

帯域監視に基づくマルチキャスト配信木管理方式の研究

A study of multicast distribution tree management based on the bandwidth monitoring

島上 洋一†

Yoichi Shimakami

島村 和典†

Kazunori Shimamura

1. まえがき

インターネットを介した映像コンテンツ配信サービスにおいて、IP マルチキャストを用いるケースが増加してきている。これは、ユニキャストを用いる場合と比べネットワークリソースの消費を抑制出来る事が要因である。しかし、IP マルチキャストは基本的に UDP を用いるため、再送制御やフロー制御といった QoS 制御を行うことが困難である。そのため、輻輳時に映像コンテンツの品質を保障する事が出来ない。

本論文では、各ルータで隣接ルータ間の帯域状況を監視し、監視した帯域状況に適した配信木を構築・管理する方式を提案する[1][2]。輻輳による影響を抑制するため、マルチキャストにおけるルーティング制御に焦点をあてた。本方式は、隣接ルータ間の利用可能帯域を監視するモニタリングシステムと帯域監視にもとづく配信木構築アルゴリズムから構成される。

2. 提案方式の構成

提案方式では、マルチキャスト配信木を構築・管理する際のメトリック値として隣接ルータ間の利用可能帯域を用いる。利用可能帯域は、各ルータの受信インタフェースの速度から、受信オクテット数を減算する事で算出する。この処理は一定時間毎に行い、算出した値は更新されるまで各ルータで保持される。

各ルータは、提案プロトコル専用のルーティングテーブルを保持する。ルーティングテーブルには利用可能帯域が閾値を上回る各宛先への最小コストの経路が登録される。帯域状況が悪化し、ルーティングテーブルに記述されている経路の利用可能帯域が閾値を下回った場合は、その他の経路から最小コストの経路を選択し、利用可能帯域を確認する。利用可能帯域が閾値を上回っている場合は、その経路を迂回経路としてルーティングテーブルに登録する。条件を満たす経路が複数個存在する場合は、ネットワークアドレスが最大の経路を選択する。

これにより、提案プロトコルにおけるルータは、常に専用のルーティングテーブルに利用可能帯域が閾値を上回る、最少コストの経路が保持される。最少コストの経路は、各ルータが保持するユニキャストルーティングプロトコルのルーティングテーブルから求める。

2.1. 配信木構築の流れ

クライアントが、Join メッセージを送信する際に行われる処理の順序を以下に記す。Rendezvous Point へクライアントからの Join メッセージが到達する事により、配信木の構築は完了する。

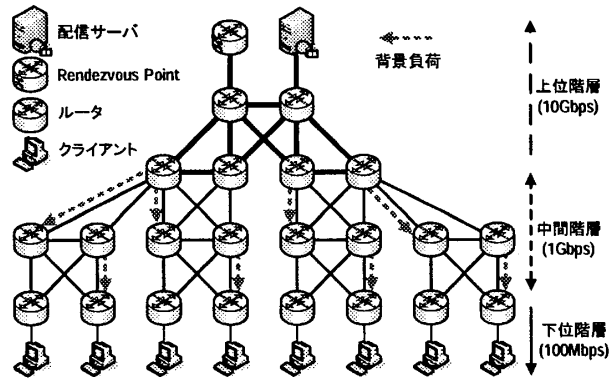


図1: 試験環境

1. 各ルータは、クライアントから Join メッセージを受信すると、受信したインタフェースを Outgoing Interface として登録する。そして、ルーティングテーブルを参照し Rendezvous Point へ転送する。
2. 1 の処理をクライアントから Rendezvous Point まで繰り返すことで、利用可能帯域に余裕がある経路での配信木の構築が可能になる。また、転送先のルータが既にクライアントが希望するマルチキャストアドレスを受信していた場合は、その時点で配信木の構築は完了する。

2.2. 配信木の管理手法

映像コンテンツの配信を開始した後に、配信経路上に輻輳が発生すると、パケット損失やジッタの影響でクライアントにおけるコンテンツの再生品質が低下してしまう。そのため、輻輳の発生を各ルータが判断すると、配信経路を切り替える。これにより、輻輳の影響を回避してコンテンツ配信を継続する事が可能となる。以下に、管理手法の説明を記す。

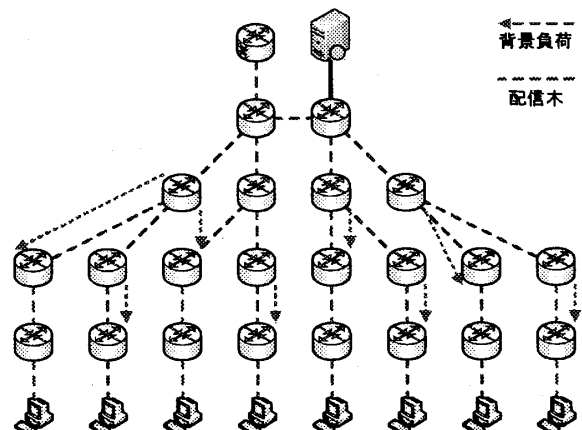


図2: PIM-SMにより構築される配信木

† 高知工科大学, KUT

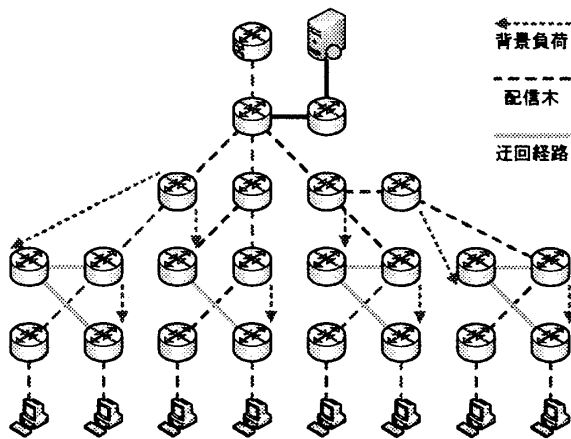


図3: 提案方式により構築された配信木

1. 各ルータは、隣接ルータ間のリンクに輻輳が発生したことを確認すると、新しくルーティングテーブルに記述された迂回経路へ Join メッセージを転送する。
2. 迂回先のルータが、同一のコンテンツを受信している場合は、そのルータからコンテンツの受信を開始する。この処理を Join メッセージが Rendezvous Point に転送されるまで繰り返す。
3. 輻輳経路と、迂回先のルータが Rendezvous Point からのコンテンツ重複受信を確認すると、輻輳経路へ Leave メッセージを送信し、受信先を迂回先経路へ切り替える。

3. 実験環境

提案方式をネットワークシミュレータ NS-2 上に実装し、評価実験を行った。本実験で使用したネットワークトポロジは、図1に示している冗長経路を用いてある程度メッシュ状で構築されたネットワークトポロジである。本シミュレーションモデルは図1に示すように、コンテンツを配信する配信サーバ、Rendezvous Point、マルチキャストパケットを転送可能なルータ、クライアント端末から構成される。上位階層における、ルータ間のリンク速度は Gigabit Ethernet を想定して 10Gbps とした。そして、中間階層のリンク速度も Gigabit Ethernet を想定して 1Gbps とした。下位階層は、FTTH リンクを想定し 100Mbps とした。なお、今回の実験ではユニキャストルーティングにおけるメトリック値としてホップ数を採用した。

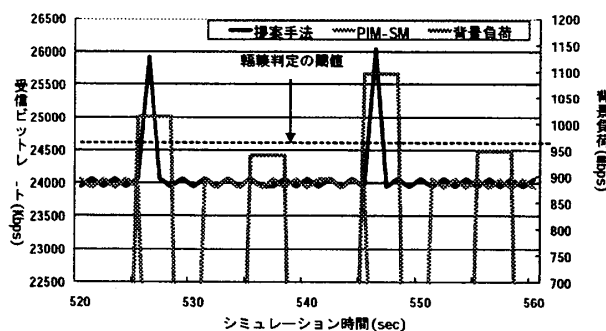


図4: 輻輳時における受信ビットレートの遷移

シミュレーションモデルを構築した後、図1に赤い点線で示す箇所に背景負荷をかけ輻輳を発生させた。この環境下で、提案方式と PIM-SM を用いて配信木を構築した。また、配信木を構築した後に配信経路上に背景負荷をかける事で、受信ビットレートがどのように遷移するかを確認した。

4. 考察

構築した配信木に関する考察と、配信経路切り替え時の受信ビットレートに関する考察を記す。

4.1 構築された配信木

PIM-SM で構築された配信木を図2に、提案方式で構築された配信木を図3に記した。これは、シミュレーション終了時に作成される nam ファイルから確認した。図2より、PIM-SM で構築した配信木は最小コストの経路で配信木を構築するため、輻輳が生じている経路を通過している事が確認できる。一方、図3に示すように提案方式で構築した配信木は、輻輳が生じている経路を回避している事が確認できる。

そして、今回のシミュレーションでは両方式で配信木構築に要した経路数は同数であった。そのため、ある程度の冗長性を持つネットワークに提案方式を導入すれば、配信木構築に要する経路数は増加せず、輻輳を回避して配信木を構築できると言える。

4.2 配信経路切り替え制御

提案方式では、配信経路を切り替える際に二つの経路からコンテンツを重複受信するため、一時的に受信ビットレートが増加している事が図4より確認できる。その際、配信パケットを損失していると考えられるが、提案方式では PIM-SM と比較して損失するパケット数を抑制できたと言える。

5. まとめ

本論文では、監視した利用可能帯域を基に配信木を構築・管理する方式を提案し評価を行った。本方式により、配信木構築時に輻輳が発生している経路を回避する事が可能となった。また、配信経路上に輻輳が発生した場合、配信経路を切り替えることで輻輳による映像品質の劣化に対応する事が可能となった。

今後は、配信経路切り替えアルゴリズムの高速化や配信経路切り替え時に用いる閾値の選定、経路切り替え時のパケット損失補償法について研究を進めていく。また、導入を想定するネットワーク環境に関しても検討を進めていく必要がある。

参考文献

- [1] 島上洋一, 湯浅賢英, 島村和典, “帯域測定に基づくマルチキャスト配信木構成法の一検討,” 電子情報通信学会総合大会, 通信講演論文2, pp.189, 2008.
- [2] Masahide YUASA and Kazunori SHIMAMURA, “A study of the multicast tree reorganizing robust for available bandwidth change,” NEINE07, Shanghai, pp.61-64, sep. 2007.
- [3] The Network Simulator - NS2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>