

# Clustering 방법을 이용한 라타 영상의 Segmentation

김 정선, 김 중대, 김 성대, 김 재균  
한국과학기술원 전기 및 전자과

## Segmentation of Colored Image Using Clustering Method

Jeong Seon KIM, Jong Dae KIM, Seong Dae KIM, Jae Kyeon KIM  
Dept. of Electrical Engineering, KAIST

### Abstract

In this paper, we propose the new color image segmentation algorithm using clustering method in the normalized r,g,b coordinates.

The number of intrinsic clusters which are included in color image is estimated by the clustering quality measure and the initial centers of clusters are calculated by a hierarchical way.

The proposed algorithm was verified by the computer simulation.

### 1. 서론

흑백 영상을 segmentation하는 경우 contrast가 낮은 영상에서는 인식에 필요한 특징을 추출하기가 어렵다. 이 문제를 해결하는 방법으로 color 영상의 이용을 제시할 수 있다[1].

영상내에 존재하는 여러 물체의 특징을 추출하고자 하는 경우에, 흑백 영상의 경우는 물체 사이의 상대적인 밝기만을 이용하는 반면에 color 영상은 물체가 갖고있는 다양한 color 정보를 이용할 수 있으므로, 특정한 color 를 갖는 물체의 추출 및 인식도 가능하다.

Color 영상의 segmentation 방법으로는 B. Ohlander의 recursive region splitting에 의한 방법[2]과 R. Nevatia의 Hueckel edge operator의 3차원 확장에 의한 edge detection 방법[3] 등과 같이 흑백 영상의 segmentation 방법을 확장한 것과, primary R, G, B에 대하여 단순히 k-means 알고리즘을 사용한 방법이 있다[4].

본 논문에서는 정규화된 r-g 공간상에서 r-g의 2차원 histogram을 구하고 이를 이용하여 영상내에 존재할 수 있는 cluster 갯수에 대한 최대값을 정함으로써, 불필요하게 많은 횟수의

clustering을 행하는 것을 방지하였으며, hierarchical한 방법으로 합리적인 initial cluster의 center를 정하도록 하였다.

### 2. 본론

본 논문에서는 color 영상의 segmentation시 clustering을 이용했는데 이때 생기는 문제 중에서 가장 근린한 문제는 sample set 내에 존재하는 실제의 cluster 갯수를 정확히 알수 없다는 것이다. 또한 cluster의 initial center의 임의의 선택으로 계산시간을 증가시킬 뿐만 아니라 적절한 결과를 얻지 못하는 경우도 발생한다. 본 논문에서는 정규화된 r-g 평면상에서 이들 문제와 관련하여 clustering하는 방법에 대하여 논하였다.

#### 2.1 정규화된 r,g,b 공간

Color를 설명하기 위해서는 세개의 요소가 요구되며 일반적으로 primary color R, G, B를 raw data로 얻는다. Color를 다시 intensity, hue, saturation의 3가지 특성으로 나타낼 수 있는데, 본 논문에서는 color의 hue, saturation이라는 속성에 중점을 두고 intensity에 의한 효과는 크게 고려하지 않기로한다. 일반적으로 균일한 color 영역의 경우 R, G, B의 조성 비율이 크게 변하지 않으므로 clustering을 위한 특징들로서 다음의 정규화된 r, g, b를 이용할 수 있다.

$$\begin{aligned} r &= R/(R + G + B) \quad \dots(1) \\ g &= G/(R + G + B) \quad \dots(2) \\ b &= B/(R + G + B) \quad \dots(3) \end{aligned}$$

이를 정규화된  $r, g, b$  사이에는 다음의 관계식이 성립하므로 두 변수만이 independent 하다.

$$r + g + b = 1 \quad \dots(4)$$

즉  $r, g$ 가 결정되면  $b$ 도 결정되므로 clustering 영역을 정규화된  $r-g$  평면으로 줄일 수 있다. 이 clustering 영역상의 두 특징점  $(r_1, g_1), (r_2, g_2)$  사이의 거리를 식 (5)와 같이 정의할 수 있고, 정규화된  $b$ 의 차이를 고려할 경우 식 (6)을 사용할 수 있다. 본 논문에서는 식 (5)를 사용하였다.

$$D_1 = \{(r_1 - r_2)^2 + (g_1 - g_2)^2\}^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

$$D_2 = \{(r_1 - r_2)^2 + (r_1 - r_2)(g_1 - g_2) + (g_1 - g_2)^2\}^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

## 2.2 Cluster 갯수의 결정 및 clustering

영상내에 존재하는 정확한 cluster의 갯수를 추정하기 위해서는 clustering 결과에 대한 척도가 필요하다.

### 2.2.1 정의

$N$  개의 sample로 구성된 집합  $X$ 가  $N_1, N_2, \dots, N_k$ 개의 sample수로 구성된 cluster  $X_1, X_2, \dots, X_k$ 로 분할 되었다고 가정하자. cluster  $X_i$ 의 variance (또는 covariance)  $V_i$ 의 weighted mean으로 정의되는 within-variance (matrix)는 각 cluster의 집중된 정도에 대한 척도가 된다.

$$V_w \triangleq \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k N_i V_i \quad (7)$$

$$\text{where } V_i \triangleq \frac{1}{N_i} \sum_{x \in X_i} (x - m_i)(x - m_i)^t$$

$$m_i = \frac{1}{N_i} \sum_{x \in X_i} x$$

cluster의 분산된 정도에 대한 척도는 식(8)과 같이 between-variance로서 정의할 수 있고, sample set  $X$ 에 대한 variance  $V_c$ 는  $V_w$ 와  $V_b$ 의 합으로 나타낼 수 있다.

$$V_b = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k N_i (m_i - m_t)(m_i - m_t)^t \quad (8)$$

$$V_c = \frac{1}{N} \sum_{x \in X} (x - m_t)(x - m_t)^t = V_w + V_b \quad (9)$$

$$\text{where } m_t = \frac{1}{N} \sum_{x \in X} x$$

### 2.2.2 Clustering quality measure

Cluster의 갯수가 주어지는 경우 (9)식으로 부터 알 수 있듯이 within-variance를 최소로 하면 그 결과는 곧 between-variance를 최대로 하는 것과 같으므로, 다음과 같이 정의되는 within-variance matrix의 trace를 최소화하는 것이 squared error의 합을 최소로 한 결과와 같아진다는 의미에서 optimal하다.

$$\text{trace}(V_w) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k N_i \text{trace}(V_i) \quad (10)$$

그러나 cluster의 갯수가 정해지지 않은 경우  $\text{trace}(V_w)$ 를 최소화하는 것이 항상 optimal하다고 말할 수 없다. 가령 모든 sample들을 각각의 cluster로 생각하면  $\text{trace}(V_w)$ 는 0으로 최소가 되기 때문에 clustering의 의미를 잃게 된다.

본 논문에서는 cluster 갯수를 구하는데 다음과 같은 척도들로부터 성능을 비교한 결과  $\beta_1$ 이 가장 적합하다는 것을 알아냈다.

$$\beta_1 = \text{trace}(V_w) / \text{trace}(V_b) \quad (11-1)$$

$$\beta_2 = k^2 * \text{trace}(V_w) \quad (11-2)$$

$$\beta_3 = \text{trace}(V_w) * \text{trace}(V_b) \quad (11-3)$$

### 2.2.3 Clustering procedure

정규화된  $r-g$  평면의 각각의 축을  $n$ 등분하여 얻어지는 각 부분들에서 peak frequency를 갖는 특징값  $(r_i, g_i)$ 를 구한다. (단 부분내에 존재하는 sample수가 정해진 threshold보다 작은 경우 peak가 존재하지 않는다고 생각한다.) 이 방법으로  $C_{max}$ 개의 peak가 얻어졌다고 하자.

Procedure 1 :

위에서 얻어진  $C_{max}$ 개의 peak를 initial center로 하여 k-means 알고리즘을 적용한 후  $C_{max}$ 개의 final cluster center  $m_1, m_2, \dots, m_{C_{max}}$ 와  $\beta$  ( $C_{max}$ )를 계산한다.

Procedure 2 :

step 1. 만약 cluster 의 갯수가  $C_{min}$  이하이면 procedure 3으로 간다.

step 2. 다음의 거리 척도를 이용하여 가장 가까운 cluster pair  $X_i, X_j$  를 찾는다.

$$d_e(X_i, X_j) = \frac{N_i N_j}{N_i + N_j} \|m_i - m_j\| \quad (12)$$

step 3.  $X_i$ 와  $X_j$ 를 하나의 cluster 로 merge 시킴으로써 얻어지는 new cluster center 를 구하고 cluster 갯수를 감소시킨다.

step 4. 이를 새로운 cluster center를 initial center로하여 k-means 알고리즘을 적용한 후  $\beta$  을 구한다.

step 5. step1 으로 간다.

Procedure 3 : (final clustering)

$\beta$  을 최소화하는 cluster 갯수에 대한 cluster center를 initial center로하여 k-means 알고리즘을 적용한다.

전체 알고리즘의 흐름도를 그림 1에 표시하였다.

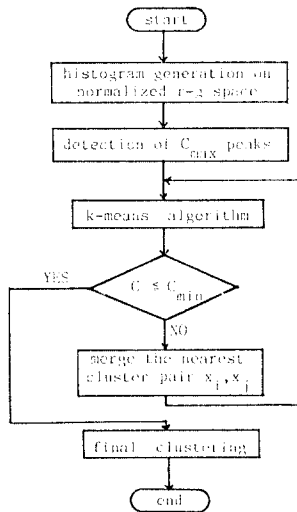


그림 1. 전체 알고리즘의 흐름도

3. Simulation 결과 및 고찰

본 연구는 KAIST Vision System (256 \* 256 \* 6) 과 MV-10000 computer 를 사용하여 computer generated pseudo color 영상과 R, G, B filter를 사용하여 육백 camera로 얻은 real 영상에 대하여 simulation하였다.

Pseudo color 영상의 경우 완전한 segmentation이 행해졌다. 그림 2는 사용한 real 영상 가운데 하나인데, 그림 4에서 보듯이 dominant cluster를 분리하지 않은 상태에서 clustering을 행하여 green 과 blue가 분리되지 않은 것을 보인다. 그림 5는 dominant cluster를 분리한 후의 r - g histogram 을 나타내고, 이 상황에서의 clustering 결과를 그림 6에 나타내었다.

4. 결론

본 논문에서는 intensity 에 independent 한 color segmentation에 대하여 clustering 방법을 사용하고, 그에 따른 제반 문제를 연구하였다. r - g plane 의 peak를 clustering의 initial center로 사용하였고, cluster 갯수를 줄여가면서 optimal cluster 의 갯수를 찾기위한 척도를 제안하였다. 그 밖에 배경같은 큰 영역의 영향이 r - g plane 에서 dominant cluster로 나타남으로써 전체 clustering에 미치는 영향과 그 해결 방안을 제안하였다.

현재 cluster 갯수를 찾는 데 걸리는 시간을 줄이기 위한 방법과, 그에 따른 척도의 선택에 대한 연구가 행해지고 있으며, dominant cluster 의 계승적 처리 (hierarchical processing) 에 대한 연구가 진행되고 있다.

References

- (1) R. Nevatia, "Machine Perception", Prentice - hall, 1982
- (2) R. Ohlander, K. Price, D. Reddy, "Picture segmentation using a recursive region splitting method", CGIP, Vol.8, 1978
- (3) K. Nevatia, "A Color Edge Detector and Its Use in Scene Segmentation", IEEE, Trans.on SMC, Vol.7 No.11, 1977
- (4) B. Coleman, C. Andreas, "Image Segmentation by Clustering", Proc. of IEEE, Vol.67, No.5, May 1979

(5) O. Duda, E. Hart, "Pattern Classification and Scene Analysis", Wiley-Interscience, 1973

(6) J. Tou, R. Gonzalez, "Pattern Recognition Principles", Addison-Wesley, 1974

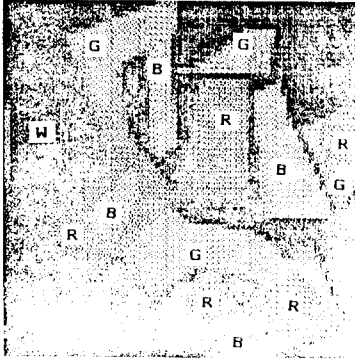


그림 2. 모자이크 영상  
(alphabet 은 색깔을 나타낸다.)

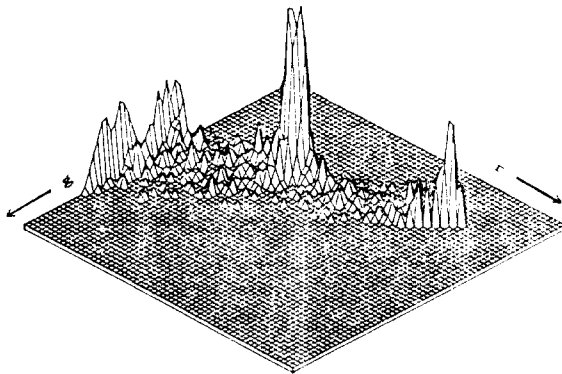


그림 3. r - g histogram

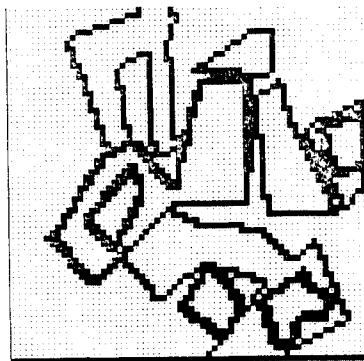


그림 4. 그림 3에서의 clustering 결과

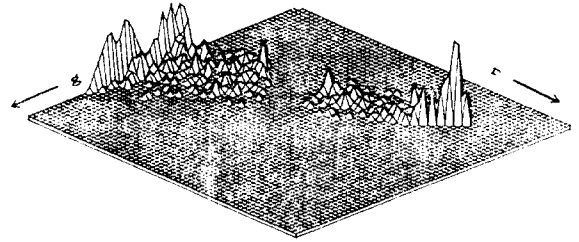


그림 5. r - g histogram 에서 dominant cluster를 제거한 후의 histogram

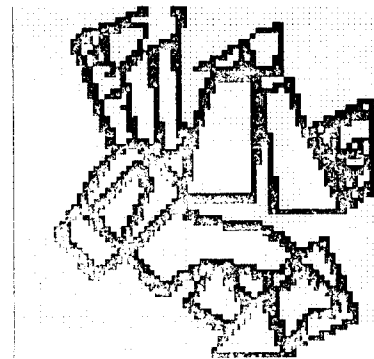


그림 6. 그림 5에서의 clustering 결과