韓國 OA學會 論文誌
第3卷 第3號, 1998. 10.

98-3-3-1-1

칼라지도영상으로부터 도로 영역의 자동 추출에 관한 연구

김성영*

A Study on Automated Extraction of Road in Color-Printed Maps

Sung-Young Kim*

요 약

본 논문에서는 일반 도로 안내 지도로부터 도로 영역들을 자동으로 추출하는 방법에 대해 제안하였다. 기본 추출 방법은 [1]에서 제안한 선추적 방법을 이용하되 자동으로 시작점을 선택할 수 있도록 함으로써 빈번한 사용자의 개입 없이 전체 도로 영역을 추출할 수 있도록 하였다. 이 때 도로 종류(고속국도, 일반국도, 지방도 등)별로 색상을 분류하고 각 색상에 대한 군집도를 분석하여 정리하여 클러스터를 생성함으로써 자동으로 시작점 선택이 가능하도록 하였다. 본 연구에서 제안한 방법은 다양한 칼라지도에 적용하여 실험함으로써 그 타당성을 검증하였다.

Abstract

In this paper, it was proposed to extract road area automatically in general road guide map. Line tracing proposed in [1] was used basic extraction method, but by choosing starting pixel automatically iterative user interaction could be removed in this paper. this was possible by classifying and analysis color of each road. The usefulness of the proposed method was proved through experiments with various color printed maps.

* 창원전문대학 멀티미디어과 전임강사
논문접수:98.8.8. 심사완료:98.10.20.

I. 서 론

최근 들어 지도로부터 여러 가지 의미 있는 지도 구성요소(도로, 등고선, 하천 등)들의 추출에 대한 필요성이 대두되고 있으며 이에 대한 연구가 많이 진행되고 있다[1-6]. 이들 구성 요소 중 특히 도로 영역을 추출하여 수치 지도화 한다면 상당히 응용 분야가 넓을 것으로 예상된다. 예를 들어 소규모의 배달 시스템, 도로 안내 시스템, 영업용 기사들을 위한 도로 교육 시스템 등의 구축을 위해 시중에서 쉽게 구할 수 있는 일반 도로안내지도로부터 도로를 추출한다면 시스템 구축 비용과 시간 절감에 상당한 효과가 있을 것이다.

일반 도로 안내 지도에서는 각 도로들을 여러 가지 색으로 구분하여 제작하고 있는데, 도로의 종류(고속국도, 일반국도, 일반도로 등)에 따라 대체로 정해진 색으로 인쇄된다. 그리고 지도책의 종류에 따라서는 도로 종류에 따른 색의 차이가 거의 없고 단지 추가적인 색상의 도로가 가끔 존재할 뿐이다. 따라서 한 종류의 지도로부터 도로에 대한 자료를 분석해 놓으면 다른 지도(다른 페이지 혹은 다른 지도책의 지도)의 도로 영역을 추출할 때에도 계속하여 사용될 수 있다.

지금까지 여러 가지 지도 구성 요소를 자동으로 추출하는 시도하는 몇 가지 방법들이 있었다[2,3]. 이들 방법들은 모두 추출할 대상물들의 인쇄 색상에 대한 사전 지식을 이용하여 색상별로 추출하게 된다. [2]에서는 지도의 구성요소를 5가지의 색상으로 분류한 뒤 각 색상에 대한 색상, 채도, 명도 값을 분석하여 색상별로 추출하게 된다. 예를 들어 진한 빨강은 주요도로를 나타내고 이 진한 빨강은 색상-빨강, 채도-큼과 같이 분석되어 추출 시에 이 정보가 사용된다. 그런데 이 방법은 히스토그램을 사용하므로 각 클러스터에 대한 정확한 분류가 어렵다. [3]에서는 United States Geological Survey(U.S.G.S)를 대상으로 이 지도에 표현된 6가지 지도 구성 요소를 구분하였다. 그런데 U.S.G.S는 패턴이 단순하고 지도 구성 요소들이 쉽게 구분되는 6가지의 색상들로 표현되어 있어 쉽게 추출 작업을 자동화시킬 수 있다. 이에 반해 본 연구에서 실험 대상으로 하는 일반 도로 안내 지도에서는 여러 가지 지도 구성요소들이 서로 중첩되어 인쇄되어 있고 비교적 다양한 색상으로 인쇄되어 있으며 바탕과 유사한 색상으로 도로가 표현되어 있기도 하다(그림 1).

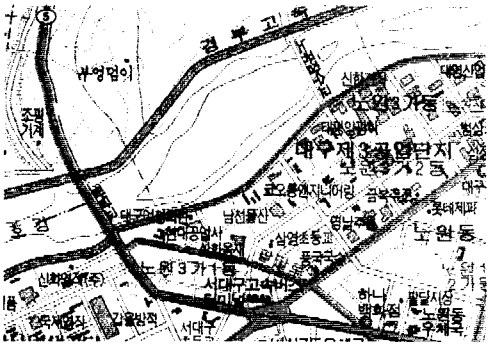


그림 1. 스캐닝된 도로안내지도의 예
Figure 1. Example of scanned road guide map

이에, 본 연구에서는 시중에서 쉽게 구할 수 있는 일반 지도로부터 시작점을 자동으로 선택하여 추출 작업을 자동화시킬 수 있는 방법에 대해 연구하였다. 우선 [1]에서 제안한 대화식 방법을 사용하여 클러스터를 생성하게 된다. 이때 가능하면 많은 픽셀들이 클러스터 생성에 포함될 수 있도록 함으로써 위치에 따른 도로 색상의 변화를 수용하면서 클러스터를 생성할 수 있도록 하였다.

각 색상별로 클러스터를 등록한 후 일정 간격의 수평, 수직 스캔라인별 픽셀들을 조사하여 그 픽셀이 추출할 클러스터에 포함되는지의 여부를 결정함으로써 선추적 시작점을 등록하여 자동으로 선추적할 수 있도록 하였다. [1]과 같은 대화식 추출 방법은 추출 대상물이 한정되어 있는 경우 전체 영상을 모두 조사하지 않고 일부 영역만을 조사하여 대상물을 추출하게 되므로 계산량과 계산 시간을 절약할 수 있다. 그러나 추출단계에서의 빈번한 사용자의 개입으로 인해 추출 작업이 지루하고 많은 시간이 소요되는 문제가 있다. 이에 본 연구에서는 자동으로 시작점을 선택하여 선추적에 의해 도로를 추출할 수 있도록 하였다.

II. 도로 영역의 자동 추출 방법

1. 클러스터 생성 방법

시중에서 쉽게 구할 수 있는 일반 도로 안내 지도를 살펴보면 대체로 표1과 같이 도로의 종류에 따라 색상이 구분되어 있다. 물론의 지도책의 종류에 따라 약간의 차이는 있을 수 있지만 도로를 인쇄하기 위해 사용된 색상은 거의 일정하게 정해져 있다. 그리고 도로를 인쇄하기 위해 사용된 색상은 그 외의 다른 지형 요소를 인쇄하기 위해 사용된 색상과 중복되지 않으므로 자동화된 방법으로 도로 영역을 추출하더라도 다른 지도구성 요소가 함께 추출되는 것을 방지할 수 있다.

이렇게 각 도로별로 분류된 색상에 대한 클러스터를 생성하기 위해 본 연구에서는 [1]에서 제안한 대화식 방법을 사용하였다. 그런데 [1]에서는 추출 대상물의 일부 영역에서의 색상 분포를 기준으로 클러스터를 등록함으로써 가끔 전체 도로 영역의 색상 분포를 제대로 반영하지 못하는 경우 발생할 수도 있다. 이에 본 연구에서는 [1]에서 제안한 방법을 적용하되 도로의 일부 영역에서 클러스터의 구성픽셀을 선택하는 것이 아니라 실제 추출된 결과를 이용하여 클러스터 정보를 생성할 수 있도록 함으로써 도로의 위치에 따른 미세한 색상의 변화를 수용하여 향상된 추출 결과를 얻을 수 있도록 하였다.

표 1. 도로 종류별 표현 색상
Table 1. Printed color for each road

시도별 지도 (소축척 지도)	
고속 국도	푸른색
포장된 국도	주황색
포장된 지방도	녹색
포장된 기타도로	노란색
건설중인 도로	분홍색
포장되지 않은 도로	도로 경계만 표현
자세지도 (대축척 지도)	
고속 국도	보라색 혹은 푸른색
주요 도로	노란색

각 도로의 색상에 대한 정확한 분석을 하여 한번 클러스터를 생성해 놓으면 추출할 때마다 매번 클러스터를 생성하는 번거로움을 피할 수 있을 뿐만 아니라 색상별 영역 추출 작업을 자동화시킬 수 있다.

도로 종류에 따른 분석된 클러스터의 정보는 표 2와 같다. 여기서는 클러스터의 평균값, 분산, 분산을 거리 계산에 사용하는 Mahalanobis 거리를 이용하기 위한 Covariance 행렬, 그리고 이 클러스터의 임계값 등이 포함된다. 임계값은 [1]에서 제안한 방법처럼 Mahalanobis 거리를 사용했을 때 클러스터의 평균값으로부터 가장 멀리 떨어져 있는 픽셀의 거리로 사용하게 된다. 칼라 공간은 사람 눈의 인식 방법을 흉내내는 uniform color space인 Lab칼라 공간을 사용하여 클러스터에 대한 정보를 생성하였다. 평균값, 분산은 순서대로 L, a, b에 대한 값이다.

표 2. 생성된 클러스터 정보
Table 2. Information of registered clusters

	평 균	분 산	Covariance 행렬	임계값
푸른색	87 -12 -15	2.05 4.04 2.72	0.94 0.11 -0.58 0.11 0.28 -0.15 -0.58 -0.15 0.76	22.30
주황색	84 15 34	2.37 2.97 4.63	0.50 0.18 -0.05 0.18 0.44 -0.12 -0.05 -0.12 0.25	26.92
녹색	70 -31 5	0.68 2.69 2.20	1.46 -0.01 0.04 -0.01 0.37 -0.00 0.04 -0.00 0.45	27.59
노란색	95 -3 32	0.66 0.59 8.93	1.84 0.30 0.19 0.30 1.75 -0.00 0.19 -0.00 0.13	38.25
분홍색	86 22 -5	0.57 1.52 1.20	2.49 0.79 -0.19 0.79 0.93 0.09 -0.19 0.09 0.88	20.29
보라색	87 21 -5	1.88 2.19 2.73	1.02 -0.05 -0.57 -0.05 0.52 -0.13 -0.57 -0.13 0.73	25.17

2. 도로 영역 자동 추출 방법

본 연구에서 제안한 방법은 그림 2와 같은 과정으로 구성되어 있다.

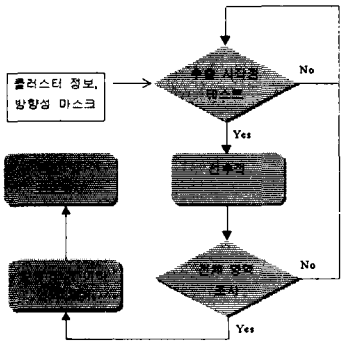


그림 2. 전체 작업 흐름도
Figure 2. Flow chart

우선 첫 번째 단계는 선추적을 위한 추출 시작점을 선택하는 단계이다. 이 단계에서는 수평, 수직 스캔라인 별 일정 간격의 픽셀들을 조사하여 그 픽셀이 추출할 클러스터에 포함되는 지의 여부를 결정하여 선추적 시작점으로 등록한다. 이때 조사되는 픽셀은 방향성 마스크[1]를 적용하여 구한 16개의 평활화 값 중에서 어느 하나라도 추출하고자 하는 클러스터의 임계값에 포함되면 이 픽셀을 시작 픽셀로 등록한 뒤 선추적을 시작하게 된다. 사람은 픽셀단위로 색상을 인식하는 것이 아니라 주변 픽셀들의 색상과의 조합으로 색상을 인식하게 되므로 우선 평활화를 수행한 뒤 클러스터의 포함 여부를 조사하게 된다. 클러스터의 포함 여부는 이미 생성되어 있는 클러스터의 정보를 이용하여 Mahalanobis 거리를 구한 뒤 임계값보다 작은 값인지를 조사하여 결정하게 된다.

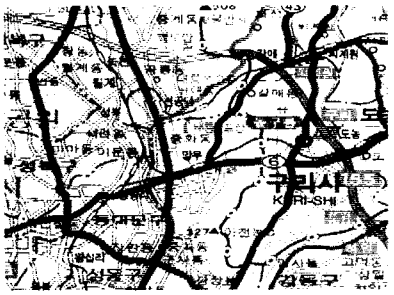
이렇게 등록된 시작점을 기준으로 [1]에서 제안한 선추적 방법으로 도로 영역을 추출하게 된다. 그런데 시작점을 자동으로 정하게 됨으로써 도로 영역이 아닌 일부 원하지 않는 영역이 함께 추출되는 경우가 발생하게 된다. 그러나 이러한 영역은 비교적 크기가 작고 구성된 픽셀의 수가 작으므로 본 논문에서는 추출된 결과에 대해 연결 요소(connected component)[7]를 구한 뒤 일정 크기 이하의 연결 요소를 제거하도록 함으로써 필요 없는 영역을 제거할 수 있도록 하였다.

최종적으로 다른 지도 구성 요소(시/도 경계선, 도로 번호, 시/도 명 등)로 인해 끊어진 부분을 편집할 수 있도록 하였으며 도로 내부의 잡영(noise)로 인해 추출 단계에서 완전하게 추출되지 않고 작은 구멍처럼 생긴 영역을 모포로지 연산을 사용하여 제거할 수 있도록 하였다.

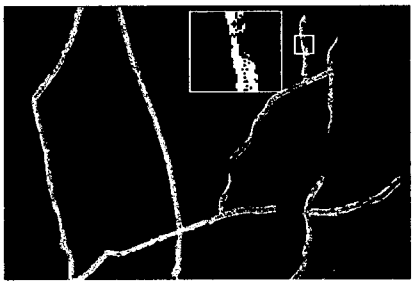
Ⅲ. 실험 결과

본 논문에서 제안한 방법은 펜티엄II에서 MFC를 기반으로 구현하였다. 실험에 사용한 칼라 지도영상은 300dpi로 스캐닝하여 사용하였다.

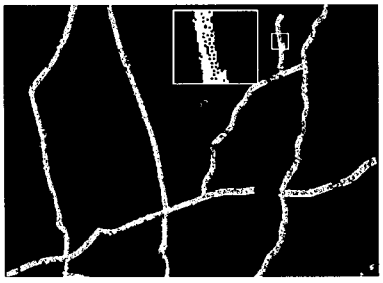
그림 3의 (b), (c)는 (a)로부터 각각 [1]에서 제안한 방법과 본 연구에서 제안한 방법으로 추출한 결과이다. [1]에서 제안한 방법은 전체 도로 영역 중의 일부 영역에서 클러스터를 생성하였기 때문에 일부 도로 영역에서의 칼라 변화를 제대로 수용하지 못하여 일부 영역이 추출되지 못하였다. 물론 [1]에서 제안한 방법도 추가의 클러스터를 등록함으로써 더 나은 추출 결과를 얻을 수 있지만 사용자가 개입하여 다시 작업을 해야 되므로 매우 번거롭게 된다. 이에 반해 본 논문에서 제안한 방법으로 추출된 결과를 살펴보면 비교적 도로의 칼라 변화를 잘 수용하면서 빠진 영역없이 추출된 것을 확인할 수 있다. 또한 확대된 영역을 살펴보면 본 연구에서 제안된 방법으로 추출된 결과는 도로 내부와 경계의 칼라 잡영을 잘 수용함으로써 더 나은 추출 결과를 얻을 수 있는 것을 확인하였다.



(a) 실험 영상 (Test image)



(b) [1]에서 제안된 방법으로 추출된 결과
(Result image by proposed [1])



(c) 제안된 방법으로 추출된 결과(Result image by this paper)

그림 3. 실험 결과
Figure 3. Extracted result

그리고 서울시의 도로 안내 지도(축척 1/250,000)를 A4 크기로 스캐닝한 영상에 대해서도 실험을 하였다. 이와 같이 비교적 크기가 큰 도로인 영상을 대상으로 하는 경우 대화식 방법에서는 추출 시작점을 매번 선택하는 과정이 추출 작업을 매우 힘들게 하였다. 특히 여러 가지 다른 구성요소로 인해 추출할 도로가 빈번하게 끊어져 있기 경우 전체 영상을 조사하여 동일 색상의 모든 도로를 추출하기 위해서는 100이상의 시작점 등록이 필요하였으며 이에 따른 작업 시간도 굉장히 증가하였다. 또한 추출 작업 후 전체 영역을 조사하며 미처 추출되지 못한 영역이 존재하는 지의 여부를 조사하는 작업도 힘든 작업이었다. 이에 반해 본 연구에서 제안한 방법으로 추출 작업을 자동화시킴으로써 작업자의 개입 없이 작업을 진행시킴으로써 대화식 방법의 약 1/4정도로 추출 시간을 단축시킬 수 있었고 상대적으로 작업자의 수고도 줄일 수 있었다.

Ⅳ. 결론

본 연구에서는 일반 도로안내지도로부터 도로 영역을 자동으로 추출할 수 있는 방법에 대해 연구하였다. 이를 위해 인쇄된 각 도로 색상에 대한 분석을 하여 클러스터를 생성하였으며 자동으로 추출 시작점을 등록할 수 있도록 하였다. 이로 인해 기존의 대화식 방법과 유사한 추출 결과를 얻을 수 있으면서도 비해 빈번한 사용자의 개입을 제거할 수 있어 작업 시간 및 노력을 상당히 줄일 수 있었다.

참고 문헌

[1] 김종민, 김민환, "칼라지도영상에서의 효율적인 영역추출 방법", 한국정보과학회 논문지, 24권 4호, 1997

[2] 우창헌, 한상백, 김수용, "색과 에지를 이용한 지도에서의 영역구분", 한국GIS학회 추계학술발표대회 요약문, pp. 29-38, 1997

[3] Alireza Khotanzad, Edd Zink, "Color Paper Map Segmentation Using Eigenvector Line Fitting", Proceedings of the IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, 1996

[4] 김도형, 우창헌, 김수용, "적응성 평활화 필터를 이용한 기존 지도에서의 영역추출", 한국GIS학회지, 제2권 2호, pp. 189-195, 1994

[5] 윤후병, 서재일, 정성종, "영상인식을 위한 칼라 영상의 영역분할", 정보과학회 추계학술발표논문집, Vol. 22, No. 2, pp. 395- 362, 1995

[6] 이두희, 김기두, 윤기방, "수치지도 제작을 위한 컬러 지도영상에서의 도로 추출에 관한 연구", 신호처리학회 합동학술대회논문집, 제9권 1호, pp. 661- 664, 1996

[7] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, 3rd Ed., p.149, Addison Wesley, 1992

저자소개

김성영

1994년 부산대학교 컴퓨터 공학과 공학사

1996년 동대학원 공학 석사

1998년 동대학원 박사 수료

현재 창원전문대학 멀티미디어과 전임강사

관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 3D 그래픽