

폐의 X선 영상에서의 노출 자동 탐지 기법

성 원*, 박종원**

*충남대학교 컴퓨터공학과

**충남대학교 정보통신공학과

wseong@crow.cnu.ac.kr

Automatic detection of pulmonary nodules in X-ray chest images

Won Seong*, Jong-Won Park**

*Dept. of Computer Engineering, Chungnam National University

**Dept. of Information and Communication Engineering, Chungnam National University

요약

일반적으로 방사선 의사들(radiologists)이 폐 노출(pulmonary nodule)을 탐지하는 데는 실제적으로 30%의 실패율을 가진다고 알려져 있다. 만약 자동화된 시스템이 체스트 영상에서 의심스런 노출들의 위치들을 방사선 의사에게 알려줄 수 있다면 잘못 판단되는 노출들의 수를 잠재적으로 줄일 수 있다. 우리는 형태학적 필터들(morphological filters)과 두가지 특징-추출(feature-extraction) 기술들을 포함하는 컴퓨터 자동 처리 시스템을 구현하였다. 본 시스템에서는 첫째로 형태학적 필터(morphological filtering) 처리를 행한다. 이 과정은 원래의 영상에 침식(erosion)과 확장(dilation)을 연이어서 행하는 것으로 처리가 어려운 X선 영상을 좀 더 다루기 쉬운 상태로 바꿔주는 역할을 하게 된다. 둘째는 일차적으로 노출로서 컴퓨터에 선택된 의심 부분에 가해주는 특징-추출 테스트로서 이 작용은 노출로 감지되었으나 실제로는 노출이 아닌 경우인 false-positive 감지들을 줄이기 위해서 사용된다.

그리하여 본 시스템은 노출의 정확한 판독이 어려운 폐의 X선 영상에 적용되어 false-positive 들을 효과적으로 줄임으로써 보다 효율적인 폐 노출의 탐지를 가능하게 하였다.

1. 서론

일반적으로 폐의 X선 영상에서 노출 탐지의 실패율은 실제적으로 30%를 웃돈다고 한다. 이러한 높은 실패율(miss rate)은 다양한 원인으로부터 기인될 것이다. 만약 한 컴퓨터 처리 시스템이 의심되는 노출들의 위치들을 방사선 의사들에게 미리알려줌으로써 경계시킬 수 있다면 정확하게 판단되지 못할 수도 있는 노출들의 수를 크게 줄일 수 있게 된다.

본 시스템은 먼저 X선 영상을 판독하기 용이한 상태로 미리 바꿔주기 위해서 형태학적 필터링(morphological filtering) 처리를 행한다. 본 시스템에서 적용하는 형태학적 필터 처리는 열림(open) 처리로서 먼저 X선 영상에 침식(erosion) 작용을 적용시킨 후 연이어 확장(dilation)을 행하는 것이다. 이를 행함으로써 X선 체스트 영상을 이루고 있는 각각의 모든 픽셀들이 원래의 영상에서보다는 훨씬 더 덩어리 형태로 밀집되게 된다. 이렇게 덩어리 형태들을 포함하는 X선 영상은 원래의 영상보다는 그레이-수준 한계(gray-level thresholding) 기법과 신호 강조(signal enhance) 기법 등의 적용이 용이한 상태가 된다.

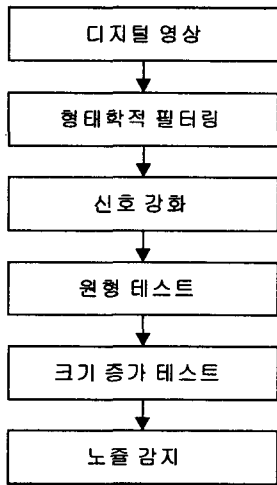
형태학적 필터링 작용 다음 단계로 그레이-수준 한계 처리를 통해서 일정 크기를 가진 의심 지역들(Suspicious Region)을 선별한다. 이 의심 지역들(SR's)은 제대로된 노출(nodule)들은 물론이거니와 다수의 false positive 들도 포함되어 있을 수 있는 상태이다.

앞선 처리를 통해서 선별된 의심 지역들(SR's)엔 다수의 false positive 들을 포함할 수 있다고 했는데, false positive 란 실제 노출과 구별할 수 없을 정도로 유사하여 노출로 분류했으나 실제로는 노출이 아닌 것을 말한다. 체스트 X선 영상에서 노출 판별상의 가장 어려운 부분이 바로 false positive 들의 수를 어떻게 줄일 수 있는가하는 점이다. 본 시스템에서는 false positive 를 줄이기 위해서 대표적인 두가지 추출 테스트를 행한다. 원형(circularity) 테스트와 크기 증가(growth) 테스트가 그것이다.

2. 방법

본 연구의 테스트에는 30 장의 체스트 X선 영상들이 사용되었는데 각 영상은 1600 X 1600 매트릭스로 이뤄져 있다. 체스트 X선 영상을 이루고 있는 픽셀들은 각각이 그 자신의 주위에 있는 픽셀들과 그레이

이-수준 값에서 큰 공통점을 보이지 않는다. 그리하여 육안으로 살펴보았을 때 노출(nodule)의 존재를 구별해 내기가 쉽지 않다. 이는 일반적인 영상처리가 불가능함을 말하는 것이다. 이에 체스트 X 선 영상들은 일반적인 영상 처리가 가능한 상태로 변환되어야 할 필요가 있다.



[그림 1] 자동 노출 감지 시스템의 구성도

본 시스템은 보다 처리가 용이한 상태로 만들기 위해서 먼저 열림(open) 형태학적 필터링 기법을 적용시킨다. 열림 작용은 침식(erosion) 작용과 확장(dilation) 작용을 연이어서 행하는 것인데 열림 작용 중에서 침식 단계는 노출과 같은 형태를 띠는 객체 부분들의 가장자리 뿐만 아니라 분리되어 있는 픽셀들을 제거하고 열림 작용 중 확장 단계는 노이즈(noise)는 복원시키지 않으면서 객체의 가장자리들을 대부분 복원한다. 다음 단계는 열림 처리가 되어 있는 영상을 가지고 노출 의심 지역들(Suspicious Regions)을 선별해 내는 것이다. 시스템은 체스트 X 선 영상의 왼쪽 위에서부터 오른쪽 아래까지 관심 지역(ROI)을 옮겨가면서 노출 의심 지역을 선별해 낸다.

80 X 80 크기의 관심 지역(Region of interest : ROI)이 원 체스트 영상 위에 놓여질 때 행하는 작용들은 다음과 같다. 먼저 ROI의 중심 위치를 기준으로 그레이-수준 한계 기법을 적용시킨다. 이것은 ROI 중심에 위치한 픽셀의 그레이 값을 기준으로 하여 그 값을 X라고 한다면 ROI 범위 안에 존재하는 픽셀들 중 그레이 값이 X를 중심으로 일정 간격 범위 내의 그레이 값을 갖는 것들만 선택하여 그레이 값을 X와 동일하게 바꿔놓는 것이다. 이렇게 함으로써 영상 안에서 SR의 추출을 위한 영상 처리를 수월하게

만든다.

X 선 영상에 그레이-수준 한계 기법을 적용시킨 다음에

$$\text{반지름} = \sqrt{\frac{\text{island 넓이}}{\pi}}$$

$$\text{원형 정도} = \frac{\text{완전한 원 내부의 island 넓이}}{\text{island 넓이}}$$

[수식 1] 원형 정도 계산

는 폭과 높이를 계산하여 SR으로 가능성이 있는지를 확인한다. 미리 정해놓은 폭과 높이의 범위를 만족시킨다면 일단 SR의 후보로서 선택하고 그 노출 모양의 객체(이하 island)를 그레이 값 255로 바꿔줌으로써 신호를 강화 시킨다.

이후 선택된 island들에 특징-추출 기법을 적용시킴으로써 false-positive들을 제거한다. 이때 사용되는 특징-추출 기법은 원형 테스트와 크기증가 테스트를 사용하였다. 이러한 테스트를 사용할 수 있는 당위성은 노출들과 비노출들로부터 기인된 island들의 크기와 모양은 어떤 한계 수준 값의 상황에서 서로 다르게 나타난다는 점에서 찾을 수 있다. 두 기법의 메커니즘은 다음과 같다.

2.1 원형(Circularity) 테스트

이 테스트는 비노출에서 기인된 island들보다는 노출에서 기인된 island들이 넓은 한계 수준들의 범위에서도 높은 원형도를 유지한다는 사실에 기반한다. island의 반지름은 island의 지역(area of island)과 같은 크기를 갖는 원의 반지름으로 결정된다. 이를 바탕으로 [수식 1]처럼 원형 정도가 계산되는데 전체 island 지역에 대한 원에 위치한 island 지역의 비율로서 계산된다.

2.2 크기-증가 테스트

이 테스트는 원형 테스트 뒤에 연이어서 행함으로써 false-positive들을 제거하는데 이용된다. 이 테스트는 노출에서 기인된 island보다는 비노출에서 기인된 island가 그레이 한계 수준의 변화에 따라 크기가 더 빠르게 증가한다는 사실에 기반한다.

3. 결과

이 절에서는 먼저 위에서 기술하였던 시스템상의 메커니즘에 따라 처리된 결과를 기술한다. [그림 2]은 처리된 X 선 영상의 하나를 보여준다. 테스트 결과 영상 왼쪽 위에 화살표로 표시한 island가 실제 노출이고 나머지 7개의 island들은 비노출로 판명되었다. 이 영상에서는 선처리에 의해서 먼저 8개의 island가 SR로 선택되고 그 8개의 island들에 두가

지 테스트를 통해서 하나의 노즐이 탐지되었다. 다음은 이 영상에 대한 두가지 테스트 결과 값들을 열거한 표들이다.



[그림 2] 처리된 영상의 첫번째 예

아래 두개의 표에서 A 항의 아래 방향은 [그림 2] 영상에 표시된 island 들의 위치 좌표를 보이고 있고 A 항의

[표 1] 한계-수준 값 변화에 따른 원형 정도

A	0	5	15	결과
(82, 210)	66	65	68	노즐
(82, 524)	65	66	76	
(224, 561)	63	64	80	
(274, 387)	66	64	82	
(316, 413)	60	60	72	
(402, 491)	68	69	75	
(420, 79)	73	72	64	
(450,383)	59	62	84	

단위 : %

[표 2] 한계-수준 값 변화에 따른 크기 증가

A	0	5	15	결과
(82, 210)	14.3	17.1	45.9	노즐
(82, 524)	23.4	31.0	69.3	
(224, 561)	16.0	19.4	65.2	
(274, 387)	15.7	18.5	77.1	
(316, 413)	12.7	15.5	38.5	
(402, 491)	11.9	14.1	44.9	
(420, 79)	7.2	14.2	23.6	
(450,383)	28.3	31.0	71.6	

단위 : %

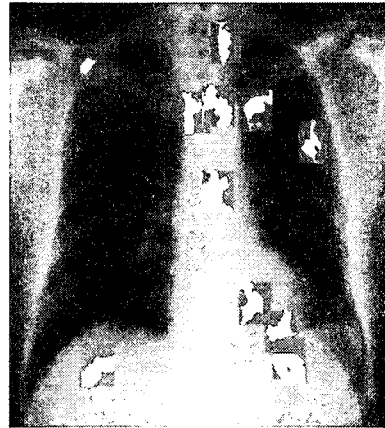
오른쪽 방향은 그레이 값의 한계 수준을 0, 5, 15 로 변화시킴을 보이고 있다. 이 때 [표 1]은 각 island 의 원형 정도가 어떻게 변화하는지를 보이고 있고 [표 2]는 각 island 의 크기 증가의 변화를 보이고 있

다. 크기의 수치는 80 X 80 크기의 관심 지역(ROI) 의 크기에 대한 island 크기의 비율을 나타낸다.

위에서 (82, 210)의 좌표를 갖는 island 의 원형 정도는 그레이 값의 한계 수준을 변화시킴에도 불구하고 원형 정도가 66, 66, 68 로서 거의 변화가 없음을 볼 수 있다. 이는 노즐에서 기인된 island 들이 넓은 한계 수준들의 범위에서도 높은 원형도를 유지한다는 사실에 입각하여 노즐의 특성을 보임을 알 수 있게 한다. (82, 210)의 좌표를 갖는 island 는 크기 증가 테스트에서도 14.3, 17.1, 45.9 의 값을 보임으로써 다른 island 의 증가 폭보다는 적은 증가 변화를 보이고 있다. 이는 노즐에서 기인된 island 보다는 비노즐에서 기인된 island 가 그레이 한계 수준의 변화에 따라 크기가 더 빠르게 증가한다는 사실에 따라 노즐의 특성을 보임을 나타낸다.

다른 영상 결과들

본 논문은 여기에서 30 케이스 중 몇 가지 영상의 처리 결과들을 보여준다.



[그림 3] 처리된 두번째 영상

[표 3] 한계-수준 값 변화에 따른 원형 정도

A	0	5	15	결과
(232, 334)	21	66	68	
(232, 1181)	20	71	84	
(236, 116)	37	66	76	
(376, 1094)	36	68	82	
(756, 690)	24	67	72	
(928, 485)	4	72	90	
(1068, 956)	47	92	91	
(1136,838)	50	74	92	
(1252,663)	14	67	92	
(1264,405)	28	65	90	

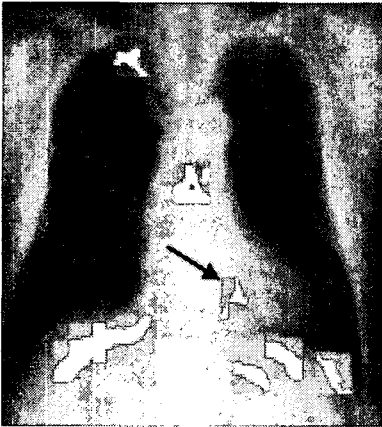
단위 : %

[표 4] 한계-수준 값 변화에 따른 크기 증가

A	0	5	15	결과
(232, 334)	1.5	12.2	52.6	
(232, 1181)	6.7	39.8	78.5	
(236, 116)	4.8	25.9	48.6	
(376, 1094)	6.7	33.6	72.7	
(756, 690)	1.3	16.8	45.5	
(928, 485)	9.4	67.1	96.6	
(1068, 956)	8.8	95.8	99.9	
(1136, 838)	10.5	59.5	97.6	
(1252, 663)	2.9	43.3	89.0	
(1264, 405)	7.2	46.5	89.6	

단위 : %

[그림 3]의 영상은 [표 3]과 [표 4]에서 보는 바대로 원형 정도의 변화나 크기 증가의 값들이 노즐의 특성을 만족시켜주는 island 들을 가지고 있지 않았다.



[그림 4] 처리된 세번째 영상



[그림 5] 처리된 네번째 영상

[그림 4]의 영상은 실제 방사선 의사의 확인을 통

해서도 노즐의 위치를 찾은 결과이다. 화살표로 표시된 곳이 노즐의 위치다. [그림 5]의 영상은 실제 방사선 의사의 확인을 통하여 노즐이 존재하는 것으로 밝혀졌으나 본 자동 시스템으로 찾아내지 못한 2가지 영상 중 하나의 경우이다.

본 시스템은 30 개의 체스트 영상을 통해 테스트를 거쳤고 30 개의 영상 중 28 개의 영상에서 정확성을 보여 육안으로 구분이 난해한 노즐 구분에 큰 효과가 있었음을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 시스템에서는 첫째로 체스트 X 선 영상에 침식(erosion)과 확장(dilation)을 연이어서 행하는 열림 형태학적 필터링 처리를 행함으로써 처리가 어려운 X 선 영상을 좀 더 다루기 쉬운 상태로 변환시킨다. 둘째는 열림 처리된 영상에 그레이 한계 수준 값 기법을 써서 우선적으로 노즐의 후보들을 선택한다. 셋째로 일차적으로 노즐로서 컴퓨터에 선택된 의심 부분에 특징-추출 테스트를 행한다. 이 작용들을 적용시킴으로써 노즐로서 인식되기 쉬우나 실제로는 노즐이 아닌 경우인 false-positive 들의 수를 줄일 수 있었다.

그리하여 본 시스템은 노즐의 정확한 판독이 어려운 폐의 X 선 영상에 적용되어 false-positive 들을 효과적으로 줄임으로써 보다 효율적인 폐 노즐의 탐지를 가능하게 하였다.

참고 문헌

- [1] M.L. Giger, et al., Computerized detection of pulmonary nodules in digital chest images: Use of morphological filters in reducing false-positive detections, pp 861 - 865, Medical Physics, Vol. 17, No.5, Sep/Oct 1990
- [2] M.L. Giger, et al., Pulmonary Nodules: Computer-aided Detection in Digital Chest Images, pp 41- 51, RadioGraphics, Vol 10, No 1, 1990
- [3] H. Yoshimura, Computerized Scheme for the Detection of Pulmonary Nodules : A Nonlinear Filtering Technique, pp 124 -129, INVESTIGATIVE RADIOLOGY, Vol 27, Feb, 1992
- [4] M.L. Penedo, et al., Computer-Aided Diagnosis: A Neural-Network-Based Approach to Lung Nodule Detection, pp 872-880, IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, Vol 17, No 6, Dec 1998
- [5] X.W. Xu, et al., Development of an improved CAD scheme for automated detection of lung nodules in digital chest images, pp 1395 - 1403, Medical Physics, Vol. 24, No.9, Sep 1997

본 연구는 BK21 충남대학교 정보통신인력양성 사업단의 연구 지원으로 수행되었습니다.