



Informe de Relevamiento

Intercambio de Imágenes Médicas

Acuerdo Específico AGESIC - FJR

Apoyo al Desarrollo del Proyecto de Gestión de
Gobierno Electrónico en el Sector Salud

Arquitectura de Salud para la Historia Clínica Electrónica Nacional

9 de Mayo de 2018 - Versión 1.0

Índice general

1	Introducción	1
2	Protocolo de Relevamiento	2
2.1	Fuentes de búsqueda	2
2.2	Palabras clave	2
2.3	Criterios de inclusión y exclusión	3
3	Descripción de Trabajos	4
3.1	Tecnologías y propuestas para transferencia de imágenes médicas	4
3.1.1	Implementation of a Medical Image File Accessing System on Cloud Computing	4
3.1.2	Proposal of an Open-Source Cloud Computing System for Exchanging Medical Images of a Hospital Information System	5
3.1.3	DICOM Medical Image Management the challenges and solutions: Cloud as a Service (CaaS)	6
3.1.4	CloudMed: Promoting telemedicine processes over the cloud	7
3.1.5	Health cloud - Healthcare as a service(HaaS)	8
3.1.6	SmartWADO: an Extensible WADO Middleware for Regional Medical Image Sharing	9
3.1.7	DICOM relay over the cloud	10
3.1.8	Implementation of a cloud-based electronic medical record exchange system in compliance with the integrating healthcare enterprise's cross-enterprise document sharing integration profile	10
3.2	Relevamientos de trabajos existentes	11
3.2.1	A Literature Review On Medical Imaging Transfer	11
3.2.2	Considerations for Exchanging and Sharing Medical Images for Improved Collaboration and Patient Care: HIMSS-SIIM Collaborative White Paper	12
3.2.3	Distributed medical image retrieval techniques: A review	13
3.2.4	Image Exchange: IHE and the Evolution of Image Sharing	14
3.3	Relevamiento según países	15
3.3.1	Short history of PACS. Part I: USA.	16
3.3.2	Short history of PACS (Part II: Europe)	17
3.3.3	History of PACS in Asia	18
3.3.4	29th International EuroPACS meeting	18
4	Análisis de Resultados	20
5	Conclusiones y Trabajo a Futuro	21

1

Introducción

Este trabajo realiza un relevamiento de artículos que abordan el tema de soluciones informáticas para el intercambio de imágenes médicas. El foco del trabajo está puesto en trabajos académicos o experiencias de gobierno electrónico de otros países que presenten las tecnologías, estándares y arquitecturas aplicadas a esta problemática. Algunos aspectos, como la seguridad o confidencialidad de las imágenes compartidas, quedan por fuera de este trabajo.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera. En la Sección 2 se describe el protocolo de relevamiento. En la Sección 3 se describen los artículos incluidos en el trabajo. En la Sección 4 se analizan y discuten los resultados del relevamiento. Por último, la Sección 5 presenta conclusiones y trabajo a futuro.

2

Protocolo de Relevamiento

Esta sección describe el protocolo seguido para realizar el relevamiento de trabajos.

2.1. Fuentes de búsqueda

Para la realización de las búsquedas se priorizaron las publicaciones académicas. Inicialmente se utilizó el buscador del portal Timbó, que permite acceder en forma gratuita a amplias colecciones bibliográficas de primer nivel como las de IEEE, Springer, ScienceDirect (Elsevier), Scopus, entre otras. Posteriormente se completaron estas búsquedas con Google Scholar en inglés y español.

Con estas búsquedas iniciales se comprobó que las fuentes con mayor número de resultados pertinentes fueron ScienceDirect, IEEE y Springer, por lo que se optó por utilizar directamente los buscadores avanzados que proveen dichos sitios. También se hizo una búsqueda inicial en ACM Digital Library, pero no se encontraron resultados relevantes, por lo que esta fuente fue descartada.

2.2. Palabras clave

Se utilizó el siguiente string de búsqueda, que utiliza el operador OR disponible en la mayoría de los buscadores en su modo avanzado.

('medical image exchange' OR 'medical image sharing' OR 'health image exchange' OR 'health image sharing' OR 'intercambio de imágenes médicas')

2.3. Criterios de inclusión y exclusión

Como criterio de inclusión inicial, se consideraron todos los trabajos que incluyan el string de búsqueda en cualquier parte de su texto completo ("full text") y no sólo en sus metadatos (título, resumen, palabras clave). A su vez, se limitaron las fechas de publicación entre los años 2010 y 2018 inclusive y el idioma del texto a inglés o español.

3

Descripción de Trabajos

Esta sección describe los artículos incluidos en el trabajo organizados en tres categorías. La Sección 3.1 describe artículos con foco en tecnologías o propuestas de solución. La Sección 3.2 describe artículos que presentan relevamiento de trabajos existentes. La Sección 3.3 describe artículos con experiencias en países concretos.

3.1. Tecnologías y propuestas para transferencia de imágenes médicas

3.1.1. Implementation of a Medical Image File Accessing System on Cloud Computing

En este artículo [16] se propone una alternativa a los PACS basada en Cloud Computing, llamada MIFAS (Medical Image File Accessing System). Este sistema utiliza el framework Apache Hadoop¹, que permite el procesamiento distribuido de grandes volúmenes de datos en clusters de computadoras. En la figura 3.1 se muestra este sistema.

El HDFS (Hadoop Distributed File System) es el sistema de archivos de Hadoop que permite almacenar grandes archivos a lo largo de múltiples máquinas. Consigue su fiabilidad mediante la replicación de datos en múltiples hosts, por lo que no requiere almacenamiento RAID en cada host. El HDFS se compone de un cluster de nodos de datos, que sirven los bloques de datos a la red utilizando un protocolo de bloques. También sirven los datos mediante HTTP permitiendo el acceso desde browsers. Los nodos de datos se conectan entre sí para rebalancear y replicar los datos. Los nodos de datos requieren de un nodo especial, el nodo de nombres, que es un punto único de falla.

¹<https://hadoop.apache.org>

3.1 Tecnologías y propuestas para transferencia de imágenes médicas

Dentro del middleware de MIFAS, los autores destacan la implementación de un mecanismo de co-ubicación, que permite la descarga concurrente desde varios nodos de datos.

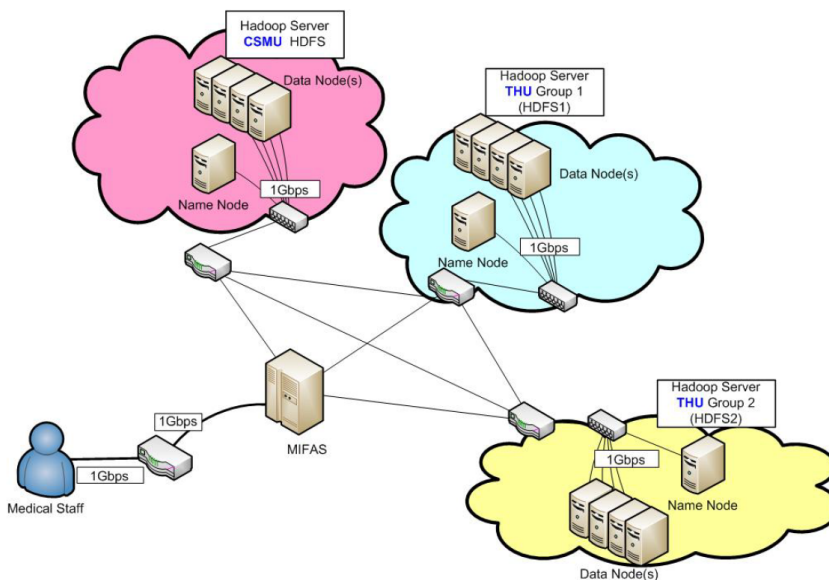


Figura 3.1: Arquitectura de MIFAS [16]

Los autores realizaron un estudio experimental con el fin de comparar diferentes métricas de performance, fiabilidad y disponibilidad entre los PACS de tres hospitales de Taiwan y el sistema MIFAS propuesto. Estos experimentos permitieron concluir que el sistema MIFAS es más escalable, replicable y económico que su equivalente utilizando PACS. Sin embargo, los PACS consiguieron mejores tiempos de respuesta. Esto último se debe, según los autores, a un hardware de mucha mayor potencia y costo en el caso de los PACS.

3.1.2. Proposal of an Open-Source Cloud Computing System for Exchanging Medical Images of a Hospital Information System

En este artículo [7] se propone un sistema que guarda las imágenes médicas en un Cloud y los hospitales pueden acceder a ellas mediante VPN (Virtual Private Network) y acceso público a Internet. Para la propuesta se eligió OpenNebula como plataforma de Cloud de tipo IaaS. En la Figura 3.2 se muestra este sistema.

En este trabajo se enfatiza el menor costo de tener servicios en el Cloud en comparación con el costo de comprar servidores y almacenamiento en los centros hospitalarios, principalmente en países como India (de donde proviene el artículo) por su gran número de habitantes.

3 Descripción de Trabajos

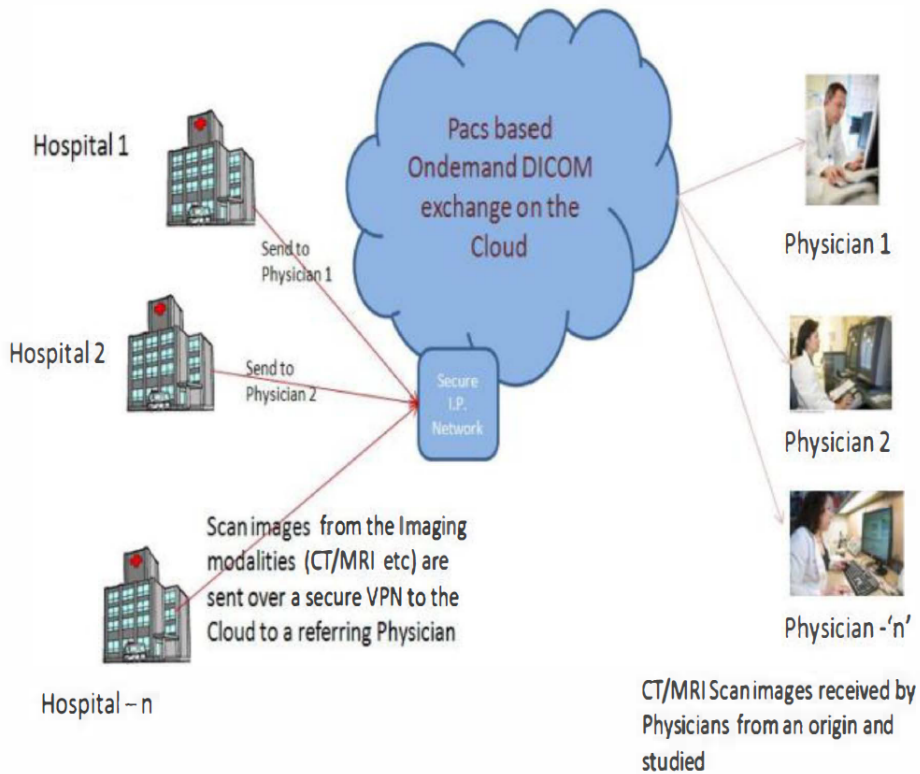


Figura 3.2: Servicio de Cloud propuesto para administración e intercambio de imágenes médicas [7]

3.1.3. DICOM Medical Image Management the challenges and solutions: Cloud as a Service (CaaS)

En este artículo [12] se propone el diseño conceptual de un framework para el intercambio de imágenes médicas utilizando DICOM y servicios de Cloud, de diferentes tipos (IaaS, PaaS, SaaS). En la Figura 3.3 se muestra este sistema.

3.1 Tecnologías y propuestas para transferencia de imágenes médicas

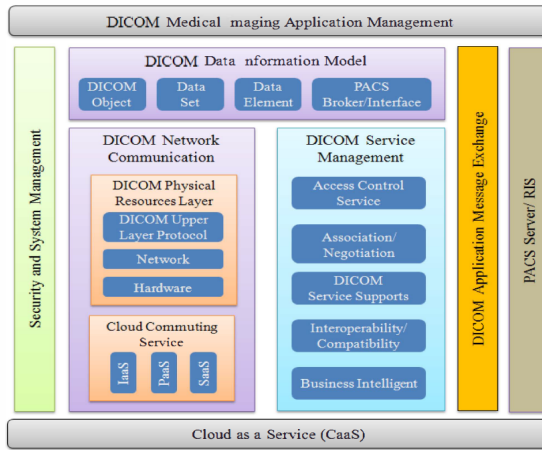


Figura 3.3: DICOM Imaging Application Cloud Computing [12]

3.1.4. CloudMed: Promoting telemedicine processes over the cloud

En este artículo [11] se presenta una solución pensada para que los radiólogos puedan almacenar, compartir, visualizar y analizar imágenes médicas compatibles con el estándar DICOM. La propuesta utiliza una plataforma de Cloud, de tipo SaaS, así como un servidor de colaboración en tiempo real (Openfire) basado en el protocolo XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol) para permitir la colaboración remota en tiempo real entre médicos y radiólogos en base a las imágenes compartidas. En la figura 3.4 se muestra este sistema.

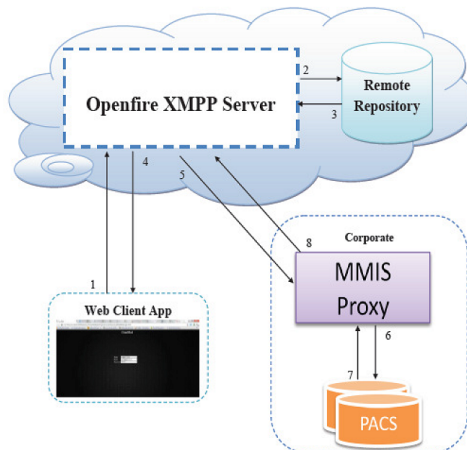


Figura 3.4: CloudMed [11]

3 Descripción de Trabajos

3.1.5. Health cloud - Healthcare as a service(HaaS)

En este artículo [6] se propone una solución basada en Cloud que consta de los siguiente servicios:

- *Storage Archival and Indexing Services*: Estos servicios se encargan de obtener las imágenes desde las fuentes, por ejemplo, un PACS, y los almacenan en la nube, utilizando Windows Azure blob storage o similares.
- *Image processing services*: Estos servicios están pensados para correr algoritmos sobre las imágenes para diagnosticar la condición médica de un paciente.
- *Reporting services*: Estos servicios permiten crear y obtener reportes médicos a partir del estudio realizado en alguno de los centros hospitalarios conectados al sistema.
- *Charting and trend analysis of healthcare data*: Estos servicios permiten realizar análisis estadísticos tanto sobre un mismo paciente como sobre un conjunto de pacientes que cumplan ciertas condiciones.

En la Figura 3.5 se muestra este sistema.

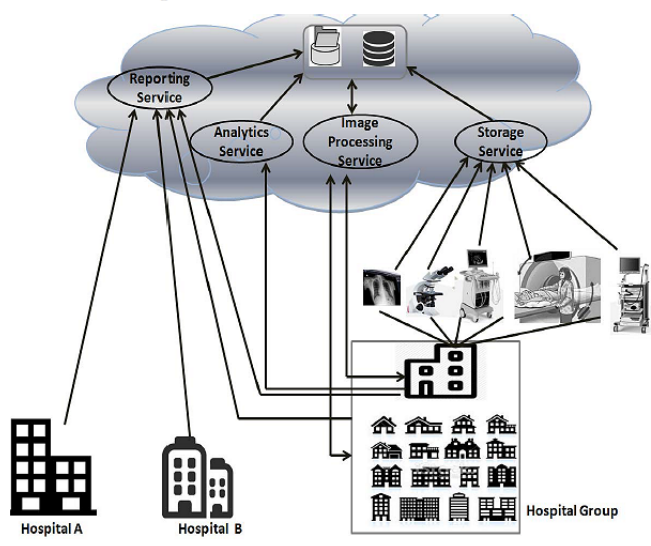


Figura 3.5: Health Cloud [6]

3.1.6. SmartWADO: an Extensible WADO Middleware for Regional Medical Image Sharing

En este artículo [9], se propone una extensión, llamada SmartWADO, al estándar WADO (Web Access to DICOM Persistent Objects). En la figura 3.6 se muestra este sistema.

Según los autores, el estándar WADO especifica un servicio Web para acceder y presentar objetos persistentes, como imágenes y reportes desde un PACS. WADO es ampliamente utilizado para integrar sistemas y compartir imágenes médicas, y también es incluido en otros estándares de intercambio de información médica, tales como los perfiles XDS-I y XCA-I de IHE, que se consideran los estándares más importantes para intercambio de imágenes médicas. Sin embargo, los autores manifiestan que WADO tiene algunas limitaciones como:

- ausencia de mecanismo para soportar múltiples PACS simultáneamente.
- ausencia de monitor de análisis y método de análisis de los puntos más importantes de un servicio WADO.
- imposibilidad de soportar una pantalla de monitoreo de performance dinámico
- necesidad de optimizar la performance del cache de imágenes.

El framework SmartWADO fue diseñado para solucionar esos problemas, ofreciendo un middleware para acceder, compartir y visualizar objetos persistentes DICOM desde cualquier parte a través de Internet. El sistemas propuesto provee: (1) un método de extensión basado en una tabla de ruteo para soportar múltiples PACS simultáneamente, (2) un monitor Web en tiempo real para descubrir cuellos de botella y optimizar puntos críticos y (3) un caché de imágenes basado en pares clave-valor para mejorar la performance de la transmisión a demanda de imágenes.

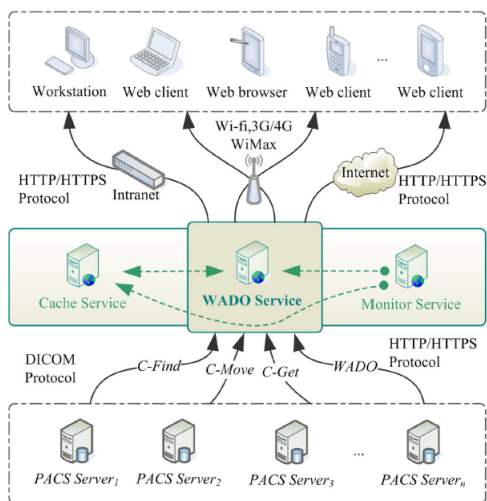


Figura 3.6: Arquitectura de SmartWADO [9]

3.1.7. DICOM relay over the cloud

En este artículo [13] se afirma que las instituciones médicas han adoptado ampliamente los PACS y el estándar DICOM, pero no han desarrollado ampliamente la comunicación entre sistemas de instituciones independientes, por lo que se propone un sistema simple, basado en Cloud, que permite esa comunicación. En la Figura 3.7 se muestra este sistema.

Según este trabajo, muchas instituciones utilizan DICOM para el almacenamiento y distribución de imágenes médicas, pero la comunicación inter-institucional se realiza a través de conexiones punto a punto por VPN (Virtual Private Network) que no son escalables.

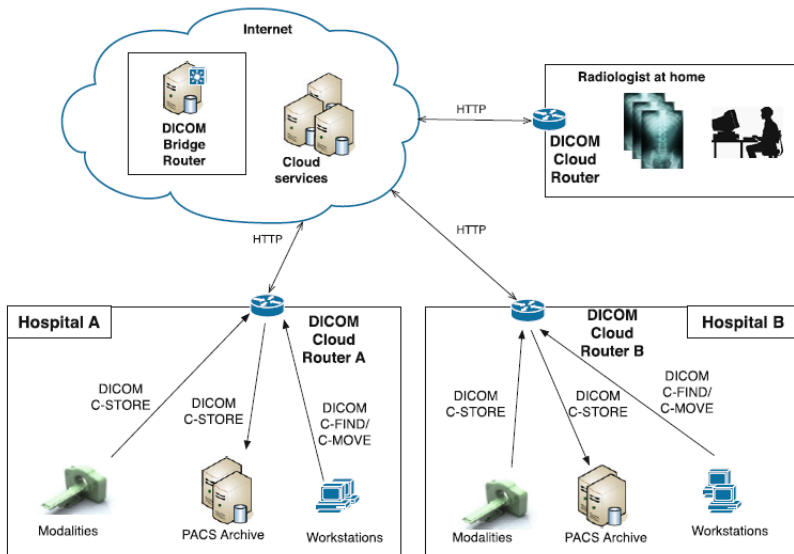


Figura 3.7: Arquitectura de DICOM Relay [13]

3.1.8. Implementation of a cloud-based electronic medical record exchange system in compliance with the integrating healthcare enterprise's cross-enterprise document sharing integration profile

En este artículo [15] se realiza una descripción detallada del National Electronic Medical Record Exchange Center (EEC) de Taiwan. Los hospitales envían o reciben EMRs (registros médicos electrónicos) a través de VPNs que se conectan al EEC por un gateway. El artículo propone la utilización de una plataforma de Cloud, servicios RESTful y el perfil XDS de IHE para extender y mejorar el sistema existente. En la figura 3.8 se muestra este sistema.

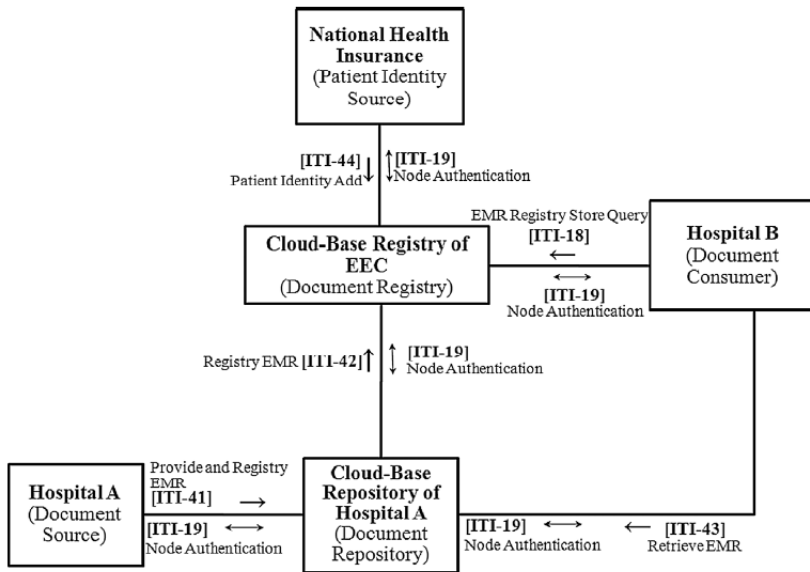


Figura 3.8: Interacciones entre actores y transacciones [15]

3.2. Relevamientos de trabajos existentes

3.2.1. A Literature Review On Medical Imaging Transfer

En este artículo [2] se presenta una revisión bibliográfica de diferentes mecanismos de transferencia de imágenes médicas.

El artículo comienza describiendo el concepto de "Medical Imaging"(Imagenología Médica) como la técnica de capturar datos médicos de un paciente mediante la exposición a medio tal como rayos de luz y otros rayos de precisión. Este procedimiento puede ser invasivo o no invasivo. Dentro de las diferentes modalidades involucradas se mencionan los rayos X digitalizados, tomografías computadas, resonancia magnética, ultrasonido, tomografía de emisión de positrones, medicina nuclear y radioterapia.

Según fuentes citadas en el artículo, en Estados Unidos se generó un volumen de 153 exabytes de datos médicos en 2013 y se estima para 2020 que estos ascenderán a 2314 exabytes² según una proyección de la tasa de crecimiento.

El artículo describe diferentes tecnologías para almacenamiento y transferencia de imágenes médicas, algunos muy utilizados, como el estándar DICOM, y otros menos conocidos, como MINT. En la figura 3.9 se muestra la tabla comparativa.

²un exabyte son mil millones de gigabytes

3 Descripción de Trabajos

<i>Technology</i>	<i>Data transfer</i>	<i>HIPAA compliance</i>	<i>Patient convenience</i>	<i>Speed</i>	<i>Security</i>
Electronic Image transfer(one-one)	DICOM/HL7	High	medium	low	Very high
Web Technology	Html/https	Medium	high	high	low
MINT	Proprietary protocol	High	low	high	high
Teleradiology	Html/https	Low	medium	medium	low
Cloud	Service provider protocol	Low	high	medium	medium
Mobile	3G/4G/CDMA	Very Low	Very high	high	Very low
CD/External Medium	flat file	low	medium	low	Very low

Figura 3.9: Comparación de Tecnologías para Transferencia de Imágenes [2]

3.2.2. Considerations for Exchanging and Sharing Medical Images for Improved Collaboration and Patient Care: HIMSS-SIIM Collaborative White Paper

En este artículo [14] se realiza un relevamiento del estado actual en materia de intercambio de imágenes médicas, y se identifican problemas y desafíos a futuro. En este artículo también se identifican casos de uso y escenarios (del punto de vista asistencial, no informático) en donde el intercambio de imágenes y la telemedicina pueden cumplir un rol importante.

Dentro del estudio de tecnologías, se describen los estándares DICOM, los perfiles XDS e XDS-I de IHE que utilizan DICOM y HL7.

En cuanto a XDS-I, se define en este artículo como perfil de integración que extiende XDS para incluir la posibilidad de compartir imágenes DICOM y contenido relacionado con las imágenes.

Dentro de las actuales tendencias, se destacan los nuevos estándares basados en Web services REST. Dentro de los estándares DICOM, se encuentra DICOMWeb (WADO-RS, QIDO-RS ,etc). Dentro de los estándares HL7, aparece FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resource), que se basa en las especificaciones anteriores (como CDA) pero con un fuerte fundamento en los estándares Web y las arquitecturas RESTful. Dentro de los perfiles de integración de IHE aparecen MHD-I (Mobile Access to Health Documents for Imaging) que utiliza FHIR y DICOMWeb para extender los perfiles XDS y XDS-I.

3.2.3. Distributed medical image retrieval techniques: A review

En este artículo [3] se realiza un relevamiento de trabajos publicados referentes a la transferencia de imágenes médicas. Los diferentes sistemas son clasificados de acuerdo a la técnica que se utiliza para la transferencia de las imágenes. En la figura 3.10 se muestra la tabla comparativa.

- *Cloud*. En estas propuestas, algún mecanismo de Cloud es utilizando, tanto como repositorio central de imágenes como para albergar algún tipo de middleware que interactúe con los centros de imágenes mediante DICOM, por ejemplo.
- *Grid*. En estas propuestas, algún mecanismo de Grid es utilizado. Se mencionan propuestas que utilizan la Open Grid Services Architecture (OGSA) como arquitectura de referencia y soluciones basadas en Hadoop.
- *Peer-to-peer*. En estas propuestas, se aprovecha la capacidad de procesamiento y almacenamiento de los PCs de escritorio para mejorar los tiempos de transferencia de grandes imágenes médicas.
- *Distribuido*. En estas propuestas, se utilizan sistemas distribuidos tradicionales, con servidores centrales que cumplen funciones específicas.

3 Descripción de Trabajos

No	Platform	Year	Modality	Dataset	Problem	Image file	Retrieval Technique	Duplicatio n of the Image	Storage File System	Using Load Balance	Using Metadata
[11]	cloud	2014	-N/A	-N/A	Response time	DICOM	Compressing the image.	NO	mysql	NO	NO
[12]	cloud	2014	CT, MRI X-ray	large	Response time	-N/A	HDFS, Map/Reduce.	Yes	HDFS	Yes	NO
[13]	cloud	2015	CR, CT	small	Response time	DICOM	MIFAS	yes	HDFS	yes	Yes
[14]	cloud	2015	MR, CT	small	scalability	DICOM	Compressing the image.	no	mysql and CryptDB	No	No
[31]	Distributed	2011	-N/A	small	Accessing	DICOM	DIPACS	-N/A	PACS	-N/A	-N/A
[15]	cloud	2014	X-Ray, CT, MRI	small	Response time	DICOM	MIRC	-N/A	-N/A	-N/A	-N/A
[24]	GRID	2010	X-Ray, CT	small	Response time	DICOM	MIFAS	Yes	GRID	Yes	Yes
[16]	Cloud	2010	CR, CT	small	Accessing	DICOM	MIFAS	Yes	HDFS	Yes	-N/A
[32]	Distributed	2014	DR, CT	large	Accessing system.	DICOM	MIAPS	Yes	HDFS	-N/A	Yes
[33]	Distributed	2013	PET, CT	-N/A	Accessing.	DICOM	INVOLVE2	-N/A	PACS	-N/A	Yes
[34]	Distributed	2015	MR, CT	large	Privacy	DICOM	RadTransceiver	-N/A	SQL Server	-N/A	-N/A
[17]	Cloud	2011	XA, MRI, CT, NM	small	Accessing	DICOM	Store, query/ retrieve	Yes	Cloud	-N/A	Yes
[35]	Distributed	2011	EKG, MRI, CT	small	Response time	DICOM	RCTM	-N/A	RDMS, HDFS	-N/A	Yes
[18]	Cloud	2011	-N/A	small	Response time	DICOM	Distributed Multi-agents	-N/A	Cloud	Yes	-N/A
[19]	Cloud	2016	MG, MRI, CT	-N/A	Computing power	DICOM	CIDC	Yes	Cloud	-N/A	-N/A
[36]	Distributed	2012	CT	-N/A	accessing	DICOM, JP EG, BMP, PNG	MIAM	-N/A	-N/A	-N/A	-N/A
[20]	Cloud	2013	NM, MR, CT/PET, XA	Small	accessing	DICOM	Storage and Query/Retrieve.	-N/A	PACS	-N/A	-N/A
[37]	Distributed	2009	-N/A	-N/A	Integration PACs	DICOM	distributed medical informatics	-N/A	IBM DB2	-N/A	-N/A
[25]	GRID	2012	MRI	Small	Response time	DICOM	distributed file system with hieratical metadata	-N/A	Grid	-N/A	Yes
[38]	Distributed	2015	-N/A	-N/A	Response time	DICOM file, PNG, JPEG	URPS, FCE, XML behavior relationship storage structure	-N/A	Windows Server 2008 file system	-N/A	-N/A
[26]	GRID	2014	-N/A	Small	Response time	DICOM	Storage and Query/Retrieve.	-N/A	HDFS	-N/A	-N/A
[21]	Cloud	2012	-N/A	-N/A	Response time	DICOM	Storage and Query/Retrieve.	Yes	SQL Azure	-N/A	-N/A
[28]	Peer-to-Peer	2009	XA, US, CT.	Large	accessing	DICOM	Index, retrieve.	-N/A	OS file system.	-N/A	-N/A
[29]	Peer-to-Peer	2010	MRI	Small	Large data transfer.	DICOM	Search, retrieve.	-N/A	OS file system.	Yes	-N/A
[39]	Distributed	2011	CT	Small	Managing	DICOM	BMM	-N/A	MySQL	-N/A	-N/A
[23]	GRID	2011	X- ray, CT, MRI	Large	Accessing and integration	DICOM	mantisGRID	NO	OS file system.	-N/A	Yes

Figura 3.10: Revisión de técnicas de recuperación de imágenes [3]

3.2.4. Image Exchange: IHE and the Evolution of Image Sharing

En este artículo [10] se realiza una completa introducción a los estándares relacionados con el intercambio de imágenes médicas y luego se profundiza en algunos sistemas como el Philadelphia Health Information Exchange (PHIE) y el New Jersey Health Information Exchange (NJHIE), ambos de Estados Unidos, así como el Canada Health Infoway de Canadá.

Dentro de los aspectos técnicos interesantes se menciona que los sistemas para intercambio de datos de salud inter-organizacionales siguen alguno de lo siguiente tres modelos de arquitectura técnica: el modelo centralizado, el modelo distribuido y el modelo híbrido. En el

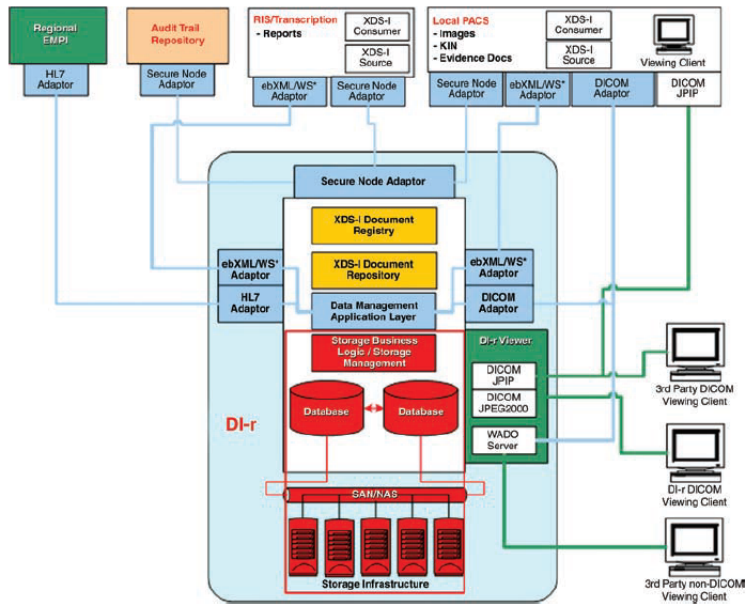


Figura 3.11: Canada Health Infoway DI-r [10]

modelo centralizado, existe un repositorio centralizado de los datos de salud y los servicios también están centralizados. En el modelo distribuido, los servicios comunes requeridos para coordinar la comunicación entre los participantes están centralizados, pero los datos de salud se almacenan en cada participante. En el modelo híbrido, existen participantes que guardan sus propios datos y otros que los guardan en el repositorio central, generalmente de acuerdo a las capacidades de cada uno.

Los sistemas PHIE y NJHIE siguen un modelo distribuido, en tanto que el Canada Health Infoway sigue un modelo centralizado.

Este artículo fue incluido en el relevamiento, pese a ser del año 2008, por considerarse que aporta datos interesantes que no fueron encontrados en otros artículos.

3.3. Relevamiento según países

En los artículos [4], [8] y [5] publicados en 2011, se realiza un relevamiento del desarrollo de los PACS y los proyectos implementados a partir de estos para el intercambio de imágenes médicas, en Estados Unidos, Europa y Asia respectivamente. Interesan particularmente para este informe aquellos relacionados con la distribución de las imágenes en la red, lo que aparece recién en los últimos años que reseñan en estos trabajos. Estos contenidos son desarrollados en las siguientes secciones.

3 Descripción de Trabajos

3.3.1. Short history of PACS. Part I: USA.

En este artículo [4], se hace una reseña histórica de la evolución de los PACS desde mediados de los 80 hasta el año 2010.

Dentro de la evolución reciente de estos sistemas, se destacan los Enterprise PACS (PACS empresariales), que permiten que en una organización que consta de varios hospitales y clínicas, los servicios especializados se compartan en la organización, evitando redundancias. Por ejemplo, la clínica de radiología puede compartir sus estudios con radiólogos de otros centros de la organización, a través de lo que se conoce como tele-radiología. En este escenario, se considera que existe un registro electrónico del paciente (ePR).

Un sistema de esas características se implementó por primera vez en el United States Department of Veterans Affairs Healthcare Enterprise (VAHE), que consiste en una red de alcance nacional de 172 centros que sirven a 25 millones de veteranos de guerra (datos de 2011). El sistema de distribución de imágenes de esta organización, llamado Vista, se basa en el uso de Enterprise PACs.

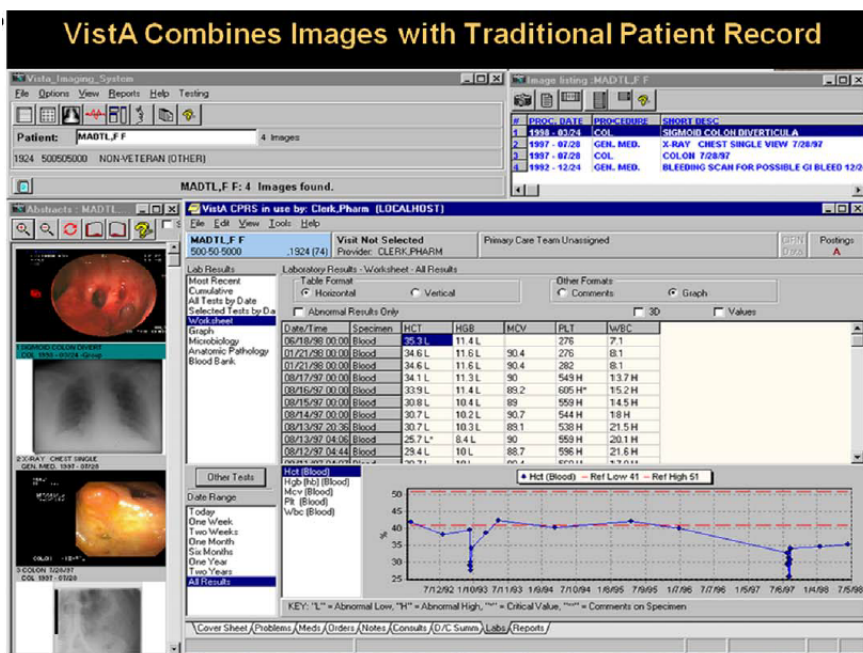


Figura 3.12: Revisión de técnicas de recuperación de imágenes [4]

Otro sistema con similares características, fue desarrollado en Hong Kong por la Hong Kong Hospital Authority (HKHA) con el apoyo de especialistas norteamericanos. La HKHA tiene alrededor de 43 hospitales que son utilizados por la gran mayoría de la población de Hong Kong. Estos hospitales se distribuyen en 8 clusters geográficos.

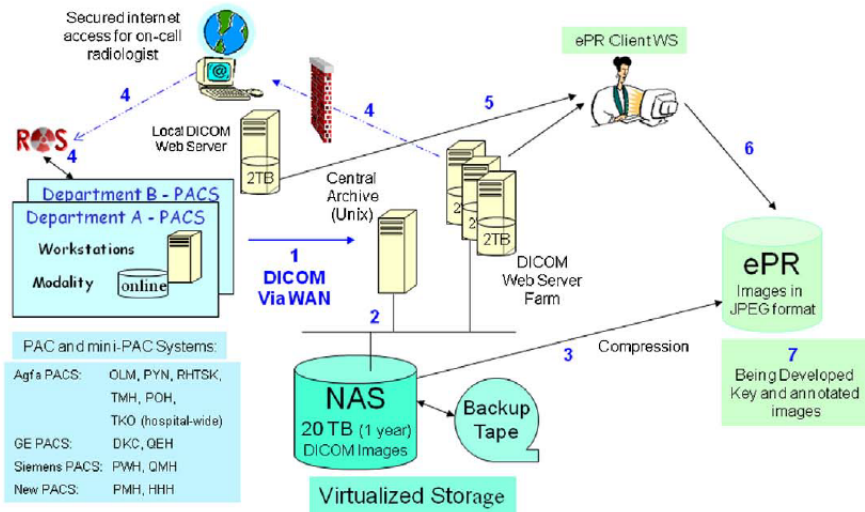


Figura 3.13: Revisión de técnicas de recuperación de imágenes [4]

3.3.2. Short history of PACS (Part II: Europe)

En este artículo [8] se realiza una recopilación por zonas y países de Europa de las principales implementaciones de PACS. Según este artículo de 2011, más del 80 % de los PACS utilizados en Europa son proporcionados por Siemens Medical Systems o AT&T/Philips Medical Systems.

En Bélgica, se trabajó en el proyecto Hospital Integrated PACS, en el que participaron el Hospital Universitario de Bruselas y el PRIMIS (Pluridisciplinary Research Institute for Medical Imaging Science), junto con otras organizaciones europeas: Philips Medical Systems Hamburg (Alemania), Klinik für Radiologische Diagnostik Aachen (Alemania), RWTH Lehrstuhl für Messtechnik Aachen (Alemania), University of Ulster (Reino Unido), Institute for Computer Science Crete (Grecia). En este proyecto se trabajó sobre las siguientes líneas: implementar y evaluar una red de alta velocidad para transferencia de imágenes, desarrollar una estructura de red heterogénea y estudiar la optimización del ruteo para imágenes, y desarrollar bases de datos para multimedia, entre otras.

En Suecia y Noruega, existen sistemas que interconectan clínicas radiológicas y hospitales en forma transparente, basados en el EPR (electronic patient record). Estas instalaciones realizan 180 y 350 mil procedimientos respectivamente, siendo de las mayores instalaciones de PACS en Europa.

Otros sistemas similares que se mencionan en este artículo se encuentran en Holanda, Austria, Reino Unido, Alemania, Francia, Italia y Suiza.

3.3.3. History of PACS in Asia

En este artículo [5] se analizan con un enfoque histórico y estadístico, la evolución de los PACS y la adopción de algunos estándares y perfiles de integración (p. ej. HL7, DICOM, IHE) en Japón, Corea del Sur y China. No se brinda información específica sobre intercambio de imágenes entre instituciones.

3.3.4. 29th International EuroPACS meeting

Como resultado del encuentro EuroPACS de 2011 se publicó un compendio de artículos [1] referentes al uso de PACS e imágenes médicas en países europeos. Dentro de esos artículos destacamos los siguientes.

On demand IHE XDS document registries on the cloud

En este artículo de la Universidad de Aveiro, Portugal y la Universidad de Valencia, España, se describe un framework que implementa los perfiles XDS y XDS-I. Este framework dispone de una serie de rutinas Web (implementadas como Java Servlets) que se acceden a través de un browser, y que interactúan con la API de un proveedor de Cloud (p. ej. Amazon). Un snapshot de un sistema operativo preconfigurado y el software de aplicación virtual (el registro XDS) es usado para crear máquinas virtuales dentro del Cloud (de tipo IaaS).

Shanoir: an open source software application designed to help collecting, archiving, retrieving and sharing neuroimaging data

En este artículo de INSERM, INRIA, CNRS, Université de Rennes 1, IRISA Visages Project y el Centre Hospitalier Universitaire, Service de Neurologie, Rennes, Francia, se describe el proyecto Shanoir (SHaring NeurOImaging Resources), que está diseñado para administrar, archivar, visualizar y compartir neuroimágenes con énfasis en proyectos de investigación colaborativos multi-céntricos. La parte central de Shanoir es una aplicación Java Enterprise Edition segura que corre en un servidor JBoss, accesible mediante una aplicación Web o Web services, que se comporta como un repositorio de archivos de neuroimágenes junto con los metadatos correspondientes que se guardan en una base de datos. El modelo de datos es OntoNeuroLOG, una ontología específica del campo de neuroimágenes.

Regional PACS: evaluation after 2 years of full-scale activity

En este artículo de la Universidad de Pisa, Italia, se describe la situación de 11 hospitales, de 5 unidades de salud pública distintas, cuyos PACS se encuentran interconectados. En este sistema, todos los archivos se almacenan en forma local, pero todas las noches se realiza

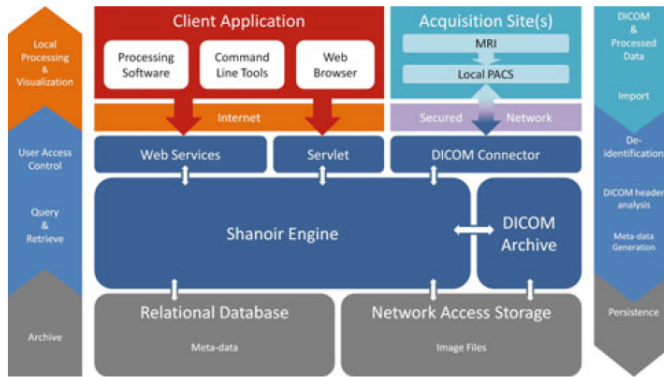


Figura 3.14: Repositorio de neuroimágenes asociados a bases de datos relacionales con metadatos [1]

una copia a un archivo central, ubicado en el hospital universitario de Pisa, que tiene una capacidad de 150 TB y que se va ampliando a medida que aumentan los datos (15 TB por año aproximadamente).

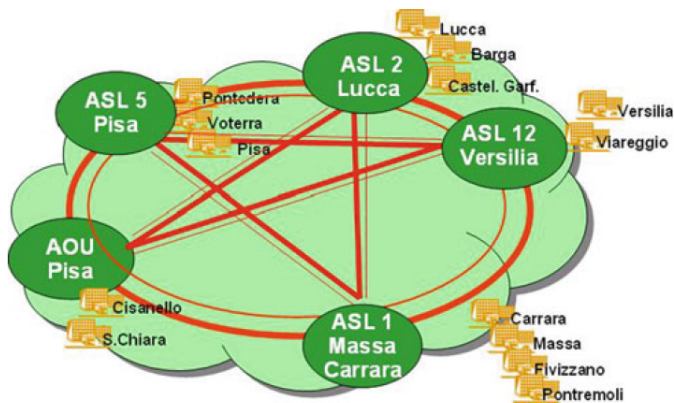


Figura 3.15: Red completamente conectada de PACS regionales [1]

4

Análisis de Resultados

De los 129 resultados encontrados en las fuentes consultadas, siguiendo los criterios de búsqueda definidos, se seleccionaron 15, luego de haber sido analizados para corroborar si se encontraban dentro del foco de este trabajo. Muchos de los trabajos descartados estaban relacionados con las imágenes médicas, pero se centraban en las temáticas de seguridad, encriptación, compresión, watermarking, y algoritmos para ocultamiento de datos reversible, entre otros.

Los trabajos seleccionados fueron clasificados en tres tipos. En la sección 3.1 se describen brevemente artículos académicos que proponen alguna solución innovadora a problemáticas relacionadas con el intercambio de imágenes médicas, en base a sistemas, tecnologías y estándares existentes. Estos trabajos también sirven como introducción resumida y jerarquizada a dichos sistemas, tecnologías y estándares. En la sección 3.2 se describen los artículos que hacen un relevamiento de otros artículos publicados y los clasifican en base a cierto criterio. En estos relevamientos aparecen referenciados varios de los artículos que fueron comentados en la sección 3.1. En la sección 3.3 se describen artículos que recopilan los sistemas, proyectos e iniciativas según países o regiones.

5

Conclusiones y Trabajo a Futuro

El intercambio de imágenes médicas en el contexto de la historia clínica electrónica es un tema actual, para el que existen diferentes aproximaciones y problemas no resueltos.

Una de las primeras conclusiones que pueden extraerse de este trabajo, es que no se encontró información técnica detallada a nivel de arquitectura sobre los sistemas de intercambio de imágenes en contexto de historia clínica electrónica.

Otra conclusión de los trabajos relevados, es que resulta interesante la tendencia de las propuestas a la utilización de algún mecanismo de Cloud Computing, incluso como repositorios centralizados de imágenes médicas con alta escalabilidad, disponibilidad y menor costo operativo.

Como trabajo a futuro, sería interesante realizar un seguimiento y búsqueda de información de los sistemas mencionados en estos trabajos que más se adecuen a la realidad de la Historia Clínica Electrónica Nacional (HCEN) de Uruguay, para poder profundizar en los mismos.

Referencias

- [1] 29th International EuroPACS meeting. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 6(1):296–304, June 2011.
- [2] R. R. M. Apama and P. Shanmugavadivu. A literature review on medical imaging transfer. In *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, pages 284–288, February 2017.
- [3] A. F. A. Elkariem, M. B. Bashir, T. H. Ahmed, and A. Yousif. Distributed medical image retrieval techniques: A review. In *2017 Sudan Conference on Computer Science and Information Technology (SCCSIT)*, pages 1–7, November 2017.
- [4] H K Huang. Short history of PACS. Part I: USA. *European Journal Of Radiology*, 78(2):163–176, May 2011.
- [5] Kiyonari Inamura and Jong Hyo Kim. History of PACS in Asia. *European Journal of Radiology*, 78(2):184 – 189, 2011.
- [6] N. John and S. Shenoy. Health cloud - Healthcare as a service(HaaS). In *2014 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*, pages 1963–1966, September 2014.
- [7] G. Kanagaraj and A. C. Sumathi. Proposal of an open-source Cloud computing system for exchanging medical images of a Hospital Information System. In *3rd International Conference on Trendz in Information Sciences Computing (TISC2011)*, pages 144–149, December 2011.
- [8] Heinz U. Lemke. Short history of PACS (Part II: Europe). *European Journal of Radiology*, 78:177–183, January 2011.
- [9] Lijun Liu, Li Liu, Xiaodong Fu, Qingsong Huang, Yin Zhang, Qiaoyi Luo, and Xin Xiong. SmartWADO: an Extensible WADO Middleware for Regional Medical Image Sharing. *Journal of Digital Imaging*, 28(5):547–557, October 2015.
- [10] D.S. (1) Mendelson, P.R.G. (2) Bak, E. (3) Menschik, and E. (4) Siegel. Image exchange: IHE and the evolution of image sharing. *Radiographics*, 28(7):1817–1833,

2008. 1817.

- [11] E. J. M. Monteiro, L. A. B. Silva, and C. Costa. CloudMed: Promoting telemedicine processes over the cloud. In *7th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2012)*, pages 1–6, June 2012.
- [12] G. Patel. DICOM Medical Image Management the challenges and solutions: Cloud as a Service (CaaS). In *Computing Communication Networking Technologies (ICCCNT), 2012 Third International Conference on*, pages 1–5, July 2012.
- [13] LuÃs A. BastiÃo Silva, Carlos Costa, and JosÃ© Luis Oliveira. DICOM relay over the cloud. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 8(3):323–333, May 2013.
- [14] Amy Vreeland, Kenneth R. Persons, Henri (Rik) Primo, Matthew Bishop, Kimberley M. Garriott, Matthew K. Doyle, Elliott Silver, Danielle M. Brown, and Chris Bashall. Considerations for Exchanging and Sharing Medical Images for Improved Collaboration and Patient Care: HIMSS-SIIM Collaborative White Paper. *Journal of Digital Imaging*, 29(5):547–558, October 2016.
- [15] Chien Hua Wu, Ruey Kei Chiu, Hong Mo Yeh, and Da Wei Wang. Implementation of a cloud-based electronic medical record exchange system in compliance with the integrating healthcare enterprise’s cross-enterprise document sharing integration profile. *International Journal of Medical Informatics*, 107:30 – 39, 2017.
- [16] C. T. Yang, L. T. Chen, W. L. Chou, and K. C. Wang. Implementation of a Medical Image File Accessing System on Cloud Computing. In *2010 13th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering*, pages 321–326, December 2010.