



メディアコンバータインターフェース搭載ファーストイーサネットアクセススイッチ

Fast Ethernet access switch that installs media converter interface

清水 啓誠*²
Shimizu Hironobu

大野 保幸*²
Ohno Yasuyuki

菊地 雅弘*¹
Kikuchi Masahiro

金子 昌弘*¹
Kaneke Masahiro

丸橋 一彰*¹
Maruhashi Kazuaki

松山 大樹*¹
Matsuyama Daiki

あらまし

日本国内において、携帯電話などのモバイル環境ではさまざまなマルチメディアを活用したサービスが、急速に増加している。モバイル環境での情報入手、情報交換の内容も、インターネットやVoIP (Voice over IP)、映像など、マルチメディアを利用してさまざまな広がりを見せてきており、広帯域と安定性を必要としたマルチメディアでの情報交換ができるネットワークの構築が急務となっている。

そこで、今回、このような新しいサービスにも適したネットワークスイッチの要求に対応するギガビットサービスが可能で、マルチメディア・サービスに適したレイヤー2スイッチFASW (Fast Ethernet access switch) の開発を行った。

Abstract

Various multimedia-based service for mobile environment such as mobile phones has been rapidly growing in Japan. Access to the information and the contents of information exchange in a mobile environment has been diversified by use of multimedia, such as Internet, VoIP (Voice over IP), and video image. There is an urgent need for establishing a network that allows multimedia information exchange, which requires wide and stable bandwidth.

To meet the need of a network switch that accommodates these new service, we have developed a layer 2 switch FASW (Fast Ethernet access switch), which allows gigabit services and is suited for multimedia service.

* 1 アクセス事業本部 第二事業部 第一技術部

* 2 アクセス事業本部 第二事業部 第三技術部

1. ま え が き

FASW (Fast Ethernet access switch) はファーストイーサネット (First Ethernet) ラインの集約を実現するレイヤー 2 (L2) スイッチである。このスイッチは、最大 24 のイーサネット端末回線をギガビットイーサネット (Gigabit Ethernet) へ集約可能であり、アップリンクとして、1000BASE-T または、SFP による 1000BASE-SX / LX を最大 2 ポート使用することができる。また、拡張インターフェーススロットを 2 スロット備え、TS-1000 準拠のメディアコンバーター盤 (MC-IF 盤) をはじめ、将来さまざまなインターフェースメニューを搭載できるスイッチとなっている。

図 1 に FASW システム導入例を示す。

このスイッチの主な特長は以下となっている。

- 1) 19 インチ、1.5U サイズのボックスタイプ装置
- 2) オール前面アクセスによるケーブル接続・ランプ表示・電源接続
- 3) FAN 盤のホットスワップ交換を実現し、回線無停止で保守が可能
- 4) 電源 DC - 48V / AC100V の対応と電源盤の冗長構成
- 5) 24 ポートの FastEthernet ポートと 2 ポートの GigabitEthernet ポート
- 6) オプションインターフェーススロットを 2 スロット搭載
- 7) TS-1000 準拠のメディアコンバーター機能を内蔵可能
- 8) トランスペアレントブリッジング
- 9) ストアアンドフォワードスイッチング
- 10) スイッチング容量最大 12.8Gbps
- 11) ワイヤレートでの転送
- 12) MAC 学習 16K アドレス以上
- 13) VLAN の IP インターフェースの設定
- 14) ポート隔離のためのプライベート VLAN
- 15) 各ポートに対するトラフィック帯域制限
- 16) 最大 256 の IEEE 802.1Q VLAN
- 17) Q-in-Q (多重タグ) 機能
- 18) IGMP スヌーピングによるマルチキャストフォワーディング
- 19) スパニングツリー / ラピッドスパニングツリー / マルチプルスパニングツリー

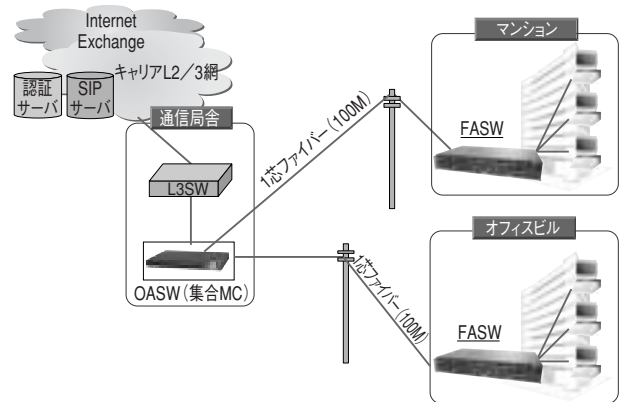


図 1 FASW システム導入例

- 20) 最大 12 のスタティックまたは LACP トランク定義
- 21) ポートミラーリング
- 22) ポート単位でのブロードキャスト / マルチキャストストーム制御設定
- 23) ユーザー名とパスワードの設定 (装置ログイン: 最大 20 ユーザー)
- 24) RADIUS (Remote Authentication Dial in User Service) サーバによるマネージメントアクセス認証

2. 開発の背景

2.1 背景

固定電話を利用したインターネット環境において、テキストメールや Web だけを扱う時代はすでに過去形で語られる時代へと突入した。これらのインターネット環境はさまざまなマルチメディアを活用したサービス提供の時代、すなわち黎明期へシフトしている。

音声は VoIP (Voice over Internet Protocol) でデータ化され、写真データから動画映像データへと情報量は飛躍的に拡大してきている。映像や音楽などのデジタルコンテンツの配信も商用化され、DLNA (Digital Living Network Alliance) などのホームネットワークを通してネットワーク TV やデジタル家電と相互接続されつつある。ひいては、ハイビジョン映像転送や DTCP-IP (Digital Transmission Contents Protection over IP) へと、より高機能で利便性の高いマルチメディアサービスが提供されようとしている。

これらの状況を受けて、通信事業者各社は他社に

抜きんでたサービスを提供すべく、猛烈な勢いでネットワークの整備に取り組んでいる。

当社もこれらの顧客の多彩なニーズに応えるべく、データ通信とマルチメディアを組み合わせたさまざまな機能サービスができる高機能L2スイッチ：FASWを開発した。

FASWは、通信局舎の現場環境を考慮した、省スペース性・保守性に優れたL2スイッチである。

さらに、拡張性や冗長性も備えており、多様なサービス用途に合わせて、システム構成を構築することができる。

2.2 開発の課題

2.2.1 システム構成

本構成例では、オプションのメディアコンバーター盤を用い、通信局舎とユーザービル間を1芯光ファイバーにより接続している。本装置ではメディアコンバーター機能を内蔵できるため、管理・運用コストの削減が可能である。

一般的なメディアコンバーターでは遠隔監視機能に乏しく、例えばユーザービルのメディアコンバーターが電源断した場合も、通信局舎からの遠隔監視では光ファイバーのリンク断にしか見えず、物理的に断線が発生したのか電源断なのか判定できない。FASWでは、メディアコンバーターにTS-1000準拠規格を採用することで、この問題を解決している。また、1芯式光ファイバーによる回線構築コストを低減することができる。

図2にシステム構成例を示す。

2.2.2 課題

携帯電話等で使用される基地局においても、インターフェースはEthernetに切り替わりつつある。これは、携帯電話等においても、ブロードバンドサービスを見据えたサービスが推し進められており、音声・映像・データなどさまざまなマルチメディアを提供するサービスが注目され、より

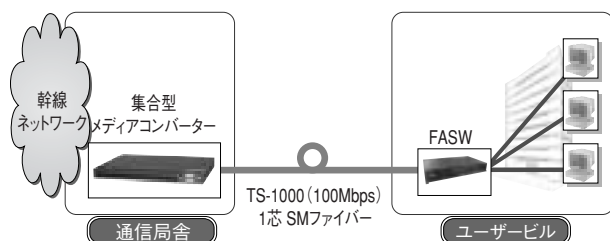


図2 システム構成例

新しいサービスの開発に注力がそそがれている。こうしたニーズとサービスにおいて、ネットワークは、高速・大容量化する必要がある、このようなマルチメディアのサービスには、ネットワークの高速化だけではなく、データを優先制御するQoS (Quality of Service) 機能、不要な帯域消費を防ぐ、マルチキャストの制御、ストーム発生を検出し、ネットワークがストーム状態にならない仕組みが求められている。また、サービスネットワークの増強時に、運用面においてスムーズに展開できるアーキテクチャー（保守性／省スペース性／冗長性）を考慮する必要がある。

以上をまとめると、このようなさまざまなサービスを取り扱うネットワークを構成するアクセススイッチには以下の要件が必要である。

- 1) 保守性
- 2) 省スペース性
- 3) 冗長性・拡張性
- 4) フレーム中継
- 5) ネットワーク経路の冗長
- 6) QoS機能(帯域保証)
- 7) ストーム制御

3. 開発の内容

3.1 装置仕様

図3にFASWの外観を示す。

3.2 ハードウェア

本装置は19インチ、1.5Uサイズのボックスタイプ装置となっており、L2スイッチ本体と、FAN盤、2種類の電源（DC-48V／AC100V）からなる。

また、L2スイッチ本体には、オプションのMC-IF盤によりメディアコンバーター機能を内蔵する



図3 FASW外観



図4 FAN盤交換

ことが可能である。

1) オール前面保守

狭い通信局舎内での作業性・保守性を考慮し、オール前面アクセスとなっている。

本装置の前面には100BASE-TXの電気24ポート、SFP (Small Form Factor Pluggable) による1000BASE-SX/LX光ポートまたは、1000BASE-TXを2ポート、2スロットの拡張インターフェース盤、冗長実装可能な2スロット電源とFAN盤スロットがすべて前面に実装されている。そのため、以下のような保守ができ、作業効率に優れた装置となっている。

- ①各24ポートのFastEthernetと2ポートのGigabitEthernetポートのケーブル接続とランプ表示
- ②オプションインターフェーススロットを2スロット搭載可能
- ③電源接続と交換が可能であり、電源盤の冗長構成可能
- ④強制空冷用FAN盤のホットスワップ交換を実現し、回線停止不要な保守が可能

図4にFAN盤交換の様子を示す。

2) 1.5Uサイズのボックスタイプ装置 (省スペース性)

オプションのMC-IF盤によりメディアコンバーター機能 (TS-1000準拠 class Ar または class B) を内蔵できる。そのため、アップリンク回線用の外置きMCが不要な省スペースシステムを構築でき、

狭い現場環境を考慮した1.5Uサイズのボックスタイプの装置である。

3) 電源盤の冗長実装 (冗長性)

電源盤は2スロット搭載ができ、前面から電源の接続と電源盤の交換が可能となっている。

また、電源は、DC-48V/AC100Vの種類から1種類選択した冗長構成ができる。

4) 拡張スロット (拡張性)

MC-IF盤が実装できるスロットを2スロット搭載している。また、将来的にGE-PON (Gigabit Ethernet-Passive Optical Network) を含めたほかのインターフェース対応が可能なアーキテクチャーとなっている。

3.3 機能

24ポートの10/100Mbps Ethernetインターフェースと2ポートの10/100/1000Mbps Ethernetインターフェースとオプションインターフェース盤用に2ポートの10/100/1000Mbps Ethernetインターフェースとを持ち、この間でMACアドレスに基づいたフレームのスイッチング処理をワイヤスピードで実現する。さらに、ストア・アンド・フォワードによるフレームのフィルタリングおよび転送を行っており、スピードや動作モードの異なるポート間のスイッチング処理をサポートする。

3.3.1 フレーム中継機能

1) フレーム廃棄処理

Ethernetポートから受信したフレームのフレーム長、FCS、およびMACアドレスをチェックする。

2) MACアドレス学習

MACアドレス学習機能により、データベースを参照し、ネットワークのトラフィック低減を図る。

3) MACアドレス数制限機能

ポートごとにMACアドレスを登録し、この制限により、トラフィック低減を図る。なお、登録数はポートごとに1~1024個で設定可能である。

4) フレーム転送処理

Ethernetポートから受信されたフレームは、学習されたデータベースと照合される。フレームは照合された情報に基づいてフィルタリングまたは、ほかのポートへ転送等のジャッジが行われる。

5) トラフィックの優先順位付け

IEEE802.1pに準拠したトラフィックの優先順位付けをサポートする。VLANタグ内のプライオリティ、IPフレーム内のIP Precedence値、IPフレーム内のDSCP（Differentiated Services Code Point）値からクラスに振り分けられ、クラスごとのパケットキューイングにより、各キューのポリシーに従って優先処理が行われる。

6) ポートミラーリング機能

指定したポート（ソースポート）において送受信されたフレームを出力ポート（ターゲットポート）に転送することが可能である。

3.3.2 VLAN機能

IEEE802.1Qに準拠したタグVLAN、ポートベースVLAN、プライベートVLAN、プロトコルVLAN、およびVLANタグスタッキングをサポートする。

1) タグVLAN機能

IEEE802.1Qに準拠したVLANタグ付きフレームの受信／送信を行うことができる。また、VLAN IDごとにフレームの廃棄、透過、IEEE802.1Qに準拠したVLANタグの付加、VLANタグの削除の設定を行うことができる。

VLAN IDは1から4094番まで使用可能で、左記の任意の番号をIDとして各Ethernetインターフェースについてそれぞれ設定が可能である。また、1装置当たりで最大256個のVLANグループ（VLAN ID）を設定することが可能で、このVLAN IDを付加するVLANタグの中のVIDフィールドへ挿入することが可能である。

図5にIEEE802.1Qタグ付きフレームフォーマット例を示す。

2) ポートベースVLAN機能

IEEE802.1Qに準拠したレイヤー2レベルでのポートベースVLANを提供することが可能であ

る。VLAN IDは1から4094番まで使用可能で、このなかから任意の番号をIDとして最大256個の内部VLANテーブルへ設定することが可能であり、256個までのVLANグループを構成することができる。

3) プライベートVLAN機能

ポート間の通信を分離するようなレイヤー2レベルでのプライベートVLANを提供することが可能である。また、プライベートVLANはタグVLAN、ポートベースVLANと同時に設定することも可能である。

4) プライベートVLANとポートVLAN、タグVLANの組合せ

プライベートVLANを使用して、異なる加入者ポートに接続されたユーザー同士の通信を禁止することにより、ユーザーのセキュリティを確保することが可能である。また、同時にタグVLAN、ポートベースVLANを使用することも可能である。

5) VLANタグスタッキング（Q-in-Q）

IEEE802.1Qタグが付いたパケットに再度IEEE802.1Qタグを付加する。付加するタグには、ポートにデフォルトとして設定したTPID（Tag Protocol Identifier）とVLAN-IDが設定される。付加するプライオリティは、装置の設定により入力フレームのタグのプライオリティ、入力ポートのデフォルトプライオリティ、入力フレームのIP Precedenceに基づくプライオリティ等から選択でき、QoS運用ポリシーに合わせた柔軟な運用が可能である。

6) プロトコルVLAN機能（IEEE802.1v）

VLANタグ無しパケットに対して、Ethertype値を参照し、対応するVLAN-IDを設定する。

7) Ether type 値変更機能

ポート単位で付与するVLANタグにて、タグ

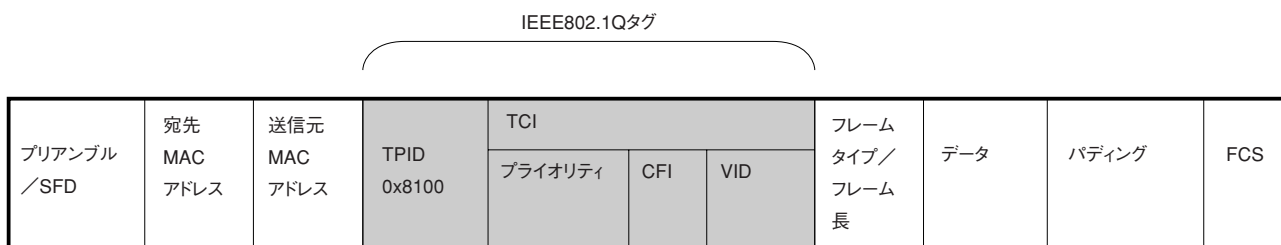


図5 IEEE802.1Qタグ付きフレームフォーマット例

内の Ether type を設定した値に付け替えることが可能である。

Ether type が VLAN タグを示す 0x8100 以外の値が設定されても問題なく転送される。

3.3.3 マルチキャスト機能

1) IGMP スヌーピング機能

FASW は 24 ポート Ethernet インターフェースから入力される IGMP の各メッセージをモニタ (スヌーピング) して、ポートとマルチキャストアドレスの組を格納したテーブルを作成し、実際のマルチキャストデータをそのテーブルを参照することで登録されている、ポートへのみコピーして転送するという IGMP (Internet Group Management Protocol) スヌーピング機能を提供することが可能である。マルチキャストアドレスは、最大 64 個登録可能であり、64 個のマルチキャストグループを構成することができる。

3.3.4 ネットワーク経路冗長性

冗長経路を実現する手段として STP (Spanning Tree Protocol) が従来よりある。

STP はループを防止し、冗長経路を保持する有益な手段ではあるが、トポロジー変更があった場合の経路再計算に約 50 秒程度かかる。このため、音声や映像データの配信等に支障をきたしてしまうことになる。このため、FASW では STP の改良版の RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) 機能についても実装している。

RSTP は高速に経路再計算を行う STP として定義され、トポロジー変更があった場合の経路再計算に最大でも 15 秒程度 (通常は 1 秒程度) しかかからない。これにより、経路変更に伴う影響を最低限に抑えている。

FASW の STP および RSTP については、IEEE802.1w に準拠している。また、STP と RSTP は互換性があり混在して使用することが可能となっている。

STP、RSTP については VLAN ごとに一つのスパンニングツリーを作成する必要があるが、VLAN ごとにスパンニングツリーを作成すると、VLAN の増加に伴い CPU やネットワークの負荷が増加する。

このため、FASW では VLAN の増加に伴う CPU やネットワーク負荷を抑えるために MSTP

(Multiple Spanning Tree Protocol) についても実装している。

MSTP は、複数の VLAN をまとめた MST インスタンスごとにスパンニングツリーを作成して管理を行う。VLAN ごとに一つのツリーを作成するのに比べて、VLAN 数の増加による CPU やネットワークの負荷増加を抑えることができる。MSTP については、IEEE802.1s に準拠する。

3.3.5 QoS 機能

FASW では、IEEE802.1p に準拠したトラフィックの優先順位付け機能を備えている。

FASW では、VLAN タグ内にあるプライオリティビットを識別し、各パケットを 8 段階の優先度を持つクラスに分類し転送する。さらに、各キューのポリシーに従ってパケットを順番に読み出す優先処理を行い、QoS を実現している。

一例として、**図 6** に QoS の仕組みを示す。

最高の優先度にネットワーク監視用のトラフィック、2 番目の優先度に音声 (IP 電話) トラフィック、以下順に映像 (VOD)、インターネット…等に割り当てるとする。

出力が輻輳しているときに、前述の各種パケットが混在入力された場合でも、優先制御に従いネットワーク管理パケットがまず最優先で出力される。次に電話、映像、インターネットの順で出力される。

比較的トラフィックが少なく、輻輳の影響を与えにくいネットワーク管理パケットが最優先で出力され、ネットワーク内に問題が生じた場合でも、ネットワーク管理者は迅速に対応することができる。

監視パケットの次に、リアルタイム性の高い電話・映像配信のトラフィックが優先され、エンドユーザーは音声切れのない通話やスムーズな映像配信サービスを受けることができる。最後に、リアルタイム性を確保した上で、操作上許容されるインターネット回線パケットが、一番低い優先度で出力される。こうした QoS の仕組みにより、加入者にとって、快適なネットワークが実現できる。

さらに、各プライオリティについては、設定により任意のクラスへの転送を可能としているため、通信事業者は、より柔軟な優先制御をもつ

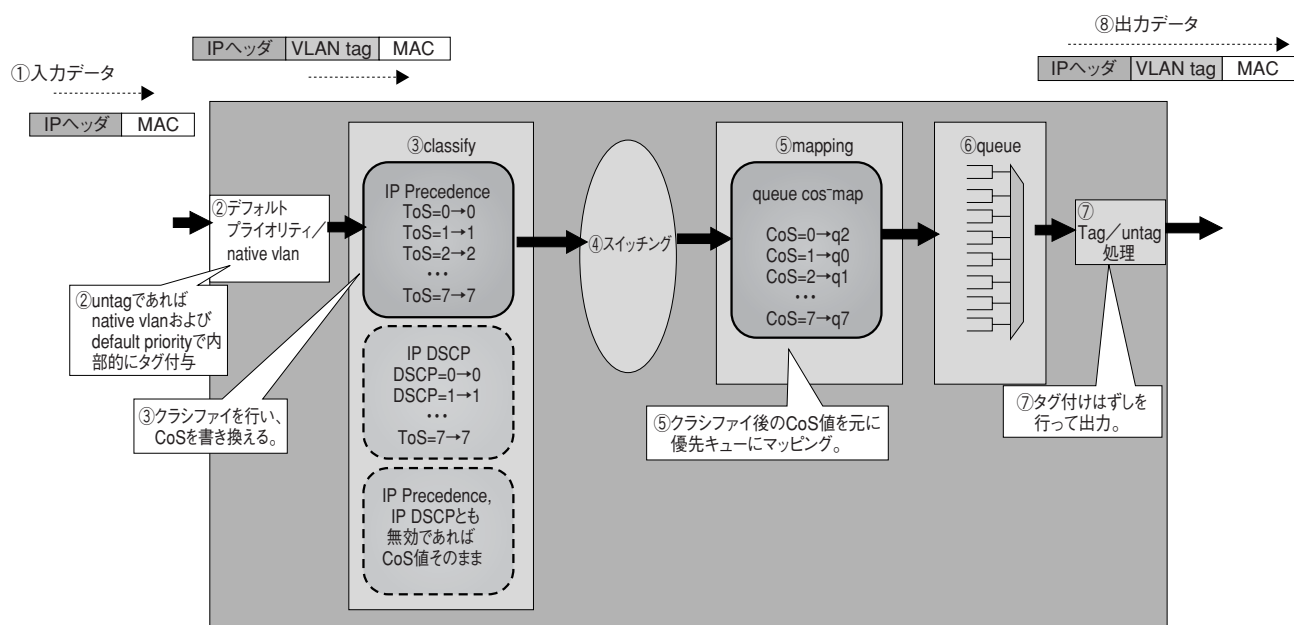


図6 QoSの仕組み

ネットワーク構築が可能である。

FASWに備えているQoS機能を以下に示す。

1) Strict Priority

優先度の高いキューの packets がすべて優先的に読み出される機能である。後続の優先度の低い packets は、優先度の高い packets の出力が終わるまで出力されない。

2) WRR (Weighted Round Robin)

各キューを重み付けし、その重み付けした比率により各キューから読み出される、重み付けラウンドロビンによる優先制御方式である。

3) デフォルトプライオリティ機能

VLANタグを持たない packets (アンタグ packets) については、ポートベース VLAN 機能によりタグ処理がなされるが、本機能を用いることで、アンタグ packets へのタグ付与時に付加されるプライオリティビットを任意の値に決定できる。したがって、アンタグ packets についても優先制御の対象にすることができる。

4) HOL ブロッキング防止

各ポート内の packets バッファの先頭に、出力されない packets が存在すると、後続の packets も出力されない現象 (Hold of Line Blocking 現象) を回避する。

5) 優先制御キー

優先制御のキーとして、VLAN タグのユーザ

ープライオリティ値だけでなく、IP Precedence や DSCP をキーとすることができる。これら 3 種類のいずれかで FASW は優先制御を行う。

- ① 802.1p based CoS : 802.1p で規定している VLAN タグ内のユーザプライオリティ値から CoS 値を決定する。
- ② Ipv4 ToS based CoS : Ipv4 フレーム内の IP Precedence 値から CoS 値を決定する。
- ③ DSCP based CoS : Ipv4 / v6 フレーム内の DSCP 値から CoS 値を決定する。

3.3.6 ストーム制御

ブロードキャスト packets およびマルチキャスト packets の流入量をポートごとに一定間隔で監視を行う。ブロードキャスト packets または、マルチキャスト packets があらかじめ設定された閾値を超えたときは、Trap / Syslog により運用者へ通知を行い、帯域消費状況をリアルタイムに監視することが可能である。

また、ストームによって帯域が完全に消費されないように、あらかじめ設定された帯域幅以上のブロードキャスト packets, マルチキャスト packets を流さないようにする帯域制限機能も備えている。

FASW ではブロードキャスト packets およびマルチキャスト packets を対象にその流入量監視し、その流入量が閾値に達した場合、帯域制御機

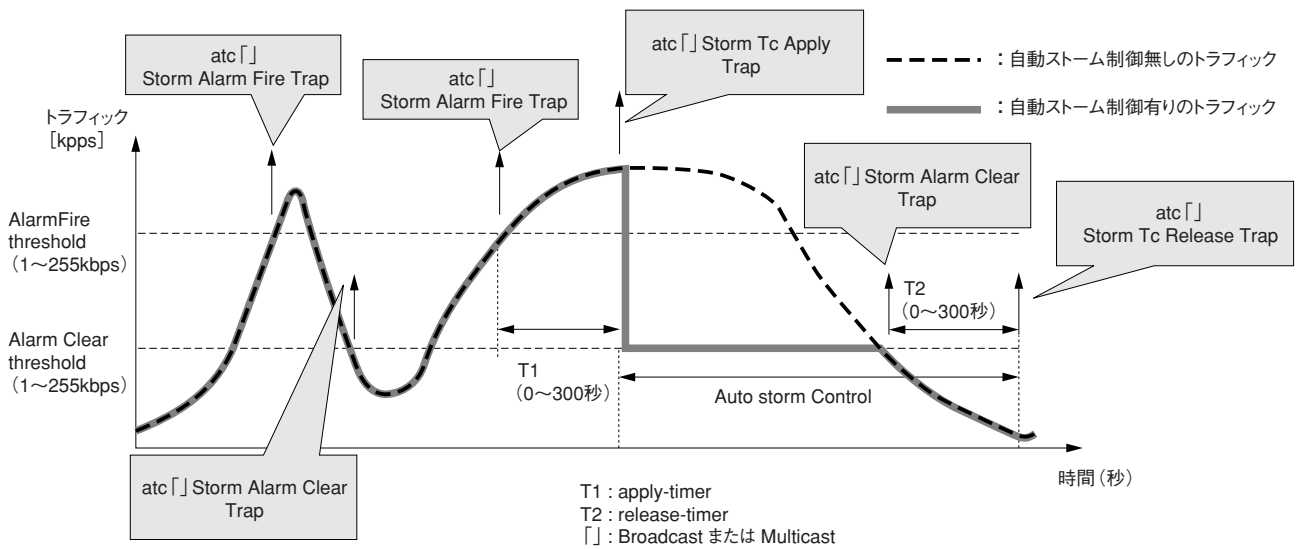


図7 自動ストーム制御の動作概要

能を自動的に有効できる機能を搭載した。

すなわち、ブロードキャストパケットおよびマルチキャストパケットが発生した場合でも完全に帯域を消費することなく、ネットワークストームによる影響を最小限に止めることができる。

また、ブロードキャストパケット、マルチキャストパケットを対象にその流入量が閾値を下回ると、帯域制限機能を自動的に解除して本来の帯域幅に戻す機能も搭載している。

一方で、閾値を下回っても帯域制御機能を自動的に解除せず、ネットワークストームの原因を確認したあとに、管理者の操作によって帯域制限機能を解除することも可能であり、通信事業者の運用環境に応じて柔軟に対応できるようにした。

図7に自動ストーム制御の動作概要を示す。

3.4 主要諸元

表1にFASWの主要諸元を示す。

4. む す び

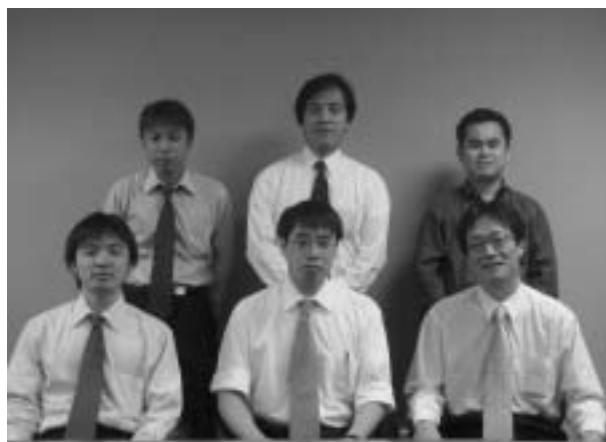
本稿では、専用線サービス、携帯電話網やFTTHサービスにおけるアクセスネットワークに配置されるレイヤー2スイッチ：FASWについて紹介した。

今後のFTTHサービスでは、拡張用のオプションカードとしGE-PON等のメニューの充実を図りたい。また、特定ポートに対する制限やマルチキャストに対する制御やネットワークの保護を行うポートシャットダウン機能などを提供し、保守性や利便

表1 FASW主要諸元

項目	仕様	
主信号インターフェース	10/100BASE-TX×24ポート 1000BASE-T×2ポート 1000BASE-SX/ LX(SFP)×2ポート	
保守インターフェース	アウトバンド監視ポート:10/ 100BASE-TX, 1回線, RJ-45 コンソールポート:RS-232C, 1回線(RJ-45コネクタ)	
オプション ボード	スロット数:2 MC-IF盤	
スイッチ機能	フレーム 中継機能	TTC TS-1000準拠×1ポート, SCコネクタシングル モード光ファイバー
	VLAN機能	MACアドレス学習(最大16K), ポートミラーリング, リンクアグリゲーション
	マルチキャスト機能 ネットワーク経路	ポートVLAN, タグVLAN, プライベートVLAN, 多重タグVLAN(Q-in-Q) IGMPスヌーピングv1/v2 STP, RSTP, MSTP
	QoS機能	802.1p CoS/DSCP/ToS による優先制御,帯域制限
ストーム制御	ストーム自動制御機能,ブロード キャスト/マルチキャスト制限	
保守機能	TelnetによるCLI制御, SNMP(v1/v2c), Syslog	
外形寸法(mm)	430(W)×255(D)×66.6(H) *突起部含まず	
質量	5kg以下	
動作環境(温度/湿度)	温度:0~40℃, 湿度:20~80% (ただし結露なきこと)	
電源/消費電力	DC-48Vタイプ:DC-40V~DC-56V AC100Vタイプ:AC90V~AC110V	
消費電力	60W以下	

性など信頼性の高いL2スイッチへと発展させていきたい。



[開発者] 前列左から、松山、大野、菊地、
後列左から、丸橋、清水、金子

