

コンテンツ指向モバイルマルチメディアアクセス方式の 空間的解像度の制御

太田 賢 増田 彰久 渡辺 尚 水野 忠則

静岡大学大学院理工学研究科

PHS、携帯電話のワイヤレスデータ通信機能を利用してマルチメディア通信を行いたいという要求がある。しかし、ワイヤレス通信には帯域幅が狭く、バースト誤りにより転送が途切れる、帯域幅、誤り率などの品質が頻繁に変化するという問題があり、比較的大容量の帯域幅とスムーズな転送を必要とするマルチメディア通信の扱いは難しい。

我々はこれまで、コンテンツ内の重要な情報を優先して受信者に提供する選択的マルチメディア通信方式 SMAP を提案してきた。SMAP は、マルチメディア情報の各映像フレーム、音声ブロックに対して、その意味的な重要度に基づき優先度を4段階で与える。帯域幅が不足している状態においても、優先度に基づく選択的転送により、重要な部分は比較的高い時間的解像度で提供することができる。本稿ではさらに優先度に基づいた空間的解像度の制御を加えることで、帯域幅が狭く品質が頻繁に変化するワイヤレス通信環境においても、重要なフレームをより確実に、かつ高品質で受信者に提供することを可能にする。

Spatial Resolution Control for Content-based Mobile Multimedia Access Protocol

Ken Ohta Akihisa Masuda Takashi Watanabe Tadanori Mizuno

Graduate School of Science and Engineering, Shizuoka University
3-5-1, Johoku, Hamamatsu, 432 Japan

Users desire to use multimedia applications such as browsing WWW and VoD in not only desktop computing environment but also wireless or mobile computing environment. A wireless link, however, is generally poor in quality to accommodate multimedia communication.

We have proposed a content-based multimedia access protocol SMAP for wireless environment. It adopts the selective transport service according to content-based priority, assigned to each video frame and audio block of multimedia data, so that a user can get important information even if available bandwidth is insufficient for the multimedia data.

This paper introduces the spatial resolution control for video into SMAP. When available bandwidth is so poor, degrading spatial resolution of video frames allows the selective transport to choose more high-priority frames to deliver. Since the spatial resolution control delivers high-priority frames in higher spatial resolution, a user can perceive important frames in higher quality.

1 はじめに

携帯電話、PHSの普及により、情報の発信、受信要求の発生時に即時に通信を実施するモバイルコミュニケーションが一般的なものになりつつある。音声はもちろん、データ通信機能によりテキスト情報、静止画像などをやりとりすることができる。近年は、より豊かな情報交換を実現するため、ビデオやオーディオのようなストリーム情報を扱うための研究、開発がさかんに行われている。

マルチメディア通信は、比較的大容量の途切れないネットワークを要求する。ワイヤレス通信、広域インターネットのようにネットワーク品質が低く、保証されていない環境でマルチメディア通信を行うために、帯域幅、遅延などのネットワークのサービス品質を監視し、それに呼応してマルチメディア情報の空間的、時間的解像度を調節して消費帯域幅を削減する技術がこれまで提案、開発されてきた[1][2]。しかし、これら従来のメディアスケージングの技術は、マルチメディア情報のコンテンツを考慮せずに単純に品質を落とす処理を行うので、重要な情報が欠落することがあるという欠点がある。

そこで我々はこれまで、コンテンツ内の重要な情報を優先して受信者に提供する選択的マルチメディア通信方式SMAP(Selective Multimedia Access Protocol)を提案してきた[3]。マルチメディアデータの作成者、配布者などは、各映像フレーム、音声ブロックに対し、その意味的な重要度に基づいて優先度を4段階(0~3)で与える。帯域幅が不足している状態では、低優先度の情報はスキップされるものの、高優先度の重要な情報は優先して受信者に提供することができる。

本稿では時間的解像度の制御に加え、空間的解像度(ビデオの色数、ピクセル数など)の制御を行なうSMAPv2を提案する。SMAPv2は、1.高優先度のフレームをより確実に受信者に提供すること、2.高優先度のフレームをできるだけ高い解像度で提供すること、3.ユーザの

好みに応じて、時間的解像度と空間的解像度のどちらを重視するかを動的に制御すること、の3つを実現する。

以下2章で、関連研究を挙げ、3章でこれまで提案してきた選択的マルチメディア通信方式SMAPとその空間的解像度制御に関する要求について述べる。4章で空間的解像度の制御方式の提案を行い、最後に5章でまとめとする。

2 関連研究

マルチメディア通信におけるマルチメディア情報の空間的解像度の制御に関し、いくつか関連研究をあげる。

1. ワイヤレス通信環境、インターネット環境とも帯域幅の変動が頻繁に起こる。映像信号の階層的な符号化[2]を行うことにより、利用可能帯域幅が小さい場合、高画質の情報を含むパケットを落とし、低解像度の信号を含むパケットのみを送るようにするなど利用可能帯域幅の変動に動的に適応することができる。
2. IVS[4]はH.261符号化方式を利用するインターネット上のビデオ会議システムで、H.261のパラメータを動的に調節して映像の出力データ量を制御し、利用可能帯域幅の変動に適応することができる。ユーザは空間的解像度を重視するか時間的解像度重視(動き重視)かを指定することができる。
3. QoS指定を含むシナリオ記述言語MSDL-IIは、あるシーンの映像、音声の時間的解像度、空間的解像度がどれだけ低下してもよいかの許諾指定、そのシーンの映像、音声間の優先度の指定などを記述できる[5]。

SMAPは、ストリーム中のどのフレーム、どの音声サンプルを取得するかを制御するマルチメディアアクセスプロトコルであり、符号化方式とは異なる。ビデオがフレーム、オーディオが音声サンプルから構成され、各フレーム、

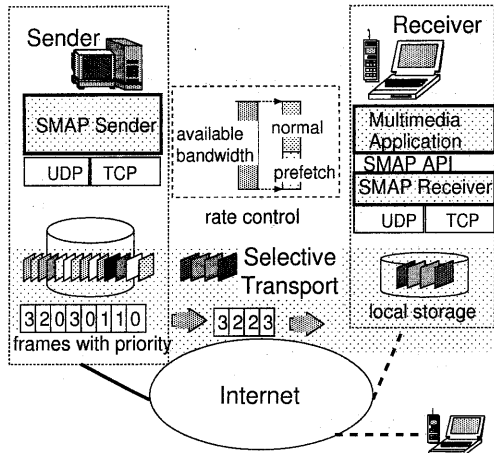


図 1: 選択的マルチメディア通信方式

音声サンプルにアクセスすることができれば SMAP を適用可能である。

SMAP の優先度の指定は一種の QoS 要求である。MSDL-II はシーン内の QoS 制御を扱うのに対し、SMAP はシーン内、シーン間の両方の制御を行う。シーン内の制御は、フレーム、音声ブロック単位に優先度を指定するので細かな転送制御が可能で、シーン間の制御はシーン 1 よりもシーン 2 の方が重要な場合、シーン 1 の品質を落とし、その分の帯域幅をシーン 2 に割り当てるといったことが可能である。

3 コンテンツ指向のマルチメディアアクセス方式

3.1 選択的マルチメディア通信方式

選択的マルチメディア通信方式 SMAP は、コンテンツ内の重要な情報を優先して転送することを目的としたマルチメディアアクセスプロトコルである。マルチメディア情報の作成者、配布者などは、映像フレーム、音声ブロックに対し、その意味的な重要度に基づいて優先度を 4 段階 (0 ~ 3) で与える。例えばゴルフビデオの場合、スイングフォームを表示するフレーム、

コマーシャルビデオの場合、商品を表示するフレームなどに優先度が与えられる。SMAP は優先度に基づいた選択的転送、先読み、キャッシングを行う。重要なシーンは他のシーンよりも時間的解像度において高品質で再生され、先読みにより途切れの吸収も行なうことができる。

図 2 に示すように、マルチメディア情報の送信側は送信対象のフレーム、音声ブロックから最も高い優先度のものを選択し、それをパケットに分割し、UDP を使ってあるレートで受信側へパケットを転送する。受信側はパケットを受けとり、フレーム、音声ブロックを組み立てて再生を行う。

受信側は入力パケットを監視することで利用可能帯域幅を見積り、送信側に TCP を使って定期的に通知する。送信側はその通知された利用可能帯域幅を通常の転送と先読みに割り当て、その割り当て帯域幅に相当するレートでパケットを送信する。

3.2 空間的解像度の制御に関する要求

これまでの SMAP の選択的転送は、ある 1 つの空間的解像度を持つビデオ、オーディオの転送において、フレーム、音声ブロックの優先度に基づいて時間的解像度の制御を行うものであった。SMAPv2 はさらにビデオの空間的解像度の制御を行うことにより、以下の 3 つの要求を実現する。

1. 高優先度のフレームを確実に提供 高優先度フレームでさえもスキップするほど帯域幅が不足している場合、フレームの空間的解像度を下げて転送フレーム数を増やし、高優先度フレームをできるだけスキップさせることがないようにする。
2. 高優先度のフレームを高品質で提供 高優先度のフレームとは重要だとマーキングされたフレームであり、できるだけ高品質で受信者に提供すべきである。

3. 動的な動き重視、画質重視の設定 ユーザの、動き優先、画質優先といった要求に動的に
 応答できるようにする。ユーザは必ず送るべき
 フレームとスキップしてもよいフレームを区別
 する0~3のしきい値を指定する。しきい値が
 小さいほど時間的解像度を重視し、大きいほど
 空間的解像度を重視するという要求に対応する。
 しきい値未満の優先度を持つフレームをスキ
 ップさせたり、低画質で提供するかわりに、し
 きい値以上の優先度のフレームを落とすことな
 かつ高画質で提供することができる。

4 空間的解像度の制御

4.1 前提条件

SMAPv2を適用するビデオの前提条件とし
 て、任意のフレーム番号に対し、L段階の空間
 的解像度を持ったフレームが取得できることと
 する。例えば、色数、サイズなどいくつかの異
 なる空間的解像度を持ったビデオファイルを用
 意したり、高品質ビデオを用意し、取得要求が
 あった時に逐次、加工することで、その条件を
 満たすことができる。最も空間的解像度の低い
 フレームを品質 Q_0 のフレーム、最も高いフレ
 ームを品質 Q_{L-1} のフレームと呼ぶ。

さらにそのビデオファイルに対応した優先度
 ファイルには、L段階の各空間的解像度に対
 応した1フレームの容量(データサイズ)の平
 均値の情報が収められているとする。ビデオの
 各フレームの容量は、画像の複雑さ、キーフレ
 ーム(独立して伸張可能)か差分フレーム(他のフ
 レームに依存)かにより異なる。品質 Q_i のキー
 フレームの平均容量を GK_i 、差分フレームの
 平均容量を GS_i と記す。平均容量を求める処
 理の詳細は、4.4節で述べる。

以下で利用する記号について定義する。利用
 可能帯域幅 B 、エンドツーエンドの予測ネット
 ワーク遅延 D はマルチメディア情報の受信側
 のパケット監視機能によって、一定時間ごと
 に通知、更新される。SMAPと同様、ユーザの

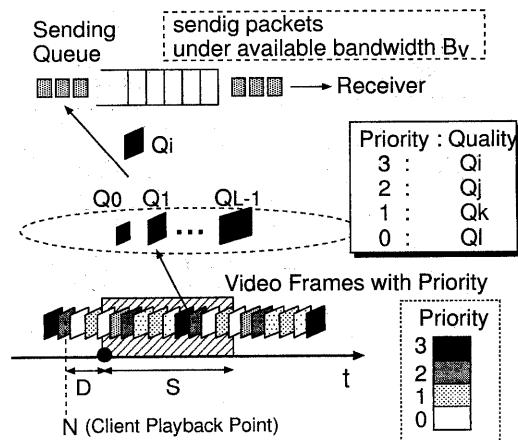


図 2: 改良選択的転送スケジューリング

指定により、帯域幅 B は映像 B_v と音声 B_a に
 分配されたとする。また、スケジューリング対
 象時間 S は選択的転送の効果の強さを示すも
 ので、ユーザが指定可能である。この時間を長
 くするほど高優先度フレームを積極的に転送す
 ることができ、短くするほど優先度を考慮しな
 い通常の転送になる。

4.2 改良選択的転送スケジューリング

SMAPv2における空間的解像度制御付き選
 択的転送のスケジューリング方式を図2に示す。
 マルチメディア情報の送信側は映像、音声スト
 リームごとに独立して送信キューを持ち、それ
 ぞれの割り当て帯域幅 B_v, B_a 以内のレートで
 送信キューからパケットを取り出し転送する。

送信キューに一定量の空ができた時に選択的
 転送スケジューリングが実行される。マルチメ
 デディア情報の受信側の現在の再生点 $N+$ 予測
 ネットワーク遅延 D の時刻からスケジューリ
 ング対象時間 S 時間後までの範囲(図2の斜線
 の範囲)にある未送信フレームの中から最も優
 先度が高く、フレーム番号の若いフレームを選
 択する。

次に、後述の空間的解像度制御ルーチンで決
 定された空間的解像度のフレームをビデオから
 取得し、パケット化して送信キューに入れる。

0～3の各優先度に対しそれぞれ Q_i, Q_j, Q_k, Q_l の空間的解像度品質が設定される。例外として、差分フレームとその元となるフレームは同じ空間的解像度品質でないと伸張処理を行えないので、差分フレームを送信する際はその空間的解像度品質を、元となるフレームの空間的解像度品質に合わせることにする。その元となるフレームが送信済みでない場合、選択的転送スケジューリングはそのフレームも一緒に送信する。

4.3 空間的解像度制御ルーチン

SMAPv2の空間的解像度制御ルーチンは、改良選択的転送スケジューリングとは独立に周期的(例えば5秒ごと)に実行され、受信者に提供するフレームの空間的解像度品質 Q_i, Q_j, Q_k, Q_l を、0～3の各優先度に対応して設定するものである。その品質設定は次に空間的解像度制御ルーチンが実行されるまで有効である。

空間的解像度制御ルーチンが T 秒ごとに実行され、ユーザが時間的解像度と空間的解像度のどちらを重視するかを示すしきい値として $R(0\sim 3)$ を設定したとする。以下に空間的解像度制御ルーチンの手順を示す。

1. しきい値以上、しきい値未満のフレーム数を数える まず、スケジューリング対象時間 $S+T$ の空間的解像度制御ルーチン実行間隔時間 T の中から、しきい値 R 以上のキーフレームの数 MK_R 、差分フレームの数 MS_R 、しきい値未満のキーフレームの数 NK_R 、差分フレームの数 NS_R を数える。

2. 高優先度フレームの空間的解像度品質 q を求める 次に式(1)を満たす、できるだけ大きな空間的解像度の品質 q を求める。左辺は期待される転送データ量、右辺はフレーム数とフレームの平均容量の積、すなわちおよそその転送データ量を示す。つまり、利用可能帯域幅の許す範囲で、しきい値 R 以上のフレームをすべて送ることのできる最大の空間的解像度を求めることになる。

$$(S+T)B_V \geq MK_R \times GK_q + MS_R \times GS_q \quad (1)$$

式(1)を満たす品質 q がない場合、最低品質 $q=Q_0$ で通信を行なう。この場合、しきい値以上のフレームでもスキップされてしまうものがある。

3. 低優先度フレームの空間的解像度品質 q' を求める 式(1)の左辺から右辺を引いた式(2)の C は、低優先度フレームに割りあてることのできる転送データ量である。

$$C = (S+T)B_V - (MK_R \times GK_q + MS_R \times GS_q) \quad (2)$$

そこで、低優先度フレームの空間的解像度品質 q' を式(3)でステップ2と同様に設定する。式(3)を満たす品質 q' がない場合、最低品質 $q'=Q_0$ で通信を行なう。

$$C \geq NK_R \times GK_{q'} + NS_R \times GS_{q'} \quad (3)$$

以上の手順で、優先度3,2,1,0のフレームに対しそれぞれ品質 Q_i, Q_j, Q_k, Q_l が設定される。例えばしきい値 $R=2$ の場合、 $Q_i = Q_j = q, Q_k = Q_l = q'$ となる。

4.4 フレームの平均データ容量の計算

4.1で述べたように、優先度ファイルには L 段階の各空間的解像度に対応した1フレームの容量の平均値の情報が以下の手順で収められる。

1. ビデオからランダムに x 枚のキーフレーム、 y 枚の差分フレームを選択する。フレーム数 x, y は全フレーム数の1/10とする。

2. 品質 Q_0 のキーフレームの平均容量 GK_0 、差分フレームの平均容量 GS_0 を計算する。 x 枚のキーフレームのデータ容量をすべて足し x で割ったものが GK_0 である。 GS_0 も同様。

3. 品質 Q_1, Q_2, \dots, Q_{L-1} ごとに上の2のステップを行い、 $GK_1, \dots, GK_{L-1}, GS_1, \dots, GS_{L-1}$ を求める。

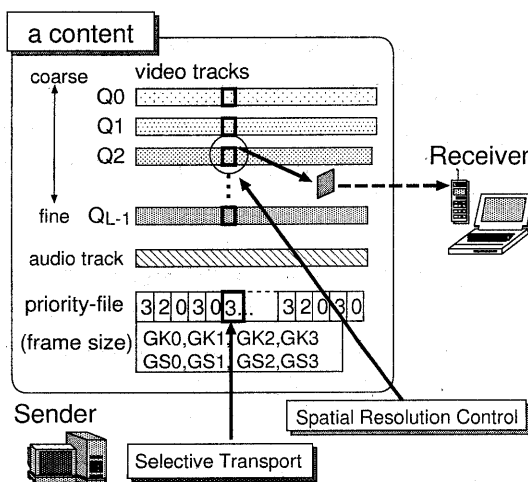


図 3: 空間的解像度制御付き選択的転送

5 まとめ

本稿では、選択的マルチメディア通信方式 SMAP におけるビデオの空間的解像度の制御方式について提案を行なった。優先度に基づいて送信するフレームを選択する選択的転送スケジューリングと、各優先度のフレームの空間的解像度品質を設定する空間的解像度制御ルーチンを組みあわせることで、優先度の高いフレームをできるだけ落とすことなく、かつ高画質で受信者に提供する。例えばニュースビデオにおいて詳細な図やテキストを表示するフレームなどに高優先度を与えておけば、視聴者に比較的高い画質で見せることができる。

また、空間的解像度の制御ルーチンは、ユーザの動き(時間的解像度)、画質(空間的解像度)のどちらを重視するかという要求に対し動的に対応できる。

現在、提案方式の有効性を評価するため、これまで Windows95 上に開発してきた SMAP のコンポーネント(図 1)を基に SMAPv2 の実装を行っている。本研究は、1つのコンテンツに対し空間的解像度の品質が異なるビデオトラックをいくつか用意することで、異なる画質のフ

レームを提供する(図 3)。高品質のビデオを用意し、送信時に逐次加工する手法は、階層化符号化方式のようにもともと異なる空間的解像度品質のフレームを取得できるような符号化方式のビデオを扱う場合に適しているが、その他の符号化方式では加工処理の負荷が非常に大きくなるという問題がある。複数のビデオトラックを用意する手法はディスク容量を多く消費するという欠点があるものの、加工処理が必要なく実装も簡単である。

参考文献

- [1] D.D.Clark, S.Shenker, L.Zhang, Supporting Real-Time Applications in an Integrated Services Packet Network:Architecture and Mechanism, Proc.ACM SIGCOMM'92,pp14-26,1992.
- [2] A. Alwan, R. Bagrodia, N. Bambos, M. Gerla, L. Kleinrock, J. Short, and J. Villasenor, "Adaptive mobile multimedia networks", IEEE Personal Communications, vol.3, no.2, pp.34-51, Apr. 1996.
- [3] 太田、渡辺、水野:ワイヤレス通信環境における選択的マルチメディア通信方式の実装, 情処研報 97-DPS-82, Vol.97, No.35, pp.141-146(1997.4).
- [4] T. Turletti and C. Huitema, "Video conferencing on the Internet," IEEE/ACM Trans. Networking, vol.4, no.3, June 1996.
- [5] 呉, 藤川, 松浦, 下條 真司, 宮原 秀夫,"分散型マルチメディアシステム Symphony における QoS 指定を含んだシナリオ記述言語", 電子情報通信学会論文誌 B-I, Vol.J79-B-I,No.5,pp.329-337, May. 1996.