

지도영상에서의 도로정보 자동추출 알고리즘

김기순[†]·김준식^{††}

요 약

본 논문에서는 지도영상의 도로정보를 자동으로 추출할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 복잡한 지도영상에서 도로영상만을 추출한다. 추출된 영상은 세선화 방법에 의해 도로의 골격만으로 이루어진 영상으로 변환된다. 세선화된 영상은 여러 종류의 문제점을 포함한다. 이러한 문제점을 보정하기 위해 도로의 특성을 나타내는 Rutovitz 연결수에 의해 분류된 후 도로특성에 따라 개별적인 보정이 이루어진다. 여러 가지 지도영상에 대한 실험결과를 통해 제안한 방법의 유효성을 입증하였다.

An Automatic Extraction Algorithm of Road Information in a Map Image

Kee-Soon Kim[†] · Joon-Seek Kim^{††}

ABSTRACT

In this paper, we propose an algorithm which can automatically extract the road information in a map image. The proposed method extracts the road image in the complex map image. The extracted image is converted into the skeleton image by thinning method. The converted image contains various problems. In order to correct these problems, after the road is classified by the number of Rutovitz-connectivity which represents the characteristic of road, those are respectively corrected according to the road characteristic. In the simulation, the proposed method has obtained good results for the various type of map images.

1. 서 론

컴퓨터 관련 산업의 발전에 따라 컴퓨터 매핑 시스템(CMS : Computer Mapping System) 분야도 크게 발전하였다. 특히, 차량항법장치(CNS : Car Navigation System)의 개발과 함께 도로 정보의 가치가 높아지고 있으며, 양질의 도로 정보를 필요로 하게되었다. 따라서 지도 내의 지형정보를 선, 문자, 그리고 기호 등으로 분리하고, 체계적으로 저장하는 수치지도(digital map) 제작에 많은 연구가 집중 되어있다[1]. 지금까지

의 수치화 작업들은 대부분 수작업에 의존하기 때문에 많은 시간과 경비 그리고 많은 인력이 소요되었다. 이런 문제점을 해결하기 위해서 수치지도를 자동으로 제작할 수 있는 시스템 구현이 필수적이다. 이러한 자동 컴퓨터 매핑 시스템은 객관적이고, 작업속도가 빠르다는 장점이 있지만 도로, 문자, 기호, 기타 등의 복합적인 지도에서 도로성분과 문자성분 그리고 기호성분 등을 일괄적으로 분리하기란 대단히 어려운 작업이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 각 성분들의 유사성을 고려하여 모듈화하고, 모듈별로 추출하는 방법을 사용하고 있다. 지도상의 선 성분들은 자동 벡터변환 방법으로 추출하고, 문자나 숫자의 경우 문자 인식기를 통해 인식하고, 지도상에 나타나는 다른 기호나, 각종 도

[†] 준회원 : 호서대학교 대학원 전자공학과
^{††} 정회원 : 호서대학교 전기공학부 전자전공 교수
논문접수 : 2000년 3월 22일, 심사완료 : 2000년 7월 31일

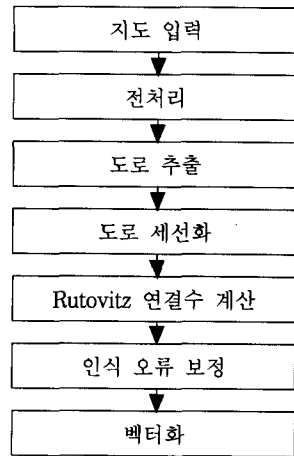
형들은 신경망을 이용한 학습에 의해 인식하는 방법들이 많이 연구되고 있다[2]. 기존의 연구방법들은 도로 정보를 자동 추출 후 보정단계에서 수작업의 개입으로 시간, 경비 그리고 수치지도의 정확성에 문제가 발생하였다. 따라서 본 논문에서는 도로정보 자동 추출 후 보정단계에서 벡터화까지 수작업의 개입없이 자동으로 벡터화하는 방법을 제안하였다. 국립지리원에서 발행한 1/5,000 축척의 지형도를 명암영상(grayscale image)으로 입력하여 전처리 과정에서 이진 영상 변환, 잡영 제거 등의 과정을 거치게 된다. 전처리 과정을 마친 지도영상에 대해 세션화 알고리즘을 적용하여 세션화 영상으로 변환하고, 세션화 영상에 Rutovitz 연결수(Rutovitz connectivity number)[3] 알고리즘을 적용하여, 세션화 영상을 이웃 화소와의 연결수 값을 갖는 데이터로 변환하게 된다. 이 연결수 데이터를 이용하여 도로번호에 의한 오류, 문자정보에 의한 오류, 세션화 알고리즘이 갖는 특성에 의해 교차로에서 발생하는 문제점등을 보정하고, 교차로와 도로 세그먼트 데이터를 저장하여 수치지도를 자동으로 구축한다. 본 논문에서는 컴퓨터 매핑 시스템에서 필수적인 도로정보를 자동으로 추출하는 방법을 제안하고 모의 실험을 통하여 검증하였다.

2. 시스템 구성 및 전처리

본 논문에서는 최근에 사회적으로 많은 관심의 대상이 되고 있는 자동차 항법장치(CNS : Car Navigation System)나 지능형 교통관제 시스템(ITS : Intelligent Traffic System)등에서 사용할 수 있는 수치지도 구축을 주목적으로 하고 있기 때문에 이를 위하여 지도상에서 추출되어야 할 부분은 도로, 교차로, 그리고 터널과 같은 도로 영역이고, 이외의 부분들은 잡영으로 모두 제거한다. 도로영역을 제외한 영역들을 완전하게 제거할 수 있다면, 추후에 도로 영역의 인식뿐 아니라 문자영역이나, 기호등을 인식하기 위해서 모듈별로 분리 인식하는 것이 가능하게 될 것이다.

본 논문에서는 국립지리원에서 발행하는 1/5,000 축척의 천안지역 지도를 선택하였다. 현재 국립지리원에 의해 제공되는 1/5,000 축척의 국가 기본도는 실측도로서 객관적이고, 국가 기본도중 축척이 가장 크고, 위치 정보가 정확하여 도로정보를 잘 나타내고 있다[4]. 또한, 국가 지리정보시스템(NGIS : National Geographic

Information System)에서 사용되는 축척과 연계할 수 있고, 자동차 자동항법시스템이나 지능형 교통제어시스템 등의 응용을 위해 도로정보의 정확성, 데이터 용량, 소축척으로의 변환 등을 고려하여 1/5,000 축척을 선택했다. 본 논문에서 제안한 방법의 개략적인 처리 과정은 (그림 1)과 같다. Hewlett Packard ScanJet 3C 스캐너를 이용하여 150dpi의 해상도를 갖는 256 level의 명암영상을 512×512 크기로 취득하여 입력영상으로 사용하였다. 지도 영상에서 도로정보를 효과적으로 추출하기 위하여 전처리 과정에서 이진화[5, 6]와 불필요한 잡영들의 제거가 이루어진다. 이진화 영상에 세션화 알고리즘을 적용하여 세션화하고, 세션화 영상에 Rutovitz 연결수 알고리즘을 적용하여 전체 영상을 연결성분 데이터로 변환하고, 도로번호 및 잡영에 의한 끊김, 각 교차로에서 발생하는 문제점 등을 보정하는 단계를 거치고, 도로데이터를 벡터화 한다.

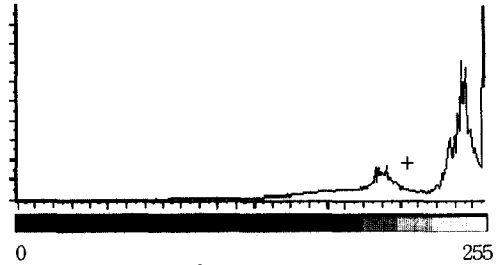


(그림 1) 도로정보 추출 과정

2.1 지도의 이진화

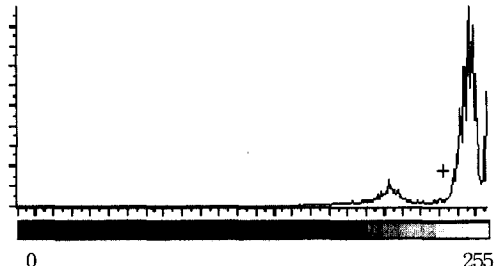
현재 우리가 쉽게 접할 수 있는 칼라지도는 국립지리원에서 발행한 지도를 필요에 따라 많은 정보를 추가한 경우이기 때문에 사용이 거의 불가능하다. 또한 국립지리원에서 발행한 칼라지도의 경우는 지도영상을 입력하기 위해 150dpi 이상의 해상도로 스캐닝을 했을 경우 데이터를 저장할 공간이 많이 필요하게 되며, 처리시간은 별 문제가 되지 않지만 부하가 많이 걸리게 되고, 전자지도 즉, 수치지도를 만들기 위해서는 세션화를 하는 것이 효율적이기 때문에 처음부터 칼라 지

도영상보다는 명암 지도영상을 가지고 처리를 했다. 예로, 자동차 자동항법시스템에서 두 가지 데이터를 사용하면 효율적이다. 모니터에는 칼라 지도 데이터를 사용하여 시각적인 디스플레이를 하고, 시스템 내부적으로 세션화된 수치지도 데이터를 이용하면 시스템의 처리 성능을 높일 수 있기 때문이다. 명암 지도영상을 이진화하기 위해 전역적 이진화 방법을 사용해서는 정확한 도로 정보를 추출해 낼 수 없다. 따라서 지도영상의 특성을 알아보기 위해 지도 영상에 대한 히스토그램을 분석해 보면, (그림 2(a))는 도시지역과 같이 도로가 많이 나타나는 지도의 대표적인 히스토그램이며, (그림 2(b))는 농촌지역과 같이 도로가 적게 나타나는 지도의 대표적인 히스토그램을 나타내고 있다. (그림 2(a), (b))에서 공통점은 두 개의 최대값과, 한 개의 계곡점을 가지는 것이다. 각 그림에서 왼쪽의 최대값은 도로성분을 나타내고, 오른쪽의 최대값은 배경성분을 나타내고 있다. 계곡점 부분에 나타나는 “+” 표시는 각 히스토그램의 평균값을 나타내고 있다. 본 논문에서 실험적으로 여러 입력 영상의 히스토그램을 비교 분석한 결과 도로가 많이 포함된 경우와 도로가 적게 포함된 경우의 히스토그램이 (그림 2(a), (b))와 같이 평균적으로 나타나는 것을 확인했다. 그리고, 왼쪽 최대값을 기준으로 도로성분의 명암값들이 밀집되어 더욱 불룩해진다든 사실과 평균값이 계곡점 주위에서 나타난다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한 도로성분이 지도상의 다른 문자나 건물 성분보다 분산이 현저히 낮다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서는 입력 영상의 각 화소값, 평균값 그리고 분산값을 이용한 K-평균 알고리즘(K-means algorithm)[7]을 적용하여 이진화 하였다. K-평균 알고리즘은 전체 영상이 전역적 이진화 방법에 의해 이진화가 어려울 경우에 클러스터링(clustering) 방법으로 이진화하는데 사용하기 알맞은 알고리즘이다. 이진화 지도 영상에서 도로 정보를 추출하는데 있어서 추출된 도로의 양변이 잡영에 의해 도로가 울퉁불퉁하여 매끄럽지 않게 나타나거나, 도로 내부에 구멍이 생기는 오류가 발생한다. 이러한 형태의 오류를 모폴로지(morphology) [8-11]를 적용하여 최소화하였다. 모폴로지는 영상의 윤곽이나 골격같은 영역의 특징을 기술하는데 유용하기 때문에 영상신호처리 분야에서 영상분할, 비선형 특성을 이용한 잡음제거 필터링, 영상인식 등에 응용되고 있는 알고리즘이다.



평균 : 216
표준편차 : 42.02

(a) 도로정보가 많은 지도영상



평균 : 231.93
표준편차 : 28.83

(b) 도로정보가 적은 지도영상

(그림 2) 도로정보의 포함된 양에 따른 지도영상의 히스토그램

2.2 도로의 세션화

잡영이 제거된 이진영상에서 도로정보만을 추출해 벡터화 하기 위해서는 도로의 특징을 찾아야 한다. 그러기 위해서는 이진영상에서 폭이 넓게 나타나는 도로 부분의 선 요소를 추출해야 하는 단계를 거친다. 지도의 이진 영상에서 선 요소를 추출하는 여러 가지 알고리즘이 제안되었다[12, 13]. 지금까지 많이 연구되어 온 방법들은 윤곽선 추적(contour tracing), 거리 변환(distance transform), 선분 추적(line tracking), 세션화(thinning) 등의 방법들이다[2]. 이 방법들은 서로 관련이 있으며, 위의 방법들을 조합하여 하나의 시스템을 구성하기도 한다. 본 논문에서는 4-인접 연결값을 이용한 병렬 세션화 알고리즘인 4-WPTA(Won's Parallel Thinning Algorithm)[14]을 사용하여 세션화한다. 이 알고리즘은 각 화소들 간의 연결성을 나타내는 연결값을 이용하여 세션화 함으로써 병렬성 구현이 용이하며, 세션화된 결과는 1화소 두께가 되어, 이후 단계에서 교차로 정보를 추출하는데 유용하게 사용될 수 있으며,


결과값이 수치정보로 표현되므로 벡터화를 통한 수치 지도 작성에 적당한 알고리즘이다.

3. 도로정보 추출

교차로란 하나의 흑화소를 중심으로 3개 이상의 도로 세그먼트가 만나는 점을 말한다. 여기서 세그먼트는 세선화 영상에서 하나의 도로를 구성하는 부분을 말하며, 현재 세선화 영상에서 도로 세그먼트를 구성하는 경우는 영상의 가장자리에 걸려있는 세그먼트를 제외하고, 한 개 또는 두 개 이상의 교차로와 연결되어 있어야 한다. 그리고 세선화 영상의 가장자리에 걸려 있는 경우에도 현재 입력된 영상은 전체가 아니라 일부분을 스캐닝 한 지도 영상이므로 적어도 하나 이상의 교차로와 연결될 것이다. 본 논문에서는 이렇게 모든 도로 세그먼트들은 적어도 하나 이상의 교차로와 연결되어 있다라는 가정을 하고 교차로와 도로 세그먼트 검색을 시작한다. 만약 세선화 영상에서 가장자리에 걸려 있는 도로를 제외하고 최소한 하나의 도로와도 교차하지 않으면 도로 세그먼트로써 인정하지 않았다. 이렇게 도로 세그먼트를 정의하고, 다음으로 세선화 영상에서 교차로 화소를 찾아야 한다. 이 단계에서는 세선화 영상의 전체 흑화소에 대해 Rutovitz 연결수를 적용하여 해당 흑화소가 세그먼트에 해당하는지 교차로에 해당하는지를 판별하여 세그먼트와 교차로 화소를 구분하여 저장한다. 이렇게 도로 세그먼트와 교차로를 구분하여 저장을 마친 세선화 영상에서 다음 과정은 세선화 영상을 만드는 과정에서 세선화 알고리즘의 특성상 발생한 문제점을 보정 해주어야 한다. 문제점이 나타나는 대부분의 장소는 세선화 알고리즘의 취약점으로 알려져 있는 폭이 큰 도로와 폭이 좁은 도로가 만나는 교차로와 도로에 근접하게 존재하는 기호에 의해 만들어진 세선화 영상의 결가지, 그리고 도로 상에 도로 번호가 위치해 있어 도로에 끊김 현상이 있는 부분에서 인식 오류가 발생한다. 이렇게 발생한 문제점을 도로 세그먼트와 교차로 데이터를 이용하여 보정한다.

3.1 도로 세그먼트와 교차로 검색

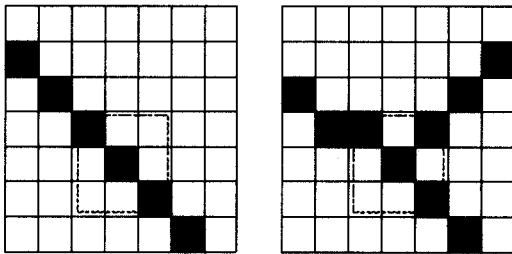
세선화 영상에서 도로정보를 추출하기 위하여 도로 세그먼트와 교차로를 검색한다. 이렇게 검색된 데이터를 이용하면 도로에 대한 기본적인 벡터화가 이루어질

x_3	x_2	x_1
x_4		x_0
x_5	x_6	x_7

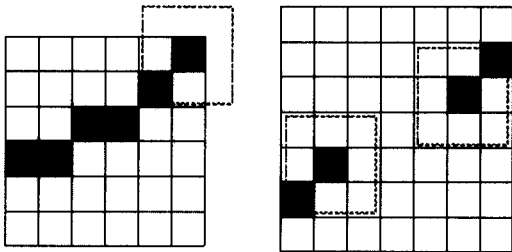
(그림 3) 3×3창의 연결 화소

수 있다. 우선 세선화 영상의 전체 화소를 대상으로 스캐닝하여 도로정보에 해당하는 화소들의 Rutovitz 연결수를 구한다. 이렇게 구해진 Rutovitz 연결수를 이용하여 현재 화소의 좌표를 구하고, 교차로와 도로 세그먼트 정보를 추출한다. 연결수는 검색 대상화소의 주위 이웃 화소에 어떻게 연결되어 있는가를 분류할 때 이용된다. 연결수를 찾는 방법으로 Yokoi 연결수 [15], Rutovitz 연결수 등 여러 종류가 있다. 이런 방법들 중에서 세선화 영상의 도로 세그먼트와 교차로 정보를 검색하기 위해 Rutovitz 연결수 방법을 사용하였다. Rutovitz 연결수는 (그림 3)에서와 같이 세선화 영상의 중심 화소(p)가 흑화소일 때 주위의 8개 화소를 이동하면서 검색하여 백화소로 부터 흑화소로 또는 흑화소로 부터 백화소로 변화가 일어나는 횟수를 총합한 것이다. 이상과 같은 Rutovitz 연결수를 이용하여 세선화 영상에서 도로 세그먼트와 교차로 정보를 추출할 수 있다. 이렇게 Rutovitz 연결수를 갖는 세선화 영상 전체를 대상으로 스캐닝하면서 도로정보 화소들의 Rutovitz 연결수를 구하여 버퍼에 저장한다. 이 버퍼는 세선화 영상의 크기와 같은 크기를 가지며 나중에 이 버퍼의 값으로 도로를 구성하는 화소들간의 공간적 관계를 고려하여 출발점에서 목적지까지의 거리 계산, 최단경로의 도로 세그먼트 계산 등의 자동 항법장치 관련 최단경로 응용시스템에서의 위치정보 및 공간정보로서 유용하게 사용할 수 있다. 한 화소의 Rutovitz 연결수가 0 또는 1인 경우는 도로 세그먼트나, 교차로로서 인식할 수 없으며, 연결수가 2인 경우는 (그림 5(a))와 (그림 5(b)) 같이 세선화 영상의 가장자리의 점이나 끊어진 도로의 점으로 인식될 수 있으며, 연결수가 4인 경우는 (그림 4(a))와 같이 도로 세그먼트 상의 점으로 인식하게 되고, 연결수가 5 이상의 경우는 (그림 4(b))와 같이 교차로로서 인식된다. 이렇게 세선화 영상의 도로정보에 해당하는 모든 화소에 대한

Rutovitz 연결수를 구하고 각 화소들의 type을 버퍼에 저장한다. 연결수가 2인 화소는 가장자리 type이며, 세선화 영상의 가장자리 또는 영상 중간에 끊긴 도로의 화소를 나타낸다. 이 정보를 이용하여 도로 번호에 의해 끊긴 도로의 화소를 검색하고, 오류를 수정할 수 있다. 연결수가 4인 화소는 도로 세그먼트 type이며, 도로 세그먼트를 구성하는 화소를 나타낸다. 연결수가 5 이상인 화소는 교차로 type이며, 3개 이상의 도로 세그먼트들이 모이게 되는 교차로의 중심화소가 된다.



(a) 도로세그먼트 type (연결수 4) (b) 교차로 type (연결수 6)
(그림 4) 도로세그먼트 및 교차로 type

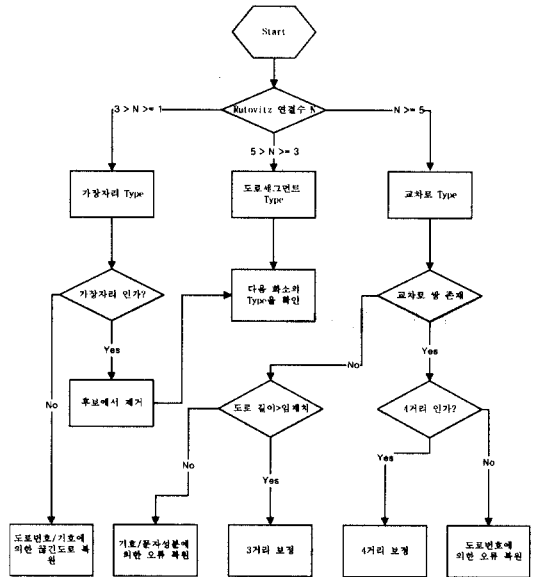


(a) 가장자리(연결수 2) (b) 끊긴 도로(연결수 2)
(그림 5) 가장자리와 끊긴 도로 type

3.2 세선화 영상의 보정

도로 세그먼트와 교차로에 관련된 Rutovitz 연결수를 구하면 다음으로 도로 세그먼트와 교차로 정보를 추출해야 한다. 하지만 지도 영상에 도로 번호가 있을 경우 끊김이 생기고, 세선화 영상을 얻는 과정에서 도로정보에 근접한 주택 기호나, 문자 성분에 의해 세선화 영상에 잔가지가 생긴다. 또한 세선화 알고리즘이 가지는 특성에 의해 교차로 부분에서 정확한 세선화가 이루어지지 않으므로 도로 세그먼트와 교차로 정보를 저장하기 전에 (그림 6)에서와 같이 보정하는 과정을 거치게 된다. 연결수가 $(1 \leq N < 3)$ 인 가장자리 type

의 화소들 중에서 영상의 가장자리에 위치한 화소들은 후보에서 제거하고, 나머지 가장자리 type들은 도로 번호/기호에 의한 끊김 오류 보정 단계로 이동한다. 연결수가 $(N \geq 5)$ 인 교차로 type의 화소중에서 가까운 거리에 교차로가 쌍으로 존재하는지 검색하여 4거리 교차로가 2개의 3거리 교차로로 나타나면 4거리 보정 단계로, 도로 번호가 도로 폭보다 작은 경우에 생기는 구멍 뚫림 오류이면 도로번호에 의한 오류 보정 단계로 이동하고, 주위에 교차로 type을 갖는 화소가 더 이상 존재하지 않으면 교차로 type을 갖는 화소에 연결된 각 도로 세그먼트의 길이를 구하여 임계치보다 짧은 도로 세그먼트가 있는 경우 기호/문자 성분에 의한 오류 보정 단계, 그렇지 않은 경우 교차로 부근의 보정 단계로 이동한다.

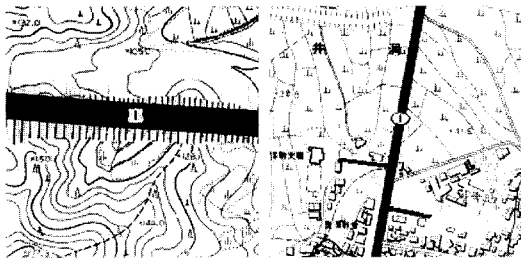


(그림 6) 도로 보정 순서도

3.2.1 도로번호/기호에 의해 끊긴 도로 보정

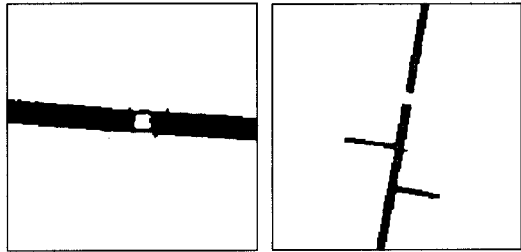
도로번호에 의한 오류는 도로 번호가 도로 폭보다 작은 경우 (그림 7(a))와 큰 경우 (그림 7(b)) 두 경우가 존재한다. (그림 8(a))의 세선화 영상에서 도로번호가 있던 곳 양쪽에 교차로 type의 Rutovitz 연결수를 갖는 화소가 쌍으로 존재하게 되고, 한쪽 교차로 type 화소에서 다른 한쪽의 교차로 type 화소로 두 개의 도로세그먼트가 연결되어있다는 특징을 이용하여, 4 거리에서의 보정 과정과 구분할 수 있다. 보정 방법은

양쪽 교차로 type 화소간을 직선으로 연결한다. (그림 8(b))의 세선화 영상에서 도로 번호가 있던 자리에 끊김이 생기고, 양쪽에 가장자리 type의 Rutovitz 연결수를 갖는 화소가 쌍으로 존재한다. 이렇게 가장자리 type이 쌍으로 나타나는 경우는 도로의 끊김 오류가 발생할 때 뿐이다. 따라서 두 가장자리 type 화소들을 바로 직선으로 연결하고, Rutovitz 연결수를 재조정한다. 이렇게 보정된 영상은 (그림 9(a), (b))에 보이고 있다.



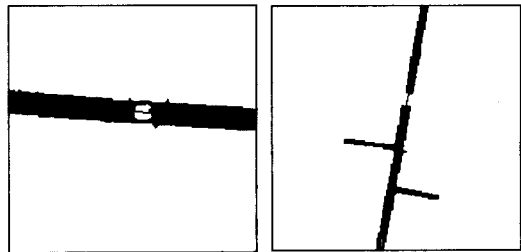
(a) 도로번호가 도로 폭보다 작은 경우 (b) 도로번호가 도로 폭보다 큰 경우

(그림 7) 도로번호에 의한 끊김 오류



(a) (그림 7(a))의 세선화 영상 (b) (그림 7(b))의 세선화 영상

(그림 8) (그림 7)을 세선화한 영상



(a) (그림 8(a))의 보정된 영상 (b) (그림 8(b))의 보정된 영상

(그림 9) (그림 8)의 보정된 영상

3.2.2 도로에 근접한 기호/문자성분에 의한 오류 보정
 도로에서 도로 세그먼트와 교차로 성분 이외의 잔가지가 생기는 이유에는 크게 두 가지가 있다. 첫 번째는 도로 정보를 추출하였을 때 도로의 양변 가장자리의 면이 매끄럽지 않게 추출되기 때문에 세선화했을 경우 잔가지가 발생하고, 두 번째는 근접한 기호나 문자 정보에 의해 도로 정보를 세선화하는 과정에서 잔가지가 발생할 수 있다. 잔가지가 포함된 세선화 영상에서 잔가지를 교차로 정보와 효율적으로 분리하기 위해 잔가지의 공통된 특징인 짧은 길이를 이용하여 이들을 제거한다. 실제 짧은 도로의 경우도 잔가지 형태로 나타나지만 짧은 도로는 대부분 끝목을 나타내는 도로이므로 실제적으로 자동차 항법장치나 지능형 교통관제 시스템등의 실제 용도로 사용하는데 영향이 극히 미약하다. 현재 구해진 교차로 부근에서의 각 도로 중에서 가장 큰 도로의 폭(R_Width)과 각 도로 세그먼트의 길이(R_Length)를 구하고, $2 \times R_Width$ 가 R_Length 보다 크면 짧은 도로를 제거하고 교차로 화소의 연결수를 재구성한다.

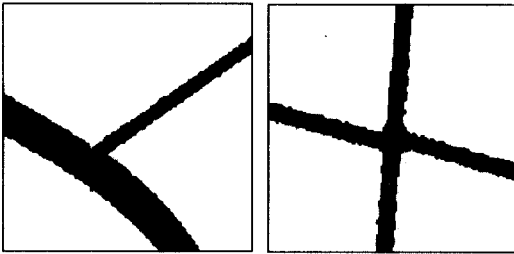
3.2.3 교차로 부근의 보정

세선화 영상에서 교차로 부분에 걸쳐 나타나고 있는 문제점은 대부분 세선화 알고리즘 자체에서 기인한다. (그림 10(a))에서 보이는 것과 같이 도로의 폭이 큰 도로와 작은 도로가 만나 이루는 교차로의 경우 더욱 심한 문제점을 발생하게 된다. (그림 11)은 교차로 부근에서의 문제점을 보이고 있으며, (그림 12)는 이러한 문제점에 대한 보정을 완료한 결과영상이다.

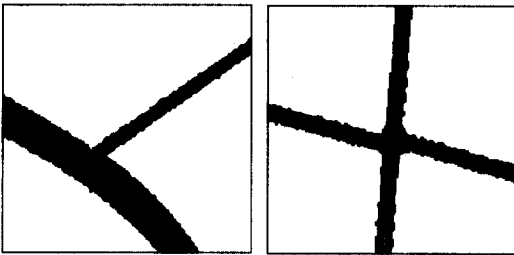


(a) 3거리 교차로 영상 (b) 4거리 교차로 영상

(그림 10) 교차로 영상



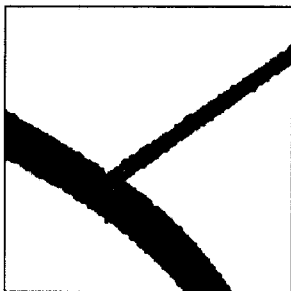
(a) (그림 10(a))의 세선화 영상 (b) (그림 10(b))의 세선화 영상
(그림 11) 도로추출 영상과 세선화 영상



(a) (그림 11(a))를 보정한 영상 (b) (그림 11(b))를 보정한 영상
(그림 12) 교차로에서의 문제점을 보정한 영상

(1) 3거리 보정단계

도로의 한 구간에서는 일정한 도로의 폭을 가진다는 도로 특성을 이용하여, (그림 13)과 같은 3거리 연결수를 갖는 화소에서의 문제점을 다음과 같이 보정한다.



(그림 13) 교차로 진입점

- 과정 1: 교차로 화소에서 각 도로 세그먼트 방향으로 일정한 거리만큼 떨어진 세 개의 도로 세그먼트 (S_1, S_2, S_3)상의 화소를 구한다.

- 과정 2: 구해진 각 화소에서의 도로 너비 중 가장 넓은 너비를 구한다.
- 과정 3: 과정 2에서 구한 너비보다 과정 1에서 도로 세그먼트 방향으로 이동한 거리가 짧은지 확인한다. 짧으면 과정 4를 수행하고, 짧지 않으면 과정 5를 수행한다.
- 과정 4: 현재 각 도로 세그먼트상의 화소에서 교차로 반대쪽으로 일정한 거리만큼 더 떨어진 화소를 다시 구한다. 이렇게 하는 이유는 도로 세그먼트상의 화소에서 교차로 화소로 들어오는 입구를 진입점이라 할 때 교차로 화소에서 진입점까지의 길이보다 길어야만 적당한 진입점을 구할 수 있다. 하지만 길이가 짧으면 진입점과 교차로 사이의 화소값이 선택되어 최적의 진입점을 찾을 수 없기 때문이다. (그림 13)에서 오른쪽 하단의 도로처럼 도로의 너비가 넓어지는 화소보다 교차로 type을 갖는 화소가 먼저 찾아지는 경우, 진입점을 교차로 화소로 정한다. (그림 13)에서 원으로 표시한 부분의 화소들이 구해진 진입점이다.
- 과정 5: 각 도로 세그먼트상의 화소로부터 교차로 방향으로 실제 도로의 너비를 조사하며 진행하다가 도로의 너비가 갑자기 넓어지는 화소를 추출하여, 세그먼트에서 교차로로 진입하는 진입점(E_1, E_2, E_3)으로 정한다.
- 과정 6: 각 진입점에서 도로 세그먼트의 평균 기울기(m_1, m_2, m_3)를 구하고, 이러한 기울기로 진입점을 지나는 세 직선(L_1, L_2, L_3)을 가상으로 긋는다. 세 직선의 기울기를 서로 비교하여 기울기의 차가 임계치 보다 작거나 같은 직선이 존재하는지 검사한다. 이런 직선이 존재하는 두 진입점(E_1, E_2)에서의 직선을 (L_1, L_2)로 이 직선의 기울기를 (m_1, m_2)로 가정하고 과정 7을 수행하며, 존재하지 않으면 과정 8을 수행한다.
- 과정 7: 두 진입점(E_1, E_2)을 직선으로 잇는다. 이렇게 얻은 직선 L_{12} 와 나머지 하나의 직선 L_3 와의 교점 P_{L_{12}, L_3} 을 구하고, 이 교점과 진입점을 직선으로 연결하여 교차로 화소와 도로 세그먼트를 재조정한다.
- 과정 8: 진입점을 지나는 세 직선(L_1, L_2, L_3)의 모

든 교점($P_{L_1L_2}, P_{L_2L_3}, P_{L_3L_4}$)을 구하고, 그 교점들의 중심점을 구하면 교차로 부분에 해당되는 새로운 교차로 화소를 검출할 수 있으며, 새로운 교차로 화소에서 각 진입점까지 직선으로 연결하여 교차로와 도로 세그먼트를 재조정한다.

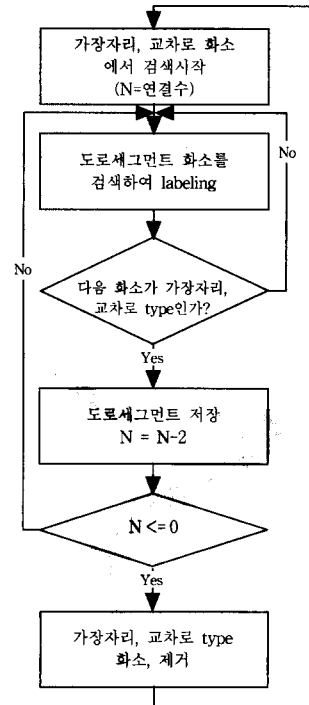
(2) 4거리 보정 단계

4거리 교차로가 2개의 3거리 교차로로 나뉘어 나타날 때 두개의 3거리 교차로를 보정한다. 여기서 두개의 3거리 교차로가 4거리의 분할된 형태인지에 대한 판단은 3거리 교차로 화소의 판단 방법과 유사하다.

- 과정 1 : 도로 세그먼트에서 교차로로 진입하는 진입점(E_1, E_2, E_3, E_4)을 찾는다. 각 진입점의 기울기를 순서대로 (m_1, m_2, m_3, m_4)라 하고, 이 기울기로 진입점을 지나는 직선을 (L_1, L_2, L_3, L_4)라고 정의한다.
- 과정 2 : 4거리에서 대칭되는 도로 세그먼트의 진입점을 (E_1, E_3), (E_2, E_4)라 하고, 두 쌍의 세그먼트 기울기의 차를 ($|m_1 - m_3|, |m_2 - m_4|$)라고 일반화시킬 수 있다. 왜냐하면 4거리 교차로 화소에 연결되어 있는 네 개의 도로 세그먼트 중에서 세 개 이상의 기울기가 같으면 4거리로서 정의될 수 없기 때문이다. 두 기울기의 차가 ($|m_1 - m_3| \leq T, |m_2 - m_4| \leq T$)이면 과정 3을 수행하고, ($|m_1 - m_3| \leq T, |m_2 - m_4| > T$) 또는 ($|m_1 - m_3| > T, |m_2 - m_4| \leq T$)이면 과정 4를 수행하고, ($|m_1 - m_3| > T, |m_2 - m_4| > T$)의 경우 과정 5를 수행한다.
- 과정 3 : 대칭되는 진입점들을 서로 연결하여 새로운 교점과 도로 세그먼트를 재구성한다.
- 과정 4 : 기울기 차가 임계치(T)보다 작거나 같은 진입점들을 직선으로 연결하고 나머지 두 진입점을 지나는 직선과의 교점을 얻어, 교점간의 중간점을 새로운 교차로 화소로 추출한 후 재구성한다.
- 과정 5 : 도로 세그먼트 4개의 기울기가 서로 다를 경우에는 3거리 보정 단계처럼 4개의 진입점을 구한 후 각각의 교점을 구하여 이들 교점의 중심점을 찾으면 새로운 교차로 화소를 얻을 수 있다. 이렇게 얻은 교차로 화소에서 각 진입점까지 직선으로 연결하여 새로운 교차로와 도로 세그먼트를 재구성한다.

3.2.4 도로 세그먼트와 교차로 정보

위의 알고리즘에 의해 구해진 Rutovitz 연결수를 확인한 후 가장자리 또는 교차로 화소에 연결된 도로 세그먼트 화소들을 라벨링 방법에 의해 하나의 도로 세그먼트를 이루는 화소들을 검색할 수 있다. (그림 14)에 교차로 정보와 도로 세그먼트를 검색하여 저장하는 과정이 나타나 있다. 먼저 가장자리 또는 교차로 화소를 검색한 후 연결된 도로 세그먼트 화소들을 라벨링 방법에 의해서 검색한다. 도로 세그먼트의 시작점과 끝점은 가장자리나 교차로이기 때문에, 이를 이용하여 도로 세그먼트를 구할 수 있다. (그림 14)에 나타난 $N = N-2$ 는 검색 효율성을 위해 하나의 도로 세그먼트를 검색한 후 시작점, 끝점, 도로 세그먼트 구성 화소들을 버퍼상에서 제거하게 되는데, 이때 제거할 대상을 결정한다. 예를 들어, 끝점이 3거리 교차로의 경우 연결수는 5이상이며, 3개의 도로 세그먼트와 연결되어 있다. 첫 번째 도로 세그먼트를 검색한 후 $N = 3$ 으로 제거되지 않고 두 번째 도로 세그먼트를 검색할 수 있으며, 두 번째 세그먼트를 검색한 후에도 $N = 1$ 로서 세 번째 도로 세그먼트를 검색할 수 있다.



(그림 14) 도로 세그먼트 검색 및 저장 과정

4. 실험 및 결과

4.1 실험 환경

본 논문에서는 국립지리원에서 발행하는 1/5,000 축척의 천안시내 도엽을 6×8로 나누어 48개의 영상을 Hewlett Packard ScanJet 3C스캐너를 이용하여 150dpi의 해상도, 512×512 크기, 256 level의 명암영상으로 취득하여, 입력영상으로 사용하였다. 처리 효율성을 높이기 위해 BMP형식으로 저장하였으며, Intel Pentium 166MHz의 hardware상에서 실험하였으며, Windows98 운영체제하에서 Visual C++ 5.0을 이용하여 알고리즘을 구현하였다.

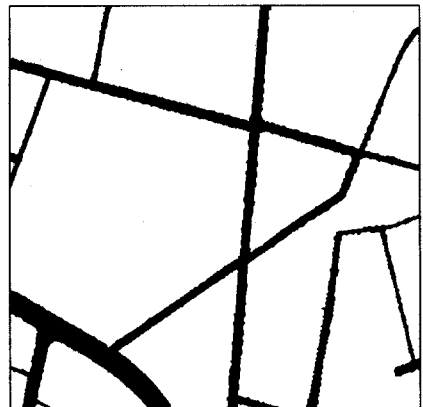
4.2 모의 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 전처리 단계를 거치면서 발생할 수 있는 잡음을 제거하기 위해 중간값 필터를 사용하였다. 잡음이 제거된 영상에서 이진 영상을 구하는데, 잡음과 문자정보, 기호정보 등이 복잡하게 이루어진 지도 영상에서는 도로정보만을 추출하기 어렵다. 따라서 K-means 알고리즘을 적용하여 이진 영상으로 변환했으며, 도로 영역만을 추출하는데 효과적이었다. 도로 추출 단계에서는 최대값 필터를 이용하여 도로 영역만을 추출했으며, 도로 추출 영상에 도로 이외의 잡영이 존재한다. 이 잡영을 조사해 보면 길이가 짧게 나타난다. 따라서 길이를 이용하여 도로 폭보다 짧은 길이의 성분들을 제거한다. 다음 단계로 모폴로지를 이용하여 도로 추출영역에서 나타나는 오류를 최대한 제거한다. 이렇게 획득된 도로 영역만의 영상에서 세선화 작업을 하는데, 세선화 알고리즘이 가지는 특성에 의해 교차로 영역에서 많은 문제점이 발생한다. 이런 문제점들은 바로 보정하기 어려우므로 도로 정보의 수치화를 위해 적용한 Rutovitz 연결수를 이용하여 교차로 정보와 도로 정보를 구한 후 연결수를 이용하여 교차로에서의 문제점들을 효과적으로 제거할 수 있었으며, 도로정보를 수치지도화 할 수 있었다. 이렇게 최종적으로 수치화되어 획득된 영상을 (그림 17)에 보이고 있으며, 시각적으로 사용자에게 보여주기 위하여 추출된 도로 정보와 세선화 되고 보정이 끝난 도로 정보를 같이 겹쳐서 나타낸 것이며, (그림 16)의 세선화 영상에서 나타나는 교차로 부분에서의 문제점들이 제거된 것을 볼 수 있다. (그림 21), (그림 22)는 그리고 (그림 23)은 각각 (그림 18), (그림 19) 그리고 (그림 20)의

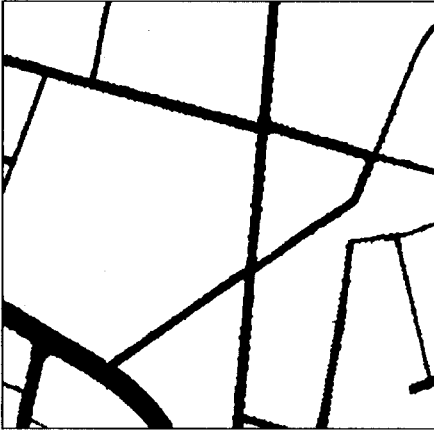
입력 영상을 처리한 결과를 보이고 있다. (그림 18), (그림 19)에서 비포장도로의 경우 정상적인 도로처럼 채색하지 않고, 두 선으로 도로의 형태만을 나타내고, (그림 19)의 우측 중앙부분에 위치하는 소형차로의 경우 굵은 실선으로 나타나고 있다. 본 논문에서는 도로의 폭, 길이, 명암을 이용하기 때문에 비포장도로의 경우 도로로 인식되지 않고, 소형차로의 경우 도로로 인식되어 (그림 21)과 (그림 22)의 결과에 나타나게 된다. (그림 21)의 하단 중앙부분에 위치하는 육거리의 경우, 위쪽에 3거리, 왼쪽에 3거리, 중앙에 4거리로 인식을 하게된다. (그림 21), (그림 22) 그리고 (그림 23)의 결과 영상들 모두 세선화 되지 않은 도로정보와 세선화되고 보정이 끝난 도로정보를 겹쳐서 나타낸 것이며, 도로정보들이 제대로 추출된 것을 볼 수 있다.



(그림 15) 입력 영상



(그림 16) (그림 15)의 세선화영상과 겹쳐진 도로추출 영상



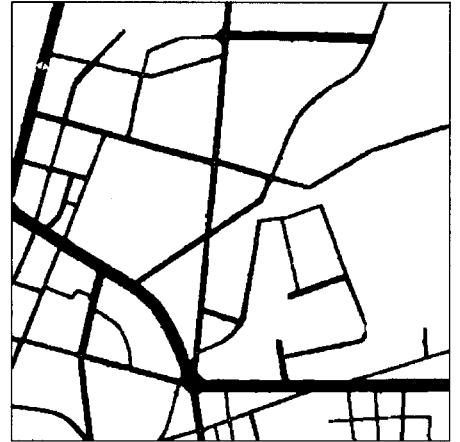
(그림 17) (그림 15)의 최종 결과 영상



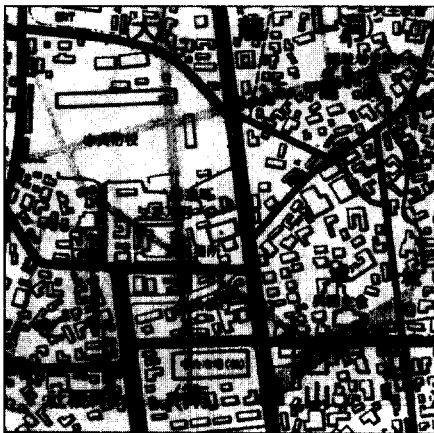
(그림 20) 입력 영상4



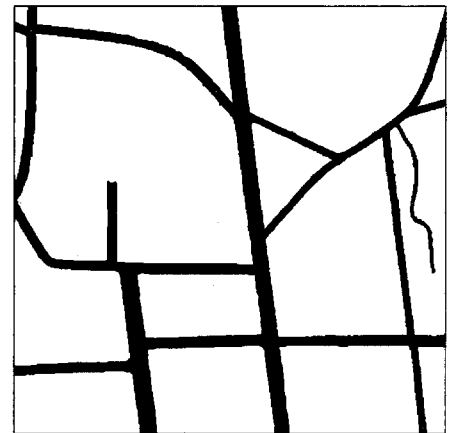
(그림 18) 입력 영상2



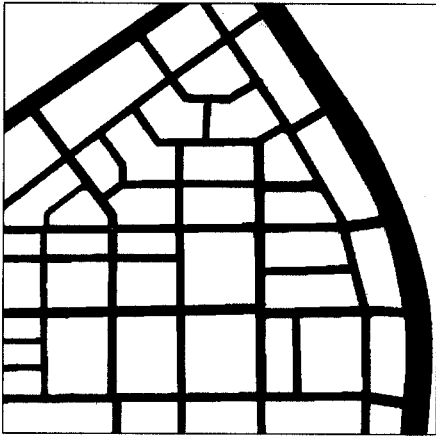
(그림 21) (그림 18)의 최종 결과 영상



(그림 19) 입력 영상3



(그림 22) (그림 19)의 최종 결과 영상



(그림 23) (그림 20)의 최종 결과 영상

<표 1> 교차로를 저장하는 자료 구조(입력영상2)

index	cross_point	segment_list[]
cross1	(8, 186)	seg5, sge6, seg7
cross2	(22, 129)	sge3, seg4, seg5
cross3	(40, 61)	seg1, seg2, seg3
cross4	(46, 195)	seg6, seg13, seg14
cross5	(60, 139)	seg4, seg10, seg11, seg12
cross6	(94, 70)	seg2, seg8, seg9, seg10
cross7	(109, 153)	seg11, seg24, seg25
cross8	(151, 85)	seg9, seg18, seg20, seg23
cross9	(248, 39)	seg15, seg16, seg17, seg18
cross10	(419, 42)	seg16, seg21, seg22
⋮	⋮	⋮

<표 2> 도로세그먼트를 저장하는 자료구조(입력영상2)

index	cross_num1	cross_num2	seg_size (pixel)	road_list[]
seg1	-1	cross3	63	{{(54, 1) (54, 2) (54, 3) (54, 4)...}}
seg2	cross3	cross6	60	{{(40, 61) (41, 61) (42, 61)...}}
seg3	cross2	cross3	72	{{(40, 61) (40, 62) (39, 62)...}}
seg4	cross2	cross5	40	⋮
seg5	cross1	cross2	58	
seg6	cross1	cross4	41	
seg7	cross1	-1	16	
seg8	-1	cross6	53	
seg9	cross6	cross8	61	
seg10	cross6	cross5	81	
⋮	⋮	⋮	⋮	

위의 <표 1>과 <표 2>는 입력 영상2를 벡터화하여 저장한 자료구조를 보여주고 있다. <표 1>에서는 교차로의 라벨, 교차로의 좌표값 그리고 교차로에 연결된

모든 도로세그먼트들의 라벨이 함께 저장되어 있는 것을 보여주고 있다. <표 2>에서는 도로세그먼트의 시점과 종점에 위치하는 교차로 라벨, 도로세그먼트의 길이 그리고 도로세그먼트를 구성하는 모든 화소 좌표등을 저장한다. 여기서, 도로세그먼트의 시점과 종점 중에서 한점이 가장자리의 좌표일 경우 연결된 교차로가 하나이다. 이때 가장자리의 라벨값을 -1로 저장하게 된다. 이 정보들은 CNS나 GPS(Global positioning system) 관련 분야에서 현재 위치를 전자지도상에 나타낼 때 효율적으로 사용될 수 있다.

5. 결 론

기존의 도로정보 자동 추출방법에는 지도 영상에서의 모든 정보를 일괄적인 처리에 의해 추출하는 방법들이 많이 연구되어 졌으며, 도로정보 추출 후에 도로정보의 오류 보정을 수작업에 의해 수행하여 반자동적인 도로정보 추출 방법보다 비효율적인 면이 많았다. 실제적으로 지도 영상에서 도로정보를 추출하면 잡영과 도로정보 이외의 성분들에 의해 도로정보에 변형이 오게 되고 결국 도로정보 추출과정에서 수작업이 개입된다. 따라서 본 논문에서는 도로정보의 특징을 찾아 다른 지도정보와 구별하여 모듈화하고, 도로정보를 추출하는 방법과, 도로 자동 추출 후 도로상의 오류 즉, 도로내부의 구멍 뚫림, 도로 주변의 건물이나 문자에 의한 잔가지 등의 효율적인 제거 방법과, 세선화과정 후 보정 단계에서 수작업의 개입을 없애기 위해 Rutovitz 연결수 알고리즘을 사용하여 교차로에서의 세선화 알고리즘이 가지는 문제점에 대한 보정, 도로번호에 의한 오류 보정 방법들을 제안하였다. 실제 지도영상을 입력받아 모의 실험에 의해 검증하였으며, 도로정보를 정확하게 추출하고, 도로정보에 대한 수치지도를 구축할 수 있었다. 따라서 다른 정보들도 모듈별로 추출할 수 있는 계기가 되었으며, 수작업의 개입없이 자동으로 도로정보를 추출하여 수치지도를 구축할 수 있게 되어 많은 시간, 비용 그리고 인력의 감축을 가져와, 이 분야의 발전에 크게 기여할 것으로 기대된다. 앞으로 연구되어야 할 과제는 강이나 하천과 같은 도로정보와 유사 형태의 특징 정보를 가지고 있는 정보들을 도로정보와 구별하여 제거하여야 하는 연구가 계속 이루어져야 하고, 문자정보의 추출도 이루어져야 완전한 도로정보로서의 가치를 갖게 될 것이다.

참 고 문 헌

[1] 박기석, GIS 지리정보시스템, 동서출판사, 1995.

[2] LG 전자기술원, 지능형 지도 처리 기술 개발을 위한 기초 연구, 과학기술처 연구 보고서, 1997년 1월.

[3] D. Rutovitz, "Pattern Recognition," *Journal of the Royal Statistics Society*, Vol.129A, pp.504-530, 1966.

[4] 김경수, 국립지리원, 지형공간정보 유통방안을 위한 대책, GIS 개발전략과 사례별 응용방안, pp.20-23, 1997년 11월.

[5] Otsu, N., "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histogram," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.9, No.1, pp.62-66, 1979.

[6] Kapur, J. N., P. K. Sahoo, and A. K. C. Wong, "A New Method for Gray-Level Picture Thresholding using the Entropy of the Histogram," *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol.29, pp.273-285, 1985.

[7] 이성환, 패턴인식의 원리, 홍릉과학출판사, pp.96-100, 1997.

[8] M. Hararick, Stanley R. Sternberg and Xinhua Zhunag, "Image Analysis using Mathematical Morphology," *IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intel.*, Vol.PAMI-9, No.4, pp.532-550, 1987.

[9] P. Maragos and R. W. Schafer, "Morphological Filters-Part I : Their Set-Theoretic Analysis and Relations to Linear Shift-Invariant Filters," *IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol.ASSP-35, No.8, pp.1153-1169, 1987.

[10] P. Maragos and R. W. Schafer, "Morphological Filters-Part II : Their Relations to Median, Order-Statistic, and Stack Filters," *IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol. ASSP-35, No.8, pp.1170-1183, 1987.

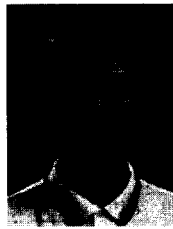
[11] Charles R. Giardina and Edward R. Dougherty, *Morphological Methods in Image and Signal Processing*, Prentice-Hall, 1988.

[12] L. Lam, S. H. Lee and C. H. Suen, "Thinning Methodologies A Comprehensive Survey," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.14, No.9, pp.869-885, Sep., 1992.

[13] J. Jimenez and J. L. Navalon, "Some Experiments in Image Vectorization," *IBM J. Res. Develop.*, Vol.26, pp.724-734, 1982.

[14] 원남식, 손윤구, "4-인접 연결값을 이용한 병렬 세션화 알고리즘," 한국정보과학회 논문지, 제22권 제7호, pp.1047-1056, 1995년 7월.

[15] S. Yokoi and T. Fukumura, "An Analysis of Topological Properties of Digitized Binary Pictures using Local Features," *Computer Graphics and Image Processing*, Vol.4, pp.63-73, 1975.



김 기 순

e-mail : 99040203@mail.hoseo.ac.kr

1997년 호서대학교 전자공학과
졸업(공학사)

1999년 호서대학교 대학원 전자공
학과 졸업(공학석사)

1999년~현재 호서대학교 대학원
전자공학과 박사과정

관심분야 : GIS, 영상신호처리, 컴퓨터 비전, 영상인식,
영상압축 등



김 준 식

e-mail : joonskim@office.hoseo.ac.kr

1987년 서강대학교 전자공학과
졸업(공학사)

1989년 서강대학교 대학원 전자
공학과 졸업(공학석사)

1993년 서강대학교 대학원 전자
공학과 졸업(공학박사)

1993년 서강대학교 부설산업기술연구소 박사후 연구원
1994년~현재 호서대학교 전기공학부 전자전공 교수
관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터 비전, 영상
인식, GIS 등