

블럽 컬러링을 이용한 CT영상에서 간 영역 자동 추출

임옥현⁰, 김진철, 박성미, 이배호
전남대학교 컴퓨터정보통신공학과
ohlim@moiza.chonnam.ac.kr

Automatic Segmentation of the Liver Region in CT Images Using Blob Coloring

Okhyun Lim⁰, Jinchul Kim, Seongmi Park, Baeho Lee
Dept. of Computer & Information Engineering, Chonnam National University

요 약

본 논문에서 CT영상에서 간 영역을 자동적으로 분할할 수 있는 방법을 제안한다. 밝기의 특성을 이용하여 초기 관심 영역을 추출하기 위해 ATI(Automatic Threshold Intensity)기법을 사용하였다. 간 영역을 최종적으로 추출하기 위해 블럽 컬러링 기법을 사용하였다. 기존 블럽 컬러링의 연산속도를 개선하기 위해서 Recoloring table을 이용하였다. 제안된 방법을 이용하여 실험한 결과로 간 영역 추출의 성공률 90%를 얻었다.

1. 서 론

CT는 비교적 낮은 비용으로 환자의 몸상태를 의사가 볼 수 있는 영상을 제공한다. 현재 이러한 CT 영상을 기반으로 하여 설계된 Computer-aided diagnostic (CAD) system은 의사의 진단의 속도와 정확도를 높이는 데 많은 도움을 주고 있다.

CAD시스템은 각 조직별로 연구가 진행되고 있다. 특히 폐(lung)와 뇌(brain)에 대한 연구는 상당한 연구 수준에 이르고 있다. 그러나 유방(breast)이나 폐, 뇌(brain)의 CAD는 많은 연구가 이루어지고 있는 반면에 간(Liver)의 CAD는 연구가 미흡하다. 간 CT의 CAD 연구가 다른 조직에 비하여 저조한 이유는 CAD시스템에서 필수적이며, 가장 기초 단계인 간 영역의 자동 분할이 어렵기 때문이다. 즉, CT에서 간 영역은 근접해 있는 주변의 다양한 기관과 경계가 모호하고, 명암값이 유사하며, 사람마다 간의 형태가 일정하지 않기 때문이다. 또한, 간 CT가 갖는 PVE(Partial Volume Effect) 특징이 이웃한 기관과의 경계를 모호하게 하기 때문이다.

간암은 인구 만명당 20명 정도가 발병하여 각종 암중에서 5번째로 발병률이 높고 사망률에 있어서도 3번째로 높은 암이다. 따라서 다른 조직들과 같이 앞으로는 많은 연구가 있을 것으로 예상된다.

본 논문에서는 간 영역을 자동적으로 분할할 수 있는 방법을 제안한다. 간의 초기 영역을 추출하기 위해서 ATI(Automatic Threshold Intensity)기법을 사용하였고 최종적으로 간 영역을 추출하기 위해 Recoloring Table을 이용한 블럽 컬러링 기법을 사용하였다.

본 논문은 2장에서는 Automatic Threshold Intensity를 이용한 초기 영역 추출에 대하여 설명하고, 3장에서

는 블럽 컬러링을 이용한 간 영역 추출에 대하여 설명하고, 4장에서는 실험 및 결과를 분석하며 5장에서는 결론을 맺는다.

2. ATI를 이용한 초기 관심 영역 추출

간은 복부 CT영상에 오른쪽에 가장 큰 장기이다. 이러한 기본적인 사전지식을 이용하여 오른쪽의 복부 CT영상을 히스토그램으로 분석하면 간 영역에서 밝기의 최고값을 찾을 수 있다. 여기서 간 영역의 밝기 범위를 결정하는 것이 간 영역 추출의 관건이다.

기존의 많은 방법들은 대부분 Threshold intensity를 임의적으로 설정하였다. 그러나 Threshold intensity를 임의적으로 설정하였을 경우 일부의 영상에서는 올바르게 초기의 간 영역이 추출되지 않는 경우가 생긴다. 초기에 올바르게 간 영역 intensity의 범위를 정하지 못하면 이후에 다른 영상 처리 기법을 적용하여도 정확한 영역을 추출하기가 어렵기 때문에 초기의 Threshold intensity를 정확하게 결정하는 것은 간 영역 추출에서 매우 중요하다.

본 논문에서는 히스토그램의 밝기의 최고값과 좌우로의 감소량을 이용하여 간 영역의 밝기 범위를 자동적으로 결정하는 방법을 제안한다.

CT영상을 히스토그램으로 분석하면 밝기의 최고값을 중심으로 대부분의 간 영역 intensity가 분포되어 있다. 그러나 최고값에서 멀어질수록 다른 장기 영역의 intensity와 혼합이 되어 정확한 경계를 찾을 수 없게 된다. 따라서 본 논문에서는 최고치 intensity에서 근접한 곳들의 감소량을 측정하여 최고치에서 멀어지는 곳들의 intensity의 수를 가상으로 설정한다. 이때 intensity의 수

가 0이 될 때를 Threshold intensity로 결정하였다.

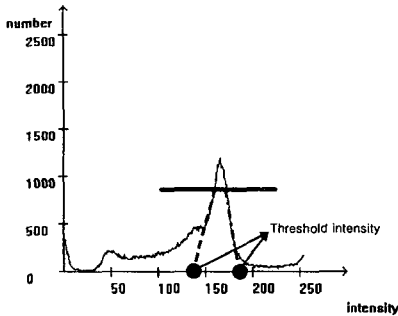


그림 1. ATI(Automatic Threshold Intensity)

Threshold intensity를 구하기 위해서는 Max intensity에서 일정부분까지 감소량을 알아야한다. 감소량을 구하는 방법은 식(2)와 같다.

$$diff = \sum_{a=0, b=0}^n \frac{Hist[Max-a] - Hist[Max-b-1]}{|(Max-a) - (Max-b-1)|} \quad (1)$$

여기에서 Max는 히스토그램이 최고일 때 intensity이다. 만약 $Hist[Max-a] > Hist[Max-b-1]$ 이면 a, b를 모두 1씩 증가하고, 만약 $Hist[Max-a] \leq Hist[Max-b-1]$ 이면 $Hist[Max-a] > Hist[Max-b-1]$ 까지 a는 고정하고 b만 증가시킨다. 이와 같은 방법을 사용하는 것은 최고값을 중심으로 대부분 감소하나 일부분에서 증가하는 경우가 나타나기 때문에 이러한 경우를 대비하기 위함이다.

식(1)에서 구해진 감소량(diff)을 이용하여 Threshold intensity는 식(2)과 같이 정의된다.

$$Threshold = Max - \frac{Hist[Max]}{diff} \quad (2)$$

이와 같이 구해진 간 영역의 intensity의 범위를 이용하여 CT영상을 이진화하여 초기 영역 추출한다.

3. 불렙 컬러링을 이용한 간 영역 추출

CT의 영상을 ATI에 의해 이진화 하였을 경우 대부분의 간 영역과 관계없는 부분의 영상은 제거가 된다. 그러나 잡음과 간 영역의 밝기와 아주 유사한 경우는 남게 된다. 이와 같은 잡음을 어느 정도 제거하기 위해 본 논문에서는 모폴로지의 Opening을 사용하였다. Opening은 Erosion(축소)를 한 다음 Dilation(팽창)을 하는 방법이다. 모폴로지의 Opening기법에 사용된 침식과 팽창은 식(3)과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{침식: } A \ominus B &= \{z | (B)_z \subseteq A\} \\ \text{팽창: } A \oplus B &= \{z | [(B)_z \cap A] \subseteq A\} \end{aligned} \quad (3)$$

Opening 방법을 사용하면 작은 영역들은 제거되고 비교적 큰 영역들만 남게 된다.

Opening을 거친 CT영상은 커다란 여러 개의 그룹으로 나누어진다. 여기서 간 영역에 해당하는 부분이 가장 큰 영역이므로 각각 영역의 픽셀 수를 합하여 그 중 가장 큰 값 부분은 남기고 나머지는 제거한다. 최종적으로 남은 영역이 간 영역이 된다. 본 논문에서는 이러한 작업을 하기 위해 불렙 컬러링(Blob Coloring)기법을 사용하였다. 불렙 컬러링 알고리즘은 그림2와 같다.

```

Given binary image
Let the initial Color[k]=0
Step1.
Scan the original image from left to right and
top to bottom(raster Scan) using L-shape template
For k=ImageSize
  if Image[C]=255 then
    if Image[U]=255 and Image[L]=0 then
      Color[C]=Color[U]
    if Image[U]=0 and Image[L]=255 then
      Color[C]=Color[L]
    if Image[U]=0 and Image[L]=0 then
      Color[C]=K++, new Color
    if Image[U]=255 and Image[L]=255 then
      if Color[U] is not equal Color[L] then
        ReColoringTable process
        Color[C]=Color[L]
  repeat
Step2.
For count=k
  Color[count]=ReColoring[Color[count]]
repeat
    
```

그림2. Blob Coloring Algorithm

그러나 불렙 컬러링 기법은 다른 Color가 같은 영역인 부분으로 발견될 때마다 같은 Color로 변경해주어야 하는 반복 작업 때문에 많은 연산 시간이 소요된다. 본 논문에서는 기존의 불렙 컬러링의 연산속도를 개선하기 위해서 그림3과 같은 형식의 Recoloring table을 이용하였다.

Color	1	2	k-1	k
ReColor Number	RCN ₁	RCN ₂	RCN _{k-1}	RCN _k

그림 3. Recoloring table

Recoloring table은 Color의 색들을 일정한 Table에 다시 저장하였다가 Color의 분류가 일치적으로 끝난 후에 같은 Color를 한번에 바꾸는데 사용된다.

Recoloring table을 이용한 블러프 컬러링 기법을 적용한 후에 간 영역이 추출되게 된다. 그러나 간 영역의 내부에 다른 밝기가 존재하기 때문에 이런 부분은 비어 있게 된다. 이러한 빈 공간을 Hole Filling 기법을 이용하여 채운다. 본 논문에서는 Hole Filling 기법은 블러프 컬러링을 변형하여 사용하였다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 블러프 컬러링을 이용한 간 영역 자동 추출 알고리즘은 펜티엄 IV-2.4Gh 환경에서 Visual C++6.0 소프트웨어를 사용하여 실험하였다. 입력 CT영상은 복부 CT영상으로 100장을 사용하였다.

한 장의 복부 CT영상에서 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용하여 단계적인 결과는 그림4와 같다.

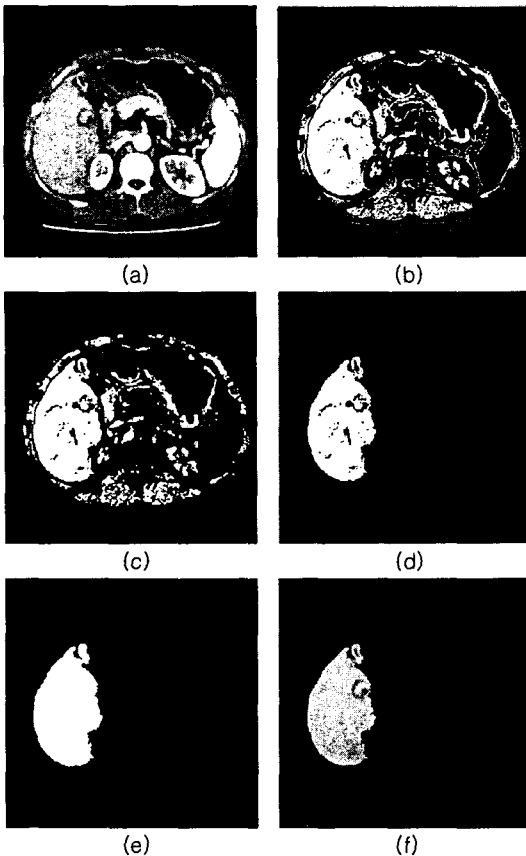


그림 4. 제안된 알고리즘 단계별 결과
 (a)원 CT영상 (b)ATI를 이용한 이진화 영상
 (c)모폴로지 적용한 영상 (d)블러프 컬러링 적용한 영상
 (e)hole filling기법을 적용한 영상 (f) 간 영역 영상

본 논문에서 손으로 수동적으로 간영역 추출한 것을 기준으로 제안한 알고리즘을 이용하여 자동적으로 추출한 간영역이 90%이상 손에 의한 것과 일치하였을 경우 성공으로 간주하였다. 입력 복부 CT영상에 대하여 추출 성공률을 표1과 같다.

표1. 검출 성공률

총 CT영상수: 100장

	성공	실패
영상수	90	10
일치평균	91%	73%

ATI(Automatic Threshold Intensity)기법을 사용하였을 경우는 90장의 성공을 보였으나 ATI기법을 사용하지 않았을 경우 81장의 성공을 보였다. 따라서 ATI기법을 사용하였을 경우 간영역을 보다 정확하게 찾는 것으로 나타났다. Recoloring Table을 사용하였을 경우와 사용하지 않았을 경우 연산속도는 평균 5.3초 빨라지는 것으로 실험결과 나타났다.

5. 결론

본 논문에서는 블러프 컬러링 기법을 기본으로 이용한 간 영역 자동 추출에 대한 영상 처리 기법을 제안하였다. 또한 이진화를 통한 초기 관심 영역 추출을 정확하게 하기 위해 CT 영상마다 자동적으로 Threshold intensity 결정해주는 ATI(Automatic Threshold Intensity)기법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 실험을 통하여 간영역 추출률 90%를 나타내었다. 그러나 여전히 간영역의 경계가 모호한 부분은 실패하는 경우가 많았다. 또한 쓸모 없는 부분에 대하여 영상처리가 이루어지는 곳이 있어서 초기 관심 영역을 선택하는 기법이 해결해야 될 문제로 남았다.

참고 문헌

- [1] Jae-Sung Hong, Toyohisa Kaneko, Ryuzo Sekiguchi, Kil-Houm Pak, "Automatic Liver Tumor Detection from CT," *IEICE TRANS. INF. & SYST.*, Vol. E84-D, No. 6, June 2001
- [2] Du-Yih Tasi, "Automatic Segmentation of Liver Structure in CT Images Using a Neural Networks" *IEICE Trans. Fundamental*, Vol. E77-A, No. 11, pp. 1892-1895, 1994
- [3] S.J. Lim, Y.Y Jeong, and Y.S. Ho, "Automatic Segmentation of the Liver in CT Images Using the Watershed Algorithm Based on Morphological Filtering," *Proc. of the SPIE*, vol.5370, Feb. 2004
- [4] H.Suzuki, N.Inaoka, H.Takabatake, M.Mori and H.Natori, "Computer-aided diagnosis system for lung tumors," *Proc. SIPE*, vol. 2710, pp. 1035, 1996