

氏名(本籍)	はし もと こう じ 橋 本 浩 二	(茨城県)
学位の種類	博 士 (情報科学)	
学位記番号	情 博 第 176 号	
学位授与年月日	平成13年3月26日	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当	
研究科, 専攻	東北大学大学院情報科学研究科(博士課程) 情報基礎科学専攻	
学位論文題目	やわらかいマルチメディアシステムと サービス品質に関する研究	
論文審査委員	(主査)	
	東北大学教授 白鳥 則郎	東北大学教授 根元 義章
	東北大学教授 静谷 啓樹	東北大学助教授 木下 哲男

論文内容要旨

1 序 論

コンピュータの高性能化や通信ネットワークの広帯域化により, マルチメディア通信に基づくサービスが容易に実現されるようになった. 現在, パケット通信を使った電話やラジオ, Video-on-Demand システム, マルチメディア会議システムなどによるサービスが日常的に利用されている.

しかしながら, 現在のサービスにおける利用可能なメディア処理機能は固定的であり, 利用者の要求に応じて動的に構成, 再構成するための機構は実現されていない. また, Video-on-Demand システムを利用しながらパケット電話を利用することは可能であるが, これらのシステムは通常独立しており, サービスを提供するための計算機やネットワーク資源をシステム間で適応する仕組みは存在しない. つまり, 各種のマルチメディア通信サービスを利用者のサービス要求に応じて実現するためには, 計算機やネットワーク資源を考慮し, 各種のメディア処理機能を動的に構成可能なシステムが必要となる.

一方, 利用者のコンピュータおよびネットワーク環境は複数存在するため, 利用者の環境や利用するメディアに応じて, 利用者の要求するサービスの質(QoS)をエンド間で保証することは困難である. これらの問題は, サービスを動的に構築可能なマルチメディアシステムと, そのシステムを利用する利用者のサービス品質要求をエンド間で保証する仕組みを実現することにより解決される. そこで, 本研究では, 多様な利用者環境における柔軟なマルチメディア通信サービスを実現するための「やわらかいマルチメディアシステム」とエンド間 QoS 保証機能の構築を通し, 柔軟なマルチメディアシステム設計法の基礎を与える.

2 やわらかいマルチメディアシステム

サービスの動的な組織化とエンド間 QoS 保証を可能とするやわらかいマルチメディアシステム(Flexible Multimedia System :FMS)を提案する. 図1に示すFMSは, トランスポート層の上位に配置され, 各種のマルチメディア通信を実現するために要求される機能を4つの層と4つの垂直なプレーンにより構成している.

User Interface Layer は, サービス要求や QoS 要求を利用者から受け付け, マルチメディアデータを利用者へ提供する. *Resource Management Plane* は, OS 種別やデバイスの特性, 接続しているネットワークなどの静的な環境と, CPU やメモリ使用状況などの動的な環境を管理し, 資源の割り当ておよび解放を行う. *Service Management Plane* は, マルチメディア通信サービスを管理する. Video-on-Demand, TV-Phone, マルチメディア会議など, 利用者が要求するマルチメディア通信サービスを実現するために

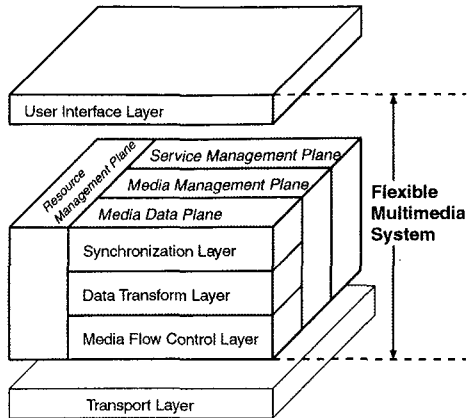


図1：やわらかいマルチメディアシステム (FMS) アーキテクチャ

これらの機能をエージェント技術を用いて実現することによって、サービスの組織化を実現した。図2はプロトタイプシステムにおけるエージェントの構成例を示している。User StationにおけるUPAとRMA、およびリポジトリにおけるBAはそれぞれ位置固定型エージェントとしてStationary Agent Thread Group内で稼働する。一方、MSMAやMA,MCは移動エージェントとしてMobile Agent Thread Group内で稼働する。移動エージェントは組織化プロトコルを利用することによりリポジトリから利用者端末へ動的に組織可能となる。

必要な機能モジュールを動的に組み込み、個々のサービスに固有な機能を実現する。Media Management Planeは、マルチメディア通信サービスに必要なメディアを管理する。Media Data Planeの各処理モジュールに対し、オーディオ、ビデオデータのレート制御やテキスト、イメージデータの送信タイミングなどを指示する。そして、Media Data Planeにおいて実際のメディア処理を行う。Synchronization Layerはメディア内およびメディア間同期処理を行い、Data Transform Layerでは、データ変換処理を行う。また、Media Flow Control Layerでは、メディア毎に適切なフロー制御を行う。

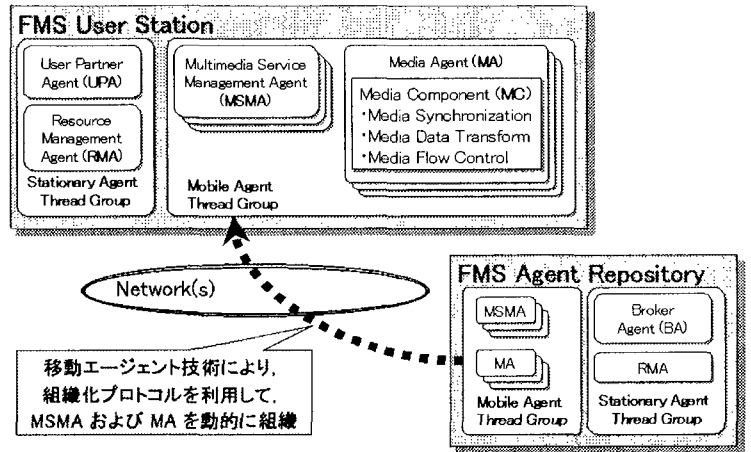


図2：エージェントの構成

3 サービス品質保証機能 (1) エンド間 QoS 機能

利用者が要求する QoS をエンド間で保証するために、FMS における各エージェントは利用者端末常駐の RMA や UPA との協調動作によって QoS の保証されたマルチメディア通信サービスを利用者へ提供する。図3は、各エージェントと QoS 保証機能の関係を示している。

QoS マッピング機能：利用者の QoS 要求とメディア処理/制御の関係を明確にする。各 MSMA と MA はアプリケーション QoS パラメータとメディア QoS パラメータのマッピングを行い、RMA はメディア QoS パラメータから資源パラメータへのマッピングを行う。

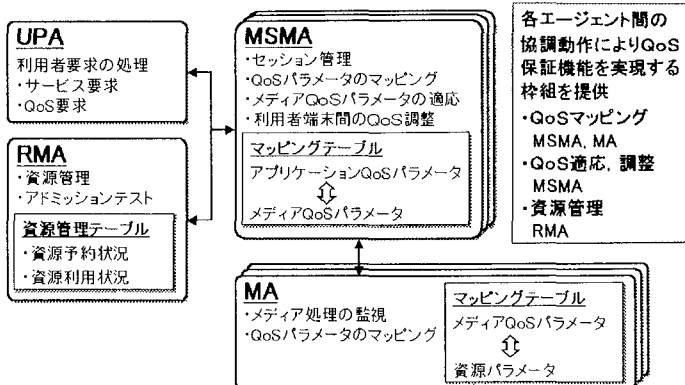


図3：エージェントと QoS 保証機能

資源管理機能：マッピングされた資源パラメータが示す計算機およびネットワーク資源が利用可能かどうかを決定するために、RMA はアドミッションテストを行う。また、RMA は必要な資源を確保/解放する。

QoS アダプテーション機能：RMA によるアドミッションテストの結果、必要となる資源が確保できない場合、合意ポリシーと優先順位にもとづき、パラメータの適応を行う。

本研究では、ビデオデータのフレームレートとフレームサイズを QoS パラメータとして QoS

保証機能を実装し、1台のビデオサーバと2台のクライアントを用いて、ビデオセッション数の変動とユーザからのQoS要求更新時におけるQoS保証機能の評価を行なった。評価の結果、あるセッション期間中に別のセッションを開始・終了させた場合と、利用者が優先属性の更新を行った場合両方において、QoSパラメータの優先順位に基づき適切なパラメータの値が決定された。またQoS保証機能を利用した場合、利用しなかった場合に比べて時間的制約が保証されることを確認した。

(2) メディア制御機能

利用者端末における本システム以外のプロセスによる負荷や、ネットワークトラフィックの変動を考慮すると、動的な負荷に対応したメディアの制御が必要となる。本研究では、受信者側のパケットロス率に応じて送信側がパケット送信間隔を更新することにより許容パケットロス率を保証するための**パケット間隔制御**と、受信者側の実効フレームレートに応じて送信側が設定フレームレートを制御することによりメディアの時間的制約を保証する**フレームレート制御**を導入した。これらの制御機能をプロトタイプに導入し、評価した結果、ビデオデータ送受信中にネットワークやクライアントへ外部負荷を与えてもパケットロス率の抑制が可能となり、フレームレートは安定することを確認した。

4 マルチメディア会議システムへの応用

FMSの応用としてマルチメディア会議システムを構築した。また、マルチキャストによるビデオ通信を想定し、移動エージェントによるQoS保証機能を提案し、実装を行った。

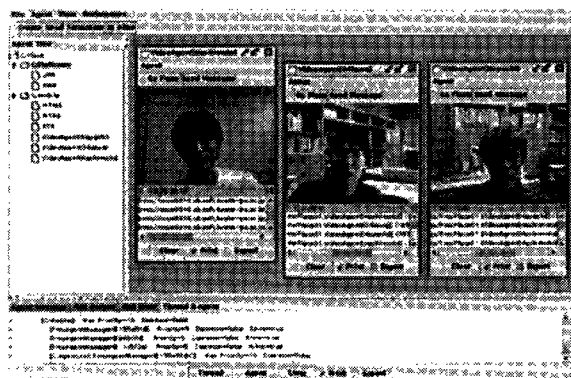


図4：マルチメディア会議実行例

また、プロトタイプを用いて、3人の利用者がビデオデータの送受信を行なうことにより、QoS機能評価を行った。QoS保証機能を利用しない場合は、3者各々の送受信フレームレートが安定しない。ある瞬間は高フレームレートであるが、レートが安定しないことにより滑らかさの保証ができない。しかしながら、あらかじめ測定したCPU占有率とビデオ処理の関係をもとにQoS保証機能を利用した場合、各利用者端末における送受信フレームレートが安定することを確認した。

5 結論

本研究では、多様な利用者環境における柔軟なマルチメディア通信サービスを実現するためのやわらかいマルチメディアシステムとエンド間QoS保証機能を構築した。構築において留意すべきことは、動的なサービスの組織化、資源管理機能の実現、利用者要求の適応、動的な負荷変動を考慮した処理が可能であることであり、マルチキャスト通信を想定したQoS保証も考慮しなければならない。また、システム設計においては、移動エージェントシステムに資源管理機能を導入すること、マルチメディア通信に必要となる基盤エージェントをシステムに組み込むこと、利用者要求の適応方法を検討すること、メディア処理と要求される資源の関係を明確にすること、そしてマルチキャスト通信における複数の利用者要求の適応とメディア制御機能を検討することが指針となる。

本研究では、やわらかいマルチメディアシステムのプロトタイプ的设计、実装、評価を通してこれらの項目を検証することにより、多様な利用者環境において利用者のQoS要求を考慮した柔軟なマルチメディア通信システム設計法の基礎を与えた。

論文審査の結果の要旨

コンピュータの高性能化や通信ネットワークの広帯域化により、マルチメディア通信に基づくサービスが容易に実現されるようになった。しかし、現在のサービスにおける利用可能なメディア処理機能は固定的であり、利用者の要求に応じて動的に構成、再構成するための機構は実現されていない。また、通信はベストエフォート型で行われるものが多く、利用者が要求するサービス品質（QoS）を保証するサービスの実現は困難である。そこで著者は、利用者が要求する各種のメディア処理機能を動的に構成する柔軟なマルチメディアシステムと利用者のQoS要求を保証する機構に関する詳細な研究を行った。本論文はその成果をまとめたものであり、全編5章からなる。

第1章は序論である。

第2章では、多様な利用者環境における柔軟なマルチメディア通信サービスを実現するために要求される機能を検討し、移動エージェントを基盤としたシステムアーキテクチャを提案している。また、利用者の要求に応じて必要となるメディア処理機能を動的に構成するためのプロトコルを提案している。さらにシステムのプロトタイプを実装し、動作を確認するとともに既存の移動エージェントシステムとの比較を行い、本システムの有効性を示した。

第3章では、第2章で構成したシステムにおいて、利用者のQoS要求を保証するためのプロトコルを提案している。次に、これを実装し利用者数や利用者のQoS要求の変更時、及び外部負荷の変動時におけるプロトコル動作の分析と評価を行い、その有効性を示している。この結果はQoS機能の実現に関する有用な知見である。

第4章では、マルチメディア通信サービスの応用例として、ビデオ通信によるマルチメディア会議システムを構成している。ここでは複数の会議参加者を想定し、マルチキャスト通信におけるメディア制御とQoS保証を効率よく行うために、2章で考案した移動エージェントに基づいた手法を提案している。さらにプロトタイプを実装し、3者間のビデオ会議を行い、提案手法の有効性を示した。この結果は、複数の利用者によるQoS要求の保証とその変化への適応機能を実現するための有用な成果である。

第5章は結論である。

以上要するに本論文は、マルチメディアシステムの構成・実装・評価を通して、提案したプロトコルや手法を検証することにより、多様な利用者環境において利用者のQoS要求の変動を考慮した柔軟なシステムの設計法の基礎を与えたものであり、情報基礎科学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として合格と認める。