

## ギガビットネットワークを用いた地域間相互接続の試み

中川 郁夫 インテックシステム研究所	林 英輔 流通経済大学	樋地 正浩 東北インターネット協議会
八代 一浩 山梨県立女子短期大学	菊池 豊 高知工科大学	西野 大 会津大学

### 概要

通信・放送機構は平成11年度～15年度にかけて、国内の研究機関に向けて研究開発用ギガビット・ネットワークを開放する。著者らは同ネットワークを利用し、国内の各地域ネットワークや地域IXなどを相互に接続し、国内における、次世代バックボーンアーキテクチャの研究・実験を目的とした研究プロジェクトを推進している。本稿では、同プロジェクトで計画している以下のテーマについて紹介する。

1. 地域間的高速バックボーンを利用した、地域間における情報リソースの共有実験や広域分散型データセンターなど、次世代アプリケーションの研究を行う。
2. CATVや無線、xDSLなど的高速なアクセス網を高速なバックボーンを用いて相互に接続し地域間でのコンテンツの配進・共有や、通信と放送の融合に関する研究を行なう。
3. 上記の技術を実現するため、ラベルスイッチや帯域制御技術を用いた超高速バックボーン技術の研究を行なう。

### Regional Internet Backbone over Japan Gigabit Network

Ikuo Nakagawa INTEC Systems Laboratory	Eisuke Hayashi Ryutsu Keizai University	Masahiro Hiji Tohoku internet Association
Kazuhiro Yatsushiro Yamanashi Women's Junior College	Yutaka Kikuchi Kochi University of Technology	Dai Nishino The University of Aizu

### Abstract

TAO (Telecommunications Advancement Organization of Japan) provides the high speed network called Japan Gigabit Network, which is available for researchers and developers until 2003.

We are going on with research activities to interconnect regional networks over JGN and to study the next generation of the internet backbone architecture in Japan.

In this paper, we introduce 3 objectives in our project:

1. Research of the next generation application infrastructure, such as, sharing regional information resources between regional networks via the high speed inter-regional backbone, or design of the service architecture of a data center distributed in wide area.
2. Connecting regional 'access line' networks such as CATV, wireless and/or xDSL networks, each other, over our high speed inter-regional backbone. Because such networks are capable to provide wide bandwidth telecommunication, contents such as voice or video stream can be transferred between distributed regional networks.
3. Research of the next generation routing and forwarding architecture in the high speed backbone. We are planning to implement our inter-regional backbone using label switching technology, which enables inter-domain routing over our inter-regional backbone.

## 1 はじめに

通信・放送機構は平成11年度～15年度にかけて、国内の研究機関に向けて研究開発用ギガビット・ネットワーク(JGN: Japan Gigabit Network)[1]を開放する。同ネットワークは、全国を縦断するギガビットクラスの超高速ネットワークであり、次世代のネットワーク技術や高度アプリケーションの研究開発を促進することが期待されている。

これまで著者らは、それぞれ、国内の各地域において、地域IXの構築などの活動を通して地域におけるインターネットの研究・実験を行ってきたが、今回、上記のギガビットネットワークを活用して地域間の高速度相互接続に関する研究を目的とする「地域間相互接続実験プロジェクト」を立ち上げた。

本プロジェクトは、国内各地の地域ネットワークや地域IXの間を相互接続し、地域指向の広域インターネットアーキテクチャの研究・実験を進めている。本稿では、本プロジェクトで研究・開発を進めているアプリケーション、アクセスライン、バックボーンなどのテーマについてその研究内容と技術について紹介する。

## 2 地域間相互接続実験の試み

### 2.1 研究開発用ギガビットネットワーク

研究開発用ギガビットネットワーク(JGN: Japan Gigabit Network)は21世紀における超高速ネットワークの実現に向け、超高速ネットワーク技術や高度アプリケーション技術をはじめとする研究開発のための施設として、通信・放送機構が整備を進めているネットワークで、平成11年度から平成15年度までの5年間運用されることが予定されている。

この「研究開発用ギガビットネットワーク」は、全国10ヶ所のATM交換設備及び35ヶ所の接続装置を超高速光ファイバで結んだネットワークと、全国5ヶ所の「共同利用型研究開発施設」及び「リサーチセンター」から構成される、まさに、全国を縦断する研究用高速ネットワークとして期待されている。

なお、ギガビットネットワーク通信回線及び共同利用型研究開発施設は、研究開発用として、大学、研究機関、行政機関、地方自治体、企業などに広く開放される。

### 2.2 国内における地域IXの活動

近年、国内の各地では、東京一極集中型のインターネットボロジに依存した通信遅延や対障害性などの問題を解決することを目的として、地域IX構築の活動が活発になってきている[2][5][6][7][8]。

これらの活動は、いずれも、地域内に地域独自の通信路を実現し、地域内のネットワークを相互に接続、その通信の効率化、高速化をはかることを目指している。

著者らは、それぞれ、国内の各地における地域IXの活動に積極的に参加しているが、同時に、各地の地域IXの関係者らによる「地域IX担当者会議」を過去に3回開催してきた。これらの会議では、各地における地域IXの状況報告が行われるほか、地域IXの必要性、技術、問題、課題などについて議論を行っているが、その一方で、国内のインターネットバックボーンの在り方を再検討する必要性も指摘されている[2][3][4]。

特に、東京一極集中型の国内のインターネットアーキテクチャは国内におけるほとんどすべての通信が東京経由で行われることになり、対障害性などの面で大きな問題がある。また、ネットワークの集中に伴い、結果的に回線、ハードウェア、あるいは人材を含む、すべてのインターネットリソースにおいても、東京への依存性を高めてしまっていると言える。

このような状況を改善し、今後の主要産業の1つとして考えられている情報産業を各地域において振興していくためには、国内のインターネットバックボーンの構造を見直し、本来のインターネットの特徴である分散構造を活かしたインターネットアーキテクチャの検討が必要になってきていると言える。

### 2.3 地域間相互接続実験の試み

著者らは、前述のような背景に基づき、次世代インターネットアーキテクチャの研究として、ギガビットネットワークを用いた「地域間相互接続実験プロジェクト」を推進している。

本プロジェクトは、全国を縦断するギガビットネットワークの特徴を利用し、国内の各地で活動が行われている地域IXや地域ネットワークを相互に接続する。また、次世代の技術を用いて柔軟な相互接続網を構築するとともに、ひとつの地域に依存しない、全国規模でのバックボーンアーキテクチャの実現を目指している。

また、ギガビットネットワークは、ギガビットクラス

の通信回線でバックボーンが構成されている。本プロジェクトではこれらの超高速回線を用いて、高速なバックボーンの時代に向けたアプリケーションの研究・開発や、高速通信技術などの研究を行う。

以下では、本プロジェクトで中心的に研究を進めている次の3つのテーマを紹介する。

1. 地域型高速アプリケーションの研究
2. 地域型高速アクセスラインの研究
3. 超高速バックボーン技術の研究

### 3 地域型高速アプリケーションの研究

これまで、国内のインターネットの一般的なユーザは、公衆回線、あるいはISDNによるダイヤルアップ接続を利用している。したがって、接続速度は最大でも数十Kbps～百Kbps程度が限度であり、一般ユーザが利用するアプリケーションは、必然的に低速な通信を強いられてきた。

最近では無線やCATVなどの利用により、これまでと比較して高速な通信帯域を利用できるようになりつつあるが、実際には、プロバイダの回線事情やバックボーンの帯域、あるいはサービス提供者のネットワーク状況などの問題から、必ずしも、エンドユーザに対して高速・広帯域なサービスが提供されているとは言えないのが現状である。

今後、放送に代表される高速、広帯域な通信を必要とするインターネットのアプリケーションをエンドユーザに対して提供するためには、プロバイダの回線やインターネットバックボーン全体の高速化、あるいは、サービス提供者の通信事情の改善などが必要である。

本プロジェクトでは、ギガビットネットワークが提供する高速なバックボーンを利用し、次世代のインターネットサービスにおいて、エンドユーザが利用できる高速・広帯域なサービス、アプリケーションについて、次のような研究・開発・実験を進めている。

#### ● 地域間情報リソースの共有

国内の各地では、地域情報化施策や地域振興策などによって、デジタル画像やビデオライブラリなどの高速・広帯域を必要とする様々な情報コンテンツや情報環境が提供されつつある。国内の地域情報流通、情報環境を考えた場合、これらの情報リソースを、地域内ばかりでなく地域間において

も有効に交換・共有することは非常に重要である。本プロジェクトでは、現在各地域で整備が進められている地域型マルチメディア情報コンテンツや、情報処理環境などの地域情報リソース、あるいはCATVや新聞社などが提供する地域型コンテンツなどをギガビットネットワークによる高速なバックボーンを用いて交換・共有し、次世代ネットワークにおける分散情報環境の実現を目指す。

具体的には、例えば、2000年に富山で開催が予定されている国体の模様をDVカメラで撮影し、その画像をギガビットネットワークによる高速なバックボーンを利用して遠隔地へ転送・エンコードしさらにエンドユーザに向けてストリーム中継を行うなどの実験を計画している。

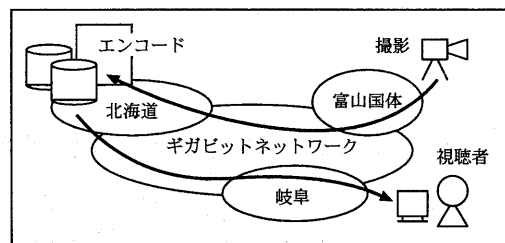


図1: 地域間情報リソースの共有

このような技術は、エンコーダやその他の高価な情報機器、ソフトウェアなどの情報リソースを、地理的に離れた地域で共有する場合などに有効であり、高速なバックボーンを利用して、各地で整備が進められている情報リソースの有効活用の手段として、大いに期待できる。

#### ● 分散型データセンター

近年、インターネットではウェブホスティングやメールアカウントサービスなどのアプリケーションサービスを提供するなどの目的で、巨大なサーバ群を運用するデータセンターサービスが注目を集めている。これらのサービスは、インターネットのサービスから通信サービスを切り離し、アプリケーションサービスの実現にのみ特化したサービスである。本プロジェクトでは、分散環境においてデータセンターサービスを実現する手法について研究を行う。特に、複数の地理的に分散されたサーバにデータを冗長構成を取りながら分散し

て蓄積し、これらのサーバ群を1つのサーバとして取り扱う広域分散型 RAID 技術や、この技術に暗号化手法の1つである秘密分散法を組み合わせた高い安全性・信頼性を持つデータセンター構築技術の確立を目指している。

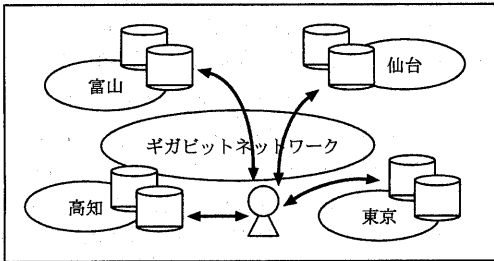


図 2: 分散データセンター

#### 4 地域型高速アクセスラインの研究

前述の通り、エンドユーザに対して高速・広帯域なサービスを提供するためには、エンドユーザに対する通信回線はより高速でなければならない。また、例えば、インターネット電話やビデオ会議などの広帯域なアプリケーションを実現するためには、インターネット上の任意の地点において、エンドユーザ間での通信帯域がじゅうぶんに確保されている必要がある。

本プロジェクトでは、前述の通り、高速・広帯域なアプリケーションを研究・開発するが、それと同時に、CATV 等のアクセス網において、これらのアプリケーションサービスを利用可能にし、エンドユーザがこれらのサービス品質を維持したままそれを利用できる高速アクセスラインの実験を行う。さらに、全国各地で構築が進められている高速アクセス網をギガビットネットワークによる超高速なバックボーンで相互に接続し、離れた地域間でのエンドユーザ間での高速・広帯域アプリケーションの利用についても研究する。

本プロジェクトでは、本テーマに関連して次のような実験を進めている。

- 地域型高速アクセス網相互接続実験  
近年の CATV インターネットサービスなどは地域型の高速度なインターネットアクセスラインとして注目を集めている。本プロジェクトでは異なる地

域の CATV 網をギガビットネットワークを介して相互に接続し、エンドユーザ間での音声・ビデオなどの広帯域を必要とするアプリケーションの実現に必要な技術について研究する。

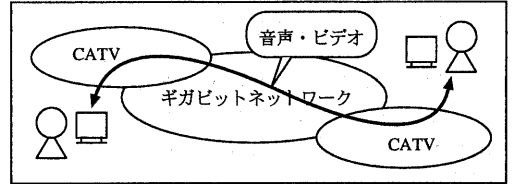


図 3: 高速アクセス網相互接続

- 通信と放送の融合実験

CATV 網は、インターネットのアクセスライン技術ばかりではなく、放送技術やコンテンツなどの面でもインターネットに大きな影響を与える可能性を持っている。本プロジェクトでは、特に、放送コンテンツを高速・広帯域のギガビットネットワークを介してインターネットに提供したり、逆に、インターネットからのビデオコンテンツを放送として流すなど、通信と放送技術の融合について研究を行う。

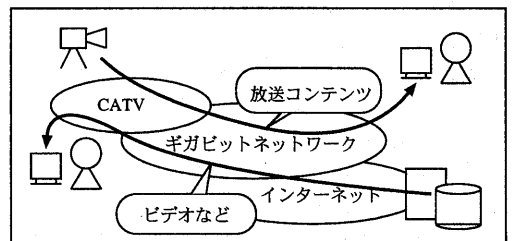


図 4: 通信と放送の融合実験

#### 5 超高速バックボーン技術

これまで述べてきた高速・広帯域のアプリケーションの実験、あるいは高速アクセスラインの実験を行うためには、相互接続網のバックボーンにおける高速な通信技術が必須である。特に、本プロジェクトで進めている相互接続実験では、全国各地の地域ネットワークや地域IXを通して、大学、研究機関、企業、あるいはアクセス網

であるCATVインターネットなどが相互に接続されるため、これらの中で柔軟なポリシー制御、あるいはポリシーに基づいた柔軟な経路制御が必要とされる。

本プロジェクトでは、このような柔軟な経路制御を行うとともに、次世代型の超高速通信を実現するバックボーン技術として、MPLS(Multi Protocol Label Switching) [9] [10] [11] [12] [13] に代表されるラベルスイッチの技術を応用したバックボーンアーキテクチャの設計、実装を行う。

MPLS網は、エッジルータとコアルータにより構成される。エッジルータはMPLS網と外部のネットワークの境界に位置し、外部ネットワークから受け取ったパケットにラベルを付加する。エッジルータによってラベルを付加されたパケットはMPLS網の内部でコアルータによって高速にスイッチングされる。スイッチングはラベルの値によって行われるが、ラベルはIPアドレスに比較してじゅうぶん短いので、コアルータによるスイッチングはIPフォワーディングより高速に実現される。

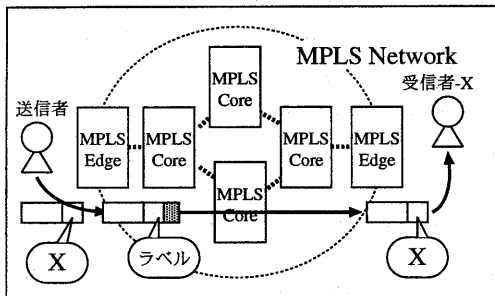


図 5: ラベルスイッチの技術

また、ラベルスイッチにおいては、ラベルの付加ルールを柔軟に生成することによって、既存のIPフォワーディングでは実現できなかった、柔軟な経路制御を可能にする。特に、本研究では、ネットワーク間のポリシー制御をラベルに対応づけることにより柔軟な経路制御を実現するなどの独自の手法 [14] を用いて、地域間における経路制御を行う。

## 6 地域間相互接続網の設計と実装

本節では、地域間相互接続実験プロジェクトにおいて設計・構築を進めている相互接続網について紹介する。

本プロジェクトではラベルスイッチを用いて相互接続網を構築している。この中では、ギガビットネットワークにおいて600Mbps以上のアクセス速度を有し、かつ、MPLSにおけるコアルータを設置可能な地点として、東大、東北大、名古屋大、TAO高知トラヒックリサーチセンタを選定、これらをネットワークの中心に位置付けている。なお、これらのコアルータ間はフルメッシュによる接続を行い、冗長性の向上や負荷分散を可能にしている。

また、それ以外の地域、組織にはエッジルータを設置し、本プロジェクトの相互接続網におけるリーフサイトとして接続している。

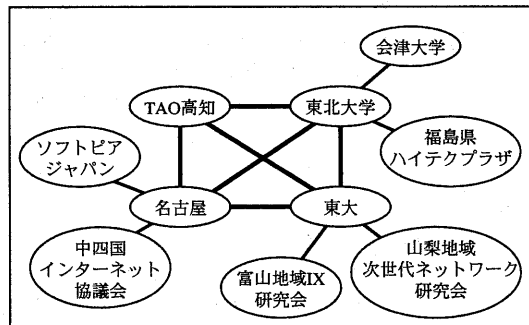


図 6: 相互接続トポロジ

現在、第一次として接続を行っている組織は10組織で、その接続トポロジは図6のようにになっている。なお、今後も第二次接続組織としてさらに10組織程度が上記のネットワークに参加することを予定している。

## 7 おわりに

本稿では、通信・放送機構によって整備、運用が進められているギガビットネットワークを活用した地域間相互接続実験プロジェクトについて、研究内容と、その技術について紹介した。

本プロジェクトは、これまで全国各地において地域IXの活動を進めて来た研究者、技術者らを中心に研究を進めている。現在、相互接続実験を開始している地域、および組織はまだ10箇所であるが、次期相互接続を予定、あるいは希望している地域は20にのぼり、全国的な地域間研究ネットワークとして拡大が続いている。また、関係する技術者らは全国30地域から集まり、本プロジェ

クトにおける議論に参加している。

これまで、各地域における地域ネットワークや地域IXの活動は地域内に閉じたものが多く、地域間の意見交換は一部に限られていたが、今回のプロジェクトを通して、地域の研究者、技術者らが一同に介し、地域間での協力・関係をはかっていることは非常に大きな意味があると言える。

また、こうした地域におけるインターネットの活動を通して、あるいは地域間における関係を通して、地域内の問題ばかりではなく、日本全体のインターネットバックボーンの在り方を検討し、次世代のインターネットアーキテクチャの研究・設計・実装を進めるに至ったことも極めて重要である。

ギガビットネットワークを活用した地域間相互接続の実験を通して、将来の日本のインターネットに多少なりとも貢献できるよう、今後とも積極的に研究活動を進めていきたい。

#### 謝辞:

地域間相互接続実験プロジェクトでは、通信・放送機構の研究開発用ギガビットネットワークを利用しています。また、本プロジェクトに多大なご支援、御協力をくださっている、大学の方々、地域ネットワーク、地域IXの関係各位に感謝します。

#### 参考文献

- [1] 通信・放送機構: “研究開発用ギガビットネットワーク”, 国内における地域IXの技術動向”, <http://www.tao.go.jp/JGN/>
- [2] 中川 郁夫, 米田 政明, 安宅 彰隆: “国内における地域IXの技術動向”, 情報処理学会研究報告 97-DSM-7 pp1, Oct. 1997
- [3] 八代 一浩, 笹本 正樹, 平川 寛之, 山本 芳彦, 林 英輔: “地域内IX技術の運用と地域情報化への適用”, 分散システム運用技術シンポジウム'98, Feb. 1998,
- [4] 菊池 豊, 菊地 時夫: “応用層によるインターネットトラフィック交換モデル”, コンピュータソフトウェア vol16 pp46-58, Jul. 1999
- [5] TRIX: “東北地域内インターネット相互接続研究会”, <http://www.tia.ad.jp/trix/>

- [6] Y-NIX: “山梨地域情報ネットワーク相互接続機構”, <http://www.y-nix.or.jp/>
- [7] TKiX: “東海地域ハブ”, <http://www.tkix.net/>
- [8] OKIX: “岡山情報ハイウェイネットワーク”, <http://www.okix.or.jp/>
- [9] E. C. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon: “Multi-protocol Label Switching Architecture”, Internet Draft, draft-ietf-mpls-arch-05.txt, April 1999
- [10] R. Callon, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredette, G. Swallow, A. Viswanathan: “A Framework for Multiprotocol Label Switching”, Internet Draft, draft-ietf-mpls-framework-04.txt, July 1999
- [11] L Andersson, P. Doolan, N. Foldman, A. Fredette, B. Thomas: “LDP Specification”, Internet Draft, draft-ietf-mpls-ldp-05.txt, June 1999
- [12] B. Davie, J. Lawrence, K. McCloghrie, Y. Rekhter, E. Rosen, G. Swallow, P. Doolan: “MPLS using LDP and ATM VC Switching”, Internet Draft, draft-ietf-mpls-atm-02.txt, April 1999
- [13] 江崎浩: “次世代ルータ基盤技術—ラベルスイッチ技術と品質制御技術”, 情報処理学会分散システム/インターネット運用技術 シンポジウム'99 論文集, pp.51-55, Feb. 1999
- [14] 中川 郁夫: “ラベルスイッチを用いた分散IXの設計”, 情報処理学会研究報告 99-DSM-14 pp1, Jul. 1999