

やわらかいマルチメディアシステムにおけるQoS保証について

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

分散マルチメディアシステムを利用して、地理的に離れた複数の利用者が、ビデオや音声によるリアルタイム通信を行いながら、ネットワーク上に分散して存在するマルチメディア情報を閲覧するような場合、計算機資源やネットワーク資源が動的/静的に変化する場合でも利用者が要求するサービスの質(QoS)を適切に保証する必要がある。これまで、計算機やネットワークなどの資源環境や利用状況の変化が伴う場合でも利用者の要求するQoSを考慮し、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、状況の変化に対応でき、かつ安定したサービスを利用者に提供するFMSのQoS保証機能について述べる。

The QoS Functions for Flexible Multimedia System

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

[†] Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

[‡] 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 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 the QoS guarantee functions in the multimedia system to provide stable multimedia services to users even though the computer and network resources change dynamically or statically.

1 はじめに

コンピュータの高性能化やネットワークの高速化、インターネットの普及などにより、コンピュータネットワーク上では、マルチメディアを利用したテレビ電話や会議システムが利用可能となった。

例えば、分散マルチメディアシステムの一つであるマルチメディア会議システムでは、地理的に離れた利用者同士が互いの意思疎通を行うためにリアルタイム型メディアサービスを利用する一方で、ネットワーク上に分散するマルチメディア情報を閲覧するための蓄積型メディアサービスを利用することが想定される。従って、システムは蓄積およびリアルタイムメディアを同時に処理しなければならない。また、蓄積されたマルチメディア情報を利用者に提

供するためにはオーディオ、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統合して提供する必要がある。システムはメディア毎に異なる処理や制御方法とエンド間のQoSの保証[1]が可能でなければならない。さらに、資源利用状況の変化の程度によっては、これらの制御機能を動的に組み替えて対応させることも必要となる。

現在、ATMネットワークにおけるQoS保証や、RTPやRSVPといったメディアデータ転送時のQoS保証を考慮したプロトコルの研究が盛んに行われているが、エンド間QoSに関する研究は十分に行われていない。

これまで筆者らは、これらの問題を解決するために、やわらかさの概念[2]に基づいたエージェント

指向マルチメディアシステム (Flexible Multimedia System:FMS) のアーキテクチャや組織化について研究報告を行ってきた [3][4]。本稿では、FMS 利用者の環境や資源利用状況、利用するメディアの特性を考慮し、利用者からの QoS(Quality of Service) 要求を満たすためのエンド間 QoS 保証機能について述べる。

2 Flexible Multimedia System

FMS は、VOD やマルチメディア会議システムなどのマルチメディアサービスを提供するシステムである。図 1 は、FMS をマルチメディア会議システムとして利用した場合の例を示しており、地理的に離れた複数の利用者が LAN や WAN を通してマルチメディアを利用した会議を実現するものである。図 1 の利用者は、テレビ電話やホワイトボードなどのリアルタイムメディアを利用して通信をしながら、利用者ステーション内に既に用意されているオーディオ、ビデオ、テキスト、グラフィックスによって構成される蓄積型メディアの資料やネットワーク上に分散するマルチメディア情報を利用してプレゼンテーションを行うことが可能である。

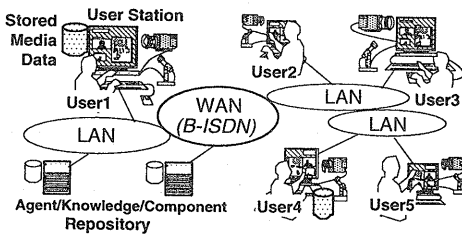


図 1: FMS の例:マルチメディア会議システム

また、図 2 にそのシステムアーキテクチャを示す。システムは 2 つのフィールドにより構成され、各フィールドは複数のエージェントとコンポーネントで構成される。**Client Interaction Field (CIF)** は、利用者端末におけるエージェントやコンポーネントが動作するフィールドであり、**Repository Field (RF)** は、組織するエージェントや知識、コンポーネントを格納しておくフィールドである。

CIF は、下記に示す 2 つの動作空間で構成される。

(1) **CCIS** : システム常駐型の 3 つのエージェントが常駐する。UPA は 下記 (2) ACAS で述べる MSMA を組織し、操作する。IA は、利用者からのサービス開始/終了要求や QoS 更新要求などを処理する。RMA は、利用可能な資源利用状況を監視し、資源の割り当てや解放を行う。

(2) **ACAS** は、動的に組織されるエージェントとコンポーネントの動作空間である。MSMA は、リアルタイムメディアサービスのための RSMA と、蓄積型メディアサービスのための SSMA によりリアルタイムと蓄積型メディアを適切に管理し、マルチメディアサービスにおける各メディア間の時間的および空間的關係の調整を行う。また、MA を組織し、操作する。MA は、単一メディア毎に存在し、必要な MC を組織し、操作する。MC は、メディア処理に必要な機能モジュールである。MSC は、メディア内およびメディア間同期処理 [5] を行う。MDTC は、JPEG, MPEG1/2 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。例えばビデオの提供においては、MPEG, JPEG, H.261 などの圧縮符合化モジュールが存在する。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、可変ビットレート転送やパケット間隔調整 [6][7][8] を行う。

RF は、2 つのリポジトリとエージェントにより構成される。AKR にはエージェントと知識が格納され、CR には、必要となるメディアコンポーネントが格納される。BA は、RF に格納されているエージェント、知識およびコンポーネントを CIF へ提供するエージェントである。

3 組織化

FMS では、マルチメディアサービスに必要なエージェントとコンポーネントを動的に組織してマルチメディアサービスを利用者へ提供する。FMS は、利用者からマルチメディアサービス要求を受けると、図 3 に示す通り、3 つの組織化フェーズを経てマルチメディアサービスを開始する。

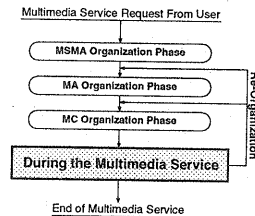


図 3: 組織化フェーズ

図 2 において CIF 内の各エージェントとコンポーネント間の矢印の方向は、組織が進む方向を示している。また、RF から CIF への矢印は、エージェント、知識、コンポーネントが動的に配置されることを示している。

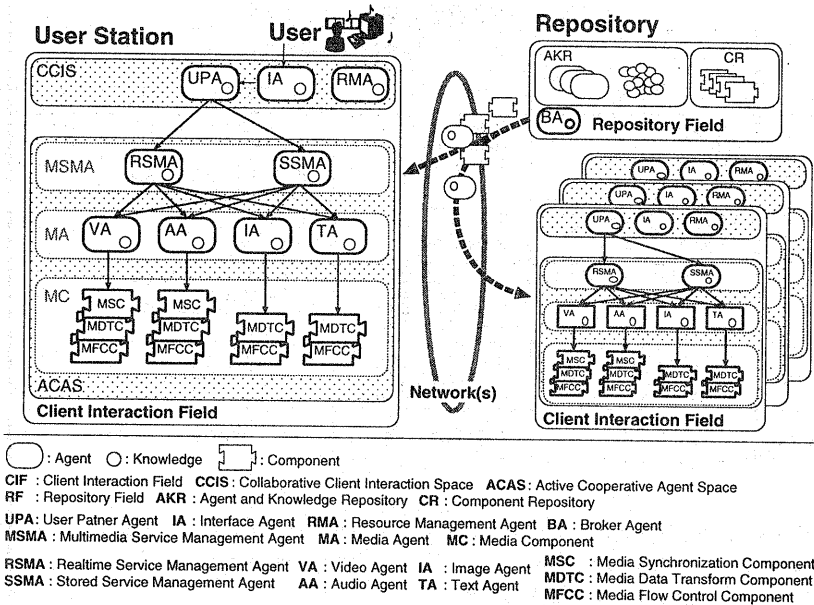


図 2: マルチメディア会議システムの構成

また、利用者からの QoS 更新要求や資源利用状況の変化に伴いマルチメディアサービスで利用するメディアの追加や削除が必要な場合、FMS は、MA や MC の再組織化を行う。組織化および再組織化時には、各エージェントは組織形成プロトコルを利用する。組織形成プロトコルと組織形成時のエージェントの状態遷移については [4] で述べている。

4 サービスとメディア制御

FMS は、利用環境の属性や資源利用状況に応じてどのようなマルチメディアサービスを利用者に提供可能かを知識を基に決定する。そして、FMS における各エージェントは、様々なメディアサービスを統合して利用者へ提供するために表 1 に示すように、FMS 構成要素の属性や状況の変化に応じて必要となる機能と知識を用いてマルチメディア処理を行う。

また、リアルタイムメディアと蓄積型メディアサービスを利用者に提供するための RSMA と SSMA は、そのサービス特性を知識として保有し、MA を操作する。

例えば、リアルタイムメディアを利用した会議中に、会話が損なわれる場合、RSMA は途切れをなくすために Video Agent に対してビデオデータのフレームレートを下げたりフレームサイズを小さくするように指示する。こうして、単位時間当りのビデオデータ転送量を抑えることにより、オーディオをデー

タの途切れを抑制する。また、例えば蓄積型オーディオ・ビデオサービスにおいて、操作性よりメディアの再生を優先する場合、メディアデータをキャッシュしてビデオデータのなめらかさを維持するように SSMA が Video Agent に対して指示する。

このような、リアルタイムおよび蓄積型サービスにおけるメディアの優先順位や制御方法は固定的なものではなく、その制御方針は利用者の QoS 要求によって決定する。利用者からの QoS 要求もマルチメディアサービスの種類によって異なり、どのような QoS 制御機能を選択したりパラメータを設定できるかについても RSMA や SSMA が知識として保有する。

また、QoS が保証されたマルチメディアサービスを利用者に提供するためには、各 MC がメディア処理を行う際に必要となる計算機およびネットワーク資源を明確にする必要がある。そして、MA は MC がメディア処理をするために必要な資源とそのサービスの質の関係を知識として保持し、利用する。

ACAS 内に組織されるマルチメディアサービスを行うエージェントは、組織される時に AKR 内の最新の知識を取得する。そして、サービス中は MC のメディア処理状況と RMA から得られる資源利用状況をもとにメディア処理と資源利用状況の関係を知識として蓄積する。蓄積した知識は、マルチメディアサービス終了時またはエージェントや MC の再組織

表 1: FMS 構成要素と機能、知識

	利用者を含むFMS構成要素			
	利用者	メディアデータ	利用者ステーション	ネットワーク
環境/属性	・使用言語 ・年齢 ・専門分野	・著積/リアルタイム ・連続/非連続 ・単一/複合 ・データフォーマット	・オペレーティングシステム ・メモリ量 ・CPUパワー ・ディスプレイの出力分解能力 ・入出力デバイス	・構成 ・アクセス方法 ・帯域幅 ・プロトコル
状況変化の種別	・利用するメディアデータ ・QoS要求	・データ量 ・メディアの質	・メモリ、CPUの使用状況 ・プロセス数	・トラフィック
必要な機能	・システムインターフェース	・メディア内同期 ・メディア間同期 ・フォーマット変換 ・メディアデータフロー	・メモリ、CPU使用状況監視 ・プロセス数監視 ・メモリ、CPU資源確保/適合	・トラフィック監視 ・帯域幅確保/適合
必要な知識	・利用者毎の属性 ・マルチメディアサービス種別と構成メディア	・メディアデータ属性 ・状況の変化に応じたメディアデータ処理法	・利用者端末属性 ・メモリ、CPU監視方法	・ネットワーク属性 ・トラフィック監視方法
知識利用エージェント	UPA	MSMA, MA	RMA	RMA

化時に RF 内の AKR へ格納される。格納された知識は、別の FMS において利用可能となる。

MA が MC を操作するために利用する基本的なパラメータを以下に示す。

(1) 環境パラメータ：

利用者のマルチメディア環境を特定するパラメータ。

OS 種別：実時間処理をするために CPU 資源を確保できるか、適合するかが決定する。

ネットワークプロトコル種別：帯域幅を確保できるか、適合するかが決定する。

CPU 種別と処理速度：MC の基本的な性能を決定する。

デバイスの特性：ディスプレイの解像度、音声デバイスなどを示し、利用可能なメディアを特定する。

(2) 資源利用状況パラメータ：

動的に変化する資源利用状況を把握するためのパラメータ。ネットワークトラフィック、CPU 占有率、メモリ使用量、ロードアベラージュ、ページングやスワップ回数などが資源利用状況パラメータとなる。

(3) メディア QoS パラメータ：

オーディオ、ビデオなど、メディアのサービスの質を特定する。ビデオデータの同期、フォーマット変換処理においては、フレームレート、フレームサイズ、色数などがメディア QoS パラメータとなる。また、ネットワーク転送においては、時間的制約とパケット紛失率を制御するパケット間隔もパラメータとなる。

これらのパラメータの関係を各エージェントが知識として保有し、メディア処理を行うことにより、利用者のサービス要求に応じて、FMS は多様な環境と

資源利用状況を考慮した柔軟なマルチメディアサービスを実現することが可能となる。

5 QoS 保証機能

利用者が FMS を利用する環境は、異なる計算機やネットワーク構成であることが想定される。例えば、ある利用者の計算機では CPU 資源の確保が可能であり、また、その計算機が接続しているネットワークでは帯域幅の確保や遅延、ジッタの制御が可能である一方、ほかの利用者の計算機やネットワークでは、最前努力型の処理しかできない可能性もある。

このような環境における QoS 保証には大きく分けて 2 つの場合が存在する。

(1) 資源確保の機能が利用できない場合：

利用できる資源を処理するメディア毎に割り振る機能が必要となる。QoS を保証するためには、上述した環境パラメータ、資源利用状況パラメータ、そしてメディア QoS パラメータの関係が必要となる。

(2) 資源確保の機能が利用できる場合：

OS がリアルタイム処理をサポートし、ネットワークでは帯域幅の確保が可能であるような環境では、メディア処理を行う場合に適切な資源を確保することが可能である。資源が確保されているので、複数のメディアにおける干渉や外部負荷による QoS の劣化を考慮しなくて良い。

どちらの場合においても、利用できる資源で利用者の QoS 要求を保証することができない場合、利用者の要求する QoS を調整する必要が生じる。

5.1 QoSの決定

FMSにおけるQoSの決定は、QoSパラメータのマッピングを行うMSMA(RSMA, SSMA)、MA(VA, AA, IA, TA)と資源管理、確保解放を行うRMA、そしてQoSパラメータの調整(アダプテーション)を行うUPAにより、以下の手順で行われる。

1. 利用者から要求されたQoSをUPAがMSMA経由でMAへマッピングするよう要求する。
2. 各MAは、利用者から要求されたQoSパラメータを各メディアQoSパラメータへマッピングし、MSMA経由でUPAへ返す。
3. UPAはRMAへメディアQoSパラメータを渡し、RMAは必要な資源が利用可能かどうかを確認するアドミッションテストを行う。
 利用可能な場合：資源確保が可能ならRMAは資源を確保し、各MAはMCの制御を開始する。
 利用不可能な場合：UPAがQoSパラメータのアダプテーションを行い、再びMAに対しマッピング要求を発行する。

5.2 QoSアダプテーション

QoSを保証するために必要な資源が確保できない場合、パラメータの優先順位に従って、UPAがQoSパラメータのアダプテーションを行う。QoSパラメータの優先順位は正数で表現され、後述する優先属性やポリシーから決定される。FMSでは、この値が低いQoSパラメータを優先的に保証する。図4は、同一優先順位のパラメータ及び、異なる優先順位のパラメータに対するアダプテーションを表している。

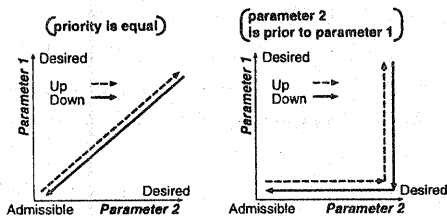


図4: QoSアダプテーション

同一優先順位のQoSパラメータが複数存在する場合、そのQoSパラメータの希望値、許容値、設定値を1つのノードとした二重連結リストを構成し、アダプテーションすべき(またはされた)QoSパラメータのノードを指すupdate_pointerを設定しておく。同一優先順位のQoSパラメータの値を上げる場合、update_pointerの指しているノードの設定値を上

げて、update_pointerを左に1つづらす。また、同一優先順位QoSパラメータの値を下げる場合、まずupdate_pointerを右に1つづらし、update_pointerが指すノードの設定値を下げる。

こうして、パラメータの優先順位に基づき資源利用状況に応じた適切なQoSによるメディアデータの提供が可能となる。

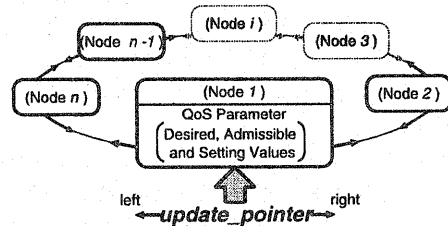


図5: 同一優先順位のQoSアダプテーション

6 QoSクラス

メディア毎に異なるメディアQoSパラメータは、そのメディアのQoSを決定するが、利用者の観点からするとメディアQoSパラメータを細かく設定することは面倒な作業となる。そこで、利用者が容易にQoSを設定できるようにするため、FMSではクラス概念を導入する。

表2は、クラスの例としてオーディオ・ビデオデータのQoSクラスを示しており、ユーザはこの3つのクラスから希望するQoSクラスを選択することによって簡単にQoSの要求を行なうことが可能となる。表2に示す通り、オーディオ・ビデオデータのQoSパラメータは、画像サイズ、画質(解像度、滑らかさ)、音質、チャンネル数、また、オーディオとビデオの同期精度やインタラクティブな操作に対する応答性等のパラメータが考えられる。

ここで、マルチメディアサービスにおいて、利用するメディアの増減に伴う計算機およびネットワーク資源の利用状況の変化や、外部負荷による資源利用状況の変化が生じた場合、常に利用者が要求するQoSを保証できるとは限らない。システムは、資源利用状況に応じてQoSを更新する必要がある。そこで、QoS更新の際に、どのQoSパラメータを優先的に保証するかという優先属性を利用者が選択できるようなインターフェースが必要となる。また、利用者が許容し得るQoSが保証できなくなった場合の緊急時の動作もあらかじめ利用者が選択できるように定義しておく(表2)。

上述したQoSの要求方法は、利用者が受信するオーディオ・ビデオデータのQoSのみを要求するVODのようなサービスでは有効である[1]。しかし

表 2: オーディオ・ビデオデータの QoS クラスと QoS パラメータの例

QoS クラス	アプリケーションQoSパラメータ							優先属性		緊急時の動作	
	画像サイズ	画質(解像度)	画質(滑らかさ)	音質	チャンネル数	同期精度	応答性	実時間重視	優先度	セッションを続ける	セッションを一時停止させる
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	良い	リアルタイム	高	セッションを一時停止させる	セッションを続ける
Normal	ノーマル	普通	普通	普通	2(ステレオ)	細かい	良い	非リアルタイム	中	セッションを一時停止させる	セッションを続ける
Low	ミニ	普通	普通	普通	1(モノラル)	普通	良い	非リアルタイム	低	セッションを一時停止させる	セッションを続ける

ながら、会議システムなどのように複数の利用者が様々なメディアデータを相互にやり取りする場合、複数の利用者の QoS 要求をとりまとめる必要と、送信メディアの QoS、受信メディアの QoS を調整する必要がある。

筆者らはこれまでにグループ通信における QoS 機能についても研究を進めてきた [9]。会議同様、グループ通信においても複数の利用者が相互にマルチメディア情報を交換する。[9]では、複数の利用者の QoS 要求を QoS 要求合意交渉ポリシーとして提案している。QoS 要求合意交渉ポリシーは、最低優先、最高優先、平均、特定利用者優先などが考えられ、例えば、強調作業を行う場合、要求された QoS の平均を保証するよう指示するものである。また、送信側優先、受信側優先といったポリシーを用意し、会議形式によりポリシーを選択できるような仕組みを考案しているところである。

実際にマルチメディアサービスを利用者へ提供するためには、上述したようにマルチメディアサービスによって異なる適切な QoS クラスやポリシーを定義していく必要がある。

7 まとめ

本稿では、システム利用者の環境と資源利用状況の変化およびメディアデータの特性を考慮し、利用者の QoS 要求を満たすマルチメディア情報を提供する FMS における QoS 機能について述べた。また、QoS クラスとパラメータの優先順位および QoS 決定のためのポリシーについて述べた。

今後、QoS 機能の詳細設計を行い、会議システムのための QoS クラス、ポリシーに関してもサービスに適切なものを考案していく予定である。

また、FMS は動的にエージェントやコンポーネントを組織することが可能であり、エンド間 QoS 保証機能を有するシステムであるが、組織化を行うために必要となる知識は確定しておらず、資源利用状況とメディア処理の関係も明確になっていない。これらについては、プロトタイプを構築し、機能および性能評価を行うことにより明かにしていく予定である。

参考文献

- [1] Koji Hashimoto, Jun Sato, Yukiharu Kohsaka and Yoshitaka Shibata.: *End-to-End QoS Architecture Considering Dynamic Rate Control Methods*, Proc. of DMS'98, pp.82-89, 1998.
- [2] 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.
- [3] 野村 尚央, 柴田 義孝, 白鳥 則郎.: やわらかいマルチメディア会議システムの設計と実装, 情処研報 DPS-86-32, pp.183-188, 1998.
- [4] 橋本 浩二, 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のためのエージェントの組織化について, 情処研報 DPS-89, Vol.98, No.55, pp.73-78, 1998.
- [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] 知念正, 柴田義孝.: パケット紛失を考慮した連続メディア転送プロトコルの研究, 情処ワークショップ論文集, Vol.96, No.1, pp.67-72, 1996.
- [7] Jun SATO, Koji Hashimoto, Yoshitaka Shibata.: *Dynamic Rate Control for Continuous Media Transmission*, IPSJ SIG-Notes, DPS-85, Vol.97, pp.85-90, 1997.
- [8] 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.
- [9] 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, 情処研報 DPS-72, pp.55-60, 1995.