

DN3000 SONET/GbE コンバータの開発

Development of DN3000 SONET/GbE Converter

UDC 621.391

柳田 清	Kiyoshi Yanagita	システムソリューションズ本部 システムエンジニアリング部
新谷 哲生	Tetsuo Shintani	フォトリックメジャメント ソリューションズ 開発本部 第3開発部
四柳 靖彦	Yasuhiko Yotsuyanagi	フォトリックメジャメント ソリューションズ 開発本部 第3開発部
関水 宗樹	Muneki Sekimizu	フォトリックメジャメント ソリューションズ 開発本部 第3開発部

1 まえがき

アクセス技術の進歩によるブロードバンドユーザ数の急速な拡大を背景に、高速通信サービスを実現するメトロポリタンエリアネットワーク（Metropolitan Area Network, 以下MAN）は、広帯域化のニーズが高まりつつある。この社会的ニーズを受け、通信事業者は従来のSTM（Synchronous Transfer Mode）技術をベースにした伝送ネットワークから、LAN技術をベースとした広域イーサネットやギガビットイーサネット専用線（以下、GbE専用線）のネットワーク作りを進めている（図1参照）。

この狙いは、通信事業者とユーザ双方の通信コストの低減であるが、これらのネットワークを構成する通信設備のコスト負担は大きく、低料金化の障壁となっている。とり

わけ、バックボーン設備のイーサネットや低速のSTM回線をフレキシブルに多重化する汎用のADM（Add Drop Multiplex Equipment）装置が高価で、コストのほとんどを占めている。既存STM回線を活用しながら、設備規模に合わせ機能を絞った構造に特化した専用機を開発することで低コスト、かつ、スピーディな設備導入を可能にする。

本稿は、バックボーン設備を経済化したSONET/GbEコンバータについて報告する。図2にその外観を示す。



図2 DN3000 SONET/GbE コンバータ外観
External view of DN3000 SONET/GbE Converter

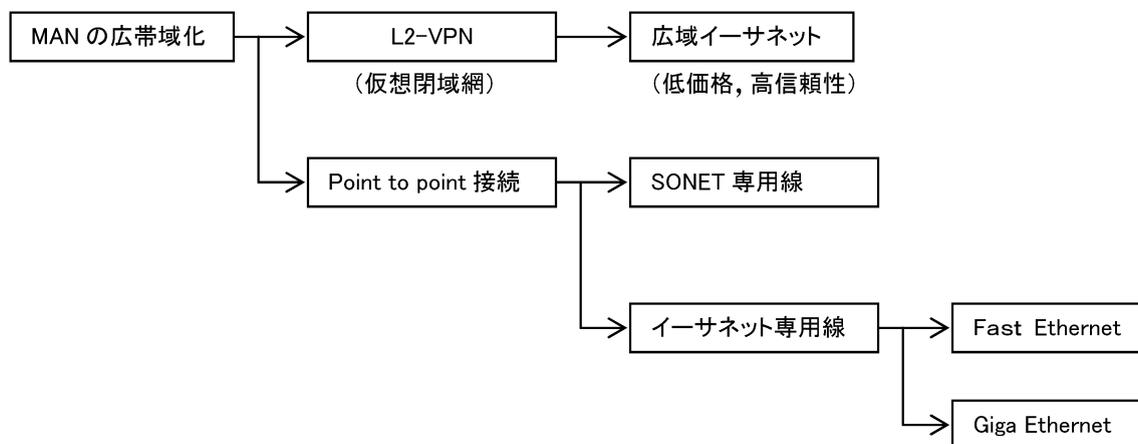


図1 MANの実現要素
Parts of metropolitan area network (MAN)

2 開発の条件

2.1 開発の背景

広域イーサネットサービスは、レイヤ2レベルでネットワーク機器に接続するため、プロトコルの制約を受けず、ネットワーク設計の容易さから注目を集めている。広域イーサネット網を構成する機器の中で、スイッチ設備はもともとLAN技術であり、企業ユーザを対象に開発し、低コスト化が進んでいる。しかし、バックボーン設備はレガシーなSONET/ADM設備で、多くのインタフェースに対応できるよう汎用化されており、低コスト化が進まず、通信事業者は通信コストの削減による低料金化が困難となっている。

また、バックボーン設備は低コスト化に加え、次のような点が解決すべき課題となっている。

- ①広域イーサネットサービスで用いられるバックボーン機器は、ユーザ側で複数の部署を閉域化させるためのVirtual LAN（以下、VLAN）設定と、事業者内ネットワークで企業間を分離するためのVPNの二段階を構成する必要がある。このニーズに対応できるネットワーク機器は、IEEE802.1Q準拠のVLAN方式を用いる場合があるが、VLAN識別子のビット長制限からVLAN収容数に制限が加わり、スケーラビリティ面で問題である。
- ②自局スイッチ側で障害が発生した場合、これを対向側のスイッチに通知し、回線閉塞させ、他の冗長回線にユーザパケットを迂回させるなど、障害通知機能が必要となる。
- ③ポイントツーポイント接続の専用線サービスでは、増速する場合に設備の入れ替えなど、コストアップが伴い、また、きめ細かな帯域設定ができず、サービスメニューが不足する。

以上の背景に対し、以下の点にポイントを置き開発を行った。

- ・低コスト化する。
- ・19インチラック実装で小型省スペース構造を目指す。
- ・階層化VLANに対応する。
- ・相手側に障害を通知する機能を設ける。
- ・50Mbit/sステップで600Mbit/sまで段階的なシェーピング機能を搭載する。

2.2 開発方針

以上の背景をもとに、イーサネットフレームをSONET回線にカプセル化し転送するDN3000 SONET/GbEコンバータ（以下、本装置）を開発した。本装置のネットワーク上の位置付けを、広域イーサネットのケースを図3（a）に、GbE専用線のケースを図3（b）に示す。以下に本装置の開発方針を示す。

(1) 低コスト化

SONET/ADM設備はインタフェースが汎用化されており、さまざまな現場要求に対応できる構造となっている反面、特定用途では回線当り高コストとなる。これに対し、機能範囲を特化し、低コスト化を図る。

(2) 階層化VLANに対応

L2-VPNではイーサネットフレームに、ユーザ側で設定するVLAN-tag（IEEE802.1Qで規定されたイーサフレームに対するVirtual LANの識別子）に加え、サービス提供側の通信事業者キャリアが設定するVLAN識別用のVLAN-tagを付加して、階層化することが一般的である。バックボーンを構築する本装置では、この階層化されたVLAN-tagフレーム（階層化1段のVLAN-tagは4バイト構成）を5段まで付加し、転送できるよう、イーサネットフレームの最大転送単位（以下、MTU）を従来の1518バイトから1538バイト以上にする。

(3) 将来の増速に対応

運用開始後、トラフィックが増加して回線の増速が必要になった場合でも、一度導入した設備や敷設したケーブルをその都度変更しなくても済むよう、イーサネット側は始めからGbE対応の光インタフェースにする。

(4) プロトコルに制約しない

ユーザはIPに限らず、IPX, SNA, appletalkなども使用するためL2レベルでのフレーム転送とする。

(5) 障害状態の通知

スイッチ側で発生した障害を相手側スイッチに通知する。また、伝送路側の障害も両側のスイッチに通知する。これにより、スイッチは回線を閉塞し、冗長回線側にユーザパケットを迂回させる。

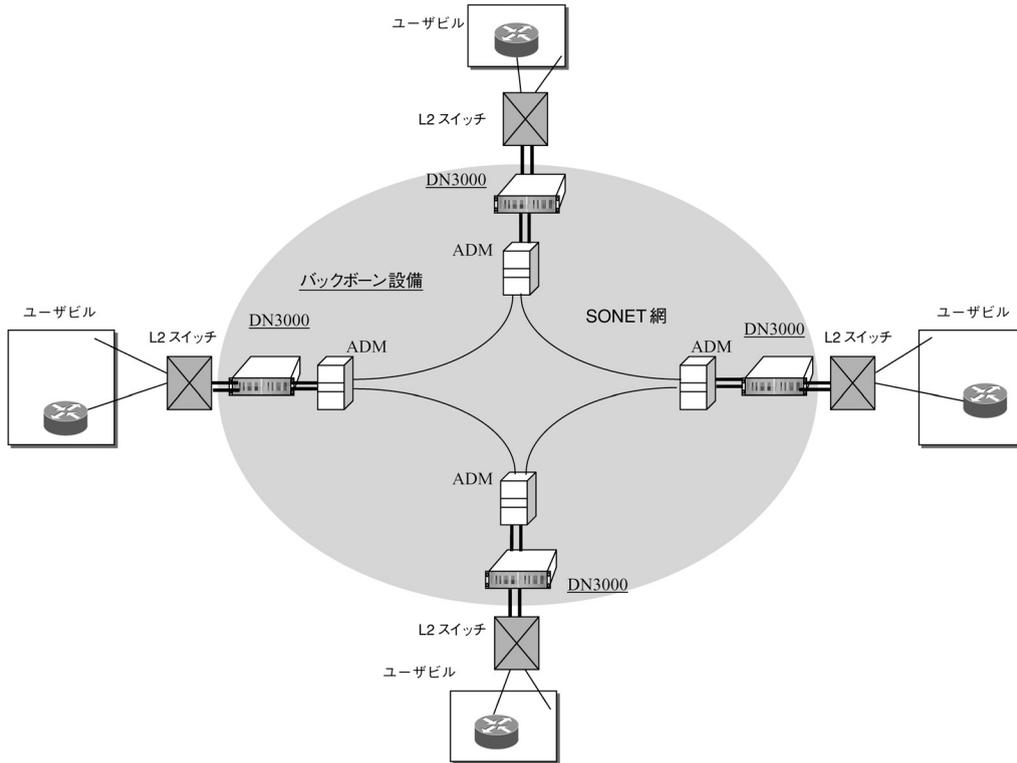


図3 (a) ネットワーク上の位置づけ (広域イーサネットサービスの構築例)
Position in network (Ethernet VPN)

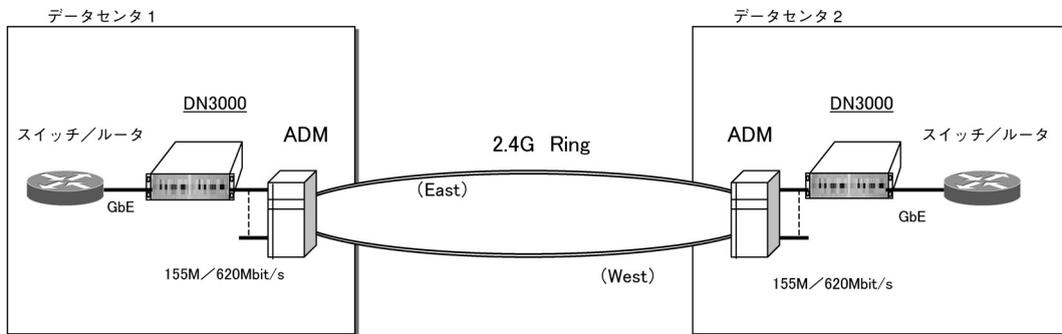


図3 (b) ネットワーク上の位置づけ (ギガビットイーサネット専用線の構築例)
Position in network (GbE dedicated line)

(6) 帯域保証とSTS単位の帯域設定

GbE専用線ではイーサネットインタフェースでもTDM専用線と同等の帯域を保証する。この帯域メニューはSONETのSTS (Synchronous Transfer Signal) パス単位 (50Mbit/s) のステップにする。

(7) ダークファイバ接続

ダークファイバを用いて、ユーザ宅までGbEを延長する場合があります。長距離光インタフェースに対応する。

(8) キャリアクラスの信頼性

キャリアの設備として、長期間にわたりサービスを提供し続けるため、ネットワークシステム全体では回線の冗長や装置の二重化などでカバーする構成をとるが、装置単体では、内部モジュールの二重化、動作状況の監視と異常時の自動再開、さらに、ファームウェアバージョンアップ時のユーザパケット欠落防止機能で、少しのサービス停止も起こらないようにする。

(9) 障害監視

SNMP エージェントを搭載して、障害状況を正確に通知し、また、障害解析で有効となる syslog 機能を充実させる。

3 設計の要点

前章の開発方針を具体化した設計の要点を以下に示す。また、開発方針と実現方式の関係を図4に示す。

3.1 階層化 VLAN への対応

前章で述べたように、L2-VPNではMTUを1526バイト以上必要とし、また、GbE専用線でのユーザ側アプリケーションを考慮し、1538バイトまで扱えるようバッファ設計を行った。これにより、5段までの階層化VLANが可能となる。

3.2 増速への対応

サービス開始後の帯域増を考慮すると、イーサネット側が100Mbit/sの低速コンバータを廃棄し、GbE/OC12コンバータに入れ替えするのではコストアップにつながる。イーサネット側は、はじめからGbEにして、光配線を敷設、SONET側を150Mbit/sから600Mbit/sに切り替える構成が有利と判断した。切り替え方式は、物理インタフェースをOC3とOC12に切り替える方式と、物理インタフェースはOC12のみで仮想チャネル（Virtual channel, 以下VC）をSTS3c（150M）×1とSTS3c×4から選択する方式の2案を検討した（図5）。この検討結果を表1に示す。

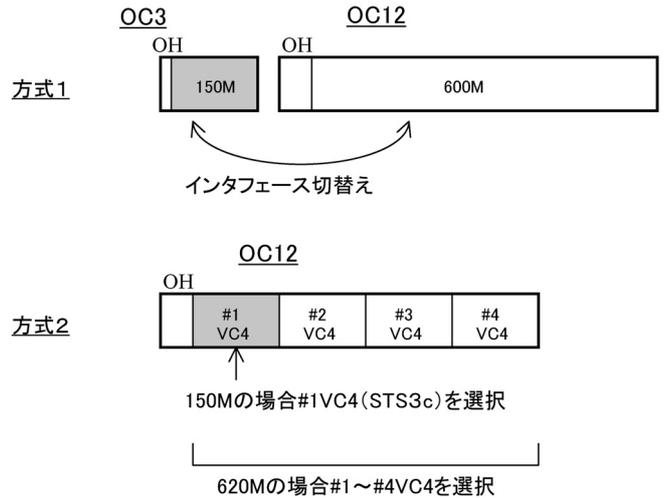


図5 SONETの増速対応方式
Increasing SONET speed

表1 SONETインタフェース
SONET Interface

	インタフェース切替え方式	VC 選択方式
装置コスト	同一	同一
ADM側コスト	小	大
運用面	容易	やや難

装置コストでは大差ないが、VC 選択方式では、150Mbit/sでも（イーサネット側は帯域100Mbit/sでサービス）ADMのSONETインタフェースモジュールをはじめから高価な600Mbit/s用にするなど、初期投資面で不利となる。

以上から、インタフェース切り替え方式を採用した。

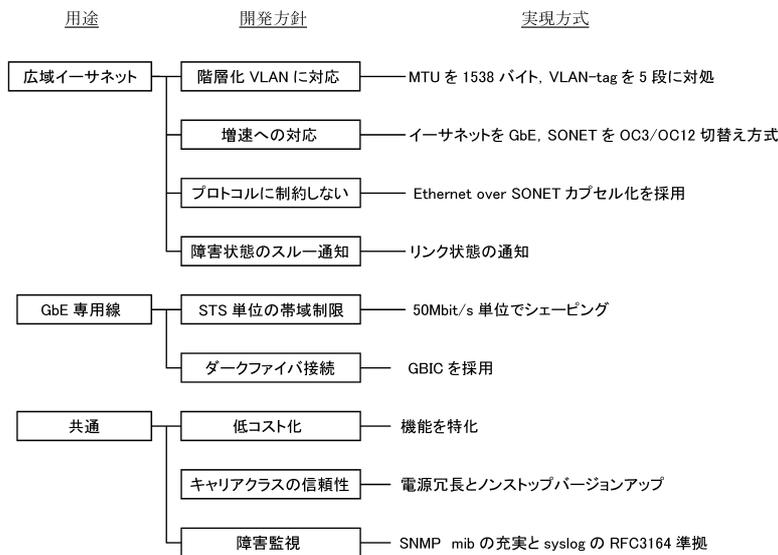
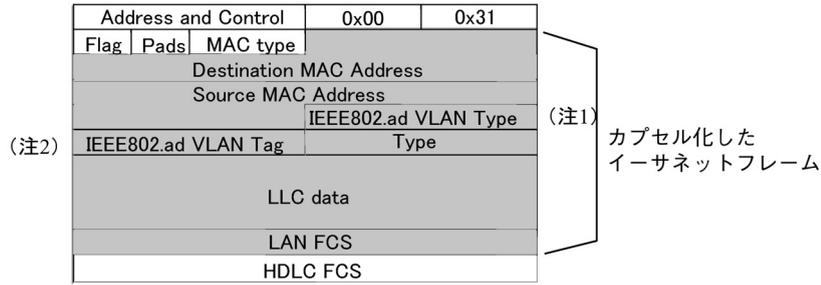


図4 開発方針と実現方式
Relationship between development concept and introduced methods

RFC2878 Bridge Control Protocol Frame Format (Layer 2 traffic)



注1. VLAN を使用する場合、本フィールドを付加 (0X8100)
 注2. VLAN を使用する場合、本フィールドを付加
 (IEEE802.1Q に準拠 : | pri | c | VLANID 値 |)
 Flag 1000B , Pads 0000B , MAC type 0X01

RFC2878は2000年6月にアンリツとCISCO共同で制定

図6 (a) イーサネットフレームのPPPフレームへのカプセル化
 Encapsulation of Ethernet frame into PPP frame

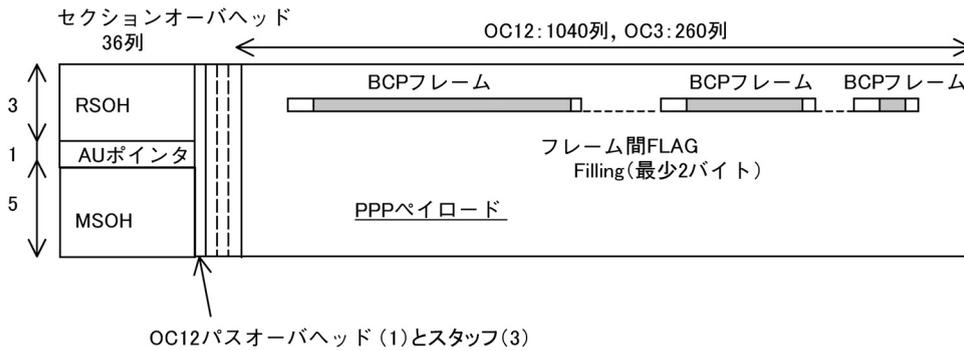


図6 (b) PPPフレームのSONETペイロードへのマッピング
 Mapping of PPP frame into SONET payload

3.3 Ethernet over SONETカプセル化

イーサネットフレームをSONETのペイロードにカプセル化する方式はRFC2878準拠のEOS (Ethernet Over Sonet) 方式を採用した。この概要を図6 (a) に示す。イーサネットフレームにEOS識別子の0x0031を付加し、さらに、PPPフレームのチェックサムを加える。これを図6 (b) に示すように、SONETのペイロード (STS3cまたはSTS12c) にマッピングする。

3.4 リンクステートスルー

前章で述べたように、伝送路障害とスイッチ障害を相手側スイッチに通知することで、GbEを1本の伝送路と見なす機能を搭載した。スイッチ側障害発生で、本装置はGbEリンクダウンを検出すると、図7 (a) のように保守用フレームにて、インチャネルで障害通知をリモート障害とし

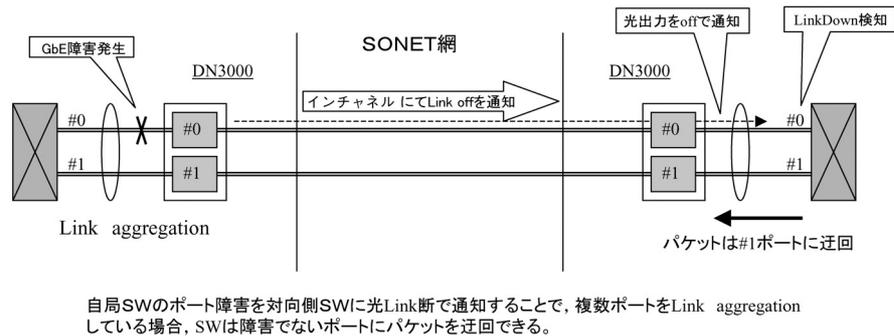
て転送する。対向する本装置はこのリモート障害を受信すると、スイッチ側にGbEの光出力を停止し、相手スイッチが障害であることを通知する。これにより、スイッチは、以降の packets を冗長回線へ迂回させることが可能となる。

また、図7 (b) に示すように、伝送路の障害はADMの警報転送信号を検出し、双方のスイッチに対しGbEの光出力を停止させることで、障害状態を通知する。

3.5 50 Mbit/s単位のシェーピング

イーサネットをTDM専用線と同等に帯域保証するため、GbEから入力されるイーサフレームをPPPカプセル化するとき、SONET側に送出するバイト量を制限することにした。

SONET側への帯域に対しイーサネットフレーム入力が多い場合、GbE入口のバッファのオーバフローでスイッチ



自局SWのポート障害を対向側SWに光Link断で通知することで、複数ポートをLink aggregationしている場合、SWは障害でないポートにパケットを迂回できる。

図7 (a) リンクステートスルー (GbEの障害の場合)
Link state through function (Defect of GbE)

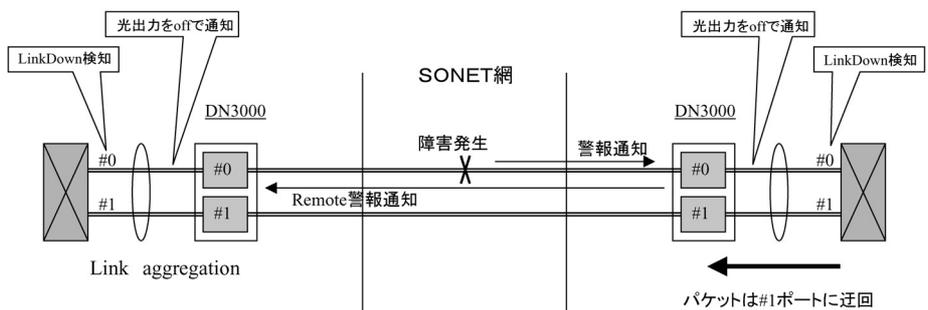


図7 (b) リンクステートスルー (SONET伝送路障害の場合)
Link state through function (Defect of SONET transmission line)

側に pause フレームを送出しスイッチからの送出フレームを抑制する方式と、このバッファがオーバーした分を廃棄する 2 方式を実装した。

3.6 GBICを採用

GbE専用線では、通信事業者ビル内にユーザ設備をコロケーション設置するほか、ユーザ宅までダークファイバで伸ばす場合を考慮し、GbE インタフェースにはGBIC (Gigabit Interface Converters) を採用し、差し替えにて長距離まで対応するようにした。

3.7 電源冗長とノンストップバージョンアップ

いったん運用に入ると、障害発生によるサービス停止は問題となる。この対策として、回線 (ルート) の冗長や設備ハードの二重化など考えられるが、本装置では電源部を二重化した。また、ソフト変更が生じた場合、一般ではソフトのダウンロード後リブートするため、その間はシステムを停止することが多いが、本装置は運用中にユーザパケットを廃棄させることなく内部ファームウェアを入れ替える機能を設けた。これは、イーサフレームのPPPカプセル化とフォワーディングを専用LSIで行うアーキテクチャにすることで可能にした。

3.8 SNMP mibの充実とsyslogのrfc3443準拠

障害状況の通知と原因究明のため、SNMPはMIB-II、SONET MIBに加えEnterprise MIBを充実させ、装置固有の警報出力をすることとした。障害記録はRFC3164準拠のフォーマットでsyslogサーバに出力する。

4 装置構成

4.1 ハードウェア

本装置のハードウェア構成を図8に示す。

(1) GBIC

差し替えにより局内から長距離まで対応する光インタフェース。

(2) GIF

GbEインタフェースでレイヤ1 / 2を終端する。

(3) EoS Encapsulation

イーサフレームをRFC2878に準拠したカプセル化する。

(4) SONET フレーム

カプセル化したPPPフレームのSONETフレーム

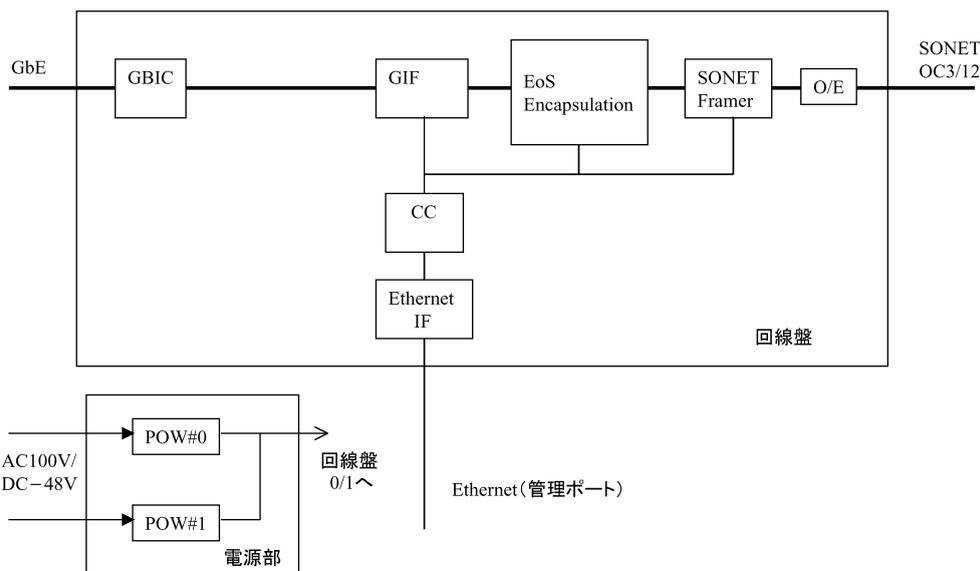


図8 ハードウェアブロック
Hardware block diagram

へのペイロードマッピングおよびOC3/OC12のフレーム同期、警報転送を行う。3.2節で述べたように、150Mbit/sと600Mbit/sのインタフェース切り替えは1チップLSIで実現した。

(5) O/E

600Mbit/sまでの速度が可能な光/電気変換2R[†]でOC3とOC12に対応する。

(6) CPU

運転管理を担うCCは、1チップCPUとconfigデータを保持するフラッシュROMで構成し、障害監視やtelnet等のイーサネット通信を行う。

(7) Ethernet IF

保守管理ネットワークに接続する10/100Mbit/sのLANインタフェースである。

(8) POW

AC100VとDC-48Vの2種類を設計した。2重化運転を可能とし、障害時は活栓にて挿抜が可能である。

4.2 ソフトウェア

本装置のソフトウェア構成を図9に示す。

(1) ネットワークインタフェース

保守管理ネットワークに接続され、TCP/IPプロトコルを実行する。

(2) UIF

Configデータの設定、運用状態のリード・表示を行う。

(3) ポート管理

GbEの状態やPPPリンク状態、SONETのリンク状態を監視し、障害時SNMPを通じた警報発出や状態リードを行う。

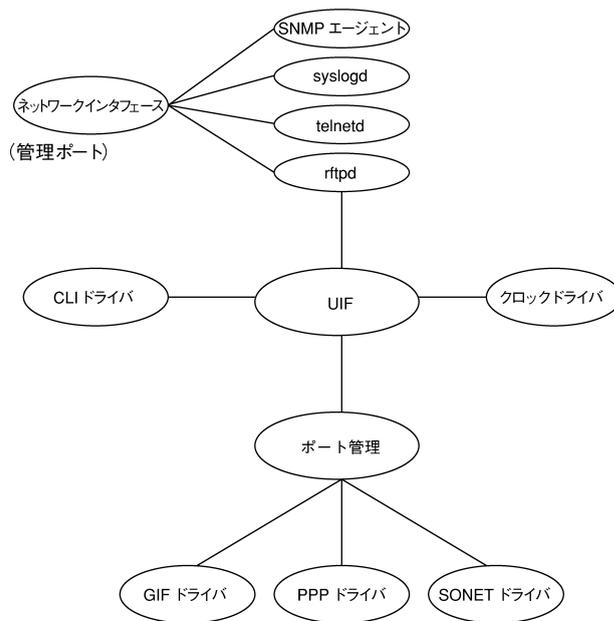


図9 ソフトウェアブロック
Software block diagram

† 2R：受信器の機能を表す用語で、re-shape, re-generateの2つの機能を表し、伝送後の歪んだ波形を増幅、整形して出力する機能。

- (4) CLI インタフェース
装置前面にて運転状況を把握する場合に使用するシリアルインタフェースで、UIFからの情報をPC等に表示する。
- (5) GIF ドライバ
GbE インタフェース回路に対し、データの設定と状態リードを行う。
- (6) PPP ドライバ
PPP リンクの設定と状態リードを行う。
- (7) SONET ドライバ
SONET レーマに対し設定とリードを行う。
- (8) クロックドライバ
時計ドライバである。
- (9) SNMP エージェント
障害時の TRAP 送出や状態のリードを行う SNMP エージェントで snmp-V1 に対応する。

- (10) syslogd
RFC3164 準拠の syslog フォーマットを生成し、装置内の log メモリに記憶し、また、要求 priority に従った優先レベルのメッセージを syslog サーバに出力する。
- (11) telnetd
保守管理ネットワークからリモートログインにて UIF に接続する。
- (12) tftpd
保守管理ネットワークからファイルのダウンロードおよびアップロードを行う。

5 機能

表 2 に本装置の主要機能を示す。

表 2 主要機能
Specifications

項目	仕様内容		
インタフェース変換	1000BASE-X の Ethernet を PPP カプセル化し、SONET の OC3/12、SDH の STM1/4 伝送バスのペイロードにマッピング		
カプセル形式	RFC2878 準拠 Bridge Control Protocol		
インタフェース	GbE 側	GBIC 搭載	1000BASE-SX 1000BASE-LX 1000BASE-LR
	SONET 側	フレーム	SONET OC3, OC12 SDH TM-1, STM-4
		光特性	局間 S-4.1 (1310 nm, 15 km) L-4.1 (1310 nm, 40 km)
異速度対処	IEEE802.3x PAUSE 送出および廃棄の 2 方式		
マネジメントプロトコル	SNMP エージェントを実装 実装 MIB は、MIB-II (RFC1213), Bridge MIB (RFC1493), SONET MIB (RFC2558), PPP MIB (RFC1471, 1474) および TRAP (RFC1157), Enterprise MIB		
Syslog	RFC3164 準拠		
統計処理	MAC フレーム数, エラーフレーム廃棄, SONET のビットエラー, 警報発生数等を収集		
イーサネットフレーム長	最大 1538 バイト (IEEE802.1Q in 1Q フレームの中継が可能)		
警報転送	SONET 側の警報をオーバーヘッドバイトにより対向伝送装置へ警報転送		
冗長	電源ユニット: 二重化 (SONET 側の冗長はなし)		
電源・消費電力	DC-48V または AC 100 V 20 W / チャネル		
収容回線数	2 回線実装 / ラック (回線は独立し, 活栓挿抜が可能)		
環境条件	温度: 0 ~ 40 °C 湿度: 20 ~ 80 %		
外形寸法, 実装	高さ: 43.5 mm, 幅: 482 mm, 奥行: 420 mm 19 インチラック搭載		

6 むすび

本装置を用いることにより、GbE専用線ネットワークや広域イーサネットを低コストで構築できる。

GbEインタフェースで50Mbit/sから600Mbit/sまで段

階的に増速できるニーズに対応でき、また、19インチラックに高さ1Uで2回線を実装でき、省スペースにも有効である。

今後もさまざまなニーズに応える、経済的なネットワーク装置を開発していきたい。