

# やわらかいマルチメディアシステムの設計

橋本浩二<sup>†</sup> 柴田義孝<sup>†</sup> 白鳥則郎<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 ソフトウェア情報学科

<sup>‡</sup> 東北大学 電気通信研究所

複数の利用者が要求するサービス構成やサービスの質 (QoS) に応じて、マルチメディア通信システムは動的に機能モジュールを変更したり、コンピュータやネットワーク環境および資源利用状況を考慮して適切な QoS をエンド間で保証する必要がある。なぜならば、例えば複数の利用者がマルチメディア通信システムを利用して遠隔会議を行う場合、ヘテロジニアスなコンピューティングおよびネットワーク環境において、オーディオやビデオ、共有ウィンドウなどによるリアルタイム通信が利用される一方、分散格納されているマルチメディア情報を参照することも想定されるからである。これまで筆者らは、利用者が要求する QoS をエンド間で保証し、利用者に安定したマルチメディア通信を提供するためのシステムとして、エージェント指向のアーキテクチャを用いたやわらかいマルチメディアシステム (FMS) を提案してきた。本稿では、ATM システムアーキテクチャを参照した FMS のアーキテクチャと機能モジュール構成を示し、複数の利用者間でサービスの構成や QoS 要求をとりまとめるための QoS 機能とプロトコルを導入する。これにより、FMS は複数の利用者からのサービス構成要求や QoS 要求に対応することが可能となる。

## Design of Flexible Multimedia System

Koji Hashimoto<sup>†</sup>, Yoshitaka Shibata<sup>†</sup> and Norio Shiratori<sup>\*</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

<sup>‡</sup> Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

Distributed multimedia system which not only integrates various multimedia information distributed over computer networks and but also provides it the users in accordance with the user's requirement during realtime multimedia communication must guarantee the user requested quality of services (QoS) even though the computer and network resources change dynamically or statically. We have proposed a flexible multimedia system (FMS) with QoS guarantee functions, which is based on agent-oriented architecture and provides both real time and stored multimedia information services simultaneously to users even though the multimedia services environment and the resource utility of computers or networks has been dynamically changed. This paper describes about the FMS architecture for multimedia teleconferencing system with QoS guarantee functions, and introduces organization protocols and QoS negotiation protocols. In multimedia teleconferencing service, FMS is able to realize the multimedia communication services flexibly for service requests and QoS requests from users.

### 1 はじめに

近年、コンピュータネットワークを利用して、分散格納されているマルチメディア情報の参照や、Video-on-Demand、TV-Phone、テレビ会議などのマルチメディア通信サービスを利用することが可能となった。現在、ATM を中心にネットワークレベルの QoS 保証や、RTP[1]、RSVP[2]、DiffServ といったデータ転送時の QoS 保証を考慮したプロトコルの研究が盛んに行われており、ATM ネットワークを利用した電話システムや、帯域幅確保を行う RSVP を利用した会議システムもインターネット上で利用可能である。

しかしながら現在のマルチメディア通信の多くは最

善努力によって行われており、利用者の要求 (Quality of Service: QoS) を End-to-End で保証するものは少ない。また、3 者以上でマルチメディア通信を行う場合のエンド間 QoS 保証機能や適合機能の検討はほとんどなされていない。また、利用者のコンピュータやネットワーク環境は利用者毎に異なるため、利用者が要求するサービスをその環境に応じて提供したり、要求されたサービスの質 (QoS) をエンド間で保証することは困難な状況にある。したがって、利用者毎に異なるマルチメディア環境と利用者要求の関係を明らかにし、利用者の QoS 要求をコンピュータ内部で行うマルチメディア処理とネットワークレベルの QoS へ反映させ、マルチメディア通信を行う必要がある。

例えば図1に示すように、LANやWANで接続された複数の利用者ステーションにより構成されるマルチメディア会議システムで遠隔会議を行う場合、地理的に離れた利用者は互いの意思疎通を行うために、リアルタイム型オーディオ・ビデオサービスを利用する一方で、ネットワーク上に分散格納されたマルチメディア情報を参照するための蓄積型メディアサービスを利用するといったことが想定される。また、会議のプレゼンテーション資料として蓄積しておいたマルチメディア情報を会議参加者へ提供するために、オーディオ・ビデオのような連続メディアとイメージ、グラフィックス、テキストのような非連続メディアを同時に利用するかもしれない。そのため、蓄積、リアルタイムおよび連続、非連続型メディア処理を統合して同時に利用可能な機能が必要となる。

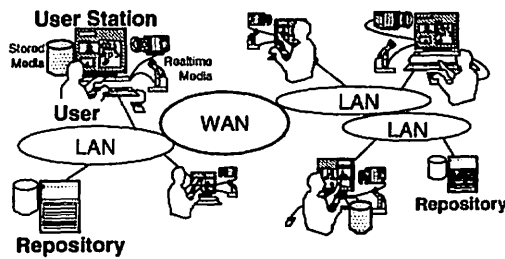


図1: マルチメディア会議システムの構成

しかしながら、これらのマルチメディア通信サービスは、利用者から常に要求されるものではなく、システムは全てのマルチメディア通信サービスを常に利用可能な状態にしておく必要もない。そこで、オペレーティングシステムや入出力デバイス、ネットワーク構成といった静的な環境とそれらの利用状況で決まる動的な環境に応じて適切なメディア処理機能を動的に組織し、マルチメディア通信を行うことは有効であると考えられる。さらに、このような仕組みを実現することで、様々なマルチメディア環境におけるマルチメディア処理とその環境固有の状態を知識として蓄えることが可能となり、この知識を利用することでシステムはより適切なメディア処理を実現することが可能となる。

これまで筆者らは、利用者の要求するマルチメディア通信サービスを柔軟に提供するための Flexible Multimedia System (FMS)[3]を提案してきた。FMSは、やわらかさの概念[4]に基づいたエージェント指向のマルチメディアシステムであり、エージェント技術をマルチメディア通信に応用することで多様な利用者環境間でのマルチメディア通信を実現する。

本稿では、ATMシステムアーキテクチャを参照したFMSアーキテクチャを示し、マルチメディア会議システムとして利用するための機能モジュール構成について述べ、さらに、複数利用者間のサービス要求やQoS要求をとりまとめるプロトコルについて述べる。

## 2 Flexible Multimedia System

図1は、マルチメディア会議システムの構成を示している。図1において、利用者ステーションはマルチメディア情報処理が可能なコンピュータであり、キーボードやマウスだけではなく、ビデオカメラやマイクロフォンを備えている。また、ネットワークを利用してリアルタイムおよび蓄積型両方のマルチメディア情報を送受信する機能を有する。リポジトリには、利用者ステーションのOS種別やネットワーク環境、デバイスなどに応じた機能モジュール(エージェントおよびコンポーネント)が格納されている。また、利用者ステーションの環境に応じてどのようにメディア制御を行うかといった知識を管理し、利用者のサービス要求に応じて利用者ステーションへ必要なエージェントと知識、コンポーネントを提供する。

このようなマルチメディア通信サービスを実現するための Flexible Multimedia System (FMS) アーキテクチャを図2に示す。

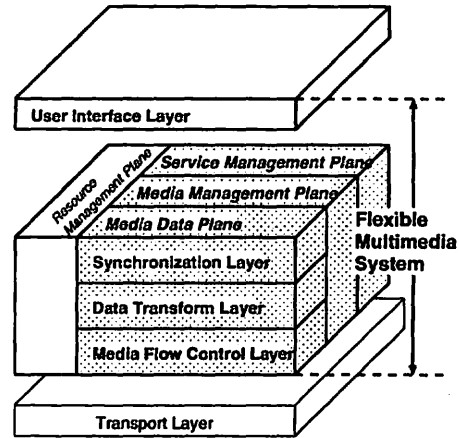


図2: Flexible Multimedia System Architecture

本システムアーキテクチャは、ネットワークレベルのQoS保証機能を有するATMシステムアーキテクチャを参照し、エンド間でマルチメディア通信を実現するための4つの層と4つの垂直なプレーンにより構成される。User Interface Layerは、利用者へのインターフェースを提供する。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、利用者ステーションの資源管理を行う。OS種別やデバイス、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把握し、資源の割り当ておよび解放を行う。Service Management Planeは、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必要な機能モジュールを動的に組み込みマルチメディア通信サービスを管理する。Media Management Planeは、Media Data Planeの各処理モジュール

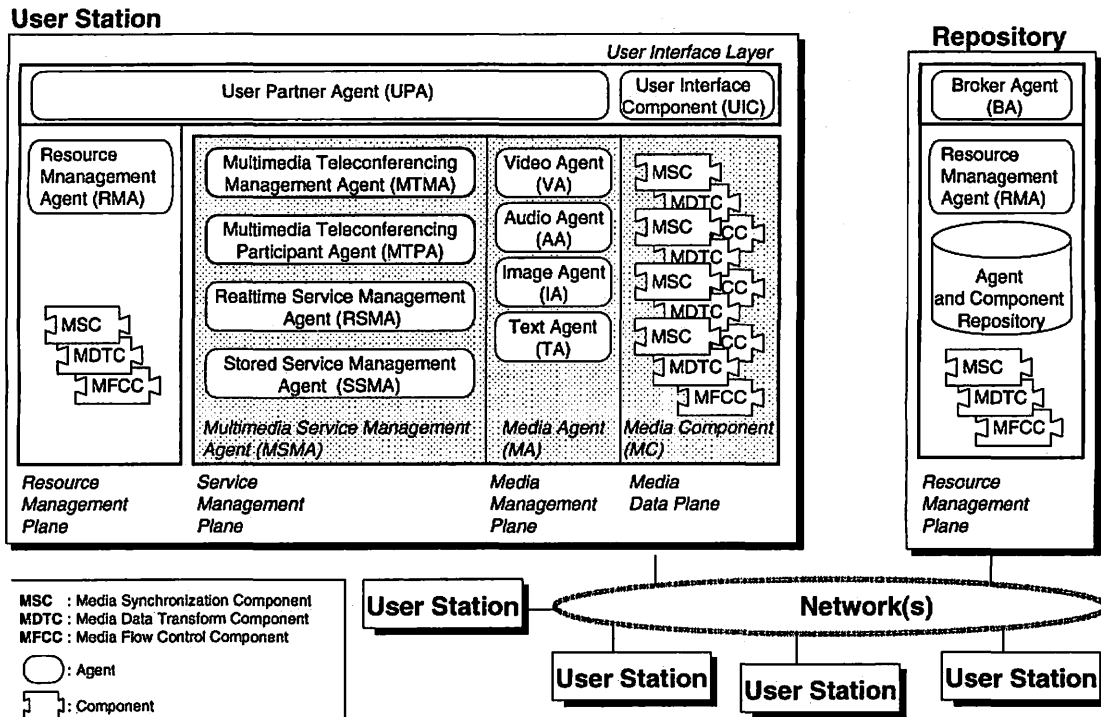


図 3: マルチメディア会議システムのモジュール構成

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 が実際のメディア処理を行う。Synchronization Layer では、メディア内およびメディア間同期処理 [5] を行い、Data Transform Layer は JPEG, MPEG1/2, H.261 などの圧縮/展開や、画像データのカラーフォーマット、オーディオデータの変調方式といったデータ変換処理を行う。また、Media Flow Control Layer は、メディアのレート制御やパケット紛失の調整を行うため、可変ビットレート転送やパケット間隔調整 [6] を行う。

## 2.1 機能モジュール構成

FMS によりマルチメディア会議を実現するための機能モジュール構成を図 3 に示す。このモジュール構成は、マルチメディア会議サービス開始時にリポジトリから利用者ステーションへエージェントとコンポーネントが組織された後の構成を示している。

User Interface Layer と Resource Management Plane の機能は利用者ステーション固有のものであるため、その機能は常駐型のエージェントで実現し、それ以外の 3 つのプレーンの機能は利用者のサービス要求や QoS 要求により動的に組織可能なエージェントとコンポーネントにより実現される。この 3 つのプレーンに組織されるエージェントとコンポーネントをそれぞれ総称して、Multimedia Service Management Agent (MSMA)、Media Agent (MA)、Media Component (MC) と呼ぶ。

## 2.2 利用者ステーションの機能モジュール

利用者ステーションは次のエージェントとコンポーネントにより構成される。

### (1) 常駐エージェントおよびコンポーネント

User Partner Agent (UPA) と User Interface Component (UIC) は User Interface Layer の機能を実現する。特に、UIC は利用者ステーションのウィンドウシステムやデバイスに依存するメディアデータの入出力に伴うユーザインターフェースを利用者に提供する。Resource Management Agent (RMA) は Resource Management Plane の機能を実現する。また、後述する Media Component (MC) を所有し、動的なエージェントとコンポーネントの組織時にリポジトリと通信するために利用する。

### (2) 動的エージェントおよびコンポーネント

Multimedia Service Management Agent (MSMA) は Service Management Plane の機能を実現し、必要となる Media Agent (MA) を組織する。

マルチメディア会議サービスを実現するためには、次の 4 つの MSMA が組織される。

Multimedia Teleconferencing Management Agent (MTMA) は、会議主催者または運営者の利用者ステーションに組織され、参加者の受付や退出の管理、後述する合意ポリシー [7] の設定や、各利用者からのサービスクラスおよび QoS クラス要求をとりまとめる。Multimedia Teleconferencing Participant Agent (MTPA) は、マルチメ

ディア会議参加者の利用者ステーションに組織され、UPAを通して利用者からの会議サービスに関する要求を処理する。Realtime Service Management Agent (RSMA) と Stored Service Management Agent (SSMA) はそれぞれリアルタイムメディアサービスと蓄積メディアサービスを利用者に提供するためのMAを組織し、MAの制御と管理を行う。

Media Agent (MA) および Media Component (MC) はメディア毎に存在し、Media Management Plane および Media Data Plane の機能を実現する。

### 2.3 リポジトリの機能モジュール

リポジトリは図2に示すアーキテクチャの User Interface Layer および Resource Management Plane の機能のみで構成される。

Broker Agent (BA) は、利用者ステーションの環境と利用者のサービス要求に応じて Agent and Component Repository (ACR) に格納されているエージェントおよびコンポーネントを利用者ステーションへ提供するエージェントである。Resource Management Agent (RMA) は、リポジトリで利用可能なコンピュータおよびネットワーク資源と ACR を管理する。また、Media Component (MC) を所有し、動的なエージェントとコンポーネントを組織時に利用者ステーションと通信するために利用する。

## 3 QoS 保証機能

QoS が保証されたマルチメディア通信サービスを利用するために、利用者は図4に示す4つの項目を FMS へ要求する。要求に応じて FMS は図4に示す4つフェーズを経てサービスを開始する。ここで、マルチメディア会議のように、1対nまたはn対mの通信を行うためには、利用者毎の要求をとりまとめる必要がある。複数の利用者からの要求をまとめるためには何らかの方針が必要であり、FMS ではこれを合意ポリシーと呼ぶ。

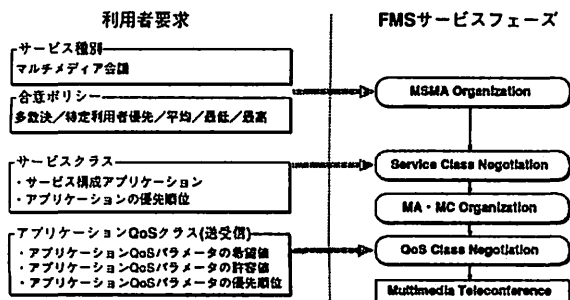


図4: 利用者要求と FMS サービスフェーズ

利用者の QoS 要求を保証するために、FMS は以下4つの QoS 機能を有する。図5は QoS 保証に関するエージェントの機能とエージェント間の関連を示している。

表1: サービスクラスの例:マルチメディア会議

サービスクラス	サービス構成アプリケーション
A	リアルタイムオーディオ・ビデオ, 共有ウィンドウ, 蓄積マルチメディアデータ
B	リアルタイムオーディオ・ビデオ, 共有ウィンドウ
C	リアルタイムオーディオ・ビデオ
D	共有ウィンドウ

表2: アプリケーション QoS クラスの例:リアルタイムオーディオ・ビデオ (希望値)

QoS クラス	アプリケーションQoSパラメータ(リアルタイムオーディオ・ビデオ)						
	画質(サイズ)	画質(解像度)	画質(滑らかさ)	音質	チャネル数	同期精度	遅延
Hi	ワイド	高解像度	非常に滑らか	高品質	2(ステレオ)	高精度	最小
Normal	ノーマル	普通	普通	普通	2(ステレオ)	細かい	普通
Low	ミニ	普通	普通	普通	1(モノラル)	普通	最悪努力

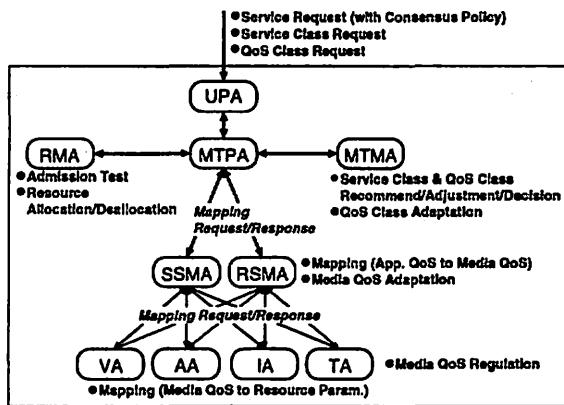


図5: QoS 保証機能と各エージェントの関連

(1) 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。SSMA と RSMA はアプリケーション QoS パラメータからメディア QoS パラメータへのマッピングを行い、各 MA 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。

FMS では、組織された各 MC で処理するメディアの QoS をメディア QoS パラメータと呼び、各 MC がメディア処理に必要な資源を表すパラメータを資源パラメータと呼ぶ。また、OS 種別や CPU 種別など動作環境を示すパラメータを環境パラメータと呼ぶ。

・メディア QoS パラメータ: メディア間およびメディア内同期精度、符合化方式、フレームレート/サイズ、色数、スループット、パケット紛失率、遅延、ジッタ、etc.

・資源パラメータ: ネットワークトラフィック、CPU 占有率、ロードアベレージ、etc.

・環境パラメータ: OS 種別、CPU 種別、クロック周波数、メモリサイズ、デバイスの種別と特性、etc.

(2) 資源管理機能: マッピングされた資源パラメータが示すコンピュータ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。

(3) 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、QoS クラスのアダプテーションを行う。

(4) 負荷対応機能：FMS 以外のアプリケーションやネットワークトラフィックの変動により、FMS が提供するサービスの質が一時的に保証できなくなる場合、その負荷変動に応じてフレームレート制御やパケット間隔の制御などを行う。

これらの機能を、次章で述べるプロトコルを用いて各利用者ステーション間で関連動作させることにより、利用者の QoS 要求を保証する。

## 4 システムの組織化とクラス交渉

FMS は利用者のサービス要求に応じ、組織化プロトコルを用いて必要となる機能を動的に組織する。また、交渉プロトコルを用いて利用者のサービスおよび QoS 要求と合意ポリシーに応じた適切な QoS を決定する。

利用者が FMS にマルチメディア会議サービスの開始要求を行うと、FMS は最初に複数の Multimedia Service Management Agent (MSMA) を組織する。図 6 は、MSMA の組織化フローを示している。

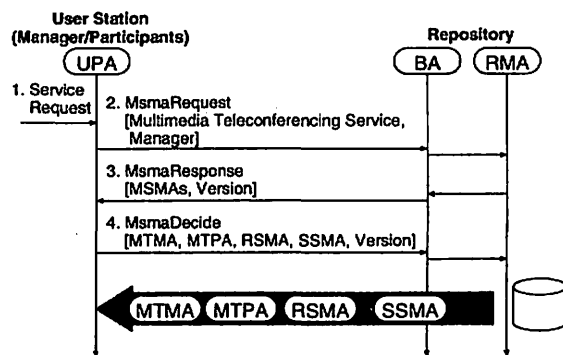


図 6: MSMA の組織化フロー

各利用者ステーションの User Partner Agent (UPA) は、利用者からサービス要求を受けると、Broker Agent (BA) に対し MsmaRequest メッセージを発行する。BA は Resource Management Agent (RMA) から適合する複数の MSMA 情報を受け取り UPA へ応答する。UPA は、利用する MSMA の名前とバージョンを BA に通知し、最後に RMA が管理している複数の MSMA が利用者ステーションへ組織される。

MSMA の組織化により、Multimedia Teleconferencing Management Agent (MTMA) が組織された利用者ステーションでは、利用者が最初に合意ポリシーの選択を行い、以後、サービスクラスの交渉や QoS クラスの交渉の際にその合意ポリシーが利用される。

MSMA の組織化が終了すると、各利用者ステーションは利用者が要求するサービスクラスの交渉を

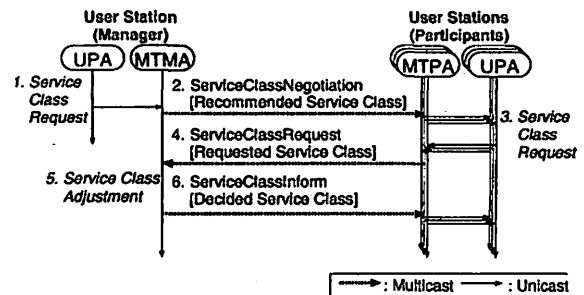


図 7: サービスクラスの交渉

開始する。図 7 は、サービスクラスの交渉フローを示している。まず最初に、MTMA は各会議参加者の Multimedia Teleconferencing Participant Agent (MTPA) にサービスクラスの交渉開始メッセージをマルチキャストする。これに応じて各 MTPA はサービスクラスの要求を行う。そして、各 MTPA の要求と合意ポリシーを用いて、MTMA がサービスクラスを決定する。最後に決定したサービスクラスが各 MTPA にマルチキャストされる。

次に、各 MTPA は決定したサービスクラスを構成するアプリケーションを利用者へ提供するために Media Agent (MA) と Media Component (MC) の組織化を行う。図 8 は、MA と MC の組織化フローを示している。

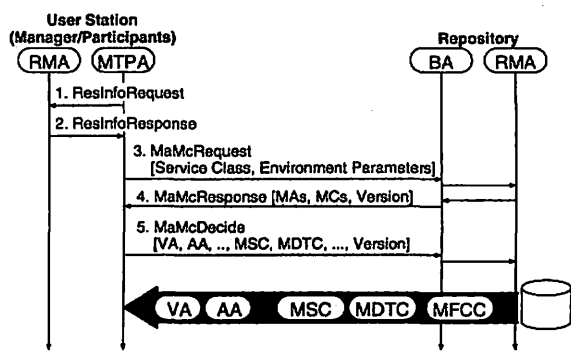


図 8: MA と MC の組織化フロー

MC と MA はメディア処理とその管理を行うため、利用者ステーションの環境に適合する処理モジュールでなければならない。最初に MTPA は RMA から利用者ステーションの環境パラメータを取得し、以後 MSMA と同じ手順で組織化を行う。

組織化が完了すると MTMA と各 MTPA は、会議参加者が合意する QoS クラスでのマルチメディア会議を実現するために会議開始前に QoS クラスの交渉を行う。

図 9 は、QoS クラスの交渉フローを示している。サービスクラスの交渉同様、最初に会議主催者または運営者が UPA に対して QoS クラスの要求を行う。これを MTMA が推奨 QoS クラスとして MTPA にマルチキャストする。そして、各 MTPA は QoS クラスの要求を行い、MTMA は複数の要求に対し、合意ポリシーを用いて QoS クラスを調整する。また、ここで MTMA は会議を行うために必要な帯域幅を算

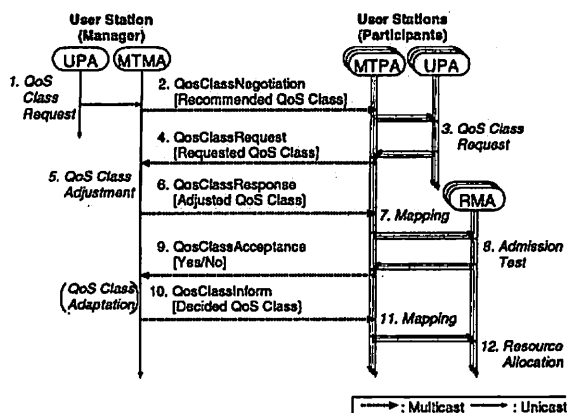


図 9: QoS クラスの交渉

出する。マルチキャストによるマルチメディア会議を想定すると、送信帯域幅は各利用者ステーションが使用するアプリケーションの送信帯域幅の総和となり、受信帯域幅は全体の送信帯域幅の総和となる。

調整したサービスクラスと送受信帯域幅を MTMA が各 MTPA にマルチキャストすると、各利用者ステーションはアプリケーション QoS パラメータからメディア QoS パラメータへのマッピングを行い、さらに資源パラメータへのマッピングを行う。資源パラメータは RMA へ通知され、RMA はアドミッションテストを行う。テスト結果は MTPA を介して MTMA へ通知され、MTMA において最終的な QoS クラスの決定を行う。利用者ステーションのアドミッションテストの結果と合意ポリシーにもとづき、必要ならば MTMA はアプリケーション QoS クラスのアダプテーションを行う。アダプテーションを行い、QoS クラスを変更する場合再度 QoSClassNegotiation メッセージを用いて QoS クラスの交渉を行う。

決定された QoS クラスは各 MTPA へ通知され、RMA が必要となる資源を確保する。

#### 4.1 会議中における組織化とクラス交渉

例えば、リアルタイムオーディオ・ビデオのみの会議中に、共有ウィンドウを利用する場合、各利用者ステーションは必要な機能の再組織化を行う。この場合も、サービスクラス交渉プロトコル、組織化プロトコル、QoS クラス交渉プロトコルを使用する。

また、会議中に利用者が増減する場合、各利用者ステーションの送受信帯域幅が変化する。これにより QoS を劣化する必要が生じたり、QoS を向上させる余裕が生まれる可能性がある。MTMA は会議中にサービスまたは QoS クラスの交渉を開始する。

### 5 まとめ

本稿では、多様な利用者環境においてマルチメディア通信サービスを実現する Flexible Multimedia System (FMS) を提案し、マルチメディア会議を行うためのモジュール構成を示した。また、複数の利

用者からのマルチメディア通信サービスおよび QoS 要求をとりまとめ、適切な QoS が保証されたサービスを行うための組織化プロトコルと交渉プロトコルを導入した。

現在、本議システムの有効性を評価するためにプロトタイプの実装を行っている。実装には ATM ネットワークと Ethernet により接続された SGI WorkStation/IRIX Release 6.5 上で C++ および Java 言語を利用している。

各エージェントには Java 言語を用い、エージェントの動的な組織化には Java 言語の RMI を利用し、ダイナミックローディングを実現する。また、メディア処理を行う各コンポーネントには C++ 言語を用い、ダイナミックライブラリとしてまとめておく。コンポーネントの組織時に必要なライブラリをリンクしてプロセスを起動することにより動的な組織化を実現する。

今後、複数の OS やデバイス毎にコンポーネントを実装し、実際にサービスを行っている環境でメディア QoS パラメータと環境パラメータに対する、資源パラメータの値を測定し、利用者環境と QoS の関係を知識として利用する予定である。

### 参考文献

- [1] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick and V. Jacobson.: *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*, RFC 1889, January 1996.
- [2] R. Braden, Ed., L. Zhang, S. Berson, S. Herzog and S. Jamin.: *Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification*, RFC 2205, September 1997.
- [3] 橋本浩二, 野村尚央, 柴田義孝, 白鳥則郎: *QoS 保証を考慮したやわらかいマルチメディアシステム*, 情報処理学会論文誌 Vol.40, No.1, pp.113-123, 1999.
- [4] Shiratori N., Sugawara K., Kinoshita T. and Chakraborty G.: *Flexible Network: Basic Concepts and Architecture*, IEICE Trans. Communication, Vol.E77-B, No.11, pp.1287-1294, 1994.
- [5] Yoshitaka Shibata, Naoya Seta and Syougo Shimizu.: *Media Synchronization Protocols for Packet Audio/Video System on Multimedia Information Networks*, Proc. of HICSS-28, pp.594-601, 1995.
- [6] 橋本浩二, 知念正, 佐藤純, 柴田義孝.: *圧縮ビデオデータ転送のためのパケットおよびフレームレート制御法*, 情報処理学会論文誌 Vol.39, No.2, pp.337-346, 1998.
- [7] 石井弘行, 神貴, 橋本浩二, 柴田義孝.: *グループ通信における QoS 機能*, 情報研報 DPS-72, pp.55-60, 1995.