

低バンド幅の回線を使ったビデオ画像通信

6F-4

野田 晴義

日本アイ・ビー・エム(株) 東京基礎研究所

1 はじめに

本論文では、バンド幅が非常に狭い通信回線、つまり公衆電話と同じ品質の回線を使用してテレビ会議を行なう際の、ビデオ画像通信における問題点を整理し、実用的な方式を提案するものである。同様の試みはH.263の試案においても検討されているが、ここでは新しい符合化方式およびその制御方式の考案ではなく、現状の符合化技術を用いたビデオ画像通信の効率的な実現を目的とした。

2 問題点

ビデオ画像を通信する場合には圧縮によりデータ量を大幅に減らすことが重要であるが、バンド幅が狭い場合にはそれだけでは十分ではない。つまり、リアルタイム性が要求されるために適切なフレームレートと処理遅延時間を実現する必要がある。ここでは、テレビ会議で使用される他のアプリケーションや音声も同時に、同じ回線を使用するものとする。

1. ビデオ画像の高い圧縮率

MPEG-I もしくは H.261 などのように、空間的圧縮に加えて差分データによるフレーム間予測などを用いた時間的圧縮により、高い圧縮率を実現することができる。しかしながら、このような符合化には膨大な計算量が必要となるのでリアルタイムの処理のためには専用のハードウェアが必要である。また、フレーム間差分の情報が受信側で確実に受けとれないと正しく復号化できなくなるので、回復のために特別な処理が必要となる。

2. 非常に狭い通信のバンド幅

モデムを使用した電話回線では一般的な通信速度は14,400bpsであり、H.261の標準であるQCIF(176×144)の圧縮されたデータを送信するためには数秒の時間を要し、全体の中で通信が最大のボトルネックとなる。この速度はH.261の最低ビットレート64kbpsの1/4以下であり、同様の制御方式を採用したのでは十分な品質を提供することは難しい。

さらに、他のアプリケーションと回線を共有しなければならないため、限られた通信資源を無駄なく使用する制御方式を導入する必要がある。

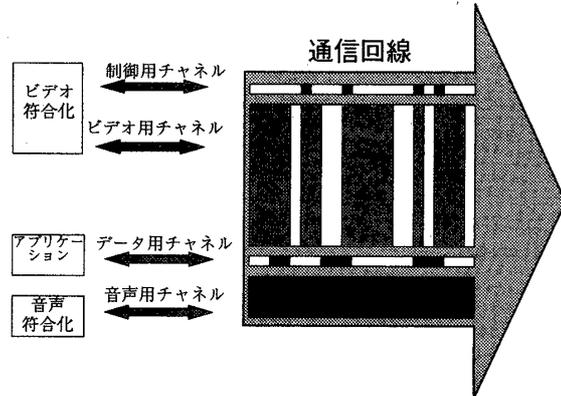


図1: 回線の使用状況

3. ビデオ画像送信のビットレートは可変

前項で述べたように通信回線を共用するため、ビデオ画像専用に必要な固定のバンド幅を割り当ててしまうと優先されるべきアプリケーションのデータ通信が遅くなり、逆にアプリケーション専用で固定するとビデオ画像の方が非常に遅くなってしまいます。そこで、送信の時点で使用可能な最大のビットレートを使ってビデオ画像の送信を行なうこととし、実際の送信速度は可変であるとした。H.261などでは画像符合化量が平滑化されるように送信バッファの状態を監視しながら量子化特性を変化させているが、ここでは1フレームの送信時間が非常に長くかかるため、ひとたび通信量を減らすために画質を落としてしまうと回復するためにも長い時間が必要となり、全体の品質を著しく低下させてしまう。

3. 通信の制御

前述の要求を満たすために、次に述べるような方式を採用した。

3.1 フレーム単位の制御

通信のバンド幅を無駄なく最大限に使用するために、1フレーム毎の送信制御とそれに同期した符合化・復号化の処理を行なう。システムの資源を無駄にしないために符合化した画像は必ず送信する。送信フレーム数を増やしながらかも、送信を含めた復号化の遅延時間をなるべく小さく抑えることを目標とした。

また、通信回線の使用状況をリアルタイムに検知

するために送信する画像符合化データの中に計測用の信号を挿入しておき、最近のビットレートを計測しながら符合化や送信のスケジューリングを動的に制御する方式を提案した。チャンネルは、次の順で優先度を設定しておく。

ビデオ \ll データ \leq 制御

3.2 符合化・復号化処理

通信制御を効率的に行なうために、1 フレーム毎にビデオ画像の符合化と復号化を処理する必要がある。本方式では処理遅延時間のほとんどが通信時間に依存するため、通信の間に CPU により音声や画像の符合化を行なっても全体のスループットに影響を与えないと考え、ソフトウェアによる符合化を採用した。

3.3 解像度

電話回線での通信速度を 14,400bps とすると、音声の符合化データを無視しビデオ画像の圧縮率を 1/50 として 1 秒間に 10 フレーム送信すると仮定すると、解像度は 80×64 くらいの小さいサイズとなる。そこで、80×64 と QCIF の 2 つの解像度を用意し、今後の実験で比較をしていくこととした。

小さいサイズは面積が 1/4 となるため、理論的にはデータ量も 1/4 になると予測されたが、実験では小さいサイズの画像の中でも空間的な情報量は大きいものと同じであるために、同じ量子化特性で符合化を行なうと顔の表情などの細部の情報が欠落し、画質が大きく低下してしまうことが分かった。その結果、小さいサイズでは画質をより重視し、圧縮率は予想よりもかなり低い値となった。

3.4 スケジューリング

毎秒送信数（フレームレート）を増やそうとすれば通信状態は混雑し、通信層でのバッファリングも増えてしまうため実際の転送速度は逆に低下し処理遅延時間も大きくなる。また、送信されるフレームの中に大きな動きが含まれていると符合化データ量が大きくなり送信時間も長くなる。さらに、長い送信の間にはアプリケーションのデータ通信が生じるため、さらに時間がかかる。事前に遅延を少なくするためにフレームレートを減らすと、品質が低下してしまう。そこで、次のようなスケジューリングを設定する。予測には、送信符合化データ量と計測された最近のビットレートを用いる。

1. 送信が可能となる直前に符合化が完了するように予測し、次のフレームの符合化を予約しておく
2. 予約された時点で、画像の取り込み・符合化を開始する

3. 前の送信の終了と符合化の完了を共に満足した時、送信を開始する
4. 送信が予測より早く終了した場合、直ちに符合化を開始し、符合化の予約を取り消す
5. 受信された符合化データは直ちに復号化されるただし、表示する時期はすぐに行なう場合と、動作の滑らかさを重視するために仮想的な表示フレームレートに合わせて行なう場合を想定する
6. 他のアプリケーションからの緊急のデータ送信の際に、ビデオ画像の送信レートを下げたり、停止したりする機能があると便利である

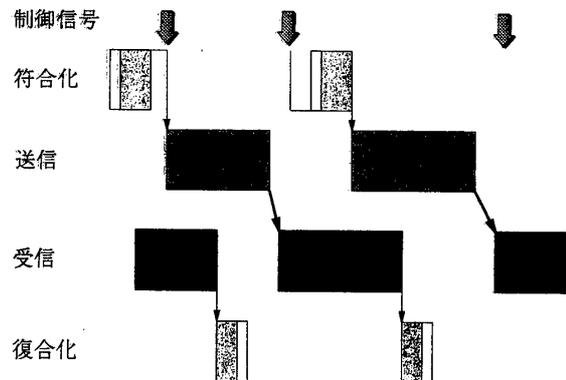


図 2: スケジューリング

4 まとめ

本論文では、低いバンド幅を利用してテレビ会議を実現するためのビデオ画像の通信における問題点を整理し、新しい方式を提案した。今後は、この方式を用いたシステムを実現し、その有効性を検証する予定である。

参考文献

- [1] ISO/IEC 11172-2: 1993 Information Technology - Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at upto about 1.5Mbit/s - Part2: Video, 1993
- [2] ITU-T: Recommendation H.261 "Video codec for audiovisual services at p×64kb/s", 1993
- [3] 安田 浩編著: 「MPEG/マルチメディア符合化の国際標準」, 丸善