

長距離超高速インターネット (1)

1U-2

- 実験概要について -

岡 敦子[†] 釘本 健司[†] 天海 良治[†] 村上 健一郎[†]

NTT ソフトウェア研究所[†] NTT 基礎研究所[†]

1 はじめに

遺伝子情報処理などのビッグサイエンスの分野では、膨大なシミュレーションやデータベースへの高速なアクセスが要求されている [1]。このため、より高度な演算が可能な遠隔地にあるスーパーコンピュータの効率の良い利用や各組織が有する大規模データベースへの相互参照を可能にする、高速インターネットへの期待が高まっている。

本実験では、その先駆けとして、東京大学医科学研究所ヒトゲノム解析センターと京都大学化学研究所の約 880 km 離れた 2 つの高速 LAN を同期デジタルハイアラキー (Synchronous Digital Hierarchy, 略して SDH) の 156 Mbps 高速専用線を用いて結び、実験ネットワークを構成した。そして、この実験ネットワークを用いてデータ伝送実験を行い、長距離超高速インターネットにおけるスループットを測定し、その特性を分析し、ボトルネックを明らかにした。

本稿では、実験概要について述べる。詳細な実験結果については、後続の論文を参照されたい [2][3][4]。

2 本研究の目的

米国政府は、次世代の超高速コンピュータと超高速ネットワークに関する研究開発である HPCC (High Performance Computing and Communications) を推進し、インターネットのバックボーンを 155Mbps に引き上げようとしている。しかし、超高速長距離のネットワーク (Long Fat Pipe, 略して LFP) では、従来のインターネットとは異なる様相を呈し、スループットが大きく向上しないと予測されていた。

CRAY Research 社では、Eagan においたスーパーコンピュータと San Diego のワークステーションの間を T3(45Mbps) の回線で結び TCP/IP のプロトコル上での転送実験を行っている [5]。しかし結果は、0.5 Mbps しか達成できなかった。この論文では、ウィンドウサイズ、MTU(Maximum Transmission Unit)、データを送受信するカーネルのバッファサイズ、ホストの機種など 7 パラメータがスループットを左右するとあげている。

スーパーコンピュータ間での 800Mbps 近いスル-

ープットを達成したデータ転送実験についても述べているが、HSX をいわれる最高 800 Mbps のスピードの高速チャンネルを用いて直結したものであり、ルータを介したインターネット接続とは言えない。

また、Kleinrock[6] は超高速ネットワークのスループットについて平均応答時間についてパケットの到着をポワソン到着とする待ち行列モデルにあてはめた。そして、平均応答時間が伝送遅延に支配され、回線速度にほとんど依存しないことを明らかにしている。

一方、日本国内でも SDH 156Mbps 専用線を用いた近距離、すなわち MA(Message Area) 内高速 LAN 間接続実験が行われてきているが [7]、800 km を越えるような長距離での実験はまだ行われていない。

以上のことがらを考慮した上で、本研究では、SDH の高速専用線を用いた LFP において、以下の項目を中心に実験を進めている。

- 1 LFP で発生する輻輳などのボトルネックの明確化とその制御アルゴリズムの検討
- 2 従来のインターネットとのインターオペラビリティの検証
- 3 スループット向上を目指した新しいパラダイムの提案
- 4 伝送装置の UNI(User Network Interface) および NNI(Network Node Interface) とインターネット装置との間のインタオペラビリティの検証

3 ネットワークの構成

3.1 バックボーンネットワーク

図 1 に本実験のネットワーク構成を示す。両端は、それぞれ、FDDI (Fibre Distributed Data Interface) の LAN である。ここに、トラヒックを発生さ

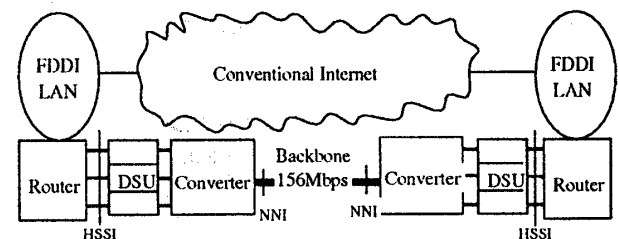


図 1: 実環境でのネットワーク構成

A Long Fat Pipe Internet - Experiment Overview -
 Atsuko Oka, Takeshi Kugimoto, Amagai Yoshiji and Ken'ichiro Murakami
 NTT Software Laboratories, NTT Basic Laboratories

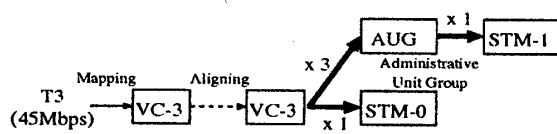


図 2: フレームの変換

せるワークステーションを接続している。それぞれの LAN はルータを介して、155Mbps の STM-1 (Synchronous Transfer Mode) によって結ばれている。

バックボーンには STM-1 の VC-4 (Virtual Container-4) のコンテナをそのまま利用するものと、VC-3 のコンテナ 3 台に仮想的に分割するものの 2 方式を用意している。このうち、LFP 特性の測定では、実環境で後者を使用した。これは、FDDI の帯域が 100Mbps であるため、これ以下の帯域のパイプを使用することにより、輻輳状態の実験を可能なネットワーク構成にするためである。

LAN 上で発生したデータはルータから、HSSI (High Speed Serial Interface) の信号で DSU (Data Service Unit) に送られ、45Mbps の T3 に変換される。しかし、バックボーンは SDH の規格であるため、T3 から SDH へ変換する必要がある [8]。このため、フレームコンバータを用いて、3 つの T3 信号をそれぞれ VC-3 にマッピングし、VC-3*3 に変換している (図 2)。

また、FDDI を使用したことには 2 つの理由がある。LAN として利用できるインタフェースには ATM (Asynchronous Transfer Mode) のように FDDI (100 Mbps) よりも最大転送速度が大きい (155Mbps) ものが存在する。しかし、FDDI のソフトウェアの最適化が進んでいるため、現状、ワークステーションによっては、FDDI の方が実効速度が大きい。また、FDDI では上位レイヤまで詳細に解析できるプロトコルアナライザがすでに利用できることも理由である。

3.2 エミュレーションネットワーク環境

実際の伝送路を用いた実験と並行し、Long Link Emulator (略して LLE) を用いた実験を行っている (図 3)。この Long Link Emulator は、RTT をパラメータとして指定することにより、長距離伝送路の遅延や伝送誤りをエミュレートする装置である。これを用いることにより、実環境上で構成した実験ネットワークよりもさらに長距離のネットワークを想定した同様の実験を行っている。また、この環境で各装置間のインターオペラビリティの検証も行っている。

4 実験ネットワークの距離と RTT

実験ネットワークの回線開通確認後、TCP/IP での測定を行った。東京-京都間の伝送距離が 880km であるから、往復 1760km のファイバ中を進む場合、光の速度を 1.8×10^8 とすると RTT (Round Trip Time) は 9.8msec と計算できる。

データグラム長を 32 byte として、実際に Unix の

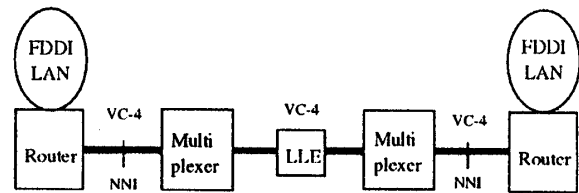


図 3: LLE を用いたネットワーク構成

ping コマンドを用いた結果、RTT は約 10 msec であり、理論値とよく一致する。

5 まとめ

本稿では、長距離超高速インターネットに関する研究状況と合わせて、本実験の概要、および目的について述べてきた。

今後も、実験を進め、提案した方式を実験ネットワークにおいて実装し、その効果を検証する予定である。

謝辞

実験に御協力いただいた東京大学の高木利久教授、萩原助手、京都大学の金久實教授、秋山泰助教授に感謝致します。また、伝送システムに関して御指導いただきました NTT インターナショナル (株) 片岡陽一係長に感謝致します。

参考文献

- [1] 星田昌紀編 : 遺伝子情報処理への挑戦, 共立出版, 1994.
- [2] 釘本健司, 岡敦子, 村上健一郎, 天海良治: 長距離超高速インターネット (2) スループット, 第 50 回情報処理全国大会, 1995.
- [3] 天海良治, 村上健一郎, 釘本健司, 岡敦子: 長距離超高速インターネット (3) 特性解析, 第 50 回情報処理全国大会, 1995.
- [4] 村上健一郎, 天海良治, 釘本健司, 岡敦子: 長距離超高速インターネット (4) ボトルネック, 第 50 回情報処理全国大会, 1995.
- [5] Nicholson, A., Golio, J., Borman, D. A., Young, J., and Roiger, W.: High Speed Networking at Cray Research, *Computer Communication Review*, Vol.21, No. 1, pp.99-110, 1991.
- [6] Kleinrock, L.: The Latency/Bandwidth Trade-off in Gigabit Networks, *IEEE Communications*, April, pp.36-40, 1992.
- [7] 斎藤孝弘 : NTT156Mbps 専用線による高速 LAN 間接続, 第 49 回情報処理学会全国大会, 1994.
- [8] 力山弘樹, 井上治子, 藪田加津海, 石井三男, 濱野俊之 : 32M, 45M フレーム変換装置, NEC 技法, Vol. 46, No. 5, pp.25-30, 1993.
- [9] 村上健一郎, 天海良治, 釘本健司, 岡敦子, 伊藤正樹, 後藤滋樹, 伊藤光恭: 長距離超高速インターネット, *NTT R&D*, Vol. 43, No. 9, pp.973-982, 1994.