

디지털 영상처리 기법에 의한

심-흉-곽-계-수-측정

\* \* \* \* \*  
 유동주 김홍오 허웅 홍승홍  
 \*: 명지대 전자공학과 \*\*: 인하대 전자공학과

A measurement of Cardio thoracic ratio by Digital Image processing

Yoo, Dong Joo, Kim, Hong ho, Huh, Woong, Hong, Seung Hong  
 \*: Myung Ji University, \*\*: InHa University

ABSTRACT

This paper describes the automatic recognition technique for heart enlargement diagnosis with the chest X-ray films enhanced by digital image processing. The technique measures a maximum transverse of the diaphragm and a maximum transverse of the heart by means of direction signature algorithms, then calculates the desired ratio of these two measured values. This is often referred to a cardiothoracic ratio which gives as useful clue for heart enlargement symptom. The experiment results in this paper show presented method is more efficient than the manual diagnosis method of the symptom.

제 1 장 서론

의용 영상처리는 방사선 및 초음파 영상에 대한 시각판단 능력을 향상시키기 위하여 영상을 디지털 신호로 변환하여 적절한 신호 처리를 함으로써 인간이 보다 쉽게 인식하도록 하는데 그 목적이 있다. [1]

의공학 분야에서의 디지털 영상처리 기술은 1970년 후반부터 방사선 진단(x-ray radiology)뿐만 아니라 CT(computer tomography), NMR(nuclear magnetic resonance), DAS(digital subtraction angiography)등에 이용되어 왔다.

일반적인 흉부 X-선은 늑골, 작은 폐혈관, 폐조직은 복잡한 형태를 나타내며 횡격막 하부에는 폐조직과 혈관을 포함하는 부분으로 윤곽이 뚜렷하게 나타나지 않는다. [2]

흉부 X-선 영상에 능동적변환, 지역통과, 고역폭과, 소벨연산자와 로버트 그래디언트 연산자들의 영상처리 기법을 적용하여 각 영상처리 결과를 검토한 후 심장윤곽 추출에 필요한 제반처리 기법을 결정하고, 저리한 흉부 X-선에서 심장비대증에 대한 특징추출을 하기위한 수평방향 기호와 수직방향 기호의 방향기호 알고리즘을 사용하였다.

수평방향 기호는 흉부 X-선의 어깨라인부터 주사하여 횡격막 끝까지 수직방향으로 합하여 심장 길이와 횡격막 길이를 구하고, 수직방향 기호는 흉부 X-선 영상을 수평방향으로 합하여 심장의 윗부분과 아랫부분을 구하는 방법이다. [3] - [5]

이 방향기호를 이용하여 심흉곽계수 (cardio-thoracic ratio)를 계산하였다.

제 2 장 방향기호 알고리즘

흉부 X-선 영상에 대한 특징 추출에는 여러가지 방법이 있는데 이것은 크게 주파수영역과 공간영역으로 분류할 수 있다. 공간 영역 기법으로는 방향 기호(direction signature)와 윤곽 추적 기법이 있다.

본 연구에서는 방향기호 알고리즘으로 수평방향 기호와 수직방향 기호 알고리즘을 사용한다. 수평방향 기호는 흉부 X-선의 어깨 라인부터 횡격막 끝까지 수직방향으로의 각 화소의 계조도를 합하여 X좌표에 따른 영상의 히스토그램과 같다. 여기에서 심장의 길이와 횡격막의 길이를 구할 수 있고, 수직방향 기

호는 X-선 영상을 수평 라인으로 합하여 구한다.

심장의 길이와 횡격막의 길이는 수평, 수직방향 기호를 사용하여 다음과 같은 지표를 설정하여 사용한다.

1. 횡격막의 왼쪽 경계위치 (LEH : left edge position of diaphragm)
2. 심장의 왼쪽 경계위치 (LEH : left edge position of heart)
3. 심장범위의 최대크기위치 (MVH : maximum value position of heart extent)
4. 심장의 오른쪽 경계위치 (REH : right edge position of heart)
5. 횡격막의 오른쪽의 경계위치 (RED : right edge position of diaphragm)
6. 심장의 최대 직경 (MDH : maximum transverse diameter of heart)
7. 횡격막 최대 직경 (MDD : maximum transverse diameter of diaphragm)
8. 심흉곽 계수 (CTR : cardio-thoracic ratio)
9. 심장의 윗부분 (TOH : top of heart)
10. 심장의 아랫부분 (BOH : bottom of heart)

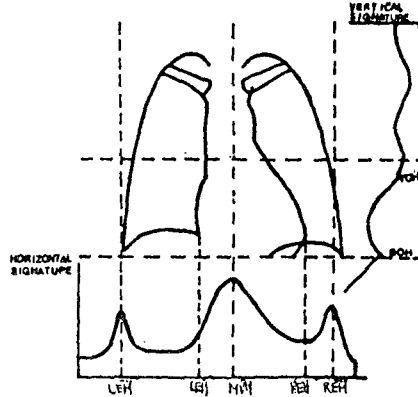


그림 1 흉부 X-선에 대한 방향기호 측정방법  
 Fig. 1 Directional signature measurement method for chest X-ray

2 - 1 수평, 수직방향기호 추출

2 - 1 - 1 수평방향 기호

흉부 X-선 영상을 그림 2와 같이 좌측상단에서 수직방향으로 합하는 방법으로 수평축 X에 대한 정보를 사용하여 심장 과 횡격막 길이를 구하는데 사용된다.

합수  $I(X, Y)$ 를 2차원 영상에서 나타내면 다음과 같다.

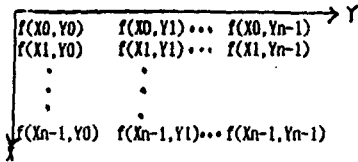


그림 2 방향기호 계산 방법  
Fig. 2 The method calculation of directional signature

윗 그림 2를 수식으로 나타내면 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 Px_0 &= f(X_0, Y_0) + f(X_0, Y_1) + \dots + f(X_0, Y_{n-1}) \\
 Px_1 &= f(X_1, Y_0) + f(X_1, Y_1) + \dots + f(X_1, Y_{n-1}) \\
 &\vdots \\
 Px_{n-1} &= f(X_{n-1}, Y_0) + f(X_{n-1}, Y_1) + \dots + f(X_{n-1}, Y_{n-1})
 \end{aligned} \quad \dots (1)$$

여기서,  $Px_{n-1}$ 는 수평축 X에 대하여  $Y_0 - Y_{n-1}$ 의 위치에 대한 수직합을 의미하며, 그림3은 흉부 X-선에서 수평방향 기호를 나타낸 것이다.

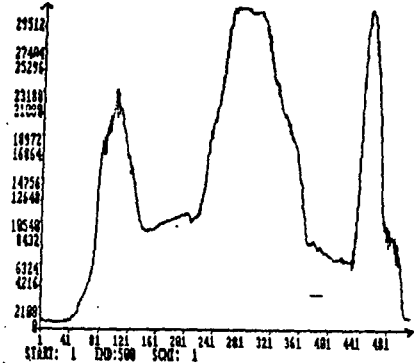


그림 3 흉부 X-선의 수평방향 기호  
Fig. 3 The horizontal direction signature of chest x-ray

### 2-1-2 수직방향 기호

수직방향 기호는 그림 2와 같이 좌측상단에서 우측으로 합한 신호를 말하며, 흉부 X-선 영상에서 심장의 윗부분과 아랫부분을 구하는데 사용한다. 수직방향 기호를 수식으로 나타내면 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned}
 Py_0 &= f(X_0, Y_0) + f(X_1, Y_0) + \dots + f(X_{n-1}, Y_0) \\
 Py_1 &= f(X_0, Y_1) + f(X_1, Y_1) + \dots + f(X_{n-1}, Y_1) \\
 &\vdots \\
 Py_{n-1} &= f(X_0, Y_{n-1}) + f(X_1, Y_{n-1}) + \dots + f(X_{n-1}, Y_{n-1})
 \end{aligned} \quad \dots (2)$$

여기서,  $Py_{n-1}$ 는 수직축 Y에 대하여  $X_0 - X_{n-1}$ 의 위치에 대한 수평합을 의미하며 그림 4는 흉부 X-선에서 수직방향 기호이다.

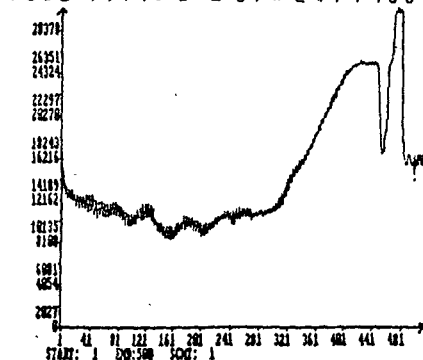


그림 4 흉부 X-선의 수직방향 신호  
Fig. 4 The vertical direction signature of chest x-ray.

### 2-2 심장 최대거리 추출

심장 최대 직경을 추출하기 위하여, 영상개선한 데이터를 읽어서 수평, 수직 방향신호를 이용하여 심장에서 오른쪽 최대거리와 왼쪽 최대거리를 추출하는 알고리즘은 다음과 같은 순서로 이루어진다.

1. 수직 방향에서 구한 심장의 윗부분 라인의 0 - 511사이의 좌표중 255 좌표를 중심점으로 선택한다.
2. 이 중심점에서 왼쪽방향으로 1화소씩 이동시키면서 임계치보다 작을때의 심장 왼쪽 경계점을 찾은다음, 오른쪽 방향으로 1화소씩 이동시키면서 임계치 보다 작은 심장 오른쪽 경계점 좌표를 찾는다.
3. 오른쪽 경계치좌표와 중심점거리와 왼쪽 경계치좌표와 중심점 거리를 합하여 심장의 윗라인에서 중심점을 찾는다.
4. 3항에서 구한 심장 윗라인의 중심점에서 심장 아랫라인까지 조사하면서 오른쪽과 왼쪽의 최대 경계점 거리를 추출하여 심장 최대직경을 구한다.

그림 5는 심장의 경계점을 찾는 흐름도이다.

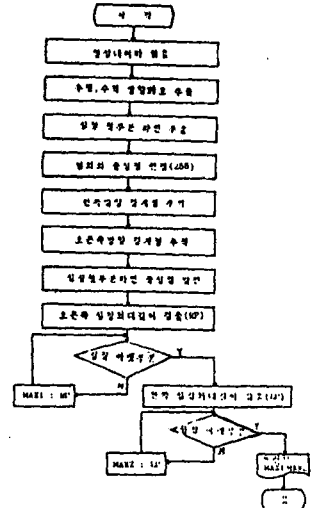


그림 5 심장의 오른쪽과 왼쪽경계추출 흐름도  
Fig. 5 The flow chart of heart's edge extraction

### 2-3 횡격막 최대거리 추출

수평방향 기호에서 심장범위의 최대크기 좌표(MVH)를 찾은 후에 횡격막의 오른쪽과 왼쪽의 경계점을 찾았다. 이러한 방향 기호를 이용한 알고리즘의 순서는 다음과 같다.

1. 수평방향 기호에서 심장범위에서 가장 큰값을 갖는 좌표치를  $MVH1$ 으로 선택한다.
2. 이 선택된  $MVH1$ 를 중심에서 좌, 우로 10화소씩 증가시킨다. 증가시킨 좌표를 LP(left point), CP(center point), RP(right point)라 하고, 이들 간격간의 좌표를 1차 미분한 기울기의 값을 증가하면 +1, 불변이면 0, 감소하면 -1,로 하였다.
3. 흉부 X-선 수평방향 기호에서 1차 미분할때, 좌표들이 큰 세할 수 있는 기울기를 4가지로 구분한다.

좌표	L'	C'	R'	MVH
기울기	0	0	0	(L'+R')/2
	+1	+1	-1	(C'+R')/2
	+1	+1	-1	(L'+C')/2

- 3행외의 기울기의 형태로 나타내면, LP-10 에서 RP+10 사이에서 최대치를 MVH로 한다.
- 일반적인 경우 횡격막의 오른쪽과 왼쪽범위는 MVH보다 +100 간격을 넘는다.
- 수평방향 기호에서 수평좌표의 0 부터 (MVH-100)사이에서 최대값이 되는 좌표가 오른쪽 횡격막 경계점 좌표이고, (MVH+100)에서 좌표차 512사이에서 최대값을 갖는 좌표가 왼쪽 횡격막 경계점 좌표를 나타낸다.
- 6행에서 구한 오른쪽과 왼쪽 횡격막 경계점 거리를 합하여 횡격막 최대거리를 추출한다.

그림 6은 횡격막의 오른쪽과 왼쪽 경계위치를 구하는 흐름도이다.

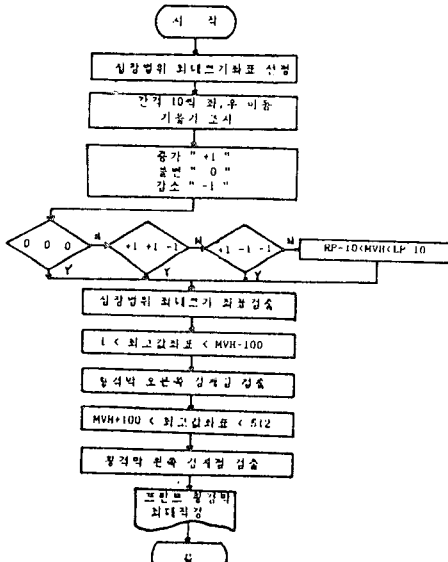


그림 6 횡격막의 오른쪽과 왼쪽 경계 추출 흐름도  
Fig. 6 The flow chart of diagram's edge extraction

이상과 같이 구한 좌표값을 식(3), 식(4), 식(5)를 사용하여 심장의 최대길이(MVH)와 횡격막의 최대길이(MDD)를 계산하여 심흉곽 계수(CTR)를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 MDH &= LEH - REH && \text{---- (3)} \\
 MDF &= LED - RED && \text{---- (4)} \\
 CTR(\%) &= (MDH/MDD) * 100 && \text{---- (5)}
 \end{aligned}$$

### 제 3 장 실험 및 고찰

#### 3 - 1 실험 시스템 구성

그림 7은 흉부 X-선 영상 처리를 하기 위한 전체의 블럭 다이어그램을 나타내며, 영상 데이터를 획득, 처리, 저장 및 표시하기 위한 시스템으로 입력부, 처리 및 제어부, 표시부로 구성되어 있다.

입력부는 CCTV 카메라로 구성되어 있으며 입력은 흉부 X-선 필름을 사용하여 70cm 간격 촬영실에서 512x512 화소, 각점 8비트의 디지털 농담지 영상으로 변환되어 입력된다.

처리 및 제어부는 pvision plus 디지털타이저와 IBM-PC/XT로 구성되어 전시스템을 제어하고 영상 처리기에 수행 명령을 지시한다.

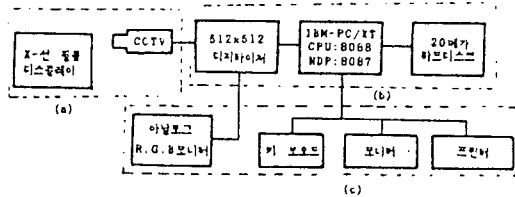


그림 7 전체 영상 처리 시스템  
Fig. 7 Whole image processing diagram  
(a) 입력부  
(b) 처리 및 제어부  
(c) 표시부

또한 영상 처리기에 저장된 데이터를 획득한후 이 데이터에 대하여 알고리즘의 일부분을 처리한다. IBM-PC/XT는 8087 수치코프로세서와 640 키로 바이트의 주메모리, 20메가 바이트 하드디스크, 2개의 플로피 디스크로 구성된다. 표시부는 RGB 컬러 모니터, 라인 프린터 등으로 구성된다.

#### 3 - 2 실험 및 결과

흉부 X-선 영상에 대한 전처리 과정으로 대수 변환, 2진 영상, 지역봉과, 고역봉과, 소벨, 로버트 그래디언트 연산자등의 처리한 결과, 그림 8과 같은 심장의 윤곽부분과 횡격막의 경계부위를 명확하게 검출할 수 있는 로버트 그래디언트 연산자를 사용하였다.

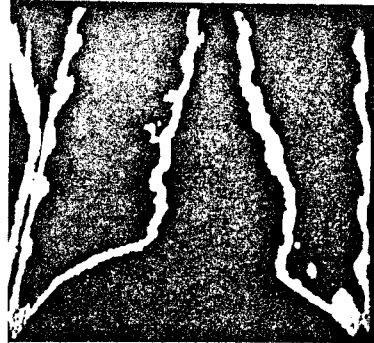


그림 8 로버트 그래디언트 연산자적용 결과  
Fig. 8 The result of robert gradient operator

그리고 방향기호 알고리즘을 사용하여 부위에 대한 위치를 찾아서 각 최소당 길이를 1로 하여 심장의 길이와 횡격막의 길이를 계산하였다.

표 1은 7 명의 흉부 X-선에서 얻은 각 부위의 좌표치와 심흉곽 계수(CTR)를 나타낸다.

표 1 심흉곽 계수

Table 1 Cardio-thoracic ratio coefficients

	LEM	LEH	MVH	REH	REM	MDH	MDD	CTR
DATA 1	100	221	268	367	456	146	356	41.2
DATA 2	101	205	255	376	449	171	346	49.1
DATA 3	72	205	249	373	445	166	373	45.0
DATA 4	91	223	271	401	440	178	349	51.0
DATA 5	51	202	257	356	454	166	403	41.2
DATA 6	84	227	258	377	441	150	357	42.0
DATA 7	77	206	260	370	468	164	391	41.9

표 2는 흉부 X-선 필름에서의 심장의 길이와 횡격막 길이를 시각적으로 측정한 심흉곽 계수(CTR)와 본 알고리즘에서 구한 심흉곽 계수를 비교한 표이다. 여기서 D는 CTRI와 CTR의 차를 나타내고 SV는 CTRI와 CTR의 차에 대한 평균을 나타낸다.

표 2 CTR 과 CTRI 의 차에 대한 평균  
Table 2 Mean value for CTR - CTRI

	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
CTRI	41.5	49.5	47.2	51.8	46.7	40.0	42.4
CTR	41.2	49.1	45.0	51.0	41.2	42.0	41.9
D	0.3	0.4	2.2	0.8	5.5	2.0	0.5
SV	1.76						

측정한 심흉곽 계수는 정상인과 심장비대증 환자를 구분할 수가 있는데, 일반적인 정상 성인의 심흉곽 계수는 35 - 50%로 그 평균은 45%이다. 위와 같은 이론에 근거를 두고 판단한 결과 50%가 넘는 경우는 DATA 4 이고, 나머지는 정상으로 판단되었다.

#### 제 4 장 결 론

본 연구에서는 흉부 X-선 영상에 대한 디지털 영상처리 기법의 적용과 자동 진단 컴퓨터 시스템의 구성으로 심장 비대증을 인식하는 방법으로서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 심장의 경계점과 횡격막 경계점을 방향기호 알고리즘을 이용하여 효율적으로 추출할 수 있었다.
2. 흉부 X-선 필름에서 시각적인 방법으로 구한 심흉곽계수와 방향기호 알고리즘으로 구한 심흉곽 계수 값에 대한 표준편차는 1.76을 얻을 수 있었다.
3. 이 방향기호 알고리즘을 사용하여 정상인과 심장비대증 환자를 분류하는데 효율적인 방법으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 유선국, 이건기, 백남길, 김현기 "실시간 의학 영상 처리에 관한 연구" 의공학회지, vol. 8, No. 2, Dec, pp. 117-121, 1988
- [2] 이세현, 조병길 외 4명 "적용알고리즘에 의한 흉부방사선 영상의 극부 대조도 개선" 의공학회지, vol. 9, No. 1, July, pp. 61-66, 1988

- [3] Dale A. Ausherman, Samuel J. Dwyer, Gwilym S. Lodwick "Extraction of Connected Edges from knee Radiographs" IEEE Trans. Computers, vol. c-21, 1972, pp. 753-758, 1972
- [4] Ernest L. Hall, Richard P. Kruger "A Survey of Preprocessing and Feature Extraction Techniques for Radiographic Images" IEEE Trans. Comput., vol. c-20, pp. 1032-1044, Sept, 1971
- [5] H.O. Becker, W.J. Nttleton, "Digital Computer Determination of a Medical Diagnostic Index Directly from Chest X-Ray Images" IEEE Trans. BME-11, pp. 67-72, 1964
- [6] Rafael C. Gonzalez, Paul Wintz "Digital Image Processing" Addison-Wesley, 1987
- [7] Ernest L. Hall "Computer Image Pressing and Recognition" Hall, 1979
- [8] Charles A. Harlow, Sharron, A. Eisenbeis "The analysis of radiographic images" IEEE Trans. computer vol. c-22, No. 7, pp. 678-689, July, 1973
- [9] Azriel Rosenfeld and Avinash C. Kak "Digital Picture Processing" academic press, 1982
- [10] Jun-ichiro Torwaki et. al. "Pattern Recognition of Chest X-Ray Images" computer graphics and image processing, vol. 2, pp. 252-271, 1973
- [11] 長谷用純, 福村晃夫, 胸部X線写真データベースのためのスケッチ画像の作成と利用, 日本電子通信学会誌 '82. 9 Vol. J65-D No. 9