

# 이산 코사인 변환을 이용한 형태 특징 추출 기법

김 경 수<sup>†</sup> · 이 영 신<sup>†</sup> · 김 용 국<sup>†</sup> ·  
이 윤 배<sup>††</sup> · 김 판 구<sup>††</sup>

## 요 약

본 논문에서는 형태특징추출 알고리즘의 조건인 기하학적 변환에 불변하도록 모멘트 알고리즘을 이용한 간단한 정규화 과정을 수행하고 이산 코사인 변환(Discrete Cosine Transform)을 적용하여 물체의 형태특징을 추출하는 방법을 제안한다. 검색영상 수를 줄이기 위해 인식객체의 이심률(eccentricity)과 원형에 가까운 정도를 나타내는 원형도(circularity)를 검색필터로 사용하였다. 다양한 식물잎을 대상으로 실험한 결과, 이산 코사인 변환을 이용한 특징추출방법이 기존의 푸리에 서술자(Fourier Descriptor)나 모멘트(Moment) 알고리즘을 적용했을 때 보다 인식률이 높음을 확인하였다.

## A Technique for Shape Features Extraction Using the Discrete Cosine Transform

Kyungsu Kim<sup>†</sup> · Yungsin Lee<sup>†</sup> · Yongkuk Kim<sup>†</sup> ·  
Yunbae Lee<sup>††</sup> · Panku Kim<sup>††</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we propose the method that extract shape features using the DCT(Discrete Cosine Transform) via simple invariant normalization. To retrieve effectively, we used measures, circularity and eccentricity, as filters to reduce the number of retrieved images. The experimental results show that our method is better than the methods of Fourier Descriptors and Moment Invariant for various leaf images.

### 1. 서 론

최근, 국내외적으로 영상과 멀티미디어 정보 시스템에 관한 연구가 매우 활발하게 진행되고 있다. 이러한 연구의 결과로 대용량의 디지털 영상 데이터를 효율적으로 생성, 전달, 저장 그리고 처리할 수 있게 되었다. 그러나, 영상 데이터에 대한 접근이나 검색방법은 여전히 주석 처리에 의한 방법에 많이 의존하고 있다. 최근 몇 년 동안 국내외적으로 연구되고 있는 내용기반검색

시스템들을 보면 멀티미디어 영상의 다양성 때문에 완벽한 내용기반 검색시스템의 구현은 아직 어려운 실정이나 좋은 성능을 가진 시스템들이 많이 구현되고 있다 [8,12,13,16,17,18]. 특히, 내용기반검색 시스템에서 영상내의 객체의 형태(shape) 특징을 이용한 검색방법은 매우 어려운 문제로 고수준의 영상처리기술이 필요한 분야로서 예를 들면, 다양한 종류의 상표인식, 비행기의 운곽인식, 얼굴인식 등을 들 수가 있다[5,14].

가장 교육시스템의 일환으로 사용자가 채취한 미지의 식물 잎 영상을 직접 질의로 주어 그 식물에 대한 영상을 찾아 결과로 보여주는 내용기반 식물영상 정보 시스템을 구축할 수 있다. 본 논문에서는 이를 위해 형

<sup>†</sup> 준 회 원 : 조선대학교 대학원 전자계산학과  
<sup>††</sup> 정 회 원 : 조선대학교 전자계산학과 교수  
논문접수 : 1997년 8월 5일, 심사완료 : 1998년 2월 26일

상 인식 알고리즘이 만족해야 할 기하학적 변환에 불변하는 성질을 갖는 정규화과정을 제안하고, 저주파에서 고주파까지 다양한 성분을 포함하고 있는 이산 코사인 변환을 사용하여 나뭇잎 영상의 특징을 추출한다. 본 논문에서 제안된 방법과 기존의 형태특징추출 알고리즘인 푸리에 서술자(Fourier Descriptors)와 모멘트(Moment) 알고리즘을 구현하여 비교, 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 형태 인식 알고리즘들을 소개하고, 제안된 방법과 비교하기 위해 구현된 푸리에 서술자와 모멘트 알고리즘을 상세히 서술한다. 3장에서는 DCT(Discrete Cosine Transform)가 기하학적 변환에 불변하지 않기 때문에 이를 만족시키기 위한 간단한 정규화 과정을 소개하고, DCT로부터 특징을 추출하기 위한 방법을 서술한다. 4장에서는 실험을 통한 세 가지 방법의 성능분석을 서술하고 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구방향을 제시한다.

## 2. 형상 인식 알고리즘

내용기반 검색에서 형태 특징에 의한 검색은 아직도 많은 연구자들의 연구 대상이 되고 있다. 왜냐하면, 인간이 형태를 인식하는 다양한 의미적 해석 방법을 고려해주는 완전한 알고리즘은 아직 존재하지 않기 때문이다[4,7]. 현재까지 연구되어 오고 있는 영상의 검색과 인식을 위해 사용될 수 있는 형태 특징 알고리즘이 많이 있는데 크게 Boundary기반과 Region기반 2가지 형태로 분류될 수 있다[3,5]. Boundary 기반 방법들은 단지 물체의 형태를 나타내주는 윤곽선 혹은 경계선을 특징으로 사용하고 객체의 내부는 무시한다. 대표적인 알고리즘으로는 Chain Codes, Shape Number, Perimeter, Area, Elongation, Compactness, Fourier Descriptors, 그리고 UNL Fourier 방법[1,2,6] 등이 있다. Region 기반 방법은 객체의 경계선뿐만 아니라 객체 내부의 세부 특징들(구멍 등)을 나타낸다. 대표적인 알고리즘으로는 Moment Invariant, Zernike Moments, Euler Number, Hough Transform 방법[7] 등이 있다. 형태기반 영상검색에서 추출된 특징 인덱스들이 사용되기 위해서는 다음과 같은 조건을 만족하여야 한다.

- Invariance : 형태를 나타내고 있는 특징들은 아핀(affine) 기하학적 변환들 즉, Translation,

Rotation, Scale 변화에 불변이어야 한다.

- Uniqueness : 유사한 형태를 가진 영상내의 물체들로부터 추출된 특징값들은 같아야 하고 유사하지 않은 물체들의 특징값들은 달라야 한다.

### 2.1. 푸리에 서술자(Fourier Descriptor)

푸리에 서술자는 형태를 표현하기 위해 최근에 많이 사용되어 온 것으로 자동회귀 기술자(Autoregressive Descriptors)[15]와 같이 형태 시그니처를 이용한다. 형태 시그니처는 곡률 함수, 중심 거리 함수, 복소수 좌표 함수 등을 사용하여 경계선 화소의 좌표로부터 얻을 수 있는데 일반적으로 복소수 좌표 함수의 성능이 경계선을 표현하는 데 좋은 성능을 가지고 있다. 이러한 일련의 형태 시그니처에 DFT(Discrete Fourier Transform)을 적용한 것을 푸리에 기술자라 한다. 푸리에 기술자는 주파수 영역에서 형태를 표현하는데 저주파 영역은 물체의 전반적인 형태를 반영하고 고주파 영역은 물체의 세부적인 부분을 잘 표현하고 있는데 물체의 형태를 표현하기 위한 특징 벡터로는 단지 저주파 영역만을 사용할 수 있다. DFT는 역변환이 가능한 선형 변환이므로 이를 통해 어떤 정보가 얻어지거나 손실되지는 않지만 공간 주파수 도면에서 간단한 조작을 통해 어떤 물체의 회전, 위치 변이, 확대축소에 불변하는 특성을 가지고 있다. 본 연구에서 나뭇잎 영상으로부터 중심 거리 함수를 이용하여 다음과 같이 63개의 특징 벡터를 얻었다.

$$r_i = \sqrt{(X_c - X_i)^2 + (Y_c - Y_i)^2}$$

$i = 0$  to 63

$(X_c, Y_c)$  : centroid의 좌표,

$(X_i, Y_i)$  : 64개의 sample points

Sample point에서 계산된 distance들의 푸리에 서술자는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$a(u) = 1/N \sum_{i=0}^{63} r_i \exp[-j2\pi ui/N]$$

$u = 0$  to 63

그리고, 푸리에 서술자에서 일반적인 정규화 과정은 다음과 같다.

- Rotation normalization : 형태 시그니처로 사용된 함수의 푸리에 변환값의 절대값을 취한다. 이로 인해 형태에 대한 위상 정보는 무시된다.
- Scale normalization : 푸리에 기술자의 절대값을 DC(주파수의 직류성분)의 절대값으로 나눈

다.

- Translation invariance : 형태 시그너처로 사용된 중심 거리 함수의 특성을 만족한다.

최종적으로, 푸리에 서술자를 사용하여 검색에 사용될 특성 벡터는 다음과 같이 구해진다.

$$X = \left[ \frac{|F1|}{|F0|} \dots \dots \frac{|F63|}{|F0|} \right]$$

유사도 계산에는 유클리디언 거리를 사용한다. 두 영상 Q와 I의 특징 벡터  $F^I = (f_1^I, f_2^I, \dots, f_n^I)$ 과  $F^Q = (f_1^Q, f_2^Q, \dots, f_n^Q)$ 이 있을 때 유사도는 다음과 같이 구한다.

$$d(F^I, F^Q) = \sqrt{\sum_{i=0}^{63} (f_i^Q - f_i^I)^2}$$

2.2. 대수 적률(Algebraic Moments)

형태 표현과 유사도 계산을 위한 적률은 형태 인식을 위한 방법으로 많이 쓰이는 알고리즘이다. 2차원 디지털 영상에서 차수 (p, q)의 대수 적률은 다음과 같이 정의한다.

$$M_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y), \quad p, q = 0, 1, 2$$

여기서 x, y 는 화소의 좌표이고 f(x, y)는 0 혹은 1을 값으로 갖는 화소값이다. 일반적으로 적률을 구하는 방법은 두 가지가 있는데 Boundary 기반 방법과 Silhouette 기반 방법이 있다.

- Boundary based Moments : 위의 식에서 형태를 나타내고 있는 경계선 위에 있는 화소에 대해서는 1을, 경계선 내부 혹은 외부에 있는 화소에 대해서는 0을 갖도록 한다.

- Silhouette based Moments : 위의 식에서 형태를 나타내고 있는 경계선 혹은 내부에 있는 화소에 대해서는 1을, 경계선의외부에 있는 화소에 대해서는 0 값을 갖도록 한다.

대수 적률값은 물체의 translation, rotation, scale 변화에 불변하는 특성을 가지고 있고 형태 추출 알고리즘이 가지고 있어야 할 Uniqueness 성질을 만족한다. 1차 적률  $\mu_{00}$ 은 적률 m에 의해 정의될 수 있다.  $x' = \mu_{10}/m$ ,  $y' = \mu_{01}/m$  으로 정의하고 차수 (p, q)의 중앙 적률(Central Moment)는 다음과 같이 정의한다.

$$\mu_{pq} = \int \int (x - x'p)(y - y'q)f(x, y)dx dy$$

그러나, 디지털 이미지에 대해 적분은 다음과 같이 표현된다.

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - x'p)(y - y'q)f(x, y) dx dy$$

$\eta_{pq}$ 로 정의하는 정규화된 중앙 적률은 다음과 같다.

$$\eta_{pq} = \mu_{pq} / (\mu_{00})^\gamma$$

여기서  $p+q = 2, 3, \dots, \gamma$ 에 대해

$$\gamma = (p + q)/2 + 1 \text{ 이다.}$$

2차와 3차 적률로부터, 7개의 불변 적률(invariant moments)은 다음과 같은 식에 의해 구해진다.

$$m_1 = \eta_{20} + \eta_{02}$$

$$m_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4(\eta_{11})^2$$

$$m_3 = (\eta_{30} - \eta_{03})^2 + 3(\eta_{21} - \eta_{03})^2$$

$$m_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2$$

$$m_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] +$$

$$(3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]$$

$$m_6 = (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 -$$

$$(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})$$

$$m_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} - \eta_{03})^2] +$$

$$(3\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]$$

유사도 계산은 두 영상 Q와 I의 특징 벡터  $m_1 \sim m_7$ 에 대해 유클리디언 거리를 사용한다.

3. 특징 추출을 위한 이산 코사인 변환 방법

DCT(Discrete Cosine Transform)은 일종의 주파수 변환 방법으로 신호를 공간 영역에서 주파수 영역으로 바꿔준다. 인간의 눈은 고주파의 정보보다 저주파 정보에 더 민감하다. 그래서 DCT는 JPEG 압축 알고리즘에서 사용되거나 경계선 추출, 그리고 영상으로부

터 텍스처 정보를 추출하기 위해 사용된다. DCT 계수 중에서 윤곽선 정보에 가장 민감한 저주파와 중주파 상분의 변환계수를 이용하여 윤곽선 추출에도 사용되었다 [15]. 2차원 DCT는 8×8 혹은 16×16 화소에 대해 수행된다. 푸리에 변환과 마찬가지로 영상은 모든 열에 8번의 일차원 DCT를, 그리고 모든 행에 대해 일차원 DCT가 수행되도록 분할된다. 이것은 하나의 영상이 기저 함수들의 적절한 합에 의해 만들어 질 수 있다는 것을 의미하고, 복소수를 처리할 필요가 없다는 것은 DCT의 DFT에 대한 큰 장점이다.

DCT를 위한 식은 다음과 같다.

$$H(u, v) = \frac{2}{\sqrt{MN}} C(u)C(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} h(x, y) \times \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right)$$

그리고, DCT의 역 변환은

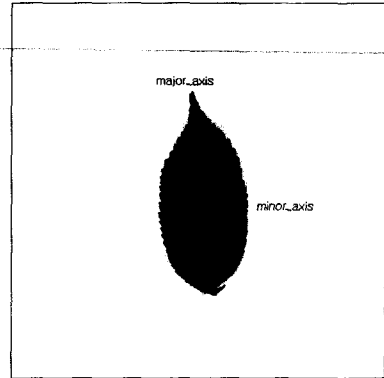
$$h(x, y) = \frac{2}{\sqrt{MN}} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u)C(v)h(u, v) \times \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right)$$

여기서,  $r=0$  일 때  $C(r)$ 는  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  이고  $r>0$  일 때  $C(r)$ 는 1이다.

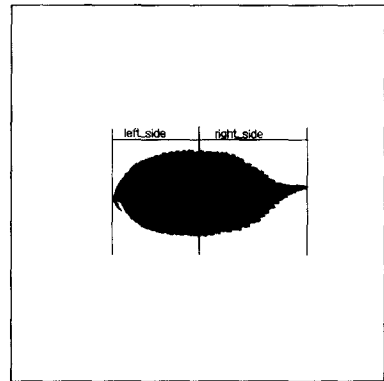
### 3.1. 전처리와 정규화 단계

특징 추출 알고리즘은 어떤 기하학적 변환에 불변해야 하지만 DCT는 이러한 특징을 가지고 있지 않기 때문에 DCT를 적용하기 전에 간단한 정규화 과정을 수행한다. 각 영상들은 다음과 같은 순서에 의해 정규화 과정을 거치게 된다.

- ① 먼저 입력 영상은 세그먼트 되고 잡음이 제거된  $N \times M$  크기의 그레이(grey) 레벨 영상이다.
- ② 모멘트 알고리즘을 사용하여 물체의 중심을 구하고 영상의 중심을 원래 영상의 좌표( $N/2, M/2$ )로 이동한다. 이렇게 함으로서 Translation Invariant 성질을 만족시키게 된다.
- ③ 그림1과 같이 물체의 주축(major axis)과 종축(minor axis)을 central moment 식을 이용하여 구하고 중심과 주축의 끝점들과의 거리를 구한다.



(그림 1) 주축과 종축  
(Fig. 1) Major axis and minor axis



(그림 2) 회전변환  
(Fig. 2) Rotation

- ④ 그림2와 같이 영상을 주축이 x축과 평행이 되게 하고 중심으로부터 주축의 양끝 점들과의 거리가 긴 쪽이 오른쪽에 오도록 양방향 선형 보간법(bilinear interpolation)을 이용하여 회전시킨다. 이렇게 함으로서 Rotation Invariant 성질을 만족시키게 된다.
- ⑤ 물체의 최소 경계 사각형(Minimum Bounding Rectangle)을 구하고 그 영역을 양방향 선형 보간법을 이용하여 고정된 크기의 영상으로 신축(scaling) 시킨다. 이렇게 함으로서 Scale Invariant 성질을 만족시키게 된다.
- ⑥ 마지막으로 입력영상의 윤곽선을 추출한 후 DCT를 적용한다.

3.2 특징 추출

DCT의 계수들은 그 테이블의 평균에너지를 나타내는 DC 성분과 각각의 주파수 수준에 대한 64개의 교류 성분(DC)으로 구성되어 있다. 고주파는 왼쪽 상위에서 대각선 방향으로 분포되어 있다. 각각의 주파수 수준은 그레이 레벨 영상의 변화의 정도를 나타내고 있다고 볼 수 있다. 즉, 저주파 수준에서 고주파 수준으로 갈수록 영상의 변화정도는 더 심해진다. 본 연구에서 인식을 위해 추출한 특징은 저주파와 중주파 변환계수를 특징으로 이용했는데 추출방법은 아래 그림3과 같다. 이는 특히 전체의 모양이 비슷하지만 가장자리가 톱니 모양으로 되어있는 나뭇잎 같은 영상에 대해 매우 효과적일 수 있다. DCT가 적용된 후의 각각의 8×8 블록으로부터 매칭을 위해 사용할 특징 벡터는 다음과 같이 구해진다. 아래 그림3은 8×8 블록의 DCT 계수이다.

추출된 특징 벡터는 다음과 같다.

특징 0 :  $\Sigma(1)$

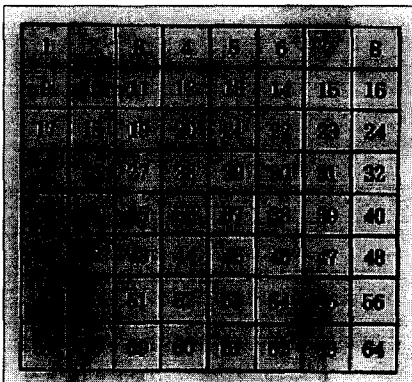
특징 1 :  $\Sigma(4, 11, 18, 15)$

특징 2 :  $\Sigma(5, 12, 19, 26, 33)$

특징 3 :  $\Sigma(6, 13, 20, 27, 34, 41)$

특징 4 :  $\Sigma(7, 14, 21, 28, 35, 42, 49)$

특징 5 :  $\Sigma(8, 15, 22, 29, 36, 43, 50, 57)$



(그림 3) DCT 블록  
(Fig. 3) DCT Block

특징 0은 그 블록의 DC 성분이다. 특징 1부터 특징 5까지는 중주파와 저주파 지역의 부분적인 합이다. 특징 추출과정에서 대부분의 잎 영상들이 타원 모양의 형태를 가지고 있기 때문에 본 연구에서는 주축의 길이와 종축의 길이의 비를 나타내는 이심률(eccentricity)의

개념과 물체가 원형에 어느 정도 가까운가를 나타내는 원형도(circularity)의 개념을 도입하여 영상 매칭과정에 앞서 필터로서 사용하였다. 이 두가지 척도는 전처리 과정중에 두 번째 단계에서 계산되어 인덱스로 계산된다. 그래서, 검색 과정은 다음과 같다. 첫째, 사용자로부터 질의 영상을 입력받아 전처리 과정중 두 번째 단계에서 eccentricity와 circularity가 계산되고 나머지 전처리 단계를 수행한다. 둘째, 전처리 단계가 끝난 영상에 DCT를 적용하여 특징을 추출한다. 셋째, eccentricity와 circularity를 이용한 필터링 과정을 통해 탐색영상의 수를 줄인다. 최종적으로 필터링된 대상에 대해서만 입력 영상과 유클리디언 거리를 계산하여 유사도를 구하게 된다.

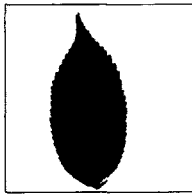
4. 실험

우리는 Pentium PC에서 Visual C++를 사용하여 세종류의 알고리즘(푸리에 기술자, 모멘트 방법, 제안된 방법)을 구현하였다. 실험 영상은 약 100여종의 식물에서 각각의 종에 대해 3그루의 나무에서 채취한 330개의 나뭇잎 영상을 대상으로 하였다. 본 논문에서는 형태 특징 추출에 주안점을 두었기때문에 입력 영상에 대해 다음과 같은 두 가지 가정을 하였다. 첫째, 입력 영상은 이미 잡음 제거가 된 상태로서 잡음제거 처리를 생략하였고, 둘째, 형태 기술을 위한 객체가 이미 세그먼트 되었다고 가정하여 입력 영상은 잡음이 거의 없는 단일의 나뭇잎 객체만을 가지고 있는 영상이다. 사용자는 비교적 손상이 덜 된 나뭇잎 영상을 채취하여 시스템에 입력하면 시스템은 그와 유사한 나뭇잎을 가지고 있는 식물 5종류를 유사도가 높은 것부터 보여지게 된다. 부가적으로 입력영상에 약간의 임펄스 잡음이 추가된 나뭇잎 영상 20여종과 나뭇잎의 가장자리가 약간 손상된 입력영상 30종에 대해서도 실험하였다. 먼저 형태를 기술하기 위해 일반적으로 많이 쓰이고 성능이 좋은 푸리에 기술자와 모멘트 방법을 구현하였고 본 연구에서 제안된 DCT를 이용한 방법을 나뭇잎 영상에 적용하여 실험결과를 비교 분석하였다.

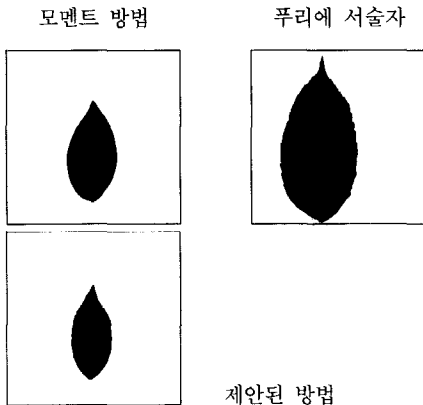
본 논문에서는 실험 결과를 다음과 같은 관점에서 분석하였다. 각각의 알고리즘들에 대해 5개의 출력 결과와 비교해 보아 입력 영상과 같은 종류의 영상이 얼마나 출력되는가, 얼마나 유사한 형태의 영상을 출력하는가, 그리고 얼마나 전혀 다른 영상을 출력하는가 하

는 3가지 부류로 크게 나누어 결과를 분석하였다. 그 3가지 부류를 설명하면 다음과 같다.

- 재현율 : 같은 종류의 영상이 5순위 안에 얼마나 많이 나타나는가?
- 유사재현율 : 유사한 영상이 5순위 안에 얼마나 많이 나타나는가. 즉, 동종의 나뭇잎을 포함한 유사한 형태를 가진 영상이 5순위 안에 얼마나 출력되는가를 나타낸다.
- 오인식율 : 입력 영상과는 전혀 다른 종류의 영상이 5순위 안에 얼마나 출력되는가를 나타낸다.

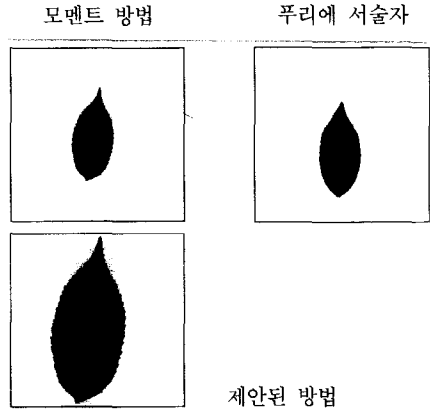


(그림 4) 입력 영상  
(Fig. 4) Input image

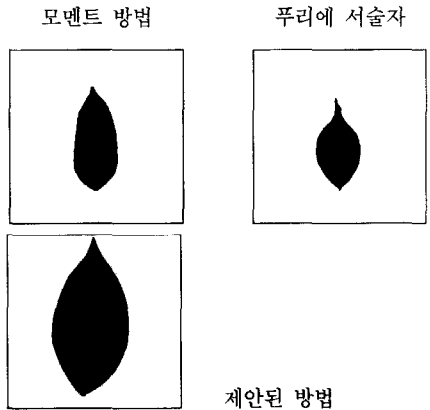


(그림 5) 1순위  
(Fig. 5) Rank 1

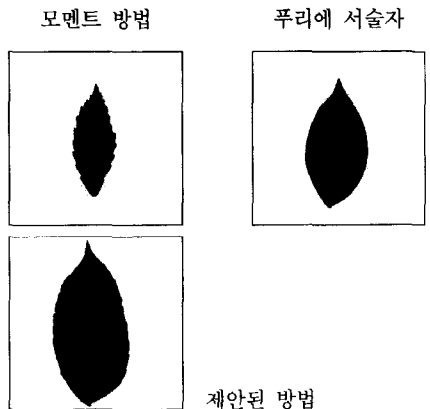
위 그림은 질의 영상에 대한 각각의 알고리즘의 출력 결과의 예를 보인 것이다. 푸리에 기술자의 경우 1순위와 5순위에 입력 영상과 유사한 영상이 있고 2, 3, 4 순위에는 전혀 다른 영상이 출력되었다. 모멘트 알고리즘에 의한 출력은 1, 3, 4순위에 전혀 다른 영상이 출력되었고 2순위에 같은 종류의 나뭇잎 영상이 출력되었고 5순위에 유사한 형태의 영상이 출력되었다. 제안된 방법에 의한 출력 결과는 1, 4순위에 유사한 영상이



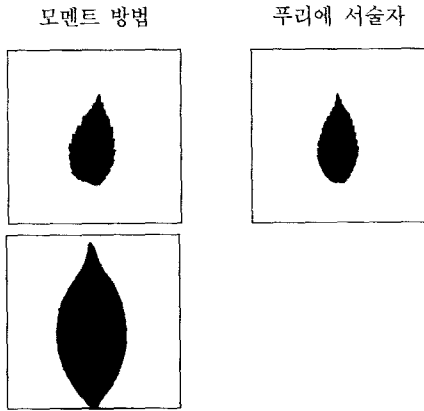
(그림 6) 2순위  
(Fig. 6) Rank 2



(그림 7) 3순위  
(Fig. 7) Rank 3



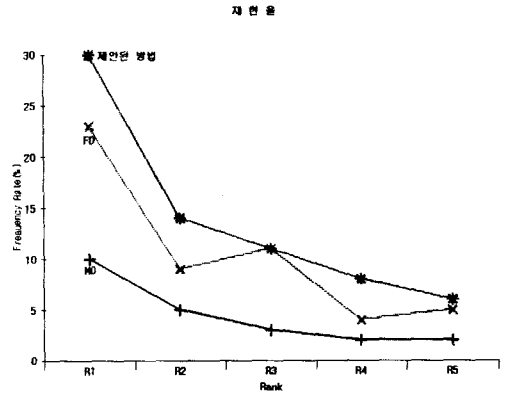
(그림 8) 4순위  
(Fig. 8) Rank 4



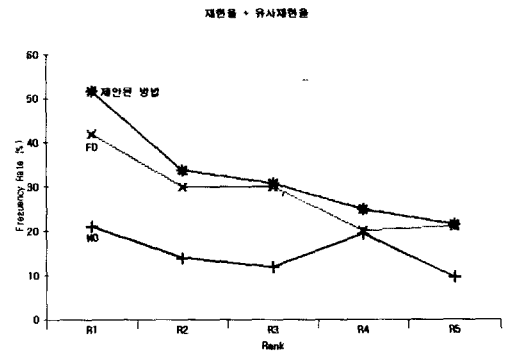
(그림 9) 5순위  
(Fig. 9) Rank 5

출력되었고 2순위에 같은 종류의 나뭇잎 영상이. 3, 5 순위에 전혀 다른 영상이 출력되었다.

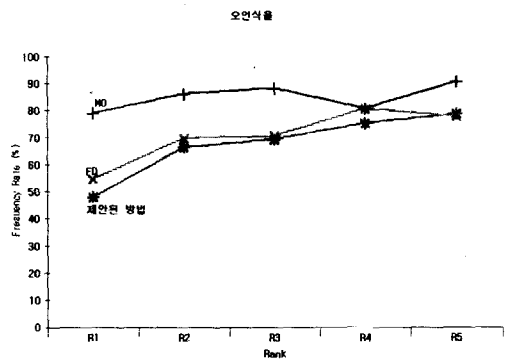
위의 표는 잡음이 없고 이미 객체가 세그먼트된 입력영상에 대해 세 알고리즘들을 적용하여 각각의 순위에 같은 종류의 영상, 같은 종류와 유사한 종류의 영상, 그리고 전혀 다른 종류의 영상이 각각의 5순위안에 얼마나 나타나는가를 빈도수(백분율)로 나타낸 것이다. MO, FD라고 표시한 부분은 각각 모멘트 방법과 푸리에 서술자를 가리킨다. 위의 결과에 의하면 제안된 방법이 같은 종류의 나뭇잎 영상이 5순위에 출력되는 비율을 보면, 가장 좋은 성능을 보이고 있고 모멘트의 성능이 가장 좋지 않았다. 그림12에서 전혀 다른 영상을 출력한 빈도수에서도 제안된 방법이 가장 적음을 알 수 있다. 그림10에서 MO, FD, 제안된 방법 각각의 평균 재현율은 약4.3, 10.5, 13.8% 정도이다. 그림11에서 MO, FD, 제안된 방법 각각의 평균 유사 재현율은 약 15, 30, 33% 정도이다. 그림12에서 MO, FD, 제안된 방법 각각의 평균 오인식율은 약85, 70, 67% 정도이다. 임펄스 잡음이 추가되고 잎의 가장자리가 약간 손상된 나뭇잎에 대해서도 실험을 수행하였는데 먼저 잡음 제거 알고리즘을 적용하여 잡음을 제거하고 세 알고리즘들을 적용시켜 보았다. 물론, 잡음제거 시 적용된 알고리즘의 성능에 영향을 받을 수 있다. 본 논문에서는 임펄스성 잡음 제거 알고리즘으로 많이 사용되는 메디안 필터 방법을 적용하였다. 세 알고리즘들 중 잡음에 가장 민감한 알고리즘은 본 논문에서 제안된 알고리즘이었고 푸리에 기술자, 모멘트 방법순 이었다. 잡음



(그림 10) 재현율  
(Fig. 10) Recall Rate



(그림 11) 재현율 + 유사재현율  
(Fig. 11) Recall Rate + Similar Recall Rate



(그림 12) 오인식율  
(Fig. 12) False Rate

이 추가된 영상을 함께 검색했을 때 유사 재현율이 MO, FD, 제안된 방법에 각각 5%, 9%, 11%정도가 감소되었다. 본 논문에서 제안한 방법은 임펄스성 잡음이 추가된 영상에 대해서 잡음제거 전처리 과정이 필수적인 과정임을 알 수 있다. 그리고, 손상된 나뭇잎 영상을 추가하여 검색했을 때 MO, FD, 제안된 방법의 유사 재현율은 각각 10%, 8%, 6%정도가 감소되었다.

## 5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 식물정보에 대한 내용기반 검색을 지원하기 위한 검색시스템의 일부로 나뭇잎 영상을 통해 식물정보를 검색하기 위한 간단한 정규화 과정과 DCT를 적용시켜 특징을 추출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법의 성능 분석을 위해 기존에 형태기술 척도로 많이 쓰이는 푸리에 서술자와 모멘트 방법을 구현하여 실험을 하였다. 본 논문에서는 잡음에 강한 알고리즘을 고안하기 보다는 형태를 얼마나 잘 기술할 수 있는지에 역점을 두었다. 대신 잡음이 추가되고 나뭇잎의 가장자리가 약간 손상된 나뭇잎에 대해서도 실험을 하였다. 대신 어느 정도 정확히 세그먼트된 잡음이 없는 객체를 얼마나 잘 인식할 수 있는가 하는 것과 본 논문에서 사용된 나뭇잎 영상처럼 같은 종류의 식물이라 할지라도 모양이 약간 다를 수 있고, 약간의 손상이 있을 수 있는 영상을 얼마나 잘 특징 지을 수 있는지에 중점을 두어 연구를 수행하였다. 시스템은 입력영상과 유사한 순위대로 5개의 영상을 출력하는데 출력되는 결과에 대해 각각의 순위에 같은 종류의 영상이 얼마나 출력되는가, 종류는 다르더라도 비슷한 형태를 가진 영상이 얼마나 출력되는가, 그리고 전혀 다른 영상이 얼마나 출력되는가를 분석하였다. 결과표에서 보는 것처럼 제안된 방법이 5순위 각각에서 가장 많이 같은 종류의 나뭇잎 영상이 출력되었고 1순위에 52%가 출력되었다. 전혀 다른 영상의 출력도 제안된 방법에서 가장 적었다. 또한 잡음이 추가되고 잎의 가장자리가 약간 손상된 나뭇잎을 추가하여 검색했을 때 제안된 방법이 잡음에 다른 두 알고리즘들 보다 유사 재현율이 떨어졌지만 잡음 제거 알고리즘의 성능에 따라 어느 정도 개선될 수 있을 것이다. 그리고, 손상된 나뭇잎 영상에 대해서는 전체적으로 좋지 않은 성능을 보였지만 본 논문에서 주로 실험하였던 영상의 결과와 같이 제안된 방법이 가장 좋은 성능을 나타내었고 다음으로 푸리에 기술자, 모멘트 방

법순 이었다.

결과적으로 본 논문에서 제안된 알고리즘은 다음과 같은 면에서 기존의 알고리즘보다 성능이 좋음을 알 수 있었다. 첫째, 나뭇잎 영상과 같이 거의 비슷한 형태를 가지고 있고 가장 자리에 톱니 모양을 가지고 있는 영상에 좋은 인식률을 보였다. 둘째, 같은 종류의 나무에서 채취한 모양이 약간 다른 나뭇잎 영상에 특별한 전처리 없이 바로 제안된 알고리즘을 적용시켜 봄으로서 좋은 인식 결과를 나타내었다. 향후 연구로는 본 논문에서 제안된 형태 기술 척도를 다양한 영상에 적용시켜 보는 것과 이를 위한 효율적인 색인방법, DCT 적용결과 생성된 계수의 특성 연구 그리고, 유사도 매칭에서 단순한 유클리디언 거리 외에 더 효율적인 매칭방법을 위한 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] A. Sajjanhar and Gu. Lu, "Techniques for shape representation in content based image retrieval systems", International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Appliactiona (ICCIMA'97), Proc., pp.394-398, 10-12 February, 1997, Gold Coast, Australia.
- [2] A. Sajjanhar and Gu. Lu, "An Experimental Study of an area based method for shape representation and similarity measure", International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Appliactiona (ICCIMA'97), Proc., pp.10-12 February, 1997, Gold Coast, Australia.
- [3] B. M. Mehtre, M. S. Kanhalli and W. F. Lee, "Shape Measurements For Content Based Image Retrieval: A Comparison", Technical Report 95-195-0, Institute of Systems Science, National University of Singapore.
- [4] B. Scassellati, S. Alexopoulos, M. Flickner, "Retrieving images by 2D shapes: A comparison computation method with human perceptual judgements", Storage and Retrieval for Image and Video Database, Proc. SPIE



vol.2185, pp.2-13, 1994.

[5] D. Mohamad, G. Sulong, "A Trademark Identification System Using 2-D Fast Fourier Transform", The Fourth International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision(ICARCV'96), Singapore, 3-6 December, 1996.

[6] E. Persoon and K. Fu, "Shape Discrimination Using Fourier Descriptors", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-7, No.3, pp.170-179, March 1977.

[7] H. Kauppinen, T. Seppanen, M. Pietikainen, "An experimental comparison of Autoregressive and Fourier-Based Descriptors in 2D shape Classification", IEEE Transaction on PAMI, Vol.17, No.2, pp.201-207, February 1995.

[8] John R. Smith, Shin-Fu Chang, "VisualSE EK:A fully automated content-based image query system", ACM Multimedia'96, November, 1996.

[9] K. R. Rao, P. Yip, "Discrete Cosine Transform", Academic Press, 1990.

[10] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley, 1993.

[11] S.R. Dubois and F.H. Glanz, "An Autoregressive Model Approach to two-dimensional shape Classification", IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.8, pp55-66, 1986.

[12] Virginia E. Ogle, Michael Stonebraker, "Ch-abot: Retrieval from a Relational Database of Images", IEEE, pp.40-48, 1995.

[13] W.Niblack, R.Barber, W.Equitz, M.Flickner, E.Giasman, D.Petkovic, P.Yanker, "The QBIC Project:Querying Images by Content Using Color, Texture, and Shape", SPIE vol. 1908, pp.173-187, 1993

[14] 정의훈 외, "색인 트리에 의한 영상의 유사성 검색", 한국정보과학회논문지, 제23권, 제9호, pp.982-990, 1996.

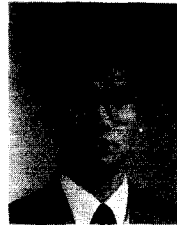
[15] 정화자, "DCT를 이용한 윤곽선 추출", 한국 정보

과학회 논문지(C), 제3권, 제1호, 1997.

[16] 정원일 외, "윤곽과 선분을 이용한 내용기반 영상정보 검색시스템의 구현", 한국정보처리 학회 논문지, 제3권, 제3호, pp.683-695, 1996.

[17] 최현섭 외, "텍스처패턴과 윤곽점 기율기 성분을 이용한 내용기반 영상 검색 시스템의 설계 및 구현", 한국정보처리학회 논문지, 제4권, 제1호, pp.54-66, 1997.

[18] 김철원 외, "칼라 지정을 이용한 내용기반 화상검색 시스템의 구현", 한국정보처리학회 논문지, 제4권, 제4호, pp.933-943, 1997.



**김 경 수**

1992년 조선대학교 컴퓨터공학과 (공학사)  
 1994년 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)  
 1996년-현재 조선대학교 대학원 전자계산학과(박사과정 재학중)

관심분야 : 멀티미디어정보처리, 영상처리, 컴퓨터 그래픽스



**이 영 신**

1986년 광주대학교 전자계산학과 (공학사)  
 1994년 조선대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)  
 1996년-현재 조선대학교 대학원 전자계산학과 (박사과정 재학중)

1986년-1996년 도로교통안전협회 전남지부 전산실 근무  
 1997년-현재 서강전문대학 생활정보과 전임강사  
 관심분야 : 인공지능, 전문가시스템, 멀티미디어



**김 용 국**

1990년 광주대학교 전자계산학과 (공학사)  
 1993년 조선대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)  
 1996년-현재 조선대학교 대학원 전자계산학과 (박사과정 재학중)

재학중)

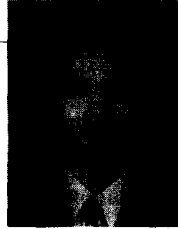
1988년-현재 조선대학교 부속병원 임상병리과 전산위원  
1997년-현재 서강전문대학 겸임교수  
관심분야 : 인공지능, 영상처리, 전문가시스템, 멀티미디어



**이 윤 배**

1980년 광운대학교 전자계산학과 (이학사)  
1983년 광운대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)  
1993년 숭실대학교 대학원 전자계산학과(공학박사)

1988년-현재 조선대학교 전자계산학과 교수  
1997년-현재 조선대학교 정보과학대학 학장  
관심분야 : 인공지능, 전문가시스템, 멀티미디어, 영상처리



**김 판 구**

1988년 조선대학교 컴퓨터공학과 (공학사)  
1990년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)  
1994년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)

1995년-현재 조선대학교 전자계산학과 교수  
관심분야 : 멀티미디어검색, 영상처리, 자연어처리