

インターネットを用いた実時間ストリーム 中継網の最適制御法

森西 優次 秦泉寺 浩史 高田 久靖 笠原 久嗣

NTT ヒューマンインタフェース研究所

5 G-7

1. はじめに

インターネットでは、実時間コンテンツを扱う機会が増え、その配信技術が重要視されるようになってきた。実時間コンテンツを作成する実時間ストリームは、ネットワーク帯域の一部を長時間占有するため、利用が増えれば、同一経路上に同一ストリームが流れることになる。このため、図1で示されるように中継サーバを配置することによって中継網を形成している^[1]。しかし、帯域保証のないインターネット上で経路の固定された中継網を利用しても、安定した実時間ストリームを配信できる保証はない。本稿では、時間とともに変動するいくつかのネットワークパラメータを考察し、中継網を動的に制御する方法について述べる^[2]。

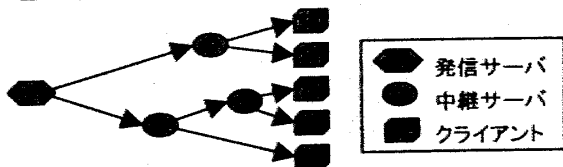


図1. 実時間ストリームの中継網の例

2. 中継網の制御方式

本稿では、転送レートを実時間コンテンツの品質を左右する最も重要なパラメータとして位置づけ、可能な限りこの転送レートを維持できる方式を検討する。そのためには、転送レートが低下すれば、同一コンテンツを配信可能な上位の中継サーバ(上位サーバ)が複数存在することを前提に、図2のように上位サーバを変更することにより中継網を変更すればよい。

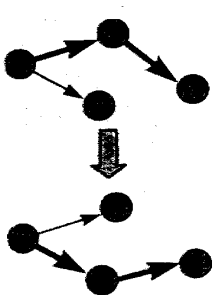


図2. 経路変更例

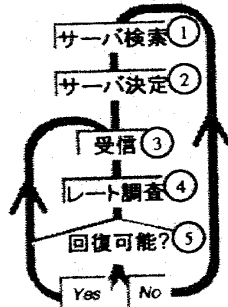


図3. 中継網制御の概略

図3はシステム全体の概略図で、次の様に機能する。

- ①同一コンテンツを配信可能な複数の上位サーバを検索し、
- ②この中から状態の良い経路を使用する上位サーバを選択し、
- ③選択した上位サーバからストリームを受信する。
- ④受信中のストリームの転送レートが低下しているか調査し、

- ⑤低下して、転送レートが維持出来なくなると予測できれば、①にもどり、すぐに転送レートが回復すると予測されれば③にもどる

受信レートが送信レート付近で安定している状態を安定レート時、受信レートが低下している状態を低レート時とすれば、安定レート時から低レート時への移行を短時間で検出し、素早く上位サーバを変更する必要がある。転送レートの測定にはある程度の時間が必要となるため、以下の議論では、②③⑤の3ステップを短時間で判断できるパラメータ抽出のための実験とパラメータの考察を行う。

3. 測定実験と制御パラメータ

実インターネット上の特定のホストから別のホストに対して、IP レベルでのパケットの振るまいを観察するために転送方式に左右されにくい UDP パケットを、実時間ストリームとみなすことが出来るようにレート制御を行いながら、連続して送信する。図4は、実験の概要図で、1分毎に200パケットずつ送信し、受信側では、転送レート、パケットロス率、パケットの到着時間のばらつきなどを長期に渡って測定した。以下では、この実験から得られた知見を基に制御パラメータについて考察する。

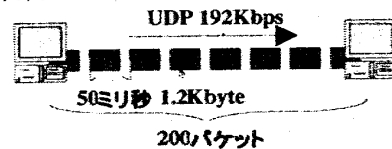


図4. 実験の概略図

3-1. 上位サーバ選択パラメータ

サーバ選択法には、経路中のhop数を考慮したものやラウンドロビン機能を用いたものがある^[3]が、時間的な変動を考慮していないため、実時間ストリームのパラメータとして充分ではない。実時間ストリームでは長時間安定したストリームを流す必要があるため、安定レート時に優れた経路を選択する方がよい。測定時およびそれ以降の長期に渡る経路の状態を顕著に示すパラメータは以下の3つである。

a) 転送レート

単位時間あたりに受信するデータ量で、この値が低くなれば実時間コンテンツの品質が悪くなるため、この値を出来る限り低下させないようにする。

b) 到達時間分散

パケットの到達時間のばらつきを示しており、この値が小さくなければ、外因に影響されやすいので、値の小さな経路を選択した方がよい。

c) パケットロス率

パケットが経路中で破棄された割合で、この値が常

に大きいと経路中に帯域の狭いパスがあるか、絶えず混み合っているのか、経路の状態は悪い。実験から得られた知見として、この3パラメータから安定レート時の経路状態を分類すれば表1のような3タイプに分類できる。

経路タイプ	安定型	送信レート	一定	なし	◎
	到達時間 振動型	送信レート 付近で振動	振動	なし	○
	常時ロス 型	送信レート 以下で振動	一定	常にある程 度失われる	△
	低レート時	送信レート に比べ低い	不定	大きい	▲

表1.3パラメータによる経路の分類

(低レート時、常時ロス型)と(安定型、到達時間変動型)を区別するために、6回の平均を採る必要があった。本実験でパケットを送信していない時間もパケットが同様の振るまいをすると仮定するならば、

50msec間隔で1200パケット送信した場合の
パケットロスが0.69

よりも、大きければ低レート時もしくは常時ロス型であると判断できることが判明した。次に到達時間分散の小さい方を選択すればより安定した上位サーバを選択することが可能となる。

3-2. 転送レートの低下を検出するパラメータ

安定レート時から低レート時の移行に際して、次の2つのパターンが見られた。

- I) 急激に低下する…予兆がなく、低下を予測できない
- II) 徐々に低下する…初期段階で、回復可能性を予測することが望ましい

短時間で初期段階を予測するために、パケットロス率と転送レートとの関係を調べた。すると、

50msec間隔、200パケットから得られたロス率と転送レートの間に相関が見られ回帰式は、

転送レート = $a \times (1 - \text{パケットロス率})$ (aは定数) となった。従って、安定レート時、低レート時とも、200パケットから測定したパケットロス率により、転送レートを推定することが可能である。

3-3. 回復可能な低下か判断するパラメータ

図5-1は回復可能な低下、図5-2は回復不可能な低下の場合の転送レートと到達時間分散の関係を示した図である。回復不可能な低下の場合には、転送レートと到達時間分散との相関が大きく乱れ、変動が大きくなっている。これにより、回復の可能性は、到達時間分散と転送レートの関係をみれば判断できる。

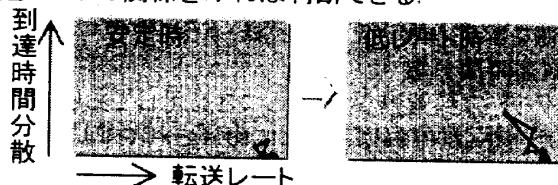


図5-1.回復可能時の転送レートと到達時間分散

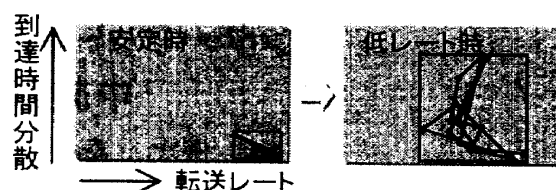


図5-2.回復不可能時の転送レートと到達時間分散

3-4. 中継網の最適制御

以上の時間変動を考慮したパラメータを用いて、実時間ストリーム配信の転送レートを可能な限り保持するような中継経路最適制御法のフローは図6のようになる。

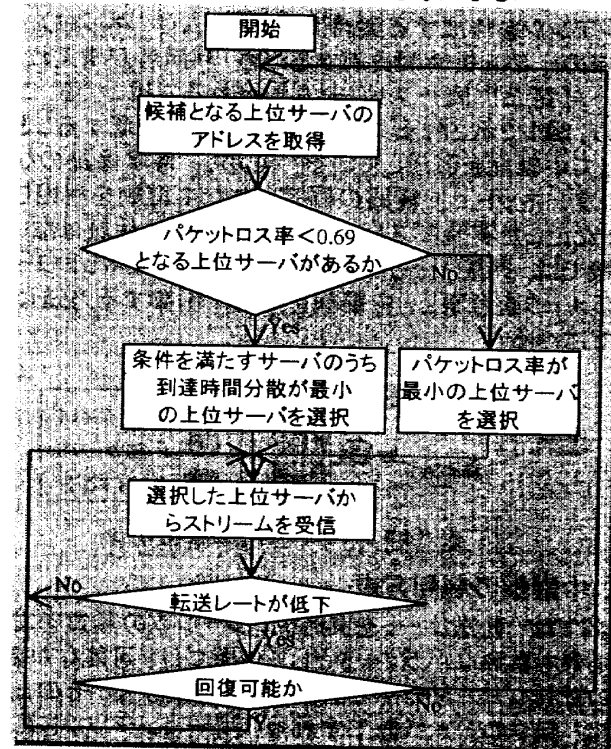


図6.最適制御の流れ図

4. 今後の課題

短時間で経路状態を判断するパラメータの抽出を行い、このパラメータを基に経路を動的に変更するような実時間ストリーム配信方式を示した。今後は、回復可能性を判断するためのパラメータに対して定量的な検討を行うとともに、上位サーバの検索手段の検討およびサーバ負荷を考慮した制御法の検討が必要である。

5. 参考文献

- [1] 秦泉寺, 笠原, “インターネット用スケーラブル映像配信システム”, 1996 年テレビジョン学会年次大会, 24-2, pp356-357, 1996
- [2] 森西, 秦泉寺, 高田, 笠原, “インターネット上の実時間ストリーム配信に関する検討”, 1997 年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-7-38, 1997
- [3] Kevin Delgadillo, “Scaling the World Wide Web”, CISCO, http://www.cisco.co.jp/SEARCH_GENERAL/product/wp/www/www_wp.html, 1996