

의료 이미지 보관 및 판독 클라우드 서비스

A Cloud Service for Archiving and Interpreting Medical Images

김수동¹ 박진철¹ 정한터¹ 라현정²
Soo Dong Kim Jin Cheul Park Han Ter Jung Hyun Jung La

요약

의료 이미지는 사람 신체의 비정상적인 상태를 발견하는데 효과적인 자료로 사용되고 있다. 일반적으로 환자는 다양한 이유로 다른 종류의 의료 기관을 방문하고, 심각한 질병 특징을 가지는 의료 이미지에 대해 2차 소견을 얻기를 원한다. 현재에는 개인의 의료 이미지가 여러 의료 기관에 산재되어 있기 때문에, 2차 소견을 얻을 때 자신과 관련된 모든 정보를 직접 가지고 다른 의료진을 찾아야 하는 불편함이 있다. 이런 두 가지 동기로 인해, 본 논문에서는 의료 이미지 보관 및 판독 서비스를 제안하고자 한다. 그러므로, 의료 이미지 보관 및 판독 서비스의 설계 모델 및 구현 결과를 본 논문에서 제시하고, 저비용 개인 헬스케어 서비스로서의 실용적 가치를 증명하고자 한다. 환자는 제안하는 서비스를 사용함으로써 언제든지 자신의 의료 이미지 정보를 확인할 수 있고 의료진을 찾아갈 필요 없이 간편하게 의료 이미지 분석을 할 수 있다.

☞ 주제어 : 의료 이미지, 클라우드 서비스, 의료 이미지 보관, 의료 이미지 판독

ABSTRACT

Medical images are an effective means to identify medical abnormalities.. Patients typically have medical images taken at different clinics during lifetime, and they often wish to have second interpretation on medical images showing substantial diseases. At present, since personal medical images are distributed to multiple clinics, there is a bit discomfort that patients directly bring their images by hands to get the second interpretation from another physician. With these two motivations, we design a cloud service for archiving medical images and interpreting medical images by physicians. We present the design and implementation of the service, and show its practical value as low-cost personal healthcare service. By using the service, patients can retrieve and review their medical images anytime and have a convenience of acquiring second opinions on their medical images at low-cost without visiting a clinic.

☞ keyword :Medical Image, Cloud Service, Medical Image Archival, Medical Image Interpretation

1. 서론

의료 이미지는 의료적 해석을 위해 인체 신호 또는 사람 인체 내부를 시각적으로 표현한 것이다. 그리고, 이는 피부 또는 뼈에 숨겨진 내부 조직 및 기능을 보여준다. 그러므로, 의료 이미지는 사람 신체의 비정상적인 상태를 발견하는데 효과적인 자료로 사용되고 있다.

본 논문에서 제안하는 서비스는 의료 이미지 보관 및 판독 기능을 제공하는 클라우드 서비스이다. 일반적으로 환자는 다양한 이유로 다른 종류의 의료 기관을 방문한

다. 그 결과, 한 환자에 대한 의료 이미지는 전형적으로 여러 의료 기관에 분산되어 저장되며, 환자는 자신의 의료 이미지 정보를 한 곳에 관리하여 편리하게 접근할 수 있는 장소를 가지지 못한다. 이런 상황이 본 서비스를 개발하게 되는 주된 동기이다.

암과 같은 심각한 질병을 보이는 의료 이미지를 가진 환자는 수술과 같은 의료 행위를 결정하기 이전에 이미지에 대한 2차 소견을 얻는 경우가 있다. 이는 소프트웨어 또는 의료진이 이미 업로드 된 이미지를 분석하는 것에 대한 동기가 된다.

그러므로, 이미지 의료 보관 및 판독 클라우드 서비스를 제공하면 얻을 수 있는 이점은 다음과 같다.

- 환자는 평생 자신의 모든 의료 이미지를 보관하는 한 저장소를 가지게 된다.
- 환자는 특정 의료 기관에 방문하지 않고, 원할 때마다 자신의 의료 이미지를 검색하고 열람할 수 있다.
- 환자는 의료 기관에 방문하지 않고, 저비용으로 자

¹ Department of Computer Science, Soongsil University, 511 Sangdo-Dong Dongjak-Ku Seoul, 156-743, Korea

² SmartyLab Corporation, Sangdo-Ro, Seoul 156-725, Korea

* Corresponding Author (hjla80@gmail.com)

[Received 26 February 2016, Reviewed 18 March 2016, Accepted 28 April 2016]

☆ 본 연구는 서울산업진흥원의 지원을 받는 서울시 산학연 협력 사업(PA140034)의 연구결과로 수행되었습니다.

신의 의료 이미지에 대한 2차 소견을 편리하게 얻을 수 있다.

본 논문에서 제안하는 서비스는 환자가 자신의 의료 이미지를 업로드하고, 검색할 수 있는 기능을 제공하는 클라우드 기반 헬스케어 솔루션이다. 이 서비스는 또한 의료진들이 의료 이미지를 판독하는데 보다 활발하게 참여할 수 있도록 도와준다. 즉, 이 서비스는 의료 이미지를 가진 환자와 이를 해석할 수 있는 의료진 간의 온라인 마켓 역할을 하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 3장에서 먼저 이 서비스의 주된 기능 요구사항을 나열하고, 4장에서 이 서비스를 개발하는데 발생하는 기술적 이슈를 기술한다. 5장에서는 의료 이미지 보관 및 판독 서비스의 설계 모델 및 구현에 대해서 설명한다. 마지막으로, 이 서비스를 이용한 실험을 수행한 결과를 6장에 보여준다.

2. 관련 연구

Yang의 연구에서는 클라우드 기반 환자의 비디오 및 이미지 분석 서비스를 개발하였다 [1]. 이 서비스는 대용량의 의료 이미지를 처리하기 위하여 Hadoop을 사용한 이미지 전송, 저장 등 작업을 수행한다. 이 연구에서는 의료 이미지의 크기로 인한 대용량 데이터의 효과적인 처리기법을 제안하는데 초점을 맞추고 있다.

Liu의 연구에서는 e-Healthcare 클라우드 서비스의 아키텍처 설계 및 서비스들간 상호작용 시 발생하는 이슈들을 다루고 있다 [2]. Ukis의 연구에서는 클라우드 기반 대용량 의료 이미지 프로세싱 및 가시화를 위한 기능성을 명시하고 있다 [3]. 이 두 연구에서는 클라우드 서비스 환자의 의료 이미지를 분석하기 위한 기법을 제안하는데 초점을 맞추고 있다.

Lee의 연구에서는 하이브리드 클라우드 기반 헬스케어 시스템 개발을 위한 헬스케어 서비스 솔루션을 제안하였다 [4]. 이 연구에서는 High Level 수준의 시스템 기능성과 Secure한 의료 센서를 사용하여 환자의 센서 데이터를 보호하는 방식을 제안한다.

La의 연구에서는 다양한 방식의 의료 분석 기법들을 제안하고 구현 가능성을 보여주었다 [5]. 제안된 의료 데이터 분석에 기법들 중 범위 기반 및 레도 기반 의료 분석 기법들은 이미지 판독에 잘 적용될 수 있다.

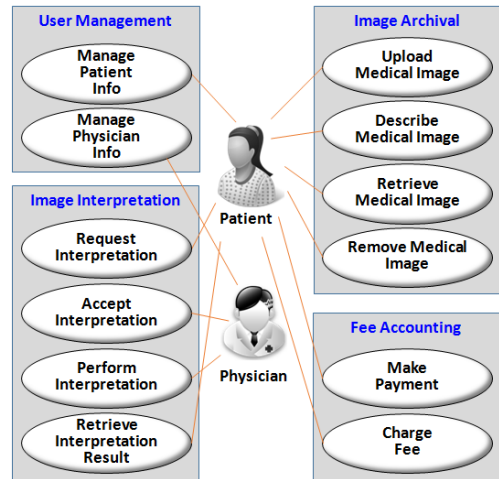
John의 연구에서는 서비스 지향 아키텍처 기반 Healthcare-as-a-Service를 제안한다 [6]. 이 연구에서는 헬스케어 서

비스 기능성을 상세하게 보여주고는 있지만 서비스 설계 및 개발에 있어서 필요한 명세는 다루고 있지 않다. 이외의 다른 연구에서도 사용자 중심의 의료 이미지 분석 서비스 설계 및 개발보다 이미지 분석 기법을 제안하는 방면으로 많은 연구가 진행되고 있다 [7][8][9].

본 논문에서는 클라우드 기반 의료 이미지 판독 서비스를 개발 함에 있어서 여러 가지 기술적인 이슈를 정의하여 보여준다. 효과적인 의료 판독 서비스 제공을 위하여 클라우드 기반 목표 서비스는 의료 이미지 보관 및 판독을 위한 환자와 의료진에게 효과적인 서비스 제공 솔루션을 제공한다.

3. 기능적 요구사항

본 연구의 목표 서비스 기능은 크게 사용자 관리, 의료 이미지 판독, 의료 이미지 보관, 사용자 요금 관리의 4가지 기능성 그룹으로 분류된다. (그림 1)은 이 서비스의 주요 기능들을 나타낸다.



(그림 1) 목표 서비스 Use Case 다이어그램
(Figure 1) Use Case Diagram for the System

3.1 사용자 관리 (User Management)

사용자 관리 기능성 그룹은 목표 서비스를 사용하는 환자 및 의사의 정보를 관리하는 기능들을 제공한다. 사용자는 제공되는 기능들을 통해 자신의 정보를 저장 및 수정하는 등 자신의 정보를 관리할 수 있다.

3.2 의료 이미지 보관 (Medical Image Archival)

환자는 목표 서비스를 통해 이미지를 하나의 보관소에 통합하여 저장 및 관리할 수 있다. 의료 이미지 판독에 대한 정확성을 보장하기 위하여 서비스는 병원으로부터 수집 가능한 의료 이미지에 대해서만 판독 서비스를 제공한다. 본 서비스는 심전도 검사 (ECG), 뇌파 검사 (EEG), 근전도 검사 (EMG), X선 촬영 (X-ray), 컴퓨터 단층 촬영 (CT), 자기공명영상 (MRI), 초음파 촬영 (Ultrasonography) 등 7가지 타입의 의료 이미지를 지원한다.

3.3 의료 이미지 판독 (Image Interpretation)

개발한 의료 이미지 판독 서비스는 환자가 업로드 한 의료 이미지를 기반으로 (표 1)의 세가지 레벨 방식의 다양한 판독 서비스를 제공한다.

(표 1) 세가지 레벨 방식 의료 이미지 판독 서비스
(Table 1) Three Levels of Interpretation Services

| Level | Description | Fee |
|----------|---|------|
| Basic | Interpret without legal binding | Free |
| Advanced | Interpret in details with legal binding | Low |
| Premium | Interpret with interviews and legal binding | High |

Basic 방식은 개발된 목표 서비스의 내부적인 알고리즘을 사용하여 환자에게 무료 판독 서비스를 제공하는 것이다. Advanced 방식은 Basic 방식과 비교하여 상세한 수준의 판독 서비스를 제공하는 것으로 환자는 일정 수준의 요금을 지불하게 된다. Premium 방식은 환자와 의사간 커뮤니케이션을 통한 의료 이미지 판독 서비스를 제공하는 것이다. 이를 위해 목표 서비스는 환자와 의사간 커뮤니케이션을 위한 플랫폼을 제공한다. 이 수준의 판독 서비스는 환자와 의사가 일대일로 연결되어 환자 중심의 판독 서비스를 제공하기 때문에 환자는 비교적 높은 수준의 요금을 지불하게 된다.

3.4 서비스 요금 관리

요금 관리 기능성 그룹은 환자로 하여금 서비스 사용에 대한 요금 지불 및 관리를 가능하게 한다. 즉, 환자의 판독 서비스 레벨 및 판독 서비스 품질을 기반으로 요금을 책정한 후 환자로 하여금 요금 지불, 관리 등 작업 수행이 가능한 기능성들을 제공한다.

4. 서비스 개발의 기술적 이슈

본 장에서는 목표 서비스 개발 시 고려되어야 할 기술적 이슈를 정의한다.

4.1 이슈 1. 서비스 성능 보장

목표 서비스는 전 세계의 잠재적 사용자들을 대상으로 하는 클라우드 서비스로써 사용 환경과 시간에 무관하게 일정 수준 이상의 성능을 보장해야 한다. 따라서 서비스를 이용할 수 없거나 성능이 저하되는 경우를 최소화 해야 하며 최대한 일정 수준 이상의 성능을 유지해야 한다.

이는 서비스 품질 (Quality of Service, QoS) 평가 속성 중 가용성 (Availability)에 해당하는 것으로 목표 서비스 설계 시 필수적으로 고려되어야 한다.

4.2 이슈 2. 개인정보 보호 (Privacy)

환자 개인의 의료 이미지는 신체 정보를 비롯하여 건강 상태, 질병 여부 등을 판단할 수 있게 하는 매우 민감한 정보이다. 따라서 목표 서비스에 저장된 의료 이미지와 해당 이미지에 대한 판독 결과에 대해 높은 수준의 보호가 이루어져야 한다. 이를 위해선 시스템 보안뿐만 아니라 의료 이미지 판독 시 발생할 수 있는 유출 위험을 사전에 방지할 수 있는 정책과 합리적인 프로세스가 마련되어야 한다.

4.3 이슈 3. 의료 이미지의 이질성 관리

목표 서비스에서 지원하는 7가지 종류의 의료 이미지는 인코딩 방법, 파일 확장자, 파일 크기, 포맷 등에서 높은 이질성을 보인다. 이는 파일 저장, 판독 서비스 제공, 파일 인코딩 및 디코딩, 시각화 등을 어렵게 하며 다른 타입의 의료이미지 추가 등의 확장성을 저하시킨다. 따라서 목표 서비스는 이러한 의료 이미지의 이질성을 효과적으로 경감하고 확장 용이한 형태로 설계되어야 한다.

4.4 이슈 4. 이미지 판독 마켓 플레이스 구축

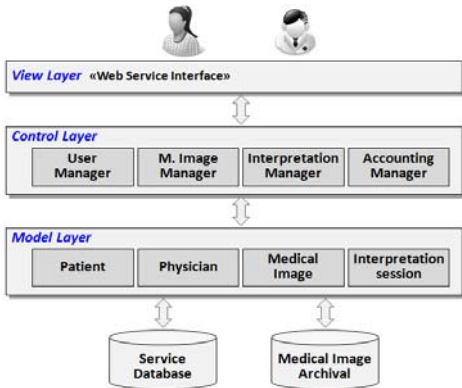
목표 서비스를 사용하려는 핵심 동기 중 하나는 환자 자신의 의료 이미지에 대하여 편리하고 효과적으로 2차 의사 소견을 얻는 것이다.

환자는 자신의 의료 이미지에 대하여 신뢰도 높은 판독을 해줄 수 있는 의사와 효과적으로 연결될 수 있어야 하며 신뢰도를 판단하기 위한 의사 정보를 열람할 수 있어야 한다. 이를 위해선 환자와 의사가 연결되어 이미지를 판독하고 판독 결과를 볼 수 있는 온라인 시장이 필요하며 기존의 전자상거래 사이트와 다른 사업모델이 필요하다.

5. 서비스 디자인 및 구현

5.1 목표 서비스의 주요 컴포넌트

목표 서비스의 기능성을 고려하면, 목표 서비스는 상대적으로 복잡한 시스템이다. 따라서 목표 서비스는 기능성, 배치, 높은 서비스 품질(Quality of Service; QoS) 및 신뢰성에 대한 기술적 이슈를 고려하여 MVC 아키텍처 패턴이 적용된다. (그림 2)는 독립된 기능성을 고려하여 주요 컴포넌트를 나타낸다.



(그림 2) 목표 서비스의 계층 및 컴포넌트
(Figure 2) Layers and Components of Service

뷰(View) 계층은 웹 프로그래밍 기술을 이용하여 웹 브라우저를 통해 UI를 제공한다. 각각의 UI 컴포넌트들은 사용자의 타입과 사용자가 어떤 기능을 원하는지에 따라 동적으로 로딩된다.

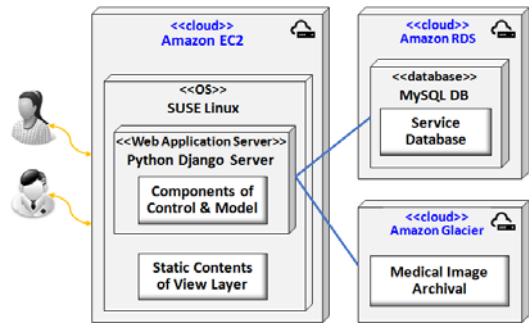
컨트롤(Control) 계층은 목표 시스템의 전체 기능성을 제공하며, 4개의 컴포넌트로 구성되어 있다. User Manager는 환자와 의사와 같은 유저의 정보를 관리한다. Medical Image Manager는 환자가 업로드한 의료 이미지를 보관하고 검색한다. Interpretation Manager는 의사의 의료 이미지 판독을 도와주고 관리하며, 환자와 의사를

연결해주는 등의 판독 서비스와 관련된 기능을 한다. Accounting Manager는 판독 서비스에서 발생하는 결제와 관련된 기능을 수행한다.

모델(Model) 계층은 의사, 환자, 세션, 결제, 의료 이미지 등과 같은 엔티티 타입(entity-type) 오브젝트를 관리하며, 엔티티 타입 오브젝트를 저장하는 서비스 데이터베이스(Service Database)와 의료 이미지를 저장하는 의료 이미지 보관소(Medical Image Archival)와 상호작용한다. 특히 이러한 오브젝트 중에서, Medical Image는 다양한 타입의 의료 이미지에 대한 클래스이다. Interpretation Session은 의사와 환자간의 의료 이미지 판독 트랜잭션이나, 판독에 대한 결과를 관리하는 판독 세션 클래스이다.

5.2 설치 및 운영 아키텍처

배포 아키텍처는 목표 시스템의 다양한 사용 품질 속성에 영향을 미친다. (그림 3)은 본 서비스의 배포 뷰(Deployment View)를 보여준다.



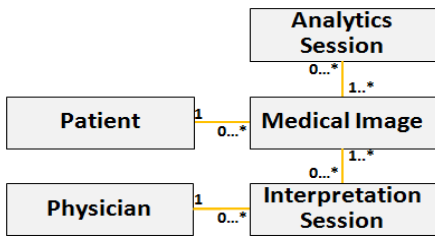
(그림 3) 목표 서비스의 배포 다이어그램
(Figure 3) Deployment Architecture of Service

본 서비스는 3가지의 신뢰할 수 있고 확장 가능한 클라우드 서비스를 사용하여 개발한다. Amazon EC2는 목표 서비스의 컴포넌트 배치에 사용되고, Amazon RDS는 엔티티에 대한 애플리케이션 데이터베이스를 관리하는데 사용하며, Amazon Glacier는 의료 이미지 보관소를 운영하는데 사용된다.

또한, 파이썬(Python) 언어의 장고(Django) 프레임워크를 사용하여 목표 시스템을 구현한다. 장고 프레임워크는 코드 모듈을 논리적인 그룹으로 분리하여 모듈을 유연하게 변경할 수 있게 해주고, 일반적인 사용자 작업(user-tasks) API를 제공하며, 템플릿 시스템과 동적 HTML 렌더링을 지원하는 장치들을 제공한다.

5.3 데이터베이스 및 의료 이미지 보관소 설계

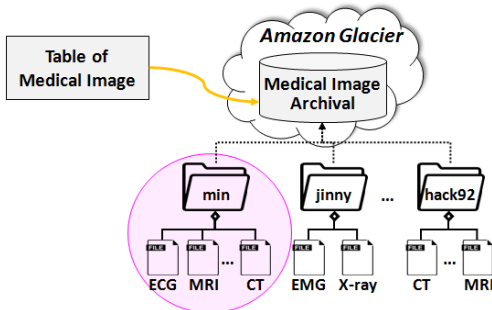
목표 서비스는 Amazon RDS와 Amazon Glacier을 사용하여 의료 이미지 관련정보와 이미지 파일을 분류하여 저장 및 관리 기능을 수행한다. 개발된 목표 서비스 데이터베이스 스키마는 (그림 4)와 같이 정의하였고 사용자 프로파일, 판독 서비스 요금, 의료 이미지 관련 데이터 등 정보들을 저장하여 관리한다.



(그림 4) 목표 서비스 데이터베이스 스키마
(Figure 4) Service Database Schema

목표 서비스는 의료 이미지 판독한 결과를 판독 세션에 저장하여 관리하고, 의료 이미지와 판독 세션은 일대다 매핑 관계를 가진다. 그리고, 하나의 의료 이미지에 대한 여러 개의 판독 세션을 저장하여 관리한다. 그러므로 환자는 하나의 의료 이미지에 대하여 서로 다른 의사로부터 입력 받은 판독 세션을 검색 및 조회가 가능하다.

목표 서비스는 환자로 하여금 여러 개의 다양한 타입의 의료 이미지를 업로드 하여 관리 할수 있게 개발하였다. 서비스는 의료 이미지의 타입을 기반으로 (그림 5)와 같이 의료 이미지 파일을 보관소에 저장하여 관리한다. 서비스에서 구현한 이미지 보관소는 Amazon Glacier 에 배포하여 운영한다.

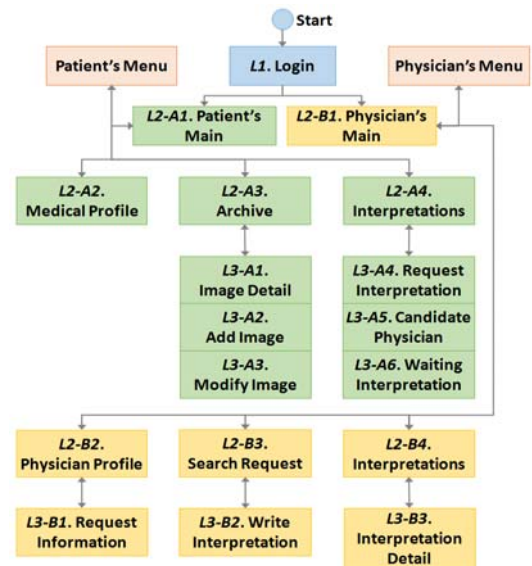


(그림 5) 의료 이미지 보관소 및 파일 저장 구조
(Figure 5) Medical Image Archival Repository and File Structure

의료 이미지의 이름, 타입, 레퍼런스 링크 등 관련 기본 정보는 Amazon RDS 에 배포된 MySQL 데이터베이스 시스템에 저장된다. 목표 서비스는 의료 이미지의 효율적 관리를 위하여 특정 환자의 의료 이미지를 폴더 그룹에 저장한 후 이미지에 특정 이름을 부여하여 관리를 수행한다.

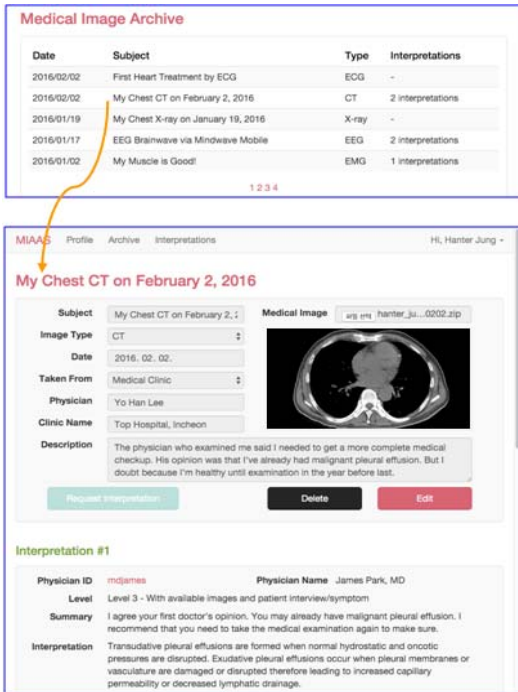
5.4 목표 서비스 웹 인터페이스 설계

목표 서비스의 높은 사용성(Usability)을 가진 사용자 인터페이스(UI) 개발을 위하여 3가지 디자인 원칙을 적용한다. 이러한 원칙으로는, 사용자 타입에 따른 사용자 인터페이스를 분리, 효과적인 페이지 탐색을 위한 얇고 넓은 내비게이션(broad and shallow navigation) 패턴, 그리고 의료 이미지와 이와 관련된 판독 세션을 그룹화하는 것이었다. 이러한 웹 인터페이스의 디자인은 (그림 6)과 같다.



(그림 6) 목표 서비스의 웹 인터페이스 내비게이션 트리
(Figure 6) Navigation Tree of Service Web Interface

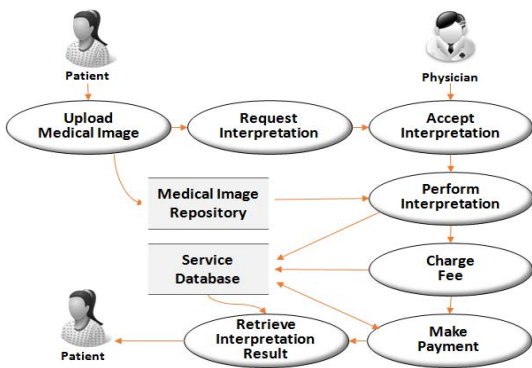
위 그림에서, 첫 레벨에 대한 페이지는 로그인 페이지만 있다. 두 번째 레벨에 대한 페이지들은 기본적인 정보에 대한 페이지들과 요약 페이지들이 있다. 이들은 메뉴를 통해 각 페이지 간의 직접적인 이동이 가능하다. 마지막으로 세 번째 레벨의 페이지들은 세부 정보를 보여주거나 세부 기능을 제공한다. (그림 7)은 업로드 된 모든 의료 이미지들을 보여주는 요약 페이지와, 판독 세션을 포함한 의료 이미지 하나를 보여주는 상세 페이지를 보여준다.



(그림 7) 요약 페이지 및 상세 페이지
(Figure 7) Summary Page and Detailed Page

5.5 의료 이미지 판독 서비스 프로세스

본 절에서는 의료 이미지 판독을 위한 프로세스를 정의하여 보여준다. 목표 서비스는 환자의 의료 이미지 판독을 위하여 (그림 8)과 같이 이미지 업로드, 비용 지불 등 프로세스를 수행한다.



(그림 8) 판독 서비스 Data Flow 다이어그램
(Figure 8) Data Flow Diagram for Interpretation Transactions

환자는 의료 판독 서비스 사용에 필요한 타입의 의료 이미지를 서비스의 웹 인터페이스를 사용하여 업로드 한 후, 판독 요청을 서비스에 신청한다. 의사는 목표 서비스로부터 판독 서비스 신청을 수락한 후, 의료 이미지 보관 소로부터 이미지를 요청하여 판독을 수행한다. 목표 서비스는 의사의 판독 결과를 데이터베이스에 입력 및 저장한다. 목표 서비스는 환자의 판독 서비스 레벨을 기반으로 요금을 책정한 후 환자에게 요금 지불 서비스를 제공한다. 환자는 목표 서비스로부터 요금 지불 승인을 받은 후 의료 이미지 판독 결과를 서비스로부터 전송 받는다.

6. 실험 및 평가

본 장에서는 두 달간 진행했던 실험에 대하여 설명하고 실험 결과에 대해서 논의한다. 실험 결과 환자들은 의료 이미지를 클라우드에 저장하는 것이 안전할 수 있다고 평가하였으며 이미지 판독 서비스에 대하여 높은 만족감을 나타냈다.

6.1 클라우드 서버 설정

목표 서비스는 세가지 아마존 클라우드 서비스 (EC2, Glacier, RDS)에 배치되어 구현되었으며 실험을 위한 각 클라우드 설정은 아래의 (표 2)와 같다.

(표 2) 목표 서비스를 위한 아마존 클라우드 설정
(Table 2) Configuring Amazon Cloud for Service

| Service Instance | Instance Specification | Usage |
|------------------|----------------------------|--|
| Amazon EC2 | Type: m4.2xlarge | <ul style="list-style-type: none"> Functional Components Static Contents |
| | vCPU: 8 | |
| | Memory: 16 GiB | |
| | Storage: 100GB SSD | |
| Amazon RDS | Type: db.m4.2xlarge | <ul style="list-style-type: none"> Structured Data with MySQL |
| | vCPU: 8 | |
| | Memory: 32 GiB | |
| | Storage: 200GB SSD | |
| Amazon Glacier | Policy: No Retrieval Limit | <ul style="list-style-type: none"> Medical Image Files |
| | Notifications: Disabled | |
| | Storage: No Limit | |

먼저 기능 컴포넌트 등 서비스 운영에 필요한 구현은 Amazon EC2에 배치되었으며 안정적인 기능성 제공을 위해 CPU와 Memory를 위와 같이 설정하였다. 다음으로 구조적 데이터가 저장되는 Amazon RDS의 경우 데이터 전송과 연산이 가장 자주 일어나기 때문에 Memory 성능을 더 높였다. 마지막으로 의료 이미지가 저장되는 Amazon Glacier의 경우 저장소 용량의 제한을 해제하였다.

6.2 실험 대상자 및 의료 이미지

본 연구에서는 실험을 위해 서울 지역에 있는 총 16명의 환자를 선정하여 실험 대상으로 구성하였다.

실험은 총 두 달간 이루어지며 새로 촬영한 의료 이미지와 과거에 촬영했던 의료 이미지의 사본을 목표 서비스에 등록하게 하였다. 의료 이미지의 유형이나 개수는 개인의 건강 상태나 병원 방문 빈도에 따라 개인차가 있었다. 의료 이미지의 타입별 이미지 총 개수와 판독 횟수 그리고 평균 지연 시간은 아래의 (표 3)과 같다.

(표 3) 등록된 의료 이미지 개수
(Table 3) Number of Medical Image Uploaded

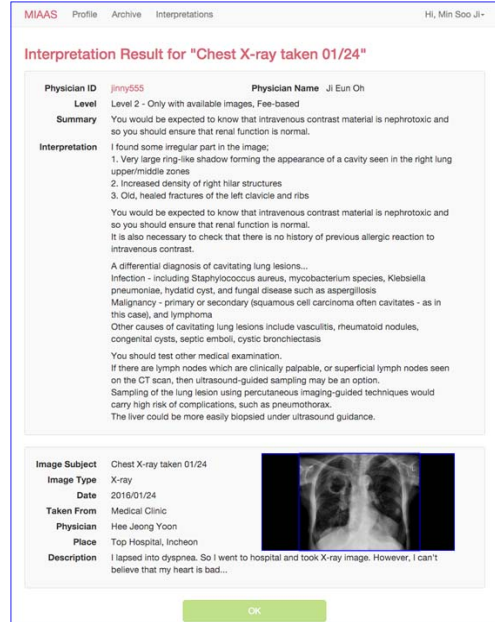
| Type | # of Medical Images | # of Interpretation | Avg. Elapsed Time (day) |
|------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| ECG | 27 | 33 | 1.2 |
| EEG | 6 | 10 | 2 |
| EMG | 14 | 15 | 2 |
| X-ray | 39 | 50 | 1.5 |
| CT | 13 | 13 | 2.7 |
| MRI | 15 | 15 | 3.1 |
| Ultrasound | 19 | 22 | 2.1 |

ECG와 X-ray 의료 이미지가 가장 자주 등록되었으며 등록된 모든 이미지에 대해서 하나 이상의 판독이 이루어졌다. ECG, EMG, EEG, X-ray는 비교적 빠른 판독이 이루어졌으며 CT, MRI, Ultrasound는 판독이 하루에서 이틀 정도 더 소요됐다.

6.3 적용된 의료 이미지 판독

실험에 참여한 2명의 방사선 전문의들은 2달 간의 실험 기간 동안 무료로 의료 이미지를 판독 해주었으며 실험 기간 중 등록된 모든 의료 이미지가 판독되어 환자에

게 판독 결과가 제공되었다. 아래의 (그림 9)는 Chest X-ray 의료 이미지에 대한 의사의 판독 결과 화면이다.



(그림 9) Chest X-ray에 대한 의사 판독
(Figure 9) Physician's Interpretation on Chest X-ray

의사는 위와 같이 위와 같이 의료 이미지를 통해 판독 가능한 가능성 있는 질병과 이에 대한 설명 그리고 관련된 증상이나 원인 등을 기술하여 목표 서비스에 등록한다. 이후 환자는 등록된 매우 자세한 판독 결과를 볼 수 있었으며 추가적인 치료나 진단이 필요할 경우 해당 의사와 연결되어 더 높은 수준의 판독 서비스를 받아볼 수 있었다.

6.4 실험 결과 및 레슨

본 실험에서는 2달 동안 실험에 참여한 환자와 의사들로부터 의견을 수렴하였고 실험 종료 후 4가지 평가 항목(시스템 성능, 판독 정확도, 기능성, 실제 사용 편의성)에 대하여 평가하도록 하였다.

목표 서비스에 대한 주요 의견은 판독 요청이 가능한 의사의 온라인 정보가 필요하다는 것이다. 대부분의 환자들은 의사에 대한 신뢰성 있는 정보가 없거나 부족할 경우 판독 요청에 망설임을 보였다. 각 평가항목에 대한 결과는 (표 4)에 요약되어 있다.

(표 4) 실험에 대한 설문조사 결과
(Table 4) Survey of Participant's Experience

| | System Performance | Accuracy of Interp. | Functionality | Practical Usability |
|-----------|--------------------|---------------------|---------------|---------------------|
| Jinny555 | 9 | 7 | 10 | 9 |
| usimebul | 9 | 5 | 8 | 10 |
| lovesong | 6 | 9 | 7 | 9 |
| hanterkr9 | 7 | 8 | 10 | 10 |
| hack92 | 7 | 9 | 9 | 10 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| Average | 7.2 | 9.4 | 8.8 | 9.5 |

우리는 이 설문조사를 기반으로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 의사 판독의 정확도는 처음 병원에서 받은 판독과 거의 동일한 수준이다.
- 목표 서비스는 의료 이미지 저장과 판독 서비스를 위한 이해하기 쉬운 기능을 제공한다.
- 목표 서비스는 여러 사용자들에게 활용될 수 있는 잠재력을 지니고 있다.

실험 기간 동안 결제 관리 시스템에 대하여 평가하지 않았으며, 따라서 환자들이 온라인 의료 이미지 판독에 결제를 할 것인지에 대해서는 평가하지 않았다.

6.5 기술적 이슈 해결 결과

첫 번째 기술적 이슈는 서비스의 높은 가용성을 보장하는 것이다. 실험을 수행하는 과정에서 서비스를 이용할 수 없거나 성능이 저하되는 로그 기록은 없었다. 이는 본 서비스가 아마존 PaaS 서비스에서 운영되며, 아마존 PaaS 서비스는 높은 수준의 QoS를 보장하기 때문이다.

두 번째 기술적 이슈는 서비스에 업로드 된 개인 의료 이미지의 보안성을 유지하는 것이다. 실험 참가자들은 자신의 의료 이미지를 클라우드에 보관하는 것으로 인한 보안성에 대해 높은 우려를 가지고 있었다. 실험 초반에는 이 보안성에 대해 많은 질문과 우려가 있었다. 그러나, 본 서비스는 표준 프로토콜 및 스키마 등 웹 서비스 표준을 준수하여 개발되었기 때문에, 실험 후반에는 보안 이슈에 대한 우려가 거의 보고되지 않았다. 오히려, 실험 참가자들은 의료 이미지를 클라우드에 저장하는 것이 안전할 수 있다고 평가하였다.

세 번째 기술적 이슈는 의료 이미지의 높은 이질성을

해결하는 것이다. 7가지 종류의 의료 이미지는 인코딩 방법, 파일 확장자, 파일 크기, 포맷 등에서 높은 이질성을 보인다. 본 논문에서는 의료 이미지에 대한 테이블을 정의하고, 이 테이블에는 각 의료 이미지의 파일을 접근하는 포인터만 관리하게 함으로써, 이질성 문제를 해결하였다. 또한, 앞으로 추가될 수 있는 의료 이미지를 관리하기 위해 의료 이미지를 디코딩 하고 시각화하는 컴포넌트를 전략 패턴을 이용하여 설계하였다.

네 번째 기술적 이슈는 환자에게 신뢰성 있는 해석 결과를 제공해주는 온라인 가상 마켓 장소를 제공하는 것이다. 즉, 환자는 효과적으로 신뢰성 있는 해석 결과를 제공하는 적절한 의료진을 찾을 수 있을 것이다. 이 서비스를 통한 환자와 의료진 간의 온라인 계약 및 트랜잭션에 대한 비즈니스 모델은 전자상거래 사이트에 적용된 것과 상당히 다를 것이다. 이 서비스에 맞는 정책이 적용되면, 이 서비스는 환자와 의료진 간의 온라인 계약을 위한 가상 마켓 장소로 제공될 것이다.

본 논문에서 제안하는 서비스를 사용하는 주요 동기는 환자의 의료 이미지에 대한 2차 소견을 보다 용이하게 얻게 하는 것이다.

7. 결 론

의료 이미지는 의료적 해석을 위해 사람 인체 내부를 시각적으로 표현한 것이다. 의료 이미지와 관련하여 의료 이미지를 편리하게 접근하는 것과 의료 이미지에 대한 2차 소견을 받을 수 있는 서비스에 대한 수요가 있다. 본 논문에서 제안하는 서비스는 이 두 가지 수요를 만족시키며, 의료 이미지를 보관하고 소프트웨어 또는 의료진에 의해 의료 이미지를 분석하는 기능을 제공한다.

이를 위해, 먼저 제안하는 클라우드 서비스의 기능성과 이 서비스 개발과 관련된 기술적 어려움을 기술하였다. 그리고, 기능 요구사항을 만족하면서 기술적 어려움을 해결하는 설계 모델을 제시하였다. 마지막으로, 제안된 서비스의 가치와 적용 가능성을 증명하기 위해, 이 서비스의 프로토타입을 이용한 실험을 수행한 결과를 기술하였다. 실험을 통해, 제안된 서비스가 실제로 높은 적용 가능성이 있음을 증명하였다. 그리고, 잠재적으로 저비용의 개인 헬스케어 서비스 제공이 실현 가능함을 보였다. 향후에는 시스템 간에 의료 이미지를 업로드 하기 위한 공공 API를 정의할 것이고 개인정보 보안성 이슈를 고려한 서비스를 설계할 예정이다.

참 고 문 헌 (Reference)

- [1] C. T. Yang, K. L. Huang, W. C. Chu, K. C. Lai, C. H. Chang, and C. W. Lu, "Implementation of Video and Medical Image Services in Cloud", 2014 IEEE 37th Annual Computer Software and Applications Conference Workshops (COMPSACW 2013), Jul. 2013, pp. 451-456. <http://dx.doi.org/10.1109/COMPSACW.2013.70>
- [2] W. Liu and E. K. Park, "e-Healthcare Cloud Computing Application Solutions: Cloud-enabling Characteristics, Challenges and Applications", 2013 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC 2013), Jan. 2013, pp. 437-443. <http://dx.doi.org/10.1109/ICNC.2013.6504124>
- [3] V. Ukis, S. T. Rajamani, B. Balachandran, and T. Friese, "Architecture of Cloud-based Advanced Medical Image Visualization Solution", 2013 IEEE International Conference on Cloud Computing in Emerging Markets (CCEM 2013), Oct. 2013, pp. 1-5. <http://dx.doi.org/10.1109/CCEM.2013.6684428>
- [4] Y. S. Lee, N. Bruce, T. Non, E. Alassarela, and H. Lee, "Hybrid Cloud Service based Healthcare Solutions", IEEE 29th International Conference on Advanced Information Networking and Application Workshops (WAINA 2015), Mar. 2015, pp. 25-30. <http://dx.doi.org/10.1109/WAINA.2015.42>
- [5] H. J. La, "A Conceptual Framework for Trajectory-based Medical Analytics with IoT Contexts", Journal of Computer and System Sciences, Dec. 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcss.2015.10.007>
- [6] N. John and S. Shenoy, "Health Cloud - Healthcare As A Service (Haas)", 2014 IEEE International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI 2014), Sept. 2014, pp. 1963-1966. <http://dx.doi.org/10.1109/ICACCI.2014.6968627>
- [7] R. B. Bellam, M. P. Coyle, P. Krishnan, and E. G. Rajan, "Issues While Migrating Imaging Services on Cloud Based Infrastructure", 2015 1st International Conference on Next Generation Computing Technologies (NGCT 2015), Sept. 2015, pp. 109-114. <http://dx.doi.org/10.1109/NGCT.2015.7375093>
- [8] G. Patel, "DICOM Medical Image Management the Challenges and Solutions: Cloud as a Service (CaaS)", 2012 Third International Conference on Computing Communication & Networking Technologies (ICCCNT 2012), Jul. 2012, pp. 1-5. <http://dx.doi.org/10.1109/ICCCNT.2012.6396083>
- [9] W. C. Chiang, H. H. Lin, T. S. Wu, and C. F. Chen, "Building a Cloud Service for Medical Image Processing Based on Service-Orient Architecture", 2011 4th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI 2011), Oct. 2011, pp. 1459-1465. <http://dx.doi.org/10.1109/BMEI.2011.6098638>

● 저 자 소 개 ●



김 수 동 (Soo Dong Kim)

1984년 Northeast Missouri State University, USA, Computer Science (학사)
1988년 The University of Iowa, USA, Computer Science (석사)
1991년 The University of Iowa, USA, Computer Science (박사)
1995년~현재 숭실대학교 소프트웨어학부 교수
관심분야 : Software Architecture, Object-Oriented Design, Machine Learning, Digital Healthcare Systems, IoT Computing
E-mail : sdkim777@gmail.com



박 진 철 (Jin Cheul Park)

2011년 Changchun Normal University, China, Computer Science (학사)
2014년 숭실대학교 컴퓨터학과 (석사)
2014년~현재 숭실대학교 컴퓨터학과 박사과정
관심분야 : Software Engineering, Mobile Cloud Computing, IoT Computing
E-mail : jincheul826@gmail.com



정 한 터 (Han Ter Jung)

2015년 숭실대학교 미디어학부 (학사)
2015년~현재 숭실대학교 컴퓨터학과 석사과정
관심분야 : IoT Computing, Context-aware Computing
E-mail : hanterkr@gmail.com



라 현 정 (Hyun Jung La)

2003년 경희대학교 전자정보학부 (학사)
2006년 숭실대학교 컴퓨터학과 (석사)
2011년 숭실대학교 컴퓨터학과 (박사)
2011년~2013년 숭실대학교 모바일 서비스 소프트웨어공학 센터 연구교수
2013년~현재 (주)스마티랩 대표
관심분야 : Software Architecture, Mobile Cloud Computing, IoT Computing
E-mail : hjla80@gmail.com