

도시교통 환경분석을 위한 위성영상정보 처리 모폴로지 연산 기법의 적용

오세경·이기원

한성대학교 대학원 정보시스템공학과

Phone : +82-2-760-4254

E-mail : {skoh, kilee}@hansung.ac.kr

요 약

모폴로지 영상처리기법을 이용하여 영상내 물체의 외곽선을 추출하는 연구는 최근까지 여러 가지 목적을 위하여 이루어져 왔다. 최근 고해상도 영상의 적용이 여러 민간 수요 분야에서 일반화 되면서 도시교통 환경 분석을 위한 방법으로 모폴로지 연산을 적용하고자 하는 연구가 시도되고 있다. 본 연구에서는 고 해상도 영상으로부터 주요 지형지물 정보를 추출하고 분석하기 위하여 이진(Binary) 모폴로지 처리와 명암(Gray-scale) 모폴로지 연산을 Visual 환경 하에서 운영 가능한 프로그램으로 개발하였다. 각각의 처리 결과에 대해서는 보다 나은 결과를 얻기 위해 잡음 제거 기능을 추가하였고, 명암 모폴로지 처리에서는 영상의 히스토그램을 사용자가 확인하고 경계치 영역 제거를 통하여 적용 목적과 영상의 조건에 따라 보다 좋은 결과를 추출할 수 있도록 하였다.

1. 서론

모폴로지 영상처리기법을 이용하여 영상내 물체의 외곽선을 추출하는 연구는 최근까지 여러 가지 목적을 위하여 이루어져 왔다 (권 준식 등, 2000). 또한 최근 고해상도 영상의 적용이 여러 민간 수요 분야에서 일반화 되면서 도시교통 환경 분석을 위한 방법으로 모폴로지 연산을 적용하고자 하는 연구가 시도되고 있다 (Donnay *et al.*, 2001).

본 연구에서는 고 해상도 영상으로부터 주요 지형지물 정보를 추출하고 분석하기 위하여 이진(Binary) 모폴로지 처리와 명암(Gray-scale) 모폴로지 연산 알고리즘 (강 동중, 하 종은, 2003)을 Visual 환경 하에서 운영 가능한 프로그램으로 수정하여 개발하였다. 개발 프로그램의 적용 예시를 위하여 구리시를 지나는 고속도로

주변지역과 서울 성북구 주변에 대한 고 해상도 위성영상인 IKONOS 부분 데이터를 이용하여 실험을 수행하였다

2. 연구 방법

도시교통 환경분석 과정중 사용자의 주관적인 점을 배제하고 보다 분석적으로 처리하기 위하여 위성영상정보 처리기반의 모폴로지 연산을 적용하였다. 모폴로지 기법은 위성영상으로부터 미리 기하학적 형태를 알고 있는 지형지물의 정보를 반영하여 영상 내에서 분석하고자 하는 지형지물의 구조의 본질적인 요소를 표현하는데 이용된다. 위성영상으로부터 지형지물을 추출하기 위하여 본 연구에서 시험적으로 구현한 프로그램은 이진(binary) 모폴로지 처리와 명암(gray-scale) 모폴로지 처리이다.

Dong(1997)과 Costa *et al.*(2001)등은 지형지물 추출 목적으로 모폴로지 연산기법에 대한 수학적 배경을 정리하고 일부 사례를 제시한 바 있으나, 도심 지역의 분석 기법으로 고해상도 영상 정보에 대한 직접적인 예시를 적용한 경우가 현재까지는 그리 많지 않다.

2.1 이진(binary) 모폴로지 처리

이진 모폴로지 처리는 흑색(0) 또는 백색(255)의 둘 중의 하나의 밝기값을 가지는 화소들로 구성된 입력 영상을 각각의 입력 화소 위치에서 그 화소와 그 주변의 화소들은 논리적으로 형태학적 마스크와 비교하여 출력 화소의 논리값을 결정하는 것이다. 결과 영상에서 출력 화소의 논리값 0은 흑색으로 1은 백색으로 표현된다.

2.1.1 침식(erosion)

침식 처리는 물체의 크기를 그 배경과 관련하여 일정하게 줄여 주는 것으로서 이진 영상에서 물체는 백색(1) 화소를 가지고 배경은 흑색(0)을 가진다고 할때 일반적인 침식 마스크는 다음과 같다.

$$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

모폴로지 처리 과정은 개개의 화소 밝기를 해당되는 마스크값과 비교하는데 9개의 모든 화소들이 그들의 마스크값들과 일치되면, hit(1, 백색)가 하나의 화소라도 그 마스크값과 일치하지 않으면 miss(0, 흑색)으로 결정된다. 그림 1은 각각의 입력 화소가 침식 처리 후 변하는 것을 설명한다.

- 입력 화소값 = 1, 인접 화소값 = 1
Hit; $O(x, y) = 1$
- 입력 화소값 = 0, 인접 화소값 = 0
Miss; $O(x, y) = 0$
- 입력 화소값 = 0, 인접 화소값 = 0과 1의 혼합
Miss; $O(x, y) = 0$
- 입력 화소값 = 1, 인접 화소값 = 0과 1의 혼합
Miss; $O(x, y) = 0$

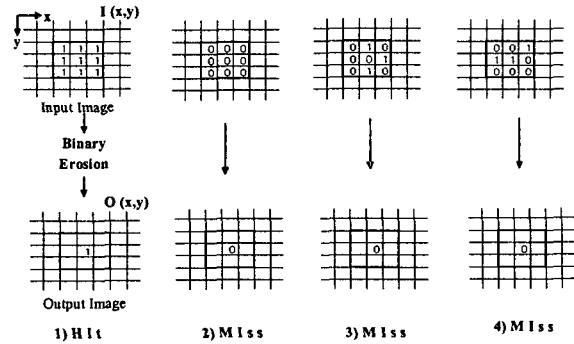


그림 1. 입력 화소와 주위 화소들의 차이

또한 그림 2는 영상정보 내에서 구조 요소가 침식 처리 후 변하는 양상을 나타낸다.

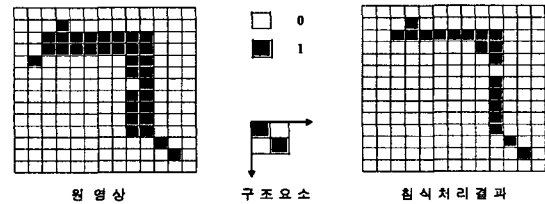


그림 2. 침식 처리에 의한 변화

2.1.1 팽창(dilation)

팽창 처리는 침식 처리와 반대로 물체의 크기를 그 배경과 관련하여 일정하게 늘여 주는 것으로서 이진 영상에서 물체는 백색(1) 화소를 가지고 배경은 흑색(0)을 가진다고 할때 일반적인 침식 마스크는 다음과 같다.

$$\begin{matrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

팽창 처리의 과정은 그림 1과 유사하고 영상정보 내에서 구조 요소가 팽창 처리 후 변하는 양상은 그림 3과 같다.

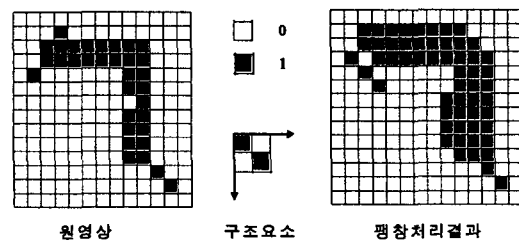


그림 3. 팽창 처리에 의한 변화

2.2 명암(gray-scale) 모폴로지 처리

명암 모폴로지 처리는 이진 모폴로지와 같이 0 또는 255 값의 단순한 화소 밝기 값을 가지는 양음으로, 일반적으로 단일 화소 너비의 물체 경계선을 생성하지 못한다. 이에 보통 이진 모폴로지 처리가 뒤따르나 본 연구에서는 영상정보의 히스토그램을 출력하고 이를 수정할 수 있도록 하여 보안하였다.

명암 모폴로지 처리 역시 주된 처리 과정은 침식과 팽창 처리이다. 명암 모폴로지 처리는 입력 영상 내의 모든 화소는 그 근방 8개의 화소들과 평가되어 그 결과 화소값을 생성하는데 침식 처리의 경우 마스크값은 -255에서 0의 범위를 가질 수 있으나 일반적으로 0값을 가진다. 그 출력값은 9개의 모든 가수들 중에서 최소값으로 결정되어 밝은 물체를 어둡게 하는 효과와 동시에 그 크기를 작게 한다. 반면 팽창 처리의 경우 마스크값은 0에서 255의 범위를 가지나, 일반적으로 침식 처리와 같이 0값을 가진다. 그 출력값은 9개의 모든 가수들 중에서 최대값으로 결정되어 밝은 물체를 더 밝게 하는 효과와 더불어 그 크기를 팽창시킨다.

변형들을 제거하여 원래의 물체 형상과 그 크기를 유지하면서 물체 외곽선의 평활화한다. 반면에 폐쇄 처리는 침식처리에 뒤이은 팽창 처리로서 단일 화소 단위의 이상 물체들을 채워 작은 틈새들을 채움으로서 개방 처리와 같이 물체 외곽선을 평활화한다.

명암 모폴로지 처리에서의 개방은 명암 팽창 처리에 뒤이은 명암 침식 처리로서 물체 원래의 형상과 크기를 유지하면서 작은 물체들을 어둡게 하고 잡음 성분과 같은 단일 화소 물체들을 제거한다. 반면에 폐쇄 처리는 침식 처리에 뒤이은 팽창 처리로서 물체 원래의 형상과 크기를 유지하면서 작은 물체를 밝게 하고 작은 물체들을 채운다.

3. 프로그램 구현

본 연구에서 모폴로지 처리를 위해 Visual 환경하에 작성된 사용자 인터페이스는 그림 4와 같다. 여기서 사용된 대상 지역과 위성영상은 IKONOS 영상의 구리 지역 고속도로이다.

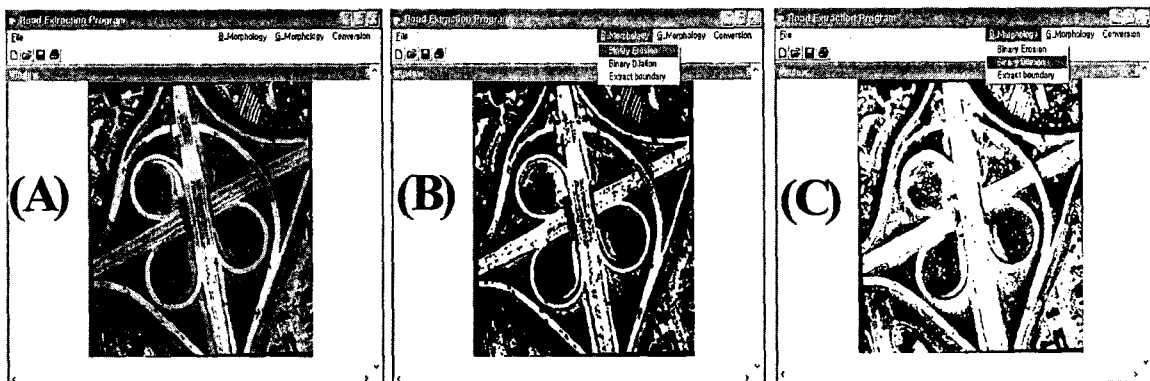


그림 4. 사용자 환경과 이진 처리 과정

2.3 개방(Opening)과 폐쇄(Closing)

이진 모폴로지 처리에서의 개방 처리는 이진 팽창 처리에 뒤이은 이진 침식 처리로서 침식과 같이 그 영향이 작은 돌출부나 잡음 조각들과 같은 단일 화소 물체의

3.1 이진 모폴로지 처리 구현

구현된 프로그램의 메인 메뉴는 B_Morphology, B_Morphology, Conversion, Noise removal 등으로 구성되어 있다.

B_Morphology 메뉴의 하위 메뉴로 침

식, 팽창, 개방 및 폐쇄를 이용한 Road Extraction을 구현하였고, G_Morphology 메뉴의 하위 메뉴 역시 침식, 팽창, Road Extraction을 구현하였고 추가적으로 히스토그램의 확인 및 편집 기능을 추가 하였다. 각각의 결과 영상의 화소값을 전환하기 위한 Conversion 과 잡음을 제거하기 위한 Noise removal 기능을 구현하였다. 그림 4-(A)는 대상 지역의 위성영상 정보를 호출한 것이고, 그림 4-(B)는 Binary Erosion 기능으로 원본 위성영상정보의 이진화 그리고 침식을 한 결과이다. 그림 4-(C)는 Binary Dilation의 기능으로 원본 위성영상정보의 이진화 그리고 팽창을 한 결과이다.

그림 5는 Extract Boundary 기능으로 팽창(그림 4-(C)) 영상에서 침식(그림 4-(B)) 영상을 차연산 한 뒤에, 지형 지물 경계의곽선을 추출한 결과에 Conversion 기능으로 영상내에 존재하는 화소값을 전환한 결과이다.



그림 5. 이진 연산과 화소 값 역상 전환 결과

그림 7-(A)는 Gray Boundary 기능으로 팽창(그림 6-(A)) 영상에서 침식(그림 6-(B)) 영상을 뺀 것이고 그림 7-(B)는 결과 영상의 히스토그램을 출력하여 밝기 값의 제거할 수치를 입력하여 히스토그램을 수정 할 수 있는 것을 보여준다.

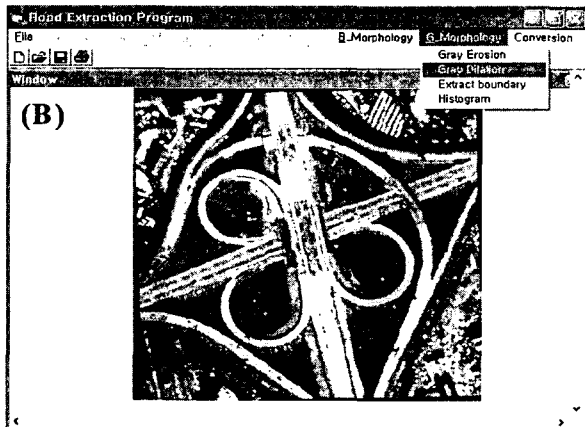
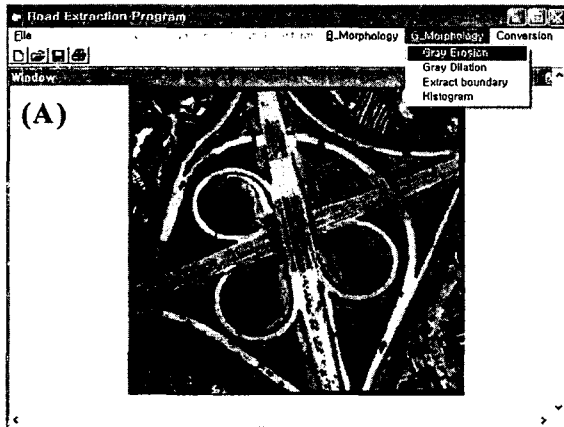


그림 6. 명암 모폴로지 처리과정

3.2 명암 모폴로지 처리 구현

그림 6-(A)는 Gray Erosion 기능으로 원본 위성영상정보의 그레이화 그리고 침식을 한 결과이고, 그림 6-(B)는 Gray Dilation 기능으로 원본 위성영상정보의 그레이화 그리고 팽창을 한 결과이다.

히스토그램 수정 결과는 그림 8-(A)에서 나타나고 그림 8-(B)는 Conversion 기능으로 밝기 화소값을 전환한 것이다.

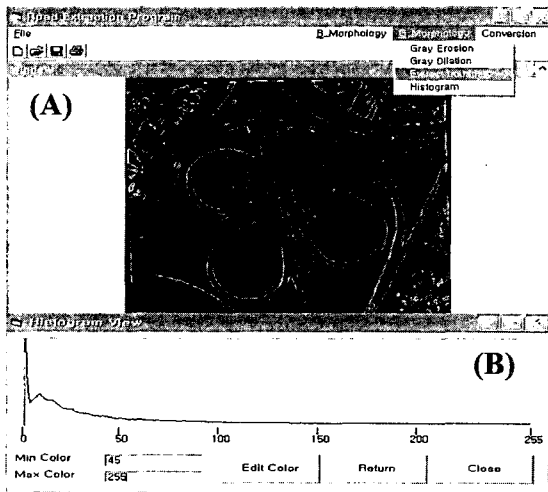


그림 7. 지형지물 외곽선 추출과 히스토 그래프
(명암 모폴로지)



그림 9. 한성대 지역의 IKONOS 영상

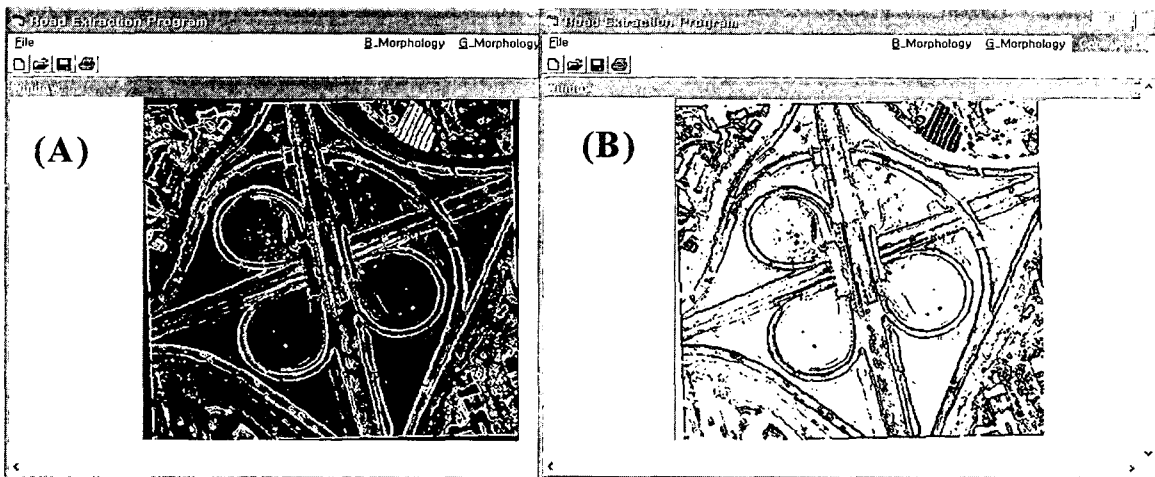


그림 8. 화소값 전환

4. 지형지물의 경계선 추출적용

본 연구에서 적용 지역은 서울 성북구 주변 지역이며 사용 영상은 고해상도 위성영상인 IKONOS를 사용하였다. 그림 9은 원본 영상인 대상 지역의 IKONOS 영상의 부분 영상이다. 그림 10는 원본 영상에 이진 모폴로지를 적용하여 지형지물의 외곽선을 추출한 뒤에, 인접 화소의 연결성을 확인하는 방법으로 잡음을 제거한 결과이다.

한편 그림 11는 명암 모폴로지를 적용하여 영상 내 존재하는 지형지물의 외곽선

을 추출한 뒤에 히스토그램 분석으로 일종의 화소 밀도 경계를 제거하고 같은 방법으로 잡음으로 제거한 결과이다.

5. 결론

본 연구에서는 이진 모폴로지와 명암 모폴로지를 이용하여 영상 내 지형지물의 선구조를 자동으로 추출하는 소프트웨어를 개발하고, 두 지역의 부분 영상에 실제로 적용해 보았다. 이진 모폴로지와 명암 모폴로지 처리는 같은 목적으로 개발된 기존의 허프 변환 방법과 GDPA 알고리즘을 이용하여 선구조를 추출하는 방법(Ryu

et al., 2003)에 비해 빠른 연산 속도를 갖는 중요한 장점이 있다.



그림 10. 지형지물 외곽선 추출(이진 모폴로지)



그림 11. 지형지물 외곽선 추출(명암 모폴로지)

또한 허프 변환 방법과 GDPA 알고리즘에서는 사용자 입력 변수를 필요로 하나 본 연구의 모폴로지 처리는 사용자의 주관적인 판단이 배제된 객관적인 선구조 자동 추출 방법이다. 명암 모폴로지 처리에서 히스토그램 편집을 이용하여 단순히 명암 모폴로지 처리 결과 영상 보다 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 또한 동일 지역의 영상 촬영 시간상의 차이를 갖는 여러 영상을 본 연구 프로그램을 이용하면 시대상

지형지물의 변화를 탐지 할 수 있을 것이다. 각각의 처리 결과에 대해서는 보다 나은 결과를 얻기 위해 잡음 제거 기능을 추가하였고, 명암 모폴로지 처리에서는 영상의 히스토그램을 사용자가 확인하고 경계치 영역 제거를 통하여 적용 목적과 영상의 조건에 따라 보다 좋은 결과를 추출할 수 있도록 하였다. 모폴로지 처리를 이용하여 영상내 물체의 외곽선을 추출하는 연구는 다양하게 이루어져 왔으나, 최근 고해상도 영상이 일반화 되면서 기존의 모폴로지 처리가 도시 및 교통 환경분석에 효과적으로 이용 가능해 질 것으로 기대된다.

참고문헌

- 권 준식 등 (공역), 2000, 디지털 영상처리: 이론 및 실제, 홍릉과학출판사, 447pp.
- 강 동중, 하 종은, 2003, Visual C++을 이용한 디지털 영상처리, 사이텍미디어, 420pp.
- Costa, R. D. and Starskey, J., 2001, PhotoLin: a program to identify and analyze linear structures in aerial photographs, satellite images, and maps, Computers & Geosciences, 27, pp. 527-534.
- Dong, P, 1997, Implementation of Mathematical Morphology Operations for Spatial Data Processing, Computers & Geosciences, 23, pp. 103-107.
- Donnay, J.-P., Barnsley, M. J. and Longley, P. A., 2001, Remote Sensing and Urban Analysis, GISDATA 9, Taylor and Francis, 268pp.
- Ryu, H. Y., K. Lee, and B.-D. Kwon, 2003, Comparative Study of GDPA and Hough Transformation for Automatic Linear Feature Extraction, ACRS-ISRS 2003 Proceeding.