

칼라 공간과 형태 정보를 이용한 내용기반 이미지 검색 시스템의 설계 및 구현

반중오*, 강문주**, 최형진**
*한림정보산업대학 인터넷정보과
**강원대학교 컴퓨터과학과

banjo@sun.hallym-c.ac.kr
{moon1221@mail, choihj@}.kangwon.ac.kr

Design and Implementation of Content-based Image Retrieval System using Color Spatial and Shape Information

Jong-Oh Ban*, Mun-Ju Kang**, Hyung-Jin Choi**

*Dept of Internet Information, Hallym College of Information & Industry

**Dept of Computer Science, Kangwon National University

요약

최근 디지털 이미지 사용이 급속도로 증가함에 있어 자동적인 이미지 데이터 색인과 검색에 관한 연구가 증가하고 있는 추세이나 특정한 분야에 속하지 않은 일반 이미지를 대상으로 하는 연구는 아직까지 만족스럽지 못한 실정이다. 내용기반 이미지 검색은 대량의 일반 이미지 집합에서 사용자가 원하는 이미지를 효율적으로 찾아내는 시스템이며 이에 본 논문에서는 이미지의 색상과 형태의 특정 정보들을 추출하여 자동으로 색인과 검색하는 새로운 시스템을 제안하였다. 특징 추출은 인간의 이미지 인식 과정에 기반하여 전체적인 정보와 세부적인 정보로 구분하여 수행하는 새로운 기법을 사용하였고 추출된 특징 정보들은 전역 칼라, 부분 영역 칼라, 전역 형태, 부분 영역 형태 정보로 구분되어 데이터베이스에 저장하였으며 유사도 검색 시에는 사용자가 검색 목적에 알맞은 가중치를 적용하여 이미지를 검색하도록 하였다.

1. 서론

최근 스캐너, 디지털 카메라 등의 디지털 이미지 획득 장치의 사용이 증가하면서 컴퓨터 상에서 디지털 이미지의 사용이 급속도로 증가하고 이에 따라 이미지 관리의 어려움을 초래하였다. 대량의 이미지를 다루는 소프트웨어의 대부분은 사용자가 원하는 특정한 이미지를 찾아내는 것이 주 목적이다. 기존의 전통적인 방법은 디지털 이미지 데이터를 텍스트로 메타 데이터를 기록한다. 따라서 데이터베이스 생성시 대부분 수 작업으로 처리해야 하므로 비용이 많이 들고 색인 과정에서 디지털 이미지 데이터의 본질을 잃는 경우도 발생한다. 1995년 Enser[1]는 기존의 텍스트 기반 기술이 이미지 검색 분야에 심각한 제약을 초래하며, 디지털 이미지 데이터는 그 자체의 내용을 기반으로 표현하는 것이 텍스트로 표현하는 것보다 데이터의 왜곡을 피할 수 있고, 처리 과정의 자동화로 메타 데이터를 발생시키는 데 필요한 부담을 절감할 수 있다고 하였다. 결과적으로 내용기반 이미지 검색은 대량의 디지털 이미지를 처리하고 검색하는 자연스러운 접근 방법이라고 할 수 있다[2].

내용기반 이미지 검색(CBIR : Content-Based Image Retrieval)이라는 용어는 1992년 Kato[3]에 의하여 제시된 이후 널리 사용되고 있다. 내용기반 이미지 검색은 이미지로부터 칼라, 형태, 질감과 같은 특징을 자동으로 추출하여 데이터베이스에 저장하는 과정과 데이터베이스에서 사용자가 원하는 이미지를 자동으로 검색하는 과정을 포함한다.

본 논문에서는 이미지의 색상과 형태의 특정 정보들을 추출하여 자동으로 색인과 검색하는 새로운 시스템을 제안하였다.

2. 내용기반 이미지 검색 시스템 고찰

1990년대 초반부터 이미지에 대한 내용기반 검색에 관한 연구가 활발히 수행되고 있다. 본 논문과 관련된 내용기반 검색에 관한 연구로는 다음과 같은 것들이 있다. QBIC(Query by Image Content) 시스템[4]은 IBM에서 개발하였고 칼라, 형태,

질감 등의 내용을 기반으로 하는 이미지 검색 및 제한된 범위 내의 비디오 검색이 가능한 시스템이며 상표 검색이나 우표 검색과 같은 특정 응용에만 적합한 시스템으로 질의 인터페이스가 복잡하고 체계적이지 않아서 오히려 전문가가 아닌 일반 사용자의 측면에서는 이용하기 어렵다. Chabot 시스템[5]은 버클리 공대에서 개발한 관계형 데이터베이스 시스템인 POSTGRESS를 기반으로 개발된 내용기반 이미지 검색 시스템으로 텍스트와 칼라 특징을 사용하며 하나의 이미지는 고해상도부터 저해상도까지 다섯 단계의 이미지 형태로 서비스되도록 방대한 저장 용량을 필요로 한다. Photobook 시스템[6]은 MIT 공대에서 개발한 내용기반 이미지 검색 시스템으로 형태, 질감 특징 등을 기반으로 하고 있으며 이미지의 통계적인 성질에 기반을 둔 KL(Karhunen-Loeve) 변환을 사용하여 이미지를 몇 개의 주성분 값으로 표현한다. 이미지를 공간으로 변환하기 위하여 이미지의 벡터로부터 구한 공분산 행렬의 고유 벡터를 사용한다. 이 방법은 이미지 식별에 필요한 성분만을 추출하여 압축할 수 있고 다시 원래의 이미지로 복원할 수 있는 기능을 가지고 있다.

3. 내용기반 이미지 검색 시스템 설계

3.1 이미지 인식

인간의 시지각 과정은 이미지로부터 반사된 빛의 자극이 수정체를 통하여 망막에 맺히며, 시신경을 통하여 대뇌에 전달되고 지각 이미지 프로세싱에 의하여 이미지의 정보를 이해하게 된다. 이 때 인식과정은 매우 짧은 시간에 처리된다. 이 시간 동안에 이미지 내의 세부 정보보다 전체적인 이미지의 특징을 표현하는 정보가 우선적으로 사용된다. 이미지를 인식하는 경우, 이미지의 전체적인 특징 정보와 세부적인 특징 정보를 추출하여 결합하는 것이 자연스러운 방법일 것이다.

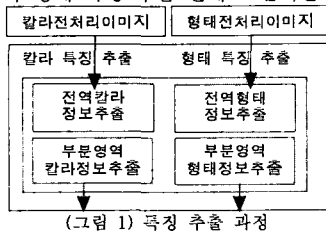
3.2 칼라공간

칼라 유사도를 이용하는 이미지 검색에서는 칼라를 표현하는 공간 모델이 필요하며 하나의 칼라 공간에서 다른 칼라 공간으로 데이터를 변환할 때 칼라 공간의 기하학적인 모양이 처리 과정에 영향을 미친다. RGB 공간은 이미지 처리 장치의 하드웨어에 적합하여 많이 사용되고 있으나 RGB 공간에서 각 화소들은 각 채널간에 서로 영향을 끼치지 때문에 두 개 칼라의 유사도를 둘 사이의 거리만으로 계산하는 것이 불가능하다. 그리고 XYZ 공간은 널리 사용되고는 있으나, 색상의 선형성이 떨어지고 채도의 비선형성으로 인해 처리가 어렵다. HSV 공간은 두 개 칼라의 유사도를 HSV 공간상의 거리로 계산하기 편리하고 성능이 우수하므로 이미지 검색에 사용하기 적합하다. 따라서 이 논문에서는 HSV 공간을 이용하여 유사도 검색을 수행한다.

3.3 전처리 및 특징 추출 과정

입력 이미지로부터 보다 정확하고 안정적으로 특징을 추출하기 위하여 전처리 과정을 거치게 된다. 전처리 과정은 입력 이미지에 포함된 잡음을 제거하는 잡음 제거 단계와 칼라 전처리 단계, 형태 전처리 단계로 설계한다. 잡음제거 단계에서는 에지 성분을 보존할 수 있는 메디안 필터[7]를 사용하여 이미지에 포함된 잡음을 제거하였고 칼라공간 변환 단계에서는 입력 이미지의 RGB공간에 해당하는 각 화소들은 HSV 공간으로 변환 후 HSV공간에서의 H채널 즉 45개의 양자화 단계를 사용한다. 다음으로 형태전처리단계로는 형태정보로 윤곽선을 사용하여 특징 추출 과정으로 거치게 된다.

전처리 된 이미지로부터 다양한 특징을 추출하기 위하여 (그림 1)과 같은 특징 추출 과정을 거친다. 특징 추출 과정은 칼라 특징 추출 단계와 형태 특징 추출 단계로 설계한다



(그림 1) 특징 추출 과정

칼라 특징 추출 단계는 전처리된 이미지의 HSV 공간의 각 채널에 대한 평균, 표준 편차, 왜도 등을 구하는 전역 칼라 보 추출 단계와 전처리된 이미지를 동일한 양자화 값을 가지는 영역으로 분할한 후 공간 영역의 면적, 대표 칼라, 무게 중심 등을 구하는 부분 영역 칼라 정보 추출 단계로 설계한다.

전역 칼라 정보는 CCV(Color Coherence Vector) 히스토그램 방법[8]을 사용하며 이는 먼저 이미지에서 유사한 칼라 영역에 대하여 레이블링을 한 후 레이블링된 화소의 수가 임계치 이상이면 의미있는 영역, 이하이면 의미없는 영역으로 분할한다. 그리고 분할된 두 영역에 대하여 각각 히스토그램을 구한다. i 번째 빈에서 의미있는 화소들을 α_i 라고 하고 의미 없는 화소들을 β_i 라고 가정하면 i 번째 빈의 화소 수는 $\alpha_i + \beta_i$ 로 정의할 수 있고 이미지에 대한 칼라 히스토그램은 (식 1)로 표현된다.

$$\langle (\alpha_1 + \beta_1), (\alpha_2 + \beta_2), \dots, (\alpha_n + \beta_n) \rangle \quad (식 1)$$

부분영역 칼라정보 추출단계는 두 단계로 구분하여 처리되며, 첫 번째는 영역 성장 단계이며, 두 번째는 영역 결합 단계이다. 영역 결합 단계는 다시 세분하여 잡음 영역을 이웃 영역으로 결합하는 단계와 분리된 부분 영역간의 유사도에 따라 재결합하는 단계로 다시 구분된다.

형태 정보 추출 단계는 전처리 된 이미지의 윤곽선을 추출한 후 각 윤곽선의 방향 히스토그램 등을 추출하는 전역 형태 정보 추출 단계와 동일한 윤곽선 방향을 가지는 영역을 분할한 후 윤곽선 영역의 정보를 추출하는 부분 영역 형태 정보 추출 단계로 설계한다.

4. 유사도 검색

내용기반 이미지 검색 시스템의 목적은 유사한 이미지를 검색하는 것이다. 즉, 정확한 하나의 이미지를 검색하는 것이 아니

라 칼라와 형태 또는 질감 등 이미지 자체의 정보를 이용하여 유사한 정보가 포함된 여러 이미지를 찾는 것이다.

이미지의 여러 가지 특징 중에서 하나만을 사용하여 유사도를 측정하면 이미지를 구별할 수 있는 충분한 정보를 포함하지 않아 원하는 이미지를 검색하기 어렵다. 이미지 검색의 정확성을 높이기 위해서는 각 이미지 특징들을 기반으로 하는 질의에 대하여 얻어진 결과를 통합하여야 한다.

본 논문에서는 칼라와 형태를 기반으로 하는 유사도 검색을 제안한다. 질의에 대한 결과는 칼라와 형태에 대한 통합된 유사도로서 순위가 결정된다. 부분 영역에 대한 칼라 특징으로는 각 공간 영역의 면적 A , 칼라 C , 무게중심 W 를 사용하며 두 이미지의 칼라 유사도는 전체 영역과 공간 영역 특징의 차이의 절대값의 합이며 (식 2)와 같이 정의된다. 공간 영역에 대한 특징 정보는 대표 윤곽선의 크기 S , 기울기 A , 중심위치 L 를 사용하며 질의 이미지와 데이터베이스 내의 이미지와의 형태 유사도 비교는 (식 3)과 같이 정의한다.

$$D_c(Q, I) = |E_Q - E_I| + |V_Q - V_I| + |S_Q - S_I| + \sum_{\alpha=0}^9 (|A_{\alpha Q} - A_{\alpha I}| + |C_{\alpha Q} - C_{\alpha I}| + |W_{\alpha Q} - W_{\alpha I}|) \quad (식 2)$$

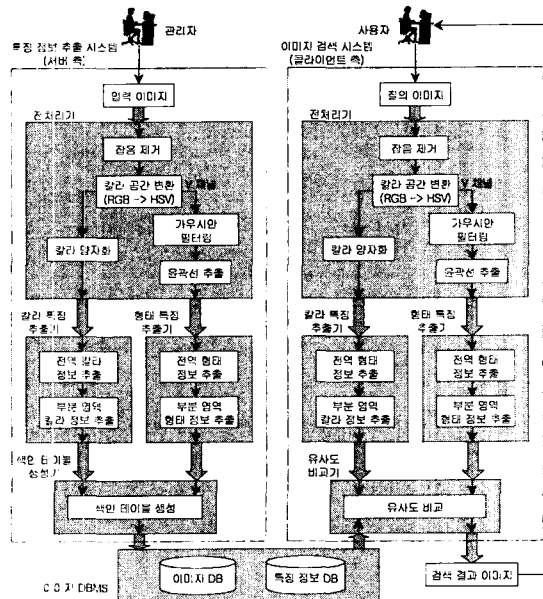
$$D_s(Q, I) = CCV + \sum_{\alpha=0}^9 (|S_{\alpha Q} - S_{\alpha I}| + |A_{\alpha Q} - A_{\alpha I}| + |L_{\alpha Q} - L_{\alpha I}|) \quad (식 3)$$

(식 2),(식 3)의 칼라와 형태 유사도를 하나로 통합하여 (식 4)와 같이 정의한다. 즉, 질의 이미지에 대하여 칼라와 형태의 가중치가 고려된 하나의 결과 이미지 집합으로 사용자에게 제공되도록 설계한다.

$$S_i = \frac{w_c \times D_c(Q, I) + w_s \times D_s(Q, I)}{w_c + w_s} \quad (식 4)$$

I 는 질의 이미지, Q 는 저장된 이미지이며, $D_c(Q, I)$ 는 I 와 Q 의 칼라 유사도이고, $D_s(Q, I)$ 는 I 와 Q 의 형태 유사도이다. w_c 와 w_s 는 각각 칼라와 형태에 대한 가중치이며 S_i 는 칼라와 형태 유사도를 통합한 유사도이다.

본 논문에서는 이미지를 검색하는 사용자가 유사한 이미지를 검색하는 경우, 검색의 목적에 따라 칼라 정보와 형태 정보에 대하여 적절한 가중치를 적용할 수 있도록 설계한다.



(그림 2) 제안하는 내용기반 이미지 검색 시스템 구조도

5. 내용기반 이미지 검색 시스템 구현 및 실험

내용기반 이미지 검색 시스템을 구현하기 위한 하드웨어 환경으로는 중앙 처리 장치로 펜티엄2 400MHz, 주기억 장치로 256MB를 사용하였다. 소프트웨어 환경으로는 운영 체제로 윈도우 2000 프로페셔널, 프로그래밍 도구로 SDK 1.3.1, 이미지 처리 라이브러리로 JAI 1.1.1, DBMS는 MS SQL 7.0 서버를 이용하여 데이터베이스 관련 작업을 수행하도록 구현하였다.

(그림 2)는 내용기반 이미지 검색 시스템의 구조도이며 사용자는 로컬 시스템이나 클라이언트/서버 시스템에서 임의의 이미지에 대하여 특정 추출과 검색을 할 수 있다. 좌측의 특징 정보 추출 시스템은 서버 또는 로컬에서 동작하도록 구현하며, 전처리기, 칼라 특징 추출기, 형태 특징 추출기, 색인 테이블 생성기로 구성된다. 추출된 특징은 데이터베이스의 특징 정보 DB에 저장하며 원시 이미지는 이미지 DB에 별도로 저장한다. 우측의 이미지 검색 시스템은 클라이언트 또는 로컬에서 동작하며, 전처리기, 칼라 특징 추출기, 형태 특징 추출기, 유사도 비교기로 구성된다. 이 과정에서 질의 이미지는 특징 정보 추출 시스템에서와 동일한 처리를 통하여 칼라와 형태 정보를 추출한다. 추출된 정보는 특징 정보 DB의 각 레코드와 유사도를 비교한 후 유사도가 높은 결과의 이미지 집합을 검색한다. 검색된 이미지 집합은 최종적으로 이미지 검색을 의뢰한 사용자의 화면에 표시된다.

내용기반 이미지 검색 시스템에서는 기존의 정확한 매칭이 아닌 유사 매칭의 방법을 사용하므로 시스템의 평가도 다르게 평가되어야 한다. 일반적으로 유사 매칭 방법을 이용하는 시스템의 평가에는 Precision과 Recall을 많이 사용하며 (식 5), (식 6)을 이용하여 계산한다.

$$Precision = \frac{R_r}{T_r} \quad (\text{식 5}) \quad Recall = \frac{R_r}{T_r} \quad (\text{식 6})$$

위 식에서 T는 주어진 질의 이미지에 대하여 검색 대상 이미지 중에서 질의와 관련된 총 이미지 수를 의미하며, Tr은 검색된 항목의 총 수, Rr은 검색된 항목 중에서 질의와 관련된 유사 이미지의 수를 의미한다. 성능을 평가하기 위하여 실험 이미지는 MPEG-7 표준 제정을 위한 데이터 중에서 칼라 이미지와 관련된 S1, S2, S3 콘텐츠 셋에 포함된 2343 장의 이미지 중에서 300장의 이미지를 임의로 선정하여 사용하였다. 실험 평가를 위하여 기존의 L1-distance방법을 이용한 시스템 1과 칼라 옹집 히스토그램 인터섹션 방법을 이용한 시스템 2를 그리고 제안한 시스템을 이용하여 질의 이미지에 대한 검색을 수행하였다.

[표 1] 이미지 집합에 대한 검색 실험 결과

실험 이미지 *PPM	시스템 1			시스템 2			제안 시스템		
	비율(%)		검색 시간 (ms)	비율(%)		검색 시간 (ms)	비율(%)		검색 시간 (ms)
	P	R		P	R		P	R	
IMG00438	100	77.8	2474	100	83.3	2504	100	83.3	2534
IMG00439	100	83.3	2443	100	77.8	2473	100	83.3	2503
IMG00440	100	94.4	1893	100	94.4	1933	100	94.4	1953
IMG00441	93.8	83.3	1873	93.8	83.3	1903	93.8	83.3	1933
IMG00442	93.8	83.3	1873	93.8	83.3	1903	93.8	83.3	1933
IMG00443	78.9	83.3	1883	80.0	88.9	1903	80.0	88.9	1953
IMG00444	100	83.3	2453	100	77.8	2483	100	83.3	2513
IMG00445	100	83.3	1873	100	83.3	1903	100	83.3	1933
IMG00446	93.8	83.3	1872	93.8	83.3	1912	94.1	88.9	1942
IMG00447	100	83.3	1873	100	83.3	1913	100	94.4	1933
IMG00566	84.2	88.9	2543	85.0	94.4	2653	85.0	94.4	2683
IMG00567	70.0	38.9	1852	87.5	38.9	1872	80.0	44.4	1892
IMG00568	87.5	38.9	1953	100	38.9	1983	88.9	44.4	2013
IMG00569	90.0	100	1882	94.7	100	1912	90.0	100	1942
IMG00570	94.7	100	1892	94.7	100	1932	94.7	100	1962
IMG00573	85.0	94.4	2524	85.0	94.4	2554	90.0	100	2584
IMG01264	57.1	22.2	1853	62.5	27.8	1883	70.0	38.9	1913
IMG01267	88.9	88.9	1882	87.5	77.8	1912	88.9	88.9	1942
평 균	89.9	78.4	2052	92.1	78.4	2086	91.6	82.1	2115

[표 1]은 풍경과 인물 이미지가 포함된 이미지 18장을 질의 이미지로 선택하여 검색한 결과이며 (그림 3)은 질의 이미지며 (그림 4)는 유사한 이미지가 검색된 것이다.



(그림 3) 질의 이미지



(그림 4) 검색 결과 이미지

[표 2]를 보면 Precision은 제안한 시스템이 기존의 시스템과 유사한 높은 정확도를 보이고 있다. Recall은 제안 시스템이 기존의 시스템보다 4% 정도의 높은 재현율을 보이고 있다. 그리고 이미지 검색에 소요되는 시간인 Time은 제안 시스템이 기존의 시스템보다 많은 특징들을 사용함에도 불구하고 약간의 시간만 증가된 것이 확인된다.

[표 2] 실험 평가 결과

	평가	시스템1	시스템2	제안시스템
이미지 집합	Precision	89.9%	92.1%	91.4%
	Recall	78.4%	78.4%	82.1%
	Time	100.0%	101.7%	103.1%

6. 결론 및 향후 연구과제

제안한 내용기반 이미지 검색 시스템의 효과는 검색 대상을 일반적인 이미지로 확대함으로써 내용기반 이미지 검색의 일반화를 시도하였다. 이미지의 칼라 및 형태 공간 특징 정보를 전역과 부분 영역에 적용함으로써 검색의 정확도를 높였다. 이미지 검색 시 칼라와 형태의 부분 영역 중에서 10 개의 대표 영역 정보만을 사용하여 데이터베이스 저장 공간을 줄이고 검색 속도를 향상하였다.

향후 더욱 많은 실험 이미지 데이터를 사용하여 검색 결과를 평가할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] P. G. B. Enser, *Pictorial information retrieval*, Journal of Documentation, 51(2), pp. 126-170, 1995.
- [2] R. O. Stehling, M. A. Nascimento, A. X. Falcao, *Color-Shape Histograms for Image Representation and Retrieval*, 2000.
- [3] K. Hirata, T. Kato, *Query by Visual Example*, Proc. EDBT Conference, pp. 56-71, 1992.
- [4] M. Flickner, H. Sawhney, W. Niblack, J. Ashley, Q. Huang, B. Dom et al, *Query by Image and Video Content: The QBIC System*, IEEE Computer, 28(9), 1995.
- [5] V. E. Ogle, M. Stonebraker, *Chabot: Retrieval from a relational database of images*, IEEE Computer, 28(9), Sep. 1995.
- [6] A. Pentland, R. Picard, S. Sclaroff, *Photobook: Tools for Content-based Manipulation of Image Databases*, Proc. SPIE Conference on Storage and Retrieval of Image and Video Databases II, pp. 34-47, 1994.
- [7] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1993.
- [8] M. J. Swain, D. H. Ballard, *Color indexing*, International Journal of Computer Vision, 7(1), pp. 11-32, 1991.