

実時間通信におけるマルチパス環境の感覚的影響について

2000MT013 二村 園弥

指導教員 石崎 文雄

1 はじめに

近年、インターネットの急速な普及に伴い、電子メールや WWW などの非実時間通信に加えて、ビデオ会議やストリーミング中継などの実時間通信に対する需要も高まってきている。一般に実時間通信は遅延時間に関して厳しいサービス品質 (QoS:Quality of Service) を要求する。実時間通信のトラフィックが大きな比重を占めるようになる将来のインターネットにおいて、実時間通信が要求するサービス品質を提供しつつネットワーク資源を有効に利用するために何らかの負荷分散技術の利用が必要だと考えられている。

本研究では、非実時間通信と実時間通信の混在するトラフィックを複数のパス上に分散させる負荷分散技術を考え、その負荷分散の性能に与える影響を実時間通信のエンドユーザの感覚的な面から評価する。

2 実験環境

FreeBSD[1] のダミーネット [2] をルータとして使用する。その中の機能であるマルチパスシミュレーションを使って、帯域制御しながら負荷分散を図る。負荷分散が実時間通信の品質に与える影響を 5 人の被験者にアンケートを取り調べる。

実時間通信のアプリケーションに、ビデオ会議ソフトとして利用される NetMeeting を使用し動画を評価する。キューイング遅延をルータのところで発生させるため ftp を使って負荷をかける。その負荷をかけた環境下で NetMeeting を使って通信を行い、その動画を評価する。

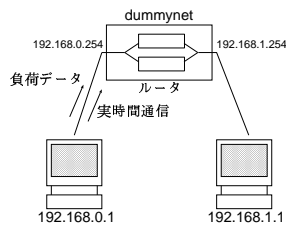


図 1 ネットワーク構成

3 実験結果

ダミーネットにより、帯域幅 6Mbps、キューサイズ 120KB を基本とし実験を進める。ネットワークに負荷をかけるため、同時に 10 コネクション ftp によるファイル転送を行う。ftp によって転送されるファイルの大きさは 9M バイトとする。帯域幅やキューサイズ、ま

た、負荷を変化させることによって通信環境を変化させ、負荷をかけた環境下で NetMeeting を使って通信を行い、その動画を評価する。そして、負荷分散を行わないシングルパス使用環境下と負荷分散を行ったマルチパス使用環境下での動画の品質を比較する。

ftp は誤りなく伝送されることが要求されるため、信頼性を重視する TCP を用いて通信を行い、動画を扱う NetMeeting は処理の高速性が要求されるため、即時性を重視する UDP を用いて通信を行う。

3.1 シングルパスとマルチパス

3.1.1 シングルパス

基本である帯域幅 6Mbps、キューサイズ 120KB で通信をする。

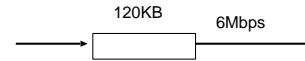


図 2 シングルパス

シングルパスの結果、みだれや遅れなど特に問題なく、ユーザはストレスを感じずに通信することができた。

3.1.2 マルチパス

次に同じ帯域幅とキューサイズを 2 本用意し、負荷分散を行いマルチパスで通信をする。マルチパスの場合、各パスを通る確率は、それぞれ 0.5 とする。

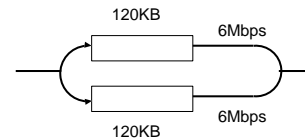


図 3 マルチパス

マルチパスの結果、動画はモザイクのようにみだれ、回復するのに時間もかかった。シングルパスの時よりも明らかに実時間通信の品質が劣化した。

動画の評価結果と TCP スループットを表 1 に示す。

表 1 シングルパスとマルチパスの動画評価と TCP スループット

動画の総合評価		TCP スループット [MB/s]	
シングルパス	マルチパス	シングルパス	マルチパス
良好	悪い	0.680	1.064

マルチパスによって負荷分散しているにも関わらず実時間通信の品質が劣化した。しかし TCP スル

プットはマルチパスの方が向上している。この2点から劣化した理由に、TCPのフロー制御が関わっているのではないかと推測される。

3.2 通信環境の変化

前節までの実験により、シングルパス使用環境下よりも負荷分散を行ったマルチパス使用環境下の方が動画の品質が劣化したことがわかった。以下では、TCPと実時間通信が混在している場合、どのような時にTCPの存在が実時間通信の品質を大きく劣化させるのか様々な通信環境を変化させ実験をする。

■負荷の増減 負荷が増減することでTCPのトラヒックが増減する。表2より、TCPトラヒックが大きいほどマルチパスの方が有効であり、フロー制御の影響が強く表れているのがわかる。

表2 帯域幅 6Mbps キューサイズ 120KB
で負荷を増減させた場合における動画
評価とTCPスループット

負荷 [MB]	動画の総合評価		TCPスループット [MB/s]	
	シングルパス	マルチパス	シングルパス	マルチパス
9×5	良好	良好	0.680	0.758
9×10	良好	悪い	0.680	1.064
9×20	悪い	使用不可	0.683	1.210

■帯域幅の増減 表3より、帯域幅を増減させることでTCPの最大利用帯域も変化する、TCPスループットもUDPを用いる実時間通信の品質も変化する事がわかる。

表3 キューサイズ 120KBで帯域幅を増
減させた場合における動画評価とTCP
スループット

帯域幅 [Mbps]	動画の総合評価		TCPスループット [MB/s]	
	シングルパス	マルチパス	シングルパス	マルチパス
10	良好	少し悪い	1.157	1.517
6	良好	悪い	0.680	1.064
3	良好	使用不可	0.329	0.582
1	普通	使用不可	0.009	0.019

■キューサイズの縮小 表4より、10KBでTCPスループットと実時間通信の品質がともに低下しているのがわかる。これは、キューサイズを小さくすることでパケットロスするのを防ぐためTCPがウィンドウサイズを小さくしたからである。

表4 帯域幅 6Mbpsでキューサイズを縮
小させた場合における動画評価とTCP
スループット

キュー [KB]	動画の総合評価		TCPスループット [MB/s]	
	シングルパス	マルチパス	シングルパス	マルチパス
120	良好	悪い	0.680	1.064
60	少し悪い	悪い	0.690	1.076
30	少し悪い	悪い	0.685	1.067
10	悪い	悪い	0.482	0.865

4 考察

当初実験の予想される結果として、品質改善するために負荷分散するのであり、実時間通信は当然負荷分散を行ったマルチパス使用環境下の方が負荷分散を

行わないシングルパス使用環境下に比べて良い品質が得られると思われた。通信経路が複数に増えることで遅延が減少、パケットロス確率もシングルパスに比べて、より低く抑えられると予想した。しかし、実験結果、実時間通信の品質はマルチパス使用環境下の方が劣化した。これは、TCPのフロー制御が働いた結果であると推測できる。ftpは信頼性を重視するTCPを用いて通信を行い、実時間通信は即時性を重視するUDPを用いて通信を行う。TCPはUDPと異なり、スライディングウィンドウアルゴリズムおよび輻輳回避アルゴリズムによりフロー制御を行う[3]。TCPはパケット廃棄によりネットワークの輻輳状況を検出し、ウィンドウサイズを動的に調整する。TCPをマルチパスにするとその性能が急激に改善され、その結果、TCPがウィンドウサイズを大幅に広げ、大量にパケットを送信するようになる。それによりUDPが使っていた帯域までもTCPに利用されてしまい、UDPはフロー制御を行わないため、輻輳に対して全く処理せず、ルータのキューにパケットが大量に溜り、溢れたものから順に廃棄される。そして、その結果としてUDPのパケットロスがシングルパスよりも大量に発生してしまうということになる。TCPは利用できる帯域を最大限に利用しようとするため、UDPを用いる実時間通信に悪影響を与え、その品質が劣化した。

非実時間通信と実時間通信が混在している環境の場合、両方を区別なく複数のパスにトラヒックを分散させる負荷分散を行い、実時間通信の品質改善を試みようとしても、TCPのフロー制御が働き非実時間通信の性能は大幅に改善されるが、その反面、実時間通信の品質は劣化する可能性があることが本研究の実験により示された。本研究で想定したような環境下で、本研究で考察した負荷分散により実時間通信の品質を確実に改善するためには、例えば、受付制御、バッファでのキューのスケジューリングなどの制御と組み合わせる必要があると考えられる。

謝辞

最後に、お忙しい中、アンケートに快く御協力下さった皆様、その他御協力頂いたすべての方々に深く感謝致します。また、石崎研究室の皆様にも多大な御協力を頂き、深く感謝致しております。

参考文献

- [1] The FreeBSD Project, <http://www.freebsd.org/>
- [2] Luigi Rizzo: IP_DUMMYNET, http://info.iet.unipi.it/~luigi/ip_dumynet/
- [3] 村山公保, 西田佳史, 尾家祐二: 岩波講座インターネット トラnsポートプロトコル, 岩波書店 (2001).