

第 21 部

JB プロジェクト

第 1 章

JB プロジェクト

JB プロジェクトは次世代インターネット技術を研究するための共同プロジェクトである。このプロジェクトは WIDE プロジェクト, ITRC プロジェクト, サイバー関西プロジェクトをはじめとする複数のコンピュータネットワーク研究プロジェクトによって運営されることになる。本研究プロジェクトは, 参加プロジェクトの共同運用による全国規模の大容量テストベッドの構築を目指す。

最初にターゲットして取り挙げるのは, IPv6, QoS 制御 (例: Diff-serv), 実時間高速ストリームマルチキャスト通信, 信頼保証マルチキャスト, そして次世代アプリケーション (例: SOI) である。テストベッドでは, これら全ての機能やプロトコルを, KAME プロジェクトの成果である PC-UNIX をベースとした先進的なネットワークスタックを用い統一プラットフォーム上に集約化していく。この機能とプロトコルを一つにまとめたネットワークの運用は, 次世代インターネットインフラストラクチャへの新しい問題や要求を明らかにしていくことが期待される。このテストベッドの活動は, 6REN や Q-Bone と言った国際的な研究ネットワークとも共同作業を推進していく予定である。

1.1 JB プロジェクト 推進の背景

インターネット技術は, 多様なデータリンクプラットフォーム上で全ての人とコンピュータに地球規模でかつ偏在的でさらに普遍的な接続性を提供している。インターネットはその頑強な接続性ゆえに, 数量的にも地域的にも指数関数的に成長し続けている。

インターネットの基盤となる技術は IP と TCP である。インターネットに接続されているネットワークには, IP によって相互接続されたコンピュータが存在している。インターネットの一部のネットワーク上で, コンピュータが IP で接続されているのと同様に, ネットワークも IP によって相互接続されている。このことが, インターネットが「ネットワークのネットワーク」と呼ばれる理由である。信頼性のあるデータ通信は, 送り側ホストと受け取り側ホストの間で機能する TCP の制御によるものである。それゆえ, TCP/IP によるインターネットは「生まれつきの」分散システムである。

新しい世紀に向かって, インターネットは研究者や科学者のためだけではなく, 全ての人のための情報インフラストラクチャへと移行しなければならない。つまり, 次世代イン

ターネットは次に示す特徴を持っていないなければならない。

- Internet for everyone
- Internet for everything
- Internet everywhere
- Internet at anytime
- Internet any way

現在、次世代インターネットに向けた技術的な要求、および課題は何であろうか。それは“scalability”である。Scalabilityには量的観点と質的観点がある。

最初にターゲットして取り挙げるのは、IPv6、QoS制御(例: Diff-serv)、実時間高速ストリームマルチキャスト通信、信頼保証マルチキャスト、そして次世代アプリケーション(例: SOI)である。

- IPv6
IPv6(IP version 6)技術は、次世代のインターネットが必要とする巨大なアドレス空間を十分提供することが可能である。現在のIPv4のアドレス長の4倍のアドレス長、すなわち、128ビットのアドレス長を持つ。また、IPv6技術は、現在のIPv4技術と比較して、さまざまな新しい機能を提供する。例えば、IPv6技術は、一般大衆が容易にインターネットに接続することができるように、自動構成認識機能などの機能を提供する。
- 通信品質制御 (QoS: Quality of service control)
各ユーザおよび各アプリケーションは、それぞれ異なる通信品質レベルを要求するのが、一般的である。Differentiated Service (Diff-Serv)、Integrated Service (Int-Serv)、およびRSVP技術は、特定の packets 流にある通信品質レベルを提供するための、基盤的なプロトコルおよびアーキテクチャである。通信品質制御は、ユーザ数の増大に対する Scalability のみならず、ネットワークの状態および要求品質の多様性に関して、Scalable である必要がある。
- マルチキャスト
現在一般的に行われている、ユニキャスト通信を用いたマルチキャスト通信のエミュレーションは、受信者および送信者の増大に関して Scalable ではないのは、明らかである。マルチキャストには、2つの技術的な課題が存在する。1つは、デジタルビデオに代表されるような、高速なストリームデジタルデータのリアルタイム配送である。もう1つは、Reliable Multicast と呼ばれている、大量の受信者に誤りのないデジタルデータの配送を行うことのできるアーキテクチャおよびプロトコルである。

- 次世代インターネットアプリケーション

上述したような新技術を適用した通信基盤を用いた、新しいアプリケーションに関する研究と開発を行う。例えば、JB プロジェクトでは、SOI(School on the Internet) と呼ぶ、インターネット上での高等教育システムの研究開発および構築を行う予定である。

JB プロジェクトでは、上述したような 基盤技術/機能およびアプリケーションを、IPv6 のソフトウェア基盤である KAME プロトコルスタックに集約化/統合化を行う。また、これを、JB プロジェクトテストベッド上で実現し、総合的かつ実践的な実証実験運用を行う。

JB プロジェクトは次世代インターネット技術を研究するための共同プロジェクトである。このプロジェクトは WIDE プロジェクト、ITRC プロジェクト、サイバー関西プロジェクトをはじめとする複数のコンピュータネットワーク研究プロジェクトによって運営されることになる。本研究プロジェクトは、参加プロジェクトの共同運用による全国規模の大容量テストベッドの構築を目指す。さらに、本研究プロジェクトは、国際的な協調活動も推進する。具体的には、例えば、6REN (IPv6 Research and Educational Network) や、Q-Bone (end-to-end Quality of service backBone) との相互接続、共同研究開発活動などを行う。この機能とプロトコルを一つに集約化したネットワークの運用は、次世代インターネットインフラストラクチャへの新しい問題や要求を明らかにしていくことが期待される。また、次世代インターネット技術の確立と普及を促進し、国際的な責任を果たすことを目指している。

セクション 1.2 では、JB プロジェクトの概要、テストベッドの構成およびアーキテクチャ概要を述べる。セクション 1.3、1.4 および 1.5 において、各機能および技術の概要を述べる。

1.2 プロジェクトの概要：デザインとアーキテクチャ

JB project の目的は、日本全土をカバーする次世代インターネットの infrastructure を構成するために必要な技術の開発と、それらを用いた test-bed ネットワークの運用から得られる新たな問題点の指摘である。さらに、Internet2 や NGL, APAN などの国際的なネットワーク研究グループとも IPv6, Reliable Multicasting, Quality of Service の研究で協調を行う。

プロジェクトの当初の段階では、IPv6, Multicasting, Quality of Service の 3 つの技術テーマを独立したサブプロジェクトとして展開し、互いに協調的に活動を進め、3 つの技術を統合した test-bed ネットワークの構築を目標としている。

高速/高機能なテストベッドネットワークを実現するために、JB プロジェクトでは、ATM や SDH などの高速データリンクを用いてバックボーンを設計運用を行う。

以降ではプロジェクトの概略として、1) ネットワークトポロジとテクノロジー、2) プロジェクトの構成について述べる。

1.2.1 プロジェクトの構成

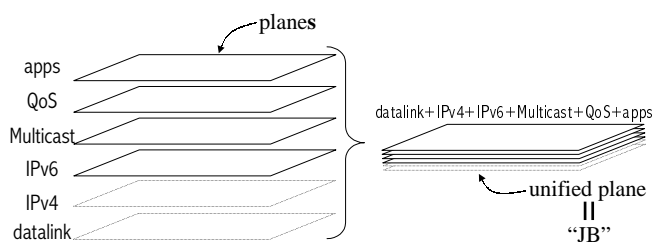
既に述べたように、JB プロジェクトはいくつかのサブプロジェクト、例えば IPv6、QoS、Multicast そして次世代アプリケーションなどから構成されており、それらは必要に応じて増えたり減ったりできる。言い替えるならば、サブプロジェクトは統合したり分割したりできる。この様子を様々な層が重なることにたとえ、これらのサブプロジェクトを plane と呼ぶ。

図 1.1 で示すように、planes は最終的には単一の plane へと変化していく。これがまさに次世代インターネットインフラストラクチャである。

Formation of Project

"Plane", basic concept of JB

- Each sub-project is called "plane"
- Each "plane" works independently
- Unify various "planes" into "plane" = "JB"



Copyright (C) 1999 by Masaki Minami. All right reserved

図 1.1: multiple-planes unite into one plane

1.2.2 ネットワークトポロジ

少なくとも、10 サイト以上の NOC(Network Operation Center) を構築し、相互接続する。主要 NOC としては、KDD 大手町、東京大学、慶應大学湘南藤沢キャンパス、大阪大学、京都大学、奈良先端技術科学大学、北陸先端技術科学大学、郵政省通信網総合研究所 (CRL)、倉敷芸術科学大学、九州大学などが挙げられる。

図 1.2 に、JB プロジェクトテストベッドのネットワークトポロジを示した。ほとんどの通信回線は、OC-3 から OC-12 の速度の ATM 回線 (JGN リンク) および高速 SDH リンクである。

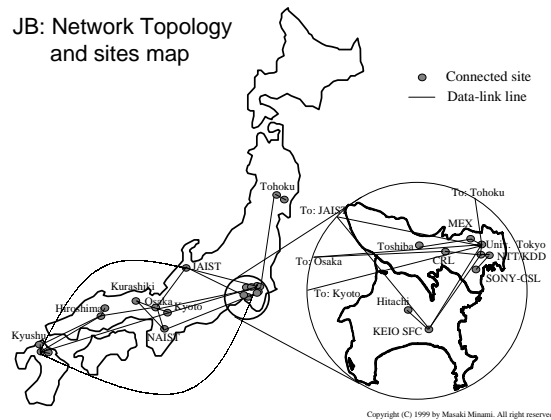


図 1.2: “Japan Backbone”: nation-wide backbone

1.3 JB/6: the “IP version 6” plane

The goal of JB/6 plane is building a IPv6 network environment for next generation Internet infrastructure.

1.3.1 概要

IPv6 は次世代インターネット研究の基盤である。IPv6 プロトコルスタックの開発は、既に 4 年を経過している。この間、多くのベンダーと研究機関が様々な platform 上で IPv6 スタックを開発した。その成果として、これらのうちのほとんどは製品、もしくは public domain として公開されている。

同様に、IPv6 スタックの実証的な実験を行う場である 6bone は、運用をはじめてから 3 年が経過した。その成果として運用実績はもちろんのこと、実運用には欠くことのできない dynamic routing などの技術開発を推進してきた。

しかし、これらの技術がより広く一般的に利用されるように、技術自身および運用技術の確立を行わなければ、本当の意味での次世代インターネットプロトコルとして、広く普及することはできない。そこで、JB/6 は JB 上の実パケット通信 (Commodity Traffic) を、IPv6 で転送できるような環境の構築を目指す。

1.3.2 JB/6 ロードマップ

JB/6 プロジェクトは、次世代インターネットの基盤プロトコルである IPv6 を用いたテストネットワーク ‘JB/6’ の構築とその運用を通じ、以下のような技術的課題に取り組む。

- IPv4 から IPv6 への移行技術の確立
- 異なる IPv6 の実装システムの相互接続性の検証
- IPv6 のルーティング技術の実験
- IPv6 アプリケーション

また、これらの問題は the Internet での IPv6 deployment にも適用できる。特に、IPv4-IPv6 移行技術については、IPv4 と IPv6 の混在環境を積極的な提供を通じて、新たな問題点を導き出すと共に解決し、IETF ngtrans WG へフィードバックする。

最終的には、6bone-jp を単なる test-bed から IPv6 の定常的なインフラストラクチャにするために、JB に置き換えられるべきである、と考えている。なぜなら複雑で今の 6bone-jp が ad hoc な tunnel ベースのネットワークだからである。

利用するプロトコルスタックは主に KAME プロジェクトの成果物や、それを用いた Toshiba CSR、そして、HITACHI GR などを用いる予定である。

スケジュール

1999/3	tested the KAME project and the others protocol stack capabilities (both host and router)
1999/4	test and operate IPv4 - IPv6 translation
1999/5	begin IPv6 network operation on the "JB" using KAME based stack
1999/6	early deployment of IPv6 capable commercial routers such as Toshiba CSR, Hitachi GR and so on
1999/7	implement and deployment simple OSPF version 3 for IPv6
1999/9	transit a role of test-bed for IPv6 in Japan from the 6bone-jp to the "JB"
1999/11	second implementation of OSPF for IPv6 begin implementation of new application for IPv6
2000/3	begin operation of OSPF for IPv6

表 1.1: Table of JB/6 schedule

1999 年 5 月からテストベッドの運用を開始し、IPv6(6bone)・マルチキャスト (Mbone)・QoS 保証技術 (Qbone) の 3 つの独立した plane を同一のネットワークで運用することを目

標とする。言い替えると、JB/6 は他の全てのプロジェクトが IPv6 をベースにできるよう、IPv6 接続性を確保しなければならない

IPv6 を利用可能な製品の実運用試験に、それらが利用可能になった時点から積極的に協力していく。当初予定している製品は、OC-3 や OC-12 などの高速回線に対応できる東芝 CSR と日立 GR である。

OSPF version 3 の複数の実装を進めている。これらのテストは 1999 年 9 月から始める予定である。いまのところ、gated と zebra の二つが開発プラットフォームと候補である。これら二つは public domain として利用可能なので、code や document 等の開発成果は public domain で提供する予定である。

日本の主な IPv6 テストベッドの 6bone-jp から JB への移行は、インターネットが近い将来同じような移行を行わなければ行けないという点で我々だけではなく世界中の IPv6 研究者にとって最も興味深い出来事の一つである。したがって、我々の経験した内容は IETF にフィードバックしなければならない。

1.4 JB/M: the “Multicast” plane

JB/M の目的は、世界規模で利用できる信頼性を提供できるマルチキャスト技術の確立である。具体的には、高品質な動画と音声による大容量のマルチメディアデータのマルチキャスト通信や、reliable multicast 通信の実現である。

1.4.1 概要

マルチキャストの特徴である「冗長なトラフィックを抑制」や「既存の放送型メディアとの類似性」が活かされるのは、広範囲を対象とする大容量データ通信および高速データ通信である。すなわち、超高速ネットワーク上での広域 IP マルチキャストネットワーク技術の確立が、マルチキャスト技術を用いた新しいアプリケーションの展開と普及には必要不可欠と言える。

インターネットは、これまで、1 対 1 型のデータ通信形態 (=ユニキャスト通信) をもとに構築されてきた。さらに、データ伝送は、ベストエフォート型であり、動画や音声などリアルタイム性を要求する通信メディアのサポートが不十分であった。IP 技術を基盤としたインターネット技術の進展とともに、(1) 異なる通信品質の提供、(2) マルチキャストサービスの提供が必要となってきた。特に、マルチキャスト技術は、情報の効率的な配送を実現するために重要である。インターネット上のユーザや機器は、頻繁に、同一のデータを共有する必要性を持つ。Massive Scale のインターネット環境では、ユニキャスト通信を前提としたデータ配送の形態では、同一のデータを多数の機器で共有するためのデータ配送を実現することは、事実上不可能である。したがって、Massive Scale の次世代インターネット環境では、マルチキャスト技術を用いた、情報の効率的な配送が本質的に必要となる。

1990年代初めに、カンファレンス中継など、マルチキャスト通信の必要性が認識され、実験的にマルチキャスト通信を提供する M-Bone の構築と運用が行われてきた。M-Bone で行われているマルチキャスト通信は、End-to-End に誤りのないデジタルデータの配送を提供するものではなかった。さらに、データ通信速度としては、数 Mbps 以下であり、産業基盤および生活基盤に要求されるデータ通信速度を提供可能な通信速度を満足することはできない。さらに、MBone は Best Effort 型のインターネットワーク上にトンネルを張りめぐらせた構成のため、大容量のマルチメディアデータ通信実験などのテストベッドには向いていないという問題もあった。

次世代インターネットでは、放送型通信の実現(デジタルビデオクラスの高品質動画のマルチキャスト配送)、Interactive なゲームや大容量データの配送など、従来のユニキャスト およびマルチキャストでは実現が困難なアプリケーションが登場しようとしている。このような、次世代インターネットアプリケーションを実現するために必要となるマルチキャスト基盤技術が必要となる。マルチキャストアプリケーションとしては、データ通信の質(要求通信品質および通信形態)、およびデータ通信の量(通信速度および参加者)が多様である。したがって、現在は、特定のアプリケーションに特化したマルチキャストアーキテクチャおよび制御技術でのシステム開発および運用が行われている。

また、インターネット技術を用いたデータのマルチキャスト配送は、任意のネットワーク間でのデータ通信を可能とし、これまでの、電波を利用した放送アプリケーションと比較して、極めて効率的かつ信頼性高く(動的経路制御による Robustness)なデータの配送を実現することができる。すなわち、有線ネットワークと無線ネットワークを統合したマルチキャストシステム環境を構築するための技術開発とシステム構築を行う必要がある。

IP マルチキャスト技術についての 1 つの重要な研究開発の技術的な課題は、scalable なマルチキャストアーキテクチャの研究開発である考えられる。JB/M は JB の高速バックボーンの特徴を活かした形で実験環境を構築し、次世代インターネット環境を想定したマルチキャスト技術研究開発と、実践的な実証実験を行なう。

1.4.2 JB/M ロードマップ

IP プロトコルとしては、次世代 IP プロトコルである IPv6 を最初から採用する。

ネットワークの規模とアプリケーションに要求される技術課題を量的かつ質的な観点で整理し、それぞれの環境に応じた最適なマルチキャスト経路制御プロトコルの開発を行う。当面は JB 上の 20 サイト程度を対象範囲とし、経路制御プロトコルとして PIM/SM を用いたマルチキャストネットワーク環境の実現を目指す。また、想定されるアプリケーションとして、Digital Video(DV) のようなマルチメディアデータ通信を用いた実証実験を行い、大容量高速マルチメディアのトランスポート技術の確立を目指す。

また、Q-Bone の QoS 保証技術と協調し、実用的な reliable multicast protocol(誤りのないデータ配送を複数のホストに行う)の設計と実装を行う。本技術は、デジタルデータの汎

用的な多地点配送技術として広く利用することができる、ミドルウェアとなる。

最終的にはデータリンクのスピード、IP プロトコル、マルチキャスト経路制御、アプリケーションの全般に渡り、次世代インターネット環境でのマルチキャスト技術の実証を目指す。つまり、JB/M で開発・実現された技術は、即実用可能なマルチキャスト技術となる。

スケジュール

1999/4	begin implementation simple PIM/DM multicast routing protocol daemon
1999/6	begin deployment of PIM/DM at all JB sites
1999/7	begin implementation of multi-point video conference system using DV
1999/9	implemented of simple PIM/SM multicast routing protocol daemon
2000/3	review and deployment more advanced technology

表 1.2: Table of JB/6 schedule

1999/7 までに JB/M 上に multicast routing protocol として PIM/DM を用いたマルチキャストネットワークを構築する。1999/7 から 1999/9 までは、構築したマルチキャスト上で DV を用いた TV 会議アプリケーションに基づいて超高速マルチキャスト配送技術を、経路制御、パケットフォワーディング、トランスポート、アプリケーションと全てに渡って取り組む。また、reliable multicast protocol およびその protocol を利用したデータの高効率的な多地点配送の汎用的な技術の確立のための研究も取り組む。

1999/9 までには経路制御プロトコルとして PIM/SM を開発し、さらに実証実験を続ける。2000/3 には、計画を見直し、以降さらに先進的な技術開発に取り組んでゆく予定である。

1.5 JB/Q: the Quality of Service plane

JB/Q Plane の目的は、次世代インターネット基盤に必要となる、通信品質の制御を行うことのできるネットワーク基盤の確立と構築である。

1.5.1 JB/Q の背景

インターネット技術の生活基盤および産業基盤としての浸透と普及に伴い、インターネットの Scalability を損なわずに、1 つの共通のネットワーク基盤上に、多様なデジタル情報、

すなわち、音声、動画データを統合化することに対する要求が急速に高まりつつある。IETF においては、インターネットの Scalability を守りながら異なる通信品質のパケット転送サービス (Differentiated Service) を提供するための、アーキテクチャ・メカニズム・プロトコルの検討を Diff-Serv (Differentiated Service) 分科会において推進している。Diff-Serv アーキテクチャでは、IP ヘッダ中の 8 ビットの TOS (Type of Service) フィールド情報 (IPv6 では Priority と呼んでいる) を再定義し、パケットのスケジューリングと廃棄制御方法をパケットごとに State-less に制御するメカニズムを検討している。

Diff-Serv に代表される、IP ベースの QoS を提供する枠組は、実際に、多様なメディアが統合化/多重化された時の、具体的なパケットの識別 (Classification) メカニズムや具体的なパケットの転送制御を規定していない。さらに、QoS 提供の枠組みに関する検討と標準化は進められているが、フローの多重化 (Flow Aggregation) や通信品質の定義は曖昧なままである。本プロジェクトでは、これらの問題や課題、すなわち、アプリケーションからの要求と、ネットワークが提供するサービス品質、制御メカニズム (e.g., 品質クラス、廃棄優先度、転送優先度) との間の差異を明確化する必要がある。

Diff-Serv アーキテクチャは、アーキテクチャ的に自由度を持つようにデザインされており、実際の運用をもとに、現実のネットワークで提供すべきシステムパラメータの確立を行うことが重要である。各アプリケーションをどのサービスクラスでサービスするかは、運用の状態およびポリシーにしたがって、比較的自由にマッピングポリシーを決定することが可能である。例えば、音声や動画は Assured Forwarding (AF) サービスで、企業データ通信は Expedited Forwarding (EF) サービスで転送することができる。あるいは、ISP は特定のユーザに対して、高品質なパケット転送サービス (e.g., EF サービス) を提供するなどの制御を行う場合が存在する。すなわち、インターネットシステムは、規模および運用ポリシーに多様性を持っており、一様な運用方式やポリシーを標準化することは意味がないし、非常に困難である。

Diff-Serv アーキテクチャが、今後、広くインターネットにおいて適用され普及することが予想される。それに備え、本プロジェクトでは、技術的な研究開発のみならず、テストベッドおよびその利用者を使い、ネットワークの運用方法、運用ポリシーの確立を目指すことも目標の 1 つとしている。

1.5.2 JB/Q ロードマップ

JB/Q プロジェクトでは、実運用状態のネットワーク基盤を用いて、アプリケーションからの要求とネットワーク機能との間の差異を正しく認識し、現実的に、QoS ネットワークとして提供すべき機能、およびアプリケーションが仮定すべきネットワークのサービス機能/品質を明確化する。

JB/Q プロジェクトでは、

- QoS ネットワーク基盤として参照可能な オープンソースコードの研究開発および公

開を行う。

- 実践的かつ総合的なネットワーク運用環境において、QoS ネットワークの運用技術の確立と、技術的な課題を明かにする。
- QoS ネットワークで必要となる種々の制御メカニズムを研究開発する。具体的には、例えば、ドメイン間でのルーティング、Admission 制御、帯域割り当て制御、フロー集約化 (Flow Aggregation) などである。
- QoS ネットワークを、さまざまな User Community に解放し、実験的に使用してもらう。

ことを、目標として活動を行う。

スケジュール

1999/3	implemented simple DSCP-marking at DS boundary nodes implemented CBQ at DS-capable nodes
1999/4	begin implementation of intra-domain QoS-routing begin deployment of DS nodes at several JB sites
1999/5	minimal COPS implementation (PDP, PEP) begin deployment of PDP and PEP at several JB sites
1999/6	early deployment of DS-capable commercial routers (Toshiba CSR, Hitachi GR)
1999/9	second COPS implementation (PDP, PEP) study interactions between PDPs begin deployment of PDP and PEP at all JB/Q sites
1999/10	second implementation of intra-domain QoS-routing
2000/4	begin implementation of inter-domain QoS-routing expand QoS infrastructure to all JB sites

表 1.3: Table of JB/Q schedule

1999 年 4 月から、ドメイン内 (JB ネットワーク内) での QoS ネットワークの制御メカニズムの研究に注力する。研究開発課題としては、ルーティング、パケット転送制御、シグナリング、Admission 制御などが挙げられる。複数の組織での独立な実装を促進し、実ネットワークを用いた相互接続実験も積極的に推進する予定である。その後 (1 年後を予定)、国際的な環境でのドメイン間での制御メカニズムの研究開発および実証実験を推進する予定

である。既に、DS(Diff-Serv)ドメインにまたがった環境でのフローの集約化に関する研究も開始した。

我々は、実運用可能な機能(実装が完了した技術)をもとに、サービスモデルの検討と展開を行う。当初のアプリケーションとしては、インターネット電話、デジタルビデオを用いた高品質動画伝送、および IPv6 の実トラヒック転送を行う。

特に、QoS ポリシーの管理制御の基盤技術となる、COPS (Common Open Policy Service) に関する実装を進めている。1999 年 5 月頃から動作試験評価を行うことを予定している。本動作試験では、Service Location メカニズムのみならず、異なる実装を用いたサーバーとクライアント間での相互接続実験も行う予定である。

DSCP マーキングは、DSドメインの境界ルータが行わうべき機能であり、非常に重要な技術課題である。基本的には、TCP のポート番号情報をもとに実装することは非常に容易な方法であるが、IPsec により TCP ヘッダが暗号化された時の解決法は、まだ確立されていない。COPS、IPv6 フローラベル、DSCP 間の相互作用が、1つの重要な研究課題である。

1.6 むすび

JB プロジェクトは、我が国における次世代インターネット技術に関する先進的な研究開発プロジェクトである。本プロジェクトは、高速、高機能なパケット転送サービスを Scalable に提供することをシステムのデザインゴールとしている。

The "JB" project is a work in progress, but it will provide robust, high-quality reliable and high-speed service for everyone in near future. It's JB - just beginning -.