

형태기반 보간법 및 양자화 기법을 이용한 CT 영상에서의 간 영역 및 간 종양 추출

Detection of the Liver and Liver Cancer for CT Images using Shape-based Interpolation and Quantization Method

전태룡¹, 김광백²

¹ 신라대학교 컴퓨터정보공학부
E-mail: dokikorea2@naver.com

² 신라대학교 컴퓨터공학과
E-mail: gbkim@silla.ac.kr

요 약

암은 한국에서 전체 사망률의 가장 많은 원인 중의 하나이며 이 중 간세포 암은 암에 의한 사망원인 중 성별에 관계없이 위암 다음으로 사망률이 높다. 특히 40 ~ 60세까지 중장년 기에서의 간암 발생률은 세계에서 가장 높은 발병률을 보이고 있으며 OECD 국가 중에서 간암 사망률로 최고 수치를 기록하고 있다. 본 논문에서는 조영증강 CT 영상에서 간암을 자동으로 추출하는 방법을 제안하여 전문의를 보조할 수 있는 보조 전문가 시스템으로서의 유용성을 확인하고자 한다. 흉부로부터 5mm 간격으로 약 40 ~ 50장 정도 촬영한 조영 증강 CT 영상으로부터 늑골의 정보를 이용하여 장기들의 정보만으로 구성된 내부 영역과 늑골 및 피하지방층, 그리고 배경으로 구성된 외부 영역을 구분한다. 간 영역의 정보가 포함된 내부 영역에서 명암도와 명암의 분포도, 간의 형태 및 위치 정보, 그리고 각 슬라이드를 기준으로 이전 CT 영상과 다음 CT 영상의 정보를 이용하여 간 영역을 추출한다. 간암은 추출된 간 영역에 형태기반 보간법을 적용하여 CT 촬영시 생기는 슬라이드 사이의 5mm 공간정보를 복원한 후, 각 슬라이드를 기준으로 이전 CT 영상과 다음 CT 영상의 정보와 간암이 가지는 명암도 및 형태학적 특징 정보를 이용하여 추출한다. 제안된 간 영역 및 간암 추출 방법을 전문의가 판별한 것과 비교 분석한 결과, 전문의를 보조할 수 있는 보조 전문가 시스템으로서 효율적임을 확인할 수 있었다.

Key Words : 조영증강 CT 영상, 늑골, 형태기반 보간법, 간영역, 간암

1. 서 론

암은 우리나라의 전체 사망률의 가장 큰 원인 중의 하나로 조기진단의 중요성이 높아지고 있다. 이 중 간암은 암에 의한 사망원인 중 성별에 관계없이 높은 사망률을 기록하고 있으면서도 ‘침묵의 장기’로 불려질 만큼 증상이 늦게 나타나며 간질환과 비슷한 증상으로 인해 정확한 감별이 어렵다. 근래에는 의학영상을 통한 진단 기술의 발달로 의학영상의 분석 및 처리 기술에 의해 간암을 분석하는 방법들이 증가하고 있다. 이러한 의학영상처리 분야는 초음파, CT, MRI 등의 영상 의학적 검사로 인해 획득된 영상을 분석하여 육안으로 분석하기 힘든 간암정보 및 형태와 크기 정보를 수술 전에 제공함으로써 전문의를 보조할 수 있는 분야로 중요성이 확대되고 있다. 본 논문에서는 CT

촬영으로 획득된 조영증강 CT 영상에서 간 영역 및 간 종양을 추출할 수 있는 방법을 제안한다. 기존의 간 영역 추출에 대한 연구는 장기를 구성하는 명암값으로 임계치를 부여하여 추출하는 방법[1-4], 히스토그램 분석과 모델기반 외곽선 추출 방법[5], Blob Coloring을 이용한 추출 방법[6], Co-occurrence Matrix를 이용한 추출방법[7], Template matching, Edge-based method, Region growing thresholding based method[8]등의 영상 분할 기법이 있다. 장기를 구성하는 명암값으로 임계치를 부여하여 추출하는 방법과 히스토그램 Thresholding 방법은 간과 명암값이 유사한 다른 장기의 존재로 인해 일반화가 어려운 방법이다. Blob Coloring을 이용한 추출 방법에서는 그룹화 된 영역 중 간으로 판별되는 영역의 정확성이 떨어지고 Co-occurrence Matrix를

이용한 추출방법은 window 기반 국부 이진화 방법으로서 설정하는 window 크기에 따라 결과값의 차이가 크게 나타나며, Template matching, Edge-based method, Region growing thresholding based method 등의 방법도 모든 영상에서 일반적으로 적용되지 않고 주어진 CT 영상의 특징에 따라 그 결과의 차이가 심해 일반화가 어려운 방법들이다. 본 논문에서의 간 영역 및 간 종양 추출 방법은 흉부로부터 5mm 간격으로 약 40 ~ 50장 정도 촬영된 조영증강 CT 영상에서 늑골의 정보를 이용하여 장기들의 정보만으로 구성된 내부 영역과 늑골 및 피하지방층, 그리고 배경으로 구성된 외부 영역을 구분하고 양자화 기법과 명암도 및 간의 형태와 위치, 각 슬라이드 사이의 관계를 분석한 정보를 이용하여 내부 영역에서 간 영역을 추출한다. 간 종양은 추출된 간 영역에 형태기반 보간법을 적용하여 CT 촬영시 각 슬라이드 마다 생기는 5mm 간격정보를 복원하고 간 영역 추출과 마찬가지로 명암도 및 간종양의 형태와 위치, 각 슬라이드 사이의 관계 정보를 분석하여 추출한다.

2. 간 영역 추출

2.1 CT 영상에서의 내부 영역 추출

조영증강 CT 영상에서 늑골 정보를 이용하여 장기들만으로 구성된 내부 영역과 늑골, 피하지방층과 배경으로 구성된 외부 영역을 구분한다. 내부 영역을 추출하는 과정은 다음과 같다.

- Step 1. 심장, 대정맥 영역 제거 및 내부 후보 영역 추출
- Step 2. 늑골 후보 영역 추출
- Step 3. 각 영상별 늑골 추출
- Step 4. 각 영상별 내부 영역 추출

CT 영상에서 늑골을 추출하기 위해 늑골과 유사한 명암도를 가지는 대정맥과 심장 영역을 제거하여 내부 후보 영역을 추출한다. 심장은 늑골과 대정맥보다 영역 반경 크기가 크다는 정보를 이용하여 반복 이진화를 수행한 CT 영상에서 Erosion 연산으로 심장의 위치를 구분하고 Dilation 연산으로 크기를 복원한 후에 추출한다. 대정맥은 내부 장기들의 형태가 가장 잘 나타나는 명암도 180을 기준으로 이진화한 CT 영상에서 원에 가까운 형태를 가지는 정보를 이용하여 추출한다. 추출한 심장과 대정맥은 배경과 내부 영역을 가장 뚜렷하게 구분 지을 수 있는 명암도 10을 기준으로 이진화한 영상에서 제거하고 이외의 잡음들은 수직, 수평

방향으로 스미어링 기법을 적용하여 제거한 후, 내부 후보 영역을 추출한다. 그림 1은 내부 후보 영역을 추출하는 과정이다.

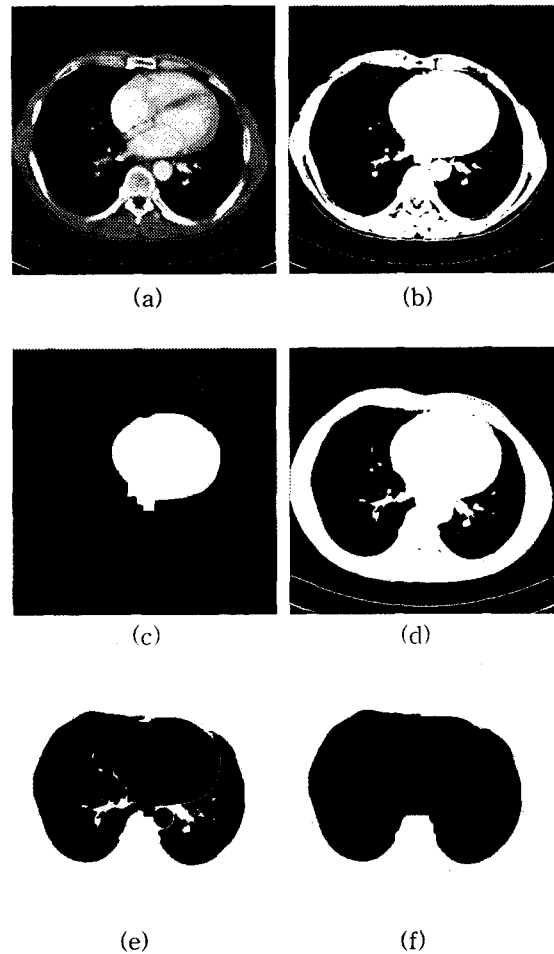


그림 1. 내부 후보 영역 추출 과정

- (a) 조영증강 CT 영상
- (b) 반복이진화를 수행한 영상
- (c) 심장영역을 추출한 영상
- (d) 명암도 10을 기준으로 이진화한 영상
- (e) 영상(d)에서 심장과 대정맥 및 배경을 제거한 결과
- (f) 내부 후보 영역 추출 결과

늑골 후보 영역은 전체 CT 영상에 늑골의 형태가 가장 뚜렷하게 나타나는 명암도 180을 기준으로 이진화한 후, 이진화된 전체 CT 영상에 OR 연산을 수행하고 그 결과에 내부 후보 영역을 제거하여 추출한다. 명암도 180을 기준으로 이진화한 전체 영상에 OR 연산을 수행하면 내부 장기들의 최대 영역 범위가 검출되며 내부 후보 영역을 이용하여 늑골과 유사한 명암도를 가지는 내부 장기들의 영역을 제거한다. 각 영상에서의 늑골 영역은 늑골 후보 영역의 범위 내에 존재하므로 늑골 후보 영역에 완전히 포함되는 영역들을 추적하여 추출한

다. 그림 2는 늑골 영역을 추출하는 과정을 나타낸 것이다.

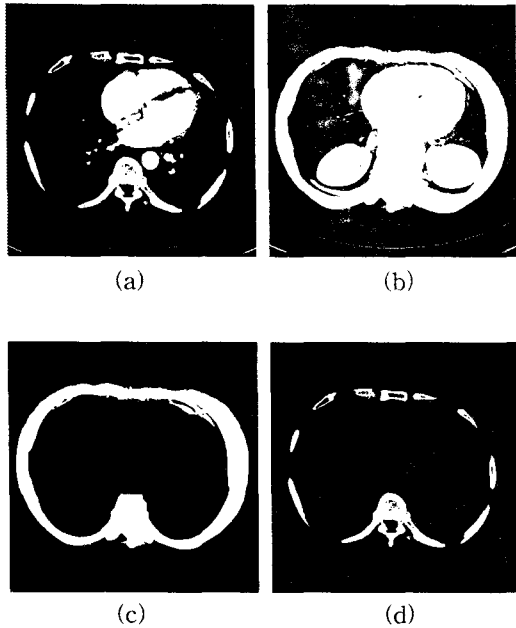


그림 2. 늑골 영역 추출 과정

- (a) 명암도 180을 기준으로 이진화 한 영상
- (b) 명암도 180을 기준으로 이진화 한 전체 영상에 OR 연산을 수행한 영상
- (c) 늑골 후보 영역 추출 영상
- (d) 늑골 영역 추출 영상

전체 영상에서 늑골 영역을 추출한 후, 각 영상에서 내부 영역을 추출하기 위해 현재 슬라이드를 기준으로 이전 2장과 다음 2장의 슬라이드 늑골 영역에 OR 연산을 수행하여 내부 영역과 외부 영역을 구분할 수 있는 틀을 형성한다. 영역 구분을 위해 형성한 틀에서 타원을 이루지 못하고 끊어지는 부분은 이전 슬라이드의 내부 영역을 이용하여 복원한다. 제안된 복원 방법은 5장의 슬라이드에서 추출한 늑골영역으로 이루어진 틀과 이전 슬라이드에서 추출한 내부 영역 사이의 공백을 수직 및 수평 방향 스미어링 기법을 적용하여 채우고 다시 늑골 정보만을 제거함으로써 현재 슬라이드에 대한 내부 영역을 추출한다. 그림 3은 제안된 내부 영역 추출 과정이다.

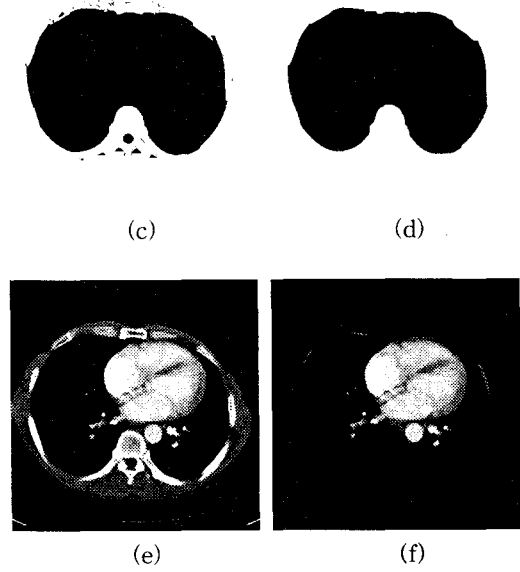
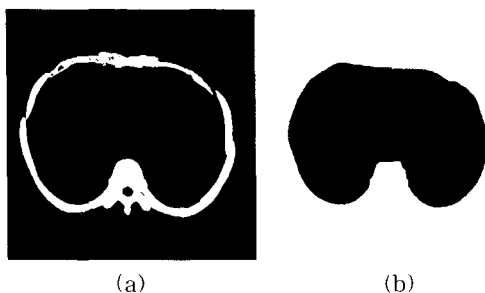


그림 3. 내부 영역 추출 과정

- (a) 5장의 CT영상에서 추출한 늑골 영역
- (b) 이전 CT영상에서의 내부 영역
- (c) 늑골과 이전 내부영역을 OR 연산한 영상
- (d) 영상(c)에 수직, 수평 스미어링 기법을 적용한 결과 영상
- (e) 원본 CT 영상
- (f) 영상(e)에서 내부 영역을 추출한 영상

2.2 양자화 기법을 이용한 간 영역 추출

늑골 정보를 이용하여 추출한 내부 영역에 유사한 명암도를 가지는 색상들을 그룹화하는 양자화 기법[9]을 적용하여 간 영역을 추출한다. 간 영역을 추출하는 과정은 다음과 같다.

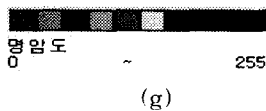
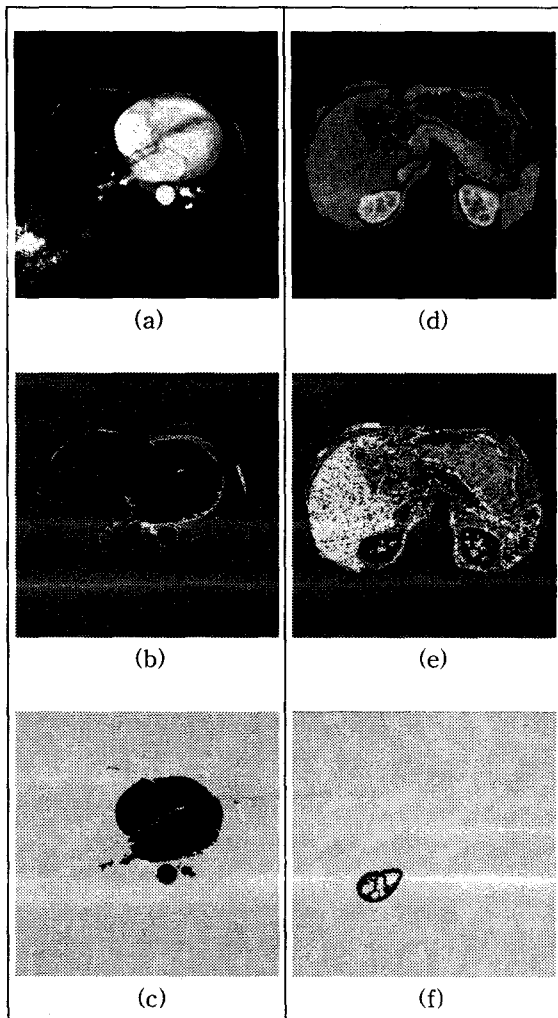
- Step 1. 내부 영역 양자화
- Step 2. 전체 CT 영상의 심장과 신장, 대정맥 영역 추출 및 제거
- Step 3. 간 영역이 나타나는 영상 탐색
- Step 4. 간 영역이 나타나는 첫 번째 영상의 간 영역 추출
- Step 5. 전체 CT 영상의 간 영역 추출 및 잡음 제거

0 ~ 255 사이의 그레이 정보로 구성된 조영증강 CT 영상을 10개의 컬러 색상으로 분류하여 유사한 명암도를 나타내는 영역끼리 그룹화한다. CT 영상의 내부 영역은 간 영역 이외에 심장과 신장, 대정맥이 존재하는데 이들 영역은 간암과 유사한 명암도를 가지며 간과 인접해 있기 때문에 간암으로 오추출 되는 경우가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 심장과 신장, 대정맥 영역들을 양자화를 수행한 전체 CT 영

상에서 각 장기들의 형태가 시작되는 위치 정보와 각 장기들의 명암도가 간 영역을 대표하는 그룹보다 높은 명암도를 가지는 특징을 이용하여 제거한다. 각 장기들의 특징은 표 1과 같고 그림 4는 각 장기들을 추출하는 과정이며, 신장은 간과 인접해 있는 부분만 추출 후 제거 한다.

표 1. 각 장기의 시작 위치 및 명암도

	명암도 그룹	시작 위치
심장	7 ~ 10	CT영상의 정중앙
신장	7 ~ 9	척추체의 양 옆
대정맥	8 ~ 10	척추체의 오른쪽 옆
간	5 ~ 7	심장의 오른쪽 아래



- 그림 4. 심장과 대정맥, 신장 영역 추출 과정
- (a) 심장과 대정맥이 존재하는 CT영상의 내부영역
 - (b) 영상(a)를 양자화 한 영상
 - (c) 심장과 대정맥을 추출한 영상
 - (d) 신장이 존재하는 CT 영상의 내부영역
 - (e) 영상(d)를 양자화 한 영상
 - (f) 신장을 추출한 영상
 - (g) 양자화 색상 그룹

간의 위치와 형태 정보를 이용하여 간 영역을 대표하는 그룹을 설정하고 전체 영상에서 간이 처음으로 나타나는 영상을 탐색한 후, 첫 번째 간 영역을 추출한다. 첫 번째 간 영역 추출은 간 영역을 대표하는 양자화 색상 그룹 영역 중 표 1의 간 특징을 가지는 영역을 간의 후보 영역으로 추출하고 영역 확장을 수행한다. 영역 확장은 대표 그룹을 기준으로 명암도 값이 낮 으면서 간의 외곽을 구성하는 하위 그룹과 명암도 값이 높으면서 간의 내부를 구성하는 상위 그룹으로 영역을 구분하고 각 그룹별로 간 후보 영역에 포함되는 정도를 판별하여 수행한다. 그림 5는 첫 번째 간 영역을 추출하는 과정을 나타낸 것이다.

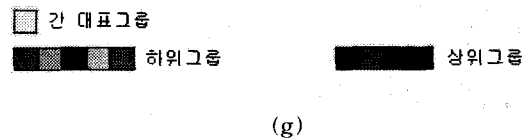
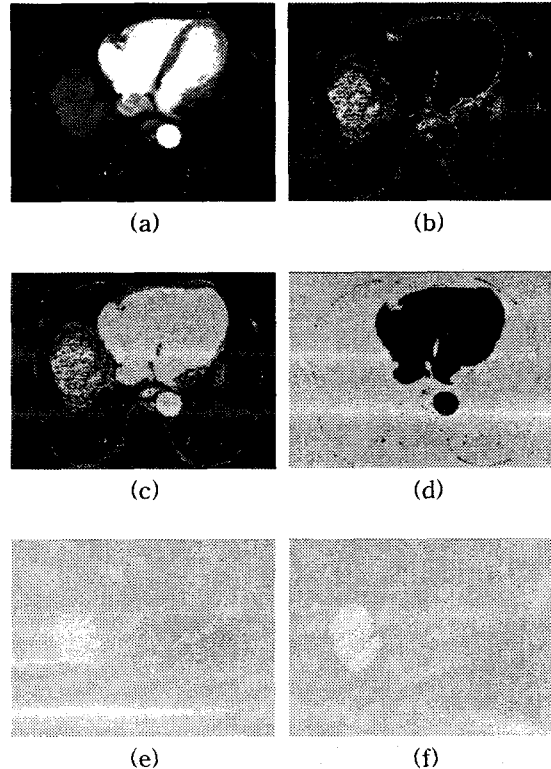


그림 5. 첫 번째 간 영역 추출 과정

- (a) 간 영역이 나타나는 첫번째 CT영상
- (b) 영상(a)를 양자화 한 영상
- (c) 하위그룹 색상 영역 추출 영상
- (d) 상위그룹 색상 영역 추출 영상
- (e) 간 대표그룹 색상 영역 추출 영상
- (f) 첫 번째 간 영역 추출 영상
- (g) 양자화 그룹 분류 기준

간 형태가 나타나는 첫 CT 영상에서 간 영역을 추출하는 과정이 종료되면 슬라이드를 이동하면서 간 영역을 추출 하고자 하는 슬라이드의 양자화 수행 결과와 이전 슬라이드에서 추출한 간 영역의 형태 및 위치 정보를 이용하여 전체 CT 영상에 대해 간 영역을 추출한다. 표 1에서의 각 장기들에 대한 정보는 간의 형태가 나타나는 시점의 정보이기 때문에 전체 CT 영상에 적용하기 어렵다. 따라서 간 영역을 추출하고자 하는 CT 영상에서 인접한 이전 CT 영상의 간 영역 추출 결과를 이용하여 각 슬라이드 마다 변화하는 간의 위치와 형태 정보를 반영한다. 현재 CT 영상의 대표 그룹 영역들이 이전 CT 영상의 간 영역 추출 결과에 포함되는 정도를 판별하여 간 후보 영역을 추출한 후, 영역 확장을 수행한다. 영역 확장은 객체화한 하위 그룹 및 상위 그룹 영역들이 간 후보 영역에 포함되는 정도와 이전 슬라이드의 간 영역에 포함되는 정도를 분석하여 수행한다. 그림 6은 간 영역을 추출하는 과정이다.

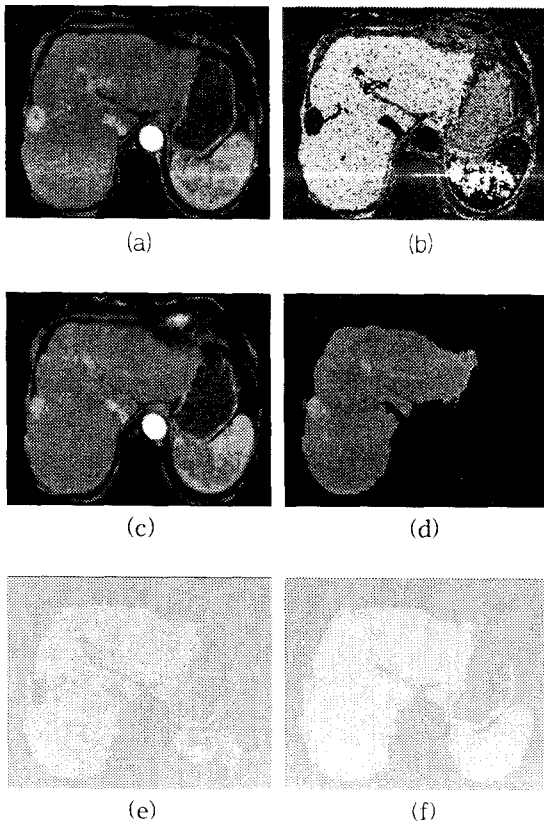


그림 6. 간 영역 추출 과정

- (a) 간 영역 추출 대상 CT 영상
- (b) 영상(a)를 양자화 한 영상
- (c) 영상(a)에서 가장 인접한 이전 CT 영상
- (d) 영상(c)에서 간 영역을 추출한 결과
- (e) 영상(b)에서 간 후보 영역 추출 영상
- (f) 영역 확장을 수행한 영상

영역 확장 수행 시, 그림 6의 (f)와 같이 간 영역이 아니면서 간 영역과 연결되어 있는 장기들이 존재하는 경우가 발생한다. 간의 위치와 형태 정보를 이용하여 간 영역을 주 객체로, 나머지를 기생 객체로 정의 하였을 때, 주 객체와 기생 객체가 한 픽셀에 의해 연결된 경우는 Morphology 기법[10,11]을 적용하여 영역 구분이 가능하지만 한 픽셀 이상으로 연결된 경우는 그림 6의 (f)에서와 같이 주 객체와 기생 객체가 같은 영역으로 추출된다. 따라서 본 논문에서는 Rough Edge[12]를 적용하여 주 객체에서 한 픽셀 이상 연결된 기생 객체를 제거한다. 주 객체에서 기생 객체를 구분하여 제거하기 위한 특징 정보는 다음과 같다.

1. 추출하고자 하는 주 객체의 윤곽선은 다른 영역과 연결되는 부분 없이 원형에 가까운 곡선을 가진다.
2. 주 객체에서 분리하여 제거해야 하는 기생 객체들은 한 픽셀이상 L 픽셀 이하의 영역으로 연결되어 있다.

위의 특징 정보를 이용하여 기생 객체를 제거하는 방법은 다음과 같다.

- Step 1. 추출한 영역의 둘레에 길이 R의 간격을 가지는 픽셀들을 Rough Edge의 기준점으로 설정한다.
- Step 2. 설정한 Rough Edge 기준점들의 직선거리와 L을 비교한다.
 - ① 직선거리가 L보다 작거나 같으면 Step 3으로 간다.
 - ② L보다 작거나 같은 직선거리가 없는 경우에는 기생 객체가 없으므로 종료한다.
- Step 3. L 길이보다 작은 직선거리를 가지는 Rough Edge 기준점들은 주 객체와 기생 객체를 연결하는 지점이므로 이러한 Rough Edge 기준점들의 직선을 기준으로 영역을 분리한다.
- Step 4. 분리된 영역 중 간의 위치 및 형태 정보를 이용하여 주 객체를 선정하고 기생 객체를 제거한다.

그림 7은 주 객체와 기생객체가 연결된 영상에 제안된 Rough Edge를 적용하여 기생객체를 제거한 결과를 나타낸 것이다.

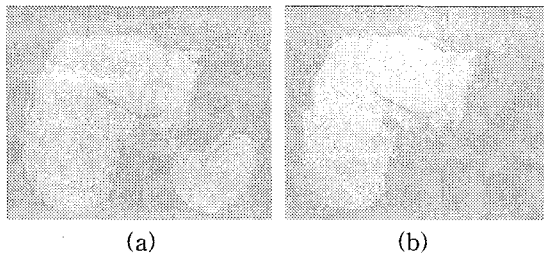


그림 7. Rough Edge를 이용한 잡영 제거
(a) 주 객체와 기생 객체가 연결된 영상
(b) 기생 객체를 제거한 영상

3. 간암 추출

전형적인 간암은 과혈관성 종양으로 내부에 신생혈관이 밀집되어 실질 간 영역보다 높은 명암도를 가지며 팽창형 성장을 보일 경우에는 구형의 형태를 이루는 특징이 있다[13]. 이러한 종양의 특징을 분석한 후, 추출한 간 영역에 형태기반 보간법을 적용하여 CT 영상 사이의 공간에 대한 정보를 구성하고 과혈관성 종양을 탐색하여 추출한다.

3.1 형태기반 보간법에 의한 CT 영상 정보 구성

단층 촬영한 CT 영상은 인체 내부를 2차원적인 영상 정보로 구성하기 때문에 슬라이드 사이에 촬영 간격이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 각 슬라이드 사이에 형태기반 보간법 [14][15]을 적용하여 촬영 간격에 의해 손실된 인체 내부 정보를 복원함으로써 3차원적 정보로 과혈관성 종양을 분석한다. 본 논문에서 사용한 CT 영상은 인체 내부를 5mm 간격으로 촬영한 것이며 320mm 크기를 512 pixel로 나타낸다. 따라서 5mm의 간격에 대한 정보를 복원하기 위해 총 8장의 슬라이드 정보가 필요하다. 형태기반 보간법을 적용하여 복원한 슬라이드는 그림 8과 같다.

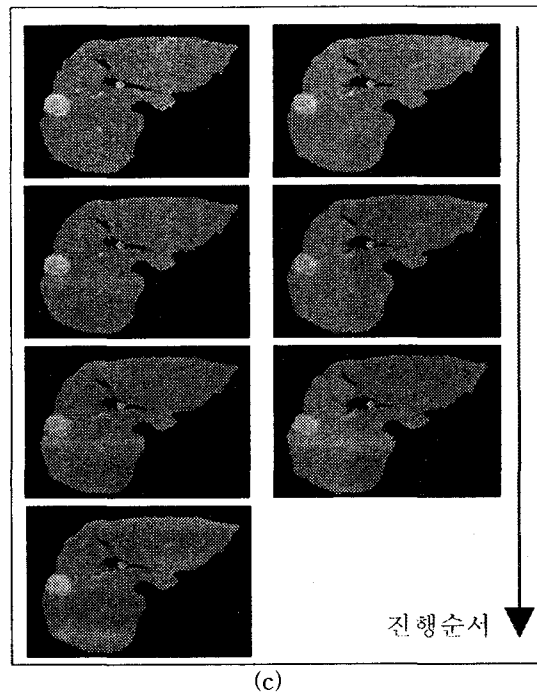
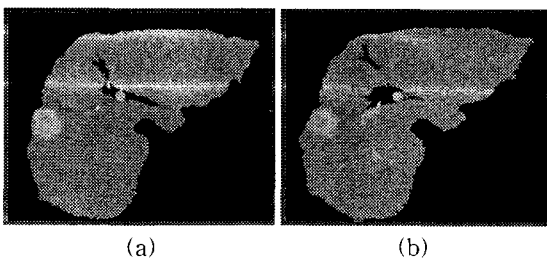


그림 8. 형태기반 보간법에 의한 영상 복원 과정
(a) 단층촬영한 CT 영상에서 상위 원 영상
(b) 단층촬영한 CT 영상에서 하위 원 영상
(c) 형태기반 보간법에 의해 생성된 영상

3.2 과혈관성 종양 탐색 및 추출

간 영역 내에서 간 보다 상위 그룹의 양자화 색상을 가지는 영역들을 후보 영역으로 설정하고 부피와 원형도를 이용하여 과혈관성 종양의 대표 영역을 설정한 후, 인접 슬라이드에서 대표 영역과 유사한 위치에 존재하는 후보 영역들을 과혈관성 종양으로 판별하여 추출한다. 부피는 해당 영역의 픽셀 수로 나타내며 원형도는 식 (1)을 이용하여 계산한다.

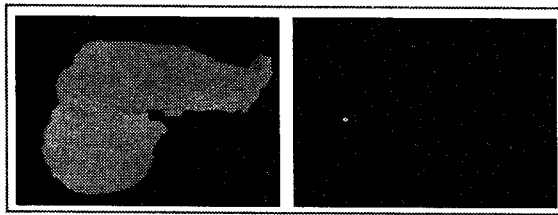
$$Circularity = \frac{Perimeter^2}{4\pi Area} \quad (1)$$

(단, $Perimeter = 2\pi r_{max}$, r_{max} = 최대반경)

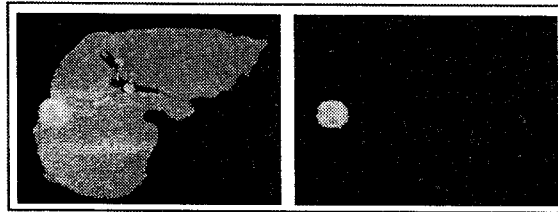
과혈관성 종양의 대표 영역은 전체 영상에서 부피가 500 이상이고 원형도가 0.4 이상인 영역으로 설정한다. 설정한 대표 영역을 포함하는 슬라이드를 기준으로 이전 슬라이드와 다음 슬라이드를 조사해서 유사한 위치에 상위그룹의 양자화 색상을 가지는 영역이 존재하지 않으면 종양과 유사한 특징을 가지는 혈관이나 간문맥이므로 다음 슬라이드로 이동하여 대표 영역을 계속 탐색한다. 대표 영역이 설정되면 대표 영역이 존재하는 첫 슬라이드를 기준으로 이전 슬라이드에서 추출한 후보 영역 중 대표 영역에 포함되는 정도를 판별하여 과혈관성 종

양으로 추출하고 간 영역이 시작되는 CT 영상 방향으로 슬라이드를 이동하면서 후보 영역이 존재 하지 않는 CT 영상까지 같은 방법을 적용한다. 이전 슬라이드 방향으로 과혈관성 종양 추출이 끝나면 대표 영역이 존재하는 첫 슬라이드를 기준으로 간 영역이 끝나는 CT 영상 방향으로 위의 방법을 수행하여 전체 CT 영상에 대해 과혈관성 종양을 추출한다. 그림 9는 과혈관성 종양이 시작되는 영상과 끝나는 영상, 그리고 과혈관성 종양의 대표 영역이 존재하는 영상을 나타낸 것이다.

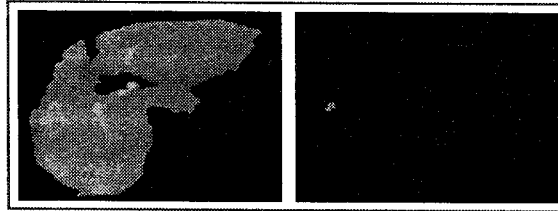
영역이 끝나는 간 영상까지만을 나타내었으며, 각 영상에서 과혈관성 종양은 간 영역 내에 붉은 색으로 나타내었다.



(a)



(b)



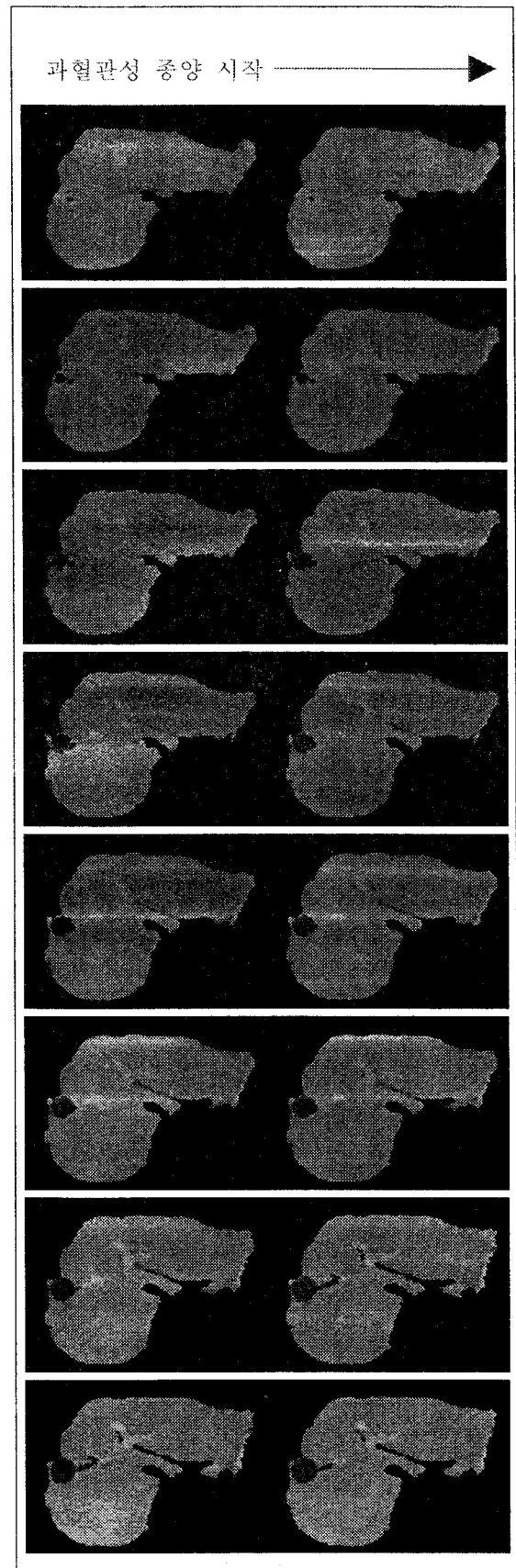
(c)

그림 9. 과혈관성 종양 추출

- (a) 과혈관성 종양이 시작되는 영상
- (b) 과혈관성 종양의 대표 영역 영상
- (c) 과혈관성 종양이 끝나는 영상

4. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안한 간 영역 및 간 종양 추출 방법이 전문의를 보조할 수 있는 보조 전문가 시스템으로서 효율적임을 검증하기 위해 4 종류의 조영증강 CT 영상을 대상으로 실험하였다. 실험은 Intel Pentium-IV 2GHz 환경에서 VC++ 6.0으로 수행하였다. 그림 10은 환자 한 명에 대해 촬영한 전체 조영증강 CT 영상을 대상으로 제안된 방법을 적용한 결과 영상의 일부이다. 추출한 간 영상 중에서 과혈관성 종양이 나타나는 간 영상부터 과혈관성 종양



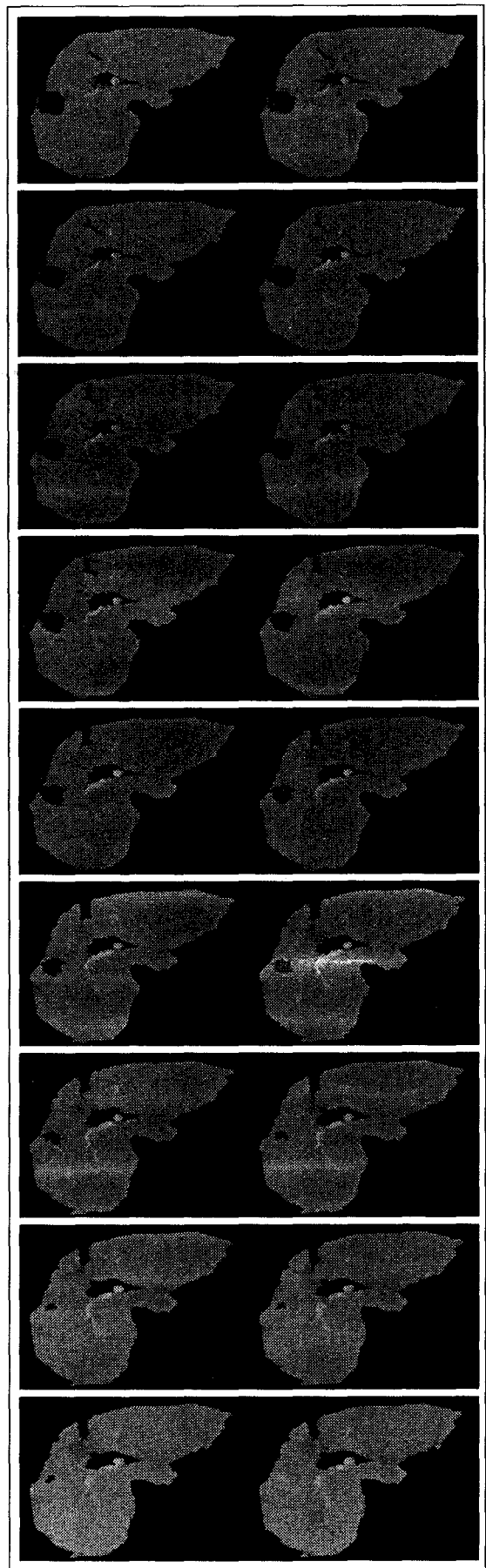
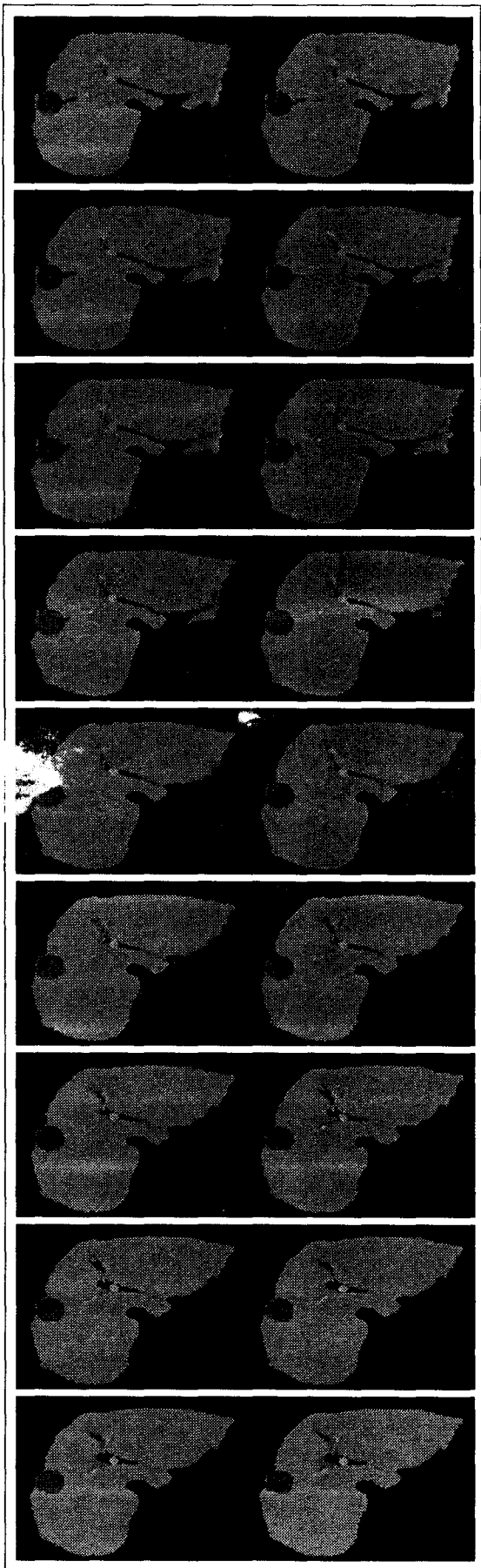


그림 10. 조영증강 CT 영상에 제안된 방법을 적용한 결과 영상

그림 10에서의 조영증강 CT 영상은 총 46장으로 촬영되었으며 이 중 28장에서 간 영역이 추출되었다. 추출된 간 영상에 형태기반 보간법을 적용한 결과, 217장의 간 영상이 생성되었고 51장의 영상에서 과혈관성 종양이 발견되었다. 제안된 간 영역 및 간 종양 추출 방법은 총 4종류의 조영증강 CT 영상을 대상으로 실험하였고 표 2는 추출 결과이고 표 3은 추출 결과를 전문가가 분석하여 판독한 결과이다.

표 2. 4종류의 조영증강 CT 영상에 대한 결과

조영증강 CT 영상	총영상	추출한 간 영상	형태기반 보간한 영상에서의 과혈관성 종양 영상
1	46	28	51 / 217
2	46	33	47 / 257
3	44	23	85 / 177
4	48	22	48 / 169

표 3. 과혈관성 종양 분석 결과

조영증강 CT 영상	Sensitivity		False positive	False negative
	(+)->(+) (-)->(-)			
1	51	0	0	0
2	47	0	0	0
3	85	0	0	0
4	48	0	0	0

과혈관성 종양 분석 결과는 Sensitivity(민감도), False positive(허위양성), False negative(허위음성) 세 가지로 구분하였다. Sensitivity는 질병을 감지해 낼 수 있는 정도를 뜻하는 것으로 실제 양성(+)을 결과에서도 양성으로 유도하고 음성(-)은 음성으로 유도하는 것을 의미하며 False positive는 음성을 양성으로, False negative는 양성을 음성으로 판별한 것을 의미한다. 표 3에서 양성(+)은 모두 양성으로

판별되었고 False positive 와 False negative 가 모두 0으로 판별되어 과혈관성 종양 영역이 모두 추출되었음을 확인할 수 있다. 표 4는 기존의 방법과 제안된 방법의 결과를 비교한 것으로 추출한 과혈관성 종양의 크기를 픽셀단위로 나타내었다. 기존의 방법[12]은 세 종류의 조영증강 CT 영상에서는 과혈관성 종양 영역이 추출되었지만 4번째 조영증강 CT 영상에서처럼 각 슬라이드에 나타난 과혈관성 종양 영역들의 위치와 형태 변화가 심한 경우에는 추출되지 않았다. 제안된 방법에서는 형태기반 보간법을 적용하여 이러한 점을 개선하였으며, 그림 11에서와 같이 과혈관성 종양의 범위 또한 더욱 세밀하게 추출한 것을 확인할 수 있었다.

표 4. 추출한 과혈관성 종양 크기 비교

조영증강 CT 영상	과혈관성 종양의 최대크기	
	기존의 방법	제안된 방법
1	679 pixels	762 pixels
2	4607 pixels	5086 pixels
3	1459 pixels	1599 pixels
4	.	2257 pixels

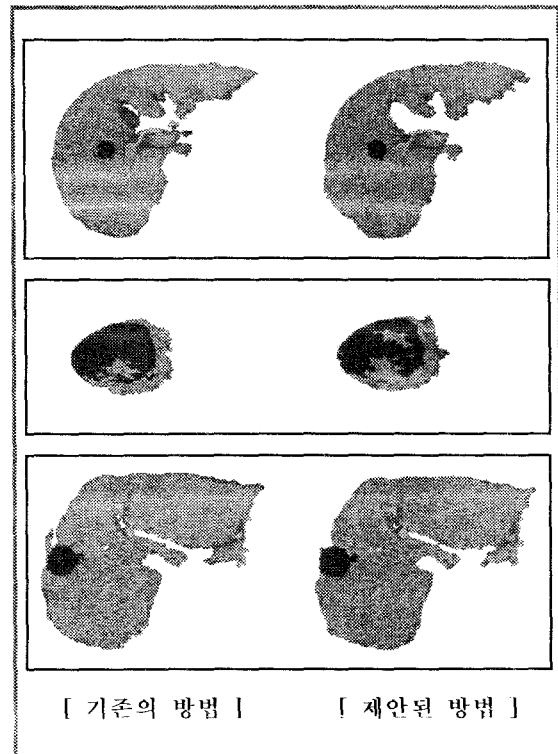


그림 11. 기존의 방법과 제안된 방법으로 추출한
과혈관성 종양의 최대 크기 비교

5. 결 론

본 논문에서는 간암 수술의 전문의를 보조하기 위한 보조 전문가 시스템으로서 간 영역과 간 종양을 자동으로 추출하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 단층 촬영한 조영증강 CT 영상에서 우선적으로 간 영역을 추출하였고 추출한 간 내부에서 과혈관성 종양의 특징을 분석하여 간 종양을 추출하였다. 간 영역 추출은 조영증강 CT 영상에서 인체 내부 장기들로 구성된 내부 영역과 배경 및 피하지방층으로 구성된 외부 영역을 구분할 수 있는 누클 정보를 이용하여 영역을 구분하였다. 구분된 영역 중 간이 존재하는 내부 영역을 대상으로 각 장기들의 명암도와 형태학적 특징 정보를 이용하여 영역들을 분할하였다. 분할한 영역들은 인접한 슬라이드의 정보를 이용하여 간 후보 영역을 설정하고, 간 후보 영역과의 포함 정도를 판별하여 영역 확장 과정을 거쳐 간 영역으로 추출하였다. 과혈관성 종양은 실질 간 영역보다 높은 명암도를 가지며 팽창형 성장을 보일 경우 구형의 형태를 가지는 특징이 있으며 이러한 특징 정보와 인접 슬라이드에서 과혈관성 종양의 특징을 가지는 영역들의 정보를 이용하여 추출하였다. 기존의 CT 영상에 대한 분석 방법들은 특정 영상에 국한되어 일반화가 어려운 방법들이 제안되었고 환자 한명에 대한 전체 CT 영상을 대상으로 분석한 방법에서는 CT 영상 촬영시 생기는 슬라이드 사이의 공간에 대한 분석이 이루어지지 않아 과혈관성 종양을 추출하는 데에 있어서 정확성이 떨어졌다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 간 영역과 과혈관성 종양의 위치 및 형태 변화를 고려하였으며 촬영 시 생기는 CT 영상 사이의 공간을 형태기반 보간법을 적용하여 복원함으로써 3차원적인 정보로 과혈관성 종양을 좀 더 세밀하게 추출하였다. 제안된 방법의 결과를 전문의에게 검증 받은 결과, 간암 수술 및 수술계획 설계시 간 영역과 과혈관성 종양의 상대적인 위치와 형태학적 정보를 제공할 수 있는 보조 전문가 시스템으로서 효율적임을 확인하였다.

향후 연구 방향은 간암의 재발을 막기 위해 간암이면서 간암의 전형적인 특징을 가지지 않는 영역을 추출할 수 있는 방법에 대해 연구하여 더욱 정밀한 보조 전문가 시스템을 개발할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R. D. Henkei, "Segmentation in Scale Space," Proceedings of Computer Analysis of Images and Pattern, CAIP, Prague, 1995.
- [2] H. E. Burdick Digital Imaging, theory and application McGraw_Hill inc., 1997.
- [3] S. E. Umbaugh, Computer Vision and Image processing : A Practical Approach Using CVPtools, Prentice Hall PT R., 1988.
- [4] D. H. Ballard and C. M. Computer Vision, Prentice Hall, inc., 1982.
- [5] L. Gao, D. Health, B. Kuszyk, E. Fishman, Automatic Liver Segmentation Technique for Three-dimensional Visualization of CT Data, Radiology, pp. 359-364, 1996.
- [6] 임옥현, 김진철, 박성미, 이배호, "블러프 컬러링을 이용한 CT영상에서 간 영역 자동 추출," 한국정보과학회 추계 학술발표 논문집(II), pp.760-762, 2004. 10.
- [7] 김규태, 이성기, "Co-occurrence Matrix를 이용한 CT영상에서의 간 영역 추출," 한국정보과학회 추계 학술발표 논문집(B), pp.508-510, 2000. 4
- [8] Robert M. Haralick and Linda G. Shapiro, "Image Segmentation Techniques", Computer Vision, Graphics and Image Processing, Vol. 29, pp.100-132, 1985.
- [9] Milan Sonka, J. Michael Fitzpatrick, HANDBOOK OF Medical Imaging, Vol. 2, Medical Image Processing and Analysis, SPIE Press, 2000.
- [10] James R. Parker, Algorithms for Image Processing and Computer Vision, John Wiley & Sons, New York, 1997.
- [11] Howard E. Burdick, Digital Imaging Theory and Applications, McGraw-Hill, New York, 1997
- [12] 장도원, 임은경, 김창원, 김민환, 김광백, "CT 영상에서의 간 영역 추출 및 간 종양 분석," 한국지능정보시스템학회 춘계학술대회 논문집, pp.183-192, 2006.
- [13] Murakami, T., Hori, M., Kim, T., Kawata, S., Abe, H., Nakamura, H., "Multidetector row CT and MR imaging in diagnosing hepatocellular carcinoma," Intervirology, Vol.47, No.3-5, pp.209-226, 2004.

- [14] G. T. Herman, J. Zheng, and C. A. Boucholtz, "Shape-based interpolation," IEEE Computer Graphics & Applications, 12:69-79, May 1992.
- [15] 홍헬렌, 박주영, 김명희. "인접 8-픽셀을 이용한 그레이 영상의 형태기반 보간," 한국정보과학회 추계학술발표논문집(A), pp. 391-394, 1995. 10