

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

太田 賢[†] 渡辺 尚^{††} 水野 忠 則^{††}

モバイルコンピューティング環境, ワイヤレス通信環境でもマルチメディアを利用したいという要求が高まっている。しかし, ワイヤレス通信環境は帯域幅が狭く, バースト誤り, 移動時のハンドオフにより転送の途切れが生じるという問題があり, マルチメディア通信の扱いは難しい。帯域幅, 遅延などのサービス品質が保証されないネットワーク上でマルチメディアを扱うため, ネットワークの提供するサービス品質に適應する符号化, データ転送手法が提案されている。しかし, これらの手法はマルチメディア情報の中身を考慮せずに適應処理を行うため, ユーザが重要な情報を獲得し損なうことがあるという欠点がある。本研究は狭帯域環境において効率的にマルチメディア情報にアクセスする選択的マルチメディア通信方式を提案するものである。マルチメディア情報のシーンごとに, その意味的重要度に基づいて優先度を与える。本方式は, その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。利用可能帯域幅の範囲で, 優先度に基づいた選択的マルチメディア転送が行われるので, 重要なシーンは比較的高品質な再生を行うことができる。高優先度の情報を先読みすることにより, 転送の途切れが生じても再生を続行させることができる。キャッシングにより, 巻きもどし時のマルチメディア再生の品質を向上させることができる。本方式のプロトタイプを実装し, 評価実験を行ったので, それについても報告する。

Selective Multimedia Access Protocol for Wireless Multimedia Communication

KEN OHTA,[†] TAKASHI WATANABE^{††} and TADANORI MIZUNO^{††}

The realization of multimedia communication in mobile computing environment can lead developments of various attractive applications. However, there are two major problems when using wireless link. First, wireless link doesn't have bandwidth enough to accommodate multimedia communication. Second, a transport service may be interrupted during carrying continuous media such as video and audio by burst-errors and hand-offs. In order to overcome these two problems, adaptive schemes such as layered encoding schemes have been proposed. However, a user may miss important information when using such schemes because they don't consider contents of multimedia data. They simply reduce quality of multimedia data when available bandwidth is insufficient. We propose a priority-based multimedia communication protocol for wireless communication: SMAP (Selective Multimedia Access Protocol). It adopts the following schemes, the selective transport service according to content-based priority of a video frame and an audio block, the prefetching multimedia data with high priority, and the caching multimedia data with high priority. Authors or providers of multimedia data assign priority to important scenes in the multimedia data so that the selective transport service allocates them more bandwidth than trivial scenes. The prefetching allows a multimedia application to continue to play back even when a burst-error or a hand-off occurs. The caching can improve quality of contents of multimedia data when replaying.

1. はじめに

携帯電話, PHS などのワイヤレス通信機器と, ノー

トパソコン, PDA などの携帯端末の高機能化と低価格化による普及を背景に, これらを利用していつでもどこでも情報を発信, 受信できるモバイルコンピューティングが注目を集めている。モバイルコンピューティングの実現により, なにか伝えたい情報が発生したとき, なにか情報が欲しくなったとき, 迅速にその要求を処理することが可能になる¹⁾。

その情報発信, 受信を, 音声, 映像, 画像などのマ

[†] 静岡大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Shizuoka University

^{††} 静岡大学情報学部

Faculty of Information, Shizuoka University

マルチメディアを利用して行いたいという要求がある。現在、インターネット上ではビデオ会議、電話、ラジオ、ビデオ放送などのマルチメディア通信アプリケーションが次々に登場し、人気を集めている。しかし、ワイヤレス通信を利用したモバイルコンピューティング環境においてやりとりされるマルチメディア情報は、低解像度の画像、低品質の音声に制限されている。

それは、ワイヤレス通信環境でマルチメディア情報を扱おうとすると、まずマルチメディア情報を転送するのに必要とされるだけの帯域幅が利用できなかったり、バースト的な誤りや移動時のハンドオフにより、転送が途切れるといった障害が起きるためである²⁾。現在のワイヤレス通信環境は、PHSが29.2Kbps、携帯電話が28.8Kbpsのデータ通信サービスの提供を始めるなど高速化がなされているが、それでもマルチメディア通信に十分な帯域幅を提供できてはいない。また、転送の途切れが起こると映像がぎくしゃくしたり、音声の途切れが生じる。映像、音声などの連続的メディアを通信を用いてやりとりする場合、通信回線は比較的大容量の帯域幅、スムーズな転送を提供することが重要である。

これらの問題に対し、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、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したり、バッファリングや再生点の調節などを行って、パケットの転送遅延の変動を吸収するような適応的手法が提案されている³⁾。しかし、これらの手法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、重要な情報が欠落してしまうことがあるという欠点がある。また、ある大きさまでの遅延の変動の吸収はできるが、転送の途切れが長く続くと再生を続行できなくなる。

本研究は、ワイヤレス通信環境において効率的に蓄積型のマルチメディア情報にアクセスする選択的マルチメディア通信方式SMAP(Selective Multimedia Access Protocol)を提案する。本手法の適用範囲は、ビデオオンデマンド、マルチメディアデータベースなどの蓄積型のマルチメディア情報に限定されるが、これはSMAPが連続メディアの各シーンに対しあらかじめ優先度を付けることを前提としているからである。

あるマルチメディア情報の作成者あるいは提供者は、各シーンの意味的重要度に基づいて優先度を与える。SMAPは、その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。利用可能帯域幅の範囲で、優先度に基づいた選択的なマルチメディア転送が行われるので、重要なシーンは比較的高品質な再生を行うこ

とができる。高優先度の情報を先読みすることにより、転送の途切れが生じても再生を続行させることができる。キャッシングにより、巻きもどし時のマルチメディア再生の品質を向上させることができる。

以下、2章で関連研究について述べ、3章で選択的マルチメディア通信方式SMAPを提案する。4章でSMAPの実装について述べ、5章で開発中のプロトタイプの実験評価について報告する。最後に6章でまとめとする。

2. 関連研究

ワイヤレス通信環境におけるマルチメディア通信に関し、いくつかの関連研究をあげる。

2.1 ビデオ符号化

ワイヤレス通信環境におけるビデオの符号化には、処理コストが小さいこと、誤りに対する頑強さが求められる。携帯端末はデスクトップマシンに比べ処理能力が劣ること、バッテリーに制限があるため電力消費を抑える必要もあることから処理コストの小さい手法が求められる。また、ある誤りの発生が数フレームの伸張に影響する手法もワイヤレス通信環境には適さない。これらの理由から、ビデオの符号化は、動きの補償よりもフレーム内の圧縮に重きがおかれることが多い。

文献4)は映像信号の階層的な符号化を行う研究である。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して利用可能帯域幅に適応する。

IVS⁵⁾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。

H.263 (ITU-T)、MPEG4 (ISO)などの低ビットレートを対象とした符号化方式もさかんに開発、標準化がなされている。

2.2 マルチメディア転送プロトコル

RTP⁶⁾はマルチメディアデータの転送プロトコルで、その制御プロトコルであるRTCPはネットワークの提供するサービス品質(遅延、帯域幅)の変動をキャッチし、上位アプリケーションに通知する機能を持っている。

マルチメディアアプリケーションはその情報によって画像サイズや色数、1秒間に表示するフレーム数を調節し、ネットワークが提供できる帯域幅に適応することができる。そのような機能を持つアプリケーションは適応型マルチメディアアプリケーションと呼ばれ

る³⁾。音声の例として、UNIX 環境の音声会議ツール *vat* はデータのバッファリングや、再生点の調整によって転送遅延の変動に適應する機能を持つ。

現在のインターネットの基盤となっている IPv4 (RFC791) は実時間通信に対するサポートを提供していないが、IPv6⁷⁾ は実時間性のあるパケットを扱うために、フローラベルと優先度のフィールドを持つ。フローラベルは RSVP などの資源予約プロトコルによって利用され、優先度は階層的符号化を行ったマルチメディア情報の転送に用いることができる。たとえば、低解像度の信号を含むパケットに高優先度、高画質の信号を含むパケットに低優先度を与えたり、ビデオパケットよりも音声パケットに高い優先度を与えることができる。

2.3 その他の手法

本研究で提案する選択的マルチメディア通信方式 SMAP は、アプリケーションレベルのマルチメディア情報へのアクセスを制御するもので、フレーム、音声ブロックの転送スケジューリング、バッファ管理を扱う。すなわち符号化方式、下位の転送プロトコルに依存しない。アプリケーションレベルのマルチメディアアクセスプロトコルとして、RTSP (Real Time Streaming Protocol)⁸⁾ が提案されているが、SMAP の特徴はマルチメディア情報の各シーンの意味的重要度に基づいている点である。

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、QoS 指定を含むシナリオ記述言語が提案されている⁹⁾。しかし、この手法ではあくまでシーン内の QoS 制御しか行うことができない。SMAP 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シーン間の制御が可能である。

なお、ハンドオフの問題に関しては、文献 10) が端末のいるセルの近隣においてあらかじめコネクションのセットアップを行っておく手法を提案している。これにより、端末がセルを横切って移動しても転送の途切れる時間が短くなり、連続的メディアを途切れなく転送することができる。SMAP はハンドオフによる転送の途切れの問題に対し、先読みを提案する。

3. 選択的マルチメディア通信方式

本章は選択的マルチメディア通信方式 SMAP の提案を行う。本方式の対象とするマルチメディアデータは特に符号化方式は問わないが、そのデータが要求す

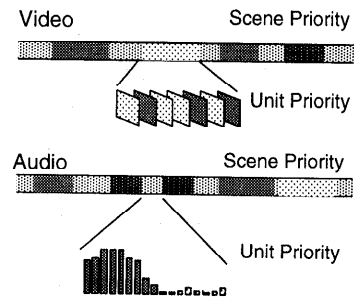


図1 マルチメディアデータへの優先度付け

Fig. 1 Assigning content-based priority to multimedia data.

る帯域幅は利用可能帯域幅の2~3倍まで、大きくても5倍程度が望ましい。あまりに要求帯域幅と利用可能帯域幅の差が大きいと、フレームレートが極端に落ちるなど、マルチメディア再生に支障が起きる。

3.1 基本方式

まず、マルチメディアデータへの優先度付けについて説明する。映像は時間軸に沿って連続する画像フレーム、音声は音声サンプルから構成される。本方式では音声をサンプル単位でなくブロック単位で扱う。1ブロックは0.05秒の長さの音声サンプルから構成される。

本研究は2つの優先度、ユニット優先度とシーン優先度を導入する(図1)。ユニット優先度は機械的に与えられる2段階の優先度で、映像に関してはフレームがキーフレームである場合優先度1、差分情報を持つフレームである場合0が与えられる。音声に関しては、音量レベルの低い音声ブロックはノイズと見なして、優先度0を与え、他の部分には1が与えられる。

その後、シーンの意味的重要な重要度に基づいてマルチメディアデータの作成者、配布者などがシーン優先度を4段階(0~3)で与える。シーンとはある時間範囲の連続した映像フレーム群、音声ブロック群を指す。シーンへの優先度の与え方のポリシーは各優先度データ作成者の主観にゆだねられるが、例として、商品のアップ、ゴルフのハウツービデオのシングフォーム、ニュースのヘッドラインといったシーンなどに高優先度を与えることが考えられる。

ユニット優先度、シーン優先度は以下の式で統合され、8段階の優先度として各フレーム、音声ブロックに対し与えられる。

$$\text{優先度} = \text{シーン優先度} \times 2 + \text{ユニット優先度}$$

以下では、その統合された優先度を単に優先度と呼ぶ。4.4節でユニット優先度、シーン優先度の作成を支援するツールについて述べる。

提案方式はマルチメディアデータへの優先度付けに基づいた、利用可能帯域幅に適応する選択的転送、高優先度情報の先読み、キャッシング、の3つの手法を採用している。

3.1.1 選択的転送

優先度に基づいて、利用可能帯域幅の範囲でフレーム、音声ブロックが選択的に転送される。上記のようにマルチメディア情報のシーンに対し優先度が付けられているので、優先度の低いシーンでは、フレーム、音声ブロックの転送量が少なくなり、帯域幅の消費がおさえられる。その分の帯域幅は高優先度のシーンに利用される。3.2節で選択的転送のスケジューリングアルゴリズムについて述べる。

3.1.2 高優先度情報の先読み

バースト誤り、ハンドオフによって転送が途切れたときに、品質を落としても再生を続行するために、高優先度情報の先読みを行う手法を提案する。帯域幅の一部を先読みのために割り当て、つねに再生点からある時間分の情報を保持すれば、その時間分の転送の途切れを吸収できる。詳細は3.2節で述べる。

3.1.3 高優先度情報のキャッシング

本研究ではストレージの許す限り高優先度情報をキャッシングする手法を提案する。帯域幅の制限が厳しい場合、いわばダイジェストのような形でユーザに高優先度情報を提示し、ユーザがより詳細な情報を要求した場合に、それを補完する低優先度情報を通信により獲得し、より品質の向上したマルチメディア再生を提供する。これは帯域幅の有効利用にもつながる。

現在のサブノートPCなどの携帯端末は500MBから1GBといった容量の大きなディスクを持っているので、現在のワイヤレス通信環境で扱うような比較的低品質のマルチメディア情報をストレージに保持することは十分可能である。キャッシングの詳細は4.2節で述べる。

3.2 選択的転送スケジューリング

帯域幅に適応する選択的転送と先読みを実現するスケジューリングアルゴリズムについて述べる。まず、前提として利用可能帯域幅 B 、エンドツーエンドの予測ネットワーク遅延 D が与えられると仮定する。これらのパラメータ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、一定時間ごとに更新される。

ユーザは、映像と音声に対する帯域幅の分配の指定を行い ($B = B_V + B_A$)、その後さらに映像、音声ごとに先読み割り当てる帯域幅の割合 α 、 β ($0 \leq \alpha, \beta < 1$) を指定できる。つまり、映像、音声データの先読み割り当てられる帯域幅は αB_V 、 βB_A 、

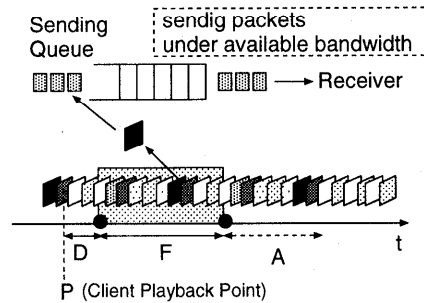


図2 選択的スケジューリング

Fig. 2 Scheduling for selective transport.

通常の転送に割り当てられる帯域幅は $(1 - \alpha)B_V$ 、 $(1 - \beta)B_A$ となる。

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。各送信キューが空のときに、以下で説明するスケジューリングが実行され、パケット化されたフレーム、音声ブロックが送信キューに入れられる。映像の場合 α 、音声の場合 β の割合で、通常のスケジューリングの代わりに先読みスケジューリングが実行される。

選択的スケジューリングアルゴリズムを図2に示す。通常のスケジューリングにおいては、マルチメディア情報の受信側の現在の再生点 $P +$ 予測ネットワーク遅延 D の時刻のフレームから、ある時間 F 後までの範囲の未送信フレームを送信の対象とする。

その中から優先度順にフレームを選択してパケット化し、送信キューに入れる。 F (スケジューリング対象時間と呼ぶ) を大きくすると時間的に先の情報も送信の対象となることから、シーン優先度の高いフレームが積極的に選ばれ、逆に F が短いとシーン優先度を考慮しない通常の転送になる。

先読みスケジューリングにおいては $P + D + F$ から $P + D + F + A$ までの範囲の未送信フレームを送信の対象とする。通常のスケジューリングと同様に、その中から優先度順にフレームが選択され、送信キューに入れられる。先読み時間 A の大きさは F と同じくシーン優先度の評価に影響する。

4. SMAP 実装

図3にSMAPのアーキテクチャを示す。3.1節で述べた3つの手法は、マルチメディア情報の送信側と受信側でミドルウェアとして実現される。利用可能帯域幅に適応する選択的転送と高優先度情報の先読みは送信側のSMAP Sender、高優先度情報のキャッシング

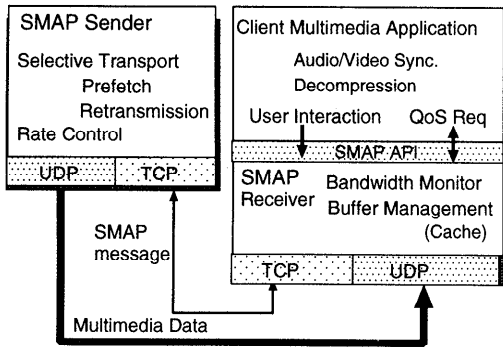


図3 SMAP アーキテクチャ
Fig.3 SMAP architecture.

は受信側の SMAP Receiver で実現される。

現在, Windows95 上にマイクロソフトの Video for Windows 開発キットを利用して, SMAP Sender, SMAP Receiver, クライアントマルチメディアアプリケーション, そしてマルチメディアデータに優先度を与える作業を支援するツールを実装中である。扱えるマルチメディアデータのフォーマットは Windows 標準の AVI (Audio Video Integrated) 形式で, Radius の Cinepak, Intel の Indeo などパソコン用の比較的处理コストの小さい圧縮方式が利用できる。

4.1 SMAP Sender

SMAP Sender はマルチメディアデータをストレージから読み出し, 3.2 節で述べたスケジューリングアルゴリズムに従った選択的なマルチメディア情報の転送, レート制御を行う。信頼性のない UDP を利用してマルチメディアデータを転送するのは, SMAP 独自の選択的再送処理を行うためである。SMAP により転送される各パケットにはシーケンス番号が付けられているので, SMAP Receiver はパケットのロスを検出し, SMAP 制御応答メッセージにより SMAP Sender に通知することができる。SMAP Sender はそのパケットの中のフレーム, 音声ブロックを未送信とマークし, スケジューリング対象に加える。ロスしたパケットの含んでいたフレーム, 音声ブロックの優先度が高ければ, 再送処理が行われることになる。

SMAP Sender はある一定時間ごとに SMAP Receiver に要求メッセージを送り, 応答を受け取って, 要求の送信時刻と応答の受信時刻から現在のネットワーク遅延を予測する。要求メッセージは SMAP 制御要求メッセージ, 応答メッセージは SMAP 制御応答メッセージと呼ばれる。SMAP 制御応答メッセージには計測された帯域幅の情報が含まれており, SMAP Sender のスケジューリングで用いる帯域幅, 予測ネッ

トワーク遅延の情報が更新される。

4.2 SMAP Receiver

SMAP Receiver はパケットを受信して, それをフレーム, 音声ブロックに再構成した後, メモリ, ディスクなどのストレージに保存する。ストレージの空きがなくなったとき, 最低の優先度のフレーム, 音声ブロックを破棄して新しいものを収容するようなバッファ管理を行う。ユーザはキャッシングに割り当てるストレージの容量と, 再生点から何時間前までの情報をキャッシングの対象とするかを指定する。たとえば, 128 Kbps の映像データに対し, 10 MB のストレージがキャッシングに割り当てられ, 15 分前までの情報がキャッシングの対象時間と指定されたとする。15 分間の長さのこの映像データの容量は約 14 MB であるから, すべてのフレームを保持することはできないが, 約 70% のフレームが優先度に基づいて選択的に保持される。

また, SMAP Receiver は入力パケットの監視による利用可能帯域幅の計測, パケットロスの検出を行って SMAP 制御応答メッセージを作成する。

4.3 クライアントマルチメディアアプリケーション

クライアントマルチメディアアプリケーションは SMAP API を通じて SMAP Receiver のフレーム, 音声ブロックを保持するバッファにアクセスし, その伸張を行って提示する。メディア再生の時間軸に対する同期 (メディア内同期) を行うため, 映像フレームの表示が間に合わないとき, フレーム表示をスキップする。メディア間同期に関しては現在検討中である。

クライアントは最初にユーザから以下の情報の入力を受け付け, SMAP Receiver に通知する。取得するマルチメディア情報名, 利用するネットワークの予想利用帯域幅, 帯域幅の映像と音声への配分, 先読み割り当てる帯域幅の割合などである。これらは SMAP Sender の転送スケジューリングに必要な情報であるから, SMAP 初期化メッセージとして SMAP Sender に送られる。また, 実際の再生中に, 一時停止, 巻き戻しなどのユーザインタラクションが起きた場合, クライアントは SMAP 再生動作メッセージを SMAP Sender に送る。

4.4 優先度作成支援ツール

優先度作成支援ツールは, マルチメディアデータを読み込み, 映像ストリーム, 音声ストリームを自動的にスキャンして, ユニット優先度を得る。その後, 画面に縮小した数十枚の映像フレームを表示する。マルチメディアデータの作成者, 配布者などのユーザは, 連続したフレーム, 音声ブロック群を選択して, その

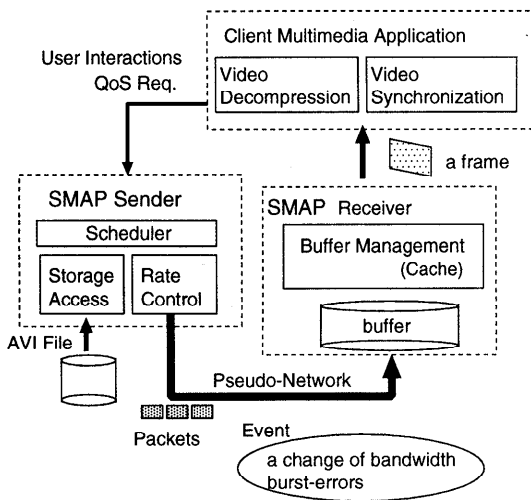


図4 SMAPプロトタイプ
Fig. 4 SMAP prototype.

選択範囲のフレーム、音声ブロックに4段階のシーン優先度を与えることができる。シーン優先度付与が終わると優先度ファイルが生成される。優先度ファイルはサーバの選択的転送スケジューリングで利用される。

5. 性能評価

本章は、SMAPのプロトタイプ版の性能評価実験の結果を報告する。プロトタイプの機能的制限は音声を扱うことができないこと、ネットワーク機能を持たないことである。音声と映像の間の帯域幅の配分や、実際の無線ネットワークを利用した場合の帯域幅の変動への適応、誤り制御などは実験できないが、選択的スケジューリング、先読み、キャッシングの有効性を評価することができた。

プロトタイプの構成は図4のとおりで、SMAP Sender, SMAP Receiver, クライアントマルチメディアアプリケーションが1つのソフトウェアとして実現されている。帯域幅の変動と、バースト誤りをエミュレートするために、SMAP SenderとSMAP Receiverの間に疑似的な通信路を設けている。実験時に帯域幅の大きさ B (時刻 t , 帯域幅 b), バースト誤り E (時刻 t , 長さ l)のイベントを疑似ネットワークに与えることができる。たとえば、 $B(0s, 29.2\text{ Kbps})$ は帯域幅の大きさの初期設定が29.2 Kbps, $E(30s, 15s)$ は疑似ネットワークが起動してから30秒後に、15秒の長さのバースト誤りが起きたことを示す。

テストデータとして、2分51秒の長さのある映画の商業ビデオを用いた。ビデオは映像トラックと音声トラックからなるが、本稿では映像トラックの

みを扱う。映像の品質は、解像度160ドット×120ドット、24ビットカラー、フレームレート5fpsである。符号化方式はIntel Indeoで要求帯域幅は、約150Kbpsである。映像データに対し、優先度作成支援ツールを用いてシーン優先度、ユニット優先度を与えた。シーン優先度は、キャストの紹介のシーン、ダンスをしているシーンなどに高優先度を与え、映像の変化の少ないタイトルを表示しているシーンや、風景を写しているシーンなどに低優先度を与えた。

選択的転送、先読み、キャッシングを評価するために3種類の実験を行った。なお、本プロトタイプはメディア内同期を行いながら再生を行う。つまり、10秒のマルチメディア情報は10秒で再生しようと試みる。ある時刻に再生すべきフレームの受信が完了しなかった場合、そのフレームの表示はスキップされる。

5.1 選択的転送

最初の実験は、従来の優先度を考慮しない転送スケジューリングと3.2節で述べたアルゴリズムに基づく転送スケジューリングを比較するものである。プロトタイプに $B(t=0, b=29.2\text{ Kbps})$ をイベントとして与えた。つまり、帯域幅は29.2 Kbps固定で、誤りは起きないという状態に設定して実験を行った。

従来方式、SMAP、それぞれの結果を図5、6に示す。x軸はフレーム番号、y軸は優先度であり、再生されたフレームの優先度をプロットした。従来方式では周期的にフレームが選ばれ、再生されているのに対し、本方式では再生されたフレームの分布が偏っており、従来方式に比べ、より高優先度のフレームが選ばれているのが分かる。

実際の再生を観察すると、従来方式は定期的に映像が更新されるのに対し、本方式は、優先度を与えたシーンはフレームレートが増加し、時間的解像度が増加する。これにより、従来手法では分からなかった人の踊っている様子や、パネルが回転する様子が確認できた。

図6はスケジューリング対象時間 F の値が3秒に設定されたときの結果を示している。これを6秒に設定したところ図7のような結果が得られた。図6よりもフレームの偏りが増え、高優先度のフレームに再生が集中している。 F の大きさが確かにシーン優先度の評価に影響していることが分かる。

5.2 先読み

次に、先読みを評価するためにプロトタイプに $B(0, 64\text{ Kbps})$, $E(20s, 10s)$, $E(50s, 15s)$, $E(140s, 15s)$ というイベントを与えた。帯域幅は64 Kbps固定で、時刻20秒に長さ10秒のバースト誤りが起きる。その

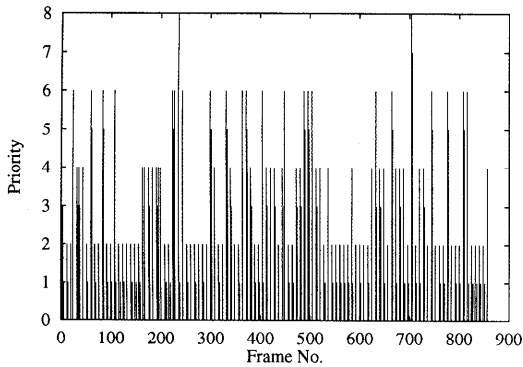


図5 従来転送
Fig. 5 Normal transport.

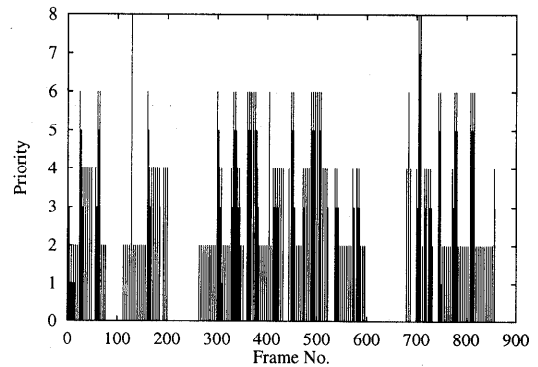


図8 先読みなし
Fig. 8 No prefetch.

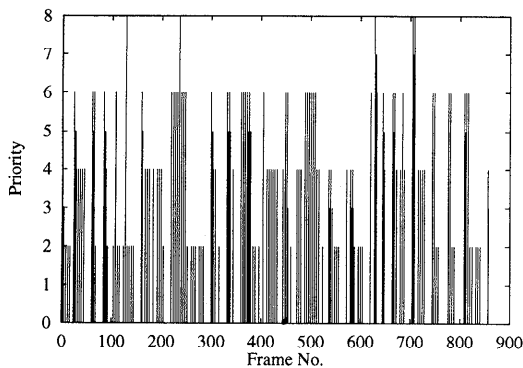


図6 選択的転送 (F=3s)
Fig. 6 Selective transport (F=3s).

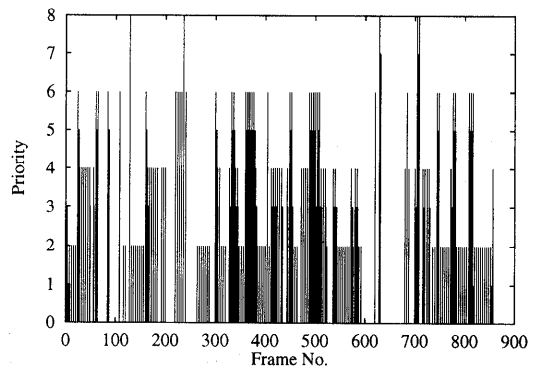


図9 先読みあり
Fig. 9 Prefetch.

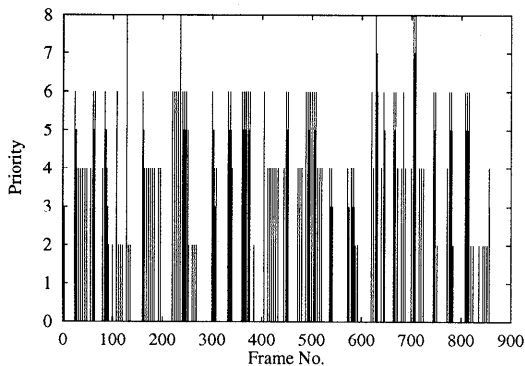


図7 選択的転送 (F=6s)
Fig. 7 Selective transport (F=6s).

後、時刻 50 秒、140 秒に 15 秒のバースト誤りが起きる。なお、先読みには帯域幅の約 40% (25 Kbps) を割り当て、スケジューリング対象時間 F は 3 秒、先読み時間 A は 10 秒に設定した。

実験結果を図 8, 9 に示す。従来方式はバースト誤りのイベントに対応して、3 カ所で映像が途切れる。

しかし、先読みを行うことによって、その転送の途切れの期間にも、少ないながらもフレームの再生ができている。先読みにより、途切れる時間を短くできることが確認できた。

5.3 キャッシング

最後に、キャッシングの評価を行うために図 6 に示した実験の後、データの先頭に巻き戻しを行って、2 回目の再生を行った (図 10)。図 6 に比べ、明らかに再生フレームが増加している。1 回目の再生を補完する情報を受信しているため、再生がより本来の再生に近付くのが確認できた。2 MB (メモリ 300 KB, ディスク 1700 KB) のバッファを用意したので、全フレーム (858 枚) の約 40% を収容できる計算になる。リプレイを行った本実験中に、SMAP Receiver のバッファ管理により捨てられた受信フレームは 102 枚であった。

6. まとめ

本稿ではマルチメディアデータのコンテンツを考慮した優先度付けに基づく、選択的転送、先読み、キャッ

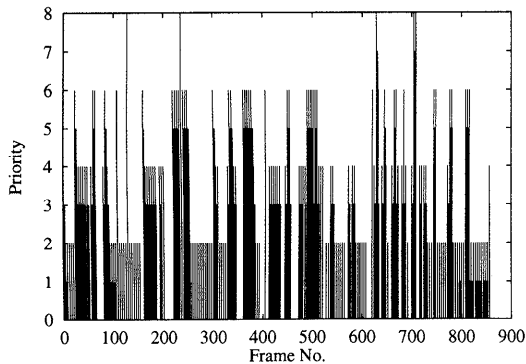


図10 キャッシング
Fig. 10 Caching Performance.

シング手法を提案した。また、選択的転送スケジューリングアルゴリズムや本方式のアーキテクチャ、実装について述べた。さらに、プロトタイプによる実験により本手法の有効性を確かめた。

今後の課題は、本方式の実装を完了させ、実際のワイヤレス通信上で実験を行い、有効性を評価することである。また、本マルチメディア通信方式の改良も考えている。現在の方式は優先度に基づいて選択的にフレーム、音声ブロックを送信するもので、時間的解像度を変化させている。これに対し、低優先度のフレーム、音声ブロックの空間的解像度を落として転送する方式を考えている。すなわち、画像のサイズを変えたり、モノクロにしたり、音声の量子化ビット数を落とす処理などを行う。その方式の検討、実装を行い、現在の方式と比較したい。

また、本方式はマルチメディアデータの作成者、配布者がコンテンツに対して優先度を設定し、送信する情報を決定しているが、利用者側から取得情報の指定を行う仕組みも検討したい。

参 考 文 献

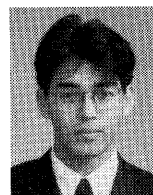
- 1) 水野忠則, 太田 賢: モバイルコンピューティングの現状と将来, 電子情報通信学会誌, Vol.80, No.4, pp.318-323 (1997).
- 2) Imielinski, T. and Korth, H.: *Mobile Computing*, Kluwer Academic Publishers, Boston (1996).
- 3) Clark, D., Shenker, S. and Zhang, L.: Applications in an Integrated Services Packet Network: Architecture and Mechanism, *Proc. ACM SIGCOMM'92*, pp.14-26 (1992).
- 4) Alwan, A., Bagrodia, R., Bambos, N., Gerla, M., Kleinrock, L., Short, J. and Villasenor, J.: Adaptive mobile multimedia networks, *IEEE*

Personal Communications, Vol.3, No.2, pp.34-51 (1996).

- 5) Turetti, T. and Huitema, C.: Video conferencing on the Internet, *IEEE/ACM Trans. Networking*, Vol.4, No.3, pp.340-351 (1996).
- 6) Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R. and Jacobson, V.: RTP: A transport protocol for real-time applications, RFC1889 (1995).
- 7) Deering, S.: Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, RFC1883 (1995).
- 8) Rao, A. and Lanphier, R.: Real Time Streaming Protocol (RTSP) (1996).
<http://www6.realaudio.com/prognet/rt/protocol.txt>.
- 9) 呉 世雄, 藤川和利, 松浦敏雄, 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 (1996).
- 10) Lee, K.: Adaptive Network Support for Mobile Multimedia, *MobiCom'95*, pp.62-74, ACM, New York (1995).

(平成 9 年 5 月 12 日受付)

(平成 9 年 9 月 10 日採録)



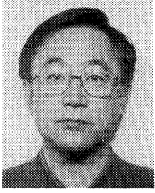
太田 賢 (学生会員)

昭和 46 年生。平成 6 年静岡大学工学部情報知識工学科卒業。平成 8 年同大学大学院修了。現在、同大学院博士後期課程(設計科学専攻)に在学中。モバイルコンピューティング、マルチメディア通信、グループウェア、分散システムに関する研究に従事。



渡辺 尚 (正会員)

昭和 57 年大阪大学工学部通信学科卒業。昭和 59 年同大学大学院博士前期課程修了。昭和 62 年同大学大学院博士後期課程修了。工学博士。同年、徳島大学工学部情報工学科助手。平成 2 年静岡大学工学部情報知識工学科助教授。現在、同大学情報学部情報科学科助教授。平成 7 年文部省在外研究員(カリフォルニア大学アーバイン校)。平成 9 年情報処理学会モバイルコンピューティング研究会幹事。計算機ネットワーク、分散システム、マルチエージェントシステムに関する研究などに従事。訳書「計算機設計技法」など。電子情報通信学会、IEEE 会員。



水野 忠則（正会員）

昭和 20 年生. 昭和 43 年名古屋工業大学経営工学科卒業. 同年三菱電機（株）入社. 平成 5 年静岡大学工学部情報知識工学科教授, 現情報学部情報科学科教授. 工学博士. 情報

ネットワーク, プロトコル工学, モーバイルコンピューティングに関する研究に従事. 著書としては, 「プロトコル言語」(カットシステム), 「分散システム コンセプトとデザイン」(電気書院, 訳), 「MAP/TOP と生産システム」(オーム社), 「分散システム入門」(近代科学社) などがある. 電子情報通信学会, IEEE, ACM 各会員.
