

주파수 크기 스펙트럼을 이용한 내용기반 초음파 영상검색

손재곤*, 김상현**, 김남철*
*경북대학교 전자전기공학부, **(주)메디슨

Content-Based Ultrasound Image Retrieval Using Magnitude Frequency Spectrum

Jae Gon Son*, Sang Hyun Kim**, and Nam Chul Kim*

*School of Electronic & Electrical Eng., Kyungpook Nat'l University, **Medison Co., Ltd.
E-mail: nckim@ee.knu.ac.kr

Abstract

We propose an efficient method for content-based ultrasound image retrieval using magnitude frequency spectra and implement a 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. All the object images in the image DB is pre-classified in the same kind organs. Experimental results show that the proposed method is superior to some well-known conventional methods.

I. 서론

최근 초음파 영상 진단장치[1]의 광범위한 사용에 따라 방대한 양의 초음파 영상 데이터가 생성되고 있다. 한편 초음파 영상 진단장치를 사용하여 환자를 진단하는 경우에 흔히 사용자는 과거의 영상을 참고자료로 사용하게 된다. 따라서 영상 데이터들로부터 현재 필요로 하는 영상을 찾게 되는데 여기에는 많은 인력과 시간이 소요된다. 이를 해결하기 위한 방법으로서 초음파 영상검색 시스템에 대한 요구가 점점되고 있다.

영상검색은 크게 텍스트기반(text-based)과 내용기반(content-based) 검색(retrieval)으로 분류할 수 있다. 텍스트기반 검색방법[2]은 사람이 직접 각 영상에 키워드를 주어 색인(indexing)하는 부가적인 작업이 필요하나 내용기반 검색방법[2, 3]은 영상들 자체의 내용적인 특징(feature)을 비교하여 유사영상을 찾기 때문에 추가적인 수작업을 필요로 하지 않는다. 그러나 검색의 효율을 높이려면 적용하고자 하는 분야의 영상을 가장 잘

표현하는 특징을 선정하는 것이 무엇보다 중요하다. 최근 들어 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.

제안된 방법과 기존 방법들의 검색성능을 평가하기 위해서 실제영상들로 만든 Ultra DB에 대하여 실험하였다. 실험결과 제안한 방법이 기존의 히스토그램 방법이나 웨이블릿 모멘트 방법방법에 의한 결과에 비해 검색정확도면에서 향상된 결과를 보였다.

II. 내용기반 영상검색

2.1 내용기반 영상검색의 개요

내용기반 영상검색의 과정은 일반적으로 특징추출 부분, 특징정보 색인부분, 그리고 사용자 인터페이스(interface)부분과 DB와의 연동부분으로 나눌 수 있다. 그림 1은 일반적인 영상검색 과정의 구성도를 보여준다. 대상영상들의 특징은 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.

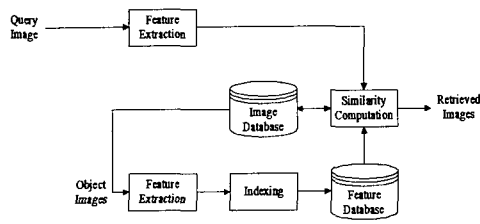


그림 1. 내용기반 영상검색의 구성도

2.2 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 성인들이 대상으로 하여 동일한 장기에 대해 숙련된 전문가가 초음파 영상을 획득할 경우, 영상에 있어서 그 장치의 형태와 크기는 매우 유사하나 위치는 정확히 일치하지 않는 특성이 있다.

2.3 영상의 특징

다양한 분야의 영상검색에서는 영상자체 시각적인 내용 특성을 잘 표현하는 특징을 사용하는 것이 매우 중요하다[2, 3, 5]. 영상의 특징은 크게 공간영역에서의 특징과 변환영역에서의 특징으로 분류된다[2]. 공간영역 특징에는 색상(color), 질감(texture), 형태(shape) 그리고 히스토그램(histogram) 등이 있다[5, 7]. 그리고 공간영역의 영상을 웨이브릿(wavelet), 푸리에(Fourier), 그리고 가버(Gabor) 변환(transform)등을 사용하여 주파수 공간으로 변환한 후, 여러 가지 통계적인 방법으로 구한 특징들이 있다.

기준에 흔히 사용되는 특징으로는 히스토그램 및 웨이브릿 모멘트(moment) 등을 들 수 있다. 히스토그램은 공간영역의 영상 전체에서 각 레벨 L 의 값을 갖는 화소의 개수를 구하여 추출된 특징이고, 웨이브릿 모멘트는 원영상에 웨이브릿 변환을 수행한 후 분해된 영상의 각 부대역에서 1차와 2차 모멘트를 구하여 추출된 특징이다. 이때 전체 DB에 대한 각 모멘트의 표준편차를 구하여 각 영상에서 구해진 모멘트를 나누어준다. 이와 같이 정규화된 모멘트들 사이의 거리는 마하라노비스 거리(Mahalanobis distance)라고 불리운다[6].

2.4 특징의 차원(dimensionality)

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 특징의 차원을 높일 경우 그만큼 특징 DB에 색인할 데이터량이 많아진다. 이는 검

색시 속도면에서 부담이 된다. 따라서 내용기반 검색에서는 검색성능, 색인 저장공간 그리고 검색속도 등을 적절히 고려하여 특징의 차원을 결정하는 것도 매우 중요하다.

2.5 유사도 척도

검색을 하려는 분야의 영상에 대한 특징과 특징의 차원 등이 결정되면 질의영상과 대상영상들의 특징들 사이의 거리를 효율적으로 계산하는 유사도 척도가 필요하다. 이때 흔히 사용하는 거리식은 다음과 같다.

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

여기서, f_q 는 질의영상의 특징벡터, f_o 는 대상영상의 특징벡터, k 는 L^k 메트릭(metric)의 차수를 나타낸다. 이러한 메트릭의 차수에 따라 알고리즘의 성능이 달라질 수 있다[4].

2.6 성능평가 척도

영상 검색방법의 성능을 평가하기 위해 흔히 사용하는 척도에는 정확도(precision)와 재현률(recall)이 있다[6]. 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.

$$R_p = \frac{N_s}{N_r}, \quad (2)$$

$$R_r = \frac{N_s}{N_i}, \quad (3)$$

여기서, N_r 과 N_i 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.

먼저 전처리 과정에서는 창쪼우기(windowing), 반복적 패딩(repetitive padding)과 정규화(normalization) 과정을 수행한다. 초음파 진단 장치에 의해 획득된 영상에는 진단하려는 환자의 신상과 현재 사용하고 있는 프루브(probe)의 깊이(depth) 등과 같이 내용기반 검색과는 무관한 주석정보들이 많이 있다. 창쪼우기는 이러한 데이터를 제외시키기 위한 것이다. 또한 창쪼우기의 결과영상에는 프루브특성 때문에 좌우측 상단에 데이터가 0으로 채워진 부분이 남아있다. 이 영역들은 검색에 악영향을 미칠 수 있다. 이러한 부분에는 이 부분과 경계에 있는 초음파 영상의 화소값을 복사하여 채우는 반복적 패딩(repetitive padding)을 적용한다.

또한 각 영상들은 획득에 사용한 프루브나 사용자의 화면설정 등에 의해 질의영상과 대상영상의 평균 밝

기와 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 각 영상을 정규화하는 과정이 필요하다. 이때 사용된 식은 다음과 같이 표현된다.

$$I_N(m, n) = \mu_d + \frac{(I(m, n) - \mu)}{\sigma} \times \sigma_d \quad (4)$$

여기서, $I_N(m, n)$ 과 $I(m, n)$ 은 (m, n) 위치의 정규화된 화소값과 창취우기가 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.

$$M(u, v) = |DFT[I_N(m, n)]| \quad (5)$$

그림 2는 어떤 초음파 영상의 주파수 크기 스펙트럼을 보여준다. 그림 2에서 보던 주파수별 에너지들이 대부분 DC 주변의 주파수 영역에 대부분 몰려있는 것을 알 수 있다. 따라서 유사도 계산시 DC 주변의 스펙트럼만을 사용한다. 이렇게 함으로써 검색성능에 크게 영향을 주지않으면서 특징의 차원을 대폭 줄일 수 있다.

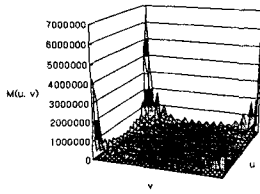


그림 2. 초음파 영상의 주파수 크기 스펙트럼의 예

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

$$d_{L^k}^M(M_q, M_o) = \sum_{(u, v) \in R} |M_q(u, v) - M_o(u, v)|^k \quad (6)$$

여기서 R 은 유사도 계산에 포함되는 DC 주변의 스펙트럼 영역을 나타내며, M_q 와 M_o 는 각각 질의영상과 대상영상의 주파수 크기 스펙트럼을 나타낸다. 이때 R 은 주파수 크기 스펙트럼의 2차원 대칭성도 고려하여 설정된 것이다.

마지막으로 결과 출력과정에서는 사전에 장기별로 분류되어 있는 대상영상 DB에 대하여 사전분류 정보 비사용시에는 대상영상 DB로부터 질의영상과 유사한 영상들을 일정 순위까지 출력한다. 그리고 사전분류 정보 사용시에는 질의영상과 가장 유사하다고 판단된 영상이 속한 부류의 영상들만을 일정 순위까지 출력한다.

IV. 실험결과 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(biorthogonal 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 (2)식의 정확도를 사용하였다. 이때 검색결과로 출력되는 영상의 수 N_r 는 5로 하였다.

그림 4는 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 5단계까지 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 5는 사전분류 정보를 이용한 검색결과이다. 여기서, 주파수 크기 스펙트럼에 의한 방법이 모든 차원에서 다른 방법들에 비해 5-16%의 대폭적인 성능개선이 있음을 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.

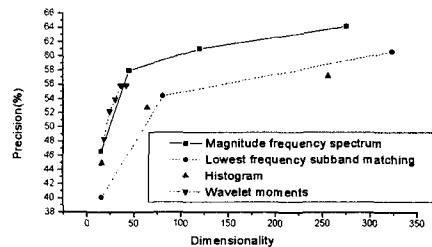


그림 4. Ultra에 대한 검색성능

V. 결 론

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 창최우기, 반복적 패딩 및 정규화를 수행하였고, 검색의 특징으로는 이동불변의 특성을 가진 주파수 크기 스펙트럼을 사용하였다. 그리고 특징의 차원을 효율적으로 줄이기 위해 주파수 크기 스펙트럼의 에너지의 밀집성과, 2차원 대칭성을 이용하였다. 또한 대상 DB를 사전에 장기별로 분류하고 검색결과 출력시 사전 분류 정보를 사용하였다.

실제영상에 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 개선된 결과를 보였다.

참 고 문 헌

- [1] 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.
- [2] Y. Rui and T. S. Huang, "Image retrieval : current techniques, promising directions, and open issues," *J. Visual Communication and Image Representation*, pp. 39-62, Oct. 1999.
- [3] A. Yoshitaka and T. Ichikawa, "A survey on content-based retrieval for multimedia databases," *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, vol. 11, no. 1, Jan. 1999.
- [4] M. K. Mandal, T. Aboulnsar, and S. Panchanathan, "Image indexing using moments and wavelets," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, 1996.
- [5] B. S. Manjunath and W. Y. Ma, "Texture features for browsing and retrieval of image data," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 18, no. 8, Aug. 1996.
- [6] 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. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 8, no. 5, Sep. 1998.
- [7] 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.

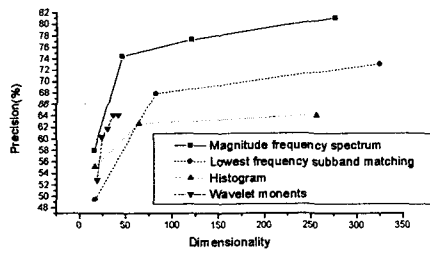


그림 5. Ultra에 대한 사전분류 정보를 이용한 검색성능

한편 각 방법이 곱산잡음의 일종인 스펙클 잡음에 얼마나 강한지를 조사하기 위해 Corel Draw Photo Album의 일반영상 320장으로 구성된 영상DB의 각 영상에 로그(log) 영역에서의 SNR (signal-to-noise ratio)이 10dB인 스펙클 잡음을 곱하여 실험하였다. 제안한 방법의 경우는 정확도가 거의 변화를 보이지 않으나, 기저대역 정합 방법, 히스토그램 방법, 그리고 웨이브릿 모멘트 방법은 각각 8%, 20%, 그리고 18% 정도의 성능저하를 보였다. 이는 제안한 방법에서는 유사도 계산시 신호대 잡음비가 낮은 고주파 부분을 제거함으로써 곱산잡음의 영향을 덜 받기 때문인 것으로 판단된다.

그림 6은 구현된 검색시스템의 기능창들을 보여준다. 그림 6(a)는 시스템의 초기창으로 질의영상 및 검색특징을 선택하는 기능을 제공한다. 그림 6(b)는 검색결과를 보여주는 창이며, 그림 6(c)는 그림 6(b)에서 특별히 관심을 가지는 영상의 확대된 영상을 보여준다. 마지막으로 그림 6(d)는 검색결과를 보고 질의영상을 해당 부류에 저장하거나 새로운 부류를 생성하여 저장하는 기능을 제공한다. 이와 같이 제안된 시스템은 검색의 기본적인 기능뿐만 아니라 관심영상을 보다 더 세부적으로 관찰할 수 있게 하는 기능을 추가하여 사용자가 편리하게 사용할 수 있다.

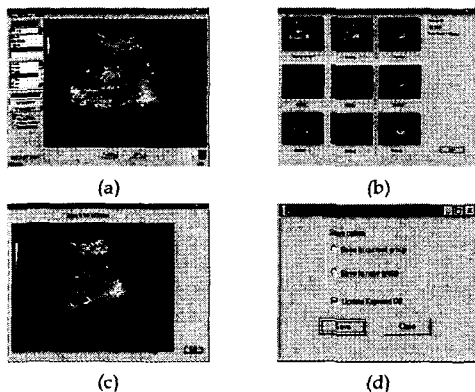


그림 6. 구현된 검색 시스템의 기능창들: (a) 검색 시스템의 초기창, (b) 검색 결과창, (c) 관심영상 확대창, (d) 질의영상 저장창