

Mammogram에서 동질성과 지형적 높이정보 해석에 의한 종양의 추출

유승화[†] · 김선주^{**} · 김진환^{***}

요 약

제안된 연구는 유방촬영영상(Mammogram)에서 종양의 추출에 관한 연구로서, 맘모그램의 특성을 파악하여 종양에 대한 자동적인 추출을 시행하였다. 종양추출을 위한 1차 추출과정에서는 정상의 유방실질로부터 종양조직을 분리하기 위하여 동질성 추출방법을 사용하였다. 2차 추출과정에서는 입력영상의 명암값을 두 단계의 지형적 고도로 해석한 이분화영상으로 표현하여 이중원형성 검사와 화소 분포 검사를 시행하였다. 이것은 종양의 공간분포를 고려하여 두 부분의 고도에서 원형성과 화소 분포의 일관성을 검사하는 특성을 지니고 있다. 최종적인 종양의 결정은 각 후보에 대한 반구 형태의 템플리트를 생성하여 비교하는 방법을 이용하였다. 템플리트 비교방법은 종양의 형태적 특성인 공간원형성을 고려하여 종양과 후보의 순위 비교에 사용되었다. 실험 결과는 총 180장의 영상에서 종양이 포함된 89 개의 영상 가운데, 85사례의 영상에서 종양을 추출하여 95.51%의 민감도를 얻었다.

Detection of Mass by using Homogeneity and Topographic Analysis on Mammogram

Seung-Wha Yoo[†], Seon-Joo Kim^{**} and Jin-Hwan Kim^{***}

ABSTRACT

This paper proposed the automated methods for the detection of mass. We analysed characteristic of mass by using the features on mammograms. In first step, the homogeneity was used to distinguish mass from the normal tissue. In second step, we examined the dualistic circularity and pixel distribution of candidates from the dualistic images of each candidates in which we regards the gray value as topographic height information. The final decision was done with the method in which each candidates is compared with the hemispheric template. Template matching method was used in comparing the priority of candidates with the spacial circularity which is the charecteristic of the mass, We applied the algorithm to the 180 mammograms. The detection resulted that the sensitivity of the proposed methods was 95.51% in which we detected 85 from the 89 mammograms.

Key words: mammogram, mass, detection, template, hemisphere

1. 서 론

유방암의 조기 발견과 생존율을 높이기 위하여 주기적인 유방촬영이 효과적인 것으로 알려져 있다. 따라서 유방촬영영상(mammogram)을 분석하여 종양

의 후보를 가려내고 후보들 중에서 종양을 추출해내는 컴퓨터보조진단(Computer Aided Diagnosis, CAD)을 이용하면 의사의 진단에 객관적 자료를 제공하고 유방암 진단의 진단율을 높이는데 기여하여 환자의 예후 향상에 도움을 줄 수 있다.

현재까지 유방촬영영상에서의 종양의 추출에 대한 연구는 서구에서 오랫동안 진행되어 왔으며, 추출하고자 하는 목적에 따라 방법 또한 다양하게 사용되

[†] 충남대학교 공과대학 컴퓨터공학과

^{**} Daou Tech Inc.

^{***} 충남대학교 의과대학 진단방사선과

었다. 주어진 영상에서 종양을 추출하기 위해 Difference of Gaussian(DoG) filter[1,2], Density-Weighted Contrast Enhancement(DWCE) filter[3,4], Iris filter[5], Radial gradient index(RGI)[6], 하나의 breast 영상에서 좌,우의 대칭성[7], 텍스처 유추[8], Spatial Grey Level Dependence (SGLD) matrix로부터 도출된 texture feature[9], First Derivative operator[10] 등을 이용하는 방법이 연구되었고, 추출해 낸 종양을 분류하기 위해 Convolution Neural Network(CNN) 방법[11], Wavelet Transform Modulus-Maxima 방법[12], Directional wavelet transform (DWT) 방법[13], 모양정보 이용[14], Genetic Algorithm(GA)-based feature selection 방법[15] 등이 연구되었으며, 진단의학자들이 양성, 악성 종양을 분류해 놓은 것에 대해 자신들이 고안한 CAD의 효과를 측정하는 연구도 있었다. 또한 추출한 종양의 spiculation 부분에 관한 연구도 많이 행하여졌는데, spiculation의 추출 및 분석을 위해 Rubber band straightening transform(RBST), Skeleton Analysis 등의 방법들이 연구되었으며, spiculation 측정을 통해 CAD의 민감도를 평가하는 연구도 있었다.

일반적으로 유방실질의 밀도는 종양추출의 난이도와 밀접한 연관이 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 현재 유방 실질의 밀도 분류에 관하여 국제적인 기준을 규정하여 진단에 활용하고 있다. 이러한 유방실질의 판단 기준으로 미국의 BIRADS (Breast Imaging Reporting Data System)이라는 표준안이 제시되었다. 이에 따라 모든 유방영상을 조직에 따라 fatty(그룹1), Fibroglandular(그룹2), Heterogeneous(그룹3), Diffuse dense(그룹4)로 나뉘었다. 여기서 유방조직이 이질적인 밀도를 보이는 3단계와 조직의 밀도가 심하게 높은 4단계의 조직이 고밀도의 유방조직에 해당된다

2. 추출 과정

종양부분에서는 종양에 의해 조직이 파괴되어 cooper's ligament가 나타나지 않았다. 1차 후보추출 방법은 이러한 정상조직과 구분하기 위한 단계이며 이러한 내부 조직의 특성에 바탕을 두고 있다. 2차 추출은 영상화소의 명암값 정보를 그 지점의 지형적 정보로 해석하여 유방영상을 해석하고자 하였다. 이것은 지형학적 보간법을 통하여 경사영상 화소의 명

암값을 고도정보에 응용하는 방법이다. 2차와 3차 추출은 정상조직이면서 명암값이 낮게 나타나는 부분과의 분리를 위한 단계이며, 후보들 중 확실하게 종양이 아니라고 판단되는 후보들을 제거하는 방법을 통하여 종양부분을 남기도록 하였다. 종양 추출을 위한 과정은 아래와 같다.

1차 추출의 후보를 $F_i(x,y)$, $i=0, n-1$, 2차 추출의 후보를 $F_j(x,y)$, $j=0, m-1$ 라 하면,

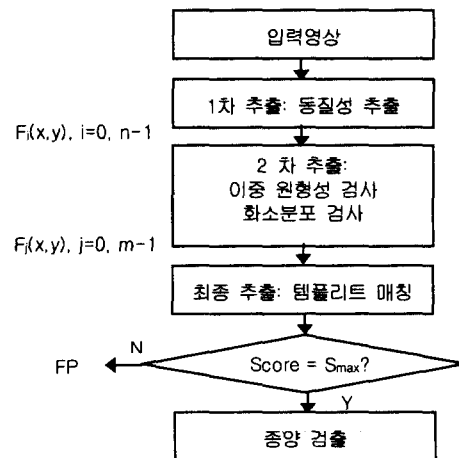


그림 1. 종양 추출의 처리과정

3. 종양의 추출

3.1 동질성 비교 및 후보 크기에 의한 1차 추출

먼저 후보선출을 위한 기준값을 결정하였다. 결정 방법은 입력영상을 non-overlapping 블록으로 나누어 각 블록에서 결정된 값들을 비교하여 최대값을 기준값으로 결정하였다. 이 때, 윈도우의 크기가 너무 작을 경우에는 종양이 후보에 포함되지 않을 가능성이 있으므로 윈도우는 128*128로 결정하였다.

다음으로 동질성을 이용하여 후보영역을 추출하였다. 이러한 과정은 일반적으로 유방촬영영상에서 볼 수 있는 cooper's ligament 조직을 분리하기 위한 과정이다. 따라서 추출방법은 유방 내부조직의 분포와 종양조직의 차이에 바탕을 두었다. 그림 2. (a)에서는 cooper's ligament가 발견되는 정상조직과 동질화된 종양조직의 서로 다른 특성을 이용하여 종양 후보부분을 추출하는 방법을 보였다. (b),(c)에서는 동질성 추출에서 임의의 화소를 중심으로 8-연결성

관계에 있는 화소의 명암값 변이를 조사하기 위한 좌표를 보였다.

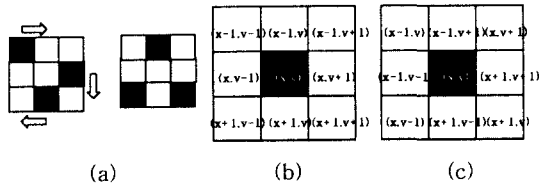


그림 2. 동질성을 이용한 종양 후보의 추출 방법 (a) coopers ligament 조직에서의 예 (b) 임의의 좌표와 8-연결성 관계의 좌표 (c) 동질성 추출을 위한 좌표

이러한 알고리즘의 결과영상에서 일정 크기 이상의 덩어리로부터 떨어져 있는 작은 점들은 폐영역 추출방법을 사용하여 제거하고 각 후보의 위치좌표값을 저장하였다. 이러한 좌표값을 바탕으로 2 단계추출과정에서 각 후보에 대한 검출과정을 거치게 하였다. 그림 3은 1차 후보 추출의 입력영상과 결과영상이며 (b)와 (d)에서 짙은부분이 종양이다.

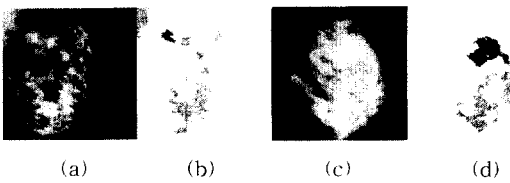


그림 3. 1차 후보 추출결과 (a) 입력영상 (b) (a)의 1차 추출 결과영상 (c) 입력영상 (d) (c)의 1차 추출 결과영상

3.2 명암값의 고도정보를 이용한 원형성과 화소의 분포 비교에 의한 2차 후보추출

2 단계 추출을 위한 원형성과 분포비율 비교방법은 1 단계 추출에서 얻어진 후보의 위치좌표값을 이용하여 입력영상에서 후보부분만을 추출하여 조사하였다. 각 후보를 두 단계의 높이정보를 지닌 영상으로 나타내었다. 이러한 영상은 일정 고도를 기준으로 두 단계의 명암값으로 나타낸 영상으로서, 두 부분의 원형성을 비교하였고 분포 면적의 비율을 구하였다. 기존의 연구에서는 추출된 종양의 원형성 비율을 계산하여, 악성과 양성 여부를 판단하는 참고자료로 사용[6]하였다. 제안된 연구에서는 보다 정확한 결과를 얻고자 2중 원형성검사를 실시하였다.

2차 후보추출 단계에서 이중 원형성평가 방법을 그림 4에서 나타내었다.

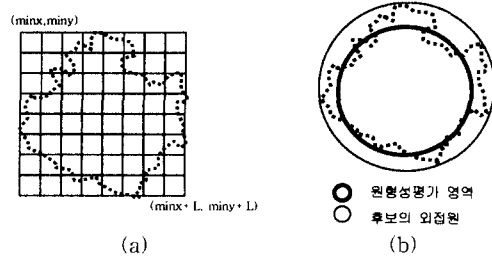


그림 4. region 2에 대한 원형성평가영역 검출 (a) 좌표설정 (b) 원형성 평가영역

각 영역의 반지름을 r_1, r_2 라 할 때, 이중 원형성 평가는 다음과 같이 계산된다.

$$\text{ratio_circle} = r_1^2 / r_2^2 * 100(\%)$$

또한 두 단계의 높이정보로 표현된 영상에서 각 단계를 차지하는 화소의 비율은 각 후보마다 서로 다르게 나타나는데 이것은 각 후보가 고도에 따라 다른 화소의 분포를 지니기 때문이다. 이러한 특성은 모두 일정한 덩어리를 유지하는 구형의 종양과 정상 조직과의 형태적 특성에 기인한 것으로 보았다. 두 영역의 화소의 분포는 다음과 같이 계산된다.

$$\text{ratio_pixel} = \text{sum_upper} / \text{sum_total} * 100(\%)$$

sum_upper : circle₁ 영역의 화소 개수

sum_total : circle₁ + circle₂ 영역의 화소 개수

3.3 반구 비교방법에 의한 3차 추출

제안된 연구에서는 종양 후보의 응집된 정도를 원형성의 특성으로 파악하였다. 종양의 경우, 뭉쳐진 형태를 띄고 있으므로 압축되면 명암값이 높아지며 밀도가 높아졌다.

또한 공간적 원형성을 지니고 있으므로 압축된 영상의 높이정보는 반구와 유사한 형태를 보이고 있음을 볼 수 있었다. 종양이 아닌 경우는 불규칙적인 형태로써 반구의 형태와는 많은 차이가 났다. 제안된 연구에서는 여러 개의 후보들을 각 후보에 대한 반구와 비교하고 순위를 결정하여 그 중 첫번째 후보를 종양으로 결정하였다. 반구의 형태는 1차 추출에서의 윈도우 최대값을 기준으로 후보를 구성하는 명암값의 범위를 포함하도록 연속된 동심원의 형태로 생성하였다. 또한 반구의 크기도 각 후보의 크기를 기준으로 자동으로 생성되도록 하였다.

그림 5는 제안된 연구의 알고리즘을 적용한 입력 영상과 결과영상이다.

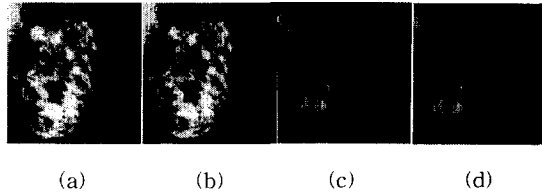


그림 5. (a) 입력영상1 (b) (a)에 대한 결과영상 (c) 입력영상2 (d) (c)에 대한 결과영상

4. 실험 결과

제안된 연구에서 알고리즘을 총 45 case의 맘모그램 영상에 대하여 적용하였다. 하나의 case는 왼쪽, 오른쪽 유방 각각에 대해 위아래 방향으로 촬영한 영상과 측면에서 촬영한 영상을 합해 총 4장의 영상으로 구성되어 있다. 실제로 180장의 영상을 구현된 프로그램을 실행시켜 그 결과 영상을 생성하고, 진단 방사선과 전문가가 지적하는 실제 종양의 위치와 프로그램을 실행하여 나온 결과 영상에서의 종양의 위치를 비교하여, 그 결과를 정리하였다. 처리 결과를 분석하여 보면, 표 1과 같이 45 case의 총 180장의 영상 중 종양이 포함된 영상의 개수는 89개로 구현된 프로그램은 그 중 85장의 영상에서 종양을 후보에 포함시켜 추출하였으므로, 종양을 찾는데 있어 4.49%의 오차율을 보임을 알 수 있다.

종양이 포함된 89장의 영상에서 추출된 후보의 개수를 살펴보면 표 2와 같이 종양을 찾지 못한 4장의 영상을 제외한 85장의 영상에서 5개 이내의 후보를 나타내었다. 이 결과를 미국의 BIRADS(Breast Imaging Reporting Data System) 기준에 따라 4가지 그룹으로 구분하여 재분석하였는데, 결과는 표 3과 같다. 여기에서 그룹 1,2에 속한 영상 뿐만 아니라, 그룹 3,4에 속한 영상에서도 비교적 적은 오차율을 보이고 있음을 알 수 있다.

표 1. 종양을 찾아낸 영상과 찾지 못한 영상 비율 비교

종양을 찾아낸 영상 개수	85	95.51%
종양을 찾지 못한 영상 개수	4	4.49%
총 영상 개수	89	100%

표 2. 종양이 포함된 영상에서의 후보 개수

후보자수	0	1	2	3	4	5
영상개수	4	47	21	11	3	3
백분율(%)	4.49	52.81	23.60	12.36	3.37	3.37

5. 결 론

제안된 논문에서는 유방촬영술에서 종양으로 의심이 가는 노즐을 찾아 후보로 선정, 단계별로 일정 조건을 만족하지 못하는 후보를 탈락시키는 방법을 사용하여 종양을 추출하였다. 후보자로 선출된 종양의 이중 원형성과 분포 비율계산을 통해 종양후보의 판단을 제안하고 있으며, 또한 종양의 특성을 판단하기 위하여 공간 원형성을 비교하는 반구 비교방법을 이용하여 종양과 다른 후보에 대한 순위를 결정하였다. 또한 총 180장의 맘모그램 영상을 제안된 방법으로 구현한 프로그램에 적용하여, 그 결과를 분석하였다. 이 때, 미국의 BIRADS에 의해 구분된 4 그룹에 대하여 각각 결과를 분석함으로써, 서양인의 경우에 많이 해당되는 그룹 1, 2에 속한 영상들뿐만 아니라, 동양인에 많이 분포하는 그룹 3, 4에 포함하는 자료에서도 비교적 우수한 성능을 보임을 알 수 있었다. 특히 기존 외국에서 연구된 논문에서 사용된 사례보다 다양한 종류의 사례를 처리해 보았다는 점에서 본 연구의 의의를 찾을 수 있었다.

참 고 문 헌

[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 of Gaussians and Derivative-Based Feature Saliency, IEEE Trans. on Med Imaging, vol.16, No.5, pp. 811-819, Dec. 1997

[2] G. M. Brake, N. Karssemeijer, Single and Multiscale Detection of Masses in Digital Mammograms, IEEE Trans on Med Imaging, vol. 18, No.7 pp. 628-639, Jul. 1999

[3] 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
- [4] N. Petrick, H. P. Chan, B. Sahiner and M. A. Helvie, Combined adaptive enhancement and region-growing segmentation of breast masses on digitized mammograms, *Med. Phys.*, vol.26, No.8, pp.1642-1654, Aug. 1999
- [5] 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
- [6] 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
- [7] A. J. Mndez, P. G. Tahoces, M. J. Lado, M. Souto and J. J. Vidal, Computer-aided diagnosis : Automatic detection of malignant masses in digitized mammograms, *Med.Phys.*, vol.25, No.6, pp.957-964, Jun. 1998
- [8] D. Wei, H.P. Chan, N. Petrick, B. Sahiner, M. A. Helvie, D. D. Adler and M. M. Goodsitt, False-positive reduction technique for detection of masses on digital mammograms : Global and local multiresolution texture analysis, *Med. Phys.*, vol.24, No.6, pp.903-914, Jun. 1997
- [9] H. P Chan, D. Wei, M. A. Helvie, B. Sahiner, D. D. Adler, M. M. Goodsitt and N. Petrick, Computer-aided classification of mammographic masses and normal tissue : linear discriminant analysis in texture feature space, *Phys. Med. Biol.*, vol.40, No.5, pp.857-876, 1995
- [10] J. K. Kim, J. M. Park, K. S. Song and H. W. Park, Adaptive Mammographic Image Enhancement Using First Derivative and Local Statistics, *IEEE, Trans on Med Imaging*, vol.16, No.5 pp. 495-502, Oct. 1997
- [11] 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
- [12] L. M. Bruce and R. R. Adhami, 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
- [13] L. Li, W. Qian and L. P. Clarke, Digital Mammography : Computer-assisted Diagnosis Method for Mass Detection with Multi-orientation and Multiresolution Wavelet Transforms, *Acad Radiol*, vol.4, No.11, pp. 724-731, Nov. 1997
- [14] R. M. Rangayyan, N. M. El-Faramawy, J. E. Leo 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
- [15] B. Sahiner, H. P. Chan, D. Wei, N. Petrick, M. A. Helvie, D. D. Adler and M. M. Goodsitt, Image feature selection by a genetic algorithm : Application to classification of mass and normal breast tissue, *Med.Phys.*, vol.23, No.10, pp.1671-1684, Act. 1996



유 승 화

1994년 영남대학교 전자공학과 (학사)
1999년 충남대학교 교육대학원 공업교육(전자)(석사)
1999년~현재 충남대학교 컴퓨터 공학과 박사과정 재학 중
관심분야 : 의학영상, 영상처리

E-mail: shyoo@crow.cnu.ac.kr



김 선 주

1995년 3월 2일~1999년 2월 25일
충남대학교 공과대학 정보통신공학과
1999년 3월 2일~2001년 2월 25일
충남대학교 일반대학원 정보통신공학과 정보통신 공학전공 영상처리실험실

2001년 1월 2일~현재 (주)다우기술 근무

관심분야 : 의학영상, 영상처리

E-mail: sjkim@daou.co.kr



김 진 환

1982년~1988년 충남대학교 의과 대학(의학사)
1989년~1991년 충남대학교 의과 대학원(방사선과학 의학 석사)
1995년~1997년 전북대학교 의과 대학원(방사선과학 의학

박사)

2001년 4월 1일~현재 충남대학교의과대학 부교수

관심분야 : 의학영상(흉부 및 유방영상)

E-mail: michelan@be.md