



IETF

第3回 IETF Internet Areaの動向 — IPv6をめぐる議論 —

新 善文

(株) 日立製作所 /
独立行政法人 通信総合研究所
atarashi@ebina.hitachi.co.jp

土屋一暁

(株) 日立製作所
kazuaki.tsuchiya@itg.hitachi.co.jp

はじめに

「連載IETF」の第3回である本稿からは、IETFに設けられたエリアごとに、その概要・ホットトピックス等を順に紹介してゆくこととなった。

今回は、インターネットを地道に支える位置づけにあるInternet Areaの動向をIPv6の話題を中心に関連する事柄をまじえながら解説する。IPv6はこれからのインターネットを支える重要な役割を持っているため、他の多くのWGと連携している。まずはこれらの関係を理解することが、全体を理解するための早道である。

Internet Area

Internet Areaは、IETFに設けられている8つのエリア(表-1参照)のうちのひとつである。

ワーキンググループとエリアについては、本連載の第1回の松平氏の解説を参照されたい。なお、同解説から2カ月しか経っていないのだが、すでにいくつかWGの増減が

ある。WGは必要に応じて作成されたり、削除されたりするが、このように新陳代謝が激しく行われているのもIETFの特徴である。

Internet Areaには、まさにインターネットを支える重要な役割を担っているWGが集められている。このエリアは縁の下の力持ち的な役割のWGが多く、地味と捉えられるかもしれないが、インターネットの根幹となる規格を議論する場であり、ここで標準化が行われないとインターネットは動かないといっても過言ではない。

以下に本エリアのWGの概要を挙げる。また、WG名と議長の一覧を表-2に示した。各WG名の後ろの括弧内にその略称を示したが、これらはIETFの公式な略称であり、通常は略称の方が用いられている。

■ AToM MIB (atommib)

ATMとSONET/SDHのMIBを定義している。主な目標についてInternet-Draftはできており、これらをブラッシュアップしている。

■ Dynamic Host Configuration (dhc)

DHCPの標準化を進めている。

DHCPとDNSの連携についても検討している。もちろんIPv6のためのDHCPについても検討を進めている。

■ DNS Extensions (dnsext)

Domain Name Systemの拡張について検討しており、IPv6やセキュリティへの配慮も考えられている。

■ Internationalized Domain Name (idn)

Domain Nameの国際化、多言語化を検討している。漢字やハングル文字を使用するアジア各国では特に重要な問題であり、日本からも積極的に活動に参加している。

■ Interfaces MIB (ifmib)

ネットワーク インタフェースのためのMIBを検討している。主な活動はほぼ終了している。

■ IP over Cable Data Network (ipcdn)

ケーブルテレビで使用されているネットワーク上にIPをのせただけでは、実際の運用システムはできない。このWGではケーブルネットワークのためのMIBの定義を進めている。

Area 名(略称)	WG 数	Area Director
Applications Area(app)	29	Patrik Faltstrom Ned Freed
Internet Area (int)	15	Erik Nordmark Thomas Narten
Operations and Management Area(ops)	22	Randy Bush Bert Wijnen
Routing Area(rtg)	13	Bill Fenner
Security Area(sec)	19	Jeff Schiller Marcus Leech
Sub-IP Area(sub)	7	Scott Bradner Bert Wijnen
Transport Area(tsv)	25	Scott Bradner Allison Mankin
User Services Area(usv)	2	April Marine

表-1 IETFのAreaとArea Director

WG 名(略称)	chair
AToM MIB(atommib)	Faye Ly Nathan Kohn
Dynamic Host Configuration(dhc)	Ralph Droms
DNS Extensions(dnsext)	Olafur Gudmundsson Randy Bush
Internationalized Domain Name(idn)	James Seng Marc Blanchet
Interfaces MIB(ifmib)	Theodore Brunner
IP over Cable Data Network(ipcdn)	Richard Woundy Andrew Valentine
IP over InfiniBand(ipoib)	Bill Strahm
IP Version 6 Working Group(ipv6)	Bob Hinden Steve Deering
ICMP Traceback(itrace)	Steve Bellovin
Layer Two Tunneling Protocol Extensions(l2tpext)	W. Mark Townsley
Multicast & Anycast Group Membership(magma)	Bill Fenner Brian Haberman
IP Routing for Wireless/Mobile Hosts(mobileip)	Phil Roberts Basavaraj Patil
Protocol for carrying Authentication for Network Access(pana)	Basavaraj Patil Subir Das
Point-to-Point Protocol Extensions(pppext)	Karl Fox
Zero Configuration Networking(zeroconf)	Erik Guttman Stuart Cheshire

表-2 Internet AreaのWGとChair

■ IP over InfiniBand (ipoib)

InfiniBandはこれから普及するであろう高速な装置内部で使用するためのネットワークである。このWGではInfiniBand上にIPをのせるための規格を検討している。

■ IP Version 6 Working Group (ipv6)

IPv6に関する検討を行っている。

従来IPng (IP Next Generation) WGと呼ばれていたが、最近名称が変更されるとともに、趣意書が更新された。

■ ICMP Traceback (itrace)

最近のDoS攻撃はソースアドレスを書き換えているため、どの組織のどのマシンから攻撃しているか分からない。このWGではソースア

ドレスを書き換えられていても、どのマシンからパケットが送られてくるかが分かる仕組みを検討している。

■ Layer Two Tunneling Protocol Extensions (l2tpext)

柔軟なネットワークを構成するために使用されるlayer 2 tunnelsのための規格を検討している。

■ Multicast & Anycast Group Membership (magma)

マルチキャスト、エニキャストのためのグループ管理を行うプロトコルの検討を行っている。

■ IP Routing for Wireless/Mobile Hosts (mobileip)

インターネットにおける移動体通信として、接続を保ったまま移動することができるようにする規格を検討している。

■ Protocol for carrying Authentication for Network Access (pana)

ネットワークアクセスのための新しい認証プロトコルについて、検討を行っている。

■ Point-to-Point Protocol Extensions (pppext)

インターネットの接続にかかせないPPPの規格を検討している。このWGはすでに長い間活動しており多くのRFCを発行しているが、新たなネットワーク接続方式が作られるたびに、その上で動く新たなPPPを定義しなくてはならず、今も活動が続いている。

■ Zero Configuration Networking (zeroconf)

機器が物理的に接続すると、面倒な設定をしなくともすぐにインターネットが使えるようにする方式を検討している。

IPv6

IPv6は、次世代のインターネットの基幹プロトコルである。Internet Areaの中でも最も重要なWGであり、また、IETF全体なかでも最も活発に活動しているWGとしてIPv6 WGを挙げることができる。

IPv6がどのようなものかを知るにはインターネットの将来像を考えてみるとよい。それはすべての人がインターネットに接続できる機器、パソコンやPDAを複数持ち、家電

品などの機器もインターネットに接続され統一的に扱うことができる世界である。もちろんユーザの目に見えないインフラもインターネットの技術により構築されているだろう。このような世界を実現するために、技術的に何をすればよいかを考えて作られたのがIPv6である。最近の日本ではIT化、e-JAPANといったキーワードで、政府もマスコミもIT関連技術を取り上げることが多くなってきている。この裏にはIPv6関連技術が必要なのである。IPv6の基本的な仕様はこれまで使われてきたIPv4のアドレス幅を32bitから128bitに広げたこと、機能などを整理したことである。これに加え、今後数十年間使い続けることができるようにインターネット全体の技術をあらゆる角度から見直そうとしたのがIPv6のアプローチである。

IPv6の詳細な仕様については、RFCやIPv6入門書^{1),2)}などを参考にされたい。

IPv6の生い立ち

1992年、インターネットはIPv4開発当時には予想もされなかったような巨大なネットワークになりつつあった。IETFでは、このままインターネットが拡大していけば人類すべてがインターネットを利用し、またあらゆる機器がインターネットにつながる日が来るかもしれないと考え始めた。

従来のインターネットプロトコルであるIPv4は1970年代に異なる種類のコンピュータ間をつなげるために開発された。当時はコンピュータ自体が高価で大きなものであり、1台のコンピュータを多くの人が共有していたため、コンピュータにそれぞれアドレスをつけるときも32bitの長さで表現できる数字でよいと考えられた。アドレス空間の問題より当時のコンピュータのCPU

処理能力、メモリの大きさから32bitが効率よく処理できる長さの限界でもあった。

IPv4が開発されてから20年以上が経ち、コンピュータは高速、大容量になりパーソナルコンピュータの時代となった。さらにネットワーク技術の研究も進み、IPv4やその周辺の技術の改良方法も提案されていた。そこでIETFは、今後数十年使用できることを目標とした、広いアドレス空間を持ち、新しい技術を取り入れた次世代インターネットプロトコルの設計に着手した。

まずIETFにおいて複数のプロトコルが提案され、それぞれの技術的な比較検討が行われた。実装の容易性やIPv4からの移行性が良いことも重要な検討項目であった。そして最終的にSIPPと名づけられた案が次世代インターネットプロトコルのベースとなることが決まった。これが1994年である。それから約1年後、最初のIPv6の仕様となるRFC1883が発表された。

RFC1883が出た頃、IPv6実装競争が始まろうとしていた。フランスのInriaのグループが実装をソースで公開し、DEC（現Compaq）のグループも実装を進めていた。日本においてもWIDEプロジェクト内で奈良先端大、慶應大、日立がそれぞれ開発を行い、相互接続試験を行っていた。また、アメリカのNRLのグループも開発を始めた。

1996年3月にはニューハンプシャー大学IOL（Interoperability lab.）で相互接続試験が行われた。その後、日本ではさらにIPv6の開発がさかんになり富士通、東芝、NECも実装を始めた。この頃の課題はRFCをそれぞれ読んで実装を作り、それが相互接続できるかということであり、RFCに曖昧な記述がないか、実装するとき生じる矛盾点はないかを検証することであった。問題点を明らかにするために何度も接続テストを行い、各組織ごと

に実装を改良し、IETF会議で発表を行いフィードバックをするということが続けられた。まさに、「仕様の提案→実装→相互接続実験→仕様の改良→」というIETFの理想的な姿で作業が進められたといえる。

1997年冬頃には、基本的な部分については、各実装ともほとんど問題なく相互接続できるようになった。しかし、基本となるIPレベルでの接続が達成できても、実用化のためには、ルーティング、API、運用などまだまだ多くの課題が残されていた。それまで、日本の各組織はWIDEプロジェクトとしての連携はとりつつも、独立してIPv6に係る技術開発を行っていたが、ここへ来て、さらに開発効率を上げるため、各実装の良いところを集めて模範となる実装を作ろうという機運が高まった。そして各企業から開発者を集め、残された課題に団結して取り組むことが決意された。そうしてできたのがKAMEプロジェクトである³⁾。

一方、1997年にはTELEBIT(現Ericsson)と日立から商用IPv6ルータが発売され、IPv6の開発の担い手は、その基本となるプロトコルスタックを作っている人たちの手から、運用、応用を考える人たちへと広がっていくことになった。IPng WGでは各国の研究者、メーカーの開発者がそれぞれ行っている活動の発表、提案があり、非常に活発な活動が続いている。またインターネットの肝ともいふべきところを新しいものにしようとしているために、他のWGとの連携も非常に多く行われている。特にIPv4からのスムーズな移行技術、IPv6の運用の検討を行っているngtrans WGとは深く関係している。

2001年12月、ついにIPng WGはIPv6 WGと名前が変わり、次世代プロトコルの模索という意味合いから、はっきりとIPv6の実用化という方向を打ち出し、新たな活動を開始したところである。

IPv6の意義

IPv6の第1の利点は、インターネットのアドレス不足の解決である。IPv4のアドレスは歴史的経緯により北米にはたくさん割り当てられているが、アフリカやアジアには十分な数が割り当てられているとはいえない。現状の日本でも、すでにグローバルアドレスをすべての人に割り当てることは困難となり、多くの人々がプライベートアドレスを使用し、NATで接続せざるを得ない状況にある。グローバルアドレスによる常時接続は、古くからインターネットを使っている一部の恵まれた人たちだけに限られている。今後、IT化がいつそう進み、これまでインターネットを利用していない人たちも、すでにインターネットを利用している人たちと同様な環境を実現しようとするればIPv6に移行していかなくてはならない。つまり、インターネットを生活に密着した情報インフラとしての地位にするにはIPv6が必要なのである。また、アドレスの割り当て問題だけではなく、グローバルアドレスが自由に使用できるようになるとインターネット初期の頃のようにend to endの環境が実現される。これはビジネス的視点から新たな機器、アプリケーション、サービスを考えることができるようになる。つまり、IPv6は公平性が

高く、多くの人に研究、開発、ビジネスなどの可能性や機会を与えるものである。また、最近の経済活動では企業併合や、ある部門を別会社に売却するといったことが増えてきている。このような場合に企業活動を支える情報インフラの移行には非常にコストがかかる。プライベートアドレスを使っている場合にはアドレスの重複問題が発生する。このような場合に、IPv6を使っているとアドレスの一意性は保たれる。さらに前のアドレスを残しつつ、新しいアドレスをつけるということが出来る。これはネットワークの再構成を緩やかに進めることができるため、コストと手間の点で有利である。言い換えるとIPv6は企業インフラの価値を決めるものであり、それは買収時のインフラ整備の移行、統合コストや組織の決断スピードの基準として扱われる。つまり、先進的組織の情報インフラにはIPv6対応が鍵になるということである。

IPv6の普及とIPv4からの移行

IPv6によるネットワーク構築、運用は、現状でもほぼ可能である。新型のサーバやBSD、Windows XPを使用しているPCはすでにIPv6に対応している。特にWindows XPはInternet Explorerも含め、はじめからIPv6対応である。



ネットワーク機器もバックボーン向けから一般ユーザ向けの製品まで対応機器が揃ってきている。メーカーにより対応状況に早い遅いはあるが、すべてのメーカーがIPv6対応の方向で動いている。またISP、キャリアでは実用実験/商用サービスがはじまっている。以上の状況から判断すると、IPv4アドレスが枯渇すると予想される2005～2008年より前、おそらく2003～2004年にはIPv6の普及がはじまりそうである。普及の障害としては技術、コスト、運用および社会的な問題がある。技術に関しては、IPv4とIPv6との相互接続・共存を図るため、ngtrans WGでいろいろな状況に応じたIPv4<->IPv6トランスレータ、トンネルの技術などが提案され検討が進んでいる。これらの技術は一般のPCやネットワーク機器にも導入されてゆくだろう。コストに関しては、各種機器ははじめからIPv6対応になってきているので、ネットワークの更新にあわせて移行を進めていけばよいだろう。しかし、運用および社会的な問題が残る。これに関してもIPv6普及・高度推進協議会やインターネット協会のIPv6ディプロイメント委員会が活動をはじめているので、解決されていくことだろう。

IPv6関係の課題とWGの議論

現在のIETFでは多くのWGがIPv6 WGと連携し、IPv6対応に関する検討を行っている。たとえば、DNSに関してはdnsop WG、dnsexp WGと連携し、IPv6対応のため仕様の見直しや運用における問題を議論している。IPv6で標準仕様盛り込もうとしているIPsecについてはipsec WGで検討を行っている。今は鍵の交換方式が話題にあがっているところである。IPv4時代にはなかなか実現しなかったインターネット上でのQoS対応、社会インフラとしての高信頼なインター

ネットサービスの実現もIPv6をきっかけとして見直しが進んでいる。またIPv6時代には、情報家電やセンサなどコンピュータ以外の機器のインターネットへの接続も進められることになるだろう。これらの機器は少ないCPU処理能力、メモリで動くために、フルセットのIPv6を実装するには無理がある。そのため最小のIPv6仕様を標準化しようという動きがある。これ以外にもIPv6を軸に多くの話題が話し合われている。

IETFでの活動について

IETFの活動は学会の発表とはまったく異なる。自分の考えた方式などを発表しただけでは注目もされないし、RFCになることもない。特にRFCになる場合は以下の点が重視される。

- 残しておきたいドキュメントであるか?
- どこで役に立つのか?
- 実装があるか?
- WG内での位置づけの明確化
- 他のプロジェクト/WGと重なって検討していないか?
- Chairと話し、指示に従ったか?

これらの点を考慮していないと、このWGでは関係ないから他のWGにいくようにいわれたりすることもある。私たちが提案していた文書をRFCにしたときの経験では、たまたまIETFに向かう飛行機でWG議長と隣席になり、そこでチャンスとばかりに相談したところ、発表に関する指示を受けることができたということもあった。そしてラストコールへというステップに進むことができたのである。やはり、議長やArea director、アクティブな参加者の顔を覚えること、また自分の顔を覚えてもらい、コミュニケーション

ンをはかることが重要である。

おわりに

IPng, IPv6の検討過程そのものが現在のIETFでの検討から標準化にいたる過程を作りあげてきたといえる。今後しばらくの間、IETFにおいてIPv6とその関連の話題は重要であることは間違いない。

参考文献

- 1) Huitema, C. 著, 村井 純監訳, WIDEプロジェクト IPv6分科会訳: IPv6一次世代インターネット・プロトコル, ピアソン・エデュケーション (1997) .
- 2) Miller, M. A. 著, 宇夫陽次朗監訳, トップスタジオ訳: IPv6入門一次世代インターネットプロトコルの仕様と事例 PROFESSIONAL LIBRARY—NETWORK, 翔泳社 (1999) .
- 3) 神明達哉, 山本和彦, 萩野純一郎, 江崎 浩, 村井 純: KAMEプロジェクトによるIPv6基本ソフトウェア開発, 情報処理, Vol.41, No.12, pp.1367-1372 (2000).

(平成14年2月5日受付)

