

## インターネット の番号計画

(株)KDDI研究所  
代表取締役 所長



あさみ とおる  
浅見 徹

### 1. インターネットを番号計画という観点から見直す

ご先輩方がおられるなかで、私のような者が説明するのは面はゆいところがあるのですが、インターネットをITU的な観点、特に昔盛んに議論されていた番号計画の面で見直してみたらどうなるか、簡単にご説明をさせていただきたいと思います。

まず、インターネットでは、IPv6とか、IPv4というキーワードが出てきます。ただ、これらの技術は、どちらかというところ、コンピュータの技術者、中でもインターネット研究開発分野の方々の中で議論されることが多く、従来の電気通信事業者という立場で論じられてきたということは残念ながらありません。電気通信の観点から申し上げますと、通信事業では、電話番号のような端末識別子と、情報を送信側から受信側に実際に運ぶ際に必要なルーティングアドレスを事業者が制御できることが望ましいのです。ところが、現在、インターネットではそうになっておりません。IPv6というのは、たぶんその辺を埋める新しいアーキテクチャになり得ると思います。

昨今のインターネットは、従来のWebアクセスと異なり、IP電話とか、ピア・ツー・ピアとか、そういった対等通信の時代に入りつつあります。そうすると、ますます端末識別子というものが重要になってきます。

言うまでもありませんが、電気通信事業というのは、料金政策・番号計画・周波数割当というのが3要素で、ビジネス展開してきたわけです。番号計画というのはいったい何かというと、いまから考えますと、ベースになるサービスを前

提にして番号体系を作っているわけですから、基本的にはサービス計画であるということが言えます。従来、IPv6は単にアドレスを拡張するものであるというような非常に単細胞的に話されることが多かったのですが、電気通信事業者から見ると、必ずしもそれだけではありません。

### 2. 現在のインターネットの基本構造

まず現在のインターネットで最も典型的なものはダイヤルアップのサービスですが、IPアドレス以外に、端末識別子相当のものが使われていることに留意しなければなりません。皆さんご存じのドメインネームというもので、実際にはFQDN (Fully Qualified Domain Name) という端末に付けられたIDです。

例えば、sato.dion.ne.jpというドメインネームを持っている端末が公衆電話網につながっていると、それをダイヤルアップサーバ経由でインターネットに接続し、その後でいろいろなサーバにアクセスすることができます。サーバにアクセスしていくときも、基本的にはドメインネームで指定してアクセスするというのが実際の使われ方です。

ここで重要なのは、例えばDIONというインターネット・サービス・プロバイダ (ISP) があったとしますと、このISPは、FQDNもIPアドレスも一括して管理しているという点です。ISPのようなサービス提供事業者が、端末識別子とルーティングを管理できないと通信品質という観点からまともな通信サービスを提供できません。そのため、端末識別子とルーティングの二つを一括して管理できる範囲を「管理ドメイン」と言わせていただきます。

### 3. IPv4アドレス下で進む端末識別子とルーティングアドレスの分離現象

携帯電話は北海道に持っていっても九州に持っていっても同じ電話番号 (端末識別子) でつながります。これは、電話の接続経路を決めるルーティングアドレスと端末識別子が異なっているからです。ところが、IPv4アドレスというのは、そもそも初期においては、端末識別子と、パケット配送経路を決めるルーティングアドレスは同じものだという前提で作られたものです。このIPv4アドレスが、現在、携帯電話のように、端末識別子とルーティングアドレスに分離しつつあるのです。

それが二つの分野で起こってしまっていて、一つはコアネットワークであり、もうひとつは、プライベート・アドレスが導入されている企業や家庭内LANのようなアクセスネットワークで進行しています。

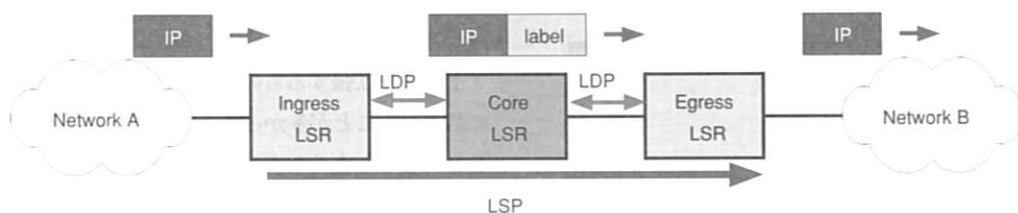


図1. MPLSネットワークの基本構造

#### 4. コアネットワークにおける分離現象の仕組み

ISPのコアネットワークは、MPLS (Multi Protocol Label Switching) ネットワークになっています。このため、IPアドレスで直接ルーティングしているわけではありません。非常に高速なネットワークをつくらなくてはいけないからです。いまのインターネットで、ISPに加入している企業網とかアクセス網がバックボーンとかコアネットワークにどうつながっているか考えてみましょう。まず、コアネットワークを構成するコア・ルータ、あるいはLabel Switching Router (一種のATM交換機みたいなもの) は、LDP (Label Distribution Protocol) というルーティング・プロトコルでパケットを配送しています。

つまり、LDPというプロトコルでLabel Switching Pass (LSP) という、いわゆる経路を確定するという作業をコア・ルータが行っています。企業網やアクセス網からIPのパケットが来ますと、Ingress LSRというLabel Switching Routerでラベルをくっつけて、あとはこのラベルだけでずっと配送されて、最後にEgress LSRでラベルを外して、通常のアクセス網にまた出ていくというような作り方をしています。

したがって、大きなISPの高速コアネットワークでは、IPアドレスというのは、すでにルーティング上は使われていないということがお分かりになると思います。コアネットワークのルーティングアドレスはIPアドレスではなく、ラベルに取って代わられています。

#### 5. MPLSネットワークとは？

MPLSがネットワークでどのように使われているかですが、基本的には、最近では、QoSなどといって、稼働率も含めてIPネットワークの品質というものが問われております。特に、耐障害性ということを考えますと、通信障害時には瞬時 (目標は100ミリ秒以下) に経路を変えなくてはいけないので、ハードウェアの経路制御というものがどんどん導入さ

れております。MPLSというのは、それに特化した技術です。

何をやるのかというと、離れたネットワーク相互をある経路でつないでいたときに、例えば障害が起こったとします。このとき、瞬間的に代替経路に切り替えるということをハードウェア処理で実現するのが、MPLSの一つの使い方です。

そのほか、よく使われるのがVPN (仮想私設網) です。例えば、ある企業の大阪支社と東京の本社をIP網経由でつないでしまおうといったときに、大きな効力を発揮するプロトコルとなっています。

#### 6. 企業網におけるプライベート・アドレス導入による分離現象

いまの話は、コア・ルータで実際にIPがルーティング機能を失いつつあるということでしたが、アクセス網では端末識別子ですらないという事態になっています。

昨今は、たくさんの企業網がインターネットにつながるようになりまして、その企業網内だけで有効なプライベート・アドレスを使っています。その結果、例えば、図2のp1.sato.jpというドメインにある端末からwww.yamada.jpにアクセスしようとした瞬間に何が起ころかといいますと、ある企業網やホームネットの出口のゲートウェイ (NATと呼ばれる) で、プライベート (IP) アドレス、例えばIP1から、インターネット上のパブリックアドレス、ここではGW1に変換してパケットを送り出すということをやっています。このため、インターネット上にあるサーバwww.yamada.jpから見ると、p1.sato.jpのIPアドレスがGW1に見えるというような作り方をしています。

これから考えて、IPアドレスというのは、少なくともアクセス網においてはすでに端末識別子ではなくなっているということが分かります。

#### 7. FQDNを端末識別子にする事の利点

では、機械的にこの延長で技術が進んだらどうなるかということですが、面倒くさいから、一般にドメイン名とかドメインネームと言われていることが多いFQDNを端末識別子に

してしまえばいいのではないかというのが一つの解です。

先ほど、GW1で企業網のアドレスとインターネットのアドレスを変換しましたが、逆にGW2でインターネットのアドレスから企業内のアドレスに変換すれば、ある家庭のホームネット上にある端末 (p1.sato.jp) と親戚の家にある端末 (px.tanaka.jp) とが、直接通信するというような作り方ができます。いまの延長で考えると、この解しかありません。

この利点は何点かあるのですが、ドメインネームは通常は長いもので20バイトぐらいで使われています。理論的には制限ないので、(加算) 無限個表現できるというのがFQDNの特徴です。実効的には、世界の人口、1人当たり10の7乗個、すなわち1000万個のアドレスを割り振れる規模のアドレス空間を持っていますので、通常のIPv6相当のサービスができるだろうと思われま

す。そのほか、ISPの通信設備をほとんど変更する必要がないとか、システム変更するのはピア・ツー・ピア通信をするユーザー網のDNSのシステムと端末だけとかのメリットもあります。ユーザーも、FQDNですから覚えやすい。16進数のIPv6アドレスに比べると、p1.sato.jpのほうがはるかに読みやすいということが分かりますし、電話の市外局番省略のような、短縮形も使えるわけです。

それから、ここが一番の利点だと思うのですが、ルーティングアドレスのIPv4と端末識別子のFQDNと分離していますから、携帯電話のように、モバイルとかローミングといったものが簡単に実装できるようになります。

## 8. FQDN端末識別子の欠点

それでは欠点は何かという、これが非常に大きいのですが、ゲートウェイに機能が集約されるので、ゲートウェイの処理遅延がたいへん大きく、高速通信にはあまり向かないということです。また、通信機器の大半は端末ですから、設計変更する機器の数は意外に多く、実効的に、ほとんどすべての端末を変えなくてはいけないとも言えます。それから、IPv4ベースですから、Plug & Play、あるいはアドレス設定を自動的に行う機能がない。このため、通信機器のネットワークへの接続が大変だという欠点、相変わらずあります。

さらに、複雑なゲートウェイを用意する必要がありますので、端末間の相互通信性というのが検証しにくくなります。さらに、バグなどが入ってくる可能性も高くなるので、セキュリティという点でも問題が出てきますし、そもそもゲートウェイが壊れると通信ができなくなり、単点故障 (Single Point of Failure) でよろしくありません。基本的にセキュリティ的に、非常に脆弱なネットワークです。

特にこれがいちばん問題なのですが、企業内LANやホームネットワークのようなプライベートネットワークの中では、ユーザーが勝手に名前付けをしています。したがって、管理ドメインが複数存在しますので、ISPが各端末を非常に管理しにくいのです。

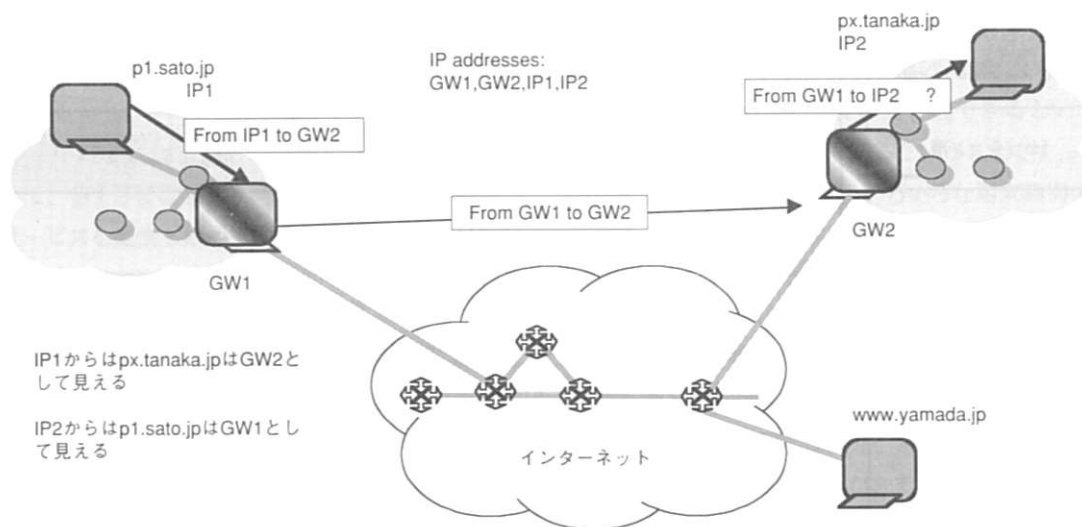


図2. FQDNベースのインターネット構造

## 9. 端末をいかに掌握するかにかかっている通信サービス

そもそも通信サービスというのは、端末をいかに掌握するかにかかっています。課金上、端末の認証とか識別が非常に重要です。

そういうことで、これまでのFQDNに頼ったようなやり方では問題があります。特に、管理ドメインがあいまいであるということが大きな問題です。

## 10. IPv6端末識別子の利点

さて、IPv6の設計思想は、インターネット上、どこでもFQDNとIPアドレスの対応が対一でとれるようにしています。すなわち、単純なことはいいことだという思想です。ゲートウェイとか、そういうものは必要ありませんし、セキュリティ上の利点もあります。シンプルだということが、高速通信や相互通信性の面でも有利になっています。

また、端末のアドレスの自動コンフィギュレーションができますので、アプリケーションを含めて自動設定に持っていくことが容易になります。アドレスを拡張するというだけでしたらIPv6を使う必要はないのですが、ISPが端末から端末までの通信を管理したいという観点から見れば、IPv6というのは最適なアーキテクチャです。この意味でIPv6はユーザーのためというより電気通信事業者ISPのための技術です。

## 11. IPv6端末識別子の欠点

IPv6の欠点は、ISPの通信設備、特にルータに対して、大きな変更を加える必要があるため、かなりの投資を伴うことです。

また、長すぎてユーザーが直観的に覚えにくいアドレスということも欠点です。

さらに、パケットのヘッダ長も長くなるので、IP電話のような短いパケットによる通信にはあまり向いていないと言えます。ただ、これからはネットワークがどんどん速くなりますので、こういった欠点はほとんど無視できるような状況にはあると思います。

## 12. 各層ごとに異なる識別子

ここからが本題になるのですが、インターネットでは、通常の電話と違って、通信のOSIモデルにおけるいろいろな層でいろいろなIDを使っています。図3にその構成を示します。ここでOSIモデルとは通信を機能（層とかレイヤとかいいます）別に解釈する枠組みのことです。

ブラウザからWebサーバにhttpアクセスするときを例に説明しましょう。データリンク層は、端末や通信ノード（ルータなど）をMACアドレスというのを使って識別しています。ネットワーク層ではIPアドレスを使っています。セッション

アプリケーション層	URL( <a href="http://www.kddilabs.jp/">http://www.kddilabs.jp/</a> )、メールボックス (asami@kddilabs.jp)	ASP
プレゼンテーション層	SSL認証鍵	認証サービス (CA, PKI)
セッション層	FQDN ( <a href="http://www.kddilabs.jp/">www.kddilabs.jp</a> )、ENUM	DNSサービス (VeriSign)、 IP電話サービス
トランスポート層		
ネットワーク層	IPv4(202.255.44.2)、IPv6	ISP
データリンク層	MACアドレス (Ethernet, ATM, etc.)	キャリア (ATM、電話等)
物理層		キャリア/ダークファイバ 事業者

端末識別子 (相当)

ITビジネス

図3. 通信のOSIモデルと端末識別子

のところではFQDNを使っているのがインターネットの特徴で、その上のプレゼンテーションで使われているSSLプロトコルでは認証鍵というのを使っています。その上のアプリケーション層では、いわゆるURLでコンテンツを識別します。こういうことで、各層ごとにいろいろな端末識別子とか、ユーザー識別子とか、そういったものが導入されているというのが、昨今のインターネットの状況だと思います。非常に多様な識別子が入り乱れていると言えます。

### 13. 端末識別子と該当サービス

図3に示すように、各層にはその層の識別子を使ったサービスが存在します。例えば、アプリケーションの層では、URLとかメールボックスが典型的でありまして、こういった識別子を使ってコンテンツプロバイダと称している人たちが商売をしています。

プレゼンテーション層では認証鍵が必要なのですが、ペリサインとか、そういったところが認証サービスをしています。彼らはこの層で商売しているのです。セッション層の識別子に関しては、FQDNとかENUM（電話番号をFQDN風に表したもの）があり、ペリサインがやっているDNSサービスとか、IP電話が含まれています。

では、従来のISPはどこで商売しているのかというと、ネットワーク層でして、ここでIPv4でやっていた端末識別をIPv6にする動きがあるわけです。ここは、先ほど申しましたように、IPv6にしたことによってISPの管理ドメインが端末まで広がるというのが、ISP的観点から見た戦略ではないかと思えます。

データリンク層はMACアドレスで識別してしまっていて、イーサネットとかATMのE.164とか、皆さんがよくご存じの識別子で通信する人たちがいるということです。これにはもちろん通信キャリアも含まれます。

したがって、さまざまな通信サービス事業者がある特定のレイヤでサービスを提供し始めているというのが、今日の状況だと思えます。

### 14. 将来のサービスにおける端末識別子

ところが、これをよく見てみますと、サービス提供事業者は各層で水平にサービスを提供するのですが、ユーザーは該当する端末識別子群を垂直方向に複数管理しなくてはいけないということが大変です。今後予想されるのは、端末識別子の縦割りと横割りの差をなくしていくことではないかと

考えます。

横割りとはどういうことかという、各層（レイヤ）ごとに端末識別子相当のものを導入してきているということです。例えばeコマースの認証鍵とか、IP電話のENUMといったものであります。縦割りの意味ですが、情報家電等々、いろいろな端末をお客様が使い始めていますが、サービスを受けるには、自分の端末にどういう端末識別子相当のものが割り当たっているのかということを、すべてユーザーが管理しなくては行けない。FQDNとか、IPv6とか、ENUMとか、認証鍵とか、いろいろなアドレス、あるいはそれに類したものが重層的に割り振られていますから、お客様は縦割りに管理しなくては行けないのです。

サービスプロバイダは、レイヤを横方向にサービスを提供するだけですから、当然予想されるのは、初心者には端末操作上の困難がますます生じてくるだろうと思われまます。したがって、基本的には、ユーザーに分かりやすい運用方法と、プロバイダにとっては安全かつ効率の良い管理方法が求められるだろうと思えます。昔から言われている統合番号（ユニファイドナンバー）などの議論も、今後はインターネットの上で、重要なキーテクノロジー、キー概念として出てくるものと考えられます。

### 15. IPv6システムへの移行で新しいビジネスも

本日は、インターネットということ考えたときに、どちらかという、通信事業者から見たときの番号計画的観点から、いろいろ提案させていただきました。問題は何かという、単にアドレスを拡張するだけということでしたらIPv6にする必要はないということです。

いちばん肝心なのは、通信が送信端末から受信端末（End to End）ですべて一元管理できるところに、IPv6にするの意味があるということです。

それから、もう一つは、いろいろな端末識別子が入り乱れて入ってきていますので、これを総合的に簡単に管理できるような新しいアーキテクチャを導入しないと、今後、インターネットのサービスは非常にやりにくいということです。逆に言うと、その辺りに新しいビジネスが潜在しているのではないかと考えられます。

以上のように、本日は「インターネットの番号計画」ということで発表させていただきました。ご清聴どうもありがとうございました。

（4月9日 第311回ITUクラブ例会より）