

## 次世代インターネットプロジェクト研究の動向

— 日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業 —

特集 プロジェクト研究

宮原 秀夫\*, 下條 真司\*\*

## Research trend of next generation Internet

Key Words : Internet, TCP/IP, vBNS, Ipv 6

## 1. はじめに

インターネットは、当初研究者どうしが電子メールや電子ニュースなどの文字情報を交換する手段として広まっていった。インターネットが普及するにつれて文字情報を運ぶ基盤として、ますます人々の生活に密接に関わるようになってきた。それとともに、運ばれる情報も画像、音声、動画などのマルチメディア情報に変化してきた。インターネットは今や電話、放送などの既存の情報メディアをものぐ巨大なメディアに成長しつつある。しかし、現在のインターネットを情報伝達のインフラとして見た場合、その中で電話や映像などを含めたいわゆるマルチメディア情報を扱うにはあまりにも脆弱であるといわざるを得ない。バックボーンネットワークの通信回路容量があまりにも少ないということも、その原因の一つではあるが、ネットワークのアーキテクチャ自体にも大きな問題がある。つまり、現在のインターネットにおけるトラヒック伝送は、ベストエ

フォート型といって、テキスト、音声、画像、映像などマルチメディアを構成する情報を区別せずに、すべて同一に扱うという単一のサービスしか提供していないからである。これは、それぞれのトラヒックに関して、そのトラヒックが要求する伝送品質制御が一切行われていないことを意味する。さらに別の問題として、TVやビデオなどAV機器のデジタル化はコンピュータネットワークの家庭への広がりという側面を持っているが、インターネットが家庭へ広がっていくかどうかはアドレスの枯渇と言う問題を解決しなければならない。ここではインターネットの将来の姿と、関連するプロジェクト、特に我々が現在日本学術振興会のもとに行っている未来開拓学術研究推進事業のプロジェクトについて述べる。

## 2. インターネットの将来像

インターネットで用いられている通信プロトコル(通信規約)、TCP/IPがこれほどまでに普及した理由の一つに、このプロトコルが、実にさまざまなリンクメディア、端末の上で動作するという特徴が挙げられる。インターネットの将来像を描くとき、その多様性にいくつかの方向が見えてくる。

## 2.1 多様なリンクへの広がり

もともとインターネットは56Kbps専用線の上で動いていたプロトコルである。それが、Ethernet、FDDI等のLAN、さまざまな種類の専用線、ATM、SONETなどの広域網、Gigabit Ethernet、Fiber Channelなどの高速網へと広がっていった。その過程でこのTCP/IPプロトコルが常に使用された。その結果、数十Kbpsの低速から数Gbpsの超高速ネットワークまでが全てこの単一のプロトコルで扱うことができるのが最大の特長である。一方最



\*Hideo MIYAHARA  
1943年生  
現在、大阪大学大学院・基礎工学研究科、教授、情報ネットワーク  
TEL 06-6850-6585  
FAX 06-6850-6589  
E-Mail Miyahara@ics.es.osaka-u.ac.jp



\*\*Shinji SHIMOJO  
1958年生  
現在、大阪大学大型計算機センター、教授、マルチメディアシステム  
TEL 06-6879-8790  
FAX 06-6879-8795  
E-Mail Shimojo@center.osaka-u.ac.jp

近では、家庭内の高速ネットワークとしてIEEE 1394という規格が目ざされている。これは家庭内のAV機器をはじめ冷蔵庫や電子レンジなどが相互接続するもので、200Mbpsから400Mbpsという高速で機能する。家庭にまで光ファイバーが引かれる時代には、TV、電話、インターネットなどの情報が一本の通信線に統合され、Residential Gatewayと呼ばれる家庭内ゲートウェイを通してそれぞれの機器に情報を配送する。すでに、IEEE1394の上にもこのTCP/IPを乗せようという規格作りがIETF (Internet Engineering Task Force: インターネットにおける諸々の標準を決めるオープンな組織)で進められている。そうすると各家庭のビデオデッキや冷蔵庫に至るまでのあらゆる機器がインターネットに接続されることになる。そうするとこれらすべての機器にインターネットアドレスの割り当てが必要になり、アドレスの枯渇という深刻な問題にいつそう拍車がかかる。これを解決すべく新しいプロトコルであるInternet Protocol Version 6(Ipv6)の開発が行われている。

## 2.2 高速、広域化

もう一つの方向は、高速化、広域化である。リンクメディアの高速化はとどまるところを知らない。ATMという方式により155Mbps、622Mbpsがすでに実用化しており、Giga Ethernetなど1Gbpsを超えるリンクメディアも出現している。リンクが高速化することによって、ルータ及びそのネットワークインターフェースの高速化が重要な課題となっており、種々の技術が開発されつつある。また、光波長多重(WDM)技術による伝走路の高速化も検討されている。

## 2.3 高サービス化、セキュリティ

さらに、重要な問題はこれまでのインターネットでは、すべてのトラフィックに対して単一のサービスしか提供しなかった、つまりトラフィックの種類ごとに優先伝送処理を行うようなことはできなかった。しかし最近種々のマルチメディア・アプリケーションの開発により、TCP/IPの世界に、より複雑で多様なサービスが求められるようになった。たとえば、telnet、ftpであれば、多少の遅延やそのばらつきは我慢できるが、ビデオ会議やVoDなどのマルチメディア・アプリケーションでは大幅な品質の低下につながる。また、アカウント等いわゆるMission Criticalなアプリケーションをその

他の通常の電子メールやWEBアクセスなどと区別して扱いたいと言う要求とも同様である。もちろんセキュリティも重要な要件であり、通信の秘密や攻撃から守りたいと言う要求もある。これまでこれらの要求は必要とするサービスに応じて、別々の専用線をはっていた。しかし、インターネットプロトコルの高機能化によって、一本のイントラネットの上に、これらが別々の要求を満たす仮想的な専用線を用意することができるようになってきた。これが、VPN(Virtual Private Network)である。これによって、たとえば、大学における事務処理と研究開発という種類の異なるトラフィックを一つのネットワーク上にうまく混在させることができる。

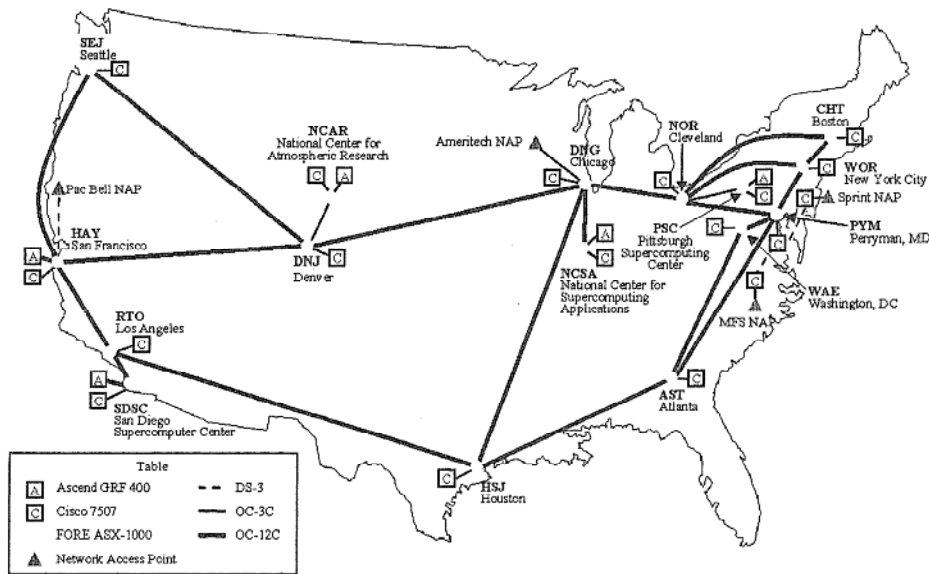
## 3. 次世代のインターネットプロジェクト

このようにインターネットは大きな転機を迎えている。セキュリティ、伝送品質制御などの新しい問題に対して、実用レベルで対処できるかどうかを試される時期にある。とはいえ、これまでのように、これらの新しい機能を、現在我々が使用しているインターネット上容易に実験するわけにはいかない状況になってきている。なぜなら、インターネットはある意味で、すでに人々の生活に深く根ざした欠かせないものになってしまっているからである。また、これらの問題は単なるネットワークの技術的問題だけではなく、アプリケーションを巻き込んで評価する必要がある。そこで、通常のインターネットとは別に実験網を構築し、新しいインターネットのための技術開発を行っていこうとするプロジェクトが現在世界各地で進行中である。それらのいくつかを以下に紹介する。

### 3.1 米国の状況

米国では1985年頃から、NSF(National Science Foundation)の支援によって全国5ヶ所のスーパーコンピュータセンターを中心としたバックボーン・ネットワーク整備が行われた。これがいわゆるNSFnetである。このNSFnetの体制が1995年にいったん終わりを告げる。すなわち、政府による学術研究用のネットワーク・バックボーンは民間に置き換えられることになる。しかし、同時に次世代インターネット(NGI: Next Generation Internet)に向けた研究開発プログラムがNSFによって始まる。それが、vBNS(very high performance Backbone Network System)である。vBNSが次世代高速ネット

vBNS Backbone Network Map



© 1998 MCI Telecommunications Corporation

図 1 vBNS



ワークテストヘッドとして1995年から5年間の計画で構築された(図1)。ネットワークのノード間を接続する通信回線は622Mbpsの速度を有し、現在71の組織が参加している。vBNSはバックボーンであり、このネットワーク上で実際にアプリケーション実験を行うプロジェクトとして、Internet 2と呼ばれるプロジェクトがある。Internet 2プロジェクトは、UCAID(University Corporation for Advanced Internet Development)と呼ばれる大学研究者の集まり、およびQwest, Cisco, Nortelと呼ばれる企業との連合によって組織され、産学協同で推進されている。

3.2 我が国の状況

残念ながら、我が国では国がイニシアティブを取って、次世代インターネットテストベッドを構築するという動きがなかった。米国でvBNSが始まった1995年から1997年まで我が国ではNTTが中心になってマルチメディア利用実験が始まった。これは、155MbpsのATM全国網を利用してさまざまな利用実験を行おうというものであった。その中で22の大学や企業の研究所がまとまってOLU(On-Line University)という実験を行った。これは、高速ネットワークで接続されることによって大学における研究や教育がどのように変わるかを示すものであった。そのなかで、MPEG2(映像情報の圧縮技術)を利用した遠隔講義の実験などが行われた。これが、その

後の以下に述べる我々の未来開拓プロジェクトにつながっていくことになる。1997年からAsia-Pacific Advanced Network Consortium(APAN)が、日本、シンガポール、韓国、オーストラリアなどを巻き込んだ国際研究組織として立ち上がっている(図2)。APANでは、アプリケーション、ネットワーク、ユーザーコミュニティのエリアのもと、さまざまなワーキンググループによって、広域高速ネットワークを用いた実験、研究が行われている。本年9月には科学技術庁のプロジェクトとしてvBNSとの接続を果たした国際的な実験に向けて動き出した。この

APAN Topology

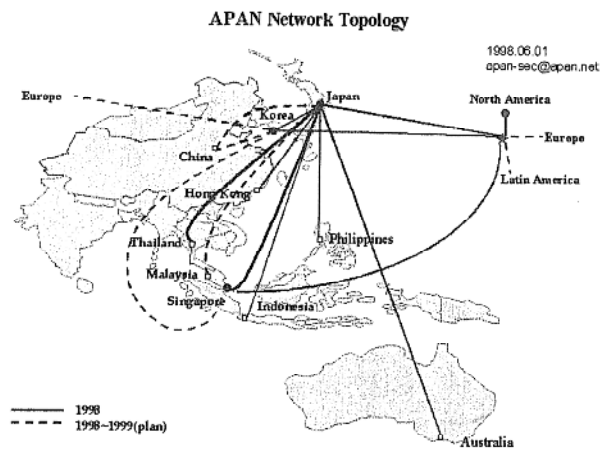


図 2 APAN

中ではVR, 電子図書館, 遠隔医療などの実験が行われる予定である。また, Ipv6, マルチキャスト, QoS(伝送情報の品質制御)など新しいネットワーク技術の実験も行われる。

今年度の補正予算を用いて通産省ではNGI関連の開発を行っていく予定である。また, 郵政省では列島を縦断するギガクラスのネットワークを構築し, 来年度から実験を行う予定である。

#### 4. 未来開拓プロジェクト

先に述べたOLUプロジェクトを行っていた大学間の核のメンバーが中心となって, 1997年から日本学術振興会の第163インターネット技術研究委員会(ITRC: Internet Technology Research Committee)という組織を形成した。この研究会が日本学術振興会の行っている未来開拓研究推進事業に応募したところ, 運良く採択され, 1997年度より5年間の予定で未来開拓学術推進事業「高度マルチメディア応用システム構築のための先進的ネットワークアーキテクチャの研究」が始まった(課題番号: JSPS-RFTF 97R16301)。

##### 4.1 研究概要

本研究では, ATM網に偏ることなく, 現在登場

しつつある様々な現実的な網構成技術を組み合わせた網を対象とし, 遠隔会議や仮想世界技術を駆使した仮想商店街などの様々な応用システムのプロトタイプを構築し, これら分散マルチメディア応用システムを実現するためのトランスポートネットワーク技術をインターネット技術を基礎に開発する。これらのマルチメディア応用システムを構築したネットワーク上に展開し, トラヒックパターンなどの計測を行い, 現在のインターネットプロトコルの問題点を解析する。これらのデータをもとに, 産業界の協力を得て, 新しい高速ネットワークのためのトランスポート技術を開発する。特に, 新しいインターネットのプラットフォームに基づいた超高速ルーティング, マルチメディア応用のための品質保証を実現するネットワークアーキテクチャ, セキュリティなどの重要諸技術の研究開発を行う。実証実験ネットワークとして関西の3大学, 大阪大学, 京都大学, 奈良先端科学技術大学の間にATMによる高速ネットワークを構築し, 広島大学, 九州工業大学までATMメガリンクを用いたネットワークを構築している(図3)。このネットワーク上にはATMをIPからQoSを含めて利用するために, セルフスイッチルータを用いた高速IPネットワークを構築し, 実験を行って

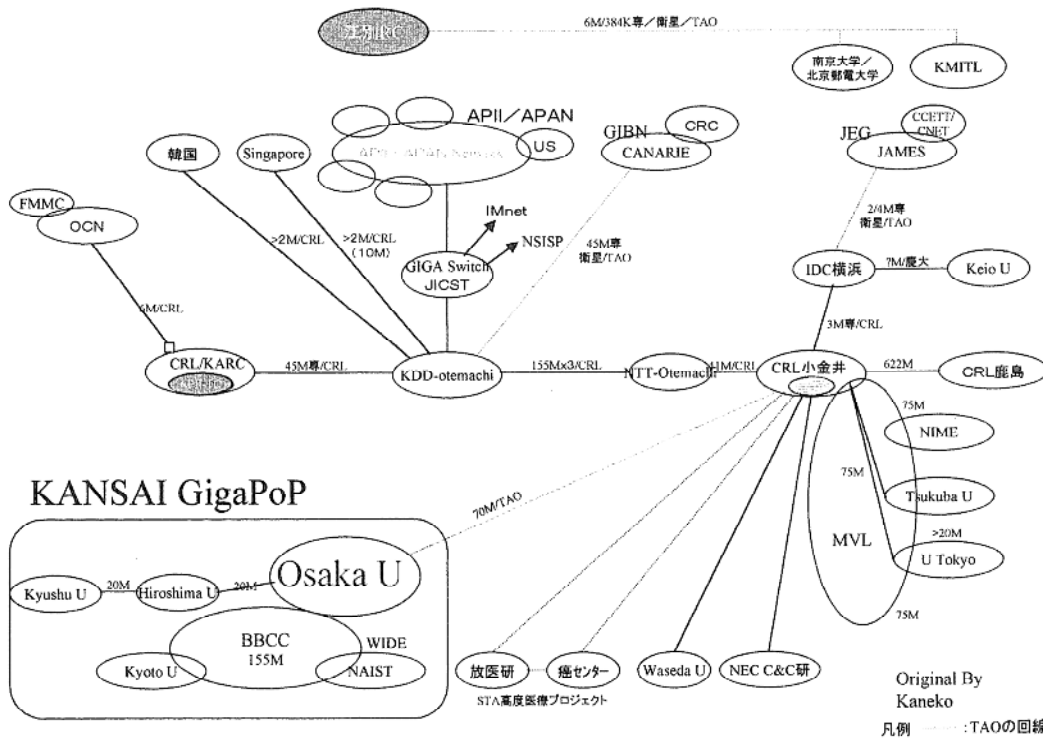


図3 日本の実験ネットワーク

表 1 研究組織

プロジェクトリーダー 宮原秀夫 大阪大学 教授	— 高度応用システムの開発		
	下條 真司	大阪大学	助教授
	西尾章治郎	大阪大学	教授
	池田 克夫	京都大学	教授
	釜江 常好	東京大学	教授
	辰巳 治之	札幌医科大学	教授
	高田 敏広	NTT基礎研究所	研究主任
	水島 洋	国立がんセンター	がん情報研究部室長
	— ミドルウェア層の開発, 評価		
	村田 正幸	大阪大学	助教授
	村岡 洋一	早稲田大学	教授
	野口 正一	日本大学	教授
	藤原 洋	インターネット総合研究所	
	相原 玲二	広島大学	助教授
	太田 昌孝	東京工業大学	助手
	一井 信吾	東京大学	助教授
	尾家 裕二	九州工業大学	教授
	藤川 健二	京都大学	助手
	中山 雅哉	東京大学	助教授
	牛島 和夫	九州大学	教授
— 日本学術振興会研究員			

る。応用システムとして視覚障害者のための支援システム、遠隔医療などの実験を行っている。

研究組織は表1のように大学だけでなく、産業界にも広がる大きな組織になっており、さらに周辺にたくさんの研究者らが控えている。まさに、全国、さまざまな分野にまたがる研究組織となっている。

## 5. む す び

インターネットを取り巻く状況は急速に変化している。その未来を先取りすべくいくつかの実験プロジェクトが現在進行中である。そこではネットワーク技術者だけではなく、医療、教育などのアプリケーション開発に関わる人々の協力が強く求められている。高速ネットワークが世界中に普及することによってどんな未来が待ち受けているのかを明らかにしていく必要がある。