

조명의 영향을 받은 컬러영상에서의 이진화 기법 연구

이석원^o 정철호 한탁돈
연세대학교 컴퓨터과학과

e_s_w^o@yonsei.ac.kr, {bright, hantack}@kurene.yonsei.ac.kr

An Enhanced Thresholding technique for color images corrupted by the unknown illuminant

Seok-Won, Lee^o Cheolho Cheong Tack-Don Han
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

카메라를 이용하여 영상을 인식할 때 이진화의 과정을 거쳐 배경과 원하는 물체사이의 분리를 해주어야 한다. 하지만, 입력되어진 컬러 영상에서 집중 조명 혹은 주변 환경에 의해 영상이 그라데이션 되어질 경우 픽셀의 정확한 컬러를 인식하기 곤란해지며 이진화의 어려움을 겪게 된다. 본 연구에서는 이러한 집중 조명과 그라데이션의 영향을 받지 않고 이진화 수행을 가능토록 하는 새로운 방법을 제안한다. 영상의 픽셀은 RGB 채널간의 고유한 비율을 유지하고 있다. 조명의 영향을 받게 될 경우 하나의 색을 가진 픽셀은 조명의 밝기에 의해 픽셀값이 증가 혹은 감소하게 된다. 따라서, 컬러의 픽셀을 분석하여 해당하는 컬러의 표준 RGB값으로 변화하여 줄 경우 영상내의 픽셀의 컬러 분포는 한정된 범위로 좁혀져 히스토그램을 단순하게 표현 할 수 있으며 집중조명과 그라데이션의 영향을 받은 컬러 영상도 효율적으로 이진화를 할 수 있게 된다.

1. 서 론

카메라를 이용하여 영상에서 정보를 획득하기 위해서는 우선 이진화의 전처리 단계를 걸쳐 배경과 원하는 물체 사이의 분리가 필수적이다. 이진화는 영상을 흰색과 검정색 두가지 색상으로 변환하는 과정을 말하며, 이때 분리의 기준이 되는 값을 임계값이라 한다. 물체를 배경과 잘 분리해 내기 위해서는 최적의 임계값을 설정하는 것이 중요하다.

물체의 색상은 빛의 반사, 투과 및 흡수 등에 의해 표현되며 물체색 중에서도 빛의 반사에 의해 나타나는 색을 표면색 (surface color)이라고 한다. 이러한 표면색은 물체를 비추는 빛의 종류에 따라 같은 물체의 색이라도 다르게 표현이 된다. 인간은 물체에서 반사되는 빛에너지에 기반을 두어 주위 광원의 효과를 배제하여 물체의 고유색을 인지할 수 있다[1]. 하지만, 카메라에 의해 입력되어지는 영상은 다양한 조명에 의해 반사되어지는 색상값을 그대로 받아들여지게 되어, 사람의 눈으로 식별한 색과는 다른 색으로 인식된다. 특히 실내에서 형광등과 같은 조명하에서 인식된 이미지의 경우 입력된 영상의 한쪽에 집중 조명이 들어오거나 주위의 다른 광원에 의해 그라데이션이 생기는 경우가 빈번히 발생하게 된다. 이러한 영상에서 물체의 색상은 육안으로 식별이 가능하나 카메라에 의해 입력되어질 경우에는 같은 색이라 할지라도 낮은 명도에서부터 높은 명도를 가진 색으로 다양하게 표현되어진다. 이러한 경우, 집중 조명을 받은 픽셀은 원래의 RGB값보다 높은 값을 가지게 되고, 전체 영상을 이진화 할 경우에 임계값이 높아져 버리는 문제를 가지고 있다. 또한, 그라데이션에 의해 원래의 RGB값보다 낮은 RGB값을 가지게 되어 최적의 임계값

을 찾는 데 어려움을 겪게 된다.

본 논문에서는 이러한 집중 조명과 그라데이션의 영향을 받은 컬러 영상에서 한 픽셀이 가지고 있는 RGB값을 표준 RGB값으로 변환함으로써 색상의 분포 범위를 좁혀 최적의 임계값을 찾아 이진화를 수행하는 새로운 방법을 제안한다.

2. 컬러 영상에서의 자동 이진화 알고리즘

입력된 영상을 흰색과 검정색의 두가지 색상으로 표현하여 물체와 배경을 분리해 내기 위한 이진화 기법은 <그림 1>과 같이 분류할 수 있다. 하나의 임계값을 이용하는 Single threshold와 2개 이상의 임계값을 가지는 Multi-threshold 방법이 존재하며, Single threshold를 이용하여 전체 이미지를 이진화하는 Global threshold와 전체 영상을 작은 블록으로 나누어서 각 블록마다 하나의 임계값을 사용하는 경우로 나뉠 수 있고, 분할된 각 블록마다 각기 다른 임계값을 사용하는 Multi-threshold 기법이 존재한다.

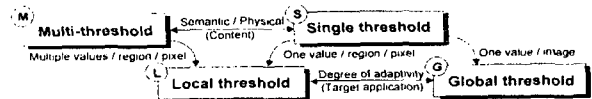


그림 1. 이진화 기법 분류 기준 [2].

2.1 기존 이진화 기법의 문제점

이상적인 경우 영상의 히스토그램에서 두개의 peak 사이에 깊고 정확한 경계(valley)가 존재할 경우에 최적의 이진화 수행이 가능하지만, 대부분의 일반적인 영상에서 이러한 경계(valley)는 주변 조명의 영향을 받아 넓은 범위에 걸쳐 평탄해지거나 탐지하기가 어렵다[3].

영상에서 조명에 의해 발생하는 문제점을 살펴보면 <그림 2>와 같이 영상의 한 부분에 집중 조명이 생기는 것과, 이미지 전체에 걸쳐서 그라데이션 현상이 생기는 경우를 볼 수 있다.

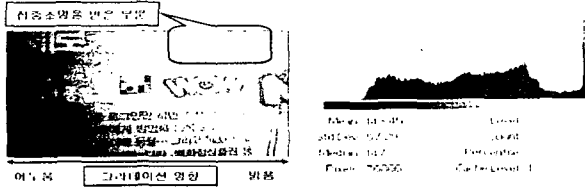


그림 2. 조명의 영향을 받은 컬러 이미지

이미지에 집중 조명이 들어올 경우 이진화의 임계값이 전체적으로 높아져 조명의 영향을 받지 않은 부분까지도 배경과 물체 사이의 이진화가 어려워지는 문제가 발생한다. <그림 3>은 컬러 영상속에서 흰색을 나타내는 두 영역의 RGB값이 서로 다를 수 있음을 알 수 있다. (a)의 그림은 그라데이션 및 집중 조명을 받지 않은 상태에서 측정된 RGB값을 보여주고 있고, (b)의 그림에서는 흰색 글씨에 집중조명을 받았을 경우의 RGB값을 보여주고 있다.

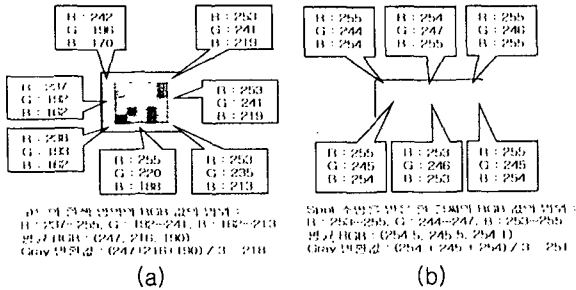


그림 3. 조명의 영향을 받은 색상의 RGB값의 변화량

<그림 3>에서 볼 수 있듯이 조명의 영향을 받은 흰색의 RGB값은 이상적인 흰색의 RGB값인 (255, 255, 255)에 가깝게 나타났지만, 그라데이션의 영향과 집중조명 사이에서 측정된 흰색은 이보다 적은 수치로 나타남을 알 수 있다. 이는 조명의 영향으로 이진화를 수행할 때 분리를 원하는 코드영역과 배경사이의 구분을 어렵게 만든다.

2.2. 제안하는 알고리즘

<그림 4>에서 볼 수 있듯이 조명에 의해 하나의 색이 집중조명을 받거나, 그라데이션 되어질 경우 RGB값의 변화를 보면 어두운 영역에서부터 밝은 영역으로 갈수록 특정 색상을 대표하는 값을 중심으로 일정한 비율로 값이 증가함을 볼 수 있다. 이는 아무리 조명의 영향을 받더라도 하나의 픽셀은 본래 자신의 색상값을 유지하고 있다는 것을 말해준다. 즉, 영상에서 입력되는 한 픽셀의 RGB값을 분석하여 이 픽셀이 Red, Green, Blue, Black, White 중 어느 색상에 속하는지 분석하여 <표 1>에 해당하는 색상의 표준 컬러 값으로 할당해 주게 되면 전체 영상에서 조명에 의한 색상 값의 변화를 무시한 채 균일한 색상으로 표현될 것이다. 해당픽셀을 Red, Green, Blue, Black, White 5가지 색으로만 구분 해준 이유는

컬러 이미지속에 삽입되어진 컬러코드를 분리해 내는 것이 이진화의 목적이기 때문에, 컬러코드에 포함되어 있는 5가지 색으로만 구분하는 것으로 제한하였다.

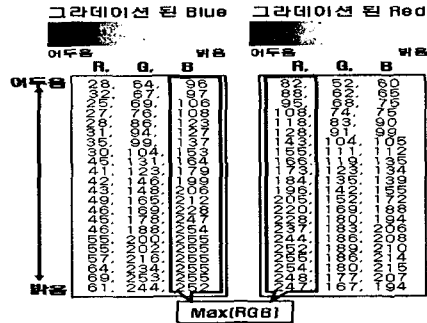


그림 4. 그라데이션 된 컬러의 색상 변화 전체적인 알고리즘은 다음 Step을 따른다.

Step1. 입력되는 픽셀의 RGB값 중 가장 큰 값으로 1차 컬러 분류를 추정한다.

$$P_C = \text{Max}(P_R, P_G, P_B)$$

(P_C : 현재 픽셀의 컬러, P_R : 입력픽셀의 Red값, P_G : 입력픽셀의 Green값, P_B : 입력픽셀의 Blue값)

Step2. Step1에서 분류된 컬러를 각 픽셀간 RGB 비율에 의해서 Red, Green, Blue, Black, White의 5가지 색으로 구분한다.

$$|R/B - G/B| = a, \quad |G/R - B/R| = b$$

IF ($R/B > G/B$) 이고 ($G/R < B/R$) 일 때 a와 b의 범위가

$$(0.1 \leq a \leq 0.5), \quad (0.1 \leq b \leq 0.23) \text{ OR} \\ (0.5 \leq a \leq 0.75), \quad (0.04 \leq b \leq 0.1)$$

THEN $P_C = \text{Red}$

ELSE IF ($R/B < G/B$) 이고 ($G/R > B/R$) 일 때 a와 b의 범위가

$$(0.15 \leq a \leq 0.4), \quad (0.07 \leq b \leq 0.32) \text{ OR} \\ (0.5 \leq a \leq 0.9), \quad (0.3 \leq b \leq 0.86)$$

THEN $P_C = \text{Green}$

ELSE IF ($R/B < G/B$) 이고 ($G/R < B/R$) 일 때 a와 b의 범위가

$$(0.38 \leq a \leq 0.73), \quad (0.02 \leq b \leq 1.53) \text{ OR} \\ (0.55 \leq a \leq 0.65), \quad (0.05 \leq b \leq 0.5)$$

THEN $P_C = \text{Blue}$

ELSE IF ($R, G, B < 150$) 일 때 a와 b의 범위가

$$(0 \leq a \leq 0.03), \quad (0.1 \leq b \leq 0.2) \text{ OR} \\ (0.03 \leq a \leq 0.3), \quad (0.17 \leq b \leq 0.5)$$

THEN $P_C = \text{Black}$

ELSE IF ($R, G, B \geq 150$) 일 때 a와 b의 범위가

$$(0.05 \leq a \leq 0.4), \quad (0.01 \leq b \leq 0.1) \text{ OR} \\ (0 \leq a \leq 0.15), \quad (0.04 \leq b \leq 0.2)$$

THEN $P_C = \text{White}$

Step3. 입력된 픽셀이 Step2에 의해 하나의 색으로 구분이 되면, <표 1>의 표준 컬러 RGB값을 이용해 하나의 색으로 결정할 수 있다.

Step4. 전체 영상에 걸쳐서 입력픽셀이 균일화된 색상으로 표현되어지면, 이진화 알고리즘을 이용하여 이진화를 수행한다.

표1. GretagMacbeth ColorChecker의 표준 컬러 RGB값

Color	Name	R	G	B	Color	Name	R	G	B
13	Blue	56	61	150	19	White	243	243	242
14	Green	70	148	73	24	Black	52	52	52
15	Red	175	54	60					

이렇게 입력되는 픽셀을 분류하여 균등한 컬러로 표현해 줄 경우 전체 영상의 픽셀 분포를 나타내는 히스토그램도 매우 간결한 형태로 표현되어진다<그림 5>.

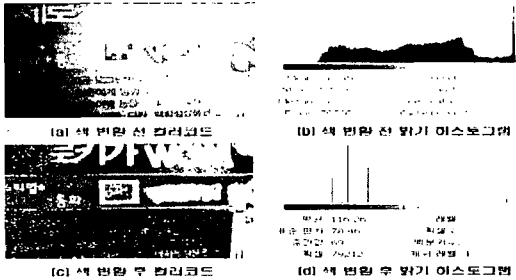


그림 5. 히스토그램 분포 비교

3. Simulation 및 성능 비교

본 실험은 Land의 Retinex 이론인 한 장면의 R, G, B의 세 프레임의 영상이 각기 독립적으로 처리되며, 주위 조명은 공간상에서 서서히 변화한다[4]는 가정을 전제로 한다. 사용된 카메라로는 삼성 MPC-030 PC 카메라를 사용하였고, 측정된 이미지는 삼성 PDA MITs400로 실내 환경에서 집중조명과 그라데이션의 영향을 받은 컬러 영상을 사용하였다. 이진화에 사용된 알고리즘은 하나의 임계값을 가지고 전체 이미지의 RGB 평균을 이용하는 평균 이진화 방법과, 영상을 분할하여 각 분할된 영상마다 다른 임계값을 가지는 Adaptive 이진화 방법, P-tile 기법을 이용하여 이진화를 수행하였다.

표 2. 제안된 알고리즘을 적용한 이진화 수행결과

구분	신문		영향		안내도	
	처리전	처리후	처리전	처리후	처리전	처리후
원본 이미지						
평균 이진화						
Adaptive 이진화						
P-tile 이진화						

<표 2>에서 입력되는 영상을 가공하지 않은 상태에서 이진화를 수행한 결과와 본 논문에서 제시한 방법대로 입력되는 영상의 픽셀을 구분하여 각각 해당하는 표준 컬러로 균일하게 변화 시킨 후 이진화를 수행한 결과를 보여준다. 실험결과에서 알 수 있듯이, 조명에 의해 그라데이션 된 부분과 집중 조명을 받아 명도가 증가된 부분에서 기존에 수행하던 방법대로 가공하지 않은 채로 이진화를 수행할 경우 분리를 원하던 컬러코드 부분의 분리가 어려움을 알 수 있다. 반면에, 본 논문에서 제시한 알고리즘을 적용한 영상에서는 어떠한 이진화 알고리즘을 수행하더라도 일정한 성능을 유지할 수 있다. 알고리즘이 적용된 후의 이미지에 약간의 노이즈가 섞여있음을 볼 수 있는데, 이러한 부분은 노이즈 필터를 이용하여 처리가 가능할 뿐만 아니라, 이진화의 목적이 컬러영상에서 원하는 컬러코드를 분리해 내는 것이기 때문에 이진화를 수행하는 데에는 영향을 미치지 못한다.

4. 결론 및 향후 과제

인간의 눈으로 인식하는 영상은 밝거나, 매우 어두운 곳에 위치한 색상도 어떤 색상일 것이라는 판단을 할 수 있지만, 카메라에 의해 기계적으로 인식되는 색상은 주변 조명에 의한 영향으로 오인식 되기 쉽다. 하지만 주변 조명의 영향을 받더라도 색상 고유의 특징 값은 그 성질이 유지되고, 단지 명도값의 차이만 존재하게 된다. 이러한 특징을 이용해 입력되어지는 픽셀의 RGB 채널을 분석하여 표준 컬러의 색상으로 균일하게 변환해 줄 경우 집중조명 및 그라데이션의 영향을 받은 컬러 이미지에서 정확한 이진화의 수행이 가능해진다. 본 연구에서는 컬러영상에서 컬러코드를 분리해 내기 위한 목적으로 입력되어지는 컬러를 단순히, Red, Green, Blue, Black, White로만 구분하여 색상을 균일화 시켰지만, 좀더 일반적인 컬러영상에서 유연하게 대처시키기 위해서는 좀더 많은 컬러의 분류가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 교육인적자원부 BK21 및 한국과학재단 특정기초 연구 (R01-2005-000-10898-0)의 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

[1] 박은주, 색채 조형의 기초, 미진사, 1989
 [2] J.Sauvola, M. Pietikäinen, "Adaptive document image binarization", Pattern Recognition, vol.33, pp.225-236, 2000.
 [3] NOBUYUKI OTSU, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", IEEE Trans. Syst. Man Cybern. vol. SMC-9, No.1, January, pp. 62-66, 1979.
 Image Processing, vol 11. no. 9m September, 2002.
 [4] E.H.Land & J.J.McCann, "Lightness and Retinex Theory", J. Opt. Soc. Am, vol. 1, 1971.