

分散オブジェクト技術による医療情報システムの拡張

永田 宏¹⁾、黒田 貴²⁾、小野和男³⁾、内山映子¹⁾、水島 洋¹⁾、山口直人¹⁾

1) 国立がんセンター研究所 がん情報研究部

2) 株式会社オリンパスシステムズ ソフトウエア事業部

3) オリンパス光学工業株式会社 S I 事業推進部

Abstract: Most of the existing telemedicine system in Japan has been developed based on the old architecture in about 1990, so the communication accessibility among different terminals of different systems has been scarcely considered. In this study, one of the systems was enhanced using distributed object oriented technologies, especially Web and Java, and it was succeeded to improve the problem without any changes on the requirement nor the implementation of the old system.

1. はじめに

現在使われている遠隔医療システム^(1,2,3)の大半は1990年前後に提案された古いアーキテクチャに基づくものであり、オブジェクト指向設計、とりわけ分散オブジェクト指向の考え方はまったく取り入れられていない。そのため拡張性が低い、システム間の通信互換性が低いといった問題が生じている。今回我々は、既存の遠隔医療システムを『レガシーシステム』の一種としてカプセル化し、分散オブジェクト技術を活用し、より汎用性の高い通信システムのサブシステムとして組み込むことを行った。分散オブジェクト技術⁽⁴⁾はWeb、Java、CORBAの3つの要素からなるが、今回は、CORBAは用いなかった。しかしWebとJavaだけでも十分実用的にシステムを拡張することができた。しかも従来のシステムの仕様を一切変更することなく、高い拡張性と通信互換性を持ったシステムを完成させることができたので、ここに報告する。

2. 遠隔医療におけるレガシーシステム問題

2.1. 遠隔医療

遠隔医療とは、患者から得られた画像情報を電子化し、通信回線を通して遠隔地の専門医に送り、診断やアドバイスを受ける医療行為である。もっとも初期の遠隔医療実験は、1950年代末にアメリカで行われた。双方向テレビを用いて、60Km離れた病院間で精神分析を行うというものだった。1970年代に入ると通信衛星を使ったX線写真の転送が行われるようになった。しかし本格的な研究がスタートするのは、デジタル画像、デジタル通信技術が確立された1990年以降のことである。日本では1997年に、厚生省から遠隔医療に関する通達が出され、医療行為として法的に認められるようになった。現在、100以上のプロジェクトが全国各地で進められており、実験段階のものから日常診療業務の一環として行われているものまで様々である。また最近では遠隔カンファレンスや遠隔教育の重要性が増しており、そちらのプロジェクトも急増することが予想される。

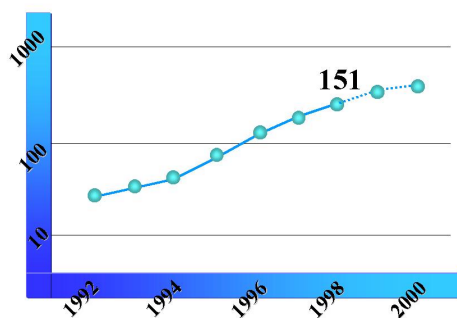


図1. 遠隔医療の普及状況

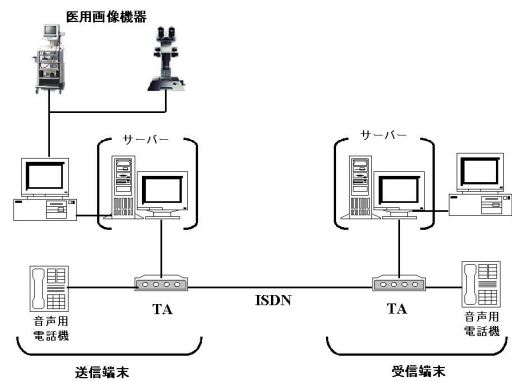


図2. 既存遠隔医療システムの概念図

2.2. 遠隔医療システムの発展

遠隔医療システムは、遠隔医療を成り立たせるための画像通信システムである。もともと遠隔医療は大学病院が中心になって、その関連病院を支援することを目的としてスタートした。すなわちごく内輪のコミュニティ・オブ・インタレストとしてスタートした経緯がある。そのため遠隔医療システムも個々のコミュニティ・オブ・インタレストの望む仕様にしたがって、まったく個別かつ独立に発展してきた。またその間、システムの標準化に関する行政側から指導も皆無だった。医療機関からの注文を受けたメーカーが、それぞれ個別に開発を進めてきたため、コミュニティ・オブ・インタレスト間での仕様統一はほとんどなされておらず、異なるシステム同士の通信互換性はないといって過言ではない。

コミュニティ・オブ・インタレストの数が少なく、またそれらが互いにまったく独立している限り、この状況も不都合であるとはいえないが、遠隔医療が急速に普及するに至って、通信互換性の欠如が深刻な問題として浮上してきた。図1は厚生省遠隔医療研究班⁽⁵⁾が昨年末に行った遠隔医療普及調査をグラフ化したものである。

1990年から95年ごろまでは、プロジェクト(コミュニティ・オブ・インタレスト)の数は100に満たなかったが、1998年度末までにプロジェクト数が151に達し、参加施設数の合計は500を突破している。もはや個々のコミュニティ・オブ・インタレストが独立に遠隔医療を行う時代は終わりつつあり、より汎用性の高い通信システムの出現と普及が望まれるに至った。

2.3. 古いアーキテクチャ

現在使用されている遠隔医療システムのほとんど全てが、1990年当時の設計を踏襲している。一般的なシステム構成は図2に示すように、至って単純である。すなわち、画像を撮り込んで送信するための送信端末、受信して表示を行うための受信端末、および通信回線から構成されている。多くのシステムが遠隔協調操作を実現している。また通信は1対1が基本だが、多地点通信を実現しているものもある。通信回線はISDN(INS ネット64)が多用されている。相手端末に直接電話をかけて接続する形式のものや、サーバーを介して接続する形式のものがある。しかし基本的なアーキテクチャが、いわば画像を利用するパソコン通信システムであるため、システムの拡張性や通信互換性に問題があるのは当然と言える。

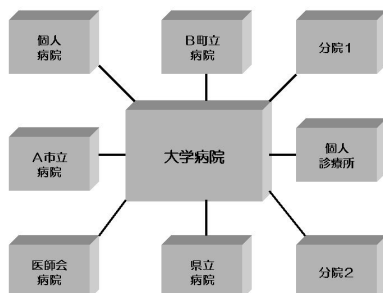


図3 . 遠隔医療プロジェクトの構造

2.4.レガシーシステム問題

1997 年以來、医療機器業界が中心となって遠隔医療システムの標準化作業が進められている。その最初の版が先ごろ公開された^(5,7,8)。しかしその内容は従来のアーキテクチャをそのまま踏襲したもので、単に画像フォーマットや通信プロトコル、協調操作コマンド等を統一するというものであった。

仮にその標準規格に従った通信端末が供給されるようになったとしても、次のような理由から、急速に普及することは考えにくい。ほとんどの遠隔医療プロジェクトにおいて、通信端末は個々の病院が自前で購入している。しかも購入時期、つまりそれぞれの病院がプロジェクトに参加を始めた時期が異なっている。そのためまだ購入したばかりという施設もある。仮に標準化された端末に切り替えようとするれば、すべての施設が一斉に買い換える必要があるが、現実問題としてきわめて難しい。

また、別の問題として、個々のプロジェクトに固有のシステムは、それぞれの興味や目的に沿って開発されたものであり、機能、画像(サイズ、画質等)、協調作業プロトコルなどが、それらの興味や目的に合わせて設計・実装されている、ということがある。いわば個々のコミュニティの文化や知恵を背負っているのだから、簡単には捨てられないという事情がある。

したがってそれぞれのコミュニティは、これから先も当分のあいだは旧来の端末を使い続けていくだろう。これが遠隔医療におけるレガシーシステム問題の本質である。また、そのような状況下で、なおかつコミュニティ間の円滑な通信を可能にすることが、我々が取り組む技術的課題である。

3 . 問題解決のためのアプローチ

3.1.基本戦略

レガシーシステム問題を解決するための基本戦略は、レガシーシステムを完全にカプセル化し、分散オブジェクト指向によって設計された新しいシステムのなかに、サブシステムとして組み込むことである⁽⁹⁾。画像の配信のみなら Web を使って簡単に代替できるが、これだけでは遠隔協調操作ができないため、要求される機能が満たされない。しかし Java を用いれば、遠隔協調操作も可能になる^(10,11)。これによって、専用端末を持たない施設でも、遠隔医療プロジェクトの一員として参加できるようになる。すなわち Web プラス Java によって構成される新しい遠隔医療システムを開発し、サブシステムとして既存のシステムを組み込むことによって、それらを生かそうというのが、我々の基本戦略である。

3.2.ターゲットシステム

まず機能拡張を行うターゲットシステムを決める必要がある。それには、できるだけ仕様が公開されており、かつ普及しているシステムを選ぶべきである。我々が選んだシステムは、国立がんセンターで開発された多地点遠隔カンファレンスシステムである⁽¹²⁾。このシステムは仕様が公開されているうえ、すでに全国の 20 以上の病院に導入され、日常的に活用されているので、我々の研究目的に合致すると判断した。

機能	仕様
画像	ハイビジョンサイズ フルカラー JPEG
通信回線	INS ネット 1500
接続形態	多地点サーバーに複数のクライアントが接続可能 (Socket 接続)
画像転送	先送り (FTP)
協調操作	画像切替 マウスポインター交換 描線、描画 テキスト入力・表示
操作権限	運用で処理
コマンド	多地点サーバーを介して Socket 通信
音声・状況映像	別システムにてサポート

表 1 . ターゲットシステムの仕様

仕様の概略を表 1 に示した。通信プロトコルは TCP/IP Socket であり、多地点サーバーにクライアントを登録するだけで増設が可能になる。遠隔協調操作の権限は、運用的に処理されている。システム上はすべての端末が協調操作を行うことが可能だが、それを許すとカンファレンスに混乱を来すため、カンファレンスを主催する施設がすべての操作を行い、他の施設からは操作を行わないように運用上の規則を設けている。

4 . システム設計

4.1. 基本構成

ターゲットシステムの多地点サーバーに分散オブジェクト技術で開発した遠隔医療システムをクライアントのひとつとして接続し、画像配信と遠隔協調コマンドの交換を実現すれば、ターゲットシステムを完全にカプセル化した状態で分散オブジェクトシステムのサブシステムに組み入れることができる。画像配信およびユーザーインターフェースの提供を Java アプレットで実現することにより、専用端末を持たない施設でも、Web を使って遠隔カンファレンスに参加が可能になる。

図 4 は新システムの概念図である。多地点サー

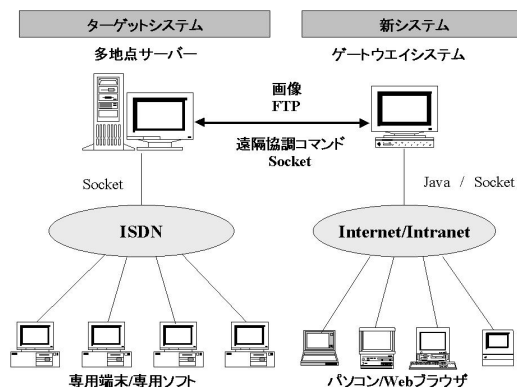


図 4 . 新システムの概念図

バーに、それと通信可能なゲートウェイシステムを接続する。そして Web でつながったパソコンやワークステーションを、Java と Socket 通信で遠隔医療端末に仕立ててしまおうというアイデアである。これならば、既存システムにまったく手を加える必要はない。既存システムは従来どおり使えるうえに、専用端末を持たない施設でも、手持ちのパソコンやワークステーションを使って遠隔カンファレンスに参加することが可能になる。

図 5 はこのアイデアをブロック図で示したものである。ゲートウェイシステムは、ゲートウェイソフト、Web ホームページ (Web サーバー)、Java アプレットと起動用 HTML、FTP ソフト、画像変換ソフト、画像ディレクトリで構成される。まずターゲットシステムの多地点サーバー上にある画像ディレクトリから、遠隔カンファレンス用の画像ファイルを FTP で取り込んでくる。Java アプレットはホームページディレクトリ下の画像ファイルしかダウンロードできないので、この操作は必須である。ターゲットシステムで用いる画像はハイビジョンサイズであるが、Java アプレットでの表示には不向きである。そのため、画像変換ソフトを用いて画像サイズを縮小してから、これを Web ホームページ上の画像ディレクトリに保存する。インターネット/イントラネット上のクライアント

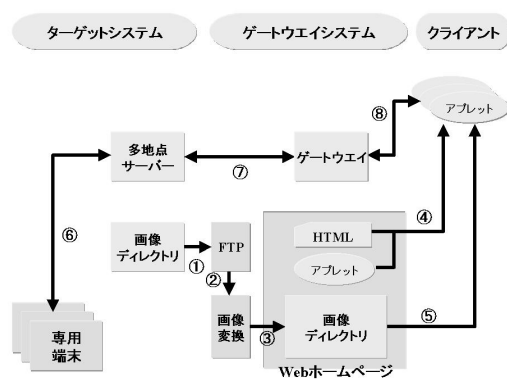


図5 . アウトソーシングのブロック図

がこのホームページにアクセスすると、起動用HTMLに従ってJava アプレットがダウンロードされる。アプレットは Web ホームページから自動的に画像をダウンロードして、キャッシュにストアする。次に、カンファレンスを始める際には、アプレットをゲートウェイソフトに Socket 接続する。またゲートウェイソフトを多地点サーバーのひとつのクライアントとして Socket 接続する。専用端末は多地点サーバーに Socket 接続される。このように Socket をつなぎ合わせることにより、専用端末で発生した遠隔協調コマンドは、多地点サーバーからゲートウェイソフトを経由して Java アプレットに伝達される。Java アプレットで発生した遠隔協調コマンドも、同様にして専用端末に伝達される。専用端末間の通信は従来どおり多地点サーバーを経由して行われ、Java アプレット間の通信はゲートウェイソフトが中継を行う。以上がアウトソーシングの仕様である。

4.2. 操作権限

その他の仕様として重要なのが操作権限である。多地点通信システムでは、複数の参加者の参加者が一度に遠隔協調操作を行うと収集がつかなくなる。ターゲットシステムでは、この問題に運用規則で対応しているが、新システムにはあらかじめ操作権限に関する機能を実装することにした。具体的にはゲ

トウェイシステムにおいて、Java クライアントのひとつを主催局として指定できるようにする。主催局になったアプレットは、すべての遠隔協調操作が可能とする。また、他の全てのクライアントでは、操作不可とする。カンファレンスの進行上、他のクライアントからの操作が必要になった場合には、主催局において Java クライアントのひとつを選択し、操作権限を与えるようにする。操作権限を与えられたクライアントは、協調操作が可能になる。Java アプレット内部に操作権限用のフラグを用意することによって、これらの機能を実現する。

4.3. 通信回線

アプレットを院内で使うのであれば、LAN を使ってイントラネットとして用いることができる。院外から利用する場合、インターネット経由と、ISDN などを使ったイントラネットの2通りが考えられる。しかし現在のインターネットのトラフィックやセキュリティを考慮すれば、インターネットはソリューションになりにくい。しかも画像のダウンロードや遠隔協調コマンドの交換にどの程度の時間がかかるかが予測しづらい。したがって、当面はISDN (INS ネット 64) を通信回線として用い、クライアントからゲートウェイシステムを呼び出してリンクを張り、イントラネットとして用いることにした。

4.4. 画像

すでに述べたように、ターゲットシステムで用いる画像はハイビジョンサイズである。一方、Java クライアント用のマシンは一般的なパソコンやワークステーションを想定している。標準的なモニターが 1024 × 754 ドットであるとすれば、スクロールなしを表示するために、オリジナル画像を 1/2 以下にサイズ変更する必要がある。また ISN ネット 64 という限られた通信速度のなかで、実用的な転送時間を得るためにも、サイズ変更を行ってデータ量を減らす必要がある。遠隔カンファレンスは

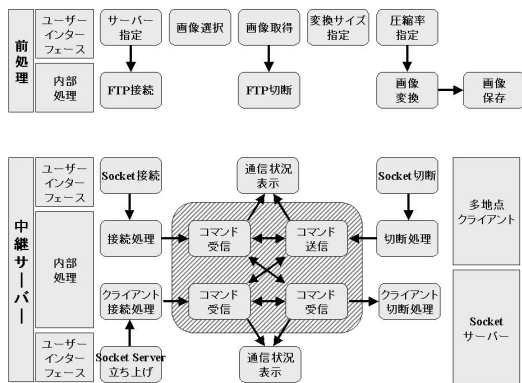


図6．ゲートウェイソフトの設計

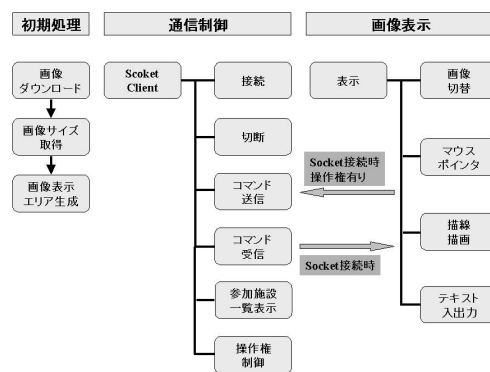


図7．アプレットの設計

遠隔診断と違い、必ずしも高精画像を必要とするわけではない。また、多くの遠隔診断が、640×480画素、1/10~1/20のJPEG圧縮で行われていることなどを考慮した結果、最終的にハイビジョンサイズの1/3、640×341画素とした。圧縮率は1/10~1/15、平均で約50Kbyteである。

5．ソフトウェア設計

5.1.ゲートウェイソフト

図6はゲートウェイソフトの機能設計図である。大きく前処理とゲートウェイの2つの機能からなる。前処理では、他地点サーバーから画像をGetして、サイズ変更を行い、所定のディレクトリに保存する作業を行う。画像サイズはデフォルトで640×341ピクセルとしたが、ユーザー指定のサイズに変更可能とする。また圧縮率も変更可能にする。

ゲートウェイ機能は多地点クライアントと中継サーバーの2つの要素によって構成される。多地点クライアント部分は多地点サーバーにクライアントの1つとして接続し、遠隔協調コマンドの送受信を行う。一方、中継サーバー部分は、Javaアプレット間の遠隔協調コマンドの中継サーバーとして機能する。そして多地点クライアントと中継サーバーの間で遠隔協調コマンドをやりとりすることで、ゲートウェイの機能を発揮する。

具体的にはターゲットシステムのクライアントとして機能するスレッドと、Javaアプレット用のSocketサーバーとして機能するスレッドを同時に動かし、多地点サーバーから受信した遠隔協調コマンドを、Socketサーバーの送信バッファに書き込み、またJavaアプレットからのコマンドを多地点クライアントの送信バッファに書き込むことで、コマンド中継を行わせる。

5.2.Javaアプレット

図7はJavaアプレットの機能設計図である。アプレットは初期処理、通信制御、画像表示の3つのオブジェクトによって構成される。初期処理はアプレット立ち上げ時に行われる処理で、ホームページからすべてのカンファレンス画像をダウンロードし、その画像サイズをチェックして、画像サイズに合った表示エリアを生成する。

通信制御オブジェクトは、接続、切断、コマンド送受信、参加施設一覧表示、および操作権制御の機能からなる。画像表示オブジェクトは、画像表示と画像操作に関する機能によって構成される。アプレット単独でも各機能は使えるが、通信時には、操作権があるときに限り、画像操作が行えるようにする。また通信時、ゲートウェイからの遠隔協調コマンドを受けて画像操作を行う。

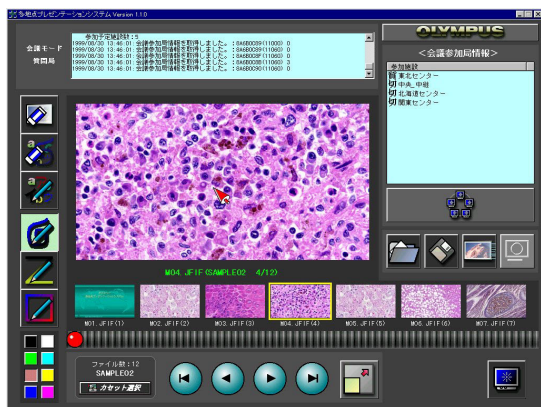


図 8 . ターゲットシステム専用端末の
ユーザーインターフェース

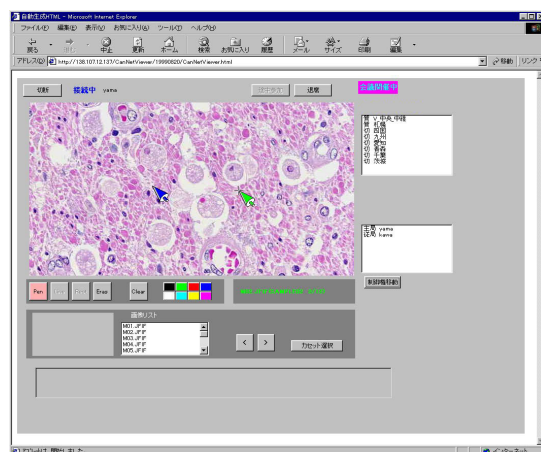


図 9 . Java アプレットの
ユーザーインターフェース

6 . 実装と評価

ゲートウェイソフトの実装は Microsoft Visual C++、Java アプレットの実装は JDK1.04 を使って行った。図 8 はターゲットシステム専用端末のユーザーインターフェースである。これと同機能のものを Java アプレットにした。図 9 は Web ブラウザ上で起動した Java アプレットのユーザーインターフェースである。カンファレンス画像のうえに、マウスポインターの矢印が 2 つ表示されているが、青い矢印は主催局のもの、緑の矢印は操作権を与えられた参加局のものである。右側に並ぶ 2 つのボックスのうち、上はターゲットシステムにおける参加局の一覧、下は Java アプレットによる傘下局の一覧である。画像操作メニューは画像の下に配置した。

まず LAN 上でシステムを組み上げ、ソフトウェアが正しく実装されていることを確認した。次に ISDN 疑似交換機 (6 4 Kbps) を用いて次のような実験システムを組み、パフォーマンスの評価を行った。ターゲットシステムの多地点サーバーと今回新たに開発されたゲートウェイシステムを Ethernet で接続し、ターゲットシステムのクライアント 2 台を同じく Ethernet を使って多地点サーバーに接続した。次いでパソコン 2 台を、ISDN 疑似交換機を介してゲートウェイシステムに接続した。

まず、アプレットが画像をダウンロードするの

に要する時間を測定したところ、画像 1 枚 (JPEG、約 50KB) 当たり約 8 秒であった。仮に 1 回のカンファレンスに用いる画像が 50 枚とすると、全部をダウンロードするのに約 400 秒、7 分弱を要することになる。したがって実際に本システムを遠隔カンファレンスに用いる際には、カンファレンス開始の 10 分ほど前に、ゲートウェイサーバーにアクセスしてアプレットを起動し、画像をダウンロードしておけばよい。

次に遠隔協調操作のタイムディレイを測定した。従来システムからの操作でも、アプレット側からの操作でも、他のすべてのクライアントが協調操作を終了するのに要した時間は、約 0.1 秒であった。すなわち、いずれかのクライアントで例えば画像切替を行った場合、残りの全てのクライアントが画像切替を終了するのに約 0.1 秒を要した。これは従来システムにおけるタイムディレイとまったく変わりなく、したがって新システムにおいても従来システムと同じ程度の軽快さで遠隔協調操作を行えることが確認された。

以上のように、Web と Java を用いることにより、古いアーキテクチャで実装された遠隔医療システ

ムを簡単に拡張できることが実証された。

7. 考察

本研究でとったアプローチは、今回用いたターゲットシステムに限らず、ソケット通信を実装している遠隔医療システムであれば、どのようなシステムにも有効であると考えられる。1対1通信しかサポートしていないシステムでは、ソケットサーバーの実装をマルチユーザー対応に変更する必要があるが、さほど大掛かりな修正とは言えないだろう。Java アプレットは個々のターゲットシステムに合わせて実装しなければならない。ユーザーインターフェースの変更と、遠隔協調コマンドの書き換えが必要になる。ただ、グランドデザインそのものを変更する必要はないので、開発は比較的容易である。

今回行ったシステムの拡張は、遠隔医療システムのなかの、とりわけ画像連携部分に限られている。音声と状況映像に関しては、特になにも行っていない。ターゲットシステムでは、音声・状況映像は市販のマルチクライアントTV会議システムでサポートするようになっており、画像連携部分とTV会議システムのリンクはない。他のほとんどの遠隔医療システムでも、同様に音声や状況映像は分けて扱っている。状況映像は流さず、音声のみを電話でやりとりするものや、今回のターゲットシステムと同じようなやり方をとっているものなど様々である。もちろん十分に太い通信回線を使えるのであれば、音声・状況映像も Web を使って配信することも可能である。その場合には、市販のインターネット・マルチキャスト対応のシステムを組み込めばよい。

より大きな問題としては、遠隔医療に適した通信ネットワークの構築という問題がある。本研究では、遠隔カンファレンスを行う際に、クライアント側からゲートウェイマシンに電話接続するという方式を採用した。現在の通信インフラや、インターネットのセキュリティ問題、トラフィック問題等を考え

ると、いまのところこれがベストの解決策であると考えられる。しかし遠隔医療専用のインターネットが構築され、多くの医療機関がそれによって常時接続されるようになれば、遠隔医療がより活発に行われるようになると考えられる。

参考文献

1. Kayser K, Drlicek M. Zentralbl Pathol 1992 Dec;138(6):395-8
2. Yamamoto LG, DiMauro R, Long DC. Am J Emerg Med 1993 Jul;11(4):384-
3. Cronenberger JH, Hsiao H, Falk RJ, Jennette JC. Ann N Y Acad Sci 1992 Dec 17;670:281-92
4. ロバート・オルファリ著、阿部 尚子 訳 分散オブジェクトサバイバルガイド、ジャストシステム 1998
5. 遠隔医療研究班 HP
<http://square.umin.ac.jp/enkaku/>
6. 原 臣司、医療とコンピュータ 1999 Sep;10(9), 5-10
7. 伴 秀行、松尾仁司、畠沢菊雄、医療とコンピュータ 1999 Sep;10(9), 11-14
8. 東福寺幾夫、医療とコンピュータ 1999 Sep;10(9), 15-21
9. ティモシー・ライアン著、上野/多田 訳、分散オブジェクトテクノロジー、ブレンティスホール 1997
10. Nagata H, Mizushima H, J.Telemed.Telecare 1998; 4(2), 89-94
11. Wolf G, Petersen I, Dietel M, Anal Quant Cytol Histol 1998 Apr;20(2):127-32
12. Mizushima H., Wakao F., Mukai K, et al. World Congress on Telemedicine, 1995; 258-259