

2) X-선 간접촬영 흉부영상의 병변패턴 검출

경상대학교병원 진단방사선과
김영서, 황충연, 허만용, 유대인

A Study on Pathology Detection for X-Ray Chest Fluoroscopy

Young seo Kim, Chung Yeun Hwang, Man Yong Her, Dae In Yoo
Dept. of Diagnostic Radiology,
Gyeongsang National University Hospital

The detection of X-ray fluoroscopy is tedious and 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. Therefore, in this study we detected the pathology on X-ray fluoroscopy using neural network which have ability of learning and recognizing pattern, and provided that result.

목 적 : X-선 간찰 필름의 경우 영상의 화질이 떨어지고, 단순하고, 현재 전문의가 직접 하고 있는 지루한 X-선 간접촬영 필름의 판독업무는 많은 양의 필름을 판독해야 하므로 실수의 우려가 있으므로 컴퓨터를 이용하여 진단의 효율을 높이고자 한다.

대상 및 방법 : 디지털 영상화한 X-선 간찰 필름을 샘플링, 메디안 필터링, 신경회로망을 이용해 영상등화를 거쳐 관찰하기에 적합한 영상을 얻었다.

X-선 간찰 필름 영상에서 병변을 검출하기 위해서 위에서 얻은 영상을 출력영상의 병변에 따른 패턴을 구하여 신경회로망의 오류역전과 학습 알고리즘을 사용하여 학습한 다음 병변이 있는 X-선 흉부 영상을 입력시켜 검출하였다.

결 과 : 제안한 방법으로 실험한 결과 93%의 검출율을 보였으며, 결과 영상은 본 논문의 결과에 나타내었다.

결 론 : 각종 병변들을 자동으로 검출할 수 있으므로 방사선과 전문의가 직접 하던 단순하고 지루한 X-선 간접촬영 필름의 판독 업무를 컴퓨터가 대신 처리하도록 하여 많은 진단업무 효율의 증대를 가져올 것으로 기대된다.

I. 서 론

오늘날 과학기술의 발달로 의료분야에 새로운 진단 기기의 개발과 방사선 과학은 급속히 성장하고 있으며 현대 의학 발전에 큰 역할을 담당하고 있다.

이러한 첨단 장비가 실용화됨으로써 X-선 촬영으로 인한 검사는 적지 않은 변화를 가져다 줄 것으로 기대된다.

하지만 이러한 장비는 고가로 인하여 현재의 의료진단 부분에서는 아직까지도 전통적인 X-선 촬영방법을 주로 사용하고 있다.

간접촬영된 X-선 흉부 영상의 병변을 진단하기 위해 방사선 전문의가 간접촬영된 X-선 흉부 필름을 뷰박스(view box)에다 비추어 확대경을 사용하여 판독해서 이상이 있을시 직접촬영을 하여 재진단을 하기 때문에 흉부 진단에 적지 않은 시간이 소모된다. 그리고 간접촬영 필름은 화질의 저하로 인한 대조도나 선예도의 감소가 뒤따르므로 병변이 아주 작고, 미세한 경우에서는 직접촬영 대상을 가려내기 어렵다.

따라서 이러한 문제점을 개선하기 위해 방사선 전문의와 유사한 진단 시스템이 필요하며, 진단에 필요한 최적의 흉부영상을 처리해야 하기 때문에 인간의 지능과 유사한 인공지능 기법을 사용함으로써 흉부 진단업무의 효율을 향상시킬 수 있을 것이라 본다.

여기서 인공지능 기법들은 여러 가지가 있으며, 그 대표적인 기법은 퍼지논리(Fuzzy Logic)와 신경회로망(Neural Network)이다. 퍼지논리는 인간의 추론 방법을 구현하기 때문에 인간의 지능을 표현하기가 매우 쉽고, 복잡한 환경에서도 그 성능이 우수하다. 그리고 신경회로망은 인간의 학습능력과 유사하기 때문에 패턴인식과 예측능력이 우수하다는 것을 여러 논문에서 입증하였다.

본 연구에서는 집단 신체검사 X-선 흉부 촬영에서 직접촬영 대상자를 자동적으로 판별하기 위해 병변을 검출하는 알고리즘을 제시하고자 한다. 제시하고자 하는 알고리즘은 필름 스캐너를 이용해서 영상을 디지털화하여 컴퓨터에 입력되는 영상의 데이터를 샘플링하여 작은 용량의 영상으로 변환한다. 그리고 원래의

X-선 필름을 관리하는 중에 발생하는 스크래치(scratch)와 필름 스캐너를 통해 디지털 영상화 중에 발생한 노이즈를 메디언 필터를 사용하여 제거하고, 다층의 신경회로망과 오류 역전파 알고리즘을 이용하여 미세하고 애매한 흉부영상의 병변패턴을 학습시켜 병변을 자동적으로 검출하는 방법이다.

II. 대상 및 방법

1. 병변패턴과 신경회로망 일반

1) X-선 흉부 영상의 병변의 특징

X-선 흉부영상의 병변 중 대표적인 형태인 폐렴 및 폐결핵, 폐종양 등에 대해 병변의 특징을 나열해 보았다.

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 bronchogram현상이 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 엽상의 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 나타나며, 때로 결절내의 연골

성분에 석회화가 올 경우 전형적인 pop-corn 형태의 석회화가 나타난다.

2) 신경회로망의 개요

인공 신경회로망은 뇌의 신경세포를 모델링하여 학습을 통해 스스로 상황을 판단할 수 있는 인공지능의 한 분야이다. 신경회로망은 개념적으로 매우 단순하며 주어진 입력에 대해 자신의 내부구조를 스스로 조직화하여 학습해 나간다.

패턴 인식과 시스템 인식, 또는 제어와 같은 응용에서 가장 일반적으로 사용되는 신경회로망 구조는 오류 역전파(error back propagation) 알고리즘을 갖는 다층 신경회로망(Multi layered neural network)이다.

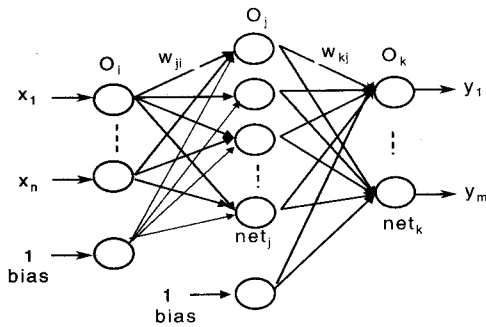


그림 1. 다층 신경회로망의 구조

다층 신경회로망은 그림 1과 같고, 오류역전파 알고리즘을 수학적으로 표현하면 다음과 같이 설명할 수 있다.

$$O_k = \Psi[\text{net}_k] \quad (1)$$

$$\text{net}_k = \sum_j W_{kj} O_j \quad (2)$$

$$O_j = \Psi[\text{net}_j] \quad (3)$$

$$\text{net}_j = \sum_i W_{ji} O_i \quad (4)$$

O_j 는 입력층의 출력, O_j 는 은닉층의 출력, O_k 는 출력층의 출력을 나타내며, W_{kj} 는 j 번째 은닉층의 뉴런으로부터 k 번째 출력층의 뉴런간의 웨이트를, W_{ji}

는 i 번째 입력층의 뉴런으로부터 j 번째 은닉층의 뉴런간의 웨이트를 나타낸다.

패턴 p 에 대한 오차의 제곱은

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_k (D_{pk} - O_{pk})^2 \quad (5)$$

이고, 전체 패턴에 대한 자승 오차의 총합은

$$E = \sum_p E_p \quad (6)$$

학습의 목적이 웨이트를 조정하여 E 를 최소화하는 것이므로, 오차를 최소화하기 위해 오차를 음의 경사 방향(negative gradient direction)으로 변화시켜 준다.

$$\Delta W_{kj} = -\eta \frac{\partial E_p}{\partial W_{kj}}, \quad \eta > 0 \quad (7)$$

$$\Delta W_{kj} = \eta \delta_k O_j$$

$$\delta_k = O_k(1 - O_k)(D_k - O_k) \quad (8)$$

$$\Delta W_{ji} = -\eta \frac{\partial E_p}{\partial W_{ji}}, \quad \eta > 0 \quad (9)$$

$$\Delta W_{ji} = \eta \delta_j O_i$$

$$\delta_j = O_j(1 - O_j) \sum_k \delta_k W_{kj} \quad (10)$$

$$W_{kj} = W_{kj} + \Delta W_{kj} \quad (11)$$

$$W_{ji} = W_{ji} + \Delta W_{ji}$$

여기서, η 는 학습률이다.

2. 병변 검출 시스템

신체검사용 X선 필름에서 자동으로 병변을 검출하기 위한 전체적인 방법을 그림 2에 도시하였다.

먼저, X-선 필름을 필름 스캐너를 이용하여 디지털 영상화한 후 그림 2에 입력한다.

입력 영상의 데이터가 큰 용량이므로 빠른 처리속도를 위해 영상을 샘플링하여 작은 용량의 영상으로 변환한다. 원래의 X-선 필름 관리 중에 발생하는 스크래치(scratch)와 필름 스캐너를 통해 디지털 영상화 과정 중에 발생한 노이즈를 제거하기 위해서 메디안 필터(median filter)를 이용하였으며, 메디안 필터를 사용하는 이유는 노이즈 필터링에 의해 발생하는 병변의 은폐를 최소화하기 위해서이다.

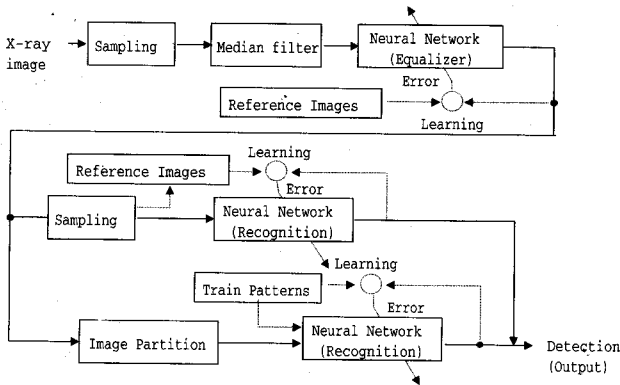


그림 2. 제안된 병변 검출 시스템의 구성도

그리고 필름 판독에 있어 X-선 필름의 방사선량에 따라 영상품질이 각각 다르므로 판독이 애매한 경우가 발생하기 때문에 전체적으로 영상품질을 향상시키기 위해서 신경회로망을 이용하여 영상을 등화(equalization)하였다.⁵⁾

X-선 필름 영상에서 병변을 검출하기 위해서 신경회로망 등화기의 출력영상의 병변에 따른 패턴을 구하여 신경회로망의 오류역전과 학습 알고리즘을 사용하여 학습한 다음 병변이 있는 X-선 흉부 영상을 입력시켜 검출하였다.

III. 실험 및 고찰

1. 메디안 필터링

디지털화 한 영상은 큰 용량이기 때문에 처리속도를 높이기 위하여 512×512 영상을 256×256 영상으

로 샘플링하였다.

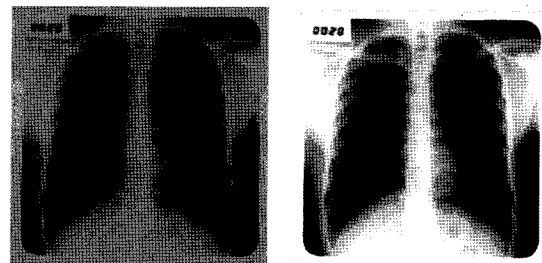
X-선 필름 관리 중에 발생하는 스크래치와 필름 스캐너를 통해 디지털 영상화 과정 중에 발생한 노이즈를 제거하기 위해 메디안 필터를 이용하였고, 필터의 영역은 3×3으로 설정하여 필터링을 하였다.

2. 영상 등화 신경회로망

X-선 흉부 촬영시 방사선량이나, 촬영자의 위치 등에 따라 다양한 밝기와 대조도의 영상이 얻어지는데, 이를 관찰자가 보기에 가장 적절한 영상을 얻기 위해 신경회로망을 이용하여 등화하였다.

Film scanner를 이용하여 디지털화한 X-선 영상 중에서 다양한 밝기의 영상들을 추출하여 방사선 전문의의 도움을 받아 관찰하기에 가장 적절한 영상으로 명도와 대조도를 조절하였다. 이렇게 하여 만들어진 영상을 데이터화하여 신경회로망에 적용하였다.

X-선 흉부 영상을 등화하기 위하여 3계층 오류역전과 알고리즘을 사용하였으며, 입력층의 뉴런 수는 2개로 각 픽셀의 color grade와 각 영상의 평균값으로 하였으며, 은닉층 뉴런수는 5개, 출력층의 뉴런수는 1개로 등화된 영상의 픽셀값으로 하였다. 각 뉴런의 활성화 함수(activation function)는 양극성 sigmoid 함수를 사용하였고, 학습에 사용된 학습 데이터는 영상의 품질에 따라 7개의 영상에 있는 픽셀의 color grade수 1792개를 신경회로망으로 학습하였으며, 학습 상수 η 를 0.001로 설정하여 학습횟수 5012번 일때 학습 오차가 0.9에 도달하였다. 그리고 신경회로망의 학습이 종료된 후 학습되지 않은 X-선 흉부 영상을 등화 신경망에 입력하여 처리한 결과를 그림 3에 보였다.



(a) 입력 영상

(b) 출력 영상

그림 3. 등화 신경회로망의 출력

3. 병변 검출 신경회로망

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

먼저 한눈에 보이는 큰 거대 병변을 검출하기 위하여 X-선 영상을 64×64의 크기로 sampling한 후 병변 패턴과 정상 패턴을 데이터로 하여 신경회로망을 학습시켰다.

신경회로망의 구조는 입력층의 뉴런수가 4096개, 은닉층의 뉴런수가 4개, 출력층의 뉴런수가 1개이고, 각 뉴런의 활성화 함수는 양극성 sigmoid 함수를 사용하였으며, 학습률 0.05로 611회 학습하였을 때 학습오차 0.01에 도달하였다.

병변 검출 결과를 그림 4에 나타내었다.

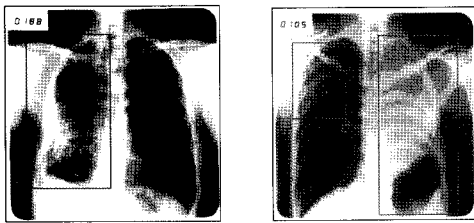
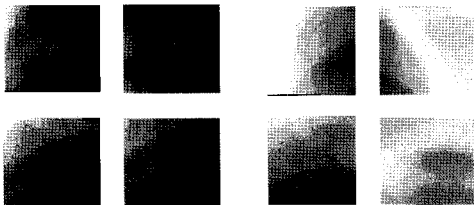


그림 4. 거대 병변 검출 결과

미소 병변 검출을 위해 25x25의 크기를 가진 50개와 정상의 패턴 50개를 추출하여 사용하였다. 학습에 사용된 병변 패턴의 종류로는 우폐 종괴의증, 좌폐 종괴의증, 폐결절, 우늑막, 좌늑막, 석회화 폐결핵 등의 종류를 사용하였다. 그 대표적인 병변 패턴의 종류는 그림 5에 나타내었다.



(a) 병변 패턴 (b) 정상 패턴

그림 5. 신경회로망의 학습패턴

신경회로망의 구조는 입력층의 뉴런 수는 625개, 은닉층의 뉴런수는 40개, 출력층의 뉴런의 수는 1개이고, 각 뉴런의 활성화 함수는 양극성 sigmoid 함수, 학습 상수는 0.001로 학습하여 학습횟수 137263회 일 때 학습오차 0.1에 접근하였다.

추출된 패턴을 이용하여 학습한 신경회로망으로 X-선 흉부 영상에 있는 병변 검출 결과를 그림 6에 나타내었으며, 양호한 결과를 얻었다.

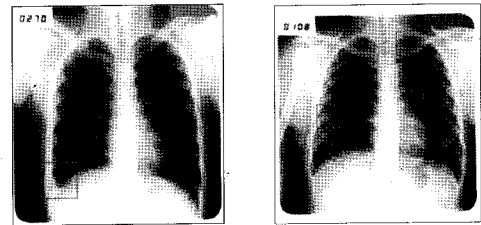


그림 6. 미소 병변 검출 결과

IV. 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 등화함으로써, 방사선량이나 촬영 대상자의 위치에 따라 어둡거나 선명도가 떨어지는 영상들을 전문의가 보기에 우수한 영상의 결과를 얻었다.

또한 각종 병변들을 자동으로 검출할 수 있으므로 방사선과 전문의가 직접 하던 단순하고 지루한 X-선 간접촬영 필름의 판독업무를 컴퓨터가 대신 처리하도록 하여 많은 업무 효율의 증대를 가져올 것이다.

앞으로 보다 많은 병변 패턴을 얻어 병변 검출률을 높이고, 병을 추정하는 진단방법에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다. 본 연구에서 제시한 X-선 흉부 영상에서의 병변 검출 방법을 디지털 방사선(DR) 시스템에 적용하여 X-선 촬영장비의 자동화에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

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. Gonzalez. Digital Image Processing, Addison Wesley, 1993.
16. Rechard Aston. Principles of biomedical instrumentation and measurement, 1991, Maxwell Macmillan, 1991.
7. 설혜영, 흉부X선판독 TEXT[Ⓟ]. 군자출판사, 1991. p3~5.
8. 이상규, "Computer Radiography", 대한 디지털 영상학회지, 창간호, 1995.
9. Lefteri H. Tsoukalas, Robert E. Uhrig. "Fuzzy and Neural Approaches in Engineering", John Wiley & Sons, Inc., pp. 1-7, 1992.