

형태와 컬러성분을 이용한 효율적인 내용 기반의 이미지 검색 방법

염 성 주[†] · 김 우 생^{††}

요 약

내용을 기반으로 한 이미지 데이터 검색은 이미지로부터 자동적으로 특징값들을 추출하여 사용자가 원하는 이미지를 검색하는 방법이다. 본 논문에서는 이미지 데이터로부터 형태적 특징과 컬러 특징을 자동적으로 추출하여 내용을 기반으로 이미지 데이터를 검색할 수 있는 방법을 제안한다. 이를 위하여 필요한 일련의 이미지 처리 과정을 소개하고 추출된 특징값들을 빠르게 검색하기 위해 변형된 트라이와 R 트리를 사용한 인덱싱 기법을 제안한다. 제안하는 검색 방법은 형태와 컬러에 대한 특징값들을 모두 취급하므로 보다 신뢰성 있는 검색을 할 수 있다. 또한 본 논문에서는 이를 바탕으로 구현된 이미지 데이터베이스와 약 200여개의 이미지 데이터를 대상으로 한 검색 실험 결과를 보이며, 검색 결과물 통해 형태적 특징과 컬러 특징이 이미지 데이터 검색에 미친 영향을 고찰해 본다.

Efficient Content-Based Image Retrieval Method using Shape and Color feature

Sungju Youm[†] · Woosaeng Kim^{††}

ABSTRACT

Content-based image retrieval(CBIR) is an image data retrieval methodology using characteristic values of image data those are generated by system automatically without any caption or text information. In this paper, we propose a content-based image data retrieval method using shape and color features of image data as characteristic values. For this, we present some image processing techniques used for feature extraction and indexing techniques based on trie and R tree for fast image data retrieval. In our approach, image query result is more reliable because both shape and color features are considered. Also, we show an image database which implemented according to our approaches and sample retrieval results which are selected by our system from 200 sample images, and an analysis about the result by considering the effect of characteristic values of shape and color.

[†] 정 회 원: 광운대학교 전자계산학과

^{††} 종 신 회 원: 광운대학교 전자계산학과

- 논문접수: 1995년 11월 16일, 심사완료: 1996년 3월 5일

1. 서 론

이미지 데이터베이스 시스템은 데이터베이스 기술을 사용하여 이미지 데이터를 저장하고 관리할 수 있다는 장점을 가지며 여러 응용 분야에서 사용되고 있다. 그동안 이미지 데이터를 데이터베이스로 관리하기 위하여 저장방법과 관련 연산을 수행하기 위한 노력이 있었으며 그 결과로 여러 상용 RDBMS들은 이미지 데이터와 같은 비정형 정보를 저장하기 위한 데이터형과 하부 저장 시스템들을 갖게 되었다. 이 결과로 기존의 RDBMS를 사용하여 이미지 데이터베이스 시스템을 구성하기가 매우 용이해 졌지만 이미지 데이터 검색 방법에 대해서는 기존의 텍스트 정보를 검색하는 방법에서 크게 달라진 것이 없다고 할 수 있다.

관계형 데이터베이스 관리 시스템을 사용한 기존의 이미지 데이터베이스 시스템들은 키워드나 이미지 데이터의 화일 이름 등과 같은 텍스트 정보를 사용하여 데이터를 검색한다. 이러한 형태의 이미지 데이터베이스 시스템은 기존의 데이터베이스 기술만으로 쉽게 구현할 수 있다는 장점을 지니는 반면 데이터의 입력작업과 사용자의 질의방식에 대해 두 가지 단점을 가지게 된다. 첫째는 데이터 입력작업이 자동화될 수 없다는 점이고 둘째는 사용자가 데이터 검색을 위해서 해당되는 키워드를 미리 알고 있어야 한다는 점이다. 따라서 데이터 입력 시에 부가적인 텍스트 정보없이 자동적으로 각각의 이미지 데이터를 저장할 수 있으며, 이러한 텍스트 정보들과 관계없이 사용자가 시각적인 예(visual example)를 주어 원하는 정보를 쉽게 검색할 수 있는 즉, 이미지 데이터의 내용을 기반으로 검색할 수 있는 시스템의 필요성이 대두되고 있다.

입력된 이미지 데이터와 동일한 이미지 데이터를 검색하는 것은 패턴 인식(pattern recognition) 분야에서 오랫동안 연구가 되어 왔던 문제이다. 그러나 이미지 데이터베이스를 위한 유사 이미지 데이터 추출 방법과 일반적인 패턴 인식 방법에는 몇가지 중요한 차이점들이 있다[10]. 이러한 차이점을 살펴보면 첫째로 이미지 데이터베이스에 저장되는 이미지 데이터들은 일반적으로 매우 다양한 실 세계의 모습을 담고 있어서 표준 패턴을 정해놓고 최근접법(NNC: near-

est neighbor classification)을 통해 목표가 되는 이미지 데이터를 찾아가는 일반적인 패턴매칭 방식의 적용이 불가능하다는 점이다. 즉, 이미지 데이터베이스에서는 표준 패턴 또는 모델을 미리 정의하기가 불가능하기 때문에 하나의 결과를 추출해 내기보다는 유사한 후보들을 질의 결과로 추출하게 되고 최종 인식이나 의미적 해석은 주로 사용자가 하게 된다. 둘째, 일반적으로 이미지 데이터베이스에 저장되는 이미지 데이터의 양은 패턴 인식 시스템들이 다루는 데이터의 양에 비해 매우 많다는 점이다. 실제로 대부분의 패턴 인식 시스템들은 이미지 데이터베이스에 비해 인식할 이미지 데이터를 적게 가지므로 이미지 데이터를 검색하는데 간단한 순차 검색 방법을 사용한다. 그러나 이미지 데이터베이스는 아주 많은 양의 이미지 데이터를 저장하게 되므로 순차적 검색방법은 매우 비효율적이며 따라서 적절한 인덱싱 방법이 필요하다.

내용을 기반으로 하는 이미지 데이터 검색 방법은 이미지 처리 과정을 통해 이미지 데이터를 나타내는 특징값(characteristic value)을 추출하는 방법, 추출된 특징값들을 효율적으로 인덱싱 하는 방법 그리고 사용자 질의 방법과 질의 처리 방법에 대해 연구되어야 한다. 지금까지 이러한 방법들에 대한 다양한 연구가 있었다. 이들 연구에서는 각각 서로 다른 특징값 추출 방법과 인덱싱 기능을 제공할 수 없는 등의 단점을 지니며 일부 연구는 아직 이론적으로만 제시된 상태이다.

본 논문에서는 이미지 데이터 내용을 기반으로 하는 새로운 검색 방법을 제안한다. 제안하는 검색 방법은 먼저 비교대상이 되는 이미지 데이터에 대해 컬러 특성과 형태적 특성을 고려하여 특징값들을 추출한다. 여기서 추출되는 특징값들은 이미지 데이터의 키로써 데이터베이스에 저장되며 사용자가 질의로 주는 이미지 데이터에 대해서도 같은 이미지 처리 과정을 통해 특징값을 얻고 이들을 서로 비교, 분석하여 결과를 추출해 내는 방법이다. 이를 위해서 본 논문에서는 컬러히스토그램과 외곽선 추출을 바탕으로 하는 일련의 이미지 처리 과정을 대상이 되는 이미지 데이터에 적용한다. 그리고 이들을 효과적이고 빠르게 비교 검색할 수 있도록 하기 위해서 컬러 성분에 대한 특징값을 R 트리로 인덱싱 하는 방법과 형태적

특징값을 인덱싱 하기 위해 변형된 트라이 인덱싱 방법을 소개한다. 또한 이들 인덱스를 사용하여 이미지 데이터상의 잡음이나 변형 등에 대해서도 효율적인 검색이 이루어질 수 있도록 R 트리의 탐색 영역 조절 방법과 변형된 트라이에 임계값과 유사도 우선순위를 부여하는 방법을 제안한다. 제안하는 검색방법은 다양한 형태의 이미지 데이터를 대상으로 하며 인덱싱 방법과 그에 따른 검색방법 또한 기존의 R 트리와 트라이 인덱싱 방법에 기반으로 하기 때문에 기존의 데이터베이스 시스템에 쉽게 접목시킬 수 있는 장점을 지닌다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2 장에서는 기존의 연구에 대해서 살펴보고 문제점 등을 살펴본다. 3 장에서는 본 논문에서 사용한 특징값 추출 방법에 대해 살펴본다. 먼저 3.1 절에서 특징값 추출을 위한 전체적인 작업에 대해 소개하고, 3.2 절에서 형태 특징 추출을 위한 방법 그리고 3.3 절에서 컬러 특징 추출을 위한 방법을 언급한다. 4 장에서는 추출된 이미지 데이터의 특징값들을 인덱싱 하는 방법과 효율적인 검색을 위한 방안을 소개한다. 5 장에서는 제안하는 검색방법에 대한 실험 결과를 비교 분석하고 마지막으로 6 장에서는 결론과 향후 연구에 대해 논한다.

2. 기존의 연구

그 동안 내용을 기반으로 하는 이미지 데이터 검색에 관한 다양한 연구가 있었다. [9][11][12]의 연구에서는 이미지 데이터에서 검색 대상이 되는 객체의 윤곽선을 벡터화 하여 이미지 데이터의 특징값으로 사용한다. 이러한 방법으로 얻은 벡터화된 이미지 데이터의 특징값들은 거리, 방향, 인접 요소와 이루고 있는 각도 등을 평가하여 데이터간의 유사성을 비교하게 된다. 또한 이 연구에서는 벡터화된 특징값을 다시 트리 형태로 인덱싱하고 검색할 수 있는 방법을 제안했고 중첩되어 있거나 서로 접해 있는 객체들도 식별할 수 있도록 했다. 이러한 접근 방법의 장점으로는 객체가 놓여 있는 위치나 크기 등에 영향을 받지 않는다는 점과 여러 개의 객체들이 있을 경우 각각을 따로 식별할 수 있다는 점 등이 있는 반면에 특정한 응용 대상에서만 사용할 수 있는 단점이 있다.

지 또는 컬러나 복사본 이미지(Monochrome photo)로써 이미지 데이터를 검색할 수 있는 방법을 보였다. 이들 연구에서는 아이콘 이미지를 사용하여 이미지 데이터의 특징값을 나타냈다. 아이콘 이미지는 원래의 이미지 데이터를 작은 크기로 축소한 것을 의미하며, 데이터베이스에 저장된 각각의 이미지 데이터들은 모양과 컬러에 대한 아이콘 이미지를 가지고 있으며 검색 시에 아이콘 이미지를 대상으로 검색을 하게 된다. 이러한 접근 방식은 다양한 형태의 이미지 데이터를 다룰 수 있다는 장점은 있으나 유사한 이미지를 검색하기 위해서 모든 데이터를 픽셀 대 픽셀 비교로 순차적 검색방법을 사용하므로 매우 비효율적이다. 따라서 매우 많은 양의 이미지 데이터를 저장하고 관리하는 데이터베이스 응용에는 적절치 않다.

[8][13]의 연구에서는 대표컬러, 히스토그램, 모양, 사용자 스케치, texture 등을 사용하여 데이터를 검색할 수 있도록 하였다. 이를 위하여 데이터베이스에 이미지 데이터를 저장할 때 필요한 특징들을 모두 추출하고 빠른 검색을 위해 R^* 트리 인덱스를 사용한다. 사용자는 질의시에 검색형태에 따라 컬러, 모양, 스케치 등을 입력할 수 있는 도구를 이용하게 되며 각각의 특징 추출 요소와 입력된 이미지 데이터간의 특징값을 연산하는 함수들로 유사도를 판단한다. 질의 결과는 유사도 판단 결과에 따라 순서대로 사용자에게 제공된다. 특히 이 연구에서는 데이터 입력시 특징추출 과정을 자동, 반자동 그리고 수동으로 할 수 있도록 하고 필요한 문자 정보를 입력할 수 있도록 하여 자동적인 이미지 데이터내의 객체 식별(identification)이나 분할(segmentation)시 가지는 문제점을 최소화 하도록 하였다.

이 밖에도 객체를 사각형으로 덮어나가며 인식하는 방법[2], 이미지 데이터의 히스토그램을 사용하는 방법[7], 이미지 데이터의 예지성분이 각 부 영역에서 나타내는 곡률과 컬러 특성을 수치화 하여 특징값으로 사용하고 이를 B 트리로 인덱싱한 [14]의 연구 등이 있다.

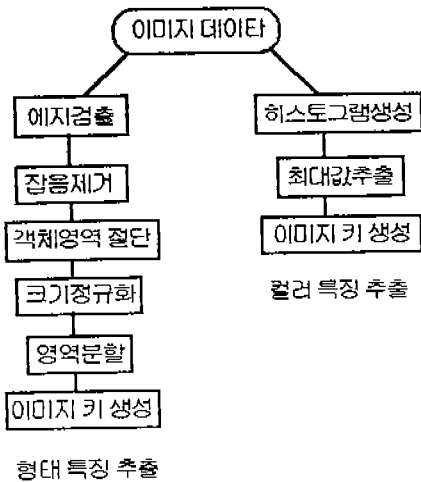
3. 이미지 데이터의 특징 분석

내용을 기반으로 한 이미지 데이터 검색을 위해서

[4][5][6]의 연구에서는 사용자가 그런 대략적인 스케

는 우선 입력되는 각각의 이미지 데이터가 어떠한 특징들을 가지고 있는지 알아야 한다. 이미지 특징 추출 과정은 시스템에 의해 내부적으로 수행되는 것으로 데이터베이스에 저장되는 이미지나 질의로써 사용되는 이미지 데이터에 대해 공통적으로 적용된다. 이러한 과정을 통해 추출된 특징값들은 이미지 데이터들에 대한 인덱스를 만들기 위해서 사용된다.

특징값은 크게 형태에 관한 것과 컬러 속성에 관한 것으로 나누어 볼 수 있다. 앞선 연구에서, 형태에 관한 특징값으로는 이미지 데이터 내에 있는 객체의 외곽선 정보가 주로 사용되며[4][5][6][9][11][12][13][14][17][18] 컬러 속성에 관한 특징값으로는 히스토그램[7][8][14]이나 경협 또는 연산에 의해 단순화시킨 컬러맵[8][14]을 사용하는 방안들이 사용되었다. 본 논문에서는 형태 특징값 추출을 위해서 외곽선 정보를 사용하고 컬러 특징 속성에 관한 특징값 추출을 위해서 히스토그램 정보를 사용한다. 이번 장에서는 이러한 추출작업에 필요한 이미지 처리 과정과 검색연산에서 사용하게 될 정보들에 대해 언급한다. (그림 1)은 본 논문에서 특징값 추출을 위해 수행되는 이미지 처리의 전체적인 과정을 나타낸 것이다.



(그림 1) 특징값 추출을 위해 사용되는 이미지 처리 단계
(Fig. 1) Image processing steps for feature extraction.

3.1 형태에 관한 특징값 추출

형태에 관한 특징값을 추출하기 위해서 수행되는

이미지 처리 연산은 크게 에지 검출(edge detection) 단계, 잡음 제거 단계, 객체 영역 절단 단계, 정규화 단계, 영역 분할 단계 그리고 마지막으로 인덱스용 위한 키 생성 단계로 구분된다. 각 단계별 수행과정은 다음과 같다.

3.1.1 에지 검출 단계

이미지 데이터내의 객체에 대한 주요 특징을 얻기 위하여 에지를 검출하는 단계이다. 에지 검출을 위해 본 논문에서는 Sobel 에지 검출 방법[3][16]을 사용하였으며 형태에 대한 특징값 추출 시에는 컬러 속성을 전혀 고려하지 않으므로 효율적인 연산을 위하여 이미지 데이터 $I(x, y)$ 가 있을 때 Sobel 필터에 의해 연산된 변화량의 크기를

$$M\{I(x, y)\} = |\partial I/\partial x| + |\partial I/\partial y|$$

라 할때, $\text{threshold} = \alpha$ 에서의 최종 에지 검출 이미지 $E(x, y)$ 는

$$E(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } M\{I(x, y)\} \geq \alpha \\ 0 & \text{if } M\{I(x, y)\} < \alpha \end{cases}$$

로 한다. 따라서 에지 검출 단계 이후의 단계들은 모두 이진 이미지 데이터를 사용하여 작업을 하게 된다.

3.1.2 잡음 제거 단계

잡음 제거 단계는 입력되는 원래의 이미지 데이터 또는 입력 과정 중에 발생할 수 있는 잡음들을 제거하는 단계이다.

3.1.3 객체 영역 절단 단계

객체 영역 절단(clipping) 단계는 이미지 데이터에서 에지 성분이 추출되지 않은 주변 영역을 제거하기 위한 단계이다. 특별히 본 논문에서 객체 영역 절단 단계를 거친 이미지 데이터를 이미지 객체라 부르기로 한다.

3.1.4 크기 정규화 단계

크기 정규화 단계는 다양한 형태의 이미지 객체들이 특징값 추출 시에 크기에 영향을 받지 않도록 일

정한 크기로 만드는 단계이다. 본 논문에서 이미지 객체는 모두 150×150으로 정규화 한다.

3.1.5 영역 분할 단계

150×150으로 크기 정규화 단계를 거친 이미지 객체를 동일한 크기의 9개 부 영역 S_{ij} 로 분할하는 단계이다. 본 논문에서는 하나의 부 영역의 크기를 50×50으로 하였다.

3.1.6 이미지 키 생성 단계

이미지 객체의 형태적 특징을 추출하고 이를 인덱스 키로 사용할 수 있는 수치로 나타내기 위해 에지 성분이 각 부 영역에서 차지하는 비율을 각 부 영역의 특징값으로 사용한다. W_{ij} 를 S_{ij} 에서 1값을 가지는 화소의 총 수 그리고 T 를 부 영역의 모든 화소의 총 수라 하면, 부 영역 S_{ij} 에서의 영역 대 에지 성분 비율 $F_{i,j}$ 는 $F_{i,j}=(W_{ij}/T) \times 100$ 과 같은 퍼센트 비율로 나타낸다. 따라서 9개의 부 영역에 대하여 모두 $F_{i,j}$ 값을 구하면 이미지 객체에 대한 특징을 9개의 수치 값으로 나타낼 수 있다. 본 논문에서 이 9개의 수치 값을 이미지 객체의 키로 사용하며, 형태에 대한 이미지 객체의 키 K_f 는 $(F_{0,0}, \dots, F_{2,2})$ 로 표시한다.

3.2 컬러에 대한 특징값 추출

컬러에 대한 특징값을 추출하기 위해 본 논문에서는 R, G, B 히스토그램 방법을 사용하였다. R, G, B 히스토그램은 grey-level 히스토그램과 달리 이미지 데이터 상의 모든 픽셀에 대한 R, G, 그리고 B 성분에 대한 분포를 나타낸다. 이를 바탕으로 특징값을 추출하기 위해 사용되는 이미지 처리 연산은 R, G, B 히스토그램 생성 단계, 최대점 추출 단계 그리고 이미지 키 생성 단계로 나뉜다. 각 단계별 수행과정은 다음과 같다.

3.2.1 R, G, B 히스토그램 생성 단계

입력되는 컬러 이미지 데이터에 대해 R, G, B의 히스토그램을 구하는 단계이다. 일반적으로 히스토그램은 이미지 데이터를 구성하는 전체 픽셀수를 n , 특정 컬러값을 i , 그리고 컬러값 i 를 갖는 픽셀의 총합을 $n(i)$ 라 할때,

$$h(i) = \frac{n(i)}{n}$$

으로 표현된다. 본 논문에서는 R, G, B 히스토그램을 사용하므로 각각 $h^R(i)$, $h^G(i)$, $h^B(i)$ 3개의 히스토그램이 생성 된다.

3.2.2 최대점 추출 단계

추출된 R, G, B 3개의 히스토그램에서 각각 최대점을 구하는 단계이다. 각 히스토그램에서의 최대점 (x, y) 는 가장 큰 $n(i)$ 값을 갖는 컬러값 i 를 x 로, 이때의 $n(i)$ 값을 y 로 하는 2 차원 공간상의 한 좌표가 된다. 따라서 R, G, B 히스토그램에서 구해내는 3개의 최대점은 각각 $Max_R=(X_0, Y_0)$, $Max_B=(X_2, Y_2)$ 로 표시한다.

3.2.3 이미지 키 생성 단계

최대점 추출 단계에서 얻게 되는 3개의 좌표는 해당 이미지 데이터의 컬러 속성을 나타내는 대표 값으로 사용할 수 있다. 따라서 3개의 좌표를 나타내는 6개의 수치 값을 해당 이미지 데이터의 키로 사용하며, 컬러 속성에 대한 이미지 데이터의 키 K_c 는 $(X_0, Y_0, \dots, X_2, Y_2)$ 로 표시한다.

4. 이미지 데이터의 인덱싱

이번 장에서는 형태와 컬러에 대해 구성된 이미지 키들을 인덱싱하고 효율적으로 검색할 수 있는 방안을 제안한다. 본 논문에서는 형태에 관한 특징값을 인덱싱 하기 위해 기존의 트라이 인덱스 방법에 기반을 둔 변형된 트라이 인덱스 방법을 사용하고 컬러 속성에 관한 특징값을 인덱싱 하기 위해 R 트리를 사용한다.

4.1 변형된 트라이 인덱스를 사용한 형태 특징값 인덱싱

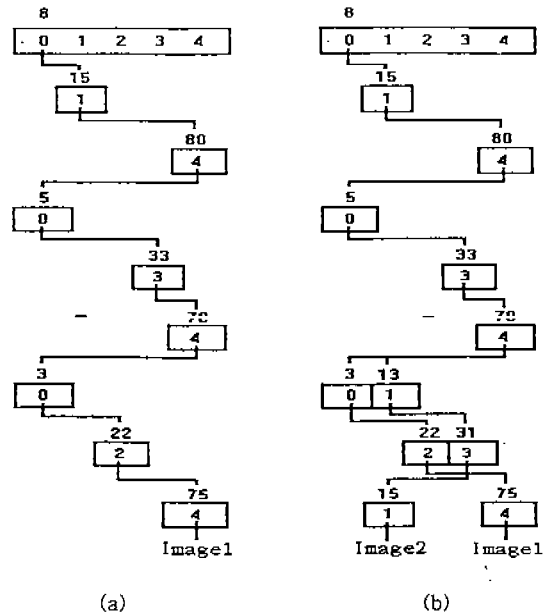
3.1절에서 언급 한대로 이미지 객체의 키는 일련의 순서를 가지는 9개의 특징 요소로써 표현하게 된다. 따라서 키 값의 일부로 탐색 경로가 결정될 수 있는 트라이 인덱싱 방법은 이러한 키 구조에 적합하다. 트라이는 한 노드에서 하위 단계의 분기가 결정되는 차수가 두개 이상이 될 수 있으며 키 값 일부에 의해

분기가 일어나는 구조를 갖는다. 트라이의 차수는 키 값을 표현하기 위해 사용되는 기수(radix)에 의해 결정되며 이는 다시 트라이 노드의 크기 즉, 링크 필드수에 대응된다. 트라이의 높이는 키 필드의 길이와 같게 된다.

본 논문에서는 키를 구성하는 각각의 특징 요소를 부분 키(partial key)라 부르기로 한다. 각 부분 키들은 부 영역에서의 영역 대 예지 성분의 비율이므로 0~100범위의 값을 가지게 된다. 따라서 구성되는 트라이의 링크 필드의 수는 101개가 되어야 하지만 같은 이미지 데이터의 경우일지라도 잡음 등에 의해서 조금씩 다른 키 값을 가질 수 있으므로 본 논문에서는 링크 필드가 단일한 값이 아닌 일정 범위 값을 갖는 변형된 트라이 인덱스 방법을 제안한다. 구성된 트라이 인덱스가 효율적이 되려면 각각의 링크 필드가 나타내야 할 범위를 조절하여 입력되는 데이터가 트라이의 각 노드로 되도록 고르게 분산될 수 있도록 해야 한다. 따라서 본 논문에서 사용하는 트라이 링크 필드는 모두 동일한 크기의 범위를 갖지 않는다. 본 논문에서는 0~49까지의 비율을 10씩 나누어 5개의 링크 필드에 할당하고 나머지 50~100을 마지막 링크 필드에 할당한다. 이러한 이유는 예지 점층 이미지로부터 키 값을 구해 내기 때문이다. 일반적으로 추출된 예지는 화면상에서 몇 개의 선으로 나타난다. 따라서 추출한 예지가 부 영역의 50% 이상을 차지할 정도가 되는 경우는 해당 부 영역에 매우 복잡한 모양의 객체가 존재하는 경우이거나 잡음이 매우 심한 경우이기 때문에 발생하는 수가 적게 된다. 따라서 구성되는 트라이의 차수는 6이 되고 트라이의 전체 레벨은 9가 된다.

(그림 2)는 변형된 트라이 인덱스 구조에서 키가 입력되는 과정을 예로 든 그림이다. (그림 2)의 (a)는 첫 번째 이미지 데이터의 키 $K=(8, 15, 80, 5, 33, 70, 3, 22, 75)$ 일 때 이를 삽입한 결과를 보여주고 (그림 2)의 (b)는 두 번째 이미지 데이터의 키인 $K'=(8, 15, 80, 5, 33, 70, 13, 31, 15)$ 를 추가로 삽입한 후의 트라이 구조를 보여 준다.

이미지 데이터 검색은 사용자가 질의로써 준 이미지 데이터에 대해 3.1절에서 언급한 특징 추출 방법을 사용하여 이미지 객체에 대응하는 키를 얻고 이 키를 사용하여 변형된 트라이 인덱스를 탐색하게 된



(그림 2) 변형된 트라이 인덱스 구조
(Fig. 2) Modified Trie index structure.

다. 트라이 인덱스 탐색은 각 트라이 레벨에서 성공적으로 하위 레벨 노드를 찾아내어 리프 노드의 링크 필드에 연결된 이미지 데이터 집합을 추출하면 된다. 본 논문에서 트라이 인덱스의 검색 방법은 검색하는 키 K의 N 번째 부분 키 값 K_N 을 트라이의 N 번째 레벨 L_N 에서 조사하는 것이다. 예를 들어 K의 첫 번째 부분 키 값이 17이라면 사상 함수 h에 의해 $h(17)=1$ 이 되므로, 트라이의 첫 번째 레벨 L_1 에서 링크 필드 1의 하위 레벨 노드가 존재하는지 검사한다. 만약 해당하는 링크 필드에 하위 노드가 존재한다면 검색은 두 번째 레벨인 L_2 에 대해 행해지고 계속해서 리프 노드에 도달할 때까지 탐색을 진행한다. 만약 해당하는 링크 필드가 NULL을 가진다면 찾기자 하는 이미지 데이터가 없는 것이 되고 트라이 탐색은 중단된다.

그러나 이미지 인덱싱의 경우 이러한 검색 방법은 하나의 문제점을 가지게 된다. 즉, 이미지 특징 추출 단계에서 얻어낸 키 값이 항상 일정하지 않다는 점이다. 예를 들어 질의로 주어진 이미지 데이터의 부 영역 $S_{0,0}$ 에 잡음이 발생하여 부분 키 K_1 의 값이 9에서 13으로 증가하였다고 가정해 보자. 트라이 탐색은 첫 번째 레벨 L_1 에서 링크 노드 0을 따라 탐색을 시작하

지 않고 1을 따라 탐색하게 되므로 검색 실패 또는 원하지 않는 이미지들을 결과로 출력하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하고 사용자의 질의시 보다 유연성을 주기 위하여 유사도를 부여할 수 있는 유사성 검색 방법을 사용한다. 유사성 검색의 목표는 주어진 키를 포함하면서 이와 유사한 키들을 같이 검색하여 잡음 등에 의해 키 값이 변경되더라도 원하는 이미지 데이터를 검색하는데 있다. 이 방법은 각각의 부분 키의 값에 임계값 $\beta(\geq 0)$ 를 주어 임계값이 포함되는 모든 경로들을 함께 탐색하게 한다. 즉, 트라이 레벨 L_N 에서 부분 키 K_N 값에 대한 링크 필드를 조사할 때 $h(K_N - \beta) \sim h(K_N + \beta)$ 범위에 해당하는 모든 링크 필드를 탐색 대상으로 삼는다. 예를 들어 $K_1 = 18$ 이고 $\beta = 5$ 이었다면, 첫 번째 부분 키 값은 13에서부터 23까지가 되고 이는 링크 필드 1과 2에 해당하므로 2개의 경로를 따라 탐색이 시작된다. 이와 같은 과정을 리프 노드에 도달할 때까지 반복한다. 따라서 이 경우에 각 부 영역에서 잡음이 발생하더라도 그 차이가 5이면 같은 이미지 데이터로 간주하고 검색을 하게 된다.

유사성 검색 방법은 단일 경로 탐색 경우 보다 더 많은 이미지 데이터를 질의 후보로 찾아낸다. 따라서 사용자에게 후보 이미지 데이터들을 보일 때 어떤 데이터가 보다 질의 대상과 유사하게 판단되었는지 알려줄 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 시스템이 질의 결과 후보로 이미지 데이터들을 나타낼 때 유사도 우선순위를 부여하여 우선순위가 높게 판단된 이미지 데이터 순서로 사용자에게 보인다. 유사도 우선순위는 트라이 검색에서 한 레벨에서 다음 레벨로의 진행이 임계값에 의해 이루어 졌는가에 따라 결정된다. 먼저 시스템은 우선순위의 초기 값을 1로 한다. 그리고 각 레벨에서 검색이 원래의 부분 키 값이 아닌 임계값에 의해서 진행되었다면 우선순위 값을 1씩 증가시킨다. 이 과정을 리프노드에 연결된 이미지 객체의 집합을 추출할 때까지 반복하게 되는데 트라이의 전체 레벨은 9이므로 검색된 이미지들 중에서 가장 우선순위가 높은 것은 1, 가장 낮은 우선 순위는 9를 가지게 된다. 검색 결과 중에서 우선 순위 9를 가지는 이미지 데이터들은 모든 레벨에서 임계값에 의해 검색이 진행되었고, 우선순위 1을 갖는 이미지 데이터들은 주어진 키 값에 의해서만 검색이 진행되었

음을 의미한다. 유사도 우선순위를 부여하는 유사성 검색 방법의 알고리즘은 다음과 같다. 검색은 트라이 루트 노드($N=0$)에서부터 시작되고 우선순위의 초기 값은 1이다.

- (1) 질의 대상이 되는 이미지 데이터의 키 k 를 구한다.
- (2) 부분 키 K_N 을 구한다.
- (3) 레벨 L_N 에서 $h(K_N - \beta) \leq x \leq h(K_N + \beta)$ 의 범위를 가지는 링크 필드 x 에 대해 하위 노드가 있는지 조사한다.
- (4) 발견된 하위 노드들에 대해 N 을 1 증가시키고 리프 노드에 연결된 이미지 데이터들이 검색될 때까지 재귀적(recursive)으로 2, 3 과정을 반복 수행한다. 이때 $x = h(K_N)$ 이 되는 x 를 제외한 나머지 링크 필드는 다음 레벨에 대한 연산을 재귀적으로 수행할 때 우선순위에 1을 더한다.
- (5) 리프 노드에 연결된 이미지 데이터들을 우선순위 값의 오름 차순 순서로 사용자에게 보여준다.

4.2 R-트리 인덱스를 사용한 컬러 특징값 인덱싱

히스토그램이 표현하는 컬러 정보는 각각의 이미지 객체에 대한 식별성을 제공한다. 그러나 이 정보는 원 화상의 상태, 스캐닝시의 조건 그리고 이미지 처리 방법 등에 따라 매우 민감하게 변할 수 있다. 예를 들어 서로 같은 이미지 데이터에 대해서 밝기(brightness) 성분만을 약간 변화시켜도 두 이미지 데이터가 나타내는 컬러 히스토그램의 형태는 많이 달라진다. 따라서 히스토그램 정보를 이미지 데이터의 인덱스로 사용하기 위해서는 이러한 외부적인 요인에 대해 영향을 받지 않는 요소들을 특징값으로 주로 사용해야 한다. 이러한 형태의 연구로는 각 컬러값이 가지는 픽셀 수의 변화량을 사용하거나[7] 각 컬러값이 가지는 픽셀 수를 3차원 공간에 사상시켜 각 좌표들이 이루는 각도 등을 특징값으로 사용한[14] 연구가 있었다.

히스토그램은 x 축이 컬러값, y 축이 해당 컬러를 갖는 픽셀 수를 나타내는 2차원 공간으로 이미지 데이터가 갖는 컬러 정보를 나타낸다. 일반적으로 이미지 데이터에 대한 컬러 변화는 전체적인 히스토그램의 형태를 변화 시킨다. 이때 히스토그램상의 최대점은 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들 중에서 해당 컬러값이 가장 많음을 나타낸다. 히스토그램상에서 최

대점의 위치는 이미지 데이터의 컬러에 대해 전체적인 변화가 있을 경우에는 특정 방향으로 이동하게 되고 일부 영역만 변화할 경우 최대점의 위치는 변동이 없게 된다. 따라서 일정한 범위내에 위치하는 히스토그램의 최대점들은 해당 이미지 데이터들의 주된 컬러성분이 같거나 또는 유사하다고 볼 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 히스토그램의 최대값 좌표를 CAD나 GIS같은 공간(spatial) 데이터베이스 응용에서 객체의 위치 같은 다차원 공간상의 정보를 인덱싱 하기 위해 고안된 R 트리 인덱스[1]로써 인덱싱 하는 방안을 제안한다.

R 트리는 인덱스 레코드들로 구성되는 높이 균형 트리(height-balanced tree)로써 리프 노드들이 데이터 객체에 대한 포인터를 포함하고 있다. R-트리상의 중간 노드들은 n 차원의 사각형 영역을 나타내는 $I = (I_0, I_1, \dots, I_{n-1})$ 와 지식 포인터로 구성되는 엔트리들을 포함하고 트리의 탐색은 루트 노드로부터 시작되어 질의로 준 사각형 영역과 중첩되는 사각형을 가리키는 영역들로부터 탐색을 시작하여 리프 노드에 도달할 때까지 트리의 탐색을 진행한다.

컬러에 대한 이미지 키 K_c 를 R 트리로 인덱싱 하기 위해 본 논문에서 다음과 같은 과정을 거쳐서 R 트리에 저장될 키로 만든다. τ 는 threshold로써 초기 값은 10으로 한다.

- (1) 컬러에 대한 이미지 키 K_c 의 X_n, Y_n 에 대해 $X_n - \tau, Y_n - \tau$ 가 되는 좌표 X_n', Y_n' 을 구한다.
- (2) 다시 X_n, Y_n 에 대해 $X_n + \tau, Y_n + \tau$ 가 되는 좌표 X_n'', Y_n'' 을 구한다.
- (3) (X_n', Y_n') 과 (X_n'', Y_n'') 로 구성되는 사각형 영역을 R 트리에 삽입할 키로 사용한다.
- (4) 이와 같은 과정을 R, G, B에 각각 적용한다.

2차원 공간상의 하나의 점으로 표현되는 컬러 특성에 대한 이미지 키는 위와 같은 과정을 거쳐 사각형 영역으로 바뀌게 된다. 만약 서로 유사한 이미지 데이터의 컬러 특성에 의한 이미지 키 K_c 와 K_c' 의 좌표가 특정 범위 내에 있다면 해당 이미지 데이터들의 컬러 분포가 서로 유사한 것임을 알 수 있게 된다. 따라서 R 트리 인덱스 상에 저장된 K_c 와 K_c' 의 사각형 영역들은 R 트리 탐색 시에 중첩되어 컬러 특성에 대

해 서로 유사한 이미지로 판단하게 된다. 본 논문에서는 컬러 히스토그램을 사용하므로 3개의 이미지 키 K_c^R, K_c^G, K_c^B 에 대해 각각의 R 트리를 가지게 된다. 따라서 탐색 결과도 R, G, B에 대해서 모두 3개의 이미지 객체의 집합으로 나오게 된다. R, G, B 성분에 대한 각각의 R 트리 탐색 결과를 각각 집합 S^R, S^G, S^B 라 할 때 최종적인 탐색 결과는 다음과 같은 집합 U^{RGB} 로 표시된다.

$$U^{RGB} = S^R \cup S^G \cup S^B$$

형태적 특징을 사용한 탐색과 마찬가지로 검색 시에 유연성을 부여하기 위해 컬러 특징에 대한 이미지 데이터 검색에서는 threshold τ 를 조절하는 방법과 최종적인 탐색 결과를 구하는 집합 연산을 변화시키는 방법을 사용한다. threshold τ 는 최대점 좌표로부터 R 트리에 저장될 사각형 영역을 만들 때 사용되는 값으로 τ 값의 증가/감소는 해당 사각형 영역이 확장 또는 축소하게 되어 히스토그램상의 최대점 좌표가 어느 정도의 유사성 나타내야만 결과로써 추출할지 결정하게 된다. 또한 최종적인 탐색 결과를 구할 때 R, G, B의 컬러 공간 중에서 사용자가 관심 있는 영역에 대해서만 검색이 가능하도록 옵션으로 선택할 수 있게 한다. 이러한 옵션을 사용자가 변화시키는 것은 최종 결과를 구하는 집합 연산의 변화를 의미 한다.

5. 결과 분석

본 논문에서 제안한 검색방법은 SunSparc Classic 기종과 SunOS 4.1.3b 운영체제에서 프로토타입을 제작하였으며 GCC-2.5.8 컴파일러와 Exodus storage manager 버전 3.1을[15] 사용하였다. 시험용으로 입력된 이미지 데이터들은 국립 중앙도서관의 문화재 도감 중에 나온 약 200여개의 각종 문화재 사진을 스캐너를 통하여 입력하였다.

검색된 결과는 형태적 특징을 사용한 경우와 컬러 특성을 사용한 경우로 구분하여 볼 필요가 있다. 왜냐하면 제안한 2 가지 검색방법은 검색 과정 도중에 상호 영향을 주지 않기 때문에 질의 결과도 서로 다른 후보 이미지의 집합을 만들어낸다. 따라서 이번 장에서는 형태적 특징을 사용한 검색, 컬러 특징을

사용한 검색 그리고 이들을 통해 추출된 후보 이미지들의 상관 관계에 대해 기술한다. 질의로서 사용된 이미지 데이터는 (그림 3)이다.



(그림 3) 질의 이미지 데이터 GC-pot64.gif
(Fig. 3) Query image data GC-pot64.gif.

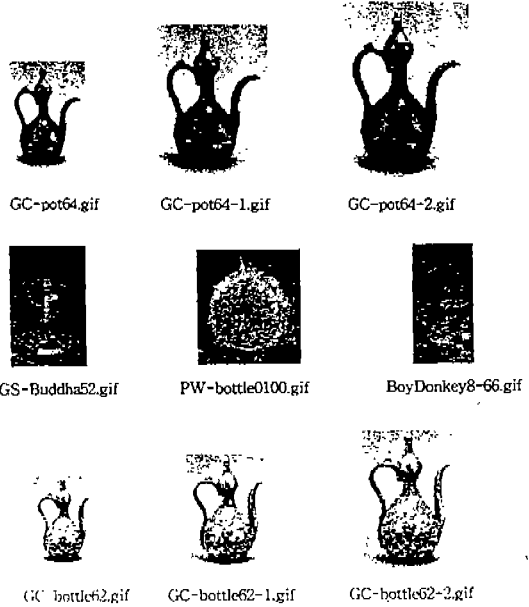
5.1 형태 특징값을 사용한 검색 결과

형태적 특징은 4.1 절에서 언급한 대로 트라이 인덱스에 삽입될 벡터 K로 얻을 수 있다. 질의 이미지 데이터 GC-pot64.gif에 대한 트라이 인덱스의 키 값을 K_q 라 할 때 추출된 후보 이미지들은 (그림 4)와 같고 그들의 키 값은 <표 1>과 같다.

<표 1> 트라이 인덱스 탐색 결과(탐색 threshold = 10)
<Table 1> The result searched by Trie index(search threshold = 10)

키 값	후보 이미지 데이터	검색 우선순위
010130030	GC-pot64.gif	1
010130030	GC-pot64-1.gif	1
010130030	GC-pot64-2.gif	1
010030040	GS-Buddha52.gif	3
010121040	PW-bottle0100.gif	4
010030140	BoyDonkey8-66.gif	4
020121040	GC-bottle62.gif	5
020121040	GC-bottle62-1.gif	5
020121040	GC-bottle62-2.gif	5

9개의 후보 이미지들 중에서 질의 이미지인 GC-pot64



(그림 4) 형태 특징을 사용한 검색으로 얻은 후보 이미지 데이터
(Fig. 4) Image data candidates searched by shape feature.

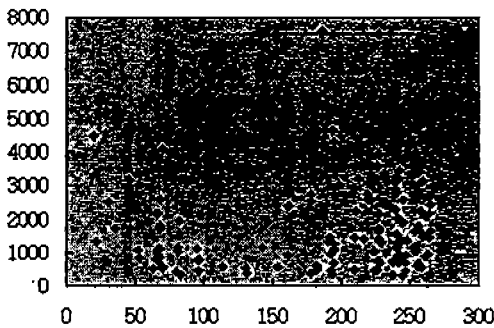
4와 유사하다고 판단되는 이미지 데이터는 6개가 검색되었다. GC-pot64, GC-pot64-1, GC-pot64-2 그리고 GC-bottle62, GC-bottle62-1, GC-bottle62-2 각각 3개의 이미지 데이터들은 동일한 것으로써 단지 데이터를 입력할 때 스캐너의 옵션과 이미지 데이터의 크기를 다르게 한 것이다. 따라서 크기와 컬러에 관계없이 후보 이미지들을 추출해 낸 것을 알 수 있다. 특히 GC-bottle62의 경우 이미지 데이터베이스에 입력된 것들 중 질의 이미지와 가장 모양이 유사한 이미지 데이터이다. 반면 GS-Buddha52, PW-bottle0100 그리고 BoyDonkey8-66의 경우는 질의 이미지 데이터와 유사하지 않은 데이터임에도 불구하고 GC-bottle62 등 보다 높은 우선순위에서 검색되었다. 이는 본 논문에서 사용하는 형태 특징에 의한 검색에서 트라이 인덱스 키의 키 필드를 결정하는 값이 에지들이 해당 부 영역에서 차지하는 비중이 되기 때문이다. 그러므로 같은 비중을 나타낸다면 해당 영역에서 에지들이 나타내는 모양이 틀리다 해도 그 비중만 같으면 같은 이미지로 판단하는 것이다.

따라서 본 논문에서 제안하는 형태적 특징을 사용

한 검색 방법은 이미지가 가지는 고유한 컬러 특성이나 크기 등에 제한을 받지 않으며 트라이 검색의 threshold 값을 조정함에 따라 원하는 질의 범위를 조절할 수 있는 특징을 갖는다.

5.2 컬러 특징값을 사용한 검색 결과

컬러 특징값을 사용한 질의는 4.2절에서 언급한 R 트리를 이용하게 된다. 본 논문에서는 크기정규화 과정에서 입력되는 이미지데이터를 모두 150×150으로 하기 때문에 R, G, B 각 히스토그램은 0부터 255까지의 범위를 컬러값을 나타내는 x 축으로 갖고 0부터 최대 22500까지의 범위를 해당 컬러의 픽셀 수를 나타내는 y 축으로 갖게 된다. (그림 5)는 시험용으로 입력된 200개의 이미지 데이터에 대한 R 성분의 히스토그램 분포를 나타낸다. 여기서 하나의 이미지 데이터는 히스토그램 분포 그래프에서 각각의 점으로 나타난다.



(그림 5) 입력된 200개의 이미지 데이터에 대한 R 성분의 최대점 분포

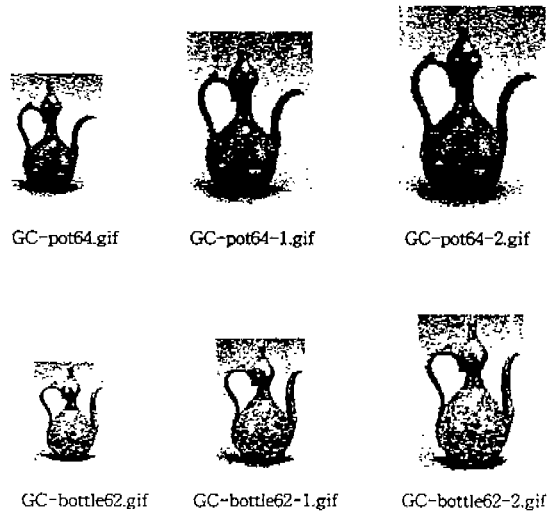
(Fig. 5) Distribution of maximum R value of about 200 number of image data.

질의 이미지 데이터 GC-pot64.gif의 R 성분 최대값은 Max_R=(243, 2154)이다. 따라서 GC-pot64.gif가 표현하는 사각형 영역은 threshold $\tau=10$ 일때 두개의 좌표 (233, 2144) (253, 2164)로 표현된다.

각각의 이미지 데이터는 R 트리 인덱스에 자신의 R, G, B 컬러값 중에서 최대값만을 저장하기 때문에 (그림 5)와 같은 분포에서 y 축의 값이 비슷한 범위를 가지는 것 보다 x 축의 값이 비슷한 범위를 가질 때가

유사한 컬러 특성을 지닌다고 볼 수 있으며 또한 y 축의 범위가 x 축에 비해 훨씬 크다. 따라서 질의 시에 x 축의 threshold 보다 y 축의 threshold를 더 높게 주는 것이 바람직한데 실험에서는 x와 y의 threshold를 $\tau_x=10$ $\tau_y=1000$ 으로 주었다. 질의 결과로 도출되는 후보 이미지 데이터는 매우 많으므로 본 논문에서는 지면관계상 표시하지 않았다.

R 트리를 이용한 이미지 검색은 이미지 데이터의 컬러 특성만을 고려하기 때문에 각각의 이미지 데이터가 일정한 컬러 범위를 갖는다면 후보 이미지로 취급하게 된다. 따라서 변형된 트라이 인덱스를 사용할 경우와는 반대로 형태적 특징이 전혀 고려되지 않는다. 그러므로 형태적 특징을 사용한 검색 결과물 S_F 라 할 때 컬러 특징을 사용한 검색결과 $U^{R,G,B}$ 와의 교집합 S_{FC} 를 구해보면 (그림 6)과 같다.



(그림 6) $S_{FC} = S_F \cap U^{R,G,B}$ 의 결과
(Fig. 6) The result of $S_{FC} = S_F \cap U^{R,G,B}$

6. 결 론

본 논문에서는 내용을 기반으로 한 이미지 데이터 검색을 위하여 형태적 특징과 컬러 특징을 사용하는 방법을 보였다. 먼저 이미지 데이터가 갖는 형태적 특징을 내용기반 검색 시에 특징값으로 추출하기 위

해 에지 추출 이미지로부터 키 값을 추출하는 과정을 보였으며 효율적인 데이터 관리와 빠른 검색을 위하여 변형된 트라이로 인덱싱 하는 방법을 보였다. 또한 컬러 특징을 사용하기 위해 해당 이미지 데이터들이 갖는 고유의 컬러 분포 즉, 히스토그램을 사용하여 각각의 컬러 성분인 R, G, B에서 대표가 되는 최대값을 추출하고 이를 R 트리 인덱스로써 저장하고 검색하는 방법을 제안했다. 제안한 검색 방법들은 모두 기존의 데이터베이스 기술을 기반으로 하기 때문에 기존의 시스템에 쉽게 접목시킬 수 있는 장점을 갖는다.

약 200여개의 이미지 데이터를 대상으로 한 검색 시험에서 본 논문에서 형태적 특징을 사용한 경우와 컬러 특징을 사용한 경우에 서로 다른 이미지 데이터 집합을 검색결과로 추출하는 것을 볼 수 있었다. 형태적 특징을 사용하는 경우에는 에지 검출 단계에서 얼마나 정확한 에지를 구해내는가 하는 점이 검색의 정확성에 영향을 미치게 된다. 즉 입력할 이미지 데이터의 상태나 입력장비로 사용하는 스캐너의 상태에 따라 에지 검출 단계에서 부정확한 정보를 추출하게 되면 예상외의 검색 결과가 나오기도 한다. 그러나 컬러 특징을 사용할 경우에는 입력된 이미지 데이터들의 컬러 분포가 검색 결과에 영향을 미치게 된다. 따라서 컬러 특징만을 사용한 검색 결과는 사용자가 자신이 절의로 사용한 이미지 데이터와 유사하다는 것을 인식하기 힘들다. 따라서 두 가지 검색 방법을 혼합하므로써 사용자가 유사하다고 판단할 수 있는 후보 이미지의 집합을 추출할 수 있게 된다.

앞으로 형태적 특징을 추출하는데 중요한 요소로 작용하는 에지 검출을 보다 정확하게 할 수 있는 방안과 이미지 데이터의 컬러 분포 변화가 히스토그램에 미치는 영향을 분석하여 R 트리의 검색 범위를 자동으로 조절할 수 있는 방안, 그리고 결과로써 추출되는 후보 이미지 데이터 집합에 대한 연산 등에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Antonin Guttman, "R-TREES: A Dynamic Index Structure For Spatial Searching," In Proceedings of ACM SIGMOD, pp. 47-57, Jun, 1984.
- [2] H.V.Jagadish, "A Retrieval Technique for Similar Shapes," Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on the Management of Data, pp. 208-217, May 1991.
- [3] Ioannis Pitas, "Digital Image Processing Algorithms," Prentice Hall, 1993.
- [4] Kyoji Hirata, Toshikazu Kato, "Query by Visual Example," Extending database Technology '92, pp. 56-71, 1992.
- [5] Kyoji Hirata, Toshikazu Kato, "Rough Sketch-Based Image Information Retrieval," NEC Res. & Develop., Vol. 34, No. 2, 1993.
- [6] Kyoji Hirata, Yoshinori Hara, Naoki Shibata, Fusako Hirabayashi, "Media-based Navigation for Hypermedia Systems," Hypertext '93 proceedings, pp. 159-172, 1993.
- [7] Micheal J. Swain, "Interactive Indexing into Image Databases," SPIE Vol. 1908, pp. 95-103, 1993.
- [8] M.Flickner, H.Sawhney, W.Niblack, J.Ashley, Q.Huang, B.Dom, M.Gorkani, J.Hafner, D.Lee, D.Petkovic, D.Steele, P.Yanker, "Query by Image and Video Content: The QBIC System," IEEE COMPUTER vol. 28, number 9, pp. 23-32, Sep., 1995.
- [9] Rajiv Mehrotra, James E. Gray, "Feature-Based Retrieval of Similar Shapes," 9th International Conference on Data Engineering, pp. 108-115, 1993.
- [10] Tzi-cker Chiueh, "Content-Based Image Indexing," Proceedings of the 20th VLDB Conference, pp. 582-593, 1994.
- [11] William I. Grosky, Rajiv Mehrotra, "Index-Based Object Recognition in Pictorial Data Management," Computer vision, Graphics, and Image Processing, Vol. 52, pp. 416-436, 1990.
- [12] William I. Grosky, Peter Neo, Rajiv Mehrotra, "A Pictorial Index Mechanism for Model-based Matching," Data and Knowledge Engineering, pp. 309-327, vol. 8, 1992.
- [13] W.Niblack, R.Barber, W.Equitz, M.Flickner, E.Giasman, D.Petkovic, P.Yanker, "The QBIC

Project: Querying Images by Content Using Color, Texture, and Shape," SPIE vol. 1908, pp. 173-187, 1993.

- [14] Yihong Gong, Hongjiang Zhang, H.C. Chuan, M. Sakauchi, "An Image Database System with Content Capturing and Fast Image Indexing Abilities," Proceedings of the International conference on Multimedia computing and Systems, pp. 121-130, 1994.
- [15] "Using the EXODUS Storage Manager V3.1." 1993.
- [16] 신재욱, 이성기, "에지 검출 방법의 고찰," 정보 과학회 학술 발표 논문집 '92, Vol. 19, No. 2, pp. 299-232, 1992.
- [17] 최기호, 문희정, 염성주, 김우생, 이원규, "내용을 기반으로한 이미지 검색 시스템," 한국 정보 과학 회지, 제 13 권, 제 1 호, pp. 8-18, 1995.
- [18] 최형일, "지식 기반 얼굴 영상 인식 기술의 현황," 한국 정보 과학 회지, 제 11 권, 제 5 호, pp. 86-93, 1993.



염 성 주

1991년 광운대학교 전자계산학과(학사)
 1993년 광운대학교 전자계산학과(석사)
 1993년~현재 광운대학교 전자계산학과 박사과정

관심분야: 멀티미디어, 화상처리 시스템, 데이터베이스



김 우 생

1985년 University of Texas at Austin 전산학 학사
 1987년 University of Minnesota 전산학 석사
 1987년~1988년 현대전자, Zeus Computer Co. 과장

1991년 University of Minnesota 전산학 박사
 1992년~현재 광운대학교 전자계산학과 조교수
 관심분야: 멀티미디어, 화상처리, 화상 인식, 실시간 시스템, 객체지향 데이터베이스