

혈관분할을 위한 Wave-front SRG (Seeded Region Growing)

○남형인, 김동성

숭실대학교 정보통신전자공학부

Wave-front SRG for Vessel Segmentation

○Hyungin Nam, Dongsung Kim

School of Electronic Engineering, Soongsil University

요 약

영상 분할은 임상에서의 진단과 분석 및 3차원 가시화하는데 있어 선행되어야 할 필수적인 과정이다. 본 논문에서는 심혈관계 영상의 분할을 위한 wave-front SRG방법을 제안한다. 제안된 방법은 2차원 슬라이스 영상에서 사용자에게 의한 씨앗점(seed point)을 입력으로 받아 그 이웃한 슬라이스들에 wave-front를 만들어 영역 성장법에 의해 3차원 volume을 확장시킨다. 이때 다음으로 성장할 wave-front voxel의 mean gradient값을 사용하여 밝기값의 변화가 심한 심혈관계 영상을 분할하였으며, wave-front voxel의 size를 계산하여 혈관분할 시 발생할 수 있는 작은 채널에서의 세나감을 방지하였다. 제안된 방법을 컴퓨터 단층촬영으로 얻은 심혈관계 영상의 분할에 적용한 결과, 밝기값의 변화가 심한 심혈관계 영상을 성공적으로 분할했으며, 각의 채널의 세나감이 없이 분할을 수행하였다.

본 연구는 2001년도 산학연(과제번호:01-숭실대학교-14)의 지원에 의하여 이루어진 것임.

1. 서 론

최근 수년간 의료영상 장비는 급속도의 발전을 이루어 왔으며, 그 성과로 많은 기술적 진보를 이루었다. 특히 심혈관계 질환의 시술빈도가 증가하고 있는 추세에 따라 내시경을 대신할 수 있는 가상 혈관 내시경(virtual angiography)과 같은 장비의 발달로 인하여 2차원 영상의 획득 후 3차원으로 재구성하여 보는 것이 의료계의 선행과제가 되었다. 따라서 영상의 3차원 재구성을 위해 영상의 분할은 필수적인 단계이다.

3차원 영상 분할 방법에는 여러 가지가 있지만 현재 가장 많이 사용되는 것이 임계값 기반의 방법이다. 이 방법은 구현이 쉽고 수행속도가 빠르다는 장점을 가지고 있다. 하지만 관심영역의 분할에 있어서 영상의 밝기값 정도가 큰 값을 가져야 한다는 단점을 가지고 있기 때문에 심혈관계 분할에는 적합하지 못하다. 3차원 스네이크 방법들은 노이즈에 강한 반면 내부 에너지에 의해 완만한 구체의 형태를 가지게 되므로 심하게 튀어나오거나 들어간 작은 가지들은 분할하기가 어렵다. Level set방법들은 심하게 튀어나온 가지들도 잘 분할할 수 있으나, 많은 계산시간을 필요로 하고 정지를

위한 영상에너지가 없으면 새나감이 발생할 수 있는 단점이 있다.

본 논문은 혈관과 같은 튜브형태 기관의 분할에 적합한 영역 성장법을 사용하여 심혈관계 영상의 분할을 위한 3차원 wave-front SRG을 제안한 것으로, 성장방향의 제어를 함으로써 밝기값의 변화가 심한 혈관의 분할을 가능하게 하였으며, 분할하고자 하는 체적이 가느다란 채널을 통해서 이웃한 영역과 연결되어 있는 경우에는 그 채널을 통하여 이웃하는 체적까지 함께 분할되는 SRG의 단점인 새나감을 해결하였다.

2. 본 론

일반적인 영역 성장법(Seeded Region Growing)은 관심영역 내의 분할하고자 하는 체적에 대한 초기 voxel을 씨앗점으로 입력받아 유사한 특성을 갖고면서 연결되어있는 모든 voxel을 같은 체적으로 분할하는 방법이다. 이때, 임의의 voxel을 유사하다고 판단할 수 있는 동질성의 정의는 voxel의 밝기값이 체적의 평균 밝기값과의 차이가 임계값 이내인 경우를 말하고, 이러한 동질성 판단과 영역 병합 과정을 재귀적으로 반복 수행을 하여 분할을 수행한다. 이러한 반복 수행과정 중, 영역을 정의하는 동질성을 갱신한다. 이 방법에서는 voxel 탐색 시, 자료구조나 영상 특성에 따라 영역이 성장하는 방향성이 결정된다는 특성이 있다. 영역 성장법은 이러한 방향성을 갖는 동질성 갱신의 문제 때문에, 실제 분할하고자 하는 개체와 무관하게, 현재 탐색 중인 voxel의 밝기값이 주변과 유사하여도 영역으로 포함되지 못하거나, 체적이 가느다란 채널을 통해서 이웃한 영역과 연결되어 있는 경우, 그 채널을 통하여 이웃하는 체적까지 함께 분할되는 새나감 현상을 초래한다는 문제점이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제들을 극복하기 위하여 wave-front SRG방법을 제안한다. Wave-front SRG방법은 물방울이 퍼지는 물리적인 현상을 모델로 하여, 초기의 voxel에서 전체 체적에 대하여 이웃한 voxel을 찾으면서 분할하고자 하는 개체의 성질에 적합한 방향성을 찾고, 그러한 방향으로 성장을 하도록 유도한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 wave-front SRG방법의 전체 흐름도이다.

먼저, 사용자로부터 씨앗점을 입력으로 받아 wave-front를 생성한다. 26개의 wave-front로부터 컴퓨터 단층 촬영값과 평균 밝기값을 사용하여 동질한 wave-front에 대해서만 영역을 분할한다. 잔가지로 분기되거나 합쳐질 경우에는 연결 화소군 탐색을 수행하면서 분기점을 찾아낸다. 이러한 과정을 반복하여 영역을 확장하면서 모든 영역의 분할이 수행될 때까지 반복한다.

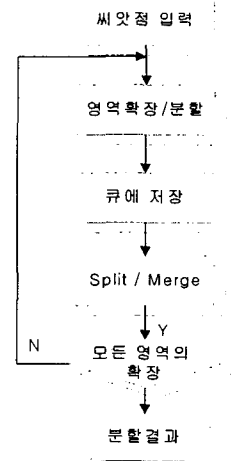


그림 1 제안하는 방법의 순서도

2.1 Wave-front의 확장

제안하는 방법에서는, 일반적인 영역 성장법이 갖는 임의의 방향성 문제를 극복하기 위해 전체 체적 단위의 이웃 voxel을 찾는 방법을 개발하였다. 먼저 입력받은 초기점으로부터 wave-front의 voxel을 만들고 이웃한 전체 voxel에 대해 동질성 여부를 검사하게 된다. 이때 voxel의 동질성은 컴퓨터 단층 촬영값과 평균 밝기값의 정보를 사용하여 판단하게 된다. 이웃 voxel의 전체에서 동질성을 판단하고, 동일한 voxel에 대해서만 seed point를 중심으로 방향성을 가지고 재귀적으로 확장을 수행하게 된다. 그림 2는 방향성을 가지고 확장하는 wave-front를 보여주고 있다.

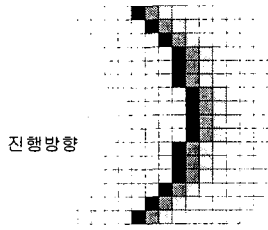
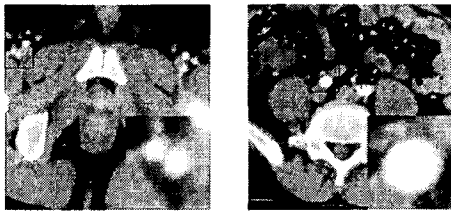


그림 2 성장방향의 제어

확장 시, 심혈관계 영상의 분할에서 고려되어야 할 또 다른 점은 컴퓨터 단층 촬영값의 변화가 심하게 나타난다는 것이다. 제안하는 방법에서는 인접한 전체 voxel의 평균 밝기값 정보를 사용하기 때문에 컴퓨터 단층 촬영값의 변화에 무관한 분할 결과를 수행할 수 있다. 그림 3은 동일한 환자의 영상으로 밝기값의 차이를 보여주고 있다.



CT Value = 380

CT Value = 250

그림 3 CT값의 변화

2.2 새나감 막기

일반적인 영역 성장법은 성장되어 지는 과정에서 작은 채널로 들어가는 것을 검사할 수 없기 때문에 작은 채널로 새나감이 발생하는 것을 막을 수 없다는 문제가 있다. 이러한 새나감을 막기 위해서 제안하는 방법에서는, 성장 시에 성장되어지는 영역의 형태를 분석하여 작은 채널로 성장되어지는 영역의 새나감을 막고자 한다. 그림 4에서 보듯이 작은 채널은 성장하는 방향에서 보면 커다란 곡면 중에서 아주 작은 부분만이 빠져나가는 모양을 갖게 된다. 따라서 wave-front의 크기를 탐지하면 작은 채널로의 새나감을 막을 수 있다. 여기서는 혈관과 조직을 통해 연결된 채널은 매우 작은 크기를 가지고 있기 때문에 작은 크기의 wave-front에

서는 새나감이 발생한다고 고려하여 분할을 수행하였다.

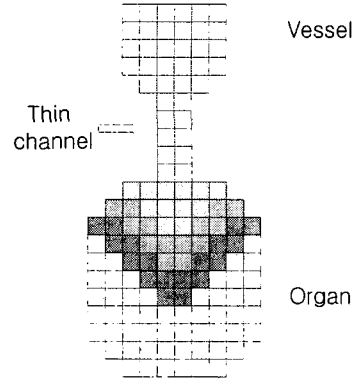


그림 4 작은 채널을 통한 새나감

4. 결 과

본 논문에서 제안한 wave-front SRG 알고리즘의 효율성을 검증하기 위하여, Visual C++ 6.0을 이용하여 개발하고, PentiumIII 550MHz, RAM 512Mbyte, Window 2000 Professional 환경에서, 512×512크기와 -1024 - 3071의 밝기값 범위를 갖는 컴퓨터 단층촬영된 심혈관계 영상을 이용하였다. 그림 5, 6은 2mm간격으로 촬영된 173장의 이미지 데이터를 사용하여 분할한 결과로 각각 2차원 상에서의 분할 결과와, 이 결과를 이용하여 3차원 재구성한 영상을 보이고 있다.

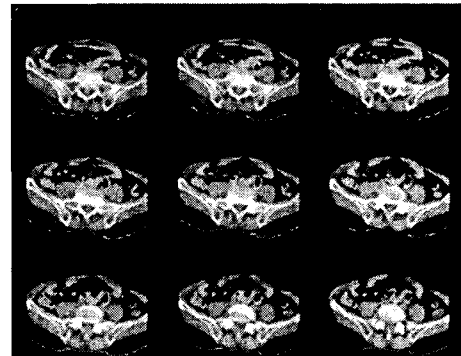


그림 5 2D 슬라이스 분할결과 영상

3차원 영상의 재구성을 위해 그림 5에서 보인 분할 결과를 가지고 3D-Med에서 개발한 "Rapidia"를 사용하여 volume rendering을 수행하였다. 그림 6은 3차원 분할결과 영상으로 분기점의 검출 및 작은 혈관의 분할까지도 비교적 정확한 분할결과를 얻을 수 있었다.

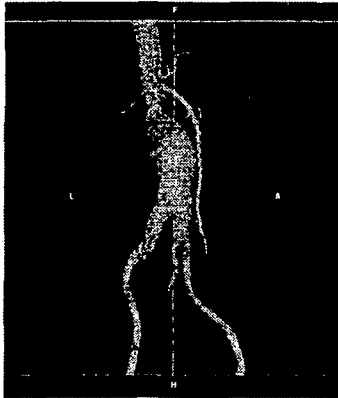


그림 6 3D 분할결과 영상

5. 결 론

본 논문은 컴퓨터 단층촬영으로 얻은 심혈관계 기관들을 분할하기 위해 wave-front SRG방법을 제안하였다.

제안된 방법은 밝기값의 변화가 심하고, 작은 채널을 통한 새나감이 자주 발생하는 심혈관계의 분할에 적합하도록 설계하였고, 실제 임상 데이터를 이용한 분할 실험을 통하여 이 방법의 효율성을 검증하였다.

현재, 뼈와 혈관이 인접한 영역에서 발생하는 비교적 넓은 채널에서 발생하는 새나감을 막기 위한 방법으로 이웃한 2차원 슬라이스 상에서 뼈와 혈관사이의 구조적 상관관계를 적용하여 이러한 새나감을 막을 수 있는 방법에 대해 연구를 진행하고 있다.

4. 참고 문헌

[1] R.Adams and L.Bischof. "Seeded region growing". IEEE Trans. on PAMI. vol.16. No.6. June 1994

[2] S. Wan, E. L. Ritman, and W. E. Higgins, "Extraction and Analysis of Large Vascular Networks in 3D Micro-CT Images," SPIE Proceedings Vol. 3660, pp 322-334, 1999.

[3] R. Adams and L. Bischof, "Seed Region Growing," IEEE Transactions On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 16, No. 6, pp. 641-647, June, 1994.

[4] Rafael G. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing," pp. 413 - 481, Addison Welsey, 1993

[5] S. Wan, E.L. Ritman, and W.E. Higgins, Extraction and Analysis of Large Vascular Networks in 3D Micro-CT Images, SPIE Proceedings Vol. 3660, pp 322-334, 1999.

[6] A. Chakraborty, L. Staib, and J. Duncan, Deformable boundary finding in medical images by integrating gradient and region information, IEEE Trans. on medical imaging, vol. 15, no. 6, pp. 859-870, December 1996.

[7] J. Snell, M. Merickel, J. Ortega, J. Goble, J. Brookeman, and N. Kassell, Segmentation of the brain from 3-d MRI using a hierarchical active surface template, Proceedings of SPIE:Medical Imaging, vol. 2167, pp. 2-9, 1994