

주파수 크기 스펙트럼을 이용한 내용기반 초음파 영상검색

정희원 손재곤*, 김남철**, 김상현***

Content-Based Ultrasound Image Retrieval Using Magnitude Frequency Spectrum

Jae Gon Son*, Nam Chul Kim**, Sang Hyun Kim*** *Regular Members*

요약

본 논문에서는 초음파 영상을 효율적으로 검색하기 위해 주파수 크기 스펙트럼을 검색특징으로 사용하는 내용기반 영상검색 방법을 제안하고, 제안한 방법에 근거한 초음파 영상검색 시스템을 구현하였다. 성인들을 대상으로 동일한 장기에 대해서 전문가가 획득한 초음파 영상에서 그 장치의 형태와 크기는 매우 유사하나 위치까지 정확히 일치하지는 않는다. 이에 근거하여 이동불변의 특성을 가진 주파수 크기 스펙트럼을 검색특징으로 사용하였다. 또한 영상들을 사전에 장치별로 분류하여 만든 영상 DB를 사용하여 검색결과 출력시 사전분류 정보를 사용하지 않은 경우에는 유사도가 높은 영상들을 일정순위까지 출력하며, 사전분류 정보를 사용한 경우에는 질의영상과 가장 유사도가 높은 영상과 동일 부류에 속하는 영상들만을 출력하였다. 실제 초음파 영상에 대해 제안된 방법, 히스토그램 방법 그리고 모멘트 방법 등을 실험한 결과에서 제안된 방법이 검색 정확도면에서 우수하며 특히 사전분류정보를 이용하면 더욱 우수한 성능을 보인다는 것을 알 수 있었다. 또한 제안한 방법이 초음파 영상에 존재하는 스펙클 잡음에도 강하다는 것을 확인하였다.

ABSTRACT

We propose an efficient method for content-based ultrasound image retrieval using magnitude frequency spectra and implement an ultrasound image retrieval system based on the proposed method. The target images are ultrasound images of adult organs. Trained users often acquire such images so that images of the same kind of organs are very similar, although their locations may not exactly coincide. Therefore, the magnitude frequency spectrum, which has a translation-invariant property, is used as a feature for content-based retrieval. All the object images in the image DB is pre-classified in the same kind organs. If the information on pre-classification is used, a specified number of highly similar object images is retrieved. Otherwise, the retrieved images are selected among the images whose class is the same as that of the highest similarity image. Experimental results of the proposed method, histogram method, and wavelet moments method for real ultrasound images show that the proposed method is superior to other methods. The proposed method especially yields further performance improvement by using the information on pre-classification. Moreover, it is found from the experimental results that the magnitude frequency spectrum method is robust to the speckle noise that usually exists in ultrasound images.

* 경북대학교 전자공학과 영상통신연구실(jgson@palgong.knu.ac.kr), *** (주)메디슨(shkim@medison.co.kr),

** 경북대학교 전자공학과 영상통신연구실(nckim@ee.knu.ac.kr)

논문번호 : 00356-0906, 접수일자 : 2000년 9월 6일

I. 서론

최근 의료영상 장치로 널리 사용되고 있는 초음파 영상 진단장치^[1,2]는 MRI(magnetic resonance imaging)나 X선 진단장치에 비해 인체에 무해하고 실시간 관측이 가능하며, 가격이 매우 저렴하다는 장점들을 가진다. 이에 따라 점차 그 사용 범위가 광범위해지고 있으며 방대한 양의 초음파 영상 데이터가 생성되고 있다. 이러한 초음파 영상 진단장치를 사용하여 임상에서 환자를 진단하는 경우에 흔히 사용자는 과거의 영상을 진단의 참고자료로 사용하게 된다. 따라서 방대한 양의 영상 데이터로부터 현재 필요로 하는 영상을 찾게 되는데 여기에는 많은 인력과 시간이 소요된다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로서 초음파 영상검색 시스템에 대한 요구가 증대되고 있다.

영상검색은 크게 텍스트기반(text-based)과 내용기반(content-based) 검색(retrieval)으로 분류할 수 있다. 텍스트기반 검색방법^[3]에서는 미리 특정 키워드(keyword)가 부여된 영상들로 이루어진 DB(database)내에서 사용자가 키워드에 따라 검색을 수행하여 동일한 키워드가 부여된 영상을 찾는다. 따라서 텍스트기반 검색방법은 문서나 특정 목록의 검색에 적합하며, 구현이 쉽고 수행속도가 빠르다는 장점을 가진다. 그러나 방대하고 다양한 영상을 검색할 경우에는 사람이 직접 각 영상에 키워드를 주어 색인(indexing)하는 부가적인 작업이 필요하며, 키워드가 모호하면 부정확한 검색이 될 수 있다는 단점이 있다.

이에 비해 내용기반 검색방법^[3-5]은 질의영상 자체의 내용적인 특징(feature)과 유사한 특징을 가지는 영상들을 DB 내에서 찾는다. 영상자체의 내용적인 특징만을 비교하여 유사영상을 찾기 때문에 주석기반 검색방법과 달리 영상 저장시 추가적인 수작업이 필요치 않은 장점이 있다. 그러나 DB내의 대상영상들 가운데 시각적으로는 질의영상과 다르지만 추출된 특징들의 유사도(similarity)가 질의영상과 비슷하여 유사영상으로 검색되는 문제가 있다. 이러한 문제를 최소화하기 위해서는 적용하고자 하는 분야의 영상을 가장 잘 표현하는 특징을 선정하는 것이 내용기반 검색방법에서는 무엇보다 중요하다. 최근 들어 다양한 분야에서 영상특징 및 내용기반 검색 방법에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으나, 아직 초음파 영상에 적합한 영상특징과 검색방법에 대한 연구는 미미한 상태이다.

본 논문에서는 초음파 영상을 효율적으로 검색하는 내용기반 초음파 영상검색 방법을 제안하고, 제안한 방법에 근거한 초음파 영상검색 시스템을 구현하였다. 제안한 알고리즘에서는 성인장기의 초음파 영상을 대상으로 하였다. 초음파 영상은 일반적으로 숙련된 전문가에 의해 얻어지기 때문에 같은 종류의 장기영상들은 매우 유사하다. 그러나 같은 종류라도 장기의 위치는 정확히 일치하지는 않는다. 이러한 점을 고려하여 이동불변(translation-invariant)의 성질을 가진 주파수 크기 스펙트럼(magnitude frequency spectrum)을 검색특징으로 사용하였다. 검색결과에서는 사전에 장기별로 분류되어 있는 DB에 대하여 사전분류 정보를 사용하지 않은 경우에는 질의영상과 유사도가 높은 일정한 수의 대상영상들을 출력하고, 사전분류 정보를 사용한 경우에는 질의영상과 가장 유사한 영상으로 판단된 영상과 동일부류에 속하는 영상들만을 검색결과로 출력한다.

제안된 방법과 기존 방법들의 검색성능을 평가하기 위해서 초음파 영상 진단장치에 의해 얻어진 실제영상들을 사전에 장기별로 분류하여 만든 Ultra DB에 대하여 실험하였다. 실험결과 제안한 방법이 기존의 히스토그램 방법이나 웨이브렛 모멘트 방법 등에 의한 검색결과와 비교해서 검색정확도면에서 향상된 결과를 보였고, 특히 사전분류 정보 사용시에는 사전분류 비사용시에 비해 검색성능이 대폭 개선됨을 보였다. 또한 주파수 크기 스펙트럼 특징은 초음파 영상에 일반적으로 존재하는 스펙클(speckle) 잡음에도 강하다는 사실을 확인하였다.

II. 내용기반 영상검색

1. 내용기반 영상검색의 개요

영상의 내용적 특징을 기반으로 유사영상을 검색하는 내용기반 영상검색의 과정은 일반적으로 영상의 특징을 추출하는 부분, 추출된 특징 정보를 색인하는 부분, 그리고 사용자가 질의를 수행하는 사용자 인터페이스(interface)부분과 DB와의 연동부분으로 나눌 수 있다. 그림 1은 일반적인 영상검색 과정의 구성도를 보여준다. 대상영상들의 특징은 임의의 영상이 질의되기 전에 미리 특징추출과정과 색인과정을 거쳐 특징 DB에 저장된다. 그리고 임의의 영상이 질의되면 특징을 추출한 후, 이를 특징 DB내의 대상영상 특징들과의 유사도를 계산한다. 그 결과에 따라 영상 DB내에서 질의영상과 유사도가 높은 일정 개수의 영상을 검색결과로 출력한다.

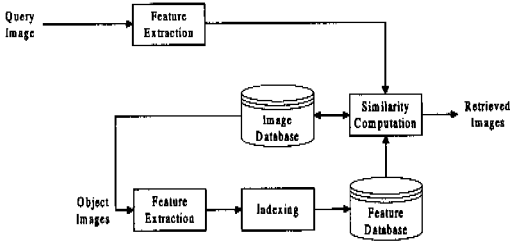


그림 1. 내용기반 영상검색의 구성도

2. 영상의 종류

내용기반 영상검색에서 대상영상의 종류는 집, 사람, 자동차와 같이 대상물체가 다양한 색상이나 형태적 정보를 많이 가지는 일반적인 영상으로부터 질감적인 요소를 많이 가지는 벽지나 옷감, 곡물, 대리석 영상과 형태적 요소를 많이 가지는 상표영상, 그리고 이외에 최근 들어 많이 생성되고 있는 의학영상, 위성사진, 전자문서 등 광범위하다.

특히 의학영상들 가운데 하나인 초음파 영상은 초음파 필스를 인체에 조사한 후 각 매질사이의 경계면에서 생기는 반사파를 이용하여 인체내부를 영상화하여 만들어진다. 성인들을 대상으로 하여 동일한 장기에 대해 숙련된 전문가가 초음파 영상을 획득하면, 영상에 있어서 그 장기의 형태와 크기는 매우 유사하나 위치는 정확히 일치하지 않는 특성이 있다.

3. 영상의 특징

다양한 분야의 영상검색에서는 앞 절에서 설명한 여러가지 영상들의 영상자체 시각적인 내용 특성을 잘 표현하는 특징을 사용하는 것이 매우 중요하다^[3,5,8]. 영상의 특징은 크게 공간영역에서의 특징과 변환영역에서의 특징으로 분류된다^[3]. 공간영역 특징에는 색상(color), 질감(texture), 형태(shape) 그리고 히스토그램(histogram) 등이 있다^[8, 10]. 그리고 공간영역의 영상을 웨이브릿 변환(wavelet transform), 푸리에 변환(Fourier transform), 가버 변환(Gabor transform)을 사용하여 주파수 공간으로 변환한 후, 주파수 영역에서 여러 가지 통계적인 방법으로 구한 특징들이 있다. 기존에 흔히 사용되는 내용기반 검색의 특징으로는 히스토그램^[6] 및 웨이브릿 모멘트(moment) 등을 들 수 있다.

(1) 히스토그램

공간영역에서 영상의 히스토그램 특징은 영상 전체에서 각 레벨 L 의 값을 갖는 화소의 개수를 구

하는 것으로 다음과 같이 주어진다.

$$h(i) = \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N Bin[I(m, n)], \quad i=0,1,\dots,L-1 \quad (1)$$

$$Bin[I(m, n)] = \begin{cases} 1, & \text{if } i=I(m, n), \\ 0, & \text{if } i \neq I(m, n) \end{cases}$$

여기서, $I(m, n)$ 은 (m, n) 위치의 화소값을 나타내며, M, N 은 영상의 수평, 수직크기, $Bin[]$ 은 해당화소의 이진화를 나타낸다.

(2) 웨이브릿 모멘트

웨이브릿 모멘트는 원영상에 웨이브릿 변환을 수행한 후 각 부대역에서 구해진다. 그림 2는 원영상과 3-레벨 웨이브릿 분해된 영상과의 관계를 보여준다.

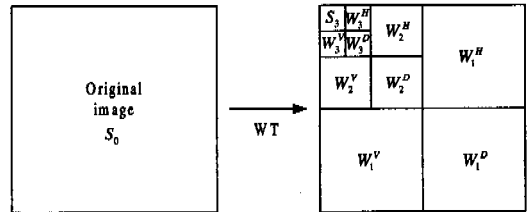


그림 2. 3-레벨 웨이브릿 분해영상

그림 2에서 보는 것과 같이 원영상 S_0 를 3-레벨 웨이브릿 변환하면 기저대역 S_3 와 9개의 부대역으로 표현된다. 각 부대역의 1차와 2차 모멘트는 다음 식으로 구해진다.

$$\mu_l^p = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} |W_l^p(i)|}{\sigma_{\mu_l^p}}, \quad (2)$$

$$m_l^p = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (|W_l^p(i)| - \mu_l^p)^2}}{\sigma_{m_l^p}}, \quad (3)$$

$$l=1, 2, 3, \quad p \in \{V, H, D\},$$

여기서, N 은 각 부대역에서의 웨이브릿 계수의 수, W_l^p 는 웨이브릿 계수, l 은 변환레벨 그리고 p 는 대역의 방향성을 나타낸다. 즉, V 는 수직성분, H 는 수평성분 그리고 D 는 대각선 성분을 나타낸다. 또한 $\sigma_{\mu_l^p}$ 과 $\sigma_{m_l^p}$ 은 전체 DB에 대한 l 레벨, p 방향 부대역 모멘트의 표준편차를 나타낸다. (2), (3)식에서 표준편차로 나누는 것은 각 모멘트들을 정규화하기 위한 것으로, 이와 같이 정규화된 모멘

트들 사이의 거리는 마하라노비스 거리(Mahalanobis distance)라고 불리운다^[8].

$$R_r = \frac{N_s}{N_r}, \tag{6}$$

4. 특징의 차원

영상에서 추출한 특징은 일반적으로 벡터의 형태로서 길이 또는 차원을 갖는다. 일반적으로 같은 특징이라도 그 차원이 높을수록 영상의 내용을 잘 표현한다고 할 수 있다. 따라서 특징의 차원을 높이면 검색성능은 대체로 향상된다. 그러나 검색성능의 향상을 위해서 특징의 차원을 높일 경우 그 만큼 특징 DB에 색인하여 저장해야할 데이터량이 많아진다. 이는 검색시 비교해야할 데이터량을 증가시키므로 검색 속도면에서도 부담이 된다. 따라서 내용기반 검색에서는 검색성능, 색인 저장공간 그리고 검색속도 등을 적절히 고려하여 특징의 차원을 결정하는 것도 매우 중요하다.

5. 유사도 척도

검색을 하려는 분야의 영상에 대한 특징과 특징의 차원 등이 결정되면 질의영상과 유사한 대상영상들을 찾기 위해 특징들 사이의 거리를 효율적으로 계산하는 유사도 척도가 필요하다. 유사도를 측정하기 위해 흔히 사용하는 거리식은 다음과 같다.

$$d_{L^1}(f_q, f_o) = \|f_q - f_o\|^k, \tag{4}$$

여기서, f_q 는 질의영상의 특징벡터, f_o 는 대상영상의 특징벡터, k 는 L^k 메트릭(metric)의 차수를 나타낸다. 흔히 d_{L^1} 은 MAE(mean absolute error), d_{L^2} 는 MSE(mean square error)을 나타낸다. 이러한 메트릭의 차수에 따라 알고리즘의 성능이 달라질 수 있으며, 특히 히스토그램 방법의 경우는 메트릭의 차수에 따라 성능차이가 상당히 많이 나는 것으로 알려져 있다^[7].

6. 성능평가 척도

영상 검색방법의 성능을 평가하기 위해 흔히 사용하는 척도에는 정확도(precision)와 재현률(recall)이 있다^[9]. 정확도는 검색된 영상의 총 개수와 그 가운데에서 질의영상과 유사한 영상 개수의 비이고, 재현률은 검색된 유사영상의 개수와 DB내에서 질의영상과 유사한 영상의 총 개수의 비로서 다음과 같이 표현된다.

$$R_p = \frac{N_s}{N_r}, \tag{5}$$

여기서, N_r 과 N_s 는 각각 검색결과로 출력되는 영상의 수와 영상 DB 내에서 질의영상과 유사한 영상의 수를 나타내고, N_s 는 검색된 영상들 중에서 질의 영상과 유사한 영상의 수를 나타낸다.

III. 제안된 내용기반 초음파 영상검색 시스템

제안된 내용기반 영상검색 시스템의 검색과정은 전처리, 특징추출, 유사도 계산, 그리고 검색결과 출력과정들로 나누어진다. 특히 전처리에서는 특징추출과정에서 특징을 추출할 때 악영향을 줄 수 있는 영상내의 요소들을 사전에 제거하는 처리를 하였고 특징추출과정에서는 초음파 영상의 형태적 특성을 잘 표현하는 주파수 크기 스펙트럼을 추출한다.

먼저 전처리 과정에서는 창씌우기(windowing), 반복적 패딩(repetitive padding)과 정규화(normalization) 과정을 수행한다. 초음파 진단 장치에 의해 획득된 영상에는 그림 3의 왼쪽영상에서 보는 것과 같이 진단하려는 환자의 신상과 현재 사용하고 있는 프루브(probe)의 깊이(depth) 등 영상 획득시의 설정에 대한 정보, 그리고 회사의 로고 등과 같이 내용기반 검색에는 직접적으로 관련이 없는 주석정보들이 많이 있다. 창씌우기는 이러한 데이터를 제외시키기 위한 것이다. 그림 3의 오른쪽영상은 창씌우기의 결과영상이다.

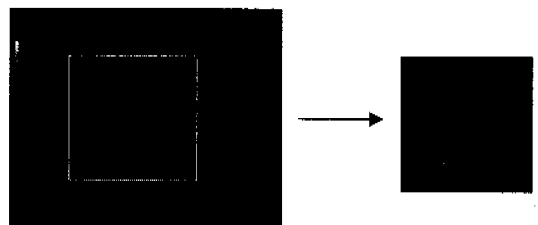


그림 3. 창씌우기 전처리의 예

창씌우기의 결과영상에는 프루브로부터 생성되는 초음파 영상이 부채꼴 모양을 가지는 특성 때문에 좌우측 상단에 데이터가 0으로 채워진 부분이 남아 있다. 이 영역들과 초음파 영상과의 경계로 인하여 주파수 크기 스펙트럼에 고주파 성분이 발생하여 검색에 악영향을 미칠 수 있다. 이러한 부분에는 이 부분과 경계에 있는 초음파 영상의 최소값을 복사

하여 채우는 반복적 패딩(repetitive padding)을 적용한다.

또한 각 영상들은 획득에 사용한 프루브나 사용자의 화면설정 등에 의해 질의영상과 대상영상의 평균 밝기와 대비는 서로 다를 수 있다. 따라서 검색을 위해 사용하는 특징이 이러한 변화에 민감하다면 질의영상과 시각적으로 유사한 대상영상을 전혀 유사하지 않은 영상이라고 판단할 수 있다. 이러한 문제를 최소화하기 위해서는 서로 다른 평균 밝기와 대비를 갖게 해주는 정규화 과정이 필요하다. 각 영상을 정규화하기 위해 사용된 식은 다음과 같이 표현된다.

$$I_N(m, n) = \mu_d + \frac{(I(m, n) - \mu)}{\sigma} \times \sigma_d \quad (7)$$

여기서, $I_N(m, n)$ 과 $I(m, n)$ 은 (m, n) 위치의 정규화된 화소값과 창씨우기가 된 원영상의 화소값을 나타내며, μ 은 원영상의 평균, μ_d 는 기준이 되는 평균값, σ 는 원영상의 표준편차 그리고 σ_d 는 기준이 되는 표준편차를 나타낸다.

특징추출과정에서는 전처리 과정에서 처리된 영상 $I_N(m, n)$ 으로부터 푸리에 변환에 의해 다음과 같이 주파수 크기 스펙트럼을 구한다.

$$M(u, v) = |DFT[I_N(m, n)]| \quad (8)$$

그림 4는 어떤 초음파 영상의 주파수 크기 스펙트럼을 보여준다. 그림 4에서 보면 주파수별 에너지들이 대부분 DC 주변의 주파수 영역에 대부분 몰려있는 것을 알 수 있다. 따라서 유사도 계산시 DC 주변의 스펙트럼만을 사용한다. 이렇게 함으로써 검색 성능에 크게 영향을 주지 않으면서 특징의 차원을 대폭 줄일 수 있다.

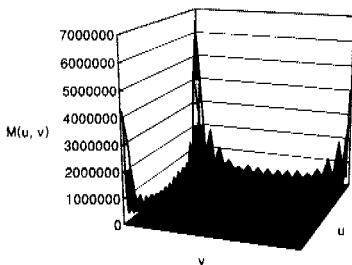


그림 4. 초음파 영상의 주파수 크기 스펙트럼의 예

유사도 계산과정에서는 특징추출과정에서 추출한 질의영상의 주파수 크기 스펙트럼 특징과 특징DB

내의 대상영상의 주파수 크기 스펙트럼 특징들 사이의 유사도를 계산하여 질의영상과 유사한 영상들을 판단한다. 이때 사용한 유사도 계산식은 다음과 같이 표현된다.

$$d_{L^k}(M_q, M_o) = \sum_{(u,v) \in R} |M_q(u, v) - M_o(u, v)|^k \quad (9)$$

여기서 R 은 유사도 계산에 포함되는 DC 주변의 스펙트럼 영역(그림 5의 음영부분)을 나타내며, M_o

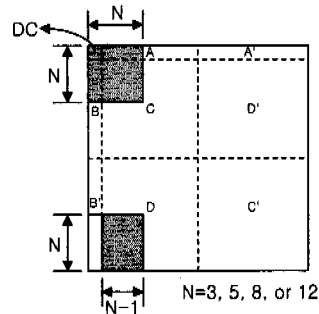


그림 5. 특징추출 영역

와 M_o 는 각각 질의영상과 대상영상의 주파수 크기 스펙트럼을 나타낸다. 이때 R 은 주파수 크기 스펙트럼의 2차원 대칭성도 고려하여 설정된 것이다. 그림 5에서 A와 A', B와 B', C와 C', 그리고 D와 D'이 각각 대칭관계를 갖는다.

마지막으로 검색결과 출력과정에서는 사전에 장기별로 분류되어 있는 대상영상 DB에 대하여 사전 분류 정보를 사용하지 않는 경우에는 대상영상 DB로부터 질의영상과 유사한 영상들을 일정 순위까지 출력한다. 그리고 사전분류 정보를 이용한 경우에는 질의영상과 가장 유사하다고 판단된 영상이 속한 부류의 영상들만을 일정 순위까지 출력한다.

IV. 실험 결과 및 고찰

제안한 방법의 성능평가를 위하여 제안한 방법과 히스토그램 방법, 웨이브릿 모멘트 방법, 그리고 공간영역에서 축소된 영상으로 LFS(lowest frequency subband)를 사용하여 정합 비교하는 LFS 정합법 등을 성인의 장기로부터 얻어진 초음파 영상에 적용하여 성능들을 비교하였다. 웨이브릿 모멘트 방법과 LFS 정합법에서 필터는 쌍직교 필터(bi-orthogonal filter)를 사용하였다. 실험에는 310개의 영상을 사전에 장기별로 분류하여 구성한 DB인

Ultra에 대하여 실험하였다.

실험에서 영상들을 전처리할 때 사용한 창의 크기는 300x300으로 하였다. 또한 유사도 계산시 매트릭의 차수는 웨이브릿 모멘트 방법에서는 L^1 , 기저대역 정합방법에서는 L^2 그리고 히스토그램 방법에서는 $L^{0.5}$ 을 각각 사용하였다. 이들은 각 방법에 대한 다양한 실험 가운데에서 가장 우수한 결과를 보이는 것이다. 검색성능의 평가척도로는 (5)식으로 표현되는 정확도를 사용하였다. 이때 검색결과로 출력되는 영상의 수 N_r 는 5로 하였다.

그림 6은 Ultra에 대한 각 방법의 실험결과로서 사전분류정보를 이용하지 않은 경우이다. 여기서 주파수 크기 스펙트럼 방법이 낮은 차원에서 웨이브릿 모멘트 방법에 비해 검색성능이 약간 떨어지는 것을 제외하고는 모든 차원에서 나머지 방법들과 비교해서 4-12%정도 검색성능 개선이 있음을 알 수 있다. 웨이브릿 모멘트 방법에서는 영상을 5단계 까지 웨이브릿 분해함으로써 특징의 차원을 42까지 사용하였다. 6단계 이상의 웨이브릿 분해에서는 필터의 크기가 LFS의 크기보다 커서 분해된 값을 신뢰할 수 없는 관계로 특징차원 42까지만 실험하였다.

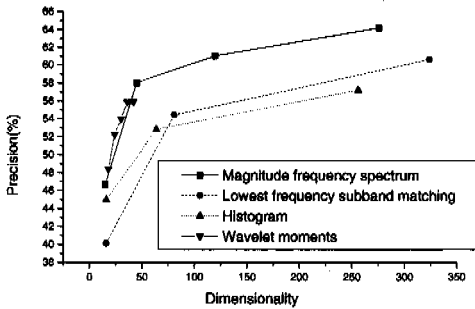


그림 6. Ultra에 대한 검색성능

그림 7은 사전분류 정보를 이용한 검색결과이다. 여기서, 주파수 크기 스펙트럼에 의한 방법이 모든 차원에서 다른 방법들에 비해 5-16%의 대폭적인 성능개선이 있음을 알 수 있다. 이로부터 제안한 방법이 질의영상과 가장 유사한 영상을 타 방법에 비해 많이 찾는다는 것을 알 수 있다. 또한 사전분류 정보를 이용함에 의하여 질의영상이 속한 부류의 것들만을 찾으면 검색성능이 평균 10%이상 대폭 향상됨을 알 수 있다. 그리고 웨이브릿 모멘트 방법의 성능이 사전분류 정보를 사용하지않은 경우와

달리 제안한 방법보다 정확도가 떨어진다. 실험데이터 분석결과, 이는 첫째순위의 유사영상에 대한 정확도에 있어 웨이브릿 모멘트 방법이 제안한 방법에 비해 다소 떨어지기 때문이다.

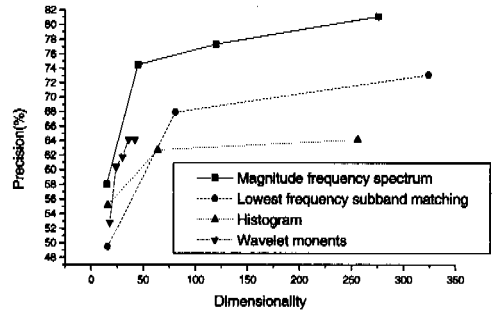


그림 7. Ultra에 대한 사전분류 정보를 이용한 검색성능

한편 각 방법이 곱산잡음의 일종인 스펙클 잡음에 얼마나 강한지를 조사하기 위해 일반영상 DB인 Corel Draw Photo Album의 영상들 중에서 자동차, 꽃, 집, 마블, 배, 비행기, 영양 그리고 열기구 등을 대상으로 한 영상 각 40장씩으로 전체가 320장으로 구성된 영상DB를 구성하였고, 구성된 영상DB의 각 영상에 로그(log) 영역에서의 SNR(signal-to-noise ratio)이 10dB인 스펙클 잡음을 곱하였다. 그림 8은 스펙클 잡음이 섞인 영상DB에 대한 각 방법의 성능저하 정도를 보이고 있다. 여기서 주파수 크기 스펙트럼의 경우는 정확도에 있어서 거의 변화를 보이지 않으나, 기저대역 정합 방법, 히스토그램 방법, 그리고 웨이브릿 모멘트 방법은 각각 8%, 20%, 그리고 18%정도의 성능저하를 보인다. 주파수 크기 스펙트럼에 의한 검색이 다른 방법에 비해 성능저하가 작은 이유는 유사도 계산시 신호대 잡음비가 낮은 고주파 부분을 제거함으로써 곱산잡음의 영향을 덜 받기 때문인 것으로 판단된다.

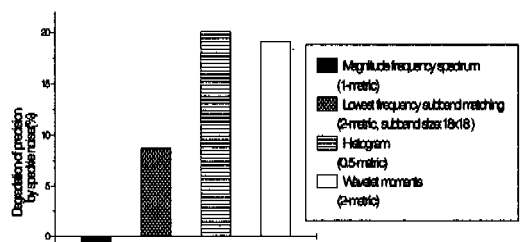


그림 8. 스펙클 잡음에 의한 정확도의 저하

그림 9는 구현된 검색시스템의 기능창들을 보여 준다. 그림 9(a)는 시스템의 초기창으로 사용자가 질의하고자하는 영상을 선택하는 기능과 검색특징을 선택하는 기능을 제공한다. 그림 9(b)는 검색이 수행된 후 그 결과를 보여주는 창으로서 질의영상 및 질의영상과 유사한 영상 8개와 각 영상의 장기명칭이 표시된다. 그림 9(c)는 그림 9(b)의 결과창내의 영상들 중에서 사용자가 특별히 관심을 가지는 영상을 확대하여 보여주는 창으로서, 그림 9(b)에서 관심영상을 누르면 그림 9(c)와 같이 확대된 영상의 창이 뜬다. 마지막으로 그림 9(d)는 검색결과를 보고 질의영상을 해당 부류에 저장하거나 새로운 부류를 생성하여 저장하는 기능을 제공한다. 상단의 선택기능에서 해당되는 것을 선택한 후 “저장” 버튼을 누르면 해당되는 곳으로 저장이 된다. 이와 같이 제안된 시스템은 질의영상과 검색방법 등을 사용자가 선택할 수 있게 하였고, 결과출력시에도 유사영상을 출력하는 기본적인 기능뿐 만 아니라 관심영상을 보다 더 세부적으로 관찰할 수 있게 하는 기능을 추가하여 사용자가 편리하게 사용할 수 있다.

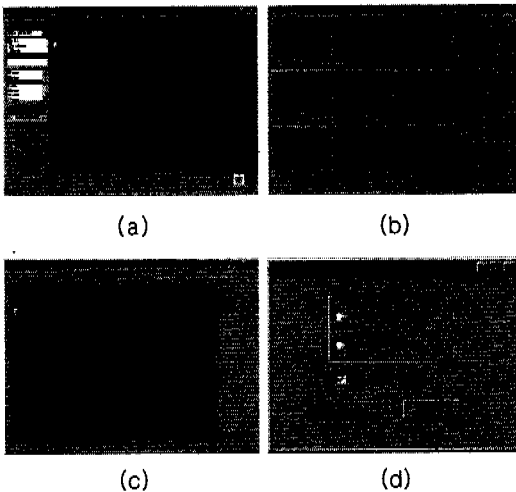


그림 9. 구현된 검색 시스템의 기능창들: (a) 검색 시스템의 초기창, (b) 검색 결과창, (c) 관심영상 확대창, (d) 질의영상 저장창

V. 결론

본 논문에서는 초음파 영상을 주파수 크기 스펙트럼을 검색의 특징으로 사용하여 초음파 영상을 효율적으로 검색하는 내용기반 검색방법을 제안하였고, 이에 근거한 검색 시스템을 구현하였다. 먼저

제안한 방법에서는 검색특징을 추출시 악영향을 주는 요소들을 사전에 제거하기 위한 전처리과정으로 창쪼우기, 반복적 패딩 및 정규화를 수행하였고, 검색의 특징으로는 초음파 영상의 형태적 특성을 잘 표현하기 위해 이동불변의 특성을 가진 주파수 크기 스펙트럼을 사용하였다. 그리고 또한 내용기반 검색의 중요한 요소 중의 하나인 특징의 차원을 효율적으로 줄이기 위해 주파수 크기 스펙트럼이 DC 주변에 몰려있는 에너지의 밀집성과, 2차원 대칭성을 이용하였다. 또한 대상 DB를 사전에 장기별로 분류하고 검색결과 출력시 사전 분류정보를 사용하였다.

제안한 방법을 실제 초음파 진단장치에서 얻어진 영상에 적용하여 실험한 결과 검색 정확도를 크게 떨어뜨리지 않고 특징의 차원을 대폭 줄일 수 있었으며, 기존의 히스토그램 방법, 웨이브릿 모멘트 방법, 그리고 LFS 정합법 등에 의한 검색결과와 비교해서 검색정확도면에서 사전분류 정보를 사용하지 않는 경우에는 평균 8% 정도, 사전분류 정보를 이용한 경우에는 평균 11% 정도 각각 개선되었다. 또한 주파수 크기 스펙트럼 특징이 초음파 영상에 일반적으로 존재하는 스펙클 잡음에도 강하다는 사실을 확인하였다. 마지막으로 제안된 방법에 근거한 검색 시스템을 사용자가 편리하게 사용할 수 있게 구현하여 임상에서의 사용 가능성을 확인하였다.

참고 문헌

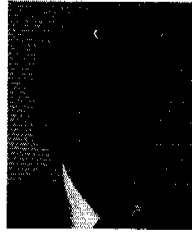
- [1] H. F. Routh, "Doppler ultrasound," *IEEE Eng. Medicine and Biology Magazine*, vol. 15, no. 6, pp. 31-40, Nov. 1996.
- [2] J. F. Havlice and J. C. Taenzer, "Medical ultrasonic imaging: an overview of principles and instrumentation," *Processing of IEEE*, vol. 67, no. 4, pp. 620-640, Apr. 1979.
- [3] Y. Rui and T. S. Huang, "Image retrieval : crurrent techniques, promising directions, and open issues," *J. Visual Communication and Image Representation*, pp. 39-62, Oct. 1999.
- [4] V. N. Gudivada and V. V. Raghavan, "Content based image retrieval systems," *Computer*. vol. 28, no. 9, Sep. 1995.
- [5] A. Yoshitaka and T. Ichikawa, "A survey on content-based retrieval for multimedia databases," *IEEE Trans. Knowledge and Data*

Engineering, vol. 11, no. 1, Jan. 1999.

- [6] F. Idris and S. Panchanathan, "Review of image and video indexing techniques," *Visual Communication and Image Representation*, vol. 8, no. 2, pp. 146-166, June 1997.
- [7] M. K. Mandal, T. Aboulnsar, and S. Panchanathan, "Image indexing using moments and wavelets," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, 1996.
- [8] B. S. Manjunath and W. Y. Ma, "Texture features for browsing and retrieval of image data," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 18, no. 8, Aug. 1996.
- [9] S. F. Chang, W. C. Horace, J. Meng, H. sundaram, and D. Zhong, "A fully automated content-based video search engine supporting spatiotemporal queries," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 8, no. 5, Sep. 1998.
- [10] B. M. Mehtre, M. S. Kankanhalli, and W. F. Lee, "Shape measures for content based image retrieval: a comparison," *Information Processing and Management*, vol. 33, no. 3, pp. 319-337, 1997.
- [11] M. Karaman, M. A. Kutay, and G. Bozdagi, "A adaptive speckle suppression filter for medical ultrasonic imaging," *IEEE Trans. on Medical Imaging*, vol. 14, no. 2, pp. 283-292, June 1995.

김 남 철(Nam Chul Kim)

정회원

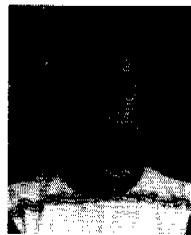


1978년 2월 : 서울대학교
전자공학과 (공학사)
1980년 2월 : 한국과학기술원
전기 및 전자공학과
(공학석사)
1984년 2월 : 한국과학기술원
전기 및 전자공학과
(공학박사)

1984년 3월~현재 : 경북대학교 전자전기공학부 교수
1990년 1월~1994년 12월 : 생산기술연구원 HDTV
신호처리분과위원
1994년 1월~1996년 12월 : 한국통신학회 편집위원
1994년 1월~1996년 12월 : 대한전자공학회 편집위원
1996년 1월~현재 : 한국방송공학회 편집위원, 이사
1997년 1월~1998년 12월 : 한국통신학회 신호처리
연구회 위원장
<주관심 분야> 영상처리, 영상압축, 영상복원, 컴퓨터
비전

김 상 현(Sang Hyun Kim)

정회원

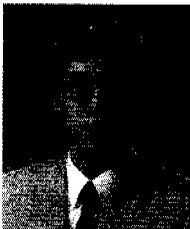


1991년 2월 : 경북대학교
전자공학과 (공학사)
1993년 2월 : 경북대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)
1998년 2월 : 경북대학교 대학원
전자공학과 (공학박사)

1998년 2월~현재 : (주)메디슨 전임 연구원
<주관심 분야> 영상처리, 영상압축, 컴퓨터 비전, 의
료 영상

손 재 곤(Jae Gon Son)

정회원



1991년 2월 : 경북대학교
전자공학과 (공학사)
1994년 2월 : 경북대학교
전자공학과 (공학석사)
1994년 1월~1997년 12월 :
(주)대우통신 선임연구원

1998년 3월~현재 : 경북대학교 대학원
(박사과정 재학중)

<주관심 분야> 영상처리, 영상통신, 컴퓨터 비전, 의
료 영상