

超音波遠隔診断システムTele-USによる超音波画像診断 —インターネット経由での画像配信と遠隔制御—

しみず 清水 豊*・三輪 泰生*・宮 高 睦*・中村 滋**・朝井 均

保健管理センター・*(株)島津製作所・**長吉総合病院

(平成15年8月8日 受付)

IT (Information Technology)の革命的な発展により、さまざまな分野でその恩恵がもたらされている。医療分野でもITを利用した遠隔画像診断により、過疎地と都市部の医療格差を是正することが期待されている。今回我々は超音波診断装置とPCをネットワーク接続し、装置側からPC側に画像配信し、PC側から装置を遠隔操作することが可能なシステムを試作開発した。さらにこのシステムにより、インターネットを介して画像配信・遠隔操作を試みた。このシステムはさまざまな臨床現場での応用が期待されるものであり、今後は臨床評価を含めた研究に発展させたいと考えている。

キーワード：遠隔画像診断，超音波診断装置，インターネット

I. 緒 言

従来より地域医療向上に対する期待から，地方医療機関の医療用診断機器の画像を伝送し，地域中核病院の専門医等による診断を行う遠隔画像診断が研究・実用化されている。超音波診断装置などの医用診断装置ではリアルタイム動画像での診断が重視されているが，動画像のリアルタイム伝送ではデータ量が大きくなる問題が存在する。しかし近年のインターネットのブロードバンド化やリアルタイム動画像圧縮技術の普及により，一般的なインターネット接続サービスを利用した医療診断画像のリアルタイム配信が，現実のものとなりつつある。

今回，我々は医療用超音波診断装置とPCをネットワーク接続し，PC上で装置の動画像をリアルタイム表示・遠隔操作することが可能な超音波遠隔診断システム Tele-USを試作した。[1] またインターネットを介した画像配信と遠隔操作を試行したので報告する。

II. システム構成

遠隔画像診断を超音波診断装置で実現するには，いくつかの課題が挙げられる。第1には超音波診断装置の特長といわれるリアルタイム性を遠隔配信でも維持することがあげられる。医用画像診断装置ではDICOMといった蓄積型のファイルを遠隔地に転送し，診断コンサルティングを行うことが実際に運用されているが，超音波の場合は撮像する場所を臨機応変に選択することが重視される。また，超音波診断の場合，画質を大きく左右する画像パラメータが多くあり，調整に慣れない医療現場の先生方には適切な設定が難しい面がある。そして，超音波の画像が検査者の手技や患者の姿勢に大きく左右されるということもある。このような課題をクリアすることが，超音波遠隔診断システムで求められる。

今回我々は、これらの超音波診断装置の遠隔画像診断における課題を解決するという視点に立ち、超音波遠隔診断システムの試作開発を行った。試作開発した超音波遠隔診断システム Tele-US の基本構成を図1に示す。

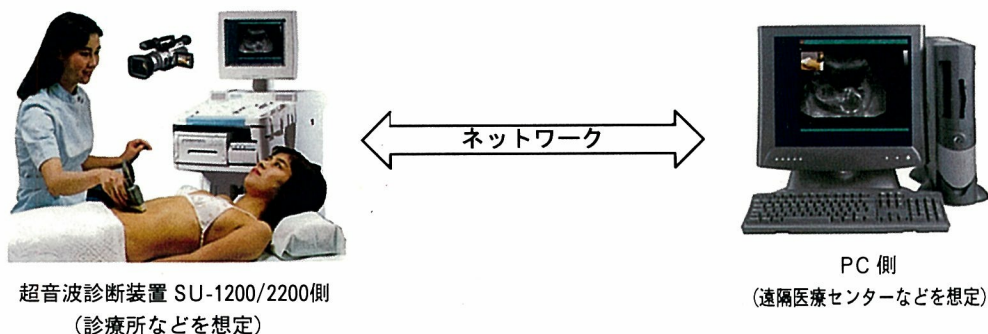


図1 超音波遠隔診断システムTele-USの基本構成

システムでは、島津製作所の超音波診断装置 SDU-1200/2200 [2] をPCとネットワーク接続し、診断装置内部には、動画像のリアルタイム圧縮を行うMPEG2 (Moving Picture Experts Group phase 2)エンコーダ、外部ビデオカメラと超音波画像を重畳させる機能を持つフレームグラバ基板、ネットワークカード(100Base-T)を内蔵させている。一方、PC内部には圧縮された動画像をリアルタイムに復号するMPEG2デコーダ、ネットワークカードを内蔵させている。このシステムは、次に示す特長を有している。

(1) リアルタイム画像配信が可能

ハードウェアMPEG2エンコーダを搭載することで、リアルタイム動画像配信を可能とした。

(2) インタラクティブなシステム

ほとんどの超音波診断装置の機能をPC側で実行することができる。ゲインやダイナミックレンジといった画像調整や表示モードの切り替えなどが、診断装置側からもPC側からも実行可能とするためには、診断装置の設定状態について診断装置とPC間で同期をとる必要がある。我々は、システム同期マネージメント機能を超音波診断装置側、PC側の双方とも搭載することで、インタラクティブなシステムを実現した。

(3) 計測アプリケーションがPC側で実行可能

一般的な超音波診断装置では、その画像上で距離、面積、あるいはドプラ機能を持つ診断装置では血流の速度といった計測が実行できる。さらに複数の計測結果の値を組み合わせた演算により、診断のための様々な指標などが考案され搭載されている。超音波遠隔診断システムTele-USにおいては、PC側でも装置と同様に産科や循環器といった臨床用途に対応した計測アプリケーションソフトが独立して実行でき、さまざまな診断をサポートできるようになっている。計測結果はレポート形式で、診断装置側に送信することにも対応した。

(4) 患者の姿勢、撮像位置のモニタが可能

超音波診断装置側に設置された外部ビデオカメラの画像を取り込んで、PC側で超音波診断画像上にスーパーインポーズ表示させることが可能である。患者の姿勢やプローブの位置がPC側でモニタできる。スーパーインポーズの表示の有無、サイズ、位置は調整可

能である。

(5) チャット機能の搭載

チャット機能を搭載しており、撮像の指示がPC側から実行可能となっている。

PC側では動画像の受信と遠隔操作のため Viewer ソフトを起動する。Viewer ソフトの画面は、図2に示すように、以下に示す項目のウィンドウから構成されている。

(1) 配信画像表示

超音波診断装置から配信された画像が表示される。

(2) リモートキー操作

超音波診断装置のキーボードと同じようにデザインされたリモートキー操作のダイアログが表示される。このダイアログ上のボタンをクリックすることで、診断装置のキーボードと同様の操作ができる。

(3) リモート設定

PC側から接続先の超音波診断装置の指定やMPEG2の設定などを行えるダイアログが表示される。

(4) チャット

チャットができるダイアログが表示される。

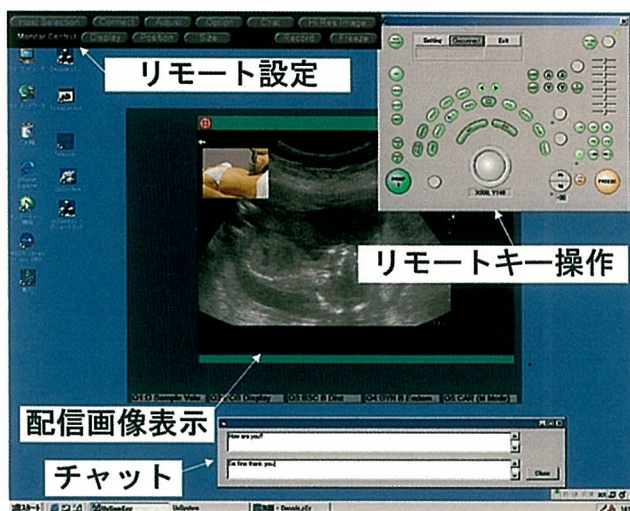


図2 PC側のViewer画面構成

Ⅲ. インターネットでの画像配信対策

インターネットで動画像をリアルタイム配信する場合、一般的に次に示す問題への対応が必要とされる。

- (1) 帯域変動
- (2) パケットの消失(ロス)
- (3) パケットのゆらぎ(ジッタ)

上記の問題の内容と対策を以下に示す。

(1) 帯域変動

一般にネットワークは帯域保証型とベストエフォート型に分類することができる。ネットワークを用いた画像配信の場合、帯域保証型では利用できる帯域が保証されるため、安定した画像配信が可能となるが、インターネット回線では一般的に非常に高価である。最近の光ファイバーやADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)などによるインターネット接続サービスは、帯域を保証しないベストエフォート型が一般的である。ベストエフォート型では帯域が変動するため、画像配信に必要な帯域が確保できない場合がある。インターネット回線の通信状況に応じて必要とする帯域を調整できるように、今回試作したシステムでは次の調整機能を設けた。

- MPEG2エンコード時のビットレートの調整
- 画像サイズの調整
- フレームまたはGOP(Group Of Picture)の間歇送信調整

これらの機能を用いることで、低速な回線でも画像の配信が可能となっている。

(2) パケットの消失(ロス)

インターネット等のネットワークでの伝送では、パケットと呼ばれる単位に分割してデータが伝送される。電子メールの送受信やファイル転送などではTCP(Transmission Control Protocol)をベースとしたプロトコルが用いられているが、TCPはリアルタイム型のデータ転送には不向きとされている。そのためリアルタイム動画画像配信では、UDP(User Datagram Protocol)をベースとしたプロトコルRTP(Real-time Transport Protocol)が一般的に用いられている。インターネットでは伝送系でパケットの消失(パケットロス)を生じることがあるが、RTPではパケットロスにより失われたパケットを再転送する機能は持たない。MPEG2による動画画像配信でパケットロスが生じた場合、ブロックノイズとよばれる矩形状の乱れが画像上に生じる問題などがあり、画像の品質が著しく低下する。そこで今回試作したシステムでは、通信状態をモニタする機能を設け、パケットロスが検出されると画像が乱れないようにデコードを停止する処理を行うこととした。

(3) パケットのゆらぎ(ジッタ)

インターネットでの画像配信では、パケットの到着する間隔にばらつき(ジッタ)を生じる問題がある。今回試作したシステムでは、バッファを設けることにより、ジッタの吸収を行うようにした。

IV. インターネットを介した画像配信・遠隔操作の試行

今回試作したシステムを用いて、インターネットを介した画像の配信と遠隔制御を試行した。試行に用いたインターネット接続環境を図3に示す。利用したインターネット接続サービス回線はBフレッツで、プロバイダとして診断装置側はOCN、PC側はDTIとした。ともに100Mbpsのベストエフォート型のサービスである。

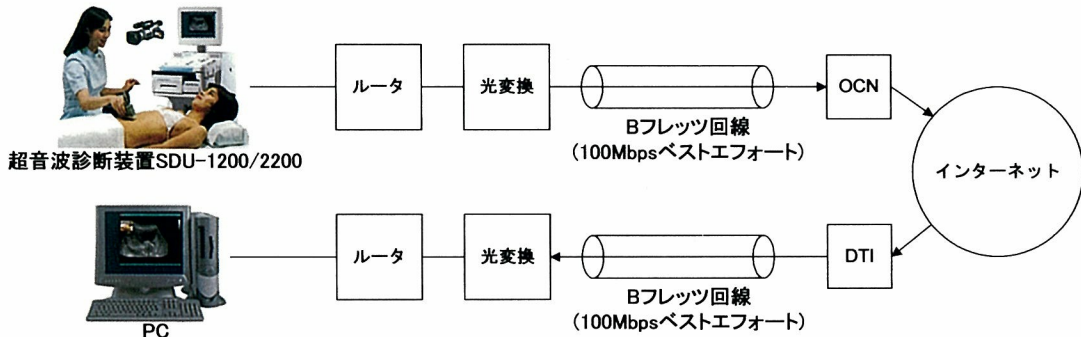


図3 インターネット試験環境の構成

上述の環境下でMPEG2によるビットレート4Mbpsにて画像の配信を試みた。その結果、時折パケットロス発生による動画の停止が発生するが、PC側で超音波診断装置の動画が表示されることが確認された。実際のインターネット配信におけるPC側のViewer画面を図4に示す。



図4 実際のインターネット配信におけるPC側のViewer画面

続いて、リモートキー操作のダイアログを用いて遠隔操作を実行した。遠隔操作は超音波診断装置SDU-1200/2200が持つ機能の大部分について実施を行い、正常に動作することが確認された。その主要な機能について以下に示す。

- ・ 超音波画像のフリーズ、アンフリーズ
- ・ 表示モードの切り替え
- ・ 画像サイズの切り替え
- ・ ゲインの調整

- ・ STC (Sensitivity Time gain Control) の調整
- ・ カラー Doppler の ROI (Region Of Interest) の調整
- ・ カラー Doppler の流速レンジの調整
- ・ プローブの切り替え
- ・ 計測アプリケーションの実行

ただし、ジッタを吸収するためのバッファなどの影響により、PC側で画像には約2秒ほどの遅延が生じており、画像調整においては遅延を意識した操作が必要となることもあった。

次に動画配信に影響を及ぼすパケットロスとジッタについて計測し、試験環境下で動画を配信した場合の時間変化をみた。計測は平日の18時から翌朝9時までの15時間、動画を診断装置から連続的に配信しながら実施した。パケットロスの変化を図5に、ジッタの変化を図6に示す。

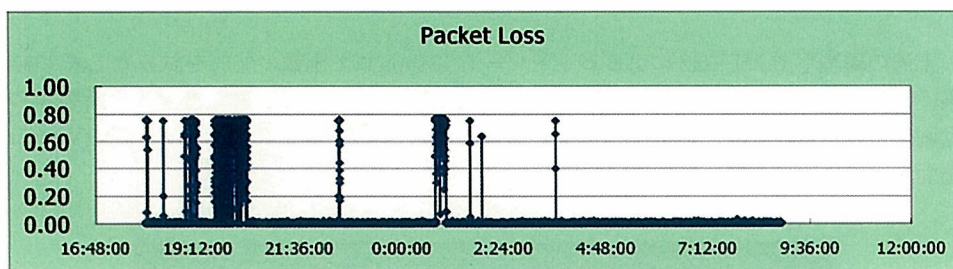


図5 インターネット動画配信時におけるパケットロスの時間変化

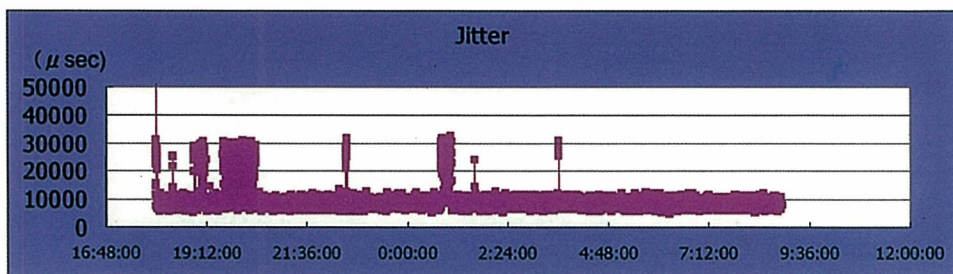


図6 インターネット動画配信時におけるパケットのジッタの時間変化

グラフに示されているとおり、パケットロス、ジッタとも19時～20時台に大きく発生している。ベストエフォート型のインターネット接続では、回線を複数のユーザが共有することになり、共有しているユーザの使用状況により帯域に影響を及ぼす。グラフ以外にも測定を行っているが、総じて昼間はパケットロスの発生頻度が低く、夜間に多く発生していることから、使用した回線が主に一般家庭ユーザと共有されて、その利用負荷による影響であることが推測された。動画配信においては利用する回線の特徴を配慮することが重要であると考えられる。

V. 結 語

今回我々は超音波診断装置とPCをネットワーク接続し、リアルタイムで動画像を配信し、PC側から遠隔操作可能なシステムを試作開発した。試験に用いたインターネット接続環境においても、超音波診断装置の動画像がリアルタイム配信されることが確認された。またインターネットを介した配信においても、システム同期マネジメント機能により、画像調整などの操作や計測アプリケーションなどが実行できることが確認された。リアルタイム動画像配信で問題となるパケットロス、ジッタについてはベストエフォート型インターネット接続サービスの利用状態による影響が要因の1つと考えられる。動画像配信においては利用する回線の特性を配慮することが重要であると考えられる。

今回試作した超音波遠隔診断システムはさまざまな臨床現場での応用が期待されるものであり、今後は臨床評価を含めた研究に発展させ、動画像の品質や操作性を中心とした熟成を進めたいと考える。

参 考 文 献

- [1] 清水 (2003): 超音波遠隔診断システムの試作とインターネットを介した画像配信・遠隔制御の試み, 日本超音波医学会第26回関西地分会 プログラム抄録, 24
- [2] 安藤, 向田, 清水他 (2001): 汎用カラー超音波診断装置 SDU-1200/SDU-2200, 島津評論, 57, 273~279

Ultrasonography by Tele-US System — Live Image Transfer and Remote Control via the Internet —

SHIMIZU Yutaka*, MIWA Yasuo*, MIYATAKA Mutsumi*,
NAKAMURA Shigeru** and ASAI Hitoshi

*Center of Health Service, *Shimadzu Co., **Nagayoshi General Hospital*

The revolutionary innovation of the IT (Information Technology) benefits many kinds of fields. Even in the medical field the IT is expected to dissolve a disparity in a medical care between populated areas and depopulated areas by tele-radiography and tele-pathology.

We developed an experimental system of tele-ultrasonography which is composed of an ultrasound diagnostic system and a PC connected by a network. In this system the live image is transferred from the ultrasound diagnostic system to the PC, and a remote operation of the diagnostic system from the PC is also available. And we tried the live image transfer and the remote operation via the Internet.

Since this system is expected to apply to various kinds of clinical fields, we like to expand this research including clinical evaluations.

Key Words : ultrasonography, tele-pathology, Internet