

広帯域ネットワークを利用した遠隔研究協力実験

○愛宕 隆治
館山 純

Application Development Project for Research Collaborations between Institutes using Broadband Research Network

Takaharu Atago
Jun Tateyama

We developed multimedia applications for demonstrating the usefulness of broadband network in research collaboration and education of science and technology. Michigan State University and Japan Science and Technology Corporation were connected by 45Mbps dedicated international testbed. The collaboration experiments were successfully conducted. We report the summary of the experiments and refer to some points that should be paid attention to for making full use of broadband networks.

1. はじめに

平成7年2月に先進7ヶ国による「情報社会のための閣僚会合」がブラッセルで開催され、高度情報通信社会の実現に向けた11の国際共同プロジェクトの実施が合意された。

この国際共同プロジェクトの一つにGIBN (Global Interoperability of Broadband Network) プロジェクトがある。GIBNプロジェクトは、G7各国の広帯域ネットワーク、実験ネットワーク (テストベッド) 等をネットワーク上のアプリケーションやデータベースも含めて容易に相互利用できる環境を整えるために、G7各国間を超高速回線 (当時は45 Mbps) で接続し、いくつかのアプリケーションを試行することにより、広帯域回線が高度情報通信社会で果たす効果を実証する実験を行うことを目的としている。これまで実験として提案された分野は、(a)Telemedicine、(b)Distant Learning、(c)Industrial Broadband Application、(d)Research Broadband Application である。日本からは、郵政省、文部省、通産省、科学技術庁がGIBNプロジェクトに参加している。

科学技術振興事業団 (JST) でも、このGIBNプロジェクトの実施機関として、科学技術庁金属材料技術研究所 (NRI)、理化学研究所 (理研) の協力を得て、材料設計、生物研究を対象として、国際試験回線 (45 Mbps) を使った国際的な作業協調支援のためのアプリケーションを開発することとなった。米国側の実験相手はミシガン州立大学 (MSU) を選定した。MSUを選定したのは、広帯域ネットワークの試験研究を実施し、AT&Tのテストベッド回線の引き込み実績がある。ネットワークを活用した生物研究に関して理研と既にコンタクトがあったためである。

2. GIBNプロジェクト・コーディネータ会合

GIBNプロジェクトを推進するためにGIBNプロジェクト・コーディネータ会合が開催された。この会合では、G7各国の本プロジェクトのコーディネータが、各国の相互接続に関する交渉、アプリケーションの推進方針の策定等、政策的な議論だけでなく、各ネットワークを相互接続するための技術的内容についても突っ込んだ議論を行った。平成

7年4月の第1回会合以来これまでに5回の会合が開催された。

3. ネットワーク及びマルチメディア提供環境の整備

平成7年5月に情報G7アプリケーション共同プロジェクトの予算が日本科学技術情報センター（平成8年10月に旧J R D Cと統合され、科学技術振興事業団となった）に認可された後、平成8年6月末にシステム完成、ワークステーション、A T M装置等の機器類を導入し、超広帯域回線によるマルチメディア提供環境を整備した。また、実験のために、J S TとN R I M、J S Tと理研との間に超高速広帯域回線（45 Mbps）を平成8年6月に設置した。M S Uとの通信のためのJ S T-K D D間の超広帯域回線（45 Mbps）は、平成8年10月に設置した。国際試験回線はK D D、A T & Tが提供し、J S T、N R I M、理研、M S Uは平成8年10月15日（米国時間）から平成9年3月末まで使用した。

4. 国際試験回線の利用法

第3回G I B Nプロジェクト・コーディネータ会合の前日に開催された電気通信事業者との会合で、相手先固定接続であるP V C (Permanent Virtual Connection)を利用すること。V P (Virtual Path)の管理は電気通信事業者が行い、利用者にはV C (Virtual Connection)を解放するとの技術的要件が電気通信事業者から提示された。これに従って、P V Cを前提としてシステムを構成した。

本プロジェクトで開発するコンテンツをプロジェクト終了後も有効に活用するためには、多くのネットワーク上での利用実績、保守運用の面からT C P / I Pがもっとも信頼性が高いと判断される。A T M網上でT C P / I Pプロトコルを伝送する方式として「Classical IP over ATM」と「LAN Emulation」の2通りの方式が存在するが、本プロジェクトの仕様書作成の時点では、「Classical IP over ATM」に関しては、RFC1577という明文化された形で規約化されていたが、「LAN Emulation」に関しては、まだベンダーの実装に依存している部分が多くを占めていたように判断したため、「Classical IP over ATM」を採用した。

サービスクラスとしては、V O D、電子顕微鏡映像などのリアルタイム系アプリケーションに、C B R（固定速度型：Constant Bit Rate）：10.8 MbpsのV Pを1本使用した。固定的な帯域確保の必要の無い上記以外のアプリケーション用には、V B R（可変速度型：Variable Bit Rate）：24.0 MbpsのV Pを1本使用した。

5. J S Tアプリケーションの概要と実験結果

(1)ビデオ・オン・デマンド(VOD)

遠隔での研究協力にはマルチメディア技術、特にM P E G 2での動画伝送が重要であると考え、V O D をアプリケーションとして採用した。当初はT C P / I Pプロトコルを使って日本から米国に伝送する計画であったが、国際回線による伝送遅延が約200ms程度発生することが予想されたため、T C P / I Pでは動画がうまく伝送できないことが判明した。このため、U D Pプロトコルで動画を伝送するようにプログラムを作り変えることとした。

JSTのATMスイッチでは、VODと顕微鏡像のリアルタイム伝送に使うCBRに対して shaping と200%のオーバーブッキングを設定した。MSUのATMスイッチでは500%のオーバーブッキングを設定した。これにより、VODとリアルタイム伝送を1本のCBRで切り替えて使うことが可能となった。

JST-MSU間でテストした結果、ATMセルの大量な廃棄が発生しなければ、JSTで視聴するのとまったく同じ品質でMSUでも視聴できることが確認できた。

コンテンツとしては、JICST、NRIM、RIKEN、科学技術庁関係7法人共同制作ビデオの4つを選び、日本語版、英語版、合計8コンテンツをMP EG 2 (MP@ML,6Mbps)でエンコードして作成した。

このアプリケーションは、今回の実験におけるアプリケーションのうち最も広い帯域を必要とするものであり、平均して7-8Mbpsのレートでデータの転送が行われた。日本から送出された映像が、MSUにおいて日本国内で見ると同等の品質で表示されており、広帯域回線のもつ力を実証することができた。また、伝送遅延に対応するためにプロトコルをTCPからUDPに変更するなど、開発サイドにおいても広帯域、長距離回線に対しての技術的ノウハウを蓄積することができた。

(2)デスクトップ会議

実験相手であるMSUが使っている「ShowMe」という市販のTV会議システムを導入した。動画転送、ホワイトボードの共有はスムーズに動作したが、音声の伝達に若干問題があることが判明した。日本国内でTV会議を行った場合は音声も明瞭に伝達されたが、MSUと日本間では相手側の音声がよく聞き取れないことも多く、ホワイトボードを主に利用する結果となった。

6. トラフィック計測結果

(1)全体的傾向

図1に日本(JSTのATMスイッチ)から米国(MSUのATMスイッチ)へのトラフィックを示す。非常に高い位置にプロットされている部分はVODのトラフィックが発生している時間帯である。特に映像を連続して伝送している部分では、ShowMe等の並行して稼働しているアプリケーションも含めて、15~16Mbps程度のデータ転送が常時発生している。ShowMeに関しては、定常的に2Mbps程度のレートで稼働していることから、VODに関しては、実効10.8Mbpsの伝送帯域をほぼ目一杯使用していることが分かる。逆に米国から日本へのトラフィックの方は、ほとんどがShowMeによるものと考えられる。

(2)アプリケーションごとの解析結果(JSTアプリケーション以外)

(a)微生物実習入門と実験動物マルチメディアデータベース

WWW上に構築された仕組みであるため、基本的には全てがファイル転送の形で処理が行われる。ファイル転送の場合は、どうしても瞬間的に処理が終わってしまい、ログからは厳密な処理速度を算出することが難しいが、この環境におけるファイル転送レートのピークは1.1Mbps程度であると判断できる。また、MSUにおいてクライアントWSのATM-NICのパッファサイズを変更したところ、変更前と変更後ではファイル転送レートが著しく改善された。このことから、ATMネットワークのパフォーマンスを最大限に利用するためにはサーバ、クライアント等のWS、PCにおいても適当なチューニングをす

ることが必要であることが分かる。

(b)公開実験室MPEG1リアルタイム伝送

映像の伝送中はほぼ0.6Mbpsの一定のレートでデータを送出し続けている。

7. まとめ

本プロジェクトは、将来のG I I (Global Information Infrastructure) 構築に向けた、マルチメディアのアプリケーションレベルでの実証実験と位置づけられるものである。

従来、机上の理論的な可能性として語られてきた、地球規模での広帯域ネットワーク上でのマルチメディアアプリケーションの利用を、現実のものとしてデモンストレーションすることができた。これにより、このようなインフラストラクチャが広く実用化されれば、研究者間のコミュニケーションや情報を世界レベルで共有することができるという、大きな可能性を実感することができた。

ネットワーク自身は45Mbpsという伝送帯域を持つにもかかわらず、アプリケーションによっては必ずしもこの帯域を有効に利用できない場合のあることが判明した。特に、現時点ではこれほどの広帯域ネットワーク環境下での利用を想定していないWWWブラウザや、簡易TV会議アプリケーションなどでは、数100K~数Mbpsの実効転送速度しか得られない場合が多かった。

実際に広帯域ネットワークでのマルチメディアアプリケーションを有効活用するためには、アプリケーション全体を広帯域ネットワーク対応にチューニングする必要があることが分かった。

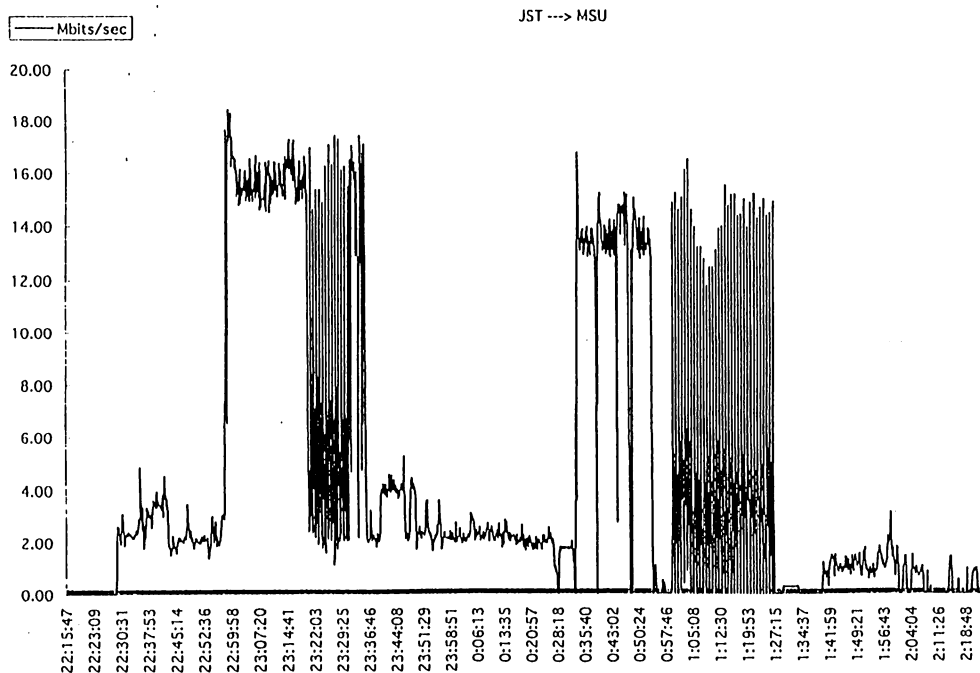


図1 JST→MSU (日本→米国) へ向けたトラフィック量の測定結果