

## 1. はじめに

現在、次世代インターネットプロトコルとして知られる IPv6[1]に関する研究開発、実験が盛んに行われている。一方オフィスや家庭、イベント会場等で手軽に LAN を構築するために無線 LAN を導入するケースが増えている。IPv6 では、ホストアドレスの自動設定[2]等の「プラグアンドプレイ」機能が開発されており、末端ホストの配線が不要な無線 LAN 上で IPv6 を利用することで、「プラグアンドプレイ」の恩恵をより多く受けることが期待できる。

KDD 研究所では、所内 LAN に無線 LAN と IPv6 を導入している[3]。本稿では、KDD 研究所内の無線 LAN 上で IPv6 を利用した通信実験を行い、IPv4 との比較等について評価した結果について述べる。

## 2. IPv6 と無線 LAN

無線 LAN で構築されたネットワークでは、基本的にそのネットワークに接続できるホスト数は不定となる。従って無線 LAN 上で IPv4 を利用する場合、イベント会場等不特定多数のホストが接続する可能性のある場所では、DHCP 等でホストに割り当てる IPv4 アドレス空間の大きさを慎重に決める必要がある。一方 IPv6 のアドレス長は 128 ビットであり、また通常/64 のアドレス空間を一つのサブネットに割り当てるので、アドレス不足の心配は全くない。

IPv6 では「プラグアンドプレイ」を指向した開発が行われている。例えば IPv6 ではホストアドレスの自動設定機能が標準で組み込まれており、ホストの IP アドレス、デフォルトゲートウェイは DHCP サーバがなくても自動的に設定される。またホストが使用するネームサーバの自動設定機能も現在 IETF において開発中である[4]。この機能が実装されれば、ホストが IP ネットワークに接続するのに必要な基本的なパラメータが、DHCP サーバなしでも自動設定されることになる。従って無線 LAN のように末端ホストの物理的な配線が不要で、かつ不特定多数のホストが接続可能なネットワークにおいては、IPv6 の特徴がより生かされると考えられる。

## 3. 評価実験

### 3.1 実験環境

無線 LAN 上での IPv6 の性能を評価するための実

験を行った。図 1 に実験ネットワーク構成、表 1 にホストの仕様を示す。ホストはすべて IPv4/IPv6 デュアルスタックで動作させた。無線 LAN は IEEE802.11b 準拠とし、無線 LAN カード、アクセスポイント(AP)は同一メーカー製品を使用した。また無線ホスト(Host A, B)は同一無線 LAN AP に収容されるとする。以上の無線 LAN 環境において、表 1 に示した OS と使用した無線 LAN カードの組み合わせで、IPv6 アドレスの自動設定機能は正常に動作した。有線部分は KDD 研究所 LAN の一部を使用しており、回線はすべてイーサネットである。無線ホストと有線ホスト(Host C)は別サブネットにあるが、現在使用中のレイヤ 3 スイッチは IPv6 に対応していないので、IPv6 はタグ付き VLAN(IEEE802.1Q)対応の IPv6 ルータを介してパケット転送を行っている[3]。

以上の環境において、(1) RTT(Round Trip Time)、(2) FTP スループット の測定を行った。

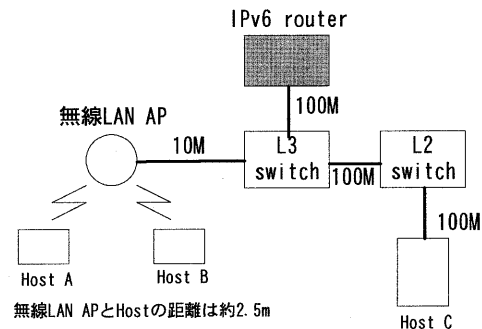


図 1: 実験ネットワーク構成

	CPU	メモリ	OS
Host A	Pentium 266MHz	96MB	FreeBSD4.2
Host B	Crusoe 600MHz	128MB	Windows2000+Microsoft IPv6 Technology Preview[5]
Host C	Pentium 333MHz	128MB	FreeBSD3.1 + KAME

表 1: ホスト仕様

### 3.2 RTT 測定

無線ホスト間 (Host A, B)、無線ホスト (Host A) と有線ホスト (Host C) 間において、それぞれの RTT を ping(IPv4) / ping6(IPv6) コマンドで測定した結果を図 2 に示す。なお無線ホスト間の通信は AP を介する形態で行った。また RTT 値は、1 秒間隔で 50 回 ping/ping6 で測定した結果の平均値とした。

図 2 より無線ホスト間の RTT は、IPv4 と IPv6 ではほとんど差がないが、無線-有線ホスト間の RTT は IPv6 の方が若干大きくなっていることがわかる。この理由として、図 1 のネットワークでは、IPv4 パケットはレイヤ 3 スイッチでカットスルーされるが、IPv6 パケットは必ず IPv6 ルータを経由することにより、IPv6 パケットは IPv4 パケットよりも、レイヤ 3 スイッチ-IPv6 ルータ間を二往復分多く通ることが考えられる。また図 2 より送受信ホストが両方も無線ホストの場合、片方のみ無線ホストの場合と比べて RTT がかなり大きくなることわかる。この理由として、無線リンクにおいては 1 フレーム送信するごとに受信確認を行うなど、有線リンクよりも複雑な制御が行われることが影響していると考えられる。本実験では同一オフィス内での通信実験を行っているが、この場合で約 2 倍の違いが見られた。

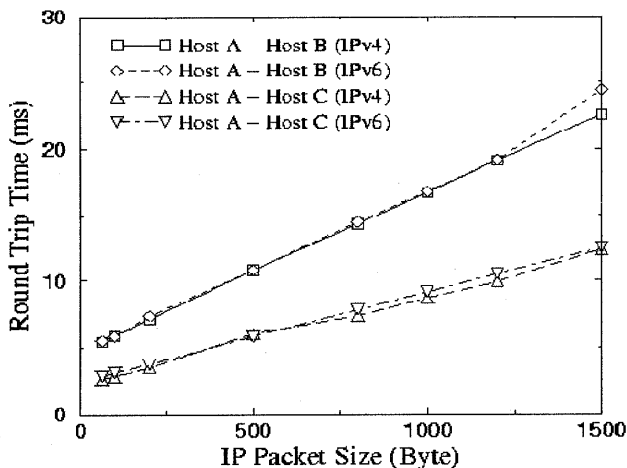


図 2：無線ホスト間と無線-有線ホスト間の RTT

### 3.3 スループット測定

無線ホスト間、無線-有線ホスト間で FTP によりファイル転送を行ってスループットを測定した結果を図 3 に示す。なお無線ホスト間では Host A をサーバ、Host B をクライアントとし、無線-有線ホスト間では Host C をサーバ、Host B をクライアントとした。またスループットは 3 回測定した結果の平均値とした。

図 3 より、無線-有線ホスト間のスループットにおいて、ファイルサイズが 500K バイト以下では IPv4 と IPv6 でほとんど差は無いが、スループットが飽和した状態では、IPv6 の方がスループットが低下することがわかる。また無線ホスト間のスループットも IPv6 の方が低下している。イーサネット上の IP パケットに含まれる TCP データ長は IPv4 で最大 1460 バイト、IPv6 で最大 1440 バイトなので、パケット内のデータ長のみを考慮すると、IPv6 の

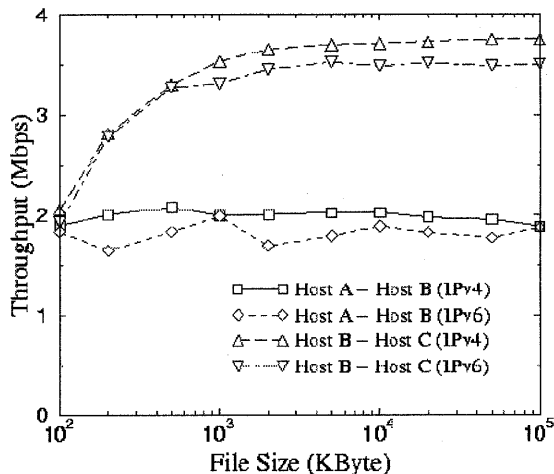


図 3：FTP スループット特性

FTP スループットは IPv4 より約 1.4% 低下すると考えられる。しかし本実験の結果では、無線-有線ホスト間で約 6%、無線ホスト間では最大 10% 以上のスループット低下が見られた。またファイルサイズが 2M バイト以上の場合、無線-有線ホスト間スループットは約 3.7Mbps(IPv4)/3.5Mbps(IPv6)、無線ホスト間で約 2Mbps(IPv4)/1.8Mbps(IPv6)となり、無線ホスト間の FTP スループットは無線-有線ホスト間の 50% 程度となった。これも無線リンクにおける複雑な制御が影響していると考えられ、またこれにより FTP スループット飽和点のファイルサイズが無線-有線ホスト間よりも小さくなっていると考えられる。

### 4. おわりに

本稿では、無線 LAN 上で IPv6 を用いることの利点と、KDD 研究所内の無線 LAN 上で IPv6 を用いた通信実験を行った結果について述べた。実験結果より、現在の IPv6 の通信性能は IPv4 と比較して良いとは言えないが、IPv6 に関する開発は盛んに行われており、将来的には IPv4 と同等以上の性能が期待できると考えられる。

### 参考文献

- [1] S.Deering and R.Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC 2460, Dec. 1998.
- [2] S.Thomson and T.Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration", RFC 2462, Dec. 1998.
- [3] 屏, 堀田, 山崎, 加藤, 浅見, "VLAN を用いた IPv4/v6 混在ネットワークの構築と評価", 情報処理学会第 61 回全国大会, 1G-03, 2000 年 10 月.
- [4] D.Thaler, "Analysis of DNS Server Discovery Mechanisms for IPv6", draft-ietf-ipngwg-dns-discovery-00, work in progress.
- [5] Microsoft IPv6 Technology Preview for Windows 2000, <http://msdn.microsoft.com/downloads/sdks/platform/tpipw6.asp>