

# Grid 기반 PACS 설계 및 구현<sup>☆</sup>

## Design and Implementation of Grid-based PACS

김정수\* 이세열\*\* 박진섭\*\*\* 이봉환\*\*\*\*  
Jung-Su Kim Se-Yul Lee Jin-Sub Park Bong-Hwan Lee

### 요약

그리드 기반의 PACS는 원격의 PACS 간 의료 이미지 데이터 전송 및 협업, 원격진단, 가상병원과 같은 향상된 의료정보 서비스 제공을 가능하게 한다. 본 논문에서는 Grid-PACS를 구현하여 지금까지 PACS에서 요구되어 왔던 스토리지의 안전성과 확장성을 보장하기 위한 가상 대용량 스토리지를 구현하였다. 대용량의 작업처리가 가능한 그리드 기반 서비스 시스템은 기존의 PACS에서 제공하는 파일 전송 방식보다 안정되고 전송 시간 측면에서 향상된 성능을 보였다. 본 연구 결과는 병원간 PACS 데이터 관리 및 전송에 있어서 효율성을 제고할 수 있는 분야에 적용 가능하다.

### Abstract

Grid-based PACS can provide an advanced medical information services such as remote image file transfer, collaboration, remote diagnosis, and virtual hospital. In this paper, we have implemented Grid-PACS which guarantees both storage safety and extendability for virtual large scale storage system. The experimental results showed that the virtual storage system provided more efficient and faster data transfer than the conventional PACS. The proposed Grid data management system can be utilized to improve the effectiveness of the PACS data management and transmission between medical institutions .

☞ keywords: Distributed computing, Grid, PACS, Security, Storage

## 1. 서론

컴퓨터를 활용하기 위한 응용 및 시스템의 개발은 일반적으로 단순하고 안정적이며, 안전한 중앙 집중적 환경에서 점차적으로 분산된 자원에 대한 데이터 공유 및 컴퓨팅시스템의 새로운 모드간의 상호 작용이 요구되는 형태로 발전하고 있다. 따라서 고성능 서버, 인공지능 네트워크, 네트워크

장비, 응용 서비스, 저장 시스템과 같은 고성능·초고속·대용량 자원 간의 상호 연결을 필요로 하게 되었다. 이러한 추세에 편승하여 분산 응용 개발 및 활용에 대한 요구가 증가하고 이를 위한 미들웨어 및 응용의 개발이 다양하게 추진되고 있다. 대표적인 예로 지리적으로 분산되어 있는 고성능 노드들이나 개인용 PC들을 연결하기 위한 미들웨어로 글로버스 툴킷(Globus Toolkit: GT) [1]이 출현하였다. 글로버스 툴킷과 같은 계산 자원, 데이터, 연구 장비 등을 초고속 네트워크를 통해서 통합하는 미들웨어로 연결된 네트워크를 일컬어 ‘그리드(Grid)’라고 한다. 그리드 컴퓨팅은 서버, 스토리지 시스템 및 네트워크를 하나의 큰 시스템으로 통합하여 개별 사용자들에게 멀티시스템 리소스들을 제공하는 것이 목적이다. 사용자, 데이터 파일, 또는 응용에게 있어 시스템이란 하나의 거대한 가상 컴퓨팅 환경이 되는 것이다[2].

\* 정 회 원 : (주)칸테크 연구원

jskim@khatech.co.kr

\*\* 정 회 원 : 청운대학교 컴퓨터학과 교수

pirate@chungwoon.ac.kr

\*\*\* 정 회 원 : 대전대학교 컴퓨터공학과 교수

jspark@dju.ac.kr

\*\*\*\* 종신회원 : 대전대학교 정보통신공학과 교수

blee@dju.ac.kr(교신저자)

[2008/03/13 투고 - 2008/03/20 심사 - 2008/06/02 심사완료]

☆ 본 연구는 지식경제부의 대학 IT 연구센터 지원사업 (ITTA-2008-C1090-0801-0014) 및 교육과학기술부의 지역 혁신 인력양성사업 지원으로 수행되었음.

인터넷을 통해 사용자들이 생각과 파일들을 공유할 수 있는 것과 마찬가지로 그리드 컴퓨팅을 사용하여 지역적으로 분산되어 있는 컴퓨터시스템들의 자원들을 공유하며 협업 프로젝트를 수행할 수 있게 되었다. 그리드 컴퓨팅에서는 분산되어 있는 시스템들을 하나의 큰 가상 조직 (Virtual Organization, VO)으로 통합하여 단일 컴퓨터로는 처리할 수 없는 복잡한 문제들을 해결할 수 있다. 그리드에 연결된 시스템들은 같은 공간에 있을 수도 있고 전 세계에 걸쳐 분산될 수도 있으며, 다양한 운영체제를 갖는 하드웨어 플랫폼으로 구성될 수도 있다. 네트워크에 연결된 수많은 자원들의 안전한 사용을 위해 글로벌 툴킷에서는 GSI(Grid Security Infrastructure)[3]라는 보안 허부구조의 개념을 도입하여 인증 받은 자원과 사용자만이 그리드에 접근할 수 있게 한다. GSI 개념에는 인증을 담당하는 SimpleCA, 온라인 인증서 저장소인 MyProxy, 단일 인증(Single Sign-on)을 지원하기 위한 위임(Delegation), 원격사용자를 로컬 사용자로 매핑시키기 위한 그리드 맵 파일(grid-mapfile) 등이 제공된다.

PACS(Picture Archiving and Communication System, 의료영상저장전송시스템)는 컴퓨터를 이용하여 의학용 영상 정보를 통합적으로 처리하는 시스템으로 X-Ray · CT · MRI · PET · SPECT 등에 의해 촬영된 의료영상을 디지털 이미지로 변환하여, 촬영과 동시에 기억장치에 저장시켜 판독 전문의가 모니터를 통해 판독할 수 있도록 해주는 시스템이다. 현재 대형 병원에서는 널리 사용되고 있는 PACS는 환자들의 이미지 데이터의 양이 급증함에 따라 효과적인 데이터의 전송문제 뿐만 아니라 스토리지, 데이터의 백업, 데이터의 관리 등의 문제를 안고 있다. 이 문제를 해결하기 위해 그리드 기술을 이용하여 PACS 서비스의 새로운 패러다임으로서 PACS를 그리드 도메인에서 활용할 수 있는 시스템 구조를 만드는 것은 매우 유용할 것이다. 또한, 이 구조를 바탕으로 자세한 기능 블록과 그 블록들 사이의 상호과정을 정의할 필요가 있으며, 이 구조를 뒷받침해줄 수 있는 다양한

컴포넌트들과 요구사항에 대한 정의가 선행되어야 한다[4]. Grid-PACS란 지리적으로 분산된 PACS를 그리드 기술로 통합하여 서로 연동한 거대한 가상의 단일 시스템 혹은 이를 지원하는 서비스들을 제공하는 프레임워크로 정의된다[5].

본 논문에서는 지금까지의 PACS에서 요구되어 왔던 스토리지의 안전성과 확장성을 보장하고 원격 이미지 파일 전송 및 협업, 원격진단, 가상병원과 같은 향상된 의료정보기능을 지원하고 고속의 작업처리가 가능한 서비스 시스템을 개발하여 그 성능을 평가한다. Grid-PACS는 이미 오랫동안 연구되어 왔던 그리드 기반 기술에 기초하므로 자원의 공유 및 협업 환경 제공뿐 아니라 보안에 대해서도 신뢰할 만한 기능을 제공한다.

본 논문의 제 2장에서는 그리드와 PACS에 관련된 연구 현황에 대하여 기술하고, 제 3장은 데이터 그리드와 Grid-PACS 아키텍처를 그리고 제 4장에서는 Grid-PACS 구현 방법과 성능 분석에 대하여 기술한다. 마지막으로 제 5장에서는 결론 및 향후 연구내용을 기술한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 그리드 컴퓨팅

현재의 월드와이드웹(World Wide Web)은 인터넷을 통해 표준화된 프로토콜을 이용하여 데이터를 쉽게 교환하는 기술이라고 정의할 수 있는 반면, 그리드 컴퓨팅은 인터넷을 통해 표준화된 프로토콜을 이용하여 데이터뿐만 아니라 컴퓨팅 파워, 데이터 저장 장치, 실험 장비 등을 교환 및 공유할 수 있도록 해주는 기술이라고 정의할 수 있다. 즉, 현재의 웹 기술이 웹상의 여러 서버 및 컴퓨터들이 통신을 하는 수준이라면 그리드 컴퓨팅 네트워크에서는 이러한 여러 자원들의 협업을 통하여 고성능 컴퓨팅을 실현하는 것이라 할 수 있다. 또한, 최근에는 그리드 기술을 헬스케어 응용에 접목하려는 시도가 매우 활발히 진행되고 있다.

## 2.2 Mammogrid

MammoGrid[6]은 모든 환자 검사 데이터가 의사들에게 제공된다면 더 많은 생명을 구할 수 있다는데 착안하여 유럽 전역에 분산되어 있는 마모그램(mammogram) 데이터베이스를 효과적으로 사용 가능하게 지원해주는 유럽의 대표적인 헬스케어 프로젝트이다. 이 프로젝트는 Addenbrooke's Hospital (Cambridge, UK)과 Udine Hospital (Italy)가 공동으로 Oxford University에 위치한 마모그라피(mammography) 센터를 연동하여 MammoGrid Virtual Organization(MGVO)을 구성하였다. 이를 기반으로 각 병원에서 보관하고 있는 마모그램 데이터베이스를 통합 관리가 가능하도록 서비스 기반의 데이터베이스 관리 시스템 프로토타입을 개발하였다. MammoGrid는 인증, 자원관리, 프로세스 관리, 파일 관리, 파일 전송 등의 서비스를 EGEE-gLite 미들웨어의 컴포넌트인 ALICE Environment(AliEn)를 이용하여 그리드 서비스를 제공하고 있다. 또한, 마모그램 이미지 관리와 관련하여 환자 데이터를 관리하기 위해 의료 데이터 파일 관리와 연합된 마모그램 데이터베이스에 질의를 보내는 MammoGrid Services(MGS)를 개발하였다.

## 2.3 MEDICUS

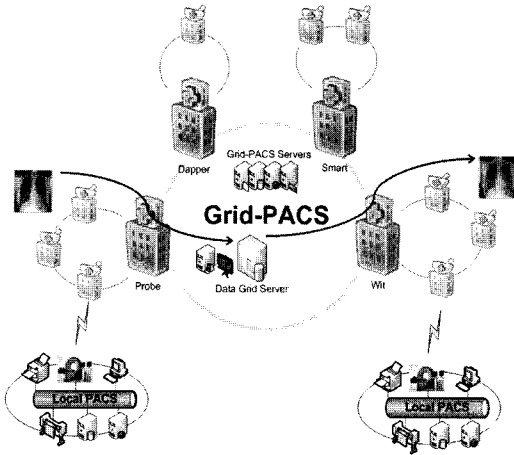
MEDICUS[7] 소프트웨어는 Stephan Erberich와 Southern California 대학의 Carl Kesselman에 의해 2006년 오픈소스로 개발된 "Globus Development Distribution"의 한 부분이다. MEDICUS는 고장방지 능력(Fault Tolerance)과 장애 복구(Disaster Recovery) 기능을 가진 Grid-PACS를 이용하여 안전하게 의학 DICOM 오브젝트들을 분산된 그리드 노드에 저장한다. 각각의 DICOM 저장 장치들은 로컬 게이트웨이에 연결되는데 로컬게이트웨이는 엔트리 노드에서 그리드 네트워크까지 전송하고, 이미지 장치는 게이트웨이로 이미지를 보내며, 그

게이트웨이는 로컬에서 외부로 DICOM 포맷으로 보낸다. MEDICUS는 DICOM 게이트웨이와 GridFTP, 그리고 그리드 서비스 컴퍼넌트의 조합으로 구성된다. 이 솔루션은 분산된 그리드 노드의 DICOM 장치로부터 이미지를 투명하게 저장하는 것을 목적으로 하며, 미국 전역에 분산되어 있는 6개의 그리드 노드 간 원거리 데이터 전송을 하는 테스트베드를 구축하였다.

그러나 국내의 대형병원들은 자체적으로 PACS를 운영하고 있으며, 다른 병원과 PACS를 연동하고 있지 않고 있다. 또한, 그리드 기술도 대학 및 연구기관을 중심으로 그리드 컴퓨팅의 효용성을 입증하기 위한 연구에 주력해오고 있으며, 로컬 PACS들을 연동하기 위한 분야에 대한 연구는 진행되고 있지 않다. 따라서 국내에서도 해외 그리드 및 PACS 연구에 대한 동향을 분석하여 국내 실정에 맞는 그리드 기반의 PACS를 설계 및 구현하고 그 효용성을 검증하기 위한 연구가 필요하다.

## 3. Grid-PACS 아키텍처

본 장에서는 Grid-PACS를 위한 데이터 그리드 구축과 본 논문에서 제안하는 Grid-PACS 서비스를 위한 전체 시스템 구성도와 Grid-PACS DICOM 서버, Grid-PACS 브라우저, Grid-PACS Service Provider, 각 컴포넌트의 기능 상세 및 Grid-PACS의 디렉토리 구성에 대하여 기술한다. Grid-PACS 서비스를 위해서는 각각의 로컬 PACS를 그리드로 연결하기 위한 시스템 구성이 필요하며, 스토리지 가상화를 위한 데이터 그리드 등이 주요 기능으로 사용된다. 그림 3.1은 Grid-PACS의 전체 구성도이다. 시스템 구성에 사용된 운영체제로 Fedora Core6 Linux 커널 2.6.22.9-61을 탑재하였고, Globus Toolkit 4.0.5-all-source 버전을 설치하였으며, PACS 구성을 위하여 Apache 2.2.6, Mysql 5.0.27, PHP 5.1.6 버전을 사용하였다.



(그림 3.1) Grid-PACS 구성도

### 3.1 데이터 그리드 구축

데이터 그리드 환경을 구축하기 위하여 글로벌스 툴킷에서 제공하는 GSI(Grid Security Infrastructure) 프레임워크를 구축한다. 먼저 툴킷 패키지에 포함되어 있는 SimpleCA를 구현하고, 사용자의 인증서 저장을 위하여 MyProxy를 구현하였다.

#### 3.1.1 SimpleCA

글로벌스 툴킷에서 제공하는 SimpleCA 패키지는 소규모 테스트베드에서 인증 서버를 구축하고자 하는 경우에 사용된다. 이는 인증을 받은 노드들이 가상조직(Virtual Organization)을 구축할 수 있는 기능을 제공한다. 하나의 가상조직에는 한 개의 대표인증 서버가 존재 하며, 이를 인증기관(Certificate Authority, CA)이라 한다. 인증기관에서 발행하는 인증서는 X.509 형식이며, 현재 버전3을 사용하고 있다. 인증기관으로부터 인증을 받으려는 노드는 인증기관이 SimpleCA를 설치한 후 생성되는 globus\_simple\_ca\_[hash값]\_setup-0.18.tar.gz를 다운로드하여 설치하고 'grid-cert-request' 명령어를 이용하여 호스트 인증서와 사용자 인증을 받아야 가상조직의 그리드 노드가 될 수 있다. 그리

고 SimpleCA를 설치한 후 생성되는 globus\_simple\_ca\_[Hash 값]\_setup-0.18.tar.gz은 항상 같은 것이 아니고 파일명중 '[Hash 값]'의 hash값이 항상 랜덤하게 생성되어 다른 인증기관과 구분을 할 수 있게 해준다.

본 논문에서는 probe.dju.ac.kr이라는 리눅스 노드에 글로벌스 툴킷 버전 4.0.5(GT4)를 설치하여 인증기관을 구현하고, 다른 리눅스 노드 wit.dju.ac.kr, smart.dju.ac.kr, dapper.dju.ac.kr에서는 probe.dju.ac.kr로부터 globus\_simple\_ca\_[hash 값]\_setup-0.18.tar.gz를 다운 받아 설치한 후 인증기관으로부터 인증서를 획득하여 그리드 환경을 구축한다.

#### 3.1.2 MyProxy

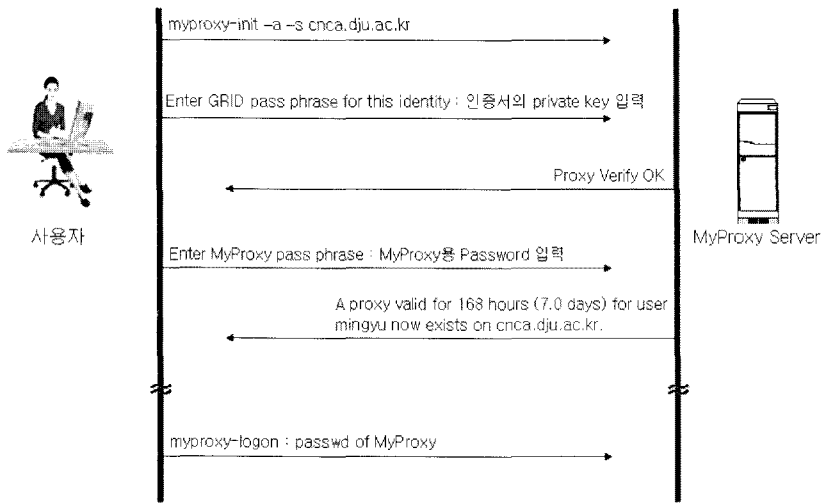
MyProxy는 온라인 인증서 저장소 (online credential repository)로서 사용자들의 인증서를 안전하게 보관하는 역할을 한다. 이곳에 생성된 임시 인증서는 생성 후 7일간 사용할 수 있으며, MyProxy 서버로 로그인하여 인증서를 사용할 수 있는 기능을 제공한다. MyProxy 서버에서 제공하는 주요 명령어의 기능은 표 3.1과 같다.

(표 3.1) MyProxy 서버 명령어 목록

명령어	명령어 기능
myproxy-server	MyProxy 서버 구동
myproxy-init	MyProxy 서버에 인증서 저장
myproxy-logon	MyProxy 서버에 로그인 (인증서 재사용)
myproxy-destroy	MyProxy 서버에 저장되어 있는 인증서 파괴

#### MyProxy 서버의 기능

MyProxy 서버의 주요 기능 중 하나는 사용자 요청에 의한 인증서 저장 역할이다. MyProxy 서버에 인증서 저장 요청 시 사용자는 "myproxy-init"



(그림 3.2) MyProxy 서버를 이용한 인증과정

라는 명령어를 이용하여 인증서를 MyProxy 서버에 저장할 수 있다. 저장된 인증서는 사용자가 가상조직에 속한 다른 노드의 자원 즉, 프로세스 생성, 메모리 사용, 저장소 사용 등 자신이 누구인지에 대한 인증을 필요로 하는 경우에 저장되어 있는 인증서를 이용하여 사용자 인증을 대행한다.

사용자가 시스템 로그아웃 후 생성되어 있는 인증서를 재사용하려면 'myproxy-logon' 명령어를 이용하여 인증서를 재사용할 수 있다. 그림 3.2는 MyProxy 서버를 이용한 인증과정을 나타낸다.

### 3.1.3 GridFTP

공통 데이터 전송 프로토콜은 대규모 데이터의 제공자와 사용자 모두에게 이익이 된다. 데이터 제공자는 어떠한 종류의 클라이언트라도 이 데이터에 접근할 수 있게 하기 때문에 더 많은 사용자를 확보할 수 있고, 데이터 사용자는 더 많은 스토리지 시스템과 데이터에 접근할 수 있다. 또한 공통 데이터 전송 프로토콜의 사용은 각 스토리지 시스템을 위한 데이터 전송 기능을 개발하는 노력의 중복을 줄이는 대신 더욱 신뢰성 있고 성능 좋은 프로토콜을 개발할 수 있게 한다. 이런 공통 데이터 전송 프로토콜로서 글로버스 프로젝트에서

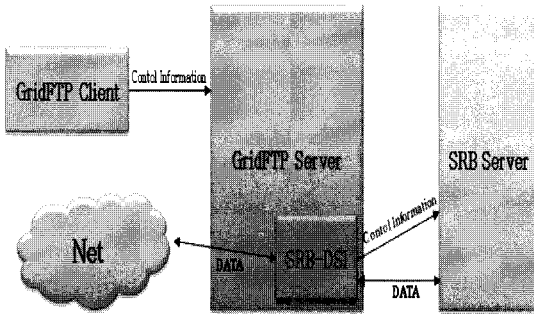
개발한 것이 GridFTP이다. GridFTP는 광대역의 WAN에 최적화된 고성능의 안전하고 신뢰할 수 있는 데이터 전송 프로토콜이며, 기존의 인터넷 파일 전송 프로토콜인 FTP를 기반으로 한다. 즉, 글로버스 프로젝트 팀은 GridFTP를 개발하기 위해 IETF RFC에 이미 정의된 FTP 프로토콜의 기본 기능과 확장 기능을 이용했다. 또한 GridFTP는 고성능의 안전하고 견고한 데이터 전송을 위하여 써드파티(third party) 데이터 전송, 병렬 데이터 전송, 스트라이핑 데이터 전송, 부분 파일 전송 등 다양한 기능을 추가했다.

### 3.1.4 GASS와 SRB-DSI

GASS(Globus Access to Secondary Storage)는 GRAM(Grid Resource Allocation Management)과 밀접한 관련이 있는 요소로써 원격지에 있는 파일을 사용하여 작업을 처리하기 원하거나 원격지에서 처리한 작업의 결과를 또 다른 저장 장치에 저장하고 싶을 때 사용한다. GASS를 이용하여 ftp, http, file과 같이 이질적인 파일 서버에 관한 프로토콜을 하나의 인터페이스를 통해 접근할 수 있다. 하지만 Globus Toolkit에서는 이질적인 데이터 자원에 대한 접근이 GASS의 기능만으로는 부족하여

SRB(Storage Resource Broker)라는 SDSC(San Diego Supercomputer Center)에서 개발된 클라이언트-서버 구조의 미들웨어로써 네트워크를 통해 분산된 이종의 데이터 리소스의 표준적인 접근을 지원하는 SRB-DSI(Storage Resource Broker Data Storage Interface)를 제공한다. SRB-DSI는 GridFTP 서버를 SRB와 상호 연동하도록 확장한 것이다.

SRB-DSI 구조는 그림 3.3에 나타낸 바와 같이 크게 4개의 컴포넌트로 구성되어 있다.



(그림 3.3) SRB-DSI 아키텍처

SRB Server - 데이터가 저장되는 곳으로 GSI\_AUTH를 사용하고 있는 저장소에 표준 SRB 프로토콜을 이용하여 GridFTP 서버로 접근하게 된다.

SRB-DSI - GridFTP와 SRB 사이의 브로커 역할을 하며, 모든 작업 요청과 데이터들은 이 구성 요소를 통과한다. GridFTP 서버는 이러한 요청을 생성하고 SRB 클라이언트 명령어를 해석해 준다.

GridFTP Server - 표준 GridFTP 4.0.1 서버는 SRB-DSI를 포함하고 있다. 클라이언트들은 SRB 자원에 접근하기 위하여 이 서버와 통신을 한다.

GridFTP Client - 표준 GridFTP 클라이언트

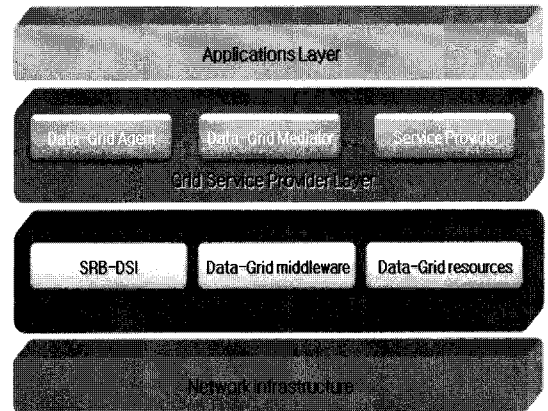
### 3.2 Grid-PACS 아키텍처

Grid-PACS Server는 DICOM 통신 영역 안에 있는 로컬 PACS 컴포넌트들을 이용하여 그리드 컴퓨팅이 가능하게 동작하도록 가교 역할을 한다.

데이터 그리드의 일반 사용자들은 자신의 계정을 가지고 있으며, 이것으로 데이터 그리드 내 특정 폴더 안에서 자신의 파일을 관리한다. 3개의 주요 컴포넌트는 독립적으로 실행되며, 각각 다른 통신 프로토콜을 사용한다. 그러나 공통적으로 Grid-PACS를 위한 메타데이터 DB와 PACS 이미지 저장을 위한 로컬 디렉토리는 공유한다.

PACS는 대개 병원 내 사설망으로 구축된다. 이것은 외부로부터의 병원 내 통신망 및 시스템 보호라는 측면과 개인 프라이버시 보호라는 측면에서 가장 단순하고 확실한 대책이기 때문이다. 비록 가상 사설망이나 방화벽 같은 네트워크 보호 전략 등이 있어도, PACS의 사설망 내 구축은 그러한 이유뿐만 아니라 관리의 효율성 때문에 계속 유지될 전망이다.

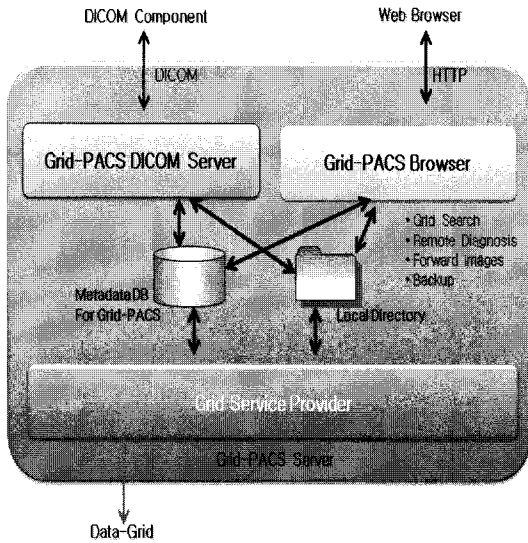
Grid-PACS에서는 단지 그리드 전용의 스토리지를 추가적으로 확보하여 이를 공중망 내에 위치시키고 Data-Grid 영역(zone)에 편입시킨다. Data-Grid 영역은 편입된 멤버(스토리지)들이 주어진 정책에 따라 서로의 자료를 공유하고 정보를 주고받을 수 있는 가상의 공간이다. 그림 3.4는 Grid-PACS의 아키텍처를 나타낸다.



(그림 3.4) Grid-PACS 아키텍처

Application Layer에는 Grid-PACS 브라우저 Viewer, Grid-PACS 스토리지 SCP(Service Class Provider)와 같은 PACS에 직접적으로 관련 있는





(그림 3.7) Grid-PACS 서버 아키텍처

### Grid-PACS DICOM Server

일반적인 PACS의 Picture Archiving Server와 기능적으로는 동일하다. 특히 STORAGE -SCP와 Q/R SCP가 핵심적인 기능으로 지역내 PACS 서버를 포함한 PACS 컴포넌트들과 DICOM으로 연결되어 데이터를 주고받는다.

### Grid-PACS 브라우저

일반적인 PACS 브라우저에서 제공하는 기능 외에 다음과 같은 기능이 추가되어 있다.

- Data-Grid 를 이용하여 의료영상이미지를 전송 가능
- Data-Grid 를 이용하여 원격 진단 요청
- Data-Grid 를 이용하여 자료 백업

### Grid Service Provider

Grid-PACS 브라우저에서 요청하는 작업을 Data-Grid Resource 들과 실제 입출력을 제공한다. Grid Service Provider는 Data-Grid Agent와

Data-Grid Mediator, Service Provider로 구성되어 있다. Grid Service Provider는 Grid-PACS 도메인을 구성하는데 가장 핵심적인 요소이며, Grid-PACS Server들을 관리하고 사용자들에게 원하는 서비스들을 제공한다. Grid-PACS Provider 는 다음 세 가지의 작업을 수행한다.

- Data-Grid Agent는 globus 사용자 권한으로 Data-Grid에 접속한다. 새로운 사용자를 생성하거나 생성된 사용자를 관리하고, Data-Grid 내의 폴더를 생성하거나 생성된 폴더의 권한을 바꾸어 주는 등 Data-Grid의 일반적인 관리기능을 수행한다.
- Data-Grid Mediator는 DICOM 파일의 전송, Meta-data 관리, public image 관리 등 Grid-PACS의 고유 기능을 수행한다.
- Service Provider는 PACS DB와 Grid- PACS DB간의 자료 전송 기능을 수행한다.

Grid-PACS Server 및 사용자 관리 Grid- PACS Server가 Grid-PACS 도메인에 접근하기 위해서는 Data-Grid 계정이 필요하고 접근 가능한 Data-Grid 의 폴더가 필요하다. Grid-PACS 웹 포털은 OGF(Open Grid Forum)[8]에서 제공하는 WSRF(WS-Resource Framework) 표준을 따라 동작하도록 설계하였다.

## 4. Grid-PACS 구현 및 성능 분석

### 4.1 Grid-PACS 구현

Grid-PACS Web Portal은 Fedora Core6 Linux 커널 2.6.22.9-61에 Apache 2.2.6, Mysql 5.0.27 및 PHP 5.1.6 버전을 탑재하여 구현하였고, 그리드 노드 구성을 위하여 Globus Toolkit 4.0.5-all-source 버전을 설치하였으며, Grid-PACS Service Provider 컴포넌트는 Java 1.4.2\_15 버전으로 프로그래밍하였다.



#### 4.1.1 Grid-PACS 브라우저 구현

Grid-PACS 브라우저는 시스템 관리자(root) 계정으로 제어 및 관리가 가능하도록 구현하였으며, 웹은 PACS 서버의 DB에 접속할 수 있는 사용자 환경을 제공한다. Grid-PACS 브라우저를 위해 다음과 같은 4가지 기능을 구현하였다.

의사나 사용자가 웹 브라우저로 자신에게 부여된 아이디로 접속을 하여 자료를 웹에서 열람하는 브라우저 기능

- 의확용 이미지를 PACS로 보내주는 기능
- 이미지에 의사의 소견을 첨부하는 기능
- 의확용 이미지의 검색 기능

Grid-PACS 브라우저 메뉴 구성은 Local Home, Grid Browse, Forward & GridFTP로 구성되어 있다. Local Home은 사용자 아이디에 따라서 접근 가능한 메뉴를 보여주며 최근 1주일 동안 환자들의 자료에 대한 상세 정보를 보여준다. 환자의 자료를 보여주는 Browse는 Local Browse와 Grid Browse로 나뉘며 각각 기존의 PACS 자료와 Grid-PACS로 전송된 자료의 정보를 구분하여 보여 질 수 있도록 구현하였다.

각 환자의 자료 레벨인 patient, study, series 중 전송하고자 하는 레벨에서 해당하는 항목을 체크한 후 전송을 하면 선택한 레벨 이하의 자료가 전송되도록 구현하였다. Forward는 선택된 환자의 정보를 로컬 내의 다른 PACS DB로 전송하는 기능으로 기존의 일반 PACS와 동일한 기능이다. GridFTP는 그리드 노드상의 다른 Grid-PACS DB로 환자의 정보를 전송하기 위한 기능을 제공한다.

#### 4.1.2 Grid-PACS Service Provider 구현

Data-Grid Agent의 Data-Grid 접근을 제공하기 위해서는 그리드 노드로부터 명령어를 전송받아 전달해주는 Gatekeeper 서비스를 구동하여야 한다. Gatekeeper는 TCP 통신에 2119 port를 통하여 서비

스를 한다. Gatekeeper 서비스는 원격지의 그리드 노드로부터 그리드 명령어가 전송되어 올 때 반드시 거치는 관문이다. Gatekeeper 서비스가 구동되고 있지 않으면 보안관련 오류가 발생하며, 그리드 노드로서 모든 역할을 올바르게 수행 할 수 없다. 이와 같은 절차를 거치게 되면 Data-Agent가 그리드 노드에 접근이 가능해진다. Data-Grid Mediator는 파일 전송을 하기 위하여 그리드 노드의 GridFTP 서비스를 구동하여 준다.

GridFTP 서비스는 그리드 환경에서 분산된 데이터를 안전하고 빠르게 분산된 그리드 자원으로 전송하거나 분산 저장하는 기능을 제공하며, 빠른 전송을 위하여 다중 포트를 이용하여 병렬 전송 기술을 사용한다[9].

#### WSRF(WS-Resource Framework)

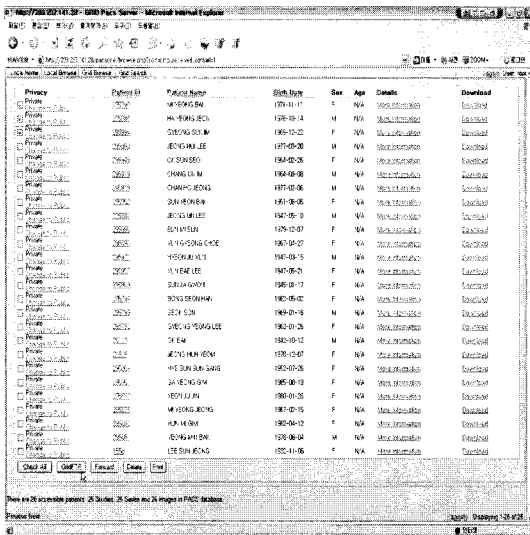
WSRF에서는 웹 서비스 안에 상태를 표현하고 그 상태 정보를 웹 서비스 인터페이스를 통해 접근할 수 있도록 하기 위해 WS-Resource라는 개념을 가지고 있다. WS-Resource는 웹 서비스와 상태 보유 자원(stateful resource)과의 결합으로 이루어진다[10]. 상태 보유 자원이란 일반적인 하드웨어뿐 아니라, 작업, 가입(subscription), 논리적인 데이터 셋 등에 대한 XML 문서로 표현된 특정 상태 데이터이다. 상태 보유 자원은 생명 주기(well-defined lifecycle)를 가지며, 하나 이상의 웹 서비스에 의해 접근되고 관리된다. 예를 들어 도서 관리 시스템을 WS-Resource로 표현해 보면, 하나의 도서에 대한 상태 정보, 즉 대출 여부, 대출자, 반납 예정일 등이 상태 보유 자원이 되고, 이에 대한 접근을 웹 서비스로 하게 된다. 각 상태 보유 자원은 같은 웹 서비스에 의해서 구별되는 식별자를 가지고 있는데, 클라이언트가 자원에 접근할 때 이 식별자는 메시지 안에 내재되는 방식으로 전달된다. 이때 자원에 대한 주소를 정의하는 방식이 WS-Addressing이다. WS-Addressing EPR(Endpoint Reference)는 웹 서비스의 주소와 자원의 식별자

등을 포함하는 메타데이터로 구성되어 있다[11].

본 논문에서는 WS-RF를 사용하여 Data-Mediator를 동작시킨다.

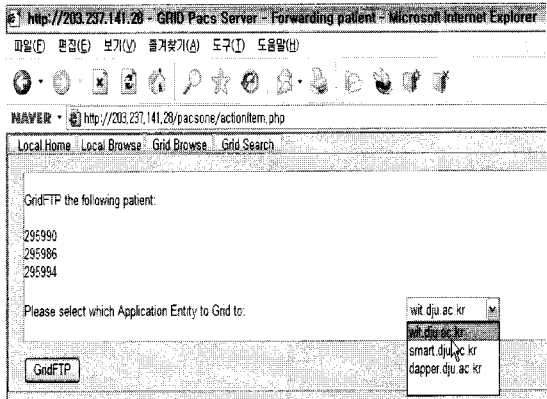
### 4.1.3 Grid-PACS 실행 결과

그림 4.1은 Grid-PACS Web Portal에서 Grid-PACS Web Portal2로 의료 영상 이미지를 전송하는 과정을 나타낸 것이다.



(그림 4.1) Grid-PACS 브라우저실행 화면

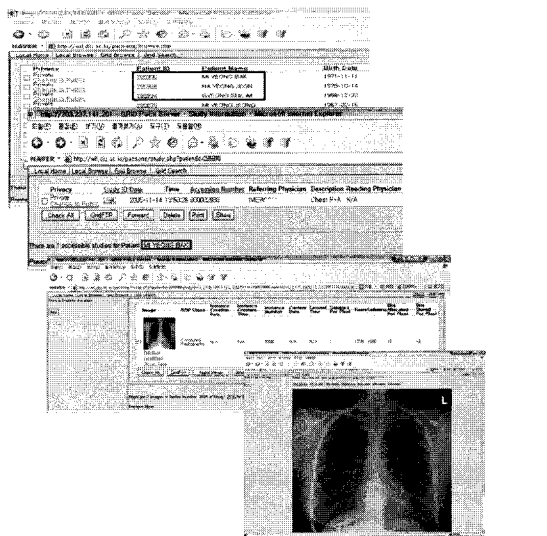
그림 4.1에 나타난 바와 같이 Portal에 접속한 의사가 3명의 환자 데이터를 선택한 후 Grid-PACS 브라우저로 이동하여 원하는 환자를 선택 후 GridFTP 전송을 선택하면 그림 4.2와 같이 보내고자 하는 병원의 리스트가 나타나고 그 중 원하는 병원을 선택하여 GridFTP 버튼을 누르게 되면 Data-Grid Agent가 작동을 하여 GridProxy 인증 요청을 함으로서 Grid Domain1과 Grid Domain2 사이에 신뢰성 있는 데이터 전송을 하기 위한 인증이 이루어진다.



(그림 4.2) Grid-PACS에서의 GridFTP 실행 화면

승인이 이루어지고 나면 Data-Mediator가 동작하여 환자의 DICOM 파일 전송을 실행한다. DICOM 파일은 GridFTP를 통하여 데이터를 전송하게 되며, Grid Domain2에서 전송 응답을 보낸 것을 Grid Domain 1에서 받게 된다. 이때 전송 응답 시 발생하는 에러는 Apache error log에서 확인이 가능하다. Data-Grid Mediator는 WS-RF로 표준화된 SOAP 메시지 전송을 이용하여 구현되었다.

그림 4.3은 Grid Domain2에서 받은 의료영상 데이터를 DB에서 가져와 뷰잉하는 과정을 보여주는 화면이다.



(그림 4.3) 전송된 의료영상 데이터 뷰잉 과정

### 4.2 Grid-PACS의 성능 분석

본 절에서는 Grid-PACS의 성능 분석을 위한 시나리오를 제시하고 그 결과를 분석함으로써 제안한 시스템의 유용성을 평가하였다.

#### 시스템 사양

(표 4.1) 시스템 사양

사양 \ 노드 이름	probe.dju.ac.kr	wit.dju.ac.kr	smart.dju.ac.kr	dapper.dju.ac.kr
CPU	P-III 933MHz	P-IV 20GHz	P-IV 20GHz	P-IV 20GHz
Memory	382MB	512MB	512MB	512MB

#### 의료영상 데이터

전송 데이터는 실제 병원에서 촬영한 84 명의 Patients, 84 Studies, 85 Series를 포함하고 있는 환자데이터 500MB와 현재 PACS 데이터의 이동이 CD로 오프라인으로 이동된다는 것을 감안하여 임의로 생성한 21MB, 200MB, 545MB, 700MB, 1000MB, 3650MB를 사용하였다.

#### 4.2.1 SRB를 사용한 스토리지 가상화의 성능 분석

SRB는 그리드 네트워크상에 위치하고 있는 각 노드들이 가지고 있는 물리적인 자원들을 논리적으로 통합하여 스토리지 자원의 가상화를 실현하여 효율적인 자원 공유가 가능하게 한다.

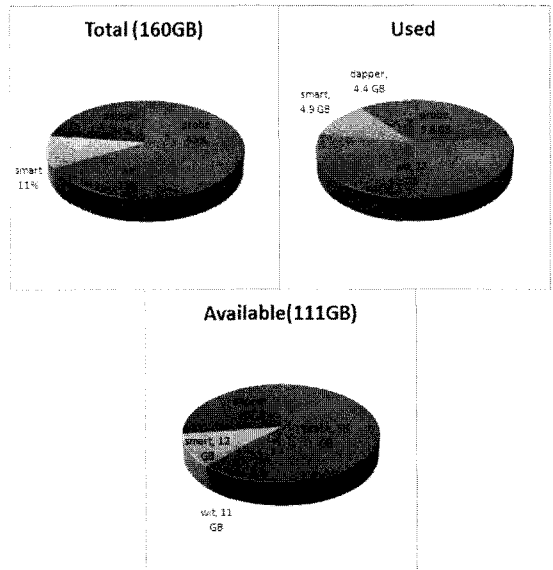
본 논문에서는 SRB-DSI를 이용하여 4개의 그리드 스토리지 서버를 통합하였다. 즉, 각 서버들이 가지고 있는 유휴 스토리지 자원을 하나로 통합함으로써 대용량 스토리지를 실현하였다. 표 4.2에서 나타낸 바와 같이 각 서버의 유휴 용량을 공유하여 대용량 스토리지가 구현되었음을 확인하였다.

용량이 35GB로 4개의 스토리지 전체 용량의 22%를 차지하는 wit 서버와 같이 전체 용량은 작지만 사용량은 23GB로 전체 서버 중에 가장 큰

용량을 사용하였다. 이 서버를 단일 서버로 구성하였을 경우 여유 사용 공간은 그림 4.4 그래프에서 보여 주듯이 11GB의 용량이 남았으나 4개의 서버를 SRB-DSI로 스토리지를 가상화하여 하나로 묶어줌으로써 wit 서버는 전체 가용 용량인 111GB를 사용 할 수 있게 된다.

(표 4.2) 서버 용량

노드 이름 \ 구분	probe.dju.ac.kr	wit.dju.ac.kr	smart.dju.ac.kr	dapper.dju.ac.kr
total	72 GB	35 GB	17 GB	36 GB
Used	9.8 GB	23 GB	4.9 GB	44 GB
Available	58 GB	11 GB	12 GB	30 GB



(그림 4.4) 서버 용량에 따른 비교

#### 4.2.2 Grid-PACS와 PACS의 데이터 전송 시간 비교 분석

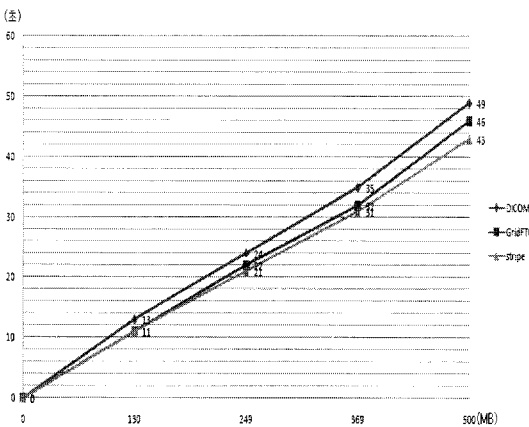
#### 성능 분석 시나리오

기존의 DICOM을 사용하여 영상 이미지 파일을 전송하는데 걸리는 전송지연 시간과 본 연구에서

사용한 GridFTP를 이용하여 동일한 파일을 전송하는 경우의 전송지연 시간을 비교한다. 즉, DICOM을 사용하여 500MB 크기의 84명의 Patients, 85 Studies, 85 Serise를 포함하고 있는 환자데이터 파일을 전송한 경우 측정된 지연시간과 GridFTP를 이용한 경우 일반 스트림 전송 방법과 스트라이프(striping : 하나의 정보를 다중링크를 통해 전송함으로써 보다 높은 대역폭을 이용할 수 있도록 하는 기능) 옵션을 주어 전송하는 방법으로 나누어 전송한 경우 측정된 값을 비교 분석하였다 (표 4.3).

(표 4.3) 처리 시간 (단위 : 초)

용량 전송 방법	130 MB	249 MB	369 MB	500 MB
DICOM	13 초	24 초	35 초	49 초
GridFTP	11 초	22 초	32 초	46 초
Stripe	11 초	21 초	31 초	43 초



(그림 4.5) 전송 방법에 따른 소요 시간

표 4.3과 그림 4.5의 분석 결과를 살펴보면 파일의 용량이 커짐에 따라 전송 속도의 차이가 확연히 남을 알 수 있었다. 작은 용량의 파일인 경우는 크게 차이가 나지 않지만 용량이 늘어감에 따라 점점 더 차이가 많이 남을 알 수 있다. 이는

MRI를 이용한 CT 스캔은 일반적으로 10~100MB 정도의 크기를 가지나, 중형 병원의 방사선과에서는 매년 10TB급의 디지털 이미지를 생산하므로 백업을 하거나 다른 병원으로 파일을 전송하는 경우에 엄청난 시간의 절약을 가져다 줄 수 있음을 알 수 있다.

### 5. 결론

현재 대형 병원에서 널리 사용되고 있는 PACS는 환자들의 이미지 데이터의 양이 급증함에 따라, 효과적인 데이터의 전송문제 뿐만 아니라 스토리지, 데이터 백업, 데이터의 관리 등의 문제를 안고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 지리적으로 분산된 PACS를 그리드 기술로 통합 연동하여 PACS의 효율성을 높이고 원격 이미지 파일 전송 및 협업, 원격진단과 같은 향상된 의료 정보 서비스를 제공할 수 있는 Grid-PACS의 데이터 처리 및 관리의 효율성을 제고하기 위한 모듈을 설계하고 구현하였다. 본 연구에서 구현한 시스템은 Grid-PACS DICOM Server, Grid-PACS 브라우저, Grid-PACS 뷰어 및 Grid-PACS Provider로 구성된다.

PACS에서 요구되어 왔던 스토리지의 안전성과 확장성을 보장하기 위하여 SRB-DSI를 이용하여 4개 노드로 구성된 가상 스토리지로 만들어 대규모 스토리지를 제공할 수 있음을 확인하였다. 4개의 노드로 구성된 Grid-PACS 테스트베드에서의 실험 결과 GridFTP는 기존의 PACS에서의 파일 전송 보다 안정되고 향상된 전송시간을 보였다. 본 연구에서 구현한 Grid-PACS는 이미 오랫동안 연구되어 왔던 그리드 기반 기술에 기초하므로 자원의 공유 및 협업 환경 제공뿐 아니라 보안에 대해서도 신뢰할 만한 기능을 제공한다.

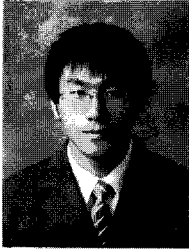
향후 연구내용으로 보다 다양한 PACS 데이터를 이용한 시스템 성능 시험 및 이를 검증하기 위한 의사 그룹 간의 협업이 필요하고, 계산그리드

와 액세스 그리드를 활용한 PACS의 응용 활용 방안이 요구된다.

## 참 고 문 헌

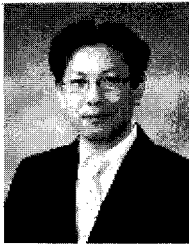
- [1] [www.globus.org/toolkit/about.html](http://www.globus.org/toolkit/about.html).
- [2] Foster, I. and Kesselman, C., The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure, Morgan Kaufmann, 1999.
- [3] <http://www.globus.org/security/overview.html>
- [4] 김정수, 조현숙, 김병진, 이봉환, "PACS- Grid 서비스 시스템 설계 및 구현," 한국정보처리학회 춘계 학술발표대회, 2007. 5.
- [5] Wolfgang Leister et al, "Implications of Introducing Grid in Medical Applications", In Proc. of the 24th International EuroPACS Conference, pp.15-17, Trondheim, Norway, 2006.6.
- [6] Florida Estrella, Richard McClatchey, and Dmitry Rogulin, "The Mammogrid Virtual Organization - Federating Distributed Mammograms", Medical Informatics Europe 2005.
- [7] SG Erberich, JC Silverstein, A. Chervenak, R. Schuler, MD Nelson, and Kesselman C, Globus MEDICUS - Federation of DICOM Medical Imaging Devices into Healthcare Grids. IOS Press, Vol. 126, pp.269-278, 2007.
- [8] Open Grid Forum, [www.gridforum.org](http://www.gridforum.org)
- [9] 김영신, 허의남, 김일중, 황준, "병렬 연결 간의 트래픽 간섭 현상 분석 및 대역폭 예측", 인터넷 정보학회 논문지 Vol.7, No.1. 2006. 2.
- [10] Steve Graham, Anish Karmarkar, Jeff Mischkinsky, Ian Robinson, and Igor Sedukhin, "Web Services Resource 1.2", OASIS WSRF-TC, 2005.
- [11] Steve Graham, Jem Treadwell, "Web Service Resource Properties 1.2", OASIS WSRF-TC, 2005.

◎ 저자 소개 ◎



**김 정 수 (Jung-Su Kim)**

2006년 대전대학교 정보통신공학과 졸업(학사)  
2008년 대전대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(석사)  
2008~현재 (주)칸테크 연구원  
관심분야 : 그리드컴퓨팅, 웹서비스, 네트워크보안 등  
E-mail : jskim@khantech.co.kr



**이 세 열 (Se-Yul Lee)**

1996년 대전대학교 신소재공학과 졸업(학사)  
1999년 대전대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(석사)  
2003년 대전대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(박사)  
2004~현재 청운대학교 컴퓨터학과 교수  
관심분야 : 그리드컴퓨팅, 정보보호, 네트워크 보안 등  
E-mail : pirate@chungwoon.ac.kr



**박 진 섭 (Jin-Sub Park)**

1980년 중앙대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)  
1982년 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(석사)  
1991년 중앙대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사)  
1988~현재 대전대학교 컴퓨터공학과 교수  
관심분야 : 정보보호, 네트워크 관리, 네트워크보안 등  
E-mail : jspark@dju.ac.kr



**이 봉 환 (Bong-Hwan Lee)**

1985년 서강대학교 전자공학과 졸업(학사)  
1987년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)  
1993년 Texas A&M 대학교 대학원 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(박사)  
1995~현재 대전대학교 정보통신공학과 교수  
관심분야 : 그리드컴퓨팅, 유비쿼터스헬스케어, 네트워크보안 등  
E-mail : blee@dju.ac.kr