

유방 초음파 영상의 컴퓨터 보조 진단을 위한 특성 분석

엄상희¹ · 남재현² · 예수영^{3,*}

¹동주대학교 · ²신라대학교 · ³부산가톨릭대학교

Analysis of characteristics for computer-aided diagnosis of breast ultrasound imaging

Sang-hee Eum¹ · Jae-hyun Nam² · soo-young Ye^{3,*}

¹Dongju College · ²Silla University · ³Catholic University of Pusan

E-mail : nyx2k@naver.com

요 약

지난 몇년간 유방 초음파영상을 이용한 신호 및 영상처리 기술과 자동 영상 최적화 기술, 유방 종괴 자동 검출 및 분류 기술 등, 컴퓨터 보조 진단(computer-aided diagnosis, CAD)을 활용하는 연구들이 활발히 진행되어지고 있다. 컴퓨터진단기술이 개발될수록 암의 조기 발견이 정확하고 빠르게 진행되어 건강 보험과 환자의 검사 비용을 줄일 수 있고 조직 검사에 대한 불안감을 없앨 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서는 GLCM(gray level co-occurrence matrix)을 사용하여 초음파 영상에서 종양의 정량적 분석을 진행하여 컴퓨터보조 진단에 활용 가능성을 실험하였다.

ABSTRACT

In the recent years, studies using Computer-Aided Diagnostics(CAD) have been actively conducted, such as signal and image processing technology using breast ultrasound images, automatic image optimization technology, and automatic detection and classification of breast masses. As computer diagnostic technology is developed, it is expected that early detection of cancer will proceed accurately and quickly, reducing health insurance and test ice for patients, and eliminating anxiety about biopsy. In this paper, a quantitative analysis of tumors was conducted in ultrasound images using a gray level co-occurrence matrix(GLCM) to experiment with the possibility of use for computer assistance diagnosis.

키워드

Computer-Aided, Diagnostics, GLCM, breast, ultrasound

I. 서 론

최근 유방 초음파영상을 이용한 신호 및 영상 처리 기술과 자동 영상 최적화 기술, 유방 종괴 자동 검출 및 분류 기술 등, 컴퓨터 보조 진단을 활용하는 연구들이 활발히 진행되어지고 있다. 유방암은 조기에 발견하면 95%에 이르는 완치율을 보이지만 유방암이 진행된 경우에는 4기 암의 경우 생존율이 10%이하로 급격하게 감소되므로 유방암을 치료하기 위해서는 무엇보다 조기 발견이 중요하다. 컴퓨터진단기술이 개발될수록 암의 조기 발견이 정확하고 빠르게 진행되어 국민건강 보험비용을 대폭 경감할 수 있고, 환자는 불필요한 비용 지출을 줄일 수 있고 조직 검사에 대한 불안감을 없앨 수 있을 것으로 기대된다[1].

유방초음파검사는 유방암 조기 발견을 위한 1차 선별 검사로서 유선조직의 특징과 패턴을 분석하여 2차적인 조직검사 유무를 결정하는 중요한 검사이다. 초음파 영상은 디지털화로 인해 불연속적인 밝기 값과 색상 값으로 나타나는 화소들로 구성되어 있다. 따라서 의료 영상 데이터 값으로 여러 가지 프로토콜을 이용하여 객관적인 방법으로 표현되고 다양하게 활용될 수 있다

유방암 진단에 주로 사용되는 초음파검사는 안전하고 영상획득이 실시간으로 가능하여 의료 영상 검사 방법으로 자주 이용된다. 검진 시 통증이 없으며, 치밀 유방을 정확하게 진단할 수 있어 유방진단에 주로 이용된다. 그러나 초음파 검사는 실시간 검사라는 장점에도 불구하고 초음파 장비에 따라 병변이 나타나는 영상 화질의 차이가 검사자의 경험과 지식에 따라 병기가 다르게 나타나기 때문에 표준적이고 객관적인 검사 기술이

* corresponding author

요구되어 진다[2].

명암도 동시 발생 행렬(gray level co-occurrence matrix : GLCM)은 공간적 질감 관련 연구에서 가장 대표적인 알고리즘이다. 초음파 영상에서 질감 특징은 조직 구성요소로부터 지역적으로 후방 산란되는 음향 에너지와 관계된 정보를 전달한다[3]. 이 방법은 하나의 픽셀과 그 주변의 픽셀 사이의 관계를 고려하고 영상 내부 또는 관심 영역 내에서 다양한 회색도 레벨(gray level)의 조합된 빈도를 합하여 구성된다[4].

본 논문에서는 초음파검사에서 진단된 정상유방과 양성종양, 악성종양으로 진단할 때, CAD를 이용하여 판독자가 수행하는 작업 절차들과 유방암 진단의 전반적인 민감도, 정확도 및 진단율을 향상시킬 수 있는 방법을 알아보려 한다.

II. 유방 초음파 검사와 진단

초음파 검사에서 B모드(brightness mode)는 점의 밝기가 에코 강도에 비례하는 특징이 있어 이 점들이 탐촉자가 가리키고 있는 방향으로 배열되어 탐촉자가 움직이면 에코에 일치하는 점의 선도 같은 방향으로 움직이고, 그림 1과 같이 에코가 만들어진 위치에서 점으로 기록되고 영상화되어 나타난다. 주로 복부와 골반 초음파에 사용되며 이차원적인 회색조 영상으로 나타난다.

초음파에서 보이는 전상 유선조직은 그림 2에 보는 바와 같이 표층부터 피부, 피하지방층, 고 에코 레벨의 유선, 저에코 레벨의 유선후지방층 그리고 선상에코를 나타내는 대흉근이 확인된다. 우하, 좌하의 저에코는 늑골이고, 그 심부에 흉막, 폐가 존재한다. 피부는 두 층으로 나뉘고, 표피는 조금 낮은 에코레벨을 나타내며, 진피는 고 에코를 나타낸다[5]

유방 병변의 초음파적 특성화 1 단계는 고품과 양성 감별이고, 2단계의 특성화는 각각의 초음파 소견을 악성위험도에 따라 범주화한다. 이 범주는 처음에 유방촬영의 자료분석 목적으로 미국 방사선학회에 의해 개발되었고, 유방영상보고와 자료체계(Breast Imaging Reporting and Data System, BI-RADS)라 불린다. BI-RADS 범주가 초음파가 아니라 유방촬영을 위해 개발되었지만, 약간의 변경으로 초음파에 직접적으로 이용될 수 있다.

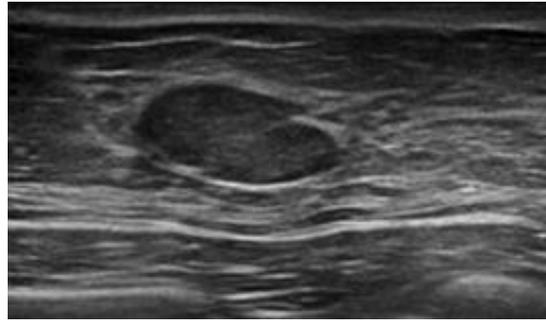


Fig. 1. B-mode, Breast fibrocystic mass

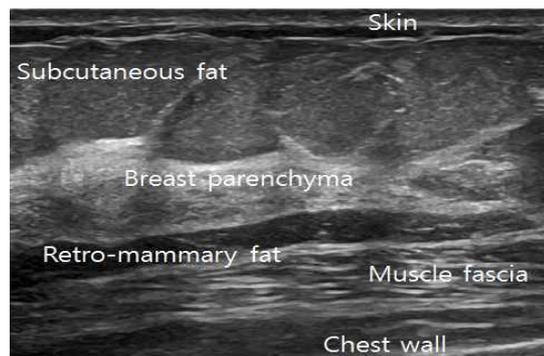


Fig. 2. Sonographic anatomy of the breast

III. 초음파 영상의 질감 분석

3.1 질감 분석을 위한 전처리

질감 분류(texture classification)는 물체 식별, 의료 영상 분석, 내용기반 영상검색, 영상복원 등의 분야에서 기반 기술로 사용되는 중요한 연구 분야이다. 질감 특징 추출 기법은 다양한 방법이 있다. 일반적으로 하나의 확률변수로 표현된 대부분의 질감 중 자연 질감은 국부적 분석을 사용하면 큰 랜덤성분이 발견되지만, 이미지 전체의 특징을 이용하는 통계 분석을 사용하면 질감의 규칙성을 발견할 수 있다. 보통 기본요소에 대한 정보가 없을 때 통계적 방법으로 질감 특징을 표현한다. 대표적인 통계적 방법에는 GLCM이 있으며 주어진 질감 영역이 어떤 특징을 가지고 있는지 분석하는 것으로서 영상 내의 객체의 크기의 변화나 회전 등의 기하학적인 변환이 있을 경우에도 질감을 분류해 낼 수 있다.

본 논문에서는 초음파 영상에 대하여 히스토그램 평활화 기법(histogram equalization)을 사용하여 유방 초음파영상의 화질을 개선하였고 범위필터(Range filter)는 관심 픽셀의 이웃 픽셀들 중에 최대값과 최소값의 차를 계산하여 최적화된 임계값을 이용해서 픽셀값을 바꾸는 방법으로 정상과 병변 부위의 대조도를 높일 수 있도록 전처리를 수행하였다.

Table 1. Texture feature parameter extracted from GLCM. (Mean ± SD)

Parameter		0°	45°	90°	135°
Prominence	normal	4.485±1.233	3.732±1.026	3.826±1.037	3.718±1.0330
	maligant	17.200±13.756	14.467±11.001	17.252±16.051	15.587±12.873
	benign	3.255±8.288	2.706±7.580	2.626±7.366	2.618±7.357
Entropy	normal	1.052±0.119	1.246±0.130	1.231±0.126	1.250±0.129
	maligant	1.252±0.190	1.433±0.215	1.416±0.213	1.440±0.217
	benign	0.753±0.243	0.892±0.298	0.881±0.293	0.894±0.299
Homogeneity	normal	0.598±0.096	0.560±0.099	0.564±0.098	0.559±0.099
	maligant	0.516±0.094	0.490±0.097	0.492±0.096	0.488±0.097
	benign	0.710±0.142	0.685±0.161	0.688±0.159	0.685±0.161

3.2 GLCM 알고리즘 특징 추출

GLCM은 질감에 대한 표현 정보가 휘도의 영상에서 화소 쌍이 동시에 얼마나 발생하는가를 분석하여 확률기반의 명암도 동시 발생 행렬을 구성하는 방법이다.

분석하고자 하는 영상에 포함되어 있는 공간적 특성을 부각하여 영상 특징 추출에 많이 사용된다. 이러한 공간적인 특성을 표현하기 위한 방법으로 GLCM 알고리즘은 현재 화소와 그 이웃하는 화소의 밝기값에 대한 연관성을 대비, 대조, 상관관계 등과 같은 통계적인 값으로 계산하며, 다시 그 계산값을 커널내의 중심 화소에 새로운 밝기값으로 나타내어 분석하고자하는 관심영역의 부분적인 질감특징으로 표현하는 기법이다. 화소 간의 연관성을 알아내기 위하여 필요한 연산 방향을 결정하고, 설정된 방향으로 동시에 존재하는 화소값을 발생 빈도값이라 하고 이 발생 빈도값을 행렬 방식으로 표현하게 된다.

3.3 질감 분석 파라미터

본 논문에서는 GLCM 알고리즘을 사용하여 영상 질감특징의 나타내는 3가지의 파라미터를 계산하였다.

(1) Cluster Prominence

$$Pro = \sum_{i,j} i + j - \mu_x - \mu_{P(i,j)_y}$$

Cluster Prominence의 값이 높을수록 명암의 변화가 크다는 것을 알 수 있으며, 영상의 대칭성이 떨어지고 그레이 스케일 매트릭스의 왜곡이 심하다는 것을 짐작할 수 있다.

(2) Entropy

$$Ent = \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} p(i,j) \log(p(i,j))$$

엔트로피는 영상의 무질서의 척도이다. 엔트로

피의 확률이 동일하고 균일한 값으로 나오면 균일한 영상이 생성되므로 낮은 엔트로피 값이 측정된다. 즉, 반대로 불균질하거나 불규칙한 영역은 엔트로피 값이 높게 나오게 된다.

(3) Homogeneity

$$HOM = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} \frac{p(i,j)}{1+n}, |i-j| = n$$

동질성(Homogeneity)은 명암도 차이가 큰 화소 쌍들이 많이 존재하면 동질성의 값은 작아지고, 명암도 차이가 작은 화소 쌍들이 많이 존재하면 동질성 값은 증가하게 된다.

IV. 질감 특성 분석 결과

유방 초음파 영상에 대한 질감 특성 분석은 부산 W병원 내과에서 건강검진을 받은 35~60세까지 여성을 대상으로 후향적 연구를 실시하였다. 전체 유방 영상 중에서 50% 이상 유선조직을 가지고 있는 치밀 유방 여성을 대상으로 하였으며, 만성 특이질환자와 심혈관계질환 치료 중인 자, 다른 인체 암병력이 있는 경우는 제외하였다.

유방초음파 판독은 영상의학과 전문의 1인과 세포병리 결과를 바탕으로 정상(Negative, Category 1), 악성종양(Malignancy)과 양성종양(Benign, Category 2, 3) 중 섬유선종에 대하여 영상을 분석하였다. 실험에 사용된 초음파영상의료기는 GE LOGIQ S7, 12MHz Linear probe를 사용하였다.

질감특성 분석 결과는 정상 유방조직 40증례, 악성종양 25증례, 양성종양 30증례에 대하여 Cluster Prominence, Entropy, Homogeneity의 결과를 표 1에 나타내었다. Cluster Prominence 파라미터는 초음파 영상에서 명암의 변화를 나타내는 것으로 각 추출 방향에 따라 정상과 악성 및 양성 종양의 구별이 확연하게 나타날 수 있는 정도

의 데이터를 얻을 수 있었다. 질감의 불규칙한 정도의 질감 특징을 나타내는 지표인 Entropy 파라미터와 동질성을 가진 화소쌍에 대한 질감특징을 나타내는 Homogeneity 파라미터도 각 추출 방향에 따라 표준 편차가 일부 겹치기는 하지만 정상과 양성 및 양성 종양의 구별이 가능함을 알 수 있으며 이 들 데이터의 적절한 조합을 이용하여 유방 초음파 영상의 자동 분류를 위한 컴퓨터 보조진단 자료로서 사용될 수 있을 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 GLCM을 사용하여 초음파 영상에서 종양의 정량적 분석을 진행하여 컴퓨터보조 진단에 활용 가능성을 실험하였다. 유방 초음파 영상에서 명암의 변화 크기가 나타나는 Cluster Prominence 파라미터, 질감의 불규칙한 정도의 질감특징이 나타나는 Entropy 파라미터 동질성을 가진 화소쌍에 대한 질감특징을 나타내는 Homogeneity 파라미터가 정상, 양성 및 양성 종양을 구별할 수 있을 정도의 특성이 나타남을 확인할 수 있었다.

제시된 3가지 파라미터 외에도 다양한 파라미터를 추출하여 초음파 영상 진단 보조 자료로서 활용할 수 있을 것이다.

References

- [1] Fritz Albergtsen, "Statistical Texture Measures Computed from Gray Level Cooccurrence Matrices", *Image Processing Laboratory Department of Informatics University of Oslo*, pp. 1-14, 2008.
- [2] Shin Seung Won, Oh Ji Eun, and Kim Kwang Ki, "The role of computer assistance diagnosis in 2D medical images", *Engineering Research Department of Convergence Technology Research Department at the National Cancer Center Research Institute*, pp. 16-25, 2015.
- [3] Perter H, Keven M and Abigail T. Diagnostic ultrasound; physics and equipment. *Cambridge University Press*, pp. 4-55. 2012.
- [4] Nitish Zulpe and Vrushsen Pawar, "GLCM Texture Features for Brain Tumor Classification", *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, Vol.9 No. 3, pp. 354-359, 2012.
- [5] Carmina Dessana Lima Nascimento, Sergio Deodoro de Souza Silva and Thales Araujo da silva, "Breast tumor classification in ultrasound images using support vector machines and neural networks", *Research on Biomedical Engineering*, Vol. 32, No. 3, pp. 283-292, 2016.