

CT 영상에서 Region Growing 기법을 이용한 관심 장기 영역의 자동 추출

배호영^o 이우주 이배호

전남대학교 컴퓨터정보통신공학과

saint97@nate.com^o, lwj2000@nate.com, bhlee@chonnam.ac.kr

Automatic Segmentation of the Interest Organ Region in CT Images Using Region Growing

Ho-Young Bae^o Wu-Ju Lee Bae-Ho Lee

Dept. of Computer Engineering, Chonnam National University

요약

본 논문은 CT영상에서 영역 확장 기법을 이용하여 인간의 장기 중 뇌와 간을 자동으로 추출할 수 있는 방법을 제안한다. 이는 뇌와 간이 CT영상에서 비교적 넓은 영역을 차지하고 있다는 사실에 기인하였으며, CT영상에서 특정 장기 영역을 추출하기 위해서 크게 초기 탐색 영역 결정 단계와 최종 장기 영역 단계로 나누어진다. 초기 탐색 영역은 CT영상 내에서 추출하고자 하는 장기 영역과 관계없는 부분을 제거하고 특정 장기 영역만을 남겨 관심 장기 영역의 검출률을 높이는 작업이다. 본 논문에서는 CT영상에서 비교적 높은 Gray Level을 가지고 있는 뼈영역인 두개골과 척추의 위치를 기반으로 하여 초기 탐색 영역을 결정하는 방법을 사용하였다.

특정 장기 영역의 추출은 ATID(Automatic Threshold Intensity Decision)를 이용한 이진화 단계, 모폴로지의 Opening 기법을 이용한 잡음제거 단계, Region Growing 기법을 이용한 특정 영역 추출 단계를 이용하는 과정을 거친다. 본 논문에서는 Region Growing 기법을 거친 다음 각각의 그룹 중에서 크기가 가장 큰 부분을 최종 특정 장기 영역으로 결정하였다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 국립전남대학교 부속병원에서 수집된 각각 뇌영상 100장과 간영상 100장을 사용하여 실험하였고, 제안된 알고리즘을 통해 관심 장기 영역을 추출했을 경우 약 91%이상의 높은 추출률을 보였다.

1. 서론

최근에는 질환의 진단을 정확하고 일괄적이며 효율적으로 진행할 수 있도록 컴퓨터 보조 진단(Computer-aided diagnosis, CAD) 시스템이 개발되고 있다. 그러나 CT의 CAD는 아직도 많은 연구가 필요한 분야이다. 그 이유는 CAD 시스템에서 필수적이며, 가장 기초 단계인 관심 장기 영역의 자동 분할이 어렵기 때문이다. 이는 신체의 장기가 똑같은 그것이라 하더라도 서로 다른 크기와 더불어 복잡한 형태로 존재하며, 다양한 Gray Level을 가지고 있으며 대부분의 장기들이 다른 장기들과의 경계가 모호하기 때문이다[1][2].

영역 분할 기법에는 Thresholding 기법[3], Edge Detection 기법[4], Region Growing 기법[5] 등 여러 가지가 있다.

Thresholding 기법은 CT 영상이 크게 배경, 특정 장기와 그 외의 장기로 구성되므로 luminance histogram 분포가 세 부분의 peak를 보이므로 특정 장기와 그 외의 장기, 전체 장기와 배경사이의 2개의 threshold value(임계값)를 가지고 영역을 분할한다. 이 기법은 간단하고 처리 속도가 빠르지만 배경과 장기들 사이의 histogram이 장기의 종류나 이상 장기에 따라 균일하지 않으므로 영역 분할이 어렵다. Edge Detection 기법은 영상의 밝기가 변하는 지점에 존재하는 에지를 추출하여, 장기 영상에서 장기의 위치, 모양과 크기, texture가 어떠한지 알 수 있으나 CT 영상의 많은 artifact나 장기안의 작은 점이나 장기 그룹에 대해 많은 edge가 생성되어 분할이 어렵다. Region Growing 기법은 seed

화소를 중심으로 영역을 확장 시 화소의 차가 일정 임계값 이상이 되면 확장을 멈춰 영역 분할을 하므로 상대적으로 정확하게 영역 분할이 가능하나 시간이 오래 걸린다. 특히 CT영상에 있어서 장기들의 Gray Level 값의 분포가 심하므로 고르게 seed를 찾는 것이 쉽지 않다.

본 논문에서는 많은 영역분할 기법중에서 비교적 영역 분할이 잘되는 Region Growing 기법과 ATID 기법을 이용하여 특정 장기 영역 검출에 맞게 수정 보완하여 자동적으로 뇌와 간 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 여기서 간과 뇌를 선택한 이유는 각각 뇌CT와 복부 CT에서 뇌와 간이 큰 영역으로써 존재해서, 비교적 쉽게 추출할 수 있기 때문이다. CT영상에서 seed 영역을 추출하기 위해서 크게 초기 탐색 영역 결정 단계와 최종 seed 영역 추출 단계로 나누어진다. 초기 탐색 영역은 CT영상 내에서 seed 영역과 관계없는 부분을 제거하고 seed 영역과 연관이 있는 부분만을 남겨 추후에 특정 장기 영역의 검출률을 높이는 작업이다. 본 논문에서는 CT영상에서 비교적 높은 Gray Level값을 가지고 있는 뼈 영역의 위치를 중심으로 위치를 기반으로 하여 초기 탐색 영역을 결정하는 방법을 사용하였다. seed 영역의 추출은 ATID(Automatic Threshold Intensity Decision)를 이용한 이진화 단계, 모폴로지의 Opening 기법[6]-[8]을 이용한 잡음제거 단계, Region Growing 기법을 이용한 seed 영역 추출 단계, 윌링 기법을 이용한 채우기 단계의 과정을 거친다. ATID기법은 CT영상에서 히스토그램의 최고값 Intensity와 감소량을 이용하여

관심 장기 영역의 Intensity 범위를 자동적으로 결정하는 방법이다. Region Growing 기법은 각각의 픽셀값들을 묶어서 그룹으로 만드는 방법이다. 본 논문에서는 Region Growing 기법을 거친 다음 각각의 그룹 중에서 크기가 가장 큰 부분을 최종 관심 장기 영역으로 결정하였다.

본 논문은 구성은 다음과 같다. 2장에서는 초기 탐색영역 결정에 대한 방법을 소개하고, 3장에서는 ATID기법과 Region Growing 기법을 이용하여 자동적으로 특정 장기 영역을 추출하는 방법을 설명하고, 4장에서는 본 논문에서 제안한 기법을 이용하여 실험한 결과를 분석하며, 마지막으로 5장에서는 전체적인 결론을 맺는다.

2. 초기 탐색 영역

일반적으로 초기 탐색영역 결정은 seed 영역이 CT 영상내에서 신체를 둘러싸고 있는 뼈영역의 안에 위치한다는 의학적 사전 지식을 바탕으로 이루어진다. 본 논문에서는 CT영상 안에서 신체의 장기 영역을 둘러싸고 있는 뼈의 위치를 기반으로 하여 초기 탐색 영역을 결정하는 방법을 제안한다. 뼈의 위치를 기반으로 한 초기 탐색 영역은 일차적으로 뼈를 검출해야하는 단점이 있긴 하다. 그러나 뼈의 위치에 의한 초기 탐색 영역 결정은 히스토그램 분석에 있어서 신체의 뼈 영역의 특징을 간결하고 정확하게 분석할 수 있기 때문에 최종 관심 장기 영역의 검출에서 정확도를 높게 한다.

2.1 뼈 영역의 추출(Segmentation of the Skull Area)

CT영상에서 뼈 영역의 히스토그램은 뼈의 특성상 가장 밝은 부분에 속한다. 이러한 특성을 뼈 영역의 검출에 이용한다. 본 논문에서는 CT 영상의 히스토그램으로 변환하여 존재하는 밝기(intensity)영역의 최고값에서 10%를 뼈 영역의 intensity 범위로 결정하였다.

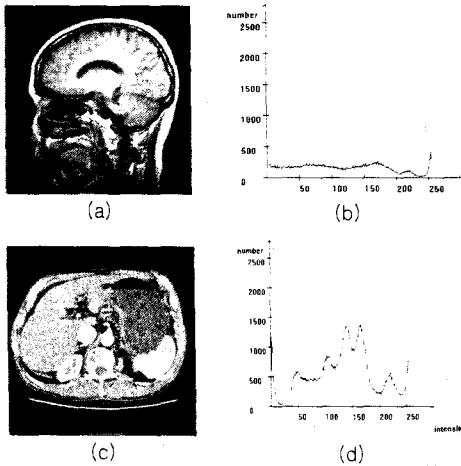


그림 1. CT영상의 히스토그램 변환

- (a) 뇌의 CT영상. (b) 뇌 CT의 히스토그램 변환
- (c) 간의 CT영상. (d) 간 CT의 히스토그램 변환

히스토그램에서 결정된 뼈 영역 밝기의 범위를 이용하여 CT영

상을 이진화한다. 이진화 하였을 경우 대부분의 장기가 제거되고 뼈 영역, 장기 중에서 밝은 부분, 잡음 등이 남게 된다. 하지만 이들 영역 중에서 뼈 영역이 가장 많이 남게 된다. 뼈 영역을 보다 강조하기 위해 본 논문에서는 모폴로지의 팽창기법을 사용하였다. 팽창 기법을 사용하였을 경우 잡음 등이 강조되지만 뼈 영역 부분이 더욱 명확히 강조되므로 이 기법을 사용하였다. 이렇게 만들어진 영상에서 Region Growing 기법을 사용하여 영역이 가장 큰 뼈 영역, 즉 뇌 CT 영상에서는 두개골 영역만, 복부 CT 영상에서는 척추영역만을 추출하였다. 그 이미지 영상은 다음의 그림. 2와 그림. 3과 같이 추출된다. 모폴로지의 팽창 기법과 Region Growing 기법은 이후에 특정 장기 영역 추출에서도 사용되므로 특정 장기 영역 추출에서 보다 자세히 설명하도록 하겠다.

이와 같은 단계로 뼈의 영역을 추출하였을 경우 그 영역이 완벽하게 추출되는 것은 아니다. 그러나 뼈 영역의 추출 작업은 초기의 탐색 영역을 결정하는 단계에 일부뿐이므로 대략적으로 추출하였을 경우에도 초기 탐색 영역을 결정하는데 크게 영향을 미치지 않는다.

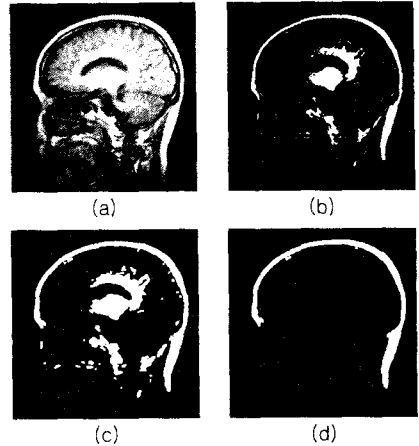
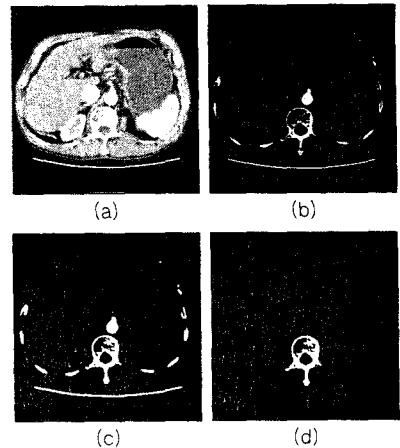


그림 2. 두개골 추출의 단계적 영상

- (a) 뇌 CT 영상, (b) 이진화 영상.
- (c) 팽창 영상, (d) ROI of Skull



(c) (d)

그림 3. 척추 추출의 단계적 이미지

- (a) 복부 CT 영상, (b) 이진화 영상
- (c) 평창 영상, (d) ROI of Spine

2.2 초기 탐색영역의 결정

원 CT영상에서 추출된 뼈 영역안의 큰 픽셀값의 그룹의 값을 기준으로 정한다. 이후 그 기준에 포함되지 않은 불필요한 배경과 작은 그룹 영역을 제거한 후에 남은 영상을 초기 탐색 영역으로 결정한다. 초기 탐색영역 결정을 한 후에 영상은 그림 4.와 같다.

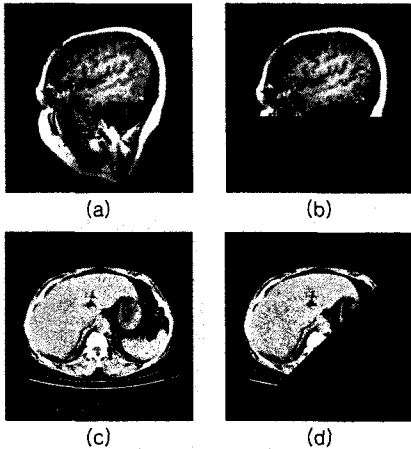


그림 4. 초기 탐색영역 결정

- (a) 뇌 CT 영상, (b) 탐색영역 결정 후 영상
- (c) 복부 CT 영상, (d) 탐색영역 결정 후 영상

3. 관심 장기의 추출(Segmentation of the Interest Organ)

관심 장기 영역의 추출은 Automatic Threshold Intensity를 이용한 이진화 단계, 모폴로지의 Opening 기법을 이용한 잡음 제거 단계, Region Growing 기법을 이용한 관심 장기 영역 추출 단계, 홀 필터링 기법을 이용한 채우기 단계로 나누어진다.

3.1 Automatic Threshold Intensity

초기 탐색 영역이 결정된 CT영상을 히스토그램으로 변환하면 관심 장기 영역에서 최고값이 나타난다. 본 논문에서는 히스토그램의 최고값의 intensity와 좌우로의 감소량(미분값)을 이용하여 뇌 영역의 intensity 범위를 자동적으로 결정하는 방법을 사용하였다.

CT영상을 히스토그램으로 변환하였을 때 최고값의 intensity를 중심으로 대부분의 관심 장기 영역 intensity가 분포되어 있다. 따라서 본 논문에서는 최고치 intensity에서 근접한 곳(실험에서는 좌우측 각각 10간격으로 하였다)들의 감소량을 측정하여 최고치에서 멀어지는 곳들의 intensity의 수를 가상으로 설정한다. 이 때 intensity의 수가 0이 될 때를 Thresholding value(임계값)로 결정하였다.

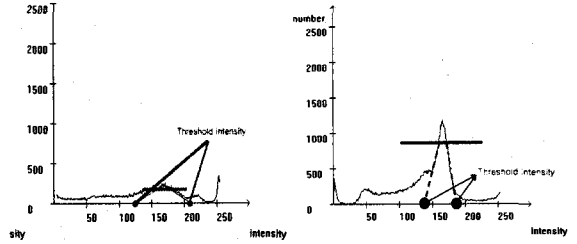


그림 5. 임계값 결정

- (a) 뇌 CT에서의 임계값 결정
- (b) 복부 CT에서의 임계값 결정

Thresholding value(임계값)를 구하기 위해서는 Max intensity에서 일정부분까지 감소량(미분량)을 알아야한다. 감소량을 구하는 방법은 식(1)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 intensity의 값이다. 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 일부 분야에서 증가하는 경우가 나타나기 때문에 이러한 경우를 대비하기 위함이다. 식(1)에서 구해진 감소량(diff)을 이용하여 Thresholding value는 식(2)과 같이 정의된다.

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

이와 같이 구해진 관심 장기 영역의 intensity의 범위를 이용하여 초기 탐색영역이 결정된 CT영상을 이진화한다. 이진화된 영상은 그림 6과 같다.

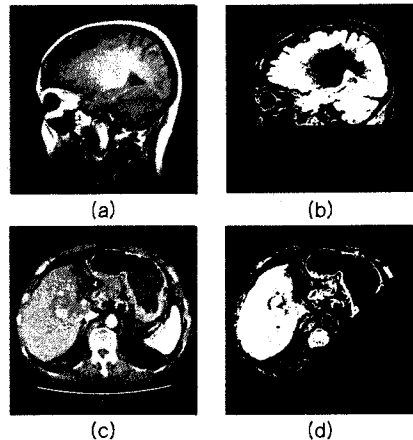


그림 6. CT영상의 이진화

- (a) 뇌 CT 영상, (b) 뇌 CT의 이진화 영상
- (c) 복부 CT 영상, (d) 복부 CT의 이진화 영상

3.2 모폴로지 Opening기법

모폴로지 Opening 기법에서 모폴로지 Erosion(침식)은 경계선을 유지하면서 영상에서 연산할 때 사용하는 형태소 연산자의 크기에 상응하는 영역에 대해 축소시키는 기능을 하고, 모폴로지 Dilation(팽창)은 경계선을 유지하면서 영상에서 연산할 때 사용하는 형태소 연산자의 크기에 상응하는 영역에 대해 확장하는 기능을 한다. CT의 영상을 임계값 결정에 의해 이진화하였을 경우 대부분의 관심 장기 영역과 관계없는 부분의 영상은 제거가 된다. 그러나 잡음과 관심 장기 영역의 밝기와 아주 유사한 경우는 남게 된다. 이와 같은 잡음을 어느 정도 제거하기 위해 본 논문에서는 모폴로지의 Opening 방법을 사용하였다. Opening은 Erosion(침식)을 한 다음 Dilation(팽창)을 하는 방법이다. Opening 방법을 사용하면 작은 영역들은 제거되고 비교적 큰 영역들만 남게 된다.

3.2.1 침식(Erosion) 연산

침식 연산은 배경에 대해 배경을 확장시키고 물체의 크기를 축소시키는 역할을 한다. 침식 마스크를 이용하여 연산시 흰 물체의 둘레로부터 한 픽셀을 없애는 효과를 갖는다. 이와 같은 특성을 이용하여 이진화된 CT영상에서 작은 영역이나 잡음을 제거하는데 이용한다. 침식 연산은 식(3)와 같이 정의된다.

$$A \ominus B = \{x | (B)_x \subseteq A\} \quad (3)$$

침식 연산을 적용한 후에 영상은 그림 7.(b), 그림 7.(e)와 같다.

3.2.2 팽창(Dilation) 연산

물체의 최 외곽 픽셀을 확장하는 역할을 한다. 따라서, 물체의 크기는 확장 되고 배경은 축소된다. 팽창 마스크는 흰색 물체의 둘레에 한 픽셀을 더하는 역할을 하는데 3 X 3 마스크와 똑같은 영역을 가지는 영역에 대해서는 값을 바꾸지 않으며 1개 이상의 서로 다른 픽셀이 존재할 경우 마스크의 가운데 픽셀에 흰색 값을 할당 하는 역할을 한다. 침식 연산으로 잡음은 어느 정도 제거가 되지만 필요한 부분 까지 제거되는 경우가 있다. 팽창 연산은 이와 같은 경우를 보완하기 위해 사용된다. 팽창 연산은 식(4)와 같이 정의된다.

$$A \oplus B = \{x | ((\hat{B})_x \cap A) \subseteq A\} \quad (4)$$

팽창 연산을 적용한 후에 영상은 그림 7.(c), 그림 7.(f)와 같다.

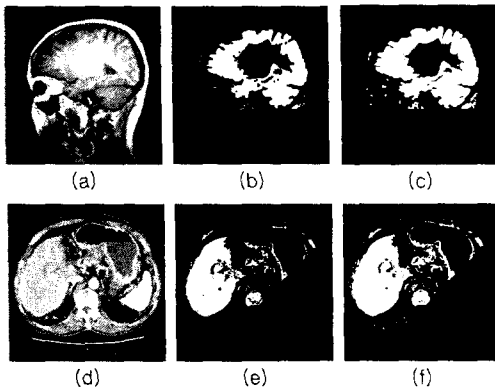


그림 7. 모폴로지 기법 연산 적용

- (a) 뇌 CT 영상, (b) 침식 영상, (c) 팽창 영상
- (d) 복부 CT 영상, (e) 침식 영상, (f) 팽창 영상

3.3 Region Growing 알고리즘을 이용한 최종 관심 장기 영역 검출

Region Growing 기법은 다양한 그룹 가운데서 뇌 영역을 최종적으로 결정하기 위해서 사용한다. Opening을 거친 CT영상은 커다란 여러 개의 그룹으로 나누어진다. 여기서 뇌 영역에 해당하는 부분이 가장 큰 영역이므로 각각 영역의 픽셀 수를 합하여 그 중 가장 큰 값 부분은 남기고 나머지는 제거한다. 최종적으로 남은 영역이 뇌 영역이 된다.

Adaptive Region Growing Algorithm

```

Given binary image
Let the initial Color[k]=0

Step. 1
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
      Color[C]=Color[L]
  repeat

Step. 2
For count=k
  Color[count]=ReColoring[Color[count]]
repeat
    
```

관심 장기 영역의 내부에 다른 밝기가 존재하기 때문에 이런 부분은 비어있게 된다. 이러한 빈 공간을 Hole Filling 기법을 이용하여 채운다. 본 논문에서는 Hole Filling 기법은 Region Growing 기법을 변형하여 사용하였다.

4. 실험결과

본 논문에서 제안한 블럼 컬러링을 이용한 뇌 영역 자동 추출 알고리즘은 Visual C++6.0을 사용하여 실험하였다. 입력 CT영상은 뇌 CT영상으로 100장을 사용하였다. 한 장의 뇌 CT영상에서 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용한 단계적인 결과는 그림 8, 그림 9와 같다.

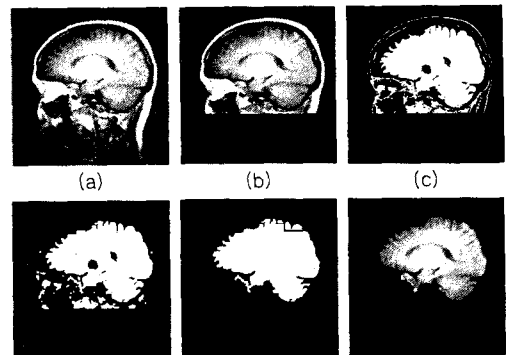


그림 8. 제안된 알고리즘 단계별 결과

- (a) 원 CT영상, (b) 초기 탐색 영역 선택
- (c) 모폴로지 기법을 적용한 영상
- (d) Region Growing 기법을 적용한 영상
- (e) hole filling 기법을 적용한 영상
- (f) 최종 뇌 영역 영상

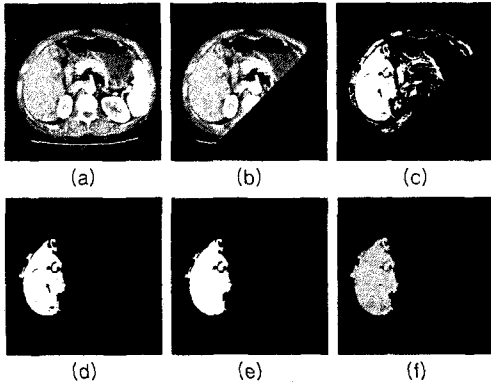


그림 9. 제안된 알고리즘 단계별 결과

- (a) 원 CT영상, (b) 초기 탐색 영역 선택
- (c) 모폴로지 기법을 적용한 영상
- (d) Region Growing 기법을 적용한 영상
- (e) hole filling 기법을 적용한 영상
- (f) 최종 간 영역 영상

본 논문에서는 제안한 알고리즘을 이용하여 자동적으로 추출한 특정 장기의 영역이 90%이상 확인되었을 경우 성공으로 간주하였다. 입력 CT영상에 대하여 뇌 CT 영상과 복부 CT 영상에서의 추출 성공률은 각각 표 1과 표 2와 같다.

표 1. 뇌 CT에서 검출 성공률 <총 CT 영상수 : 100장>

	성공	실패
영상수	92	8
일치평균	90%	69%

표 2. 복부 CT에서 검출 성공률 <총 CT영상수 : 100장>

	성공	실패
영상수	90	10
일치평균	91%	73%

제안된 알고리즘을 사용하였을 경우는 각각 뇌 CT영상의 경우 92장의 성공을 보였으며 성공한 경우의 90%이상은 정확히 뇌영역만을 추출하였고, 복부 CT의 경우 90장의 성공을 보였으며 성공한 경우의 91%이상은 정확히 간영역만을 추출하였다. 추출된 영상중 일부에선 명암값이 높은 부분이 포함되기도 하였으나, 시각적으로 높은 추출율을 보였다. 실패한 경우는 크게 두가지로써 신체의 뼈 영역과 특정 장기 영역에서 차이가 거의 없을 경우 같이 검출되거나, 특정 장기 영역내에서 명암값의 차이가 심해 검출되지 않은 경우가 많았다.

5. 결론

본 논문에서는 Region Growing 기법을 기본으로 하여, CT 영상에서의 뼈 영역을 선검색후 관심영역만 남긴 후의 관심 장기 영역 자동 추출에 대한 영상 처리 기법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 실험을 통하여 각각 뇌영역은 92%, 간영역은 90%의 추출율을 나타내었다.

그러나 초기 신체의 뼈 영역을 중심으로 관심영역만 남기게 되었을 때 개인마다 특정 장기의 크기가 틀려, 즉 극히 일부 개인의 뇌나 간이 너무 커서 관심영역을 벗어날 경우에 추출자체가 불가능하였다. 또한 여전히 관심 장기 영역의 경계가 모호한 부분은 실패하는 경우가 많았다. 쓸모없는 부분에 대하여 영상처리가 이루어지는 곳이 있어서 초기 관심 영역을 선택하는 기법과 관심 장기 영역에서 경계가 모호한 부분을 명확히 추출해 내는 기법에 대해서는 이후 풀어야 할 숙제이다.

참고문헌

- [1] M. J. CARLOTTO, "Histogram Analysis Using a Scale-Space Approach", *IEEE Transaction on PAMI*, pp. 121-129, January 1987
- [2] R. D. Henkei, "Segmentation in Scale Space", *Proceedings of 6th international conference. On Computer Analysis of Images and Pattern*, CAIP 1995, Prague 1995
- [3] Joan S. Weszka, "SURVEY : A Survey of Threshold Selection Techniques", *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 7, pp.256-265, 1978
- [4] Rafael C. Gonzalez and Paul Wintz, *Digital Image Processing*, 3rd Ed., Addison-Wesley, 1993
- [5] Tetsuo Asano, Naokazu Yokoya, "Image Segmentation Schema for Low-level Computer Vision", *Pattern Recognition*, Vol. 14, pp. 267-273, 1981
- [6] R. M. Haralick, S. R. Sternberg and X. Zhuang, "Image analysis using mathematical morphology", *IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell.*, Vol. PAMI-9, pp. 532-550, 1987.
- [7] P. A. Maragos and R. W. Shafer, "Morphological filters-part11 : their relation of median, order statistic and stack filters", *IEEE Trans. Acous. Speech, Signal Process*, Vol. ASSP-35, pp. 1170-1184, 1987
- [8] B. Jang and R. T. Chin, "Analysis of thinning algorithm using mathematical morphology", *IEEE Trans. Patt. Recog. Mach. Intell.*, Vol. PAMI-12, pp. 541-551, 1990