

QoS を考慮したマルチキャストルーティング プロトコルに関する一考察

向山繁喜[†] 植野誠史[†]
[†]電気通信大学

加藤聰彦[‡] 鈴木健二[‡]
[‡]KDD 研究所

1. はじめに

インターネットの広帯域化にともない、一対多または多対多の通信が可能とする IP マルチキャストに対する期待が高まっている。これにより、ユニキャストに比べ少ないオーバーヘッドで、音声や画像を含むマルチメディア情報の広範囲への配信が可能になる。しかし、現在の IP マルチキャストはベストエフォートを基本としているため、音声や動画などの通信をスムーズに行うためには、マルチキャストトラフィックに対する QoS の保証が必要となる。

現在、QoS を考慮したマルチキャストルーティングプロトコルが検討されている。[1]では、最近注目されている PIM-SM[2]をベースとして、リンクの利用可能な帯域の状況を考慮した経路選択を提案している。しかしこのプロトコルでは、マルチキャストトラフィックの発生・終了により、あるリンクの利用可能な帯域が変化すると、ネットワーク内のすべてのマルチキャストルータに、その情報を広告しなければならず、スケーラビリティに乏しいという問題がある。また、マルチキャストルーティングにドメインを導入し、ドメイン内は PIM-SM で、ドメイン間は BGMP[3]で経路制御を行うという検討が行われている。しかし、BGMP に対する QoS の検討は行われていない。そこで、本稿では、PIM-SM と BGMP を使用してドメインによる階層化を行い、広告すべき利用可能な帯域の変更情報を削減する、マルチキャストルーティングプロトコルについて述べる。

2. PIM の QoS 拡張^[1]および BGMP

PIM-SM では受信者は最初に RP (Rendezvous Point) へ Join メッセージを送信することで Shared-Tree に参加する。その後、Shared-Tree からのトラフィックが閾値を超えると、ルータは発信元に Join メッセージを送信することで Shortest Path Tree (SPT) へ切り替える。[1]はこの SPT への切り替え時に、QoS を保証する (利

用可能帯域が十分なリンクから構成される)経路を決定し、その経路へ Join メッセージを送信し経路上の資源を予約する。その経路上のリンクでは利用可能帯域が変更されたため、OSPF (Open Shortest Path First)などのルーティングプロトコルを用いて、各マルチキャストルータに変更情報を広告する。

BGMP は、ドメイン間でマルチキャスト用の経路制御を行うプロトコルであり、PIM-SM と同じく Shared-Tree と SPT の双方をサポートする。ここで RP に相当するドメインをルートドメインと呼ぶ。BGMP は PIM-SM に対応するメッセージを各ドメインの境界にある BGMP ボーダルータ間で交換する手順を定義している。

3. スケーラブルなマルチキャストルーティングプロトコル

3.1. 方針

リンクの帯域変更情報の広告量を削減して、スケーラブルなマルチキャストルーティングプロトコルを検討するにあたり、以下の方針を立てた。

- (1) BGMP と PIM-SM を用いて階層化されたネットワークを対象とする。
- (2) [1]と同様に、SPT に切り替える Join メッセージにより、QoS を保証する経路を選択し、それに伴うリンクの帯域変更情報の広告を行うものとする。
- (3) ドメイン内のリンクの帯域変更情報はそのドメイン内でのみ広告し、他のドメインには知らせない。ドメイン間ではドメインを接続するリンクの帯域変更情報のみを広告する。これにより帯域変更情報の広告量を制限する。
- (4) ドメインにまたがって Join メッセージを転送する場合は、1つのドメインでは、そのドメイン内のリンクの情報とドメイン間のリンクの情報という限られた情報を使って、経路を決定し、次のドメインに Join メッセージを転送する。次のドメインでも同様な方法で経路を設定する。
- (5) 途中で QoS を保証する経路が設定できないことが判明すると、失敗の通知を、確立された経路を逆に転送し、別の経路を検索させる。これは、BGMP と PIM-SM に Join に対す

“A Study of QoS Aware Multicast Routing Protocol”
Shigeki Mukaiyama[†], Seiji Ueno[†], Toshihiko Kato[‡]
and Kenji Suzuki[‡]

[†]The University of Electro-Communications

[‡]KDD R&D Laboratories

る失敗を通知する Join NACK メッセージを追加することにより実現する。

3.2. QoS を保証する Tree への切り替え

SPT の切り替えは以下の手順で行う。

- (1) 最初は QoS を保証しない Shared-Tree を経由してトラヒックを受信する。
- (2) QoS 保証が要求されると、受信者に接続された PIM-SM ルータが、SPT に切り替えるための Join メッセージを送信する。この PIM-SM ルータは受信者ドメイン D_r において、QoS 保証が実現可能な経路を計算し、BGMP ボーダルータ (R_r) へ Join メッセージを送信する。Join メッセージを受け取った各ルータは、リンクの帯域予約を行い、利用可能帯域の変更をドメイン D_r の中で広告する。
- (3) Join メッセージを受信したボーダルータ R_r は、ドメイン間のリンクの利用可能帯域に基づき、QoS 保証が実現できる発信元ドメイン D_s への最良の経路(図では $D_r/D_1/D_s$ の経路)を計算し、Join メッセージをボーダルータ R_{11} に送信する。
- (4) ボーダルータ R_{11} は、Join メッセージを受信すると、 R_r-R_{11} のリンクの帯域予約を行い、帯域の変更を他の BGMP ボーダルータに広告する。さらに、ドメイン D_1 内のリンクの帯域情報から、指定された R_{12} 宛の、QoS を保証できる経路を計算し、Join メッセージを転送する。 D_r と同様に D_1 内において

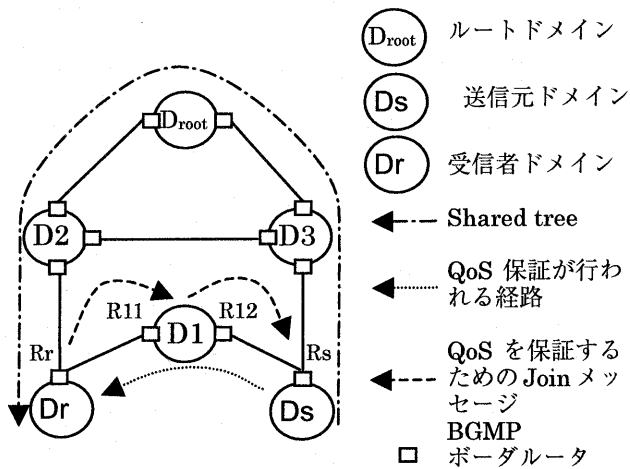


図.1 QoS を考慮した Tree への切り替え

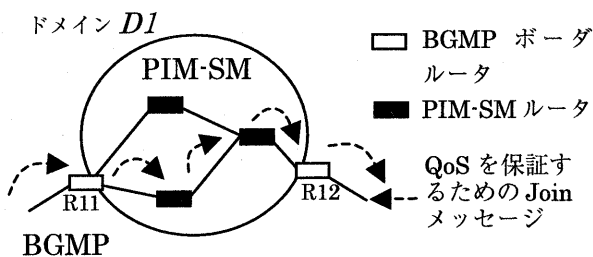


図.2 ドメイン内部の処理

- 帯域予約と帯域変更の広告が行われる。
- (5) 以下、リンク $R_{12}-R_s$ および送信元ドメイン D_s において同様な手順が繰り返される。

3.3. 経路の再計算

本プロトコルでは、3.2(3)に示すように、BGMP ボーダルータはドメイン間のリンクの情報のみに基づき、ドメイン間の経路を決定する。このため、Join を転送する経路上のドメイン内部において QoS の保証が実現できない場合がありうる。その場合、ボーダルータは、Join メッセージを転送した 1 つ前のルータに対して、Join NACK メッセージを送信する。このメッセージを受信したルータは、NACK メッセージを受け取った経路の帯域予約を取り消し、QoS の保証を実現できなかった経路を除いて経路を再計算し、Join メッセージを再度送信する。図 3 ではドメイン D_1 の内部において QoS が実現できない場合、Join NACK メッセージが R_r に送信され、 $D_r/D_2/D_3/D_s$ を通る経路に Join メッセージが再度送信される様子を示している。

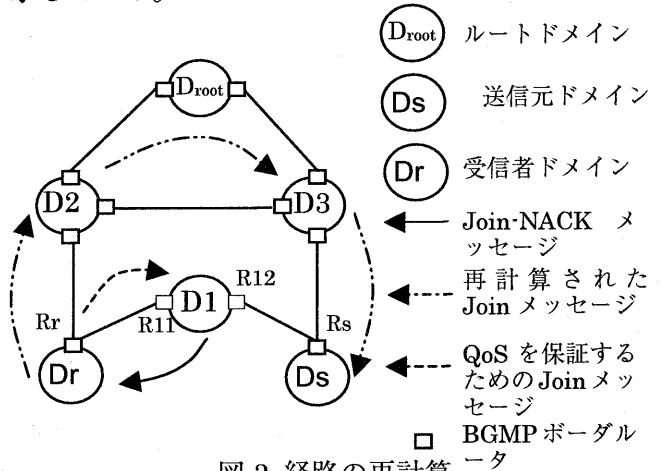


図.3 経路の再計算

4. おわりに

本稿では、マルチキャストトラヒックに対する QoS 保証を実現するために、BGMP と PIM-SM を用いて階層化されたネットワークの QoS マルチキャストルーティングプロトコルについて提案した。本プロトコルでは、リンクの利用可能帯域の変更情報の広告範囲を制限し、経路確立失敗時の再確立の手順を定義することにより、スケラブルなネットワークに対応可能である。

参考文献

- [1] S. Biswas and B. Rajagopalan, "A QoS-Aware Routing Framework for PIM-SM Based IP-Multicast," Internet Draft, June 1999.
- [2] D. Estrin, et al., "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification," RFC 2362, June 1988.
- [3] D. Thaler, et al., "Border Gateway Multicast Protocol (BGMP): Protocol Specification," Internet Draft, Sep 2000.