

Title	バースト性をもつ動画の送信におけるQoS制御に関する研究
Author(s)	細川, 均
Citation	
Issue Date	2007-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/3577">http://hdl.handle.net/10119/3577</a>
Rights	
Description	Supervisor:日比野 靖, 情報科学研究科, 修士

# バースト性をもつ動画の送信における QoS 制御に関する研究

細川均 (410106)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2007年2月

キーワード: MPEG2, GOP 構造, バースト, QoS 制御, タイムスロット.

## 1. はじめに

近年、ADSL や FTTH などの高速回線が家庭まで普及してきたことにより、ネットワーク上での MPEG2 の送信に注目が集まっている。MPEG2 は符合圧縮されているので、一旦データの損失が発生すると連続的に画像が乱れてしまう。VOD (Video On Demand) のようなリアルタイム性を要求されないアプリケーションの場合は、受信側端末やネットワーク内の機器でバッファリングをすることで品質を保てる場合が多い。しかし、TV 電話のようなリアルタイム性を要求される動画通信ではパケットの遅延が致命的な品質の劣化となるので、バッファリングはできない。パケットの損失は致命的になってしまう。インターネットは非同期のベストエフォート型通信方式であるので、遅延、遅延の揺らぎ、パケットの損失が発生してしまい、品質を保証できない。そこで品質劣化要因を制御し、QoS を保証することが盛んに研究されている。一方、同期式通信の場合は品質を完全に保証する。次世代のバックボーンとして同期式通信の GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switching) が期待されているが、非同期式の IP 網から同期式通信網の特徴を活かした方式のパケットスケジューリング機構は確立されていない。

本研究は、MPEG2 のトラヒック特性を考慮した、GMPLS を対象とする QoS 制御システムを提案し、MPEG2 の品質を保証することを目的とする。MPEG2 トラヒック特性として、GOP 構造に着目している。計算機によるシミュレーション実験によって、呼受付制御付きの単純優先スケジューリングとの比較評価を行い、考察する。

## 2. 動画ストリームのリアルタイム性

動画ストリームは圧縮されても非常に高帯域なデータであるために、非常に多くのリソースを要求される。また、圧縮されていることから、平均帯域幅と最大帯域幅には差がある。そのため、リアルタイム性を保証しようと最大帯域幅を保証するだけのリソースを

割り当てると、ネットワーク内が非常に低使用率になってしまう。また、動画ストリームのリアルタイム性確保と空いているリソースを有効利用するために、サービスクラスと優先スケジューリングが多く提案されてきた。しかし従来の手法では最優先クラスに大量のリソースが割り振られて、複数の最優先クラスを使用したいという要求に対してあまり答えることができない。

### 3. スイッチング特性

非同期式のパケットスイッチングは、多重化するには非常に効率がよい。しかし、非同期であるからパケットの揺らぎが発生し、品質を保証できない。一方、回線交換はその回線のリソースを占有して使用できるので、品質を完全に保証できる。しかし、多重化がしにくいために非常に高コストとなる。

現在、バックボーンとして構築されている SDH/SONET(Synchronous Digital Hierarchy/Synchronous Optical Network) や将来期待される GMPLS は同期式通信の回線交換なので品質は保証するが、トラヒックの性質を考慮せずに、パケットを単に多重化しているだけでは同期式通信の利点を利用することができない。

### 4. MPEG2 のトラヒック特性

MPEG2 は空間型圧縮と時間型圧縮の双方を用いた圧縮・伸張方式である。エンコード・デコードは GOP という固まり単位で行われる。そしてフレームは 3 つのピクチャ形式にされる。まずフレームを DCT(Discrete Cosine Transform) した I ピクチャ。そして I ピクチャから差分を取ることで生成される P ピクチャ。最後に、前後の I または P ピクチャの双方から双方向予測によって生成される B ピクチャである。このような生成のされ方をするので MPEG2 によるリアルタイム通信をしているときにパケットの遅延が起れば、そのピクチャの種類によってそのパケット遅延によるエラーが影響する範囲も決まってくる。この中でも I ピクチャと P ピクチャの転送で遅延が起きると影響が大きい。MPEG2 の品質を保証するには、この 2 種類のピクチャのパケットの遅延を防止することが重要になってくる。

また、MPEG2 の特徴として各ピクチャのデータサイズに変動があることもあげられる。この変動は、呼受付制御機構における最大帯域幅保証では、呼を受け付ける数を極端に減らしてしまうという問題がある。

### 5. QoS 制御機構

MPEG2 のトラヒック特性を考慮した、GMPLS を対象とする QoS 制御を提案した。呼受付制御機構とパケットスケジューリングを GOP のフレーム間隔に同期させたタイムスロットを用いることで 1 バーストを 33.3ms 内に送信することを試みた。サービスクラスを 3 種類、EF(Expedited Forwarding) クラス、PF(Predicted Forwarding) クラス、BE(Best Effort) クラスを定義した。最も優先度の高い EF クラスはそれぞれの各ピクチャの最大帯域幅を保証する。PF クラスはそれぞれの各ピクチャの平均帯域幅を保証する。BE クラ

スは何も保証しない。各クラスの呼受付申請を受けて制御サーバが各タイムスロットに割り当てた場合の帯域を計算し、最も低い帯域のタイムスロットに割り当てていく。タイムスロットはIピクチャの送信時間なのでそれによって重要なIピクチャの送信を守ることを試みる。パケットスケジューリングアルゴリズムはマルチレベルラウンドロビンを使用する。これによって同クラス内のフローの公平間を近づける。また、PFクラスでは平均で割り付けてあるためにバックボーンの帯域幅を越えることが予想される。帯域幅を越えれば当然遅延が発生する。遅延したパケットは映像になることはないので、その重要度によってパケットを棄てるようにすることにする。

## 6. シミュレーションによる実験

本提案方式を評価するために計算機によるシミュレーション実験を行った。本提案方式との比較をするために、呼受付制御機構つき単純優先スケジューリングのシミュレーション実験を行った。評価項目は

1. 各サービスクラスの送信可能数
2. フレームの遅延
3. Iピクチャの遅延揺らぎ
4. フレームの欠損

の4項目である。その結果、提案手法はEFクラスは呼受付制御機構つき単純優先スケジューリングよりも多く送信が可能になった。一方で、フレームの遅延に関しては提案手法がタイムスロットを用いて転送を遅らせるために、リアルタイム性が低くなる。呼受付制御機構つき単純優先スケジューリングは低遅延で到着しており、リアルタイム性を守っている。Iピクチャの遅延の揺らぎに関しては提案手法がマルチレベルラウンドロビンを用いていることから、EFクラスの同じサービスレベル内のフロー間での満足度の差は小さく、フローの本数が増えるにつれて揺らぎが大きくなる傾向にある。単純優先スケジューリングの方は変動があり、傾向がつかめない。フレームの欠損に関しては同期式送受信を行っている提案手法の方は、バッファリング 33.3ms でも、かなりの高使用率まで欠損がない。しかし、高使用率時に GMPLS 網を 33.3ms 以内に送信できたフレームが Egress Router にて遅延した。これは最後まで送信されずに残った長いバーストが許容時間間際になって一気に送信されたからである。単純優先スケジューリングの方は非同期式の送受信でのバッファリング 33.3ms では圧倒的に足りず、サービスクラスに関係なく、ほぼ2枚に1枚の割合でフレームの欠損が起きている。バッファリングを倍の 66.6ms に増やしたところ、フレームの欠損が劇的に改善されて、品質が良くなった。

## 7. 結論

MPEG2のトラヒック特性を考慮した、GMPLSを対象としたQoS制御機構の提案を行い、これの効果を評価した。これによって、帯域を保証するクラスの本数が増えたが、代わりにリアルタイム性が低くなり、トレードオフが起きる。本提案方式において出た課題と

しては、リアルタイム性が低くなったことがある。これを改善するための工夫が必要である。また、制限時間内に GMPLS に転送できても Egress Router での遅延が起ることが確認され、この解決方法が課題として残る。