



Fast Ether DSLAM

Fast Ether DSLAM

佐々木 慎司*¹
Sasaki Shinji

井森 修*¹
Imori Osamu

新井 正博*¹
Arai Masahiro

船木 浩志*¹
Funaki Hiroshi

箭内 功児*²
Yanai Kouji

あらまし

2000年末に本格的にサービスが開始されたADSLサービスは、約3年で959万回線（2003年10月現在）を超えるサービスに発展した。

ADSLシステムとして交換局内に設置されるDSLAMは、現状WAN側ネットワークインタフェースとしてATMをサポートしている。

今回、より経済的なネットワーク構築に向け、Fast Ether インタフェースを持ち、上位ネットワークによるVLAN構築が可能なFE-COM盤を開発した。

本稿では、FE-COM盤を搭載したDSLAMの装置概要およびFE-COM盤の機能特長・開発ポイント、さらに将来機能について言及する。

Abstract

ADSL service started on a large scale toward the end of 2000, and has developed to more than 9,590,000 circuits (as of October, 2003) in nearly three years.

The DSLAM to be installed in the switching center as an ADSL system currently supports ATM as the network interface on the WAN side.

We have now developed the FE-COM board with a Fast Ether interface that enables upper networks to construct VLAN as a more economical network.

This paper outlines DSLAM, on which the FE-COM board is mounted, and refers to functional features, development points, and future functions of the FE-COM board.

* 1 アクセスネットワーク事業部 第一統括部 第一技術部

* 2 アクセスネットワーク事業部 第二統括部 方式部

1. ま え が き

既存の電話回線を利用した高速データ伝送方式であるADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) は、2000年末に本格的にサービスが開始されてから、約3年でエンドユーザが959万回線(2003年10月現在)を超えるサービスに発展した。

また、伝送速度もサービス開始当初の1.5Mbpsから現在の26Mbpsと、20倍近くの速度向上を達成するなどの目覚ましい発展を遂げてきた。

ADSLシステムの主な用途として、今まではコンシューマ向けのサービスとして捉えられてきたが、長距離化や上り/下り対称伝送速度化などの対応によって、付加価値のあるサービス提供が可能となり、ビジネスユーザ向けサービスを計画している事業者が増えてきている。このような事業者の多くは、すでに自前でEthernetを利用したネットワーク網を構築しており、これを有効活用することによって、ADSLシステムの初期導入費用およびランニングコストを抑えた、より安価なサービスが提供可能となる。

こうしたニーズに応えるために、交換局内に設置されるADSL多重化装置であるDSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) のWAN側インタフェースとして、従来の150M ATM (OC-3 および STM-1) インタフェースを、FE (FastEther) インタフェースに置き換え、上位SW (Switch) によるVLAN (Virtual Local Area Network)^{注1)}構築が可能なCOM盤(以下、FE-COM盤)の開発を行った。

本稿ではFE-COM盤を搭載したDSLAMの装置概要およびFE-COM盤の機能特長・開発ポイント、さらに将来機能について言及する。

2. 装 置 概 要

2.1 概要

DSLAMは交換局内に設置され、加入者宅内に設置されるADSLモデムを既設の電話回線を使用して直接収容する装置である。

DSLAMは、共通部/WAN-IF部を一体化したFE-COM盤、ADSLインタフェースを複数回線収

注1) 物理的なLAN構成とは独立に、論理的ネットワークに接続した端末をグループ化する機能。

容可能なLIF盤、ADSLインタフェースとPSTN (Public Switched Telephone Network)^{注2)}インタフェースを分離するSPL盤で構成している。

LIF盤およびSPL盤は、加入者回線の収容回線数に応じて搭載数を変更することで、標準サブラックで最大680回線、小型サブラックで200回線の収容が可能となる。

FE-COM盤は、大きく分けてWAN側インタフェースを含む主信号の処理を行う主信号部、ADSL通信の基準クロック・ピンポン伝送方式ISDNとの相互干渉を低減させるための位相クロックを受信するDCS (Digital Clock Supplier) 部、装置全体を監視制御するCPU (Central Processing Unit) 部の三つの機能ブロックで構成されている。

図1にDSLAMの機能ブロック構成図、図2にDSLAM装置の実装図、図3にDSLAMの外観を示す。

2.2 特長

FE-COM盤には次の特長がある。

1) ネゴシエーション機能

WAN側対向装置との接続確立手段として、オートネゴシエーションモードおよび固定接続モードが選択可能である。いずれのモードにおいても、「100Mbps/全二重」での接続だけを許容し、そのほかの通信速度での接続は行わない。

2) VLAN設定

VLANネットワークに対応するため、ADSLモデムからのデータをWAN側へ送信する際に、あらかじめ設定されたVLAN Tagを付与して送信することが可能である。これによって、上位SWによるVLAN構成が容易に行える。VLAN IDは

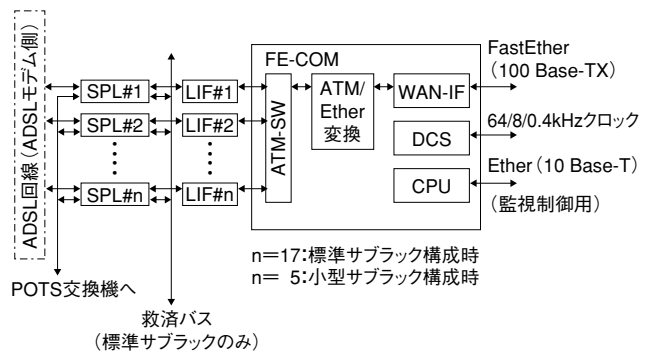


図1 DSLAM機能ブロック図

注2) 一般のアナログ公衆電話網。

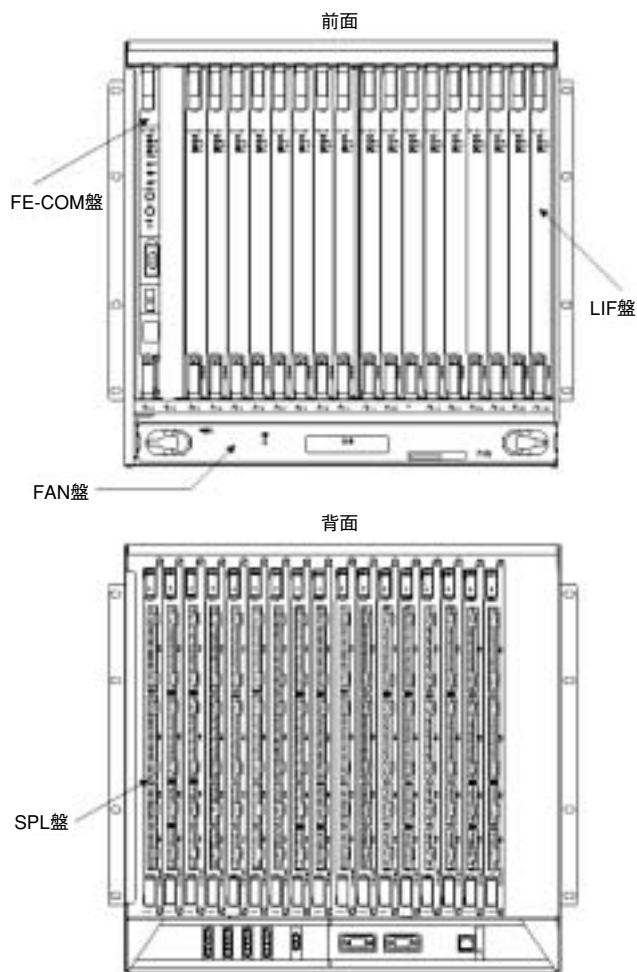


図2 DSLAM装置実装図（標準サブラック構成）



図3 DSLAM外観

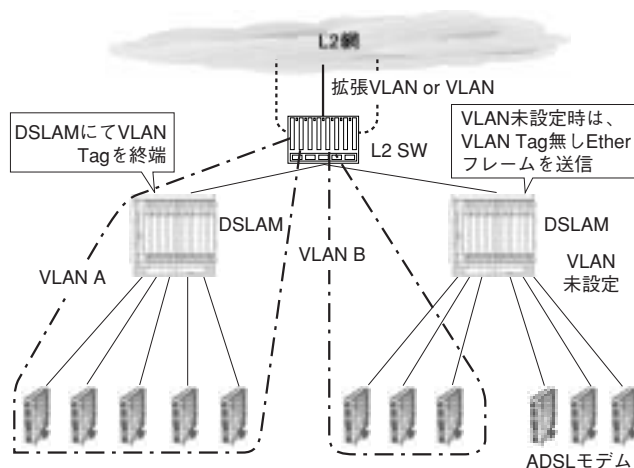


図4 VLAN設定によるネットワーク構成例

ADSLの回線ごとに設定可能であり、VLAN設定されない回線に関しては、VLAN Tag無しEthernetフレームとして処理する。また、VLAN Tag有/無フレームは混在可能である。

図4にVLAN設定によるネットワーク構成例を示す。

3) MACアドレス学習機能

ADSLモデムから受信したEthernetフレームの送信元MACアドレスを学習することで、WAN側からの受信データのフォワーディング^{注3)}を行う。

MACアドレスの最大学習数は、5440アドレス（1チャンネル/8 MACアドレス）である。

4) 学習アドレス保持機能

学習アドレス保持機能として、MACアドレス学習保持時間が300秒のエイジングタイムおよび最大学習数以上のMACアドレスがADSLモデムから送信されてきた場合には、最古のMACアドレスを削除し、新規MACアドレスを学習するLRU (Least Recently Used) 機能がある。

5) フィルタリング

WAN側から受信する以下のEthernetフレームをフィルタリングすることにより、他回線へのアクセスを禁止し、セキュリティを確保する。

- ・ブロードキャスト/マルチキャストフレーム
- ・MACアドレス未学習フレーム

注3) 受信したフレームを宛て先情報に基づいて適切なポートへ送出する動作。

表1 DSLAM主要諸元

項	目	仕	様	
上位WAN インタフェース	ポート数	1ポート		
	インタフェース	100 Base-TX (IEEE802.3u)		
	ネゴシエーション	オートネゴシエーション 固定モード(100M/全二重)		
ATM-SW機能	サービスカテゴリ	UBR		
ATM-Ether 変換機能	カプセリング方式	Ethernet over AAL5 (RFC2684)		
	VLAN	IEEE802.1Q (Tag VLAN) 準拠 VID設定値 0.2~4094		
	MACアドレス学習	アドレス学習数	最大8アドレス/CH	
		学習保持時間	エージングタイム(300秒) エージングタイム+LRU	
ADSL インタフェース	最大収容回線数	標準サブブラック:680回線 小型サブブラック:200回線		
		ADSL方式	G.992.1 Annex C (C.X仕様含む) 下り:32k ~ 12Mbps 上り:32k ~ 1Mbps	
	G.992.1 Annex I 下り:32k ~ 26Mbps 上り:32k ~ 1Mbps			
	標準サブブラック:最大17枚構成 小型サブブラック:最大5枚構成			
	標準サブブラック:最大17枚構成 小型サブブラック:最大5枚構成			
	装置構成	FE-COM盤	最大1枚構成	
LIF盤		標準サブブラック:最大17枚構成 小型サブブラック:最大5枚構成		
SPL盤		標準サブブラック:最大17枚構成 小型サブブラック:最大5枚構成		
保 守	ダウンロード	ファームウェアダウンロード (FE-COM, LIF) データダウンロード		
	アップロード	データアップロード		
冗長構成	LIF盤冗長	16:1冗長 (標準サブブラックのみ)		
監視制御	監視制御装置 (NE-OPS)	インバンド制御 (WANインタフェース経由) アウトバンド制御 (10 Base-T) シリアルポート (RS-232C準拠)		
	架前保守端末	LANポート (10 Base-T)		
動作環境	動作保証温度	5 ~ 40°C		
	動作保証湿度	5 ~ 85%		
外形寸法 (mm)		標準サブブラック:480 (W)×553 (D)×442 (H) 小型サブブラック:450 (W)×550 (D)×220 (H)		
電 源		DC -48V		

また、ADSL モデムから受信する以下のデータのフィルタリングを行う。

- ・ VLAN Tag付フレーム (ただし、ATMセルからEthernetフレーム変換後に廃棄)

6) フレーム/セル廃棄

WAN側から受信するEthernetフレームに対して、以下のエラーフレームの廃棄を行う。

- ・ CRC Errorフレーム
- ・ Alignment Errorフレーム
- ・ Short Error フレーム (64Byte未滿)
- ・ Over Error フレーム (1522Byte以上)

また、ADSL モデムからの受信 ATMセルにおいて、以下のエラーセルの廃棄を行う。

- ・ AAL5 FCS Error

7) 監視制御機能

本装置の監視・制御および保守は、監視制御用の10 Base-Tポートを使ったアウトバンド制御および主信号WAN側インタフェースである100 Base-TXポートを経由するインバンド制御が可能であり、これにより遠隔で管理を行える。

表1にFE-COM盤搭載時のDSLAMの主要諸元を示す。

3. 開 発 内 容

本装置は、ADSL加入者回線を最大680回線収容する。FE-COM盤では、この680回線分のATMセルの多重/分離、ATMセル/Ethernetフレーム変換、MACアドレス学習によるフォワーディング/フィルタリングを高速で行う必要がある。

本機能を実現するためには、ハードアーキテクチャでの処理が求められるが、680回線に対応できる市販のSWはない。また、装置内アドレスなど装置独自の仕様も含まれるため、FPGAによる設計が不可欠であり、開発の最大のポイントであった。

3.1 ATMセル/Ethernetフレーム変換処理

FE-COM盤の主信号経路としては、WAN-IF部、Ether-ATM部、ATM-SW部と三つに分けられる。高速処理および680回線への対応のため、Ether-ATM部およびATM-SW部をFPGAによる設計にて実現した。送信部と受信部の処理は完全に分離しており、また、各ブロックにおいては、処理内容に適したバスサイズおよびクロックでの処理を採用して、より効率的な処理を行っている。

図5にFE-COM盤における主信号の経路を示す。

1) ATM-SW部

LIF盤から受信したATMセルは、セルの先頭2 ByteにLIF盤のスロット番号(1~17)およびチャンネル番号(1~40)がTag情報として付加されている。このTag情報を元にVPI/VCI値を変換し、CPU部から受信したインバンド制御データと多重し、Ether-ATM部に送信される。

ATMセルからEthernetフレームに変換する際、ATM-SWから出力されたデータをWAN回線に出力されるまでの間でFIFOオーバフローによる廃棄を防ぐために、ATM-SWからの出力時にシェーピング^{注4)}を行う。

注4) ATMセルの送信間隔を調節して、送信レートを一定値以下に抑える機能。

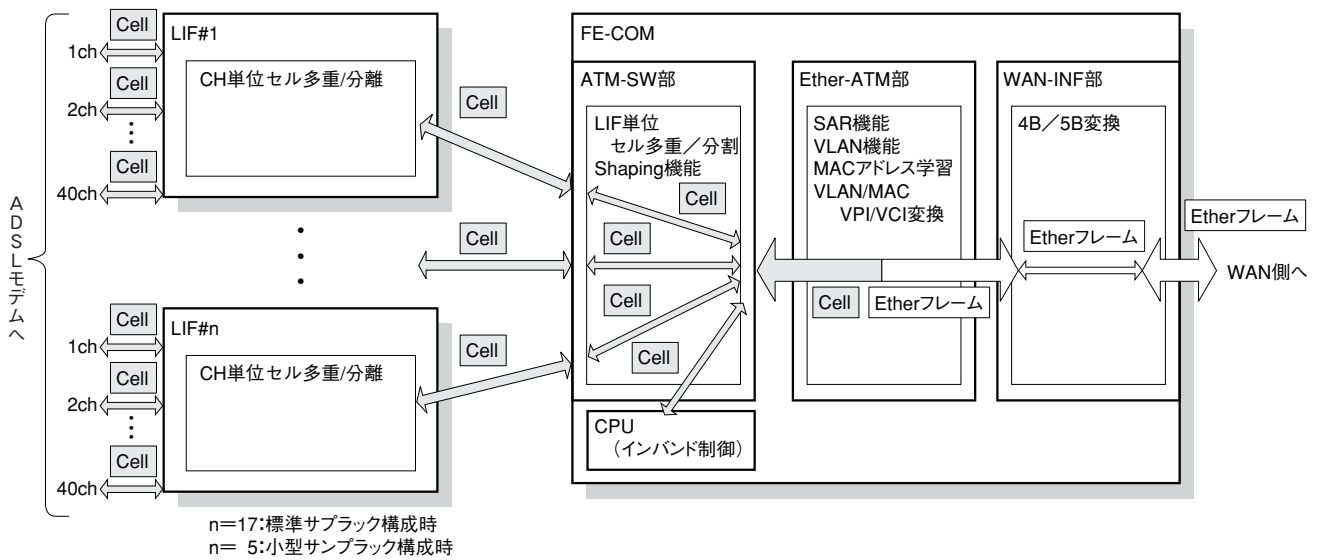


図5 FE-COM盤主信号経路

逆にEther-ATM部から受信したATMセルは、VPI/VCI値を元に主信号データとインバンド制御データで分離、主信号データはTag情報を元に送信先のLIF盤の-slot番号を求め、該当する-slotに送信し、インバンド制御データはCPU部に送信する。

2) Ether-ATM部

Ether-ATM部でATMセルに付加されているATMヘッダを削除してRFC2684フレームを取り出し、LLC/SNAPヘッダ^{注5)}のチェックおよびFCSチェックを行って、Ethernetフレームに変換する。変換したEthernetフレームの送信元MACアドレスをLIF盤の-slot番号/チャンネル番号ごとに学習し、VLAN Tagを付与してWAN-INF部に送信する。

WAN-INF部から受信したEthernetフレームは、VLAN ID (VLAN設定時) および送信先MACアドレスを元に検索を行い、ヒットしたVLAN ID + MACアドレスに対するLIF盤-slot番号/チャンネル番号情報をATMセル変換時にVPI/VCI値に割り当て、ATM-SW部に送信する。

図6にEthernetフレームのATMカプセル化方式を示す。

3) WAN-INF部

注5) ATMでIPパケットなどのマルチプロトコルを多重化するときに使われる識別子。

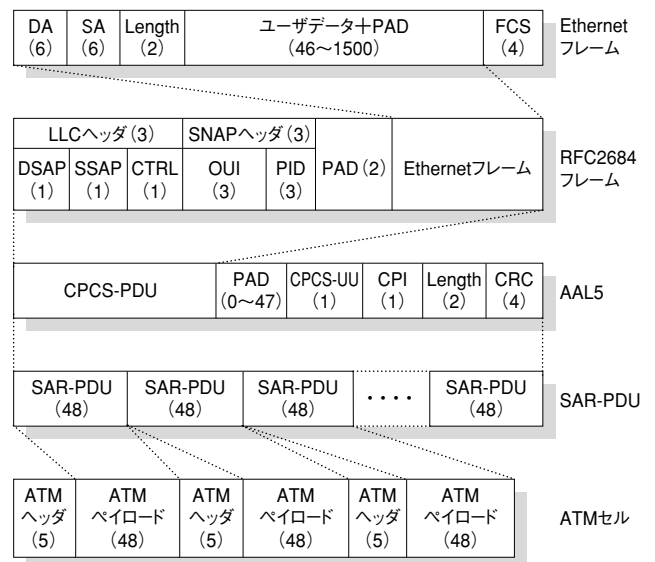


図6 フレームカプセル化方式

Ether-ATM部から受信したEthernetフレームをPHY (Physical Layer Interface) において、4 B/5 B変換^{注6)}を行い、WAN側に送信する。

WAN側から受信したEthernetフレームは、PHYによって4 B/5 B変換を行い、MACにてFCSチェックを行い、FCSエラーを含むエラーフレームを廃棄する。

注6) 4ビットのデータを5ビットのシンボルに置き換えて送受信処理をする技術。このため、データリンクレベルでは100Mbpsの伝送速度だが、物理層では125Mbpsの伝送速度になる。

LIF CH No	VID	MAC Add	Timer Flag
1 (LIF1 CH1)	2	00-00-00-00-00-01	0
		00-00-5E-00-01-AA	0
		⋮	⋮
		00-00-00-00-00-07	0
		00-00-00-00-00-08	1
43 (LIF2 CH3)	3	00-00-00-00-10-01	1
		00-00-5E-00-01-AA	1
		⋮	⋮
		00-00-00-00-0E-95	1
		00-00-0E-01-00-FF	1
680 (LIF17 CH40)	10	00-00-00-00-00-01	0
		00-00-00-00-00-02	0
		⋮	⋮
		00-00-00-00-00-07	1
		00-00-00-00-00-08	1

LIF CH No : Etherパケットを受信したLIFポート番号
 VID : Etherパケットを受信したLIFポートが所属するVLAN ID
 (VLAN未設定時にはNULL値が挿入される)
 MAC Add : 受信したEtherパケットのMACアドレス
 Timer Flag : 上りEtherパケット受信時に“1”を設定
 エージングタイムが300秒となった場合、Flag“0”のデータを削除後、
 全Flagを“0”に設定

図7 MACアドレス学習イメージ

3.2 MACアドレス学習によるブリッジ機能の実現

LIF 盤から受信するフレームの送信元MACアドレスの学習およびWAN側から受信するフレームの送信先アドレスの検索(最大5440アドレス)を高速で行うために、本装置では、外部デバイスとしてCAM(Content Addressable Memory)を搭載することでその実現にあたった。CAMとのアクセスは、72bit×100Mbpsの高速処理で行っている。

LIF 盤から受信したATMセルデータをEthernetフレームに変換する際に、MACアドレス学習に対して送信元スロット番号およびチャンネル番号の判別を可能とするため、Tag情報およびATMヘッダをEthernetフレームの先頭に付加する。MACアドレス学習は、Tag情報によって送信元のスロット/チャンネルを認識し、該当するCAMの領域に送信元アドレスをエントリする。このとき、VLAN Tag有りEthernetフレームであれば、同時にTCI(Tag Control Information)^{注7)}値を読み出し、VLAN TagをEthernetフレームに挿入する。

WAN側から受信したEthernetフレームは、CAMに対して送信先アドレスおよびVLAN Tagの検索を行い、検索でヒットしたアドレスに対応するTag情報およびATMヘッダを取得し、Ethernetフ

注7) VLAN Tagに含まれる2オクテットの情報で、優先情報およびVLAN IDの情報が設定される。

レームの先頭に付加する。

図7にMAC学習テーブルのイメージを示す。

4. 将来機能

今後、本装置に搭載する機能を以下に示す。

1) リンクアグリゲーション機能の搭載

トラフィックの増加に伴い、WAN側インタフェースをポート増設して2ポートを論理的に単一リンクとすることで、200Mbpsの回線として運用が可能となる。仮に、1ポートに回線障害が発生した場合は、故障した側のデータを、残りの1ポートに切り換えることで、物理帯域は半減(100Mbps)するが、通信の継続が可能な冗長機能も備える。

2) 下り方向ブロードキャスト透過機能およびチャンネル間通信の実現

本装置は、コンシューマをターゲットとしたPPPoE(Point to Point Protocol over Ethernet)フレームでの通信だけをサポートしており、他チャンネルヘッダを送信してしまうブロードキャストフレームは、廃棄する仕様としている。これによって、PPPoE^{注8)}モードに設定されたADSLモデム(もしくは配下のPPPoEクライアント)とWAN側に設置されたPPPoEサーバであるBAS(Broadband Access Server)などとの一対一の接続だけを可能とし、高いセキュリティを確保している。

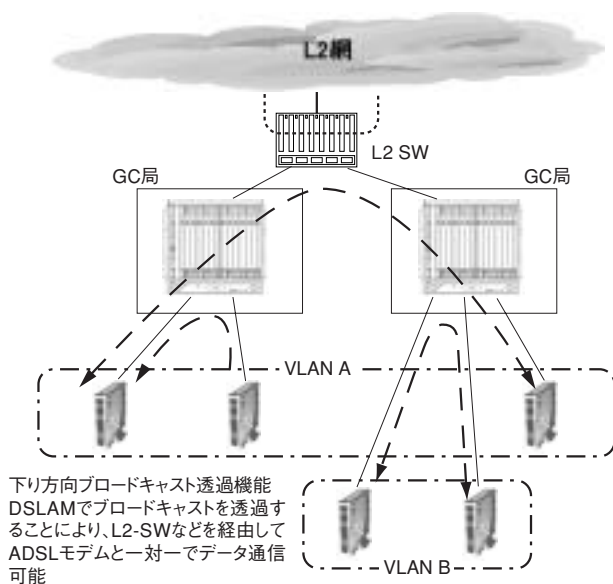
しかし、今後ビジネスユーザ向けのシステム構築を考えると、L2ネットワーク網におけるL2-SWに見られる下り方向ブロードキャスト透過機能、チャンネル間通信機能が必要となってくる。

下り方向ブロードキャスト透過機能は、同一VLANグループに設定されたポートに対して、WAN側からのブロードキャストフレームのフラッディング^{注9)}を行う。ブロードキャストの透過/非透過に関しては、設定で選択可能とする。

また、チャンネル間通信機能は、ADSLモデムから受信したフレームを、WAN側上位に送出すると同時に、同一VLAN内の他チャンネルにも折

注8) Ethernet上で二つのノード間で通信するための物理層/データリンク層プロトコルで、IPアドレスの自動割り当てやユーザ認証などの機能を持つ。

注9) 受信したポート以外のすべてのポートへ向けてフレームを転送する動作。



チャンネル間通信機能
DSLAM内で、同一VLAN内の他チャンネルヘデータを折り返す

図8 ポート間通信ネットワーク構成例

り返して送信する。もしも送信先がDSLAM配下の他チャンネルであれば、以降のデータのやり取りはWAN側上位に送出することなく、DSLAM内で折り返してチャンネル間通信を行う。

図8に下り方向ブロードキャスト透過機能およびチャンネル間通信のシステム構成イメージ図を示す。

5. む す び

本稿では、ADSLシステムとして交換局内に設置されるDSLAMの共通部であり、また、収容したADSL回線のATM/Ethernet変換処理を行うFE-

COM盤について紹介した。

本装置の導入によって、より安価なシステム構築が実現できるL2網へのADSLシステムの適用が可能となる。

今後は、4項で紹介したリンクアグリゲーション機能や、下りブロードキャスト透過/ポート間通信機能の実現など、より高い信頼性の獲得と、幅広いネットワークサービスに適した装置としていきたい。

参考文献

- 1) Rich Seifert：LANスイッチング徹底解説，第1版1刷，東京，日経BP社，2001.
- 2) John A. Chiong：ATMプロトコル徹底解説，第1版1刷，東京，日経BP社，1998.



〔開発者〕 後列左から，船木，井森，新井，
前列左から，箭内，佐々木