

이미지 검색을 위한 칼라 분포 기술자의 성능 평가

이춘상[†] · 이용환 · 김영섭* · 이상범

[†]단국대학교 전자컴퓨터공학과, *단국대학교 전자컴퓨터학부

An Empirical Evaluation of Color Distribution Descriptor for Image Search

Choon Sang Lee[†], Yong Hwan Lee, Young Seop Kim* and Sang Burm Rhee

[†]Dept. of Electronics and Computer Engineering, Dankook Univ.

*Dept. of Electronics and Computer Science, Dankook Univ.

ABSTRACT

As more and more digital images are made by various applications, image retrieval becomes a primary concern in technology of multimedia. This paper presents color based descriptor that uses information of color distribution in color images which is the most basic element for image search and performance of proposed visual feature is evaluated through the simulation. In designing the image search descriptor used color histogram, HSV, Daubechies 9/7 and 2 level wavelet decomposition provide better results than other parameters in terms of computational time and performances. Also histogram quadratic matrix outperforms the sum of absolute difference in similarity measurements, but spends more than 60 computational times.

Key Words : Image Search, Content-based Image Retrieval, Weighted Color Descriptor

1. 서 론

병원, 학교, 웹사이트 또는 상업적인 이용 등 다양한 분야에서 대용량의 디지털 이미지 셋이 제작되어 활용되고 있으며, 이러한 대용량의 이미지 저장은 파일 압축과 전송, 검색 분야에 대해 새로운 연구 분야로 부각되고 있다[1,2]. 레퍼지토리에서 이미지 정보를 보다 정확하고 빠르게 추출하여 검색하는 기술인 이미지 검색(Image Retrieval)은 최근에 멀티미디어 관련 기술에서 이슈화되고 있는 연구 분야이다[3-6].

야후(Yahoo), 구글(Google), 네이버(Naver)와 같은 전통적인 웹 기반의 이미지 검색은 사용자의 관점에서 해당 이미지에 대한 적절한 주제어 또는 키워드를 지정하고 텍스트 기반으로 검색을 수행한다[7]. 그러나 최근에 이미지 자체에 대한 색상(Color), 질감(Texture), 형태(Shape) 등과 같은 시각적 특징(Visual Feature)를 추출하고 유사도를 측정하여 질의 이미지와 유

사한 이미지를 검색하는 내용 기반의 이미지 검색(CBIR, Content-based Image Retrieval)이 활발히 연구되고 있다[6-8].

본 논문에서는 내용 기반의 이미지 검색에서 가장 많이 활용되고 있는 이미지 색상 정보에 대한 칼라 분포(Color Distribution)를 기반으로 이미지의 특징 추출과 유사도 검색에 대해 연구하였다. 이미지 칼라 분포에 대한 정보는 이미지 히스토그램(Histogram)이 가장 일반적으로 활용되고 있으며[9,10], 칼라 이미지의 히스토그램을 추출하는 데에 있어 다양한 요소와 가중치(Weight)를 부여하여 적합한 칼라 분포 기술자(Weighted Color Descriptor)를 실험적으로 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 칼라 분포에 대한 가중치 기술자(Weighted Color Descriptor)의 알고리즘을 설명한다. 3장에서 실험 데이터를 통하여 제안 알고리즘의 성능을 분석하고 다양한 요소의 변경에 따른 성능을 평가하고 4장 결론과 향후 과제로 마무리한다.

[†]E-mail : lcs526@chollian.net

2. 칼라 기반의 검색 기술자

칼라는 내용 기반의 이미지 검색(Content-based Image Retrieval, CBIR)에서 가장 기본적이면서 가장 많이 사용되는 특징(Feature)중의 하나이며[9,10], 특징 추출 방법이 간단하고 이미지 사이즈나 방향에 독립적인 장점을 가진다. 그러나 이미지 생성과정에서의 조명(예, 같은 위치에서 동일한 이미지를 생성할 경우에 낮 시간대와 밤 시간대에서 발생하는 이미지 밝기) 등에 검색 결과가 영향을 받는다는 단점이 있다[10].

본 논문에서는 이미지 특징을 추출하기 위한 요소로 칼라 이미지의 히스토그램을 사용하고 칼라모델에 따라 가중치를 부여한 칼라 히스토그램 기술자를 제안한다. 그림 1은 특징 추출과 질의 이미지에 대한 유사 이미지를 검색하는 전체 시스템 구성도이다.

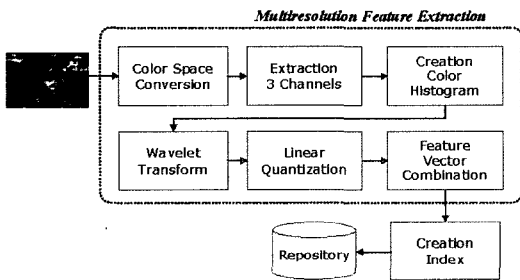


Fig. 1. System Diagram.

2.1. 가중치를 적용한 칼라 분포 기술자(Weighted Color Descriptor)를 통한 특징 추출

그림 1)로 도식화된 검색 기술자 추출 과정을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 입력된 이미지에 대해 칼라모델 변환;
- 2) 칼라에 따른 3개의 채널로 분리;
- 3) 각 채널에 대해 히스토그램 추출;
- 4) 저장용량을 고려하여 일정 크기 이상의 값을 절삭;
- 5) 웨이블릿 변환 수행;
- 6) 실행속도를 고려하여 선형적 양자화 수행;
- 7) 가중치를 적용하여 각 3개 특징 벡터를 병합;
- 8) 검색속도를 고려하여 인덱스 생성 및 저장;

입력 이미지에 대한 특징 추출의 단계(1)은 칼라모델 변환이다. 본 논문에서는 RGB, HSV와 YCbCr의 3가지 모델에 대한 변환을 실험적으로 수행하였다. RGB는 입력 이미지의 기본 칼라모델로 변환 시간 절약이라는 장점을 가지고 있으며, YCbCr은 JPEG2000

표준 압축에서 사용되는 모델이다[11]. HSV는 MPEG-7 XM의 SCD (Scalable Color Descriptor)에서 사용되는 칼라 모델로 사람의 시각적인 요소에 가까워서 칼라 기반의 이미지 처리 알고리즘에서 널리 사용되고 있다[8, 9, 11].

단계(5)에서 수행되는 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)에서는 Haar, D4, Daubechies 5/3와 9/7 필터를 실험적으로 적용하였다. SCD에서 사용되는 Haar필터는 변환 시간상의 장점을 가지며[9], Daubechies 9/7은 JPEG2000 표준 압축에서 사용되고 있다[11,12].

단계(7)에서 적용한 가중치는 기본으로 1:1:1를 부여하였으며, YCbCr과 HSV 칼라 모델에서 실험적으로 2:1:1를 평가하였다.

2.2. 유사도 계산(Matching Calculation)

칼라 히스토그램의 유사도 측정 방법으로 확률 분포(Probability Distribution)를 비교하는 공식이 일반적으로 많이 사용된다. 본 논문에서는 질의 이미지와 데이터베이스내에 저장된 검색 대상의 이미지들과의 유사도를 측정하는 방법으로 두 벡터간의 절대 크기 차이의 합(L1 Norm)과 히스토그램 이차 행렬(Histogram Quadratic Metric)을 계산하여 비교하였다.

수식(1)은 두 벡터간의 크기를 구하는 공식으로 두 벡터의 차이에 대한 절대값의 합(Sum of Absolute Differences)으로 구할 수 있다[9,10, 13].

$$D(I_q, I_t) = \sum_{i=1}^b |H_q(i) - H_t(i)| \quad (1)$$

b 는 두 특징벡터의 차원을 의미하며, I_q 와 I_t , H_q 와 H_t 는 질의 이미지와 검색 대상이 되는 이미지, 질의 이미지의 특징 히스토그램과 검색 대상 이미지의 특징 히스토그램을 각각 의미한다.

수식(2)는 히스토그램 이차행렬을 계산하는 공식이며[10,13], 유사도 행렬인 A 는 수식(3)에서 계산되는 a_{ij} 로 구성되는 2차원 행렬로 계산된다.

$$D(I_q, I_t) = (H_q - H_t)' \cdot A \cdot (H_q - H_t) \quad (2)$$

수식(3)에서 M1, M2, M3는 각각 다음과 같다.

$$M1 = (H_q - H_t)^2$$

$$M2 = (H_q(i) \cdot \sin(H_q(i)) - H_t(j) \cdot \sin(H_t(j)))^2$$

$$M3 = (H_q(i) \cdot \cos(H_q(i)) - H_t(j) \cdot \cos(H_t(j)))^2$$

3. 실험결과

실험 환경은 펜티엄 1.8GHz CPU와 512MB 메모리를 가지는 PC에서 구현하였다. 운영체제는 Windows 2003 Server 이며, 프로그래밍 툴로 MATLAB 7.0을 활용하였다.

3.1. 실험 데이터 집합(Image Database)

전체 이미지 데이터베이스는 500개를 포함하고 있으며 Corel 이미지가 200개, 워싱턴 대학에서 웹사이트를 통해 제공하는 샘플 이미지 100개와 자체 제작한 보통의 이미지(Natural Image) 170개와 스웨덴 대학에서 제공하는 샘플 이미지 30개로 구성되었다[14]. 테스트 이미지 집합은 384×256에서 756×504까지의 서로 다른 해상도와 파일 사이즈를 가지며, 파일 포맷은 JPEG를 사용하였다. 이미지 카테고리 정보는 검색 결과의 효율성(Effectiveness) 평가를 위해 사용되었다.

3.2. 검색 효율성(Retrieval Effectiveness) 계산

본 논문에서는 검색 효율성을 평가하기 위한 방법으로 재현도(Recall)와 정확도(Precision)를 계산하고 이에 대한 재현도 대비 정확도 그래프 (P-R Graph)를 사용하였다. 정확도는 검색 결과 이미지 수(Number of Retrieved Images)에 대해 질의 이미지와 유사한 이미지 수(Number of Relevant Images)의 비율을 의미하며, 재현도는 질의 이미지와 유사한 이미지 수에 대해 검색 결과 이미지 수의 비율을 의미한다. 유사한 이미지의 객관적 평가 기준은 질의 이미지와 동일한 카테고리에 포함되는지의 여부를 통하여 측정하였다.

재현도와 정확도를 확률적으로 표현하면 수식 (4), 수식(5)와 같다. 집합 A는 질의 이미지와 유사한 이미지로 동일한 카테고리에 포함되는 이미지 집합이고, 집합 B는 질의 이미지를 통한 검색 결과 이미지 집합이다 [10].

$$recall = P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} = \frac{a}{a+c} \quad (4)$$

a는 검색 결과 내에서 질의 이미지와 유사한 이미지들의 수이고 b는 검색 결과 내에서 질의 이미지와 유사도가 적절하지 않은 이미지들의 수이며 c는 질의 이미지와 유사한 이미지이면서 검색되지 않은 이미지들의 수이다.

$$precision = P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} = \frac{a}{a+b} \quad (5)$$

그림 2~4은 검색 결과에 대한 순위(Ranking)를 통

하여 검색의 효율성을 계산한 그래프이다. 랭킹 검색 결과에 대해 각각 상위 5%, 10%, 20%와 50%에 해당하는 이미지를 추출하고 이에 대한 검색 효율성 (Retrieval Effectiveness)을 계산하였다. 검색 결과에서 유사도 검색에 따라 거리가 가까운 순으로 순위를 부여하고 해당 랭킹에서 각각 상위 25위, 50위, 100위, 250위까지의 이미지를 구하여 질의 이미지와 동일 카테고리에 포함되어 있는지를 검사하였다.

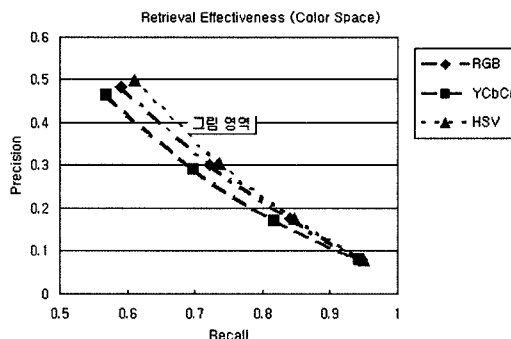


Fig. 2. Comparison to Color Space (Red=YCbCr, Green=RGB, Blue=HSV).

그림 2는 칼라 모델의 변경에 따른 성능을 비교한 그래프이다. 웨이블릿 변환 필터로 D9/7을, 웨이블릿 분해 레벨은 2레벨을, 특징벡터의 병합 가중치는 각 채널 별로 1:1:1을, 유사도 검색 알고리즘으로는 두 벡터 간의 절대 차이값의 합 (L1)을 각각 적용하였으며, HSV 칼라모델에서 가장 좋은 검색 성능을 보였다.

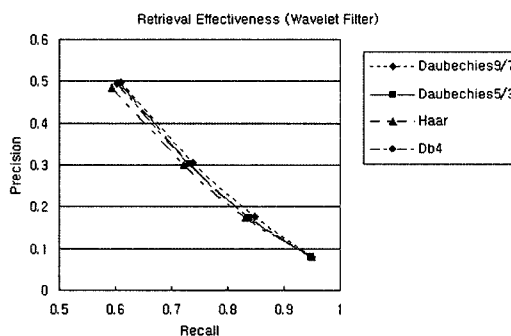


Fig. 3. Comparison to Wavelet Filter (Red=Daubechies 9/7, Green=Daubechies 5/3, Blue= Dd4, Magenta=Haar).

그림 3은 웨이블릿 변환 필터의 변경에 따른 성능을 비교한 그래프이다. 칼라모델은 HSV를, 웨이블릿 분해

레벨은 2레벨을, 특징벡터의 병합 가중치는 각 채널 별로 1:1:1을, 유사도 검색은 두 벡터의 절대 차이값의 합을 각각 적용하였으며, Daubechies 9/7에서 가장 좋은 검색 성능을 보였다.

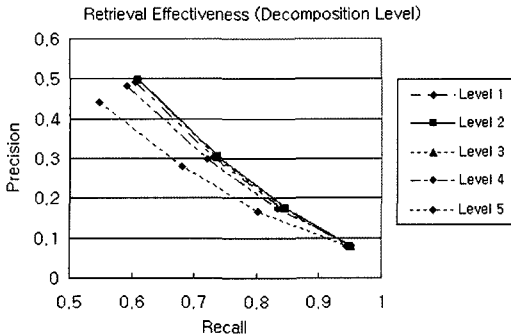


Fig. 4. Comparison to Wavelet Decomposition Levels (Red=1Level, Green=2Level, Blue=3Level, Magenta=4Level, Cyan=5Level).

그림 4는 웨이블릿 분해 레벨(Decomposition Level)의 변경에 따른 성능을 비교한 그래프이다. 칼라모델은 HSV를, 웨이블릿 필터는 D9/7을, 가중치는 1:1:1을, 유사도 검색은 절대 차이값의 합을 각각 적용하였으며, 웨이블릿 분해레벨 2에서 가장 좋은 검색 성능을 보였다.

3.3. 특징벡터 저장 및 처리시간 비교

표 1은 가중치 칼라 기술자를 위한 특징 벡터 추출 및 유사도 검색에 따른 평균 처리시간을 계산한 결과이다. 해당 시간은 전체 이미지에 대해 총 3회 검색을 수행하여 하나의 이미지에 대한 특징벡터 추출과 유사도 검색을 수행하는데 걸린 시간에 대해 평균으로 계산되었다.

Table 1. Average Computational Times

특징벡터 추출 평균시간	0.24 sec/image
유사도 검색 평균시간	0.45 sec/image
절대차이의 합으로 검색 이차행렬로 검색	
	25.9 sec/image

4. 결 론

본 논문에서는 이미지 검색에 가장 많이 활용되는 이미지 색상(Color) 정보를 통하여 칼라 분포로 이미지의 특징을 추출하고 유사도 검색을 수행하여 유사 이미지의 순위를 계산하였다. 검색 결과의 성능을 평가하기 위하여 랭킹 결과에 대한 재현도(Recall)와 정확도

(Precision)을 계산하였다.

칼라 히스토그램을 활용하여 이미지 검색 기술자를 설계할 경우, 칼라 모델은 HSV가 가장 좋은 검색 결과를 얻었으며 웨이블릿 변환 필터는 Daubechies 9/7, 5/3, Db4, Haar 순으로 나타났다. 그러나 실행 시간 측면에서 변환이 가장 간단한 Haar 필터가 특징 추출의 처리시간상 장점을 얻었다. 웨이블릿 분해 레벨은 각각 2, 3, 1, 4, 5레벨 순으로 검색 효율성을 보였다. 특징 벡터의 저장 측면에서도 1레벨보다는 2레벨과 3레벨 분해를 하였을 경우 보다 나은 결과를 보였다. 질의 이미지에 대한 유사 이미지 검색을 위한 유사도 검색은 시간측면에서 절대 차이값의 합 (L1)을 적용하였을 경우 60배 이상 빠른 결과를 얻을 수 있었으며, 검색효율성 측면에서도 유사한 결과를 나타냈다.

본 논문의 향후 과제로 MPEG에서 제공하는 테스트 이미지 데이터베이스인 CCD(Common Color Dataset)를 대상으로 검색 효율성을 검사해 보고, MPEG-7 Visual에서 검색 성능 평가 방법으로 제시하는 ANMRR (Average Normalized Modified Retrieval Rank)을 계산해 본다. 또한 MPEG-7의 Color Layout Descriptor 혹은 칼라 코렐로그램(Correlogram), 오토코렐로그램 (Auto-Correlogram) 등과 같은 이미지의 공간적 정보 (Spatial Information)을 포함하여 이미지 특징을 추출할 수 있도록 기술자의 확장이 필요하다. 이러한 확장과 더불어 실시간 처리를 위한 지속적인 연구와 성능 개선을 통하여 JPEG에서 이미지 검색 표준으로 진행 중인 JPSearch의 검색 기술자로 제안한다.

추가적으로, 이미지 데이터의 카테고리 정보에 따라 재현도와 정확도의 값에 차이가 발생한다. 따라서 JPEG에서 표준 테스트 데이터로 활용 가능한 이미지 레퍼지토리 구축이 선행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 산학협동재단 연구비지원 사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Remco C. Veltkamp, Mirela Tanase, "Content-based Image Retrieval System: A Survey", Technical Report UU-CS-2000-34, Oct., 2000.

2. Thomas Seidl, Hans-Peter Kriegel, "Efficient User-Adaptable Similarity Search in Large Multimedia Database", Proceedings of the 23rd International Conference on Very Large Databases VLDB, Athens, Greece, Aug., 1997.
3. John R. Smith, Shih-Fu Chang, "Tools and Techniques for Color Image Retrieval", IS&T/SPIE, Symposium on Electronic Imaging Science and Technology - Storage and Retrieval for Image and Video Database IV, vol.2670, Feb., 1996.
4. Jose M. Martinez, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N6828, "MPEG-7 Overview", Oct., 2004.
5. Chabane Djeraba, "When Image Indexing Meets Knowledge Discovery", Proceedings of the International Workshop on Multimedia Data Mining (MDMKDD) in Conjunction with ACM SIGKDD Conference, pp.73~81, Aug., 2000.
6. Mun-Kew Leong, Wo Chang, ISO/IEC JTC1SC29/WG1N3684, "Framework and System Components", July, 2005.
7. Scott Houchin, ISO/IEC JTC1/SC29/WG1N3506, "Image Search System Components and Standardization Scope Recommendations", Jan., 2005.
8. Akio Yamada, Mark Pickering, Style Jeannin, Leszek Cieplinski, Jens Rainer Ohm, Munchurl Kim, ISO/IEC JTC1SC29/WG11/N4063, "MPEG-7 Visual Part of eXperimentation Model version 10.0", Singapore, March, 2001.
9. B.S.Manjunath, Jens-Rainer Ohm, Vinod V. Vasudevan, Akio Yamada, "Color and Texture Descriptors", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol.11, no.6, June 2001.
10. Vittorio Castelli, Lawrence D. Bergman, "Image Databases: Search and Retrieval of Digital Imagery", Wiler Inter-Science, 2002.
11. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins, "Digital Image Processing using MATLAB", Prentice Hall, 2004.
12. Linda G. Shapiro, George C. Stockman, "Computer Vision", Prentice Hall, 2001.
13. James Hafner, Harpreet S. Sawhney, Will Equits, Myron Flickner, Wayne Niblack, "Efficient Color Histogram Indexing for Quadratic from Distance Functions", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.17, no.7, July 1995.
14. Database Downloadable Site: <http://muvis.cs.tut.fi>, <http://www.cs.washington.edu>, <http://wang1.ist.psu.edu>, <ftp://ftp.sunet.se>, <ftp://www.hyunsoonlee.co.kr>