

## 6 相互接続

### 6 Interoperability

#### 6-1 次世代光バックボーンネットワーク制御技術の研究

##### — けいはんなオープンラボにおける GMPLS 産学官共同研究開発 —

#### 6-1 A Study for Technology of Controlling Next-Generation Backbone Network

大槻英樹 新井菜穂子 盛岡敏夫

OTSUKI Hideki, ARAI Nahoko, and MORIOKA Toshio

#### 要旨

複数レイヤにまたがり種類の異なるネットワーク装置群を単一のプロトコル群で制御する技術の実現が、ネットワーク高機能化と運用管理コスト削減の両面から強く求められる。インターネットの次世代バックボーンである光波長多重ネットワークの開発では、光パスを効率的に制御する GMPLS 技術の実用化が期待される。NICT ではオープンラボにおいてグローバルな相互接続性実現に向け国際標準化を先導する研究開発を産学官連携で進めており、JGN II を活用した広域のテストベッドを構成している。

It is strongly required from both viewpoints of reducing operation cost and advanced network functionality, to achieve a technology to control kinds of network equipments by single protocol set. For development of wavelength division multiplex network, as next generation optical network, it is expected to be in practical use the GMPLS technology to control optical paths.

NICT is investigating to realize a global inter-operability of GMPLS in Kei-Han-Na open laboratory, collaborating with industry, academia and government and aiming to lead international standardization, furthermore, to achieve a wide area field test bed for GMPLS network utilizing JGN II.

#### [キーワード]

光ネットワーク, GMPLS, 標準化

Photonic network, GMPLS (Generalized Multi-protocol Label Switching), Standardization

#### 1 まえがき

高速な情報伝送を行う光を用いた通信において、時分割多重(TDM)や波長多重(WDM)などの多様な大容量化を実現する多重化技術が、回線交換において実用化されてきている。一方で、回

線交換をインターネットに有効活用する技術の一つとして、MPLS (Multi Protocol Label Switching) と呼ばれる通信規約(プロトコル)がある。さらにこれを波長多重伝送に適用したものは MPλS (Multi Protocol Lambda Switching) と呼ばれる。これらは種別の異なる他の通信プロトコルをそれ

ぞれ行き先ラベルや、行き先を指定した波長に割り当てることによってスイッチングを単純化し、あて先に転送する。しかし、光ネットワークで用いられる光ファイバの物理的な接続制御や、従前から使われている TDM にはそれぞれ異なったオペレーション技術が用いられてきた。これらの制御を統括的に行うことを目的として GMPLS (Generalized Multi Protocol Label Switching)<sup>[1]</sup> が開発されている。GMPLS を用いることで、ファイバの接続制御や、波長、TDM、パケットのそれぞれの階層において同じ制御方法を実現し、さらにはそれぞれの階層が相互に連携して通信路を作っていくことができる。GMPLS においてこれらの階層をマルチレイヤと呼ぶ。

現在の GMPLS は、一つのキャリア内もしくはドメインと呼ばれる構成内の接続 (I-NNI) をサポートする標準化ができているが、キャリア間、ドメイン間の接続 (E-NNI) に関してはスケラビリティの問題や管理ポリシーの違いなどから、検討課題が多く残されている。さらに、現在の標準を基に開発された製品では、標準化文書の解釈の違いや実装の違いなどから相互接続性に問題がある場合も多く、同一ベンダ間の機器接続はできるもののマルチベンダ環境を構築することが難しい。

本発表では、これらの GMPLS の問題に対してけいはんなオープンラボにおける研究活動と、JGN II を利用した広域の実験環境について紹介する。

## 2 相互接続性検証ワーキンググループ

GMPLS の相互接続性を検証し、ドメイン間の接続や、マルチベンダ環境を実現することを目的として、けいはんな情報通信オープンラボ高機能ネットワーク分科会相互接続性検証ワーキンググループ (以下、「相接 WG」という。) が活動している。本ワーキンググループは産学官 14 機関\*が参加し、主に以下 4 点に焦点を当て、それぞれをプロジェクト (PJ) として活動している。

\* NICT, 慶応大学, NTT, NTTコミュニケーションズ, KDDI, KDDI 研, 富士通, 富士通研, 日本電気, 三菱電機, 日立, 日立コミュニケーションテクノロジー, 古河電工, アンリツ (順不同、略称。)

- (1) PJ1: 標準 GMPLS 相互接続性検証 (C-Plane/D-Plane) プロジェクト
- (2) PJ2: キャリア間接続物理インタフェース開発検証プロジェクト
- (3) PJ3: キャリア間接続論理インタフェース開発検証プロジェクト
- (4) PJ4: Nation Wide GMPLS 網構築プロジェクト

PJ1 では GMPLS 機器の相互接続性を検証する実験中心のプロジェクトである。参加機関がそれぞれの機器をけいはんなオープンラボ内に持ち寄り、相互接続性を検証している。GMPLS のルーティングプロトコルである OSPF-TE やシグナリングプロトコルである RSVP-TE などの制御メッセージのパラメータチューニングを含めた相互接続性や、伝達網におけるファイバ、ラムダ、TDM、MPLS レイヤのパスの確立とエンド-エンド到達性を検証する。最終的には IA (Implementation Agreement) の確立を目指す。

PJ2 ではキャリア間物理インタフェースについて開発検証を行う。現在は特に 10 GbE-LANPHY (近年インターネットにおいて使われ始めた 10 Gb/s のスピードを持つイーサネットの物理インタフェース) を OTN (Optical Transport Network) と呼ばれる光ネットワークで転送する場合に着目している。電気通信の国際標準化機関である ITU-T では GMPLS を用いたネットワークアーキテクチャを G.8080 (ASON: Automatic Switched Optical Network)<sup>[2]</sup> として規定している。ASON では GMPLS を制御プロトコルとして用い、伝送路には G.709<sup>[3]</sup> で規定する OTN を用いている。今後トラヒックの主流となっていくであろう 10 GbE 信号を OTN に直接収容することは重要な課題と考えており、標準化に向けて ITU-T (国際標準化機関) への提案も行ってきている。10 GbE-LANPHY を OTN 上で転送するための国際標準はまだ存在しないが、各ベンダが先行的に開発中の機器を相互に接続した試験を行っている。相接 WG が主体となって海外ベンダとの相互接続検証実験も行ってきており、今後は標準化と同時にデファクト化もねらっていく。

PJ3 は、キャリア間における GMPLS 制御層のインタフェースに関して開発を行っている。シグナリングプロトコルである RSVP-TE やルーチン

グプロトコルに関して E-NNI のために新たに必要となる要求条件や機能の机上検討を中心に行っている。抽出した要求条件については参加機関から IETF (国際標準化機関) への標準化提案を行ってきた。一方で、GMPLS の E-NNI 制御ノードの試作を行い、実験を行っている。

PJ4 は、PJ1, PJ3 の活動を受けて主にフィールド実験を主体的に活動を行う。PJ1 の実験規模を大きくし、JGN II を用いて広域の GMPLS 網の構築と相互接続性の検証実験を行う予定である。実験網ではキャリア間インタフェースの接続点を多数持たせて検証を行っていく。

図 1 にそれぞれのプロジェクトの目標を示す。

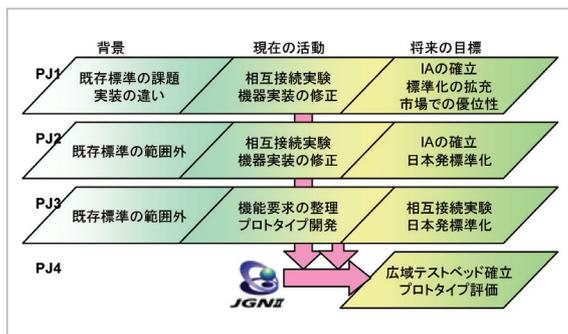


図 1 各プロジェクトの目標

### 3 活動及びフィールド実験

#### 3.1 標準 GMPLS 相互接続性検証

PJ1 で行ってきた実験は主に既存機器の相互接続性検証が中心である。けいはんなオープンラボ内にはリファレンスマシンとして整備した GMPLS 機器を設置し、これを中心に相互接続性の検証を行った。また、相互接続検証機器間の GMPLS プロトコルのパラメータやオブジェクト情報を変換することができる変換ノードを開発し、相互接続に問題を生じた機器間の解析を行った。解析結果は機器へ反映され問題解消された機器間の直接接続が可能となった。問題解析の経験は後述する PJ3 及び PJ4 における実験に生かされている。最終的には図 2 に示すようにリファレンスマシンにもフィードバックを施し、実装標準仕様の作成を目指す。

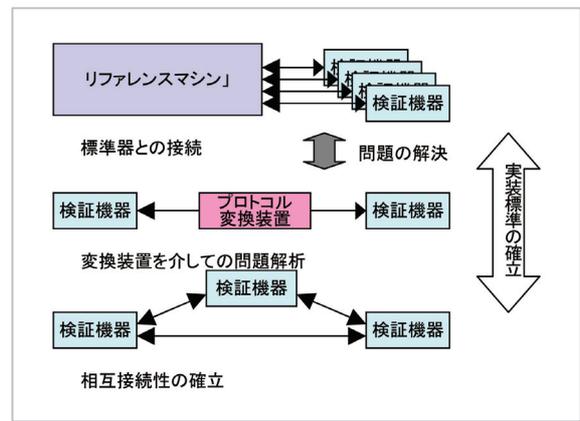


図 2 標準 GMPLS 相互接続性検証

#### 3.2 10 GbE Lanphy over OTN

PJ2 では物理層を対象とし、活発な机上検討を中心に活動を行ってきた。PJ2 では 10 GbE Lanphy を OTN に直接収容する標準は現存しないため、ITU-T への提案 [4] [6] を行っている。10 GbE-Lanphy の情報を一切加工せず透過的に OTN へ収容すると、OTN 規定のビットレートを上回ってしまうため、オーバークロッキングと呼ばれる手法により収容することを提案している。日本発の技術の国際標準化を推進するために、国内外のキャリア・ベンダを含めて、本提案インタフェースの相互接続性の検証と基本的な性能評価を行っている。評価ポイントは図 3 に示す。その結果、世界に先駆けて本インタフェースを実装した各装置間の相互接続に成功してきている。10 GbE Lanphy 信号を OTN へ収容する処理が簡易であるため、小さな遅延時間で情報伝送が可能なことを定量的に確認した。さらに、異なるキャリア間ネットワークを相互接続した場合の故障検知や故障位置の特定を行う警報転送機能の基本的な検証を行い、相互接続性を確認した。本実験結果による有効性を示しつつ引き続きデファクトも含めた標準化を目指す。

#### 3.3 GMPLS キャリア間相互接続性の研究開発

PJ3 では制御層を対象とし、GMPLS プロトコルのキャリア間相互接続の検討を行っている。キャリア間接続に必要な要求条件等は机上検討を行い、E-NNI ノードのプロトタイプに試作を行った。キャリア間 JGN II を使った広域実験は PJ4

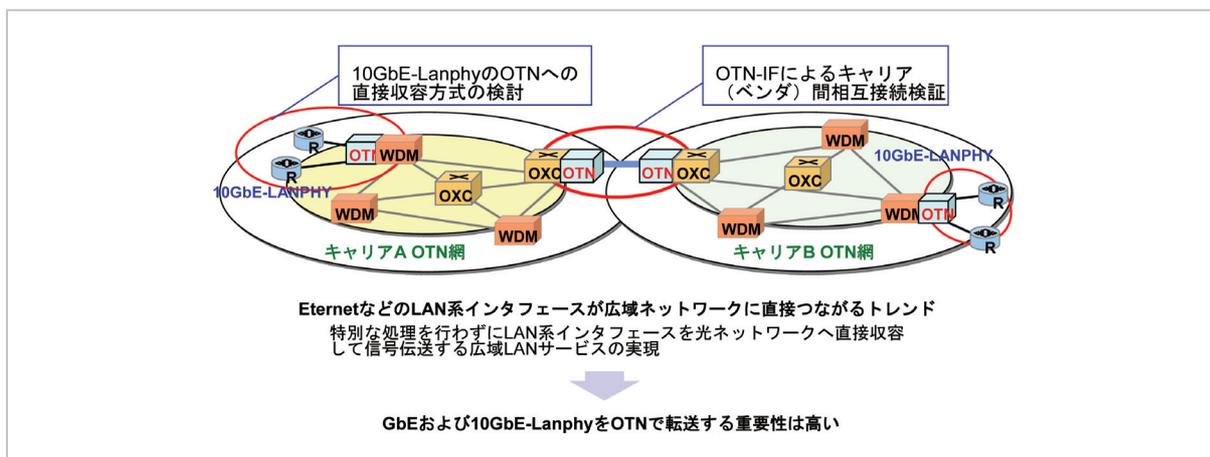


図3 10 GbE-Lanphy/OTN 接続性検証

において精力的に実行していく予定であるが、PJ4の立ち上げに向けた準備段階として、PJ1及びPJ3が合同でマルチベンダ環境での相互接続性と、GMPLSネットワークの特徴であるマルチレイヤ制御の実験及びMPLSネットワークとの相互接続性検証を行った。

JGN IIと実験ネットワークの構成は図4に示す。GMPLSの制御層(C-Plane)はJGN IIのL2サービスを使い、けいはんなセンター、大手町、小金井間をイーサネットで到達可能としている。C-PlaneはそれぞれのGMPLSノードが互いに制御プロトコルをやり取りするために用いられる。一方、伝達層(D-Plane)ではJGN IIのSTM-64(同期通信速度10 Gbpsの規格)のサービスを用いた。STM-64は常時接続状態で用い、両端のGMPLSノードではラムダのパス(LSC-LSP)とし

て制御を行った。その中にTDMのパス(TDM-LSP)としてSTM16(同期通信速度2.5 Gbpsの規格)パスをGMPLSで制御し、MPLSネットワークを接続(MPLS-LSP)することで、マルチレイヤの制御実験を行った。また、制御層を二つに分離し、小金井-けいはんな間を往復させることで仮想的により広域な制御ネットワークの設定(シグナリングの総延長距離1320 km)も試行した。マルチベンダ環境については9ベンダの機器を組み合わせて数種類のパスを生成することによりマルチベンダ環境を検証した。

### 3.4 キャリア間接続実験

PJ3で試作を行ったE-NNIプロトタイプを用い、JGN IIを使った広域実験をPJ4において行った。キャリア間接続では接続に必要な端点となる

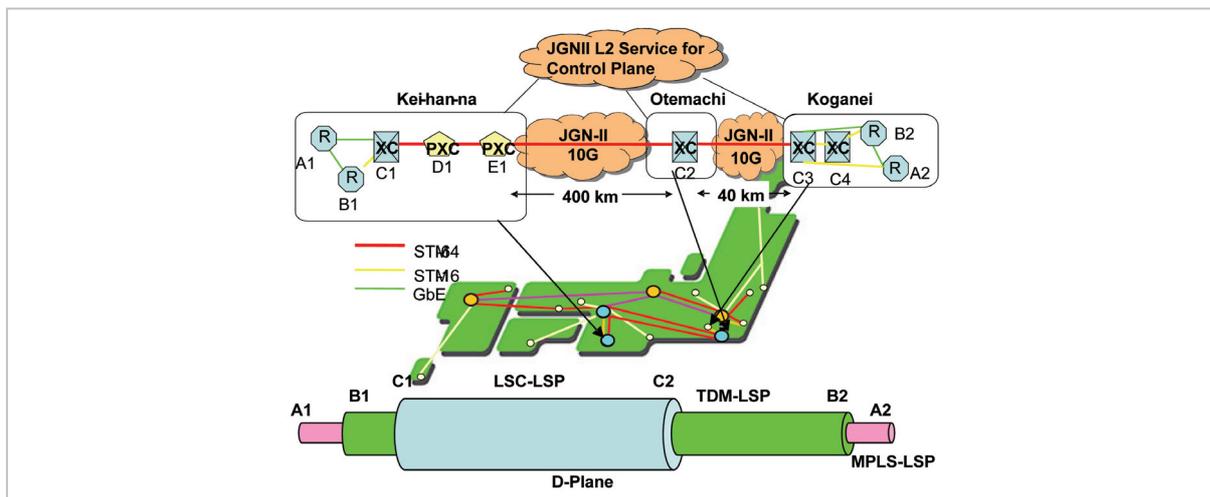


図4 広域ネットワーク実験構成

アドレス情報や、帯域情報や接続可能な能力を他のキャリアに伝える必要がある。このためにプロトタイプに E-NNI 用のルーティングプロトコルとして、インターネットで用いられる BGP を拡張したものを実装した。また、GMPLS ネットワークのアーキテクチャとして IETF モデルと ITU-T/OIF モデルの 2 種類が存在する。IETF モデルでは End-End 間が一つのパスで接続されるシングルセッションで構成される。一方、ITU-T/OIF モデルではドメインをまたがるところでセッションを区切るマルチセッションで End-End の通信路が構成される。この場合セッションの数だけパスをつなぎ合わせて通信路ができる。それぞれのキャリアがどちらのアーキテクチャで構成されているかにかかわらず変換を行う機能を実装した。

これらの機能を検証するため JGN II を用い広域実験環境を構成し、さらに参加機関の研究ネットワークを相互に接続してマルチキャリア環境を構築してフィールド実験を行った。実験構成の概略は図 5 に示す。IETF モデル間、ITU-T/OIF モデル間と IETF モデル-ITU-T/OIF モデル間の接続実験を行い、ルーティング機能及びモデル変換機能を用いたキャリア間相互接続に成功した。同一のパスであっても、同図中に示すようにそれぞれのネットワークモデルにおいてパスの見え方は異なっている。

一方で相互接続できない組合せがあり、経路計算を行う上で相互接続性に課題があることが分かった。

## 5 むすび

けいはんな情報通信オープンラボ相接 WG とその中での標準化に向けた活動及び JGN II を活用した広域 GMPLS フィールド実験について示した。本研究により、GMPLS におけるマルチベンダ環境とマルチレイヤ制御の実現性が示せた。また、GMPLS ネットワークをバックボーンとして既存の MPLS ネットワークとの連携についても示せたと考えている。また、検討成果をプロトタイプとして実装し、JGN II を用いたキャリア間相互接続のフィールド実験にも成功し、E-NNI の重要性と有効性を示せたと考えている。相接 WG の活動は 2006 年 3 月に終了するが、産学官の連携による効果は高く、今後も引き続き標準化への活動や相互接続実験の可能性を追求していきたい。

本研究は、けいはんな情報通信オープンラボ相互接続ワーキンググループの参加機関及び参加者の尽力によるものである。主査である慶応義塾大学山中教授をはじめとする参加者各位に敬意を表するとともに、更なる連携をもって活動を継続したいと考えている。また、実験ネットワークを構成する際に多大な協力を頂いた JGN II の関係各位に深く感謝する。

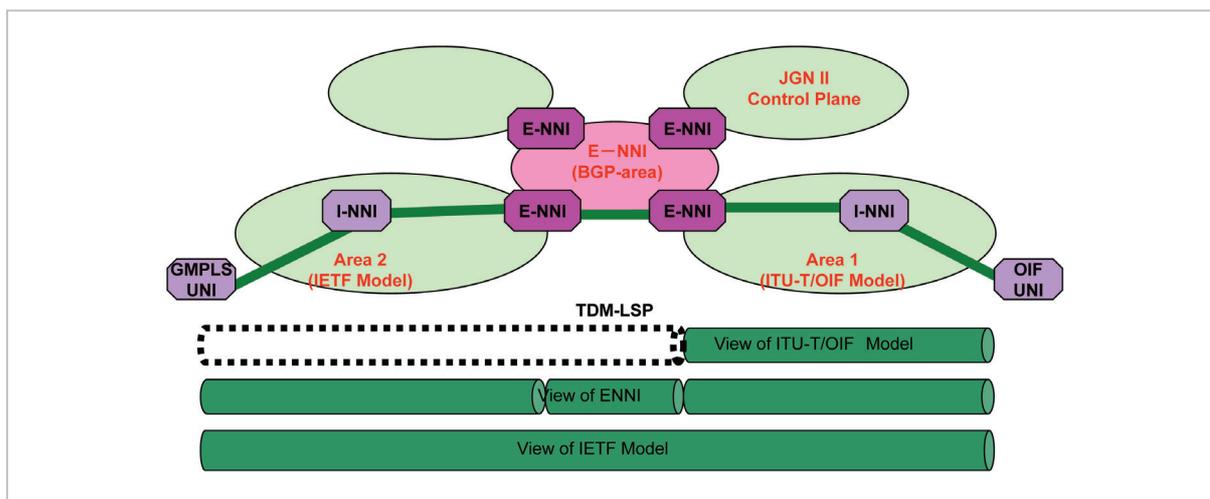


図5 マルチキャリア環境実験構成

参考文献

- 1 RFC3945, "Generalized Multi-protocol Label Switching Architecture", IETF.
- 2 G.8080, Automatic Switched Optical Network (ASON), ITU-T.
- 3 G.709, Optical Transport Network (OTN), ITU-T.
- 4 M.Tomizawa, T.Otani, and H.Otsuki, "Proposal on the standardization of 10G-Ethernet services over transport networks", ITU-T SG-15 COM15-D103, 2004.12.
- 5 T.Tajima, T.Katagiri, T.Atsumi, and K.Kubo, "Proposal on the transparent mapping of 10G-Ethernet LANPHY over OTN ", ITU-T SG-15 COM15-D110, 2004.12.
- 6 M.Tomizawa, T.Otani, and H.Otsuki, "Proposal of the over-clocking solution for 10GE-LANPHY over transport in G.8012", ITU-T SG-15 COM15-D351, 2005.5.
- 7 S.Aisawa, et al., "Proposal on the standardization of fully transparent 10GbE-LANPHY transport scheme", ITU-T SG-15 COM15-D476-E, 2006.2.
- 8 S.Okamoto, et al., "Nationwide GMPLS field trial using different types (MPLS/TDM/Lambda) of switching capable equipment from multiple vendors", OFC2005, PDP40, 2005.
- 9 S.Okamoto, et al., "Field trial of Signaling Interworking of Multi-Carrier ASON/GMPLS Network Domains", OFC2006, PDP47, 2006.

おおつぎひで 大槻英樹

新世代ネットワーク研究センターネットワークアーキテクチャグループ主任  
 研究員(旧情報通信部門超高速フォ  
 トニックネットワークグループ主任研究  
 員) 博士(工学)  
 ネットワークアーキテクチャ

もりおかとし 盛岡敏夫

新世代ネットワーク研究センターネットワークアーキテクチャグループ研究  
 マネージャー(旧情報通信部門超高速  
 フォトニックネットワークグループ主  
 任研究員) 博士(工学)  
 フォトニックネットワーク

あらい なほこ 新井菜穂子

元情報通信部門超高速フォトニックネ  
 ットワークグループ専攻研究員 博士  
 (工学)  
 フォトニックネットワーク