

[招待論文] PIL による iPOP2005 における MPLS/GMPLS 相互接続検証実験

– 日米間ルーティング/シグナリング相互接続からアプリケーションのデモンストレーションまで –

島崎大作[†] 大木英司[†] 西岡到^{††} 加納慎也^{†††} 永田晃^{†††}

難波美香子^{††††} 森田和正^{††††} 田辺基文^{†††††} 草間一宏^{†††††} リンウォンピナイ^{†††††}

平井透^{††††††} 岡崎浩平^{††††††}

[†] 日本電信電話株式会社 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町 3-9-11

^{††} 日本電気株式会社 〒211-8666 神奈川県中原区下沼部 1753

^{†††} 株式会社富士通研究所 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4-1-1

^{††††} 古河電気工業株式会社 〒254-0016 神奈川県平塚市東八幡 5-1-9

^{†††††} 三菱電機株式会社 〒247-8501 神奈川県鎌倉市大船 5-1-1

^{††††††} 株式会社日立製作所 〒215-0013 神奈川県川崎市麻生区王禅寺 1099

^{†††††††} 株式会社日立コミュニケーションテクノロジー 〒244-8567 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 216

^{††††††††} 慶應義塾大学理工学部 〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1

あらまし PIL 参加の 8 団体は、GMPLS により制御されるマルチレイヤネットワークを構築するとともに、アメリカバージニア州の相互接続団体 ISOCORE とも遠隔接続し、マルチ Class of Service (CoS) に対応した障害回復方式、OUNI、GMPLS/MPLS 連携を含むマルチレイヤ制御方式などの技術を実証するとともに、このネットワークにて広帯域ビデオ伝送サービスや、コンテンツ容量に応じた自動経路選択システムの実証実験に成功した。この成果を iPOP2005 においてデモンストレーションしたので報告する。

キーワード MPLS, GMPLS, 相互接続, 障害回復, End-to-End パス制御, OUNI, Inter-working

MPLS/GMPLS interoperability test in iPOP2005 implemented by PIL

– From OSPF/RSVP interoperability test between Japan and USA
by production machine to demonstration of streaming application –

Daisaku SHIMAZAKI[†], Eiji OKI[†], Itaru NISHIOKA^{††}, Sinya KANO^{†††}, Akira NAGATA^{†††},
Mikako NANBA^{††††}, Kazumasa MORITA^{††††}, Motohumi TANABE^{†††††}, Kazuhiro KUSAMA^{†††††},
Pinai LINWONG^{††††††}, Tohru HIRAI^{†††††††}, and Kohei OKAZAKI^{††††††††}

[†] NTT Network Service Systems Laboratories, NTT Corporation

^{††} System Platforms Research Laboratories, NEC Corporation

^{†††} Network System Laboratories, Fujitsu Laboratories Ltd.

^{††††} Network Products Division, Furukawa Electric Co., Ltd.

^{†††††} Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

^{††††††} Systems Development Laboratory, Hitachi Ltd.

^{†††††††} Carrier Network Systems Division, Hitachi Communication Technologies, Ltd.

^{††††††††} Faculty of Science and Technology, Keio University

Abstract We have confirmed GMPLS technologies, the multi-CoS recovery mechanism, OUNI, and GMPLS/MPLS inter-working in MPLS/GMPLS multi-region network that was connected to ISOCORE in USA. These provided wideband video data transmission service and auto route select system according to content data volume.

Key words MPLS, GMPLS, Interoperability, End-to-End Recovery, End-to-End Path Control, OUNI, Inter-working

1. はじめに

1.1 インターネットと GMPLS

日本におけるインターネット利用者は約 7,700 万人を超え、内、Fiber To The Home (FTTH) をはじめとしたブロードバンド契約数は約 1,800 万契約に達している [1]。この背景には、日本のブロードバンド料金の低廉化があり、その料金は全世界で最も低廉な水準となっている [2]。また、世界中で提供されている価格の安いブロードバンドサービス上位 10 サービスのうち 8 サービスは日本の事業者が提供していることから、日本のブロードバンドサービスの低廉化を見て取ることができる。このようなサービス料金の低廉化を背景に、ブロードバンド契約数の増加は今後も続くことが予想され、中でも FTTH サービスの伸びが急増し、2006 年末には FTTH 契約数が ADSL 契約数を上回るという試算も出ている。このようなブロードバンドアクセス回線の増加とともにインターネットを流れるトラフィック量も急激に増加しており、2004 年 11 月現在で日本国内のインターネットで流れたトラフィックは平均 324Gps [3] に及んでいる。また、このトラフィックの伸びは年率 200-300% に達しており、バックボーンネットワークには更なる高速化が要求されている。

トラフィックの内訳を見ると、大容量の帯域が必要とされる P2P アプリケーションから、リアルタイム性が要求される映像配信や IP 電話サービスなどが含まれており、ネットワークに要求される性能も多岐に渡る。現在は、P2P アプリケーションのトラフィックの割合が最も多く約 50% 程度に及んでいるが、今後、TV 電話や映画配信などの広帯域でリアルタイム映像伝送を行うアプリケーションの普及も予想される。

このようなトラフィックの増加に対して、バックボーンネットワークを光ネットワーク化して、中継ノードでの電気処理を削減することで対処することが検討されている。ただし、新しく構築される光ネットワークと既存のネットワークが混在することから、これらを併せて制御可能な Generalized MultiProtocol Label Switching (GMPLS) に注目が集まっている。GMPLS では、パケットレイヤ、Time Division Multiplexing (TDM) レイヤ、波長レイヤ、ファイバレイヤまでを一括して制御することが可能となり、パケットレイヤとしてのサービス提供時間を大幅に短縮できるとともに、その運用コストを削減することが可能であると考えられる。

1.2 Photonic Internet Lab.

2002 年時では 1.1 で述べた GMPLS によるマルチレイヤネットワーク制御技術はまだ実用化の途上にあった。このため、次世代フォトニックネットワークによって、新しいインターネットの時代を切り拓くことを目標とし、世界標準を目指したフォトニックネットワーク制御技術の研究開発を推進することを目的として、2002 年 9 月にフォトニックインターネットラボ (PIL) [4] が創設され、日本で次世代フォトニックネットワークの研究開発・標準化活動を行っている 8 社、1 大学で活動してきた。

PIL ではこれまで、主にルーティング、シグナリングの分野において GMPLS 相互接続検証実験を継続して行ってきており、PIL workshop 2003 [5] - [6]、JGN シンポジウム 2004 [7]、Supercomm2004、MPLS2004 などにおいて、検証内容をデモンストレーションするとともに、学会等で発表してきた [8] - [9]。これまでの活動によって、GMPLS に関するプロトコルの基礎的な相互接続性についてはほぼ確立されたと思われる。

今回 PIL では、以下の項目に主眼を置いて検証実験を行った。

- 既存ネットワークとの連携動作、および、アプリケーションとの連携動作
- GMPLS ネットワークの障害回復が既存ネットワークに及ぼす影響
- GMPLS ネットワーク利用の効率化

以上を踏まえて、既存ネットワークである IP/ MultiProtocol Label Switching (MPLS) ネットワークと GMPLS ネットワークのインタワーキングや、ユーザネットワークからの GMPLS 設定要求、これらのサービスを提供する上で必要となる障害復旧技術に関する検証を行うとともに、複数のアプリケーションを動作させて検証を行った。また、この結果を 2005 年 2 月に行われた iPOP2005 にてデモンストレーションを行ったので報告する。

2. GMPLS ネットワークの連携動作

2.1 マルチレイヤネットワーク

GMPLS はマルチレイヤネットワークを階層化して扱う。このとき、あるレイヤの Label Switched Path (LSP) は上位レイヤでは Forwarding Adjacency (FA) と呼ばれる論理的なリンクとみなされ、Open Shortest Path First (OSPF) などのルーティングプロトコルで広告される。上位レイヤでは、広告された FA を元に経路計算や経路指定を行う。

2.2 MPLS ネットワークとの連携

2.2.1 MPLS/GMPLS signaling

キャリアのバックボーンネットワークに GMPLS が導入される場合を考えると、このバックボーンネットワークに既存の MPLS ネットワークが接続されることが想定される。この MPLS ネットワークから他の MPLS ネットワークへエンドエンドパスサービスを提供するためには、MPLS LSP が GMPLS ネットワークを経由する際に、MPLS/GMPLS ネットワークの連携が必要となる [10], [11]。GMPLS ネットワークのシグナリングと MPLS ネットワークのシグナリングの連携方式として、以下の二つが挙げられる。

- Pre-provisioned signaling:

この方式では、GMPLS ネットワークにおいて、あらかじめ GMPLS LSP が設定されており、MPLS LSP は既設の GMPLS LSP を経由する。あらかじめ GMPLS LSP が設定されているため、これが FA として広告されていれば、MPLS ノードは GMPLS ネットワーク内の経路を知ることができる。よって、MPLS ノードは既設の GMPLS LSP をリンクとみなして、strict に経路指定したシグナリングによって MPLS LSP を設定することが可能となる。GMPLS エッジノードでは、MPLS のシグナリングメッセージを受けたら、経路指定に従って該当する LSP へ転送する処理を行うだけでよい。GMPLS LSP を MPLS ネットワークに広告しない場合は、MPLS ネットワークにリーチャビリティを伝えておくことで、MPLS ネットワークは Loose の経路指定で LSP の設定を行うことが可能である。シーケンスを図 1 に示す。

この方式では、あらかじめ GMPLS LSP を設定する必要があるため、GMPLS の処理の自動化や、サービス提供の迅速性といった特徴を生かすためには問題がある。

- Triggered signaling:

この方式では、MPLS ノードからのシグナリングメッセージを受けてから GMPLS LSP の選択・設定を行う。MPLS ネットワーク

ネットワークはリーチャビリティを知っていることで、loose の経路指定、もしくは Destination のみの指定でパス設定を試みる。GMPLS エッジノードでは MPLS のシグナリングメッセージを受けてから、GMPLS LSP の確保を行い、経路が無い場合には新たに GMPLS LSP を設定し、これに MPLS LSP を転送する。シーケンスを図 2 に示す。

この方式では、MPLS パス制御メッセージと GMPLS パス制御メッセージの連携を取る必要があるが、あらかじめ GMPLS LSP を設定しておく必要が無く、GMPLS ネットワークの処理を自動化することが可能である。

以上の 2 方式があるが、4. 章で述べる iPOP2005 におけるデモンストレーションでは、2 方式とも検証を行い正常動作を確認した。

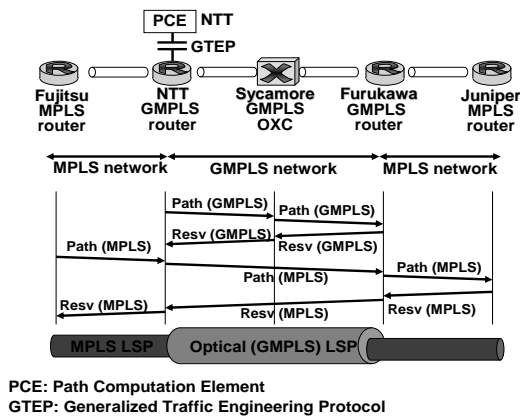


図 1 Pre-provisioned signaling sequence

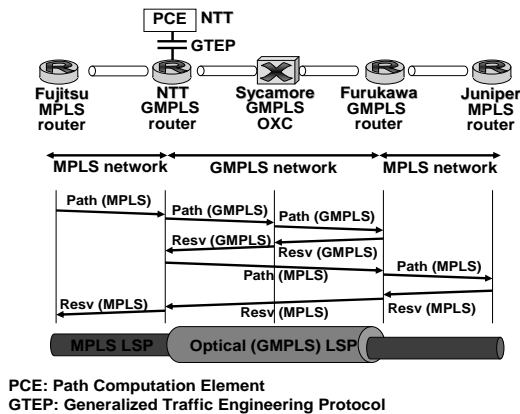


図 2 Triggered signaling sequence

2.2.2 Path Computation Client (PCC) – Path Computation Element (PCE) 間通信

GMPLS ネットワークはキャリアネットワークであることが想定され、このためそのネットワーク構成は MPLS 側に隠蔽されている可能性がある。このため、2.2.1 の MPLS/GMPLS 連携動作においても、GMPLS ネットワーク内の経路を MPLS 側で計算することは適切ではないと考えられる。さらに、GMPLS 内部の経路計算はキャリアによってその経路計算ポリシーは異なることが想定されるため、ルーティング、シグナリング等のプロトコルを扱う汎用的な機能部分 (PCC) と経路計算部分 (PCE) が切り離されて相互に通信することで LSP の設定を行うような実装が適している。PIL ではこの PCC – PCE 間通信の

プロトコルとして、Generalized Traffic Engineering Protocol (GTEP) を提案している [12]。GTEP では大きく分けて以下の二つの機能を有している。

- LSDB 同期機能

GMPLS ネットワークでは OSPF をはじめとしたルーティングプロトコルでトポロジの同期が行われている。マルチレイヤ経路計算を行うためにはこのトポロジデータベースを用いる必要がある。このため、PCC が保持している LSDB を PCE に転送する必要がある。

- 経路計算要求/応答機能

PCC からの経路計算要求に対して、PCE では経路計算を行って、下位レイヤの LSP がまだ設定されていない場合には、これを設定するように PCC に要求を出す。下位レイヤの LSP が設定されたら PCC は設定完了のメッセージを PCE に上げ、これを待つて上位レイヤの LSP の設定要求を PCC に出す。このシーケンスを図 3 に示す。

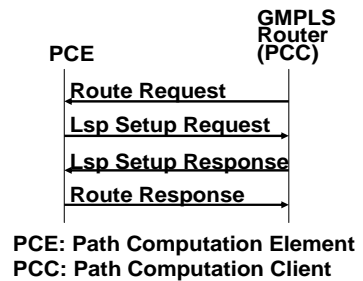


図 3 Generalized Traffic Engineering Protocol

2.2.3 コントロールプレーンの実装

GMPLS ネットワークと MPLS ネットワークとを接続する上でコントロールプレーンの違いを考慮する必要がある。既存の MPLS ではシグナリングメッセージはインバンドが通常であるが、一方、GMPLS ではシグナリングメッセージはアウトバンドが一般的である。このため、パス制御メッセージの取り扱い方法によって以下の二つの方式が考えられる。

- Tunneling:

この方式では MPLS のパス制御シーケンスは GMPLS で提供された LSP を用いて行われる。このとき、GMPLS LSP はルーティングプロトコルによって MPLS ネットワークに広告されていることが想定される。

- Stitching:

この方式では MPLS のパス制御シーケンスは GMPLS のコントロールプレーンを用いて行われる。このとき、GMPLS エッジノードにおいて、MPLS パス制御メッセージを GMPLS パス制御メッセージへ変換する機能が必要となる。

今回のデモンストレーションにおいては、簡便のため Tunneling 方式を採用して検証を行った。

2.3 ユーザネットワークとの連携 (OIF-UNI)

キャリアネットワークにユーザネットワークが接続される場合の要求条件として以下の点が挙げられる。

- キャリアネットワーク情報をユーザに対して隠蔽する
- キャリアとユーザのアドレス空間を分離する

このとき、キャリアネットワークとユーザネットワークとの間を UNI で接続することにより、これらの要求条件を満たすことが可能である。これにより、ユーザ側からは GMPLS ネットワーク内部の複雑なマルチレイヤネットワークを考慮するこ

となく、コネクション設定を要求することができる。またキャリアとしては、ユーザのアドレス空間に影響されることが無いため、複数のユーザ間でのアドレスの競合などを気にする必要がなくなる。このような、キャリアネットワークとユーザネットワークが独立性を持ったネットワークアーキテクチャをオーバーレイモデルと呼ばれ、これを実装したものとして OIF UNI (OUNI) が挙げられる [13]。

OUNI では、コネクション設定要求を受けた場合のキャリアネットワークである GMPLS の動作については規定していないが、Interior Network-to-Network Interface (I-NNI) によってコネクション設定を行うことができる。シーケンスを図 4 に示す。

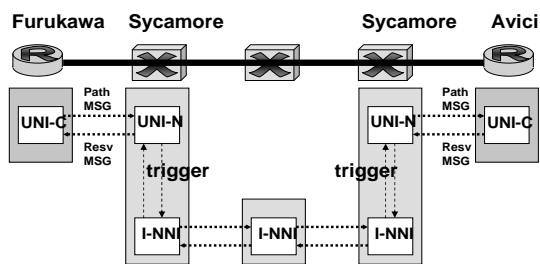


図 4 OUNI

2.4 アプリケーション連携

ユーザアプリケーションが広帯域を要求する場合、GMPLS ネットワークに対して、アプリケーションをトリガとした LSP 設定を行うケースが想定される。アプリケーションがリアルタイム性を要求するものである場合、ユーザの要求帯域に応じて利用期間だけ適切な GMPLS LSP の設定を行うことが考えられ、高精細な TV 電話などがこれにあたる。また、リアルタイム性は要求されず、コンテンツの容量が非常に大きい場合には、アプリケーションの起動をトリガとして、広帯域の LSP を短時間だけ設定して、コンテンツをクライアント側にバッファリングして、すぐに LSP の開放を行うような利用法も考えられる。

慶応大学理工学部では、上記のようなアプリケーションの利用を想定して、コンテンツに応じて転送経路を選択するシステムの検討を行っている。このシステムの動作概要を以下に示す。このシステムを構成する要素としては、GMPLS ネットワークへ LSP 設定要求を行う機能を有するプロキシと、要求コンテンツ種別に応じて応答経路を選択する機能を有するサーバである。

- ユーザはプロキシを経由してサーバに対してコンテンツの要求を行う。
- プロキシは LSP 設定要求機能を用いて制御メッセージ用の LSP の設定を行い、サーバに対してコンテンツ要求を行う。このとき、LSP は広帯域である必要は無い。
- コンテンツ要求を受けたサーバは、コンテンツ種別に応じてサーバ-プロキシ間にコンテンツ転送用の LSP を設定しコンテンツを転送する。このとき、広帯域が必要なコンテンツの場合は、例えば波長パスを設定する。
- コンテンツ転送終了後 LSP の開放を行う。

3. 障害回復

3.1 クラスオブサービス (CoS)

1.1 章で述べたように、サービスごとにネットワークに対する要求はさまざまであり、全てのサービスに高信頼なネットワークを提供することはコストの面から適切ではない。このた

め、ネットワーク側では複数の要求を満たす CoS を準備する必要がある。現在 GMPLS で提供可能な CoS、および対応する LSP 障害回復方式は表 1 に示すとおりである。表 2 にそれぞれの CoS の特徴を示す。

| CoS | GMPLS における障害回復方式 |
|-------------------------|--|
| 1+1 Protection | Dedicated LSP Protection |
| 1 : 1 Restoration | Pre-planned LSP Re-routing without Extra-traffic |
| Shared Mesh Restoration | Pre-planned LSP Re-routing with Extra-traffic |
| Dynamic Restoration | Full LSP Re-routing |
| Unprotected | 障害回復しない |
| Extra Traffic(ET) | 障害回復しない |

表 1 障害回復サービスとその方式

| 障害回復サービス | 障害回復時間 | 障害回復の信頼性 | 相対所要 NW リソース (Unprotected) |
|-------------|----------|-----------------|----------------------------|
| 1+1 | < 50 ms | 多重障害に強 | 2 |
| 1 : 1 | < 200 ms | 多重障害に強 | 2 |
| Shared | < 200 ms | 多重障害に弱 | < 1.7 程度 [14] |
| Dynamic | < 200ms | 単一障害で回復できない場合あり | 1 |
| Unprotected | - | - | 1 |
| ET | - | 単一障害で Preempt | 1 |

表 2 障害回復方式の特徴

以下、障害回復の動作について述べる。なお、本稿の障害回復の動作は、IETF において標準化中の GMPLS End-to-End 障害回復方式 [15] をベースに PIL が拡張を加えている。

3.2 LSP の設定

現用の LSP および予備の LSP は、OSPF により広告されたリンクステート情報を元に LSP の Ingress において計算され、RSVP によりそれぞれ設定される。現用および予備がお互い同じ経路を通らない Disjoint な経路を計算するために、各ノードから広告されるリンクステート情報の中に含まれる SRLG (Shared Risk Link Group) を使用する。SRLG は、あらかじめネットワーク運用者により各リンクに付与された 4 Byte の整数の識別子である。現用の経路を計算した後、予備の経路を計算するときに現用の経路の SRLG を除いたリンクのみを使う。このような経路に予備の LSP を設定することにより、現用と予備が同時に障害となる可能性を小さくすることができる。次に、経路計算によって得た経路に沿って RSVP により LSP を設定する。このとき、現用と予備、および障害回復方式を区別するために、拡張された Protection Object 内の S bit と P bit、および障害回復方式を示す LSP Flags を使う。LSP 設定の場合の S, P bit は障害回復方式に応じてそれぞれ以下のようになる。

- Dedicate LSP Protection
現用: S=0, P=0, 予備: S = 0, P=1
- Pre-Planed LSP Re-routing
現用: S=0, P=0, 予備: S=1, P=1
- その他
現用: S=0, P=0, 予備: なし

なお、障害が発生した場合においても、現用および予備という名称はそのままであるとする。また、Sbit と Pbit のそれぞれの意味は、クロスコネクトを設定するかどうか、運用/非運用(トラヒックをどちらから受信しているか)を表すものと解釈できる。

3.3 LSP の障害監視

設定された LSP の障害を監視するかどうかを明示的に経路上の各ノードに通知する必要がある。特に今回の実験では、全光 XC を使っているため、LSP を設定していないときは、光(主信号)が断の状態になっている。全光 XC を通る LSP を設定するとき、Transit ノードの全光 XC の設定タイミングによっては、GMPLS での LSP 設定は完了しているが、光(主信号)はまだ導通していない可能性がある。この場合、GMPLS の LSP 設定完了直後に、Ingress もしくは Egress において障害監視を開始すると、複数の誤アラームが発生する可能性がある。このような誤アラームを検出を防ぐために、GMPLS RSVP の Admin Status Object を使って、LSP は Admin Down(障害情報は無視する)で設定し、設定完了後に再度 RSVP の Path/Resv により Admin Up(障害情報を監視する)にする動作を各社が実装した。

3.4 LSP の障害通知

GMPLS にて、LSP 単位で障害回復機能を使う場合、物理リンク単位の LOL, LOS, SD などが検出されると、その障害情報は障害地点を通る LSP の Ingress ノードへ、少なくとも通知されなければならない。この障害通知の方法には、(1) RSVP の Notify メッセージなどの GMPLS 制御プレーンにて通知する方法、(2) SONET/SDH の AIS などのデータプレーンにて通知する方法がある。単一レイヤでの通知を考えると、(2)のほうが高速であると考えられる。しかし、マルチレイヤでの通知を考えると、(1)ではレイヤの境界ノードで障害アラームを上位レイヤに通知するのは比較的容易であるが、(2)では、現在のところ難しいと考えられる。レイヤに依存しない障害通知を実現するために、今回の実験では(1)の RSVP の Notify メッセージを用いた。

3.5 LSP の切り替え動作

Ingress ノードが RSVP の Notify メッセージを受信した場合、Dedicate LSP Protection の場合は、RSVP Notify メッセージの交換、Pre-Planned LSP Re-Routing の場合、RSVP の Path/Resv メッセージの交換により、予備の LSP に切替える。予備への切り替えが終了した後、現用系の経路に沿って、Path/Resv を送り現用の LSP の状態を変更する。このとき転送される RSVP の Protection Object はそれぞれ以下になる。

- Dedicate LSP Protection
現用：S=0, P=1, 予備：S = 0, P=0
- Pre-Planned LSP Re-routing
現用：S=0, P=1, 予備：S=1, P=0

3.6 LSP の切戻動作

障害となっていた現用が復旧したとき、現在使っている予備から現用への切戻し動作が必要となる場合がある。特に、これは予備リソースを他の現用と共有している Shared Mesh Restoration において要求される。Shared Mesh Restoration では、ある LSP が予備リソースを使用中であると、他の LSP に障害が発生した場合に障害回復できない。このような場合をできるだけ排除するために、障害復旧後は迅速な切戻しが要求されている。このような切戻しに対する要求を満たすために、

ネットワーク管理者が手動で切戻す他に、障害が復旧すると自動的に切り戻す機能のサポートがあれば便利である。自動切戻しのためには、現用において障害が復旧したことを検出するために、絶えず信号を流し続けておく。受信端で現用の障害復旧を検出すると、RSVP Notify メッセージにより逆端点に通知した後、双方向パスの両方が障害復旧していることを確認する。双方向パスの両方が障害復旧していると予備から現用に切戻す。切戻完了後、予備系の経路に沿って RSVP Path/Resv で拡張 Protection Object の状態を元に変更する。

4. iPOP2005 におけるデモンストレーション

4.1 iPOP2005 におけるネットワーク環境

iPOP2005 で相互接続デモンストレーションを行うにあたって図 5 に示すトポロジ構築を行った。国内ネットワークのうち、データプレーンは Gigabit Ethernet, SONET/SDH (OC192, OC48 等) で構成され、それぞれのインタフェースに適合する光ファイバおよびメタルケーブルにより接続を行った。また、本ネットワークは長距離バックボーンネットワークの構成を模擬しているため、コントロールプレーンの構築にあたってはその遅延を考慮するために JGN II ネットワーク [16] を利用して、遠隔での GMPLS 制御の実験を実施した。このとき GMPLS ノードを二つに分け、間に長距離の JGN II ネットワークを挟むことにより、シグナリングやルーティングメッセージが長距離を伝播することになる。最終的に GMPLS1-東京-大阪-岡山-福岡-金沢-大阪-東京-GMPLS2 という構成になり、距離は約 2,600km となり約 10msec の遅延を与えた。

アメリカバージニア州の ISOCORE [17] との接続を行うにあたっては、Ethernet over IP 技術を用いて、インターネットを経由した仮想 Ethernet の構築を行った。この仮想 Ethernet を用いることで、日米で一つの GMPLS コントロールプレーンを構築するとともに、1000BASE-SX/100BASE-TX のメディア変換、スピード変換を行うことによって、遠隔にある装置間をデータプレーンで接続することに成功した。

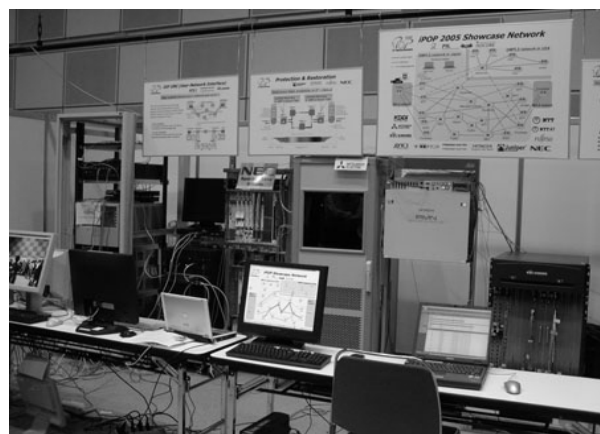


図 6 iPOP2005 デモンストレーション風景

4.2 相互接続デモンストレーション

Pre-provisioned signaling を用いて LSC LSP と MPLS LSP の設定を行った。このときの LSC LSP の経路は NEC - HITACHI - FUJITSU - NEC であり、この LSP を FA 1 として、JUNIPER - (FA 1) - JUNIPER のけいりて MPLS LSP の設定を行った。また、LSC LSP はプロテクション機能を実現するため、working path と protection path を設定した。

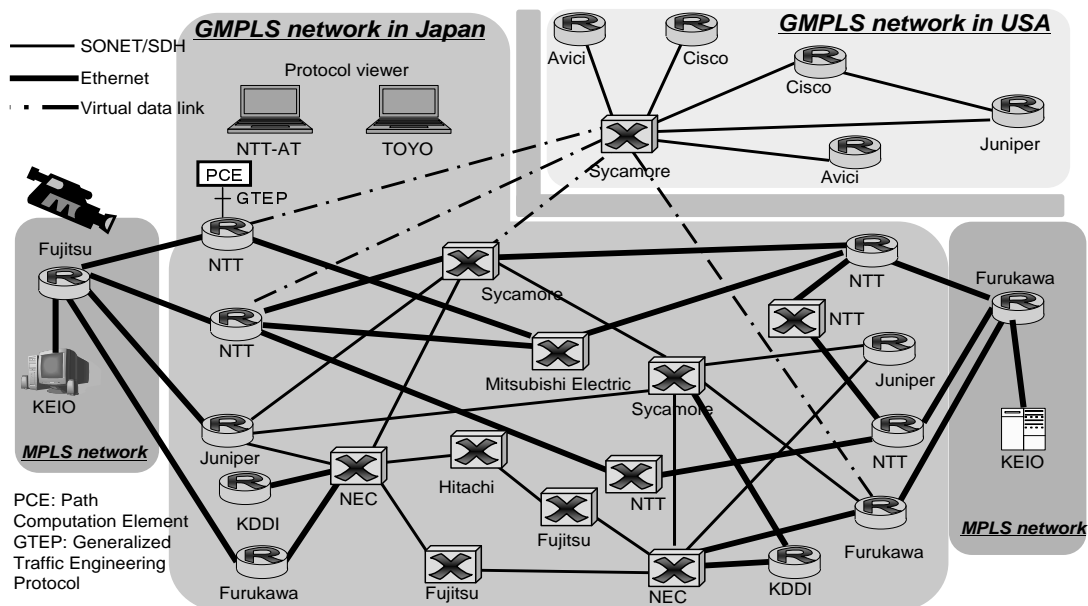


図 5 iPOP2005 相互接続ネットワーク構成

protection path の経路は NEC – FUJITSU – NEC であった。プロテクション機能の確認のため、working path に故意に障害を発生させたところ、protection path へと経路が切り替わり、MPLS LSP にもパケットロスは出なかった。

また、triggered signaling によって MPLS の signaling をトリガとして FSC LSP の設定を行った。このとき設定された FSC LSP の経路は NTT – SYCAMORE – FURUKAWA であり、これを FA 2 とすると MPLS LSP の経路は FUJITSU – FA 2 – FURUKAWA であった。この経路には DVTS を用いたビデオ映像を 30Mbps の帯域で流すことに成功した。

また、日米間には FURUKAWA – SYCAMORE – AVICI の経路で、OUNI を用いた LSP の設定を行った。また、アプリケーションのデモとして、コンテンツに応じて転送経路を変更するシステムの一部の動作を行った。クライアントはコンテンツが保存されているサーバに対して、プロキシ経由で大容量動画配信要求を出す。プロキシがこの要求を狭帯域の 100BASE-TX Ethernet ネットワークを経由してサーバへ届けると、サーバは要求が来た経路とは異なる広帯域の LSC LSP を経由して応答を返した。

5. 謝 辞

本稿記載の iPOP2005 GMPLS 相互接続検証を遂行するにあたり、ご協力いただきました Sycamore networks, Juniper networks, KDDI 研究所, 東陽テクニカ, Avici Systems, NTT アドバンステクノロジーの各位に感謝いたします。本検証実験ネットワークを構築するにあたり、JGN II ネットワークを利用してあり、NTT コミュニケーションズをはじめとした各位に多大なご協力をいただきました。特に NTT コミュニケーションズの各位には、TFT 会場と JGN II 間の専用線をご提供いただきました。本検証実験に用いた米国接続ネットワークの構築には、米相互接続団体 ISOCORE のご協力をいただきました。本研究の日立コミュニケーションテクノロジー担当の一部は、独立行政法人情報通信研究機構 (NICT) の委託研究「フォトニックネットワークに関する光アクセス網高速広帯域通信技術の研究開発」プロジェクトの成果です。また、本論文の執筆にあたり有益な議論をしてくださったフォトニックインターネッ

トラボ (PIL) の関係者の各位に感謝致します。PIL は、総務省戦略的情報通信研究開発制度の国際技術獲得型研究プログラムのサポートを受けて運営されています。

文 献

- [1] “総務省情報通信統計データベース,” <http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/index.html>
- [2] FCC, “Broadband Internet Access in OECD Countries: A Comparative Analysis,” Oct. 2003.
- [3] http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/050125_3.html
- [4] <http://www.pilab.org/>
- [5] <http://www.pilab.org/wk0219/index.html>
- [6] 武藤, 西岡, 加納, 堀内, 松浦, 三澤, “マルチレイヤ統合網における GMPLS シグナリングの相互接続実験,” PNI 研究会 信学技報 PN2003-WS-02, 2003 年 5 月.
- [7] 西岡, 他 “GMPLS/MPLS 制御ネットワークにおける広帯域ビデオ伝送サービス検証実験,” PN 研究会 信学技報
- [8] 島崎, 大木, 西岡, 武藤, 近藤, 田辺, “MPLS+GMPLS マルチレイジョンネットワークにおける相互接続実験,” PN 研究会 信学技報 PN2003-7, 2003 年.
- [9] 堀内, 末村, 塩本, “GMPLS による障害回復と予備帯域を用いた Extra LSP サービス,” PN 研究会 信学技報 PN2003-7, 2003 年.
- [10] E. Oki, K. Shiomoto, D. Shimazaki, N. Yamanaka, W. Imajuku, and Y. Takigawa, “Dynamic Multilayer Routing Schemes in GMPLS-based IP+Optical Networks,” IEEE Commun. Mag., pp. 108-114, vol. 43, no. 1, Jan. 2005.
- [11] D. Brungard, et. al., “IP/MPLS-GMPLS interworking in support of IP/MPLS to GMPLS migration,” IETF Internet Draft draft-oki-ccamp-gmpls-ip-interworking-05.txt, Feb. 2005.
- [12] E. Oki, D. Shimazaki, K. Shiomoto, “Generalized Traffic Engineering Protocol,” IETF Internet Draft draft-oki-ccamp-gtep-02.txt, Feb. 2005.
- [13] <http://www.oiforum.com/public/documents/UNIWP.pdf>
- [14] I. Nishioka et. al. “Monolithic Control of Multi-Layer Optical Networks,” Proc. ECOC2002, S204 Sep. 2002.
- [15] J. P. Lang, Y. Rekhter and D. Papadimitriou, “RSVP-TE Extensions in support of End-to-End GMPLS-based Recovery,” IETF Internet Draft draft-lang-ccamp-gmpls-recovery-e2e-signaling-03.txt, Feb. 2004.
- [16] <http://www.jgn.nict.go.jp/>
- [17] <http://www.isocore.com/>