

ネットワーク状況に応じたメディアスケーリング

4 V - 3

伊藤 克信 村岡 洋一
早稲田大学

1 はじめに

リアルタイムでネットワーク上に動画や音声データを流すことを考える場合、画像の乱れや音の途切れといった品質の低下が問題となってくる。これは、必要なネットワーク帯域が常に確保されておらず、パケットロスが起こるためである。現在あるビデオ配信システムの多くはネットワーク帯域の変動に対応しておらず、送信前に決めたビットレートでデータを送信し続ける。そのため、ネットワークが混雑し始めるとパケットロスが生じ、画像が乱れるといった現象に陥る。そこで、各時刻におけるネットワーク帯域を考慮し、それに応じて動的にメディアスケーリングを行なうことで、ネットワーク上に流すデータ量を調整することを考える。なお、ここでの通信プロトコルとしてはUDP/IPを考えている。これは、TCP/IPの再送によるトラフィックの増加を避けるためである。

2 従来手法における問題点

いくつかのビデオ配信システムで採用されている動的なメディアスケーリングでは、以下のような特徴が挙げられる。

- あらかじめビットレートの異なるデータを複数用意しておく。
- 受信ホストの状況をフィードバックし、受信状況が悪い場合には低いビットレートのデータを、良くなってきた場合には高いビットレートのデータを送信する。

しかし、上記のようなメディアスケーリングの手法では、以下のような問題点が考えられる。

- コンテンツの内容は同じであるにも関わらず、ビットレートが異なるデータを複数用意しておく必要があるため、大量のディスク容量が必要となる。
- 少なくとも伝送遅延時間だけ制御が遅れることになり、遠隔地間での通信の場合、制御が遅れるために有効でない。また、送信ホストに受信状況をフィードバックするとトラフィックの増加の原因にもなる。

そこで、離散コサイン変換を用いたデータのスケールリング、パケットの優先度を用いたゲートウェイ(ルータ)での制御を実現することで、この問題点の解決を図る。

Dynamic media scaling for Internet
ITO Katsunobu, MURAOKA Yoichi
Waseda University

3 オーディオデータのスケールリング

データを適当に間引くことでスケールリングを実現することを考える。

オーディオデータの場合、音響信号(PCMなど)のサンプルを間引く(サンプリングレートを下げる)手法が考えられる[1]。しかし、この手法では高い圧縮率を得られず、低ビットレートでの送信が困難である。また、ビットレートを下げると品質が著しく低下するという問題もある。そこで、まず音響信号に対して離散コサイン変換(DCT)を行ない、DCTの結果を量子化及びビット割り当てを行なう。そして、その結果を4つに分割し、直流成分の方から高い優先度を割り当てていく。この優先度が、ネットワークが混雑した際にデータ量を調節する基準となってくる。そして、送信時にデータに割り当てられた優先度をIPv4ヘッダのTOS(IPv6の場合はpriority)フィールドに埋め込んで送信を行なう。IPヘッダを用いる理由としては、ゲートウェイ(ルータ)での制御を可能にするため、上位プロトコルにも依存しないという利点もある。この手法により、1つのオーディオデータを4つのスケールされたデータとして扱うことができる(図1)。ここで、4つのスケールにした理由は、品質の低下が極端でなく、通信効率をあまり落とさずにネットワーク帯域の小さな変化に対応できるように考慮したためである。

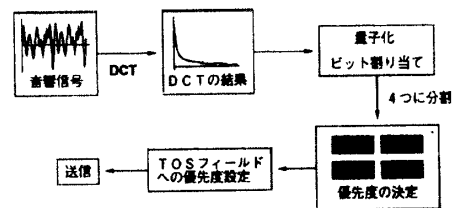


図1: 送信までの流れ

それぞれのスケールのデータを受信するために必要なネットワーク帯域は表1の通りである。なお、ここではスケールの値が大きいほどコンテンツの品質が良くなるものとする。

スケール	必要帯域 (bps)
1	36k
2	76k
3	131k
4	195k

表1: 各スケールと必要帯域

以上により、ビットレートの異なるデータを複数用意する必要はなく、ディスクの節約ができる。また、受信できたデータ量によって品質は変化するものの、音

の途切れを優先度を用いて制御することで抑制することができる。しかし、そのためには4つのデータのうち少なくとも1つは届く必要がある。これは大きな課題であり、現在の実装では最低限36kbpsは必要となっている。

4 ゲートウェイ(ルータ)での制御

受信状況をフィードバックし、送信データ量を制御する、すなわち End-to-End での制御では伝送遅延時間が大きい場合に制御の遅れが問題となってくる。そこで、各ゲートウェイ(ルータ)で制御することを考える。ゲートウェイ(ルータ)で制御を行なう理由として、以下のことが挙げられる。

- ゲートウェイ(ルータ)内のバッファの溢れによってパケットロスが決定するため、逆にその情報を利用してリアルタイムに制御ができる。
- パケットをフォワードする際に、優先度の高いデータの packets を優先的にフォワードするような制御ができる。

具体的には、パケットのフォワード時に、優先度が埋め込まれている IP ヘッダの TOS(IPv4 の場合) フィールドを参照し、ネットワークの状況に応じて、パケットのフィルタリングを行なう(図2)。これにより、予測不能なパケットロスを回避し、優先度の高いデータを優先的にフォワードすることができる。これは、従来の End-to-End による制御では不可能であったが、ゲートウェイ(ルータ)で制御することで可能となる。また、ネットワークの状況については単位時間当たりフォワードしたデータ量から算出したネットワーク帯域を用いる。

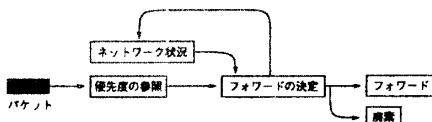


図2: フォワードの流れ

さらに、オーディオデータのマルチキャスト通信を考える場合に、本手法を用いることでネットワーク環境が異なる複数のユーザに対して、1種類のデータを送信するだけで環境に応じた品質のデータを提供することができる。これにより、高速ネットワークと従来のネットワークが共存するようなヘテロジニアスなネットワーク環境でのマルチキャスト通信を実現することが可能となる。

5 実験及び評価

LAN 上の複数のワークステーションをゲートウェイと想定し、サーバからそれらのワークステーションを経由してクライアントにオーディオデータを送信する実験を行なった。送信したオーディオデータは、あらかじめ44.1kHzでサンプリングしたPCMを本手法でメディアスケールリングできるように変換を施したものである。また、各ワークステーションにはftpなどで起こるようなバースト的な負荷をランダム与えることで、

ネットワーク帯域が動的に変動するような状態を作り出した。ネットワーク帯域とそれに応じた受信データ量の様子は図3の通りである。

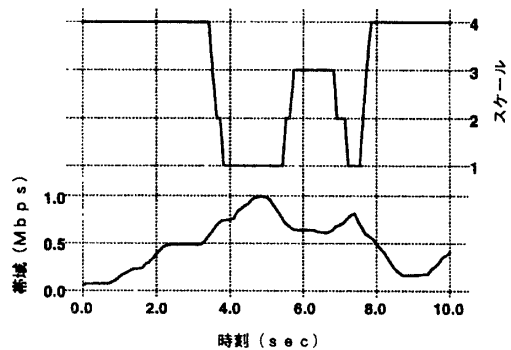


図3: ネットワーク帯域とデータ

図3のように、各時刻でのネットワーク帯域に応じて、受信データ量が動的に変化する。また、優先度の高いデータが廃棄されるようなパケットロスが生じないために、受信できたデータ量は変化するものの音の途切れ、極端な品質低下は確認できなかった。

さらに、この実験では、サーバとクライアント間のホップ数をいろいろ変えて行なったが、ホップ数による品質への影響は特になかった。但し、スケールが極端に低くなると、高いスケールの時に比べて音量が小さくなり、多少のノイズが乗ることが確認できた。

また、単純なパケットのフォワードではなく、優先度を参照してからフォワードを行なっているために、1パケット当たりの処理が増加する。実験では、単純にフォワードした場合に比べて、1.04%のCPU処理の増加が確認できた。そのため、ゲートウェイ(ルータ)における処理の軽減と処理能力の向上が求められる。

6 まとめ

本稿では、動的なメディアスケールリングを実現するための手法について述べた。また、LAN上の複数のワークステーションを仮想的なゲートウェイとして送信実験を行なったところ、ネットワーク状況に応じてデータの送信量を優先度を用いて調節し、受信したデータで音が途切れないことを確認した。

今後は、実際のゲートウェイに実装し、広域ネットワークでの実験を行なっていく。さらに、受信側での音量の調節とノイズ除去についても実装を進めていく。また、実際のネットワークで流れている他のパケットにどのような優先度を割り当てるかを検討していく必要がある。

参考文献

- [1] 伊藤 克信、籠 浩昭、村岡 洋一、"QoS 保証のための音声データへの Prioritization", 情報処理学会第 53 回全国大会,1996
- [2] 古野 真太郎、中島 達夫、" スケーラブルメディアを扱うための Real-Time Mach 上の連続メディアツールキット", 日本ソフトウェア科学会 WISS'95, 1995
- [3] 山内 長承、河内谷清久仁、" インターネット上の動画転送を意識した動的 QoS 制御", 情報処理学会 マルチメディア通信と分散処理 研究報告,1996