

会誌のリニューアルにともない、石田編集長からコラムを連載してくれないかと頼まれました。「インターネット」に関する記事や読みものは、巷の雑誌にあふれており、わざわざ「情報処理」のような会誌でとりあげるからには、同じような内容では、おもしろくありません。かといって、あまり会誌を意識して、従来のスタイルを踏襲すると、リニューアルした意味がありませんので、執筆者にとってなかなか難しい連載になりそうです。1年間の予定ですが、どうぞおつき合ってください。

さて、話題にことかかないインターネットですが、今回は、最近の研究関連の話題です。

みなさんもよくご存知のように、インターネットは急激に規模が拡大し、ホスト数とネットワークが増加し、ネットワークの経路制御情報の増大とネットワークアドレス不足が生じています。ホストを識別するためのアドレスは32ビット分の空間しかありません。また、インターネット上を流れるデータグラムをどちらの方向に転送するかを判断するための経路制御のための表も大きくなりすぎて、転送を行うルータの負荷が増大しています。

そして、移動計算機環境の支援やホストやネットワークの自動構成、セキュリティ機能といった、これまで研究が進められてきたプロトコルもうまく採り入れて抜本的に問題解決をはかるため、次世代インターネットプロトコルの研究開発が数年前から進められ、佳境に入っています。現在一般的に使われているインターネットプロトコル (IP) のバージョン番号が4であるのに対して、新しいプロトコルはバージョン番号が6になるので、IPv6と呼ばれます<sup>1)</sup>。

IPv6の研究開発には、世界中の数多くの研究者や技術者がかかわっており、日本の研究者も深くかかわっています<sup>2), 3)</sup>。6BONEと

## 標準化と実装研究

コラム ▼インターネット▲

楠本博之／慶應義塾大学

呼ばれるIPv6を使った研究開発のテストベッドバックボーンの運用も軌道にのっており、世界中で29カ国の組織がすでに接続しています。日本ではWIDEのグループが中心となって運用実験を行っています。IPv4の経路情報の爆発への反省から、集約可能アドレス (aggregatable address) 構造をとれるようになっていきます。IPv6アドレス空間は、128ビットですが、aggregatable global unicast addressは、図のようなアドレス形式になっています。

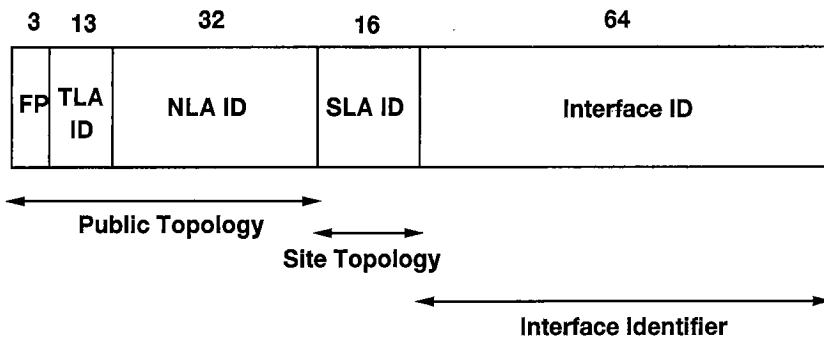
FP (Format Prefix) は、この集約可能アドレス型に固有のプリフィックスで、001に決まっています。TLA ID (Top-Level Aggregation ID) が、一般的なトラフィックの通過 (public transit) を提供する組織に割り当てられます。6BONEのために、上位16ビ

ット3ffeが実験的に割り当てられています。6BONEの中ではアドレス割り当ての登録などの実験をするために、NLA ID (Next-Level Aggregation ID) の上位8ビットを使ってpTLA (pseudo TLA) を決め、pTLA=5がWIDEに割り当てられています。現在、6BONE上では経路制御プロトコルやIPv4とIPv6の相互乗り入れなどの実運用へ向けての重要な実験も進められており、移行へ向けての体制作りが行われています。

このように、新しいインターネットプロトコルのホストおよびルータ上への実装が進められているわけですが、IPのような基盤となるプロトコルが新しくなるのは、10年、20年に1回のことです。今、IPv6の研究をする機会を得た人は幸運です。ひょっとすると自分のアイデアがこれから10数年の間、世界中の人たちに使われるかもしれないわけで、いろいろなことに挑戦してほしいと思います。

もう1つの幸運は開発環境です。TCP/IPをネットワークプロトコルとしてBerkeley UNIXに採り入れられる研究が進められた頃を考えると研究環境には非常に大きな差があります。オペレーティングシステムにかかわる研究とそのソースコードの利用可能性は、切り離せないものですが、当時はBSDのシステムが動く高価ミニコンピュータシステムが、ある意味で標準機でした。大学で導入できるところはかぎられており、あっても学科に1台、よくて研究室に1台という状況です。カーネルの再コンパイルに何時間もかけ、はたまたTSSで多人数で使ってますから、頻繁に違うカーネルで動作させたり、落としたりもできません。

現在は、PC互換機が非常に安価に手に入り、コンピュータサイエンスを志す学生なら、1台以上、自分で持っていることでしょう。自分のマシンでOSやネットワー



クプロトコルの研究が進められるようになったわけです。しかも、その昔はライセンスがなければ手に入らなかったOSのソースコードもPC互換機なら、FreeBSDやLinuxといったコードが無償で手に入ります。

筆者の属するWIDEプロジェクトでも、多くの実装がPC互換機上で行われています<sup>2)</sup>。学部学生が自分のPCでOSやネットワークを研究しているのは、非常にたのしいことです。

このように、基盤となるプロトコルを個人的な研究環境のもとで行える時代に生きているわけですから、二重の意味で幸運です。

リリースされ、公開されているソフトウェアを自分の計算機に載せて、いろいろ遊んでみるのは大切ですが、それだけではいわゆる研究にはなりません。しかしながら、標準化が進んでいるプロトコルを実装することにより、今まで見ていなかったものが見えてきます。それによって、標準化作業にフィードバックできるわけです。インターネット標準の過程で、独立した実装が2つ以上必要であると定められているのは、このような意味も込められています。

新しいプロトコルや方式を考えだし、新規性のある論文を書くのも重要ですが、標準化が進行中のプロトコルを実装し、実装上の工夫や問題点の指摘とその解決を論文にするのも重要です。実装され

ない、そして洗練されていないプロトコルは結局使われません<sup>4)</sup>。この意味でも研究者が実装し、実証的にプロトコルの有効性を示すことは重要な仕事です。

Communication of the ACMやIEEE Computerなどに論文が載った日本人はいますが、Internet Standardを規定したRFCの著者になった人はまだいません。実装と標準化活動を通して、貢献する人が増えることを期待しています。

というわけで、4月には、新しい学生や社員が研究室に入ってくるわけですが、プログラムばかり、実装ばかりしていて文書や論文を書かないと嘆かずに、よい実装と標準化への貢献を期待しましょう。論文はそれからというタイプの人もある程度いないとおもしろくありません。世界的に通用するとソフトウェアを作成した人はそれだけでも評価しましょう。インターネットはそのようなプログラマの手で大きくなったといっても過言ではないのですから。

—みんなプログラムを書こう—

参考文献

- 1) Deering, S., Hinden, R. (Editors) : Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, RFC1883 (Dec. 1995).
- 2) WIDE Project V6 Working Group, <http://www.v6.wide.ad.jp/>
- 3) The Official IPng Home Page, <http://playground.sun.com/pub/ipng/html/ipng-main.html>
- 4) Tanenbaum, A. S.: Computer Networks, 3rd Edition, Prentice-Hall (1996).

(平成10年2月15日受付)

