

移動エージェントによるトランスコーディング機能

橋本浩二[†] 柴田義孝[†] 白鳥則郎[‡]

[†] 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
[‡] 東北大学 電気通信研究所

相互接続されたコンピュータネットワーク上でマルチメディア会議のようなリアルタイムの通信サービスを実現するためには、複数の利用者を考慮したエンド間 QoS(Quality of Service) 保証機能が必要である。利用可能な帯域幅の異なる複数のネットワークを想定した場合、RTP におけるトランスレータやミキサといったトランスコーディング機能が利用可能であれば、より柔軟な QoS 保証機能を実現できる。筆者らが提案しているやわらかいマルチメディアシステム (FMS) は、移動エージェントを基盤として設計されている。移動エージェントにトランスコーディング機能を実装することにより、マルチメディア通信の中間ノードへ動的にトランスコーディング機能を配置し、適合された複数利用者の QoS 要求を保証することが可能となる。本稿では、トランスコーディング機能を FMS へ導入し、複数利用者の QoS 要求適合とトランスコーディングエージェントの動的な配置方法、そしてシステムの構成について述べる。

Mobile Agent-Based Transcoding Functions

Koji Hashimoto[†], Yoshitaka Shibata[†] and Norio Shiratori[‡]

[†] Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University
[‡] Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

On interconnected computer networks, by using distributed multimedia system that can integrate various realtime and non-realtime media data, we can use audio and video to communicate with each other. The multimedia system is required end-to-end quality of service (QoS) guarantee functions including QoS adaptation function. When users communicate with each other in interconnected different bandwidth networks, if the system can use translator or mixer functions that are defined by RTP dynamically, it will be able to guarantee more flexible QoS considering to wide band through narrow band networks. We have proposed Flexible Multimedia System (FMS) that is able to guarantee end-to-end QoS according to priority of parameters and consensus policy. In addition, the system is able to organize various multimedia services dynamically. The FMS is a mobile agent based system, therefore the system can organize translator or mixer dynamically. In this paper, we survey the translator and mixer in RTP, discuss about QoS guarantee using mobile agent for these functions and re-design the system to use mobile transcoding functions.

1 はじめに

コンピュータの高性能化やネットワークの広帯域化に加え、音声や動画像の圧縮技術向上により、安価なパーソナルコンピュータでもリアルタイムメディアの送受信が可能となった。現在、IP を利用した電話やラジオ、Video-on-Demand システム、マルチメディア会議システムなどコンピュータネットワークを利用したマルチメディア通信アプリケーションが日常的に利用されるようになりつつある。また、xDSL や FTTH の普及によってエンドユーザが利用可能なネットワークの帯域幅もメガオーダーになり、一般家庭においてもリアルタイムメディアを利用した通信が現実的なものとなってきた。

このような環境において、既存のマルチメディア通信アプリケーションの中には様々な機能を有し利便性の高いものも存在するが、利用者のサービス品質 (QoS) 要求をエンド間で保証する仕組みを備えたものは少ない。QoS 保証機能については、ネットワー

クレベルにおいて、ATM[1] を中心に帯域幅の確保や遅延とジッタの制御を行う研究が盛んに行われており、メディアデータ転送時の QoS 保証を考慮した RSVP[2] や RTP[3] プロトコルを実装した通信アプリケーションも存在する。しかしながら、利用可能な帯域幅が異なるネットワークを相互接続した環境において、利用者のサービス要求 (Quality of Service) をエンド間で保証する機能、または適合する機能の実現は非常に困難である。

例えば数 100Mbps のネットワーク上で開催される遠隔会議に、出張先から移動端末を用いて数 Mbps のネットワークから参加することを考えてみる。数 100Mbps のネットワーク上では DV ストリームを利用した双方向通信 [4] を利用することも考えられるが、数 Mbps のネットワーク上で DV ストリームをリアルタイムに送受信することは不可能である。RTP で定義されるトランスレータやミキサの機能を利用することが可能ならば、DV ストリームを MPEG や M-JPEG などのストリームヘリアルタイムに変換す

ることでこの問題を解決することも可能となる。常に利用する環境であれば、トランスレータやミキサの機能を適切な中間ノードにあらかじめ配置しておくことも可能である。しかしながら、PHSや携帯電話を利用した出張先での通信やアドホックなネットワークも考慮すると、あらかじめ配置しておくことは難しい。つまり、トランスレータやミキサの機能を動的に配置可能であれば、より柔軟なQoS保証が可能となる。

筆者らはこれまでに、優先順位や合意ポリシーに基づくエンド間QoS保証を可能とし、各種のマルチメディアサービスを動的に組織可能とするFlexible Multimedia System (FMS)[5, 6]を提案してきた。FMSの各種機能は移動エージェントを基盤として設計されており、上述したトランスレータやミキサの機能を中間ノードへ動的に配置し、利用することも可能となる。

本稿ではRTPにおけるトランスレータとミキサといったトランスコーディング機能をFMSに導入し、複数利用者のQoS要求に応じてトランスコーディング機能を利用する方法について検討し、FMSのクラス構成を再考する。

2 トランスコーディング機能

RTPでは中間ノードにおけるトランスコーディング機能としてトランスレータとミキサを定義している。RTPにおけるトランスレータは、利用可能な帯域幅に応じてメディアストリームのフォーマットを変換する。図1はトランスレータの動作例を示している。複数の送信者のビデオストリームをそれぞれ別のフォーマットへ変換したり、フレーム間引きや色数の調整をすることにより、利用可能なネットワークの帯域幅に応じたメディア通信が可能となる。

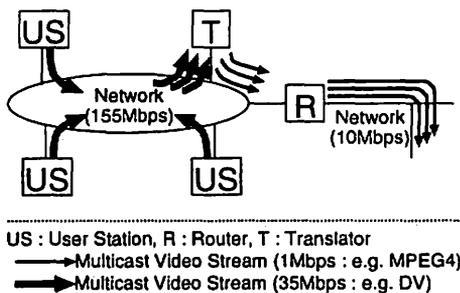


図1: トランスレータ

一方、ミキサは複数の入力メディアデータを単一の出力にまとめる。例えば、複数の送信者の音声データストリームが単純なPCMデータだとすると、ミキサは各送信源からの値を算術的に合計し、1つのデータストリームにすればよい。結果として、音声の品質を落とさずに使用する帯域幅を少なくすることが可能となる。

これらの機能により、広帯域ネットワークの利用者には高品質なメディアを提供しつつ、狭帯域ネットワークの利用者もリアルタイム通信が可能となる。

2.1 トランスコーディングノード

利用可能な帯域幅が $N[\text{bps}]$ と $M[\text{bps}]$ のネットワーク ($N > M$) を使ってマルチメディア通信を行う際、トランスレータやミキサといったトランスコーディング機能は中間ノードとなるルータか、より多くの帯域幅が利用可能なネットワーク上で動作することが望ましい。図2は、トランスコーディング機能が有効となる3種類のノードを示している。

図2(a)に示すよう、ルータ上でトランスコーディング機能を動作させる場合、余分なトラフィックが発生せず、効率的なデータ変換が可能である。また、図2(b)のように、メディアの送受信に関係のないノード上でトランスコーディング機能を動作させることも考えられる。図2(b)中左側のネットワークには余分なトラフィックが発生することになるが、帯域に余裕がある場合有効な手段となる。さらに、図2(c)のように送信ノード内でトランスコーディング機能を動作させることも可能である。この場合、送信ノードは同じソースのメディアストリームを2種類のフォーマットで送信することになる。図中左側のネットワークの帯域に余裕があり、送信ノードの処理能力にも余裕がある場合に有効な手段となる。

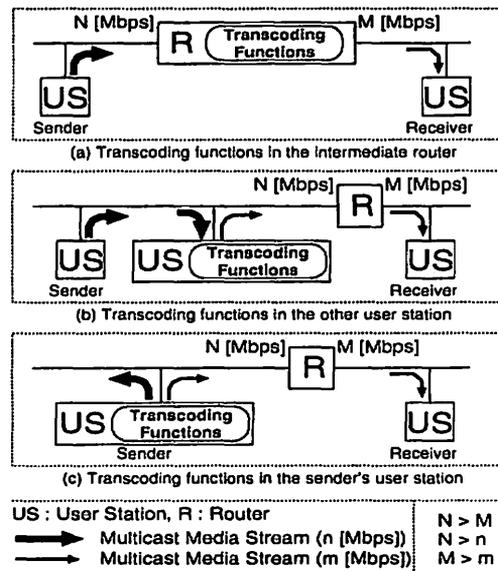


図2: トランスコーディングノード

3 FMSへの導入

トランスコーディング機能を動的に利用するためには、対象となるノードの処理能力や利用可能なネットワークの帯域幅に応じて、適切なノードを利用する必要がある。筆者らが提案しているFMSは、やわらかさの概念[7]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[8, 9, 10, 11]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におけるマルチメディア通信を実現する[12, 5]。FMSは、利用者端末(FMS User Station)とエージェントリポジトリ(FMS Agent Repository)により構成され、利用者の環境や資源の利用状況に応じたマルチメディア通信サービスを実現する。利用

者のサービス要求に応じて必要なエージェントを動的に組織 [12] することが可能であり、利用者の QoS 要求をエンド間で保証する仕組みを有する。

FMS におけるエージェントは自律的に活動するコンピュータプログラムであり、実行を開始したシステム上でのみ稼働するタイプのエージェントを位置固定エージェント (Stationary Agent) と呼ぶ。また、実行を開始したシステムに拘束されないタイプのエージェントを移動エージェント (Mobile Agent) と呼ぶ。

3.1 エージェントの構成

図 3 は、双方向でオーディオ・ビデオ通信によるマルチメディア会議を行う際のエージェント構成を示している。この構成は、マルチメディア会議サービス開始時に開始時に FMS エージェントリポジトリから利用者端末へ必要となるエージェントが組織 [12] された後の構成を示している。

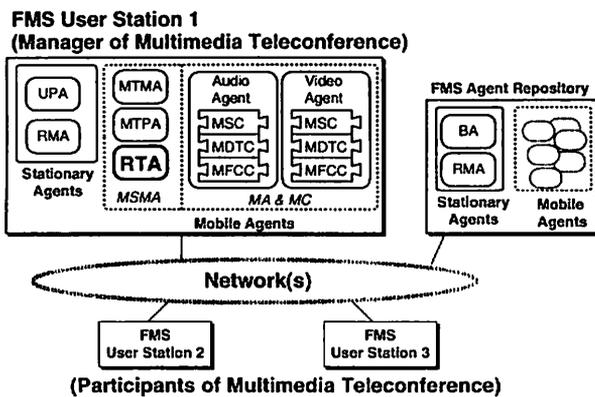


図 3: マルチメディア会議サービスにおける FMS のエージェント構成

User Partner Agent (UPA) は、利用者からのサービス要求や QoS 要求を受け付け、Resource Management Agent (RMA) は利用者端末のハードウェアおよびソフトウェア資源を管理し、必要な資源の確保や解放を行う。UPA と RMA の機能は利用者端末固有のものであるため、位置固定エージェントとして各利用者端末に常駐している。

一方、Multimedia Service Management Agent (MSMA) は、サービス固有の機能を利用者に提供する。Media Agent (MA) はメディア処理の監視や制御を行うエージェントであり、実際にメディア処理を行う Media Component (MC) を所有する。Media Synchronization Component (MSC) はメディア内およびメディア間同期処理を行い、Media Data Transform Component (MDTC) が、M-JPEG, MPEG1/2/4, 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。そして Media Flow Control Component (MFCC) 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に可変ビットレート転送やパケット間隔調整 [5] を

行う。これらは、必要に応じて FMS エージェントリポジトリから Broker Agent (BA) により利用者端末へ組織される移動エージェントである。

FMS においてマルチメディア会議サービスを利用者に提供する場合、会議主催者または運営者の利用者端末には Multimedia Teleconferencing Management Agent (MTMA) が組織され、参加者の受付や退出の管理、合意ポリシーの管理や利用者からの QoS 要求をとりまとめる。一方、会議参加者の利用者端末には Multimedia Teleconferencing Participant Agent (MTPA) が組織され、UPA が受け付ける利用者からの会議に関する要求を処理する。また、Round Trip Agent (RTA) は利用者端末間を巡回し、メディア処理状況の監視や、利用者の QoS 要求の適合 [6] を行う。

3.2 トランスコーディングエージェント

トランスコーディングノードが図 2(b) のタイプである場合の FMS におけるエージェントの構成を図 4 に示す。

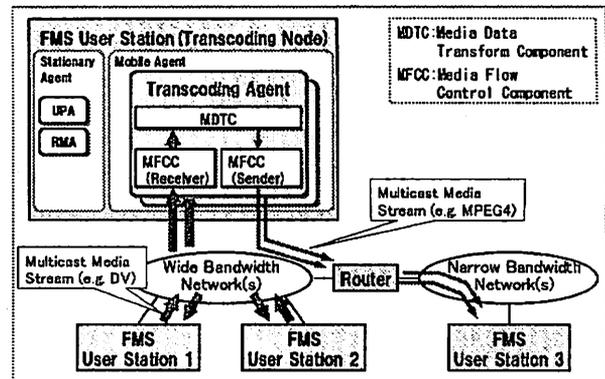


図 4: トランスコーディングエージェント

トランスコーディングノードは、FMS の利用者端末内にトランスコーディングエージェントが組織されることによって実現される。トランスコーディングエージェントは MA の 1 つとして組織される。通常の MA と異なり、2 つの MFCC と 1 つの MDTC を所有し、入力メディアストリームを出力メディアストリームへ変換することが可能となる。また、トランスコーディングノードとなる利用者端末にも UPA と RMA が常駐しており、利用者端末間の通信やトランスコーディングに要する資源の管理を行う。ハードウェアによるエンコードやデコードが可能な場合、動的に組織されたトランスコーディングエージェントはそれを利用することも可能である。

また、トランスコーディングエージェントは MFCC にて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に可変ビットレート転送やパケット間隔調整 [5] を行う。トランスコーディングエージェントはメディアデータストリームの受信者であり、送信者でもあるが、受信、送信ともに MFCC にてメディアフロー制御を行うことにより、外部負荷変動時にもエンド間 QoS を保証することが可能となる。

4 マルチキャストセッション

オーディオやビデオデータを利用して双方向通信を行う場合、送信側および受信側の QoS 要求を考慮する必要がある。マルチメディア会議のようにマルチキャスト通信が想定される通信では、異なる複数の受信側 QoS 要求も考慮しなければならない。ここで、1 送信者に対し複数の受信者が存在する場合のマルチキャストによるメディア転送をマルチキャストセッションと呼び、トランスコーディング機能をマルチキャストセッションへ適応する。

図5はマルチキャストセッションにおける QoS パラメータ集合 (MSQ) を示している。

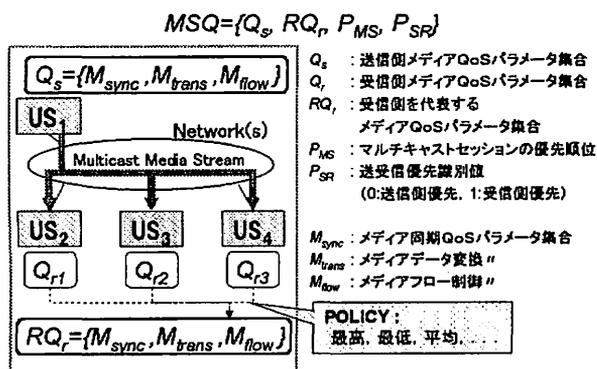


図 5: マルチキャストセッション QoS パラメータ集合

図5に示すよう1つの MSQ には送信側 QoS (Q_s) と受信者側の代表 QoS (RQ_r) が含まれる。 RQ_r は複数の受信者側 QoS (Q_r) と合意ポリシー (POLICY) によって算出される。

Q_s および RQ_r , Q_r に含まれる M_{sync} , M_{trans} , M_{flow} は、それぞれメディア同期、メディアデータ変換、メディアフロー制御の QoS を示すメディア QoS パラメータの集合である。

$$M_{sync} = \{S_F, R_F, T_{START}\}$$

$$M_{trans} = \{CODEC, FORMAT\}$$

$$M_{flow} = \{S_{MDU}, S_{PEEK}, R_{MDU}, R_{LOSS}\}$$

M_{sync} に含まれる S_F [byte] はフレームサイズを示し、 R_F [1/sec] はフレームレートを示す。また、 T_{START} はメディア処理の開始時刻を示す。メディアデータ変換の QoS を示す M_{trans} はコーデックとフォーマット種別をパラメータとし、 M_{flow} はメディアフロー制御に必要なパラメータの集合である。 S_{MDU} [byte] は FMS におけるメディアデータの送受信単位となるメディアデータユニット (Media Data Unit: MDU) の平均サイズを示し、 S_{PEEK} [byte] は、そのピークサイズを示す。また、 R_{MDU} [1/sec] は MDU のレートを示し、 R_{LOSS} [%] は MDU のロス率を示す。

これらのメディア QoS パラメータによりメディアの質が決定する。複数の受信者側 QoS 要求は合意ポリシーを利用して適合することが可能であるが、こ

の方法は利用者環境が大きく異なる複数の受信者側 QoS を適合する場合適切ではない。例えば、DV ストリームの受信を希望する 100Mbps のネットワーク利用者と MPEG4 ストリームの受信を希望する無線 LAN 利用者の要求を 1 つに適合することは現実的ではない。そこで、マルチキャストセッションにおける中間ノードにトランスコーディングノードを導入する。

図6は、広帯域なネットワークと狭帯域なネットワークの中間ノードでトランスコーディング機能を用いた例を示している。広帯域なネットワークでのマルチキャストセッションにおける QoS を変更せずに、狭帯域なネットワーク利用者も利用者環境に応じた QoS で同じマルチキャストセッションへ参加することが可能となる。

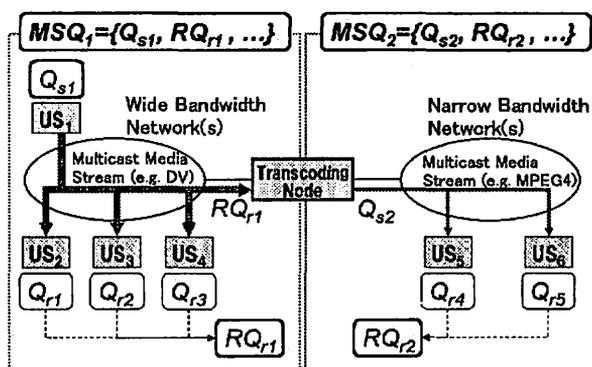


図 6: トランスコーディングノードと MSQ

5 動的な配置について

FMS はマルチメディア通信を想定した移動エージェントシステムであるため、トランスコーディングエージェントを実装し、動的に配置することが可能である。トランスコーディングエージェントを動的に配置するためには、マルチキャストセッションにおける経路において図2に示したいづれかのノード上で動作する FMS を探索する必要がある。

以下、トランスコーディングエージェントの動的な配置手順の概要を説明する。

1. 利用可能なネットワークの帯域幅やメディアのフォーマットをもとに受信側 QoS をいくつかの代表 QoS にまとめる。(図7における RQ_{r1}, RQ_{r2} 。)
2. 送信側 QoS のメディアストリームを受信する利用者端末への経路を取得する。(図7では、 US_1 から US_2, US_3, US_4 への経路。)
3. トランスコーディングを必要とする利用者端末への経路を取得する。(図7では、 US_1 から US_5, US_6 への経路。)
4. 上記2. の経路から3. の経路への分岐点となるノード (N) を探索する。
5. ノード (N) 上で FMS が稼働している場合、トランスコーディングが可能かどうかアドミッション

テストを実行する。(図7では、 RQ_{r1} でメディアストリームを受信し Q_{s2} へ変換した後送信可能かどうかを確認する。) トランスコーディングが可能な場合、エージェントが移動する。

6. ノード (N) 上で FMS が稼動していない場合、またはノード (N) 上でトランスコーディングが不可能な場合は、 US_1 と ノード (N) 間の経路上で FMS が稼動しているノードを探し、これをノード (N) とし、上記 5. に戻る。

この手順に従い、図2における (a) → (b) → (c) の順番でトランスコーディングが可能なノードを探査する。

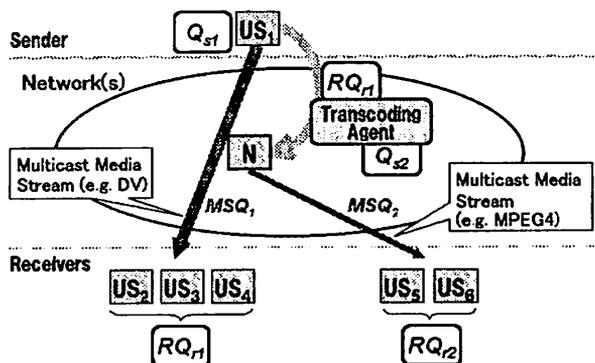


図7: トランスコーディングノードの動的な配置

こうして、受信者側の QoS 要求が大きく異なるマルチキャストセッションを複数のセッションに分割し、トランスコーディングエージェントを動的に配置することによって、より柔軟な QoS 保証が可能となる。

6 システムの設計

マルチメディア通信における中間ノードでトランスコーディング機能を利用する場合、そのノード上でのビデオ表示や音声の再生は不要であることが多いと想定される。一方で、多くのコンピュータシステムを利用して動的なトランスコーディング機能を実現するためには、通常時には負荷のかからない軽量の仕組みが望まれる。これまでの FMS は、利用者端末上で GUI を通じた利用形態をのみを考慮しており、基本システムに多数の GUI 部品が組み込まれていた。そこで、トランスコーディング機能を導入するにあたり、FMS の基本システムを再構成した。そのクラス構成を図8に示す。

エージェントの生成、移動、終了処理など、最低限必要な機能のセットをこれまでの FMS から抽出し、非同期メッセージ通信部分を再構成した。これを T-MAS (Tiny Mobile Agent Scheme) と呼ぶ。図8に示すよう、T-MAS の中心となるクラスは TmasPlace, TmasPortManager, TmasAgent である。TmasPlace はエージェント実行環境であり、生成、移動、終了処理を行う管理クラスである。エー

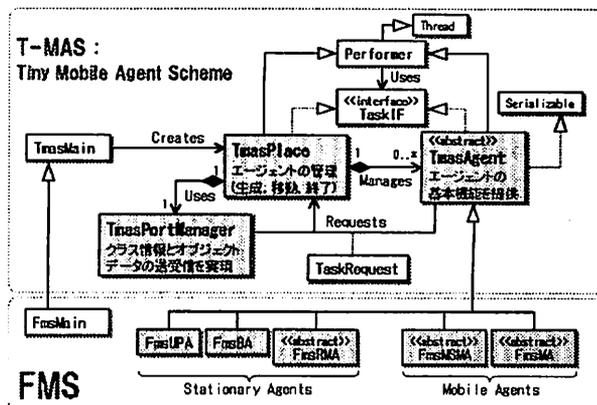


図8: Flexible Multimedia System のクラス構成

ジェントの移動に必要なとなるクラス情報やオブジェクトデータの送受信は TmasPortManager が実現する。また、TmasAgent は移動エージェントの基本機能をまとめたクラスである。Serializable クラスを実装しており、クラスオブジェクトのバイト列化が可能となっている。TmasPlace および TmasAgent はそれぞれ Performer クラスを継承している。Performer クラスは Java (Ver.1.3) における Thread クラスを継承し、TaskRequest クラスオブジェクトによる非同期要求を受け付けるためのキューを所有している。キュー内の要求処理は TaskIF を実装したクラスで実行される。

FMS の各機能を実現するエージェントは全て、TmasAgent を継承して実現される。図9は、Media Agent のクラス構成を示している。

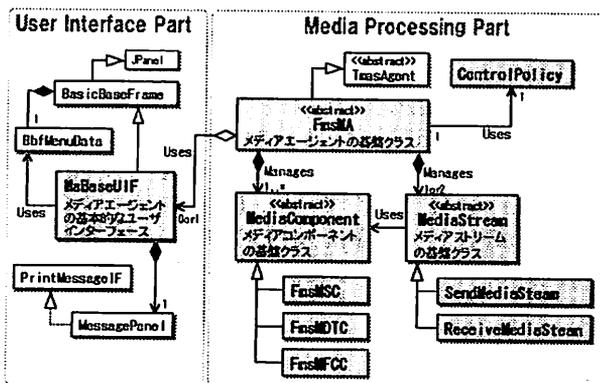


図9: Media Agent のクラス構成

Media Agent は、FMS におけるメディア処理コンポーネントを管理するエージェントであり、図9における FmsMA クラスがその基盤クラスとなる。FmsMA に関連するクラスは、メディア処理に関わるものとユーザインターフェースに関わるものの2つに大別される。メディア処理を実現するために、FmsMA は複数の MediaComponent クラスと MediaStream クラスを所有し、これらを管理する。また、MediaStream を継承したクラスには送信用と受信用のクラスが存在する。各々のストリームは、メディア同期 (FmsMSC)、データ変換 (FmsMDTC)、

メディアフロー制御 (FmsMFCC) で構成される。また、Media Agent は、生成時または移動時に ControlPolicy クラスによって制御方針が与えられる。ControlPolicy クラスは、処理すべきメディアストリームの QoS パラメータや有線属性を所有している。一方、ユーザインターフェースを実現するために FmsMA は、画面上のフレームや GUI によるメニュー、メッセージ出力用のパネルなど基本的な GUI 部品を備えた MaBaseUIF クラスを利用することが可能である。FmsMA と MaBaseUIF は独立しており、必要が無ければ GUI 部品に関する処理は発生しない。

図 10(a) は、3つの MediaComponent (FmsMSC, FmsMDTC, FmsMFCC) により ReceiveMediaStream が構成される様子を示している。各 MediaComponent はそれぞれ InputMediaStream と OutputMediaStream を所有しており、それらをつなぐことによりメディア処理を実現する。

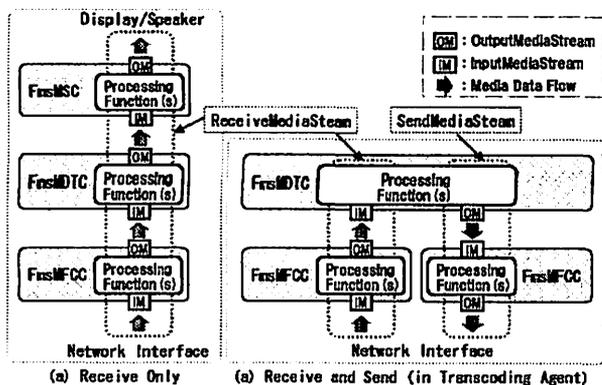


図 10: MediaComponent と MediaStream

この方法を利用して、トランスコーディング機能を実現する。図 10(b) は、トランスコーディングエージェントにおける ReceiveMediaStream と SendMediaStream の構成を示している。FmsMDTC の OutputMediaStream を FmsMFCC の InputMediaStream に接続することで変換後のメディアデータをネットワークへ転送することが可能となる。

7 まとめ

トランスコーディング機能を移動エージェントで実現することにより、RTP におけるトランスレータやミキサの機能を動的に動作させることが可能となる。これにより、利用可能な帯域幅の異なるネットワークが相互接続された環境において、利用者の QoS 要求を考慮したより柔軟なマルチメディア通信が可能となる。本稿では、筆者らが提案している FMS へのトランスコーディング機能の導入を行った。

適切なノードでトランスコーディング機能を動作させるためには、利用者間のネットワーク構成を把握する必要がある。トランスコーディングノードの処理能力も考慮する必要がある。今後、適切なノードを探索するためのプロトコルとトランスコーディ

ングエージェントの詳細設計を行い、実装する。そして、FMS 上でマルチメディア会議を行うプロトタイプを構築し、JGN 上で移動エージェントを利用したトランスコーディング機能の評価を行う予定である。

参考文献

- [1] Sakae Okubo, Stuart Dunstan, Geoff Morrison, Mike Nilsson, Hayder Radha, Dale L. Skran and Gary Thom.: *ITU-T Standardization of Audio-visual Communication System in ATM and LAN Environments*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.15, No.6, pp.965-982, Aug. 1997.
- [2] Tsipora P. Barzilai, Dilip D. Kandlur, Ashish Mehra and Debanjan Saha.: *Design and Implementation of an RSVP-Based Quality of Service Architecture for an Integrated Services Internet*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.16, No.3, pp.397-413, Apr. 1998.
- [3] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick and V. Jacobson.: *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*, RFC 1889, January 1996.
- [4] 杉浦, 小川, 中村, 村井: 民生用 DV を用いたインターネットビデオ会議システム, 情報処理, Vol.40, No.7, pp.698-702, Jul. 1999.
- [5] 橋本, 柴田, 白鳥: やわらかいマルチメディアシステムによるマルチメディア会議サービス, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.2, pp.387-395, Feb. 2000.
- [6] 橋本, 柴田, 白鳥: やわらかいマルチメディアシステムにおける移動エージェントを利用した QoS 保証機能, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, IPSJ Symposium Series Vol.2000, No.15, pp.103-108, Dec., 2000.
- [7] 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.
- [8] Pauli Misikangas and Kimmo Raatikainen.: *Agent Migration between Incompatible Agent Platforms*, Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS2000), pp.4-10, Apr. 2000.
- [9] Shinji Tanaka, Hirofumi Yamaki, and Toru Ishida *Mobile-Agents for Distributed Market Computing*, Proceedings of the 1999 International Conference on Parallel Processing, pp.472-479, Sep. 1999.
- [10] 加藤, 木下, 白鳥: マルチエージェントの集団形成方法, 電子情報通信学会論文誌 D-I Vol.J84-D-I, No.2, pp.173-182, Feb., 2001.
- [11] 富川, 高井: 移動プロキシエージェントによるアクセス経路選択, 電子情報通信学会論文誌 D-I Vol.J84-D-I, No.2, pp.183-190, Feb., 2001.
- [12] Koji Hashimoto, Yoshitaka Shibata and Norio Shiratori.: *The System Organization and QoS Functions for Flexible Multimedia System*, Proc. of the 6th International Conference on Distributed Multimedia Systems (DMS'99), pp.209-216, Jul. 1999.