GMPLS技術と将来

片山　善博

GMPLS（Generalized Multi Protocol Label Switching）は，IETF（Internet Engineering Task Force）で標準化されているマルチベンダ，マルチレイヤの通信装置の自律制御による相互運用を実現するプロトコルである。近年，NGN（Next Generation Network）への適用も併せて議論され注目を集めている。本稿では，GMPLS技術と効果を説明し，**OKI**の取り組み，今後の展開について述べる

GMPLSとは

主にIPルータで実装されているMPLS（Multi Protocol Label Switching） は，パケットごとにIPアドレスを確認して経路振り分けを行う従来の方式に比べて，高速化，IP-VPNへ適用の容易さ，ATMやFR等IPパケット以外のフレームにも拡大可能であることから，広く普及しつつある。一方，その適用範囲はIPルータ，ATMスイッチ，FRスイッチなどに限定されており，一般的な光伝送装置には適用できないものであった。そこでMPLSでIPアドレスの代わりに使用されているラベルをより一般化することで，IPパケットやL2フレームよりも低いレイヤ，いわゆる伝送装置まで含む全レイヤ通信装置間での相互接続が実現できるプロトコルがGMPLS（Generalized MPLS）である。

(1) アーキテクチャ

GMPLSのアーキテクチャでは，MPLSで導入された宛先ラベルをより一般化して，さまざまな通信装置の相互接続および自律制御による相互運用に適用できるように，以下の5つのレイヤ（階層）を設けている。各レイヤと，主に取り扱われる対象を**表1**に示す。

これら各レイヤ各装置に渡って共通な制御プレーンを介して相互に制御のやりとりをして，通信装置間で自律的に，一貫したパス＝LSP（Label Switched Path）の設定・開放ができる仕組みを構築するのが，GMPLSである。なお，IP／MPLSなどとは異なり，制御プレーンは，論理的に実トラヒックが流れるデータプレーンとは分離独立しており，これらの関連付けも含めたリンク管理機構が考慮されている。これは電話交換網における共通線信号方式と類似した発想であり，共通のインフラ上でマルチサービスを実現する上でも有効な手段であることは歴史的に実証されている。

表1　GMPLSアーキテクチャの5レイヤ

レイヤ名	意味	主な対象
PSC	Packet Switch Capability	IPパケット
L2SC	Layer 2 Switch Capability	フレーム／セル
TDM	Time Division Multiplex	タイムスロット
LSC	Lambda Switch Capability	波長／波長帯
FSC	Fiber Switch Capability	ファイバポート

また，ネットワーク管理については，SNMP（Simple Network Management Protocol）を用いたGMPLS用MIB（Management Information Base）が定義されている。しかしGMPLS独自の管理用の仕様は設けておらず，マルチレイヤを同時に扱うことによる多数同時イベント発生によるネットワーク管理上の輻輳を回避するなどの運用方法を定めている。

(2) プロトコル

GMPLSでは，経路情報の自律制御を実現するために，以下の3種類のプロトコルが定義されている。

- 経路情報を共有するためのルーティング
- パス生成削除の制御トリガ通知のシグナリング
- これらの制御情報を正常にやり取りすることを担保するためのリンク管理プロトコル（LMP: Link Management Protocol）

実際には，RFC，ドラフト取り混ぜて50以上の標準からなるプロトコルおよびそれらの運用に関する複数の標準[1)]がGMPLSと一言で呼ばれているものの実体である。

i) ルーティング

ルーティングは，トラヒックエンジニアリング（TE）

をベースとして，TEリンクをリソースとして用いたトポロジ情報を，OSPF(Open Shortest Path First)-TEプロトコルを用いて各ノードに経路情報を配布する。トポロジの決定に関してはスキーマに応じて，リンクステートとしてSRLG（Shared Risk Link Group）を含むCSPF（Constrained Shortest Path Fast）が使用される。

ii）シグナリング

シグナリングは，CR-LDP（Constraint-Based Label Distribution Protocol）およびRSVP-TE（Resource Reservation Protocol-Traffic Extension）のプロトコルを用いて，パスの生成削除などの制御情報をやり取りする。RFCはこれら2つのプロトコルを定義しているが，製品実装上はRSVP-TEを採用している例が多い。

iii）LMP（リンク管理プロトコル）

GMPLSネットワークの各リンクは，制御プレーンとデータプレーンとが分離されているので，リンクの両端のノードは，LMPの以下の機構を用いてリンクを管理する。

① 制御用チャネルの正常性確認

リンクの両端のノードが，シグナリング，ルーティングおよびリンク管理自身が使用する制御用チャネル（Control Channel）の正常性を，helloパケットを用いて確認する機能

② リンクプロパティの交換

リンクの両端のノードが，リンクのプロパティ情報を互いに通信し，一致していることを確認する機能

③ データチャネルの正常性確認

リンクの両端のノードが，制御プレーン経由でデータチャネルの正常性を確認する機能

④ 経路上の障害個所の切り分け

リンクの両端のノードが，下位ノードからの障害通知を受け，その障害が上位ノードによるものか自ノードによるものかを見極めて上位ノードに通知する機能

GMPLSを用いたネットワーク構築の例

自律制御によって動的パスを張るという仕組みから，以下に示す6例の様なネットワーキングに関して効果を発揮する。

（1）A to Z プロビジョニング

GMPLSがマルチプロトコルである端的な例としては，A to Z プロビジョニングが上げられる。通常，各拠点の各装置に対して必要な回線設定は，中継ノードも含み経路上の全通信装置のうち，開始ノードの入力点と終端ノードの出力点を指定するだけで，シグナリングをトリガにして，各ノードが自律的に各装置内の回線設定を実施する（**図1**）。

（2）ダイナミックリストレーション

経路上に障害が発生すると，GMPLSノードは開始ノードに通知を上げ，これをトリガにして再度最適経路への回線設定をやり直す。これをダイナミックリストレー

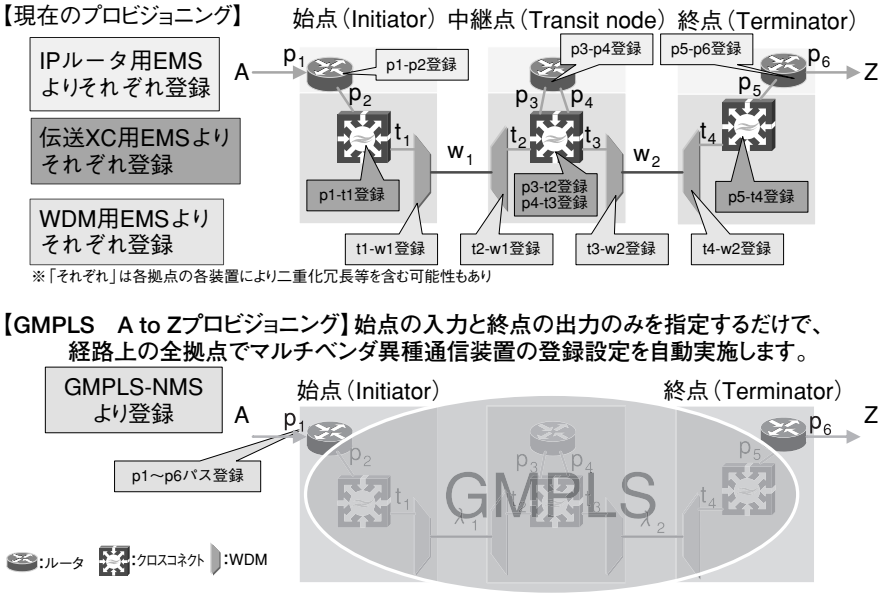

図1　A to Z プロビジョニング

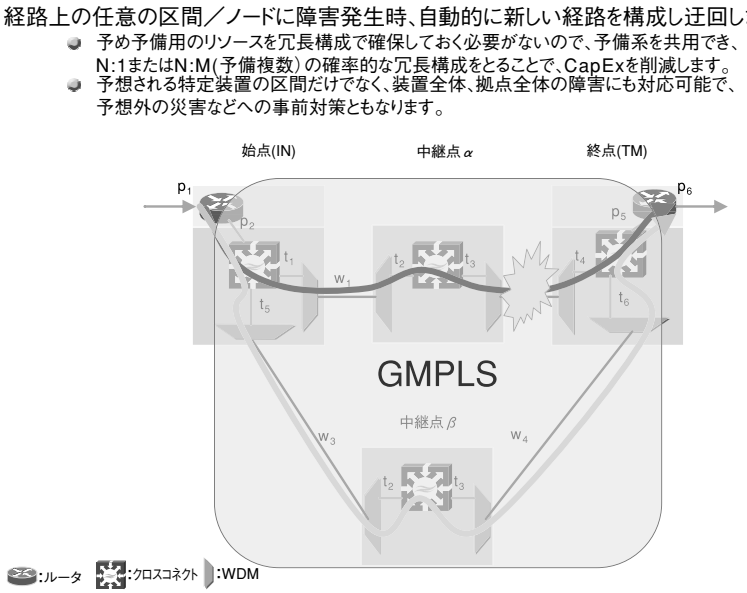

図2　ダイナミックリストレーション

ションという。一般的な区間冗長と異なり，全ての経路を二重化する必要はなく，予備リソースの共用が可能なため，コスト削減効果がある（**図2**）。

(3) 1+1パスプロテクション

予め，現用パスに加え予備パス設定も完了しておき，障害通知を受けた後は，パス切替のみを実施する。一般的に上記ダイナミックリストレーションより高速で切り替え可能（**図3**）。

(4) N:M経路冗長

ダイナミックリストレーションを用いたネットワーク計画において，経路を共用することにより，コスト削減を図れる。ノード／リンクが相互に関連性／影響のない経路同士でのリソース共用においては，単一障害については100%保証できる（**図4**）。

(5) 光カットスルー

IP／MPLSの中継のためにGMPLSを用いた場合，物理

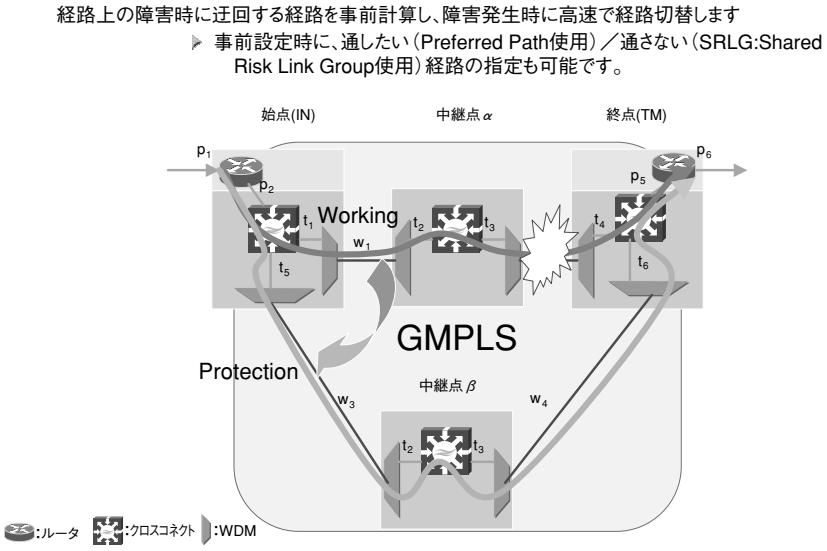

図3　1+1パスプロテクション

的にIPルータが存在していても中継の際はこのレイヤを用いずに光レイヤの伝送装置のみで経路を作成でき，いわゆる光カットスルーを実現することができる。この場合GMPLSネットワークは，IP／MPLS網においては単なるリンクとして取り扱われる（**図5**）。

（6）時間／期間限定パス構築

NMS（ネットワーク管理システム）との連携により，期間，時間を限定してのパス開通／削除が可能である。個々のNEに対して，NE-OpSの上位インタフェースを用いて実現するのに比べ，NMSからGMPLSのA to Zプロビジョニング機構を用いて効率的に実現可能である（**図6**：次ページ）。

OKIによるGMPLSの取り組み

オール光クロスコネクト装置のネットワークインテグレータとして，早期よりGMPLS相互接続に積極的に関ってきた**OKI**では，2004年，国立情報学研究所における共

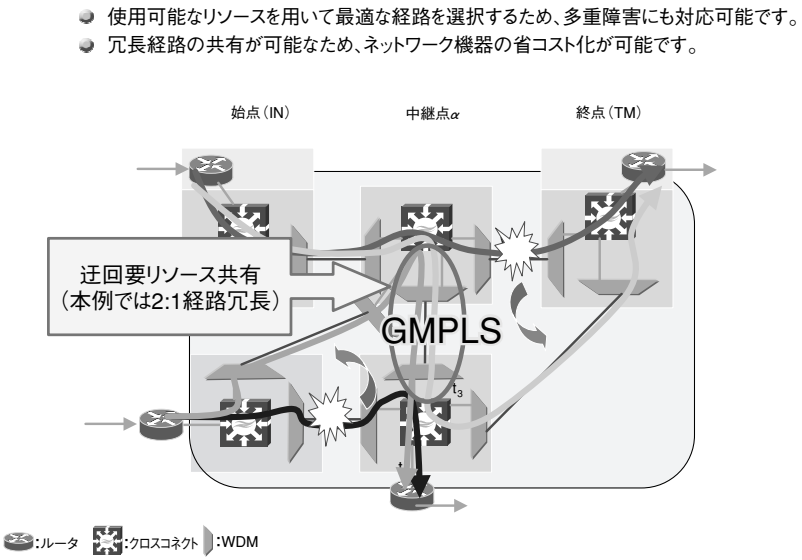

図4　N:M経路冗長

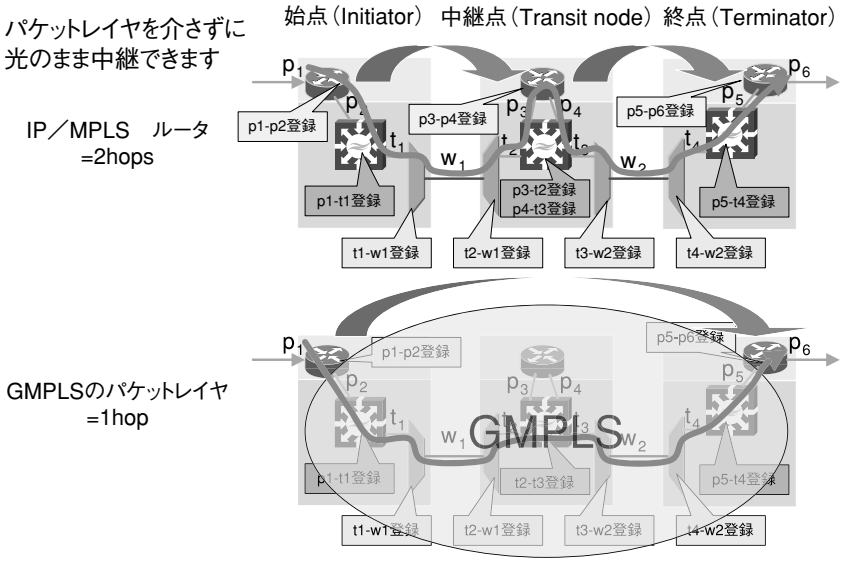

図5　光カットスルー

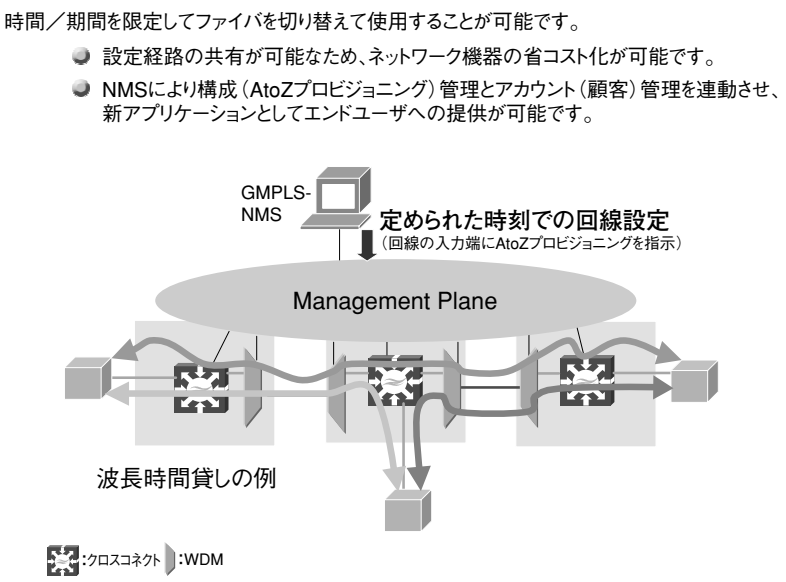

図6　時間／期間限定パス構築

同研究に参画し，マルチベンダ環境でのフィールド検証を成功させた[2)]。これをきっかけに，各サービスプロバイダにおけるGMPLSネットワーク構築および相互運用のサポートを積極的に実施している。

さらに各社通信機器の製品レベルのGMPLS実装が進む中，ネットワークシステムインテグレータとして，相互接続検証を進めている。その一環として，去る2006年11月に六本木アカデミーヒルズで開催された**OKI**情報通信融合ソリューションフェアにおいて，IPルータCisco XR12000とオール光クロスコネクトCalient DiamondWave-PXCを用いて，GMPLSのA to Z プロビジョニングを用いた映像配信用光パスの生成を実機でデモンストレーションし，異ベンダ異種製品での相互運用を目の当たりにした参加者より好評を得られた。

OKIによる今後の展開

（1）相互接続検証の推進

GMPLSの実ネットワーク構築にあたっては，GMPLS固有の新しい知識・技術とノウハウの蓄積が重要と考え，現在，Cisco XR12000ルータおよびCisco ONS15454MSTPとCalient DiamondWave-PXCを用いた接続検証を継続して進めている。これらの構成要素からなるソリューションとして，前述のGMPLSを用いたネットワーキングを実現していく。また，各社のGMPLS実装状況に応じて，随時製品ラインナップを強化し**OKI**ポートフォリオとしての充実を図っていく。

（2）OKI-GMPLS-NMS（仮称）の開発

さらに効率的なネットワーク運用に寄与すべく，**OKI**-GMPLS-NMSの検討も進めている。本来，ノード自律制御によるネットワーク管理の省力化の効果が絶大なGMPLSネットワークを運用するにあたり，何らかの特別なオペレーション技術／ノウハウの習得が必要でそれが複雑困難になってしまうと本末転倒である。そこで有効となる**OKI**-GMPLS-NMSは人にやさしい，サービスが早い，コストが安いなどのネットワーク管理の実現をサポートし，ネットワーク管理のサイバーネーション（従来，人手や感性に頼っていた情報処理作業の機械化・自動化）を実現するSMS（サービス管理システム）の側面を持つNMSである。以下に，この**OKI**-GMPLS-NMSに盛込む予定のFCAPS（オープン システム相互接続（OSI）管理アーキテクチャの機能モデルとして定義された，障害，構成，課金，性能，機密の管理機能）を示す。

- Fault Management：障害管理機能
  - ・GMPLS搭載による汎用化障害監視機能
  - ・GMPLS特有のNWリソース統合管理
  - ・ネットワーク全体での回線監視
  - ・GMPLS特有のスキームを活かしたネットワーク管理
- Configuration Management：構成管理機能
  - ・GMPLS機能を用いた回線開通業務の利便化
  - ・GMPLS特有リソースの構成管理，履歴管理
  - ・複数オペレーションの一括化
  - ・回線全体の設定時に考慮すべき運用情報可視化とオペ

レーションの簡易化
・ネットワークレベルでの試験系，試験結果の関連付けなどの管理機能
● Account Management：顧客管理
・各障害管理，構成管理情報の，アカウント情報への対応付け
・GMPLSサービスに関する課金管理などを含むSMS（サービス管理システム）機能
● Performance Management：性能管理
・トラヒックエンジニアリングに基づくネットワーク全体の性能管理
● Security Management：セキュリティ管理
・GMPLSネットワークの大規模性とそれぞれが多量なネットワーク資源を使用する特性から必要となる認証，機密性の管理機能

これらの機能が統合されて，それと意識することなしにGMPLSの機能を活用して，やさしい・早い・安いネットワーク管理を実現するのが**OKI**-GMPLS-NMSを開発するコンセプトである

お わ り に

IP統合によるNGNへの流れの中，実網を構成するのに1ベンダのIPルータだけが存在すればよいという1つの考え方がある。しかし，多様な通信機器から構成されるネットワークが，統一された制御での管理下で，統合化インフラとしてマルチサービスを提供する方が，適材適所という観点で効率的であり，既存のネットワークの将来に向けての方向性としても自然であろう。この観点で，マルチプロトコルの業界標準としてのGMPLSの実装は，最適解の一つである。今後，NGNの構築にあたって，いわばプロトコルとしてのインフラストラクチャと成り得ると考えられる。この実現に向け，システムインテグレータとしての技術開発を一層進めていく所存である。 ◆◆

■参考文献

1）GMPLS関連の主なIETF標準
1. Generalized Multi-Protocol Label Switching Architecture（RFC 3945）
2. Generalized Multi-Protocol Label Switching（GMPLS）Signaling Functional Description（RFC 3471）updated by RFC 4201,RFC 4328
3. Generalized Multi-Protocol Label Switching（GMPLS）Signaling Constraint-based Routed Label Distribution Protocol（CR-LDP）Extensions（RFC 3472）updated by RFC 4201
4. Generalized Multi-Protocol Label Switching（GMPLS）Signaling Resource ReserVation Protocol-Traffic Engineering（RSVP-TE）Extensions（RFC 3473）updated by RFC 4003,RFC 4201,RFC 4420
5. Routing Extensions in Support of Generalized Multi-Protocol Label Switching（GMPLS）（RFC 4202）
6. OSPF Extensions in Support of Generalized Multi-Protocol Label Switching（RFC 4203）updates RFC 3630
7. Link Management Protocol（LMP）（RFC 4204）
Synchronous Optical Network（SONET）/Synchronous Digital Hierarchy（SDH）Encoding for Link Management Protocol（LMP）Test Messages（RFC 4207）
8. Link Management Protocol（LMP）for Dense Wavelength Division Multiplexing（DWDM）Optical Line Systems（RFC 4209）
2）田中伸哉他：Field test of GMPLS all-optical path rerouting，OFC 2004 Accepted Postdeadline Papers，http://www.ofcnfoec.org/about_ofc/Archive/2004_PDP.aspx，2004

●筆者紹介

片山善博：Yoshihiro Katayama. ネットワークシステムカンパニー ネットワークシステム本部 コア・アクセスネットワーク部