

# 有線と無線との相互接続ネットワークにおける 連続メディア転送のための QoS 制御法

熊 炫睿<sup>1</sup>, 橋本 浩二<sup>1</sup>, 柴田 義孝<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>岩手県立大学 ソフトウェア情報学部

## 1. はじめに

有線ネットワークと比較して、無線ネットワークにおいては：1) 十分な帯域がとれない、2) 遅延が大きい、3) ビット誤り率が高いなどの問題点がある。特にリアルタイム転送を必要とするアプリケーションにおいて、無線と有線のシームレスの通信は困難となっている。本稿では、有線と無線が相互接続される環境において、マルチユーザを対象として、リアルタイムに連続メディア転送を可能とするため、パケットロス制御法及びフレームレート制御法を提案する。提案システムでは、無線ネットワークにおけるパケットロスによる連続メディアの品質劣化を低減させるために、Channel Coding として Reed-Solomon 符号を導入した前方誤り訂正方式 FEC(Forward Error Correcting)を導入する。また、送信側と BS 側(base station)で、フレームレート制御機能を導入する。遅延が大きくなる場合、フレームレートを調整し、フレームを選択して送信する。それにより、FEC によってパケット誤り率は許容範囲に収まる一方、End-to-End のスループットを維持することが可能となる。

## 2. システム構成とアーキテクチャ

本稿で想定しているコンピュータネットワークは図 1 に示すように無線 LAN と有線による複合ネットワークであり、クライアント・ベースステーション・サーバ モデルに基づく。デスクトップ型パソコン等のような固定ホスト(FH)とノートパソコンなどのモバイルホスト(MH)により構成され、有線ネットワークと無線ネットワークは、ゲートウェイ機能を持ったベースステーション(BS)により接続される。これにより FH と MH は End-to-End で通信することが可能となる。

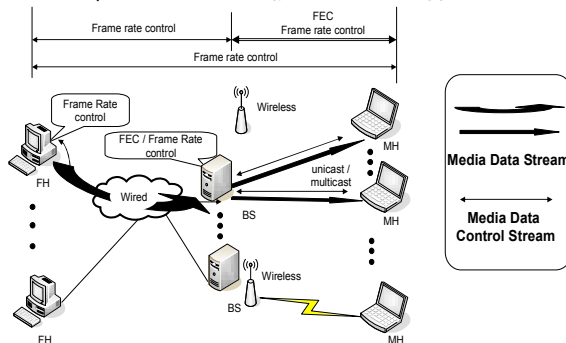


図 1. 有線と無線による複合ネットワーク 情報処理  
 本稿におけるアーキテクチャは、アプリケーション層とトランスポート層との間に同期層、データ変換層フロー制御層の3層から成るアプリケーションに対し QoS Control for Continuous Media over Heterogeneous Environment by Wired and Wireless Network  
 Xuanrui Xiong †, Koji Hashimoto †, Yoshitaka Shibata †  
 † Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

て柔軟なマルチメディア通信を実現するための機能を提供する MidField システム[1]のアーキテクチャ(図 2)を導入する。

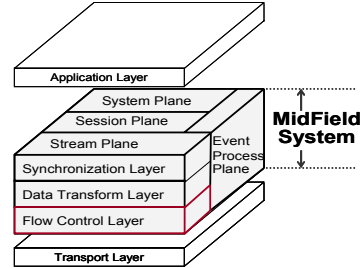


図 2. MidField システムアーキテクチャ

MidField システムはアプリケーション層とトランスポート層との間に3階層4プレーンで構成されるシステムである。Stream Plane ではマルチメディアストリーム転送処理(メディアの同期、データ変換、フロー制御)を行い、Session Plane では相互通信セッションの管理を行う。System Plane ではローカルシステムの資源を管理し、Event Process Plane ではシステム内部イベント処理を行う。本稿で提案する機能モジュールは MidField システム内に実現される。フロー制御層で、パケット誤りを訂正する機能モジュール、データ変換層と同期層で、フレームレート制御機能モジュールを加えることで、パケット誤り機能とフレームレート制御機能の実現が可能となる。

## 3. 誤り訂正機能

本稿では、無線通信におけるバースト誤りに対して、Reed Soloman 符号による FEC 誤り訂正機能を導入する。Reed-Soloman 符号による前方誤り訂正符号の付加方法は、図 3 に示すように、 $k$ 個のメディアパケットから、 $n-k$ 個の前方誤り訂正パケットを生成し、無線通信を用いたネットワークを利用して受信側に送信する。受信側では、メディアパケットがロスした誤り位置が既知の場合、パケットロスが  $n-k$ 個以内であれば、受信に成功した他のメディアパケットと前方誤り訂正パケットから、ロスしたメディアパケットを復元することができる。

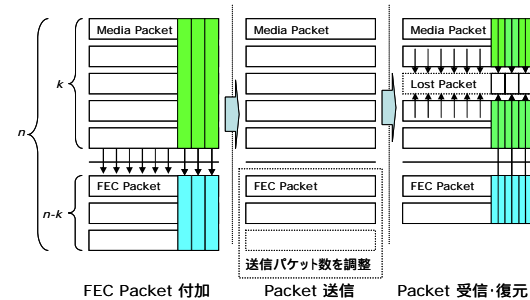


図 3. Reed Soloman 誤り符号化, 複合化

パケットロス率の変動に応じて、送信する冗長パケット数を調整することにより、品質劣化を低減させる。その調整方法は式(1)に従う。受信側において検出したパケットロス率  $e$  に対して、QoS 保証における目標パケットロス率  $E$  に対する誤り符号化パケット数  $k$  を決定することが可能となる。それによって、送信側が必要最低限の冗長パケットを送信することが可能となる。

$$E = \sum_{i=n-k+1}^n C_i e^i (1-e)^{n-i} \quad (1)$$

#### 4. フレームレート制御機能

フレームレート制御機能において、送信ホスト側とBS側と受信側のデータ変換層・同期層の間にフレームレート制御機能を導入する。受信側の Frame Rate Management Module が定期的にフレームレートの実効値を測定し、その測定した実効値を送信側(場合によってBS側)に送信する。送信側(場合によってBS側)が自分へ向けのフレームレートのフィードバック情報を受信したら、あらかじめ用意したポリシー制御方法(受信ホストから報告した最も低いフレームレート実効値を基準等)に基づき、新たにフレームレート値を決める。その値に基づき、間引くべきフレームを選択しフレームレートを調整する。そしてフレームデータをパケット化し、受信ホストへメディアデータパケットを送信する。本稿で想定している有線と無線の相互接続ネットワーク(図1)上で、リアルタイムに各ホスト間で動画像を転送する通信方式は通信相手の数や利用形態によって、単方向ユニキャスト通信方式、単方向マルチキャスト通信方式、双方向ユニキャスト通信方式、双方向マルチキャスト通信方式の4つに分けられる。そして、通信が中継ノードBSを経由せずにデータ転送パターン(Sender-Receiver型)と中継ノードを経由してデータ転送パターン(Sender-BS-Receiver型)に分けられる。それらのケースを分析することで、フレームレート制御が送信側か中継ノードBSかどちらかにを行うことを決める。それによって、有線ネットワークに属するホストに対し、フレームレートが高く、品質のよい動画像を転送するとともに、比較的帯域幅狭い、遅延が大きい、パケットロス率が高い無線ネットワークのホストに対しても、動的にフレームレートを調整しながら、動画像を転送することを実現することが可能となる。

#### 5. 性能評価

本研究で提案するビデオデータ通信方式の有効性および実用性を確認するために、性能評価を行った。本実験では、3台のPC(マシン性能はCPU: Pentium4 1.5Ghz, Memory: 1GB, OS: Windows XP Pro)を利用し、その中に一台はパケットロスのジェネレーターとして使われる。発生したパケット誤り率 2%, 10%, 15%, 20% の環境で、Reed-Solomon 符号の冗長度の変化による FEC 処理を行った後のパケットロス率を測定し、結果を図4に示す。

発生するパケットロス率を40秒ごとに2%, 10%, 20%の順番で変化させ(図5)、受信側で定期的(5秒に一回)ネットワーク間のパケットロス率を送信側にフィードバックする。送信側がその情報に基づき、冗

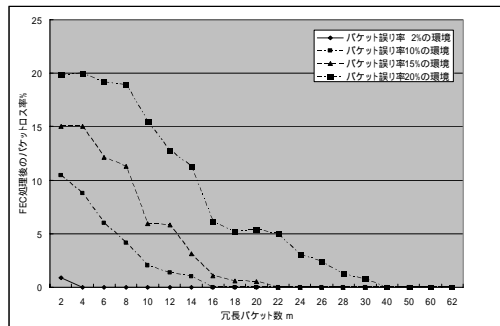


図 4. FEC 増加量とパケット誤り率

長度(m)を変え、送信する。図6に、受信側で測定した冗長度の変化と FEC 処理後のパケットロス率の変化を示す。パケットロス率変動に応じて、冗長度 m を調整し、それにより損失したパケットが回復でき、パケットロス率を抑えることができる。

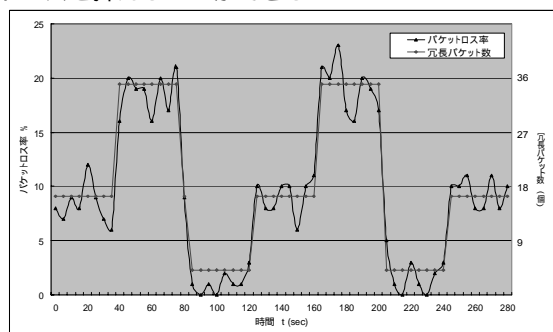


図 5. 発生したパケットロス率

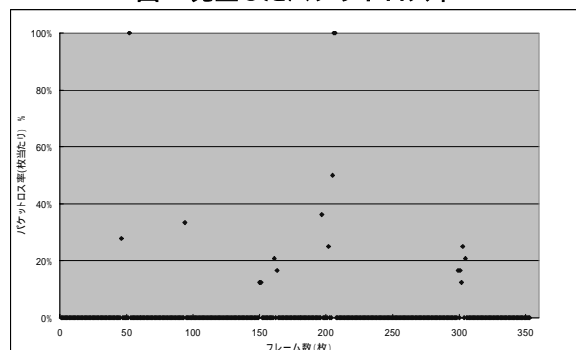


図 6. 冗長度の変更と FEC 処理後のパケットロス率

#### 6. まとめ

本論文では、有線と無線が相互接続される環境において、マルチキャストかつ双方向でリアルタイムな連続メディア転送を可能とするため、パケットロス制御法及びフレームレート制御法を検討した。性能評価により、Reed-Solomon 符号の冗長度を上げるにつれて、誤り率を抑えることがわかった。そして、時系列でパケットロス率を変動させ、フィードバック情報による冗長度を調整することで、損失したパケットが回復でき、パケットロス率を抑えることができた。現在有線と無線との統合した環境での提案したパケットロス制御法及びフレームレート制御法を実装しており、その有効性を検証する。

#### 参考文献

[1] 橋本浩二, 柴田義孝, “利用者環境を考慮した相互通信のためのミドルウェア”, 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 2, pp. 403-417, Feb, 2005.