

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2014.14.4.101>

JIIBC 2014-4-15

클라우드 컴퓨팅을 활용한 모바일 의료영상 볼륨렌더링 아키텍처

Volume Rendering Architecture of Mobile Medical Image using Cloud Computing

이웅규*, 남두희**

Woongkyu Lee*, Doohee Nam**

요약 전 세계적으로 초고속 인터넷 망의 확충과 스마트폰의 보급에 따라 클라우드 컴퓨팅의 장점을 극대화 할 수 있는 시대가 도래 하였다. 본 연구에서는 클라우드 컴퓨팅을 활용한 모바일 환경에서의 의료영상 볼륨 렌더링 아키텍처를 제안한다. 해당 아키텍처는 값 비싼 워크스테이션 서버와 스토리지를 대체하기 위해 클라우드 컴퓨팅 서비스 중 하나인 IaaS(Infrastructure as a Service)를 사용한다. 그리고 모바일 하드웨어의 제약에서 벗어나 안정적인 렌더링을 위해 WebGL을 이용한 가시화 방법을 제안한다. 이번 연구를 통해서 모바일 환경에서의 효율적인 의료영상 볼륨 렌더링 서비스에 적용될 수 있는 기초 연구가 될 수 있기를 기대한다.

Abstract The era came that by having fastest internet and smart phone makes cloud computing really a big merit. This paper proposes architecture for medical image volume rendering in mobile environment using cloud computing. This architecture to replace expensive workstation server and storage it use one of the service of cloud computing IaaS(Infrastructure as a Service). And this paper propose to use WebGL to get rid of restriction of mobile hardware. By this research, it is expected that medical image volume rendering service in mobile environment is more effective and can be a foundation work.

Key Words : Cloud computing, Volume rendering, Medical image, WebGL,

1. 서 론

시장조사 기관인 가트너(Gartner)는 향후 2~3년 이내에 전 세계 90%이상 기업들이 클라우드 컴퓨팅(Cloud computing) 서비스를 도입할 것으로 전망 했다^[1]. 클라우드 컴퓨팅은 오늘날 IT 업계에서 가장 큰 동향중의 하나이다. 그리고 여전히 새롭고 지속적으로 성장하고 있으며 다양한 분야에 응용 되어 지고 있다. 하지만 의료 영

상 볼륨 렌더링 분야에 대한 클라우드 컴퓨팅 응용 연구는 많이 이루어지지 않고 있다. 현재 의료영상 볼륨 렌더링은 모바일 기기 내에서의 한정적 자원을 이용하여 렌더링하기 때문에 기기의 성능에 많이 의존하게 된다. 본 연구에서는 클라우드 컴퓨팅 서비스와 Web환경에서의 그래픽 처리 기술을 결합한 형태의 모바일 의료 영상 볼륨렌더링 아키텍처를 제안한다. 본 연구는 값 비싼 워크스테이션의 필요성을 제거하고, 모바일 디바이스의 한정

*정회원, 한성대학교 정보시스템공학과

**정회원, 한성대학교 정보시스템공학과 (교신저자)

접수일자 : 2014년 6월 19일, 수정완료 : 2014년 7월 19일

게재확정일자 : 2014년 8월 8일

Received: 19 June, 2014 / Revised: 19 July, 2014

Accepted: 8 August, 2014

*Corresponding Author: doohee@hansung.ac.kr

Dept. of Information Systems Eng., Hansung University, Korea

적 자원의 제약에서 벗어난 효과적인 의료 영상 아키텍처를 어떻게 적용할지에 대해 보여준다.

II. 클라우드 컴퓨팅과 의료영상 볼륨렌더링

1. 클라우드 컴퓨팅

클라우드 컴퓨팅에 대한 정의는 일반적으로, 컴퓨팅에 사용되는 기술 및 자원을 공유, 분배하여 사용하는 것을 의미한다. 2006년 구글(Google)의 직원 Christophe Bisciglia가 제안한 ‘컴퓨팅 자원 활용 아이디어’에서 처음 소개 되었으며, 이는 사용자 들이 인터넷을 통해 클라우드 컴퓨팅에 대한 전문적인 지식과 기술 없이도 애플리케이션, 스토리지, OS 보안 등 자신의 필요한 IT 자원을 원하는 시점에 필요로 하는 만큼만 대가를 지불하고 서비스를 이용할 수 있게 하는 서비스를 의미한다.

클라우드 컴퓨팅의 종류로는 서비스를 제공하는 레이어에 따라 SaaS(Software as a Service), PaaS(Platform as a Service), IaaS(Infrastructure as a Service)의 세 가지 분류로 크게 나눌 수 있다.

IaaS는 PaaS에서 제공하는 추상화된 형태의 서비스가 아닌 가상 서버, 데이터베이스 시스템 등을 직접 사용할 수 있는 서비스를 제공한다. 서비스 사용자는 IaaS 레이어를 통해 제공받은 서버 등의 시스템을 이용하여 원하는 종류의 플랫폼을 구성하고 서비스를 제공할 수 있다. 이런 형식의 서비스는 사용자나 기업들이 필요한 만큼의 서비스를 사용하고 사용량만큼의 사용료를 지불한다. 이는 전기, 수도를 사용하고 요금을 지불하는 방식과 유사하기 때문에 Utility Computing 이라고도 한다. IaaS의 대표적인 서비스는 아마존 웹 서비스가 있다.

PaaS는 SaaS의 개념을 개발 플랫폼에도 확장한 방식으로, 개발을 위한 플랫폼 구축을 할 필요 없이 필요한 개발 요소들을 웹에서 쉽게 빌려 쓸 수 있게 하는 모델이다. 즉, 사용자가 쉽게 서비스를 만들 수 있도록 필요한 기본 기능을 제공하는 플랫폼을 서비스 형태로 제공하는 클라우드 컴퓨팅 서비스이다. 구글에서 제공하는 Google Apps Engine, Bungee Connect 등이 이러한 PaaS 레이어에 속해있는 서비스이다. PaaS 레이어에서는 서버 관리 등의 복잡하고 비용이 많이 들어가는 작업을 추상화시켜 사용자에게 제공하여 준다.

SaaS에서는 사용자들에게 소프트웨어나 어플리케이션을 서비스형태로 제공하는 형태의 클라우드 컴퓨팅 서비스이다. 다른 말로는 AaaS(Application as a Service)라 한다. 일반적으로 소비자들이 로컬 컴퓨터의 어플리케이션이나 응용소프트웨어를 설치해두고 해당 작업을 진행하는데 기존의 일반적인 방식에는 반해, SaaS에서는 보통 웹을 통해 위와 같은 작업들을 어플리케이션이나 소프트웨어를 사용하는 방식이다. SaaS의 대표적인 예로는 Salesforce.com의 CRM, Sales서비스 등이 있다.

2. 의료 영상 볼륨 렌더링

의료영상은 특수 장비를 이용해 몸의 이미지를 캡처하고 분석하는 부분을 다룬다. X-ray를 기반으로 하는 라디오그래피(radiography) 혹은 컴퓨터 단층촬영(Copmuted Tomography), 자기공명영상 (magnetic resonance imaging)을 포함한다. 여기서 촬영된 이미지는 몸을 분할하여 촬영하기 때문에 슬라이스(slice)형태로 이미지를 표현한다. X-ray 이미지의 경우 단일 이미지로 결과를 제공하고, MRI의 경우 다수의 이미지를 중첩하여 결과를 생성한다. 다수의 이미지를 가진 MRI 영상의 경우 수많은 이미지에 대한 분석 비용이 들기 때문에 연속적인 단층촬영을 실시한 후 단면 영상들을 종축으로 쌓은 이산 샘플(discrete sample)들의 3차원 집합인 볼륨을 사용한다. 해당 볼륨은 볼륨 렌더링을 통하여 가시화할 수 있으며 볼륨 렌더링(Volume Rendering)은 3차원 볼륨 데이터의 가시화를 위해 개발된 방법을 의미한다^[2]. 볼륨 렌더링은 물체를 미세한 정육면체나 미립자의 합으로 표현하는 기술로 3D볼륨을 2D이미지로 투영하는 기술이라 할 수 있다. 이는 광선 투사(Ray casting) 기법을 이용하여 볼륨에 대한 Data를 추출하고 이를 적절한 블렌딩(Blending)과정을 거쳐 텍스처(Texture)에 결합하여 해당 위치의 2D 이미지 픽셀 값에 반영 하여 결과 영상을 출력한다. 볼륨 렌더링은 주로 의학적, 공학적 가시화에 사용되며 임상 진단이나 수술 모의실험 등에 사용할 수 있다.

3. 볼륨 렌더링 과정

볼륨을 렌더링 하기 위해서는 광선 투사 알고리즘을 수행해야 한다. 3차원 공간상의 물체를 투사하였을 때 2차원 투사평면에 투사된 2차원 공간상의 한 점을 픽셀이라고 한다. 볼륨 내의 샘플링된 복셀의 좌표 위치를 결정

하기 위해서는 변환행렬을 사용하여 광선이 지나가는 위치를 결정한다. 이러한 방식으로 광선 투사법을 통하여 복셀의 밀도 값을 시선 방향으로 모두 누적시켜 최종으로 2차원 공간상에 투사되는 3차원 영상을 표현할 수 있다.^[3]

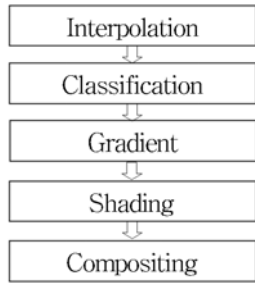


그림 1. 볼륨 렌더링 프로세스
 Fig 1. Volume Rendering Process

그림 1은 렌더링에 대한 결과를 얻기 위한 일련의 과정이다^[4], 먼저 Interpolation이란 복셀의 값을 추출할 때 이용하는 방법으로 광선 투사법에 의한 광선의 위치는 실제 복셀 좌표와 일치하지 않은 경우가 발생하기 때문에 복셀 간의 보간 연산이 필요하다. 다음 과정은 볼륨의 불 투명도를 계산하는 과정인 Classification이다. 변환 함수를 사용하여 물체에 대한 색상과 불투명도 값을 할당 받는 과정으로, 변환 함수는 색상 변환 함수와 투명도 변환 함수로 나뉜다. 각각 가상 색상과 투명도의 값을 조절하는 역할을 한다. 3번째 과정은 Gradient 과정으로 복셀 표면의 법선 벡터를 구하는 것을 의미한다. 음영 값을 결정하는 과정에서 Gradient의 크기를 이용하여 빛과 관계된 요소와 불 투명도를 연계 되어 있으므로 Gradient의 크기와 방향을 구할 필요성이 있다. Gradient(Dx, Dy, Dz)는 해당 복셀의 x, y, z 방향의 전후 복셀 밀도 값의 차이를 이용하여 구한다. 4번째 과정은 Gradient 연산에서 구한 복셀 표면 법선벡터를 이용하여 음영 값을 결정하는 Shading 과정이다. 음영 값을 결정 하는 방법에는 일반적으로 뽕 웨이딩이 상용된다. 뽕 웨이딩 공식은 이하 식으로 나타낼 수 있다.

$$s(P_i) = c_a + c_d \cdot (L \cdot N) + C_s \cdot (R \cdot V)^a \quad (1)$$

c_a 는 주변광, c_d 난 반사광, c_s 정 반사광 계수를 의미하며 N은 Gradient 연산에서 구한 복셀 표면 법선 벡터

이고, L은 광원 벡터이다. R은 정반사된 각도를 의미하고, V는 시선 방향을 의미한다. 마지막 과정은 Compositing으로 이 전 과정에서 생성된 불투명도 값과 음영 값을 시선 방향으로 누적을 시키는 과정이다. Alpha Blending 과정이라고도 하며 수식은 이하와 같다.

$$C_{dst}' = C_{dst} + (1 - a_{dst}) C_{src} \quad (2)$$

$$a_{dst}' = a_{dst} + (1 - a_{dst}) a_{src} \quad (3)$$

해당 결과에서 얻어진 누적 결과 값인 Color 값을 최종 픽셀에 반영하여 결과 영상에 반영하게 된다.

III. 방법론

1. 기존 연구

최근에 데이터가 방대해지고, 다양해짐에 따라 원격지에 저장된 데이터 가운데 특정 부분만을 액세스하여 가시화를 수행하거나 서버에서 렌더링 된 영상을 받아 디스플레이만을 수행하는 클라이언트 소프트웨어들이 많이 개발되고 있다^[5]. ScanView 라는 이름의 클라이언트-서버 렌더링 시스템이 대표적인 예라고 할 수 있는데 이 시스템의 클라이언트는 PC상에서 수행되는 간단한 뷰어 인터페이스와 축소된 다각형 모델로 구성되며, 사용자는 인터페이스를 통해 카메라의 위치와 방향을 바꿔가며 축소모델을 실시간 속도로 렌더링 하면서 영상들을 생성할 수 있다.

Volume Rover는 데이터 커터(Datacutter)와 스토리지 리소스 브로커(Storage Resource Broker)라는 방대한 데이터의 필터링과 관리를 위한 미들웨어를 내부적으로 사용하고 있다.

VR2의 경우에는 볼륨 가시화 소프트웨어에 가상현실을 이용한 사용자 인터페이스를 접목시킨 시스템으로, 분리된 고성능의 서버에서 볼륨 렌더링을 수행하고 PC에서는 가상현실 도구를 이용해 볼륨 데이터에 대한 관찰, 조명설정, 단면 설정 등의 기능을 제공한다. 그리고 Hachaj, T(2014)^[6]에서 제안한 솔루션의 경우 소켓 스트림을 이용한 렌더링 시스템이다. 스마트폰에서 독립적인 PC서버로 렌더링 요청 메시지를 보내게 되면 볼륨에 대한 렌더링 과정을 수행 후, JAVA로 구현된 클라이언트 어플리케이션에 전달하게 된다. 이 어플리케이션은

OpenGL 라이브러리를 이용하여 GPU에 접근하여 해당 어플리케이션을 구동시킨다.

기존의 연구에서 개발된 시스템들은 볼륨 데이터에 대한 가시화 문제를 클라이언트 - 서버 개념을 이용해 해결하였다는 점에서 공통점을 갖는다. 본 연구는 기존 방법과는 다르게 클라이언트-서버 모델을 확장시킨 클라우드 / 클라이언트 방식을 기반으로 한다. 또한 기존의 모바일 디바이스의 사양 및 하드웨어의 영향을 많이 받는 기존 연구와는 달리 HTML5 기술 중 웹 브라우저 환경에서 3차원 그래픽 렌더링을 지원하는 WebGL을 이용하여 볼륨에 대한 영상 결과물을 가시화 한다.

2. 제안 아키텍처 구조

본 연구에서 제안하는 아키텍처는 그림 2와 같이 크게 3가지로 구분된다. 사용자가 장소와 시간에 제약 받지 않고 필요한 정보를 입력하거나 전달받기 위한 모바일 디바이스와, 결과물에 대한 저장 및 데이터 저장을 위한 가상 저장장치 그리고 가상 저장장치에서 전달 받은 데이터를 최종 결과 영상으로 출력하기 위한 처리 및 연산이 가능한 가상 IaaS 서버로 이루어져 있다. 스마트폰에서 실행되는 모바일 웹 어플리케이션은 사용자를 위한 볼륨 렌더링 영상을 서버에게 요청하고, 렌더링 서버는 사용자가 요청한 방대한 원 볼륨 데이터를 가상 스토리지에서 가져와 요청된 병렬 볼륨 렌더링 작업을 수행한다.

사용자가 모바일 웹 어플리케이션을 실행하여 리스트 가운데 가시화 하고자 하는 볼륨데이터를 선택하면 원본 볼륨 데이터에 대한 렌더링 연산을 수행하고 그에 대한 결과를 웹 어플리케이션으로 전달한다. 전달된 데이터는 텍스처 매핑 기법을 이용하여 화면에 디스플레이 하게 된다. 사용자는 스마트폰에 대한 터치를 이용하여 카메라 방향을 자유롭게 변경할 수 있고 변환 함수를 조정하여 볼륨의 가시화 영역을 자유롭게 조절 할 수 있다.

렌더링 서버는 광선 투사법을 이용한 고화질 영상을 생성하는 주된 역할을 한다. 본 연구에서는 Amazon 클라우드 서비스의 대표적인 IaaS 컴포넌트인 EC2 사용을 제안한다. EC2에서 제공하는 하드웨어를 가상화해 서버를 구축하고, 구축된 서버를 통해 클라이언트가 전송한 렌더링 관련 파라미터들(볼륨 데이터 정보, 카메라 위치, 전이 함수 값 등)을 받는다.



그림 2. 볼륨렌더링 제안 아키텍처

Fig. 2. Volume rendering architecture using cloud computing

가상 스토리지는 모바일 웹 어플리케이션, 렌더링 서버와 지속적으로 연결을 유지하면서 필요로 하는 볼륨 데이터를 저장하고, 전송하는 역할을 담당한다. 가상 스토리지 서버는 대용량의 저장 장치를 갖춘 시스템이며 플랫폼에 관계없이 이식 가능하도록 설계 되어야 한다. 본 논문은 EC2 인스턴스에 Attach 될 수 있고 속도가 빠른 가상 하드디스크인 Amazon EBS 사용을 제안한다.

3. 제안 아키텍처의 장점

본 논문에서 제안하는 아키텍처는 IaaS에서 제공하는 서버 및 스토리지를 사용하기 때문에 기존의 호스팅 서비스와 달리 클라우드 호스팅은 고객이 클라우드 데이터 센터로부터 필요한 만큼 가상의 서버 인스턴스를 임대해 사용하기 때문에 관리자는 소정의 금액을 월단위로 지불하고 원하는 사양에서 다양한 운영체제 중 하나를 선택하여 서버를 구축하게 된다. 이를 통하여 서버 및 네트워크 구축, 관리자의 인적 자원 등의 비용을 절감시킬 수 있다. 또한 기존의 연구와는 달리 본 논문에서 제안한 아키텍처는 WebGL을 기반으로 웹 브라우저 상에서 볼륨에 대한 가시화가 이루어지기 때문에 모바일 디바이스 기종의 제약 및 하드웨어의 성능에 대한 제약 없이 실시간 볼륨 렌더링을 수행하게 된다.

IV. 실험 및 결과

비교평가에서 사용한 Amazon EC2/EBS 서비스는 가상화 기반의 하드웨어와 소프트웨어 서비스이다. EC2 서비스는 Instance 단위로 서비스를 제공한다. 하나의

Instance는 하나의 가상 컴퓨터로 사용자의 요구에 따라 하드웨어, 운영체제 소프트웨어를 선택하여 실행할 수 있다. Instance는 사용되는 자원의 크기에 따라 크게 standard, High-Memory, High-CPU로 구분할 수 있다. High-Memory는 최대 68.4GB의 메모리를 지원하며, High-CPU는 1.0-1.2 Ghz의 Opteron 또는 Xeon 프로세서와 유사한 성능의 EC2 Computer Unit(ECU)을 최대 8개까지 지원한다. 하위 표 1은 아마존 EC2의 서비스 분류이다^[7].

표 1. 아마존 EC2 서비스 분류

Table 1. Amazon EC2 service classification

대분류	소분류	CPU	메모리	HDD
Standard	Small	1ECU	1.7GB	160GB
	Large	4ECU	7.5GB	850GB
	Extra Large	8ECU	15GB	1690GB
Micro	Micro	2ECU	613MB	-
High-Memory	Extra Large	6.5ECU	17.1GB	420GB
	Double Extra Large	13ECU	34.2GB	850GB
	Quadruple Extra Large	23ECU	68.4GB	1690GB
High-CPU	Medium	5ECU	1.7GB	350GB
	Extra Large	20ECU	7.5GB	1690GB
GPU		33.5ECU	22GB	1690GB

Storage의 경우 Amazon S3와 같은 별도의 서비스를 사용하여 사용하는 용량, I/O사용에 따라 과금이 된다. EBS 볼륨은 블록 레벨의 Storage를 제공하며 Instance를 생성할 때 생성되는 EBS 볼륨을 제외하고는 Instance와 독립적으로 동작한다.

Amazon EC2의 성능 측정을 위하여 데이터에 대한 데이터 누적 연산을 수행하는 프로그램을 통하여 그 결과를 얻는데 걸리는 수행시간을 측정하였다. 또한 성능 확인을 위해 동일 사양의 일반 워크스테이션과의 성능을 비교하였다.

그림 3은 Amazon EC2와 워크스테이션의 성능을 비교한 그림이다. 두 개의 테스트 성능 비교는 각 데이터 크기 별 파일의 연산을 수행 하였을 때의 소요 시간으로 비교하였다. 약 0.8초 정도 소요시간이 늘어난 것을 볼 수 있는데 Amazon EC2는 가상화 환경이기 때문에 가상 네트워크의 성능과 디스크 I/O 성능이 로컬 워크스테이션의 성능보다 저조하기 때문에 나타나는 현상이다. 이와

더불어 같은 개수의CPU의 코어를 사용한다는 점이 동일 하지만 Amazon EC2의 4개의 코어의 경우 2개는 가상의 코어이므로 프로세스 셰어링 현상으로 인해 성능이 저조해진 것으로 예상할 수 있다. 실험 결과를 통해 CPU 성능은 유사하고 Memory의 로컬 워크스테이션보다 높은 용량을 가지고 있지만 가상화된 환경에서 다른 가상 머신과의 리소스 공유 문제 및 네트워크 문제로 인해 성능이 떨어진다는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 환경 구축을 함에 있어서 초기 설치비용과 유지비용이 절약된다는 점에서 Amazon EC2가 가격 대비 성능이 뛰어나다.

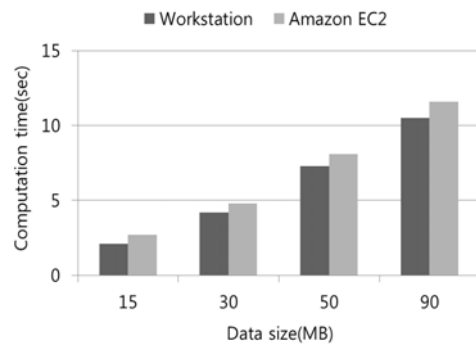


그림 3. 아마존 EC2 성능 평가

Fig. 3. Amazon EC2 performance analysis

표2를 보면 의료영상 볼륨렌더링은 많은 연산량을 포함하고 있기 때문에 이에 적합한 고사양의 High-CPU Extra Large 옵션과 이에 상응하는 Workstation을 비교하여 보았다.

표 2. 아마존 EC2와 Workstation의 비용 비교

Table 2. Compare the cost of Amazon EC2 and Workstation

분류	CPU	메모리	요금	초기비용	Life cycle cost
High CPU	20ECU	7GB	16.32\$	-	29,780\$
Work station	20core	7GB	-	39,840\$	39,840\$

Amazon EC2의 경우 하루 사용 요금이 16.32\$로 연간 5,956\$가 부과되는 것을 알 수 있다. 동일한 사양의 Workstation의 경우 초기 투자비용이 약 39,840\$로 서버 교체 주기를 5년으로 가정하였을 경우 Workstation 대비 약 10,000\$ 정도를 절약 할 수 있는 것을 볼 수 있다. 또

한 해당 Workstation의 유지보수 비용을 감안한다면 Amazon EC2 방식의 경제성이 더 뛰어난 것을 알 수 있다.

V. 결론

본 연구에서는 클라우드 컴퓨팅을 통한 모바일 환경에서의 볼륨 렌더링 아키텍처 구조를 제안하였다. 제안된 아키텍처는 볼륨 데이터 서버와의 접속, 원하는 볼륨 데이터의 선택, 볼륨 데이터에 대한 조작, 렌더링 환경 조절에 대한 기능들이 포함되어 있다. 또한 값 비싼 워크스테이션 서버를 대체하기 위해 아마존에서 제공하는 IaaS 컴포넌트인 EC2 서버를 제안하였고, 속도가 느린 스토리지를 보완하기 위해 아마존의 EBS 서비스를 제안했다. 그리고 모바일 디바이스의 하드웨어 제약에서 벗어난 안정적인 렌더링을 위해서 WebGL을 이용한 가시화 방법을 제안했다. 이 아키텍처의 경우 무선 네트워크 속도가 시스템의 전체적인 성능에 영향을 미치는 가장 중요한 요소이긴 하나 최근 네트워크 기술의 발전으로 이러한 문제는 점차 개선될 것이라 생각된다. 추후에는 Amazon EC2 환경에서의 클라우드 컴퓨팅 환경 효율성 향상 방법에 대한 연구가 진행되어야 한다.

References

- [1] Jung J, "A Study on the Information Security for Strengthening in the Mobile cloud computing" The graduate School of International Affairs and Information Dongguk University pp. 54
- [2] M. Levoy, "Display of Surfaces from Volume Data", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 8, No. 3, pp. 29~37, 1988.
- [3] M. Levoy, "Efficient Ray Tracing of Volume Data", ACM Transactions on Graphics, Vol, 9, No. 3, pp. 245~261, 1990
- [4] K. Engel, M. Hadwiger, J.M. Kniss, C. Rezk-Salama and D. Weiskopf, Real-Time Volume Graphics, Wellesley, Massachusetts, 2006.
- [5] Park S., W. Kim and I. Ihm, "Development of

Mobile Volume Visualization System", Korean Institute of Information Scientists and Engineers Vol 12, No, pp 286-299

- [6] Hachaj, T. "Real time exploration and management of large medical volumetric datasets on small mobile devices Evaluation of remote volume rendering approach" International Journal of Information Management 34 pp. 336 - 343, 2014
- [7] Kang K, Lee Y, Lee Y, "Hadoop MapReduce Performance Measurement with Amazon EC2 Services" KNOM Review, Vol. 13, No. 2, Dec. 2010, pp. 45-54.

저자 소개

이 용 규 (정회원)



- 2014년 2월 : 한성대학교 정보시스템 공학과(공학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 한성대학교 정보시스템공학과 대학원
<주관심분야: Volume Rendering,>

남 두 희(정회원)



- Univ. of Washington 공학박사
- 경력
미국 워싱턴주 교통계획 감독관
한국교통연구원 책임연구원
한성대학교 정보시스템공학과 교수
<주관심분야 : ITS기술, U-City, 통방 융합기술>