

赤れんがギガネットを活用した
ブロードバンド基盤実証実験
(2004年10月～2006年9月)

最終報告書 (案)

2006/12/5

特定非営利活動法人 北海道地域ネットワーク協議会

凡例

～重要単語の定義～

「赤れんがギガネット」の定義

「赤れんがギガネット」とは「北海道高度通信基盤」の愛称であり、北海道道庁の電子化の実現に伴う情報通信量の増大に対応するため、将来的に拡張性の大きい民間事業者の光ファイバー網サービスを活用した本・支庁間を結ぶ情報通信網である。

「赤れんが実証実験」の定義

「赤れんが実証実験」とは「赤れんがギガネットを活用したブロードバンド基盤実証実験」の略称である。

「赤れんが実証実験網」の定義

赤れんが実証実験網とは、本実験(赤れんがギガネットを活用したブロードバンド基盤実証実験)の第1四半期(2004年10月～2005年3月)に赤れんがギガネット上に構築された「MPLS網」のことである。

「ハイパーエッジ」の定義

ハイパーエッジとは「NPO 法人北海道地域ネットワーク協議会 (NORTH)」が作成した造語であり、同協議会が提唱する次世代型高度地域情報基盤のことである。

「組織名の略称」

本文中は各組織名に以下の略称が使われている。

組織名	略称
北海道大学	北大
稚内北星学園大学	Wakhok
札幌医科大学	札医大

～単位解説～

bps の解説

「bps (bits per second) 」とは通信回線のデータ転送速度の単位であり、1秒間のデータ転送をビット単位で表す。

B/秒 の解説

「B/秒 (bytes per second) 」とは通信回線のデータ転送速度の単位であり、1秒間のデータ転送をバイト単位で表す。

「B/秒」は「B/s」と書かれることもあるが、本書の「B/秒」の表記が主に使われている。

補助単位の解説

k --- 1,000 倍(千倍)

M--- 1,000,000 倍(10 万倍)

G--- 1,000,000,000 倍(1 億倍)

目次

1. 概要	8
2. 目的	9
3. 実験報告	10
3.1. 赤れんが実証実験の経過	10
3.2. 赤れんが実証実験網の構築	11
3.2.1. 概要	11
3.2.2. 構築の経過	12
3.2.3. 構築作業詳細	13
3.2.3.1. vlan タグの設定	13
3.2.3.2. IP アドレス	14
3.2.3.3. OSPF	15
3.2.3.4. LDP	16
3.2.4. カスタマーエッジの接続に関する付記	17
3.2.5. 通信品質基礎データ	18
3.2.5.1. 計測方法	18
3.2.5.2. 通信品質基礎データのまとめ	20
3.3. 低負条件での赤れんが実証実験網のインターネットと通信品質比較実験	21
3.3.1. 概要	21
3.3.2. 実験方法	21
3.3.3. 計測	22
3.3.3.1. 計測ツール	22
3.3.3.2. 計測方法	22
3.3.4. 結果	23
3.3.4.1. 赤れんが実証実験網回り経路の計測結果	23
3.3.4.2. インターネット回り経路の計測結果	25
3.3.5. 考察	26
3.4. 高負荷条件の通信品質計測および広域中継実証実験	27
3.4.1. 概要	27
3.4.2. 実験方法	28
3.4.3. 計測	28
3.4.4. 結果	29
3.4.4.1. 通信量	33
3.4.4.2. 伝送品質	34
3.4.5. 考察	35

3.4.5.1.	計測結果からの考察	35
3.4.5.2.	実験から得られた知見.....	36
3.5.	inter-domain MPLS-IX 実証実験	37
3.5.1.	概要.....	37
3.5.2.	実験方法.....	37
3.5.3.	計測.....	38
3.5.4.	準備作業工程	41
3.5.5.	結果.....	42
3.5.6.	考察.....	44
3.6.	計測ツール検証実験と通信品質予備調査	47
3.6.1.	概要.....	47
3.6.2.	実験方法.....	47
3.6.3.	計測ツール検証 結果	49
3.6.4.	通信品質比較実証実験 結果.....	50
3.6.5.	計測ツールに関する考察	51
3.6.6.	通信品質予備調査に関する補記	51
3.7.	赤れんが実証実験会議.....	52
3.7.1.	概要.....	52
3.7.2.	実験方法.....	53
3.7.3.	計測.....	54
3.7.3.1.	計測ツール	54
3.7.3.2.	計測対象	54
3.7.4.	経過.....	54
3.7.5.	結果.....	55
3.7.5.1.	映像品質(感性評価)	55
3.7.5.2.	音声品質(感性評価)	56
3.7.5.3.	通信量の計測結果.....	57
3.7.5.4.	RTT 計測結果.....	58
3.7.6.	考察.....	59
3.8.	トラフィックエンジニアリング実証実験	61
3.8.1.	概要.....	61
3.8.2.	実験方法.....	62
3.8.3.	結果.....	63
3.8.4.	考察.....	64
4.	全体考察.....	65
4.1.	全体考察の概要	65

4.2.	北海道が抱えるネットワークの問題点	66
4.2.1.	東京一極集中と地方 ISP が抱える依存	66
4.2.2.	東京都と地方のブロードバンド格差.....	67
4.2.3.	北海道のブロードバンド基盤の現状と整備の必要性	68
4.2.3.1.	現状：札幌市と他県の都市との比較.....	69
4.2.3.2.	現状：北海道と他県の比較	72
4.2.3.3.	現状：道央・道南、道北、道東の比較	73
4.2.3.4.	現状：ADSL に依存する道内ブロードバンド基盤整備～ADSL の問題	75
4.2.4.	地域での基盤整備阻害要因	76
4.2.5.	北海道にブロードバンドインフラが必要な理由.....	76
4.2.6.	東京一極集中からの脱却と北海道の地方にブロードバンドを提供するためのハイパーエッジ	82
4.2.7.	北海道にブロードバンド基盤を構築するためのハイパーエッジ	84
4.3.	ハイパーエッジの設計要件	85
4.3.1.	高通信品質	85
4.3.1.1.	高信頼性	85
4.3.1.2.	広帯域	85
4.3.1.3.	低ゆらぎ・低遅延	85
4.3.2.	高順応性.....	85
4.3.2.1.	高自立性	85
4.3.2.2.	高自律性	86
4.3.3.	高安全性.....	86
4.3.3.1.	様々なセキュリティーシステムの共存へ	86
4.3.3.2.	認証基盤システム	86
4.3.3.3.	暗号化プラットフォーム	87
4.3.3.4.	ファイアーウォール共用型セキュリティーシステムの稼動	87
4.3.4.	高経済性.....	87
4.3.4.1.	多重化	87
4.3.4.2.	多様なネットワークメディアの相互接続～地域網収容のために～	87
4.3.4.3.	TE(トラフィックエンジニアリング)	88
4.3.4.4.	トポロジ・アレンジの自由	89
4.4.	北海道全域にブロードバンド基盤を構築するために	91
4.4.1.	ハイパーエッジによるブロードバンド・ゼロ地域解消へ	91
4.4.2.	自律的な運用に必要な AS 番号と AS 同士のピアリング	92
4.4.3.	公共が民間に与える影響	93
4.4.4.	公共と民間が共存するための解決方法	93

4.4.5.	ハイパーエッジにおける地域網の中核地点への接続方法.....	94
4.4.6.	中核地点運用形態.....	94
4.4.7.	地域網運用形態.....	95
4.4.8.	地域網運用形態.....	エラー! ブックマークが定義されていません。
4.4.9.	ハイパーエッジ接続による効果.....	95
4.4.10.	ハイパーエッジを実現するメリットとデメリット.....	95
4.5.	ハイパーエッジの事業化について.....	97
4.5.1.	必要な人材と必要なスキル.....	97
4.5.2.	AS 番号取得斡旋・取得代行サービス.....	97
4.5.3.	ピアリング・コーディネートサービス.....	97
4.5.4.	IP アドレス取得代行サービス.....	98
4.5.5.	ハイパーエッジ実現のために必要な、投資について.....	98
4.5.6.	ハイパーエッジビジネスモデルの概観.....	98
5.	付録.....	99
5.1.	用語解説.....	99
5.2.	参考.....	106
5.3.	参加、協力.....	107

1. 概要

本報告書は「赤れんがギガネットを活用したブロードバンド基盤実証実験 実施要綱」に基づいて、第1四半期から第4四半期までに実施した作業、実験した結果をまとめ、北海道に適したブロードバンド基盤の設計概念・構築手法について考察を行う。

本実証実験は、電気通信事業者のバックボーン回線が未整備な過疎地域のブロードバンド化促進を図ることを目的としている。そこで情報基盤構築の手法としてNPO法人北海道地域ネットワーク協議会(NORTH)が提唱するハイパーエッジを取り上げ、MPLS技術を用いて構築したブロードバンド基盤の有効性を検証した。

本章につづき、第2章では本実証実験の目的について詳しく述べる。第3章では、実施した各実験の詳細と考察について述べる。第4章では情報関連施策、市場の動向、情報基盤の整備状況などとあわせて本実証実験全体を総合的に考察し、過疎地域のブロードバンド化促進の一手法としてハイパーエッジの可能性を述べる。

2. 目的

本実証実験は、電気通信事業者のバックボーン回線が未整備な過疎地域のブロードバンド化促進を図ることを目的としている。ここで電気通信事業者のバックボーン回線とは、アクセス線(加入者回線)を取りまとめる商用の長距離・大容量の基幹網をいう。例えば、インターネットサービスプロバイダ(ISP)や通信事業者の相互接続設備、データセンターなどのない道内地方市町村と、そうした通信の中核的施設を持つ都市とを結ぶ回線で、アクセス線や中核的施設といったネットワークどうしを接続する役割を担っている。

NPO 法人 NORTH では、こうした難採算地域を含む広域ネットワーク構築のコンセプトとして MPLS (Multi Protocol Label Switch) を用いた「ハイパーエッジ構想」を提唱している。

そこで、本実証実験では過疎地域のブロードバンド化という目的を踏まえ、この構想の「通信品質 (広帯域、低遅延、低ゆらぎ)」「多重化」「相互連携 (inter-domain MPLS-IX)」「通信量制御(トラフィックエンジニアリング)」について検証を行った。

また、実証実験網の実際の運用を通じて、ハード・ソフト両面での課題を概観し、現在の情報基盤の整備状況とあわせて、基盤整備を伴う当該目的事業の採算性、市場の動向、期待される情報関連施策について述べ、過疎地域のブロードバンド化促進を図る上での一助とする。

3. 実験報告

本章では、既に第1四半期から第3四半期の中間報告書で報告している実験について、下記の理由から若干の加筆修正を加えながらまとめる。

各中間報告以降の計画変更の為
一連の実験として、表現の調整の為
用語・文章の統一の為

3.1. 赤れんが実証実験の経過

本実験は「赤れんがギガネットを活用したブロードバンド基盤実証実験」実施要領に基づき、下記の四半期に分けて7項目が実施された。

「第1四半期(2004年10月～2005年3月)」

- ・・・「赤れんが実証実験網の構築」

「第2四半期(2005年4月～2005年9月)」

- ・・・「低負条件での赤れんが実証実験網のインターネットと通信品質比較実験」
- ・・・「高負荷条件の通信品質計測および広域中継実証実験」

「第3四半期(2005年10月～2006年3月)」

- ・・・「inter-domain MPLS-IX 実証実験」
- ・・・「計測ツール検証実験と通信品質予備調査」

「第4四半期(2006年4月～2006年9月)」

- ・・・「赤れんが実証実験会議」
- ・・・「トラフィックエンジニアリング実証実験」

3.2. 赤れんが実証実験網の構築

3.2.1. 概要

第1四半期(2004年10月～2005年3月)では赤れんが実証実験に用いる MPLS ネットワークのバックボーン部分の構築を行った。

MPLS を用いて構築されたバックボーンは、高速なバックアップ経路の切り替えを備えた高品質なインフラを実現するとともに、複数のサービスを相互に干渉させずに提供するために不可欠な「多重化」に対応したブロードバンド基盤として機能する。本実験では「赤れんがギガネット」を活用して実証実験用の MPLS 網の構築を行い、3 組織の導通確立・IP 接続・LSP 確立について確認を行った。赤れんが実証実験網の構築を行った第1四半期では、接続確認を行った組織は北大、wakhok、釧路工業高等専門学校である。参加組織を赤れんがギガネットに接続するためにネットワークケーブルの敷設や工事などが必要であり通信事業者との調整を行うなどして進めた。

実証実験網では拠点間の接続に VLAN を使用している。VLAN 開通のために VLAN の設定を行ったが、これは主に接続3拠点内にあるレイヤ2スイッチの設定である。

なお、MPLS バックボーンを構築する場合、MPLS 網を P ルータ(Provider Router)、PE ルータ(Provider Edge)、CE ルータ(Customer Edge)で構成する。本ネットワークでは北大の Juniper M5 が P ルータおよび PE ルータの役割をし、他の拠点のルータは CE ルータの役割を果す。

3.2.2. 構築の経過

2004/9/13	北海道大学 Juniper M5 ルータ設置
2004/10/25	北海道大学 赤れんがギガネット網開通
2004/12/7	稚内北星学園大学 AYAME ルータ設置
2004/12/16	釧路工業高等専門学校 AYAME ルータ設置
2004/12/21	稚内北星学園大学 赤れんがギガネット網開通
2004/12/21	釧路工業高等専門学校 赤れんがギガネット網開通
2005/1/11	北海道大学-釧路工業高等専門学校 VLAN 開通
2005/1/11	北海道大学-稚内北星学園大学 VLAN 開通
2005/1/13	北海道大学-釧路工業高等専門学校 OSPF・MPLS 確立
2005/1/13	北海道大学-稚内北星学園大学 OSPF・MPLS 確立
2005/3/1	北海道大学 計測用 PC 設置

3.2.3. 構築作業詳細

3.2.3.1. vlan タグの設定

赤れんがギガネットでは、拠点のイーサフレームをトランスペアレントに他の拠点に転送する。ある拠点から VLAN タグ付きフレームが送られた場合、赤れんがギガネット網はこれを保存して他の拠点に転送するので独自の VLAN 機能を利用することができる。赤れんがギガネットに接続する MPLS ルータは VLAN を使用して Point-to-Point で他のルータと接続する。

各 MPLS ルータにはネットワーク内で一意に識別できる vlan タグを割り当てる。使用する VLAN タグとネットワーク構成図を以下に示す。

区画	VLAN タグ
北海道大学 - 釧路工業高等専門学校	200
北海道大学 - 稚内北星学園大学	201

表 1VLAN タグ割り当て

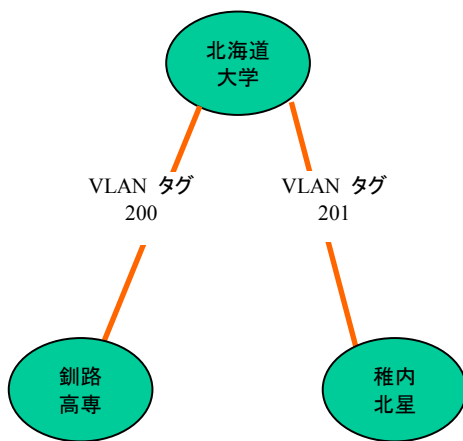


図 1VLAN接続

3.2.3.2. IP アドレス

赤れんがギガネットに参加する組織は、インターフェースアドレスとループバックアドレスを使用する。割り当て IP アドレスの一覧を下表に示す。

アドレス	用途
192.168.187.0/24	インターフェースアドレス
192.168.184.0/24	ループバックアドレス

表 2 使用 IP アドレス

(a) ルータのアドレス設定

インターフェースには他のルータとの通信に使用するインターフェースアドレス、ループバックインターフェースにはループバックアドレスを割り当てた。それぞれの割り当てについて説明する。

- インターフェースアドレス

ルータのインターフェースにはインターフェースアドレス (/30) を割り当てた。割り当てを下表に示す。

区画	割り当てアドレス
北海道大学-釧路工業高等専門学校	192.168.187.0/30
北海道大学-稚内北星学園大学	192.168.187.4/30

表 3 インターフェースアドレス割り当て

- ループバックアドレス

ループバックインターフェースには、ループバックアドレス (/32) を割り当てた。割り当てを下表に示す。

拠点	割り当てアドレス
北海道大学	192.168.184.1
釧路工業高等専門学校	192.168.184.2
稚内北星学園大学	192.168.184.3

表 4 ループバックアドレス割り当て

(b) 導通確認

隣接するルータ間で ping コマンドによる導通確認を行った。結果を下表に示す。

区画	結果
北海道大学-釧路工業高等専門学校	OK
北海道大学-稚内北星学園大学	OK

表 5 ping 確認結果

3.2.3.3. OSPF

赤れんがギガネット内の経路制御には OSPF プロトコルを使用する。

(a) OSPF の設定

エリアはバックボーンエリアのみの構成とした。

各インターフェースのコスト値は 100 を設定した。

(b) OSPF セッションの確認

隣接ルータと OSPF セッションが確立していることを確認した。北大ルータでのコマンド結果を以下に示す。

```
juniper> show ospf neighbor
Address      Interface      State      ID           Pri  Dead
192.168.187.2 fe-0/3/0.200  Full      192.168.184.2  1   33
192.168.187.6 fe-0/3/0.201  Full      192.168.184.3  1   37
```

(c) 経路の確認

隣接ルータと OSPF で経路情報を交換していることを確認した。北大ルータでのコマンド結果を以下に示す。

```
juniper> show route protocol ospf

inet.0: 28 destinations, 34 routes (27 active, 0 holddown, 1 hidden)
+ = Active Route, - = Last Active, * = Both

192.168.184.2/32    [OSPF/10] 2d 09:44:42, metric 110
                  > to 192.168.187.2 via fe-0/3/0.200
192.168.184.3/32    [OSPF/10] 1w0d 01:37:07, metric 200
                  > to 192.168.187.6 via fe-0/3/0.201
192.168.187.16/30   [OSPF/10] 2d 09:44:42, metric 200
                  > to 192.168.187.2 via fe-0/3/0.200
192.168.187.20/30  [OSPF/10] 2d 09:44:42, metric 200
                  > to 192.168.187.2 via fe-0/3/0.200
192.168.187.24/30  [OSPF/10] 2d 09:44:42, metric 200
                  > to 192.168.187.2 via fe-0/3/0.200
224.0.0.5/32       *[OSPF/10] 1w0d 01:38:51, metric 1
                  MultiRecv
```

3.2.3.4. LDP

MPLS シグナリングには、LDP を使用する。

(a) LDP の設定

LDP セッションのトランスポートアドレスにはインターフェースアドレスを使用する。

(b) LDP セッションの確認

隣接ルータと LDP セッションが確立していることを確認した。北大ルータでのコマンド結果を以下に示す。

```
juniper> show ldp session

Address          State          Connection    Hold time
192.168.187.2    Operational    Open          19
192.168.187.6    Operational    Open          22
```


(c) LSP でのデータ転送確認

エッジに位置するルータから ping コマンドを行い、そのパケットをキャプチャラベルが付加されていることを確認した。wakhok ルータでのパケットキャプチャ結果を以下に示す。

```
# tcpdump -xn -i ex1

19:14:03.000133 MPLS (label 0x189a0 TTL 254)
189a 00fe 0000 01ff 4500 0054 0ad5 0000
ff01 bf7c c0a8 b803 c0a8 b802 0800 1c0a
00ff 0068 eb49 e641 1e00 0000 0809 0a0b
0c0d 0e0f 1011 1213 1415 1617 1819 1a1b
1c1d 1e1f 2021 2223 2425 2627 2829 2a2b
2c2d

19:14:03.010734 MPLS (label 0x10 TTL 253)
0001 00fd 0000 01ff 4500 0054 d191 0000
ff01 f8bf c0a8 b802 c0a8 b803 0000 240a
00ff 0068 eb49 e641 1e00 0000 0809 0a0b
0c0d 0e0f 1011 1213 1415 1617 1819 1a1b
1c1d 1e1f 2021 2223 2425 2627 2829 2a2b
2c2d
```

3.2.4. カスタマーエッジの接続に関する付記

当期間では wakhok、釧路高専のカスタマーエッジルータ (CE) を接続した。また、北大においてはコアルータである Juniper M5 が CE として機能する。当期間後、北海道大学電子科学研究所の CE を接続し、常時通信品質を監視したが本報告書では参照していない。

また、第 4 四半期には NORTH 札医大ネットワークオペレーションセンター設置の CE (CISC07304) を接続した。ただし、このルータは赤れんが実証実験網を経由せずに北大のコアルータに接続した。

3.2.5. 通信品質基礎データ

3.2.5.1. 計測方法

北大に設置している計測 PC から 5 分間隔で各拠点のルータまでの RTT (RoundTripTime: 往復時間) の計測を行った。計測ツールには `smokeping` を使用した。

- ネットワーク構成

計測ネットワークの構成を以下に示す。

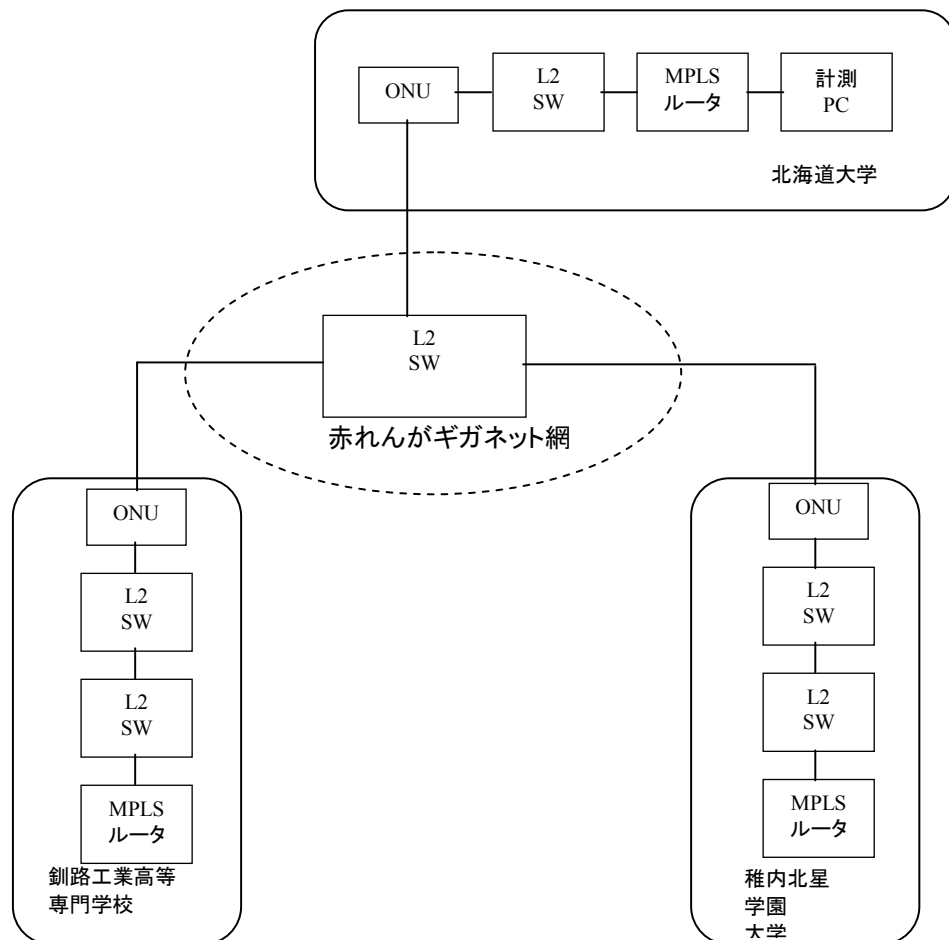


図 2 計測ネットワーク構成

(a) 北大 - 釧路工業高等専門学校計測結果

北大計測 PC から釧路工業高等専門学校ルータまでの traceroute コマンドの結果を以下に示す。
計測 PC からルータまでは、経路が1つなので、経路変化は発生しない。

```
traceroute to 192.168.187.2 (192.168.187.2), 64 hops max, 44 byte packets
 1  202.19.252.1 (202.19.252.1)  0.668 ms  0.560 ms  0.502 ms
 2  192.168.187.2 (192.168.187.2)  5.328 ms  5.435 ms  5.291 ms
```

10 日分のデータをまとめて解析した結果は次の表および図の通りである。

期間	2005年3月3日から2005年3月13日
平均 RTT (ms)	5.4

表 6 計測結果

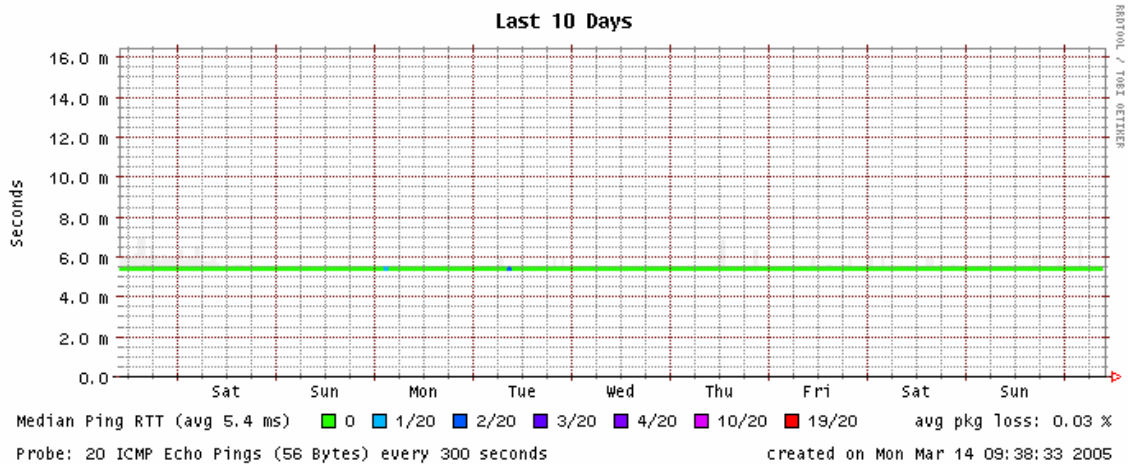


図 3 計測グラフ

これらの結果より、以下のことがわかる。

- ・ 平均値は 5.4msec である。
- ・ RTT の大きな変動は見られない。

(b) 北大 - wakhok 計測結果

北大計測 PC から wakhok ルータまでの traceroute コマンドの結果を以下に示す。計測 PC からルータまでは、経路が1つなので、経路変化は発生しない。

```
traceroute to 192.168.187.6 (192.168.187.6), 64 hops max, 44 byte packets
 1  202.19.252.1 (202.19.252.1)  0.660 ms  0.533 ms  0.494 ms
 2  192.168.187.6 (192.168.187.6)  5.621 ms  5.420 ms  5.406 ms
```

10 日分のデータをまとめて解析した結果は次の表および図の通りである。

期間	2005 年 3 月 3 日から 2005 年 3 月 13 日
平均 RTT (ms)	5.6

表 7 計測結果

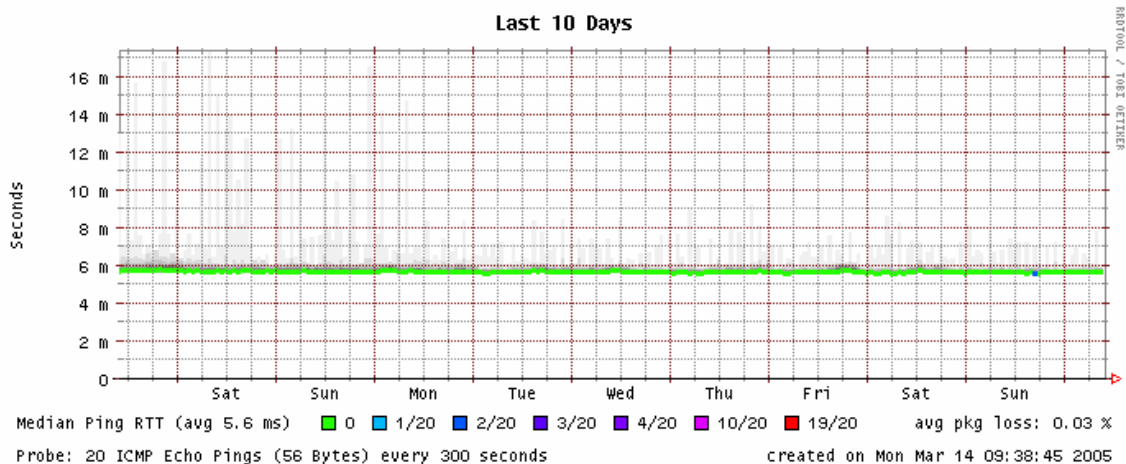


図 4 計測グラフ

これらの結果より、以下のことがわかる。

- 平均値は 5.6msec である。
- RTT の大きな変動は見られない。

3.2.5.2. 通信品質基礎データのまとめ

2 つの拠点への計測結果を比較すると、wakhok への RTT のゆらぎがわずかだが、大きいようである。ゆらぎの原因は、wakhok では構内のレイヤ 2 スイッチが VLAN タグの付け替えを行っており、これが影響しているのではないかと考えられる。

3.3. 低負条件での赤れんが実証実験網のインターネットと通信品質比較実験

3.3.1. 概要

第2四半期に行われた「低負荷条件の赤れんが実証実験網のインターネットと通信品質比較実験」についてまとめる。

本実験では、赤れんが実証実験網とインターネットを、通信品質の安定性の観点から比較し、赤れんが実証実験網の優位性を実証する。

3.3.2. 実験方法

北大と wakhok の間で、赤れんが実証実験網とインターネット回りのふたつの経路で可用（余剰）帯域と、RTT（Round Trip Time：往復所要時間）を比較した。

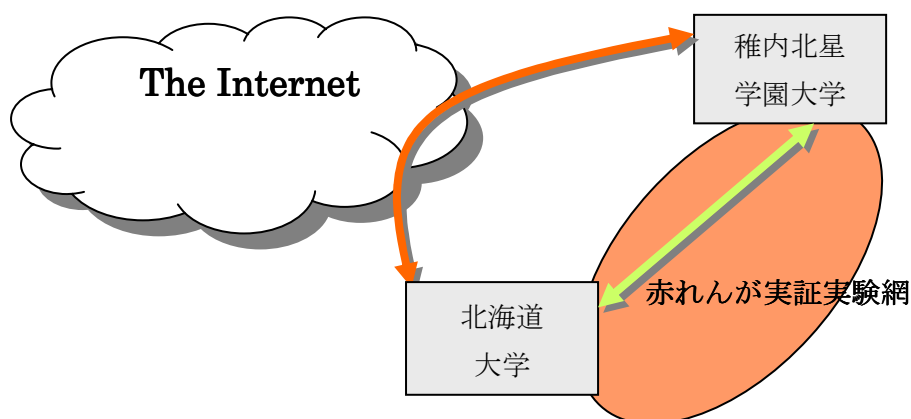


図 5 概念実験ネットワーク図

3.3.3. 計測

3.3.3.1. 計測ツール

使用計測ツール	計測用途
Pathrate	可用帯域計測
SmokePing	RTT（往復所要時間）計測
MRTG	通信量計測

表 8 使用計測ツールと用途

3.3.3.2. 計測方法

下図において、本来「赤れんが実証実験網経由の経路」と「インターネット経由の経路」を直接比較するには、経路①と経路②を比較する必要があるが、実際の IP 経路制御の制約上、経路①と経路②は同時に成立しない。そのため経路②は経路②'に近似して計測を行う。経路①（赤れんが実証実験網経由）、経路②'ともに Pathrate、SmokePing 計測を行った。また、経路①では Pathrate、SmokePing の計測用トラフィックの流量を調査するために MRTG で計測を行った。

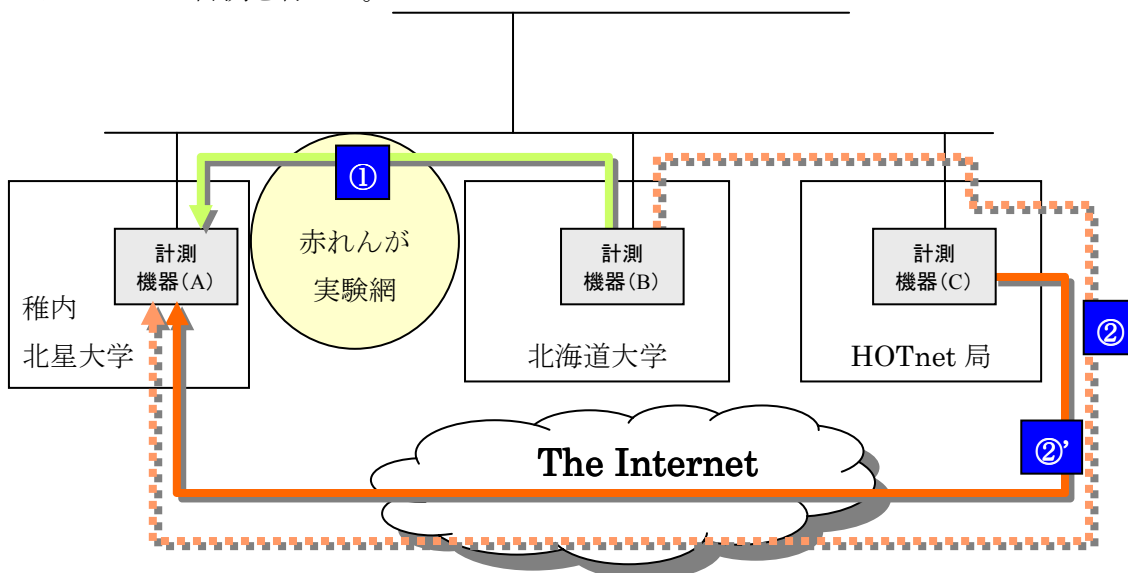


図 6 計測経路 (概念ネットワーク図の詳細)

3.3.4. 結果

3.3.4.1. 赤れんが実証実験網回り経路の計測結果

可用帯域計測結果は図の通りである。

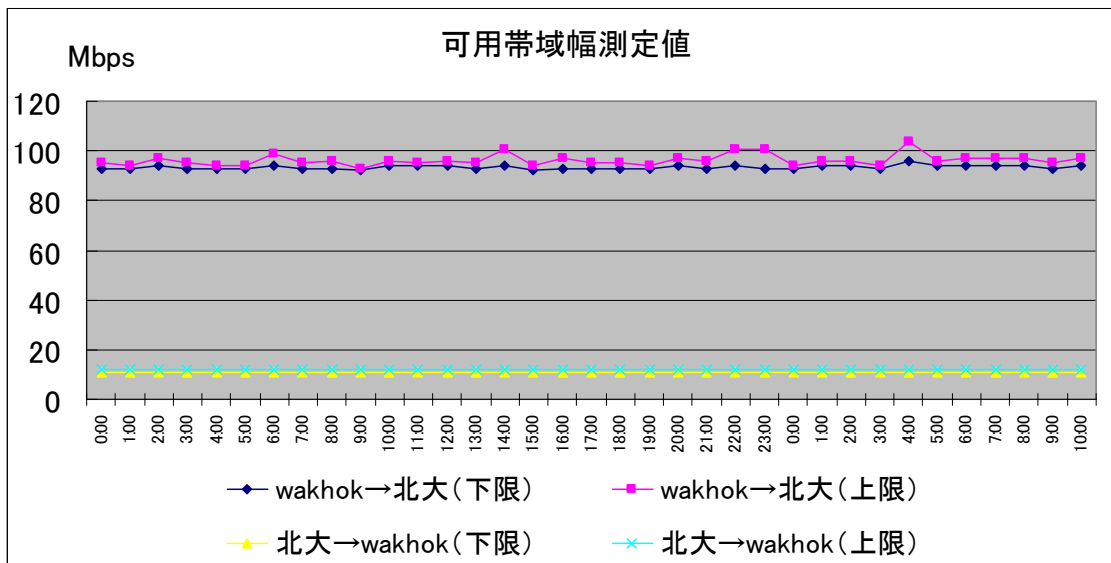


図 7 赤れんが実証実験網の可用帯域幅計測

※wakhok→北大方向について

実際は 10Mbps に帯域制限されているが、wakhok→北大方向では policing 方式の帯域制限のため、原理的にパケットペア方式で計測する pathrate では制限帯域値ではなく回線物理帯域の最大値が計測されてしまう。

(北大→wakhok では shaping 方式、wakhok→北大では policing 方式と帯域制限の方法が異なる) 帯域制御は通信事業者が行う為、通信方向(顧客(この場合 wakhok)からの見た上り下り)で方法が異なるのは一般的である。

第2四半期(2005年4月～2005年9月)の、ある10日間のRTT(Round Trip Time:往復所要時間)計測結果を下図に示す。

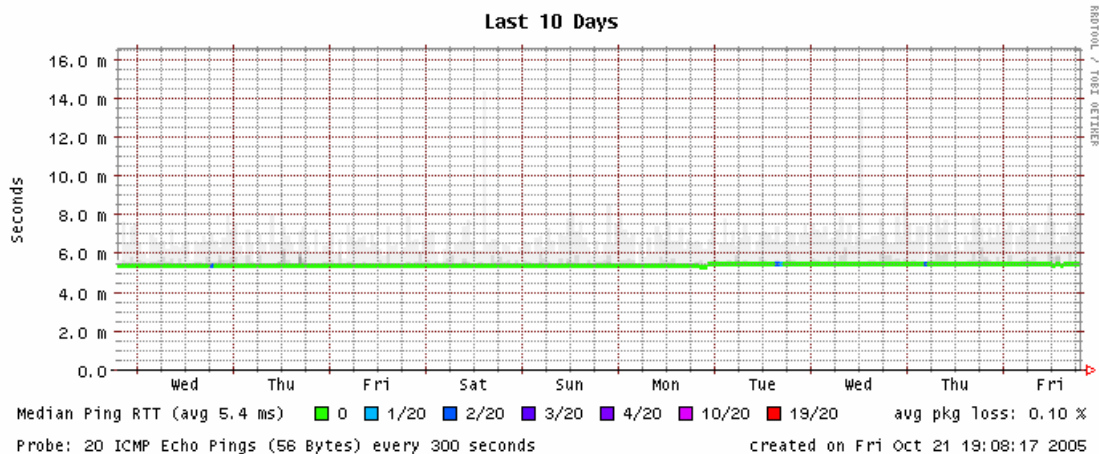
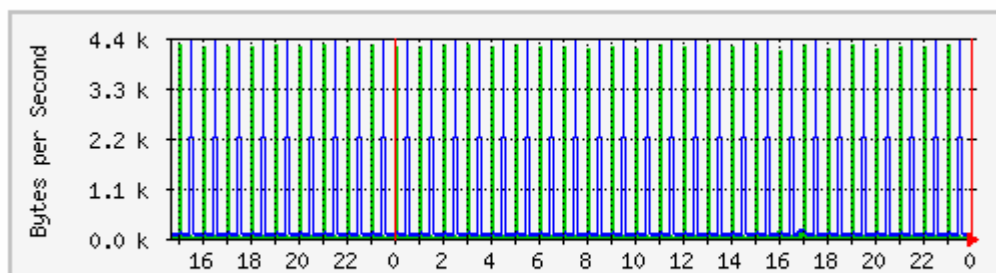


図 8 赤れんが実証実験網の RTT 計測 (通信品質の安定度)

北大に設置した計測機器のネットワークインタフェースで観測される通信量 (当該機器が送受する通信を含む) の計測結果を下図に示す。

※ 以下の表記は byte 表記ある。緑の縦線は接続口がトラフィックを受信した量、青の縦線は接続口がトラフィックを送信した量である。

日間グラフ(5分間の平均)



最大値 受信:4261.0 B/秒 (0.0%) 平均値 受信:391.0 B/秒 (0.0%) 現在値 受信:73.0 B/秒 (0.0%)
 最大値 送信:4297.0 B/秒 (0.0%) 平均値 送信:426.0 B/秒 (0.0%) 現在値 送信:72.0 B/秒 (0.0%)

図 9 計測機器で観測される通信量 (日間 = 約 34 時間)

3.3.4.2. インターネット回り経路の計測結果

可用帯域計測結果は下図の通りである。

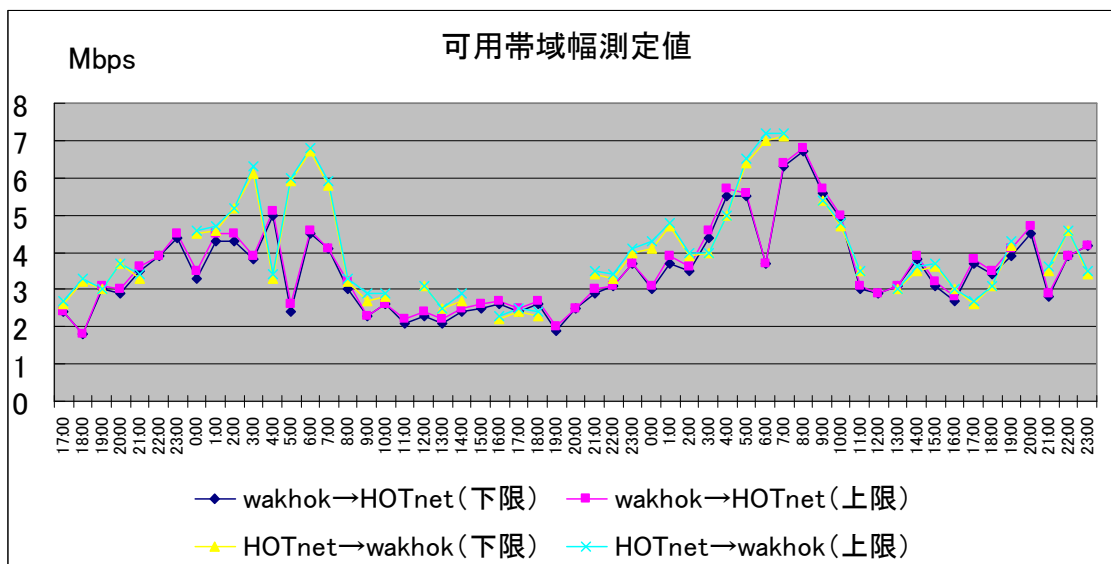


図 10 インターネット回り経路の可用帯域幅計測

10 日分の RTT の計測結果を下図に示す。

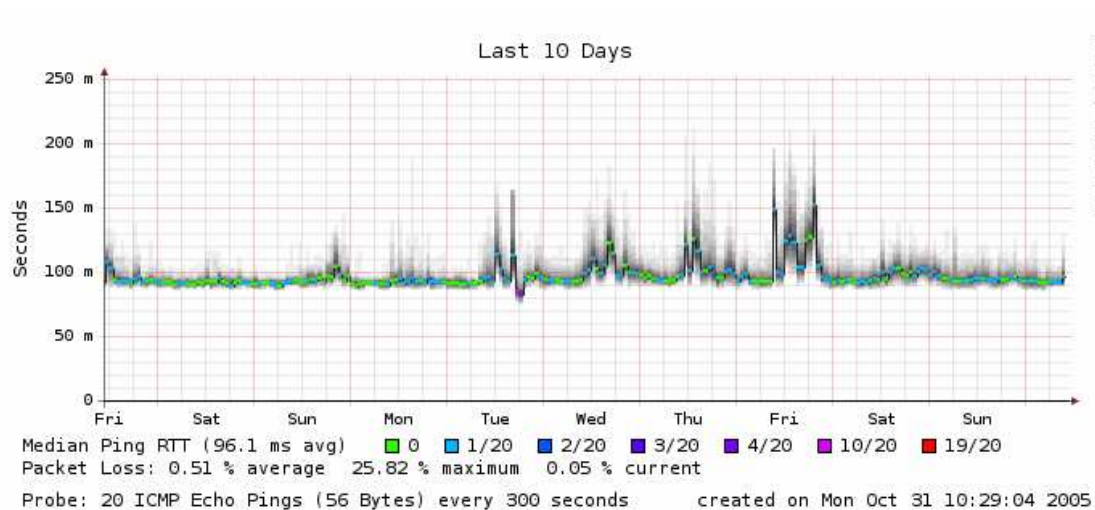


図 11 インターネット回り経路の RTT 計測 (通信品質の安定度)

計測機器 (図 6 計測機器 (C)) が送受した計測のための通信量と通信パターン計測は、見出し番号 3.3.4.1 図 9 と同じになるため、ここでは割愛した。

3.3.5. 考察

3.3.4.1 図7、図8から可用帯域、RTTともに大きなゆらぎは見られない。一方、図9のように計測用のトラフィックはパターンが一定で無視できるほど小さい(可用帯域10Mbpsに対して最大で34Kbps=0.34%の利用)ことから計測トラフィックの通信品質への影響は無視できる。これらから、赤れんが実証網では安定した可用(余剰)帯域と低ジッタ性が確保され、結果として品質の良い広帯域伝送が可能だと考えられる。

一方3.3.4.2「インターネット回りの経路計測結果」では図10インターネット回り経路の可用帯域幅計測 図11に示すように可用帯域、RTTそれぞれおよそ7Mbps、100msecと赤れんが実証実験網のデータ(それぞれ可用帯域10Mbps、RTT5.5msec)より格段に悪く、さらに大きなゆらぎが注目される。

インターネットの可用帯域は一般に9:00から21:00まで減少の傾向がみられ、RTTでは同じ時間帯に計測値が高分散、またロス増加の傾向を示すことからこれらには相関があるように思われ、その原因はインターネット回りの経路上いずれかでのトラフィックの増加(つまりインターネット利用者数の増加)によって誘起されているのではないかと推測される(この推論の検証は「次世代IX研究会 計測ワーキンググループ」の研究成果を待つ)。インターネット回りでは安定した可用(余剰)帯域の確保は困難であると予想される。一般的にインターネット経由での3Mbps程度のストリーミング(映像伝送)では昼夜での通信品質の差が大きく、とくに昼間は頻繁に映像・音声品質の劣化が見られることが知られている。

3.4. 高負荷条件の通信品質計測および広域中継実証実験

3.4.1. 概要

第2四半期に行われた「高負荷条件の通信品質計測および広域中継実証実験」についてまとめる。

広域中継実証実験は、「赤れんが実証実験網」とインターネット回りの経路との通信品質比較、および2005年9月22日に行われた「地域ネットワーク連携ワークショップ 2005 in 沖縄」イベント中継（広域中継実証実験）のトラフィックを利用して実施した広帯域通信が赤れんが実証実験網の通信品質に及ぼす影響についての検証から、可用（余剰）帯域とRTT（Round Trip Time：往復所要時間）の安定性と通信品質の相関ならびに安全に利用可能な帯域の推定に関する示唆が得られ、赤れんが実証実験網のような「北海道地域網」の効果的利用法の模索に関して端緒になったと考える。

尚、今回の広域中継実証実験で伝送されるコンテンツの帯域は25Mbps程度が予定されていた為、貸与される帯域が上限10Mbpsである赤れんが実証実験網に代えて、HOTnetから別途「赤れんが実証実験網を模した網」（以後「近似的な網」と略す）提供を受け本実験を実施した。

3.4.2. 実験方法

9月22日（木）に行われた「地域ネットワーク連携ワークショップ 2005 in 沖縄」の高精細画像中継トラフィックを利用して①「(近似的な網における) 高負荷条件での通信品質」を計測し、その「赤れんが実証実験網」への影響の推定に供した。(図 12 参照)

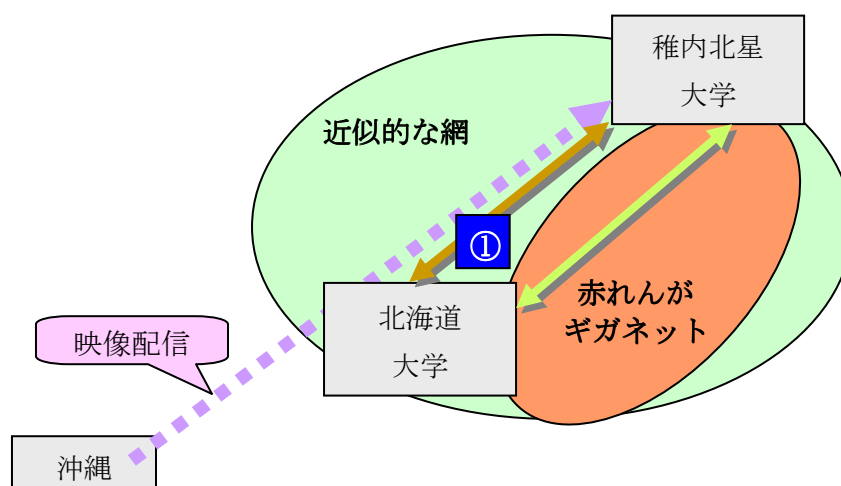


図 12 計測した通信経路

3.4.3. 計測

下表は計測ツールの一覧である

使用計測ツール	計測用途
Pathrate	可用帯域計測
SmokePing	RTT（往復所要時間）計測
MRTG	通信量計測

表 9 使用計測ツールと用途

3.4.4. 結果

図 12 経路①における可用帯域計測結果は下図の通りである。

ただし、9月22日 08:00～13:00の間は通信設定が安定するまで計測を停止していた為グラフには反映されていない。

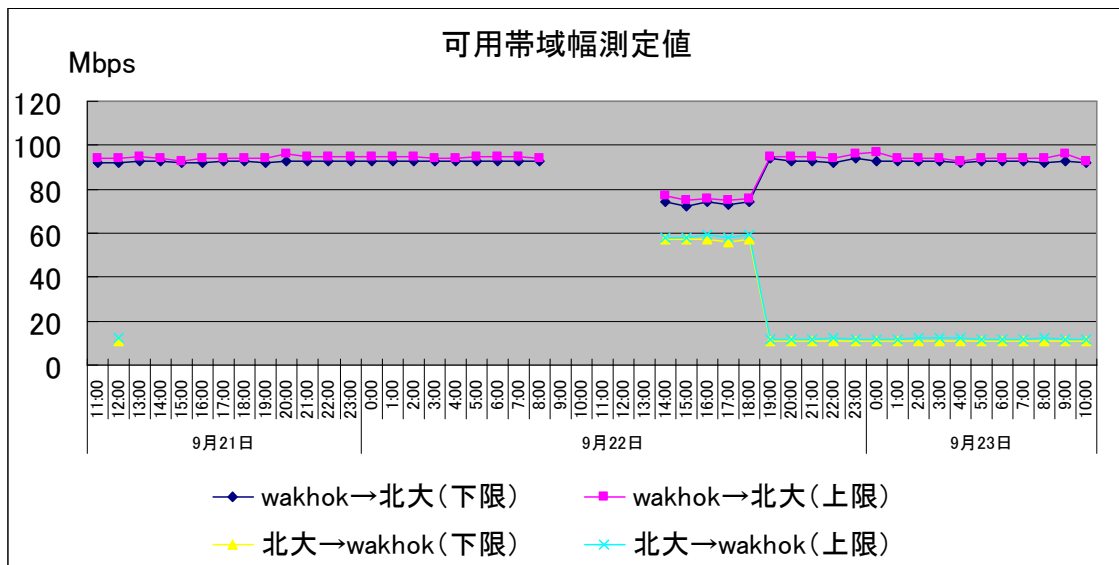
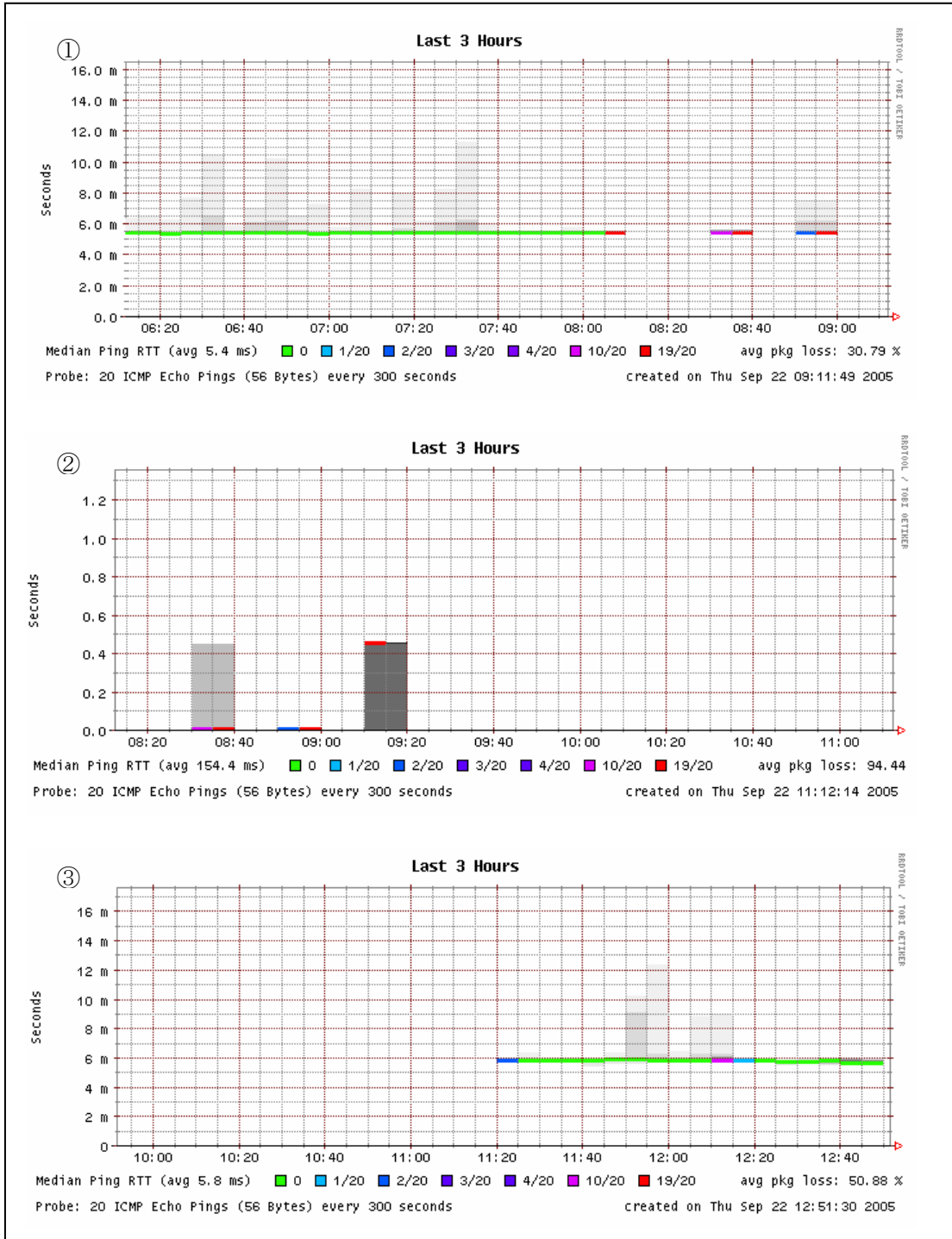


図 13 可用帯域幅計測

図 12 の経路①で3時間分のデータをまとめて解析した RTT 計測結果は次の図の通りである。
(3 時間×6)



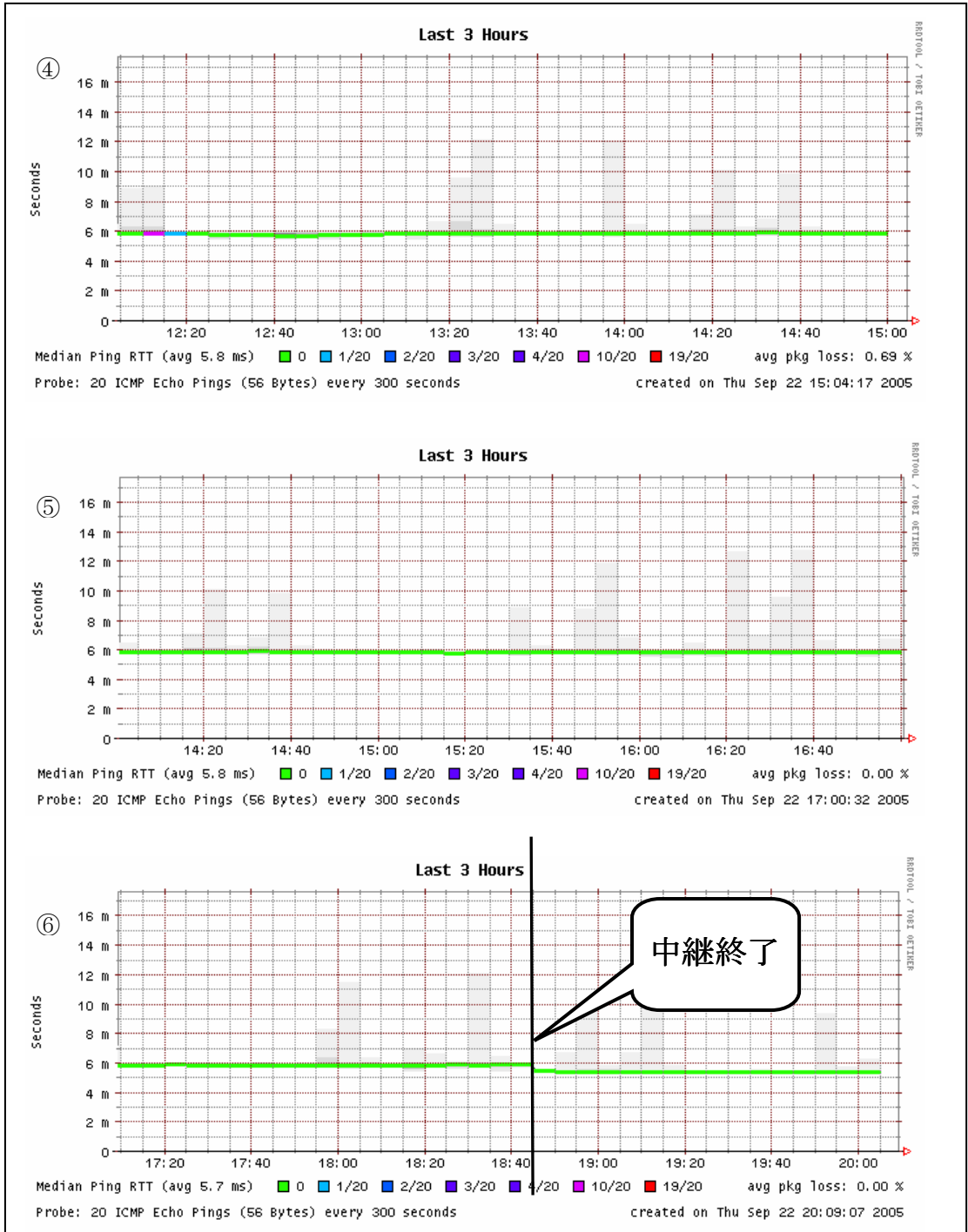


図 14 ネットワーク品質の安定度計測

中継中に北大の計測機器より、「沖縄側のエッジルータ」に向けて RTT 計測 (ping :ICMP パケットを 10 回送受信) した際の最小・平均・最大の RTT 値である。

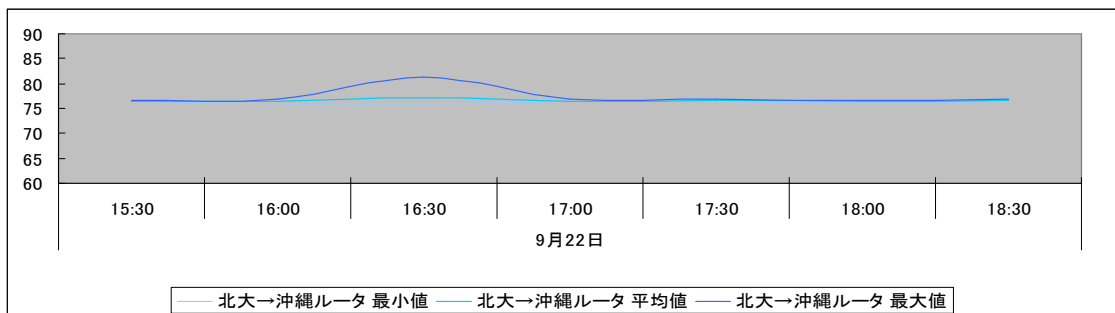


図 15 通信品質の安定度計測 (北大→沖縄間)

中継中に wakhok の計測機器より、「沖縄側のエッジルータ」に向けて RTT 計測 (前述参照) した際の最小・平均・最大の RTT 値である。

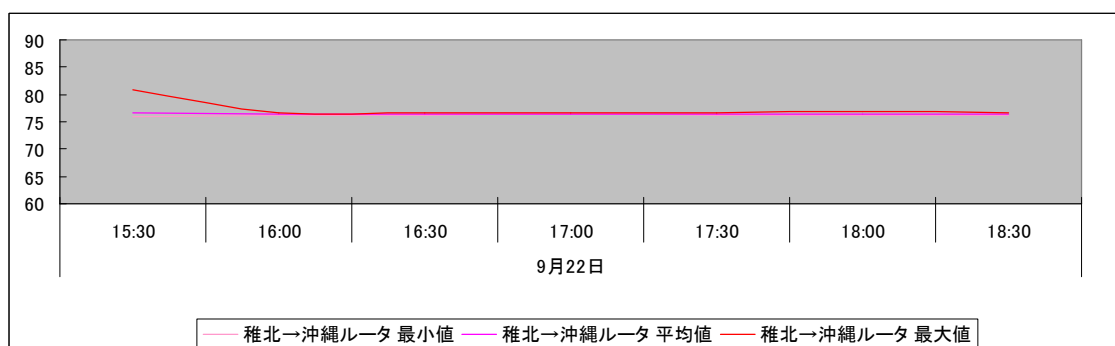


図 16 通信品質の安定度計測 (wakhok→沖縄間)

上記 2 つの図の RTT 計測経路図を以下に示す。

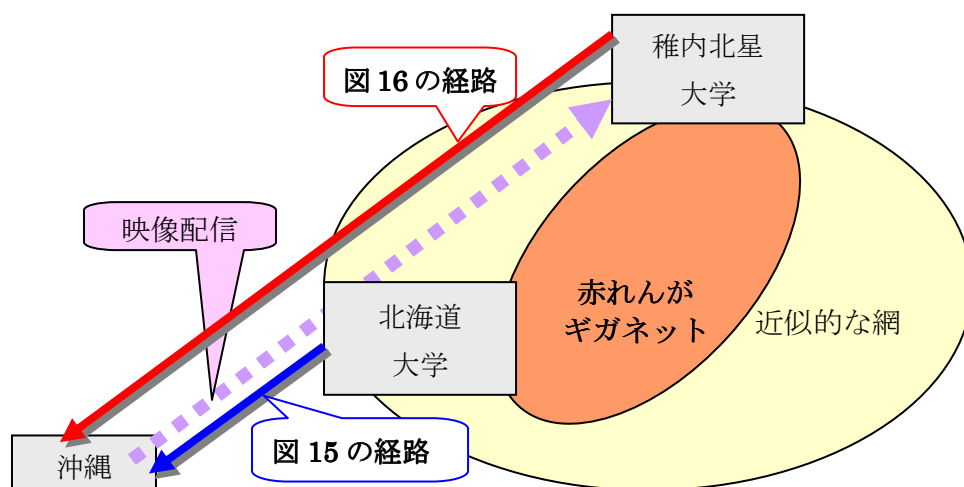


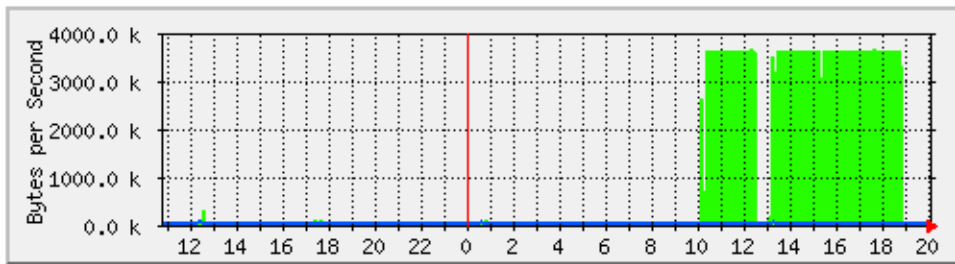
図 17 RTT 計測経路

3.4.4.1. 通信量

北大に設置してある Juniper M5 ルータの近似的な網接続口での通信量計測結果は図の通りである。

※ 以下の表記は byte 表記である。緑の縦線は接続口がトラフィックを受信した量、青の縦線は接続口がトラフィックを送信した量である。

日間グラフ(5分間の平均)



最大値 受信:3650.9 kB/秒 (29.2%) 平均値 受信:843.4 kB/秒 (6.7%) 現在値 受信:4232.0 B/秒 (0.0%)
最大値 送信:65.9 kB/秒 (0.5%) 平均値 送信:1170.0 B/秒 (0.0%) 現在値 送信:119.0 B/秒 (0.0%)

図 18 北大ルータのトラフィック計測

3.4.4.2. 伝送品質

広域中継実証実験の伝送品質の良否は受信地での目視によった(下図 19 広域中継実証実験(沖縄中継)受信地:wakhokの画像参照)。

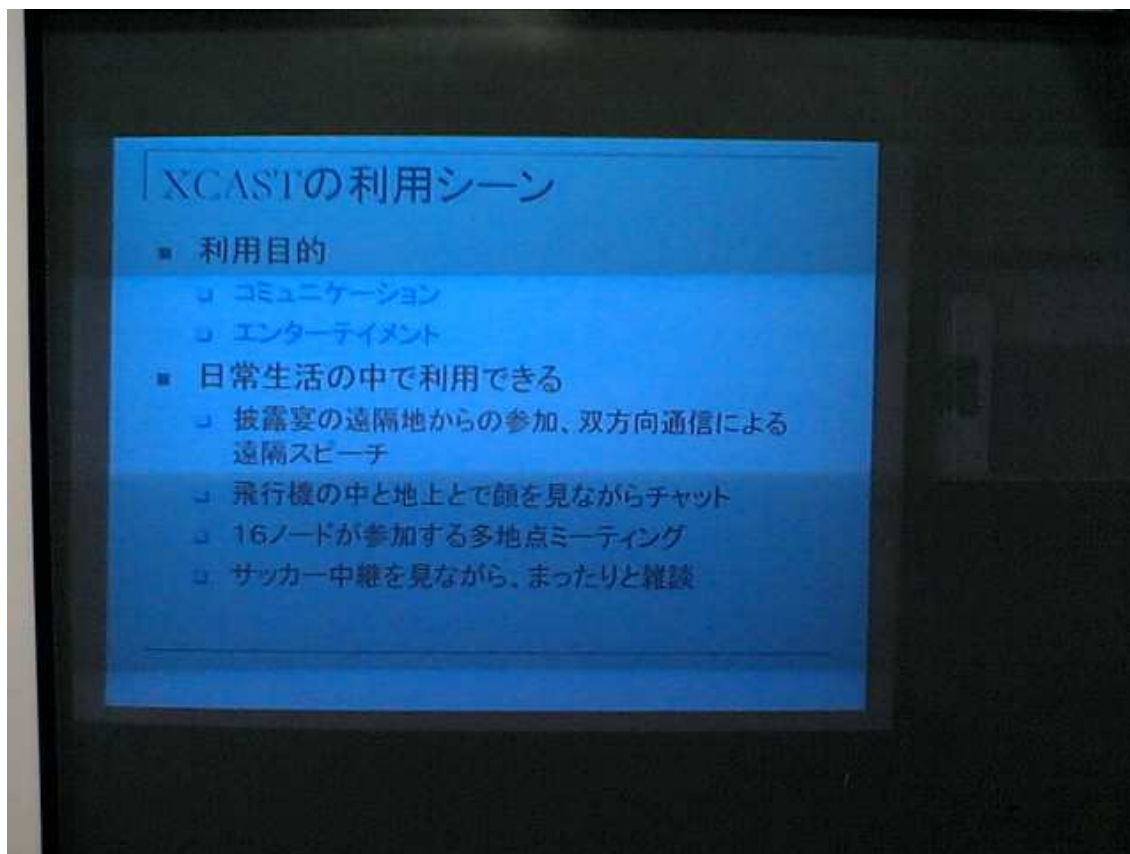


図 19 広域中継実証実験(沖縄中継)受信地:wakhokの画像

3.4.5. 考察

3.4.5.1. 計測結果からの考察

今回の実験では高負荷時の赤れんが実証実験網とインターネットの通信品質比較を行い、赤れんが実証実験網の優位性を実証することも検討されたが、インターネットに対して長時間広帯域トラフィックを流して高い負荷をかけることはさまざまな問題を引き起こすことが予想されるため、インターネットが高負荷に対してどういう挙動を示すのかその傾向を知る検証は実証実験以外の方法がとられなければならないと考えられ、本実証実験では対象外とし必要に応じて推測するにとどめる。また 3.4.1「概要」で述べたように、今回実証実験に利用した「地域ネットワーク連携ワークショップ 2005 in 沖縄」の中継では 25Mbps 強のトラフィックが予定されていたため、本実証実験が赤れんがギガネット本体に悪影響を及ぼさないよう HOTnet に依頼して「構成上、赤れんが実証実験網に似た、より広帯域な網（近似的な網）」を構築して実証実験を実施した。

中継中、可用帯域は（中継は 9:00～18:00 に行われたが可用帯域計測は 13:00～18:00）、図 13 に示すように値は減少しているが、ゆらぎは少なく安定していた（中継中の北大－wakhok 間の可用帯域計測値が非対称であった理由は、図 20 に示すように北大向けにはマルチキャストのみ、wakhok にはユニキャストとマルチキャストが流れていたためと考えられる。これは北大設置のルータで計測されたマルチキャストによる中継の帯域（図 18 参照）と、図 13 で減少している wakhok→北大向き可用帯域値がほぼ一致し、北大→wakhok 向きでその約二倍の減少が見られることでも説明できる。

RTT は、中継前（～9:00）から中継前半（9:00～11:20）の間、伝送経路の設定不備などにより著しく不安定な値（過大なパケットロスと遅延）を示したが、正常に中継されてからは（11:20～）良好かつ安定した値が計測された（図 14 参照）。

さらに図 15 図 16 が示すように、北大と wakhok から沖縄に向き RTT 値（計測時間は 15:30～18:30）はゆらぎも少なく、絶対値としても平均 76msec 前後と非常に良好な値を保っていた。余談になるが、wakhok－那覇間で地域網（北海道）－JGN2－地域網（九州・沖縄）といった構成のネットワークの通信品質計測が実施されることは極めて珍しく貴重な知見が得られた。

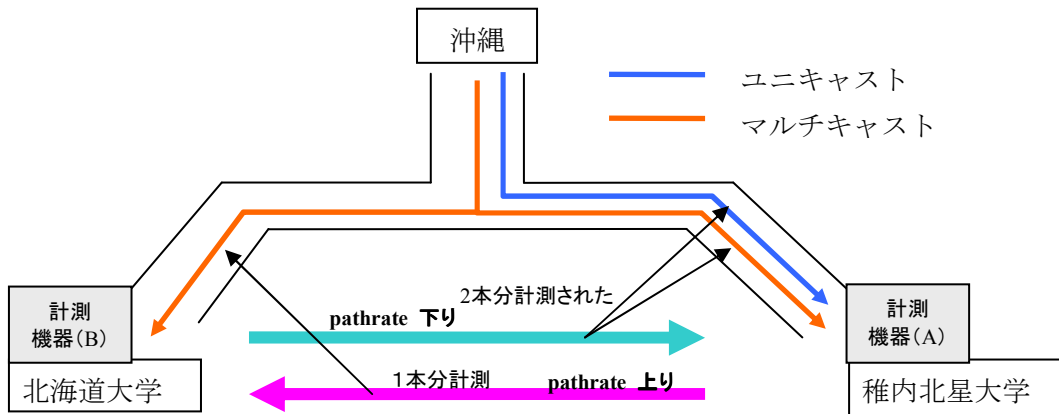


図 20 可用帯域計測における非対称性の原因 (予測)

3.4.5.2. 実験から得られた知見

今回、高負荷実証実験のために、沖縄で開催されたイベント（地域ネットワーク連携ワークショップ 2005 in 沖縄）の中継トラフィックを利用したが、利用にあたって JGN2 を利用して伝達範囲を延伸し他のネットワーク運用組織と連携するなど、広域的な相互接続のための設計・準備作業・調整（総称してネットワークアレンジと呼び習わすことがある）が必要になった。

IP マルチキャストルーティングの事前調査・設計・調整が十分に行われなければならない。広域中継実証実験時に 9:00～13:00 まで伝送品質が悪かった（受信地で映像・音声を確認できない）のは主に中継にかかわった複数のネットワーク組織で IP マルチキャストルーティングの設定がかみ合っていないためだった。IP マルチキャストのルーティングと伝送には機器ごとにはできることできないことがあり、また、それらの設定についても各ネットワークでさまざまであるため、事前に伝送経路すべてについて十分な調査と、調査結果に基づいた設計、必要に応じて調整を行う必要を痛感した。

各ネットワーク組織が自設備の網の品質や利用状況、機器の仕様など通信品質にかかわる情報について把握しているとネットワークアレンジがスムーズに進み、階層のかつ柔軟な相互接続を容易にし、ひいてはネットワークの高度利用を促進することになると考えられる。とくに、網の最大帯域と利用状況の把握、つまり可用帯域の把握は通信品質とネットワークインフラへ投資の適正規模を考える上で重要な意味がある可能性が今期の実証実験で示唆された。いずれ当実証実験で検証したい。

広域中継実証実験（沖縄中継）に関しても、wakhok と沖縄設置の配送拠点ネットワークとの間に「プライベートピアリング」を行い、2 者間協議でのポリシールーティングを実現して、十分な余剰帯域があれば安定した伝送が出来る事が実証された（今回は近似的な網の 100Mbps の可用帯域に対し 60Mbps 程度の余剰帯域）。したがって、可用帯域上限 10Mbps の赤れんが実証実験網に対しても十分な余剰帯域確保を行えば、安定した伝送が実現すると予測される。

3.5. inter-domain MPLS-IX 実証実験

3.5.1. 概要

第3四半期に行われた inter-domain MPLS-IX 実証実験についてまとめる。

本実験は「JGN2 上に構築されている MPLS を利用した広域分散 IX (distix)」と「赤れんが実証実験網」とを連携し、2005 年 10 月 3 日にライブ!ユニバースを中心に実施された日食中継「LIVE!ECLIPSE 2005 Annular (L!E)」を道内 2 拠点(北大、wakhok)に再配信を行い、検証の結果、inter-domain MPLS-IX が優位であることがわかった。

3.5.2. 実験方法

実施日：2005 年 10 月 3 日

inter-domainMPLS-IX 実証実験を行う為に LIVE! ECLIPSE 2005 Annular 中継*(日食中継)を小金井から NORTH 北大 NOC を経由し wakhok、北大に伝送して、inter-domainMPLS-IX の運用要件等について検証した。

*ライブ!ユニバース、独立行政法人情報通信研究機構(NICT)等により行われた。スペインマドリッドから東京小金井の NICT に伝送され、国内で受信希望拠点に再配信された。

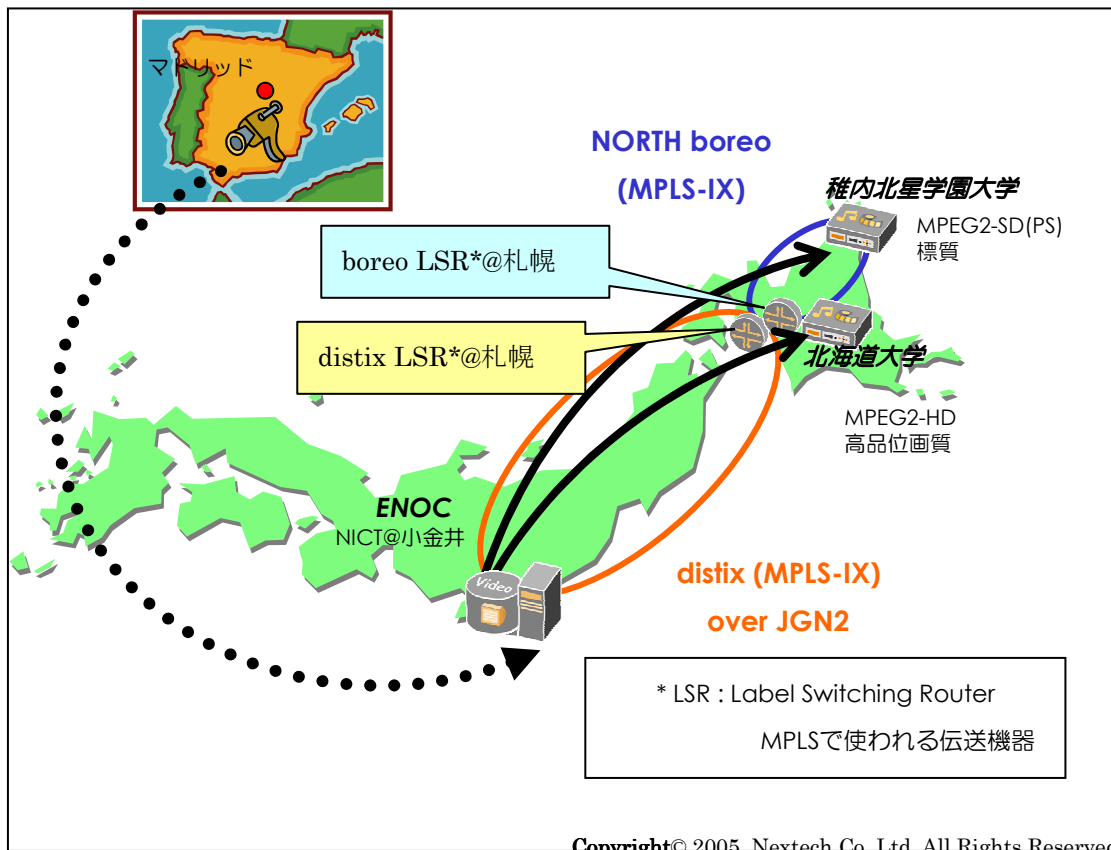


図 21 LIVE! ECLIPSE 2005 Annular 中継実験概要図

3.5.3. 計測

下表は計測ツールの一覧である

使用計測ツール	計測用途
SmokePing	RTT (往復所要時間) 計測
MRTG	通信量計測

表 10 計測ツール一覧

distix - boreo 間の詳細図を下図に図 23 distix - boreo 間詳細図に示す。

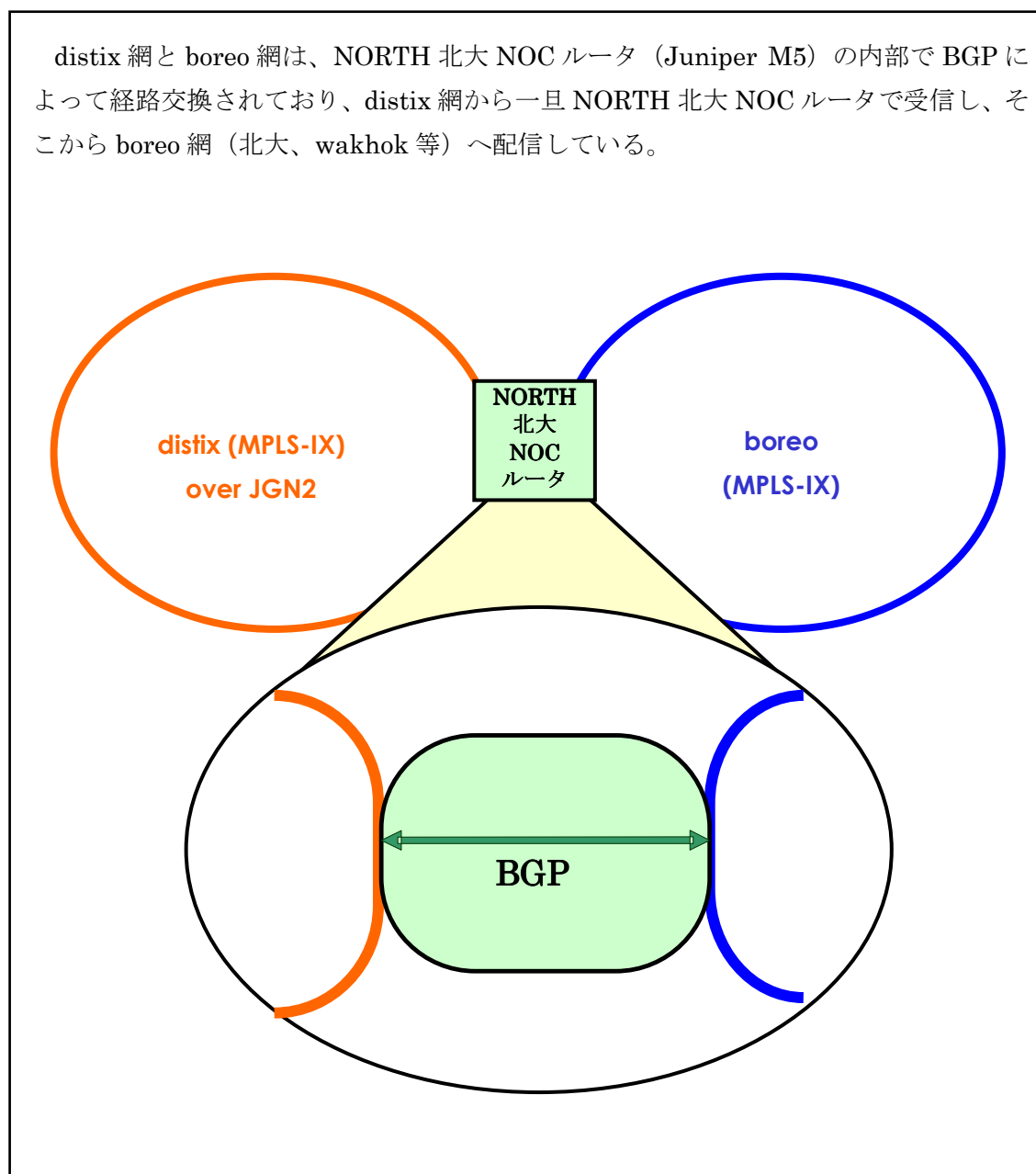


図 23 distix - boreo 間詳細図

3.5.4. 準備作業工程

中継実験時の準備作業工程を以下に示す。

1. 映像受信地点のアレンジ

北大理学部（情報基盤センターへ再配信）：

MPEG2 HD を受信

wakhok :

帯域が 10Mbps なので MPEG2 を配信する Video BOX を使用

2. L2 と L3 のアレンジ

映像はマドリッド→小金井

小金井から RIBB 経由で全国へ

TODO :

北大と小金井の間で LSP を作成して、BGP で経路交換

wakhok と小金井の間で LSP を作成して、BGP で経路交換

3. NORTH 北大 NOC ルータの役割

- ① MPLS 網のコアルータとして機能させる (wakhok の LSP を distix に「中継」するため)
- ② distix のラベル配布と、boreo のラベル配布の中継ぎをする
- ③ distix から BGP-MP でラベルをもらって、boreo 内に LDP で再配布する
- ④ 自分も小金井と LSP を作成し、BGP で経路交換

4. wakhok の役割

- ① distix から割り当てられた /32 のアドレスのラベルを boreo 網内に配布
- ② distix からのラベル（北大経由）を受け取る
- ③ 小金井と LSP を作成して BGP で経路交換

3.5.5. 結果

LIVE! ECLIPSE 2005 Annular 中継実験時の赤れんが実証実験網における計測結果を以下に示す。

ライブ中継時の北大 – wakhok 間の①RTT 計測結果は次の図の通りである。

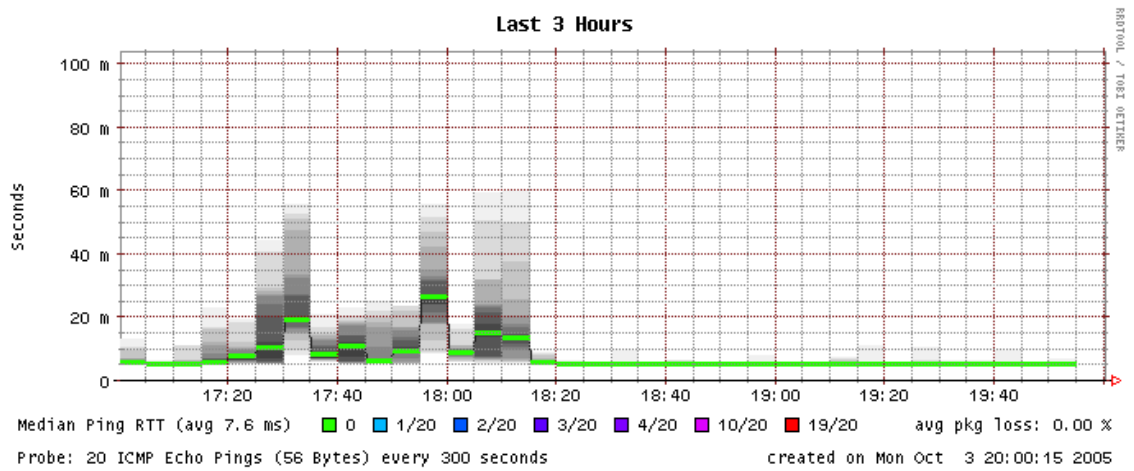


図 24 網品質の安定度計測

北大に設置してある Juniper M5 ルータの赤レンガネットワーク接続インタフェースでの各通信量計測結果は下図の通りである。

*以下の表記は byte 表記である。緑の縦線は接続口がトラフィックを受信した量、青の縦線は接続口がトラフィックを送信した量である。

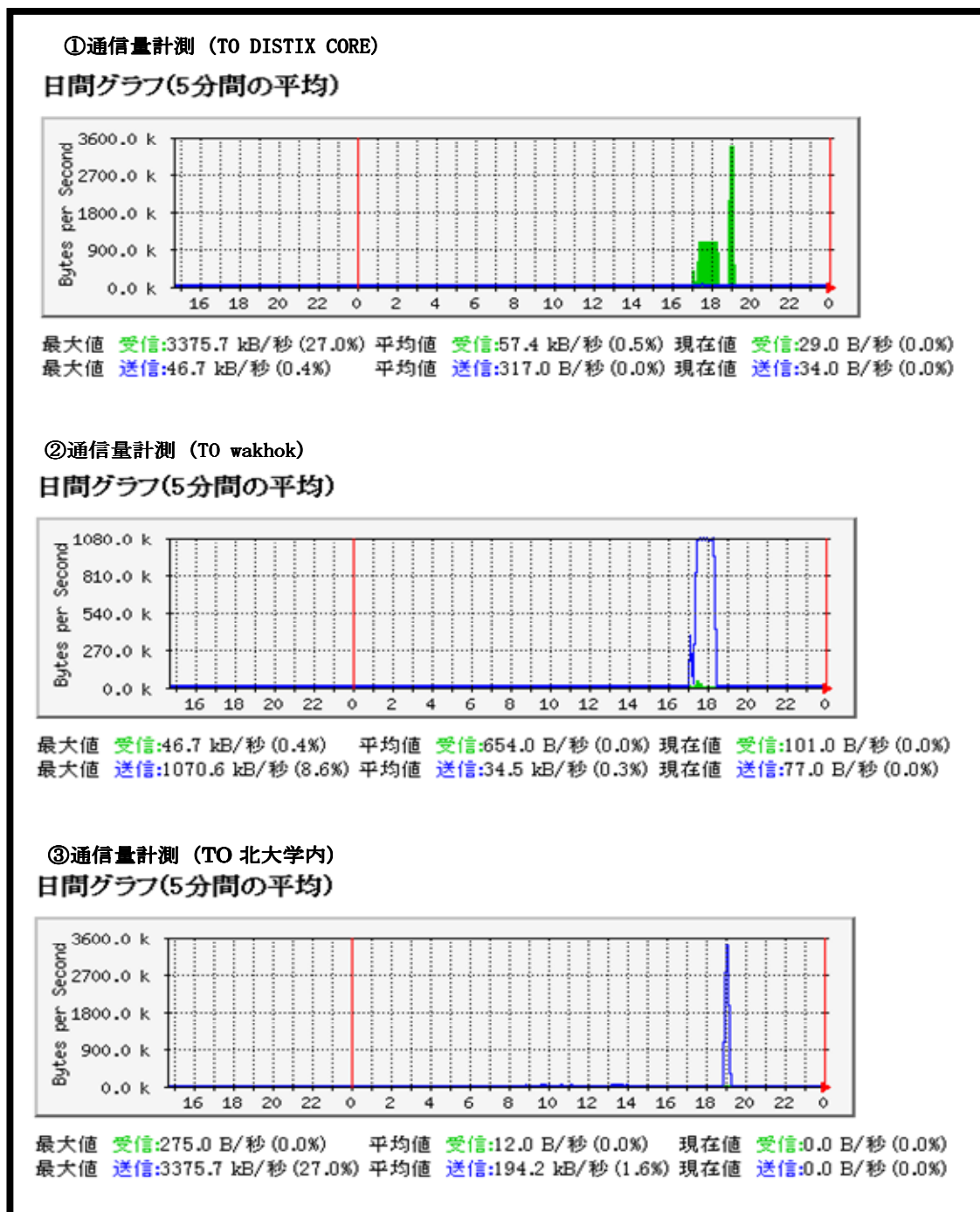


図 25 北大 MRTG 計測結果

3.5.6. 考察

inter-domain MPLS-IX を用いることによって各地域の IX 同士を連携（協働）し、接続している IX（事業者）のサービスエリアに限定されずに広域な 2 拠点間の通信を可能にする。

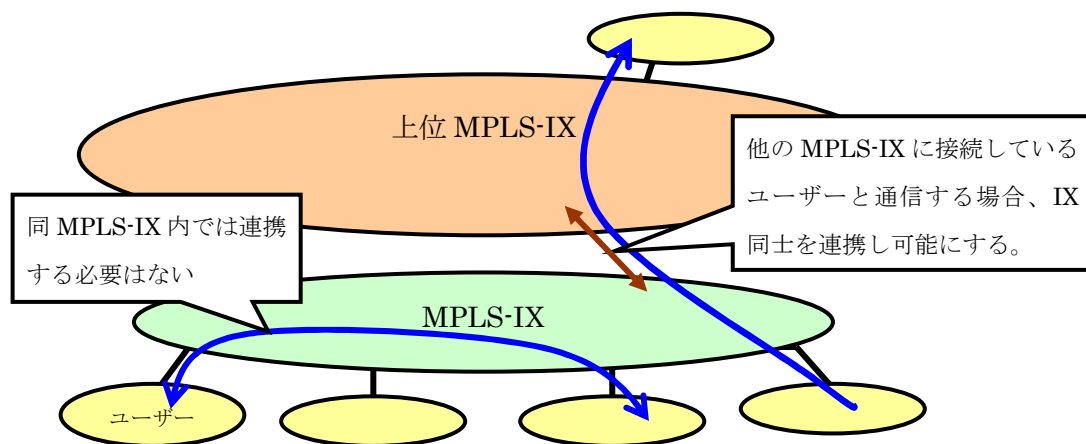


図 26 inter-domain MPLS-IX 概念図

今回の実証実験により遠隔地域のユーザーとピアリングし、高品質（広帯域）な映像を受信する事が実証できた。

次に今回の計測結果の詳細について下記に述べる。

図 25①通信量計測から分かるように北大に設置してある Juniper M5 ルータは、distix core からの大きなトラフィックを 17:00~18:20 と 18:50~19:20 間と 2 度受信している。1 度目のトラフィックは、wakhok 向けのトラフィック、2 度目のトラフィックは、北大向けトラフィックを受信しており、それぞれ、図 25 ②通信量計測，③通信量計測にも送信トラフィックとして計測されている。

wakhok 向けの帯域は 10Mbps に制限されている為、MPEG2 を配信する VideoBOX を使用し、中継映像を効率よく受信（約 8Mbps）する事が出来た。図 24 の北大-wakhok 間 RTT 計測結果にも影響が表れている。

北大向けの帯域については特に帯域制限はされていない為、MPEG2 HD により、高品質な映像を受信（約 28Mbps）する事が出来た。

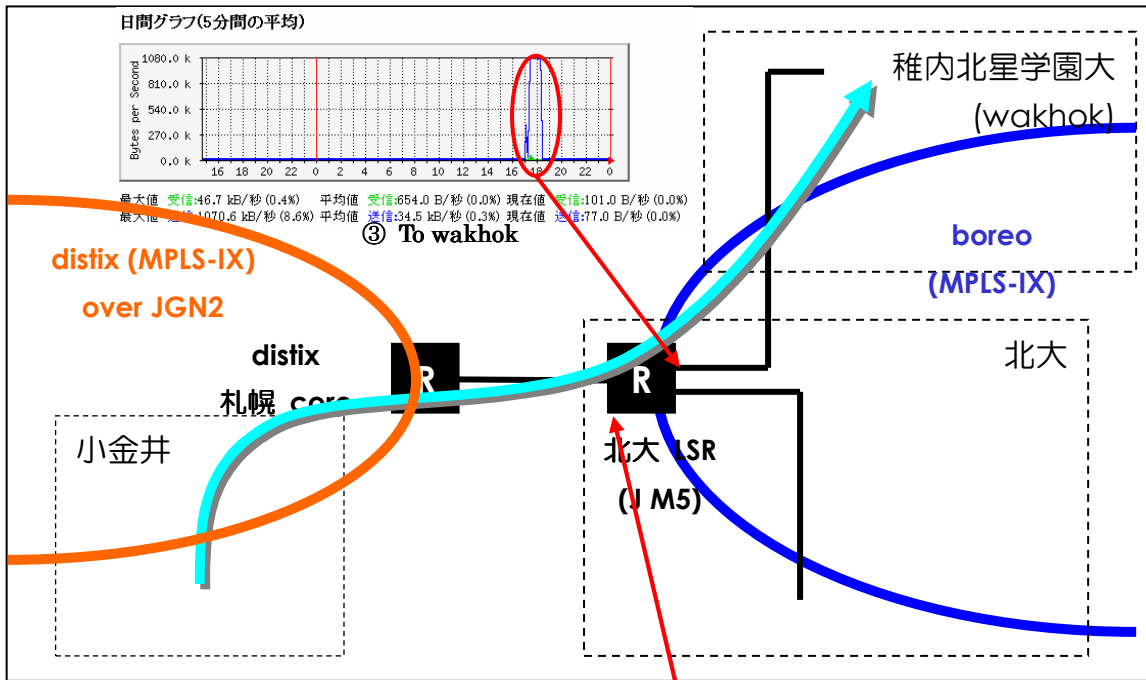


図 27wakhok 向けのトラフィック(17:00~18:20)

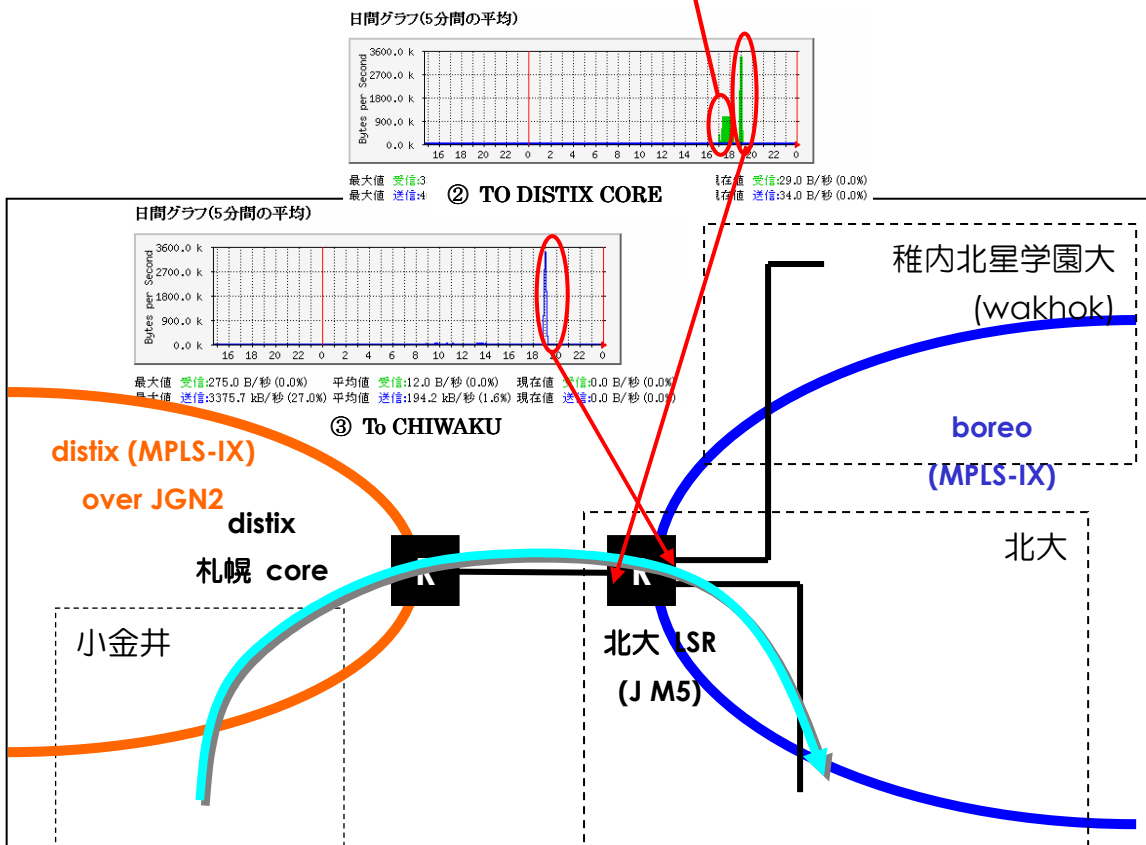


図 28 北大向けトラフィック(18:50~19:20)

これらの結果から、inter-domain MPLS-IX 下でも大容量のトラフィックを安定した状態で送受信する事が可能である事が実証された。

前回の沖縄中継時の RTT 計測では特にゆらぎはほとんど見られなかったが、今回のライブ中継中の RTT 計測(図 24)ではゆらぎが計測された。この理由について、前回は 100Mbps の物理帯域中約 40Mbps のトラフィックが流れており余剰帯域が充分 (60Mbps 程度) であったのに対し、今回は 10Mbps 物理帯域中約 8Mbps のトラフィックが送信されており、余剰帯域の割合が少なかった為に計測に現れたと推測できる。

逆にこの少ない余剰帯域の中でも特に品質を落とす事なく映像配信できた事は、この inter-domain MPLS-IX 実証実験での成果は非常に大きい。

3.6. 計測ツール検証実験と通信品質予備調査

3.6.1. 概要

第4四半期で実施するトラフィックエンジニアリングを円滑に行う為の計測ツール検証と、北海道大学大学院理学研究科 – 名寄市立木原天文台間で使用するアプリケーションの挙動について事前に把握する為の通信品質測定を実施した。

3.6.2. 実験方法

計測ツール検証 (Pathload)

パケットトレイン方式の計測ツールである Pathload により「赤れんが実証実験網の低負荷条件での通信品質」を計測した。下表は使用した計測ツールである。

使用計測ツール	計測用途
Pathload	可用帯域計測

通信品質計測予備調査

北海道大学大学院理学研究科 – 名寄市立木原天文台間で今後実施する予定である遠隔操作・遠隔会議等のアプリケーション挙動について事前に把握する為の通信品質計測（基礎データ取り）を実施した。

下記2つのルートの RTT 値を計測した。

- ①赤れんが実証実験網接続 ②インターネット経路接続

使用計測ツール	計測用途
SmokePing	RTT（往復所要時間）計測

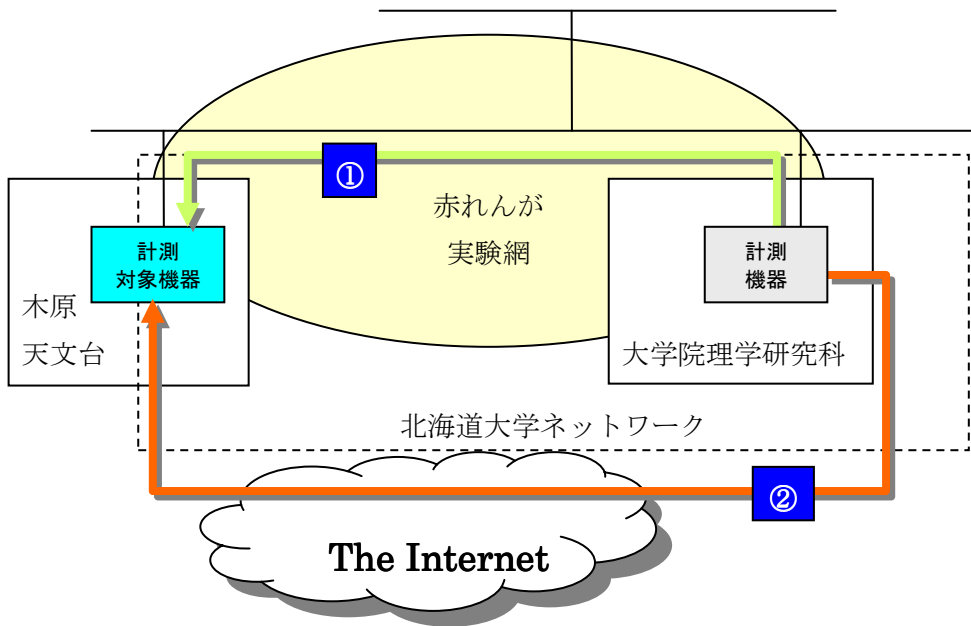


図 29 名寄木原天文台・北大院 理学研究科間計測

※北大内のネットワークは外部からの ping (ICMP) を遮断している為、計測には echoping による http ポートの応答で RTT 計測を行った。尚、同条件で比較する為、赤れんが実証実験網接続①も同様な方法で行った。

3.6.3. 計測ツール検証結果

前期ではパケットペア方式である pathrate を使用したが、今回はパケットトレイン方式である pathload 計測ツールによる可用帯幅測定検証を行った。

可用帯域計測結果は図の通りである。

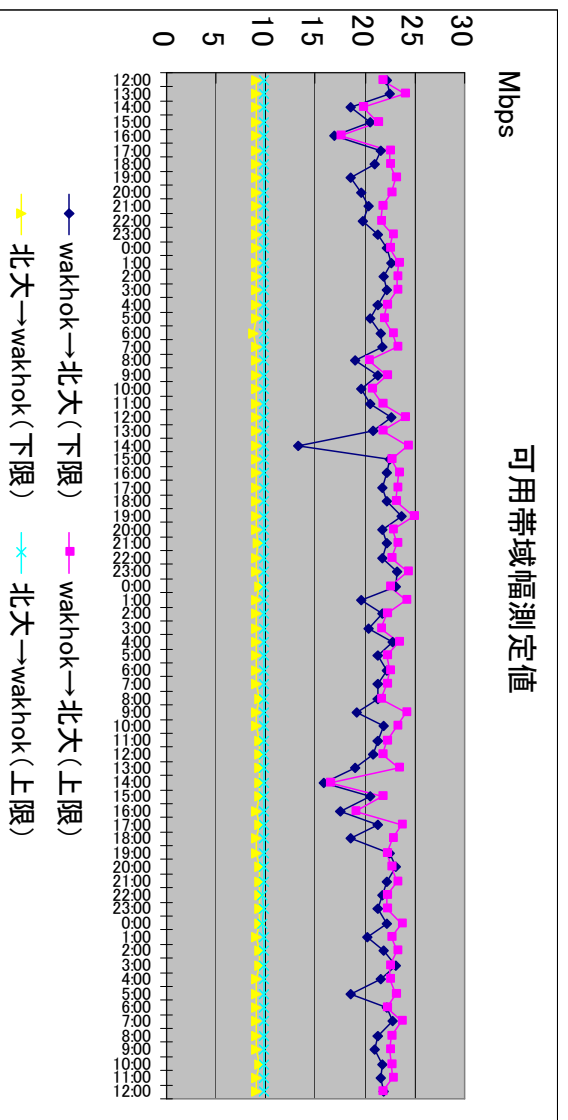


図 30 赤れんが実証実験網の可用帯幅計測

3.6.4. 通信品質比較実証実験 結果

当期の、ある10日間のRTT(Round Trip Time:往復所要時間)計測結果を下図に示す。

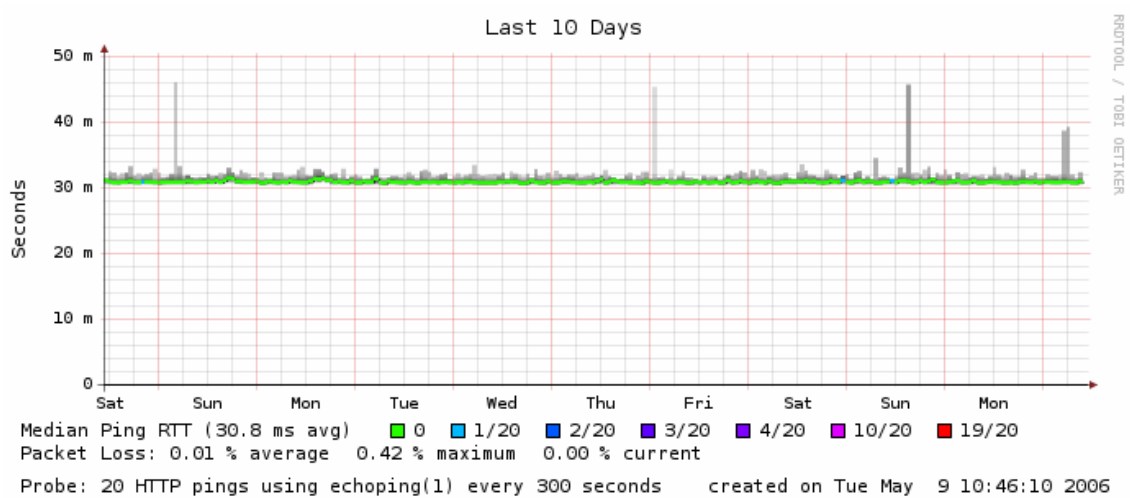


図 31 網品質の安定度計測 (①赤れんが実証実験網)

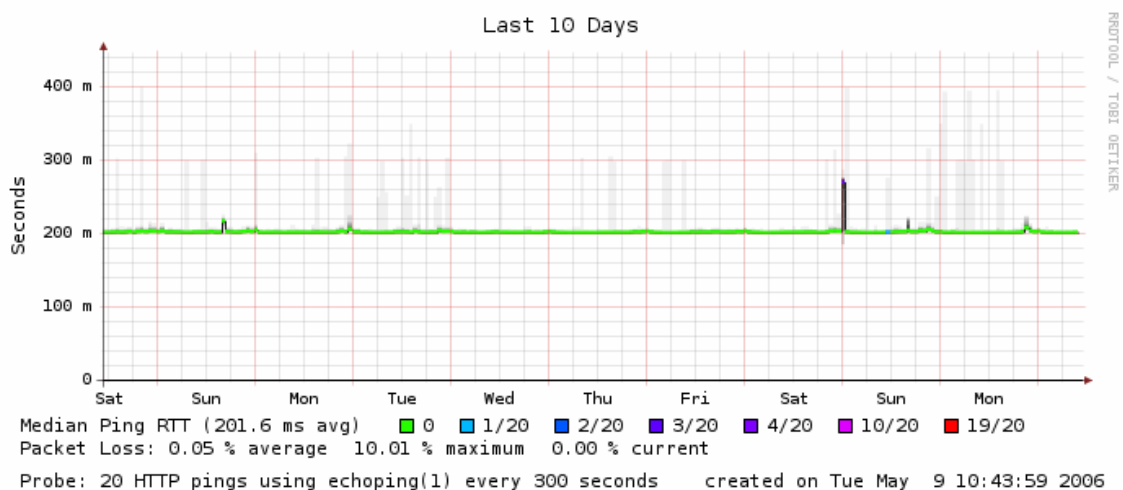


図 32 網品質の安定度計測 (②インターネット経由)

3.6.5. 計測ツールに関する考察

実験中の wakhok→北大向けの帯域計測結果は、20Mbps 前後の数値が計測された(図 30 参照)。これは、帯域制限の干渉によりこのような値になってしまったと推測でき、本来の帯域から考えても非常に予測が付き難い結果になった。

結論として pathload 計測は、シェーピング、ポリシングによる帯域制限下での計測については、正確な値を割り出す事は困難だといえる。

下図のように前回の pathrate での計測結果では物理帯域の値が安定して計測された。

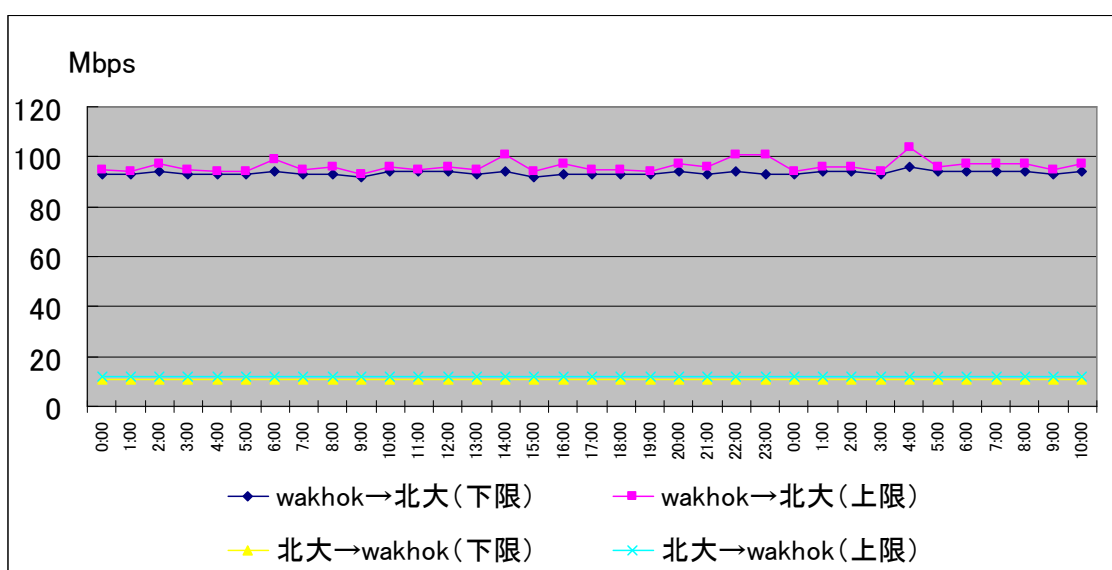


図 33 pathrate での計測結果

余剰帯域をもとめる現在有効な手段としては、pathrate 計測結果から、MRTG による通信量計測で得られたトラフィック量を差し引いた値を余剰帯域と推測するのが妥当であると考えられる。

3.6.6. 通信品質予備調査に関する補記

第3四半期に行った本予備調査は、第4四半期に行う予定だった「北大-名寄間 光学望遠鏡遠隔操作」または「北大-名寄間遠隔会議」時における総合検証の基礎的データを採取するものだったが、実際には第4四半期に当該総合検証は行われなかった。

3.7. 赤れんが実証実験会議

3.7.1. 概要

本会議は赤れんが実証実験網を介した遠隔オンライン会議として2006年9月(第4四半期)に実施され、本会議を通じて第1四半期から第3四半期までの実験をうけた総合検証を行った。

第3四半期に続き distix と MPLS-IX 相互接続(inter-domain MPLS-IX)による連携ネットワークを構築し、計測ツールではなく一般的に用いられるオンライン会議システムを利用して通信品質、使い勝手などを検証した。

北大、wakhok、札幌大が会議に参加し、北大に会議の中核機材となる会議サーバを設置した。ほかの2拠点からはクライアントソフトをインストールしたPCで接続し、オンライン会議(画像と音声の送受信)を行った。

本項では、本会議を通じて通信量、RTTによる数値での評価に加え主観により通信品質、使い勝手を検証し、実証実験網はオンライン会議に用いる上で非常に優れていること、基盤が安定すると利用する端末の処理能力やその事前調整など別な要素が問題になることが確かめられた。

3.7.2. 実験方法

実験は北大に設置されている会議サーバに各拠点の PC が接続し、映像と音声の通信を行う形態で行った。wakhok は「赤れんが実証実験網」経由で会議サーバへつなぎ、札医大は「distix」経由で会議サーバにつないだ。下表にオンライン会議をするために使用したソフトを記す。

遠隔会議ソフト	
会議サーバソフト	openmcu
会議参加者用ソフト	Windows NetMeethig

表 11 計測ツール

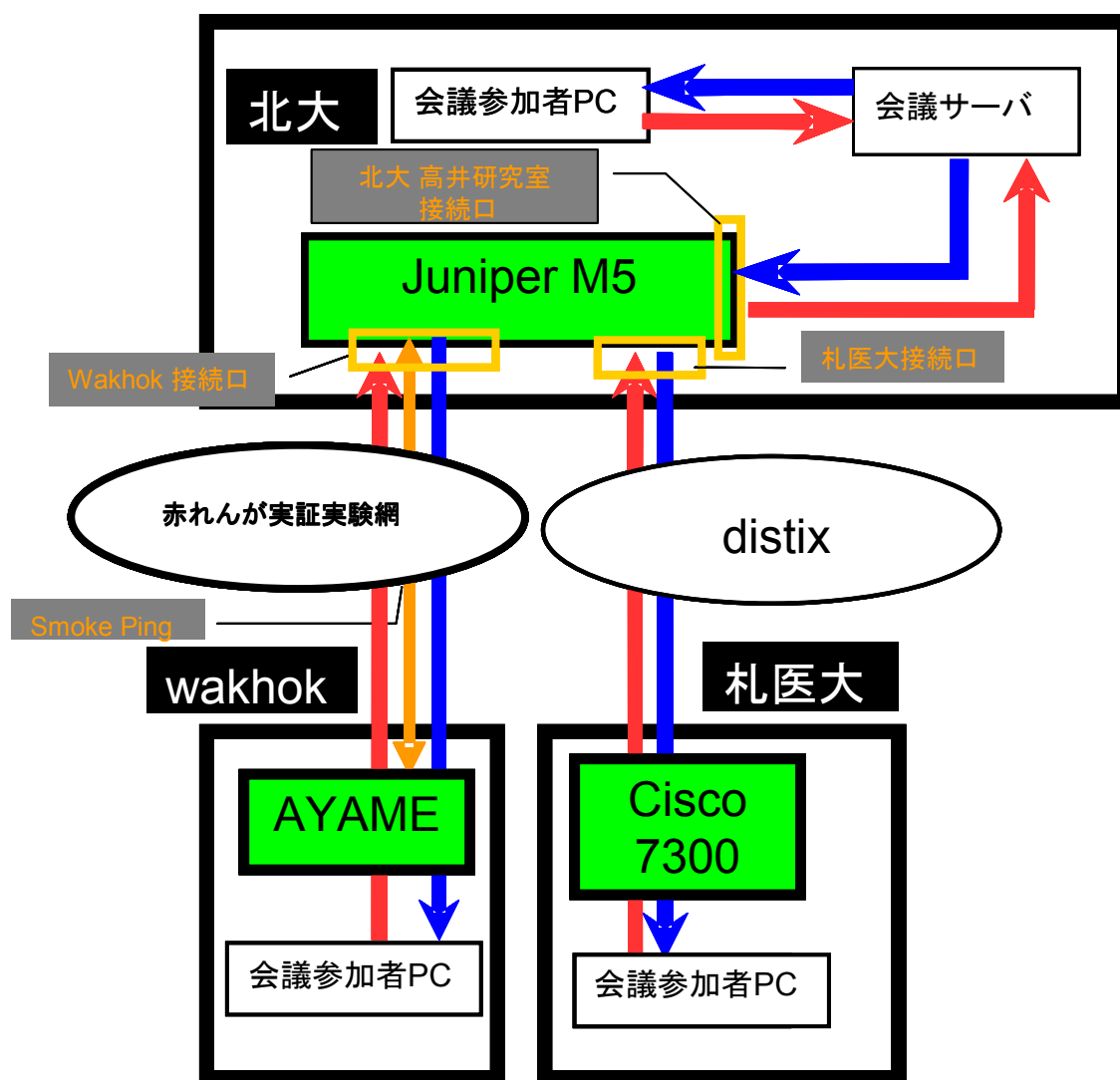


図 34 赤れんが実証実験遠隔会議ネットワーク図

3.7.3. 計測

3.7.3.1. 計測ツール

下表は計測ツールの一覧である

使用計測ツール	計測用途
SmokePing	RTT（往復所要時間）計測
MRTG	通信量計測

表 12 計測ツール

3.7.3.2. 計測対象

下表は MRTG と Smoke Ping の計測場所一覧である。

MRTG計測対象(図 36参照)
北海道大学 接続口
稚内北星学園 接続口
札幌医科大学 接続口
SmokePing 計測対象(図 36参照)
北海道大学～稚内北星大学間

表 13 計測範囲

3.7.4. 経過

下表は会議のリハーサルと本番の時間帯を表したものである。

赤れんが実証実験会議 時間帯
リハーサル 11:00-12:00
本番 15:00-16:00

表 14 経過一覧

3.7.5. 結果

3.7.5.1. 映像品質(感性評価)

下表は会議の映像品質の感性評価である。

拠点名	映像品質
北大	wakhok と札医大に比べると画像が荒かった
wakhok	鮮明な画像が確認できた
札医大	鮮明な画像が確認できた。

表 15 映像品質感性評価一覧



左上: wakhok	右上: 札医大(音声のみ)
左下: 北大	右下: 札医大(映像のみ)

図 35 遠隔会議中の映像

3.7.5.2. 音声品質(感性評価)

拠点名	映像品質
北大	良質な音声を確認できた。
wakhok	良質な音声を確認できた。
札医大	実験開始されてから聞き取るのに十分な音声を確認できなかった。その後の対応で映像用と音声用に会議ソフトを分けて起動させて会議を行ったところ、音声品質が改善された。

表 16 音声品質感性評価

3.7.5.3. 通信量の計測結果

※ 以下の表記は byte 表記である。緑の縦線は接続口がトラフィックを受信した量、青の縦線は接続口がトラフィックを送信した量である。

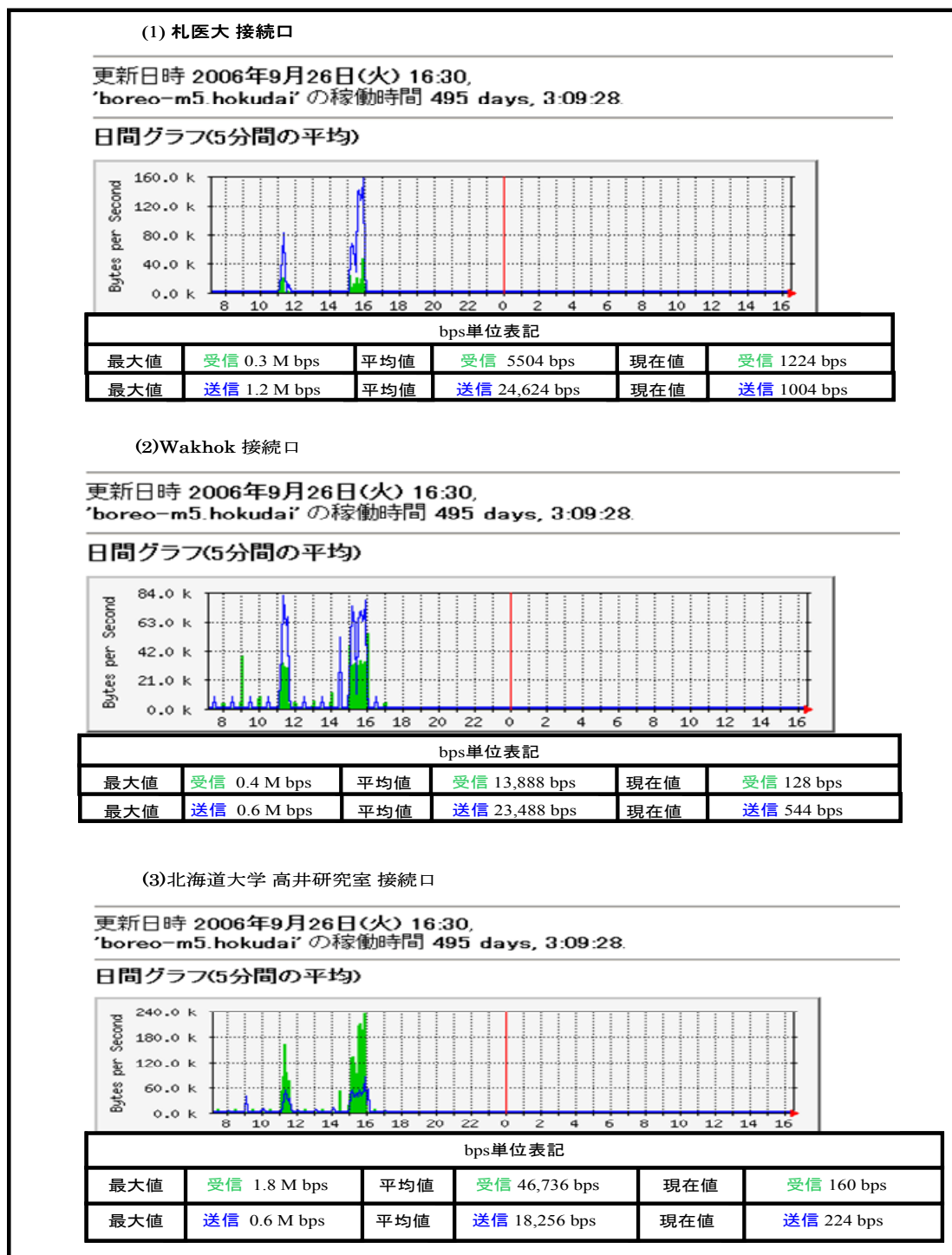


図 36 MRTG 計測結果

3.7.5.4. RTT 計測結果

北大～wakhok 間(リハーサル 11:00-12:00)

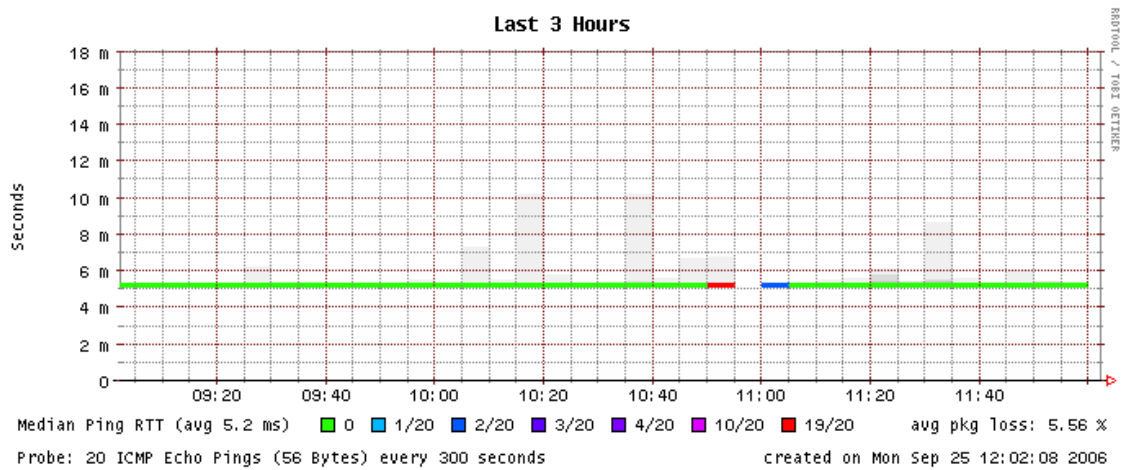


図 37 リハーサルの RTT 計測結果

(備考)

リハーサルを始める前(10:50～11:00)に障害が発生した為、計測 PC との ping 応答がなくなり、グラフにその障害の反応が現れている。

北大～wakhok(本番 15:00-16:00)

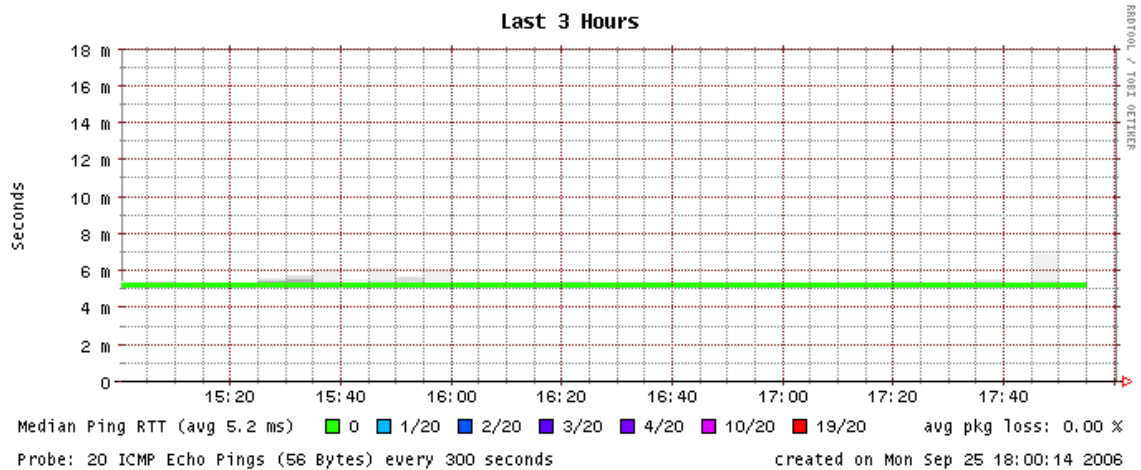


図 38 本番の RTT 計測結果

3.7.6. 考察

図 38 から、実証実験網(北大-wakhok間)は会議中も非常に低遅延でゆらぎが少ないことがわかる。

余剰帯域を十分大きく見込むと通信が安定することは第 2 四半期の実験を通じてわかっており、本実験でも確認できたと言える。

データ転送を細かく見ると、図 36(1)～(3)から、wakhok では 0.4Mbps(最大値)のデータを札医大は 0.3Mbps(同)のデータを北大に向けて送信しており、会議サーバが置かれている北大ではそれらが集約されて、0.6Mbpsのデータを受信していること、逆向きには北大が 1.8Mbpsのデータを送信し、それが wakhok では 0.6Mbps、札医大では 1.2Mbpsのデータに分かれて受信されていることがわかる。札医大では 2 台のオンライン会議クライアントを使ったためwakhokの受信量の 2 倍になっている。(札医大の送信は、2 台のクライアントのうち 1 台は映像専用、もう 1 台は音声専用という使い方であったため、ほぼ 1 台のデータ量と同じになる)また、通信量の最大値を見やすいようにネットワーク図にまとめ、考察の最後に記載したのでそちらも参照。

札医大拠点では、音声の不規則に途絶し会話に支障をきたしたが、クライアント端末(PC)を「映像用」「音声用」に分けると問題は解決した。このことから、音声品質に関する問題は端末の処理能力の問題で、北大-札医大間の「赤れんが実証実験網」と「distix」を連携させたinter-domain MPLS-IX ネットワークは問題がなかったことを確認できた。

使い勝手、ネットワーク管理の側面では、本実験にあたって経路制御等のネットワーク管理作業は一切行なわなかった。一方、オンライン会議システムの利用者は、インターネット(IPネットワーク)の設定条件とシステム本来の調整(画像や音声など)のみを考慮し、本実証実験網に固有の事情はまったく影響していない。したがって、管理面では、こうした網が常設であれば特に作業を必要とせず、利用者はインターネット(IPネットワーク)を使う準備でまったく問題ないと言える。

これらのことから本実証実験網では余剰帯域を十分に考慮して利用する場合、広域データ転送であってもオンライン会議システムのような高度なマルチメディアシステムを安定して動かすことができ、利用に際してネットワーク管理に特段の作業を必要とせず、一般に普及しているIPネットワークと同等に平易で、利用者負担を強いることなく高品質のネットワークを提供できることが確かめられた。

またオンライン会議システムの選定にあたっては、入手の容易さとトラブルシュートの情報量、本実証実験実施要綱などを考慮して、H.323 規格準拠のサーバ(openmcu)とクライアント(Microsoft NetMeeting)(いずれも無償)を使用した。これらを用いたシステムは端末に対する性能要件が厳しく、本システム自体に多くの検証を必要とした。本実験では実際に札医大拠点の端末で処理能力が不足した。実験網はシステムとはなんら依存関係をもた

ないのでH. 323 以外にもSIP(Session Initiation Protocol)を利用したシステムや、有償のシステムを用いることが可能である。これらのツールの検証は本実証実験の趣旨から外れるため追究はしなかった。

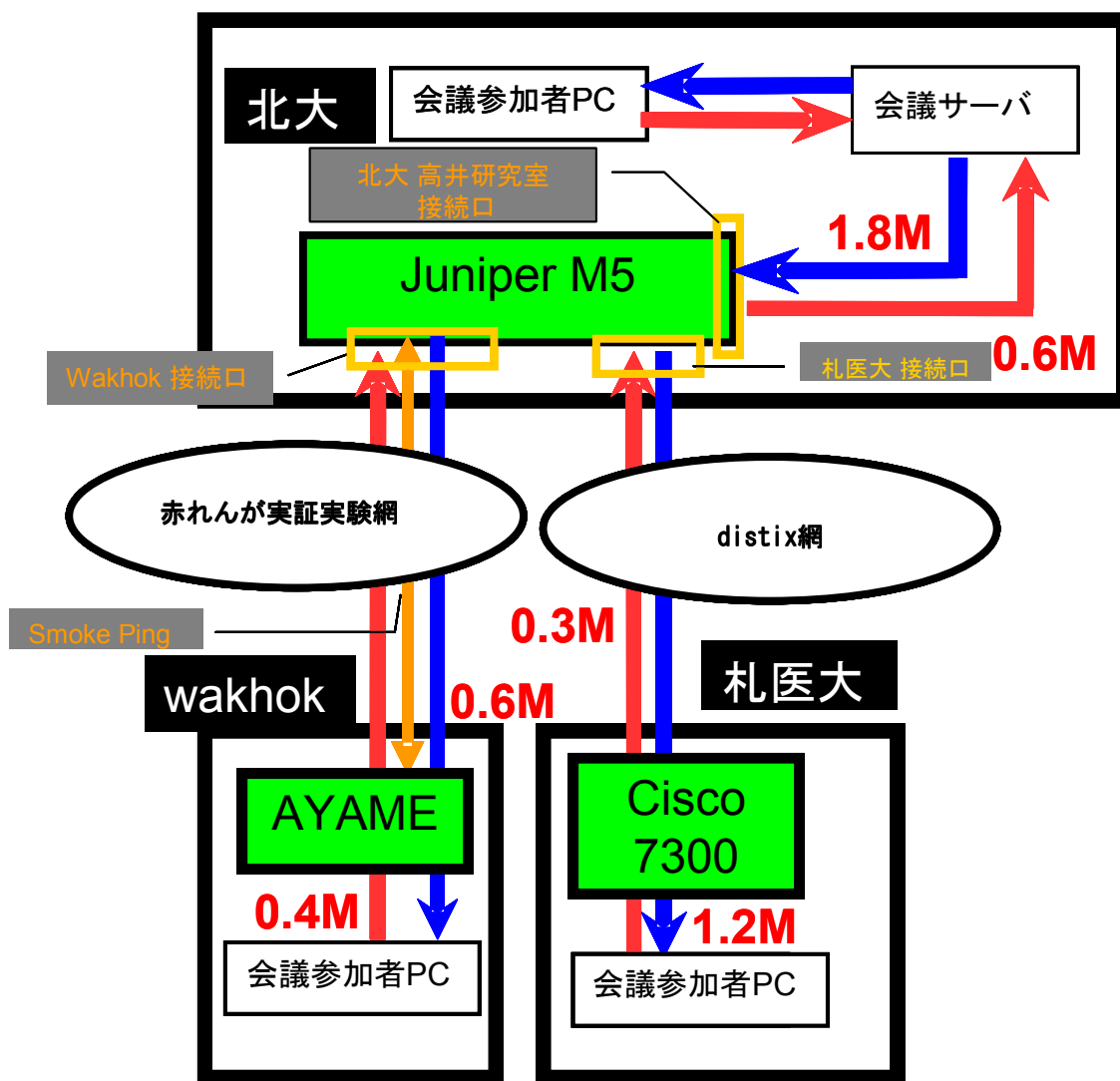


図 39 通信量最大値まとめ

3.8. トラフィックエンジニアリング実証実験

3.8.1. 概要

第4四半期に実施された「トラフィックエンジニアリング実証実験」についてまとめる。

「トラフィックエンジニアリング実証実験」は、別目的で作られたネットワークを使用する際、主目的の帯域を保護しつつ、帯域の保護により通らなかったトラフィックを、迂回ルートを使用し、トラフィックを分散させることによる帯域の拡張が目的である。

インターネット(IP ネットワーク)では、通信経路は常に最短の経路が選ばれる様に制御されているので、複数のユーザーがあるアドレスに集中して通信を行うと、最短の経路として選択された回線でトラフィックの渋滞が起こることがある。

トラフィックエンジニアリングは、最短の経路とは別に経路を用意してトラフィックを分散させて通信を行う様に制御する事ができ、トラフィックの渋滞に対して事前に対策をとることができる。現在のインターネットに導入されている経路制御技術では事前に複数の経路を用意してトラフィックの分散を行う事は不可能なことであり、経路を確保し、トラフィックを分散させて通信をするということは画期的なことである。

本実験は北大のネットワーク、札医大のネットワーク間に伝送経路として主回線「distix」、副回線「SINET」の二本の回線を用意し、通信を行うという構成である。また、本実験ではトラフィックエンジニアリングに MPLS を利用するので、北大側の LSR である juniper M5 と、札医大側の LSR である Cisco 7300 に設定を行い、「distix」と「SINET」に別々の LSP を通して北大と札医大の間に実験用の MPLS ネットワークを構築した。「distix」側の LSR 接続口には 6Mbps の帯域制限、「SINET」側の LSR 接続口には 2Mbps の帯域制限をし、トラフィックの分散の挙動と、トラフィックの分散時の通信品質を検証した。

今回、主回線に利用した「distix」は赤れんが実証実験網に近似した網として利用している。また副回線に利用した「SINET」はインターネットであり、本実験ではインターネット上に MPLS 網を張る技術を利用して MPLS 網を構築した。

3.8.2. 実験方法

トラフィックを発生させるソフトには「nttcp」を使用し、1.2Gbyteのデータ転送を複数パターンをほぼ同時に札幌大から北大に向けてデータを転送した。また実験トラフィックは「distix」に優先して流れる様に設定されている。優先度に差をつけたのは主回線を補うための副回線という位置づけをするためである。転送中のトラフィックを計測するツールとしてはMRTGを使用した。以下はMRTGの計測場所とネットワーク図である。

MRTG 計測対象	北大ネットワーク juniper M5
distix 接続口	
SINET 接続口	
トラフィック 受信用 PC 接続口	

表 17 計測範囲

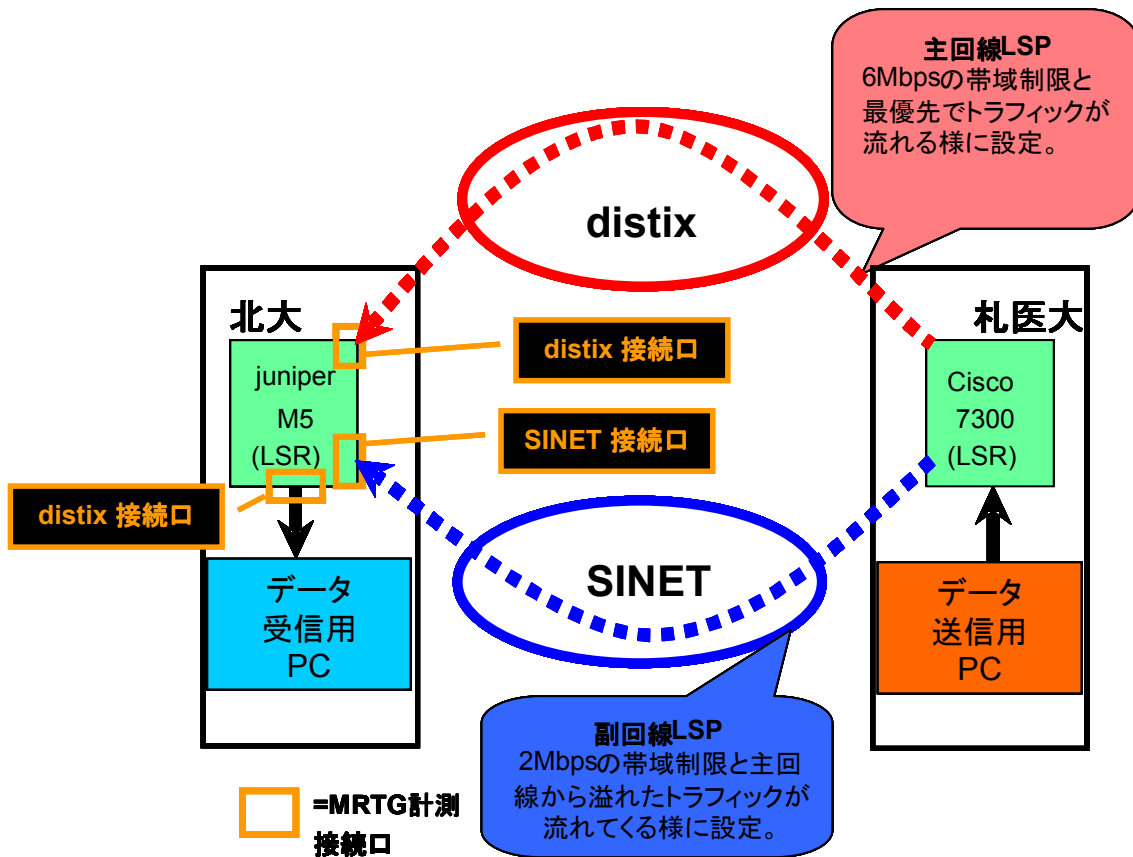


図 40 ネットワーク図

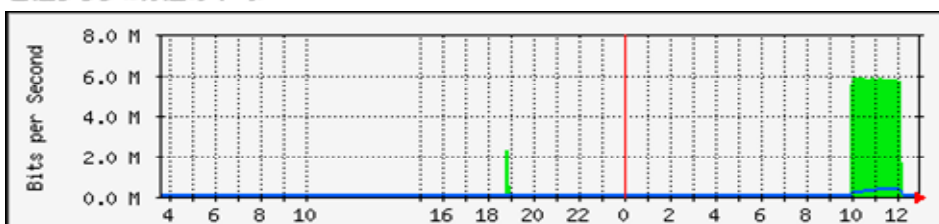
3.8.3. 結果

※ 以下の表記は bps 表記である。緑の縦線は接続口がトラフィックを受信した量、青の縦線は接続口がトラフィックを送信した量である。

(1) distix接続口

更新日時 2006年11月29日(水) 12:55.
'boreo-m5.hokudai' の稼働時間 61 days, 21:05:25.

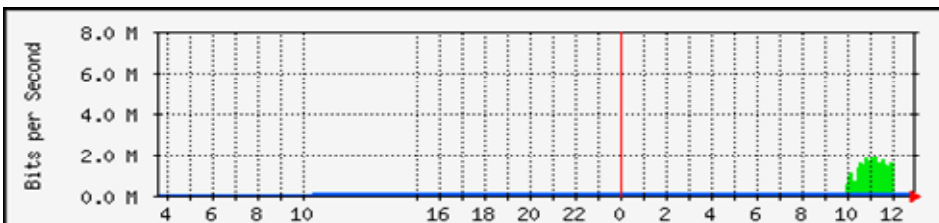
日間グラフ(5分間の平均)



(2) SINET接続口

更新日時 2006年11月29日(水) 13:00.
'boreo-m5.hokudai' の稼働時間 61 days, 21:10:25.

日間グラフ(5分間の平均)



(3) トラフィック受信用PC 接続口

更新日時 2006年11月29日(水) 12:55.
'boreo-m5.hokudai' の稼働時間 61 days, 21:05:25.

日間グラフ(5分間の平均)

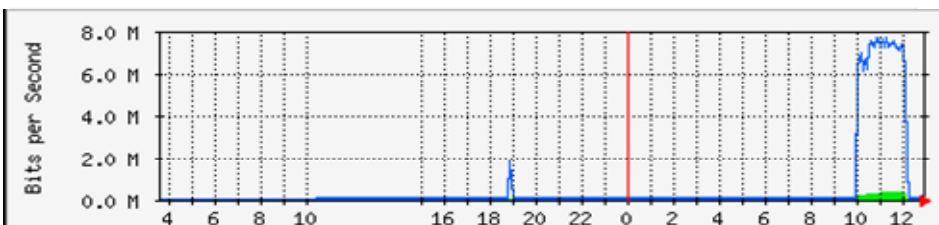


図 41 MRTG 計測結果

3.8.4. 考察

後述するように、本実験で共用ネットワークの利用帯域制限を守りながら、制限により溢れたトラフィックを迂回ルートに分散させることによって帯域拡張できることを確認した。また、実験で実証された、帯域制限やトラフィックを迂回させる技術は、北海道のブロードバンド基盤の管理手法として利用できると考える。次に実験結果の詳細を述べる。

本実験では、10:00~12:00 の時間帯に実験用のトラフィックを流した。図 41 の(1)~(3)から、10:00~12:00 にトラフィックが流れているのがわかる。

図 41(1)の受信量が最大 6Mbps で推移していることから、「distix」から北大の juniper M5 に向かって 6Mbps の可用帯域制限下でデータ転送が行われている事がわかる。また、「distix」側の帯域制限を受け、送信できなかったトラフィックは、図 41(2)の受信量が最大 2Mbps であることから、「SINET」側に転送され、さらに 2Mbps の帯域制限も受けていたことがわかる。

図 41(1)から juniper M5 から北大のデータ受信用 PC に向かって 8Mbps 弱の通信帯域でデータ転送が行われている事がわかる。図 41(3)のトラフィック量は、図 41(1)と (2)のトラフィック量を足したものと同じである。これは「distix」と「SINET」から送られてきたトラフィックを二つの経路を使用し、受信できたことを示している。

この実験から、インターネットに LSP を通す機器を用いた場合（本実験では「SINET 回りの LSP」）は大量のトラフィックが転送されると経路情報の伝播に遅延が起りやすく、経路がなくなったと経路制御プログラムが判断し、その上に確立した LSP も切れてしまうということがわかった。

これは「SINET」だけでなく一般のインターネットにも起こりえる事である。この問題を解決するためには経路制御プログラムに遅延に関しての感度を低下させることが必要だということわかった。また、インターネット上に MPLS を適用してブロードバンド基盤を構築という試みは今まで例がなく、本実験はこうしたケースの重要な知見となる。

4. 全体考察

4.1. 全体考察の概要

今実証実験において、MPLS-IXにおける技術的な優位性を検証した。

第1四半期では、「赤れんがギガネット」上にMPLSバックボーンを構築し実証実験の準備を整えた。

第2四半期では、「地域ネットワーク連携ワークショップ 2005 in 沖縄」での、沖縄との相互接続により、AS番号を取得しているもの同士が、ピアリングでの通信をすることで、遠隔地とも直接接続できることを実証し、L2通信の順応性の高さを実証した。また、MPLSバックボーンの通信品質の高さも実証した。

第3四半期では、distix(MPLS-IX)と連携をし、「LIVE!ECLIPSE 2005 Annular(L!E)」での日食中継を道内に配信を行う実験により、MPLS-IXの連携(inter-domainMPLS-IX)の接続においても高い通信品質を維持できることが実証された。また、inter-domainMPLS-IXによる、各地域IXとの連携による「階層化・多重化」による広域的な2拠点間の通信ができることが実証でき、interdomainMPLS-IXの、地域におけるブロードバンド基盤構築への可能性の高さを示した。

第4四半期では、TE(トラフィックエンジニアリング)実証実験において、別目的でつくられたネットワーク(例 赤れんがギガネット)の共用を想定し、トラフィック分散の技術により、本来目的の可用帯域を保護しつつ、利用者の可用帯域を確保できることを実証した。

また、「赤れんが実証実験会議」では、第1四半期～第3四半期の結果をうけてinter-domainMPLS形態で双方向通信を行い、良好な通信品質(計測結果数値)が得られた。MPLS-IXの総合的な優位性を実証できた。

「赤れんが実証実験」で実証されたことを踏まえ、インターネットの問題点、北海道の地域に由来する問題点、北海道のブロードバンド基盤の整備状況、北海道におけるブロードバンド基盤の必要性を述べ、北海道にブロードバンド基盤を整備する方法を述べる。

4.2. 北海道が抱えるネットワークの問題点

4.2.1. 東京一極集中と地方 ISP が抱える依存

コンテンツの大容量化に伴い、ISP はバックボーン回線の増強と信頼性の確保が必要になっている。しかし、地方の ISP の多くは、OCN などの上流 ISP にトラフィック交換を行う IX (Internet Exchange) へのバックボーン回線を頼っているのが現状である。IX は東京に集中しているため、地方発のトラフィックも一旦東京を経由して地方に折り返されるとい、通信の非効率がある。(図 42)

しかし、地方の ISP が東京への専用線を購入するほどの資金力もなく、上流 ISP に頼らざるを得ない。また、Yahoo! などの使用頻度の高いコンテンツも東京にあるために、トラフィックの東京一極集中が起こっている。そのため、東京が自然災害などにあった場合、トラフィックを交換する IX の機能停止、上流 ISP の機能停止、コンテンツサーバーの機能停止などが起こり、インターネットは壊滅状態となる(図 43) また、人材においても、優秀な人材は東京へ行き、地方に人材がないという問題もある。通信の信頼性の確保のために、地方 ISP の東京依存からの脱却と地方 ISP の自律、東京一極集中による問題点の払拭、人材の空洞化の解決の観点から、通信の仕組みを変えなくてはならないと考える。

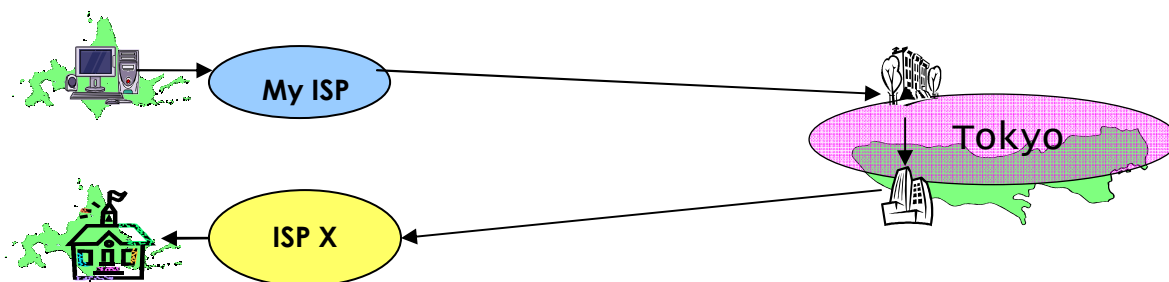


図 42. トラフィックの東京経由イメージ図



図 43 東京が自然災害被害に遭ったときのイメージ図

4.2.2. 東京都と地方のブロードバンド格差

コンテンツの大容量化が進む現在、エンド・ユーザーへのブロードバンドの提供が欠かせなくなっている。ブロードバンド基盤の整備状況は、東京と北海道では大きく違っている。図 44 から、東京では、FTTH(Fiber To The Home) 基盤の整備がほぼ完了している。

しかし、北海道では、FTTH の整備は少なく、全体的に DSL 基盤が構築されている。しかも、未整備を示す、白色の部分が多く、インターネット環境整備すら整っていないところが大半であることがわかる。図 44 より、北海道はブロードバンド基盤整備以前に、インターネット環境整備すらされていないところが多いことがわかる。

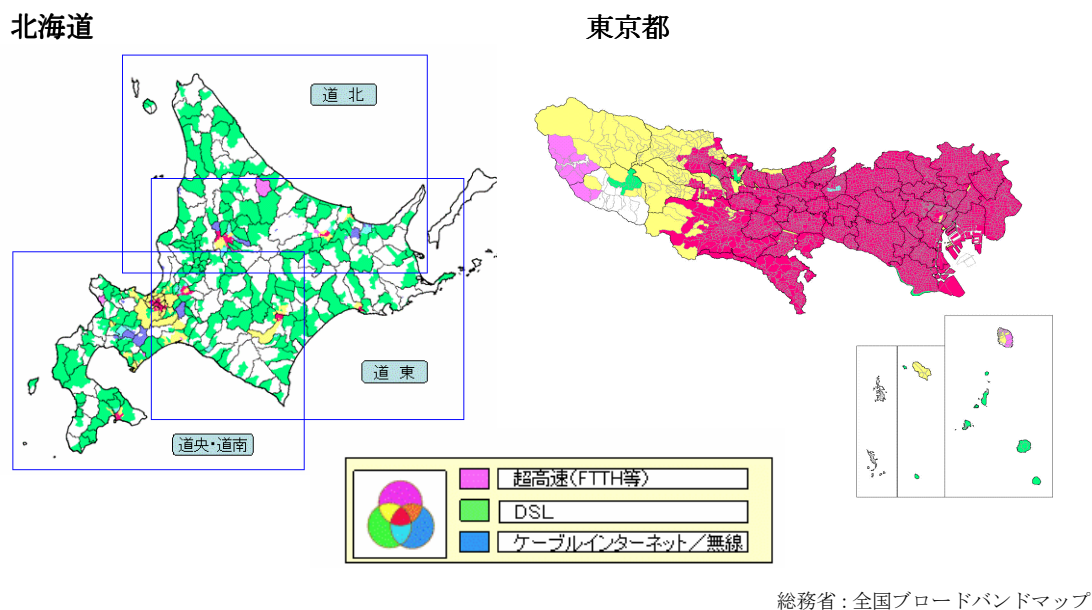


図 44 北海道と東京のブロードバンド環境の比較

4.2.3. 北海道のブロードバンド基盤の現状と整備の必要性

4.2.2 で前述したとおり、北海道と東京ではブロードバンド基盤の整備に差がある。しかし、北海道の県庁所在地である札幌市は同等都市と比較して整備が進んでいるのかわからない。そこで、北海道の県庁所在地である札幌市と他の都市を比較してみる。

また、図 44 では、北海道のブロードバンド基盤整備が遅れているのか、東京都のブロードバンド基盤整備が進みすぎているのかわからない。そこで、北海道と他県を比較し、北海道のブロードバンド整備は遅れているのかいないのかを確かめる。

そして、北海道内でもブロードバンド基盤整備に差があるのかを確認するために、道央・道南、道北、道東を比較する。

4.2.3.1. 現状：札幌市と他県の都市との比較

北海道札幌市と東京都三鷹市を比較してみる(図 45) 札幌市は全体的に、FTTH と DSL 基盤が構築されていることを示す黄色が多い。札幌市の中央区付近では、すべての基盤が構築されている赤色を示している。しかし、全体的に、赤色は少ない。

東京都三鷹市は、すべての基盤が整っている赤色しかない。東京都三鷹市はブロードバンド基盤が完璧に整っていると言える。

次に、広島県広島市と比較してみる。(図 46) 広島市は、東京都三鷹市と比較すると、赤色の部分は少ない。しかし、札幌市と比較すると、札幌よりも赤色の部分は多く、札幌よりもブロードバンド基盤整備が進んでいると言える。

続いて、宮城県仙台市と比較をしてみる。(図 47) 仙台市は黄色と赤色が同じ割合である。しかし、インターネット環境が整備されていない白色もある。仙台市のブロードバンド基盤整備状況は、札幌とほぼ同じであると言える。

以上より、札幌市のブロードバンド基盤整備状況は、他都市と比較すると若干遅れていると考えられる。

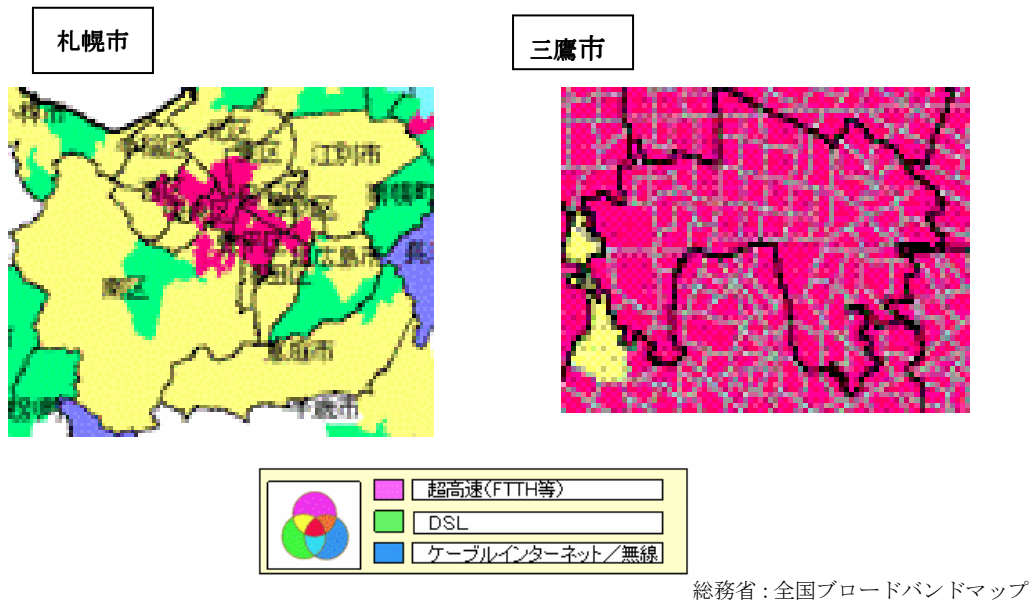


図 45 札幌市と三鷹市の比較

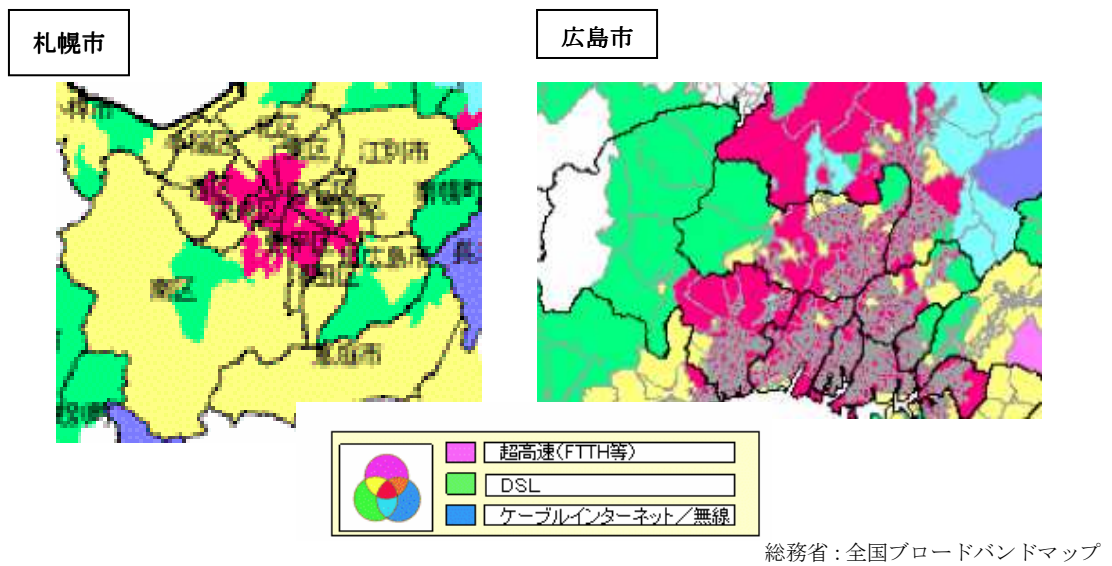
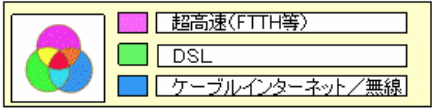
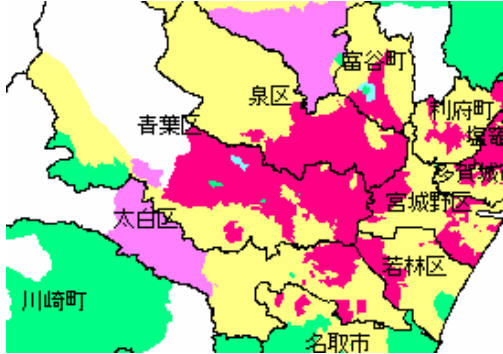
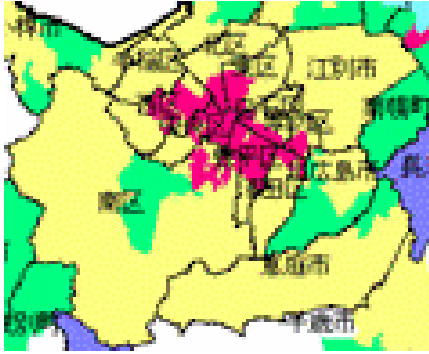


図 46 札幌市と広島市の比較

札幌市

仙台市



総務省：全国ブロードバンドマップ

図 47 札幌市と仙台市の比較

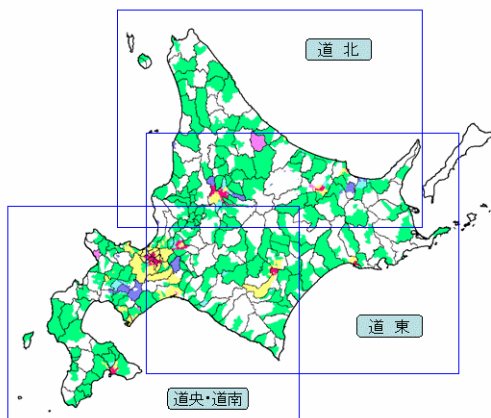
4.2.3.2. 現状：北海道と他県の比較

北海道と富山県を比較してみる。(図 48) 北海道は、全体的に DSL を示す緑色が多い。すべての基盤が整備されていることを示す赤色の部分は、札幌、旭川、函館、帯広と一部の都市にしか見当たらない。また、インターネット環境が整備されていないことを示す、白色の部分が多く見られる。

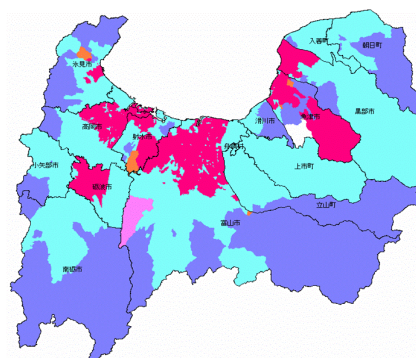
富山県は、すべての基盤が整備されていることを示す赤色の部分も比較的多い。また、県全体に、ケーブルインターネットと無線基盤を示す青色が広がっており、富山県のどこでもインターネットが利用できるという環境が構築されている。北海道よりもブロードバンド基盤整備が進んでいると言える。

次に、宮崎県と比較する。(図 49)宮崎県は様々な色があるが、その中でも DSL 基盤を示す緑色が多い。すべての基盤が整っている赤色の部分は少ないが、北海道よりは多いと考えられる。また、インターネット環境が整っていない白色の部分も宮崎県の上部にあるが、北海道より白色の部分が少ない。宮崎県は、北海道よりもブロードバンド基盤整備が進んでいると言える。

北海道



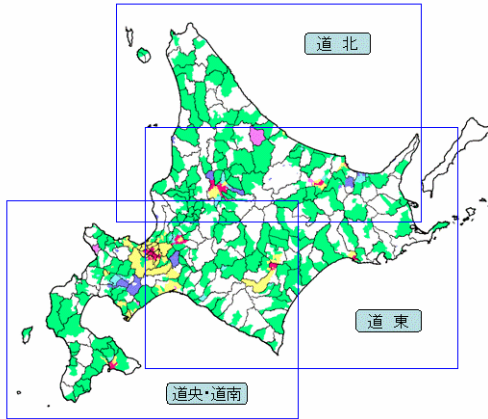
富山



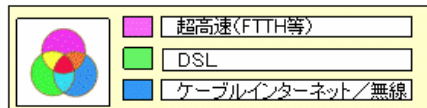
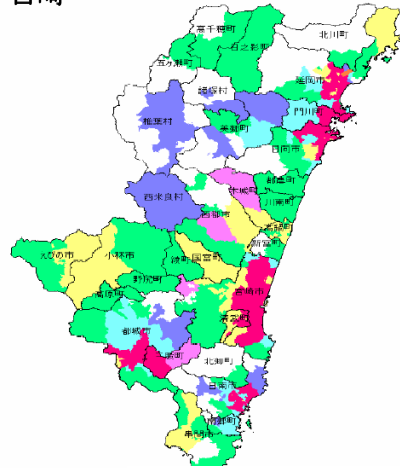
総務省：全国ブロードバンドマップ

図 48 北海道と富山県の比較

北海道



宮崎



総務省：全国ブロードバンドマップ

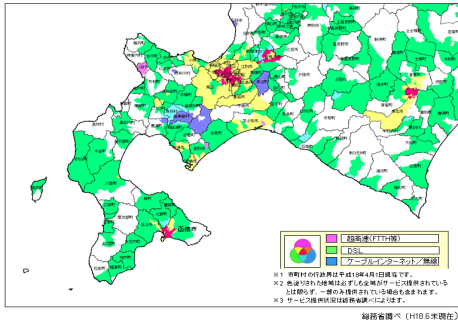
図 49 北海道と宮崎県の比較

4.2.3.3. 現状：道央・道南、道北、道東の比較

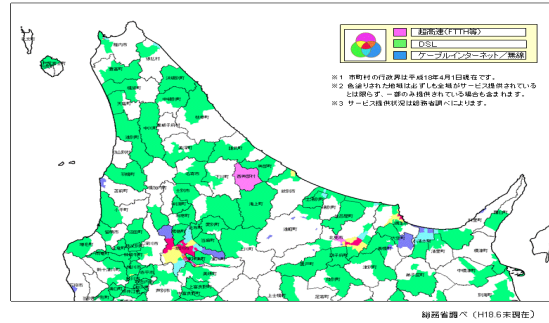
北海道内でのブロードバンド基盤整備状況の比較をしてみる。(図 50) 道央・道南、道北、道東すべてにおいて DSL 基盤が整備されていることを示す緑色が多い。その他の色で見ると、FTTH と DSL 基盤が整備されていることを示す黄色と、ケーブルテレビ・無線基盤が整備されていることを示す青色が、ところどころに見られる。しかし、黄色と青色が目立つのは道央・道南であり、さらに札幌圏で目立つ。つまり、北海道内でも、札幌と地方においてブロードバンド基盤整備状況が違うと言える。

また、道央・道南よりも道北、道東のほうが、インターネット環境が整備されていないことを示す白色の部分が多い。つまり、道央・道南よりも、道北、道東はブロードバンド基盤整備が遅れていることがわかる。

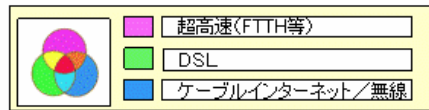
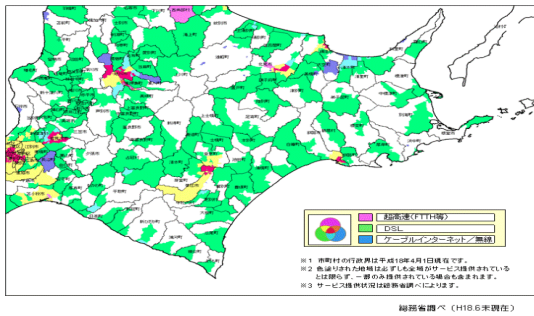
道央・道南



道北



道東



総務省：全国ブロードバンドマップ

図 50 北海道内の比較

「4.2.3.1」と「4.2.3.3」より、札幌市の観点で見ても、北海道の観点で見ても、他県と比較してブロードバンド基盤整備が遅れていると考えられる。また、他県よりもインターネット環境が整備されていない白色の部分が多い。

また、北海道内においても、道央・道南よりも道北、道東は、ブロードバンド基盤整備が遅れている。

このままでは、北海道はブロードバンド基盤整備の遅れにより、他県と、そして、北海道内で情報格差(デジタルディバイド)が広がると考えられる。その格差を埋めるために、北海道は北海道全体へのブロードバンド基盤整備を進めなくてはならない。

4.2.3.4. 現状：ADSL に依存する道内ブロードバンド基盤整備～ADSL の問題

「4.2.3.1」と「4.2.3.3」より、北海道の大半は、DSL 基盤が整備されていることがわかる。

しかし、DSL は収容局からエンド・ユーザー宅までの距離が長ければ長くなるほど、通信速度が低下するという特性を持っている(図 51) 収容局から遠いと、DSL サービスはブロードバンドとして利用できなくなる。DSL 基盤が大半である北海道は、この DSL の特性によって、十分な通信速度を得られていない人が多いと考えられる。

そのため、収容局からの距離によって通信速度の低下が起こらない FTTH などのブロードバンド基盤を構築する必要があると考える。

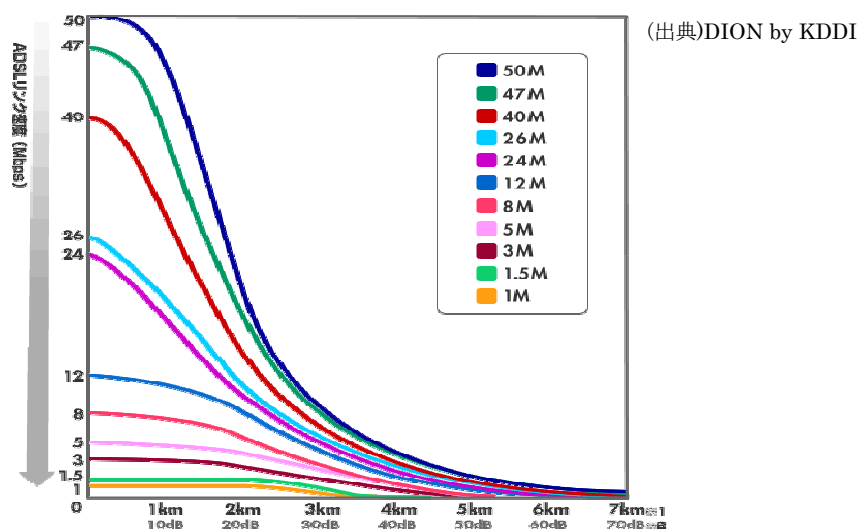


図 51 ADSL の距離による通信速度

4.2.4. 地域での基盤整備阻害要因

なぜ、地方ではブロードバンド基盤の整備が進んでいないのかというと、ひとつの理由として、コストに見合う需要が見込めず、採算があわないという現状がある。事業者が1キロあたりの光回線整備を行うのに、約120万円かかると言われている。しかも、北海道は広いため、回線を引く距離が長くなる。そのため、投資額は平均よりも高いと考えられる。そのため、根室などの地方にブロードバンド基盤構築を行い、サービスを提供したとしても、投資額を回収できるほどの採算が取れないため、地方への整備は進まないのである。そのため、地方の人達が、事業者のサービス提供を待っていたら、いつFTTHなどを利用できるようになるかわからないのである。

4.2.5. 北海道にブロードバンドインフラが必要な理由

1). 総務省の政策からの観点

総務省は、平成18年8月11日に、「次世代ブロードバンド戦略2010」を策定し、その中で、2010年までにブロードバンド・ゼロ地域の解消という目標を立てている。(図52)しかし、北海道のブロードバンド基盤整備状況は「4.2.3.1」から「4.2.3.3」で述べたとおり、他県よりも遅れており、インターネット環境が整備されていない地域も多い。また、「4.2.4」で述べたとおり、北海道の地方は、投資額における需要がないために、事業者の投資が起こりにくい。事業者の投資を待つだけでは、2010年度までにブロードバンド・ゼロ地域解消は難しいと考える。

また、総務省は、「e-Japan戦略2」において、「情報通信技術(以下、ICTとする)を活用して、時間と場所にとらわれない働き方」を意味するテレワークを行っている人口を、2010年度までに、就業者人口の20%にするという目標が設定された。現状のテレワーク人口は図53である。テレワークを行うには、どこでもICTを使える環境が必要となる。また、テレワークはICTを活用して、情報交換を行うために、迅速な情報交換ができる環境が必要である。テレワークを行える環境を構築したとき、テレワーク人口は増加すると考えられる。その環境の構築のために、ブロードバンド基盤の構築が必要と考える。

2). 音楽、動画コンテンツからの観点

携帯型デジタルオーディオプレーヤーの普及により、音楽コンテンツの需要が高まっている。図54より、PCでの有料音楽配信売上は「右肩あがり」である。また図55から、音楽配信を今後利用したいという人が38.7%もいることから、有料音楽配信サービスの利用者は増えると考えられる。北海道の地方の人達にも利用したいと考えている人はいる。その

ため、音楽コンテンツサービスを広範囲の人達が利用できる環境が必要となる。

映像コンテンツの需要も高まってきている図 56。より、PC での映像コンテンツ市場規模は、年々増えており、これからも市場規模は大きくなると考えられる。図 57 の映像コンテンツの利用状況を見ると、「今後利用したい」と回答した数が 23.4%あることから、今後も利用者は増加すると考えられ、様々な人が利用できる環境が必要となる。

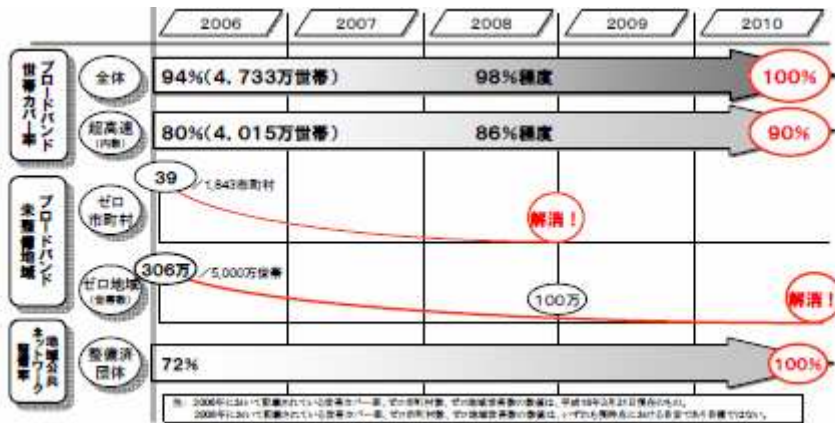
映像コンテンツを利用するにあたって代表的なのが、「YouTube」である。YouTube とは、ユーザー登録した人なら誰でも、無料で動画を投稿でき、投稿された動画を誰でも見ることのできる仕組みを持った Web サイトである。YouTube の利用者の増加に伴い、YouTube のトラフィック量は、2006 年から急激に増加をしている。(図 58) YouTube には、著作権がある動画の投稿などが起こり問題になっているが、YouTube の利用者と仕組みを利用し、宣伝ツールとして、動画管理ツールとして YouTube に著作権のある動画を投稿しようと考えている人もいる。このように、あらゆる人達が、YouTube をビジネスツールとして使うと考えられる。そうなれば、YouTube は、他の著作権侵害サイトとは違い、サイトに規制をかけられない状況まで膨らむことになる。YouTube の利用者はこれからも増加すると考えられる。

音楽・映像コンテンツの利用者の増加を受け、今後、コンテンツの大容量化が進んでいくと考えられる。既に、大容量動画コンテンツを配信しようとしている会社が北海道にある。しかし、大容量動画コンテンツをスムーズに送信できるネットワークインフラが現状ないために、コンテンツを流すことは困難なのが現状である。

また、ハイビジョンビデオカメラが一般消費者でも手軽に入手可能になったため、エンド・ユーザーからハイビジョン動画コンテンツが生まれてくる可能性も高い。しかし、ハイビジョン動画は 300Mbps もの帯域が必要となるコンテンツである。「4.2.3.1」から「4.2.3.4」で述べた、北海道の現状では回線の通信速度が不十分なため、北海道から動画コンテンツを送信することは難しい。

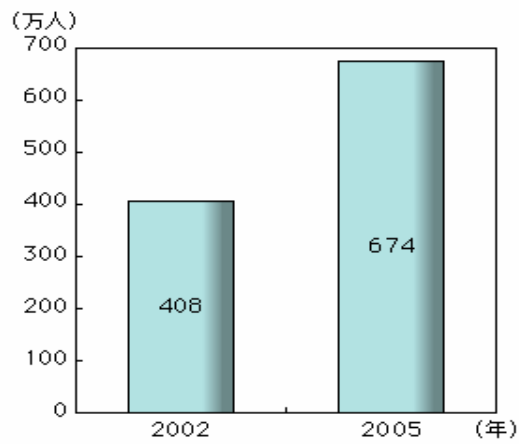
大容量動画コンテンツが普及すると考え、映像加工技術のネットワーク配信、Web 上でのストレージデバイスサービスを行おうとしている会社が東京にある。この会社も、大容量動画コンテンツ配信を行おうとしている会社同様、ネットワークインフラの整備が進んでいないために、実現できないというのが現状である。

「次世代ブロードバンド戦略 2010」、音楽・映像コンテンツの需要の高まり、コンテンツの大容量化、新しいビジネスというそれぞれの観点において、北海道のブロードバンド基盤整備が必要と考える。



(出典) 総務省：次世代ブロードバンド戦略 2010(案)

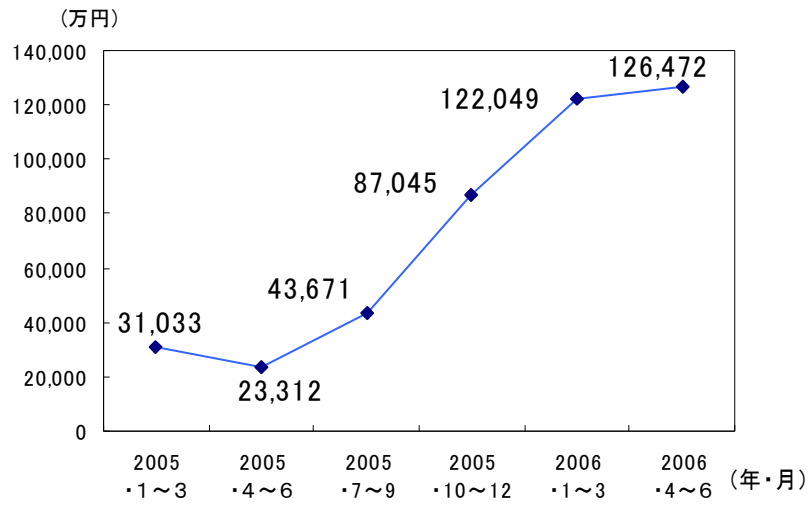
図 52 次世代ブロードバンド戦略 2010 整備目標



(出典) 平成 18 年度版情報通信白書

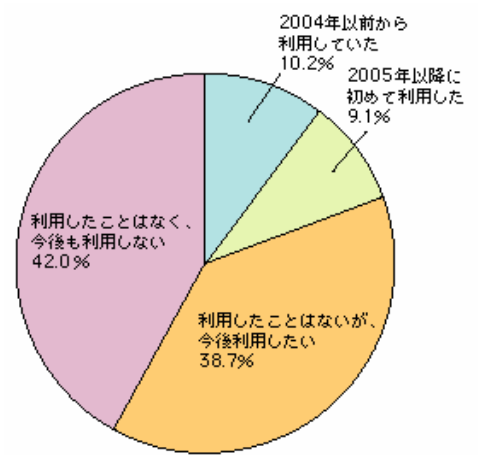
図 53 テレワーク人口の推移

PCでの有料音楽配信売上実績



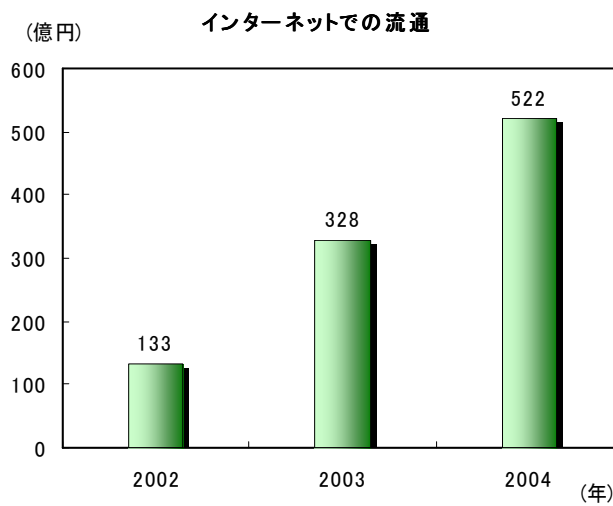
(出典) 日本レコード協会資料より作成

図 54 音楽配信売上の推移



(出典) 平成 18 年度版情報通信白書

図 55 音楽配信利用者の動向



(出典) 平成 18 年度版情報通信白書資料

図 56 映像市場規模の推移

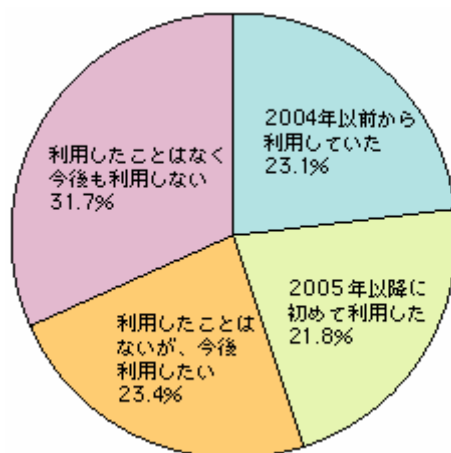
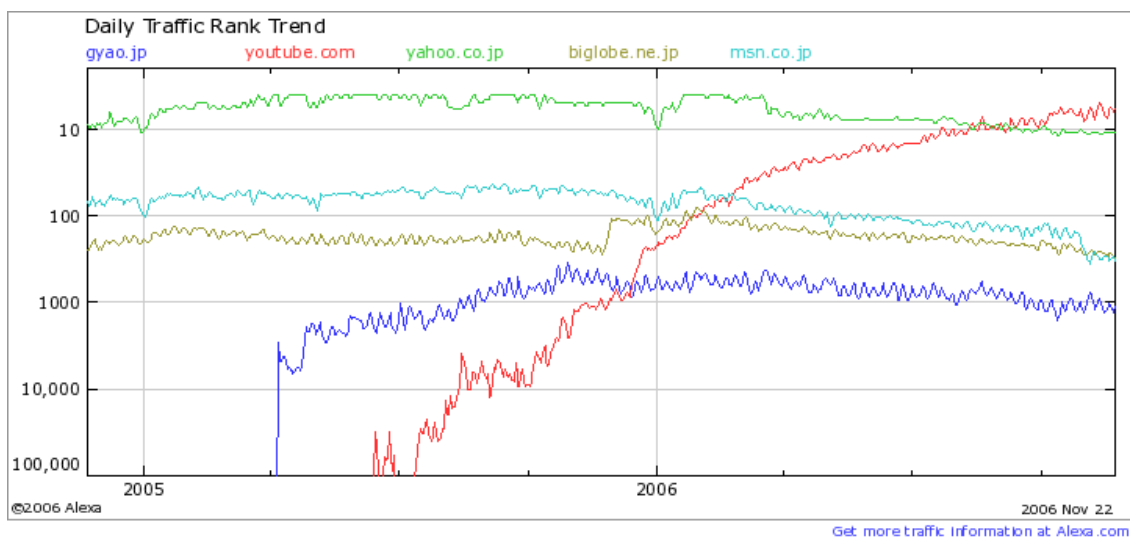


図 57 映像コンテンツ利用者動向



(参照 URL) <http://www.alexaholic.com/gyao.jp+youtube.com+yahoo.co.jp+biglobe.ne.jp+msn.co.jp>

図 58 YouTube のトラフィック量の変化

4.2.6. 東京一極集中からの脱却と北海道の地方にブロード

バンドを提供するためのハイパーエッジ

北海道にブロードバンドを提供するために、ハイパーエッジ(次世代高度通信基盤)の提案をする。(図 59 ハイパーエッジの概念図)ハイパーエッジは、地方の利用者(図 59 の青円)が地方網(図 59 のピンク円)に接続し、地方網が広帯中継系(図 59 の黒線)を使用し、最寄りの地方網に接続または、中核地点(図 59 の黄色円)に接続すると、中核地点が道外への広帯域網を使用し、各コンテンツサイトから直接コンテンツをとってくる仕組みである。ハイパーエッジにより、地方の人たちは、中核地点への接続を考えるだけで、東京などの道外ともブロードバンドで通信ができるようになる。つまり、地域網は中核地点への接続方法だけを考えればよいのである。それを、北海道に適用すると図 60 のようになる。

また、ハイパーエッジは、「産直ネットワーク」という側面も持っている。(図 61)「産直ネットワーク」とは、コンテンツサイトまで、できるだけインターネットを経由せず、コンテンツを入手するという仕組みである。

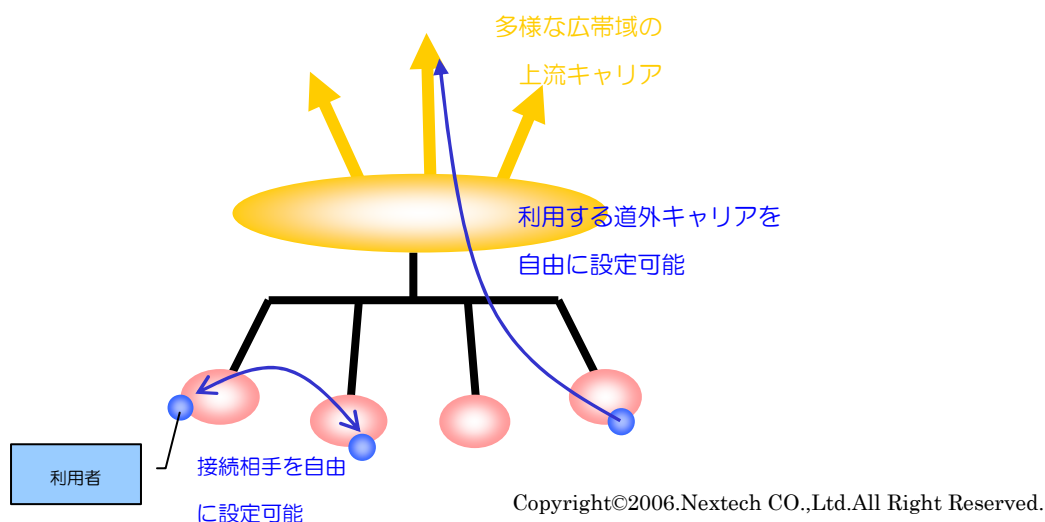


図 59 ハイパーエッジの概念図

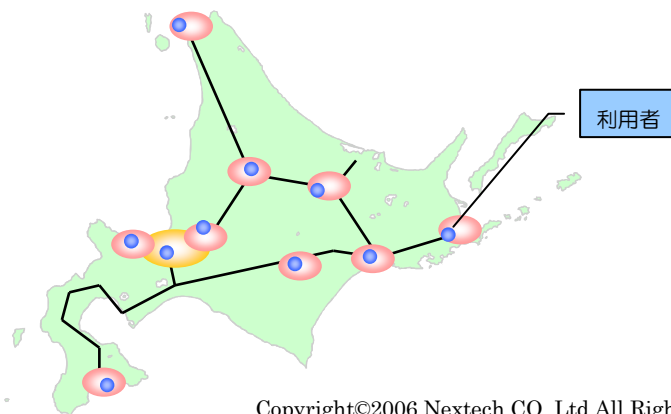
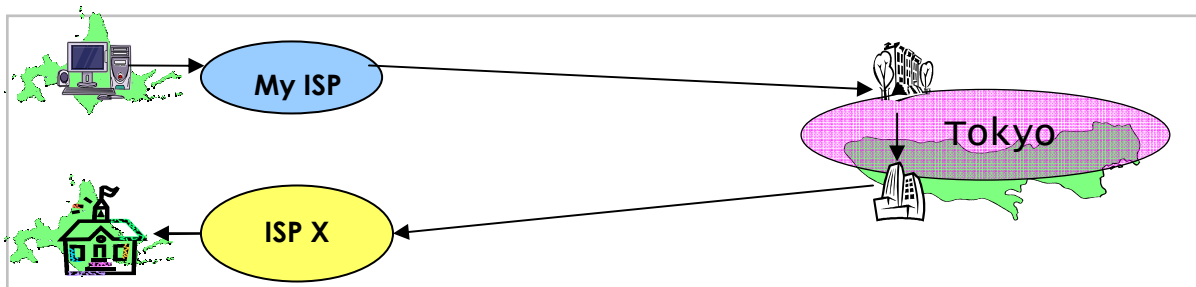
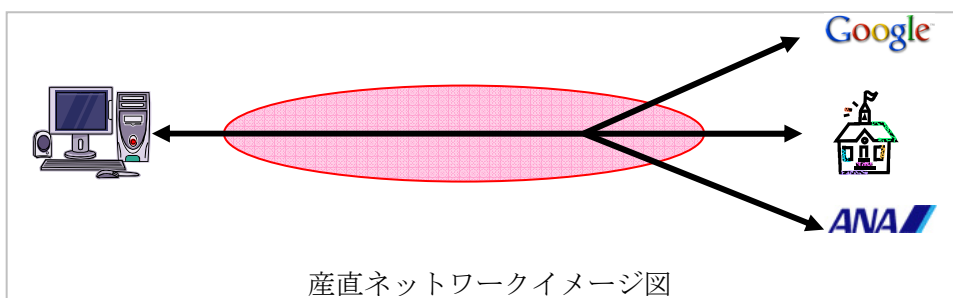


図 60 北海道への適応図



東京経由のイメージ図



産直ネットワークイメージ図

図 61 東京経由と産地直送ネットワークのイメージ図比較

4.2.7. 北海道にブロードバンド基盤を構築するためのハイ

パーエッジ

FTTH などによって、インターネットのブロードバンド化が急速に進んだのに伴って、音楽配信や映像配信などの容量の大きいコンテンツの登場し、ライブ映像などのリアルタイム通信が増加してきた。

また、ISP 間のトラフィックを交換する場である IX では、特定のデータリンクメディアに依存してしまうために、通信速度の制限や運用上の問題がある。また、広域に分散することが難しく、東京一極集中からの脱却が図れない。

そのため、次世代ルーティング技術である。MPLS に「次世代 IX 研究会」と「NPO 法人北海道ネットワーク協議会 NORTH」は着目した。

MPLS は、OSI 参照モデルにおける、第二層(データリンク層)と第三層(ネットワーク層)の間に「ラベル」とよばれる識別子を用いてデータ処理を高速化し、「ラベル・スイッチパス(以後、LSP)」という通信経路を確立して通信を行う技術である。MPLS は「ラベル」の効果によりデータリンク層に依存しない通信を可能とする。また、MPLS は拡張性が高いため、MPLS 技術を IX に導入することにより、階層型 IX を構築することが可能となる。

MPLS は、「LSP」技術により、トラフィックの分散を行うことができるため、通信品質の保証が確保することができる。

MPLS 技術は、将来的なインターネットにおける次世代トラフィック交換の手法として位置づけられている。

4.3. ハイパーエッジの設計要件

4.3.1. 高通信品質

4.3.1.1. 高信頼性

コンピューターシステムが突然動作終了したり、動作終了した後の再起動の時間が長かったりすると、システムに不安を感じる。

そのため、コンピューターシステムが動作終了しない仕組みづくり、動作終了してもすぐ再起動する仕組みづくりが必要となる。

その方法としては、複数のコンピューターを相互接続し、1台のコンピューターの働きをさせるクラスタリングによるサーバーの多重化や、自動バックアップによる情報の保護、ホワイトスワップによるタイムリー性が挙げられる。

4.3.1.2. 広帯域

ブロードバンドコンテンツをスムーズに受信するためには、広帯域が必要である。また、広帯域であることにより、ひとつの回線を複数で使用する、統計多重効果が活かされる。ハイパーエッジでは、広帯域網の未使用部分、また、使われていない広帯域網を使用し、広帯域網を構築する。

4.3.1.3. 低ゆらぎ・低遅延

広帯域を確保できても、ゆらぎや遅延が発生しては、広帯域が活かされない。本実証実験からわかるとおり、ゆらぎや遅延が発生すると、スループットが激減するためである。

そのため、ゆらぎや遅延が発生しない仕組み作りが必要となる。ハイパーエッジでは、MPLS という「ラベル」という識別氏を用いて、パケットを高速処理する技術を使用し、低遅延・低ゆらぎ環境を構築している。

4.3.2. 高順応性

4.3.2.1. 高自立性

各地域網が、接続相手・接続方法を対等な立場で選べるようにするためには、AS 番号を取得しなくてはならない。また、地域網が、DNS システムを構築し、内部のネットワークを管理している必要がある。

4.3.2.2. 高自律性

高い自立性をもっていても、ポリシーを持っていないと、周りとの調和を乱しかねない。そのため、高い自律性も持っていることが重要となる。高い自律性とは、「AS内において単一の経路制御ポリシーがある。BGPによって外部と動的な経路制御を行うことができる。外部には自分達のプレフィックスしかださない、DNSサーバーの構築ができる、暗黙の了解(加害を共に加えない。内部干渉しない、全体の調和を乱さない)が守れる」などが挙げられる。

各階層が、対等に接続先・接続方法を選ぶには、権利を持ち、義務を守らないとならない。

4.3.3. 高安全性

4.3.3.1. 様々なセキュリティシステムの共存へ

メールでの重要な書類のやり取り、eコマースの普及など、ネットワークを介しての重要な情報交換の頻度はますます高まるだろう。しかし、通信には、盗聴、改ざん、なりすまし、ウイルス、未知の脅威など様々な危険が存在している。そのため、強いセキュリティシステムの構築が必要となる。

ハイパーエッジは、各網を繋ぐシステムである。そのため、既存網との接続数が多くなるにしたがい、外部からのパケットの侵入数が多くなるため、ウイルスなどの危険が高まる。そこで、既存網同士の接続セキュリティのレベルアップ、既存網利用登録者以外の接続拒否システムが必要と考える。また、eコマースの発展、重要書類の電子メール化は進むと考えられるため、重要な情報を保護するセキュリティシステムが必要と考える。そこで、ファイアーウォールと認証システム、暗号化技術を組み合わせた、強固なるセキュリティシステム構築を提案する。

4.3.3.2. 認証基盤システム

認証基盤システムは、既存網内にいる利用者が、ハイパーエッジの利用を許可された利用者であることを確かめるためと、個人情報入力サイトや重要電子メールの「暗号化、復号化、そして暗号化文章の信頼性の確認」のために必要なセキュリティシステムである。

前者の場合は、ユーザーIDやパスワードによる「アカウント」システムによる認証(認証VLAN)、後者には、PKIを利用した暗号化メールの認証、eコマースなどの暗号化サイトの認証が挙げられる。しかし、認証システムは、年々進化を遂げており、数年後には「バイオメトリクス認証」という、指紋や顔、声、虹彩などによる認証システムが主流になると考えられる。

4.3.3.3. 暗号化プラットフォーム

暗号化、複合化による認証基盤システムの運用には、暗号化プラットフォームの構築がなくてはならない。「アカウント」認証には、認証タグ VLAN による仮想線技術が挙げられる。

PKI の公開鍵暗号を利用するには、電子メールの場合、S/MIME、Web サイトの場合は SSL アプリケーションが必要となる。

強固なセキュリティーシステムのために暗号化プラットフォームの構築が欠かせないと考える。

4.3.3.4. ファイアーウォール共用型セキュリティーシステムの稼働

ファイアーウォールとは、外部からのパケットを決められたルールをもとにパケットの破棄などをするセキュリティーシステムである。しかし、ファイアーウォールにも限界がある。コンピューターウイルスの侵入、ファイアーウォールをバイパスするコネクション、未知の脅威、内部的な脅威などがその例である。しかし、ファイアーウォールはパケットの中身の保護は行っていないために、前述した、「盗聴、なりすまし」などには対応していない。

その欠点を埋めるべく、認証基盤システムと暗号化プラットフォームとを共用した、セキュリティーシステムを稼働させなくてはならないと考える。

4.3.4. 高経済性

4.3.4.1. 多重化

各網を階層化接続するため、広域なネットワークを速やかに構築することができる。また、別目的で形成されたネットワークを活用するため、地域ネットワーク構築費用が少なくて済む。

電気通信事業者のバックボーン回線が未整備な地域に、ブロードバンド基盤を構築されることにより、地域の IT による活性化が見込めると考える。

4.3.4.2. 多様なネットワークメディアの相互接続～地域網収容のために～

ハイパーエッジは、既存に存在しているネットワークを相互接続する。そのため、イーサネット、フレームリレー、ATM などのプロトコルの違い。有線と無線の違い。光ファイバーと ADSL の違いが生じる。その、違いを乗り越えた通信が MPLS 技術により可能となる。既存網接続の際に生じる、プロトコルを対応させるための設定や設備コストが削減されると考える。そのため、安いコストで、ハイパーエッジに接続することが可能である。

4.3.4.3. TE(トラフィックエンジニアリング)

別目的のネットワークを活用するため、主な使用者の帯域を保護しなくてはならない。

「図 62」において、既存網 B の諸事情に応じた帯域を保護しなくてはならない。また、既存網 B の諸事情により、既存網 A の可用帯域が少なくなるため、既存網 A に必要な帯域の確保もしなくてはならない。その技術として、TE(トラフィックエンジニアリング)がある。TE とは、「帯域の保護、トラフィックに優先度をつけることによる重要なトラフィックの保護、トラフィックを分散させる通信経路の保護と帯域の拡張」をする技術である。

この技術により、図 62 で既存網 B が帯域を拡張したい場合、すぐに帯域を拡張することができる。また、既存網 A が使用できる既存網 B の可用帯域に、優先度の高いトラフィックから流すことが可能となる。

また、図 63 のように、既存網 A のトラフィックを既存網 B と既存網 C の可用帯域へ分散し、既存網 A の可用帯域を増やすことができる。

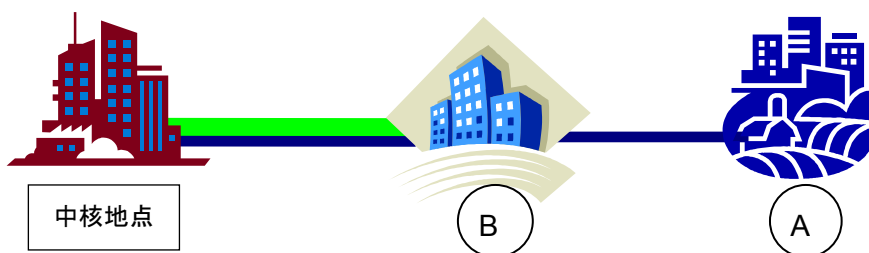


図 62 A のトラフィックが B の可用帯域を使っている様子

第 4 四半期の「TE 実証実験」から、可用帯域の保護と分散による可用帯域の拡張と通信品質の保証が実証できている。TE により、別目的で作られたネットワークを有効活用できると考えられる。

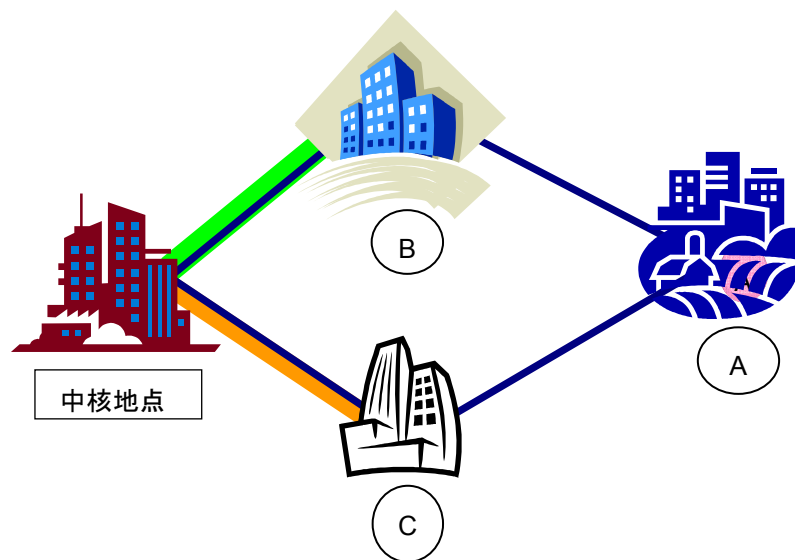


図 63 既存網 B と既存網 C を使ったトラフィックの流れ

4.3.4.4. トポロジ・アレンジの自由

ハイパーエッジでは、図 64 のように、中核地点を中心にして、各既存網が広がっていく接続形態を考えることができる。各既存網は中核地点または、最寄り既存網接続への必要な回線コストのみで、中核地点への接続が完了し、すべての既存網との通信が可能となる。

また、図 65 のように、既存網同士の直接接続も可能である。既存網 A が既存網 D と直接接続することに利益がある場合、ダイレクトピアリングをすることも可能である。各既存網は、最適解の接続トポロジーを形成することができる。この場合、バックアップ経路の確保という目的で、接続したと考えると、バックアップ経路を整備するコストが削減されたと考える。

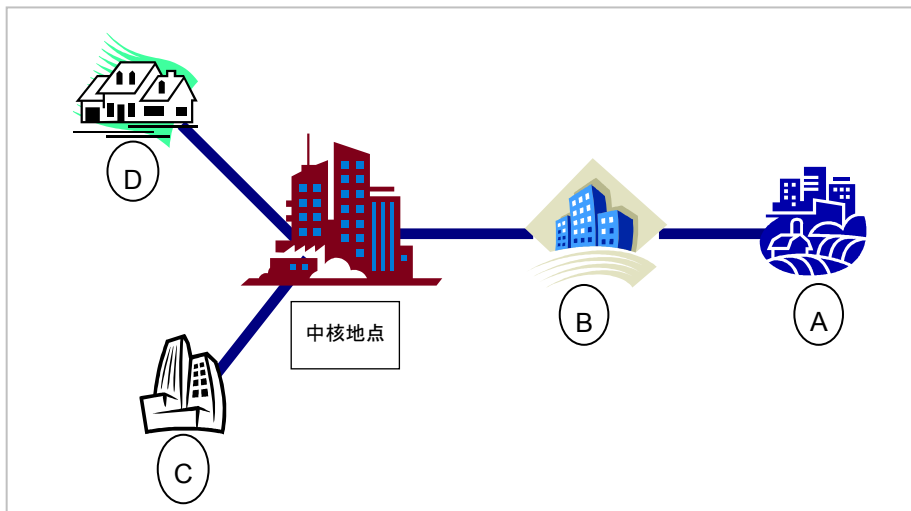


図 64 スター型トポロジー

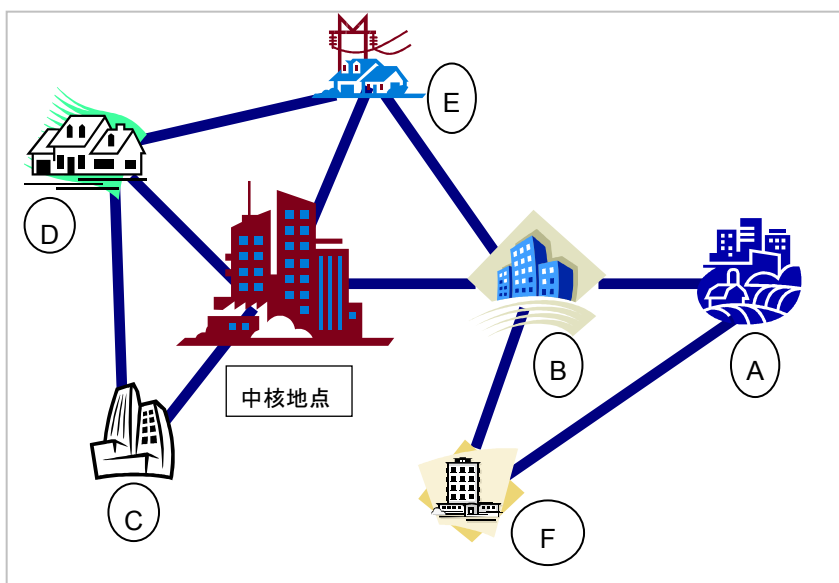


図 65 ダイレクトピアとスター型融合トポロジー

4.4. 北海道全域にブロードバンド基盤を構築するために

4.4.1. ハイパーエッジによるブロードバンド・ゼロ地域解消

へ

総務省は、「次世代ブロードバンド戦略 2010」において、2010 年までにブロードバンド・ゼロ地域解消という整備目標を掲げた。しかし、事業者の投資を待つだけでは、2010 年までに北海道のブロードバンド・ゼロ地域解消という目標を解消するのは難しいことは「4.2.5」で述べた。

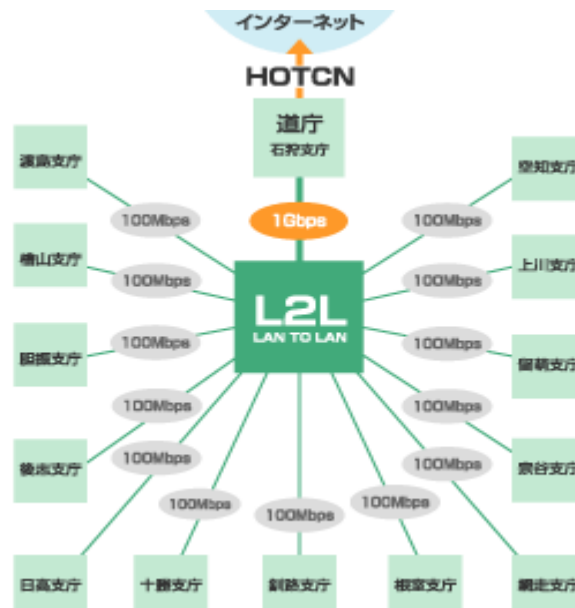
ハイパーエッジは、2010 年までに北海道のブロードバンド・ゼロ地域の解消の方法の 1 つとなると考える。しかし、ハイパーエッジを構築するためには、図 59 の黒線で示されている広域中継系や、図 59 のピンク円で示されている地域網が必要になる。

そこで、「次世代ブロードバンド戦略 2010」に記載されている「自治体光ファイバー網等の開放などによる効率的な整備の推進」による、自治体網の解放によりハイパーエッジ実現のインフラ整備を進めようとする。

北海道のほぼ全域をカバーしている広域中継系(図 59 の黒線)には、「HOTnetL2L(図 59)」を活用したいと考える。「HOTnetL2L」を活用することにより、広域中継系の整備費用の削減と整備時間の短縮ができる。しかし、地域が HOTnetL2L を購入できない場合がある。その場合、地域が公共との共同購入により、HOTnetL2L を入手する。

各地域網(図 59 のピンク円)には、「地域イントラネット基盤施設整備事業」によって整備された各自治体網を活用したいと考える。各自治体網を使用することにより、地域網整備のための投資費用の削減と、地域網整備のための時間が短縮され、短時間に数多くの地域網を構築することができる。

このように、ハイパーエッジは、ブロードバンド・ゼロ地域の解消のための手段として、公共網開放に伴う有効な活用方法のひとつと考えられる。



(出典) HOTnetL2L ユーザー導入事例

図 66 赤れんがギガネット

4.4.2. 自律的な運用に必要なAS番号とAS同士のピアリング

公共網が開放され、住民が公共網に接続したとしても、インターネットへの接続設定を行っていないため、インターネットを利用することができない。インターネットへの接続を可能にするには、自身のネットワークグループを示す IP プレフィックスの設定と目的地までの経路を設定するルーティングが必要となる。また、他者と対等な接続をするためには、自律システムを示す AS 番号を取得し、IP プレフィックスの設定や BGP によるポリシールーティングを行えるようにするとよい。ハイパーエッジは、各地域網 (図 59 のピンク円) の自律的な運用のために、各地域網が AS 番号を取得するように斡旋する。

ハイパーエッジは、OSI 参照モデルにおける第二層であるデータリンク層で、AS 同士が通信をする IX である。(以後 L2-IX と述べる) L2-IX を介しての通信は、通信する AS 同士の同意の下で行うことが原則となっている。通信する AS 同士が同意して相互接続することをピアリングという。ピアリングは AS 同士の交渉によって成立するため、ハイパーエッジでは、ピアリングの交渉を用いる場面を開くことが必要になると考える

4.4.3. 公共が民間に与える影響

「次世代ブロードバンド戦略2010」における自治体網の開放により、ハイパーエッジは速やかに構築できる。しかし、公共網の開放と位置づけ、国や地方公共団体がISPとして事業を始める(以下、公共ISP)と、サービス料金、設備整備の面で民間ISP事業を圧迫することになる。公共ISPは国や地方公共団体から補助金を得ているために、アクセス回線の整備費用などが安く抑えられるので、その分顧客サービスに提供できるため、現サービス提供をしているISPよりも安いサービスが可能となる。また、補助金を得ているため、整備のための資金調達が早いので、民間ISPよりも早くアクセス回線などを整備できる。そのため、民間ISPがサービスを提供できないところよりも先にサービスを開始し、民間ISPの顧客を奪うということになる。

公共がISPとなってサービスを始めてしまえば、現サービスを行っているISPの事業を圧迫することになる。その解決が必要と考えられる。

4.4.4. 公共と民間が共存するための解決方法

その解決方法のひとつとして、公共網を民間に開放をするという方法がある。IRUという形で、公共網を民間のISPに貸付けるという形である。IRUとは、関係者すべての合意がない限り、破棄されたり終了されない使用権であり、第一種通信事業者などに所有権があるものとして扱われる。採算が取れず回線が敷設されていない地域で、民間ISPはIRUとして借りた自治体網を使い、通信サービスを展開することができ、IRUで自治体網を貸した公共も地域住民へ通信サービスを提供できるという双方向メリットの関係が成り立つ。

次に、その地域において、民間ISPのサービスが提供していないときは公共網を活用し、民間のサービスが入ってきたら公共網の活用は終了し、民間のサービスに移行してもらうという形をとることである。民間ISPがサービスを提供していないところを、公共網を使ってサービスを提供するという形なので、民間ISPの事業の圧迫にはなっていない。また、民間ISPがサービスの提供を始めたときは、その地域でサービスを提供しても採算が取れるという見込みが成り立っているので、民間ISPのサービスが途中で中止するという心配がなく、安心して公共サービスから民間サービスへ移行できると考えられる。

4.4.5. ハイパーエッジにおける地域網の中核地点への接続方法

「4.2.6」で述べたとおり、地域網(図 59 ハイパーエッジの概念図のピンク円)は、中核地点(図 59の黄色円)に繋ぐ方法を考えればよい。中核地点への接続方法は、その地域によって様々である。

地域網が中核地点までの回線を保有しているのであれば、保有している回線を使用して中核地点に接続すれば、ハイパーエッジへの接続は完了となる。

中核地点までの回線を保有していない地域網は、中核地点までの回線を共同購入する。10Mbpsにおける1Mbpsの単価より、100Mbpsにおける1Mbpsの単価のほうが安価なため、一人当たりの負担費用が減る。そのため、一人では購入できないものが、共同購入により取得できる。そして、共同購入した回線を中核地点へ接続すれば、ハイパーエッジへの接続は完了となる。

中核地点までの回線を保有していなく、共同購入でも一人当たりの単価が高くて購入できない場合は、公共と共同購入し中核地点までの回線を入手する。公共が使用する帯域と、地域網が必要な帯域を足した回線を購入する。低帯域の回線を購入するよりも、広帯域の回線を購入したほうが、1Mbps単価が安くなり、個別で入手するよりも安価に使用したい帯域の回線を購入できる。

4.4.6. 中核地点運用形態

ハイパーエッジを実現するためには、中核地点の運用事業者と北海道全域をカバーする長距離中継系基幹網が必要となる。中核拠点の運用事業者は、北海道総合通信網(株)などの通信事業者が運用する形態や、北海道の企業が集まり、新規に会社を立ち上げる形態など中核地点の運用事業方法は様々な選択肢がある。

長距離中継系基幹網は、北海道総合通信網(株)が提供している「HOTnetL2L」使用し、北海道をほぼ全域カバーするバックボーン回線を取得する。

中核地点は、各地域網に対して、バックボーン回線の提供と、道外にある大手 ISP や地域 IX などへの接続を提供する。

道外拠点に対しては、道内ほぼ全域をカバーするネットワークを提供する。

4.4.7. 地域網運用形態

地域網は、「地域イントラネット基盤施設整備」によって整備された、各自治体網の使用、地域キャリアの回線の使用、NPO 法人によって構築された回線の使用が挙げられる。

各地域網は、地域キャリアが ISP としてプロバイダサービスを提供する形態、自治体網や NPO 法人が敷設した回線を IRU として、HOTnet や地域プロバイダなどに貸し付け、プロバイダサービスを提供する形態が考えられる。

また、各地域網は、地域キャリアや IRU として貸し付けたプロバイダサービスにすべてを任せるのではなく、地域の利用者の促進や、地域の活性化などを行っていくべきと考える。

4.4.8. ハイパーエッジ接続による効果

道外への接続は、ソフトバンクテレコムがサービスを行っている「mplsASSOCIO」や東京や大阪の IX、各 ISP、地域 IX など様々なところとの接続が考えられる。

ハイパーエッジが道外と接続することにより、東京などにある魅力的なコンテンツを北海道の地方に提供ができる。道外の事業者が、ハイパーエッジに接続することにより、北海道のコンテンツを受信することができる。また、北海道にサテライトオフィスなどを作り、テレワーク人材の確保もできる。

全国のある業界の研究機関が、ハイパーエッジに接続をすることにより、全国との通信を確立でき、リアルタイムの情報交換などが行えるようになる。

4.4.9. ハイパーエッジを実現するメリットとデメリット

ハイパーエッジを実現するメリットは、北海道のほぼ全域に、安い費用で迅速にブロードバンド基盤を構築することができることである。また、本実証実験の目的である。「電気通信事業者のバックボーン回線が未整備な過疎地域のブロードバンド化促進を図る」手段のひとつとなることである。

デメリットは、別目的で作られたネットワークを使用するため、主目的の帯域の管理が必要なことと、ネットワーク所有者との兼ね合いがある。MPLS 網の構築、高負荷・低負荷条件における通信品質、MPLS 網の相互接続、主目的の帯域を守るための TE(トラフィック・エンジニアリング)という技術的な要件は、この「赤れんが実証実験」で解決しており、また、総合検証をした結果、ハイパーエッジはクオリティの高い通信ができることも実証できた。あとは、経済的な効果がどれほどのものなのかということだが、上流キャリアとの相互接続ができることによる付加価値、北海道内にブロードバンド基盤を構築でき

ることによる付加価値、安価で高い通信品質を持った接続ができることの付加価値と、経済的な価値は高いと考えられる。

また、ブロードバンド環境が整備されていない地域にブロードバンド環境が整備されることにより、その地域から新しい事業が生み出される可能性も多いにある。

4.5. ハイパーエッジの事業化について

4.5.1. 必要な人材と必要なスキル

ハイパーエッジを実現するためには、必要なスキルを持った人材が必要である。本実証実験から、必要なスキルは、IP プレフィックスの設定、VLAN の設定、LDP の設定、OSPF や BGP などの設定、ピアリングの設定、TE(トラフィック・エンジニアリング)の設定が行えることである。通信確立を行うために、AS 番号を取得の取得代行ができ、ピアリングでの通信を確立できるスキルがなくてはならない。また、ハイパーエッジは、別目的のネットワークを利用するために、主目的の帯域を確保する技術を持つスキルが必要である。また、人材の不足を補うためにも、人材の開発にも着手してゆかなくてはならない。

必要な人材数は、技術開発に約 10 名、営業に約 35 名、総務・広報に約 5 名を考えている。また、ハイパーエッジは電気通信事業者の役割を果たすので、お客様の意見・要望・疑問を聞く、「コールセンター」が必要になってくると考えられる。その分の、人数として、20 名ほど必要である。

4.5.2. AS 番号取得斡旋・取得代行サービス

ハイパーエッジでは、各地域網が他者と対等な接続方法、接続先を決定するために AS 番号を取得し、自立的な運用をすることを考える。

しかし、AS 番号を取得するためには BGP による外部経路制御設定などの条件がある。その条件を満たすように設計し、AS 番号の取得を斡旋・代行をする。

また、AS 番号取得後も、自身のネットワーク管理を行える人材の開発にも着手してゆかなければならない。

4.5.3. ピアリング・コーディネートサービス

各地域網が AS 番号を取得しても、他の AS とピアリングができないと接続ができない。そこで、AS 同士がピアリング交渉を行う場の提供が必要と考える。

中核地点(図 59 ハイパーエッジの概念図黄色円)の運用社が一年に一度の割合でピアリングについて交渉する場を設けさせるというサービスをし、AS 間のピアリングを促進させようと考えている

4.5.4. IP アドレス取得代行サービス

AS を取得した各地域網が IP アドレスを取得するために、IP アドレスの取得を代行する。

4.5.5. ハイパーエッジ実現のために必要な、投資について

ハイパーエッジを実現するに当たり、必要な初期投資部分は、建物費、土地代、機材費、正社員人件費、広告費などがある。

4.5.6. ハイパーエッジビジネスモデルの概観

ハイパーエッジは、中核地点運用事業者が北海道をカバーするバックボーン回線を、各自治体などに販売する。中核地点は、HOTnetL2L を購入し、自治体網にバックボーン回線を提供する。ハイパーエッジを購入しても採算が取れるところはそのまま購入し、ハイパーエッジを購入しても採算が取れない自治体は、公共網との共同購入をする。公共網との共同購入をすることにより、公共と地域網は安価に必要な帯域を確保することができる。また、回線を販売する事業者も、広帯域の回線を購入してくれるというメリットがある。というように、事業者、公共、共にメリットのある関係になる。中核地点は、「mplsASSOCIO」や「JPIX」などと接続し、地域網と道外接続とのダイレクトな接続を提供する。中核地点は、道外キャリアから、接続の要望があれば、積極的にピアリングをする。

また、ハイパーエッジは、地域網に対して、地域への啓蒙活動を行い、地域利用者の促進などを働きかける。

5. 付録

5.1. 用語解説

▼次世代 IX 研究会

次世代 IX 技術に関する研究開発を多くの研究者、事業者等の連携のもとに推進するとともに、技術の普及促進を目的とする組織である。設立日:2001年10月19日

事績:

DSM での論文

2002年11月 Vol.43 No.11 「MPLSを用いた広域分散IXの実現」中川郁夫／江崎浩／菊池豊／永見健一

2001年11月 Vol.2001 No.111 「MPLSを用いた広域分散IXの実現」中川郁夫／江崎浩／永見健一／菊池豊

2002年2月 Vol.2002 No.11「MPLSを用いた分散IXアーキテクチャの設計」永見健一／中川郁夫／菊池豊／江崎浩

2002年6月 Vol.2002 No.58「MPLSを用いた次世代IXにおける転送能力評価」楠田友彦／石原文二／西内一馬／永見健一／中川郁夫／江崎浩／菊池豊

2002年11月 Vol.43 No.11 「ジャパングガビットネットワーク:7.MPLSを用いた広域分散IXの実証実験」中川郁夫／江崎浩／菊池豊／永見健一

CQR2002 での論文

Ikuo Nakagawa, Hiroshi Esaki, Yutaka Kikuchi, Kenichi Nagami: ``Direction of Internet eXchange technology using MPLS'', CQR2002, Okinawa, May 2002

電子情報通信学会学会誌での論文

中川 郁夫, 江崎 浩, 菊池 豊, 永見 健一: ``光スイッチを用いた次世代インターネットエクステンジの設計'', 電子情報通信学会学会誌, Vol.85, No.5, May, 2002

SAINT2002 での論文

Ikuo Nakagawa, Hiroshi Esaki, Kenichi Nagami: ``A Design of a Next Generation IX using MPLS technology'', SAINT2002, Nara, Jan., 2002

SSGRR-2001 での論文

Yutaka Kikuchi, Ikuo Nakagawa, Masahiro Hiji, Kazuhiro Yatsushiro, Dai Nishino, Eisuke Hayashi: ``RIBB: A trial for reconstructing the ground design of the Internet architecture in Japan'', Proceedings of Second International Conference on Advances in Infrastructure for Electronic

IP SJ での論文

中川 郁夫, 林 英輔, 高橋 徹, 江崎 浩: 「次世代インターネットエクステンジの技術動向」,
情報処理(IPSJ Magazine), vol.42 no.7, Jul., 2001

CCR での論文

The Impact of Residential Broadband Traffic on Japanese ISP Backbones 福田 健介 (国立情報学研究所)

sigcomm の論文

The Impact and Implications of the Growth in Residential User-to-User Traffic 福田 健介 (国立情報学研究所)

▼distix

MPLS を利用した広域分散 IX。ユーザは、MPLS に対応したルータで distix に接続し、ユーザ間に MPLS の LSP を確立して Peering を行う。運営組織は次世代 IX 研究会である。2001 年 6 月から 2004 年 3 月まで JGN を基盤に「distix」として運用され「JGN」の終了に伴い一旦終了になったが、JGN II 上に新たに構築され 2004 年 7 月から現在まで distix II として運用している。

▼RIBB

正式名称は地域間相互接続プロジェクト

2000 年 5 月から 2004 年 3 月まで JGN の研究プロジェクトの一つとして運営され、現在は JGN II 上で 2004 年 7 月から現在まで RIBB II として運営されている。主に JGN II 上の distix II を利用して地域間の相互接続を行い様々な研究活動を行っている。

RIBB での実績

[2003.11] 南極日食中継

[2003.08] 仙台七夕映像配信実験

[2003.07-2004.03] 定常動画伝送実験

[2003.05] 水星日面通過映像配信実験

[2002.12] 日食中継映像配信実験

[2002.10-11] 「よさこい高知国体」「よさこいピック高知」映像配信実験

[2002.10] 北大一鵬方高校間双方向遠隔授業プロジェクト

[2002.05] みやぎ IT Forum 受信

[2002.04] 信玄公祭り受信

[2001.10] みやぎ国体中継

[2001.07] DSM 高知 2001 中継
[2001.06] 日食中継
[2001.05] ギガビットシンポジウム中継
[2001.04,09] 阪大一北大間高圧電子顕微鏡遠隔操作実験
[2001.03] 北大一広島大間全周動画像伝送実験
[2001.02] 山梨国体中継
[2001.01] 月食中継
[2000.10] 富山国体中継

RIBBⅡでの事績(2005年11月現在まで)

[2005/2/7-2/13]札幌雪祭り 2005 中継実験
[2005/4/9]Live!Eclipse 2005 Annular 中継実験
[2006/8/1、8/2]第60回北日本新聞納涼花火&]第30回全国高等学校総合文化祭
[2006/9/8]2006年9月8日部分月食

▼LAN の解説

一般家庭や会社のオフィス、学校内など限られた組織、区域での利用を目的としたネットワークを LAN(ローカルエリアネットワーク)という。LAN で接続されたコンピュータはプリンタの共有や電子データの共有などを行うことができる。

▼WAN の解説

LAN と LAN がプライベートな回線で接続されている広域ネットワーク。プライベートな回線を使用するので一般に公開されている回線を使うネットワークであるインターネットとは違うものである。

▼インターネット

インターネットとは公共回線で構築されているコンピュータ・ネットワークである。つまりは LAN や WAN を公共回線で繋ぎ、広域での情報通信を可能とするコンピュータ・ネットワークであり、ネットワークのネットワークという表現が良く使われている。現在インターネットは世界中に広がり、場所や国をも超えた情報通信が可能となっている。インターネットの代表的な機能としては言うまでも無くメールでの情報通信や web ページの掲示、閲覧などである。現代での一般的なインターネットの解釈として web ページの掲示、閲覧がインターネットの本分であるかの様な認識が多いが、それはインターネットの機能の一部に過ぎない。不特定多数のコンピュータが利用するインターネットに繋がるにあたっては、個人の公開したくない情報を保護する必要がある。そしてその役目を果たす物の代表がファイヤーウォールであり、これは許可されたコンピュータ以外の接続を制限するものである。ファイヤーウォールをはじめとするセキュリティシステムによってインターネットと LAN、WAN の秩序は保たれ、今日のコンピュータ・ネットワークが形成されているのである。

▼MRTG、SmokePing 計測結果の読み方

MRTG は回線を通る通信帯域の情報を集め視覚化するツールである。以下にその読み方を記述する。

▼VLAN タグ

IEEE が標準化した VLAN 技術の一つで、イーサネットフレームにタグと呼ばれる識別を埋め込むことで VLAN 情報を離れたセグメントに伝えることができる。VLAN タグは IEEE802.1Q で定義されている。

▼OSPF

TCP/IP 環境における経路選択 (ルーティング) プロトコルの 1 つ。RFC2328 で、OSPF のアーキテクチャを規定している。

▼MPLS

LSP (Label Switching Path) と呼ばれるパスに沿ってパケットを転送する高速コネクシオン型ネットワークを構築する技術。従来、ルータが他のルータから受け取ったパケットを別のルータに転送する際には、ルーティング情報として IP ヘッダを利用するが、MPLS ではこれの代わりに「ラベル」と呼ばれる短い固定長の識別標識を利用する。RFC3031 で、MPLS アーキテクチャを規定している。

▼LDP

MPLS がパケット転送に使用するラベルを配布するプロトコル。隣接ルータ間でラベル情報の交換を行う。RFC3036 で、LDP のアーキテクチャを規定している。

▼LSR

MPLS 対応ルータ(Label Switching Router : LSR)。

▼ピアリング、プライベートピアリング

相互接続することを意味する（インターネットトラフィックの交換）。プライベートピアリングは、2つの ISP を専用の回線によって接続することで相互接続を行う方法。これに対して IX を用いた相互接続では、多数の ISP が集まる「場」として IX を構築し、多数の ISP 間での相互接続（パブリックピアリング）を実現する。

▼BGP

大規模な TCP/IP ネットワークは、各組織が保有・運用する小規模なネットワークである「AS」(Autonomous System)を単位として、これを相互に接続した形態になっており、境界にあるルータなどの接続機器は経路情報を交換する必要がある。BGP はこの情報交換を行なうための規約の一種で EGP-2 に代わって登場した規格である。

現在では、インターネット上の AS 間での通信プロトコルの主流となっている。

最新のバージョンは BGP-4 で、EGP-2 と違って TCP を利用することで信頼性を上げ、また経路状態に変化があった時にのみ更新情報を送るなどができる様になっている。また、ポリシー経路制御によって、経路設定にある程度の意図を持たせることも可能になっている。

▼FEC

FEC は、同じ方法で転送される IP パケットのグループである。これらのパケットは、同じパスを使用して、転送上、同じ取り扱いを受ける。FEC は、宛先 IP サブネットに対応している場合があるが、エッジ LSR が有意とみなす任意のトラフィック クラスに対応させることができる。たとえば、特定の IP precedence を持つすべてのトラフィックを、1つの FEC にすることができる。

▼RSVP

ネットワーク上で送信先までの帯域を予約し、通信品質を確保するプロトコル。現在のインターネットではどのデータも平等に扱われているため、テレビ会議やリアルタイムの動画配信など、即時性、連続性が求められるトラフィックを優先させる目的で開発された。

▼Robst

高品質動画をインターネット上で送受信するソフトウェア。

▼DVMRP

マルチキャスト・ネットワークにおける、ルーティング（経路制御）プロトコルの一種。

▼MRTG

MRTG (Multi Router Traffic Grapher) は、SNMP エージェントから取得したデータを加工してグラフ化するツール。

▼SmokePing

遅延やパケットロスをグラフィカルに表示することができる遅延計測ツール。

▼RTT

RTT (Round Trip Time) は 2 点間におけるパケットの往復に所要する時間である。

▼NORTH boreo

北海道内学術・研究機関高速ネットワーク（詳細は下記 URL 参照）。

http://www.north.ad.jp/boreo/boreo_mpls_granddesign.files/frame.htm

▼Pathrate

pathrate は送受信端末間の通信路(パス)の可用帯域幅を推定するツールである。プローブパケットの転送にパケットペア転送方式およびパケットトレイン転送方式を用い、各プローブパケット間の間隔(到着時間差)に着目し、可用帯域幅の推定を行う。

▼可用帯域推定

ネットワーク内のあるリンクにおける利用可能な帯域を推定する。

▼マルチキャスト

ネットワーク内で、複数の相手を指定して同じデータを送信すること。

▼ユニキャスト

ネットワーク内で、単一のアドレスを指定して特定の相手にデータを送信すること。

▼Pathload

`pathload` はパスの可用帯域幅を推定するツールである。 `pathload` はパケットトレイン転送方式を用いて、測定対象パスの片道遅延の変化から可用帯域幅の推定を行う。

▼トラフィックエンジニアリング

特定の通信回線だけにトラフィックの負荷が偏らないようにする（均衡にする）技術。

5.2. 参考

“Multiprotocol Label Switching Architecture” : IETF RFC3031

“LDP Specification” : IETF RFC3036

”OSPF version2” : IETF RFC2328

“Virtual LANs” : IEEE 802.1Q

“smokeping” : <http://people.ee.ethz.ch/~oetiker/webtools/smokeping/>

“MRTG” : <http://people.ee.ethz.ch/~oetiker/webtools/mrtg/>

“Distix” : <http://www.distix.net/>

“JGN2” : <http://www.jgn.nict.go.jp/>

IT 用語辞典 e-Words

江崎浩、大橋信考、永川郁夫、永見健一. MPLS 教科書

5.3. 参加、協力

- 参加

- 北海道大学 情報基盤センター 情報ネットワーク研究部門
- 北海道大学 電子科学研究所 情報数理研究室
- 北海道大学 大学院理学院 地球流体力学研究室
- 稚内北星学園大学 金山研究室
- 釧路工業高等専門学校
- 札幌医科大学附属総合情報センター 解剖学第一講座(NORTH として)

(順不同、敬称略)

- 協力

- 北海道総合通信網(株)
- 日商エレクトロニクス(株) 北海道営業所
- (株)ネクステック
- 次世代 IX 研究会
- 地域間相互接続プロジェクト2
- ソフトバンクテレコム(株) (mplsASSOCIO)
- (株)ビー・ユー・ジー(VideoBOX)
- (株)IMAGICA
- BGV.JP(株)
- (有)デジタルコンテンツ
- 北海学園大学経営学部経営学科教授 澤野雅彦
- 北海学園大学経営学部経営学科教授 佐藤芳彰
- 北海学園大学経営学部経営学科助教授 田中史人

(順不同、敬称略)