

CT 영상에서 위(Stomach)의 자동적인 추출

°박승란, 박종원, *노승무

충남대학교 정보통신공학과, *충남대학교 의과대학 일반외과

Automatic Segmentation of Stomach from the CT Image

°Seung-Ran Park, Jong-Won Park, *Seung-Moo Noh

Dept. of Information and Communications Engineering, Chungnam National University

*Dept. of General Surgery, Chungnam National University

요 약

컴퓨터 단층촬영 영상(Computed Tomography : CT) 내의 위(Stomach)에 대하여 연구하였다. 위는 모양이 변하면서 움직이는 장기이며 음식물로 채워진 부분과 공기로 채워진 부분으로 나뉘어져 있다. 위의 명암 값 정보와 위치 정보를 이용하여 자동적으로 추출을 한 다음, 음식물로 채워진 부분과 공기로 채워진 부분, 그리고 전체적인 위의 체적을 계산할 수 있는 알고리즘을 구현하였다.

1. 서론

CT 영상 내에서 영상 분석을 통한 장기의 자동적인 추출은 전문 의료인들의 진단에 도움을 줄 수 있다.

본 논문에서는 일반적인 영상처리 알고리즘[1 - 7]을 이용하여 복부 CT 영상에서 위의 추출에 대하여 연구하였는데, 위의 명암 값과 위치 등의 특성 파악, 위의 경계선 추출, 위의 체적 계산으로 구성된 알고리즘을 개발하였다. 본 연구에 사용된 복부 CT 영상은 조영 증강제(Contrast Enhancement Medium)를 사용하지 않고, 특별한 병변이 있지 않은 정상인의 CT 영상으로 제한하였다.

2. CT 영상의 물리적 특징

CT 영상은 한 슬라이스가 520Kbyte 정도의 크기로서 512 X 512의 grey scale 이미지를 담고 있다. 이 파일은 ACR/NEMA Version 2.0으로서 DICOM(Digital Imaging and Communications in Medical) 형태의 파일로 변환시켜 사용하였으며, 알고리즘 적용을 위해 다시 8bit pgm 형식으로 변환한 후 장기 추출에 사용하였다.[7]

CT 영상은 0에서 255까지의 명암 값으로 인체 내부의 여러 장기를 표현하고 있다. 따라서, 특정 장기의 평균 명암 값의 분포를 조사하여, 전체 영상에서 추출하는 방식을 이용할 수 있다. 또한 이 파일의 헤더 부분에는 CT 영상의 구성과 형식에 대한 정보로부터 환자 정보에 이르기까지 많은 양의 정보가 들어 있어서 추출된 장기의 체적 계산에 유용하게 이용될 수 있다.

3. 장기 추출

3.1 장기의 추출을 위한 절차

CT 영상에서 특정 장기를 추출하기 위해서는 위치 정보, 명암 값 정보, 모양 정보, 크기 정보 등 각 장기의 특징적인 정보를 이용해야 한다[1][4][5][6]. 본 논문에서는 명암 값의 히스토그램을 관찰하여 특

정 명암 값에 해당되는 부분만을 추출하는 방법과[1] 장기의 위치에 대한 정보를 함께 이용하였다[2][3][4]. 또한 특정 장기로 선택한 위(Stomach)는 CT 영상 내에서 음식물로 채워진 부분과 현저한 명암 차이가 나타나는 공기로 채워진 부분이 분리되어 나타나므로 이를 각각 추출한 후 합해서 보여주는 알고리즘을 채택하였다.

다음과 같은 순서로 위(Stomach)의 추출을 수행하였다.

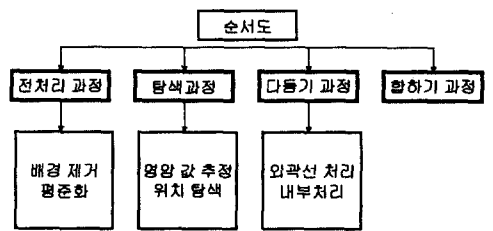


그림 1 위(Stomach) 추출 순서도

3.2 영상 전처리 과정

CT 영상에서(그림 3) 음체를 제외한 배경 부분은 장기의 추출과는 무관한 부분이므로 장기의 추출을 용이하게 하기 위하여 명암 값이 거의 0인 배경 부분을 먼저 제거하였다(그림 4).

CT 영상에는 여러 장기가 특정 범위에서 인접하고 있어서 각 장기 사이의 시각적인 구분이 모호하다. 그러나, 각 장기가 미미한 명암 값 차이를 나타내고 있으므로 이 차이를 강조해 주는 평준화 알고리즘을 사용함으로써 장기의 시각적 구분을 쉽게 할 수 있도록 하였다.[4] (그림 5) 이 과정으로 추출된 장기의 정확성을 판단 할 때에 시각적인 도움이 될 수 있다.

3.3. 위(Stomach)의 탐색 과정

1) 명암 값 추정

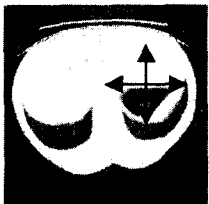
대부분 한 사람의 CT 영상은 17에서 20 개의 슬라이스로 구성되어 있다. 각 슬라이스에서 위의 일부라 추정되는 세 곳으로부터 60X60 크기의 픽셀을 샘플로 채취하여, 샘플을 구성하고 있는 픽셀들의 명암 값의 분포를 조사하였다. 여기에서 일관성 있게 나타나는 명암 값을 해당 위 조직의 명암 값으로 결정하였다.

이러한 과정을 실제 CT 영상에 적용해 본 결과, 음식물로 채워진 부분은 85에서 88의 명암 값을, 공기로 채워진 부분은 0에서 9의 명암 값을 나타내었다 (그림 6).

2) 위치 탐색

앞에서 결정된 명암 값을 이용하여 위에 해당되는 픽셀들을 CT 영상 내에서 추적하여 추출해 내는 과정이다. 먼저, 장기를 구성하는 픽셀의 초기 탐색 위치를 찾아낸다. 위는 CT 영상에서 항상 우측 상단 부근에서 중앙 부근에 걸쳐 있으므로 이 위치 정보와 명암 값 정보를 바탕으로 초기 좌표를 찾는다.

그 다음으로, 찾아진 초기 좌표를 중심으로 상, 하, 좌, 우 방향 (4-연결성)으로 각 픽셀의 명암 값을 비교해 나간다. (그림 2) 결정된 명암 값에 해당하는 픽셀들이 발견되면 그 지점이 위(Stomach)의 일부 인지를 검증하기 위해 4-연결성 방식을 채택하여 인접한 4 개의 픽셀들을 순서대로 비교한다. 4 개의 픽셀들이 모두 결정된 명암 값에 해당되면 그 픽셀을 위의 일부로 결정하는 방식을 반복하여 위를 추출해 낸다. (그림 7,8)



	I, J-1	
I-1, J	I, J	I+1, J
	I, J+1	

그림 2 초기 좌표를 중심으로 한 장기의 탐색 방향과 4-연결성 좌표

3.4 추출된 위의 다듬기 과정

1) 외곽선 처리 과정

CT 영상에서 추출된 위(Stomach)를 살펴보면, 위의 외곽 부분에서 위(Stomach)가 아님에도 불구하고 명암 값과 위치 정보가 비슷하다는 이유로 위의 일부인 것으로 간주되어 함께 추출되어지는 경우가 발생하였다. 다듬기 과정 중 외곽선 처리 과정은 이런 잡음을 제거하는 과정으로 최종적으로 부드러운 외곽선을 갖는 위를 추출하기 위한 과정이다. 이에 Morphological Filter를 이용한 알고리즘을 사용하였다. [4][5][6]

주어진 적당한 크기의 마스크(템플릿)를 전체 영상에 적용하여 마스크보다 작은 크기의 영역은 선택하지 않는다. 이는 둥근 공을 추출된 위의 내부에서 경계선을 따라 돌리는 것과 같은 방식이다. 결과적으로 고르지 않았던 경계 부분을 부드럽게 변환시키는 효과를 보게 된다. 그러나, 돌출된 부분이 잡음이 아닌 위의 일부일 가능성이 있으므로 이를 고려하여 오차 허용을 두었다. 이로써 정확하게 추출된 위의 일부가 손실되는 것 또한 방지하였다. (그림 9)

2) 내부 처리 과정

추출된 위에 대한 외곽선 처리 과정으로 경계선 처리는 부드럽게 이루어 졌으나, 추출된 위벽 내부에는 미세한 점이나 혈관으로 보이는

작은 홀들이 여전히 존재한다. 이러한 부분은 명암 값 추정 과정에서도 명암 값의 범위에 들지 못해 추출되지 못했으나, 분명 위의 일부로 간주되므로 이 부분을 포함시켜 주어야 하는 과정이 필요하다.

이 과정을 내부 처리 과정이라 하였으며, 추출된 위의 내부에 Erosion 과 Dilation Operator를 적용시켰다. 가운데의 한 픽셀 값이 주변에 있는 다른 8 개의 픽셀들의 값과 비교된다. [1][6] 이웃하는 모든 픽셀들의 값이 해당 픽셀의 값과 같은 경우에만 그 값을 유지하고, 주위의 8 픽셀 중 하나라도 다른 값이 존재한다면 해당 픽셀의 값은 다른 값으로 변환된다.

이러한 Operation을 실제 CT 영상에 적용시키면, Erosion Operator는 흰색으로 되어 있는 부분을 축소 시키므로 검게 나타나는 추출된 위의 모양이 커지게 되고 위 내부의 흰색 홀들이 채워지게 된다. Dilation Operator는 흰 부분을 늘어나게 하는 효과를 나타내므로 위의 크기를 다시 원래 상태로 복원하게 한다. 이때, 위의 전체 크기가 복원되어도 추출된 위의 내부에 존재하던 흰 영역 중에서 Erosion Operator에 의해 검은 색으로 완전히 채워졌던 부분은 다시 복구되지 않는다.

결과적으로 Erosion 후 Dilation을 하게 되면, 추출된 전체 위(Stomach)의 크기에 변화를 주지 않으면서 내부에 존재하는 작은 홀들을 변화시킬 수 있다. 한편, 미세한 혈관으로 고려되지 않는 커다란 홀들은 위(Stomach)가 아닌 것으로 간주되며, 추출에서 제외된다. (그림 10,11)

3.5 합하기 과정

CT 영상에서 위(Stomach)는 음식물로 채워진 부분과 공기로 채워진 부분이 현저한 명암 값 차이를 나타내며 나뉘어져 있다. 이에 각각의 명암 값과 위치 정보를 바탕으로 추출을 시도하였다. 그러나, 전체 위의 윤곽을 나타내기 위해서는 음식물로 채워진 부분과 공기로 채워진 부분을 합해야 하는 과정이 필요하다. 따라서 정확하게 찾아진 두 부분을 합하는 알고리즘을 적용하여 완전한 위의 추출이 가능하게 하였다. (그림 12)

4. 장기의 체적 계산

지금까지 언급된 과정으로 위에 대한 추출이 이루어졌다. 알고리즘에 의해 자동적으로 추출된 위에 대한 정확성은 체적의 비교로 입증되었다. 총 50 명의 CT 영상을 외과 전문의에 의한 매뉴얼(manual) 방식과 본 논문에서 구현한 알고리즘에 의한 방법으로 각각 위를 추출하고 체적을 산출해 보았다.

체적 계산에는 CT 영상 파일의 헤더 부분에 포함되어 있는, 슬라이스 간격에 대한 정보와 픽셀의 크기에 대한 정보가 차례로 사용되었다.

체적(Volume)은 다음과 같이 구한다.

$$V = \sum_{i=1}^{N-1} (((L_p \times X \times Y) \text{ of } S_i + (L_p \times X \times Y) \text{ of } S_{i+1}) / 2) \times D$$

N: 추출된 위를 포함하는 슬라이스의 수

Si: 슬라이스 번호

D: 슬라이스 사이의 간격

Lp: 추출된 위를 구성하는 픽셀의 수

X : 한 픽셀의 가로 길이

Y : 한 픽셀의 세로 길이

< 표 1 > 는 각각의 체적을 비교한 표이다. 본 논문에서 사용된 알고리즘과 매뉴얼에 의한 방식으로 추출된 위의 체적이 다소 차이를 보였으나 이는 전체적으로 4% 미만으로 거의 정확하다고 볼 수 있다.

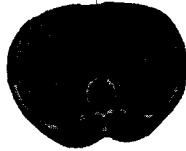
	본 연구에 의한 Volume	외과 전문의에 의한 Voulme
평균	0.636 (Liter)	0.641 (Liter)
오차	3.47 (%)	

<표 1> 알고리즘과 매뉴얼에 의한 체적 비교

5. 결과 영상



(그림 3) 원래 영상



(그림 4) 배경제거 영상



(그림 5) 평균화 영상



(그림 6) 명암 값 추정 영상



(그림 7) 음식물로 채워진 위의 위치 탐색 영상



(그림 8) 공기로 채워진 위의 위치 탐색 영상



(그림 9) 음식물로 채워진 위의 외곽선 처리 영상



(그림 10) 음식물로 채워진 위의 내부 처리 영상

(그림 11) 공기로 채워진 위의

(그림 12) 결과 영상

내부 처리 영상

6. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 CT 영상의 특징을 알아보고 CT 영상에서 위 (Stomach) 추출 알고리즘을 구현 하였다. 위는 음식으로 채워진 부분과 공기로 채워진 부분으로 나뉘어져 있으므로, 두 부분을 분리해서 음식물과 공기의 명암 값을 조사하고 위치 정보를 바탕으로 각각 추출한 다음 합하는 형식을 취하였다.

CT 영상에서 불필요한 배경을 전처리 과정을 통해 먼저, 제거하고 추적과 다듬기 과정으로 위(Stomach)의 정확한 경계선 추출을 실행하였다. 다음, 분리되어 찾아진 음식물로 채워진 부분과 공기로 채워진 부분을 합하여 전체 위의 체적 계산을 수행하였다.

본 연구는 움직이는 장기의 자동적인 추출이라는 점에 의의를 두고 있으며, 본 연구에서 개발된 알고리즘은 위 배출 기능의 정확한 계산, 일정한 크기 이상의 종양에 대한 자동 인식과 의학용 프로그램의 제작 등에 폭 넓게 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

7. 참고 문헌

- [1] H. E. Burdick *Digital Imaging theory and application* McGraw_Hill, inc. 1997.
- [2] M. J. CARLOTTO, " Histogram Analysis Using a Scale Space Approach ", *IEEE Transaction on PAMI*, p.p 121-129, Jan. 1987.
- [3] R. D. Henkei, " Segmentation in Scale Space ", *Proceedings of 6th International Conference on Computer Analysis of Images and Pattern, CAIP 1995*.
- [4] S. E. Umbaugh, *Computer Vision and Image processing : A Practical Approach Using CVIptools*, Prentice Hall PTR , 1998.
- [5] D. H. BALLARD and C. M. BROWN *Computer Vision*, Prentice Hall, inc. 1982.
- [5] J. R. Parker *Algorithm for image processing and Computer Vision* , John Wiley and Sons, inc. 1997.
- [7] NEMA draft doc. *Digital Imaging and Communications in Medicine(DICOM)*