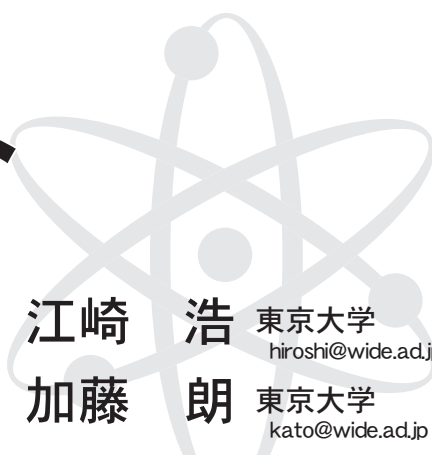


JB プロジェクト



江崎 浩 東京大学
hiroshi@wide.ad.jp

加藤 朗 東京大学
kato@wide.ad.jp

村井 純 慶應義塾大学
junsec@wide.ad.jp

宮原秀夫 大阪大学
miyahara@ics.es.osaka-u.ac.jp

JB プロジェクトは、1998年に、WIDE プロジェクト (<http://www.wide.ad.jp/>)、ITRC (インターネット技術委員会, <http://www.itrc.net/>)、CKP (サイバー関西プロジェクト, <http://www.ckp.or.jp/>) が中心となって、広帯域/高機能の研究テストベッドの構築を行い、それをういた、研究開発ならびに実証的実験を展開推進するために、発足させた研究開発プロジェクトである (代表: 慶應義塾大学 村井純教授)。JB プロジェクトは、国際的には、APAN, AIG, APII などの協力をを行いながら、国際的先進研究開発テストベッドの1つの拠点として、国際接続ならびに国際的な共同研究開発を行うことを目指している。

JB プロジェクトでは、次世代のインターネットにおける基盤技術、ミドルウェアおよびアプリケーションに関する技術の研究開発を、JGN の高速リンクを用いながら展開している。

はじめに

インターネット技術は、グローバルでユービキタスなデジタルコミュニケーション環境を、多様なデータリンクを用いて提供する。

インターネット技術は、当初のコンピュータサイエンスの研究者による研究者のためのデジタルネットワーク基盤から、世界中の人々とデジタル機器を相互接続し、産業活動と生活活動を支えるデジタルネットワーク基盤へと、その役割がより一般化した、したがって、21世紀のインターネットは、ますます多様になるデジタルメディアと要求条件に、柔軟に対応できなければならない。すなわち、21世紀のグローバルユービキタスなデジタルネットワークの基盤となるための、進化を遂げさせなければならない。このような、技術的な進化を実現するためには、進化に必要な技術の研究開発と、実ネットワーク環境での実証的な技術検証、さらに、先進的な実ネットワーク環境を JB プロジェクトのネットワークに接続された研究者に提供することで、次世代インターネットに対する新たな要求条件が明確化/顕在化されるとともに、新しいアプリケーションに対する研究開発が加速化されるものである。

次世代インターネットは、以下のような環境を提供できなければならない。

- Internet for everyone
- Internet for everything
- Internet everywhere
- Internet at any time
- Internet anyway

1998年以降、JB プロジェクトにおいて、戦略的に取り組んできた研究開発は、すべて次世代インターネットの基盤プロトコルである IP バージョン 6 に集約化した。

128 ビットのアドレス長を持つ IPv6 は、次世代インターネットで要求される大量のアドレスを供給するとともに、本来のインターネットが提供していたエンドツーエンドにトランスペアレントなデジタル通信基盤を提供することができる。すなわち、これまでのインターネットの発展と進化を支えてきた、エンドツーエンドアーキテクチャモデルを、21世紀にも継続して提供することができるようにする技術である。

IPv6 の基盤ソフトウェア自体、ミドルウェアおよびアプリケーションは、JB プロジェクト IPv6 ネットワークを用いて実証的な検証が行われ、そのいくつかは産学において、国際的にも広く利用される参照ソフトウェアとしての品質と信頼を確立することができた。

本稿では、まず、プロジェクトの概要と、基盤技術とアプリケーションの研究開発の概要、さらに、2000年に開催した JB プロジェクトが参画および技術的な支援を行った iGrid2000 および IETF2002 の概要を述べる。その後、JB プロジェクト実証実験網の構成を国内の構成と対外接続の状況に関して述べ、最後に、今後の研究開発項目と実証実験網の発展の方向性を述べる。

JB プロジェクトの概要

● JB プロジェクトネットワークの構成

JB プロジェクトの目的は、全国規模の次世代研究開発テストベッドの構築と運用、さらに、これを用いた、実ネットワーク環境での実証的技術検証である。さらに、JB ネットワークは、グローバルな研究開発テスト

ベッドの一員であることが必須であり、APAN, APII, AI3, Internet2/Abeline や 6REN など^{1)~3)}, 国際研究開発組織との協調関係を確立し、国際的な研究開発テストベッドとの相互接続を行っている。

JB プロジェクトのテストベッドは、WIDE プロジェクト, ITRC, CKP が協力して構築しているものであり、種々のデータリンク技術が利用/適用されており、さまざまな組織のテストベッドと相互接続ならびにオーバーレイしている。



図-1 IPv6 プロトコルスタック研究開発プロジェクト

- 総務省 JGN (ジャパングガビットネットワーク)
- 独立法人 通信総合研究所 APII テストベッド (<http://www.apii.net/>)
- APAN/TransPac (<http://www.apan.net/>)
- WIDE インターネット (NTT グループ, PowerCom/TTnet との共同研究を含む)
- AI3 テストベッド (<http://www.ai3.net/>)
- BBCC (2002 年 9 月集結)

● 基盤技術に関する研究開発

IPv6 技術

JB プロジェクトでは、WIDE プロジェクトで 1990 年中頃から本格的に研究開発活動を継続してきた IPv6 関連の活動を継続しさらに拡大強化した。

特に、BSD 系 UNIX のための IPv6 プロトコルスタックの研究開発を行う KAME プロジェクト (<http://www.kame.net/>), Linux のための IPv6 プロトコルスタックの研究開発を行う USAGI プロジェクト (<http://www.linux-ipv6.org/>), さらに、IPv6 ノードの機能動作検証の仕様と検証ソフトウェアの研究開発を行う TAHI プロジェクト (<http://www.tahi.org/>) を核として、IPv6 技術に関する基盤技術の研究開発を確立推進した (図-1 に各プロジェクトのロゴを示した)。KAME プロジェクトと TAHI プロジェクトは 1998 年に発足、USAGI プロジェクトは 2000 年に発足した。

KAME プロジェクトの成果である IPv6 プロトコルスタックは、独立に研究開発ならびに実装を行っていたフランスの INRIA のグループと米国の NRL (Naval Research Lab) のグループとの統合化を経て、現在、ほとんど、すべての BSD 系 UNIX の IPv6 プロトコルスタックとして採用されている。

USAGI プロジェクトの成果は、2002 年 4 月から、Linux のいわゆる本家のソースへのパッチプログラムとして、採用が始まっている。さらに、TAHI プロジェクトには、欧州 ETSI の PLUG のグループ、米国の Connectathon のグループから協力要請がきてるとともに、単独でも 3 度の相互接続イベントを日本国内で開催

し、海外からも多数の参加があった。

KAME プロジェクトでは、経路制御プロトコルの IPv6 化も重要な技術課題と認識し、RIPng, BGP4+ の実装を早期に完了し、大規模なネットワークにおいて適用される Interior Gateway Protocol (IGP) である OSPFv3 の研究開発に注力した。JB プロジェクトにおける OSPFv3 の研究開発は、米国 IP Infusion 社 (<http://www.ipinfusion.com/>) との共同研究体制のもと推進され、現在、JB プロジェクトインターネットにおいて、KAME および USAGI のプラットフォームの上で、日常的に動作している。

次に、IPv6 システムのグローバルスケールでの本格的な普及と展開を推進するためには、FQDN (Fully Qualified Domain Name) と IP アドレスに関するグローバルスケールでのディレクトリサービスを提供している DNS (Domain Name Server) システムの IPv6 化を進める必要がある。実際、WIDE プロジェクトは、世界に 13 個しか存在しないルート DNS サーバの中の 1 つの DNS サーバ (M ルートサーバ) に関する運用責任を負っている。DNS システムは、クライアントサーバ型のシステムであり、クライアントは resolver, サーバは bind というソフトウェアモジュールを用いるのが一般的である。bind は、Berkley Internet Name Domain の略で、ISC (Internet Software Consortium, <http://www.isc.org/>) から、フリーのソフトウェアとして配布されている。JB プロジェクト (WIDE プロジェクト) では、ISC との共同で、bind の IPv6 化を中心に据えた共同研究開発活動を継続している。さらに、グローバルな DNS システムの IPv6 化を推進する活動を展開しており、特に、13 個のルート DNS サーバの IPv6 化 (サーバの配置位置や移行の方法など) の責任を負っている。

ネットワーク監視技術

多様なユーザやアプリケーションに対して、それらが必要とするネットワーク情報を効率よく収集し、かつ効果的に提供することを目的とし、標準ネットワーク管理プロトコル (SNMP) を基盤としたネットワーク情報収集技術と、効果的なネットワーク情報提供技術に関する

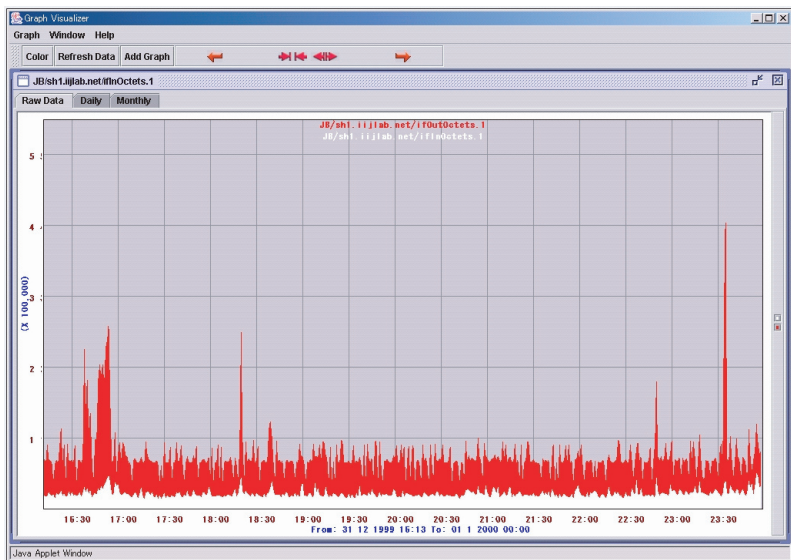


図-2 観測されたトラフィックの例

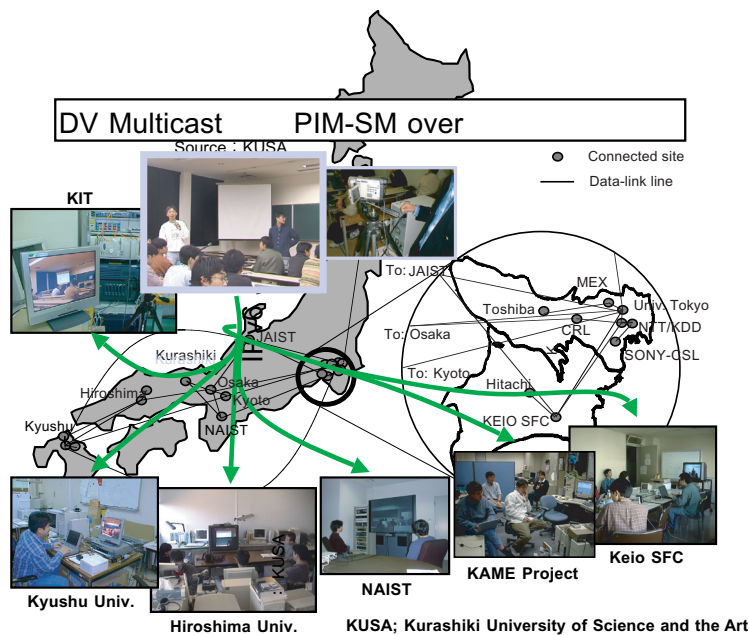


図-3 PIM-SMを用いたIPv6 DV マルチキャスト実験

研究開発を継続して行っている。

多数のノードに対する SNMP を用いた継続的な情報収集では、情報収集時刻の同期、収集時間間隔の変動の抑制、情報収集のためのトラフィックの削減が課題となる。そこで、JB ネットワークの運用開始時(1999年12月)より、SNMP を用いたネットワーク情報の遠隔収集と蓄積を行いながら、これらの課題に対応したシステムの研究と開発を行った(図-2 参照)。本実験では、JB を構成するすべてのルータに対して、ルータごとの IPv4 トラフィック IN/OUT 量、各 IF ごとの IPv4/IPv6 トラフィック IN/OUT 量、ステータス情報等の収集を行った。

次に、IPv4/IPv6 の両プロトコルが併用して運用されるネットワークの監視を目的とし、シームレスな管理

を実現するための SNMP プロトコルの拡張について研究を行った。具体的には、IPv4/IPv6 デュアルスタック上での SNMP トランスポートプロトコルの研究、および SNMPv1/v2/v3 の IPv6 対応化、マルチプロトコル相互変換エージェントの研究を行い、それぞれの実装を行った⁴⁾。現在、本研究の成果をもとに、IETF において、IPv6 に適切な SNMP トランスポートドメインの議論を積極的に行っている。

マルチキャスト技術

PIM (Protocol Independent Multicast)⁵⁾ を用いた大規模マルチキャスト技術と、少人数のグループに対するマルチキャスト技術である XCAST 技術、さらに、誤りのないマルチキャスト技術に関する研究開発を推進している。

(1) PIM を用いた大規模マルチキャスト

1999年11月27日(土)倉敷芸術科学大学(岡山県)で開催された WIDE プロジェクトの技術研究会の様を、デジタルビデオの動画像を PIM-SM (PIM-Sparse Mode) を用いて JGN 網上に存在する JB プロジェクトの主要拠点(約 10 サイト)にリアルタイム配信を行う実験(片方向配信)を行った(図-3)。2002年3月には、Internet2/Abelibe、米国 Maryland の富士通研究所、米国 Palo Alto の NTT Communications MCL と協力して、米国と日本との間で、インタラクティブなマルチキャストを用いた遠隔会議のデモンストレーションを行った。さらに、現在、SSM (Source Specific Multicast) の研究開発と実証実験網への導入を推進検討している。

(2) XCAST (Explicit Multicast, <http://www.alcatel.com/xcast/>)

XCAST は、従来の ISM (Internet Standard Multicast) のグループアドレスに替えて、パケットヘッダに到達すべき複数のマルチキャストアドレスを明記することで、宛先を指定するマルチキャスト方式である。XCAST は、MDO6 (Multicast Destination Option on IPv6) として、IBM、Alcatel などと共同で IETF に Internet-Draft として提案した。グループ数に関するスケーラビリティに優れており、多地点会議やネットワーク対戦型ゲームなど、少人数のメンバからなる小規模なプライベートマルチキャストグループが多数存在するような用途に有効である。IPv6 の Destination Option を用いて、マルチキャストグループのすべてのノードの IP アドレスを明示的

にすべての IP パケットに書き込む。残念ながら、現時点では、IETF での標準化トラックとはなっていないが、JB インターネットのみならず、韓国など海外組織との共同実験運用などを行い、技術検証と新しい機能の研究開発を引き続き行っている。

DVTS (<http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/>)

Digital Video (DV) は、民生用の高画質デジタルビデオの規格で、テレビ品質 (720 × 480 画素) の映像情報をデジタル圧縮したもので、映像はフレーム内圧縮で、音声は PCM (12 または 16 ビット) である。また、DV は IEEE 1394 インタフェースを介して映像機器とコンピュータとの間のデータのやりとりが可能である。DV における動画の符号化方式は、フレーム内の予測符号化のみを使用し、フレーム間の予測符号化を行わないため、各フレームが独立である。

DV を除く動画符号化の国際標準方式は、すべて MC + DCT を用いている MC (Motion Compensation) は、フレーム間の動き予測を行い符号化効率を上げるものであり、ほとんどの映像符号化方式はこれを採用している。これに対して、DCT (Discrete Cosine Transform) は、静止画像の符号化方式にも採用されているフレーム内の符号化技術である。DV は、DCT のみを採用することにより、MPEG 等の他の国際標準符号化方式に比べて、圧縮率は高くないが、特殊なハードウェアの必要なしに高速な符号化・復号を実現でき、さらに、記録した映像の編集が容易であるという特徴を持っている。

我々は、DV 信号を IP パケットに Encapsulate し、インターネットを用いて転送するシステム、DVTS (Digital Video Transmission System) の研究開発を行った。

データ送信側は、DV の映像音声データを IEEE 1394 インタフェースを用いて送信側の PC に入力する。送信側の PC では、DV データを IP パケット化 (DV over RTP over IPv4/IPv6) して、インターネット上で伝送する。データ受信側 PC は、送信側 PC から IP パケット化された符号化データを受信し、送信側 PC とは逆に IEEE 1394 インタフェースを介して符号化されたデータをデジタルビデオデッキなどの DV 機器に出力したり、直接 PC のディスプレイに表示する。

DVTS では、利用可能な帯域が不足する場合には (通常状態では 35Mbps 程度の帯域を必要とする)、動画がフレーム内符号化されているという特徴を積極的に利用して、転送レートの低減のために、フレーム間引きを可能としている。なお、音声データへの特別な処理は行わない。

DVTS は、当初、BSD 系 UNIX のみで動作

し映像は外部ディスプレイにしか出力することができなかったが、最近では、Linux, Windows, Macintosh のプラットフォームでも動作し、さらに、受信 PC のディスプレイ (X ウィンドウシステムへの表示も可能) に直接映像の表示を行うことができるように改善を進めた。

トラフィック計測技術

WIDE プロジェクトの MAWI (Measurement and Analysis on the WIDE Internet) が中心となって、トラフィックの計測と解析に関する研究開発を行っている。特に、2001 年には、長期間に渡って計測したトラフィックデータを効率的に集約し、ネットワークトラフィックの特徴を抽出するツールである AGURI (Aggregation-based Traffic Profiler) を研究開発し、実ネットワークで運用している⁶⁾。AGURI は、(1) トラフィック中の特徴的なフロー傾向を残しつつ、(2) 短期間から長期間に渡って利用可能なトラフィックモニタリングを行う。AGURI では、パトリシア木アルゴリズムと LRU (Least Recent Used) 手法を用いて、データ量を一定に保ちつつより多くのデータ保存を可能とした (図-4)。AGURI の 1 つの応用として、DoS 攻撃の検出や、トラフィックエンジニアリングへの適用が挙げられる。

パケットスケジューリング技術

JB プロジェクト発足時には、Diff-Serv 技術や Int-Serv 技術を用いた QoS/CoS の提供を、大きな研究開発の目標としていた。

QoS/CoS に関する研究開発活動を進める中で、QoS/CoS 以外にもさまざまなポリシーが存在し、ポリシー制御技術の中の 1 つのインスタンスとして、QoS/CoS をとらえる必要があることが認識されるようになった。その結果、QoS/CoS 研究の次段階として、ポリシー制御技術

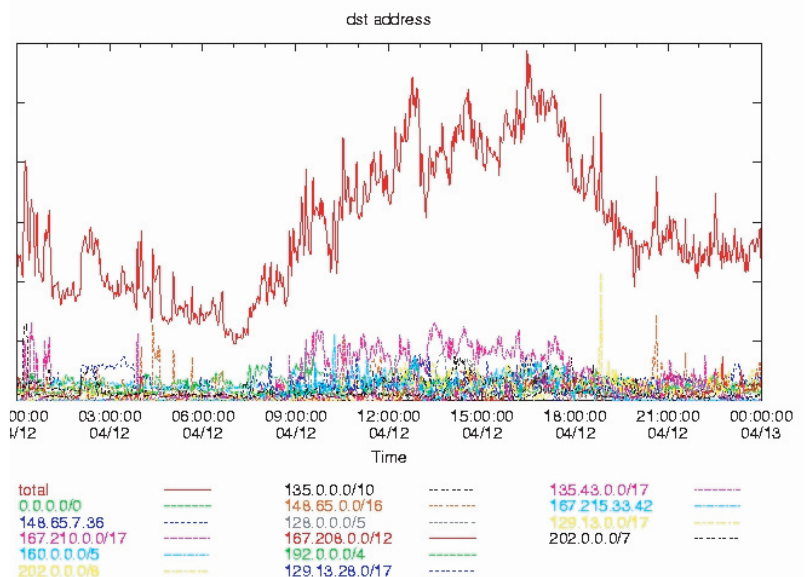


図-4 AGURI を用いたトラフィック測定結果の例

に関する研究開発を展開している。さまざまな、ユーザ（システム運用者やエンドユーザ）のポリシーを矛盾なくかつ柔軟に実現するための、汎用的で抽象度の高いポリシーの定義を確立し、これを、実現するためのシステムアーキテクチャの研究開発が、本研究チームの目標である。

ポリシー制御技術の1つの方向性でもある、Bandwidth Broker システムを用いた、QoS/CoS を提供するポリシー制御システムの研究開発と実証実験を行っている。

パケットスケジューリング機能は、WIDE プロジェクトで研究開発された ALTQ システム⁶⁾ を用いている。ALTQ システムは、有用なパケットスケジューリング (CBQ や WFQ など) を多数統合化しており、さらに、多数のパケットの廃棄メカニズム (RED など) も同時に統合化している。さらに、IPv6 の基本ソフトウェアである KAME システムへの ALTQ の統合化も完了しており、IPv6 環境での Diff-Serv の実現も可能とした。ALTQ システムは、日本国内のみならず、米国の Diff-Serv および Q-Bone (End to End Quality of Service Backbone) の研究開発を行っている研究機関でも多数利用されている。

モバイル技術

(1) LIN6 (Location Independent Networking for IPv6, <http://www.lin6.net/>)

ノード自体を識別する情報 (node identifier) とノードの位置を表す情報 (locator) の分離を基盤としたネットワークアーキテクチャである LINA (Location Independent Network Architecture) を IPv6 に適用したプロトコルである。ノードが移動しても通信を継続し、エンドツーエンドでのノードの認証識別を可能にしている。さらにマルチホームも容易に実現することができる。IETF においては Mobile IPv6 の標準化が行われているが、LIN6 は Mobile IPv6 と比較して、ヘッダオーバーヘッドがない、対故障性に優れている、などの優位性がある。

(2) GLI (Geographical Location Information)

インターネットに接続された移動体の位置情報を管理するミドルウェアである。移動体は現在位置を GLI サーバに登録し、検索者は移動体の位置情報を GLI サーバに問い合わせる。問合せには2つのタイプがある。1つは移動体の識別子を指定してその位置情報を問い合わせるものであり、もう1つは位置範囲を指定してその中に存在する移動体の識別子と位置情報を問い合わせるものである。GLI サーバを階層的に配置することにより、地球規模での運用が可能である。またプライバシー保護も考慮しており、移動体が権限を与えた検索者のみが移動

体を識別しての検索を行うことができるが、その他の検索者は公開情報のみしか得ることができないようになっている。

(3) ネットワークモビリティ

ノードの移動のみならず、ネットワーク単位での移動に関する研究開発を行い、現在、IETF において、標準化の議論を開始した。基本的には、Mobile IP のアーキテクチャをネットワークでの移動に拡張するものである。

本研究成果は、利用可能な要素技術は、インターネット自動車プロジェクトなどへ導入利用することを検討している。

認証技術

現在のインターネット環境において、個々のユーザ、ネットワーク装置など、通信に介在する要素について認証を行うための技術開発が1990年代後半から活発化している。この中で、X.509 を基盤とする認証技術をインターネット環境において広く利用していこうとする動きが広がりつつある。これに対応するかたちで、WIDE プロジェクト (moCA WG) では、1998年9月からルート CA (自己署名型 CA) として、WIDE ROOT CA を立ち上げた。

WIDE ROOT CA は、WIDE プロジェクト内でサービスを提供する moCA や SOI CA などの個別の CA に対する証明を行う CA である。ルート CA の運用技術の確立、各種アプリケーションとの相互操作性の確保、ルート CA の鍵変更実験等を通じたルート CA ならびに下位 CA の運用ノウハウを蓄積し、認証基盤の運用技術の確立を行うことを、1つの目的としている。

2000年1月の WIDE ROOT CA の鍵変更以降は、moCA や SOI CA における個別の実験を継続中である。また、WIDE ROOT CA の運用で使用しているソフトウェアの開発も行い、2001年度は日本ネットワークセキュリティ協会 (JNSA) 主催の「複数 CA 相互運用性実証実験プロジェクト (通称 Challenge PKI)」に参加した。この実験プロジェクトへの参加を通じ、現在ブリッジング、相互認証 (cross certification) などの自由度が向上した CA 運用環境における問題の明確化と解決方法の提示についても活動を展開している。

UDLR

UDL は、Uni-Directional Link の略で、衛星回線に代表される片方向の通信路のことを指す。UDLR とは、UDL を使ったネットワークにおける経路制御を表している。

インターネットで現在一般的に利用されている多くの経路制御技術は、通信路は双方向で通信が可能であることを前提として設計されている。そこで、UDLR-WG は

IETF の Routing Area の WG として 1997 年より活動を開始した。WIDE プロジェクトでは、AI3、CRL および JCSAT と協力して、アジア諸国へ、UDLR 技術を用いた実証実験網の構築運営を行うとともに、フランスの INRIA と協力して、UDLR 技術の研究開発を国際標準化活動を展開した (図-5)。UDLR システムは、IPv6 化と PIM を用いたマルチキャストを導入した運用段階に入っている。

● アプリケーション

遠隔電子顕微鏡協調作業プロジェクト⁷⁾

大阪大学にある世界最大級の超高電圧電子顕微鏡 (UHVEM) を、米国カリフォルニア大学サンディエゴ校の NCMIR (School of Medicine's National Center for Microscopy and Imaging Research) の研究者がリアルタイムに遠隔操作して、インタラクティブに遠隔利用するプロジェクトである。十分に効率的な遠隔操作を行うためには、少なくともデジタルビデオクラスの動画品質がリアルタイムに送信されなければならない。本プロジェクトは、JB プロジェクトネットワーク、APAN、Abeline、vBNS および SDSC (San Diego Supercomputer Center) が協力してネットワークを構築運用しており、iGrid プロジェクトの中の1つのプロジェクトと位置付けられている。

SOI (School of Internet) プロジェクト

SOI、インターネット上に大学教育の環境を構築するもので、WIDE プロジェクトにおいて1997年からその研究開発と実証システムの構築を展開してきた。このSOIの環境を、次世代インターネット技術を用いたネットワーク環境で展開する統合的な研究実験として高機能かつ大規模化したGIOSプロジェクトを1999年9月から開始した。GIOS 実験環境は、複数の大学のキャンパスと授業を主要な素材とし、高速インターネット時代の家庭環境、サービス領域の分散性とグローバル性など、近未来のインターネット環境に基づいて設計を行った。2000年度前半に行われた第1期のGIOSプロジェクト実験では、日米の7大学、100家庭を対象として、WIDEプロジェクトで研究開発が行われた、IPv6、マルチキャスト、衛星通信、高速回線のデジタルビデオ通信、授業用アプリケーションなどの次世代インターネッ

AI3 Testbed Network in August 2000

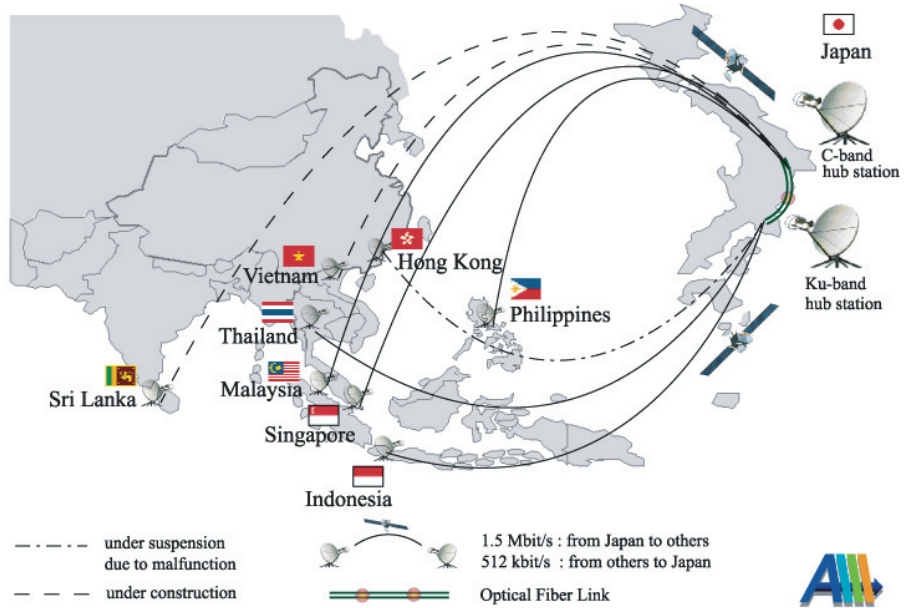


図-5 UDLR 技術を用いた AI3 ネット

ト技術の実用性が総合的かつ実践的な環境において実証された。

GIOS プロジェクトは、(1) AI3 との統合化も推進しアジア諸国への展開を行う SOI ASIA、(2) 米国 Maryland の富士通研究所と Palo Alto の NTT Communications MCL の SOI スタジオへの進展展開を進めており、ネットワーク要素技術の統合的環境での検証と完全性の検証と確立を推進するとともに、技術トランスファや遠隔講義の実施などの国際貢献、さらに、国際協力関係の確立など、多面的な展開を行っている (図-6)。

たとえば、遠隔講義は、DVTS と SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) とを統合化し、独立したマルチメディアオブジェクトを1つの同期マルチメディアとして利用可能にしたマルチメディアプレゼンテーションシステムの研究開発と導入運用を行っている。

IAA (I Am Alive) プロジェクト

社会基盤としてのインターネットの役割はどうあるべきか、特に災害時のインターネットの活用と災害にも耐えられるシステムの技術的な課題について研究を進めている。IAA システムは、コンピュータとコンピュータネットワークを利用して、災害時に生存者に関する大規模な情報収集と検索サービスを提供する。IAA システムは、災害時にシステムとして役立つかという視点からは冗長性の提供や安定性が要求される。提供されるサービスという観点からはセキュリティやプライバシーの保護などを考えなければならない。さらに、システムのパフォーマンスの観点からは、耐規模性のあるソフトウェア

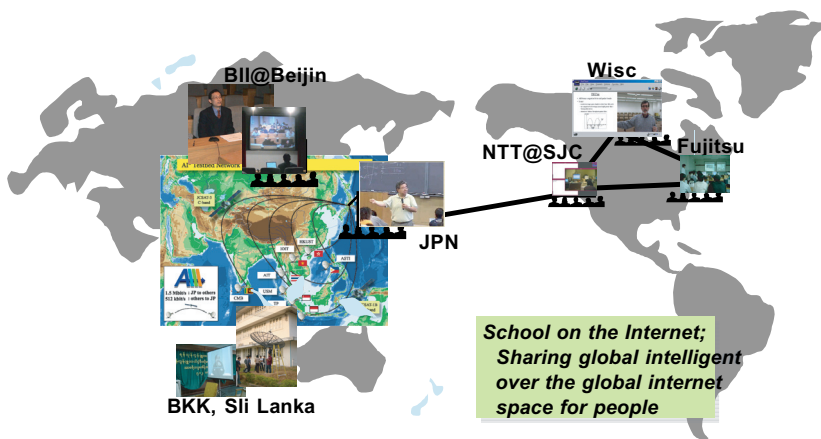


図-6 グローバル SOI 実証実験ネットワーク

球規模での分散コンピューティング，遠隔医療システム，遠隔操作，遠隔協調アプリケーション，高精細デジタルマルチメディア蓄積配送システム，IPv6を用いたD1映像のリアルタイム転送など，合計24のデモンストレーションを実演した。デモンストレーションの実施にあたっては，JGN，APAN TransPac (Asian Pacific Advanced Network Trans Pacific)，STAR TAP，WIDE プロジェクトネットワーク，PNJC，NTT Communications，TTNETの協力のもと，国際デモンストレーションシステムの構築運用を行った (図-7)。

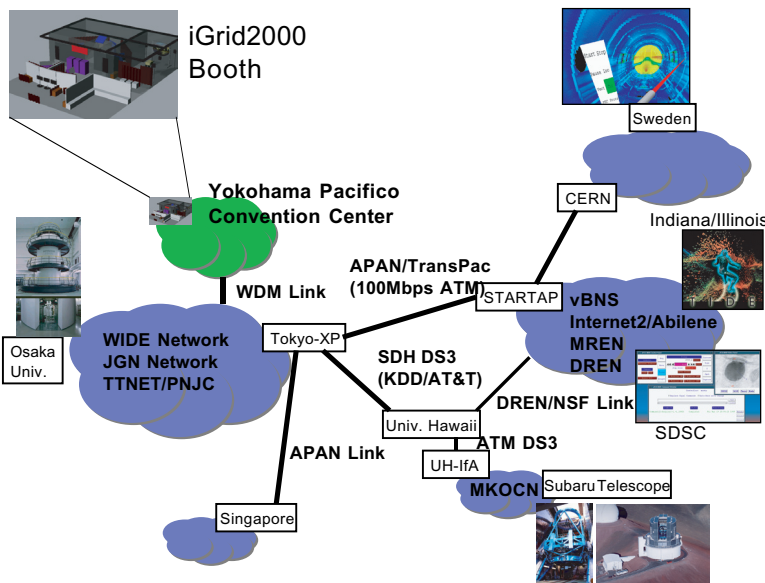


図-7 iGrid2000 ネットワーク構成概略図

IETF2002

2002年7月14日(日)から7月17日(金)までパシフィコ横浜国際会議場において第54回のIETFが開催された。会議のホストはWIDEプロジェクトが担当し，スポンサーとして富士通，そして多くの企業の献身的な支援により成功裏に幕を閉じた。横浜は2週間前にワールドカップサッカー最終戦が開催された地であり，成田空港から会議場までIPv6ベースのワイヤレスLANの空間を提供した (図-8)。参加者の90%近くがワイヤレスLANによってインターネット接続をしていた実態はワイヤレスインターネット時代の本格的なスタートを予感させた。

の設計方法やネットワークの利用方法などを考慮しなければならない。このような，システムの要求条件を満足するための要素技術，システム構築技術，さらにシステム運用技術に関する研究開発を行っている。本プロジェクトは，1995年1月に起こった阪神淡路大震災を契機に発足し，現在も活動を継続している。

●国際イベント

iGrid2000 (<http://www.startap.net/igrid>)

iGridは，高速高機能のインターネット基盤を用いた，最先端の科学技術アプリケーションの研究開発を行う国際協調プロジェクトで，研究成果を導入した国際的協調ネットワーク環境を構築することを目的としている。iGrid2000は，米国インディアナ大学EVL (Electronic Visualization Laboratory)，イリノイ大学，アルゴンヌ研究所，東京大学，慶應義塾大学を中心に，iGrid2000実行委員会を組織し，運営された。iGrid2000では，高速ネットワークを用いた革新的なアプリケーション，地

ネットワーク構成

●JBプロジェクトインターネット

図-9に，JBプロジェクトインターネットのバックボーンの構成概略図を示した。多くのレイヤ2リンクは，JGNのATMリンクである。JGNのリンク以外に，WDMリンク，SDHリンク，衛星リンクなども混在しており，IPv6およびIPv4のインターネットを構築している。

●対外接続

対外接続は，その多くはNSPIXP2/3/6において行っている。NSPIXP6は，IPv6専用のIX (Internet eXchange)であり，IPv6普及高度化推進協議会が運用する実証実験網や商用のインターネットプロバイダとのIPv6でのピアリングの多くをここでやっている。米国の研究開発ネットワークであるInternet2/Abelineとの相互接続は，

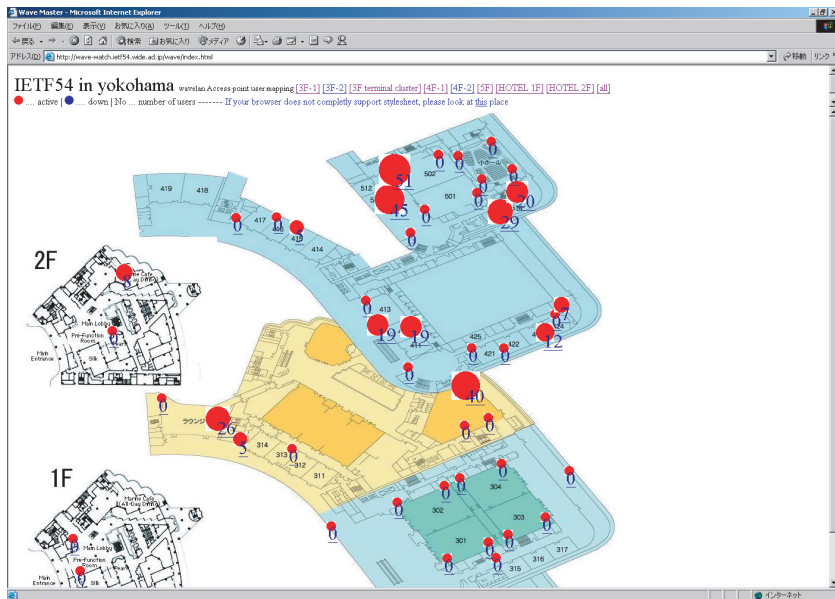


図-8 IETFにおける無線LANの利用状況

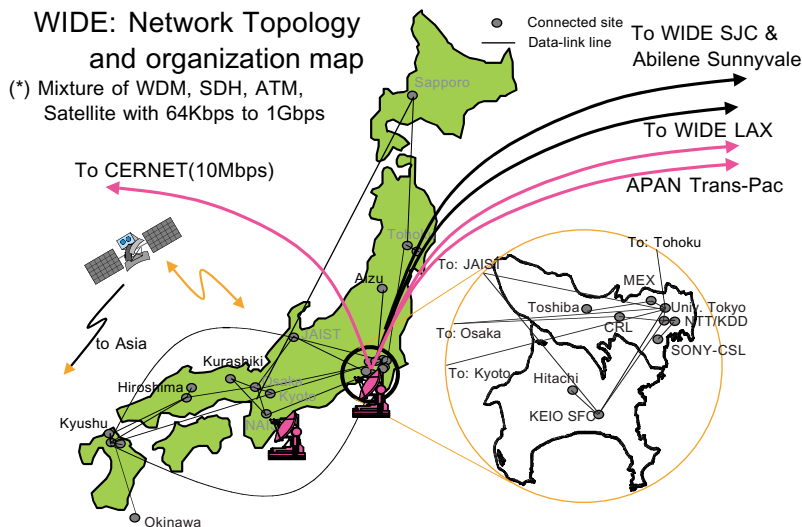


図-9 JBプロジェクトインターネットバックボーン構成

APAN Tokyo-XP と Abilene Sunnyvale POP において実現している。

さらに、アジアに対しては、(1) APAN と協力して、中国の研究開発ネットワークである CERNET とは、IPv4 上でのトンネル技術を用いて、IPv6 でのピアリング (10Mbps ATM リンク)、(2) 慶應義塾大学および奈良先端科学技術大学院大学の衛星アンテナを用いてアジアの諸国への IPv6 (衛星 UDL) での相互接続を行っている。

むすび

JB プロジェクトは、次世代インターネット技術の研究開発を、WIDE プロジェクト、ITRC、CKP が共同して、推進するプロジェクトである。JB プロジェクトでは、共同で、研究成果を導入した、研究開発テストベッドの

構築と運用を行い、研究者の研究をさらに加速するとともに、発展させることを目指している。

IPv6 技術、マルチキャスト技術、QoS 提供技術、先進的な次世代ミドルウェアとアプリケーション技術の研究開発活動により、基本的な研究開発を推進するとともに、個別の技術を統合化し、JB プロジェクトテストベッドにおいて、実験運用を行ってきた。

特に、SOI (School of Internet) プロジェクトでは、IPv6、マルチキャスト、通信品質保証、高精細動画 (DV; Digital Video) のリアルタイム転送を実現する DVTS と呼ぶミドルウェアの研究開発を行うことができた。JB プロジェクトの研究開発の成果は、IPv6 における KAME/USAGI/ALTQ/DVTS など、国際的にも広く認められ、参照ソフトウェアとして、広く学界および産業界において利用されている。

今後も、JB プロジェクトでは、さまざまな研究組織との協調関係を維持発展させ、継続的に次世代インターネット技術に関する研究開発活動の促進を推進させていく予定である。特に、ユービキタスネットワーク環境の構築のための基盤技術 (RFID、情報家電、位置情報基盤など) とアプリケーション技術の研究開発への展開は、今後の重要な課題の 1 つであろう。

謝辞 JB バックボーンは、さまざまな組織から提供されている高速デジタル基盤を利用している。総務省 JGN (Japan Gigabit Network)、独立法人通信総合研究所 APII テストベッド、AI3、PoweredCom/TTnet、NTT グループ、など、多くの、組織との共同研究を通じて、テストベッドが運用されている。

参考文献

- 1) <http://www.internet2.edu/>
- 2) <http://www.ucaid.edu/abilene/>
- 3) <http://www.6ren.net/>
- 4) <http://www.net-snmp.org/>
- 5) McCloghrie, K., Farinacci, D., Thaler, D. and Fenner, B.: Protocol Independent Multicast MIB for IPv4, IETF RFC2934 (Oct. 2000).
- 6) <http://www.csl.sony.co.jp/person/kjc.html>
- 7) Yoshida, K., Mori, H., Shimojo, S., Kadobayashi, Y., Akiyama, T. and Ellisman, M.H.: Design of a Remote Operation System for Trans-Pacific Microscopy via International Advanced Networks, Journal of Electron Microscopy 51 (Supplement) :S253-S257 (2002).

(平成 14 年 9 月 16 日受付)