객체 데이터베이스를 이용한 내용기반 이미지 검색 전문가 시스템

An Expert System for Content-based Image Retrieval with Object Database

김 영 민*, 김 성 인
(Young-min Kim and Seong-in Kim)

Abstract : In this paper we propose an expert system for content-based image retrieval with object database. The proposed system finds keyword by using knowledge-base and feature of extracted object, and retrieves image by using keyword based image retrieval method. The system can decrease error of image retrieval and save running time. The system also checks whether similar objects exist or not. If not, user can store information of object in object database. Proposed system is flexible and extensible, enabling experts to incrementally add more knowledge and information. Experimental results show that the proposed system is more effective than existing content-based image retrieval method in running time and precision.

Keywords : image retrieval, object database, knowledge-base, image database, expert system

I. 서론

인터넷의 보급과 컴퓨터의 발달은 이미지 정보를 기하급수적으로 증가시키고 있으며, 이러한 이미지 정보는 과학, 산업, 의학, 오락 등 다양한 응용 분야에서 폭 넓게 이용되고 있다. 이에 따라 방대한 이미지를 효율적으로 저장하고 검색하기 위한 많은 연구가 대학, 연구소, 기업체에서 진행되어 왔다. 초기의 이미지 검색은 대상이 되는 이미지에 사람이 주제어를 부과하고 이를 이용하여 검색하는 키워드 기반 검색 방법이 주를 이루었다. 현재 많은 인터넷 포털 사이트 및 검색엔진에서 이를 사용해 검색을 수행하고 있다. 이 방법은 제한된 범위 내에서는 정확도가 높고, 수행 속도가 빠른 장점을 가지고 있다. 그러나 이미지 정보의 양이 방대해질수록 주제어를 일일이 부여하기가 쉽지 않고, 같은 이미지에 대해서 다른 주제어가 주어져 있으면 검색이 불가능하다. 또한 검색결과가 사용자의 주관에 좌우되는 문제점이 있다[1].

이러한 한계점을 해결하기 위해 이미지 자체 내에서 대표할 수 있는 특징을 추출하여 이를 기반으로 검색하는 내용 기반 검색 방법이 활발히 연구되고 있다. 이 방법은 이미지로부터 색상, 형태, 질감 등의 특징들을 추출하여 검색을 수행한다. 이러한 시스템에서는 검색을 위해 유클리디안 거리와 같은 유사도 함수를 이용하여 가장 유사도가 높은 이미지를 검색하는 방법을 이용하고 있다. 이와 관련된 연구로 색상을 기반으로 하는 검색방법[2], 질감을 기반으로 하는 검색방법[3], 형태를 기반으로 하는 검색방법[4], 각 특성을 혼합한 검색방법[5,6] 등이 있다. 이러한 방법들을 이용하여 구축된 대표적인 시스템으로 photobook[7], QBIC[8], Chabot[9] 등이 있다. 그러나 여기서 이용된 방법들은 이미지들을 카테고리에 의한 분류 없이 개별적으로 저장하고 관리하며 모든 이미지에 대하여 계산을 수행한다. 이로 인해 검색의 효율성이 떨어지고 검색 수행 시간이 길어지는 단점이 있다. 또한 각각의 픽셀에 대한 비교연산을 수행해 합산한 값을 유사도로 이용하므로, 일부 특징만 유사하면 전혀 다른 객체를 가진 이미지를 검색하는 오류를 발생시킨다.

최근 이러한 오류를 줄이기 위해 이미지의 영역을 분할하여 영역간의 비교검색을 하는 영역 기반 이미지 검색방법[10] 또는 이미지 내의 객체를 추출하여 검색에 이용하는 객체 기반 이미지 검색방법[11]이 널리 연구되고 있다. 이 방법들은 영역의 비교나 객체의 비교를 통해 기존의 방법들보다 더 나은 정확도를 얻을 수 있었다. 그러나 이러한 방법들 또한 특정 벡터에 대해 유사도를 측정하는 방식을 이용하므로, 여전히 다른 객체를 가진 이미지를 검색하는 오류를 범하는 문제점을 안고 있다. 또한 모든 이미지에 대해 계산을 수행해야 하고 영역을 분할하거나 객체를 추출하기 위해 더 많은 계산시간이 소요되므로, 검색 속도 측면에서는 큰 개선을 보일 수 없었다.

위의 연구들과 다른 방향으로 개념이나 의미를 기반으로 질의를 수행하여 이미지를 검색하는 방법[12,13]이 있다. 이러한 방법은 '많은', '적은', '큰', '작은'과 같은 개념을 표현하는 질의나 '응접세트 북쪽에 검은색 가전제품이 있는 이미지를 검색하라'와 같은 질의를 지원한다. 이는 이미지의 물리적인 특징만을 고려하는 연구들에 비해 한 단계 진보된 방향을 제시하였다. 그러나 이미지를 통해 검색을 수행하는 것이 아니라 텍스트를 통한 검색을 수행하고, 제한된 범위 내에서는 적합하나 광범위한 이미지 정보를 처리하는 데 한계점이 있다.

* 책임저자(Corresponding Author)
논문접수 : 2007. 11. 6., 채택확정 : 2008. 3. 27.
김영민, 김성인 : 고려대학교 산업시스템정보공학과
※ 이 연구에 참여한 연구자들은 2단계 BK21사업의 지원비를 받았음.

본 논문에서는 기존의 객체 기반 이미지 검색에 객체 데이터베이스를 추가하고 전문가 시스템의 개념을 도입하여 이미지를 검색하는 이미지 검색 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 이미지 검색기, 전처리기, 특징추출기, 객체 데이터베이스, 이미지 데이터베이스, 지식 베이스, 키워드 추론장치, 검색 모듈, 지식입력 모듈로 구성된다. 시스템은 우선 검색할 이미지의 객체를 찾아내어 형태, 색상, 질감 정보를 추출한 후, 지식 베이스를 이용하여 검색 후보군 객체를 정한다. 검색할 이미지의 객체와 객체 데이터베이스 내의 검색 후보군 객체들의 유사도 기반 검색을 통해 이미지의 키워드를 찾아낸다. 이 키워드를 이용하여 이미지 정보 데이터베이스에 있는 이미지와 키워드 기반 검색을 수행한다. 검색된 이미지들은 유사도 기반 함수를 통해 유사한 순위에 따라 보이게 된다. 유사한 객체를 가진 이미지가 없을 경우에는 사용자에게 정보를 요구하여 지식을 축적하고 이미지를 저장할 수 있도록 한다. 또한 검색을 수행할 때 이미지 또는 키워드 질의 및 이미지와 키워드의 동시질의도 가능하도록 한다. 아울러 사용자가 알고 있는 정보의 입력을 통해 검색 속도 및 정확성을 향상시킬 수 있는 방법을 제시하고, 지식입력 모듈을 통하여 전문가로 하여금 객체 정보와 지식을 확장할 수 있게 한다.

본 논문의 2장에서는 시스템의 전체적인 구성 및 검색 단계에 대해 설명한다. 3장에서는 구체적인 검색과정에 대해 기술한다. 4장에서는 시스템의 구현 결과 및 실험 결과를 보인다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 전체 시스템 구성 및 검색 단계

1. 전체 시스템 구성

본 논문에서는 이미지의 키워드를 추론하기 위한 전문가 시스템을 제안한다. 이미지의 분석과 질문을 통해 얻은 정보는 사실(fact)이 된다. 시스템은 추론장치를 이용하여 지식 베이스의 규칙과 사실들로부터 객체후보군의 키워드를 추론해 낸다. 예를 들어 사용자로부터 사과의 이미지와 '식물'이라는 정보를 입력받았을 때, 시스템은 '원형', '빨갛다', '매끄럽다', '식물'이라는 사실을 얻어낸다. 추론장치는 이 사실들과 규칙을 이용하여 '사과', '토마토', '앵두' 등의 객체후보군의 키워드를 추론하게 된다. 또한 추론장치는 객체의 추론을 위해 사용자에게 정보를 요구할 수 있다. 만약 시스템이 유사한 객체를 찾아내지 못할 경우에는 해당 이미지의 객체에 대한 정보를 요구하고 이 정보는 객체 데이터베이스 및 지식 베이스에 저장되어 이후의 검색에 이용된다. 전문가는 지식입력 모듈을 이용해 객체의 정보 및 지식을 축적할 수 있다.

제안된 시스템의 전반적인 구성은 그림 1과 같다. 제안된 시스템은 이미지 검색기, 전처리기, 특징추출기, 객체 데이터베이스, 지식 베이스, 이미지 데이터베이스, 키워드 추론장치, 검색 모듈, 지식입력 모듈로 구성되며 수행하는 역할은 다음과 같다.

- 이미지 검색기: 검색할 이미지를 입력받고 사용자에게 정보를 요구하는 모듈을 포함한다. 또한 이미지를 입력받고 키워드를 생성하여 이미지 데이터베이스에 저장한다. 새로운 객체에 대해 객체 데이터베이스에 입력하는 역할을 수행한다.
- 전처리기: 객체추출과 웨이블릿 변환 및 정규화를 수행한다.
- 특징 추출기: 추출된 객체의 형태, 주요색, 질감 특징을 추출한다.
- 객체 데이터베이스: 객체의 명칭, 이미지, 형태, 주요색, 질감 및 속성을 저장한다.
- 지식 베이스: 객체들에 대한 규칙들과 추론을 위한 규칙들을 저장하여 키워드를 추론할 때 이용된다.
- 이미지 데이터베이스: 이미지 및 키워드를 저장한다.
- 키워드 추론장치: 입력받은 이미지와 정보를 이용해 키워드를 추론한다.
- 검색 모듈: 추론된 키워드를 이용하여 이미지를 검색한다. 유사도 함수를 이용하여 유사한 순위에 따라 이미지를 나열한다.
- 지식입력 모듈: 객체의 정보와 지식을 입력하는 역할을 수행한다.

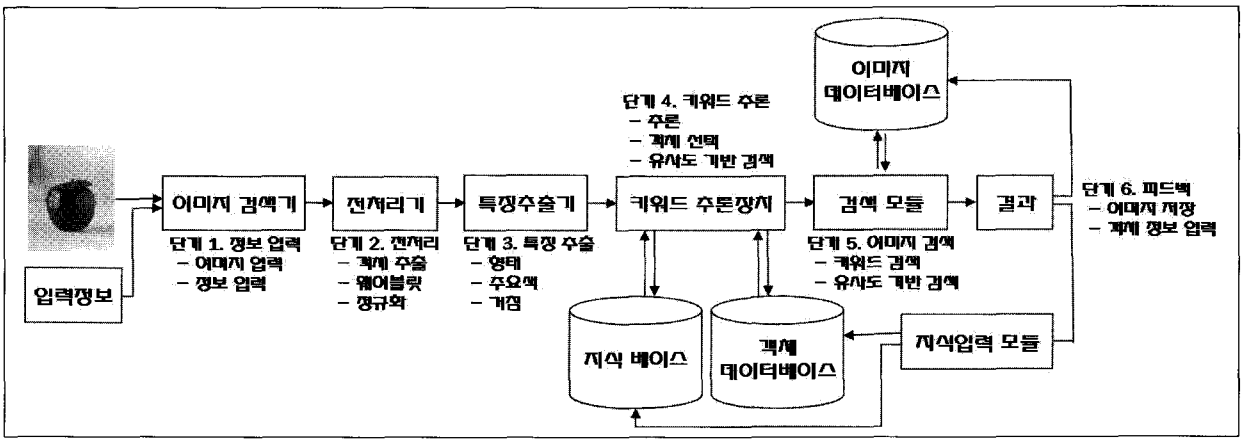


그림 1. 시스템 구성 및 검색 단계.

Fig. 1. The framework of an expert system and retrieval process.

2. 검색 단계

제안된 시스템은 그림 1과 같은 단계를 통해 검색을 수행한다.

단계 1: 정보입력(information input)

사용자가 검색할 이미지와 알고 있는 정보를 입력한다.

단계 2: 전처리(pre-processing)

전처리기는 입력된 이미지에서 객체를 추출하는 과정을 수행한다. 객체를 추출한 후, 검색속도를 향상시키기 위해 웨이블릿 변환을 통해 이미지를 압축한다. 변환된 이미지를 일정한 크기로 정규화하는 과정을 거치면 전처리 과정이 마무리된다.

단계 3: 특징 추출(feature extraction)

시스템은 전처리 과정을 거친 객체를 이용하여 주요색, 형태, 질감 특징을 추출해낸다.

단계 4: 키워드 추론(keyword reasoning)

추출된 특징 정보 및 입력 정보를 이용하여 일치하는 객체 후보군을 선택한다. 후보군의 수를 감소하기 위하여 지식베이스를 이용한 특성 분류를 한 후 필요한 정보를 요구한다. 검색할 객체 이미지와 객체 후보군 이미지를 색상 유사도 함수를 통해 키워드를 추론한다. 유사도 값이 정해진 범위를 벗어날 경우 유사도 순위에 따른 객체를 나열하고 사용자에게 선택을 요구한다. 객체가 선택되면 이미지는 이미지 데이터베이스에 키워드와 함께 저장하고 객체는 객체 데이터베이스에 저장한다. 원하는 객체가 없으면 객체 정보의 입력을 요구한다. 정보를 입력하면 객체 데이터베이스에 새로운 객체로 저장하고 이미지는 이미지 데이터베이스에 저장한다.

단계 5: 이미지 검색(image retrieval)

정상적으로 키워드가 추론되면 시스템은 이미지 데이터베이스 내의 데이터들을 키워드 기반으로 검색하여 원하는 키워드를 가진 이미지 후보군을 찾아낸다. 찾아낸 이미지 후보군들은 최종적으로 유사도 함수를 이용하여 유사한 순서대로 나타나게 된다.

단계 6: 피드백(feedback)

결과에 대해 사용자의 피드백을 받아 검색이 정확히 이루어진 경우 이미지와 키워드를 이미지 데이터베이스에 저장하고, 이루어지지 않았을 경우 이전 단계로 돌아간다.

III. 검색 과정

1. 전처리 과정

전처리 과정에서는 검색할 이미지의 키워드를 추론하기 위해 객체를 추출하고, 객체 데이터베이스 내의 이미지와 정확한 비교를 위해 정규화를 수행한다. 또한 검색 수행 시간을 단축하기 위해 웨이블릿 변환을 수행한다.

1.1 객체 추출

이미지로부터 객체를 추출하기 위한 많은 연구들이 진행되어 왔다. Huang et al.[14]은 이미지의 전경과 배경을 자동으로 분리하는 방법을 개발하였다. 이 방법은 이미지의 모서리나 평탄한 배경으로부터 일정 거리 이상 떨어진 부분을 객체로 인식하여 분리하는 방법이다. 그러나 이 방법은 변화가 심한 배경으로부터 객체를 추출하는데 어려움이 있었다. Lu와 Guo[15]는 이미지에서 배경영역을 제거하는 시도를 수행하였다. 그러나 확실한 영역만 배경으로 분류하여 제거함으로써 많은 배경 부분이 남는 문제를 가지고 있었다. 이외에도 알려진 객체의 정보를 이용하여 복잡한 이미지로부터 주어진 객체와 유사한 특징을 갖는 영역만 추출하는 방법[16], 이미지 분할을 통해 대략적인 객체에 해당하는 영역을 추출하는 방법[17]도 소개되었다.

그림 2. 객체의 재배열.

Fig. 2. Rearrangement of object.

본 논문에서는 김성영 외[18]가 제안한 중심 객체 추출 방법을 이용하여 객체를 추출한다. 이 방법에서는 중심 객체를 '사진촬영의 주요 대상이 되는 피사체이고 대체적으로 이미지의 가운데 위치에 존재하며, 이미지에서 비교적 큰 영역을 차지하는 것'으로 정의한다. 이 방법은 중심객체를 추출하기 위해 우선 JSEG 방법[19]을 이용하여 이미지 분할을 수행한다. JSEG 방법은 질감에 무관하게 이미지를 분할하지만 객체 영역이 다소 세분화되어 분할되는 경향이 있다. 이 방법에서는 계층적 영역 병합 과정을 통해 이러한 문제를 해결한다. 다음으로 분할된 영역을 위치와 크기 정보를 이용하여 경계 영역과 비경계 영역으로 나눈다. 경계 영역과 비경계 영역으로부터 배경 및 중심 객체의 중요한 특징을 대표하는 핵심배경영역과 핵심객체영역을 각각 선택한다. 마지막 단계로 관심영역 윈도우를 이용하여 창에 포함되는 객체후보영역들에 대해 핵심객체영역 및 핵심배경영역과 색상 분포 유사도를 비교하여 중심객체를 최종적으로 결정한다. 본 논문에서 실험을 위해 사용한 이미지들은 전경과 배경이 확연히 구분되는 이미지들이다. 이 논문에서 사용한 방법은 단순한 배경뿐만 아니라 복잡한 배경을 가지는 이미지에 대해서도 어느 정도 만족할만한 결과를 얻을 수 있으므로 이 방법을 이용하여 쉽게 이미지의 객체를 추출할 수 있을 것으로 기대한다.

객체가 추출되면 객체 데이터베이스 내의 객체 이미지와 회전의 영향 없이 크기를 맞추기 위해 객체를 재배열하는 과정을 거친다. 객체의 무게중심으로부터 d° 단위로 외곽선까지 직선을 긋고 직선들 중 가장 긴 축을 가로축으로 객체를 배열한다. 본 논문에서는 d=10으로 하였다. 그림 2는 객체를 재배열하는 과정을 보여준다.

1.2 정규화 및 웨이블릿 변환

이미지는 내부의 픽셀 간에 상관성이 있기 때문에 많은 압축 가능성을 가지고 있다. 이미지 내의 중복성을 효과적으로 제거하면 상대적으로 적은 양의 데이터를 가지고 처리와 검색을 수행할 수 있다. 따라서 이미지를 압축하는 많은 기술들이 연구되고 있다. 그 중 웨이블릿 변환은 이미지

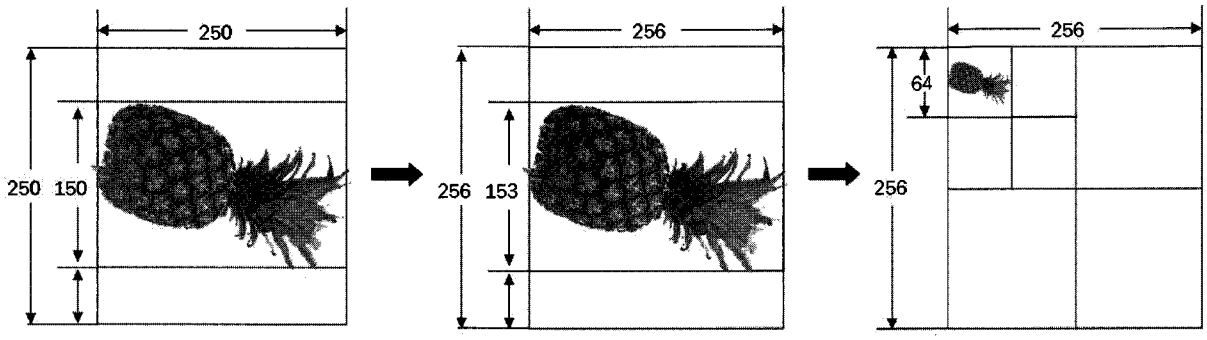


그림 3. 정규화 및 웨이블릿 변환.
Fig. 3. Normalization and wavelet transform.

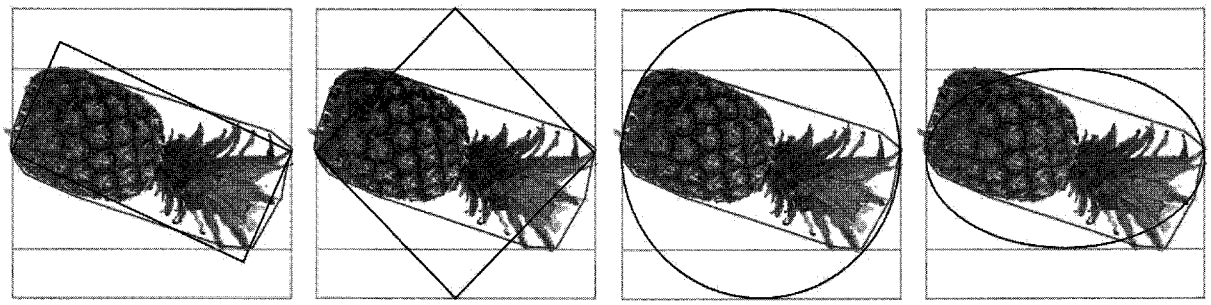


그림 4. 형태 추출 방법.
Fig. 4. The method of extracting shape.

압축이나 신호 분석 등에서 많이 사용되며, 특히 웨이블릿 계수 값은 이미지의 특성을 잘 반영하고 웨이블릿 영역에서 계산되는 검색할 이미지와 데이터베이스 내의 이미지간의 유사성을 추정하는데 효율적이다. 웨이블릿 변환을 2차원 이미지에 적용하면 크게 고주파 성분과 저주파 성분으로 나누어진다. 고주파 성분은 다시 수직 성분, 수평 성분, 대각 성분으로 나누어진다[20]. 본 논문에서는 효과적인 검색과 데이터 처리를 위해 추출된 객체 이미지에 대하여 웨이블릿 변환을 수행하고 저주파 성분을 이용하여 이미지를 비교한다.

기존의 관련 연구에서는 검색할 이미지와 데이터베이스의 이미지를 일정한 정방형 크기로 정규화한 후 정해진 단계만큼 웨이블릿 변환을 수행하였다. 그러나 이러한 획일적인 정규화는 이미지의 형태가 정방형이 아닐 경우, 질감 정보의 손실을 초래할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 해결하기 위해 다음과 같은 정규화 및 변환 과정을 거친다. 우선 재배열된 객체의 세로 부분의 여백을 공백으로 채워 정방형을 만든다. 다음으로 이미지의 크기를 256픽셀에 맞춰 확대 또는 축소한다. 마지막으로 64*64의 크기로 2단계 웨이블릿 변환을 수행한다. 그림 3은 250*150픽셀의 객체를 정규화 및 웨이블릿 변환한 결과이다. 이 방법을 사용할 경우, 객체의 질감정보의 손실이 없고 실제 형태를 유지할 수 있는 장점이 있다.

2. 특징 추출

전처리 과정을 거친 객체 이미지는 키워드를 추론하기 위해 형태, 주요색상, 질감의 세 가지 특징정보를 추출하게 된다. 추론기관은 추출된 특징정보를 사실로 입력하여 규칙들을 통해 객체 표면의 특징을 얻는다. 이렇게 얻어진 특징을 객체의 키워드를 추론하기 위한 사실로 이용된다.

그림 4는 형태를 추출하는 방법을 나타내고 있다. 형태의 종류는 정삼각형, 삼각형, 정사각형, 직사각형, 사각형, 원형, 타원형, 정오각형, 정육각형, 특수형의 10가지로 제한하였다. 여기서 특수형은 앞의 9가지에 속하지 않는 모든 형태를 나타낸다. 예를 들어 오목한 부분의 면적이 넓은 객체는 특수형에 속하게 된다. 기존 연구[4]에서는 형태를 찾기 위해 객체의 외곽선과 도형간의 유사도를 비교하였다. 그러나 이 방법은 객체의 형태가 복잡한 경우 형태를 정확히 추출할 수 없는 단점이 있다. 본 논문에서는 객체의 외곽선을 포함하는 볼록(convex)한 도형을 이용하여 형태를 추론한다. 우선 외곽선 정보를 이용하여 볼록한 도형을 그린다. 다음으로 (1)의 함수 D를 이용하여 특수형 여부를 확인한다. D는 볼록한 도형과 실제 객체의 겹치지 않는 면적을 겹치는 면적으로 나눈 값이다. 만약 $D \geq 1$이면 형태는 특수형이 된다. 특수형이 아닐 경우 무게중심과 외곽선을 이용하여 도형을 그리고, (2)의 함수 S를 이용하여 유사도를 구한다. S는 볼록한 도형과 예제 도형이 겹치지 않는 부분의 면적이다. 객체의 회전에 대한 문제를 해결하기 위하여 도형을 10°씩 회전시키며 유사도가 제일 작은 값을 구한다. 특수형을 제외한 각 도형에 대하여 같은 작업을 반복한다. 가장 유사도 값이 작은 도형이 객체의 형태가 된다. 여기서 f(x, y), f'(x, y), g(x, y)는 각각 객체, 볼록한 도형, 예제 도형에 대하여 내부에 있으면 1, 외부에 있으면 0의

값을 가지는 함수이다. $\veebar$은 배타적 논리합, $\wedge$은 논리곱을 나타낸다.

$$D = \frac{\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1}(f'(x,y) \veebar f(x,y))}{\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1}(f'(x,y) \wedge f(x,y))} \quad (1)$$

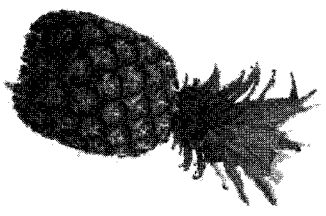
$$S = \sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1}(f'(x,y) \veebar g(x,y)) \quad (2)$$

형태정보의 추출이 끝나면 색상을 추출하는 작업을 수행한다. 색상 정보를 다루는 논문[3]에서는 각 픽셀간의 색상을 추출하고 유사도 함수를 이용하여 유사 이미지를 검색한다. 하지만 본 논문에서는 객체 이미지 내에서 특정색상이 차지하고 있는 비율을 계산한 후 지식 베이스의 규칙을 이용하여 객체의 주요색을 찾아내는 방법을 사용한다. 이때, 실제 24bit RGB 색상의 수는 총 16,777,216가지이지만 인간이 인지할 수 있는 색상의 수는 이보다 훨씬 작다[20]. 본 논문에서는 주요색을 찾기 위해 색상을 64가지로 분류하고 이미지를 이에 따라 양자화한다. 그림 5는 예제 이미지와 그에 따른 색상 정보를 보여준다.

마지막으로 추출하는 특징은 질감이다. 질감은 표면의 부드러움, 거침, 규칙적임과 같은 특성이다. 영역의 질감을 서술하기 위해 이미지 처리에 사용되는 세 가지 기본적 방법은 통계적, 구조적, 그리고 스펙트럼적 방법이다. 통계적 방법들은 질감을 부드러움, 거침, 알갱이 모양, 줄무늬 등의 특징을 다룬다. 구조적 기법들은 규칙적으로 떨어진 평행선들에 근거한 질감의 표현과 같은 이미지 요소들의 배열 상태를 다룬다. 스펙트럼적인 기법은 푸리에 스펙트럼의 성질들에 기초하고, 스펙트럼에서 높은 에너지, 좁은 피크들을 찾아내어 이미지의 전반적인 주기성을 검출하는 데 주로 사용된다[20].

인간은 사물의 질감을 인식할 때 객체의 표면의 무늬와 거침을 파악한다. 따라서 본 논문에서는 여러 가지 질감 패턴을 가진 이미지를 지식 베이스에 저장하고 통계적인 값을 비교하여 객체의 표면의 거침, 균일성, 대칭성, 부드러움 등을 추론한다. (3) [20]은 질감을 구하기 위한 식을 나타낸 것이다. 여기서 $\mu_n(z)$는 명암도 히스토그램의 n차 모멘트를 의미하고, U는 균일성, e는 엔트로피를 구하기 위한 식이다. (3)에 의해 구해진 값과 저장되어 있는 질감 패턴 이미지의 값을 비교하여 유사한 질감을 추론한다.

$$\mu_n(z) = \sum_{i=0}^{L-1}(z_i - m)^n p(z_i)$$
$$U = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i) \quad (3)$$
$$e = -\sum_{i=0}^{L-1} p(z_i)\log_2 p(z_i)$$



색상	비율(%)
green	54
yellow	35
gray	11

그림 5. 예제 이미지 및 색상정보.
Fig. 5. Color information of example image.

3. 객체 데이터베이스

객체 데이터베이스에는 객체의 명칭, 형태, 주요색, 질감, 이미지들을 저장하는 기본정보 테이블과 사용자가 정한 속성과 값을 저장하는 테이블이 있다. 여기서 기본정보 테이블의 형태, 주요색, 질감은 사용자가 명칭과 이미지를 입력하면 시스템이 자동으로 계산하여 저장한다. 사용자 정의 테이블은 객체에 대해 사용자가 저장하기를 원하는 속성과 값을 직접 입력할 수 있다. 추론장치에서 사실들과 규칙들을 이용하여 키워드를 추론할 때 객체 데이터베이스에 있는 정보를 이용하여 후보군을 선택하게 된다. 표 1, 2는 객체 데이터베이스에 저장되어 있는 정보들을 나타내고 있다.

표 1. 기본 정보.
Table 1. Basic information.

명칭	형태	주요색	질감	이미지
사과	원형	빨강	매끄러움	
사과	원형	초록	매끄러움	
앵두	원형	빨강	매끄러움	
토마토	원형	빨강	매끄러움	
수박	원형	초록, 검정	규칙적	
파인애플	직사각형	초록, 노랑	규칙적	
배	원형	주황	매끄러움	
바나나	직사각형	노랑	매끄러움	
레몬	타원형	노랑	매끄러움	

표 2. 사용자 정의 속성.
Table 2. User defined property.

명칭	속성	값
사과	생산시기	가을
사과	기후대	온대
사과	씨앗수	많다
수박	생산시기	여름
바나나	기후대	열대
바나나	씨앗수	0
딸기	씨앗수	많다
수박	씨앗수	많다
사자	다리	4
호랑이	다리	4
코끼리	코	길다
토끼	눈	빨강

표 3. 지식 베이스.

Table 3. Knowledge-base.

A_KIND_OF		A_KIND_OF		RELATED_TO		A_PART_OF	
동물	생물	식물	생물	풀	식물	뿌리	종자식물
척색동물	동물	선태식물	식물	새	조류	줄기	종자식물
강장동물	동물	종자식물	식물	짐승	동물	잎	종자식물
연체동물	동물	양치식물	식물	조류	알	열매	유실수
미색동물	척색동물	고사리	양치식물	물고기	어류	사과	사과나무
척추동물	척색동물	선식물	선태식물	포유류	정온동물	다리	포유류
경골어류	척추동물	겉씨식물	종자식물	척색동물	좌우대칭	몸통	포유류
조류	척추동물	속씨식물	종자식물	잉어목	민물고기	머리	포유류
포유류	척추동물	쌍떡잎식물	속씨식물	포유류	새끼	목	포유류
고래목	포유류	외떡잎식물	속씨식물	오징어	먹물	날개	조류
식육목	포유류	감나무목	쌍떡잎식물	열매	과일	부리	조류
가자미목	경골어류	장미목	쌍떡잎식물	식물	숲	몸통	조류
개과	식육목	장미과	장미목	조류	하늘	머리	조류
고양이과	식육목	콩과	장미목	어류	물	지느러미	어류
진돗개	개과	딸기	장미과	어류	바다	머리	어류
호랑이	고양이과	강낭콩	콩과	어류	강	몸통	어류

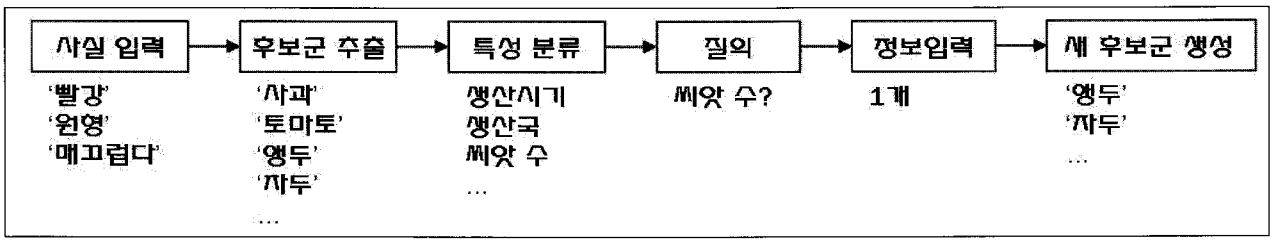


그림 6. 키워드 추론 과정.

Fig. 6. The process of keyword reasoning.

4. 지식 베이스

지식 베이스는 생물 분류체계와 분류에 따른 공통적인 특징들을 포함한다. 이는 A_KIND_OF, A_PART_OF, RELATED TO 등의 사실로 저장되어 있다. 또한 지식 베이스는 객체 데이터베이스의 정보를 이용하기 위한 규칙들을 포함한다. 예를 들어 'IF 명칭 THEN 형태', 'IF 명칭 THEN 주요색', 'IF 명칭 THEN 질감', 'IF 명칭 THEN 속성 IS 값' 등이 있다. 또한 규칙들의 관계를 표현하기 위한 규칙들이 포함된다. 'A가 B에 속하고 B는 C에 속하면 A는 C에 속한다', 'A는 B이고 B는 C이면 A는 C이다'와 같은 규칙들이 이에 해당된다. 표 3은 지식 베이스가 포함하는 규칙들을 나타낸다.

지식 베이스는 언제든 전문가(expert)에 의해 수정되거나 확장될 수 있다. 따라서 시스템을 구축하기 위해 한꺼번에 모든 객체에 대한 규칙들을 저장할 필요가 없다. 전문가는 새로운 객체에 대한 정보를 습득할 때마다 지식 베이스에 추가함으로써 검색에 반영될 수 있다. 또한 한번 구축된 지식 베이스는 재사용이 가능하고 이식이 용이하다.

5. 키워드 추론

기존 연구[21]에서는 추론기관에서 추출된 특징 값들을 사실로 입력하여 객체의 형태, 주요색, 표면의 특징을 추론한다. 추출된 특징들은 사용자 입력 정보와 함께 키워드를 추론하기 위한 사실로 이용된다. 예를 들어 객체 이미지에서 추론된 '원형', '빨강', '매끄럽다'와 사용자에 의해 입력된 '열매'라는 정보는 키워드를 추론하기 위한 사실로 이용된다. 추론방식은 다음과 같다. 먼저 입력정보 중 '열매'를 이용하여 지식 베이스에서 열매인 객체들을 추출한다. 이 객체들 중 '원형', '빨강', '매끄럽다'의 특성을 모두 가지고 있는 객체 후보군을 찾아낸다. 본 논문에서는 위와 같은 과정을 거친 후 검색 범위를 줄이기 위해, 지식베이스를 이용하여 객체 후보군들의 특성 분류를 한 후 사용자에게 원하는 질의를 수행한다. 예를 들어 생산시기, 생산국 등을 질의하게 된다. 사용자의 정보입력을 통해 감소된 수의 새로운 객체 후보군이 생성된다. 이 과정은 특성에 대한 분류가 끝날 때까지 반복한다. 그림 6은 객체의 키워드를 추론하는 과정을 나타낸 것이다.

추출된 객체 후보군들 중 하나의 키워드를 선택하기 위해 검색할 객체 이미지와 객체 후보군의 이미지를 색상에 대하여 (4)와 같이 유클리디언 거리 유사도 함수를 이용하여 계산한다.

$$S=\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1}|f(x,y)-w(x,y)| \quad (4)$$

(4)를 통해서 알 수 있듯이 비교하는 이미지가 비슷할수록 작은 값을 나타내므로, 만약 비교하는 두 이미지가 같으면 값은 0이 될 것이다. 최종적인 결과로 가장 유사도가 작은 객체의 키워드를 나타내게 된다. 그러나 이런 전체적인 특징을 반영하는 유사도 함수를 이용하면 객체가 유사한 색상과 형태, 질감을 가질 경우 잘못된 키워드를 추론할 가능성이 있다. 따라서 시스템에서는 객체 후보들 간에 유사도 값이 ±m 이하의 차이가 나는 경우 선택 후보군으로 하여 사용자의 선택을 요구하도록 한다. m값은 실험을 통해 적당한 크기로 정한다. 또한 시스템은 해당객체에 대한 정보가 존재하지 않을 경우 다른 객체의 키워드를 결과로 나타내는 오류를 해결하기 위해, 가장 작은 유사도 값이 일정범위보다 클 경우에는 키워드에 대하여 사용자의 피드백을 받도록 한다. 피드백 결과 유사한 객체가 없을 경우 객체에 대한 정보를 입력받아 객체 데이터베이스에 저장한다.

6. 이미지 검색

위의 과정을 통해 객체의 키워드가 생성되면 이미지 데이터베이스 내의 이미지와 키워드를 기반으로 한 검색을 수행한다. 키워드에 의해 후보 이미지들이 선택되면 검색할 이미지와 후보 이미지들을 (4)와 같은 색상을 이용한 유사도 함수를 이용하여 유사한 순위에 따라 보여준다.

이미지가 검색되면 시스템은 검색 결과에 대한 사용자의 피드백을 받는다. 사용자가 올바른 검색을 수행하였다고 판단하면 시스템은 검색에 이용된 이미지를 키워드와 함께 이미지 데이터베이스에 저장한다. 올바른 검색이 이루어지지 않았을 경우, 시스템은 이전 단계로 돌아가 지식입력모듈을 통하여 새로운 객체의 정보를 저장한다.

IV. 실험 및 결과

실험에서는 색상, 형태, 질감에 대해 유사도 함수를 기반으로 한 이미지 검색을 수행하였을 경우와 제안된 시스템에서의 이미지 검색을 수행하였을 경우에 대한 평균 수행 시간 및 정확도의 차이를 비교하였다. 비교를 위해 20개의 임의로 추출한 이미지에 대해 각 방법에 대해 검색을 수행하여 평균 수행 시간을 계산하였다. 각 이미지에 대해 검색한 결과를 5순위까지 반영하여 그 중 같은 객체를 가진 이미지의 비율을 정확도로 나타내었다. 다음으로 객체 데이터베이스 내에 존재하는 객체에 대하여 검색 수행 시 키워드 추론의 정확도를 분석하였다. 정확도는 검색 수행 횟수 당 올바른 키워드를 추론하거나 사용자가 선택할 객체 후보군에 포함한 횟수로 정의하였다. 객체 데이터베이스에 존재하지 않는 객체에 대해서는 입력을 요구하지 않고 잘못된 키워드를 추론한 오류율을 분석하였다. 오류율은 검색 수행 횟수 당 잘못된 키워드를 추론한 횟수로 정의하였다.

제안된 시스템은 CPU Intel pentium D 2.8GHz, memory 1Gbytes인 환경에서 실험되었다. 실험을 위하여 전경과 배경의 구분이 있고 객체가 비교적 중심에 위치한 이미지들을 사용하였다. 객체 데이터베이스에는 30가지 객체와 각 객체에 대하여 2~4개의 객체 이미지를 저장하였고, 이미지 데이터베이스에는 30가지 객체와 관련된 500개의 이미지를 저장하였다.

표 4는 유사도 함수 기반 이미지 검색과 제안된 시스템의 평균 검색 수행 시간의 차이와 정확도를 표로 나타낸 것이다. 유사도 함수는 유클리디안 거리를 사용하였다. 실험 결과 제안된 시스템에서 검색 수행 시간과 정확도가 향상된 것을 알 수 있다. 특히 이미지 데이터베이스에 저장된 이미지의 수가 늘어남에 따라 검색 수행 시간의 차이가 벌어지는 결과를 보였다. 이는 기존 유사도 기반 검색 방법이 모든 이미지에 대해 계산을 수행하는 데 비해, 제안된 시스템은 객체 데이터베이스 내의 이미지와 계산을 통해 키워드를 찾으므로 계산하는 횟수가 확연히 줄어들기 때문이다. 따라서 제안된 시스템은 이미지의 수가 증가해도 수행 시간이 비례해서 증가하지 않는 장점이 있다. 사용자가 객체

표 4. 평균 수행 시간.
Table 4. Average running time.

(a) In the case of 300 images in image database

	색상 기반 유사도 검색	형태 기반 유사도 검색	질감 기반 유사도 검색	제안된 시스템	제안된 시스템 (정보 입력)
평균 검색 수행 시간(sec)	103.3	111.6	115.8	53.4	31.1
정확도	62/100	53/100	57/100	80/100	90/100

(b) In the case of 500 images in image database

	색상 기반 유사도 검색	형태 기반 유사도 검색	질감 기반 유사도 검색	제안된 시스템	제안된 시스템 (정보 입력)
평균 검색 수행 시간(sec)	169.8	185.5	193.2	65.7	38.7
정확도	56/100	48/100	52/100	75/100	85/100

표 5. 키워드 추론 정확도.
Table 5. Precision of keyword reasoning.

객체	정확도	객체	정확도
사과	8/10	붕어	7/10
앵두	8/10	상어	7/10
토마토	7/10	호랑이	8/10
파인애플	9/10	사자	7/10
수박	10/10	토끼	8/10
바나나	9/10	코끼리	4/10
소나무	7/10	원숭이	5/10
느티나무	6/10	독수리	7/10
단풍나무	9/10	제비	5/10

표 6. 키워드 추론 정확도(객체 이미지 추가).
Table 6. Precision of keyword reasoning(object image addtion).

객체	정확도	객체	정확도
사과	9/10	붕어	8/10
앵두	8/10	상어	7/10
토마토	8/10	호랑이	8/10
파인애플	9/10	사자	7/10
수박	10/10	토끼	8/10
바나나	9/10	코끼리	6/10
소나무	7/10	원숭이	6/10
느티나무	8/10	독수리	8/10
단풍나무	9/10	제비	7/10

에 대한 정보를 입력한 경우에는 검색 수행 시간이 더 짧아지는 효과를 얻을 수 있었다. 이는 정보를 이용하여 검색할 객체의 범위를 좁혀 계산의 횟수가 줄어들기 때문이다.

표 5에서는 객체 데이터베이스에 존재하는 각 객체에 대한 10개의 영상들을 검색하였을 때 키워드 추론의 정확도를 나타내었다. 기존 연구들에서는 빨간 사과, 앵두, 토마토와 같이 색상과 형태, 질감이 유사할 경우에는 유사한 이미지로 검색하였지만 제안된 시스템에서는 이들에 대한 분류가 비교적 정확하게 이루어짐을 알 수 있다. 또한 파인애플이나 수박, 바나나와 같이 두드러지는 특징을 가지고 있는 객체에 대해서는 정확도가 매우 높음을 알 수 있다. 시스템은 움직임이 없는 객체에 대해서 비교적 정확한 추론 결과를 얻을 수 있었지만 형태와 색상, 질감이 모두 비슷한 객체들에 대해서는 잘못된 키워드를 추론하는 오류가 발생하였다. 예를 들어 소나무와 느티나무 같은 객체들이 이에 해당한다. 동물의 경우 움직임에 따라 형태가 다양하게 변하기 때문에 키워드를 추론하지 못하는 오류가 발생하였다. 특히 코끼리나 원숭이 같은 객체를 검색할 경우 움직임에 따른 형태가 매우 다양하여 정확도가 더 떨어지는 것을 알 수 있다. 하지만 검색할 객체 이미지가 객체 데이터베이스의 이미지와 유사한 경우에는 비교적 정확하게 키워드를 추론할 수 있었다. 또한 잘못된 키워드를 추론한 객체들의

표 7. 키워드 추론 오류율.
Table 7. Error rate of keyword reasoning.

객체	오류율	객체	오류율
자두	5/10	금붕어	2/10
키위	1/10	고래	3/10
복숭아	4/10	표범	1/10
배추	1/10	기린	0/10
오이	0/10	사슴	2/10
잣나무	8/10	오랑우탄	7/10
밤나무	4/10	타조	1/10
대나무	3/10	까마귀	6/10

표 8. 키워드 추론 정확도.
Table 8. Precision of keyword reasoning.

객체	정확도	객체	정확도
자두	8/10	금붕어	9/10
키위	10/10	고래	9/10
복숭아	7/10	표범	7/10
배추	9/10	기린	8/10
오이	9/10	사슴	7/10
잣나무	7/10	오랑우탄	6/10
밤나무	7/10	타조	8/10
대나무	9/10	까마귀	7/10

이미지를 객체 데이터베이스에 추가로 입력한 후 다시 키워드 추론 정확도를 계산한 결과, 이전과 비교하여 더 나은 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 표 6은 각각의 객체에 대해 객체 데이터베이스에 객체 이미지를 추가한 후의 정확도를 나타낸 것이다. 이처럼 객체 데이터베이스에 정보가 축적될수록 정확도가 개선되는 효과를 알 수 있었다.

표 7은 객체 데이터베이스에 정보가 존재하지 않는 객체에 대하여 잘못된 키워드를 추론하는 오류율을 분석한 것으로, 표 5와 마찬가지로 각 객체에 대하여 10개의 영상들을 검색한 결과이다. 자두의 경우 사과나 앵두, 토마토로 인식하는 문제점을 가지고 있었다. 복숭아의 경우에는 색상이 빨강색일 때 사과로 잘못 추론하는 오류가 발생하였다. 잣나무, 오랑우탄, 까마귀 같은 객체들은 색상, 형태, 질감이 유사한 소나무, 원숭이, 까마귀로 추론하여 오류율이 높음을 알 수 있다. 그 외의 객체들에 대해서는 비교적 정확하게 새로운 객체로 인식하는 결과를 보였다. 비교적 오류율이 높게 나타났으나, 이는 객체 데이터베이스에 정보의 양이 작은 초기에 나타나는 문제로, 피드백을 통해 새로운 객체에 대한 정보를 입력하여 객체 데이터베이스의 정보가 축적됨에 따라 해결되었다. 표 8은 표 7의 객체를 객체 데이터베이스에 입력한 후 같은 객체를 가진 이미지들에 대해 검색하였을 때, 키워드 추론 정확도를 나타낸 것이다.

각 객체들에 대해 비교적 정확하게 추론함을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 기존의 객체 기반 이미지 검색에 객체 데이터베이스를 추가하고 전문가 시스템의 개념을 도입하여 이미지를 검색하는 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 검색할 이미지와 객체 데이터베이스 내의 이미지만 비교함으로써 모든 이미지에 대해 계산할 필요가 없고, 이로 인해 검색 수행 속도의 향상을 얻을 수 있었다. 시스템은 지식베이스를 통해 객체 후보군들의 특성을 분류하고 필요한 정보를 스스로 찾아내고 사용자에게 요구할 수 있다.이를 통해 후보군의 이미지를 줄임으로써 계산 횟수를 줄일 수 있다. 또한 비슷한 특징정보를 가진 객체에 대해 기존 논문에 비해 검색 오류가 줄어들고 정확도가 향상됨을 알 수 있었다. 데이터를 이용하여 찾아낸 키워드를 기반으로 한 검색을 통해 키워드 기반 검색 방법의 장점인 정확도와 빠른 수행 속도를 이용할 수 있었다. 이미지를 입력할 때는 이미지의 키워드를 자동으로 생성하므로 사용자가 키워드를 직접 부여해야 하는 번거로움을 없앨 수 있었고, 사용자의 주관에 의해 잘못된 키워드를 생성하는 오류를 없앨 수 있었다. 한편 시스템은 전문가를 통한 객체 데이터베이스와 지식 베이스의 확장을 통해, 점차적으로 다양한 객체에 대한 검색이 가능하게 할 수 있고, 한 번 구축된 시스템에 대하여 이식이 용이하다. 또한 이미지를 통한 텍스트 검색이 가능하다.

시스템은 형태, 색상, 질감의 모든 특성이 유사할 경우 다른 객체의 키워드를 추론하는 오류가 발생하였다. 또한 움직이는 물체와 같이 형태가 다양하게 변하는 객체일 경우 키워드를 추론하는 능력이 저하되었다. 그러나 이 문제는 객체 데이터베이스에 객체 이미지를 축적함으로 인해 점차적으로 해결되었다. 객체 데이터베이스에 존재하지 않는 새로운 객체에 대해 잘못된 추론을 하는 오류에 대해서는 피드백을 통해 객체정보를 입력함으로써 해결되었다. 초기에는 오류율이 높지만 객체 데이터베이스의 확장에 따라 점차 오류율이 줄어들 수 있다.

앞으로의 과제로는 다양한 형태를 가질 수 있는 객체의 인식율을 향상시키는 방법을 고려할 수 있다. 또한 이미지에 복수의 객체가 존재할 경우에 각각의 객체를 인식하여 이미지를 검색하는 방법, 객체가 겹쳐 있는 이미지에 대해 각각의 객체를 분리하여 인식할 수 있는 검색 방법 등도 연구과제로 생각할 수 있다.

참고문헌

[1] G. Baxter, and D. Anderson, "Image indexing and retrieval: Some problems and proposed solutions," *New Library World*, vol. 96, pp. 4-13, 1996.

[2] J. Huang, S. Kumar, M. Mitra, and R. Zabih, "Image indexing using color correlograms," *Proceedings of Institute of Electrical and Electronics Engineers Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, San Juan, Puerto Rico, pp. 762-768, 1997.

[3] M. N. Do, and M. Vetterli, "Wavelet-based texture retrieval using generalized Gaussian density and Kullback-Leibler distance," *Institute of Electrical and Electronics Engineers Transaction Image Process*, vol. 11, pp. 146-158, 2002.

[4] D. Zhang, and G. Lu, "Shape based image retrieval using generic fourier descriptors," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 17, pp. 825-848, 2002.

[5] E. Saykol, U. Gudukbay, and O. Ulusoy, "A histogram-based approach for object-based query-by-shape-and-color in image and video databases," *Image and Vision Computing*, vol. 23, pp. 1170-1180, 2005.

[6] S. M. Lee, H. J. Bae, and S. H. Jung, "Efficient content-based image retrieval methods using color and texture," *Electronics and Telecommunications Research Institute*, vol. 20, pp. 272-283, 1998.

[7] A. Pentland, R. R. Picard, and S. Sclaroff, "Photobook: Content-based manipulation of image databases," *International Journal of Computer Vision*, vol. 18, pp. 233-254, 1996.

[8] M. Flickner, H. Sawhney, W. Niblack, J. Ashley, Q. Huang, B. Dom, M. Gorkani, J. Hafher, D. Lee, D. Petkovie, D. Steele, and P. Yanker, "Query by image and video content: The QBIC system," *Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer*, vol. 28, pp. 23-32, 1995.

[9] V. E. Ogle, and M. Stonebraker, "Chabot: Retrieval from a relational database of images," *Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer*, vol. 28, pp. 850- 861, 1995.

[10] K. Vu, K. A. Hua, and W. Tavanapong, "Image retrieval based on regions of interest," *Knowledge and Data Engineering*, vol. 15, pp. 1045-1049, 2003.

[11] D. Hoiem, R. Sukthankar, H. Schneiderman, and L. Huston, "Object-based image retrieval using the statistical structure of images," *Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 490-497, 2004.

[12] J. D. Yang, "An image retrieval model based on fuzzy triples," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 121, pp. 459-470, 2001.

[13] 나연묵, "의미 기반 검색을 위한 이미지 내용 모델링," 정보과학회 논문지, vol. 30, pp. 145-156, 2003.

[14] Q. Huang, B. Dom, D. Steele, J. Ashley, and W. Niblack, "Segmentating and representing background in color images," *Proceedings of International Conference on Pattern Recognition*, vol. 13, pp. 13-17, 1996.

[15] Y. Lu, and H. Guo, "Background removal in image indexing and retrieval," *International Conference on Image Analysis and Processing*, vol. 13, pp. 13-17, 1996.

[16] V. Vinod, and H. Murase, "Focused Waldo, or focus of

attention using local color information," *Pattern Recognition*, vol. 30, pp. 1787-1797, 1997.

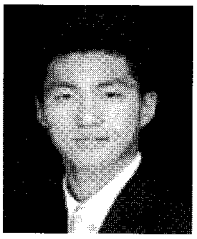
[17] S. Belongie, C. Carson, H. Greenspan, and J. Malik, "Color and texture-based image esgmentation using EM and its application to content-based image retrieval," *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 675-682, 1998.

[18] 김성영, 박창민, 권규복, 김민환, "칼라영상에서의 중심 객체 추출에 관한 연구," 멀티미디어학회 논문지, vol. 5, pp. 616-624, 2002.

[19] Y. Deng, B. S. Manjunath, and H. Shin, "Color image segmentation," *Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 446-451, 1999.

[20] R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, *Digital image processing (2nd ed.)*, NJ: Prentice Hall, 2001.

[21] C. Town, and D. Sinclair, "Language-based querying of image collections on the basis of an extensible ontology," *Image and Vision Understanding*, vol. 22, pp. 251-267, 2004.



김 영 민

2006년 고려대 산업시스템정보공학과 졸업. 2008년 동 대학원 석사.

김 성 인

1970년 서울대학교 경제학과 졸업. 1973년 동 대학 응용수학과 졸업. 1975년 한국과학원 산업공학과 석사. 1979년 동 대학원 박사. 1979년~현재 고려대학교 산업시스템정보공학과 교수.