

誤り訂正符号を用いた損失耐性のある階層化マルチキャストレート制御 Loss-resilient Layered Multicast with FEC

市川 俊一†
Toshikazu ICHIKAWA

浅谷 耕一††
Koichi ASATANI

富永 英義†
Hideyoshi TOMINAGA

† 早稲田大学理工学部電子・情報通信学科
Dept. of Elec., Info. and Comm.
Engineering, Waseda University

†† 工学院大学工学科電子工学科
Dept. of Elec. and Comm.
Engineering, Kogakuin University

1. はじめに

インターネットにおける音声・映像などの多地点間実時間通信に対する要求が高まっている。しかし、パケット交換網であるインターネットの利点は、アクセスの時間的なばらつきによる統計多重効果であり、同時多地点間通信に対するスケラビリティを確保する効果的な手段がない。

この問題を解決する手法として、IP マルチキャストがある。ネットワーク内のノードにおいて、パケットを複製するIP マルチキャストを基盤として利用した場合、従来のレート制御をそのまま適用することはできない。

そこで本稿では、多地点間実時間型の動画像通信のためのIP マルチキャストレート制御方式に関する提案を行う。

2. 従来手法

IP マルチキャストを用いた実時間ストリームの配送手法として、Receiver-driven Layered Multicast (RLM)[1] が提案されている。

RLM では、送信者が階層符号化したストリームを配送し、各受信者が状況に応じて適応制御を行う。受信者は、各階層に対応するグループに参加・離脱することで、全体の受信量を調節する。また、同ストリームの受信者間で情報交換を行い、輻輳の頻度を最小限に抑える仕組みがある。

しかし、レート制御によって引き起こされる輻輳が、動画像品質の一時的な著しい劣化を招いてしまう。特に、高レート高詳細動画像を取り扱う場合は、損失の影響は大きい。シミュレーションにより、RLM にインターリーブを施しパースト損失を平滑化した動画像品質を計測し、図 1 に示す。

3. 提案手法

誤り訂正符号を用いて、パケット損失による映像品質の劣化を軽減する方式、Loss-resilient Layered Multicast (LLM) を提案する。映像品質の観点から誤り訂正符号をレート制御に組み込む(図 2)。

3.1 パリティを付加した階層構成

メッセージの各階層に、それぞれパリティを生成する。パリティを個別にグループ割当し、レート制御の 1 単位に加える。また、受信者による制御は RLM と同じとし、受信者は階層をある階層のメッセージ、パリティの順番で加えていく。階層構成は図 3 のようになる。

レート制御によって階層が追加され、ボトルネックの帯域幅を越えるレートで受信しようとした場合、ランダムなパケット損失が発生する。この損失したパケットを誤り訂正符号を用いて補うことで、動画像に対する損失の影響を防ぐことがパリティ付加の目的である。

パリティの量は、次の階層のメッセージを加えた際に、利用可能な余剰帯域がない最悪の場合のパケット損失率において、それまで受信していた階層のメッセージに実効的な損失が生じない最小の量とする。階層構成を 2^n [Mbps] と仮定すると、必要なパリティ量のメッセージ量比率 a は、 $\frac{a}{1+a} \geq \frac{1}{2+a}$ より $a \geq \frac{-1+\sqrt{5}}{2} \approx 0.62$ と求まる。

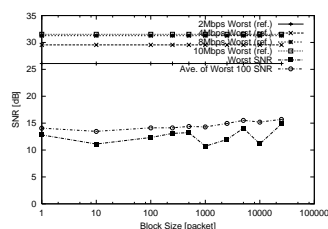


図 1 RLM ブロックサイズと SNR

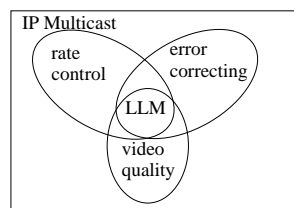


図 2 提案手法の位置づけ

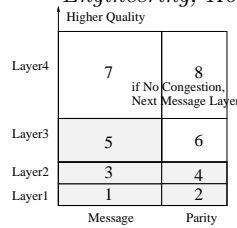


図 3 パリティを付加した階層構成

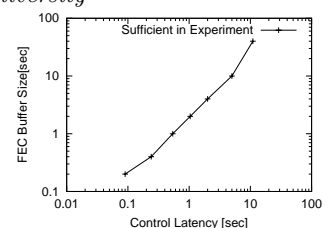


図 4 制御遅延と誤り訂正符号のブロックサイズ

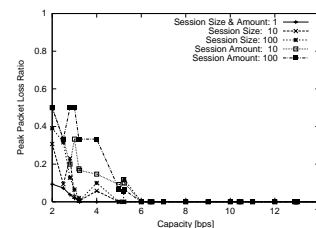


図 5 システム規模とパケット損失率

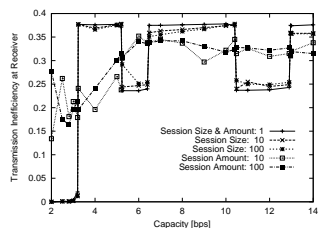


図 6 システム規模と伝送非効率性

4. シミュレーション評価

提案手法の有効性を、シミュレーションにより評価する。パケット損失率と伝送非効率性はトレードオフの関係にあり、双方の特性によって評価する。評価は基本階層のパケット損失率と、全受信データの伝送非効率性について行う。

4.1 シミュレーションモデル

まず、1対1のモデルで、制御遅延と誤り訂正符号のブロックサイズの関係についてパケット損失率を用いて評価する。続いて、受信者数とセッション数を変化させた場合でも、同様に制御できることをパケット損失率と伝送非効率性を用いて評価する。

動画像の階層構成を 2^n [Mbps] とした。シミュレーションには、ネットワークシミュレータ ns を用いた。シミュレーションの時間は 600 秒として、受信者は 30 秒から 120 秒の間にランダムに参加するものとした。

4.2 シミュレーション結果

制御遅延を変化させた場合に、誤り訂正符号の十分なブロックサイズを調べた。制御遅延とシミュレーションにおいてパケット損失が生じないほどの十分なブロックサイズの関係を図 4 に示す。図 4 より、ブロックサイズは、制御遅延の数倍程度とすることで、レート制御による実効的なデータ損失を防ぐことができる。これは、輻輳発生時に、各階層間で不均一なパケット損失が発生し、ある階層にパケット損失が片寄るためと考えられる。

離脱遅延を RFC2236 の標準値 (1 秒) を参考に、制御遅延を 1.04 秒、ブロックサイズを 4 秒とし、受信者数を 1,10,100 とセッション数を 1,10,100 と変化させた。この時の最大パケット損失率を図 5 に伝送非効率性を図 6 に示す。

5. まとめ

本稿では、RLM を用いて広帯域な動画像通信を行う場合の問題点を示した。

これを解決する方法として、誤り訂正符号を用いたマルチキャストレート制御 LLM を提案し、シミュレーションを用いて LLM の特性を明らかにした。LLM が伝送非効率性を抑えながらも、低パケット損失を実現し、高詳細動画像の多地点間利用を可能とすることを示した。

文献

[1] S. McCanne, V. Jacobson, and M. Vetterli, "Receiver-Driven Layered Multicast," Proc. of ACM SIGCOMM '96, (Stanford, CA), Aug. 1996.