

# MRA영상에서 뇌혈관의 가시화

김영철\*°, 김령주\*, 남상희\*\*, 문치웅\*\*, 최흥국\*\*\*  
\*인제대학교 의료영상과학 대학원°, \*\*인제대학교 의용공학과  
\*\*\*인제대학교 정보컴퓨터공학부

## Visualization of Brain Vessel for MRA Image

Young-Chul Kim\*°, Ryeong-Ju Kim\*, Sang-Hee Nam\*\*, Moon-Chi Woong\*\*, Heung-Kook Choi\*\*\*

\*Department of Medical Image Science, Inje University°

\*\*BioMedicalEngineering, Inje University

\*\*\*Department of information & computer engineering, Inje University

E-mail : kimofe@mitl.inje.ac.kr, juyanfe@mitl.inje.ac.kr, nsh@bme.inje.ac.kr,

mcw@bse.inje.ac.kr, cschk@ijnc.inje.ac.kr

### 요 약

뇌 혈관 영상은 2D로 되어있어 임상에서 뇌의 이상 유무와 질병의 진행 정도를 판별하는데 어려움이 있다. Volume Rendering은 2차원 데이터를 3차원 영상으로 재구성 하여 오브젝트의 내부 모습을 3차원으로 볼 수 있게 해주는 장점이 있어 진단에 도움을 줄 수가 있다. MRA(Magnetic Resonance Angiography) 는 MRI(Magnetic Resonance Imaging)을 이용하여 Vascular Imaging 하는 기법이다. MRA 혈관 영상을 가시화하는 방법으로 MIP(Maximum Intensity Projection)를 이용하였다. 본 논문에서는 256x256 크기의 MRA영상 48장을 MIP 로 볼륨 렌더링하여 뇌 혈관 영상을 3차원으로 가시화 하였다.

### 1. 서론

MRI에서 얻어진 2차원 영상들은 이미지의 해상도가 CT나 PET에서 얻어지는 영상보다 좋아 볼륨 렌더링의 기본 데이터로 많이 활용이 되고 있으며, 3차원 영상으로 재구성하면 더욱 더 객관적이고 정확하게 진단에 도움을 줄 수가 있다. MRI를 이용하여 vascular imaging을 하는 기법을 magnetic resonance angiography라 한다[1].

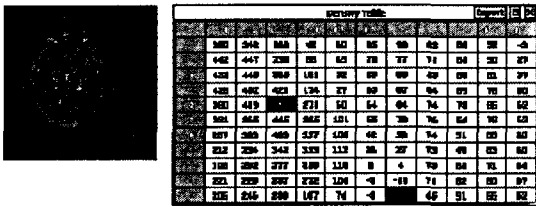
볼륨 렌더링은 표면만을 가시화하는 표면 렌더링과는 달리 모든 물체의 요소를 하나의 셀 단위로

취급하여 각각 점으로 표현하는 방식으로 복잡한 영역의 표현이 가능하고 Ray Casting 알고리즘에 의해 내부영역의 구조도 표현할 수 있는 장점이 있어 정확한 진단 및 가상 시술 등을 위해 의료 영상 분야에 많이 사용된다[3]. 본 논문은 MRA 뇌 혈관 영상을 MIP로 볼륨 렌더링하여 뇌 혈관을 3차원으로 가시화 하였다.

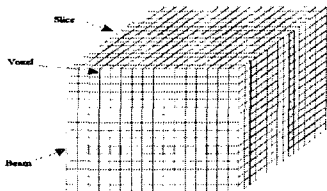
### 2. Volume Rendering

#### 2.1 Volume Rendering이란?

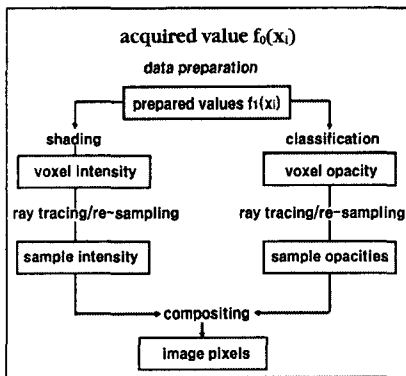
Volume Rendering은 연속적인 2차원 슬라이스 들을 기본으로 하는 3-dimensional dataset 들을 z축으로 쌓아서 3차원 영상으로 재구성하는 것이다[1]. 2차원 디지털 이미지는 color나 intensity로 이루어지는데 그림 1은 이런 데이터 요소들을 픽셀이라고 한다. 반면 볼륨 렌더링에 의해 생성되는 영상은 복셀로 이루어지는데 [그림 2], 복셀은 다음과 같이 두 가지로 나타낼 수 있다. 하나는 인접한 두 픽셀 사이의 위치를 계산하여 매우 작은 cube형태로 나타내는 것이며, 두 번째는 3차원 공간에서 일정한 크기가 없고 샘플링이 된 픽셀값으로 작은 공간들을 만드는 것이다. 본 논문에서는 후자의 경우를 복셀의 기본 단위로 한다.



[그림 1] 2D Image



[그림 2] 3D Volume Data

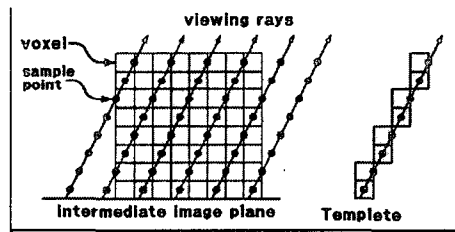


[그림 3] Volume rendering Pipeline

그림 3에서는 볼륨렌더링 pipeline을 보여주고 있다. 볼륨렌더링은 3차원 영상으로 만들 기본 데이터 들을 획득하고 shading 과정에서 voxel의 intensity를 결정하고 classification에서 voxel의 opacity를 결정한다. 마지막으로 compositing 과정을 통해서 2차원 이미지의 픽셀 값을 결정한다.

### 2.2 Ray Casting

볼륨 렌더링 방법으로 Ray Casting 을 사용한다. Ray Casting 이란 Viewing 시점을 결정하고 영상 평면 (image plane)의 각 픽셀에 ray를 통과시켜서 일정한 간격으로 픽셀 값과 위치를 샘플링 할 때, 각각의 ray가 일직선상에 놓이는 복셀들의 intensity와 opacity를 합성해서 영상을 생성해내는 알고리즘이다.



[그림 4] Image plane에 투영되는 복셀

그림 4에서 는 ray가 오브젝트 내부를 지나갈 때 중간 지점을 지나도록 하여 복셀들을 생성하고 있는 모습이다. 오브젝트 내부로 ray가 통과할 때 일정한 간격으로 샘플링 포인터를 생성하도록 하여 3차원 공간에서 복셀을 만들어 낸다[3][5].

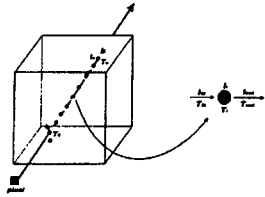
### 2.3 Compositing

voxel 데이터에서 ray casting을 이용해서 2차원 이미지를 얻는 과정을 compositing 이라 한다. compositing 에는 front-to-Back 과 back-to-Front 두 가지 방법이 있다.

#### Front-to-Back Ray casting

그림 5에서는 front-to-back ray casting 방식을 보여주고 있는데 먼저 화면에 투영될 최종 픽셀의 위치를

결정하고, 그 픽셀에서 ray casting을 시작하여 오브젝트 내부를 통과하도록 한다.



[그림 5] Front-to-back ray casting

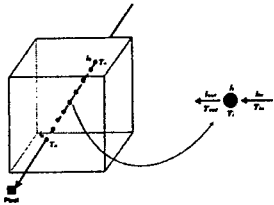
이 방식을 수식으로 표현하면 식 1과 같다.

$$I = \sum_{i=0}^n I_i \prod_{j=0}^{i-1} (1 - \alpha_j) \quad \text{[식 1]}$$

위의 식에서  $I$ 는 intensity value를 나타내며  $1 - \alpha_j$ 는 opacity를 뜻한다.

Back -to- Front Ray casting

그림 6에서는 front-to-back ray casting 방식과 다르게 ray가 오브젝트의 반대편에서 최종 화면으로 투영되는 방식이다. 즉 ray와 교차하는 지점에서 샘플링을 하기 때문에 front-to-back 방식보다 계산량이 적으며 샘플링하는 순서도 반대이다.



[그림 6] Back -to-front ray casting

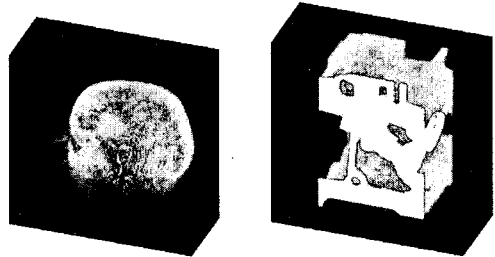
Back-to-front는 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

$$I = \sum_{i=0}^n I_i \prod_{j=i+1}^n (1 - \alpha_j) \quad \text{[식 2]}$$

2.4 MIP (Maximum Intensity Projection)

Maximum Intensity Projection 또는 MIP는 data set을 통과하는 각각의 ray에서 maximum intensity를 가지는 값을 찾아서 2차원 이미지를 생성하는 알고리즘이다. MRA (Magnetic Resonance Angiography)는 data set 안에서 혈관부분이 밝은 intensity를 가지게 하는 방법이기 때문에 혈관을 가시화하는 방법으로는 MIP가 가장 좋은 방법이다[4]. MIP는 식 3과 같이 나타낸다.

$$I = \text{Max}(f(i, j, k)) \times \text{Intensity} \quad \text{[식 3]}$$



(a) MRI head

(b) Block engine

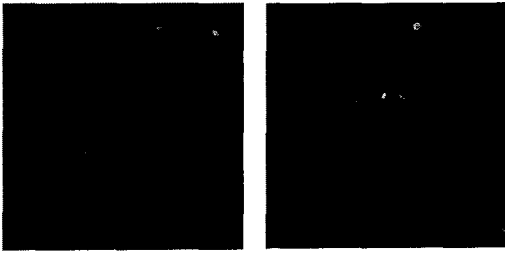
[그림 7] MIP를 이용한 volume rendering

그림 7에서는 MIP를 이용한 볼륨 렌더링의 예를 보여주고 있으며 (a)는 MRI head 영상을 렌더링 한 것이고 (b)는 block engine을 렌더링 한 것이다.

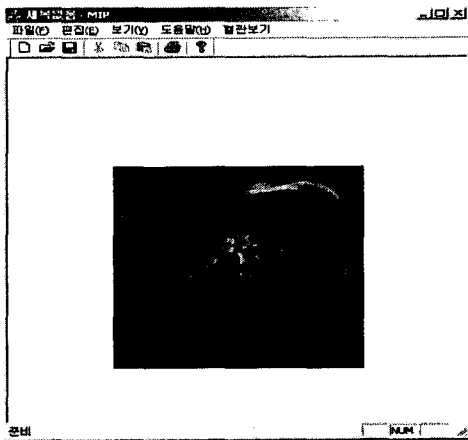
3. 구현

본 논문에서는 MRA 영상을 이용하여 뇌 현관을 3차원으로 가시화 하였다. 실험은 512MB 램과 900Mhz Pentium III 프로세서를 가진 컴퓨터에서 이루어 졌고 구현은 Windows 환경에서 VC++의 MFC를 이용하였다.

본 논문에 사용된 volume data는 256 X 256 크기에 16 bits 영상으로 48장의 슬라이스 이다. 그림 8은 실험에 사용된 2D MRA 슬라이스 영상이고 그림 9는 48장의 슬라이스를 MIP로 볼륨 렌더링한 결과 영상이다.



[그림 8] 2D MRA 영상



[그림 9] 프로그램 실행 결과

- [2] R.A Drebin L, Carpenter, and P.Hanrahan, "Volume Rendering.Computer Graphics", Vol.3, No.24,pp.65-74 ,August. 1998
- [3] Barthold Lichtenbelt, Randy Crane, Shaz Naqvi, "Introduction to Volume Rendering", Prentice Hall, Hewlett-Packard Company, 1998
- [4] Milan Sonka, J.Michael Fitzpatrick, "Handbook of Medical Imaging", SPIE , Vol 2, 2000
- [5] 박재영, 이병일, 최현주, 최흥국, "3D Data Set에서 Transfer Function을 이용한 경계영역의 가시화 방법" 멀티미디어 학회, Vol.3, No.1, pp425-428, May, 2000.
- [6] 남기혁 역, OpenGL SuperBible 2EO ,인포북,2001

#### 4. 결론

볼륨 렌더링은 물체의 내부를 가시화 하는 가장 좋은 방법이다. 볼륨 렌더링 방법중에서도 혈관영상을 가시화 하는 방법은 MIP이다. 본 논문은 2D MRA 뇌혈관 영상을 MIP 볼륨 렌더링을 이용해 3차원으로 가시화 하였다. 결과 영상에서 대부분의 혈관이 잘 나타나지만 간혹 혈관이 잘 보이지 않는 곳이 생기기 때문에 혈관을 더 잘 나타내기 위한 전처리 과정이 필요하며, OpenGL[6]과 같은 3차원 라이브러리를 사용하지 않아서 실시간 렌더링이 되지 않는다. 앞으로 연구 방향은 혈관이 잘 나타나게 하는 전처리 과정을 개발하고 OpenGL과 같은 3차원 라이브러리를 사용하여 실시간 렌더링이 가능하게 한다.

#### [참고문헌]

- [1] 이성우, 은충기, 문치웅, 박수성, "자기 공명 영상학", 여문각, 1998.