

IPv6 サービスプロバイダの構築と運用

藤崎智宏 柏木 伸一郎

NTT ソフトウェア研究所 広域コンピューティング研究部

IPv6(インターネットプロトコルバージョン6)は次世代のインターネットの基本プロトコルとしてIETF(Internet Engineering Task Force)で標準化が進められているプロトコルであり、現行のIPv4の種々の問題を解決することに加え、インターネットに対する新しい要求をサポートすることを目的としている。本稿では、NTTソフトウェア研究所で行っているIPv6 サービスプロバイダ(ISP)実験を通じて分かってきた、IPv6 ネットワークの管理・運用における問題点について述べる。

Managing IPv6 Internet Service Provider

Tomohiro Fujisaki Shin'ichiro Kashiwagi

NTT Software Laboratories, Global Computing Laboratory

This paper describes problems of building Internet Service Provider with Internet Protocol version 6 (IPv6). IPv6 is a protocol which is standardized by Internet Engineering Task Force (IETF) to solve various problems of current Internet Protocol (IPv4). Not only solving problems of IPv4, IPv6 also support new needs to the IP such as plug & play function, security, flow label and so on. Currently, we have been made an experiment to provide IPv6 network service for the purpose of establishing management technique of IPv6 ISP.

1 はじめに

近年のインターネットの急速な普及に伴い、ベースとなっているインターネットプロトコルに関する様々な問題が顕在化してきた。なかでもIPv4アドレスの不足、経路数の増加によるルータの負荷の増加は、インターネットの根幹に関わる問題である。更に、インターネットの利用法の多様化により、インターネットプロトコルに対する新たな機能付加の要求もあがっている。

これらの問題や、高機能化への要求を解決するために、IETFにおいて次世代のインターネットプロトコル、IPv6の標準化

が進んでいる[2]。IPv6では、上記の問題点、機能追加要求を解決するため、

- 128bit のアドレス空間
- 経路集約を考慮したアドレス構造
- インターネットへの接続を容易にする Plug & Play 機構
- セキュリティ機能を標準搭載
- 画像などのストリーム通信をサポートする機構

といった特徴をもっている。

本稿では、現在当研究所で行っている IPv6 サービスプロバイダ実験を通じて分かってきた、IPv6 ネットワークの管理・運用における問題点について述べる。第2節では IPv6 について簡単に解説し、第3節では IPv6 ISP 構築実験のネットワークの構成等について説明する。第4節にて、IPv6 ISP の構築、運用に関して現在問題になっていることについて述べ、最後にまとめを述べる。

2 IPv6 とは

現在のインターネットに利用されているインターネットプロトコル (IPv4) は、約20年前に規格化されている。当時の基本設計が優れていたため、現在でも基本的な部分はほとんど変更なく利用されている。インターネットが拡大する過程で発生したいくつかの問題点も、その都度小さな修正を加えることで対処が可能であった。

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、解決の困難な問題が顕在化してきている。中でも IP アドレスの不足、インターネットの複雑化による経路情報の肥大化は、インターネットの根幹に関わる問題となっている。

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、より簡単なインターネットへのアクセス、通信におけるセキュリティの確保、リアルタイム通信機能といった、新たな要求が発生している。

このような状況のもと、IETF にて次世代のインターネットプロトコルである IPv6 の標準化が進んでいる。IPv6 は、以下のような特徴を持っている。

- 128bit のアドレス空間
現在の IPv4 (32bit) の、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
階層化を強く意識したアドレス割り付

けが行われる予定であり、経路制御を効率的に行うことを目指している。

- 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った、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組み込まれている。これにより、既存のあらゆるアプリケーションが通信セキュリティを確保でき、第三者の盗聴、改竄、なりすまし等を防止できる。

- 画像などのストリーム通信をサポートする機構
リアルタイム性が要求されるトラフィックに対応するため、すべての IPv6 パケットには優先度およびフローラベルという情報がつけられる。これにより、画像などのストリーム系通信をルータが優先して扱うことを可能としている。

2.1 IPv6 のヘッダフォーマット

図1に IPv6 のヘッダフォーマットを示す。前節で述べたように、IPv6 では単なるアドレス長の拡張のみでなく、これまでの IPv6 インターネットの運用経験を生かし、ヘッダ構造の整理や、様々な新機能の追加が行われている。

2.2 IPv6 のアドレスアーキテクチャ

IPv6 のアドレスは、128bit のアドレス長を持つ。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。

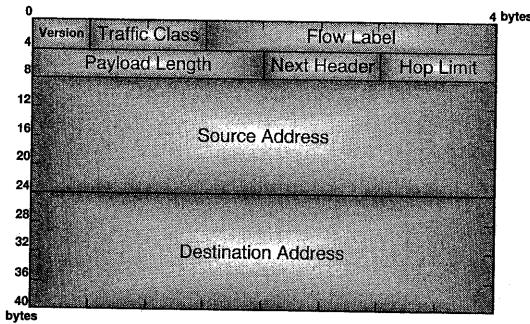


図 1: IPv6 のヘッダ構造

現時点では、Aggregatable Global Unicast address のみが定義されている [6]. IPv6 のアドレス体系を表 1 に示す.

3 NTT IPv6 ISP の構成

3.1 6bone-JP 内でのアドレス割当て

当研究所では、WIDE プロジェクトが運営している 6bone-JP よりアドレス空間の委譲を受け、IPv6 のサービスプロバイダ運営実験を行ってる. 6bone-JP では 6bone のアドレス割当て手法 [4] を受け、アドレス空間を図 2 のように分割している.

3	13	8	8	16	16	64(bits)
FP (001) ₂	TLA (1FFE)	pTLA (05)	NLA1 (03)	NLA2...	SLA	Interface ID
6bone (3FFE)		6bone-jp		NTT ソフトウェア研究所		

図 2: 6bone-JP のアドレス体系

このうち、NLA1 にあたる空間を希望組織に割り振りしている. 6月22日現在、NLA1 の割当てを受けている組織が 8 組織あり、それぞれ IPv6 に関する実験を行っている [7].

3.2 IPv6 ISP の構成

図 3 に、NTT IPv6 ISP のネットワーク構成図を示す.

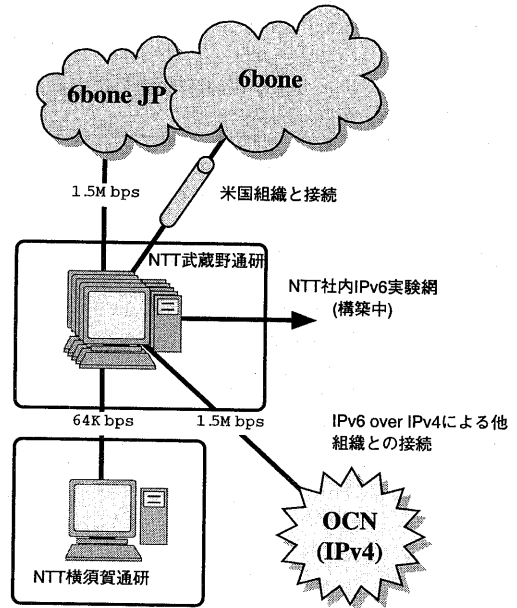


図 3: NTT IPv6 network の概略

当研究所では 6bone-JP に対し、1.5Mbps の専用線で接続しており、この回線を IPv6 native リンクとして使用している. また、海外組織と IPv6 over IPv4 により接続している. 現在、この二つのリンクは互いに独立したネットワークとして相互接続は行っていない. 今後、この両リンクを活用し、マルチホーム実験を進めていく予定である.

その他、OCN に 1.5Mbps の専用線接続をしており (こちらは IPv4 専用)、ISP 実験参加者はこのリンクを通じて IPv6 ネットワークへ接続する. 現状提供しているのは、IPv6 over IPv4 (IPv4 トンネルによる接続) という接続形態のみである (ダイヤルアップ接続などは検討中).

Allocation	Prefix (binary)	Fraction of Address Space
Reserved	0000 0000	1/256
Unassigned	0000 0001	1/256
Reserved for NSAP Allocation	0000 001	1/128
Reserved for IPX Allocation	0000 010	1/128
Unassigned	0000 011	1/128
Unassigned	0000 1	1/32
Unassigned	0001	1/16
Aggregatable Global Unicast Addresses	001	1/8
Unassigned	010	1/8
Unassigned	011	1/8
Unassigned	100	1/8
Unassigned	101	1/8
Unassigned	110	1/8
Unassigned	1110	1/16
Unassigned	1111 0	1/32
Unassigned	1111 10	1/64
Unassigned	1111 110	1/128
Unassigned	1111 1110 0	1/512
Link Local Use Addresses	1111 1110 10	1/1024
Site Local Use Addresses	1111 1110 11	1/1024
Multicast Addresses	1111 1111	1/256

表 1: アドレス割り当て

4 IPv6 ISP 運用上の問題点

IPv6 ネットワーク構築・運用を通じての問題点は [8] に挙げられている。本節では、主に IPv6 ISP の運用という観点から、IPv6 ネットワークの構築・運用に関する問題点に関し述べる。

1. アドレスの aggregate に関する問題

IPv6 のアドレス体系は、基本的にネットワーク構造を通じたアドレスの Aggregation を前提としている。すなわち、ネットワークを木構造とし、それぞれの木構造のノードでアドレスを集約することで、全体としての経路数を削減し、効率的なルーティングを行えるようにすることが望ましい。しかしながら、実験中ということもあってネットワーク構造が頻繁に変更される

ために、アドレスの集約を考えたネットワーク構造をとることが難しい。小規模なネットワークでは、経路情報の量は問題とならないと思われるが、ある程度大規模なネットワークではネットワーク構造を考慮し、アドレスの集約を行う必要がある。

ISP としての実運用を考える場合にも、ネットワークの拡大により構成の変更が起ることは予想される。この際に、顧客にアドレスのリナンバを求めることは難しいことが予想されるため、ネットワークの設計を含めてアドレス割り振りを熟考する必要があると思われる。現在、サイト内のルータのリナンバを容易に行うためのプロトコルの提案もあり [1], ISP ベースの下位組織のリナンバを容易に行うような

手法についても、検討をしていく予定である。

2. アドレスの割当てに関する問題

サービスプロバイダとして、アドレス空間をどのように割り振っていくかについて、考慮する必要がある。[5]に、現在IPv4アドレスの割当てに利用されているのCIDRブロックの割当て方法に従って割当てを進めるべきだという記述があるが、どの程度の組織にどの程度の空間を割当てる必要があるか、割当ての際にどのようにアドレス空間を区分するかは今後検討を進めていく必要がある。

現在のアドレス体系では、IPv6アドレスを取得すると、SLA部分(2^{16})のサブネットワークを構築できる。現状では複数アドレスの申請はない。

3. ISPレベルのルーティングの問題

現状では、まだネットワークがそれほど拡大していないこともあり、RIPngを用いたルーティングを行っているが、今後、他の組織との相互運用も考えたBGPベースのルーティング機構を導入していく必要がある。

現状、6Boneの最上位の組織間では、BGP4+がルーティングに用いられており、相互運用技術の検証が行われているが、最上位組織間だけでなく、二次プロバイダにあたる組織や、それ以下の組織との経路情報交換を含め、組織内/組織間ルーティングに関し検証していく必要がある。

4. 上部組織(上部レジストリ)とのインタラクション

IPv6 ISPでは、上位組織、下位組織とのインタラクションを考えた、スケーラブルなレジストリシステムが重要である[3]。

今後、ネットワーク運用/管理システムに絡めて、レジストリシステムを検

討していく予定である。

5. IPv4 トンネルの扱い

IETFでは、IPv4からIPv6への移行の時期には、IPv6 over IPv4(IPv4トンネル)を用いてIPv6ネットワークどうしを接続することを提案している。このIPv4トンネルを利用するためには、ファイアウォールを構成しているルータの設定の変更が必要な場合があり、セキュリティ的に問題となる可能性があるため、十分な注意を必要とする。また、移行が進んでいくに従って、トンネルの張り方を検討し、効率のよいネットワーク構成をとることを考えていく必要があると思われる。

6. インタフェースに対する複数アドレス付加時の問題

IPv6の特徴の一つとして、インタフェースに複数のIPv6アドレスを付加できる。これにより、組織の代表マシン等に覚えやすいアドレスをつけるようなことが可能になる(e.g. 3ffe:0501:412::1など)。また、マルチホーム接続時など、一つのインタフェースに複数のアドレスが付加されることもある。

アドレスはルーティングやアクセス制限に絡んでくるため、ユーザが選択的に利用したいことも多いが、現状、ユーザに制御が許されていないことが多い。また、制御のためのインタフェースも現状では未定義である。今後、制御の手法や制御の際の制限などを考察していく必要がある。

7. Plug & Play(自動設定)の問題

IPv6の特徴の一つとなっているPlug & Playであるが、ネットワークのクライアント機器(アドレスが付加される機器)の設定が簡素になった分、ルータなどで設定する項目が増えている。また、ルータが複数存在する場合

には、相反する設定をしてしまうことによりネットワーク的に混乱を招いてしまう可能性がある。

自動設定を統合的に管理するシステムが必要となる。

8. IPv4 との共存

IPv6 は、IPv4 と共存できるように設計されているため、同一ネットワーク上でそれぞれ独立に問題なく運用が可能である。しかしながら、IPv4 から IPv6 の移行期には、相互運用を行うことが必要であり、プロトコル変換機構、アプリケーションゲートウェイ機構などが構築されている。

IPv4 ネットワークとの相互運用を考えたネットワーク構築が重要になると思われる。

9. アプリケーションサービス

多くの IPv4 ISP では、IP 接続性だけでなく、標準的なインターネットアプリケーションサービスも提供している。たとえば、メールサーバ、ニュースサーバ、WWW サーバ、各種プロクシ & キャッシュサーバ、時刻サーバなどである。IPv6 ISP においても、これらのサービスを提供する必要がある。

しかし、既存のインターネットサービスはすべて IPv4 ベースであるため、IPv6 ではサービス空間にアクセスできない。例えば IPv6 のユーザからは IPv4 ユーザへメールを出したり、IPv4 の WWW サーバにアクセスできない。これは非常に不便である。そこで IPv6 ISP は、ユーザが既存の IPv4 サービス空間に透過的に参加できるように、アプリケーションゲートウェイ機能の提供が必要となる。現在、アプリケーションゲートウェイ機能に関し、ISP のユーザに提供できるよう、検討中である。

5 まとめ

本稿では、IPv6 を用いてネットワークを構築する場合に、主に ISP という観点から問題となる点について紹介し、その問題を解決するために必要な点について述べた。IPv6 はその標準化も一段落し、今後多くの組織で技術的な検証が進んでいくと思われる。

今後、ISP の運用を通じて、更に IPv6 ネットワークの運用技術に関して検討を進めていく予定である。

参考文献

- [1] Matt Crawford and Bob Hinden. Router renumbering for ipv6, March 1998. Internet Drafts.
- [2] S. Deering and R. Hinden. Internet protocol, version 6 (ipv6) specification, November 1997. Internet Drafts.
- [3] Hiromi Wakai et al. The mechanism for scalable registry system with aggregatable address aggregation on wide 6bone. In *The International Workshop on Asia-Pacific area advanced research information sharing technology Internet Workshop (IWS '98)*, pages 169-175, 1998.
- [4] R. Hinden. Ipv6 testing address allocation, July 1997. Internet Drafts.
- [5] R. Hinden. Proposed tla and nla assignment rules, June 1998. Internet Drafts.
- [6] R. Hinden and S. Deering. Ip version 6 addressing architecture, January 1998. Internet Drafts.
- [7] WIDE Project. 6bone jp に関する情報. <http://www.v6.sfc.wie.ad.jp/6bone>.
- [8] 角川宗近 他. Wide ipv6 ネットワークの運用とその問題点. In *分散システム運用技術シンポジウム'98 論文集*, pages 19-25, 1998.