

피라미드 영상과 퍼지 이론을 이용한 흉부 혈관 성분의 검출에 관한 연구

* ** ** *,***
황 준현, 임 정기, 한 만청, 민 병구
* *** **
서울의대 의공학교실, 의공학 연구소, 서울의대 방사선학 교실

A Study on Algorithm of Pulmonary Blood Vessel Search Using Pyramid Images and Fuzzy Theo

* ** ** *,***
Jun Heoun Hwang, Jung_Gi Im, Han Cheong Han, Byoung Goo Min

* *** **
Dept.of BioMed.Eng.,College of Med.,SNU. Inst.of Biomed.Eng., College of Med.,SNU. Dept.of Radiology,College of Med.,SNU.

Abstract

The detection of pulmonary blood vessels is very difficult owing to their complex tree structures and different widths. In this paper, We propose a new detection algorithm. The motivation of this algorithm is that Man is the best detector. So, this algorithm is developed to imitate the human searching process. To realize it, the algorithm consist of two components. One is Pyramid Images whose one pixel is median value of four pixels of the previous low level. Searching gradually from high level to low level, We concentrate on global and main information of structure at the first. Then based on it, We search the detailed data in low level. The other is fuzzy logic which makes it easy to convert searching process expressed as human language into numeric multi_value. This algorithm shows speedy and robust results. But the more study on both human searching process and the detection of small part is needed.

1. 서론

많은 질병의 기초적 진단에 이용되고 있는 흉부 X 선 영상에서 병변인 노동을 판독하고자 할 때 정상 구조인 혈관 및 늑골이 판독에 영향을 주어 노동을 발견하지

못하게 하거나 잘못 노들로 판정하게 하는 등 오독율을 증가시킨다. 따라서 이러한 성분을 검출하여 제거하거나 효과적으로 표현해주면 판독에 도움을 줄 수 있을 것이다. 늑골의 경우 비교적 형태가 단순하므로 검출하는 방법이 많이 연구되어 있으나 흉부 혈관은 그렇지 못하다. 이는 구조의 복잡성 때문인데 다른 여타 혈관과 달리 흉부 혈관은 그물처럼 서로 얽혀져 있고, 처음엔 매우 굵으나 외곽으로 갈수록 점차 가늘어지며 특히 분기점에서 그 굵기 변화가 심하기 때문에 검출에 어려움이 있다. 막막에 있는 혈관같은 굵기 변화가 적고 노이즈가 적은 혈관에 대하여는 정합 필터나 어댑티브 트래킹 알고리즘을 이용하여 찾아가는 방법이 있으나 흉부 혈관에는 적합하지 못하다. 따라서 이러한 흉부 혈관을 효과적으로 검출하기 위한 알고리즘을 설계하였다.

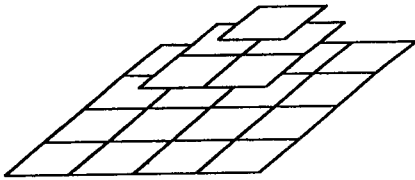
지금까지 원하는 대상을 인식하고자 하는 많은 방법들이 개발되었으나 아직 사람이 인식하는 정도에 미치지 못하고 있다. 이는 여러가지 이유가 있겠지만 무엇보다 대상을 인식하는 과정이나 방법이 사람과 다르기 때문이다. 그래서 사람이 대상을 인식하는 과정을 근사적으로 모방함으로써 문제를 해결하고자 하였다.

사람은 먼저 총체적이거나 가장 중심적인 정보를 적은 시간에 대충 인식하고, 이를 토대로 세밀한 부분에 많은 시간을 할당하는 등 정보의 취급 순서와 주의 시간에 차등을 두어 대상을 인식한다는 가정을 세우고 이를 위해 피라미드 영상을 구성하였다. 피라미드 영상이라함은

원래의 영상을 점차 압축하여 여러개의 영상을 만든 것이다. [그림 3] 그리고 사람이 판단하는 규칙을 언어적으로 표현하고 이를 실현하기 위해 언어적인 개념을 수치값으로 전환하기에 가장 적합한 퍼지 집합 이론을 이용하였다.

II. 피라미드 영상

피라미드 영상은 하위 레벨의 2 x 2 포인트를 그 상위 레벨의 1 포인트로 할당하는 것으로 본 실험에서는 X 선 촬영한 혈관 조영제 영상을 카메라로 디지털화한 256 x 256 영상을 가지고 128 x 128, 64 x 64, 32 x 32 로 압축하여 하나의 영상 시퀀스를 구성하였다. [그림 2 참조]



(그림 1) 피라미드 영상의 구성 과정

한 단계 올라 갈 때 마다 에지의 흐려짐을 막고 형태의 왜곡을 줄이기 위해 평균하지 않고 매디안 필터링을 하였다.

이렇게 구성된 각각의 영상에 대하여 에지 오퍼레이션을 하여 또 하나의 영상 시퀀스를 구성하였다. 에지 오퍼레이터로는 소벨 (Sobel) 오퍼레이터를 사용하였고 여기에 세선화 알고리즘을 적용하여 강조와 세선화를 동시에 수행했다.

이렇게 피라미드 영상을 구성함으로써 얻어지는 효과는 다음과 같다.

1. 에지 사이의 연속성 보장.
2. 떨어져 있던 것이 가까워져 검색이 용이.
3. 노이즈가 적어진다.
4. 작은 물체는 사라지고 큰 것만 남는다.

이와 같은 이유로 해서 우선적으로 중심 혈관에만 관심을 가질 수 있게 해준다.

소벨 오퍼레이터와 세선화 과정은 다음과 같다.

$I(i,j)$ = input image before edge detection

$$E_{ex}(i,j) = I(i+1,j-1) + 2I(i+1,j) + I(i+1,j+1) - I(i-1,j-1) - 2I(i-1,j) - I(i-1,j+1)$$

$$E_{ey}(i,j) = I(i-1,j+1) + 2I(i,j+1) + I(i+1,j+1) - I(i-1,j-1) - 2I(i,j-1) - I(i+1,j-1)$$

$$E_d(i,j) = \sqrt{E_{ex}^2 + E_{ey}^2}$$

= edge magnitude (식 1)

$$E_\theta(i,j) = \tan^{-1} \frac{E_{ex}}{E_{ey}}$$

= edge direction

$$E_{nx}(i,j) = E_d(i-1,j) + E_d(i,j) + E_d(i+1,j)$$

; if $E_d(i,j) > E_d(i-1,j)$ & $E_d(i,j) > E_d(i+1,j)$
0 ; otherwise (식 2)

$$E_{ny}(i,j) = E_d(i,j-1) + E_d(i,j) + E_d(i,j+1)$$

; if $E_d(i,j) > E_d(i,j-1)$ & $E_d(i,j) > E_d(i,j+1)$
0 ; otherwise (식 3)

$$E_{ft}(i,j) = \sqrt{E_{nx}^2 + E_{ny}^2}$$

= output thinned edge image (식 4)

III. 퍼지 이론

퍼지 집합 이론은 1965 년 Zadeh 에 의해 처음 제안된 이래 많은 분야에서 널리 사용되고 있으며, 어떤 원소가 하나의 집합에 속하는 정도가 0 이나 1 만이 아니라 그 사이의 연속적인 값으로 표현될 수 있다는 것이다.

$$\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$$

$$A = \{ (x, \mu_A(x)) : x \in X \} \quad (식 5)$$

X : Universal set of element

A : Fuzzy set μ : Membership function

퍼지 집합이 판단에 필요한 언어적 규칙을 수치적으로 표현해 줄 수 있기 때문에 사용하였는데, 이러한 여러개의 퍼지 집합을 조합하는 퍼지 오퍼레이션으로 대개 최대치 최소치를 사용하고 있으나 여기서는 각 집합에 가중치를 주어 조합하는 Aggregation 오퍼레이션을 사용하였다. 이는 [식 6] 와 같이 정의되며 가중치가 같을때 [식 7] 과 같은 특성을 가진다.

$$h : [0, 1]^n \rightarrow [0, 1]$$

$$\mu_h(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum W_i \mu_{A_i} \quad (식 6)$$

$$\min(a_1, a_2) \leq h(a_1, a_2) \leq \max(a_1, a_2) \quad (식 7)$$

예를 들어 구매하고자 하는 자동차는 가격이 낮고, 기름이 적게 들고, 디자인이 멋있는 것이라면 각각의 Membership Function 을 설계한뒤 이들의 최대치 또는

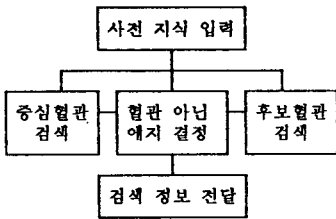
최소치를 이용하는 것보다 Aggregation 오퍼레이션으로 조합하면 더 간단히 논리를 구성할 수 있을 것이다.

IV. 검색

검색은 피라미드 영상의 상위 레벨에서부터 하위 레벨로 진행하였다.

각 단계의 영상마다 혈관 영역, 혈관 후보 영역, 혈관이 아닌 예지 영역으로 이루어져 있으며 이들은 서로 중첩 되어 있다.

전체적인 검색 알고리즘은 다음과 같다.



1. 정보의 전달

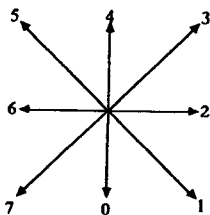
가장 상위의 레벨에서의 사전 정보란 중심 혈관의 위치와 형태에 대한 개념적인 지식을 말하고, 다음 단계부터는 전달 받은 정보를 말한다.

영역에 따라 전달하는 정보에 차등을 두었다.

혈관은 일정한 형태가 있으므로 위치를 우선하여 전달하고 끊어진 경우 밝기를 고려하여 이어 나갔다. 전달 받은 점들이 팽죽 작용을 하여 노이즈가 있거나 분기점을 만나도 무시하고 찾아 갈 수 있었다.

혈관 아닌 예지 정보는 정해진 형태가 없으므로 밝기와 위치를 동시에 고려했다. 전 단계의 예지와 < 가까운 > < 밝은 > 점을 예지라 설정하고 이들의 조합으로 결정했다. [그림 4]

후보 혈관은 크기가 작은 것이라 전달할 때 위치를 신뢰할 수 없어서 방향 성분과 밝기를 고려하여 이미 혈관으로 인식한 주위부터 찾아 나갔다.



(그림 2) 8 방향 코드

2. 혈관의 검출

8 방향 코드가 (그림 2) 과 같을때 방향 제한자를 다음과 같이 정의했다.

$$Cd(k) = \begin{cases} k, & \text{if direction is in } \{ Pd-1, Pd, Pd+1 \} \\ \text{Null}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Cd : 방향 제한자 (Direction Limit)
Pd : 이전의 방향 (Previous Direction)

여기서 Pd 는 사전에 알고 있거나 이전 레벨에서 전달 받은 혈관 방향으로 검색은 이러한 방향 제한자를 이용하여 선형성에 중점을 두어 찾았다.

$$Md = \max \left(\sum_{i=0}^2 \sum_{k=-1}^1 Cd[F(g(i, Pd+j), Pd+j+k)] \cdot W_j : j=-1, 0, 1 \right)$$

(식 8)
g(i, j) : j 번째 방향으로 i 만큼 간 위치
F(g, k) : g 위치에서 k 방향의 밝기 정도
W : 거리 정도에 따른 가중치
Md : 가장 적합한 방향

따라서 분기점의 영향을 받지않고 하나의 혈관을 계속 찾아 나갈 수 있었다.

3. 혈관 아닌 예지 결정

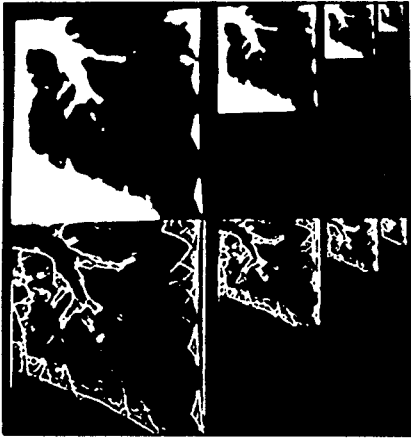
이런 점들을 검색의 시작점으로 하지 않으므로써 검색 시간을 줄일 수 있었다.

중심 혈관에서 분기 되는 점들을 찾고 이들로 부터 멀리 있는 밝은 점은 혈관이 아닌 예지라 가정하고 < 먼 > 정도와 < 밝은 > 정도를 조합하여 이들을 분리하였다.

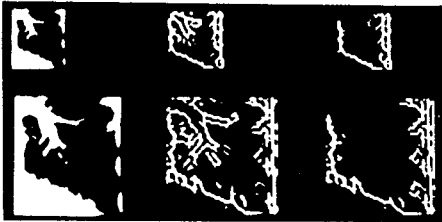
[그림 4]

4. 후보 혈관 검출

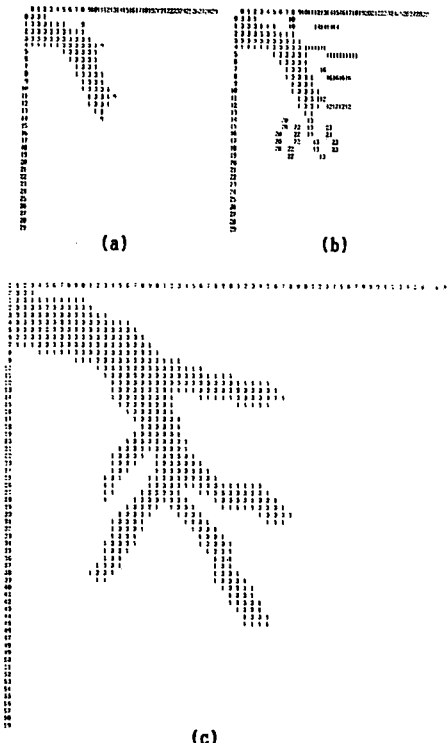
혈관과 혈관 아닌 예지를 제외한 점을 시작점으로 하여 방향성을 고려하여 찾아 나간다. 혈관의 성질이 인식되지 않으면 이를 다음 단계로 전달했다.



(그림 3) 피라미드 영상의 구성



(그림 4) 혈관 아닌 에지의 분리와 전달



(그림 5) 혈관 정보의 계층적 인식

V. 결론

흉부 영상의 혈관 성분을 검출하기 위한 알고리즘을 사람의 인식 과정을 모방함으로써 구현하였다. 피라미드 영상을 이용하여 정보의 세밀도에 따라 차등을 두어 검색함으로써 시간을 줄이고 분기점에서의 에러를 없앨 수 있었고, 퍼지 이론을 이용하여 간단하게 규칙을 설계할 수 있었다. 이렇게 혈관을 검색하여 이를 원 영상에서 제거하거나 특정 색으로 표현하여 준다면 노폐물을 판독하는데 있어 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.

보다 더 나은 결과를 위해서는 사람의 검색 방법에 대한 더 자세한 연구가 필요하며, 원 영상의 세밀한 부분까지도 검색할 수 있게 에지이외의 정보들 이용하는 방법이 필요하다.

참고 문헌

- [1] 박 용휘, "흉부 X 선 진단", 수문사, 1988
- [2] Tsai-Hong Hong, "Border Extraction Using Linked Edge Pyramids", IEEE trans. SMC, vol 12, 1982, pp. 660-668
- [3] George J. Klir, Tina A. Folger, "Fuzzy sets, Uncertainty, and Information", Prentice-Hall international Editions, 1988.
- [4] Abraham Kandel, "Fuzzy Mathematical Techniques with Applications", Addison-Wesley Publishing, 1996.
- [5] P.D.Souza, "Automated Rib Detection in Chest Radiographs", CGIP. 23, 1983, pp. 129-161
- [6] Subbasis Chaudhuri, "Detection of Blood vessel in Retinal Images Using Two-Dimensional Matched filters", IEEE trans. Medical Imaging, no. 3 september 1989, pp. 263-269