

1. はじめに

近年、通信設備の低コスト化などを目的として、ネットワークの IP への統合化が検討されている。KDD においても、日本近海に環状に敷設した光海底ケーブル (Jih ケーブル) と、高速道路に沿って敷設された光ファイバ網上に、超高速 IP ネットワークを構築する KTH21 (KDD テラビットハイウェイ) 構想に向けて、現在実証実験を継続中である。このような高速なバックボーンを持つネットワークの評価として、バックボーンを構成するコアルータの性能試験や運用管理技術の評価などが重要であるが、こうした超高速バックボーンネットワーク上において、個々のユーザがアプリケーションレベルでどの程度のサービス品質を得ることができるかを定量的に評価する必要がある。しかし、このようなアプリケーションレベルの QoS は多岐に渡るため、実際のサービス前、あるいはサービス中に、実アプリケーションを用いた定量的な評価は難しい。

筆者らはアプリケーションレベルの QoS を柔軟かつ統合的に評価できる IP 統合評価ツール STAGE を開発している [1]。特に、STAGE は任意のトラフィックパターンを持つ評価用トラフィックを生成できるので、実アプリケーションを使用せず、かつ定量的な評価が可能である。

本稿では、KTH21 などのネットワークにおける、アプリケーションレベルの QoS について、STAGE を用いた評価方法について述べる。

2. STAGE

STAGE の主な特徴を以下に示す。

- ・任意のアプリケーションやネットワークのトラフィックパターンを持つトラフィックを生成可能。
- ・評価用のトラフィックを送送するプロトコルとして、複数のプロトコルから選択可能。
- ・複数の STAGE を 1 台から集中制御・管理可能。
- ・ソフトウェアベース
- ・マルチキャスト対応

“TCP/IP network evaluation using STAGE”, by Yoshihiro ITO, Yuichiro HEI, Masami ISHIKURA, Katsuyuki YAMAZAKI and Tohru ASAMI, KDD R & D Laboratories

STAGE では Ttcp や Netperf のように UDP/TCP のスループット測定だけではなく、Pathchar や Treno などと同様に ICMP の Echo/Reply や UDP の PortUnreachable メッセージを用いて片方の端末のみでの測定が可能である。またすべての伝送モードにおいて、任意のトラフィックパターンを定義できる。また RFC2544 ベースの測定や BER 推定など特定の測定シナリオに従った測定も可能であり、これらの測定を 1 台の STAGE から実行できる。

3. 評価実験

本稿では対象となるアプリケーションを FTP とし、STAGE を用いて TCP, UDP, ICMP の評価トラフィックで測定を行い、これらの結果の比較を行う。ここで、UDP を用いた測定では実行スループットとともにパケットロスを測定し、ICMP を用いた測定では Echo/Reply メッセージを用いて片方の端末のみで RFC2544 で定義された Throughput の測定を行った。

評価環境を図 1 に示す。2 台の STAGE 端末 (Pentium-150MHz & AMD-K6-300MHz, FreeBSD2.2.8) を Ethernet, Ethernet-serialブリッジ、回線シミュレータを介して接続する。回線シミュレータにより端末間の伝送帯域、遅延時間、シリアル回線上のビットエラー率を設定できる。ここでは伝送帯域を 2[Mbps]、遅延時間を 0, 100[ms]、ビットエラー率を 0, 1.0E-6 とした。このように環境を変化させて FTP のファイル転送速度と、STAGE により端末間の各パフォーマンスの測定を行った。ICMP を用いた試験では RFC2544 での Throughput 定義に基づき、パケットロスの生じない最大の伝送速度を推定する。ここで各伝送速度においてパケットロスを観測する間隔は 5, 10, 20[sec] とした。

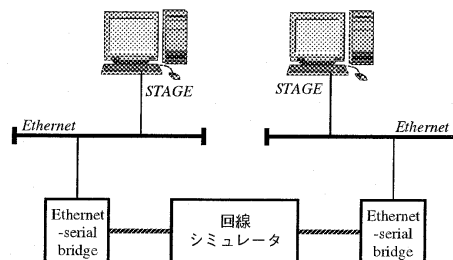


図1 実験構成

UDPを用いた試験では、送信側からの疑似トラフィックの送信速度を1, 2, 4[Mbps]とし、同時にパケット損失率も測定した。TCPを用いた試験では3[Mbytes]のデータを伝送する時間を測定した、これらの結果を図2, 3, 4および表1に示す。

図2～4の結果から、同量のデータを伝送するTCPによる評価がFTPのパフォーマンスに最も近い。しかし、TCPスループットは利用可能帯域だけではなく、回線の品質劣化や輻輳によるパケットの損失とそれに伴う再送、帯域遅延積に対するウィンドウサイズの不足などによって低下する。利用可能帯域の推定は、RFC2544に定義されるThroughputを測定することで推定できる。ここではICMPを用いて測定を行ったが、図3ではかなり小さい値となっており、RFC2544のThroughput評価は回線品質の劣化によるパケット損失が生じる環境では有効でないことがわかる。一方、UDPによる評価結果では、パケット損失率に因らず一定のスループットが測定できているが、利用帯域を推定するためには1, 2, 4[Mbps]のように送信速度を変えて頭打ちとなるスループットを探索するような手順が必要となる。こうして推定された利用帯域と表1から、図2ではウィンドウサイズの不足により、図3

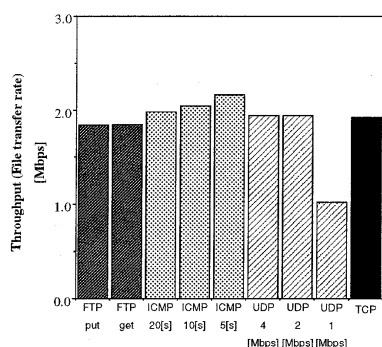


図2 実験結果（伝送帯域 2Mbps, 遅延時間 0ms, エラーなし）

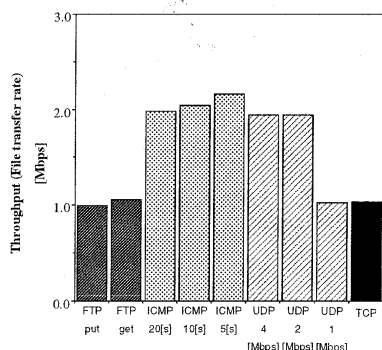


図3 実験結果（伝送帯域 2Mbps, 遅延時間 100ms, エラーなし）

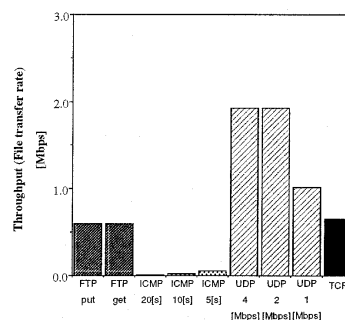


図4 実験結果（伝送帯域 2Mbps, 遅延時間 100ms, BER:1.0e-6）

表1 UDP パケットロス率

	2Mbps 0ms BER:0	2Mbps 100ms BER:0	2Mbps 100ms BER:1E-6
UDP (4Mbps)	5.05E-01	4.89E-01	5.09E-01
UDP (2Mbps)	1.07E-02	1.04E-02	8.01E-03
UDP (1Mbps)	0	0	9.36E-03

では更にパケットロスによる再送によってTCP(FTP)のスループットが低下していることがわかる。実際FreeBSD2.2.8におけるデフォルトのウィンドウサイズは16[Kbytes]であり、往復遅延が100[ms]の時、TCPスループットは高々1.28[Mbps]となる。今回の試験ではICMPを持ちいてRFC2544ベースの測定、UDPを用いてパケットロスの測定を行ったが、これらの手順はプロトコルに依存しないので、逆の測定も可能である。

4. まとめ

本稿では、STAGEでICMP, UDP, TCPの疑似トラフィックを用いた結果とFTPの結果を比較し、アプリケーションレベルのQoS測定方法に関する知見が得られた。本稿では、対象アプリケーションとしてFTPを用いたが、前章でも述べたようにSTAGEでは任意のアプリケーションが生成するトラフィックを模倣することが可能である。従って、本稿で用いた評価手順と同等の手順を、他の特定のアプリケーションの疑似トラフィックに対して適用することで、そのアプリケーションの実効パフォーマンスを定量的に評価することが可能である。今後は、本評価方法を先に述べたKTH21実証実験に適用し、評価を行っていく予定である。

参考文献

[1] 伊藤他, "フレキシブルIP統合評価ツールの開発", 第59回情報処理学会全国大会, 4U-3