

北海道庁 企画振興部 IT 推進室 情報基盤課御中

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

第 1 四半期 (2004 年 10 月～2005 年 3 月)

中間報告書

2005/03/31

特定非営利活動法人 北海道地域ネットワーク協議会

目次

1. 概要	2
2. 構築の経過	3
2.1. 初期構築の経過	3
3. 赤れんがギガネット網への接続	4
3.1. vlanタグの設定	4
3.2. IPアドレス	5
3.2.1. ルータのアドレス設定	5
3.2.2. 導通確認	6
3.3. OSPF	7
3.3.1. OSPFの設定	7
3.3.2. OSPFセッションの確認	7
3.3.3. 経路の確認	8
3.4. LDP	9
3.4.1. LDPの設定	9
3.4.2. LDPセッションの確認	9
3.4.3. LSPでのデータ転送確認	10
3.5. カスタマーエッジの追加について	11
4. 通信品質基礎データ	12
4.1. 計測方法	12
4.1.1. 北海道大学 – 釧路工業高等専門学校計測結果	13
4.1.2. 北海道大学 – 稚内北星学園大学計測結果	14
4.2. 通信品質計測のまとめ	15
付録A. 参考文献	16
付録B. 用語解説	17
付録C. 実施計画	18

1. 概要

本報告書では「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」実施要領に基づいて、2004年10月から2005年3月まで実施した作業・実験した結果をまとめる。

今回、計画している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。

このような趣旨を考慮して、本実証実験では、はじめに MPLS バックボーンの構築を行い、その後、ブロードバンドコンテンツの配信、品質計測技術の検証などの実験を行うものとする。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。

今四半期では、北海道高速情報通信基盤（以下、「赤れんがギガネット」という）を活用して実証実験用の MPLS 網の構築を行い、3組織のリンクアップ・IP 接続・LSP 確立について確認を行った。今回、接続確認を行った組織は北海道大学、稚内北星学園大学、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てきた。設備の現地調査・工事手配に時間がかかったため、進捗としてはスケジュールに若干の遅れが生じた。しかしながら、予定されている工事はすべて済んだので、今後、工事に伴う実証実験スケジュールの遅れは生じない見込みである。また、工事に伴う遅れは今後解消できる見込みである。

実証実験網では拠点間の接続に VLAN を使用している。赤れんがギガネットの開通から VLAN 開通まで時間がかかったのは VLAN 設定に時間がかかったためである。これはおもに拠点内にあるレイヤ 2 スイッチの設定である。また、通信事業者が用意するアクセスポイントを使用するには、申請から開通まで時間がかかる場合があるので考慮する必要がある。

MPLS バックボーンを構築したので、続いてブロードバンドコンテンツの配信を行う。コンテンツは参加組織が用意してある映像コンテンツを配信する予定である。

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海道大学の 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。

2. 構築の経過

2.1. 初期構築の経過

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. 赤れんがギガネット網への接続

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ユニークな 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

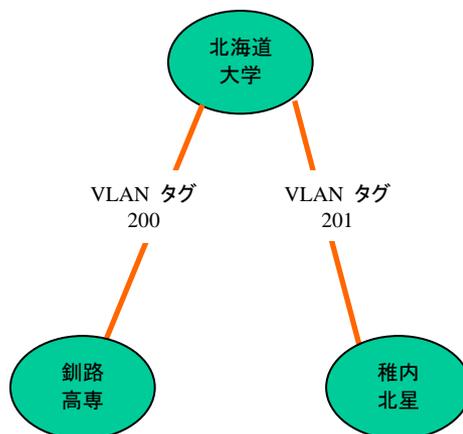


図 1VLAN接続

3.2.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

3.2.1.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

3.2.2. 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 5ping 確認結果

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。

3.3.1.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。

3.3.2.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。北海道大学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
```

3.3.3.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。北海道大学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
```

3.4.LDP

MPLS シグナリングには、LDP を使用する。

3.4.1.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。

3.4.2.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。北海道大学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
```

3.4.3.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。稚内北星学園大学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
```

3.5. カスタマーエッジの追加について

今後は、北海道大学の JuniperM5 に北海道大学電子研のルータを CE として接続する予定である。

4. 通信品質基礎データ

4.1. 計測方法

北海道大学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 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。

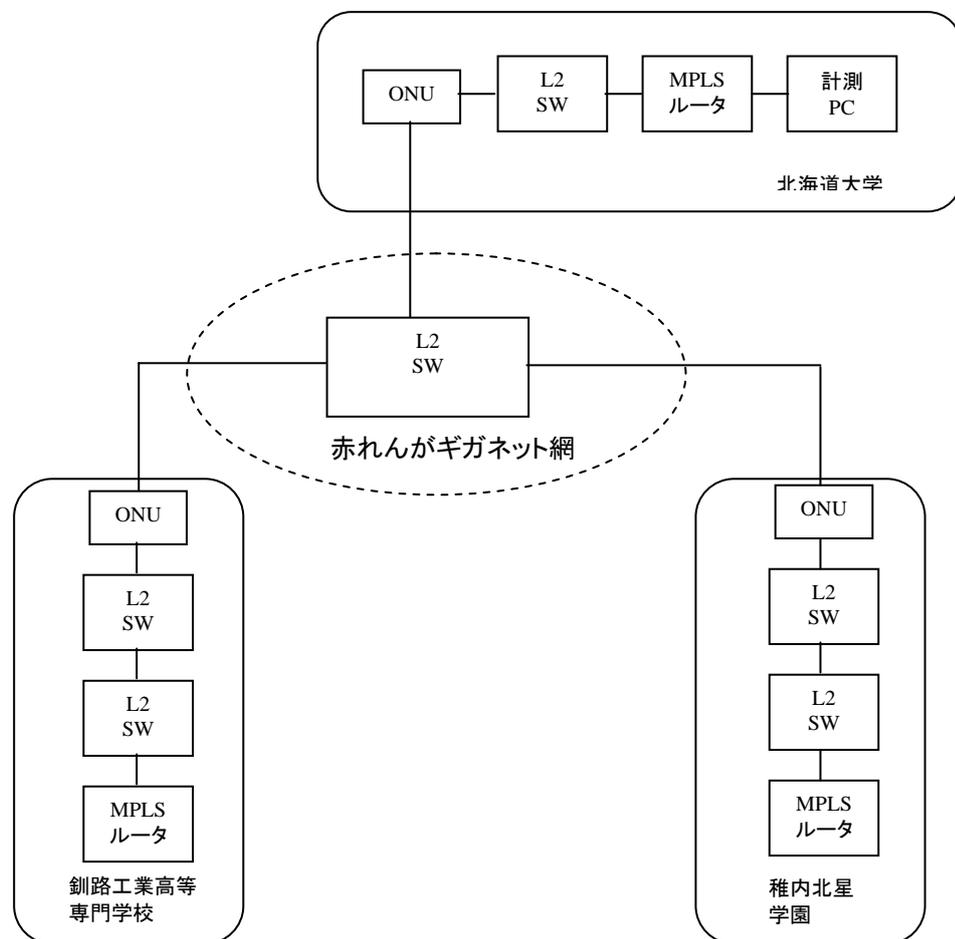


図 2 計測ネットワーク構成

4.1.1.北海道大学 – 釧路工業高等専門学校計測結果

北海道大学計測 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

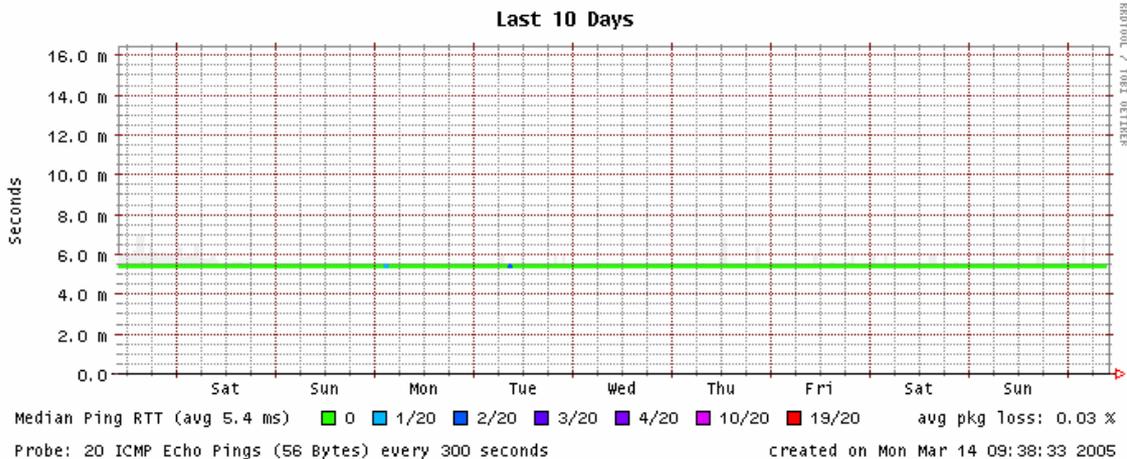


図 3 計測グラフ

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。

4.1.2.北海道大学 – 稚内北星学園大学計測結果

北海道大学計測 PC から稚内北星学園大学ルータまでの 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

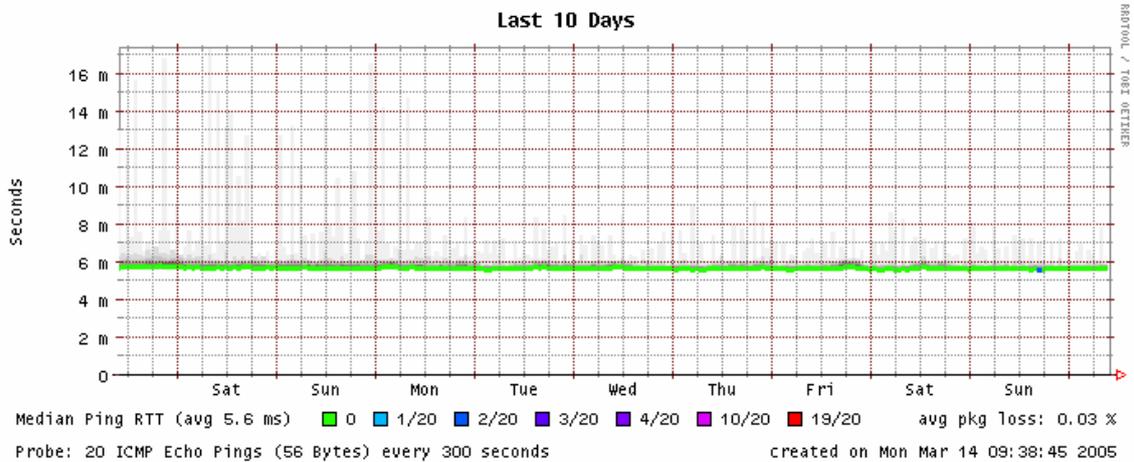


図 4 計測グラフ

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。

4.2. 通信品質計測のまとめ

2つの拠点への計測結果を比較すると、稚内北星学園大学への RTT の揺らぎがわずかだが、大きいようである。揺らぎの原因は、稚内北星学園大学では構内のレイヤ 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。

付録 A. 参考文献

“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/>

江崎浩、大橋信考、永川郁夫、永見健一. MPLS 教科書

付録 B. 用語解説

➤ 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ョ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。

付録 C. 実施計画

スケジュール（予定）は以下の通りである。

実験項目	'04 年度						'05 年度									06 年度										
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
MPLS コアネットワーク構築	→																									
コンテンツ配信実験							→																			
QoS 向上実証実験 (データ採取)													→													
総合検証																			→							

表 8 実施スケジュール

2004 年度下期

2004 年度は、参加組織の赤れんがギガネットワークへの接続を行い、さらに MPLS バックボーンの構築を行う。

2004 年度上期

本年度は、上期に構築した MPLS バックボーンにブロードバンドコンテンツを配信する。

2005 年度下期

本年度は、赤れんがギガネットワーク上に計測機器、非計測機器を設置して通信の信頼性を計測する。

2005 年度上期

これまでの結果を踏まえ、コンテンツの定期的な配信および計測・統計による通信状態の把握を通して赤れんがギガネットワークの評価と総合的な検証を行う。