

흉부방사선 영상의 흉부영역 자동검출에 관한 연구

김용만·장국현·김상진·박래홍*·김은기**·이명호

An Automatic Extraction of the Lung Region in X-Rays

Yong Man Kim, Gook Hyeun Chang, Sang Jin Kim, Rae Hong Park*,
En Ki Kim**, Myoung Ho Lee

- Abstract -

This paper presents a new algorithm that extracts lung region in X-Rays and enhances the region.

Comparing to prior algorithms that enhance whole X-Ray image, this algorithm leads more effective results. For this algorithm extracts lung region first, and enhances the lung region excluding parameters of other region. For choosing optimal threshold, we compare OTSU's method with the proposed method. We obtain lung boundary using contour following algorithm and gray level searching method in gray level rescaled image. We process histogram equalization in lung region and obtain enhanced lung image. By using the proposed algorithm, we obtain lung region effectively in chest X-Ray that need in medical image diagnostic system.

1. 서 론

현대의 모든 산업에서 뿐만 아니라 의학에서도 영상데이터에 의한 진단 및 치료는 대단히 중요한 비중을 차지하고 있으며, 또 실제로 영상정보가 진단이나 치료에 가장 보편적으로 쓰이고 있다. 이러한 의

학영상의 종류는 질병의 진단, 치료 및 연구를 목적으로 하여 흉부 X-선 사진, 내시경 사진, 각종 현미경 표본, X-선 및 NMR-CT, 초음파 사진, 심장영상 등으로 많은 영상정보가 이용되고 있다.

현재 이러한 각종 영상시스템에서 양질의 영상정보를 얻기 위한 영상처리 시스템 및 이와 관련된 알고리즘은 많은 발전을 이루었다. 그러나 영상의 종류, 양 등이 모두 해마다 엄청난 규모로 증가하면서 영상에 대한 전문의의 진단 및 검색은 매우 커다란 문제로 대두되었다. 그 중에서 흉곽 X-선 영상의 진단은 그 영상정보의 양이 너무 많기 때문에 일찍부터 자동진단의 요구가 있었다. 이러한 요구에 부응하여 흉곽 X-선 사진을 포함한 의학영상의 자동진단에 관한 연구가 시도되었으나, 흉곽 X-선 영상의 경우 아직 전문의에게 도움을 줄 만큼의 실용성에는 이르지 못하고 있다.

초기에는 흉곽 X-선 영상에서 texture feature를 추출하는 방법이 주로 연구되었고^{1,2} 또 허파에서,

〈접수 : 1989년 11월 27일〉

본 논문은 과학재단 지원에 의하여 이루어진 연구의 일부임

연세대학교 전기공학과

* 서강대학교 전자공학과

** 연세대학교 흉부외과학교실

Dept. of Electrical Engineering, Yonsei Univ.

* Dept. of Electronic Engineering, Sukang Univ.

** Dept. of Thoracic and Cardiovascular surgery, Yonsei Univ.

원형이거나 혹은 불규칙한 w체 (irregular opacities)에 대해서 직접 추출하는 방법이 연구되었다³⁾.

이러한 영상정보를 통한 진단의 경우 영상의 경계선 (edge)를 강조하거나 개선 (enhancement), 혹은 히스토그램 평활화 (histogram equalization)등을 통해서 전체 영상의 화질을 향상시키는 전처리과정이 먼저 수행되었다.

이 개선된 영상데이터를 가지고 흉곽뼈 등을 먼저 추출하고 추출된 흉곽뼈 영상을 기본으로하여 허파 영역을 추정하거나⁴⁾, 전처리된 영상정보를 기초로하여 전체 영상정보를 각자의 알고리즘 처리가 수월한 수준으로 다시 후처리를 한 뒤에 그 영상에서 허파 영역을 추출하거나⁵⁾, 허파영역을 근사화하였고⁶⁾ 혹은 영역의 구분없이 의심나는 부분을 추출하였다⁷⁾.

본 논문에서는 기존의 방법들이 공통적으로 갖고 있는 많은 시간적 소요, 관심 영역을 포함한 전체 데이터의 처리 등으로 인한 영상정보 개선의 한계성 등을 해결하여 가능한한 빠른 시간 내에 필요한 정보의 질을 월등히 높힘으로써 자동진단의 실용화를 이룩할 수 있는 알고리즘을 제시하고자 한다.

2. 문턱치의 결정

대조도가 확실한 두개의 집단에 대한 정보로 구성된 영상의 이상적인 히스토그램은 각각의 물체를 나타내는 두 첨두값 사이에 깊고 가파른 계곡과 같은 첨저값을 가지고 있으며, 이 첨저값을 문턱치로 결정할 수 있다. 그러나 대부분의 실제 영상에서는 계곡에 명확한 첨저값이 존재하기 보다는 잡음이나 각 집단의 미소한 명암의 변화 등으로 인하여 계곡의 폭이 넓고 평탄하게 이어져 문턱치를 결정하기가 어렵다.

이러한 어려움들을 해결하기 위해 몇가지 방법들이 제시되었다. 예를 들면, 1974년 Rosenfeld 등은 히스토그램을 미분치의 절대값이 큰 화소에 제한하는 계곡 첨예화 (valley sharpening)방법¹¹⁾을 제안하였고 Laplacian이나 gradient에 의한 최대 미분치를 갖는 휘도 (gray level)에서 문턱치를 선택하는 히스토그램 미분법¹²⁾이 와타나베 등에 의해 제한되었다. 이러한 방법들은 휘도를, 문턱치의 결정에 이용할 수 있도록 변형하기 위해 본래 영상에서의 인

접한 화소에 관한 정보를 이용하였다.

또 다른 부류의 방법들은 수학적 변수들을 사용하여 휘도 히스토그램을 직접 다룬다. 예를 들면, 히스토그램을 Gaussian 분포의 합에 의해 최소의 오차범위 안으로 근사화시키고 확률결정과정을 적용하는 방법¹³⁾을 Chow등이 제안하였다. 그러나 이러한 방법들은 상당히 오랜 시간이 소요되는 등의 단점이 있다.

흉부 방사선 영상의 히스토그램은 이중으로 분리되는 특성을 가지고 있다. 이러한 특성을 바탕으로 본 논문에서는 문턱치를 결정하는데 있어, 흉곽 영상 중간부의 10 line을 평균한 휘도치는 허파의 경계면에서 뚜렷한 변화가 있음을 이용한 문턱치 결정 방법을 제안하고, 누적모멘트에 의해 집단간 분산치를 최대화 함으로써 최적의 문턱치를 결정하는 Otsu가 제시한 방법과 비교하였다.

2-1 Otsu 문턱치 결정

Otsu는 집단분리도 (class separability) 측정법을 도입한 집단간 분산치 (between class variance)가 최대인 점을 문턱치로 선택하는 방법을 제안하였다¹⁴⁾.

주어진 영상의 화소가 L개의 휘도로 분포되어 있다고 가정하면 화소의 전체 수는

$$N = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_L = \sum_{i=1}^L n_i \quad (1)$$

이고 여기서, n_i 는 휘도 i 에서의 화소수이다.

한편, 휘도에 대한 히스토그램이 규준화되어 있는 확률분포로 간주하면,

$$P_i = n_i/L, \quad P_i \geq 0, \quad \sum_{i=1}^L P_i = 1 \quad (2)$$

이며, 전체의 영상이 임의의 문턱치 k 에 의해 두 집단 C_0 와 C_1 으로 양분된다고 가정하면, 각 집단의 확률분포는

$$W_0 = \Pr(C_0) = \sum_{i=1}^k P_i = w(k) \quad (3)$$

$$W_1 = \Pr(C_1) = \sum_{i=k+1}^L P_i = 1 - w(k) \quad (4)$$

로 결정된다.

여기서

C_0 : 휘도 $[1, \dots, k]$ 에서의 화소

C_1 : 휘도 $[k+1, \dots, L]$ 에서의 화소

이다. 각 집단의 평균 휘도치는

$$\mu_0 = \sum_{i=1}^k iPr(i | C_0) = \sum_{i=1}^k iP_i/W_0 = \mu(k)/w(k) \quad (5)$$

$$\mu_1 = \sum_{i=k+1}^L iPr(i | C_1) = \sum_{i=k+1}^L iP_i/W_1 = (\mu\tau - \mu ck) / (1 - w(k)) \quad (6)$$

여기서

$$W(k) = \sum_{i=0}^k P_i : k\text{번째 레벨의 영차 누적 모멘트} \\ \text{(zero-order cumulative moments)}$$

$$\mu(k) = \sum_{i=1}^k iP_i : k\text{번째 레벨의 일차 누적 모멘트} \\ \text{(first-order cumulative moments)}$$

$$\mu\tau = \mu(L) = \sum_{i=1}^L iP_i$$

이고 따라서,

$$W_0\mu_0 + W_1\mu_1 = \mu\tau, \quad W_0 + W_1 = 1 \quad (7)$$

이 되며 각 집단의 분산은

$$\sigma_0^2 = \sum_{i=1}^k (i - \mu_0)^2 Pr(i | C_0) = \sum_{i=1}^k (i - \mu_0)^2 P_i/W_0 \quad (8)$$

$$\sigma_1^2 = \sum_{i=k+1}^L (i - \mu_1)^2 Pr(i | C_1) = \sum_{i=k+1}^L (i - \mu_1)^2 P_i / W_1 \quad (9)$$

와 같다. 최적의 문턱치 k 를 찾기 위하여 두 집단의 분리도 측정법을 도입하면

$$\lambda = \sigma_B^2 / \sigma_B^2, \quad k = \sigma_T^2 / \sigma_w^2, \quad \eta = \sigma_B^2 / \sigma_T^2 \quad (10)$$

여기서

$\sigma_w^2 = W_0\sigma_0^2 + W_1\sigma_1^2$: 집단내 분산 (within class variance)

$\sigma_B^2 = W_0(\mu_0 - \mu\tau)^2 + W_1(\mu_1 - \mu\tau)^2$: 집단간 분산 (between class variance) = $W_0W_1(\mu_1 - \mu_0)^2$

$\sigma_T^2 = \sum_{i=1}^L (i - \mu\tau)^2 P_i$: 전체분산(total variance)

이다. 한편, 휘도를 기준으로 두 집단의 분리도를 가장 효과적으로 하기 위해서는 최적의 문턱치 k 를 찾

으면 되는데, 계산을 간편히 하기 위해서 σ_B^2 가 최대인 점을 찾으려 한다.

결국 최적의 문턱치 k^* 는

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{1 \leq k \leq L} \sigma_B^2(k) \quad (11)$$

여기서

$$\sigma_B^2(k) = (\mu_1 w(k) - \mu(k)) / (w(k)(1 - w(k)))$$

이다.

2-2 흉곽 X-선 영상 중간부의 10 Line 평균에 의한 문턱치 결정

흉곽 X-선 영상에 Otsu의 방법에 의한 문턱치를 적용시켜 보면 영상의 배경에 대하여 허파 부분이 비교적 잘 구분되지만 알고리즘의 구성이 복잡하고 다소 긴 시간이 소요되며, 또한 집단간 분산 최대치로서의 문턱치에 의해 허파영역이 언제나 잘 구분되는 것은 아니다.

이러한 단점을 보완하기 위하여 다음과 같은 방법을 제시하고자 한다.

그림 2.1 과 같이 흉곽 X-선 영상의 히스토그램 분포는 허파영역과 기타영역의 뚜렷한 구분을 나타내고 있으며 실제로 그림 2.2 에서와 같이 영상의 중간부의 10 line을 평균한 경우 허파의 경계면에서 뚜렷한 변화가 있다.

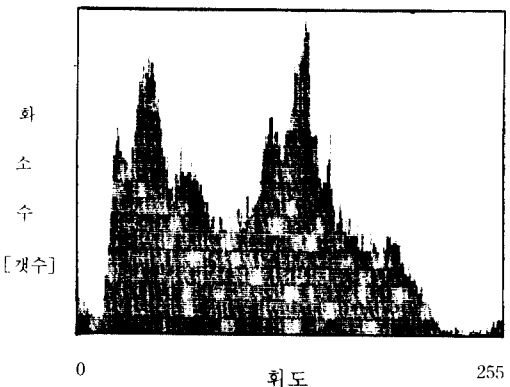


그림 2-1 전형적인 흉곽 X-선 영상의 히스토그램
Fig. 2-1 Typical histogram of chest X-Ray

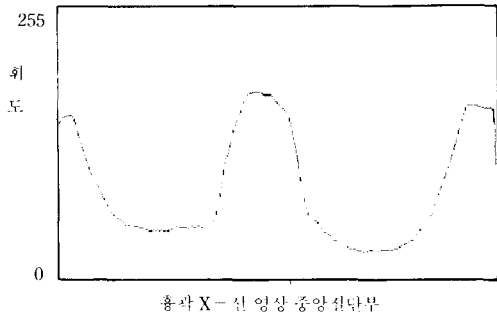


그림 2.2 흉곽 X-선 중앙부 10 line의 gray level 분포도

Fig.2.2 Gray-level distribution of averaged 10 center line in chest X-ray

이러한 흉곽 X-선 영상 중앙부의 10 line 히스토그램의 특성을 바탕으로

- (1) X-선 영상 중앙부의 10 line 각각의 휘도값을 구하여 평균을 취한다.
- (2) 그림 2.2에 나타난 바와 같이 3개의 첨두값과 2개의 첨저값을 구한다.
- (3) 최대 첨두값과 최소 첨두값의 차이가 45이하면(즉 3개의 peak 값이 높으면에서 큰 차이가 없으면)
 - i) 3개의 첨두치의 값을 평균하여 최대 휘도치로 놓고 2개의 첨저치의 값을 평균하여 최소 휘도치를 놓는다.
 - ii) 최대 휘소치와 최소 휘소치를 더한 값을 2/3값을 문턱치로 한다.
- (4) 최대 첨두값과 최소 첨두값의 차이가 45 보다 크면(즉 3개의 peak 값이 높으면에서 차이가 크면)
 - i) 최소 첨두치를 제외한 2개의 첨두치의 값을 평균하여 최대 휘도치로 놓고 2개의 첨저치의 값을 평균하여 최소 휘도치로 놓는다.
 - ii) 최대 휘도치에서 최소 휘도치를 뺀 값의 2/3값을 문턱치로 한다.

3. 허파영역 검출 알고리즘의 설계

3-1 문턱치 결정에 의한 계조도 재조정

계조도 재조정은 흉곽 X-선 영상의 전형적인 특징을 이용하여 영상의 특징적인 부위의 구분을 위한 전처리 과정으로서 영상의 계조도 (gray level)를 문턱값 및 조정범위값에 의해 재 조정함으로써 이루어진다. 이는 이후에 행해질 gradient operator의 효과를 높이기 위한 것이다. 이는 그림 2.1과 같이 흉곽 X-선 영상의 히스토그램 분포가 허파영역과 기타 영역의 뚜렷한 구분을 나타내고 있으며 실제로 그림 2.2 에서와 같이 영상의 중간부의 10line을 평균한 경우 허파의 경계면에서 뚜렷한 변화가 있음을 나타내고 있다.

본 논문에서는 이러한 흉곽 X-선 영상 고유의 특징을 최대한 활용하여 오직 허파영역만을 찾는 것을 목적으로 하기 때문에, 입력영상의 영역구분을 위한 효과적 방법의 한가지로 영상의 영역을 구분하기 위한 문턱치를 결정하고 그 값에서 부터 일정범위를 선택하여 계조도의 변화를 줌으로써 이후에 적용될 처리과정의 효과를 높일 수 있도록 하였다.

$$f(i, j) = \begin{cases} (TH + Length) / TH \times f(i, j) & \text{if } f(i, j) < TH \\ -\frac{HC - (TH + Length)}{HG - TH} \times (f(i, j) - TH) & \text{if } f(i, j) > TH \end{cases} \quad (12)$$

HG : hishest value of gray level

TH : threshold gray level

Length : desired rescaling interval from threshold

이러한 방법을 사용할 경우 관심영역의 영상은 그 원형을 완전히 상실하게 된다. 그러나 이러한 방법은 매우 간편하고 계산과정이 단순하여 흉곽 X-선 영상으로부터 허파영역만을 추출하기에는 다음의 처리 과정인 gradient operator와 함께 다른 방법들 보다 훨씬 간편한 연산의 기초를 제공한다.

3-2 Gradient operator

일반적으로 대개의 영상은 상대적으로 계조도의 변화가 적은 영역과 여러 방향의 계조도의 변화가 뒤섞인 영역으로 구분할 수 있다. 이러한 영상의 특징적 영역들을 구분하기 위하여 여러가지 방법이 사용되는데, 본 논문에서는 이 방법들 중에서 gradient operator인 식 (13)와 같은 Laplacian operator를 사용하였다.

$$g(i, j) \sum f(i, j) = 8f(i, j) - f(i+1, j) - f(i-1, j) - f(i, j-1) - f(i, j+1) - f(i+1, j-1) - f(i-1, j+1) - f(i+1, j+1) - f(i-1, j+1) \quad (13)$$

이 방법은 앞서 처리된 문턱치 결정 및 계조도 재조정 알고리즘을 거친 영상신호에서의 특징적 영역 산출을 위해 경계선 부분을 강조하기 위한 것이다.

3-3 등고선 추적 알고리즘

(1) 계조도의 재조정이 이루어진 후, gradient operator가 적용되면 영상의 경계선 부분이 명확해지고 관심영역 내부에는 외부보다 다양한 gray level을 가진 화소가 존재한다. 따라서 이러한 정보를 바탕으로 어떤 계조도 차에 의한 경계면을 구할 경우 무수히 많은 경계면이 구해지고 또 이 경계면들 중에서 허파영역의 경계면만 따로 추출하는 등 과정이 복잡하고 계산량이 많게 된다. 이러한 계산과정을 간단히 하기 위한 등고선 추적알고리즘을 적용하기 전에 3×3 smoothing필터를 먼저 적용하였다. 이는 등고선 추적 알고리즘 적용시 발생하는 경계선 윤곽선의 갯수를 최소로 만드는 것으로써 작은 영역들의 경계면들이 추출되지 않으므로 허파영역의 구분을 매우 용이하도록 한다.

$$\begin{aligned} & \text{If } f(i, j-1) > \text{TH AND } f(i, j+1) < \text{TH OR} \\ & \quad f(i, j-1) < \text{TH AND } f(i, j+1) > \text{TH OR} \\ & \quad f(i-1, j) > \text{TH AND } f(i+1, j) < \text{TH OR} \\ & \quad f(i-1, j) < \text{TH AND } f(i+1, j) > \text{TH} \\ & \text{then } f(i, j) = 1 \\ & \text{others } f(i, j) = 0 \end{aligned} \quad (14)$$

본 논문에 적용된 등고선 추적 알고리즘은 식(14)에 나타난 바와 같다.

이 알고리즘은 허파영역을 다른 영역과 구분하기 에 매우 유용한 데이터를 제공해 준다. 이 데이터에는 대략적인 허파영역의 윤곽선이 다른 부분의 윤곽선 들과 함께 포함되어 있다 만약 이 데이터에서 허파 영역을 제외한 다른 부분의 윤곽선을 제거시킨다면 원하는, 허파영역만을 구분하는 경계선을 구할 수 있게 된다. 이를 위해 휴리스틱(heuristic)한 선택

알고리즘을 적용한다.

(2) 본 논문에서 제안한 허파영역만의 윤곽선을 추출하는 또 하나의 알고리즘은 계조도의 재조정이 끝난 영상에서, 허파영역 안과 밖에서의 휘도에 따른 영역의 탐색방법이다.

이 알고리즘에서도 일반적인 방법보다는 사전에 이미 알고있은 영상정보에 대한 지식을 충분히 반영 함으로써 탐색의 정확도 및 속도를 향상시킬 수 있도록 하였다. 본 논문에서는 이 두가지 알고리즘에 의한 결과를 비교, 검토하였다.

3-4 허파영역 내부의 검출

앞서 제시한 허파영역 윤곽선 검출 알고리즘을 적용하여 윤곽선을 검출하였을 때 시스템에 허파영역 내부를 인식시킬 필요가 있다. 이러한 이유로 영역 내부만을 찾아 특수한 휘도치(255)로 놓는다.

이 과정이 필요한 또 하나의 이유는 허파영역 내부에 불필요하게 나타나는 여러가지 섬 현상을 제거 할 수 있기 때문이며 이 과정을 통하여 사진 2 (c)에서와 같이 거의 완벽한 허파영역이 나타나게 된다.

3-5 히스토그램 평활화

영상의 휘도치는 불연속 값이므로 다음과 같은 관계에서 히스토그램 평활화(histogram equalization)를 시작한다.¹⁵⁾

$$\Pr(r_k) = n_k/n \quad 0 \leq r_k \leq 255 \quad k=0, 1, \dots, L-1 \quad (15)$$

여기서 L: 휘도치 레벨의 수

$\Pr(r_k)$: 휘도치가 k 인 확률

n_k : 휘도치가 k 인 화소의 갯수

n: 전체 화소의 갯수

이며 S_k 를 다음과 같이 놓는다.

$$S_k = \sum_{j=0}^k \Pr(r_j) \quad 0 \leq r_k \leq 255 \quad k=0, 1, \dots, L-1 \quad (16)$$

k 에 따라 각 S_k 값을 구하고 $\Pr(r_k)$ 값과 비교하여 S_k 값에 가장 근접한 $\Pr(r_k)$ 값을 구하여 $S_k = \Pr(r_k)$ 로 놓는다.

4. 실험 및 결과고찰

4-1 실험시스템의 구성

시스템은 CCD camera와 $256 \times 256 \times 8$ -bit array를 내장한 digitizer를 IBM-PC/AT와 연결하여 구성하였다.

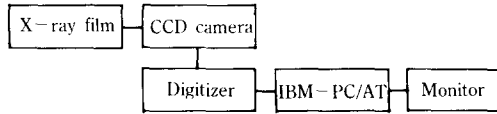


그림 3 실험 시스템의 Block diagram

Fig. 3 Block diagram of experimental system

4-2 계조도의 재조정

계조도를 재조정함에 있어 length를 결정할 때에

(1) Otsu의 문턱치 결정 방법을 이용한 알고리즘에서는 집단간 분산 최대치를 문턱치로 정하고 이를 기준으로 휘도치가 문턱치 보다 큰 부분과 작은 부분에 대하여 각각 집단간 분산 최대치를 구한 후 두 값을 비교하여 큰 값을 length로 취하였다.

(2) 본 논문에서 제안한 알고리즘에서는 최대 첨두값과 최소 첨두값의 차이가 45 이하이면 (첨두치 평균 + 첨저치 평균) $\times 2/3$ 의 값을 문턱치로 하고 최대 첨두값과 최소 첨두값의 차이가 45 보다 크면 (큰 2 개의 첨두치 평균 - 첨저치 평균) $\times 2/3$ 의 값을 문턱치로 하고 첨두치 평균을 length로 취하였다.

본래의 흉곽 X-선 영상과 이 영상에서 제시한 두가지 알고리즘을 적용한 결과는 사진 1 (b), 사진 4.1 (c)와 같다.

4-3 Gradient operator

문턱치 결정 및 계조도 재조정 알고리즘을 거친 영상신호를 gradient operator에 적용하여 사진 1 (d)과 같은 결과를 얻었다.

사진 1 (d)을 보면 본 논문에서 사용한 연산자는 영상의 계조도 분포차이에도 효과적으로 영상의 영역을 구분함을 알 수 있다.

4-4 허파영역 윤곽선 검출

(1) 등고선 추적에 의한 선탐색알고리즘

- i) 먼저, 주어진 영상의 중앙에 한개의 수평선을 택한다 (127번째 선). 우선 택한 기준선의 상단에 대하여 생각하자. 이 선과 만나는 윤곽선의 값을 list에 넣고 각각의 값에 대하여 기준으로 택한 선에 대해 폐곡선을 이루는지를 검색한다.
- ii) 앞서의 검색에서 재구성된 list값 이외의 데이터를 소거한다.
- iii) 기준선 하단에 대하여서는 기준선과 만나는 각 점의 값을 출발점으로 하여 각각 좌우로 일정범위 이내의 값이 수 개 이상 존재할 경우 이점의 시작점까지를 list에 저장하고 끝낸다.
- iv) 각각의 끝점을 직선으로 연결하되 두 값의 크기가 다른 경우 작은 값을 기준으로 수직이 되도록 연결한다. 이때 각각의 선에 대한 추적은 방향 벡터를 구하여 그 방향벡터를 우선으로하여 탐색해나가고, 방향 벡터에 null이 검출되면 양방향의 i, j 를 +1씩 증가시키면서 추적하였다.

(2) 휘도에 따른 허파영역 탐색 알고리즘

계조도 재조정이 끝난 영상에서

- i) 영상의 외곽에서 안쪽으로 휘도값이 0이 아닌 첫 점들을 찾는다.
- ii) 허파영역 사이에 한 line을 기준으로 상하 방향으로 휘도값이 0이 아닌 첫 점들을 찾는다.
- iii) 허파영역을 세로로 가르는 한 line을 기준으로 상하 방향으로 휘도값이 0인 첫 점들을 찾는다.
- iv) 허파영역을 가로로 가르는 한 line을 기준으로 좌우 방향으로 휘도값이 0인 첫 점들을 찾는다.
- v) 찾은 모든 점들을 휘도값 최대휘도치 255로 나타낸다.

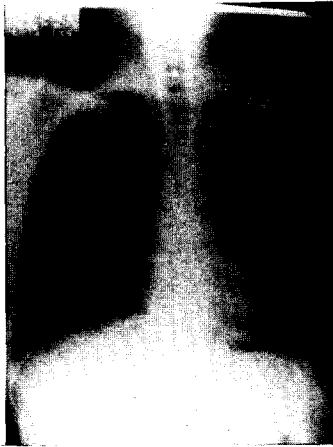
이 방법은 주어진 영상에 대한 사전지식이 최대한 반영된 알고리즘으로서 허파영역의 윤곽선을 다른 것들로 부터 구분해낸다.

계조도 재조정이 끝난 동일한 영상에 제안한 두가지 알고리즘을 적용한 결과는 사진 2 (a), 사진 2 (b)와 같다.

4-5 허파영역 내부의 검출

윤곽선 검출이 끝난 영상에서

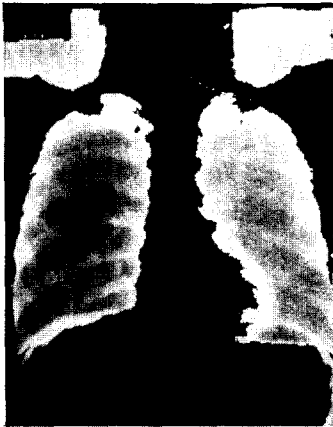
- (1) 영상의 상단 1 line을 기준으로 중앙 line(128)



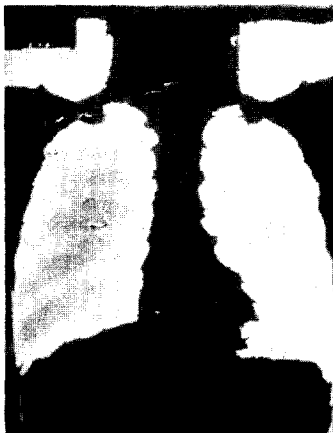
(a)



(d)



(b)



(c)

사진1 허파의 윤곽선 검출에 관한 전처리과정의 영상

- (a) 본래의 영상
- (b) Otsu의 문턱치 결정방법에 의한 계조도 재조정을 한 영상
- (c) 본 논문에서 제시한 문턱치 결정방법에 의한 계조도 재조정을 한 영상
- (d) Laplacian operator로 처리된 영상

Photo.1 Preprocessed images related to lung boundary detection

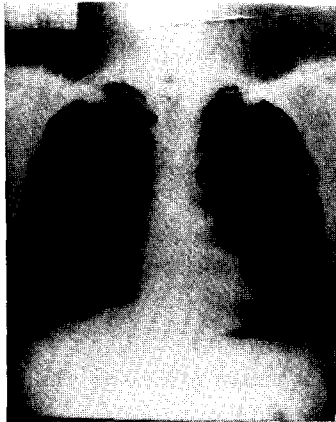
- (a) Original image
- (b) The image obtained by Otsu's threshold choice method
- (c) The image obtained by proposed threshold choice method
- (d) The image processed by Laplacian operator

까지 y방향으로 방향 벡터 j를 1 씩 증가시키면서 휘도치가 255 인 점을 찾는다.

- (2) 구한 첫 점을 기준으로 점 사이의 간격이 10 이상인 점을 찾아 두 점 사이를 모두 255로 놓는다.
- (3) x방향 벡터 i를 1 씩 증가시키면서 위의 과정을 계속한다.
- (4) 영상의 하단 1 line를 기준으로 중앙 line(128)



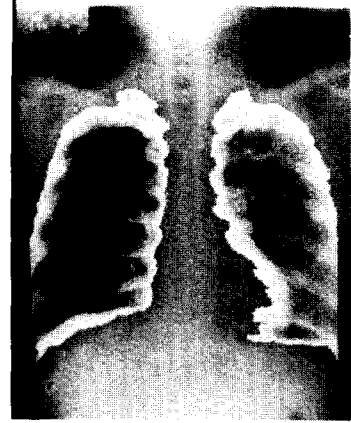
(a)



(b)



(c)



(d)

사진 2 검출된 허파의 윤곽선 영상 및 영역 내부를 히스토그램 평활화한 영상

- (a) 신타색알고리즘을 적용한 윤곽선 영상
- (b) 휘도에 따른 허파영역 탐색 알고리즘을 적용한 윤곽선 영상
- (c) 허파 영역 내부를 나타낸 영상
- (d) 허파 영역 내부만을 히스토그램 평활화한 영상

Photo.2 Images of the detected lung boundary and the histogram equalized lung region

- (a) The image processed by contour following algorithm
- (b) The image processed by lung region searching algorithm with gray level
- (c) The image that represented inner lung region
- (d) The image that histogram equalize in-

까지 y방향으로 방향벡터 j 를 1 씩 감소시키면서 255 인 점을 찾아 (1)~(3)의 과정을 반복한다. 이 알고리즘을 적용한 결과는 사진 2 (c)와 같다.

4-6 히스토그램 평활화

앞서 제시한 히스토그램 평활화 알고리즘에 따라 흉곽X-선 영상의 허파 영역만을 적용시킨 결과가 사진 2 (d)에 나타나 있다.

사진 2 (d) 와 같은 결과로 부터 허파영역만을 히스토그램 평활화한 영상이 훨씬 밝고 선명함을 알 수 있으며 허파영역만을 추출하여 영상처리를 하면 흉곽영상 전체를 영상처리하는 것보다 좋은 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

4-7 알고리즘의 흐름도

본 논문의 알고리즘에 대한 흐름도는 그림 4, 그

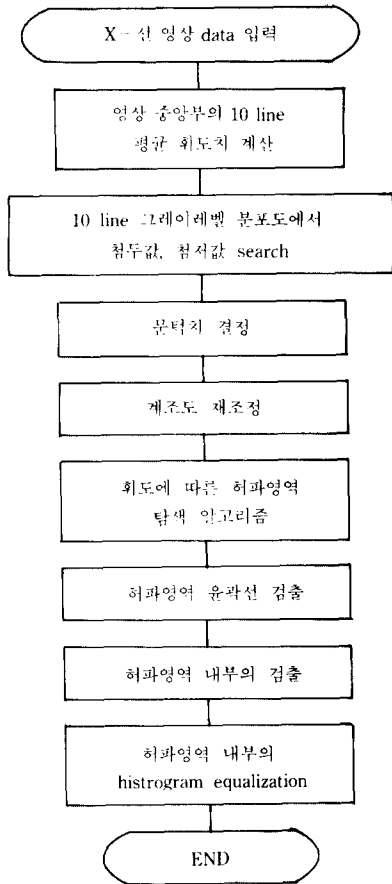


그림 4 X-선 영상 10 line 평균에 의한 문턱치 설정 방법과 휘도에 따른 허파 영역 탐색 방법에 의한 허파 영역 검출 알고리즘

Fig .4 An algorithm for the detection of lung region algorithm by means of threshold choice method by averaged ten center lines and chest region search method by gray level

림 5와 같다.

4-8 결과고찰

일반적으로 영상정보처리에서 입수된 영상정보에

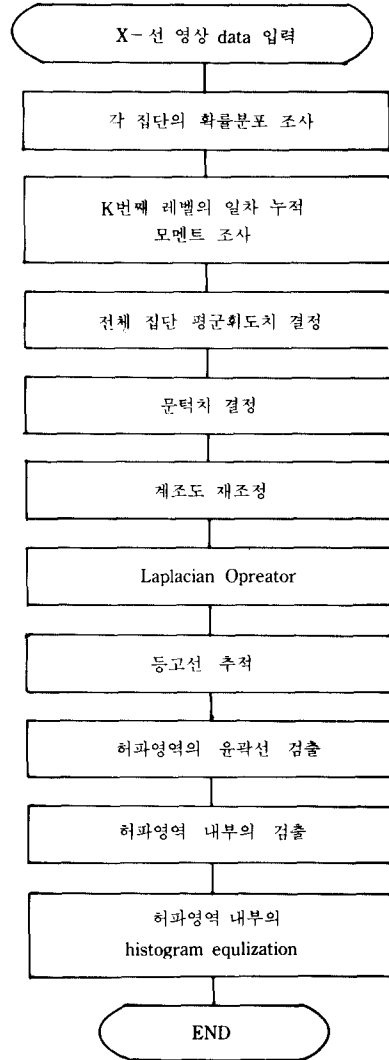


그림 5 집단간 분산 최대치로의 문턱치 설정 방법과 선탐색 방법에 의한 허파영역 검출 알고리즘

Fig .5 An algorithm for the detection of lung region by means of threshold choice method by maximum value of the between-class variance and contour following method.

대한 사전지식은 대단히 중요한 문제 해결의 열쇠라 할 수 있다. 이는 처리하고자 하는 영상의 기본 패턴 및 영상에 대한 객관적인 자료를 바탕으로, 이를 검출하기 위한 최적의 전용 알고리즘 개발이 가능하기 때문이다. 이러한 접근방식을 바탕으로 관심영역의 경계선을 우선 빠른 방법으로 구하고 이 경계영역 내에서만 각종 필요한 전처리를 실시함으로써 얻고자 하는 영상정보의 질을 훨씬 향상시킬 수 있게 된다.

따라서 진단에 필요한 전처리 과정의 비용을 최대한 절감하게 되고 허파영역에서만 각종 전처리가 되어서므로 진단의 수준을 훨씬 향상시킬 수 있게 된다.

본 논문에서 제안된 흉곽 X-선 영상에서 허파영역의 경계선을 구하는 알고리즘을 두 가지 X-선 영상 데이터 그룹에 적용하여 실험하였다. 하나는 10장의 정상적인 데이터이고 다른 하나는 10장의 환자들의 영상 및 계조도가 좋지 않은 데이터이다.

본 연구의 목적은, 가능한한 빨리 흉곽 X-선 영상에서 허파영역만을 추출하여 그 부분의 정보만으로 영상을 개선함으로써 보다 효과적으로 진단에 도움을 주는 것이다. 이러한 관점에서 전체적인 알고리즘의 구성이 간편하고 계산시간이 짧아 실용성 면에서 다른 방법 보다 우수하였다.

첫번째 단계에서, 문턱치와 길이가 적절하게 선택되어야 하는데 이 값은 최초로 대상필림의 촬영조건이 같다면 한번 선택하면 계속 적용될 수 있다. 만약 이러한 조건이 변경되면 다시 적절한 값을 구해야 한다. 그러므로 이 문턱치의 결정을 자동으로 할 수 있도록 앞서 알고리즘을 제시하였다.

이 과정에서 Otsu가 제안한 방법과 본 논문에서 제안한 방법의 결과를 비교해 볼 때 영상 자체에는 차이가 없었으며 알고리즘의 복잡성과 처리시간면에서는 본 논문에서 제안한 문턱치 결정방법이 우수하였다.

이 과정과 Laplacian operator에 의한 결과로 대체로 다른 경계 검출 알고리즘에 의한 것 보다 잘 분리된 영상을 얻을 수 있었다. 물론 사진 1 (b), 사진 2 (c)에서와 같이 원영상의 데이터는 심하게 변형되지만 본 논문에서는 고려하지 않는다. 이는 본 논

문에서 최종적으로 구한 허파영역 경계선 값을 다시 본래의 영상 데이터에 합하여 줌으로써 또 다른 각종 영상처리 및 패턴인식 알고리즘 적용을 위한 허파영역이 구분된 데이터를 제공하는 것이기 때문이다. 사진 2 (a), 사진 2 (b)에서와 같은 실험결과를 얻었으며 이는 본 논문에서 제안한 알고리즘이 허파의 경계선 및 영역을 검출하는데 적합함을 보여주고 있다.

그리고 사진 2 (d)에서 처럼 허파영역만을 추출하여 여러가지 영상개선을 하면 보다 효과적인 영상을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 흉부방사선 영상을 전체적으로 개선하여 필요한 부분을 구분하는 이전의 방법과는 달리 먼저 흉부방사선 영상에서 허파영역을 검출하여 검출된 영상만을 개선하기 위한 허파영역 검출 알고리즘을 제시하였다.

본 논문에서 제안한 흉곽 X-선 영상에서의 허파영역 경계선 검출을 위한 알고리즘은 그 구성이 간단하고 계산과정이 단순하였다. 그리고 각 변수의 값이 자동적으로 선택되도록 하였으므로 전 과정에서 사람의 참여를 배제한 자동진단의 가능성을 제시하였다. 문턱치의 결정에 있어서, x-선 영상 중앙부의 10 line 평균에 의한 방법에 의해 Otsu 가 제안한 방법의 문제점이라고 할 수 있는 복잡성을 배제하고 알고리즘을 단순화 시킬 수 있었다. 또한 문턱치 결정에 따른 계조도 재조정을 한 영상을 등고선 추적 방법과 휘도치 추적방법을 사용하여 허파의 경계선을 얻었으며 허파영역 이외의 변수들의 영향을 배제하였기 때문에 효과적인 결과를 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) Hall, E. L., et al "Computer classification of pneumoconiosis from radiographs of coal worker," IEEE Trans. Biomed. Eng., BME-22, pp. 518-527, 1975
- 2) J. R. Jagoe and K. A. Paton, "Measurement of

- Pneumoconiosis by computer," IEEE Trans. Comput. Vol. C-25, pp. 95-97, 1976
- 3) A. M. Savol, C. C. Li and R. J. Hoy, "Computer-aided recognition of small rounded Pneumoconiosis opacities in Chest X-Rays", IEEE Trans. on PAMI, Vol. PAMI-2, No. 5, pp. 479-482, 1980
 - 4) J. I. Toriwaki, et al, "Pattern recognition of chest X-Ray images," Comput Graphics and Image Processing, Vol. 2, pp. 252-271. 1973
 - 5) J. R. Jagoe, "Gradient pattern coding-an application to the measurement of pneumoconiosis in chest X-rays," Comput. Biomed. Res. Vol. 12, pp. 1-15, 1979.
 - 6) Y. P. Chien and K. S. Fu, "Recognition of X-ray picture patterns," IEEE Trans. on SMC, Vol. SMC-4, No.2, pp.145-156, 1974.
 - 7) D. H. Ballard and J. Sklansky, "A ladder-structured decision tree for recognizing tumors in chest radiographs," IEEE Trans. on Comput. Vol. C-25, No.5, pp. 503-513, 1976.
 - 8) W. A. Perkins, "Area segmentation of images using edge points," IEEE trans. on PAMI, Vol. PAMI-2, No.1, pp. 8-15, 1980.
 - 9) A. Rosenfeld, "Image pattern recognition," Proc. of IEEE, Vol. 69, No. 5, pp. 596-605, 1981
 - 10) I. Biederman, "Human image understanding : Recent research and a Theory," Comput. Vision, Graphics, and Image Processing, Vol. 32, pp. 29-73, 1985
 - 11) J. S. Weszka, R. N. Nagel and A. Rosenfeld, "A threshold selection technique," IEEE Trans. Comput, vol. C-23, pp. 1322-1326, 1974
 - 12) S. Watenave and CYBEST Group, "An automated apparatus for cancer Prescreening : CYBEST," Comp. Graph. Image Process, vol. 3, pp. 350-358, 1974
 - 13) C. K. Chow and T. Kaneko, "Automatic boundary detection of the left ventricle from cineangiograms," Comput. Biomed. Res, vol. 5, pp. 388-410, 1972
 - 14) Nobuyuki Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," IEEE Trans. vol. SMC-9, pp. 62-66, 1979
 - 15) Refael C. Gonzalez : Digital image processing, Addison-wesley publishing company, pp. 144-158, 1987
 - 16) Yong-Man Kim, Gook-Hyeun Chang, and Myoung-Ho Lee, "An automatic threshold selection method for the detection of lung boundary X-rays," 89KJJC-MBE, pp. 39-42, 1989
 - 17) 김용만, 정기삼, 홍재우, 박래홍, 이명호, "흉곽 X-선 영상의 허파영역 검출 알고리즘에 관한 연구" 전자공학회 하계종합학술대회 논문집, 제 12권 제1호 1989
 - 18) Yong-Man Kim, Gook-Hyeun Chang and Myoung-Ho Lee, "A new algorithm for detection of lung boundary," IEEE/EMBS 11th Annual International Conference, Seattle(U. S. A.), November, 1989.