

# 분기변환을 이용한 달력영상의 영상분할 절차개선

정회원 이 상 철\*

## A Procedure Improvement of Image Segmentation Using Watershed Transformation for Calendar Image

Sang-Cheol, Lee *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 로봇에서의 영상인식을 위한 선행단계로서 실질적으로 이루어져야 하는 절차를 고려한 분기변환을 이용한 영상 분할 절차를 제시한다. 로봇이 비전 시스템을 이용하여 달력 영상을 획득하였다고 가정하여, 그 영상의 선행처리 방법을 논의하고 실험 자료의 분석을 통해 제시된 방법의 타당성을 확인한다.

**Key Words** : Image Processing, Image Segmentation, Watershed Transformation, Threshold

### ABSTRACT

In this paper, for a calendar image, a procedure improvement of image segmentation using watershed transformation is proposed. The procedure of image segmentation is preprocessing step for image recognition in robot vision. And it should be considered in real implementation. Assuming acquisition of calendar image using robot vision, preprocessing method of that image is discussed. And the Proposed Method is verified through the experimental result of processed image.

### I. 서 론

영상 분할은 영상을 부분 영역들 혹은 객체들로 나누는 것이며, 대부분의 자동화된 영상 패턴 인식과 장면 해석 문제들에서 필수적인 선행단계이다. 컴퓨터를 이용한 영상 분석 과정이 성공적이나 혹은 실패냐를 결정짓는 것은 분할의 정확도에 달려있다<sup>[1]</sup>.

여러 가지 분할 방법들 중에서 한 방법의 선정은 대부분 해결하려는 문제의 특수한 특성에 의해 결정되며, 세분화 범위는 해결하고자 하는 문제에 따라 다르다. 본 논문은 로봇의 비전 시스템에서 로봇이 달력의 숫자를 인식하기 위한 선행단계로서, 달력 영상에 대한 영상분할에서 발생할 수 있는 문제를 고려하고, 이를 해결하기 위한 방법을 제시한다. 특히, 실내에서 로봇에 장착된 카메라로 받아들인 영상의 실질적인 처리에 있어서, 원 영

상을 바로 분할한 경우의 문제와 이의 해결방안을 제시한다.

분할 방법 중 분기점(watershed) 분할이라고 불리는 형태학적 접근 방법은 분할 결과가 잘 정의된 폐영역을 만들며, 영상 전체에 동일하게 적용되는 분할 방법이고, 특정 응용에서 영상의 사전 지식을 이용해서 분할 결과를 향상시킬 수 있게 해 주는 매우 좋은 방법으로 알려져 있다<sup>[2,3]</sup>. 그러므로 본 논문에서는 분기점 분할 방법을 채택한다.

영상처리 분야에서, 특히 수학적 형태론 영상처리 분야<sup>[4,6]</sup>에 있어서, 그레이스케일 사진은 종종 지형적 기복(topographic reliefs)으로 고려된다. 주어진 영상 I의 지형적 표현에 있어서 각 화소의 수치 값은 이 점에서의 고도(elevation)를 나타낸다.

이주 자연스럽게 분기점을 계산하는 첫 번째 알고리

\* 재능대학 정보통신계열(sangch@jeiu.ac.kr)

논문번호 : 09054-1001, 접수일자 : 2009년 10월 1일

즘은 지형학(topography) 분야에서 발견된다. 지형학적 표면은 디지털 높이 모델(DEM's : digital elevation models)을 통해 수치적으로 다루어진다. DEM's에 대해 가장 공통적으로 사용되는 자료 구조는 두 개의 직교 방향(orthogonal directions)으로 이용 가능한 고도가 등간격이 되는 regular square grid이다. DEM's로부터 분기점을 자동으로 추출해 내는 것이 지난 수년동안 증가되는 관심을 받아왔다<sup>7,8)</sup>. 최근에 발표된 알고리즘의 첫 번째 단계(step)는 3x3 창(window)에서 정의된 지역 연산을 수행하는 병렬 절차이다. 이것은 잠재적으로 분수령이 되는 화소를 추출할 수 있게 해 준다. 두 번째 단계에서, 추출된 화소들은 지형학적 네트워크로 연결된다. 하지만, 첫 번째 단계에서 매우 지역적 접근법이고 두 번째 단계를 수행하는 객관적인 규칙이 부족하여 보통은 부실한 결과를 가져온다<sup>9)</sup>. 디지털 지형학에서 이들 연구가 멀어져 가는 동안에, 위의 관념은 영상 처리 분야에서 연구되었다. 형태론적 도구로서 분기점 변환의 소개는 H. Digabel과 C. Lantuejoul<sup>10)</sup>에 기인한다. 그들의 자료는 아스팔트 질감의 표면 양각의 연속된 문턱을 표현하는 2진 영상의 다발(pile)이었다. 나중에, C. Lantuejoul, S. Beucher와 함께한 공동연구에서, 그레이 스케일 영상의 좀더 일반적인 틀로 확대하기 위해서 원래 알고리즘의 “inverse”를 이끌어 내었다<sup>11)</sup>. 그리고 난 뒤, 분기점은 F. Maisonneuve에 의해 이론적으로 접근 되었다<sup>12)</sup>.

이 논문은 다음과 같이 구성된다. 먼저, 제 2장은 유역변환의 간단한 개념을 설명한다. 그 다음으로, 제3장은 실험을 통한 유역변환의 과분할 문제와 이에 대한 해결 방법을 제시한다. 마지막으로 제 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 유역변환의 개요

유역(watershed)은 지리학에서 서로 다른 강의 지류들에 의해 배수되는 영역들을 나누는 능선이다. 분수령이라고도 부른다. 집수지역(catchment basin)은 물을 강이나 저수지로 흘러 보내는 지리학적 영역이다. 유역 변환은 이 아이디어 들을 여러 가지 영상 분할 문제를 풀기 위해서 2진 영상은 물론이며, 그레이 스케일 영상처리에 적용할 수 있다.

유역 변환은 그레이 스케일 영상에서 집수지역과 능선을 찾는다. 영상 분할 문제를 푸는 도구로서, 핵심 개념은 시작 영상을 다른 영상으로 변화 시키는데, 변화된 영상에서 집수 지역이 찾으려는 객체 혹은 영역이다.

분기점 분할에 필요한 내용을 살펴보면 다음과 같다.

2차원 그레이스케일 영상 I를 고려하자. I의 정의역은

$D_I \subset \mathbb{Z}^2$ 로 표기한다. 영상 I는 다음 식 (1)과 같이 주어진 영역  $[0, N]$ 에서 이산 명암도 값을 취한다.

$$I \begin{pmatrix} D_I \subset \mathbb{Z}^2 \rightarrow \{0,1,\dots,M\} \\ p \mapsto I(p). \end{pmatrix} \quad (1)$$

여기서, N은 임의의 양의 정수이다.

이 영상 I의 최소영역 점들의 집합을 M이라 하자. 최소영역 M은 더 낮은 고도에 점에 도달할 수 없는 고도 h 값과 연결된 화소들의 집합이며, 다음 식(2)와 같다.

$$\begin{aligned} &\forall p \in M, \quad \forall p' \notin M, \text{ such that } I_q \leq I(p), \\ &\forall P = (p_0, p_1, \dots, p_l) \text{ such that } p_0 = p \text{ and } p_l = q, \quad (2) \\ &\exists i \in [1, l] \text{ such that } I(p_i) > I(p_0) \end{aligned}$$

식(1)의 그레이스케일 영상 I에 대하여, 영역 DI상에서 I에 의해 취해진 최소값을 hmin으로 표기하자. 유사하게, 영역 DI상에서 I에 의해 취해진 최대값을 hmax으로 표기하자. 다음 식(3)은 레벨 h에서 I의 문턱값 Th(I)를 나타낸다.

$$T_h(I) = \{p \in D_I, I(p) \leq h\} \quad (3)$$

또한, C(M)은 최소 M과 관련된 집수지역의 표기이고, Ch(M)은 h와 같거나 더 작은 고도를 갖는 점에서 만들어진 집수지역의 부분 집합이다. 즉 Ch(M)은 다음 식 (4)와 같다.

$$C_h(M) = \{p \in C(M), I(p) \leq h\} = C(M) \cap T_h(I) \quad (4)$$

지금까지 유역변환의 기본 개념에 대해 알아보았다. 다음 장에서는 특정 영상의 실험 자료를 분석함으로써 유역변환을 이용한 영상 분할 방법에 관하여 알아보기로 한다.

## III. 유역변환을 이용한 영상분할 방법

실내에서 로봇에 장착된 카메라로 받아들인 영상의 실질적인 처리를 위해 다음 그림1.과 같은 영상을 고려한다.

그림 1의 영상은 실내에서 로봇에 장착된 카메라로 벽을 똑바로 마주보고 1[m]의 거리에서 획득한 128x128 화소를 갖는 그레이스케일 영상이다.

이 영상에 곧바로 유역변환을 이용하여 영상을 분할



그림 1. 실내에서 로봇에 장착된 카메라로 획득한 영상  
Fig. 1. A acquisition image using robot vision camera in indoor

하면 다음 그림 2와 같은 결과를 얻는다.

그림 2는 객체를 추출하기위해 분할된 영상이 너무 과도하여 이후의 영상 인식 절차에 사용하기 어려운 상태이므로 이러한 과분할 문제를 해결할 필요가 있다.

일반적으로 영상처리 절차는 그 응용 분야에 따라 매우 다양하게 나타나므로 일반적인 절차를 모든 응용에 적용하기는 매우 어렵다. 결국, 본 논문의 주어진 과제에 대해 적절히 처리되는 절차를 찾아야 하는데, 본 응용에서는 그림1의 영상을 구분하기 위해 원 영상인 그레이스케일 보다는 2진 영상이 더 적합하다는 점에 착안하여 그림 1의 영상을 2진 영상으로 변환하는 절차를 추가하는 방법을 제시한다.

다만, 그레이스케일 영상을 2진 영상으로 변환하기 위해서는 문턱값(threshold)을 설정해 주어야 하는데, 대부분의 문헌에서는 Otsu의 방법<sup>[13]</sup>을 사용한다. 그러나, 본 논문의 영상에 이 방법의 문턱값을 적용하면 2진 영상이 1과 0으로 구분되지 않기 때문에 원하는 영상을 얻을 수 없다. 따라서, 본 논문에서는 다른 문헌들이 일반적으로 사용하는 방법과는 다르게 히스토그램을 이용하여 히스토그램 분포 최대값의 절반 값을 갖는 그레이스케일

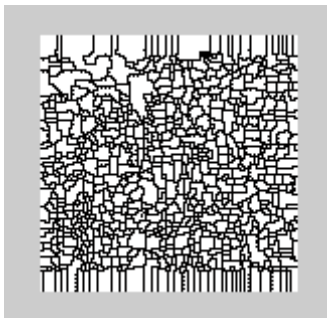


그림 2. 원영상에 대한 유역변환 분할  
Fig. 2. The image segmentation using watershed transformation for original image

값을 문턱값으로 설정하였다.

이에 대한 매트랩 코드는 다음과 같다.

```

histo=imhist(img); %히스토그램
histo=histo(1:255); %맨 끝 자름
max_h=max(histo);
maxh_index=find(histo==max_h);
Thr=maxh_index/2; % 본 논문에서 사용한 문턱 값
    
```

본 논문에서 제시한 문턱값으로 2진 변환된 영상은 다음 그림3과 같다.

그림 3의 2진 영상이 그림2의 그레이스케일 영상에 비해 영상 분할 및 영상인식에 매우 유리하다. 이제 그림 3의 2진 영상에 대해 분기점 변환을 이용한 영상 분할을 수행하면 다음 그림 4와 같은 결과를 얻을 수 있다.

그림2와 그림4를 비교해 보면 2진영상에 대한 분기점 분할이 훨씬 만족할 만한 결과를 가져 온다는 것을 알 수 있다.

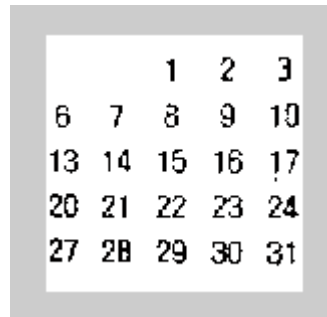


그림 3 원영상에 대한 2진 영상  
Fig. 3. The Binary image for original image

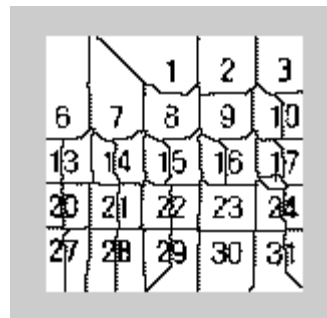


그림 4. 2진 영상에 대한 분기점 영상 분할  
Fig. 4. The image segmentation using watershed transformation for binary image

그림 4의 결과가 객체 하나 하나를 올바르게 구분하였다는 점에서 매우 훌륭한 결과라고 할 수 있으나, 어떤 경우의 응용에 있어서는 2자리 수(예를 들어 그림 4에서 10, 13, 14... 등)를 하나의 객체로 보아야 하는 경우도 있다. 이러한 경우는 인접한 객체들이 서로 붙어 있도록 형태학적 영상처리 연산인 팽창<sup>14)</sup> 연산을 수행함으로써 보다 개선된 영상분할을 얻을 수 있다.

그림 3의 2진 영상에 팽창연산을 적용하여 얻어진 영상은 다음 그림 5와 같다.

그림 5에서 사용한 구조요소는 다음의 MATLAB 명령을 활용하였다.

```
se=strel('disk',3);
```

이제, 위의 그림 5에 대하여 분기점 영상 분할한 후, 이를 그림 3의 2진 영상에 적용한 최종 분할된 영상은 다음 그림 6과 같다.

그림 6에서 최종적으로 본 논문에서 제안한 방법으로 얻어진 분할된 영상을 볼 수 있었다. 로봇의 영상 인식 전처리 과정으로 분할된 영상이 만족할 만한 결과를 얻어졌음을 확인할 수 있다.

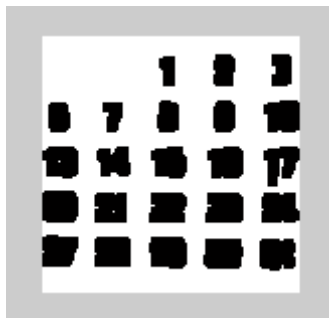


그림 5. 팽창연산 결과  
Fig. 5. The result of dialation operation

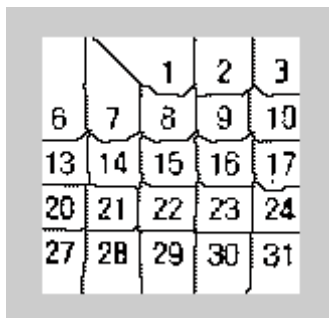


그림 6. 최종 분할 영상 결과  
Fig. 6. The final result of image segmentation

지금까지 논의된 내용을 바탕으로 본 논문에서 제시한 영상분할 처리 절차를 정리하면 다음과 같다.

[처리절차 단계1]

영상인식에 사용할 수 있는 의미 있는 객체를 갖는 128x 128화소의 그레이스케일 영상을 준비한다.

[처리절차 단계2]

영상의 히스토그램을 계산하여 2진 영상 변환을 위한 문턱값을 설정한다.

[처리절차 단계3]

얻어진 문턱값으로부터 2진 영상을 얻는다.

[처리절차 단계4]

2진 영상에 대해 팽창연산을 수행한다.

[처리절차 단계5]

팽창연산으로 얻어진 2진 영상을 토대로 분기변환에 의한 영상분할을 실시한다.

지금까지 실내에서 로봇에 장착된 카메라로 받아들인 영상에 대해 바로 분기변환 했을 경우의 문제점을 살펴 보고 그 문제점을 해결하는 방법을 살펴보았다.

#### IV. 결 론

본 논문은 영상인식의 선행단계로서 영상을 부분 영역들 혹은 객체들로 나누는 영상 분할에 관하여 살펴보았다. 특히 영상 분할 방법으로 분기점 분할이라고 불리는 형태학적 접근 방법을 채택하였다. 그 이유는 특정 응용에서 영상의 사전 지식을 이용해서 분할 결과를 향상시킬 수 있게 해 주는 매우 좋은 방법으로 알려져 있기 때문이다.

특정 응용에 대한 예로서, 달력 영상에 대한 영상분할에서 발생할 수 있는 문제를 고려하고, 이를 해결하기 위한 방법을 제시한다. 특히, 실내에서 로봇에 장착된 카메라로 받아들인 영상의 실질적인 처리에 있어서, 원 영상을 바로 분할한 경우의 과분할 문제를 실제 영상에 대한 실험 자료를 제시하고 2진 영상 변환 및 팽창 방법을 절차에 참가함으로써, 문제를 해결하는 방법을 살펴보았다.

특히, 2진 영상 변환을 위한 문턱값 설정에 있어서, 기존에 사용하던 방법 대신에 본 논문에서 새로운 방법을 제시함으로써 문제에 해당하는 영상의 경우 2진 변환이 효율적으로 이루어지도록 하였다.

이상으로 실내에서 로봇에 장착된 카메라로 받아들인 영상의 인식을 위한 선행 처리로서, 분기변환에 의한 영

상분할 방법제시하고 특정 영상에 대한 결과를 보임으로써 제시된 방법의 타당성을 보였다.

### 참 고 문 헌

[1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing," Prentice Hall, 2002.

[2] L. Vincent and P. Soile, "Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.13, No.6, pp.583-598, 1991.

[3] L. Vincent and S. Beucher, "The morphological approach to Segmentation: An introduction," School of Mines, Paris, France, Internal Rep. CMM, 1989.

[4] M. Matheron, "Random Sets and Integral Geometry," Addison-Wesley, 1969.

[5] J. Serra, "Image Analysis and Mathematical Morphology," London: Academic, 1982.

[6] S. R. Sternberg, "Grayscale morphology," Comput. Vision, Graphics, Image Processing, vol.35, pp.333-355, 1986

[7] S. H. Collins, "Terrain parameters directly from a digital terrain model," Canadian Surveyor, vol.29, no.5, pp.507-518, 1975.

[8] L. E. Band, "Topographic partition of watersheds with digital elevation models," Water Resources Res., vol.22, no.1, pp.15-24, 1986.

[9] P. Soille and M. Ansault, "Automated basin delineation from DEMs using mathematical morphology," Signal Processing, vol. 20, pp. 171-182, 1990.

[10] H. Digabel and C. Lantutjoul, "Iterative algorithms," in Proc. 2nd European Symp. Quantitative Analysis of Microstructures in Material Science, Biology and Medicine, Caen, France, Oct. 1977, J. L. Chermant, Ed. Stuttgart, West Germany: Riederer Verlag, 1978, pp. 85-99.

[11] S. Beucher and C. Lantuijoul, "Use of watersheds in contour detection," in Proc. Int. Workshop Image Processing, Real-Time Edge and Motion Detection/Estimation,

Rennes, France, Sept. 17-21, 1979.

[12] F. Maisonneuve, "Sur le partage des eaux," School of Mines, Paris, France, Internal Rep. CMM, 1982.

[13] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol.9, no.1, pp.62-66, 1979.

[14] van den Boomgaard and van Balen, "Image Transforms Using Bitmapped Binary Images," Computer Vision, Graphics, and Image Processing: Graphical Models and Image Processing, vol.54, no.3, May, 1992, pp.254-258.

이 상 철 (Sang-Cheol, Lee)

정회원



1990년 2월 광운대학교 전자공학과 석사

2000년 2월 광운대학교 제어계측공학과 박사

2000년 3월~현재 재능대학 정보통신계열 부교수

<관심분야> 지능형 로봇, 임베디드 소프트웨어, 영상 신호 처리