

CSMA/CD LAN による映像通信サービスの実現

田尻 哲男、 阪谷 徹、 秦泉寺 浩史、 西村 孝

NTTヒューマンインタフェース研究所

CSMA/CD LANに接続し、映像の実時間通信を行うLAN用映像音声通信装置を開発した。さらに、WS/PCと組み合わせ映像音声蓄積システムを実現するとともに、専用ゲートウェイを開発し、ISDNテレビ電話との相互通信を可能にした。LAN用映像音声通信装置はテレビ会議/電話用のH.261符号化方式により映像のビットレートを16~192 kbpsにするとともに、音声をG.728符号化方式により16 kbpsにし、TCP/IPプロトコルにより相互通信するものである。LANにより映像・音声のリアルタイム通信を実現するためにLANの通信状態により映像ビットレートを制御する輻輳制御とパケット廃棄時映像が乱れる時間を最小にする映像リフレッシュ機能をインプリメントした。

映像音声蓄積システムはWS/PCでLAN用映像音声通信装置の通信プロトコルをエミュレーションしてLAN用映像音声通信装置と通信を行い符号化された映像音声をLANを介して受信し、ハードディスクに蓄積するものである。本機能をWS/PCに実装することにより簡易なビデオメール、映像データベースが構築できる。

Video and Audio Communication System for CSMA/CD LAN

Tetsuo TAJIRI, Totu SAKATANI, Hiroshi JINZENJI and Takashi NISHIMURA

NTT Human Interface Laboratories

ABSTRACT This paper describes an audio-video tele-conference system and audio-video store-and-forward capabilities for 10 Mbps CSMA/CD LAN. This system consists of audio-video communication adaptor and work-station. This adaptor establishes connection by TCP protocol, and transmits audio and video data with 16-208 kbps. ITU-T Rec. H.261 and G.728 coding algorithms are used for coding/decoding video and audio respectively. This adaptor is fabricated in a box with 340mm(H) x 110mm(W) x 400mm(D).

The work-station has store-and-forward capabilities as application software. The work-station stores received audio-video packets in real-time, and transmits these packets to the adaptor for playback by emulating the adaptor's real-time communication protocol on TCP/IP.

1. まえがき

ISDN用テレビ電話／会議システムはITU-TSでの標準化により、徐々にオフィスに浸透している。これに伴い映像・音声による会議の有用性が認識されつつあり、更に気軽に利用するためにデスクトップ化が検討され、高度な利用を目的にマルチメディア化がすすめられている。デスクトップ化のためには装置の小形、経済化とともに、ネットワークの整備が必要である。既にワークステーション (WS)、パソコン (PC) 用として設置されているLANを共用することが出来れば新たなネットワークが構築が不要で、また同時に複数のデータチャネルをオープンすることが可能なため、マルチメディア化が容易に図れる。

筆者らは計算機用LANに接続しリアルタイム映像音声通信を行うPMCCを提案するとともに⁽¹⁾

⁽²⁾ ⁽³⁾、LAN用映像通信システムPMTC/LAN (Personal Multimedia Communication System for LAN) 試作によりLANでのリアルタイム通信を実現した

⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾。さらに、リアルタイム通信機能のみの本装置とWS/PCのアプリケーションプログラムにより映像音声蓄積システムを実現するとともに

⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾、専用ゲートウェイを開発し、ISDNテレビ電話との相互通信を可能にした。

PMTC/LANはテレビ電話／会議用H.261符号化方式により映像のビットレートを16～192kbpsにするとともに、音声をG.728符号化方式により16kbps

にし、TCP/IPプロトコルにより相互通信するものである。LANにより映像・音声のリアルタイム通信を実現するためにLANの通信状態により映像ビットレートを制御する輻輳制御とパケット廃棄時映像が乱れる時間を最小にする映像リフレッシュ機能をインプリメントした。

映像音声蓄積システムはWS/PCでLAN用映像通信装置の通信プロトコルをエミュレーションしてLAN用映像通信装置と相互通信を行い、符号化された映像音声をLANを介して受信し、ハードディスクに蓄積するものである。本機能をWS/PCに実装することにより簡易なビデオメール、映像データベースが構築できる。

専用ゲートウェイによるISDNテレビ電話との相互通信は、LAN用映像通信装置とISDNテレビ電話の通信プロトコル及び映像・音声のデータ形式の変換のみで、相互通信を可能にしている。

本報告では今回開発したLAN用映像通信システムPMTC/LAN、映像音声蓄積サービスおよび専用ゲートウェイによるISDNテレビ電話との相互通信について概要を報告する。

2. サービス概要

LAN用映像通信装置を用いたシステム構成例を図1に示す。LANはUNIX WSで広範囲に用いられている10Mbps CSMA/CD (Ethernet) LANで、PC/WSを接続しているLANにPMTC/LANを複数接続

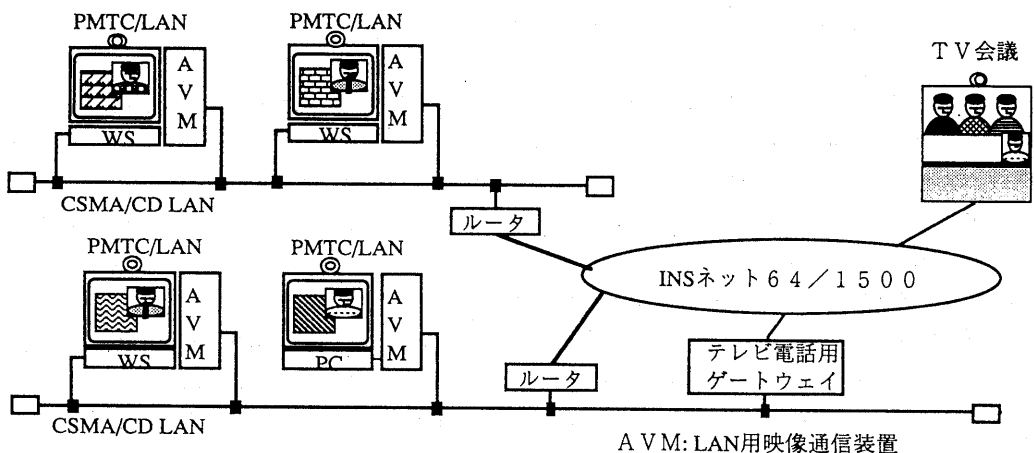


図1 LAN用映像通信装置によるシステム構成例

している。映像・音声通信サービスとしては、

(1) LAN内でのPMTC/LAN間リアルタイム通信、(2) INSネットを介したLAN間接続によるWANでのリアルタイム通信、(3) 専用ゲートウェイによりITU-TS標準に準拠したテレビ電話との相互通信、(4) WSに映像蓄積機能を分担した映像音声蓄積サービス、が可能である。各サービスの概要を以下に示す。

(1) LAN内リアルタイム通信

LAN用映像通信装置により1対向通信を行うもので、音声を16kbps (3.4kHz帯域)、映像を最大192kbps (H.261符号化方式、最大15frame/s程度) で送信する。10Mbps CSMA/CD LANでの同時に行うことのできる通信セッション数は2Mbps程度を映像・音声通信に割当てるとすると、映像192kbpsでは5組、映像64kbpsでは12組可能である。なお、バースト的に発生するデータ輻輳については輻輳制御により映像ビットレートを一時的に低下させ、輻輳が解消後、元の設定ビットレートに回復させることにより対処している。

(2) WANでのリアルタイム通信

ISDNなどによるLAN間接続の場合でも、映像、音声によるリアルタイム通信が可能である。ルータを介したISDN 2×B (128kbps) によるLAN間接続では、音声に16kbps、残りを映像に割当て1対向の通信が可能である。回線数の増加によりセッション数、1対向当たりの通信品質を上げることが出来る。

(3) ITU-TS標準テレビ電話/会議との相互通信

映像、音声の符号化方式としてITU-TS標準方式を採用しているため、ITU-TS準拠のテレビ電話/会議装置との相互接続が可能である。テレビ電話用ゲートウェイで映像・音声のデータフォーマットと通信プロトコルの変換し、相互接続を行う。

(4) 映像音声蓄積サービス

WSでLAN用映像通信装置の通信プロトコルをエミュレーションすることにより装置からの符号化した映像・音声を受信、蓄積する。更に蓄積したデータを装置に送信することにより、映像・音声の再生ができ、ビデオメールなどに応用可能であ

る。

以下に上記サービスの核になるLAN用映像通信システムPMTC/LAN、テレビ電話/会議との相互通信を行う専用ゲートウェイ、WSによりLAN用映像通信装置の通信プロトコルをエミュレーションして実現した映像音声蓄積システムについて示す。

3. サービスの構成

3.1 LAN用映像通信システムPMTC/LAN

3.1.1 諸元と特長

LAN用映像通信システムPMTC/LANは発着呼などの通信制御を行うWS/PCと、映像、音声の符号化、LANを介した映像・音声符号化データの送受を行うLAN用映像通信装置よりなる。

LAN用映像通信装置の諸元を表1に示す。本装置はLANインタフェースとして10Mbps CSMA/CDを採用し、TCP/IP通信プロトコルにより発着呼、映像・音声データの送受を行う。映像の符号化方式はテレビ会議/電話用のITU-TS勧告H.261符号化方式で、ビットレートを16～192kbpsと可変に制御できる。音声も同様にITU-TS勧告G.728符号化

表1 LAN用映像通信装置の諸元

項目		内容
LAN インタフ ェース	適用LAN	10 Mbps CSMA/CD LAN
	通信プロトコル	TCP/IPプロトコル
	映像・音声 データパケット	映像・音声多重 70～1430バイト/パケット 13～29パケット/秒
	最大データ速度	16～208 kbps
映像 インタフ ェース	符号化方式	ITU-T H.261準拠 (BCH誤り訂正符号を除く)
	画素数	352×288画素 (CIF) 176×144画素 (QCIF)
	符号化データ速度	16, 37, 77, 128, 192 kbps
	入出力信号	NTSCコンポジット信号
音声 インタフ ェース	符号化方式	ITU-T G.728準拠
	符号化データ速度	16 kbps
	入出力信号	アナログ
外部制御 インタフ ェース	規格	RS-232C
	データ速度	1.2、2.4、4.8、9.6 kbps
外形寸法		110(W)×340(H)×400(D) mm ³

方式で16kbps固定である。

3.1.2 LAN用映像通信システムの機能と構成

LAN用映像通信システムPMTC/LANを図2に示す。内部構成、機能を以下に示す。

(1) 通信制御装置 WS/PC

WS/PCはRS-232CとLANインタフェースの一方を介してLAN用映像通信装置に接続され、発着呼などの通信制御、およびIPアドレス等のシステム設定を行う。LANを介した通信制御は複数のWS/PCによるLAN用映像通信装置の共用、遠隔地に設置した遠隔モニタとしての使用を考慮し設けている。なお、システム設定についてはセキュリティの点より制御インタフェースをRS-232Cのみとしている。

(2) LAN用映像通信装置

LAN用映像通信装置の機能、構成を以下に示す。

・映像音声入出力

映像・音声の入出制御部で、映像入力端子の切替、ピクチャ・イン・ピクチャのオン/オフ制御、子画面寸法、子画面位置などを制御する。音声についてはマイク、ラインの入力切替を行い、出力をヘッドホンまたはラインアウトへの切替制御を行う。

・映像符号化処理

映像コーデック部で符号化・復号をITU-T勧告

H.261符号化アルゴリズムに準拠して行う。データ送受信速度は最大192kbpsで、符号化・復号フレームレートはCIFで最大15フレーム/秒、QCIFで最大30フレーム/秒である。

・音声符号化処理

音声の符号化・復号アルゴリズムはITU-T勧告G.728 (LD-CELP) で、符号ビットレートは16kbps固定である。

・映像音声パケット化処理

PAD部で符号化された映像・音声データおよびデータヘッダの多重化、分離を行う。データ構造は3.1.3項で示す。

・映像音声データ通信

CSMA/CD LAN (ISO 8802-3 10BASE5) 規格インタフェースで、TCP/IPプロトコルを処理する。また、通信制御データをTCPで、映像・音声データをUDPで送受信する。

・発着呼処理

RS-232CおよびLANインタフェースを介してWS/PCから通信制御コマンドを受付け、システム制御部に転送する(外部制御部、LAN制御部)。これらの通信制御コマンドを解釈し装置全体の制御を行う(システム制御部)。

3.1.3 LAN用映像通信システムの通信プロトコル

TCP/IPプロトコルを通信プロトコルとして採用し、呼設定などの制御データをTCPで、映像・

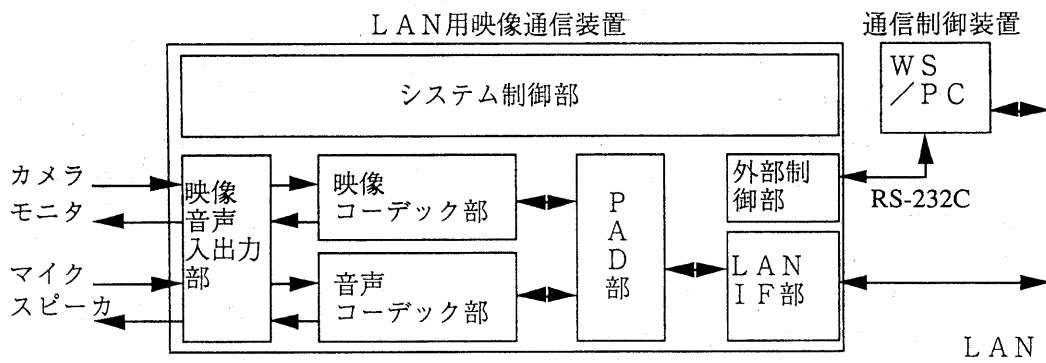


図2 LAN用映像通信システムPMTC/LANの構成

音声符号化データをUDPで通信する。

通信開始／終了手順を図3に、映像・音声データパケットの構造を図4に示す。また、各手順を以下に示す。

(1) 呼設定処理

WS/PCからの「発呼」コマンドで設定された相手IPアドレスに従い、LAN用映像通信装置が呼設定処理を開始する。装置はTCPにより映像・音声通信のための呼設定コマンドおよび映像・音声通信能力などをパラメータとして対向装置に送信する。対向装置はこれに対しTCPにより呼設定受付コマンドおよび映像・音声通信能力などをパラメータとして応答する。応答は相手WS/PCの応答コマンドにより確認し映像・音声通信に移行する。なお、応答は呼設定処理用APが起動されていないことも考慮し、相手側で装置に設けている「通信スイッチ」を押下することによっても開始出来ることとしている。

(2) 映像・音声通信

LAN用映像通信装置間の符号化映像・音声データはデータ送信までの遅延がTCPに比較して小さいUDPで通信している。映像・音声データはパケット数を少なくするため同一パケットに多重している。パケット構造は図4に示すようにデータヘッダ、音声データ、映像データより成る。データヘッダは制御コマンド、パケット廃棄検出に使用するシーケンス番号と音声データ長、映像データ長より成る。

(3) 呼切断処理

呼の切断はWS/PCから「切断」コマンドにより、LAN用映像通信装置が相手装置にTCPで切断コマンドを送信して行う。なお、受信開始と同様、呼切断処理用APが起動されていないことも考慮し、自側装置の「通信スイッチ」を押下することによっても呼切断出来ることとしている。

3.1.4 LAN用映像通信システムの輻輳制御

LANの伝送容量は有限であるためWS間のデータ通信がバースト的または長時間に渡り発生した場合に輻輳状態となる。検出方法、対策を以下に

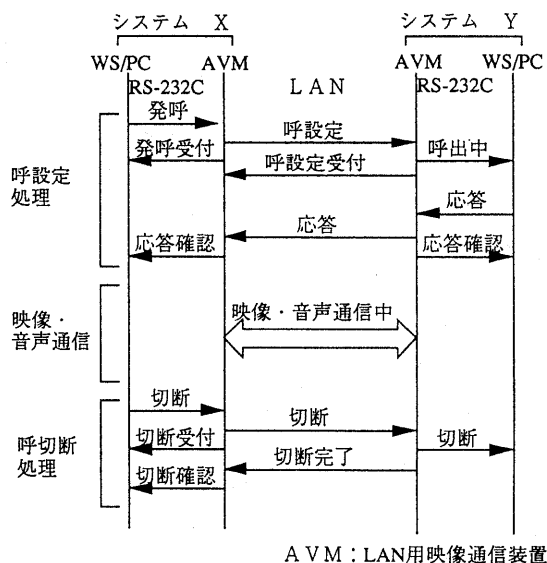


図3 通信開始／終了手順

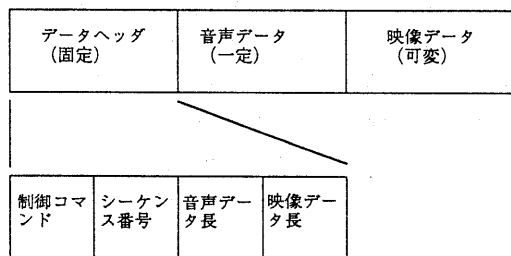


図4 映像・音声データパケットの構造

示す。

(1) 輻輳検出

映像・音声データに用いているUDPパケットは、輻輳、衝突によるCSMA/CD LANの最大再送信回数オーバ、CRCエラーにより廃棄される。また、映像・音声データパケットのヘッダに付加しているシーケンス番号の連続性を監視することによってもUDPパケットの廃棄を検出することが出来る。このUDPパケット廃棄検出を以て輻輳状態とし、輻輳制御とパケット廃棄時の制御を行う。

(2) 輻輳制御

輻輳状態ではデータが送信出来にくくなるため、映像・音声著しく遅延しリアルタイム通信が損われる。このため映像データの最大ビットレートを16～196kbpsの範囲で5段階制御すること

とし、UDPパケットの廃棄検出により映像データの最大ビットレートを1段低くする。継続してパケットの廃棄監視し、廃棄が起これば更に一段低下させ、廃棄が生じなくなれば元に戻す映像ビットレート制御を行っている。本制御により輻輳状態での送信ビットレートが小さくなるために、送信バッファへデータが蓄積していくことによる映像遅延の累積を小さくするとともに、輻輳状態を緩和することができる。

(3) パケット廃棄時の制御

映像データの一部が廃棄されるとフレーム間予測と可変長符号化を用いているH.261符号化方式では、廃棄されたデータを含む映像フレームが全て失われるとともに、それ以降の映像フレームにも影響を及ぼし、周期的リフレッシュによる全画面のリフレッシュ（全画面のリフレッシュには毎秒10フレーム伝送時最大13秒かかる）まで継続する。映像フレーム欠落の影響を短時間で解消するため、送信側がパケット廃棄を検出した場合は送信映像を強制リフレッシュしてフレーム内符号化を行う。受信側の場合はUDPパケットのデータヘッダに設けてるリフレッシュ要求制御をオンにし、受信側でのフレーム内符号化を促している。

音声データが一部が廃棄されると、この廃棄データ分音声欠落し、映像とのリップシンクがずれてくる。このため欠落したデータ部分に無音データを挿入する。

3.1.5 LAN用映像通信システムの外観

試作したLAN用映像通信装置を用いたPMTC/LANシステムの外観写真を図6に示す。同図に右側がLAN用映像通信装置で、外形寸法は340mm(H)×110mm(H)×400mm(D)である。通信制御装置はWSの例で、WS画面に着信映像と通信制御ウィンドウを示している。さらに市販のグループウェアソフトと組み合わせ、ウィンドウ表示することにより映像を用いたマルチメディア通信会議を行うことができる。

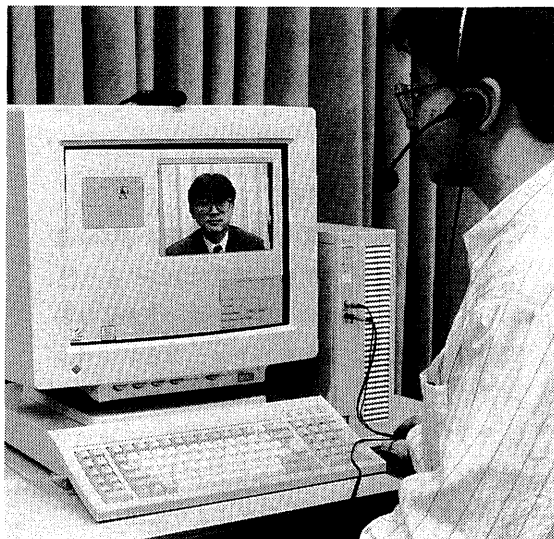


図6 LAN用映像通信システムの外観写真

4. 映像蓄積システム

図7は映像蓄積システムでLAN用映像通信装置と同じLANに接続したWS/PCより構成している。LAN用映像通信装置は先に示した様にリアルタイム通信機能のみで、拡張機能を有していない。映像蓄積サービスはWS/PCにインプリメントしたソフトウェアで実現するもので、表に示すように(1)LAN用映像通信装置通信プロトコル・エミュレーション機能、(2)LAN用映像通信装置映像・音声データ受信、蓄積機能、(3)映像・音声データ送信機能よりなる。各機能を以下に示す。

(1) LAN用映像通信装置通信プロトコル・エミュレーション機能

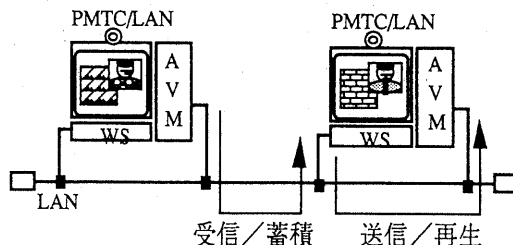


図7 映像・音声蓄積システムの構成例

LAN用映像通信装置はTCPによるコマンドの送受により発呼、着呼、切断処理を行っている。WSはこれらのコマンド送受を行いLAN用映像通信装置の発呼、着呼、切断処理をエミュレーションする。

(2) 映像・音声データの受信、蓄積機能

WSはLAN用映像通信装置からのUDPによる映像・音声データを受信する。ここで、データ蓄積時にはデータは装置からのみで、他方からはデータヘッダのみの映像・音声データパケットが送信される。受信、蓄積機能で必須なのは装置からのUDPパケットを廃棄することなく、全て取り込むことである。汎用のWS (Sun Spark Station 2)、PC (Apple MacintoshII) について評価を行い、本動作が可能であることを確認した⁽⁸⁾。

(3) 映像・音声データ送信機能

WSに蓄積している映像・音声データをLAN用映像通信装置に送信する。装置はリアルタイム通信機能のみであるため、WSは装置と同等のタイミングで映像・音声パケットを送信しなければ、装置側でデータのオーバーフロー、アンダーフローが生じ正常に映像・音声の再生が出来ない。汎用のWS (Sun Spark Station 2)、PC (Apple MacintoshII) について評価を行い、装置の最小送信パケット間隔35msec、最大送信ビットレート208kbps (映像192kbps、音声16kbps) で送信タイミングが再生可

能であることを確認した⁽⁸⁾。

5. ISDN用テレビ電話との相互通信

LAN用映像通信装置は映像符号化方式、音声符号化方式ともISDNテレビ電話／会議に準拠した方式を用いているため、通信プロトコルとデータフォーマットを変換することにより相互通信が可能である。本サービスでは専用ゲートウェイを開発しLAN用映像通信システムとISDNテレビ電話／会議装置との相互通信を実現した。

専用ゲートウェイの機能は(1) LAN用映像通信装置との通信機能、(2) 映像データ変換機能、(3) 音声データ変換機能、(4) ISDNテレビ電話通信機能、である。専用ゲートウェイの構成を図8に示すとともに、各機能を以下に示す。

(1) LAN用映像通信装置との通信機能

LANとインタフェースをとり (LIF部、LANプロトコル処理部)、呼処理、映像・音声データの送受を行う。

(2) 映像データ変換機能

LAN用映像通信装置からの映像・音声データを分離し (PAD部)、映像データについては誤り訂正フレームを付与 (BUF部、BCH部) する。

(3) 音声データ変換機能

音声データについてはテレビ電話側がG.728であれば符号化則を変換せず、G.711 (A-law、 μ -

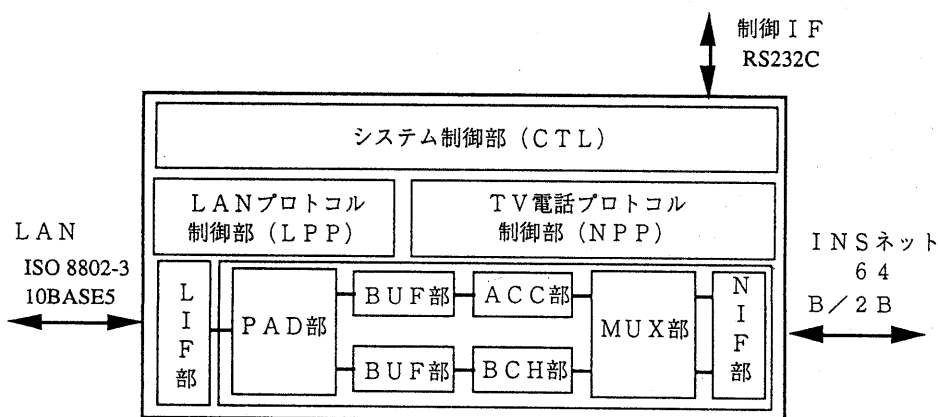


図8 専用ゲートウェイの構成

law) の場合にはこれらに符号化則を変換する (BUF部、ACC部)。

(4) ISDNテレビ電話通信機能

ISDNとインタフェースをとって呼処理を行い (NIF部)、ISDNテレビとH.242に基づく通信プロトコル処理を行い (TV電話プロトコル処理部)、映像・音声データの送受を行う映像・音声データをH.221に従い多重・分離する (MUX部)。

6. まとめ

10Mbps CSMA/CD (Ethernet) LANで映像・音声通信を行うLAN用映像通信システムPMT C/LANを開発し、LANでのリアルタイム通信の実現した。さらに、本装置とWS/PCとにより映像音声蓄積システムを実現するとともに、専用ゲートウェイを開発し、ISDNテレビ電話との相互通信を可能にした。

LAN用映像通信システムPMT C/LANはワークステーションと映像通信装置よりなり、前者は通信制御を行い、後者はTCPによる相手との呼接続およびUDPによる符号化映像データ、符号化音声データの送受信、映像・音声の符号化を行う。映像・音声の符号化はITU-T勧告H.261、G.728に準拠しており、両者合計のビットレートはLANの輻輳状態などにより16~208kbpsの間で制御可能である。また、データ輻輳制御、パケット廃棄時の映像・音声符号化制御をインプリメントし、良好に映像通信が出来ることを確認した。

【参考文献】

- (1) 阪谷、桑名、吉田ほか：“動画・音声メディアを用いたLAN用分散オフィス会議支援システムの一検討”、1991信学春季全大、D-427、1991
- (2) 阪谷、有川、島村：“既設LANへの動画・音声通信適用の一検討”、1992信学春季全大、D-386、1992
- (3) T. Sakatani, N. Kanemaki, T. Arikawa et al: "Visual Communication Scheme using CSMA/CD

LANs", IWACA'92(Munich), 1992

- (4) 田尻、阪谷、秦泉寺ほか：“LAN用映像通信会議システムPMT C/LAN”、テレビジョン学会技術報告、vol 17, No.9, pp.31-36、1993

(5) 阪谷、秦泉寺、田尻、久保：“LAN用映像通信システム (PMT C/LAN) の開発”、1993信学春季全大、D-374、1993

(6) 秦泉寺、阪谷、田尻：“LAN用映像通信システムを用いた符号化映像蓄積再生方式の一検討”、1993信学春季全大、D-375、1993

(7) 秦泉寺、阪谷、田尻、大江：“LAN用映像通信装置を用いたビデオサーバシステムの一検討”、1993信学秋季全大、D-215、1993

(8) 秦泉寺、畔上、田尻：“LAN用映像通信装置とWSによるビデオサーバシステム”、電子情報通信学会画像工学研究会、1993.9