

내용 기반 이미지 검색을 위한 새로운 수리형태학적 특징값 추출 방법

A Novel Morphological Characteristic Value Extraction Method for Content-Based Image Retrieval

魚 鎮 愚*, 이 동 진*
Jin-Woo Eo, Dong-Jin Lee*

요 약

본 논문에서는 수리형태학에 기반한 새로운 특징값 추출 방법을 제안하였다. 수리형태학적 패턴 분포함수에 의한 수리형태학적 공간주파수를 소개하고 이를 새로운 특징인 평균높이를 정의하는데 적용하였다. 평균높이는 내용기반 이미지 검색을 위한 인덱스 키를 생성하는데 사용되는 특징값을 정의하기 위하여 사용하였다. 제안한 방법의 우수성을 다양한 영상에 대한 실험을 통하여 증명하였다. 또한 기존의 검색방법은 검색하는 이미지 데이터마다 에지 검출단계에서 적절한 문턱값에 의한 이진화 처리가 요구되어 지나 제안한 방법은 이진화가 필요 없어서 그 효율성이 크다.

Abstract

A novel characteristic value extraction method based on mathematical morphology is proposed. Morphological spatial frequency defined by morphological pattern distribution function is introduced and applied to define a new feature called 'average height.' The average height is used to define a characteristic value which is to be used to generate an index key value for content-based image retrieval. Superiority of the method was proved for various images by experiment. Furthermore the fact that the proposed method does not need threshold to obtain binary image provides its applicability to content-based image retrieval

1. 서론

*檀國大學校 電氣·電子·컴퓨터 工學部
(School of Electrical, Electronics, and Computer
Engineering, Dankook Univ.)

※ 이 연구는 2001학년도 단국대학교 대학연구비의
지원으로 연구되었음

接受日: 2003年 8月 16日 修正完了日: 2003年 11月 30日

최근 컴퓨터의 성능향상과 인터넷의 대중화로 수많은 양의 멀티미디어 데이터가 생겨나고, 또 계속 증가하고 있다. 이런 많은 멀티미디어 정보에서 사용자가 원

하는 정보를 빠르고 효율적으로 검색하는 것이 대단히 중요한 문제가 되었다. 현재 WWW(World Wide Web)에서는 주로 문서정보(textual information)에 대한 검색만이 가능한 상태이다. 우리가 원하는 영상 정보의 실질적인 내용에 대한 검색은 제공되지 않고 있다. 일반적으로 영화 “터미네이터II에서 오토바이 장면”을 찾으라 하면 현재의 웹상에서 효율적으로 찾기란 불가능하다. 이들 정보 내용에 관한 기술이 없기 때문이다. 특히 영상검색의 경우 과거의 문자위주 검색으로는 한계가 있어 영상의 내용을 표현하는데 사람이 인위적으로 주석을 달아야주어야 하는 번거로움과 개인의 주관이 포함되어 정확한 내용 반영이 어렵다. 그래서 최근에는 영상 내에서 색인정보를 자동으로 추출하고 질의 영상과 유사한 영상을 검색할 수 있는 내용 기반 검색에 대해 많은 연구가 되고 있다[1]. 이러한 연구로 인해 MPEG그룹에서는 1998년말부터 "Multimedia Content Description Interface"라고 불리는 MPEG-7표준화 작업을 본격적으로 시작하였다[2]. MPEG-7표준은 다양한 멀티미디어 정보를 표현할 수 있는 표준화된 기술자(Descriptor)를 규정하며, 이러한 기술자들의 관계를 정의하는 기술방식(Description Scheme : DS)과 기술자와 기술방식을 규정하기 위한 언어인 기술정의 언어(Description Definition Language : DDL)를 정의하였다.

이러한 MPEG-7에는 내용을 기반으로 영상을 검색하기 위해 다양한 영역에 여러 가지 검색 기술자들이 제안되었다. MPEG-7의 기술자 중 시각(visual)부분의 기술자는 컬러(color), 형태(shape), 질감(texture), 움직임(motion)의 네 가지 기술자로 구분된다.

본 논문에서는 시각 부분의 네 가지 기술자중에서 형태 기술자에 대해 알아보고 수리형태학에 기반을 둔 형태 특징값을 추출하여 이미지 데이터를 검색하는 방법을 제안한다. 특징값 추출에 수리형태학적 공간주파수를 이용한 특징값을 정의하고 이를 기존의 방법과 비교하여 실험하였다.

II. 에지검출을 이용한 특징값 추출 방법

2.1 기존의 특징값 추출 방법

내용을 기반으로 한 이미지 데이터의 검색은 이미지로부터 자동적으로 특징값들을 추출하여 사용자가 원하는 이미지를 검색하는 방법이다. 내용 기반 이미지

검색을 위해서는 우선 입력되는 각각의 이미지 데이터가 어떠한 특징들을 가지고 있는지를 알아야 한다. 이미지 특징 추출 과정은 시스템에 의해 내부적으로 수행되는 것으로 데이터 베이스에 저장되는 이미지나 질의로써 사용되는 이미지 데이터에 대해 공통적으로 적용된다. 이러한 과정을 통해 추출된 특징값들은 이미지 데이터들에 대한 인덱스를 만들기 위해서 사용된다.

본 논문에서 고찰하고자 하는 형태 기술자는 이미지 데이터의 형태적 특징을 고려하여 추출된 특징값(형태적 특징값)으로 이미지 데이터내의 에지정보를 사용한다. 그림 1은 본 논문에서 특징값 추출을 위해 수행되는 기존의 에지검출에 기반한 이미지 데이터의 일반적인 처리과정을 나타낸 것이다.

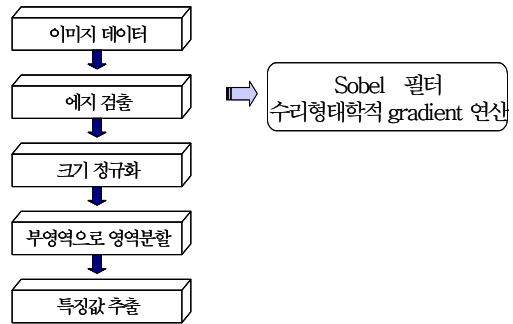


그림 1. 특징값 추출을 위한 영상처리 과정
Fig. 1. Image processing process for extraction characteristic value

(1) 에지 검출 단계

이미지 데이터내의 객체(object)에 대한 주요 특징을 얻기 위하여 에지를 검출하는 단계로서 본 논문에서는 기존의 방법으로 Sobel 연산자[3]와 수리형태학적 Laplacian 연산자[4]를 사용하였다. Sobel 연산자는 잘 알려져 있으므로 소개를 생략한다.

수리형태학적 Laplacian 연산자, L(f)는 residue of the gradient by dilation, g+(f)와 residue of the gradient by erosion, g-(f)를 이용하여 다음과 같이 정의된다[4].

$$\text{Residue of the gradient by erosion : } g_-(f) = f - \hat{\ominus}(f)$$

$$\text{Residue of the gradient by dilation : } g_+(f) = \hat{\oplus}(f) - f$$

수리형태학적 Laplacian operator : $L(f) = g+(f) - g-(f)$

여기서 f 는 원영상, $g+(f)$ 는 원영상에 대한 dilation 결과, $g-(f)$ 는 원영상에 대한 erosion 결과를 각각 나타낸다.

Erosion에 의한 gradient는 영역내부의 외곽선을 추출하며, dilation에 의한 gradient는 영역 외부의 외곽선을 추출한다. 수리형태학적 Laplacian 연산자를 사용하면 transition부의 낮은 에지에서는 영(zero)보다 큰 값을 갖고, 높은 에지에서는 영보다 작은 값을 갖는다. 극대 또는 극소가 없는 평면이나 경사진 면에서 소거되어 값이 나타나지 않는다. 본 논문에서는 수리형태학적 Laplacian이 갖는 강력한 에지 특징 추출 기능을 이용하여 이를 효과적으로 외곽선 정보를 추출하는 도구로 사용한다.

(2) 크기 정규화 단계

크기 정규화 단계는 다양한 형태의 이미지 데이터들이 특징값 추출 시에 영향을 받지 않도록 일정한 크기로 만드는 단계이다.

(3) 부영역으로 영역 분할 단계

크기 정규화 단계를 거친 후 9개의 부영역으로 분할하는 단계이다. 본 논문의 실험에서는 정규화된 이미지(255x255)를 83x83크기의 부영역 9개로 분할하여 사용하였다.

(4) 특징값 추출 단계

이미지 데이터의 형태적 특징을 추출하고 인덱싱할 때 키로 사용할 수 있는 수치로 나타내기 위해 식 (1)에 보인 바와 같이 에지 성분이 각 부영역에서 차지하는 비율을 각 부영역의 특징값으로 정의하였다.

$$\text{특징값} = \frac{\text{1값을 갖는 픽셀수}}{\text{부영역의 픽셀수}} \times 100(\%)$$

(5) 인덱스 키 생성

변형된 트라이 인덱스 구조[11]를 이용하여 인덱스를 생성하여 실험에 사용하였다.

2.2 기존 방법에 대한 기초 실험 결과

(1) Sobel 연산자를 사용한 실험 결과

원영상으로 Lena 영상(그림 2)을 사용하였다. 그림 3은 Sobel 연산자를 사용한 에지검출 결과이고, 그림 4는 이를 문턱값 128로 이진화한 결과이다. 표 1은 이진화 영상의 각 부영역에 대하여 1값을 갖는 픽셀 수를 보인 것이고, 표 2는 식(1)을 이용하여 구한 각 부영역의 특징값이다.



그림 2. 원 영상
Fig.2. Original image



그림 3. 에지 영상
Fig. 3. Edge image (sobel)



그림 4. 이진화 영상
Fig. 4. Binary image

표 1. 각 부영역의 특징값

Table 1. Characteristic values for each sub-image

11	9	17
28	34	19
43	16	17

표 2. 각 부영역에서 1값을 갖는 픽셀수

Table 2. No. of pixels with value 1 for each sub-image

815	648	1262
1991	2465	1370
3119	1199	1286

(2) 수리형태학적 Laplacian 연산자를 사용한 실험 결과

그림 5는 Sobel 연산자를 사용한 에지검출 결과이고, 그림 6은 이를 문턱값 20으로 이진화한 결과이다. 표 3은 이진화 영상의 각 부영역에 대하여 1값을 갖는 픽셀 수를 보인 것이고, 표 4는 식(1)을 이용하여 구한 각 부영역의 특징값이다.

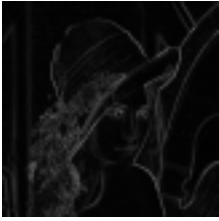


그림 5. 에지 영상
(형태학적 Laplacian)
Fig. 5. Edge image
(Morphological Laplacian)



그림 6. 이진화 영상
Fig. 6. Binary image

표 3. 각 부영역에서
1값을 갖는 픽셀수
Table 3. No. of
pixels with value 1
for each sub-image

492	778	983
2013	2532	1347
3301	1149	1190

표 4. 각 부영역의
특징값
Table 4.
Characteristic values
for each sub-image

7	11	13
28	35	18
45	16	16

III. 수리형태학적 공간주파수를 이용한 특징값 추출 방법

3.1 수리형태학적 공간주파수를 이용한 특징값 측정

새로운 특징값 추출 알고리즘을 정의하기 위하여 수리형태학적 granulometry (또는 패턴 분포 함수)[12]에 의하여 정의된 ‘수리형태학적 공간주파수’의 개념을 도입한다. 수리형태학적 granulometry는 별도의 전처리 과정 없이 영상내의 형태정보를 추출할 수 있다는 이점을 갖는다. Granulometry의 기본 개념은 여러 크기의 돌(stone)을 일정하게 증가하는 체(sieve)로 걸러내는 sieving analysis에 기초하는 것으로서 증가하는 크기의 형태소로 opening 또는 closing 연산을 취한 결과와 원 영상의 residue 영상을 discrete function인 granulometric spectrum이나 granulometric function으

로 정의하여 해석하는 과정이다[9, 12]. 중요한 점은 이러한 granulometry가 영상처리나 일반 신호처리의 주파수 분석과 동일한 개념을 갖는다는 것이다. 일반적인 의미의 주파수는 단위시간에 발생하는 신호의 변화 정도이다. 영상에서의 주파수 즉, 공간주파수는 변위에 따른 영상의 변화 정도이다. 영상의 변화는 밝기의 변화와 밀접한 관계를 갖게되며 이러한 밝기의 변화는 영상에서 외곽선으로 표현되게 된다. 따라서 외곽선을 많이 포함하는 영상은 고주파 성분을 많이 포함하는 영상으로 판단할 수 있다.

영상의 특징값을 측정하는 새로운 방법으로 ‘평균 높이(average height)[5]’라는 개념을 도입한다. 평균 높이는 granulometry를 바탕으로 한 영상의 해석방법이다. 계속 증가하는 크기의 판형 형태소로 원영상을 opening 또는 closing하고, 각 단계의 연산결과를 원영상에서 뺀 residue영상을 구한다. 얻어진 residue의 Mes(Measure : 부피)에 더 이상의 변화가 없을 때까지 residue를 stacking하게되면 쌓여진 전체 부피는 영상의 전체 에너지가 되며, 각 단계의 Mes를 형태소의 면적으로 나눈 결과가 각 형태소에 의한 평균 높이가 된다.

평균 높이를 정의하기 위해 수리형태학적 패턴 분포 함수와 패턴 밀도함수를 정의한다.

수리형태학적 패턴 분포함수 $\gamma(\lambda)$:

$$\gamma(\lambda) = Mes(f^* - (f^* \circ S_\lambda)) \quad (2)$$

수리형태학적 패턴 밀도함수 $\mu(\lambda)$:

$$\mu(\lambda) = \gamma(\lambda) - \gamma(\lambda-1), \mu(0) = 0, \mu(1) = \gamma(1) \quad (3)$$

패턴 분포함수와 패턴 밀도함수로 다음과 같은 morphological measure인 평균 높이를 정의한다.

평균 높이 $h(\lambda)$:

$$h(\lambda) = \sum_{\lambda=1}^N \frac{\mu(\lambda)}{M(S_\lambda)}, \lambda=1, 2, \dots, N. \quad (4)$$

여기서 S_λ 는 같은 크기의 형태소 S 로 $\lambda-1$ 번 dilation 연산을 취한 결과이고,

$f^*(x) = |f(x) - m|$ 이며 (m : sample mean of f)이며, $M(S_\lambda)$ 는 각 형태소의 넓이이다.

3.2 수리형태학적 공간주파수에 의한 특징값 추출 알고리즘

앞에서 정의한 패턴 밀도함수 $p(M)$ 가 주어진 형태소에 대하여 크다 (또는 작다)는 것은 평균높이가 크다 (또는 작다)는 것을 의미하고, 샘플분산 (sample variance)이 크다 (또는 작다)는 것과 상통한다. 일반적으로 샘플분산이 이미지의 특징으로 사용되는 것은

잘 알려져 있다. 이것이 본문에서 평균높이를 새로운 특징값으로 제안하는 이유이다. 다음은 제안하는 특징값 추출 알고리즘이다:

- (1) 원영상을 3×3형태소로 opening한다.
- (2) 원영상과의 opening residue를 구한다.
- (3) 식 (2), (3), (4)를 이용하여 $r(A)$, $p(A)$, $h(A)$ 를 계산한다.
- (4) 각 부영역에 대하여 과정 (1)-(3)을 반복한다.
- (5) 다음의 식(5)를 이용하여 각 부영역에 대한 '특징값'을 계산한다.

$$\text{특징값} = \frac{\text{각 부영역에 대한 평균높이}}{\text{전체 영상에 대한 평균높이}} \times 100 (\%) \quad (5)$$

- (6) 변형된 트라이 인덱스 구조[11]를 이용하여 인덱스값을 생성한다.

IV. 실험결과

4.1 제안한 알고리즘을 이용한 실험 결과

그림 7은 식 (4)를 이용하여 여러 가지 크기의 형태소에 대하여 계산된 평균높이를 보여준다. 3×3부터 17×17까지의 8가지 형태소가 사용되었으며, opening residue, closing residue 및 이들의 평균을 이용한 3가지의 평균높이를 계산한 것이다. 그림에서 형태소 크기1은 3×3 형태소를 나타낸다. 다음 절에서 보이는 비교실험은 opening residue와 3×3 형태소만을 사용한 결과이다. 표 5는 각 부영역에 대한 평균높이이며 표 6은 식 (5)를 이용하여 계산된 각 부영역의 특징값이다.

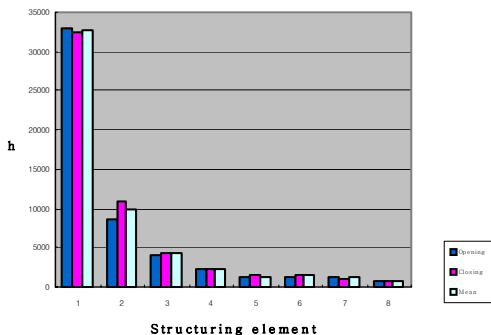


그림 7. 평균높이
Fig. 7. Average height

표 5. 각 부영역의 평균 높이
Table 5. Average height for each sub-image

2188.22	3032.88	2049.33
5151.66	5477.88	2660.33
7384.77	3176.11	1967.66

표 6. 각 부영역의 특징값
Table 6. Characteristic values for each sub-image

Table 6. Characteristic values for each sub-image

7	9	6
16	17	8
22	10	6

4.1 기존과 제안한 알고리즘에 의하여 생성된 인덱스값의 비교

표 7. 추출된 특징값

Table 7. Extracted characteristic values

Sobel	[11, 9, 17, 28, 34, 19, 43, 16, 17]
수리형태학적 Laplacian	[7, 11, 13, 28, 35, 18, 45, 16, 16]
수리형태학적 공간주파수	[7, 9, 6, 16, 17, 8, 22, 10, 6]

추출된 특징값들은 이미지 데이터들에 대한 인덱스를 만들기 위해서 사용된다. 본 논문에서는 특징값 인덱싱은 변형된 트라이 인덱스 방법을 사용한다[11]. 각 부영역에서의 특징값들은 부영역에서의 영역대 에지 성분의 비율이므로 0 ~ 100 범위의 값을 가지게 된다. 따라서 구성하는 트라이의 링크 필드의 수는 101

개가 되어야 하지만 같은 이미지 데이터의 경우라도 잡음등에 의해서 조금씩 다른 키값을 가질 수 있으므로 링크 필드가 단일한 값이 아닌 일정 범위값을 갖는 변형된 트라이 인덱스 방법을 사용한다.

각각 추출된 특징값들을 인덱싱하여 이미지 데이터를 검색할 수 있는 키값으로 구한다. 데이터 베이스 내에 저장 되어있는 후보 이미지 데이터들의 인덱스 키값들을 검색하여 유사한 키값을 가지고 있는 이미지 데이터에 검색의 우선 순위를 둔다.

표 8. 생성된 인덱스 키값

Table 8. Generated index key values

Sobel	1 0 1 2 3 1 4 1 1
수리형태학적 Laplacian	0 1 1 2 3 1 4 1 1
수리형태학적 공간주파수	1 1 1 3 3 1 4 2 1

그림 9는 원영상 (a)에 대한 유사영상들을 나타낸 것이다. (a)는 Lena 원영상이고 (b)는 영상의 quality를 3에서 6으로 조정한 영상, (c)는 highpass filtering 한 영상, (d)는 ripple 처리한 영상, (e)는 solarize 처리한 영상, (f)는 sharpen 처리한 영상이다.



그림 8. 실험에 사용된 원영상과 유사영상
Fig. 8. Images used for experiment

표 9는 그림 9의 Lena영상들에 대해 인덱싱한 결과값들이다.

표 9. Lena영상에 대한 인덱싱

Table 9. Index key values for Lena image

※ < >속의 숫자는 원영상의 인덱스 키값과의 다른 키값의 갯수

	Sobel	형태학적 Laplacian	형태학적 공간주파수
(a)	1 0 1 2 3 1 4 1 1	0 1 1 2 3 1 4 1 1	1 1 1 3 3 1 4 2 1
(b)	1 0 1 2 3 1 4 1 1 < 0 >	0 1 1 2 3 1 4 1 1 < 0 >	1 1 1 3 3 1 4 2 1 < 0 >
(c)	1 0 1 2 3 1 4 1 1 < 0 >	0 0 1 2 3 1 4 1 1 < 1 >	1 1 1 2 3 1 4 2 1 < 1 >
(d)	1 0 1 2 3 1 3 1 1 < 1 >	0 0 1 2 3 1 3 1 1 < 2 >	1 1 1 2 3 1 4 2 1 < 1 >
(e)	0 0 1 2 2 1 3 1 1 < 3 >	0 0 1 2 3 1 3 1 1 < 2 >	1 1 1 2 3 1 4 1 1 < 2 >
(f)	1 1 2 3 4 2 4 2 2 < 7 >	1 3 2 4 4 2 4 2 2 < 8 >	1 1 1 3 3 1 4 1 1 < 1 >

위의 결과에서 보듯이 원영상의 키값으로 검색을 할 시에 원영상의 키값과 유사영상의 키값의 차로 검색을 한다. 그 차가 적을수록 검색의 우선 순위에 들 수 있다. 괄호 안의 숫자는 원영상과의 키값의 차이이다. 유사

영상(f)에서 Sobel 필터와 gradient by dilation에 의해 추출된 특징값으로 인텍싱한 경우 수리형태학적 공간 주파수로 추출된 특징값으로 인텍싱한 경우 키값의 변화에서 심한 차이가 있음을 알 수 있다.

앞에서 언급한 바와 같이 이미지 데이터베이스는 표준 패턴이나 모델을 정하기가 불가능하기 때문에 하나의 결과를 추출해 내기보다는 유사한 후보들을 질의 결과로 추출하고 최종 인식이나 의미적 해석은 사용자가 하게 된다. 사용자가 보기에는 유사영상 (f)가 (d)나 (e)영상보다 시각적으로 볼 때 더 비슷하다는 것을 알 수 있다. 이는 Sobel 필터나 gradient by dilation으로 특징값을 추출하는 경우 이미지 데이터에 따라 이진화 영상을 구하기 위하여 적절한 문턱값을 찾아야 한다. 그러나 수리형태학적 공간주파수를 사용하여 특징값을 추출하는 경우에는 이 과정이 필요 없어서 일괄적인 특징값 추출과 효율적인 검색이 가능함을 알 수 있다.

V. 결론

오늘날과 같은 정보화 시대와 네트워크 시대에 내용 기반 이미지 검색은 다양한 정보들과 대용량 멀티미디어 데이터들을 효율적으로 관리하고 검색하기 위해 필요한 기술이다. 내용 기반 이미지 검색은 이미지로부터 자동적으로 특징값을 추출하여 사용자가 원하는 이미지를 검색하는 방법이다.

본 논문에서는 내용 기반 이미지 검색에서 형태적 특징값을 추출하는데 에 있어 수리형태학에 기반을 둔 특징값 추출방법을 제안한다.

첫 번째로 형태적 특징값 추출의 주 요소인 에지 검출에 대하여 Sobel 연산자와 수리형태학적 Laplacian 연산자를 비교하였으며 서로 적절한 임계값으로 이진화 처리하여 특징값을 추출하고 변형된 트라이 인텍스 방법을 사용하여 인텍스할 때 유사한 결과를 얻을 수 있음을 입증하였다. 두 번째로 granulometry를 사용한 평균 높이의 개념을 도입하여 정의된 수리형태학적 공간주파수를 이용하여 특징값을 추출하는 방법을 제안하였다.

제안한 방법의 우수성을 다양한 영상에 대한 실험을

통하여 증명하였다. 또한 기존의 검색방법은 검색하는 이미지 데이터마다 에지 검출단계에서 적절한 문턱값에 의한 이진화 처리가 요구되어 지나 제안한 방법은 이진화가 필요 없어서 그 효율성이 크다고 하겠다.

참고문헌

- [1] A K. Jain and A. Vailaya, "Image Retrieval using color and shape," Pattern Recognition, Vol. 29, No. 8, pp.1233-1244, 1996.
- [2] International Organisation for Standardisation Organisation International de Normalisation, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N3752, La Baule, October 2000.
- [3] Ioannis Pitas, Digital Image Processing Algorithms, Prentice Hall, 1993.
- [4] J.R. Casas, L.Torres. "Strong Edge Features for Image Coding," Proceedings of International Symposium on Mathematical Morphology and its Applications to Image and Signal Processing III, Atlanta, USA, May 11-13, 1996.
- [5] 어진우, "변형 Karhunen-Loeve 변환의 수리형태학적 의미와 칼라 영상처리에서의 응용," 전자공학회 논문지, 31권, B편, 11호, pp. 97-108, 대한전자공학회, 1994
- [6] 박지수, "공간주파수의 수리형태학적 해석과 응용," 합동학술발표회 논문집(회로 및 시스템/전력전자), vol.22, no.1, pp 33-37, 대한전자공학회, 2000.
- [7] P. Salembier, L. Torres, F. Meyer, and C. Gu, "Region-based video coding using mathematical morphology," Proc. of IEEE, vol. 83, no. 6, pp. 843-857, June. 1995.
- [8] P. Salembier, P. Brigger, J. R. Casas, and M. Pardas, "Morphological Operators for Image and Video Compression," IEEE Trans. Image Processing, vol. 5, pp. 881-898, June, 1996.
- [9] Milan Sonka, Vaclav Hlavac and Roger Boyle, Image Processing, Analysis, and Machine Vision, PWS Publishing, 1998.
- [10] Rafael C. Gonzalez Richard E. Woods, Digital

Image Processing, Addison Wesley, 1993.

[11] 염성주, 김우생, "형태와 컬러성분을 이용한 효율적인 내용 기반의 이미지 검색방법", 한국정보처리학회 논문지, 제3권, 제4호, pp. 736-739, 1996.

[12] J. Serra, Image Analysis and Mathematical Morphology, Academic Press, New York, 1982.

저 자 소 개

魚 鎮 愚 (正會員)



1979 서울대학교 전기공학과 학사
1988 Oregon State University
전기 및 컴퓨터공학 석사
1992 Oregon State University
전기 및 컴퓨터공학 박사
1979 - 1986 국방과학연구소
연구원

1992 - 현재 단국대학교 전기·전자·컴퓨터공학부
교수

관심분야: 영상신호처리, 비디오코딩, 의료영상해석

이 동 진 (正會員)

1999 단국대학교 전자공학과 학사

2001 단국대학교 대학원 전자·컴퓨터공학과 석사

관심분야: 영상신호처리