

복부 CT 영상을 이용한 비정상 간의 세그멘테이션 기법

성 원⁰, 박종원*
충남대학교 컴퓨터공학과
*충남대학교 정보통신공학과
(wseong, jwpark)@crow.cnu.ac.kr

A segmentation method of abnormal liver using abdominal CT images

Won Seong⁰, Jong-Won Park*
Dept. of Computer Engineering, Chungnam National University
*Dept. of Information and Communication Engineering, Chungnam National University

요약

일반적으로 복부 CT 영상에서 간암이나 다른 병변들을 갖고 있는 많은 정상 간은 고른 그레이값 분포 범위를 가지고 있다. 그 그레이값 범위는 대개 90 에서 92 사이의 값이다. 그러나, 복부 CT 영상에서 간암이나 여러 병변들을 가지고 있는 비정상간의 경우는 정상간의 경우와 같이 90 에서 92 사이의 일정 간격의 그레이값들만으로 구성되어 있지 않다. 비정상간의 경우는 병변들로 인하여 건강한 간의 실질 부분의 그레이값만을 나타내지는 못하기 때문이다. 이는 복부 CT 영상에서 간 부분을 세그멘테이션할 때 정상간 부분과 비정상간 부분의 세그멘테이션 방식이 다를 수 있음을 말해준다. 보통 기존에 있는 정상간의 세그멘테이션 기법은 위치 정보와 함께 일정 간격의 그레이값 분포 정보를 이용하여 수월하게 간을 세그멘테이션 했다. 그러나, 이 방식은 비정상간을 세그멘테이션하지 못하는 경우가 대부분이다. 본 연구는 간의 위치 정보, 거리 정보를 이용하고 각도선 조절 기법 등을 사용하여 비정상간을 세그멘테이션하였다. 그리하여, 본 연구는 세그멘테이션이 어려운 간암 보유 복부 CT 영상에 적용되어 효과적인 간의 세그멘테이션을 가능하게 하였다.

1. 서론

일반적으로 복부 CT 영상에서 간암이나 다른 병변들을 갖고 있는 많은 정상간의 간(이하 정상간)은 고른 그레이값 분포 범위를 가지고 있다. 그 그레이값 범위는 0 에서 255 그레이 값 범위 중에서 대개 90 에서 92 사이의 값이다. 이 사실은 그레이값 정보를 주로 사용하면서 어느 정도 위치 정보 값을 혼합하면 정상간은 분리해 낼 수 있다는 것을 말해 주는 것이다. 어느 정도 간의 위치 정보 값을 이용해야 되는 이유는 간을 제외한 기관이나 조직 중에서도 90 에서 92 사이의 그레이 값을 가지고 있는 부위가 존재할 수 있는데 이 때 간의 대략적인 위치 정보가 있을 때 간 조직인지 아닌지를 쉽게 구분해 낼 수 있을 것이기 때문이다.

그러나, 복부 CT 영상에서 간암, 간경변 등 여러 병변들을 가지고 있는 비정상간의 경우는 정상간의 경우와 같이 90 에서 92 사이의 일정 간격의 그레이 값들만으로 구성되어 있지 않다. 비정상간의 경우는 병변들로 인하여 건강한 간의 실질 부분의 그레이값만을 나타내지 못하고 다양한 병변들의 그레이값을 보여주기 때문이다. 이 병변들의 그레이값은 90 에서 92 사이의 그레이값을 갖지 못하고 더 어두운 그레이값을 보

이게 된다. 이는 복부 CT 영상에서 간 부분을 세그멘테이션할 때 정상간 부분과 비정상간 부분의 세그멘테이션 방식이 다를 수 있음을 말해준다. 보통 정상간의 세그멘테이션의 경우 기존의 기법은 복부 CT 영상에서 간은 왼쪽에 위치한다는 등의 기본적인 위치 정보와 함께 일정 간격의 그레이값 분포 정보를 이용하여 수월하게 간을 세그멘테이션 했다. 그러나, 이 방식은 비정상간을 세그멘테이션하지 못한다. 정상간 세그멘테이션 기법들은 비정상간의 경우에 간 일부분으로 존재하는 병변들의 그레이값들이 간의 고유 그레이값을 보이지 못하므로 간이 아닌 것으로 간주하여 세그멘테이션하려 할 것이기 때문이다. 결국 비정상 간의 경우에는 일정하고 좁은 범위의 그레이 값을 가지고 있지 않기 때문에 단순히 정상간의 그레이값 처리 방식만으로는 분리해 낼 수 없게 된다.

본 연구는 간의 위치 정보, 거리 정보를 이용하고 각도선 조절 기법 등을 사용하여 비정상간을 세그멘테이션하였다. 본 세그멘테이션 기법은 정상간의 경우에도 적용할 수 있다.

그리하여, 본 연구는 세그멘테이션이 어려운 간암 보유 복부 CT 영상에 적용되어 효과적인 간의 세그멘테이션을 가능하게 하였다.

2. 방법

본 연구의 테스트에는 정상간 30 case 150 장과 비정상간 30 case 150 장을 이용하여 총 60 case 300 여장의 복부 CT 영상들이 사용되었다. 각 영상은 512 × 512 크기로 이뤄져 있다. 이러한 복부 CT 영상은 간 부분 뿐만이 아니라 다른 여러 장기와 근육, 영상 배경 등 여러 부분으로 구성되어 있다. 그러므로, 원하는 간의 부분을 분리해 내기 위해서는 몇 가지 절차를 거치면서 원하는 간 추출 상태 바로 전까지 접근해 나가야 한다. 먼저 처리 절차를 밟기 전에 원 영상(original Image)에 평준화(equalization) 기법을 적용시켜 처리가 용이하고 시각적으로 구분이 용이한 상태로 바꿔준다. 평준화를 행한 영상은 원 영상에서 가지고 있는 그레이값들을 그대로 보존하지는 못하므로 90 에서 92 까지의 그레이값 범위를 가지고 그대로 처리하지는 않는다. 이와 같은 복부 CT 영상에 다음과 같은 절차를 순서대로 행하게 된다.

첫째로 CT 영상에서 바깥쪽 부분에 위치하고 있는 배경을 제거해야 한다. 배경은 그레이값 0 을 갖고 있으므로 바깥쪽부터 그레이값 0 의 부분을 제거하면 된다. 본 연구에서는 바깥쪽 배경과 함께 복부 내부에서 그레이값 100 이하를 보이는 부분까지 동시에 제거하였다.



그림 1. 간암을 보유한 복부 CT 영상의 한 예

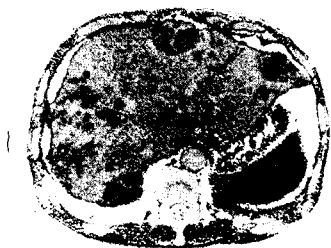


그림 2. 배경과 내부 제거 후의 영상

그림 1 은 비정상간의 병변 중에 간암을 보유한 간을 보여주는 영상의 한 예이다. 간암은 특히 원 영상에서 병변인 간암 부분과 병변이 아닌 false-positive 들의 구분이 거의 불가능하

로[1][2][3] 병원에서 처리하고 있거나 이미 처리하여 보관 중인 모든 영상들이 조영제 처리를 행한 영상들이다. 그러므로, 본 연구에서 처리하고자 하는 영상들도 모두 조영제 처리를 하여 보관되어 있던 것이고 조영제 처리 후 촬영 시간도 환자 case 마다 모두 달라 특히 비정상 간 처리 중에서도 어려울 수 밖에 없다[1][2][4][5]. 그러나, 본 연구는 각 영상들에서 간 부분의 그레이값 범위가 모두 다르고 다양하다는 것에 관계없이 처리를 할 수 있도록 먼저 간 부분의 ROI 를 통한 표본 픽셀들의 평균을 통해 예상 간 부분 그레이값의 기준을 정하고 다음 과정을 행한다. 모든 영상에서 간 부분의 그레이값이 다양하고 분포값이 넓더라도 확실한 사실은 간 부분이 여타 다른 기관과는 어쨌든 그레이값이 다르다는 것이다. 그러므로, 본 연구는 기준 값으로 정한 그레이값에서 일정 그레이 값을 더한 값을 상한 값으로 삼고 일정 그레이값을 감한 값을 하한 값으로 삼아서 병변을 포함하고 있는 간의 부분을 세그멘테이션하였다. 그러나, 기준 값을 정하기 위해서 선별해 내는 표본 픽셀들의 기준을 조심해서 정해야 한다. 간이 아닌 부분들이 얼마나 포함되는냐에 따라 간의 기준 예상값이 크게 달라질 수 있어서 전체 결과에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 이렇게 해서 구한 기준값을 기준으로 간을 분리해 내게 되는데, 정상간을 분리해 내는 방법들처럼 바깥쪽부터 스캔하는 방식으로는 효과적으로 결과를 얻어내기가 어려우므로 본 연구에서는 복부 CT 영상에서 왼쪽 중간 위 부분에 간이 존재한다는 사실에 착안해 한 픽셀 점의 좌표를 선택하여 이를 기준으로 안에서 바깥쪽으로 간의 부분을 구해낸다.

이때 간 내부에서도 슬라이스에 따라 그림 3 의 원 내부처럼 간이 아닌 부분이 있을 수 있다는 것을 고려해야 한다. 그래서, 간의 중점으로 정한 픽셀 좌표로부터 밖으로 퍼져나가면서 일정 거리 안에 있는 픽셀들은 간의 에지(edge)가 아님을 처리할 수 있어야 한다. 즉, 간이 아닌 것으로 판명된 픽셀을 만나도 각 각도에 따라 간의 처리가 끝나지 않았다는 것을 미리 알고 계속 간 부분을 탐색해야 한다는 것이다.

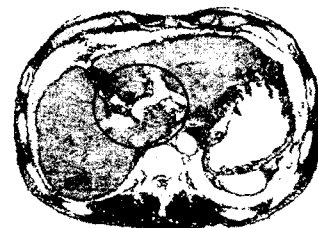


그림 3. 간 내부에 존재하는 간 이외의 부분

본 연구는 중점으로 정한 한 픽셀의 좌표로부터 시작하여 360 도로 각도선을 사방으로 퍼뜨리며 만나는 픽셀들을 간 부분으로 처리할 것인지 아니면 간 이외의 부분으로 간주할 것

인지를 정한다. 이때 간의 모양을 고려했을 때 길이와 폭이 간의 가장자리마다 다르다는 것을 알 수 있다. 그래서, 본 연구는 간을 네부분으로 나누고 각각의 부분들을 모양과 위치 특징에 따라 조금씩 다르게 처리하였다. 이는 그림 4 처럼 360 도의 각도선을 90 도, 180 도, 270 도, 360 도 식으로 쿼터(quarter)별로 나누고 각 사분면들을 처리한다는 것이다.



그림 4. 네 부분으로 구분된 간

네 부분으로 나뉜 각 사분면 들은 그 부분들 나름대로의 위치에 따라 모양이 다르듯이 각 사분면들 각각에서도 각도에 따라 모양이 다르게 된다. 그래서, 각 사분면 안에서 각도별로 그룹을 지어서 간의 길이나 폭의 변화에 대처할 수 있도록 한다. 그림 4 는 또한 제 1 사분면에서 간의 모양 특징에 기인하여 어떻게 각도선들이 그룹이 지어져야 하는가를 보여주고 있는데, 사분면 중 제 1 사분면을 보면 30 도의 각도선이 더 길게 처리해야됨을 직관적으로도 알 수 있다. 제 1 사분면에서는 30 도까지의 각도선과 30 도에서 90 도까지의 각도선의 처리 길이를 다르게 차등을 두어 처리하고 있다.

위와 같이 단계별로 처리된 후엔 그림 5 의 예로 알 수 있듯이 비정상간 부분만 남게 되고 나머지는 제거되게 된다. 그림 5 에서 제거 처리될 부분들을 그레이값 0 으로 처리하여 검은색으로 보여주고 있는데 이 검은 부분을 그레이값 255 로 변환시켜주면 간 부분만 남게 된다.

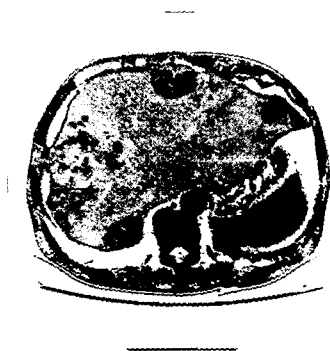


그림 5. 간 이외의 부분을 검은색으로 자동 변환한 예

3. 실험 결과

본 연구의 실험은 정상간 30 case 150 장과 간암을 보유한 비정상간 30 case 150 장을 이용하여 총 60 case 300 여장의 복부 CT 영상들이 사용되었다. 이 들 영상을 이용한 실험에서 비정상간 27 case 에서 간 부분을 제대로 추출해 내었다. 이는 90%의 정확성을 보이는 결과이다. 정상간의 실험에서는 비정상 간의 경우보다는 더 정확할 수 밖에는 없다. 그레이값들이 균일하기 때문이다. 정상간의 추출실험에서는 30 case 중 29 case 에서 정확하게 간을 추출해 냄으로써 약 97%의 정확성을 보였다. 본 논문의 예에서는 보이지는 않고 있지만 각도선 처리를 하기 전에 미리 간 부분과 붙어있는 근육 부분은 바깥쪽에서부터 적당한 두께로 미리 그레이값 0 으로 처리하여 효과적인 결과를 얻을 수 있다.

4. 결론

복부 CT 영상에서 간암, 간경변 등 여러 병변들을 가지고 있는 비정상간의 경우는 정상간의 경우와 같이 90 에서 92 사이의 일정 간격의 그레이 값들만으로 구성되어 있지 않다. 비정상간의 경우는 병변들로 인하여 건강한 간의 실질 부분의 그레이값만을 나타내지 못하고 다양한 병변들의 그레이값을 보여주기 때문이다.

본 연구는 간의 위치 정보,거리 정보를 이용하고 각도선 조절 기법 등을 사용하여 비정상간을 세그멘테이션하였다. 그리하여, 본 연구는 세그멘테이션이 어려운 간암 보유 복부 CT 영상에 적용되어 효과적인 간의 세그멘테이션을 가능하게 하였다

참고 문헌

- [1] Baron RL, Oliver JHIII, Dodd GDIII, Nalesnik M, Holbert BL, Carr B. "Hepatocellular carcinoma: evaluation with biphasic, contrast-enhanced, helical CT", Radiology 199; 505-511, 1996;
- [2] Oliver JHIII, Baron RL. "Helical biphasic contrast-enhanced CT of the liver: technique, indications, interpretation, and pitfalls", Radiology 201: 1-14.1996.
- [3] Lim JH, Kim EY, Lee WJ, et al. "Regenerative nodules in liver cirrhosis: findings at CT during arterial portography and CT hepatic arteriography with histopathologic correlation", Radiology 210: 451-458. 1999.
- [4] Itai Y, Matsui O. "Blood flow and liver imaging", Radiology 1997; 202: 306-314.
- [5] Ebara M, Fukuda H, Kojima Y, et al. "Small hepatocellular carcinoma: relationship of signal intensity to histopathologic findings and metal content of the tumor and surrounding hepatic parenchyma", Radiology 210: 81-88, 1999.