digital fluorography (DF) システムを応用した 多目的ネットワークの有用性

五味 勉・赤堀正和・木藤善浩

信州大学医学部附属病院中央放射線部

論文受付
1998年3月26日

論文受理
1998年6月10日

Code No.790

1. 緒言

近年, American College of Radiology/National Electrical Manufacturers Association (ACR/NEMA) が開発した医用画像と通信の標準規格である digital imaging and communications in medicine (DICOM) Ver 3.0 ベースによるファイリングシステムが各メーカーから提供され始めている. DICOM規格は病院内外で異なる複数のメーカー, 異なるマルチモダリティのデジタル画像機器をネットワーク, あるいは画像保存媒体で相互に接続して患者の画像検査情報のやりとりや, 画像の伝送を可能にするものとして注目されている^{1,2)}. 当院においてはDICOM Ver 3.0に準拠したdigital fluorog-

raphy (DF) システムが導入されており, DF機器本体とは別に画像viewer, DICOM Ver 3.0フォーマットへの変換, compact disk recordable (CD-R) を記録媒体とする記録系としての機能を持ったPublishing Stationが接続されている. このDFシステムはDICOM出力や他のネットワークシステムとの統合にも対応できる柔軟なシステムであるため, この機能を利用することにより既存のシステムを拡張させることができる. また, 日常業務の経験から既存のシステムを拡張して将来的に当院のcomputed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), computed radiography (CR) 等を中心とした放射線画像ネットワークシステム³⁾との統合,

Application of Multipurpose Network System to Extend Digital Fluorography (DF) System

TSUTOMU GOMI · MASAKAZU AKAHORI and YOSHIHIRO KITOH

Department of Radiology, Shinshu University Hospital

Received March 26, 1998; Revision accepted June 10, 1998; Code No. 790

Summary

We constructed a multipurpose network system and connected our digital fluorography (DF) system to it. A PC-UNIX computer was used as a file server and file transfer protocol (FTP) server. Still images generated by the DF system were transferred from the gateway computer connected to the DF system to the file server with a DICOM storage service. Images can be easily retrieved and modified by utilizing the functions that the network system makes it possible to share, such as the file-sharing system and the on-line viewer of the WWW browser. Thus, it should be easy to expand the network and improve its quality in the future. Our network can also be easily and effectively connected to other hospital network systems.

Key words: Digital imaging and communications in medicine (DICOM), Transmission control protocol/internet protocol (TCP/IP), PC-UNIX, 10BASE-T, File share

別刷資料請求先: 〒390-8621 長野県松本市旭 3-1-1
信州大学医学部附属病院 中央放射線部 五味 勉 宛

あるいはデータ互換性や情報共有を考慮した多目的用途としてのネットワークを構築する必要性が生じてきた。今回、既存のDFシステムにDICOM Ver 3.0フォーマットで出力した静止画像を各クライアント間で汎用解析およびスライド作成等の多目的用途として活用させるため、10BASE-Tによるクライアント・サーバ型のネットワークを接続し、その有用性について検討を行った。

2. 使用機器

- ・ DFシステム TOSHIBA DFP-2000A (株式会社東芝製)
- ・ Publishing Station (DOS/Vマシン, OS: Windows NT3.51 WorkStation)
- ・ Switching HUB RS-708 (アライドテレシス製)
- ・ 転送媒体 10BASE-T: カテゴリ 5, unshield twisted pair (UTP), ストレート結線
- ・ PC-UNIXマシン OS: RedHat Linux 4.2 (kernel 2.0.30)
- ・ クライアントマシン DOS/V OS: Windows95
Macintosh OS: System 7.51

3. 使用ソフトウェア

- ・ Storage SCU (service class user)
ソフトウェア (株式会社東芝製)
- ・ Storage SCP (service class provider)
ソフトウェア (フリーウェア, Windows NT用)
- ・ ファイル共有ソフトウェア:
netatalk 1.3.3 (フリーウェア)
samba 1.9.16p11 (フリーウェア)
- ・ FTPD : wuftpd 2.4.2 academ-beta (フリーウェア)
- ・ 画像viewer : OSIRIS Ver 3.1 (フリーウェア)
- ・ WWWブラウザ : Netscape Navigator 4.04 (フリーウェア)
- ・ 画像解析ソフトウェア:
NIH-Image (フリーウェア)

4. 方法

Fig.1に多目的ネットワークの概略, Fig.2に各マシン間で使用する通信プロトコルを示す。臨床画像の保存形式はPublishing Station (以下, PS)においてオリジナルデータ (TOSHIBAフォーマット)をDICOM Ver 3.0フォーマットに変換し, Joint Photographic Experts Group (JPEG) 1/2 可逆圧縮 (512×512, 8bit)でCD-Rに保存している。また, 臨床画像の解析方法についてはDFP-2000A上でTOSHIBAフォーマットのraw dataについてのみ行うことが可能になっている。今回既存の

Fig. 1 Schematic diagram of the DFP-2000A system and the multipurpose network system.

Fig. 2 File transfer protocol and data format.

DFシステムに接続したネットワークの目的としてはDICOM Ver 3.0フォーマットの静止画像 (1024×1024, 16bit, 2.09Mbyte)をネットワーク経由で各クライアントに転送し, 多目的用途として活用させることにある。PSの主たる機能としてはDFP-2000Aで生成されたTOSHIBAフォーマットの静止画像をDICOM Ver 3.0フォーマットに変換し, JPEGで512×512 (8bit)へ1/2可逆圧縮してCD-Rにwritingすることである。そのためDFP-2000Aではデータの収集系, PSはフォーマット変換と記録系というシステム構成であるために外部ネットワークと連携を図っていくためには必然的にPSが他のネットワークとの接点となる必要性が生じてくる。一般的に医療機器メーカー側がDICOM storage serviceをサポートしている範囲はSCUであり, SCPに関してはユーザ側でSCUとSCPの両conformance statement⁴⁾を参照しながら選定していく過程が必要になる。よって本来であればPSとは別にSCP機能を有するハードウェアを別途導入しなければならないが, 今回われわれが試みたSCUとSCPの両ソフトウェアをPSにインストール

ル、セットアップすることによりPS内部においてDICOM Ver 3.0の通信プロトコルを使い、DFP-2000Aから転送されてきたTOSHIBAフォーマットのオリジナルデータをDICOM Ver 3.0フォーマットに変換してPSのハードディスクに保存することが可能になる。言い換えれば、変換されたDICOM Ver 3.0フォーマットの静止画像をPS自身に送りつけるプロセスになっている。したがって、非圧縮の静止画像をDICOM Ver 3.0フォーマットで外部に接合しているネットワークに出力する場合、PSはゲートウェイとしての機能を有することになる(ただし今回導入したSCUがサポートする範囲の画像データは静止画像のみであり動画像(マルチフレーム)に関してはサポートされていない)。PSに保存されたDICOM Ver 3.0フォーマットの静止画像は今回新たに導入したファイル共有システムで設定したファイルサーバ(PC-UNIXマシン)の共有ディレクトリ(/home/ftp/share)に転送、その後共有ディレクトリに対して各クライアントがマウントを行い必要な静止画像をダウンロードするようにした。次に、静止画像転送での実用性を調べるため各マシン間でネットワークに負荷をかけた状態(stress)と負荷をかけない状態(rest)下でどの程度転送パフォーマンスに影響の差が出るかを調べた。まず、事前調査項目としてネットワークの状態をping, netstat, traceroute, tcpdumpを用いて調べ、パケットロスがない状態であることを確認してから計測を行った。測定対象となるクライアントマシンがfile transfer protocol (FTP)でファイルサーバから10枚の静止画像を連続転送し、その平均転送時間を算出するようにした。stressについては実際に使用頻度が高くなると思われるマルチタスク下での環境を想定して、測定対象でない他のクライアントマシンからも同時にファイルサーバに対してFTPによる静止画像の連続転送を行うようにした。restでは他のクライアントマシンからのファイル転送がない状態で、測定対象となるクライアントマシンとファイルサーバ間の通信のみでファイル転送を行った。ここでの画像転送

時間は各々対象となるマシンのハードディスクからの読み出し、ネットワークによる転送、登録時間の合計である。

ファイル共有システムについては今回PC-UNIXマシンを各クライアントのファイルサーバとして使用した。具体的にはPC-UNIXが、samba(URL <http://samba.anu.edu.au/pub/samba>)によるWindowsのファイル共有プロトコル"Server Message Block (SMB)"の認識と、netatalk(URL <http://www.umich.edu/~rsug/netatalk>)によるMacintoshのファイル共有プロトコル"AppleTalk Filing Protocol (AFP)"の認識を行い、PSおよび各クライアント間で静止画像データを共有する試みを行った(Fig.3)。AFPを認識させるソフトウェアとしては、他にColumbia AppleTalk Package (CAP)がある。今回使用したnetatalkとCAPとではAppleTalkプロトコルを扱うための実装手段が異なっており、CAPはAppleTalkプロトコルの機能をkernel外部に実装し、netatalkはAppleTalkのパケットを制御する機能をkernel内部に組み込んでいる。今回はパフォーマンスを考慮してkernel内部でモジュールを実行できるnetatalkを選択した。ファイル共有システムに用いる通信プロトコルはPSとPC-UNIXマシン間およびDOS/VマシンとPC-UNIXマシン間ではtransmission control protocol/internet protocol (TCP/IP)、MacintoshとPC-UNIXマシン間はAppleTalkとなっている。共有設定についてはPSから静止画像の転送先ディレクトリとして、また異なるプラットフォーム間での静止画像の互換性を考慮してファイルサーバの一部(/home/ftp/share)を共有ディレクトリとして設定した。さらに共有ディレクトリをFTPサーバの公開ディレクトリとすることで各クライアント側からNetscape Navigator上にリスト表示されているファイル名の中から参照したい静止画像の選択を行うことでOSIRISが起動し、その静止画像を表示させるように設定した。これはダウンロード前に静止画像の確認を行うためのものであり、この表示設定によって不要なダウンロードを抑制できるようにした。なおファイルサーバ、PS、各クライアントに割り当てるIPアドレスは"class C"のプライベートアドレスを使用した⁵⁾。

5. 結果

Tableに転送パフォーマンスの測定結果を示す。静止画像一枚当たりの転送時間はDFP-2000AとPS間が約5秒、PC-UNIXマシンとPS、PC-UNIXマシンとDOS/Vクライアント間では約2秒前後での転送が可能となった。ただMacintoshクライアントへの転送は約13秒となり他のマシンに比してパフォーマンスが低下した。これについては今回使用しているMacintoshク

Fig. 3 The file sharing system using a PC-UNIX computer as file server.

クライアントのハードウェア性能が起因しているのではないかとされた。今回導入したファイル共有システムについてはpersonal computerで稼働するUNIX互換operating system (OS)であるPC-UNIX (RedHat Linux 4.2)を各クライアントのファイルサーバにしてファイル共有を試みた。FTPを使ったファイル転送とは異なり、最初に各クライアントがファイルサーバの共有ディレクトリをマウントすることによりネットワークドライブとして認識でき、ローカルファイルと同様に扱うことでユーザ側の転送操作に関する操作性を向上させることができた。また、ファイル共有プロセスと並行してPC-UNIXマシンをFTPサーバとしても設定することで共有ディレクトリ中の静止画像をNetscape Navigator上でファイル名としてリスト表示させ、参照したい静止画像を選択することでOSIRISが起動し表示可能になった。このプロセスをファイル共有と並行して行うことにより共有ディレクトリに登録された静止画像をダウンロード前に確認(Fig.4)することができ、不要なダウンロードを回避させることができた。各クライアントに転送された静止画像はDICOMフォーマットをサポートしているNIH-Imageを使って表示させることができ、基本的な画像処理や解析を行うことが可能であることから臨床応用分野の用途としても有効に活用できるとされた。

6. 考 察

今回拡張したネットワークとの統合により既存のDFシステムに多目的、あるいは臨床応用の用途としての機能を提供することができた。このネットワークの特徴は、1)PC-UNIXをファイルサーバとしたファイル共有システムの構築。2)Netscape Navigatorを利用した静止画像の参照である。PC-UNIXをファイルサーバとしたファイル共有の構築についてはすべてフリーウェアを使用した。異なったプラットフォーム環境下の中で各クライアントがサーバを含め接続されている他のクライアント同士で静止画像を共有できるようになったことはネットワーク全体の機能を拡張させる一つのアプローチとして有効な手段であると考えられる。例えば、あるクライアント環境下で加工、処理を施した静止画像をTIFFフォーマットで保存し、その画像を共有ディレクトリに転送しておけばプラットフォームが異なるクライアントが混在したネットワークにおいても共有ディレクトリを通してその画像を流用する

Table Measured network performance.

Device		Time (sec)
From	To	
DFP-2000A	Publishing Station	5.18 (3.2 Mbps)
Publishing Station	PC-UNIX (rest)	2.62 (6.3 Mbps)
Publishing Station	PC-UNIX (stress)	2.85 (5.8 Mbps)
PC-UNIX (rest)	Client (Mac)	13.2 (1.2 Mbps)
PC-UNIX (stress)	Client (Mac)	14.4 (1.1 Mbps)
PC-UNIX (rest)	Client (DOS/V)	2.63 (6.3 Mbps)
PC-UNIX (stress)	Client (DOS/V)	2.94 (5.7 Mbps)

ことができる。また数種類の静止画像をダウンロードしたい場合、FTPでログインして対象となる静止画像を個々に選択するよりも各クライアントにマウントされている共有ディレクトリから直接ドラッグ操作でローカルマシン側に転送を行う方が簡便である。唯一欠点を挙げるならば今回使用したPC-UNIX, samba, netatalkはフリーウェアであるため何らかのトラブルが生じた場合のサポートは保証されていないということである。しかし今までの運用経験からはトラブルもなく、堅牢であったことを考慮すると十分実用性に耐え得るのではないかと考える。加えてこれらのソフトウェアのソースコードが一般に公開されていることやソフトウェアの開発者がバグ等に対してのpatch file (差分修正)をインターネットを通じて提供している体制があることからわれわれユーザにとって大きな利点を得ることになる。また、これらのフリーウェアの導入にあたっては慎重に検討を行うことが必要でありネットワークの規模および活用範囲を十分考慮した上で選定していくことが重要であると思われる。今回当院のDFシステムに接続した多目的ネットワークにこ

Fig. 4 Image display by OSIRIS on a WWW browser.

のようなフリーウェアを導入した理由としては、1)クライアントが少なく比較的小規模なネットワークである。2)今回のケースのようにWindowsとMacintoshといった異なるプラットフォームが混在するクライアント環境下の中でUNIXを中心としたファイル共有システムを構築し、静止画像、あるいは解析処理後のデータ共有を行う、という二つのシステム設計によるものである。前述したプラットフォーム(UNIX, Windows, Macintosh)が混在する環境下でUNIXを中心としたファイル共有を行うための手段として、今回使用したsambaおよびnetatalkを利用する他に二つの方法が考えらる。一つはnetwork file system(NFS)⁶⁾クライアントソフトウェアを各クライアントマシンにインストールしてNFSでファイルを共有させる方法である^{7,8)}。NFSクライアントソフトウェアとフリーウェア(samba, netatalk)では基本的に機能差はなく、ほぼ同等であると言える。ただ市販ソフトウェアはトラブルやバージョンアップに対するサポート体制が保証されているため、信頼性においてはフリーウェアよりも優っている。しかし、NFSでネットワークを構築する場合の問題点としては、増設されたクライアントに対してNFSクライアントソフトウェアを個々にインストールしなければならないということである。そのため、今後クライアントが増えていった場合のコストパフォーマンスをどのようにして抑えるかが課題となってくる。もう一つの選択肢はDICOMサーバの導入である。conformance statementに適合したSCP環境があれば今回のようなDICOM storageに関してのserviceだけでなく、query/retrieve service(問い合わせ/検索)といったDICOM

serviceも利用可能になり、ネットワークの通信設定によってはこれ以外のDICOM serviceも利用できる可能性もある。機能的にはDICOM storage serviceやquery/retrieve serviceに加えて、データベース管理機能を提供しており、拡張性の高い選択肢といえる。ただ有用性については、使用する目的や頻度により異なるため、各種モダリティ機器との統合や連携の目的といった比較的規模の大きなネットワークシステムでの一用途として活用範囲が高くなるのではないと思われる。

Netscape Navigatorと連携させたOSIRISの利用で共有ディレクトリ中の静止画像を各クライアント側へダウンロードする前に表示して確認できるようにした。これは静止画像のファイル名からある程度察知可能であるが登録画像のデータ数が多くなった場合困難となる。そのためダウンロード前の静止画像の表示をオンライン処理することで不要なダウンロードによるネットワークへのトラフィックを軽減させることができ、ネットワークのパフォーマンスを向上させる手段として有効であると思われる。

7. 結 語

既存のDFシステムに多目的用途のネットワークを追加し機能を拡張させた。このネットワークとの連携でプラットフォームに依存しないデータ互換性および共有が可能となりネットワーク全体の品質や機能を向上させることが可能になった。また将来的に院内に設置されている他のネットワークシステムとの統合も物理的には可能であり、拡張性においても柔軟に対応できるネットワークであると思われる。

参考文献

- 1) 安藤 裕：画像伝送のための標準規格 DICOMの現状と課題。INNERVISION, 12(7), 25-29, (1997)。
- 2) 梶原賢一郎：DICOMとテレメディスンの可能性。新医療, 22(7), 58-60, (1995)。
- 3) 春日敏夫, 曾根脩輔, 伊津野格, 他：放射線画像ネットワークシステムの構築—試験的多目的利用による評価—。日本医放会誌, 55(5), 329-339, (1995)。
- 4) Product Specification for TOSHIBA Digital Fluorography System. TOSHIBA Corporation, No.2A305-617EA, (1997)。
- 5) Kirch O：LINUXネットワーク管理。小嶋隆一, 高尾哲康訳, pp.77-79, オーム社, 東京, (1996)。
- 6) 山口和紀監修：The UNIX Super Text(下), pp.712-715, 技術評論社, 東京, (1996)。
- 7) 小田切耕司, 伊藤俊之：UNIX-Windowsネットワークング。pp.13-17, テクノプレス社, 東京, (1997)。
- 8) 奥田一人：Mac+UNIXネットワークング, pp.274-278, 工学図書, 東京, (1996)。

図表の説明

- Fig. 1 DFP-2000Aシステムと多目的ネットワークの概略図。
 Fig. 2 各デバイス間のファイル転送とプロトコルとデータフォーマット。
 Fig. 3 PC-UNIXをファイルサーバとしたファイル共有システム。
 Fig. 4 WWWブラウザ上から起動するように設定したOSIRISによる画像表示。

Table ネットワークパフォーマンスの測定結果。