

영역집중 형태 기술자에 의한 이진 영상의 효과적인 표현 방법

김 선 종[†] · 권 혁 송^{**}

요 약

본 논문에서는 이진 영상을 효과적으로 표현할 수 있는 영역 집중 형태 기술자(Region-centralized shape descriptor : RCSD)를 제안한다. 제안된 형태 기술자는 영역의 크기를 하나의 중심점에 집중되어 있는 원(circle)으로 표현하는 방법이다. 따라서 주어진 이진 영상은 제안된 RCSD 파라미터로 나타난 여러 개의 원으로 표현되며, 각각의 원은 기준이 되는 원과의 거리, 반지름, 각도의 세 개 파라미터로 주어진다. RCSD로 표현된 파라미터들은 영역에 대한 정보뿐만 아니라 형태에 대한 정보도 가지고 있으며, 주어진 RCSD 파라미터로부터 복구 성능을 평가하여 제안된 기술자의 타당성을 조사하였다. 복구 성능은 원래의 영상에 대한 정보를 얻을 수 있어서 원래의 형태를 가지고 있음을 보여준다. 주어진 파라미터를 이용하여 윤곽선 위의 점을 찾고, 이 점들을 보간법을 사용하여 연결하였다. 성능을 평가한 결과, 여러 가지의 디지털 예러에도 불구하고 실제 영상에서도 최대 88%의 성능으로 복구되었다. 이로 보아 제안된 방법은 영상의 형태정보 뿐만 아니라 영역의 크기 정보를 모두 가지고 있어서 영상을 표현하는 데에 효과적으로 이용될 수 있으며, 또한 정규화된 RCSD 패턴으로 표현이 가능하여 다양한 응용으로의 확장도 가능하다.

키워드 : 이진영상 표현, 영역집중 형태 연산자, 영역기반, 영상복구

An Efficient Method for Representing of Binary Images by Region-centralized Shape Descriptor

Seon-Jong Kim[†] · Hyeog-Soong Kwon^{**}

ABSTRACT

This paper gives a novel approach that can be represented an image efficiently with its region and shape information together. To do this, we introduced a region-centralized shape descriptor(RCSD) that the size of region only exists at a center point. RCSD consists of circles with three parameters, the distance and the angle between the center points, and the diameter, respectively. We verified the RCSD parameters to have an information of shape. We can be proved this by reconstructing the shape from the given parameters and evaluated the difference between the its image and the original one. To get this image, we find the estimated points on the contour from the parameters, and connect them by using an interpolation. According to the evaluation, we obtained 88% performance for real images, and showed that it can be used efficiently for representing the binary images. Also we can make RCSD parameters to be the normalized patterns to have an invariant of its scale or position, and expand them to improve the quality of the performance.

Key Words : Image Representation, Region-Centralized Shape Descriptor, Region-Based, Image Retrieval

1. 서 론

최근 인터넷이 발달하면서 다양한 콘텐츠가 등장하고 있으며, 이를 위한 멀티미디어 데이터들도 크게 증가되고 있다. 사진, 비디오, 그래픽 등 디지털 영상에 대한 자료의 양이 늘어나면서 영상 콘텐츠에 대한 빠르고 정확한 정보를 얻기가 힘들어지게 되었다. 디지털 영상은 전자상거래, 의료,

교육 및 산업에 영향을 미치는 중요한 데이터로써, 그 사용량이 크게 증가되고 있는 실정이다. 이러한 디지털 영상의 양이 증가함에 따라 정보를 빠르게 얻을 수 있는 검색 기술이 요구되는데, 이를 위하여, 영상을 효과적으로 표현할 수 있는 방안이 먼저 강구되어야 한다.

영상을 표현하기 위해서는 영상에 대한 정보가 정확하게 파라미터화 되어야 한다. 특히, 영상 검색이나 분석을 위해서는 형태(shape)정보가 중요하게 사용된다[1]. 형태정보는 인간이 물체를 인식하는데 중요한 정보 중에 하나이며, 인간은 형태가 정합되는 물체들을 우선적으로 인지하려고 하

[†] 중신회원 : 부산대학교 바이오시스템공학부 부교수

^{**} 정 회 원 : 부산대학교 바이오시스템공학부 부교수

논문접수 : 2006년 5월 25일, 심사완료 : 2006년 10월 31일

는 경향이 있다[2]. 따라서 각 영상들의 형태정보를 좀 더 정확하게 표현되어야만 영상에 포함된 콘텐츠의 정보를 제대로 얻을 수 있다. 디지털 영상에서 형태를 표현하는 방법에는 크게 윤곽선을 이용하는 방법(contour-based)과 영역을 이용하는 방법(region-based)으로 나누어진다.

윤곽선을 이용하는 방법은 푸리에 변환의 FD(Fourier descriptor)에 의한 방법[2], 체인코드를 이용하는 방법[3], 스펙트럼에 의한 방법[4] 등이 있다. 일반적으로 윤곽선을 이용하는 방법은 영역 내부에 대한 정보를 얻을 수 없기 때문에 이에 대한 정보가 필요할 경우에 적당하지 않다. 또한 영역을 이용하는 방법은 영역내의 정보를 이용하여 표현하는 방법으로, 대부분이 불변 성질을 갖는 모멘트 정보[5-7]가 이용되고 있다. 그러나 정규화(normalization)된 패턴을 만들기가 어려워 다양하게 적용하기가 용이하지 않을 뿐만 아니라 형태에 대한 정보도 얻기가 힘들다[8-9]. 따라서 정규화된 패턴들로 구성되고, 영역과 형태에 대한 정보를 모두 가질 수 있는 영상 표현 방안이 요구된다.

본 논문에서는 영역정보인 크기를 이용하여 효과적으로 영상을 표현할 수 있는 영역집중 형태 기술자(Region-centered shape descriptor; RCSD)를 제안한다. 제안된 방법으로 표현된 기술자는 형태와 영역의 크기 정보를 동시에 가지도록 하여 효과적으로 사용될 수 있도록 하였다. RCSD 형태 기술자는 영상의 영역을 하나의 중심점에 그 크기만큼을 집중되어 표현하는 방법이다. 즉, 주어진 이진 영상을 동일한 크기를 갖는 원으로 하여 이를 중심점에 표시하고, 원래 영상과의 차이인 영역을 다시 RCSD로 표현하고, 이들 간의 관계집합으로 나타내는 방법이다. 주어진 영상에 대해 표현된 RCSD 파라미터로부터 원래의 영상으로 복구하여 형태에 대한 정보도 가지고 있음을 확인하고, 성능을 평가한다.

2. 효율적인 영역집중 형태 기술자의 제안

2.1 기존의 연구

현재까지 영상의 형태를 표현하기 위한 연구가 많이 진행되어 왔으며, 이 중에서 가장 많은 연구는 윤곽선을 기반으로 한 연구와 영역을 기반으로 한 연구이다. 영역을 기반으로 한 방법은 영역의 내부정보에 기반된 처리를 포함하지만, 윤곽선 기반 방법은 경계에 속하는 부분만을 이용하여 처리하는 방법이다. 즉, 두 방법의 차이는 윤곽선 위에 있는 포인트만을 이용하여 표현하는지 윤곽선 내부의 포인트도 이용되는지에 따라 나타난다. 그리고 각 방법은 각각 다시 전역적(global)과 구조적(structural)인 특징으로 다시 나누어지는데 [9], 이는 영상 전체에 대한 특성을 반영시켜 얻어진 특징인지 부분적으로 얻어질 수 있는 특징인지에 따라 나누어진다. 전역적 방법은 형태를 부분적으로 나누지 않고 표현하는 통합적인 경계선으로부터 특징 벡터를 이끌어 내는 방법이다.

전역적 방법에는 1차원 함수에 의한 형태사인(shape signature), 탄성정합(elastic matching), 자동회귀 모델링(autoregressive modelling), 푸리에 기술자(Fourier de-

scriptor), 웨이브릿 기술자(wavelet descriptor) 등이 속한다. 이 방법들의 유사도 측정은 포인트나 특징을 중심으로 정합시켜 얻고 있다. 또한 구조적인 접근 방법은 경계선을 프리미티브(primitive)로 나누어 처리하는 방법이며, 체인코드(chain code), 다각형 분석(polygon decomposition) 등이 있다[10].

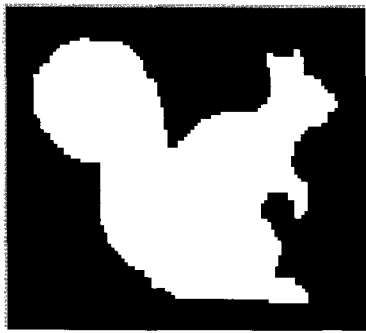
영역 기반 기술은 영역내의 모든 점들에 대해서 표현하는 방법으로, 일반적으로 모멘트를 많이 이용하고 있다. 형태 행렬(shape matrix), 컨벡스 헐(convex hull) 등도 사용되고 있다[11].

일반적으로 영역기반 기술보다는 윤곽선 기반 영상 표현에 대한 연구가 더 많이 진행되고 있는데, 이것은 윤곽선 기반 기술이 실세계에서 인간이 처리하는 것과 비슷하며, 이러한 영상이 많이 존재하여 적용하여야 할 데가 많다는 것이다[12]. 그리고 메모리의 양이나 계산에 대한 부담도 더 적다. 그러나 윤곽선에 나타나는 노이즈나 변화에 민감하여 강건(robust)하게 대처하기가 어렵다. 따라서 적용하고자 하는 대상 따라서 윤곽선 기반 방법을 적용하거나 영역 기반 방법을 적용하여 표현한다.

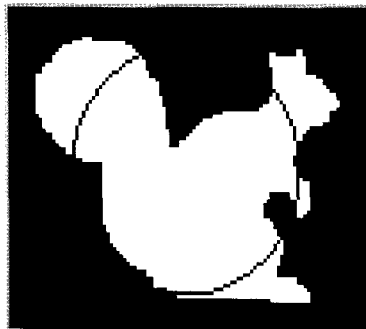
이는 물론 윤곽선 기반 방법의 장점을 가지면서도 영역에 대한 정보도 얻을 수 있도록 표현될 수 있다면 서로간의 장단점을 보완할 수 있다. 윤곽선을 기반으로 한 영상 표현 방법은 윤곽선 자체가 형태에 대한 정보를 가지고 있기 때문에 형태정보를 쉽게 얻을 수 있지만, 영역을 기반으로 하는 표현방법은 영역에 대한 특징적인 정보만을 가지도록 하는 방법이 대부분이라 형태에 대한 정보가 없을 수도 있다. 따라서 본 논문에서는 영상이 영역의 크기인 면적으로 표현되었지만, 원래의 영상이 가지는 형태에 대한 정보도 얻을 수 있는 방법을 제안하는 것이다.

2.2 영역집중 형태 기술자(RCSD)

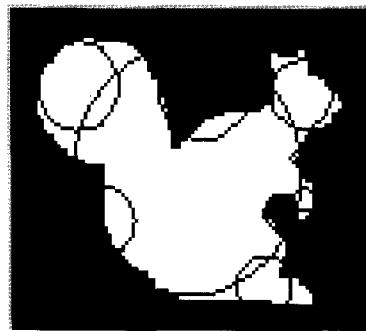
RCSD는 영역을 기반으로 하며, 영역에 대한 특징적인 정보를 이용하여 표현하는 방법이다. 이로 인하여 영역에 대한 정보를 포함하고 있다고 할 수 있다. 제안된 RCSD는 영역의 크기를 특징 값으로 하고 있으며, 이것이 집중된 하나의 점에 있는 것으로 모델링하여 표현하는 방법으로써, (그림 1)에 나타내었다. 그림에서 주어진 영상 (a)는 (b)에서 나타난 것과 같이, 주어진 영상의 크기(또는 면적)를 넘지 않은 가장 근접한 크기를 갖는 하나의 원으로 표현된다고 가정한다. 이 때, 원의 중심점은 영상의 영역 중심점에 가장 근접한 픽셀로 하고, 반지름을 변수로 하였다. 이와 같이 하나의 원으로 바뀌어진 영상은 (c)에서와 같이 원래의 주어진 영상과 차이영역을 갖는다. 이 때의 차이영역은 처음 원의 영역에 의해 여러 개로 분할되는데, 분할된 각 영역은 분할된 영역의 크기와 근접하는 새로운 원으로 대체하여 나타난다. 따라서 원래의 주어진 영상은 그 크기가 원래의 영상과 근접하는 원과 분할된 차이영역에 의해 나타나는 여러 개의 원으로 구성되어 표현될 수 있다.



(a)



(b)



(c)

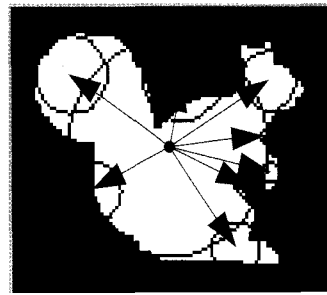
(그림 1) 제안된 방법; (a) 원 영상, (b) 동일한 면적의 원, (c) 분할된 차이영역에 대한 원

(Fig. 1) Proposed method for representing of image; (a) Original image, (b) a circle with same area, and (c) their circles for the difference regions.

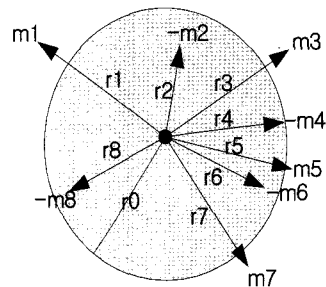
위에서 설명한 RCSD 모델을 (그림 2)와 같이 수학적 모델링으로 다시 나타내었다. 이 때, m 은 영역집중 형태 기술자에 의한 영역의 크기인 면적이고, r 은 모델링된 영역의 중심점과 차이 영역의 중심점간의 픽셀 거리이다. 처음 주어진 영상은 반지름 r_0 인 원과 r_i 만큼 떨어진 곳에 집중되어 나타난 각 분할된 차이 영역만큼의 m_i 를 갖는 원을 갖는다. 그러면, 주어진 영상 A 는 RCSD에 의하여

$$A = f(r, m, \theta) \quad (1)$$

의 함수로 주어질 수 있다. 이때 θ 는 각각의 차이영역에 대한 중심점 방향이다.



(a)



(b)

(그림 2) 수학적 모델링; (a) RCSD, (b) 기호

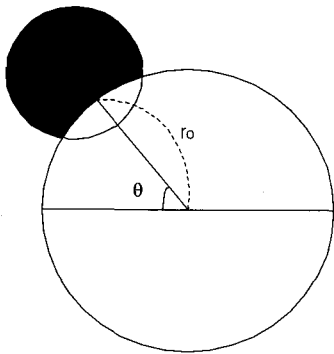
(Fig. 2) Mathematical representation; (a) Region-based modelling, and (b) its symbols.

특히, 여기에서 영역의 크기인 m_i 는 원래 항상 양의 값을 가진다. 그렇지만, 음의 영역과 양의 영역을 구분하여 표시할 수 있도록 음의 영역은 $-m_i$ 으로 표시하였다. 그러면 각 분할된 차이영역의 합은 양의 영역과 음의 영역의 합이 되며, 0에 근접하게 나타난다. 이는 하나의 원의 영역의 크기는 영상의 크기에 근접하도록 표현하였기 때문이다. 또한 차이영역의 전체 크기는 영상을 하나의 원으로 표현하였을 때의 원 영상과의 차이를 나타내는 에러의 크기가 된다. 이 에러의 크기를 최소로 줄일 수 있도록 영상이 표현되어야 한다. 에러의 크기를 최소로 줄이기 위하여는 에러 영역을 다시 RCSD로 표현하면 된다.

이와 같이 RCSD에 의해 대체된 원들은 서로간의 관계를 정립되어야 한다. 본 논문에서는 처음에 표현된 원을 기준으로 하여 다른 원을 표현하도록 한다. 식 (1)에서 중심점간의 거리 r 은 기준 원의 반지름 r_0 와의 차이로 새로 정의할 수 있다. 즉, $r'_i = r_i - r_0$ 이다. 이렇게 상대적인 값을 가지도록 함으로써 범위를 한정시킬 수 있게 되었다. 또한 식 (1)에 나타난 면적의 크기를 반지름인 r' 와 동일한 차원을 가지도록 반지름 d 로 한다. 즉, d 는

$$d = \sqrt{\frac{m}{\pi}} \quad (2)$$

이 된다. 재정립된 변수에 대한 의미를 (그림 3)에 도시하였다. 따라서 RCSD로 표현된 영상은 전체적으로 r_0 인 원과



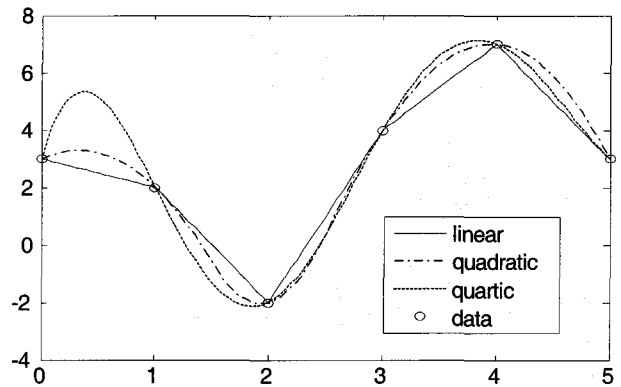
(그림 3) RCSD 파라미터 r', d, θ
 (Fig. 3) Three RCSD parameters, $r', d,$ and θ

분할된 차이 영역에 대한 원을 가지며, 이들은 각각 반지름 d_i 이고, 중심점간의 수정된 거리 파라미터 r'_i , 그리고 방향 θ_i 로 표현되는 세 개의 파라미터를 갖는다.

이제 모든 이진 영상은 제안된 RCSD에 의해 나타낼 수 있으며, RCSD에 의한 세 파라미터(r', d, θ)는 표현된 영상에 대한 정보를 모두 포함한 파라미터인 것이다. 이렇게 표현된 파라미터들은 정규화되어 크기, 위치, 회전에 무관하게 동일한 파라미터로 나타난다면 더욱 효과적이다. 본 논문에서는 정규화 방법을 영역의 크기를 중심으로 한다. 즉, 전체 영상의 크기인 r_0 를 기준으로 r'_i 와 d_i 에 이를 적용시킨다. 즉, 각각의 r'_i 는 r'_i/r_0 가 되고, d_i 또한 d_i/r_0 가 된다. 이렇게 되면 주어진 파라미터들은 r_0 가 1인 원으로 정규화된 패턴으로 될 수 있다. 위상 θ 는 그 크기가 한정되어 있어서 정규화가 가능하고, 회전에 무관하게 동일한 파라미터를 가지도록 기준을 정하면 된다. 이렇게 되면 위상의 크기는 2π 이고, 또한 원주의 크기도 2π 인 정규화 패턴을 얻을 수 있다.

3. RCSD로 표현된 영상의 형태 정보 추출

RCSD로 표현된 영상은 세 가지 파라미터로 표현되고, 또한 정규화 패턴을 가진다는 것을 알았다. 따라서 RCSD로 표현된 파라미터가 형태에 대한 정보도 포함하고 있어서 효과적으로 이용될 수 있다는 것을 알기 위하여 복구에 대한 성능을 평가한다. 원래의 영상으로 복구가 되면, 주어진 영상이 가지는 형태나 형태에 대한 정보도 얻을 수 있기 때문이다. 세 가지 변수 (r', d, θ)로 구성된 파라미터로부터 형태 정보를 얻기 위하여 반지름의 크기가 1인 정규화 된 원을 그린다. 그런 후, 세 가지 파라미터에 대한 각각의 원을 그리면 되는데, 이는 현재 영역과 θ 방향으로 거리 r 만큼 떨어진 지점을 중심으로 반지름 d 를 갖는 원을 그리면 된다. 이는 (그림 3)에서 나타낸 것과 같이 형태에 대한 정보를 얻을 수 있으며, 이를 추가적인 (r', d, θ) 파라미터에



(그림 4) 보간법 적용
 (Fig. 4) Example of the interpolation

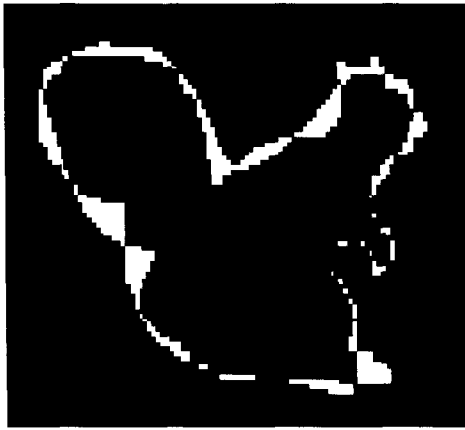
연속적으로 적용하면 차이에 대한 영상에 대한 영역을 얻을 수 있다. 이를 반복적으로 모두 하면 (그림 1)(c)처럼 얻어질 수 있다. 얻어진 결과를 바탕으로 평활화(smoothing) 함수를 적용하면, 형태를 얻을 수 있는 윤곽선이 추출된다. 추출된 윤곽선 영역과 원래의 주어진 영상을 비교하여 성능을 평가한다. 본 논문에서는 비교적 용이한 방법인 점(point)을 먼저 추출하고, 이들로부터 보간법(interpolation)을 이용한 평활화한 윤곽선이 얻어지도록 하는 방법을 사용한다.

보간법[13]은 일반적으로 주어진 점들을 유연하게 연결하는 평활화 방법이다. 이들은 (그림 4)에서와 같이 선형, 2차, 3차 보간법 등이 있다. 일반적으로 차수가 높을수록 복잡하지만, 평활화 성능은 우수하게 나타난다.

성능평가는 형태를 얻을 수 있도록 RCSD 파라미터로부터 원래의 형태로 복구하고, 복구된 영상과 원래의 영상을 비교하여 정합되는 지수로써 평가한다. RCSD 파라미터는 정규화 패턴으로 r_0 가 1이다. 이를 고려하여, 파라미터의 정규화로 인해 복구된 영상의 크기는 π 이다. 따라서 이에 대한 보상을 하여 주어야 하는데, 두 영상의 영역의 크기를 같게 되어야 하며, 이를 위하여 복구된 영상을 확대나 축소하여야 한다. 복구된 형태와 원래의 형태와의 차이에 대한 성능 평가 지수 E_{eff} 는

$$E_{eff} = \left(1 - \frac{\sum \text{difference pixels}}{\sum \text{total pixels}}\right) \times 100\% \quad (3)$$

로 한다. 이는 복구된 영상과 원래의 영상이 서로 겹치지 않고 차이가 발생하는 전체 영역 크기에 대한 비이다. 이 값이 클수록 원래의 영상으로의 복구가 잘되어서 형태에 대한 정보를 완전히 얻을 수 있다는 것을 말한다. (그림 5)는 원래의 크기만큼 확대하여 복구된 영상과 원래의 영상이 얼마나 정합이 되는지를 보여주고 있다. 외곽의 차이가 나는 영역을 알 수 있다.



(그림 5) 성능 평가를 위한 영역 비교
(Fig. 5) Comparison of the region to evaluate the performance

4. 실험 및 결과 고찰

먼저, 이진 영상을 RCSD로 표현하기 위하여 몇 가지 영상에 대하여 실험하였다. 실험에 사용한 영상과 결과로 얻어진 RCSD 패턴의 세 가지 파라미터 (r' , d , θ)을 (그림 6)에 모두 나타내었다. 이들은 모두 r_0 를 1로 한 정규화된 패턴들이다. 먼저, 기본적인 실험으로 triangle, square, pentagon 모양의 영상에 대하여 실험하였다. triangle 영상의 RCSD 파라미터 $-(0.1323, 0.2466, 30.0903)$ 는 30.0903° 방향으로 중심점에서 거리 0.8677(음의 영역이므로 $1-0.1323$)인 점을 중심으로 한 반지름 0.2466인 원을 갖는 것으로 표현된다는 것을 의미한다. -로 표시된 파라미터는 음의 영역을 나타내고 있다. 일반적으로 -인 경우에는 r' 의 값을 음의 값으로 하면 된다. 영상에서 작은 원들은 RCSD 파라미터에 의해 나타나는 원이다. 이 때, 정규화 면적의 1%이하인 영역에 대해서는 너무 작은 영역으로 나타나서 디지털 에러를 동반할 가능성이 있기 때문에 RCSD 파라미터로 나타내지 않았다.

기본적인 영상 외에도 squirrel, fish, bear와 같이 실제 일어날 수 있는 이진 영상에 대해서도 실험하였다. 형태가 복잡할수록 많은 파라미터를 가진다. squirrel 영상인 경우에는 외부 윤곽선이 복잡하지만 전체적으로 원에 가까워서 RCSD로의 표현이 fish 영상보다는 용이할 수 있다. 특히, fish 영상인 경우에는 양의 영역이면서 음의 값으로 표현되는 r' 이 있는 경우도 있다. 이는 r' 이 직접적인 값이 아니라 정규화를 위해 상대적인 값을 가지도록 하였기 때문이다.

다음으로 RCSD로 표현된 파라미터를 가지고 형태정보를 얻을 수 있는지에 대하여 실험하였다. 이는 (그림 6)에 주어진 정규화된 RCSD 파라미터 (r' , d , θ)가 형태정보를 포함하고 있다고 하였기 때문이다. 이를 위하여 복구된 영상의 점으로부터 윤곽선 정보를 얻고자 한다.본 논문에서는 두 가지 방법으로 실험하였다. 하나의 RCSD 파라미터로부터 하나의 픽셀 정보만을 가지고 복구하였을 때와 세 개의 픽셀 정보를 가지고 복구하였을 때에 대하여 각각 실험하였다.

Class	Image	RCSD parameters
triangle		$-(0.1323, 0.2466, 30.0903)$, $(0.1700, 0.2462, 89.9629)$, $-(0.1322, 0.2465, 149.9274)$, $(0.1715, 0.2468, 209.9233)$, $-(0.1330, 0.2465, 269.9926)$, $(0.1715, 0.2468, 330.0888)$
square		$-(0.0663, 0.1480, 0)$, $(0.0737, 0.1482, 44.4824)$, $-(0.0728, 0.1587, 90.0000)$, $(0.0737, 0.1482, 135.5176)$, $-(0.0663, 0.1480, 180.000)$, $(0.0756, 0.1531, 225.0000)$, $-(0.0663, 0.1480, 270.000)$, $(0.0755, 0.1533, 315.000)$
pentagon		$(0.0456, 0.1095, 16.4856)$, $-(0.0479, 0.1156, 54.3902)$, $(0.07405, 0.0912, 89.9224)$, $-(0.0498, 0.1191, 125.9090)$, $(0.0424, 0.1009, 163.0429)$, $-(0.0392, 0.0996, 198.0821)$, $(0.0449, 0.1109, 234.2653)$, $-(0.0365, 0.0963, 270.0354)$, $(0.0452, 0.1107, 305.7492)$, $-(0.0355, 0.0923, 341.3357)$
squirrel		$-(0.0182, 0.0493, 2.8341)$, $(0.1837, 0.2735, 30.2279)$, $-(0.3202, 0.4177, 76.4605)$, $(0.1665, 0.3513, 145.1760)$, $-(0.1592, 0.2640, 207.2841)$, $-(0.0143, 0.0329, 257.1957)$, $(0.1371, 0.2443, 306.1367)$, $-(0.1112, 0.1414, 337.8876)$, $(0.0589, 0.1000, 347.0692)$
fish		$-(0.0816, 0.1678, 10.1166)$, $-(0.0137, 0.0254, 50.9061)$, $-(0.0225, 0.0360, 56.3099)$, $(0.1277, 0.2075, 88.1599)$, $-(0.1459, 0.2129, 166.2825)$, $(0.0427, 0.0844, 216.9177)$, $-(0.1115, 0.1735, 242.4557)$, $(0.2709, 0.2454, 273.7986)$, $-(0.1116, 0.1589, 300.6019)$, $(0.0513, 0.1405, 327.4086)$
bear		$-(0.1891, 0.2696, 11.5308)$, $(0.0911, 0.2009, 54.7921)$, $-(0.0109, 0.0293, 75.9638)$, $(0.0244, 0.0737, 90.9710)$, $-(0.0409, 0.0718, 110.8589)$, $(0.0629, 0.1725, 135.8462)$, $-(0.1805, 0.2723, 180.6961)$, $(-0.1385, 0.2754, 271.7537)$

(그림 6) 테스트 영상 예
(Fig. 6) Examples of the RCSD for test.

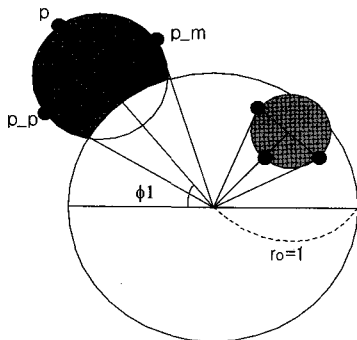
<Table 1> Performance evaluation, E_{eff} (%), for basic images

Class	For using a point			For using three points		
	linear	quadratic	cubic	linear	quadratic	cubic
triangle	70.3381	77.3881	75.2918	88.5901	87.2934	87.2220
square	83.9901	86.6395	87.7336	94.6595	93.9044	93.9539
pentagon	93.0840	90.5840	90.9723	96.0775	95.2389	95.8255

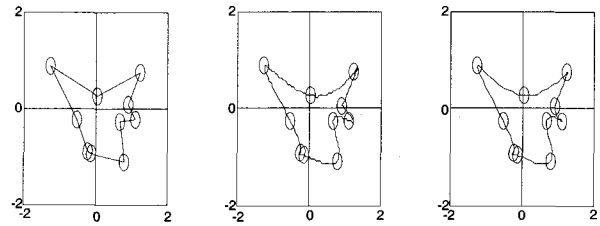
<Table 2> Performance evaluation, E_{eff} (%), for real images

Class	For using a point			For using three points		
	linear	quadratic	cubic	linear	quadratic	cubic
squirrel	53.1535	43.7648	41.9237	82.3122	83.0865	83.3288
fish	73.2474	75.2150	73.7810	86.4534	87.8437	87.9789
bear	40.0911	40.2878	41.3577	69.9893	72.7022	73.9829

먼저, 하나의 (r', d, θ) 에 하나의 점으로부터 형태정보를 추출하기 위하여 (그림 7)에서 p 점을 기준으로 얻고자 한다. p점의 좌표는 θ 방향으로 중심으로부터 $1 \pm (r' + d)$ 떨어진 지점이다. 이 때, 양의 영역일 경우에는 +를, 음의 영역일 경우에는 -를 적용하면 된다. 이들 점으로부터 형태정보를 얻기 위하여 평활화 함수를 적용하는데, 보간법에 의한 선형, 2차, 3차의 스플라인 방법을 이용한다. 실제 영상인 squirrel 영상에 대한 선형, 2차 및 3차 보간법에 의한 결과를 (그림 8)에 나타내었다. (0,0)을 중심점으로 하여 정규화된 패턴에서 점을 얻어 이들을 연결한 형태이다. 원래 형태와는 조금 차이가 있다. 표 1은 기본적인 형태인 triangle, square, pentagon 영상에서 형태에 대한 복구 성능을 나타낸 것으로서, 70%~93%의 복구 성능을 가졌으며 실제영상을 사용하였을 때보다 성능이 높게 나타났다. 그리고 triangle 보다는 pentagon 영상이 높았으며, 이로부터 원에 가까운 형태일수록 형태에 대한 복구 성능은 높아질 것이라 예상된다.



(그림 7) 세 점 (p), (p_m)와 (p_p)의 위치
(Fig. 7) (p), (p_m) and (p_p) points.



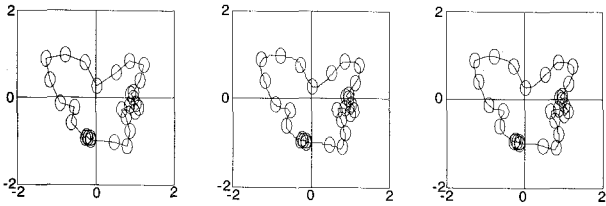
(그림 8) squirrel 영상에 대한 한 점에 의한 보간법에 의한 형태 복원

(Fig. 8) The interpolated shape in case of the one point per a (r', d, θ) for squirrel image

그리고 실제 영상에 대한 성능은 표 2에 표시하였다. fish 영상은 원에 가까워서 한점에 의한 복구 성능도 75%까지 나타내었다. 그러나 다른 영상인 경우에는 한 점에 의한 복구 성능은 40~50%만을 가져, 형태에 대한 정보를 바르게 표현되지 않았음을 알 수 있다.

다음은 하나의 (r', d, θ) 파라미터에 대하여 (그림 7)의 세 개의 점 (p), (p_m) 그리고 (p_p)를 가진다고 하면, 이는 한점 (p)와 방향 θ 에 대하여 직각으로 거리 d 만큼 떨어져 있는 위치의 두 점을 추가시키는 방법이다. squirrel에 대한 복구 결과는 (그림 9)에 나타내었으며, 각각 선형, 2차, 3차 보간법 결과이다. 이에 대한 성능 평가 결과도 또한 표 1에 있다.

표 1의 기본적인 형태인 경우에는 95%에 가까운 성능을 가진다는 것을 알 수 있고, 오히려 선형적인 방법이 좀 더 높은 성능을 가진다는 것을 알 수 있다. 물론, 한 점을 이용한 성능보다는 세 점을 이용한 성능이 우수하게 나타남을 알 수 있다. 이는 영상에 따라 차이가 있지만 어느 정도의 성능 개선이 이루어지고 있다고 할 수 있다. 표 2를 살펴보면, 한 점을 이용한 성능은 선형, 2차 및 3차 보간법에 대하여 어느 것이 우수하다고 할 수가 없었지만, 세 개의 점을 이용한 경우에는 선형보다는 2차, 2차보다는 3차 보간법의 성능이 조금씩 우수하게 나타남을 알 수 있다. 특히, fish 영상에 대해서는 복구에 대한 성능 평가지수가 약 88%로 원래의 영상으로 거의 복구될 수 있어서 RCSD로 표현된 파라미터로부터의 형태정보를 비슷하게 얻을 수 있음을 알 수 있다. 에러의 대부분은 반지름이 1인 정규화 패턴을 원래의 크기 패턴으로 복구하는 과정에서 면적 중심이 아닌 반지름 중심으로 확대를 해서 항상 디지털 에러를 동반하게 하였기 때문이었다. 즉, 원래의 크기만큼 확대하지 못하고, 면적이 아닌 반지름의 확대로 디지털 오차가 발생한다. 이러한 문제는 표현하는 과정에서도 마찬가지이다. (그림 5)에서 보면, 복구된 영상은 항상 원래의 영상보다 그 크기가 작음을 알 수 있다. 이에 대한 에러를 보상할 수 있다면 복구 성능은 더 우수하게 될 것이다. 또한 한번의 RCSD 표현만 하였을 뿐 더 미세한 부분은 더 작은 영역에 대한 RCSD로 표현을 추가로 한다면 더 정밀한 형태를 얻을 수 있을 것이다.



(그림 9) squirrel 영상에 대한 세 점에 의한 보간법에 의한 형태 복원

(Fig. 9) The interpolated shape in case of the three point per a (r', d, θ) for squirrel image.

지금까지의 실험 결과로 보아, RCSD로 표현된 파라미터들은 형태에 대한 정보를 알 수 있는 파라미터임을 알았다. 이로보아 정규화된 RCSD 파라미터들은 영역에 대한 정보뿐만 아니라 형태에 대한 정보도 포함하고 있어서, 이진 영상을 표현하는 데에 효과적인 방법이다. 또한 영역의 크기가 π 인 정규화 패턴들로 이루어져 있어서 여러 가지 응용에도 효과적으로 사용될 수 있겠다.

5. 결론

본 논문에서는 이진 영상을 효과적으로 표현하기 위하여 영역의 크기와 형태에 대한 정보를 동시에 가지는 RCSD를 제안하였다. 제안된 RCSD는 영역의 크기에 근거하여 표현하는 방법으로써, 그 크기를 중심점에 집중되어 표현하는 방법이다. 영역의 크기를 바탕으로 하여 표현된 RCSD 파라미터는 이진영상의 형태정보도 가지고 있어서 더욱 효과적으로 이용될 수 있다. RCSD는 주어진 이진 영상을 그 영역의 크기와 가장 근접하는 원으로 나타내고, 이를 기준으로 하여 차이를 갖는 부분영역을 기준점과의 거리, 영역의 크기 그리고 위상으로 각각 표현하는 방법이다. RCSD로 표현된 세 개의 파라미터로부터 형태정보를 얻기 위하여, 영상을 복구하였으며, 복구된 영상과 주어진 영상을 비교하여 성능을 평가하였다. triangle, square, pentagon의 기본적인 형태뿐만 아니라 실제 영상인 squirrel, fish, bear 영상에 대해서 실험하였다. 실험결과, 실제 영상을 사용한 실험에서 3개의 점을 사용한 보간법이 최대 88%의 성능을 얻을 수 있었다. 따라서 RCSD는 이진영상을 표현하는데 효과적으로 사용될 수 있음을 알았다. 또한 주어진 RCSD 파라미터들은 정규화 패턴으로 표현되어서 영상의 크기, 위치에 무관하게 일정한 패턴으로 나타나 더욱 효과적이다. 앞으로 정규화된 RCSD 파라미터들을 이용한 영상 검색이나 압축 등에 적용하여 성능을 평가되어야 하며, 특히, 차이 영역을 줄이기 위하여, 추가적인 RCSD 파라미터의 표현에 대한 방안도 마련되어야 하겠다.

참고 문헌

- [1] M. Sonka, V. Hlavac and R. Boyle, *Image Processing, Analysis and Machine Vision*, Chapman & Hall Computation, London, 1993.
- [2] D. Zhang and G. Lu, "A Comparative Study on Shape Retrieval Using Fourier Descriptors with Different Shape Signatures," *cis 2004*.
- [3] Gonzalez R. C. and Woods R. E., *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company, Singapore, 1992.
- [4] Sonka M., Hlavac V., and Boyle R., *Image Processing, Analysis and Machine Vision*, Chapman & Hall Computation, London, 1993.
- [5] E. Saber and A. M. Tekalp, "Region-based shape matching for automatic image annotation and query-by-example," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 8, no. 1, March, pp.3-20, 1997.
- [6] Heesch D. and Ruger S., "Combining features for content-based retrieval-a comprehensive evaluation of retrieval performance", *Proceeding of the 24th BCS-IRSG European Colloquium on IR research*, LNCS 2291, pp. 41-52, 2002.
- [7] D. Zhang and G. Lu, "A Comparative study of three region shape descriptors," *DICTA2002 :Digital Image Computing Techniques and Applications*, Melbourne, Jan. 2002.
- [8] 조동욱, 김지영, 배영래, 고일석, "복잡한 물체의 기술을 위한 원뿔표면의 분류 및 임계치 선정", *한국정보처리논문지*, 제 11권 3호, pp. 297-302, 2004.
- [9] 김선중, 김영인, "영상표현을 위한 비전중심점 이동에 따른 영역기반 형태기술자", *한국지능정보시스템학회논문지*, 제 12권 1호, pp. 95-106, 2006.
- [10] Prasad B.G., Biswas K.K., and Gupta S.K., "Region-based image retrieval using integrated color, shape, and location index", *Computer Vision and Image Understanding* (2004) 193-233.
- [11] <http://www.icaen.uiowa.edu/~dip/LECTURE/Shape2.html>
- [12] M. Bober, "MPEG-7 visual shape descriptors," *IEEE Transactions on circuits and systems for video technology*, vol. 11, no. 6, June 2001.
- [13] T. P. Krauss, L. Shure, J. N. Little, *Signal Processing Toolbox : For Use with MATLAB*, The Mathworks Inc.

김 선 종



e-mail : ksj329@pusan.ac.kr

1989년 경북대학교 전자공학과(학사)
1991년 경북대학교 전자공학과(공학석사)
1996년 경북대학교 전자공학과(공학박사)
1995년~1997년 순천제일대학 제어계측과
전임강사
1997년~2006년 밀양대학교 컴퓨터공학부
부교수

2006년~현재 부산대학교 바이오시스템공학부 부교수
관심분야 : 바이오 신호 및 영상처리, 컴퓨터비전,
바이오정보시스템 등

권 혁 송



e-mail : hskwon@pusan.ac.kr

1985년 영남대학교 전자공학과(학사)
1988년 영남대학교 전자공학과(공학석사)
1995년 영남대학교 전자공학과(공학박사)
1992년~1996년 대구과학대학 전자통신과
조교수
1996년~2006년 밀양대학교 정보통신공학부
부교수

2006년~현재 부산대학교 바이오시스템공학부 부교수
2002년~2003년 Oregon state university 방문교수
관심분야 : 대역확산통신방식, CDMA, 이동통신시스템,
바이오정보통신 등