

개선된 광선 추적에 의한 볼륨 렌더링

김진열*, Hyeon-Gyul Kim*,
조선대학교 컴퓨터공학과*

Volume Rendering by Improved Ray Casting

Jin-Youl Kim*, Hyeon-Gyul Kim*,
* Dept. of Computer Engineering, Chosun University
E-mail : zerokjy@hotmail.com

요 약

본 논문에서는 체적 데이터에 대한 효율적인 볼륨 렌더링을 수행하기 위해서, 기존의 광선 추적 기법에 광선 보간을 통해 광선을 추적하는 기법인 IRCF를 제안한다. IRCF 과정은 이웃 화소에 대해 광선추적을 통해서 얻은 불투명도의 정보를 이용하여 보간한 위치에서 새롭게 광선 추적을 해가는 방식이다. 기존의 광선 추적 렌더링의 경우 고화질의 영상을 얻지만, Volume Rendering Operations의 계산량이 많아 렌더링 속도가 떨어져 현재 개선된 렌더링 기법들이 많이 제안되고 있는 실정이다. 본 논문은 다른 각도로의 접근하고자 하여 제안한 IRCF 과정을 통해 Volume Rendering Operations의 계산량을 최대한 줄여 렌더링 속도를 높이고 기존 방식의 고화질 영상에 가깝게 결과를 얻을 수가 있었다. 또한, 본 논문에서는 기존의 광선 추적 기법에서 표현하는 일반적인 회전, 절단, 불투명 등 제어 효과들을 제안한 기법을 통해 비교 분석한다.

1. 서론

컴퓨터의 대중화로 영상에 대한 관심이 높아짐에 따라 2차원적 영상에서 3차원적 영상으로 발전되어지고 있는 실정이다. 3차원적인 실공간 정보를 2차원상의 컴퓨터 모니터로 정보를 가시화 하는 데에 대표적으로 볼륨 렌더링을 들 수 있다. 볼륨 렌더링은 실공간의 물체를 CT나 MRI같은 장치를 통해 샘플링된 볼륨 데이터 정보를 이용해 시각화 하는 방법이다. 볼륨 렌더링의 응용분야를 살펴보면 Medical Imaging, Modeling, Paleontology, Computational Fluid Dynamics, Microscopic Analysis, Oil Exploration Education, Nondestructive Testing 등 여러 분야에 응용이 되고 특수한 목적으로 연구되어 활용되고 있는 실정이다.[1]

대표적으로, 볼륨 렌더링을 하기 위한 기법중 광선 추적 기법을 들 수 있다. 이방법은 Volume Rendering Operations의 과정을 거쳐 고화질의 영상을 얻지만, 특정 변환을 거칠때마다 다시 처음부터 체적 데이터를 고려하여 연산이 이루어지는 단점을 가지고 있다, 그래서 많은 계산량으로 인해 처리율이 떨어져 비효율적인 렌더링 방식이라 말할 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 볼륨 데이터에 대한 기존의

광선 추적 기법의 단점을 개선한 방법인 IRCF 과정을 통해 효율적인 볼륨 렌더링을 하는 방법을 제안한다.

여기서, IRCF 과정은 홀수 화소와 짝수 화소를 쌍으로하는 광선 추적 기법이다. 즉, 홀수 화소 밝기 결정을 위해 광선 추적을 거치고 광선 추적에 의해 결정된 위치와 불투명도 값을 이용해 다시 예상되는 물체의 불투명도값을 제거한 후 남은 불투명도(배경 불투명도)값의 위치에서 시작하여 짝수 화소에 대해 광선 추적 과정을 거쳐 밝기를 결정하는 방식이다.

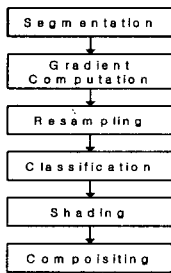
제안한 방식을 통한 렌더링은 기존의 광선 추적 기법의 Volume Rendering Operations의 계산량을 많이 줄임으로 처리율을 높였을 뿐만 아니라 거의 유사한 고화질의 영상 결과물을 얻을 수 있었다. 기존의 방식과 제안한 방식에 대해 처리량 분석과 광선 추적 기법에서 표현되는 회전, 절단, 불투명도 등에 대해 렌더링을 수행하여 비교 분석하였다.

본 논문에서는 2장에서 기존의 광선 추적에 의한 볼륨 렌더링에 대해 살펴보고, 3장에서 기존의 광선 추적 기법을 개선한 IRCF 과정을 통한 볼륨 렌더링 기법에 대해서 기술한다. 4장에서는 기존의 광선 추적과 개선한 광선 추적 기법에 대해 시뮬레이션하여 그 효율성을 비교 분석한다. 마지막으로 5장의 결론에서

는 향후 연구과제에 대한 방향을 제시한다.

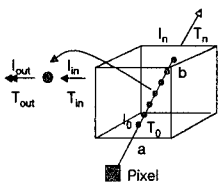
2. 기존의 광선 추적을 통한 볼륨 렌더링

볼륨 렌더링은 실공간의 물체에 대해 CT나 MRI와 같은 장비를 통해 샘플링 되어 얻어진 체적 데이터를 3D 시각화 하는 방식이다. 2차원 이미지에서 표현할 수 없었던 복잡한 영역의 표현이나 내부 영역의 구조를 표현할 수 있는 특징을 갖고 있다. 일반적으로 볼륨 렌더링의 과정은 아래 그림1과 같이 Volume Rendering Operations 과정을 통해 가시화 하게 된다. [1,3]



<그림1> Volume Rendering Operations

대표적으로 광선 추적 렌더링을 들 수 있는데. 광선 추적 기법은 모든 볼륨 데이터의 정보를 이용하는 기법으로, 각 화소를 지나는 광선들을 추적하면서 각 볼륨 데이터들이 가진 정보를 Volume Rendering Operations 과정을 통해 밝기를 결정하게 된다. 즉, 광선 추적은 샘플링된 값들을 3차원 격자인 볼륨 데이터를 삼차 선형 보간을 통해 이루어진 가상의 연속적인 공간으로 보고 광선을 따라 일정 간격으로 볼륨 데이터가 광선 밝기에 기여하는 정도를 누적함으로써 광선의 밝기를 결정하는 방법이라 말할 수 있다. 여기서, 광선의 기여도를 누적하는 방법으로 Front-To-Back 방식과 Back-To-Front 방식을 들 수 있다. 그림2와 같이 Front-To-Back 방식으로 광선 위치에 지나가는 볼륨 데이터들에 대해 표면법선벡터 연산, 복셀간 보간 연산, 영역 분할, 셰이딩, 누적작업을 통해 픽셀의 화소 밝기를 결정하게 된다.[1,4]



$$I(a,b) = \sum_{i=0}^n I_i \prod_{j=0}^{i-1} (1 - \alpha_j)$$

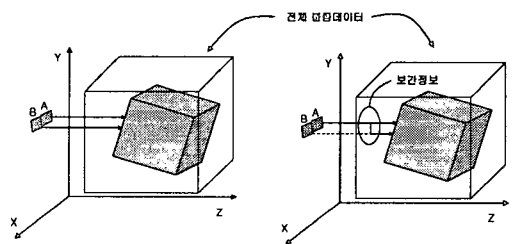
<그림2> Front-To-Back방식의 Ray Casting 과정

여기서, 광선 추적 기법은 일일히 체적 데이터의 위치를 추적하다가 정해진 위치에 도달하면 더 이상 계산하지 않고 종료하는 조기광선종료 함수를 사용한다. 전체 계산량에 비해 조기광선종료 함수를 사용으로 함으로 계산량을 줄였다 하지만, 줄인 계산량도 만만치 않다, 많은 메모리 문제과 렌더링 시간이 길어지는 단점을 가지고 있다. 고화질의 영상을 얻지만, 빠른 렌더링 관점에서 본다면 비효율적인 방식이라 말할 수 있다.

여기까지, 기존의 광선 추적을 통한 볼륨 렌더링 과정에 대해서 간략히 살펴보았다. 기존의 광선 추적 기법이 가지고 있는 계산량에 대한 문제점을 개선하여 좀더 효율적인 렌더링을 수행하기 위해서 3장에서 제안된 IRCF 과정을 적용함으로써 계산량을 대폭 줄이고 고도 고화질의 결과 영상을 얻는 과정에 대해 기술하고 살펴보도록 한다.

3. 제안한 IRCF 과정을 통한 볼륨 렌더링

본 논문에서는 제안한 IRCF(Improved Ray Casting Function) 과정은 기존의 광선 추적 과정을 보간한 형태로 홀수 화소와 짝수 화소화수로 나누어 홀수 화소에서 결정된 볼투명도와 위치의 정보를 토대로 일정한 간격으로 다시 물체의 예상되는 볼투명도를 결정된 홀수 화소의 볼투명도에서 제거한 뒤 보간된 위치를 출발점으로 하여 짝수 화소의 밝기를 광선 추적에 의해서 결정하게 된다.

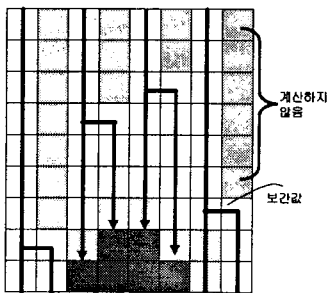


(a) 기존과정 (b) 개선된과정

<그림3> 광선 추적 과정

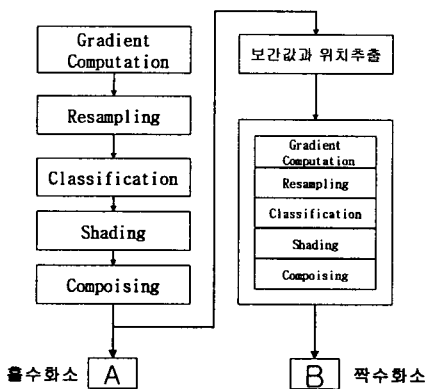
위 그림처럼 기존의 광선 추적 과정과 개선된 광선 추적을 비교해보면, 기존의 광선 추적의 경우(a)은 일일이 각 화소에 밝기 결정을 위해 광선 추적 기법은 초기 화소 위치에서 일일히 추적해 나가게 되지만, 개선된 광선 추적의 경우(b)은 A의 위치에서는 기존 광선 추적 과정을 거치고 B지점에서는 A지점에서 보간한 위치 정보를 통해 보간 위치에서 광선 추적이 시작된다. (b)그림에서 B화소의 점선 부분 만큼의 광선

추적 과정을 수행하지 않게 된다. 하지만, A지점의 결정된 화소의 위치에서 보간할 위치만큼의 후진 광선 추적을 해야 한다는 점을 유의해야 하며 그림4와 같이 보간위치 이전 볼륨 데이터에 대해서 광선 추적 과정을 수행하지 않는다. 그리고 각 화소마다 다르겠지만 계산량에 대해서 홀수 화소선상에서의 경우, 기존 Volume Rendering Operations의 계산량은 기존 광선 추적 기법과 계산량이 같게 되지만, 짝수 화소선상에서의 경우, 배경이 차지하는 비율이 어느정도냐에 따라서 Volume Rendering Operations의 계산량이 대폭 줄어 들게 된다. 그래서, 전체적으로 계산량이 많이 줄어드는 효과를 얻게 된다.



<그림4> 개선된 광선 추적 과정

본 논문에서 제안한 IRCF 과정은 크게 3과정을 거치게 된다. 홀수 화소 밝기 결정과, 보간값과 위치 추출, 보간된 위치에서 짝수 화소 밝기 결정으로 세단계를 거치게 된다.(그림6)



<그림6> Improved Ray Casting Function 과정

[1] 홀수 화소 밝기 결정 : 기존의 광선 추적 기법인 Volume Rendering Operations 과정을 통해 밝기를 결정하게 된다.

[2] 보간값과 위치 추출 : [1]단계에서 결정한 불투명도와 화소 밝기와 위치 정보를 토대로 일정한 간격으로 후진 Volume Rendering Operations 과정을 거쳐 예상되는 물체의 불투명도와 밝기를 계산하여 현재 결정된 홀수 화소의 정보에서 제거하게 된다. 그러면 배경에 대한 불투명도와 밝기라 가정된 정보를 추출하게 된다. 볼륨 데이터의 배경에도 일정한 형태의 불투명도와 밝기값을 가지고 있어 이웃 화소의 광선선상의 배경 불투명도나 밝기가 물체가 아닌 배경과 거의 일치함으로 보간 위치에서 새롭게 출발해오거의 유사한 불투명도와 밝기를 가지게 된다.

[3] 짝수 화소 밝기 결정 : 보간된 불투명도와 밝기와 보간위치를 토대로 하여 전진 Volume Rendering Operations 과정을 거쳐 짝수 화소의 밝기를 결정하게 된다.

제안된 IRCF 과정을 거치게 되면, 계산량에 대해서 4장에서 분석자료를 제시한다. 엄청나게 계산량을 줄인다는 사실을 알 수가 있다. 그럼으로써, 기존의 광선 추적이 의해 얻은 고화질에 가까운 영상과 효율적인 시각화를 할 수 있게 된다. 다음 4장에서는 기존의 광선 추적 과정의 경우와 개선된 광선 추적 과정에 대해 시뮬레이션을 통해서 비교 분석 하기로 한다.

4. 프로그램 구현 및 실험 결과

본 논문에서 제시한 과정을 통한 간단한 볼륨 렌더링 프로그램을 제작하였다. 본 프로그램의 개발 환경 Pentium(R) 4 CPU 2.00GHZ, 운영환경 Window 2000 Server, 메모리 512MB, 개발 툴 Microsoft Visual Studio 6.0을 사용하여 데모 프로그램을 제작하였다.

기존의 광선 추적 과정과 개선된 광선 추적 과정의 Volume Rendering Operations의 계산량의 차이를 간단히 비교 분석(표1)을 한다.

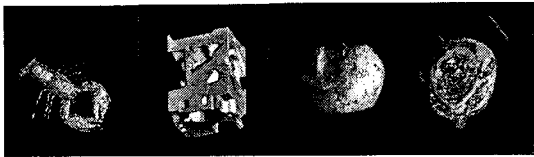
<표1> Volume Rendering Operations 계산량 비교
;x축으로 150, y축 -20회전된 상태에서 측정량

데이터명	Total(Pixel)	개선량	
		기존형	개선형
ENGINE	7208960	4015329	2302380
LOBSTER	3481600	2929649	1600603
3DHEAD	7143424	5052436	2853260
CTHEAD	7405568	5318987	2973958

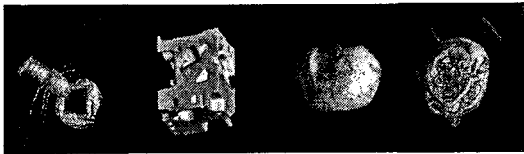
위의 표1을 참조하면 전체 볼륨 데이터에 대해 광선 추적시 지나가는 각 볼륨 데이터에 대해 Volume

Rendering Operations를 수행하는 계산량을 살펴보면 기존의 방식에 비해 계산량을 크게 줄어드는 것을 볼 수가 있다. 계산량을 줄인다고 끝나는 것은 아니다 계산량을 줄인만큼의 영향에 대해서 결과 영상에 나타나게 된다. 그 영향을 최소로 하기 위해 IRCF 과정이 제안되었고, 표1에서 보는것과 같이 여러 3D 볼륨 데이터에 대해서 계산량이 줄어들었음을 볼 수 있다.

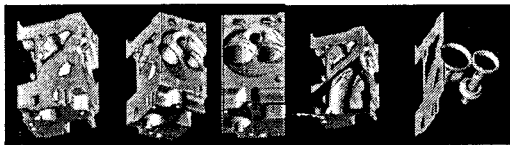
제안된 기법을 통해 계산량을 줄였으면 그에 따른 결과 영상에 대해 살펴보기로 한다. 그림6은 기존의 광선 추적 렌더링 영상과 개선된 광선 추적 렌더링 영상을 나타내고 있다. 여러 형태의 볼륨 데이터 대한 렌더링을 한 결과로써, 거의 유사한 고화질의 시각화 효과를 얻음을 볼 수 있다.



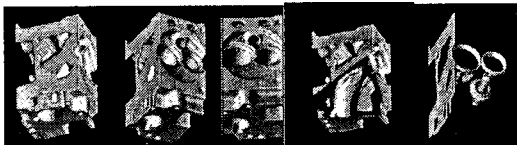
(a) 기존 광선 추적 렌더링



(b) 개선된 광선 추적 렌더링
<그림6> 광선 추적 시물레이션



(a) 기존 광선 추적 렌더링



(b) 개선된 광선 추적 렌더링
<그림7> 광선 추적 기법 예

그림7는 일반적인 광선 추적 기법의 몇가지 표현들에 대해 개선된 광선 추적 기법을 적용하여 렌더링한 결과이다. (a)와 (b)의 경우, y축으로 회전한 그림(-20도, -70도, -90도)과 절단(90) 효과, 임계값 (230)에 의한 불투명도 효과를 나타낸다. 이경우도 고화질의 영상의 차가 거의 없음을 살펴 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 개선된 광선 추적 기법에 의해 볼륨 데이터를 시각화 하는 방법을 제안하였다. 제안한 기법을 통해 Volume Rendering Operations의 계산량을 줄임으로 효율적인 고화질의 영상을 얻을 수 있었다. 향후 연구과제로는 많이 계산량을 줄였지만, 그래도 아직까지는 계산량이 많은 편이라 할 수 있다. 이웃화소의 밝기 결정에 의해 쌍으로 제안된 광선 추적 기법이 적용이 되었지만, 더 많은 화소가 같이 묶여서 보간 위치에서 광선 추적이 이루어진다면 보다 효율적인 렌더링이 이루어질 것으로 예상된다. 그리고, 과연 추적 기법 렌더링 과정에 대해 기존의 방법에서 다른 부분에 대한 개선 기법들을 본 제안한 기법에 적용한다면 보다 더 효율적인 렌더링이 수행될 것을 예상된다.

[참고문헌]

- [1] A. Kaufman, "Introduction to Voume visualization", IEEE Computer Society press, 1991
- [2] K. Bo-Sun, C. Woo-Young, "Volume Rendering of Segmented Medical Images", Journal of Research institude of Industrial Technology, 2001
- [3] M. Levoy, "Display of surfces from volume data", IEEE computer Graphics and Applications, 1988
- [4] M. Levoy, "Efficient ray tracing of volume data", ACM Transctions on Graphics, 1990
- [5] C. Gonzale, E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, 1992