

신장조직 영상에서 사구체 영역의 추출법

김응규⁰ 이수종

한밭대학교 공과대학 정보통신·컴퓨터공학부⁰, 한국전자통신연구원 음성/언어정보연구센터
kimeung@hanbat.ac.kr⁰, sjleetri@etri.re.kr,

An Extraction method of Glomerulus Region from Human Renal Tissue Image

Eung-Kyeu Kim⁰, Soo-jong Lee

Division of Information Communication & Computer Eng., College of Eng., Hanbat National University⁰
Speech/Language Information Research Center, ETRI,

요약

본 논문에서는 신장조직 영상으로부터 사구체 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 사구체 조직은 신장의 상태를 나타내는 많은 정보를 포함하고 있기 때문에 사구체 영역의 추출은 신장 검사를 자동화하기 위한 첫 번째 단계이다. 그러나 사구체 영역을 단순한 2치화 방법으로 직접 추출하는 것은 어려운 일이다. 이에 본 연구자들은 우선, 가우스 함수에 의한 원영상의 빛바랜 영상을 동적인 임계값으로 사용함으로써 원영상을 2치화한다. 다음으로, 획득한 영상으로부터 간단한 영상처리 기법에 의한 사구체 영역의 경계 에지를 포함하는 모든 에지를 추출한다. 그 다음으로 사구체 영역의 경계 에지를 판별함으로써 사구체 영역을 추출하였다. 이 방법은 다수의 샘플에 적용해서 유효성을 확인한 바 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

1. 서론

신장 검사는 신장염 진단에 매우 효과적인 방법으로 이 진단에 영상처리를 응용하면 진단의 자동화와 고속화 및 정량화를 행할 수 있다[1-4]. 많은 신장병의 경우 사구체증에 진한 염색성의 핵을 가진 메산기음(MG) 세포가 증식한다고 알려져 있다. 하지만 신장영상에는 많은 조직이 포함되어 있어 각각의 조직을 구별하는 부분적인 특징은 명확치 않아 사구체 영역과 그 밖의 영역을 판별하는 일은 쉽지 않다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 영상 분할 방법이 수차례 제안되어 왔다[5-13].

본 연구에서는 몇가지 대표적인 방법을 사구체 영역의 추출에 이용 가능함을 검토한다. Mode법과 같은 단 하나의 임계값에 기초한 광범위한 문턱값은 본 연구에서 취급하는 얼룩진 영상에 대해서 그 효과를 기대할 수가 없다[5-7]. 이것에 대해 부분적인 임계값법이 몇가지 제안되어 왔다[5-8]. 그 한가지 방법으로서 Chow와 Kaneko는 동적인 경계값법을 제안하여 심혈관 조영영상으로부터 좌심실의 에지(edge)를 추출하였다[14]. 여기에서는 우선, 영상을 고정된 크기의 윈도우(window)로 구분해서 각 윈도우에 대해 각각의 히스토그램을 구한다. 다음으로 두 봉우리 히스토그램을 갖는 윈도우내에서 극부적인 임계값을 구하여 이들의 임계값을 화면 전체에 삽입함으로써 한 개의 임계값 곡면을 얻게된다[15]. 그러나 신장조직 영상에는 대상물체와 배경의 농도차가 그다지 크지 않아 이러한 임계값 곡면에서 원영상을 2치화 하더라도 좋은 결과를 얻을 수가 없었다. 다른 극부적인 임계값으로서 적응적인 경계값(adaptive

thresholding)법이 있다[16]. 이 방법에서는 원영상의 기울기가 어떤 값보다 큰 영역만을 대상으로 극부적인 임계값을 계산해서 이들의 값을 이용하여 삽입법에 의한 임계값 면을 결정한다. 신장조직 영상에는 사구체 경계보다 영묘한 에지가 많이 존재하기 때문에 이 방법으로도 정확한 임계면을 얻을 수는 없다. 임계값 처리 이외의 분할 방법으로 예를 들면, 텍스처 분할(texture segmentation)법[17,18]에서는 사구체 영역외에서 텍스처에 기반한 특징의 차이를 인정할 수 없기 때문에 이 방법도 이용할 수 없다.

대다수의 신장조직 영상에는 사구체 영역과 다른 생체 조직의 경계에서 에지를 발견할 수 있다. 이러한 특징에 주목해서 Marr 등의 영 교차법[19,20]을 이용해서 사구체 영역의 경계 검출을 시도했지만 나중에 기술하는 바와 같이 좋은 결과를 얻을 수 없었다. 우선, 가우스 함수를 이용해서 신장조직 영상을 희미하게 하여 그 희미한 영상을 문턱값 면인 동적 임계값으로 이용함으로써 사구체 경계를 포함하는 에지 영역을 2치화 패턴으로 얻게 되었다. 다음으로, 보통의 패턴처리 기법을 이용해서 사구체 영역의 에지를 검출함으로써 사구체 영역을 추출하였다.

2. 대조 및 방법

신장조직 조각의 염색에는 PAS(periodic acid schiff reaction)를 사용했다. 그 조각을 현미경을 통해서 CCD 카메라로 촬영한 신장조직 영상을 그림1(a)와 그림 1(b)에 나타냈다.그림의 중앙에 존재하는 약간 밝은 환상 영역으로 둘러싸여 있는 부분이 추출하고자 하는 사구체의

영역으로, 여기에서 취급하는 신장조직 영상 데이터는 512×512 화소, 256 계조의 명도값이며, 화상 샘플링 간격은 $0.49\mu m$ 이다.

2.1 사구체 영역에서의 공통적인 특징

그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 사구체 영역내부와 타 영역과의 사이에서 개개의 화소값 즉 명도값과 텍스처 등에 명료한 차이는 인정되지 않기 때문에 사구체 영역을 직접 추출하는 것은 곤란하다. 오히려 사구체 영역을 식별할 수 있는 시각적인 특징은 그 영역의 경계 부분에 존재한다. 이 경계 부분의 특징을 관찰해 본다. 그림 1(a)에서 사구체 영역의 경계는 명도가 높은 환경 영역으로 완전히 둘러싸여 있다. 편의상 이 환경 영역의 사구체에 접하고 있는 부분을 외측 에지라고 부른다. 환상 영역을 사구체 영역의 경계 부분으로 추출하면 사구체 영역을 추출할 수가 있다. 그러나 그림 1(b)와 같이 명도가 높은 경계 부분이 끊어져 완전히 사구체를 둘러싸지 않은 경우도 비교적 많아, 직접 이 영역을 사구체 분리의 경계로서 이용함에는 어려움이 있다. 따라서 이번 연구에서는 많은 표본을 관찰함으로써 일반적으로 내

측 에지보다는 외측 에지 쪽이 보다 명료하다는 것과 또한 위에서 기술한 끊어진 부분이 있더라도 그 에지는 남아있는 경우가 많음을 확인하였다. 따라서 여기에서는 사구체 영역 추출을 위한 공통적인 특징으로서 이 외측 에지에 주목했다.

2.2 빛바랜 영상에 의한 신장조직 영상의 2치화

사구체 영역의 외측 경계 에지를 추출하기 위해 가우스 함수 $G(x, y)$ 에 의한 빛바랜 영상을 등적인 임계값 면으로서 원영상을 2치화 한다. 원영상을 O 라고 할때, 빛바랜 영상 O_{th} 는 다음 식과 같은 중첩(convolution)식으로 구해진다.

$$O_{th} = G(x, y) * O(x, y) \quad (1)$$

빛바랜 영상 O_{th} 를 임계값 면으로서 원영상을 2치화한 영상 O_b 는 다음 식으로 표시된다.

$$O_b(x, y) = \begin{cases} 0; O_{th}(x, y) > O(x, y) \\ 255; O_{th}(x, y) \leq O(x, y) \end{cases} \quad (2)$$

그림 2는 그림 1(a)의 원영상에 대해서 사구체(glomerulus) 및 영역(region)을 추출하는 과정에 대응하는 흐름도를 나타낸다.

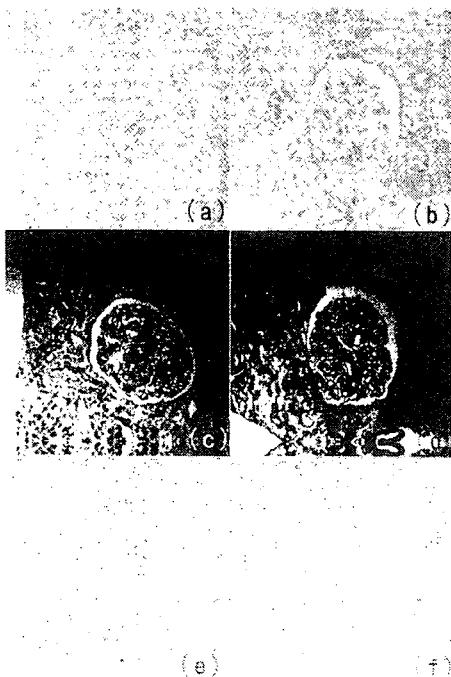


그림1 신장조직 영상의 특성

그림 1(a),(b) 원영상, 그림 1(c),(d) 단일 임계값에서 2치화 영상, 그림 1(e),(f) 중첩 영 교차영상

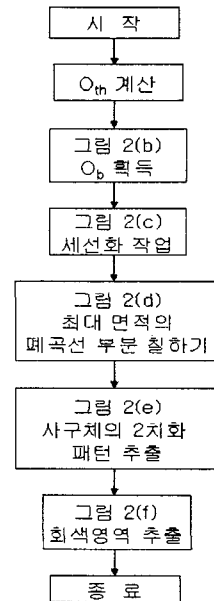


그림 2 제안된 방법에 의한 사구체 추출과정의 흐름도

3. 실험 결과 및 고찰

그림 3에 나타낸 것은 그림 1(b)에 대한 사구체 영역의 추출 예이다.

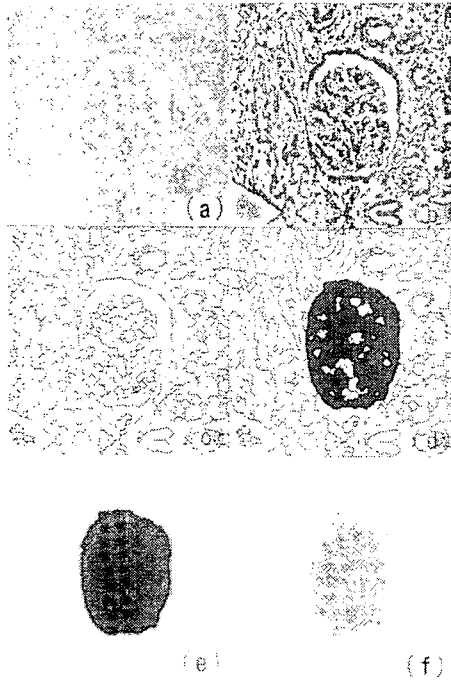


그림 3 사구체 추출의 다른 예

이와같이 환상 영역에 끊어짐과 선명치 못한 부분이 약간 있더라도 에지를 추출할 수 있음을 알 수 있다. 사구체 영역의 추출에 관한 조작은 모두 자동적으로 행해지고 있다. 실험에 의해 가우스 함수 $G(x, y)$ 의 공간정수 $\sigma = 10$ 일 때 더욱더 좋은 결과를 얻을 수 있음을 알게 되었다. 신장조직 영상을 150매 사용해서 제안한 방법에 의해 영역 추출 실험을 행한 결과 127매에 대해서 사구체 영역을 정확히 추출할 수 있었다.

그림 4에 나타낸 것은 2가지 전형적인 실패 예이다. 그림 4(a)와 그림 4(b)는 원영상 이고, 그림 4(c)와 그림 4(d)는 최대 면적을 갖는 곡선 내부의 영역을 전부 칠한 영상이며, 그림 4(e)와 그림 4(f)는 최종처리 결과이다. 그림 4(a)의 예에서 사구체 영역의 일부가 빠져있다. 에지의 일부가 명확하지 않기 때문에 잘못된 폐곡선 추출을 행하고 있다. 그림 4(b)의 예에서 사구체 영역외의 조직을 사구체 영역으로 잘못 추출하였다. 이것도 외측 에지의 일부가 검출되지 않은 폐곡선을 얻을 수가 없었

기 때문에 다른 폐곡선을 선택하게 된 결과가 되었다.

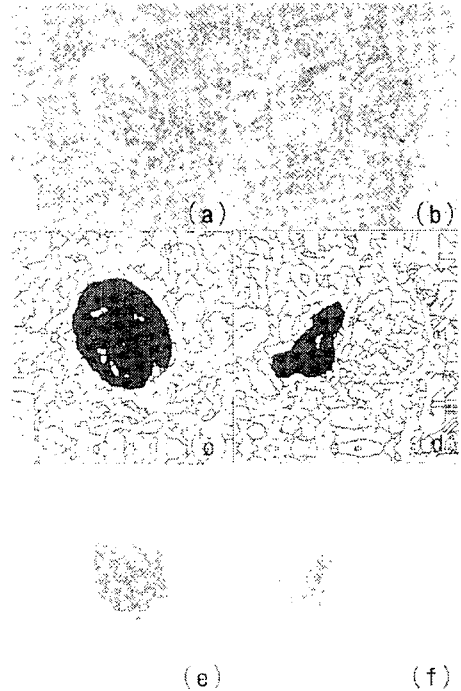


그림 4 사구체 추출에 실패한 영상의 예
그림 4(a),(b) 원영상, 그림4(c),(d) 그림 4(a), 4(b) 폐곡선내 최대 면적 부분을 칠한 영상
그림 4(e),4(f) 추출된 사구체 영역

4. 결론

본 논문에서는 사구체 영역 외측의 에지를 사구체 영역의 공통적인 특징으로 착안해서 이 에지 부분을 폐곡선으로서 검출함으로써 사구체 영역을 추출하는 방법을 제안하였다. 실험에 의해 신장조직 영상으로부터 높은 비율로 사구체 영역을 정확히 추출할 수 있었다. 추출율을 보다 향상시키기 위해 검출 불가능한 에지 부분을 보완하기 위한 대책을 강구할 필요가 있다.

향후의 과제로서 이 추출 결과를 이용해서 사구체 내부의 상세한 분석을 통해 실용화를 향한 지속적인 신장병 진단지원 시스템의 개발 등이 남아있다.

참고문헌

[11] Z. Dokur, "Segmentation of MR and CT Images Using Hybrid Neural Network Trained by Genetic Algorithms", Neural Processing Letters, Vol.16, Iss 3. pp.211-225, 2002