

MPEG2 映像による VLSI 設計の研究教育用ネットワーク

江角憲治、山内寛紀、*中山紀子、*菱木妃富

立命館大学理工学部電気電子工学科 *NTT エレクトロニクス(株)

〒 525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

Tel (077)561-2867

E-mail:yamauchi@se.ritsumeit.ac.jp

* 〒 221-0052 横浜市神奈川区栄町 3-12 ヨコハマツインビル 9F

Tel (045)453-3631

あらまし 学内のギガビット QoS-LAN 環境上に、VLSI の協調設計をサポートするマルチメディア環境を構築した。このシステムは、VLSI 設計グループワーキング、VLSI 設計遠隔教育、VLSI 設計教材編集の 3 つの機能を、MPEG2 映像・音声にて統合的に実現する特長を有する。具体的には、他地点の設計者が、お互いの作業映像、設計データおよびシミュレーションデータ、さらには VOD 映像を共有しながら強調作業がすることを可能にするものであり、使い易くする多くの提案を行っている。また、遠隔地の多くの技術者に、VLSI 設計教育を効率よく行う環境も提供している。本稿では、このシステムの概要と特長について述べる。

キーワード コラボレーション、MPEG2、IP マルチキャスト、VLSI デザイン、QoS

A MPEG2 Video Based Group Working System on Giga-bit QoS Network for VLSI Design

ESUMI Kenji, YAMAUCHI Hironori, *NAKAMURA Noriko, *HISHIKI Hisae

Department of Electrical Engineering, Ritsumeikan University *NTT-Electronics Corporation

1-1-1, Noji-higashi, Kusatsu, Shiga, 525-8577, Japan

Tel: (077)561-2867

E-mail:yamauchi@se.ritsumeit.ac.jp

*Yokohama-Twin-Building 9F, 3-12, Sakaemati, Yokohama, Sakaemati, 221-0052, Japan

Tel: (045)453-3631

Abstract A sophisticated group working system for the VLSI system design was developed on MPEG2 multimedia environment over a Giga-bit QoS-LAN. This system has the excellent point which supports the VLSI design group working, the VLSI design remote education, and the video library production totally by using the MPEG2 image and voice integratively. To make this system powerful, many useful ideas are proposed focused on designers who are on the different place can share the VOD images, each other's working images, and required design and simulation data for a target VLSI design. And, the environment to carry the VLSI design education for many designers on the different places efficiently is provided too. In this paper, the outline of this system and some realization technologies are described.

key words Collaboration, MPEG2, IP Multicast, VLSI design, QoS

1. はじめに

ギガビットネットワークの基幹網が整備されつつあり、端末間に十 Mbit 帯域の高速デジタル通信を行える時代が訪れようとしている。そして、MPEG2 圧縮された高品質な映像・音声を、この環境で利用することにより、臨場感の高い様々なシステムを構築することが提案されてきた。そして、多地点会議システム、遠隔講義システム、MPEG2 映像での TV 会議システム、VOD システム等々、多くのシステムが実用化されてきている[1][2]。

一方、VLSI 技術の飛躍的な進歩により、ほとんどすべてのシステムの中に、VLSI が組み込まれるようになり、その結果、VLSI システム設計者のニーズは、近年富に高まってきている。このため、遠く離れた事業所や、在宅設計者と協調してグループワーキングする必要性が高まってきている。また、VLSI 設計ツールが整備されるにともない、従来デザインセンター任せであった VLSI 設計を、システム設計者が手がけることが可能となったことと、製品開発の迅速化が求められていることから、多くのシステム技術者が、リテラシーとして、VLSI 設計技能を身に付けることが必要となってきている。その教育は、遠隔地にいるエキスパートが、仕事の合間に、臨場感の高いネットワーク環境を使って OJT にて行うのが望ましく、それをサポートする効率的な環境が望まれている。

さらに、VLSI 設計の特徴は、設計段階にて、機能・論理・タイミング等の様々なシミュレーションを繰り返し行うことであり、また最近では、リアルタイムエミュレータを使った準実時間検証も多くなり、設計グループ内にて、相互にこれら大量のデータを共有して作業を進めることとなる。この協調作業に適したネットワーク環境でなければならない。

このような要望に対して、我々は、VLSI 設計のグループワーキング、VLSI 設計教育、VLSI 設計教材編集の 3 つの機能を、MPEG2 映像・音声をベースとして、有機的に結合した統合映像ネットワークの実験システム開発した。運用実験を容易とするため、具体的には、QoS ギガビット LAN 上にて行った。このシステムの設計思想は、以下の 3 点である。

- (1) MPEG2 映像・音声をベースとするグループワーキング、教育、編集の統合システムすることで、ハードやデータのユーティリゼーションと全体の効率を高める。
- (2) 操作が容易で使いやすいソフトウェアを完備し、使用者の敷居を低くする。
- (3) MPEG2 映像・音声系と VLSI 設計系のサーバおよび端末を適切に配置した統合ネットワークとする。

以下、第 2 章にて、システムとその基盤となる QoS ネットワークの概要を述べ、第 1 章にて、コラボレーション(グループワーキング)、リモートアウェアネス(遠隔教育)、マルチメディア編集の各機能とそれを実現する各種技術の特徴に

ついて述べる。

2. MPEG2 映像による VLSI 設計の研究教育用ネットワークの概要

2.1. システム概要

数万ゲートにも及ぶ LSI 設計を行う際の多数の設計者が各処理部分ごとに分担して設計するために設計者相互が LSI 設計データやシミュレーション結果、設計状況等の情報交換を行うことができるシステムを実現するために、テレビ会議システムを参考に本ネットワークシステムを構築した。本ネットワークシステムは大きく分けて 4 つの機能構成に分割され、遠隔端末間の人知・資源・情報の集中化による協調作業環境としてのバーチャルラボであるコラボレーションシステム、異空間における指導者と生徒を結び付けるリアルタイム遠隔講義であるリモートアウェアネスシステム、その講義等の映像蓄積、蓄積映像の閲覧編集が可能な VOD であるマルチメディア編集システム、それらの映像データ通信を支える基幹ネットワークにより構成される。

2.1.1. ネットワーク構成

情報交換の一つの形態である映像の配信にはネットワーク末端まで十分な帯域を保証するネットワーク設計が必要である[3][4]。映像配信を支えるネットワーク(図 1)の基幹部には Gigabit-Ethernet を用いて、映像マルチキャスト通信できるようにパケット処理能力の高いレイヤ 3 スイッチ(Cisco Catalyst 6509)と各階のレイヤ 2 スイッチ(Cisco Catalyst 4003, Cisco Catalyst 2948)を 1Gbps の回線を二本接続して 2Gbps の通信帯域を持たせている。映像配信を必要とする端末と LSI 設計用等の主要サーバ(Sun Enterprise 10000 等)にはレイヤ 2 スイッチに直接接続し、映像通信に 100Mbps の帯域保証(QoS)をしている。ネットワーク上には 40 台の LSI 研究開発用端末、60 台の LSI 教育演習用端末、各階の研究室の端末等もあり、用途別にブロードキャスト/マルチキャストドメインを VLAN で区切っている。

2.1.2. 動画像圧縮方式

マルチメディアで扱う情報の中で動画像は特に情報量が多く、たとえば TV のアナログ信号(NTSC)をそのままデジタル化すると約 100Mbps の情報量になり、そのまま動画像を扱うことは非現実的であり、画像圧縮をする必要がある。画像圧縮では、写真のような静止画の場合は 1 枚の画像の中で空間的な連続性を利用して圧縮(フレーム内圧縮)し、ビデオのような動画の場合はさらに時間的な連続性を利用して圧縮(フレーム間圧縮)を実現する。TV 会議ようなリアルタイム動画圧縮伸長方式として、映像では ISDN 用 TV 会

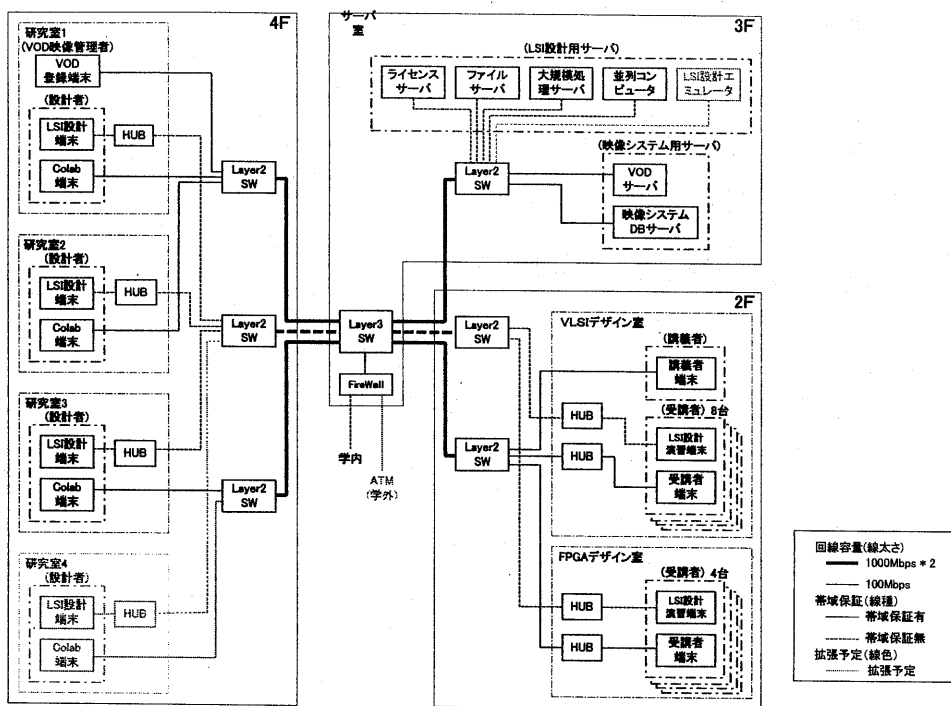


図1: ネットワーク全体構成図

議やTV電話システムのための映像符号化標準であるH.261やH.263、音声では国際標準G.722やG.728等が多く使用されているが、解像度やフレームレート、伝送帯域の面で抜きにできる映像や音声を多重化するMPEGシステムを選択した[4][5][6]。

MPEGにもいくつかフェーズがあるが、伝送に伴って誤りが生じる環境での仕様を考慮した包括的な規格を持つMPEG2として、エンコーダ・デコーダにはLANに対応しているNTTエレクトロニクス(株)のものを利用した。画質に関しては画像サイズ720*480、フレーム数30のMP@MLもしくはSP@MLであり、音質に関してはサンプリングレート32kHz/44.1kHz/48kHz、ビットレート64~448kbpsである。画像と音声とヘッダを合わせたビットレートは6Mbpsを基本として使用しているが、3~10Mbpsの設定が可能である。また、MPEG2には2つの符号化ストリームがあり、DVDなどの蓄積メディアを対象としたPS(プログラムストリーム)、通信・放送を対象としたTS(トランスポートストリーム)があるが、本システムはLAN経由の通信のためにTSを用いている。

2.2. コラボレーションシステム概要

コラボレーションとは協調作業の意であり、本システムで

はVLSI設計を行う際にお互いの設計手法や設計のコツ、VLSIのシミュレーション結果等を議論しながら、共同設計を行う環境を実現している。コラボレーション参加者数は最大5名まで可能であり、各コラボレーション端末は3~8MbpsのビットレートのMulticastを1ch送信でき、4ch受信することが可能である。また、VOD受信機能も兼ね備えており、コラボレーション参加者同士(コラボレーション参加者最大4名)で同一のVOD映像閲覧も可能であり、閲覧しながらコラボレーション作業を行うこともできる(図2、図3)。

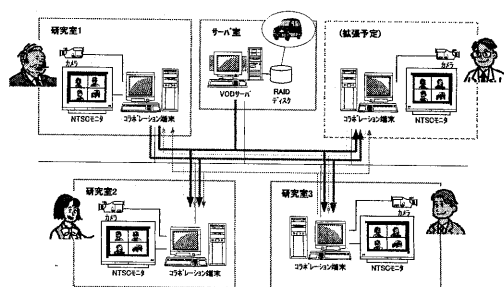


図2: コラボレーションイメージ図



図3：3地点コラボレーションのLSI設計

また、コラボレーショングループ登録機能を持たせることで登録した特定のコラボレーション端末を含んだグループを選択するだけでコラボレーションを開始することができる。

2.3. リモートアウェアネスシステム概要

リモートアウェアネスシステムとは遠隔講義のカメラ視点を講義者ならびに受講者が任意な視点とフォーカスにPC端末のリモート操作により変えることができることで、遠隔端末からでもVLSIデザイン室と同じ学習環境を提供するシステムである(図4)。

同室には講義者や黑板、教室全体を見えるように設置したアングルの違うカメラ2台があり、そのどちらか1chもしくはVOD映像1chを講義者端末から選択して、3～8MbpsのビットレートのMulticastを送信できる。

講義者端末では、カメラ視点操作、カメラ映像の配信以外にも受講者に対して見せたいVOD映像の配信制御もできる。さらに各講義者が自分の講義流に合わせて、カメラ視点やVOD映像の配信設定をカスタマイズできる配信設定登録機能もある。

受講者端末では、講義者が配信した動画の受信機能とカメラの遠隔操作機能(講義者がカメラの遠隔操作を許可した受講者端末のみ)がある。

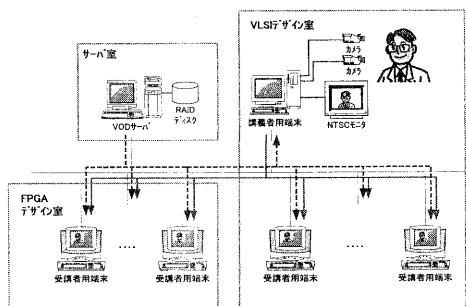


図4：リモートアウェアネスシステム



図5：リモートアウェアネスシステムを用いてのVLSI設計学習

2.4. マルチメディア編集システム概要

マルチメディア編集システムは、VODサーバとVOD登録端末で構成される(図6)。VODサーバは同時送信ch数が最大10chで6Mbpsのビットレートデータを1000分記録可能であり、VOD登録端末はVTRを制御して自動的にMPEG2ファイルを生成するコンテンツ作成機能、遠隔にあるVODサーバにコンテンツを転送して作成者や概要などのコンテンツ情報を登録できる遠隔映像登録機能、登録したコンテンツをジャンルに分け整理し、ジャンル毎に登録パスワード、閲覧パスワードを設定することで登録と閲覧を制限できる。このことにより、コラボレーションにより設計したシミュレーション結果等の研究・開発用VODコンテンツ、基本的な論理合成などを学習するための教育・演習用VODコンテンツという様に階層構造を持たせることにより、機密性の高いコンテンツと公開用コンテンツを分けることができる。

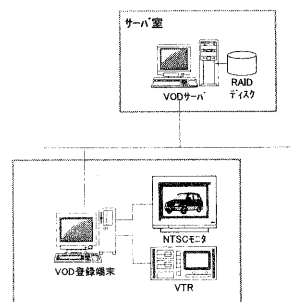


図6：マルチメディア編集システム

3. 各システムの構成

3.1. コラボレーションシステム構成

3.1.1. コラボレーションハードウェア

コラボレーションシステムは、従来の1対1のTV会議システムでは使わない3つの技術を採用する事により実現した。

1つは情報量の多い動画を通常のユニキャストで配信すればネットワークに大きな負荷をかけ、送信端末に受信端末数の動画を配信しなければならないが、IPマルチキャスト(IGMP)による複数対地への動画配信を用いて、ルータにおいて受信端末数にだけコピーさせることによりネットワークと送信端末の負荷を軽減した。

2つはコラボレーションへの参加を簡単にできるようにするために、コラボレーショングループ名を登録し、それに属する端末のIPアドレス、端末が送信する動画とVODを配信するために使用するマルチキャストアドレスの管理を行うデータベースを構築した。コラボレーション端末からグループを登録でき、グループを選択することにより簡単に参加できる。

3つはコラボレーション用ソフト起動中の端末は、端末が動作していることを示すシステム情報をコラボレーショングループにマルチキャストで定期的に送信することにより、コラボレーションに参加している端末がどれであるか、各端末で簡単にチェックできる。

そして、コラボレーション端末構成(図7)としては、OSをWindowsNT 4.0として、コラボレーション端末に操作する設計者の映像と音声データを符号化するための1枚のEncoderと4カ所の映像と音声データを復号化させる4枚のDecoderが実装されている。さらに、リアルタイムに送信1ch、受信4chの転送処理は、CPUに負荷をかけるPCIバス経由では映像データの転送に伴う遅延が発生するために、EncoderとDecoderから直接パラレルポートでTS多重化処理装置内蔵のNIC(NTTエレクトロニクス PowerNIC)との間を接続することにより実現している。また、映像に関しては入出力ともNTSCで行い、出力時は一つのモニタに表示させるため画面四分割装置を用いて、一つのモニタで確認ができる。音声に関してはハンズフリー通話が可能であるが、テレビ会議システム同様スピーカーから拡声された相手側の声が自分のマイクに拾われてエコーとして相手側に戻ってしまい、会話妨害やハウリングを引き起こす原因になるためにエコーキャンセラを用いて、著しい通話品質の劣化を防止した。エコーキャンセラは音声帯域が狭いため、高音質なVOD閲覧時には専用のスピーカーを設置している。

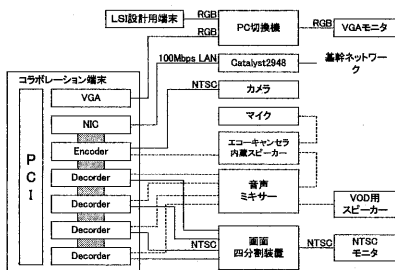


図7: コラボレーション端末構成

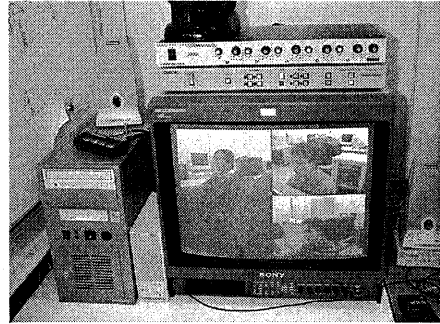


図8: 3ch受信中のコラボレーション端末

	仕様
カメラ数	2台
送信ch数	1ch
送信ビットレート	6Mbps
送受信プロトコル	IP Multicast
送受信データ	映像・音声用データ(送信のみ)
	システム情報用データ
ネットワークインターフェース	100Base-TX

表1: コラボレーション端末仕様

3.1.2. コラボレーショングループ

ネットワーク上に点在するコラボレーション端末の中の特定の端末と映像通信を行うためには、一つのマルチキャストアドレスでは不十分である。そこで特定のコラボレーション端末と通信するために、コラボレーショングループ毎で一つのマルチキャストアドレスを設定し、そのマルチキャストアドレスに属するコラボレーション端末のIPアドレスを登録することで実現した。各コラボレーション端末からコラボレーショングループの設定(図9)ができ、データベースサーバで各コラボレーショングループ名、各グループに属する端末のIPアドレス、各グループで使用する映像・音声用のマルチキャストアドレスとVOD用のマルチキャストアドレスを一括管理した。



図9: コラボレーショングループ登録ウィンドウ

3.1.3. コラボレーションソフトウェア

コラボレーションへの参加が簡単に行えるようにしたコラボレーションソフト(図10)では、起動時にデータベースサーバにアクセスし、コラボレーション端末が参加可能なコラボレーショングループ名を取得する。参加したいグループ名を指定することにより、データベースサーバからグループに参加する端末名、自分が送信する映像・音声データ用のマルチキャストアドレス、VOD用のマルチキャストアドレスを取得して、自分の映像・音声データを送信し始める。コラボレーション参加者同士でLSIのシミュレーション結果等の同一のVODコンテンツを見たい際には、VOD制御ボタンを押すことによりデータベースサーバからVODに登録されているコンテンツ名を階層的に表示して、見たいコンテンツを選択できる(図11)。



図10：参加グループ選択ウィンドウ

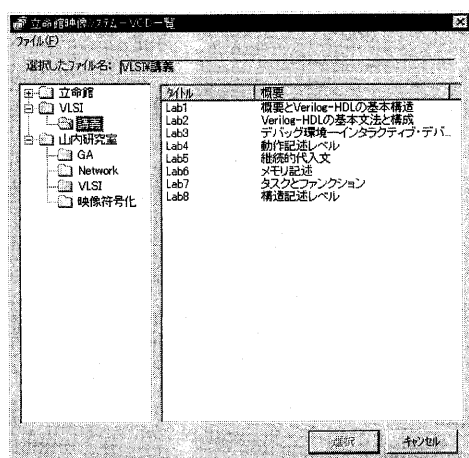


図11：VODコンテンツ選択ウィンドウ

3.2. リモートアウェアネスシステム構成

3.2.1. リモートアウェアネスハードウェア

リモートアウェアネスシステムは、カメラ映像によるリアルタイム遠隔講義システムに受講者側からの遠隔カメラ操作機能とVOD配信機能を付加して、講義者端末から視点の異なる2つのカメラ映像のうち1ch、もしくはVOD映像1chを選択して、12台の受講者端末にマルチキャストで送信できる。

講義者端末構成(図12)は、OSをWindowsNT4.0として、視点の異なるカメラ映像と講義用もしくは端末用マイクの音声を符号化する2枚のEncoderと現在の送信している映像・音声データを復号化する1枚のDecoderを実装している。映像に関しては入出力ともにNTSCで行う。音声に関しては2枚のデコーダに同じ音声信号を送る必要があり、音声ミキサーを用いて音量調整と分配を行う。さらに入力側であるマイクには教壇に立って使用する講義用マイクと講義者端末の前に座って使用する卓上型の端末用マイクがあるために音声切替機を設置し、出力側にはVOD用スピーカを設置している。

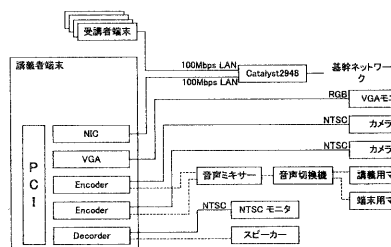


図12：講義者端末構成

	仕様
受信ch数	1ch
受信プロトコル	IP Multicast
受信データ	映像・音声用データ、システム情報用データ
ネットワークインタフェース	100Base-TX

表2：講義者端末仕様

受講者端末構成(図13)は、講義者端末同様OSをWindowsNT4.0として、カメラ映像もしくはVOD映像を1ch受信するため、映像・音声データを復号化するための1枚のDecoderとVOD映像の静止画を取り込むためのChaptuerを実装している。映像に関しては、VGAモニタ上にオーバーレイ表示させるためにVGAインタフェースから

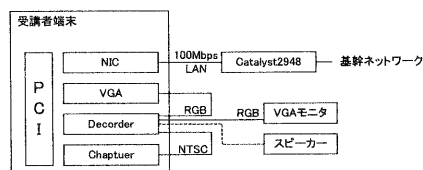


図13：受講者端末構成

受講者端末にフィードバックする様な形でVGAモニタに接続している。また、カメラ映像配信時ではリアルタイム送信のためフレームの抜き出しが難しいが、蓄積データであるVOD映像の配信時のみキャプチャができる。

	仕様
受信ch数	1ch
受信プロトコル	IP Multicast
受信データ	映像・音声用データ、システム情報用データ
ネットワークインターフェース	100Base-TX

表 3：受講者端末仕様

3.2.2. リモートアウェアネスソフトウェア

リモートアウェアネスソフトでは、視点の異なる2台のカメラ映像もしくはVOD映像の1chを配信、切換が簡単にでき

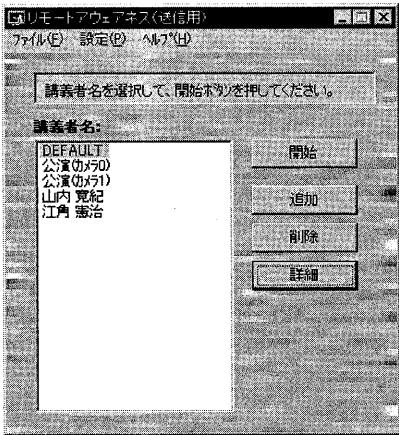


図 14：講義者別配信設定ウィンドウ

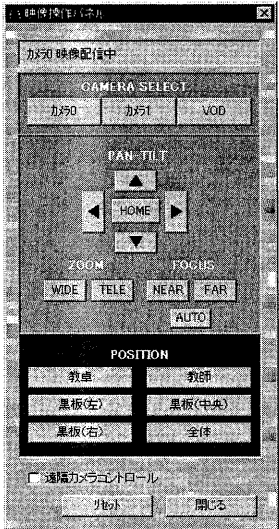


図 15：カメラ操作ウィンドウ

る。また、講義者各々があらかじめ配信映像(カメラ、VOD)とカメラ位置の設定を登録し、それを選択するだけで映像配信を開始できる(図 14)。

カメラは講義者端末もしくは講義者が許可を与えた受講者端末上から操作(パン・チルト、ズーム、フォーカス)ができる。VODは、コラボレーションシステム同様VOD映像配信用マルチキャストアドレス、コンテンツ一覧(図 11)を取得して、コンテンツ選択後映像が受講者端末に配信される。

3.3. マルチメディア編集システム構成

3.3.1. マルチメディア編集端末ハードウェア

VLSIシミュレーション結果等のコラボレーショングループで共有し閲覧したい映像やリモートアウェアネスで使用する講義用映像をVODサーバに登録するために設置したシステムであるが、遠隔地点からコンテンツ登録が可能にしている。マルチメディア編集端末構成(図 16)は、1つの入力映像を符号化するための1枚のEncoder、映像を確認しながら編集するためのNTSCモニタに表示させるための1枚のDecoderを実装している。主に映像入力を放送用VTRから行うため、普段は問題ないが民生用VTR等のビデオの同期信号のゆらぎの大きいものはエンコードできないのでTime Base Correctorも導入している。

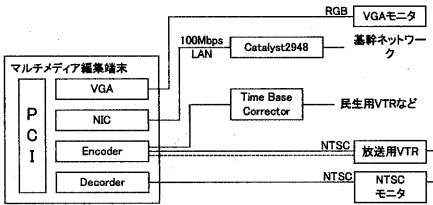


図 16：マルチメディア編集端末構成

	仕様
送受信プロトコル	ユニキャスト
送受信データ	映像・音声用データ(送信時FTP、受信時RTP)
	システム情報用データ
ネットワークインターフェース	100Base-TX

表 4：マルチメディア編集端末仕様

項目	仕様
同時送信ch数	最大10ch
蓄積容量	1,000分(6Mbps)
送信プロトコル	Unicast or IP Multicast
ネットワークインターフェース	100Base-T
セキュリティ	パスワードによる登録制限・閲覧制限

表 5：VOD 端末仕様

3.3.2. マルチメディア編集ソフトウェア

放送用VTRもマルチメディア編集端末からリモート操作してMPEG2映像データを端末に一時保存し、その後VODサー

バに映像データをアップする。VODサーバに映像データをアップする際には、VOD登録用のFTPソフトを用いるが、コンテンツの概要、制作者名等のデータもデータベースサーバに登録ができる。

4. まとめ

ネットワークを介しての、VLSI設計グループワーキング、VLSI設計遠隔教育、VLSI設計教材編集の3つの機能を統合して実現する、マルチメディア研究・教育システムの実験システムを開発した。グループワーキングでは、グループ情報を保持するデータベースサーバを設けるシステムを提案し、電源投入と同時にグループワーキングを開始できる操作容易性を実現した。またVLSI設計遠隔教育では、受講者側にて2台のカメラを操作操作できる機能と、VODサーバ映像および講義者映像をPC画面上に切り替えてオーバーレイ表示できる機能等、使いやすい機能を導入した。

具体的な実現に当たっては、ギガビットQoSルータと光スイッチとによりQoSギガビットネットワークを構築し、その上に実装した。また、VLSI設計用とMPEG2ベースの統合映像環境用の各種サーバおよび端末を適切に配置して、具体的なVLSI設計の設計・教育の実験を行っており、定性的には、作業効率および教育効果が上がっている。

今後は、VLSI設計の特徴である、設計データの共有ばかりでなく、シミュレーションおよびエミュレーションの共有まで含めた実験を行い、その有効性の定量化を図る。また、より広帯域のデジタルHDTVの時代や、非常に多くの設計者によるグループワーキングを想定し、そのような厳しい条件下でのネットワークのQoS保障の問題を、実験データととりながら明らかにしていく予定である。

参考文献

- [1] 岩間美樹,菅野孝二,鳥居二郎,島崎信寿 電子情報通信学会1998情報・システムソサエティ大会D-9-2 多地点会議における人物映像について
- [2] 越智剛,松田昇,岡本敏雄 電子情報通信学会1996情報・システムソサエティ大会 D-136 ネットワーク作業環境における知的グループウェアシステムの基盤機構(2)
- [3] Paul Ferguson, Geoff Huston 共著, 戸田 巖 監訳 オーム社 インターネットQoS
- [4] Kevin Downes他 著, 阿瀬 はる美 訳, シスコシステムズ 監修ソフトバンクパブリッシング インターネットワーキング技術ハンドブック
- [5] 電信電話技術委員会 JT-H262 汎用映像符号化方式 第3版
- [6] 電信電話技術委員会 JT-H222.0 映像とオーディオの汎用符号化用システム
- [7] 藤原洋 監修 アスキー出版 実践MPEG教科書