

## 中小企業内LANを想定したIPv6対応ネットワークの 構築と運用に関する検証研究

森田俊英\*<sup>1</sup> 巻島秀男\*<sup>2</sup> 匂坂剛\*<sup>1</sup> 桧垣博章\*\*\*

Verification research of IPv6 network construction and employment  
supposing LAN for small business

MORITA Toshihide\*<sup>1</sup>, MAKISHIMA Hideo\*<sup>2</sup>, SAGISAKA Takeshi\*<sup>1</sup>,  
HIGAKI Hiroaki\*\*\*

### 抄録

Linux, FreeBSD, WindowsXP を用いて、インターネットとトンネル接続した小規模な IPv6対応ネットワークを構築した。本ネットワークにて DNS サーバ、Web サーバ、メールサーバの運用を行い、IPv6ネットワークにおける技術支援のための基本的な技術を習得した。

また、IPv6の特性を利用したアプリケーションの検討及び動作確認を行った。

キーワード：IPv6, ネットワーク, 構築, 運用

### 1. はじめに

インターネットの急速な普及により、近い将来、現在の標準プロトコルである IPv4アドレスの枯渇が予想されている。そのため、使用できるアドレスを大幅に増やした IPv6が1994年 IETF(The Internet Engineering Task Force)により制定<sup>1)</sup>され、対応周辺機器の製品化やプロバイダにて安価なプランでの対応が進むなど、普及へ向けての下地が整いつつある。

IPv6はセキュリティ性や一対一通信(ピアツーピア)の面でも IPv4に対して優位性を有しており、そういったメリットを利用したアプリケーションも徐々にではあるが提供されてきていること

から、今後県内中小企業においても IPv6ネットワークの導入が進んでいくものと思われる。

そこでトンネル接続による小規模な IPv6対応ネットワークを構築し、その運用を行い技術支援のためのノウハウの蓄積を図った。また、IPv6の優位性を活用できるアプリケーションの検討を行い、Java によるピアツーピア通信プログラムの動作確認を IPv6環境にて行った。

### 2. IPv6について

#### 2.1 IPv6の概要<sup>2),3)</sup>

##### 2.1.1 アドレス空間

IPv4のアドレス長が32ビット(約43億個)であるのに対して IPv6は128ビット(IPv4の2の96乗)のアドレス長を持ち、ほぼ無限であるため、あらゆる機器にアドレスを割り振ることが可能である。そのため、プライベートアドレスを用いざるを得ない IPv4に比べ機器間の双方向通信への

\*<sup>1</sup> 電子情報技術部

\*<sup>2</sup> 電子情報技術部

(現 企画室)

\*\*\* 東京電機大学理工学部情報システム工学科

適用性が高い。

2.1.2 アドレス表記

16ビットずつ16進数で表し、コロン(:)で区切って並べる。16ビットごとに左側の0は省略できる。また:を挟み0が続いている箇所は一カ所のみ "::"と省略できる。

例) 2001:0380:01b6:0001:0000:0000:0000:0001

2001:380:1b6:1::1

2.1.3 アドレススコープ

IPv6ではアドレスが有効な範囲(アドレススコープ)を示すことができ、同一リンク内のみで有効なリンクローカルアドレス、グローバルに使えるグローバルアドレスなどがある。

2.1.4 アドレスの自動設定

ホストを IPv6ネットワークにつなぐと、自動的にリンクローカルアドレス、グローバルアドレスがそれぞれホスト、上位ルータにて生成され、ホストに設定される。また、デフォルトルート情報もルータから得られるため、ネットワークにつなぐだけで使用できる。

2.1.5 セキュリティ機能

IPv6では暗号通信規格である IPSec が標準仕様となっている。

2.2 IPv6対応の状況調査

2.2.1 通信機器

各メーカーから多くのIPv6対応ルータが発売されてきており、2万円台から購入可能である。また既存機器のソフトウェアをバージョンアップすることによって対応可能な場合もある。

2.2.2 通信回線

2004年3月24日現在、埼玉県内にて法人向けIPv6対応本サービスを提供しているプロバイダは表1のとおりである。トンネル接続とはIPv6パケットをIPv4パケットでカプセル化し、従来のIPv4ネットワーク経由でIPv6ネットワークへ接続する形態、デュアル接続とはIPv6、IPv4パケットを同時に通信できる形態、ネイティブ接続とはIPv6ネットワークのみと接続する形態である。トンネル接続ではカプセル化によるオーバーヘッドが発生する、トンネル接続ノードを経由する必要があると

いった理由から、スループットの面でやや不利である。トンネル接続については従来のIPv4サービスに2500円/月~の追加料金で利用できる。固定IPv4アドレス配布の場合、デュアル・ネイティブ接続はプラス数万円/月となりIPv4と比較してコスト負担が大きい。非固定IPv4アドレスの場合、試験サービスであるが7,000円/月程度で安価に利用できるプロバイダもある。

表1 埼玉県内のIPv6対応プロバイダ

事業者名	サービス内容		
	トンネル	デュアル	ネイティブ
I I J	(DFE)	(E)	(E)
O C N	(DFE)	(D)	-
K D D I	(DFE)	-	(E)
日本テレコム	(DFE)	(E)	(E)

: 本サービス      : 実験サービス  
 D : xDSL    F : 光ファイバー    E : 専用線

2.2.3 OS

各 OS はほぼ IPv6への対応は完了している。状況は次のとおりである。

a) Windows

XP SP1から正式に IPv6がサポートされており、インストールも非常に容易である。ただし、IPSecについては認証機能のみとなり暗号化はサポートされていない。また、サーバー用途としては Windows server2003から IPv6に対応している。

b) Linux

Linux に IPv6プロトコルスタックやライブラリ、API、アプリケーションなどを提供しているプロジェクトとして USAGI プロジェクト<sup>4)</sup>があるが、これによって開発されている IPv6プロトコルスタックを利用し、カーネルを再構築することで IPv6に対応できる。オリジナルの Linux でも USAGI の成果を取り入れつつあるが、IPv6の実装が十分ではない。

c) FreeBSD

Linux の USAGI プロジェクトと同様、FreeBSD向けの IPv6スタックを開発しているプロジェク

トとして KAME プロジェクト<sup>5)</sup>がある。FreeBSD へは順次その成果が導入されているためある程度 IPv6 へ対応しているが、KAME プロジェクトにより開発される最新の IPv6 スタックを適用することによって、より IPv6 の仕様に近い実装が得られる。

2.3.4 その他

IPv6 の推進については IPv4 アドレスの不足している主に日本、中国を中心としたアジア圏が中心となっているが、従来潤沢な IPv4 アドレスを保有するアメリカの動きは鈍かった。しかし、国防総省が IPv4 ネットワーク機器の調達を2003年の9月で終了し、2008年までに完全に IPv6 ネットワークに移行する方針<sup>6)</sup>を発表したことにより、今後はより機器の IPv6 対応化及び基盤ネットワークの IPv6 化が進むことが予想される。

また、IPv6 についてはキラーアプリケーションの不在が言われていたが、容易な認証機能付き一対一通信を可能とする機器間接続用プロトコル「m2m-x」の発表により、各家電メーカーでの対応機器の開発が進んでいる<sup>7)</sup>。

3. IPv6 ネットワークの構築

これらの調査を元に、図1のような IPv6 対応ネットワークを構築した。

3.1 外部接続回線

インターネットへの接続要件は IPv6、IPv4 とともに自社サーバ運用可能、導入運用コストが低く抑えられるとの理由から次のとおりとした。

- ・ 固定 IPv4 アドレス (8個)
- ・ ADSL
- ・ トンネル接続

具体的には NTT 東日本「フレッツ ADSL モア」 OCN「ADSL アクセス IP8 フレッツプラン」「IPv6 トンネル接続サービス」を利用し、汎用ドメイン (saitec-v6.jp) を取得した。利用料金は表2のとおりであり、IPv6 によるコスト増は少ない。

表2 IPv6 インターネット回線利用料金

	通信回線	月々料	内 IPv6 分
初期費用(円)	6,500	15,800	3,000
月額費用(円)	5,350	14,800	3,000

なお、プロバイダから配布された IPv6 アドレスは「2001:0380:01b6:0:0:0:0:0/48」(2<sup>80</sup>個)であった。

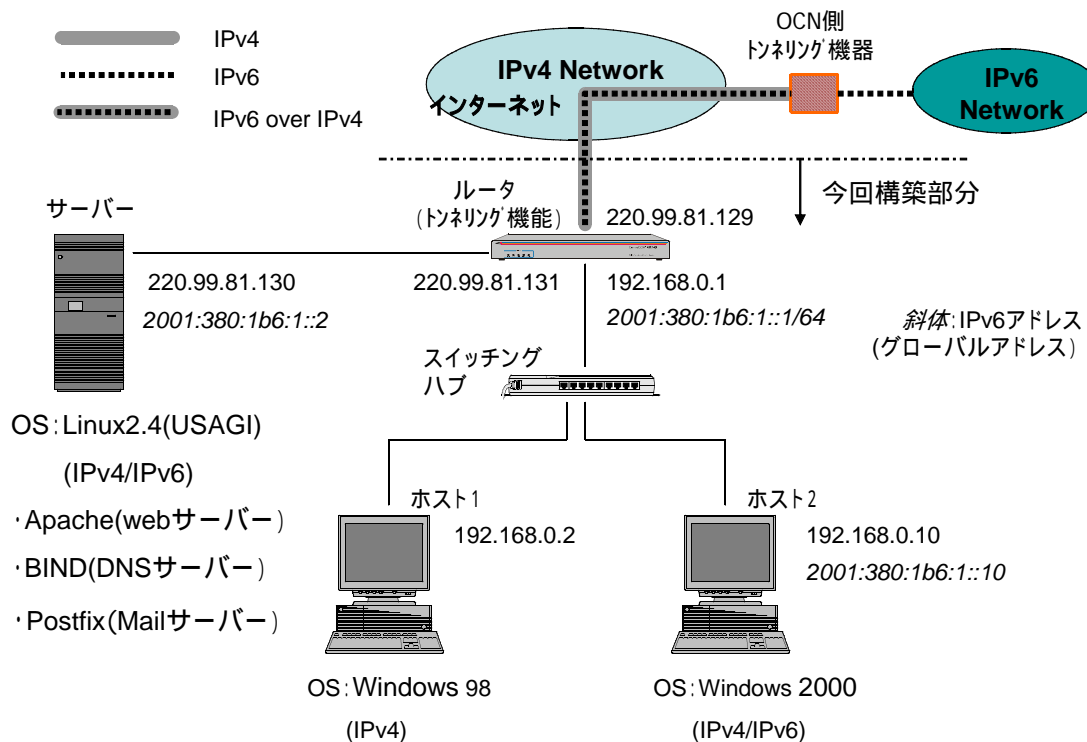


図1 構築ネットワーク構成図

### 3.2 サーバー

サーバーの OS についてはイニシャルコストが抑制できること、比較的普及しているなどの理由から Linux2.4(Redhat8.0)を採用し、USAGI プロジェクトの IPv6スタックを用いて IPv6化を行った<sup>6)</sup>。IPv6化の際は、カーネル再構築のカーネルオプション設定など、相当程度の専門的知識が必要となる。web サーバー、DNS サーバーにはそれぞれ最も普及しておりデフォルトで IPv6に対応している Apache, BIND を採用した。IPv4、IPv6対応の試験用 Web サイトをそれぞれ作成した。IPv6対応の DNS サーバーとするため正引きゾーンファイルへの IPv6アドレスレコード追加と IPv6用逆引きゾーンファイル等の作成を行った。図2に DNS サーバーの正引きゾーンファイル設定を示す。

smtp サーバーソフトとしては sendmail, postfix, qmail などがあるが、今回は設定の容易性、互換性から postfix、pop サーバーには qpopper を採用した。postfix, qpopper とともにパッチを当てることにより IPv6へ対応させることができた。

```

$TTL 86400
saitec-v6.jp.      IN      SOA
dns.saitec-v6.jp. root.saitec-v6.jp. (
    20030909; Serial
    3600      ; Refresh
    3600      ; Retry
    604800   ; Expire
    86400    ; Minimum TTL
)
saitec-v6.jp.     IN      NS      dns.saitec-v6.jp.
saitec-v6.jp.     IN      MX      10     dns.saitec-v6.jp.

dns               IN      A        220.99.81.130
dns               IN      AAAA    2001:380:1b6:1::2
dns               IN      MX      10     dns.saitec-v6.jp.
www               IN      A        220.99.81.130
www6              IN      AAAA    2001:380:1b6:1::2
mail              IN      A        220.99.81.130
                  IN      AAAA    2001:380:1b6:1::2
    
```

図2 正引きゾーンファイル設定

### 3.3 ホスト

ホストとしては IPv6をインストールした WindowsXP 及び IPv4の使用を検証するための IPv6非対応 Windows98マシンを設置した。

### 3.4 ルータ

IPv4のネットワークアドレスに相当するプレフィックス (2001:380:1b6:1::0/64) を設定した。また、IPv6 over IPv4のトンネル設定、及び IPv6パケットを通すため41番ポート開放の他、一般の

IPv4ネットワークと同様の設定を行った。

### 3.5 動作確認・評価

以上によって構築された IPv6/IPv4対応ネットワークを用いて、次の事項の確認を行った。

- ・各ノード IPv6/IPv4アドレス宛の ping による通信
- ・外部 DNS への IPv6/IPv4アドレスの問い合わせ
- ・今回設置 DNS による IPv6/IPv4アドレスの名前解決
- ・ホストからのインターネット上の IPv6/IPv4web サイトの閲覧
- ・今回作成した IPv6対応 web サイトの閲覧 (ネットワーク内)
- ・メールの送受信
- ・Windows98ホストでの各アプリケーションの動作及び IPv4通信

なお、DNS への名前解決は一般的に IPv6アドレスの後、IPv4という順番になっている。そのため IPv4のみ対応の web サイトの閲覧時、多少の遅延が発生する場合がある。

また、USAGI や KAME のインストールの際は各スタックのバージョンに各 OS カーネルのマイナーバージョンまで合わせておくことと確実である。

## 4 IPv6対応アプリケーションの検討と検証

IPv6の利点としては前述のとおり、潤沢なアドレス空間を活かしたピアツーピア通信などが挙げられるが、今回はこれらの機能を検証するため、TCP/IP による IPv6対応チャットソフトを試作した<sup>8)</sup>。プログラミング言語としては、ネットワークプログラミングに適しており、IPv6に対応していることから Java(JDK1.4.2)を採用した。Java では IP アドレスを表す InetAddress クラスが IPv4 と IPv6に対応しているため、IPv4通信の場合と同じように通信プログラムをコーディングできる。

図4のような WindowsXP(IPv6対応)のホスト2台、ルータ2台からなる試験ネットワークを構築し、JDK1.4.2及びチャットプログラムを各ホストにインストールした。通信をホスト A,B 間

で行い、ネットワーク越しに双方向の通信ができることを確認した。ここで、ルータ A は KAME スタックをインストールした FreeBSD4.9 に IPv6 ルーティングテーブルを作成し PC ルータとしたものである。

なお、ホストの OS としては WindowsXP を用いたが、XP では IPSec の暗号化部分が未実装のため今回は平文による通信とした。

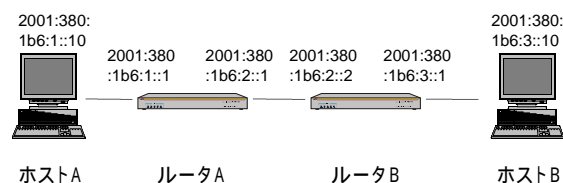


図4 試験ネットワーク

また、イーサネットと RS232C の変換デバイスを用いて、LAN に接続されたパソコンから RS232C に接続されたアームロボットを操作するシステムを Java により試作した。今回用いた変換デバイスは IPv4 のみの対応であったが、今後 IPv6 対応デバイスが開発されれば、通信プログラムを組み合わせることにより比較的容易に IPv6 の遠隔操作システムが構築でき、遠隔地の計測機器の運用管理等に応用可能であると考えられる。

## 5 まとめ

IPv6 への対応状況について調査を行った。この結果から USAGI スタックによって IPv6 化した Linux を OS とした DNS サーバ、web サーバ、mail サーバを作成した。これに IPv6 ルータとホスト 2 台を接続し、IPv6/IPv4 対応ネットワークを構築し、外部ネットワークとトンネリングにより接続した。IPv6 対応 web サイトを公開し、各アプリケーションの動作を確認した。

これらの構築運用によって技術支援のための基本的な技術を得た。

また IPv6 の利点を活かしたアプリケーションの検討を行い、IPv6 ピアツーピア通信プログラムの動作を確認した。

## 参考文献

- 1) <http://playground.sun.com/pub/ipng/html/ipng-main.html>
- 2) 江崎浩 関谷勇司 吉藤英明 石原知洋：詳細図解 IPv6 エキスパートガイド、秀和システム、(2002)28
- 3) 砂原秀樹：使って学ぶ IPv6、アスキー、(2002)15
- 4) <http://www.linux-ipv6.org/>
- 5) <http://www.kame.net/>
- 6) <http://ipv6.disa.mil/docs/stenbit-ipv6-guidance-20030929.pdf>
- 7) <http://www.ipv6style.jp/jp/apps/latest.shtml>
- 8) 米川英樹：Java ネットワーク & ストリーム完全制覇、技術評論社、(2002)230