

MPEG2 システム LSI

System LSI for MPEG2 Decoder

あらまし

1996年に開始されたPerfecTV衛星デジタル放送や1997年から本格的に量産が開始されたDVDは、デジタル画像をMPEG2方式で圧縮したメディアである。MPEG2の処理においては、入力データ(ストリーム)の構文解析、画像・音声信号の抽出、および復号処理に伴う演算などの多様な処理が要求される。富士通では、先に、ケーブルテレビ向けにMPEG2デコーダ(画像デコードのみ)を開発しているが、今回、DVDプレーヤ向けに符号解析、MPEG2画像・音声デコード、およびDVD専用処理を行うDVD用システムLSI(MB86371)を製品化した。また、衛星デジタル放送向けには、すでに受信信号のQPSK復調用LSI(MB86660)を製品化しており、衛星放送対応のMPEG2デコーダLSIについてもほぼ開発を終えている。

Abstract

MPEG2 is a signal compression technique for digital video media. It is used, for example, in PerfecTV, which is a digital-TV satellite broadcasting service that has been available in Japan since 1996, and in DVD equipment, mass production of which was started in 1997.

Decoding of compressed MPEG2 data involves a large number of various types of logical and arithmetical processes, for example, parsing of the input stream, extraction of the video/audio stream, and decoding of the complex coded data.

Fujitsu has already produced an MPEG2 decoder to decode video signals for teleconferencing systems. Now, we have developed an MPEG2 decoder LSI (MB86371) for DVD systems which support stream parsing, trick play, MPEG1 or Dolby AC-3 audio decoding, and other special functions. Manufacturers are already producing DVD players which incorporate this new LSI.

For digital-TV satellite broadcast receivers, we have produced a QPSK demodulator LSI (MB86660) for tuner signals and have almost finished development of an MPEG2 decoder LSI which supports a transport stream demultiplexer and MPEG2 audio decoder for digital-TV satellite broadcast receivers.

西森英二（にしもり えいじ）



1980年神戸工専電気工学科卒。同年富士通入社。以来バイポーラアナログICの設計を経て、現在CMOSロジックLSIの設計に従事。
第一システムLSI事業部第一設計部

山下公一（やました こういち）



1982年神戸大学大学院工学研究科電子工学修士課程了。同年(株)富士通研究所入社。以来CMOSロジックLSIの研究・開発に従事。1997年富士通に転籍。
第一システムLSI事業部第一設計部

玉村雅也（たまむら まさや）



1984年姫路工業大学工学部電気科卒。同年富士通入社。以後高速バイポーラLSIの設計開発を経て、現在デジタル変復調LSIの設計に従事。
第一システムLSI事業部第一設計部

ま え が き

デジタルA/Vシステムにおいて、MPEG1方式(VTR品質)は、すでにビデオCDとして普及している。さらに高画質化を図ったMPEG2(テレビ画像～スタジオ品質)で圧縮された衛星デジタル放送が、1996年より開始され、DVDについても1998年から本格的に普及が進むものと思われる。これらは、番組情報などの表示(オンスクリーン表示)や番組選択、トリックプレイ(スロー再生ほか)などの制御が必要な上、家庭向け機器としてコストダウン要求が強いため、各種機能を1チップに集積したシステムLSIが必要となっている。この市場では、将来のハイビジョンデジタル放送やホームターミナルとしての通信機能などを取り込み、大きく発展するものと考えられる。

MPEG2の画像処理は、演算量が大変大きく現行の最高速のマイクロプロセッサでも処理しきれない内容を持っている。このため、MPEG2デコードLSIでは、画像処理のために、たくさんの小さな演算器や回路ブロックごとの制御回路などを内蔵している。オーディオ信号の再生に限った場合でも、Dolby AC-3^(注)(もともと映画館向けに開発されたマルチチャンネル・デジタルオーディオ規格)の信号処理が複雑であるため、専用のDSPを用いて処理を行っている。また、16 MビットのSDRAMを81 MHzで動作させ、バースト転送で大きなバンド幅を確保することによって、MPEG2の複雑な画像伸長処理とともに画像・音声の再生やオンスクリーン表示などの処理を1個の外付けRAMで実現している。ここでは、MPEG2画像圧縮

方式の概要とともに、今回開発したDVDプレーヤ用システムLSI(MB86371)を中心に、今回のLSI開発に当たって開発の方法について紹介する。

MPEG2 による画像・音声情報の圧縮

MPEG2は、Moving Picture Experts Groupにより仕様化された画像圧縮の規格である。主な圧縮方法は、以下の通りである。

- (1) 人の目は細かな色の变化に鈍感なため、色成分は、縦横 2×2 のデータを平均化し、輝度の $1/4$ の情報量とする。その結果、輝度(8ビット) + 二つの色差信号($2 \times 8 \text{ビット} \times 1/4$)となり、RGB方式($8 \text{ビット} \times 3$)の半分に情報が圧縮される。
- (2) 離散コサイン変換という数学的方法で非可逆圧縮を行う。細かな部分では差が生じるが、 $1/5$ 程度に圧縮しても人の目には差が分からない程度になる。
- (3) 出現確率に応じた可変長符号化により、 $1/2$ 程度に符号を圧縮する。
- (4) 基準画像との差分やパターンの動きベクトルを用いて次の画面を作ることにより、基準画像以降の画像について $1/3$ 程度の情報量で十分正確な画像を生成することができる。

以上の方法により、約100 Mbps(ビット/秒)相当のテレビ放送信号を約6 Mbpsにまで圧縮している。デジタル信号のため、画質の劣化や現行テレビ放送のようなゴーストの発生がなく、鮮明な画像が得られる{詳細は参考文献(1)を参照}。

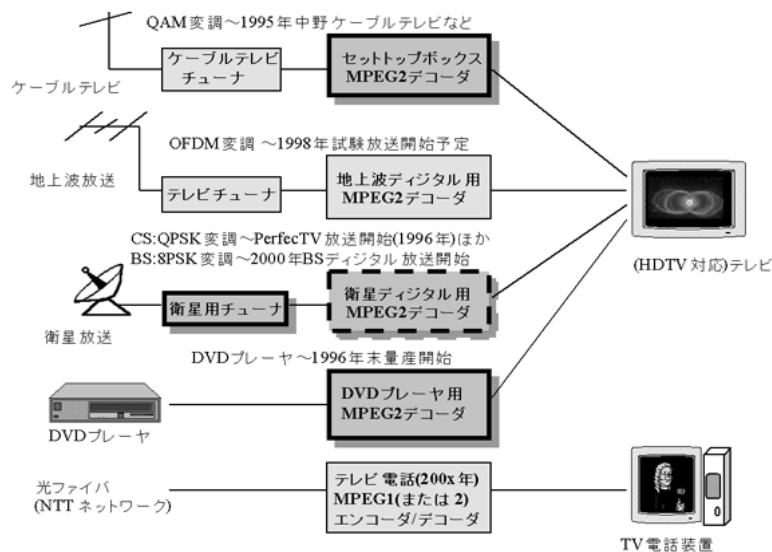


図-1 MPEG2実用化の現状
Fig.1-Status of MPEG2 products.

(注) Dolby AC-3は、Dolby社の登録商標。

また、オーディオについても現在ミニディスクなどで行われている、人の聴覚特性に基づいた圧縮方式を初めに採用し、MPEG1オーディオ(MPEGの第一世代であるMPEG1仕様で制定され、MPEG2に流用されている)として制定されている。

MPEG2技術を使った放送・記録メディアについて、実用化の状況を図-1に示す。すでに実用化されているケーブルテレビ、CSデジタル放送、DVDプレーヤは、現行のテレビの解像度に対応しており、MP@ML(メインプロファイル@メインレベル)という規格で作られている。今後、実用化されていくBSデジタル放送では、ハイビジョンの代替として当初からMP@HL規格(メインプロファイル@ハイレベル)での高解像度画像の放送が行われる。それぞれの解像度を表-1に示す。

DVD プレーヤ用システム LSI(MB86371)

今回のDVDプレーヤ用システムLSIは、従来開発していたMPEG2デコーダ(ケーブルテレビ、テレビ会議システムに採用されている)⁽¹⁾や単体で製品化しているAC-3デコーダ⁽²⁾を基本ユニットとして、開発済みのPLLや高速DAC

に加え、新規開発ユニットを組み込んだシステムLSIとして開発した。本LSIのブロック図を図-2に、チップ写真を図-3に示す。

上記の各ユニットは、ハードウェア記述言語(Verilog-HDL)で記述されており、基本ユニットとしてシステムLSIへの流用が行い易くなっている。

MPEG2デコーダについては、DVDシステムの要求により、全面的な見直しを行った。この新しいデコーダには、DVDにサブピクチャとして記録されている字幕などの情報の再生回路、スロー再生、早送りといったトリックプレイの処理、さらにレターボックス(16:9のワイド画面対応で送られてくる画像を4:3のテレビに表示するため縦を縮小して表示する)、パンスキャン(16:9の信号を重要でない左右の画面を切って4:3の画面にフルサイ

表-1 各種映像メディアの解像度

媒 体	MPEG規格	水平データ数	ライン数
現行地上波放送	アナログ方式	(350本)	480
ビデオCD	MPEG1	360	240
CSデジタル放送	MP@ML	720	480
DVDプレーヤ	MP@ML	720	480
BSデジタル放送	MP@HL	1,920	1,080
地上波デジタル放送	18種あり	1,920	1,080

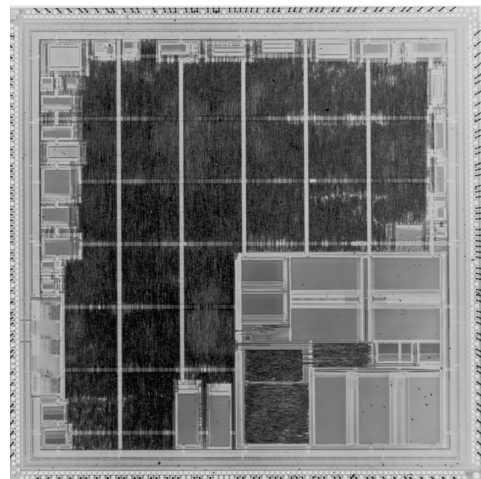


図-3 DVDチップ写真
Fig.3-Micrograph of DVD LSI.

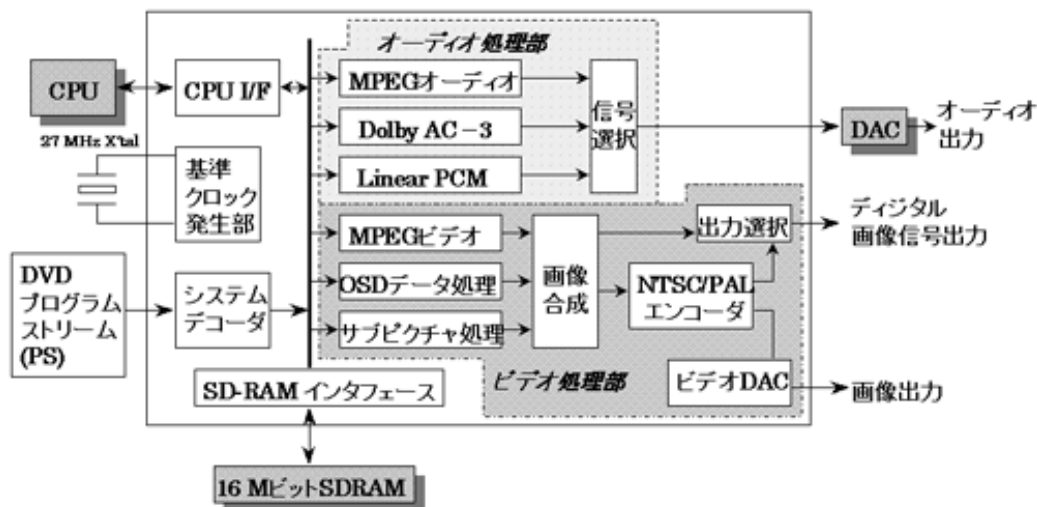


図-2 DVDプレーヤLSIブロック図
Fig.2-Block diagram of system LSI for DVD players.

ズで表示)や3 to 2ブルダウン(24 Hzで撮影された映画向けの画像信号を30 Hzのテレビ信号に変換)などの映像処理機能が追加されている。その他、映像信号処理部として、デジタル画像信号からNTSCテレビ信号への変換回路、VideoDACによる画像のアナログ出力、最新のダビング防止機能などを1チップに搭載している。オーディオ部については、DSPコアを用いて、DVDに要求されるAC-3、MPEG1オーディオ、リニアPCMの各フォーマットで記録された音声信号を再生するファームウェアを開発した。

MB86371の主な性能は以下の通りである。

- (1) ゲート規模：約50万ゲート+約40ユニット(約500 Kビット)の内蔵RAM/ROM
- (2) プロセス：0.35 μm CMOS + 3層Al配線
- (3) 動作周波数：81 MHz(SDRAM)，40.5 MHz(MPEGデコーダ)
- (4) 消費電力：2 W

MB86371の外付け部品は16 MビットSDRAM一つであり、ここにMPEG2符号や基準・表示用の画像を格納している。このSDRAMを81 MHzで動作させバースト転送機能を有効に利用することにより、MPEG2符号処理に係わる大きなバンド幅に対応したデータ転送を実現している。

このような画像処理を伴うシステムLSIの設計においては、シミュレーションの量が膨大となるため、高速なシミュレーションソフトおよびワークステーションを駆使しても十分な検証を行うことが困難である。実際にシミュレーションを行うと、1枚の画を描画するまでの1/30秒の処理にS7/300(UltraSPARC)を用いて20時間以上かかる。そこで、MPEG2デコーダコア単体やDSPを使ったAC-3オー

ディオ再生部については、FPGAで等価な回路を実現するエミュレーション装置を用いて確認を行った。この場合、1枚の画を描画する処理は、十数秒に短縮された。

そこで、十分なLSIの評価およびDVDプレーヤシステムでの動作評価を行うため、リファレンスシステムを作製した。この装置は、DVD装置からの読み出し信号を直接入力し、試作LSIでデコードを行いテレビモニタに表示する。これを使って、市販されている様々なDVDソフトを利用して最終のシステム確認を行った(口絵参照)。

衛星デジタル放送復調用 LSI(MB86660)

衛星デジタル放送受信システムの構成を図-4に示す。上段は、放送信号をデジタル信号に復調する部分であり、QPSK方式により多重化された放送信号からMPEG2信号を取り出すQPSKデモジュレータLSI：MB86660を開発した。

このLSIは、ノイズに弱いと言われる高速ADコンバータやVCOといったアナログ回路を取り込み、QPSK復調回路でデジタル信号を再生している。従来は数チップから成っていた回路をシステムLSI化により、48pinQFPパッケージに収容しており、世界で最も小型の製品となっている。性能については、ほぼ理論値通りの信号再生特性が得られている。MB86660の前段となるチューナ部へのAGC信号出力や、制御用のI²C(アイ・スクウェア・シー)バスを持っており、システムの制御が容易になっている。

衛星デジタル放送用 MPEG2 デコーダ LSI

前述のブロックより、衛星のトランスポンダ毎のTS(ト

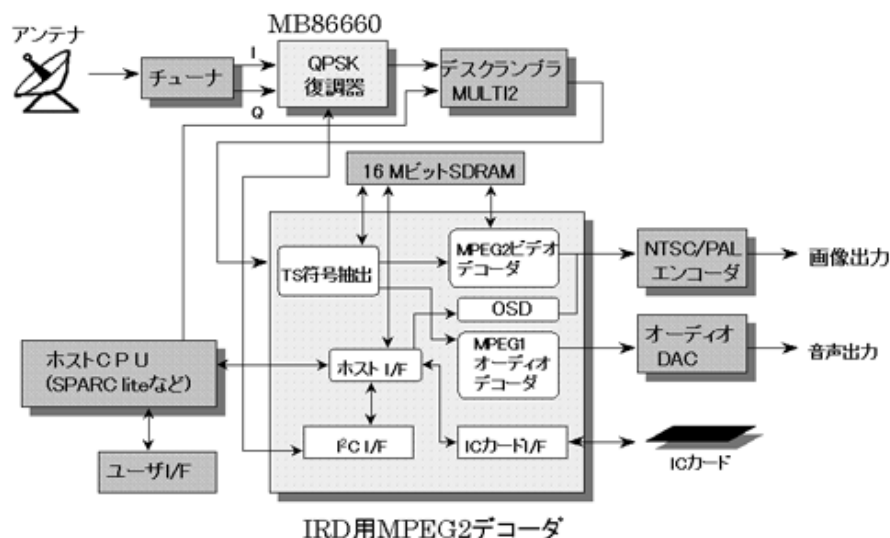


図-4 衛星デジタル放送受信システム
Fig.4-Receiver system diagram for digital satellite broadcast.

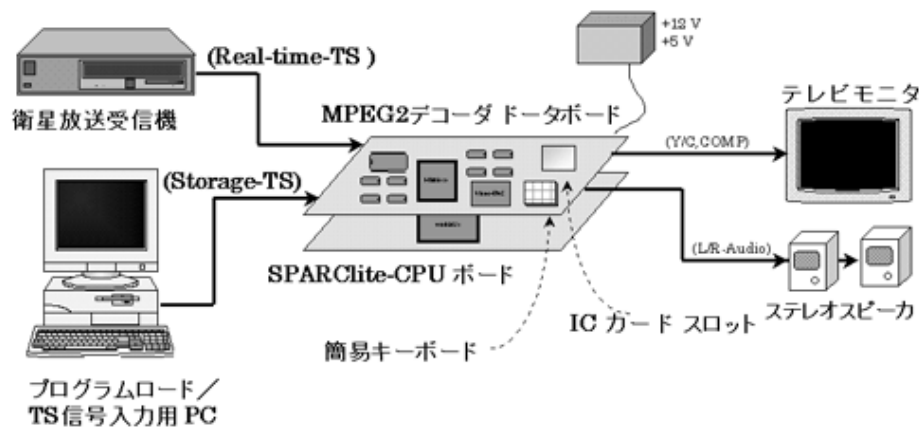


図-5 デジタル放送受信リファレンスシステム
Fig.5-Reference system diagram for digital satellite broadcast.

ランスポート・ストリーム)信号としてデジタル信号が受信されるが、このTS信号自体も、MPEG2規格に従って多重化が図られており、3～5チャンネルのテレビ信号が多重化されている。このTS信号から番組情報を取り出し、ホストCPUで解析した上で、必要なチャンネルの映像・音声のMPEG信号の情報が得られる。この情報を使ってTS信号から映像・音声のMPEG2信号を取り出し、MPEG2デコーダにより画像信号や音声信号の生成を行う。番組選択画面などで必要なオンスクリーン・ディスプレイ機能やDVD向けと同様のレターボックス、パンスキャン、3 to 2 プルダウンなどの画像処理機能がIRD(衛星放送受信機)用LSIが必要となる。さらに、衛星放送で顧客管理のために必要となるICカードのインタフェースや、QPSK復調LSIとのインタフェース用のI²Cを備えたIRD用MPEG2デコーダLSIについてもほぼ開発を終えている。IRD用MPEG2デコーダLSIのブロック図を図-4下段に示す。

このLSIの開発についても、通常のシミュレーションでは十分な確認が困難であり、DVD用LSIと同様にリファレンスシステムを準備している。別途開発してあったSPARClite評価用のCPUボードのドータボードとして開発し、プログラムのロード後はスタンドアローンのリファレンスシステムとして動作する。リファレンスシステムの構成を図-5に示す。

今後の開発予定

現在は、0.35 μm プロセスを使ってDVDやデジタル衛星放送向けのLSIの開発を行っているが、今後、0.25 μm プロセスの立上がりとともに、CPUやDRAM、イーサネットI/F、1394I/Fなどの周辺回路を取り込んだ1チップ・ホームターミナルとなるようなシステムLSIを開発していく予定である。

1999年に予定されているBS放送でのデジタルハイビジョン(MPEG2規格内でMP@HLとして規定されている)放送の実用化が近づいており、その後の地上波デジタル放送でもデジタルハイビジョン放送が実施される予定である。このデジタルハイビジョン信号のMPEG2デコードを実現するためには現行のDVDやIRD向けのMPEG2チップの6倍程度の演算量が必要とされ、0.25 μm 以降のプロセスに従来の回路技術の蓄積を盛り込み、デジタルハイビジョン対応の家庭内受信機器向けLSIを開発していく予定である。また、放送信号の復調のため、デジタルBSで採用される8PSK方式や地上波デジタル放送で採用されるOFDM方式による多重化復調を含め、チューナ部の周辺LSI・回路との組合せを視野に入れた復調用LSIの開発を行っていく。

む す び

今回のDVDプレーヤ用システムLSI(MB86371)は、富士通と富士通研究所で共同開発された製品である。従来からの技術資産を生かし、個別のアプリケーションの要求に応じた回路ブロックを追加することにより大規模システムLSIの開発を行った。これからのLSI開発においては、開発済みの回路技術の有効活用を図っていくことが不可欠となっていくものと考えられ、今回の開発手法をもとに、最新のシミュレーション技術などを導入し、新製品の開発を進めていきたい。

参考文献

- (1) 酒井, 山下, 宮坂: 1チップMPEG-2ビデオ復号LSI. *FUJITSU*, 46, 3, pp.312-318(1995).
- (2) 糟谷: マルチメディア・オーディオ用DSP. *FUJITSU*, 49, 2, pp.117-121(1998).