

단면 윤곽선을 이용한 표면의 실시간 3차원 재구성

*구자일, *정상봉, **민홍기, *홍승홍

*인하대학교 공과대학 전자공학과, **인천대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수

Realtime 3D Reconstruction of the Surface on Cross Sectional Contour in CT Image

*J.Y Koo, *S.B Jung, **H.G Min, *S.H Hong

*Dept. of Electronic Eng., Inha University, **Dept. of Computer Eng., Incheon University

ABSTRACT

In this paper, we show the realtime 3D reconstruction algorithm with the sliced CT images. The preprocessing is thresholding, labeling, contouring, and extracting dominant point. we reconstruct 3D image with dominant points using dynamic matching technique. The software implemented in Visualc++ 5.0 as a window-based application program.

서 론

현대 의학에서는 병변의 검진 및 치료에 의료영상을 이용해 왔고, 현재에도 더욱 개발되고 있다. 그 중 CT(computed tomography: 컴퓨터 단층 촬영법)는 핵심적인 역할을 해왔다. CT의 장점은 환자에게 고통을 주지 않고 인체 내부 구조들과 병변들을 정확하게 관찰하고 진단할 수 있다는 것이다. 그러나 CT는 이차원적인 일련의 단면 영상만을 제공하므로 병변의 위치 및 3차원적인 구조 등은 숙달된 전문가의 상상력에 맡길 수밖에 없다. 이러한 이유로 CT를 삼차원 상에 재구성하려는 시도가 지속되고 있고 현재에도 개발 중이다.

표면 표현을 위한 처리 과정은 다음과 같다. 입력된 각 단면 영상을 전처리하고 이치화시킨다. 중심부에 있는 object를 제외한 다른 부분은 제거해야 하므로 labeling하여 제일 큰 object를 제외한 다른 부분은 제거한다. 이치화된 대상체의 폐윤곽선을 추출하여 각 점들을 list에 넣는다. 추출된 윤곽선을 모두 사용하여 표면을 형성하기에는 적절하지 못하므로 윤곽선 중에서 의미가 있다고 여겨지는 특징점만을 추출하여 표면을 형성한다. 이때 너무 많은 점을 제거하면 형태가 부드럽지 못하게 되므로, 형태에 영향을 주지 않는 점들만을 제거한다. 이렇게 추출된 특징점을 사용하면 재구성을 효율적으로 할 수 있다. 그리고 추출된 특징점은 파일로 저장한다. 이 과정을 모든 슬라이스된 CT영상에 반복한다. 단층 영상들을 연결하기 위하여 삼각형 패치 기법을 이용한다. 최종적으로 OpenGL Library를 이용하여 삼차원으로 형성한다.

본 론

Labeling

분산 최대에 의한 임계치 결정법을 사용하여 얻은 이진 영상에는 원하지 않는 부위들이 존재한다. 이를 제거하기 위하여 라벨링을 취한 후 라벨 중 가장 큰 영역을 가지고 있는 것만을 남기고 나머지 부분들을 제거한다. 라벨링을 취하는 순서로 다음과 같이 두단계 루프가 있다.

첫 번째 루프 : 우선 왼쪽에서 오른쪽으로, 위에서 아래 방향으로 라벨링을 행한다.

a[4]	a[3]	a[2]
a[5]	A	

그림 1. A점을 라벨링하기 위해 요구되는 픽셀
그러므로 그림 1.에서처럼 A 픽셀이전에 라벨링을 행한 픽셀들은 a[2]~a[5]이다. 이때 영상은 그레이 값이 0 또는 255로 이진화되어 있다. 만약 픽셀 A의 그레이 값이 255라면 이 픽셀이 새로운 object인지 아닌지를 판별한다. a[2]에서 a[5]까지 더한 값이 0이면 새로운 object이고 아니면 이미 존재하는 object에 속한 픽셀이다. 새로운 object의 픽셀이라면 현재 해당하는 라벨을 버퍼에 넣는다. 만약 이미 존재하는 픽셀이라면 a[2]~a[5]를 조사해 0 값을 제외하고, 모두 같은 라벨값이면 A도 같은 라벨값을 가지고, 다르면 a[2]~a[5]중 가장 낮은 라벨 값을 취한다. 그리고 a[2]~a[5]중 가장 높은 값은 $v_table[MaxLabel]=MinLabel$ 로 한다.

두 번째 루프 : $v_table[]$ 배열 값을 조사하여 자기 자신의 값을 가지고 있지 않다면 영상의 라벨 값을 대치한다. 즉, 그림 b.에서 $v_table[2]=1$ 이므로 영상에서 2는 1로 대치한다.

위의 첫 번째, 두 번째 루프에서 라벨링을 하였으므로 같은 값으로 라벨된 픽셀의 갯수를 세어 가장 많은 라벨을 가지고 있는 object만을 255로 하고 나머지는 0으로 하면 원하는 영역만을 얻을 수 있다.

특징점 선택 알고리즘

윈도우내에서 직선의 중심점을 찾아 제거한다. 그림 2.에서처럼 3×3 윈도우내에 존재하는 직선은 4가지이다. 4가지 직선은 현재의 중심점 위치에서 주변의 점을 판단하여 결정한다. 음영으로 표시된 직선에서 A로 표시된 중심화소가 제거된다.

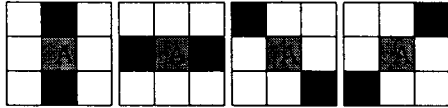


그림 2. 직선 검출 윈도우

그 후 특징점들은 contour와 마찬가지로 시계 반대 방향으로 리스트에 저장한다.

특징점의 연결

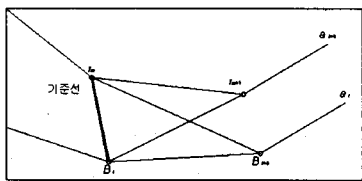


그림 3. 두 윤곽선을 연결하기 위한 두 개의 가능한패치 ($\beta_i, \gamma_m, \gamma_{m+1}$) 또는 ($\beta_i, \beta_{i+1}, \gamma_m$)
 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_k$ 는 단면에서 특징점을 구하여 시계반대방향으로 순서화된 리스트이다. 그리고 1~k는 하부부터 k 번째 상부까지의 단면의 순서이다. 그림 3.에서 a_i 는 아래에서 i 번째 단면에서 추출된 특징점의 리스트이고, 특징점을 $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_j$ 라 할 때 β_1 은 β_2 에, β_2 는 β_3 에 최종적으로 β_j (j는 리스트의 최종값)는 β_1 에 연결한다. 마찬가지로 a_{i+1} 의 특징점 $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_N$ 을 연결한다. 그 후 리스트 a_{i+1} 에서 β_1 과 거리가 가장 가까운 특징점 γ_m 를 찾는다. 다시 γ_m 에서 가장 거리가 가까운 점을 리스트 a_i 에서 찾아 그 특징점이 β_1 이라면 (β_1, γ_m)을 기준선으로 하고, 아니라면 기준선을 찾을 때까지 반복한다. 기준선이 (β_i, γ_m)이라면 (β_i, γ_{m+1})의 거리와 (β_{i+1}, γ_m)의 거리를 계산하여 가까운 쪽을 연결하고, 새로운 기준선으로 설정한다. 그리고 삼각형 패치를 저장한다. 이 삼각형 패치는 ($\beta_i, \gamma_m, \gamma_{m+1}$) 또는 ($\beta_i, \beta_{i+1}, \gamma_m$)로 정의된다.

실험 결과

본 실험에서 사용한 영상의 입력 장치는 CT단면 영상을 읽어들이기 위해 HP scan z 4c 스캐너를 사용하였다. 본 논문의 각 단계에서의 처리 및 비교를 위한 여러 가지 알고리즘들을 Visual C++ 5.0으로 프로그래밍하였다. 실험에 사용한 영상은 두부 CT 사진을 대상으로 하였다.

그림 4의 (a)는 원 영상을 분산 최대에 의한 임계치 결정법을 사용하여 문턱치 값을 결정한 후 이치화한 영상이다. (b)는 Morphological filter를 거쳐 영상의 미세하게 끊어진 부분을 연결하고, 스무딩을 한 영상이다. (c)는 각 object에 label를 하여 가장 많은(크기가 가장 큰) 개수를 가진 것만을 남기고 나머지는 제거하였다. (d)는 윤곽선 추

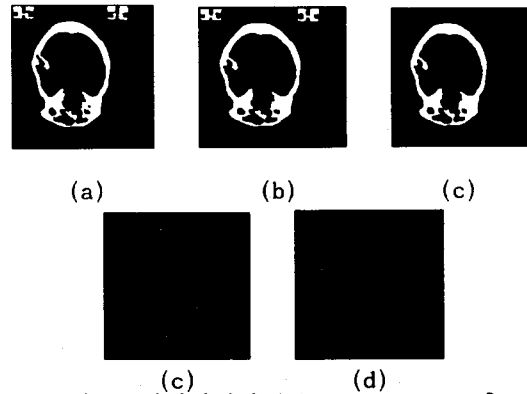


그림 4. 전처리과정 (a) segmentation 후 (b) Morphology 적용 후 (c) Labeling 후 (d) contouring 후 (e) 특징점 추출

적합고리즘을 이용하여 물체의 외곽선의 contour를 추출하였다. 이 contour의 픽셀값은 시계반대방향으로 리스트에 저장하였다. 최종적으로 이 리스트 값 중 직선 부분인 픽셀을 제거한 영상이 (e) 이다. 이 픽셀들 역시 시계 반대 방향으로 리스트에 저장하였다. 그림 5.는 전처리과정에서 얻은 11개의 최종 특징점 리스트들을 삼각형 패치를 형성하고, OpenGL를 사용하여 3차원 재구성한 것이다.

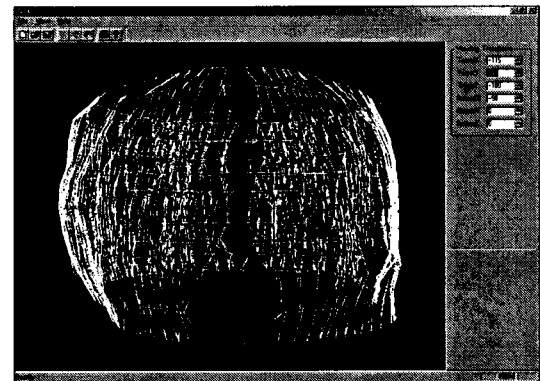


그림 5. 외곽의 3차원 표현
결론

본 논문에서는 다른 레벨에서의 평행한 단층 영상 데이터로부터 관심있는 기관의 외부 표면을 재구성하여 표시하는 것을 목적으로 하였다. 구성된 영상은 여러각도로 실시간으로 제어가 가능하였다. 참고문헌

[1]Nobuyaki Otsu, " A threshold selection method from gray level histograms", IEEE Trans. on. SMC, Vol.9, No. 1, pp.62-66, 1979
 [2]Wen-Yen Wu, Mao-Jiun J. Wang, "Detecting the dominant points by the curvature based ploygonal approximation" C.V.G.I.P.,vol.55, No.2,pp.441-451,1991
 [3]Yuh-Tay Liow, "A contour tracing algorithm that preserves common boundaries between regions",C.V.G.I.P.,vol.53,No.3,pp.313-321,1991
 [4]한영환, 성현경, 홍승홍 "단면 윤곽선을 기반으로 한 두부표면의 재구성", 대한의용생체공학회, 제 18권 제 4호, p365-372, 1997