

ブルーレイカム(BDカム)用LSIとその制御用ソフトウェアの開発

HD Codec/Camera Processor LSIs and Software System for Blu-ray Disc Camera

加藤 寿宏 Toshihiro Kato

野中 進一 Shinichi Nonaka

小味 弘典 Hironori Komi

橘 浩昭 Hiroaki Tachibana



注:略語説明は(BD(Blu-ray DiscTM), DVD(Digital Versatile Disc), CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor), HD(High Definition)

* 1 Linuxは, Linus Torvaldsの米国およびその他の国における登録商標あるいは商標である。

* 2 Blu-ray Discおよびロゴは商標である。

図1 BDカムとそれに使われる主要デバイス

高画質のハイビジョン映像を約1時間記録可能なBDカムを開発した。このカメラ用に高画質カメラ画像処理LSIと高品位映像音声コーデックLSI, およびそれらを制御するLinux OS(Operating System)ベースのソフトウェアを開発している。

ハイビジョンテレビの普及に伴い,ビデオカメラにおいてもハイビジョン(HD:高精細)化が進展している。その記録媒体にはテープ, DVD, HDD, SD¹⁾メモリーカードを使っているが, ディスク1枚に放送レベルのHD画質を約1時間記録できるBDカムが今後のHD画質カメラの最有力と考え,日立製作所は2007年8月に製品化した。

今回,世界初となるBDカムを製品化するにあたり,主要デバイスである1,920×1,080画素のフルHD対応高画質カメラ信号処理LSI, H.264対応高品位映像音声コーデックLSI, 8 cmBD/DVDドライブ, CMOSセンサーのデバイス開発, および, LinuxベースのBDカム制御ソフトウェアを開発した。

今後はBDカムの先行メーカーとしての地位を確固たるものにするため,高画質化技術および合理化技術の開発を進める。

1) SDは商標である。

1.はじめに

家庭用ビデオカメラのハイビジョン化が進んでいる中,1枚当たりの記録容量が従来のDVD(Digital Versatile Disc)媒体に比べて約5倍もの容量を誇る8 cmBD(Blu-ray Disc)(7.5 Gバイト/枚)と, H.264の高圧縮方式を使い,放送レベルのハイビジョン画質(H.264圧縮で15 Mビット/s)をディスク1枚に約1時間記録可能な「BDカム」を開発した。BDメディアは現時点では再生環境が十分とは言えないが, BDプレーヤーは徐々に普及が進んでおり,近々にはDVD同様の環境がそろうと予想する。したがって,高画質なHD(High Definition)映像を約1時間記録・編集可能で,そのまま保存できるなど,ビデオカメラとして最もバランスが良いBDカムは今後のHD画質カメラの主流になると考える。

ここでは, BDを記録メディアに採用した「BDカム」用LSIと制御ソフトウェアについて述べる(図1参照)。

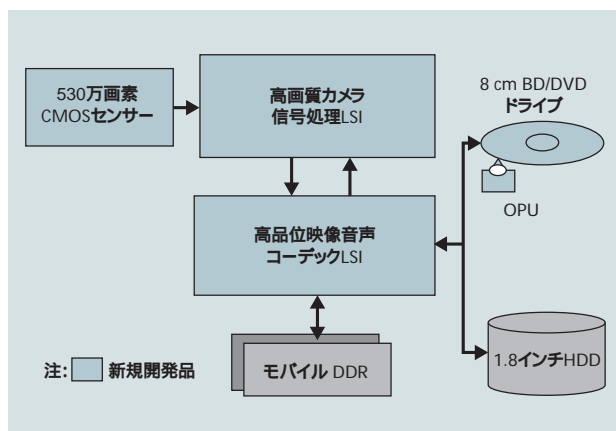
2. 主要開発項目

BDカムのシステム構成を図2に示す。今回、BDカム用に新たに開発を行ったのは、(1) CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)センサーからの信号をより高S/N(Signal-to-Noise)、高解像にし、HDの鮮やかな画質を再現する高画質カメラ信号処理LSI、(2) 独自の動画高画質アルゴリズムを組み込み、H.264/MPEG-2/JPEG(Moving Picture Experts Group 2/Joint Photographic Experts Group)を1チップ化した高品位映像音声コーデックLSI、(3) カメラ用に小型、低電力化した8 cmBD/DVDドライブ、(4) 530万画素のCMOSセンサー、(5) それらを制御する制御ソフトウェアである。これらすべてが業界最高水準の技術である。

3. 高品位映像音声コーデックLSI

3.1 3フォーマット対応のHD対応マルチコーデック

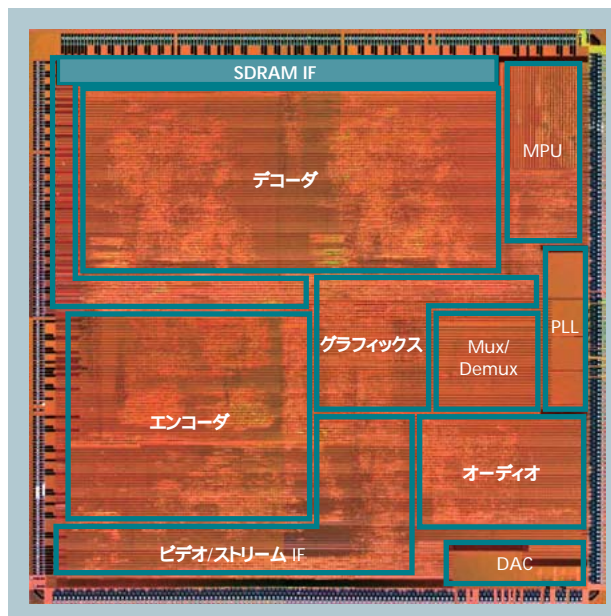
このLSIは、BDカムの記録再生に必要な画像音声圧縮伸張処理をはじめ、グラフィックス処理、ストリームMux/Demux(多重/分離)処理、ATA/ATAPI-IF(AT Attachment/AT Attachment Packet Interface)、およびホストCPU(Central Processing Unit)などを1チップに集積化したものである。H.264、MPEG-2、JPEGの3種類のフォーマットを1チップで対応したLSIとしては、業界初であり、H.264/MPEG-2間のトランスコード機能も備える。これにより、BDハイブリッドカメラでは、HDD(Hard Disk Drive)にHD画像で記録された画像をSD(Standard Definition)画質のDVDに焼き直すことが可能になり、DVDプレーヤで再生もサポートした。H.264、MPEG-2、JPEGはそれぞれDCT(Discrete Cosine Transform)ベースの圧縮符号化規格であり、動き予測/補償、DCT変換など、類似の機能を持つため、これらの処理ブロックを共通化することで、低コスト化を実現した。コーデックコア、およびストリームMux/Demuxブロックには、複数の32ビットRISC(Reduced



注:略語説明 OPU(Optical Pick-up Unit)、HDD(Hard Disk Drive)
DDR(Double Data Rate)

図2 BDカムのシステム構成

フルHDの高画質化を追求するため、主要デバイスをすべて新規開発した。



注:略語説明 SDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory)
IF(Interface)、Mux/Demux(多重/分離)
MPU(Micro Processing Unit)、PLL(Phase Locked Loop)
DAC(Digital to Analog Converter)

図3 高品位映像音声コーデックLSIのチップレイアウト

システムクロック162 MHz、90 nm、パッケージ906ピン(18 x 18 mm)である。

Instruction Set Computer)エンジンが搭載されており、ハードウェアとソフトウェアの協調動作によって各種機能を実現する。複数規格に対応する際には、マイクロプロセッサのソフトウェアを変更することで動作モードが変更される。さらに、ソフトウェアを追加することで、新たなアプリケーションに柔軟に対応できるアーキテクチャとなっている(図3参照)。

3.2 独自開発による高画質圧縮アルゴリズム

このLSIでは、以下のような独自開発のアルゴリズムを採用し、長時間記録とフルハイビジョン画像の画質向上の両立を図った。

(1) 適応型動き予測制御(MBAFR(Macro Block Adaptive Frame/Field))

画面内の動きに応じて、圧縮の最小単位であるマクロブロック(16x16画素)単位でフレーム処理またはフィールド処理を切り替える技術である。

(2) 高精度イントラ/インター適応符号化

別フレームとの相関関係からの予測(フレーム間予測)と、同一フレーム内映像での予測(フレーム内予測)とを、映像状況に応じて適応的に切り替えて符号化する。

(3) 視覚特性に基づいた符号化レート制御

画面中の画像複雑度の分布に応じて、画質劣化の程度を判断し符合量を配分する。人の顔など、特に画質が重要な部分の画質を向上させる。

3.3 メモリアービトレーション

BDカメラでは、消費電力を抑えるために2個のモバイルDDR(Double Data Rate ,32ビット133 MHz)を外部メモリとして用いている。LSI内部の各ブロックから外部メモリへのアクセスは、メモリアービトレーション回路を介して行われる。この回路では、各メモリアクセスについて、優先順位やバンド幅保証値などを設定することで、システム動作を守りつつ効率的に外部メモリを共有することを可能にした。また、動作モードごとに設定値を動的に制御することで、メモリバスを有効利用し、133 MHzバスクロックでのフルハイビジョン録画再生システムを実現した。

4 .高画質HDカメラ信号処理LSI

4.1 開発方針

開発に際しては、他社以上の「HD画質」となるように大幅な画質向上をめざした。画質向上の実現にあたっては、ベースの画質向上に加えて、BDカムで採用するHD動画コーデックのH.264で圧縮性能を引き出すためにS/N改善を重視した。S/N改善は、従来アルゴリズムを大幅に見直した新規アルゴリズムを採用し、S/N改善とHDの高解像度の両立を図った。さらに、90 nmプロセス採用により、リアルタイムにHD信号処理する高速処理と低消費電力の両立、および新規アルゴリズム採用による回路規模の増加に対応させた。

4.2 高画質化技術

次の二つの高画質化技術を新たに開発した。

(1) ACCM(Advanced Correlative Coefficient Multiplying Method)回路

従来のDVDカムで採用の高解像信号処理アルゴリズムを進化させ、デモザイキングにより発生する偽色を打ち消す処理に適用した。

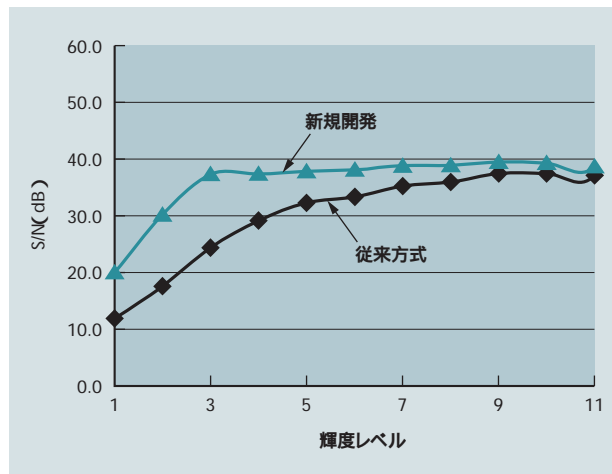
(2) ADNR(Adaptive Dynamic Noise Reduction)回路

被写体の輪郭部分(高周波信号)と信号レベルの平坦(たん)な部分(低周波信号)を判別して、適応的にノイズ低減を行うことにより、高解像度を維持しながらのS/N改善を実現した。

4.3 画質評価結果

今回開発したS/N改善アルゴリズムを、グレースケールチャートを用いて評価した。その結果、従来信号処理に対して平均で6 dB以上の改善効果が得られることを確認した(図4参照)。

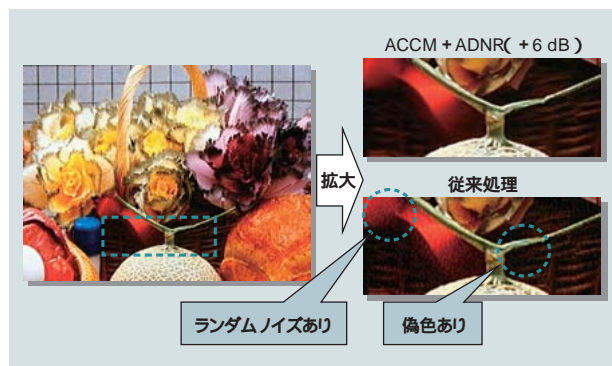
S/N改善効果のサンプル画像を図5に示す。視覚的にみても従来方式に対して新開発のS/N改善処理の効果が大きいことを確認できる。



注:略語説明 S/N(Signal-to-Noise), NR(Noise Reduction)

図4 S/N評価結果

新規アルゴリズム採用により、高解像度を維持しつつ大幅なS/N改善が可能となる。



注:略語説明 ACCM(Advanced Correlative Coefficient Multiplying Method)
ADNR(Automatic Data Noise Reduction)

図5 今回の改善効果を示す評価サンプル

新規アルゴリズムによりノイズ低減、偽色低減が図られ、高精細な画質を実現した(映像情報メディア学会チャート使用)。

5 .BDカムプラットフォーム

5.1 コーデックLSIとその制御ソフトウェア開発

新規開発のHD対応コーデックLSIは、カメラ以外への展開を視野に入れたシステムLSIであり、MPEG/H.264コーデック機能、BDドライブ/ハードディスクのためのメディア制御機能などを内蔵している。このシステムLSIに対応する制御ソフトウェアの短期開発を行うため、シミュレーションによるLSI論理検証、タイミング検証に加えて、FPGA(Field Programmable Gate Array)ボードによる実機動作検証を行った。この実機動作検証の過程で、ソフトウェア制御によるLSI基本機能検証と同時に、システムOS(Operating System)であるLinux OSの移植、周辺デバイスドライバの開発を行い、開発期間短縮を図った。

新規開発LSIの特徴として、コーデック制御専用32ビットRISCマイクロプロセッサを複数内蔵している。この専用プロセッサで柔軟にハードウェアを制御することによって各種コーデック処理が実現できる。今回の開発ではH.264、MPEG-2、ドルビーデジタル対応コーデックの制御ソフトウェアを新たに開

発した。今後の高機能化は、このマイクロプロセッサ部の制御ソフトウェアを追加することで対応可能になる。

5.2 HD制御, BD制御ソフトウェア開発

制御ソフトウェアの構成図を図6に示す。開発コストを抑えるため、従来のソフトウェアの基本構成を維持して、HD画質、BD規格対応を行った。ドライバ層部分で新規のLSIや、BD/DVDドライブの制御を行っている。カメラのようなモバイル機器では低消費電力が必須である。このため制御CPUの速度や、メモリの速度を抑える必要がある。しかし、ハイビジョンでは従来に比べて高ビットレートの映像処理が必要なため、メモリ帯域幅を各処理ブロックへ動的に配分調整する高度な制御をソフトウェア処理で行っている。さらにこまめな省電力制御、従来同様の高速起動制御も実現している。

ミドルウェア層のシステムマネージャ、およびディスクマネージャ部分では、ディスクの種別を判別して、BD/DVD両規格に自動対応するソフトウェア制御を行っている。CMOSセンサーからのHD画像をカメラ信号処理LSIと連携して処理し、BDおよびHDDにはそのままH.264圧縮記録し、DVDへはSD画質の解像度に変換してからMPEG圧縮記録する、HDMI² (High-Definition Multimedia Interface) 出力には高品位グラフィックと重畳して出力するなどの処理を行っている。

6. おわりに

ここでは、BDカム用LSIと制御ソフトウェアについて述べた。

8 cmBDを使った世界初のBDカムを2007年8月に発売し、

2) HDMI, High-Definition Multimedia Interfaceは、HDMI Licensing LLCの商標または登録商標である。

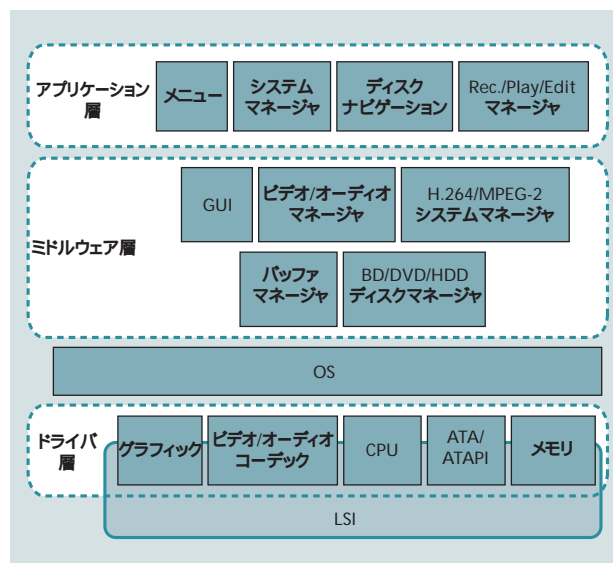
執筆者紹介



加藤 寿宏
1995年日立製作所入社、コンシューマ事業グループ コンシューマエレクトロニクス研究所 ストレージシステム研究センター 映像ストレージシステム研究部 所属
現在、映像ストレージ機器向けソフトウェアの研究開発に従事



小味 弘典
1994年日立製作所入社、コンシューマ事業グループ コンシューマエレクトロニクス研究所 組み込みシステム開発工場 基盤ハードウェア開発プロジェクト 所属
現在、映像音声符号化技術の研究開発に従事



注:略語説明 GUI(Graphic User Interface), CPU(Central Processing Unit)
ATA/ATAPI(AT Attachment/AT Attachment Packet Interface)

図6 ソフトウェア構造

OSにLinuxを採用したBDカム用ソフトウェアプラットフォームの構造を示す。

ハイビジョンカメラ市場の注目を集めている。今後、HD画質カメラ市場は確実に成長し、BDカムはその中心的存在として市場が拡大すると思われる。

日立製作所は、世界初のDVDカメラを製品化して以来、ディスクカメラのリーディングカンパニーとしての地位を確保しており、BDカムの特徴をより明確にした、さらなる高画質で使い勝手のよい製品をこれからも開発していく予定である。

参考文献

- 1) 尾鷲, 外: 快適・便利なハイビジョン視聴環境を実現する高能率圧縮技術, 日立評論, 88, 10, 796~799(2006.10)
- 2) 大久保, 外: 改訂版H.264/AVC教科書, インプレス(2006.1)



野中 進一
1991年日立製作所入社、コンシューマ事業グループ コンシューマエレクトロニクス研究所 組み込みシステム開発工場 基盤ハードウェア開発プロジェクト 所属
現在、カメラ撮像信号処理の研究開発に従事



黒川 浩昭
1989年日立製作所入社、コンシューマ事業グループ デジタルコンシューマ事業部 ストレージ機器本部 カメラ設計部 所属
現在、民生用カメラの開発に従事