

이미지프로세싱기법을 이용한 균열인식 프로그램 개발에 관한 연구

A Study on Development of Program for Crack Detection on Asphalt Pavement with Image Processing Techniques

김정용* · 조윤호**

Kim, Jung Yong · Cho, Yoon Ho

1. 서론

근래 포장의 과학적인 유지관리를 위해 일반국도 및 고속도로뿐만 아니라 지방자치단체 관할의 포장유지관리시스템 구축의 필요성이 대두되고 있다. 하지만 지방자치단체의 포장관련분야의 저예산으로 인해 고가의 장비를 수입하여 사용할 수 없는 실정이므로 저렴한 국산장비와 프로그램을 개발이 시급한 상황이다. 이에 본 연구에서는 소규모 네트워크 레벨의 포장유지관리시스템에 사용될 프로그램을 개발하였다. 프로그램 개발을 위해 먼저 이미지 프로세싱 루틴을 설계한 뒤, 기존의 이미지 프로세싱 알고리즘을 실험하여 단계별 최적 알고리즘을 개발하였다.

2. 이미지 프로세싱 설계

문헌조사를 통해 포장영상에서 균열정보를 얻기 위해서는 기본적으로 영상향상, 영상분할, 특징추출, 분류 및 정량화 단계를 거치게 됨을 분석하였고, 본 연구에서는 균열이외의 노이즈 부분을 효과적으로 제거하기 위해 2차 영상향상 단계를 추가하도록 하였다.

3. 단계별 알고리즘

영상처리기술을 포장기술에 응용하기 위한 연구는 1960년대 이래로 30년 이상의 역사를 가

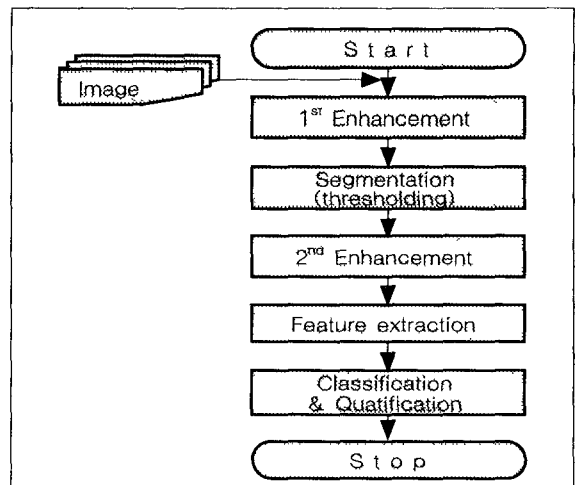


그림 1. 기본 설계 흐름도

* 정희원 · 중앙대학교 건설환경공학과 석사 · 02-817-0252 (E-mail: pms@pms.pe.kr)

** 정희원 · 중앙대학교 건설환경공학과 조교수 · 02-820-5336 (E-mail: yhcho@cau.ac.kr)



지고 있으며 현재까지 많은 발전이 이루어져오면서 다양한 알고리즘이 여러 가지 조합을 통해 포장에 적용되어 왔으나 기본적으로는 이미지 프로세싱의 4단계 방법을 따르는 것을 알 수 있다. 표 1은 기존 문헌조사를 통해 각 단계별로 사용되는 알고리즘을 보여주고 있다. 일반적으로 영상향상단계에서는 중간값 필터와 평균화 필터가 가장 많이 사용되고 있고, 영상분할단계는 회귀분석에 기반한 thresholding법이 가장 많이 적용되는 것으로 나타났다. 영상분류 단계에선 히스토그램 프로젝션법을 주로 이용하고 최근에는 퍼지이론과 신경망이론을 적용한 사례가 있다.

표 1. 각 단계별 적용 알고리즘

분 류	알고리즘	
	영상향상	선형필터 비선형필터
영상분할	Thresholding (문턱치화)	· Kittler법 · 최적화법 · 회귀분석법 · 퍼지법 · P-tile법(40%이하) · 2단계법 · Otsu법 · 릴렉세이션법 · Kapur법
	Edge Detection (윤곽선검출)	· Sobel 마스크 · Laplacian 마스크 · Kirch 마스크
영상분류	· 히스토그램 프로젝션법 · 클러스터 분류법 · 자동상관함수 분류법 · 퍼지법 · 신경망법	

4. 단계별 실험

4.1 영상향상

표 1과 같이 영상향상단계에서 명암대비 스트레칭, 히스토그램 균일화 등 다양한 알고리즘이 사용되었으나 본 절에서는 많이 사용되는 비선형 필터인 중간값 필터 처리를 그림 2와 같이 마스크 크기를 변화시키면서 실험하였다. 실험결과 3×3크기의 중간값 필터처리가 균열부분의 정보는 보전하고 영상내에서 고립되어 있는 스파이크 점을 없애 전

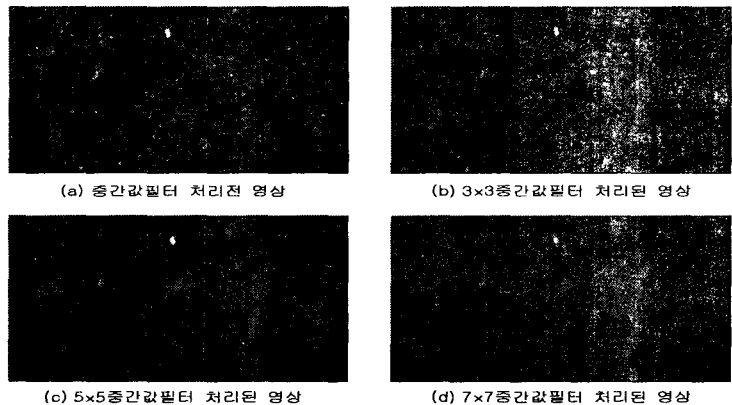
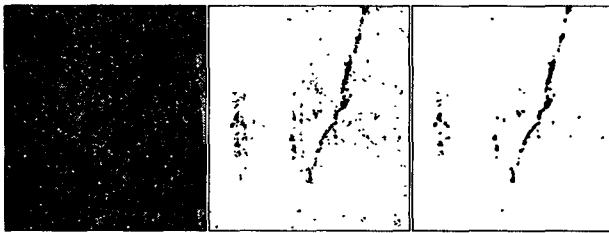


그림 2. 중간값필터 처리 예



(a) 1차 영상향상 (3*3중간값 필터) (b) 영상분할 (thresholding) (c) 2차 영상향상 (5*5중간값 필터)

그림 3. 5×5 중간값필터 적용 효과 예

체적인 노이즈를 가장 효과적으로 제거하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 마스크 크기가 커짐에 따라 균열부위의 정보가 변화되어 그림 2의 (d)와 같이 균열과 경계부의 구분을 모호하게 되어 평균화 필터 처리한 영상과 비슷한 결과를 보여주었다. 또한 영상분할 단계 후에도 많은 노이즈가 남아 있는 경우 5×5마스크의 중간값 필터를 적용하면 노이즈제거와 함께 균열부의 연결성을 향상시키는 결과를 발견하였다.

그림 3은 5×5마스크의 중간값 필터를 적용하여 노이즈를 효과적으로 제거하는 결과를 보여준다.

4.2 영상분할

본 절에서는 표 1에서 조사된 영상분할 알고리즘 중 아스팔트 포장에 가장 많이 적용하는 문턱치화(thresholding)법 알고리즘을 실험하였다. 실험에 사용된 알고리즘은 Kittler thresholding법과 비교한 결과 노이즈가 많은 포장영상에 더 효과적인 relaxation thresholding, regression-based thresholding($T=16.42+0.82\mu-0.049\sigma^2$)¹⁾, 문턱치(threshold)를 평균밝기값과 표준편차로 결정하는 regression thresholding($T=\mu-2.2\sigma$)²⁾, Kapur thresholding보다 더 나은 결과를 보여준 fuzzy thresholding⁴⁾, adaptive thresholding 등을 고려대상으로 선정하였다.

각각의 알고리즘은 ARAN을 통해 측정된 균열영상 38개를 바탕으로 적용 타당성이 검토되었다. 그러나

밝기값의 40%를 기준으로 문턱치화(thresholding)하는 미국 폴리텍대학의 P-tile thresholding법⁹⁾과 최빈값을 기준으로 문턱치화(thresholding)하는 코네티컷대학의 mode thresholding법⁶⁾은 ARAN영상에 적용한 결과, 노이즈가 많은 영상을 만들어내고 일정한 효과를 보이지 않아 본 실험에서 제외하였다. 그림 4는 여러 종류의 파손 현상 중 종방향 균열을 분석한 결과를 보여준다. relaxation thresholding은 명암 대비가 낮은 그림 4의 (b)에서 문턱치가 대체적으로 높은 경향을 보여주고 균열을 구분할 수

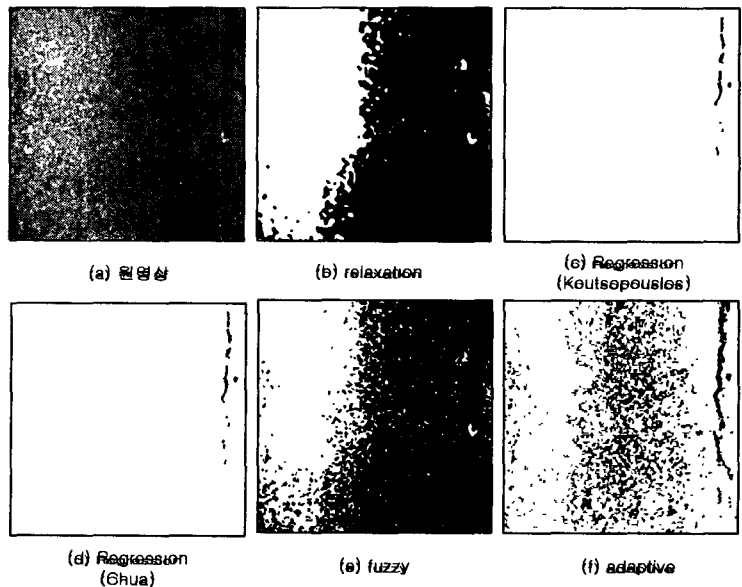


그림 4. 종방향 균열 예



없을 정도로 나쁜 효과를 나타내었다.

그러나 그림 4의 (c)와 (d)의 regression th-resholding 기법은 노이즈를 효과적으로 제거하고 균열 부분만 인식하는 것을 볼 수 있다. 그림 4의 (e)는 fuzzy thresholding 기법을 적용한 영상으로 relaxation thresholding과 비슷한 결과를 보여주어 균열 부분을 구분할 수 없을 정도로 나타났다. 하지만 그림 4의 (f)는 adaptive thresholding 기법을 적용한 영상으로 균열은 인식하나 노이즈가 많이 남아 있어 영상처리의 다음단계인 분류 및 정량화에 어려움이 있을 것으로 판단된다.

5. 결론 및 향후 연구과제

이미지 프로세싱 기법을 이용하여 균열정보를 얻기 위한 루틴 및 알고리즘 개발을 목적으로 실시한 본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

- 1) 포장균열인식을 위하여 1차 영상향상, 영상분할, 2차 영상향상, 영상해석으로 구성된 이미지 프로세싱 처리 루틴을 개발하였다.
- 2) 영상분할 알고리즘을 실험하여 아스팔트 포장의 균열을 인식에 있어서 회귀분석에 기반한 문턱치화기법이 최적의 효과를 나타냄을 증명하였다.
- 3) 실험을 통해 개발된 알고리즘과 루틴은 지방자치단체의 포장유지관리시스템에 사용될 프로그램 개발의 기초를 제공하였다.

향후 인식을 향상을 위해 더 많은 포장영상을 수집하여 새로운 회귀식을 통한 영상분할 알고리즘을 개발할 필요가 있으며, 균열율을 이용한 포장 파손 평가기준에 관한 연구가 수행된다면 포장유지관리 시스템을 낮은 예산과 노력으로 구축할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 한국과학기술부, 한국과학재단에서 지원한 첨단도로연구센터의 연구수행 결과입니다.

참고문헌

- 1) Haris N. Koutsopoulos, Ibrahim Ei Sanhoury, and Allen B. Downey, "Analysis of segmentation algorithms for pavement distress images", Journal of Transportation Engineering, Vol. 119, No. 6, November/December, 1993
- 2) Koon Meng Chua, Ling Xu, "Simple procedure for identifying pavement distress from video images", Journal of Transportation Engineering, Vol. 120, No. 3, May/June, 1994
- 3) Audhakar Nallamotheu and Kelvin C. P. Wang, "Experimenting with recognition accelerator for pavement distress identification", TRR 1536, 1996
- 4) H. D. Cheng, Jim-Rong Chen, Chris Glazier and T. G. Hu, "Novel approach to pavement cracking detection based on fuzzy set theory", Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 13, No. 4, October, 1999