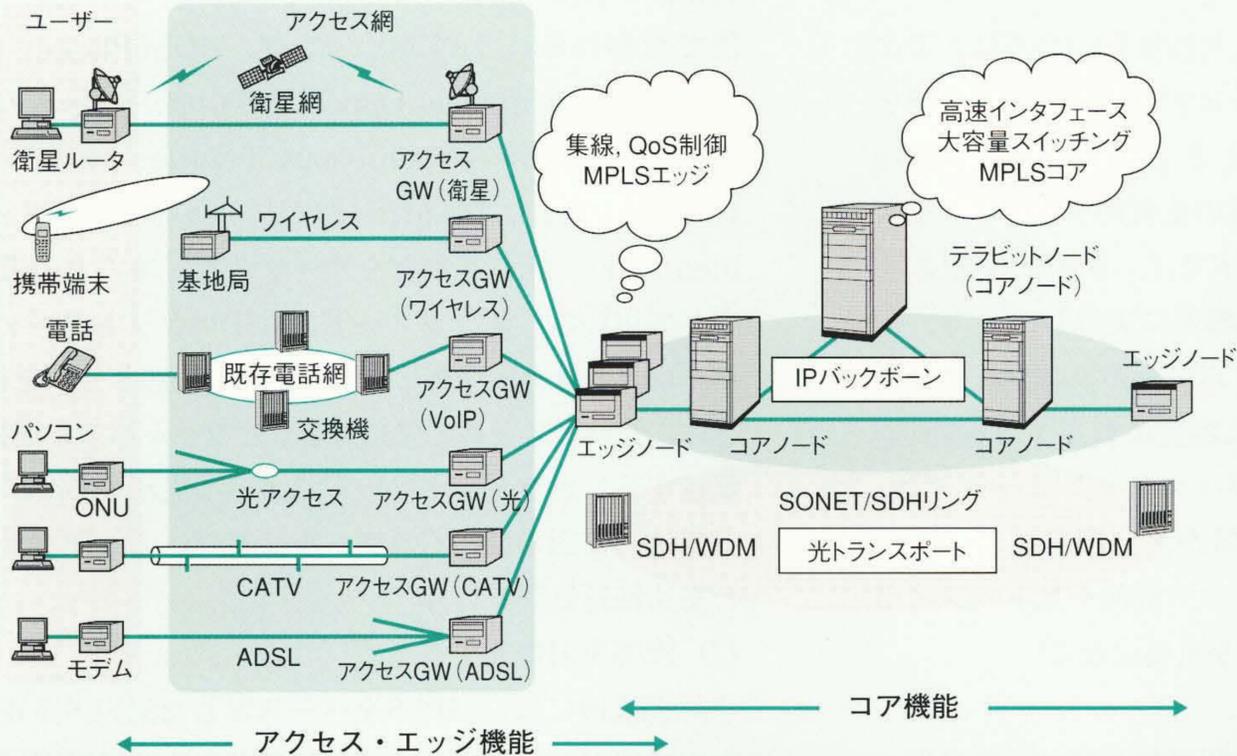


次世代IPバックボーンネットワークに適用する テラビットノード

Highly Scalable Terabit Routers for Next-Generation IP Networks

三村 到 *Itaru Mimura* 森脇紀彦 *Norihiko Moriwaki*
矢崎武己 *Takeki Yazaki*



注：略語説明

- GW (Gateway)
- VoIP (Voice over Internet Protocol)
- ONU (Optical Network Unit)
- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop)
- QoS (Quality of Service)
- MPLS (Multi-Protocol Label Switching)
- IP (Internet Protocol)
- SONET (Synchronous Optical Network)
- SDH (Synchronous Digital Hierarchy)
- WDM (Wavelength Division Multiplexing)

次世代IPネットワークの構成例

多様なアクセス回線をアクセスノードとエッジノードで集線し、バックボーンネットワークで大容量伝送する。

インターネットが企業活動や日常生活に不可欠な通信メディアとなり、高機能・大容量なIP通信基盤の構築が社会的要請になってきた。次世代IPネットワークでは、多様な機能を提供するアクセスネットワークと、高速・大容量トラフィックを転送するバックボーン(基盤)ネットワークの連携により、さらに使いやすく高速なネットワークが提供されるものと予想される。

このため、次世代IPネットワークのバックボーンネットワークノードには、いっそうの高速インタフェースと大容量交換が求められる。

日立製作所は、バックボーンネットワークに適用するテラビットクラス(0.5 T~1 Tビット/s)のノードが提供すべき要件を整理、考察し、それらに基づいたテラビットノードの研究開発を進めている。次世代バックボーンノードには、超高速回線インタフェース、テラビットクラスのスケラブルなノード容量、高い回線収容密度、MPLS(Multi-Protocol Label Switching)やフィルタ機能などのサポート、およびキャリヤクラスの信頼性が求められる。これらのニーズにこたえるため、分散パケット処理アーキテクチャ、パケット転送処理を高速化するハードウェア技術、および高速・大容量パケットスイッチ技術を検討している。

1 はじめに

インターネットは企業活動や日常生活に不可欠な通信基盤として世界規模で発展し、6か月で2倍以上のペースでトラフィックが伸びている。このような背景の下に、インターネットサービスを提供する通信事業者や大規模ISP(Internet Service Provider)、IDC(Internet Data Center)などのユーザーは、IP(Internet Protocol)ノードに対し、トラフィック伸長に対応する容量拡大とインタフェース速度の向上を期待している。

日立製作所は、パケット転送をハードウェアによって

実現するギガビットルータ“GR2000”を製品化し¹⁾、高速パケット転送、きめ細かなQoS(Quality of Service)保証、およびMPLS(Multi-Protocol Label Switching)²⁾機能により、顧客のニーズにこたえている。

今後、GR2000ベースのIPネットワークを次世代ネットワークに円滑に進展させるために、需要に応じたノード容量の拡大と、高速インタフェースの提供が重要であると考えられる。

ここでは、次世代IPバックボーンネットワークに適用するテラビットノードに求められる要件と、その開発コンセプトについて述べる。

2 次世代IPネットワークの考察

次世代IPネットワークに求められるアーキテクチャとネットワーク管理方式について以下に述べる。

2.1 ネットワークアーキテクチャ

次世代IPネットワークでは、大容量化のために、アクセスネットワークとバックボーンネットワークの機能を分担して構築するのが効率的と考えられる(図1参照)。すなわち、処理すべきフロー数の比較的少ないアクセスネットワークノードとエッジノードでは、多様な機能(エッジ機能)をユーザー単位にきめ細かに実行し、一方、多数のフローが多重されたバックボーンネットワークのノードでは、パケットを高速・大容量に転送する機能(コア機能)を中心に分担する。バックボーンノードでは、コア機能である大容量転送のほか、MPLSコア、Diff-Serv(Differentiated Service)⁴⁾コア機能や光トランスポートネットワークとの連携などが重要になる。

2.2 ネットワーク管理方式

次世代IPネットワーク構成で特徴的なリソース管理と障害復旧の方式について以下に述べる。

(1) リソース管理

アクセスネットワークでは、アクセスメディアとユーザー別のきめ細かな管理を行う。ユーザーから送られたIPパケットは、アクセスノードで加入者とアクセス媒体固有の処理を終端した後、多重されてバックボーンネットワークのエッジノードに送られる。アクセスネットワークの品質保証を行う場合、ユーザー端末とエッジノード間でフロー単位にパス(トンネル)を設定し、帯域など



注：略語説明 DSL (Digital Subscriber Line)
VPN (Virtual Private Network)

図1 IPネットワークの機能分類

ネットワークの機能を、コアの高速大容量転送と、エッジの回線集線、加入者端末および高機能サービスに大別し、バックボーンではコア機能を中心に実行する。

のリソースを割り当てる(図2参照)。

バックボーンネットワークのエッジノード間では、MPLSにより、サービスとあて先ごとにラベルパスがあらかじめ設定される。バックボーンネットワークでの品質保証のためのリソース割り当ては、このラベルパス単位で行われる。ラベルとしては、POS[Packet over SONET(Synchronous Optical Network)]ベースのシムヘッダ⁵⁾やATM(Asynchronous Transfer Mode)のVPI(Virtual Path Identifier)/VCI(Virtual Channel Identifier)、光波長などをサービスと対地ごとの帯域に応じて用いる。エッジノードではIPパケットのヘッダとペイロードをチェックし、サービスの識別と分類を行い、さらにサービスとあて先に対応したラベルパスを選択し、転送する。テラビットノードによって実現するコアノードでは、前記のMPLSのラベルに基づいて、IPパケットの高速転送処理を行う。

(2) 障害復旧機能

障害復旧には、MPLSをベースとしたMPLS高速障害復旧機能が適用できる。このMPLS高速障害復旧機能ではバックアップ経路をあらかじめ設定し、下位レイヤの障害検出または上位レイヤの障害通知によって切換制御を起動する。リンクとノード切換の場合は、数十ミリ秒程度、パス切換の場合には数秒でそれぞれ切換を完了することができる。次世代IPネットワークでは、このMPLS高速障害復旧機能を主にバックボーンネットワーク

※) シムヘッダ：SONETのヘッダとIPヘッダの間にくさびとして設けられたラベル識別用ヘッダ

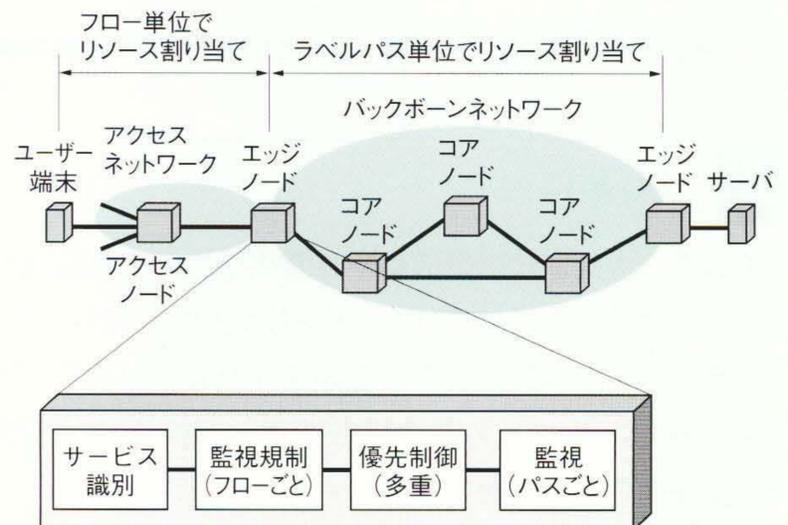


図2 ネットワーク構成とエッジノード機能

ネットワークをアクセスとバックボーンに分け、アクセスではフロー単位で、バックボーンではラベルパス単位でそれぞれリソースを割り当てる。

クのラベルパスに対して適用する。すなわち、短時間での障害回復が必要なサービスに対しては、そのラベルパスに対して専用のバックアップ経路をあらかじめ設定し、下位レイヤの障害を検出すると、切換制御を起動して、切換を行う。障害回復に対する要求が比較的緩やかなサービスに対しては、障害発生時にバックアップパスを探索し、切換制御を行う。専用のバックアップ経路を設定しないことから、数秒程度の切換時間を要するが、複数のラベルパスでバックアップ経路を共有することにより、帯域の有効利用が図れる。

3 テラビットノードの開発コンセプト

前章で述べた次世代IPネットワークの動向と検討に基づいて導き出した、バックボーンネットワークに適用が可能なテラビットノードの開発コンセプトについて以下に述べる。

3.1 テラビットノードに求められる要件

このテラビットノードの位置づけを図3に示す。日立製作所が開発したギガビットルータ“GR2000”は、45 Gビット/sの交換容量、64 kビット/s～2.5 Gビット/s〔OC (Optical Carrier) 48〕の回線サポートと豊富なQoS機能およびフィルタ機能により、高機能・高性能なエッジノードや、ギガビット級(1 G～2.5 Gビット/s)バックボーンネットワークのコアノードとして適用が可能である。テラビットノードは、さらに大容量伝送が必要な次世代バックボーンネットワークのコア部分に適用する。このコア部分では、多数の高速回線(例えばOC48～OC192:10 Gビット/s)を集線してルーティングするため、テラビットクラスの大容量スイッチと、高いポート密度が必要となる。さらに、対地間の品質保証や障害回復のために、

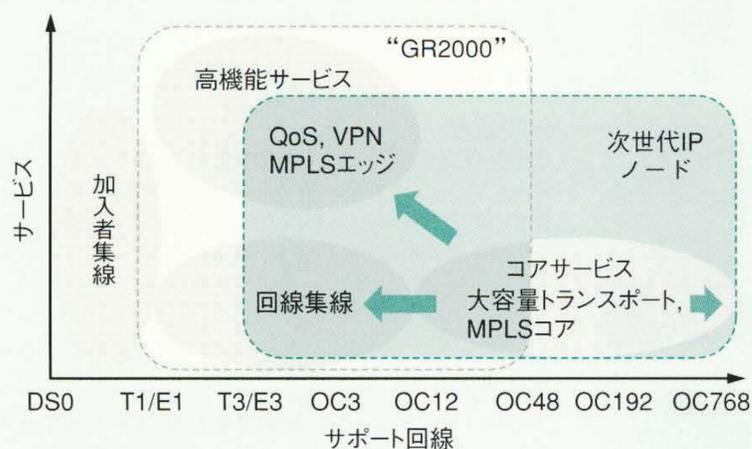


図3 テラビットノードの位置づけ

このテラビットノードでは、コアサービスである大容量トランスポートとMPLSコア機能を提供する。

MPLSコアやフィルタリング機能、QoS機能といった高機能サービスを備える必要がある。

3.2 開発コンセプト

前記の要求事項を満たすために、以下の項目を開発コンセプトとした。

(1) 超高速回線インタフェース

次世代バックボーン接続に必要な、OC48～OC192などの超高速回線をサポートする。さらに、2002年以降に実用化が予想されるOC768(40 Gビット/s)回線にも対応できるアーキテクチャとする。

(2) テラビットクラスのスケラブルノード容量

高速回線を多数収容するため、現行GR2000(45 Gビット/s)の10倍以上の交換容量を目標とする。また、トラフィック増加に対して容量拡大が可能といった、スケラビリティの提供を検討する。

(3) 高い回線収容密度

1枚のインタフェースパッケージに複数ポートを収容し、少ない設置面積で多回線を効率的に収容する。

(4) MPLS, フィルタ機能などのサポート

効率的なトラフィック管理や障害回復、VPN機能を実現するため、MPLS機能をサポートする。

(5) キャリヤクラスの信頼性

スイッチ部、電源部、ファン、さらに回線対応部の冗長構成により、キャリヤクラスの信頼性を提供する。

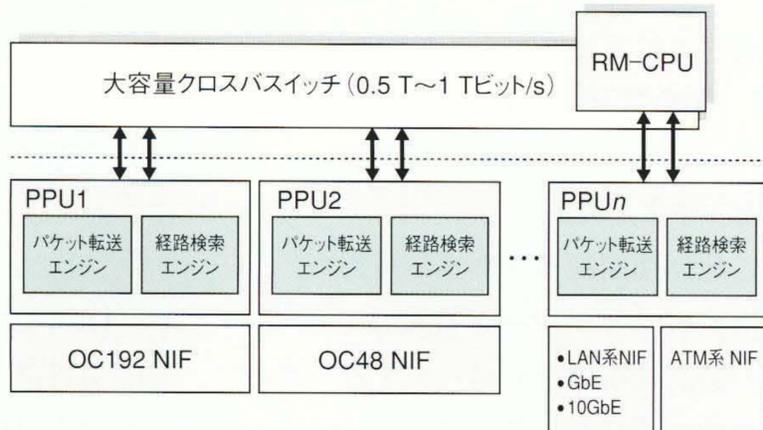
4 日立製作所のテラビットノード

前章で述べたコンセプトに基づいて検討したこのノードのアーキテクチャと外部仕様について以下に述べる。

4.1 アーキテクチャ

このテラビットノードの構成を図4に示す。このノードは、クロスバススイッチ、PPU(Packet Processing Unit: パケット処理機構)、NIF(Network Interface)、およびRM-CPU(経路計算CPU)から成る。既開発のGR2000と同様に分散パケット処理アーキテクチャを採用し、パケット転送処理を複数のPPUで分散実行する構成とする。このアーキテクチャにより、少ないハードウェア量で高いパケット転送能力が実現できる。

なお、図4に示すテラビットノードのクロスバススイッチでは、複数のクロスバススイッチチップを並列動作させ、大容量交換を可能とする。10 Gビット/s以上の高速インタフェースのルーティング処理では、入出力ポート間の接続関係を決定する調停処理(アービトレーション)への処理割り当て時間を長くすることが重要になる。この



注：略語説明ほか
GbE (Gigabit Ethernet*)
*Ethernetは、米国 Xerox Corp.の商品名称である。

図4 テラビットノードアーキテクチャ
複数のPPUを大容量クロスバスイッチで結合する、分散パケット処理アーキテクチャとしている。

CSWでは、効率的なアービトレーションアルゴリズムを実現するため、比較的大きなブロック単位でスイッチングすることにより、アービトレーション割り当て時間を長くできる方式とする。

また、このテラビットノードでは、高速なパケット処理性能を損なうことなくMPLSコアやDiff-Servコア、フィルタなどの機能を実現するため、パケット転送エンジンや経路検索エンジンなどにより、これらの機能をASIC (Application Specific IC)として実装する。

4.2 外部仕様

このIPノードの基本的な仕様を表1に示す。

なお、表1に示す仕様のテラビットノードを、光インタコネクションと大容量結合スイッチを用いて複数結合することにより、さらに大容量のノードを構成する方式も検討している。

5 おわりに

ここでは、次世代IPネットワークに適用するテラビットノードについて述べた。

このテラビットノードは、次世代のIPバックボーンに十分適用できる、(1) 大容量な交換能力(0.5 T~1 Tビット/s)、(2) OC192(10 Gビット/s)インタフェースの複数収容、および(3) キャリヤクラスの信頼性を特徴とする。さらに、これらの特徴に加え、GR2000で培ったQoSアーキテクチャや、ポリシーサーバ連携などのソフトウェア資産を継承し、効率的な運用が可能なトータルIPネットワークソリューションを提案する。

今後は、WDM(Wavelength Division Multiplexing)

表1 テラビットノードの基本仕様

次世代IPネットワークのバックボーンに適用するノード仕様を示す。

項目	仕様
アーキテクチャ	ブロック並列分散スイッチ+分散パケット転送処理
ノード容量	0.5 T~1 Tビット/s
パケット処理性能	ワイヤレート
NIFスロット数	16スロット程度
回線メニュー	OC192-POS, OC48-POS, 10GbE
機能	IPv4/IPv6ルーティング, MPLS QoS(Diff-Serv), フィルタ マルチキャストなど
ルーティングプロトコル	OSPF-v2, BGP-4, IS-IS, RIP-v2 IGMP, DVMRP, PIM DM/SMなど

装置や、OXC(Optical Cross-Connect), OADM (Optical Add/Drop Multiplexer)との連携により、光とIPネットワークの統合に向けて検討を進める考えである。

参考文献ほか

- 1) 池田, 外: 先端IPネットワークに活用されるギガビットルータ, 日立評論, 82, 12, 743~746(平12-12)
- 2) Multiprotocol Label Switching Architecture, draft-ietf-mpls-arch-07.txt, Internet Engineering Task Force (<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mpls-arch-07.txt>)
- 3) 遠藤, 外: 光とIPの統合に向けた通信キャリアネットワークインフラストラクチャー, 日立評論, 82, 12, 735~738(平12-12)
- 4) T. Aimoto, et al.: Overview of Diff-Serv Technology: Its Mechanism and Implementation, IEICE Transaction on Information and Systems(D), Vol. E83-D, No.5, pp.957-964(2000.5)

執筆者紹介



三村 到

1984年日立製作所入社, 研究開発本部 IPネットワーク研究センター バックボーンネットワーク研究部 所属
現在, 次世代IPノードシステムの研究開発に従事
電子情報通信学会会員, 映像情報メディア学会会員
E-mail: mimura@crl.hitachi.co.jp



矢崎武己

1995年日立製作所入社, 研究開発本部 IPネットワーク研究センター バックボーンネットワーク研究部 所属
現在, 次世代IPノードシステムの研究開発に従事
E-mail: yazaki@crl.hitachi.co.jp



森脇紀彦

1995年日立製作所入社, 研究開発本部 IPネットワーク研究センター バックボーンネットワーク研究部 所属
現在, ネットワークシステムの研究開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: moriwaki@crl.hitachi.co.jp