

M-9

DSTM の実用的実現について

A Practical Implementation of Dual Stack Transition Mechanism

米沢 敏夫† 山本 秀樹‡ 中川 聡‡
Toshio Yonezawa Hideki Yamamoto Satoshi Nakagawa

1. はじめに

IPv4 から IPv6 への移行技術[5]の1つとして、IPv6 ホストと IPv4 ホストとが通信する機構がある。我々は、学校インターネットの研究の一環として、この IPv6 から IPv4 への通信機構の1つである DSTM(Dual Stack Transition Mechanism)をベースにして、サイト内のネットワークに関する冗長性の確保、負荷分散、より良い経路の選択、ネットワーク管理者のポリシー適用が可能な通信方式を開発した。本論文では、この方式について報告する。

2. 現状の IPv6 と IPv4 との通信機構

IPv6 と IPv4 のホスト間で通信を行なうための機構には、以下のアプリケーションレベルの中継によるもの、ネットワーク層の変換によるもの、及び、IPv6 ノードに IPv4 アドレスを一時的に割り当てるものが提案されている。

- ・ SITT(Stateless IP/ICMP Translator)[1]
- ・ NAT-PT(Network Address Translation - Protocol Translation)[2]
- ・ TRT(IPv6-to-IPv4 Transport Relay Translator)[3]
- ・ DSTM(Dual Stack Transition Mechanism)[4]

SITT 及び NAT-PT は、ネットワーク層の変換を行ない、TRT はアプリケーションレベルの中継を行なう。

DSTM は、IPv6/IPv4 のデュアルスタックの送信元ホスト (IPv4 スタックは実行可能であるが、当初は一時的な IPv4 アドレスの獲得はなされていない)から IPv4 ホストへの通信を可能にする機構である(図1参照)。送信元 IPv6/IPv4 ホストが IPv4 アドレスを必要とするとき、IPv6 通信により、DSTM サーバからトンネルの終端(TEP)となるゲートウェイの IPv6 アドレスと共に IPv4 アドレスを獲得する。次に、IPv6/IPv4 ホストは、IPv4 パケットを IPv6 パケット中にカプセル化し、トンネルの終点(TEP)まで送信する。トンネルの終端(TEP)では、それをカプセル開放し IPv4 ネットワークに注入することで、IPv4 ホストとの通信が可能となる。

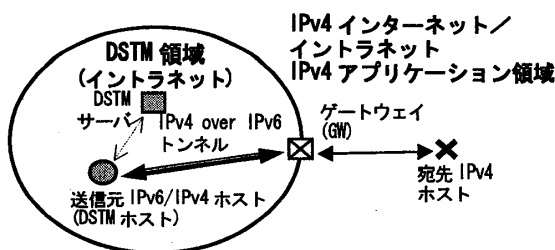


図1 DSTM の概念モデル

† 通信・放送機構, TAO

‡ 沖電気工業株式会社

アプリケーションレベルの中継によるものやネットワーク層の変換によるものは、上位プロトコルが IP アドレスを扱う場合や DNS のセキュリティ拡張/更新や IPsec を使用する場合に制限を受ける。そのため、別途、セキュリティの確保やアプリケーションレベルでの対応が必要となり、ピアツーピア(peer to peer)の通信が難しい。一方、DSTM はデュアルスタックとして動作可能なホストに限定されるが、その他の機構に存在する上述の制約がないため、最も有望な機構である。

3. DSTM の実現方式について

3.1 実用的な DSTM としての要件

文献[4]は DSTM の基本的な機構について述べたものである。実用の観点からすると、以下の事項が考慮されていない。

- ・ ゲートウェイなどの故障時の対処
- ・ 最適な経路の選択
- ・ サイト内ネットワークの負荷分散
- ・ ネットワーク管理者の接続ポリシーの実現

3.2 DSTM の実用的実現方式の概要

前節の要件を満足すべく、DSTM サーバが送信元 IPv6/IPv4 ホストの IPv4 アドレス要求に従って、一時的な IPv4 アドレスを割り当てる場合は、それが管理する複数のゲートウェイ(GW)と連携し、送信元 IPv6/IPv4 ホストが通信時に経由するゲートウェイを適切に選択し、それに対するアドレスを割り当てる。この場合の選択基準は、障害の発生していないゲートウェイ、割り当てるべき IPv4 アドレスが残っているゲートウェイ、ゲートウェイ間の負荷分散を実現する、通信品質が悪いゲートウェイを避ける、ネットワーク管理者の指定する接続ポリシーに従ったゲートウェイなどである。

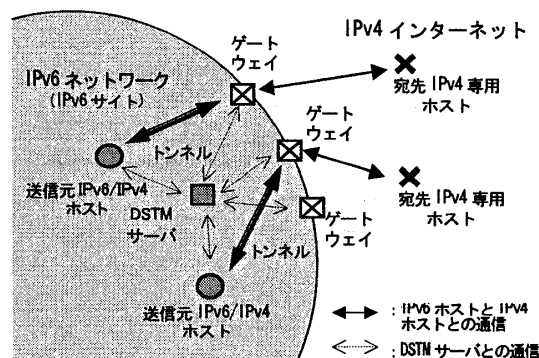


図2 DSTM のネットワーク構成

また、DSTM サーバでのゲートウェイ選択の条件に変更があった場合に、DSTM サーバから各送信元 IPv6/IPv4 ホ

ストに即時にそれを通知することで、ホストの必要に応じたタイムリーな IPv4 アドレスの再割当が可能となる。

(1) 一時的 IPv4 アドレス割当処理の概要

図3に一時的 IPv4 アドレス割当処理の概要を示す。まず、送信元 IPv6/IPv4 ホストは DSTM サーバに許可されたユーザであることを認証を受け((a)-①)、次に IPv4 アドレス要求を作成し、DSTM サーバに送る((a)-②)。DSTM サーバは、必要に応じて管理対象範囲の複数のゲートウェイと連携して、各ゲートウェイから送信元 IPv6/IPv4 ホストまでの経路の通信品質を測定する(ネットワーク管理者が指定した期間毎にのみ実施)。次にその測定結果、別のタイミングで収集した GW の障害や負荷の状況、及び、ネットワーク管理者の指定した接続ポリシーなどを基に総合的に評価し、適切な GW を選択し((b)-②)、関係する GW に対して GW トンネルの設定変更を行なう((b)-③)、(c)-②)。続いて、送信元 IPv6/IPv4 ホストに IPv4 アドレス要求結果を返信する((b)-④)。最後に送信元 IPv6/IPv4 ホストは、受け取ったこの IPv4 アドレス要求結果を基に一時的な IPv4 アドレス(有効期限を含む)を付与すると共に接続元トンネルを設定する((a)-③)。

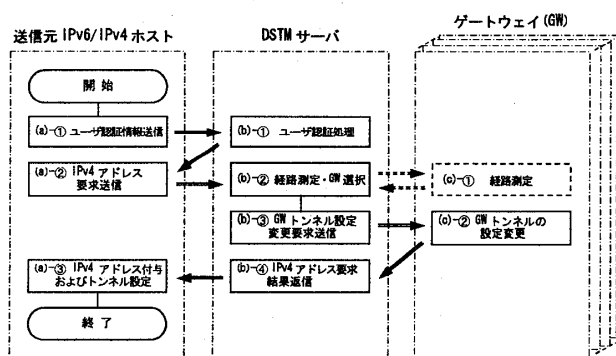


図3 一時的 IPv4 アドレス割当処理の概要

一時的 IPv4 アドレス割当処理は、例えば以下のような何らかの事象を契機として開始される。

- ホストが IPv4 による通信を始めようとして、IPv4 アドレスが割り当てられていないことを認識したとき。例えば、DNS への名前解決の結果が IPv4 宛先アドレスのみになった場合、アプリケーションが IPv4 ソケットをオープンした場合、または、IPv4 パケットがカーネルに送られた場合に、IPv4 パケットを送るインタフェースがないとき。
- ホストが IPv4 による通信を始めようとして、IPv4 アドレス関連情報として記録されている IPv4 アドレス有効期限が切れたとき、または、再取得必要度を参照し、IPv4 アドレスの再取得を必要と判断したとき。
- ホストの利用者が一時的な IPv4 アドレスの獲得を明示的に指示したとき。

(2) GW 生存確認処理の概要

GW 生存確認処理は、DSTM サーバが管理する複数のゲートウェイを経由した ISP(インターネットサービスプロバイダ)に設置される境界ルータへの経路制御が可能であることを確認するため、GW 監視周期(ネットワーク管理者が指定した期間毎)にゲートウェイに GW 生存確認要求を送

信し、その結果を記録し、送信元 IPv6/IPv4 ホストからの IPv4 アドレス要求があった場合における割当 GW 選択の判断情報の1つとする。

(3) 使用状況収集処理の概要

GW 使用状況収集処理は、各送信元 IPv6/IPv4 ホストのゲートウェイを経由する通信頻度を求めるため、GW 使用状況収集周期(ネットワーク管理者が指定した期間毎)に DSTM サーバが管理する複数のゲートウェイに GW 使用状況収集要求を送信し、各ゲートウェイが IPv4 ホストへの通信時にモニタリングした各送信元 IPv6/IPv4 ホストの通信頻度を収集記録し、送信元 IPv6/IPv4 ホストからの IPv4 アドレス要求があった場合における割当 GW 選択の判断情報の1つとする。

(4) GW 選択条件変更通知処理

この処理は、一時的 IPv4 アドレス割当処理においてゲートウェイを選択する場合に使用するなんらかの条件に変化があった場合(例えば、あるゲートウェイの動作状況が”動作中”から”停止中”へ、または、逆に変化した)に、DSTM サーバが適切な送信元 IPv6/IPv4 ホストに IPv4 アドレスの再取得の必要度(強制を含む)を通知することにより、送信元 IPv6/IPv4 ホストの適切な IPv4 アドレスの再取得を図る。

4. まとめ

本論文では実用的な DSTM 実現のための基本的な要件について述べ、実現方法を検討した。提案した方式は、ネットワーク管理者にとっては次の効果をもたらすことが期待される。

月日と共に変化するサイトのネットワークのホスト接続形態、通信品質、および利用状況に応じた最適なサイト内の IPv4 ホストへの接続管理を軽微な運用負荷で維持することが可能となる。

今後は、開発した方式の実現可能性とその効果を検証するため、試作、実験及び評価を実施予定である。特に、学校インターネットでの使用を想定して、動画などのデータを使用した実験・評価も実施したい。

謝辞

本研究は通信・放送機構(TAO)の「学校における新たな高速アクセス網活用型インターネットに関する研究開発」の一環として実施しているものである。関係各位の支援と助言に感謝する。

参考文献

- [1] E. Nordmark, “Stateless IP/ICMP Translator”, RFC2765, February 2000.
- [2] G. Tsirtsis, P. Srisuresh, “Network Address Translation – Protocol Translation (NAT-PT)”, RFC2766, February 2000.
- [3] J. Hagino, K. Yamamoto, “An IPv6-to-IPv4 Transport Relay Translator”, RFC3142, June 2001.
- [4] J. Bound, L. Toutain, H. Affifi, “Dual Stack Transition Mechanism (DSTM)”, draft-ietf-ngtrans-dstm-06.txt (work in progress).
- [5] 米沢敏夫 他, “IPv6 トンネルブローカにおけるトンネル選択法に関する考察”, 信学会, 総合大会, 2002.3.