

뇌 MR영상의 뷰잉 변환 특성을 이용한 3차원 가시화를 위한 영상 보간

송미영, 조형제
동국대학교 컴퓨터멀티미디어공학과

3D Visualization of MR Images Using Interpolation of Viewing Transformed Images

Miyoung Song, Hyungje Cho
Dept. of Computer Multimedia Engineering, Dongguk University
E-mail : {smy, chohj}@dongguk.edu

요 약

본 논문은 의학 연구 및 교육, 환자 치료를 위해 보다 정확한 정보를 제공하고자 의료 영상 중에 가장 많이 사용하는 의료 영상인 뇌 MR 영상의 횡단면만을 가지고 3차원으로 가시화한다. 3차원으로 재구성하는데 있어서 원 영상의 모형을 자연스러운 표현을 위해서는 층 영상과 층 영상간의 보간 영상이 필요하므로 이를 생성하는 방법에 대해서 제안한다. 그리고 3차원 재구성에 필요한 정보를 추출하기 위해 각 영상에서 머리와 뇌 영역의 윤곽선 정보를 추출하고 가시화의 시간을 줄이기 위해 윤곽선 정보에서 특징점을 추출하여 이를 기반으로 하여 3차원으로 재구성한다.

1. 서론

일반적으로 활용되고 있는 의료 영상은 주로 일련의 연속된 2차원 영상들로 얻어지며 이와 같은 진단 영상들로부터 신체 기관을 재구성하는 작업은 관찰자의 훈련과 공간감에 매우 의존적이다. 이 문제는 3차원 가시화 작업 수행을 통해 외과 의사나 해부학자에게 직접 보는 것과 같은 신체 기관의 영상을 보여줌으로 극복할 수 있다. 즉 의료에 있어 3차원 가시화의 목적은 관찰자에게 의료 볼륨 자료로부터 정밀하고 실제적인 모습을 생성해 주는 것이다.

그러므로 의료 영상을 3차원으로 재구성함으로써 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다. 첫째 복잡한 인체 내부구조를 3차원으로 재구성함으로써 입체적 공간 지각에 대하여 효과적이다.

둘째 다양한 의료 모달리티로 획득한 영상 (multimodality imaging)을 서로 비교할 때 3차원적으

로 재구성한 영상이 훨씬 쉽다.

셋째, 의학 영상이 단순히 진단 자료로써가 아니라 각종 수술계획(surgical planning), 의학교육용 매체, 인체내 이식될 인공장기의 설계 등에 이용될 경우를 생각해 볼 때 3차원 재구성 영상은 매우 효과적으로 이러한 분야에 응용될 수 있다.

이러한 3차원 영상 가시화 시스템에서는 임의의 각도에서의 단일 볼륨의 가시화 영상, 임의의 각도에서의 컴퓨터 단층 영상, 자기공명 영상, 다기공명 혈관 영상(MR angiography)등의 다원 3차원 가시화 영상, 임의의 3차원 공간에서의 삽입점과 목표점이 주어졌을 때 그 두 점을 지나는 경로에서의 단면 영상등을 제공할 수 있다.

본 논문은 3차원 가시화를 위해 뇌 MR영상의 수평단면만을 가지고 머리영역과 뇌 영역을 추출하고 추출된 영역의 윤곽선 정보를 이용하여 3차원으로 재구성한다. 또한 촬영시 층과 층상이의 간격이 넓어지면 3차원 재구성시 원 영상의 모형과 유사하게 생성할 수 없으므로 층 영상과 층 영상 사이를 보간하여

새로운 보간 영상을 생성한다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 2장에서는 3차원 가시화를 위해 층 영상과 층 영상간의 보간 영상을 생성하는 방법, 머리와 뇌의 윤곽선 정보를 추출하는 방법, 그리고 폴리곤을 형성하는 방법을 설명한다. 4장에서는 3차원 재구성 처리 과정을 통해 3차원으로 재구성된 모형을 제시하고, 5장에서는 결론과 향후에 필요한 연구에 대해서 살펴본다,

2. MR영상의 3차원 가시화

뇌의 3차원 재구성을 위한 과정[그림1]을 살펴보면, 층과 층 영상간에 촬영 간격이 넓은 경우 3차원 재구성시 원 영상의 모형을 얻을 수 없다. 따라서 층과 층 사이의 간격차를 보완해 주는 보간 방법을 적용한다. 그리고 각 MR 영상에서 머리와 뇌 조직의 영역으로 분할하여 머리와 뇌 조직의 윤곽선 정보들을 추출한다.

이렇게 추출된 윤곽선 복셀들의 위치 정보를 분석하여 현재 층의 윤곽선 복셀 정보와 하위층 그리고 상위층의 윤곽선 복셀 정보들에 대한 각 서로간의 위치 정합을 통해 머리와 뇌 영역에 대해 각각 3차원으로 재구성한다.

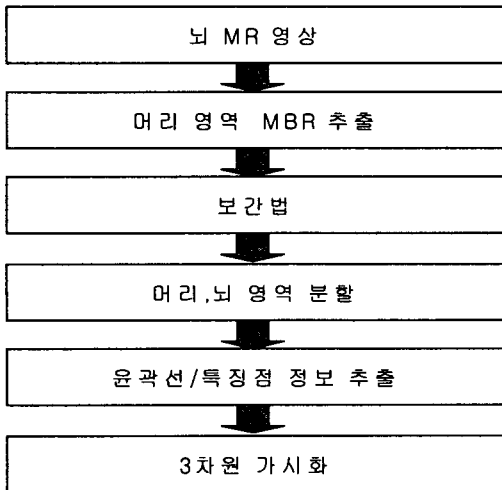


그림 1 3차원 재구성 처리 과정

2.1 보간 영상 생성

3차원 재구성시 층과 층사이의 간격이 넓으면 원 영상의 모형을 생성할 수 없으므로 층과 층 사이에 새로운 영상을 보간하여 생성하여야 한다.

(a) 상위층 (b) 보간층 (c) 하위층

```

    Sinter : 보간 영상
    Stop : 상위층 영상
    Sbottom : 하위층 영상
    MBR : 최외각 사각형
    Pos : 영상의 위치(x,y)
    Color : 영상의 색상

    Sinter.MBR = Compute_MBR(Stop.MBR, Sbottom.MBR);
    for(y=0;y<Sinter.Height;y++)
        for(x=0;x<Sinter.Width;x++)
            Stop.Pos=PosLayer(Sinter.MBR, Stop.MBR, x,y);
            Sbottom.Pos=PosLayer(Sinter.MBR,Sbottom.MBR, x,y);
            Sinter.Color(x,y) = Stop.Color(Stop.Pos)/2
                + Sbottom.Color(Sbottom.Pos)/2;
        endfor
    endfor
    
```

그림 2 보간 영상 생성 방법

보간하고자 하는 층의 영상은 보간층의 상위와 하위층의 MBR 크기변화에 비례하도록 보간층의 MBR을 생성한다.

상위층과 하위층의 화소들에 대해서 보간층의 MBR로 2차원 뷰잉 변환을 통해 해당 위치를 찾아 보간층의 각 화소 위치에 매핑되는 상위층의 화소 색상값과 하위층의 화소 색상값을 서로 정합하여 보간층의 해당 화소값을 생성한다.

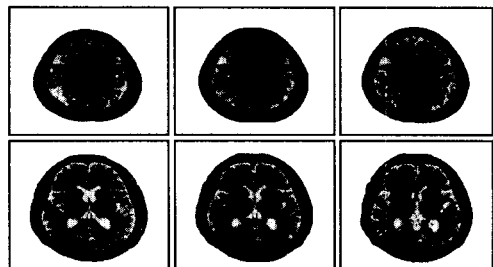


그림 3 두 층에 대한 보간 영상 결과

이러한 뷰잉 변환 특성을 이용하여 보간 영상을 생성하는 방법을 그림2에 서 살펴볼 수 있고 그림2의 방법을 통해 생성된 보간 영상은 그림3에서 보여 주고 있다.

2.2 머리와 뇌 영역 분할 추출

3차원 재구성에서 원 영상의 3차원 모형을 얻기 위해서는 생성하고자 하는 구성 요소들에 대해서 각 영역이 정확히 분할되어야 한다. 그러므로 영역을 분할하는 처리 과정은 매우 중요하고 계속 진행 연구되어야 할 분야이다. 본 논문에서 머리와 뇌 영역 추출은 기존에 제안된 방법[1]을 따른다[그림4].

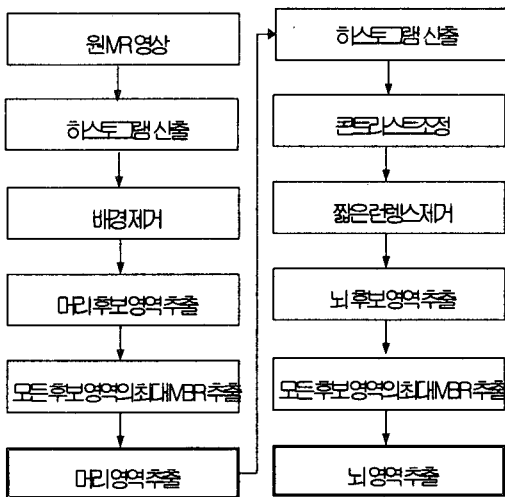


그림 4 머리와 뇌 영역 추출 처리 과정

머리 영역을 추출하는 과정은 MR영상을 획득하여 히스토그램을 산출한 후 머리 영역을 제외한 나머지 배경 영역을 제거한다. 배경을 제거하고나면 머리 영역과 기타 잡음 영역들이 남는다.

따라서 블럽 컬러링(blob coloring)을 통해 같은 영역으로 그룹화하고 이를 머리 후보 영역들로 간주한다. 이러한 모든 머리 후보 영역에 대해 MBR을 산출하고 그 중 가장 크기가 큰 MBR을 머리 영역으로 추출한다. 이렇게 추출된 머리 영역을 가지고 뇌 영역을 추출하기 위해 추출된 머리 영역에 대해 히스토그램을 산출하고 콘트라스트를 증가한 후 짧은 런랜스를 통해 안구, 근육층 및 뇌외피층을 제거한다. 또한 블럽 컬러링을 통해 그룹화한 결과를 뇌 후보 영역으로 하고 이 후보 영역중에서 최대 MBR를 추출하여 뇌 영역으로 간주한다.

2.3 윤곽점 및 특징점 추출

분할된 머리와 뇌 영역에 대해 윤곽선 정보를 추출한다. 윤곽선 정보를 가지고 3차원 재구성시 폴리곤 수가 생성되므로 빠른 시간내에 재구성하기가 어렵다. 따라서 원 영상의 정보를 잃지 않고 폴리곤 수를 줄일 수 있도록 추출된 윤곽선 정보에서 8방향 체인 코드가 급변하는 경우를 특징점으로 추출한다. 이러한 특징점은 벡터 방식으로 추가 및 삭제 등의 수작업을 통해 수정할 수 있도록 지원한다.

2.4 3차원 재구성

각 층영상에서 추출한 윤곽점 및 특징점들의 위치 관계를 정합하기 위하여 촬영시 머리의 움직임이 없다는 가정하에 중심점과 시작점을 고정한다. 각 층에서 추출된 윤곽점 및 특징점들의 수가 일치하지 않으므로 그림5와 같은 방법으로 각 층에서 추출된 특징점 위치를 정합하여 폴리곤을 생성한다.

T_{totalv} :윗 층의 윤곽선 전체 화소수
 B_{totalv} :아래층의 윤곽선전체 화소수
 RectanglePolygon(..) : 사각형 폴리곤 생성
 TranglePolygon(..) : 삼각형 폴리곤 형성

```

if (  $T_{totalv} \geq B_{totalv}$  )
    diff =  $T_{totalv} / B_{totalv}$ 
    index = 0.0;
    for(i=0 ; i< $B_{totalv}$  ; i++)
        in = int(index);
        in2 = int(index+diff);
        if ((in2-in) ==1)
            RectanglePolygon( $BV_i, BV_{i+1}, TV_{in}, TV_{in2}$ );
        else for(inter =0 ; inter<(in2-in) ; inter++)
            TranglePolygon( $BV_{i+1}, TV_{in+inter}, TV_{in+inter+1}$ );
        endif
        index += diff;
    endfor
endif
if (index <  $T_{totalv}$ )
    for(rest = 0 ; rest <  $T_{totalv}$ -index ; rest ++)
        TranglePolygon( $BV_i, TV_{index+rest}, TV_{index+rest+1}$ );
    endif
endif
    
```

그림 5 각 층의 특징점에 대한 폴리곤 형성 방법

3. 실험 및 분석

본 논문의 개발환경은 IBM 호환 PentiumIII 시스템을 사용하고 운영체제는 Windows 2000, 개발 언어는 Micorsoft Visual C++ 6.0 그리고 그래픽 라이브러리 OpenGL을 사용하여 구현하였다.

실험 영상[그림6]은 한 사람에 대해 수평단면으로 촬영된 19장의 슬라이드 영상을 가지고 층과 층간의 보간 영상을 생성하여 머리와 뇌 영역을 분할하고 여기서 추출된 머리와 뇌 영역의 윤곽선 정보를 이용하여 3차원으로 재구성 결과가 각각 그림7과 그림 8에서 보여주고 있다.

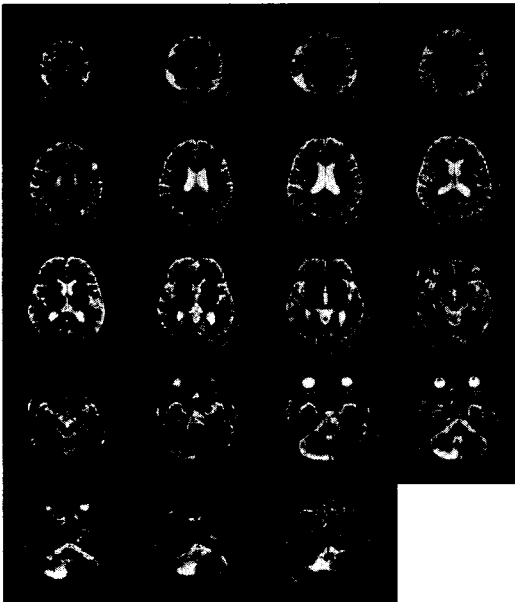


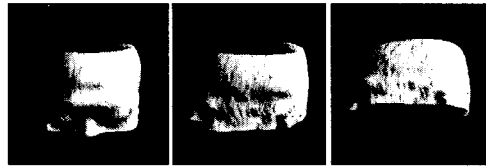
그림 6 실험 영상

4. 결론 및 향후과제

대부분의 3차원 재구성은 다른 연구들은 수평과 수직 단면 MR영상과 기타 다른 영상들을 정합하여 가시화가 이루어지지만 본 논문은 수평 단면 MR영상만을 이용하여 재구성하였다. 또한 층과 층 사이에 보간 영상을 생성하는 방법을 제안하였고 기존의 방법 [1]을 통해 머리와 뇌 영역등으로 각각 분할하여 추출된 영역의 윤곽선 정보를 기반으로 3차원으로 재구성하였다. [그림8]에서 뇌 영역의 3차원 재구성은 영역 분할이 정확히 이루어지지 않아 원 영상과 차이가 있다. 그러므로 3차원 재구성을 하기 위해서는 영역 분

할에 대한 정확한 정보 추출이 이루어져야 원 모형을 생성할 것으로 본다.

따라서 향후 과제로는 영역 분할에 대한 연구가 진행되어야 할 것이고 3차원 구성시 표면을 부드럽게 표현할 수 있는 층과 층의 위치 관계를 정확히 정합하기 위한 후처리에 대한 연구도 진행되어야 한다. 또한 뇌의 백질, 회백질, 뇌척수액등의 가시화와 단면으로 가시화를 제공할 수 있도록 진행해야 할 것이다



(a)정면 (b)옆면
그림 7 머리영역의 3차원 가시화

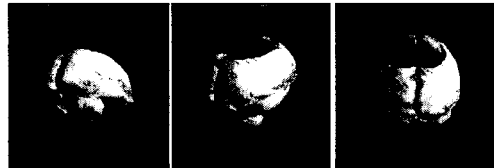


그림 8 뇌 영역의 3차원 가시화

참고문헌

- [1] 조경은 외 5인, "반전 이미지와의 차이에 의한 뇌 MR 영상의 영역 분할 기법", 한국멀티미디어학회 춘계학술 발표논문집, 제4권 제1호, 2001
- [2] 신영길 외 2 인, "뇌 정위 수술계획을 위한 다원 3차원 영상 가시화 시스템의 개발", 한국정보과학회 가을 학술발표논문집 Vol.25, No.2, pp612-614, 1998년
- [3] 김태우, "MR 영상의 3차원 가시화 및 분석을 위한 뇌영역의 자동분할" 한국정보처리학회 논문지 제7권 제2호, pp 542-551, 2000
- [4] Christos Davatzikos, Jerry L. Prince, and R.Nick Bryan, "Image Registration Based On Boundary Mapping", IEEE Trans on Medical Imaging, Vol.15, No.1 p112-115, 1996
- [5] Chris Davatzikos and Jerry L. Prince, "Brain Image Registration Based on Curve Mapping", IEEE Trans on Medical Imaging, pp245-254, 1994