

IP HDTV コーデックにおけるネットワーク QoS 変動に応じた符号化レート更新方式

Feedback Mechanism of Encoding Bit-rate Dependent on Fluctuation of Network QoS Applicable for IP HDTV Codec

吉野 知伸†
Tomonobu Yoshino

内藤 整†
Sei Naito

小池 淳†
Atsushi Koike

1. はじめに

IP プロトコルに基づく安価で高速なネットワークの普及に伴い、伝送媒体として IP ネットワークを用いることにより高品質な映像伝送の低コストでの実現が期待されている。

しかしながら、IP-VPN など実用の IP 回線においては HTTP プロトコルや FTP プロトコルなど様々なトラフィックが存在するため、映像伝送として利用することができる実効スループットは時間的に変化するとされている。このため、IP ネットワークを用いて映像伝送を低コストで実現するためには、実効スループットが変化する環境においても、安定した映像伝送を行うことが求められる。

以上の背景に基づき、筆者らは、JPEG2000[1]における階層符号化および映像符号化レートのフィードバック制御を用いて、ネットワークの品質変動に対して耐性を持つ IP ベース HDTV コーデックを開発した[2]。本稿では、同装置の符号化レートフィードバック制御において適用するレート更新手法に関して提案を行う。具体的にはデコーダから QoS 情報としてフィードバックされるパケットロス率の値に基づき、エンコーダにおける送出レートを制御する手法を導入する。

2. 符号化レートフィードバック制御概要

筆者らが開発した IP ベース HDTV コーデックには、ネットワークの品質変動に対して安定して伝送することを可能とする機能の一つとして、映像符号化レートのフィードバック制御を備えている[2]。

伝送品質が変動するネットワークにおいて、ネットワークの実効スループットがエンコーダの送出レートを下回ると、エンコーダから送出された RTP パケットのうち実効スループットを超過した量のパケットはネットワーク上で廃棄される。

上記のフィードバック制御では、デコーダ側においてネットワーク上で発生しているパケットロスを検知し、パケットロス率の情報をエンコーダ側へフィードバックすることにより、エンコーダ側でネットワーク品質の変動に応じて送出レートを制御することを可能としている。ネットワークの実効スループットにエンコーダの送出レートが正確に追従することにより、与えられたネットワーク QoS の範囲内で安定的に高い映像品質が確保可能となる。エンコーダにおける符号化レートのフィードバ

ック制御についてイメージを図 1 に示す。

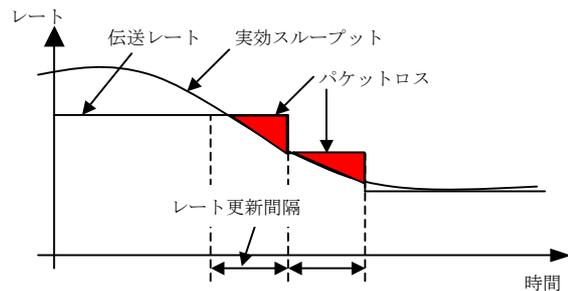


図 1 符号化レートフィードバック制御

3. 伝送レート制御手法

映像伝送に利用可能な帯域が変動するネットワークにおいて、実効スループットに応じて符号化レートを変更する手法を導入する。符号化レートの変更制御は、減少させる場合と増加させる場合に分けられる。

3.1 伝送レート減少手法

ネットワーク上におけるパケットロスに伴い、エンコーダの送出レートを減少させる手法を導入する。

ネットワークのパケットロス率を L 、エンコーダの送出レートを R_T とする。なお、エンコーダにおける送出レート変更は周期的に行われ、 n を正の整数としたとき n 回目のレート更新後の送出レートを $R_T^{(n)}$ とする。

エンコーダの送出レート減少については、実効スループットからの超過分だけ減少させることで、パケットロスの発生を回避することができる。 n 回目のレート変更後にパケットロスが発生したとき、つまり $L > 0$ であるとき、 $n+1$ 回目のレート変更は式(1)に従うものとする。ただし、 k ($0 \leq k \leq 1$) は伝送レート減少手法において実効スループットへの応答性を調節するパラメータである。

$$R_T^{(n+1)} = R_T^{(n)} \times (1 - L \times k) \quad (1)$$

3.2 伝送レート増加手法

3.1 の伝送レート減少処理の結果、伝送レートが実効スループットを下回った後に、伝送レートを上限値まで増加させるレート更新手法を導入する。

エンコーダの送出レート増加については、上限値からの不足分を増加させることが求められる。また、伝送レート増加時に実効スループットが $R_T^{(n)}$ に近い値であったとき、増加した伝送レート量はパケットロスとなるため、

†株式会社 KDDI 研究所

埼玉県ふじみ野市大原 2-1-15

コーデックの誤り訂正機能における訂正能力を考慮しなくてはならない。

以上を考慮し、 n 回目のレート変更後に、パケットロスが無く、なおかつ送出レートが上限値 $R_T^{(0)}$ に達していないとき、すなわち $L=0$ かつ $R_T^{(n)} < R_T^{(0)}$ であるとき、 $n+1$ 回目のレート変更は式(2)に従うものとする。ただし、 Y はコーデックの誤り訂正機能において復元可能なパケットロス率を表しており、 j ($0 \leq j \leq 1$) はレート増加手法において実効スループットへの応答性を調節するためのパラメータである。

$$R_T^{(n+1)} = R_T^{(n)} \times (1 + Y \times j) \quad (2)$$

4. 計算機シミュレーション

導入したレート変更手法について、計算機シミュレーションにより、実効スループットへの応答性について評価を行った。簡単のため実効スループットを時間[秒]の多項式関数と想定した。本実験で用いたパラメータを表 1 に示す。ただし、レート更新間隔とはデコーダ側でパケットロス率を観測してフィードバックする間隔であり、エンコーダはフィードバック情報に対して即座にレートを更新する。導入したレート変更手法において、実効スループットへの応答性を調節するパラメータである j 、 k を変化させたときの符号化レート推移結果および映像断が発生した区間を、図 2 から図 4 に示す。各図は、 $j=1.0$ かつ $k=1.0$ 、 $j=1.0$ かつ $k=0.1$ 、 $j=0.1$ かつ $k=1.0$ の結果を示している。

表 1 シミュレーションパラメータ

誤り訂正能力(Y)	12.5% (RS 符号により 64 パケット中の 8 パケットまで訂正可能)
レート更新間隔	1 秒
伝送レート上限値	200Mbps

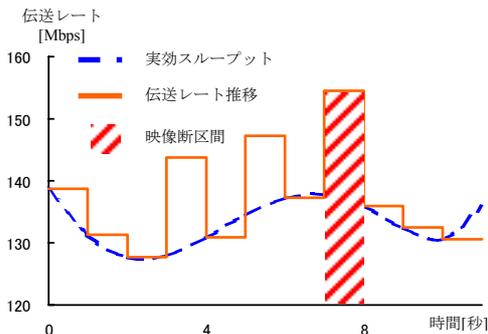


図 2 $j=1.0$ かつ $k=1.0$

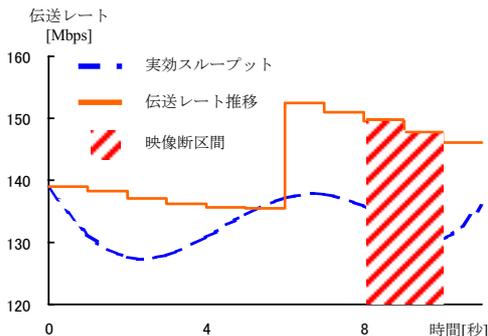


図 3 $j=1.0$ かつ $k=0.1$

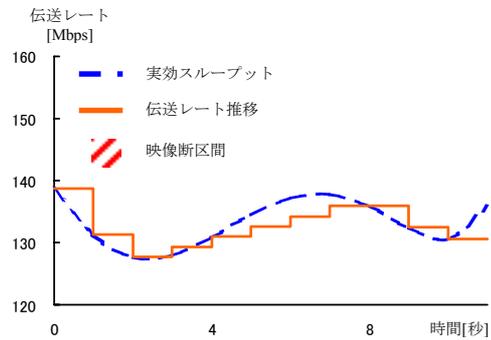


図 4 $j=0.1$ かつ $k=1.0$

以上の結果より、符号化レート増加手法において、 j を大きくすることによりレート増加の結果、実効スループットを超過したトラフィック送出によりロスパケット数が増大し、一時的に誤り訂正能力を超えてしまう可能性が高いことを確認した。

一方、伝送レート減少手法において、 k が大きいほど実効スループットの変動に即座に応答する。結果より、応答性が低い場合に実効レートの変動に追いつかないためにパケットロス率が大きくなり、誤り訂正能力を超えてしまう可能性があることを確認した。

総じて、符号化レートの更新に際しては、増加および減少のいずれの制御においても、実効スループットの変動特性を考慮した適応的な設計が求められる。参考までに図 4 に示した $j=1.0$ かつ $k=1.0$ の組合せによって概ね良好な制御が実現でき、映像断の発生を安定して抑制できていることを確認した。これは図 2 から図 4 で想定した以外の実効スループット変動特性においても同様であることを確認している。ただし、実効スループットが瞬間的かつ急激に増減するようなケースは本検討の対象外とした。

5. まとめ

映像品質を最大限に保持する目的から、符号化レートのフィードバック制御機能を有する IP コーデックを対象とした符号化レートの更新手法について検討した。また、本手法の性能評価を目的とした計算機シミュレーションを行い、導入したレート変更手法におけるパラメータ設定と実効スループットへの応答性の関係を確認した。

今後は、本稿において導入した手法について、実機への実装による評価を行う予定である。

参考文献

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1890 : “JPEG2000 part 1 Final Draft International Standard”, Sep. 2000
- [2] 内藤 整, 吉野 知伸, 小池 淳, “ネットワーク品質変動に対応可能な IP ベース HDTV コーデックの開発”, ITE 年次大会 2006.