

QoS 機能を実装したケーブルモデム PCX1100

PCX1100 Cable Modem Supporting QoS Functions

内野 雅司
UCHINO Masashi

古田 徹郎
FURUTA Tetsuro

近年のインターネットの急速な発展・普及により、家庭への高速・広帯域通信ネットワークの必要性が急速に高まってきた。その手段の一つとして、従来のCATV網を高速な双方向データ通信ネットワークとして活用することが、米国を中心に進んでいる。このため、米国CableLabs[®](注1)は、1997年末にこの双方向ネットワークの通信プロトコルをDOCSIS(Data-Over-Cable Service Interface Specification)として標準化した⁽¹⁾。

当社は、これに業界トップで対応し“ケーブルモデム”を開発、製品化した。この実績を基に、DOCSISの最新規格であるDOCSIS 1.1仕様に対応し、各種QoS(Quality of Service: 通信品質)機能を取り込んだケーブルモデムPCX1100を開発した。

In recent years, demand for a high-speed, wideband network to the home has increased rapidly with the expansion of the Internet. Use of the cable television (CATV) network is an excellent solution to provide a high-speed, bidirectional network to the home. For this reason, CableLabs[®] standardized the Data-Over-Cable Service Interface Specification (DOCSIS) communication protocol for the CATV network at the end of 1997.

Toshiba was the first vendor to develop a cable modem product for the CATV market. This time we have developed the new PCX1100 cable modem, which supports quality of service (QoS) functions corresponding to the latest DOCSIS 1.1 specification.

1 まえがき

近年のインターネットの急速な拡大に対応し、家庭に対する通信インフラも、従来の電話網やISDNを使った9.6～128 kbps程度の通信ネットワークから、Mbpsをターゲットとした高速・広帯域ネットワークが求められるようになってきた。

これを実現するネットワークとして、従来のCATV(有線テレビ)センターから家庭への一方映像配信で使用されていたCATV網を双方向化するとともに、CATVセンターと家庭間に高速なTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)通信を実現する技術を使った双方向データ通信やシステムが、米国を先頭に普及してきた。米国のCableLabs[®]は、97年末にこの双方向ネットワークの通信プロトコルをDOCSISとして標準化した。当社は、このDOCSIS仕様に準拠した家庭に設置するケーブルモデムPCX1000を開発、製品化し市場に投入してきた。このDOCSIS 1.0は、インターネットなどの高速データ転送(通信)が主目的であったが、電話やビデオといったリアルタイム性を重視したアプリケーションに対応するために、QoS機能を追加したDOCSIS 1.1が策定された。当社は、いち早くDOCSIS 1.1に対応し、QoS機能を組み込んだPCX1100を開発した(図1)。

(注1) CableLabsは、Cable Television Laboratory, Inc.の登録商標。



図1 . ケーブルモデムPCX1100 DOCSIS 1.1に準拠し、QoSを実装している。
PCX1100 cable modem

以下に、ケーブルモデムシステムの概要とPCX1100の特長となるQoS機能について述べる。

2 ケーブルモデムシステムの概要

ケーブルモデムシステムは、双方向化されたCATV網の下りチャネル(CATVセンターから家庭方向)と上りチャネル

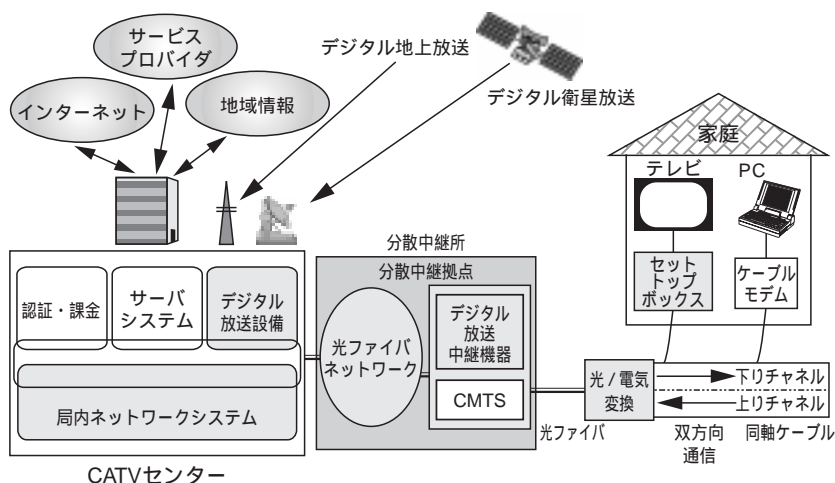


図2 . ケーブルモデムシステムの構成 双方向化されたCATV 網を利用したケーブルモデムシステムの全体構成を示す。
Configuration of cable modem system

(家庭からCATVセンター方向)を利用する。CATVセンターに設置されたCMTS(Cable Modem Termination System)と家庭に設置されたCM(Cable Modem)PCX1100がこのチャンネルを使い双方向通信を行う(図2)。

(4) その他上位層 SNMP(Simple Network Management Protocol), TFTP(Travel File-Transfer Protocol), DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)を実現する。

以上のプロトコル関係を図3 に示す。

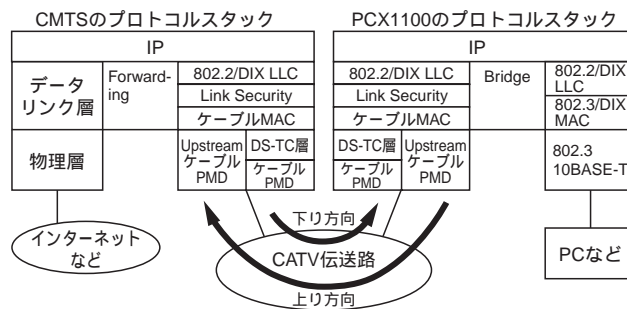
3 ケーブルモデムシステムのプロトコル

PCX1100 ,及びCMTSに実装されるDOCSIS プロトコルとQoS機能について ,以下に概要を述べる。

3.1 DOCSIS プロトコルの基本構成

- (1) 物理層 チャンネル(周波数)にデジタル変調技術を使用し,デジタル信号を乗せる。デジタル変調方式として下り方向64 QAM(Quadrature Amplitude Modulation)/256 QAM方式 ,上り方向16 QAM/QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)方式を実行する。また ,データリンク層からのMAC(Media Access Control)フレームをMPEG 2-TS(Moving Picture Experts Group 2-Transport Stream)フォーマットに変換する機能も持っている。これは ,CATV網において今後普及するMPEG 2デジタル放送とMPEG 2-TSフォーマットで共存できるように考慮されたためである。
- (2) データリンク層 Ethernet^(注2)のMAC層に類似し ,CMTS ,PCX1100間のMACフレーム転送制御を行う。このデータリンクは ,CMTSとPCX1100間のリンク制御である(PCX1100とPC間 ,CMTSと他ネットワークなどの間のデータリンクはそれぞれのネットワークインタフェース仕様による)。
- (3) ネットワーク層 TCP/IPをサポートし ,エンド・エンド間の転送制御を行う。また ,ICMP(Internet Control Message Protocol),ARP(Address Resolution Protocol)などを実現する。

(注2) Ethernetは ,富士ゼロックス(株)の商標。



Upstream : 上り方向
DS : DownStream(下り方向)
TC : Transmission Convergence
PMD : Physical Media Dependent sublayer
LLC : Logical Link Control
DIX : DEC, Intel, Xerox 3社の規定仕様

図3 . ケーブルモデムシステムのプロトコル構成 各種プロトコルの関係を示す。

Protocol stack of cable modem system

3.2 QoS 機能

今回開発したPCX1100は ,DOCSIS 1.1のパケット転送を効率的に行うための帯域確保(PHS ,Fragmentation ,Concatenation)や優先度付け転送による帯域制御(Service Flow)などを実装し ,QoS機能を実現している。主な四つのQoS機能を以下に説明する。

- (1) PHS(Payload Header Suppression) この機能は ,パケットのヘッダに変化のあるものだけ転送し ,ネットワーク上のトラフィックを軽減する。動作概念を図4に示す。

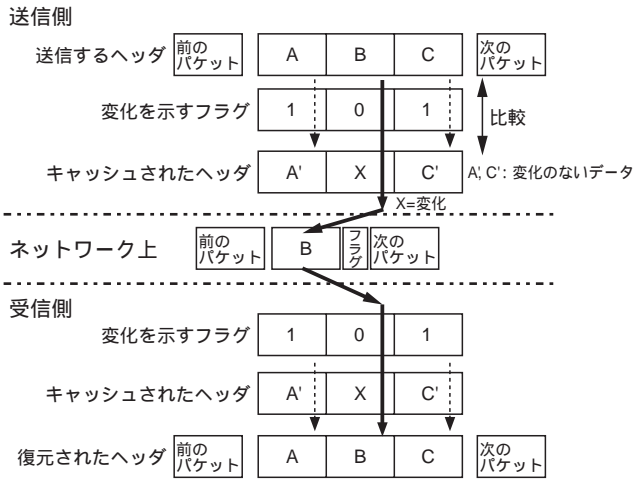


図4 . PHS機能の動作概念 パケットのヘッダに変化のあるものだけ転送し、ネットワーク上のトラフィックを軽減する。
Concept of PHS function

送信側と受信側は、あらかじめPHS機能を使うためのネゴシエーションを行い、その後送信側は、実際のヘッダとキャッシュされたヘッダと比較し、その変化があるものについてフラグを立てて、変化のあるヘッダとともに送る。受信側は、このフラグと送られたヘッダとキャッシュしているヘッダから元のヘッダを復元する。一例としてEthernetのMACヘッダ(14バイト)、IPヘッダ(20バイト)、UDP(User Datagram Protocol)ヘッダ(8バイト)の合計42バイトを2バイトまで軽減することができる。

- (2) Fragmentation この機能は、Voiceなどのリアルタイム性の強いデータの転送が、他のアプリケーション(例えば、フレームサイズを長くとしたファイル転送など)がデータを送ることによってリアルタイム性が妨げられないようにするものである。図5に示すように、送信側はデータ転送の長い1個のフレームを短い固定長のフレームに分解し、フレームの到着遅延や到着ゆらぎなどを考慮し、送出タイミングを制御しながら送出する。受信側は、分解されたフレームを元の packets に組み立てる。

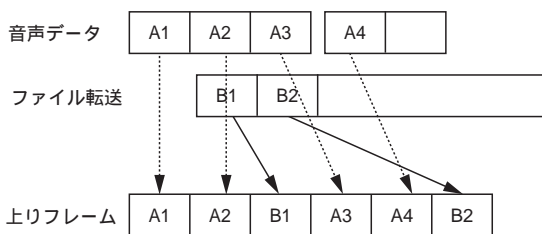


図5 . Fragmentationの動作例 音声データとファイル転送の同時転送例を示す。
Example of fragmentation

- (3) Concatenation この機能は、PCX1100とCMTS間のデータ転送で、データを別々のフレームで転送することによって発生するヘッダや付加情報のオーバヘッドを軽減するため、複数の小さいデータをまとめて一度のフレームで転送する機能である。ケーブルモデム配下に10BASE-Tで複数台のパソコン(PC)などが接続されている場合に有効である。

- (4) Service Flow制御 PCX1100とCMTSの間において、通信するデータの特性(遅延、ゆらぎ、保証スループットなど)に合わせてQoSサービスクラスを提供するが、このデータ通信の流れを“Service Flow”とし、これをQoSサービスクラスに従って制御を行う。このとき、通信するデータを特性に合わせて“Service Flow”にデータを渡す機能を、下り方向ではDownstream-Classiferが、上り方向ではUpstream-Classiferが行う。Classifierは、下り方向のService FlowにはフレームのヘッダにSFID(Service Flow Identifier)を付加し、上り方向のService FlowにはSID(Service Identifier)を付加する。これにより、図6に示すように複数のService Flowを割り当てることが可能で、例えば、PCX1100に接続されるPCなどの複数のアプリケーションごとに異なるQoSサービスを提供することができる。

更に、PCX1100からCMTSへの上りデータ転送制御においては、下記のようなデータの特性に応じた各種スケジューリングアルゴリズム(時間制御も考慮したデータ転送方式)があり、PCX1100はこれらを実装している。

- (a) VoIP(Voice over IP)などの固定長パケットを転送する場合に最適な方式(Unsolicited Grant Service)
(b) MPEG Videoといった可変パケットを転送する場合に最適な方式(Real-Time Polling Service)

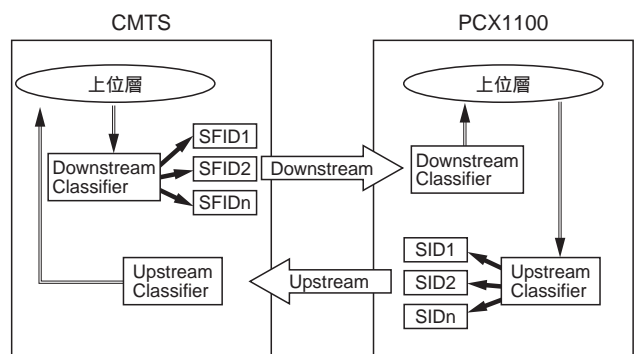


図6 . Service Flow, Classifierなどの関連 PCX1100とCMTS間のService Flow, Classifierなどの関連を示す。複数のService Flowを割り当てることができる。
Configuration of service flow and classifiers

- (c) VoIPで Silence Suppression(無音時圧縮)などを使用した場合に最適な方式(Unsolicited Grant Service with Activity Detection)
- (d) 大容量FTPなどの非リアルタイムな可変パケットの転送に最適な方式(Non-Real-Time Polling Service)
- (e) インターネットアクセスなど一般のデータ転送に最適な方式(Beset Effort Service)

このようなDOCSIS及びそのQoS制御によって、VoIPやVideo over IPなどが可能になり、PCX1100を利用することで、今後の様々なマルチメディアサービスに対応することができる。

4 PCX1100の構成

今回開発したPCX1100の機能ブロック(図7)について以下に述べる。

- (1) チューナ CATVセンターと家庭間のケーブルモデムで使用するデータ通信チャネルの選局を行う。ここでは、1GHzに及ぶ広帯域・高周波技術が必要であるが、周波数特性の優れたチューナを使用している。
- (2) PHY(PHYsical layer:物理層)処理部 3.1(1)項で述べた物理層の機能を実行する。ここでは、DSP(Digital Signal Processor)技術によりQAM変復調、QPSK変復調を行うが、低消費電力で実行可能なLSIを使用している。

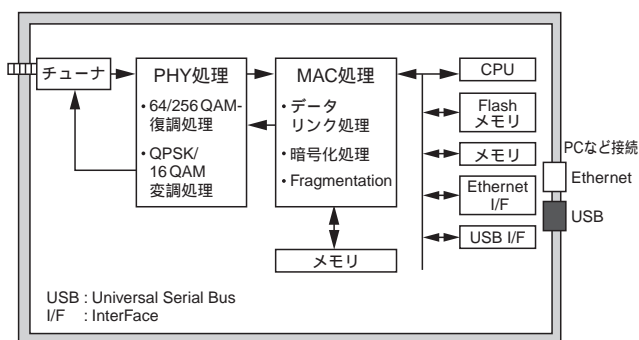


図7. PCX1100の機能ブロック 各機能ブロックとプロトコル処理を最適な構成で開発したことで、ケーブルモデム製品として、小型、低消費電力の製品とすることができた。

Function block of PCX1100

- (3) MAC処理部 3.1(2)項で述べたデータリンク層の機能を実現する。また、3.2(2)項で述べたQoS機能(Fragmentation)を実行する。

当社は、このMAC処理を専用ゲートアレーで開発し、製品化した。これにより高速処理と低消費電力を実現している。

- (4) CPU+ソフトウェア 3.1(3)(4)項で述べたネットワーク層以上の機能を実現する。また、3.2項で述べたQoS機能(例: PHS機能など)も実現している。CPU部分についても、低消費電力、高速処理可能なLSIを選定し使用している。

以上のような各機能ブロックとプロトコル処理を最適な構成で開発したことにより、ケーブルモデム製品として、小型、低消費電力の製品とすることができた。

5 あとがき

以上、今回開発したケーブルモデムPCX1100について概要を述べた。

PCX1100がサポートするDOCSIS 1.1については、米国CableLabs®において認定作業の準備が進んでいる。

ケーブルモデムPCX1100を使用することで、家庭にまで高速でQoS機能を持つネットワークを提供することができる。

当社では、標準仕様仕様にいち早く対応しながら、今後も様々な製品の開発と提供を進めていく所存である。

文 献

- (1) Cable Television Laboratories, Inc. "Data-Over-Cable Service Interface Specifications, Radio Frequency Interface Specification". 1999.



内野 雅司 UCHINO Masashi

デジタルメディアネットワーク社 コンピュータ・ネットワークプラットフォーム事業部 コンピュータ・ネットワークプラットフォーム商品企画担当主査。デジタルCATVネットワークシステムの商品企画、技術支援に従事。

Computer & Network Platform Div.



古田 徹郎 FURUTA Tetsuro

デジタルメディアネットワーク社 府中デジタルメディア工場 ネットワーク機器部主務。デジタルCATVネットワークシステムの設計・開発に従事。

Fuchu Operations - Digital Media Equipment