

# Mammogram에서 종양의 추출과 분석

\*김선주<sup>0</sup> \*유승화 \*\*김진환 \*박종원  
 \*충남대학교 공과대학 정보통신공학과  
 \*\*충남대학교 의과대학 진단방사선과  
 {next, shyoo, jwpark}@crow.chungnam.ac.kr

## A Study on the detection & analysis of mass from the mammogram

\*Seon-Joo Kim<sup>0</sup> \*Seung-Wha Yoo \*\*Jin-Hwan Kim \*Jong-Won Park  
 \*Dept. of Information Communications Engineering, Chungnam National University  
 \*\*Dept. of Diagnostic Radiology, Chungnam National University

### 요약

본 논문은 맘모그램(유방 X선 사진)에서 종양의 추출에 관한 연구로서, 맘모그램의 특성을 파악하여 종양의 자동적인 추출을 시행하였다. 처리과정에서 맘모그램의 texture를 분석하여 shake 영상을 생성하였고, 8-연결성 관계에 있는 화소들의 평균값을 이용하여 블러링 영상을 생성, 두 종류의 영상을 사용하여 후보를 추출하여 일반적 종양의 특성과 일치하는 후보를 종양으로 선택하였다. 추출된 종양의 원형성 비율을 계산하고, spiculation 부분의 특징을 파악하여 추출된 종양을 분석하였다.

### 1. 서론

유방암은 미국 및 서구 여러 나라에서는 최근 10년간 성인병의 수위를 차지하고 있으며, 우리나라에서도 여성암 중 3위이고 최근 수년간 증가하는 추세이다. 유방암의 조기 발견과 생존율을 높이기 위하여 주기적인 유방 촬영이 효과적일 것으로 알려져 있다. 유방 촬영술(맘모그램)을 분석하여 종양의 후보를 가려내고 후보들 중에서 종양을 추출해 내는 Computer Aided Diagnosis(CAD)를 이용하면 의사의 진단에 도움을 줄 수 있으며 유방암 진단의 진단율을 높이는 데 기여하여 환자의 예후 향상에 큰 도움을 줄 수 있다.

현재까지 맘모그램(mammogram)에서의 종양 추출에 대한 연구는 많이 진행되어져 왔으며, 추출하고자 하는 목적에 따라 방법 또한 다양하게 사용되었다. 주어진 영상에서 종양을 추출하기 위해 Difference of Gaussian(DoG) filter 이용[1], Density -Weighted Contrast Enhancement (DWCE) filter 이용[2], Iris filter 이용[3], Radial gradient index(RGI) 이용[4] 등의 방법이 연구되었고, 추출해낸 종양을 분류하기 위해 Convolution Neural Network(CNN) 방법[5], Wavelet Transform Modulus -Maxima 방법[6], Directional wavelet transform(DWT) 방법[7], 모양 정보 이용[8] 등이 연구되었다. 또한 추출해낸 종양의 spiculation에 관한 연구도 많이 행하여졌는데, spiculation의 추출 및 분석을 위해 Rubber band straightening transform(RBST) 사용[9], Skeleton Analysis 사용[10] 등의 방법이 연구되었다. Spiculation에 관한 것은 유방암의 판별 과정에서 가장 중요한 요인으로 간주되는 요소로써 현재 유방암의 연구방향의 하나의 커다란 흐름이다.

본 논문에서는 맘모그램에서 종양을 추출해내고, 종양의 특성을 분석하였는데, 종양의 추출 및 분석 과정을 그림 1에 간략하게 나타내었다.

### 2. 종양의 추출

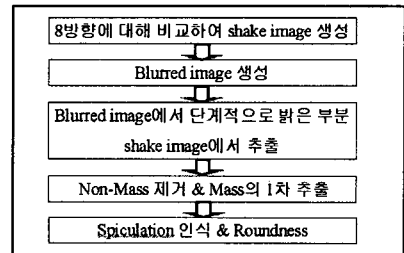


그림 1. 종양의 추출 및 분석 과정

맘모그램을 관찰해보면, Cooper's ligament (실조직)을 볼 수 있다(그림 2). 이 논문에서 사용된 종양의 추출 방법은 이러한 내부 조직의 분포에 바탕을 두고 있다. 조직의 분포 양상이 위치하지 않는 정상적인 부분에서는 유방 실질이 고르게 분포하지만, 종양부분에서는 종양에 의해 조직이 왜곡, 파괴되어 이 ligament가 나타나지 않는다. 이런 특징을 전반적인 종양의 추출 과정에 이용하였다.

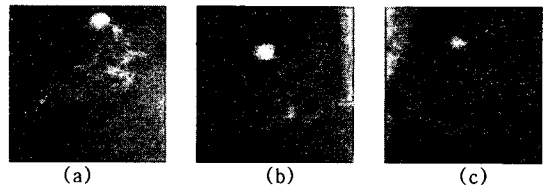


그림 2. 맘모그램

#### 2.1 Shake 영상의 생성

우선 입력영상을 중심으로 주위 8방향으로 비껴난 영상들을 생성하고, 이러한 8개의 영상들을 입력영상과 비교(그림 3(a))하여 명암값 차이가 나는 부분들을 명암값 0으로 처리한 shake 영상(그림 3(b))을 생성하였다. 생성된 shake 영상에서의 검은색 화

소의 분포는 중앙이 있지 않은 정상 조직에서는 골고루 흩어져 있으며, 중앙 내부에는 거의 존재하지 않고, 중앙의 주변에는 집중적으로 분포하는 것을 볼 수 있다. 이는 실 조직의 분포 양상의 차이에 의한 결과이다.

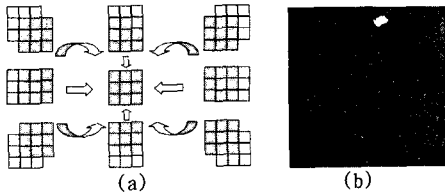


그림 3. (a)Shake 영상 생성과정 (b)Shake 영상

2.2 블러링 영상의 생성

생성된 shake 영상을 입력영상과 비교하여, 입력영상에서 밝게 나타나는 중앙의 추정 부분을 shake 영상에서 추출하게 되는데, 이 때 추출되는 중앙 부분을 더 매끄럽게 표현하기 위하여 입력영상을 블러링(blurring)한 블러링 영상(그림 4(a))을 생성하였다.

블러링 영상은 하나의 화소를 중심으로 8-연결성 관계에 있는 9화소의 명암값의 평균값을 중심 화소에 대입(그림 4(b))하여 생성하였다. 이 블러링 영상에서는 입력영상에서 나타나는 실조직과 중앙 주변에 집중적으로 나타나는 spiculation 부분이 주변과의 명암값 관계로 인해 흐려져 보이게 된다.

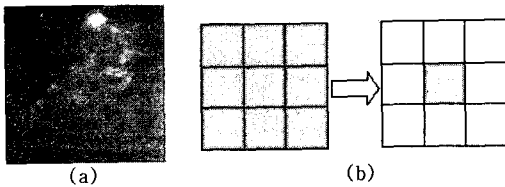


그림 4. (a)블러링 영상 생성과정 (b)블러링 영상

2.3 후보 선출을 위한 명암값 선택

생성된 shake 영상과 블러링 영상을 사용하여 중앙으로 추정되는 부분에 대하여 다중의 기준명암값을 적용하는 방식을 사용하여 추출하였다. 중앙 부위는 다른 정상적 조직에 비해 밝은 명암값을 갖는다. 제안된 방법에서는 중앙의 추출에 이러한 특성을 이용하였고, 다중의 기준명암값 선택 방법은 다음과 같다. 먼저 입력영상을 non-overlapping 블록(block)으로 나누어 각 블록의 평균값을 취해 가장 밝은 블록을 결정하고 그 블록의 명암값을 1단계 기준값으로 결정한다. 블록의 다음 평균값들을 취해 다음 단계의 기준값들을 결정한다. 이렇게 선택된 다중의 기준명암값을 중앙 후보의 추출과 확장에 사용하였다.

2.4 중앙 후보의 단계별 추출

선택된 다중의 기준명암값들을 이용하여 블러링 영상에서 이러한 명암값 이상의 화소들을 shake 영상에서 추출하고, 추출된 부분의 좌표값을 자동으로 입력받는다. 입력받은 좌표값을 이용하여 그 화소와 연결된 모든 화소들을 추적, 중앙 후보를 뽑아낸다. 각 단계별로 해당 화소를 추출(그림 5)해내면서 확장되는 화소의 증가상태와 합병 여부를 조사하였다. 이러한 과정에서 추출된 후보들이 중앙인지, 정상조직인지를 판단하였다.

2.5 중앙의 판단



그림 5. 3단계 추출 영상

단계별 추출시, 중앙의 중심부분에서 보이는 흰색 화소의 개수는 거의 변화가 없으나, 중앙 주변의 spiculation부분(검은색 화소)은 점차적으로 증가됨을 볼 수 있다. 후보 가운데서는 점차 존재 범위가 넓어지면서 서로 합병되기도 하였다. 각 단계를 거치면서 후보들의 합병 여부, 흰색 화소의 개수와 전체 화소 개수의 비율을 조사하여 중앙의 판단에 사용하였다.

구원된 기준으로 후보들 중에서 급격하게 화소의 개수가 증가하거나, (흰색 화소 개수)/(전체 화소 개수) 비율이 점진적으로 감소되지 않으면 중앙이 아니라고 판단하였다. 이러한 방식으로 중앙이 아닌 부분들을 제거하고 남은 후보를 중앙이라 선택하였다.

2.6 외곽선 표현

선택된 중앙 부분을 확장하여, 중앙이 완전히 포함될 수 있는 틀을 만들고, 그 틀만큼 입력영상과 블러링 영상에서 오려내었다. 이 두 영상에서 화소들의 명암값을 비교하여, 입력영상의 명암값이 블러링 영상의 명암값보다 더 큰 부분을 선택, 외곽선이 세밀하게 표현된 중앙(그림 6)을 추출하였다.

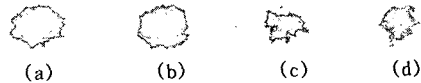


그림 6. 추출된 중앙 영상

3. 추출된 중앙의 분석

3.1 원형성 비율 계산

추출된 중앙의 원형성 비율을 계산하여, 악성과 양성 여부를 판단하는 참고자료로 사용하였다. 참고 논문[6]에 의하면 중앙의 모양이 원에 가까울수록 양성 중앙이고, spiculation 부분이 방사형으로 많이 퍼져 별 모양에 가까울수록 악성 중앙이라고 분류하였다. 이런 분류결과를 참고하여 찾아낸 중앙의 원형성 비율을 조사하면, 그 값이 클수록 양성 중앙으로, 작을수록 악성 중앙으로 분류할 수 있다. 이러한 원형성의 비율은 후보 추출 시에도 이용되는데, 비율이 작을수록 중앙이 아닐 가능성이 크다. 원형성 비율 계산은 중앙의 내부에 완전히 포함되는 내접원과 중앙 전체를 완전히 포함하는 외접원을 구해서 (내접원의 화소개수)/(외접원의 화소개수) 비율을 조사하였다(그림 7).

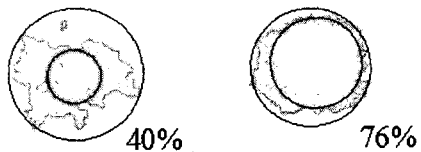


그림 7. 추출한 중앙의 원형성 비교

3.2 Spiculation 추출 및 분석

다른 한 가지의 양성과 악성 중앙의 판단 기준으로 사용되는 것은 중앙의 주변에서 방사되는 spiculation 형태이다. 중앙의 크기가 작을 경우, 큰 경우보다 spiculation 부분이 더 두드러지게 분포하며, spiculation 부분의 모양이 별의 형태에 가까와질

수록 악성일 가능성이 크다. 따라서, 제안된 연구에서는 spiculation 부분을 추출하여 관찰하였다.

3.2.1 Spiculation 추출

Shake 영상을 오른쪽 아래 방향으로 비껴서 출력한 interpolation 영상을 생성하고, shake 영상과 비교하여 검은색 화소가 겹쳐진 부분을 추출하였다. 이 과정에서는 검은색 화소가 집중적으로 분포하는 부분이 추출되며 spiculation이 포함된다. 그러나 이러한 영상에서는 spiculation이 아닌 나머지 실조직 부분도 포함되므로 범위를 한정하는 과정이 필요하다. 이를 위해 추출된 종양 부분을 확장한 틀을 만들고, 이 틀만큼 범위를 한정하였다. 생성된 spiculation 영상에서 가운데 종양 부분을 제거하면 spiculation 영역(그림 8)만 남게 되며, 이러한 결과로 spiculation 영역을 분석할 수 있었다.



그림 8. 추출된 spiculation 영역

3.2.2 Spiculation 영역의 분석

추출된 spiculation 영상과 블러링 영상에서 spiculation 영역만을 추출해낸 영상을 비교하여 spiculation의 특성을 분석하였다. 입력영상의 명암값에서 블러링 영상의 명암값을 뺀 값을 총 10 단계로 분류하고, 각 그룹에 속하는 화소의 개수를 구하였다. 전체 화소의 개수에 대하여 단계별 화소 개수의 비율을 구하고, 이 값들을 이용하여 다음의 그래프를 생성하였다. 그림 9과 같은 그래프를 분석해 보면 spiculation이 많은 종양은 그래프 상에서 면적이 크게 나타나고, 외곽선이 뚜렷할수록 양쪽이 대칭을 이루게 됨을 볼 수 있었다. 종양의 주변이 흐리게 나타나며 이러한 부분의 명암값이 spiculation과 비슷하게 보이는 종양은 그래프에서 면적이 작고, 현저한 비대칭성을 볼 수 있었다.

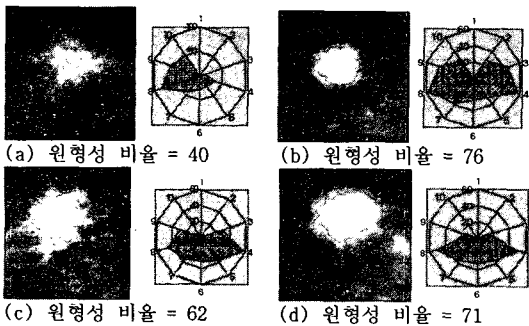


그림 9. 추출된 종양의 원형성 비율 결과와 spiculation 분석 그래프

4. 결론

제안된 논문에서는 유방촬영술에서 종양으로 의심이 가는 노즐을 찾아 후보로 선정, 단계별 명암값을 적용하여 확장되는 모양의 특징을 이용하여 종양을 추출하였다. 추출된 종양의 원형성 비율 계산을 통해 종양의 분석을 제안하고 있으며,

또한 종양 특성을 판단하는데 가장 중요하다고 여겨지는 spiculation을 포함하는 부분을 추출하여 명암값의 변이를 조사하고 그 결과를 방사형 그래프로 나타내어 spiculation 부분을 분석하였다. 이러한 방법으로 비교적 크기가 작고 악성일 가능성이 많은 종양을 인식하였다. 이렇게 인식된 부분은 진단 방사선과 전문의의 검증을 거쳐 정확한 것으로 확인되었다.

특히 spiculation 부분에 대한 연구는 spiculation 자체의 추출과 더불어 유방암 진단에 있어서 반드시 연구되어야 할 것이다.

5. 참고문헌

- [1] W.E.Polakowski, D.A.Cournoyer, S.K.Rogers, M.P.DeSimio, D.W.Ruck, J.W.Hoffmeister, and R.A.Raines "Computer-Aided Breast Cancer Detection and Diagnosis of Masses Using Difference Gaussians and Derivative-Based Feature Saliency" IEEE Trans on Med Imaging, Vol.16, No.5, pp. 811-819, Dec.1997
- [2] N.Petrick, H.P.Chan, B.Sahiner and D.Wei "An Adaptive Density-Weighted Contrast Enhancement Filter for Mammographic Breast Mass Detection" IEEE Trans on Med Imaging, Vol.15, No.1, pp. 59-67, Feb.1996
- [3] H.Kobatake, M.Murakami, H.Takeo, and S.Nawano, "Computerized Detection of Malignant Tumors on Digital Mammograms" IEEE Trans on Med Imaging, Vol.18, No.5, pp. 369-378, May.1997
- [4] M.A.Kupinski and M.L.Giger "Automated Seeded Lesion Segmentation on Digital Mammograms" IEEE Trans on Med Imaging, Vol.17, No.4, pp. 510-517, Aug. 1998
- [5] B.Sahiner, H.P.Chan, N.Petrick, D.Wei, M.A.Helvie, D.D.Adler and M.M.Goodsitt "Classification of Mass and Normal Breast Tissue: A Convolution Neural Network Classifier with Spatial Domain and Texture Images" IEEE Trans on Med Imaging, Vol.15, No.5, pp. 598-610, Oct. 1996
- [6] L.M.Bruce and R.R.Adhemi "Classifying Mammographic Mass Shapes Using the Wavelet Transform Modulus - Maxima Method" IEEE Trans on Med Imaging, Vol.18, No.12, pp. 1170-1177, Dec. 1999
- [7] L.Li, W.Qian and L.P.Clarke "Digital Mammography: Computer-assisted Diagnosis Method for Mass Detection with Multiorientation and Multiresolution Wavelet Transforms" Acad Radiol, Vol.4, No.11, pp. 724-731,1997
- [8] R.M.Rangayyan, N.M.El-Faramawy, J.E.L.Desautels and O.A.Alim "Measures of Acutance and Shape for Classification of Breast Tumors" IEEE Trans on Med Imaging, Vol.16, No.6, pp. 799-810, Dec.1997
- [9] B.Sahiner, H.P.Chan, N.Petrick, M.A.Helvie and M.M.Goodsitt "Computerized characterization of masses on mammograms: The rubber band straightening transform and texture analysis" Med.Phys, Vol.25, No.4, pp. 516-526, Apr.1998
- [10] H.Kobatake and Y.Yoshinaga "Detection of Spicules on Mammogram Based on Skeleton Analysis" IEEE Trans on Med Imaging, Vol.15, No.3 pp. 235-245, Jun.1996