

QOSに基づくマルチキャスト通信*†

6C-9

尾上裕子‡

NTT 情報通信網研究所§

1 はじめに

近年、動画像や音声データなどの連続メディア情報を広域分散環境で処理する分散マルチメディア処理技術への要求が高まっている。この連続メディア情報は、値の正当性よりも時間の正当性が重要であるため、処理サーバの周期やデッドラインの指定による時間制約の保証という、リアルタイム性を考慮したリアルタイム OS が適用されている [2]。さらにリアルタイム OS では、アプリケーションが要求する処理性能の特性を、広域分散環境下でのエンドツーエンドで満足する必要がある。そのため、転送データの遅延時間およびそのばらつきの最小化、各ルータにおける優先度を加味したスケジューリングなどをネットワークワイドに行うための、リアルタイム通信プロトコルが検討されている [1]。

2 リアルタイム通信プロトコルにおける転送制御

マルチメディア情報を扱うための通信プロトコルにおいて、IP プロトコルをはじめとするベストエフォート型のサービスモデルでは、パケット到着遅延時間のばらつきやネットワークオーバーフローによりパケット損失が生じ、音声ととぎれたり映像が止まるといった問題が挙げられる。さらに、これが CPU の一時的な負荷やネットワーク輻輳を生じさせることになる。そこで、XTP, ST-II, HeiTP をはじめとするリアルタイム通信プロトコルでは、これらに対処するために、あらかじめネットワークや CPU の必要量を予約しておく資源予約方法と、転送状況に応じて転送量を動的に変更する転送レート制御方法の二つの転送制御が行われている。

3 QOS に基づくマルチキャスト通信機構

3.1 本研究の転送制御

グループ全体に対し一律の QOS(Quality Of Service) を提供している従来の転送制御方式では、受信能力の低いメンバーによるグループ全体の QOS の低下や、一度決定した QOS 値は変更しづらいといった問題点が挙げられる。そこで本研究では、リアルタイム通信プロトコルにおいて、以下の二点を目的とした転送制御について検討する。

- ・混成ネットワーク形態において、グループメンバーの受信処理能力および要求の多様性を許容した相対的な QOS の提供

- ・アプリケーションからの要求や、ネットワークや CPU の一時的な負荷および輻輳時に対処するための動的な QOS の提供

*QOS-based Multicast Communication

†この研究は、情報処理振興事業協会 (IPA) が実施している開放型基盤ソフトウェア研究開発評価事業「マルチメディア統合環境基盤ソフトウェア」プロジェクトのもとに行われました。

‡Yuko Onoe

§NTT Network Information Systems Laboratories

以上の二点を満足するために、従来のエンドツーエンドの統一的 QOS 制御に対し、トランスポートレイヤでのエンドツーエンドの QOS 制御と、ネットワークレイヤでのポイントツーポイントの QOS 制御との協調制御方式を提案する。具体的には、(1) ネットワーク毎に異なる QOS を提供するための中継エージェントにおける QOS 制御機能と、(2) 転送フローの状態に応じてエンドツーエンドの QOS を変更するためのフローモニタリング・フロー調整機能を導入する。

3.2 転送制御のための QOS レベル

リアルタイム通信プロトコルでは、遅延時間とその変化量・転送レート・パケットロス率などを FlowSpec として指定することで、転送サービスの保証量である QOS を満足しようとする。この QOS と FlowSpec の関係を以下に示す。

表 1: QOS と対応する FlowSpec

QOS	FlowSpec	アプリケーションとの関連
情報の新鮮度	delay	TV 会議と放送型会議
情報の連続性	jitter	動画像のなめらかさ
情報の解像度	throughput	時間的解像度と空間的解像度
情報の信頼性	error rate	音声データ・圧縮データ

ここでは、これらの QOS をグループ通信で取り扱うために、グループアドレス機構に QOS を反映した QOS レベルを導入する。この QOS レベルは、固定的なマルチキャストグループ中に動的にサブグループを形成し、各サブグループに応じた QOS を提供するものである。このとき、グループのメンバーや中継となるエージェントでは、

(group ID, QOS_level)

の組をもって、パケット伝搬処理を行う。この QOS_level は、ネットワークや CPU の処理能力などの潜在的な要因と、負荷の状況などの動的な要因の両者に依存して決定される。さらに、転送制御の対象となるパケットフォーマットには、各 QOS の値を指定する QOS フィールドを付ける。また、この QOS フィールドを多次的に表現することにより、同時に複数の要因の QOS を操作することが出来る。

4 MPC(Multicast Protocol for Continuous media) の設計

次に、マルチキャスト通信に QOS 制御を取り入れた、MPC の設計について述べる。この MPC では、トランスポートレイヤとネットワークレイヤとで、以下のように管理の住み分けを行った。

a. トランスポートレイヤ

エンドツーエンドでの QOS を保証するため、FlowSpec に基づきデータ転送フローのモニタリングおよびフローの再調整を提供する。フローの状態を常に把握し、エンドツーエンドでの QOS の要求や交渉、選択などを行う。

- ・フローモニタリング機能
 - FlowSpec の評価
- ・フロー調整機能
 - QOS レベル決定機能 (受信側)
 - QOS レベル変更機能

b. ネットワークレイヤ

受信エージェントの処理能力および要求に従った相対的な QOS を提供するため、トランスポートレイヤの決定に従い、実際にデータ転送フローの制御を行う。

- ・フロー制御機能
 - パケットフィルタリング機能
 1. QOS レベル設定機能 (送信側)
 2. QOS レベル設定機能 (受信側)
 3. QOS レベル伝搬機能

4.1 MPC 適用例

4.1.1 QOS レベルの設定手順

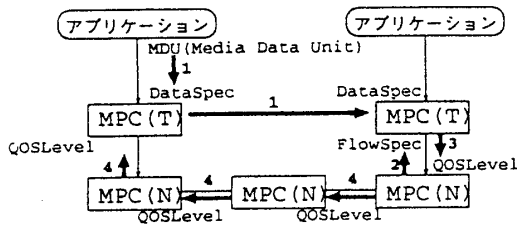


図 1: QOS レベルの設定

1. DataSpec の保持

送信側のトランスポートエージェントは、アプリケーションが転送するマルチメディア情報の MDU(Media Data Unit)を受信すると、PDU(Packet Data Unit)に従って分割して DataSpec とし、受信側で保持する。

2. FlowSpec の評価

トランスポートレイヤにおけるフローモニタリング機能により、パケットヘッダのフレーム番号・パケット番号・チェックサムなどの情報から、エンドツーエンドの FlowSpec の実測を行う。

3. QOS レベルの決定

アプリケーションレベルの DataSpec とネットワークレベルからの FlowSpec から、自エージェントが受信する QOS レベルを選択する。また、一時的な負荷状態などにより FlowSpec が変化したら、再度 DataSpec と FlowSpec を突き合わせ、サービスレベルを変更する。

4. QOS レベルの設定

トランスポートレイヤにおいて決定された QOS レベルを、ネットワークレイヤではパケット中継処理のために、ネットワークインタフェース毎に保持する。また、QOS レベルをフローを逆流して伝搬する。

4.1.2 パケットフィルタリング機能による転送制御

実際にデータを転送する場合は、送信側のネットワークエージェントは、パケットの QOS フィールドとネットワークインタフェース毎に設定されている QOS レベルとを対応付けパケットの中継処理を判断する。また、受信側のネットワークエージェントは、グループアドレスに QOS レベルを加味してパケットの受信処理を判断する。

5 適用実験

本研究で提案する MPC を適用したマルチキャストサーバを、RT-Mach 上で実装中である。全体構造は、トランスポートレイヤ部、ネットワークレイヤ部の二部で構成され、ネットワークレイヤでのパケットフィルタリング処理には、IP パケットフォーマットの TOS(Type Of Service) フィールドとネットワークフィルタを用いた。また、QOS 保証のために、マルチキャストサーバに以下のようなパラメータを設定した。

表 2: サーバのパラメータ

FlowSpec	サーバのパラメータ
delay	受信開始時間
jitter	デッドライン
frame_rate(max, avg)	周期
frame_size(max, avg) (throughput)	バッファ領域
error_rate	チェックサム
packet_loss_rate	受信パケット数

予備実験として、Intel i-486 を搭載した IBM PC AT 互換機を 3 台使用し、一台から二台のマシン A, B に対して、200msec 毎に 500 x 8 Bytes のパケットを転送し、マシン A にある周期で負荷を与えた場合、各マシンで周期内に受信できたパケット数を測定した。その結果、他の受信者の QOS を下げることなく、受信処理状況に応じた動的な QOS 制御が行われている。

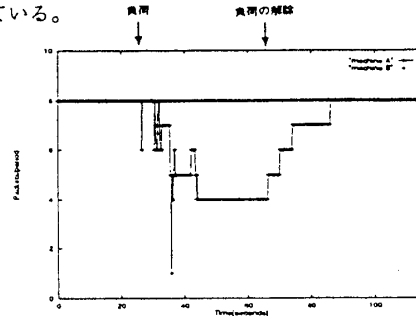


図 2: データパケット受信処理量

6 まとめ

本稿では、連続メディアを扱うためのリアルタイム通信プロトコルにおいて、QOS に基づく転送制御を取り入れたマルチキャスト通信機構 (MPC) の設計について述べた。

7 謝辞

本研究を行うにあたりご協力頂いた開放型基盤ソフトウェア研究開発評価事業「マルチメディア統合環境基盤ソフトウェア」プロジェクトの皆様へ感謝いたします。

参考文献

[1] S. Kihara, Y. Onoe, A. Mituzawa, A. Nambu, and H. Tokuda. An implementation of ST-II Protocol as a user-level server on RT-Mach. In *Proceedings of 4th International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video*, 1993.

[2] H. Tokuda, T. Nakajima, and P. Rao. Real-Time Mach: Towards a Predictable Real-Time System. In *Proceedings of Mach Workshop, USENIX Association*, October 1990.