

Morphological Filtering을 이용한 복부 MDCT 영상의 간혈관 자동 추출 알고리즘

박춘자*, 유강민**, 박종원***

*충남대학교 정보통신공학과

** (주)버추얼 아이테크

***충남대학교 정보통신공학과

e-mail: whtdeer@crow.cnu.ac.kr

Auto-Segmentation Algorithm For Liver-Vessel From Abdominal MDCT Image Using Morphological Filtering

Chun-Ja Park*, Gang-min Ryu**, Jong-won Park***

*Dept of Information Communications Engineering,
Chung-Nam University

**Virtual I Tech Co.

***Dept of Information Communications Engineering,
Chung-Nam University

요 약

본 연구는 MDCT 영상을 이용하여 인체의 장기인 간을 추출하고 그 간 내부의 혈관을 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 간에는 2개의 주요혈관이 있는데 생체 간 이식 수술시 필수적인 간의 절개 비율 및 간 내의 혈관 모습들을 제공하여 의료진에게 수술 전 혈관 형태에 대한 정확히 정보를 파악하도록 함으로써 혈관의 손상을 최대한으로 줄일 수 있도록 하여 수술 성공률을 높이는 데 중요한 역할을 할 수 있다. 간을 이식 할 때 기증자와 수혜자가 동시에 생존하기 위해서는 기증자의 간의 크기가 중요하며 둘다 생존하기 위해서는 기증자는 자신의 간의 35% 이상을 남겨야 하며 수혜자 또한 생존을 위해 자신의 간의 40% 이상에 해당하는 간을 이식 받아야 하는데 간 이식에 있어서 절단 부분을 결정하는데 중요한 중간 정맥을 찾아내어 보여 줌으로써 중간 정맥을 중심으로 3가닥의 굵은 혈관과 주변혈관의 손상을 최소화하고 비율을 잘 맞추어 절단 할 수 있도록 수술하는데 도움을 줄 수 있다. 각 혈관은 원형성과 다양한 각도를 갖는 막대형의 형태를 가지고 있다는 특징을 이용해 morphological filtering을 통해 추출한 후 조합하여 재구성을 하여 혈관의 모습으로 생성해 낼 수 있었다.

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

의학 영상처리 기술은 신체의 내부에 대한 이해 뿐만 아니라, 치료를 위한 계획이나 방법 등을 결정하는데 매우 중요한 역할을 하고 있으며 이러한 과정에서 의사의 진단 활동에 도움을 줄 수 있는 다양한 부가정보의 요구가 증가되어 가고 있다.

국내에서는 매년 만 명 정도의 간암 환자가 발생하는데, 위암, 폐암에 이어 국내에서 세번째로 발생이 흔한 암으로 전체 암발생의 11.3% 정도를 차지한다. 또한 2002년 사망원인통계연보에 의하면 국내 간암 사망률은 인구 10만 명당 23.1명(남자: 34.8명, 여자: 11.3명)으로 OECD 회원국 중 우리나라가

가장 높은 것으로 나타나고 있다.

간은 생명을 유지하는데 필수적인 장기로 특히 그 기능이 복잡하고 다양하여 그 기능을 대신 할 수 있는 장기가 없으므로 한번 망가지면 회복이 어렵다. 그래서 간 기능을 회복하는데 있어서 가장 효과적이고 유일한 치료방법은 다른 사람의 간을 이식 받는 것이다.

간이식은 비정상적인 간 전체를 모두 적출해 내고 정상적인 새로운 간을 넣어 주는 것으로 간암 및 간경화 등의 간 기능의 이상을 치료할 수 있는 방법이다. 또한 간암 초기에 이식받은 환자들의 경우 85% 이상의 완치율을 보이고 있다.

간은 신체 장기 중 가장 큰 장기로 재생력이 강하다. 전체의 70%를 잘라내도 2, 3개월이면 원상태로

돌아온다. 간은 좌엽과 우엽으로 나뉘져 있는데 한 쪽 간이 없으면 나머지 간이 커져 좌엽과 우엽으로 형태를 갖추게 된다. 좌엽은 전체 간의 30~40% 크기이며, 우엽은 60~70% 크기이다. 간이식은 크게 나누어 간 전체를 이식하는 전간이식과 간의 일부를 이식하는 부분 간 이식으로 나뉜다. 전간 이식은 기증받은 사체로부터 간을 이식하며 부분 간 이식은 사체 혹은 생체로부터 기증받은 간을 이식한다. 국내에선 뇌사자의 장기 기증이 드물어 이식을 받지 못하고 환자가 숨지는 경우가 많다.

최근 살아 있는 다른 사람의 간 일부를 떼내 환자에게 이식하는 '생체 부분 간이식'이 간 질환자에게 희망을 주는 치료법으로 떠오르고 있다.

부분간 이식을 위해 간을 절제함에 있어 기증자와 수혜자의 생명을 동시에 보장받도록 수술해야 한다. 생체 간이식 수술의 경우 제공받는 환자의 경우보다 제공자의 무엇보다 중요시해야 되기 때문에 크기가 작은 쪽인 좌엽을 떼어 수혜자에게 이식해 주고 제공자에게는 크기가 큰 우엽을 남겨 두는 것이 불문율이었다. 그러나 최근 우엽을 떼 주어도 제공자가 안전하다는 사실이 입증되면서 우엽 이식 수술이 늘고 있다. 기증자가 생존하기 위해서는 기증자 표준체중의 0.8%의 간을 기증자에게 남겨두어야 하며 수혜자 또한 생존을 위해 수혜자 표준 체중의 0.8%이상의 간을 이식 받아야만 간 기능을 회복할 수 있다. [1].

간에는 2개의 주요혈관이 있는데 간 동맥과 문맥 혈관이 있다. 간 이식수술을 위해 간 절제시 간의 혈관 분포의 정확한 정보는 비율을 맞춰 절제하는데 중요한 부분으로 작용하게 된다. 이로 인해 전산화 단층 촬영기나 자기 공명 영상기기를 이용한 영상 진단 기술은 치료나 수술을 위한 계획이나 방법을 결정하는 중요한 역할을 하게 되고 앞으로 의학적 영상을 통한 진단기술은 지속적인 발전을 이룰 것으로 기대 된다.[2][3]

본 연구에서 간의 이식수술 시 중요한 정보인 간 혈관의 정보를 제공하기 위해 간 MDCT 영상에서 간 동맥, 정맥의 혈관을 Morphological Filtering을 이용하여 자동으로 추출하였다.

2. 연구 내용

2.1 MDCT 영상

본 논문에서 사용된 영상은 조영제를 투여한 정상 환자의 간을 촬영한 것으로 Dicom Version 3 포맷으로 저장되어 있으며, 전북대 의과대학병원에서 획득되었다.

Dicom Version 3 포맷은 현재 PACS(Picture Archiving and Communication System)에서 널리 사용되고 있는 포맷으로 환자 및 영상, 그리고 의사의 정보가 모두 포함되어 있는 구조를 가지고 있다.[3][4][5]

2.2. 전처리과정(Preprocessing)

의료 현장에서 운용중인 대부분의 자기공명 영상 기기나 컴퓨터 단층 촬영 장치는 영상의 전송이나 저장, 관리를 위해 ACR/NEMA version 3.0 포맷의 DICOM(Digital Imageing Communications in Medicine) 파일을 표준 형식으로 사용하고 있다. 그러나 이러한 형식의 영상은 일반적으로 개인용 컴퓨터나 워크스테이션에서는 인식 및 처리 될 수 없는 형식이므로 본 연구에서는 이러한 영상을 개인용 컴퓨터나 워크스테이션에서 인식 및 처리 할 수 있도록 변환하는 전처리 작업을 수행하였다. 이 작업은 AccuImage Diagnostics사의 AccuLite Version 3.1 프로그램을 이용하여 수행하였으며 변환 영상의 형식은 개인용 컴퓨터 및 워크스테이션에서 가장 널리 사용되는 bitmap 파일 형식을 사용하였다.(그림 1 (a), (b))

구분	성 명	성별	Size	Thickness	Pixel spacing
비정상	K.M.D	F	512*512	1mm	0.7070312
정상	U.Y.S	M	512*512	1mm	0.5859375
정상	K.P.S	M	512*512	1mm	0.6328125

표 1 DICOM 파일의 Parameter



그림1(a) AccuLite view

(b) AccuLite bitmap 변환

2.3 간 영역 추출

2.3.1 간 영역의 자동추출 알고리즘

조영제를 투여한 정상 환자의 간은 명암값 180-220사이에 분포하며, 간이 분포하는 범위 내에는 뼈나 혈관 등 주변조직이 같이 존재한다. 이러한 주변 조직을 최대한 제거하고 간만을 추출하기 위해 다음의 순서도와 같은 알고리즘을 개발하였다[6].

본 알고리즘은 간과 동일한 명암값 분포를 갖는 주변 조직을 제거하거나 간과 주변 조직 간의 경계에 분포하는 노이즈를 제거하기 위해 Morphological filtering을 이용한다[7].

첫 번째 단계에선 Morphological filtering 중 하나인 Erosion을 이용하여 간과 동일한 명암값 분포를 보이는 주변 조직을 제거 하였으며, 동시에 간의 경계에 분포하는 노이즈를 제거하기 위해 Opening을 반복 수행하였다.

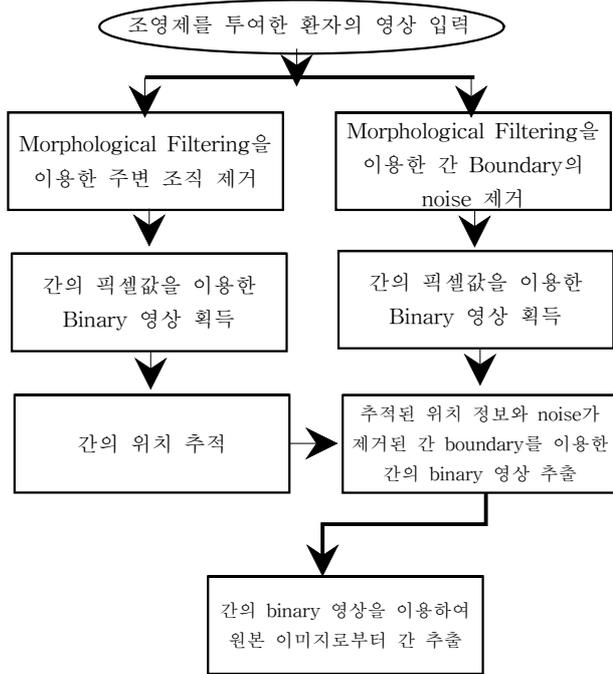
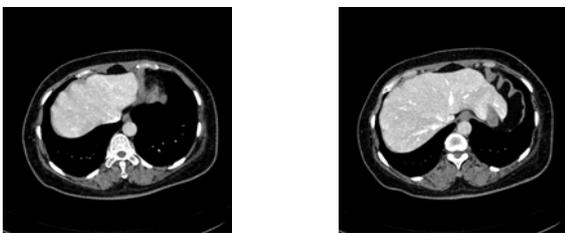


그림 2. 간 영역의 자동추출 알고리즘

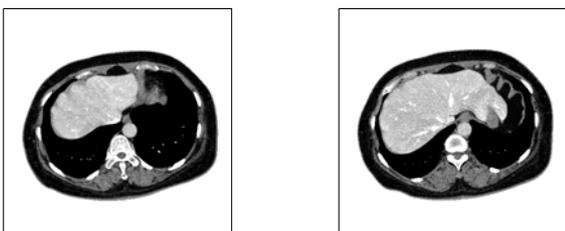
두 번째 단계에선 간의 명암 값 분포를 이용하여 각각의 결과를 이진 영상으로 변환하였다. 첫 번째 단계에서 획득된 주변 조직 제거 영상은 간의 원래 경계정보가 손실되므로 세 번째 단계에서 간의 위치를 탐색하는데 사용되며, 간의 경계에 분포하는 노이즈를 제거한 영상은 역시 동일한 단계에서 간의 경계정보를 획득하는데 이용된다. 이렇게 획득된 위치 정보와 경계정보를 이용하여 네 번째 단계에서 원본 영상을 대상으로 간을 추출하게 된다.

2.3.2 간 영역의 추출

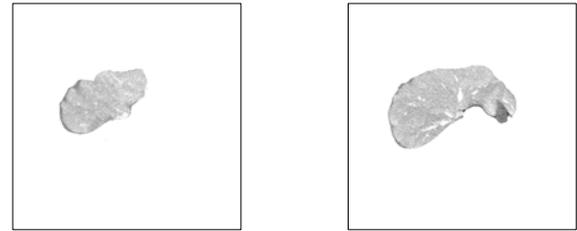
조영제를 투여하여 다른 장기보다 밝아진 간의 영역을 수동추출하기 위해 히스토그램에 나타난 180 ~ 220사이의 명암값을 가진 영역을 추출하였다.



(a) 원본이미지



(b) 배경 제거 후 이미지



(c) 간 추출 후 이미지
그림 3. 자동 추출된 간 이미지

2.4 간 혈관 추출

2.4.1 간 혈관 추출 알고리즘

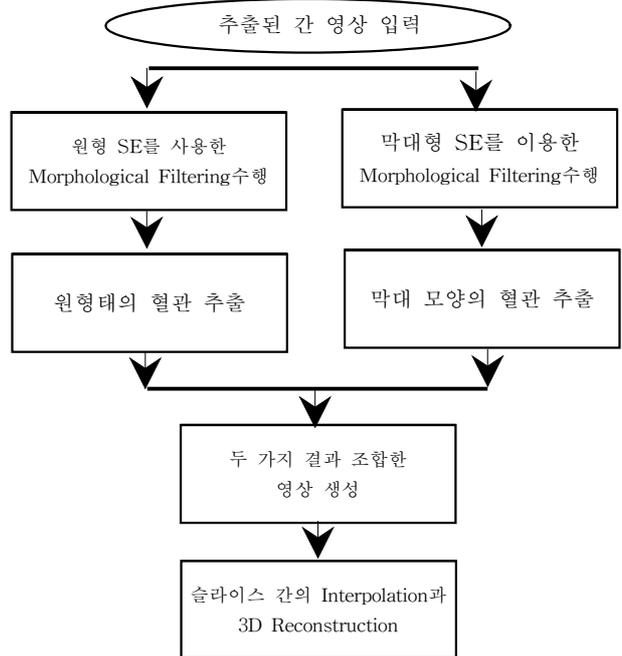
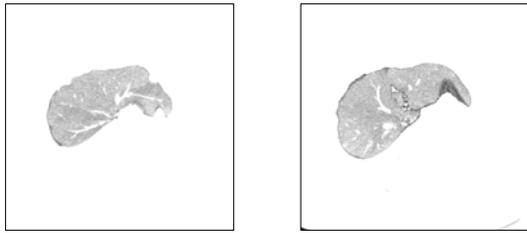


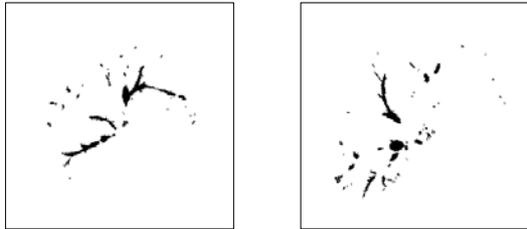
그림 4. 간 혈관 영역의 자동추출 알고리즘

조영제를 투여한 정상 환자의 간은 명암값 155~220 사이에 분포하며, 그 내부에 존재하는 혈관의 경우 조영제의 영향으로 간의 명암값 분포보다 높은 명암값인 220~255 사이에 분포하게 된다. 이러한 간 내부의 혈관을 자동으로 추출하기 위해 그림 4와 같이 진행하였다. 여러 가지 형태의 원형과 여러 각도의 막대 모양의 SE(Structuring Element)를 사용하여 Morphological Filtering을 수행하고 그 두 결과를 조합하여 간 내부에 분포하는 혈관을 자동으로 추출하는 기능을 수행한다. 혈관의 명암값 분포에 포함되는 픽셀들 중 일정 크기이상의 원형성을 갖는 혈관을 찾기위해 원형의 SE를만들어 사용하였고 여러 각도로 뻗어나가는 긴 모양의 혈관을 찾기 위해 막대 모양의 SE를 이용하여 각각의 Filtering을 수행

하였다. 그리고 두 가지 영상의 각 슬라이스별로 나온 결과를 조합하여 새로운 영상을 구성하였다.



(a). 간 추출 영상



(b) 자동 추출된 간혈관 영상
그림 5. 자동 추출된 혈관 영상

2.4.2 혈관 영역의 3차원 재구성

간 영역에서 자동 추출 알고리즘을 통해 얻은 추출된 혈관영상들의 결과를 좀더 편리하게 보기위해 3차원으로 재구성하였다.

추출된 영상을 이진 영상으로 변환하여 각 슬라이스 간의 급격한 변화를 보장하기 위한 작업이 전처리 작업으로 필요하다. 이러한 보정 작업을 Interpolation이라고 하며 이를 위해 미 국립보건연구소(National Institutes of Health USA)에서 공개 배포하는 프로그램인 Image J의 플러그인 중 Volume Reconstructor 기능을 이용하였다. 이때 각 픽셀의 가로 길이(VPS)와 세로 길이(HPS), 그리고 슬라이스 간격을 기준으로 영상을 보정하게 되며, 작업 후 Kitware Inc.에서 배포하는 Visualization Tool Kit과 Microsoft사에서 제작 배포하는 Visual Studio를 이용하여 3차원으로 재구성한 프로그램을 자체 제작하여 이를 이용하여 이진화 후 Interpolation 작업을 거친 영상을 3차원으로 재구성하였다.

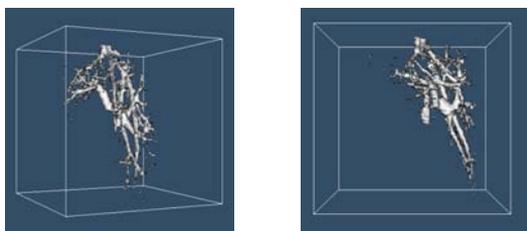


그림 6. 3차원으로 구성한 간혈관

3. 결과 및 고찰

요즘은 간 질환자들이 늘어나고 그에 따른 기술의 발달로 간 이식 수술의 희망을 주는 치료법들이

나오고, 좀더 높은 성공률을 위해 간 이식 수술시 정확하고 다양한 정보들의 제공은 필수적이다. 이는 사람마다 간의 모양이나 크기가 다르기 때문에 어느 쪽을 기준으로 절개하느냐에 따라 제공자와 수혜자의 생명 유지에 큰 영향을 끼치기 때문이다. 본 연구에서는 MDCT 영상에서 간 혈관의 자동 추출 후 수동으로 추출한 영상과의 비교해 봄으로써 알고리즘의 정확성을 검증할 수 있었다. 중간 정맥부분을 기준으로 중간 정맥의 좌측면을 따라 절개하여 체적을 측정하여 모자라면 우측면을 따라 절개하여 미리 체적을 측정하게 할 수 있다. 수술 전에 미리 이렇게 해봄으로써 수술실에 들어가기 전에 의료진에게 더욱 안정감을 심어 줄 수 있을 것이다. 이 연구에서 나온 결과를 가지고 각 간의 부분들을 절개하고 절개 부분의 혈관의 위치를 의료진에게 제공할 수 있다면 더욱 좋을 것이다. 다음으로 간의 내부에 각 혈관의 위치와 형태를 자동으로 만들어 낼 수 있도록 지속적인 연구를 해 나갈 것이다.

참고문헌

- [1] 서울아산 병원, “장기이식센터”, <http://www.amc.seoul.kr>
- [2] 국립 암센터, “암정보서비스”, <http://ncc.re.kr>
- [3] 통계청 사망원인 통계연보 “주요질병사망원인 변천 Annual mortality trends by leading causes of death in korea”(1990, 1995 and 2002)
- [4] 임재훈 박원식 안중모 김삼수 정환 최형식, “PACS의 경제성 분석”, 대한 PACS 학회지, 제 6권 p.9-18, 2000.
- [5] 박원식, “PACS의 경제성 분석”, 삼성 서울병원 영상의학과.
- [6] 성운창, 윤용대, 송창준, 노승무, 박종원, “뇌에 대한 축상면의 MR 영상에서 뇌 영역 분할 및 조직 분할을 위한판별 값의 결정”, 제 13회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, VOL. 13 No.01 p.0463-0468, 2001. 1.
- [7] NEMA draft doc. Digital Image and Communication in Medicine(DICOM)
- [8] M. J. Carlotto, “Histogram Analysis Using a Scale-Spsace Approach” IEEE Transation on PAMI, pp. 121-129 January 1987.
- [9] J.P. Parker Algorithms fir Image Processing and Computer Vision, Wiley pp.69-115, 1997
- [10] 유현경, “MR 영상에서 대뇌의 추출 및 체적 계산”, 2000. 2