

폐암 자동진단 시스템에 관한 기본적 연구

문주영

삼성종합기술원 의료기기연구팀

A Study on Computer Assisted Diagnosis System(CAD) of Lung Cancer

J. Y. Moon

Medical Electronics Team, Samsung Advanced Institute of Technology

ABSTRACT

A Study on Computer Assisted Diagnosis (CAD) system extracting lung cancer part from Digital X-ray Computerized Tomography(CT) image is discussed in this paper.

It is very crucial to segment the image of lung into the three organ area such as inside, outside and the hilum so that the variant image processing algorithm can be applied an each area respectively. In this paper, the efficient algorithm extracting lung cancer part is proposed with characterizing lung hilum part and its associated vessel patterns.

서론

현재 폐암의 발생률은 급격히 증가하고 있으며, 이에 대비한 폐암의 조기발견을 위하여 고속 CT의 집단검진을 이용하는 문제가 검토되고 있다. 그러나, 폐전체를 영상화 한다면 영상의 양이 방대해져, 의사가 이 다량의 영상을 모두 읽고 판독하기에는 많은 시간과 노력이 필요하게 되므로 만약 컴퓨터를 이용하여 판독이 필요한 영상만을 선별할 수 있다면 그 의의는 매우 크다고 할 수 있다. 본 논문은 폐암 집단검진의 1차 스크리닝(Screening) 자동화 시스템 개발을 위한 기본적 검토에 관한 것이다.

시스템의 개요

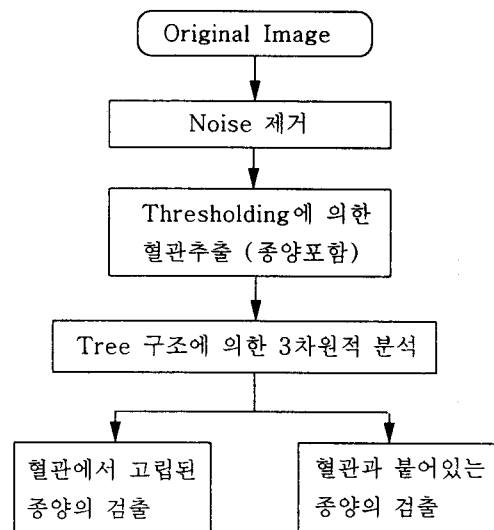
종양과 혈관의 CT값이 매우 유사하여 양자의 차이를 CT값으로 판별하는 것은 어렵다. 더우기 굵은 혈관이 밀집되어 있는 폐문부의 경우는 더욱 곤란하며 또한 단일 슬라이스로부터 혈관과 종양을 구별하는 것도 쉽지 않다.

혈관은 차례차례 가지(Branch)로 나뉘어져 있는 3차원 Tree구조를 하고 있고, 혈관의 굵기는 폐문부에서 멀어질수록 즉 폐의 외곽에 가까울수록 얇아진다. 이것을 이용하여 본 연구에서는 복잡한 폐문부부의 혈관을 3차원 패턴인식 관점에서 분석하였다. 다음으로, 혈관으로부터 떨어져 있는 영역과, 그리고 앞에서 기술한 의학적인 지식에 근거하여 혈관의 굵기에

이상이 있는 영역을 검출하여 그것을 종양일 가능성이 있는 영역으로 인식하는 방법을 채택하였다.

집단검진에서는 X선 피폭량을 가능한 한 적게 할 필요가 있다. 그러나, 그렇게 하면 Image의 Quality가 저하되기 때문에 Noise가 많은 영상으로부터 안정적으로 혈관영상을 추출하기위한 첫번째 처리단계가 필요하다. 이러한 이유로 본 연구에서는 우선적으로 각 슬라이스의 영상에 대해 Smoothing 처리를 하였다. 그 다음으로, Binary Image로 변환시켜 각 슬라이스로부터 혈관영상을 추출하지만 혈관과 종양이 불확실하게 혼재된 혈관영상이 나타난다. 따라서, 혈관횡단면의 상하 접속관계를 조사한 후 혈관 Tree 구조를 구성하여 3차원적 분석을 한다. 이렇게 함으로써 혈관 Tree 구조에 포함되지 않은 혈관의 영역을 종양 후보로서 검출한다. 또한, 각 혈관의 가지(Branch) 굵기를 측정하여 해부학적으로 부자연스러운 혈관도 종양 후보로 검출한다.

시스템의 전체 구성도를 「그림1」에 표시하였다.



【그림 1】 시스템의 전체 구성도

처리 방법

각 단계의 처리는 다음과 같다.

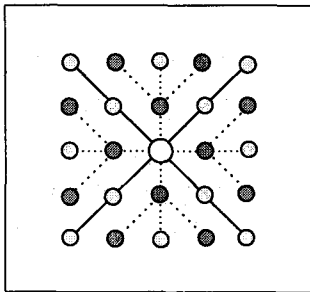
(1) 단일 슬라이스에 대한 혈관(및 종양)의 추출

- Smoothing 처리

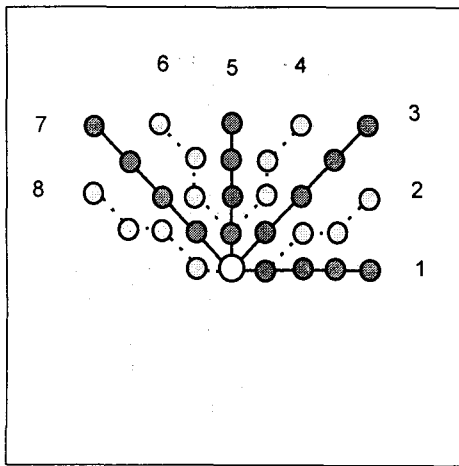
점과 같은 모양을 하고 있는 White Noise를 제거하기 위하여 먼저 Median Filter를 적용한다. Noise제거가 완전하지 못하므로 Thresholding 하여 얻은 결과에서 Noise가 혈관 또는 종양으로 취급될 가능성이 크므로 제2단계로서 Morphological Operation을 실행한다.

이때, 혈관의 특징 중 하나인 길고 얇은 패턴을 갖고 있는 점에 기초하여 Filtering의 Element를 「그림2」, 「그림3」과 같이 취한다.

- 제1단계: Median Filtering
- 제2단계: Morphological Operation (Closing -> Opening)



【그림 2】 Median Filtering 영역



【그림 3】 Morphological Operation의 구조요소

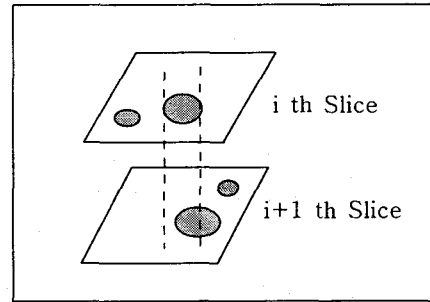
- 이진영상(Binary Image)화
종양을 포함하는 혈관의 Threshold Value를 이용한다.
- 폐영역의 추출

- 단일 슬라이스로 부터의 혈관 및 종양의 추출
추출된 영역에 대한 계속될 처리를 위하여 Labeling을 한다.

(2) 혈관영상의 3차원적 구성

- 혈관 Tree 구조의 Node 검색

아래 「그림4」와 같이 연속하는 상하의 슬라이스의 영역들 중 겹쳐지는 부분을 찾아내어, 그 부분을 혈관 Tree의 Node가 될 후보로 선택한다.



【그림 4】 혈관 Tree의 Node 검색

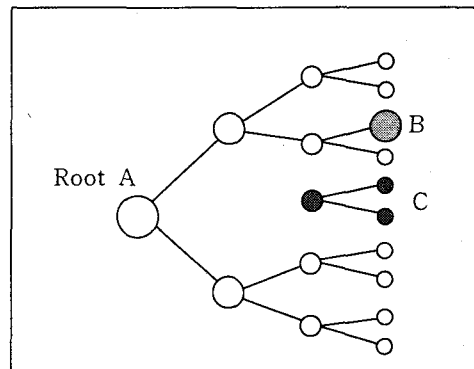
(3) 혈관과 고립되어 있는 종양 후보의 검출

(2)에서 구성된 Node중에서 「그림5」의 Root Node - "A"와 연결되지 못한 Node "B"를 찾아내어 혈관과 고립되어 있는 종양후보로서 검출한다.

(4) 혈관에 부착되었는 종양후보의 검출

혈관 Tree로 구성된 각 가지(Branch)에 대하여 혈관의 굵기를 구하고, Parent Node의 영역보다 Child Node의 영역이 넓은 경우(「그림5」에서의 Node "C"에 해당), 즉 어떤 혈관 횡단면에 대해 심장(心腸)쪽보다 말단(末端)쪽의 굵기가 큰 경우에는 이상이 있는 국소로 판단하여 혈관에 부착되어 있는 종양 후보로 검출한다.

한편, 혈관의 굵기 측정은 각 혈관의 영역에 대해 거리변환을 계산하여 최대거리값을 혈관의 굵기(혈관의 반경 - Node영역의 넓이)로 결정하는 방법을 채택하였다.



【그림 5】 혈관 Tree구조의 구성도

실험 결과

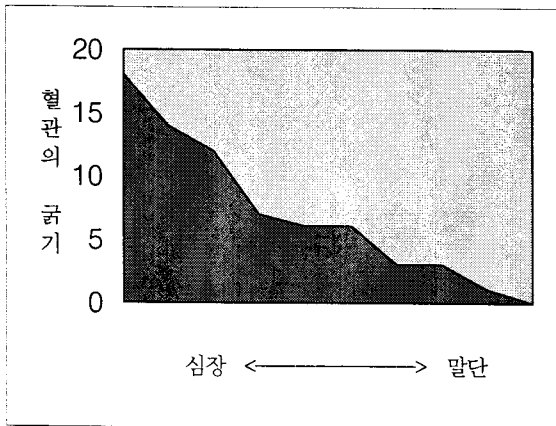
실험에는 1mm간격 Spiral(나선형) CT영상을 이용하였다. 각각의 영상은 512 Pixel * 512 Pixel이다. Original Image에 Smoothing 처리를 한 결과, 혈관과 같이 얇고 긴 영역이 보존되고 또한 산재해있는 고립성의 Noise를 제거하는데 효과적이어서 Smoothing 처리된 Image로부터 안정적인 혈관의 추출이 가능했다. 추출된 혈관 및 종양의 영역으로부터 Tree구조에 관한 Node 후보를 추출하여, 그 가운데서 Tree구조를 구성시킴으로써 혈관의 3차원적인 접속관계를 자동적으로 인식하는 것이 가능하여 고립되어 있는 종양과 또한 혈관에 부착되어 있는 종양을 검출할 수 있었다.

본 시스템에서 얻은 혈관의 Tree 구조에 따라 측정된 혈관 굵기의 변화량을 「표1」과 「표2」에 표시하였다. 「그림6」은 「표1」을 그림으로 나타낸 것으로 종양이 존재하지 않을 것으로 예상되며 심장에서 말단으로 향하는 방향으로 혈관의 굵기가 감소하는

것을 확인할 수 있다. 또한 「그림7」은 「표2」에 관한 것으로 혈관 말단부분이 증가하고 있어 종양이 존재할 가능성이 높은 것으로 추정할 수 있다.

【표1】 정상혈관 굵기의 변화량

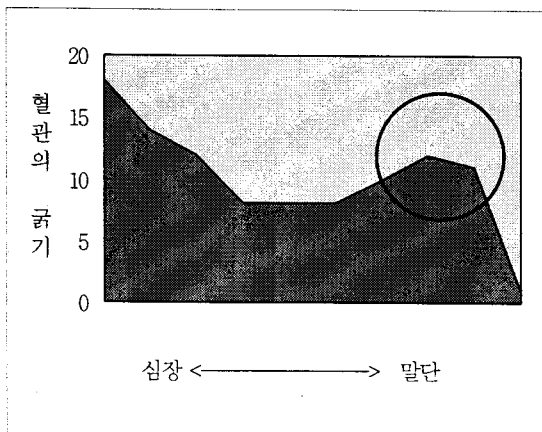
슬라이스 번호	혈관의 굵기 (Pixel수)
1	18
2	14
3	12
4	7
5	6
6	6
7	3
8	3
9	1
10	-



【그림 6】 정상혈관 굵기의 추이(推移)

【표2】 이상혈관 굵기의 변화량

슬라이스 번호	혈관의 굵기 (Pixel수)
1	18
2	14
3	12
4	8
5	8
6	8
7	10
8	12
9	11
10	1



【그림 7】 이상혈관 굵기의 추이(推移)

고찰

혈관으로부터 고립되어 있는 종양의 검출에 관한 PositiveError를 감소시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하며 앞으로 정량적인 평가를 통하여 보다 정확한 종양의 검출이 가능하도록 해야 할 것이다.

참고문헌

1. Steven C. Horii, "The Radiologic Clinics of North America", Vol.34, No.3, pp. 469-471, 1996.
2. Anthony Brinton Wolbarst, "Physics of Radiology", pp.7-8, 1993.
3. John C. Russ, "The Image Processing Handbook", CRC Press, Inc., pp. 433-444, 1995.
4. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Eddison-Wesley Publishing Company, pp. 192-194, 1993.
5. Robert A. Schowengerdt, "Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing", Academic Press, Inc., pp. 50-52, 1983.
6. Harley R. Myler, Arthur R. Weeks, "Computer Imaging Recipes in C", P T R Prentice-Hall, Inc., pp. 70-72, 107-135, 1993.
7. 長谷川純一, 森建策, Junichiro Toriwaki, 외, "3차원 디지털 화상처리에 의한 흉부 연속CT영상으로부터의 폐암 후보영역의 자동추출", 전자정보통신학회논문지(일본), J76-D-2, 2, pp. 279-287, 1993.
8. 尾崎弘, 谷口慶治, 小川秀夫, 외, "화상처리", 공립출판주식회사(일본), pp. 147-151, 197-199, 1983.
9. 협동System 개발주식회사(일본), "Spider User's Manual", 1982.
10. Adam-Net주식회사(일본), "AVS Users Guide", 1993.