

MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.72 No.8

特集 “デジタル放送を支える先端技術”

'98 **8**



190g

特集 “デジタル放送を支える先端技術”

目次

特集論文

デジタルテレビとHDTV 遂に来る！ ジョセフ・フラハティ	1
デジタル放送の現状と課題 村上篤道・山口哲成・T.C.Poon・P.A.Ratliff・野間口 有	3
デジタル放送モデルステーション 岡 進・加藤嘉明・松崎一博・中澤宣彦・松室昌宏・三澤康雄	10
デジタル放送と家庭内ネットワークの融合 — DAVIC — 加藤嘉明・赤津慎二・松原雅美	17
MPEG符号化技術 浅井光太郎・小川文伸・西川博文・山田悦久・関口俊一・海老沢秀明	24
デジタル放送コーデック 丹野興一・田中浩一・柴田邦夫・秋田康貴・本多孝司・有田雅雄	31
SNGコーデック 浅野研一・高谷善人・服部伸一・猪股英樹・佐々木 源・安田吉男	38
DTV受像機 網島健次・菅 隆志・宗石圭一・森川浩樹・茅嶋 宏	44
DTV用LSI 松村哲哉・細谷史郎・大平英雄・中山裕之・吉田豊彦・角 正	50
データ放送サービス 横山幸雄・泉 丙完・福地雄史・厚井裕司・内海義夫	57
超高精細画像システム 鈴木隆太・川浦健央・加藤聖崇・越地正行・岩間保之・小倉康二	63

普通論文

宇宙電波監視システム 大橋由昌・比嘉盛雄・柳沢 基・金城益夫・小西善彦	69
--	----

特許と新案

「画像の符号化伝送装置」「符号化装置および復号化装置」	75
「マルチメディアデータ伝送方式」	76

スポットライト

超高精細画像ステーション “SD-2000”	74
デジタル放送システム	(表3)

表紙

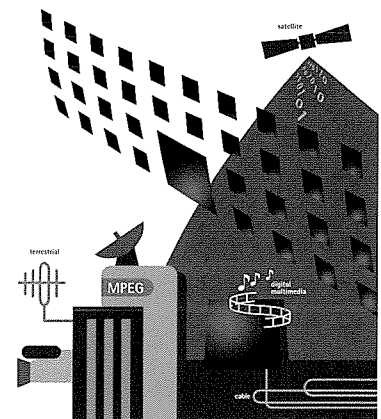
デジタル放送システム

放送のデジタル化は、MPEG2による映像と音声の符号化方式標準化を契機に、日米欧で急速に進みつつある。

このデジタル化により、一定の伝送帯域幅における映像と音声の高品質化、多チャンネル化が可能になり、データ放送等のサービスも容易になる。

受信側でも、受信情報を表示するのみでなく、ホームネットワークを経由した蓄積／検索、通信と融合した双方向サービスも展開でき、さらに、地上波の移動体受信も可能になる。

表紙は、家庭で楽しむデジタル放送をイメージし、遠隔地からのSNG映像やスタジオの撮影映像などが多数のモニターで監視され、選択された映像や音声情報が、放送衛星(BS)、地上波放送、CATVの各種伝送媒体を通じて、家庭等の受像機にマルチメディア情報として提供される様子を示す。



デジタルテレビとHDTV 遂に来る！

研究や標準化、そして議論の時間は終わった。アナログテレビをデジタルに、HDTVへと変える時がつい(遂)に来た。アナログの時代は終わったのである。日本とアメリカが、過去何年にもわたって汗を流し、このデジタルTV、HDTVを世に出すために努力してきたが、これは、テレビの画質に画期的な変革をもたらし、21世紀にふさわしい移行を我々に成し遂げさせるものである。全世界の人々が、これにより、大きな恩恵を受けることは言うまでもない。

今こそ、デジタルTV、HDTVを配備し、展開し、デジタルテレビの世界を作り上げる時である。もはやアナログの機械を作る必要はなく、その開発や生産計画は無駄である。

さて、放送業者はどうやってデジタルの花を咲かせるのか？デジタルのHDTVとSDTVをマルチプログラミングするのか？ケーブルや衛星放送で送られてきたHDTVを、通常のSDTVからお客を奪うための“看板”にするのか？

地域によって、その地方の文化によって、ビジネスのやり方、又は競争や視聴者のし(嗜)好により、その答えは違うだろう。ただそれがどのようなものであれ、21世紀のテレビは今までのものと違ったものになることは確かである。

アメリカ人は既にこれをよく分かっており、米国、カナダでのデジタルTV、HDTVサービスの配備計画は着々と進んでいる。アメリカのDTV/HDTV標準化・法制化は完了し、その移行スケジュール、地上波チャンネルの割当でも済んで、今まさに転換が始まっている。

カナダにおける“デジタルテレビ施行タスクフォース”も、カナダ政府へのレポートを完成し、17項目にわたる提案を行って、“カナダ国民が競争環境の中で高画質のデジタルテレビサービスが享受できる戦略的フレームワーク確立が必要で、またその移行が確実に行われるような施策を設定する必要がある”と指摘している。

アメリカでは、FCCがATSCの標準を公式採用し、地上波のデジタルTVとHDTVの放送を義務づけ、1997年4



株CBS
技術担当上級副社長

ジョセフ・フラハティ博士

月3日には、既存放送業者にデジタル放送用の第二チャンネルを割り当てるとともに、そのサービスの施行ルールを決定した。

FCCのデジタルテレビに関する最終報告書と施行命令書で、4大ネットワーク(ABC、CBS、FOX、NBC)の放送局及びその系列局は、'99年5月1日までに10大都市圏でデジタル電波を出すことを義務づけられた。また、同じように次の11から30番目の大都市圏では、'99年11月1日までにデジタルシグナルを出すこと、さらに、すべての地上波放送局は2003年までにデジタル電波発信を完了することが定められた。

FCCは、現在のアナログNTSC用に与えられた周波数帯域を返還する時期も、移行期間終了時である2006年と定めた。その時期についてのレビューは適時行われるが。

命令書とは別に、CBSを含む放送局グループの一部は、FCCとの合意で、トップ10市場のうち幾つかは'98年11月1日までにオンエアすることを約束した。CBSは、ニューヨーク、ロサンゼルス、フィラデルフィアとサンフランシスコで、その日までに電波を発射することとしている。CBSは、ABC、FOX、NBCと同様、全部で14ステーション、つまり全米世帯数の33%をカバーする地域でデジタルTV、HDTVの放送を開始する。

ABC、CBS、NBC、PBS、HBO、MSG、DirecTV、Prime-star、それにUSSBは、今年中にHDTV放送を一日の中のいろいろな時間帯に放送することとしているが、CBSについて言えば、'98年11月1日から、一週間に5時間、プライムタイムでのHDTV放送を開始する。続いて、スポーツ放送を含むいろいろなHDプログラムを加えていく。

'99年5月1日までは最低でも30のTVステーションがデジタル化されるが、これはCBSで7か所、ABC、FOX、NBC、PBS合計で23か所である。これら全体で全米人口の39%をカバーすることとなる。

'99年11月1日までは、CBSで12、その他の上記ネットワークで29、合計41の放送局が更にデジタル化される

ので、デジタルTV、HDTVを受信できる世帯数は全米の61%にのぼるだろう。

カナダでも同様な動きで、2007年までには放送番組の2/3がHDTV放送可能となると予測しており、カナダ政府は、今年の後半にはそのための法制を整えるとしている。

ATSCの放送基準は、オープンで特定メーカーの独占を許さない走査フォーマットであり、最高レベルのHDTVからSDTV及びデジタルデータ放送まで含む階層総合的なもので、主なネットワーク系列放送局が採用したHDTVのピクチャーフォーマットは1080Iが大勢である。

一方、受信機について、有力家電メーカーの現時点の発売計画又は予定されているものを見ても、多くが1080I受信機であり、720P機はほとんどない。明らかにアメリカでは1080Iが一般的である。

アメリカ電子商品メーカーの最新情報による予定製品リストには、“ネイティブディスプレイフォーマット”という特に興味深い欄がある。メーカーはHDTVを含むATSCの全フォーマットをデコードできるとしているが、しかし画面表示では1080I又は480P若しくは480Iでしか出力せず、これはつまり、720Pはネイティブでは画面表示せず、480Iか480P、又は1080Iに変換した画像しか見られないことを示している。

家電メーカーはDTV/HDTVをこの夏から発売し、秋からクリスマス商戦にかけて売り込む構えを見せている。直視管、フロント型プロジェクタ、リア型PTV、それにフラットスクリーン型などいろいろなモデルが今後12か月の間に市場に登場する。価格についてまだはっきりしない点もあるが、初期のDTV/HDTVレシーバーは、\$2,500から\$8,000と発表されている。しかしこの業界は競争が激しいので、価格は急速に下がると思われる。

生産面では1080IがHDTVの標準機器として広がることはITUの勧告(ITU-R BT.709)とも整合しているので当然であるが、その個所を抜粋すると次のとおりである。

“HDTVの生産標準としてのパラメータ値は最大の共通性を持つべきで、1,920×1,080のアクティブ画像フォーマットはスクエア(正方画素)であり、デジタルテレビとコンピュータイメージの相互運用上非常にメリットがある。”

“したがって、このような新しいアプリケーション、特に他のアプリケーションとインタオペラビリティが重要なところでは、このパートII(ITU-R BT.709)の採用が望ましい。”

パートIIは、CIFシステムを16:9のアスペクト比、実効走査線上に1,920サンプル、走査線本数1,080、60Hz又は50Hz、21インタレース又は1:1、と記述している。

この提案は'97年世界放送連盟技術部会(WBU-TC)において強力に支持され、その声明文は次のとおりである。

“世界放送連盟技術部会は、番組制作及びHDTVの交信

上の単一規格設定を支持する。これは、HDTVの番組交換を容易にし、その機器のコスト低減に寄与する。そしてまた、高精細テレビの全世界への普及を促進する。”

“WBU-TCは、その単一規格として、いわゆるHD-CIF規格すなわち1,080×1,920画素、50Hz/60Hz走査システムを推奨する。これはHDTVのプロダクションに使われるべきで、スタジオ機器製造業者にこの規格に基づく機器の供給を要請する。”

この声明文は、今年の4月26日のポーランド、クラコフにおけるWBU-TCでも再確認された。

したがって、我々は遂にITU勧告709による単一HDTVの世界標準映像フォーマットを確立したのである。

HDTVの重要性を考えると、ワイドスクリーンかつ高精細というのは、単に現在の小さなテレビセットが奇麗な絵に変わるというだけでなく、大画面で、はるかに革新的で、全く新しい映像体験を家庭にもたらしめるので、消費者は正にそれを望んでいるのである。

大衆は、ワイドスクリーン型のHDTVなど決して必要としていないと信じている、いや、信じたいと思っている人は、大きなビジネス上のギャンブルをしている。525本とか625本走査線の、今までのスタンダードデフィニッションに近いデジタル伝送方式がマーケットに受け入れられるとは思わないし、そのようなセットが大量に売れるはずがない。HDTVに必ず負けると思う。

とにかくアメリカは、このデジタル方式に燃えているのだ。

アメリカ人作家ラルフ・ウォルドー・エマーソンの1850年の至言に言わく、“燃え立つ心なしで達成された偉業はない。”

巻頭言に寄せて

デジタル放送事業に三菱電機が力を入れようと決心したのは、当社がMPEG2にコアコンピテンスを持っていたことと、大型テレビに強い当社としてHDTVが大きな事業機会であると信じたからです。

CBSのフラハティ上級副社長との出会いが、特に当社のHDコーデックビジネスに大きな力となったことは疑いありません。

フラハティさんのHDTV放送実現にかける情熱が、翻訳していて沸々と感じられ、胸が熱くなりました。

送信から受信に至るまで、システムとしてのデジタル放送事業が当社の基幹ビジネスに育つことを祈ってやみません。

前専務取締役デジタル放送事業センター長(現顧問)

山口義人

デジタル放送の現状と課題

村上篤道* P.A.Ratliff+
 山口哲成** 野間口 有++
 T.C.Poon***

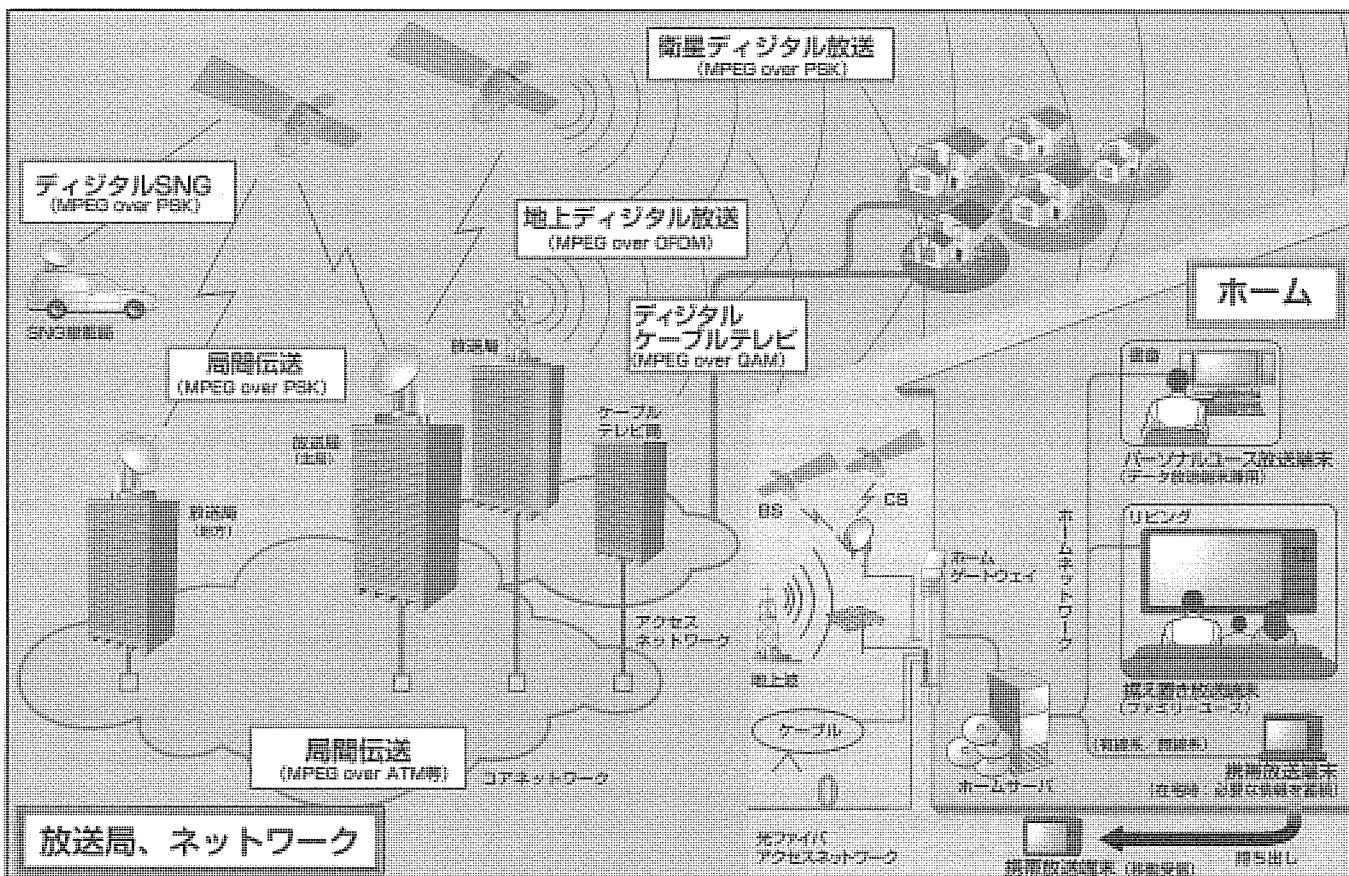
要旨

放送のデジタル化は、21世紀に向けて新しい放送文化を創造する機会を到来させる。デジタル放送は、インフラストラクチャからサービスに至るメディアの変革であり、世界的規模でかつ地域の隅々まで実り豊かな社会生活をもたらす期待感を抱かせる。普及のためには、各国の施策、インフラの整備、技術の規格標準化、安価な高機能情報端末、魅力あるサービスが同時に並行してユーザーに受け入れられるようなプロセスの創出が必要である。

デジタル放送の展開は、映像・音声符号化技術の規格標準化を機に衛星・地上波・ケーブルの各伝送媒体におい

て始まり、臨場感あふれる高品質テレビジョン、多チャンネル、マルチメディア情報のサービス実現に向け、日・米・欧で各国同時に加速進行中である。

こうしたデジタル放送サービスの実現には、オーディオビジュアル技術や、通信とコンピュータを融合した高度な技術開発が必要である。三菱電機(以下“当社”という)は、新しい時代を切り開くため、放送局システム、集配信ネットワーク、家庭用受信機、デジタルテレビ用コーデック、基幹LSI等の開発に積極的に取り組んでいる。



デジタル放送時代のシステム&サービスイメージ

MPEG2の規格化を契機に、放送のデジタル化が大きく加速した。放送のデジタル化は、高度情報社会実現の糸口になると予想される。デジタル化により、高品質放送、多チャンネル、多機能、通信/蓄積メディアとの融合(システムの相互接続性、コンテンツの相互流通性)が実現し、視聴者は、情報端末としての役割を持つ放送端末を使って主体的に種々のサービスを選択できるようになる。

*三菱電機(株)情報技術総合研究所マルチメディア部門統轄部長 **同郡山製作所長
 同常務取締役 開発本部長(工博) *Information Technology Center (America) Director (PH.D.)
 *Information Technology Centre (Europe) General Manager (PH.D.)

1. ま え が き

半導体技術の進歩にあいまって、映像・音声のデジタル圧縮技術の成熟、通信と情報処理技術の融合が進み、マルチメディア情報サービスがデジタル放送システムの上で実現可能になってきた。映画のような臨場感あふれる高品質な映像・音声を提供するテレビジョン、幅広い視聴者のニーズに対応できる多チャンネル放送、利便性に富んだタイムリーな情報を提供するデータ放送、自動車の中で視聴できる移動体受信、テレビショッピングのような双方向インタラクティブ放送、立体テレビ等の出現も技術的に可能な時代になってきた。これらのインフラストラクチャからサービスに至るメディアの変革を機に、人に優しい実り豊かな社会を実現するためには、なすべき施策や課題が多い。

ここでは、デジタル放送時代の到来に向けて、各国の施策、技術や標準化の動向、新しいシステムとサービス等の現状と課題について言及し、当社が積極的に取り組んでいるデジタルテレビ用コーデック、放送局システム、集配信ネットワーク、家庭用受信機、半導体などデジタル放送技術の開発と製品化の状況について紹介する。

2. 各国の状況⁽¹⁾

1941年に米国でNBC、CBSが地上波アナログテレビ放送を開始して以来、日本では'53年にNHKがテレビ放送を開始し、'60年にNTSC方式のカラーテレビ放送を実施している。現在は、数十年に至るアナログ放送時代からデジタル放送時代への変革期の始まりである。

放送のデジタル化は、放送方式や技術規格の標準化と周波数チャンネルプラン、放送機材、安価な受信機とコンテ

ンツ等が同時進行して準備される必要がある。デジタル放送への移行は、政府施策や放送業者の取組、産業界の製品開発動向、ユーザーの需要の喚起など課題が多い。

日・米・欧の衛星・地上波・ケーブル放送のデジタル化スケジュールを図1に、デジタル放送方式の概要を表1に示す。各国ともMPEG2(Moving Picture Experts Group-Phase2, 3章 デジタル放送の標準化を参照)ベースの情報源符号化方式とマルチメディア多重化方式を採用しており、このような傾向は世界各国で検討されているデジタル放送方式の大部分に当てはまる。

2.1 日本の状況

我が国では、衛星・地上波・ケーブルすべてのメディアにおけるデジタル化が2000年初頭の実現を目指して進められている。

まず、'95年7月に出された通信衛星(Communication Satellite:CS)によるデジタル放送(CSデジタル放送)に関する電技審(電気通信技術審議会)の技術答申⁽²⁾を受け、'96年6月からCSデジタル放送の実サービスが開始された。次いで、デジタルケーブル放送に関する電技審答申⁽³⁾が'96年5月に出され、現在、デジタル化サービスが行われつつある。

一方、放送衛星(Broadcasting Satellite:BS)によるデジタル放送(BSデジタル放送)については、今年2月に電技審の技術答申が出され、映像フォーマットとして現行のアナログ放送相当の解像度(480I:720画素×480ライン、飛び越し走査)に加え、HDTVフォーマット(1080I:1,920画素×1,080ライン、飛び越し走査)や順次走査フォーマット(480P:720画素×480ライン)等が採用された。

音声符号化方式は、高品質音声への要求にこたえるため、

		~'96年	'97年	'98年	'99年	2000年~
日本	衛星		9 暫定方式策定	2 放送方式策定 (電技審答申)	6 ARIB規格策定(第1版) 委託放送業者決定	9 委託放送業者決定
	CS	'95/7 放送方式策定 (電技審答申)	'96/6~ CSデジタル放送開始	12~ ディレクTVジャパン放送開始		6 ARIB規格策定(第2版)
	地上		9 暫定方式策定	夏頃 暫定方式策定	11ごろ~ パイロット実験	12 チャンネルプラン策定
	ケーブル	'96/5 放送方式策定 (電技審答申)	5~ 試行放送サービス開始	デジタルケーブル放送開始('98~)		春 放送方式策定 (電技審答申)
米国	地上	'96/12 DTV標準採択(FCC)		11頃~ 地上デジタル放送開始	~5 4大ネットワークが10大 地域(全世帯の30%)で 放送開始	~11 4大ネットワークが30大 地域(全世帯の55%)で 放送開始
	衛星	'94/12 ETSI規格承認(ETSI300 421: DVB-S)	'96~ 衛星デジタル放送開始(ドイツ、フランス、イタリア等)			
欧州	地上		2 ETSI規格承認(ETSI300 700: DVB-T)	'98~ 地上デジタル放送開始(イギリス、スペイン、スウェーデン等)		
	ケーブル	'94/12 ETSI規格承認(ETSI300 429: DVB-C)		'98~ デジタルケーブル放送開始(ドイツ等)		

図1. 日・米・欧の衛星・地上波・ケーブル放送のデジタル化スケジュール

表1. 日・米・欧のデジタル放送方式の概要^{(2)(3)(5)~(8)}

	日本			米国(ATSC)		欧州(DVB)			
映像フォーマット*	1080 I...1,920(又は1,440)[画素]×1,080[ライン], (30) 480 I...720[画素]×480[ライン], (30) 480 P...720[画素]×480[ライン], (60) 720 P...1,280[画素]×720[ライン], (60) (実証要) 1080 P...技術的検討・実証要			1080 I(30) 1080 P(24/30) 720 P(24/30) 480 P(24/30/60) 480 I(30), 等		576 I/P(25) 1080 I/P(25/30), 等			
情報源符号化方式 (ビデオ, オーディオ)	MPEG2ビデオ		MPEG2オーディオ (衛星・地上波はAAC)	MPEG2 ビデオ	ドルビー AC-3	MPEG2 ビデオ		MPEG2 オーディオ	
多重化方式	MPEG2トランスポートストリーム								
伝送路符号化方式	情報レート(Mbps)	52.2	23.4	29.2	19.39	29.2 (27MHz帯域幅)	23.5	38.1	
	外符号	RS(204, 188)			RS(207, 187)		RS(204, 188)		
	内符号	トレリス符号/ 畳込み符号	畳込み符号	—	トレリス符号		畳込み 符号	畳込み 符号	—
	変調	PSK	OFDM + PSK, QAM	QAM	8-VSB		QPSK	OFDM + PSK, QAM	QAM
	伝送帯域幅(MHz)	34.5	6	6	6	6	26~54	8	8
	衛星 (BS)	地上波 (暫定方式原案)		ケーブル	地上波		衛星	地上波	ケーブル

注 *映像フォーマットにおいて、括弧()内の数字はフレームレート(フレーム/秒)である。また、1080 I, 480 Pなどの数字は有効走査線数を、Iは飛び越し走査、Pは順次走査を意味する。

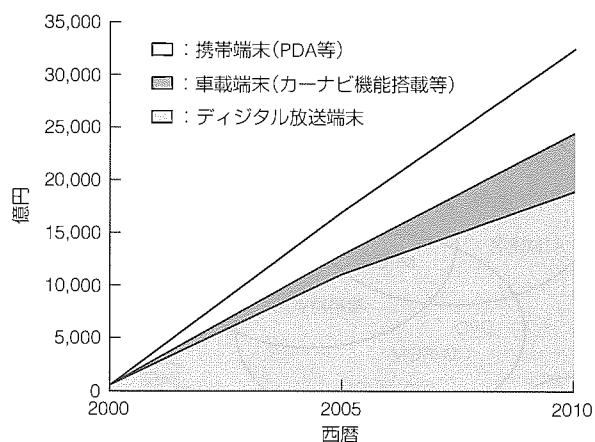


図2. デジタル放送端末の市場規模予測⁽⁴⁾

MPEG2オーディオのAAC(Advanced Audio Coding)方式が採用された。変調方式については周波数利用効率の高いトレリス8相PSK(Phase-Shift Keying)を採用し、降雨減衰対策として伝送多重制御(Transmission & Multiplexing Configuration Control: TMCC)信号により、複数の変調方式を使用する階層変調が可能である。

地上デジタル放送については、現在、放送方式の検討を行っているところである。暫定方式原案を他国の放送方式と比較した場合、移動受信が可能なが大きな特長であり、カーナビゲーション機能を搭載した車載放送端末やPDA(Personal Digital Assistants)機能を搭載した携帯放送端末など多種多様な放送端末が出てくることが予想される。郵政省の策定したスケジュールによれば、2000年にまず関東圏で地上デジタル放送を開始し、2010年にアナログ放送を終了する予定である。

アナログ受信機(現行テレビ受信機)は、現在約9,650万台が国内で普及している。今後、2000年からの10年間でこれらの受信機のほぼすべてがデジタル放送端末と入れ替わるとの仮定で試算したデジタル放送端末の市場規模予測を図2に示す。この試算によれば、デジタル放送端末全体の市場規模は2010年に3兆2,400億円に達する。今後、多種多様な魅力あるサービスが提供されることにより、一世帯当たりの放送端末保有台数は現状よりも増大し、更に大きな市場となる可能性が高い。一方、放送コンテンツ制作や放送サービスを含めたデジタル放送全体の市場規模は、2010年には数十兆円に達すると予想され、日本経済に大きな活力を与える市場といえる。

2.2 米国の状況

米国では、既に'94年からDirecTV, USSB, PRIMES-TARなどによる多チャンネル衛星デジタル放送サービスが始まっており、トータルの加入者数は500万件を超えている。

地上デジタル放送ATV(Advanced Television, 後にDTV(Digital Television)と呼ばれる。)については、FCC(Federal Communications Commission)が'87年から検討を開始した。翌'88年には、ATVの評価のためにATTC(Advanced Television Test Center)が設置された。'93年にデジタル方式による規格統一を目指したGA(Grand Alliance)が成立し、民間標準化組織のATSC(Advanced Television Systems Committee)においてGA方式の検討が進められ、'95年にATSC標準⁽⁵⁾が作成された。FCCはこれを'96年末にDTV標準として採択している。なお、ATSC標準で規定されていた18種類の映像フォーマットは、

放送事業者の裁量にゆだねられた。

FCCが策定した地上デジタル放送への移行スケジュールによれば、4大ネットワークは'99年5月までに視聴者上位10都市で、同年11月までに上位30都市でデジタル放送を開始し、それ以外の商用局は2002年5月までに、公共放送局は2003年5月までにデジタル放送を開始することになっている。さらに、アナログ放送終了時期を2006年としている。これを受けて、4大ネットワーク及びPBS系の26局は、今秋にもデジタル放送サービスを始める予定である。

2.3 欧州の状況

欧州においては、EC委員会で基本的な推進方策を定め、政府・放送事業者・メーカー等で構成される民間標準化組織のDVB(Digital Video Broadcasting)がデジタルテレビ放送(衛星・地上波・ケーブルテレビなど)の規格をメディア横断的に検討し、ETSI(European Telecommunication Standards Institute)がこの規格案をベースに欧州標準規格を策定する。

衛星デジタル放送に関しては、ETSIが'94年に策定したDVB-S方式⁽⁶⁾に基づき、QPSK(Quadrature PSK)変調でTelepiu(伊)、Canal Satellite(仏)などでサービスが始まっている。

地上デジタル放送方式は、'95年にDVBからETSIに方式案(DVB-T)が提出され、'97年に欧州規格として制定された。変調方式は、7MHz又は8MHz帯域のOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)である。地上デジタル放送の取組は欧州の中では英国が比較的先行している。

映像符号化・音声符号化・多重化については、衛星・地上波・ケーブルのいずれもMPEG2標準を採用している。現状の放送はSDTV(現行テレビの品質)のみであるが、ITVS'97やNAB'98などの放送機器展ではHDTVの実演展示も実施しており、HDTVも視野に入れた検討を行っている。

3. デジタル放送の標準化^{(3)~(8)}

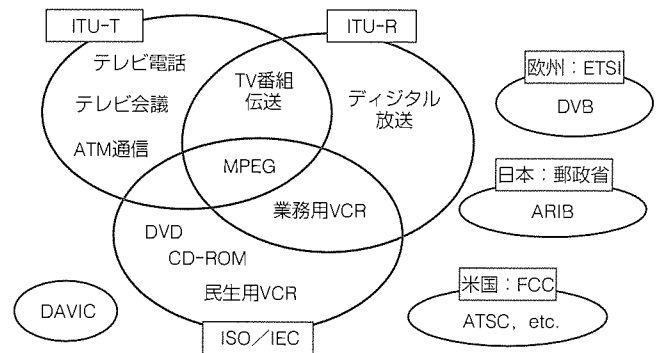
デジタル放送の普及には、システムの面から相互運用性、各機器の相互接続性、コンテンツの相互流通性、媒体の互換性を確保する標準化は重要である。図3は、デジタル放送技術に関連する国際標準化組織及び各地域・民間の標準化組織である。これらの標準化機関は、よりフレキシブルなサービスを実現できるよう、長い時間をかけて基本的技術の標準規格策定を進めている。

放送方式に関する国際標準化作業は、ISO/IEC, ITU-T SG9(Study Group 9: TVと

音声番組伝送を担当)、ITU-R SG10(放送業務: 音声を担当)及びSG11(放送業務: TVを担当)を中心に進められている。一方、放送方式に関する民間の地域標準化組織としては、電波産業会(ARIB: 日本)、ATSC(米国)、DVB(欧州)などがある。

MPEG標準化作業はISO/IECで行われており、MPEG2と呼ばれる映像・音声の汎用情報源符号化方式やマルチメディア多重化方式が標準化され、各国のデジタル放送として採用された。MPEG2標準は、各伝達メディア(放送系・通信系・蓄積系などの情報伝達手段としてのメディア)における方式の共通化を実現した。MPEG2ビデオ標準は、動き補償予測と直交コサイン変換技術をベースとした汎用符号化方式である。

表2に示すように、機能に相当する“プロファイル”とグレードに相当する“レベル”の概念を取り入れて、応用面から符号化のクラス分けを規定している。デジタル放送では、HDTVの符号化にはMP@HL(Main Profile at High Level)を使用し、約1/40に圧縮して20Mbps程度の符号化ビットストリーム(Elementary Stream: ES)を生成する。SDTVの符号化にはMP@ML(Main Profile at Main Level)



- ARIB : Association of Radio Industries and Businesses(電波産業会)
- ATSC : Advanced Television Systems Committee
- DAVIC : Digital Audio-Visual Council
- DVB : Digital Video Broadcasting
- ISO : International Organization for Standardization(国際標準化機構)
- ITU-T : International Telecommunication Union-Telecommunication Standardizations Sector(国際電気通信連合-電気通信標準化部門)
- ITU-R : ITU-Radiocommunications Sector (ITU-無線通信部門)

図3. デジタル放送技術にかかわる標準化組織

表2. MPEG2ビデオ符号化のプロファイルとレベル

Profile Level	Simple	Main (放送用)	SNR Scalable	Spatial Scalable	High	422 (業務用)
High		MP@HL (HDTV)			HP@HL	422@HL (HDTV)
High 1440		MP@H14 (480 I)		Spt@H14	HP@H14	
Main	SP@ML (低遅延)	MP@ML (SDTV)	SNR@ML		HP@ML	422@ML (SDTV)
Low		MP@LL	SNR@LL			

注 □ は未定義。422@HLは検討中。
上記以外にマルチビュープロファイルがある。

を使用し、約1/20の8Mbps程度のESに符号化している。映像や音声などのESは、タイムスタンプ等が付与されて

PES(Packetized Elementary Stream)を形成し、188バイトの固定長パケット単位にPID(Packet Identifier)を付けて多重化されたTS(Transport Stream)を形成する。

MPEGで規定されるインタフェースポイントとマルチメディア多重化イメージを図4と図5に示す。TSにはPAT(Program Association Table)やPMT(Program Map Table)という番組及び番組を構成するメディアに関する情報や、電子番組案内(SI/EPG)に関する情報が含まれる。受信側での番組情報の抽出は、

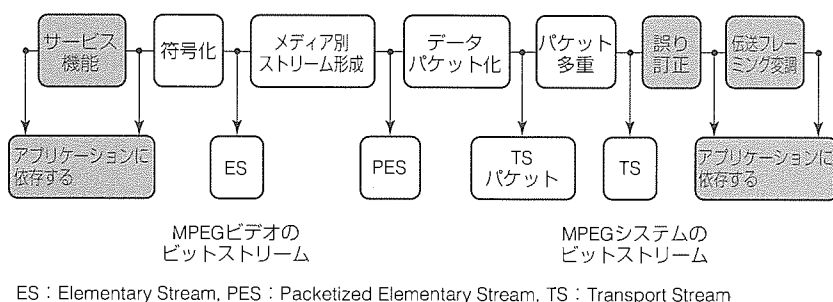


図4. MPEGが規定するインタフェースポイント

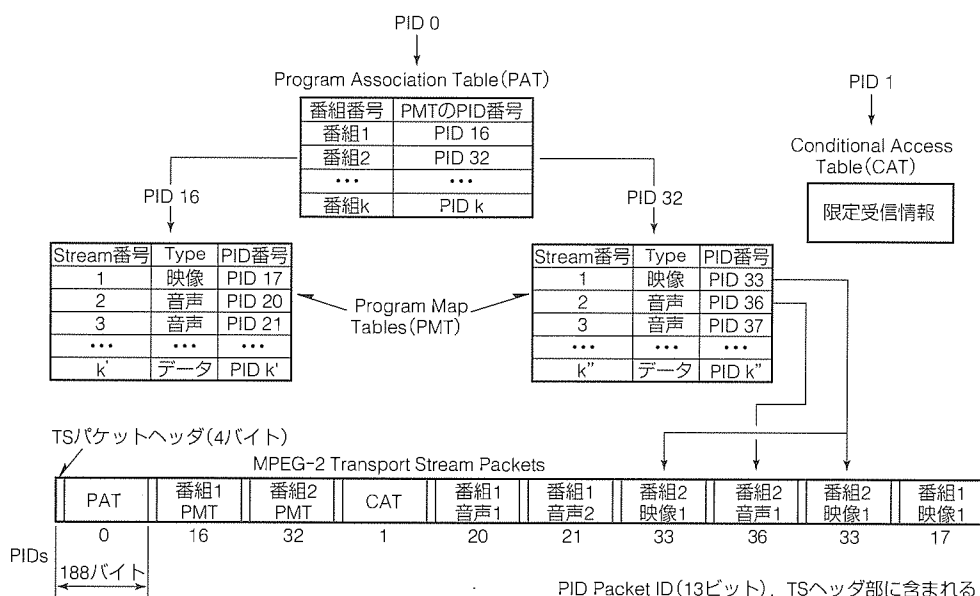


図5. デジタル放送における多重化ビットストリーム構成

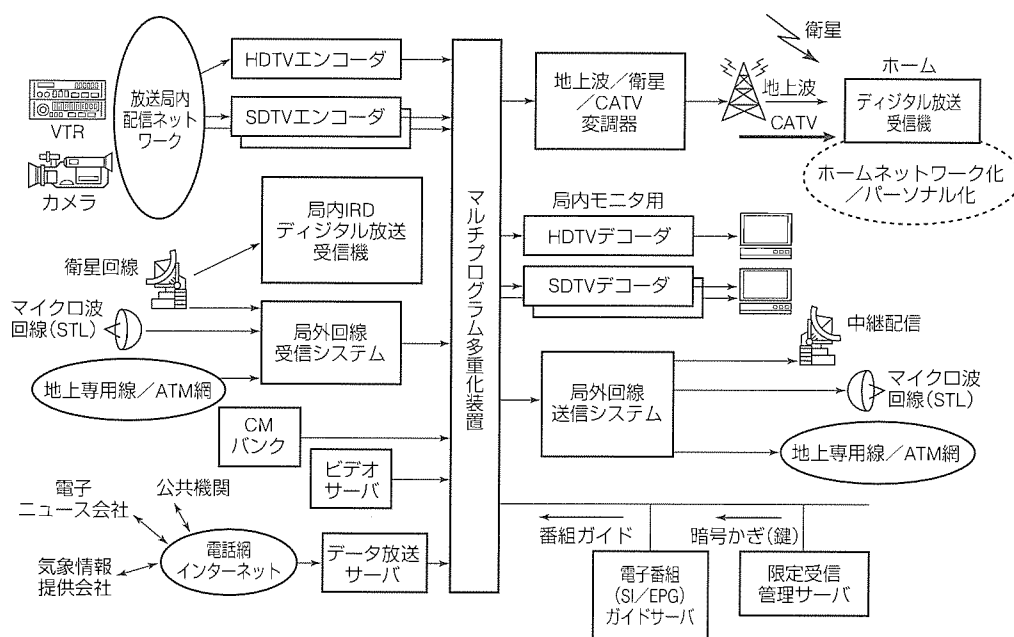


図6. 日・米・欧共通モデルシステム

PATを参照して番組ごとのPMTを索引し、PMTから番組を構成する各種メディアのPIDを識別することによって行われる。有料番組へのアクセスの際には、CAT(Conditional Access Table)を参照して限定受信情報を索引する必要がある。

4. デジタル放送システム&サービス

当社では、競争が激化しているデジタル放送システム分野において、デジタル放送システム及びサービスの開発と機能検証のため、日・米・欧などの標準方式(ARIB, ATSC, SMPTE, DVB, DAVIC等)に準拠し、かつ、衛星・地上波・ケーブルのいずれにも対応可能なモデルシステムを構築中である。さらに、教育や監視等の各種アプリケーションの実運用検証を行い、市場の要求仕様に合致させ、事業展開を図ろうとしている。図6に、検討中の日・米・欧共通モデルシステムを示す。デジタル放送システムの構築においては、国際間でのシステムの相互接続性やコンテンツの相互流通性を確保することが重要である。そのため、このシステムでは、MPEG2で規定されるTSをベースに相互接続性と相互流通性を確保している。

5. 当社の取組

画像のデジタル伝送に関して、当社は、ITUでのテレビ電話・テレビ会議用ビデオ符号化方式やMPEG, DAVICなどの標準化に積極的に関与してきた。他方、上記のようなデジタル放送の流れを考慮して、放送局用関連機器としてニュース素材の衛星による集配信(Satellite News Gathering: SNG)システム、日・米・欧の各方式に対応したデジタル放送局システム、受信機側関連機器としてデジタル放送受信端末及び関連する家庭内情報ネットワーク、そして送・受信機のキーパーツであるLSIなど、デジタル放送を支えるシステム、機器、パーツの開発と製品化に取り組んでいる。同時に、NAB'97及びNAB'98放送機器展で実演展示を行い、その有用性を広く示してきた。以下にその概要を記す。

(1) 標準化活動

3章で述べたような国内外の各種標準化活動に参画し、デジタル放送のあるべき姿を追求するとともに、方式の検討及び提案を積極的に行っている。また、標準方式に則したデジタル放送コーデックやSI/EPG編集装置などを他社に先駆けて開発しており、標準方式の運用に関する検証やデモンストレーションに使用されるなど、デジタル放送の早期実現に貢献している。

(2) 集配信システム

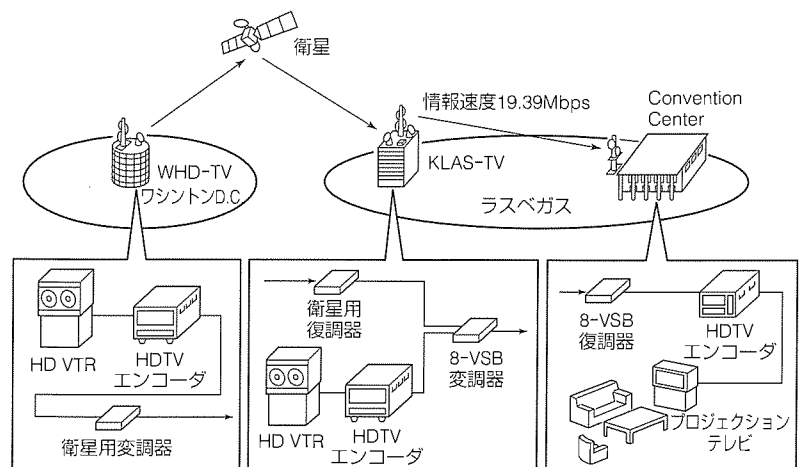
放送素材の集配信システムのキーコンポーネントとなるのがSNGコーデックである。当社のSNGコーデック製品としては、480I映像フォーマットに対応し、MPEG2に準拠し、小型かつ低処理遅延を実現したVX-3000、及びMPEG2 4:2:2プロファイルに準拠し、放送素材分配のための高画質を実現したVX-3000Mがある。また、順次走査のVX-3000Pを製品化し、チラツキのない高品質映像の符号化伝送を実現して好評を博している。さらに、HDTV映像対応としてはMPEG2準拠のMH-2000ビデオコーデックがあり、ハイビジョン映像の素材伝送等に用いられている。

(3) デジタル放送局システム

デジタル放送コーデック、マルチプログラム多重化装置、SI/EPG編集装置、ビデオバンク、CMバンク、データ放送サーバなどデジタル放送に必ず(須)な機器の開発を行っている。デジタル放送コーデックは、HDTV用としてMH-1100、SDTV用としてBC-1100があり、いずれも映画素材のフィルムモードに対応している。一方、マルチプログラム多重化装置TM-1100は、複数SDTVの効率的な多重、SI/EPG、データ放送の多重などに対応している。

(4) DTV受信機

'98年11月の米国主要都市でのDTV放送開始に合わせ、従来のNTSC信号及びATSCの18映像フォーマットを受信できるDTV受信機を開発した。DTV受信機は、DTV放送デコーダと73インチ高精細プロジェクションTVからなり、1080I、720PのHDTV放送の受信映像を1,920画素×1,080ラインの高画質の映像信号に変換し、他の映像フォーマットの受信映像をHDTV対応画面に適した映像フォーマットにアップコンバートして出力表示する。また、DTV放送では、映像や音声だけでなく、データ放送として様々なブ



NAB : National Association of Broadcasters

図7. NAB '97でのATSC DTV伝送デモ

ログラムやコンテンツの配信が予想されるため、そうしたデータ放送に対応するIEEE1394インタフェースをサポートしたパソコンやAV機器などの情報家電システムも開発中である。

(5) デジタル放送用LSI

デジタル放送サービスの普及には、送信及び受信システムの小型化・高性能化・低価格化のためのキーデバイス(LSI)開発が必須である。当社は、既にMPEG2規格に準拠した数種のビデオ符号化LSI及び動き補償LSIを開発済みである。また、米国Lucent社と共同で、米国DTV放送対応受信機向けに5種のLSI(8-VSB復調, MPEG2多重分離, MPEG2ビデオ復号, MPEG2オーディオ復号, ディスプレイ制御)を開発した。

(6) NAB'97, NAB'98における実演展示

NAB'97では、当社製のHDTVコーデックを使用して、ATSC主催のDTV伝送デモが行われた。エンコーダをワシントンNBC/WHF局モデルステーションとラスベガスCBS/KLAS局に、デコーダをラスベガス会場のATSCブースに設置し、図7のような形態で高品質HDTV映像と音声によるデジタル放送が実演され、実運用の可能性を実証する機会となった。

NAB'98では、当社製HDTVコーデックMH-1100, マルチチャンネルSDTVコーデックBC-1100, プログラム多重化装置TM-1100, SI/EPGコンパイラの主要機器を実演展示した。また、CBS/KLAS局に設置された当社製HDTVエンコーダから、長野五輪記録映像が地上波放送され、展示会場にある各社の受像機で受信された。今回の実演展示で、当社コーデックの映像・音声が業務用の使用にも十分に耐え得ることが立証された。

(7) 今後の取組

当社は、2000年ごろの国内デジタル放送開始に向けたBSデジタル放送実験、地上デジタル放送野外/パイロット実験等に積極的に取り組むとともに、今後新たなサービスとして期待されるデータ放送や、放送/通信/コンピュータなど多方面で利用可能なマルチメディア符号化規格MPEG4等の分野においても幅広い活動を展開し、日・

米・欧を中心に世界的に立ち上がりつつあるデジタル放送の普及と発展に対して貢献していく所存である。特に、当社が進んでいるデジタル放送用コーデックについては、今まで蓄積してきたノウハウを入れて、更なる高性能・高品質化を図るとともに、小型化・低価格化を進めていく予定である。

6. む す び

デジタル放送時代の到来に向けて、世界的規模で各分野(行政, 製造, サービス, コンテンツプロダクション, ユーザー)での協調が必要となるであろう。当社の積極的な取組の一端をこの特集として紹介し、新しい時代の到来を祈念する。

参 考 文 献

- (1) 吉田 昇：小特集：21世紀に向かって動き出したデジタル放送：1. デジタル放送方式の審議状況と将来展望, 映像メディア学会誌, 51, No.9, 1336~1340 (1997)
- (2) 電技審諮問第74号一部答申：12.2~12.75GHzを使用する衛星デジタル放送方式(27MHz帯域幅を使用するもの)の技術的条件 (1995-7-24)
- (3) 電技審諮問第74号一部答申：有線テレビジョン放送におけるデジタル放送方式の技術的条件 (1996-5-27)
- (4) 郵政省報道資料：デジタル放送端末の将来像及びアナログTV受信機からの円滑な移行策~地上デジタル放送懇談会デジタル放送端末作業班報告~(1998-4-22)
- (5) ATSC Standard A/53: ATSC Digital Television Standard (1995)
- (6) ETS 300 421: Digital Satellite Transmission Systems (1994)
- (7) ETS 300 429: Digital Cable Delivery Systems (1994)
- (8) ETS 300 744: Digital Terrestrial Broadcasting Systems (1997)

デジタル放送モデルステーション

岡 進* 中澤宣彦*
 加藤嘉明* 松室昌宏**
 松崎一博* 三澤康雄**

要 旨

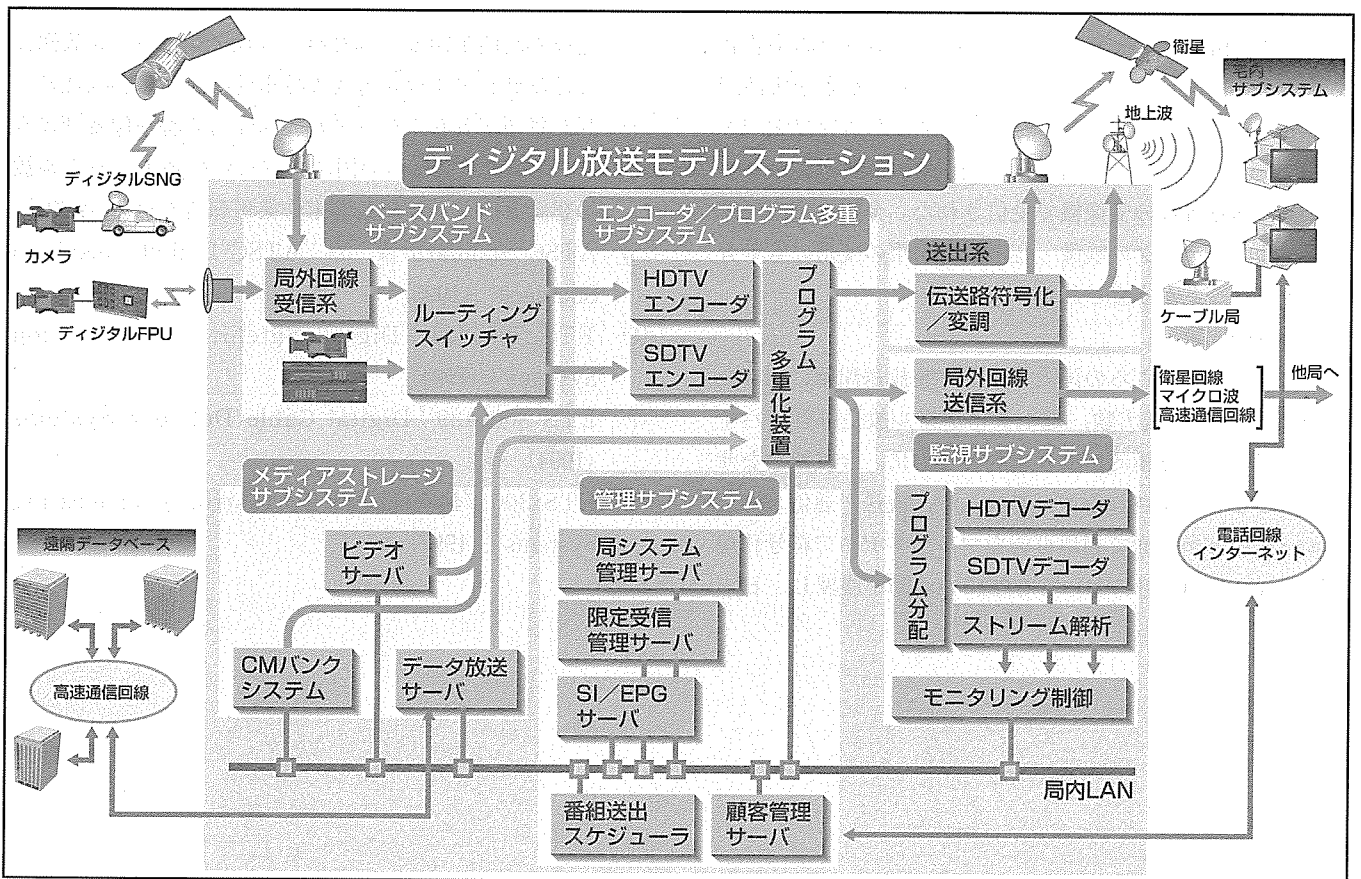
本格的な導入気運が高まりつつあるデジタル放送サービスを実現するためには、MPEG2を中心とした画像・音声符号化技術や多重化伝送技術を始め、メディアハンドリング、デジタル伝送、情報処理など多くの先端技術を結集し、総合的な検証を十分に行った上でシステムを構築していく必要がある。三菱電機では、デジタル放送サービスに必要な機器とシステムを開発し提供していくに当たり、デジタル放送モデルステーションを構築している。

このモデルステーションの構築により、日・米・欧の地上波・衛星・ケーブルの各規格に準拠した機器とシステムを開発し、総合的な機能・性能検証を実施し、提供サービスの質の向上を図り、更に新たなサービスを創出することが可能となった。検証においては、技術ドメインでのコン

フォーマンス検証、システムドメインでのコンプライアンス検証、サービスドメインでのインタオペラビリティ検証が必要となる。

システム構成としては、ベースバンド系、エンコーダ/プログラム多重系、メディアストレージ系、管理系、監視系、宅内系の各サブシステムからなるブロック構造を採用している。

このモデルステーションを用いて、ビデオコーデック、多重化装置など各種キーコンポーネントを効果的に開発し、HDTV放送、マルチチャンネル放送、データ放送、電子番組案内など今後のデジタル放送の各種サービスに対応した最適なソリューションを提供していく。



デジタル放送モデルステーション

日・米・欧の地上波、衛星、ケーブル各放送にかかわる標準化動向を踏まえた機器とシステムの総合的な検証を行うため、デジタル放送モデルステーションを構築した。これにより、各サービスに対応したより質の高いサービスの提供が可能となった。

1. ま え が き

日・米・欧の各地域において、地上波・衛星・ケーブルの各デジタル放送にかかわる標準化作業が進展している。これと並行して、各国でデジタル放送サービスの本格的な導入気運が高まりつつある。視聴者に広く受け入れられる質の高いデジタル放送サービスを実現するためには、MPEG2を中心とした画像・音声情報符号化技術や多重化伝送技術を始め、デジタルメディアハンドリング技術、デジタル伝送技術、情報処理技術など多くの先端技術を結集し、機器とシステムを総合的に検証し、さらに、サービス形態、内容を十分に検証した上で、全体システムを構築していく必要がある。

当社では、デジタル放送サービス及び関連する各サービスに必要となる機器とシステムを開発し提供していくに当たり、総合的かつ効率的なシステム検証及びデモンストレーションを通じた顧客とのリアルタイム性の高い情報交換等を目的に、デジタル放送モデルステーションを構築し、運用している。

本稿では、デジタル放送システムの特性に基づくモデルステーションの必要性、当社モデルステーションの構成、検証例等を紹介する。

2. デジタル放送システム

2.1 デジタル放送

デジタル放送は、技術的にも、また提供するサービスにおいても多様な可能性を秘めている。技術的な特長としては、情報源圧縮符号化技術による周波数帯域の有効利用、情報のデジタル化による信号の再利用性、付加処理性、コンピュータとの融合性の向上等が挙げられる。これにより、放送サービスとして①高精細・高品質放送、②マルチチャンネル放送、③マルチメディア化、④高機能化などの提供が可能となる。

高精細・高品質については、1998年秋からサービス開始予定の米国でのDTV放送及び2000年ごろサービス開始予定の国内BSデジタル放送などで番組の中心となると予想される、高臨場感音声を伴うHDTV放送がそれに当たる。マルチチャンネル放送は、既に日・米・欧のCSデジタル放送を中心にサービスが実施されている。マルチメディア化の例としては、コンピュータネットワーク、大規模データベースとの連

携によるデータ放送が挙げられる。ニュース、天気予報等、独立したサービスのほか、テレビ番組と連携した新規のサービスが種々検討されている。高機能化については、通信ネットワークとの融合によるインタラクティブサービス、多チャンネル化に対応した電子番組案内などが例となるであろう。さらに、移動体受信、地域密着型のサービスも可能となりつつある。これらを含む付加的なサービスを有料で提供するために、顧客管理を伴った限定受信の仕組みも必要となる。

これらのサービスを実現するには、音声・映像の符号化、多重化にかかわる規格から始まって、系統的に多くの関連規格が必要となり、そのために技術又は地域別にISO、IEC、DAVIC、ARIB、ATSC、SMPTE、DVBなどの標準化団体が存在する。したがって、サービスの送出元である局システムの構築に当たっては、それぞれの要素機器が関連する国際・国内・業界の標準規格に準拠していることをまず検証し、その上で各要素機器が正常に相互接続して、システムとして所定の機能を実現するかを検証する必要がある。さらに、そのシステムが実現する機能が、対象とするマーケットやサービスに、最適な形で適応しているのかが検証が最終的に重要となる。

2.2 デジタル放送のシステム構成

図1に示すように、放送システムは大きく3種類に分類できる。スポーツなど各種イベント会場等からの映像を集める集信系、キー局からローカル局への配信など局間での番組伝送を行う中継系、そして、最終的に各家庭や視聴者に番組を送信する放送系となる。

集信系は、衛星やマイクロ波などを用いたリアルタイムでの素材伝送であり、基本的には編集などが加えられていない単一素材の伝送であるが、複数カメラからの映像を多重して同時に局に送信することも可能である。

中継系は、衛星や高速通信網など比較的広帯域な伝送路

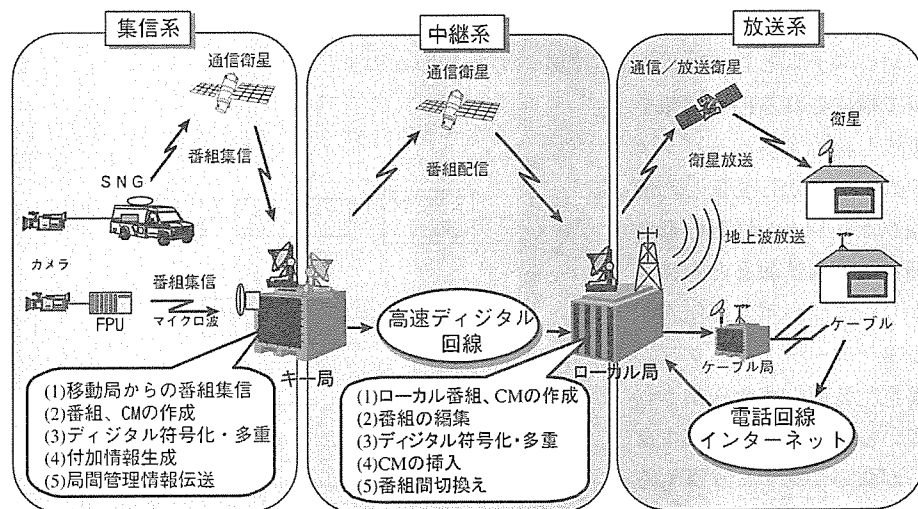


図1. デジタル放送のシステム構成

を用いて、種々の編集を加えた単一又は複数の番組を伝送する。この際、伝送システムの管理情報など局間の専用情報も多重される。キー局からの配信の場合、ローカル局では番組スケジュールに従ってキー局からの受信番組とローカルニュースやコマーシャル番組との切換え、局ロゴの付加などを行う。

放送系は、地上波・衛星・ケーブルそれぞれについて規定された変調方式と伝送路符号化方式に基づいて所定のビットレートで送信される。この際、サービスに応じて、関連データの付加、マルチチャンネル化、電子番組案内なども同時に多重されて伝送される。

以上のように放送システムは多くの運用形態があり、ここで使用される機器の動作仕様も運用箇所や目的によって異なってくる。したがって、機器やシステムの開発に当たっては、種々の運用形態を考慮した効率的な検証が必要となる。

2.3 デジタル放送における番組選択,

限定受信の仕組み

デジタル放送では、マルチチャンネル化、高精細・高品質化、マルチメディア化など種々の新たなサービスが可能となる。そこで多種多様なサービスから視聴者が所望するサービスと番組を見付けだし、選択・受信するまでの一連のシーケンス、仕組みが必要となってくる。そのために、電子番組案内(Electronic Program Guide : EPG)が用いられる。視聴者は、局から送られてくる電子番組案内の情報をテレビ画面上で見ながら、所望の番組を選択する。

視聴者から所望の番組を指示されたレシーバが、複数番組が多重されたストリームから、所望の番組及びそれを構成するメディアパケットを識別するために、各番組にはプログラム番号が、またメディアパケットには識別用のIDが付与されている。さらに、各IDを通知するために、階層的な構造を採るID通知用のテーブル(Program Specific Information : PSI)が用意されている。図2に番組選択の一連のシーケンスを示す。

局システムとしては、時間情報を含む何種類かのテーブルで構成されるEPG情報を生成し編集するサーバシステム、そこから受信した情報をセクション情報の形で通常の番組情報とともにストリームに多重して伝送するエンコーダ/プログラム多重化装置、また送出されているEPG関連情報にエラーがないかをチェックするモニタリング機能が必要となる。

さらに、多チャンネル化に伴う有料放送を実現するためには、限定受信システムの構築が必要となる。一般に放送システムでは、マスタカギ(鍵)、ワーク鍵、スクランブル鍵を階層的に使用して、特定の加入者が暗号化された番組の解読と視聴を行える。図3に番組プログラムに対する暗号化の仕組みを示す。局システムでは、加入者管理システム

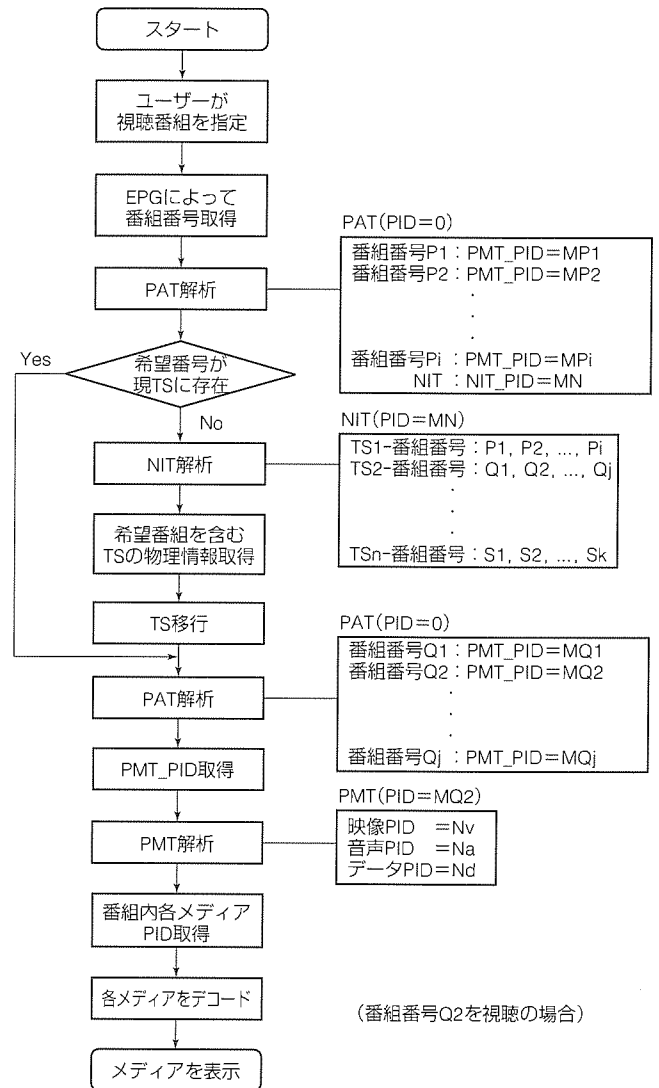


図2. 番組選択の仕組み

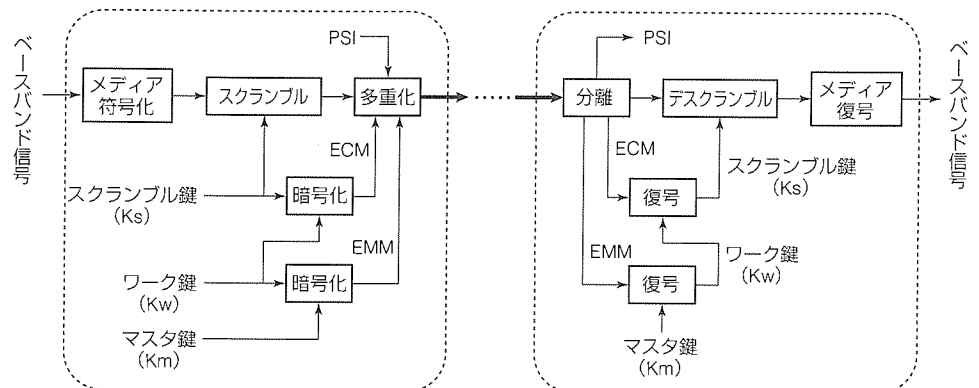


図3. 番組プログラムの暗号化

と連動した限定受信管理サーバにおいて鍵の生成・管理が行われ、そこからの情報に基づいてプログラム多重化装置から鍵を暗号化したEMM(Entitlement Management Message), ECM(Entitlement Control Message)パケットが送出される。

以上のように、デジタル放送システムが種々のサービスを円滑に視聴者に提供するためには、番組送出管理からエンコーダ、多重化装置そしてレシーバに至る各装置が、互いに連携し整合をとって動作する必要があり、体系的な総合検証が必要となる。

3. モデルステーションの構築

3.1 モデルステーションの意義

2.1節で述べたように、局システムを構築するためには、多くの関連標準と技術規格が必要である。しかし、同じ技術分野において地域や提供サービスによって異なる種類の規格が適用されることもあり、一つの機器とシステムが準拠すべき標準・規格は多種多様である。また、2.2節で述べたように、局システムは多くの機器で構成される大規模システムであり、その運用においても、集信/配信/放送という異なる形態が存在し、それぞれ必要とされる機器の動作・仕様が異なる。さらに、2.3節で述べたように、デジタル放

送の多様なサービスを提供するに当たっては、特定又は不特定の視聴者が簡単にかつ確実に所望のサービスにアクセスできる仕組みが必要であり、そのためには、情報処理技術等との融合が必ず(須)である。

以上のことを考慮し、当社では、デジタル放送にかかわる各要素技術、機器、システムの総合的な検証を行い、提供サービスの向上を図るため、デジタル放送モデルステーションを構築して運用している。このステーションのターゲットは日・米・欧の地上波・衛星・ケーブルの各放送サービスであり、さらに、遠隔監視、教育など関連するデジタル映像伝送システム⁽¹⁾をも視野に入れている。図4はモデルステーション構築の意義を模式化したものである。

3.2 モデルステーションの構成

図5に示すように、このモデルステーションは機能別に

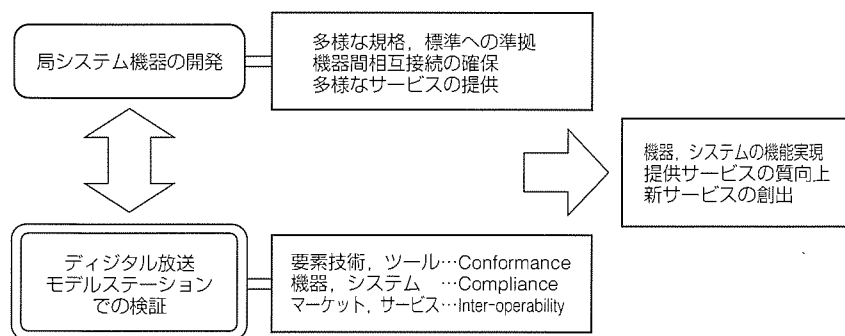


図4. モデルステーション構築の意義

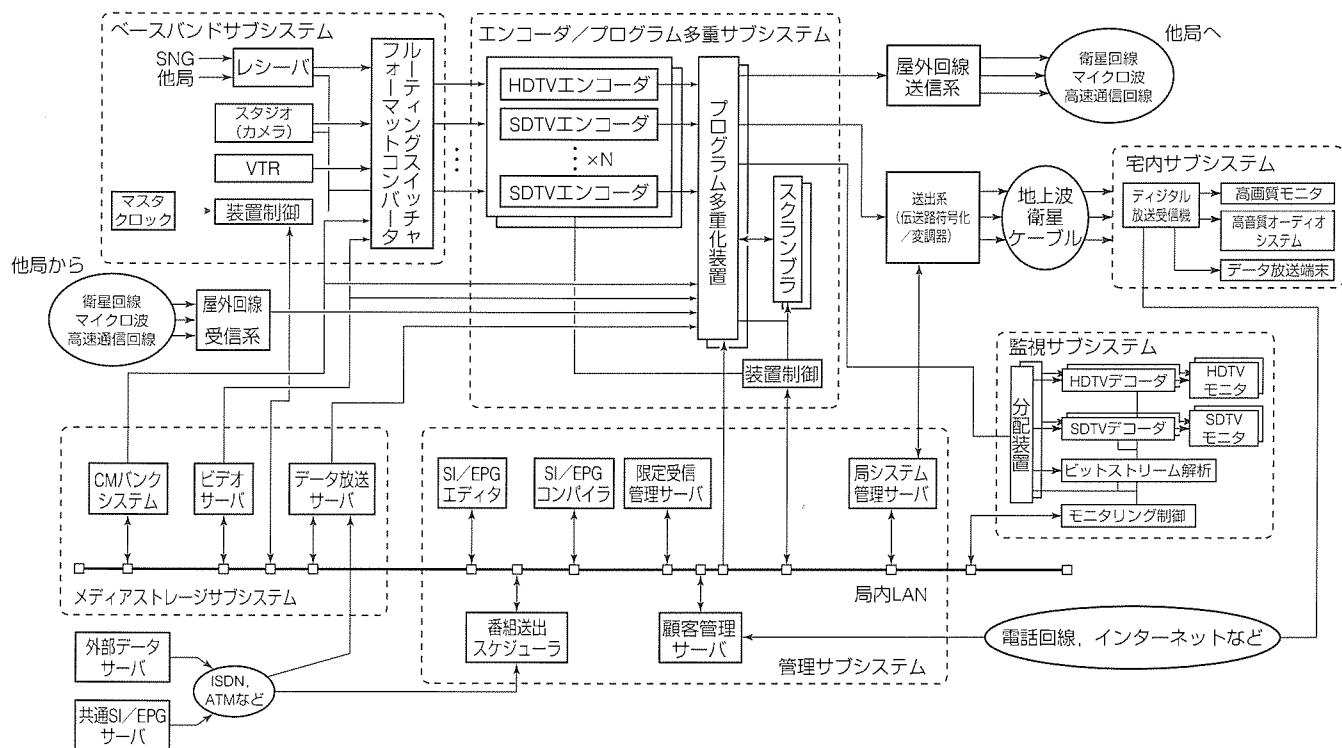


図5. モデルステーションの構成

ブロック構成を採り、ベースバンド系、エンコーダ／プログラム多重系、メディアストレージ系、管理制御系、監視系、さらに、放送における送受間の接続性を検証するためにレシーバ系の各サブシステムで構成される。

ベースバンドサブシステムは、各種ピクチャーフォーマットに対応したデジタルVCR／VTR、模擬スタジオのカメラのほか他局からの中継を想定した業務用レシーバ、マルチフォーマットに対応したフォーマットコンバータ、文字化された番組言語情報を送出するクロズドキャプションジェネレータ、さらに、複数の映像ソースから所定のソースを選択しエンコーダに送出するルーティングスイッチ等で構成される。管理サブシステムからの番組送出指示情報に基づいて所定の番組信号を送出する。

エンコーダ／プログラム多重サブシステムにおいて、エンコーダは、ベースバンドサブシステムからのデジタル又はアナログの映像・音声信号をデジタル符号化する高画質HDTVエンコーダとSDTVエンコーダで構成される。日・米・欧の衛星・地上波・ケーブルといった各種サービスと運用目的により、各種ピクチャーフォーマット、符号化方式、伝送レートに対応した柔軟なサービスを提供できるように考慮されている。また、各番組に付随する付加データは、ここで映像・音声情報とともに多重される。エンコーダからの出力はMPEG2トランスポート出力である。プログラム多重化装置とともに、冗長構成が可能である。

プログラム多重化装置は、各種エンコーダからのMPEG2トランスポートストリームを多重する。テレビ番組を扱うHDTV、SDTVエンコーダからのストリームのほか、多様なデータ放送サービスを提供する高速データストリーム、電子番組案内(EPG)、番組管理情報(PSI)、限定受信サービスを採用する際の鍵管理情報(ECM, EMM)など、全番組共通的に用いられる各種データの多重が行われる⁽²⁾。多重化方式は、レート固定多重のほか、SDTVマルチチャンネル時に有効な統計多重、データ放送等に適用するOpportunistic多重が可能である⁽³⁾。また、出力形式として、種々の規格に基づくTSインタフェースのほか、国内デジタル放送に必要なフレームフォーマット、米国で一般的なDS3回線への接続にも対応可能である⁽⁴⁾。

メディアストレージサブシステムは、コマーシャル番組、緊急放送用番組などをあらかじめデジタル形式で蓄積しておき、定められたスケジュールに従って、又は随時必要に応じてストリームを出力する。

管理サブシステムは、局システム管理サーバのほか、番組送出スケジューラ、SI／EPGエディタ／コンパイラ、顧客管理サーバ、限定受信管理サーバなどで構成される。これらは互いに連携して動作し、他のサブシステムの動作を管理・制御する。

監視サブシステムは、局から送出するストリームの正常性を常時監視し解析するためのもので、HDTV／SDTVのモニタデコーダ、専用のストリーム解析装置などで構成される。ここで、ストリームのシンタックス、情報の内容など種々の側面から監視を行い、エラーや障害が発見されれば管理サブシステムに通知し、必要に応じて予備系への切換えが行われる⁽⁵⁾。

宅内サブシステムは、主にエンコーダ及びプログラム多重化装置とレシーバの総合的な相互接続性と新サービスの有効性を検証するためのものである。

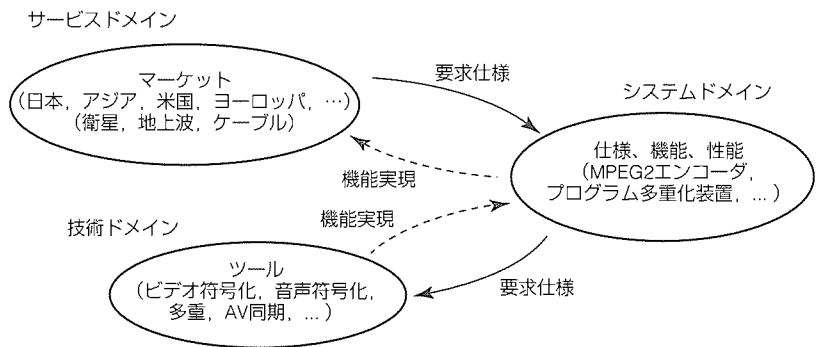


図6. モデルステーションでの検証ドメイン

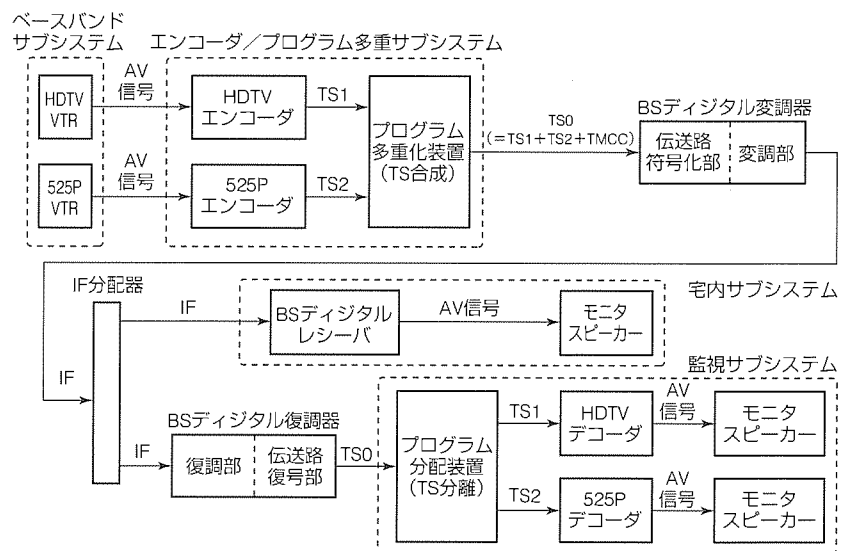


図7. BSデジタル放送多重伝送検証例

4. モデルステーションでの検証

図6に示すように、検証内容を、①技術ドメインで各技術ツールの規格や技術標準への準拠性を検証するパフォーマンス検証、②システムドメインにおいて、実際の機器間の相互接続性を含めたサービスへの対応性と仕様を検証するコンプライアンス検証、③サービスドメインにおいて、提供するサービスが対象となるマーケットやニーズに最適な形で対応しているかを、互換性を含めて、検証するインタオペラビリティ検証に分類し、それぞれの検証が効果的

に実施可能であることを目標とした。

モデルステーションを用いた検証の例を以下に挙げる。

(1) BSデジタル放送

BSデジタル放送では、伝送ストリームにおいてフレーム構成を採り、1TSパケットを含む各スロットに特定のプログラム情報又は変調方式に応じてダミーデータを割り当てる。これは1本のトランスポンダを複数の委託業者が使用することを想定し、変調方式に応じた固定スロットに各委託業者からのTSパケットを割り当てるものである。そのようなスロット多重方式に対応した伝送をモデルステ

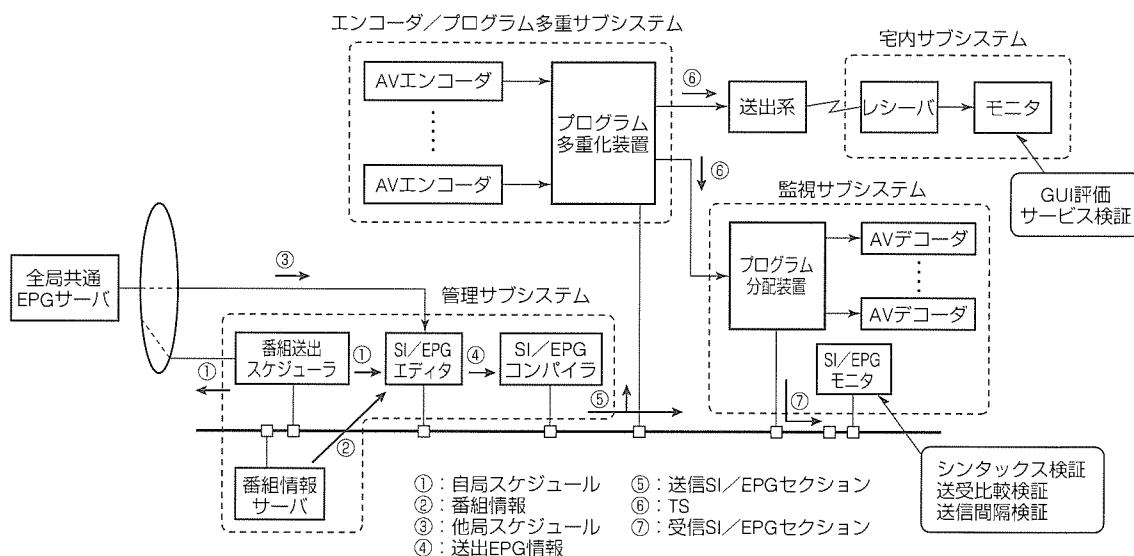


図8. 電子番組案内サービスの検証例

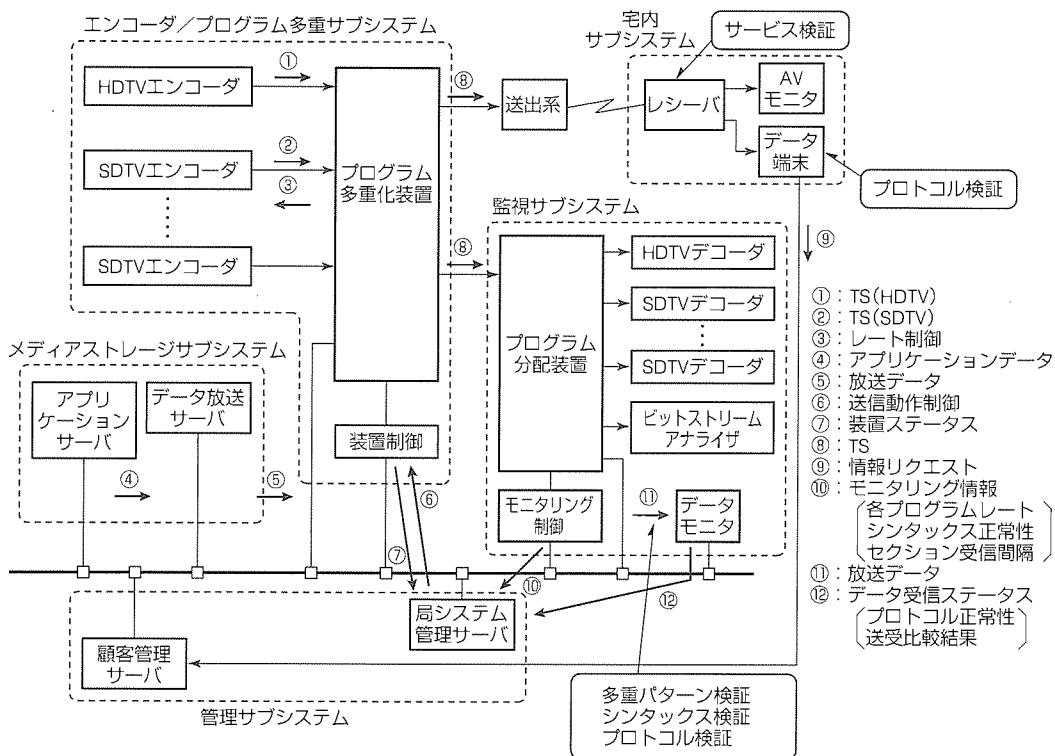


図9. 多チャンネル放送, データ放送の検証例

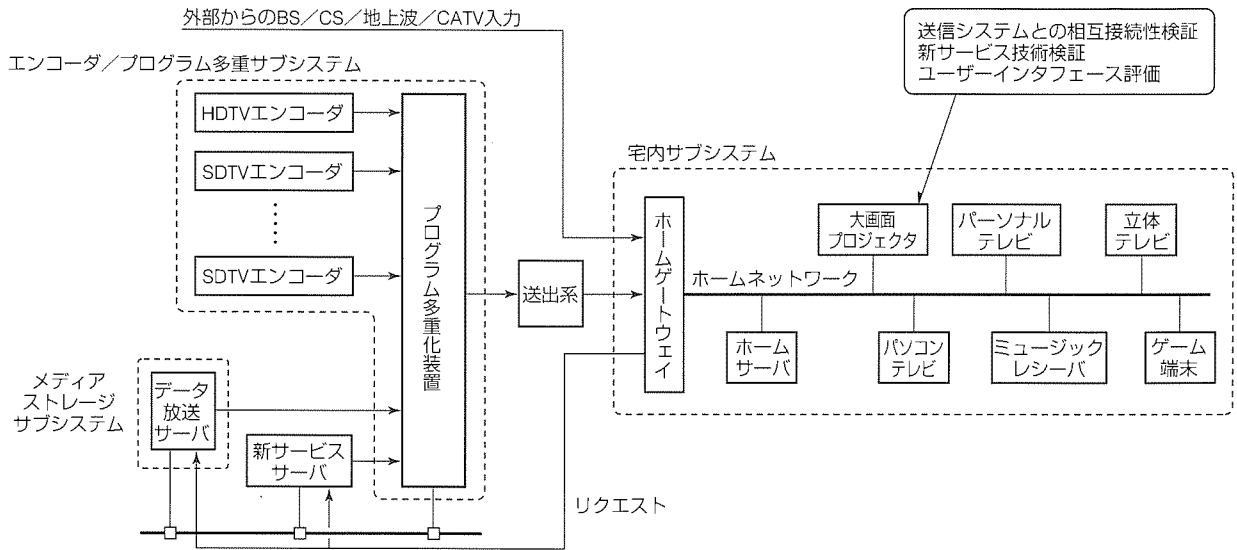


図10. 今後の宅内システム検証例

ーションを用いて検証する構成例を図7に示す。

(2) 電子番組案内サービス

電子番組案内サービスのシステム検証をモデルステーションを用いて行う様子を図8に示す。これにより、SI/EPG情報のシンタックス検証、送信間隔の検証、さらにGUIを含めたサービス特性の検証を行える。

(3) 多チャンネル放送, データ放送サービス

多チャンネル放送を行う際には、組み合わせる番組内容、サービス仕様、料金体系などによって多様な多重方式を使い分ける必要がある。またデータ放送では、受信端末からの要求に対するレスポンスを含めたプロトコル検証、トラフィック検証などが必要となる。これらの検証の様子を図9に示す。

(4) 宅内システム

今後、デジタル放送を一つのトリガーに、各家庭において、図10に示すようなホームゲートウェイ、ホームサーバを核としたデジタルホームネットワークにより、多様な放送サービスが享受できるようになる。そのような新サービスを導入するには、送信側との相互接続性、インタオペラビリティ、ユーザーインタフェースを含むサービス特性の評価が必須であり、そのような際にも、モデルステーションは有効なインフラストラクチャとなる。

5. む す び

日・米・欧で本格化しつつあるデジタル放送サービスの普及に寄与するため、機器とシステムの総合的な検証を目的としたデジタル放送モデルステーションについて概略を紹介した。モデルステーションは、一度構築しておく

と、放送局システム検証のインフラストラクチャとなり得る。すなわち、サービスの拡張、別アプリケーションへの適用などのため、一部機能の仕様変更が必要となっても、その部分を新たな機能に置換することによって容易にシステム検証が可能となる。このモデルステーションも、現在実施中の検証の成果を踏まえ、段階的にシステムアップしていく予定である。

参 考 文 献

- (1) 松崎一博, 浅野研一, 本間 洋, 本多孝司, 佐々木源: MPEG2応用映像伝送システム, 三菱電機技報, 71, No.2, 222~225 (1997)
- (2) 松田幸成, 堀井裕兎, 岡 進, 村上篤道: メディア多重における管理情報の処理手法の検討, 1996年テレビジョン学会映像メディア部門冬季大会講演予稿集, 75 (1996)
- (3) 三尾武史, 秋田康貴, 岡 進, 村上篤道: MPEG-2プログラム多重方式の検討, 1997年映像情報メディア学会冬季大会講演予稿集, 65 (1997)
- (4) 中島宏一, 引野 慎, 岡 進, 中澤宣彦, 厚井裕二: MPEG-2のDS3インタフェースへのマッピング方式に関する一検討, 1998年電子情報通信学会総合大会 B-8-45 (1998)
- (5) 村山 修, 松田幸成, 三尾武史, 岡 進: プログラム多重伝送システムにおけるTSモニタリング機能の検討, 1998年電子情報通信学会総合大会, B-8-94 (1998)

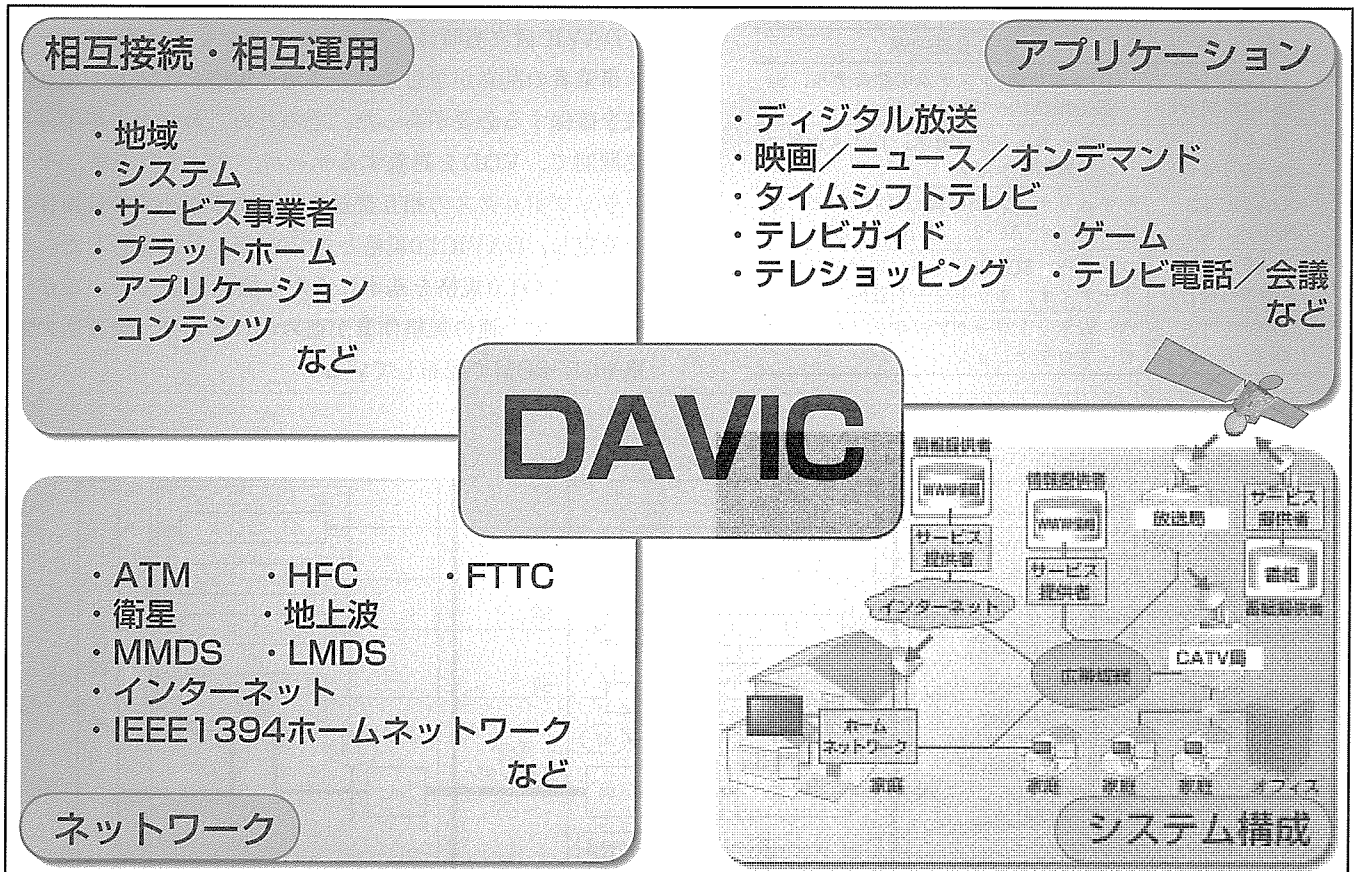
デジタル放送と家庭内ネットワークの融合 — DAVIC —

加藤嘉明*
赤津慎二*
松原雅美**

要旨

放送・通信・蓄積メディアを対象とした汎用の高品質オーディオビジュアル符号化方式としてMPEG2が標準化されたが、世界中で真に普及するには、相互接続性や相互運用性、コンテンツの相互流通性が確保されなければならない。MPEG2の標準化とほぼ同時に活動を開始したDAVIC (Digital Audio-Visual Council)は、地域間やシステム間、サービス事業者間、プラットホーム間、アプリケーション間の互換性を確保するための世界的な業界標準仕様を策定している。DAVICで規定されたシステム参照モデルと論理的な情報フロー、各参照点におけるプロトコルスタック

とインタフェース仕様により、システムレベルでの相互接続性が実現される。さらにDAVICでは、インタラクティブなデジタル放送サービス、デジタル放送受信機を含む家庭内の情報機器をネットワークで接続する家庭内ネットワークなどの規格化に注力しており、DAVICの規格化動向を通じてデジタル放送端末の将来像が見えてくる。家庭内ネットワークとホームゲートウェイの出現により、衛星・地上波・ケーブル等の宅外アクセスネットワークを意識しない情報アクセスが可能となる。



デジタル映像配信システムの標準化

デジタル放送を始めとするMPEG2を用いた高品質映像コンテンツ配送サービスにおいて、種々のレベルでの相互接続・相互運用性を確保するため、共通のシステム参照モデルの上でDAVICの標準化活動が進められている。

1. ま え が き

通信衛星を利用したデジタル多チャンネルテレビ放送に始まり、2000年に向けて、放送衛星や地上波による本格的なデジタル放送が我が国においても開始されようとしている。デジタル化による技術的なメリットとして、高品質、電波資源の有効利用、コンピュータとの親和性などが挙げられるが、新たな放送サービスとして、電話回線などの戻り回線(リターンチャンネル)を利用した双方向サービスや、家庭で好きな番組をホームサーバに蓄積して見たいときに見る蓄積型サービスが想定される。

本稿では、デジタルテレビ放送やこれら新しい放送サービスを実現するための有効な解決策を提供するDAVICでの検討を通じて、デジタル放送から家庭内ホームネットワークへの融合のシナリオを述べる。

2. DAVICデジタル映像配信システム

2.1 DAVICの概要

DAVICは、高品質オーディオビジュアル符号化方式(MPEG2)の標準化作業終了とATM(Asynchronous

Transfer Mode)に代表される広帯域ネットワーク技術の実用化を背景に、システムやアプリケーションレベルでの相互接続性やコンテンツの流用性を最大限に確保できる業界標準をタイムリーに策定することを目的に、1994年6月に設立された。現在、家電・通信・放送・コンピュータ業界などを中心に、25か国175以上の機関・企業の参加があり、対象とするアプリケーションは以下のように分類される。

(1) 放送型アプリケーション

デジタル放送、ニアビデオオンデマンド、タイムシフトテレビ

(2) インタラクティブ型アプリケーション

映画・ニュースオンデマンド、テレショッピング、遠隔教育、遠隔医療

(3) 双方向型アプリケーション

テレビ会議、テレビ電話など

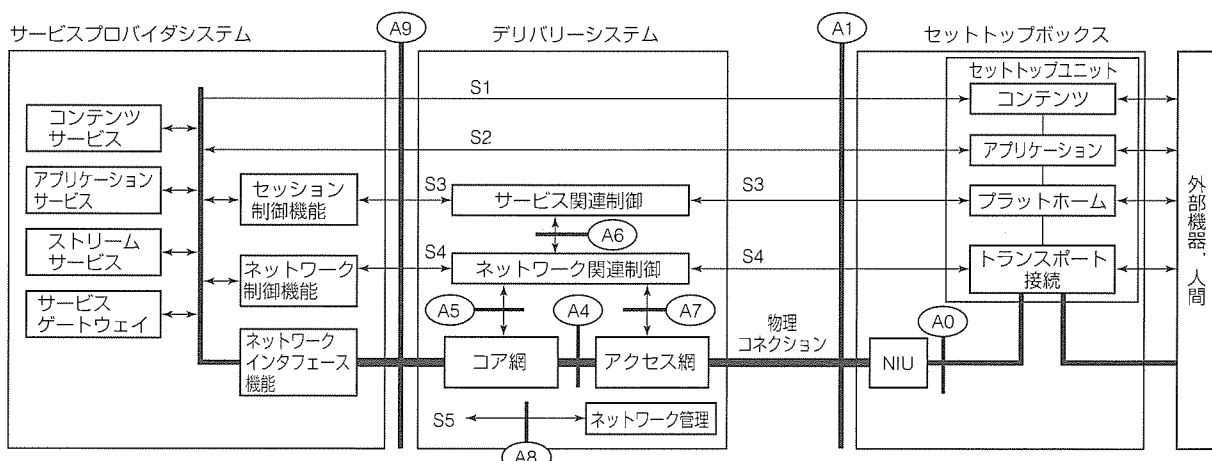
規格を策定する手順は、これらのアプリケーションに必要な要求機能を抽出し、その機能を実現する技術手段(ツール)を定めることによって行われる。特に相互接続性を確保するために、“一つの機能に一つのツール(One Function One Tool)”を原則としている。

2.2 DAVIC仕様内容

DAVIC設立当時は、ビデオオンデマンド(VOD)サービス事業者の乱立が予想され、早急に規格を策定して相互接続を確保する必要があるがあった。そのため、わずか1年半の作業期間で、VODを対象するサーバ、ネットワーク、セットトップボックスの相互接続を保証する初めての技術仕様を策定し、DAVIC1.0規格として'96年1月に発行した。その後、この1.0規格を基本に新たな機能追加を行いながら表1に示す一連の規格作業が進められており、最新版の規格をCD-ROMで配布している。

表1. DAVIC仕様

規 格	主な仕様内容
DAVIC 1.0 (’96年1月発行)	VOD基本仕様(システム参照モデル, S1~S5情報フロープロトコル)
DAVIC 1.1 (’96年9月発行)	インターネットアクセス, JAVA仮想マシン, 無線アクセス
DAVIC 1.2 (’96年12月発行)	セキュリティ, 高品質(HDTV)ビデオ, オーディオ(AC-3), IP over 1394
DAVIC 1.3 (’97年9月発行)	コンター, 放送用サーバ, スケーラブルオーディオ, ネットワーク管理
DAVIC 1.4 (’98年6月発行)	ホームネットワークアーキテクチャ, コピープロテクション



サブシステム間で規定される主な参照点は以下のとおり
 参照点A0: セットトップユニット-ネットワークインタフェースユニット間
 参照点A1: セットトップボックス-デリバリー間

参照点A4: アクセスノード-コア網間
 参照点A9: デリバリーサービス-プロバイダ間

図1. DAVICシステム参照モデル

(1) システム参照モデル

図1はDAVICシステムの基本的な構成を示すシステム参照モデルであり、サービスプロバイダ、セットトップボックスの主要なサブシステムがデリバリーシステムで接続されている。各サブシステムは以下の規定がなされている。

(a) サービスプロバイダシステム

サービス提供者としてサーバが備えるべき四つのコアサービス要素(サービスゲートウェイ、ストリームサービス、アプリケーションサービス、コンテンツサービス)を規定している。

(b) デリバリーシステム

ATM網に代表される高速バックボーン回線のコア網と、個々のユーザーへ情報を分配するアクセス網からなり、アクセス網にはADSL, FTTC, HFC, 衛星, ワイヤレスネットワークであるLMDS, MMDS等を規定している。

(c) セットトップボックス

ハイレベルAPI(Application Program Interface)にMHEG5をランタイムエンジンとして実装するほか、ハードウェアやOSに依存せず上位での互換性を確保するためJava仮想マシンを規定している。

(2) 情報フロー

サブシステム間を流れる論理的な情報フローには次の五つが存在する。

- S1フロー：リアルタイムストリームデータ(MPEG2トランスポートストリーム)
- S2フロー：アプリケーション制御及びアプリケーションデータ
- S3フロー：セッション制御信号
- S4フロー：コネクション制御信号
- S5フロー：ネットワークマネジメント制御信号

これらの情報フローの各参照点におけるプロトコルスタックとインタフェース仕様を規定することによってDAVIC仕様は記述される。その一例として、物理レイヤがATMの場合のA9参照点でのプロトコルスタックを図2

S1		S2		S3		S4		S5	
Application Specific Layer									SNMP MIB
MPEG2 ES, Private Data	MPEG2 Private Data	DSM-CC User-User		DSM-CC User-Network	Q.2931	TCP/UDP		ASN.1	BER
MPEG2 PES	MPEG2 Tunnel	Other RPC	OMG-IDL					OMG-UNO	
MPEG2 TS		TCP		TCP/UDP		SSCF		UDP	
AAL5		IP		SSCOP		IP			
		AAL5		SAAL		AAL5			
ATM									
Physical Layer									

図2. プロトコルスタック(物理レイヤがATMの場合)

に示す。

S1情報フローは、MPEG2で符号化、多重されたストリームをAAL5(ATM Adaptation Layer Type 5)にマッピングする方式(ATMフォーラム準拠)を採用するとともにS2, S3情報フローにMPEGの蓄積メディア制御用標準であるDSM-CC(Digital Storage Media Command & Control)を採用したのが大きな特長である。

2.3 DAVICプロトコル検証システム

三菱電機では、DAVICに準拠したプロトコルスタックを検証するためのシステムを試作し、他社との相互接続試験を通じて世界に先駆けたシステムレベルでの相互接続性を確認した(図3)。以下に試作システムの特長を示す。

- (1) DAVIC仕様準拠のVODシステムを構築し、ATM回線インタフェース上にMPEG2ビデオ、オーディオストリーム及び制御プロトコルを実装(MPEG over ATM)した。
- (2) MPEGの蓄積メディア制御用規格DSM-CCのUser-to-User, User-to-Networkを実装し、ビデオやオーディオストリーム制御(再生, 停止), 接続サーバ選択を実現した。
- (3) 分散オブジェクト間通信アーキテクチャCORBA(Common Object Request Broker Architecture)2.0を使用した異機種間の通信を実現した。

3. DAVICデジタル放送システム

DAVICでは、衛星などの高速なデジタル伝送路を下り回線に使用し、低速のアナログ電話回線やISDN回線を

- (注) ASN.1 : Abstract Syntax Notation 1
 ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line
 BER : Basic Encoding Rules
 FTTC : Fiber To The Curb
 HFC : Hybrid Fiber Coax
 LMDS : Local Multipoint Distribution Service
 MMDS : Multichannel Multipoint Distribution Service
 OMG-IDL : Object Management Group - Interface Definition Language
 OMG UNO : OMG Universal Networked Object
 RPC : Remote Procedure Call
 SAAL : Signaling ATM Adaptation Layer
 SNMP MIB : Simple Network Management Protocol Management Information Base
 SSCF : Service Specific Coordination Function
 SSCOP : Service Specific Connection Oriented Protocol

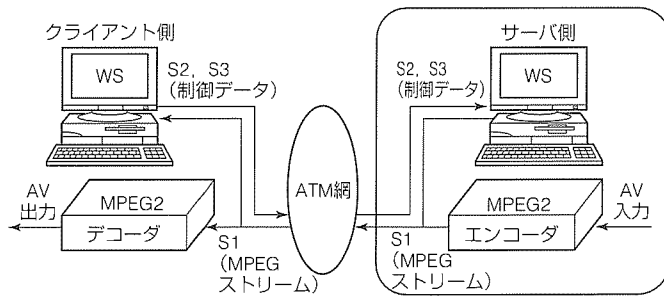


図3. プロトコルスタック検証システム

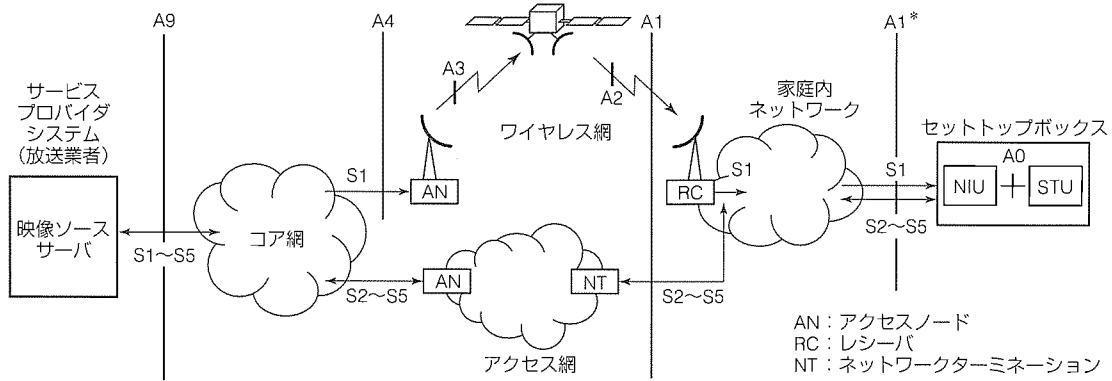


図4. インタラクティブ型放送システム参照モデル

戻り回線に用いてユーザー要求を出すインタラクティブなデジタル放送システムについても規定している。図4にそのシステム参照モデルを示す。映像コンテンツを含むS1情報フローは片方向のワイヤレス網を、双方向のS2~S5情報フローは地上有線アクセス網を使用することになっている。

4. DAVICホームネットワーク

4.1 背景

家庭内機器のデジタル化によってホームパソコン、デジタルAV機器、ホームオートメーション、セキュリティシステム等が急速に普及し、近い将来にホームネットワークとして統合されると予想されている。ホームネットワークに対する期待としては以下が挙げられる。

(1) 双方向型サービスの実現

放送と通信の融合によって実現される双方向型アプリケーションに対応して、ホームネットワークが宅外とのコミュニケーションを一元的に扱うインフラとして必要となる。特に、種々のデジタル放送端末がホーム内に普及する状況においては、宅外伝送メディアの差異の吸収、宅外への一元的なバックチャネル提供がホームネットワークによって実現されることが期待される。

(2) 蓄積型サービスの実現

映像情報をリアルタイムに享受する即時型サービスに加えて、蓄積型アプリケーションが台頭しつつある。ホームネットワークは、複数端末の共有資源としてホームサーバを提供し、ユーザーによる映像情報の加工や再利用が容易に実現されることが期待される。

(3) 経済性の実現

ホームネットワークにより、複数端末から宅外への同時アクセスと伝送トラヒックの平滑化が実現され、宅外伝送メディアの効率的利用が期待される。また、従来は個々に端末に付属していた蓄積デバイスやアダプタなどのコンポーネントを共通化することの経済的効果も期待される。

4.2 DAVICにおける検討内容

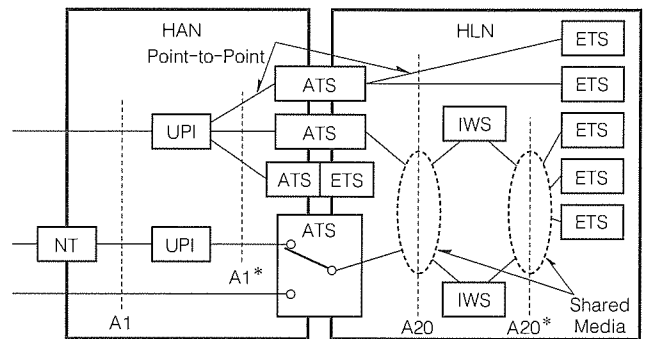


図5. DAVICホームネットワークアーキテクチャ

DAVIC1.0仕様では、ホーム内のモデルはSTBとTVからなる1クライアントのみであった。現在は、ホームネットワークへの期待に対応し、そのアーキテクチャと実現技術について検討を行っている。前提とする主要要求条件は次のとおりである。

- (1) ホーム内機器への映像音声サービスの提供
- (2) ホーム内機器へのインターネットアクセスの提供
- (3) 双方向映像データフロー(例えばテレビ電話)によるコミュニケーションサービスの提供
- (4) 宅内の複数の部屋、又は宅外からのホーム内機器のリモート制御手段の提供

4.3 ホームネットワークアーキテクチャ

DAVICホームネットワークのアーキテクチャを図5に示す。

このアーキテクチャは、ホームアクセスネットワーク(HAN)とホームローカルネットワーク(HLN)で構成される。

HANは、DAVICデリバリーシステムをホーム内の複数デバイスへ延長する概念である。UPI(後述)の種別により、アクティブとパッシブに分類される。アクティブUPIを用いたHANは通信キャリアから提案され、ATMフォーラムで検討されている内容と親和性がある。

HLNは、VCR、STU、パソコンなどをLAN型に接続する概念である。コンピュータ及び家電ベンダーから

提案され、VESA (Video Electronics Standards Association) で検討されている内容と親和性がある。

インタフェース参照点としては、A1, A20 (DAVIC-STUのデータポート)に加えて、HAN内情報フローを定義するA1*, HLN内情報フローを定義するA20*が規定されている。

構成要素としては、以下の4要素が規定されている。

(a) UPI (User Premise Interface)

DAVICアクセスネットワークをHANに接続する機能 (例えばxDSLモデム, パッシブプリッタ)

(b) ATS (Access Termination System)

HANで提供される全DAVIC情報フロー (S1~S5)を終端する機能, 又はS3~S5フローのみを終端してHANとHLNの中継を行う機能 (例えばSTB, パソコン)

(c) IWS (Interworking System)

ホーム内のネットワーククラスタを相互接続する機能 (例えばリピータ, ブリッジ)

(d) ETS (End Termination System)

DAVICアプリケーションサービスを最終ユーザーに提供する機能 (例えばパソコン, VCR, TV, インターネット端末)

4.4 実現技術

DAVICホームネットワークの実現技術を以下に示す。

(1) 伝送インタフェース

ホーム内に敷設される伝送メディアとしては、HANにはATMフォーラムのATM25M仕様 (将来的にはATM51Mも考慮)が、HLNにはIEEE1394-1995が採用されている。

IEEE1394は、IEEEによって規格化された高速シリアルバス仕様で、数ある映像情報用インタフェースの中で、ホームユースの要求条件を満たすものとして、AV情報家電やパソコンに急速に普及しつつある。特長を以下に示す。

(a) 高速データ転送速度サポート

複数映像ストリームの転送に要求される100~400Mbpsが製品化済みであり、更なる高速規格を標準化中である。

(b) リアルタイムデータのサービス品質 (QoS)を保証

映像等リアルタイム系とパソコンデータなどの非リアルタイム系の転送モードの混在が可能で、マルチメディアデータの取容に適している。

(c) プラグアンドプレイによる容易な運用性

活線挿抜, 機器の自動認識をサポート

トしており、ユーザーが容易に運用可能なネットワークを実現可能である。

(d) 低価格, 扱いやすさ

ケーブル, コネクタが小型で, 電源供給も可能である。

一方, 課題としてノード間距離の長距離化が挙げられ, 現在の最大4.5mから, POF (Plastic Optical Fiber)などによって50m以上に延伸する規格がIEEE P1394.b委員会で標準化中である。

(2) 映像音声系プロトコル

映像音声系データの伝送は, MPEG2トランスポートストリームをベースとする。図6に, 各インタフェース参照点におけるMPEG系プロトコルスタックの提案例を示す。

適用プロトコル仕様としては, S1フローに関して, HANにMPEG over ATMが, HLNにMPEG over 1394 (IEC61883)の採用が有力である。また, S2フローに関して, HANにはDSM-CC U-Uの採用が予定されている。HLNについては, サービスごとに異なり, AV系サービスに関してAV/C (Audio Visual Command) が, ホームオートメーション系サービスに関してCAL (Common Appli-

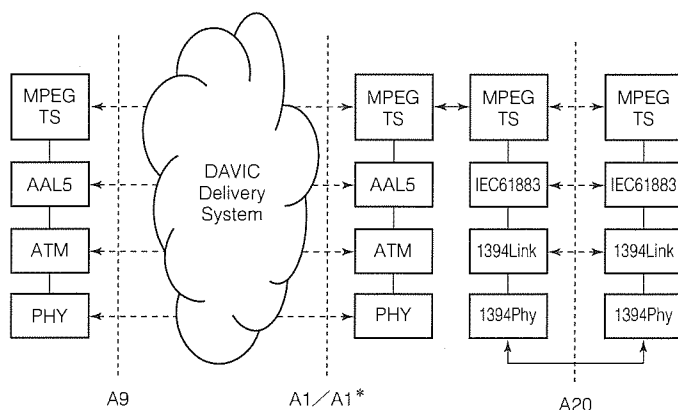
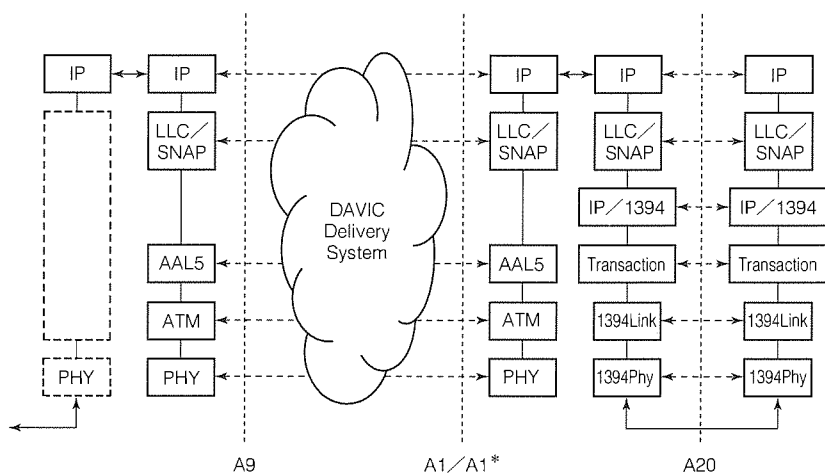


図6. MPEG映像系プロトコルスタック提案例



Note : IP/1394 and the use of LLC/SNAP to be defined by IETF

図7. IP系プロトコルスタック提案例

cation Language)の採用が有力である。

(3) インターネット系プロトコル

インターネットデータの伝送は、インターネットプロトコル(IP)をベースとする。図7に、各インタフェース参照点におけるIP系プロトコルスタックの提案例を示す。適用プロトコル仕様としては、IP転送に関して、HANにIP over ATMが、HLNにIP over 1394(IETF仕様)の採用が有力である。また、IP上位プロトコルに関しては、IPアドレスの自動割当て手順としてDHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)、ホーム内外のアドレス変換手順としてNAT(Network Address Translation)の提案がある。

4.5 今後の検討方向

アーキテクチャについては、DAVIC仕様1.4に盛り込み済みである。実現技術については鋭意検討中である。上記4.4節の項目に加えて、長距離化1394、インターネット系上位プロトコル、ホームサーバ機能の検討などが、今後の課題として挙げられている。

5. ホームゲートウェイ

5.1 ホームネットワークの構成例

デジタル放送端末とホームネットワークとの接続イメージを図8に示す。

ユーザーがホームネットワークによって享受するサービスとしては、映像音声サービス、高速インターネットアクセス、ホームセキュリティサービスなどが代表的である。

5.2 ホームゲートウェイの機能・特長

機能・特長

ホームゲートウェイは、ホームネットワーク上の端末に宅外伝送メディアを意識させない共通アクセスを実現する装置である。DAVICホームネットワークでは、ATS又はATS/IWS複合の機能を実現するデバイスと位置付けられる。

ここでは、IEEE1394(DAVIC-HLN)をサポートするホームゲートウェイの機能構成図を図9に示し、各機能と特長を説明する。

(1) ホーム内映像情報配信機能

リアルタイムデータ転送機能を実現するIEEE1394を採用することにより、放送・通信の種々の宅外アクセスメディアから配送されるMPEG

ストリームを、パソコン、AV機器へ配信する。形態として、複数ストリームの多重配信、複数端末への同報型配信をサポートする。

コマンド制御については、プログラム選択、転送制御などをサポートし、ホーム外とホーム内とのプロトコル変換を実現する。

(2) ホーム用IPルータ機能

インターネットアクセスを実現するIP関連プロトコルのルータ処理を行う。ホームユースを考慮して、DHCPによるIPアドレスの自動割当て管理、NATによるホーム内外のアドレス変換、ホーム外からのリモートネットワーク管理を実現するIPルータ機能をサポートする。IEEE1394上のIP系プロトコルについては、IETFで検討が進められている。

(3) ホーム内インタフェース

IEEE1394を採用することにより、AV系のリアルタイムデータとIPデータやコマンド等の非リアルタイムデータを共存して伝送を行うことが可能である。また、活線挿抜に対応しており、ホームネットワークの自動コンフィグ

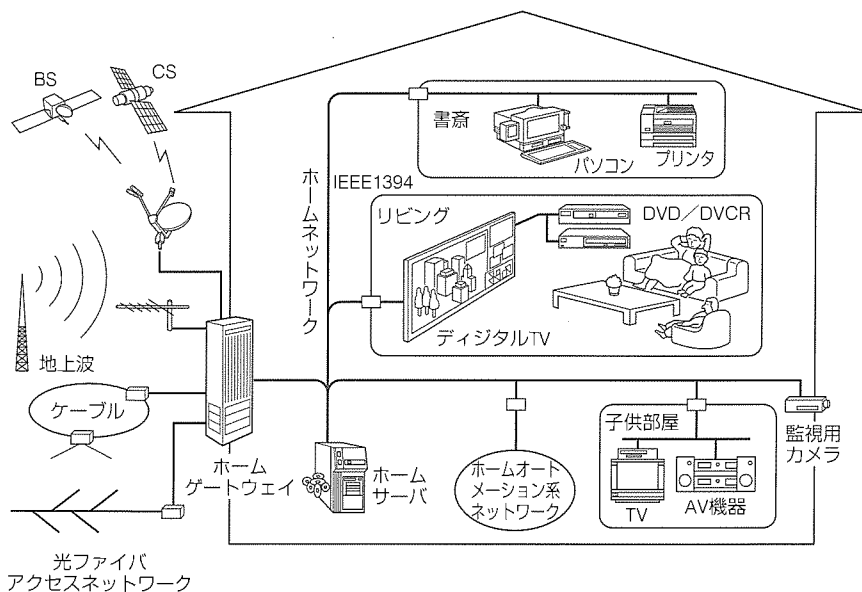


図8. ホームネットワーク接続構成例

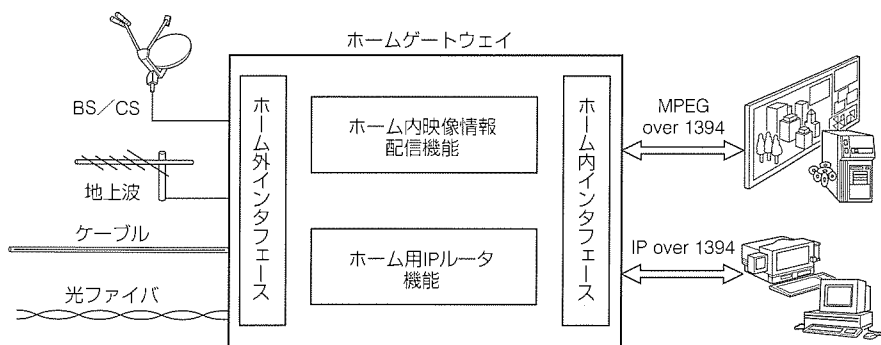


図9. ホームゲートウェイの機能構成例

ション、各機器の自動認識を行うことにより、ユーザーが容易に運用可能なネットワークを実現する。

(4) ホーム外インタフェース

衛星放送、地上波放送、ケーブル、光ファイバなど多種多様な宅外アクセスメディアに対応する。また、端末には伝送メディアの差異を意識させないために、宅外プロトコルを終端し、ホーム内プロトコルへの変換機能を実現する。

5.3 ホームサーバ

ホームサーバは、ホーム内における大容量データ蓄積及びデータサーバ機能を実現し、ユーザーによるデジタル映像情報の加工や再利用を実現する装置である。これにより、擬似ビデオオンデマンド、電子ちらし、電子カタログショッピングなどの蓄積型サービスが提供される。

6. む す び

デジタル放送から双方向映像サービス、ホームネット

ワークまでの幅広いMPEG応用システムについて、DAVICでの規格化動向について概説した。業界標準として策定されたDAVIC規格は、現在、ISO/IECの国際規格とするための手続きが進められており、正に国際的に認知されつつある。今後、DAVICに準拠した製品が世の中に広まり、MPEG2に代表される高品質な映像コンテンツが世界中の各家庭にシームレスに流通し、より豊かなマルチメディア社会となるものと期待したい。

参 考 文 献

- (1) 安田 浩, 山田恭裕, 笠原久嗣, 長坂 篤, 阪田史郎, 田中 豊, 高嶋洋一, 小暮拓也, 川島正久, 森永勝浩: マルチメディアライフを楽しくするDAVIC, 映像情報メディア学会誌, 51, No.5, 599~637 (1997)
- (2) Digital Audio Visual Council, DAVIC 1.3 Specifications (1997)

MPEG符号化技術

浅井光太郎* 山田悦久*
 小川文伸* 関口俊一*
 西川博文* 海老沢秀明*

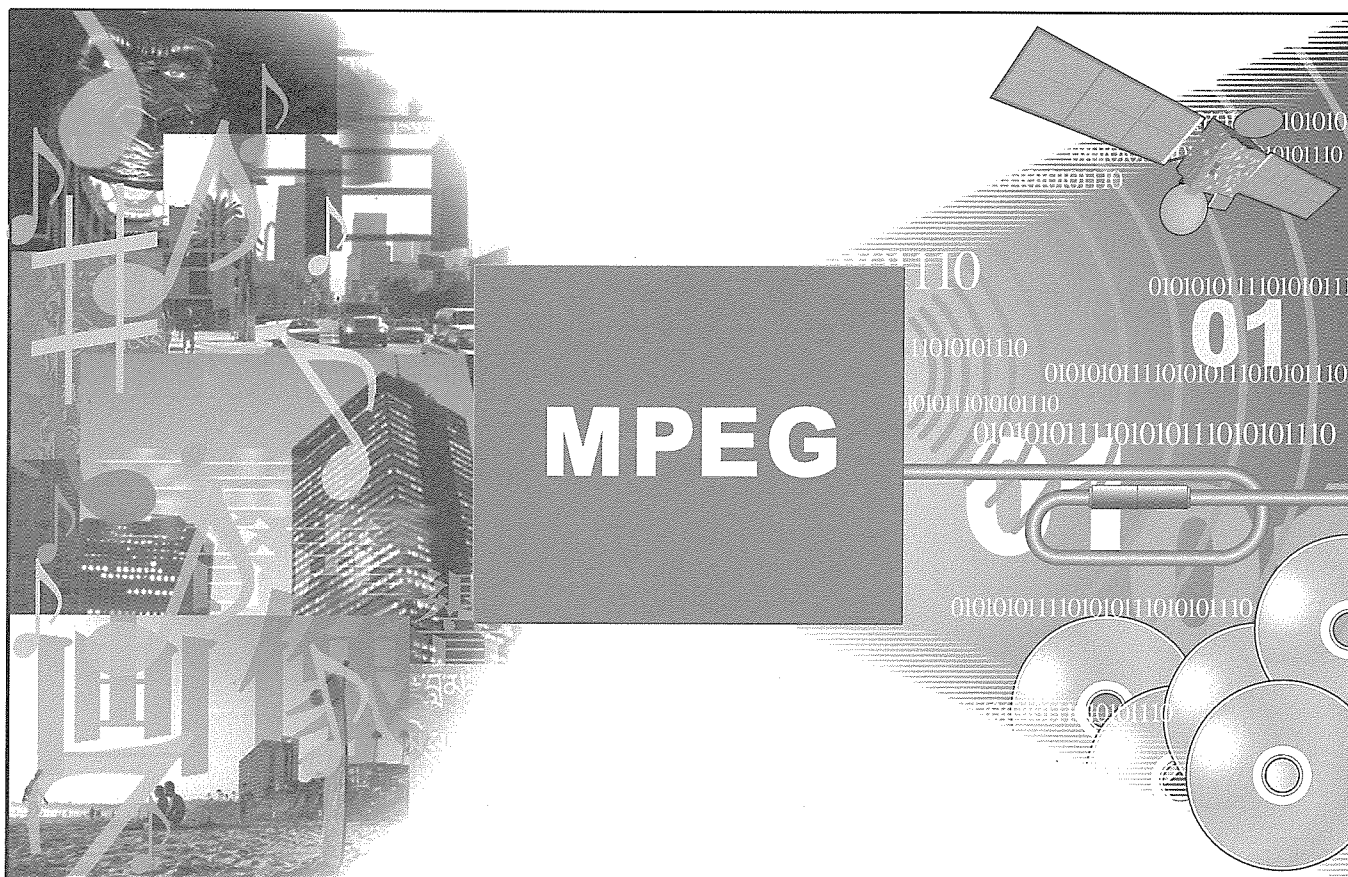
要旨

デジタル放送を実現する最も大きな要因は、映像や音声の高能率符号化技術及び符号化情報をパケット化して、同期情報とともに多重化伝送する技術の国際標準化である。ISO/IEC13818として規格化されたMPEG2標準は、上記の要求にこたえる技術として、世界各国のデジタル放送に採用されている。これにより、番組資産と機器の互換性・接続性を確保することが可能になった。

MPEG標準には、ビデオCDなど蓄積メディア用のMPEG1、デジタルテレビジョン用のMPEG2がある。標準の主たる規定範囲は、映像の符号化方式であるビデオ、音声の符号化方式であるオーディオ、符号化情報のパケット多重化と同期制御を扱うシステムの各パートに分かれている。MPEG2では、標準テレビやHDTVなどの映像フォ

ーマット、伝送路や蓄積媒体に特化した誤り対策や変調などは規定せず、システム構築上の自由度を持たせている。また、使用する技術要素に対応したプロファイルとパラメータ範囲に対応したレベルとによってクラス分けを行っている。応用範囲は、衛星・地上波・ケーブルの各放送、ATMなどの通信、DVDなどのパッケージと多岐にわたり、これらの中でコンテンツを共有することも可能である。

MPEGでは、現在、広範囲のマルチメディアアプリケーションを想定するMPEG4の標準化作業中である。我々は、MPEG標準を利用した応用技術の開発、装置とシステム開発への反映、新たに標準化されるべき技術の開発に取り組んでいく。



MPEGによるマルチメディア情報符号化

MPEG2標準では、双方向予測やフィールド/フレームDCTなどの技術を用い、映像情報を符号化することができる。インタフェースポイントを明確にして規定を最小限のパートに分割することにより、放送・通信・パッケージメディアでの広範な利用が可能になった。

1. ま え が き

デジタル放送を可能にする要素技術は、映像と音声の高効率符号化技術、及び符号化されたメディア情報や各種データをパケット化して流通可能とする技術である。この要求にこたえるものとして、MPEG2標準がある。MPEG (Moving Picture Experts Group)はISO/IECの合同委員会JTC1/SC29に属する作業グループWG11の通称であり、WG11によって検討された国際標準方式をも指す。衛星放送や地上波放送、ケーブルテレビなど、放送業界のほとんどがMPEG2を採用する。MPEG2は、放送のみならずDVDなどのパッケージやATM (Asynchronous Transfer Mode) 映像伝送などの通信分野においても用いられ、ビデオCDなどのMPEG1、間もなく標準化されるMPEG4とともに、マルチメディアの中核をなす基盤技術である。

当社は、MPEG標準化活動に積極的に参画して方式提案を行うとともに、装置やシステムの先行開発を行ってきた。

本稿では、MPEG2を中心とする符号化技術の概要とデジタル放送との関係、MPEG標準を活用してシステム要求を満たすための技術開発、将来技術としてのMPEG4、MPEG7などの標準化動向について述べる。

2. MPEGの概要

2.1 MPEG標準化の流れ

MPEG標準化活動は1988年に開始された。第1期のMPEG1(1993年標準化)は、DSM(Digital Storage Media)への適用と1.5Mbps程度までのビットレートが想定され、現在はビデオCD、カラオケ、マルチメディアパソコンなどで利用されている。第2期のMPEG2('94年標準化)では、デジタルテレビ(DTV)一般が想定され、現在は放送やDVDビデオに採用され、急激に利用が拡大している。標準テレビでは4~10Mbps、HDTVでは20Mbps程度が用いられる。現在、MPEGでは、無線やインターネットでの利用、映像の高度な編集・検索など、新たな機能を実現するMPEG4(バージョン1: '98年標準化)やMPEG7(2001年標準化)などの課題に取り組んでいる。

表1. MPEG2のパート一覧

パート	内容
Part 1	Systems(パケット多重化と同期管理)
Part 2	Video(ビデオ符号化)
Part 3	Audio BC(Backward Compatible)
Part 4	Compliance Test
Part 5	Technical Report
Part 6	DSM-CC(CC: Command and Control)
Part 7	AAC(Advanced Audio Coding)
Part 9	RTI (Real Time Interface)
Part10	Compliance Test for DSM-CC

注 Part 8は欠番

2.2 MPEG2の構成

表1にMPEG2のパート一覧を示す。パート1のシステムは多重化と同期管理、パート2はビデオ符号化方式、パート3はオーディオ符号化BC(MPEG1互換)に対応する。標準が規定するのは、これらの情報が符号化・多重化されたビット列(ビットストリーム)の構造を記述・解読する規則(シンタックス)と復号方法である。パート1~3は図1のような関係にあり、基本的にデコーダを規定している。パート4と5は規格適合試験と方式検証用ソフトウェアである。パート6のDSM-CCは、ネットワーク経由でMPEGコンテンツの送受を行うプロトコルセットである。パート7はMPEG1と非互換のオーディオ符号化方式AAC、パート9は各種ネットワークやDSMのゆらぎを吸収してデコーダへ供給するためのI/F仕様である。パート10はパート6の規格適合試験である。

2.3 MPEG2ビデオのプロファイルとレベル

MPEG2ビデオには、汎用性を想定したため、多くの符号化ツールが含まれている。各アプリケーションに対応した装置が複雑になりすぎないように、MPEG2には、プロファイルとレベルによるクラス分けが定義されている。'98年5月現在のプロファイルとレベルを図2に示す。

プロファイルは、使用できる符号化ツールとシンタックスの範囲を示し、レベルは扱える画像の規模(解像度)などパラメトリックな範囲を示している。

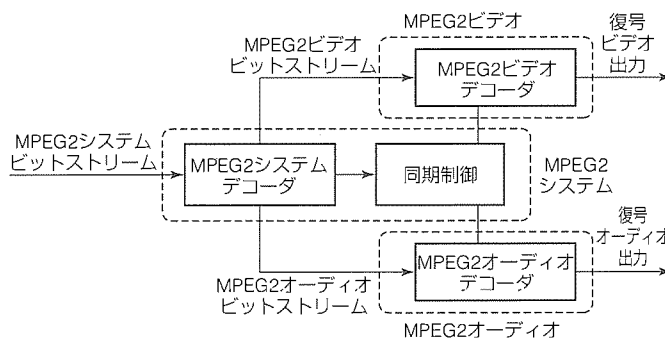


図1. MPEG2主要3パートの規定範囲

High Level ~1,920 pel./line ~1,152 line	MP@HL ~80Mbps			HP@HL ~100Mbps	422@HL 審議中	MVP@HL ~130Mbps	
H-1,440 Level ~1,440 pel./line ~1,152 line	MP@H-14 ~60Mbps		Spt@H-14 ~60Mbps	HP@H-14 ~80Mbps		MVP@HL ~100Mbps	
Main Level ~720 pel./line ~576 line	SP@ML ~15Mbps	MP@ML ~15Mbps	SNR@M ~15Mbps	HP@ML ~20Mbps	422@ML ~50Mbps	MVP@HL ~25Mbps	
Low Level ~352 pel./line ~288 line	MP@LL ~4Mbps	SNR@LL ~4Mbps				MVP@HL ~8Mbps	
	Simple Profile	Main Profile	SNR Scalable Profile	Spatially Scalable Profile	High Profile	422 Profile	Multiview Profile

■ は未定義

図2. MPEG2ビデオのプロファイルとレベル

デジタル放送にとって重要なプロファイルはMain, Simple, 4 : 2 : 2の三つである。MainとSimpleの相違は後に述べる双方向予測の有無であり, Mainと4 : 2 : 2の相違は後者が色信号の密度が高い4 : 2 : 2フォーマットなど高品質化に適したプロファイルになっていることである。各家庭への放送はMainが中心になるが, 低遅延や品質の均一さが重視される場合にはSimpleが, スタジオ編集など再利用性も考慮した高品質符号化には4 : 2 : 2が主に用いられる。

レベルでは, Mainレベルが標準テレビに相当し, HighレベルとH-14レベルがHDTV(高品位テレビ)に相当する。現在, 4 : 2 : 2プロファイルのHighレベルは定義されていないが, HDTVコンテンツの作成に必要なことから, 急ぎ追加手続きがとられている。

SNR scalable, Spatially scalable, HighそしてMulti-viewの各プロファイルでは階層性が定義されている。前者三つでは, 同等の品質を前提とした場合に, 階層符号化の総符号量が単一階層の符号量よりも大きくなると報告されている。Multi-viewは立体符号化であり, 二つのviewすなわち左眼画像と右眼画像を基本階層(ベースメントレイヤ)と拡張階層(エンハンスメントレイヤ)に分けて符号化する。いずれの階層符号化においても, 基本階層は通常のMainプロファイルデコーダで復号可能であり, 互換性を保っている。

3. MPEG2標準方式

3.1 ビデオ

ビデオパートでは, 特定の画像フォーマットを規定しない。画像は, 図3のように, ピクチャー, スライス, マクロブロック, 及びブロックという階層に分けられる。このうち, サイズが固定であるのは16×16のマクロブロックと8×8のブロックだけであり, 上位階層のサイズはマクロブロックの倍数を条件として柔軟に決定することができる。このため, MPEG2では, 標準テレビやHDTVなど各種の画像フォーマットを利用することが可能になる。サイズのみならず, 現行テレビ信号の飛び越し走査(インタレース)や順次走査(プログレッシブ)も選択可能である。

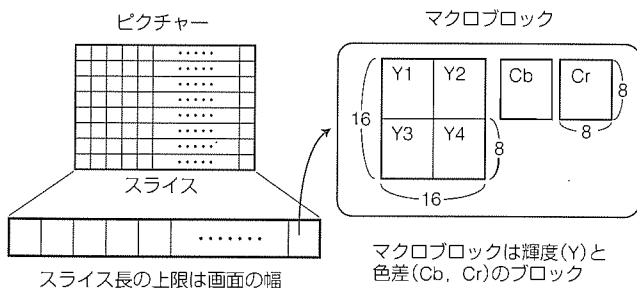


図3. MPEGにおけるピクチャーの階層構造

動画像の圧縮は, 信号の冗長性を取り除くこと, 視覚特性にとって影響の小さい情報を削減すること, さらに確率的手法を組み合わせることによって実現される。符号化方式の基本は“動き補償予測とDCT(Discrete Cosine Transform)符号化”である。動き補償予測によって時間的冗長性を取り除き, DCT符号化によって空間的冗長性を取り除く。両者におけるMPEG方式の特長の一部を説明する。

(1) 動き補償予測

動き補償予測では, 符号化の終了した画面を復号しておき, これから符号化すべき画面を予測する。予測誤差は予測が精確なほどゼロ近辺に集中し, 圧縮効果が高まる。MPEGの動き補償予測は16×16のマクロブロックを単位とし, 符号化済みの画面から最も良い予測を与える二次元の移動量を求めて予測を行う。MPEG2の動き補償予測における大きな特長は, 双方向予測とフレーム/フィールド予測である。

双方向予測は, 符号化すべき画面(ピクチャー)を過去と未来のピクチャーから予測する技術である。未来からの予測を用いるには, ピクチャーの並べ替えを行い, 参照するピクチャーをあらかじめ符号化しておかねばならない。すべてのピクチャーに双方向予測を行うことはできず, 三つのピクチャータイプを持つ階層構造となる。図4に各ピクチャータイプと予測の参照関係を示す。Iピクチャーを基準として復号可能なピクチャーのグループをGOP(Group of Pictures)と呼ぶ。

双方向予測が有効であるのは次のような理由による。シーンチェンジや被写体同士が交差で隠れたときにも予測できる可能性が高まること, 双方からの予測の平均をとる内挿予測が時間方向のフィルタとして働くこと, 符号化誤差が伝搬しないピクチャーの追加によって自由度が増すことなどである。双方向予測ではピクチャーの並べ替えが必要になるため, メモリの容量や遅延という面では不利になる。

もう一つの特長であるフレーム/フィールド予測は走査方式に関係する。現行テレビのようなインタレース画像では, 1枚の画像フレームが奇数ラインと偶数ラインの二つのフィールドで構成されており, 両者の間に時間差がある。

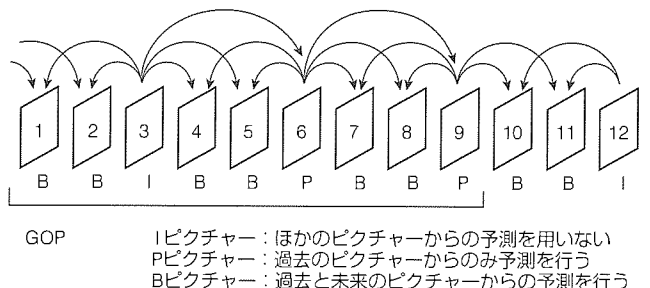


図4. MPEGにおける双方向予測

MPEG2は、予測信号を片方又は両方のフィールドから形成すること、複数フィールド独立又は組合せ、両者の平均など多くのモードを持っている。

(2) DCT

DCTは 8×8 のブロックを単位として行う。DCTは信号を周波数領域に変換する直交変換であり、変換によって各周波数成分の強さに対応するDCT係数が得られる。画像信号は概して相関が強く、信号電力は低周波側の係数に集中する。ビットを重点的に低周波側に割り当てることによって圧縮が可能となる。

DCTにかかわる特長的な技術は、インタレース画像におけるフィールドDCTとフレームDCTの適応切換えである(図5)。フィールドDCTは一方のフィールドの画素によってブロックを形成し、フレームDCTは両フィールドの画素を用いる。フィールドDCTは両フィールドの間に動きや輝度変化などの変化があり、両フィールドを組み合わせると垂直方向の高域に大きな電力が発生する場合に有効である。その他の多くの場合、垂直方向に隣接するラインの距離が小さいと電力集中効果が高まるため、フレームDCTが有利である。二つのDCTはマクロブロック単位で切換え可能である。

3.2 オーディオ

MPEG2オーディオ符号化方式として、まず'94年11月にBC(Backward Compatible)方式、'97年4月にAAC(Advanced Audio Coding)方式が規格化された。

3.2.1 BC方式

この方式は、MPEG1方式の符号化アルゴリズム(帯域分割符号化+聴覚モデルによる適応量子化)を基本とし、映画や放送などのアプリケーションを意識して、マルチチャンネル/マルチリンガルのオーディオ信号を伝送できるように拡張したものである。また、低サンプリング周波数への拡張も図られており、音声主体のアプリケーション(例えば8kHz帯域)にも対応できるように配慮されている。

BC方式は、MPEG1方式との後方互換性を持っており、MPEG1に準拠した復号器にMPEG2 BC方式で符号化されたマルチチャンネルの符号化データを与えた場合、ステレオ

(2チャンネル)としてオーディオ信号を再生することが可能である。

3.2.2 AAC方式

上述のBC方式は、符号化アルゴリズムがMPEG1方式と同一であるため、符号化効率(ある品質を満足する1チャンネル当たりのビットレート)は同等であり、マルチチャンネルの伝送では符号化データ全体のビットレートが大きくなってしまいます。そこで、互換性の制約を取り除き、その後の技術的進歩を符号化アルゴリズムに取り入れるることによって符号化効率を向上させた方式の標準化を行った。これがAAC方式である。

この方式は、3種類のプロファイルで構成されており、音質を最優先したMainプロファイル、符号化(復号)の処理量やハードウェアの規模を重視したLC(Low Complexity)プロファイル、階層符号化(帯域可変)を可能とし再生帯域を制限することにより更にデコーダ規模を小さくできるSSR(Scalable Sampling Rate)プロファイルからなる。プロファイル同士の互換性に関しては、LCで符号化されたデータをメインのデコーダで再生できる構成となっている。

AAC方式において新たに導入された符号化手法として、予測(メインのみ)や時間領域での量子化雑音整形などが挙げられる。また、7.1チャンネル(0.1は重低音用の補助チャンネル)までの信号を符号化することが可能である。

MPEGで行われた主観評価試験において、5チャンネルの信号を320kbpsで符号化したメインプロファイルの品質が、EBU(European Broadcasting Union)が定めた基準(原音との差を聞き分けることができない品質)を満足することが確認されている。

3.3 システム

システムパートの役割は多重化と同期管理である。多重化はビデオやオーディオの符号化データと各種データの packets 多重化方式を規定し、同期管理はシステムクロックの管理と各メディアの再生同期管理を規定している。

3.3.1 同期管理

MPEG2システムでは、各メディアの packets に付された時刻情報であるタイムスタンプを用いて再生同期をとる。

デコーダは、各メディアのタイムスタンプを比較し、同一時刻に再生が行われるよう制御する(図6)。

タイムスタンプはクロックのカウント値で示され、精度は $1/90\text{kHz}$ である。また、送受の双方でタイミングが一致するよう、クロックリファレンスを伝送してPLL(Phase Locked Loop)を制御する。基準クロックの周波数は27MHzであり、SCR(System Clock Reference)と番組単位のPCR(Program Clock Reference)がある。SCRは700ms、PCRは

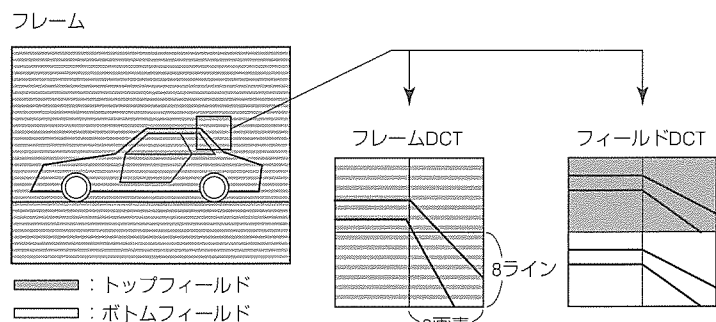


図5. フィールドDCTとフレームDCT

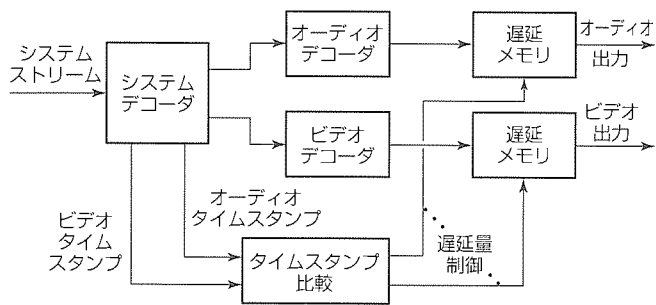


図6. タイムスタンプによる同期再生の例

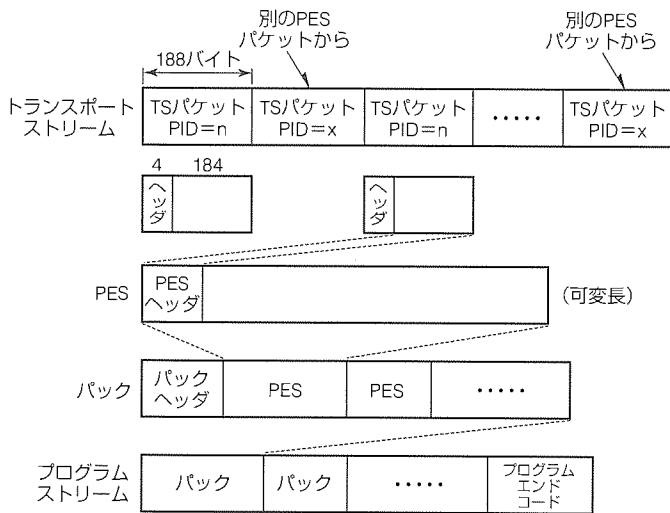


図7. PESパケットとTS, PSの関係

表2. TSとPSの比較

	適用対象	特長
TS	誤りの発生する環境で使用 ●放送、通信など	●188バイト固定長パケット ●複数番組を伝送可能 ●複数のクロックリファレンス可
PS	誤りのない環境で使用 ●蓄積メディアなど	●可変長のバックが基本 ●単一の番組を含む ●唯一のクロックリファレンス

100ms以下の間隔で送信することが規定されている。

3.3.2 多重化

MPEG2システムには2種類のストリーム、TS(Transport Stream)とPS(Program Stream)がある。両ストリームを構成する基本要素であり、相互の変換を可能とするための中間的な状態がPES(Packetized Elementary Stream)パケットである。PESパケットは、単一のメディア情報のあるプレゼンテーションの単位でパケット化したもので、メディア再生の時間管理を行う単位となる。例えばビデオの場合、1枚の画像フレーム分の符号化データをも一つのPESパケットとすることが多い。PESパケットは不定長のパケットであり、ヘッダ情報にはパケット長、タイムスタンプ、スクランブル情報や著作権情報、CRC(Cyclic Redundancy Check)などがある。タイムスタンプ

にはDTS(Decoding Time Stamp)とPTS(Presentation Time Stamp)がある。DTSは復号動作を行う時刻情報であり、PTSは再生を行う時刻情報である。PESパケットとTS, PSの関係を図7, TSとPSの特長を表2に示す。

(1) トランスポートストリーム(TS)

TSは188バイト固定長のTSパケットからなり、デジタル放送を含むリアルタイム伝送・通信系で用いられる。各TSパケットは4バイト固定のヘッダを持ち、残る184バイトは可変長のアダプテーションフィールドとペイロードで構成される。ヘッダにはパケットID(PID)があり、パケットの識別を可能としている。一つのPESパケットは同一のPIDを持つTSパケットのペイロードに分割され、一つのTSパケットに複数のPESパケットの情報が含まれることはない。

ある番組がビデオ符号化ストリームとオーディオ符号化ストリームとからなる場合、両者は各々固有のPIDを持つTSパケットを単位として多重化される。こうしたメディア多重のほかに、TSは複数の番組を多重化するプログラム多重の機能を持つ。多数に及ぶPIDと内容の関係を記述するため、TSはPSI(Program Specific Information)と呼ばれるテーブル情報をペイロードに格納して伝送する。

PSIには、番組を構成する複数ストリームのPIDを示すPMT(Program Map Table)、番組番号とPMTとの対応を示すPAT(Program Association Table)、限定受信情報を示すCAT(Conditional Access Table)などが含まれる。PMTは、更に細かなセクションやデスク립タという単位で、番組や番組を構成するストリームの説明情報を伝送することができる。デジタル放送においては、NIT(Network Information Table)などのテーブルを用い、EPG(Electronic Program Guide)の機能や、希望するチャンネルのTS受信を可能にする。

(2) プログラムストリーム(PS)

PSは、一つ又は複数のPESパケットにヘッダを付加したバックを単位とするストリームであり、パッケージメディアに適用される。PSは、一つの番組だけを含み、すべてのPESパケットが共通の基準クロックを用いる。代表的な適用例はDVDビデオである。将来的にはディスクベースの録画装置に適用される可能性もある。

4. デジタル放送とMPEG2

各国のデジタル放送におけるMPEG2の活用は様々である。米国DTVでは、18種類にのぼる画像フォーマットが市場原理にゆだねられ、各放送局によって異なる方針も表明された。日本ではCSデジタル放送がMainプロファ

イルMainレベル(MP@ML)を採用しており、BSデジタル放送では、Highレベルの放送も行われる。また、時間帯によってHighレベルと複数チャンネルのMainレベルとを切り換えるなど、様々な放送形態が予定されている。米国では音声にドルビー社のAC-3方式を用い、欧州ではBC方式を用いる。日本ではCS用の音声符号化方式としてBC方式が規格化されており、BSには新たに標準化されたAAC方式を用いることとした。いずれもMPEG2システムによる多重化を採用し、伝送路からのレイヤである誤り耐性フレーミングや変調についてはそれぞれの方式を用いる。

MPEG2をデジタル放送に活用するために、当社においても更に技術開発を行い、順次装置に反映させつつある。ビデオについては、番組の中継・編集などにおける繰り返し符号化や各種の変換、受信誤りが発生しても画質を最適に保つための技術などがある。システムについては、チャンネル切換えを最小限の時間で行う技術、プログラム多重化において各チャンネルに最適な符号量を配分する技術、複数ストリームのスプライシング技術などがある。

5. MPEG4とMPEGの動向

MPEGは、'98年12月のMPEG4バージョン1標準化に向けて作業を進めている。新たな機能を付加したMPEG4バージョン2は、2000年2月に標準化される予定である。

MPEG4標準の主要パートは、システム、ビジュアル、オーディオである。システムは、多重化と同期管理に加え、シーン記述方式を規定する。シーン記述とは、各種のAVオブジェクトをコンポジションして画面を作ることである(図8)。ビジュアルの場合、オブジェクトには自然画像の被写体のほかにグラフィックスで生成したオブジェクトやロゴなどがある。被写体は、個々にVOP(Video Object Plane)と呼ばれる仮想的なプレーン上にあるものとして扱うことができる。自然画像のオブジェクト符号化用には、MPEG2などを継承するテクスチャの符号化やオブジェクトの形状を符号化する方式を規定する。オーディオは、人

の声や楽音など、オブジェクトに合わせて選択可能な音声符号化、高品質音響符号化、音声合成などの符号化ツールを規定する。

5.1 MPEG4ビジュアル符号化の特長

各VOPは、形状とテクスチャに分けて符号化される。これにより、ビデオをオブジェクト単位に符号化・復号・操作・編集することができる。また、誤り対策として、再同期マーカや双方向復号可能なリバーシブルVLCなどが導入された。これらは誤りの早期検出・復帰、誤り隠ぺい(蔽)を可能とし、ランダム誤り 10^{-4} 、バースト誤り 10^{-3} で利用可能な性能を実現している。さらに、予測方式の改善や量子化・可変長符号化などの最適化により、特に64kbps以下の低ビットレートにおける画質が向上した。

これらのほか、静止画像をテクスチャとして符号化する際にWaveletを用いて階層的符号化を行うモード、人間の顔画像を特徴点の動きパラメータとグラフィックスによって合成するフェースアニメーションなども含まれている。

5.2 MPEG4の応用

MPEG4に期待されるのは、無線回線やインターネット/イントラネットなど、回線速度や品質が低い環境での利用である。強化された誤り耐性は、移動体動画伝送、ポータブル監視システム、放送の移動受信エリア確保などに有効である。デジタル放送という面では、低レートを生かした階層化やデータ放送への適用が期待される。番組ガイドや電子新聞などへの動画追加も可能性がある。オブジェクト単位の操作・編集機能は、コンテンツのオーサリングにも用いられる。将来的には、受信側がコンポジションの操作性を持つインタラクティブなサービスも可能性がある。

5.3 MPEG標準化の今後

'99年に予定されるMPEG4バージョン2では、グラフィックスで人物画像を合成するボディアニメーションやJavaベースの手続き型動的シーン記述、MPEG4ストリームのファイルフォーマット、著作権情報に連携するコンテ

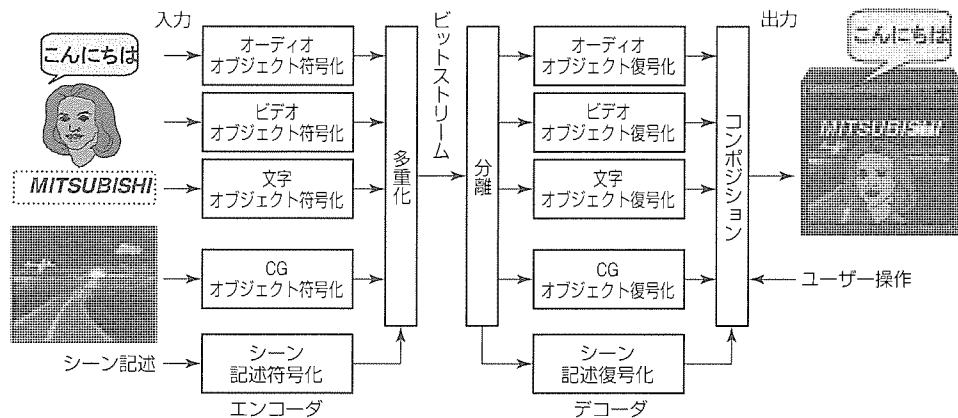


図8. MPEG4符号化・復号化

コンテンツへのアクセス制御などを新たな機能として追加する。

また、MPEG4に続く課題として、MPEG7の検討が開始されている。MPEG7の目的は、コンテンツの付加情報や属性、特徴などの記述を標準化し、コンテンツの分類や検索、ひいては番組ガイダンスやナビゲーションを効率化することである。現在は要求条件について議論を行っている段階であり、標準化は2001年に予定されている。

6. む す び

以上、MPEG符号化技術の概要を紹介した。デジタル放送に直接かつ最も重要な標準はMPEG2であるが、この方式はテレビ会議など他のマルチメディア情報符号化技術の蓄積の上にある技術標準である。当社の貢献も標準方式の中に反映されている。また、標準方式は互換性を保証す

るための最小限の枠組みを決めるものであり、いかなる機能と性能を具現化するかは設計者に依存する。

当社においても差別化のための技術を蓄積してきた。今後とも、方式活用のための技術開発、及び新たに標準化されるべき技術の先行開発に取り組んでいきたい。

参 考 文 献

- (1) ISO/IEC 13818-1~3, 7 (1994)
- (2) ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2202 (1998)
- (3) 吉村俊郎, 加藤嘉明: システム, テレビ誌, 49, No.4, 74~83 (1996)
- (4) 浅井光太郎: 次世代放送のための符号化技術, テレビ誌, 51, No.9, 47~50 (1997)

デジタル放送コーデック

丹野興一* 秋田康貴*
 田中浩一* 本多孝司**
 柴田邦夫* 有田雅雄**

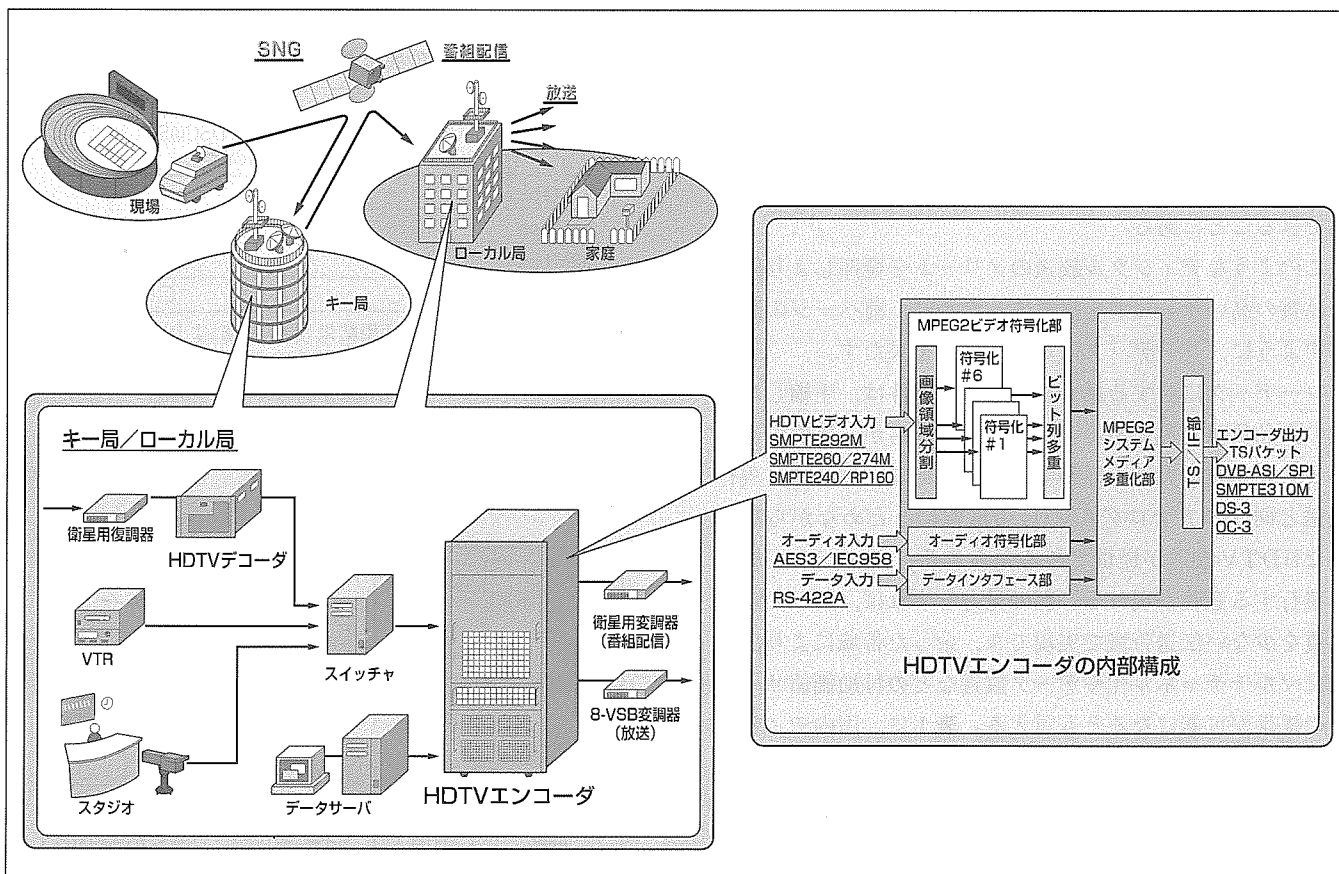
要旨

通信・放送システムのデジタル化進展に伴い、デジタル放送関連機器の実用化、特にMPEG標準を採用したコーデックの市場が急速に立ち上がっている。今や必至となった衛星放送・地上波放送・ケーブルのデジタル化の中で、特に放送サービスの品質に大きく影響を与えるデジタル放送に対応するコーデックの役割が重大となっている。

今回、米国、日本ほか各国における映像素材の配信、衛星放送・地上波放送・ケーブルなど、放送局業務への適用をねらい、HDTV (High Definition Television) コーデック“MH-1100”，SDTV (Standard Definition Television) コーデック“BC-1100”，プログラム多重化装置“TM-1100”を

開発した。MH-1100は、高画質化を実現するとともにデジタル放送システム構築に有効な各種機能を実装した。BC-1100は、TM-1100との組合せによって効率的なマルチチャンネル多重化伝送を実現する。TM-1100は、さらに、データ放送や圧縮ストリームの再多重を始め、伝送形態に対応した多様な多重パターンをサポートする。

これら装置を組み合わせることにより、米国DTVを始めとし、放送局内や局間配信など種々のアプリケーションに対し、大規模なキー局から小規模ローカル局まで様々なシステムを構成することが可能である。



デジタル放送コーデックの位置付けと内部の構成

デジタル放送システムの要素となる映像の配信/放送の構成例と、その中におけるデジタル放送コーデックの位置付けを示す。図はHDTVを例にとったものである。デジタル放送コーデックは、システムの中でゲートウェイの重要な位置を占め、提供するサービスの品質を左右する。内部は画面分割による高速なHDTV信号の並列処理と映像の特性に応じたきめの細かい符号化パラメータの制御を両立し、高画質を実現している。

1. ま え が き

映像圧縮技術⁽¹⁾の発達と通信・放送システムのデジタル化の進展に伴い、デジタル放送関連機器の実用化、特にMPEG標準を採用したコーデックの市場が急速に立ち上がりつつある。MPEG2を用いたCSデジタル放送が開始され、2000年打上げが予定されるBS-4の後発機もデジタルでの放送が確実となった現在、地上波・ケーブルを含めた放送のデジタル化は必至である。デジタル化の進展により、放送システムに必ず(須)となる映像素材の集信、局間配信、各家庭への放送など、業務用デジタル映像伝送に対するニーズが拡大している。特にその中で、映像の高品質化、マルチチャンネル化、データ放送サポートなど、放送のサービス品質に大きく影響を与えるデジタル放送コーデックの果たす役割は大きい。

今回、米国、日本ほか各国における映像素材の配信、衛星放送・地上波放送・ケーブルに対する放送局業務への適用をねらい、HDTVコーデック“MH-1100”、SDTVコーデック“BC-1100”、プログラム多重化/分配装置“TM-1100”を開発した。

本稿では、その特長と適用範囲について述べる。

2. デジタル放送コーデックの要求条件

デジタル放送のメリットは、デジタル処理技術により、アナログ放送と同一の伝送帯域で、より高品質な映像やマルチチャンネル、データ放送などの多様なサービスを提供できることにある。

このようなデジタル放送のメリットを発揮しより優れた品質の高いサービスを提供するために、前ページの図に示すように、コーデックは重要な役割を果たす。

コーデックに対する最も重要な要求条件は、圧縮した映像の高品質化実現である。映像品質の優劣が、提供するサービスの品質に大きく影響するためである。例えば、現行放送と同一のアナログ6MHz帯域幅にとどめながら高品質なHDTV放送が提供できるからこそ、デジタル放送へ移行する意義が現れる。別の見方をすれば、同一の映像品質を少ない伝送帯域で実現でき、余った帯域により、新たにマルチチャンネル化やデータ放送などの付加価値サービスの提供が可能になるとも言える。表1に、国内デジタル放送標準化を行う電波産業界(ARIB)が実施した、現状使用可能なHDTVコーデック(当社製)を用いた画質評価実験結果を示す⁽²⁾。現状で22Mbpsあれば要求条件に適合するとの良好な評価結果が報告されているが、更なる高品質化を実現しビットレートを下げることができれば、デジタル放送サービスを更に魅力あるものに展開していくことができる。

次に重要な要求条件は、デジタル放送に必要な各

種機能の実装である。マルチチャンネルやデータ放送、電子番組案内(EPG)等、標準への準拠と性能の実現が要求される。

図1に、各種機能を実現するHDTVコーデックMH-1100、SDTVコーデックBC-1100、プログラム多重化/分配装置TM-1100の基本接続形態を示す。以下、各装置について紹介する。

3. HDTVコーデックMH-1100

米国では、地上波TV放送の完全デジタル化がFCCの主導で進行し、DTVと呼ばれるその技術内容がATSC標準⁽³⁾に規定されている。画像フォーマットに関しては“市場による決定”を旨とする米国DTVも、1998年秋からの本放送開始を控えて、1080iによるHDTV放送がDTVの本命の一つと目されている。

当社は、HDTV信号のデジタル符号化に早くから取り組み、これまでにMPEG2準拠HDTVコーデックMH-1000⁽⁴⁾や可搬型SNGコーデックMH-2000⁽⁵⁾を開発してきたが、今般、ATSC標準に準拠したHDTVコーデックMH-1100を開発した。このコーデックは、HDTVクラスのDTV放送/配信を主用途とし、MH-1000をベースに、

表1. HDTVの要求画質と所要ビットレート

ビットレート	評価画像の3/4以上で原画からDSCQS 12%以内の劣化	すべての画像で原画からDSCQS 30%以内の劣化
16Mbps	—	—
18Mbps	—	—
22Mbps	○	○
24Mbps	○	○

DSCQS法による主観評価結果(非専門家)より、ITU-R勧告及び電通技審の要求条件に適合するビットレートを示す。出展：映像情報メディア学会技術報告⁽²⁾

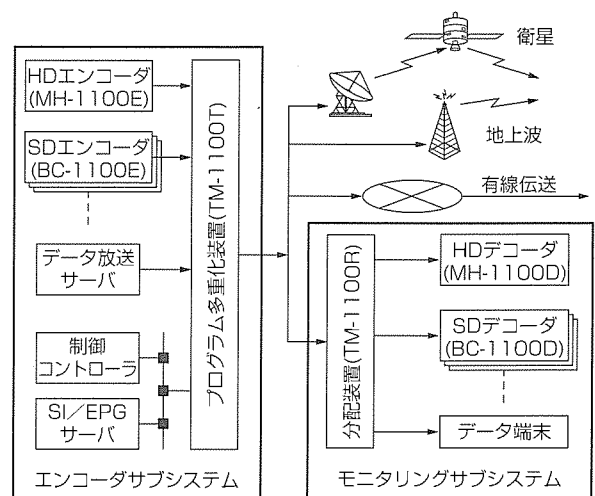


図1. 装置基本接続

特に画質の向上とデジタル放送・局システムの構築に有効な各種機能の追加を図ったものである。図2にエンコーダの外観を、表2に主要諸元を示す。

このコーデックの特長を以下に示す。

(1) リアルタイム符号化・復号処理

HDTV映像をリアルタイム符号化・復号処理するには、並列処理が必須である。このコーデックは、独自の並列処理LSIを採用し、6相画面分割並列処理を行う。ここで、各相の符号化・復号部は十分な容量のES(Elementary Stream)バッファを持ち、画面分割に起因する相間の発生符号量の偏りを平滑化することで、ビットレート100Mbpsまでの高画質、リアルタイム符号化・復号処理を可能とした。

(2) 高画質化制御

入力する種々の映像シーンに対してどのような符号化パラメータを使用し、いかに効果的に限られた情報容量を割り当てることができるかが鍵となる。これはMPEG2の規定外に属し、各社の性能差が現れる部分である。

従来と比べて、量子化値を各相符号化部に実装したDSP(Digital Signal Processor)でマクロブロック単位に逐次算出するとともに、相間通信ポートを設けることで、隣接相におけるパラメータ類をリアルタイムで参照することが可能となり、画面の分割境界での画質が向上した。また、符号化前段の前処理部を強化し、画像特性を符号化に先立って

解析・把握することで、最適な符号化制御を実施した。

また、GOP(Group of Pictures)構造を画像の特性に応じて適応的に切り換えることが可能で、シーンによらない高画質を実現した。

その結果、前出の表1に示した従来装置の映像品質に比べ、10~20%、ビットレートでは3~5Mbps相当の改善が見られた。

(3) 自動3-2プルダウン検出

HDTV映像は24フレーム/秒のフィルム映像を30フレーム/秒にフレームレート変換して製作することが多い。フレームレート変換は、冗長映像を周期的に挿入することで実現するが、この映像を符号化する際、冗長映像を除外できれば、圧縮効率が向上する。今回のコーデックでは、前処理基板で入力画像のフレーム間相関を連続的に評価することで、フィルム映像に挿入された冗長映像を自動検出・削除する。具体的には、符号化対象のフレームレートが20%削減される。MH-1100では、削減された20%分の情報量を画質向上とデータチャネル確保のために用いてい

表2. MH-1100の主要諸元

＜映 像＞		
入出力	(1) デジタル シリアル Y, Pb, Pr (SMPTE292M) (2) デジタル パラレル Y, Pb, Pr (SMPTE260M/274M) (3) アナログ Y, Pb, Pr (SMPTE240M/274M/RP160)	
フィールドレート	59.94Hz/60Hz	
ピクチャーフォーマット	1,920 pel×1,080 line, 1,440 pel×1,080 line	
クロマフォーマット	4:2:0/4:2:2	
符号化方式	MPEG2 MP@HL	
フィルムモード	フィルムシーン自動検出/自動3:2プルダウン	
映像ビットレート	~100Mbps	
ユーザーデータ多重	EIA-708準拠 Closed Caption データ多重可能	
＜音 声＞		
入出力	エンコーダ	デコーダ
	(1) デジタル (AES/EBU) 6ch×2 (2) アナログ 6ch×2 (3) SMPTE299M エンベデッド ~8ch (4) AC-3 ストリーム (IEC958) ×2	(1) デジタルAES/EBU 6ch×2 (2) SMPTE299M エンベデッド ~8ch (3) AC-3 ストリーム (IEC958) ×2
符号化方式	(1) AC-3 5.1ch (2) PCM	(1) AC-3 5.1ch (2) PCM
音声ビットレート	32~512kbps/5.1ch : AC-3, 1,152kbps/ch : PCM	
＜デ ー タ＞		
低速データ (LSD)	RS-422A (同期) ... 64/128/192kbps	
＜メディア多重・分離＞		
フォーマット	MPEG2 トランスポートストリーム : TS	
＜伝送インタフェース＞		
規 格	(1) RS-422A parallel (2) DVB-SPI (3) DVB-ASI (4) SMPTE PT20.04/010 (5) ECL-parallel/serial (6) DS-3 (7) ATM	
＜機 構＞		
きょう(筐)体	19インチ ラックマウント	

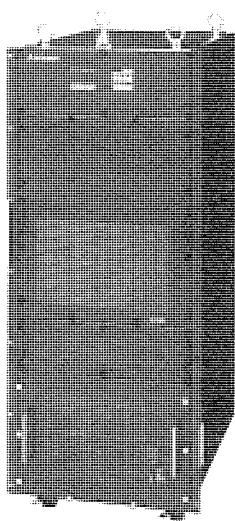


図2. MH-1100E(エンコーダ)の外観

る。

(4) クローズドキャプション挿入

聴覚障害者向けに米国で必須となるEIA-708に準拠したクローズドキャプション(CC)の送受信をサポートしている。コーデック外部に設置するCCジェネレータとのI/FにUART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter)を備え、最大19.2kbpsの通信速度をサポートする。

(5) 多彩な伝送インタフェース

多様なユーザー要求や周辺機器との相互接続性を考慮して、多彩な伝送インタフェースを装備した。特に今後のDTV標準I/Fと目されるDVB-ASI/SPIを標準で備えるほか、SMPTE310Mもサポートする。

(6) スケーラブル構成

各局システムの要求に応じ、高画質な機種と、高画質化機能を部分的に削除することによって廉価を図った機種を、スケーラブルに構成することが可能である。

以上に示したHDTVコーデックMH-1100は、米国最大の放送機器展NAB'98に出展し、実際の放送システム構築の一例を示した。また、米国CBS局の技術者と協力して、このコーデックと他社DTV周辺器材(VSBMOD等)との相互接続性を試験し、正常動作を確認した。また、このコーデックを用いたデモンストレーションでは、高解像度かつ動き追従の良い画質が好評を博した。表3にこれまでに接続性を確認した周辺機器リストを示す。

表3. 接続機器リスト(MH-1000/1100)

	周辺機器
VTR	●SONY 1" Digital ●松下 D5-HD ●東芝 D6
音声コーデック	●Dolby AC-3 Encoder ●Dolby AC-3 Decoder
MODEM	●Harris Modulator ●Zenith Demodulator ●EFdata Satellite Modulator

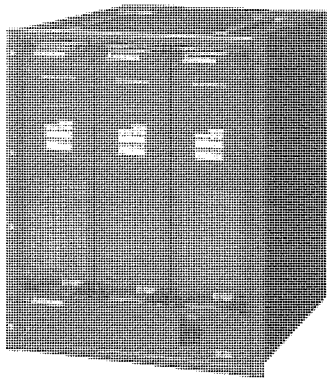


図3. BC-1100の外観(3ch実装)

現在、HDTVコーデックは、当社のほかThomson, Lucent, GI, SA, NEC等が製品発表を済ませ、プロトタイプを出展し、動体展示を開始した状況であり、同市場は今後とも活況を呈することが予想される。各社ともに米国DTV市場をターゲットにした開発を展開しているが、欧州についてもデジタルHDTV放送のプロモート活動を盛んに行うなど、各国での取組が明らかになりつつある。

多様なピクチャーフォーマットへの対応と各仕様に特有なニーズの迅速な取り込みが同市場での成功の鍵である。

4. SDTVコーデックBC-1100

BC-1100は、放送業務用SDTV対応コーデックであり、DTV放送用に必要とされる種々の機能を持っている。BC-1100の装置外観を図3に、主要諸元を表4に示す。

主要な特長は以下のとおりである。

(1) 高画質技術

このコーデックは、当社デジタルSNG用コーデックVX-3000⁽⁶⁾等で培った高画質符号化制御技術を適用したMPEG2 MP@ML符号化方式による高画質な映像符号化を実現している。

(2) 自動3-2プルダウン検出

フィルムソースを自動的に検出し、挿入されている冗長映像を検出・排除して24フレーム/秒の符号化方式に切り換えることによって高画質な符号化伝送を実現するフィル

表4. BC-1100の主要諸元

<映像>	
入出力	(1) アナログコンポジット(SMPTE170M) (2) デジタルシリアルコンポジット/ コンポーネント(SMPTE259M)
フィールドレート	59.94Hz
ピクチャーフォーマット	704 pel×480 line, Interlace
クロマフォーマット	4:2:0
符号化方式	MPEG2 MP@ML
フィルムモード	フィルムシーン自動検出/自動3:2プルダウン
映像ビットレート	3~15Mbps
ユーザーデータ多重	EIA-708準拠 Closed Caption データ多重可能
<音声>	
入出力	(1) デジタル(AES/EBU)6ch×2 (2) AC-3 ストリーム(IEC958)×2
符号化方式	AC-3 5.1ch(外付け)
音声ビットレート	32~512kbps/5.1ch: AC-3
<データ>	
低速データ(LSD)	RS-422A(同期) ... 64/128/192kbps
<メディア多重・分離>	
フォーマット	MPEG2 トランスポートストリーム: TS
<伝送インタフェース>	
規格	(1) DVB-SPI (2) RS-422A parallel
<機構>	
筐体	19インチラックマウント

ムモード自動検出と符号化機能を搭載している。

(3) クローズドキャプション挿入

EIA-708に対応したクローズドキャプションデータの入出力と伝送機能を搭載している。

(4) データ伝送

入力データをプライベートESデータとして伝送し、デコーダ側で映像と同期して出力する同期式データI/Fをサポートしている。

(5) 動的レート配分

複数のエンコーダを後述するプログラム多重化装置TM-1100Tと組み合わせ、各エンコーダへの映像レートの配分を動的に変更することが可能である。

5. プログラム多重化/分配装置TM-1100

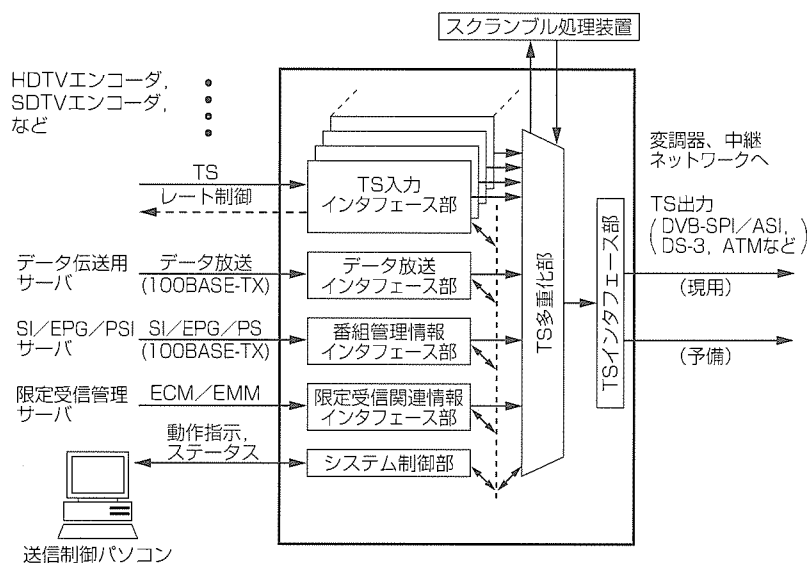


図4. TM-1100Tのブロック構成

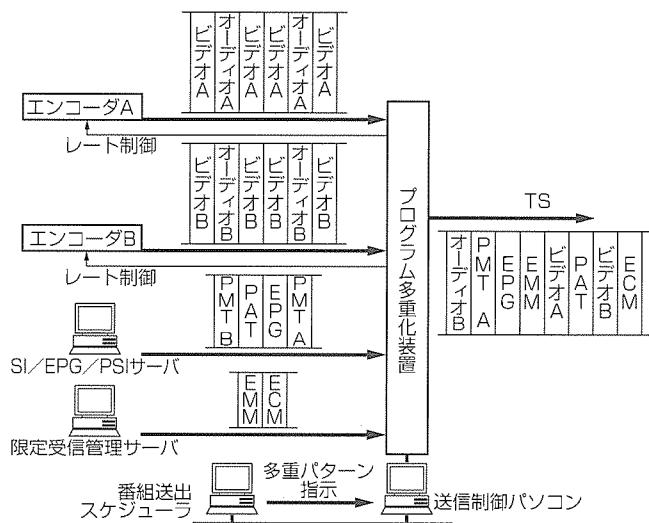


図5. プログラム多重動作

デジタル放送の特長の一つである多チャンネル放送、また電子番組案内を実現するEPGデータ伝送などの付加サービス、さらにデータ放送を始めとする種々の新サービスを実現するために、プログラム多重化装置(TM-1100T)と、局システムの監視系等に必要となるプログラム分配装置(TM-1100R)を開発した。

5.1 プログラム多重化装置TM-1100T

TM-1100Tのブロック構成を図4に示す。HDTV/SDTVエンコーダから各プログラムのTS(Transport Stream)を入力するTS入力インタフェース部、データ放送に使用する高速データをLAN経由で入力するデータ放送インタフェース部、レシーバが特定の番組やメディアを選択して受信するために必要となるPSI(Program Specific Information), SI(Service Information)/EPG情報を入力

する番組管理情報インタフェース部、TSパケットを指定されたパターンで多重するTS多重化部、装置全体を制御するシステム制御部等からなる。

図5にTM-1100Tによるプログラム多重動作の概要を示す。TM-1100Tは、番組送出スケジューラからの指示に従い、各エンコーダからのメディア情報を含むTS、システム管理系からのPSI, SI/EPG情報、限定受信管理系からのECM(Entitlement Control Message)/EMM(Entitlement Management Message)情報を選択し、指定された多重パターンでパケット多重を行い、1本のTSとして送出する。

TM-1100Tの外観と主要諸元を、それぞれ図6と表5に示す。

主な特長は以下のとおりである。

(1) 多様な多重パターン

TM-1100Tは、TSパケット多重動作を高速プロセッサの制御によって実現し

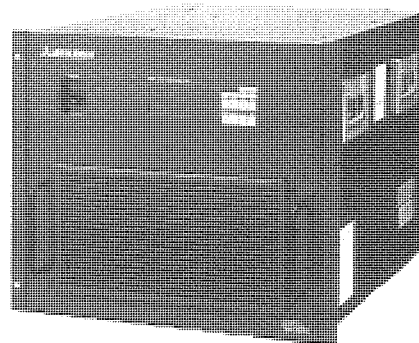


図6. TM-1100Tの外観

表 5. TM-1100Tの主要諸元

＜入 力＞	
MPEG2 TS	(1) RS-422A パラレル(独自仕様, 最大70Mbps, 最大8ch) (2) DVB-SPI/-ASI(最大70Mbps, 最大8ch)
データ放送	High Speed Data(HSD) : 100BASE-TX 1ch
補助データ	Low Speed Data(LSD) : RS-422A 2ch
時刻情報	GPS レシーバインタフェース : NMEA-0183, RS-232C(4.8kbps)
＜出 力＞	
伝送インタフェース	(1) DVB-ASI(最大120Mbps×2ch) (2) DVB-SPI(最大120Mbps) (3) RS-422A パラレル(最大120Mbps) (4) DS-3(最大44Mbps×2ch) (5) SMPTE310M(19.39Mbps) (6) ECLパラレル/シリアル(最大120Mbps)
＜多重化＞	
フォーマット	MPEG2 TS
多重方式	●固定レート多重/動的レート配分 ●TS再多重(タイムスタンプ補正, PID編集)
＜制御/管理＞	
インタフェース	●RS-232C, 100BASE-TX ●フロントパネル ●アラーム接点信号出力
＜筐 体＞	
サイズ	19インチラックマウントブル

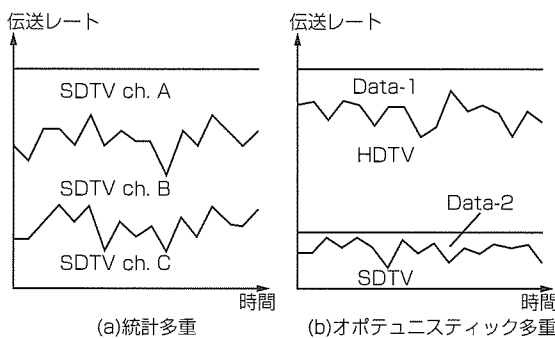


図 7. 多様な多重パターン

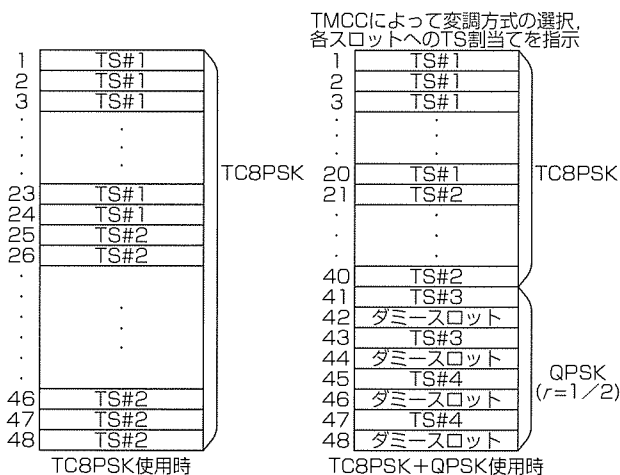


図 8. BSデジタル放送におけるTSスロット多重の例

ており、プログラムのモード設定によって多様な多重パターンを実現する。各プログラムに固定レートを割り当てる固定レート多重、一定の帯域を複数のプログラム(チャネ

ル)に割り当て、各プログラムの画質を平均化するなど、一定の基準によって動的に各プログラムへの割り当てレートを変更する統計多重、ビデオ番組のエンコーダを可変レートで動作させ、余剰領域をデータ放送等の他のサービスプログラムに割り当てるオポチュニスティック多重などが可能である(図7)。

また、2000年ごろに実用化予定のBSデジタル放送においては、図8に示すように、伝送ストリームがフレーム構成をとり、各スロット群に特定の番組、管理情報のパケットを割り当てる。このようなスロット多重方式にも対応するため、フレームタイミングを発生し、指示されたパターンに従って各スロットに特定のパケットを多重し、ダミースロットを発生することができる。

(2) 最大16チャンネルの番組多重

TS化されたHDTV, SDTV, 音楽専

用番組等の各種放送を最大16チャンネルまで多重化する。

(3) TS再多重

エンコーダが多重化装置とは独立した伝送クロックでTSを出力してきた場合には、システムクロック再生用のタイムスタンプに伝送遅延ゆらぎが付加されることが想定され、これを多重化装置内で補正し、他のプログラムストリームと多重する。また入力TSにプログラム管理情報(PSI)が含まれる場合には、プログラム多重化後のストリーム内での整合性を確保するため、PSIの削除・編集・追加を行う。さらにパケット識別子(PID)の変更も可能である。

(4) 電子番組案内(EPG)サービスのサポート

EPGサービスに必要なSI/EPG情報をSI/EPGサーバから受信し、TSパケット化して所定の周期で繰り返して送信可能である。また、PSI情報もPSIサーバからの情報をTSパケット化し、TM-1100Tから一括して送信できる。

(5) データ放送サービスのサポート

デジタル放送を特長付ける高速データ放送サービスを実現するため、データ放送サーバから高速LAN経由でデータ情報を受信し、TSパケット化して多重送信する。

(6) 多様なTS伝送インタフェース

日・米・欧の衛星・地上波・ケーブルの各サービスに対応するため、TSの入出力インタフェースとして標準規格に準拠したDVB-ASI/SPI, SMPTE310M, ARIBシリアルなど各種インタフェースを実装している。さらに、米国で一般的なDS-3インタフェースによる伝送を考慮し、

TSをDS-3伝送フレームにマッピングし、送出する機能も具備している。

5.2 プログラム分配装置TM-1100R

放送局では、送信系の各装置のステータスチェックによる監視のほかに、実際に送出されたTSを実際に解析し、デコードしてストリームの正常性チェックを行う必要がある。TM-1100Rは、プログラム多重化装置が出力するTSを直接又は伝送路を経由して受信したTSを各デコーダに分配するとともに、TSヘッダ、PSIテーブルなどのシンタックスチェック、送信間隔チェックを行い、管理システムに解析結果を通知する。

6. システムへの適用と今後の展開

今回紹介したMH-1100, BC-1100, TM-1100は、米国DTVを始めとした業務用放送局システムの要素である集信・配信・放送・モニタ、さらに蓄積・編集機能に適用するための必要機能を網羅し、適宜組み合わせる使用することにより、業務用放送局システムをスケラブルに構築することが可能である。

今後、市場の要求するピクチャーフォーマットや各種サービスに対応し、更なる小型・低価格コーデックの開発を進めることが、デジタル放送進展を加速していくと考えられる。さらに、小型・機動性の増大により、新しいサービスの創出が期待される。

7. むすび

デジタル放送局業務への適用を目的に開発したHDTVコーデックMH-1100, SDTVコーデックBC-1100, プログラム多重化装置TM-1100について紹介した。今後のデジタル放送発展へ役立てたい。

参考文献

- (1) 村上篤道, 浅野健一: 映像圧縮技術の現状と動向— MPEG-2を中心として—, デジタル信号処理の応用, 電子情報通信学会講演会予稿集, 1~6 (1996)
- (2) 中須英輔, 中田安優, 浦野丈治, 清水 務: デジタル放送の符号化画質評価実験, 映情学技報, 22, No. 19, 13~18 (1998)
- (3) ATSC: ATSC Digital Television Standard A/53 (1995)
- (4) 村上篤道, 田中浩一, 丹野興一, 日和佐憲道, 本多孝司, 浅野健一: MPEG-2 準拠MP@HLコーデック: MH-1000の開発, 信学春大, 7, D-11, 5 (1998)
- (5) 大川祐二, 田中博之, 岩佐靖典, 寺田健二, 合志清一: ハイビジョンCS伝送システム, 放送技術, 49, No. 10, 1043~1048 (1996)
- (6) 杉原正己, 佐々木 源: SNGシステム完全デジタル化, 放送技術, 50, No. 2, 153~157 (1997)

SNGコーデック

浅野研一* 猪股英樹*
 高谷善人** 佐々木 源***
 服部伸一* 安田吉男†

要 旨

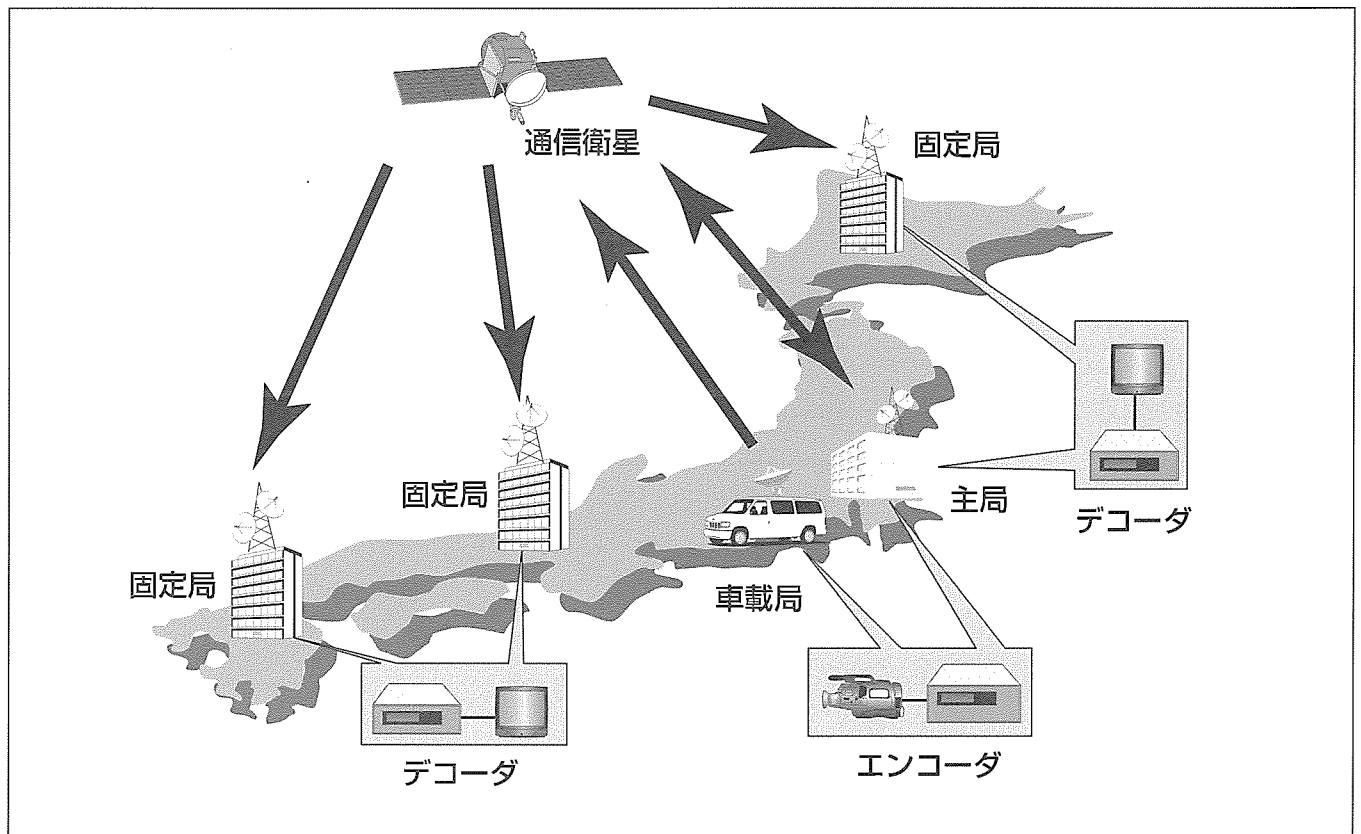
放送素材を収集する手段として、SNG(Satellite News Gathering)システムは放送局にとって必要不可欠なものである。

SNGシステムとは、ニュースやスポーツなどの素材映像／音声を、通信衛星回線で伝送するものである。各放送局は、SNGの送信システムを搭載した移動放送車(車載局)や小型のSNG送信システムを携帯する人(可搬局)などをニュースなどの現場に派遣する。車載局や移動局は素材を取材し、その内容を送信システムから通信衛星経由で固定局に伝送する。固定局では、受信した内容から素材の映像／音声を再生し、番組として編集した後に、家庭に放送する。

従来アナログ伝送が行われていたSNGシステムをデジタル化し、回線の使用効率の向上や誤り耐性強化などを実現するキーコンポーネントがSNGコーデックである。

SNGコーデックの送信側では映像／音声／データなどをデジタル的に圧縮・多重化し、強力な誤り訂正をかけてデジタル変調して出力する。受信側では、復調／誤り訂正の後に、映像／音声／データを復元する。

三菱電機では、国際標準方式のMPEG2に準拠したSNGコーデック“VX-3000”シリーズを商品化した。この装置は、独自の符号化制御技術によって放送局の要求する高画質を実現し、しかも小型で携帯性に優れており、民放4系列で採用され、既に実運用に供している。



SNGシステムの応用例

通信衛星回線を利用して、車載局／可搬局などから圧縮した映像／音声は固定局に伝送される。固定局では送られてきた信号から映像／音声を再生し、編集などを行った後、家庭に放送する。

1. ま え が き

SNGの運用は1989年に開始されたが、'91年には、トランスポンダの有効利用を目的に、デジタル化の要求が放送現場から出始めた。当社はこれにこたえるため、国際標準MPEG2の採用、高画質、低遅延、小型化、EDTV-II対応、OW(Order Wire:連絡用音声)信号との整合、及び既設アナログ設備の改修を最小限とすることを基本コンセプトとして、製品仕様を策定した。その結果、当社のSNGコーデック“VX-3000シリーズ”は'96年から実運用され、民放4系列に採用されるに至った。

本稿では、SNGシステムとそのキーコンポーネントであるSNGコーデックの概要を述べる。

2. 放送素材伝送

放送する番組を製作する際、幾つかの手法で素材が収集され、その素材が放送局へ伝送される。素材伝送の例を図1に示す。車載局から通信衛星回線を使用して素材を伝送するSNG、マラソン中継などに多用され可搬局から地上マイクロ波を介して素材を伝送するFPU(Field Pickup Unit)、プロダクションで製作した素材を地上の回線網(ATM網など)を通じて伝送するケースなどが、典型的な例として挙げられる。

放送素材伝送では、放送局から以下のような内容が要求される。

(1) 高画質

現状のアナログ伝送システムの画質を上回るのももちろんのこと、編集などによる画質劣化も考慮した高画質が必要である。

(2) 低遅延

ニュース中継などの場合、現地と放送局との掛け合いに用いるため、処理遅延時間が短いことが必要である。

(3) 小型化

車載局や可搬局においては、装置の携帯性が重要視される。

(4) 誤り耐性

回線の状況が悪く誤りが発生している場合にも、できるだけ素材伝送が途切れないことが必要である。

3. SNGシステム

放送業界では、番組、ニュース素材の収集や報道中継を目的として、各放送ネット系列ごとに、民間通信衛星であるスーパーバードやJC-SATを利用したSNGネットワークを構築している。SNGネットワークは、その広域性・同報性・広帯域性・耐災害性などの特長を生かし、番組制作に欠かせないシステムとして運用されている。一般的なSNGネットワークの構成を図2に示す。

SNGネットワークは、通常、主映像基地局、副映像基地局、系列基地局、車載局、可搬局などで構成される。取材現場に移動した車載/可搬局からは、番組、ニュース素材としての映像と音声、衛星回線を通じて主映像基地局

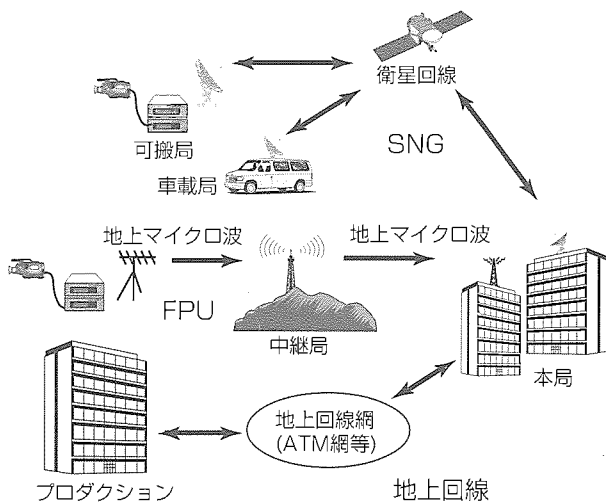


図1. 放送素材伝送

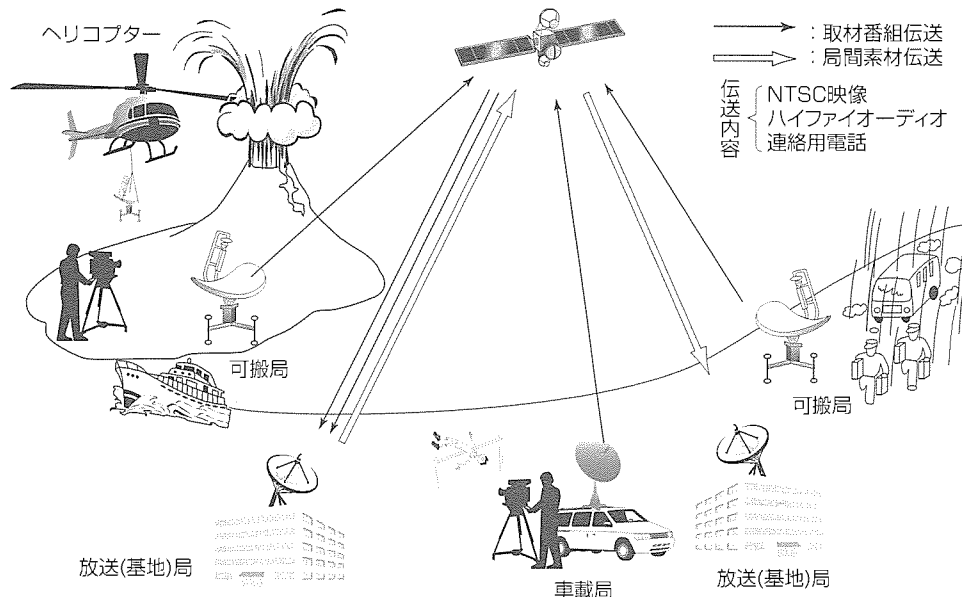


図2. SNGネットワーク

又は系列基地局などへ伝送される。さらに、映像伝送前や映像伝送中の番組制作スタッフ間の打合わせ用に、基地局と車載/可搬局間にはオーダーワイヤと呼ばれる双方向の連絡回線が設定される。また、SNGネットワークを使用して、主映像基地局から系列基地局への番組素材の一斉配信や、系列基地局から主映像基地局への番組素材伝送なども行われる。車載局機器の構成例を図3に示す。

伝送回線数としては、当社のビデオコーデックを使用した場合、36MHzのトランスポンダで4チャンネルの映像伝送回線を確保できる(図4)。

これらSNGネットワークの伝送回線は、主映像基地局で一括管理されており、主映像基地局から各車載局、可搬局や系列基地局に送信許可が与えられ、映像伝送が行われる。

4. ビデオコーデック

ビデオコーデック(ビデオエンコーダ、ビデオデコーダ)は、デジタルSNGにおけるキーコンポーネントである。ビデオコーデックは、アナログの映像/音声信号をデジタル化し、高能率符号化技術により、情報量を圧縮伝送するものである。

高能率符号化技術は近年急速な進歩を遂げており、映像符号化の場合、用途に応じて映像信号を数分の1から数百分の1程度までに圧縮することが可能になっている。また、符号化方式の標準化も進んでおり、放送・通信・蓄積分野等の種々のアプリケーションを包含する汎用ビデオ符号化

方式(ISO/IEC13818-2, ITU-T H.262, 以下“MPEG2ビデオ”という。), 及び汎用メディア多重・同期再生方式(ISO/IEC13818-1, ITU-T H.222.0, 以下“MPEG2システム”という。)が'94年末から'95年にかけてISOとITU-Tの共通テキスト形式として制定された。これを受けて、MPEG2を利用した放送・通信分野をターゲットとした高品質な画像伝送用途のビデオコーデックが開発され、実用化されてきている。

当社では、いち早くISO/IEC, ITU-Tなどについて積極的な標準化活動に取り組み、放送・通信分野の、主にプロフェッショナルユースをターゲットとしたMPEG2準拠の高画質デジタル映像伝送システムの研究開発を行ってきた。その成果はSNGコーデックの実用化に生かされ、国内放送局で高いシェアを得ている。本稿で紹介するビデオコーデックは、民間放送4系列に属する全国の各放送局に納入され、実運用に供されている。

ビデオエンコーダでは、ビデオ符号化部でビデオ信号を、またオーディオ符号化部でオーディオ信号をデジタル圧縮する。圧縮されたデジタル信号は、OW信号等と多重

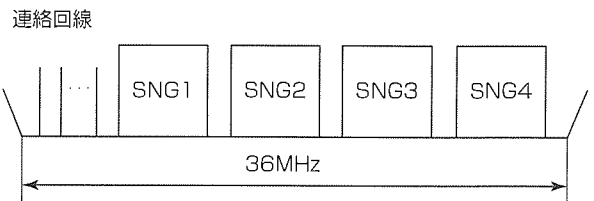
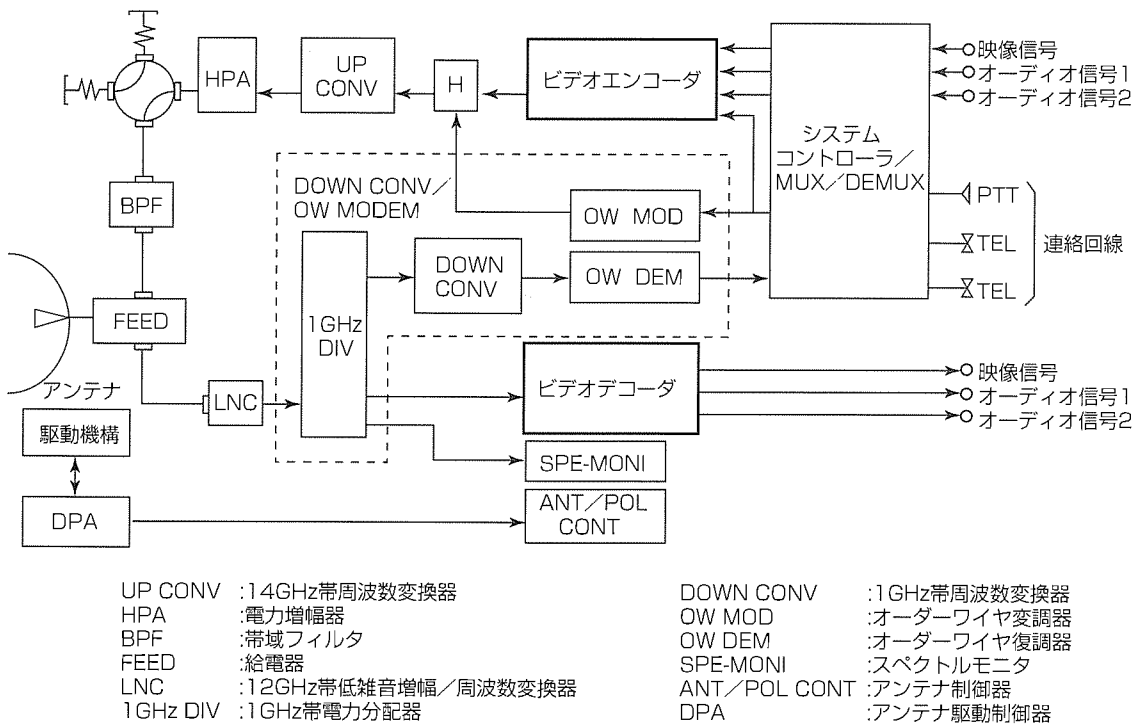


図4. トランスポンダ上の映像伝送回線



- | | | | |
|----------|----------------------|--------------|---------------|
| UP CONV | : 14GHz帯周波数変換器 | DOWN CONV | : 1GHz帯周波数変換器 |
| HPA | : 電力増幅器 | OW MOD | : オーダーワイヤ変調器 |
| BPF | : 帯域フィルタ | OW DEM | : オーダーワイヤ復調器 |
| FEED | : 給電器 | SPE-MONI | : スペクトルモニタ |
| LNC | : 12GHz帯低雑音増幅/周波数変換器 | ANT/POL CONT | : アンテナ制御器 |
| 1GHz DIV | : 1GHz帯電力分配器 | DPA | : アンテナ駆動制御器 |

図3. 車載局機器の構成例

化された後に、誤り訂正符号を付加されて、デジタル変調を行い、IF(Intermediate Frequency)信号となる。ビデオデコーダでは、逆に受信IF信号からデジタル復調、誤り訂正を行い、ビデオ/オーディオ及びOW信号等に分離する。分離されたビデオとオーディオのデジタル信号は、各々ビデオ復号部、オーディオ復号部で復号される。

4.1 低処理遅延コーデック

SNGシステムの運用形態では、取材現場の記者とスタジオのキャスタとの間で会話を交わす掛け合い放送などを行うことがある。このような掛け合い放送では、相手の映像/音声の到達に余り遅延が発生すると会話が行い難くなる。したがって、このようなリアルタイムの双方向通信用途では、ビデオコーデックの処理遅延時間の低減が重要となる。

当社では、SNGコーデックの開発で、ビデオコーデックの処理遅延要素を検討し⁽¹⁾、エンコーダ/デコーダの合計遅延として約100msという低処理遅延のビデオコーデックVX-3000を開発した。低処理遅延コーデックVX-3000は、用途に応じて伝送モードを切り換えることにより、処理遅延と伝送画像品質の選択及び衛星回線の効率的な活用ができる。この装置で伝送するビデオ、音声及びネットキュー(CM挿入タイミング)信号等の伝送信号諸元を表1に

表1. VX-3000の伝送信号諸元

伝送モード	低C/N	標準	高画質	
伝送帯域(MHz)	7.4	7.4	14.7	
伝送速度(Mbps)	12.288	18.432	36.864	
キャリア数(/36MHz)	4	4	2	
変調方式	QPSK	8 PSK	8 PSK	
誤り訂正	外部符号	リードソロモン(204,188)		
	内部符号	畳込み符号/ビタビ複号		
	R=3/4	R=2/3	R=2/3	
総情報速度(Mbps)	8.5	11.3	22.6	
スクランブル	PN(ランダム)符号加算			
多重化方式	MPEG2システムTS多重			
映像	情報速度(Mbps)	7.7	9.9	20.9
	入出力信号	(1)NTSCアナログコンポジット(RS-170A) (2)NTSCデジタルシリアルコンポジット (3)NTSCデジタルシリアルコンポーネント		
	信号帯域	4.2MHz	6MHz	
	符号化方式	MPEG2 422@ML		
	処理遅延	3フレーム(100ms)/6フレーム(200ms)		
音声	情報速度	128kbps/ch	192kbps/ch	
	入出力信号	アナログ/AES/EBU/SMPTE272M		
	信号帯域	20kHz		
	符号化方式	MPEG1 レイヤII		
オーダーワイヤ	チャンネル数	4/映像1ch		
	情報速度	128 (32kbps×4ch)		
データ(同期式)	情報速度	64kbps/ch		
データ(非同期式)	情報速度	最大19.2kbps		
所要C/N (dB)	6.4	10.5		
所要BER	10 ⁻¹²			

示す。また、図5にビデオエンコーダ、デコーダの外観を示す。

4.2 プログレッシブコーデック

プログレッシブ(順次走査)方式は、パソコンのモニタなどコンピュータ業界では一般的な方式であるが、放送業界ではインタレース(飛び越し走査)方式が主流となっている。しかしながら、昨今ではデジタル放送方式の進歩によって異なる走査方式の融合が可能となっており、近年、放送業界で注目されている方式である。プログレッシブ方式は、高解像度、フリッカレス、コンピュータとの融合性、さらに容易にピクチャーフォーマットの変換が可能である等の利点を持ち、最近では、カメラやVTRなどのスタジオ機器の開発もかなり進んでいる。

インタレースとプログレッシブの違いを図6に示す。現在デジタル放送方式として注目されているのは、走査線525本の525P方式と、走査線750本の750P方式である。前者は標準テレビクラス、後者はハイビジョンクラスに分類される。

今般開発したプログレッシブコーデック“VX-3000P⁽²⁾”は、525P方式に対応したSNGコーデックであり、525P信号をMPEG2によって約20Mbpsに圧縮して伝送することが可能である。また、モード切換えによってインタレース方式(以下“525I”という。)にも対応可能となっており、VX-3000と完全互換性を持っている。画像のプログレッシブ入出力信号は、国内で主流になりつつある420Pデジタルシリアル(SMPTE294M)を採用した。従来525Pのスタジオ機器間インタフェースは、422Pシリアルインタフェースとしてケーブル2本(270Mbps×2)で行われていたが、420Pシリアルでは、伝送速度を360Mbpsとすることでケーブル1本で機器間の伝送が可能となっている。SNGコーデックとして装置サイズ及び伝送遅延を考慮して後方予測は行わず、エンコーダ/デコーダのトータル遅延として、約160msを実現した。

525P信号はフレームレートが59.94フレーム/秒であり、525I信号の2倍の情報量を持ってい

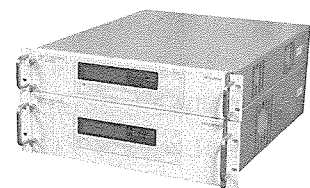


図5. ビデオエンコーダ、デコーダの外観

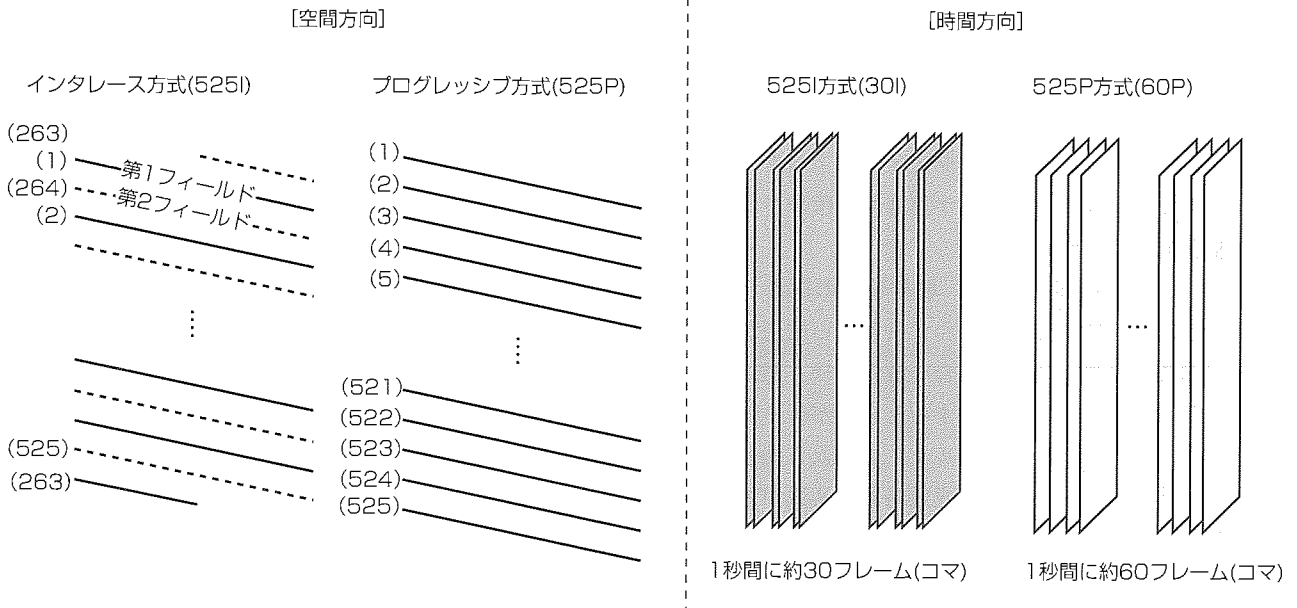


図6. インタレースとプログレッシブの違い

る。したがって、符号化処理能力が従来のコーデックに対して2倍になるため、独自に開発した並列処理対応LSIを2相並列に構成することにより、リアルタイム処理を実現した。並列処理の方法は画面分割を用いた。走査線16ラインで構成される“スライス”と呼ばれる単位を基準とし、奇数スライスをマスタ相に、偶数スライスをスレーブ相に割り当てる構造とした。このように分割することにより、情報発生量の極端な偏りを防ぐ目的も兼ねている。

4.3 422@MLコーデック

422@MLは、DVD等で使用されている一般的なMPEG2 MP@MLに対して、放送分野の素材伝送等を目的として、圧縮効率よりも映像品質を重視して作られた規定である。前に述べた低処理遅延コーデックVX-3000は、SNG用途の処理遅延低減と装置の小型化のため、動き補償における後方予測を持たない422@MLのサブセットに対応した装置である。一方、ここで述べる422@MLコーデックVX-3000M⁽³⁾は、MPEG2ビデオ符号化方式で規定されている4:2:2profile@Main Levelに完全に準拠したビデオコーデックである。

放送局の基地局間では、SNGシステムを放送素材の素材分配に使用することもある。この用途では、片方向通信のため伝送処理遅延を問題としないが、より高い映像品質が求められる。422@MLコーデックVX-3000Mは、動き補償における後方予測も行い、符号化効率を高めることにより、より高画質な素材分配に対応できるコーデックとして開発された。また、モードの切り換えによってVX-3000

表2. MP@ML, VX-3000, VX-3000Mの仕様比較

	MP@ML	VX-3000	VX-3000M
MPEG2 Profile & Level	MP@ML	422@ML サブセット	422@ML 完全準拠
画像サンプル密度	720画素/ライン 480ライン/フレーム	720画素/ライン 512ライン/フレーム	720画素/ライン 512ライン/フレーム
色差信号フォーマット	4:2:0	4:2:0/4:2:2	4:2:0/4:2:2
動き補償予測	両方向	前方向のみ	両方向
圧縮ビットレート	~15Mbps	~20.9Mbps	~20.9Mbps

と完全互換を実現している。表2に、MPEG2 MP@ML, VX-3000及びVX-3000Mの仕様比較を示す。

4.4 HDTVコーデック

既に標準テレビクラスではデジタルSNGが実用化されているが、今後HDTV信号も同様に映像配信に利用することが期待されている。

当社では、NHK(日本放送協会)との共同開発により、MPEG2規格に準拠してHDTV信号をデジタル圧縮し伝送を行うHDTVコーデック“MH-2000”⁽⁴⁾を開発した。この装置は、HDTV映像を遠隔地から高品質伝送するものである。衛星トランスポンダを使用しての伝送であり、TS(Transport Stream)データに対してDVB規格に準拠した伝送フレーミング処理、RS(Read Solomon)符号化、インタリーブ処理を行ったデータ入出力を備え、各種衛星モデムと45~60Mbpsで接続される。

映像は、アナログ/デジタル入出力を備え、MPEG2 MP@HLで処理を行う(エンコーダはSP@H1440)。音声は、アナログ/デジタル入出力4チャンネルを備え、MPEG1レイヤIIで符号化/復号する。また、非圧縮のPCMモードの選択も可能である。データは、64kbps同期式、

9,600bps非同期式を伝送可能とした。各メディアは、MPEG2システムに従ってTSパケット多重され、伝送される。伝送レート諸元は60Mbpsまでとしているが、外部から伝送クロックを入力すれば最大120Mbpsまで動作可能である。装置は、可搬車へのラックマウント可能なまで小型化されており、SNG用途として適用可能となった。

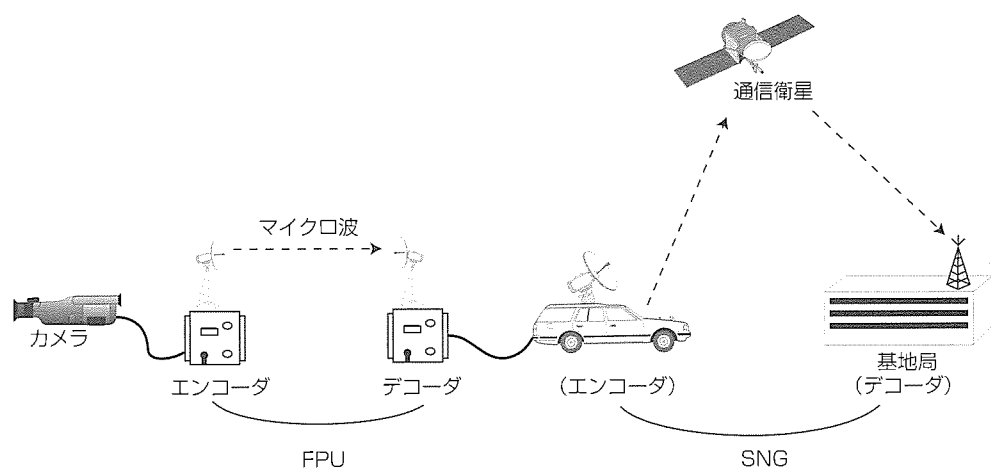


図7. ビデオコーデックの縦続接続

5. 今後の課題

放送局では、SNGシステムを従来のアナログ伝送からデジタル伝送に変更しつつある。これは、回線の使用効率向上をねらった単なるシステムのリプレースにすぎない。一方、近い将来のデジタル放送の時代になると、素材伝送にも新たな機能が要求されるようになる。

まず第一に、ビデオコーデックの縦続接続の問題である。デジタル放送の時代には、放送及び素材伝送において複数回の画像圧縮／伸長が行われる。この様子を図7に示す。通常のビデオコーデックでは、画像圧縮／伸長の回数を重ねるごとに、急速に画質が劣化していく。デジタル放送時代の素材伝送には、回数を増やしても画質劣化の少ないことが強く要求される。

また放送局の各所にビデオコーデックが導入されるようになると、なお一層の小型・低価格化が要求されることは明らかである。

さらに、放送局の主要業務の一つである番組編集においても、ビデオコーデックによる圧縮画像を扱うケースが増えることから、VTRやハードディスクといった蓄積媒体やカメラなどとビデオコーデックの一体化も今後の課題である。

6. むすび

以上、放送局の素材伝送という観点からSNGシステムについて概観し、具体的事例として、放送局で実運用されている当社のSNGコーデックについて説明した。

デジタル放送の時代を迎え、放送局は大量のビデオコーデックを導入することが確実視されている。今後も、独自の高画質化技術／小型化技術を背景に、各放送局の要求を満たす製品開発を進めていきたい。

参考文献

- (1) 原田亜矢子, 服部伸一, 浅野研一: 低処理遅延 MPEG-2コーデックの検討, 信学全大'97, D-11, 117 (1997)
- (2) 猪股英樹, 岡田信一, 佐々木 源, 安田吉男, 渡辺龍夫, 坂口裕直: 525プログレッシブ対応デジタル SNGコーデックの開発, 映像学技報, 21, No.69, 7~12 (1997)
- (3) 服部伸一, 佐藤英徳, 佐々木 源, 嶋田義久: MPEG2 422P@ML準拠コーデックの開発, 信学全大'98, D-11, 137 (1998)
- (4) 大川佑二, 田中博之, 岩佐靖典, 寺田健二, 合志清一: ハイビジョンCS伝送システム, 放送技術, No.10, 1043~1048 (1996)

DTV受像機

網島健次* 森川浩樹***
菅 隆志** 茅嶋 宏*
宗石圭一***

要 旨

1998年11月から全米主要都市で地上波によるDTV (Digital Television)放送の開始が予定されている。三菱電機では、DTV放送開始時期に合わせてDTV放送受像機を米国市場に導入するため開発を進めている。開発中のDTV受像機は、HDTV映像を高画質に表示可能な73インチ高精細プロジェクションTVに専用DTV受信デコーダを接続して構成される。

(1) DTV受信デコーダ

DTV受信デコーダは、次のような機能ブロックからなる。

- 8VSB復調
- トランスポートストリーム処理
- ビデオデコーダ

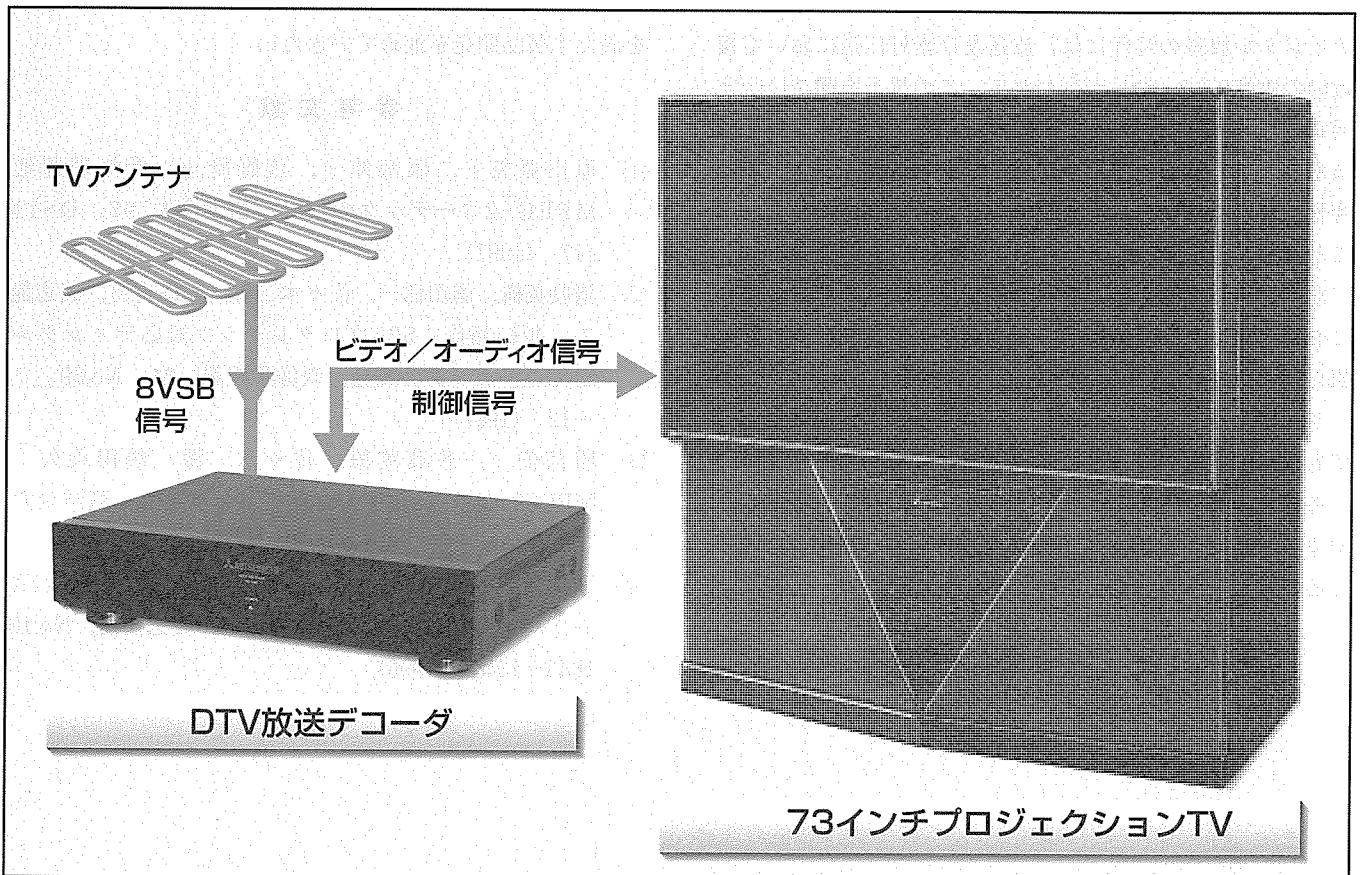
- 画像フォーマット変換
- オーディオデコーダ

各機能ブロックは、DTV用チップセットを用いて構成した。トランスポートストリーム処理及びビデオデコード処理は、専用チップをマイコンで制御することによって実行される。

(2) 高精細プロジェクションTV

HDTVに対応するため、下記のような改善を光学系に施した。

- 9インチ高精細CRTの開発
- 9インチCRT対応高精細レンズの開発
- ファインピッチスクリーンの採用



DTV受像機

アンテナで受信された8VSB地上波デジタルTV信号は、DTV受信デコーダで復調/デコード処理され、RGB映像信号として73インチ高精細プロジェクションTVに送られる。DTV選局処理に必要なデータ/制御信号が、専用シリアルバスを介して、プロジェクションTV-DTV受信デコーダ間で授受される。

1. ま え が き

1998年11月から全米主要10都市の24局で予定されているDTV放送開始に照準を合わせて、米国向けDTV受像機の開発を進めている。

開発中のDTV受像機は、73インチ高精細プロジェクションTVをモニタに用い、大画面・高画質でHDTV(High Definition TV)画像を映し出すホームシアターを構築する中核となる。ATSC(Advanced Television Systems Committee)が定めたDTV規格⁽¹⁾⁽²⁾では、HDTVとSDTV(Standard Definition TV)双方を含む合計18の画像フォーマットが規定されているが、デジタルフォーマット変換回路により、高精細プロジェクションTV表示に適したHDTV相当の映像信号にすべての伝送画像フォーマットを変換する。5種類のチップで構成されるDTV受信機用チップセットを用いることにより、コンパクトなDTV受信デコーダを実現した。

本稿では、当社で開発中の第一世代DTV受像機のシステム構成とその主要構成要素について解説を行うとともに、次世代DTV受像機に向けての開発課題について概要を述べる。

2. DTV放送デコーダ

DTV放送デコーダのブロック図を図1に示す。DTV放送デコーダは、米国ルーセントテクノロジー社と共同で開発した5種類のLSI(8VSB復調、DEMUX、ビデオデコーダ、オーディオデコーダ、及びディスプレイプロセッサ)からなるコアチップセット、DTVチューナー、SDRAM、マイクロプロセッサで構成される⁽³⁾。DEMUX及びビデオデコーダは、専用マイコンで制御される。また、ホストマイコンが、主にI²Cバスを介して、システム全体につながっており、チャンネル選局など機能ブロックをまたがる制御を統括している。

(1) 8VSB復調

8VSB信号受信フロントエンドの構成を図2に示す。アンテナ受信又はケーブルTV伝送された8VSB信号は、ダブルコンバージョンタイプのDTVチューナーに入力される。このDTVチューナーは、54~810MHzの周波数帯域内の地上波及びケーブルTV放送チャンネルをカバーする。第一中間周波

数は920MHz、第二中間周波数は44MHzに設定されている。チューナーからの第二中間周波出力は、6MHzの帯域幅を持つSAWフィルタを通過した後、さらにダウンコンバータで5.38MHzの中心周波数を持つ帯域信号に変換される。このダウンコンバータ出力信号が、A/D変換器で8VSB復調器から供給される21.5MHz(シンボルレートの2倍)のクロックを用いて10ビットのデジタル信号に変換された後、8VSB復調器に入力される。なお、8VSB復調器は、AGC制御信号をPDM(Pulse Density Modulation)信号としてダウンコンバータに出力している。ダウンコンバータでは、8VSB復調器からAGC制御信号を受け、内部利得を制御するとともに、ディレイドAGC信号をチューナーに与えている。チューナー部は十分なダイナミックレンジを持っており、この構成により、UHF帯で80dB、VHF帯で85dBと、レベル変動の大きい地上波受信に必要なAGC範囲を実現している。

8VSB復調には、検波、クロック復調、NTSC妨害除去、波形等化、誤り訂正(トレリスデコーダ及びリードソロモンデコーダ)など、復調に必要な基本機能を1チップに納めたVSB専用復調LSIを用いている。

VSB復調LSIは、I²Cインタフェースを持ち、I²Cバス経

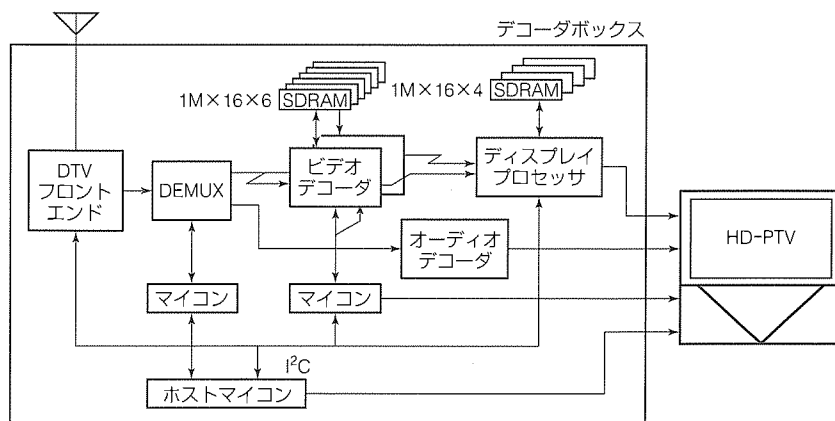


図1. DTV放送デコーダのブロック図

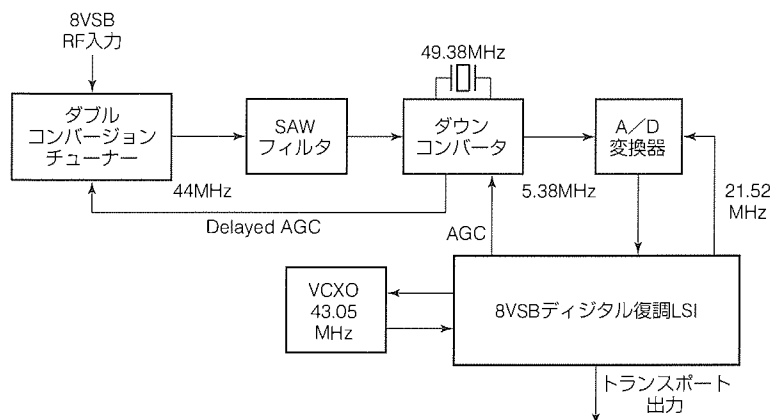


図2. DTV受信フロントエンドの構成

由でホストマイコンに接続されている。ホストマイコンは、VSB復調LSIの動作モードの設定、波形等化器のフィルタ係数のダウンロード／アップロードなどを行う。チャンネル選択時には、ホストマイコンは、まず、専用制御線を通してチューナーの同調周波数の設定を行う。次いで、ホストマイコンは、VSB復調LSI動作を制御しモニタする。このとき、波形等化器の適応処理状況もモニタされ、適応動作が収束した時点で、ホストマイコンは波形等化器のフィルタ係数を読み出し、フラッシュメモリに記憶する。次回、同一チャンネルが選局された場合には、フラッシュメモリからフィルタ係数をVSB復調器にアップロードすることにより、選局時に安定な映像出力が得られるまでの時間を短縮する。

(2) トラランスポートストリーム処理

8VSB信号を復調／デコードして得られたMPEG2トラランスポートストリームは、DEMUXチップで処理される。DEMUXチップは、外付け制御用マイコンによって制御され、次のような処理を行う。

(a) システムクロックの復調

トラランスポートストリームからPCR(Program Clock Reference)を抜き出し、外付けVCXO(Voltage Controlled Crystal Oscillator)を用いて構成したPLL(Phase Locked Loop)回路により、MPEG2システムクロック(27MHz)とSTC(System Time Clock)を再生する。

(b) ビデオ／オーディオデータの分離

ビデオ／オーディオデータを分離し、ビデオデータについてはMPEG2で規定されるPES(Packetized Elementary Stream)の形でビデオデコーダに、また、オーディオデータについてはES(Elementary Stream)の形でオーディオデコーダに供給する。ここで、ビデオデータについては、トラランスポートストリームから分離したPESを順次出力するが、オーディオデータについては、いったんDRAMに蓄えた後出力する。DEMUXでは、オーディオデータに付随するPTS(Presentation Time Stamp)を抜き出し、上記のSTCと比較することにより、映像-音声間の同期(A/V同期)が保たれるよう、オーディオデータをDRAMからの読み出し、オーディオデコーダに出力するタイミングを制御する。なお、映像のデコードタイミングについても、後述のようにSTCを基準に決定する。

(c) チャンネル選局

チャンネル選局は、2ステップすなわち①チューナーの同調周波数の変更→②システム情報に基づく仮想チャンネルの選択によって行われる。①のチューナーの同調周波数の変更は、ホストマイコンからチューナーに制御信号を直接送ることによって行われる。②のステップは、

DEMUXで行われる。以下に、チャンネル選局にかかわる処理を、ホストマイコンの動作を交えて述べる。

選局動作は、ATSC規格A/65“Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable”⁽⁴⁾に規定されたシステム情報に基づいて、次のような順序で行われる。

(i) まず、受像機セットアップ時には、受像機を設置した地域で受信可能なDTV放送をホストマイコンがチューナー同調周波数を変更しながらスキャンする。このとき、DEMUXでトラランスポートストリームからVCT(Virtual Channel Table)を抽出し、その情報をホストマイコンに送る。これにより、その地域で受信可能な仮想チャンネルとチューナー同調周波数の対応関係の一覧表が、ホストマイコンで生成され、記憶される。

(ii) 選局時には、ホストマイコンは、プロジェクトンTVから選局すべき仮想チャンネルを受け取ると、チューナーの同調周波数を設定するとともに、DEMUX制御マイコンに仮想チャンネル番号を送る。

(iii) DEMUXでは、受信したVCTを用いて、仮想チャンネルに対応するビデオ及びオーディオのPIDを見出し、それぞれのPIDの packets をビデオ及びオーディオデータとして抽出する。

(3) ビデオデコーダ

ビデオデコーダは、二つの同一ビデオデコーダチップ、合計6個の16MビットSDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memories)、及び制御用マイコンで構成される(図3)⁽⁵⁾。HDTV画像のデコードでは、高速な演算処理と外部メモリとのデータ転送が要求されるため、2個のビデオデコーダの並列動作を行っている。これにより、ATSC DTV規格に規定されたHDTVフォーマット(1,920×1,080, 60フィールド/秒のインタレース画像又は1,280×720, 60フレーム/秒のプロGRESSIVE画像)を含

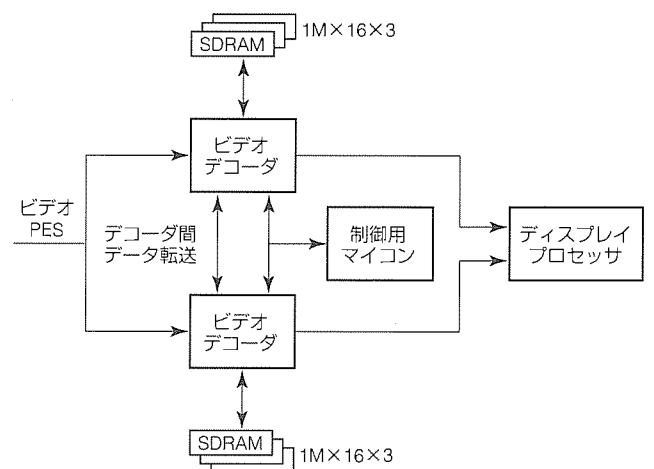


図3. ビデオデコーダの構成

むMPEG2 MP@HLのデコードが可能となっている。

圧縮ビデオ信号は、DEMUXからMPEG2で規定されるPES(Packetized Elementary Stream)の形で、2個のビデオデコーダに供給される。2個のビデオデコーダチップのうち、一方は画面の上半分、もう一方が画面の下半分のデコードを担当する。デコード処理中、動き予測処理に際して画面上又は下半分のデコードに他方の一部のデコード画像が必要になるため、デコーダ間通信インタフェースを介して相互にデコード画像データのやり取りを行う。

ビデオデコーダの動作は、制御用マイコンによって制御される。制御用マイコンは、MPEG2圧縮ビデオ信号の中の上位レイヤのヘッダ(シーケンスからピクチャーヘッダまで)を解析し、ヘッダ情報に基づきデコード及び映像信号出力を制御するレジスタヘッダを書き込む。また、ビデオデコーダ制御マイコンは、DEMUX制御用マイコンからSTCを一定時間間隔及び不連続が生じた際に受け取り、ビデオデコーダの持つ内部STCカウンタ値をアップデートする。ビデオデコーダは、デコードを始めるピクチャーのヘッダ位置に相当するPTS又はDTS(Decode Time Stamp)とSTCを比較し、STCがPTS又はDTSを超えた時点で、対応するピクチャーのデコードを開始する。

デコードされたビデオデータは、マクロブロックの形態でビデオデコーダから出力される。マクロブロックからモニタに入力可能なラスタスキャンへの変換は、後段のディスプレイプロセッサチップで行われる。

(4) 画像フォーマット変換

ATSC DTV規格では、DTV画像走査フォーマットとして表1に示すように、合計18フォーマット(704×480フォーマットについてはアスペクト比が16:9と4:3があり、別フォーマットとしてカウントする。)が規定されている。

このシステムのプロジェクションTVでは、1,080ラインインタレース フィールド周波数60Hzを基準に設計されているため、ディスプレイプロセッサでは、以下の変換を施す⁽⁶⁾。

- (a) すべてのビデオ信号をフィールド周波数60Hzのインタレースに変換する。
- (b) 1,280画素×720ラインのフォーマットについては、1,920画素×1,080ライン(インタレース)に変換する。

なお、HDTV(1080I及び720P)以外の映像については、プロジェクションTVに内蔵された映像アップコンバータ回路で、HDTV対応画面に適した映像信号に変換される。

フォーマット変換処理を行うディスプレイプロセッサには、マクロブロック/ラスタ変換及びフレーム(フィールド)周波数変換のため、4個の16MビットSDRAMが接続される。

(5) モニタインタフェース

このDTV受信システムはDTV放送デコーダと高精細プロジェクションTVで構成されており、両ユニットは専用のインタフェースを介して接続される。映像信号については、RGB信号として、DTV放送デコーダから出力される。

チャンネル選局時には、高精細プロジェクション側がリモコンの信号を受け、マスタとして動作する。上述のように、DTV受信に際しては、仮想チャンネルによる選局をサポートする。このため、DTV放送デコーダ-プロジェクションTV間で、データ/制御信号のやり取りを行う同期式3線シリアルバスを設けた。

3. 高精細プロジェクションTV

上述のDTV放送デコーダの出力信号を受けHDTV画像を表示する高精細プロジェクションTVを開発した。このプロジェクションTVは、NTSC放送受信機能を持っている。NTSC放送及びHDTV以外のDTV放送受信時には、プロジェクションTVに内蔵された映像アップコンバータ回路でHDTV相当の映像信号に変換して、画面表示する。

この高精細プロジェクションTVの開発に当たっては、上述の映像アップコンバータ回路のほか、画質改善のため、下記のような改善を施した。

(1) HDTV対応高精細光学系

(a) 9インチ高精細CRTの開発

新電子銃の開発により、特にハイビーム($I_k = 6 \text{ mA}$)におけるスポット径を約30%(現行比)改善し、高輝度においても高精細な映像を維持した。

(b) 9インチCRT対応高精細レンズの開発

9インチCRTに対応した大口径高精細レンズを新規開発し、水平960ドットの解像度を約40%改善した。

(c) ファインピッチスクリーンの採用

表1. DTV規格に含まれる画像走査フォーマット

ライン数	水平画素数/ライン	アスペクト比		フレーム(フィールド)レート			
1,080	1,920	16:9	—	60I	—	30P	24P
720	1,280	16:9	—	—	60P	30P	24P
480	704	16:9	4:3	60I	60P	30P	24P
480	640	—	4:3	60I	60P	30P	24P

(注) 60Iは60Hzインタレース、60Pは60Hzプログレッシブ、30Pは30Hzプログレッシブ、24Pは24Hzプログレッシブを意味する。

また、フレーム(フィールド)レートについては、上表に記された整数値のほかに、1,000/1,001倍したレート(59.94Hzなど)も含まれる。

73インチワイドスクリーンサイズでは世界最小の0.72mmピッチを採用することで、高精細映像の劣化を極力少なくした。

(2) HDTV対応高帯域ビデオ出力回路の開発

CRTのカソードドライブ用に新ICを開発し、ビデオ帯域30MHzを維持しながら100Vまでドライブすることを可能とした。

4. 開発課題

DTVの潜在的利点としては、画質や伝送効率の向上のほかに、デジタルの特長を生かして、屋内外の放送／通信ネットワークとの接続や様々なメディアの蓄積／検索が容易となることが挙げられる。これらの利点により、TVは空間的にも時間的にも、更に大きな広がりを持つことが可能となる。将来のDTVは、番組を見るTVとしてだけでなく、社会と家庭を結ぶ窓口(ホームゲートウェイ)としての役割を担ったり、家庭内の様々な情報家電機器とホームネットワークで接続して幅広いサービスを提供したり、情報の蓄積／検索をするホームサーバとして使用されるなど、用途に応じて今後発展していくことが期待される。

以下では、これらの新しい機能を実現するために必要な次世代DTV受信機の開発課題の中から、現在研究開発を進めている蓄積機能と高速インタフェースについて述べる。

(1) DTV用蓄積機能

従来のアナログTVの蓄積機能としてはVTRが広く普及しているが、DTVの場合、逐次アクセス系のD-VHS、DVC(Digital Video Cassette)とランダムアクセス系のHDD、DVD、光磁気ディスクなどの様々なデジタル記録媒体の利用が可能である。これらは、記憶容量、アクセス速度、容量当たりの単価、媒体の可換性、装置の大きさ等がそれぞれ異なり、すべてを満足できる蓄積装置がない。このため、それぞれの技術の進歩に合わせた選択又は組合せが必要となる。

また、デジタル化により、映像・音声に加え、データ放送用のデータを混在させながら同時に記録することが要求される。このため、記録方式にも新しい技術が必要となる。すなわち、従来の映像・音声を目的とした記録方式と、データ放送などコンピュータ的な使用を目的としてきた記録方式の両方を満足する必要がある。

NHKが主導で提唱されているISDB(Integrated Service Digital Broadcasting)⁽⁷⁾では、ユーザーへのアンケート調査を基に、将来のDTVでは次のような新しい蓄積機能が必要としている。

(a) 時差再生

最新数時間分の番組を常時蓄積し、記録しながら再生する機能を持つことで、既に始まっている番組や見逃した少し前の番組を即座に先頭から時間をずらして視聴で

きる機能である。

(b) 一括自動更新

毎日1～数回送信される情報を自動的に蓄積し、必要なときにいつでも呼び出せる機能で、電子番組案内(EPG)や電子新聞などが対象となる。

(c) 定時ごと自動更新

ニュースや天気予報など最新の情報を一定時間ごとに必要な部分のみ更新することにより、いつでも最新情報が得られる。

(d) 指定記録

EPGなどで事前に指定して自動番組記録を行う。従来のVTRのように特定番組を指定するほか、事前に登録したカテゴリーとEPGの付加情報を基に特定分野の記録を自動的に行ったり、過去の履歴に基づいて選択する機能(パーソナルフィルタ)である。

以上のような種々の蓄積形態を実現するためには、①複数番組の同時記録、②同時再生／記録、③マルチチャンネル再生(マルチスクリーン、ピクチャーインピクチャー)など、高度な記録／再生技術が必要となる。現在、HDTV対応で上記の機能を満足するため、即時性、アクセス速度、容量などの点から比較的高価なコンピュータ用ハードディスクを使用して試験的に実現しているが、今後、記憶装置そのものの開発とともに、高速な並列アクセス読み出しや異種媒体の組合せによる階層化、映像・音声に適した記録方式などにより、DTV用の蓄積媒体として更に安価で効率的な実現方式を開発する必要がある。

なお、蓄積媒体の接続方式としては、①受像機内蔵型、②デバイスベイ型、③STB型、④ネットワーク接続型、⑤通信回線経由外部サーバ接続型、などの検討が進められている。

(2) DTV用高速インタフェース(IEEE1394)

今後のDTVの利用方法として、家庭内のほかのAV機器や通信装置、STB、パソコンなどと接続したTVの新しい利用方法が期待されており、国内外の標準化活動でも活発にDTV用の高速インタフェースが検討されている。

接続形態としては、1対1の接続のほか、ホームシアターのような室内機器間接続、さらにはホームネットワークなどが考えられる。それぞれの形態に対して様々な観点から実現性が検討されているが、現在総合的に最も有望なインタフェースがIEEE1394である。

DTV受信機の高速インタフェース規格として、欧州DVB(Digital Video Broadcasting)と米国EIA(Electronics Industries Association)がIEEE1394を採択しているほか、国内ARIBでも取り組む方向で検討が進められている。さらに、この特集の別論文でも紹介されているとおり、IEEE1394は、DAVIC(Digital Audio-Visual Council)やVESA(Video Electronics Standards Association)においてホー

ムネットワークとして採択されている。

DTV受信機の高速インタフェースとして見た場合のIEEE1394の主な特長は以下のとおりである。

(a) 高速なシリアルインタフェース

既に100M/200M/400Mbpsが規格化されており、HDTV用のデジタル動画を含む大量/高速な伝送や複数のストリーム画像の同時伝送が可能である。

(b) リアルタイム伝送

非同期データ伝送とリアルタイム伝送の両方のモードを持っており、動画を速度保証伝送しながら、付随する制御情報や静止画像を非同期で効率良く伝送することができる。

(c) 柔軟で使いやすいケーブル

最大63台までのAV機器が単一シリアルラインで容易に接続でき、D-VCR、DVD、デジタルカメラなどをDTVと連動させて、幅広い利用が可能となる。

(d) Plug & Play

機器の接続や切り離しに伴う設定の変更は自動的に行われ、特別なドライバなどは必要ない。また、電源を入れたままケーブルを抜き差し可能である。

これまでに、IEEE1394の可能性を探るため、TV用1394アダプタのほか、パソコン、衛星放送受信機(IRD)、カラープリンタなどの1394インタフェースボードを試作/評価してきた。しかし、IEEE1394をDTVの高速インタフェースとして実用化するためには、コピー禁止機能や制御コマンドセットの定義など、標準化を含めてまだ解決しなくてはならない課題が幾つか残されている。

5. む す び

以上、米国地上波放送向けDTV受像機の構成について述べた。DTV用チップセットの導入によってコンパクトなDTV受信デコーダを実現した。この受像機は米国DTV放送に対応した第一世代の製品として開発を進めているもので、現時点で明らかになっている規格に基づいて必要な基本機能を実現するように設計がなされている。DTV放送の導入に伴い、データ放送など新たな放送サービスの展開が予想される。また、米国では普及率の高いケーブルTVもデジタル化が進展しつつある。

今後、急速な発展が予測されるDTV放送に対応するた

め、上述の開発課題を含め受信システム仕様を多様化するとともに、低コスト化を図った次世代DTV受像機の開発を進める予定である。

最後に、DTVチップセットの共同開発を行った米国ルーセントテクノロジーズ社の関係各位に深く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) United States Advanced Television Systems Committee : ATSC Digital Television Standard, (1995-9)
- (2) United States Advanced Television Systems Committee : The Guide to the Use of the ATSC Digital Television Standard, (1995-10)
- (3) 網島健次, 細谷史朗, 田中 康, 渡部美代一 : デジタル放送受信機ATV, 三菱電機技報, 71, No.2, 230~233 (1997)
- (4) United States Advanced Television Systems Committee : Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable, (1997-12)
- (5) Duardo, O., Hsieh, S., Wu, L., Boo, J., Khurjekar, A., Hingorani, R., Wilford, P., Bolton, B., Morinaka, H., Okada, K., Hosotani, S., Sumi, T., DaGraca, P., Yamamoto, H., Poon, T. : An HDTV Video Coder IC for ATV Receivers, IEEE Transactions on Consumer Electronics, 43, No.3, 628~632 (1997-8)
- (6) Hosotani, S., Yazawa, M., Matsuo, N., Sugawa, S., Hayashi, N., Shinohara, T., Imamura, Y., Takashima, M., Okada, K., Sumi, T. : A Display Processor Conforming to All DTV Formats with 188-Tap FIR Filters and 284Kb FIFO Memories, IEEE Transactions on Consumer Electronics, 43, No.3, 837~845 (1997-8)
- (7) 栗岡辰弥, 南 浩樹, 奥田治雄, 沼澤潤二, 柳町昭夫, 大島英男 : 番組冷蔵庫サービスに向けた階層記録方式の検討, 映像情報メディア学会技術報告, 21, No. 31, 33~38 (1997-8)

DTV用LSI

松村哲哉* 中山裕之***
 細谷史郎* 吉田豊彦*
 大平英雄** 角 正*

要 旨

1998年11月から米国において地上波デジタルテレビ(DTV)放送の開始が予定されている。本稿では、DTV対応の送信機器及び受信端末に使用されるキーデバイス(LSI)について述べる。送信機器(エンコーダ)対応のLSIとして、ビデオ符号化部の高性能化・小型化を目的としたビデオ符号化LSI(M65723)及び動き予測LSI(M65728)のチップセットについても詳述する。

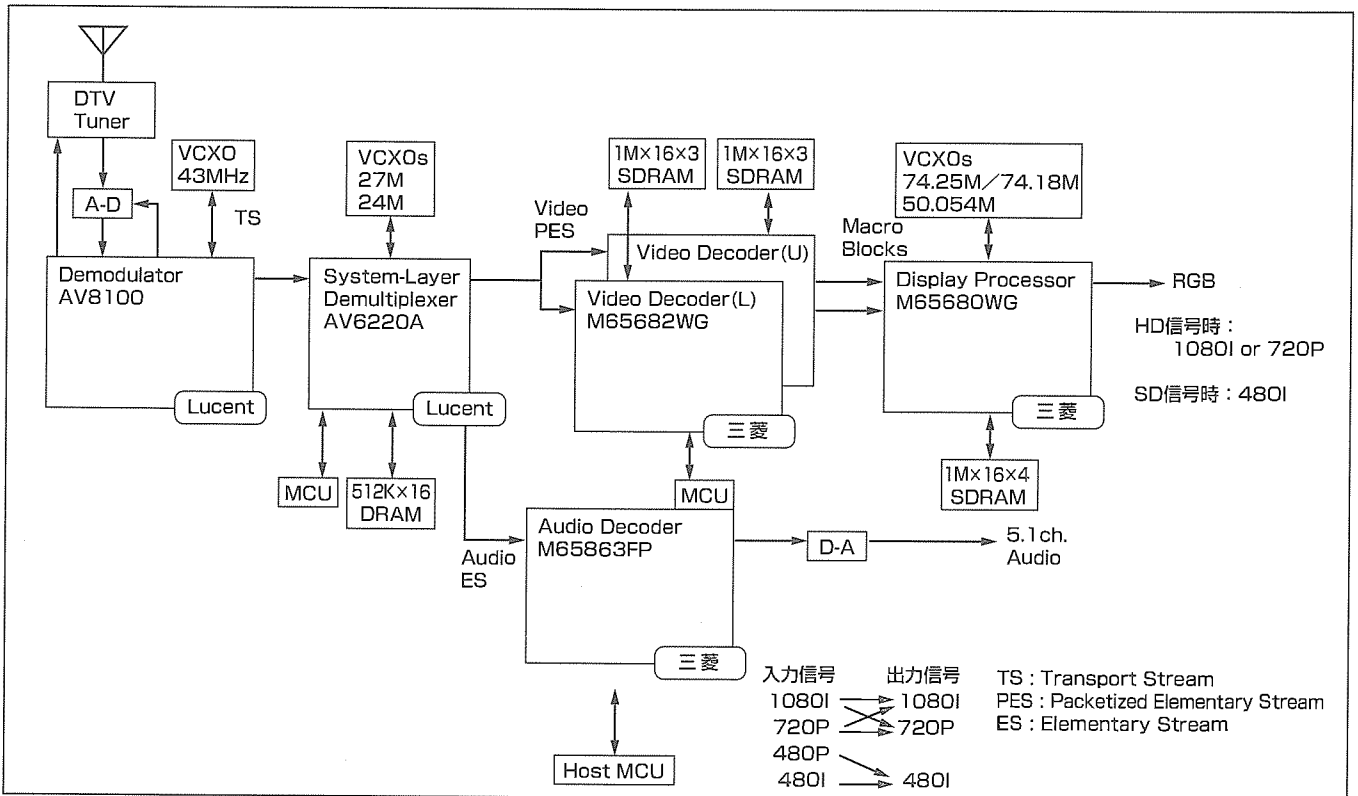
ビデオ符号化チップセットは、1組でSDTV解像度(480I)の実時間符号化が可能である。また、解像度に対する拡張性を備え、複数チップを並列動作させることにより、720P、1080I等の各種方式に対する実時間符号化が可能である。

動き予測LSIは、高画質化を重視し、探索精度の最も優れた全探索方式を採用した。ブロックマッチング演算を効率良く実行するアレー構造を採用し、1チップで水平

+63/-64画素、垂直+31/-32画素の範囲の探索を可能にした。さらに、マルチチップ構成による探索範囲の拡張容易性があるため、最大水平+255/-256画素、垂直+127/-128画素の探索範囲を実現でき、HDTV解像度の動き探索に対応できる。

なお、受信端末対応のLSIとして、米国Lucent Technology社と共同で開発した5種のLSIで構成されるチップセットについても詳述する。

この中で映像出力部を担当するディスプレイプロセッサは、DTVに必要な18フォーマットすべての解像度変換を可能としており、ブロックラスタ変換を含むピクチャレート変換処理、3種類のスキャンフォーマット変換処理、色内挿、輪郭強調、逆マトリックス変換、3チャンネルDACを1チップに集積した。



DTV受信機器の構成

DTV受信機用チップセットは、8VSBデジタル復調LSI(AV8100A)、MPEG2システムレイヤマルチプレクサ(AV6220A)、2チップ使用でMPEG2 MP@HLデコード機能を実現する映像信号復号LSI(M65682WG)、Dolby Digital 5.1チャンネル音声信号復号LSI(M65863FP)と、ディスプレイプロセッサ(M65680WG)の5種類6個のASICで構成される。

1. ま え が き

1998年11月に放送開始予定の米国のDTVを始めとして、欧州や日本でも地上波放送のデジタル化が予定されている。デジタル放送方式は、国際標準のMPEG2⁽¹⁾を用いた映像音声圧縮伸張技術やデジタル変復調技術など、デジタル信号処理をベースとした技術が適用されている。このため、デジタル放送の普及には、送信及び受信システムを構成するLSI群、すなわちチップセットのアーキテクチャ最適化や各信号処理LSIの高性能化・低価格化・低消費電力化といった広い範囲でのLSI化技術が必ず(須)となる。

当社では、システムの小型化・高性能化を実現するため、送信機器、受信端末それぞれに対応した数種のキーデバイス(LSI)の開発を進めている。送信機器対応のキーデバイスとして、既に数種のビデオ符号化関連のLSI⁽²⁾⁽³⁾を開発済みであるが、更なる小型化(基板枚数で当社比約1/10)と高性能化を目的として、ビデオ符号化チップセットを開発中である。放送レベルの高画質映像を維持するために必要な高性能な動き予測回路を備え、適応処理を効率良く行うためのフレキシビリティを持っている。さらに、480I、480P、720P及び1080Iなどの主要フォーマットに対応するための拡張性(スケーラビリティ)も実現した。受信端末で

は、家庭用民生機器であるため低コスト化・低消費電力化が必要条件であり、このため、端末そのものに必要な機能を最適なチップ分割で実現するチップセットアーキテクチャが求められる。

本稿では、送信機器対応のビデオ符号化チップセットとこれを構成する動き予測LSI、及び受信端末対応チップセットとこれを構成するディスプレイプロセッサについて述べる。

2. DTV送信機対応LSI

デジタル放送に適用されるビデオ符号化には国際標準であるMPEG2が適用され、その送信機器には放送品質レベルの高画質映像を送出することが必要となる。このため、これらの実時間符号化処理には膨大な演算量が要求される。デジタル放送における代表的なフォーマット480Iに適用されるMP@MLでは100GOPS程度⁽⁴⁾、1080Iに適用されるMP@HLでは数百GOPSもの演算処理量が必要となり、その90%以上は動き予測処理に費やされている(表1)。さらに、レート制御、モード判定などの適応処理を行うため、フレキシビリティ⁽⁵⁾や、480I、720P及び1080Iなどの各種画像フォーマットへの対応を考慮した解像度方向への拡張性(スケーラビリティ)が要求される。

これらに対応するために、当社では、実時間ビデオ符号化LSIと動き予測LSIからなるDTV対応のビデオ符号化チップセットを開発中であり、このうち動き予測LSI⁽⁶⁾は既に開発が完了した。この章では、ビデオ符号化LSIと動き予測LSIで構成されるチップセットの概略について述べ、さらに、開発が完了した動き予測LSIについて詳述する。

2.1 チップセットの概略

図1に、ビデオ符号化チップセットを用いた符号化部の構成を示す。1個の符号化LSIと複数(2~8個)の動き予測LSI及びフレームメモリからなる1組の符号化モジュールは、単体でSDTV解像度の480I(MP@ML)の実時間符号化が可能である。

このビデオ符号化モジュールを複数組、並列動作さ

表1. 各フォーマットにおける必要演算量

方 式	SDTV		HDTV	
	480I	480P	720P	1080I
プロファイル・レベル	MP/422@ML	MP/422@2×ML	MP/422@HL	MP/422@2×HL
解像度 (Pixel×Line)	704×480	704×480	1,280×720	1,920×1,080
枚数/秒	60I	60P	60P	60I
処理MB数/秒	39,600MB	79,200MB	204,000MB	244,800MB
処理量の比*	1	2	5.15	6.2
必要演算量	約100GOPS	約200GOPS	600~1,000GOPS	

注 *480Iを1とした場合の値

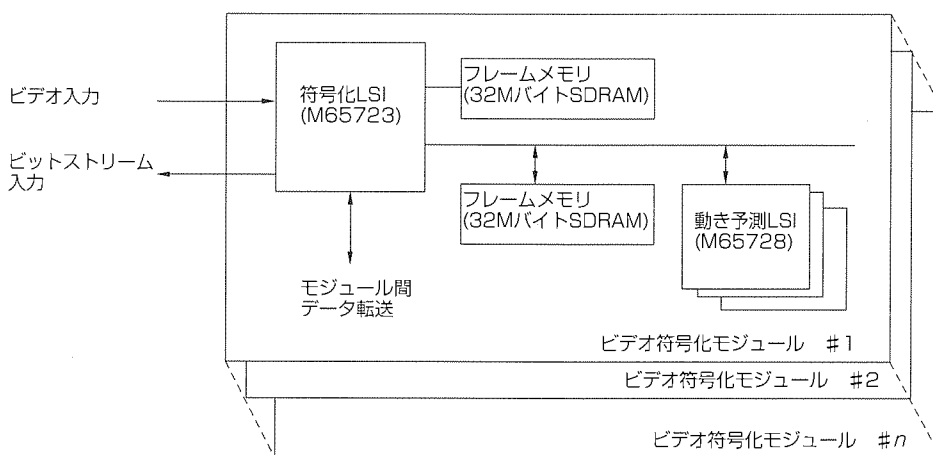


図1. ビデオ符号化チップセットの構成

せることにより、480P、720P及び1080I等の解像度にも対応できる。例えば480P、1080Iは、ビデオ符号化モジュールをそれぞれ2並列($n=2$)及び6並列($n=6$)することによって実現できる。

並列動作時における動き補償時の他のモジュール間の並列メモリアクセス(オーバーラップ問題)も、符号化LSIに専用インタフェースを備えることによって解消した。

さらに、フレキシビリティを向上させるため、内蔵プロセッサとして当社が開発した高性能メディアプロセッサ(D30V)⁽⁷⁾を採用し、レート制御やモード判定など符号化特有の適応処理性能を飛躍的に向上させた。

2.2 動き予測LSI

DTV放送に必要な高品質映像を作り出すためには、動き予測方式として、最も精度の高い手法の一つである全探索方式を用い、広い範囲の探索を行うことが必要である。

この探索範囲は、SDTV(MP@ML)解像度で水平探索範囲+/-100画素、垂直探索範囲+/-50画素程度、HDTV(MP@HL)解像度で水平探索範囲+/-200画素、垂直探索範囲+/-100画素程度とされている。これらの要求を満たすために、全探索方式の広範囲動き予測を実現する動き予測LSIを開発した。動き予測LSI(ME3)は、1チップで水平+63/-64画素、垂直+31/-32画素の探索範囲を実現できる。この探索範囲は、従来の動き予測LSI⁽³⁾の16倍の性能に値する。

図2に動き予測LSI(ME3)のブロック構成を示す。ME3はデジタル画像データ(テンプレートマクロブロックデータ:TMB,サーチウィンドウデータ:SW)を入力する入力部、評価値である差分絶対値和(Mean Absolute Difference:MAD)を算出する演算部、評価値比較によって動きベクトル(MV)検出を行う動き検出部、及び結果を出力する出力部からなる。

演算アレー部は、512個のPE(プロセッサエレメント)で構成される高効率なPEアレーを2面並列に配置したデュアルアレー構造を採用した。PEアレー面のブ

ック構成を図3に示す。

PEアレーは、全探索のブロックマッチングを行うユニットであり、サーチウィンドウ(SW)とテンプレートマクロブロック(TMB)との間の差分絶対値和(MAD)を出力する。これは、PEアレー上のメモリセルにTMBデータをあらかじめロードしておき、その後、SWデータを垂直方向にシフト動作させることによって実現する。それぞれのシフト動作において、差分絶対値はエリアごとの出力加算部で計算される。図4にPEの構成を示す。PEは内部に4個のピクセルプロセッサエレメント(PPE)を持ち、同一SWでの4個のTMBデータセットの並列処理を実現した。また、列構成として、垂直方向に転送するSW用シフトレジスタを2本重畳させることにより、バックグラウンドでのSW転送を可能にし、データ転送効率を高め、100%のアレー使用効率を実現した。また、TMBデータの水平方向の

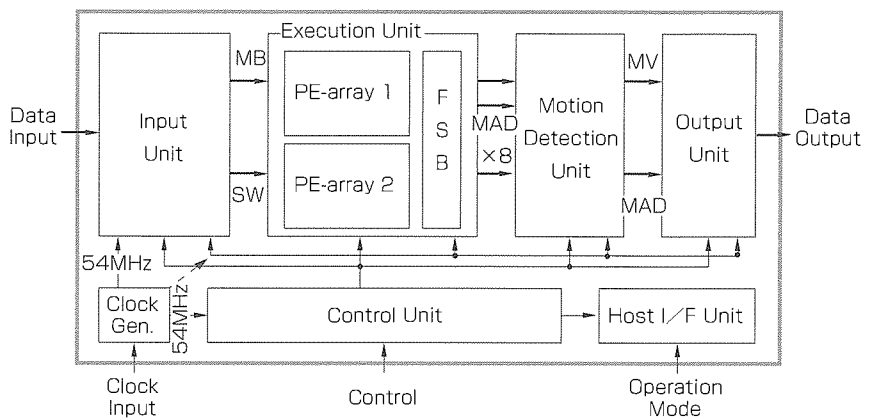


図2. ME3のブロック構成

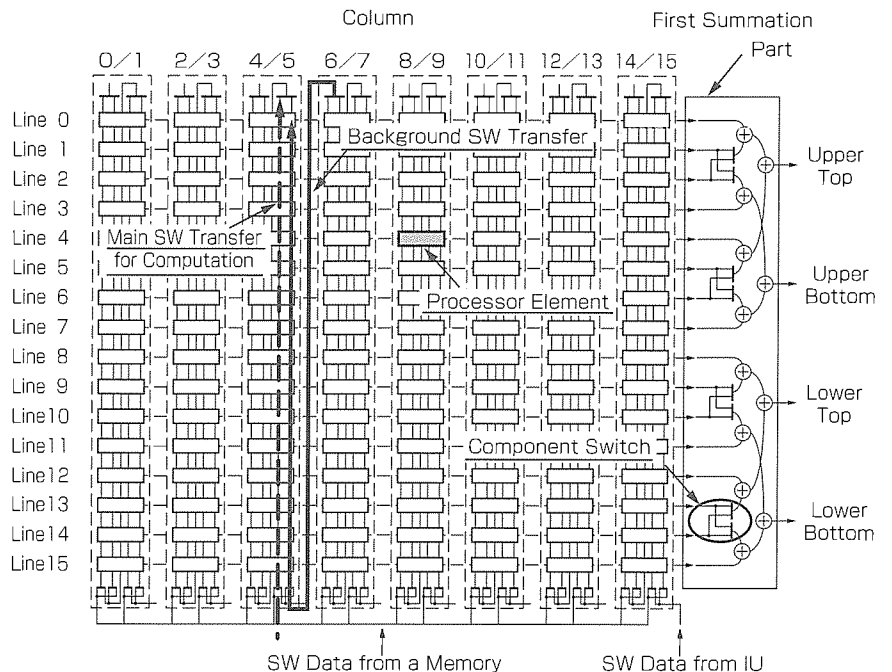


図3. アレー部の構成

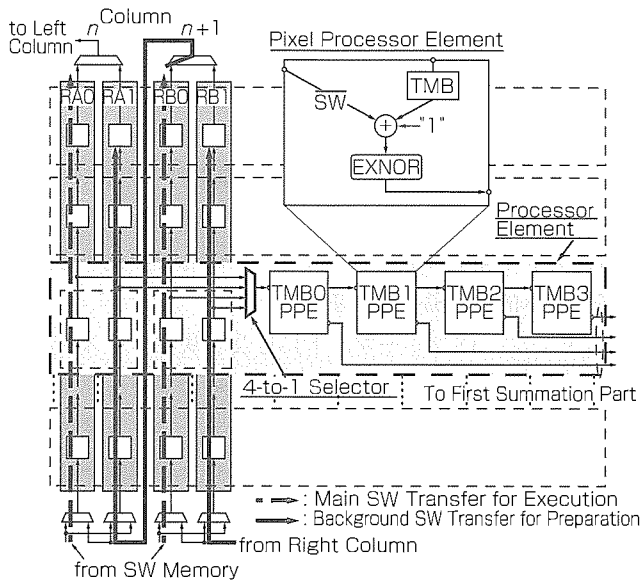


図4. PPE部の構成

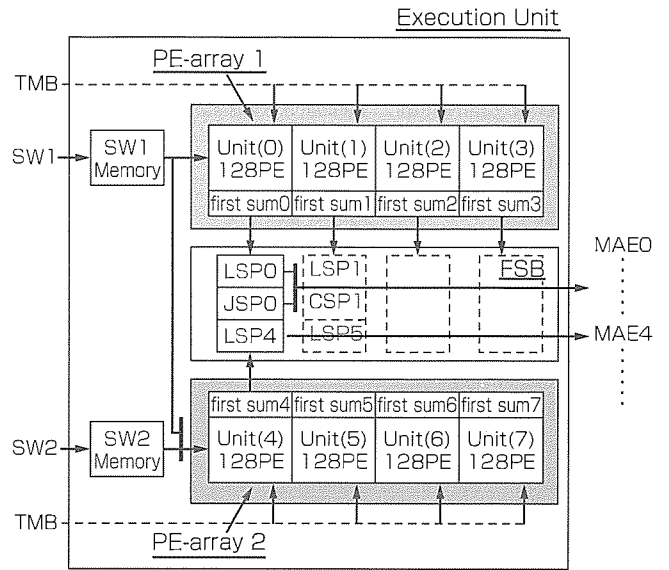


図6. デュアルアレー構造

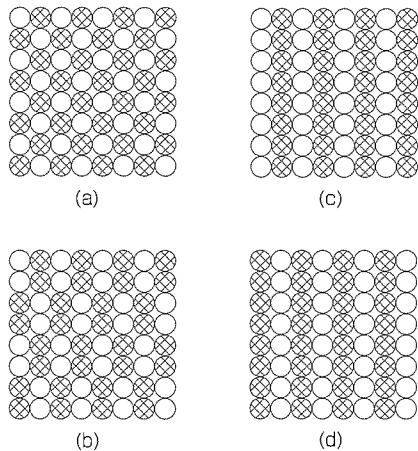


図5. サブサンプル方式

サブサンプルを図5に示す4種類のパターンで選択的に行える構成とし、後述する各種モードに対応した探索を実現可能とした。

このPEアレーを2個配置し、それぞれのアレーにおける探索方式とSWデータを組み替えることにより、4数種のモードに対応した探索が可能なデュアルアレー構成について述べる。図6に、演算部におけるデュアルアレー構成を示す。各PEアレーは、128個のPPEからなる4個のユニットで構成される。各PEアレーに対しては、探索モードに応じて、共通のSWデータ又は異なるSWデータが供給される。各演算ユニットでの演算結果は、最終加算部(FSB)で加算される。FSBは、2種の加算部(局所加算部(LSP)及び結合(JSP)加算部)で構成される。LSPは各演算ユニットに対応する評価値を出力し、JSPは上下二つのLSP出力の加算結果、すなわち上下演算ユニットの総合評価値を出力する。これらを組み合わせることにより、表2

表2. ME3の動作モード

	Operational Mode	Sub-sample Mode		SW Data		Output
		PE-array 1	PE-array 2	PE-array 1	PE-array 2	
Parallel Operation	Luma Sub-sample One-directional	(a) or (b)		SW1		LSP0-7
	Luma Sub-sample Bi-directional	(a) or (b)		SW1	SW2	LSP0-3 LSP4-7
Joined Operation	Luma & Full-sample	(c)	(d)	SW1		JSP0-3
	Luma & Chroma	(c)	(a) or (b)	SW1 (Chroma)	SW2 (Luma)	JSP0-3 LSP4-7

に示すように、複数モードの動き予測を実現できる。この機能によりソース映像の特性や絵柄に応じた探索モードが選択でき、高画質化を実現することが可能となった。

表3にME3の諸元を示す。ME3は、0.35 μ m CMOS3層メタルプロセスで試作された。チップサイズは8.5mm \times 8.5mmで、190万トランジスタを集積した。図7にチップ写真を示す。

3. DTV受信機対応LSI

この章では、'98年末から実用化放送が開始される米国地上波DTV放送(ATSC (Advanced Television Systems Committee)規格)対応受信機チップセットの概略、及び多種の映像フォーマットを所望のモニタフォーマットに変換する機能を実現しているディスプレイプロセッサ(M65680WG)に関して詳述する。

3.1 チップセットの概略

米国Lucent社との共同開発によるDTV受信機に必要な

表 3. ME 3 のチップ諸元

Technology	0.35μm CMOS and 3-layer metal
Chip Size	8.5mm × 8.5mm
Number of Transistors	1.9million transistor
Power supply	3.3V
Clock frequency	54MHz
Power dissipation	1.4W
Package	160pin QFP

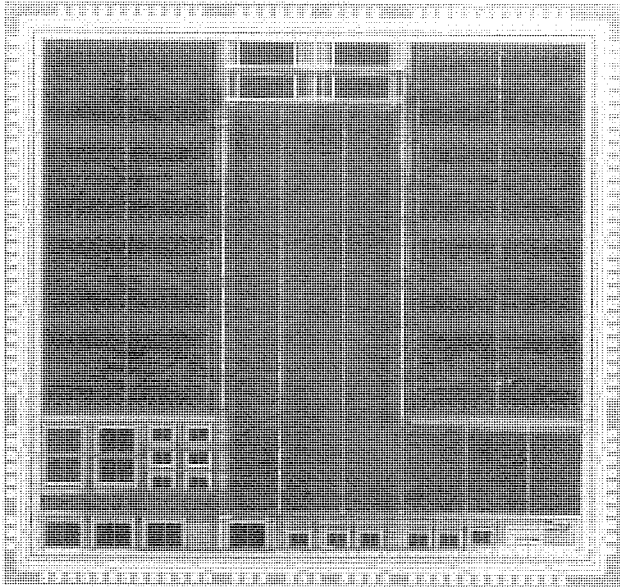


図 7. ME 3 のチップ写真

表 4. ATSC推奨フォーマット

ライン数	水平画素数	アスペクト比	フレーム/フィールドレート				
1,080	1,920	16 : 9	-	60I	-	30P	24P
720	1,280	16 : 9	-	-	60P	30P	24P
480	704	16 : 9	4 : 3	60I	60P	30P	24P
480	640	-	4 : 3	60I	60P	30P	24P

機能を備えたチップセットであり、FCC(Federal Communications Commission)採択のATSC規格に完全に準拠している⁽⁸⁾。チップセットは、①8VSBデジタル復調LSI(AV8100A^(注1))、②MPEG2システムレイヤデマルチプレクサー(AV6220A^(注1))、③2チップ使用でMPEG2MP@HLデコード機能を実現する映像信号復号LSI(M65682WG)、④Dolby Digital 5.1チャンネル音声信号復号LSI(M65863FP)と、⑤ATSC規格で推奨されているすべてのHDTVフォーマットを720P(プログレッシブ)又は1080I(インタレース)モニタに適した信号に変換するディスプレイプロセッサ(M65680WG)の5種類6個のASICで構成される。要旨の図にDTV受信機構成例を示す。

3.2 ディスプレイプロセッサ

ディスプレイプロセッサは、MPEG2ビデオデコーダ(MP@HL)の出力を受け、ディスプレイモニタに表示するまでに必要な信号処理を行うLSIである。具体的には、
(注1) “AV8100A”“AV6220A”は、Lucent社のLSI型名である。

ATSCで推奨されている18フォーマット(表4)のいずれが入力されても、1,920×1,080インタレース又は1,280×720プログレッシブに変換し(SDTV入力の場合はNTSCモニタに対応した出力となる)、輪郭強調や逆マトリクス変換に代表される各種ディスプレイ処理を行った後、RGBアナログ信号として出力する。動作クロックレートや同期信号出力タイミングもフォーマットに応じて変化するが、すべて基本的に自動生成する。

DTVでは、18フォーマットにも及ぶ映像ソースが存在するため、特定のモニタに表示するためのフォーマット変換が必要不可欠となる。この変換はフォーマット変換フィルタによって実現されるが、フォーマットの種類が18と多いこと、HDTV規格であるためフォーマット変換による画質劣化は許されないことから、5種類10個、総タップ数172と過去に類を見ない大規模なフィルタの内蔵が要求された。フォーマット変換フィルタをいかに小面積で実現するかがDTVにおけるフォーマット変換LSIの大きな課題となる。

ディスプレイプロセッサでは、この問題を解消するため、コンピュータによる網羅的計算によってハードウェア共有フィルタの最適構成を抽出するフィルタ自動生成プログラム⁽⁹⁾を新たに開発し、ブロックラスタ変換を含むピクチャレート変換処理、3種類のスキャンフォーマット変換処理、色内挿、輪郭強調、逆マトリクス変換、3chDACを内蔵したディスプレイプロセッサを1チップで実現した。図8にブロック構成を、図9にチップ写真を示す。

フォーマット変換フィルタは、補間フィルタか間引きフィルタのいずれか、又はその組合せで構成される。このような補間/間引きフィルタは複数のサブフィルタを内蔵し、かついかなる場合でもどれか一つのサブフィルタしか動作しないという特長がある。DTVでは多数のフォーマット変換フィルタが必要となるが、実際には多数存在するサブフィルタの1個分しか同時動作しないということが大きな特長として挙げられる。この観点に立った場合、毎回係数を切り換えられる乗算器型の方がハードウェアを共有化できる分だけ有利に思える。

しかし、シフト加算型を採用した場合でも、ハードウェア共有によってターゲットフィルタすべてを一つのサブフィルタレベルまで小さくできさえすれば、やはりシフト加算型係数乗算の方が小さい面積での実現が可能となる。しかし一方では、シフト加算型フィルタのハードウェア共有は、組合せの数が膨大過ぎて効果的に共有化するのは困難なばかりか、設計工期が極めて長期化するという問題があった。

フィルタ自動生成プログラムは、この問題を解決するために開発された。3万行のC言語で記述され、生成したいフィルタのすべての伝達関数を入力すれば、ハードウェア

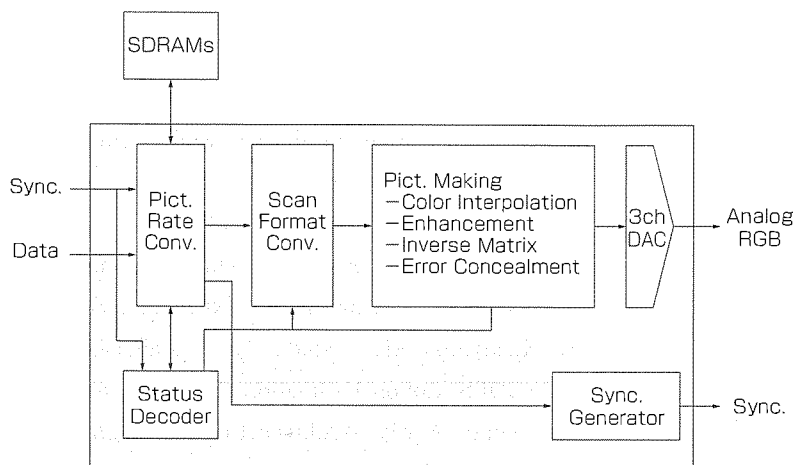


図8. ディスプレイプロセッサのブロック構成

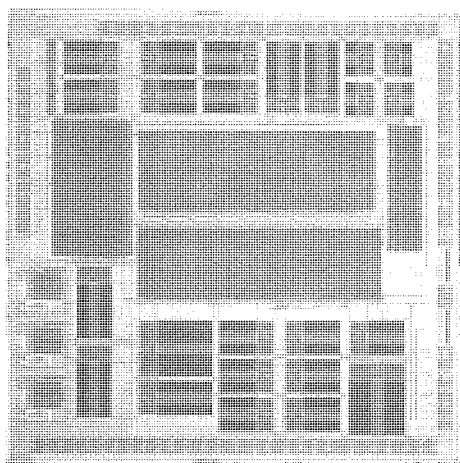


図9. ディスプレイプロセッサのチップ写真

共有後の最適フィルタ演算回路を出力する。出力される回路は固定係数シフト加算型のFIRフィルタ演算部で、論理合成可能なRTL記述で出力される。このプログラムは、単にハードウェアを共有化するだけでなく、複数の素子数削減技術を駆使して回路の最小化を行っている。フィルタ自動生成プログラムは、各サブフィルタに対してまずCSD⁽⁹⁾、Bit Plane Structure⁽¹¹⁾、及び今回新たに導入した共通因数くりだし法⁽⁹⁾という3種類の素子数削減技術を適用し、最後にサブフィルタ間のハードウェア共有化を実行する。

表5に、一つの輝度信号処理用フォーマット変換ブロックにCSDとBit Plane Structureの両方を適用した場合のゲート規模を示す。この機能ブロックでは $\times 3 / 2H$ 、 $\times 4 / 3V$ 、 $\times 2 / 3V$ フィルタという3種類のFIRフィルタが混在し、合計9個のサブフィルタが存在する($\times 3 / 2H$ は画素を $3 / 2$ 倍する水平フィルタ、 $\times 4 / 3V$ は走査線数を $4 / 3$ 倍する垂直フィルタである。)。各サブフィルタに対してCSDとBit Plane Structureの両方を実行した場合のゲート数は17.7kとなるが、このブロックに今

表5. フォーマット変換ブロックのゲート数

フィルタ	サブフィルタ	ゲート数
$\times 3 / 2H$	サブフィルタ1	2,656.20
	サブフィルタ2	1,206.70
	サブフィルタ3	1,247.70
$\times 4 / 3V$	サブフィルタ1	2,111.90
	サブフィルタ2	1,320.70
	サブフィルタ3	663.30
	サブフィルタ4	1,320.50
$\times 2 / 3V$	サブフィルタ1	1,320.50
	サブフィルタ2	4,938.30
合計		17,737.20

表6. 全フォーマット変換フィルタ

フィルタ	必要数	総タップ数	ビット精度	総ゲート数
$\times 2 / 3H$	3	69	15	18.6k
$\times 3 / 2H$	2	26	13~15	10.2k
$\times 3 / 4V$	2	34	13~15	9.0k
$\times 4 / 3V$	2	34	12~14	10.8k
$\times 2 / 3V$	1	9	15	6.3k
合計	10	172	12~15	54.9k

表7. ディスプレイプロセッサのチップ諸元

プロセス	0.5 μ m CMOS 2層メタル
チップ面積	14.9mm \times 14.9mm
電源電圧	3.3V
消費電力	2.9W
動作クロック	54/54.05, 74.18/74.25, 135/135.1MHz
総トランジスタ数	190万
内蔵メモリ総容量	284Kビット
総フィルタタップ数	188
パッケージ	388ピン プラスチック BGA

回開発したフィルタ自動生成プログラムを適用すると2.9kゲートという結果が得られる。プログラム実行時間は約10分で、従来と比べて約 $1 / 6$ にゲート数が削減されたRTL記述を得ることができる。

表6は、ディスプレイプロセッサで使用されているすべてのフォーマット変換フィルタに対して同様の見積りを行ったものである。フィルタ自動生成プログラムを実行することで最終的に得られたゲート数は約13kなので、従来方法の約 $1 / 4$ に縮小できたことが分かる。表7にチップ諸元を示す。プロセスは0.5 μ m CMOS 2層メタルで、チップサイズ14.9mm \times 14.9mmの中に190万トランジスタが集積された。総集積メモリ容量は284Kビット、総フィルタタップ数は188である(輪郭強調用等の他のフィルタタップ数も含む)。

4. む す び

デジタル放送における送信機器及び受信端末に適用さ

れるチップセットと、その中の主要デバイスである動き予測LSIとディスプレイプロセッサを中心に報告した。

デジタル放送サービスを支える基幹技術として、符号化アルゴリズム、VLSIアーキテクチャの最適化技術が必要であることは言うまでもないが、今後、これに加えてシステム全体から見た機能の最適実現方法、すなわち最適チップセット化又はLSI化技術がますます重要になってくる。実現方法としてソフトウェアとハードウェアの最適境界を見極めることも重要である。システム設計とLSI設計の境界は確実になくなる方向にあり、システムのLSI化技術、すなわちシステムLSI設計技術が、そのシステムの性能とコストを決める大きな要因となる。

これらの技術とLSI微細化技術、LSI設計システムの進展があいまって、近い将来、1～2チップでHDTVの実時間符号化装置や受信端末の信号処理部を実現できるようになる。これらのLSIの進展がデジタル映像メディアの更なる発展に貢献することを期待する。

参考文献

- (1) ISO-IEC/JTC1 SC29, DIS 13818, Part 2 (1994)
- (2) 浅野研一, 村上篤道: MPEG-2ハードウェア動向, 電子情報通信学会誌, **80**, No.10, 1027~1030 (1997)
- (3) Ishihara, K., Matsuda, S., Hattori, S., Nishikawa, H., Ajioka, Y., Yamada, T., Amishiro, H., Yoshimoto, M.: A Half-Pel Precision MPEG2 Motion Estimation Processor with Concurrent Three-Vector Search, Proc. IEEE ISSCC, 288~289 (1995-2)
- (4) Yoshimoto, M., Nakagawa, S., Matsumura, T., Ishihara, K., Uramoto, S.: ULSI Realization of MPEG2 Real-time Video Encoder and Decoder - An Overview, IEICE Trans. Electron., **E78-C**, No.12, 1668~1681 (1995)
- (5) Matsumura, T., Segawa, H., Kumaki, S., Matsuura, Y., Hanami, A., Ishihara, K., Nakagawa, S., Kasezawa, T., Ajioka, Y., Maeda, A., Yoshimoto, M., Sumi, T.: A Chip Set for Programmable Real-Time MPEG2 MP@ML Video Encoder, Proc. IEICE Trans. Electron., **E81-C**, No. 5, 680~694 (1998)
- (6) Hanami, A., Scotzniovsky, S., Ishihara, K., Matsumura, T., Takeuchi, S., Ohkuma, H., Nishigaki, K., Suzuki, H., Kazayama, M., Yoshida, T., Tsuchihashi, K.: A 165-GOPS Motion Estimation Processor with Adaptive Dual-Array Architecture for High Quality Video-Encoding Application, Proc. IEEE CICC, 9.1.1~9.1.4 (1998)
- (7) Yoshida, T., Shimazu, Y., Yamada, A., Holmann, E., Nakakimura, K., Takata, H., Kitao, M., Kishi, T., Kobayashi, H., Sato, M., Mohri, A., Suzuki, K., Ajioka, Y., Higashitani, K.: A 2V 250MHz Multimedia Processor, Proc. IEEE ISSCC, 266~267 (1997-2)
- (8) FCC ATSC: Final Technical Report, (1995-10-31)
- (9) Sugawa, S., Shimamoto, H., Hosotani, S., Imamura, Y., Takagaki, T., Ijiri, H., Okada, K., Sumi, T.: An Area Efficient Hardware Sharing Filter Generator Suitable for Multiple Video Format Conversions, IEEE Trans. on Consumer Electronics, **43**, No.3, 848~854 (1997-8)
- (10) Tate, L., R.: Sparse Canonical Signed Digit FIR Filter, CICC Digest of Technical Papers, 215~218 (1987)
- (11) Hawley, R., A., Wong, B., C., Lin, T., Laskowski, J., Samuelli, H.: Design Techniques for Silicon Compiler Implementations of High-Speed FIR Digital Filters, IEEE JSSC, **31**, No.5, 656~667 (1996)



データ放送サービス

横山幸雄* 厚井裕司**
 泉 丙完* 内海義夫***
 福地雄史*

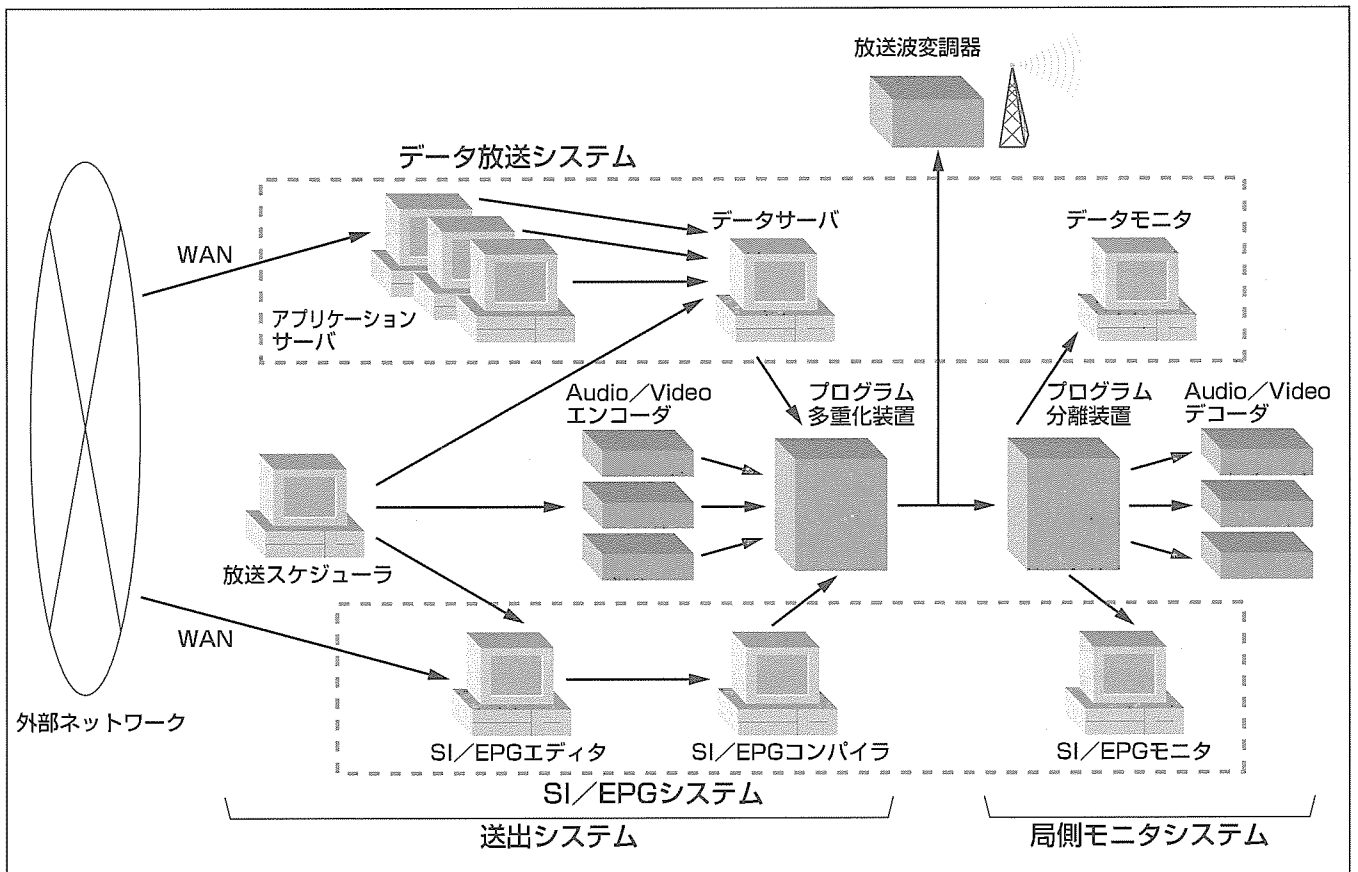
要 旨

近年、テレビ放送の新しい付加価値サービスとして、データ放送サービスが注目されている。データ放送により、ニュース、天気、株価情報といった鮮度を要求される情報やテレビ番組の補足情報などをタイムリーに視聴者に提供することや有線接続の付加による双方向サービスが可能になる。さらに、デジタル化の恩恵による多チャンネル化に対しては、EPG(Electronic Program Guide)と呼ばれる電子番組案内が不可欠な要素であり、これも広義なデータ放送サービスとして位置付けることができる。

EPGを提供するためには、局側にSI(System Informa-

tion)／EPGシステムを構築することが必要であり、三菱SI／EPGシステムでは米国ATSC(Advanced Television Systems Committee)委員会のPSIP(Program and System Information Protocol)規格に準拠した仕様となっている。このシステムは、送出側のサーバ機能と送出データの正当性をチェックするためのモニタ機能からなっている。

一方、データ放送システムでは、SI／EPGシステム同様に、ATSC規格に準拠したデータ放送サーバ機能とモニタ機能からなっている。今後、このプラットフォーム上に各種アプリケーションを展開する予定である。



データ放送サービスのシステム構成例

三菱電機のデジタル放送用コーデック装置とSI／EPGシステム及びデータ放送システムの構成関係を示す。両システムとも外部からの情報を取り込むことができ、収集した情報をATSC規格に準拠する形に編集し、変換処理を行う。さらに、放送スケジュールラからのタイミング指示によってプログラム多重化装置に対し送出を行う。これらのシステムにより、トータルなデジタル放送局システムの構築が可能になる。

1. ま え が き

テレビ放送のデジタル化により、放送コンテンツとコンピュータの世界で扱われる各種デジタル情報との垣根がなくなり、いわゆる情報のマルチメディア化や放送と通信の融合といったことが今後急速に進むと考えられる。特にデータ放送の分野で、既存のテレビ放送に対する各種の付加価値サービスの創出や試行が盛んになっている。

本稿では、デジタル放送におけるEPGを含むデータ放送サービスを取り上げ、標準化動向、当社システムの構成と展開などについて述べる。

2. データ放送の現状と標準化

デジタル放送におけるデータ放送サービスでは、衛星デジタル放送の分野が先行しているが、統一された方式が確立されていないのが現状である。

日・米・欧の各地域での標準化は以下のような状況になっている。

2.1 日本ARIB (Association of Radio Industries and Businesses) 関連

(1) 電子番組案内に関する規格化

STD-B10: “デジタル放送に使用する番組配列情報”

(2) データ放送に関しては規格策定中

2.2 米国ATSC関連

(1) 電子番組案内に関する規格化

ATSCでは、SIはSystem Informationと呼ばれている。

(a) A65: “Program and System Information Protocol”

(2) データ放送に関する規格化

次のワーキンググループで策定中である。

(a) T3/S13: Data Broadcasting (データ放送プロトコル)

“ATSC Data Broadcasting Specification for Terrestrial Broadcasting and Cable”

(b) T3/S16: Interactive Services (双方向サービス規格)

2.3 欧州DVB (Digital Video Broadcasting) 関連

(1) 電子番組案内に関する規格化

DVBでは、SIはService Informationと呼ばれている。

(a) DVB-SI: “Specification for Service Information (SI) in DVB systems”, ETS 300 468

(b) DVB-SI: “Guidelines on implementation and usage of

Service Information (SI)”, ETR 211

(c) DVB-SI: “Allocation of Service Information (SI) codes for DVB systems”, prETR 162

(2) データ放送に関する規格化

(a) DVB-Data: “DVB specification for data broadcasting”, prTR 301 192

(b) DVB-Data: “Guidelines for The Implementation and Usage of the DVB data broadcasting specification”, prTR 101 202

3. SI/EPGシステム

3.1 機能概要

SI/EPG(電子番組案内)とは、チャンネル情報や番組情報を放送データとして配信することによって、テレビ画面上で番組ガイドを見たり、番組選択を可能にする仕組みである。デジタル放送システムでは、アナログ放送に比べてより多くの番組を同時に配信することができるため、映像や音声などのメディアデータに加え、チャンネル番組内容を示すSI/EPGの多重化が必ず(須)機能となってきた(図1)。当社では、パソコン上でSI/EPGデータを編集し、当社製プログラム多重化装置に出力するSI/EPGシステムを米国のDTV向けに開発した。

SI/EPGでは、放送時間と番組名といったテキストベースの単純なEPG情報だけではなく、将来DTVシステムにおいて各種サービスが可能になるよう様々な内容を含んでいる。例えば、既存の時間表だけによるVTR予約では、放送時間に変更になった場合に録画がずれたりすることがあったが、DTVでは、各番組がEvent ID(DTVでは各番組をEventと呼ぶ。)で管理されており、時間ずれにも対応できるようになる。

3.2 SI/EPGシステム構成

初めに、米国ATSCのSI/EPGの主な構成内容を図2に沿って説明する。

(1) STT(System Time Table)

アプリケーションの同期をとるための時刻情報である。

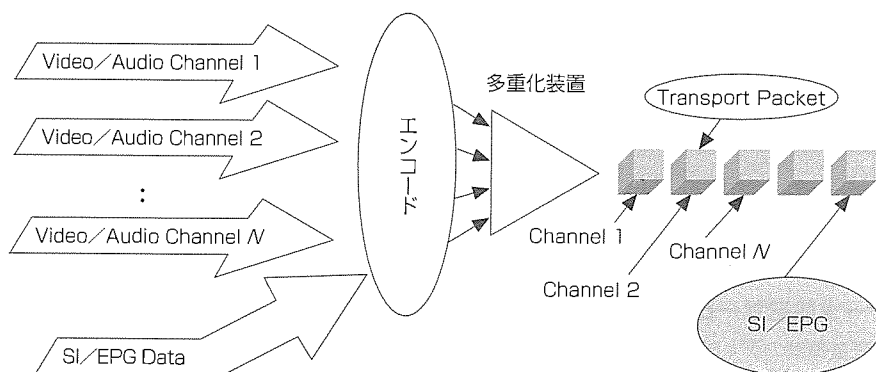


図1. 多重チャンネルとSI/EPG

(2) RRT (Rating Region Table)

異なる地域及び国のためのレーティング情報(チャンネルや番組のランク付け情報)を定義する。

(3) MGT (Master Guide Table)

各チャンネル番組情報を示すテーブル(EIT)へのポインタを管理するテーブルである。

(4) VCT (Virtual Channel Table)

仮想チャンネルの属性を定義する(DTVでは、デジタル多重化した各チャンネルを仮想チャンネルと呼ぶ。)

(5) EIT (Event Information Table)

ある仮想チャンネルの一定時間のTV番組情報である。

図に示すように、SI/EPG情報の中には一組のSTT, RRTと複数のEITがあるが、MGTがEITとVCTの対応関係を示している。

SI/EPGシステムは、局側のMPEGエンコーダ装置、プログラム多重化装置、放送スケジューラ等と密接にかかわっており、次の三つの装置(パソコン)で構成されている(図3)。

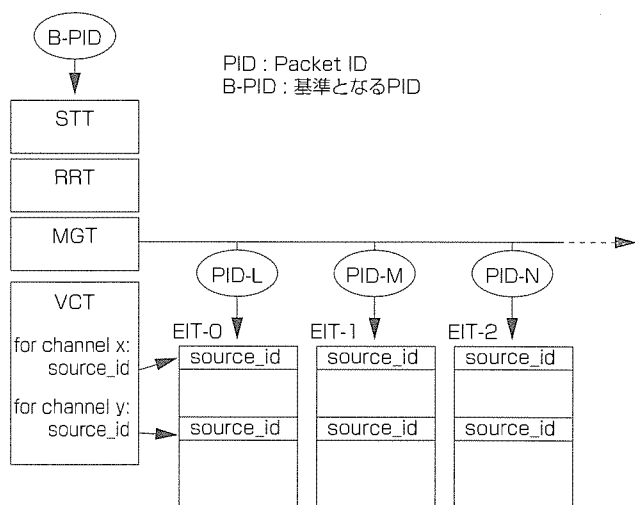


図2. ATSCにおけるSI/EPG

(a) SI/EPGエディタ

局の放送スケジューラや他局から番組情報を取り入れ、DTVで必要な各種SI/EPG情報を追加/編集する。

(b) SI/EPGコンパイラ

ATSCのPSIP規格で定められているビットストリームに変換し、スケジュールに合わせてプログラム多重化装置に転送する。

(c) SI/EPGモニタ

SI/EPG情報が正しく配信されているかチェックするため、プログラム分離装置からSI/EPG情報を取り出して表示・確認する。

三菱SI/EPGシステムの主な特長は、次のとおりである。

- ATSC委員会PSIP規格に準拠
- 当社デジタル放送用コーデックMH-1100シリーズとのインタフェース
- GUIによるユーザーフレンドリな編集操作
- スケジューリングによるコンパイル/操作
- 受信側のSI/EPGモニタ機能
- 局側の情報系システムとのリンクに柔軟に対応

今回開発したSI/EPGシステムの操作GUI例を図4に示す。このように、ほとんどのパラメータ編集がマウスクリックによる操作となっている。

他の放送局とのインタフェースは、自局の番組情報だけでなく他局の番組情報もSI/EPGに載せるため必要な機能である。しかし、放送局によっては他局の番組情報を提供するに抵抗があり、運用の面において今後更に検討を要する部分である。

4. データ放送システム

データ放送サービスは映像/音声情報とともにデータを放送することによって様々な情報サービスを行うものであり、デジタル放送時代のデータ放送サービスは、MPEG2 TS (Transport Stream)をベースに提供される。映像/音声情報以外のデータ

を放送波で送ることによって、例えば次のようなサービスが可能になる。

- (1) ニュース、広告、株価情報、WWWファイル等のデータを放送して、受信側で表示/蓄積する。
- (2) 映像/音声放送と同期したデー

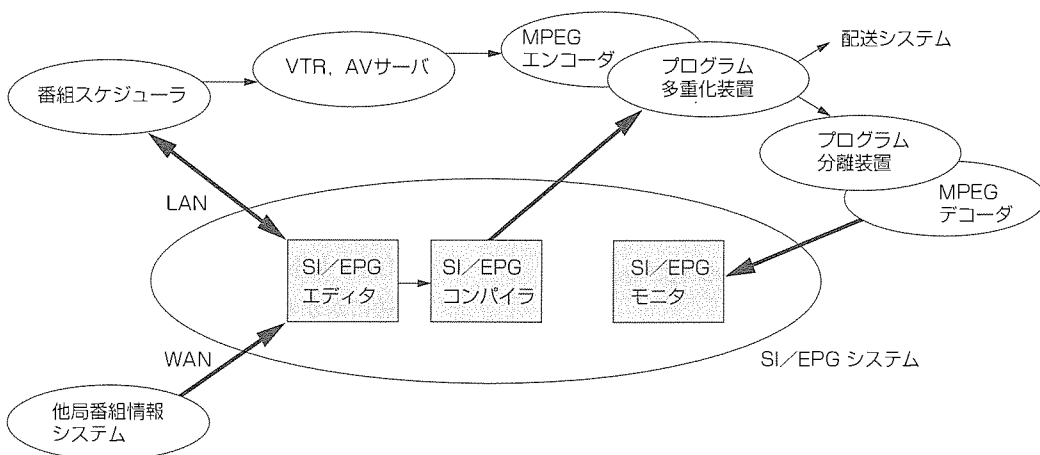


図3. SI/EPGシステム構成

タを転送して、映像／音声放送と関連付けた情報を表示する。

(3) 下りラインに放送波，上りラインに電話線を使ったネットワークを構築して，オンラインショッピング等の双方向サービスを行う。

このように，今までの放送ではできなかった様々なサービスが可能になり，新たな放送サービスを創出できる。

次に，データ放送サービスを実現するための必要機能と，当社で開発中のデータ放送システムについて述べる。

4.1 データ放送に必要な機能

データ放送サービスの提供において必要となる機能としては，次のようなものがある。

- (1) 放送するデータの作成・編集機能
- (2) データをデータ放送用のプロトコルに変換する機能
- (3) 映像／音声データと多重化する機能
- (4) 放送スケジュールに従って上記の(2)(3)を行う機能

このうち，(1)のデータの作成・編集は，データサービスの内容によって様々な形態を採っている。(2)，(3)，(4)は基

本的な要素であり，データ放送を行うためには，これらの基本機能を放送システムに持たせる必要がある。

4.2 データ放送プロトコル

データ放送サービスで放送されるデータは，データ放送プロトコルを用いて伝送される。欧州のDVB，米国のATSC等がこのプロトコルの規格化を行っている。データ放送システムではこれらの規格に従ったデータ伝送を行う必要がある。図5にDVBのデータ放送プロトコルスタックを示す。ATSCのデータ放送プロトコルは1998年4月現在規格策定中である。

DVBのデータ放送プロトコルでサポートする放送サービスは次のとおりである。

- (1) Data Piping

非同期データビットストリーム転送を行う。

- (2) Data Streaming

ビデオやオーディオなどの他のメディアに同期したデータの転送を行う。

- (3) Multiprotocol Encapsulation

IP等の通信プロトコルを乗せるためのデータ転送を行う。

- (4) Data Carousel

データを周期的に繰り返し転送するデータ転送を行う。

- (5) U-U Object Carousel

CORBA (Common Object Request Broker Architecture) に準拠したオブジェクトデータを周期的に繰り返し転送する。

ATSCのデータ放送プロトコルも，DVBと同じようなプロトコルスタックを持っている。

4.3 開発中のデータ放送システム

当社では，データ放送を行うための基本機能であるデータ放送プロトコル処理，データの多重化機能，データ放送スケジューリングを持ったデータ放送システムを開発中である。以下にシステムの概要を述べる。

4.3.1 概要

図6に開発中のデータ放送システムを示す。映像／音声の放送システムにデータ放送用の機能を拡張して実現している。具体的には，プログラム多重化装置内にデータ入力用のインターフェースを追加し，データ放送用の放送データを生成するデータサーバを開発した(図の太枠部分が拡張部分)。データ放送にかかわる機器の機能を以下に示す。

- (1) プログラム多重化装置

HDTVコーデック，SDTVコーデック，データサーバからのデータをプログラム多重化する。データ放送用のデ

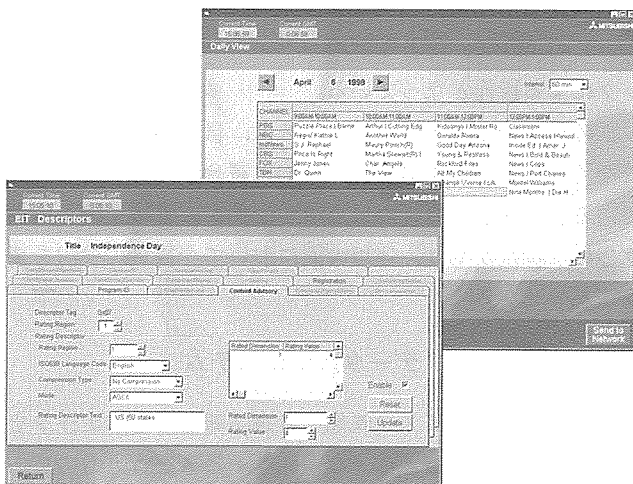


図4. SI/EPGの操作GUI例

Data Piping	Data Streaming	Multiprotocol Encapsulation	Data Carousel	Object Carousel
				Object Carousel
		LLC/SNAP	Download Data Carousel	
	PES	Datagram Section	DSM-CC Section	
MPEG2 TS				

TS : Transport Stream
 PES : Packetized Elementary Stream
 DSM-CC : Digital Storage Media Command and Control
 LLC/SNAP : Logical Link Control/Sub Network Access Protocol

図5. DVBのデータ放送プロトコルスタック

ータ入力インタフェースとしてHSD(High Speed Data) - I/Fを持っている。

(2) システム管理サーバ

放送番組情報、放送スケジュール情報の管理を行う。映像/音声番組情報とともにデータ放送番組の情報も管理する。

(3) アプリケーションサーバ

放送するデータソースを保持するサーバである。これはサービス対応で、様々なサーバが使われる。例えば、データファイルを蓄えておくファイルサーバであったり、放送波を用いて双方向IP通信を行う場合であればアクセスサーバ/プロキシサーバであったり、WWW(World Wide Web)サーバであるかもしれない。

(4) データサーバ

データ放送サービス用のデータ出力装置である。各種アプリケーションサーバからデータ放送用データを受け取り、データ放送プロトコルに変換し、放送スケジュールに従ってプログラム多重化装置へ転送する。

次に、データ放送を行う際の基本機器であるプログラム多重化装置内のデータインタフェース(HSD-I/F)とデータサーバの機能概要を述べる。

4.3.2 HSD-I/F(多重化装置内データ入力インタフェース)

HSD-I/Fは、図7に示すように、データサーバからデータを受け取り、TSパケットを生成する。生成されたTSパケットは、プログラム多重化装置内で映像/音声データと多重化される。HSD-I/F基板の仕様を表1に示す。

4.3.3 データサーバ

データサーバは、データ放送を行う際に中心的な役割を担う機器であり、次のような機能がある。図8に具体的なモジュール構成を示す。

(1) アプリケーションサーバインタフェース

アプリケーションサーバ(データソース)からのデータ入力インタフェースで、サービス対応に複数のインタフェースモジュールを

持っている。

(2) 管理サーバインタフェース

管理サーバからの制御データ(主に放送スケジュール情報、番組情報)を受け取る。

(3) データ放送スケジュール管理

データ放送スケジュールを管理し、データの出力タイミングを制御する。

(4) データ放送プロトコル処理

アプリケーションサーバから入力されたデータをデータ放送プロトコルに従って変換する。図5のMPEG2 TS以外のプロトコルを処理する。

(5) データ出力レート/プロファイル制御

データ出力の出力速度と出力タイミングを制御する。

(6) その他

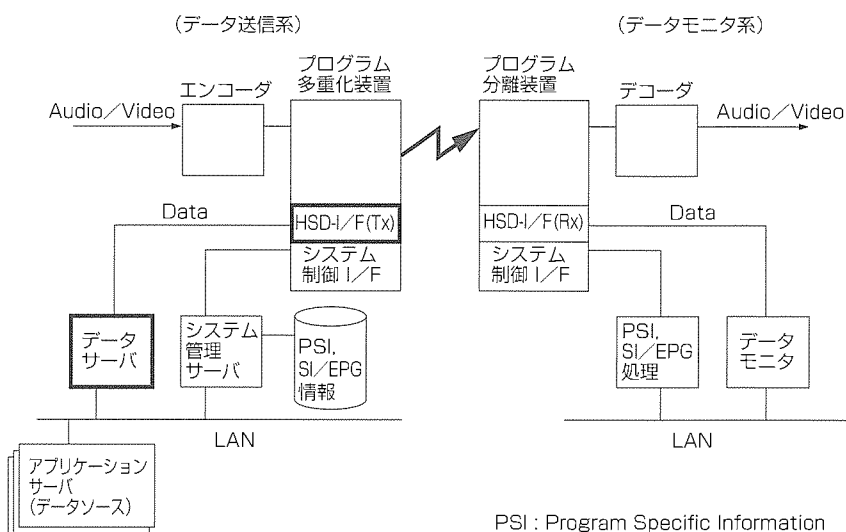


図6. データ放送システムの概要

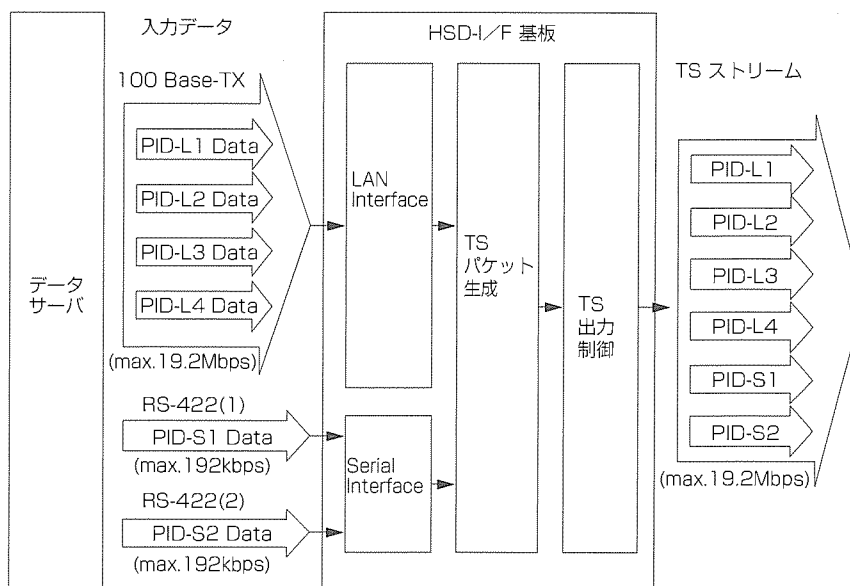


図7. データ入力インタフェース

表1. High Speed Data(HSD)インタフェースの仕様

HSD Input Interface Board		
<Data Input Interface (from データサーバ)>		
	LANインタフェース	Serialインタフェース
インタフェース	100BASE-TX	RS-422A×2 port
プロトコル	TCP/IP	非同期/同期
データレート	max. 19.2Mbps	(非同期)max. 38.4kbps per port (同期)max. 192kbps per port
<Input Data>		
	LANインタフェース	Serialインタフェース
入力データフォーマット	(1) DSM-CC Section for Data Carousel, Object Carousel (2) Datagram Section for Multiprotocol Encapsulation (3) PES packet for Data Streaming (4) Raw Data for Data Piping	(1) Asynchronous Data (2) Synchronous Data
<Data Output Interface (to TS-Multiplexer TM-1100T)>		
最大データ出力速度	19.2Mbps	
出力データフォーマット	TS packet	
	LANインタフェース	Serialインタフェース
出力レート制御	64kbps×N for each program (Guaranteed Profileのとき) 0~19.2Mbps (Opportunistic Profileのとき)	(非同期) 4.8, 9.6, 19.2, 38.4kbps (同期) 64, 128, 192kbps per PID
出力データプロファイル	Guaranteed/Opportunistic	
最大出力PID数	6	

エンコーダ、プログラム多重化装置へのデータ出力インタフェースがある。

上述したHSD-I/Fとデータサーバを映像/音声系のデジタル放送システムに付加することによって、基本的なデータ放送システムを構築した。

5. むすび

デジタル放送用コーデックの周辺システム機能の一環として、SI/EPGシステム、データ放送システムの概要について紹介した。特にSI/EPGシステムについては、標準化間もない時期にいち早く開発を完了したことで注目を集めている。

今後は、有料放送などに対応するための限定受信機能やデジタルコンテンツの著作権を守るためのコピープロテクション機能などについても、データ放送サービスに融合する形で検討を進める所存である。

参考文献

- (1) ATSC Standard A/65: Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable
- (2) ARIB STD-B10: デジタル放送に使用する番組配列情報
- (3) DVB: DVB Specification for Data Broadcasting-Final Draft (1997-12-2)

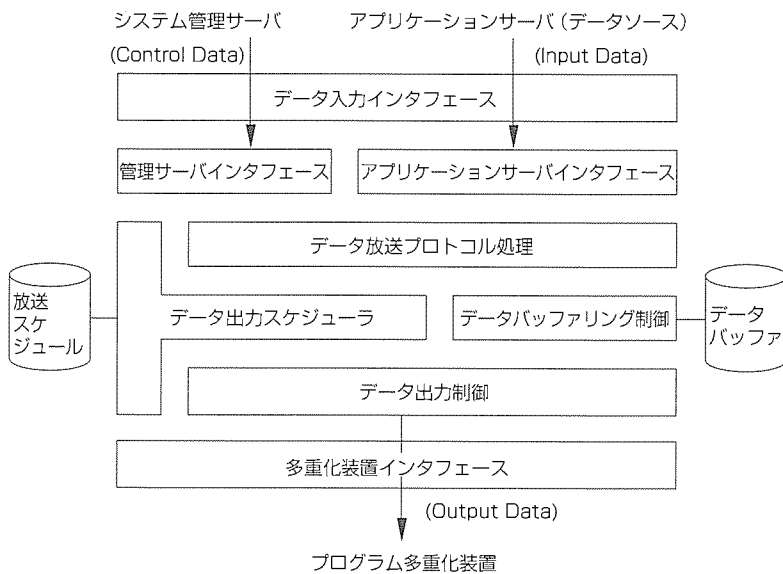


図8. データサーバの機能モジュール

超高精細画像システム

鈴木隆太* 越地正行*
 川浦健央* 岩間保之**
 加藤聖崇* 小倉康二**

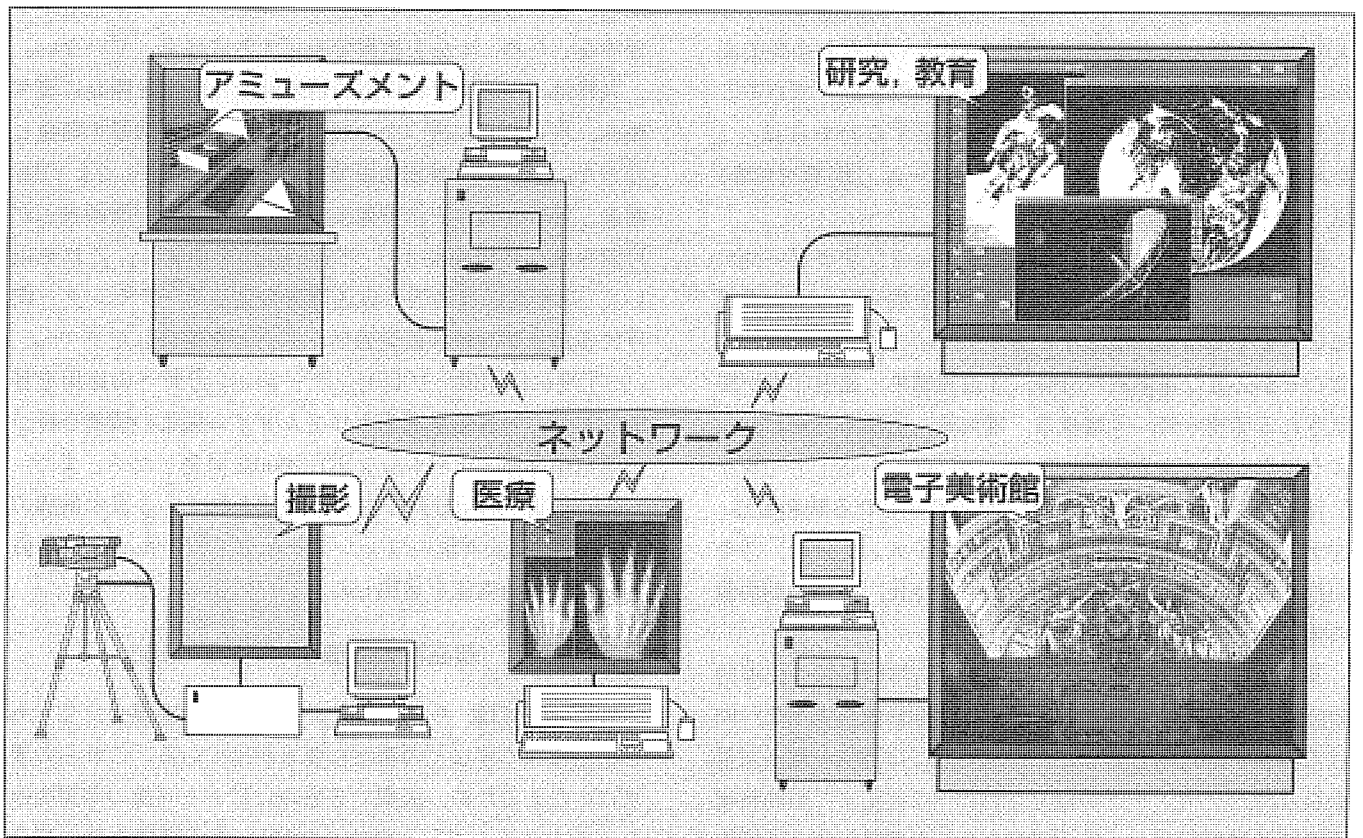
要旨

情報の伝達媒体として、画像は、その情報量の多さと人間の感覚系に対する親和性からますます重要性が高まっており、その中で特に画質については、画素の細密化(高解像度)及び色再現性の高度化が望まれている。

将来の画像メディアとして、超高精細画像が検討されている。超高精細画像は完全デジタル方式の画像メディアであり、2k×2k以上の空間解像度、スクエアピクセル、60フレーム/秒以上の時間解像度、ノンインタレース、ち(緻)密な色再現といった特長を持っている。超高精細画像の情報量は、NTSCの約30倍、HDTVの約6倍に相当し、静止画の品質は35mmフィルムに相当する。これらの特長により、超高精細画像は、既存の画像メディアを統合する

ものとして研究が進められている。郵政省の諮問機関である電気通信審議会の諮問「21世紀を展望したデジタル映像技術の在り方について」(平成5年)に対する答申においても、あらゆる映像メディアを統合するものとして超高精細画像の必要性が提言されている。

超高精細画像は、デジタル映像技術の進展、B-ISDNを始めとしたネットワークの高度化・高帯域化に伴い、遠隔医療、遠隔印刷、教育、展示、電子美術館、CAD、産業応用、さらには次世代デジタル放送など幅広い分野での応用が期待され、研究が進められている。三菱電機は、これら様々な分野に適用可能な超高精細画像システムの研究と開発を推進している。



超高精細画像システムの利用分野

医療、研究、教育、電子美術館、アミューズメント等の分野で超高精細画像システムの利用が検討されている。これらのシステムは、高速ネットワークで接続され利用される。

1. ま え が き

画像通信分野において、将来の画像メディアとして超高精細画像が検討されている^{(1)~(6)}。HDTVの解像度を超える超高精細画像は、従来、放送、通信、コンピュータのそれぞれの分野で個別に使われ発展してきた各画像メディアを統一的に取り扱うことを可能とする。例えば、従来印刷や写真は解像度が高くデジタル画像として使われることがまれてあったが、超高精細画像を使えばTVやTV電話など同一のディスプレイ上で統一的に取り扱うことができる。超高精細画像は、空間解像度が $2k \times 2k$ 画素を超えるデジタル画像であり、通信と放送が融合されたメディア融合時代の基幹メディアとして期待されている。

当社では、早くから超高精細画像の将来性と汎用性に着目し、超高精細画像システムの研究と開発を行ってきた^{(7)~(9)}。本稿では、応用分野に応じた超高精細画像システムへの要求と、この分野における最新の開発成果、さらに将来のビジョンについて述べる。

2. 超高精細画像システムへの要求

超高精細画像に要求される基本的な条件は、空間解像度の高さである。空間解像度は、静止画像では35mm写真フィルム以上又はA4原稿の品質を保証し、動画像では等身大の表示を行っても違和感が感知されないことが必要である。また時間解像度では、フリッカ検知限界以下であることが要求される。これらの要求を満足するためには、 $2k \times 2k$ 画素以上の空間解像度、60フレーム/秒(順次走査)以上の時間解像度が要求される。

超高精細の応用分野としては、①テレラジオロジーやテレパソロジーに代表されるような遠隔医療分野、②大画面でビデオや高精細画像をインタラクティブに操作・表示することが必要な遠隔教育分野、③遠隔編集・遠隔印刷が要望される印刷分野、④機械系、電気系、建築系で使われるようになった三次元CAD/CAMの分野、⑤バーチャルリアリティを応用したコンテンツが必要とされる映画製作、⑥デジタル配信のようなエンターテイメント分野、⑦その他、環境・福祉・産業等の分野も、今後、超高精細画像の需要が出てくると予想される。

業界動向としては、NTTによる超高精細画像の先導的研究に続き、郵政省においても超高精細画像の実用化へ向けた取組が本格化している。1994年度には通信・放送機構奈良リサーチセンターが設立され、'97年度まで超高精細画像の基礎的研究と、B-ISDNを介した遠隔医療と印刷のフィールド実験が行われた。また、超高精細画像を始めとした高度映像情報の検討を目的として、AIM(高度映像研究開発推進会議)が設立され、国内外有力企業百数十社が参加。さらにITU-RでもEHRI(Extremely High

Resolution Image)のワーキンググループが設立され活動している。

超高精細動画通信実現のためには、いまだに高いハードルを越えなければならない。超高精細動画は、720Mバイト/秒もの情報量があるため、リアルタイム伝送のためには高能率符号化が必ず(須)であるが、これだけの信号を処理するためには膨大なハードウェアが必要になる。また、最もクリティカルなことは、必要な性能を持った超高精細動画カメラが存在しないことである。そのほか、符号化技術・データベース技術・多地点通信技術など、これから解決すべき課題は多い。

超高精細画像表示デバイスとしては、現在、CRTタイプのディスプレイが利用されている。人のフリッカ検知限界について、SIDには、60Hz以上であればさほど気にならないと報告されている。前述したディスプレイは、60Hzであるため、この条件をクリアしている。しかしながら、長時間モニタを注視して作業する場合などは、更にフレームレートを上げてフリッカを完全になくすことが要求される。例えば、医療診断のようにモニタの一部の領域を緻密に観察する場合や、CADなどのようにディスプレイ上で作業する場合などがこの条件に当てはまる。一方、教育分野では、超高精細画像を大画面で表示する要求が強い。しかし、現在市販されているプロジェクタはビデオ帯域が十分でないため、十分な画質で表示するには至っていない。

当社は、'90年度から超高精細画像の研究と開発に取り組み、現在までに幾つかの超高精細画像関連機器を開発してきた。まず超高精細動画を扱う装置として、 $2k \times 2k$ 画素、毎秒60枚の表示解像度を持ち、4秒間の動画表示が可能な超高精細画像サーバSD-1000を開発し、これを用いて'94年度には通信・放送機構奈良リサーチセンター向けに多地点超高精細画像通信システムを開発した^{(10)~(11)}。'95年度には印刷・プレゼンテーション分野への応用を目的として、特殊効果表示とリアルタイム編集の機能を持つ超高精細画像ステーションSD-2000を開発した⁽¹²⁾。また、'96年度は、医用分野から強く要望されている表示階調の向上と $2k \times 2k$ 画素のワンショットデジタルカメラを直接制御できる機能を追加した。

3. 超高精細画像サーバSD-1100

医療分野では、リアルタイム階調変換の実現やフリッカを完全になくすなどの新たな要求が出ている。これらの要求にこたえるため、医療で必須の12ビット画像の階調変換をリアルタイムで行う機能及び72Hz表示機能を持つ超高精細動画サーバSD-1100を開発した。

この装置の心臓部には、新規開発したガリウムヒ素デバイスの高速積和演算LSIを使用し、450MHzで超高精細画像の実時間演算表示を実行する回路を実現した。この装置

(SD-1100)は、解像度2k×2k画素の超高精細画像を最大1,024フレーム分本体内の動画メモリに蓄積し、表示することが可能である。また、表示階調RGB各12ビット対応、表示レート72Hz/60Hz対応、モノクロ3チャンネル独立動作対応などの新しい機能を持っている。

(1) 主な特長

次の機能の実現を行った。

(a) 高速積和演算機能とパラレルシリアル機能を持つガリウムヒ素デバイスのLSIを開発するとともに、450MHzで超高精細画像の実時間階調演算表示を実行する回路を実現した。

(b) 超高精細画像の12ビット精度のウィンドウ変換(階調の線形変換)フェード、ズーム、スクロール等のリアルタイム演算表示を実現した。

(c) 制御端末(パソコン)には、従来のUNIX WSに代わり、Windows NTパソコン(Pentium系)を採用した。

(2) SD-1100の構成

図1に超高精細動画サーバSD-1100の構成を示し、また、外観を図2に示す。

SD-1100は、6枚の動画メモリボードに合計12Gバイトのメモリを搭載し、16秒の動画表示が可能である。そのほかにも、12ビット階調による高品位画像表示、72Hzの順次走査表示によるフリッカのない表示が特長である。ホストパソコンとはPCIバスで直結され、高速なデータのロードを可能としている。

(3) ウィンドウ変換

ここで、医療で必要とされるウィンドウ変換についても少し詳しく述べる。通常医療機器から取得される画像は、

12ないし14ビットの階調を持つ。しかしながら、これを表示するためのディスプレイのダイナミックレンジは数百階調で、ビット数にして8から9ビット程度しかない。したがって、取得した医用画像をそのままディスプレイに表示することはできない。そこで、医用画像の注視領域に最適となる階調変換を施してデータを圧縮し、ディスプレイに表示することが行われている。実際には注視領域は頻繁に移動するため、その都度CPUで演算しては、超高精細画像のようなデータ量の膨大な画像に対しては適切ではない。そこで、SD-1000では、ガリウムヒ素デバイスのゲートアレーを用いて450MHzで12ビットの乗算ができるLSIを開発した。

(4) 超高精細画像処理LSI

医療分野においてモニタ上の電子画像による診断を行う場合、従来から使用されているX線写真(モノクロ)や病理画像写真(カラー)と同等以上の表示性能が要求される。診断時の表示要求機能の主なものは次のとおりである。

- 診断のために十分な解像度
- 注視領域に合わせた画像の濃淡調節
- 表示画像濃度の高分解能化(各色の階調数向上)

これらの要求に基づいてシステムを検討した結果、リアルタイム性が必要な表示階調変換機能をLSI化することが必要であった。今回開発したLSIの主要な機能を次に示す。

- 12ビットデータ処理(入出力及び演算はすべて4,096階調)
- 高速線形演算
- 高速パラレルシリアル変換
- オンチップポインタ/オーバーレイ機能

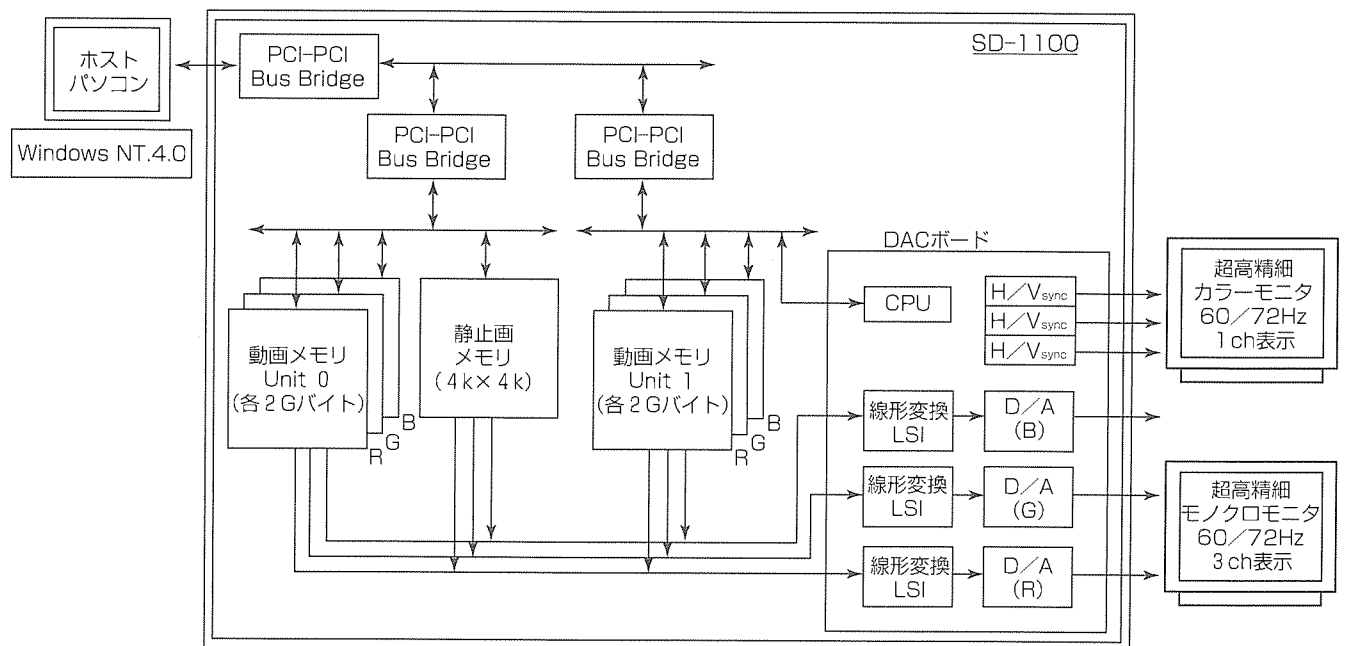


図1. SD-1100の構成

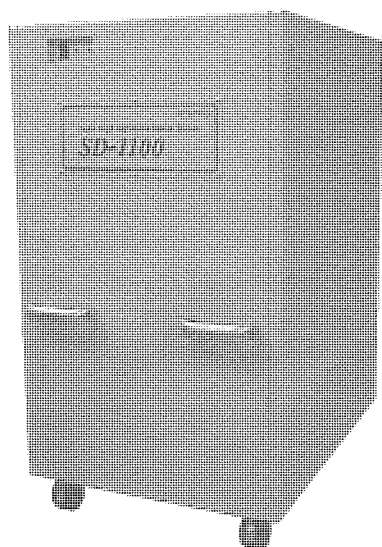


図2. 超高精細画像サーバSD-1100

表1. SD-1100の主要諸元

項目	諸元	
ビデオ出力	出力レベル	RGB: 0.714V _{pp} 50Ω HD,VD: TTL負極性 75Ω
	解像度	2,048画素×2,048ライン 24/36ビットカラー, 8/12ビットモノクロ
	リフレッシュレート	60/72フレーム/秒(順次走査)
	ピクセルレート	357M/438Mサンプル/秒
蓄積メモリ	最大1,024フレーム(2,048×2,048 24ビットカラー時)	
最大画像サイズ	32k×32k	
表示機能		可変速動画再生(正/逆)
		ズーム(最大16倍)
		スクロール
		フェードイン/フェードアウト
		モノクロ時 3ch独立制御
		カーソルポインタ表示 階調変換(ハードウェアによる線形変換)
サイズ	(W)500×(D)695×(H)870(mm)	
質量	約100kg	
消費電力	900W以下	

●最大動作周波数450MHz

これらのスペックを実現するために、このLSIはガリウムヒ素デバイスのゲートアレーを使用し、LSI内部回路のパイプライン化及び配置の最適化を実施した。さらに、クリティカルパスとなるゲート間の近接配置や優先配線指定を行った。

表1にSD-1100の諸元を示す。表にあるように、この装置は様々な表示機能をリアルタイムで実行することができる。

(5) ソフトウェア構成

この装置は、コストを抑えるため、従来のワークステーションによる制御からWindows NTパソコンによる制御を採用した。ホストパソコンと本体はPCIバスで直結されており、本体内部のPCIブリッジを経由して動画/静止画メモリボード及びDACボードにアクセスする。この装置のために、ウィンドウズ用ドライバとGUIを開発した。パソコンから動画メモリをアクセスするときはPCIバス上の一定のサイズにメモリアクセスウィンドウをアサインし、その中で任意のデータ転送を許可している。また、動画メモリボードは2相インタリーブで構成されており、一方のメモリボードから表示データを読み出し中であっても、もう一方のメモリボードはPCIバス経由でホストが占有できる。このため、高速データ転送が可能となっている。

4. 超高精細マルチメディアサーバ

人の知的生産性を向上させるツールとはいかなるものであるか。超高精細画像は従来の画像メディアを統合する潜在力を備えたものとしてこれまで論じてきた。これは、いわば人の視覚をサポートする意味合いを持つ。しかしなが

ら、我々が実際に活動しているのは三次元空間であり、ディスプレイに投射された二次元画像は脳で再構築されて実空間での事象と関連付けて利用されている。これからのヒューマンインタフェースを考えると、3Dグラフィック表示は自然な方向と言える。超高精細画像システムも例外ではない。そこで、以下では、超高精細画像の解像度で3Dグラフィックスをハンドリングできるシステムのコンセプトを考察してみる。

3Dグラフィックスは、美しく臨場感のある画像を表示することができる。超高精細画像の解像度で3Dグラフィックスが表示できることにより、次のような世界が開けると考えられる。

(1) 医療分野

医療分野では、これまでX線写真や病理細胞写真などの高精細な二次元写真画像と、X線CT、MRIなどに代表される低解像度の三次元断層画像を診断に利用してきた。最近では、ヘリカルCTなど三次元画像を再構築できる医療機器も、徐々にではあるが、利用されるようになってきた。もし、医療診断に用いるこれらの画像が写真クオリティでしかも三次元をそのまま表現できるものであったら医学の世界が一変すると言われている。3D超高精細画像表示装置は、これらのことを実現する可能性を持っている。

(2) CAD分野

意匠や建築系のデザイン分野では、既に三次元CADが利用されている。しかし、パソコン又はワークステーションをベースとしたこれらのCADは、解像度の不足によって十分なリアリティを持っていない。工業分野でのビジュアライゼーションの分野でも同様である。本来見えないものを見せるためのこうした可視化技術は、電力プラントの

監視や、地中に埋設されたガス配管の監視などにも利用されている。ここでも、超高精細画像に様々な情報、画像、ビデオを統合し三次元で表現することで大きく変わると考えられる。

(3) 教育分野

現在でもHDTVを利用した遠隔教育が試みられている。この分野では、表示画面のサイズが大きな要素となる。標準TV(NTSC)とHDTVをそれぞれ利用した場合の学習効果が実験されており、画像の大きさだけでなく、解像度も高い方が学習効果が向上することが報告されている。また、この分野では、教育用コンテンツ制作が難しいことで普及が妨げられていることが報告されている。

(4) エンターテイメント分野

娯楽、映画、ゲームなどの分野では、既に三次元グラフィックが利用されている。特に最近では、VR(人工現実感)を利用したものが増加している。これらの分野でも解像度の向上はリアリティの向上に直結する。

このように、超高精細画像と三次元グラフィックスを融合することで、様々な分野において応用が期待される。

次に、超高精細画像と三次元グラフィックスを融合した装置のシステム構成について検討する。ここでは、この装置を超高精細マルチメディアサーバ(又は単にマルチメディアサーバ)と呼ぶことにする。マルチメディアサーバの構成の一例を図3に示す。

マルチメディアサーバは、CAD等のアプリケーションに対応するため、基本的には3Dグラフィック表示機能が必要である。高速で超高精細画像の3Dグラフィックスを生成・表示するために、CPUとは別に高速3Dプロセッサ

が必要である。3Dプロセッサはジオメトリエンジン及び複数のレンダリングコントローラで構成され、各レンダリングコントローラは複数の3DRAMと接続され高速な3Dグラフィックス生成を可能とする。また、3Dグラフィックス表示に当たっては、質感を出すテクスチャ処理を行うためにテクスチャバッファも必要であり、各レンダリングコントローラにキャッシュDRAMを接続している。このようにして生成され3DRAMに蓄積された超高精細3Dグラフィックスは、ビデオデータとマージされ、次段のディスプレイボードに渡される。

ところで、マルチメディアサーバに対する要求条件の一つとしてビデオの統合が挙げられる。現在、各国でデジタル放送が検討され、実施されようとしている。ピクチャフォーマットは、解像度は従来のNTSCレベルのものから1,920×1,080画素のHDTVまで、また飛び越し走査のものから順次走査のものまで幾つかの方式が提案されており、バラエティに富んでいる。ビデオを超高精細画像上で統合するには、超高精細画像の特長である順次走査、スクエアピクセルといった特長を継承するフォーマットが都合が良い。このようなフォーマットとしては、480P又は720P(P:プログレッシブ)がある。いずれにせよ、ビデオは超高精細3Dグラフィックスと合成され、画面の一部に表示される。図4に表示画面の例を示す。図では、一例として、画面の右上に512×512画素サイズのビデオウィンドウを超高精細画像上に統合した例を示している。

次に、ディスプレイボードでは、超高精細ディスプレイに表示するための処理を行う。ここで、例えば2k×2k画素×60フレーム/秒の解像度を持つ超高精細画像データ

のデータ転送速度は720Mバイト/秒にも達するため、4又は8相に展開され、ディスプレイボードに渡される。ディスプレイボードでは、送られてきた超高精細画像データをパラレル-シリアル変換してベースバンドに戻してから、デジタルアナログ変換し、ビデオ信号にして超高精細モニタに出力する。

このようにして、超高精細マルチメディアサーバが実現可能であると考えられる。しかしながら、実際には、360MHzという超高速で動作するロジ

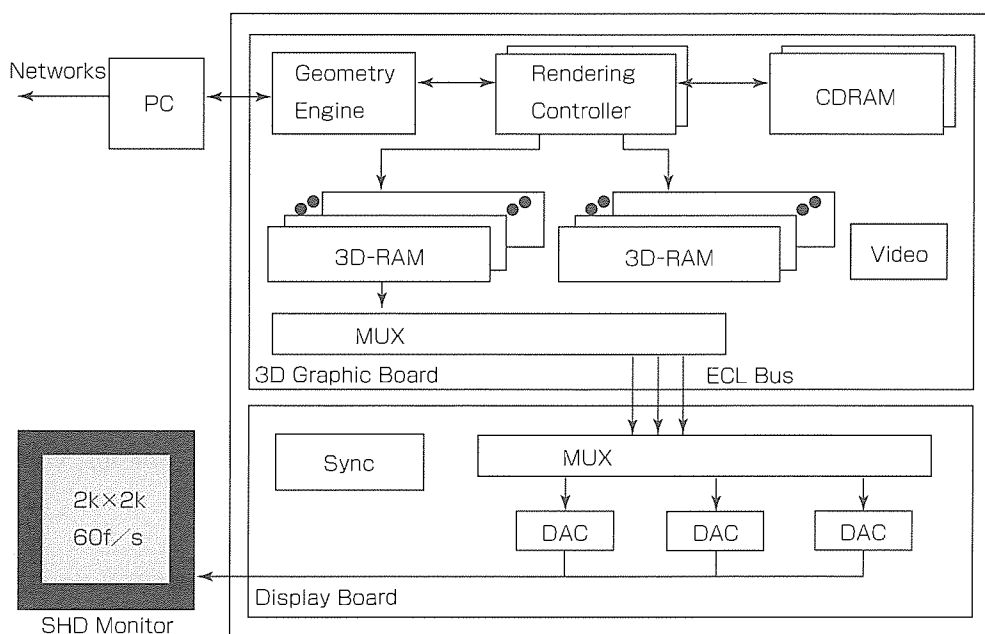


図3. マルチメディアサーバシステム構成

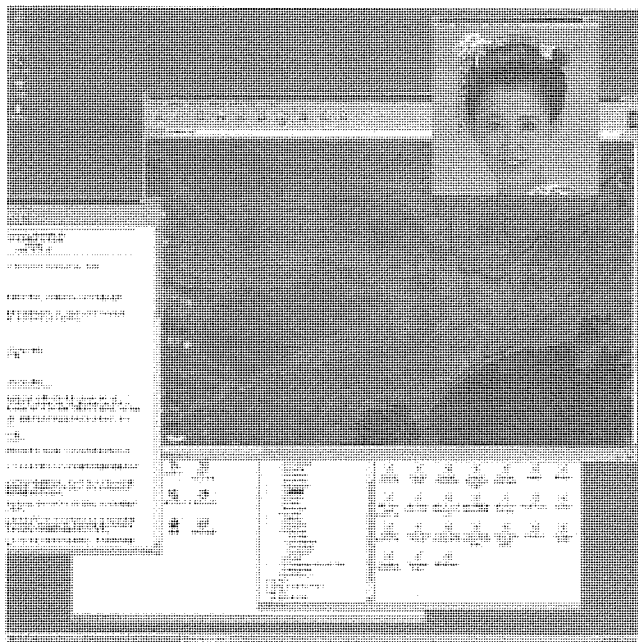


図4. マルチメディアサーバ表示画面例

ックデバイスの問題, 720Mバイトにも及ぶデータスループットを持ったバスの問題, 十分なパフォーマンスを持つグラフィックチップの問題, ボード構成上のノイズや熱の問題, ソフトウェアのパフォーマンスの問題など, これから解決すべき課題は多い。

5. む す び

21世紀に向けた次世代の映像技術として期待されている超高精細画像技術及びシステムについて, キーとなる技術から応用分野, 当社の技術開発成果として超高精細動画サーバSD-1100, 及び将来のマルチメディア環境で超高精細画像をハンドリングするのに必須となる超高精細マルチメディアサーバについて紹介した。

今後は, ヒューマンフレンドリなGUIを備え, 人の活動を支援することが可能な超高精細マルチメディアサーバの実現と, 入出力デバイスの更なる高性能化・符号化を始めたネットワークへの適用, 超高精細画像を必要とし, それによって利便性・生産性の向上が見込まれる様々な分野への適用を推進していく所存である。

最後に, 超高精細画像分野においてご指導いただいているNTT光ネットワークシステム研究所小野室長を始めとした関係各位に対して深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) Ono, S., Ohta, N., Aoyama, T. : All-digital Super High Definition Images, Image Communication, 429 ~444(1992-8)
- (2) 小野定康 : 超高精細画像, テレビジョン学会誌, 47, No.9, (1993)
- (3) Suzuki,J., Nomura, M., Ono, S. : Comparative Study of Transform Coding for Super High Definition Images, ICASSP' 90,(1990-4)
- (4) Fujii. T, Sawabe, T., Ohta, N., Ono, S. : A Study on Source Coding of Super High Definition Images with Vector Quantization, ISCAS'90, (1990-5)
- (5) Ohta.N : Digital Signal Processing for Super High Definition Image Transmission, Telecom Forum'91, (1991)
- (6) Furukawa, I., Kashiwabuchi, K, Ono, S. : Super HighDefinition Still/Motion Images Digitizing System and Standard Test Images, VCIP' 92,(1992-11)
- (7) 丹野興一, 鈴木隆太, 大平英雄, 村上篤道 : 超高精細カラー動画蓄積表示装置, テレビジョン学会技報, 16, No.34, (1992-6)
- (8) Suzuki, R., Ohira, H, Wada, M., Ogura, K., Murakami, T., Inoue, K. : Super High Definition Image HandlingSystem, VCIP' 92,(1992-11)
- (9) Murakami, T., Ohira, H., Tanno, O., Suzuki, R., Wada, M., Saito, T., Ogura, K., Asai, K. : Super High Definition Image Server and Communication System over High Speed Network, Imaging Science and Technology (IS&T),(1995-5)
- (10) Suzuki, R., Tanno, O., Kunimi, A., Koshiji, M., Kata, K., Murakami, T. : Super High Definition Imaging System in ATM Network, Image Processing and its Applications (IPA),(1995-7)
- (11) Murakami, T., Okikazu, T., Suzuki, R. : Super High Definition Image System, Telecom Forum,(1995-10)
- (12) Suzuki, R., Tanno, O., Kata, K., Kunimi, A, Koshiji, M., Murakami, T. : Super High Definition Image Special Effecting System, Conference on Digital Compression Technologies & Systems for Video Communications,(1996-7)

宇宙電波監視システム

大橋由昌* 金城益夫*
比嘉盛雄* 小西善彦**
柳沢 基*

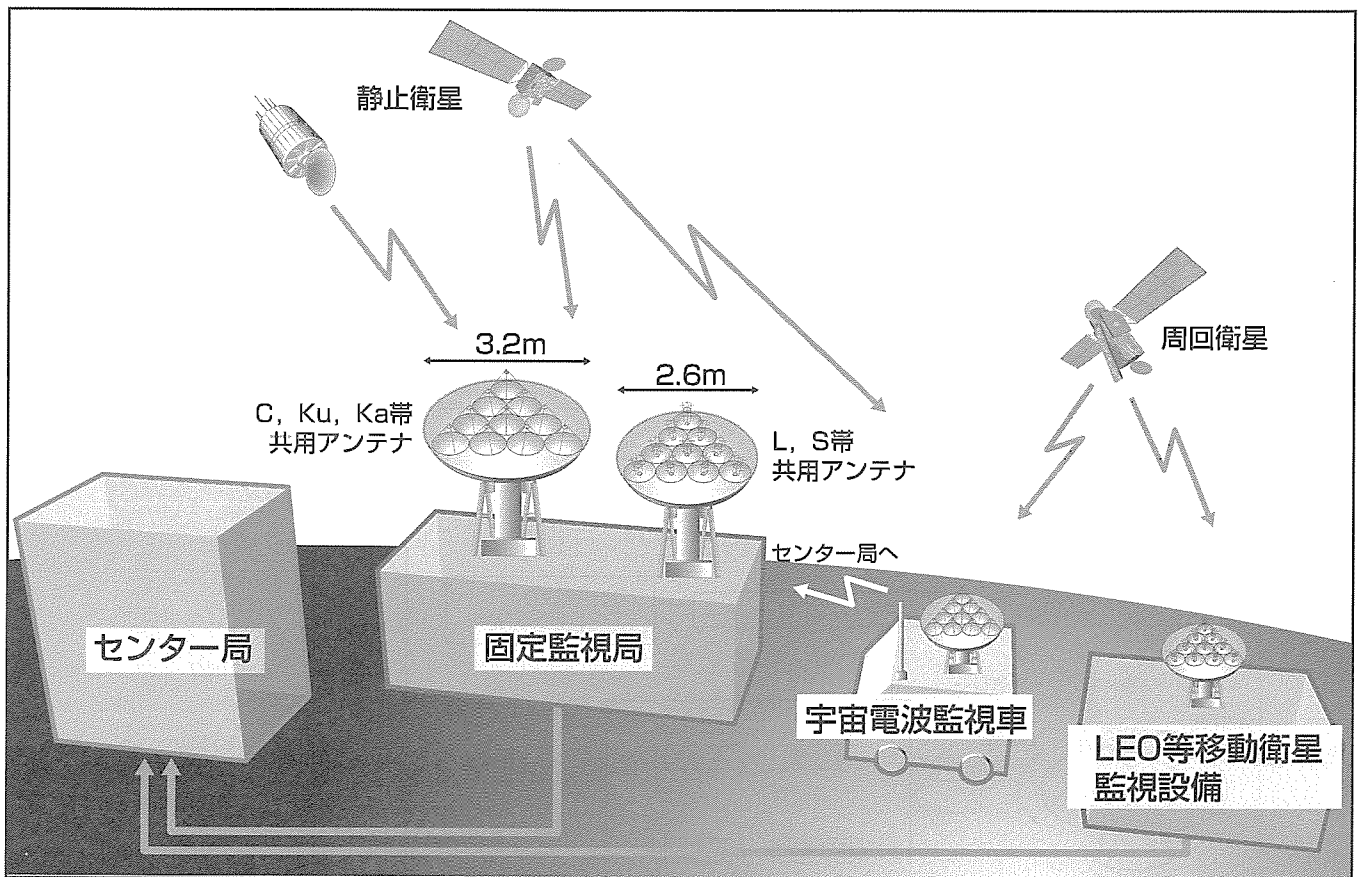
要 旨

電波利用の高度化やパーソナル化の一層の進展に対応して、近年、衛星通信の需要もますます増大する傾向にある。この結果、衛星の軌道と周波数も高密度化し、混信発生が危ぐ(惧)されている。このような混信の防止と周波数及び軌道位置の効率的な利用のため、現在、郵政省において、衛星の軌道、衛星から発射される電波の質などを監視する宇宙電波監視施設の整備が進められている。

このシステムでは、地上で観測される静止衛星を広帯域(L, S, C, Ku, Ka帯)にわたって高い精度で測角し、かつ、これらの衛星からの電波の質などを正確に測定する機能と性能が要求される。これを実現する一つの方法として

大きな開口径のアンテナを用いてモノパルス方式によって測角することも考えられるが、スーパーレゾリューション性能を持つ“固有値解析三次元測角アルゴリズム”及び“固有空間射影アルゴリズム”などの新しい技術を用いれば、従来難しいとされてきた課題を解決することができる。例えば、瞬時視野内に存在する複数衛星の高精度同時測角及び同時信号抽出などが実現できる。

ここでは、これらの技術を用いて得られる固定監視局の構成及びその特長について述べるとともに、主要要素技術である上記技術、及び広帯域化アンテナについて検討結果を紹介する。



宇宙電波監視システムの概念図

固定監視局、宇宙電波監視車及びLEO(Low Earth Orbit)等移動衛星監視設備のセンサ局で、静止衛星又は周回衛星の軌道、発射される電波の質などが測定される。これらのデータはセンター局に送られて、表示・記録が行われる。

1. ま え が き

近年、通信・放送などの多様化に対応して衛星通信の需要がますます増大し、衛星間又は衛星と地上局との間での混信が予想される。このような混信を未然にかつ迅速に排除するため、周波数及び軌道位置などを監視する宇宙電波監視施設の整備が、現在、郵政省において進められている。

最近、高分解能を実現するスーパーレゾリューション技術が脚光を浴び、既に方向探知及びスペクトラム推定などの分野で実用化されている。この種の技術及びこれに関連する技術を上記システムに応用することにより、従来難しいとされてきた課題を解決することができる。例えば、従来のモノパルス方式では、瞬時視野内の複数電波源の分離測角及びこれらの電波源による複数信号の同時抽出は難しく、単一電波源の場合でもスーパーレゾリューション方式と同一の測角精度を得るにはモノパルス方式のアンテナを極めて大きくしなければならないなどの問題があった。

本稿では、スーパーレゾリューション性能を持つ固有値解析三次元測角アルゴリズム、複数信号の同時抽出を可能にする固有空間射影アルゴリズム、及び広帯域化アンテナなどの技術を用いて実現される固定監視局の構成及び特長を述べるとともに、それぞれの要素技術について検討結果を示す。

2. システム構成

衛星からの電波は固定監視局、宇宙電波監視車又はLEO等移動衛星監視設備のセンサ局で受信され、衛星の方向及び電波の質などが測定された後、これらのデータは

センター局に送られて表示・記録などが行われる。図1に提案する固定監視局の構成例を示す。図において、L、S帯共用アンテナアレーは、38個の対数周期ダイポールアンテナ(水平偏波用19個、垂直偏波用19個)を1素子として、合計10素子で構成される。受信された信号は、素子対応に接続された受信機で増幅され、周波数変換された後、A/D変換されて信号処理装置に入力される。同様に、C、Ku、Ka帯共用アンテナアレーは、10個のカセグレンアンテナで構成される。受信された信号は、それぞれのカセグレンアンテナに接続された受信機で増幅され、周波数変換された後、A/D変換されて信号処理装置に入力される。

一方、L、S帯用又はC、Ku、Ka帯用の受信機の出力からDBF(Digital Beam Forming)によってマルチビームを形成してこれらのマルチビームをビーム合成器で合成した後、時間-周波数スペクトラム分析を行ってスペクトログラムを求める。得られたスペクトログラムによって周波数を検出して、この周波数に基づいて信号処理装置によって電波源のDOA(Direction of Arrival)、電力束密度、偏波面などを算出する。なお、DOAを求める際にL、S帯及びC、Ku、Ka帯共にグレーティングローブの影響によってフォールスDOAを算出することがあり、アレーアンテナ全体を同時に所定の方向に回転させてフォールスDOAを抑圧するアングルダイバシティ方式を用いる。

3. 特 長

次節に述べる要素技術などを用いて実現されるセンサ局の主な特長を以下に示す。

(1) 高精度三次元測角

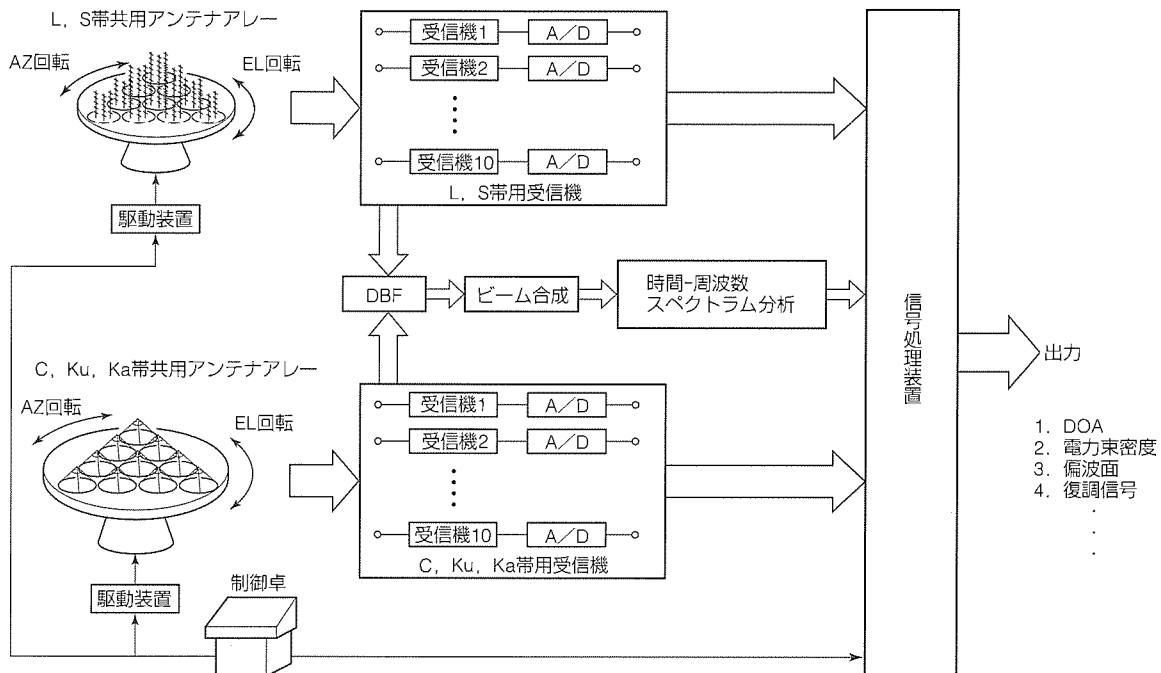


図1. 固定監視局の構成

小さなアンテナ開口にもかかわらず、衛星のアジマス及びエレベーションをスーパーレゾリューション性能を持つ固有値解析三次元測角アルゴリズムにより、同時にかつ高い精度でほぼ瞬時に測角することができる。

(2) 同一周波数の電波源の分離測角

瞬時視野内に同一周波数の複数の衛星が存在する場合でも、これらの衛星を、固有値解析三次元測角アルゴリズムにより、分離測角することができる。したがって、従来方式であるモノパルス方式やステップトラック方式では難しい複数衛星の同時測角が可能となる。なお、同種のアルゴリズムとしてMUSIC(Multiple Signal Classification)⁽¹⁾があるが、これに比べて固有値解析三次元測角アルゴリズムでは、より高い分解能を得ることができ、かつ演算量も大幅に削減することができる。

(3) 広い瞬時視野

固有値解析三次元測角アルゴリズムでは、小開口の複数の素子アンテナを用いて測角するため、瞬時視野は大開口のアンテナを用いた従来方式に比べて大幅に広がる。

(4) 複数電波の同時復調

瞬時視野内に同一周波数の複数の衛星が存在する場合でも、これらの衛星から放射された電波を固有空間射影アルゴリズム⁽²⁾により、混信することなく同時に分離抽出し復調することができる。

(5) 偏波面の識別

瞬時視野内の複数の衛星から放射される電波の偏波面を、偏波面識別アルゴリズムによって識別することができる。

(6) フォールス波源の抑圧

衛星からの微弱な電波を受信するために素子アンテナの開口を波長に比べて大きくする結果、グレーティングローブの影響によってフォールスDOAを算出することがある。このようなフォールスDOAをアングルダイバシティ方式によって抑圧する。

(7) 高感度スペクトログラム

DBFによって広い瞬時視野と高いアンテナ利得を両立させて、この瞬時視野内の衛星に対して時間-周波数スペクトラム分析を行う。

(8) 周波数共用アンテナ

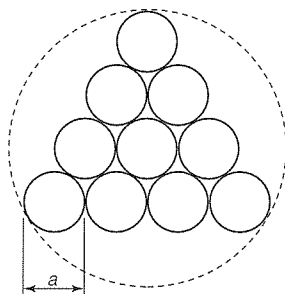


図2. 10個の素子アンテナによる正三角配列

L, S帯を共用する対数周期ダイポールアンテナ及びC, Ku, Ka帯を共用する周波数選択鏡面つき、カセグレンアンテナを用いて広帯域化を実現する。

4. 要素技術

4.1 固有値解析三次元測角アルゴリズム

このアルゴリズムは前章の(1), (2), (3)の特長を持つもので、このアルゴリズムの測角性能を、図2に示すアンテナを例としてシミュレーションによって検証する。すなわち、10個の素子アンテナを正三角形に配列した場合、周波数=1.525GHz, a=0.65m, 素子アンテナのCN比=-15~0dB, 第1電波源のAZ=0°, EL=0°, 第2電波源のAZ=7°, EL=0°, 各素子アンテナの3dBビーム幅内のアレーマニフォールド誤差(振幅)=1.6%(0.07dB), 及びアレーマニフォールド誤差(位相)=1.3°の条件の下で、モンテカルロシミュレーションによって得られたそれぞれの電波源の測角値の標準偏差を、図3及び図4に示す。ただし、試行回数は10である。同様に、周波数=17.7GHz, a=0.8m, 第1電波源のAZ=0°, EL=0°, 第2電波源のAZ=0.4°, EL=0°とし、その他の計算条件は上記の場合と同一としたとき

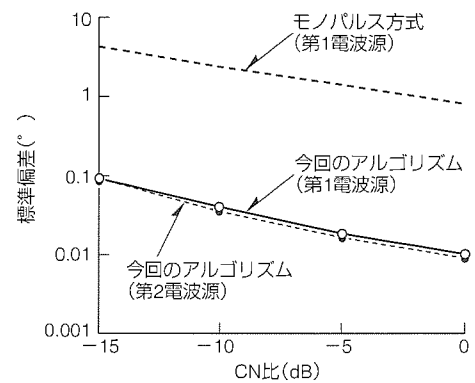


図3. 固有値解析三次元測角アルゴリズムとモノパルス方式の測角精度の比較 (1.525GHzにおける測角値(アジマス)の標準偏差)

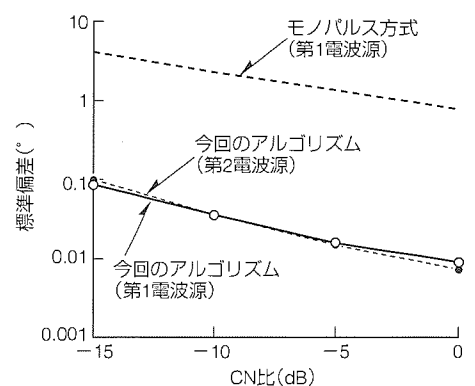


図4. 固有値解析三次元測角アルゴリズムとモノパルス方式の測角精度の比較 (1.525GHzにおける測角値(エレベーション)の標準偏差)

の、それぞれの電波源の測角値の標準偏差を図5及び図6に示す。ちなみに、図2の破線で示す開口径を用いて第1電波源のみをモノパルス方式によって測角するときの精度を図3～図6に破線で示す。これらの図から分かるように、固有値解析三次元測角アルゴリズムでは複数の電波源を分離測角することができ、モノパルス方式に比べて高い測角精度が得られることが分かる。なお、瞬時視野は一般にアンテナ開口径に反比例することから、例えば、図2に示すアンテナでは、このアルゴリズムによる瞬時視野(素子アンテナの3dBビーム幅)はモノパルス方式の瞬時視野(和ビームの3dBビーム幅)に比べて約4.5倍広くなる。

4.2 固有空間射影アルゴリズム

このアルゴリズムは、ある電波(例えば干渉波)のDOAにナルビームを形成する条件の下で、所望波のDOAにアンテナ利得を最大にするものである。その原理は、干渉波のモードベクトルからなる行列AとA*(*はエルミート共役を表す。)の積である半正定値行列AA*の零空間(固有値零に対応する固有空間)がAの列空間に直交することに基づいている。したがって、到来する複数の電波を同時に抽

出するには、それぞれの電波に対して同様のことを行って並列に処理すればよい。一例として、このアルゴリズムによって求めたアンテナ放射パターンのシミュレーション結果を図7及び図8に示す。ただし、アンテナ構成は図2に表すものと同一とし、 $a=0.65\text{m}$ 、周波数=1.525GHzに設定するとともに、 $AZ_1=3^\circ$ 、 $EL_1=3^\circ$ 、及び $AZ_2=2^\circ$ 、 $EL_2=1^\circ$ の方向にナルビームを形成する条件の下で、 $AZ_3=0.5^\circ$ 、 $EL_3=0.5^\circ$ の方向にアンテナ利得を最大としている。これらの図から設定どおりにビームが形成されていることが分かる。

4.3 広帯域化アンテナ

L, S帯では、素子アンテナが小さいため開口面アンテナを用いることが難しく、図9に示す広帯域特性を持つ対数周期ダイポールアンテナをアレーにして使用している。また、C, Ku, Ka帯では、損失が低く、かつ製造が容易な開口面アンテナを用いることができ、周波数選択鏡面(Frequency Selective Reflector: FSR)を用いることで、図10に示すように、C, Ku帯はパラボラアンテナ、Ka帯

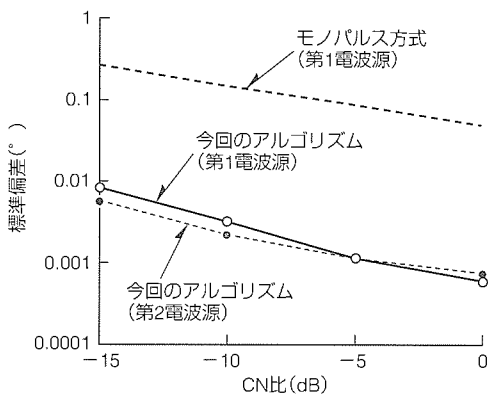


図5. 固有値解析三次元測角アルゴリズムとモノパルス方式の測角精度の比較 (17.7GHzにおける測角値(アジマス)の標準偏差)

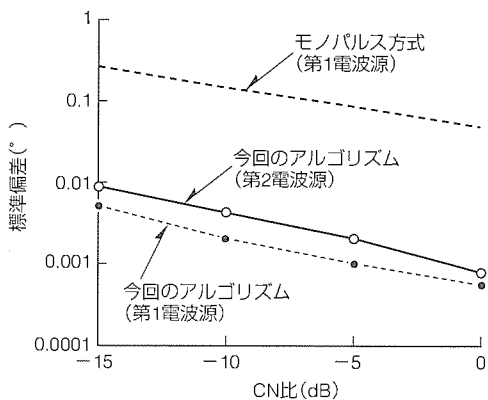


図6. 固有値解析三次元測角アルゴリズムとモノパルス方式の測角精度の比較 (17.7GHzにおける測角値(エレベーション)の標準偏差)

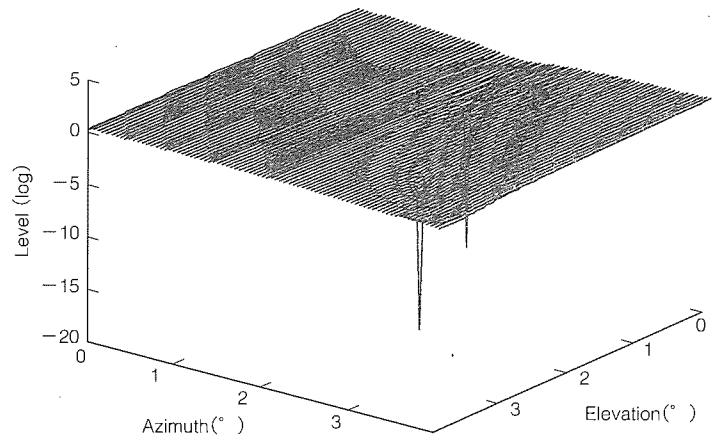


図7. 固有空間射影アルゴリズムによるナルビーム形成例 (三次元表示)

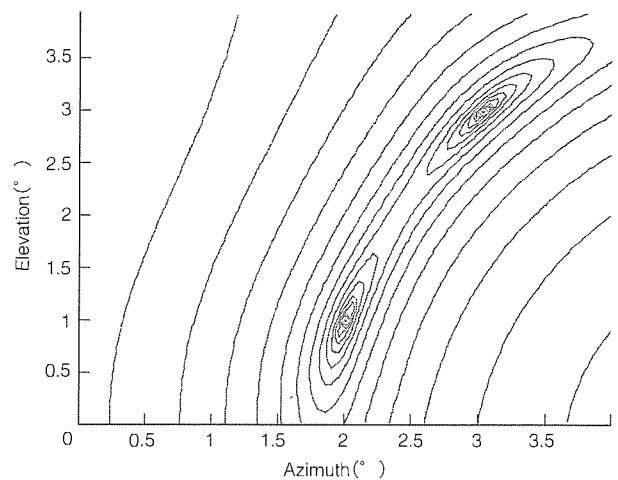


図8. 固有空間射影アルゴリズムによるナルビーム形成例 (コンタマップ表示)

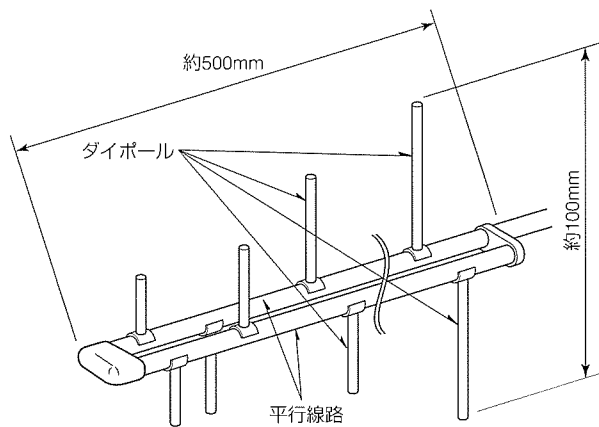


図9. L, S帯共用対数周期ダイポールアンテナの概観図

はカセグレンアンテナとする構成によって一次放射器の単純化を図っている。ちなみに、前者のアンテナでは、1.525GHzと2.17GHzにおいてそれぞれ20dBiと23dBi、後者のアンテナでは、3.4GHz, 10.95GHz, 17.7GHzにおいてそれぞれ24dBi, 34dBi, 38dBiのアンテナ利得が得られる。

5. むすび

スーパーレゾリューション技術に代表される最近の新しい技術を用いることによって、今まで難しいとされてきた課題の幾つかを解決することができる。ここでは、宇宙電波監視システムにこれらの技術を応用して得られる特長を

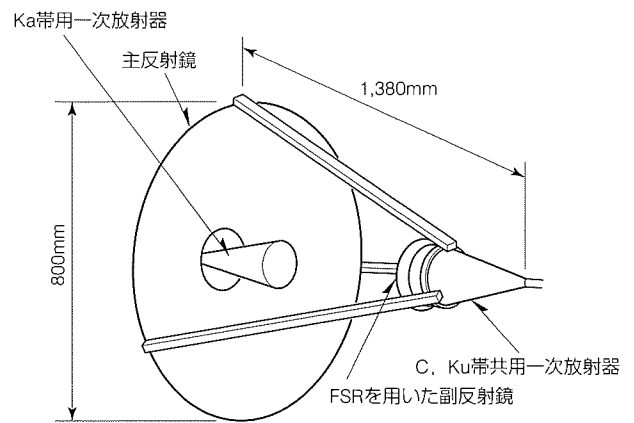


図10. C, Ku, Ka帯共用カセグレンアンテナの概観図

示すとともに、それぞれの技術について検討結果を紹介した。今後、実証試験によって性能評価を行う予定である。

参考文献

- (1) Schmidt, R.O. : Multiple Emitter Location and Signal Parameter Estimation, IEEE Trans. on AP, AP-34, No.3, 276~280 (1986)
- (2) 大橋由昌, 比嘉盛雄, 松井千明, 瀬尾武志, 柳沢 基, 立木正昭 : 任意配列のアンテナによるナルビーム形成法の検討, 信学'96春大, B-142 (1996)

超高精細画像ステーション

スポットライト

“SD-2000”

医療・美術・印刷などの分野で、将来の銀塩フィルムと同等以上の品質を持つ極めて高品位なデジタル画像の需要が増えてきています。

三菱電機の超高精細画像ステーション“SD-2000”は、HDTVを超える解像度2,048画素×2,048画素、階調RGB各8ビットの静止画像を表示する装置で、専用CRTディスプレイ上に35mmフィルムとほぼ同等な品質の画像を再現可能です。

1. 特長

● 超高解像度表示

解像度2,048画素×2,048画素、階調RGB各8ビット(上位機種SD-2100はRGB各10ビット対応)の画像を、毎秒60フレームノンインタレースで表示可能です。

● 特殊効果表示処理

専用LSIの開発により、ワイプ、ディゾルブ、フェード、スクロール等の表示効果をハードウェア処理することにより、毎秒60フレーム更新が可能となり、極めて滑らかに表示されます。

● 画像伝送機能

LAN-I/F(100BASE-T, ATM等)により、超高精細静止画像を遠隔地に伝送可能です。また、当社のTV会議システムと組み合わせることにより、超高精細静止画会議システムの構築が可能です。

● データベース化

各種素材をデジタル化してデータベースに蓄積することにより、ネットワークを介して遠隔地からアクセスが可能となります。

2. アプリケーション

● 遠隔医療診断支援システム

X線フィルムや病理標本の画像をデジタル化してこの装置で伝送することにより、遠隔地での画像診断支援が可能です。

● 美術館・博物館

従来展示スペース等の問題で倉庫に眠っていた収蔵品をデジタル化してデータベースに蓄積することにより、この装置で鑑賞が可能になります。複数の博物館をネットワークで結ぶことにより、収蔵コンテンツの相互利用も可能となります。また、美しい再現性と豊富な表示効果機能を駆使して、臨場感のあるデモが可能です。

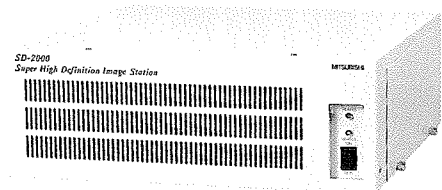
SD-2000は、日本電信電話株により、横浜美術館やニューヨークホイットニー美術館に導入されております。

● 印刷分野

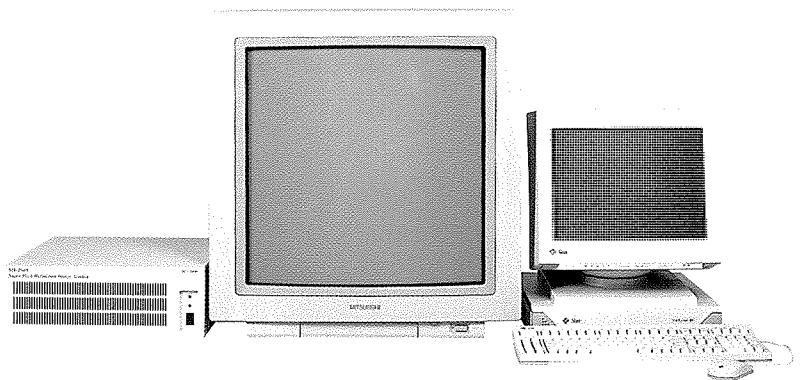
正確な色再現性により、CRT上での印刷物のサンプル確認に利用可能です。画像データを伝送することにより、遠隔地での確認も容易です。

SD-2000の主要諸元

項目	仕様
ビデオ出力	出力レベル RGB : 0.714V _{pp} 50Ω HD, VD : TTL負極性 75Ω
	解像度 画素数 : 2,048×2,048 階調 : RGB各8ビット (SD-2000) RGB各10ビット (SD-2100)
	リフレッシュレート 毎秒60フレーム ノンインタレース
蓄積メモリ	最大30フレーム (2K×2Kサイズ)
画像サイズ	2,048画素×2,048画素 又は 2,048画素×4,096画素
表示機能	ワイプ(40パターン) フェードイン/アウト ディゾルブ ズーム(×1~×16) スクロール カーソルポインタ表示
制御端末	UNIX Workstation (solaris2.5) 又は Windows NT PC (NT4.0)
電源	AC100/220V 50/60Hz
本体寸法/質量	(W)455×(H)150×(D)455(mm) 約20kg



超高精細画像ステーションSD-2000本体



超高精細画像システム



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話 (03) 3218-9192(ダイヤルイン)

画像の符号化伝送装置

(特許第2100607号, 特公平8-28872号)

発明者 浅井光太郎, 村上篤道

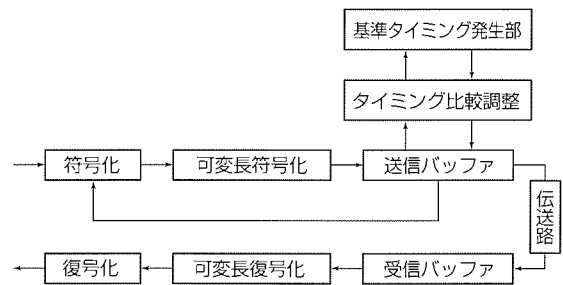
この発明は、国際標準H.261やMPEGなどの画像信号を符号化して伝送することを実現するために必ず(須)の技術であり、エンコーダ側で画像信号を可変長符号によって圧縮符号化した後に一定の速度で伝送し、デコーダ側では受け取った符号語系列を有限容量のバッファに一時蓄積した後に復号を行う系において、デコーダ側のバッファがあふれないように制御する方法に関するものである。

従来の画像符号化伝送では、デコーダ側のバッファをオーバーフローさせないためには復号動作スピードを極力速くしたりバッファ容量を大きくすることが必要となるので装置が大きくなり、それに伴い、遅延時間も大きくなっていった。

この発明は、従来の問題点を改善するためになされたもので、デコーダ側のバッファをオーバーフローさせない条件を明らかにし、エンコーダ側で制御するようにしたものである。そのことにより、デコーダ側のバッファ容量設計やエンコーダ側の制御に明確な規定を与えることが可能となった。すなわち、デコーダ側のバッファの大容量化や復

号動作の高速化が必ずしも必要でなくなり、装置が安価にでき、動作の安定性も保証され、伝送効率の低下も防止できる。

また、この発明は、テレビ電話やテレビ会議等のマルチメディア通信やデジタル放送などのマルチメディア情報社会を実現する基盤技術のITU-T勧告H.261やMPEG標準の必須技術であるため、国際的に広く活用されるものである。MPEG2特許のライセンス会社MPEG-LAにより、この発明の日本特許及び対応米国特許がMPEG必須技術の一つとして認定されている。



符号化装置および復号化装置

(特許第2128624号, 特公平8-28875号)

発明者 村上篤道, 加藤嘉明, 大平英雄

この発明は、デジタル信号を符号化し、情報量を圧縮する量子化器に関するものである。

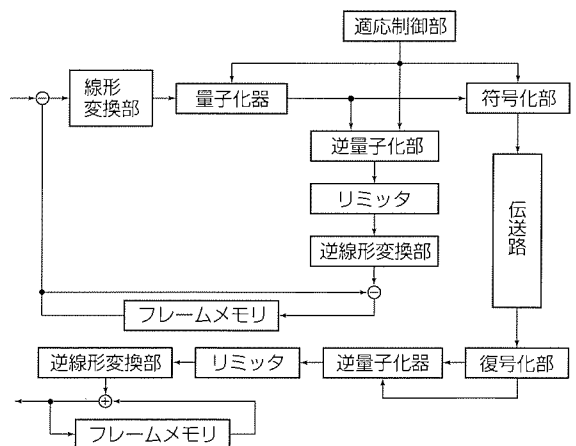
従来の適量量子化符号化復号化器では、量子化ステップサイズを変化させたとき、量子化代表値が量子化器へのダイナミックレンジすなわち許容範囲を超えてしまうことがあり、送信側又は受信側の逆量子化器から出力される値が入力許容範囲を超えてしまうことによって動作が破たん(綻)することがあった。

この発明は、従来の問題点を改善するためになされたもので、量子化代表値があらかじめ定められた許容範囲を超える場合には、制御手段により、あらかじめ定められた許容範囲内になるように制御して出力するようにしたものである。

この発明により、量子化レベル信号と量子化ステップサイズに基づいて求められる量子化代表値があらかじめ定められた許容範囲を超える場合でも、制御手段で許容範囲内となるよう制御されるので、入力範囲外の値が逆線形手段に入力されることが防止でき、動作の破綻が起きないとい

う効果がある。

さらに、この発明は、ITU-T勧告H.261やMPEG標準の必ず(須)技術であるため、国際的に広く活用されるものである。MPEG2特許のライセンス会社MPEG-LAにより、この発明の日本特許及び対応米国特許がMPEG必須技術の一つとして認定されている。





特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話 (03) 3218-9192(ダイヤルイン)

マルチメディアデータ伝送方式 (特許第1905105号, 特公平6-24341号)

発明者 村上篤道, 上澤 功

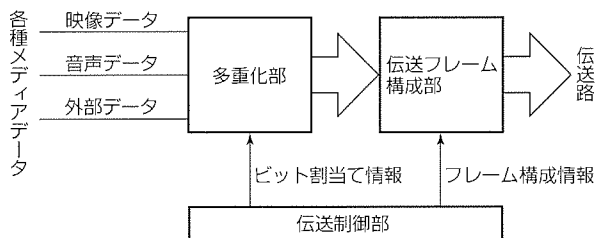
この発明は、映像や音声、データなどを1本のデジタル回線に多重化して相互通信を可能にするマルチメディア伝送方式に関するものである。

従来の時分割多重化方式では、8ビットを単位とするタイムスロットごとに各種メディア情報を通信開始時に割り付け、伝送フレーム同期を確保するためのフレーム同期ビットを常時伝送フレーム中に設けていたため、伝送効率が悪く、多重化構成も通信中に変更できなかった。

この発明は、従来の問題点を改善するためになされたもので、8kHzを周期とする簡易な伝送フレームを構成し、伝送フレーム中に設けたビット割当て情報を用いて伝送フレーム内のビットごとに多重化する各種メディア情報の割付けを行うもので、①各種メディア情報の適応的な帯域割当てが可能、②複数のメディア情報を同期伝送するフレーム構成、③相互の通信モードを切換え可能とするなどの特長を持ち、伝送効率が高く、多重化構成を柔軟に変更でき

る多重化方式である。

この発明は、デジタルISDN回線の普及とともに市場が広がりつつあるテレビ電話やテレビ会議に代表されるマルチメディア通信を実現する基盤技術であり、1990年に国際標準化されたテレビ電話・テレビ会議システム勧告の多重化伝送方式として採用され、日本を始め世界でも広く活用されるものである。さらに会議用途以外にも、道路やトンネル内などの遠隔監視や遠隔教育・遠隔医療分野への幅広い応用がなされている。



<次号予定> 三菱電機技報 Vol.72 No. 9 特集“デジタルイメージング技術”

特集論文

- デジタルイメージング技術への期待
- デジタルイメージング——その現状と展望
- 人工網膜チップ
- 三次元グラフィックス技術と3Dチップセットへの応用
- 超薄型デジタルスチールカメラ
- 熱転写プリンタのデジタル処理技術
- 書換え可能型DVDシステム
- 120Mバイト FDDの薄型化技術

- LANファクシミリ“FA-9570”
- 画像・地図統合型都市景観表現システム
- 仮想三次元空間表示技術を応用した昇降機バーチャルモダニゼーション
- 自発光型ディスプレイの高画質化技術
- ソフトコピー表示における2値画像の多値化縮小処理
- カラ・マッチング技術とその応用
- 多値ロスレス符号化標準と当社技術の採用
- グラフィカルユーザーインターフェースに対する視点

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 鈴木 新</p> <p>委員 永田 譲 蔵 河内 浩 明</p> <p>宇治 資 正 永 峰 隆</p> <p>植木 恵 介 内 藤 明 彦</p> <p>奥山 雅 和 石 川 孝 治</p> <p>小林 保 雄 前 田 信 吾</p> <p>畑谷 正 雄 才 田 敏 和</p> <p>野沢 俊 治 猪 熊 章</p> <p>井上 誠 也</p> <p>幹事 鈴木 隆 二</p> <p>8月号特集担当 村上 篤 道</p>	<p>三菱電機技報 72巻 8号 1998年 8月22日 印刷</p> <p>(無断転載・複製を禁ず) 1998年 8月25日 発行</p>
	<p>編 集 人 鈴木 新</p> <p>発 行 人 鈴木 隆 二</p> <p>発 行 所 三菱電機エンジニアリング株式会社</p> <p>ドキュメント事業部</p> <p>〒105-0004</p> <p>東京都港区新橋六丁目4番地9号 北海ビル新橋</p> <p>電話 (03) 3437局2692</p> <p>印 刷 所 菱電印刷株式会社</p> <p>発 売 元 株式会社 オーム社</p> <p>〒101-0054</p> <p>東京都千代田区神田錦町三丁目1番地</p> <p>電話 (03) 3233局0641</p> <p>定 価 1部735円(本体700円) 送料別</p>
<p>お問い合わせ先 gih@hon.melco.co.jp</p>	

スポットライト デジタル放送システム

デジタル放送は、映像・音声のMPEG-2(Moving Picture Experts Group Phase2)標準化を契機に急速に進んでいます。我が国でも、通信衛星(Communication Satellite:CS)によるデジタル放送に引き続き、放送衛星(Broadcasting Satellite:BS)、地上波、ケーブルによるデジタル放送が2000年初頭開始を目指して進められています。

三菱電機では、デジタル放送局用関連機器として、ニュース素材の衛星による集配信(Satellite News Gathering:SNG)システム、日・米・欧の各方式に対応したデジタル放送局システム、受信側関連機器としてデジタル受信端末及び関連する家庭内情報ネットワーク、そして送・受信機のキーパーツであるLSIなどの開発と製品化に取り組んでいます。

デジタル放送について、放送素材の集配信システムと放送局システムの例を説明します。

●集配信システム

放送素材集配信システムのキーコンポーネントであるSNGコーデック製品として、480I映像フォーマット対応MPEG-2準拠の小型・低遅延処理を実現した“VX-3000”、MPEG-2準拠4:2:2プロファイルで放送素材分配用高画質を実現した“VX-3000M”があります。また、順次走査

の“VX-3000P”は、チラツキのない高品質映像の符号化伝送を実現しています。さらに、HDTV(High Definition TV)映像対応のMPEG-2準拠“MH-2000”ビデオコーデックがあり、ハイビジョン映像の素材伝送等に用いられています。

●放送局システム

デジタル放送コーデックは、HDTV用として“MH-1100”、SDTV(Standard Definition TV)用として“BC-1100”があり、いずれも映画素材のフィルムモードに対応しています。マルチプログラム多重化装置“TM-1100”は、複数SDTVの効率的な多重化、電子番組案内、データ放送などに対応しています。

●NAB'97, NAB'98における実演展示

NAB(National Association of Broadcasters)'97では、ATSC(Advanced Television Systems Committee)主催DTV(Digital TV)伝送デモにおいて、三菱電機製HDTVコーデックを使用し、高品質HDTV映像と音声によるデジタル放送を実演して実運用の可能性を実証しました。NAB'98では、CBS/KLAS局に設置されたMH-1100エンコーダから送信される長野五輪記録映像が、展示会場各社の受信機で受信・表示され、HDTV放送を現実のものとなりました。



NAB'98三菱電機ブース実演展示風景