

多地点間通信のためのアプリケーション層 トラフィックエンジニアリング

中山 裕美^{†1} 梶 克彦^{†1} 河口 信夫^{†1}

インターネットや PC の発展に伴い、様々な多地点間コミュニケーションシステムが実現されている。多地点間コミュニケーションをより高品質に行うためには、通信状況を把握し、ネットワークリソースを最大限に活用した通信を行う必要がある。しかし、現状のシステムでは、クライアント間の通信を個別に制御し、ネットワークリソースを十分活用できているとは言えない。そこで、我々は多地点間通信をより高品質に行うためのアプリケーション層トラフィックエンジニアリングを提案する。クライアント間の通信ルートの選択やクライアント間の転送ルートの設定、通信のロードバランスなどにより、異なるネットワークに存在するクライアント間の通信や、ネットワーク環境に応じた通信が可能となる。

Application Layer Traffic Engineering for Multipoint Communication System

YUMI NAKAYAMA,^{†1} KATSUHIKO KAJI^{†1}
and NOBUO KAWAGUCHI^{†1}

Recent advancement of network systems enables various kinds of remote communication. When we use multipoint communication systems, it's preferable to make maximum use of the available network resources to obtain the maximum communication quality. However, current systems are not possible to utilize the network resources effectively. In this paper, we propose a framework to describe a multipoint communication policy which enables "application layer traffic engineering" for multipoint communication systems. By using our framework, one can easily control the multipoint communication traffic like a "traffic engineering" over the broadband networks.

1. はじめに

ネットワークの発展により、遠隔コミュニケーションシステムの多様化が進んでいる。多地点間コミュニケーションシステムやその通信に関する研究も数多く行われている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。多地点間コミュニケーションを使用する際に、ネットワークリソースを最大限活用すれば、より高品質な通信が可能となると考えられる。しかし、現存する多地点間コミュニケーションシステムにおいては、ネットワークリソースを効率的に活用できているとは言えない。

本稿では、多地点間通信のための「アプリケーション層トラフィックエンジニアリング」(以下、ALTE と呼ぶ)を提案する。ALTE により、アプリケーション層で多地点間通信のトラフィックを、ユーザの意図を反映した制御やネットワーク環境に応じた制御により、ネットワークリソースを最大限活用でき、より高品質なコミュニケーションが可能となる。行われる制御としては、クライアント間の通信ルートの選択や直接通信できないクライアント間の転送ルート設定、通信のロードバランスやミキシング、輻輳処理などが挙げられる。

直接通信できない例として、クライアントの使用可能な IP バージョンが異なる場合が挙げられる。あるクライアントは IPv4 アドレスのみを持ち、他のクライアントは IPv6 アドレスのみを持っている。このとき、IPv4 のみを持っているクライアントは IPv6 のみのクライアントに直接通信できないが、IPv4 アドレスと IPv6 アドレスの両方を持つデュアルスタックノードによる異なるバージョンの IP 間の転送により、通信可能となる。しかし、現在の多くの多地点間通信アプリケーションはこのような振る舞いをサポートしていない。そこで ALTE により、クライアント間のパケットをユーザの選択したルートで転送可能となる。

また、ALTE を行うために、ポリシーマネジメントサーバ(以下、PMS とする)とポリシーマネジメントクライアント(以下、PMC とする)を実装した。PMS にクライアント情報を集約し、クライアントのグループを作成し、クライアント情報、グループ、グループ間リンク情報を PMC に送信する。PMC は PMS から送信されるクライアントやグループの情報を可視化し、可視化された情報からユーザが多地点間通信ポリシーを決定する。決定した多地点間通信ポリシーは、PMC から PMS を経由し、各クライアントに送信される。各クライアントは PMS から送信される多地点間通信ポリシーに基づく通信を行う。

^{†1} 名古屋大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Nagoya University

ALTE のクライアント間の通信ルートの選択と直接通信できないクライアント間の転送ルート設定に対応したプロトタイプとして、3次元仮想空間を用いた多地点間遠隔コミュニケーションシステム SAMTK-3D⁵⁾ を拡張し、実装した。

本稿の構成は以下の通りである。2章で ALTE を提案し、3章では多地点間通信ポリシーについて述べる。その後、4章では ALTE に対応したプロトタイプの実装について示す。

2. アプリケーション層トラフィックエンジニアリング (ALTE)

本章では、トラフィックエンジニアリングと関連する研究やサービスについて説明し、次に ALTE について説明する。

2.1 トラフィックエンジニアリング

トラフィックエンジニアリングとは、トラフィックの偏りを小さくしたり、効率的にルーティングを行ったりすることで、ネットワークトラフィックのアレンジを実現し、ネットワーク構成を最適化する手法である⁶⁾。また、トラフィック量の可視化や監視により、障害発生時の負荷分散や別回線への迂回などが自動的に可能となる。一般的なトラフィックエンジニアリングはネットワーク層で行われ、ユーザ自身の意図の反映した制御などは難しい。

2.2 関連研究

最適な通信相手 (ピア) を見つけるサービスとして、Application-Layer Traffic Optimization (ALTO) がある。ALTO は、ランダムより最適なピアを見つけてパフォーマンスをアプリケーションに提供する⁷⁾。ALTO サービスは、クライアントの用いる帯域の最大値やクロスドメイントラフィックの最小化、ユーザ負荷の軽減などにより、トラフィックのバランスを取るために、様々なアプローチを行う。しかし、多地点間通信においては、それぞれのクライアントが双方向通信を行うため、「最適」なピアを探すという ALTO サービスは適さない。

豊島らは、マルチキャストにおける個別受信状況把握方法の研究を行っている⁸⁾。この研究では、IP ネットワークで、多数の受信者に向けてイベント等の映像と音声を配信する際に、マルチキャスト配信でも、ユニキャスト配信と同様に、各受信端末の受信履歴や映像ごとの各種統計情報を得るために、受信端末から発せられる IGMP メッセージに着目した個別受信状況把握方法を考案し、Windows Media ソフトウェアと組み合わせて動作検証している。本研究では、多地点間の双方向コミュニケーションにおけるネットワークリソースの最大限活用を目指しており、そのためには一方からの配信ではなく、双方向からの通信が必要となる。本稿では、多地点間の双方向通信の通信モニタリングシステムを用いて、各ク

ライアントの通信状況の把握と制御を目指している。

品質要求の異なる複数ユーザへの P2P ビデオ配信手法の研究として、柴田らの MTcast⁹⁾ がある。MTcast では、末端を除くすべてのユーザノードにトランスコードを行わせ中継させることで、効率よくビデオを同時配信する。各ビデオ受信者は各自の環境の制約に基づいて決定したビットレート、画面サイズ、フレームレートを要求品質として指定し、ビデオの配信を要求する。この際、ビデオの時間帯ごとやシーンごとに異なる要求品質が指定可能である。MTcast では同一のビデオを P2P で配信するが、多地点間コミュニケーションではすべてのクライアントノードが映像と音声を P2P 送信する。本稿では、従来の多地点間コミュニケーションのトラフィック制御に加え、各クライアントのネットワーク状況に応じた品質での通信を目指す。

ビデオ会議アプリケーションが送受信する動画の品質を動的に調整する研究として、長谷川らの研究がある¹⁰⁾。この研究では、データ転送中のフローのケット送受信間隔を利用した、パスの利用可能帯域を計測するインラインネットワーク計測手法を、ビデオ会議システムに適用し、ネットワークの利用可能帯域を高精度に計測可能であることを示している。性能評価の結果、高精度でネットワークの利用帯域を計測でき、また、ケット送出後、指定した時間だけプログラムをスリープさせる sleep 命令を用いると、CPU 負荷を抑えることができた。本研究では、多地点間通信において、ネットワークリソースを最大限活用し、かつ高品質なコミュニケーションの実現を目指す。

現在、Polycom¹¹⁾ に代表されるような H.323 デバイスを用いたテレビ会議システムや Skype¹²⁾ のようなインターネット電話サービスといった様々な多地点間コミュニケーションシステムが存在する。これらのシステムは、中央制御サーバを必要とする。H.323 デバイスを用いて多地点間通信を行うためには、MCU (Multipoint Control Unit) が必要となる。H.323 デバイスは MCU とクライアント間で直接接続が必要となる。また Skype では、各ユーザからのケットを転送するスーパーノードと SkypeID のデータベースが必要となる。NAT を越えた通信を行うために、スーパーノード間での通信が自動的に行われる。しかし、ユーザはこの転送を制御できないため、相手ごとに通信データ量を制御するなどのトラフィックをアレンジできない。

2.3 アプリケーション層トラフィックエンジニアリング

ALTE により、ネットワーク層で行われるトラフィックエンジニアリングを、アプリケーション層で行い、ユーザの意図を反映した通信や、ネットワーク環境に応じた通信が実現可能となり、多地点間通信の品質向上が見込まれる。

ALTEにより、以下のようなトラフィック制御が可能となる。

- 通信ルートの選択
クライアントがどのインターフェースを用いるか、どのプロトコルで通信するかを選択する。
- 転送/迂回ルートの設定
直接通信できないクライアント間の通信を、他のクライアントが転送し、通信を可能とする。
- 通信のロードバランス
使用可能なネットワークの帯域に応じた負荷分散を行う。
- 通信のミキシング
あるネットワーク間を流れる通信量を制限する。
- 通信の輻輳処理
通信データの優先度を決定し、優先度の低いデータの通信を控える。

このようなトラフィック制御を行うためには、クライアントの次のような情報が必要となる。

- 使用可能な IP アドレス、プロトコル、最大バンド幅
- 直接通信可能なクライアント
- クライアント間通信の状態 (通信データ量、パケットロス)

図1は、ネットワーク環境の一例である。コミュニケーションノード n_2 と n_4 はデュアルスタックであるが、 n_1 は IPv4 のみを持っており、 n_3 は IPv6 のみを持つノードである。 n_1 と n_2 、 n_2 と n_3 と n_4 は直接通信可能である。一方、 n_1 は n_3 と n_4 と直接通信できない。このとき、 n_2 が n_1 のパケットを IPv4 から IPv6 に変換し、 n_3 と n_4 に転送すれば、 n_1 は間接的に n_3 と n_4 と通信可能となる。双方向の多地点間通信を行うには、このようなパケット通信を扱う必要がある。ALTE に対応した多地点間通信システムを用いれば、転送ルートが設定でき、直接通信できないコミュニケーションノード間の通信が可能となる。

ALTE を行うための情報収集をそれぞれのクライアントが独自に行い、制御を行うのは容易ではない。そこで、全てのクライアントの情報を集める PMS と、ユーザが各クライアントの多地点間通信ポリシーを生成、更新するための PMC を導入する。多地点間通信ポリシーは、各クライアントがどのような通信を行うかを決定する。多地点間通信ポリシー、PMS、PMC の詳細は 3 章で述べる。

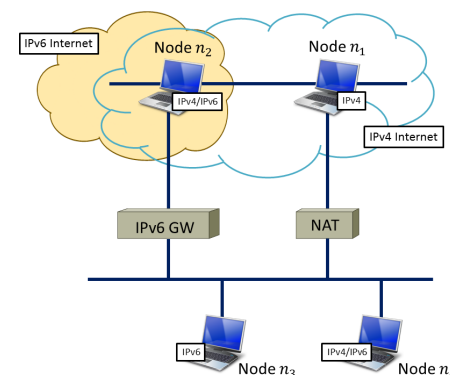


図1 ネットワーク環境の一例。

3. 多地点間通信ポリシー

ALTE を行うための多地点間通信ポリシーを設定する。多地点間通信ポリシーは、3.1 節の 2 つのテーブルで記述される。

3.1 多地点間通信ポリシーの記述

多地点間通信ポリシーを各ノードごと 2 つのテーブルで表現する。それぞれのテーブルを、「Originate Packet Next Hop Table」、「Source Address Forwarding Table」とする。Originate Packet Next Hop Table は、そのノード自身のパケットを宛先ノードに送信する際の Next Hop がどのノードであるかを示す。Source Address Forwarding Table は、あるソースノードから受け取ったパケットをどのノードに転送するかを示す。

3.1.1 Originate Packet Next Hop Table (ノード n)

- 要素は Destination と Next Hop の 2 つである。
- Destination はノード n がパケットを送信する宛先ノードを示す。
- Next Hop はノード n 自身のパケットを送信する隣接ノードである。Next Hop はグループと使用するプロトコルによってアノテートされている。
- Next Hop には、送信パケットのデータ量の上限を含む。

3.1.2 Source Address Forwarding Table(ノード n)

- 要素は Source と Next Hop の 2 つである。
- ノード n が受け取ったパケットの送信元が Source である。

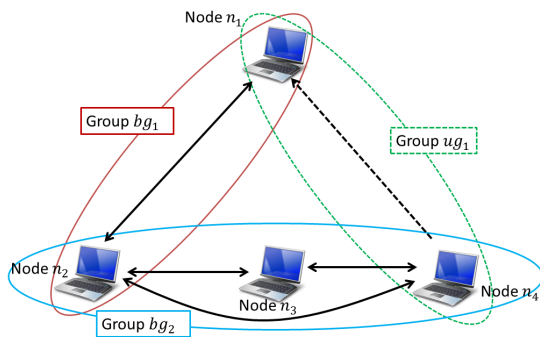


図 2 ネットワークリンクとグループの例.

- Next Hop は、ノード n が Source から受け取ったパケットを送信する隣接ノードである。Next Hop はグループと使用するプロトコルによってアノテートされている。

3.1.3 リンク情報の表現

多地点間通信ポリシーを表現するためには、クライアント間通信をリンクとして表現する必要がある。しかし、多数のクライアントが互いに通信状況確認し、リンク情報を個々に表現すると複雑になってしまうと考えられる。そこで、クライアントがそれぞれリンクを表現する代わりに、クライアント間で通信可能なグループを作成し、グループ間でのリンクを表現する。グループの表現を図 2 に、ネットワークをグラフとしたものを図 1 に示す。

以下は、グループの定義方法である。

- コミュニケーションノード n_i は、各クライアントを示す。
- 全てのノードはグループ G に属する。
- 同じプロトコルを用いた双方向通信可能なグループを“グループ bg_i ”とする。
- ソースノード n_s から宛先ノード n_d への片方向のみ通信可能なグループを“グループ ug_j ”とする。
- グループリスト GL はすべての bg_i と ug_j を含む。
- G_i は、 n_i が属するすべてのグループを表す。

3.2 多地点間通信ポリシーの例

図 3 は、図 2 のグループとノードの有向グラフである。このときの通信ルートを決める場合の多地点間通信ポリシーは以下の通りである。ノード n_2, n_3, n_4 は IPv6 アドレスを

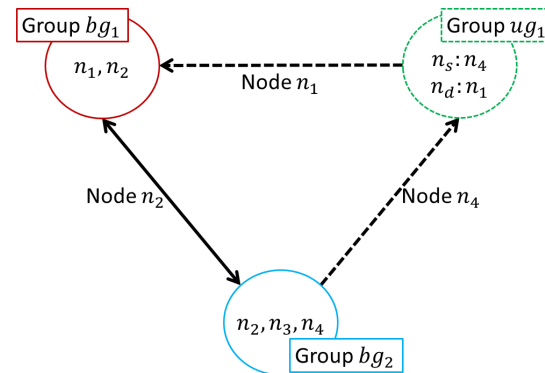


図 3 グループとノードの有向グラフ.

持っているため、直接相互通信可能となり、グループ bg_2 を形成する。同様に、 n_1 と n_2 はグループ bg_1 となる。また、 n_1 と n_4 は、グループ ug_1 を形成する。 ug_1 では、ソースノードが n_4 となり、宛先ノードが n_1 となる。

表 1 は、グループ bg_i に含まれるノードとグループ ug_1 に含まれるソースノードと宛先ノードを示す。表 2 は、 n_3 から n_1 へ通信するときに取り得るルートを示し、表 3 は、 n_4 から n_1 へ通信するときに取り得るルートを示す。ユーザが表 2 からルート 1 を、表 3 からルート 2 を選んだ時の、 n_1 と n_2 の Originate Packet Next Hop Table を表 4 と 6 にそれぞれ示す。また、このときの Source Address Forwarding Table をそれぞれ表 5 と表 7 に示す。このネットワークでは、 n_1 から n_3 へは直接通信できない。そこで、表 4 と表 7 から、 n_1 から n_3 へ通信するときは、 n_1 は最初に n_2 に送信する。 n_2 は n_1 からパケットを受信後、 n_1 のパケットを n_3 と n_4 に転送する。この転送により、 n_1 のパケットが n_3 へ到達可能となる。

3.3 ポリシマネジメントサーバ (PMS)

多地点間通信ポリシーの決定のために必要な各ノードの情報を収集するために、PMS を導入する。PMS は、使用可能な IP アドレス・トランスポート、最大のバンド幅といったクライアント個々の情報や、クライアント間が直接通信可能かや通信データ量といった複数クライアントに関する情報を収集する。PMS への情報集約により、PMC は個別にクライアントの情報収集の必要がない。

PMS は、各ノードから収集した情報を基にグループを作成する。その後、作成したグルー

表 1 ノードとグループ.

グループ	ノード
bg_1	n_1, n_2
bg_2	n_2, n_3, n_4

グループ	ソース	宛先
ug_1	n_4	n_1

表 2 n_3 から n_1 への通信ルート.

No.	Forwarding Routes
1	$n_3 \rightarrow n_2 \rightarrow n_1$
2	$n_3 \rightarrow n_4 \rightarrow n_1$
3	$n_3 \rightarrow n_2 \rightarrow n_4 \rightarrow n_1$
4	$n_3 \rightarrow n_4 \rightarrow n_2 \rightarrow n_1$

表 3 n_4 から n_1 への通信ルート.

No.	Forwarding Routes
1	$n_4 \rightarrow n_1$
2	$n_4 \rightarrow n_2 \rightarrow n_1$
3	$n_4 \rightarrow n_3 \rightarrow n_2 \rightarrow n_1$

表 4 Originate Packet Next Hop Table (n_1).

Destination	Next Hop
n_1	-
n_2	$bg_1 : n_2$
n_3	$bg_1 : n_2$
n_4	$bg_1 : n_2$

表 5 Source Address Forwarding Table (n_1).

Source	Next Hop
n_1	-
n_2	-
n_3	-
n_4	-

表 6 Originate Packet Next Hop Table (n_2).

Destination	Next Hop
n_1	$bg_1 : n_1$
n_2	-
n_3	$bg_2 : n_3$
n_4	$bg_2 : n_4$

表 7 Source Address Forwarding Table (n_2).

Source	Next Hop
n_1	$bg_2 : n_3, n_4$
n_2	-
n_3	$bg_1 : n_1$
n_4	$bg_1 : n_1$

ブとグループ間リンクの情報から、図 3 のような有向グラフを作成し、ノード間の通信可能ルートや通信状況を PMC に送信する。

3.4 ポリスマネジメントクライアント (PMC)

多地点間通信ポリシーの生成や更新を行うために、PMC を導入する。PMC は PMS から、ノード自身の情報や PMS が作成したグループ、グループ間リンクの情報を受取り、可視化する。PMC から表示された情報を基に、ユーザが多地点間通信ポリシーを決定・更新し、PMC から PMS へと各ノードの多地点間通信ポリシーが送信され、更新される。

PMC には、ノードの使用トランスポート、ノード間の通信状況などが表示される。ユー

ザは表示されている情報から、通信ルートの変更や、通信量の上限の設定などを行う。例えば、通信ルートを変更する際には、PMC に表示される、2 ノード間で取り得るすべての通信可能ルートの中から選択を行う。

3.5 通信ルートの決定

ALTE では、すべてのノードが多地点間通信ポリシーとして受信パケットに対する 2 種類のテーブルを持つ。以下では、 n_i から n_j へのパケット送信の通信ルートの決定方法を例として説明する。

まず、 n_i と n_j の双方が含まれるグループ bg_k 、またはソースノードに n_i 、宛先ノードに n_j が含まれるグループ ug_l が存在するかを確認する。ここで、グループが存在すれば、 n_i は直接 n_j と通信可能である。上記の条件を満たすグループが存在しない場合、 n_i から n_j への通信は転送ルートが必要となる。

図 4 に PMS と PMC とコミュニケーションノードとの通信の流れを示す。PMC が PMS に接続すると、PMS は集めたリンク情報を PMC に送信する。PMC はその情報を受け取った後、「ネットワークリンクグラフ」と「グループ間有向グラフ」を表示する。ネットワークリンクグラフの一例を図 2 に、グループ間有向グラフの一例を図 3 に示す。PMC のオペレータが 2 ノードを選択すると、PMC はその 2 ノード間の可能な転送ルートを表示し、オペレータは表示された転送ルートから最適なルートを選択する。オペレータがルートを選択後、PMC は PMS に選択されたルートを送信し、PMS は各ノードに選択されたノードを送信する。

ノードはパケットを受け取り、そのパケットに含まれるソースアドレスを確認し、そのアドレスが自身の Source Address Forwarding Table 内の Next Hop に含まれているか確認する。もしテーブル内に Next Hop が存在していれば、そのノードは受け取ったパケットを Next Hop ノードに転送する。

4. プロトタイプ

4.1 多地点間コミュニケーションシステム

図 5 は、多地点間コミュニケーションシステムのプロトタイプである SAMTK-3D のクライアントの画面表示である。遠隔参加者は、3 次元仮想空間内を自由に移動し、実際のカメラ映像と音声を用いて相互コミュニケーションを行う。

SAMTK-3D には以下のような特徴がある。

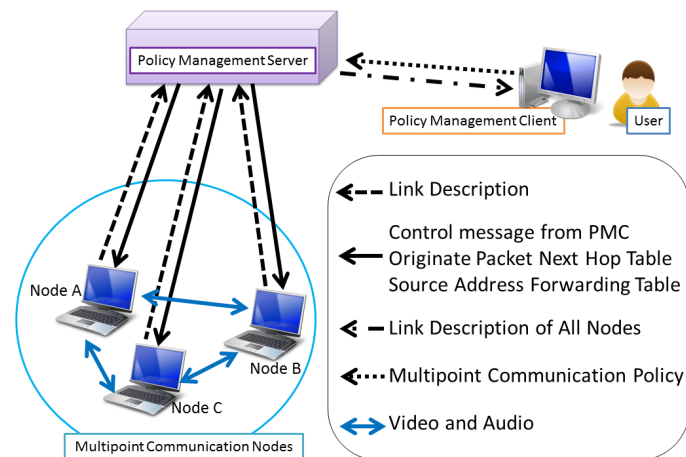


図 4 PMS, PMC, ノード間通信の流れ

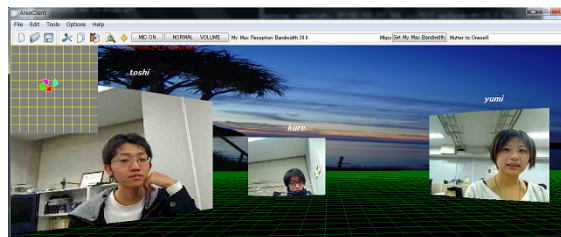


図 5 SAMTK-3D クライアント画面。

4.1.1 SAMTK

SAMTK-3D の実装には、SAMTK¹³⁾ というライブラリを用いている。SAMTK とは、河口ら¹⁴⁾ によって開発された、マルチプラットフォーム対応の多地点間通信基盤ソフトウェアであり、プロトコルに依存しない多地点間通信アプリケーションが構築可能である。多地点間コミュニケーションの分野におけるネットワーク研究者とアプリケーション開発者の間の隔たりを埋める目的で開発された。SAMTK はオープンソースであり、C++と、GUI のツールキットとして Nokia 社がオープンソースで提供する Qt ツールキット¹⁵⁾ を利用し、マルチプラットフォームへの対応を実現している。

4.1.2 ハイブリッド P2P 通信

SAMTK-3D は、仮想空間サーバとクライアントから成るアプリケーションである。クライアントの実装に SAMTK を用いることにより、複数のクライアントとのパケットの送受信を P2P で容易に行う事が可能となっている。参加者が仮想空間上を移動すると、その位置と向きがサーバに送信される。各クライアントの位置情報を用いてサーバが処理を行い、映像と音声の送信に関する制御パラメータのリストを作成し、移動したクライアントに送信し、クライアントは送信リストを元に UDP で直接宛先に送信する。また、実装に SAMTK を用いることで、クライアントは IPv4, IPv6, XCAST¹⁶⁾, Application Layer Router(ALR)¹⁷⁾ などの様々なプロトコルに対応可能となる。

4.1.3 仮想空間サーバ

仮想空間サーバは、TCP によってクライアントからの接続を受け付け、各クライアントの情報を管理する。新たなクライアントがサーバに接続すると、そのクライアントの情報を既にサーバに接続している他のクライアントに送信し、新たなクライアントに他の全クライアントの情報を送信する。そして、各クライアントが仮想空間上を移動する度に、クライアントの位置情報を受信し、クライアントの位置関係に応じた制御パラメータを含んだ映像と音声の送信リストを、各クライアントに送信する。つまり、クライアントとサーバ間のトラフィックは制御情報のみである。

4.2 PMC

図 6 は PMC のプロトタイプを SAMTK-3D に使用した際の画面表示である。PMC が PMS に接続すると、PMS は PMC に SAMTK-3D クライアント間のリンク情報を送信する。クライアントが 3 次元仮想空間上を移動したり、3 次元仮想空間を離れたりとすると、PMC の表示も更新される。PMC が PMS に各クライアントの更新された多地点間通信ポリシーを送り、PMS は受け取った多地点間通信ポリシーをクライアントに送信する。その後、クライアントは多地点間通信ポリシーに基づく通信を行う。

PMC のプロトタイプは、クライアント間通信の状態表示を行う。図 6 では、クライアントの名前と使用している IP アドレスを表示している。円がクライアントを表し、破線が IPv4 を用いた通信、実線が IPv6 を用いた通信を表す。また、各通信はその通信のソースクライアントと同じ色で示す。

4.3 通信の流れ

図 7 に PMS, PMC, 仮想空間サーバ, SAMTK-3D クライアントの通信の流れを示す。

(1) クライアントが仮想空間サーバと PMS の双方に登録する。

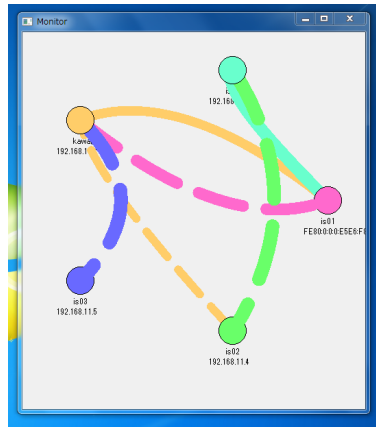


図 6 PMC の画面表示.

- (2) 仮想区間サーバはクライアントごとの送信先リストを管理する .
- (3) 仮想空間サーバは各クライアントに送信先リストと全てのクライアントリストを送信する .
- (4) クライアントは自身の環境 (名前, IP アドレス, ポート, トランスポートなど) と G_i を送信する .
- (5) PMS はクライアントの情報を集め, PMC に送信する .
- (6) PMC は各ノードの状態を可視化し, PMC オペレータは多地点間通信に基づく通信ルートを決断する .
- (7) PMC が各ノードごとの多地点間通信ポリシーを PMS に送信する .
- (8) PMS は PMC からクライアントごとの多地点間通信ポリシーを受け取り, 各クライアントに送信する .
- (9) クライアントは PMS から自身の多地点間通信ポリシーを受け取り, 自身の送信リストに含まれるクライアントとの通信を更新し, 通信する .

クライアントが通信相手を変更すると, クライアントから PMS を通じて PMC に情報が送信され, PMC の表示が更新される . 更新された情報からユーザが新たな通信ルートを選択すると, PMC から PMS を通じてクライアントに更新された多地点間通信ポリシーが送信される . クライアントは自身の持つ多地点間通信ポリシーを, PMS から送信される多地点間通信ポリシーに更新する .

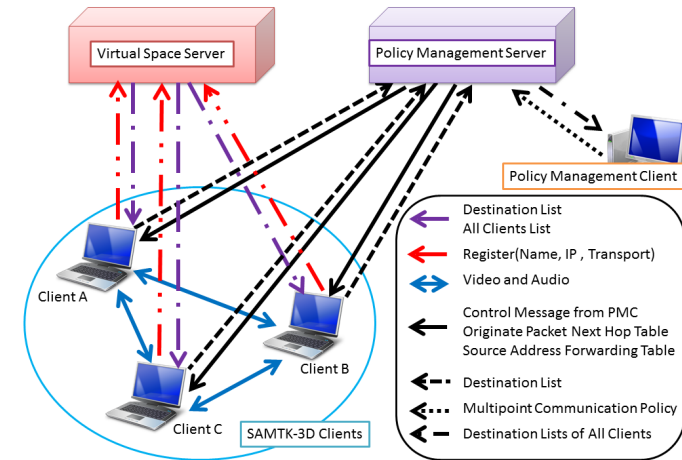


図 7 サーバ, クライアント間通信の流れ.

5. ま と め

本稿では, 多地点間通信をより高品質にするために「アプリケーション層トラフィックエンジニアリング」を提案した . ALTE により, アプリケーション層で多地点間通信のトラフィックを, ユーザの意図を反映した制御やネットワーク環境に応じた制御により, ネットワークリソースを最大限活用し, より高品質なコミュニケーションが可能となる . 行われる制御としては, クライアント間の通信ルートの選択や直接通信できないクライアント間の転送ルート設定, 通信のロードバランスやミキシング, 輻輳処理などが挙げられる .

現在の多地点間コミュニケーションシステムには直接通信が必要でなものも存在する . しかし, 実際には様々な環境のネットワークが存在する . 直接通信が必要な多地点間コミュニケーションシステムは, 直接通信できないネットワーク間での動作が容易ではない . そこで, ALTE により, クライアント間のパケットを手動で転送可能となる .

また, ALTE を行うために, PMC と PMS を実装した . PMS にクライアント情報を集約し, クライアントのグループ作成し, リンク情報を PMC に送信する . PMC は PMS から送信されるクライアントやグループの情報を可視化し, 可視化された情報からユーザが多地点間通信ポリシーを決定する . 決定した多地点間通信ポリシーは, PMC から PMS を経由

し、各クライアントに送信される。各クライアントは PMS から送信される多地点間通信ボリシに基づく通信を行う。

ALTE に対応したプロトタイプとして、3 次元仮想空間を用いた多地点間遠隔コミュニケーションシステム SAMTK-3D を拡張し、実装した。SAMTK-3D に PMC を適応し、クライアントの名前や通信に使用している IP アドレスを表示した。ALTE により、ユーザが容易に多地点間通信のトラフィックを制御可能となる。

参 考 文 献

- 1) C. Diot, W.Dabbous and J. Crowcroft, “Multipoint communication: a survey of protocols, functions, and mechanisms”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 15(3), 277-290, 1997.
- 2) M. Waehlich, T C. Schmidt and S. Venaas, “A Common API for Transparent Hybrid Multicast draft-irtf-samrg-common-api-04”, Internet Draft, IETF, 2012.
- 3) C. Jennings, B. Lowekamp, S. Baset and H. Schulzrinne, “REsource LOcation And Discovery (RELOAD) Base Protocol draft-ietf-p2psip-base-21”, Internet Draft, IETF, 2012.
- 4) C.K. Yeo, B.S. Lee, M.H. Er, “A survey of application level multicast techniques”, Computer Communications, 27, 1547-1568, 2004.
- 5) 浅井俊晴, 中山裕美, 梶克彦, 河口信夫, “SAMTK-3D を用いた多地点間仮想空間コミュニケーションとその応用”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2011) シンポジウム, pp1664-1671, 2011 .
- 6) D. Awduche, A. Chiu, I. Widjaja and X. Xiao, “Overview and Principles of Internet Traffic Engineering”, RFC 3272, 2002.
- 7) J. Seedorf, “Application-Layer Traffic Optimization (ALTO) Problem Statement”, RFC 5693, 2009.
- 8) 豊島鑑, 室岡孝宏, 石田修, “マルチキャストにおける個別受信状況把握方法 ~Flexcast 講演配信システムへの実装と検証 ~”, 信学技法, 情報ネットワーク 109(119), pp7-12, 2009 .
- 9) 柴田直樹, 孫タオ, 玉井森彦, 安本慶一, 伊藤実, 森將豪, “異なる品質要求を持つ複数ユーザへのピアツーピアビデオ配信手法”, 情報処理, 49(2), pp568-578, 2008 .
- 10) 長谷川剛, 尾池健二, 天野勝博, 村田正幸, “インラインネットワーク計測技術のビデオ会議アプリケーションへの応用”, 信学技法, 情報ネットワーク 110(116), pp13-18, 2010 .
- 11) Polycom, <http://www.polycom.com/>
- 12) Skype, <http://www.skype.com/>
- 13) SAMTK homepage, <http://www.samtk.org>

- 14) Nobuo Kawaguchi, “SAMTK: A Toolkit for Scalable Adaptive Multicast”, IETF69, SAMRG meeting materials, <http://www3.ietf.org/proceedings/07jul/slides/SAMRG-2/samrg-2.ppt>
- 15) Qt, <http://qt.nokia.com/>
- 16) R. Boivie, et al., “Explicit Multicast (Xcast) Concepts and Options”, RFC5058, 2007.
- 17) Nobuo Kawaguchi, Shuntaro Nishiura, Odira Elisha Abade, Takahiko Kurosawa, Tatsuya Jinmei, Eiichi Muramoto, “NAT Free Open Source 3D Video Conferencing using SAMTK and Application Layer Router”, 2009 6th IEEE Consumer Communications & Networking Conference(CCNC2009), January 2009 .