

다중-해상도 데이터베이스를 위한 효율적인 칼라 영상 기술자의 모델링*

이용환*, 안효창^o, 조한진*, 이준환**

^o단국대학교 응용컴퓨터공학과

**극동대학교 스마트모바일학과

e-mail: youch92@dankook.ac.kr^o, hanjincho@hotmail.com**

Modelling of Efficient Color Image Descriptor for Multi-resolution Database

Yong-Hwan Lee*, Hyochang Ahn^o, Hanjin Cho**, June-Hwan Lee**

*Dept. of Applied Computer Engineering, Dankook UniversityO

**Dept. of Smart Mobile, Far East University

● 요약 ●

최근, 대용량 영상 데이터베이스가 축적되면서 영상 인식과 영상 검색 분야가 주목받고 있으며, 다양한 디바이스에 따라 생성되는 영상의 해상도가 상이하게 나타나고 있다. 본 논문에서는 내용-기반 영상 검색을 위한 새로운 칼라 기술자를 제안한다. 제안 알고리즘에서는 공간 칼라 정보에 대한 웨이블릿 변환과 채널 및 변환 서브밴드에 따른 가중치를 적용하여 칼라 특징 벡터를 추출한다. 시뮬레이션을 통하여 제안하는 알고리즘의 검색 성능을 평가하였으며, 유사한 특징 벡터 크기를 기준으로, 기존의 MPEG-7 등의 칼라 검색 기술자보다 다중-해상도의 영상 데이터베이스에서 향상된 검색율을 보임을 확인하였다. 본 논문에서 제시한 알고리즘은 단일 특성의 특징 벡터를 추출하는 검색 기술자로서, 다중 특징으로 결합하기 위한 기본 기술자로 활용될 수 있다.

키워드: 가중치-적용 웨이블릿 공간-칼라 영상 기술자, 내용-기반 영상 검색, 다중-해상도 영상 데이터베이스

I. 서론

다양한 분야에서 대용량의 영상 데이터베이스가 활용되면서 영상 압축/전송뿐만 아니라, 영상 인식과 검색 분야가 주목받고 있다 [1]. 디지털 카메라를 포함하여, 최근에 특히 많이 사용되는 스마트폰을 통해 이러한 영상 데이터베이스는 급격하게 증가하고 있으며, 디바이스의 다양성에 따라 서로 다른 해상도의 영상들이 생성되고 있다. 영상 검색은 대용량, 다량의 디지털 영상 레포지토리아에서 사용자가 원하는 적절한 영상을 열람(Browsing)하고 검색(Searching)하는 시스템을 의미하며, 검색 유형에 따라 2가지 유형으로 분류된다[2]. 키워드 검색을 지원하는 텍스트-기반의 영상 검색은 기존의 웹 기반 영상 검색이 여기에 포함되며, 키워드 생성에 따른 작업 부하 및 주관적 해석에 따른 키워드 생성으로 검색의 효율성이 떨어지는 단점을 지닌다. 이러한 단점을 해결하기 위한 방법으로 내용-기반의 영상 검색(Content-Based Image Retrieval)이 있다. CBIR은 검색을 위한 영상 특성을 자동으로

추출하고, 이를 저장하고 있다가 사용자의 질의 영상에 따라 유사도를 평가하여, 적절한 영상을 반환하는 컴퓨터 비전의 응용분야이다. 영상의 특성을 추출하기 위해, 주로 칼라, 질감, 모양 등과 같은 저급의 시각적(Low-level Visual) 특징을 활용한다[3]. 구글 이미지 검색으로 대표되는 텍스트-기반 영상 검색은 키워드를 기반으로 검색하기 때문에, 다중-해상도에 대한 특별한 지원이 필요하지 않은 반면에, CBIR은 영상의 특징 벡터를 자동화된 절차에 따라 처리하기 때문에, 다중-해상도에 따른 유사성에 차이가 발생하게 된다[4]. 본 논문에서는 CBIR에서 가장 많이 활용되는 칼라를 기반으로, 공간 색상 정보에 대한 웨이블릿 변환과 채널 및 변환 서브밴드에 따른 가중치를 적용하여, 다중-해상도의 칼라 영상에서 보다 효율적인 영상 기술자 알고리즘을 제안한다.

II. 관련 연구

영상 검색과 관련하여, 다수의 범용적인 영상 검색 엔진이 연구 목적으로 또는 상용화된 제품으로 개발되고 있다. 대표적인 내용-기반 영상 검색 방법으로 최초의 IBM의 QBIC을 시작으로, Columbia

* 본 논문은 2012년 중소기업청 산학연공동기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다.

Univ.의 VisualSeek와 WebSeek, Berkeley의 Blobworld, MIT의 PhotoBook 등이 연구 개발되었으며[5], 표준화와 관련하여 MPEG-7 XM이 있다[6]. 이러한 검색 툴들은 내용 기반으로 칼라, 질감, 모양과 공간 정보를 이용하여 영상의 특징을 추출하였다. 이외에 최근 영상 표준인 JPEG에서 JPSearch 분야를 구성하여 검색 방법과 검색 기술자, 메타데이터 포맷 등에 대한 표준화 연구가 활발히 진행되고 있다[1].

본 논문의 주제와 관련하여, Jacobs는 Query-by-Sketch 기반의 다중-해상도 영상 검색 알고리즘을 제시하였다[7]. 해당 논문에서는 입력 영상을 사용자의 스케치로 받아 스케닝한 디지털 영상 데이터베이스를 대상으로 검색을 수행하였다. 그러나 그림을 대상으로 데이터베이스를 구축하였으며, 사진 영상과 같이 해상도가 높지 않은 영상을 대상으로만 실험을 수행하였다. Wu는 다중-해상도 영상 검색을 지원하는 검색 기술자를 연구하였다[8]. 해당 논문에서는 텍스트-기반 키워드 검색과 칼라 히스토그램을 결합한 형태로 다중-해상도 영상 데이터베이스를 다루었다. 그러나 키워드 생성 과정에서 주관적 해석의 문제점을 가지고 있으며, 다국어 지원이 되지 않아 활용도가 떨어지는 단점을 지닌다.

III. 제안 알고리즘

본 논문에서 제안하는 가중치-적용한 웨이블릿 변환에 따른 공간-칼라 영상 기술자(Weighted Wavelet Spatial-Color Image Descriptor)는 그림과 같이, 4 단계를 거쳐 칼라 특징 벡터를 추출한다.

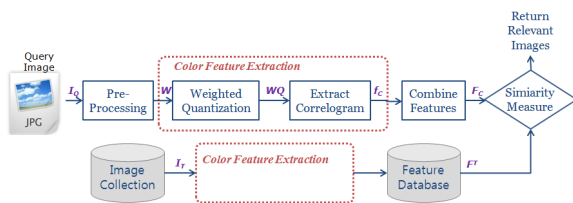


그림 1. 제안 검색 알고리즘 블록도

Fig. 1. Block diagram of the proposed retrieval method

먼저, JPEG 포맷의 사용자 입력 영상은 RGB에서 HSV 칼라 모델로 변환된다. 분리된 각 칼라 채널은 상응과 수행시간을 고려하여 Daubuchies(9/7) 필터 계수를 통해 독립적으로 2-레벨 이산 웨이블릿 변환(Discrete Wavelet Transform)을 수행한다. 웨이블릿 변환 계수는 각 서브밴드와 스케일에 따라, 서로 다른 가중치를 적용하여 양자화를 수행하며, 처리시간을 고려하여 양자화 테이블을 생성한 다음 해쉬 함수를 적용한다. 가중치는 LL:LH:HL:HH=2L:;L:L:0 을 서브밴드별로 적용하며, L은 웨이블릿 변환 레벨이다. 이후, 각 서브밴드에 따라 코렐로그램을 통해 공간 칼라의 분포 특성을 추출한다. 마지막으로, 각각의 연산된 채널에 따라 서로 다른 가중치를 적용하여 결합된 특징 벡터를 얻는다.

코렐로그램(Correlogram)은 주어진 칼라 c_i 를 갖는 픽셀 p_1 에 대해, 일정 거리 d 내에 특정 칼라 c_k 를 갖는 픽셀 p_2 가 존재하는 확률을 나타내며[9], 2개의 칼라 (c_i, c_k)의 쌍에 대해 나타날 수

있는 모든 가능한 조합을 다루기 때문에 크기가 급격하게 증가하는 단점이 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로, 오토코렐로그램(Autocorrelogram)을 활용한다. 이는 동일한 칼라 사이의 공간적 상관관계를 나타내며, 정의에 따라 수식으로 나타내면 수식(1)과 같다.

$$C_c^d(I) = \text{prob}_{p_1 \in I, p_2 \in I} [p_2 \in I_c | p_1 - p_2 = d] \quad (1)$$

수식(1)로부터, LL 서브밴드에서의 웨이블릿 계수에 대한 코렐로그램은 수식(2)와 같다.

$$\Gamma_c^d(W_{LL}) = \frac{| \{ (x,y) | W_{LL}(x,y) = c_i; W_{LL}(x \pm d, y \pm d) = c_i \} |}{8 \times d \times | \{ (x,y) | W_{LL}(x,y) = c_i \} |} \quad (2)$$

WLL은 웨이블릿 변환된 LL 서브밴드의 이미지를 의미하며, c_i 는 영상에서 구분되는 각 칼라 값을, d 는 상관관계(correlation)에 대한 거리를 나타낸다.

웨이블릿 계수에 따른 코렐로그램 연산식은 각 서브밴드에 따라 서로 다른 방향성과 가중치가 적용되며, LH 및 HL 서브밴드의 코렐로그램은 동일하게 수식(3)과 같다.

$$\Gamma_c^d(W_{LH}) = \frac{| \{ (x,y) | W_{LH}(x,y) = c_i; W_{LH}(x, y \pm d) = c_i \} |}{2 \times d \times | \{ (x,y) | W_{LH}(x,y) = c_i \} |} \quad (3)$$

분리된 HSV 각 채널에 대해 공간-칼라 특징 벡터를 추출한 다음, 웨이블릿 변환 서브밴드별로 서로 다른 가중치가 적용되어 하나의 특징 벡터로 결합된다. 이는 수식(4)와 같다.

$$\vec{f}_c = [\omega_{LL} \times \Gamma_{LL}^d, \omega_{LH} \times \Gamma_{LH}^d, \omega_{HL} \times \Gamma_{HL}^d] \quad (4)$$

c 는 칼라 영상에서의 채널을 나타내며, $c \in \{H, S\}$ 조건을 만족시킨다. w 는 각 서브밴드에 따라 적용된 가중치 값이다.

추출된 특징 벡터에 대한 유사도 평가는 수식(5)를 통해, 질의 영상 I_q 와 데이터베이스내의 영상 I_t 간의 거리를 계산하고, 순위에 따라 반환한다.

$$D(g,t)^{M1} = \sum_{i=0}^{m-1} \frac{| C_{c_i}^{g(d)} - C_{c_i}^{t(d)} |}{1 + C_{c_i}^{g(d)} + C_{c_i}^{t(d)}} \quad (5)$$

d 는 두 픽셀간의 상관관계 거리이며, m 은 코렐로그램의 빈수이다. C_q 와 C_t 는 질의 영상 I_q 와 데이터베이스내의 대상 영상 I_t 의 코렐로그램이다.

IV. 실험 평가

검색분야에서 많이 활용되는 MPEG-7 Common Color Dataset의 일부를 선별하고, 해상도를 조정된 영상 744개(50개 카테고리)를 대상으로 실험 평가를 수행하였으며, 검색 성능을 평가하기 위해

수식(6)을 이용하여 F-score를 계산하였다.

$$F_{score} = \frac{2 \times pre \times rec}{pre + rec} \quad (6)$$

pre는 사용자 질의에 따라 적절한 영상을 검색한 비율을 의미하며, rec는 반환된 영상에 대한 적절한 영상 비율을 나타낸다[10]. 적절성 여부는 동일한 카테고리에 포함되어 있는지에 따라 판단된다.

744개 대상 영상을 모두 질의 영상으로 입력받는 방식 (Leave-one-out cross validation)으로 실험 평가를 하였다. 40개의 순위 검색을 수행한 실험 결과(표1)에 따르면, 제안 알고리즘은 칼라-기반의 다른 검색 기술자들보다 향상된 검색율을 보였다. MPEG-7 표준 칼라 기술자인 SCD 보다 평균 2% 수준으로 검색율이 향상되었으며, 다른 알고리즘에 비해, 평균 4%~6% 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

표 1. F-score를 이용한 검색을 비교

Table 1. Comparison of retrieval effectiveness using F-score

Descriptor	Recall	Precision	F-Score
Color Histogram [11]	0,696	0,328	0,446
Scalable Color Histogram [6]	0,706	0,348	0,466
Color Correlogram [9]	0,656	0,317	0,427
Wavelet Correlogram [12]	0,698	0,318	0,437
Proposed Method	0,723	0,363	0,483

또한, 동일한 카테고리에 포함된 유사 영상에 대응하는 서로 다른 해상도를 가진 영상(예, 그림2)을 순위별로 검색하였을 경우, 다른 기술자보다 높은 순위로 검색 결과를 얻을 수 있었으며, 이는 다중-해상도에서 유사 영상을 보다 효율적으로 검색한다는 것을 의미한다.

표 2. 다른 해상도의 유사 영상 검색 순위 비교

(a) 시간적 특징 벡터 추출 평균시간[sec/image],
(b) 순위100개의 평균 검색 시간, (c) 특징 벡터 차원

Table 2. Comparison of search ranking with different resolution image

(a) Average time for extraction of visual feature[sec/image],
(b) Average time for top(100) search [sec/image],
(c) Dimension of feature vectors

Descriptor	순위	(a)	(b)	(c)
Color Histogram	8	0,463	0,234	96
Scalable Color Histogram	18	0,729	0,359	64
Color Correlogram	13	2,216	0,320	96
Wavelet Correlogram	42	2,650	0,244	96
Proposed Method	6	2,785	0,326	72

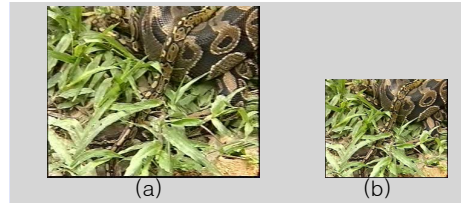


그림 2. 질의 영상과 다른 해상도를 가진 대상 영상 예제
Fig. 2. Example of (a) Query image with 352*288 resolution and (b) its relevant image with 240*196 resolution in the same category.

V. 결론

본 논문에서는 웨이블릿 변환과 가중치가 적용된 공간-칼라 정보 기반의 영상 검색 기술자를 제안하였다. 실험 평가를 통해, 다중-해상도 영상 데이터베이스에서 다른 칼라 기술자보다 향상된 검색율을 보였다. 또한, 특징 벡터의 저장 공간 측면에서도 효율적이었다. 그러나 히스토그램-기반의 기술자보다 특징 벡터 추출시간에서 많은 시간이 소요되는 것도 확인하였다. 이는 전반적으로 코렐로그램이 히스토그램보다 계산량이 많기 때문이며, 처리시간에 대한 개선 방안은 향후 연구과제로 남기고, 영상 메타정보와의 결합된 검색 시스템으로 확장하여 연구할 계획이다.

본 논문의 핵심 기여는 칼라 특징 벡터를 추출하는데 있어, 웨이블릿 변환과 가중치를 적용한 결합 벡터를 구성하는 알고리즘을 제시한 것이며, 이는 다중-해상도 영상 데이터베이스에서 보다 효율적인 검색이 가능하다는 것을 증명한 것이다. 최근의 내용-기반 영상 검색은 다중 특징을 이용하는 것이 주류를 이루고 있다. 그러나 본 논문에서는 단일 특징에 대한 실험을 수행하였으며, 이를 다중 특징으로 이용하려는 다른 여러 논문의 기초 알고리즘을 제시하고자 한다.

참고문헌

- [1] Mun-Kew Leong, Wo Chang, "JPSearch-24800, Part-1: Framework and System Components", ISO/IEC JTC1/SC29/WG1N3684, 2005.
- [2] R. Datta, D. Joshi, J. Li, J.Z. Wang, "Image Retrieval : ideas, influences, and trends of the new age", ACM Computing Surveys, 40(2), pp.1~60, 2008.
- [3] N. Singhai, S.K. Shandilya, "A Survey on Content Based Image Retrieval Systems", International Journal of Computer Application, vol.4, 2010.
- [4] V.Balamurugan, P. Anandhakumar, "Multiresolution Image Indexing Technique based on Texture Features using 2D Wavelet Transform", European Journal of Scientific Research, vol.48, no.4, 2011.
- [5] Gareth Loy, Jan-Olof Eklundh, "A Review of Benchmarking

- Content-based Image Retrieval”, MUSCLE/ImageCLEF Workshop on Image and Video Retrieval Evaluation, 2005.
- [6] Akio Yamada, Robert O’challaghan, S.K. Kim, “MPEG -7 Visual Part of Experimentation Model version 27.0”, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11N7808, 2006.
- [7] Charles E. Jacobs, Adam Finkelstein, David H. Salesin, “Fast Multiresolution Image Querying”, ACM Proceedings of Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, pp.277~286, 1995.
- [8] Li Wu, “Multi-resolution of Image Retrieval in Image Databases System”, International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence, pp.243~246, 2010.
- [9] Jing Huang, S. Ravi Kumar, Mandar Mitra, Wei-Jing Zhu, Ramin Zabih, “Spatial Color Indexing and Applications”, International Journal of Computer Vision, vol.35, no.3, pp.245~268, 1999.
- [10] Ricardo Baeza-Yates, Berthier Ribeiro-Neto, “Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology behind Search - 2nd Edition” ACM Press Books, 2011.
- [11] Bongani Malinga, Daniels Raicu, Jacob Frust, “Local vs Global Histogram-based Color Image Clustering”, Technical Report TR06-010 DePaul Univ., 2006.
- [12] H. Abrishami Moghaddam, T. Taghizadeh Khajoei, A.H. Rouhi, “A New Algorithm for Image Indexing and Retrieval using Wavelet Correlogram”, Proc. of International Conference on Image Processing, vol.3, pp.497~500, 2003.