GELJET向け省エネ対応マルチコアSoC:FIGOの開発

Multi Core SoC:FIGO with Energy Saving Technology for GELJET Printer

習田　知宏*　川崎　智子*　渡辺　順*　中田　哲美*　佐藤　隆一*
Tomohiro SHUTA　Tomoko KAWASAKI　Jun WATANABE　Tetsuyoshi NAKATA　Ryuuichi SATOH
原田　泰成*
Yasunari HARADA

要　旨

リコーGELJETプリンタはビジネスユースプリンタとして高性能，高生産性を特徴としているが，コントローラにおいては，高性能エンジンに追随するため，高速なカラー描画処理が必要であり，そのため非常に高性能のCPUが必要となる．一方，環境意識の高まりから低消費電力化の対応も同時に必要であり，特に，スタンバイ電力の低減は最重要技術課題であった．省エネ対応マルチコアSoC:FIGOは，高性能，低消費電力を両立し，かつ低コストを実現するために開発したSoC（System-on-a-chip）である．ここでは，SoC:FIGOのアーキテクチャと省エネ技術の詳細について報告する．

ABSTRACT

RICOH GELJET printers have been pioneering the business inkjet printer market by the technological feature such as high speed performance and high productivity in office. In controller, very high performance CPU is required for high performance image processing and printing. With growing global environmental awareness, low power consumption is also required. Particularly the power consumption reduction in standby mode was the most important technical issue. Therefore, we have developed new multi core SoC:FIGO which enables high performance, low power, and low cost.

This report describes the architecture and energy saving technologies of SoC:FIGO.

*　プリンタ事業本部 ＧＪ設計センター
GJ Designing Center, Printer Business Group

1. はじめに

1-1 背景・目的

GELJETプリンタに搭載されているコントローラは，専用に開発されたLSIに機能が集約され，高性能かつ低価格なコントローラを実現している．

GELJETプリンタは高性能・高生産性の特徴からビジネスユースプリンタとして市場に投入されており，インクジェットプリンタのみならずレーザープリンタも競合としてとらえているため，競争力のある商品を投入するためには，更なる高速なカラー描画処理が可能なコントローラが求められるようになってきた．

また，世の中では環境への取り組みへの関心の高まりから，装置が使用されていない待機中の消費電力を抑えることが求められるようになってきた．

社内のレーザープリンタにおいても同様の課題を抱えていることから，GELJETプリンタだけではなくレーザープリンタにも応用することで共通プラットフォームの商品開発を実現し，開発効率の向上にも貢献する技術が求められる．

本稿においては，高性能および低消費電力を達成しつつ低価格なコントローラを達成するために開発されたSoC:FIGOについて，課題への取り組みや特徴について解説する．

又，機器の省スペース化を実現するための技術として，GELJETでの印字方法ににについても解説する．

2. デバイス仕様

Fig.1にデバイス外観，Table 1にSoC:FIGOの主な仕様を示す．

Fig.1 SoC:FIGO.

Table 1 SoC:FIGO Specification.

項目	FIGO
マルチコア*CPU	Main:800MHz～1GHz
	Sub:133MHz
DRAMコントローラ	DDR2-533 16/32bit
外部バスコントローラ	16/8bit 8 CS
汎用タイマ	11 ch
UART	2 ch
I2C	2 ch
DMAC	4 ch
USB	USB2.0 Device+PHY x 1 Host x 1
Ethernet	10/100/1000 MAC x 1
PCI Express	PCIe 1.0a x 1 ch
SDカードコントローラ	SDHC, MMC対応 x 1 ch

* マルチコアの構成はAMP（Asymmetric Multiple Processor）となっている．

3. デバイスの特徴

3-1 性能向上

3-1-1 PCL処理性能の目標値

国内で販売されているインクジェットプリンタの多くは，PCとのI/FとしてGDI（Graphics Device Interface）を採用しており，PCで描画データを生成している．

一方，海外ではページ記述言語としてPCL（Printer Control Language）が広く普及しており，リコーのGELJETプリンタでは海外向けにPCL互換のプリンタを販売している．

PCLの場合はGDIとは異なり，プリンタ上で描画データを生成するため，プリンタ本体に搭載されるCPUやメモリバスに対して大きな負荷がかかる．

SoC:FIGO搭載機種の前身機種であるAficio GX3050Nでは，エンジン性能が7.5ppm（page per min.）に対して，PCLプリント時のコントローラ性能が9.0ppm

（*1）であり，問題とならない性能であった．しかし，エンジン性能の向上に従い，このままではPCL処理時間がボトルネックになるため，PCL性能の向上が必要である．SoC:FIGOの開発により，PCLの処理性能として，20ppm以上を目指すこととなった．

さらに，後述（3-3-1　集約化）のとおり，同一LSIを用いてより高性能な機種にも対応できるように，30ppm達成可能な構成も検討した．

*1：条件は以下のとおり
チャート：JEITA標準J6パターンを英語翻訳
解像度　：600×600 dpi

3-1-2　検討内容

PCL印刷時，CPU負荷の大部分を占めるPCL処理について，メモリアクセスとCPU演算の負荷の割合を確認するため，従来機種（Aficio GX3050N）で，PCL処理のプロファイルを測定した．

【測定方法】

- PCL処理を実行しながら，10msecごとに現在実行中の関数名のログを取る
- ログをとった関数を，メモリアクセスが支配的な関数とCPU演算が支配的な関数に分類する

結果はTable 2のとおり．

Table 2　Profile of PCL processing.

関数種類	処理時間
メモリアクセスが支配的な関数	2.94秒
CPU演算が支配的な関数	2.58秒

プロファイル結果より，メモリアクセスが支配的な処理時間とCPU演算が支配的な処理時間が拮抗しており，いずれの性能も向上させる必要があるといえる．

そこで，次の施策を実施し，性能Upを図った．

- CPU周波数Up（400MHz→800MHz）
- メモリクロック周波数Up（133MHz→267MHz）
- メモリバス幅Up（16bit→16/32bit両対応）
- バス構造の改善（実効的なメモリ性能Up）
  メモリ～CPUの間のバスブリッジの段数削減
  非同期回路の削減

3-1-3　結果

検討の結果をTable 3，Fig.2に示す．

CPU性能・メモリデータレートをいずれも2倍に性能向上させているが，バス構造の改善により，PCL性能は約2.6倍まで向上させることができた．

Table 3　Performance improvement result.

機種	Aficio GX3050N	SoC:FIGO搭載機種	
		低価格機	高速機
CPU周波数	400MH z	800MH z	1GHz
メモリタイプ	DDR1	DDR2	DDR2
メモリクロック周波数	133MHz	267MHz	267MHz
メモリ幅	16bit	16bit	32bit
コントローラ性能	9.0ppm	24.5ppm	33.6ppm

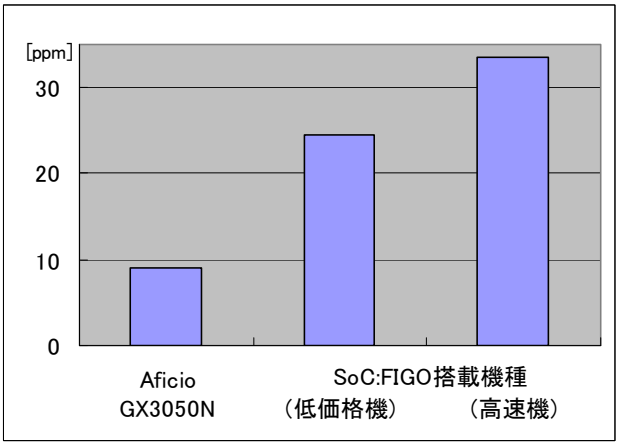

Fig.2　Controller performance.

3-2　省エネへの取り組み

GELJETプリンタやレーザープリンタでは，機器を使用しない間の無駄な電力消費を抑えるために，印刷から一定時間経過するとスリープモードに移行する設計となっている．従来のスリープモードでは，機器が操作されたことを検出するためのセンサや，コントローラLSIの電源のみを残して，それ以外の電源は全てオフする仕様となっていた．しかし，高機能化が進む

につれてLSIの集積度が増大し，スリープモードにおけるLSIの消費電力低減が課題となっていた．

SoC:FIGOでは，消費電力低減策として，内部回路を複数の電源ドメインで分離した構成（Fig.3）になっている．Fig.3のスリープモード1もしくはスリープモード2のように動作不要な回路の電源をOFFにすることで，SoC:FIGO内で消費するリーク電力の大部分を削減している．

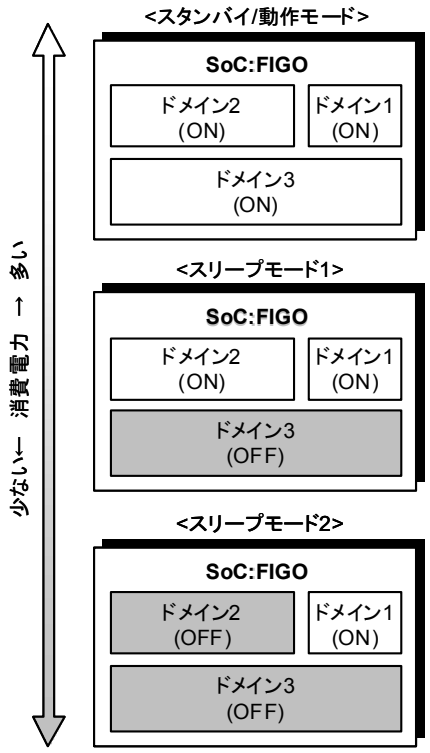

Fig.3　The power island of SoC:FIGO.

また，SoC:FIGOでは，機器の使用環境を考慮した省エネ制御を可能としている．GELJETプリンタやレーザープリンタが設置されるオフィスなどのネットワーク環境では，機器やネットワークの状態を監視するためのパケットが複数交換されており，例えば機器がスリープモードの状態であっても，ネットワークへの応答が必要になる（Fig.4）．

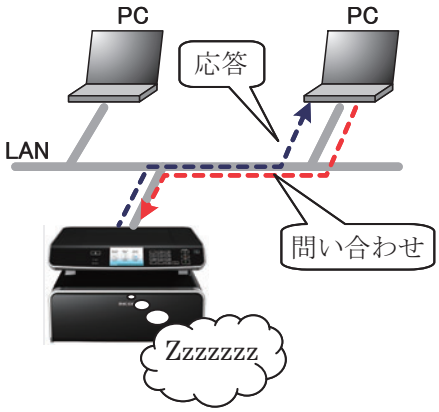

Fig.4　Ethenet status polling.

このようなオフィスネットワーク環境下においても消費電力の少ない状態を維持するために，SoC:FIGOでは複数のCPUを搭載したマルチコアシステムを採用している．

スリープモード中に電源がOFFになる電源ドメイン（Fig.3　ドメイン3）に，印刷制御や描画処理を行う高性能なCPUを搭載し，ネットワーク応答等のスリープモード時の制御は，別の電源ドメイン（Fig.3　ドメイン2）に搭載された小規模なCPUで行う構成となっている．さらにSoC:FIGOでは，簡易的なネットワーク応答回路を搭載（Fig.3　ドメイン1）し，より低消費電力でいられる時間を増やすことで時間平均の消費電力を削減している．

SoC:FIGOを搭載したGETJETプリンタでは，これらの省エネ技術を使用することで，スリープモード時の消費電力を従来機からおよそ70%程度削減している．

3-3　コストダウン

3-3-1　集約化

SoC:FIGOは，従来別デバイスで制御していた多くの機能を集約化している．

そのため，前身LSI搭載ボードから約75%減の搭載部品面積となり，大幅なコストダウンを実現している．

Fig.5に機能の集約化による部品点数の削減と，ボードサイズダウンのイメージ図を示す．

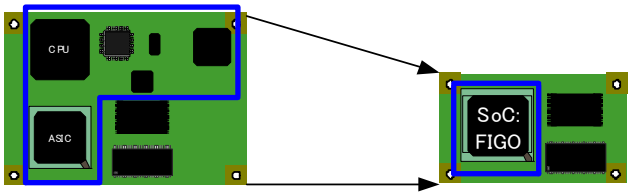

Fig.5　Board downsizing.

3-3-2　拡張性

プリンタに関わる製品を大別すると，GELJETプリンタ，レーザープリンタが挙げられる．

従来，これらのプリンタでは，印字方式や紙搬送制御等が異なることから，制御する専用デバイスが異なっていた．

GELJET／レーザー専用機能をそのまま実装すると回路規模や端子数が膨大となり，コスト効果が得られない．

開発したSoC:FIGOは，GELJET／レーザー共通で使用する機能（モータ制御等）を共通化し，専用機能は選択可能にすることで回路規模，端子数を抑えることに成功した．

Fig.6に開発したSoC:FIGOに実現可能なイメージ図を示す．

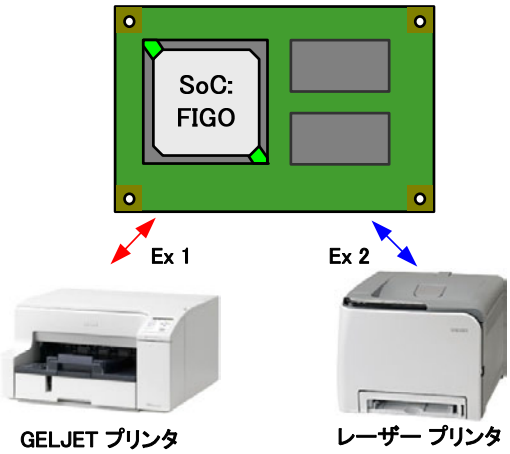

Fig.6　High scalability.

本選択構成が可能となることで，製品開発時の部品点数の大幅な削減が可能であり，さらには製品毎に開発していたプラットフォームも不要となる為，抜本的なコストダウンが可能となる．

また，SoC:FIGOは，最新のシリアルバス（PCIe）を搭載し，CCD/CISスキャナを搭載したMFP（Multi Function Printer）機への拡張対応も可能である．

3-4　GELJETエンジン制御

SoC:FIGOは，GELJETプリンタのエンジン制御部においても，省スペース，生産性，及び低消費電力に貢献する機能を追加しており，その中でも特に効果の高い，加減速中印字機能について説明する．

3-4-1　加減速中印字

インクジェットプリンタは，記録ヘッドを搭載したキャリッジを主走査方向に移動しながらインクを吐出することで画像形成（印字）する．

Fig.7にキャリッジの移動速度と用紙へのインク着弾位置との関係を示す．

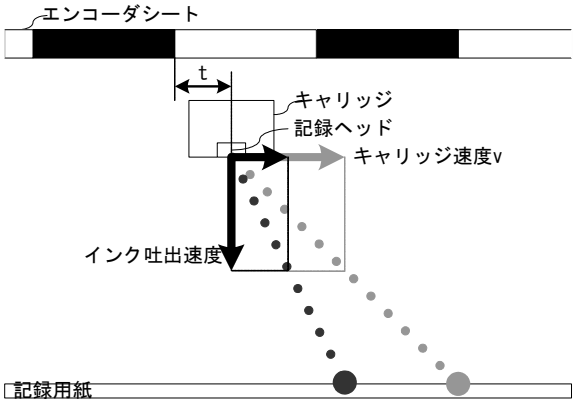

Fig.7　Relationship between carriage velocity and ink landing position.

エンコーダシートのエッジを検出してから印字駆動を開始するまでの時間tは一定であり，用紙へのインク着弾位置はキャリッジの速度によって大きくずれることになる．

このため，Fig.8のように，高品質な画像を記録する場合の印字領域はキャリッジが等速移動する範囲に限られてしまい，キャリッジが加速及び減速している領域は非印字領域として装置の大型化につながってしまう，という課題があった．

Fig.8　Print range without jet timing adjustment.

SoC:FIGOでは，キャリッジの速度に応じて印字駆動を開始するタイミング（駆動開始遅延量）を調整する制御方法（加減速中印字）を採用した．

Fig.9に加減速中印字によるインク着弾位置の補正を示す．

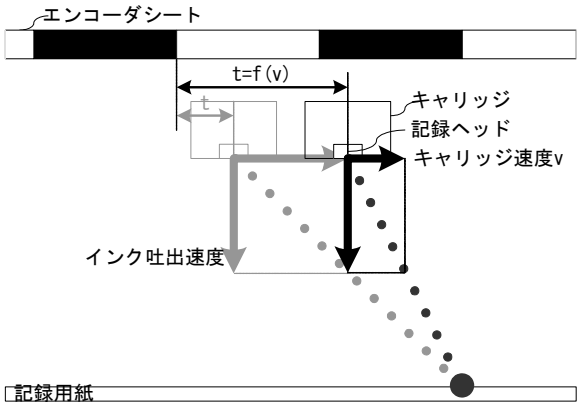

Fig.9　Ink jettting position with jet timing adjustment.

キャリッジ速度に反比例した駆動開始遅延t=f(v)を自動で付加することで，記録ヘッドが加速または減速している領域でも等速領域と同等のインク着弾位置精度が確保できる．

SoC:FIGOの加減速中印字は，キャリッジ速度が等速移動する速度（目標速度）の40%以上の速度で印字可能となることを設計目標値とした．

これにより，Fig.10のように非印字領域の縮小による装置の省スペース化が可能となる．

また，キャリッジの移動距離が短くなることによって，生産性が向上する．

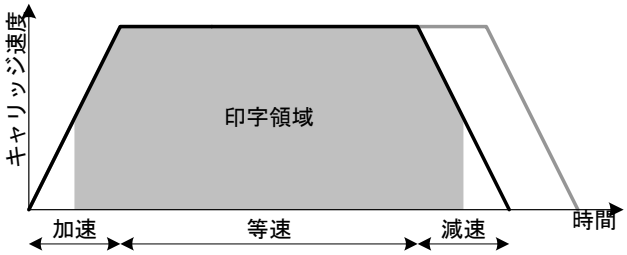

Fig.10　Print range with jet timing adjustment for downsizing.

また，Fig.11のように，キャリッジの加速度を緩やかにしても印字領域を確保できるため，キャリッジの移動にかかる消費電力の低減にも効果がある．

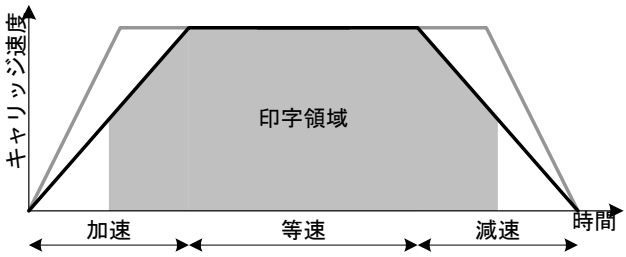

Fig.11　Print range with jet timing adjustment for low power.

実際の加減速中印字を実装した機種での非印字領域（キャリッジが加速を開始してから印字可能となる距離）は，キャリッジ挙動の安定化条件等から，キャリッジ速度が等速領域の速度の70%未満の領域とし，マシン幅として従来比約30mmの省スペース化を実現している．

4.　今後の展開

SoC:FIGOによって，目標としていた高性能，低消費電力化を達成する低コストコントローラを獲得し,プリンタラインナップを構成することができた．

特にオフィス向けインクジェットプリンタで省エネ時消費電力　世界No.1　且つ　世界最小サイズの製品を実現できる．

また，インクジェットプリンタ，レーザープリンタ共通のプラットフォームを実現することで，他のリコー製品との一貫性（連携）効果も期待できる．