

CATV 向け公平帯域制御装置 PureFlow FS10-CATV の開発

Development of FairShare PureFlow FS10-CATV for CATV Network

明戸正人 Masato Aketo, 関水宗樹 Muneki Sekimizu, 三枝 淳 Atsushi Saegusa, 山口貴宏 Takahiro Yamaguchi

[要 旨]	CATV ネットワーク向けに公平帯域制御装置 PureFlow FS10-CATV を開発した。CATV インターネット内の収容機器との協調動作を行うことで、加入者間のトラフィックの偏り(不公平)を回避し、加入者ごとの最低帯域保証を可能とする。また、ユーザトラフィックをリアルタイムで把握し、動的に制御することで回線帯域を無駄なく使用できるとともに、上位 WAN 回線へのアップリンク帯域制限などのトラフィックコントロールを最適に行うこともできる。さらに、優先制御機能と連携させることにより、IP 電話などの有料サービスを安定して提供することを可能とする。
[Summary]	Anritsu has developed the FairShare PureFlow FS10-CATV for CATV networks. It prevents unbalanced traffic between CATV subscribers, and guarantees minimum bandwidth by working in conjunction with network equipment. It determines user traffic in real time, allocates bandwidth dynamically to prevent wasted bandwidth, performs traffic control, limits uplink bandwidth, and controls priority to assure stable network conditions required by paid services, such as VoIP, Video over IP, VoD, etc.

1 まえがき

近年のブロードバンドインターネット接続サービスの進展に伴い、P2P(Peer to Peer)アプリケーションやコンテンツ配信サービス(音楽/映像等のファイルダウンロードサービス、ストリーミング配信サービス)などの大容量・広帯域通信が浸透、急拡大しており、加入者増だけでなく、加入者あたりの伝送トラフィック量が急増している。

また、特定の加入者が P2P などの大量のトラフィックを消費するアプリケーションを利用することにより回線の帯域を多く占有してしまうと、そのほかの加入者が利用できる回線帯域が不足して、加入者間のトラフィックの偏り(不公平)が発生する。

インターネットサービス事業者においては、このような加入者ニーズに応えるべく通信設備の継続的な増強が必要とされている。特に、CATV(Cable Television)事業者においては、現行設備における帯域占有問題や回線輻輳問題の解決と効率的な加入者収容、さらには次世代 CMTS(Cable Modem Termination System)への対応などの必要性が高まっている。

こうした背景のもと、現行のフェアシェア PureFlow FS10 に対して、CATV インターネット環境への親和性・適合性を高めたフェアシェア PureFlow FS10-CATV を開発した。本装置は、帯域占有問題や回線輻輳問題を解決する加入者グループ帯域管理機能や加入者収入に見合った上位 WAN 回線費用を実現するアップリンク帯域管理機能などを追加し、CATV 事業者が抱える問題の解決や経営効率化を実現できる装置である。

図 1 に PureFlow FS10-CATV の外観を示す。



図 1 PureFlow FS10-CATV の外観
External view of PureFlow FS10-CATV

2 開発方針

本装置の開発に当たっては、CATV 事業者および加入者の利便性向上を基本方針として、下記の点を考慮した。

- (1) RF(Radio Frequency)ポートごとの自動公平制御
- (2) 階層化トラフィックコントロール
- (3) 株分け通知機能
- (4) VoIP(Voice over IP)/UDP(User Datagram Protocol)優先制御
- (5) 回線冗長
- (6) 拡張性

以下に、各項目ごとに説明する。

2.1 RF ポートごとの自動公平制御

CATV インターネット環境におけるトラフィックの最大のボトルネックは、CMTSの RF ポートにおける輻輳である。この点に着目してインターネット利用ユーザの利便性向上に高い効果を発揮できるよう、RF ポートごとに公平制御を行うこととする。

また、CATV 事業者の運用コスト削減のために、CMTSと協調動

作を行うことのできるオートコンフィグ機能を実装し、公平制御に必要な設定を自動で行うこととする。これにより、CMTS 構成、加入者収容状況の変更やインターネットサービスにおける DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) 環境においても、動的かつ最適なトラフィックコントロールを行うことができ、設定変更作業をなくすことができる。

さらに、CATV 事業者がさまざまなインターネットサービス品目を提供することができ、それに対する加入者の満足度が得られるように、料金体系やサービス品目に応じた最低帯域保証も可能にする。

図 2 に PureFlow FS10-CATV を設置した CATV インターネット環境の例を示す。

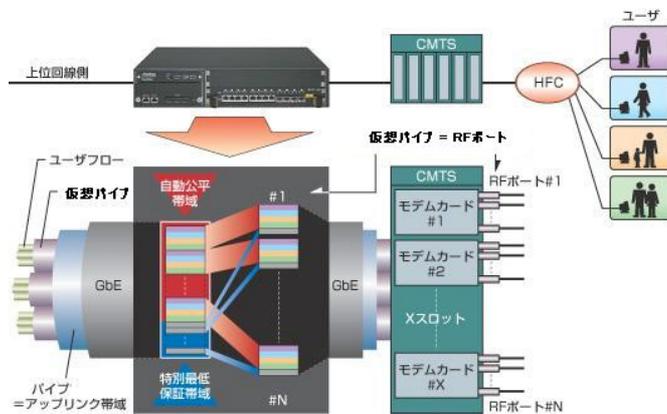


図 2 CATV インターネット環境上の位置づけ
Location in CATV network

図 3 に公平制御のイメージを示す。

2.2 階層化トラフィックコントロール

CATV インターネット環境における上位 WAN 回線帯域、CMTS の RF ポートごとの RF ポート帯域、ユーザトラフィックごとのユーザ帯域など、複数の帯域を同時にコントロールするために、階層化トラフィックコントロールを実装する。この機能により、CMTS の RF ポー

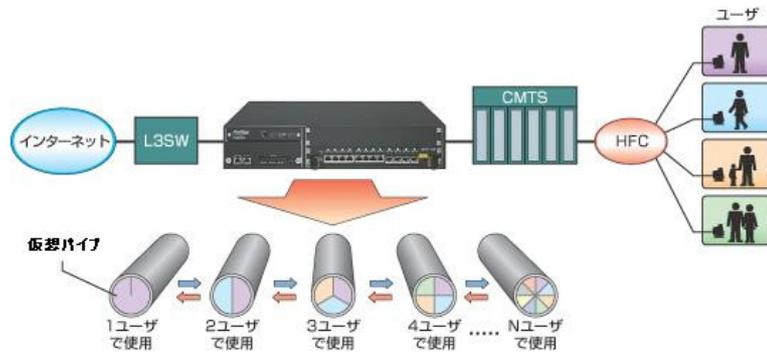


図 3 公平制御のイメージ
FairShare control

トごとで発生するユーザ間のトラフィックの偏りを回避すると同時に、上位 WAN 回線のアップリンク帯域を制御することができる。

階層化トラフィックコントロールは、帯域管理グループとして上位 WAN 回線帯域を管理するパイプ、RF ポート帯域を管理する仮想パイプ、ユーザ帯域を管理するユーザフローを定義することで 3 階層のトラフィックコントロールを実現し、CATV インターネット環境に最適なトラフィックコントロールを提供する。

図 4 に階層化トラフィックコントロールのイメージを示す。

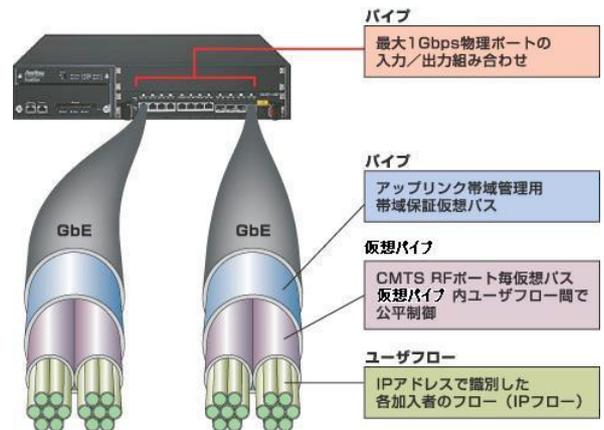


図 4 階層化トラフィックコントロールイメージ
Hierarchy traffic control

2.3 株分け通知機能

CATV 事業者がトラフィック量の多い RF ポートからトラフィック量の少ない RF ポートへ加入者のケーブルモデムの収容換え (株分け) を行うタイミングを適切に把握するための機能を実装する。

2.4 VoIP/UDP 優先制御

昨今のインターネットサービスは、IP 電話サービスを付加価値として提供し、ARPU (Average Revenue Per User: 1 加入者あたりの収益) のアップを図ることが、CATV 事業の基本となっている。これらのサービスのサービス品質を向上させるため、VoIP/UDP パ

ケットを優先して転送する機能を実装し、CATV 事業者が安定したサービスを提供できるようにする。

2.5 回線冗長

サービスダウンタイムゼロを目指した Link Aggregation や Equal-Cost Multi-Path (ECMP) などの回線冗長の環境においてもトラフィックコントロールができるよう、複数の回線をひとつの帯域管理グループとしてトラフィックコントロールする。

2.6 拡張性

CATV のインターネットサービスは、FTTH などの他のインターネットサービスに対抗するために、Wideband DOCSIS や DOCSIS3.0 などの高速／広帯域サービスなどを予定している。本装置は、これらの規格においても対応予定とする。また、次世代ネットワークへの導入も考慮し、IPv6 パケットも識別・制御可能とした設計を行うこととする。

3 構成

本装置のブロック図を図 5 に示す。

本装置は、19 インチラック搭載型で、パケット処理ユニット、ラインカード、マネジメントユニット、電源ユニットから構成される。1 スロットにラインカードとパケット処理ユニットを実装し、装置全体として、高さ 2U の省スペースで 1GbE を 2 回線収容可能とした。

3.1 パケット処理ユニット

パケット処理ユニットはパケット処理エンジンと帯域制御エンジンを有する。パケット処理エンジンは、主にユーザフローの分類とユーザフローのトラフィックコントロールを行う。帯域制御エンジンは、仮想パイプ／パイプのトラフィックコントロールを行う。

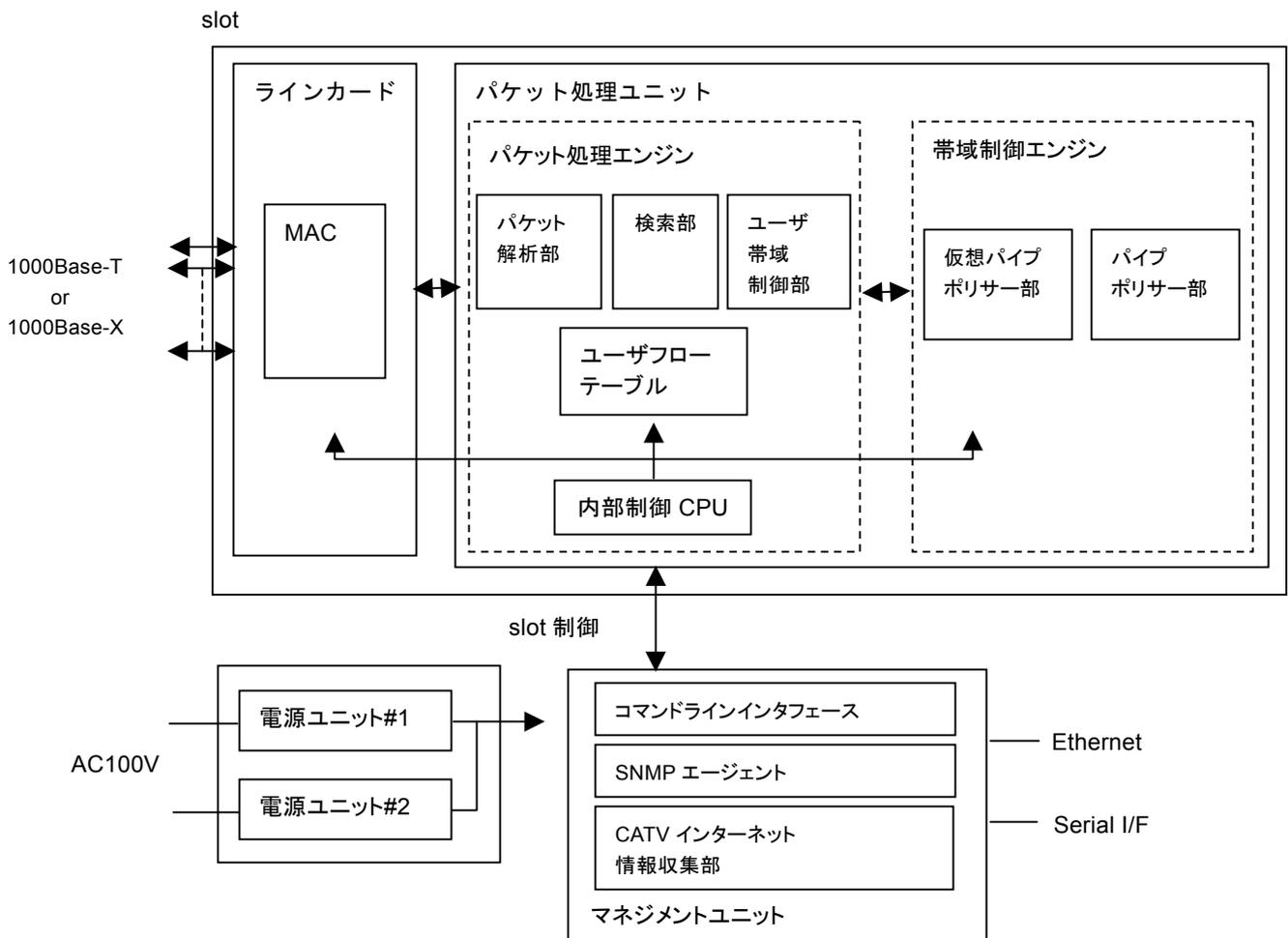


図 5 ブロック図
Block diagram

(1) パケット処理エンジン

パケット処理エンジンは、下記3つのブロックを持ち、IPパケット解析、ユーザフローのトラフィックコントロールを行う。

- ・パケット解析部
- ・検索部
- ・ユーザ帯域制御部

(a) パケット解析部

パケット解析部は、受信したパケットのヘッダ情報を解析する。以下の識別情報を抽出し、ユーザフローテーブル検索用のキー情報を作成する。

- ・受信物理ポート番号
- ・L3ヘッダ情報(宛先IPアドレス/送信元IPアドレス)

(b) 検索部

パケット解析部で抽出したキー情報を使用してユーザフローテーブルの検索を行う。

ユーザフローテーブルの登録、管理は内部制御CPUで行う。また、帯域制御エンジンのパイプ/仮想パイプ情報との関連付けをユーザフローテーブルに登録する。

(c) ユーザ帯域制御部

ユーザフローテーブルに設定されたユーザ帯域と、ユーザトラフィックの使用帯域を監視し、帯域制御エンジンにパケットを転送する。パケット処理エンジンにおける、主なトラフィックコントロールパラメータを以下に列挙する。

- ・ユーザ帯域(最低帯域)
- ・許容バーストサイズ

(2) 帯域制御エンジン

帯域制御エンジンは、仮想パイプ/パイプの帯域制御を行うためのポリサー部を有する。帯域制御エンジンにおける、主なトラフィックコントロールパラメータを以下に列挙する。

- ・仮想パイプ最大帯域/パイプ最大帯域
- ・出力バーストサイズ

3.2 ラインカード

ラインカードは、1000BASE-Xの光インタフェースを4ポート、1000BASE-Tの電気インタフェースを8ポート有するタイプを用意した。また、光と電気のインタフェースは、接続する機器に柔軟に対応するため、メディアコンバータとして使用することも可能とした。

3.3 マネジメントユニット

マネジメントユニットは、設定情報、統計情報、装置ステータスを管理するためのユーザインタフェースを提供する。

シリアルコンソールとTELNET(コンピュータ遠隔操作の標準方式)によるコマンドラインインタフェース、SNMP(Simple Network Management System)エージェント、SYSLOG(システムメッセージの転送・記録システム)によるネットワーク監視インタフェースを有する。

また、オートコンフィグ機能によるCATVインターネット情報収集部も有する。

3.4 電源ユニット

24時間運用と信頼性確保のため、2重化冗長構成を採用し、障害発生時の活線挿抜を可能とした。

4 設計の要点

設計の要点を以下に述べる。

4.1 RFポートごとの自動公平制御の対応

加入者間のトラフィックの偏り(不公平)を解決するためには、各ユーザに対して最低帯域を確保することが必要である。従来の帯域制御装置のようなP2P狙い撃ちによる帯域削減では新種P2Pへの継続的な対応や、通常保守費用以外の高価なソフトウェア更新/メンテナンス費用が必要となる。さらに、帯域削減を行う方式のため、余剰帯域があっても使用できず、加入者への利便性を大きく損ねる。

そのため本装置は、独自の公平制御アルゴリズムを開発し、ユーザトラフィックをリアルタイムで把握し、ユーザに対する割り当て帯域を公平分配しつつ、回線帯域を無駄なく使用することを可能とした。

図6に公平制御方式を示す。

また、CATVインターネット環境では、定期的なCMTSのRFポート増設や加入者の追加/削除/サービス品目変更などの運用サービス変更が行われ、さらにはDHCP環境により、ユーザのIPアドレスも変化するため、ネットワーク管理者が公平制御を行うための設定を静的に行うことは不可能である。本装置は、このように変化するCATVインターネット環境でも、動的かつ最適なトラフィックコントロールを行うために、オートコンフィグ機能を実装した。オートコンフィグ機能によりCATVインターネット情報を収集することで、RFポートごとの自動公平制御を行うことを可能とした。

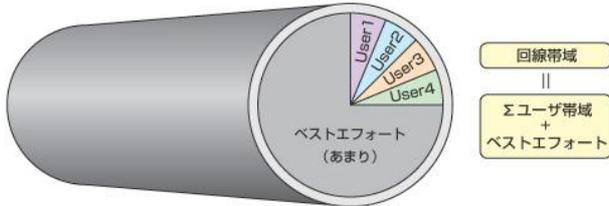
さらに、単純なユーザ数による公平分配のみではなく、各ユーザ

に対するサービス品目の帯域比率により最低帯域を自動で割り当てることも可能とした。

これにより、加入者間の不公平を回避するとともに、CATV 事業者における運用コストの大幅な削減を可能とした。

従来の帯域制御方式

回線帯域の中で各ユーザ毎に指定の帯域を加えていく方式



PureFlow® FS10 CATVの公平制御方式

ユーザ数で回線帯域を分割し、帯域をダイナミックに割り当てる方式

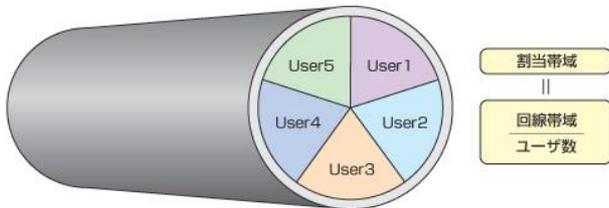


図 6 公平制御方式

FairShare control method

4.2 階層化トラフィックコントロールの対応

パケット処理エンジンおよび帯域制御エンジンに対し、パイプ／仮想パイプ、およびユーザフローの 3 つの帯域管理グループの概念を導入し、階層化トラフィックコントロールを実現した。

パケット処理エンジンは、公平制御によりユーザフローに割り当てたユーザ帯域(最低帯域)と、ユーザトラフィックの使用帯域を監視し、ユーザ最低帯域保証を行う。

帯域制御エンジンは、仮想パイプトラフィック／パイプトラフィックの使用帯域を監視し、パケット処理エンジンから転送されたパケットの出力可否を判断する。本装置は、帯域制御エンジンにポリシー処理を実装し、仮想パイプ／パイプのトラフィックコントロール(最大帯域制限)を実現した。

このように、パケット処理エンジンでのユーザ最低帯域保証、帯域制御エンジンでの仮想パイプ／パイプの最大帯域制限を行うことにより、階層的なトラフィックコントロールを実現した。

また、上位 WAN 回線費用を削減するために、パイプ最大帯域を仮想パイプ最大帯域の合計帯域よりも小さく設定した場合、各仮想パイプでユーザフローに割り当て可能な最低帯域を更新する必要がある。本装置は、仮想パイプ最大帯域の比率に従って、パイプ

最大帯域を各仮想パイプの最低帯域として公平に分配する機能を実装することにより、動的かつ最適なユーザ最低帯域保証と仮想パイプ／パイプの最大帯域制限のトラフィックコントロールも実現した。

図 7 に仮想パイプ最低帯域割り当ての例を示す。

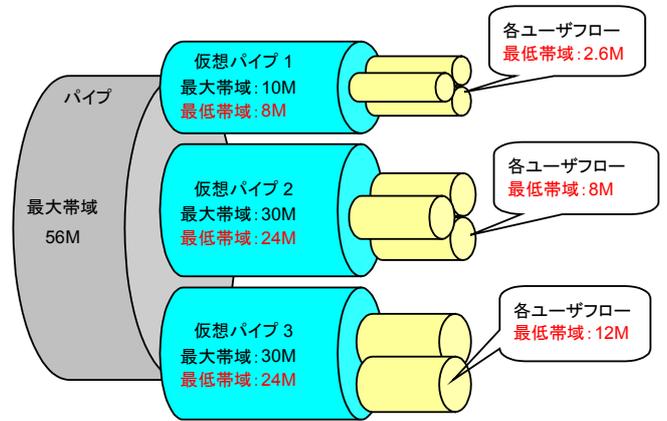


図 7 仮想パイプ最低帯域割り当て

Minimum bandwidth allocation of virtual pipe

4.3 株分け通知機能の対応

CATV インターネット環境の各トラフィック状況や輻輳発生状況などを可視化するために、パケット処理エンジンと帯域制御エンジンの帯域管理グループ(パイプ、仮想パイプ、ユーザフロー)ごとに統計情報を実装し、エンタープライズ MIB として出力することで、SNMP インタフェースによる既設のネットワークマネジメント環境で統合管理することを可能とした。主な統計情報を以下に列挙する。

- ・ カウンタ
- ・ 平均トラフィック量(10 分, 1 時間, 1 日, 1 週間)
- ・ ユーザ数
- ・ 平均ユーザ数(10 分, 1 時間, 1 日, 1 週間)

また、統計情報のしきい値設定によるアラーム機能を実装し、輻輳などの異常状態の検出を SNMP Trap/Syslog イベントにより出力することを可能とした。主なアラーム機能を以下に列挙する。

- ・ 平均トラフィック量アラーム
- ・ 最大公平制御ユーザ数アラーム
- ・ ユーザ failaction アラーム

さらに、コマンドラインインタフェースによる統計情報のソート機能(上位/下位)を実装し、収容余裕のある RF ポートやヘビーユーザの特定も可能とした。

本装置は、上記の統計情報/アラーム機能/ソート機能により、CMTS の加入者収容状況や CM の株分け情報(輻輳 RF ポート, 収容余裕のある RF ポート, 株分け対象 CM)などを通知することを

可能とした。これにより、CATV 事業者における効率的な設備収容と加入者へのサービス品質向上を可能とした。

4.4 VoIP/UDP 優先制御の対応

IP電話サービスなどの有料サービストラフィックにおいて、音声の途絶を防止し通信品質を確保するには、ネットワークでのパケットロスやパケット遅延を防止する必要がある。

本装置は、パケット処理エンジンにおいて、ユーザパケットのプロトコル解析処理を行い、UDP パケットの RTP ヘッダ情報を自動認識し、VoIP/UDP パケットを公平制御により割り当てたユーザ最低帯域内で優先して転送することを可能とした。

4.5 回線冗長の対応

既存ネットワーク環境で回線冗長 (Link Aggregation や ECMP など) されている場合を考慮し、複数の回線をひとつの帯域管理グループでトラフィックコントロールすることを可能とした。

本装置は、パケット処理エンジンにおいて、ユーザフローの受信物理ポート番号を任意として扱い、L3ヘッダ情報の宛先 IP アドレス、または送信元 IP アドレスのみによりユーザフローを特定することで、複数の受信ポートから受信したパケットを同じユーザフローとして認識し、同じ仮想パイプ/パイプでのトラフィックコントロールを実現した。

図 8 に回線冗長に対応したトラフィックコントロールのイメージを示す。

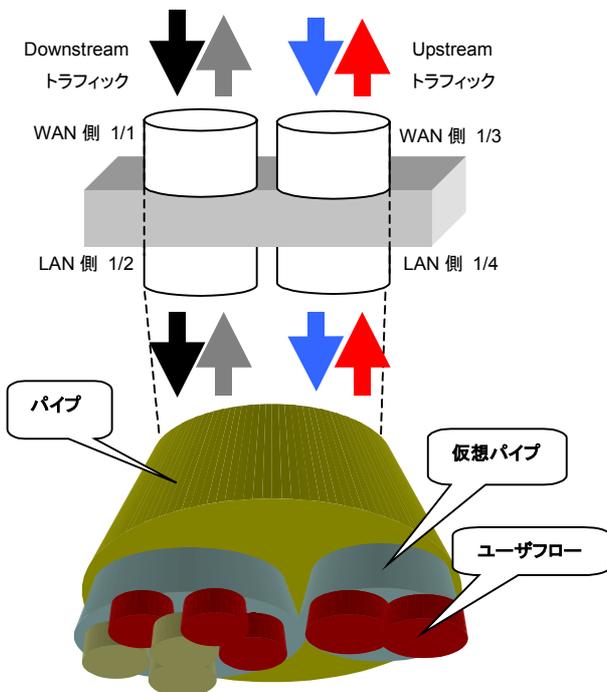


図 8 回線冗長トラフィックコントロールイメージ
Traffic control for line redundancy

4.6 拡張性の対応

Wideband DOCSIS/DOCSIS 3.0 や IPv6 パケットへの対応時に、ハードウェアの変更なしで実現可能なモジュール構成とした。そのため、パケット処理エンジンは、複数の専用のプロセッサコアを搭載したプログラム可能な LSI で実現した。

5 公平制御の実施例

図 9 に公平制御前のユーザトラフィック、図 10 に公平制御後のユーザトラフィックのモニタグラフを示す。最大サービス品目 30 Mbit/s のダウンストリーム RF ポートに 4 ユーザが収容され、IP アドレス 131.248.1.8 のユーザが回線帯域の 43.7% を占有し、ユーザ間の不公平が発生していた。このユーザトラフィックの偏りを、本装置の仮想パイプ (32 Mbit/s) で公平制御を行うと、各ユーザに対して 8 Mbit/s のユーザ帯域 (最低帯域) を割り当て、ユーザ間の不公平を解消することができた。

6 機能

表 1 に本装置の規格を示す。

7 むすび

今後、CATV インターネット環境では、FTTH などの他のインターネットサービスに対抗するために、WideBand DOCSIS/DOCSIS3.0 などの高速/広帯域サービスの実現が進み、ユーザ間でのさらなる回線トラフィックの偏り (不公平) が発生してしまう可能性があると考えられる。今後も、これらの高速/広帯域サービスや次世代ネットワークの IPv6 にも対応し、より使いやすく、CATV インターネット環境に特化した装置を提供できるよう顧客ニーズにマッチした製品の開発を行っていききたい。

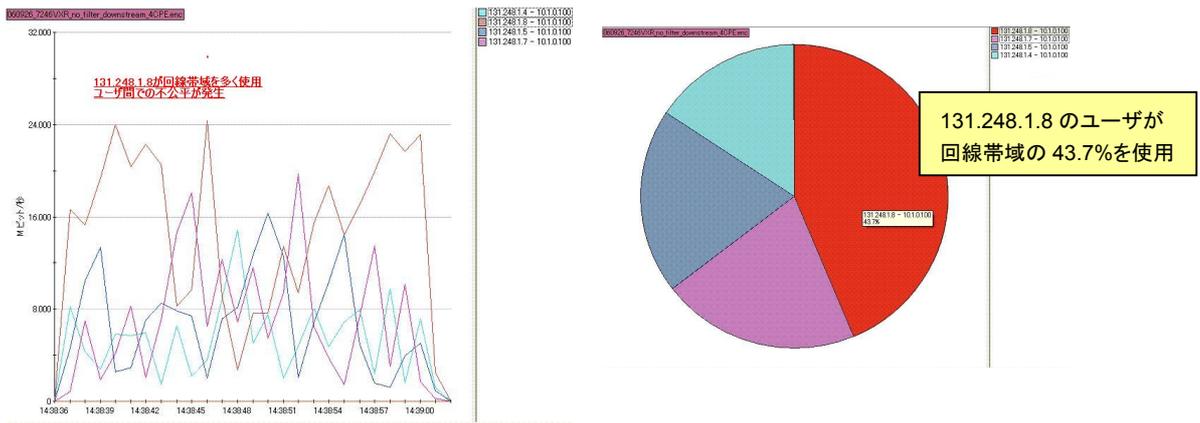


図9 公平制御前のユーザトラフィック波形

Monitoring user traffic 1

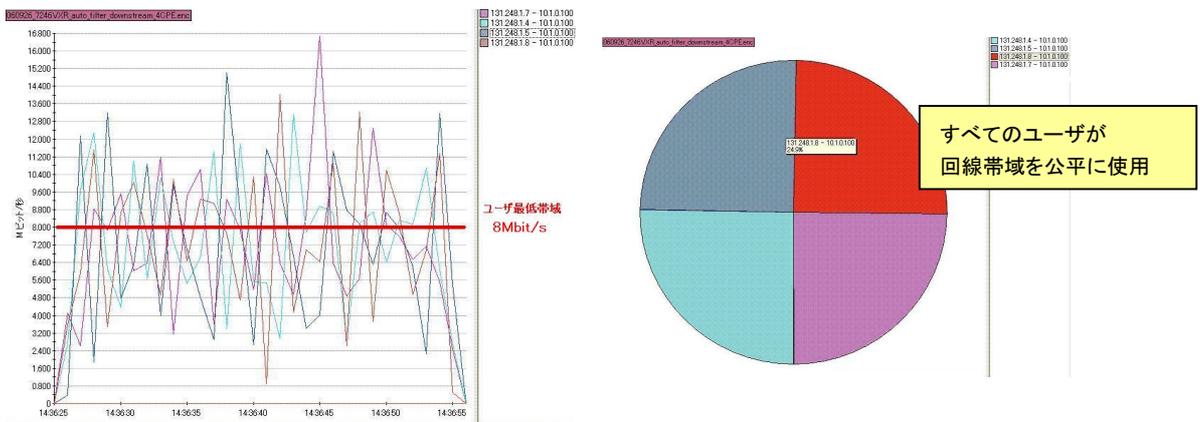


図10 公平制御後のユーザトラフィック波形

Monitoring user traffic 2

参考文献

- 1) 茂木, 関水:
“ストリームシェーパPureFlow SS10 の開発”, アンリツテクニカル
82号, (Mar. 2006)
- 2) 瀧山, 安齋, 西:
“高精度トラフィックシェーパPureFlow GS1 の開発”, アンリツテク
ニカル 83号, (Sep. 2006)

執筆者



明戸 正人
IP ネットワーク事業推進部
第1プロジェクトチーム



関水 宗樹
アンリツネットワークス株式会社
システム開発センター
第1開発部



三枝 淳
IP ネットワーク事業推進部
第1プロジェクトチーム



山口 貴宏
IP ネットワーク事業推進部
第1プロジェクトチーム

表 1 規格
Specifications

項目		仕様	
インタフェース	帯域制御ポート	ラインカードスロット数	1
		ポート数	MU071002B: GbE/8T+4SFP ラインカード 1000BASE-T ×8ポート 1000BASE-X(SFPポート) ×4ポート 最大任意の4ポートを使用可能
		回線数	最大2回線, 1回線標準, オプションで1回線追加可能
		対応 SFP	1000BASE-SX(SMF, 最大 550 m, LC コネクタ) 1000BASE-LX(SMF, 最大 10 km, LC コネクタ) 1000BASE-LE(SMF, 最大 40 km, LC コネクタ) 1000BASE-LR(DSF, 最大 80 km, LC コネクタ)
	コンソールポート	RS232C(RJ45), RJ45-DB9 変換ケーブル付属	
	PC カードスロット	Type II, ATA 規格準拠	
	マネージメントポート	100BASE-TX	
帯域制御	パイプ	収容可能数	4(パイプごとに2)
		帯域設定範囲	1.2 Mbit/s~1 Gbit/s(回線冗長対応時は最大 2 Gbit/s)
	仮想パイプ	収容可能数	最大 600 個
		帯域設定範囲	1.2 Mbit/s~1 Gbit/s
	ユーザフロー	最大認識フロー数	装置最大 100,000 IP フロー
		最大トラフィック制御フロー数	装置最大 64,000 IP フロー
		最大同時公平制御フロー数	装置最大 56,000 IP フロー
		最大帯域	1.2 Mbit/s~1 Gbit/s (=仮想パイプ帯域設定値)
		自動公平最低保証帯域設定範囲	10 kbit/s~100 Mbit/s
		特別最低保証帯域利用可能フロー数	装置最大 8,000 IP フロー
		特別最低保証帯域設定範囲	10 kbit/s~100 Mbit/s
	ユーザフロー識別	IP アドレス(IPv4)	
	DOCSIS 対応	DOCSIS1.0/1.1/2.0 (WideBandDOCSIS/DOCSIS3.0 対応予定)	
	優先制御	IP 電話優先(G.711 μ/aLow, G.722, G.723, G.728, G729), UDP 優先	
重み付け	1倍~781倍(サービス速度品目設定の直接入力, 128 kbit/s~100 Mbit/s)		
アクション	帯域制御, ベストエフォート, 廃棄		
冗長化	電源冗長	2モジュール実装可能, ホットスワップ, ロードシェアリング	
	回線冗長	LinkAggregation 環境対応(MAC ベース, IP ベース), ECMP 環境対応	
	回線バイパス	外付け推奨品(別売)	
	装置冗長	ホットスタンバイ	
管理	設定	手動	コンソール/telnet による CLI
		自動	オートコンフィグ機能 最大同時自動設定 CMTS 数: 10 台
	出力	コンソール/telnet による CLI, SYSLOG, SNMP(v1/v2c/v3, EnterpriseMIB)	
	モニタリング	SNMP マネージャ(MRTG 等)による EnterpriseMIB 表示	
電源		90~110VAC, 50/60 Hz ±1 Hz, 最大 200VA(電源二重化時)	
環境条件	動作温度	0~50℃	
	動作湿度	20~80%RH(結露なきこと)	
寸法		434(W)×452(D)×88.9(H) mm	
重量		最大 13 kg(電源二重化時)	