

논문 2007-44SP-1-2

# 색상의 공간적인 상관관계와 국부적인 푸리에 변환에 기반한 질감 특성을 이용한 영상 검색

(Image Retrieval Using Spatial Color Correlation and Texture  
Characteristics Based on Local Fourier Transform)

박기태\*, 문영식\*\*

(Ki Tae Park and Young Shik Moon)

## 요 약

본 논문에서는 색상의 공간적인 상관관계와 질감 모멘트를 이용한 내용기반 영상 검색 기법을 제안한다. 이를 위해, 색상의 공간적인 상관관계를 표현하는 새로운 색상 기술자를 제안하고, 또한 제안된 색상 기술자와 국부적인 푸리에 변환에 기반한 질감 특성을 결합한 영상 검색 방법을 제안한다. 일반적으로 색상의 공간적인 상관관계를 표현하기 위해서 컬러 코렐로그램(color correlogram)이 사용되고 있다. 하지만 컬러 코렐로그램은 중심화소에 따른 이웃한 화소들의 색상 분포를 확률적으로 잘 나타내는 장점이 있지만, 색상의 구조적인 정보를 표현하지 못하는 단점이 있다. 그러므로 본 논문에서는 색상의 분포와 구조적인 정보를 표시할 수 있는 새로운 색상 기술자를 제안한다. 제안하는 새로운 색상 기술자는 중심 화소와 이웃 화소들과의 색상 거리를 계산한 후 최소 거리의 색상과 최대 거리의 색상을 추출한 후 최소-최대 색상 쌍이 이루는 각에 대한 각각의 빈도수를 계산한다. 그런 다음, 각각의 이루는 각에 대해서 최소 거리 색상에 대한 최대 거리 색상들의 평균값과 분산값으로 구성된 새로운 기술자(min-max color correlation descriptor, MMCCD)를 생성한다. 제안한 색상 기술자를 이용하여 검색한 결과는 기존 방법들과 비교했을 경우 정확률에서 최소 5.2%에서 최대 13.21% 향상된 검색 결과를 확인할 수 있었다. 또한, 국부적인 푸리에 변환에 기반한 질감 기술자를 새로운 색상 기술자와 결합하여 특징 벡터의 크기를 절반으로 줄이면서도 새로운 색상 기술자만을 사용할 경우와 비교하여 향상된 검색 결과를 확인할 수 있었다.

## Abstract

In this paper, we propose a technique for retrieving images using spatial color correlation and texture characteristics based on local fourier transform. In order to retrieve images, two new descriptors are proposed. One is a color descriptor which represents spatial color correlation. The other is a descriptor combining the proposed color descriptor with texture descriptor. Since most of existing color descriptors including color correlogram which represent spatial color correlation considered just color distribution between neighborhood pixels, the structural information of neighborhood pixels is not considered. Therefore, a novel color descriptor which simultaneously represents spatial color distribution and structural information is proposed. The proposed color descriptor represents color distribution of Min-Max color pairs calculating color distance between center pixel and neighborhood pixels in a block with 3x3 size. Also, the structural information which indicates directional difference between minimum color and maximum color is simultaneously considered. Then new color descriptor(min-max color correlation descriptor, MMCCD) containing mean and variance values of each directional difference is generated. While the proposed color descriptor includes by far smaller feature vector over color correlogram, the proposed color descriptor improves 2.5 % ~ 13.21% precision rate, compared with color correlogram. In addition, we propose a another descriptor which combines the proposed color descriptor and texture characteristics based on local fourier transform. The combined method reduces size of feature vector as well as shows improved results over existing methods.

**Keywords :** image retrieval, spatial color correlation, texture characteristics, local fourier transform, MMCCD

\* 학생회원, \*\* 정회원, 한양대학교 컴퓨터공학과

(Dept. of Computer Science and Engineering, Hanyang University)

※ 본 연구는 과학재단 특정기초 연구 (R01-2006-000-10876-0)지원으로 수행되었음.

접수일자: 2006년10월18일, 수정완료일: 2006년12월29일

## I. 서 론

최근에 들어서 인터넷과 멀티미디어 활용 분야의 매우 빠른 성장으로 인한 대용량의 디지털 영상 및 비디오 데이터와 같은 멀티미디어 정보들의 양이 급증하고 있다. 이로 인해, 방대한 멀티미디어 정보들을 효율적으로 저장하고 검색할 수 있는 방법이 필수적으로 요구되고 있다<sup>[1]</sup>. 일반적으로 영상 검색 방법은 텍스트 기반 영상 검색과 내용 기반 영상 검색으로 구분될 수 있다.

텍스트 기반 검색은 하나의 영상에 대해서 키워드(keyword)나 문장(sentence)등의 텍스트 정보를 활용하여 영상들을 기술한 후에 키워드 또는 문장들을 비교하여 유사도를 검색하는 방법이다. 그러나 텍스트 기반 검색 방법은 영상이 포함하고 있는 내용을 기술함에 있어서 동일한 영상에 대해서 기술하는 사람에 따라 다르게 표현될 수 있고, 모든 내용이 표현되지 못하는 문제점들이 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서, 1990년 이후로 영상의 시각적인 특징을 이용하는 내용 기반 영상 검색 기법들이 제안되고 있다<sup>[2-4]</sup>.

내용 기반 영상 검색은 영상으로부터 색상(color), 질감(texture), 그리고 형태(shape)와 같은 저수준(low level)의 시각적 특징(feature)을 자동으로 추출함으로써 효과적이고 객관적인 정보를 검색할 수 있다. 이들 특징들 중에서, 색상 특징은 영상으로부터 직관적으로 추출할 수 있는 특징으로써 영상 검색에서 가장 널리 사용되고 있는 특징이다. 일반적으로 많이 사용되고 있는 색상 특징으로는 색상 히스토그램(color histogram), MPEG-7의 색상 기술자인 색상 구조 기술자(color structure descriptor)등이 있다<sup>[2,5]</sup>. 그러나 색상 특징만을 사용한 영상 검색은 종종 다른 질감이나 내용임에도 불구하고 유사한 색상으로 인한 잘못된 검색 결과를 나타낼 수 있다.

몇몇의 영상 검색 방법들은 색상의 공간 분포 정보를 추출하는 방법<sup>[6]</sup>과 영상을 여러 개의 영역으로 분할하여 색상 정보를 추출하는 방법<sup>[7-9]</sup>을 제안하였다. 그러나 기존의 방법들은 검색 성능이 향상 되었지만, 색상 정보만으로 시각적인 특징 및 정보를 표현하기 때문에 영상을 효율적으로 표현하는데 한계가 있으며, 특징 벡터의 크기가 커지는 단점이 있다. 그러므로 최근에는 색상 정보이외에 다른 시각적인 정보를 효율적으로 결합하여 영상을 검색하는 방법들이 연구되고 있다.

일반적으로, 자연 영상에 대해서 많이 사용 되고 있는 방법은 색상 정보와 질감 정보를 결합하여 다중 특

징으로 사용하는 방법들이 있다<sup>[10]</sup>. 하지만, 색상 정보와 질감 정보를 결합하여 새로운 다중 특징을 구성할 때 두 특징 정보가 서로 상호보완적인 정보를 포함하고 있는지와 빠르고 효율적인 영상 검색을 위해서 특징 벡터의 크기를 고려해야 한다.

따라서 본 논문에서는 공간적인 색상의 상관관계를 이용한 새로운 색상 기술자를 제안하고, 또한 시각적인 특징을 서로 보완하기 위해 제안된 색상 기술자와 국부적인 푸리에 변환에 기반한 질감 모멘트를 결합한 영상 검색 기법을 제안함으로써 기존 영상 검색 방법과 비교하여 훨씬 적은 특징벡터의 크기를 사용하여 보다 향상된 검색 성능을 보이고자 한다.

## II. 공간적인 색상 상관관계 기술자

일반적으로 색상의 공간적인 상관관계를 표현하기 위해서 컬러 코렐로그램(color correlogram)이 일반적으로 사용되고 있다. 컬러 코렐로그램은 중심화소에 따른 이웃 화소들의 색상 분포를 확률적으로 잘 나타내는 장점이 있지만, 색상의 구조적인 정보를 표현하지 못하는 단점이 있다. 그림 1은 중심 화소의 값이 10이고 이웃 화소들의 색상 분포가 동일한 두 영역의 경우를 나타내고 있다. 그림 1의 경우 컬러 코렐로그램을 계산하면 두 영역이 중심 화소에 대해 이웃화소들이 같은 분포로 구성되어 있으므로 두 영역을 비교하면 같은 영역으로 인식될 것이다. 하지만 이웃 화소들이 배치되어 구조를 살펴보면 서로 다른 것을 확인할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 색상의 분포뿐만이 아니라 구조적인 정보를 표시할 수 있는 새로운 색상 기술자를 제안한다. 그림 2는 제안하는 색상 기술자를 추출하기 위한 과정을 나타낸다. 새로운 색상 기술자를 추출하는 방법은 RGB 입력 영상에 대해서 structuring element로 정의된 3X3 마스크를 입력 영상 위를 이동시키면서 그 영역 내에서 중심화소의 색상(Ccenter)과 이웃 화소들과의 색상 거리(color distance)를 계산하여 최소 거리의 색상(Cmin)과 최대 거리의 색상(Cmax)의 쌍(pair)을 추출한다. 본 논문에서는 두 화소간의 색상 거리를 계산하기 위해서 vector angular distance measure (VADM)를 사용한다<sup>[11,12]</sup>. VADM은 두 색상 벡터가 이루고 있는 각도와 실제 색상차의 관계를 고려한 것으로 RGB 공간상의 두 점  $\vec{x}_i, \vec{x}_j$  사이의 정규화된 색상차를 식 (1)과 같이 표현된다.

|    |    |    |
|----|----|----|
| 30 | 21 | 20 |
| 20 | 10 | 20 |
| 21 | 20 | 10 |

(a)

|    |    |    |
|----|----|----|
| 20 | 20 | 10 |
| 21 | 10 | 21 |
| 20 | 30 | 20 |

(b)

그림 1. 색상 분포가 동일하면서 공간적인 구조가 다른 경우의 예

Fig. 1. Example with different spatial structure representing identical color distribution.

$$D(\vec{x}_i, \vec{x}_j) = 1 - \left[ 1 - \frac{2}{\pi} \cos^{-1} \left( \frac{\vec{x}_i \cdot \vec{x}_j}{\|\vec{x}_i\| \|\vec{x}_j\|} \right) \right] \left[ 1 - \frac{\|\vec{x}_i - \vec{x}_j\|}{\sqrt{3 \cdot 255^2}} \right] \quad (1)$$

식 (1)에서,  $\vec{x}_i$ 와  $\vec{x}_j$ 는 각각 3차원 색상 벡터를 표현하고, 각도(angle)와 크기(magnitude)대해 정규화 함으로써 색상거리는 0과 1사이의 값을 가지게 된다. 수식으로부터 벡터간의 각도와 거리가 동시에 색상차에 영향을 주고, 각도가 클수록, 거리가 멀수록 색상차가 커지게 된다는 것을 확인할 수 있다. 그런 다음, 중심화소를 중심으로 최소 거리의 색상과 최대 거리의 색상이 이루는 각( $\angle C_{min}C_{center}C_{max}$ )을 계산한다. 본 논문에서는 최소-최대 색상이 이루는 각(Angle)을  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$ 로 5가지의 경우만을 고려한다. 왜냐하면,  $270^\circ$ 인 경우는  $90^\circ$ 와 동일하게 적용할 수 있기 때문이다. 그림 1-(a)의 색상 분포의 구조는 최소-최대 색상이 이루는 각이  $180^\circ$ 이고, 그림 1-(b)의 색상 분포의 구조는 최소-최대 색상이 이루는 각이  $135^\circ$ 인 경우를 나타내고 있다. 그림 3은 최소-최대 색상이 이루는 5가지의 다른 각도를 표현하고 있다.

최소-최대 색상이 이루는 각을 추출한 후 색상 모델을 RGB 모델에서 HSV 모델로 변경한다. 그런 다음, 각  $Angle_n (n = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ)$ 에 대해서 최소-최대 색상 쌍의 빈도수를 증가시킴으로써  $Angle_n$ 을 구성하게 된다. 결과적으로 생성된 특징벡터를 영상 검색에 적용한다면, 색상이  $M$ 개로 양자화 되었다고 가정했을 경우,  $5 \times M \times M$  차원이 된다. 이것은 컬러 코렐로그램의  $M \times M$  차원에 비해 5배나 더 크고, 상당히 큰 특징벡터의 크기이므로 빠른 영상 검색에 적절하지 못하다. 그러므로 본 논문에서는 특징벡터의 크기를 줄이기 위해서 각각의  $Angle_n$ 에 대해서 최소 거리의 색상을 기준으로 최대 거리의 색상에 대한 분포를 계산하여 특징벡터를 구성한다. 최소 거리의 색상에 대한 최대 거리의 색상의 분포를 계산하기 위해서 평균값과 분산값을 이

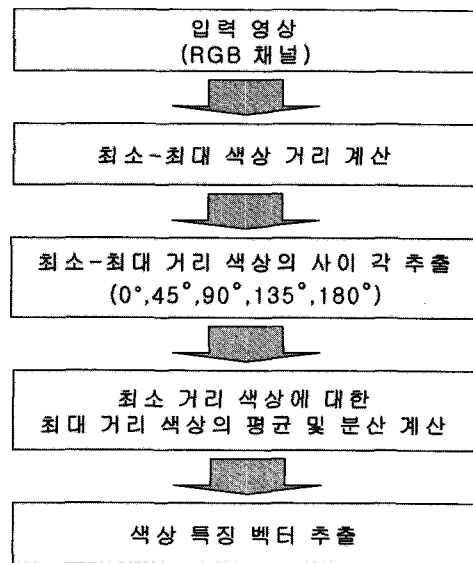


그림 2. 색상 기술자 추출 과정

Fig. 2. Procedure for extracting color descriptor.

용한다. 결과적으로 본 논문에서 사용할 색상 기술자의 특징벡터의 크기는  $5 \times 2 \times M$  차원이 된다. 만약 색상이 48개로 양자화 되었다면, 컬러 코렐로그램의 특징벡터 크기는 2304 차원이 되고, 제안된 색상 기술자의 특징벡터 크기는 480 차원이 된다. 그림 4는 제안된 색상 기술자를 추출하기 위한 예제를 보여주고 있다. 그림 4-(a)는 최소-최대 색상의 각이  $0^\circ$ 인 색상 쌍에 대한 분포를 나타내고 있으며, 그림 4-(b)는 최소-최대 색상의 각이  $180^\circ$ 인 색상 쌍에 대한 분포를 나타내고 있다. 이것을 최소 거리의 색상을 기준으로 하여 최대 색상 분포를 평균값과 분산값을 계산한 후 그림 4-(c)와 같이 특징 벡터를 구성할 수 있다. 최소-최대 색상의 각이  $0^\circ$ 인 색상 쌍 분포는 색상의 변화가 없는 평탄면에 대한 분포를 나타내고, 그 외의 최소-최대 색상이 이루는 각도는 에지와 같은 색상의 변화가 있는 면에 대한 분포를 나타내는 것을 알 수 있다.

### III. 국부적인 푸리에 변환에 기반한 질감 기술자

본 논문에서는 제안된 색상 기술자와 결합할 질감 특징을 추출하기 위해서 국부적인 푸리에 변환(local fourier transform, LFT)에 기반한 질감 모멘트(texture moments) 추출 기법을 사용한다. 질감 모멘트 정보를 추출하기 위해서 LFT로부터 유도되는 8개의 템플릿을 원 영상에 적용하여 8개의 특징 정보들을 추출한다<sup>[3]</sup>.

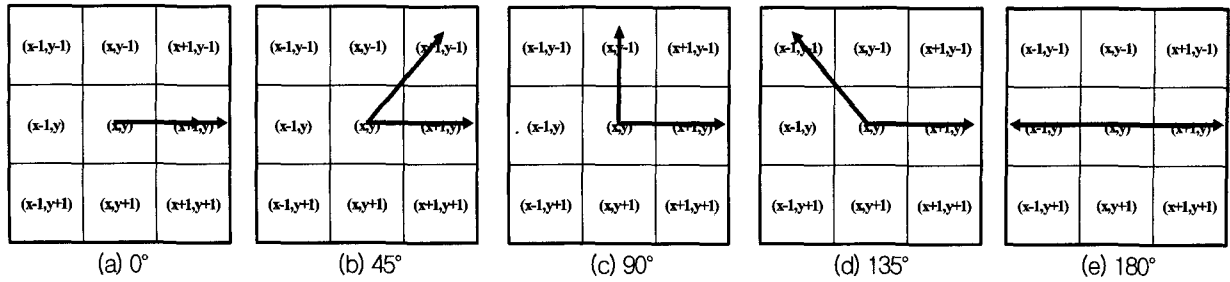


그림 3. 최소-최대 색상이 이루는 5가지의 다른 각도 표현

Fig. 3. Representation of 5 different angles between minimum color and maximum color.

|                              |       |       |       |       |       |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $C_{max} \backslash C_{min}$ | $C_0$ | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ |
| $C_0$                        | 5     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| $C_1$                        | 0     | 12    | 0     | 0     | 0     |
| $C_2$                        | 0     | 0     | 7     | 0     | 0     |
| $C_3$                        | 0     | 0     | 0     | 3     | 0     |
| $C_4$                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 27    |

(a)  $\angle C_{min}C_{center}C_{max} = 0^\circ$       (b)  $\angle C_{min}C_{center}C_{max} = 180^\circ$

|           |           |      |            |    |            |    |             |      |             |    |
|-----------|-----------|------|------------|----|------------|----|-------------|------|-------------|----|
| $C_{min}$ | $0^\circ$ |      | $45^\circ$ |    | $90^\circ$ |    | $135^\circ$ |      | $180^\circ$ |    |
|           | 평균        | 분산   | 평균         | 분산 | 평균         | 분산 | 평균          | 분산   | 평균          | 분산 |
| $C_0$     | 0.00      | 0.00 |            |    |            |    | 2.64        | 1.09 |             |    |
| $C_1$     | 1.00      | 0.00 |            |    |            |    | 2.28        | 1.42 |             |    |
| $C_2$     | 2.00      | 0.00 |            |    |            |    | 1.79        | 2.69 |             |    |
| $C_3$     | 3.00      | 0.00 |            |    |            |    | 2.11        | 1.99 |             |    |
| $C_4$     | 4.00      | 0.00 |            |    |            |    | 1.39        | 1.02 |             |    |

(c) 제안된 색상 기술자의 특징벡터

그림 4. 제안된 색상 기술자의 특징벡터

Fig. 4. The feature vector of proposed color descriptor.

그런 다음, 각 특징 정보들에 대해서 1차 및 2차 모멘트를 계산함으로써 질감 정보를 추출한다. 본 논문에서 추출한 질감 정보는 그레이 영상에서 추출하였고, 특징 벡터의 크기는 16차원이 된다.

원 영상을  $\{I(x,y) \mid x = 0,1,\dots,L-1, y = 0, 1, \dots, M-1\}$  라고 할 때, 그림 5와 같이 임의의 화소에 대해 8-이웃 화소를 정의할 수 있고, 이 때 이웃 화소들은  $P_0P_1P_2P_3P_4P_5P_6P_7$ 과 같이 주기가 8인 주기 급수라고 가정할 수 있다. 그러므로 8-이웃화소들에 대해서 푸리에 변환 계수들을 계산할 수 있으며, 이것은 공간 영역에서 질감 성질이 유사한 영상들은 주파수 영역에서의 푸리에 변환 계수가 유사하다는 것에 기인한 것이다.

$I(x,y,n)$ 을 화소  $I(x,y)$ 의 8-이웃화소들의 주기 급수라 하면,  $I(x,y,n)$ 의 푸리에 변환 계수는 식 (2)에 의해 계산되어진다.

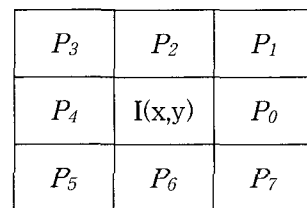


그림 5. 화소  $I(x,y)$ 의 8-이웃화소들에 대한 정의

Fig. 5. Definition of 8-neighborhood at  $I(x,y)$ .

$$I(x, y, n) = P_n \quad 0 \leq n \leq 7$$

$$F(x, y, k) = \frac{1}{8} \sum_{n=0}^7 I(x, y, n) e^{-j\frac{\pi}{4}kn} \quad (2)$$

식 (2)에 의해서, 계산된 푸리에 변환 계수들 중에서 본 논문에서는 [13]방법과 동일하게  $F(x,y,0)$ ,  $F(x,y,4)$ 의 실수(real numbers)들과  $F(x,y,1)$ ,  $F(x,y,2)$ ,  $F(x,y,3)$ 의 각 실수 부분과 허수(complex numbers) 부분들의 계수를 질감 특징으로 사용한다. 즉, 그림 6에 보이고 있는 8개의 템플릿(template)들을 이용하여 국부적인 푸리에 계수들을 계산할 수 있다. 모든 푸리에 계수를 사용하지 않는 이유는 푸리에 변환 계수들은 식 (3)과 같이 켈레 복소수로 표현될 수 있기 때문이다. 식 (3)에서 \*는 켈레연산자를 의미한다.

$$F(x, y, k) = F^*(x, y, 8 - k) \quad (3)$$

#### IV. 실험 결과 및 평가

본 논문에서는 제안한 색상 기술자를 이용한 영상 검색 결과와 새로운 색상 기술자와 질감 기술자를 결합한 방법으로 영상을 검색한 결과에 대한 평가를 위해서  $384 \times 256$  또는  $256 \times 384$  크기의 1000개의 영상을 사용하였다<sup>[7,8,14]</sup>. 실험 평가에 사용된 영상은 10개의 클래스로

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

(a)

|    |   |    |
|----|---|----|
| -1 | 1 | -1 |
| 1  | 0 | 1  |
| -1 | 1 | -1 |

(b)

|                       |   |                      |
|-----------------------|---|----------------------|
| $-\frac{\sqrt{2}}{2}$ | 0 | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ |
| -1                    | 0 | 1                    |
| $-\frac{\sqrt{2}}{2}$ | 0 | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ |

(c)

|                       |    |                       |
|-----------------------|----|-----------------------|
| $-\frac{\sqrt{2}}{2}$ | -1 | $-\frac{\sqrt{2}}{2}$ |
| 0                     | 0  | 0                     |
| $\frac{\sqrt{2}}{2}$  | 1  | $\frac{\sqrt{2}}{2}$  |

(d)

|   |    |   |
|---|----|---|
| 0 | -1 | 0 |
| 1 | 0  | 1 |
| 0 | -1 | 0 |

(e)

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1  | 0 | -1 |
| 0  | 0 | 0  |
| -1 | 0 | 1  |

(f)

|                      |   |                       |
|----------------------|---|-----------------------|
| $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | 0 | $-\frac{\sqrt{2}}{2}$ |
| -1                   | 0 | 1                     |
| $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | 0 | $-\frac{\sqrt{2}}{2}$ |

(g)

|                       |    |                       |
|-----------------------|----|-----------------------|
| $-\frac{\sqrt{2}}{2}$ | 1  | $-\frac{\sqrt{2}}{2}$ |
| 0                     | 0  | 0                     |
| $\frac{\sqrt{2}}{2}$  | -1 | $\frac{\sqrt{2}}{2}$  |

(h)

그림 6. 푸리에 변환 계수를 계산하기 위한 8개의 템플릿 : (a)  $F(x,y,0)$ ; (b)  $F(x,y,4)$ ; (c)  $F(x,y,1)$ 의 실수 부분; (d)  $F(x,y,1)$ 의 허수 부분; (e)  $F(x,y,2)$ 의 실수 부분; (f)  $F(x,y,2)$ 의 허수 부분; (g)  $F(x,y,3)$ 의 실수 부분; (h)  $F(x,y,3)$ 의 허수 부분

Fig. 6. Eight templates for computing fourier transform coefficients : (a)  $F(x,y,0)$ ; (b)  $F(x,y,4)$ ; (c) real part of  $F(x,y,1)$ ; (d) imaginary part of  $F(x,y,1)$ ; real part of  $F(x,y,2)$ ; (e) imaginary part of  $F(x,y,2)$ ; (f) real part of  $F(x,y,3)$ ; (g) imaginary part of  $F(x,y,3)$ .

분류되어 있고, 각 클래스에 포함된 영상의 수는 100개이다. 표 1은 검색 성능 평가에 사용된 영상의 종류를 나타낸다.

본 논문에서는 새로운 색상 기술자에 대한 성능 평가와 색상 기술자와 질감 기술을 결합한 기술자에 대한 성능을 평가하였다. 질의 영상에 대한 DB 영상들의 유사도를 측정하기 위해서 [7]에 사용되어진 거리척도(distance measure)를 사용하였으며, 식 (4)로 표현된다.

표 1. 검색 성능 평가에 사용된 영상의 종류  
Table 1. Images for evaluating retrieval performance.

| 순번 | 클래스 이름                     |
|----|----------------------------|
| 1  | African people and village |
| 2  | Beach                      |
| 3  | Buildings                  |
| 4  | Buses                      |
| 5  | Dinosaurs                  |
| 6  | Elephants                  |
| 7  | Flowers                    |
| 8  | Horses                     |
| 9  | Mountains and glaciers     |
| 10 | Food                       |

$$D(q, d) = \sum_{n=0}^N \frac{|f_q^n - f_d^n|}{1 + |f_q^n| + |f_d^n|} \quad (4)$$

$$P(q)_k = \frac{|S(q) \cap R(q)_k|}{|R(q)_k|} \quad (5)$$

식(4)에서,  $q$ 와  $d$ 는 질의 영상과 DB 영상을 각각 의미하며,  $N$ 은 특징벡터의 차원을 나타낸다.  $f_q^n$ 와  $f_d^n$ 는 질의 영상의 특징벡터와 DB 영상의 특징벡터의  $n$ 번째 성분을 나타낸다. 또한, 검색 성능을 평가하는 방법으로는 임의의 순위까지 검색된 결과 영상에 대한 정확률(precision)을 사용하였다. DB 영상들의 집합에서 질의 영상을  $q$ , 질의 영상과 동일한 클래스에 있는 영상들의 집합을  $S(q)$ , 임의의 순위까지 검색된 영상들의 집합을  $R(q)_k$ 라고 할 때, 임의의 순위까지의 정확률  $P(q)_k$ 는 식 (5)와 같이 표현된다.

#### 1. 제안된 색상 기술자에 대한 검색 성능 평가

본 논문에서는 색상 기술자의 특징 벡터를 추출하기 위해서 RGB 값으로 구성된 각 화소의 값을 HSV 값으로 변환시킨 후 H(hue)를 6 단계, S(saturation)를 2단계, V(value)를 4단계로 양자화하여 480개의 특징벡터로 구성된 색상 기술자에 대한 성능을 평가하였고, 729개의 특징벡터로 구성된 [9]방법, 486개의 특징벡터로 구성된 [7]방법, 그리고 464개의 특징벡터로 구성된 [8]

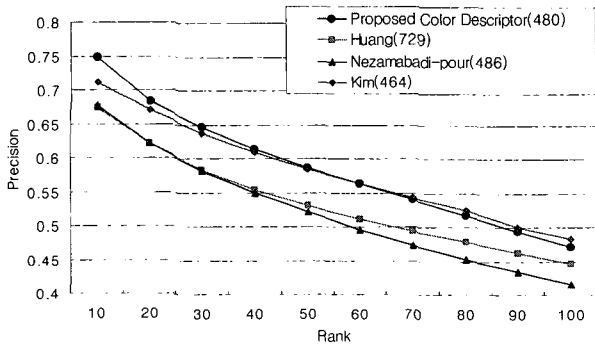


그림 7. 제안된 색상 기술자와 기존 방법들에 대한 영상 검색 성능 비교

Fig. 7. Comparison of retrieval performance between proposed color descriptor and existing methods.

방법에 대한 성능을 비교하였다. 그림 7은 순위에 따른 제안한 색상 기술자와 기존 방법들에 대한 영상 검색의 정확률을 비교한 것을 보여주고 있다.

그림 7에서, 제안된 색상 기술자는 Huang[9]의 방법에 비해 5.53%~10.89%, Nezamabadi-pour[7]의 방법에 비해 10.56%~13.21% 향상된 결과를 확인할 수 있다. 그리고, Kim[8]의 방법에 대해서는 검색 순위가 60위까지는 0%~5.2% 향상된 검색 결과를 보였으며, 70위에서 100위까지는 0.11%~2.57% 떨어진 검색 결과를 보였다. 하지만 Kim[8]의 방법에 비해 60위 이상의 상위 순위에서 유사한 영상이 상대적으로 많이 검색되어진 결과를 확인할 수 있다.

2. 색상 기술자와 질감 기술자의 결합에 의한 검색 성능 평가

제안된 색상 기술자와 기존 방법들을 비슷한 특징벡터의 크기에서 영상 검색 성능을 비교 평가한 결과 보다 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 또한, 본 논문에서는 질감 기술자를 색상 기술자와 결합함으로써, 색상 기술자만을 사용하였을 경우 보다 약 1/2 특징벡터의 크기만을 이용해서 우수한 검색 결과를 얻을 수 있는 방법을 제안한다. 색상 기술자와 질감 기술자를 결합에 의한 영상 검색의 유사도 측정식은 식 (6)과 같다.

$$D^{combine}(q, d) = w_1 D^{color}(q, d) + w_2 D^{texture}(q, d) \quad (6)$$

식 (6)에서, 색상과 질감 기술자에 대해 각각 식 (4)를 사용하여 유사도를 측정 후 각각 가중치를 곱하여 최종적으로 영상의 유사도를 계산하게 된다. 본 논문에서 사용한 가중치는  $w_1 = 0.5$ 과  $w_2 = 0.5$ 이다. 표 2와

표 2 제안된 색상 기술자와 질감 기술자의 결합에 의한 영상 검색 성능 비교

Table 2. Comparison of retrieval performance using the combined descriptor

| Rank | Precision              |               |               |           |           |
|------|------------------------|---------------|---------------|-----------|-----------|
|      | ① Texture moments (16) | ② MMCCD (480) | ③ MMCCD (240) | ①+③ (256) | CSD (256) |
| 10   | 0.6247                 | 0.7477        | 0.7304        | 0.7777    | 0.7596    |
| 20   | 0.5534                 | 0.6837        | 0.6701        | 0.7084    | 0.6944    |
| 30   | 0.5104                 | 0.6455        | 0.6282        | 0.6668    | 0.6559    |
| 40   | 0.4795                 | 0.6139        | 0.5954        | 0.6326    | 0.6239    |
| 50   | 0.4537                 | 0.5866        | 0.5669        | 0.6018    | 0.5963    |
| 60   | 0.4302                 | 0.5627        | 0.5384        | 0.5748    | 0.5718    |
| 70   | 0.4092                 | 0.5402        | 0.5119        | 0.5509    | 0.5472    |
| 80   | 0.3909                 | 0.5177        | 0.4868        | 0.5272    | 0.5228    |
| 90   | 0.3743                 | 0.4940        | 0.4639        | 0.5036    | 0.4991    |
| 100  | 0.3578                 | 0.4711        | 0.4412        | 0.4798    | 0.4756    |

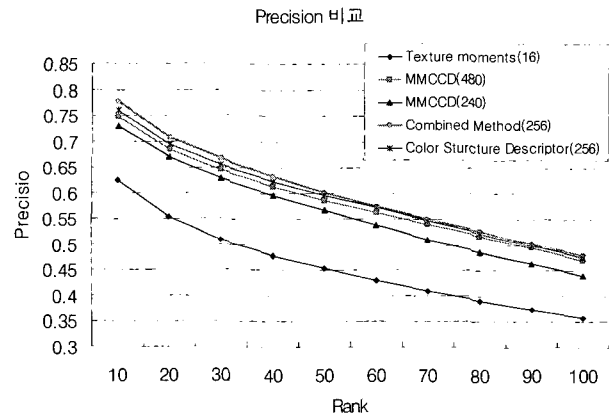


그림 8. 제안된 색상 기술자와 질감 기술자의 결합에 의한 영상 검색 성능 비교

Fig. 8. Comparison of retrieval performance using the combined descriptor.

그림 (8)은 색상 기술자와 질감 기술자를 결합한 영상 검색 결과를 보여주고 있다.

표 2와 그림 8을 보면, 240개의 특징벡터로 구성된 색상 기술자, 16개의 특징벡터로 구성된 질감 기술자를 결합한 256개의 특징벡터를 이용한 영상 검색 결과에 대해서 480개의 특징벡터로 구성된 색상 기술자(MMCCD)를 이용한 영상 검색 결과와 색상 구조 기술자(color structure descriptor, CSD)를 이용한 검색 결과를 각각 비교하면 결합 기술자가 MMCCD에 비해 1.8% ~ 4%, CSD에 비해 0.9% ~ 2.4%의 검색 성능이 향상되었음을 확인할 수 있다. 결과적으로, 제안된 색상 기술자의 특징벡터의 저장 공간을 약 2분의 1로 줄이면서 우수한 영상 검색 성능이 나타남을 확인할 수 있다.

이러한 결과는 색상 기술자가 구별하지 못하는 영상의 특징을 질감 정보를 동시에 고려함으로써 영상의 구별력을 높인 결과이다.

### III. 실험 결과 및 평가

본 논문에서는 제안한 색상 기술자를 이용한 영상 검색 방법과 제안한 색상 기술자와 질감 기술자를 결합하여 영상을 검색하는 두 가지 방법을 제안하였다. 제안된 색상 기술자는 색상의 공간적 상관관계와 구조적 상관관계를 잘 표현할 수 있는 기술자로 기존의 컬러 코렐로그램이 표현하지 못하는 구조적인 정보를 중심화소를 중심으로 최소 거리의 색상과 최대 거리의 색상이 이루는 각( $\angle C_{min}C_{center}C_{max}$ )을 계산하고, 각  $Angle_n$  ( $n = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$ )에 대해서 최소-최대 색상 쌍의 빈도수를 증가시킨 후 각각의  $Angle_n$ 에 대해서 최소 거리의 색상을 기준으로 최대 거리의 색상에 대한 평균과 분산값이 특징벡터로 구성되어졌다. 실험 결과로써, 제안된 색상 기술자는 기존 방법들에 비해서 5.2%~13.21% 향상된 검색 결과가 나타남을 확인하였다. 또한 제안된 색상 기술자와 국부적인 푸리에 변환을 이용한 질감 기술자를 결합함으로써 특징벡터의 크기를 줄이면서 검색 성능이 우수한 영상 검색 방법을 제안하였다.

### 참 고 문 헌

- [1] A. W. M. Smeulders, M. Worring, S. Santini, A. Gupta, and R. Jain, "Content-based Image Retrieval at The End of The Early Years," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 22, no. 12, pp. 1349-1380, 2000.
- [2] M. J. Swain and D. H. Ballard, "Color Indexing," *International Journal of Computer Vision*, vol. 7, no. 1, pp. 11-32, Jan. 1991.
- [3] A. Yoshitaka and T. Ichikawa, "A Survey on Content-based Retrieval for Multimedia Databases," *IEEE Trans. on Knowledge and Data Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 81-93, 1999.
- [4] Y. Rui and T. S. Huang, "Image Retrieval: Current Techniques, Promising Directions, and Open Issues," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 10, no. 4, pp. 39-62, 1999.
- [5] ISO/IEC 15938-3, "Multimedia Content Descriptor Interface-Part 3: Visual," *ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11, Doc. 4358*, 2001.
- [6] G. Qiu, "Color Image Indexing Using BTC," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 12, no. 1, pp. 93-101, Jan. 2003.
- [7] H. Nezamabadi-pour and E. Kabir, "Image Retrieval Using Histograms of Uni-color and Bi-color Blocks and Directional Changes in Intensity Gradient," *Pattern Recognition Letters*, vol. 25, no. 14, pp. 1547-1557, Oct. 2004.
- [8] T. S. Kim, S. J. Kim, and K. I. Lee, "Image Retrieval Based on Co-occurrence Matrix Using Block Classification Characteristics," *PCM2005, Part 1, LNCS 3767*, pp. 946-956, 2005.
- [9] J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, W. J. Zhu, and R. Zabih, "Image Indexing Using Color Correlogram," in *Proc. on CVPR97*, pp. 762-768, June 1997.
- [10] Q. Iqbal and J. K. Aggorwal, "Combining Structure, Color, and Texture for Image Retrieval: A Performance Evaluation," in *Proc. on ICPR2002*, pp. 438-443, 2002.
- [11] D. Andloutsos, K. N. Plataniotis, and A. N. Venetsanopoulos, "A Vector Angular Distance Measure for Indexing and Retrieval of Color," in *Proc. Storage & Retrieval for Image and Video Databases VII, SPIE-3656*, pp. 604-613, 1999.
- [12] K. T. Park and Y. S. Moon, "Object-based Image Retrieval Using Dominant Color Pairs between Adjacent Regions," *ICCSA 2006, LNCS 3984*, pp. 404-411, 2006.
- [13] H. Yu, M. L. H. J. Zhang, and J. Feng, "Color Texture Moments for Content Based Image Retrieval," in *Proc. on ICIP2002*, vol. 3, pp. 929-932, June 2002.
- [14] J. Z. Wang, J. Li, and G. Wiederhold, "SIMPLiCity: Semantics Integrated Matching for Picture Libraries," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 23, no. 9, pp. 947-963, 2001.

### 저 자 소 개

박 기 태(학생회원)  
대한전자공학회 논문지  
제 43권 SP편 제 5호 참조

문 영 식(정회원)-교신저자  
대한전자공학회 논문지  
제 43권 SP편 제 5호 참조