

이진영상에서 반자동 선형물 추출 기술

(Semi-Automatic Feature Extraction Technology From Binary Images)

박승란*, 김태정, 정수°, 김경옥°

Seung-Ran Park*, Taejung Kim, Soo Jeong°, Kyung-Ok Kim°

한국과학기술원 인공위성연구센터

Tel: +82-42-869-8634, Fax: +82-42-861-0064, E-mail: {srpark, tjkim}@satrec.kaist.ac.kr

* 한국전자통신연구원 공간영상정보연구팀

Tel: +82-42-860-6652, Fax: +82-42-860-4844, E-mail: {soo,kokim}@etri.re.kr

요약

본 논문에서는 Head-up Digitizing / Vectorizing 기술에 주로 사용되는 이진 영상으로부터 사용자의 초기 입력 좌표를 기준점으로 채택한 후 기준점을 중심으로 선형 및 벡터 형상을 추출하는 반자동 선형 추출 기술 개발에 관해 기술한다. 본 기술의 동작 과정을 살펴보면 다음과 같다. 사용자는 이진 영상에서 추출하고자 하는 선형 및 벡터 형상내의 한 좌표를 선택한다. 선택된 좌표는 기준점으로 채택되며, 이 기준점을 중심으로 네 방향으로 명암 값이 0인 픽셀들의 길이 및 orientation이 계산된다. 계산된 orientation을 바탕으로 폭넓이가 계산되고 초기 좌표가 보정된 후 폭넓이가 임계값을 만족시키면 동일한 선형물로 간주하여 추출 연산을 반복 수행하고, 폭넓이가 임계값을 벗어나면 새로운 선형물로 간주하고 추출을 중단한다. 즉, 채택된 기준점을 중심으로 동일한 명암값의 검색을 진행하여 기준값과 유사한 방향성 및 폭넓이 정보를 갖는 성분들의 중심 좌표를 선형물 추출 결과값으로 산출하는 기술이다. 본 기술을 통해 수작업으로 진행되던 지도 제작 및 Head-up Digitizing / Vectorizing 기술이 컴퓨터를 이용한 반자동 기술로 대체될 수 있으며, 이를 통해 많은 인원과 시간을 소모하여야 했던 좌표 지도 제작을 위성 영상을 이용하여 보다 쉽고 저렴한 가격으로 수행할 수 있는 방안을 제시할 수 있다.

1. 서론

본 연구는 IKONOS 위성영상 등의 1m 급 고정밀 광학 위성영상을 이용하여 선형 추출 알고리즘을 개발하고, 그 결과를 이용하여 수치지도 제작 시 수작업으로

이루어졌던 Digitizing/ Vectorizing 업무를 컴퓨터를 이용한 자동화 기법으로 전환하는데 목적을 두고 개발되었다.

현재까지 Vectorization 및 Skeletonization에 대한 연구는 다양하게 진행되어 왔다. 내접원을 이용한 vectorization 방법[1], Hilbert morphological skeleton transform 을 이용한 이진 영상에서의 object recognition 방법[2], 그리고 generic algorithm을 사용한 방법[3], curves fitting을 이용한 방법[4], block decomposition 과 contour vector matching을 사용한 방법[5]을 대표적인 연구 사례로 꼽을 수 있다.

위와 같은 연구 사례를 바탕으로 본 연구는 고정밀 광학 위성영상에서 보다 빠르고 정확한 vectorization 수행을 위하여 반자동 선형 추출 알고리즘을 제안하였다.

본 논문에서 개발하고자 하는 고정밀광학 위성영상에서의 선형 추출 알고리즘은 사용자의 초기 입력 좌표를 기준점으로 채택한 후 기준점을 중심으로 일정 요소값(위치 정보 및 밝기 값 정보, 크기 정보)을 만족시키는 선형 및 벡터 형상을 추출하는 기술이다.

본 기술의 수행 과정은 다음과 같다. 사용자는 이진 영상 가운데 추출하고자 하는 선형 및 벡터 형상내의 한 좌표를 선택한다. 선택된 좌표는 본 알고리즘의 기준점으로 채택되며, 이 기준점을 중심으로 추출을 시작할 방향과 폭 넓이 계산이 수행된다. 방향 결정과 폭 넓이 계산으로 얻어진 결과 값이 일정 임계값을 만족시키면 동일한 선형물로 간주되어 추출 기술이 계속 반복되고, 임계값을 벗어나면 새로운 선형물로

간주되어 추출 기술이 중단된다. 이때, 동일한 선형물로 간주되어 추출된 선형물의 중심 좌표는 Head-up Digitizing/Vectorizing 기술의 결과 값으로 채택된다.

선형물 추출이 진행되는 방향 결정은 선택된 기준점을 중심으로 네 방향(0°, 45°, 90°, 135°) 연결성을 고려하여 유사 명암 값들을 검색하고, 유사 명암 값의 빈도수를 기준으로 선형물 추출의 진행 방향을 결정한다. 즉, 네 방향으로의 명암 값이 0인 픽셀들의 길이를 계산하여, 최대값을 나타내는 방향을 선형물의 추출 방향으로 채택하고, 이를 바탕으로 초기 좌표의 orientation을 계산한다.

초기 좌표의 orientation이 계산되면, 이를 바탕으로 선형물의 폭 넓이가 계산되고 기준점이 보정된다. 또한, 계산된 폭 넓이가 초기 임계값을 만족시키면 동일한 선형물로 간주하고 추출 연산을 반복 수행하고, 임계값을 만족시키지 않으면 새로운 선형물로 간주하여 추출 연산을 중단한다.

즉, 본 기술은 사용자가 선택한 기준 좌표를 중심으로 동일한 밝기값의 검색을 진행하여 기준값과 유사한 방향성 및 폭 넓이 정보를 갖는 성분들의 중심 좌표를 보정하여 선형물의 중심 좌표로 반환하는 기술이다.

2. 알고리즘 설명

본 기술의 흐름도는 다음 그림 1과 같다.

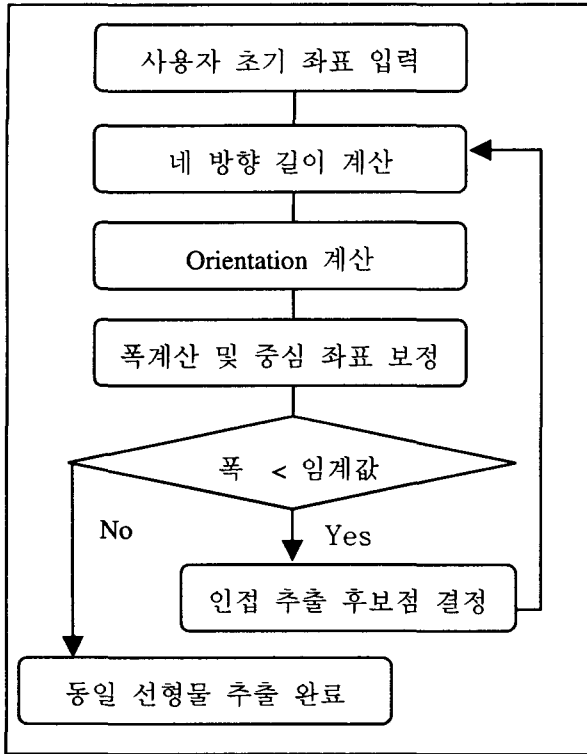


그림 1. 반자동 선형물 추출 기술 흐름도

2.1 사용자 초기 좌표 입력

사용자는 이진영상에서 추출을 원하는 선형물의 한 좌표를 초기 입력 좌표로 선택한다. 본 알고리즘은 초기 사용자 입력 값에 민감하지 않은 장점을 지니고 있다.

2.2 네 방향 길이 계산

사용자의 초기 좌표 값이 입력되면 이를 바탕으로 선형물 추출이 진행되는 방향을 결정한다.

선형물 추출 방향 결정은 사용자의 초기 좌표를 중심으로 네 방향(0°, 45°, 90°, 135°방향)으로 명암 값이 0인 픽셀들을 검색하여 픽셀 수를 계산한다. 각 방향에 대한 픽셀 검색이 종료되면, 네 방향의

픽셀 수를 비교하여, 가장 큰 값을 나타내는 방향을 검색 방향으로 결정한다.

즉, 0° 방향으로 명암 값이 0인 픽셀 수가 가장 크게 나오면, 진행 방향은 0° 방향으로 결정되고, 45° 방향으로 명암 값이 0인 픽셀 수가 가장 크게 검색되면, 45° 방향이 진행방향으로 결정된다. 90° 방향, 135° 방향도 이와 동일한 방법으로 결정된다.

그림 2는 네 방향으로 명암 값이 0인 픽셀들을 검색하여 최대 길이의 방향을 결정하는 그림이다. 그림 2에서는 명암 값 0인 픽셀들이 0° 방향으로 가장 크게 산출되어 x_length 가 진행 길이로 선택된 결과이다.

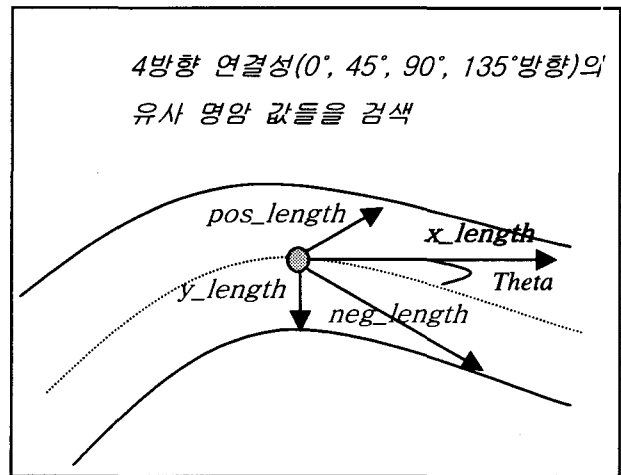


그림 2. 방향 결정 기술

2.3 Orientation 계산

선형물의 진행 방향이 결정되면, 이를 바탕으로 초기 좌표의 orientation을 계산한다.

orientation은 결정된 진행 방향에 따라 다음 두 가지 방법으로 계산된다. 먼저, 진행 방향이 0° 방향과 135° 방향으로 결정된 orientation은 식 1과 같이 계산된다.

$$Theta = \frac{pos_length * \cos 135^\circ}{x_length - pos_length * \sin 135^\circ}$$

-(식 1)

식 1에서 Theta는 orientation을 나타내며, pos_length는 135° 방향으로의 명암 값 0인 픽셀의 총길이, x_length는 0° 방향으로의 명암 값 0인 픽셀의 총길이를 나타낸다.

또한, 진행 방향이 45° 방향과 90° 방향에 대한 orientation은 식 2 와 같이 계산된다.

$$Theta = \frac{-neg_length * \cos 225^\circ - y_length}{neg_length * \sin 225^\circ}$$

-(식 2)

식 2에서 Theta는 orientation을 나타내며, neg_length는 45° 방향으로의 명암 값 0인 픽셀의 총길이, y_length는 90° 방향으로의 명암 값 0인 픽셀의 총길이를 나타낸다.

위와 같이 진행 방향 및 orientation이 결정되면, 이를 바탕으로 선형물의 폭 넓이 계산 및 중심 좌표 보정이 수행된다.

2.4 폭넓이 계산 및 중심 좌표 보정

선형물의 진행 방향 및 orientation이

결정되면, 결정된 진행 방향으로 명암 값이 0인 픽셀들을 추적하여 이를 바탕으로 식 3과 같은 방식으로 폭넓이를 계산하고 초기 좌표를 보정한다.

$$\begin{aligned} \text{폭넓이}(Radius) &= Zero_Value_length / 2; \\ \text{중심좌표}(CenterPoint) &= (StartPoint + EndPoint) / 2; \end{aligned}$$

-(식 3)

식 3에서 Radius는 계산된 폭넓이를 나타내며, Zero_Value_Length는 진행 방향에 따른 명암 값 0인 픽셀들의 길이를 나타낸다. 즉, 진행 방향이 0° 일 때는 x_length가, 45° 일 때는 neg_length가, 90° 일 때는 y_length가, 135°일 때는 pos_length가 Zero_Value_Length 값으로 선택된다.

식 3에서 CenterPoint는 결정된 진행 방향에서 명암 값이 0인 (시작 좌표 + 끝 좌표)/2 값으로 명암 값이 0인 양 끝 좌표의 평균 값이 계산되어 중심 좌표로 채택된다.

위와 같이 폭넓이 및 중심 좌표가 보정되면 추출의 반복적인 진행 결정을 수행하는 인접 추출 후보점 결정 기술이 수행된다.

2.5 인접 추출 후보점 결정

인접 추출 후보점 결정은 앞서 계산된

폭넓이를 기준으로 폭넓이의 가변율이 일정 범위를 만족시키면 동일한 선형물로 간주하여 인접 추출 후보점을 결정하고, 임계값을 만족시키지 않으면 새로운 선형물로 간주하고 추출 진행을 종료하는 기술이다.

즉, 폭넓이가 임계값을 만족하면 동일 선형물로 간주하고 식 4와 같이 인접 추출 후보점을 계산한다.

$$\begin{aligned} next_x &= CenterX + Radius * \cos(Theta); \\ next_y &= CenterY + Radius * \sin(Theta); \end{aligned} \quad - (\text{식 } 4)$$

식 4에서, next_x, next_y는 인접 추출 후보점의 초기 좌표가 되며, Radius는 초기 사용자의 입력 좌표를 바탕으로 계산된 선형물의 폭넓이값, CenterX, CenterY는 앞서 보정된 중심 좌표(CenterPoint), Theta는 orientation을 나타낸다.

식 4를 이용하여 인접 추출 후보점이 계산되면 이를 기준으로 방향 결정 단계부터 반복 수행되어 선형물의 다음 중심 좌표가 추출된다. 그러나, 폭넓이가 가변율이 일정 범위를 벗어나면 이는 새로운 선형물로 간주되어 연산은 중단되고, 새로운 선형물에 대한 초기 입력 좌표를 대기한다.

위와 같은 연산의 반복적인 수행으로 이진 영상에서 선형물의 중심 좌표를 반자동으로 추출 할 수 있다.

3. 실험

본 논문에서 구현한 반자동 형상 정보 추출 기술을 Head-up Digitizing /Vectorizing 기술이 적용되는 이진 영상에 적용시켜 보았다.

본 기술은 폭 넓이가 일정한 선형물에 대해서는 사용자의 초기 입력 좌표를 중심으로 양 방향으로 선형물의 중심 좌표 추출이 수행되도록 구현되었으며, 선형물의 폭 넓이가 급격히 변하는 곳에서는 새로운 선형물로 인식되어 수행되던 추출은 중단되고 새로운 사용자 입력을 대기하도록 구현되었다.

그림 3은 반자동 형상정보 추출 알고리즘을 적용한 결과 영상이다.

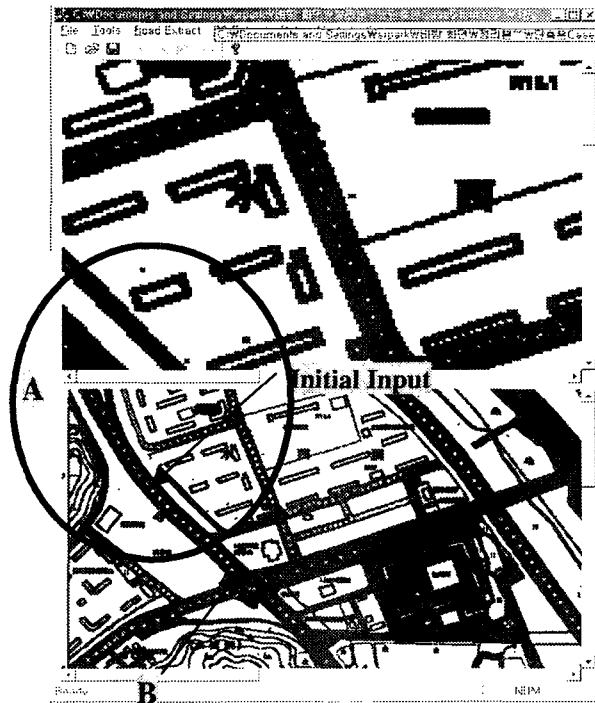


그림 3. 반자동 형상정보 추출 결과 영상

그림 3의 (A) 선형물을 살펴보면, 사용자의 초기 입력 좌표를 중심으로 양 방향으로 동일한 선형물에 대한 중심 좌표가 순차적으로 추출되었으며, (B) 와 같이 새로운 선형물과 인접된 위치에서는 선형물 (A)에 대한 추출이 중단된다.

4. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문은 이진영상에서 반자동 형상 정보 추출 기술에 대하여 기술하였다. 반자동 형상 정보 추출 기술은 사용자의 초기 입력 좌표를 기준으로 이와 유사한 명암 값 정보 및 위치 정보, 크기 정보를 나타내는 형상들을 반자동으로 추출하는 기술이다.

본 기술을 통해 수작업으로 진행되던 지도 제작 및 Head-up Digitizing / Vectorizing 기술이 컴퓨터를 이용한 반자동 기술로 대체될 수 있으며, 본 기술을 통해 많은 인원과 시간을 소모하여야 했던 좌표 지도 제작을 보다 쉽고 저렴한 가격으로 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 이진영상에서의 선형물의 특징을 분석하여 이를 이용한 골곡이 심한 선형물의 자동 추출 및 인접된 선형물의 독립적인 추출, 그리고 알고리즘의 자동화를 향후 연구 방향으로 제시한다.

5. 참고문헌

1. JOHN Y.CHIANG, S.C. TUE and Y.C.LEU,

1998, A new algorithm for line image vectorization, Pattern Recognition, Vol.31, No.10, pp.1541 – 1549.

2. Essam A, El-Kwae, Mansur R. Kabuka, 2000, Binary object representation and recognition using the Hilbert morphological skeleton transform, Pattern Recognition, Vol.33, pp.1621 – 1636.

3. Ke-Zhang Chen, Xi-Wen Zhang, Zong-Ying Ou, Xin-An Feng, 2003, Recognition of digital curves scanned from paper drawings using genetic algorithms, Pattern Recognition, Vol.36, pp.123 – 130.

4. HUNG-HSIN CHANG, HONG YAN, 1998, Vectorization of hand-drawn images using piecewise cubic bezier curves fitting, Pattern Recognition, Vol.31, No.11, pp.1747 – 1755.

5. KUO-CHIN FAN, DEN_FONG CHEN, MING-GANG WEN, 1998, Skeletonization of binary images with nonuniform width via block decomposition and contour vector matching, Pattern Recognition, Vol.31, No.7, pp.823 – 838.