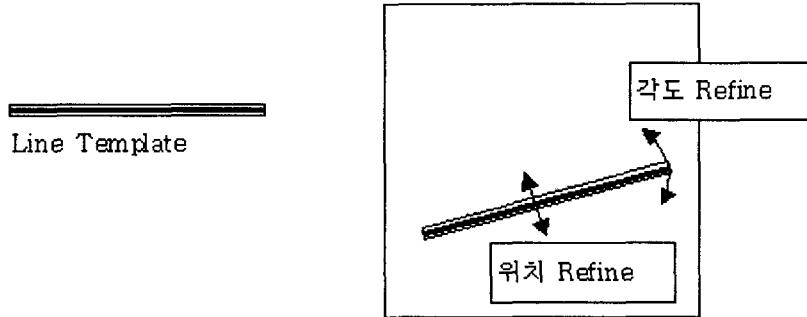


그림 3. 라인 템플릿 정합을 통한 건물 방향 및 위치 개선

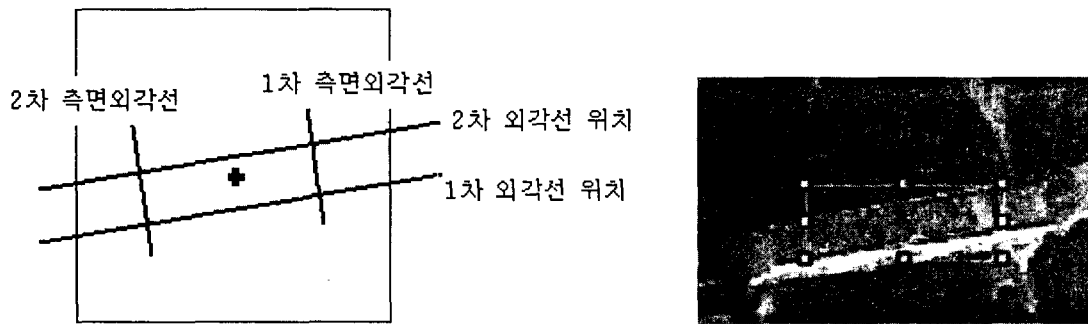


그림 4. 라인영상에서 추출된 건물외각선의 위치(좌)와 실제 영상에서의 결과(우)

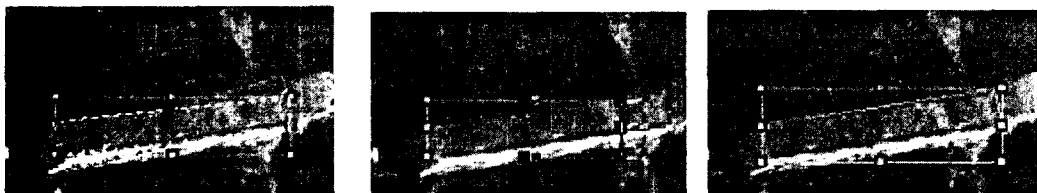


그림 5. 추출된 건물의 회전이동 (좌상), 크기조절 (우상) 및 위치이동결과 (하)

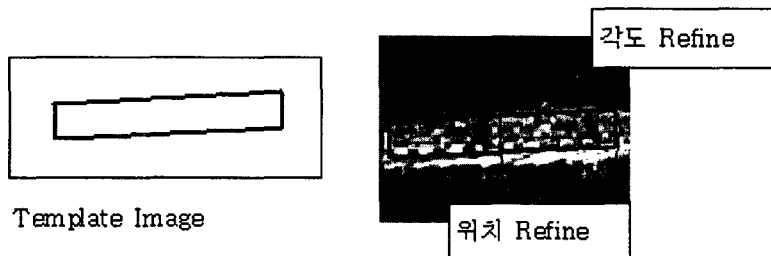


그림 6. 건물 외각선 템플릿 및 최소자승정합 과정