

# 広域分散ファイルシステムを用いた分散型 PACS の構築

南谷 祥之

Yoshiyuki MINAMITANI

## 1 はじめに

近年、医療現場において的確な診断や治療に資するものとして、医療情報の蓄積と共有が重要視されている。医用画像に関しては、医用画像規格として DICOM(Digital Imaging and communications in Medicine) 規格が利用されている。MRI や CT に代表される医用画像診断器機の発展に伴い、蓄積される医用画像の情報量は爆発的な増加を続けている。このような医用画像を管理するため、医用画像保存通信システム (PACS : Picture Archiving and Communication Systems) が医療機関に広く普及している。病院内でのみ扱われる PACS については導入が進んでおり、電子患者情報と合わせた管理が行われている<sup>1)</sup>。一方、近年外部の病院との連携を可能にする PACS の連携システムの構築が求められている。これを実現する手法として、Windows Azure を用いたクラウド上で医用画像を扱うような PACS が構築されている<sup>2)</sup>。また、国内においては、医療機関が連携して患者情報を共有するシステムとして、「K-MIX : かがわ遠隔医療ネットワーク」が稼働している<sup>3)</sup>。しかし、既に各病院の PACS 上で管理されている医用画像をデータセンターのような場所に一元集め管理する手法では、連携する病院をさらに広域に拡大させた時限界があると考えられる。

そこで、本研究では広域分散ファイルシステム用いて階層的なメタデータサーバを構築し、各病院が管理する医用画像を共有可能にする分散型 PACS を構築した。

## 2 DICOM

DICOM は、医用画像フォーマットと通信プロトコルを定義した医用画像標準規格である。画像規格に関する DICOM では、実画像データに加えてデータサイズや画像サイズなどの画像情報、患者の氏名や住所などの個人情報、撮影機器や造影剤などの検査情報がメタデータとして規定されており、患者の検索や診断に大きく寄与している。一方、通信規格としての DICOM では、TCP/IP 上に DICOM 通信コネクションを確立する。これにより、DICOM 準拠製品間のファイル送受信や問い合わせを行う<sup>4)</sup>。Fig. 1 に DICOM の概要を示す。

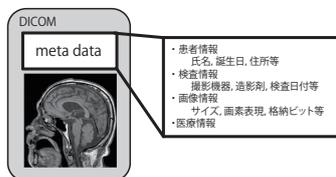


Fig.1 DICOM の概要図

## 3 分散型 PACS の提案

### 3.1 システム概要

本章では、データセンターにおける一元的管理によるシステムではなく、各病院が独立して DICOM の管理を行いつつ、医用画像を共有利用することを可能とする分散型 PACS について説明する。Fig. 2 に提案システムの概要図を示す。

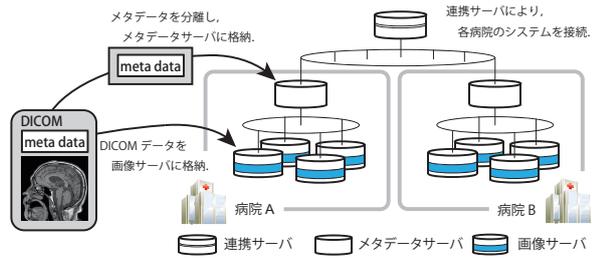


Fig.2 提案システム概要図

現在、医用画像は広域に点在している各病院により各々管理されている。提案システムでは、各病院で管理されている DICOM 画像を複数の医療機関で利用できる環境を提供する。具体的には、各病院が DICOM のメタデータを格納するサーバと実画像データである DICOM 画像を格納するサーバの 2 層のサーバを構築する。さらに、広域環境で医療機関が連携を行うため、医療機関外に連携を行うサーバを設置する。このような階層型の PACS を構築することにより、広域環境における医用画像の共有システムの構築を目指す。本研究では、メタデータの登録、検索および、複数の分散ファイルシステムの連携を可能にするシステムとして広域分散ファイルシステム Gfarm に着目した。

### 3.2 Gfarm を利用した PACS の構築

広域分散ファイルシステム Gfarm は、筑波大学の建部らによりオープンソースでの開発が進められているファイルシステムである<sup>5)</sup>。Gfarm は、3 種に分類できるノード群で構成される。ファイルの保存位置が格納されるメタデータサーバ、データ本体が格納される I/O サーバ、ファイルにアクセスを行うクライアントである。Gfarm のメタデータサーバは保存ファイルに対して任意の情報を XML 形式で付加する機能を有しており、その情報を用いてメタデータサーバ上でファイル検索を行う事が可能となっている。また、メタデータサーバを階層的に構築することも可能である。

Table1 サーバの仕様

CPU	Quad-Core AMD Opteron 2.3GHz × 2
Memory	DDR2 667 MHz 8GB
OS	Debian 6.0.3
gfarm	2.5.3
gfarm2fs	1.2.6

本研究では、上記の Gfarm の機能を利用し DICOM のメタデータ (患者情報や検査情報) から検索可能なシステムおよび、複数拠点を連携するシステム構築を行った。

#### 4 実験システムの実装

本章では、研究室 LAN 環境において小規模な実験システムを構築する。

##### 4.1 システム構成

DICOM 通信機能の実装に関して、Gfarm メタデータサーバ×1台、Gfarm I/O サーバ×2台、Webサーバ×1台、DICOMサーバ×1台を用いてシステムを構築した。なお、DICOMビューアは、DICOMサーバにアクセスを行う事により構築システムにDICOMを保存する。構築したシステム図を Fig. 3 に、各サーバの仕様を Table 1 に示す。

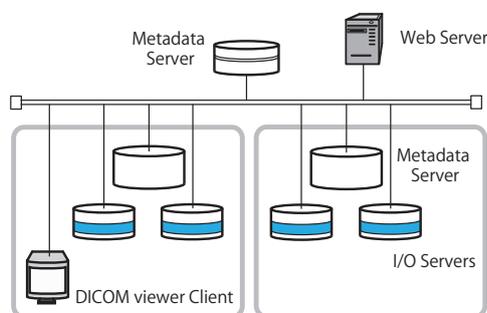


Fig.3 実装システムの通信イメージ図

##### 4.2 DICOM 通信機能の実装

本節では、実装した DICOM 通信機能について説明する。DICOM 通信機能を実装するにあたり、DCMTK (DICOM Tool Kit) <sup>6)</sup> という C++ 実装の DICOM ライブラリを利用した。DCMTK はドイツのオルデンブルグ大学に開設された OFFIS (Oldenburg Research and Development Institute for Information Technology) によってオープンソースでの開発提供されている。DICOM 通信は大別して、ファイル送信、ファイル受信、メタデータ検索の 3 つの機能に分けられる。現在までの実装状況として、DICOM 機器からのファイル受信機能のみの実装を行っている。

#### 5 評価実験

本章では、実装した実験システムを用いて、医用画像向けのファイルシステムとして Gfarm が十分な性能を示すことを確認するため評価実験を行った。

Table2 DICOM と XML のファイルサイズ

ファイル	サイズ	個数	合計サイズ
DICOM	12.6MB	100	1.26GB
XML	7KB	100	0.7MB

Table3 DICOM と XML の保存時間

処理	Gfarm (s)	NFS (s)
real	21.7	27.6
user	0.26	0.33
system	3.59	2.92

Table4 DICOM の保存時間

処理	Gfarm (s)	NFS (s)
real	20.9	26.9
user	0.046	0.028
system	3.28	2.65

今回、評価をするにあたり実機での Gfarm の構築を行った。評価は小規模なファイル共有システムとしてよく知られている NFS(Network File System) <sup>7)</sup> を比較対象として用いた。また DICOM のデータサイズに関して、最新の MRI は 2048 × 2048 ピクセル (約 420 万画素) の撮影が可能である。実験にはそのサイズの DICOM 画像を用いた。Table 2 に用いた DICOM と XML のファイルサイズを示す。100 ファイルの DICOM および XML を対象に、書き込みと削除処理に要する時間を計測し評価した。処理に要する時間は time コマンドによる計測を 5 回行った。

##### 5.1 DICOM と XML 保存

Gfarm と NFS に DICOM と XML を同時に保存した場合の処理速度の比較を行った。NFS では 1 台に DICOM を保存し、もう 1 台に XML の保存を行った。Gfarm では I/O サーバ 2 台に DICOM を保存し、メタデータサーバで XML 拡張属性を付加した。Table 3 に測定結果を示す。なお、real は実経過時間、user はユーザ CPU 時間、system はシステム CPU 時間を表す。

##### 5.2 DICOM 保存

Gfarm と NFS に DICOM のみを保存した場合の処理速度の比較を行った。Table 4 に測定結果を示す。

##### 5.3 XML 保存

Gfarm と NFS に XML のみを保存した場合の処理速度の比較を行った。NFS では通常ファイル保存の際の時間を計測し、Gfarm では既に I/O サーバに保存してある DICOM に対してメタデータサーバで XML 拡張属性を付加する時間を計測した。Table 5 に測定結果を示す。

Table5 XMLの保存時間

処理	Gfarm (s)	NFS (s)
real	0.67	0.54
user	0.22	0.29
system	0.24	0.16

Table6 DICOMからのXML作成時間

処理	時間 (s)
real	5.8
user	4.3
system	0.003

Table7 XML拡張属性を用いた検索時間

処理	内部検索 (s)	外部検索 (s)
real	6.07	6.08
user	0.004	0.001
system	0.001	0.003

#### 5.4 DICOMからXMLの作成

DICOMからXMLを作成する時の速度計測を行った。なお、実装にはPythonを用いた。Table 6にDICOM100ファイルからXMLを作成した時の測定結果を示す。

#### 5.5 XML拡張属性を用いた検索性能

GfarmのXML拡張属性を用いてDICOMファイルを検索した際の時間を計測した。具体的には、DICOM1万ファイル(126GB)をGfarm上に保存し、XML拡張属性を用いて画像ID番号を検索した。なお、画像ID番号は全ファイルで異なるものである。検索については外部のGfarmに対して検索を行った場合の時間についても測定した。Table 7に測定結果を示す。

## 6 議論

今回の評価実験において、Table 3に示したとおりGfarmはNFSより書き込みに要する時間が短いという結果であった。Table 4より、DICOM(1.26GB)保存の時間が測定時間の大半を占めており、GfarmがNFSより高速な点はこの処理の結果である。この理由としては、Gfarmはオーバーヘッドを小さく抑える機構が実装されていることが挙げられる。

Table 5より、XMLを個別のサーバに書きこむ処理ではGfarmはNFSよりも長い処理時間を要した。これはGfarmのXML書き込み処理には、XML拡張属性の付加処理があるものと考えられる。しかし、処理時間は0.67秒と非常に小さな時間である。

Table 6より、DICOM100ファイルからXMLを作成するために5.8秒の時間を要した。XML作成に5秒程度であればGfarmにおいてTable 3の結果と合わせても

27.5秒であり1.26GBのデータの処理時間として妥当であるといえる。

Table 7よりXML拡張属性を用いた検索では、1万件(126GB)の検索に6.07秒という結果を得られた。一方、外部のGfarmに対する検索の場合は6.08秒であり内部検索の場合と同時間程度と言える。また、今回は同一LAN内での評価であるため、今後遠隔地間での性能評価を行う必要があると考えられる。

## 7 今後の予定

### 7.1 広域環境における評価実験

現在、北海道大学の情報基盤センターおよび国立情報学研究所のシステムを利用し、提案システムの構築を検討中である。各拠点にシステムを構築した後、3拠点間におけるスケーラビリティおよびアクセス速度等の評価を行う予定である。

### 7.2 DICOM通信による検索機能の実装

現在までの実装では、既存のDICOMビューアからのDICOM画像の送信しか受け付けていない。今後、DICOMビューアからの検索クエリの受付機能を実装する予定である。

### 7.3 画像処理プログラムの組込み

本研究室にて開発されている医用画像処理プログラムをシステムに組み込み予定である。画像のアップロードと同時に処理を行い、処理後の画像およびその特徴量をシステム上に格納し、特徴量からの検索を可能にする。

## 参考文献

- 1) Munch H, Engelmann U, Schroeter A, and et al. The integration of medical images with the electronic patient record and their web-based distribution. *Acad Radiol* 2004.
- 2) Chia-Chi Teng, Jonathan Mitchell, Christopher Walker, Alex Swan, Cesar Davila, David Howard, and Travis Needham. A medical image archive solution in the cloud. *Software Engineering and Service Sciences (IC-SESS), 2010 IEEE International Conference on*, 2010.
- 3) 原量宏, 横位英人. 病院情報システムと遠隔医療かがわ遠隔医療ネットワークから日本版EHRの実現へ. 医療機器システム白書2008~2009, pp. 358-360, 2008.
- 4) Herman Oosterwojk. DICOM入門. 篠原出版新社, 2008.
- 5) Osamu Tatebe, Kohei Hiraga, and Noriyuki Soda. Gfarm grid file system. *New Generation Computing*, Vol. 28, pp. 257-275, 2010.
- 6) M. Eichelberg, J. Riesmeier, T. Wilkens, A. J. Hewett, A. Barth, and P. Jensch. Ten years of medical imaging standardization and prototypical implementation: the DICOM standard and the OFFIS DICOM toolkit (DCMTK). In *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, Vol. 5371, 2004.
- 7) B Callaghan, Pawlowski, and Staubach. NFS Version 3 Protocol Specification. *RFC 1813*, 1995.