

山口 晋
S. Yamaguchi

嵩 比呂志
H. Suu

桜井 優
M. Sakurai

M.ツインバーグ
M. Tsinberg

1994年11月にMPEG2 (Moving Picture Experts Group 2) 動画圧縮方式の国際標準化がなされ、動画の圧縮は実用化のフェーズを迎えつつある。今後のマルチメディア産業においては、MPEG2がその技術的“コア”となり、中心的役割を果たすものとされている。当社はMPEG2標準化に早い時期から参画し、圧縮方式の検討、提案に積極的に貢献するとともに、標準化と並行してデコーダLSIおよびエンコーダの開発を進め、いち早くその中心的な規格であるMP@ML (メインプロファイル・メインレベル) を最大限活用した高画質用途のエンコーダを開発した。ここでは、ADI (Advanced-I) 計画の一環として開発が行われたコア部分である“MPEG2ビデオエンコーダ”と、“エンコーダ応用システム”の例としてDVD-VIDEOエンコーダシステムおよび高画質汎(はん)用型エンコーダシステムを紹介する。

International standardization of the Moving Picture Experts Group 2 (MPEG2) moving picture compression format was completed in November 1994, and moving picture compression technology has entered the era of practicality. From now on, it is considered that MPEG2 will become the core of such technology and that it will play a leading role in the multimedia industry.

We have been participating in the group activities for MPEG2 standardization from an early stage, contributing active investigations and proposals and advancing the development of the MPEG2 decoder LSI and encoder. As a result, we realized a high-picture-quality encoder with MP@ML (main profile-main level), which is the main part of the standard, at an early time.

This paper introduces the MPEG2 encoder and its application systems, which were developed with the Advanced-I program.

1 まえがき

動画の情報は音声などに比べれば格段に大きく、近年のマルチメディア化の中でもっとも扱いが難しいものであった。デジタル化された動画は、そのままでは現行テレビでも1秒間に20Mバイトもの情報を必要とするため、記憶、伝送などリアルタイムで扱うことが困難なためである。

しかし、1994年11月にMPEG2という動画圧縮方式の国際標準化が行われ、いよいよ実用化のフェーズを迎えることとなった。MPEG2規格は高画質、高解像度な動画を現行テレビからHDTV (High Definition TV) までカバーする汎用圧縮方式として成り立っており、さきに標準化がなされたビデオCDをターゲットとしたMPEG1も包含していることから、今後一般的に普及すると予想される。

当社はMPEG2標準化に早い時期から参画し、圧縮方式の検討、提案に積極的に貢献するとともに、標準化とコンカレントにデコーダLSIの開発、エンコーダの開発を進めてきた。特に、エンコーダは動画を圧縮するために用いられるもので、リアルタイム動作が要求される。ソフトウェアによる方

法では最高性能のスーパーコンピュータを用いても1秒間の動画を圧縮するのに10秒程度を必要とするため、応用分野や圧縮ソフトウェアの生産性などで制約が多く、動画圧縮技術を実用に供するまでには至らないからである。またMPEG2の規格は、さまざまなエンコーディング用途に対応できるように圧縮側にはきわめて自由度の高い規格になっているため、エンコーダによって得られる画質は大幅に異なってくる。

当社はMPEG2の中心的な規格であるMP@MLを最大限活用した最高性能を発揮する高画質用途のエンコーダ⁽¹⁾を開発した。以下、このエンコーダの特長、および応用システム例を紹介する。

2 MPEG2 ビデオエンコーダ

このエンコーダの特長は、DVD (デジタルバーサタイルディスク) などの応用でもっとも性能が発揮できるよう、2パスの変レート符号化⁽²⁾が可能な構成をとっていることである。動画のDVD記録では、限られたディスク容量の中で最高画質を得るために、変レート符号化を用いて圧縮するのが効

果的であることが知られている。

一般に圧縮方法には、圧縮率を一定に保つ固定レート符号化と圧縮率を可変にする可変レート符号化の二つのモードがある。固定レート符号化は放送や通信のように、伝送路の通信容量に制約がある場合に適したモードである。可変レート符号化は記憶媒体の全体容量に制約のある場合に適したモードである。

動画を圧縮しようとする際、通常は圧縮が難しいシーンと圧縮が容易なシーンの2種類が存在し、圧縮が難しいシーンでは画質を保つためにより多くの情報を必要とする。可変レート符号化では、この情報の割当て方法に高い自由度が許されている。しかし、完全に画質一定の基準を用いるとディスクの総容量を超える可能性が出てくるため、これを保証するくふうが必要となる。幸いにして、DVD 応用では圧縮すべきソースはすでにでき上がっており、これから入力される画像がいかなるものかをあらかじめ知ることができる。

このエンコーダは、1パス目では入力されるソース全体をすべて解析し、どの時刻の画像がどれだけ難しいシーンであったかなどの画像に関する統計量をあらかじめ記録にとっておく。これを基にディスクの総容量一定の条件のもとに、シーンごとに割り当てるべき情報を算出し、2パス目で割り当て情報に従って実際の圧縮を行う。したがって、このエンコーダでは入力された動画像の統計量を解析し保存するモードと外部から設定された条件で圧縮を行うモードの2種類をもつアーキテクチャとなっており、これが大きな特長である。構成は圧縮を行うハードウェア部とこれをコントロールする制御用ワークステーションから成る。図1にこのエンコーダの外観を示す。

このエンコーダの性能的な特長は、広い動きベクトル探索範囲があり、動きの激しい画像でも画質劣化が少ないことである。動きベクトル探索には数百 GOPS (Giga Operation Per Second) 規模のばくだいな演算を必要とするが、MPEG2 の

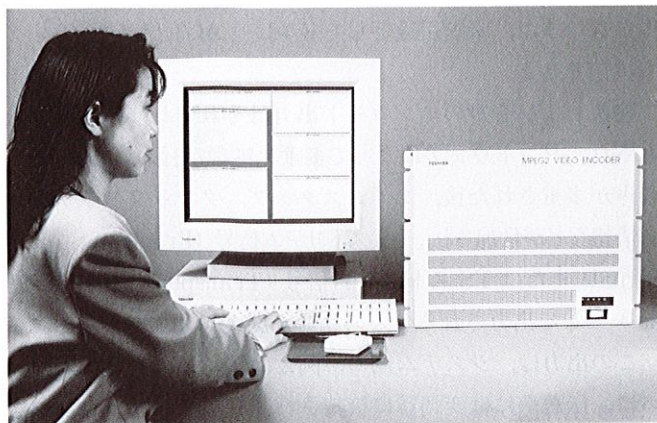


図1. MPEG2 エンコーダの外観 制御用ワークステーション (左側) と動画圧縮処理用ハードウェア (右側) で構成される。

External view of MPEG2 encoder

表1. MPEG2 エンコーダ主要諸元
Specifications of MPEG2 encoder

項目	仕様
符号化方式	ISO/IEC MPEG2 MP@ML 準拠
入出力画像	デジタル: DI (ITU-R Rec. 601 準拠)
フォーマット	アナログ: RGB, YPrPb
符号化画素サイズ	NTSC: 最大 720×480 PAL: 最大 720×576
符号化レート	最大 15 Mbps (任意の設定可能)
レート制御方式	固定および可変レート制御方式
予測方式	フレーム/フィールド/Dual-Prime 適応予測
動きベクトル	
探索方式	テレスコピックサーチ
探索範囲	インタレース 水平 -48.5~+46.5 画素/フレーム 垂直 -32.5~+28.5 画素/フレーム ノンインタレース 水平 -44.5~+43.5 画素/フレーム 垂直 -28.5~+27.5 画素/フレーム
GOP 構造	I-Picture 周期(N): 無制限 P-Picture 周期(M): 1~3
量子化マトリックス	外部設定可
前処理	3:2 プルダウン自動検出 プリフィルタ, ノイズリデューサ

GOP: Group Of Picture

ストモデルに用いている方式に比べ1/4の演算で同等の性能が得られる方式⁽³⁾を新たに開発し、ハードウェア部規模の削減を果たした。このエンコーダの主要諸元を表1に示す。

3 応用システム開発

3.1 DVD-VIDEO エンコーダシステム

ここでは、DVD-VIDEO ディスクを制作するためのエンコーダシステムについて述べる。DVD 規格では5 G バイトのディスクに135分のMPEG2映像、8チャンネルのドルビー AC3 音声、およびマルチ副映像(字幕)が記録される。映像に割り当てられるデータレートは平均4 M ビット/秒となるが、テレビ信号をこの程度までに圧縮すると、映像の内容によっては良好な画質を確保するのが難しい場合がある。映画が主なソースとなるDVD-VIDEO ディスクでは、制作に時間がかかることはある程度許容されるので、ここでは前記の2パス可変レート符号化と、さらにオペレータが手動で画質改善を行うマニュアルエディティング機能を採用している。

マニュアルエディティング機能では、エンコード後の映像を見ながら、時間方向あるいは画像領域に応じた符号の再配分をオペレータが手動で行う。すなわち、ある一定時間のシーンにより多くの符号を与えたり、画面の一部(例えば俳優の顔など)に多くの符号を与える修正を、圧縮後のビットストリームに対して行うことができるものである。画像の劣化は、ひずみの計算量と人間の主観評価は必ずしも一致しないため、高画質が要求され、かつ製盤枚数の多いタイトルに対しては有効な機能となることが期待される。なお、これらの機能はコンソール上でGUI (Graphical User Interface) によって実行される。

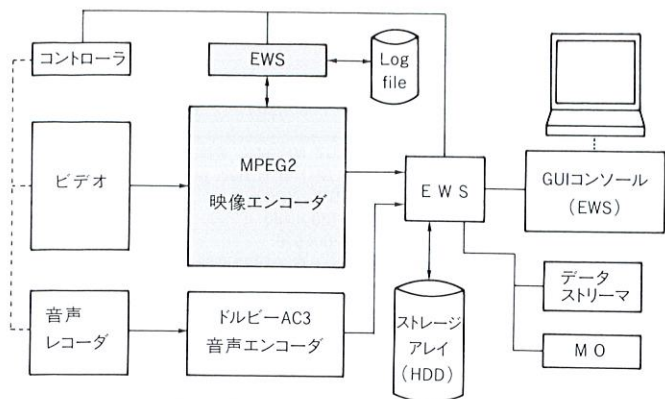


図2. DVD-VIDEO エンコーダシステムの構成 MPEG2 エンコーダ、ドルビー AC3 音声エンコーダ、制御ワークステーション、およびハードディスクアレイにより構成される。

Configuration of DVD-VIDEO encoding system

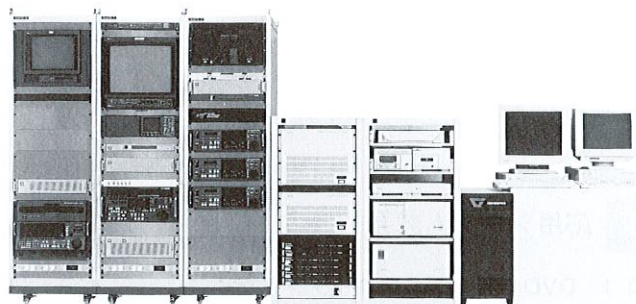


図3. DVD-VIDEO エンコーダシステム全体の外観 スタジオ機器 (左3ラック)、DVD-VIDEO エンコーダ (中央2ラック)、制御コンソール (右卓) により構成される。

External view of DVD-VIDEO encoding system

図2にDVD-VIDEO エンコーダシステムの構成、図3にスタジオ装置を含めた外観を示す。

主な構成要素としては、MPEG2 映像エンコーダ、ドルビー AC3 音声エンコーダ、データ蓄積用ハードディスクアレイ (HDD)、および制御用ワークステーション (EWS) 群があげられる。

映像信号はデジタルビデオから標準デジタルコンポーネントテレビ信号として入力される。映画ソースはテレビシネによってテレビ信号に変換されているが、この場合、アスペクト比は4:3か16:9、走査線は525/60か625/50の選択肢がある。なお、映画は24フレーム/秒なので、テレビシネで30フレーム/秒への変換が行われるが、MPEG2 エンコーダ内では、この逆変換 (3:2プルダウンと呼ばれる) が行われ、いったん24フレーム/秒の信号に戻してからエンコーディングが行われている。

音声信号はビデオの音声トラック、あるいはDAT (Digital

Audio Taperecorder) などに標準デジタル信号 (48 kHz サンプルング) の形で収録されている。この装置では4チャンネルの同時エンコーディングが可能となっている。字幕・副映像データは映像、音声とは独立にビットマップデータとして制作される。それらのデータはMO (光磁気ディスク) などのデータ媒体を介してエンコーダにオフラインで入力される。

映像・音声・字幕データは共通のタイムコードによって管理されており、それぞれのデータはいったんハードディスクに蓄積された後、DVD 論理フォーマットに従って多重化される。多重化されたデータはデータストリーマなどのテープ媒体によって、製盤 (マスタリング) 工程へ送られる。

この装置は、米国TWE (Time Warner Entertainment) 社のスタジオであるCVC (California Video Center) 社に2台納入され、現在試験稼動中であるが、その画質の良さに対しては高い評価を受けている。

なお、この開発のうち、マニュアルエディティングおよびGUI・システムコントロールのソフトウェアは米国プリンストンの東芝ATVテクノロジーセンターとの共同開発によって行われた。

3.2 高画質汎用型エンコーダシステム

前記のDVDなどのパッケージ用途と比較して、通信や放送など伝送用途においては、それぞれの目的用途によって要求される画像品質は異なり、また伝送回線の規格特性にも差異がある。この広い要求にこたえるため、初期の製品ステップとして、まず業務用の比較的画質用途から、放送など高画質が求められる用途まで広い範囲をパラメータをカバーできる汎用エンコーダシステムを開発した。これは、比較的立上りが早いと期待されている放送や業務用途をターゲットとし、一方、今後実用化段階を迎える各分野でMPEG2の最高画質限界まで広くサーチを行い、応用フィジビリティを実験検証することにも供せられる。

装置の構成は、前記の映像エンコーダ本体と音声およびデータの多重化のため付属されるワークステーションとで構成されている。音声は、MPEG1 レイヤ2の音声エンコーダが装備され、また、米国用途としてドルビー AC3 音声エンコーダも接続できる。

映像および音声のエンコード出力はそれぞれ多重化部へ入力され、ソフトウェアによって多重化処理が行われる。映像、音声が多重された後、タイムスタンプ、クロックリファレンス情報などが付加され、PSストリーム信号 (Program Stream Signal) またはTSストリーム信号 (Transport Stream Signal) として出力される。この系統を図4に示す⁽⁴⁾。

この出力は、システム側の、例えば蓄積系にはビデオサーバに、伝送系には変調器に接続され、アプリケーションが実現される。この場合多重化部のソフトウェアに多少の変更を加えることによりエンコーダシステムとして各種多様な応用システムに対応することが可能となる。

4 あとがき

当社が世界に先駆けて開発した、MPEG2リアルタイムエンコーダについて紹介した。応用商品としては現在すでに、前記DVD-VIDEOエンコーダ(TWE社)や各種マルチメディア通信実験(郵政省“関西学研都市パイロットモデル事業⁽³⁾”ほか)に納入されている。MPEG2の関連製品市場は今後急速に立ち上がることが予想され、今回の開発で幅広く対応していきたい。また、エンコーダのLSIチップ商品がメーカー数社からすでに発売されているが、現状のデバイスの処理速度と今後の技術予測から、最終的に期待される画質で製品に組み込める段階までにはまだ時間を要するものと思われる。当社は、MPEG2の特長である高画質を発揮しつつ、かつパソコンや家庭用のカメラ、記録装置にも組み込める小型化本格商品をターゲットに現在アプローチを進めている。

文 献

- (1) 山影朋夫, 他: MPEG2 MP@ML 準拠ビデオエンコーダシステム構成一, 1995年電子情報通信学会総合大会D-342, p.68 (1995)
- (2) 古藤晋一郎, 他: MPEG2 MP@ML 準拠ビデオエンコーダ-2パス可変レート符号化-, 1995年電子情報通信学会総合大会D-344, p.70 (1995)
- (3) 上谷義治, 他: MPEG2 MP@ML 準拠ビデオエンコーダ-動きベクトル検出-, 1995年電子情報通信学会総合大会D-343, p.69 (1995)
- (4) 佐々木信之, 他: MPEG2エンコーダの開発, 放送技術1995, 4, pp.164-168 (1995)

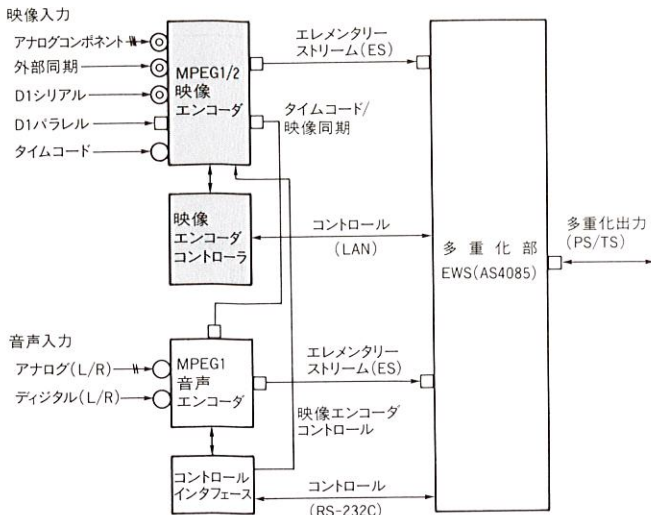


図4. MPEG2高画質汎用型エンコーダシステムの構成 映像エンコーダ、音声エンコーダ(左側)および多重化部(右側)が主な構成である。
Configuration of high-quality, general-purpose MPEG2 encoding system

なお、上記多重化部やシステムインタフェースは現在ワークステーションを用いて実現しているが、近い将来すべてエンコーダ本体部に内蔵される予定である。

3.3 各種MPEG2応用システム

そのほかにも今後各方面で種々のアプリケーションが考えられ、いずれも現在開発を進行中であるが、その代表的な例について以下に述べる。

3.3.1 デジタル伝送および放送 衛星、地上およびCATVによるデジタル伝送方式が挙げられる。いずれも従来の周波数占有帯域で数倍のチャンネル数が伝送可能となる。伝送回線により伝送符号化方式が異なり、それぞれQPSK(4相位相変調)、COFDM(符号化直交周波数分割多重)、64QAM(直交振幅変調)の変調方式が主流となる見通し。放送送信以外に中継伝送のためのSNG(Satellite News Gathering)、FPU(Field Pickup Unit)でも使用される。

3.3.2 マルチメディアデータベース 企業、自治体、教育機関などのMPEG2圧縮映像を使用したビデオサーバによる双方向高度情報サービスシステム。テレビ放送局やマルチメディアプロダクションなど、コンテンツの編集・加工分野でも使用される。

3.3.3 地上回線による映像・音声・データ伝送システム 上記のデータベースやテレビ会議、プラント監視テレビなどの画像および関連情報を、高速LANからB-ISDN(広帯域ISDN)などを経由し遠隔地へ送る高画質動画画像伝送システム。



山口 晋 Susumu Yamaguchi

1967年入社。放送機器、通信機器の開発・企画業務に従事。現在、通信・放送システム事業部デジタルメディア通信事業推進部担当部長。
Telecommunication & Broadcast Systems Div.



嵩 比呂志 Hiroshi Suu, D.Eng.

1980年入社。動画画像圧縮方式および装置の開発に従事。現在、研究開発センター 情報・通信システム研究所主任研究員、工博。
Communication & Information Systems Research Labs.



桜井 優 Masaru Sakurai, D.Eng.

1975年入社。テレビジョンのデジタル信号処理の研究・開発に従事。現在、マルチメディア技術研究所開発第一部主幹、工博。
Multimedia Engineering Lab.



ミカエル ツィンバーグ Mikhail Tsinberg

1991年入社。デジタル画像圧縮技術の研究・開発に従事。現在、東芝アメリカ家電社ATVテクノロジーセンター シニアリサーチマネージャ。
Toshiba America Consumer Products, Inc.