

방사형 필터를 이용한 Mass형 유방암 검출

Detection of Mass Type Breast Tumor Using Spiculate Filter

*박준영, **천민수, ***김원하, ****김성민

Park Jun Young, John Min Su, Kim Won Ha, Kim Sung Min

Abstract - In this paper, we present a new method for the detection of spiculation on digital mammograms. Traditional methods have defects; sensitive to noise, fixed size processing, and long processing time, however, the proposed method has merits; not sensitive to noise, adaptive size processing, and fast processing time. Experimental results show that the spiculation detection performance of the proposed method is improved much compared to the other methods.

Key Words : Mammogram, Breast Tumor, Spiculate, Cancer

1. 서론

세계적으로 여성에게서 가장 발병률이 높은 암중 하나는 유방암이다. 지금까지 유방암을 진단하기 위한 많은 기술들이 발전되어 왔지만 아직 암을 정확히 찾아내는 알고리즘은 개발되지 못하였다.[1] 의료영상의 목표는 암 진단율 90%가 넘는 mammogram영상 이미지를 이용하여 어떻게 하면 컴퓨터로 디지털 유방영상에서 빠르고 정확한 암 진단이 가능한 시스템을 만드는 것이라 할 수 있다. 그동안 많은 논문에서 Karssemeijer[2], Brake[3], Huang[4]등이 여러 알고리즘을 제안하고 결과를 보여 주었다. Karssemeijer[2]는 처음으로 방사형 유방암의 gradient를 이용하는 방법을 제안하였으나, 인식률에는 문제점이 있었다. Brake[3]은 Karssemeijer의 알고리즘을 발전시켜, 성능을 향상 시켰다. Huang[4]는 gradient를 이용하는 방법에 이진 영상에서 얻은 정보를 이용하여 방사형 유방암의 peak와 valley를 이용하는 방법을 제시하였다. 그러나 대부분의 연구 결과는 밝은 조직에 대한 성능은 뛰어났으나 어두운 암 조직에 대해서는 전혀 찾지 못하는 문제점이 있었다.

이번에 새롭게 제시한 방법에서는 mammogram에서의 암 조직이 주위의 다른 정상 조직보다 밝게 나타난다는 사실을 이용하였다. Mammogram에서 mass는 주위의 조직보다 compact한 부분이기 때문에, x-ray의 높은 attenuation으로 인하여 주변보다 밝게 보이는 영역이라고 정의할 수 있다. 특히, 방사형 유방암(spiculated tumor)은 유방암 세포가 주변의 세포들로 방사형으로 퍼져나가는 형태를 말하는데, malignant tumor의 생성 유무를 알아 볼 수 있는 중요한 정보를 제공한다. AHE를 시행한 영상에서 암 조직일 가능성

이 높은 예비 지역을 선별하고 이들의 중심에서 가변적인 원 위에 있는 화소들의 평균값과 변화를 이용하여 암 조직과 지방조직 그리고 그렇지 않은 다른 조직들의 서로 다른 특성을 이용하여 암 조직을 검출하였다. 실험 결과 다른 알고리즘들에 비해 일단 거의 모든 암 조직을 찾아낸다는 점에서 어느 정도 성능이 향상되었음을 확인할 수 있었다. 하지만 아직 방사형 암(speculated tumor)과 지방 부위를 구분하는 정확한 판단 기준이 없으며, 암 조직임을 나타내는 척도가 미흡하다. 이런 미흡한 부분에 대해서는 연구가 진행되고 있다.

2. Mass형 물체의 검출

2.1 Adaptive Histogram Equalization

Adaptive histogram equalization(AHE)은 contrast를 향상시킨다는 점은 histogram equalization과는 동일하지만, 전체적인 영상이 아닌 부분 영상(tile) 단위로 처리한다는 점이 다르다. 각각의 부분 영상들의 contrast를 향상하기 때문에 전체적으로 특정한 histogram을 얻을 수 있다. 이웃한 부분 영상에서 나타날 수 있는 인위적인 경계선을 제거하기 위하여, 부분 영상들을 bilinear interpolation을 이용하여 결합한다. 또한 homogeneous한 영역에서는 contrast를 향상 시킬 경우 발생할 수도 있는 잡음의 증가를 고려하여 contrast의 향상을 제한하여야한다. 그림 1은 원본 영상과 AHE를 적용하여 contrast를 향상 시킨 결과를 보여준다.

2.2 중심점 검출

의심스러운 방사형 유방암 영역들을 찾기 위해 AHE를 이용하여 contrast가 증가한 영상을 이용하여 유방암으로 의심되는 지역의 중심점들을 찾는다. 일정 지역의 화소들이 중심점을 향하는 방향으로 분포되어 있으면 이러한 영역은 암세포를 판명하는데 중요한 정보로 이용할 수 있다. 적용

저자 소개

*,** 경희大學 전자공학科 碩士課程

*** 경희大學 전자공학科 副教授 · 工博

**** 건국大學 의학공학科 助教授 · 工博



그림 1 원본 영상과 AHE 적용 영상
적 입계값을 이용하여 이진 영상 $I(x, y)$ 를 구한 후, 이진 영상에서 임계값 이상의 영역들을 검출한다. 이 영역들의 중심점 (i, j) 은 식(1)과 같이 구한다.

$$i = \sum \frac{xI(x, y)}{N}, \quad j = \sum \frac{yI(x, y)}{N} \quad (1)$$

여기서 N 은 한 영역에 속하는 화소들 값의 합을 나타낸다. 그림 2는 이진 영상에서 구한 영역들의 중심점을 검출 후 AHE를 통하여 contrast가 증가한 영상위에 원을 표시한 영상과 각각의 mass들이다.

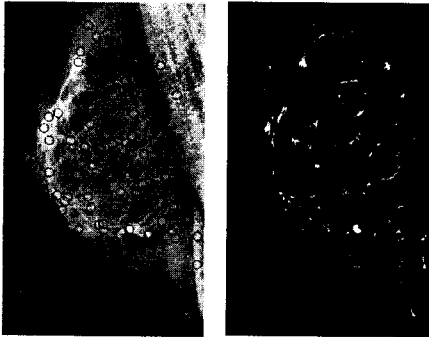


그림 2 mass형 유방암이 의심되는 지역

3. 검출 알고리즘

3.1 기울기검출

방사형 암을 찾기 위해서 많이 사용되는 방법으로는 Karssemeijer가 제안한 gradient-orientation 분석법이 있다.[2] 이 방법은 유방암 조직은 일종의 반구형 형태로 유방암 조직들의 영상이 중심점을 향한다는 가정 하에 그 기울기를 구하여 일정한 임계값을 넘으면 암조직으로 판정하는 방법이다. 만약, Φ_j 를 특정 화소의 gradient이고, R 을 중심 반경이며, r_j 를 중심점에서 특정 화소까지의 거리라고 정의하면, 식(2)을 만족하는 경우 특정 화소의 gradient가 중심점을 향하고 있다고 인식한다.

$$|\Phi_j - \theta_j| < (R/r_j) \quad (2)$$

이 방법은 이상적인 환경 하에서는 유용한 정보를 제공하나, 잡음이 많은 일반적인 유방암 영상에서는 방사형 유방암 조직의 가지들이 중심점을 향하는가 여부를 판정하기가 쉽지 않다. Huang[4] 등은 이 방법을 좀 더 단순화한 유방암 영상의 전처리 과정에 이용하였으나, 이 경우는 유방암의 의심

스러운 부위를 의사가 지정한 후 최종 판정을 내리기 위한 전처리 과정이었다는 점이 다르다. Gradient-orientation 방법은 이상적인 환경에서는 특정화소가 중심점을 향하는 유무를 측정하기에 좋은 방법이다. 그러나 방사형 유방암에서 gradient를 구하기는 mammogram의 특성상 어려운 문제이다.

Gradient-orientation 방법의 특성을 이용한 새로운 알고리즘을 제안한다. 이 방법은 방사형 유방암에서 특정영역의 중심에서 방사형으로 지름이 증가하는 동심원들을 따라 평균값을 구하는 방법이다. 이 새로 제안한 방법은 mammogram의 특성상 있을 수 있는 잡음에 강하고 gradient-orientation 방법에 비해서 빠른 처리를 할 수 있다는 장점이 있다. AHE와 입계값을 이용하여 의심스러운 영역에서 검출한 중심점에서 원의 외각으로 지름을 단위 길이만큼씩 증가 시키면서 원주상의 화소 값들의 평균을 구한다. 그림3은 반구에서 얻을 수 있는 동심원들의 평균 화소 값의 한 예를 보여준다. 평균 화소 값의 감소는 반구의 기울기를 나타내기 때문에 방사형 유방암을 검출할 수 있는 정보로 이용할 수 있다.

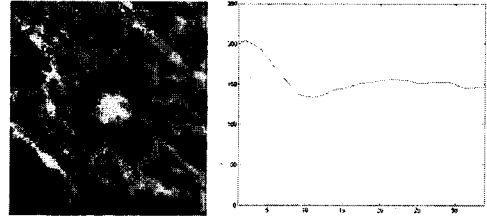


그림 3 Tumor 영상과 기울기

3.2 Peak와 Valley 검출

반구형 모양의 의심스러운 영역에서 가지의 유무를 검토하기 위해 Huang[4]이 제안한 방법은 반구를 각도가 증가하는 반시계방향으로 일정한 간격으로 분할한 후, M_k 를 입계값 이상의 화소 수, N_k 를 각도 k 구간에서의 화소수, p_k 를 k 구간에서의 검출 비율이라 정의하여, 각 간격에서 특성을 만족하는 화소 수를 식(3)을 이용하여 구한다.

$$p_k = \frac{M_k}{N_k}, \quad k=0,1,\dots,359 \quad (3)$$

일반적으로 방사형 유방암으로 의심되는 영역에서의 peak와 valley는 다음과 같은 특성들이 있다.[4] 첫째, peak는 valley에 비해서 충분히 커야한다. 둘째, peak 다음에는 valley가 있어야 하고, valley 다음에는 peak가 있어야 한다. 셋째, 어느 정도의 입계값 이상을 peak 또는 valley로 한다. 이와 같은 특성을 고려하여, 각각의 단위구간이 peak 또는 valley로 분리될 수 있는지 여부를 결정하게 된다. 이러한 방법은 방사형 유방암 영상을 이진 영상으로 만든 후, 식(3)을 이용하면 비교적 간단한 방법으로 peak와 valley를 추정할 수 있으나, 영상이 모든 화소 값을 포함하는 경우나 이진 영상일 경우에도 잡음이 심할 경우는 바로 적용이 힘들 경우가 생긴다.

Peak와 valley를 검출하기 위하여 반구형 부분 영상을 중심점에서 22.5도 간격으로 16개의 구간으로 분리한다. 각각의 부분 구간에서 평균값 기울기의 최소값을 입계값으로 하

여 이진 영상을 구한다. 이와 같이 부분 구간으로 나누는 이유는 하나의 임계값으로 이진 영상을 구하는 것이 아니고, 16개의 구간으로 서로 다른 임계값을 적용하여 contrast의 변화가 적은 방향에서도 이진 영상을 얻기 위함이다. 이 이진 영상을 이용하여 10도 간격으로 증가하면서 peak와 valley의 존재여부를 알아보기 위하여 식(4)를 정의한다.

$$q_k = \frac{M_k}{N_k}, \quad k=1,2,\dots,36 \quad (4)$$

여기서, M_k 를 임계값 이상의 화소 수, N_k 를 각도 k 구간에서의 화소수, q_k 를 k 구간에서의 검출 비율이라 정의한다. 이 q_k 를 이용하여 peak와 valley의 1차원 분포를 구하면 그림 4와 같은 그래프를 얻을 수 있게 된다. 배경이나 지방 부분은 그림 4와 같은 peak와 valley의 특성을 보이지 않기 때문에 이와 같은 특성을 이용하여 방사형 유방암의 가지 유무를 결정할 수 있게 된다.

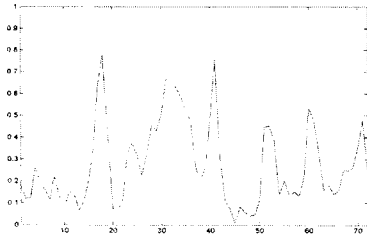


그림 4 Peak와 Valley

4. 실험 및 결과

본 논문에서 방사형 암(spiculated tumor)의 검출을 위한 새로운 방법을 제시하였다. 100여장의 mammogram영상을 이용한 예비적인 실험결과에 의하면 전무가가 검출한 유방암의 80%정도를 검출하였고, 20%정도는 지방을 유방암 조직으로 인식 하였다. 그림5는 실험에 이용한 영상 중 하나의 결과를 보여준다. 여기서 화살표가 실제 암이 존재하는 지역이며, 원으로 표시된 지역이 알고리즘에 의해 검출된 부분이다.

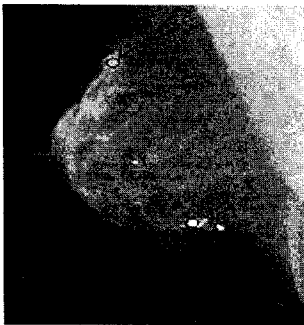


그림 5 검출된 방사형 유방암

5. 결론

본 논문에서 방사형 암(spiculated tumor)의 검출을 위한 새로운 방법을 제시하였다. 기존의 방법은 잡음에 민감하고 오랜 처리시간이 필요하다는 단점이 있었으나 새로 제안한 방법은 비교적 빠른 시간에 높은 판독율을 보인다. 예비적인 실험 결과

과에 의하면 새로운 알고리즘은 기존의 알고리즘들에 비해 방사형 암 조직을 빠른 처리시간에 찾아 낼 수 있다는 점에서 성능이 향상되었음을 확인 할 수 있었다. 그러나 방사형 암과 지방 부위를 구분할 수 있는 보다 향상된 이론과 알고리즘이 필요하므로, 이러한 미흡한 부분에 대해서 연구가 진행되고 있다.

VI. 감사의 글

본 연구는 보건복지부의 의료공학 융합기술개발(02-PJ3-PG6-EV06-0002) 사업 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] N.Karssemeijer, "Detection of masses in Mammograms," *Image-Processing Techniques for Tumor Detection* (ed. R. N. Strickland), Marcel Dekker, Inc., New York. 2002. pp. 187-212.
- [2] N.Karssemeijer and G. M. Brake, "Detection of stellate distortions in mammograms," *IEEE Trans. Medical Imaging*, vol. 15, no. 5, pp. 611-619, Oct. 1996.
- [3] G. M. Brake and N. Karssemeijer, "Single and multiscale detection of masses in digital mammograms," *IEEE Trans. Medical Imaging*, vol. 18, no. 7, pp. 628-639, July, 1999.
- [4] S. Huang, R. Chang, D. Chen, and W. Moon, "Characterization of speculation on ultrasound lesions," *IEEE Trans. Medical Imaging*, vol. 23, no. 1, pp. 111-121, Jan. 2004.
- [5] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern*, vol. SMC-9, pp. 62-66, Jan. 1979.