

論文の内容の要旨

論文題目 モバイルマルチメディア伝送の高品質・高機能化に関する研究
氏名 吉村 健

本論文ではモバイルマルチメディア伝送の高品質化・高度化に向けて、無線リンク技術、エンドエンド技術、ネットワークシステムの幅広い見地から議論を進め、検討結果を論ずる。

第1章では、モバイル環境におけるマルチメディア伝送の課題を提示し、本論文の目的および位置づけを明らかにする。第2章では、ビット誤りの多い無線リンクにおいて、効率的なパケット伝送を実現するロバストヘッダ圧縮方法を提案する。第3章では、ネットワークの輻輳状態と無線リンク誤り状態を判別し、適切なQoS制御を実行するモバイルストリーミングQoS制御方式を提案する。第4章では、ネットワークリソースの有効活用とクライアントモビリティのサポートを統一的なフレームワークによって実現するモバイルストリーミングメディアCDNについて論ずる。第5章においては、片方向の無線放送チャンネルに適用可能な高度な機能を提供するモバイル放送向けマルチメディア伝送システムを示す。第6章において、各章の研究成果をまとめる。

第1章

本章ではマルチメディア化が進む“ケータイ”向けサービスの動向を紹介し、モバイルマルチメディアを支える標準化技術として、無線アクセス技術、トランスポート技術、符号化技術、セッション制御技術等を紹介する。またモバイルマルチメディア伝送に向けた課題として、1)低品質な無線リンク、2)端末のモビリティ、3)大規模化、4)端末能力の制約、5)ユーザの利用形態を挙げ、各課題に対する研究状況を述べる。本論文において、これらの課題を解決する要素技術を確認することを目指し、各研究テーマが取り組む課題を明らかにする。

第2章

本章では、無線リンクにおいてRTP/UDP/IPヘッダのオーバーヘッドを削減するロバストヘッダ圧縮技術について提案を行う。従来のヘッダ圧縮技術(CRTP)では、1つ前のヘッダ情報からの差分値を伝送することで圧縮しているため、無線リンク誤りによるパケットロスが発生した場合、圧縮コンテンツの同期はずれにより以降の圧縮ヘッダを正しく復元することができずに廃棄していた。その課題を解決するために、次の2つの方式を提案する。

● MRC (Multi-Reference Compression)

複数のヘッダを参照し、複数の差分値情報を含めて圧縮することで、パケットロスがある環境においても参照ヘッダのうちいずれか一つがロスしていなければ正しく復元することができる。複数差分値の共通因子の伝送を省略することで効率的な差分値情報の圧縮を実現してい

- RevDec (Reverse Decompression)

同期はずれがあったとしても同期を再確立したリフレッシュヘッダの情報に基づき後方から圧縮ヘッダの復元を試みる。RevDec により、パケット伝送遅延が増加するものの、パケット廃棄数を低減することができる。

これら 2 方式がパケットロスのある無線リンクに対して有効であり、主観品質も向上させることをシミュレーション及び伝送実験により明らかにする。また IETF で標準化された ROHC の特徴についても解説し、CRTP や MRC に対する利点・欠点を述べる。

第 3 章

本章では、送信サーバとモバイル端末間の伝送路において、マルチメディア伝送品質を高めるエンドエンド型の QoS 制御技術について検討を行う。従来の方式では、送信サーバは伝送品質が悪化するとネットワークの輻輳によるものと判断し、送信レートの制御を行っていた。しかし伝送路に無線リンクを含む場合、伝送品質の悪化が無線リンク誤りに起因することもあり、その場合には送信レートの制御は無意味である。したがって、送信サーバが有線ネットワークの輻輳状態だけでなく、無線リンクの無線誤り状態も適切に判断し、各状態に応じた QoS 制御を実行できることが重要である。

そこで、有線ネットワーク／無線リンクの境界に RTP モニタリングエージェントを配置し、RTP モニタリングエージェントから RTCP レポートと同等のフィードバック情報を送信サーバに送ることを提案する。これにより、送信サーバが RTP モニタリングエージェントからとモバイル端末からの 2 つのフィードバック情報から、輻輳状態と無線リンク状態を適切に判別し、各状態に応じた QoS 制御が可能となる。

あわせて RTP モニタリングエージェントからの情報を活用した MPEG-4 ビデオ品質制御方式を検討する。シミュレーションによって 1)何も制御しない場合と、2)レート制御のみの場合、3) レート制御と映像符号化の I ピクチャ頻度を制御する場合、4)レート制御と FEC パケットの送信頻度を制御する場合の 4 方式について比較評価を行い、RTP モニタリングエージェントからの情報を活用する 3)及び 4)の方式により、クライアント端末で再生される MPEG-4 ビデオ品質が向上できることを示す。

第 4 章

本章では、ストリーミングコンテンツを同時に大多数のモバイル端末に配信するために、コンテンツデリバリネットワーク (CDN) の要素を取り込んだモバイルストリーミングメディア CDN (MSM-CDN) について提案する。MSM-CDN では、モバイルクライアントは単にポータルサーバからダウンロードした SMIL ファイルに従うことで、CDN 内の最適なサロゲートからマルチメディアコンテンツ配信を受けることができるようになる。本アーキテクチャの主要機能は以下のとおりである。

- セグメント間の時間関係を記録した SMIL 変換を伴ったコンテンツセグメンテーション

- コンテンツ位置を最適なサロゲート位置に書き換えた SMIL 変換によるリクエストルーティング
- SMIL ファイルから抽出された時間情報に基づくプリフェッチスケジューリング
- クライアント移動にあわせて最適なサロゲート位置に置き換える SMIL ファイル更新機構

また、モバイル QoS テストベッド上に構築した現状の MSM-CDN プロトタイプシステムについても報告する。本プロトタイプは 3GPP-PSS 規格に準拠し、すべてのインタフェースを SOAP により実装している。本プロトタイプシステムによる実験において、コンテンツセグメンテーションによるセッション確立時間の短縮効果を示す。

第 5 章

本章では、片方向の無線チャネル上で動作する放送型ストリーミングプロトコルを検討する。3G MBMS のように無線チャネルがブロードキャスト配信に対応したときに、ブロードキャスト配信においてもユニキャスト配信と同様に、テキスト情報や静止画などの静的なメディアも音声や映像に同期させて表示させる機能が求められる。しかし、ユニキャスト配信で用いられているプロトコルを片方向の無線放送チャネルに提供することができない。

そこで 3GPP-PSS 規格との整合性を考慮しつつ、かつ片方向の無線放送チャネル上に適用可能な放送型ストリーミングプロトコルを提案する。提案プロトコルでは、1)柔軟なレイアウト設定を可能とする SDP と連携した SMIL 記述と、2)RTP カルーセルによる静的メディアオブジェクトの高信頼伝送及び同期再生機能、を提供する。

モバイル QoS テストベッド上に提案プロトコルによるシステムプロトタイプを構築し、3G 無線チャネルエミュレーション上での実験を行う。実験結果から、メディア伝送の信頼性と再生待ち時間のトレードオフ関係や、SDP, SMIL, I フレームの同期伝送による待ち時間短縮効果を明らかにする。今後の課題としては、更なる待ち時間の短縮が必要である。テレビのようにザッピングすることを考えると、待ち時間はせいぜい 1~2 秒程度に抑えることが求められる。

第 6 章

本論文の主たる結果をまとめるとともに、今後の課題として、端末能力の制約を考慮した革新的なユーザインタフェースと、ケータイならではのデバイスを活用した新たなサービス展開が重要と考えている。ケータイユーザの利用形態を把握することも重要であり、データを活用した行動解析を検討している。

また今後のモバイルマルチメディアサービスの展望についても述べる。VoIP や RTP ストリーミングは、技術は確立されつつあるのに対し、本格展開は見えていない。一方で、DLNA や放送サービスとの連携など、家電や放送業界を巻き込んだマルチメディアサービスの展開が期待される。