

웹 서비스 기반의 분산 의료 데이터 관리

김지영⁰, 김윤희, 윤찬현*

숙명여자대학교 컴퓨터학과

*한국전자통신대학교 컴퓨터공학과

e-mail : {wldud5⁰, yulan}@sookmyung.ac.kr

chyoun@icu.ac.kr

Web service based Distributed Medical Data Management

Jeuyoung Kim⁰, Yoonhee Kim, Chan Hyun Youn*

Dept. of Computer Science, Sookmyung Women's University

*Dept. of Electrical and Communications Engineering, Information and Communications University

요 약

최근의 의료 데이터는 대용량의 디지털 이미지로 생산된다. 이러한 대용량 이미지를 처리하기 위해서는 많은 처리 능력과 대량의 데이터 저장 공간이 필요하다. 현재 각 병원에서 생산되는 의료 이미지는 개별적으로 구축되어있는 PACS[3]에 저장하고 관리한다. 이러한 의료 환경 속에서 대량의 데이터 저장 공간 확보뿐 아니라 환자들의 중복 검사 방지, 의료 연구를 위한 풍부한 데이터 제공을 위해 각 병원의 의료 데이터를 통합하고 접근하기 위한 방법의 필요성이 증대되고 있는 상황이다. 이러한 요구사항을 만족시키기 위해 그리드 컴퓨팅 기술을 도입하여 고효율의 처리 능력과 풍부한 데이터 저장 공간을 제공하고자 하였으며, 원격의 사용자가 지역적 데이터에 접근할 수 있도록 하는 데이터 관리 서비스를 웹서비스로 제공하는 방법에 대해 제시하였다. 또한, 프로토타입을 설계, 구현하여 실제 가능성에 대해 확인하였다.

1. 서 론

최근 거의 모든 주요 의료 이미지들이 디지털 이미지로 생산되고 있다[1]. 디지털 이미지는 자동 처리 과정을 요구하는 엄청난 양의 데이터를 의미한다. MRI의 CTscan은 보통 10~100MB의 데이터 양을 나타내며, 중형 병원의 방사선과에서는 매년 10TB급의 디지털 이미지를 생산한다[2]. 이러한 대용량의 디지털 이미지를 해석하기 위해 많은 처리 능력과 메모리 자원이 필요하게 되었고, 데이터를 저장하기 위해 많은 양의 저장공간이 요구되고 있다. 또, 현재 의료 분야에서 나타나는 경향으로 환자가 자신의 의료 데이터에 자유롭게 접근할 수 있어야 하고, 의료 데이터는 병리학과 전염병학 등의 연구를 위해 장기간 보관되어야 한다는 요구사항이 생겨났다[2]. 이와 관련하여 분산되어 있는 의료 데이터를 통합하여 효율적으로 관리하고자 하며, 단일한 인터페이스를 가지고 투명하게 접근하기를 원하고 있다. 현재 병원 내에서의 데이터 관리는 PACS를 통해 이루어지고 있으나 병원 간의 데이터 통합, 관리에 대한 연구는 아직 뚜렷한 성과를 내지 못하고 있는 상태이다.

본 논문에서는 이러한 요구사항을 충족시켜주기 위해 그리드 기술을 이용하여 시스템을 개발하고자 한다. 그리드 기술 중 데이터 그리드 구축 기술은 대용량의 데이터를 저장하기 위해 분산된 저장소를 이용할 수

있고, 이러한 저장소를 접근할 때 단일한 인터페이스를 제공할 수 있으며, 데이터에 대해 복제 정책을 적용시켜 단일점 실패나 병목현상을 방지할 수 있다. 이러한 그리드 기술을 적용함으로써 얻을 수 있는 장점 중 하나는 의료 데이터 관리에 있어 가장 중요한 쟁점 중 하나인 개인 정보 보호를 위한 보안 문제에 있어 그리드 미들웨어에서 제공하는 보안 기술과 기존의 의료 데이터 보호 정책을 결합하여 적합하게 적용시킬 수 있다는 점이다.

또한, 의료 데이터에서는 메타데이터 내용과 역할이 매우 중요하다. (메타데이터에 대한 자세한 내용은 3.1에서 다루고자 한다.) 본 연구에서는 이러한 점에 착안하여 데이터 그리드를 구축하고 관리할 때 기존의 의료 데이터에 존재하는 메타데이터를 기반으로 데이터 관리 시스템을 구축하여 의료 데이터의 시맨틱스를 유지, 활용하고자 하였다.

의료데이터 서비스의 중요 쟁점 중 하나는 다른 병원에 존재하는 데이터에 대한 접근 방법에 있다. 본 연구에서는 그러한 방안으로 웹서비스 기술을 이용하여 데이터 서비스를 개발하고 제공하고자 하였다. 웹서비스 기술은 표준 기술을 기반으로 구성되어 다양한 시스템과의 호환성과 소프트웨어의 재사용성을 제공할 수 있다. 또한, 웹서비스를 도입하면 애플리케이션을 통합하는데 기존의 방법보다 빠른 개발 속도와 적은 투자비용으로 더 효율적인 통합을 가능하게 할 수 있다.

웹 서비스는 기존의 인프라를 그대로 사용할 수 있어 관리비용을 줄일 수 있고, 네트워크 운영 측면에서 통일된 프로토콜을 사용하기 때문에 네트워크 관리가 효율적으로 이루어질 수 있고 이에 대한 교육의 부담을 줄여준다. 그렇기 때문에 웹 서비스를 도입하면 레거시 애플리케이션을 표준화하고 일관되며 재사용이 가능하게 만들 수 있어, 기존의 인프라에 대한 투자의 효용을 증가시킨다는 판단 하에서 적극적으로 도입하고자 하였다. 그래서, 웹 서비스로 의료 데이터 서비스를 제공하여 어디에서 누구나 쉽게 서비스를 이용할 수 있고, 서비스 확장이 용이해져 다양한 사이트의 PACS와 연계 하고자 하는 PACS-Grid의 목적에 적합한 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문의 2장에서는 데이터 그리드 구축 기술과 그 기술을 이용한 의료 데이터 그리드 프로젝트에 대한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 전체 시스템의 구조와 기능을, 4장에서는 프로토타입을 제시하고 검증한다. 마지막 5장에서는 결론을 맺고 향후 연구 계획을 소개한다.

1. 관련 연구

1) 데이터 그리드 구축 기술

대용량의 데이터를 관리 하기 위한 대표적인 데이터 그리드 구축 기술 연구로 GFarm(Grid Farm)[4]과 SRB(Storage Resource Broker)[5], gLite[6] 등이 있다.

GFarm 은 과학 분야의 응용에서 널리 사용되는 데이터 미들웨어로써 다양한 조직 사이에서 신뢰할 수 있는 데이터 공유를 보장한다. 고속의 데이터 접근과 고성능의 데이터 처리를 위해 컴퓨팅 그리드와 연계하여 분산된 데이터를 병렬 처리한다. 이를 위해 GFarm 파일 시스템이라는 가상 파일 시스템을 구성한다. GFarm 파일 시스템은 클러스터 노드나 그리드 노드의 로컬 디스크를 연합한 형태로 대용량의 데이터를 병렬처리하기 위해 조각으로 나눠 관리하며, 이를 위해 전역적인 명명공간을 정의하여 사용한다. 데이터 사용이 한 노드에 집중되고 단일점 실패를 방지하고 위해 복제데이터를 두어 관리되 전역적인 명명공간을 통해 사용자에게는 하나의 데이터로 보이도록 관리한다.

SRB 는 SDSC(San Diego Supercomputer Center)에서 개발된 클라이언트-서버 구조의 미들웨어로써 네트워크를 통해 분산된 이종의 데이터 리소스의 표준적인 접근을 지원한다. SRB 는 각 리소스를 연합하기 위한 클라이언트 측 서버와 요청사항을 처리하기 위한 서버 측 서버로 구성되며 데이터에 대한 메타데이터를 저장, 관리하기 위한 메타데이터 카탈로그로 MCAT 이 존재한다. 같은 관리 영역 내의 다중 저장 시스템에 저장되어 있는 데이터를 참조하기 위해 단일 명명 공간을 제공하고, 컬렉션이라는 가상의 개념을 두어 로컬에 존재하는 데이터를 SRB 시스템에 공개하면 컬렉션으로 가상화되어 컬렉션을 검색하고, 조작하는 서비

스를 제공한다. 이러한 실제 데이터와 컬렉션에 대한 정보는 MCAT 에서 메타데이터로 관리하게 된다.

gLite 는 EGEE 프로젝트의 주요 연구 부분으로 그리드 응용에서 인터넷을 통해 분산된 컴퓨팅 파워와 저장 자원에 접근하기 위한 프레임워크를 제공한다. 특히, gLite 의 주요 서비스 중 하나인 데이터 관리 시스템(Data Management Subsystem: DM)은 데이터와 파일에 접근과 관련하여 Storage Element, Catalog Service 와 Data Scheduling 서비스를 제공한다. 이러한 데이터 관리 서비스를 통해 모든 데이터를 하나의 가상 파일 시스템으로 구성하여 가상 파일 시스템 안의 파일을 목록화하거나 가상 파일 디렉토리를 생성하거나 변경할 수 있는 기능 등을 제공한다.

2) 의료 데이터 그리드

위와 같은 데이터 그리드 구축 기술을 이용하여 수행되고 있는 의료 데이터 그리드 연구로는 MammoGrid[13] 프로젝트와 이탈리아에서 진행되고 있는 SRB 기반의 프로젝트 연구가 있다.

MammoGrid 프로젝트는 유럽 전역에 퍼져있는 mammogram 데이터베이스를 효과적으로 협업할 수 있도록 지원하는 EU 의 Healthcare 프로젝트이다. 이 프로젝트에서는 Addenbrookes Hospital (Cambridge, UK) 와 Udine Hospital (Italy)와 Oxford University 에 위치한 mammography 센터를 연합하여 MammoGrid Virtual Organization(MGVO)를 구성하였다. 이를 토대로 각 센터에 존재하는 mammogram 데이터베이스를 연합하여 관리할 수 있도록 서비스 기반의 데이터베이스 관리 시스템의 프로토타입을 개발하였다. MammoGrid 에서는 인증, 자원 관리, 파일 관리, 프로세스 관리, 파일 전송 등의 서비스를 EGEE-gLite 미들웨어의 컴포넌트인 ALICE Environment (AliEn)를 이용하여 그리드 서비스 제공하고, mammography 이미지 관리와 관련 환자 데이터를 관리하기 위해 의료 데이터 업로드, 다운로드, 연합된 mammogram 데이터베이스에 질의를 보내는 쿼리 서비스인 MammoGrid Services(MGS)를 개발하였다.

이탈리아의 CRS4(Center for Advanced Studies, Research and Development in Sardinia)에서 연구 중인 의료 가상 데이터 그리드[17]는 SRB 기반으로 설계되었다. 기본 구조로는 각 PACS 서버에 대해 SRB 서버가 존재하고, 사용자가 접근 가능한 SRB 서버를 두어 이를 통해 분산되어 있는 PACS 서버에 존재하는 데이터를 검색할 수 있도록 하였다. 이 시스템에서는 의료 영상(DICOM) 데이터 검색과 연구 목록, 그와 관련 정보, 병리학과 해부학 분야에 따라 선택할 수 있도록 하고 SRB 메타 카탈로그를 공개하는 기능을 제공한다.

2. 전체 시스템 구조 및 기능

2.1. 시스템 구조

본 논문의 전체 시스템은 분산되어 있는 PACS 사이에 구축된 데이터 그리드를 기반으로 사용자에게 웹 서비스 기반의 의료 데이터 관리 서비스를 제공한다. 그림 1은 PACS-Grid의 하위 레이어에서부터 상위 레이어까지의 웹 서비스를 중심으로 한 구조 그림이다.

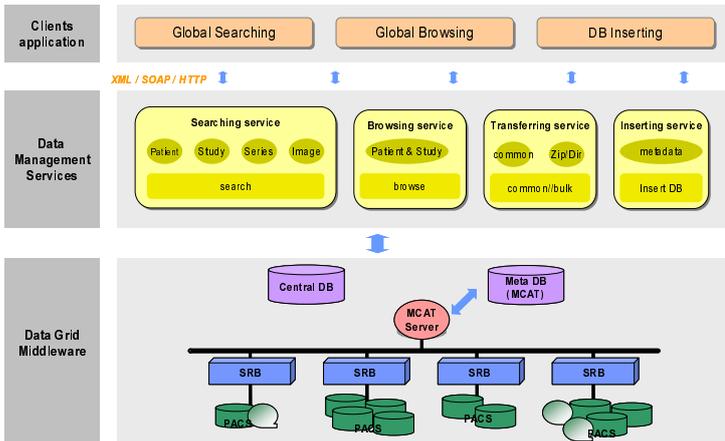


그림 1 전체 구조

2.1.1. Data Management Service layer

Data Management Services 레이어에서는 사용자에게 제공하고자 하는 서비스를 웹 서비스로 제공한다. 이러한 웹 서비스는 Central DB 서버에 존재하거나 따로 웹 서버를 두어 관리할 수 있다. 하위 레이어에서 공개한 데이터에 대해 환자에 대한 정보(이름, 환자 아이디, 생년월일)와 연구에 대한 정보(연구 아이디, accession number, 담당 의사 이름, 연구 날짜), 시리즈에 대한 정보(시리즈 아이디, 양식 종류, 시리즈 날짜), 이미지에 대한 정보(이미지 아이디, 이미지 날짜)에 대한 검색 조건을 넣어 해당 데이터를 검색할 수 있도록 Searching service를 제공한다. 공개된 데이터 전부에 대한 환자 정보와 연구 정보를 목록화하여 보여주는 Browsing service를 제공한다. 두 서비스에서 검색한 데이터를 로컬 디스크에 전송 받기 위한 Transferring service를 제공한다. 이 때 Central DB에 기록된 논리적 주소를 이용하여 SRB에서 제공하는 전송 프로토콜을 이용하였다. 이 프로토콜은 데이터를 하나씩 전송하는 방법과 벌크 형식으로 여러 개의 데이터를 전송하는 방법을 제공한다. 이 때 로컬 머신에 위치하게 되는 의료 데이터는 복제 데이터로 관리하지 않는다. SRB를 이용한 데이터 그리드로 묶여있지 않은 사용자가 자신이 가지고 있는 데이터에 대해 공개할 수 있도록 Inserting service를 제공한다. 현재로는 이미지 데이터의 등록은 가능하지 않게 되어 있으며, 데이터에 대한 메타데이터에 대해서만 공개하도록 되어있다. 이는 승인 과정을 거치지 않고

익명의 사용자가 타인의 정보를 공개할 수 있는 위험성을 배제시키기 위한 정책에 따른 것이다. 이 서비스를 이용하여 등록된 정보는 Central DB에 기록되어 관리된다.

2.1.2. Data Grid Middleware layer

Data Grid Middleware 레이어에서는 분산되어 존재하는 PACS를 SRB를 이용하여 데이터 그리드로 구축하였다. MCAT 데이터베이스는 SRB의 한 구성 요소로써 데이터들에 대한 메타데이터를 저장하고, 관리한다. 그 메타데이터에는 가상화된 주소, 물리적인 주소, 복제 데이터에 대한 정보 등을 가지고 있다. 각 SRB 서버는 가상의 컬렉션을 계층적 구조로 구성하여 가지고 있게 된다. 사용자가 자신이 가지고 있는 데이터 중 공유하고 싶은 데이터가 있으면 데이터 공유 등록 인터페이스를 통해 공유하겠다는 이벤트를 명시적으로 하게 된다. 그렇게 되면 해당 데이터가 논리적으로 공유 디렉터리(가상의 컬렉션)으로 옮겨진다. 이때 실제 위치는 바뀌지 않고 논리적 위치만 변경된다. Central DB 서버는 일정한 간격으로 각 SRB 서버의 공유 디렉터리를 스캔하여 공개하고자 하는 데이터가 있으면 그에 대한 SRB 메타데이터 정보와 DICOM 메타데이터 정보를 자신의 Central DB에 복사한다. 이 때 공유된 데이터의 위치는 MCAT 데이터베이스에 기록된 논리적 주소 그대로를 갖는다. 이렇게 구성된 Central DB는 사용자에게 제공할 서비스의 기본 데이터 베이스가 된다.

의료 데이터는 앞에서 언급했듯이 개인 정보 문제와 밀접한 관련을 갖는다. 그래서 PACS-Grid 상에서는 공유하고자 하는 데이터의 범위를 환자와 담당 의사가 공개하겠다고 명시적으로 선택한 의료 데이터에 한해서만 공유할 수 있도록 설계하였다. 이에 따라 서비스를 이용할 수 있는 대상은 자신의 의료 데이터 정보를 열람할 수 있는 환자와 환자의 의료 데이터를 공개하고 열람하는 담당 의사, 연구를 위해 축적된 기록을 열람하고자 하는 의학 연구자 등으로 구분될 수 있다.

2.1.3. Client application layer

Data Management Service 레이어에서 웹 서비스로 제공하는 서비스들은 Client application layer에서 다양한 방법으로 이용될 수 있다. 웹 서비스로 개발되었기 때문에 서비스 URL을 알고 있다면 어플리케이션이나 웹 페이지에서 자유롭게 호출하여 사용할 수 있다. 누구나 웹 서비스를 자유롭게 검색하고 사용할 수 있도록 하기 위해 UDDI 서버를 구축하여 제공할 수 있다. 또한, 다양한 조건으로 검색이 가능한 각각의 Searching Web service를 조합하여 기존 로컬 PACS에서 제공하는 중첩 검색을 그리드 기반의 어플리케이션에서도 제공할 수 있다. 이렇게 여러 웹 서비스를 조합하여 하나의 새

로운 서비스를 만들 수 있는 점은 웹 서비스의 큰 장점이라고 할 수 있다.

2.2. DICOM 형식 분석 및 메타데이터 정의

의료 데이터는 표준으로 가장 널리 쓰이고 있는 DICOM (Digital Image and COmmunication in Medicine)[4] 형식으로 저장된다. DICOM은 이미지의 포맷과 의료 이미지 서버로부터 이미지를 저장하거나 검색하여 가져올 수 있는 클라이언트/서버 프로토콜을 정의하고 있다.

DICOM 파일 포맷은 하나의 파일이 가지고 있는 하나 이상의 이미지에 대한 메타데이터를 포함하는 헤더를 가지고 있다. 이 메타데이터는 환자와 관련된 메타데이터와 이미지와 관련된 메타데이터의 두 종류의 정보를 가지고 있다.

환자와 관련된 메타데이터는 환자 이름, 성별, 나이, 담당 의사, 병원 등이 있고, 이미지와 관련된 메타데이터로는 이미지 생성 장비, 장비 기사 이름, 취득 날짜, 저장된 이미지의 수, 이미지의 크기 등이 있다. 그림 2는 이러한 DICOM의 복잡한 데이터 구조를 보인다.

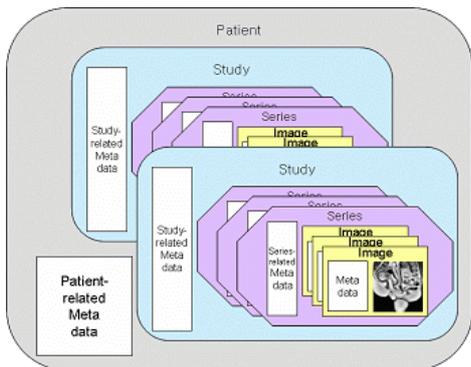


그림 2 DICOM data structure

본 연구에서는 그림과 같이 Patient - Study - Series - Image 정보들이 서로 연관되는 구조를 갖는 메타데이터베이스를 구성하였다. 추가적으로 데이터 그리드를 위해 필요한 메타데이터 - 의료데이터의 데이터 그리드상의 논리적인 위치 정보 -를 이미지 메타데이터에 정의하였다. 이는 Transferring service를 이용할 때 PACS-Grid 상의 위치를 알기 위해 MCAT 데이터베이스에 질의해야 하는 오버로드를 줄이기 위한 목적으로 정의된 것이다.

3. 프로토타입 구현

PACS-Grid 상에서의 데이터 서비스를 웹 서비스로 제공할 수 있는지 실제 가능성을 확인해 보기 위하여 프로토타입을 구현하였다.

기본적으로 SRB3.4.0 버전을 이용하여 분산되어 있

는 PACS을 데이터 그리드로 구축하였다. 개발 환경으로 웹 서버로는 IBM WebSphere Application Server 5.1.2를 이용하였다. IBM WebSphere Application Server는 J2EE 표준 규약과 완벽하게 호환되는 웹 응용 서버이다. WebSphere는 웹 응용 서버의 핵심인 웹 컨테이너와 EJB 컨테이너를 기본적으로 포함하고 J2EE 서버로서 갖추어야 할 모든 기능 이외에, 웹 서비스, 다이나 캐시, 워크로드 관리 등의 최신 기능들을 제공한다. 개발 툴로서는 IBM WebSphere Studio Application Developer 5.1.2를 이용하였다. 이는 통합 J2EE 개발 환경을 제공한다. 오픈 소스 플랫폼(Eclipse)에 기반을 둔 플러그인 개발 환경을 제공하고, 다양한 벤더의 제품들과의 통합 가능하다.

그림 3은 PACS-Grid 상에서 웹 서비스를 이용할 때의 흐름도를 예를 들어 보였다. Client Application에서 제공하는 Global Searching interface를 통해 Searching Service의 인스턴스를 생성하고 binding하여 찾고자 하는 조건의 값을 넘겨준다. 웹 서비스를 통해 넘겨진 조건 값을 가지고 실제 메타데이터베이스에 질의를 보내고 결과로 환자에 대한 정보를 넘겨주게 된다. 이 때 환자 정보는 SOAP message를 통해 serialized되어 Client Application에게 전달된다. Client Application은 전달 받은 결과를 UI를 통해 사용자에게 보여준다. 이 때 사용자는 검색된 결과 중 원하는 결과를 다운받을 수 있게 된다. 해당 결과를 다운받겠다고 요청하면 Transferring Service의 새로운 인스턴스가 생성되고 서버에 전송 요청을 보내게 된다. 실제 전송은 SRB API를 이용하여 DICOM server로부터 Client 머신으로 직접 일어나게 된다.

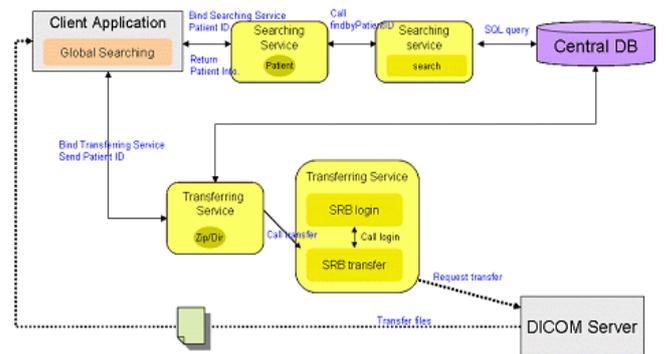


그림 3 Interaction Diagram

(그림 4)는 프로토타입으로 구현한 어플리케이션의 인터페이스이다. 현재 개발된 웹 서비스를 테스트해볼 수 있도록 간단하게 구현하였다.

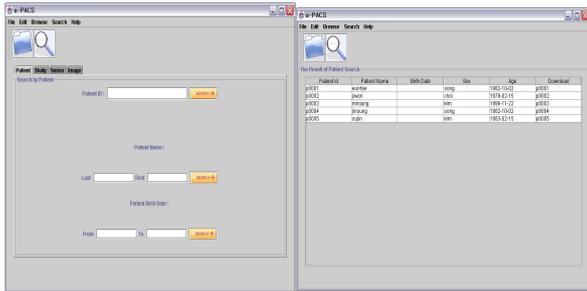


그림 4 Prototype

이를 통해 PACS 을 연합하여 구성된 PACS-Grid 상에서의 웹 서비스 활용성을 확인할 수 있었다.

4. 결론 및 향후 계획

PACS-Grid 의 데이터 관리를 위한 서비스와 사용자에 제공할 서비스에 대해 요구사항을 파악하여 웹 서비스로 제공할 수 있을지에 대한 연구를 하고 간단한 웹 서비스를 실제로 제공할 수 있도록 개발하는 데 중점을 두었다. 데이터 관리를 위해 의료 데이터의 표준인 DICOM 형식에 대해 분석하였고, 그에 맞는 메타데이터 베이스를 구성하였다. 또한 분산된 의료 데이터를 가상화 하기 위해 데이터 그리드 구성 방안을 연구하였고, 과학, 의료 분야에 많이 쓰이고 있는 SRB 데이터 미들웨어를 적용하여 데이터 그리드를 구축하였다. 이러한 환경을 기반으로 사용자에게 제공할 수 있는 서비스를 도출하였다. 사용자가 공개된 의료 데이터에 어디서나 쉽게 접근, 검색, 전송할 수 있도록 Searching Service, Browsing Service, Transferring Service 를 웹 서비스로 개발하였다. 이를 통해 PACS-Grid 상에 웹 서비스 기술을 접목 시킬 방안을 계획하였고 검증할 수 있었으며 간단한 웹 서비스를 개발, 제공할 수 있었다.

향후 과제로 본 논문을 기반으로 현재 개발된 웹 서비스 이외에 PACS-Grid 상에서 요구되는 웹 서비스들을 추가 정의, 개발하고, 여러 사이트에 존재하는 다양한 웹 서비스를 통합하여 제공할 수 있는 방안에 대해 연구하고자 한다. 본 논문에서는 연구되지 않았던 복제 데이터 관리에 대해 고려하여 데이터 이용의 효율성을 높여야 한다. 또한, 웹 서비스 미들웨어의 자율적인 관리 요소를 추가하여 PACS-Grid 서비스의 견고성을 더욱 높이고자 한다.

참고문헌

[1] R. Acharya, R. Wasserman, J. Sevens and C. Hinojosa, "Biomedical Imaging Modalities: A Tutorial", Computerized Medical Imaging and Graphics, Vol. 19, No. 1, pp. 3-25, 1995.
 [2] J.Montagnat, et. al., "Medical Images Simulation, Storage, and Processing on the European DataGrid Testbed", Journal of Grid Computing, 2004.

[3] H. K. Huang. PACS: Picture Archiving and Communication System in Biomedical Imaging. Hardcover, 1996.
 [4] DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine. <http://medical.nema.org/>.
 [5] OASIS http://www.xml.org/xml/resource_focus_beginnerguide.shtml
 [6] W3C <http://www.w3.org/TR/soap/2003>
 [7] W3C <http://www.w3.org/TR/wsdl> 2001
 [8] OASIS, UDDI http://www.unicode.org/pubs/Iru_UDDI_Technical_White_Paper.pdf
 [9] Osamu Tatebe, Youhei Morita, Satoshi Matsuoka, Noriyuki Soda, and Satoshi Sekiquchi, "Grid datafarm architecture for petascale data intensive computing", Proceeding of the Second IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid, 2002.
 [10] Arcot Rajasekar, Michael Wan, Reagan Moore, Wayne Schroeder, George Kremenek, Arun Jagatheesan, Charles Cowart, Bing Zhu, Sheau-Yen Chen, Roman Olschanowsky, "Storage Resource Broker - Managing Distributed Data in a Grid", Computer Society of India Journal, Special Issue on SAN, 2003.
 [11] Buncic, P., et. al. "The AliEn System, Status and Perspectives", Proceeding of the Computing in High Energy Physics (CHEP) conference San Diego, USA, March 2003.
 [12] J. Montagnat, V. Breton, and I.E. Magnin., "Using grid technologies to face medical image analysis challenges.", In Biogrid'03, proceedings of the IEEE CCGrid03, Tokyo, Japan, May 2003.
 [13] Dmitry Rogulin, Florida Estrella, Richard McClatchey, "A Service-Based Grid Environment for Managing Distributed Medical Images", The 6th International Conference on Web-Age Information Management, 2005.
 [14] H. Duque, J. Montagnat, J.M. Pierson, L. Brunie, and I.E. Magnin., "DM2: A Distributed Medical Data Manager for Grids.", In Biogrid'03, proceedings of the IEEE CCGrid03, Tokyo, Japan, May 2003.
 [15] Florida Estrella, Richard McClatchey, Dmitry Rogulin, "The Mammogrid Virtual Organization - Federating Distributed Mammograms", MIE, 2005.
 [16] Lidia Leoni, Simone Manca, Andrea Giachetti, and Gianluigi Zanetti, "A Virtual Data Grid Architecture for Medical Data using SRB", EuroPACS-MIR 2004, 2004