

物理ネットワークを意識した リング状アプリケーションレイヤマルチキャストの提案

菅沼 良一^{†1} 鈴木 秀和^{†1} 内藤 克浩^{†2} 棚田 慎也^{†1} 渡邊 晃^{†1}
^{†1} 名城大学大学院理工学研究科 ^{†2} 愛知工業大学情報科学部

1 はじめに

動画コンテンツの配信など、容量の大きいデータを複数の端末に送信する機会の増加に伴い、ネットワーク資源をより効率よく使用することが必要となっている。この問題を解決する手段として、IP マルチキャストが挙げられる。しかし IP マルチキャストはルータが機能を保持する必要があるため、普及が難しい。これに対し、アプリケーション層でマルチキャストを行う、ALM(Application Layer Multicast) が多く提案されている。しかし、既存の ALM は、ネットワークの物理構成を意識せずに経路を生成するため、伝送効率が悪く、送信元を変更する際は、経路を再生成する必要がある。

そこで本稿では、IP アドレスに基づき、端末間をリング状に接続することで経路を生成する ALM 方式を提案する。グループに所属する全てのメンバがマルチキャストの送信者となり、効率的な経路を通るマルチキャストを実現できる。リング状に接続する場合、端末台数が増加すると、遅延もそれに応じて増加する。そこで、遠隔授業などにおいて、リスンオンリーの端末が存在する点に着目し、通信経路をリアルタイム性が要求される上位層と、リスンオンリーの下位層に分け、上位層のみをリング状に接続する。この方法により、上位層の端末台数が一定数以下であれば、遅延を意識することなく、テレビ電話やテレビ会議などを実現できる。

なお、本提案では端末間通信に、NAT 越え通信や、IPv4/IPv6 間の通信を可能とする NTMobile[1] を利用する。

2 提案方式

2.1 ネットワーク構成

提案方式のネットワーク構成を図1に示す。提案方式では、Private IPv4, Global IPv4, IPv6 が混在した環境の中で、マルチキャストを行うことを想定する。全ての端末は、NTMobile の機能を実装しているものとする。GMS(Group Management Server) は、マルチキャストグループを管理する装置でグローバルネットワーク状に設

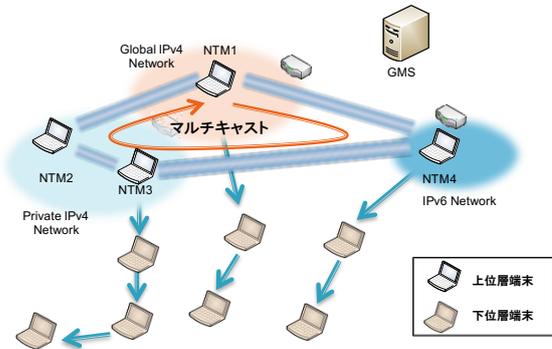


図1 提案方式のネットワーク構成

置する。図1では、NTM1がGlobal IPv4, NTM2,3がPrivate IPv4, NTM4がIPv6に位置し、上位層の端末としてリング状にマルチキャスト用の通信経路が生成されている。リスンオンリーの端末は下位層の端末としてNTMi配下に直線状に経路が生成されている。

2.2 NTMobile

NTMobileでは、NTM端末がどのような環境にいても相互に最適な経路での通信が可能であることが保証されている。NTM端末には仮想IPアドレスが割り当てられ、全ての通信を実IPアドレスでカプセル化し、トンネル通信を行うという特徴がある。NTMobileの詳細動作については本稿では省略する。

2.3 GMS

GMSはマルチキャストグループの生成、グループ情報の管理とグループ鍵の生成や配送を行う。GMSは、グループを識別するグループID、グループメンバの情報(FQDN, Private/Global IPv4/IPv6 アドレス)、メンバーのログインステータスなどの情報を保持している。

2.4 マルチキャスト経路の生成方法

マルチキャストを行うに当たり、GMSは上位層の経路を決定するため、各グループメンバをIPアドレス順にソートする。経路生成の手順は以下の通りである。

1. IPv6 アドレスしか持たない端末を抽出する。
2. 抽出した端末をIPv6 アドレス順にソートする。
3. NAT のグローバル IPv4 アドレスと、グローバル IPv4 アドレスのみを持つ端末を抽出する。
4. 抽出したグローバル IPv4 アドレスをアドレス順にソートする。
5. 同一 NAT 配下のプライベート IPv4 アドレスを持

Realization of Multicast Functions in NTMobile

Ryoichi Suganuma^{†1}, Hidekazu Suzuki^{†1}, Katsuhiko Naito^{†2}, Shinya Tanada^{†1}, Akira Watanabe^{†1}

^{†1} Graduate School of Science and Technology, Meijo University

^{†2} Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology

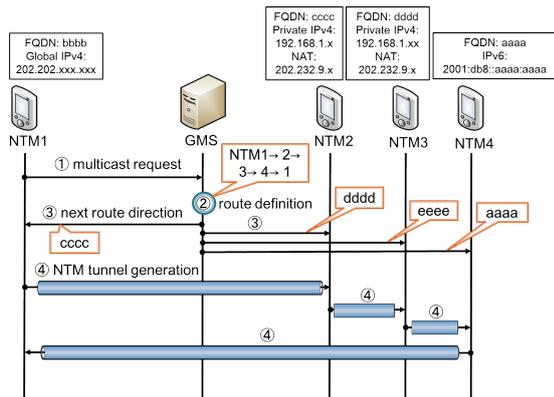


図2 マルチキャスト経路生成シーケンス

つ端末を抽出する。

6. 抽出した端末の IPv4 アドレスをアドレス順にソートする。NAT は経路から除去する。
7. 全ての NAT に対して、5, 6 の処理を実行する。

2.5 マルチキャストシーケンス

図2にマルチキャスト経路生成シーケンスを示す。図2では、各メンバーのマルチキャストへのグループ登録は既に終了しているものとする。

NTM1は、グループを代表してマルチキャストの開始をGMSに要求する①。GMSは、2.4節の順に従いグループメンバー間の経路を決定する②。図2ではNTM1 → NTM2 → NTM3 → NTM4 → NTM1の順となる。次にGMSは、各グループメンバーに経路指示として次ノードのFQDNを指示する③。FQDNで指示する理由は、NTM Mobileのトンネル経路生成に必要なためである。経路指示を受信したNTM端末はNTMシグナリングを行い、最適なトンネル経路を構築する④。すべてのNTM端末が同様にしてトンネル経路を構築する。これらのトンネルは、端末間のKeepAliveによって維持される。この経路を利用して、任意のNTM端末がマルチキャストの送信元端末となることができる。各NTM端末はGMSに対してもKeepAliveを実行するため、何らかの理由でNTM端末が離脱した場合には、GMSがそれを検出して再度経路生成を行うことができる。

下位層への参加を希望するリスンオンリーの端末は、任意の上位層端末に対して、事前にマルチキャストへの参加申請を行う。上位層の端末は、自身の子ノードリストを生成し、配下の子ノードに向けてリストを配布する。配下ノードは、このリストに従って、マルチキャストデータを中継する。

3 評価

3.1 動作検証と最大許容台数

上位層のリング状経路を仮想マシンで疑似的に生成し、動作検証を行った。3台のNTM端末を、Global IPv4, Private IPv4, Global IPv4の順にリング状に接続

し、各端末について受信から送信までの処理時間を計測した。その結果、マルチキャスト時の1端末当たりの処理時間は約8msであった。実ネットワークにおいては、これに伝送遅延が加わるため、1回のマルチキャストが完了する時間は、 $(\frac{RTT}{2} + \text{処理時間}) \times \text{端末台数}$ となる。上位層における端末の最大の遅延時間が求まるのでテレビ会議を想定すると、何人までがマルチキャストに参加できるかを推定できる。ここで許容される値はIP電話の許容値とされる300msとした。表2にRTTと最大許容台数を示す。国内であれば15人、海外を含む場合は3人のリアルタイムでのマルチキャストが実現できる。

表1 仮想マシンの仕様

	NTM A, B, C
OS	Ubuntu 14.04 32bit
Linux Kernel	3.13.0-24-generic
CPU 割当, Memory	1Core, 2.00GB

表2 RTTと最大許容台数

	日本国内	アメリカ
RTT[ms]	25	140
最大許容台数	15	3

3.2 既存技術との比較

表3に、IPマルチキャスト、既存ALM提案方式の比較表を示す。比較項目は、①専用ルータが不要か、②物理的な経路が考慮されているか、③送信元が複数の場合、経路再生成が不要であるかの3点とした。

表3 既存技術との比較

	IP マルチキャスト	既存 ALM	提案方式
①	×	○	○
②	○	×	○
③	○	×	○

IPマルチキャストでは、専用のルータが必要であるため利用範囲が限定される。既存のALMでは、物理的経路が考慮されておらず、任意の端末がマルチキャストパケットを送信するためには、経路を再生成する必要がある。提案方式では、これらの課題を解決している。

4 まとめ

通信経路を上位層と下位層に分け、IPアドレスに基づき経路をリング状に生成するALMを提案し、評価を行った。提案方式では、上位層の端末が一定数以下であれば、遅延を意識することなく、映像配信を行うことができる。今後は、GMSの実装を完了し、リスンオンリーの機能検討などを行う予定である。

参考文献

- [1] 上醉尾一真ほか: 情報処理学会論文誌, Vol54, No10, pp. 2288-2299(2013).