

# 인접 영역 간의 비유사도를 이용한 영역 병합 방법

김병원\*, 황선규, 김희율  
한양대학교 전파전기공학부

## A Method of Merging Region Using the Dissimilarity Between Adjacent Regions

Byung-Won Kim\*, Sun-Kyoo Hwang, Whoi-Yul Kim  
Division of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University  
E-mail : bwkim@vision.hanyang.ac.kr

### Abstract

위터셰드 알고리즘에 의해 과분할된 영상은 이후 영상의 이해 및 분석 작업의 편의성을 위하여 영역 병합 작업이 필요하다. 본 논문에서는 유사한 색상을 갖는 영역의 경계선을 보다 잘 유지할 수 있도록 통합 비유사도를 정의하고, 이를 이용한 영역 병합 방법을 제안한다. 통합 비유사도는 영역의 색상 정보, 인접한 두 영역 사이의 평균 그래디언트 값 정보, 두 영역 사이의 인접한 픽셀 수 정보를 이용하여 정의된다. 영역 병합 과정에서는 영역 면적의 크기와 영역간 통합 비유사도를 고려한 3 단계 영역 병합 방법을 수행한다. 자연 영상에 대한 실험 결과 제안한 방법이 기존의 방법보다 경계선 정보를 보다 잘 유지하고 사람이 느끼기에 보다 정확한 영역 병합 결과를 나타냄을 확인하였다.

### I. 서론

영상 분할(Image segmentation)이란 영상을 밝기, 색상, 질감, 움직임 등의 특징값이 유사한 영역으로 나누는 것을 의미한다. 이러한 영상 분할은 영상을 이해하고 분석하기 위해 필요한 기초적인 작업이며, 최근 객체 단위로 압축하는 MPEG-4 와 객체의 특성을 기술하

고 유사한 영상을 검색하는 MPEG-7 의 중요한 기반 기술로 인식되어 그 중요성이 높아졌다.

영상 분할 방법으로는 영상의 그래디언트(gradient)를 이용하는 위터셰드(watershed) 알고리즘이 많이 사용되고 있다 [1][2]. 형태학적 정보를 이용하는 방법 중 하나인 위터셰드 알고리즘은 회색조 영상과 칼라 영상 모두에 적용할 수 있는 장점이 있지만 잡음에 민감하여 영상이 과분할 되는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 두 영역의 평균 색상과 두 영역간의 에지 크기 정보가 이용되었다 [5]. 그러나 이 방법에는 하나로 병합되어서는 안 되는 영역임에도 불구하고 유사한 색상을 갖기 때문에 잘못된 병합을 수행하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 유사한 색상 때문에 잘못된 병합을 수행하는 문제점을 보완하기 위해 영역의 평균 색상 정보, 인접한 두 영역 사이의 평균 그래디언트 값 정보, 인접한 두 영역 사이의 픽셀 수 정보를 이용하여 통합 비유사도를 정의하고, 영역 면적의 크기와 영역간 통합 비유사도를 고려한 3 단계의 효과적인 영역 병합 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 위터셰드 알고리즘을 이용하여 영역을 초기 분할하는 방법을 설명하고, 3 장에서는 유사한 색상을 갖는 영역의 경계

선을 유지할 수 있게 하는 통합 비유사도를 정의하고, 이 유사도를 이용한 효과적인 영역 병합 방법을 설명한다. 4 장에서는 자연영상에 실험한 결과를 보여주고, 5 장에서 결론을 맺는다.

## II. 초기 영역 분할

영상의 초기 분할에 사용되는 워터셰드 알고리즘은 입력 영상의 잡음에 민감하기 때문에 이를 제거하는 전처리 작업이 필요하다.

자연 영상으로부터 워터셰드 알고리즘의 입력으로 사용되는 그래디언트 영상을 만들기 위하여 입력 영상을 YUV 색상 공간으로 변환한다. 각각의 Y, U, V 영상에 비등방성 확산(anisotropic diffusion) 필터를 적용하여 에지 정보를 유지하면서 영역의 잡음을 제거한다 [3]. 비등방성 확산 필터를 수행한 각각의 Y, U, V 영상에 대해서 실행 속도가 비교적 빠른 로버츠(Roberts) 연산자를 이용하여 그래디언트 영상을 만든다 [7]. 또한, Y, U, V 의 색상 모두를 고려하여 명확한 에지를 찾는 색상 그래디언트 영상을 다음과 같은 방법으로 정의한다 [4].

$$G_{col} = \max \{w_y G_y, w_u G_u, w_v G_v\} \quad (1)$$

여기서  $G_y, G_u, G_v$  는 Y, U, V 그래디언트 영상을 의미하고,  $w_y, w_u, w_v$  는 Y, U, V 그래디언트 영상의 가중치를 의미한다.  $G_{col}$  는  $G_y, G_u, G_v$  의 성분 중 가장 큰 값으로 구성된 색상 그래디언트 영상이며,  $w_y, w_u, w_v$  의 값으로 실험적으로 결정한 1, 0.5, 0.5 를 사용한다.

워터셰드 알고리즘으로는 초기 영역 분할을 위해 실수형의 값을 갖는 그래디언트 영상에 곧바로 적용하여 양자화 에러를 줄일 수 있는 *rainfalling* 알고리즘을 이용한다 [6].

## III. 영역 병합

초기 분할된 영역과 그와 인접한 영역 정보를 표현하기 위하여 RAG(Region Adjacency Graph)를 사용한다. RAG 는 각 영역들의 정보를 정점(vertex)으로 갖고, 두 영역의 관계를 간선(edge)로 구성된다. 이 때, 정점에는 영역의 평균 색상과 영역의 면적 정보가 저장되고, 간선에는 인접한 두 영역 사이의 공통 경계선에서의 픽셀의 개수와 평균 그래디언트 값 정보가 저장된다. 이러한 정점과 간선의 정보는 두 영역 사이의 비유사도를

정의한다.

### 3.1 비유사도 정의

#### 평균 색상 비유사도

평균 색상 비유사도는 인접한 영역의 평균 색상의 차이로 다음과 같이 정의한다.

$$\delta^c(R^i, R^j) = [\mu(R^i) - \mu(R^j)]^2 \quad (2)$$

여기서,  $R^i$  와  $R^j$  는 인접한  $i$  와  $j$  번째 영역을 의미하고,  $\mu(R^i)$  와  $\mu(R^j)$  는 인접한  $i$  와  $j$  번째 평균 색상을 의미한다. 평균 색상 비유사도가 작은 값을 가질수록 두 영역이 유사한 영역임을 의미한다.

#### 그래디언트 비유사도

그래디언트 비유사도는 인접한 두 영역의 공통된 경계에서 존재하는 평균 그래디언트 값의 비율로써 다음과 같은 식으로 정의한다.

$$\delta^g(R_k^i, R_k^j) = \frac{\mu(G_{col}^{i,j})}{\|E_{CB}^{i,j}\|} \quad (3)$$

여기서,  $\mu(G_{col}^{i,j})$  는 인접한  $i$  와  $j$  번째 영역의 평균 색상 그래디언트 평균 값을 의미하고,  $\|E_{CB}^{i,j}\|$  는 인접한  $i$  와  $j$  번째 영역의 공통된 경계의 길이를 의미한다.

그래디언트 비유사도가 작은 값을 가지면 두 영역이 병합될 수 있는 확률은 높고, 큰 값을 가지면 두 영역은 병합되기 어려운 성질을 갖는다.

#### 영역 경계 비율 비유사도

영역 경계 비율 비유사도는 임의의 한 영역이 그와 인접한 영역들과 병합할 때 이웃한 영역들과의 경계선이 가장 많이 접해 있는 순서로 병합하도록 정의한다.

$$\delta^b(R_k^i, R_k^j) = 1 - \frac{\|E_{CB}^{i,j}\|}{\|E_{TB}^i\|} \quad (4)$$

여기서,  $\|E_{TB}^i\|$  는  $i$  번째 영역의 전체 경계 픽셀 수이다. 영역 경계 비율 비유사도 역시 값이 낮은 순서로 영역 병합을 한다.

#### 통합 비유사도

실제 병합 과정에서는 위에서 정의한 평균 색상 비유사도, 그래디언트 비유사도, 영역 경계 비율 비유사도의 가중치 합을 이용하여 사용한다. 통합 비유사도는

병합하는 단계에서 각 단계별로 가중치를 다르게 함으로써 보다 효과적으로 영역을 병합할 수 있다. 통합 비유사도는 위에서 정의한 각각의 비유사도에 가중치를 준 합으로 정의한다.

$$Dist = cw \cdot \delta^c + bw \cdot \delta^b + rw \cdot \delta^r \quad (5)$$

where,  $cw + bw + rw = 1$

### 3.2 영역 병합 방법

본 논문에서는 유사한 색상을 가지는 영역을 병합할 때 경계선 정보를 보다 효과적으로 사용하는 방법을 제안한다. 제안한 비유사도를 이용한 영역 병합 방법은 다음과 같이 3 단계로 나누어 수행한다.

1. 모든 영역을 스캔하면서 특정 크기( $S_1$ ) 이하의 영역에서 비유사도가 가장 작은 인접영역을 찾는다. 그때의 비유사도가 임계값( $TH_1$ )보다 작으면 영역 병합을 하고 그렇지 않으면 다음 영역을 찾는다.
2. 다음과 같은 과정으로 이웃하는 모든 영역간 가장 작은 비유사도를 찾아 영역 병합을 수행한다.
  - 1) 각 영역과 그와 인접한 영역의 통합 비유사도를 모두 계산하고 저장한다.
  - 2) 저장한 통합 비유사도 중 가장 작은 통합 비유사도와 그 때의 통합 비유사도와 관련된 두 영역을 찾는다.
  - 3) 가장 작은 통합 비유사도가 임계값( $TH_2$ )보다 작을 경우, 비유사도와 관련된 두 영역  $R_A$  와  $R_B$  를 병합하고, 비유사도가  $TH_2$  보다 클 경우 병합 과정을 종료한다.
  - 4) 영역  $R_B$  가  $R_A$  로 병합되면, 병합된 영역  $R_A^{new}$  와 그와 인접한 영역  $R_A^{adj}$  간 정보를 갱신하고, 두 영역과 인접한 영역간의 통합 비유사도를 갱신한다. 그리고 2)번을 다시 수행한다.
3.  $S_1$  보다 크지만 작은 면적( $S_2$ )을 대상으로 1 번과 동일한 방법으로 수행한다. 이때 임계값( $TH_3$ )은 1 번과 다른 값을 사용한다.

본 논문에서 사용한 영역 병합의 각 단계는 다음과 같은 이유로 사용하였다.

첫 번째 단계는 두 번째 단계의 수행 시간을 줄이기 위해 사용된다. 왜냐하면 초기 분할된 영역이 많은 경우, 계산할 것이 많은 두 번째 단계에서 수행 시간이

오래 걸리기 때문에 영역의 개수를 줄여 두 번째 단계의 수행 시간을 줄일 수 있다.

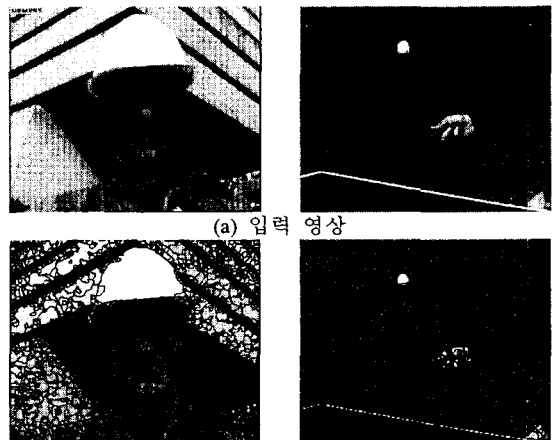
두 번째 단계는 어느 위치의 영역이든 통합 비유사도가 가장 작은 영역부터 병합하도록 하였다.

세 번째 단계는 두 번째 단계에서 영역을 고려하지 않고 통합 비유사도만을 이용하여 병합을 수행하기 때문에 여전히 작은 영역이 존재한다.

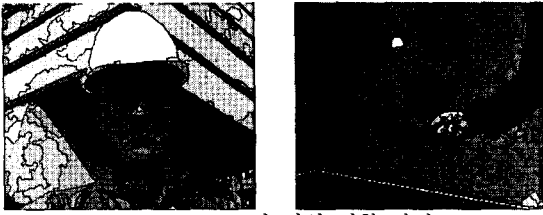
## IV. 실험과 분석

본 논문에서 사용한  $cw, rw, bw, TH_1, TH_2, TH_3, S_1, S_2$  는 모두 실험적으로 얻어진 값을 사용하였고, 각각 다음과 같은 값을 갖는다. 통합 비유사도를 구할 때 사용하는 가중치  $cw, bw, rw$  는 0.5, 0.25, 0.25 로 모든 병합단계에서 동일하게 사용하였고, 병합단계에서 각 단계마다 병합 여부를 결정하는 임계값  $TH_1, TH_2, TH_3$  는 5, 0.25, 5 의 값으로 사용하였다. 또한 첫 번째, 두 번째 병합단계에서 사용하는 면적  $S_1, S_2$  는  $S_{input}/2500, S_{input}/1500$  로 입력 영상의 픽셀 수( $S_{input}$ )의 비율로 결정된다.  $S_1$  과  $S_2$  는 320x240 크기의 영상에서 30 과 51 로 나타난다.

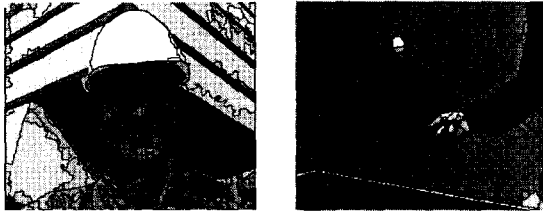
본 논문에서는 인접한 영역의 동질성과 공통된 에지의 크기를 조합하여 비유사도를 정의하고, 본 논문의 2 번째 병합 알고리즘과 유사한 방법으로 영역 병합을 수행하는 Hernandez 의 병합 방법과 비교하고 있다 [5].



(b) 워터셰드 수행 영상



(c) Hernandez의 영역 병합 방법



(d) 제안된 영역 병합 방법

그림 1. 실험 결과

그림 1은 foreman 과 table tennis 동영상 프레임에 적용한 실험 결과를 보여 주고 있다. 그림 1(a)는 입력 영상을 나타내고, 그림 1(b)는 그림 1(a)에 대해 워터셰드를 수행한 결과 영상을 보여주고 있으며, foreman 영상이 3897 개, table tennis 영상이 9853 개의 작은 영역으로 분할 되었다. 그림 1(c)는 그림 1(b)를 Hernandez 가 제안한 영역 병합 방법으로 수행한 결과 영상이고, foreman 영상이 789 개, table tennis 영상이 1360 개로 영역의 개수가 줄었다. 그리고 각각의 수행 시간은 0.2 초, 0.65 초가 걸렸다. 그림 1(d)는 제안된 방법으로 영역을 병합한 결과 영상이다. foreman 영상이 287 개, table tennis 영상이 155 개의 영역으로 줄었고, 수행 시간은 각각 0.06 초, 0.28 초가 걸렸다

그림 1(c)에서 영역 병합을 수행한 후에도 작은 영역이 많이 존재하고 있다. 그러나 제안한 병합 방법으로 실험한 그림 1(d)에서는 작은 영역이 효과적으로 병합된 것을 알 수 있다. 또한 foreman 영상의 좌측 아래를 보면, 유사한 색을 갖는 영역의 경계선을 그림 1(c)에서보다 더욱 효과적으로 유지되고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 거친 질감을 가진 영역이나 그림자가 존재하는 영역은 여전히 여러 개의 영역으로 나뉘는 단점이 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 워터셰드 알고리즘을 통해 초기 분할된 영역의 경계선을 보다 잘 유지할 수 있게 통합 비유사도를 정의하였고, 이 통합 비유사도를 이용한 효

과적인 3 단계 영역 병합 방법을 제안하였다. 위 실험 결과에서 알 수 있듯이 제안된 방법은 유사한 색상에서의 경계선을 효과적을 유지하면서 영역의 개수를 현저하게 줄이는 영역 병합이 이루어진 것을 볼 수 있었다. 향후 과제로는 각 비유사도를 결합하는 과정에서 가중치를 능동적으로 결정할 수 있게 하는 연구가 필요하다.

## VI. 참고문헌

- [1] J. M. Gauch, "Image Segmentation and analysis via multiscale gradient watershed hierarchies," *IEEE Trans. on Image Proc.*, vol. 8, no. 1, Jan. 1999
- [2] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in digital spaces: An efficient algorithm based on immersion simulations," *IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 13, no. 6, pp. 583-598, June 1991
- [3] P. Perona and J. Malik, "Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion," *IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 12, no. 7, pp. 629-639, July 1990
- [4] Y. Tsaig and A. Averbuch, "Automatic segmentation of moving objects in video sequences: A region labeling approach," *IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology*, vol. 7, no. 7, pp. 597-612, July 2002
- [5] S. E. Hernandez and K. E. Barner, "Joint region merging criteria for watershed-based image segmentation," *IEEE Tran. Image Proc.*, vol. 2, pp. 108-111, Sept. 2000
- [6] P. De Smet and D. De Vleeschauwer, "Performance and scalability of a highly optimized rainfaling watershed algorithm," *Proc. Int. Conf. on Imaging Science, Systems and technology, CISST'98*, pp. 266-673, July 1998
- [7] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, "Digital image processing" *Prentice Hall, Inc.*, pp. 577-578, 2002