

컬러불변치 기반 이미지 특징값에 대한 연구

최영미*, 주문원*
 *성결대학교 멀티미디어공학부
 e-mail : mchoo@sungkyul.edu

A Study on Image Features of Color Invariants

Young-Mee Choi*, Moon-Won Choo*,
 *Div. of Multimedia Engineering, Sungkyul University

요약

위치정보를 활용한 응용시스템을 구축하는 경우 컬러 이미지 처리를 위하여 조명이나 객체의 물리적 특성에 불변한 특징값을 활용하게 된다. 이 연구에서는 컬러불변치로 재정의된 퍽셀을 기반으로 한 여러 이미지 특징값을 단순 비교분석함으로써 위치기반 어플리케이션에서 이미지 유사도를 측정하는데 그 결과를 활용하고자 한다.

1. 서론

현재 스마트폰 기반 응용에서 위치기반정보를 활용하는 경우가 많다. 이러한 경우에 이미지 녹취 시 발생하는 환경변수를 극복하기 위하여 컬러불변치를 적용하게 된다[1]. 이 연구에서는 자연환경에서 녹취된 컬러이미지의 각 퍽셀을 컬러불변치의 quotients로 변환한 후 여러 특징값을 적용하여 그 신뢰도를 분석하고자 한다.

2. 컬러불변치

컬러 불변치 특징값을 구하기 위하여 Gaussian opponent model로부터 유도된 photometric 불변치를 고려하게 된다[2][3].

$$E(\lambda, \vec{x}) = e(\lambda, \vec{x})(1 - \rho_f(\vec{x}))^2 R_\infty(\lambda, \vec{x}) + e(\lambda, \vec{x})\rho_f(\vec{x}) ,$$

여기서 x 는 이미지 평면에서의 위치값, λ 는 파장, $e(\lambda, \vec{x})$ 는 illumination spectrum, $\rho_f(\vec{x})$ 는 Fresnel reflectance, $R_\infty(\lambda, \vec{x})$ 는 material reflectivity 를 나타낸다. 따라서 $E(\lambda, \vec{x})$ 는 객체를 보는 방향에 있어서의 reflected spectrum 이 된다. 이 식을 효율적으로 활용하기 위하여 몇 가지 제한조건을 주면 위 식은 아래 식으로 변환된다. 여기서 공간적 요소 $i(x)$ 는 조도의 변화를 나타낸다.

$$E(\lambda, \vec{x}) = i(x)((1 - \rho_f(\vec{x}))^2 R_\infty(\lambda, \vec{x}) + \rho_f(\vec{x})) .$$

이 식을 λ 에 대하여 미분하여 정리하면, 아래와 같은 두 개의 불변치 H 와 C quotients 를 얻을 수 있다.

$$H = E_\lambda / E_{\lambda\lambda} , \quad C = E_\lambda / E$$

H 와 C 는 객체의 reflectance 속성, surface orientation, illumination direction, illumination intensity, Fresnel reflectance coefficient 에 독립인 컬러불변치로 활용될 수 있다. 또한 shadow 와 shading invariant gradients 를 구할 수 있는데 아래와 같다.

$$C_{\lambda w} = \sqrt{C_{\lambda x}^2 + C_{\lambda y}^2} \quad C_{\lambda\lambda w} = \sqrt{C_{\lambda\lambda x}^2 + C_{\lambda\lambda y}^2}$$

여기서

$$C_{\lambda j} = \frac{E_{\lambda j} E - E_\lambda E_j}{E^2} \quad C_{\lambda\lambda j} = \frac{E_{\lambda\lambda j} E - E_{\lambda\lambda} E_j}{E^2}$$

로 정의된다. 여기서 아래첨자 j 는 j 방향으로의 미분을 나타낸다. 이러한 불변치를 RGB 컬러공간에 적용하기 위하여 아래와 같은 Gaussian 컬러공간 변환식을 이용하여 $E, E_\lambda, E_{\lambda\lambda}$ 의 어림치를 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} E(x, y) \\ E_\lambda(x, y) \\ E_{\lambda\lambda}(x, y) \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 0.06 & 0.63 & 0.27 \\ 0.3 & 0.04 & -0.35 \\ 0.34 & -0.6 & 0.17 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} R(x, y) \\ G(x, y) \\ B(x, y) \end{bmatrix}$$

비교 분석을 위하여 아래와 같은 gray-value invariant E_w 를 부가적으로 고려하기로 한다.

$$E_w = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

여기서 $E_j = E * G_j$ 로서 이미지 $E(x, y)$ 를 Gaussian filter G 를 x 혹은 y 방향으로 각각 적용한 것이다.

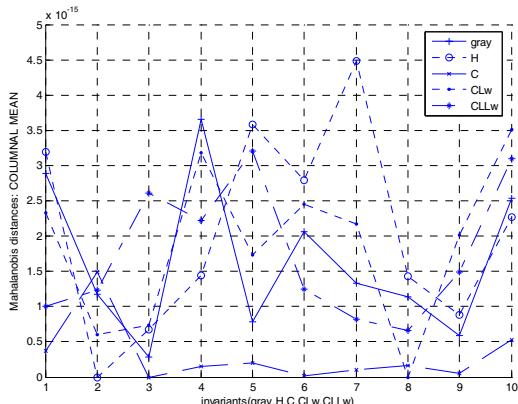
3. 실험

이 컬러불변치를 이미지 특징추출 연산에 적용했을 경우 어떤 특징값들이 상대적 효율성을 가지는지 알아보기 위하여 두 클래스의 이미지를 각각 10 프레임을 녹취하였다((그림 1) 참조). (그림 1)에서 상단의 데이터는 실내조명이, 하단의 데이터는 실외조명에 의하여 주로 센싱되는 것으로 SONY Cyber-shot DSC-T3 카메라를 사용하여 1944 x 2592 해상도로 녹취한 후 256*256 차원으로 rescale 하였다. 각 컬러평면의 intensity 는 8 비트 깊이를 유지하였다.



(그림 1) 두 클래스의 이미지 세트(일부)

먼저 10 개씩 녹취된 두 클래스 이미지의 불변치 행렬 $E_w, H, C, C_{\lambda w}, C_{\lambda \lambda w}$ 의 columnar mean(CM)을 계산하였다. 즉 불변치로 변환된 이미지 픽셀 행렬에서 열벡터의 mean 값을 구하여 Mahalanobis distance 를 구하여 그 결과를 분석하였다((그림 2) 참조).

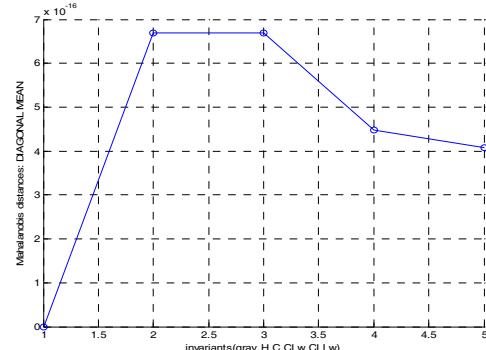


(그림 2) 각 데이터 이미지의 columnar mean 비교

(그림 3)에서 보듯이 서로 다른 두 이미지의 CM 값이 판별력이 있기 위해서는 Mahalanobis distances 가 가능한 한 큰 것이 바람직할 것이다. 따라서 위 그래프에서 큰 값을 유지하는 불변치가 바람직하다고 판단 할 수 있다. 대체적으로 H 값이 상대적으로 우수하며, C 값의 경우가 판별력이 떨어지는 것으로 보인다.

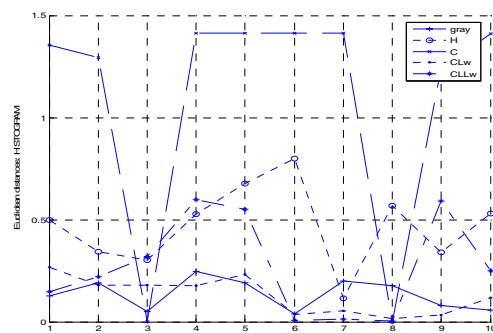
다음은 diagonal mean(DM)을 계산하였다. DM 은 이미지 불변치 행렬 $E_w, H, C, C_{\lambda w}, C_{\lambda \lambda w}$ 의 대각요소의 평균치를 계산한 것이다. 여기서는 클래스별 10 개의 평균치를 Mahalanobis distances 공식에 적용하였다. (그림 3)이 이 결과치를 보여주는데, CM 과는 대조적

으로 H, C 가 우수한 결과를 보이는 반면 E_w 의 경우에 판별력이 거의 없는 것으로 나타난다.



(그림 3) 각 클래스의 diagonal mean 분포

(그림 4)는 10 개씩 녹취된 두 클래스 이미지의 불변치 행렬 $E_w, H, C, C_{\lambda w}, C_{\lambda \lambda w}$ 의 histogram 의 Euclidean distances 를 계산한 결과를 보여준다. 대체적으로 CLLw, H 값이 상대적으로 우수하며, E_w , C 값의 경우가 판별력이 떨어지는 것으로 보인다.



(그림 4) 각 데이터 이미지의 histogram 비교

4. 결론 및 차후 연구

이 연구는 컬러불변치의 4 가지 지수와 그레이수준 이미지의 gradient 를 두 클래스 이미지에 적용하여 세가지 특징값을 적용시켜 비교분석하였다. 특징값 개개의 특성과 불변치와의 적용관련성에 대한 연구가 부족하며, 비교분석 방식이 수정보완되고 이미지 데이터베이스도 좀더 신뢰할 수 있는 공인 데이터베이스를 활용하는 것이 바람직할 것이다. 이러한 이슈들을 차후연구과제로 제시한다.

참고문헌

- [1]Haralick Shapiro,"Computer and Robot Vision Vol. 1," Addison Wesley, 1992
- [2]Jan-Mak G, et. al,"Color Invariance,"IEEE Trans. On PAMI, vol.23, no. 12, Dec. 2001
- [3]Kristen Hoffman,"Applications of the Kubelka-Munk Color Model to Xerographic Images,"www.cis.rit.edu/research/thesis/bs/1998 / hoffman