

객체 위치 관계의 8AB 표현을 이용한 내용 기반 영상 검색 기법

(Content Based Image Retrieval using 8AB Representation of
Spatial Relations between Objects)

주 찬 혜 [†] 정 진 완 ^{**} 박 호 현 ^{***} 이 석 룡 ^{****} 김 상 희 ^{*****}
(Chan-Hye Joo) (Chin-Wan Chung) (Ho-Hyun Park) (Seok-Lyong Lee) (Sang-Hee Kim)

요 약 내용 기반 영상 검색(CBIR)은 영상 내용의 특성 기술을 이용하여 영상을 저장하고 검색하는 기법이다. 좀더 정확한 영상 검색을 지원하기 위하여 영상 내용을 좀 더 효과적으로 기술할 수 있는 특성의 개발이 필요하게 되었다. 현재 주로 사용되고 있는 낮은 레벨의 색상, 질감, 형태 등의 특성은 인간의 인지와 직접적으로 연관이 되지 않으며, 여러 개의 객체가 포함되어 있는 영상은 잘 기술하지 못한다는 단점을 가진다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 영상 검색 분야의 연구는 높은 레벨의 특성에 대한 연구로 진행되게 되었다. 높은 레벨의 특성은 좀 더 인간의 인지와 유사한 형식으로 영상을 기술하며, 대표적인 특성으로는 객체 간의 위치 관계 표현 등이 있다. 하지만 객체 간의 위치 관계 표현에 대한 이전의 연구들은 회전된 영상은 검색하지 못한다는 단점이 있다. 하지만 회전 불변(rotation invariant)은 정확한 영상 검색을 위한 특성 기술에 있어 중요하다. 본 논문에서는 객체 간의 위치 관계를 효과적으로 표현하기 위한 높은 레벨의 특성인 8AB(8 Angular Bin)라는 새로운 기법을 제안한다. 8AB 기법은 회전 불변을 지원한다. 제안한 기법을 이용한 유사도 계산 및 검색 기법 역시 제안되었다. 또한 본 논문에서는 검색 시간을 단축하기 위한 검색 공간 축소 기법을 제안하였다. 이러한 기법들을 이용하여 실제 데이터와 합성 데이터를 사용한 실험을 행하여 제안된 기법의 유효성 및 검색 공간 축소 기법의 성능을 보였다.

키워드 : 내용 기반 영상 검색, 위치 관계, 모양 특성

Abstract Content Based Image Retrieval (CBIR) is to store and retrieve images using the feature description of image contents. In order to support more accurate image retrieval, it has become necessary to develop features that can effectively describe image contents. The commonly used low-level features, such as color, texture, and shape features may not be directly mapped to human visual perception. In addition, such features cannot effectively describe a single image that contains multiple objects of interest. As a result, the research on feature descriptions has shifted to focus on higher-level features, which support representations more similar to human visual perception like spatial relationships between objects. Nevertheless, the prior works on the representation of spatial relations still have shortcomings, particularly with respect to supporting rotational invariance. Rotational invariance is a key requirement for a feature description to provide robust and accurate retrieval of images.

This paper proposes a high-level feature named 8AB (8 Angular Bin) that effectively describes the spatial relations of objects in an image while providing rotational invariance. With this representation, a similarity calculation and a retrieval technique are also proposed. In addition, this paper proposes a search-space pruning technique, which supports efficient image retrieval using the 8AB feature. The

· 본 연구는 한국과학기술원 영상정보특화연구센터를 통한 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

[†] 정 찬 혜 : SK 텔레콤 Service 기술연구원 매니저
sannejoo@sktelecom.com

^{**} 정 진 완 : 한국과학기술원 전자전산학과 교수
chungcw@cs.kaist.ac.kr

^{***} 박 호 현 : 중앙대학교 전자전기공학부 교수

hohyun@cau.ac.kr

^{****} 이 석 룡 : 한국외국어대학교 산업정보시스템공학부 교수
slee@hufs.ac.kr

^{*****} 김 상 희 : 국방과학연구소 지형영상처리팀 책임연구원
falcon@add.re.kr

논문접수 : 2006년 8월 8일

심사완료 : 2007년 5월 15일

8AB feature is incorporated into a CBIR system, and the experiments over both real and synthetic image sets show the effectiveness of 8AB as a high-level feature and the efficiency of the pruning technique.

Key words : CBIR, Shape feature, image retrieval, spatial relation

1. 서론

최근 컴퓨터 및 디지털 카메라 등의 하드웨어 및 네트워크 환경의 발전으로 인하여 기존에 존재하던 단순한 문자, 수치 데이터뿐만이 아니라 영상 및 음성, 동영상 등의 멀티미디어 데이터의 생성 및 접근이 용이하게 되었다.

이에 따라 여러 가지 멀티미디어 데이터들이 대량으로 생성되어 이용되고 있다. 이러한 멀티미디어 데이터 중에서도 특히 많이 이용되고 있는 것은 영상(Image) 데이터이다. 영상 데이터는 다른 멀티미디어 데이터에 비해 작은 용량을 가지고 있으며, 생성 및 접근이 용이하며, 같은 양의 문자 데이터보다 더 많은 정보를 표현할 수 있고 인간에게 더욱 친숙하고 인식이 편하다는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점으로 인하여 영상 데이터의 양은 기하급수적으로 늘어나고 있는 실정이기 때문에, 사용자가 필요로 하는 영상 데이터를 효과적이고 효율적으로 검색할 수 있는 기법이 필요하게 된다. 영상 데이터를 검색하기 위한 기본적인 방법으로는 제목이나 영상에 첨부된 주석을 기반으로 검색하는 기법이 있으나, 보다 효과적인 검색을 위해서는 단순한 주석이나 제목 기반의 검색보다는 영상 자체에 대한 정보를 효과적으로 표현하고 저장하여 검색하는 기법이 필요하게 된다. 영상 자체의 정보를 표현하고 저장하여 검색에 이용하는 기법인 내용 기반 영상 검색 시스템(CBIR : Content Based Image Retrieval)은 현재 멀티미디어 데이터베이스 분야에서 많은 연구가 이루어지고 있는 분야 중 하나이다. 대표적인 내용 기반 영상 검색 시스템으로는 QBIC[1], VisualSEEK[2], PLASTIQUE[3], MARS[4] 등이 있으며 우리나라에서도 COSMIC[5], SCARLET[6] 등의 내용 기반 영상 검색 시스템이 개발되어 있다.

효과적인 내용 기반 영상 검색 시스템의 개발을 위해서는 영상이 의미하는 내용에 대한 적당한 표현이 중요하다. 영상 데이터의 효과적인 표현을 위하여 시스템에서는 보통 한 영상 당 여러 개의 특성(Feature) 정보를 자동/수동적으로 추출하여 저장하며, 추후 이러한 특성 정보들을 이용하여 사용자가 원하는 영상을 검색한다. 내용 기반 영상 검색 시스템에서 주로 사용되는 특성 정보로는 색상, 질감, 형태 등의 낮은 수준의 특성 정보와 영상 내의 객체 간의 위치 관계 등의 보다 높은 수준의 특성 정보가 있다. 현재 구현된 많은 시스템들은

색상, 질감, 형태 등의 낮은 수준의 특성 정보를 이용하여 유사 영상들을 검색하지만, 낮은 수준의 특성 정보는 인간이 인식하는 특성과 매우 다를 수 있다는 단점이 있다. 이러한 낮은 수준의 특성 정보의 단점을 보완하기 위하여 근래에는 좀 더 인간의 인지에 가까운 높은 수준의 특성 정보를 생성하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

특히, 높은 수준의 특성 정보 가운데에서도 영상 내의 객체들 간의 위치 관계를 수치적으로 나타내어 사용하려는 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 영상 내의 객체들의 위치 관계를 효과적으로 표현할 경우 그 특성 정보는 인간의 인지와 비슷하게 영상을 인지할 수 있는 특성을 가질 수 있기 때문이다. 이러한 연구들의 결과로 영상 내의 객체들의 위치 관계를 문자열을 통하여 간단하게 표현하고 비교할 수 있는 기법들[7-10] 및 객체들을 그래프로 표현하여 비교하는 기법들[11,13] 등 많은 기법들이 개발되었다.

하지만 기존에 존재하는 기법들은 보통 정면에서 촬영한 사진 등의 영상 데이터 셋에 기반하여 연구를 진행하였기 때문에 항공사진 등 회전 가능한 영상에 대한 고려는 부족하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 영상의 회전 및 크기 변화에 상관없이 유사한 영상을 검색할 수 있도록 하는 영상 특성 표현 방법을 제안하고자 한다.

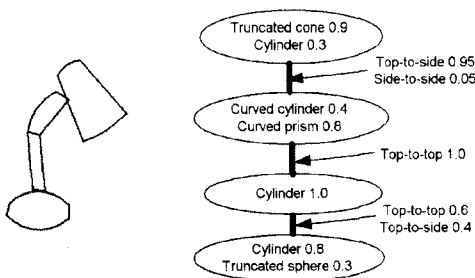
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 내용 기반 영상 시스템 분야에서 이미 제안되어 있는 객체 간의 위치 관계 표현을 통한 특성 추출 기법에 대하여 설명한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 8AB 표현 기법의 기본적인 개념에 대하여 설명한다. 4장에서는 영상 내의 객체에 대한 간단한 형태 특성의 추출과, 8AB 표현 기법을 이용한 객체 간의 위치 관계 특성 추출 방법을 제안한다. 5장에서는 8AB 표현 기법으로 표현된 특성을 기반으로 하여 영상 간의 유사성을 계산하여 비교하는 방법을 설명한다. 6장에서는 8AB 표현 기법에 기반한 실험을 통하여 8AB 기법의 유효성과 효율성을 입증한다. 마지막으로 7장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

본 장에서는 본 논문과 관련된 높은 수준의 특성 추출 기법인 9D-SPA[14]와 Fuzzy graph[11] 기법에 대하여 설명한다.

9D-SPA 기법은 9DLT에서 제안한 객체의 무게 중심을 기준으로 하여 9개의 방향 관계로 객체 간의 위치를 나타내는 기법과 5개의 위상적인 관계(disjoint, meet, partly_overlap, contain, inside)를 통합하여 제안된 기법이다. 9D-SPA 기법은 9DLT 기법의 경우 영상 내의 객체의 약간의 이동에도 관계의 표현이 완전 달라져 유사한 영상으로 인식하지 못한다는 단점을 보완하기 위하여 객체의 무게 중심 대신 객체의 최소 경계 사각형(MBR: Minimum Bounding Rectangle)을 위치 관계 서술의 기준으로 사용하고 있다. 9D-SPA 기법은 영상을 객체의 최소 경계 사각형을 기준으로 한 9개의 영역으로 나누어 다른 객체와의 위치관계를 표시하며, 최종적으로 영상은 객체 간의 위치 관계를 나타내는 여러 개의 튜플(tuple)을 사용하여 기술된다. 9D-SPA 기법은 매우 직관적이고 단순하게 위치 관계를 효과적으로 나타내고 있으나, 객체의 회전 혹은 약간의 변형으로 인하여 최소 경계 사각형이 변화할 경우에는 영상의 분할 양상이 매우 달라져 영상의 표현이 매우 달라질 수 있다는 단점이 존재한다.

Fuzzy graph 기법은 인간은 물체를 인식할 때 정확하게 보다는 불명확한 여러 개의 개념을 섞어서 인식한다는 점에 착안하여 제안된 기법이다. fuzzy graph 기법에서는 영상 내의 각 객체를 fuzzy한 여러 개의 개념으로 인식하며, 객체 간의 위치 관계도 fuzzy한 개념들의 조합으로 나타낸다. 그림 1은 fuzzy graph 기법의 예를 보여준다.



(a) Segmentation된 영상 (b) (a)를 나타내는 Fuzzy graph
 그림 1 fuzzy graph 기법의 예시

3. 8AB 표현 방법

이번 장에서는 8AB 표현 기법의 기본적인 개념을 소개한다. 8AB 표현 기법으로 표현되기 위해서는 영상은 미리 처리되어 영상 내에 존재하는 객체가 모두 인식되어 있어야 한다. 본 장에서는 영상이 미리 처리되어 객체가 모두 인식되었음을 가정하고 진행하도록 하며, 추후 4장에서 객체 인식 방법에 대하여 설명한다.

8AB 표현 기법에서는 객체의 최소경계원(MBC : Minimum Bounding Circle)을 사용하여 객체간의 위치를 표현한다. 이는 최소 경계 사각형으로 객체를 표현할 경우 영상의 회전에 의해 최소 경계 사각형이 변화할 경우에는 영상의 분할 양상이 매우 달라져 영상의 표현이 매우 달라질 수 있다는 점에 착안하여, 영상의 회전에 도 객체를 항상 동일하게 표현할 수 있도록 택한 것이다.

객체 $\{o_1, o_2, o_3, \dots, o_n\}$ 를 포함하는 영상 I의 8AB 표현은 다음과 같다.

$$8AB(I) = \{compactness, relative\ size, centroid_x, centroid_y, diameter, code_{ij}, code_{ji}, edge\ length\}$$

이중 compactness, relative size, centroid_x, centroid_y, diameter는 영상내의 각 객체의 특성 정보를 나타내며, code_{ij}, code_{ji}, edge length는 객체 간의 위치 관계를 나타낸다.

8AB 표현의 각 요소는 다음과 같은 의미를 갖는다.

1. compactness

$$compactness = \{compactness(o_1), compactness(o_2), \dots, compactness(o_n)\}$$

: 각 객체의 조밀도 값을 표현.

2. relative size

$$relativesize = \{relativesize(o_1), relativesize(o_2), \dots, relativesize(o_n)\}$$

: 각 객체의 상대적인 크기를 표현.

3. centroid_x

$$centroid_x = \{centroid_x(o_1), centroid_x(o_2), \dots, centroid_x(o_n)\}$$

: 각 객체의 최소 경계 원(MBC : Minimum Bounding Circle)의 중심점의 x 좌표를 표현.

4. centroid_y

$$centroid_y = \{centroid_y(o_1), centroid_y(o_2), \dots, centroid_y(o_n)\}$$

: 각 객체의 최소 경계 원의 중심점의 y 좌표를 표현.

5. diameter

$$diameter = \{diameter(o_1), diameter(o_2), \dots, diameter(o_n)\}$$

: 각 객체의 최소 경계 원의 반지름을 표현.

6. code_{ij}

$$code_{ij} = \{code_{ij}(o_1, o_2), code_{ij}(o_1, o_3), \dots, code_{ij}(o_{n-1}, o_n)\}$$

: 가능한 모든 객체의 쌍에 대한 o_i→o_j 방향의 code를 표현.

7. code_{ji}

$$code_{ji} = \{code_{ji}(o_1, o_2), code_{ji}(o_1, o_3), \dots, code_{ji}(o_{n-1}, o_n)\}$$

..., code_{ji} (O_{n-1}, O_n)

: 가능한 모든 객체의 쌍에 대한 O_j→O_i 방향의 code를 표현.

8. edge length

edgelen_g = {edgelen_g (O₁, O₂), edgelen_g (O₁, O₃), ..., edgelen_g (O_{n-1}, O_n)}

: 가능한 모든 객체의 쌍에 대한 O_iO_j의 상대적인 길이를 표현.

객체들의 특성정보인 compactness, relative size, centroid_x, centroid_y, diameter에 대해서는 다음 장에서 설명하도록 한다. 이 장에서는 객체 간의 위치 관계를 나타내는 code_{ij}, code_{ji}에 대하여 설명한다.

code_{ij}, code_{ji}는 객체 O_i, O_j 간의 상대적인 위치 관계를 나타낸다. 이 때 code_{ij}는 O_i에서 바라본 O_j의 상대적인 위치를, code_{ji}는 O_j에서 바라본 O_i의 상대적인 위치를 나타낸다. 영상에 n개의 객체가 존재할 경우 가능한 객체 쌍의 수는 $\frac{n \times (n-1)}{2}$ 이므로, code_{ij}, code_{ji}는 각각 $\frac{n \times (n-1)}{2}$ 개 존재한다. 각 code_{ij}는 다음과 같은 절차에 따라 생성된다.

1. 객체 O_i의 최소 경계 원(MBC : Minimum Bounding Circle)을 찾는다.
2. 그림 2와 같이 찾아진 최소 경계 원의 중심점을 기점으로 수직선을 긋고, 수직선으로부터 중심점을 중심으로 45°간격으로 선을 그어 영상을 8개의 영역으로 나눈다. 본 기법의 이름인 8AB(8 Angular Bin)은 위와 같이 영상을 각도를 기준으로 하여 8개의 영역으로 나눔에서 비롯되었다. 이 8개의 영역에 최소 경계 원을 더하여 영상은 총 9개의 영역으로 나뉘게 된다. 각 영역은 최소 경계 원을 0번으로 하여 상단 중간 우측의 영역으로부터 시계 방향으로 1~8번의 번호를 갖는다. 그리고 각 영역에 각각 표 1과 같이 9비트의 부호를 할당한다.
3. code_{ij}는 객체 O_j와 겹치는 모든 영역의 부호의 합이 된다. (이는 객체 O_j가 영역 n과 겹칠 경우 9 비트의 부호 중 n번째 비트를 1로 한 것과 같다.) 예를 들어 그림 2의 경우, 객체 O₁를 중심으로 분할한 영역 중에서 O₂와 겹치는 영역은 영역 3, 영역 4, 영역 5 이므로 code₁₂는 영역 3에 해당하는 부호 000100000, 영역 4의 부호 000010000, 영역 5의 부호 000001000을 모두 합한 000111000이 된다.

위와 같이 영상을 객체의 최소 경계 원의 중심점을 기준으로 하여 45°간격으로 분할하여 영역을 만들었을 경우, 추후 영상 검색에서 회전된 영상도 찾을 수 있다는 장점이 있다. 영상이 45°회전하였을 경우에는 각

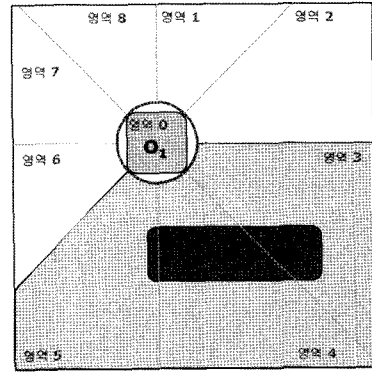


그림 2 8AB 기법의 예시

표 1 각 영역의 부호 할당

영역	부호
영역 0 (O _i 의 최소경계원)	100000000
영역 1	010000000
영역 2	001000000
영역 3	000100000
영역 4	000010000
영역 5	000001000
영역 6	000000100
영역 7	000000010
영역 8	000000001

code는 1 비트씩 이동하게 되므로 이를 고려하여 회전된 영상을 찾을 수 있고, 영상이 45°×n°가 아닌 임의의 각도로 회전했을 경우에도 code 내부의 1의 개수는 항상 ±1의 범위 내에서 변화한다는 사실을 이용하면 영상의 회전에 상관없이 영상을 검색할 수 있다.

4. 8AB 표현 추출

본 장에서는 3장에서 설명한 8AB 표현 기법의 기본 개념을 이용하여 실제 영상에서 8AB 표현을 추출하고 데이터베이스에 저장하는 방법에 대하여 설명한다. 8AB 표현의 추출 과정은 다음과 같다.

1. 영상을 분석하여 객체 부분과 배경 부분으로 각 픽셀을 분리한다.
2. 각 객체의 특성을 추출한다. 객체의 특성을 추출하기 위해서는 우선 객체의 최소 경계 원과 객체의 넓이를 구한다. 그리고 구해진 원과 객체의 넓이를 바탕으로 조밀도와 크기를 구한다. 그리고 구해진 조밀도와 크기를 기반으로 하여 객체의 범주를 계산한다.
3. 가능한 모든 객체 쌍에 대하여 각 객체의 최소 경계 원을 기준으로 하여 객체 간의 위치 관계를 나타내는 부호를 추출한다. 이 과정에서 각 객체 쌍의 상대적인 길이도 구하게 된다.

1, 2의 과정을 통하여 8AB 표현 중 compactness, relative size, centroid_x, centroid_y, diameter의 값이 도출되며, 3의 과정을 통하여 code_{ij}, code_{ji}, edge length의 값이 도출된다.

4.1 객체 인식

영상에서 8AB 표현을 추출하기 위해서는 우선 영상 내에 존재하는 객체를 모두 인식하여야 한다. 본 논문에서는 흑백 영상에서 백색 영역에 포함되어 있는 흑색 영역을 객체라고 설정하였다. 객체 인식을 위해서는 [17]에서 사용한 홀 추출 방법을 사용한다. [17]에서 사용한 홀 추출 방법은 흑백 영상에서 백색 영역에 포함되어 있는 일정 크기 이상의 흑색 영역을 모두 인식한다. 그리고 흑색 영역에서 경계선에 해당하는 픽셀은 회색으로 변화하여 추후 특성 추출 과정에서 사용할 수 있게 한다.

객체를 모두 인식하면 객체의 시작점 위치 순서로 객체에 1부터의 번호를 매겨 후의 과정에서 사용하도록 한다.

4.2 객체 특성 추출

4.1절의 방법을 이용하여 영상 내의 객체를 인식하면 각 객체의 특성을 추출할 수 있다. 본 논문에서 8AB 기법을 위하여 사용하는 특성은 조밀도 및 객체의 상대적인 크기이다. 우선 객체의 최소 경계 원을 찾은 후 그 원에 기반하여 조밀도를 계산하고 객체의 크기를 계산하게 된다.

4.2.1 최소 경계원

객체의 최소 경계 원은 여러 개의 점을 기반으로 빠르고 정확하게 최소 경계 원을 구할 수 있도록 제안된 [15]의 알고리즘을 기반으로 한 Bernd Gärtner의 Smallest Enclosing Balls of Points 코드[16]를 사용하여 구한다. Smallest Enclosing Balls of Points는 입력된 여러 개의 점을 모두 포함하는 최소 크기의 경계 원을 구하는 코드이다. 본 논문에서는 객체 인식과정에서 추출된 객체의 경계선에 해당하는 점들을 모두 입력하여 객체의 경계선의 최소 경계 원을 구한다. 이러한 경계선에 해당하는 점들을 입력 값으로 줄 경우 Smallest Enclosing Balls of Points의 결과로 나오는 값은 주어진 점들의 최소 경계 원의 중심점의 x, y좌표와 원의 반지름 값이며 이 값들은 8AB 표현의 centroid_x, centroid_y, diameter에 각각 입력된다.

4.2.2 상대적인 넓이

8AB에서 객체의 특성으로 사용하는 첫 번째 특성은 객체의 상대적인 넓이이다. 객체에 해당하는 픽셀 개수의 합으로 구할 수 있는 객체의 절대적인 넓이를 특성으로 사용할 경우 영상의 확대/축소에는 대응할 수 없다는 단점이 있기 때문에, 전체 영상의 넓이에 대한 해

당 객체의 넓이의 비율을 구하여 특성으로 사용한다. 한 객체가 가질 수 있는 최대의 넓이는 전체 영상의 크기를 넘어갈 수 없기 때문에, 상대적인 넓이의 최댓값은 1이 된다. 구해진 상대적인 넓이는 8AB 표현의 relative size에 저장된다.

4.2.3 조밀도

4.2.1소절에서 도출한 최소 경계 원과 4.2.2소절에서 계산한 객체의 넓이를 사용하여 객체의 조밀도 값을 계산한다. 조밀도(Compactness) 값은 멀티미디어 데이터베이스 분야에서 많이 사용되는 형태 특성 중의 하나이다. 조밀도를 구하는 식은 다음과 같다.

$$Compactness = \frac{4\pi A}{P^2}$$

이 때 A는 조밀도를 구하는 객체의 넓이, P는 객체의 둘레를 뜻한다. 조밀도는 원의 경우 최대인 1의 값을 가지며 형태가 조밀하지 않을수록 작은 값을 가진다. 픽셀로 이루어져 있는 영상에서 조밀도를 구하기 위하여 객체의 넓이와 둘레를 계산할 경우, 넓이는 단순히 해당 픽셀의 개수로 구할 수 있지만 정확한 둘레는 계산하기 힘들다는 단점이 있다. 단순히 객체의 경계선에 해당하는 픽셀의 개수를 구할 경우 실제 둘레보다 큰 값이 구해지기 때문에 정확하지 않은 조밀도가 계산된다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 본 논문에서는 단순히 객체의 경계선에 해당하는 픽셀의 개수를 구하지 않고, 경계선을 따라가며 직각으로 꺾이는 부분을 제외하면서 둘레를 계산하는 방법을 사용하였다. 이와 같은 과정을 거쳐 구해진 조밀도 값은 8AB 특성의 compactness에 저장된다.

4.2.4 범주 생성

4.2.2소절에서 구한 객체의 상대적인 넓이와 4.2.3소절의 조밀도는 모두 0에서 1 사이의 값을 갖는다는 특징이 있다. 이 특징을 이용하여 8AB 표현에서는 범주를 생성하여 추후 영상 비교에서 사용한다.

범주의 생성 방법은 표 2에 나타나 있다. 밀집도와 상대적인 넓이의 범위인 0~1을 일정한 간격으로 분할한 후, 일정 간격의 밀집도와 상대적인 넓이를 갖는 부분을 한 범주로 지정한다. 표 2의 경우 밀집도와 상대적인 넓이를 각각 0.25의 간격으로 4개씩 분할하여 총 16개의 범주가 생성되었음을 알 수 있다. 실제 실험을 위해서는 밀집도와 상대적인 넓이를 각각 0.01의 간격으로 100개씩 분할하여 총 10000개의 범주를 생성하여 사용하였다. 객체의 범주는 밀집도와 상대적인 넓이를 이용하여 지정되며, 이 값은 따로 저장되지 않고 영상 비교 시 밀집도와 상대적인 넓이를 이용하여 생성한다.

4.3 객체 간의 위치 관계 추출

영상내의 객체들에 대한 특성의 추출이 끝나면, 가능

표 2 범주 생성의 예

	범위 (상대적)				
	0	0.25	0.5	0.75	1
밀집도	0	0.25	0.5	0.75	1
	범주 1	범주 2	범주 3	범주 4	
	범주 5	범주 6	범주 7	범주 8	
	범주 9	범주 10	범주 11	범주 12	
	범주 13	범주 14	범주 15	범주 16	

한 모든 객체의 쌍에 대하여 위치 관계를 추출한다. 영상 내에 존재하는 모든 $i-j$ 쌍에 대하여 ($1 \leq i, j \leq$ 영상내의 객체 수, $i \neq j$) 3장에서 서술한 방법으로 $code_{ij}$, $code_{ji}$ 를 생성하여 저장한다. 이때 모든 $i-j$ 쌍에 대하여 객체 $i-j$ 간의 거리를 구하여 역시 edge length에 저장한다. 이때 거리 역시 객체 간의 거리 중 가장 긴 거리에 대한 비율로 저장한다.

4.4 데이터베이스에 저장

영상내의 객체들에 대한 특성 및 객체 간의 위치 관계 추출이 끝나면, 추출된 8AB 표현과 영상을 데이터베이스에 저장하게 된다. 이 때 사용하는 데이터베이스 스키마는 표 3과 같다.

표 3 8AB 표현 저장을 위한 DB 스키마

ImageID NUMBER(*,0) PRIMARY KEY
HoleNum NUMBER(*,0) NOT NULL
Filename VARCHAR(255) NOT NULL
Compactness VARCHAR(4000)
RelSize VARCHAR(4000)
CentroidX VARCHAR(4000)
CentroidY VARCHAR(4000)
Diameter VARCHAR(4000)
Repj CLOB
Repi CLOB
EdgeLen CLOB
Lenavg NUMBER(*,20)
Lendev NUMBER(*,20)
ImageData BLOB

8AB를 위한 데이터베이스 스키마는 객체나 객체 쌍에 대하여 각각의 행을 생성하는 대신, 모든 값을 한 문자열에 담아 한 번에 저장하고 불러오는 형태로 이루어져 있다. 데이터베이스 스키마에서의 ImageID는 영상에 대한 키 값으로 자동적으로 생성되는 유일한(Unique) 값이며, HoleNum은 영상내의 객체 수, Filename은 영상의 파일명을 의미한다. 그리고 Compactness, Relsize,

CentroidX, CentroidY, Diameter, Rep_j, Rep_i, Edgelen은 각각 8AB 표현의 compactness, relative size, centroid_x, centroid_y, diameter, code_{ij}, code_{ji}, edge length를 저장하기 위한 변수이다. Len_{avg}와 Len_{dev}는 추후 검색 공간 축소에 사용되는 추가적인 변수로 edge length 입력 시 계산되어 저장되며, ImageData는 영상 데이터 자체를 저장하는 변수이다.

5. 8AB 기반 영상 비교

본 장에서는 4장에서 설명한 8AB 표현 추출 기법으로 추출되어 데이터베이스에 저장된 8AB 정보들을 이용하여 사용자가 입력한 쿼리 영상과 유사한 영상을 검색하는 과정에 대하여 설명한다. 주어진 쿼리 영상과 유사한 영상을 검색하는 과정은 다음과 같다.

1. 데이터베이스에서 모든 영상에 대한 8AB 표현 정보를 불러와 해당 자료 구조를 생성한다. 이 때 불필요한 데이터베이스 접근을 감소하기 위하여 영상 파일 자체는 데이터베이스에서 불러오지 않는다.
2. 주어진 쿼리 영상의 8AB 표현과 1에서 생성된 데이터베이스 내부의 각 영상에 대한 8AB 표현간의 유사도를 모두 계산한다.
3. 2에서 계산한 유사도가 큰 순으로 모든 영상을 정렬하여 상위의 영상에 해당하는 영상 파일을 데이터베이스에서 불러와 사용자에게 보여준다.

쿼리하고자 하는 영상을 I_q , 쿼리 영상 내부의 객체들을 $\{O_{q1}, O_{q2}, O_{q3}, \dots, O_{qn}\}$, 데이터베이스 내에 존재하는 검색 대상 영상을 I_d , 검색 대상 영상 내부의 객체들을 $\{O_{d1}, O_{d2}, O_{d3}, \dots, O_{dm}\}$ 라고 할 때 쿼리 영상과 검색 대상 영상의 8AB 유사도를 계산하는 과정은 다음과 같다.

1. 쿼리 영상 I_q 의 모든 객체에 대하여 4.2.4에서 설명한 범주를 기반으로 검색 대상 영상 내의 가장 유사한 객체를 택하여 객체 매핑을 생성한다. 이 때 o_{qi} ($1 \leq i \leq n$)에 매칭되는 o_{dj} ($1 \leq j \leq m$)과의 매핑은 $\sigma(o_{qi})$ 라는 함수로 정의된다. σ 는 정의역은 $\{O_{q1}, O_{q2}, O_{q3}, \dots, O_{qn}\}$, 치역은 $\{O_{d1}, O_{d2}, O_{d3}, \dots, O_{dm}, NULL\}$ 으로 하는 함수이다. 이 때 모든 $\sigma(o_{qi})=o_{dj}$ 에 대하여 항상 j 는 $1 \leq j \leq m$ 의 관계를 가지고, $n \leq m$ 일 경우 σ 는 일의대응이 되며, $n > m$ 일 경우 검색 대상 영상 내에서 객체 쌍을 찾지 못한 o_{qi} 는 모두 NULL에 대응되어 σ 는 다대일 대응이 된다.
2. 생성된 모든 객체 매핑 $(o_{qi}, \sigma(o_{qi}))$ ($1 \leq i \leq n$) 간의 유사도를 계산한다.
3. 2의 결과를 바탕으로 하여 쿼리 영상 내에 있는 가능한 모든 객체 쌍 (o_{qi}, o_{qk}) 에 대하여 ($1 \leq i, k \leq n$) (o_{qi}, o_{qk}) 와 $(\sigma(o_{qi}), \sigma(o_{qk}))$ 간의 유사도를 회전을 고려하여 계산한다.

4. 3의 결과를 바탕으로 쿼리 영상 I_q 와 검색 대상 영상 I_d 간의 유사도를 계산한다.

5.1 객체 간의 유사도 계산

쿼리 영상과 검색 대상 영상의 객체를 매핑하는 σ 함수를 생성한 후에 생성된 모든 객체 매핑($O_{qi}, \sigma(O_{qi})$) ($1 \leq i \leq n$) 간의 유사도를 계산한다. 우선, 객체 매핑 간의 조밀도 값의 차이는 다음과 같이 구한다.

$$diff_{compactness} = |compactness(O_{qi}) - compactness(\sigma(O_{qi}))|$$

객체 매핑 간의 상대적인 크기 값의 차이는 다음과 같다.

$$diff_{size} = |relativesize(O_{qi}) - relativesize(\sigma(O_{qi}))|$$

위의 값들을 이용한 객체 매핑 간의 유사도인 $SO_{(O_{qi}, \sigma(O_{qi}))}$ 은 다음과 같다.

$$SO_{(O_{qi}, \sigma(O_{qi}))} = (1 - diff_{size}) \times (1 - diff_{compactness})$$

이 때 $\sigma(O_{qi})$ 가 NULL 일 경우 $SO_{(O_{qi}, \sigma(O_{qi}))}$ 의 값은 무조건 0이 된다.

$diff_{compactness}$ 와 $diff_{size}$ 는 모두 0과 1사이의 값을 가지며, 이 값이 각각 클수록 객체 간의 유사도는 낮다. 이를 역으로 이용하여 $SO_{(O_{qi}, \sigma(O_{qi}))}$ 는 0과 1사이의 값을 가지며 객체 간의 유사도가 높을수록 큰 값을 갖는다.

5.2 회전 고려를 위한 영상의 정렬

8AB 표현 기법의 가장 큰 특징인 회전 변화에 상관 없는 영상 검색을 위해서는 유사도 계산 시 회전을 고려하여야 한다. 이를 위하여 8AB 표현 기법에서는 각 영상들을 모두 일정한 각도로 회전하여 일정한 방향으로 모두 정렬하여 유사도 계산에 이용한다.

회전은 실제 영상의 회전이 아니라 $code_{ij}$ 와 $code_{ji}$ 의 이동으로 이루어진다. 영상의 모든 $code_{ij}$ 와 $code_{ji}$ 를 제일 첫 비트(최소 경계 원 영역)를 제외하고 n비트 오른쪽으로 이동하면 본 영상을 $n \times 45^\circ$ 회전한 영상을 나타내는 것과 같다는 성질을 이용한 것이다.

영상을 정렬하는 방법은 다음과 같다.

1. 영상에서 가장 큰 객체 O_{max1} 와 두 번째로 큰 객체 O_{max2} 를 선택한다.
2. $code_{ij}(O_{max1}, O_{max2})$ 에서 제일 첫비트(최소 경계 원 영역)를 제외한 8비트를 오른쪽으로 이동했을 때 가장 많은 1이 가장 왼쪽에 위치하게 되는 비트 수 b를 구한다.
3. 영상의 모든 $code_{ij}$, $code_{ji}$ 를 제일 첫 비트를 제외하고 b비트 오른쪽으로 이동한다.

5.3 객체 쌍 간의 유사도 계산

객체 매핑간의 유사도를 이용하여 결과를 바탕으로

하여 쿼리 영상 내에 있는 가능한 모든 객체 쌍 (O_{qi}, O_{qk})에 대하여($1 \leq i, k \leq n$) (O_{qi}, O_{qk})와 ($\sigma(O_{qi}), \sigma(O_{qk})$) 간의 유사도를 계산한다. 객체 쌍 간의 유사도를 구하기 위해서는 우선 객체 쌍의 길이의 차이와 객체 쌍의 위치 관계를 나타내는 $code_{ij}$, $code_{ji}$ 의 차이를 구하고 이 값들을 이용하여 객체쌍 간의 유사도를 계산한다.

우선 객체 쌍의 길이의 차이인 $diff_{len}$ 를 구한다.

$$diff_{len} = |edgelenlength(o_i, o_k) - edgelenlength(\sigma(o_i), \sigma(o_k))|$$

그리고 객체 쌍의 위치 관계를 나타내는 $code_{ij}$, $code_{ji}$ 의 차이를 구한다.

$$diff_{code_{ij}} = \frac{\sum_{b=1}^9 code_{ij}(b)(o_i, o_k) \wedge code_{ij}(b)(\sigma(o_i), \sigma(o_k))}{9}$$

$$diff_{code_{ji}} = \frac{\sum_{b=1}^9 code_{ji}(b)(o_i, o_k) \wedge code_{ji}(b)(\sigma(o_i), \sigma(o_k))}{9}$$

위의 수식에서 $code_{ij}(b)$ 와 $code_{ji}(b)$ 는 각각 $code_{ij}$ 와

$code_{ji}$ 에서의 b번째 비트를 뜻한다. 그러므로 $diff_{code_{ij}}$ 는 $code_{ij}(O_i, O_k)$ 와 $code_{ij}(\sigma(O_i), \sigma(O_k))$ 를 비트 단위로 비교하였을 때 같은 값을 가지는 비트의 개수를 뜻한다. $diff_{code_{ji}}$ 는 같은 방식으로 $code_{ji}$ 에 대하여 구한 값이다.

위와 같이 $diff_{code_{ij}}$ 와 $diff_{code_{ji}}$ 를 구할 때에는 고려해야 할 것이 있다. 3장에서 설명한 바와 같이 영상이 임의의 각도로 회전하였을 때에는 code 내부의 1의 개수는 ± 1 의 범위 내에서 변화한다는 사실이다. 그러므로 $code_{ij}(O_i, O_k)$ 와 $code_{ij}(\sigma(O_i), \sigma(O_k))$ (혹은 $code_{ij}(O_i, O_k)$ 와 $code_{ji}(\sigma(O_i), \sigma(O_k))$) 비교 시 code의 차이가 ± 1 의 범위일 경우에는 동일한 code로 간주한다.

최종적으로 쿼리 영상의 객체 쌍 (O_{qi}, O_{qk})와 검색 대상 영상의 객체 쌍 ($\sigma(O_{qi}), \sigma(O_{qk})$) 간의 유사도인 $S_{(O_{qi}, O_{qk}), (\sigma(O_{qi}), \sigma(O_{qk}))}$ 는 다음과 같은 식으로 계산한다.

$$S_{(O_{qi}, O_{qk}), (\sigma(O_{qi}), \sigma(O_{qk}))} = \frac{SO_{(O_{qi}, \sigma(O_{qi}))} + SO_{(O_{qk}, \sigma(O_{qk}))}}{2} \times (1 - diff_{len}) \times \frac{diff_{code_{ij}} + diff_{code_{ji}}}{2}$$

5.4 영상 간의 유사도 계산

쿼리 영상 I_q 와 검색 대상 영상 I_d 간의 유사도 S는 다음과 같다.

$$S = \frac{\sum_{foralpair(i,k)} S_{(O_{qi}, O_{qk}), (\sigma(O_{qi}), \sigma(O_{qk}))}}{\frac{n \times (n-1)}{2} + \frac{m \times (m-1)}{2}} \quad (1 \leq i, k \leq n, i \neq k)$$

위의 수식에서 $\frac{n \times (n-1)}{2}$ 와 $\frac{m \times (m-1)}{2}$ 는 각각 쿼리 영상 I_q 와 검색 대상 영상 I_d 에 존재하는 객체 쌍의 수를 뜻한다. 이 변수들은 객체 쌍들의 유사도의 합을 객체 쌍의 수의 합으로 나눠주어 영상내의 객체 쌍의 개수가 유사할수록 전체 유사도를 높이는 역할을 한다.

5.5 검색 공간 축소 기법

쿼리 영상과 유사한 영상을 검색하기 위하여 데이터베이스에 존재하는 모든 영상에 대하여 유사도 계산을 행하는 것은 정확한 결과를 낼 수는 있지만 데이터베이스에 존재하는 영상의 개수가 많아질수록 긴 시간이 걸린다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 본 논문에서는 간단한 SQL문을 통하여 검색 공간을 축소하여 축소된 공간내의 영상에만 접근하여 검색을 하도록 하였다.

검색 공간을 축소하기 위하여 사용되는 것은 쿼리 영상의 객체의 개수 및 객체를 연결하는 선분의 상대적인 길이 이다. 본 논문에서는 영상 내의 객체의 개수와 객체를 연결하는 선분의 상대적인 길이의 평균 및 표준편차가 영상 내의 전체적인 객체 간의 위치 관계를 나타낸다고 생각하여, 검색 공간 내에 쿼리 영상과 유사한 객체의 개수 및 객체를 연결하는 선분의 상대적인 길이의 평균 및 표준편차를 갖는 영상만이 존재하도록 검색 공간을 축소하였다. 쿼리 영상과 유사한 상위 k개의 영상을 검색하는 경우, 검색 공간을 축소하는 과정은 표 4와 같다.

표 4 검색 공간 축소 알고리즘

```

1. while |searchspace| < k
2. searchspace is
   SELECT i_search FROM 8AB.DB
   which HoleNum(i_query)-range1 ≤ HoleNum(i_search) ≤ HoleNum(i_query)+range1
   and lenavg(i_query)-range2 ≤ lenavg(i_search) ≤ lenavg(i_query)+range2
   and lendev(i_query)-range2 ≤ lendev(i_search) ≤ lendev(i_query)+range2
3. increase range1, range2
4. end of while
    
```

표 4는 사용자가 쿼리 영상과 유사한 상위 k개의 영상을 검색하려고 하는 경우, 쿼리 영상의 객체의 개수와 객체를 연결하는 선분의 상대적인 길이의 평균 및 표준편차와 비슷한 값을 갖는 영상들을 검색 공간으로 하며, 그 검색 공간의 크기가 k를 넘을 때까지 범위를 넓혀가면서 검색 공간을 찾는 알고리즘을 나타낸다.

6. 실험 및 결과

본 장에서는 실험과 비교를 통하여 본 논문에서 제안한 8AB 표현 기법의 유효성을 입증하고 회전 및 크기 상관이 없이 영상 검색이 가능하다는 8AB 표현 기법의

장점을 보이려고 한다.

6.1 실험 환경 및 데이터

실험에 사용된 시스템은 CPU는 Pentium 4, 3.00GHz, 512MB의 사양이며 운영체제는 Window XP를 사용하였다. 프로그래밍 플랫폼은 C++ .NET을, 8AB 표현을 저장하기 위한 관계형 데이터베이스 시스템으로 Oracle 10g를 사용하였으며 데이터베이스로의 연결을 위해서 Microsoft Oracle .NET Data Provider와 Oracle Data Provider를 사용하였다.

실험에 사용된 영상 데이터는 실험을 위하여 이론적으로 제작된 데이터이다. 실험적으로 제작된 데이터는 모두 300픽셀 * 300픽셀 크기의 가상의 영상을 표현하며 각 영상 내에는 랜덤하게 생성된 10개의 객체가 랜덤한 위치에 존재하고 있는 형태이며, 각 데이터에 대하여 20개씩의 변형된 데이터를 생성하게 된다.

이후의 실험에서 검색의 정확성은 Precision과 Recall이라는 척도를 사용하여 측정한다. Precision은 영상 검색의 결과 중 정확한 영상의 비율을, Recall은 정확한 영상 중 검색된 영상의 비율을 나타내는 값이며, 검색 분야에서 흔히 사용되는 척도이다. 하지만 쿼리 영상과 가장 유사한 k개의 영상을 검색하는 k-NN(k-Nearest Neighbor) 검색을 할 때 검색하고자 하는 정확한 영상의 개수가 k개로 검색되는 결과 영상의 수와 같으면 Precision값과 Recall값이 일치하게 된다. 이 경우 Precision = Recall 값을 R-Precision ~[18]이라는 하나의 값으로 나타내게 된다.

6.2 8AB 기법의 유효성 및 회전 및 크기 불변 특성

기존의 방법과는 다른 8AB 기법의 가장 큰 장점은, 영상의 회전에 관계없이 영상을 검색할 수 있다는 점에 있다. 8AB 기법의 유효성 및 이러한 장점을 확인하기 위하여 실험을 위한 이론적인 데이터를 생성하여 회전 및 크기 변화에 상관없이 영상을 검색할 수 있는지 여부를 검사하였다. 또한 8AB 표현 기법의 유효성을 입증하기 위하여 기존에 존재하는 기법과의 비교를 행하였다. 비교를 위하여 사용된 기법은 9D-SPA 기법이다. 9D-SPA 기법은 8AB 표현 기법과 마찬가지로 영상 내의 객체 간의 위치 관계로 영상을 표현하고 검색하는 기법이다. 하지만 9D-SPA 기법은 영상의 회전은 고려하지 않는다는 단점이 있다.

이론적인 데이터를 생성하는 과정은 다음과 같다. 우선 300픽셀×300픽셀 크기의 가상의 영상을 표현하며 각 영상 내에는 랜덤하게 생성된 10개의 객체가 랜덤한 위치에 존재하는 데이터를 500개 생성한다. 그리고 기존의 데이터를 30°간격으로 10번 회전, 2~10배로 9번 확대하여 각각 19개씩의 변형된 영상을 나타내는 데이터를 생성한다. 그리고 각 데이터를 모두 데이터베이스에 저장

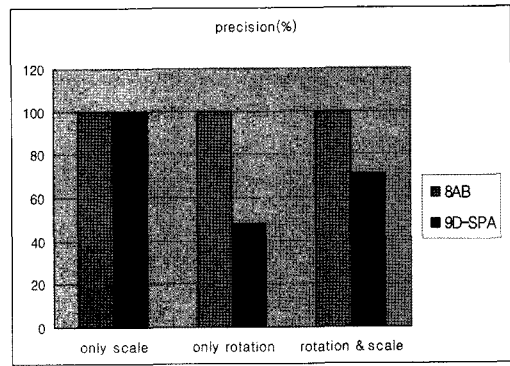
한다. 이 경우 처음에 생성된 데이터는 총 20개씩의 동일한 영상(회전 및 크기 변화를 배제할 경우)이 데이터베이스 내에 존재하게 된다. 기존의 500개의 데이터에 대하여 20개씩의 변형된 영상을 생성하므로 데이터베이스에는 총 1만개의 영상이 저장된다.

8AB 기법의 회전 및 크기 불변 특성을 입증하기 위한 실험은 세 가지의 실험을 합하여 이루어진다. 세 가지의 실험은 다음과 같다.

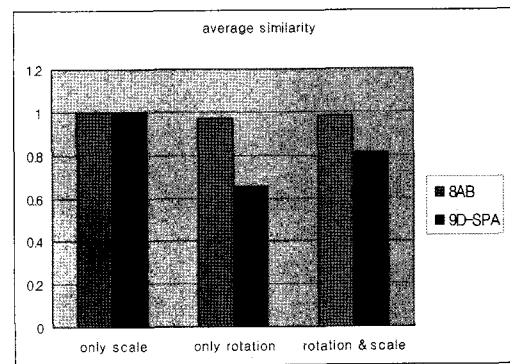
1. 기존의 데이터와 크기 변화로 변형된 데이터들(각 영상 당 9개)을 이용한 top-10 쿼리의 실험
 2. 기존의 데이터와 회전으로 변형된 데이터들(각 영상 당 10개)을 이용한 top-11 쿼리의 실험
 3. 기존의 데이터와 회전/크기 변화로 변형된 데이터들(각 영상 당 19개)을 모두 이용한 top-20 쿼리의 실험
- 쿼리 영상으로는 기존에 생성된 500개의 영상들을 사용하며, 모든 영상에 대한 쿼리를 행하여 결과에 대한 평균을 얻었다. 기존에 생성된 영상으로 쿼리를 할 경우 희망하는 결과는 쿼리 영상 및 쿼리 영상을 변형하여 생성된 동일 영상군 내의 모든 영상이 된다.

실험의 결과는 top-n 쿼리를 행하여 나타난 쿼리 결과 내의 원하는 영상의 비율을 나타내는 precision을 이용하여 나타낸다. 실험의 결과는 그림 3과 같다.

그림 3(a)는 3가지 실험에서의 평균 precision을 나타낸다. 크기 변화로 변형된 데이터만을 사용하여 행한 1번 실험의 경우 8AB 기법과 9D-SPA 기법은 모두 100%의 precision을 보여 두 기법 모두 크기 변화에는 상관없이 영상을 검색할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 회전으로 변형된 데이터만을 사용하여 행한 2번 실험의 경우 8AB 기법은 100%의 precision을 보여 회전에 상관없이 영상을 검색함을 확인할 수 있었으나, 9D-SPA의 경우 40%정도의 낮은 precision을 보여 회전된 영상은 고려하지 못함을 알 수 있다. 회전/크기 변화로 변형된 모든 데이터를 사용하여 행한 3번 실험의 경우에도 8AB 기법은 100%의 precision을 보여 회전 및 크기 변화에 상관없이 영상을 검색할 수 있음을 확인할 수 있었으나, 9D-SPA의 경우에는 회전된 영상은 고려하지 못해 70%정도의 낮은 precision을 보임을 알 수 있다. 그림 3(b)은 쿼리 영상으로 사용된 기존의 데이터와 변형된 데이터 간의 유사도의 평균을 나타낸다. precision과 마찬가지로, 8AB는 1, 2, 3번 실험에 대하여 모두 1에 가까운 평균 유사도를 보여 같은 영상군에 있는 영상은 모두 같은 영상으로 인식함을 알 수 있다. 이 때 정확하게 1이 아닌 1에 가까운 값이 나온 것은 유사도 계산 과정에서 소수점 이하의 생략 등으로 인한 오차로 보인다. 반면 9D-SPA의 경우 1번 실험에서는 1에 가까운 평균 유사도를 보여 크기 변화로 변형된 영



(a) 평균 precision



(b) 동일 영상군 내의 평균 유사도

그림 3 크기 변화, 회전, 회전/크기 변화로 변형된 데이터에 대한 실험

상은 같은 영상으로 인식하나, 2, 3번 실험에서는 비교적 낮은 평균 유사도를 보여 회전으로 변형된 영상은 같은 영상으로 인식하지 못함을 확인할 수 있다.

6.3 검색 공간 축소 기법의 성능 확인

위와 같이 8AB-기법은 비교적 영상 검색에 높은 성능을 보이며, 영상의 회전이나 크기 변화에도 상관없이 유사한 영상을 검색할 수 있다는 장점이 있으나, 데이터베이스에 저장된 영상이 많을수록 검색 시간이 길다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 5.5절에서 검색 공간 축소 기법을 설명하였다. 본 절에서는 이 검색 공간 축소 기법의 성능을 실험을 통하여 확인한다.

이 실험에서 사용된 데이터는 6.2절에서 사용한 이론적으로 생성된 데이터이다. 이 경우 6.2절과는 달리 우선 300픽셀×300픽셀 크기의 가상의 영상을 표현하며 각 영상 내에는 랜덤하게 생성된 5~15개의 객체가 랜덤한 위치에 존재하는 데이터를 500개 생성하고, 생성한 500개의 데이터에 대하여 20개씩의 변형된 영상을 생성하여 데이터베이스에는 총 1만개의 영상이 저장하여 사용

한다. 이 데이터를 사용하여 기존의 데이터를 사용한 검색을 검색 공간 축소 기법을 사용하지 않은 경우의 쿼리 처리 시간, 그리고 검색 공간 축소 기법을 사용하지 않은 경우의 top-20, 50, 100 쿼리의 처리 시간을 측정하여 평균을 구하여 비교한다.

그림 4는 top-20, 50, 100 검색에서의 검색 공간 축소 기법의 성능을 보인다. 이 경우 쿼리 처리 시간은 화면에 표시하기 위한 시간은 제외하고 데이터베이스에서 데이터를 불러오는 시간과 유사도를 계산하여 순위를 정하는 과정에 걸리는 시간만을 측정하였다. 이 경우 검색 공간 축소 기법을 사용하지 않으면 top-20, 50, 100 검색은 모두 같은 시간이 걸리기 때문에, 결과로는 검색 공간 축소 기법을 사용하지 않은 경우와, 사용한 경우의 top-20, 50, 100 쿼리를 비교하였다.

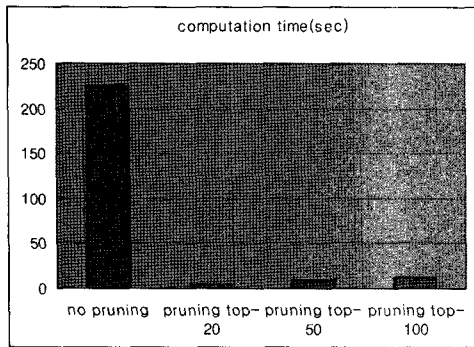


그림 4 검색 공간 축소 기법의 성능

검색 공간 축소 기법을 사용하지 않은 경우에는 데이터베이스에 있는 1만개의 영상을 모두 불러와 쿼리 영상과의 유사도를 각각 계산하고 정렬하여 순위를 정해야 하므로 쿼리 하나를 처리하는데 230초, 즉 약 4분의 긴 시간이 걸림을 알 수 있다. 하지만 본 논문에서 제안한 검색 공간 축소 기법을 사용할 경우에는 top-20의 경우에는 4초, top-50의 경우에는 8초, top-100의 경우에는 12초 정도의 매우 짧은 시간에 쿼리를 처리할 수 있어 제안된 기법이 유효함을 확인할 수 있다. 또한 객체 공간 축소 기법을 이용하여 top-20, 50, 100 쿼리를 행할 경우 recall은 모두 100%로 원하는 영상은 모두 검색할 수 있음도 확인하였다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 객체간의 위치 관계 표현 기법들의 단점을 보완하기 위하여 8AB 표현 기법이라는 영상 내의 객체들의 위치 관계 표현을 위한 새로운 기법을 제안하였으며, 그에 기반한 유사도 계산 및 영상 검색 기법을 제안하였다. 8AB 기법은 영상을 객체를 중심

으로 각도 상으로 여러 개의 영역으로 나누어 객체 간의 위치 관계를 표현하므로 유사도 계산 시 약간의 고령을 해주면 영상의 회전에 관계없이 유사한 영상을 검색할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한 영상 검색에 걸리는 시간을 감소하기 위한 검색 공간 축소 기법 역시 제안하였다. 존재하는 기법과의 비교를 통하여 8AB 기법의 유효성을 입증하였으며 회전 및 크기 변화된 영상을 이용한 실험을 통하여 8AB 기법을 이용하면 영상의 회전이나 크기 변화에 상관 없이 유사한 영상을 검색할 수 있음을 보였다. 그리고 검색 공간 축소 기법에 대한 실험으로 검색 공간 축소 기법을 이용할 경우 이용하지 않은 경우보다 매우 짧은 시간에 검색을 할 수 있음을 보였다.

참고 문헌

- [1] Myron Flickner and et. al, "Query by Image and Video Content: The QBIC system," IEEE Computer, 28(9), pp.23-32, 1995.
- [2] J. R. Smith and S.-F. Chang, "VisualSEEK: A Fully Automated Content-based Image Query System," ACM Multimedia 96, Boston, MA, 1996.
- [3] G. Bilodeau and R. Bergevin, "PLASTIQUE: Image retrieval based on cognitive theories," VI 2003, pp.292-298, 2003.
- [4] T. S. Huang, S. Mehratra, and K. Ramchandran, "Multimedia Analysis and Retrieval System (MARS) project," Appeared in Proceedings of the 33rd Annual Clinic on Library Application of Data Processing - Digital Image Access and Retrieval, University of Illinois at Urbana-Champaign, Mar. 1996.
- [5] 김덕환, 김시우, 박광순, 이병구, 차광호, 정진완, "COSMIC : 영역 지식과 시각 정보를 이용한 내용 기반 멀티미디어 검색 시스템의 설계 및 구현", 정보과학회 논문지(C), 5권 1호, pp.14-28, Feb. 1999.
- [6] 이동호, 송용준, 김형주, "SCARLET: 웨이브릿 변환을 이용한 내용기반 이미지 검색 시스템의 설계 및 구현", 정보과학회 논문지(C), Vol.3, No.4, pp.353-364, Aug. 1997.
- [7] S.K. Chang, Q.Y. Shi, and C.W. Yan, "Iconic Indexing by 2-D Strings," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 9, no. 3, pp. 413-428, May 1987.
- [8] P.W. Huang and Y.R. Jean, "Using 2D PC+-Strings as Spatial Knowledge Representation for Image Database Systems," Pattern Recognition, vol. 27, no. 9, pp. 1249-1257, Sept. 1994.
- [9] S.Y. Lee and F.J. Hsu, "2D C-String: A New Spatial Knowledge Representation for Image Database Systems," Pattern Recognition, vol. 23, no. 10, pp. 1077-1087, Oct. 1990.
- [10] S.Y. Lee and F.J. Hsu, "Spatial Reasoning and

Similarity Retrieval of Images Using 2D C-String Knowledge Representation," Pattern Recognition, vol. 25, no. 3, pp. 305-318, Mar. 1992.

- [11] Bilodeau, G.A., Bergevin, R., "Constructing and matching fuzzy graphs of volumetric primitives hypotheses," in Vision Interface 2003, 2003.
- [12] C.C. Chang, "Spatial Match Retrieval of Symbolic Pictures," J. Information Science and Eng., vol. 7, pp.405-422, Dec. 1991.
- [13] Huet B., A.D.J. Cross and E.R. Hancock, "Shape Retrieval by Inexact Graph Matching," IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS'99), Florence, Italy, page 772-776, 7-11 Jun. 1999.
- [14] Po-Whei Huang, Chu-Hui Lee. "Image Database Design Based on 9D-SPA Representation for Spatial Relations," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 16, no. 12, pp. 1486-1496, Dec. 2004.
- [15] B. Gärtner, "Fast and Robust Smallest Enclosing Balls," Proc. 7th Annual European Symposium on Algorithms (ESA), Lecture Notes in Computer Science 1643©Springer-Verlag, pp. 325-338, 1999.
- [16] <http://www.inf.ethz.ch/personal/gaertner/miniball.html>
- [17] 영상정보 특화연구센터 센서융합연구실 1단계 중간보고서, 국방과학연구소, p. 187, 2005.
- [18] R. Baeza-Yates, B. Ribeiro-Neto. "Modern Information Retrieval," Addison-Wesley, 1999.



주 찬 혜

2004년 한국과학기술원 전산학과 졸업 (학사). 2006년 한국과학기술원 전산학과 졸업(석사). 2006년~현재 SK Telecom Service 기술 연구원 근무. 관심분야는 영상 검색, 공간 검색

정 진 완

정보과학회논문지 : 데이터베이스
제 34 권 제 2 호 참조



박 호 현

1987년 2월 서울대학교 계산통계학과 학사. 1995년 8월 한국과학기술원 컴퓨터공학과 석사. 2001년 2월 한국과학기술원 전산학과 박사. 1987년 1월~2003년 2월 삼성전자 수석연구원. 2003년 3월~현재 중앙대학교 조교수. 관심분야는 멀티미디어 스트리밍, 멀티미디어 정보검색, 시공간 데이터베이스



이 석 룡

1984년 연세대학교 기계공학과 학사. 1993년 연세대학교 산업공학과 전자계산전공 석사. 2001년 한국과학기술원 정보및통신공학과 컴퓨터공학전공 박사. 1984년~1995년 한국IBM 소프트웨어 연구소 선임연구원. 1995년~2001년 안산대학교 조교수. 2002년~현재 한국외국어대학교 산업정보시스템공학부 부교수. 관심분야는 멀티미디어 데이터베이스, 데이터마이닝, 정보검색 등



김 상 희

1985년 서강대학교 전자계산학과(공학사) 1987년 서강대학교 전자계산학과(공학석사). 2004년 한국과학기술원 전산학과(공학박사). 1994년~1995년 미국 Hughes Training Inc.에서 항공기 시뮬레이터 개발(교환 연구원). 1987년~현재 국방과학연구소 책임연구원. 관심분야는 실시간 3차원 렌더링, 가상 현실, 영상데이터베이스, GIS, 컴퓨터 그래픽스