

Visible Korean Human의

반자동 분할 도구 개발 방향 및 초기구현

김예빈^o 이성수 김동성
송실대학교
yiebiny@iul.ssu.ac.kr^o

Development of Unified Segmentation Tool for Visible Korean Human Anatomical Image Segmentation

Yiebin Kim^o Sungsu Lee Dongsung Kim
SoongSil University

요 약

국내에서의 의료영상에 관한 관심이 높아짐에 따라 Visible Korean Human Project가 시작되었다. 이를 통해 얻어진 해부영상들의 다양한 응용을 위해 분할작업은 필수적 단계로 이를 분할하기 위한 도구가 필요하다. 그러나 분할해야 할 기관들의 종류가 많고 그 특성이 다양해서 기존의 분할도구로 적용하기에 많은 문제점이 나타나 새로운 분할도구개발의 필요성이 나타났다. 새로운 분할도구에서는 각 기관의 특성에 알맞은 다양한 방법의 분할 방법을 제공하며 분할방법에 따라 다른 분할결과를 통합적으로 표현하여 보다 용이한 처리를 가능하도록 설계되었다. 구현된 분할 도구는 반자동 분할 방법과 슬라이스간 전달 방법을 사용하여 보다 적은 사용자의 입력으로도 빠른 시간에 많은 양의 데이터를 분할 할 수 있도록 자동화 설계 되었으며, 자동적으로 분할된 결과가 사용자의 의도와 다른 경우 쉽게 편집할 수 있는 기능도 제공 하도록 구현했다. 구현된 분할도구를 통해 Visible Korean Human Dataset의 분할 실험을 했으며 기존의 분할 도구에 비해 빠르고 정확한 결과를 얻어 낼 수 있었다.

1. 서 론

미국의 NLM에서 만든 Visible Human Project Dataset[1]은 백인의 시신을 이용하여 만든 데이터로 한국인에게 적용하기 어려운 문제를 가지고 있었다. 이에 한국의 아주대학교 팀에서는 Visible Korean Human Dataset[2] 제작에 착수했으며 2002년 성인남성 시신의 MR,CT, 절단면영상 데이터 셋을 완성했다. Visible Korean Human 해부영상은 1,718mm의 시신을 0.2mm간격으로 절단한 영상 8,590장으로 이루어 졌고 파일형식은 TIFF(Tag Image File Format)로 3,040×2,008의 해상도, 24bit컬러로 이루어 졌다.

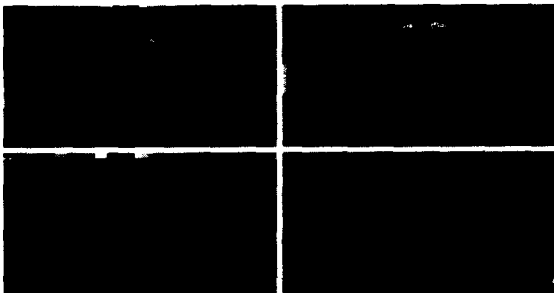


그림 1 Visible Korean Human Anatomical Image

이 해부영상의 분할대상은 피부,뼈, 소화계, 호흡계, 순환계의 여러 기관들로 십여가지에 이른다. 이러한 방대한 양의

분할 작업을 기존에 사용되던 상용툴로써 수작업 분할 하기에는 많은 시간과 비용이 들어가므로 사용자의 중복되는 단순작업을 최대한 줄일수 있도록 반자동 분할방법과 슬라이스간 전달기능이 필요하였다. 또 여러종류의 기관들이 기관마다 다양한 영상 특성을 가지고 있으므로 각 특성에 알맞은 여러 분할 방법을 갖춘 통합 분할도구의 개발이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 기존의 Visible Human 분할도구[11]에서는 가지지 못했던 다양한 분할 방법과 이의 일관성있는 표현, 슬라이스간 전달기능, 분할결과와 편집기능등을 모두 갖춘 반자동 분할도구의 개발 방향과 초기 구현에 관해 서술했으며, 논문의 마지막에 이를 이용하여 Visible Korean Human Dataset의 분할 실험 결과를 보였다.

2. 분할 도구

2.1 분할 방법의 통합

많은 수의 기관들의 다양한 특성을 수용하여 분할을 하고자 할때 각 특성에 알맞은 분할 방법이 필요하다. 서로 다른 분할 방법은 분할결과와 표현을 달라지게 하므로 자료의 변형을 거쳐 한가지 형태의 통합된 표현으로 사용했다. SRG[3]를 이용한 분할을 할 경우에는 분할 결과가 영역의 형태로 나타나게 되며 Live-Wire[4][5]등의 Boundary based 분할 방법의 결과는 경계선으로 나타나게 된다. 이를 통합된 하나의 자료구조로 표현 하지 않으면 관리에 어려움을 겪게 되고 일관된 처리를 할 수 없게 된다. 경계선 형태의 표현은 Curve Fitting을 통한 곡선으로의 변환이나 Snake[7][8][9] 최적화등을 용이하

계하고 정보의 양적 측면에서 훨씬 유리하기 때문에 영역 형태의 분할결과는 경계선 추출 및 정렬과정을 거쳐 선형태의 자료구조로 만든다.

2.2. 반자동 분할 방법

반자동 분할은 사용자의 간단한 초기 입력만으로 원하는 기관을 분할해 낼 수 있도록 돕는 방법으로서 작업자의 단순 반복작업을 최소화 할 수 있게하며 작업자의 주관이 최소한으로 개입될 수 있도록 돕는다.

2.2.1. Free Drawing Pen

자유 곡선 그리기는 사용자가 마우스를 이용하여 자유롭게 경계선을 그리면서 분할하는 기능을 말하며 순수한 수동 분할 도구이다.

2.2.2. Spline

스플라인 표현은 몇 개의 제어점의 입력만으로 경계선을 얻어 낼 수 있으므로 자유곡선에 비해 보다 적은 입력을 요구하며 Curve Fitting과정을 거치지 않고 제어점의 이동만으로 경계선의 수정이 가능하다. 또한 각 제어점을 주위의 가장 강한 에지성분으로 달라 붙게 하는 반자동 분할기능도 지원하도록 하였다.

2.2.3. SRG(Seed Region Growing)

SRG는 대표적인 Region Based Segmentation 방법으로 사용자로부터 입력받은 씨앗점과 동질영역을 분할하면서 확장해 나가는 방법이다. 이 방법은 혈관이나 뼈와 같이 분할대상의 내부 영역이 동질성을 가지고 있을 때 사용할 수 있다. 다음의 그림2는 갈비뼈의 중앙에 씨앗점을 주고 SRG를 수행해 분할한 결과이다.

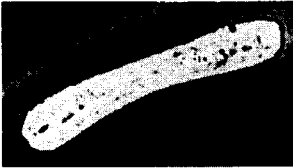


그림 2 Rib Bone의 SRG 결과

그림3과 같이 영역내부가 씨앗점과 동질하지는 않지만 배경과 임계값을 통해 구분되는 경우에는 임계값 기반의 SRG를 사용하여 분할이 가능하다.

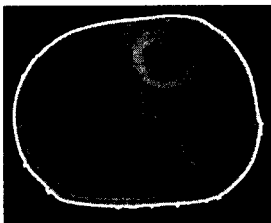


그림 3 Leg Skin의 임계값기반 SRG 결과

2.2.4. Live-Wire

Live-Wire는 Boundary Based Segmentation의 하나로 두 씨앗점을 잇는 최소비용 경로를 탐색하여 분할하는 방식이다.

여기서 비용은 픽셀의 에지성분이 강할수록, 경로의 길이가 가까울수록 작아지게 된다. Edge 성분의 계산은 Canny Edge Detector[6] 를 이용하였고 두 씨앗점을 잇는 최소비용경로는 Dynamic Programming 방식의 Graph Search 기법을 사용했다. 개발한 분할 도구에는 Live-Wire 뿐만 아니라 User Interaction을 강화한 Live-Wire On the Fly와 Tracker의 기능도 함께 제공함으로써 사용자가 필요에 따라 적절한 도구를 선택하여 빠른 시간에 분할할 수 있도록 하였다.

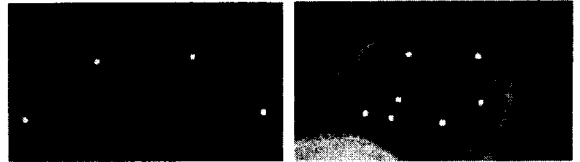


그림 4 다중 씨앗점을 이용한 Live-Wire 분할

2.2.5. Snake

Snake는 Deformable Model의 분할방법으로 Energy Minimization을 통한 최적의 경계를 찾는 방법이다. Live-Wire나 SRG를 통해 얻은 분할결과가 최적화 되지 않았을 경우 해당 경계선에 Snake를 적용시키면 좀더 부드럽고 정확한 분할 결과를 유도 할 수 있다.

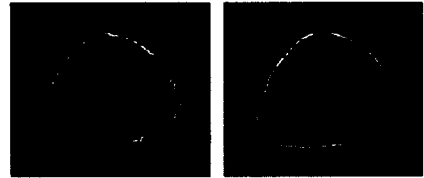


그림 5 (a) SRG를 이용한 초기분할결과
(b) Snake를 이용한 최적화

2.3. 분할결과 편집

분할결과와 수정 및 편집은 반자동 분할과정에서 생길 수 있는 오류를 제거해주기 위해 필요하며 사용자가 얼마나 편리하게 원하는 결과로 수정을 할 수 있는지가 중요하다.

Curve Fitting은 분할된 경계선에 대한 정보를 최소한의 제어점을 가지도록 Bezier Curve로 변환하는 과정이다. Bezier Curve로 변환한 이후에는 사용자가 Bezier Curve의 제어점을 이동, 추가 및 삭제 함으로써 커브를 원하는 형태로 수정할 수 있으며 수정을 마친후에 다시 경계선 객체로 변환시켜서 편집을 완료한다.



그림 6. (a) 분할결과 (b) Curve Fitting (c) 곡선 편집

그림 6은 Curve Fitting을 하여 경계선 객체를 베지어 커브 형태로 변환 시킨후 사용자가 편집하는 과정을 나타낸 그림이다.

배지어 커브의 주제어점과 보조제어점을 이용하여 곡선을 편집할 수 있으며 보조 제어점은 주제어점을 선택했을 때만 나타나도록 사용자의 편의성을 도모했고 주제어점의 추가 및 삭제가 가능하다.



그림 9. 가슴부분영상 분할결과

2.4. 분할결과 전달

이전장에서 분할한 결과를 바탕으로 다음장의 분할결과를 예측하는 방법은 작업의 중복성을 제거하기 위해 필요하며 이 기능을 통해 작업시간을 대폭 단축하는 것이 가능하다. 분할경계의 전달을 위해 분할결과 폐곡선의 내부 중앙점의 Seed를 전달한후 새로이 분할할 Slice의 영상에서 SRG한 이후에 SRG결과와 이전 Slice에서의 분할결과와의 비교를 한다. 두 분할 결과에서의 형상의 차이가 임계치 이상인 경우에는 경계선을 그대로 전달한후 분할할 Slice영상에서 Snake를 적용하여 임계치 이하이면 SRG 분할 결과를 그대로 사용한다. 그림7은 두가지 전달 방법의 결과를 보였다. SRG를 이용한 전달은 더욱 정확한 전달이 가능하나 영의 내부가 동질한 경우에만 전달 가능하므로 Snake를 이용한 전달 방법이 필요하다.

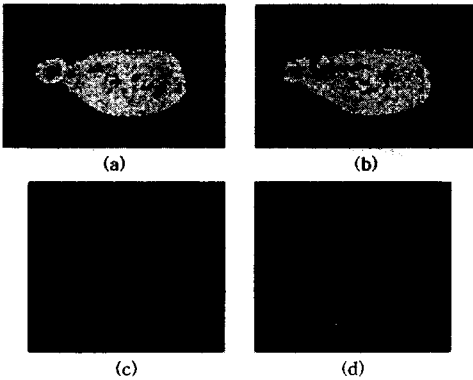


그림 7 (a) 분할결과 (b) SRG를 이용한 전달
(c) 분할결과 (d) Snake를 이용한 전달

4. 결론

개발된 분할도구는 다양한 기관의 여러 특성에 맞는 다양한 분할 방법을 시도했으며 서로 다른 분할방법에서 나타나게 되는 상이한 분할결과를 통합 표현함으로 일괄적인 처리와 용이한 관리가 가능하게 했다. 또한, 사용자의 간섭을 최소화 할 수 있는 반자동 분할 방법과 슬라이스간 전달을 통한 분할결과 전파 기능을 집어 넣음으로써 좀더 빠른 분할이 가능하도록 하였다. 또한 반자동 분할의 오류를 수정할수 있는 편집기능을 넣음으로써 사용자가 원하는 분할 결과를 보다 쉽게 유도해 낼 수 있게 하였다. 개발된 분할도구를 이용하여 분할 실험을 해 본결과 작업시간이나 결과면에서 만족할 만한 수준이었다. 그러나 아직까지 사용자의 조작이 없이는 분할결과에 오류가 생기게 되어 약간씩의 편집과정을 거쳐야 하므로 분할과정을 완전히 자동화하기에는 아직 어려움이 남아있다. 향후 개발될 분할도구에서는 2차원 분할 기능의 지능적 선택기능을 추가하고 슬라이스간 전파기능을 좀더 개선해서 오류를 없애야 할 것이며, 큰 영상사이즈로 인해 약정을 보이고 있는 3차원 분할에 관한 연구 노력이 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] Spitzer VM, Ackerman MJ, "Scherizinger AL and Whitlock DG: The Visible Human male", Technical report.J am Med Inform Assoc 3, pp.118-30, 1996.
- [2] Jin Seo Park, "Manufacture of the Serially Sectioned Images of the Entire Body", Department of Medical Sciences The Graduate School, Ajou University, 2002
- [3] R.Adams and L. Bischof, "Seeded region growing", Pattern Analy. Machine Intell, IEEE Trans, Vol.16, pp.641-647, 1994
- [4] E.N.Mortensen, B.S.Morse, W.A.Barrett,and J.K.Udupa, "Adaptive boundary detection using live-wire two dimensional dynamic programming", Comput. Cardiol, pp.635-638, 1992
- [5] W.A. Barrett and E. N. Mortensen, "Fast, accurate, and reproducible live-wire boundary extraction", Visualization Biomed. Comput, pp.183-192, 1996.
- [6] J.Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE on Patt. Anal. Mach Intell., Vol.PAMI-8, No.6, p679-698, 1986.
- [7] K M Lam, H Yan, "Fast Greedy Algorithm for Active Contours", Electronics Letters, Vol.30, No.1, p21-23, 1994.
- [8] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snake: Active contour models", Int. J. Comput. Vis, vol.1, pp.321-331, 1988.
- [9] T. Pavlidis and Y-T. Liow, "Integrating region growing and edge detection", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell, Vol.12, pp.225-233, 1990.
- [10] 김동성의 2인, "사용자조정풍선: Visible Human 다리근육분할의 적용", 정보과학회지, pp.266-274, 2000.

3. Segmentation 결과

실험을 위하여 머리부분과 가슴부분의 영상이 이용했다. 반자동 분할을 이용한 초기분할에는 1~2분정도의 시간이 걸렸으며, 초기 분할이후 전파를 통한 분할에는 장당 5~10초 정도의 시간이 걸렸다. 최종 분할 결과는 경계선 형태의 자료구조를 다시 영의형태로 바꾸기 위해서 내부점을 찾아낸후 영역을 채우는 알고리즘이 사용되었으며, 그림 8,9 에서는 머리와 가슴 부위의 분할결과를 보였다.

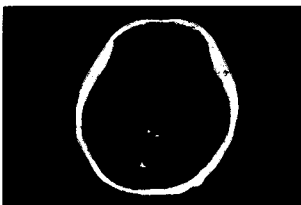


그림 8. 머리영상 분할결과