

キャンパスネットワークの IPv6 移行の留意点

中村 素典
国立情報学研究所 教授

概要: キャンパスネットワークに IPv6 を導入し、学内ユーザにサービスを提供する方法と、その際の留意点について説明する。

キーワード: IPv6、キャンパスネットワーク

1. IPv6 の歴史

IPv6 の歴史を図 1 にまとめた。1991 年頃からアドレスの枯渇が指摘されるようになり、新しいネットワークアーキテクチャーやアドレスに関する研究が進められてきた。現在、IPv6 に対応した製品も一般的になり IPv6 が普通に使える状況になった。

2011 年 6 月 8 日には World IPv6 Day^[1] が開催された。これは世界各国のサイトが 24 時間 IPv6 対応をおこない、多くの方に IPv6 を経験してもらうことを目的としたイベントである。このように大勢の方が推進に尽力しているのだが、IPv6 の普及はいまひとつ進んでいない状況である。

IPv6の歴史

- 1991年頃：32bitのIPv4アドレスが将来枯渇することが予想され調査や議論が始まる
- 1995年頃：128bitのアドレスを持たせることになり、IPv6という名称が決まる
- 1998年：主な仕様が決まる
- 1999年：アドレス割り当てが始まる
- 2003年：IPv6 Readyロゴ認定が始まる
- 2008年：日本IPv6認証センター発足
- 2011年2月：IANAのIPv4在庫が枯渇 www.ipv6ready.org
- 2011年4月：APNIC, JPNICのIPv6在庫が事実上枯渇
- 2011年6月：World IPv6 Day実施

図 1. IPv6 の歴史

2. IPv6 の特徴

IPv6 はアドレスの枯渇への対応が発端であることから、IPv6 のアドレスは非常に長くなっている。ビット数的には IPv4 の 4 倍で、経路制御可能なネットワーク数は IPv4 の 7 万倍になっている。

中国やインド、アフリカなどの地域は、IPv4 アドレスが枯渇し始めてから急速にインターネットの普及が進んだため、積極的に IPv6 が導入されている。しかし、日本は

比較的古くからインターネットを利用していても IPv4 アドレスもある程度持っている。さらに少子化の影響もあり大学には新たなアドレスへのニーズは大きくなく、IPv6 の展開はあまり進んでいない。

3. IPv6 の利用

IPv4 と IPv6 を併用するデュアルスタックとしてであれば、IPv6 も概ね使える状況になってきている。また IPv6 用の機器認定^[2]も行われており、調達時に認定済みの機器を選定すれば特に大きな問題はないような状況になってきている。

しかし、落とし穴もあるので注意が必要である。例えば、地域 IP 網を提供している企業は、IPv6 で NGN を作っていて、そこに接続すると IPv6 のグローバルアドレスが割り当てられる。その企業はインターネットサービスを提供できないという制約があるため外に出られないのだが、ユーザ側としてはグローバルアドレスが割り当てられるので、外の世界にいけると勘違いしてしまうことがある（何らかの特別扱いが必要となる）。

また、機器は IPv6 が使えるようになっていても、アプリケーションの全てが IPv6 に対応しているわけではないので、問題が出てくることもある。

大学として IPv6 を運用するのであれば、ユーザの立場でどこまで便利に使えるか検討する必要がある。例えば、ユーザにデュアルスタックの環境を提供する場合、通信障害が発生すると少し厄介なことになる。デュアルスタックでは IPv6 と IPv4 のどちらを使っているのか簡単には分からない状況なので、どちらで障害が発生しているかを特定しづらく、ユーザは混乱するし、ユーザサポートも対応に苦慮してしまう可能

性がある。

また、根本的な問題として、多くのサービスが IPv4 のみで提供されているという現状がある。両方でサービスを提供しているところも少なくないが、基本は IPv4 というのが現状だ。そうした中で IPv6 を頑張ってサポートしていても、結局使われるのは IPv4 ばかりだと、サポートしている人のモチベーションが上がらない。こうしたところを、いかに元気にしていくかもポイントとなる。

4. SINET における IPv6

国立情報学研究所^[3]は SINET^[4]を提供しているが、IPv6 のサービスとして 2002 年からトンネリング接続サービスを始めている。トンネリングは、大学の入り口にルータを置いて、そことの間をトンネルでつなぐサービスだが、当時は SINET のバックボーンルータが IPv6 に対応していなかったものでこうした形で提供するしかなかった。

2007 年 12 月から、ネイティブ接続サービスとデュアルスタック接続サービスを開始した。これは SINET3 にリプレースされて機器が全て IPv6 対応し、これらのサービスが提供できるようになったことによる。

SINET では、接続する規模に応じて、3 種類の IPv6 のアドレスの割り当てを行っている。地域ネットワーク等に対しては /44、大学に対しては /48、研究室に対しては /56 という単位である。ネットワークアドレス部分として自由に使えるのは前半分の 64 ビットなので、それぞれ自由に使えるビット数は 20、16、8 となり、この範囲内で内部ネットワークを設計して、ネットワークを構築することになる。

SINET での IPv6 の利用状況^[5]だが、機関数では 62+15 になっている。SINET から直接アドレスの割り当てを受けている機関が 62 で、地域ネットワークに割り振った中でさらに大学に割り当てられているものが 15 ある。研究室単位で接続されているところは 22、一番上の地域ネットワーク等という形での割り当てが 7 つある。SINET には IPv4 で接続されている機関が 700 程度あるので、それと比較すると IPv6 はまだまだ使われていない状況である。

IPv6 のアドレスの使い方は、基本的に IPv4 と同じである。例えば IPv4 で、SINET

と他のプロバイダーにマルチホーム接続している大学もあるが、IPv6 でも同じことが実現できる。その場合は JPNIC から PI address^[6]を取得して、BGP で運用する形になるが、この辺の考え方も IPv4 と同様である。

2011 年度から SINET4 が提供されているが、全都道府県に接続ノードが設置されるので、最寄りのノードにつないでもらえれば IPv6 のサービスを受けることができる。

5. JPNIC によるアドレス課金

JPNIC^[7]によるアドレス課金というトピックがある。以前から、各国の NIC は IP アドレスの割り当てに対して課金を行っている。ただし、これまで歴史的 PI アドレスは例外的に扱われてきたのだが、今回課金されることになった。SINET から割り当てられるアドレスは PA address^[8]で、IPv4 に関して SINET が費用を負担している。つまり大学から料金を徴収せず、SINET が料金を支払う形になっていて、これは IPv6 に関しても同じ考え方になっている。

JPNIC の料金体系では IPv6 の /56 が IPv4 のアドレス 1 個分に相当するので、機関の割り当て単位である /48 は、IPv4 におけるクラス C に相当することになる。同じ料金を払う場合、IPv4 のクラス C で自由に使えるのが /24 で 256 アドレスあるのに対して、IPv6 では /48 で 65,534 アドレスが自由に使えるという関係にある。また JPNIC は、今は IPv4 と IPv6 の料金を個別に計算して高い方の費用のみを請求する制度になっているので、IPv6 の普及度を考慮すると、IPv6 に対して料金を支払うことは今のところ考えなくても良い状況である。

6. IPv6 のキャンパスへの導入

これまで説明を前提として、IPv6 をキャンパスに導入する際に、対応すべき事柄を纏めてみる。

まず対外接続用ルータを IPv6 対応にしなければならない。ルータまでトンネリングで接続するか、ネイティブで接続するかはともかくとして、大学の入り口に IPv6 を受ける機器が必要となる。

その次に、Fire Wall も IPv6 対応にしないといけない。昔は IPv6 といえば研究用で、悪意ある人はいない時代であったが、最近

は IPv6 でもいろいろな攻撃を受けるので対策が必要になる。IPv6 対応の Fire Wall は調達や運用管理に苦勞するかもしれない。

次に、キャンパスの中で、端末に対する割り当てをどうするかという課題がある。ここも基本的な考え方は IPv4 と一緒だが、注意すべき点としては、アドレスの割り当てなどで IPv4 ではブロードキャストが使われるが、IPv6 ではマルチキャストが利用されることが挙げられる。L2 ネットワークで DHCP サーバに問い合わせをする形になるが、そのネットワークがマルチキャストに対応していないと IPv6 が使えない。従って、幹線だけでなく、支線ネットワークにもマルチキャストに対応するスイッチが必要になるので、古いスイッチが入っていると置き換えが必要になってくる。

さらに、DNS も IPv6 に対応していないといけない。DNS に IPv6 アドレスを登録するか否かの問題とは別に、IPv6 が使えるようにするためには、IPv6 のパケットで内外からの問い合わせを受けられる DNS を用意しなくてはならない。

大学が IPv6 に対応するという観点からすると、以上のような点を考慮する必要がある。しかし、学内で運用しているネットワークは触りたくないが、お試的に IPv6 を展開してみたい場合もある。その場合に eduroam^[9]という無線 LAN を使う方法があるので、紹介する。

eduroam は研究教育のための学術国際無線ローミングのことである。他の大学に出張で行ったときに、その大学の無線ネットワークが、自分の大学の認証アカウントで使えるようになる枠組みである。eduroam は、IPv4 に限定されないのので、IPv6 も提供するという形にすればよい。

eduroam には世界中の約 50 カ国が参加しており、大学以外にもライブドア社（現データホテル社）にも協力いただいて、都内の喫茶店等でも無線ネットワークが使える形になっている。

一方、学認では eduroam 用のアカウントを発行する仕掛けを提供していて、使いやすい環境をつくっている。先ほど紹介した SINET でも、eduroam 用のネットワークを提供していて、大学に割り当てられているネットワークとは別に、もう 1 個 VLAN をつないでもらえれば、eduroam 用の IPv4 と IPv6 のデュアルスタックのネットワーク

を引き込むことができる。^[10]

7. 学内でのアドレス管理

IPv6 はサブネット部分が多いので、アドレスの割り当て設計は自由度が大きい。

しかし、大学内では管理が非常にうるさくなっている。そのため、インシデントが発生したときに、どの IP アドレスにどの端末が対応づけられているかを把握して、トレースできる態勢が要求される。IPv4 の場合だと、例えば DHCP のログを取っておいて、そのログを見ながら MAC アドレスを調べていくが、これと同じことを IPv6 でもしなくてはならない。

ここで問題となるのは、IPv6 のアドレス割り当て方法としてステートレス自動設定を利用する場合である。この機能を使うとホストが勝手に匿名アドレスを設定して通信を始めるので、トレースがしにくくなる。ステートレス自動設定を用いずに、DHCP6 を利用すれば、従来の IPv4 と同様に管理できる。

この辺りをどのように設計するかが、キャンパス内で IPv6 を展開するときの 1 つの鍵になると思われる。

8. IPv6 のみでの生活

デュアルスタックにすると IPv4 と IPv6 の両方を同時に使えるので、トラブルシューティングが難しく、IPv6 のメリットが明確にならないことがある。そこで、いっそのこと IPv6 だけで生活してみたらどうだろうか。

最近の端末は最初から IPv6 に対応しているので、IPv6 のみのネットワークでも、ある程度の生活が可能であることが確認されている。dns64 と nat64 を運用して、IPv6 で端末がアクセスしたときに、それを IPv4 に変換して外に出すようにしておくと、IPv6 のみのネットワーク環境が実現できる。

また Web ブラウザについても IPv6 に対応しているので、ほとんど問題が起きない。電子メールも Thunderbird で IMAP も使えるので、特殊なことをしない限り、普通に生活できる。

WIDE プロジェクトでは毎年 2 回の合宿を開催しているが、2011 年秋の合宿で IPv6 のみでの生活を実際に試してみたところ、良い感触を得ることができた。

しかし、Skype^[11]や Dropbox^[12]など IPv6 に対応していないアプリケーションがあるので、このようなアプリを日常的に使っている場合には、まだ使いにくいネットワークかもしれない。こうしたサービスの早急な IPv6 対応が望まれる。

9. まとめ

多くのネットワーク機器や端末機器が IPv6 対応しており、IPv6 は日常的に使える状況になってきている。

双方向のコミュニケーションは Skype をはじめとして多様なツールがあるが、そうしたサービスを利用するにあたっては、IPv4 であっても NAT 環境では使えない等の様々な制約がある（例えば、H.323 によるテレビ会議など）。その辺の工夫を考えるのであれば、IPv6 への対応を考えるのとそれほどの違いはないと思われる。

今現在は IPv6 の需要が盛り上がっている状況とはいえない。しかし IPv4 アドレスも枯渇したので、割り当てが IPv6 アドレスだけになった時に、十分使える環境が用意されていれば、IPv6 へのシフトが急速に進むと考えられる。そのために技術者の観点からより良い環境をつくっていけば、安心して使ってもらえる状況になると思っている。IPv6 の世界はすぐそこまで迫ってきている。

参照 URL 等

-
- [1] World IPv6 Day
<http://www.attn.jp/worldipv6day/>
 - [2] IPv6 用の機器認定
例えば以下のような認定がある
IPv6 Ready Logo
IPv6 Enabled Program
<http://www.jate.or.jp/>
 - [3] 国立情報学研究所
<http://www.nii.ac.jp/>
 - [4] SINET
<http://www.sinet.ad.jp/>
 - [5] SINET IPv6 アドレス割り当て状況
<http://www.sinet.ad.jp/service/network/13/ipv6/assignment>
 - [6] Provider Independent Address の略
 - [7] 日本ネットワークインフォメーションセンター(JPNIC)
<http://www.nic.ad.jp/>

[8] Provider Aggregatable Address の略

[9] eduroam

<http://eduroam.jp/>

[10] <http://eduroam.jp/docs/SINET4-eduroam.pdf>

[11] skype

<http://www.skype.com/intl/ja/home>

[12] Dropbox

<http://www.dropbox.com>