

흉부 CT에서의 폐결절 자동 검출

이정원⁰, 김승환, *구진모

한국전자통신연구원, *서울대학교 의과대학 방사선과학교실

(jeongwon⁰, skim)@etri.re.kr, *jmgoo@plaza.snu.ac.kr

Computerized Pulmonary Nodule Detection on Chest CT Scans

Jeong Won Lee⁰, Seunghwan Kim, *Jin Mo Goo

Electronics and Telecommunications Research Institute,

*Dept. of Radiology, College of Medicine, Seoul National University

요 약

본 논문은 흉부 전산화단층촬영 영상에서 폐 영역을 자동으로 분할하는 알고리즘과 폐결절을 자동으로 검출하는 알고리즘에 관한 연구 내용을 담고 있다. 폐 분할 알고리즘은 gray-level thresholding과 morphologic 영상 처리 기법을 이용하였고, 폐결절 자동 검출 알고리즘은 추출된 결절 후보의 size, compactness, mean of gray level 값을 분석하여 혈관과 결절을 구분하였다. 개발한 폐결절 자동 검출 시스템은 실험한 영상에 포함된 폐결절 117개 중 55%인 64개를 검출하였고, 3.4 False Positive/section이었다.

1. 서 론

최근 흡연 인구의 급증으로 인해 폐암은 이미 국내 사망원인 1위인 병으로 자리잡았다. 폐암은 다른 암에 비해 사망률이 높아서 조기 검진이 사망률을 줄이는 관건이다. 일반적으로 단순 흉부 X선 촬영과 객담 세포진 검사로 정기적인 검진을 실시하지만 단순 흉부 X선 촬영에 의한 검진으로는 작은 크기의 폐결절을 간과하기 쉽다는 연구 결과가 있어 전산화단층촬영에 의한 검진이 점점 늘어나는 추세이다. 저용량 전산화단층촬영 검사를 스크리닝에 포함시킨다거나 다중검출기 전산화단층촬영 (Multi Detector Computed Tomography)으로 검사하는 경우에는 대용량의 데이터가 발생하므로 방사선과 의사의 피로도가 증가하고 집중력이 감소하여 판독 능력이 저하된다.

흉부 전산화단층촬영 영상에서 폐결절을 검출하는

컴퓨터보조진단 시스템은 이중판독의 역할을 담당하여 판독 결과의 정확도를 향상시켜준다.

본 연구는 흉부 전산화단층촬영 영상에서 폐결절을 자동으로 검출하는 시스템 개발에 목적을 두고 있다. 흉부 전산화단층촬영 영상에서 폐 영역을 분할하는 알고리즘과 폐결절 검출 알고리즘을 설명하고 환자의 흉부 영상에 적용한 결과를 보고한다.

2. 폐결절 자동 검출

폐분할 알고리즘과 폐결절 후보 분석의 두 단계로 이루어져 있는 폐결절 자동 검출 시스템의 프로토타입을 개발하여 서울대학교병원 진단방사선과로부터 얻은 전산화단층촬영 영상에 적용해 보았다. 세 명의 환자의 흉부 전산화단층촬영 영상은 총 132장이며 Slice Thickness는 8mm이다. 132장의 슬라이스 영상에서

폐결절은 117개의 음영으로 나타났다.

알고리즘은 Microsoft사의 Windows 2000 OS, 펜티엄 IV 1GHz CPU, 1.0GByte RAM의 사양을 갖춘 PC에서 Microsoft Visual C++ 6.0으로 테스트하였다.

2.1. 폐 영역 분할

폐 분할 알고리즘은 슬라이스 영상에 각각 적용되며 디지털영상처리 기법으로 이루어진다. 우선 gray-level thresholding 알고리즘과 connected component labeling 알고리즘, median filtering, edge detection 알고리즘으로 폐 영역 윤곽선을 추출하고, contour following, lung filling으로 폐 영역 내부를 얻는다.

이 단계까지의 결과는 폐 벽(lung wall)과 접촉한 폐결절과 혈관을 포함하지 못하므로 폐 벽에 붙어 있는 결절과 혈관에 붙어있는 결절을 놓치지 않기 위해서는 폐 벽의 경계를 수정하는 알고리즘이 필요하다.

폐 경계면 수정 방법은 폐 영역 윤곽선의 모든 점들에 대해서 볼록한 정도(convexness)를 계산하여, 볼록한 점에 대해서는 길이가 3cm에 해당하는 가상의 다리를 걸칠 곳이 있는지 검사한다. 근처에 다리가 맞는 폐 윤곽선 위의 점이 있으면, 그 점과 다리를 연결하고, flood fill 기법으로 다시 폐 영역 내부를 채워준다(그림 1, 2 참고).

2.2. 폐결절 후보 검출

폐 영역 내에서 gray-level thresholding 알고리즘으로 추출된 혈관과 결절의 음영은 모두 폐결절 후보가 된다. tray-level thresholding 알고리즘에 의해서 폐 영역은 공기로 채워진 영역과 혈관, 결절 그리고 다른 장기들로 나누어진다.

2.3. 폐결절 후보 특징값 추출

폐결절 후보 중 혈관과 결절을 구분하기 위해 음영의 크기와 모양, gray value와 관련된 특징값들을 추출하는데 본 연구에서는 각각의 폐결절 후보들에 대해서 size, compactness, mean of gray level, standard deviation of gray value의 특징값들을 추출한다.

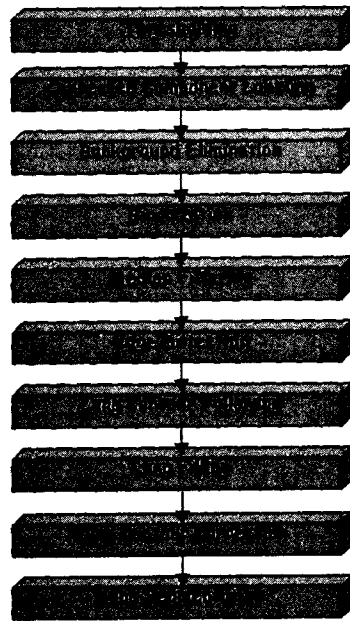
2.4. 폐결절과 혈관의 구분

(1) Size: 3mm 이하의 size를 갖는 결절 후보는 판독 가능한 결절 대상에 포함되지 않으므로 제외한다.

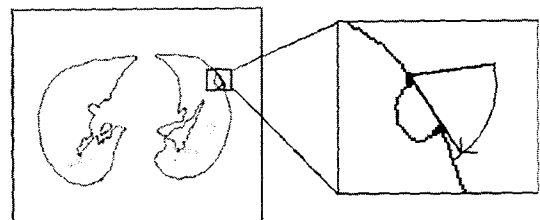
(2) Compactness: compactness는 size와 perimeter로 계산되는데 compactness의 역수가 1.2보다 크면 혈관으로 간주한다.

$$compactness = \frac{4\pi \times size}{(perimeter)^2}$$

(3) Mean of gray level: 수직으로 지나가는 혈관은 폐결절의 음영보다 더 높은 값을 가지는 경향이 있다. 100HU(Hounsfield Unit) 보다 높은 결절 후보는 혈관으로 간주한다.



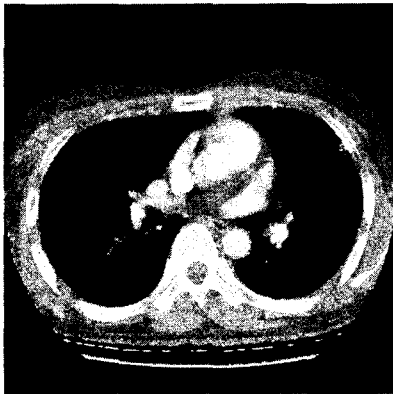
[그림 1] 폐 분할 기법의 전체 개요도



[그림 2] 폐 경계면 수정 기법이 적용되는 부분의 설명. 볼록한 특성을 갖는 점은 푸르고 진한 점으로 표시하였고 그 점에서 세워진 다리를 양 옆으로 걸쳐 경계면의 파인 곳을 메우게 된다.

3. 실험 결과

개발한 폐결절 자동 검출 시스템은 실험한 영상에 포함된 폐결절 117개 중 64개를 검출하여 sensitivity 55%이었고, false positive는 3.4 FP/section이었다. 폐결절 117개는 결절의 개수가 117개인 것이 아니라 두 명의 진단방사선과 의사가 슬라이스 영상에서 육안으로 확인할 수 있는 결절의 흔적을 모두 포함한 것이다. 결절의 중심부는 확실하게 보이더라도 결절의 주변부는 음영이 흐릿하게 나타나므로 결절 후보를 추출하는 과정에서 문턱값이 너무 높아 흐릿한 결절의 음영을 놓친 것으로 보인다.



[그림 3] 폐결절 검출 결과 (폐결절은 십자로 표시)
오른쪽 폐 위쪽의 두 개는 폐결절이며, 오른쪽 폐 아래쪽의 한 개는 혈관으로서 위양성 결과이다.

4. 결론

전산화단층촬영 영상의 폐 분할 알고리즘과 폐결절 자동 검출 알고리즘을 이용한 폐결절 자동 검출 시스템의 프로토타입을 개발하였다. 117개의 폐결절을 포함한 132장의 영상에 적용한 결과는 sensitivity 54%, 3.4 FP/section으로 나왔다. 앞으로 더 많은 파라미터를 도입하고, 결절 후보 추출 과정에서 사용되는 문턱값을 최적으로 설정할 수 있는 알고리즘을 도입한다면 더 높은 sensitivity를 얻을 수 있을 것이고, 임상 의사들이 MPR view에서 혈관의 연결성을 파악하듯이 슬라이스 간의 연결성을 MPR view로 본다면 더욱 낮은 false positive 값을 얻을 수 있을 것이다.

5. 참고문헌

1. Maryellen L. Giger, Kyongtae T. Bae, Heber MacMahon, "Computerized Detection of Pulmonary Nodules in Computed Tomography Images", *Investigative Radiology*, Volume 29, Number 4, 459-465, 1994
2. K. Kanazawa, Y. Kawata, N. Niki, H. Satoh, H. Ohmatsu, R. Kakinuma, M. Kaneko, N. Moriyama, K. Eguchi, "Computer-aided diagnosis for pulmonary nodules based on helical CT images", *Computerized Medical Imaging and Graphics* 22, 157-167, 1998