

JGN II を用いた日米テストベッド間 GMPLS 波長パス設定実験

岡本 修一 大谷 朋広

独立行政法人 情報通信研究機構 つくばリサーチセンター 〒305-0031 茨城県つくば市吾妻 2-5-5

E-mail: okamoto-s@nict.go.jp

株式会社 KDDI 研究所

あらまし GMPLS(Generalized Multi-Protocol Label Switching)技術は、光クロスコネクタ(Optical Cross Connect:OXC)装置・伝送装置等を MPLS を拡張したコントロールプレーンにより統合制御する技術であり、大容量の波長パスを容易かつ即座に設定・提供できる特徴を持つ。今後のグリッド技術や高品質映像伝送などの即時系大容量パスサービスへの需要を考慮すると、国際・複数ドメイン間でもこの GMPLS 波長パスをダイナミックに設定できることが重要である。そこで今回、日本の JGN II の GMPLS ネットワークと米国のテストベッドネットワークとの GMPLS 相互接続実験を実施し、日米複数ドメイン間でのダイナミックな GMPLS 波長パスの設定・削除に成功したので報告する。

キーワード GMPLS, OXC, JGNII, E-NNI, 国際接続

GMPLS lambda path creation experiment between testbeds in Japan and the US using JGN II

Shuichi OKAMOTO and Tomohiro OTANI^{1,2}

NICT Tsukuba Research Center 2-5-5 azuma, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0031 Japan

E-mail: okamoto-s@nict.go.jp

KDDI R&D Laboratories, Inc., Japan

Abstract Dynamic provisioning of GMPLS-based lambda paths through the multiple domains located in Japan and the US were successfully achieved for the first time. We utilized the JGN II GMPLS network testbed and the GMPLS network testbed in the US for this evaluation, and using GMPLS E-NNI technology without exposing routing topology of individual network domains, end-to-end optical circuits were established via PXC's.

Keyword GMPLS, OXC, JGNII, E-NNI, International connection

1. まえがき

GMPLS[1]技術は、光クロスコネクタ(Optical Cross Connect:OXC)装置・伝送装置等を MPLS を拡張したコントロールプレーンにより統合制御する技術であり、大容量の波長パスを容易かつ即座に設定・提供できる特徴を持っている。本技術は、従来個別に運用管理されていた伝送装置等を統合運用管理できるため、ネットワークオペレータにとって運用コストの低減につながるるとともに、IP やアプリケーションなどの上位レイヤとの連携を図ることができ、新たなサービスの提供も可能となる。その一例として、光波長パスベースの BoD(Bandwidth on Demand)サービスが挙げられる。大容量を利用するユーザが、必要なときに所望のネットワークパスを確保できるサービスであり、グリッドコンピューティングや高精彩映像伝送など、今後のテス

トベッドネットワークにおいて非常に魅力あるサービスである。これまでの GMPLS 接続は同一国内接続を中心に研究開発が進められていたが、今後の即時系大容量パスサービスへの需要を考慮すると、国際間でもこの GMPLS 波長パスをダイナミックに設定・運用できることが重要であると考えられる。

また現在、国際的な研究開発活動を支援するため、世界中の学術系ネットワークコミュニティでは各国の GMPLS テストベッドネットワーク間の相互接続を推進する機運が高まっている。これは単にテストベッドネットワーク間の国際接続のみならず、キャリアにおける将来の国際的なキャリア間 GMPLS 接続とその運用の観点からも重要であると考えられる。

本報告では、国際間での GMPLS 相互接続を実現するために課題となっている点について検討を行い、実

際に日本の JGN II[2]の GMPLS ネットワークと米国の GMPLS テストベッドネットワークとの間で行った GMPLS 波長パス設定実験の内容と結果について述べる。

2. 国際間 GMPLS 接続

2.1 現在の課題

研究開発用テストベッドネットワークにおいては、国際間接続においても単一ドメイン構成として問題ない場合も考えられるが、キャリア間接続や各ネットワークの利用・運用ポリシーを考慮すると、各国の GMPLS ネットワークはそれぞれを個別ドメインとして扱い、複数ドメイン間接続とする方が無難である。そのため、国際間での GMPLS 接続については主に、コントロールプレーン構成、ルーティング・シグナリング、運用ポリシー調整の3点が課題となる。

2.2 コントロールプレーン構成

複数ドメイン間 GMPLS 接続の場合、GMPLS E-NNI(External Network-to-Network Interface)接続技術[3]を用い、各 GMPLS ネットワークのトポロジは基本的に隠蔽されるべきである。コントロールプレーンネットワークの物理構成についても、可能な限り各ドメインのコントロールプレーンを共用することなく、各ドメインの境界ノード(Autonomous System Border Router: ASBR)同士を直結する専用線を用意し、制御用のルーティング情報やシグナリングメッセージが ASBR 間で直接交換される形が望ましい。これは、各ドメインのコントロールプレーンの信頼性・セキュリティ向上のために重要である。また、アジア～米国間やアジア～ヨーロッパ間といった長距離の国際接続の場合、もともと伝送距離が長く RTT が大きい上、様々な機器が接続されると RTT がさらに増加し、ルーティング情報やシグナリングメッセージの交換時に累積された遅延が悪影響を及ぼす可能性が考えられる。

2.3 ルーティング・シグナリング

単一ドメイン内の GMPLS ルーティングは既に RFC 化されているが、複数ドメイン間 GMPLS ルーティングは現在 IETF で議論されているところであり、まだ実用レベルに到達していない。しかし、複数ドメイン間 GMPLS 接続を効率よく運用管理していくためには、ドメイン間でも GMPLS 拡張された Traffic Engineering (TE)情報が適切に交換されることが重要である。

シグナリングに関しては、各ドメインが自ドメインと隣接ドメインの ASBR までの経路を計算して明示し、隣接ドメインの ASBR 以降の経路については隣接ドメインの ASBR に経路計算を任せることとし、Egress ノードの情報のみを明示してシグナリングを行う Loose Hop Expansion[4]の適用が効果的である。

2.4 運用ポリシー調整

単一国または単一ドメイン内だけでネットワークリソースを利用する場合には問題がなくても、国際間や複数ドメイン間接続する場合には運用ポリシーの調整が重要となる。具体的項目としては、アドレス管理・責任分解点の明確化・リソース利用ポリシーなどがある。

アドレス管理については、コントロールプレーンネットワーク・TE-link・ノード ID・マネジメントネットワークといった各種アドレスを考慮する必要がある。特に、ノード ID やドメイン間のコントロールプレーンアドレス、TE-link アドレスが各ドメイン間で重複しないよう配慮する必要がある。そのため、あらかじめ各ドメインの運用管理者が複数ドメイン接続を考慮してアドレス体系を設定管理することが重要である。

責任分解点については、コントロールプレーンおよびデータプレーンで、ドメイン間を接続する部分に関して問題となる。一例として、一方のドメインが他方のドメインの ASBR に接続する点まで責任を持つ形式が考えられる。

リソース利用ポリシーに関しては、あるドメインの利用者が他のドメインのリソース(TE-linkなど)を使う際、期間や帯域、利用時の連絡方法などについてあらかじめ相互ドメイン間で統一的なルールを定めておくことが重要である。これは単一ドメイン内でも問題になることがあるため、まずドメイン内で適切なリソース利用ポリシーを定めておく必要がある。

3. JGN II を用いた日米テストベッド間 GMPLS 波長パス設定実験

3.1 JGN II と米国の GMPLS ネットワーク

今回、JGN II の GMPLS ネットワークおよび L2 サービスを用いて日米テストベッド間での GMPLS 波長パス設定実験を行った。日本のテストベッドは JGN II の GMPLS ネットワークであり、図1に示されるように全国6つの拠点(大手町(東京)2箇所、金沢、福岡、堂島(大阪)、けいはんな)で構成されている。それぞれの拠点に PXC および GMPLS 制御ルータが1台ずつ設置され、各 PXC 間は複数の 1Gbps(GbE)回線または 10Gbps 回線によって接続されている。これらの PXC 間や GMPLS 制御ルータ間で『OXC 接続サービス』と呼ばれる GMPLS 制御の大容量パスサービスが提供されている。[5, 6]

米国の GMPLS ネットワークは MCNC が中心となって運営されている Enlightened Computing[7]プロジェクトのテストベッドネットワークであり、グリッドネットワークなどの研究開発に活用されている。ネットワーク構成としてはシカゴ・ローリー・バトンルージュ

ユに PXC が設置され、シカゴとローリーおよびバトンルージュ間が 10GbE によって接続されている。

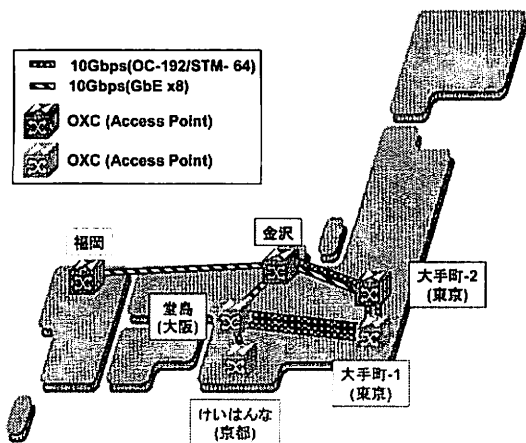


図1 JGN II の GMPLS ネットワーク

3.2 日米間 GMPLS 波長パス設定実験の構成

2 章で述べたように、国際間接続では各国ごとに個別のドメインとして分離して複数ドメイン接続とするのが望ましい。そのため今回の日米間 GMPLS 接続実験では、図 2 に示すように日本と米国の 2 ドメインに分け、日本ドメインは大手町（東京）・金沢・福岡の計 3 台の PXC、米国ドメインはシカゴ・ローリー・バトンルージュの計 3 台の PXC を使い、ASBR は大手町およびシカゴの PXC とした。なお、図 2 の IP アドレスは今回の実験で用いた各 PXC のノード ID である。

日米間のデータプレーンには JGN II の日米回線 (10GbE) を使い、大手町の PXC とシカゴの PXC を接続した。またデータプレーン検証のため、10GbE 測定器および 10GbE のインターフェースを持つ LinuxPC を利用した。これらの装置を PXC に直接接続、もしくは 10GbE のインターフェースを持つ L2 スイッチを介して接続した。

ASBR 間のコントロールプレーンの物理構成については、JGN II の L2 サービスを用いて大手町とシカゴの PXC の制御用 Ethernet ポート同士を直結し、ASBR 間で直接制御情報の交換ができるようにした。PXC から ping を用いてコントロールプレーン間の RTT を計測したところ、144[msec]であった。ASBR 間のコントロールチャンネルにはプライベートアドレスを割り当て、Link Management Protocol(LMP)を有効にした。TE-link については全区間で帯域を 10Gbps、Encoding を Ethernet、Switching capability を Lambda に設定した。また日本ドメイン内および ASBR 間ではアドレスの重複を避けるため、ノード ID および TE-link にグローバルアドレスを使用した。

ルーティングについては、図 3 に示すように各ドメイン内 PXC 同士は GMPLS 拡張 OSPF-TE [8] ルーティングを用いて経路情報を交換した。また ASBR 間では OSPF を用いず、対向ドメイン内の経路情報のうち、E-NNI 接続に必要な Destination および Next Hop のノード ID 情報の組合せを手動で各 ASBR に設定して、ASBR 以外の PXC に対して各ドメインの ASBR からドメイン内の OSPF により External Route 情報として各 PXC に注入させる方法を採用した。シグナリングには GMPLS 拡張 RSVP-TE [9] を使い、外部ドメインに対する経路指定として Loose Hop Expansion 拡張を適用した。

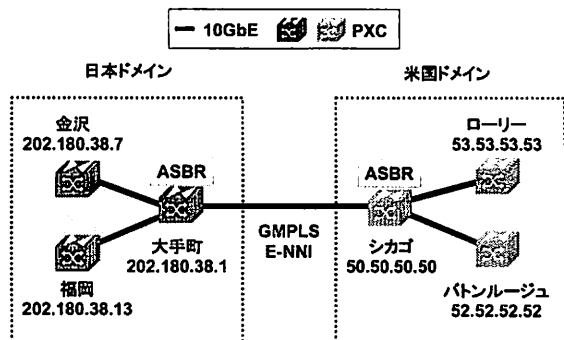


図2 日米間 GMPLS 波長パス設定実験系 (PXC、データプレーン接続、ノード ID)

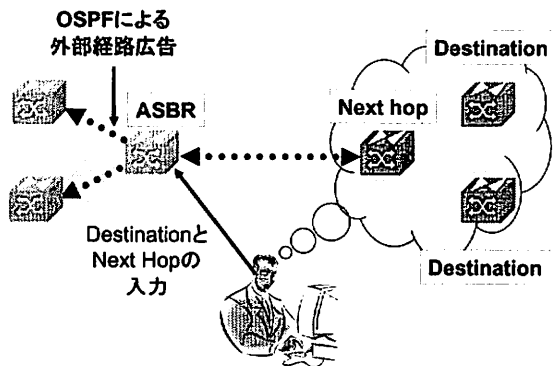


図3 ルーティング設定

3.4 実験結果

図 2 の構成で、全ての Ingress と Egress の組み合わせについて帯域 10Gbps の GMPLS パスが正常に設定、削除できることを確認した。図 4 に金沢を Ingress とし、バトンルージュを Egress に設定した RSVP-TE シグナリングを Ethereal によってキャプチャした画面を示す。図 4 では Loose Hop Expansion による隣接ドメインの ASBR までの経路と、Destination のノード ID が Loose 指定されていることが分かる。また図 4 でシカゴ

PXC(ノード ID: 50.50.50.50)からパトンルージュ(ノード ID: 52.52.52.52)に至る経路の RSVP-TE シグナリング情報が存在しないのは、米国ドメイン内のシグナリング情報が取得できなかったためである。結果として、どの拠点間でもシグナリングに要した時間は約 700[msec]であった。これは各ドメイン(各国)内での PXC 間の RTT や日米 PXC 間の RTT に比べて各 PXC

でクロスコネクトに要する時間大きく、所要時間に対して支配的であることが考えられる。

10GbE 測定器および LinuxPC を用いたデータプレーンの検証でも、正常にトラフィックが流れることを確認した。

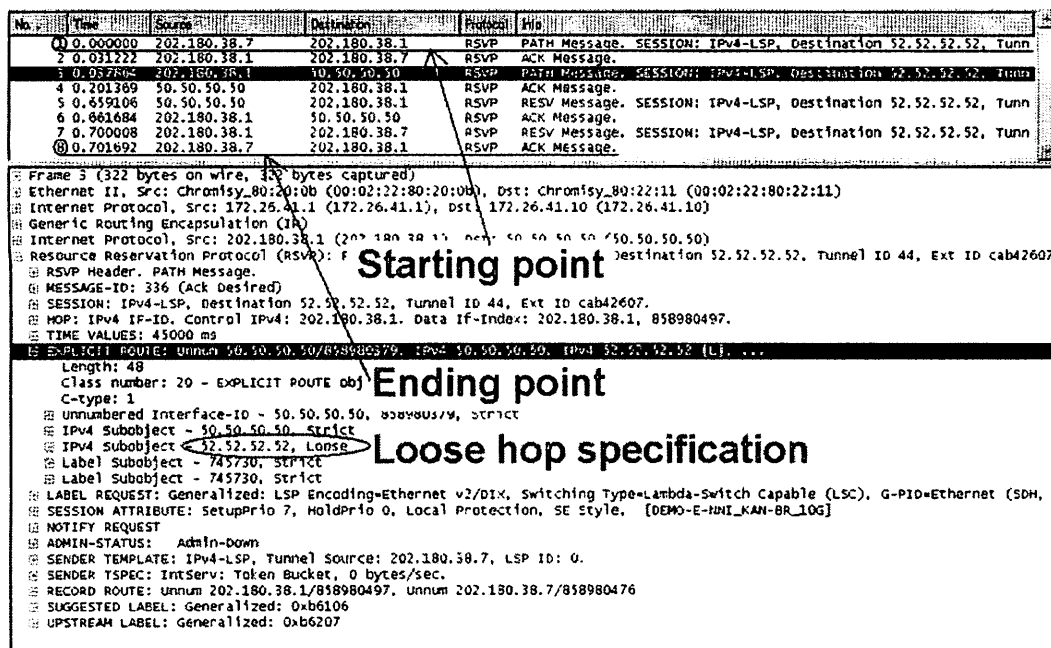


図 4 Ethereal による金沢～パトンルージュ間の RSVP シグナリングシーケンス

4. まとめ

国際間 GMPLS 接続に対する課題について検討した。そして JGN II を用いて日米テストベッド間 GMPLS 波長パス設定実験を行い、日米それぞれ 3 台の PXC 相互間の GMPLS 波長パス設定および削除に成功した。

今後の課題としては、複数ドメイン間での GMPLS 拡張ルーティングの実装および実験、複数ドメイン間でのリソース管理手法の検討が挙げられる。また、今回の実験では GMPLS 波長パスの設定・削除実験のため、研究開発活動に適した日米テストベッド間の運用ポリシーの策定を検討する必要がある。

5. 謝辞

本実験のみならず、日頃よりご指導を頂いてきた NICT つくばリサーチセンター 古賀センター長が本原稿完成直前に急逝されました。これまでのご指導に対して心より感謝するとともに、謹んでご冥福をお祈りいたします。

文 献

- [1] E. Mannie (Editor), "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Architecture", RFC3945, 2004.
- [2] <http://www.jgn.nict.go.jp/index.html>
- [3] T.Otani, et al, "GMPLS Inter-domain Traffic Engineering Requirements," draft-otani-ccamp-interas-gmpls-te-05.txt, 2006.
- [4] Y. Sameshima, et al, "JGN II Testbed Demonstration of GMPLS Inter-Carrier Network Control with Actual Operational Consideration," ECOC, 2006.
- [5] T. Otani, et al, "GMPLS/OXC Network Testbed of JGN II", TridentCom, 2006
- [6] S.Okamoto, et al, "Operational experience of JGN II GMPLS network", COIN-NGNCON2006, 2006
- [7] <http://enlightenedcomputing.org/>
- [8] K. Kompela, et al, "OSPF Extensions in Support of Generalized Multi-Protocol Label Switching", RFC4203, 2005
- [9] L. Berger, et al, "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering (RSVP-TE) Extensions, RFC3473, 2003