

공간 유사도와 주석을 이용한 이미지 검색 기법

(Image Retrieval Scheme using Spatial Similarity and Annotation)

이 수 철 [†] 황 인 준 ^{**}
(Soo Cheol Lee) (Ben Jun Hwang)

요 약 이미지를 비롯한 멀티미디어 데이터의 검색시스템에서 객체들 간의 공간 관계는 이미지를 표현하는 중요한 요소 중의 하나이다. 본 논문에서는 기존의 검색 방식과는 달리 이미지에 나타나 있는 객체들 간의 다양한 공간 관계와 각 객체들이 가지고 있는 특징을 이용한 새로운 방식의 이미지 검색 기법을 제안한다. 이것은 질의 이미지와 데이터베이스 내에 있는 이미지들 간의 유사성을 효율적으로 계산하는데 유용하다. 특히 각 객체들 간의 공간 정보와 그들의 특징들에 대한 정보들이 XML 형태로 주석 처리되어 있기 때문에 이전 검색 기법보다 정확하고 신속하게 질의를 처리한다. 마지막으로 제안된 검색 기법을 이용한 이미지 검색 시스템을 구현하여, 실제 실험을 통하여 성능을 평가하였다.

키워드 : 이미지 검색, 공간 관계, 주석, XML

Abstract Spatial relationships among objects are one of the important ingredients for expressing constraints of an image in image or multimedia retrieval systems. In this paper, we propose a unified image retrieval scheme using spatial relationships among objects and their features. The proposed scheme is especially effective in computing similarity between query image and images in the database. Also, objects and their spatial relationships are captured and annotated in XML. It could give better precision and flexibility in retrieving images from database. Finally, we have implemented a prototype system for retrieving images based on proposed technique and showed some of the experiment results.

Key words : Image retrieval, spatial relationship, annotation, XML

1. 서 론

최근 이미지 검색에서 내용기반 이미지 검색(Content-Based Image Retrieval)[1,2,3,4]이 많이 사용되고 있다. 내용기반 이미지 검색이란 이미지가 가지고 있는 정보를 시각적인 특성을 이용하여 데이터베이스에 저장되어 있는 이미지를 검색하는 기법이다. 이미지 검색은 검색 기법, 질의 형태 등에 따라 다양하게 분류할 수 있지만, 근본적으로는 영상의 어떠한 특성을 검색에 이용하

는가에 따라 분류된다. 초기의 이미지 검색 기법은 이미지의 색채 히스토그램, 질감 등 이미지의 포괄적인 특성을 검색에 이용하였다[5]. 이러한 포괄적인 특성을 이용하는 경우, 데이터의 양이 적고 일차원적인 벡터로 표현이 가능하므로 다양한 형태의 인덱싱 기법을 이용하여 검색의 효율성을 높일 수 있었다. 그러나 이미지의 포괄적인 특성을 표현하는 방식은 사용자가 영상을 인지하고 기억하는 형식과 다르므로 질의를 표현할 수 있는 방법이 제한되어 일반적인 질의 방식이 예제에 의한 질의(Query By Example)로 한정된다. 예제에 의한 질의 방식은 사용자가 질의 화면에 제시된 여러 샘플 이미지에서 검색하고자 하는 이미지와 가장 유사한 특성을 갖고 있다고 생각되는 이미지를 선택하면 시스템이 해당 예제 이미지를 데이터베이스에서 찾아 결과로서 보여주는 방식이다. 일반적으로 예제 이미지는 데이터베이스에

· 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 R05-2002-000-01224-0 지원으로 수행되었음

[†] 학생회원 : 아주대학교 정보통신 전문대학원
juin@ajou.ac.kr

^{**} 정 회 원 : 아주대학교 정보통신 전문대학원 교수
ehwang@ajou.ac.kr

논문접수 : 2002년 7월 25일
심사완료 : 2002년 12월 18일

저장되어 있는 이미지들 중 무작위로 추출된 샘플 이미지 중에서 고르게 되므로 질의 이미지에 대한 별도의 특성 추출이 필요 없다는 장점이 있지만, 사용자 입장에서는 만족할 만한 예제 이미지를 찾기 위해 샘플 이미지를 일차 검색해야 하는 불편함이 있다.

최근 다양한 분야에서 디지털 이미지 사용이 확대됨에 따라 일반 사용자의 이미지 데이터베이스 접근 역시 늘어나게 되어 점차 질의의 효율성과 편리성에도 중점을 두는 시스템이 개발되었다. 사용자가 질의에 직접 표현하기 어려운 포괄적인 특성 외에 다양한 이미지의 특성[6]을 검색에 이용하려는 시도가 있었고, 이에 따른 새로운 형태의 질의 방식인 스케치에 의한 질의(Query By Sketch)가 제안되었다. 스케치에 의한 질의 방식의 검색 시스템에서는 사용자가 직접 그리기 도구를 이용하여 검색하고자 하는 이미지의 전체 또는 일부분을 질의 이미지로 작성하므로 이미지 내의 각 물체의 색, 모양, 객체의 배치 등 다양한 특성들을 표현 할 수 있게 되었다. 시스템에 따라 검색의 효율성을 고려하여 이 특성들 중의 일부를 채택하여 사용하게 되는데, 검색의 효율성에는 검색 속도와 검색의 성공률 등이 모두 포함된다. 하지만, 이 방식에서 사용자가 작성한 질의는 검색하고자 하는 목표 이미지와는 전혀 다른 검색 결과를 낼 수 있는 확률이 높다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 이미지 객체간의 공간 관계를 이용한 공간 유사도 기반 이미지 검색(Spatial Similarity-Based Image Retrieval)기법[4,5]를 사용한다. 이것은 격자 상에서의 위치관계를 2-D string[7]을 사용하여 표현하고, 질의와 유사한 공간 관계를 가진 이미지를 검색하는 기법이다.

본 논문에서는 공간 유사도와 주석을 이용한 이미지 검색 기법을 제안한다. 이것은 이미지에 존재하는 객체들 중에 사용자가 원하는 객체들을 분리하고, 분리된 객체들의 특성과 그들 간의 공간 관계를 분석한다. 또한, 분석된 결과는 XML을 이용해 주석 처리함으로써 보다 정확하고 빠른 결과를 얻을 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 관련연구로서 현재 나와 있는 이미지 검색 시스템과 여러 검색 기법에 대해 기술한다. 제3장에서는 객체간의 공간 정보를 어떻게 표현할 것인가에 대해 설명한 후, 각 객체간의 관계를 나타내는 그래프를 정의한다. 제4장은 구현과 실험에 관련된 내용으로서 실제 데이터를 가지고 시스템의 동작과 검색 결과의 정확도에 대해서 기술한다. 마지막으로 제5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어가 발전함에 따라서 숫자나 문자를 위주로 처리하던 기존의 데이터베이스 시스템은 다양한 미디어를 처리하게 되었다. 텍스트, 그래픽, 이미지, 오디오, 비디오 등의 비정형 데이터를 멀티미디어 데이터라 하고 이를 효율적으로 관리하기 위해 멀티미디어 데이터베이스가 사용된다.

기존의 정형 데이터에 대해서는 데이터 값에 기반한 검색을 하기 쉽지만 멀티미디어 데이터의 경우 내용을 기반으로 한 검색이 어렵다. 따라서 완전히 일치되는 대상을 찾아내기 어려우므로 검색 대상 공간을 축소한 다음 데이터를 검색 순서대로 탐색하는 방법을 사용한다. 이미지의 경우 검색 대상이 되는 이미지의 여러 특성을 추출하고, 사용자가 질의로 준 이미지의 특성과 유사한 특성을 가진 이미지를 검색 결과로 알려준다. 사용되는 이미지 특성에는 색상, 질감, 형상 등이 있다. 이미지에 텍스트로 설명을 붙이는 경우에는 키워드를 사용하여 원하는 데이터를 질의하고 검색할 수도 있다. QBIC[4]는 내용기반 검색을 이용한 대표적인 시스템으로 이미지를 효율적으로 관리, 조직하고 탐색하는 도구이다. IBM에서 개발되었으며, 데이터베이스에 저장된 이미지에 대해 시각적인 내용으로 질의를 할 수 있다. 이미지에 포함된 객체는 다르지만 색상이 유사한 경우 더 정확한 질의를 하기 위해 키워드나 텍스트를 사용한다. 또 다른 내용기반 검색 시스템들은 보다 정확한 이미지 표현 방법을 사용하는데 대표적인 시스템으로는 Virage와 Chabot[3]이 있다. 하지만 대부분의 검색 시스템들은 이미지에 존재하는 객체간의 공간 정보에 대해서는 전혀 고려를 하고 있지 않다.

일반적으로 색상과 공간정보[5,8]을 이용한 검색 기법은 이미지를 여러 개의 영역으로 분할하고 각 영역에서 색상 히스토그램 값을 뽑아내고, 이미지내의 색상의 공간 분포는 각 영역에서 색상의 교차점에 의해 표현된다. Quad-tree[9]를 기반으로 한 영역기반 이미지 검색기법에서는 동종의 이미지 객체 클러스터를 얻기 위해 객체들을 $2^N \times 2^N$ 개의 이진배열로 이미지를 표현하게 된다.

2D-String[7]을 이용한 공간관계 표현 기법은 x축과 y축에 따라서 이미지 객체를 표현하는 것으로 이미지에 있는 객체간의 방향(direction) 관계를 스트링 형태로 표현하며, 2D-H, 2D-PIR과 같은 확장된 형태의 객체 표현법이 있다. 2D-H string과 2D string은 단지 방향 관계만을 표현하지만 2D-PIR string의 경우는 이미지 객체간의 방향과 위상 관계를 표현함으로써 다른 표현

표 1 기존 시스템과의 비교

| 구분 | QBC | Visual SEARCH | QVE | 제안 시스템 |
|------|--|---|--|---|
| 질의형태 | - 제한적 주석기반질의 - 내용기반질의 | - 내용기반질의 | - 내용기반질의 | - 주석기반질의 - 내용기반질의 - 주석기반 및 내용기반 복합질의 |
| 질의기반 | - Image Annotation - Image Feature | - Image Feature | - Image Feature | - Image Annotation - Spatial Information - Image Feature |
| 질의방법 | - 샘플 이미지를 통해 샘플 이미지와 유사한 이미지를 브라우징 - 사용자가 직접 그린 정보를 통한 질의 | - 웹 기반의 사용자 인터페이스의 메뉴를 이용해 주제별 질의 | - 화면에 나타나는 샘플 이미지에 의한 시각적 질의 | - Query Canvas를 이용해 이미지 객체간의 공간관계를 이용한 질의 |
| 특징 | - 이미지 및 비디오 데이터베이스를 기반으로 키워드, 색상, 모양, 질감, 스케치 등의 시각적 이미지 특징 정보를 통한 다양한 형태의 복합질의와 색상구성에 의한 질의 기능 - 사용자가 직접그린 정보를 통한 질의기능 - 예제 이미지 질의를 통해 예제 영상과 유사성이 높은 이미지 검색 가능 - 질의 인터페이스 복잡하며, 이용하기가 어려움 - 주석기반 이미지 질의의 의미정보에 의해 제한적임 | - 웹 기반 이미지 검색 기능 - 사용자 인터페이스를 통한 주제별 질의 기능 - 이미지 객체들의 시각적 특징정보와 공간적 특징정보를 이용하여 동시에 내용기반과 공간질의가 가능하다는 장점이 있음 - 각 색상 영역간의 공간적인 관계를 추론함으로써 많은 시간이 소요될 수 있는 단점이 있음 | - 색상 히스토그램, 질감분석 등의 형태속성을 합성하여 시각적 질의 기능 - 이미지 객체의 이동, 스케일링, 회전등을 일일이 고려해야하는 단점이 있음 | - 주석기반질의의 내용기반질의, 복합질의의 등의 다양한 질의기능 - XML을 이용한 이미지 객체간의 공간정보와 특징을 주석처리 - 다양한 형태의 복합질의의 기능 - 사용자의 성향을 고려한 이미지 객체추출 기능 - 이미지 객체들의 시각적 특징과 공간적 특징 정보를 이용하여 동시에 내용기반과 공간질의의 가능함 |

기법보다 효율성 면에서 뛰어나다.

본 논문에서는 사용자가 Query Canvas를 사용하여 작성한 질의로부터 각 이미지 객체의 색, 키워드와 위치 관계를 XML문서 형태로 추출하여 이미지를 검색하는 기법과 시스템을 제안한다. 이 방식은 질의의 형태가 단순하여 작성이 간편하며 각 이미지 객체의 색과 키워드를 이용하여 유사성을 비교하고, 객체간의 위치 관계의 일관성을 검사하므로, 질의 이미지가 부분 정보만을 담고 있거나, 구체적인 위치 정보가 정확히 입력되어 있지 않더라도 성공적인 검색이 가능하다. 특히 위치 연산자의 추이적(transitive) 특성을 이용하여 객체간에 존재하는 공간정보의 수를 최적화하므로 검색의 효율성을 더욱 높일 수 있다.

표 1은 기존의 이미지 검색시스템과 본 논문에서 구현한 시스템과의 특징과 장, 단점을 나타낸 것이다.

3. 공간 정보 분석

3.1 공간 정보의 표현

데이터베이스에 저장된 모든 이미지들은 각각이 독특한 특성을 가진 객체들로 구성되어 있고, 이러한 객체들 간에는 다양한 공간 관계가 존재할 수 있다. 공간 관계는 상대 좌표와 절대좌표로 표현할 수 있고, 2차원 공간에서의 경우 객체 O의 공간 위치 좌표는 $P_o = (X_o, Y_o)$ 로 나타낼 수 있다. 따라서 만약 한 이미지들에 n개의 객체가 존재하는 경우 전체 이미지는 $P = \{ P_1, P_2, \dots, P_n \}$ 의 위치 좌표의 집합으로 표현 될 수 있다.

각 위치 좌표에 해당하는 객체는 의미적(semantic) 정보를 가지고 있기 때문에, 이러한 정보를 주석처리 할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 위치 좌표를 공간 위치 점(Spatial location point)이라고 부른다. 단순화를 위해

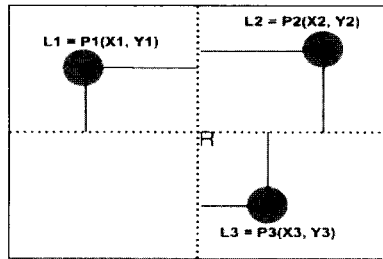


그림 1 공간 위치 좌표

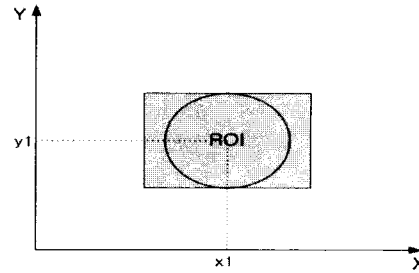


그림 2 ROI를 이용한 공간관계

서 이미지 객체는 하나의 공간 위치 좌표로 표현이 되고, 전체 이미지는 공간 위치 좌표의 집합으로 나타낸다.

이미지의 공간 위치 점들간의 공간 관계를 표현하기 위해서, 이미지를 같은 크기의 사분 원(quadrants)으로 분할한다. 그림 1은 공간 위치 점이 서로 다른 사분 원에 위치한 공간 위치 좌표의 예를 보여준다. 이것을 기반으로, 본 논문에서는 XY축에 따른 두 객체간의 공간 관계를 표현하기 위해 최소 사각형(MBR: Minimum Bounding Rectangle)과 유사한 개념의 관심영역(ROI : Region of Interest)[10]을 사용한다. 관심영역은 한 이미지에 있는 여러 객체중 사용자가 필요로 하는 이미지 객체를 사용자의 선택에 따라서 시스템이 처리하는 것으로 본 논문에서 구현한 시스템에서 관심영역은 사용자의 마우스 드래그를 통해서 정의된다.

그림 2는 이미지에 있는 객체의 관심영역을 이용한 공간 관계를 나타낸다. XY 좌표값은 ROI에 포함되어있

는 이미지 객체의 중심 좌표를 나타내고, 객체간의 공간 관계를 표현하기 위해 *Lupper*, *Llower*, *Rupper*, *Rlower*, *Upper*, *Below*, *Right*, *Left*, *Center*, *Overlap*과 같은 의미를 가지고 있는 10개의 위치 연산자[11]을 정의한다.

연산자들은 이미지 객체간의 XY 좌표 값을 비교함으로써 얻을 수가 있는데, 표 2는 본 논문에서 정의한 위치 연산자와 사용된 기호를 보여주고 있다.

n개의 객체들로 구성된 이미지가 있다고 가정할 때, 그래프를 이용해서 객체간의 공간 관계를 정의할 수가 있는데, 이것을 공간 레이블 그래프(Spatially Labeled Graph)[12]라고 한다. 그림 3은 그림 1에서 보인 이미지에 대한 공간 레이블 그래프를 나타낸다.

[정의 1] 공간 레이블 그래프(Spatially Labeled Graph)란 그래프내의 각 엣지에 레이블이 지정되어 있는 방향성 그래프(Directed Graph)로서 두 개의 원소로

표 2 위치 연산자

| Notation | Operator | Meaning |
|--------------|----------------|----------------------------|
| $A < B$ | <i>Lupper</i> | 객체 A는 객체 B의 왼쪽 위에 위치해 있음 |
| $A \wedge B$ | <i>Llower</i> | 객체 A는 객체 B의 왼쪽 아래에 위치해 있음 |
| $A > B$ | <i>Rupper</i> | 객체 A는 객체 B의 오른쪽 위에 위치해 있음 |
| $A \vee B$ | <i>Rlower</i> | 객체 A는 객체 B의 오른쪽 아래에 위치해 있음 |
| $A \cup B$ | <i>Upper</i> | 객체 A는 객체 B의 위에 위치해 있음 |
| $A \cap B$ | <i>Below</i> | 객체 A는 객체 B의 아래에 위치해 있음 |
| $A] B$ | <i>Right</i> | 객체 A는 객체 B의 오른쪽에 위치해 있음 |
| $A [B$ | <i>Left</i> | 객체 A는 객체 B의 왼쪽에 위치해 있음 |
| A / B | <i>Center</i> | 객체 A또는 B는 중심점 R에 위치해 있음 |
| $A \% B$ | <i>Overlap</i> | 객체 A는 객체 B와 중첩되어 있음 |

어루어진 순서쌍(tuples)

$G = \langle V, Rel \rangle$ 으로 구성되어 있다. 여기에서,
 V 는 이미지 객체를 나타내는 노드의 집합을 나타내고
 $Rel : E \rightarrow V \times V$ 은 각 에지(E)에 연결된 노드간의
 공간 관계를 위치연산자를 이용해 나타내는 함수이다.

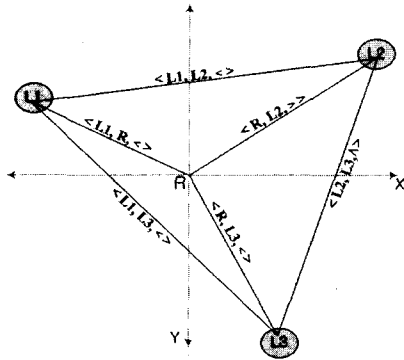


그림 3 공간 관계 그래프

공간 위치점 R은 기준점(Fiducial Point)을 의미하고,
 R 에 따라서 세 개의 객체들 간에는 서로 다른 공간 관
 계를 표현할 수 가 있다. 그림 3에 나타난 객체간의 공
 간 관계는 정의 1에 따라서 표현하면 다음과 같다.

$$V = \{L1, L2, L3\}$$

$$Rel = \{L1 \wedge L2, L1 < R, L1 < L3, L2 > L1, L2 > R, L2 > L3, L3 \vee L1, L3 \wedge L2, R \vee L1, R \wedge L2, R < L3\}$$

본 논문에서는 이미지의 관심영역(ROI)를 이용한 위
 치정보의 부정확성을 배제하기 위하여 이미지의 좌표를
 직접 이용해 위치 관계를 표현하였다. 하지만 이 기법의
 문제는 위치 관계가 이미지 객체의 개수에 따라 비약적
 으로 증가한다는 점이다. 객체의 개수를 n 이라 하면 그
 림 3의 공간 관계 그래프에서 볼 수 있듯이 이미지 객
 체간의 공간 관계는 n^2+n 이 되므로, 저장 공간이나 액세스
 시간에서 문제가 생길 수밖에 없다. 이와 같은 문제
 를 해결하기 위해서 공간 관계 그래프의 추이적
 (transitive) 특성을 이용해 이미지 객체간의 공간 관계
 의 수를 줄일 수 있다. 특히 위치 연산자 집합 $\{<, \wedge, \vee, >, U, \cap, [,], \%\}$ 은 추이적 특성을 가지고 있다.
 예를 들어 두 객체 A와 B의 공간 관계가 $A < B$ 이고
 $B < C$ 이면 $A < C$ 이기 때문에 나중의 공간 관계를 저
 장할 필요가 없다. 또한 몇몇 공간 관계는 다른 것으로
 부터 유추(inference)할 수가 있는데, 그림 3에서 유추할
 수 있는 관계를 나열하면 다음과 같다.

* $L1 > L2$ 이고 $L1 \vee L3 \rightarrow L2 \cap L3$ 이다.

* $L3 > L2$ 이고 $L3 < L1 \rightarrow L2 [L1$ 이다.

* $R < L1$ 이고 $R \vee L3 \rightarrow L1 \vee L3$ 이다.

이와 같이 공간 관계 그래프의 추이성과 유추를 통해
 이미지 객체간의 공간 관계의 수를 줄일 수가 있고,
 저장 공간과 액세스 시간의 효율성을 극대화 할 수 있다.

3.2 질의 이미지와 이미지간의 유사도 검색

질의 이미지를 작성하기 위해 사용자는 우선 제공되는
 질의 캔버스(Query Canvas) 상에서 자신이 원하는 위
 치에 이미지 객체들을 그린다. 이렇게 작성된 이미지 객
 체들 간의 공간 관계는 위에서 언급한 위치 연산자를 이
 용해서 표현할 수가 있다. 질의 이미지의 공간 관계 분석
 이 끝나게 되면, 이것과 유사한 공간 관계를 가진 이미지
 를 데이터베이스에서 검색하게 된다. 이때 질의 이미지
 와 저장된 이미지간의 공간 관계를 비교하게 되는데, 본
 논문에서는 연산자간의 유사 정도를 측정하기 위해서 위
 치 연산자간의 유사 정도를 수치화한 유사도(degree of
 similarity)라는 개념을 이용한다. 예를 들어 위치 연산자
 $A < B$ 과 $A [B$ 에서 공통적으로 알 수 있는 것은 A
 객체는 B 객체의 왼쪽에 있음을 알 수 있다. 반면에, 왼
 쪽 아래를 나타내는 연산자 " \wedge "과 오른쪽 위를 나타내
 는 " $>$ "는 유사관계가 전혀 없음을 알 수 있다.

이와 같이, 연산자의 유사도는 rotating, moving,
 scaling과 같은 다양한 연산자 조합에 대해서도 정의할
 수 있다. 두 연산자간의 유사도는 연산자 이웃 그래프
 (operator neighborhood graph)[13]에 의해서 유추할
 수가 있다.

[정의 2] 만약 두 위치 연산자에 rotating, moving,
 scaling과 같은 변형 연산(deforming operation)을 적용
 했을 때, 다른 연산자로 변형이 가능하다면, 두 객체는
 서로 이웃(neighborhood)한다고 할 수 있다.

그림 4는 위치 연산자간의 연산자 이웃 그래프를 나
 타낸다.

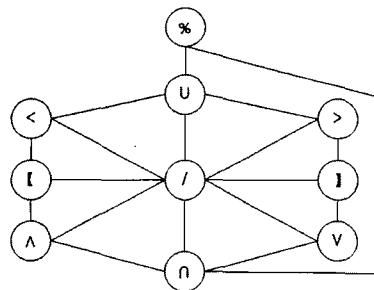


그림 4 연산자 이웃 그래프

연산자 이웃 그래프는 위치 연산자간의 거리(distance)를 나타낸 것으로, 위치 연산자 ∂_1 와 ∂_2 의 거리는 "distance(∂_1, ∂_2)"로 표현을 한다. 그림 4의 연산자 이웃 그래프에서 최대 거리는 3이고, 최단 거리는 0이다. 이것을 이용해서 연산자간의 유사도 값을 구할 수가 있다.

연산자간의 유사도를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$Sim_Obj(\partial_1, \partial_2) = 1 - (distance(\partial_1, \partial_2) / D_{max})$$

위 식에서 D_{max} 는 연산자 이웃 그래프에서 연산자간의 최대 거리 값을 나타낸다.

표 3은 10개의 위치 연산자간의 유사도를 나타낸 것이다. 연산자간의 거리가 짧을수록 유사도는 커지게 되고, 거리가 길면 유사도는 0에 가까워지게 된다.

연산자간의 유사도를 이용해 질의 이미지와 저장된 이미지 사이의 유사도를 측정 할 수가 있다. 즉 질의 이미지와 데이터베이스 내의 이미지가 유사할수록 유사도는 1에 가까워진다. 또한 사용자는 유사도 임계값(threshold)을 지정할 수가 있는 데, 임계값을 지정하게 되면 임계값보다 큰 유사도를 가진 이미지들이 검색된다. 이렇게 함으로써 보다 정확한 결과 이미지들을 얻을 수가 있게 된다. 사용자의 질의는 다음과 같이 정의 할 수가 있다.

[정의 3] : 사용자 질의 Q는 3개의 순서쌍(ϕ, S, t)으로 구성되어 있고, 임계값을 나타내는 t는 $t \in [0, 1]$ 의 범위를 가지고 있다.

여기서, ϕ 는 사용자 질의 이미지의 객체들의 집합을 나타내고, S는 객체들 간의 공간 관계의 집합을 나타낸다. 마지막으로 t는 질의를 만족하는 이미지를 얻기 위한 저장된 이미지와 질의 이미지간의 유사도 임계값을

의미한다. 예를 들어, 그림 5와 같은 질의 이미지와 이것의 ROI가 있다고 가정을 하면, 질의 이미지에서 자동차, 나무, 사람, 집으로 구성된 이미지 객체의 집합 ϕ 가 정의되고, 이것에 따른 네 개의 ROI도 정의된다. 여기에 각 객체간의 공간 관계와 유사도 임계값 t을 고려하면 사용자 질의는 다음과 같이 표현된다.

$$Q = (\phi, S, t)$$

$$\phi = \{A, B, C, D\}$$

$$S = \{A \{B, A < C, A \cup D, B\} A, B \cup C, B > D, C \cup A, C \cap B, C > D, D \cap A, D \wedge B, D \wedge C, R \cup A, R \wedge B, \{RC, R > D\}$$

질의 이미지와 데이터베이스 내의 이미지간의 유사도를 측정하기 위한 수식은 다음과 같이 정의된다.

[정의 4] 정의 3에 따라서 Q는 사용자의 질의를 나타내고, Im은 데이터베이스 내의 한 이미지를 나타낸다고 했을 때, Q와 Im간의 유사도 식은:

$$Sim_Deg(Q, Im) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |O_i^Q \& O_j^m|$$

위 식에서 O_i^Q 와 O_j^m 는 사용자 질의 Q와 데이터베이스에 저장된 각 이미지 내에 존재하는 객체들 간의 관계를 나타낸다. 그리고 $\&$ 은 두 객체간의 연산자를 표 2의 위치 연산자간의 유사도 값에 따라서 비교하는 연산자이다. 예를 들어, O_i^Q 이 A%B 이고 O_j^m 가 A∩B 이면 표 1에 따라서 두 객체가 중첩되어 있음을 나타내는 "%" 연산자와 두 객체가 서로 위아래에 있음을 나타내는 "∩"간의 연산자 유사도 값 0.33을 얻을 수가 있다. 질의와 데이터베이스 내의 이미지가 유사할수록 결과 값은 커지게 되어 있다. 즉, 질의와 여러 이미지에 위의 식을 적용했을 때의 가장 큰 결과 값이 나오는 이

표 3 위치 연산자간의 유사도

| SIM | < | ∩ | ∧ | > | ∪ | ∩ | ∪ | % | / | U | ∩ |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| < | 1 | 0.67 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.67 | 0.33 | 0.67 |
| ∩ | 0.67 | 1 | 0.67 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0 | 0.67 | 0.33 | 0.33 | 0.33 |
| ∧ | 0.33 | 0.67 | 1 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 |
| > | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 1 | 0.67 | 0.33 | 0 | 0.67 | 0.33 | 0.33 | 0.67 |
| ∪ | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.67 | 1 | 0.67 | 0 | 0.67 | 0.33 | 0.33 | 0.67 |
| ∩ | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.67 | 1 | 0.33 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.33 |
| % | 0.33 | 0 | 0.33 | 0 | 0 | 0.33 | 1 | 0.33 | 0.33 | 0.67 | 0.33 |
| / | 0.67 | 0.67 | 0.33 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.33 | 1 | 0.67 | 0.67 | 0.67 |
| U | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 1 | 0.33 |
| ∩ | 0.67 | 0.33 | 0.33 | 0.67 | 0.67 | 0.33 | 0.33 | 0.67 | 0.33 | 0.33 | 1 |

미지가 사용자 질의와 유사하다고 할 수 있다.

3.3 이미지 객체의 주석 표현

이미지 객체가 가지고 있는 특성들을 주석처리 하기 위해서, 본 논문에서는 현재 표준이 된 웹 상의 표현 방식인 XML(extensible Markup Language)을 사용한다. XML을 이용하여 주석처리를 하게 되면 구조화된 질의가 가능하기 때문에 기존의 내용(content)기반 검색보다 더 높은 효율성을 얻을 수 있다.

그림 5의 질의 이미지에서 각 이미지 객체가 가지고 있는 색상, 키워드, 위치정보에 대해서 XML을 이용하여 자동으로 주석 처리된 결과가 부록 1과 2에 나와 있다.

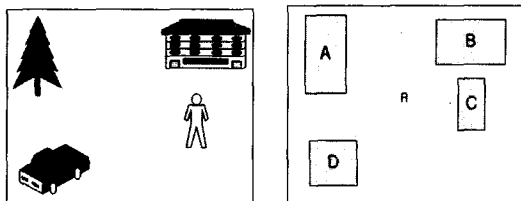


그림 5 질의 이미지와 ROI

“<node ID>”는 사용자가 질의 이미지에 관심영역을 지정했을 때, 각각의 영역 하나가 ID가 되는 것이다. 그림 5에서는 총 5개의 ID(기준점 R포함)를 표현할 수가 있다. 이렇게 5개의 노드 ID를 이용해서 이미지 객체간의 공간 관계를 XML로 표현할 수 있다. 또한 여기서 사용되는 “IDREF”는 문서내의 다른 엘리먼트 ID를 연결하는 속성타입으로써, 각 부모가 정해진 수의 자식을 가지고 있는 XML 문서에서 이것을 사용해서 부모와 자식을 연결시킬 수가 있다.

“<node ID>”에 해당하는 이미지 객체를 기준으로 다른 객체간의 공간 관계를 나타내는데, 이미지 객체의 수가 증가하게 되면 객체들 간의 공간 관계를 나타내기 위한 코드의 길이가 늘어나 복잡해지지만, 연산자간의 추이적 특성을 이용하게 되면 보다 간결해진다.

부록 2에 나와 있는 색상과 키워드에 대한 주석처리 코드를 보면 색상 값을 RGB 세 가지로 나누어 수치화 시킨 것을 볼 수가 있다. 이것은 사용자가 Query Canvas를 통해서 여러 가지 색상을 자유롭게 선택할 수 있으며, 총 256 가지의 색상을 표현할 수 있다.

키워드는 관심영역에 포함되어 있는 이미지 객체에 대해서 사용자가 객관적으로 키워드를 줄 수가 있는 것으로, 검색 시에 보다 정확한 결과를 얻을 수 있도록 한다.

4. 실험 결과

본 논문에서는 이미지간의 공간 유사도와 주석을 이용한 검색 기법을 제안하고, 이것을 기반으로 보다 진보된 형태의 이미지 검색 시스템을 구현하였다.

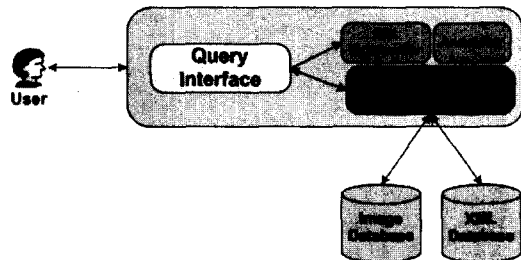


그림 6 이미지 검색 시스템 구조

그림 6에서 나타나듯이 구현 시스템은 크게 이미지 객체간의 공간 관계를 분석하는 모듈과 질의와 브라우징을 제공하는 모듈로 나누어져 있고, 각 모듈의 컴포넌트에는 Query Interface, ROI representer, Annotator, Spatial Analyzer와 같은 여러 개의 컴포넌트로 구성되어 있다.

구현 시스템은 이미지와 윈도우 디스플레이와 같은 API를 사용해서 구현되었기 때문에 Java 2D와 JAI (Java Advanced Imaging)[10]을 사용하였고, 공간정보와 다른 특징(색상, 키워드)을 저장하기 위해서 XML 전용 데이터베이스인 eXcelon을 사용하였다.

그림 7은 구현된 이미지 검색 시스템의 실제 실행 예를 보여준다.



그림 7 이미지 검색 시스템 실행 예

실행 윈도우상에서 오른쪽의 원본 이미지에 사용자가

표 6 질의 결과

| # | Spatial Constraint | Color | Keyword | Retrieved | Relevant | Precision |
|---|--------------------|-------|----------------|-----------|----------|-----------|
| 1 | "_" | | Castle | 53 | 23 | 43.4 |
| 2 | "_" | Green | Tree | 366 | 23 | 6.2 |
| 3 | "_" | Green | Castle Tree | 35 | 23 | 65.7 |
| 4 | Left or Right | Green | Castle Tree | 24 | 23 | 95.8 |

관심영역을 선택하게 되면 왼쪽에는 이에 따르는 ROI 이미지가 엷지가 검출된 상태로 나타나게 된다.

그 아래의 화면에서는 사용자가 선택한 ROI 영역간의 공간관계 그래프와 각 이미지 객체에 주석처리를 할 수 있는 인터페이스가 있다.

실험을 위해 20,000개의 이미지로 구성되어 있는 Corel 이미지 중에서 1000개의 이미지에 대해서 이미지 객체간의 공간관계와 특징에 대한 처리과정을 거쳐 eXcelon 데이터베이스에 저장하였다. 그림 9는 질의 분

석기와 질의 결과 화면을 나타낸다.

공간관계에 의한 질의, 색상과 키워드에 의한 질의, 이것을 모두 이용한 복합질의 등 여러 가지 질의 조건에 따라서 검색을 수행하였고, 검색 효율을 평가하기 위해 재현율(Recall)과 정확률(Precision)을 측정한다.

표4는 “성 옆에 녹색나무가 서 있는 이미지를 찾아라”라는 질의에 따라서 수행된 검색결과를 나타낸다. 데이터베이스 내에서 질의에 정확히 부합하는 이미지는 23개 있다.

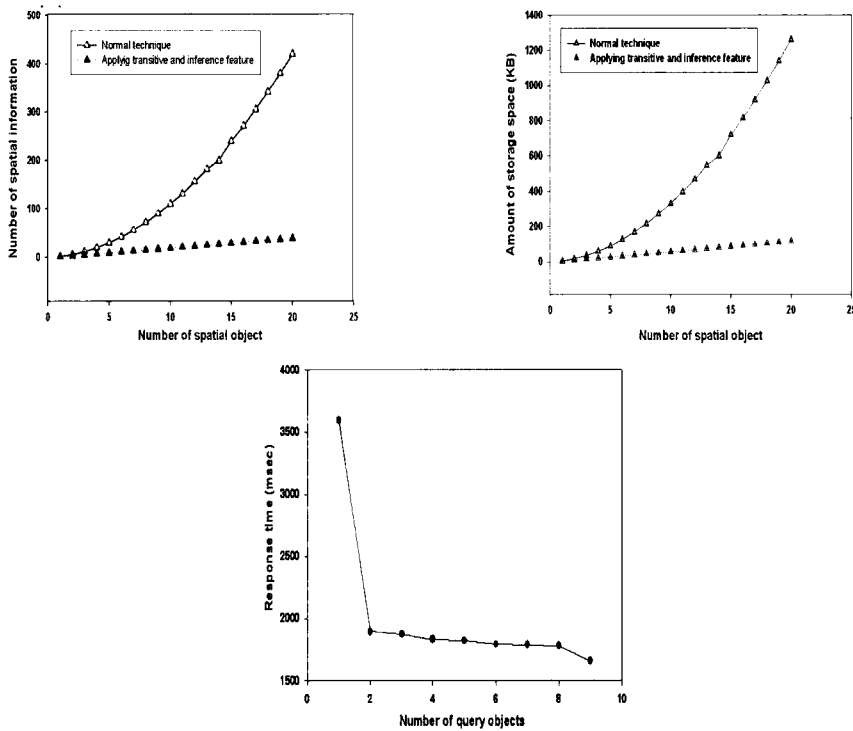


그림 8 실험결과 그래프

표를 보면 알 수 있듯이 질의 1-3은 키워드와 색상을 이용한 검색이고, 질의 4는 색상과 키워드뿐만 아니라 공간정보의 조합을 이용한 복합질의에 대한 검색이다. 색상 "Green"과 키워드 "Castle"과 "Tree" 그리고 공간 정보인 "Left" 또는 "Right"를 이용하고 있는 질의 4가 가장 정확하고, 키워드와 색상에 의한 검색은 그다지 정확하지 않다는 것을 알 수가 있다.

그림 8은 실험을 통한 객체의 개수에 따른 공간정보의 수와 저장공간과 질의 오브젝트의 수에 따른 응답시간(검색시간)을 그래프로 나타낸 것으로, 추이와 유추의 특성을 적용하였을 때 공간정보의 수와 저장공간에서 그렇지 않았을 때 보다 훨씬 효율적임을 알 수 있다. 또한 질의 오브젝트의 수가 증가하게 되면 응답시간이 점점 감소함을 알 수 있다. 여기서 질의 오브젝트란 사용자가 Query canvas를 이용해 그리는 오브젝트를 말하는 것으로 질의 오브젝트의 개수가 증가한다는 것은 사용자가 검색하고자 하는 이미지의 공간관계를 자세하게 묘사한다는 것을 말한다. 그렇기 때문에 질의 오브젝트의 수가 적으면 적을수록 질의 이미지와 데이터베이스 이미지와의 비교 연산이 증가하기 때문에 응답시간이 증가한다.

5. 결론

질의 이미지를 사용자가 직접 작성하도록 하는 내용 기반 이미지 검색 시스템은 질의 이미지의 부정확성으로 인한 특성의 왜곡 현상을 해결해야 한다. 그 중 공간

정보의 왜곡을 완화하기 위해서는 이미지 객체간의 위치 관계를 비교하는 기법이 많이 사용된다. 본 논문에서는 이와 같이 객체간의 위치 관계를 10가지로 나누어 이미지를 검색하는 공간 유사도 기법과 각 객체가 가지고 있는 특징들과 공간 유사도 기법을 통해 얻을 수 있는 공간 정보를 주석 처리하는 기법을 제안하였고, 이러한 기법을 이용한 검색 시스템을 구현하였다. 제안된 공간 유사도 기법은 이미지 객체간의 x, y좌표 값에 따라서 객체의 위치가 달라지고, 이러한 객체들 간의 공간 관계를 기준점이 되는 객체에 따라서 비교를 하게 된다. 객체들 간의 공간 관계는 객체들의 수가 증가하게 되면, 공간 관계의 수도 증가하기 때문에 연산자간의 추이적 특성을 이용해 존재하는 추이성을 모두 제거함으로써 최소 공간 관계를 얻을 수가 있다. 또한 위치 연산자간에 유사도 값을 정의함으로써 질의와 데이터베이스 내의 이미지간의 유사도를 수치화 함으로써 보다 정확한 결과 값을 얻을 수가 있다.

실험 결과에서 알 수 있듯이, 공간정보와 색상이나 키워드 같은 특징을 복합적으로 이용하여 질의를 처리할 경우 정확도가 높아짐을 알 수 있다.

위치관계의 비교 횟수와 함께, 이미지 데이터베이스의 인덱싱 역시 검색의 효율을 결정짓는 중요한 요소이다. 향후에는 구현된 시스템에 다차원 인덱싱 기법을 적용하여 대용량의 이미지 데이터에 대해서도 효율적인 검색이 가능하도록 할 것이다.

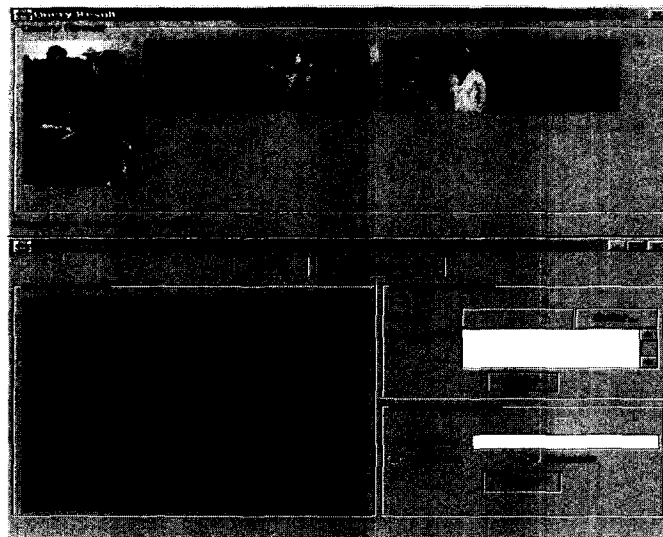


그림 9 질의 분석기와 결과화면

참 고 문 헌

- [1] A. Pentland, R. Picard and S. Sclaroff, "Photobook: Content-based manipulation of image databases," SPIE Proc. Storage of Retrieval for Image and Video Databases, February 1994.
- [2] S. Sclaroff, L. Taycher, and M. La Cascia, "Imageover: A content-based image browser for the world wide web," Proc. IEEE Workshop on Content-based Access of Image and Video Libraries, June 1997.
- [3] V. E. Ogle and M. Stonebraker, "Chabot: Retrieval from a Relational Database of Images," IEEE Computer, Vol. 28, No. 9, September 1995.
- [4] W. Niblack, et al. "The QBIC project: Query images by content using color, texture and shape," SPIE V 1908, 1993.
- [5] K. Tan, B. Ooi and C. Yee, "An Evaluation of Color-Spatial Retrieval Techniques for Large Image Databases," Multimedia Tools and Applications, Vol. 14, pp. 55-78, 2001.
- [6] A. Gupta and R. Jain, "Visual information retrieval," Comm. Assoc. Comp. Mach., May 1997.
- [7] S. Chang, Q. Shi and S. Yan, "Iconic indexing using 2-D strings," IEEE Trans. on Pattern Analysis & Machine Intelligence, Vol. 9, No. 3, pp. 413-428, 1987.
- [8] M. Stricker and M. Orengo, "Similarity of Color Images," SPIE Proc. Series Vol. 2420, pp. 381-392, 1995.
- [9] C. Carson, S. Belongies, H. Greenspan and J. Malik, "Region-based image querying," Proc. IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries, June 1997.
- [10] L. H. Rodrigues, Building Imaging Applications with Java Technology, Addison Wesley, 2001.
- [11] R. Weiss, A. Duda, and D. K. Gifford, "Content Based Access to Algebraic Video," Proc. IEEE Conference on Multimedia Computing and Systems, Boston, May 1994.
- [12] S. Lee and E. Hwang, "Spatial Similarity and Annotation-Based Image Retrieval System", IEEE Fourth International Symposium on Multimedia Software Engineering, Newport Beach, CA, December 2002.
- [13] M. Nabil, A.H.H. Ngu, and J. Shepherd, "Picture Similarity Retrieval Using the 2D Projection Interval Representation," IEEE Trans. Knowledge and Data Eng., vol. 8, no. 4, pp 533-539, Aug. 1996.

〈부 록 1〉

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<special_info>
  <node ID="0"/> // node ID="0"은 기준점R을 나타낸다.
  <node ID="1"/> // node ID="1"은 A를 나타낸다.
    <relation IDREF="0">left_upper</relation>
    <relation IDREF="2">left_upper</relation> // node ID="2"은 B를 나타낸다.
    <relation IDREF="3">left_upper</relation> // node ID="3"은 C를 나타낸다.
    <relation IDREF="4">right_upper</relation> // node ID="4"은 D를 나타낸다.
  </node>
  <node ID="2">
    <relation IDREF="0">right_lower</relation>
    <relation IDREF="1">right_lower</relation>
    <relation IDREF="3">left_lower</relation>
    <relation IDREF="4">right</relation>
  </node>
  <node ID="3">
    <relation IDREF="0">right</relation>
    <relation IDREF="1">right_lower</relation>
    <relation IDREF="2">right_upper</relation>
    <relation IDREF="4">right_upper</relation>
  </node>
  <node ID="4">
    <relation IDREF="0">left_lower</relation>
    <relation IDREF="1">left_lower</relation>
    <relation IDREF="2">left</relation>
    <relation IDREF="3">left_lower</relation>
  </node>
</special_info>
```

〈부 록 2〉

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<annotation ref="example.jpg"> // 주석처리할 이미지 이름
  <node ID="1">
    <color>82 159 69</color> // 색상정보 값
    <keyword>test</keyword> // 키워드 값
    <description/>
  </node>
  <node ID="2">
    <color>231 229 230</color>
```

```

    <keyword>test</keyword>
    <description/>
  </node>
<node ID="3">
  <color>251 56 23</color>
  <keyword>test</keyword>
  <description/>
</node>
<node ID="4">
  <color>235 199 167</color>
  <keyword>test</keyword>
  <description/>
</node>
</annotation>

```



이 수 철

1998년 한남대학교 컴퓨터 공학과(학사).
1998년~2000년 아주대학교 정보통신 전문대학원(석사). 2000년~현재 아주대학교 정보통신 전문대학원 박사과정. 관심 분야는 데이터베이스, 멀티미디어 시스템, 정보 통합, XML 응용



황 인 준

1988년 서울대학교 컴퓨터공학과(학사).
1990년 서울대학교 컴퓨터공학과(석사).
1998년 Univ. of Maryland at College Park 전산학과(박사). 1998년 6월~1998년 8월 Hughes Research Lab. 연구교수. 1998년 8월~1999년 8월 Bowie State Univ., Assistant Professor. 1999년 9월~2003년 2월 아주대학교 정보통신전문대학원 조교수. 2003년 3월~현재 아주대학교 정보통신전문대학원 부교수. 관심분야는 데이터베이스, 멀티미디어 시스템, 정보 통합, 전자 상거래, XML 응용