

2S-5 無線ネットワークにおける 連続メディア転送のためのパケットロス制御

高橋淳[†], 橋本浩二[†], 高畑一夫[‡], 柴田義孝[†]

[†]岩手県立大学ソフトウェア情報学部 [‡]埼玉工業大学人間社会学部

■ はじめに

近年, IEEE802.11a,b,g 等の無線プロトコルを利用したネットワークが足回り回線として急速に普及してきている。一方, 無線ネットワークは有線ネットワークと比較した際, 1)帯域が狭い, 2)遅延が大きい, 3)ビットエラー誤り率が高い, などの特徴がある。特にビットエラー誤り率が高いためにパケットロスが発生し, 連続メディアの品質を低下させてしまう問題がある。本稿では, 有線と無線が共存したネットワーク環境を想定し, Motion-JPEG や MPEG ビデオのような連続メディアを利用したシステムにおいて, QoS 保証を可能とするため, Reed-Solomon(RS)符号を利用した前方誤り訂正符号方式 (Forward Error Correcting)を採用し, ネットワーク状態の変化に対応できる動的なパケットロス制御法を提案する。

■ ネットワーク構成

本研究では, 図 1 に示すように IEEE802.11b(11Mbps), g(54Mbps)などの無線ネットワークと 100Base-T や光ファイバーなどの有線ネットワークとを相互接続した複合ネットワークを想定している。この場合, デスクトップ PC などの固定ホスト(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)により相互接続される。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。

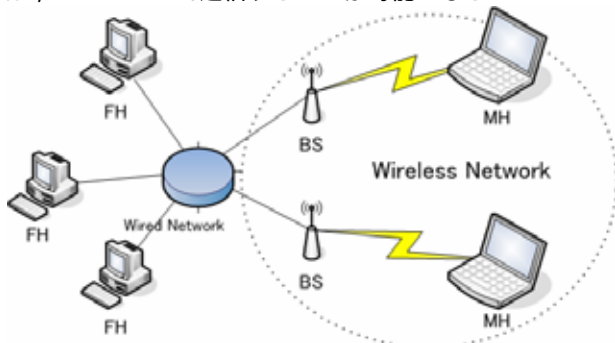


図 1) ネットワーク構成

■ システムアーキテクチャ

図 2 に本システムのシステムアーキテクチャを示す。このアーキテクチャは, アプリケーション層とトランスポート層の間に, 連続メディアの同期制御を行う同期層, 連続メディアのメディア変換を行うデータ変換層, 連続メディアの転送・回復処理を行うフロー制御層の 3 層が

らなる MidField System[1]を採用している。本研究においては, この 3 層のうちフロー制御層にパケットロス機能を追加し, 連続メディアの QoS 制御を行う。

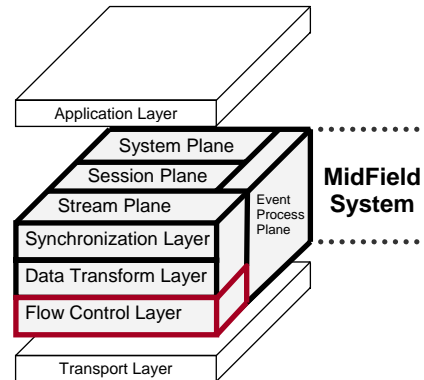


図 2) システムアーキテクチャ

図 3 は, 本研究におけるパケットロスに基づく冗長度の調整方法を現している。まず, 送信側は上位層から受け取ったフレームデータをパケット単位に分割する。さらに分割したパケットから FEC パケットを生成し付加する。その後 Packet Control Module にて設定されている冗長度に基づいてパケットを送信する。受信側はネットワーク上でパケットロスが発生した場合, 受信したメディアパケットと FEC パケットを元に失われたパケットを復元し, 上位層へフレームとして渡す。また, 受信者が送信側の Packet Control Module にパケットロス率を通知することで, Packet Control Module はポリシーに基づき冗長度を再定義する。このポリシーに基づいた冗長度の再定義については後述する。

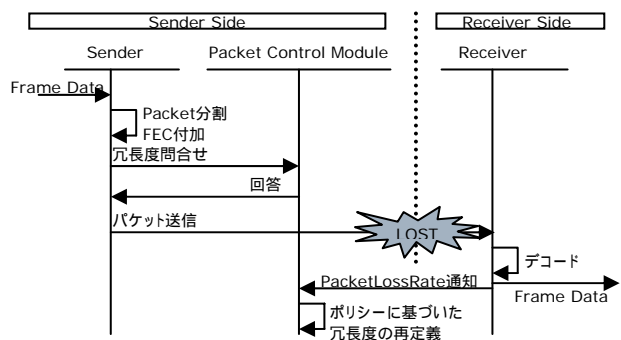


図 3) パケットロスに基づく冗長度の調整図

■ Reed-Solomon 符号の付加方法

具体的な Reed-Solomon 符号による前方誤り訂正符号の付加方法は, 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図 4(左)のように生成し, 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

Packet Loss Rate Control for Continuous Media Over Wireless Network

[†] Jun Takahashi, Koji Hashimoto, Yoshitaka Shibata, : Faculty of Software and Information Science, Iwate prefectural university

[‡] Kazuo Takahata, : Faculty of Human and Social Studies, Saitama Institute of Technology

場合、パケットロスが $n-k$ 個以内であれば、図 4(右)のように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。

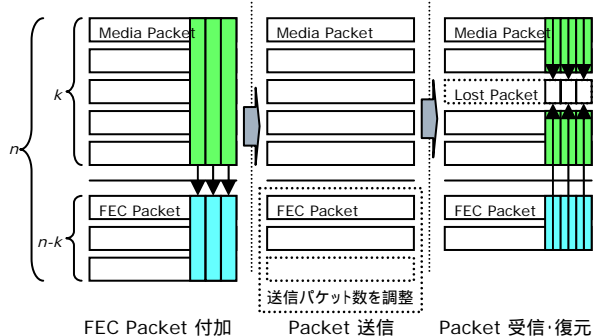


図 4) FEC Packet 制御

■ パケットロス制御

パケットロスによる連続メディアの品質低下を回避するために、Reed-Solomon 符号による前方誤り訂正符号方式を適用し、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方法をとる。送信側は必要最低限の冗長パケットを送信することにより、ネットワークの負荷を低減することができる。また、次式(1)により 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 を受信側において検出したパケットロス率 e より決定することが可能となる。

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

しかし、ネットワークの状況に応じた動的なパケットロス制御を実現するには問題がある。誤り訂正方式として Reed-Solomon 符号を用いた方法では、冗長度($n-k$)を変更した場合、メディアパケット長 k が変動してしまい、連続メディアデータの符号化を複雑にし、ネットワークの状況に応じた動的な QoS 制御が困難となってしまう。そこで本研究では図 4(中)のように符号長(n,k)は固定とし、常に一定の冗長パケットを生成し、送信されるパケット量を動的に変更する方法を採用した。これにより連続メディアに対して冗長パケット数の調整処理を簡略化することが可能となる。

■ 冗長度動的変更アルゴリズム

複数のクライアントが連続メディアを受信する場合、クライアント毎にネットワークの性能が一定でないケースが想定される。そこで本研究では、マルチユーザー環境に適応した動的なパケットロス回復手法として、すべてのクライアントがサーバーへパケットロス率を報告し、サーバーは報告されたパケットロス率を元に送信する冗長パケットを動的に変更する手法を採用する。この受信側から送信側へのパケットロス率の通知には RTCP の機能を利用する。この際、各クライアントから報告されるパケットロス率にはネットワークの状況から差異が生じる可能性があるため、以下に例を挙げる判断基準を元としたポリシー制御方法を採用する。

- 1) 最も高いパケットロス率を元に判断
- 2) 最も低いパケットロス率を元に判断
- 3) パケットロス率の平均を元に判断

また、ポリシー適用後の冗長度は先に挙げた式よりあらかじめ設定しておいた値を用いる。

これによりサーバーは、連続メディアの種類や重要度、クライアントの要求に応じた QoS 制御を行うことが可能となる。

■ プロトタイプシステム

プロトタイプシステムとして、有線上でのシミュレーションによる FEC 評価実験を行った。送信端末から受信端末までは 100Base-T にて接続し、途中ランダムにパケットロスを発生させる中継端末を介す。各種パラメータは、パケットロス率 $e = 1.0E-02$ 、RS(n,k)をそれぞれ 255,200、FEC 冗長度は 0~10 とし、各冗長度につき約 500 フレーム分の影響を受けたフレームの割合と FEC 復号後パケットロス率を取得した。これを図 5 に示す。

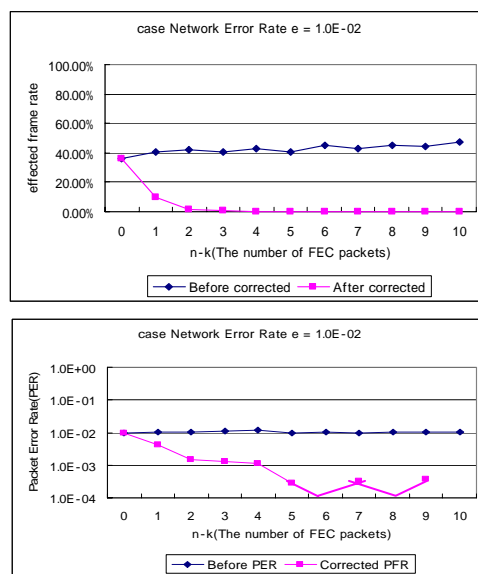


図 5) シミュレーション結果

この結果から Reed-Solomon 符号を用いた前方誤り訂正によるパケットロスの復元が連続メディアの QoS 保障に対して有効であるといえる。

■ まとめ

本稿では IEEE802.11g などのプロトコルに IP を用いた無線ネットワークにおいて、Reed-Solomon 符号を用いた前方誤り訂正を行うことで、ネットワーク上で発生するパケットロスを回復し、品質の向上を図る手法について述べた。また、現在は本稿に示した FEC の冗長度の動的変更処理機能を加えた無線 LAN 環境を構築し、複数のクライアント、無線実環境での評価を行っている。

参考文献

[1] Hashimoto, K. and Shibata, Y. : Dynamic Transcoding Functions by Extended Media Stream, Proc. 18th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, Vol 1, pp.334-339 (2004)
 [2] Ryosuke, I., Kazuo, T, Noriki U, and Yoshitaka S, Packet Loss Rate Control for Continuous Media over Heterogeneous Network.18th International Conference on Advanced Information Networking and Applications. Vol 2, pp. 58-61 (2004)