

직선과 Bezier 곡선을 이용한 내용기반 화상 검색시스템의 구현

正會員 정 원 일*, 최 기 호**

The Implementation of the Content-based Image Retrieval System using Lines and Bezier Curves

Won Il Jeong*, Ki Ho Choi** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 화상내 객체의 윤곽 점열을 직선과 Bezier 곡선으로 분리하고 이들의 구성비를 인덱스 키로 저장하여 질의화상을 검색할 수 있는 내용기반 화상정보 검색시스템을 구현하였다. 이를 위해 칼라 화상으로부터 윤곽 점열을 추출하고 화상내 객체의 내부영역을 제거하였으며 다각형 근사후 직선을 생성하고 나머지 화소에 대해서 화소열이 갖는 궤적에 충실한 Bezier 곡선을 생성하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 화상의 직선과 곡선의 전체 또는 블럭단위 구성비를 이용하여 유사도에 의한 검색 알고리즘도 제안하였다.

ABSTRACT

This paper describes the content-based image retrieval system that is implemented to retrieve images using constituent rate of lines and Bezier curves.

We proposed the line and Bezier curve extraction algorithm which extracts lines and curves that are fitted on the contour information of images. For this extraction, it was necessary to remove internal area of the preprocessed object within images and to approximate its contour to polygon, and proposed retrieval algorithm which gets the similarity using the constituent rate of lines and curves and perform the similarity matching.

I. 서 론

문자위주로 정보를 제공하고 검색하던 종래의 정보 검색시스템은 멀티미디어 기술 개발로 인하여 정지화상, 비디오, 오디오등의 다양한 비문자 정보를 이용한 보다 효과적인 검색시스템으로서 새롭게 발전해 나가고 있다. 그 예로 텍스트 위주의 기존 검색 환경에서 네트스케이프와 같은 그래픽 환경의 웹 브라우저를 사용하는 환경으로 바뀌어 가고 있는 추세에

*대전산업대학교 전자공학과
Dept. of Electronics Engineering, Taejon National Univ. of Technology

**광운대학교 컴퓨터공학과
Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon Univ.
論文番號: 96110-0403
接受日字: 1996年 4月 3日

있다.

현재 대부분의 멀티미디어 검색시스템에서 이용되고 있는 검색방법은 미리 입력된 키워드를 사용한 텍스트를 기반으로 이루어지고 있으나 이러한 방법은 화상을 검색하는 방법으로는 적당하지 않다. 왜냐하면 화상을 기술하는 텍스트 키워드를 미리 알고 있어야 한다는점과 텍스처(texture)나 형태와 같은 화상의 시각적인 속성을 텍스트로 표현하기가 매우 어렵기 때문이다. 따라서 현재와 같은 텍스트 기반의 화상 검색 시스템의 문제를 극복하기 위한 방법으로 텍스처, 색상, 형태와 같은 화상의 내용을 기반으로 하는 검색 방법이 연구되고 있다.^{1), 2)}

내용기반의 검색시스템 설계시 고려되어야 할 사항으로 화상을 기술하는데 사용되는 특징을 추출하고, 추출된 특징을 기반으로 하는 DB 구축 및 유사성 검색 그리고 가시적인 질의어를 지원하는 사용자 인터페이스의 설계를 들 수 있는데 화상의 내용을 기반으로 하는 연구는 대부분 화상으로부터의 특징 추출 방법에 관해 연구가 행해졌다.^{3), 4), 5), 6), 7), 8), 12), 13), 14)}

본 논문에서는 화상의 형태를 충실하게 묘사하고 화상 DB 구축 및 유사성 검색을 효율적으로 하기 위해 화상의 윤곽 점열을 최소의 직선과 3차 Bezier 곡선으로 하는 윤곽선으로 표현하는 방법을 연구하였다. 전처리를 통해 얻은 윤곽 점열을 나각형으로 근사하고 인접한 변들에 해당되는 점열을 곡선에 적합하여 점열과 적합된 곡선과의 편차가 임계치보다 큰 변을 직선영역을 분리하고 나머지 점열에 대해서는 화소열이 갖는 궤적에 충실한 3차 Bezier 곡선을 생성하는 알고리즘을 제안하며, 화상 영역별 프리미티브(직선, 곡선)의 출현 빈도수를 기반으로 하는 유사성을 검색하는 방법을 제안한다.

II. 시스템 구성

내용기반 화상 검색시스템은 어떤 화상에 대한 자료를 얻기 위한 질의자가 텍스트가 아닌 화상자체를 컴퓨터에 입력시키면 입력된 질의화상은 컴퓨터내의 화상처리루틴에 의하여 추출된 화상의 특징값(직선과 곡선)과 DB내에 저장되어져 있는 각 화상들의 특징 값들을 비교하여 일정한 조건을 만족하는 DB내의 동일화상과 유사한 화상들을 규정한 검색순위에 따

라 출력해 주는 장치이며, 중요한 구성은 질의어 형성부, 삽입부, 사용자 인터페이스부, DB부등이고 그 기능은 다음과 같다.

2.1 질의어 형성부

입력되어진 질의화상은 버전루틴에 의하여 본 논문에서 제안하고자 하는 화상의 특징인 직선 및 곡선성분을 추출하여 미리 저장되어져 있는 DB내의 특징들과 비교하여 유사화상을 검색할 수 있도록 하고 있다. 그림 1은 질의된 화상과 DB내에 삽입되어진 화상의 특징내용을 매칭시켜 검색하는 과정을 보이고 있다.

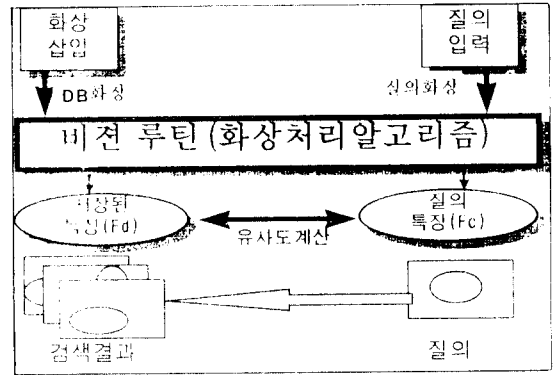


그림 1. 유사도 매칭에 의한 검색.
Fig. 1 Retrieval by the similarity matching.

2.2 삽입부

검색의 대상이 되는 화상들의 특징인 직선과 곡선의 수를 추출하여 DB내에 삽입시키는 과정이다. 기존의 방식은 데이터가 직접 시스템에 삽입되어졌으나 본 논문에서 제안된 내용 기반 화상검색 시스템에서는 DB내에 삽입되어질 화상의 특징인 직선과 곡선성분을 인덱스로 사용하므로 삽입부에서 특징추출과정이 포함되어져야하고 전처리 과정등 화상처리 기법이 적용되어야 한다.

2.3 사용자 인터페이스부

사용자가 시스템내에서 검색에 필요한 제반 정보를 대화적으로 교환하는데 이용된다. 그러므로 사용자 인터페이스부는 적합한 정보를 사용자에게 제공

함은 물론 질의의 지정이나 방법 및 변경등도 사용자의 요구에 적용되도록 설계하여야 한다.

2.4 DB부

내용을 기반으로 하는 화상검색 시스템에서의 DB부는 실제 데이터 뿐아니라 데이터의 특징을 저장할 수 있는 기능이 요구된다.

기존의 1차원 속성을 갖는 DB의 관리시스템이 아닌 공간데이터나 화상데이터에 적용되는 2차 내지 3차 DB 관리시스템이어야 하며 압축, 관리, 인덱싱기법등이 고려되어진 설계이어야 한다.

Ⅲ. 시스템의 구현

본 논문에서 제안하고자하는 직선과 곡선을 이용한 내용기반 화상검색 시스템의 구현을 위한 특징 추출과정의 구성은 그림 2와 같다.

3.1 전처리

칼라 화상이 입력되면 에지를 검출하기 위해서 256 그레이 레벨로 변환시킨 후 메디안 필터링을 통해 잡음을 제거시킨다. 정규화 단계에서는 필터링된 원화상에 대해서 폭과 높이를 고려하여 원화상의 중형비를 그대로 유지하면서 N×M으로 정규화 한다. 에지 검출 단계에서는 Sobel 에지검출 알고리즘⁹⁾을 사용하여 0도, 45도, 90도, 135도의 4방향으로 에지를 검출하기 위해 3×3 마스크를 각 화소에 적용하여 이진화

상을 만들어낸다. 세션화단계에서는 중앙 화소를 중심으로 인접 화소들간에 P2→p3, p3→p4, ..., P9→p2 순으로 0→1의 전이수를 카운트하고 나서 (P2, P4, P6), (P4, P6, P8), (P2, P6, P8), (P2, P4, P8)이 1인

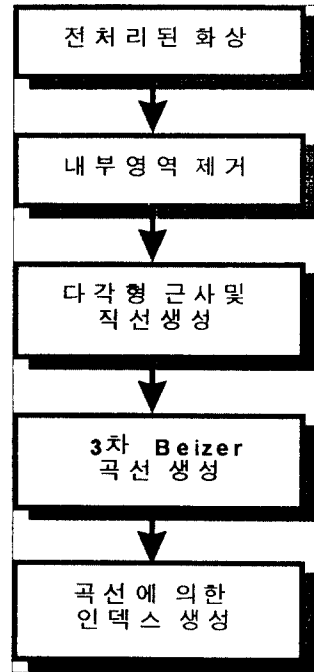


그림 2 직선 및 곡선 특징 추출 과정. Fig. 2 Flow extracting the line and curve feature.

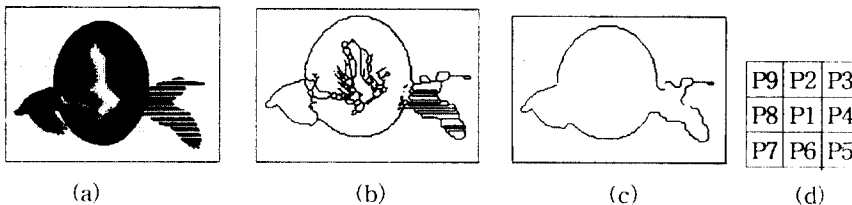


그림 3. 전처리 결과 및 골격선 추출 마스크.

- (a) 정규화 화상 (b) 세션화 화상
- (c) 내부영역제거 화상 (d) 3×3 마스크

Fig. 3 Preprocessing results and skeletonized extraction mask.

- (a) Normalized image. (b) Thinning image.
- (c) Eliminated image by the inside region.
- (d) 3×3 mask.

경우 버퍼 화상의 중앙 화소값을 1로 설정한다. 그리고 나서 원 이진화상의 화소값과 임시버퍼 화상의 화소값을 비교하여 1이면 원 이진화상의 해당 화소값을 0으로 지워나감으로써 세선화 한다. 칼라 화상으로부터 이진화상을 얻었기 때문에 원화상의 내부영역도 골격선과 함께 이진화되어 내부영역을 제거하지 않은 상태에서 윤곽 정보를 직선과 곡선으로 표현하기란 매우 어렵다. 이진화된 내부영역을 제거하기 위한 점으로부터 0도, 45도, 90도, 135도, 180도 방향으로 정규화 좌표의 최대 또는 최소좌표에 도달할 때까지 인접한 점을 검색하여 단 하나의 화소도 검색되지 않을 때 이 점을 윤곽선상의 점열로 판단하고 만약 한 화소라도 검색되면 이 점을 내부영역의 점으로 판단하여 제거하였다. 그림 3은 원 화상의 전처리 결과 및 골격선 추출 3×3 마스크이다.

3.2 곡선 성분 특징추출

3.2.1 다각형 근사 및 직선생성

그림 2는 추출된 예지로 부터 곡선을 추출해 내기 위한 과정이며, 다각형 근사는 직선영역을 분리하고 곡선생성을 용이하게 하기 위해 필요하다. 추출된 윤곽 점열을

$$P_i = (X_i, Y_i, A_i, D_i) \quad \text{for } i=0, n \quad (1)$$

이라 하자. 여기서 X_i, Y_i 는 점의 좌표값이고 A_i 는 그 점의 속성으로

$A_i \in \{ \text{middle, vertex, lineStart, lineEnd, lineMid, dotSt, doEd, oneDot, lineEd_dotEd} \}$

단, middle: 모든 점의 초기값. 후에 직선 또는 곡선의 중간점

vertex: 다각형 근사에 의한 다각형의 정점

lineStart: 직선의 시점

lineEnd: 직선의 종점

lineMid: 직선과 직선이 만나는 경우 중간점

dotSt: 점열이 연결되어 있는 경우 연결된 점열의 시작

doEd: 연결된 점열의 종점

oneDot: 독립된 점

lineEd_dotEd: 직선성분의 종점이면서 연결된 점열의 끝점

의 값이 된다. 그리고 D_i 는 점의 검색방향 정보로서 다각형 근사 및 직선 생성과정에서 사용된다.

다각형의 근사화에 대해서는 많은 방법들이 제안되어 있으나 본 연구에서는 직선성의 유지만을 고려하여 처리하고 있다.^{7, 11)} 직선성의 조건은 두점 P_i 와 P_j 의 벡터 $P_i P_j$ 와 P_k 점과의 수직거리가

$$\text{orth}(P_i, P_j, P_k) \leq 1$$

인 조건을 만족하는 점열 P_i 부터 P_k 점까지가 한번이 되고 이들 점이 정점이 된다. 그림 4는 직선성 조건에 의하여 다각형 근사를 보인 것이다.

다각형의 변들은 인접변들과의 관계에 따라 직선 또는 곡선으로 변환된다. 본 논문에서는 직선생성을 위해 인접된 변들을 곡선으로 적합시켜 적합결과가 만족스러우면 곡선영역으로 분리하고 곡선영역으로 분리되지 않는 부분을 직선영역으로 판단하여 직선을 생성시킨다. 곡선적합의 만족여부는 인접변에 대한 점들을 베지어 곡선에 적합시키고 점열의 오차를 고려하여 오차가 임계치 이내에 포함되는 점열을 곡선영역으로 판단한다. P_{n1} 부터 P_{n2} 까지의 점열에 대한 적합곡선 R 과의 최대오차를 $CE(R, n1, n2)$ 라 하고 임계치를 th 라하면

$$CE(R, i-k, i+1) > th \text{ and } CE(R, i, i+m) > th$$

의 조건을 만족할 때만 변 $S_i = (P_i, P_{i+1})$ 를 직선영역으로 분리한다. 여기서 P_{i-k} 부터 P_i 까지의 점열의 수와 P_{i+1} 부터 P_{i+m} 까지의 점열의 수는 P_i 부터 P_{i+1} 까지의 점열의 수보다 커지도록 k 와 m 이 확장되어야 한다. 그림 5는 직선영역의 분리과정을 보여주고 있다.

직선영역으로 판단되면 속성 A_i 는 lineStart로 변경하고 직선의 기울기 오차가 임계치 범위내에 있을 때까지 점열을 검색함으로써 직선을 생성하고 종점의 속성을 lineEnd로 변경한다.

그리고 다각형의 변중에서 직선으로 판단되지 않는 변들에 대해서는 속성을 middle로 변경하고 이들 점열로부터 곡선을 추출한다. 따라서 곡선영역은 곡선으로 판단되는 두 변 사이에 존재하는 점열이다.

윤곽 점열 P_i 로부터 추출된 직선과 곡선성분으로 화상 데이터를 표현하기 위해 데이터 구조를 다음과

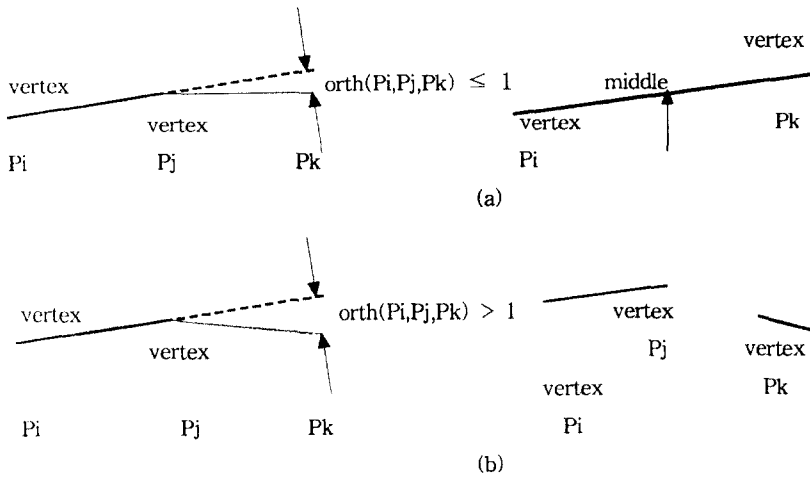


그림 4. 다각형 근사를 위한 직선성 조건.

(a) $orth(P_i, P_j, P_k) \leq 1$ 인 경우

(b) $orth(P_i, P_j, P_k) > 1$ 인 경우

Fig. 4 Linear Condition for polygon approximation.

(a) In the case of $orth(P_i, P_j, P_k) \leq 1$

(b) In the case of $orth(P_i, P_j, P_k) > 1$

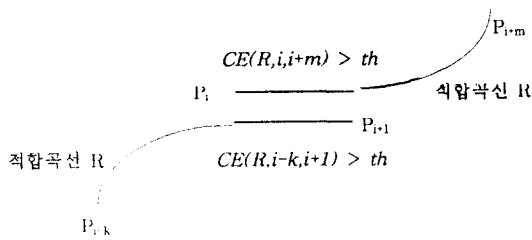


그림 5. 직선영역의 분리.

Fig. 5 The separation in line area.

같이 정의하였다.

line_type	rx0	ry0	rx1	ry1	rx2	ry2	rx3	ry3
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- line_type: 직선 또는 곡선을 구분
- rx0, ry0 : 직선과 곡선의 시작점 좌표
- rx1, ry1 : 직선의 종점 또는 곡선의 제 1 제어점 좌표
- rx2, ry2 : 곡선의 제 2 제어점 좌표
- rx3, ry3 : 곡선의 종점 좌표

3.2.2 3차 베지어 곡선생성

화상의 윤곽정보를 곡선으로 표현하기 위해서 윤곽 점열을 베지어 곡선에 적합시켜 최소오차의 조건을 만족하는 점열을 하나의 베지어 곡선으로

$$R = R(u) = (R_x(u), R_y(u))$$

$$= (1-u)^3 R_0 + 3(1-u)^2 u R_1 + 3(1-u) u^2 R_2 + u^3 R_3 \quad (0 \leq u \leq 1) \quad (2)$$

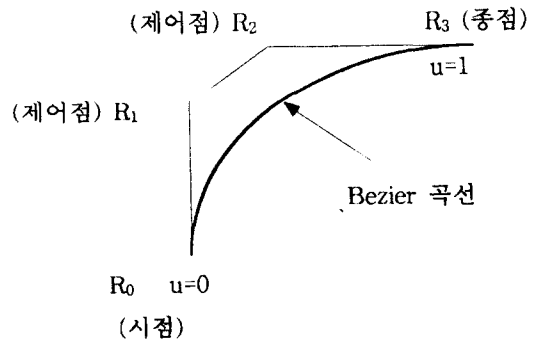


그림 6. 베지어 곡선.

Fig. 6 Bezier curve.

표현하였다.^{7), 8)} 베지어 곡선은 1970년 베지어에 의해 제안되었으며,¹⁰⁾ 피거슨의 매개변수 표현방식을 곡선 설계시 벡터계수가 보다 명료한 물리적 의미를 가질 수 있도록 개선시킨 표현방식으로 그림 6에서 한 개의 베지어 곡선은 다음과 같이 표현된다.

베지어 곡선은 파라메타 $u(0 \leq u \leq 1)$ 에 대하여 4 벡터(8개의 계수)로 정의되며 이 곡선은 $u=0$ 과 $u=1$ 일 때 양끝점 R_0 와 R_3 을 통과하며 R_0 에서 R_0 로부터 R_1 으로 향하는 접선과 R_3 에서 R_2 로부터 R_3 으로 향하는 접선을 갖는다.

곡선영역의 점열을

$$BP = \{P_i = (X_i, Y_i) | i = n1, n2\} \quad (3)$$

이라 하고 주어진 점 P_i 와 베지어 곡선 $R(u)$ 의 편차 E_i 및 편차합계 E 를

$$E_i = R(u_i) - P_{i+n1} \quad (4)$$

$$E(R) = \sum_{i=0}^{n2-n1} E_i \cdot E_i \quad (5)$$

라하자. 여기서 u_i 는

$$(P_{i+n1} - R(u_i)) \cdot \frac{\partial R(u_i)}{\partial U_i} = 0 \quad (6)$$

을 만족하는 u_i 이어야 한다. 식(3)의 점열 BP를 식(2)의 베지어 곡선 R 에 적합시키기 위해서는 식(5)의 편차 E 가 최소가 되도록 8개의 미계수(4개의 벡터 R_i 의 R_{x_i} 와 R_{y_i})가 결정되어야 한다.

미계수 결정은 식(8)과 같이 8개 계수에 대한 편차 함수 $E(R)$ 의 편미분이 0이 되는 연립방정식의 해에 의하여 결정된다. R_{x_j} 와 R_{y_j} 는 벡터 R_j 의 x 및 y 성분의 미계수라 하자.

$$\frac{\partial E}{\partial R_{x_j}} = 0$$

$$\frac{\partial E}{\partial R_{y_j}} = 0 \quad 0 \leq j \leq 3 \quad (7)$$

점 P_{n1} 부터 P_{n2} 까지의 점열에 대하여 적합된 베지어 곡선 R 의 최대편차는 다음과 같다.

$$CE(R, n1, n2) = \max_{0 \leq i \leq (n2-n1)} E_i \cdot E_i \quad (8)$$

식(2)의 계수를

$$a_i = (1 - u_i)^3$$

$$b_i = 3(1 - u_i)^2 u_i$$

$$c_i = 3(1 - u_i) u_i^2$$

$$d_i = u_i^3$$

이라 하면 식(7)의 연립방정식은 다음과 같이 정리된다.

$$\sum a_i a_i R_{x0} + \sum a_i b_i R_{x1} + \sum a_i c_i R_{x2} + \sum a_i d_i R_{x3} = \sum a_i P_{x_{i+n1}}$$

$$\sum b_i a_i R_{x0} + \sum b_i b_i R_{x1} + \sum b_i c_i R_{x2} + \sum b_i d_i R_{x3} = \sum b_i P_{x_{i+n1}}$$

$$\sum c_i a_i R_{x0} + \sum c_i b_i R_{x1} + \sum c_i c_i R_{x2} + \sum c_i d_i R_{x3} = \sum c_i P_{x_{i+n1}}$$

$$\sum d_i a_i R_{x0} + \sum d_i b_i R_{x1} + \sum d_i c_i R_{x2} + \sum d_i d_i R_{x3} = \sum d_i P_{x_{i+n1}}$$

$$\sum a_i a_i R_{y0} + \sum a_i b_i R_{y1} + \sum a_i c_i R_{y2} + \sum a_i d_i R_{y3} = \sum a_i P_{y_{i+n1}}$$

$$\sum b_i a_i R_{y0} + \sum b_i b_i R_{y1} + \sum b_i c_i R_{y2} + \sum b_i d_i R_{y3} = \sum b_i P_{y_{i+n1}}$$

$$\sum c_i a_i R_{y0} + \sum c_i b_i R_{y1} + \sum c_i c_i R_{y2} + \sum c_i d_i R_{y3} = \sum c_i P_{y_{i+n1}}$$

$$\sum d_i a_i R_{y0} + \sum d_i b_i R_{y1} + \sum d_i c_i R_{y2} + \sum d_i d_i R_{y3} = \sum d_i P_{y_{i+n1}}$$

3.3 베지어 곡선생성 알고리즘

화상정보의 윤곽 점열로부터 베지어 곡선의 윤곽 선을 생성하는 알고리즘은 3-2-1에 의해 생성된 직선 정보와 윤곽 점열을 입력으로 베지어 곡선을 생성한다. 이때 곡선이 될 수 없는 점열에 대해서는 직선성분으로 분류하여 직선을 생성하는데 곡선이 될 수 없는 경우는

- (1) 이웃하는 점 없이 한 점으로 존재하는 경우
- (2) 3개 이하의 연속된 점열의 경우

이다. (1)의 경우는 3-2-1에서 처리되지 않는 독립점이고 (2)의 경우는 윤곽 점열에 충실한 베지어 곡선을 생성하기 위해서는 최소한 4개의 점이 연속해야 한다는 판단하에 예외적으로 처리되는 경우이다. 따라서 곡선이 될 수 있는 조건으로서 점열들은 서로 연속적으로 연결되어 있어야 하고 곡선을 이루고 있는 점열의 갯수도 3개 이상이어야 정상적인 곡선을 구할 수 있으므로 이 조건에 해당하는 점열의 집합들만으로 곡선을 생성하여 저장하고 다른 조건의 점열들은 다

시 직선성분으로 저장하였다.

3.4 곡선에 의한 인덱스키 형식

3.4.1 인덱스 생성

원화상의 특징 DB를 구축하고 질의 화상을 DB로부터 검색하기 위해서는 원화상으로부터 추출된 객체의 윤곽선 정보를 그대로 적용할 수는 없다. 왜냐하면 객체의 특징으로서 윤곽선을 직선 또는 곡선의 좌표값으로 표현하고 있기 때문에 만약 입력화상의 크기가 같고 동일한 객체라 하더라도 객체의 크기나 위치가 달라진다면 좌표값이 달라서 검색되지 않을 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 화상의 특징정보로서 직선 또는 곡선의 좌표를 사용하지 않는 대신 직선과 곡선의 개수를 사용하였다. 개수를 특징정보로 사용하면 입력화상내 객체의 크기나 위치에 독립적일 수 있고 동일화상에 대하여 동일한 처리가 적용되기 때문에 일관성 있는 특징정보를 갖게 된다.

그러나 객체의 윤곽에 해당하는 직선과 곡선의 총계만을 검색을 위한 키로서 사용한다면 유사성이 전혀 없는 화상도 검색될 수 있다. 따라서 질의화상과 유사한 화상이 검색 될 수 있어야 하는데 이를 위해 화상내 객체를 에워싸는 최소 경계영역(minimum boundary rectangle)을 설정하고 설정된 최소 경계영역을 16개의 블록으로 나누어 각 블록당 직선과 곡선의 개수를 산출하였다(그림 7).

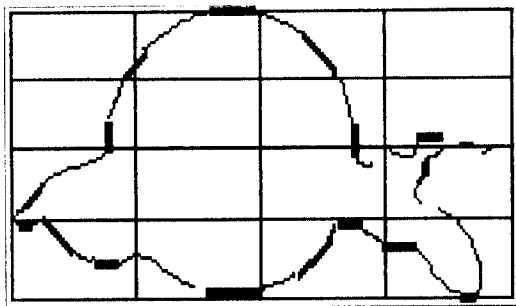


그림 7. 최소경계영역과 16블록.
Fig. 7 Minimum boundary rectangle and 16 block.

여기에서는 화상내 객체의 특징정보로서 직선 총계와 곡선 총계 그리고 블록당 직선 개수와 곡선 개수를 구하고 이를 화상 검색을 위한 인덱스키로 사용

하였다. 그림 8은 인덱스 구조를 나타낸다.

블록당 직선과 곡선의 개수를 산출함에 있어 직선의 경우에는 기본적으로 이것의 시작점 또는 종점이 위치하는 블록은 직선을 포함하는 것으로 하였다. 또한 직선의 양끝점을 포함하지는 않지만 직선 궤적상에 놓이는 블록도 직선을 포함하는 것으로 처리하였다. 곡선의 경우, 시작점과 끝점이 위치하는 블록은 곡선을 포함하는 것으로 하였으며 곡선의 양끝점을 포함하지는 않지만 곡선 궤적상에 위치하는 블록에 대해서는 곡선을 포함한다고 하지 않고 대신 제어점이 놓이는 블록을 대상으로 하였다.

<block #0>|<block# 1>| |<block #15>

직선 총계	곡선 총계	직선 개수	곡선 개수	직선 개수	곡선 개수	직선 개수	곡선 개수	파일 이름
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

그림 8. 화상 인덱스 구조.
Fig. 8 The format of image index.

3.4.2 검색

화상을 질의어로 사용하는 경우 질의화상 역시 원화상의 특징추출과 동일한 과정을 거치게 된다. 본 시스템에서는 질의화상과 동일한 화상만을 검색하는 것이 아니라 질의화상과 유사한 화상도 검색하여 검색의 범위를 확대함으로써 2차적인 질의 기대를 충족시키고자 한다. 따라서 동일화상은 물론 일정 범위의 유사화상도 검색하기 위해서는 완전비교가 아닌 유사도 비교를 행한다.

이를 위해 1차적으로 질의화상의 인덱스키로부터 직선의 총계와 곡선을 총계값을 비교하여 질의화상이 직선성분이 많은 화상인지 곡선성분이 많은 화상인지를 판단한다. 즉, 화상 전체에 대한 키 프리미티브가 직선 또는 곡선인지를 결정한다. 그리고나서 DB의 각 화상 인덱스키로부터 직선 총계와 곡선 총계를 비교하여 키 프리미티브를 결정하고 질의화상의 키 프리미티브와 동일한 키 프리미티브를 갖는 화상을 선별한다. 이것은 질의화상과 키 프리미티브와 동일한 키 프리미티브를 갖는 화상을 선별한다. 이것은 질의화상과 유사한 화상을 우선 분리함으로써 구축된 화상 DB를 모두 검색하지 않고 질의 화상의 주 성분과 동일한 주 성분의 화상만을 대상으로 검색케 함으로써 검색시간을 줄이기 위함이다. 2차적으로는 질

의화상 인덱스키의 각 필드와 분리된 화상들의 인덱스키의 각 필드를 비교한다. 필드단위의 비교에 있어서는, 질의화상의 필드(블록)당 직선 개수와 곡선 개수를 비교하여 개수가 많은 프리미티브를 블록단위의 키 프리미티브로 결정한다. 질의화상의 블록당 키 프리미티브가 결정되면 검색대상 화상의 해당블록에 대하여 키 프리미티브의 개수로써 블록단위의 유사도를 산출하게 된다.

예를 들어, 질의화상 인덱스키에서 블록 3의 곡선수가 직선수보다 많다면 블록 3의 키 프리미티브는 곡선이 되고 검색대상 화상의 인덱스키의 블록 3에서의 직선 개수가 곡선개수보다 많다 할지라도 곡선 개수를 사용하여 블록 3에서의 유사도를 계산한다. 이때 유사도는 키 프리미티브의 개수에 대한 비율을 구하는 것이다.

$$\text{블록단위 유사도} = \frac{\text{키 프리미티브의 최소수}}{\text{키 프리미티브의 최대수}}$$

경우에 따라서는 질의화상의 블록중에서 직선 또는 곡선을 하나도 포함하지 않는 블록이 있을 수 있다. 즉, 직선과 곡선 개수가 모두 0인 경우이다. 이 경우에는 유사도를 1 또는 0으로만 계산하였다. 즉, 검색대상 화상의 해당 블록의 직선과 곡선 개수가 모두 0 일때 유사도 1, 그렇지 아니할 때는 0으로 처리하였다.

따라서 질의화상과 검색화상과의 유사도는 블록단위의 유사도를 합산하고 이를 블록의 개수로 나누어 줌으로써 구해진다.

$$\text{전체 유사도} = \frac{\sum \text{블록단위 유사도}}{\text{블록갯수}} \times 100(\%)$$

IV. 실험 및 고찰

본 시스템의 구현환경은 PC에서 C언어를 사용하였으며 사용된 화상 데이터는 탭31개, 도자기 58개 등 총 89개의 GIF 포맷 칼라화상을 검색대상으로 하였다. 실험조건은 총 89개의 DB내 화상중에서 임의의 탭, 도자기중 질의화상을 선택하여 검색하였고, 화상의 일부 문양이나 특정부분이 아닌 전체 윤곽을 질의범위로 설정하였다.

실험은 2단계로 나누어 실행하였는데 1 단계에서는, 직선성분이 많은 화상과 곡선성분이 많은 화상을

분류하지 않고 블럭단위의 직선 및 곡선의 갯수만 사용하여 검색하였고 2 단계에서는 직선성분이 많은 화상과 곡선성분이 많은 화상을 분류한 다음 블럭단위로 유사도를 산출하여 검색하였다.

내용기반 화상검색시스템에서는 기존의 검색에서 적용되었던 정확한 매칭이 아닌 유사 매칭의 방법을 채택하였으므로 시스템의 평가도 다르게 계산되어야 한다. 일반적으로 정확한 매칭이 아닌 유사매칭을 수행하는 시스템의 평가는 Precision과 Recall을 근거로 하고 있다.¹⁴⁾ 주어진 질의에 대해서 검색대상중 질의와 관련된 총 화상수를 T라 하고 검색된 항목의 총수를 T_r 이라 하며, 검색된 항목중 질의와 관련된 유사 화상의 수를 R_r 이라고 할때 Precision과 Recall은 R_r/T_r , R_r/T 로 표시하도록 한다. AVRR(average rank of relevant images)은 디스플레이된 화상중 관련된 화상들의 평균순위를 나타내며, 검색순위(RT:rank of retrieved test images)는 질의한 테스트 화상이 몇번째로 검색되었는가의 순위를 나타낸다. 검색실패(MT:mised test images)는 질의한 원화상이 검색되지 않은 경우의 수 이다.

- Precision = R_r/T_r
- Recall = R_r/T
- AVRR = 디스플레이된 화상중 관련된 화상들의 평균순위
- RT = 질의한 테스트 화상이 몇번째로 검색되었는가의 순위

그림 11은 Recall과 Precision의 관계를 나타내고 있으며, 검색효율이 좋을수록 Recall과 Precision 모두 1에 가까워지고 검색효율이 나쁠수록 0에 가까워짐을 나타내고 있다.¹⁴⁾

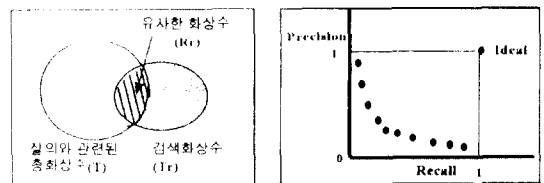


그림 11. Precision과 Recall의 관계.
Fig. 11 Relation of Precision and Recall.

표 1. 실험결과

Table 1. Experiment results.

단 계	1 단계		2 단계	
	탐	도자기	탐	도자기
질의유형				
질의횟수	5	5	5	5
Precision	28/60	39/60	41/60	53/60
Recall	18/31	16/23	21/31	20/23
AVRR	8/19	8/17	9/16	9/15
RT	1	1	1	1
MT	7/60	6/60	2/60	0/60

표 1은 실험결과를 나타내고 있다. 표 1의 실험결과에서 Precision의 분모가 60이 되는 이유는 질의된 화상과 동일화상을 포함한 유사화상까지 12개 화상을 출력하도록 하였으므로 5회 반복 실험을 실시한 결과의 T,은 60이 된다. 또 Recall은 질의화상에 대한 검색되어진 12개의 출력화상중 유사화상순으로 질의로 주었을 때 출력되어지는 화상의 총계와 유사화상의 수로서 나타내었다. 즉 한 번 이상 출력되어진 화상의 총계가 T이고 유사화상의 평균치가 R,이 되도록 하였다. 또 AVRR은 5번 출력되어진 화상중에서 유사화상의 순위에 따른 평균치를 나타낸다.

그림 12에서 그림 15까지는 탐, 도자기를 검색한 응답결과를 나타내고 있다. 그림 12에서 그림 15까지를 살펴보면 질의화상과 동일한 화상이 첫 번째로 출력되었고 두 번째 화상부터는 유사화상순으로 출력되고 있음을 나타내고 있다.

컴퓨터에 의한 검색 결과의 객관성을 높이기 위해서 학생 30명을 대상으로 본 논문에서 실험대상이던 총 89개의 화상을 제공하고 시각적 인지에 대한 화상의 내용특징(칼라, 문양, 윤곽, 곡선, 결, 모양, 라인, 방향벡터, 위치, 구조, 기타)과 관련화상중 유사화상순서 등을 설문조사한 결과와 실험에 의해서 출력된 총 240화상(한 화상당 5회×출력된 화상 12개→5×4=240)의 유사도를 판별하여 표 1의 결과를 얻었다. 탐의 경우는 관련된 유사화상이 많았으나 도자기인 경우 총 관련화상 58개중 질의화상과 유사한 (화)문병은 21개 뿐이었으므로 실질적으로 질의와 관련된 화상에서는 탐이 우세하였다.

(1) 탐의 경우

설문조사 결과 탐의 유사화상 선택기준은 탐의총

수, 기단부, 탐두부, 탐신, 우각, 기단구조, 거재, 대반석의 순으로 보았으며 내용특징은 방향벡터, 윤곽, 라인등으로 보았다.

본 논문에서는 직선과 곡선성분을 이용한 내용기반 화상검색이므로 기존에 발표된 방향벡터나¹⁴⁾ 라인성분을¹²⁾ 이용한 검색결과보다 Precision이나 Recall에서 저하되었다. 그 이유는 탐의 내용특징이 직선이나 곡선성분보다는 복합적인 내용특징을 가지고 있다는 것이며 탐은 직선이나 곡선성분 특징추출에 의한 검색보다는 방향벡터나 다른 내용특징을 추출하여 검색하는 것이 바람직한 것이다.

(2) 도자기의 경우

도자기인 경우는 (화)문병, (문)매병, 조형주자, 향로, 제잔, 어문반, 문정병, 문반함, 둥근달단지등 종류가 다양하고 외부형태나 문양이 너무나 상이하기 때문에 그중에서도 고유한 도자기로 인정되면서 유사화상이 비교적 많은 (화)문병을 질의 화상으로 선택하였다. (화)문병은 문양을 제외하면 외부 모양이 직선과 곡선 및 윤곽으로 내용특징을 볼 수 있기 때문에 본 논문에서 제안된 직선과 곡선의 윤곽정보특징을 추출하여 검색할 수 있을 것으로 판단되었다. 설문조사에서도 탐, 도자기, 불상, 해, 달, 구름, 산등에서 곡선과 윤곽의 특징을 나타내는 것이 도자기라고 하였기 때문이다.

표 1에서 보는바와 같이 내용기반 화상검색의 평가 파라미터인 Precision과 Recall, AVRR에서 탐을 질의한 결과 보다 향상된 것은 도자기의 내용특징이 곡선이라는 것을 입증하고 있는 것이다.

다른 연구 발표와^{1), 12), 13), 14)} DB사이즈나 대상화상이 다르고 파라미터의 산출이 상이할 뿐 아니라 특히 이미 발표된 논문에서는 연구자 본인의 판단에 따라 검색되어진 출력화상중에서 유사화상을 선택하였으나 본 논문에서는 출력되어진 화상이 설문에서 나타난 범주내 화상과 일치 하였을때만 유사화상으로 인정하였기 때문에 완전 비교는 어려우나 기존발표 연구보다 객관성있는 검색효율을 얻을 수 있었고 탐에 대한 검색 효율은 떨어졌으나 도자기인 경우 개선된 검색결과를 얻을 수 있었다.

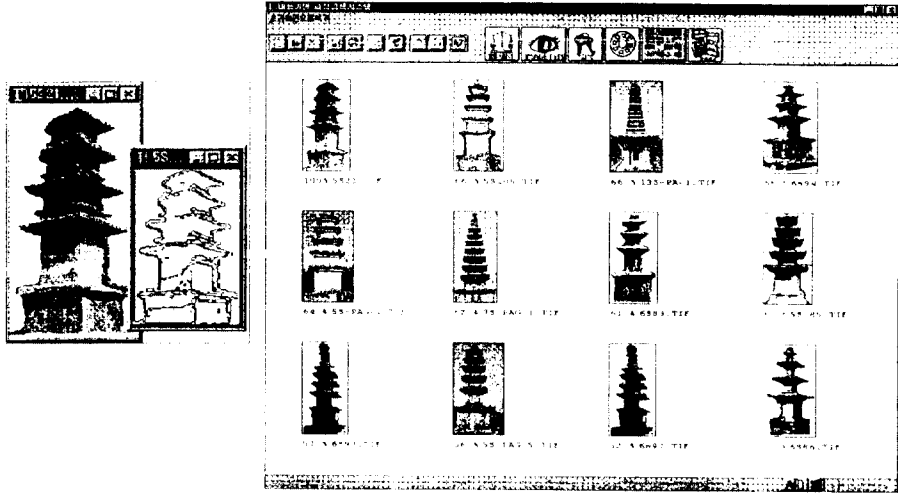


그림 12. 1단계로 담은 질의한 실험 결과.
Fig. 12 Response results of tower by one stage.

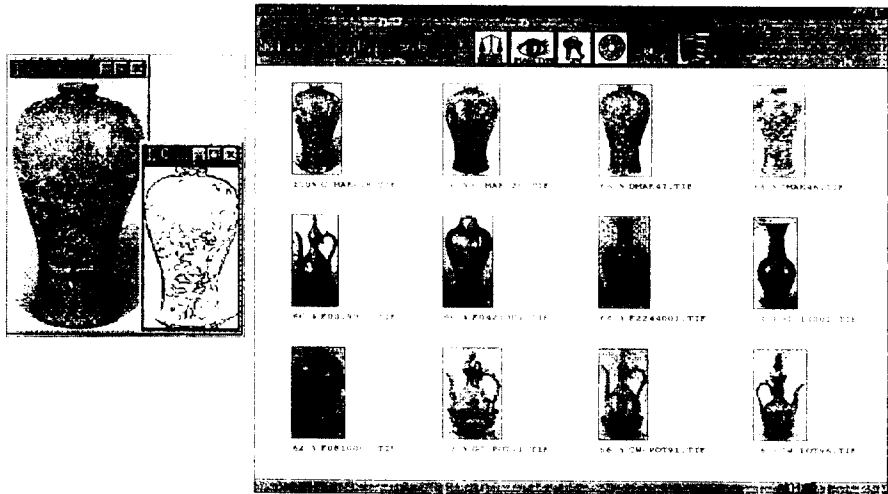


그림 13. 1단계로 도사기를 질의한 실험 결과.
Fig. 13 Response results of ceramics by one stage.

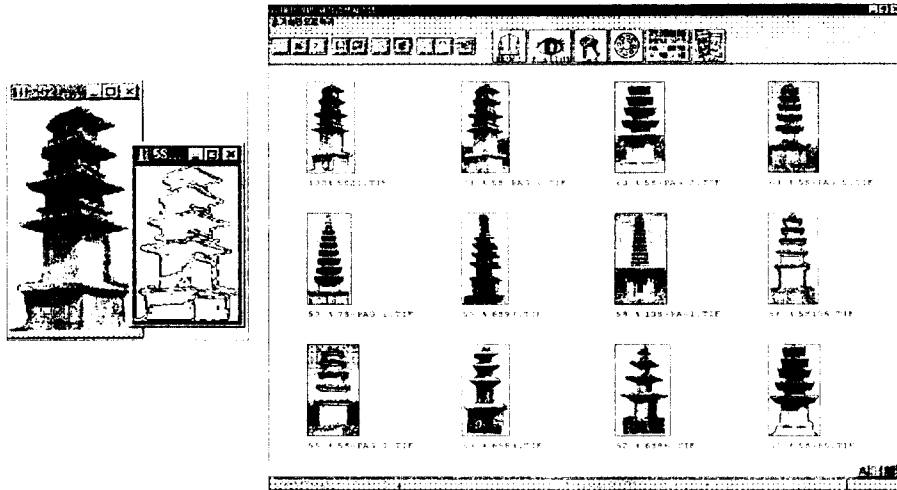


그림 14. 2단계로 탑을 질의한 실험 결과.

Fig. 14 Response results of tower by two stage.

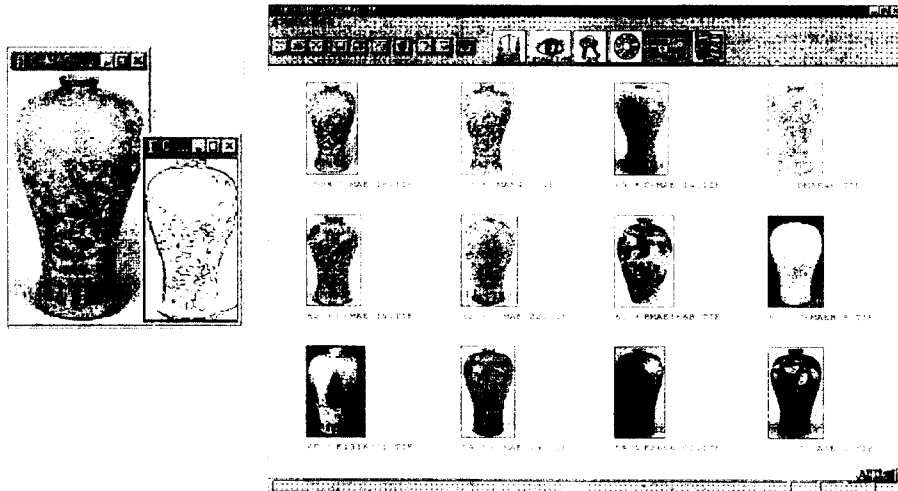


그림 15. 2단계로 도자기를 질의한 실험 결과.

Fig. 15 Response results of ceramics by two stage.

V. 결 론

본 논문에서는 텍스트나 키워드가 아닌 화상을 질의어로 사용하고 화상의 내용 즉 화상내 객체의 특징에 기반하여 원하는 화상을 검색하는 내용기반 검색 시스템을 설계·구현하였다. 이를 위해 화상내 객체의 윤곽 점열을 추출하고 이를 곡선과 직선으로 표현하였으며 직선과 곡선의 갯수를 검색을 위한 키로 사용하여 유사도를 산출함으로써 질의화상을 검색하였다.

화상정보를 윤곽선으로 표현하기 위해 직선 및 곡선생성 알고리즘을 제안하였는데 이는 기존의 화상처리 기술을 응용하여 윤곽 점열을 추출하고 직선 및 곡선생성을 용이하게 하기 위해 불필요한 객체의 내부영역을 제거하였다. 윤곽 점열을 다각형으로 근사한 후 직선영역을 우선 분리하고 곡선의 궤적에 해당하는 점열을 3차 Bezier 곡선에 적합시킴으로써 곡선을 생성하였다.

윤곽선으로 변환된 화상 정보를 이용한 검색 알고리즘을 제안하였는데 화상 특징 DB 구축 및 질의화상 검색을 위해 입력화상의 직선 및 곡선 총계와 입력화상내 객체를 에워싸는 최소 경계영역을 16개의 블럭으로 분할하고 블럭당 직선 및 곡선의 갯수를 구하였다. 질의화상을 충실하게 검색하기 위해 화상 전체의 키 프리미티브를 결정하여 직선 중심적인 화상과 곡선 중심적인 화상으로 먼저 분류하고 질의화상과 동일한 키 프리미티브를 갖는 화상을 대상으로 하여 블럭단위의 유사도를 산출하였다. 이때에도 블럭단위의 키 프리미티브를 결정하고 키 프리미티브로의 갯수비율로써 유사도를 계산하였다.

이와같은 방법으로 검색을 실시한 결과 다른 내용기반화상검색보다 검색시간이 단축될 뿐아니라 인덱스의 구조가 간단해졌고, 다른 검색 방법들과 병용하여 가중치 검색을 실시할 경우 효과적인 검색이 이루어질 수 있을 것이다. 그러나 질의 화상이나 관련화상들의 내용특징이 곡선인 경우에만 검색효율이 증가된다는 결점이 있다.

앞으로 보완되어야 하는 부분은 윤곽 점열을 다각형으로 근사할 때 윤곽정보가 부분적으로 상실되는 문제와 프리미티브간의 불연속 구간을 보간함으로써 완벽하게 윤곽선을 추출할 수 있어야 할 것이며, 또 한 다른 특징추출 검색방법과 객체의 내부 문양정보

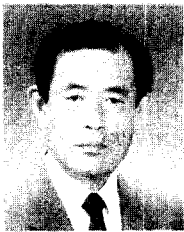
를 검색키로 활용될 수 있도록 윤곽정보의 추출과정이 보완되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. W. Niblack, et al, "The QBIC project: Querying images by content using color, texture and shape," SPIE Conference on Storage and Retrieval for Image and Video Databases, San Jose, Vol. 1908, pp. 173-187, 1993.
2. T. Chiueh, "Content-based image indexing," Proceedings of the 20th VLDB Conference, pp. 582-593, 1994.
3. W.I. Grosky, R. Mehrotra, "Index-based object recognition in pictorial data management," Computer vision, Graphics and Image Processing, vol. 52, pp. 416-436, 1990.
4. T.S. Chua, S.K. Lim and H.K. Pung, "Content-based retrieval of segmented images," ACM Multimedia, '94, pp. 211-218, 1994.
5. K. Hirata, T. Kato, "Query by visual example," Extending database Technology '92, pp. 56-71, 1992.
6. R. Barber, et al, "Efficient query and image content for very large image databases," COMPCON 1993, 1993.
7. 김윤중, "비트맵 데이터로부터 윤곽선 폰트의 자동 생성시스템 개발," 대전산업대학교 논문집, 제11권 1집 A편, pp. 71-76, 1994.
8. 김차종, 강한중, 이수연, "다목적 폰트 제작 시스템," 한국정보과학회 논문지, vol. 16, No. 5, pp. 422-433, 1989.
9. I. Pitas, *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice-Hall, 1993.
10. W.M. Newman and R.F.Sproull, *Principle of interactive computer graphics*, McGraw-Hill, 1979.
11. 고찬, "곡선에 의한 형상의 표현과 인식," 한국정보처리융용학회 논문지, 제1권 제4호, pp. 551-558, 1994.
12. 구정현, 최현섭, 김철원, 정원일, 최기호, "라인성분을 이용한 내용기반 화상 검색시스템의 설계 및 구현," 대한전자공학회, 추계종합학술대회 논문

집, pp. 401-404, 1995.

13. 박정찬, 최현섭, 김철원, 정원일, 최기호, “칼라특성을 이용한 내용기반 화상 검색시스템의 설계 및 구현,” 대한전자공학회, 추계종합학술대회 논문집, pp. 405-408, 1995.
14. 최현섭, 김철원, 정원일, 최기호, “방향밀도벡터를 이용한 내용기반 화상 검색시스템의 설계 및 구현,” 대한전자공학회, 추계종합학술대회 논문집, pp. 409-412, 1995.



정 원 일(Won Il Jeong) 정회원
1964년: 한국항공대학교 전자공학과(공학사)
1979년: 건국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1996년: 광운대학교 전자계산기공학과(공학박사)
1973년~현재: 대전산업대학교 전자공학과 교수

※관심분야: 멀티미디어 정보 검색, 회로 및 시스템



최 기 호(Ki Ho Choi) 정회원
1973년: 한양대학교 전자공학과(공학사)
1977년: 한양대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1987년: 한양대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
1977년~1979년: 한국과학기술연구소 연구원

1979년~현재: 광운대학교 전자계산기 공학과 교수/
신기술 연구소

※관심분야: 멀티미디어 정보검색, 멀티 모달