

IPv6 ネットワーク構築時における トンネルリンクとネイティブリンクの選択について

藤崎 智宏

三上 博英

NTT 情報流通プラットフォーム研究所

1 はじめに

次世代のインターネットプロトコルとして標準化が進んでいる IPv6 であるが、ここに来て実用ベースの動きが盛んになってきている。ネットワーク構築面では、従来より続いている国際実験ネットワーク 6bone に続き、IPv6 の実運用ネットワークを目指して 6REN (IPv6 Research and Education Networks) が活動を開始している。また、ベンダの動きも活発化してきており、ルータ、ホスト系ともに、既に自社製品の IPv6 対応をすでに終えて製品として出荷しているベンダ、 β バージョンのソフトウェアを配布しているベンダ等が多くなって来ている。

IPv6 実ネットワークの構築を行う際、当初は IPv4 リンクを用いて IPv6 を転送するような形態が多用される。本稿では、IPv6 ネットワークを構築する際に、IPv6 ネイティブな接続と IPv6 over IPv4 (以下、IPv6 トンネル) をが選択可能な場合における、接続選択のための指針について考察する。

2 IPv6 とは

2.1 IPv6 の特徴

現在広く利用されているインターネットのベースとなっているインターネットプロトコル (IPv4) は、インターネットの拡大過程で発生したいくつかの問題に対し、その都度対処、修正を行い、現在に至っており、基本的な部分は標準化当初とほとんど変更なく利用されている。

しかしながら、近年の爆発的なインターネットの規模の拡大により、32bit のアドレス空間の不足、インターネットの複雑化を原因とする経路情報の肥大化といった、インターネットプロトコルの根幹に関わる問題が顕在化してきている。

また、インターネットの利用が拡大し、インターネットの利用者・利用目的が多様化することにより、インターネット接続時の設定の簡素化、インターネット通信におけるセキュリティの確保、動画・音声などのリアルタイム通信の実現といった新たな要求が発生している。

このような状況の中で、インターネット関連技術の標準化団体である IETF (Internet Engineering Task Force) にて、次世代のインターネットプロトコル IPv6 (Internet

Protocol version 6) の標準化が進んでいる [1]。IPv6 は、以下のような特徴を持っている。

- 128bit のアドレス長
現 IPv4 の 32bit に対し、4 倍のアドレス長をもつ。
- 経路集約を考慮したアドレス構造
アドレス割り当て時より階層化を強く意識することで経路の集約を効率的に行い、インターネット内での経路数の削減を目指している。
- インタネット接続を容易にする Plug & Play 機構
IPv6 ではアドレスなどの自動設定機構を標準として含んでおり、ネットワーク端子に差し込むだけでインターネットに接続できるという、Plug & Play が実現されている。
- セキュリティ機能を標準搭載
IP レベルでパケットの認証および暗号化の機構が必須の機能となっている。これにより、あらゆるネットワークアプリケーションが第三者の盗聴、改竄、なりすまし等の防止という通信セキュリティを確保でき、インターネットの商用利用の促進が期待されている。
- 画像などのストリーム通信をサポートする機構
IPv6 では、ストリーム通信を効率的に行うための機構が採り入れられている。これにより、画像や音声通信といったリアルタイム通信をインターネット上で扱うことを容易にしている。

2.2 移行初期段階での IPv6 ネットワークの構築

現在利用されている IPv4 から、IPv6 への移行は段階を踏んで行うことを想定している [2]。移行の初期段階では、IPv4 広域ネットワーク中に IPv6 ネットワークが個別に存在し、それぞれの IPv6 ネットワーク間は IPv6 over IPv4 (トンネルリンク) にて接続される。tunnel の仕組みを図 1 に示す。

IPv6 ネットワークの境界の機器にて、IPv4 パケット中に IPv6 パケットをカプセル化し、目的 IPv6 ネットワークまで IPv4 パケットとして送る。目的 IPv6 ネットワークの入り口にて、IPv4 ヘッダを取り除き、IPv6 パケットとして目的ホストに届ける。

移行が進展してくると、IPv6 ネットワークを構築する際に、ネイティブリンク、トンネルリンクを選択でき

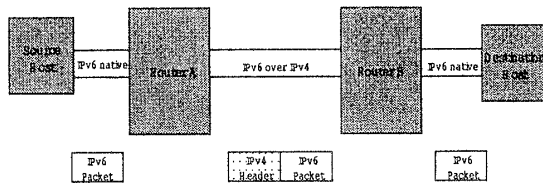


図 1: Tunnel の仕組み

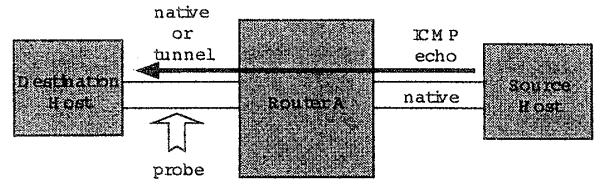


図 2: リンク選択実験環境

るような状況になる。次節では、ネットワーク構築時に IPv6 ネイティブリンクとトンネルリンクが選択できる場合について述べる。

3 IPv6 ネイティブリンクとトンネルリンクの選択

3.1 リンクの比較

移行初期 / 中期段階においては、ネットワーク通信機器における IPv6 対応は IPv4 への対応よりも遅れることが多いと予想される。現状でも、IPv4 では対応しているいくつかのネットワークインタフェースや回線種別においては、IPv6 ネイティブに非対応のものも存在する。また、昨今提供が始まっている高帯域回線への対応も、IPv4 での対応が先になる。

一方、トンネルリンクにて IPv6 を用いる場合には、カプセル化のオーバーヘッド、最大パケット長 (MTU) の整合の手間、複数プロトコルを扱うオーバーヘッドなどの問題が発生する。表 1 に、現状でのネイティブリンクとトンネルリンクの比較を示す。

	ネイティブ	トンネル
利用可能帯域	中 / 低帯域	高帯域
機器のオーバーヘッド	少	多
対応インタフェース	少	多
転送効率	良	悪

表 1: 現状での IPv6 ネイティブリンクとトンネルリンクの比較

3.2 リンクの選択

IPv6 ネイティブリンク、トンネルリンクを選択可能な場合の指針を得るための実験を行った。実験環境を図 2 に示す。

SOURCE ホストより DESTINATION ホストに対して、ICMP ECHO パケットを送出する。途中のルータ A と、DESTINATION ホストとの間の接続が、

1. Ethernet ネイティブリンクの場合
2. Ethernet IPv4 上の IPv4 トンネルの場合

において、ICMP の返答に要する時間を測定した。ルータ、ホストともに OS は FreeBSD, IPv6 スタックは KAME [3] を用いた。測定結果を表 2 に示す。

	RTT 平均	分散
ネイティブ	126 マイクロ秒	23.3
トンネル	164 マイクロ秒	180.0

表 2: IPv6 ネイティブリンクとトンネルリンクの比較

測定結果より、FreeBSD+IPv6 KAME Stack においては、トンネルリンクはネイティブリンクに比べ 30% 程度のオーバーヘッドがあることがわかる。また、トンネルリンクにおいては、値のばらつきが大きい。

以上より、ホスト (FreeBSD+KAME Stack) での処理速度を考えた場合、IPv4 の回線速度が 30% 以上早い場合には、トンネルリンクを用いる方が良いことがわかる。実際には、ホスト処理速度以外にリンクの混雑度、ルータの負荷、必要な品質などを考慮する必要がある。

4 まとめ

IPv4 より IPv6 への移行初期 / 中期において、ネットワークを構築する際に、IPv6 ネイティブリンク、トンネルリンクを選択可能な場合の、リンク選択についての考察、および選択の指針となるパラメータを得るための実験を行った。ホストの処理のみを勘案した場合、IPv4 回線が 30% 以上高速な場合には、トンネルリンクを用いることも考慮内である。

今後は、多種の IPv4 実装で評価を行い、一般的な実装の速度傾向を調べるとともに、処理速度以外のパラメータも用いてリンクのモデル化を行い、IPv6 ネットワーク構築における回線選択手法の確立を図る。

参考文献

- [1] S. Deering, R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", Request for Comments 2460, Dec 1998.
- [2] R. Gilligan and E. Nordmark, "Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers", Request for Comments 1933, Apr 1996.
- [3] <http://www.kame.net>, KAME Project home page.