

NGNの基盤を支える光ネットワークシステム

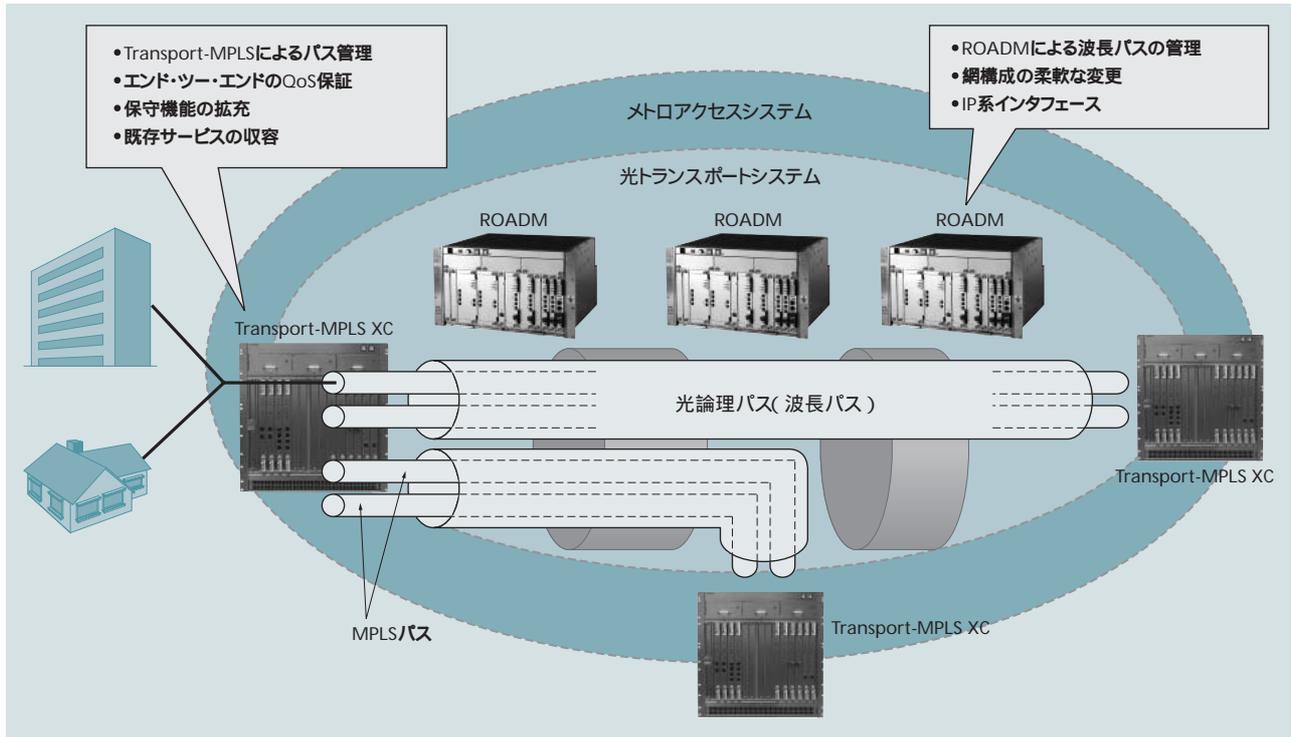
Optical Network Systems for Next Generation Network

中野 幸男 Yukio Nakano

深代 康之 Yasuyuki Fukashiro

滝広 眞利 Masatoshi Takihiro

水谷 昌彦 Masahiko Mizutani



注:略語説明 Transport-MPLS XC(Transport Multi-protocol Label Switching Cross Connect),ROADM(Reconfigurable Optical Add-drop Multiplexer), QoS(Quality of Service),IP(Internet Protocol)

図1 NGN時代の管理光ネットワーク

NGN(次世代ネットワーク)時代の光ネットワークはオールパケットベースとなるが、管理機能の拡充が必要である。ROADMは波長単位のバスを柔軟に張ることができる。また、Transport-MPLS XCはエンド・ツー・エンドのMPLSバスを張り、バスを管理することができる。

データ、音声、映像がオールIP化される本格的なNGN(次世代ネットワーク)時代を迎え、安定したサービスを提供するために、パケットネットワーク上でバスの保守管理を行えるようなメトロアクセスシステムおよび光トランスポートシステムが求められる。そのような高度に管理されたIPネットワークを実現するため、Transport-MPLSによってIPネットワークリソースを統括的に管理し、パケット転送機能に経路およびリソースを固定的に設定することにより、エンド・ツー・エンドのQoS(クオリティオブサービス)を保証するとともに、光トランスポートシステムでは、ROADM(遠隔波長制御可能な波長多重化装置)システムにより、IP系ノード間で波長単位のバスを柔軟に張り、バスの品質管理と高信頼化を図っている。

1.はじめに

光ネットワークシステムには、都市内の伝送と家庭や企業が

ら電話局までの伝送を行うメトロネットワーク/アクセスネットワークと、主要電話局の間を長距離に結ぶ光トランスポートネットワークがある。従来、光ネットワークシステムは、固定帯域の論理的なバスを電話など上位のサービス系レイヤに提供し、その論理バスで発生した警報を関連する装置に転送したり、バスが故障したときに予備系のバスに切り換えたりする方法で、バスの保守管理を行っていた。

データ、音声、映像がオールIP(Internet Protocol)化される本格的なNGN(Next Generation Network)時代では、従来の固定帯域を提供するシステムではなく、パケットサービスに適したパケットベースの光ネットワークシステムが求められている。NGNにおけるメトロアクセスネットワークでは、安定したサービスを提供するため、高度に管理されたIPネットワーク(管理IPネットワーク)が必要となっている。また、光トランスポートネットワークには、従来からの波長多重による大容量化に加えて、

上位レイヤに柔軟にパスを提供することが求められる。

ここでは、メトロアクセスネットワークの要件とシステム構成、光トランスポートシステム、これらの光ネットワークシステムの構築に重要な役割を果たしている国際標準化の状況、および日立グループの取り組みについて述べる(図1参照)。

2. メトロアクセスネットワーク

2.1 メトロアクセスネットワークの要件

(1) 管理IPネットワークの実現

IPネットワークはルータ/スイッチと呼ばれるパケット中継装置で構成されている。IPネットワークの特徴は、ルータ/スイッチが経路制御機能を持ち、隣接装置間でネットワーク構成情報を交換することによって、自律的に経路情報を作成することにある。これにより、ネットワークの構成変更や故障に柔軟に対応できるネットワークが構築されている。しかしながら、この方式に対しては、(a)ネットワーク全体の経路管理、帯域などのリソース管理が必要となるエンド・ツー・エンドでのQoS(Quality of Service)保証が困難である、(b)一部のルータ/スイッチの経路制御機能の故障がネットワーク全体に波及するといった問題点が指摘されている。

NGNの要件である管理IPネットワークを実現するために、経路制御機能をパケット転送機能から分離したアーキテクチャをIPネットワークに適用することがITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)などで検討されている。この方式ではルータ/スイッチから経路制御機能を分離してネットワークの制御・管理システムに統合し、コントロールプレーンとする。これによって、ネットワークリソースを統括的に管理し、データプレーンであるパケット転送機能に対して経路設定およびリソース割り当てを行うことによるエンド・ツー・エンドのQoS保証を実現する。また、経路制御機能をルータ/スイッチから分離することによって、より安定した経路制御を実現する。

ITU-Tではコントロールプレーンとデータプレーンを分離したネットワーク構築方法としてTransport-MPLS(Transport Multi-Protocol Label Switching)技術の標準化を進めている。Transport-MPLSはIETF(The Internet Engineering Task Force)によって標準化されたコネクション指向のパケット交換プロトコルであるMPLSをベースにしている。MPLSはルータ内蔵の経路制御機能を利用するが、Transport-MPLSはネットワーク制御・管理システムによる経路制御を行う。また、現在広く用いられているATM(Asynchronous Transfer Mode)ネットワーク相当のきめ細かな管理を実現するために、以下に示すOAM(Operation, Administration and Maintenance)機能が規格化されている。

(a) パスの接続性確認

(b) 接続装置へのパス故障通知(前方/後方)

(c) ループバックによるパス接続性試験

(d) 高速接続性確認

(e) パス故障時の予備パスへの切換(プロテクション)

(2) 既存ネットワークからの移行

メトロアクセスネットワークのIPネットワーク化を円滑に進めるためには、既存のTDM(Time-division Multiplexing)、ATMサービスをIPネットワークにおいても実施できることが要件となる。これを実現する技術としてTDMタイムスロットまたはATMセルをIPパケットにカプセル化することによって既存TDM、ATMサービスをIPネットワークに収容するCEP(Circuit Emulation over Packet)技術がある。

2.2 FTTH, 専用線, モバイル基地局アクセスのシステム構成

日立グループは、コントロールプレーン/データプレーン分離アーキテクチャがNGNを支える主要技術となると考え、ITU-Tなどの動向を注視しつつTransport-MPLSシステムの研究開発を進めている(図2参照)。また、アクセス回線の高速化、低コスト化を支えるPON(Passive Optical Network)装置の開発に注力している。これらの装置の特長を以下に示す。

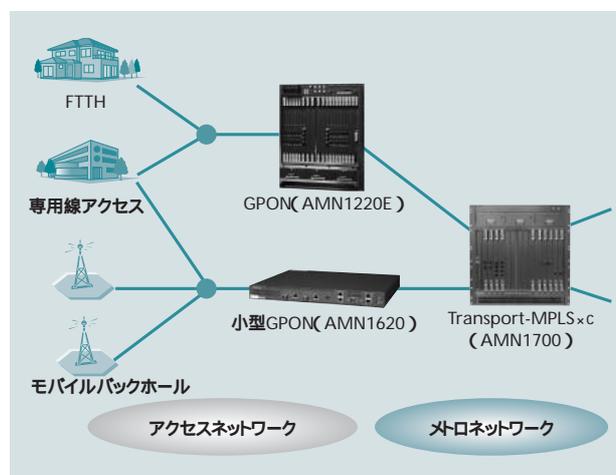
(1) AMN1700: Transport-MPLSクロスコネクタ

ギガビットイーサネット¹⁾、ATMなどのアクセス回線を集線し、MPLSネットワークに収容する。OAM、プロテクション機能による高品質なメトロアクセスネットワークを構築できる。

(2) AMN1220E: GPON(Gigabit-capable PON)システム

最大1,538ユーザーを収容するOLT(Optical Line Termination)、およびイーサネットUNI(User Network Interface)を持つONT(Optical Network Termination)で構成する光アクセ

1) イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の登録商標である。



注: 略語説明 FTTH(Fiber to the Home)

図2 メトロアクセスネットワーク構成例

Transport-MPLSとGPON(Gigabit-capable Passive Optical Network)により、高品質なIPアクセスメトロネットワークを構築する。

システムである。FTTH(Fiber to the Home)サービスおよびイーサネット専用線サービスのアクセス回線に適している。

(3) AMN1620:小型GPONシステム

高さを1 U(約44 mm)に抑えた小型GPON OLTである。モバイル基地局アクセスおよびイーサネット専用線サービスのアクセス回線に適している。

3. 光トランスポートネットワーク

3.1 光トランスポートネットワークの要件

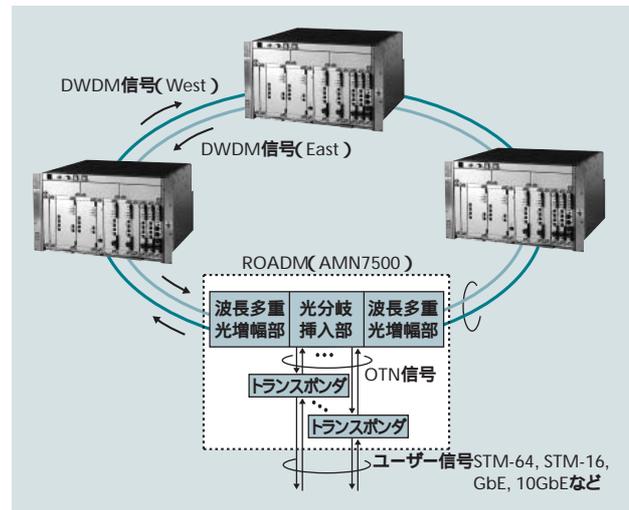
到来しつつあるオールIP化時代に向けて、光ネットワークで用いられる次世代光トランスポートシステムには、既存ネットワークとの相互運用性を保ちつつ、新たなマルチメディアサービスの提供やエンド・ツー・エンドの品質管理をサポートする必要がある。このため、従来からの国際標準規格であるSDH(Synchronous Digital Hierarchy)インタフェースに加え、ルータ/ スイッチなどが標準装備されているIP系光インタフェースを具備し、さらにIP系光信号に対してSDH系光信号と同等の品質監視が可能であることが求められる。また、さまざまなトラフィック需要に対応するため、高信頼、大容量かつフレキシブルなネットワーク構成への対応と経済性との両立が必要である。

3.2 光トランスポートシステム構成

上述の要件を考えた場合、ファイバ心線の有効利用が可能で経済性の高いDWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing)と、光分岐挿入によるフレキシブルなネットワーク構成を実現するROADM(Optical Add-drop Multiplexer)リングが有効である。ROADMは、ユーザー信号を高密度波長多重に適した波長に乗せ換え、その波長多重された光信号を光のまま通過、分岐あるいは挿入を行ってユーザー装置間を接続可能にするシステムである。分岐・挿入ポイントを上り/ 下り1組のファイバでリング状に接続することで複数の地点を効率的に相互接続するとともに、通過ポイントでの光電気変換装置が不要なので経済的な大容量伝送が可能となる。

日立グループは、NGNに対応可能な光トランスポート製品として「AMN7500」波長メッシュネットワーク対応ROADM(Reconfigurable OADM)装置を開発した(図3参照)。

この装置は毎秒10 Gビット/ 波長×80波長以上の大容量伝送が可能である。豊富な波長資源により、論理的にはメッシュ状あるいはスター状の接続が要求されるユーザー装置間を、物理的にはリング状のファイバを用いて相互接続する波長メッシュに対応できる。専用監視制御ソフトウェアを用いた遠隔制御により、波長単位での分岐・挿入・通過を選択することで論理的なネットワーク構成の柔軟な変更が可能である。ユーザーインタフェースとして、SDH規格であるSTM-64(Synchronous Transport Module Level 64), STM-16などに加



注:略語説明 OTN(Optical Transport Network), DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing), GbE(Gigabit Ethernet)

図3 光トランスポートシステム「AMN7500」

SDH(Synchronous Digital Hierarchy)系、IP系のユーザー信号をOTNへマッピングし、波長多重信号として波長単位で分岐・挿入・通過を制御することができる。

え、IP系インタフェースであるギガビットイーサネット、10ギガビットイーサネットを持つ。SDH系およびIP系ユーザー信号に対する十分な品質管理と高信頼化のため、リング内局間信号として、豊富なオーバーヘッドと誤り訂正機能が特長であるITU-T G.709 OTN(Optical Transport Network)フレームを採用するとともに、1+1切換機能を具備した。全長300 km以上のリングを構築でき、伝送路として通常分散ファイバ(SMF: Single Mode Fiber)および分散シフトファイバ(DSF: Dispersion Shifted Fiber)のいずれへも対応可能なため、既設ファイバの有効利用を図れる。ユーザー信号を収容して長距離伝送可能な波長に変換するトランスポンダは、フルバンド波長可変光源を搭載するとともに、ファイバの特性に起因する波形歪(ひずみ)の少ない高分散耐力符号を採用することで、品種・予備在庫数の削減、分散補償器を使わず伝送可能な距離の延伸化、リードタイムの短縮に貢献できる。電気多重トランスポンダ、需要に応じた効率的な増設が可能なユニバーサルスロットや高密度実装技術により、省スペース(当社従来比約 $\frac{1}{4}$ の小型化)と低消費電力化を実現している。

4. 標準化動向と日立グループの取り組み

4.1 NGN伝送ネットワークの標準化動向

ITU-Tはコネクション型通信ネットワークである電話ネットワークの保守管理技術の標準化において中心的な役割を果たしてきており、NGN関連の議論をリードしている。OAM機能をはじめとするネットワークの保守管理技術において多くのノウハウを持ち、近年はイーサネットOAMの標準化においてIEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)と連携し、重要な成果を上げている²⁾。

管理IPネットワークの実現のため、QoS制御は最重要キーワードの一つに数えられる。ITU-T, IEEE, IETFなどでは、すでにパケットベーストランスポート技術の議論が進められている。複数の標準化団体がイーサネットOAMの拡張と、その応用であるプロテクション技術に注目しており、イーサネットOAMにおける保守管理の概念はIPパケット伝送向けプラットフォームの中核として、NGNの伝送ネットワークに不可欠な技術となっている。

現在、パケットベース伝送ネットワーク技術の標準化は、イーサネットとTransport-MPLSを軸として進められている。MPLSはデータプレーンとコントロールプレーンを分離することで既存同期ネットワークとの相互接続を容易に実現できるため、次世代ネットワークへの移行段階に好適である。同時に、さらに将来を見据えた通信技術として、ポイント・ツー・ポイント型の伝統的な通信方式の枠組みを越え、パケットベースのリングネットワーク構築方式やIPマルチキャスト収容方式などへ議論の対象が広がっている。

光ネットワークシステムを含むNGNの伝送ネットワーク技術に関しては、2008年からのITU-T新会期においても議論が継続される。IPネットワークを含むコントロールプレーンにおける要件が加わり、伝送ネットワークへの要求条件および新機能の追加が議論される予定である。NGNの基盤としての理想的な伝送ネットワーク技術を実現するには、標準化団体間の連携のみならず、ネットワークインフラを必要とする各種業態をまたぐ、より開かれた議論が必要となる。

4.2 NGN伝送ネットワーク標準化への日立グループの取り組み

日立グループは、ITU-TにおけるSDHやATMのOAM標準化に中心メンバーとして参画してきており、伝送ネットワークの保守管理技術に関して豊富な経験を持つ。近年ではイーサネットOAMの標準化をはじめとして精力的に活動を行っている。

NGNの基盤としての伝送ネットワークに必要な機能は、OAMだけではない。サービスレベルから伝送ネットワークレベルへの情報反映の仕組みが不可欠である。具体的には、IP

ネットワークにおけるマルチキャスト機能や、アドレス学習機能など、ITU-T以外の団体において汎用化された技術をいかに取り込むかが重要である。なぜならば、これらこそパケット多重方式の特性を表す機能であり、既存の固定ネットワークの保守の概念とは異なるものであって、NGNを支える伝送ネットワーク機能の柱になると考えられるからである。

日立グループが考える、NGNの基盤を支える光ネットワークシステムにおけるキーワードは以下の二つである。

- (1) サービスレベルの要求を反映する、柔軟かつ安全な伝送ネットワークの構築および保守管理方法の確立
- (2) サービスレベルと伝送ネットワークレベルをつなぐ、中間レベルにおける情報伝達機能の充実

NGNの基盤には、多様化する各種サービスを収容するうえで、よりダイレクトなサービスラフィック特性への対応が求められる。例えば、近年注目を浴びているIPTVサービスを収容するためには、IPパケット通信の特長機能であるマルチキャストを伝送ネットワークレベルでもサポートしていかなければならない。

NGNを支える伝送ネットワークの将来像として、現在、最も有力視されている方式は、イーサネット(もしくはその拡張)技術をベースとする伝送ネットワーク技術である。この技術を中心として、通信キャリアの推進するNGNを強力にサポートするため、日立グループは今後も変化を創造する立場から標準化に参画していく考えである。

5. おわりに

ここでは、NGNの基盤を支える光ネットワークシステムについて述べた。

NGN用のメトロアクセスシステムと光トランスポートの構築は始まったばかりであり、システム構築はまだ発展途上にある。日立グループは、市場要求と標準化動向を見据えて、これからも、新しいコンセプトの提案に努めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 中野, 外: 快適なトリプルプレイネットワーク環境を支える光トランスポートシステムと光アクセスシステム, 日立評論, 88, 6, 490~493(2006.6)
- 2) 前田, 外: ITU-T SG15(光その他の伝送ネットワーク・インフラストラクチャ) 第5回会合報告, ITUジャーナル, 2007年9月号(2007.9)

執筆者紹介



中野 幸男
1983年日立製作所入社, 株式会社日立コミュニケーションテクノロジー 海外サポート部 所属
現在, 光アクセスシステムのマーケティングに従事
工学博士
電子情報通信学会会員, IEEE会員



滝広 眞利
1993年日立製作所入社, 株式会社日立コミュニケーションテクノロジー アクセス装置部 所属
現在, 光アクセスシステムの開発に従事
電子情報通信学会会員



深代 康之
1992年日立製作所入社, 株式会社日立コミュニケーションテクノロジー ネットワーク装置部 所属
現在, 光トランスポートシステムの開発に従事
電子情報通信学会会員



水谷 昌彦
2001年日立製作所入社, 株式会社日立コミュニケーションテクノロジー アクセス装置部 所属
現在, 光アクセスシステムの開発と標準化活動に従事
理学博士
電子情報通信学会会員