

# 맘모그램 영상에서의 군집화된 미세석회질 컴퓨터 보조 검출 시스템 구현

이정철<sup>○</sup> 엄경식 이형지 박상근  
㈜캐드임팩트

scanhand@hanmail.net<sup>○</sup>, ksom@chol.com, triumvirat@hanmail.net, dbjall@paran.com

## Implementation of Clustered Microcalcification Computer Aided Detection System in Mammograms

Jungchel Lee<sup>○</sup>, Kyongsik Om, Hyungji Lee, Sangkeun Park  
CAD Impact, Inc.

### 요 약

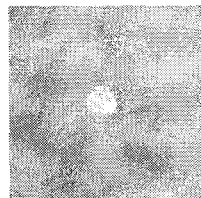
본 논문에서는 유방암의 조기발견에 있어서 중요한 소견중 하나인 군집화된 미세석회질을 유방촬영 영상으로부터 자동으로 분석 및 검출하는 컴퓨터 보조 검출 시스템을 구현하였다. 전처리단계로서 유방영상에 매디안 필터를 사용하여 잡음을 제거하고, 히스토그램과 레이블링 연산을 수행하여 실제 유방영역만을 추출하는 작업을 구현하였다. 그런 후에 추출된 실제 유방영역에서 LoG (Laplacian of Gaussian) 연산을 수행하고 히스토그램을 분석하여 이진화를 수행한후에 후보점을 검출하였다. 마지막으로 이를 이용하여 영역확장 알고리즘을 수행하여 미세석회질의 후보영역을 검출한 후, 미세석회질간의 거리를 분석하여 최종 관심영역을 추출하였다. 데이터베이스는 총 20개의 MIAS Mini Database의 맘모그램 영상을 사용하였으며 실험결과 89%라는 검출 성능을 얻을 수 있었다.

### 1. 서 론

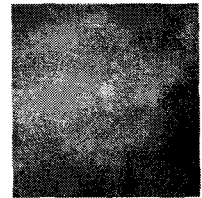
유방암은 미국이나 유럽등 선진국가에서 발병되는 여성암 중에서 가장 흔한 암으로서 40세에서 55세 사이의 미국 여성의 제 1의 사망 원인이 되고 있다. 평생동안 9 명의 여성 중 1명에게서 유방암이 발생하고 유방암 환자 수 역시 매년 약 15%씩 증가하는 추세이다[1]. 유방암 검사를 위한 다양한 촬영술이 존재하며 이중 X선 유방 촬영술이 가장 널리 사용되고 있다. 특히 X선 유방 촬영술은 조기진단에 있어서 매우 중요한 의미를 가지고 있다[2]. 유방 촬영술을 이용해 획득된 영상에서 관찰되는 대표적인 이상 소견으로는 종괴와 석회질을 들 수 있으며 이중 석회질이란 유방에 칼슘이 침착되어 X선 유방촬영 영상에서 하얀 점과 같은 형태로 나타나는 증상을 뜻하며 종괴나 다른 소견 없이도 병변을 발견 할 수 있는 중요한 소견 중 하나이다. 특히 크기가 2mm이하인 석회질을 미세석회질이라 하며 조기 유방암 진단에 있어서 종괴가 보이지 않는 경우에도 30%-50%의 유방암에서 발견되며 조직검사를 통해 판명된 유방암의 경우에는 60%-80%에서 군집화된 미세석회질이 발견 된다고 보고되고 있다[3-5]. 본 논문에서는 유방영상에서 조기 유방암 발견에 있어 중요한 소견중 하나인 군집화된 미세석회질의 관심영역을 자동으로 검출하는 컴퓨터 보조 검출 시스템을 구현하였다.

### 2. 미세석회질의 분석

유방에서 석회질은 유방촬영술을 시행한 여성에서 매우 흔하게 보이는 소견으로 이중 2mm이하의 석회질을 미세석회질이라 한다. 특히 악성 병변에서의 석회질은 주로 0.5mm이하의 크기를 가지며 밀집된 미세석회질의 의미는 1cm 내에 4-5개 이상의 군집화된 형태로 정의하고 있다. 그림 2.1(a)는 맘모그램 영상에서의 석회질이 나타나는 부분을 보여주고 있다. 이처럼 석회질은 맘모그램 영상에서 판독의가 쉽게 발견 할 수 있을 뿐만이 아니라 보통 그림과 같은 석회질은 대부분이 양성 석회질이다. 반면 그림 2.1(b)에 나타나는 미세석회질은 일반 석회질에 비해 상대적으로 검출 하기가 쉽지 않다.



(a) 석회질



(b) 군집화된 미세석회질

그림 2.1 맘모그램 영상에서 석회질

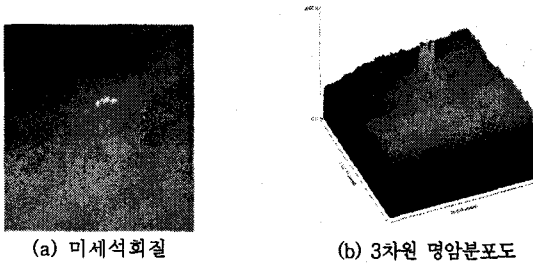


그림 2.2 미세석회질 영상의 특징

미세 석회질의 영상에서의 특성을 살펴 보기 위하여 그림 2.2와 같이 미세석회질이 포함된 영상의 3차원 명암 분포도(Grayscale map)를 계산해 보았다. 3차원 명암 분포도에서 보듯이 미세 석회질은 주위 픽셀값과 달리 그 정도의 차이는 있지만 산맥과 같이 솟구쳐 오르는 모양을 하고 있다는 것을 볼 수 있다. 이것은 미세석회질의 특징이 다른 주위 배경 하에도 유방 조직보다 밀도가 높으므로 맘모그램 영상에서 주위와의 명암도 값 차이에 의해 가시적으로 밝게 나타나는 특성에 기인한 것이다[6].

### 3. 컴퓨터 보조 검출 시스템 구현

#### 3.1 시스템 구성

맘모그램 영상의 컴퓨터 보조 검출 시스템은 아래와 같이 크게 세가지 단계로 나눌 수 있다.

- 1단계 : 전처리 연산
- 2단계 : 영상 분할
- 3단계 : 균집화된 미세석회질 검출

첫번째 단계인 전처리 연산단계에서는 맘모그램 필름을 간접 디지털화로 인해 발생한 노이즈로 인해 잘못된 검출을 줄이기 위해 매디안필터를 적용하여 노이즈를 제거하고 유방영역만을 추출 하기위하여 이진화 및 레이블링 과정을 거치게 된다. 두번째 단계인 영역분할단계에서는 1단계에서 추출된 유방영역에서 미세석회질 영역의 후보 점을 찾기 위해 LoG (Laplacian of Gaussian) 연산을 수행하여 후보점을 찾은후 영역확장 알고리즘을 이용하여 후보점에 대한 실질적인 미세석회질 영역을 검출한다. 마지막 단계에서는 검출된 후보영역에서 잘못된 영역은 제거를 하고 실제 검출된 미세석회질 영역만을 분석하여 균집화된 영역만을 검출 하게 된다.

#### 3.2 전처리 연산

##### 3.2.1 잡음 제거

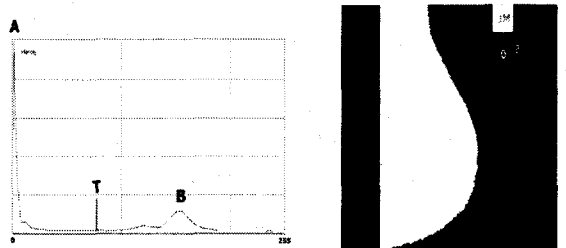
X선 유방촬영술을 이용해서 획득된 X선 유방 촬영 필름

을 컴퓨터 보조 검출 시스템에서 사용하려면 필름을 간접 디지털화 방식을 사용하여 디지털 데이터로 변환 시켜야 한다. 간접 디지털화한 X선 필름 영상을 고해상도 스캐너를 이용하여 이를 디지털 데이터로 변환 시키는 방식을 말한다. 이때 X선 유방촬영시 발생하는 잡음이나 혹은 간접 디지털화 방식을 사용하여 X선필름을 디지털 데이터로 변환하는 과정에서 노이즈가 생기게 된다. 이때 발생하는 노이즈가 잘못된 미세석회질로 검출 될 수 있기에 반드시 노이즈를 제거 해 주어야 한다. 본 논문에서는 노이즈 제거를 위해 매디안필터를 적용하였다. 매디안필터는 이름에서 의미하는 것처럼 그 화소의 이웃 점 내에서 명암도의 중간값으로 그 화소 값을 교체한다. 특히 매디안필터는 어떤 형태의 랜덤 잡음의 경우, 유사한 크기의 선형 평활화 필터 보다 상당히 덜 흐려지면서 뛰어난 잡음 감소 능력을 제공하기 때문에 널리 이용되고 있다.

##### 3.2.2 유방 추출

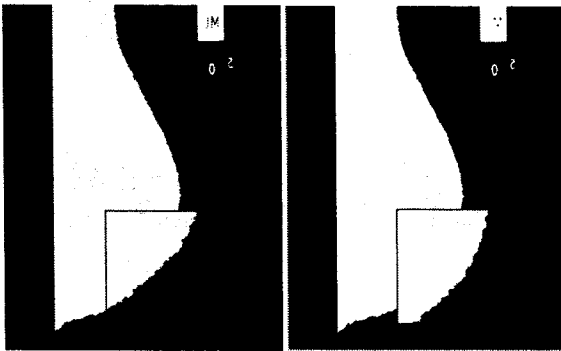
다음으로 맘모그램 영상을 구성하는 세가지 영역(유방영역, 배경영역, 정보태그영역)에서 실제 연산에 필요한 부분인 유방 영역만을 분리해 주는 작업을 해야 한다. 그림 3.2(a)는 맘모그램 영상의 히스토그램을 분석 한 것이다. 여기서 A에 나타난 골짜기는 배경영역을 뜻하고 B에 나타난 골짜기는 실제 유방영역을 뜻한다. A와 B의 중간값 T를 이용하여 이진화를 수행하면 그림3.2(b)와 같이 유방영역과 정보태그영역(명암도:255)을 배경영역(명암도:0)과 분리 시킬 수 있었다.

이렇게 얻어진 이진영상은 그림3.3(a)와 같이 유방영역의 둘레가 부드럽게 이어지지 못하고 불규칙한 굴곡이 생기게 된다. 이런 불규칙한 굴곡을 채워주기 위해 모폴로지 (Morphology)연산인 열림 (Opening)연산 후 닫힘 (Closing)연산을 수행 하였다. 모폴로지 연산을 수행 후 그림 3.3(b)와 같이 불규칙한 굴곡이 매워진 상태가 되어 좀더 부드러운 곡선의 둘레를 얻을 수가 있었다. 그림 3.3에서 보듯이 이진화를 통한 영상은 좌측의 유방영역과 우측 상단의 정보태그 영역만이 남게 된다. 여기서 유방영역 만을 추출하기 위해 레이블링을 통해 유방영역을 추출 하였다.



(a) 히스토그램 (b) T값을 이용한 이진화

그림 3.2 히스토그램을 이용한 영상의 이진화



(a) 적용 전 (b) 적용 후  
그림 3.3 모폴로지 연산의 적용

그림 3.4는 그림 3.3의 영상을 레이블링을 수행 하여 각 영역을 라벨에 따라 색을 달리 하여 표현 한 것이다. 정보태그 영역과 유방영역이 분리된 상태로 라벨이 적용된 것을 확인 할 수 있다. 여기서 라벨 영역별 넓이를 구하게 되면 넓이가 가장 큰 영역이 유방영역임을 쉽게 알 수 있다. 그림 3.5는 레이블링을 통해 얻어진 그림 3.4 영상을 원본 영상과 AND연산을 이용하여 실제 영상에서 유방영역만을 추출한 영상이다.

### 3.3 영상 분할

#### 3.3.1 영상분할 단계의 구성

영상분할 단계에서는 유방영역에서 미세석회질의 후보 영역을 다른 유방조직영역과 분리하는 작업을 수행한다. 먼저 LoG 연산을 수행하여 미세석회질의 모든 후보점들을 구한후 이 후보점을 이용하여 영역확장 알고리즘을 수행하여 미세석회질의 후보 영역을 추출하는 작업을 수행하였다.

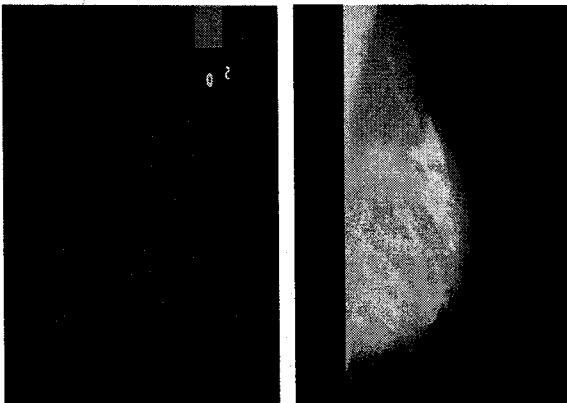


그림 3.4 Labeling 수행 후

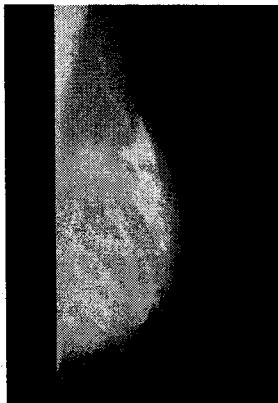


그림 3.5 추출된 유방 영역

#### 3.3.2 LoG (Laplacian of Gaussian)

2차원 함수  $f(x, y)$ 의 라플라시안 (Laplacian)은 다음 식 3.1의 2차 미분으로 정의된다.

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$$

식 3.1 Laplacian 연산

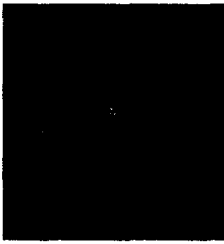
2차 미분은 1차 미분을 다시 한번 미분 하는 방법으로, 윤곽의 강도만을 검출 하는데 사용된다. 1차 미분 연산자는 에지가 존재하는 영역을 지날 때 더욱 반응하는 부분이 많이 나타난다. 이것은 특히 완만한 경사를 이루는 에지일 경우에 더욱 반응이 두드러 진다. 하지만 2차 미분의 가장 큰 단점으로 영점 교차로 부터 검출된 윤곽선 점은 매우 민감하다는 점을 들 수 있다. 이것은 에지검출 전에 잡음을 필터링 할 필요가 있는데 보통 이와같은 단점을 보완 하고자 라플라시안 연산전에 가우시안 (Gaussian)연산을 수행 하여 잡음을 제거하는 작업을 수행한다. 이같은 경계선 검출의 라플라시안 연산과 가우시안 필터링을 결합한 연산자를 Laplacian of Gaussian (LoG)라고 한다. 또한 LoG연산은 모양이 멕시코 모자 모양처럼 생겼기에 Mexican Hat필터라 부르기도 한다. 함수의 폭이 넓을수록 경계선이 더 넓게 검출되고 함수의 폭이 좁으면 경사가 급격한 경계선과 좀더 정확한 경계선만이 검출되는 특징이 있다. 식 3.2에서 보듯이  $\sigma$ 의 값이 크면 마스크의 범위가 넓어지며 LoG함수의 중심에서 첫 번째 영점 교차가 발생하는 곳은  $\sqrt{2}\sigma$ 가 되는 위치이므로 영점 교차점간의 폭은  $2\sqrt{2}\sigma$ 가 된다.

$$LoG(x, y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left[ 1 - \frac{x^2 - y^2}{2\sigma^2} \right] e^{-\frac{x^2 - y^2}{2\sigma^2}}$$

식 3.2 LoG 연산

맘모그램 영상에서 미세석회질의 후보 영역을 검출 하기 위해 LoG연산을 수행 하였다.

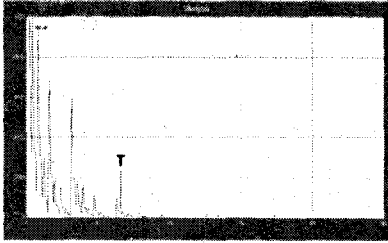
그림 3.6(a)는 맘모그램영상을 LoG연산을 수행 후의 영상이다. 미세석회질의 영역과 배경영역의 명암도 변화가 크기에 에지와 같이 검출이 되는 것을 볼 수 있다. 그림 3.6(c)와 같이 그림 3.6(a)의 영상의 히스토그램을 구한 후 히스토그램에서 누적값의 5%인 위치를 T값으로 잡아 이진화를 수행하여 그림 3.6(b)와 같이 영역확장 알고리즘을 위한 후보점을 얻을 수 있었다.



(a) LoG연산후 영상



(b) 검출된 후보점들



(c) (a)영상의 히스토그램 및 T값의 위치

그림 3.6 LoG연산을 이용한 후보점 검출

### 3.3.2 영역확장 알고리즘

3.3.1장에서 검출된 후보점을 이용하여 미세석회질의 영역을 추출하기 위해 영역확장 알고리즘을 수행 하였다. 영역확장 알고리즘은 영상분할 기법 중 하나로 후보점을 기준으로 영역을 확장해 가는 기법을 말한다. 우선 가장 먼저 추출된 후보점을 시작점으로 하여 그림3.7과 같이 주위의 픽셀의 명암도 값을 기준 후보점의 명암도 값과 비교 한다. 두 픽셀값의 차가 3이하 일경우 같은 영역으로 간주 하여 영역에 포함 시키도록 하였다[7-8].

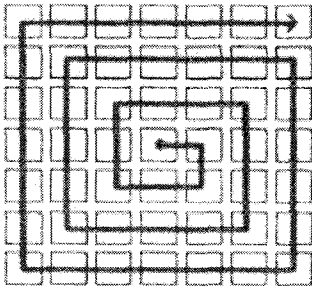
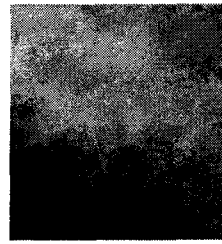
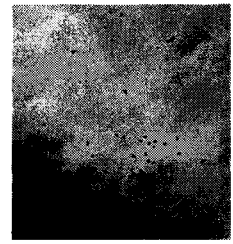


그림3.7 주변 픽셀 검사

이렇게 얻어진 미세석회질 후보영역 중에서 영역이 너무 크거나 너무 작은 영역은 제거를 한 후에 남은 영역을 후보영역으로 선택하였다. 그림 3.8(b)는 검출된 후보영역을 실제 맘모그램 영상에 명암도 0의 값으로 채움으로써 검출된 미세석회질영역을 표현한 것이다.



(a) 원본 영상



(b) 검출된 미세석회질

그림 3.8 영역확장 알고리즘을 통한 미세석회질 검출

### 3.4 군집화된 미세석회질 검출

이번장에서는 3.3장에서 검출된 미세석회질의 분포를 분석하여 군집화된 미세석회질을 검출하고자 한다. 우선 검출된 미세석회질 영역의 중심값을 분석 한후 각 미세석회질 영역과의 거리를 계산한다.  $1cm^2$ 의 영역안에 3개 이상의 미세석회질이 포함되면 의심되는 군집화된 미세석회질로 간주 하였다. 이렇게 검출된 군집화된 영역의 윤곽선만을 추출하여 맘모그램 영상에 그림3.9와같이 녹색선을 이용하여 표현해 주었다. 또한 판독의가 보다 쉽게 미세석회질을 인식 할 수 있도록 하기 위해 검출된 미세석회질도 명암도 값을 0으로 표현하여 쉽게 발견 할 수 있도록 하였다.

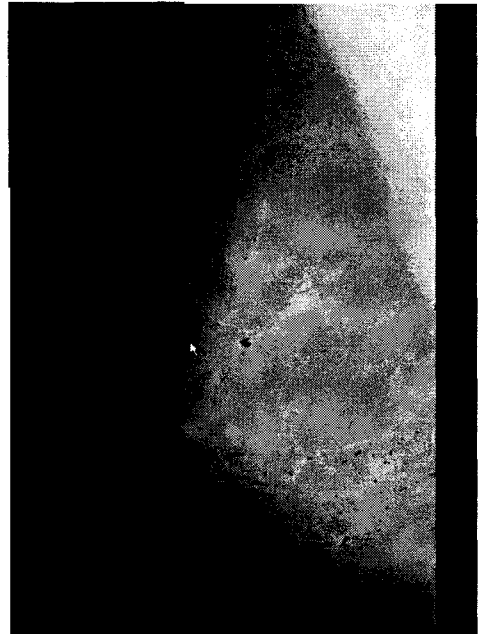


그림3.9 검출된 군집화된 미세석회질 영역

4. 실험

4.1 실험 데이터 및 결과

구현된 시스템을 실제 맘모그램 영상을 이용한 실험을 통해 그 성능을 분석하였다. 실험에 사용한 영상은 MAMMOGRAPHIC IMAGE ANALYSIS SOCIETY에서 제공하는 MIAS MiniMammographic Database로서 유방촬영기로 획득된 필름을 50umX50um 해상도를 가지는 디지털 스캐너를 이용하여 디지털 데이터를 획득한 맘모그램 영상을 이용하였다. 이 영상은 8 bits/pixel로 구성 되어 있으며 1024X1024의 크기를 가진다[9]. MIAS Database에서 20개의 영상을 이용하여 군집화된 미세석회화의 검출 성능을 평가 하였다. 각 영상별 실험 결과는 표4.1과 같다. 총 20개의 영상에서 37개의 군집화된 미세석회질이 있으며 그 중 본 논문에서 구현한 컴퓨터 보조 검출 시스템을 이용하여 검출된 군집화된 미세석회질은 총 33개 였다. 이는 맘모그램 영상에서 군집화된 미세석회질을 발견할 수 있는 검출성능이 약 89%라는 결과를 얻을 수 있었다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 맘모그래 영상에서 군집화된 미세석회질을 검출하는 컴퓨터 보조 검출 시스템을 구현해 보고 이를 맘모그램 영상 데이터베이스를 이용하여 실험을 통해 그

성능을 평가 하였다. 본 논문에서 제안한 컴퓨터 보조 검출 시스템은 89%라는 기대보다 높은 성능을 보였다. 이는 실제 판독의에게 충분히 도움이 될만한 정보를 제공 해 줄 수 있을 것이라 생각 된다. 하지만 그에 반해 잘못 검출된 영역의 비율 또한 높게 나타났다. 또한 맘모그램 영상 중 치밀유방(dense breast)영상 같은 전체적으로 높은 명암도를 가진 영상에서는 미세석회질이 있음에도 불구하고 하고 컴퓨터 보조 검출 시스템은 그것을 검출 하지 못 하였다. 추후 연구에는 이런 잘못 검출된 영역의 비율을 낮추고 특히 치밀유방영상에서 좀더 정확한 군집화된 미세석회질을 검출 할 수 있도록 지속적인 연구가 필요 할 것이다.

5. 참고문헌

[1] 서울대학교병원 진단방사선과, "2005년 연수강좌 유방영상진단", pp. 1-8, 2005.  
 [2] Doi K, MacMahon H, Katsuragawa S, Nishikawa RM, Jiang Y, "Computer-Aided Diagnosis in Radiology", Potential and Pitfalls, Eur J Radiol 31, pp. 97-109, 1999.  
 [3] Wanebo H.J. Huvos A .G., Urban J. A., "Treatment of minimal breast cancer.", Cancer, 33, pp. 349-357, 1994.  
 [4] P. G. Tahoces, J. Corres, M. Souto, L. Gomez and J. J. Vidal, "Computer-assisted diagnosis : The classification of mammographic breast parenchymal pattern", Phys. Med. Biol., vol. 40, pp. 103-117, 1995.  
 [5] A. J. Mendex, P. G. Tahoces, M. J. Lado, M. Soutom J. Correa and J. J. Vidal, "Automatic detection of breast border and nipple in digital mammograms", Comput. Methods Programs Biomed., vol. 49, pp. 253-262, 1996.  
 [6] Arthur E.Burgess, Mammographic structure : data preparation and spatial statistics analysis, part of the SPIE conference on image processing, San Diego, CA, pp 533-540, 1999.  
 [7] Theo Pavlidis, Yuh-Tay Liow, "Interating 영역확장 알고리즘 and Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 12, No. 3, March 1990  
 [8] Young-Geun Yoon, Seok-Lyong Lee, Ho-Hyun Park, "Image Segmentation Scheme Based on 영역확장 알고리즘 ", The Research of Database, Vol.21, No.1, 2005.  
 [9] J Suckling et al, "The Mammographic Image Analysis Society Digital Mammogram Database" Exerpta Medica. International Congress Series 1069 pp375-378, 1994.

표 4.1 실험결과

image	Clustered Calcification #	Detected Region #	True Positive #
mdb209	4	8	4
mdb213	2	7	2
mdb216	3	13	3
mdb218	1	8	1
mdb219	1	7	1
mdb222	1	8	0
mdb223	1	4	1
mdb227	2	6	1
mdb231	1	5	1
mdb233	8	10	8
mdb236	1	10	1
mdb238	1	4	1
mdb239	1	14	1
mdb241	1	5	1
mdb245	2	3	2
mdb248	1	4	1
mdb249	3	5	3
mdb252	1	9	1
mdb253	1	10	1
mdb256	1	7	0