
신경회로망을 이용한 X-선 흉부 영상의 병변 검출에 관한 연구

이주원*, 이한욱*, 이종희*, 조원래**, 장두봉***, 이건기***

A Study on Pathological Pattern Detection using Neural Network on X-Ray Chest Image

Ju-Won Lee, Han-Wook Lee, Jong-Hoe Lee, Weon-Rea Cho,
Du-Bong Chang, Gun-Ki Lee

요 약

본 연구에서는 신경회로망을 이용하여 X-선 흉부 영상의 병변 검출 시스템을 제안하였다. 집단 신체검사
에서 방사선 전문의는 많은 양의 X-선 흉부 영상을 관찰하여 병변 유·무를 검사한다. 여기서 X-선 흉부 영
상에서 병변을 검출하는 일은 매우 많은 시간을 요구하며, 사람이 하기에는 단순하고 지루한 작업이다. 특
히, 필름의 크기가 작기 때문에 병변의 진단에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 디지털 영상처리와 신
경회로망을 이용하여 X-선 흉부 영상으로부터 병변을 자동으로 검출하는 방법을 제시하였다. 본 연구에서
제시한 방법은 영상 픽셀 샘플링(image sampling), 메디언 필터(median filter), 신경회로망을 이용한 영상 등
화(image equalization)와 병변 검출 과정을 포함하고 있다.

Abstract

In this study, we proposed pathological pattern detection system for X-ray chest image using artificial neural
network. In a physical examination, radiologists have checked on the chest image projected the view box by a
magnifying glass and found out what the disease is. Here, the detection of X-ray fluoroscopy is tedious and

* 경상대학교 전자공학과(경상대학교 생산기술연구소)

** 포항1대학 전기과,

*** 남해전문대학 정보통신과

접수일자 : 1999년 11월 17일

time-consuming for human doing. Lowering of efficiency for chest diagnosis is caused by lots mistakes of radiologist because of detecting the micro pathology from the film of small size. So, we proposed the method for disease detection using artificial neural network and digital image processing on a X-ray chest image. This method composes the function of image sampling, median filter, image equalizer used neural network and pattern recognition used neural network. We confirm this method has improved the problem of a conventional method.

I. 서론

과학기술의 발달에 따른 새로운 진단기기의 개발로 방사선 과학은 급속히 성장하고 있으며 현대 의학 발전에 큰 역할을 담당하고 있다. 방사선을 이용한 X-선 촬영장치, 전산화 단층 촬영기(Computerized Tomography) 등 최첨단 의료기기의 개발로 보다 정확한 영상진단 결과를 제공하고 있다. 이러한 기기의 발전과 더불어 최근 디지털 방사선(Digital Radiography)에 관한 연구가 활발해지고 있다. 디지털 X-선 시스템은 기존의 X-선 촬영 시스템이 필름을 사용하여 영상정보를 수집 및 기록해 오던 것을 필름 대신에 디지털화된 신호를 받아 컴퓨터로 영상처리 및 재구성의 과정을 거쳐 최종 영상을 얻는 새로운 형태의 X-선 촬영방법을 의미한다. 이 방식은 촬영 및 처리, 판독, 보관에 있어 많은 장점을 가질 뿐만 아니라 의료 분쟁에 능동적으로 대처할 수 있고, PACS (Picture Archiving and Communication System)가 실용화되면 DR에서 얻은 정보를 대용량의 광디스크에 보관하고 이것을 판독자가 모니터에 불러내어 직접 판독할 수 있다.

본 연구에서는 X-선 촬영 시스템이 DR화되었을 때를 대비하여 새로운 X-선 영상의 등화 방법과 병변을 자동으로 검출하는 방법을 제시하였다. 먼저, 방사선 전문의의 시각에서 관찰하기 가장 적절한 영상을 얻기 위하여 신경회로망을 이용하여 영상을 등화 하였다. DR 영상에 나타나는 병변을 자동으로 검출하기 위해 인간의 학습능력과 유사한 성능을 가진 신경회로망을 사용하였다.

II. 병변 패턴

X-선 흉부영상의 병변 중 대표적인 형태인 폐렴 및 폐결핵, 폐종양 등에 대해 병변의 특징은 다음

과 같다.

먼저, 흉부에서의 결절(nodule)은 4~20mm 정도가 대부분을 차지한다. 폐렴은 대엽성 폐렴, 기관지 폐렴, 간질성 폐렴, 혼합형 폐렴 등이 있다. 대엽성 폐렴의 흉부 X-선상 air bronchogram 현상이 나타난다. 기관지 폐렴은 기관지 주위로 경계가 불명확하게 나타난다. 간질성 폐렴은 주로 미만성의 젓빛 유리형의 음영증가, 망상형, 간질성 음영을 보인다. 혼합형 폐렴은 다발성의 임의로 분포하는 폐포성 경화로 나타난다.

폐결핵은 흉부 X-선상 이상 소견을 보이는 가장 흔한 질환이다. 방사선학적으로 1차 결핵은 기강 경결성의 폐렴과 유사한 병변이 중엽 및 하엽 부위에 활발하며, 림프절염에 의한 폐문이나 중격동의 확대가 흔히 동반된다는 점이다. 재활성화 결핵은 호발부위가 폐첨부와 하엽의 상분절이다. 초기 침윤의 경우 흉부 X-선상 폐첨부에 소결절 및 선상의 음영과 함께 다소 경계가 불분명한 반점양 음영이 나타난다.

폐종양 중 원발성 폐암은 경계가 불분명하거나 엷상의 윤곽을 흔히 보이고 추적 검사상 결절의 크기가 증가하고 내부에 석회화는 보이지 않는다. 전이성 폐암은 다발성으로 다양한 크기의 결절이 폐야에 임의로 분포한다. 양성폐종양은 흉부 X선상 경계가 분명한 4cm 이하의 종괴로 나타난다.

III. 병변 검출 시스템

신체검사용 X선 필름에서 자동으로 병변을 검출하기 위한 전체적인 방법을 그림 1에 도시하였다.

먼저, X-선 필름을 필름 스캐너를 이용하여 디지털 영상화한 후 그림 1에 입력한다. 입력 영상의 데이터가 큰 용량이므로 빠른 처리속도를 위해 영상을 샘플링하여 작은 용량의 영상으로 변환한다.

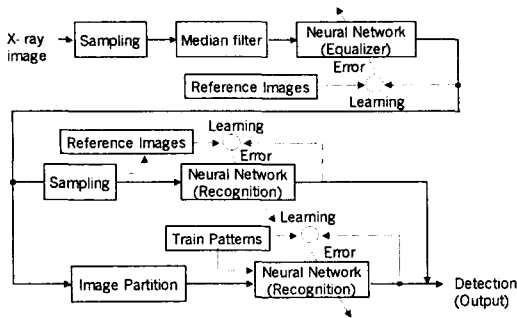


그림 1. 제안된 병변 검출 시스템의 구성도

3.1 메디언 필터

원래의 X-선 필름 관리 중에 발생하는 스크래치 (scratch)와 필름 스캐너를 통해 디지털 영상화 과정 중에 발생한 노이즈를 제거하기 위해서 메디언 필터를 이용하였다. 메디언 필터의 출력은 다음과 같다.

$$f_m(i, j) = \text{median}[f(i-m, j-n), \dots, f(i, j), \dots, f(i+m, j+n)] \dots \dots \dots (1)$$

여기서 메디언 필터의 마스크 크기는 $(2m+1) \times (2n+1)$ 로 나타낼 수 있다. 제안된 영상등화 시스템의 구조에서 메디언 필터를 사용한 이유는 메디언 필터는 잡음제거와 동시에 에지(edge) 정보가 보존되는 특징을 가지고 있어, 흉부 영상에서 잡음을 제거하면서 병변의 에지 부분을 보호하기 위해서이다. 전문의는 병변 진단에 있어 병변의 에지 모양에 따라 병변의 활동성과 비활동성을 판독하기 때문에 이 필터의 사용이 더욱 필요하다.

3.2 영상 등화 신경회로망

X-선 흉부영상은 방사선의 투과량과 촬영자의 위치, 촬영환경 등에 따라 명도대비가 매우 다양하게 나타나기 때문에 흉부영상을 디지털 영상화하였을 때 어둡거나 또는 너무 밝은

영상은 방사선 전문의의 판독 처리에 있어 어려운 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 여러 가지 영상 등화기법 중에, 일반적으로 히스토그램 등화(histogram equalization) 방법이 많이 이용되고 있지만, 이 방법은 X-선 흉부영

상을 진단하는 전문의의 시각 측면에서 영상을 개선하는 것이 아니라 현 영상의 명도대비를 기준하기 때문에 전문의의 시각에 맞지 않은 영상이 나타나기도 한다. 따라서 전문의의 시각적인 측면을 고려하기 위해 X-선 흉부영상과 전문의의 시각적인 측면과의 관계를 수학적으로 모델링하여, 모델링된 함수(그레이-레벨 변환 함수)로부터 전문의의 시각에 적절한 영상을 얻을 수 있지만, 이러한 모델 함수를 도출하기가 어렵기 때문에 본 연구에서는 신경망을 이용하여 그레이-레벨 변환함수에 대한 모델링 방법을 제시하였다.

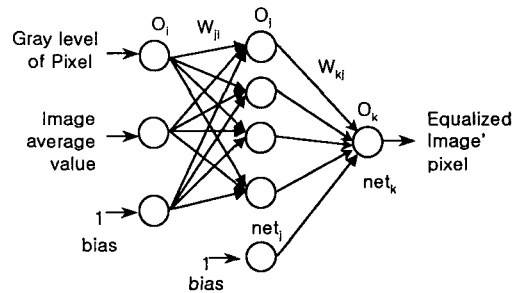


그림 2. 등화 신경회로망의 구조

그림 2에서 등화 신경회로망의 입력인 각 픽셀의 그레이 레벨(gray level)과 영상의 평균값은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{gl} = \frac{1}{256} \times f_{image}(i, j) \dots \dots \dots (2)$$

$$I_{avg} = \frac{1}{m \times n} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n f_{image}(i, j) \dots \dots \dots (3)$$

여기서 $f_{image}(i, j)$ 는 영상의 픽셀의 그레이 레벨을 나타낸다. 따라서 등화 신경회로망의 출력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_{NN} = f_k(\sum f_j(\sum r \cdot w_{ji}) \cdot w_{ki}) \dots \dots \dots (4)$$

여기서 f_k 와 f_j 는 각각 활성화 함수를 나타내고, w_{ji} 와 w_{ki} 는 각각 입력층과 은닉층, 은닉층과 출력층 사이의 가중치(weight)를 나타내며, r 은 입력 벡터이다.

3.3 병변 검출 신경회로망

X-선 필름 영상에서 병변을 검출하기 위해서 두 개의 신경회로망을 사용하였다. 필터링과 등화를 거친 영상들 중, 다양한 병변을 가지는 영상들을 추출하여 신경회로망의 학습 패턴으로 사용하였다. 병변의 크기에 따라 거대 병변 패턴과 미소 병변 패턴으로 나누어 검출하였다.

거대 병변 패턴은 한눈에 알아 볼 수 있을 만큼 병변이 크기 때문에 낮은 해상도(resolution)의 영상으로도 충분히 병변 패턴을 분류해 낼 수 있는 반면, 미소 병변은 자세히 관찰해야만 찾아 낼 수 있을 정도로 병변이 작기 때문에 높은 해상도의 영상을 사용했다.

거대 병변을 검출하기 위한 신경회로망의 구조를 그림 3에 나타내었다. 거대 병변 검출 시스템의 경우, 병변이 있는 부위는 한눈에 알아 볼 수 있기 때문에 높은 해상도의 영상이 요구되지 않는다. 따라서 빠른 처리 속도를 위해 영상을 샘플링 하여 영상의 크기를 축소한 후 그 영상 각 픽셀들의 그레이 레벨 값들을 입력으로, 병변 패턴의 유·무를 출력으로 하여 신경회로망을 학습하였다.

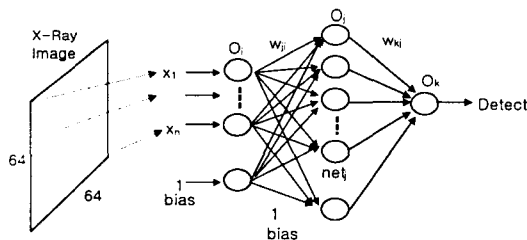


그림 3. 거대 병변 검출을 위한 신경회로망의 구조

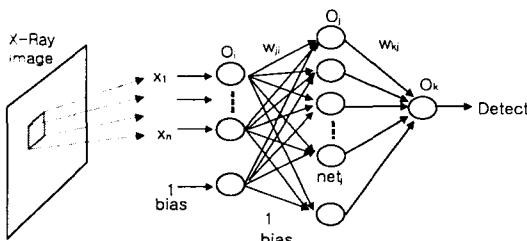


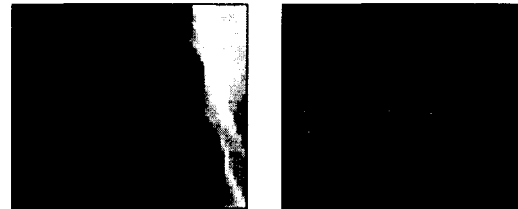
그림 4. 미소 병변 검출을 위한 신경회로망의 구조

미소 병변을 검출하기 위한 신경회로망의 구조를 그림 4에 나타내었다. 미소 병변 검출 시스템의

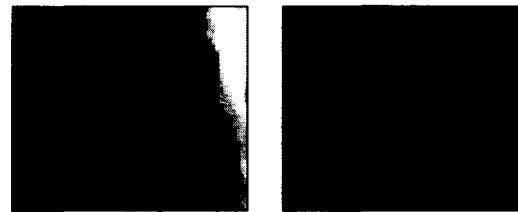
경우, 병변의 크기가 작고, 모양이 다양하고 분포하는 위치 또한 불규칙하기 때문에 다양한 병변 패턴과 많은 학습 데이터가 필요했다. 먼저, 영상을 작은 크기의 영상으로 분할(partition)하여 병변이 있는 패턴과 없는 패턴으로 분류하여 학습 데이터로 사용하였다.

IV. 실험 및 결과

본 연구에서는 메디언 필터의 마스크 크기를 3×3으로 설정하여 256×256 크기인 흉부영상을 필터링 하였으며, 그 결과는 그림 5에 나타내었다. 그림 5(a)는 실제 흉부의 좌폐부분과 중앙부분에 포함된 잡음(점선 원의 내부)이 포함 영상이고, 이 영상을 메디언 필터링을 처리한 결과 영상 그림 5(b)에 나타내었다. 그림 5와 같이 실제 흉부영상에서 발생된 잡음을 메디언 필터링한 결과 그림 5(b)와 같이 잡음이 제거됨을 알 수 있었다.



(a) 원 영상



(b) 메디언 필터의 출력영상

그림 5. 메디언 필터링의 출력

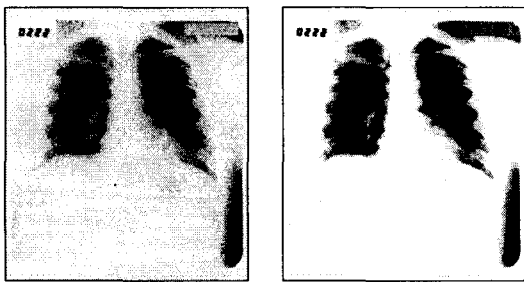
본 연구에서 흉부 X-선 영상을 등화하기 위하여 제안된 구조를 토대로 3층 구조의 신경회로망을 사용하였다. 여기서 은닉층 뉴런 수는 바이어스를 제외하고 4개, 각 뉴런의 활성화함수(activation function)는 양극성 시그모이드 함수를 사용하였다. 그리고 신경회로망을 학습시키기 위한 영상은 256

×256크기인 500개 흉부영상의 평균농도를 구하여 중복된 평균농도를 제외하고 45개의 영상을 구하였으며, 45개의 영상 중 명암도에 따라 영상을 7개로 선택하였다. 선택된 7개 영상에 대하여 방사선 전문의가 관찰하기에 적절한 영상으로 명도대비를 조절한 결과, 전문의의 시각에 적절한 영상의 평균 농도는 150~170정도임을 알 수 있었다. 신경회로망의 학습 패턴은 선택된 7개의 그레이 레벨 0~255사이에 대응되는 픽셀의 레벨 1792개를 구하여 0~1의 값으로 정규화한 값을 바라는 학습 데이터로 사용하였다. 신경회로망의 초기 가중치는 -0.5~0.5사이의 값을 랜덤(random)하게 발생시켰으며, 학습시킨 등화 신경회로망의 학습 상수는 0.002로 설정한 것이 수렴속도가 빠르게 나타났다. 학습의 종료는 학습오차 1로 설정하여 학습횟수 3523번일 때 학습이 완료되었다. 여기서 학습오차를 1로 설정한 이유는 영상의 픽셀 수가 많기 때문에 영상의 전체 픽셀의 오차의 합을 1로 설정하여도 등화된 영상의 비슷한 영상을 출력하였다. 학습이 종료되었을 때, 학습되지 않은 X-선 흉부영상을 명암도에 따라 3개를 선택하여 등화 신경회

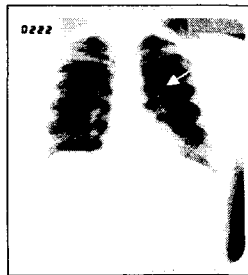
로망으로 영상을 등화한 결과를 그림 6에 나타내었다. 비교를 위해 히스토그램 등화 방법에 의한 결과와 등화 신경회로망에 의한 결과를 함께 보았다. 그림 6에서 특히 화살표로 표시한 부분을 비교해 보면, 등화 신경회로망을 이용한 방법의 성능이 우수함을 확인할 수 있다.

X-선 흉부 영상에 존재하고 있는 병변을 검출하기 위해 다층 신경회로망과 오류 역전파 학습 알고리즘을 사용하였다.

먼저 거대 병변을 검출하기 위하여 X-선 영상을 64×64의 크기로 샘플링한 후 병변 패턴과 정상 패턴을 데이터로 하여 신경회로망을 학습 시켰다. 거대 병변의 경우, 병변의 패턴이 단순하기 때문에 빠른 속도로 학습에 수렴하였으며, 실험한 모든 영상을 오차 없이 검출하였다. 입력층의 뉴런수가 4096개, 은닉층의 뉴런수가 4개, 출력층의 뉴런수가 1개이고, 각 뉴런의 활성화 함수는 양극성 시그모이드 함수를 사용하였으며, 학습률 0.05로 611회 학습하였을 때 학습오차 0.01에 도달하였다. 병변 검출 결과를 그림 7에 나타내었다.



(a) 원 흉부영상 (b) 히스토그램 등화



(c) 등화 신경회로망

그림 6. 등화 신경회로망의 출력

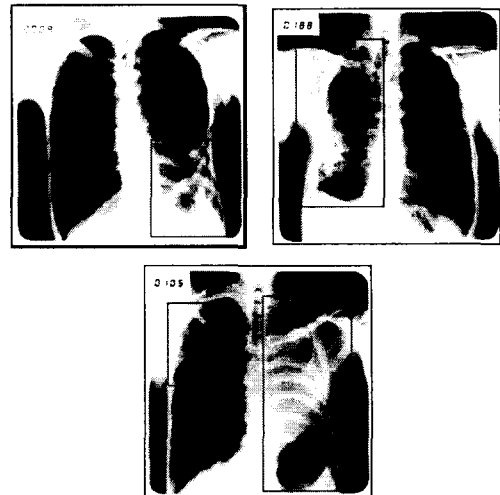


그림 7. 거대 병변 검출 결과

미소 병변 검출을 위해 25x25의 크기를 가진 50개와 정상패턴 50개를 추출하여 사용하였다. 학습에 사용된 병변 패턴의 종류로는 우폐 종괴의증, 좌폐 종괴의증, 폐결절, 우늑막, 좌늑막, 석회화 폐

결핵 등의 종류를 사용하였다. 그 대표적인 병변 패턴의 종류는 그림 8에 나타내었다.

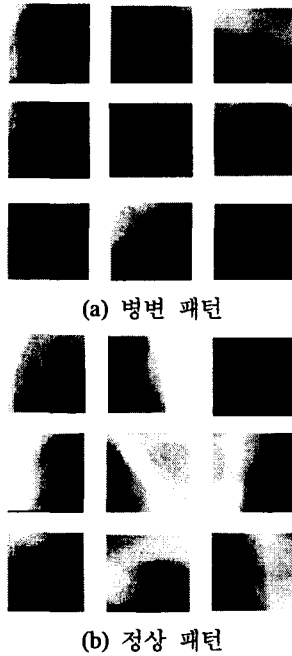


그림 8. 신경회로망의 학습패턴

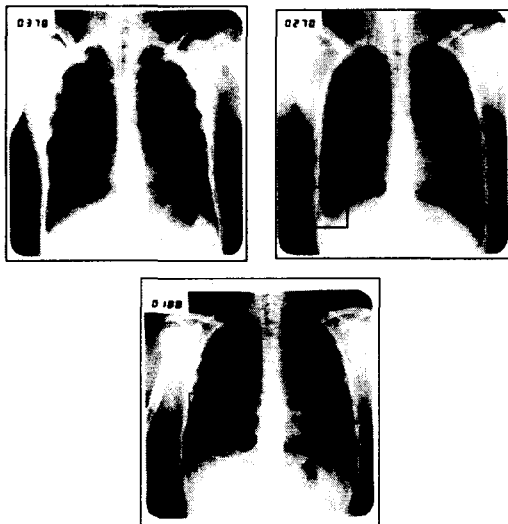


그림 9. 미소 병변 검출 결과

신경회로망의 구조는 입력층의 뉴런 수는 625개,

은닉층의 뉴런 수는 40개, 출력층의 뉴런의 수는 1개이고, 각 뉴런의 활성화 함수는 양극성 시그모이드 함수, 학습 상수는 0.001로 학습하여 학습횟수 137263회 일 때 학습오차 0.1에 접근하였다. 추출된 패턴을 이용하여 학습한 신경회로망으로 임의의 X-선 흉부 영상에 있는 병변 검출 결과를 그림 9에 나타내었으며, 양호한 검출 결과를 얻었다.

V. 결 론

현재의 X-선 촬영 방법은 촬영에서부터 처리, 판독, 보관에 이르기까지 많은 인적 물적 자원을 낭비하고 있을 뿐만 아니라, 많은 양의 필름을 사람이 판독함으로써 실수의 가능성을 많이 내재하고 있다. 이러한 점들을 개선하기 위해 본 연구가 이루어졌다.

본 연구에서는 신경회로망을 이용하여 X-선 흉부 영상을 등화함으로서, 방사선량이나 촬영 대상자의 위치에 따라 어둡거나 선명도가 떨어지는 영상들을 전문가가 보기에 우수한 영상의 결과를 얻었다. 또한 각종 병변들을 자동으로 검출할 수 있으므로 방사선과 전문가가 직접 하던 단순하고 지루한 X-선 간접촬영 필름의 판독업무를 컴퓨터가 대신 처리하도록 하여 많은 업무 효율의 증대를 가져올 것으로 사료된다.

앞으로 보다 많은 병변 패턴을 얻어 병변 검출 성능을 높이고, 병을 추정하는 진단방법에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다. 본 연구에서 제시한 X-선 흉부 영상에서의 병변 검출 방법을 DR 시스템에 적용하여 병변 검출의 자동화 시스템에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Manuel G. Penedo, Maria J. Carreira, Antonio Mosquera, Diego Cabello, "Computer Aided Diagnosis : A Neural-Network-Based Approach to Lung Nodule Detection", IEEE, MI, vol. 17, No. 6, December 1998.
- [2] William E. Polakowski, Donald A. Cournoyer, Seven K. Rogers, "Computer-Aided Breast

Cancer Detection and Diagnosis of masses using Difference of Gaussians and Derivative-Based Feature Saliency", IEEE, MI, vol. 16, No. 6, December 1997.

[3] Jacek M. Zurada, "Introduction to Artificial Neural System" Systems." West Publishing Company, pp. 26-235, 1992.

[4] C. Koch, T. Poggio, "Multiplying with Synapses and Neurons", in Single Neuron Computation, T. Mckenna, J. Davis, and S. F. Zonnetzer[eds.], pp. 3165-3455, 1992.

[5] Maria J. Carreira, Diego Cabello, Antonio Mosquera, "Automatic segmentation of lung fields on chest radiographic images", Computers and Biomedical Research, Vol 32, pp. 283-303, 1999.

[6] Gonzalez. Digital Image Processing, Addison Wesley, 1993.

[7] Richard Aston. Principles of biomedical instrumentation and measurement, Maxwell Macmillan, 1991.

[8] Joseph J. Carr, John M. Brown. Introduction to Biomedical Equipment Technology, Prentice Hall, 1998.

[9] Lin Lee. Neural Fuzzy System, Printice Hall, 1996.

[10] 설혜영, 흉부X선판독 TEXT[Ⓟ]. 군자출판사, 1991. p3~5.

[11] 이상규, "Computer Radiography", 대한 디지털 영상 학회지, 창간호, 1995.

[13] 김종호, Direct Digital Radiography System, 대한디지털 영상기술학회지 Vol.IV, 대한디지털영상기술학회, 1998.

이 주 원(Ju-Won Lee)
 1997년 2월 : 진주산업대학교 전자공학과(공학사)
 1999년 2월 : 한국해양대학교 대학원 전자통신공학과(공학석사)
 1999년 3월 ~ 현재 : 경상대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학

*주관심분야 : 디지털신호처리, 생체 신호처리, 의료영상처리, 인공지능

이 한 옥(Han-Wook Lee)

1999년 2월 : 경상대학교 전자공학과(공학사)
 1999년 3월 ~ 현재 : 경상대학교 대학원 전자공학과 석사과정 재학

*주관심분야 : 디지털신호처리, 생체신호처리, 의료영상처리

이 종 회(Jong-Hoe Lee)

1985년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
 1998년 2월 : 경상대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1998년 3월 ~ 현재 : 경상대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료

*주관심분야 : 디지털신호처리, 생체신호처리, 의료영상처리

조 원 래(Weon-Rea Cho)

1990년 2월 : 경상대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1992년 2월 : 경상대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1998년 2월 : 경상대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료

1998년 3월 ~ 현재 : 포항 1대학 전임강사

*주관심분야 : 디지털신호처리, 생체신호처리

장 두 봉(Du-Bong Chang)



1982. 2. : 동아대학교 전자공학과(공학사)
 1986. 2. : 동아대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1997. 2. : 경상대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1996년 3월 ~ 현재 : 남해전문대학 조교수

*주관심분야 : 생체신호처리, 이동통신

이 건 기(Gun-Ki Lee)

1978년 2월 : 연세대학교 전기공학과 졸업
(공학사)

1980년 2월 : 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업
(공학석사)

1990년 2월 : 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업
(공학박사)

1985년 ~ 현재 : 경상대학교 전자공학과 교수, 경
상대학교 생산기술연구소 연구원

*주관심분야 : 디지털신호처리, 생체신호처리