

CT 영상내의 폐 결절과 색전 검출을 위한 폐혈관 자동 추출

박 찬, 유홍연, 홍성훈, 김수형*, 이귀상*
전남대학교 전자정보통신공학과
*전남대학교 전산학과
e-mail:chan@vip.chonnam.ac.kr

Automatic Extraction of Pulmonary Vessels to Detect the Pulmonary Nodule and Embolism in CT Image

Chan Park, Hong-Yeon Yu, Sung-Hoon Hong, Soo-Hyung Kim*,
Guee Sang Lee*
Dept. Electronic Engineering, Chonnam National University
*Dept. Computer Science, Chonnam National university

요 약

단층촬영에 의해 획득된 흉부영상의 폐 영역은 기관지, 폐동맥, 폐정맥으로 구성된 복잡한 형태를 가지고 있다. 또한 이들 조직과 폐 영역 내에 존재하는 악성 종양과 같은 질병들 사이의 공간정보의 유사성으로 인해 방사선 전문의조차도 질병을 간단히 구분 해내는데 많은 어려움이 따른다. 따라서 본 논문에서는 이러한 유사한 공간정보를 갖는 폐 영역을 수리형태학 필터인 모폴로지(morphology)와 국부적인 워터셰드(watershed) 알고리즘을 이용하여 분할하고, 분할된 폐 영역으로부터 색전 또는 종양 등의 결절(nodule)의 정보를 가지고 있는 혈관들을 추출하는 효과적인 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

최근 폐 질환의 발생률이 빠른 속도로 증가하고 있는 가운데, 폐 질환의 원인이 되는 폐 영역내의 결절 성분에 대한 초기 단계 검출의 중요성이 무척 강조 되고 있다. 그러나 폐의 구조는 폐 내, 외부의 조직과 이를 구성하는 혈관들로 인해 무척 복잡한 구조를 가지고 있기 때문에, 몇 초 이내에 촬영 부위를 연속적으로 촬영할 수 있는 Volumetric CT, Multi Detector CT, High Resolution CT 등의 촬영 기술을 이용한 고품질의 단층 영상들이 방사선 전문의에게 제공되고 있음에도 불구하고, CT 영상 내에서의 폐 영역 내에 존재하는 종양(cancer) 및 폐혈관 내의 폐색전(Pulmonary embolism)등과 같은 폐 결절의 검출율은 최고 70%에 지나지 않고, 판독자에 따른 오차도 10%~20% 정도로 방사선 전문의가

결절을 검출, 치료하기에는 아직까지 많은 어려움이 뒤따르는 것이 사실이다[1].

그러므로 폐 영역 내부 조직들 사이의 복잡한 공간적 관계로 인한 판독의 어려움을 개선하기 위해, 컴퓨터를 이용하여 정확히 폐 결절 및 반복적이거나 빠뜨리기 쉬운 부분을 검출하여, 방사선 전문의에게 제공함으로써 방사선 전문의의 진단 시간과 소모적인 업무를 대신하고, 진단 효율을 향상시키기 위한 CAD(computer aided diagnosis) 시스템이 소개 되어 지기 시작했다[2].

이러한 폐 결절 검출을 위한 CAD 시스템은 무엇보다 방사선 전문의가 CT 영상으로부터 간편하고, 정확하게 폐 영역의 구조를 분석할 수 있도록, 폐 영역내의 많은 정보를 제공할 수 있어야 한다.

따라서 본 논문에서는 흉부 CT 영상에서 폐 영

역으로부터 간편하게 폐 결절을 검출할 수 있도록 폐 주위의 여러 조직들로부터 폐 영역을 분리하고, 분리된 폐 영역 내부에서 폐 결절로 오인 되어 판독 과정에서 FP(false positive)의 원인이 될 수 있는 혈관만을 다시 추출하여 방사선 전문의에게 제공함으로써 폐 결절을 정확하게 진단하게 할 수 있는 폐 구조 분할 알고리즘을 제안한다.

폐 영역내의 혈관 추출을 위한 방법은 여러 장의 slice로 구성된 CT 영상을 기반으로 하여 폐 영역을 분할하고, 분할된 폐 영역내의 혈관을 추출하는 과정으로 구성된다. 본 논문에서는 폐 벽(lung wall)에 존재하는 결절 성분까지도 검출 할 수 있도록 국부적 워터셰드 알고리즘을 적용하여 정확한 초기 폐 영역분할을 수행한다. 그리고 분할된 폐 영역에 대해서 다시 한번 국부적 워터셰드를 적용하여 정밀한 폐혈관을 추출하였다.

본 논문의 2장에서는 단층촬영으로 획득된 영상에서 폐 영역의 해부학적 특징 및 구조를 분석하고, 3장에서 폐 영역의 분할과 폐 영역내의 혈관을 추출하는 방법에 대해 기술하고, 4장에서 실험결과를 보이고 5장의 결론으로 끝을 맺는다.

2. 폐 영역의 구조

해부학적인 폐의 구성은 폐 영역을 둘러싸고 있는 근육과 폐혈관, 그리고 폐를 좌우로 구분할 수 있는 기관지 영역으로 크게 분리 할 수 있고, 표 1과 같은 척도를 가지고 획득된 CT 영상을 그림 1에 나타내었다.



그림 1. 단층 촬영 영상

그림 1에서 폐 영역은 거의 공기로 구성되어있고, 폐 영역의 CT 값은 뼈나 근육 및 혈관 영역에 비하여 상대적으로 낮은 CT 값을 갖는 특징을 가지고 있다. 그리고 폐 영역 내부의 기관지는 내부에 공기가 채워진 tree와 유사한 tube 모양을 하고 있다. 또한, 폐 영역내의 종양과 같은 폐 결절 등을 포함하

는 영역은 혈관 영역과 비교 했을 때 상당히 유사한 CT 값을 가지고 있다.

TUBE VOLTAGE	120kv
TUBE CURRENT	200mA
IMAGE SIZE	512x512
BEAM WIDTH	2mm
TABLE SPEED	2mm/s
RECONSTRUCTION TIME	0.5 sec

표 1. 흉부영상 획득 조건

3. 폐 영역 분할 및 폐 영역내의 혈관 추출

단층촬영으로 획득한 CT 영상 데이터에서 폐 영역만을 분할하고, 분할된 폐 영역으로부터 혈관을 추출하기 위한 과정을 그림 2에 나타내었다.

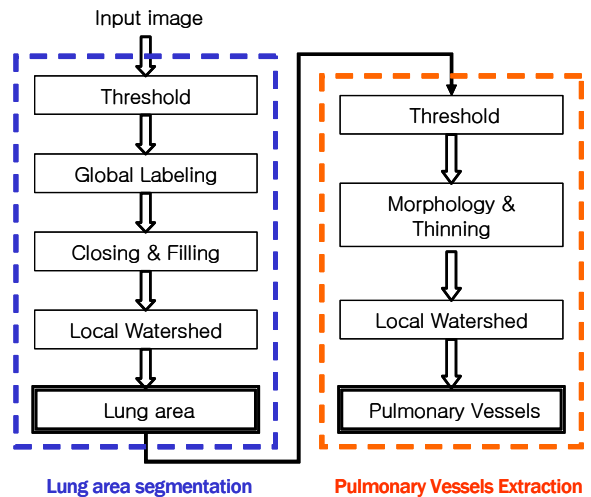


그림 2. 폐 영역 및 혈관 추출 과정

단층촬영으로 획득된 CT 영상에서 1단계로 폐 영역을 분할하기 위해 분산 최대 2분할법을 적용하여 이진화를 수행한다. 그리고 폐 영역을 제외한 나머지 부분을 제거하기 위해 폐 내부와 동일한 값을 가지는 영역에 대한 개별적인 전역 레이블을 할당하고, 고립된 레이블 영역과 영상의 가장자리 영역에 할당된 레이블을 제거 하여 폐 영역을 분할한다. 그리고 분할된 마스크의 convex 성분을 제거하기 위해 디스크 형태의 수리형태학적 모폴로지 필터를 적용하고, 홀 성분 제거를 위한 filling을 수행한다[3].

또한, 폐 영역 둘레에 존재할 수 있는 결절 검출을 위해 국부적 워터셰드 알고리즘을 적용하여 최종적인 폐혈관 및 결절을 포함한 폐 영역을 분할한다.

분할된 폐 영역내의 혈관 추출을 위해서는 폐 영

역에 대한 이진화를 수행하고, 세선화(thinning) 알고리즘을 적용한 후 국부적 워터셰드를 적용하여 정확한 혈관을 추출한다.

3.1 폐 영역 분할

단층촬영으로 획득된 CT 영상에서 밝기 값에 대한 히스토그램 분포를 보면 그림 3과 같은 형태를 가지고 있어, 분산 최대 2분할법을 이용하여 임계치를 설정하고 이진화를 수행하였다. 그림 4의 (a)는 이진화 된 영상을 보여 주고 있다.

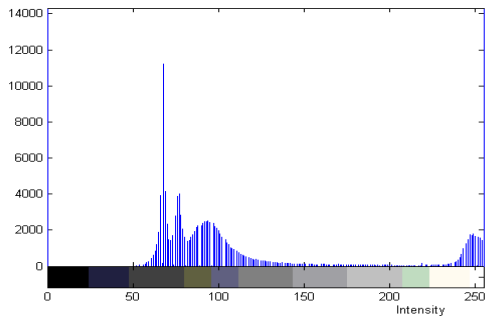


그림 3. CT 영상 밝기값 분포도

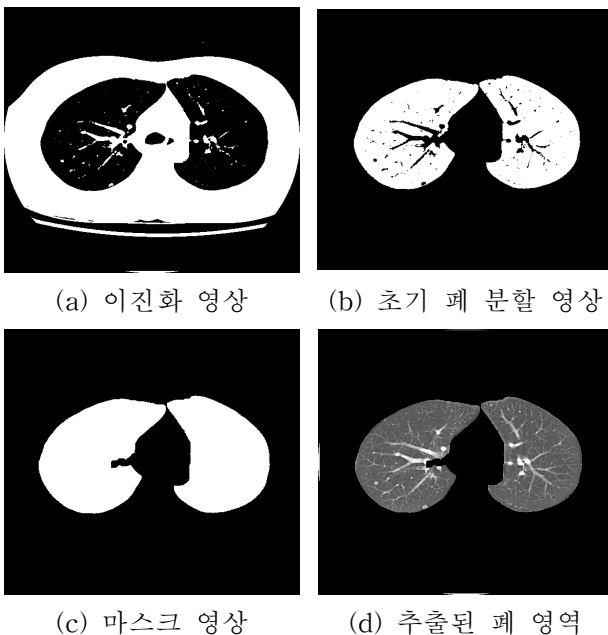


그림 4. 폐 영역 추출

그리고 이진화 된 영상에서 폐 영역을 제외한 나머지 부분을 제거하기 위해 가장자리의 영역부터 개별적인 전역 레이블(Global Label)을 할당하고 그림 4의 (b)와 같이 폐 영역을 분리한다. 그리고 분리된 폐 영역의 외곽선의 convex 영역 및 폐 영역내부의

홀 성분들을 제거 하기위해 수리형태학적 모폴로지 필터인 closing 과 filling을 적용하여 그림 4의 (c)와 같은 폐 영역의 마스크를 획득한다. 이 과정에서 모폴로지 필터인 closing을 사용하였을 경우 좌, 우 폐의 상위 부분이 접할 수 있기 때문에, 좌, 우 폐를 분리하여 각각에 대한 모폴로지 필터링을 수행한 후 다시 결합하는 처리과정이 필요하게 된다. 수리형태학적 모폴로지 필터는 반지름이 5인 디스크 형태를 사용하였으며, 이는 각 폐 경계에 존재 하는 결절 정보를 보존하고, 좌 및 우 폐의 상위 부분이 접하는 것을 방지 하여 보다 정확한 폐 영역을 추출하기 위해서이다.

그리고 이렇게 추출된 폐 영역의 경계선을 중심으로 불확정 영역으로 설정하고 그림 5와 같이 이 영역에 대한 국부적 워터셰드 알고리즘을 적용하여 최종 폐 영역을 분할한다[4].

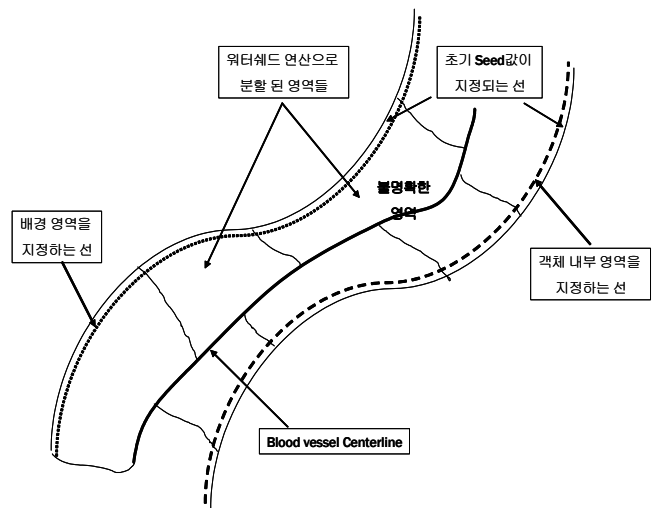


그림 5. 국부적 워터셰드를 이용한 폐 경계선 분할

그림 5에서 불확정 영역으로 설정된 외곽의 라인을 기준으로 초기 워터셰드의 국부적 최소치로 seed를 설정하고 이 값을 기준으로 워터셰드를 수행하여 최종적으로 혈관 및 결절 정보를 포함하고 있는 정밀한 폐 영역을 추출한다.

3.2 폐 영역 내의 혈관 추출

혈관 및 결절 정보를 포함하고 있는 분할된 폐 영역내의 혈관 정보를 추출하기 위해, 분할된 폐 영역에 대한 최적 분할 임계치를 설정하여 이진화를 수행한다[3]. 그림 6은 분할된 폐 영역의 히스토그램 분포도를 나타낸 것이다.

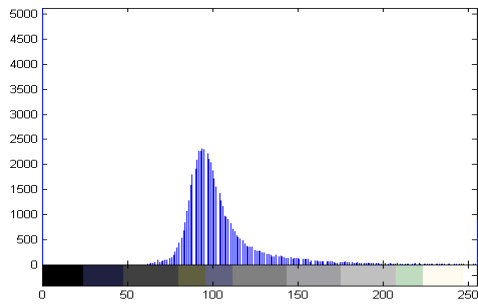
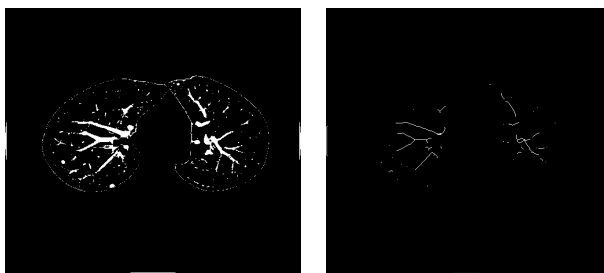


그림 6. 분할된 폐 영역 밝기 값 분포도

이진화된 폐 영역을 보면 그림 7의 (a)와 같이 폐 경계를 중심으로 나타나는 독립된 점들과 폐 혈관들 주변에 나타난 잡음 성분들이 존재한다. 따라서 이러한 잡음성분을 제거하기 위해 모폴로지 필터인 opening과 closing을 연속으로 적용하여 이러한 잡음 성분을 제거하고 혈관 영역만을 추출한다. 그리고 그림 (b)와 같이 추출된 혈관을 중심으로 세선화(thinning) 과정을 수행하여 혈관의 중심라인을 추출하고, 또한 모폴로지 팽창(dilation) 연산을 혈관에 적용한 결과를 추출하여 혈관의 세선화 라인을 중심으로 팽창된 혈관의 외곽 라인과의 사이를 불확정 영역으로 설정한 후, 설정된 불확정 영역에 폐 영역 추출 시 사용하였던 국부적 위터셰드를 그림 5와 같이 다시 적용하여 정확한 혈관을 추출한다.



(a) 폐 영역 이진화 영상 (b) 세선화 영상

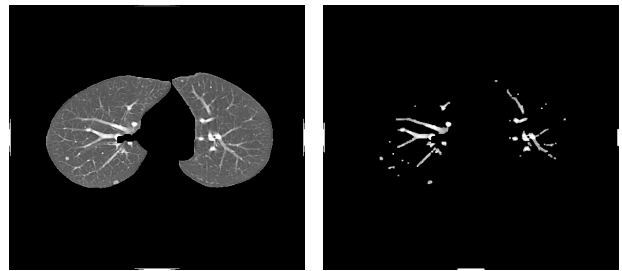
그림 7. 혈관 추출 과정

4. 실험결과

본 논문에서는 한 환자 당 표 1의 조건을 가지고 30장의 CT 영상을 획득하여 실험을 수행했다.

그림 8의 (a)영상은 국부적인 위터셰드 알고리즘을 적용하여 폐 영역내의 혈관 및 결정 정보를 포함하고 있는 폐 영역의 분할 결과를 보여 주고 있다. 그리고 그림 (b)의 영상은 세선화와 국부적 위터셰드를 적용하여 획득한 폐 영역내의 혈관 정보만을

보여 주고 있다.



(a) 폐 영역 분할 영상 (b) 폐 혈관 분할 영상

5. 결론

본 논문에서는 폐 영역에 존재하는 악성 종양 및 폐혈관 내의 색전 등을 방사선 전문의들이 초기 단계에서 발견, 치료할 수 있게 하는 조력도구인 CAD 시스템 등에 적용할 수 있도록 하는 효과적인 폐 영역분할과 폐 영역 내부의 혈관을 추출하는 알고리즘을 제안하였다.

제안된 알고리즘을 한 환자에게서 단층촬영으로 획득된 30장의 CT 영상에 적용하고, 폐 영역 및 폐 영역내의 혈관을 분할하여 방사선 전문의에게 제공함으로써 초기 단계에서 폐 영역내의 존재하는 결절의 검출률을 높이고, FP(false positive)를 줄일 수 있었다. 또한 방사선 전문의의 CT 영상 판독 시간을 대폭 감소 줄일 수 있어 효과적인 치료를 수행할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Samuel G. Armato III, Feng Li, Maryellen L. Giger, Heber MacMahon, Shusuke Sone, Kunio Doi, "Lung Cancer: Performance of Automated Lung Nodule Detection Applied to Cancers Missed in a Ct Screening program," *Radiology*, 2002.
- [2] Bram van Ginneken, Bart M. ter Haar Romeny, Max A. Viergever, "Computer-Aided Diagnosis in Chest Radiography: A Survey," *IEEE Trans. on Medical Imaging*, vol. 20, no. 12, Dec. 2001.
- [3] Rafale C. Gonzalea, Richard E. Woods, "Digital Image Processing," 2nd Ed. Prentice Hall.
- [4] 이지호, 유홍연, 홍성훈, "지역적 위터셰드 알고리즘을 이용한 움직이는 객체분할," *전남대학교 전자통신기술 논문지*, vol. 6, no. 1, Dec. 2003.