

2

最近のインターネットの仕組み

小川晃通

Geekなページ

IP アドレスとは

まず最初にインターネットの仕組みと IP アドレスに関して紹介します。

インターネットを流れるすべてのデータは、「パケット」と呼ばれる小さな単位に分割されて転送されていきます。この「小分けにされる」というのがパケット交換方式の非常に重要な概念です。通信を行う機器は、各自の責任で小分けにされたデータを再構成して通信を成立させます。

一方、途中にある機器はパケットの連続性などは一切気にせずにパケットの宛先だけを意識して配送に専念できるため、単純な構成で実現が可能となっています。

インターネットにおける、このようなパケット通信の要の1つが IP アドレスの存在です。IP アドレスは世界で一意であり^{☆1}、インターネットの途中にある中継機器であるルータは、その IP アドレスに向かってパケットを転送していきます。

人間が理解するための「名前」

ルータなどのインターネット機器は IP アドレスを利用して通信を行います。IP アドレスだけでは人間が分かりにくいという問題があります。

そこで、インターネットでは IP アドレスを直接使わなくても大丈夫なように「名前」が利用され

^{☆1} 基本的に世界で一意ですが、ブロードキャストアドレス、マルチキャストアドレス、プライベートアドレス、エニーキャストに使われる IP アドレスなど、一意とはならない IP アドレスもあります。

ます。この「名前」を管理するための仕組みが DNS (Domain Name System) です。

DNS は、「www.example.com」のような FQDN (Fully Qualified Domain Name) である「名前」を IP アドレスに解決する機能を提供しています。多くのユーザは、FQDN の存在を知っていても IP アドレスの存在を知りません。DNS は、インターネットの要ともいえる非常に重要な仕組みです。

1つのインターネットから2つのインターネットへ

2011年2月に、10年以上前から言われ続けていた IPv4 アドレス枯渇が遂に現実のものとなり、状況が変わりつつあります。IPv6 が一般ユーザに対してどれだけ普及するかは、まったく予想不能で、最終的には IPv4 が長期にわたって使われ続ける可能性も大いにあります。とはいえ、インターネットそのものの仕組みに対しては、IPv6 が大きな影響を与えつつあります。

インターネットをレイヤ分けして考えると、これまでの IPv4 だけのインターネットは以下のように表現できます。IP を表す第3層 (ネットワーク層) だけプロトコルが単一で、それ以外はすべて複数のプロトコルが存在しています。IP の部分だけが単一になった砂時計のようなかたちです(図-1)。

このように、「IP 部分は IPv4 だけ」という前提で設計されているソフトウェアや環境は世界中に溢れています。IPv4 考案当初はコンピュータも今よりも遥かに非力で、32 ビットが表す空間は当時とし

ては無限のような大きさであったのだらうと思います。

しかし、インターネットが普及し、1人で何個ものIPアドレスを利用するような使い方が当たり前になったのでIPv4のアドレスが足りなくなっていました。そこでIPアドレス空間が大きいIPv6が提案され、今までは単一であることが前提であった「IP」が1つから2つへと変わろうとしているのが、IPv4アドレス枯渇とIPv6の普及です。

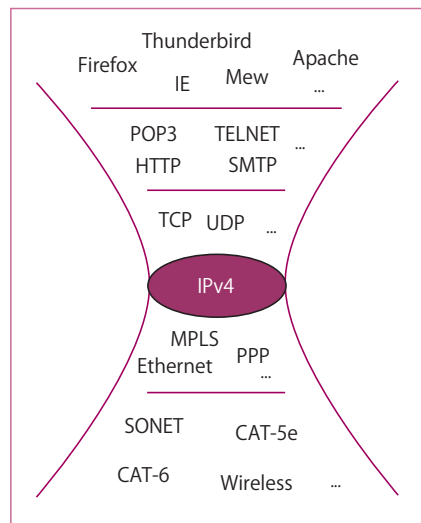


図-1 IPv4 だけのインターネット

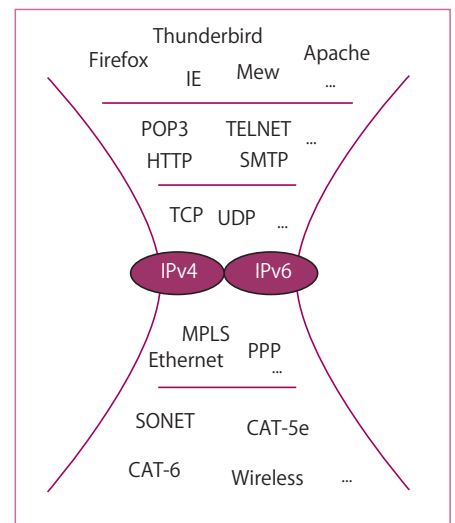


図-2 IPv4 と IPv6 のインターネット

そして、砂時計は図-2のようなかたちに変化します。

現時点で、もうすでにIPv6のインターネットは存在しています。日本国内でも、NTT NGNでのIPv6が6月と7月に開始し、多くのISPが続々とユーザへのIPv6提供を開始しています。

一般のインターネット利用者も、サーバやネットワークの管理者も、通信が関連するプログラムを書くプログラマも、「1つが前提」であったIP層が「2つ存在しているデュアルスタック環境」になることを意識しなければならない場面が今後は増えます。

一般家庭での「2つのインターネット」

一般家庭での論理的な接続形態は以下のようになります。

各家庭では、ISPを通じてインターネットへと接続するための機器であるCPE（Customer Premise Equipment、モデムやSOHOルータなどの機器の総称）を通じてIPv4とIPv6の両方のインターネットへと接続するようになるでしょう。

図-3では、CPEを通じて2つのインターネットへと接続していますが、これは論理的な概念図であり、実際の物理的な接続としては、ユーザ機器とCPE間は1つの物理回線（無線や有線などでの接続は1つでCPEと繋がっている状態）となります。

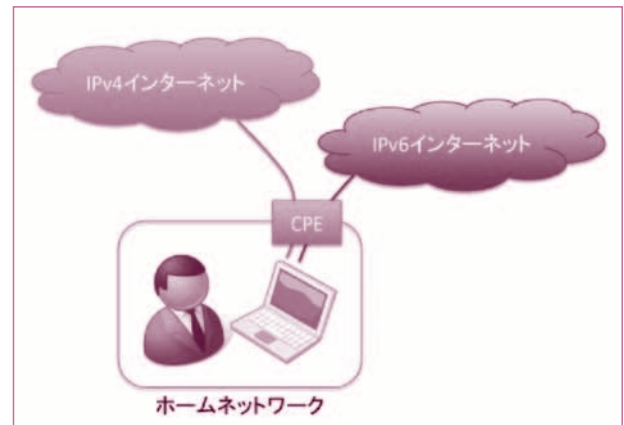


図-3 ホームネットワークの接続形態

このように、一般家庭への配線だけを考えれば、結局は1つの回線の中にIPv4とIPv6の両方のパケットが流れるだけであり、物理的にはまったく同じ通信路やトポロジになる部分も多いです。

また、ネットワークの向こう側に存在するWebサーバなどの各種サーバは、IPv4とIPv6両方で接続できるように設定されると思われるので、まったく異なる2つのインターネットができるというよりは、「実体は同じもしくは非常に近い要素が混在している2つのインターネット」というかたちになりそうです。

ということで、「2つに分離する」というのは、ちょっと言い過ぎな部分もありますが、要として1つだったものが2つに増えるというインパクトは小さくはありません。インターネットを構成している

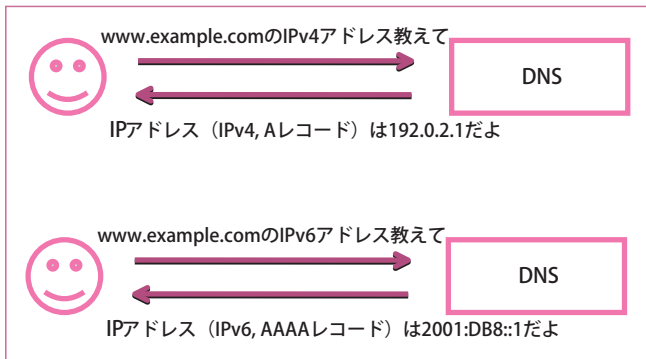


図-4 IPv4 と IPv6 の名前解決

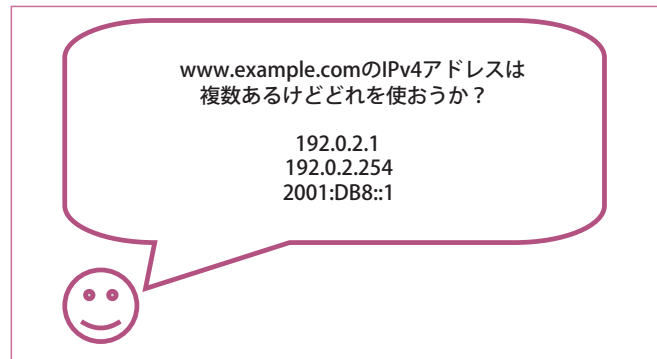


図-5 複数のIPアドレスから利用するものを判断

IPは1種類であることを前提としていたものが多い。いろいろあるので、それが2つに増えるというのはいろいろとややこしい話があります。

2つのインターネットの交通整理役とも言えるDNS

「2つのインターネット」の交通整理役になるのがDNSです。

今までは、特定の「名前」をIPv4アドレスに解決する機能を提供するのがDNSの主な役割でしたが、これからは「名前からIPv4アドレスとIPv6アドレスを解決する」という役割も果たすようになります。

ユーザは、FQDNで表現される宛先と通信をするために、DNSを利用して「名前解決」を行います。たとえば、次のように「この名前に対応するIPv4アドレス」と「この名前に対応するIPv6アドレス」の解決を要求します(図-4)。

その結果得られたIPアドレスがIPv6とIPv4両方であった場合、ユーザは「どのIPアドレスを利用して通信を行おうか?」と各自で判断してから通信を開始します(図-5)。

このような判断の方法は、ユーザが利用するアプリケーション(もしくは、そのアプリケーションが利用しているライブラリ)に依存しますが、IPv6とIPv4の両方のIPアドレスが存在する宛先との通信における一般的な方法は、「まず最初にIPv6を試してみて、それで駄目であればIPv4を試す」というものです(図-6)。

このため、DNSはユーザが実行するアプリケー

ションがIPv4を使って通信を行うのか、それともIPv6を利用するのかを判断する際に非常に大きな役割を果たします。この仕組みのおかげで、ユーザは「2つのインターネット」を、今まで通りの「1つのインターネット」のように扱えます。

ただ、このような「実は2つだけど交通整理役がいるから1つに見える」という状況が問題を引き起こす部分もあります。

「IPv6で試してみて駄目ならばIPv4で通信」ということを行っていると、従来のように「IPv4だけで通信」という方法よりも通信開始に時間がかかる場合があります。それ以外にも、実際にはIPv4とIPv6のどちらで通信しているのか、分からなくなって問題発生時に問題の切り分けに時間がかかってしまう可能性があるなど、副作用もあります。

同じようで実はいろいろ違うIPv4とIPv6

「1つのインターネット」や「2つのインターネット」という表現をすると、「IPv4とIPv6の違いはIPアドレス長が32ビットか128ビットというだけなのに何で“2つのインターネット”になるの?」という疑問が湧くかもしれません。

実は、IPv4とIPv6の違いはIPアドレス長だけではなく、それ以外にもいろいろとあります。個人的には、下手に同じようなものだと思わずに「似て非なるプロトコルであると思った方が誤解が少ない」とさえ思います。

以下、いくつかIPv4とIPv6の違いを紹介します。

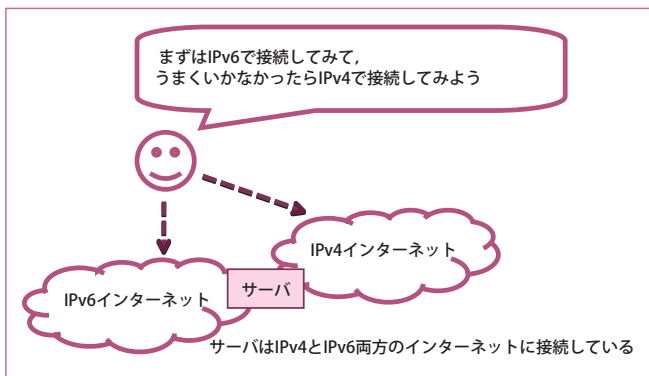


図-6 IPv4/IPv6 混在環境における通信の開始

- IPv4では別々のプロトコルであったARP (Address Resolution Protocol), IGMP (Internet Group Management Protocol), ICMP (Internet Control Message Protocol)が、IPv6ではICMPv6として統合された。これによって、IPv4に関するICMP設定をそのままIPv6用として設定したファイアウォールは意図しない動作をする可能性がある。
- IPv4では、1つのネットワークインタフェースに対して設定されるIPv4アドレスは1つだけだったが、IPv6では複数のIPアドレスが仕様として設定可能。これによって発生する問題もある。
- パケットの最小単位であるMTU (Maximum Transmission Unit)がIPv4は576だったのが、IPv6では1280に変わった。
- IPv4では、IPアドレス自動割り当てにDHCPが利用される。
- IPv6では、RA (Router Advertisement)とDHCPv6の2種類がありそれぞれ用途が異なる。
- RAはステートレス、DHCPv6はステートフルな管理を行いたい場合に利用する。
- ネットワーク管理者は、状況に応じてどちらを使うべきか判断するとともに、今後の仕様変更にも注意する必要がある。
- IPv4では広く利用されているNAT (Network Address Translation)に関する議論がIPv6ではいまだに続いている。現時点ではIPv6ではNATが利用されない。

このように細かいところでいろいろと違うので、IPv4で行っていた運用を何も考えずにそのまま適用すると思わぬ落とし穴にハマる可能性があります。さらに、いまだに仕様が議論中の部分もあるので、今後の変化を注視する必要があります。

IPv6 対応の難しさと今後

IPv6は非常に難しさを抱えているのも事実です。世界全体、もしくは、インターネット全体というマクロな視点で見たとき、これ以上の拡大が困難になるIPv4のみで運用されるよりも、IPアドレス空間が大きいIPv6対応が行われることが好ましいと予想されます。

しかし、各事業者というミクロな視点で見たとき、ダウンタイムを最小化することが求められるような商用サービスでは、現時点ではIPv6に早急に対応するには相応のリスクがあります。

もちろん、長期にわたってIPv6に対応しないリスクもありますが、商用サービスにとって現時点ではIPv4だけの運用の方がIPv6との両対応よりも安定した運用が可能です。そのため、ちょっとでも障害が発生すると問題となるサービスではIPv6対応が困難であるという状況が続いています。

インターネットの構造が劇的に変わりつつあるのは事実ですが、何が正しい行動だったのかは、後になって振り返ってみないと分かりません。現状をよく分析し、技術的、運用的なノウハウ、経験を積み重ねつつ準備をしていくとよいでしょう。

(2011年7月3日受付)

小川晃通 akimichi@sfc.wide.ad.jp

慶應義塾大学政策メディア研究科にて博士を取得。ソニー（株）において、ホームネットワークにおける通信技術開発に従事した後、2007年にソニーを退職し、現在はブロガーとして活動を行っている。主な著書「インターネットのカタチ もろさが織り成す粘り強い世界」。