

グループ通信におけるQoS機能

石井 弘行 神 貴 橋本 浩二 柴田 義孝

東洋大学工学部 情報工学科

{hiro,jin,hashi,shibata}@sb.cs.toyo.ac.jp

筆者らは、大学における限られた計算機資源を有効に利用し、目的に合わせた講義形式への変更、講義内の参加者のグルーピング、及び合同講義を任意に可能とする講義の動的構成が可能なシステムアーキテクチャを提案している。本稿では、コネクションの動的な構成が行なわれる中で、複数の参加者のQoS要求の違いの吸収、及び形式毎に重要となるメディアストリームの違い、例えば一般的な講義では講師からのメディアストリームを重視し、自由討論では全ての参加者のメディアデータを平等に扱うなどの交渉ポリシーを考慮に入れたオーディオ・ビデオ転送のQoS保証交渉機能の提案を行なう。

QoS Guarantee Functions for Group Communication

Hiroyuki Ishii, Takashi Jin, Koji Hashimoto, and Yoshitaka Shibata

Department of Information and Computer Sciences

Toyo University

{hiro,jin,hashi,shibata}@yosemite.sb.cs.toyo.ac.jp

We have introduced Dynamic Lecturing Support System which can provide various types of lectures, and grouping functions among lectures based on the characteristics of the desired lecture. In this paper, we presented QoS guarantee and negotiation functions using consensus protocol that consider various QoS requests from participants, and priority of media streams related to the session type, e.g. in generic lecture type where instructor's media streams are the most important, while other media streams of all the participants have the same priority.

1. はじめに

大学における限られた計算機資源を有効に利用し、目的に合わせた講義形式を任意に可能とする動的マルチメディア講義支援システム [1] においては、各ステーションの処理能力や、ネットワークの負荷状況に応じて、提供するサービスの質を保証するQoS(Quality of Services)保証機能が必要である [2]。本稿では、複数のユーザエージェントの送受信

インタフェース間に張られるM:Nコネクションであるグループコネクションを送信側(sender interface group:SIG)、受信側(receiver interface group:RIG)に分けてモデル化し、SIGにおいて参加者及びストリームの重要度を考慮した柔軟なQoSの調整を可能とする統一的ストリーム管理制御、そしてRIGにおいてマルチキャスト・メディア転送を考慮し、各ユーザステーションのQoS決定要因の違いを合意プロトコルを用い吸収するQoS合意交渉を行な

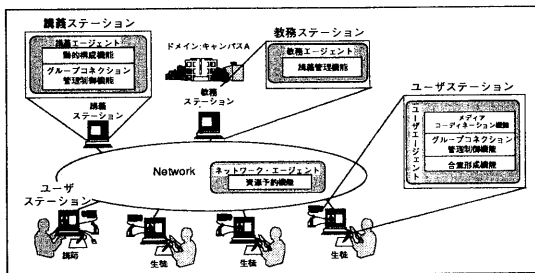


図 1: システム構成

うことにより QoS 交渉を行なう方法を提案する。また、コネクションの動的構成を行ないながら QoS 保証を可能とするために、講義 4 フェーズ [1] における接続フェーズにて、合意ポリシーの選択、及びそのポリシーを用いた QoS 合意交渉のサブフェーズの提案をする。

2. 動的講義支援システム

B-ISDN などの広域ネットワーク上に分散した複数のユーザステーションにより講師及び複数の生徒によるボイス及びビデオの交換、手書き図形・イメージ及びテキストによる White Board 及び Shared Drawing Window、協同執筆のための Shared Editor、そしてプレインストーミング等のグループウェアアプリケーションの使用を可能とする遠隔講義システムを考える [図 1]。

2.1 講義ステーション

講義ステーションによって講義の状態(休講、講義中など)、参加者の位置透過性の提供、及び参加者のグループ構成の管理を行ないグループの動的な再構成を可能とする。

2.2 教務ステーション

キャンパス・学部・学科といったドメイン内で行なわれている講義の情報(講義名、担当講師、時間割など)の管理を行なっており、ユーザが講義をアクセスする際の位置透過性を提供する。

2.3 ユーザステーション

オーディオ・ビデオなどの時間に依存したメディアデータを扱うユーザステーションでは、ユーザからの入出力機能と適切なメディアデータの処理を行なう。加えて、複数の多様なユーザステーション間でマルチキャストを用いたメディアデータの交換を可能とするためにユーザステーション間の処理能

力、デバイス属性、アプリケーションレベルの QoS 要求の差の吸収を行なうための合意・交渉を行なう。

3. セッション

講義や会議などのグループ通信における単位をセッションと定義する。文献 [1] において、講義を目的により 5 つの形式、1) 一般的講義型 2) 協調作業型 3) 自由討論型 4) 討論型 5) LL 教室型に大別した。これらの形式の違いは、セッションにおける発言権の制御方式や、重要となる参加者もしくはメディアストリームの違いとなる。セッションは、複数の UA 及びグループコネクションにより構成される [図 2]。

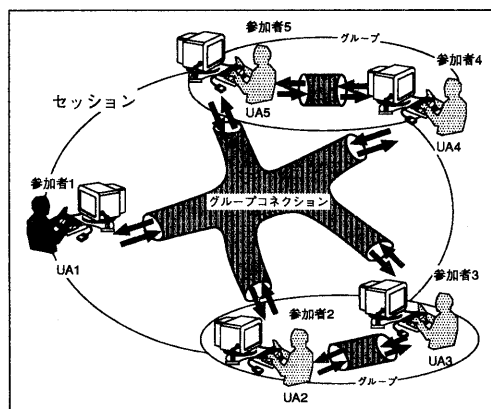


図 2: セッション概念図

3.1 M:N コネクションモデル

グループコネクションは、複数の UA 間に張られる M:N コネクションであり、グループ内の UA のメディア送信インタフェースをひとまとめにしたものを送信インタフェースグループ (SIG: send interface group)、同様に受信インタフェースをひとまとめにしたものを受信インタフェースグループ (RIG: receive interface group) としモデル化した [図 3]。これは文献 [5] における M:N コネクションモデルを参考している。しかし、文献 [5] においてはコネクション管理制御の提案に留まり、QoS 交渉については述べられていなかった。そこで本稿では、メンバである送受信インタフェースを隠蔽し、合意プロトコルを用いた QoS 合意形成、及び QoS 交渉のメソッドを持ち、加えて SIG は発言権制御、及びストリームの優先度を考慮した QoS 調整、RIG はメディアデータのマルチキャスト転送のメソッド

を持つコネクションモデルを提案する。

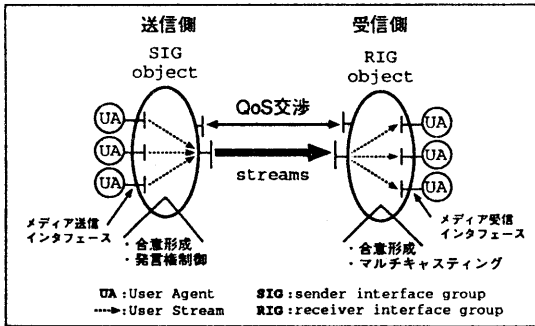


図 3: M:N コネクションモデル

3.2 サブグループのモデル化

サブグループは、インタフェースグループ (IG) に対して explicit[図4]、もしくは implicit なインタフェースサブグループ (ISG) を作成することによりモデル化される。

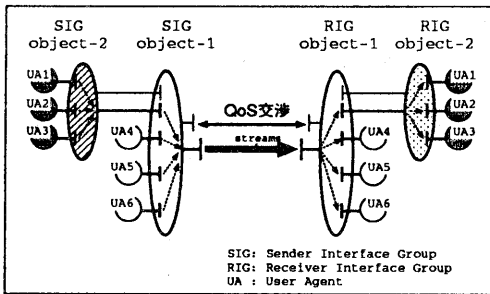


図 4: explicit interface subgroup

explicit ISG: explicit ISG は、あたかも一つのインタフェースの様に IG のメンバーとなる。ISG のメンバーは、直接には親 IG のメンバーではない。親 IG での合意形成の際には ISG で再帰的に合意形成が行なわれ、その合意結果を用い親 IG のメンバーと合意の形成をする。グループとして講義や会議に参加する場合をモデル化する。

implicit ISG: implicit ISG のメンバーは、親 IG の直接のメンバーであり、且つ ISG の直接のメンバーである。親 IG における合意形成の際には、implicit ISG のメンバーの区別はされない。セッション内における秘話などのサブグループをモデル化する場合に向いている。

3.3 ユーザストリーム

UA は、送信インタフェースにより、オーディオ、ビデオなどの複合連続メディア [2] であるユーザストリームを送信し、受信インタフェースにより複数のユーザストリームを受信する。ユーザストリームの QoS (User stream QoS: Q_U) を以下のように定義する。

- $Q_U \{ Q_M \}$

ここで、 Q_M : 複合連続メディアにおける QoS

また、ユーザストリームの QoS 要求を、ユーザストリームの QoS パラメータ集合 (Q_{U-set}) として以下のように定義する。ユーザストリーム毎に、送信 UA 及び複数の受信 UA により、この QoS パラメータ集合を用いて、ユーザストリームの QoS 要求が行なわれる。

- $Q_{U-set} \{ Q_{M-set} \}$

ここで、 Q_{M-set} : 複合連続メディアにおける QoS パラメータ集合

SIG/RIG オブジェクトのメディア送受信インタフェースは、SIG のメンバから送信されるユーザストリームの束を送受信する。その QoS を以下のように定義する。

- $Q_{U-list} \{ Q_{U_0}, Q_{U_1}, \dots, Q_{U_n} \}$

ここで、 Q_{U_i} : UA_i の出力するユーザストリームの QoS パラメータ ($i = 1, 2, \dots, n$)

4. セッションの流れ

セッションは、開始から終了までに 4 つのフェーズ、開始、接続、通信、終了フェーズより構成される [図 5]。

1. 開始フェーズ

参加者がお互いに位置情報を獲得するフェーズである。動的講義支援システムにおいては、講義エージェントを介し、講師及び学生の UA はお互いの位置情報を得る。

2. 接続フェーズ

グループコネクションの接続及び制御を行なう。5 つのサブフェーズ、要求、合意ポリシー選択、QoS 交渉、セットアップ、及び完了報告サブフェーズからなり、それぞれ操作要求の発

行・配布、合意交渉に使用される合意ポリシーの選択、QoS交渉、トランスポートコネクション及びメディアデバイスなどの初期化、コネクション制御方式設定、コネクション操作完了の報告を行なう [図 6]。

3. 通信フェーズ

グループコネクションを介し通信を行なう。そして動的構成関数を使用することにより、接続フェーズへと戻りコネクションの再構成及び制御を行なう。

4. 終了フェーズ

全てのグループコネクションを閉じ、セッションの終了処理を行なう。

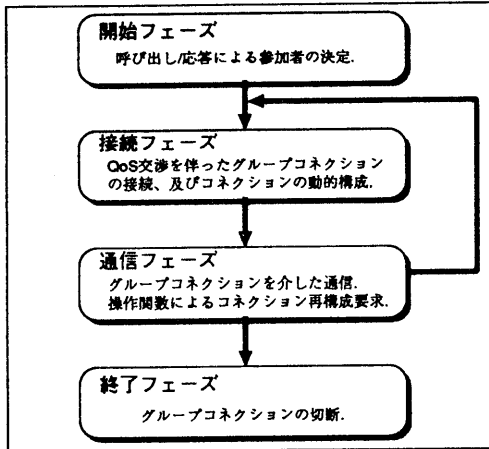


図 5: セッション開始から終了までの4フェーズ

5. 合意プロトコル

合意プロトコルは、QoS要求合意交渉、資源確保試験合意、QoS調整合意、及びセッション成立合意の際に、SIG及びRIG毎にQoS交渉の各段階において使用され、合意ポリシー選択サブフェーズにより、それらポリシー及び緊急時の動作が全参加者の合意の下に選択される。その合意ポリシー選択のための合意ポリシーは、デフォルトでは多数決のポリシーによるが、例えば一般的な講義を支援するアプリケーションにおいては、特定ユーザ（講師）優先のポリシーが考えられる。

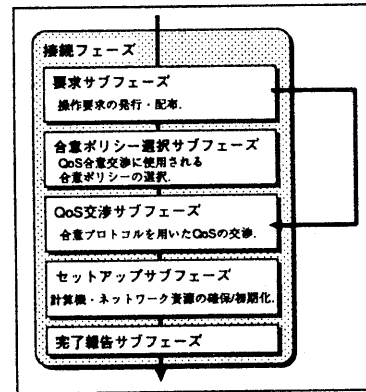


図 6: コネクションフェーズにおけるサブフェーズの構成

以下に合意ポリシー選択サブフェーズにより選択される4つのポリシーについて述べる。

QoS要求合意交渉ポリシー：SIG及びRIGにおけるQoS要求の合意のポリシーと、SIG-RIG間でのQoS要求交渉のポリシーからなる。QoS要求合意ポリシーは、最低優先、最高優先、平均、特定ユーザ優先などが考えられ、例えば、協調作業形式では、平均のポリシーが使用される。SIG-RIG間での交渉ポリシーは、送信側優先、受信側優先などが考えられる。一般的な講義においては、講師の送信ストリームが重要であり、送信側優先が使用される。

資源確保試験合意ポリシー：IGにおいて資源確保がcommitもしくはrejectかを合意するために、メンバーの一人以上、半数以上、全員、特定参加者がcommitの場合に、commitとするポリシーが考えられる。一般的な講義などでは、送信側で特定ユーザのポリシーを使用し講師が送信資源確保commitであればSIGとしてcommitとし、逆に受信側では全生徒が講師のストリームを受信することを望み、全員commitのポリシーを使用することが考えられる。協調作業では、全員の平等な相互作用が望まれるため、送受信双方において全員commitを使用することが考えられる。

QoS 調整合意ポリシー： 送信側の QoS 調整では、ユーザストリームの優先度を考慮した優先順位による QoS 調整のポリシーや、多数決などにより調整を決定するポリシーが考えられる。

セッション成立ポリシー： 受信側の QoS 調整は、利用可能な資源の状況により、資源の確保が不可能で調整失敗に終る可能性がある。このポリシーは、QoS 調整を失敗した RIG メンバーを考慮し、例えば一人以上、半数以上、全員、特定ユーザが失敗した場合、及び送信側において設定 QoS が許容以下になったユーザストリームが半数以上、全部、特定ユーザストリームの場合、セッションは不成立とし緊急時の動作として、合意ポリシーの再選択、セッションの終了、一部メンバーの削除などを行なう方針を与える。

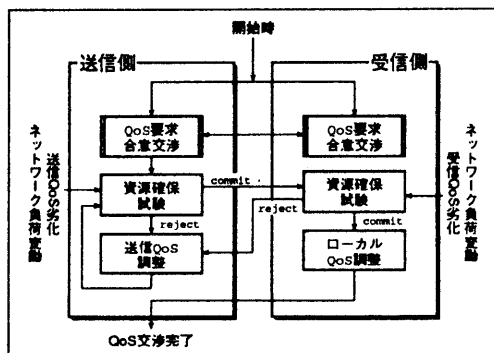


図 7: QoS 交渉の流れ

6. QoS 交渉

グループコネクションの接続、及び利用可能な資源の変動による QoS 劣化の際に、QoS 交渉が行なわれる [図 6]。QoS 交渉は、1) QoS 要求合意交渉 2) 資源確保試験 3) QoS 調整 からなる [図 7]。

6.1 QoS 要求合意交渉

SIG-RIG オブジェクト間での複数ユーザストリームの QoS パラメータ集合を決定する QoS 交渉である。両オブジェクト共にメンバ間で要求合意ポリシーに従い QoS パラメータ集合の合意をとりながら、SIG-RIG オブジェクト間で QoS 交渉を行なう。

受信側での QoS パラメータ集合の合意は、参加者の優先度を考慮しマルチキャスト転送を効果的に

利用するために行なわれる。送信側での QoS パラメータ集合の合意は、参加者の優先度を考慮し送信 QoS 要求の合意を取る。

6.2 資源確保試験

QoS 要求から必要となる計算機資源、及びネットワーク資源を確保可能かどうか (*commit/reject*) を調べる。一つのユーザステーションにおけるメディア送信処理、及びメディア受信処理に割り当てられる CPU、ビデオコーデック等の計算機資源が独立しているアーキテクチャを前提とし、一方での利用可能な資源の変動が他方に影響しないことを仮定している。資源確保試験の結果は、送信側もしくは受信側のインタフェースグループによって送信/受信資源確保試験合意ポリシーに従い合意がとられる。

6.3 QoS 調整

ユーザストリーム及び参加者の優先度を考慮した QoS の調整を行なう。SIG 側では QoS 調整ポリシーに従い、ユーザストリームの優先度を考慮し、送信 QoS の調整が行なわれる。RIG 側では資源確保試験により *reject* したメンバーが、受信しているユーザストリームを間引き処理などにより QoS を変更し、利用可能な資源に適応させるための受信 QoS 調整が行なわれる。

6.4 グループコネクション確立時

コネクション確立時の QoS 交渉を説明する [図 7]。一般的な講義の例を用いて、グループコネクション接続時の QoS 交渉の説明をする。

1-1) 一般的な講義は講師からのメディアデータが主体となるため、QoS 要求合意交渉は、送信側からの QoS 要求提案から始まる。講師 UA は送信 QoS 要求を提案し、他の参加 UA は、質問用の送信 QoS 要求を提案する。各参加 UA の質問用の送信 QoS 要求は、要求合意プロトコルの最低優先や平均のポリシーを用いて一つの QoS 要求に合意される。1-2) それら送信 QoS 要求は受信側に送られ、受信側の各メンバーはその要求を基に受信 QoS 要求を提案する。受信側では、それらの QoS 要求を要求合意により一つにまとめ上げる。1-3) SIG-RIG 間で双方の合意 QoS 要求をやりとりすることにより、最終的な QoS 要求が決定される。

2-1) 送信側の各メンバーにおいて資源確保の試験が行なわれる。その結果は、*commit* もしくは *reject* であり、合意プロトコルを用い合意が取られる。講

義の例では、特定参加者優先のポリシーが使用され、講師が *commit* であれば合意結果は *commit* となる。2-2) 次に受信側での資源確保の試験が行なわれる。送信側同様に各メンバーにおいて試験が行なわれ、その結果の合意が取られる。講義の例での合意のポリシーは、半数以上の *commit* などが考えられる。ここで合意結果が *reject* の場合、送信側の送信 QoS 調整 (3-1) に移る。*commit* の場合、受信側 QoS 調整 (4-1) に移る。

3-1) 送信側メンバーの合意の下に QoS 調整が行なわれる。講義の例では、優先度の低い質問用のユーザストリームの設定 QoS が下げられ、(2-1) に戻る。全てのユーザストリームの設定 QoS が許容 QoS 以下となった場合、緊急時の動作が取られる。緊急時の動作としては、そのまま続行する、や QoS 合意交渉ポリシーを選択し直し、QoS 交渉をやり直すなどが考えられる。

4-1) 資源確保試験に *reject* したメンバーは、設定 QoS を変更し利用可能な資源に適応させるための受信 QoS 調整を行なう。受信 QoS 調整の結果は、送信側に報告される。受信側全メンバーが、調整に失敗した場合などには、あらかじめ決められた緊急時の動作を取る。

6.5 QoS 劣化時

QoS 劣化時の QoS 交渉について説明する [図 7]。QoS 劣化は、利用可能な送信側・受信側の計算機資源、及びネットワーク資源の変動により発生する。送信側での QoS 劣化、及びネットワーク資源の負荷変動報告により送信側資源確保試験 (2-1) から、受信側での QoS 劣化、及びネットワーク資源の負荷変動報告により受信側資源確保試験 (2-2) から QoS 交渉が開始される。例えば、受信側資源確保試験合意ポリシーに半数以上の *commit* が使用されており、その条件を満たさない場合、資源確保試験は *reject* され、送信 QoS 調整 (3-1) が行なわれる。満たす場合、受信 QoS 調整 (4-1) に移行し、各 UA が独自に QoS 調整を行なう。

7. まとめ

本研究では、マルチメディア講義支援システムなどのグループウェア・アプリケーションに利用可能なグループ通信における QoS 保証機能を実現するために新たに必要となる合意プロトコルを用いた QoS 交渉機能、及び M:N コネクションモデルを示

した。

現在、その詳細設計、及びプロトタイプとして QoS 交渉機能を持つマルチメディア講義支援システムを開発している。今後、そのプロトタイプを利用し、動的な負荷変動、及びコネクション再構成の際の QoS 保証交渉機構の評価を行なう予定である。

参考文献

- [1] 石井, 柴田, “マルチメディア講義支援システム実現のための動的構成法の設計”, 情報処理学会研究報告 95-DPS-70, p.13 ~ 18, May 1995.
- [2] 橋本, 勝本, 渡辺, 柴田, “連続メディアを主体としたサービスのための QoS 保証機能”, 情報処理学会 研究報告 95-DPS-71, p.97~102, Jul 1995.
- [3] 勝本, 橋本, 渡辺, 柴田, “Hypermedia-on-Demand のためのプレゼンテーション制御機能”, 情報処理学会 研究報告 95-DPS-71, p.103 ~108, Jul 1995.
- [4] Yahata, C., Sakai, J., and Takizawa, T., “Generalization of Consensus Protocols,” Proc. of ICOIN-9, pp.419-424, 1994.
- [5] G.S. Blair, N. Davies, G. Coulson and N. Williams, “Abstractions for Continuous Media in Heterogeneous Distributed Systems: The role of Groups,” Proc. of the 5th ACM SIGOPS Workshop on Models and Paradigms for Distributed Systems Structuring, Sep. 21-23, 1992.