
GPU와 옥트리를 이용한 바이오 메디컬 데이터의 집적 영상 픽업 기법

Integral Imaging Pickup Method of Bio-Medical Data using GPU and Octree

장영희*, 박찬*, 정지성*, 박재형*, 김남*, 하종성**, 류관희*
충북대학교*, 우석대학교**

Younghee Jang(sisioo@cbnu.ac.kr)*, Chan Park(szell@cbnu.ac.kr)*,
Ji-Sung Jung(farland83@cbnu.ac.kr)*, Jae-Hyeong Park(jh.park@cbnu.ac.kr)*,
Nam Kim(namkim@cbnu.ac.kr)*, Jung-Sung Ha(jshajsha@yahoo.co.kr)**,
Kwan-Hee Yoo(khyoo@cbnu.ac.kr)*

요약

최근 들어, 3D 입체 영화와 TV 등 3차원 입체 영상 디스플레이에 대한 관심이 매우 높다. 안경을 끼는 불편함을 해결하기 만들어진 무안경식 3차원 입체 영상 디스플레이를 위해서는 렌즈 어레이 카메라로부터 만들어지는 기초영상(elemental images)을 생성해야 한다. 렌즈 어레이에 여러 카메라가 배치되므로 주어진 3차원 가상공간에 대해 기초영상을 생성하는데 많은 시간이 소요되며, 특히 고용량의 바이오메디컬 자료에 대해서는 더 많은 시간이 소요된다. 본 논문에서는 이러한 문제를 좀더 효율적으로 개선하기 위해 주어진 자료의 효율적 렌더링을 위해 옥트리(Octree)를 구성한 후, GPU(graphics processor units)를 이용하여 렌더링하는 기법을 제시한다. 실험 결과, 제시된 기법이 기존 방법과 비교하여 많은 개선이 있었지만 아직도 더 효율적인 기법의 개발이 요구된다.

■ 중심어 : | 3차원 디스플레이 | 집적영상 | 메디컬 | 볼륨 데이터 | 옥트리 | GPU |

Abstract

Recently, 3D stereoscopic display such as 3D stereoscopic cinemas and 3D stereoscopic TV is getting a lot of interest. In general, a stereo image can be used in 3D stereoscopic display. In other hands, for 3D auto stereoscopic display, the elemental images should be generated through visualization from every camera in a lens array. Since a lens array consists of several cameras, it takes a lot of time to generate the elemental images with respect to 3D virtual space, specially, if a large bio-medical volume data is in the 3D virtual space, it will take more time. In order to improve the problem, in this paper, we construct an octree for a given bio-medical volume data and then propose a method to generate the elemental images through efficient rendering of the Octree data using GPU. Experimental results show that the proposed method can obtain more improvement comparable than conventional one, but the development of more efficient method is required.

■ keyword : | 3D Display | Integral Imaging | Medical | Volume Data | Octree | GPU |

* 본 연구는 교육과학기술부 지역거점연구단육성사업/충북BIT 연구중심대학육성사업단의 지원을 받아 수행된 연구결과임

접수번호 : #100125-005

접수일자 : 2010년 01월 25일

심사완료일 : 2010년 06월 15일

교신저자 : 류관희, e-mail : khyoo@cbnu.ac.kr

1. 서론

3차원 입체 디스플레이 기술은 특수안경(편광안경, 색안경, 셔터 안경, 또는 헤드착용식 디스플레이)이 필요한 안경(stereoscopic)방식과 특수 안경이 필요 없는 무안경(auto stereoscopic)방식으로 구분된다. 안경식 3D 입체 디스플레이 방식은 3차원 입체 디스플레이 기술의 전통적인 방식으로 3차원 영화관인 아이맥스나, 게임기 등에 이미 실용화됐다. 3차원 애니메이션을 보여주는 3차원 전용관도 생겼고, 미국에선 색안경을 끼는 방식의 이동용 3차원·2차원 변환가능 DVD가 대형 마트에서 팔리고 있다.

집적영상기술(integral imaging technique)은 무안경식 3차원 입체 디스플레이 방식의 하나로, 1908년 Lippmann[1]에 의해서 제안 되었다. 집적기초 영상시스템은 여러 개의 기초 렌즈(elemental lens)들로 구성된 렌즈어레이(lens array)를 이용하여 대상물의 3차원 정보를 기초 이미지(elemental image)의 형태로 저장하고, 그 기초 영상을 다시 렌즈 어레이를 통하여 3차원 영상으로 집적시키는 장치로, 기초 영상을 만드는 픽업(pickup) 부분과 기초 영상을 3차원 영상으로 디스플레이(display) 부분으로 나눌 수 있다[2]. 픽업 부분에서는 3차원 물체(3D object)로부터 렌즈 어레이의 각각의 렌즈를 통한 이미지를 얻게 된다. 이렇게 얻은 이미지를 모아 한 장의 기초영상을 구성하게 된다. 디스플레이 부분에서는 기초영상을 렌즈어레이로 구성된 디스플레이를 통과하여 영상을 보여주게 된다. 이 영상은 특별한 안경을 착용하지 않고도 물체를 3차원으로 볼 수 있게 한다. [그림 1]은 일반적인 집적 영상 시스템의 개념도이다.

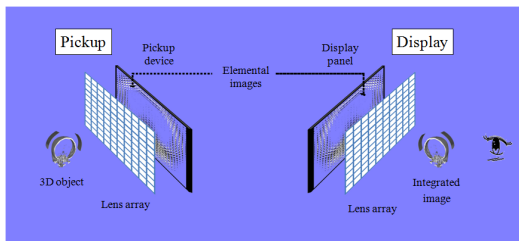


그림 1. 집적영상기법의 개념도

본 논문에서는 렌즈 어레이를 통해 집적영상을 얻는 과정을 OpenGL의 가상 카메라를 어레이로 구성하여 고용량 바이오메디컬 데이터에 대해 효율적으로 기초영상을 얻기 위한 기법을 제시하고자 한다.

2. 선행연구

픽업 과정에서의 연구는 기초 영상을 빠르고, 정확하게 얻는 방법에 대하여 연구가 진행 중이며, 디스플레이 과정에서의 연구는 얼마나 선명하고, 넓은 시야각을 확보할 수 있는지에 관한 연구가 활발하게 진행 중이다. 본 논문에서는 픽업 과정에 초점을 맞추어 대용량 바이오메디컬 데이터를 적용하여 빠르게 영상을 얻는 방법을 제안한다.

2.1 집적영상 픽업 과정

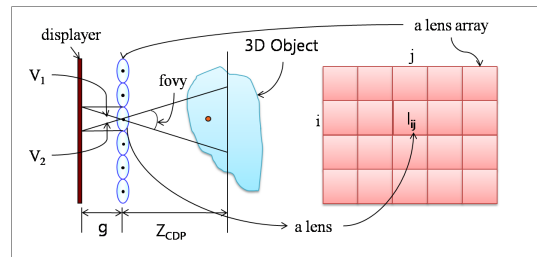


그림 2. 집적영상기법에서 기초영상을 얻는 픽업 과정의 기본 개념도.

[그림 2]는 집적영상기법(Integral Imaging)의 기본 개념도이다. 집적 영상은 하나의 렌즈가 아닌 여러 개의 렌즈들이 각각 다른 위치에서 주어진 3차원 물체에 대해 생성된 이미지를 조합하여 만든 전체 이미지를 말한다. 렌즈는 어레이로 구성되어 있으며, 렌즈의 종류는 렌즈 형태(lens shape), 렌즈크기(lens size)와 렌즈 초점거리(focal length)에 따라 결정된다. 하지만, 렌즈 어레이에 있는 모든 렌즈의 종류는 같다. 각각의 렌즈마다 얻게 되는 이미지들은 배치되는 렌즈의 위치와 렌즈의 종류에 따라서 달라진다.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{Z_{CDP}} \quad (\text{식 1})$$

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{V_1 \cdot V_2}{|V_1| |V_2|} \right) \quad (\text{식 2})$$

식 (1) 에서, f 는 렌즈의 렌즈 초점거리이고, g 는 렌즈와 상이 매치는 디스플레이(display)와의 거리(gap)이다. Z_{CDP} 는 렌즈와 물체와의 거리이다. f 와 Z_{CDP} 에 의해서 g 의 값이 결정되게 된다. g 가 결정되게 되면, 디스플레이에서 렌즈 중심으로 향하는 두 벡터 V_1 과 V_2 를 얻을 수 있다. 두 벡터 V_1 과 V_2 의 끼인각, θ 는 식 (2)와 같이 구해지며, 이 끼인각은 카메라의 fovy 정보로 활용된다. 또한 렌즈 가로(x) 세로 (y)의 렌즈 비율(aspect ratio)을 구하게 된다. 이렇게 얻어진 값을 이용하여 컴퓨터 시스템에서 제공하는 OpenGL library를 사용한 원근(perspective) 가상 카메라에 적용할 수 있다.

2.2 집적영상 픽업 기법

지금까지 알려진 픽업 기법은 대표적으로 PRR(Point Retracing Rendering), MVR(Multiple Viewpoint Rendering), PGR(Parallel Group Rendering), VVR(Viewpoint Vector Rendering)이 있다[3].

PRR 방식은 렌즈를 통해서 디스플레이에 상이 맺히는 부분을 하나하나 계산하의 찾아 주게 된다. 기초 영상의 모든 픽셀에 대해서 계산이 이뤄져야 하기 때문에 실시간으로 얻어야 하는 부분에서 사용하기에 적합하지 않다. MVR 방식은 컴퓨터 그래픽인 OpenGL[12]을 사용하여 가상으로 실제와 같은 기초영상을 얻을 수 있는 방식이다. 컴퓨터 그래픽을 이용하기 때문에 간단하면서도, 정확한 기초영상을 얻을 수 있으며, 단일 기초영상의 크기에 전혀 영향을 받지 않는다. 하지만, 렌즈 어레이의 증가에 따른 시간증가 문제점이 있으며, 사용되는 3D 물체의 해상도에도 영향을 받게 된다. 렌즈 증가에 따른 시간증가로 인해 실시간으로 얻는 방법에는 적합하지 않다. PGR 방식은 디스플레이에서 렌즈를 통하는 벡터는 한정되어 있으며, 포커스 모드에서 이 벡터 방향의 이미지를 얻게 되며, 이 이미지는 렌즈를 통해 생성되는 벡터의 개수만큼 만들게 된다. 이 영상에서 각각의 기초영상에 대응하는 정보를 매칭 시키게 되는데, 렌즈의 수가 증가하더라도 시간적 문제는 생기지 않게 된다. 하지만, 포

커스 모드에서만 사용해야 하며, 단일 기초영상의 크기가 증가하게 되면, 이 역시 시간적 문제점이 생기게 된다. VVR 방식은 PGR 방식을 이용하였으며, 렌즈를 통해 생성되는 벡터를 일정하게 그룹화 하여, 벡터 방향의 이미지를 적게 얻어 시간을 단축시킬 수 있다. 하지만, 정밀도를 원하는 부분에서는 왜곡 현상을 겪을 수 있다.

이처럼, 다양한 알고리즘이 연구 되고 있지만, 바이오 메디컬 데이터에 적용하기에는 많은 문제점이 있다. 바이오 메디컬 데이터는 대용량 볼륨 데이터이기 때문에 렌더링에만 소요되는 시간이 많다. 예를 들어, 512×512 크기의 이미지 79장으로 구성된 바이오 메디컬 데이터를 고려해보자. 이미지 픽셀이 1 바이트로 구성되어 있으면 전체 볼륨데이터의 크기는 512×512×79 바이트이며, 이러한 대용량 데이터에 대해 렌즈어레이로부터 기초 영상을 빠르게 생성하기 위해서는 기존의 방법으로는 한계가 있다.

본 논문에서는 $N \times N$ 개의 렌즈로부터 렌더링을 효율적으로 수행하기 위해 볼륨 데이터를 옥트리(Octree) 알고리즘을 사용하여 자료구조화를 하였다. 옥트리가 볼륨 데이터에 대한 내부 정보를 가지고 있기 때문에 물체의 깊이를 다르게 하면, 내부까지도 기초 영상으로 생성할 수 있는 장점을 가지고 있다. 다음으로 GPU(Graphics Processing Unit)를 사용하게 된다. 기존의 CPU(Central Processing Unit)에서 처리하던 변환(Transform)과 조명(Lighting)을 그래픽 프로세서, 즉 GPU가 처리함으로써 렌더링 속도를 향상시킬 수 있다. 특히 최근 들어 대부분의 컴퓨터에는 GPU를 장착하고 있다. 따라서 본 논문에서는 대용량 볼륨데이터에 대한 옥트리를 먼저 구하고, 이를 이용하여 GPU 렌더링을 수행하였다.

3. 렌더링 향상 기법

본 논문에서 사용된 집적영상 픽업 알고리즘으로 MVR 방식을 이용하였으며, 집적영상을 생성하는 전체적인 과정은 [그림 3]과 같이 크게 5단계를 구분하였다. 첫 번째 단계는 렌즈의 다양한 정보와 렌즈어레이를 정의하는 단계이다. 두 번째 단계는 볼륨 데이터의 효율적인 자료구조화를 위해 옥트리를 구성하는 과정이다. 그리고 세 번째 단계에서 MVR 알고리즘을 사용하기 위

해 입력된 렌즈어레이 정보로부터 가상카메라를 지정을 한다. 네 번째 단계로 각각의 렌즈에 설정된 가상 카메라로부터 주어진 볼륨데이터를 지정된 영역에 단일 기초 영상으로 렌더링을 하게 되며, 마지막으로 이들 단일 기초 영상을 모아 하나의 집적영상을 생성하게 된다.

3.1 렌즈정보 입력

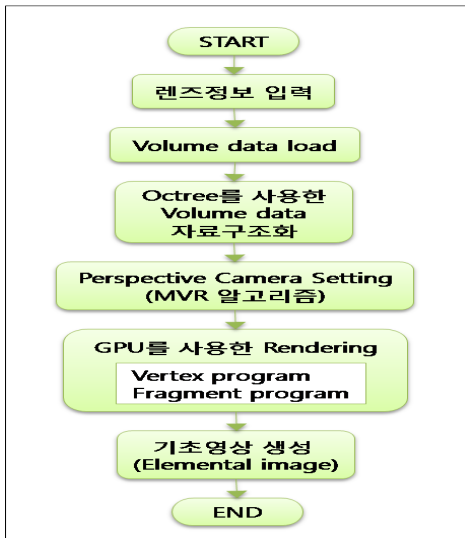


그림 3. 집적영상을 얻기 위한 픽업 과정

사용자는 디스플레이에 사용될 렌즈의 정보를 입력하게 된다. 렌즈의 정보로는 렌즈의 타입, 크기, 초점 거리가 있다. 기초영상을 얻기 위해서는 렌즈어레이에 대한 설정이 있어야 한다. 또한 렌즈와 물체와의 거리를 정의해 줘야 하며, 기초영상이 맺힐 디스플레이어의 픽셀 사이즈를 정의해 주어야 한다.

3.2 특정 시점에서의 렌더링

3.1절에서 언급한 사용자에게 의해 입력된 렌즈 정보를 통해 시점과 뷰 볼륨(view volume) 정보 등을 계산한 후, 특정 시점에서의 볼륨데이터를 렌더링 한다. 본 논문에서는 널리 사용되고 있는 컴퓨터 그래픽스 라이브러리인 OpenGL을 이용하여 주어진 볼륨 데이터를 렌더링 한다. 이러한 방법은 실제 렌즈어레이를 통해서 얻는 영상을 가상으로 정확하게 얻을 수 있다는 장점을 가지고

있다. 대부분의 의료분야에서 사용되고 있는 볼륨데이터는 실제 렌즈를 대고 얻을 수 있는 데이터가 아니며, 특수 장비(CT, MRI)등을 통해서 얻을 수밖에 없다. 이런 다양한 장비를 통해서 얻는 영상을 컴퓨터 그래픽스 기술을 이용하여 집적영상을 구현한다면, 다양한 분야에서 사용할 수 있을 것이다.

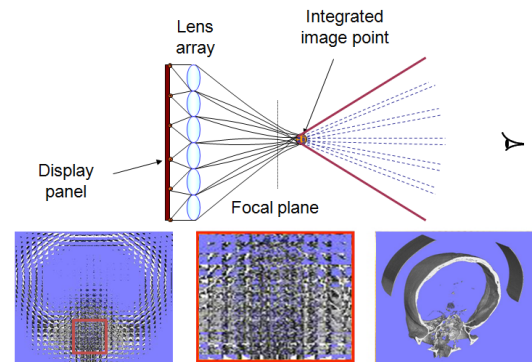


그림 4. 집적영상의 픽업 과정과 이를 통해 얻어진 기초영상

이러한 기법에서는 렌즈어레이의 각 렌즈에 해당하는 부분을 가상 원근카메라로 생성하게 되며, 이렇게 생성된 가상 카메라는 각각의 자신에 맞는 정보를 부여 받게 되며, 가상 카메라로부터 보이는 부분을 대응하는 디스플레이 영역에 렌더링 한다. [그림 4]는 렌즈어레이, 디스플레이, 3차원 객체간의 관계를 잘 설명하고 있으며, 집적 영상 픽업 과정을 통해 렌더링된 영상을 나타내고 있다. 렌더링 과정을 살펴보기 위해 렌즈어레이가 $N \times N$ 렌즈들로 구성되어 있다고 가정하자. 분명, 각 렌즈에는 하나의 카메라가 지정될 것이고, 또한 디스플레이 될 영역이 설정될 것이다. 따라서 $N \times N$ 개의 카메라 각각에 대해 MVR 기법을 이용하여 렌더링 영상을 생성한 후, 이들 영상의 통합을 통해 최종 집적영상을 생성한다.

본 논문에서는 3차원 물체로 고용량 의료데이터를 사용하였다. 이들 데이터가 대용량이므로, 특정 카메라로부터 이를 효율적으로 렌더링하기 위해서는 고용량 의료데이터의 구조화가 요구된다.

3.3 볼륨데이터의 옥트리 구성

최종 집적영상을 효율적으로 얻기 위해서는 무엇보다도 MVR 렌더링을 좀 더 빠르게 수행해야 할 것이다. 이를 위해 본 논문에서는 여러 장의 CT 혹은 MRI 영상으로 구성된 볼륨 메디컬 데이터로부터 옥트리(Octree)를 구성한다. 주어진 볼륨데이터에 대한 옥트리를 구성하는 기본 원리는 먼저 볼륨데이터를 포함하는 바운딩 박스(bounding box)를 생성하여 옥트리 노드(root node)에 저장한다. 이 노드에 대응하는 볼륨 영역이 모두 채워져 있거나 혹은 비어 있으면 그 노드를 더 이상 분할하지 않고 멈춘다. 그렇지 않으면 그 노드를 다시 x축, y축, z축에 따라 8 개의 박스로 분할한 후, 위와 똑 같은 과정을 처리한다. 특히, 트리 노드가 사용자에 의해 주어진 특정한 깊이에 도달했을 경우에도 노드분할을 멈춘다. 따라서 옥트리의 단말 노드에서는 채워지거나 혹은 비어있는 복셀 데이터가 저장될 수 있으며, 또한 특정한 깊이에 도달되어 있는 경우에는 임의로 볼륨 데이터가 존재한다.

3.4 GPU를 이용한 옥트리 렌더링

본 논문에서는 특정한 시점으로 주어진 볼륨데이터를 렌더링하기 위해 3.3절에서 소개한 방법에 따라 구성된 옥트리를 이용한다. 옥트리의 뿌리 노드로부터 자식노드들을 넓이우선탐색을 통해 옥트리의 노드를 방문한다. 방문한 노드가 뷰 볼륨(View Volume)에 존재하지 않으면 자식 노드를 더 이상 순회하지 않는다. 뷰 볼륨에 존재하고 방문한 노드가 단말노드인 경우 노드에 자료가 없으면 렌더링을 하지 않고, 그렇지 않는 경우 렌더링을 수행한다. 만약 그 노드에 자료가 모두 채워져 있으면 그 자체를 렌더링하고, 그렇지 않으면 시점에 따라 구성된 자료를 렌더링 한다. 본 논문에서는 단말노드에 저장된 메디컬 자료의 효율적 렌더링을 위해 GPU(Graphics Processing Unit)를 사용한다. GPU 렌더링은 물체를 구성하는 정점 수준에서의 렌더링을 위한 버텍스 프로그램(vertex program) 부분과 프레임버퍼 수준에서 렌더링을 위한 프래그먼트 프로그램(fragment program)으로 나뉜다.

볼륨데이터가 옥트리의 단말노드에 채워져 있으면 해당하는 볼륨데이터를 렌더링하면 되지만 채워지지 않는

경우에는 주어진 시점과 볼륨데이터의 형태에 따라 렌더링 되어야 하는 면이 달라질 수 있다. 따라서 단말노드 렌더링을 위해서는 먼저 시점과 박스와의 관계, 즉 시점으로부터 가장 가까이 존재하는 박스의 정점을 구해야 한다. [그림 5]에서는 박스를 구성하는 정점들 중 앞면의 상단에 존재하는 점이 시점으로 가장 가까이 존재한다. 다음으로 수행해야 할 작업은 박스에 존재하는 볼륨데이터의 형태이다. 그 형태를 분석하면 [그림 5]와 같이 3개에서 6개의 점으로 구성된 다각형 유형이다[4]. 이러한 유형은 시점 벡터에 따라 달리 나타난다. 따라서 옥트리를 이용한 렌더링은 이들 두 부분, 즉 시점 벡터로부터 가까이 존재하는 박스의 정점 구하기와 시점벡터에 따른 박스에 나타나는 볼륨데이터의 형태 구하기에 대한 계산 효율성에 좌우된다. 본 논문에서는 이를 효율적으로 구하기 위해 버텍스 프로그램을 사용한다. 버텍스 프로그램에서는 먼저 시점에서 가장 가까이 존재하는 박스의 한 점을 구한 후, 박스와 교차하는 다각형을 구한다. 다각형을 구성하는 모든 점에 대해 시점 투영을 통해 화면에 나타나는 투영 점 그리고 그 점에 해당하는 텍스처 좌표 값을 계산한다[4].



그림 5. 채워지지 않은 박스를 렌더링을 위한 교차 다각형 유형[4]

다음 단계인 프래그먼트 프로그램에서는 프레임 버퍼(frame buffer)로 투영된 교차점에 대한 셰이딩(shading) 작업을 진행한다. 본 논문에서는 Phong 셰이딩 모델을 적용하여 볼륨 데이터를 렌더링 하였다.

4. 실험결과

본 논문에서 제안한 기법을 구현하기 위해 PC 환경에서 개발 도구로 MS Visual Studio 2008를 사용하였고, 3차원 그래픽스 라이브러리로 OpenGL를, GPU 프로그램을 위해 nVidia에서 개발한 cgLib를, Intel Core2 Quad CPU 2.67GHz, 4.00GB의 RAM, Windows Vista OS,

NVIDIA GeForce 9800 GT 그래픽 카드를 사용하였다. 볼륨데이터에 대한 집적기초영상 생성을 위해 본 논문에서는 [그림 6]과 같은 512×512×79 크기의 사람 머리 내부 영상을 사용하였다.

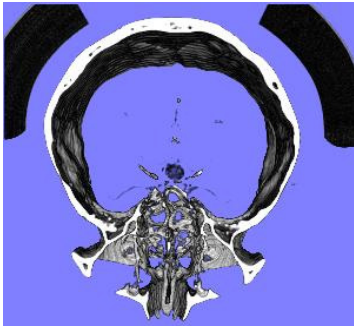
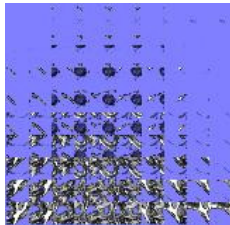
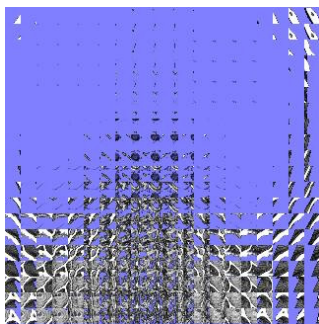


그림 6. 512×512×79 크기의 사람 머리 볼륨데이터

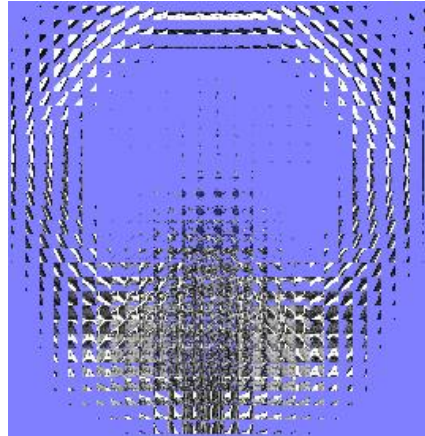
[그림 7]은 사람 머리의 내부를 깊이를 다르게 하여 혈관들을 확인할 수 있는 메디컬 데이터를 이용하여 10×10 크기, 20×20 크기와 30×30 크기의 렌즈어레이를 적용하여 집적영상을 얻은 모습이다.



(a) 10×10 크기의 렌즈어레이에 대한 집적영상



(b) 20×20 크기의 렌즈어레이에 대한 집적영상



(c) 30×30 크기의 렌즈어레이에 대한 집적영상

그림 7. 렌즈어레이의 크기에 따른 집적영상 생성

본 논문에서 제시한 기법의 효율성을 측정하기 위해 널리 알려진 OpenGL의 gl3DTexture를 사용하여 볼륨 데이터를 렌더링하였다. 이 기법을 사용하는 경우 1×1 렌즈어레이, 4×4 렌즈어레이와 10×10 렌즈어레이에 대한 직접영상 생성은 각각 0.93초, 17.88초와 93.0초 소요되었다. 그리고 본 논문에서 제시한 기법을 사용한 1×1 렌즈어레이, 4×4 렌즈어레이와 10×10 렌즈어레이에 대한 직접영상 생성은 각각 0.046초, 7.33초와 45.08초 소요되었다. 이러한 시험 결과를 정리하여 그래프로 표현하면 [그림 8]과 같다. 그림에서 가로축은 렌즈어레이 수를, 세로축은 집적영상을 생성한 시간을 표현하고 있다. [그림 8]에서 굵은 실선은 gl3DTexture를 사용한 경우를 나타내고 있고, 가는 실선은 GPU와 옥트리를 사용한 경우를 나타낸다. 이상의 결과를 통해 본 논문에서 제시한 기법이 기존 기법보다 좀 더 효율적으로 집적영상을 생성함을 알 수 있다.

본 논문에서 특정한 카메라로부터 OpenGL 기법을 이용하여 렌더링을 수행하고 있어, $N \times N$ 크기의 렌즈어레이에 대한 집적영상 생성을 위한 시간은 $N^2 \times RT$ 이다. 여기서 RT는 특정한 카메라로부터 볼륨데이터를 렌더링하는 시간이다. 따라서 N의 증가에 따른 집적영상 생성 시간이 N^2 로 증가하는 부분에 대해서는 해결해야 할 문제점이다. 하지만, 옥트리 자료구조와 GPU를 사용

함으로써 불가능하게 생각이 되었던 볼륨 데이터에 대한 집적영상기술 부분에 어느 정도 가능성을 볼 수 있었다.

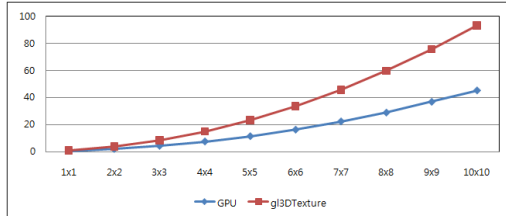


그림 8. [512×512×79] 볼륨데이터에 대한 렌즈어레이 크기에 따른 렌더링 시간

5. 향후 연구과제

볼륨데이터에 대한 집적영상에 적용은 아직 많은 문제점을 안고 있다. 가장 중요한 부분인 실시간으로 가시화를 할 수 있어야 하지만, 아직은 그렇게 하지 못하고 있다. 기초영상의 용량은 그리 크지 않지만, 이를 얻기 위해서는 많은 자원을 필요로 하고 있다.

고용량의 볼륨데이터를 $N \times N$ 렌즈어레이 영상을 구하기 위해서는 $N \times N$ 번의 렌더링이 요구되어 많은 시간이 소요된다. 이에 대한 렌더링 속도 향상을 위해 본 논문에서는 옥트리와 GPU를 이용하였지만, 실행 속도 결과를 보면 많은 문제점이 있다. 따라서 향후 다음과 같은 측면에서 좀 더 많은 연구가 이루어져야 한다. 첫 번째 GPU를 이용한 $N \times N$ 카메라 렌더링을 효율적으로 진행하기 위해 인접한 카메라간의 매우 유사한 정보가 많으므로 시간 응집도와 공간 응집도를 이용한 기법에 대한 연구가 필요하다. 두 번째 연구로는 다중 GPU를 이용한 렌더링의 병렬화 기법이다.

참고 문헌

- [1] G. Lippmann, "La photographie integrale," *C.R Academic Science*. Vol.146, pp.446-451, 1908.
- [2] F. Okano, H. Hoshino, J. Arai, and I. Yuyama, "Real-Time Pickup Method for a Three-Dimensional Image based on Integral Photography," *Applied Optics*, Vol.36, pp.1598-1603(1887).
- [3] S. W. Min, "Enhanced Image Mapping Algorithm for Computer-Generated Integral Imaging System," *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.45, No.28, pp.L744-L747, 2006.
- [4] Kaus Engel, Markus Hadwiger, Joe M. Kniss, Christof Rezk-Salama, and Daniel Weiskopf, *Real-Time Volume Graphics*, K. Peters, Ltd., 2006.
- [5] Jang-II Ser, "A Study on the Properties of an Elemental Image depending on the Shape of Elemental Lens and the pick-up Method in the Integral Imaging," *Journal of Telecommunication and information*, Vol.10, pp.33-39, 2006.
- [6] S. W. Min, "Three-dimensional Image Processing using Integral Imaging Method," *Optical Society of Korea summer Meeting 2005*(7.14~15, 500).
- [7] J. Y. Son, Vladimir V. Saveljev, J. S. Kim, Sung-Sik, and Bahram Javidi, "Viewing Zones in Three-dimensional Imaging Systems based on Lenticular, Parallax-barrier, and Microlens-array Plates," *Applied Optics*, Vol.43, pp.4985-4992, 2004.
- [8] J. I. Ser and S. H. Shin, "Elemental Image Resizing and the Analysis of the Reconstructed Three dimensional Image in the Integral Imaging System," *Journal of Korean Optics*, Vol.16, No.3, pp.225-233, 2005(6).
- [9] Y. H. Jang, C. Park, J. H. Park, N. Kim, K. H. Yoo, "Parallelization for Integral Imaging Pickup," *ICCC 2008*, Vol.6 No.2, pp.63-64, 2008(12).
- [10] Y. H. Jang, C. Park, J. H. Park, N. Kim, and K. H. Yoo, "Parallel Processing for Integral Imaging Pickup using Multiple Threads," *International Journal of Contents*, Vol.5, No 4,

pp.30-34, 2009.

[11] Y. H. Jang, C. Park, H. J. Lee, D. O. Seong, J. H. Park, N. Kim, J. S. Yoo, and K. H. Yoo, "An Improved Method for Integral Imaging Pickup of Bio-Medical Data using GPU," *Korea Computer Graphics Society*, pp.89-91, 2009(10).

[12] <http://www.opengi.org>.

[13] Fernando, *GPU Gems*, Addison Wesley. 2004.

저 자 소 개

장 영 희(Younghee Jang)

준회원



- 2008년 2월 : 충북대학교 컴퓨터 교육과(공학사)
 - 2008년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 정보산업공학과 석사과정
- <관심분야> : 컴퓨터 그래픽스, LCMS, 학습추론, 유러닝

박 찬(Chan Park)

정회원



- 2003년 2월 : 충북대학교 컴퓨터 교육과(공학사)
 - 2007년 2월 : 충북대학교 컴퓨터 교육과(교육학석사)
 - 2008년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보산업공학과 박사과정
- <관심분야> : LMS, LCMS, 이러닝, 유러닝, 멀티미디어, 컴퓨터 그래픽스

정 지 성(Ji-Sung Jung)

준회원



- 2009년 2월 : 충북대학교 컴퓨터 교육과(공학사)
 - 2009년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보산업공학과 석사과정
- <관심분야> : 컴퓨터 그래픽스, LCMS, 학습추론, 유러닝

박 재 형(Jae-Hyeung Park)

정회원



- 2000년 2월 : 서울대학교 전기공학부(공학사)
- 2002년 2월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부(공학석사)
- 2005년 8월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부(공학박사)
- 2005년 9월 ~ 2007년 8월 : 삼성전자 책임연구원
- 2007년 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 조교수

<관심분야> : 3차원 디스플레이, 광정보처리

김 남(Nam Kim)

중신회원



- 1981년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
- 1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
- 1988년 8월 : 연세대학교 전자공학과(공학박사)

• 1992년 8월 ~ 1993년 8월 : 미국 Stanford 대학교 방문교수

• 2000년 3월 ~ 2000년 2월 : 미국California Technology Institute 방문교수

• 1989년 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수

<관심분야> : 광정보처리, 광통신, 이동 통신 및 전파 전파, 마이크로파 전송 선로 해석, EMI/EMC 및 전자파 인체보호 규격

하 중 성(Jong-Sung Ha)

정회원



• 1984년 : 서울대학교 컴퓨터공학과(공학사)

• 1986년 : 한국과학기술원 전산학과(공학석사)

• 1996년 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)

• 1986년 ~ 1989년 : (주)현대전자산업 대리

• 1990년 ~ 현재 : 우석대학교 게임콘텐츠학과 교수

- 2001년 : 미국 조지워싱턴대학교 방문교수
- <관심분야> : 응용계산기하학, 컴퓨터그래픽스, 3D 콘텐츠

류 관 희(Kwan-Hee Yoo)

중신회원



- 1985년 2월 : 전북대학교 전산통계학과(이학사)
 - 1987년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학학사)
 - 1995년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)
- 1988년 1월 ~ 1997년 8월 : 데이콤 선임연구원
 - 1997년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 컴퓨터교육과 및 정보산업공학과 교수
- <관심분야> : 컴퓨터그래픽스, 인공지능모델링, 3차원 게임, 교육용콘텐츠