

## IPv6 サービスプロバイダの運用状況

藤崎 智宏 太田 賢治

上水流 由香

NTT 情報流通プラットフォーム研究所

NTT 長距離国際移行本部

NTT 情報流通プラットフォーム研究所では、IPv6(インターネットプロトコルバージョン6)を用い、IPv6 インターネットサービスプロバイダ運用実験を行っている。この実験は、IPv6 インターネットにおけるIPv4 インターネットとの共存、IPv4 インターネットからの移行、IPv6 インターネット構築運用等の技術確立を目的としており、IPv6 ネットワーク技術のテストベッドネットワークとしてのNTTv6Netの構築を進めている。NTTv6Netを用い、第43,44回IETFにおいて、ターミナルルームからのIPv6トラフィックを日本国内のIPv6ネットワークである6bone-jpに中継する実験を行った。本稿では、IPv6 サービスプロバイダ運用の現状と、トラフィック中継実験の結果について述べる。

## Current Status of NTT's IPv6 Internet Service Provider Experiment

Tomohiro Fujisaki Kenji Ota

NTT Information Sharing Platform Laboratories

Yuka Kamizuru

NTT-Long Distance and Global Provisional Headquarters

This paper describes current status of IPv6 Internet Service Provider Experiment performed by NTT Information Sharing Platform Laboratories. This experiment is aimed for establishing the techniques of how to co-operate existing IPv4 based network and IPv6 network especially at internet service provider, how to transit to IPv6 network and how to build and manage the IPv6 based internet. We've been building IPv6 network 'NTTv6Net' to make sure IPv6 related technologies empirically. With this network, we transited IPv6 real traffic at 43rd and 44th IETF meeting and analyzed the IPv6 traffic. This paper also describes the results of transiting experiment.

### 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。さらに、IPアドレスを一元的に管理しているRIR(Regional Internet Registries)においても、現在6boneで利用されている実験アドレスでなく、IPv6実アドレスの配布を近日中に開始する予定となっている。

NTTでは従来より、IPv6の実験を実証的に進めるためにIPv6 nativeネットワーク“NTTv6Net”の構築を行っている。本稿ではNTTv6Netを用いて行っているIPv6 インタネットサービスプロバイダ運用実験の現状と、NTTv6Netを用いて行ったIPv6実利用トラフィック中継実験について述べる。

## 2 IPv6 とは

### 2.1 IPv6 の特徴

現在広く利用されているインタネットのベースとなっているインタネットプロトコル(IPv4)は、インタ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、インタネットの利用が拡大し、インタネットの利用者・利用目的が多様化することにより、インタネット接続時の設定の簡素化、インタ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。

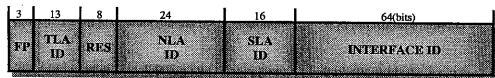
このような状況の中で、インターネット関連技術の標準化団体であるIETF(Internet Engineering Task Force)にて、次世代のインターネットプロトコルIPv6(Internet Protocol version 6)の標準化が進んでいる[2]。IPv6は、以下のような特徴を持っている。

- 128bitのアドレス長  
現IP(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。
- インタネットへの接続を容易にする 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ネット上で扱うことを容易にしている。

### 2.2 IPv6 のアドレス体系

IPv6は、128bitのアドレス長を持ち、経路の集約を容易に行えるようなアドレス体系の使用が予定されている。現時点では、Aggregatable Global Unicast Addressのみが定義されている[1]。Aggregatable Global Unicast Addressの構造を図1に示す。

現在稼働中のIPv6国際実験ネットワークである6boneにおいては、このAggregatable Global Unicast Addressを模し



FP(001)      Format Prefix (3 bit) for Aggregatable Global Unicast Addresses  
 TLA ID      Top-Level Aggregation Identifier  
 RES          Reserved for future use  
 NLA ID      Next-Level Aggregation Identifier  
 SLA ID      Site-Level Aggregation Identifier  
 INTERFACE ID    Interface Identifier

図 1: Aggregatable Global Unicast Address

たアドレス体系を用いて、アドレス割り当て、ルーティングなどの実証を行っており、TLAにあたる最上位組織 (pTLA - pseudo TLA) に、上位 24bit を割り当てている。

現在、IPv6 実アドレスにおいて RIR が初期に割り当て予定なのは、図 1 における TLA, NLA 部の区切りを変更した、上位 35bit のネットワークアドレスである。

### 3 NTT IPv6 プロジェクト

NTT では、IPv6 に関する技術の確立を実証的に行うために、IPv6 実験ネットワーク “NTTv6Net” の構築を進めている。本章では NTTv6Net の構築の経緯と現状について、また、NTTv6Net 上で遂行中の IPv6 サービスプロバイダ実験の現状について述べる。

#### 3.1 NTTv6Net

NTTv6Net は、1996 年夏に構築を開始した。当初は、WIDE プロジェクトより SLA アドレス空間 (上位 48bit) の割当を受け、研究所内数箇所を接続して末端サイト組織として IPv6 ネットワークを構築した。

その後、1997 年 12 月に、同じく WIDE プロジェクト (6bone-jp) より、NLA1 相当 (上位 32bit) のアドレス空間の割当を受けた。このアドレス空間を利用して国内向けの IPv6 サービスプロバイダ実験を開始

組織名	Prefix	接続形態
新日鐵	3ffe:503:1000::/48	Tunnel
東工大	3ffe:503:1010::/48	未
東北大	3ffe:503:1020::/48	未
早稲田大	3ffe:503:1030::/48	Tunnel
NEC	3ffe:503:1040::/48	Tunnel
佐賀大	3ffe:503:1050::/48	Tunnel
室蘭工業大	3ffe:503:1060::/48	Tunnel
工学院大	3ffe:503:1070::/48	Tunnel
IMF	3ffe:503:1080::/48	未
NTT 情報研	3ffe:503:8050::/48	ISDN
NTT-TE 関西	3ffe:503:8100::/48	Tunnel
NTT Comware	3ffe:503:8110::/48	ISDN
MCL	3ffe:503:8120::/48	Native

表 1: IPv6 ISP 実験参加組織とアドレス割り当て

し、また、より広範囲なネットワークを構築して IPv6 のサービスプロバイダの運用管理技術の実証を開始した [3]。ISP 実験の現状については次章にて述べる。

1998 年 7 月に、6bone の最上位組織である pTLA としての権利を取得し、そのアドレス空間 (上位 24bit) を用いてサービスプロバイダ実験の対象範囲を拡大し、pTLA IPv6 接続実験を開始した。この実験においては、前実験の規模の拡大、pTLA 間接続手法の実証などを目的としている。同時期に、米国西海岸に NOC を設置し、日本と米国との間を IPv6 native 回線を用いて接続した。

図 2 に NTTv6Net の構築段階と現状を示す。

#### 3.2 IPv6 サービスプロバイダ実験の現状

現在接続中の組織、アドレスプレフィックスを表 1 に示す。

各組織に対し、基本的には上位 48bit のプレフィックスをもって割り当てを行う (二次、三次プロバイダとして参加する場合にはより短いプレフィックスを割り当てる)。各組織は、このアドレス空間を用

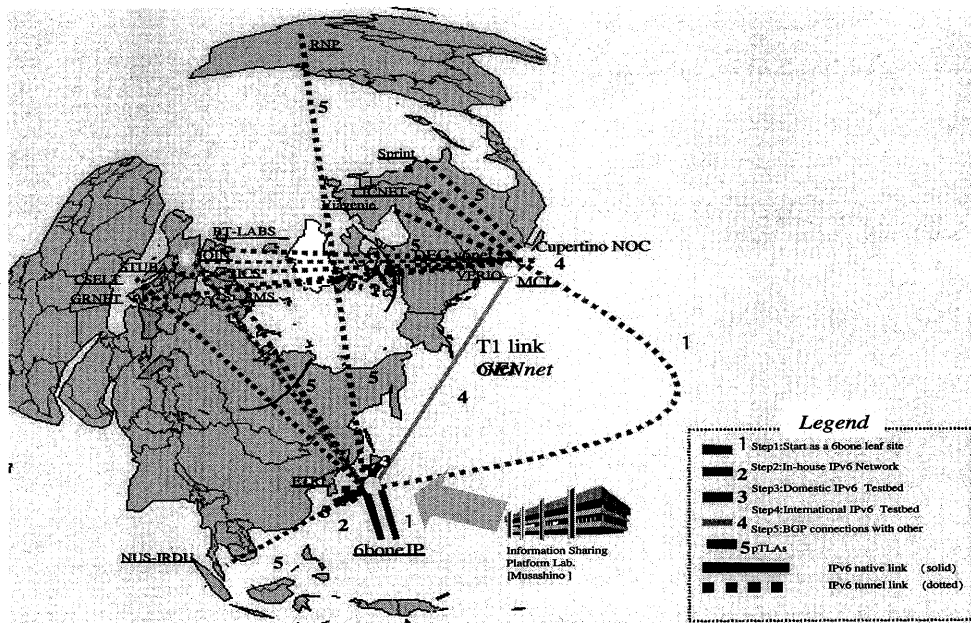


図 2: NTTv6Net の構成

い、SLA 部 16bit 分 ( $2^{16} = 65,536$  個) のサブネットワークを構築可能である。NTTv6Net での現在の割り当て手法では、各組織がアドレスを使い切り、再び割り当て申請をしたときに連続領域を割り当てられるように、間隔を開けて割り当てを行っている。

接続形態としては、ほとんどの組織が Tunnel (IPv6 over IPv4) 接続である。これは、回線費用、回線敷設の手間などのため、現状の IPv4 インタネットの接続性を利用しているものと思われる。しかしながら今後、アプリケーションや QoS といった、より上位層の実験が行われるようになっていくにつれ、native 接続が重要になってくると思われる。

今後、必要に応じて pTLA アドレス空間を利用し、実験を行っていく予定である。

## 4 IPv6 トラフィック中継実験

本節では、NTTv6Net を用いて行った、IPv6 実トラフィック中継実験について述べる。

### 4.1 実験の概要

インタネットの標準化を行っている IETF では、その定例会議の際にターミナルルームが併設され、来場者がインタネット経由で自組織へのアクセスなどに自由に利用できる。第 42 回 IETF より、このターミナルルームに、既存のインタネットへの接続に加え IPv6 ネットワーク 6bone への接続性が提供されている。

第 43,44 回 IETF は、それぞれオランダ、ミネアポリスで開催されたが、このターミナルルームの IPv6 トラフィックを、NTTv6Net を用いて中継する実験を行った。図 3 に、第 43 回 IETF における中継実験の概要を示す。

第 43 回 IETF では、IETF 会場より米国

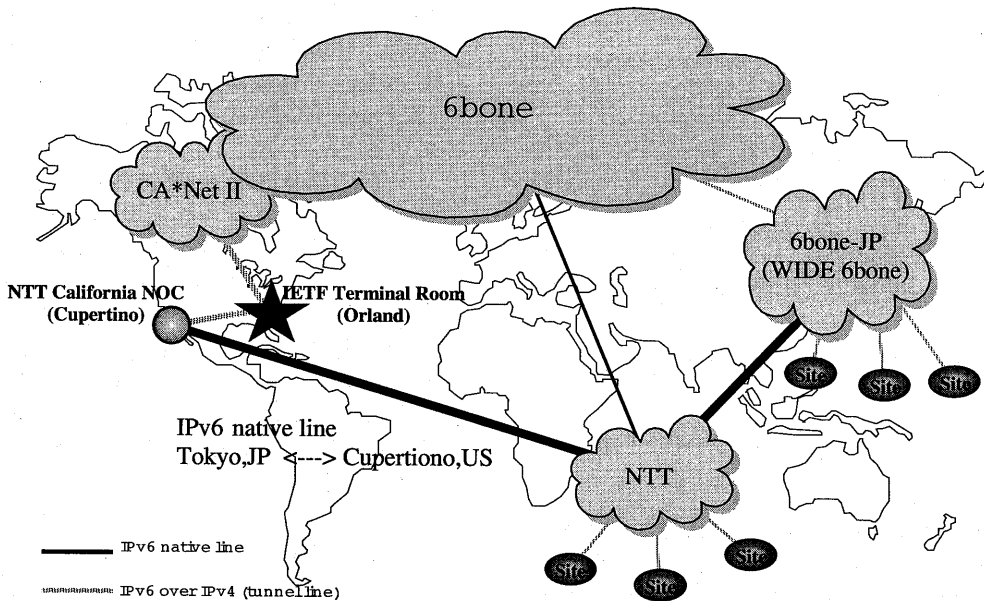


図 3: 中継実験の概要

西海岸の NTTv6Net NOC まで IPv4 トンネルを用いて接続し、西海岸から日本までを IPv6 native 回線を用いて接続した。会場はカナダの CA\*netII pTLA 組織のアドレス空間を用いており、会場に設置されたルータと、西海岸 NOC に設置したルータとの間で経路交換を行い、日本向けの全トラフィックを中継した。

第 44 回 IETF でも同様の形態を取る予定であったが、米国内での回線トラブル、機器トラブルのため、ミネアポリスと日本 NTTv6Net 間を IPv4 トンネルで接続し、そこから 6bone-jp までの中継を行った。

## 4.2 実験結果

中継前後の RTT(Round Trip Time) と、パケットロス (LOSS) の状況を表 2 に示す。

第 43 回 IETF 時には、中継をしない場合には IPv6 トラフィックはカナダの CA\*NetII を通り、6bone 経由で日本に到達する。この経路は RTT は 500ms 前後であるが、パ

	RTT		LOSS	
	前	後	前	後
第 43 回	463 ms	238 ms	18 %	0 %
第 44 回	909 ms	238 ms	20 %	0 %

表 2: 通信品質の比較

ケットロスが多いため、インタラクティブな利用において問題が多かった。中継することで、RTT、パケットロスともに良好になり、非常に快適な通信を提供できた。

第 44 回 IETF においては、機器 / 回線の不具合により、ミネアポリスのターミナルルームと日本を直接 Tunnel 接続し、中継実験を行った。中継前、6bone 経由のミネアポリスより 6bone-jp 向けの通信は非常に不安定であり、接続がとぎれることも多かった。また、接続可能の際にも、RTT、パケットロスともに大きく、通常の

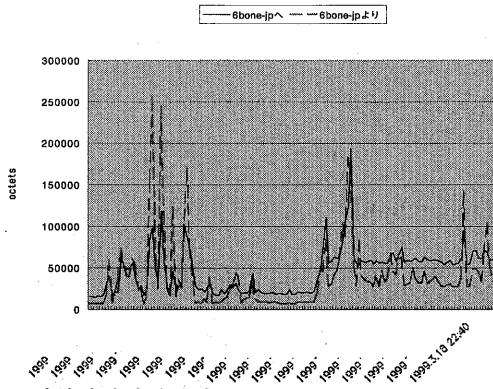


図 4: トラフィック量の推移

利用はほとんど不可能であった。中継後、状況はかなり改善されたが、日米間のトンネルで IPv4 トラフィックの影響を多く受けるためか、快適に利用できる状態を継続できなかった。

第 44 回 IETF において、トラフィック量の多かった 1998 年 3 月 18 日のトラフィック量の変遷を図 4 に、プロトコル別の解析結果を図 5 に示す。

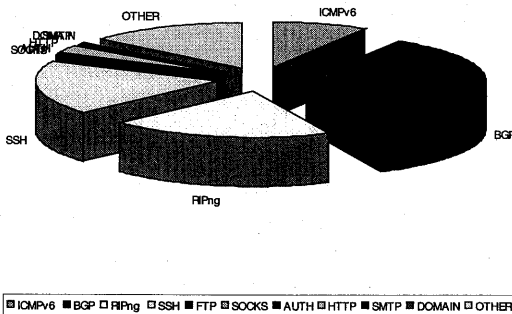


図 5: プロトコル種別

トラフィック推移のグラフであるが、実線が IETF ターミナルルームから 6bone-jp へのトラフィック、波線が 6bone-jp からターミナルルームへのトラフィックである。ピークとなっている時間帯は現地時間の午後 1 時～3 時、午後 11 時～午前

1 時であり、この間のトラフィックは ssh のものがほとんどである。また、利用の少ない時間帯にも定常的なトラフィックがあり、これはルーティングプロトコル (RIPng, BGP4+) のトラフィックとなっている。

一日のプロトコル種別をみると、ルーティングプロトコルがその大部分を占める。これは、測定点が NTTv6Net のバックボーンであるため、ルーティング情報のやり取りが多くなってしまっているためである。実利用トラフィックとしては、やはり ssh のものがほとんどであり、IETF のように遠隔地からのインターネット経由の通信を行う際には暗号化通信が多用されていることがわかる。

## 5 まとめ

本稿では、現在も継続して行っている、IPv6 インターネットサービスプロバイダ実験の現状と、NTTv6Net を用いて行った IETF ターミナルルームトラフィックの中継実験の結果について述べた。IPv6 実トラフィックの解析結果より、リモートアクセスの際には、暗号化通信が多用されていることがわかった。

今後、IPv6 ISP 実験を継続し、IPv6 ネットワークの管理運用技術、大規模プロバイダの運用技術の確立を目指す。

## 参考文献

- [1] S. Deering R. Hinden, M. O'Dell. An ipv6 aggregatable global unicast address format, July 1998. Request for Comments 2374.
- [2] R. Hinden S. Deering. Internet protocol, version 6 (ipv6) specification, December 1998. Request for Comments 2460.
- [3] 藤崎智宏 and 柏木伸一郎. Ipv6 サービスプロバイダの構築と運用. 情報処理学会 分散システム運用技術研究会 研究報告 98-DSM010, pages 13-18, 1998.