

# 공간유사도와 XML을 이용한 이미지 검색기법

이수철<sup>°</sup>, 황인준

아주대학교 정보통신 전문대학원

## Image Retrieval scheme using Spatial Similarity and XML

SooCheol Lee, EenJun Hwang

The Graduate School of Information and Communication, Ajou University

E-mail : {juin, ehwang}@ajou.ac.kr

### 요약

공간 관계는 이미지나 멀티미디어 데이터를 검색하기 위한 시스템에서 오브젝트들을 표현하는 데 중요한 요소이다. 본 논문에서는 기존의 검색 방식과 다르게 이미지에 있는 여러 오브젝트들 간의 공간 관계와 각 오브젝트들이 가지고 있는 특징을 이용한 새로운 방식의 이미지 데이터 검색기법을 제안한다. 이것은 질의와 데이터베이스 내에 있는 이미지들 간의 유사성을 효율적으로 계산하는데 유용하다. 또한 각 오브젝트의 공간정보와 특징들에 대한 정보들이 XML 형태로 주석 처리되어 있기 때문에 이전 검색 기법보다 정확도가 높다. 마지막으로 제안한 검색기법을 이용한 이미지 검색 시스템을 구현하여, 실제 데이터를 검색함으로써 성능을 평가하였다..

### 1. 서론

최근 다양한 분야에서의 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 특성을 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, 오브젝트의 배치 등 다양한

특성을 표현 할 수 있게 되었다. 시스템에 따라 검색의 효율성을 고려하여 이 특성을 중의 일부를 채택하여 사용하게 되는데, 검색의 효율성에는 검색 속도와 검색의 성공률 등이 모두 포함된다. 하지만, 이것은 사용자가 작성한 질의는 검색하고자 하는 목표 이미지와는 전혀 다른 검색 결과가 나올 수 있는 확률이 높다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 이미지 오브젝트간의 공간 관계를 이용한 공간 유사도 기반 이미지 검색(Spatial similarity-based Image Retrieval)기법을 사용한다. 이것은 객체상에서의 위치관계를 2-D string[10]을 사용해 표현해, 질의와 유사한 공간 관계를 가지 이미지를 검색하는 기법이다.

본 논문에서는 공간 유사도와 주석을 이용한 이미지 데이터 검색 기법을 제안한다. 이것은 각 이미지

가 가지고 있는 오브젝트들 중에 사용자가 원하는 오브젝트를 분리하고, 분리된 오브젝트들간의 공간 관계를 분석한다. 또한, 분석된 데이터 값은 XML을 이용해 주석 처리됨으로써 보다 정확하고 빠른 결과를 얻을 수 있다.

## 2. 관련연구

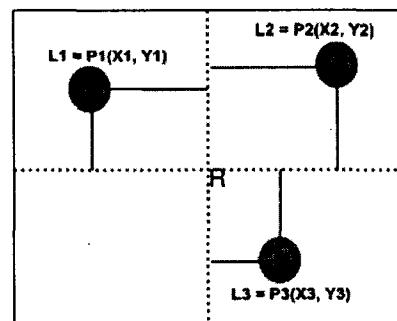
QBIC[12]은 내용기반 검색을 이용한 대표적인 시스템으로 이미지를 효율적으로 관리, 조직하고 탐색하는 도구이다. IBM에서 개발되었으며, 데이터베이스에 저장된 이미지에 대해 시각적인 내용으로 질의를 할 수 있다. 이미지에 포함된 객체는 다르지만 색상이 유사한 경우 더 정확한 질의를 하기 위해 키워드나 텍스트를 사용한다. 또 다른 내용기반 검색 시스템들은 보다 정확한 이미지 표현방법을 사용하는데 이것으로는 Virage와 Chabot[11]이 있다. 하지만 대부분의 검색 시스템들은 이미지 오브젝트간의 공간 정보에 대해서는 전혀 고려를 하고 있지 않다.

일반적으로 색상과 공간정보를 이용한 검색 기법은 이미지를 여러 개의 영역으로 분할하고 각 영역에서 색상 히스토그램[5] 값을 뽑아내고, 이미지내의 색상의 공간 분포는 각 영역에서 색상의 교차점에 의해 표현된다. Quad-tree[8]를 기반으로 한 영역기반 이미지 검색기법에서는 동종의 이미지 오브젝트 클러스터를 얻기 위해 오브젝트들을  $2N \times 2N$ 개의 이진배열로 이미지를 표현하게 된다. 2D-String을 이용한 공간관계 표현기법은 x축과 y축에 따라서 이미지 오브젝트를 표현하는 것으로 이미지에 있는 오브젝트간의 방향(direction)관계를 스트링형태로 표현하고, 2D-H, 2D-PIR과 같은 확장된 형태의 오브젝트 표현법이 있다. 2D-H string과 2D string은 단지 방향 관계만을 표현하지만 2D-PIR string은 이미지 오브젝트간의 방향과 위상 관계를 표현함으로써 다른 표현 기법보다 효율성 면에서 뛰어나다.

## 3. 공간 정보 분석

### 3.1 공간 정보의 표현

데이터베이스 내의 모든 이미지들은 각각이 독특한 특성을 가진 오브젝트들로 구성되어 있고, 이러한 오브젝트들간에는 다양한 공간 관계를 가지고 있다. 공간 관계는 상대 좌표와 절대좌표로 표현할 수 있고, 2차원 공간에서 오브젝트  $O$ 의 공간 위치 좌표  $P$ 는 다음과 같이  $P_o = (X_o, Y_o)$ 로 나타낼 수 있다. 각 이미지들은  $n$  개의 이미지 오브젝트를 가지고 있기 때문에  $P = P_1, P_2, \dots, P_n$  개의 위치 좌표를 표현 할 수 있다. 각 위치 좌표에 해당하는 오브젝트에는 의미적(semantic) 정보를 가지고 있기 때문에, 이러한 정보를 주석처리 할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 위치 좌표를 공간 위치 점(spatial location point)라고 명명한다.

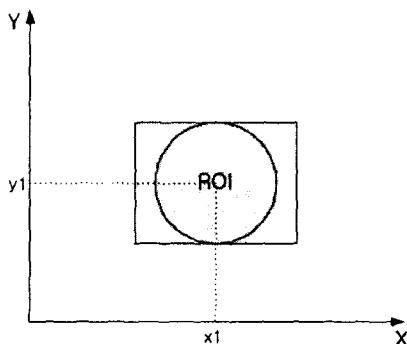


[그림 1] 공간 위치 점

단순화를 위해서 이미지 오브젝트는 하나의 공간 위치 좌표에 의해 표현이 되고, 전체 이미지는 공간 위치 좌표의 집합으로 나타낼 수 있다. 이미지의 공간 위치 점들간의 공간 관계를 표현하기 위해서, 이미지를 같은 크기의 사분 원(quadrants)으로 분해한다. 그림 1은 각각이 다른 사분 원에 위치한 공간 위치 점을 나타낸다. 이것을 기반으로, 본 논문에서는 XY축에 따른 두 객체간의 공간 관계를 표현하기 위해 최소 사각형(MBR: Minimum Bounding Rectangle)[1]과 유사한 개념의 관심영역(ROI: Region of Interest)[4]을 사용한다.

[표 1] 위치 연산자

Notation	Meaning
$A < B$	오브젝트 A는 오브젝트 B의 왼쪽 위에 위치해 있음
$A \wedge B$	오브젝트 A는 오브젝트 B의 왼쪽 아래에 위치해 있음
$A > B$	오브젝트 A는 오브젝트 B의 오른쪽 위에 위치해 있음
$A \vee B$	오브젝트 A는 오브젝트 B의 오른쪽 아래에 위치해 있음
$A \cup B$	오브젝트 A는 오브젝트 B의 위에 위치해 있음
$A \cap B$	오브젝트 A는 오브젝트 B의 아래에 위치해 있음
$A \sqsubset B$	오브젝트 A는 오브젝트 B의 오른쪽에 위치해 있음
$A \sqsupset B$	오브젝트 A는 오브젝트 B의 왼쪽에 위치해 있음
$A / B$	오브젝트 A 또는 B는 중심점 R에 위치해 있음
$A \% B$	오브젝트 A는 오브젝트 B와 중첩되어 있음



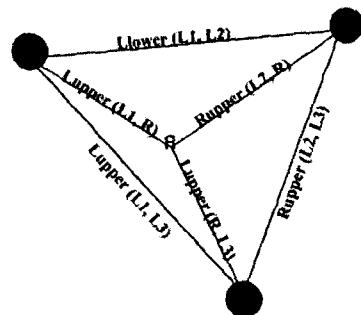
[그림 2] ROI를 이용한 공간 관계

그림 2는 이미지에 있는 오브젝트의 관심영역을 이용한 공간 관계를 나타낸다. XY 좌표값은 ROI에 포함되어 있는 이미지 오브젝트의 중심 좌표를 나타내고, 객체간의 공간 관계를 표현하기 위해 *Lupper*, *Llower*, *Rupper*, *Rlower*, *Upper*, *Below*, *Right*, *Left*, *Center*, *Overlap*의 10개의 위치 연산자를 이용한다.

연산자들은 이미지 오브젝트간의 XY 좌표값을 비교함으로써 얻을 수가 있는데, 각 연산자들을 기호로 표현하면 *Lupper*는 "<", *Llower*는 "^", *Rupper*는 ">", *Rlower*는 "v", *Upper*는 "U", *Below*는 "n"로 하며 *Right*는 "]", *Left*는 "[", *Center*는 "/", 마지막으로 *Overlap*은 "%"로 표현한다.

10개의 연산자를 정리해보면 표 1과 같다.

n개의 오브젝트들로 구성된 이미지가 있다고 가정할 때, 그래프를 이용해서 오브젝트간의 공간 관계를 정의 할 수가 있는데, 이것을 공간 레이블 그래프(spatial labeled graph)라고 한다. 그림 3은 공간 레이블 그래프를 나타낸다.



[그림 3] 공간 레이블 그래프

#### [정의 1]

공간 레이블 그래프(spatial labeled graph)란 그래프내의 각 에지에 레이블이 지정되어 있는 방향성 그래프(directed graph)로써 두 개의 원소로 이루어진 순서쌍(tuples)  $G = \langle V, Rel \rangle$ 으로 구성되어 있다. 각 순서쌍은,  $V$ 는 이미지 오브젝트를 나타내는 노드의 집합.  $Rel: E \rightarrow V^n$ 은 각 에지( $E$ )에 연결된

노드간의 공간 관계를 나타내는 함수

공간 위치점 R은 기준 점(fiducially point)을 의미하고, R에 따라서 세 개의 오브젝트들간에는 서로 다른 공간 관계를 표현할 수가 있다. 그럼 3의 오브젝트간의 공간 관계를 정의 1에 따라서 표현하면 다음과 같다.

$$V = L_1, L_2, L_3$$

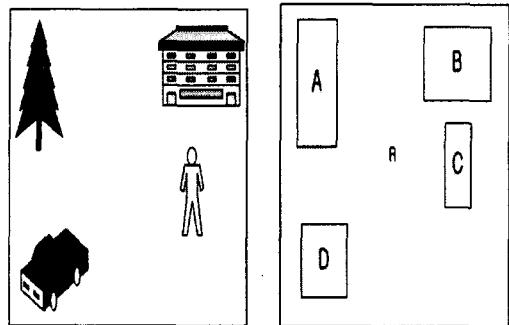
$$\begin{aligned} Rel = & L_1 > L_2, L_1 \vee R, L_1 \vee L_3, L_2 \wedge L_1, \\ & L_2 \wedge R, L_2 \wedge L_3, L_3 < L_1, L_3 > L_2, L_3 < L_1, \\ & R < L_1, R > L_2, R \vee L_3 \end{aligned}$$

본 논문에서는 이미지의 관심영역(ROI)를 이용한 위치정보의 부정확성을 배제하기 위하여 이미지의 중심점 좌표를 직접 이용해 위치 관계를 표현하였다. 하지만 이 기법의 문제는 위치관계가 이미지 오브젝트의 개수에 따라 비약적으로 증가한다는 점이다. 오브젝트의 개수를 n이라 하면 그림 3의 공간 관계 그래프에서 볼 수 있듯이 이미지 오브젝트간의 공간 관계는  $n^2$ 이 되므로, 저장 공간이나 액세스 시간에서 문제가 생길 수밖에 없다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 공간 관계 그래프의 추이적(transitive) 특성을 이용해 이미지 오브젝트간의 공간 관계의 수를 줄일 수가 있다. 특히 위치 연산자 <, ^, V, >, U, O, [ ], %은 추이적 특성을 가지고 있다. 예를 들어 두 오브젝트 A와 B의 공간 관계가 A < B이고 B < C이면 A < C이기 때문에 나중의 공간 관계를 고려할 필요가 없다. 또한 몇몇 공간 관계는 다른 것으로부터 유추(inference)할 수가 있는데, A / B이고 B / C이면 A % C임을 유추할 수가 있다. 이와 같이 공간 관계 그래프의 추이성과 유추를 통해서 이미지 오브젝트간의 공간 관계의 수를 줄일 수가 있고, 저장공간과 액세스 시간의 효율성을 극대화 할 수 있다.

### 3.2 이미지 오브젝트의 주석 표현

이미지 오브젝트가 가지고 있는 특성들을 주석처리하기 위해서, 본 논문에서는 현재 표준이 된 웹 상의

표현 방식인 XML(Extensible Markup Language)을 사용한다. XML을 이용하여 주석처리를 하게되면 구조화된 질의가 가능하기 때문에 기존의 내용(content)기반 검색보다 보다 높은 효율성을 얻을 수가 있다.



[그림 4] 질의 이미지와 ROI

<node ID>는 사용자가 질의 이미지에 관심영역을 지정했을 때, 각각의 영역 하나가 ID가 되는 것이다. 그림 4에서는 총 5개의 ID(기준점 R포함)를 표현할 수가 있다. 이렇게 5개의 노드의 ID를 이용해서 이미지 오브젝트간의 공간관계를 XML로 표현 할 수 있다. 또한 여기서 사용되는 "IDREF"는 문서내의 다른 엘리먼트 ID를 연결하는 속성타입으로써, 각 부모가 정해진 수의 자식을 가지고 있는 XML문서에서 이것을 사용해서 부모와 자식을 연결시킬 수가 있다.

<node ID>에 해당하는 이미지 오브젝트를 기준으로 다른 오브젝트간의 공간 관계를 나타내는데, 이미지 오브젝트의 수가 증가하게 되면 오브젝트들간의 공간 관계를 나타내기 위한 코드의 길이가 늘어나 복잡해지지만, 연산자간의 추이적 특성을 이용하게 되면 보다 간결해진다.

### 4. 실험 결과

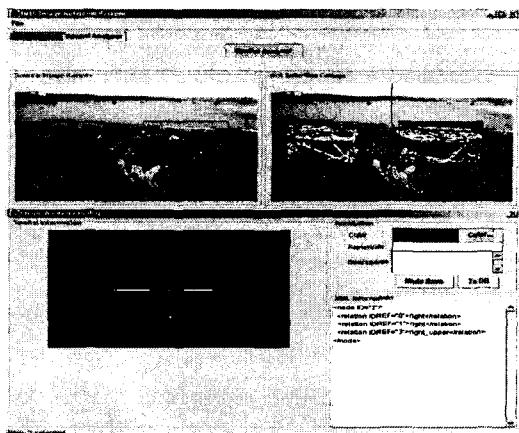
본 논문에서는 이미지간의 공간 유사도와 주석을 이용한 검색 기법을 제안하고, 이것을 기반으로 보다 진보된 형태의 이미지 검색 시스템을 구현하였다.

[표 2] 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 and Tree	35	23	65.7
4	Left or Right	Green	Castle and Tree	24	23	95.8

구현된 이미지 검색 시스템은 이미지 오브젝트간의 공간 관계를 분석할 수 있는 부분, 질의와 브라우징을 할 수 있는 GUI로 나뉘어져 있다. 본 시스템은 이미지와 윈도우 디스플레이와 같은 API를 사용해서 구현되었기 때문에 Java 2D[6]와 JAI(Java Advanced Imaging)를 사용하였고, 공간정보와 다른 특징(색상, 키워드)을 저장하기 위해서 XML전용 데이터베이스인 eXcelon을 사용하였다.

그림 5는 구현된 이미지 검색 시스템의 실제 실행 화면을 보여준다.



[그림 5] 이미지 검색 시스템의 실행 화면

실행 화면에서 오른쪽의 원본 이미지에서 사용자가 관심영역을 선택하게 되면 원쪽에는 이에 따르는 ROI 이미지가 Edge detection된 상태로 나타나게 된다. 그 아래의 화면에서는 사용자가 선택한 ROI 영역간의 공간관계 그래프와 각 이미지

오브젝트에 주석처리를 할 수 있는 인터페이스가 있다.

실험을 위해 20,000개의 이미지로 구성되어 있는 Corel 이미지 중에서 1000개의 이미지에 대해서 이미지 오브젝트간의 공간관계와 특징에 대한 처리과정을 거쳐 eXcelon 데이터베이스에 저장하였다. 공간관계에 의한 질의, 색상과 키워드에 의한 질의, 이것을 모두다 이용한 복합질의 등 여러 가지 질의 조건에 따라서 검색을 수행하였고, 검색 효율을 평가하기 위해 재현율(Recall)과 정확률(Precision)을 사용한다.

표 2는 “성 옆에 녹색나무가 서 있는 이미지를 찾아라”라는 질의에 따라서 수행된 검색결과를 나타낸다. 데이터베이스 내에서 질의에 정확히 부합하는 이미지는 23개가 있다.

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 공간정보인 “Left” 또는 “Right”를 이용하고 있는 질의 4가 가장 정확하고, 키워드와 색상에 의한 검색은 그다지 정확하지 않다는 것을 알 수가 있다.

## 5. 결 론

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 오브젝트간의 위치 관계를 비교하는 기법을 많이 사용한다. 본 논문에서는 이와 같이 오브젝트간의 위치 관계를 10가지로 나누어 이미지를 검색하는 공간 유사도 기법과 각 오브젝트가 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 오브젝트간의 x, y좌표 값에 따라서 오브젝트의 위치가 달라지게 되고, 이러한 오브젝트들간의 공간 관계를 기준점이 되는 오브젝트에 따라서 비교를 하게 된다. 오브젝트들간의 공간 관계는 오브젝트들의 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 이용해 질의를 하게 되면은 정확도가 높아짐을 알 수가 있었다. 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.

### [참고문헌]

- [1] A. Guttman, "R-Trees:Dynamic Index Structure for Spatial Searching," Proc. of the ACM SIGMOD Conf. on Management of Data, Boston, Mass, June 1984.
- [2] A. Gupta and R. Jain, "Visual information retrieval," Comm. Assoc. Comp. Mach., May 1997.
- [3] 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.
- [4] C. Carson, S. Belongie, H. Greenspan and J. Malik, "Region-based image querying," Proc. IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries, June 1997.
- [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] L. H. Rodrigues, Building Imaging Applications with Java Technology, Addison Wesley, 2001.
- [7] M. Stricker and M Orengo, "Similarity of Color Images," SPIE Proc. Series Vol. 2420, pp. 381-392, 1995.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] V. E. Ogle and M. Stonebraker, "Chabot: Retrieval from a Relational Database of Images," IEEE Computer, Vol. 28, No. 9, September 1995.
- [12] W. Niblack, et al. "The QBIC project: Query images by content using color, texture and shape," SPIE V 1908, 1993.