

웨이브릿 변환영역에서 칼라와 모멘트를 이용한 내용기반 영상검색

정회원 이상훈*, 짝윤식**, 이대영***

Content-based Image Retrieval in Wavelet Transform Domain by Color and Moment

Sang Hun Lee*, Yoon Sik Kwak**, Dai Young Lee*** *Regular Members*

요약

본 논문에서는 웨이브릿 변환영역에서 칼라와 모멘트를 이용한 내용기반 영상 검색에 관하여 논하였다. 칼라에 의한 질의는 인간 시각 시스템에 적합한 웨이브릿 계수들의 에너지 값을 이용하였고, 모멘트에 의한 질의는 대상물의 이동, 크기, 회전등의 변화에 불변인 특성을 가지는 Maxima 모멘트를 이용하였다. 본 방법은 특징벡터를 줄이고, 기존의 벡터와 비교해서 검색시간을 단축하면서 분류검색의 효율성을 향상시켰다.

ABSTRACT

In this paper, we present a content-based image retrieval by color and moment in wavelet transform domain. Query by color utilizes the energy of wavelet coefficients which are suitable in human visual system, query by moment utilizes wavelet maxima moment which is invariant in translation, scaling, rotation of the objects. The proposed method reduces feature vector size, and makes progress performance of classification retrieval which provides fast retrievals times.

I. 서론

최근 통신망 및 멀티미디어 기술의 발전으로 음성이나 영상, 동영상 등과 같은 대용량의 멀티미디어 데이터를 효율적으로 저장, 관리, 검색할 수 있는 방법들에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다.

현재 사용되고 있는 멀티미디어 데이터 분류 및 검색 방법은 주석 기반의 검색방법(Annotation-based Retrieval Technique)으로 사람이 직접 멀티미디어 데이터에 문자 키워드(Keyword)를 부여하여 분류와 검색을 수행한다. 이러한 방법은 방대한 양의 수 작업이 필요하며, 동일한 영상인 경우에도 키워드가 다르게 부여될 수 있는 문제점이 있게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 멀티미디어 데이터에 대해 내용(Content)으로 정의되는 특징을 자동으로 추출하여, 이를 기반으로 하는 멀티미디어 정보를 검색하는 내용기반 검색 방법(Content-based Image Retrieval)이 활발히 연구 중에 있다^{[1][2][3][4][7][8]}.

내용기반 영상 검색 방법은 질의 영상(Query Image)에 대해서 시각적으로 유사한 영상들을 검색해 내는 방법이며, 질의에 사용되는 내용은 특징추출(Feature Extraction) 방법에 의해서 얻어진다. 이러한 특징은 주로 칼라(Color)나 무늬(Texture), 모양(Shape) 등을 이용하고 있으나, 영상과 밀접한 특징을 실시간으로 자동 추출해 내는 방법은 어려운 과제이다.

* 부산정보대학 정보통신계열,
논문번호: 99217-0602, 접수일자: 1999년 6월 2일

** 충주대학교 컴퓨터공학과,

*** 경희대학교 전자정보학부

특징 추출은 크게 공간영역(Spatial Domain)에서의 화소 값(Pixel Value)이나 히스토그램(Histogram) 등을 이용하는 방법^{[3][8]}과 변환영역(Transform Domain)에서의 주파수 계수(Frequency Coefficient)를 이용하는 방법^{[1][2][4]}으로 분류된다. 현재 개발되어 있는 내용기반 영상 검색 시스템은 주로 공간영역에서 특징추출을 이용한 방법이다.

대용량의 영상 데이터베이스 내 저장되는 영상들은 압축된 형태로 저장될 것이라는 점을 고려해볼 때, 별도의 복호화 과정이 필요 없는 변환영역에서의 특징 추출방법이 필요해진다. 변환영역에서의 특징 추출방법은 초기에는 DCT(Discrete Cosine Transform)를 이용하였으나, 최근에는 공간-주파수 특성과 다중 해상도 특성을 갖는 웨이블릿(Wavelet)을 이용한 방법이 관심에 대상이 되고 있다^{[1][2]}.

본 논문에서는 웨이블릿 변환영역에서 추출된 특징을 기반 한 내용기반 영상검색 방법에 관하여 연구하였다. 기존의 웨이블릿 기반의 방법에서의 문제점인 대용량의 특징벡터를 줄이기 위해 웨이블릿 계수의 영역별 에너지 값을 이용하였고, 대상물의 이동, 회전, 크기 변화에 영향을 받지 않는 모멘트 특성을 이용한 검색방법을 제안하였다. 동일한 영상 데이터베이스에서 기존의 방법과 비교 분석함으로써 본 방법의 효율성을 검증하였다.

II. 본 문

1. 칼라 공간

오늘날 영상 데이터베이스 내 데이터들은 대부분 칼라 영상들로 구성된다. 칼라는 RGB, HSV, YIQ 등의 모델로 표현되어 영상처리에 이용된다. CRT 모니터나 컴퓨터 그래픽 등에서 많이 이용되고 있는 RGB 좌표계는 삼원색의 분광요소들이 결합하여 칼라를 나타낸다. 이러한 RGB 칼라 공간은 R, G, B 성분만으로 색상을 해석하기 어려운 난점으로 인해 대부분의 내용기반 영상검색 시스템에서는 다른 칼라 공간으로 변환하여 사용하고 있다. HSV 칼라 공간은 인간 시각특성에 적합한 칼라 모델로서 평가되고 있으며 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Value) 세 가지로 칼라를 표현한다. 칼라를 이용한 내용기반 영상 검색에서는 조명 불균일의 영향을 최소화 한 유사도 측정방법이 필요하다. 이는 HSV 칼라 공간에서 명도의 기중치를 조정함으로써 가능하다. 식 (1)은 RGB 칼라공간을 HSV 칼라 공간으로 변환을 나타낸다.

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R-G) + (R-B)]}{\left[(R-G)^2 + (R-G)(G-B) \right]^{\frac{1}{2}}} \right\}$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)]$$

$$V = \max(R, G, B)$$

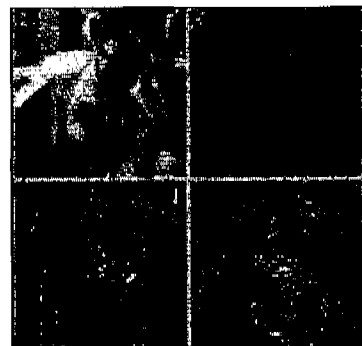
(H : Hue, S : Saturation, V : Value, R : Red G : Green,

B : Blue) (1)

2. 웨이블릿 변환

웨이블릿 변환을 이용한 내용기반 영상 검색은 인간 시각 특성에 적합하게 공간-주파수 영역인 다중 해상도로 영상을 분해하여 대역별 웨이블릿 계수들의 통계적인 특성을 이용한 방법이다. 인간 시각은 세밀한 부분보다는 불연속성이나 갑작스런 밝기의 변화 등과 같은 해상도가 낮은 영상에 대해 더 민감한 반응을 보인다. 웨이블릿 변환으로 분해된 부 대역 영상들은 이러한 인간 시각적 특성을 잘 반영하고 있어, 대역별 웨이블릿 계수들 이용하여 영상의 유사도를 측정하는데 효과적으로 이용할 수 있다. 또한 웨이블릿 변환은 푸리에 변환에는 없는 지역적인 특성을 가지고 있어 영상의 전체적인 특징뿐만 아니라 지역적인 특징 분석이 가능하다는 장점이 있다. 일반적인 영상 데이터베이스 구축 시, 데이터베이스 내 저장되는 영상들은 동일한 해상도와 형식을 가지게 된다. 이러한 경우 원래의 영상정보가 소실될 수 있으며, 영상의 모양에 의한 질의 수행 시 영향을 받게 된다.

웨이블릿 변환의 다중해상도 특성은 영상 데이터베이스를 서로 다른 해상도를 가지는 영상들로 구축할 수 있다는 장점을 제공하며, 질의영상과 데이터베이스 내 영상간에 해상도가 달라도 검색을 가능하게 된다. 그림 1은 2차원 영상을 웨이블릿 변환한 후, 분해된 대역을 나타내고, 식 (2)는 웨이블릿 계수의 에너지를 나타낸다.



| | |
|---------------------|------------------|
| LL Approximation | LH Horizontal |
| HL Vertical | HH Diagonal |

그림 1. 웨이브릿 변환을 이용한 영상 분해

$$Energy = \sum_i \sum_j C(i, j) \cdot C^*(i, j) = \sum_i \sum_j |C(i, j)|^2$$

(C(i,j) : 웨이브릿 계수값) (2)

3. Wavelet Maxima 모멘트

내용기반 영상검색에서 대상물의 모양을 이용한 검색에 모멘트가 많이 사용된다. 이러한 모멘트는 이동, 회전, 크기의 변화에 불변인 특성을 가진다. Mandal 등은 웨이브릿 변환영역에서 모멘트를 이용한 검색방법을 제안하였다⁷⁾. 웨이브릿 변환영역에서의 모멘트는 이동 불변 특성을 가지지 못하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 Mallet 등은 평원화 함수의 1, 2차 미분을 이용한 Local Maxima를 이용하였다⁵⁾⁶⁾. 식 (3)의 조건식을 만족할 경우, 웨이브릿 계수 C_i 를 Modulus Maxima로 정의한다.

$$C_i > C_{i-1} \text{ and } C_i > C_{i+1} \quad (3)$$

영상의 Wavelet Maxima는 영상 내 존재하는 시각적인 윤곽정보를 나타내며, 이러한 윤곽정보의 웨이브릿 계수들의 모멘트를 이용하여 유사한 영상들을 검색함으로써, 이동, 회전, 크기에 영향을 받지 않는 직의를 수행할 수 있게 된다. 식 (4)는 Wavelet Maxima의 중앙 모멘트(Central Moment)를 나타낸다.

$$\mu_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} (u-u')^p (v-v')^q \omega(u, v) du dv$$

($\omega(u, v)$: 웨이브릿 Maxima, p,q=0,1,2,...) (4)

4. 기존의 방법

Jacobs 등이 제안한 방법⁴⁾에서 특징 벡터 추출에 처음으로 웨이브릿 변환을 이용하였고, 칼라 영상의 R, G, B 각 채널마다 따로 특징벡터를 구성하여

질의를 수행하였다. 이와 유사한 방법으로 Wang 등¹²⁾은 Daubeche-8 웨이브릿을 이용하여 웨이브릿 변환을 수행한 후, Level 4의 대역별 웨이브릿 계수들을 특징벡터로 구성하였다. 위의 두 방법은 웨이브릿 계수의 직접적인 비교로 영상간의 유사도를 측정하는 방법이며, 영상의 전체적인 칼라 분포를 이용한 유사도 측정에는 적합하나, 대상물의 모양을 이용한 경우에는 부적합하다. 또한, 특징벡터의 차원이 너무 커서 검색시간이 많이 소요되는 단점이 있다.

이러한 문제점으로 인해 Albuz등이 제안한 방법¹¹⁾에서는 특징벡터의 크기를 줄이기 위해 웨이브릿 변환 계수들 직접 사용하지 않고, 대역별 웨이브릿 계수들의 에너지 값을 이용하였다. 이 에너지 값을 Swain이 제안한 히스토그램 방법¹⁶⁾을 이용하여 나타냄으로서, 한 영상의 특징 벡터 크기를 10bytes로 줄여 고속 검색이 가능하게 하였으나, 각 부 대역의 특징벡터를 1개의 에너지 값으로만 표현함으로써, 질의능력이 현격히 떨어지는 문제점이 있다.

Mandal 등이 제안한 방법¹⁷⁾은 웨이브릿 변환영역에서 히스토그램과 모멘트를 이용하였다. 이 방법에서는 대역 내 모든 웨이브릿 계수들 이용한 모멘트를 이용함으로써, 영상 내 존재하는 대상물의 이동 등으로 인한 영향을 받게되는 문제점이 있게 된다.

5. 제안한 방법

그림 2는 제안한 방법의 시스템 구성도를 나타낸다.

5.1 특징벡터 추출

먼저 질의 영상의 칼라 공간을 HSV 칼라 공간으로 변환한 후, 각 채널에 대해 2D DWT를 수행한다. 특징벡터의 구성은 기존의 방법에서 문제점인 특징벡터 크기를 줄이기 위해서 웨이브릿 계수들을 직접 사용하지 않고, Albuz 등[1]과 같이 에너지 값을 이용하였다. 일반적인 사진영상의 경우 영상 내 대상물들은 사진의 중앙에 위치하는 경우가 많고, 카메라의 셔터동작을 감안하여 웨이브릿 변환영역의 각 대역을 5개의 고정영역으로 분할하였다. 그림 3(a)는 칼라에 의한 특징추출 및 유사도 측정과정을 나타낸다.

각 영역의 웨이브릿 계수의 에너지를 HSV 세 채널에 대해 산출한다. 이때 특징벡터의 크기는 5 (영역 수) x 3 (채널 수) x 4bytes = 60bytes가 된다. 모멘트에 의한 질의를 위해 웨이브릿 변환영역

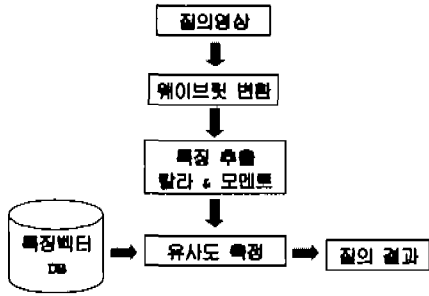
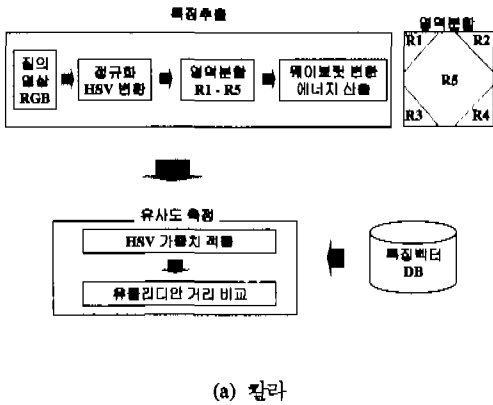
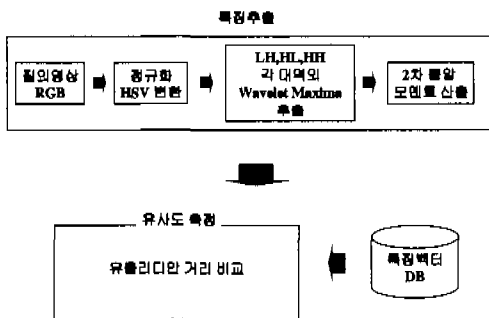


그림 2. 시스템 구성도

에서 3개의 고주파 대역(LH, HL, HH)에서 Wavelet Maxima를 이용한 2차 중앙 모멘트 값을 HSV 각 채널에 대해 산출하여 특징 벡터로 이용하였다. 이때 특징벡터의 크기는 3(대역 수) x 4 bytes = 12bytes가 된다. 그림 3 (b)는 모멘트에 의한 특징 추출 및 유사도 측정과정을 나타낸다.



(a) 칼라



(b) 모멘트

그림 3. 칼라와 모멘트에 의한 특징추출 및 유사도 측정

5.2 유사도 측정

유사도 측정은 질의영상의 특징벡터와 데이터베이스 내 영상들간의 특징벡터와의 비교로서 수행된다. 유사도의 측정은 두 벡터간의 유클리디안 거리를 이용하였으며 식 (5)와 같다.

$$dist(I, I') = \sum_{i=1}^6 [\sum_{j=1}^4 | Wc_{ij} - Wc'_{ij} |]$$

(Wc_{ij} : 특징벡터 값) (5)

III. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안된 내용기반 검색 시스템은 256M의 메모리와 Pentium II 400 dual CPU을 장착한 Windows NT 서버 상에서 Matlab과 C언어를 이용하여 구현되었다. 제안한 방법의 검증용 위해 총 165개의 칼라 영상을 대상으로 Wang의 방법, Albus의 방법과 비교하였다. 표 1은 각 방법의 비교를 나타내고, 표 2는 실험에 사용된 칼라 영상의 범주를 나타낸다.

실험에 사용된 영상 범주는 인간 시각에 의해 유사한 영상들을 그룹화 하여 만들어 졌으며, 164개 영상들에 대해서 각각 질의물 수행하여, 유클리디안 거리 값에 의해 유사도가 높은 순으로 10개 영상을 추출하였다. 유사 영상 추출 결과에서 동일한 그룹의 영상이 추출된 비율을 히트율(Hit Ratio)로 정의 하며 식 (6)과 같다.

$$H = 10 \times N$$

(H: 히트율, N: 질의 결과 추출된 영상 수) (6)

표 1. 각 방법의 비교

| 구분 | 영상 크기 | 특징벡터 크기 |
|------------|--------------------|----------|
| Wang WBHS | 128x128 | 768 Byte |
| Albus UDel | 512x512 | 10 Byte |
| 본 방법 | 128x128 256x256 | 72 Byte |

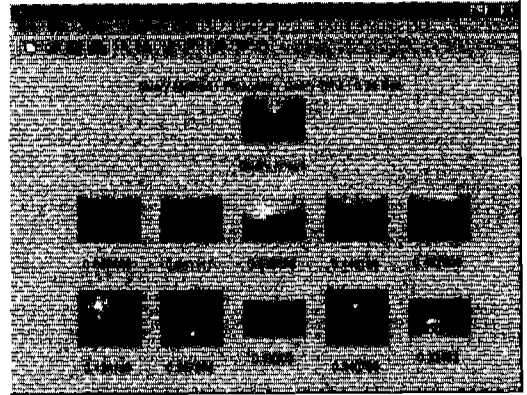
그림 4는 칼라를 이용한 질의물 수행한 결과를 나타낸다. 그림 5는 히트율을 나타낸다. Wang의 방법과 제안한 방법이 Albus의 방법에 비해 우수한 결과를 얻었으며, 웨이브릿 계수물 직접 비교하여 유사도를 측정하는 Wang의 방법은 영상의 전체적인 칼라분포가 일정한 정치영상에서는 제안한 방법보다 우수한 결과를 나타내었으나, 동물영상이나 인

표 2. 영상 범주

| 그룹 | 영상종류 | 영상수 | 그룹 | 영상종류 | 영상수 |
|----|------|-----|----|------|-----|
| 1 | 꽃 | 25 | 6 | 동물2 | 5 |
| 2 | 선경 | 11 | 7 | 집 | 16 |
| 3 | 황혼 | 12 | 8 | 산 | 15 |
| 4 | 바다 | 26 | 9 | 인물 | 9 |
| 5 | 동물1 | 15 | 10 | 기타 | 31 |

꽃영상과 같은 대상물이 두르러진 영상에서는 제안한 방법보다 낮은 히트율을 나타내었다. 표 3은 실험 결과값 나타낸다.

검색속도는 특징벡터 크기가 가장 작은 Albus의 방법이 우수했으나, 질의 결과는 다른 방법에 비해 떨어지는 것을 알 수 있다. 본 방법은 특징벡터의 크기를 Wang의 방법에 비해 10% 정도 축소하면서도 질의 결과는 크게 차이가 없음을 실험을 통해 검증할 수 있었다.

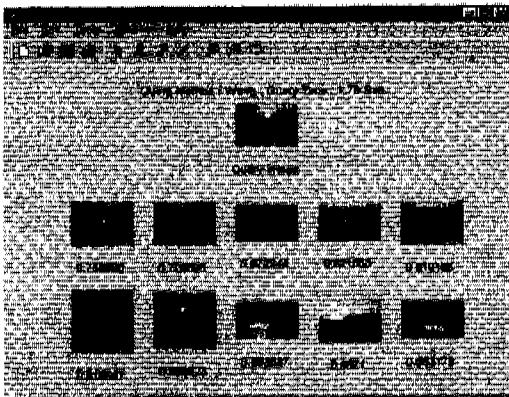


(c) 제한한 방법

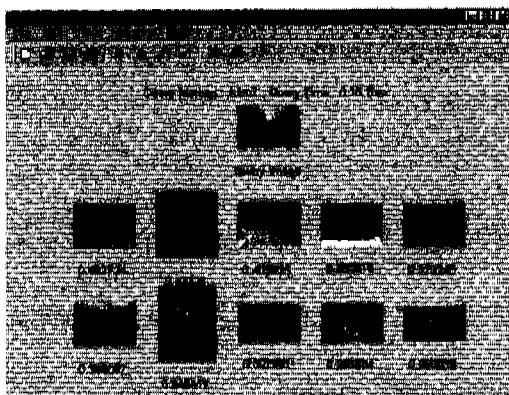
그림 4. 칼라에 의한 질의 결과

그림 6은 모멘트를 추출한 결과값 나타낸다. 고해상도에서는 Median Filtering을 이용하여 잡음(Noise)을 제거한 영상과 전처리 과정을 거치지 않은 영상간에 모멘트 추출 결과가 차이점을 나타내고 있으나, 고해상도 영역으로 갈수록 모멘트 추출 결과가 근접하게 나타나는 특성을 지닌다. 그림 7은 모멘트를 이용한 질의 결과를 나타낸다.

2차 중앙 모멘트를 이용한 결과에 비해 Wavelet Maxima Moment를 이용한 경우, 질의결과가 우수하게 나타났다.



(a) Wang의 방법



(b) Albus의 방법

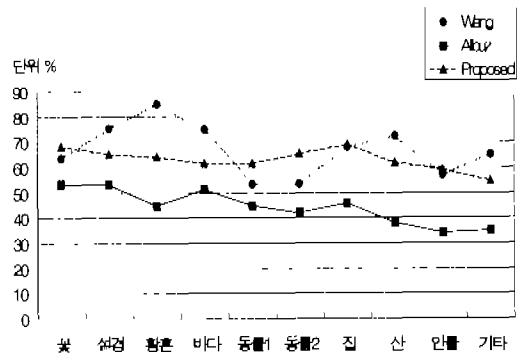


그림 5. 히트율

표 3. 실험 결과

| 구분 | 평균 히트율 | 질의응답시간 |
|-------|---------|---------------|
| Wang | 66.74 % | 1.25 ~ 3 (초) |
| Albus | 44.27 % | 0.1 ~ 0.2 (초) |
| 본 방법 | 63.05 % | 0.2 ~ 0.3 (초) |

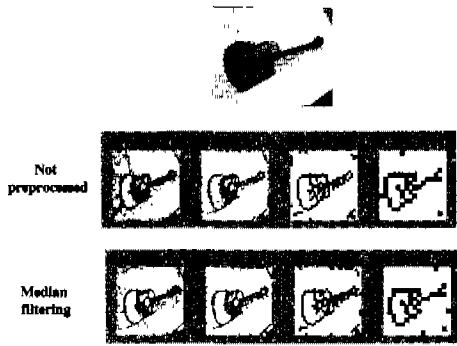
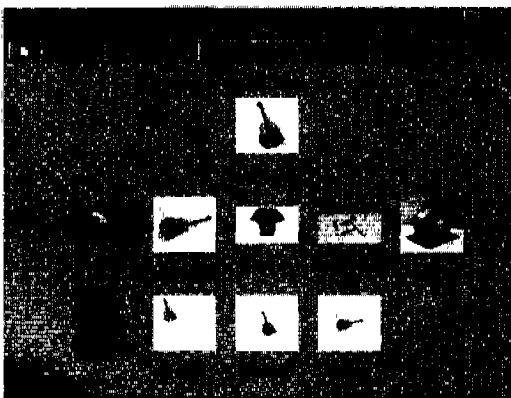


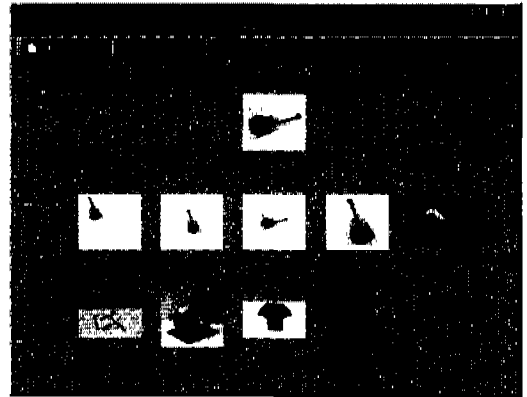
그림 6. Wavelet Maxima 모멘트 추출결과

IV. 결 론

특징벡터를 이용한 내용기반 영상 검색에서는 검색 효율을 현격히 저하시키지 않는 범위 내에서 특징벡터의 크기를 줄여 고속 검색이 가능하게 하여야 한다. 본 논문에서 제안한 방법은 웨이블릿 변환 영역에서 웨이블릿 계수들을 특징벡터로 이용하지 않고, 계수들의 영역별 에너지를 이용함으로써 기존의 방법 보다 특징벡터의 크기를 줄여 검색효율을 높였으며, 이동, 회전, 크기 변화에 영향을 받지 않는 Wavelet Maxima를 이용한 모멘트를 특징벡터로 사용함으로써, 대상물 위주의 질의물 가능하게 하였다. 그러나 영상 내 대상물들이 여러 개 존재할 경우는 검색효율이 떨어지는 단점이 있으며, 이러한 문제점은 영상들을 의미 있는 영역으로 분할한 후, 영역기반의 검색방법으로 해결하여야 한다. 또한 데이터베이스 측면에서 대용량의 영상 데이터를 고속 검색을 수행할 수 있는 효율적인 색인 기법 등이 향후 연구과제로 남는다.



(a) 중앙 모멘트를 이용한 질의결과



(b) Wavelet Maxima 모멘트를 이용한 질의결과

그림 7. 모멘트를 이용한 질의결과

참 고 문 헌

- [1] Elif Albuz, 'Scalable Image Indexing and Retrieval using Wavelets', Technical Report, University of Delaware, 1998,11
- [2] James Ze Wang, 'Content-based Image Indexing and Searching using Daubechies' Wavelet', Journal of Digital Library, 1998
- [3] John R. Sminth, 'a fully automated content-based image query system', ACM Multimedia 96 Boston, 1996
- [4] Charles E. Jacobs, 'Fast Multiresolution Image Query', Proceedings of the 1995 ACM SIGGRAPH, New York, 1995
- [5] S. Mallat, 'Characterization of signals from multiscale edges', IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 14: pp 710-732, 1992
- [6] S. Mallat and W.L.Hwang, 'Singularity detection and processing with wavelets', IEEE Trans. Info. Theory, 38: pp 617-643, 1992
- [7] M.K.Mandal, S.Panchanathan and T.Aboulnasr, 'Illumination Invariant Image Index using Moment and Wavelet', Journal of Electronic Imaging, April, 1998
- [8] Micheal J. Swain, Dana H. Ballard, 'Color Indexing', IJCV, 7:1, pp 11-32, 1991
- [9] Y.T.Chan, 'Wavelet Basics', Kluwer Academic Publishers, 1995
- [10] Christos Faloutsos, 'Fast Searching by Content in Multimedia databases', Data Engineering,

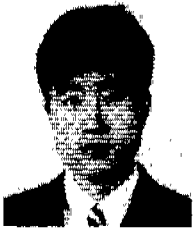
18(4), 1995

[11] Amara Graphs, 'An Introduction to Wavelets',
IEEE Computational Science and Engineering,
2(2), 1995

[12] M.Sticker, 'Similarity of Color Images',SPIE
Proceedings Vol 2420, pp 381-392,1995

이 상 훈(Sang-Hun Lee)

정회원



1989년 2월 : 경희대학교 전자
공학과(공학사)

1991년 2월 : 경희대학교 전자
공학과 대학원(공학석사)

1995년 8월 : 경희대학교전자공
학과 대학원
(박사과정수료)

1997년 3월 ~현재 : 부산정보대학 정보통신계열 전
임강사

<주관심 분야> 영상처리, 컴퓨터 통신

곽 윤 식(Yoon-Sik Kwak)

정회원

제24권 제12A호 참조

이 대 영(Dai-Young Lee)

정회원

제24권 제12A호 참조