

複合情報ネットワークにおけるビデオ通信システム

1D-6

高畑一夫¹ 内田法彦² 柴田義孝²¹信州短期大学経営情報学科²岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1. はじめに

本稿では、有線と無線が相互接続される環境において、利用者や資源環境の変化に対応できる動的なビデオ通信のためのプロトコル・アーキテクチャと通信方式を提案する。パケット誤り率を低減させるために、Reed Solomon 符号の導入し、ビデオの符号化方式としては帯域の変化に対応して、フレームレート、画質、圧縮率を動的に適応させる制御方式を導入する。本方式の有効性を確認するために、シミュレーションにより評価した。

2. 複合情報ネットワーク

近年、有線ネットワークと無線ネットワークを相互接続した利用が可能となり、高度交通システムや防災・災害情報システム等新しい応用の実現化が期待されている。しかしながら、有線ネットワークに比較して、無線ネットワークにおいては、1) 十分な帯域が取れない。2) 遅延が大きい。3) ビットレート誤り率が高い、などの問題点があり、有線と無線のシームレスは通信が困難となっている。特にオーディオ・ビデオによる双方向リアルタイム通信を行なう場合は、画質や音質の低下を招くだけでなく、遅延やジッタの影響によるリアルタイムなコミュニケーションが困難となり、これらの問題を回避するためには、End-to-End のサービスの質 (Quality of Service) の保証する機能が必要となる。

3. システム構成

本研究で想定している情報ネットワークは図 1 に示すように光ファイバーを基本とした無線と有線による複合ネットワークであり、デスクトップ型パソコンのような固定ホスト (FH) とノート型パソコン型パソコン等のようなモバイルホスト (MH) により構成される。有線ネットワークと無線ネットワークは、ゲートウェイ機能としてのベースステーション (BS) により、相互接続され、これにより、FH と MH は双方向ビデオにより End-to-End で通信することが可能となる。

本研究におけるシステムアーキテクチャは、クライアント・サーバモデルに基づいており、連続メディアサービスにおける QoS 保証機構実現のためにアプリケーション層からトランスポート層までに間に同期層、データ変換層、メディアフロー制御層の三層からなるメディアコーディネイトシステム (MCS) を導入する。また、メディアコーディネイトシステムの層はそれぞれユーザプレーン、QoS メンテナンスプレーン、制御プレーン、ストリーム管理プレーンの 4 つのプレーンから構成され、エンド間置ける一貫した QoS 保証の実現化を図る。

そして、本研究においては、ビット誤り率によるパケット損失の多い無線ネットワークと無線ネットワークをシームレスに相互接続するためにメディアフロー制御層において、新たな回復制御機能を導入する。

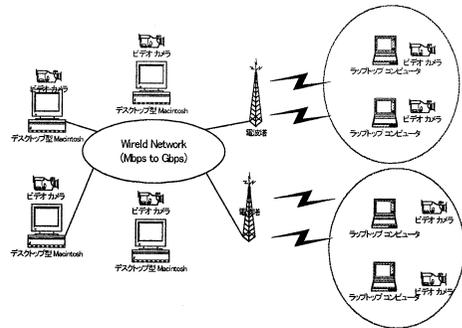


図1 有線と無線による複合ネットワーク

そこで図 2 に示すように、両ホストの Media Flow 層間では、次節で述べるように MH 側でパケットロス率を定期的に測定し、もし許容値を超える場合は、その値を FH 側の Media Flow 層にフィードバックし、FEC (Forward Error Correction: 前方誤り訂正) 機能により、パケットの冗長性を上げることにより、パケットロス率を許容値内に抑える制御機能を果たす。また、両ホストの Data

Transform 層間においては、パケットの冗長度の増加に伴う、単位時間当たりのデータ量を、

- 1) ビデオ符号化の圧縮率を変化させる
- 2) ビデオフレームレートを変化させる
- 3) ビデオの解像度を変化させる

ことにより、一定に保つことができる。

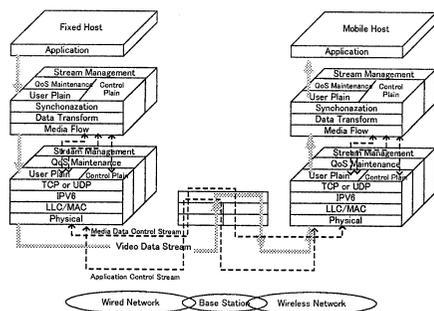


図2 システムアーキテクチャ

4. FEC による誤り回復と動的制御機能

本研究のように、ある程度のパケット損失を許す環境で、タイムクリティカル性を重要視する場合、FEC は回復時の遅延が小さく、シームレスな統合ネットワーク環境に適している。FEC 符号として、本研究では Media Flow 層において、Reed Solomon (RS) 符号を採用する。RS 符号は符号語長を n 、情報ビットを k とすると、ビット誤り位置が既知の場合には $n-k$ ビットの誤りを訂正する能力をもつ。また、 n 個のパケットのうち $n-k$ 個より多くのパケットロスが発生した場合に、正しくデータを訂正できる確率を E とすると、

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

と表される。ここで、 e は送受信ホスト間でのパケットロス率を表わす。 E と k は既知の値であるから、 E は n の値によって決定される。あらかじめいくつかのパターンの n について E を計算すれば、目的のロス率を達成できる n を求める事ができる。この n で RS 符号の強度が決る。従って e を定期的に測定し、許容値以内にロス率を抑えるために、 E を計算しておき、それに相当する冗長ビット n の値をフィードバックして RS 符号化することによりロス率を抑えることが可能となる。

5. シミュレーション

本研究で提案するビデオデータ通信方式の有効性を確認するために、シミュレーションにより、評価を行なった。有線ネットワークとしては、

100Mbps の Ethernet を使用し、無線ネットワークとしては IEEE802.11b 無線 LAN (2.4GHz、DS-SS 方式、11Mbps) を使用した。映像データは、サイズが $320 \times 240 \times 30$ Fps の Motion JPEG (圧縮率=1/15) を転送した場合を考慮した。無線 LAN の利用環境が動的に変化したとして、パケットロスを急激に変化させ、これを FEC 符号の付加により戻す場合の制御を想定した。102byte の 1500byte のパケット 10 個に対して 3 個のパケットの FEC パケットを付加することにより、パケットロスを 10^{-3} から、 10^{-9} に戻すことができる。ホストコンピュータとして、Pentium III 800MHz の場合、FEC パケットを生成するための演算時間は 0.004 秒以下であった。また、誤り訂正のための演算時間は、0.08 秒であった。パケットロス率 10^{-3} は、1000 パケット転送に 1 回起こると考えることができる。一方対象とするビデオデータ転送では、1 秒間に約 307 個のパケットが転送されることになる。したがって、約 3.26 秒ごとに Motion JPEG のデータ訂正を行なわれることになり、3.26 秒間に 0.09 秒が加算されることになるが、これはほとんど無視できる事となる。一方、ビデオデータパケット 10 個 + FEC パケット 3 個) により、単位時間あたりのデータ転送量が 30% 増加するが、例えば、JPEG の量子化ステップサイズを変化させて圧縮率を 1/15 から 1/20 に変化させることによりデータ量をほぼ一定にする事ができる。従って、圧縮率制御機能と FEC によるパケットロス率制御機能を組み合わせることにより、無線環境の変化が悪化してもフレームレートおよび時間あたりのデータ転送量を一定にしながらパケット誤り率を改善できることがわかる。フレームレートや解像度を変化させても同様の制御が可能であることが言える。

6. 終わりに

本稿では、有線と無線を統合したネットワークにおいて、計算能力やネットワーク資源が変化する環境でも、利用者にとって最善のビデオの質を提供する方式を提案し、シミュレーションによりその有効性を示した。特に無線 LAN 環境における資源の変化においては有効な通信方法と考えられ、有線ネットワークとシームレスな通信が可能となる。今後は遅延やジッタの条件の変化におけるリアルタイムな通信方法の検討を計画している。

参考文献

- 1] J. Vass and X. Zhuang, "A Novel Video Communication System Utilizing Adaptive and Integrated System Design for Mobile Wireless ATM," Proc on IEEE ICME, August, 2000.
- 2] 古村、藤川、池田、"QoS 保証されたインターネット放送のための前方誤り訂正、" 情報処理学会、DPS 100-18, P81-85, 2000.