

携帯電話向け画像処理LSI： Milbeaut Mobile

Image Signal Processing LSI for Mobile Phones: Milbeaut Mobile

● 小松 悟 ● 木村光麿 ● 大川 章 ● 宮下秀昭

あらまし

スマートフォンに代表される携帯電話カメラ機能は、ここ数年で「高画素・高画質」「フルハイビジョン動画録画・再生」など急成長で進化している。これらの要件は緊急的な撮影用途や、PCや携帯端末での閲覧利用には携帯電話機内のアプリケーションプロセッサに内蔵されたカメラ機能でも実現は可能であるが、ハイエンドモデル向けとしてコンパクトデジタルカメラに匹敵する画質・性能を求めため、専用の画像処理LSIであるISP (Image Signal Processor)を採用しているお客様も少なくない。

本稿では、富士通が開発した携帯電話向け画像処理LSI「Milbeaut Mobile」の変遷と性能について紹介する。

Abstract

Camera functions of mobile phones represented by smartphones have been rapidly evolving in recent years and now offer features such as a large number of pixels, high image quality, and full high-definition video recording and replay. So that the user can quickly take photographs or videos and view them on PCs and mobile devices, these features can be offered with the camera functions integrated into an application processor of a mobile phone handset. However, aiming to give high-end models an image quality and performance comparable to those of compact digital cameras, many customers have adopted an image signal processor (ISP), an LSI exclusively for processing images. This paper presents the history and performance of Milbeaut Mobile, an image Signal processing LSI developed by Fujitsu for mobile phones.

まえがき

近年、携帯電話は、多彩なアプリケーションと表示機能を持つスマートフォンへと進化し、その市場は拡大を続けている。その中でカメラ機能は、2000年に初めて携帯電話に搭載されてから進化を続け、現在では、携帯電話機能の大きなファクタの一つとなっている。

富士通は、デジタルカメラ向けISP (Image Signal Processor) テクノロジーを基盤に2003年より携帯電話向けISP「Milbeaut Mobileシリーズ」を市場投入し現在に至っている。

本稿では、Milbeaut Mobileシリーズの概要と最新のMilbeaut Mobile-LSI「MBG046」のシステムアーキテクチャ、特徴、機能、処理性能について説明する。

Milbeaut Mobileの変遷

携帯電話用カメラは、小型・薄型化に対応する専用のレンズや撮像素子を搭載したカメラモジュールで構成されており、デジタルカメラと比べ画質の点では、非常に課題が多い。つまり、携帯電話向けISPは、制限のある環境下で画質向上と市場要求機能に対応していかなければならない。

Milbeaut Mobileは、図-1に示すように、2008年頃までは、静止画CAF (Continuous AF) や顔検出、電子手振補正などのデジタルカメラ機能を拡充してきたが、現在では、ほぼ全てのカメラ機能を取り込み、新たにフルハイビジョン (1980×

1080 pixel)、動画CAFなど動画や3D動画撮影などの市場要求に対応している。

近年、更に撮像素子の画素サイズの微細化が進み、携帯電話カメラの高画素化と高速化を可能としたが、ISPとしての高画質化や低消費電力化への課題はより一層顕著になってきている。

画像パイプライン処理アーキテクチャ

Milbeaut Mobileは図-2に示す画像処理部がメイン機能となり、センサからのBayer配列信号に対して逐次画像処理を行い、携帯端末やPCで表示可能な画像データに変換するとともに、ノイズ除去などを行い美しい画像に補正する。

またSDRAM (画像データ格納メモリ) に蓄えられた画像データに対し、ハードウェア画像フィルタやCPUがアクセス可能なため追加的な処理 (回転・歪曲補正やソフトIPなど) が実行でき、高度でかつ柔軟な画像処理が可能となる。

例えば、顔検出、HDR (High Dynamic Range) 合成処理、静止画手振補正、オブジェクトトラッキング、パノラマ画像生成、シーン検出などが挙げられる。

Milbeaut Mobileの機能概要

本章では、Milbeaut Mobile製品群の最上位モデルであるMBG046の機能概要を説明する。

基本的な動作はセンサからのBayer配列信号をリアルタイムに変換・補正し、アプリケーションプロセスに出力する。アプリケーションプロセッ



図-1 Milbeaut Mobileの変遷

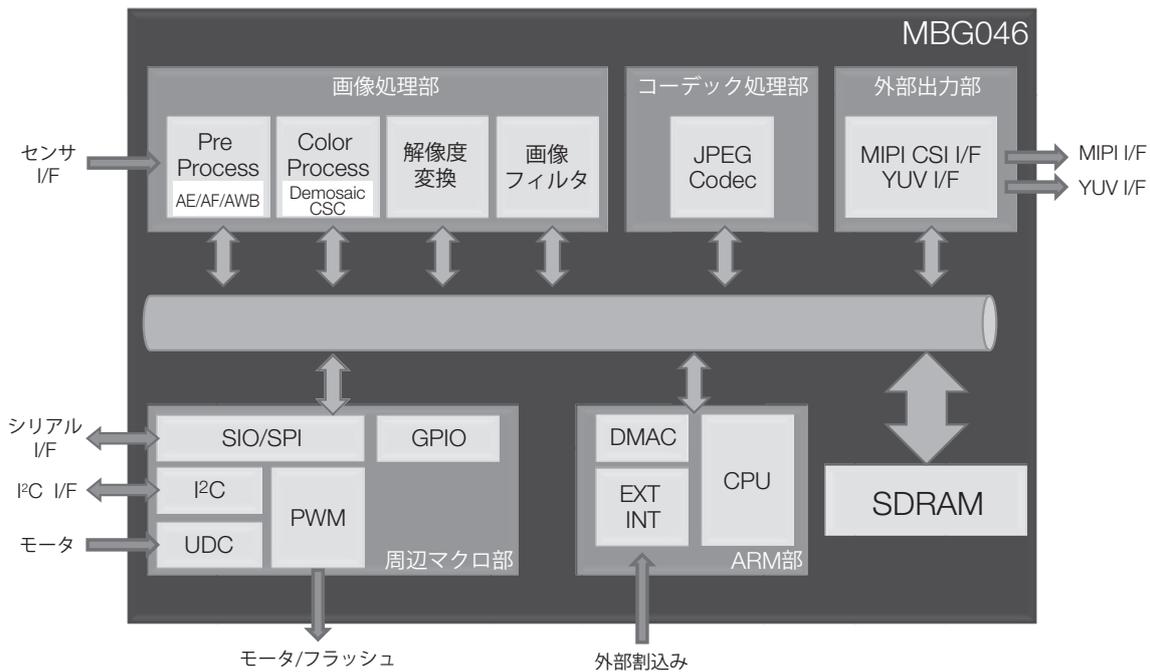


図-2 MBG046ブロック構成

サは、受け取った画像データを画面に表示したり、ストレージデバイスにそのまま保存したりできるよう、携帯カメラシステムに最適化されたISPとなっている。

● 高速画像処理

図-2に示す画像処理部が本LSIのメイン機能であり、基本的な画像処理を全て行うことができる。例えば、8 Mバイトサイズであれば最大27 fps、フルハイビジョンサイズであれば60 fps以上の処理が可能である。

本画像処理部は、センサから受け取るBayer配列信号を逐次変換・補正する部分で、受信したイメージデータの統計情報をPre Process部で収集する。その統計情報をソフトウェアで計算し、適切なホワイトバランス・露光時間を求め、計算結果を再度ハードウェアに設定することで、カメラとしての基本動作ができる。

このように画像処理の基本機能のほぼ全てをハードウェア化することで、高速でかつ消費電力も下げることが可能となる。

● 強力なノイズリダクション

Milbeaut Mobileは携帯電話に搭載されるカメラ向け商品のため、デジタルカメラに比べて安価なレンズセンサが使われるケースが大半であり、画

質劣化が発生する。特に画像ノイズ対策が重要な機能となる。

そこで画像処理部にはデジタルカメラ向け商品より強力な輝度ノイズ、色ノイズ対策機構が搭載されており、MBG046は解像感を損なわず、ノイズを除去するために、画像の状況に応じて様々な異なる方式のノイズ除去を同時に処理することができる最新のテクノロジーが採用されている。

● 画像処理の高速化

携帯電話向け商品の場合、必ず後段にアプリケーションプロセッサが接続される形式でシステムが構成される。そのためセンサからのBayer配列信号をなるべく速く変換・補正して、アプリケーションプロセッサへ送信しなければ、動画などの即応性が必要なケースで遅延が発生してしまう。

そこで、Milbeaut Mobileシリーズでは図-2の画像処理部で処理した画像データをSDRAMに出力することなく、直接画像出力部に転送する機能も搭載している。この機能により、センサからのBayer配列信号の変換・補正による遅延時間をほとんどなくす（画像1枚の転送時間に対して1%以下程度）ことも可能となる。

● ソフトウェア構成

MBG046のソフトウェア構成を図-3に示す。こ

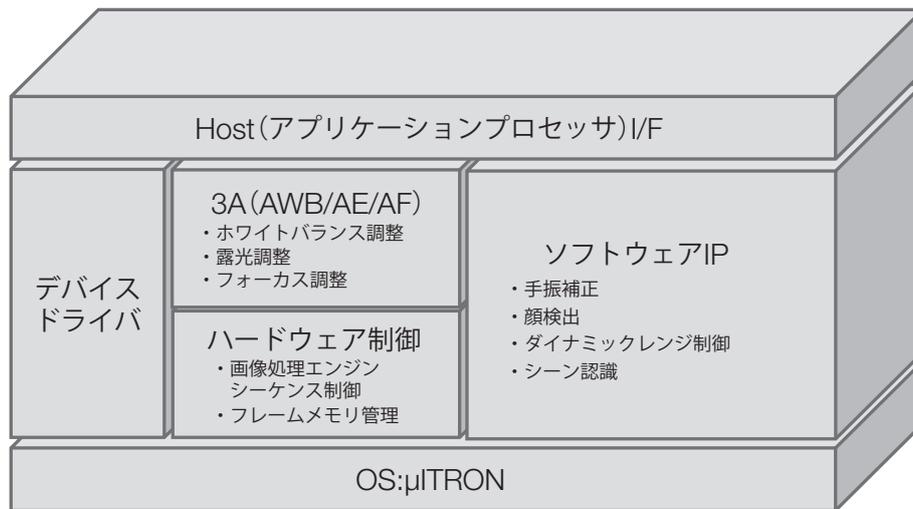


図-3 ソフトウェア構成

の中でカメラシステムとして必須のソフトウェア処理はハードウェアのシーケンス制御と3A (Auto White Balance, Auto Exposure, Auto Focus) 計算処理を行う部分である。ハードウェア制御部は異なる独立した画像処理ハードウェア間のタイミング制御を行い、一連の画像処理フローを実現するものである。3A部はデバイスドライバを通して得た輝度情報・カラーバランス情報、空間周波数情報から適切な露光、ホワイトバランスや合焦(フォーカス)位置などを計算するものである。このようにソフトウェアは複雑ではあるが計算量が少ない部分を担当し、画像データの加工といった計算量が膨大な部分は専用ハードウェアに任せることで画像処理性能を維持しつつ、ソフトウェア演算量を大幅に抑えることができる。それにより、CPUリソースを追加のソフトウェアIP(手振補正、顔検出など)に割り当てることができ、柔軟でかつ高度な画像処理ができるシステムとなっている。

Milbeaut Mobileの3D処理機能

Milbeaut Mobileによる3D動画撮影のシステム構成を図-4に示す。従来のモバイル向けカメラシステムにおける3D動画撮影は、左目用と右目用の両センサからの画像データをそれぞれ個別に二つのISPに取り込むことにより実現していた。この場合ISPが左目用処理と右目用処理を個別に行わなければならないため、ISP間でセンサ同期を取る仕組みや3D撮影に必要な主な補正処理を後段のアプリ

ケーションプロセッサ側で実施する必要があった。

そこで富士通研究所は、一つのISPで最適な3D処理ができるよう3D補正アルゴリズムを新規に開発した。

● 幾何補正と視差補正

3D画像を生成するには通常の撮影に比べ二つの補正が必要となる。

二つのカメラモジュールの取付け位置の違いにより、センサからISPに入力される画像に高さや角度の差異が生じるが、それを補正することを幾何補正と言う。

実際の3D空間において左右の目から対象物の距離の違いに応じて見える角度が違うことを視差と言い、それにより人は奥行きを認識することができる。過度の視差は3D鑑賞時に疲労の原因となることが指摘されているため、視差補正を行う必要がある。

● 3D動画処理フロー

MBG046で実現する3D動画処理フローを図-5に示す。

まず始めに幾何補正のために個体差ごとの補正データを準備しておく必要がある。カメラモジュールは装置に固定されていることから、取付け位置の違いは一度だけ補正処理を行いその補正値を不揮発メモリなどに記憶しておけば撮影時はそれを利用して補正すれば良い。この補正値は、フラットな面にテストチャートを用意して撮影し、高さや回転といった取付けのずれから誤差を算出する

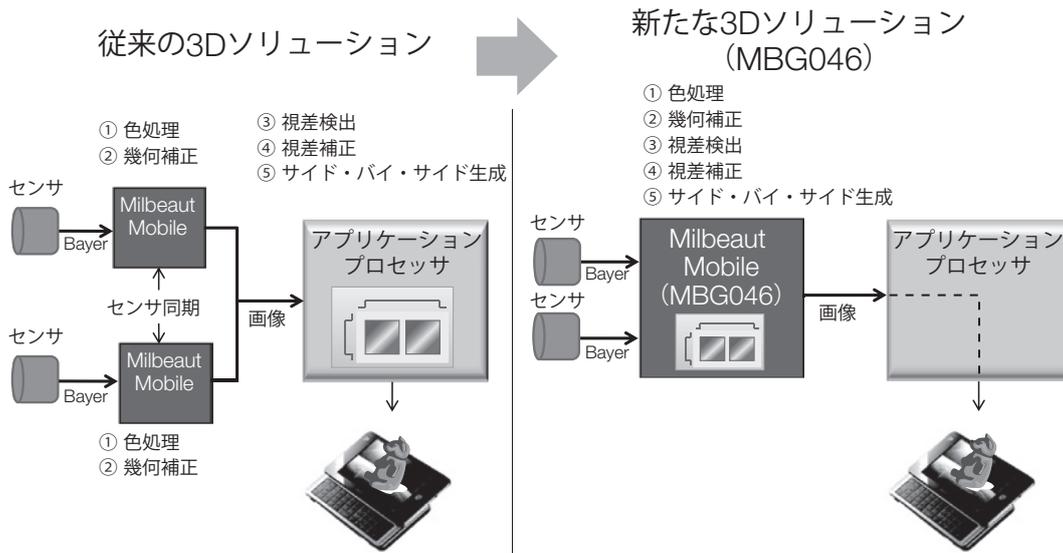


図-4 3D動画撮影のシステム構成

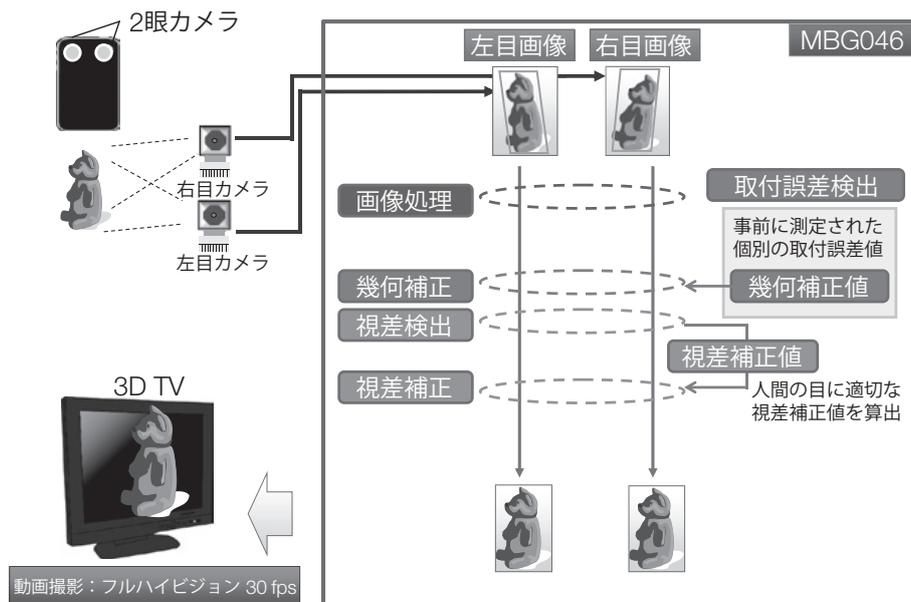


図-5 MBG046による3D動画処理フロー

ことにより得られる。

次に幾何補正值を基に左右の画像に対して矩形変換を行う。これにより左右の画像の差分が視差のみとなる。この視差を検出し過度な視差量となっている場合は、適正な範囲となるように視差補正值を算出する。その値を基に矩形変換を行う。上記二度の矩形変換は、原画に対して二度行うと処理帯域を消費する。そこで、次のように一度の矩形変換で処理することにした。まず幾何補正処理

を縮小画に対して行い、補正すべき視差量を検出する。この視差補正值を既に保持している幾何補正值と掛け合わせた矩形変換を作り原画に施す。このことで両方の補正を1回で完了することができる。処理帯域が改善されることにより、フルハイビジョン30 fpsの3D動画撮影を実現することが可能となる。

● 3D表示用フォーマット変換

矩形変換による補正後、3Dディスプレイなどへ

の出力のためにサイド・バイ・サイドなど標準的な3D表示用フォーマットに変換し転送する必要がある。

MBG046では、センサ入力や内部処理を2系統持つことにより通常のISP処理である色処理から3D処理までを一貫してワンチップで行うことができ、高画質を兼ね備えた3D動画撮影が可能である。またセンサ同期の容易性やアプリケーションプロセッサの処理負荷軽減を実現することができる。

む す び

本稿では、富士通の最新画像処理LSIである

Milbeaut Mobileの特徴、機能、および2眼センサを用いた3D動画撮影機能について紹介した。

今後ますます携帯端末の高性能化が進み、カメラ機能に関しても低消費電力化、高速静止画撮影、カメラモジュールの低背化対応、ネットワーク回線の高速化に伴う大容量・高フレームレートな動画データ対応など画像LSIに対する要求も高くなっていくと思われる。富士通は、こうした動向を踏まえ、更に性能や機能などを最適化したLSIの開発を継続し続け、信頼される製品群を確実に提供できるよう発展させていく。

著者紹介



小松 悟 (こまつ さとる)
富士通セミコンダクター (株)
アドバンストプロダクト事業本部イ
メージング事業部 所属
現在、携帯電話向けMilbeaut LSIの開
発に従事。



大川 章 (おおかわ あきら)
富士通マイクロソリューションズ (株)
デジタルAV開発統括部 所属
現在、携帯電話向けMilbeaut LSIファームウェアの開発に従事。



木村光磨 (きむら みつまる)
富士通マイクロソリューションズ (株)
デジタルAV開発統括部 所属
現在、携帯電話向けMilbeaut LSIファームウェアの開発に従事。



宮下秀昭 (みやした ひであき)
富士通マイクロソリューションズ (株)
デジタルAV開発統括部 所属
現在、携帯電話向けMilbeaut LSIファームウェアの開発に従事。