

무게 중심 기반 자기 구성 지도를 이용한 간암 추출 및 분석

Kyung-Hoon Jung^a, Do-won Jang^b and Kwang-Baek Kim^a

^a Dept. of Computer Engineering, Silla University

^b Division of Computer and Information Engineering, Silla University

E-mail : jkjbkh@naver.com, bobacyber21@korea.com, gbkim@silla.ac.kr

Abstract

간암은 세계적으로 흔한 악성 종양에 속하지만 우리나라에서 간암은 위암, 폐암 다음으로 높은 사망률을 보이며 이러한 간암은 조기진단이 요구된다. 전문의는 간암의 진단을 위해 조영증강 CT영상을 이용하여 육안으로 간암을 판별하는데, 조영증강 CT영상을 이용한 진단은 주 종양의 진단에는 도움이 되지만 주 종양에서 주위 간 조직으로 전이된 간암들을 판별하는 것은 어려우며 실제로 시술 중에야 전이된 간암의 존재를 알 수 있다. 본 논문에서는 조영증강 CT영상을 이용하여 간과 주 종양을 자동으로 추출한 후, 미세하게 주 종양 주위로 전이된 간암들을 추출하는 방법을 제안하여 전문의를 보조할 수 있는 보조 전문가 시스템으로서의 유용성을 확인하고자 한다. 조영증강 CT영상은 흉부에서 5mm간격으로 40 ~ 50장 정도로 촬영된다. 조영증강 CT영상을 이용하여 간 영역을 추출하기 위해서 간의 형태학적 정보 그리고 명암도와 명암의 분포도를 이용한 양자화 기법 등을 적용하여 추출하며 추출된 간 영역에서 간암의 후보 영역 추출은 간암의 명암도와 형태학적 특징 정보를 이용하여 추출한다. 본 논문에서는 간암의 추출을 위해 맵 상에 흩어져 분포되어 있는 유사 패턴들의 무게 중심을 찾아 하나의 패턴으로 그룹화 하는 개선된 SOM 알고리즘을 제안하여 간암 판별에 적용한 후, 기존의 SOM 알고리즘과 비교 분석한 결과, 본 논문에서 제안된 SOM 알고리즘을 적용한 간암 추출이 더 효율적임을 확인 할 수 있었으며, 전문의가 판별한 것과 비교 분석한 결과, 전문의를 보조할 수 있는 보조 전문가 시스템으로서의 가능성을 확인할 수 있었다.

Keywords:

조영증강 CT 영상, 간 영역, 주 종양, 간암, 개선된 SOM 알고리즘

1. 서론

간암은 간 내에서 발생하는 악성 종양을 칭하는 명칭으로 기전에 따라서 간 내에서 원발성으로 발생하는 간 세포암과 간 외 장기에서 발생하여 간 내로 전이된 전이 간암으로 크게 나눌 수 있다. 본 논문에서는 간 내에서 원발성으로 발생하는 간 세포암을 대상으로 한다. 간암은 세계적으로 흔한 악성 종양 중에 하나이며, 특히 우리나라에서는 암으로 인한 사망률은 인구 10만명 당 21명에 이를 만큼 높은 발생률을 보이고 있다. 간암의 치료를 위해서는 초기 진단이 매우 중요하나 간암 환자 중 수술 가능한 환자는 전체의 약 20%내외 수준일 정도로 초기 진단이 어렵다. 이러한 간암의 진단 방법으로는 혈청학적 검사와 영상 진단 그리고 조직 병리 진단으로 크게 3가지로 나누어 시행 되며 이 중 영상 진단 방법으로는 CT, MRI, 초음파 등의 방법이 있으며 특히 조영제를 사용하여 간암의 특성을 파악하는 CT 검사가 영상 진단 방법 중 가장 효과적인 것으로 알려져 있다. 본 논문에서는 CT 촬영으로 획득된 조영 증강 CT 영상을 분석하여 간 영역을 추출한 후, 추출된 간 영역 내에서 간암과 그 주위로 전이된 간암을 검출 및 분석하여 간 암 수술을 맡은 전문의를 보조할 수 있는 보조 전문가 시스템으로서의 효율성을 검증한다.

간암 수술 전 간암의 위치 및 형태 특징들이 중요한 정보로 사용되지만 전체적인 환자의 상태를 파악하는 것도 중요하며 특히 환자의 간 기능 상태 역시 중요한 정보로 사용된다. 따라서 간암의 추출 전 정확한 간 영역의 추출이 선행되어야 한다. 기존의 간 영역 검출 방법은 장기를 구성하는 명암값으로 임계치를 부여하여 추출하는 방법[1-4], 히스토그램 분석과 모델-기반 외곽선 추출 방법[5], Blob Coloring 을 이용한 추출 방법[6], Co-occurrence Matrix 를 이용한 추출 방법[7], Template matching, Edge-based method, Region

growing thresholding based method[8], 형태학적 필터를 이용한 방법[9], 모폴로지컬 특성에 기반한 분할 방법[10] 등이 제시되었다. 조영증강 CT 영상은 간암의 특성을 파악하기 위한 영상으로 위와 같은 방법처럼 명암 정보만을 이용한 방식으로는 정확한 간 영역을 찾기 어려우며 다음과 같은 문제점을 가진다. 간 영역의 명암도 값이 뚜렷하지 않아 피하지방층과 다른 인접한 장기들까지 간 영역으로 추출될 수 있으며, 또한 CT 영상 내에서 간 내부에 포함된 대정맥과 같은 기타 혈관까지 포함하여 추출되는 문제점이 있다. 이러한 기존의 간 영역 추출 방법의 문제점들을 개선하기 위하여 본 논문에서는 흉부로부터 5mm 간격으로 약 40~50 장 정도로 촬영된 조영증강 CT 영상에서 기존의 방법들처럼 명암 정보만을 적용하는 것이 아니라 늑골의 정보를 이용하여 늑골과 피하지방층을 분리한다. 그리고 오 추출될 수 있는 장기인 심장과 대정맥 등과 같은 장기들을 간 영역을 추출하기 전에 미리 추출하여 제거한 후에 이전 영상에서 찾아진 간 영역을 현재의 간 영역 추출 관심 영역으로 선정하여 보다 정확한 간 영역이 추출되도록 한다. 추출된 간 영역 내부에서 간암과 전이된 간암을 추출하기 위해 양자화 기법을 적용하여 간암의 후보 영역을 선정한 후, 무게 중심 기반 SOM 을 적용하여 간암과 전이된 간암을 추출하고 악성도를 분석한다.

2. 간 영역 추출

총 40~50장으로 구성된 조영증강 CT 영상에서 간 영역을 추출하는 과정은 크게 늑골 정보를 이용하여 내부 영역을 추출하는 과정과 추출된 내부 영역에 양자화 기법[11]을 적용하여 간 영역을 추출하는 과정으로 이루어진다. 본 논문에서 사용한 조영증강 CT 영상은 간암을 육안으로 확인할 수 있도록 혈관에 조영제를 투입하여 촬영한 것으로 그림 1과 같이 과혈관성 종양인 간암뿐만 아니라 혈관으로 구성된 심장이나 대동맥 그리고 늑골과 같이 빠로 이루어진 다른 영역들도 상대적으로 높은 명암 값을 가지는 특징이 있다. 조영 증강 CT 영상은 그레이 영상으로 구성되어 있으며 늑골과 혈관으로 구성된 심장, 대정맥 등은 명암 값이 매우 높아 명확히 구분할 수 있다. 그러나 피하지방층과 간 주위의 장기들은 명암 값이 유사하여 정확히 장기들의 경계를 검출하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 조영증강 CT 영상에서 늑골의 명암값이 매우 뚜렷하다는 특성을 이용하여 늑골의 내부 영역을 추출함으로써 경계가 모호한 피하지방층과 간을 포함하는 내부 영역을 분리하여 보다 정확한 간 영역이 추출되도록 하고 간 영역을 추출하는 과정에서의 탐색 범위를 줄인다. 유사한 명암도를 가지는 색상들을 그룹화 하는 양자화 기법을 늑골의

내부 영역 영상에 적용하여 각 장기들을 구분한 후, 간 영역을 추출한다. 본 논문에서는 간 영역 추출 시 간 영역 주위 혹은 내부에 포함된 다른 장기들이 간 영역으로 포함되어 추출되지 않도록 하기 위해 간 영역 추출 전 심장, 신장, 대정맥, 대동맥 등의 장기들을 미리 추출하여 제거한 후에 간 영역을 추출하여 원래의 간 영역에 근접하게 추출되도록 한다.

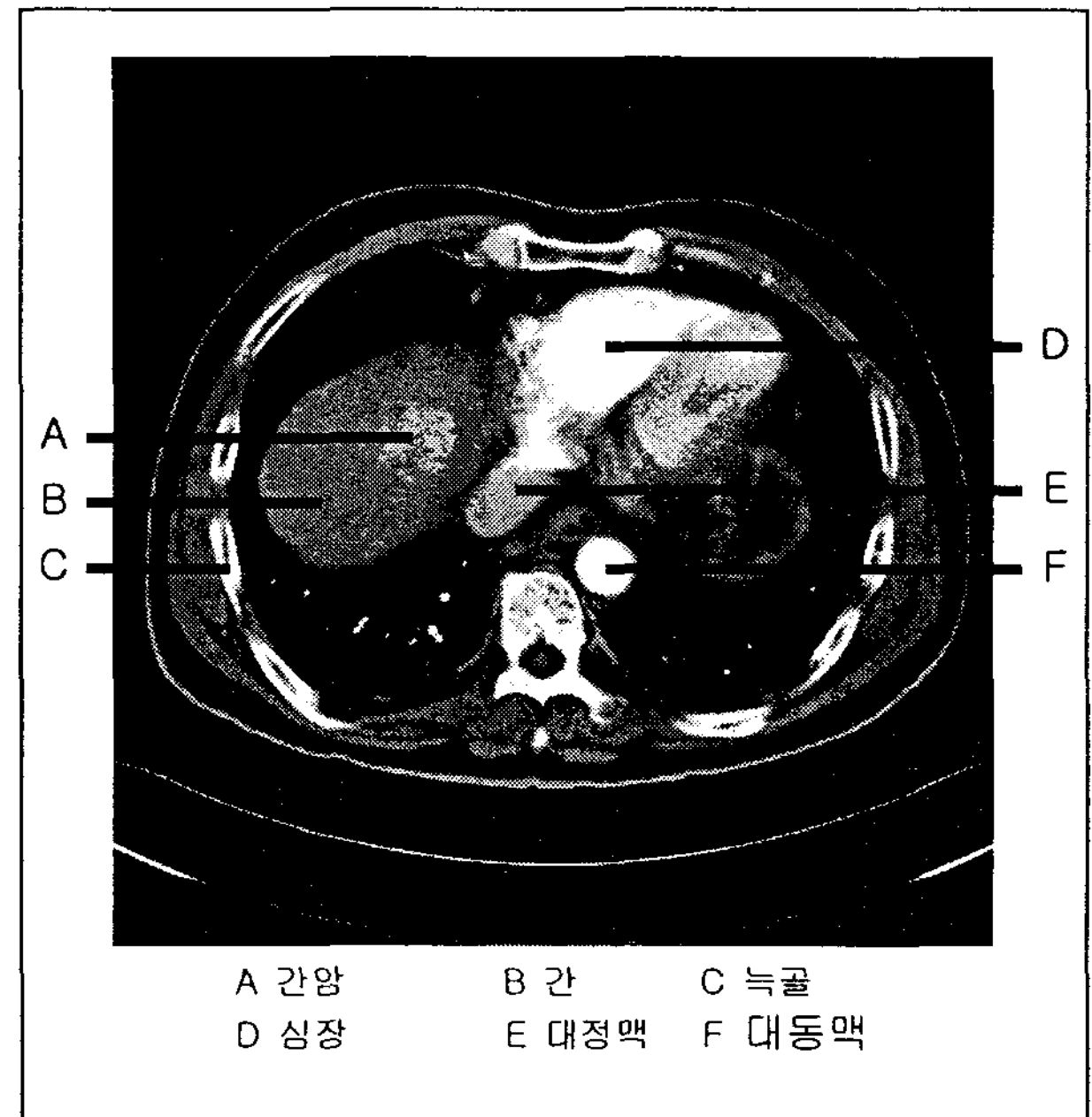


그림 1- 조영증강 CT 영상

2.1 늑골 영역을 이용한 내부 영역 추출

조영증강 CT 영상에서 늑골의 명암 값이 높다는 특징을 이용하여 각 슬라이드의 내부 영역을 추출한다. 먼저 각 슬라이드 영상을 명암 값 180을 기준으로 이진화한 후, 현재 슬라이드를 기준으로 흉부쪽으로 2장 그리고 복부쪽으로 2장의 영상에 대해 흰색 영역을 대상으로 OR 연산을 수행하여 현재 슬라이드 영상에서의 늑골 영역을 추출한다. CT 영상은 흉부에서 복부쪽으로 이동하며 촬영된 것이므로 현재 슬라이드를 기준으로 앞과 뒤 5장의 늑골 영상을 합칠 경우에는 현재 슬라이드 영상에서의 내부 영역을 포함하는 영역이 검출된다. 만약 늑골 영역이 끊어져서 검출될 경우에는 수직, 수평 스미어링 기법[12]을 적용하여 연결한다. 검출된 늑골 영역을 이용하여 늑골 영역의 안쪽과 바깥쪽을 구분하여 늑골 영역의 안쪽을 현재 슬라이드 영상에서의 내부 영역으로 추출한다. 그림 2는 늑골 영역을 이용하여 내부 영역을 추출하는 과정을 나타낸 것이다.

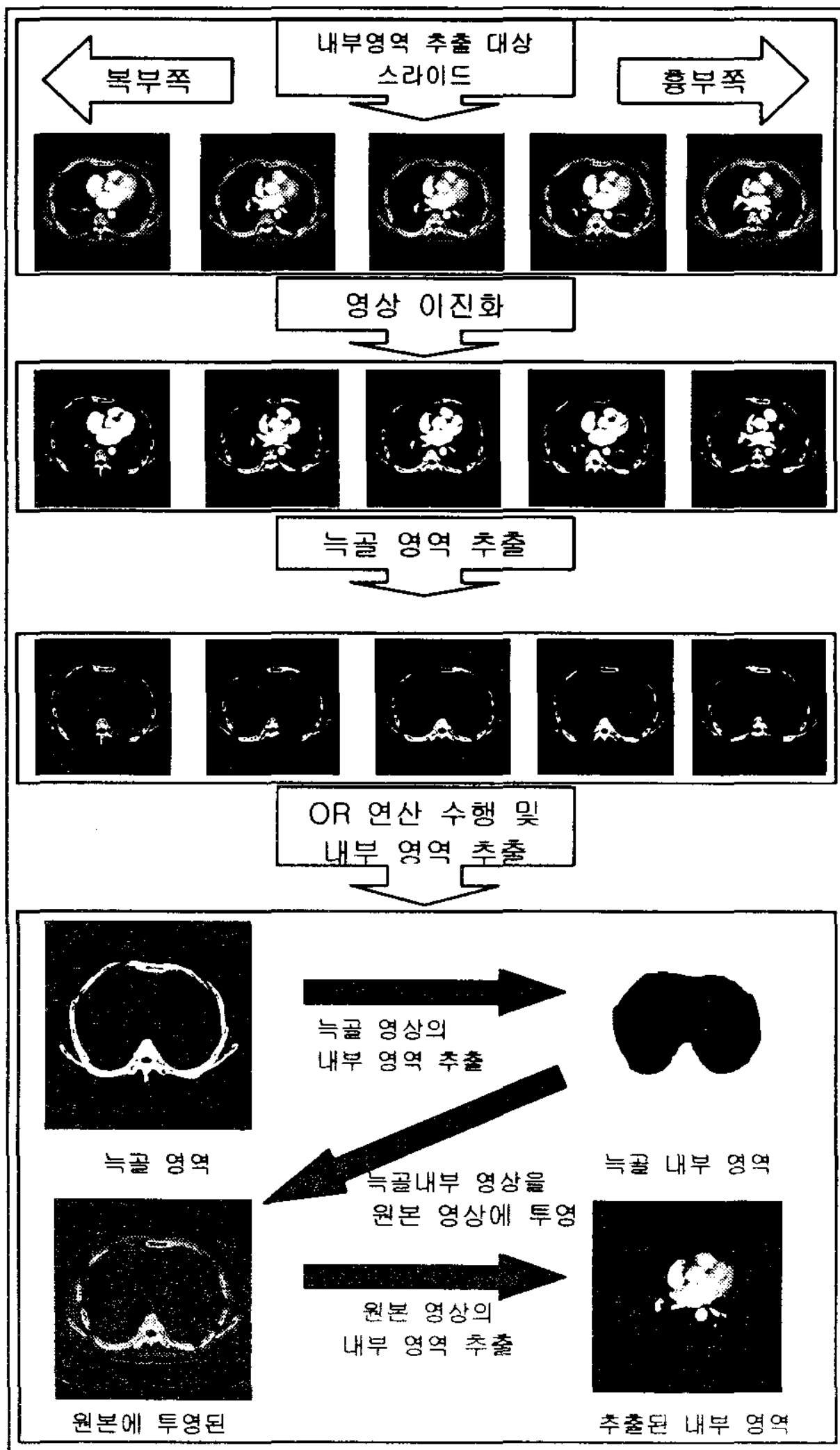


그림 2 - 특정한 영역을 이용한 내부영역 추출

2.2 양자화 기법을 이용한 간 영역 추출

본 논문에서는 특정한 정보를 이용하여 추출한 내부영역에 양자화 기법을 적용하여 간 영역을 추출한다.

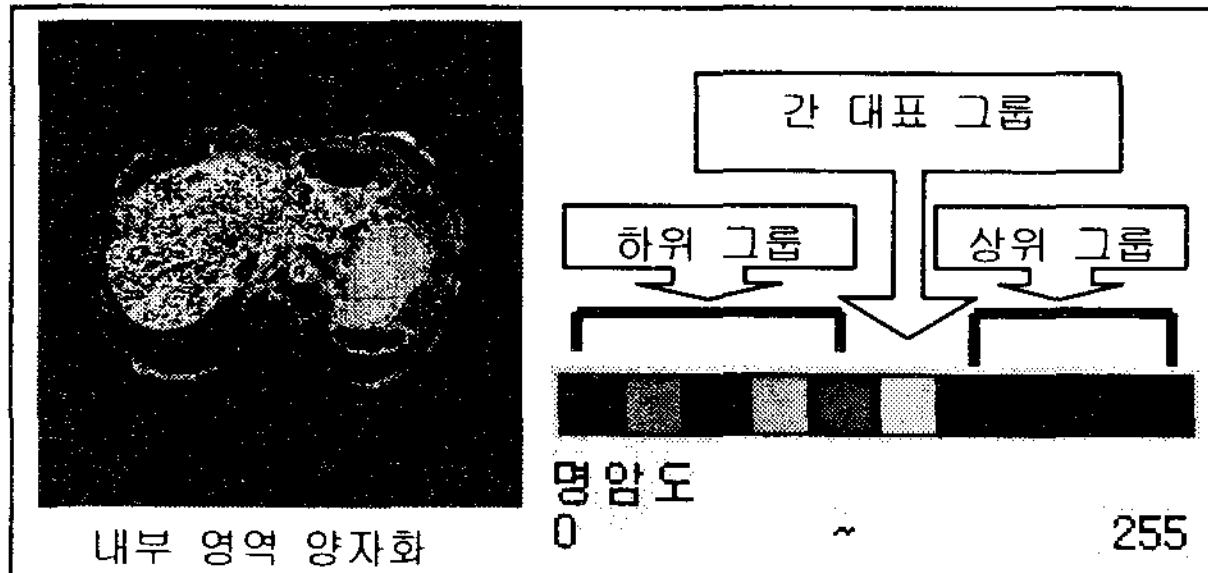


그림 3 - 내부영역 양자화 영상 및 양자화 그룹

0~255 사이의 그레이 정보로 구성된 조영증강 CT 영상을 10개의 컬러 색상으로 분류하여 유사한 명암도를 나타내는 영역끼리 색상별로 그룹화하는

양자화 기법을 적용하여 유사한 명암 값으로 구성된 각 장기를 구분한다. 그림 3은 내부 영역에 양자화 기법을 적용한 결과와 양자화 그룹 색상표를 나타낸 것이다. 양자화된 영상을 바탕으로 표 1과 같은 각 장기의 특징을 구할 수 있다.

표 1. 각 장기의 위치 및 양자화된 색상그룹

	양자화된 색상 그룹	각 장기의 위치
심장	7~10	CT영상의 정중앙
신장	7~9	척추체의 양 옆
대정맥	7~10	간 영역 내부
대동맥	8~10	척추체의 오른쪽 옆
간	5~7	심장의 왼쪽 아래

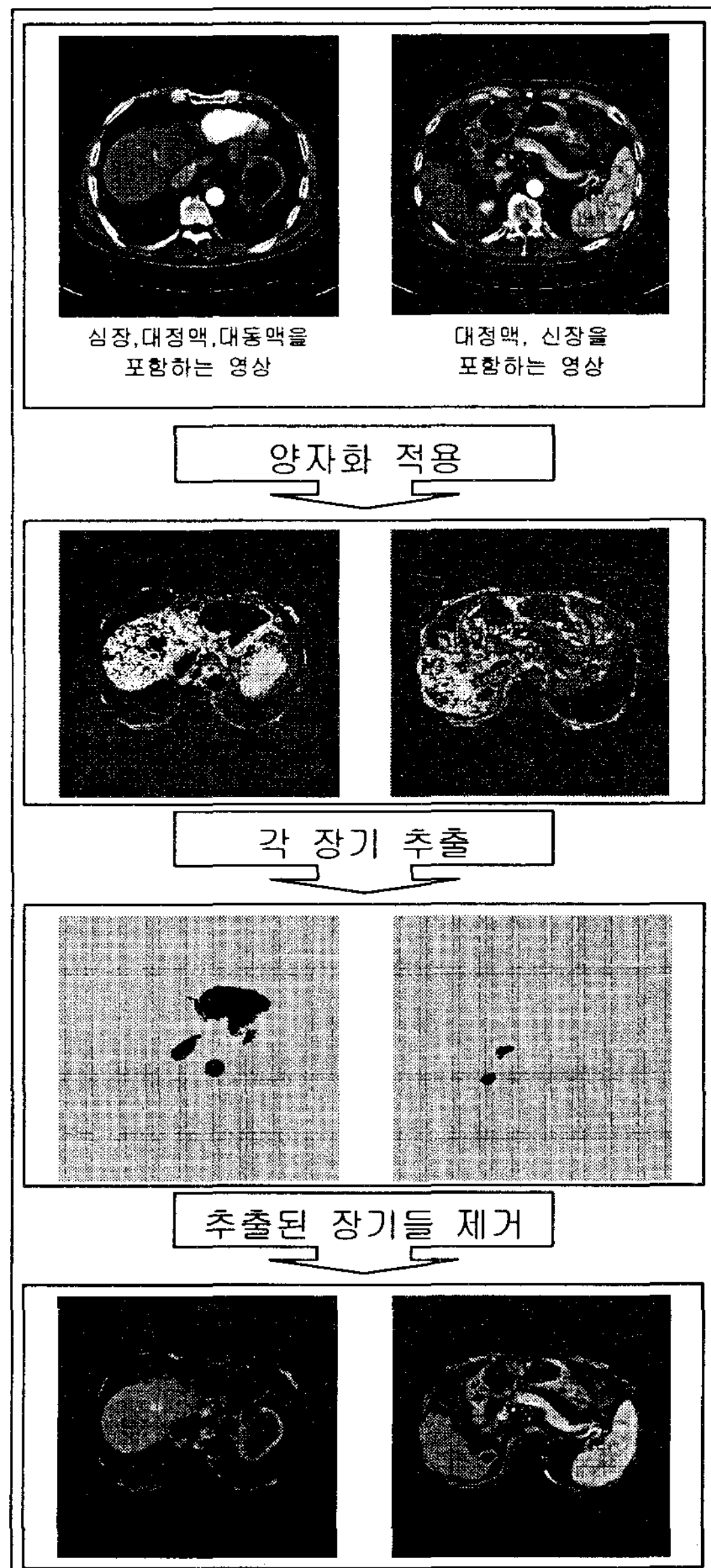


그림 4 - 심장, 대정맥, 대동맥, 신장 제거 과정

표 1에 나타난 각 장기들의 특징을 바탕으로 간 영역을 추출하는 과정에서 간 영역 추출하기 전에 간 영역으로 오 추출될 가능성이 있는 다른 장기들을 먼저 추출하여 정확한 간 영역이 추출되도록 한다. 특히 심장과 대정맥 그리고 대동맥 같은 경우는 과혈관성 종양의 명암값과 유사하기 때문에 간 영역 추출 전에 추출하지 않으면 간암 추출 시 간암으로 오 추출할 가능성이 있으므로 이러한 장기들을 먼저 추출한다. 그림 4는 표 1의 특징을 바탕으로 간 영역을 추출하기 전에 심장, 신장, 대정맥, 대동맥을 추출하는 과정을 나타낸 것이다. 표 1에 나타난 간의 정보를 이용하여 흉부에서 복부쪽으로 각 슬라이드를 이동하면서 간 영역을 추출한다. 간 영역 추출은 표 1에 나타난 간 영역의 색상 정보와 위치 정보를 이용하여 간 후보 영역을 선정한 후, 영역 확장을 수행한다. 영역 확장은 대표 그룹을 기준으로 명암도 값이 낮으면서 간의 외곽을 구성하는 하위 그룹과 명암도 값이 높으면서 간의 내부를 구성하는 상위 그룹으로 영역을 구분하고 각 그룹별로 간 후보 영역에 포함되는 정도를 판별하여 수행한다. 다음 영상에서의 간 영역을 추출할 경우에는 이전 영상에서 추출한 간 영역을 후보 영역으로 선정한 후 위와 같은 방법으로 간 영역을 추출한다. 추출된 간 영역을 다음 간 영역 추출에 반영함으로써 탐색 범위를 줄이며 보다 정확한 간 영역을 추출한다. 그림 5는 간 영역 추출 과정을 나타낸 것이다.

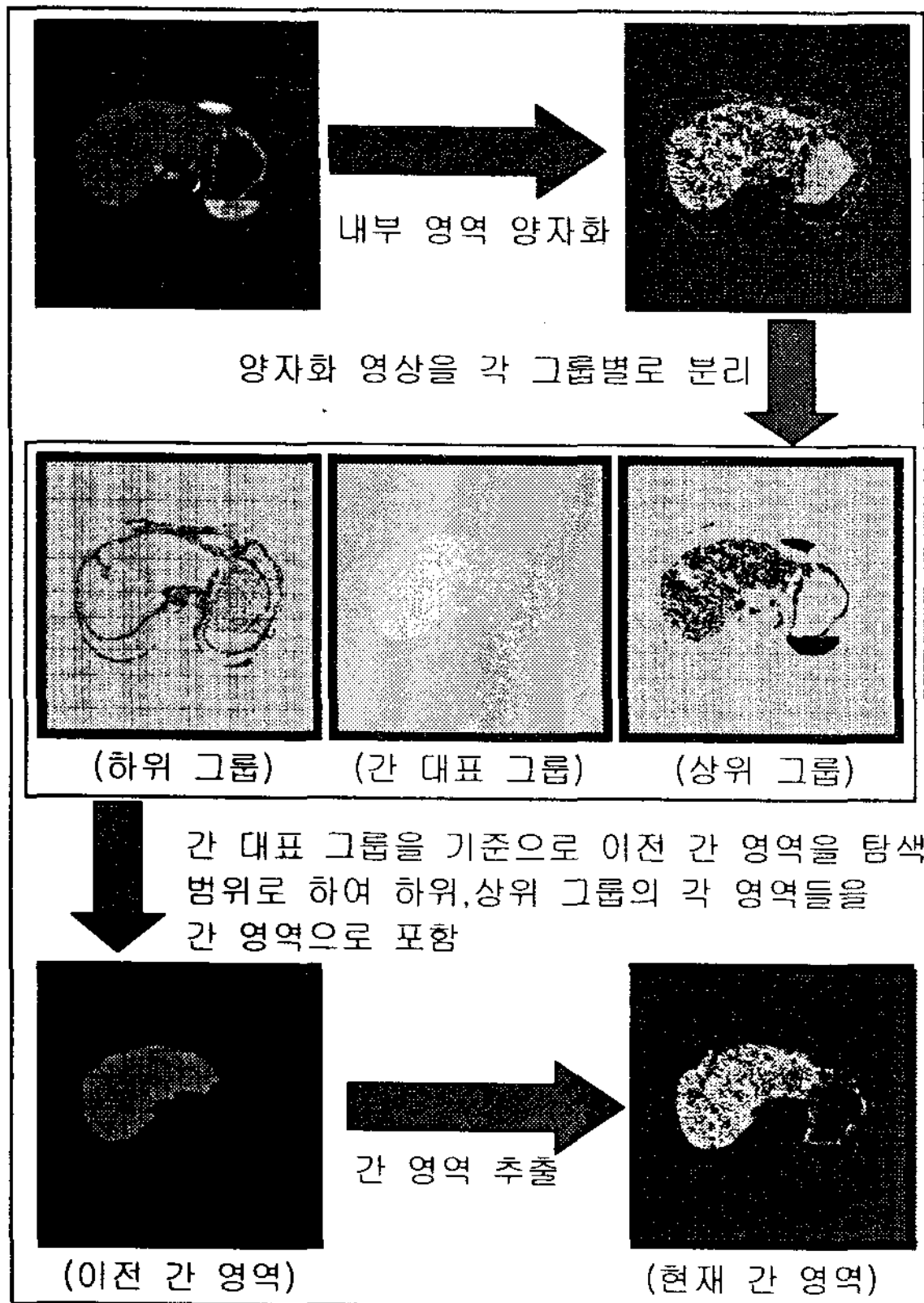


그림 5- 현재 슬라이드에서의 간 영역 추출과정

CT 영상은 간 영역의 경계가 불분명하며 다른 장기들과 유사한 명도값으로 구성되어 있기 때문에 위에서 선행된 방법만으로는 정확한 간 영역을 추출하기 어렵다. 간 영역 추출 시 영역 확장 과정에서 앞서 추출된 장기들 이외의 다른 장기들이 이어져서 추출될 수도 있다. 이와 같이 이어져 있는 영역들은 CT 영상이 간 영역과 다른 장기 영역들을 정확하게 구분하지 못하기 때문에 생기는 현상이며 이어진 영역들은 양자화 기법을 적용하더라도 구분하기 힘든 영역이다. 따라서 이러한 영역은 Rough Edge를 적용하여 간을 추출하고자 하는 주 객체로 간주하고 간에서 연결된 영역은 제거하고자 하는 기생 객체로 간주하여 제거한다. Rough Edge는 주 객체의 외곽을 탐색하면서 주 객체가 가지는 특징을 벗어나는 영역이 탐색될 경우에는 그 영역을 기생 객체로 간주하여 주 객체와 분리하는 형태에 기반한 잡음 제거 방법으로 본 논문에서는 간 영역의 외곽이 원형에 가까운 곡선을 가진다는 특징을 사용하여 주 객체와 기생 객체를 분리한다.

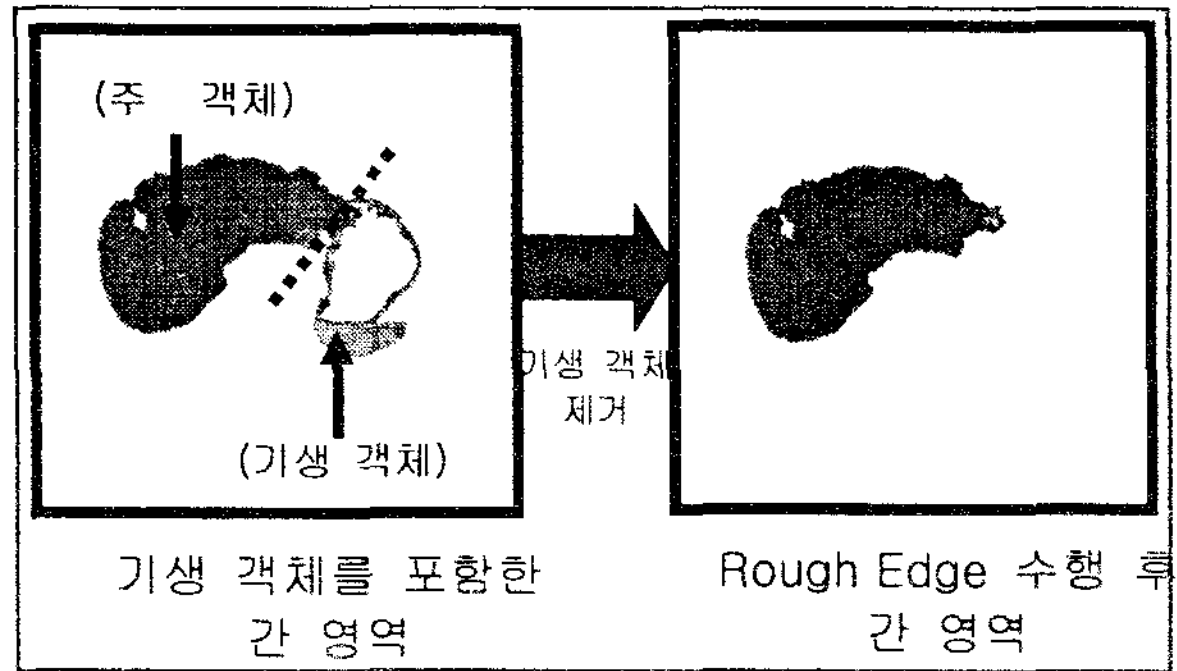


그림 6- Rough Edge를 이용한 잡음 제거

3. 간암 후보영역 추출 및 악성도 판별

전형적인 간암은 과혈관성 종양으로 내부에 신생혈관이 밀집되어 있어 조영증강 CT 영상에서 간암 부분은 간 영역에 비해 높은 명암 값을 가지는 특징이 있으며, 팽창형 성장을 보일 경우에는 구형의 형태를 이루는 특징이 있다[13]. 본 논문에서는 간암이 간 영역에 비해 높은 명암 값을 가지는 특징과 구형의 형태로 이루어져 있다는 특징을 이용하여 간암의 후보 영역을 추출하고 추출된 후보 영역을 대상으로 무게 중심 기반 SOM 알고리즘을 적용하여 간암과 전이된 간암의 악성도를 판별한다.

3.1 간암 후보 영역 추출

간암은 원형의 형태를 이루고 있으며, 조영증강 CT 영상에서 간 보다 높은 명암 값을 가지는 특징이 있다. 본 논문에서는 이러한 형태학적 특징을 이용하여 간암의 후보 영역을 추출한다.

추출된 전체 간 영상을 대상으로 앞에서와 같은 방법으로 양자화 기법을 적용하여 간 보다 상위 그룹의 양자화 색상을 가지는 영역들을 대상으로 원형도와 부피를 측정하여 간암 대표 후보 영역을 추출한 후, 대표 영역이 추출된 슬라이드를 기준으로 흉부쪽으로 이동하면서 이전 영상에서 추출한 대표 영역을 탐색 범위로 선정하여 간암의 후보 영역을 추출하고, 다시 복부쪽으로 이동하면서 나머지 간암의 후보 영역을 추출한다. 그림 7은 간암의 후보 영역을 추출하는 과정이다. 간암의 후보 대표 영역은 전체 영상에서 부피가 500 이상이고 원형도가 0.4 이상인 영역으로 설정한다. 원형도는 식(1)을 적용하고 부피는 영역의 총 픽셀수로 계산한다.

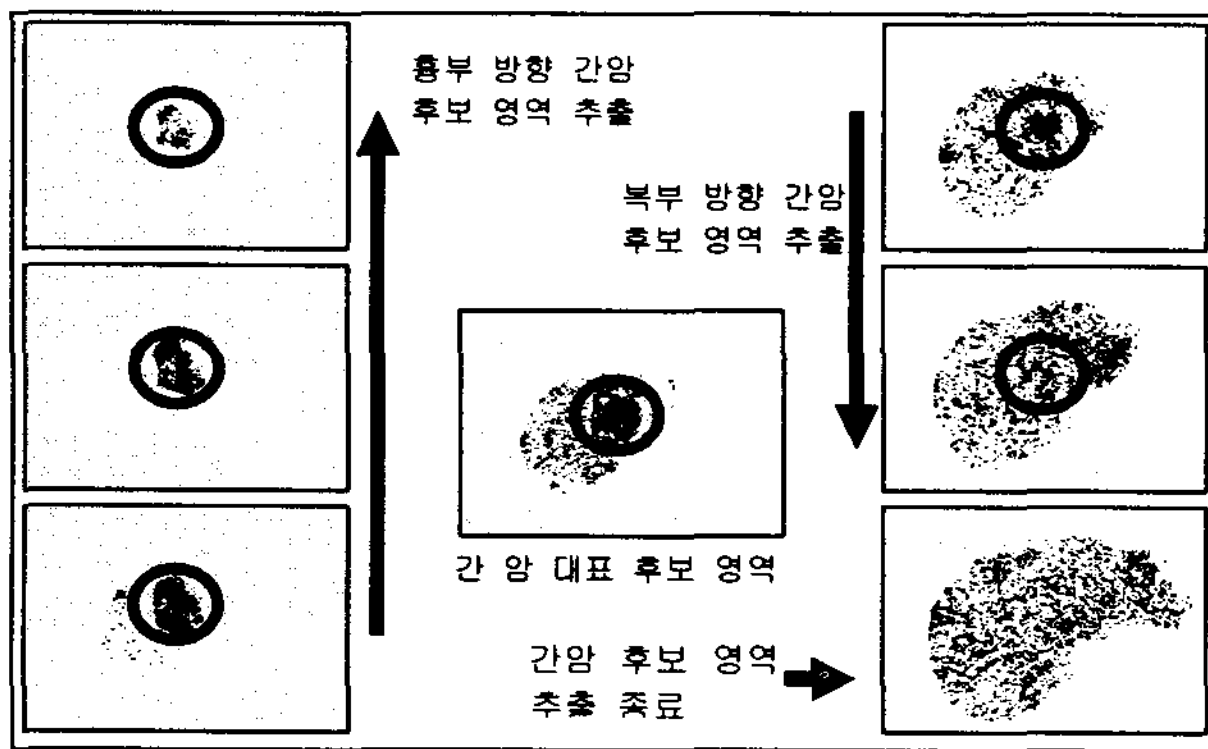


그림 7- 간암 후보 영역 추출 과정

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

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

3.2 무계 중심 기반 SOM을 이용한 악성도 판별

간암의 후보 영역이 추출된 영상에서 SOM 알고리즘을 개선하여 간암의 악성도 판별에 적용한다. 간암의 악성도 판별은 간암과 간암 내부에서 외부 영역으로 전이되는 간암 영역들을 추출하기 위하여 추출된 간암의 후보 영역에 영역 확장을 수행한 후, 무계 중심 기반 SOM 알고리즘을 적용하여 간암 영역과 전이된 간암 영역을 검출하고 악성도를 분석한다. 기존의 SOM 알고리즘은 입력 벡터들에 대해 유사성을 가지는 특징 등을 군집화하여 분류하는 방법이다. 제안된 학습 방법은 간암의 후보 영역 중에 정확하게 간암이라고 판단되는 영역만을 추출하여 제안된 SOM의 학습 데이터로 적용한다. 기존의 SOM 알고리즘을 악성도 분류에 적용할 경우에는 최종 Feature Map 형성시 같은 특징으로 군집되어야 할 벡터들이 Map 전체로 분포되어, 경계가 모호하게 분류되어 간암의 정확한

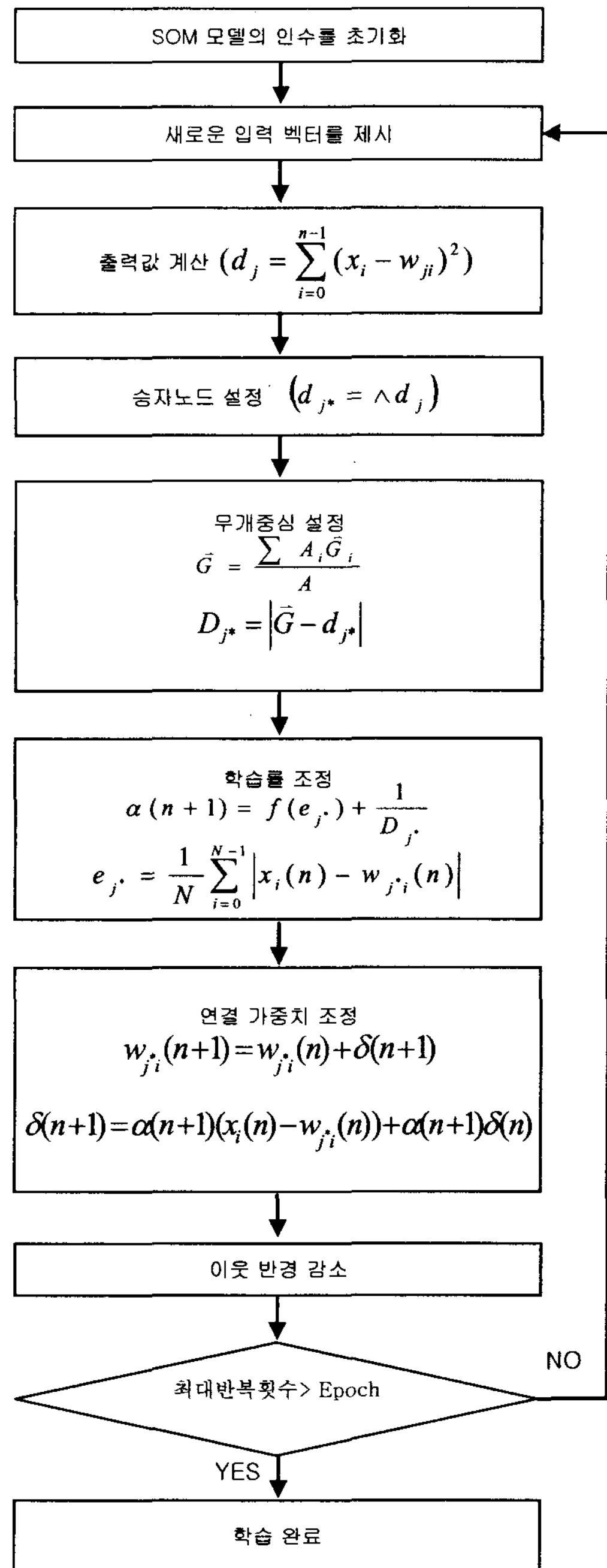


그림 8-무계 중심 기반 SOM의 순서도

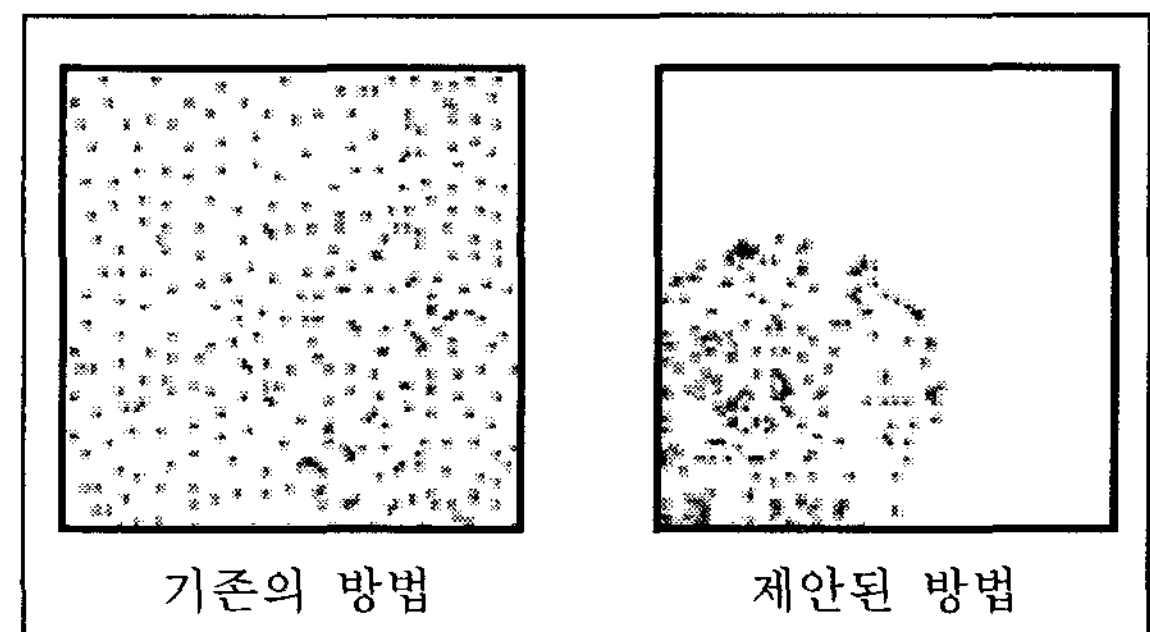


그림 9-학습이 완료된 Feature Map

악성도를 판별하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 간암의 악성도를 정확하게 분류하기 위하여 무게 중심 기반 SOM 알고리즘을 적용하여 악성도를 분석한다. 그림 8은 제안한 무게중심 기반 SOM의 전체적인 학습 과정을 나타낸 순서도이고, 그림 9는 기존 SOM의 Feature Map과 본 논문에서 제안한 SOM의 Feature Map을 나타낸 것이다. 제안된 SOM에서 Feature Map은 특징 벡터들을 군집하기 위해 이전 학습시 맵에 형성된 벡터들을 다각형으로 설정하여, 다각형의 무게 중심법을 이용하여 유사 패턴들을 그룹화하는 방법을 적용한다. 다각형의 무게 중심은 그림 10과 같이 다각형을 삼각형으로 분할하고 그 각각의 삼각형 무게 중심의 평균 위치를 구하여, 무게 중심으로 설정한다. 그러나 분할된 삼각형은 각각의 크기가 다르기 때문에 무게 중심의 평균 위치를 구할 때 전체 넓이를 가중치로 적용하여 가중 평균을 구한다. 그림 10과 같은 다각형은 해당 원점 O 를 기준으로 다각형을 삼각형으로 분할하고 분할된 삼각형에 대해 넓이 A_i 와 무게 중심 \bar{G}_i 를 식 (2)와 (3)을 적용하여 구한다.

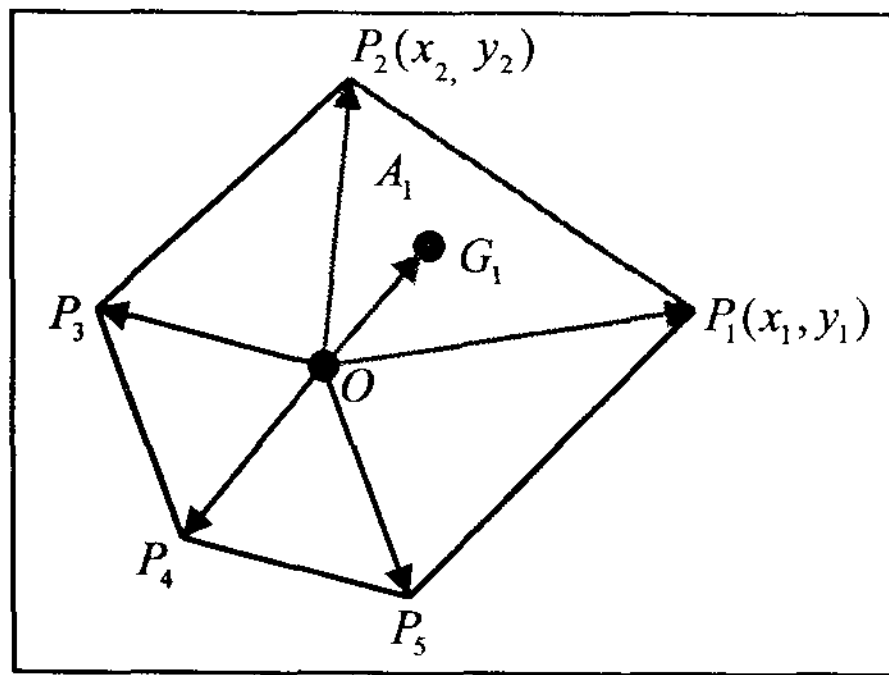


그림 10-다각형의 무게중심

$$A_i = \frac{x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i}{2} \quad (2)$$

$$\bar{G}_i = \left(\frac{x_i + x_{i+1}}{3}, \frac{y_i + y_{i+1}}{3} \right) \quad (3)$$

각각의 삼각형에서 구해진 넓이 값과 무게 중심값을 이용하여 전체 넓이 A 를 구한 다음, 전체의 무게 중심 \bar{G} 를 식 (4)를 이용하여 구한다.

$$\bar{G} = \frac{\sum A_i \bar{G}_i}{A} \quad (4)$$

구해진 무게 중심을 이용하여 승자 노드와의 거리 D_{j^*} 를 식(5)로 구한 뒤, 다음 학습률에 반영한다.

$$D_{j^*} = |\bar{G} - d_{j^*}| \quad (5)$$

식 (6)은 제안된 방법의 학습률을 구하는 수식이고, 식 (7)은 기존의 학습률을 구하는 수식이다.

$$\alpha(n+1) = f(e_{j^*}) + \frac{1}{D_{j^*}} \quad (6)$$

$$\alpha(n+1) = f(e_{j^*}) + \frac{1}{f_{j^*}} \quad (7)$$

본 논문에서는 식 (7)과 같이 기존의 학습률을 구할 때 적용되는 빈도수 (f_{j^*}) 대신 맵의 특징 벡터들의 무게 중심과 승자 노드의 거리 (D_{j^*}) 를 학습률에 적용하여 그림 9와 같이 유사한 패턴들로 구성된 간암의 특징 벡터들이 군집화가 되도록 한다.

4. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안한 간암 추출 및 분석 방법의 효용성을 검증하기 위해, 전문의가 제공한 4종류의 조영증강 CT 영상을 대상으로 실험하였다. 실험 환경은 CPU Intel Pentium-IV 2.8GHz, 512 RAM이 장착된 IBM 호환 PC에서 VC++ 6.0으로 구현하였다.

4.1 간암 후보영역의 패턴 구성 및 학습

간암 후보 영역의 악성도를 판별하기 위해, 간암의 후보 영역의 정보를 이용하여 특징 패턴들을 구성한다. 전체 간암 후보 영역 영상에서, 가장 대표 되는 후보 영역의 픽셀들을 선정하여, 각 픽셀의 8 방향에 존재하는 픽셀정보와, 그 픽셀들의 평균값, 그리고 간암 대표 영역의 중심에서의 거리 정보를 포함하여 특징 패턴으로 구성하였다. 구성된 패턴들은 제안한 SOM에 적용하였다. 제안된 SOM 알고리즘의 Feature Map 크기는 120*120으로 설정하였고, 학습 시 총 100번의 반복 학습을 수행하였다. 그림 9에서는 기존의 방법과 제안된 방법의 Feature Map을 비교하였다. 기존의 SOM으로 Feature Map을 형성할 경우에는 특징 벡터들이 Map 전체에 분포 되어 군집이 제대로 이루어 지지 않은 것을 확인 할 수 있다. 그러나 제안한 방법에서는 간암 후보 영역 패턴들간의 군집화가 잘 이루어 진 것을 확인 할 수 있다. 간암의 최종 악성도 판별은 학습된 Feature Map과의 거리 정보를 그림 11에서와 같이 영역 확장을 수행한 간암 후보 영역에 적용하여 간암의 악성도와 간암 외부로 전이된 암 영역을 판별하였다. 간암의 악성도는 그림 12와 같이 특징벡터들의 무게중심에서의 거리값 정보를 이용하여 4단계의 색상으로 나타내었다.

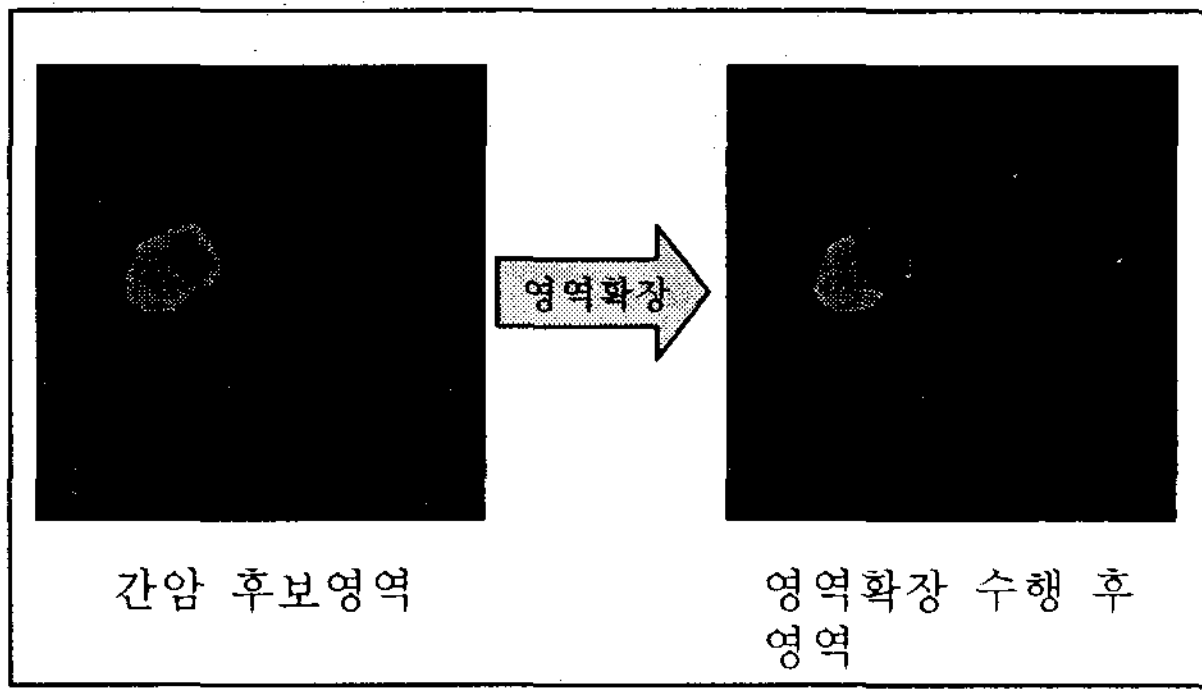


그림 11-간암 후보영역과 영역 확장된 후보 영역

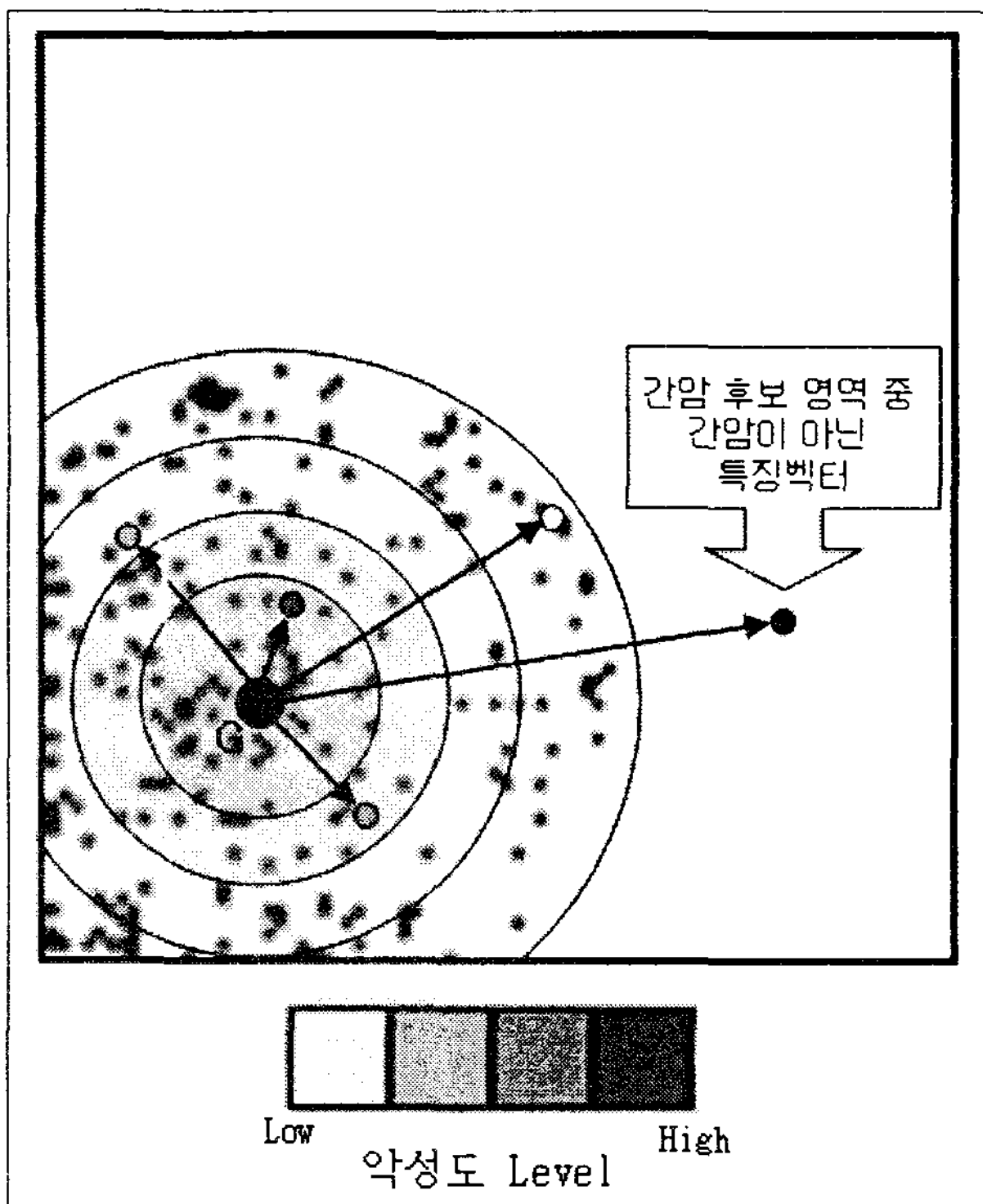


그림 12-거리값을 이용한 간암 악성도 판별

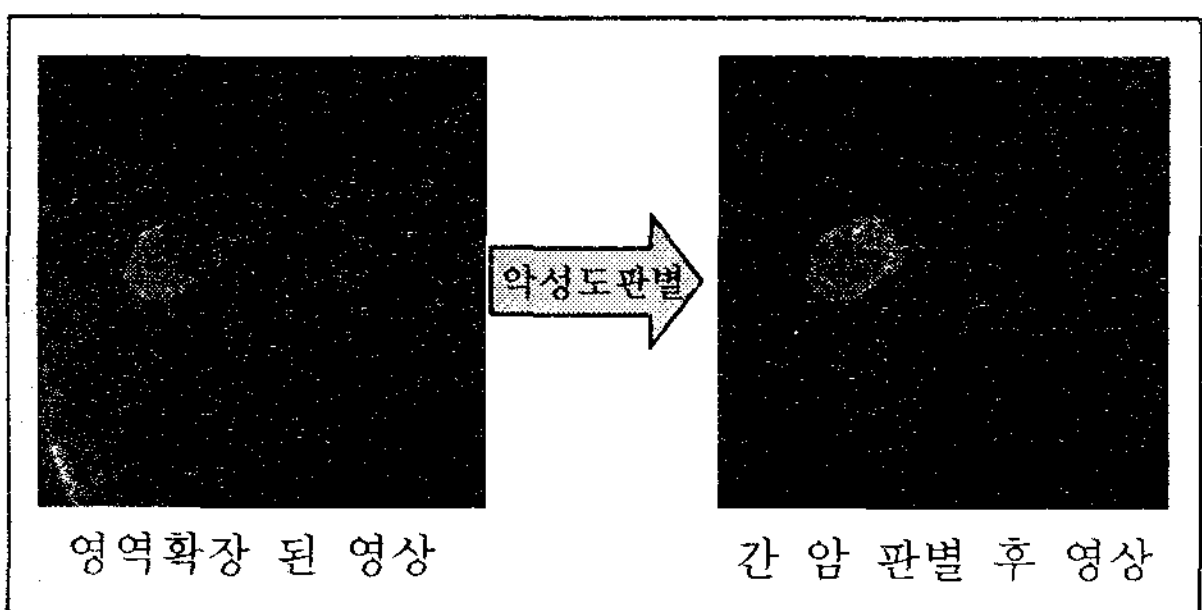
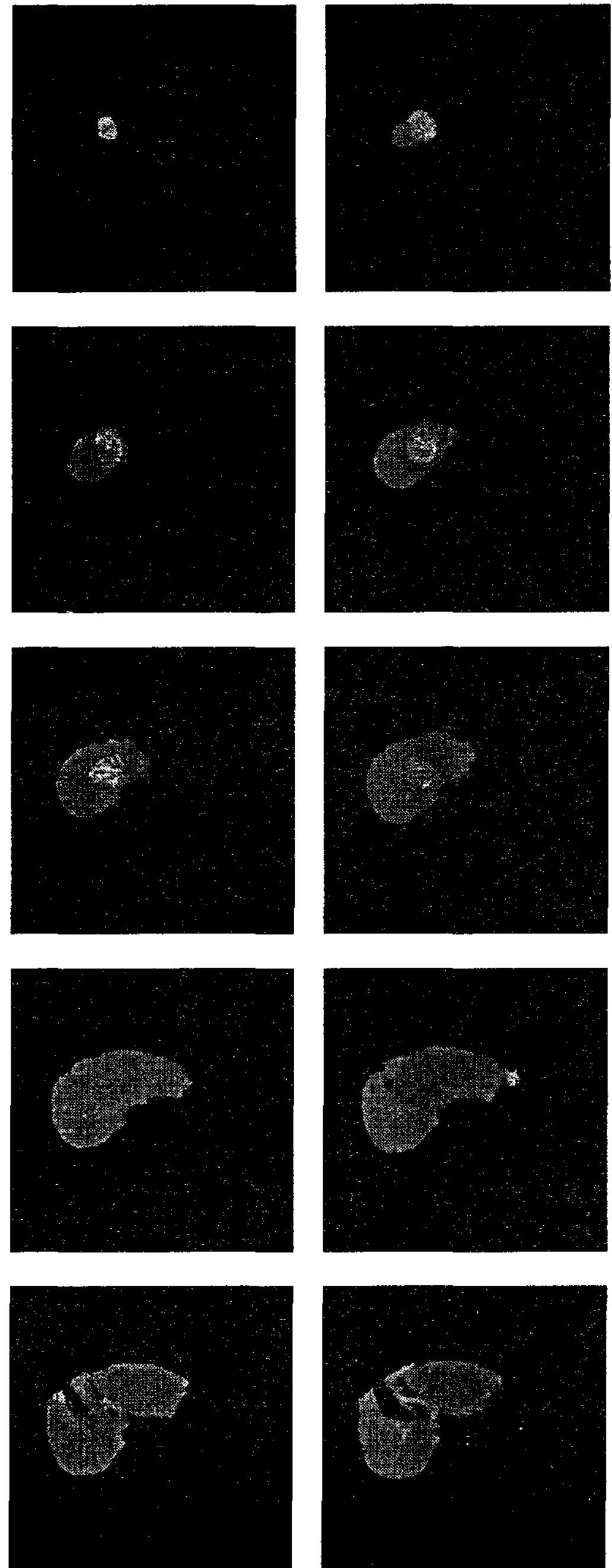


그림 13-악성도 판별 후 영상

4.2 간암 후보영역의 악성도 판별 결과

그림 14는 한명의 조영증강 CT 영상에 제안한 방법을 적용한 결과 영상이다. 영상은 간 영역이 최초 시작되는 지점부터 복부방향으로 이동하면서 간이 끝나는 지점까지 나타내었으며, 간암의 판별은 제안한 SOM을 이용하여 악성도를 해당 색상의 레벨로 표시하였다.



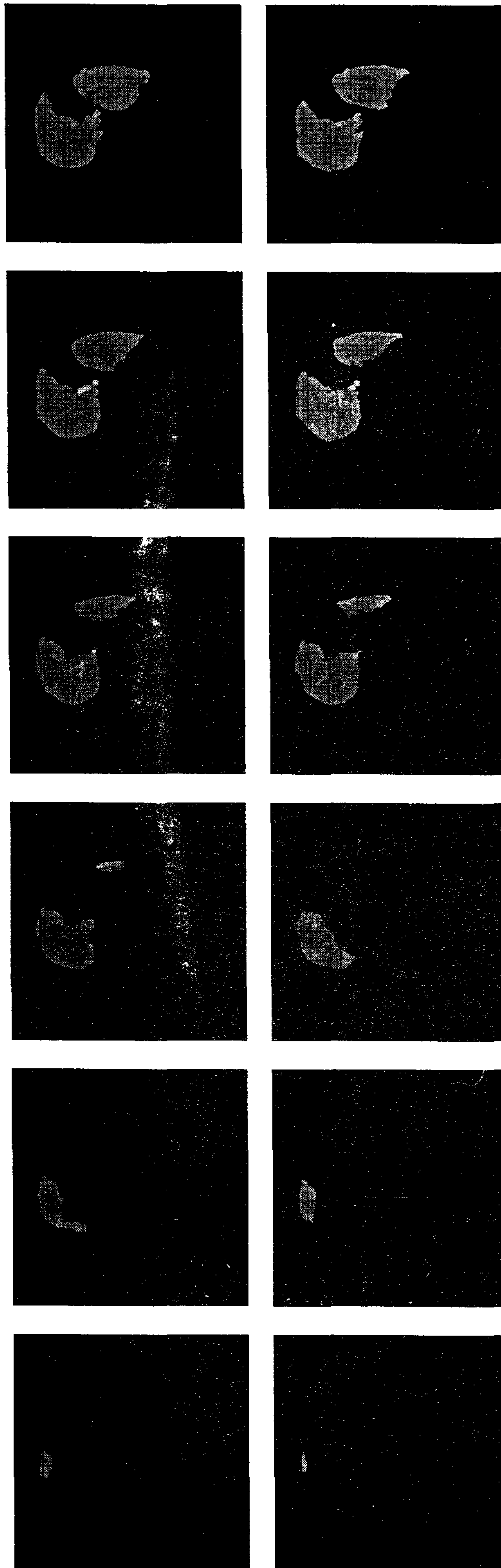


그림 14-제안된 방법에 의한 CT 영상에서의 간 및 간암의 악성도 추출 결과 영상

그림 14와 같은 48장의 조영증강 CT 영상에서 22장의 간 영역이 추출되었으며, 이중 6장에서 간암 영역이 추출되는 것을 확인하였다. 표 2는 제안된 방법을 적용하여 4종류의 조영증강 CT 영상에 적용하여, 간 영역과 간암 영역을 추출한 결과를 나타낸 것이다.

표 2-4종류 CT 영상에 대한 간 및 간암 추출 결과

조영증강 CT 영상	총영상	추출한 간 영상	추출한 간암 영상
1	46	33	7 / 33
2	44	23	11 / 23
3	48	22	6 / 22
4	46	28	7 / 28

표 3은 제안된 방법의 결과와 전문의가 분석한 결과를 비교하여 나타낸 결과이다.

표 3-과혈관성 종양 분석 결과

조영증강 CT영상	Sensitivity	Specificity	False positive	False negative
	(+) -> (+)	(-) -> (-)		
1	7	26	0	0
2	11	12	0	0
3	6	16	0	0
4	7	21	0	0

간암의 판별 결과는 Sensitivity(민감도), Specificity(특이도), False positive(허위양성), False negative(허위음성) 총 네 가지로 구분하였다. 먼저 Sensitivity는 암의 양성을 결과에서도 양성으로 판별한 것을 의미하며, 이것은 간암 영역을 제대로 판별한 경우이다[14]. Specificity는 음성을 결과에서도 음성으로 판별한 것이다. False positive는 양성인 양성이 아닌데 양성으로 판별한 경우이고, False negative는 양성을 결과에서는 음성으로 잘못 판단한 경우로, 이것은 의료 영상 처리 분야 에서 가장 위험한 오류이다. 제안된 방법은 표 2에서 보는 것과 같이 False positive와 False negative가 모두 0으로 판별되었고, 간암의 양성으로 판명된 부분은 모두 양성으로 판별되어 모든 조영증강 CT 영상에서 간암 판별이 제대로 이루어졌음을 확인 할 수 있다.

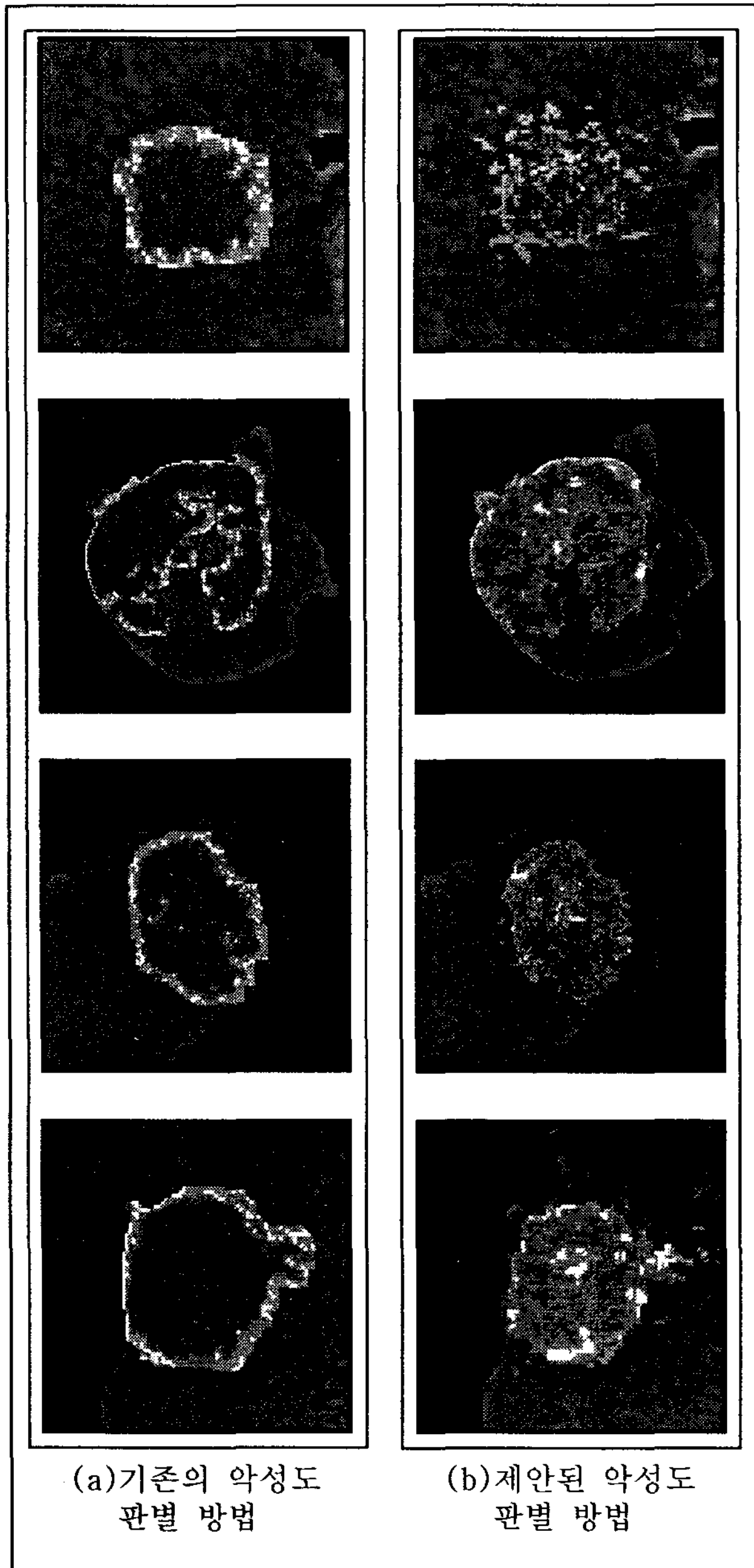


그림 15-간암 후보영역의 악성도 판별 결과 영상

그림 15는 이전의 간암 판별 방법[15]과 제안된 방법간의 비교 영상으로 전체 CT 영상에서 추출된 간암 영역과 간암의 악성도를 각각 나타내었다. 그림 15의 (a)에서 4종류의 악성도 판별은 이전의 악성도 판별 방법으로 간암을 분석한 결과이고, 그림 15의 (b)는 본 논문에서 제안한 방법을 적용하여 간암의 악성도를 판별한 결과를 나타내었다. 이전의 악성도 판별 방법은, 간암의 내부에 있는 전이가 덜된 간 세포의 자세한 판별 보다는, 간암 세포 외부의 전체적인 크기를 잘 표현할 수 있는 판별 방법이다. 그러나 제안된 방법에서는 그림 15의 (a)에서 보는 것과 같이,

간암의 전체적인 외각 영역뿐만 아니라, 간암 내부의 간 세포 까지도 좀더 세밀하게 판별할 수 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서 제안된 간암 추출 및 악성도 분석 방법이 간암 세포로부터 정상 간 세포로 암세포가 전이 되는 영역까지 판별되는 부분까지 정확히 분석하였기 때문에 간암 판별에 효과적인 것을 확인하였다.

5. 결론

본 논문에서는 조영증강 CT 영상에서 촬영된 내부 장기들의 영역 중에서, 간 영역과 간암 영역을 자동으로 추출한 후, 간암의 악성도를 판별하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 CT 영상에서 간 영역만을 추출한 후, 간 내부에 있는 간암 후보 영역을 형태학적 특징을 이용하여 추출하고 추출된 간암 후보 영역에 무게 중심 기반 SOM 알고리즘을 제안하여 간암의 악성도 판별에 적용하였다. 간 영역을 추출하기 위해서 각종 장기들이 구성되어 있는 내부 영역과 피하지방 및 배경 영역으로 구성되어 있는 외부 영역을 누골 정보를 이용하여 구분하였다. 구분된 영역 중에 간이 존재하는 내부 영역을 대상으로 각 장기들의 명암도와 형태학적 특징 정보를 이용하여 영역들을 분할하였다. 분할한 영역들은 흉부 방향으로 가장 인접한 CT 영상의 정보를 이용하여 간 후보 영역을 설정하고, 간 후보 영역과의 포함 정도를 판별하여 영역 확장 과정을 거쳐 간 영역을 추출하였다. 간암은 실질 간 영역보다 높은 명암도를 가지며 팽창형 성장을 보일 경우에는 구형의 형태를 가진다. 따라서 인접 CT 영상에 이러한 간암의 특징 정보를 적용하여 간암의 후보 영역을 추출하였다. 추출된 간암 후보 영역에 무게중심 기반 SOM 알고리즘을 적용하여 간암을 추출하고 악성도를 분석하였다. 기존의 SOM 알고리즘에서 Feature Map을 형성하는 과정에서 특징 벡터들이 군집되지 않는 단점을 개선하기 위하여 다각형의 무게중심법을 적용한 SOM 알고리즘을 제안하여 특징 벡터들이 정확히 군집화가 되도록 개선하였다. 기존의 SOM 알고리즘과 제안된 SOM 알고리즘을 추출된 간의 후보 영역을 대상으로 악성도를 분석한 결과, 기존의 SOM 알고리즘을 적용한 악성도 분석 방법에는 간암의 내부보다는 간암의 경계 영역을 검출하는데 중점을 둔 반면에 제안된 SOM 알고리즘을 적용한 악성도 분석 방법은 간암의 경계 영역뿐만 아니라 간암 내부의 악성도를 세밀하게 분석할 수가 있었고 간암 내부에서 간암 외부로 전이되는 영역까지 분석할 수 있어 간암의 악성도를 분석에 효과적인 것을 확인하였다. 제안된 간암의 악성도 분석 방법을 전문의가 검증한 결과, 기존의 간 영역 및 간암 분석 방법보다 제안된 간 영역 및 간암 분석 방법이 임상 데이터를 분석한 결과에 근접한 것을 확인하였다.

참고문헌

- [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 CVIP tools, Prentice Hall PTR., 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.
- [7] 김규태, 이성기, "Co-occurrence Matrix를 이용한 CT 영상에서의 간 영역 추출", 한국정보과학회 추계학술발표논문집(B), pp.508-510, 2000.
- [8] Robert M. Haralick and Linda G. Shapiro, "Image Segmentation Techniques," Computer Vision, Graphics and Image Processing, Vol. 29, pp.100-132, 1985.
- [9] 임성재, 정용연, 이철우, 호요성, "형태학적 필터를 이용한 CT 영상에서 간 영역 분할 기법," 대한전자공학회 Computer Society 추계학술대회 논문집, 제 26 권, 제 2 호, pp.153-156, 2003.
- [10] 서경식, 박승진, 박종안, "CT 영상의 모포로지컬 특성에 기반한 완전 자동 간 분할," 한국의학 물리학회지, 의학물리, 제15권 2호, pp.70-76, 2004.
- [11] Milan Sonka, J. Michael Fitzpatrick, HANDBOOK OF Medical Imaging, Vol. 2, Medical Image Processing and Anlysis, SPIE Press, 2000.
- [12] Kim, K. B., Kim, S., "Hierarchical Recognition of English Calling Card by Using Multiresolution Images and Enhanced Neural Network," Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI 3801, Springer, pp.785-792, 2005.
- [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] Kim, K. B., Yun, H. W., "A Study on Recognition of Bronchogenic Cancer Cell Image using a New Physiological Fuzzy Neural Networks," Japanese Journal of Medical Electronics and Biological Engineering, Vol.13, No.5, pp.39-43, 1999.
- [15] 전태룡, 정경훈, 김광백, "양자화 기법과 퍼지 기반 SOM 알고리즘을 이용한 CT 영상에서의 간 영역과 간 종양 검출 및 분석," 한국 퍼지 및 지능 시스템 학회 2007년도 춘계학술대회 학술 발표 논문집 Vol. 17, No.1, pp. 63 - 74, 2007.