

WIDE Project

加藤 朗

1. はじめに

WIDE Project [1] は計算機ネットワークや広域分散環境に関する実証的な研究を行なうことを目的とした共同研究プロジェクトである。1987年頃から当時の JUNET [2] の管理などにたずさわってきたメンバーを中心に発足し、現在、約60名の研究者が関与するものになっている。

WIDE Project 発足当初は、アメリカ合衆国では ARPANET や CSNET が整備され学術研究用の広域ネットワークが発達していたが、日本国内では JUNET に代表される UUCP を基盤としたネットワークによって電子メールの交換は可能になっていたにすぎなかった。そこで、われわれはまず、計算機ネットワークを構築することから始める必要があった。

このネットワークの構築にあたっては、当時の JUNET の経験をなるべく生かすことを考えた。つまり、JUNET のような、隣接ノードを自由に接続するトポロジーでは、ネットワーク全体の管理が困難になることから、NOC¹ と呼ばれる拠点をいくつか設け、各組織は原則として NOC に直接接続することにした。

ネットワークプロトコルとしては、OSI が標準であるとする向きもなかったわけではないが、UNIX マシンを中心に各大学や企業ではローカルエリアネットワークの構築が始まっていたことで、これとの親和性や、多くの大学で 4BSD UNIX のソースライセンスを取得していたことから、TCP/IP プロトコル群をまず考えることにした。

主に最初の2年間はネットワークの基盤を整備することに重点が置かれた。この間、WIDE Internet は東京-京都を結び、さらにアメリカ合衆国の University of Hawaii を中心とした PACCOM Project の援助を受け、慶応義塾大学矢上キャンパス²から国際専用回線を経由して、アメリカ合衆国のインターネットに接続が

なされている。

2. WIDE Internet の現状

WIDE Internet は、前述のように単にネットワークとしてのサービスを提供するだけが目的ではなく、ネットワークに関連するさまざまな実験を行なう基盤として管理・運用が行なわれている。この管理運用の作業も、研究者が研究・教育の間に行なうもので、専任のエキスパートに管理を任せているわけではない。このためおのずと管理できるネットワークの規模も制約されており、「IP connectivity のみを目的とした参加」には、現在お応えすることができない状態にある。

1992年10月現在で、仙台、東京、藤沢、京都、大阪、広島、福岡の7箇所に NOC を設置しており、約60の WIDE Project に関連する組織が接続されている。論理的な接続は図1に示すようになっている。

各 NOC 間のリンクはバックボーンと呼ばれ、NOC の機器・設備とともに重点的に管理・運営がなされている。当初 64kbps のデジタル専用線を使用して運営されていたバックボーンも、ユーザー数の増加やいろいろなアクティビティの増大とともに、トラフィックが増加してきた。そのため、特にトラフィックの多い東京-藤沢間、藤沢-University of Hawaii 間のリンクは 192kbps に帯域が拡張されている。なお後述のように 1992年10月より、大阪-福岡の 64kbps のリンクを廃し、GENOME NET や TISN と共同で京都-福岡に 192kbps のリンクが設定されている。

WIDE Project の各参加組織は、最寄りの NOC に接続している。一部に、3.4kHz の自由品目の専用線にモデルを利用して SLIP [3] で接続したり、192kbps の専用線を使用しているところもあるが、大多数のリンクは 64kbps デジタル専用線を使用したものである。

X.25 公衆バケット交換網や ISDN を利用した接続形態も考えられるが、現在の TCP/IP ネットワークのト

かとう あきら 慶応義塾大学

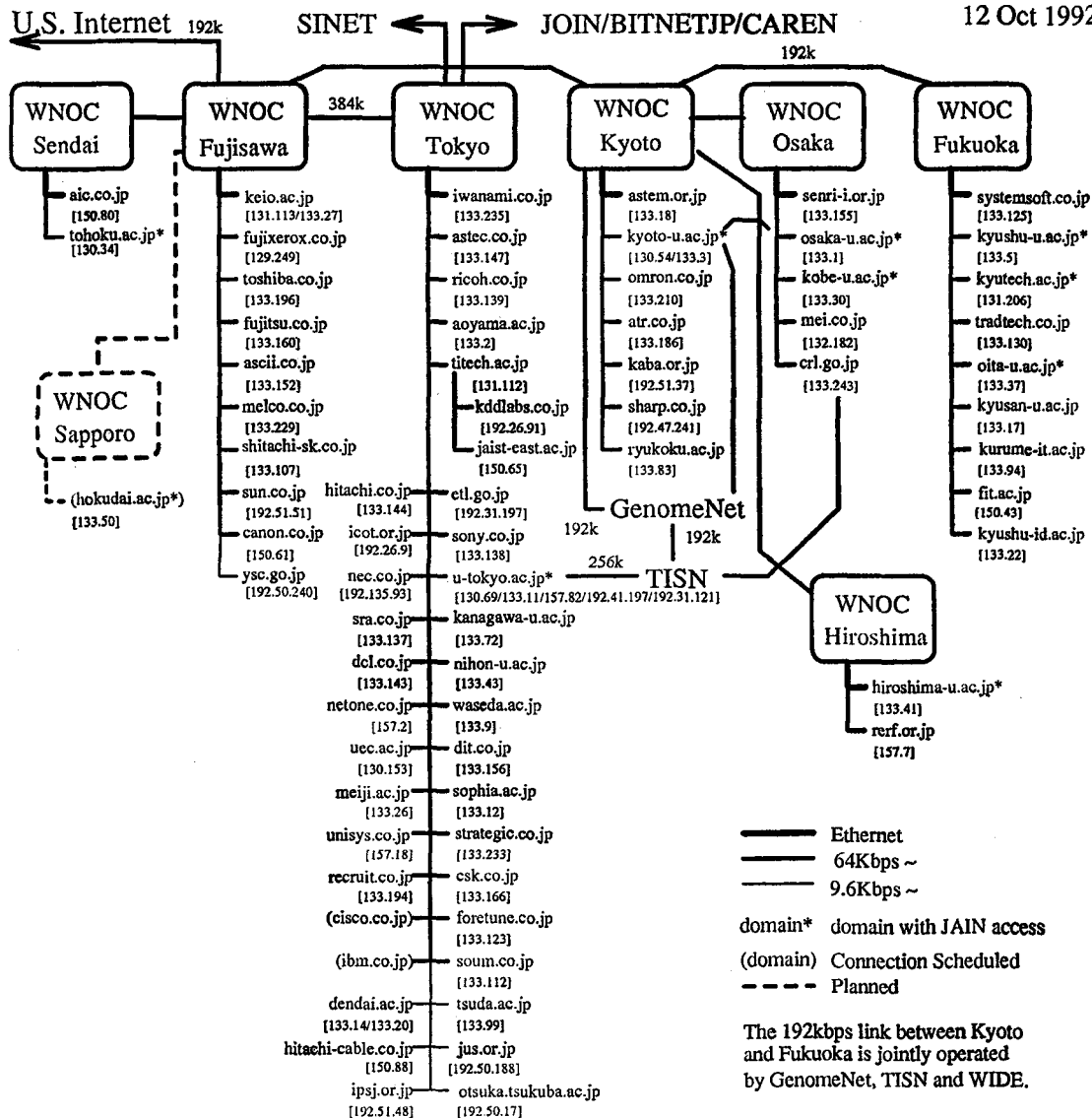
〒252 藤沢市遠藤5322

¹ Network Operation Center

² 1988年当時。現在は同大学湘南藤沢キャンパス

The WIDE Internet

12 Oct 1992



ラフィックの量や時間的な分布を考えると、これらのみを利用して接続を行なうのは得策ではない。自宅からの接続や、合宿、あるいはネットワークリンクの障害時など、時間的に限定されている場合には有効であり、しばしば利用されている。

3. WIDE Internet の運用技術

WIDE Internet は、TCP/IP を基盤技術として用いたネットワークであるが、単なる IP connectivity

を提供することが目的ではない。ネットワークに関連した種々の実験が可能になるように構成されていなければならない。図に示すように、WIDE Internet は冗長な構成になっていないので、障害発生時に関する実験は単独では行なうことはできないが、他のネットワークの協力を仰いだり、必要に応じて ISDN を利用したリンクを起動するなどの方法をとることも可能である。

実験ネットワークとして重要な要素の1つに、ルータなどのネットワーク機器のソフトウェアなどを変更する

ことが可能かどうかということを挙げるができる。市販されている専用ルータのみを用いてネットワークを構築することは、安定さや管理の容易さという点で優れているが、残念ながらわれわれの手でそのソフトウェアを変更することは一般には不可能である。そのため、若干手間がかかるものの、UNIX ワークステーションをルータとして活用している場合が多い。

特にバックボーンでは、種々の統計情報を必要に応じて採取したいため、基本的には UNIX ワークステーションをベースにリンクが構成されている。主に Sun が使われ、データリンクプロトコルとしては Sunlink/IR が使用されているが、CSLIP [4] なども活用されている。

ネットワークの管理は、専任のオペレータが行なうというような体系化はなされていないが、SNMP [5] などのネットワーク管理プロトコルも一部で使用されている。運用ベースのネットワークとは異なり、メンバーの多くはネットワーク管理にもたずさわっているので、管理体系が確立していない割にはそこそこの管理水準が維持されている。

4. 経路制御

WIDE Internet は、他の国内のネットワーク同様、経路情報交換プロトコルには RIP [6] を用いてきた。RIP は容易に実装できることから、キャンパスネットワークでの経路情報交換に多用されており、中規模までのネットワークでは比較的良好に動作する。しかしながら、国内のインターネット全体としては、さまざまなネットワークが複数の地点で接続される複雑なトポロジーになっており、これを RIP のみで運用することには限界がある。

そこで、各ネットワークプロジェクトをそれぞれで独立した経路制御ポリシーが実装される、いわゆる Autonomous System (AS) として考え、それぞれの間の経路情報は RIP ではなく Exterior Gateway Protocol を使用することが考えられている。日本のインターネットは複雑なトポロジーを形成しているため、Exterior Gateway Protocol としては、EGP [7] ではなく、BGP [8] を用いる必要があるだろうと予想されている。

BGP を Transient AS の Border Gateway 間で用いる場合、Interior Gateway Protocol との同期が問題になる。そこで、Tag 情報を用いて比較的容易に同期を取ることができる OSPF [9] を WIDE Internet

内部での経路情報交換に用い、それと BGP をあわせて用いることが検討されている [10]。

5. 研究 Working Groups

WIDE Project は、WIDE Internet を運用することが目的ではなく、WIDE Internet を利用して種々のネットワークに関連した実験や研究を行なうことに主眼がある。そこで、いくつかの研究 Working Group に別れて、それぞれの研究を行なう体制ができています。

以下に、最近アクティブな WG のいくつかを紹介する。

STAT

WIDE Internet における種々の統計情報の収集とその解析を行なうグループである。単にパケット数のみをモニターするだけではなく、TCP のポート別のトラフィックやコネクションの継続時間の分布なども調査している。これらの結果は、WIDE Internet がどのように使用されているのかということや、ユーザーの平均的なモデルを探りネットワーク制御アルゴリズムを検討するためには重要なデータとなる。また、WIDE Internet のどのリンクが混雑しているかという情報は、リンク拡張の計画を立てるうえで参考になる。

Datalink

ISDN の特に B channel 回線交換モードを利用して IP データグラムの配送方式を考えるグループであり、市販のターミナルアダプタを利用して IP 接続を行なうソフトウェアが試作されている。年に 2 回行なわれる合宿では、臨時 ISDN 回線を引き、WIDE Internet に接続することで、実際にネットワークを操作しながら議論を行なっている。

Satellite

人工衛星を利用した通信で、送信局から多くの受信局にマルチキャストの IP データグラムを送る機能を活用することを検討しており、実際の実験も開始されている。一方性の衛星からのマルチキャストと地上網を組み合わせた通信形態を考え、その経路制御やトランスポートプロトコル、アプリケーションについて議論が行なわれている。

Policy Routing

国内のインターネットの諸事情を材料に、BGP や IDRP などの経路制御プロトコルの調査やその応用などについて検討を行なっている。

SOCIO

ネットワークが社会的におよぼす影響を、過去の

JUNETでの経験や統計情報、アンケートなどから調査検討を行なっている。

EDU

大学の新生が最初に触れるワークステーションが全世界のネットワークに接続されているという状況は、もはやそれほどめずらしくはないが、そのような環境をどのように教育すべきか、ネットワーク利用モラルなどとの関連から考え、教育に有用な資料の整備を行なっている。

ISODE

TCP/IPの基盤を利用してOSIの上位プロトコルを実装したパッケージ ISODE を利用して、X.500ディレクトリサービスを中心に実際に試験運用を行なっている。この運用はPilot Projectとして登録されており、海外からもWIDE Internetの一部の組織はX.500で検索が可能になっている。

VIP [11]

移動ホストとの通信を可能にするため、仮想的なネットワーク層のアドレスとゲートウェイのforwardingにより実現する方式に対して実装や評価を行なっている。この方式は、移動ホストに対するTCP/IPの実装の標準の候補の1つとして、IETF³で議論が行なわれている。

DFS

広域ネットワーク上での分散ファイルシステムに関して議論を行なっており、ftpとキャッシュを利用したWWFS [12]が試作され、WIDE内部で配布・評価が行なわれている。

上に記したもののほかにも、国立天文台と共同で国内にNTPのサーバーを設置し、ネットワーク上での時刻同期をより確実にすることを検討しているグループなどもあり、多方面で活動が行なわれている。

6. 他のネットワークとの相互接続

WIDE Internetは、1988年当時のJUNETを受け継いでいると考えることもできるわけで、JUNETやその他の多くのネットワークと協力的な関係を維持している。

また、デジタル専用回線のコストと帯域の関係は非線形性であるため、同一地点を接続する別のネットワークが存在した場合、これを共同で運営することによ

て、より大きな帯域を得ることができる。1992年10月からは、京都一福岡間のネットワークリンクをゲノム研究ネットワーク、東大国際理学ネットワーク (TISN) と共同で運営することになり、192kbpsのリンクが運用されている。これに伴い、京都一藤沢、藤沢一東京の回線帯域を1992年10月中にそれぞれ192kbps、384kbpsに増強する予定である。

経済的な問題がトリガーであったにせよ、このような複数のネットワークプロジェクトが協調することは、全体のネットワークのスムーズな運営のために必要不可欠であると考えている。また、このような協調は、ネットワーク全体のパフォーマンスを向上させるとともに、複雑化したトポロジーを整理する効果もある。

7. まとめと今後の展望

ネットワークは研究やさらには商業活動などにも非常に有用な情報交換媒体であり、今後さらに接続される組織もユーザーも増加することは疑う余地がない。現在商用サービスを行なうネットワークも検討されていると聞いているが、一方ネットワークは技術の進歩が非常に速い分野でもある。

最近では、IPアドレス、特にClass Bと呼ばれる中規模のキャンパスネットワークに適したアドレスレンジは、全体の半分を割り当ててしまう状況であり、アドレス資源が枯渇することが確実視されている。このような状況を解決するため、CIDR⁴やTUBA [13]⁵などが提案されている。いま現在ネットワークが順調に稼働しているといっても、アドレス空間の問題や経路制御などの問題に対してきちんと対処することが必要であり、研究活動が不可欠である。

これから商用のネットワークサービスが出現すれば、IP reachabilityを提供するというWIDE Internetの1つの使命が移管され、WIDE Projectはネットワークの運用をはなれ、研究開発に専念するということになると思われる。

いずれにせよ、ネットワークは多くの人や組織の協調があって初めて運用できるものである。WIDE Project

⁴Classless Inter Domain Routing. 従来のIPアドレスのClass A, Class B, Class Cというクラスにとらわれない経路制御方式

⁵TCP & UDP with Bigger Address. OSIのアドレス形式を用いる方法

³TCP/IPの標準作成に向けて、さまざまな技術的な検討を行なうグループ

UNIXワークステーションによる

科学技術計算 ハンドブック 基礎篇・C言語版

戸川隼人著・A5判・定価9800円(税込)

本書は、近年のコンピュータ技術の進歩により生み出された低価格・高性能のWSを、十分に活用するため

- 普通の参考書の2倍以上の頁数を使って、
- 最新技術をすぐに役に立つ形で詳説し、
- C言語によるプログラム例を80本収録、
- そのフロッピー・ディスクを標準添付した、

理工系研究者、技術者、院生に必携の書。

主要目次 ワークステーション UNIXの操作法の要点 C言語の要点 基礎知識 線形計算 非線形方程式 行列の固有値問題 補間・近似・数値積分 常微分方程式

新時代のコンピュータ総合誌

Computer Today

93年1月号予告/18日発売/定価930円

マルチエージェント

マルチエージェント型

知識ベースシステム

西田豊明

マルチエージェントによる

組織的解決

榎木哲夫

協調知識ベースシステム

北村泰彦

月刊誌

数理科学

12月号/発売中/定価980円

ウェーブレット

— 信号の新しい表現 —

ウェーブレット解析は過去10年ほどの間に急速に進歩し、最近様々な分野での応用が試みられている。本号では、いま最も注目されているウェーブレットについて基礎から応用研究までを紹介・解説する。

山口昌哉/山田道夫/大田黒俊夫/木田 睦/上野山 努/小山慎治/守本 晃/菊池久和

サイエンス社

東京都千代田区神田須田町2-4 安部徳ビル

☎03(3256)1093 振替 東京7-2387

はネットワーク専門家としての技術を柱に、これからの日本のインターネットワークの発展に寄与していきたい。

参考文献

- [1] 村井純ほか, 大規模分散環境 WIDE のアーキテクチャ. 情報処理学会マルチメディアと分散処理研究会資料, 7 1991. 51-4.
- [2] J. Murai and A. Kato. Researches in Network Development of JUNET. In *Proceedings of SIGCOMM '87 Workshop*. ACM, 1987.
- [3] J. L. Romkey. A Nonstandard for Transmission of IP Datagrams over Serial Lines: SLIP. RFC 1055, June 1988.
- [4] Van Jacobson. Compressing TCP/IP Headers for Low-Speed Serial Links. RFC 1144. February 1990.
- [5] J.D. Case, et al. A Simple Network Management Protocol (SNMP). RFC 1157, May 1990.
- [6] C. L. Hedrick. Routing Information Protocol. RFC 1058. June 1988.
- [7] D. L. Mills. Exterior Gateway Protocol Formal Specification. RFC 904, April 1984.
- [8] K. Lougheed and Y. Rekhter. A Border Gateway Protocol 3 (BGP-3). RFC 1267, October 1991.
- [9] John Moy. OSPF version 2. RFC 1247, July 1991.
- [10] K. Varadhan. BGP OSPF Interaction. RFC 1253, September 1992.
- [11] Fumio Teraoka, et al. A Network Architecture Providing Host Migration Transparency. In *Proceedings of SIGCOMM '91* 1991.
- [12] Youki Kadobayashi, et al. WWFS: A framework for distributing information in the Internet environment. In *Proceedings of the 17th IEEE Region 10 International Conference TENCON '92*, November 1992.
- [13] R. Callon. TCP and UDP with Bigger Addresses (TUBA), A Simple Proposal for Internet Addressing and Routing. RFC 1348, June 1992.