

흉부 X선 영상내 다중해상도 폐 종류 검출필터의 평가

김응규*

한밭대학교 정보통신공학전공*

Evaluation of Multi-resolution Extraction Filter for Pulmonary Nodules in Chest X-ray Image

Eung-Kyeu Kim*

Dept. of Infor. & Communi. Eng., Hanbat Nat'l University*

Abstract 본 논문에서는 흉부 X선 영상으로부터 폐 종류 음영을 검출하기 위한 필터를 예측해서 바람직하게 평가하기 위한 방법을 제안한다. 더욱이 그 평가방법을 이용해서 이전부터 제안한 다중해상도 라플라시안-가우시안 필터의 평가를 행한다. 전문의의 진단보조 혹은 종합자동진단시스템의 구성요소로서 필터가 행하는 역할을 고려한 후에 필터가 만족해야할 조건 및 그 조건을 만족한 경우에 있어서 몇가지 성능평가 척도를 명확히 한다. 제안한 평가방법을 통해서 다중해상도 필터가 단일해상도 필터에 비해 높은 성능을 갖게됨을 명확히 한다.

1. 서 론

흉부 X선 영상으로부터 폐 종류 음영(pulmonary nodules)의 자동검출에 대한 시도가 매우 오래전부터 이루어져왔다[1]. 이들 종류에 대한 자동검출 연구에 있어서 공통적인 문제가 되는 것은 흉부 X선 영상에서 늑골과 혈관 및 이들의 교차부분에서의 오검출이고 이들을 억제하기 위한 여러 가지의 개선이 이루어져왔다[2-3]. 그러나 아직도 여전히 오검출의 대다수는 폐혈관과 늑골이 겹치는 부분에서 발생하고 있어 전체 성능을 저하시키고 있다. 한편, 끝부 영역과 연부 조직의 X선 투과량의 차이를 이용해서 끝부 영역을 소거한 X선 영상을 얻는 에너지 차분법[4]을 이용하면 촬영단계에서 오검출의 원인이 되는 늑골을 제거할 수 있다. 에너지 X선 차분 영상을 이용한 경우 전문의 진단에 의한 임상적인 유용성에 관하여 이미 몇가지 연구 사례들이 있다[5]. 계산기 지원진단에 있어서도 그와 같은 X선 영상을 이용하면 기존 방법의 주안점이었던 늑골 근방에서의 오검출 제어에 대해서 배려할 필요가 없이 새로운 관점에서 필터를 설계함으로써 현저하게 성능을 향상시킬 수 있음을 기대할 수 있다. 에너지 차분법의 문제점이었던 화질의 불량과 피폭량의 과다도 여러 가지 공리에 의해 저감되었다[6]. 흉부 X선 영상으로부터 계산기 지원진단의 실용화를 목표로 그와 같은 촬영 단계에서 공리가 필요불가결하다고 생각한다.

본 연구자는 폐 종류 음영 검출을 위해 에너지 차분 X선 영상의 이용을 전제조건으로 한 다중해상도 필터를 제안한 바 있다[7]. 이 때 문제가 된 것은 필터의 성능 평가 방법이다. 일반적으로 못보고 빠트린 비율과 잘못된 비율의 양쪽 모두를 최소한으로 억제할 수 있는지의 여부가 평가의 척도가 될 수 있다. 흉부 X선 영상을 입력해서 필터 처리후의 여러 가지 판단을 통해서 최종적으로 입력영상에 종류 음영이 포함되는지의 여부를 결정하는 종합적인 시스템을 고려한 경우 못보고 빠트린 비율과 잘못된 비율의 정의는 비교적 용이하다. 그러나 종합적인 시스템의 진척리로서 이용되거나 혹은 전문의의 진단 보조 도구로서 이용을 고려한 경우 못보고 빠트린 비율과 잘못된 비율의 정의는 반드시 용이하지는 않다. 본 연구에서는 이와같은 관점에서 필터의 평가기준을 재검토함으로써 필터의 평가가 양호하게 이루어질 수 있는 방법을 마련하여 이전에 제안한 다중해상도 필터 혹은 그 외의 필터에 관해서 그 기준에 근거한 평가를 한다.

이하 2장에서는 기존 평가방법에서 출발하여 그 문제점을 정리하여 평가방법을 정식화한다. 3장에서는 제안한 방법에 따라 다중해상도 라플라시안-가우시안($\nabla^2 G$) 필터를 평가한다. 4장에서는 결론 및 향후의 과제에 대해 기술한다.

2. 성능평가기준

2.1 실험데이터

성능평가를 하기위해 실험에 사용한 에너지 차분 X선 영상은 임상데이터 13개의 열, 즉 총 종류수 32개, 열 종류의 개수 1~8 개/열로 평균 2개/열, 1mm당 샘플링 간격 5화소, 명암도 10 비트, 크기 1760×1760 을 이용했다[8]. 컴퓨터 하드웨어를 고려하여 원영상을 가우스 함수로 평활화하여 1/8로 축소한 영상을 사용했다.

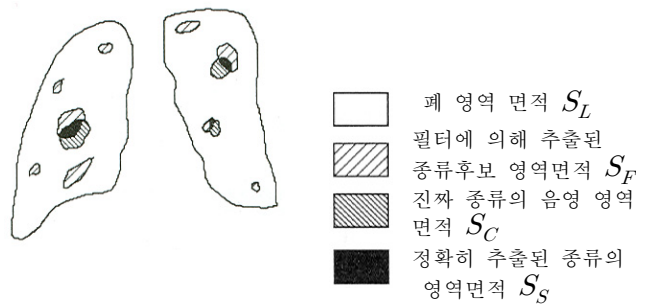
2.2 라플라시안-가우시안($\nabla^2 G$) 필터

라플라시안-가우시안($\nabla^2 G$) 필터에 대한 평가실험을 한다. 이 필터는 오프(off) 중심형으로, 보통 등방성의 2계 미분 에지강조 필터로 사용되는 매우 기초가 되는 필터이다. 문턱값 처리까지 포함한 라플라시안-가우시안 필터 처리는 다음 식으로 나타낸다.

$$h_{\nabla^2 G}(x, y; \sigma, t) = T < \left(-\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) G(x, y; \sigma) * f(x, y), t > \quad (1)$$

2.3 면적률에 의한 평가

필터의 성능을 평가하기 위해 못보고 빠트린 비율과 잘못된 비율을 어떻게 정의하는지가 중요하다. Shimizu [3]등은 잘못된 비율(F_p)과 못보고 빠트린 비율(F_n)을 면적률에 기초해서 그림 1과 같이 계산한다.



<그림 1> 면적률에 의한 평가방법

이들 비율들을 식으로 나타내면 아래와 같다.

$$F_p = \frac{S_F - S_S}{S_L - S_C} \quad (2)$$

$$F_n = \frac{S_C - S_S}{S_C} = 1 - \frac{S_S}{S_C} \quad (3)$$

2.4 개수율에 의한 평가

영상 진단의 입장에서 검출한 종류의 면적보다 개개의 종류가 검출되었는지의 여부가 보다 중요하다. 그래서 아래의 못보고 빠트린 비율을 도입한다.

$$F_n' = 1 - \frac{\text{정확히 검출한 개수}}{\text{총 종류개수}} \quad (4)$$

잘못본 비율에 대해서 아래의 척도가 고려된다.

$$F_p' = \frac{\text{오검출한 개수}}{\text{총 종류개수}} \quad (5)$$

2.5 평가 결과의 고찰

영이상의 결과를 구체적인 예를 통해서 설명한다. 그림 4는 약간 극단적인 예를 나타내며 크고 작은 4개의 어느정도 크기가 다른 종류 음영이 존재한다. 그림 5는 $\sigma = 2^{3/4}$ 에서 4개일지라도 검출가능한 최소 문턱값에서 처리 결과를 나타낸다. 그림 6은 $\sigma = 2^{7/4}$ 에서 4개일지라도 검출가능한 최고 문턱값에서 처리 결과를 나타낸다. 그림 6에서 오검출이 너무 많아 이 결과가 후속 처리에 도움을 준다고 할 수 없다. 또한, 그림 7의 $\sigma = 2^{7/4}$ 에서 4개중 3개가 검출가능한 최고 문턱값 처리 결과를 나타낸다. 가장 작은 종류 음영을 못보고 빠트렸다고 해도 면적으로서 작기 때문에 면적률을 이용한 ROC 해석에서 성능의 열화로서 나타나기 어렵다고 할 수 있다. 한편, $\sigma = 2^{3/4}$ 에서 4개 모두 검출된 경우에도 오검출된 영역의 면적은 매우 작다. 그러나 검출된 영역은 작은 영역으로 나누어지는 경향이 크다. 여러 가지 고찰로부터 필터의 평가 척도로서 개수율의 제약조건을 거의 100% 만족한 상태에서 이하의 척도를 제안한다.

첫째, 잘못본 영역개수는 가능한 적은 것이 좋다.

둘째, 잘못본 면적률 F_p' 는 가능한 작은 것이 좋으며 경험적으로 0.1이하가 바람직하다.

셋째, 못보고 빠트린 면적률 F_n' 은 가능한 작은 것이 좋다. T_p' 는 가능한 큰 것이 좋으며, 경험적으로 0.5이상 바람직하다.

〈표 1〉 라플라시안-가우시안($\nabla^2 G$) 필터의 평가결과

필터 폭	문턱값	(F_p', T_p')	가짜 영역 수
$\sigma = 2^{3/4}$	200	(0.0338, 0.3555)	460
	150	(0.0560, 0.4469)	708
	100	(0.0990, 0.5512)	992
$\sigma = 2^{5/4}$	50	(0.1925, 0.7174)	592
$\sigma = 2^{7/4}$	-250	(0.6481, 0.9110)	80
$\sigma = 2^{9/4}$	-1450	(0.8822, 0.9773)	31

3. 다중해상도 필터의 평가결과

표2에 2장의 평가방법을 적용한 결과를 나타낸다.

〈표 2〉 단일 및 다중해상도 $\nabla^2 G$ 필터의 평가결과

	문턱값	(F_p', T_p')	가짜 영역 수
$\sigma = 2^{3/4}$	200	(0.0338, 0.3555)	460
	150	(0.0560, 0.4469)	708
	100	(0.0990, 0.5512)	992
다중 해상도 $\nabla^2 G$ 필터	600	(0.0387, 0.4955)	422
	550	(0.0452, 0.5118)	494
	500	(0.0523, 0.5321)	554

오검출 면적률 F_p' 값에 있어서 단일해상도에 비해 약간 떨어지고 있다. 그러나 오검출 영역수에 있어서 다중해상도 필터 쪽

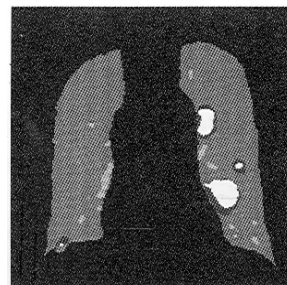
이 적게된다. 전문의의 진단보조 및 종합자동진단시스템의 구성 요소로서의 응용을 고려한 경우 각각의 검출영역에 대해 한층더 강화된 전문의의 검사 혹은 자동진단시스템의 후처리에 의한 판단이 필요하다고 사료된다. 오검출 면적률 F_p' 값보다 오검출 영역수 또는 총 검출수가 평가기준으로서 보다더 중요하다. 따라서 오검출에 대해서 다중해상도 라플라시안-가우시안 필터는 단일해상도 라플라시안-가우시안 필터 $\sigma = 2^{3/4}$ 에 비해 우수하다고 할 수 있다. 한편 못보고 빠트린 면적률에 있어서 다중해상도 필터는 단일해상도 필터 $\sigma = 2^{3/4}$ 에 비해 명확히 양호한 성질을 나타내고 있다. 따라서 오검출에 대해서 다중해상도 라플라시안-가우시안 필터는 단일해상도 라플라시안-가우시안 필터 $\sigma = 2^{3/4}$ 에 비해 우수하다고 할 수 있다. 한편 못보고 빠트린 면적률에 있어서 다중해상도 필터는 단일해상도 필터 $\sigma = 2^{3/4}$ 에 비해 명확히 양호한 성질을 나타내고 있다. 이상의 평가로부터 다중해상도 라플라시안-가우시안 필터는 오검출에 대한 성능과 못보고 빠트린 면적률 양쪽에 있어서 단일해상도 라플라시안-가우시안 필터 $\sigma = 2^{3/4}$ 에 비해 우수하다.

4. 결 론

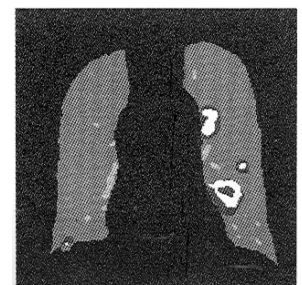
본 연구에서는 흉부 X선 영상으로부터 폐 종류 음영 검출필터의 성능평가기준에 대해서 검토하였고 전문의의 진단보조 또는 종합자동진단시스템의 구성요소로서 필터의 역할을 고려한 후 성능평가절차를 제안했다. 이 평가 절차에 따라 이전에 개발된 다중해상도 라플라시안-가우시안 필터의 성능을 평가하고 단일해상도 라플라시안-가우시안 필터와의 비교를 통해 그 성능이 우수함을 확인하였다. 이번 연구에서 제안한 평가방법은 폐 종류 음영 검출필터의 평가뿐만 아니라 여러 가지 영상진단지원을 위한 필터의 평가에 대해서도 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 다중해상도 필터는 종류 음영에 대해 화질면에서 인정가능한 범위의 제약으로 인해 그 성능을 충분히 살릴 수 없어 이배 대한 검토가 필요하다.

〔참 고 문 헌〕

- [3] A. Shimizu, J. Hasegawa, and J. Toriwaki et al, "Minimum Directional Difference Filter for Extraction of Circumscribed Shadows in Chest X-ray Images and Its characteristics", The Trans. of The Institute of Electronics, nformation and Communication Engineers, Vol.J76-D- II, No.2, pp.241-249, 1993.
- [5] DS. Paik, CF. Beaulien, GD. Rubin et al, "Surface normal overlap: A computer-aided detection algorithm, with application to colonic polyps and lung nodules in helical CT", IEEE Trans., Medical Imaging, Vol.23, pp.661 675, 2004.



〈그림 2〉 다중해상도 $\nabla^2 G$ 필터



〈그림 3〉 단일해상도 $\nabla^2 G$ 필터