
オープンソースUnixとPCI技術を搭載した新世紀アーキテクチャ

Millennium Architecture using Open-source Unix and PCI technology.

森田 哲也*
MORITA Tetsuya

入野 祥明*
IRINO Yoshiaki

小倉 義孝*
OGURA Yoshitaka

田中 智*
TANAKA Satoru

松島 弘幸*
MATSUSHIMA Hiroyuki

坂田 誠二*
SAKATA Seiji

要 旨

リコーは、21世紀に入ると次々にimagio Neo 350/450, IPSiO NX620/720, IPSiO Color 8000シリーズなどモノクロLP/MFP, カラーLP/MFP製品を発売した。これらの画像機器コントローラにはオープンソースUNIX, PCI, XML, HTTP, IEEE1394, USB技術などに代表される様々な最新IT関連技術を採用した『新世紀アーキテクチャ』と呼ばれる機種間共通のハードウェア/ソフトウェアアーキテクチャが搭載されている。さらに従来機種において個別オプションボードに実装されていたプリンタ/ファックス/スキャナオプション機能を全て刷新し、単一のコントローラ上に移植したことにより、機種間での機能・操作性の共通化や、多機種同時開発における大幅な開発期間短縮を実現した。またリコードキュメントハイウェイ(RDH)構想に基づくRidoc Document Server/Server Pro, Ridoc Desk 2000などのドキュメントソリューション製品群とMFPのドキュメントボックス, スキャナ機能連携を強化するとともに、超高速RISC-CPUや100万ゲート規模の超高速集積ASIC搭載によりハイパフォーマンスなMFP機能を実現した。

ABSTRACT

At the beginning of the 21st century, Ricoh released the brand-new black & white LP/MFP and high-speed color LP, named imagio Neo 350/450, IPSiO NX620/720 and IPSiO Color 8000 series. All of these products are based on "the Millennium Architecture", which basically consists of the common hardware and software architecture using many updating IT components such as open source UNIX, PCI, XML, HTTP, IEEE1394 and USB. Furthermore, MFP functionalities (Copier with Printer/Fax/Scanner expandability) are implemented on a single controller board, instead of the several option boards mounted in our conventional version of MFPs. Consequently, the new architecture provides the common operations and functionalities. Also it drastically shortens our development period. Both functions of Document-box and network scanner functions in the imagio Neo achieve a new seamless integration between imaging equipments and new software products such as the Ridoc Document Server/Server Pro and the Ridoc Desk 2000, which are newly released along "the Ricoh Document Highway Concept". Moreover, the high performance of the copy and print functions are achieved by an ultra high speed RISC-CPU and one million gates ASIC.

* 画像システム事業本部 P&S事業部 GW-PT
GW-PT, P&S Business Division, Imaging System Business Group

1. 背景と目的

IT技術の急速な進化とPCパーツの高機能・低価格化に伴い、リコーではOA機器のコントローラアーキテクチャを刷新し、『新世紀アーキテクチャ』と称してハードウェア・ソフトウェアに多くの汎用PC技術を取り込んできた。

- ・オープンソースUNIX OS (NetBSD)
- ・ネットワーク機能 (MAC) 内蔵ASIC
- ・HTTP+XMLによる画像ファイル/コマンド通信機能
- ・IEEE1394インターフェース
- ・PCIバス仕様準拠の外部オプションスロット

最近ではあるネットワークI/Fを持つゲーム機メーカーがオープンソースUNIXを搭載したデモ機を発表したところ、即座に公開を求める署名運動が盛り上がり、UNIXインストールキットがリリースされるなどオープン化への要求は着実に高まっている。

リコーはOA機器業界においていち早くオープンソースUNIXを採用し、さらにネットワーク機能や操作パネル機能を活かして機器内部の新規アプリケーションを開発できるVAR/SIベンダ向けソフトウェア開発キットをCOMDEX2000やCeBIT2001において発表するなど、新たなOA(Open & Appliance)のリコーとして変貌を遂げた。

『新世紀アーキテクチャ』は、21世紀に入って次々と発売されたimagio Neo 350/450シリーズ、IPSiO NX620/720、IPSiO Color 8000シリーズなどモノクロLP/MFP、カラーLP/MFPのコントローラに搭載された国内外共通のハードウェアおよびソフトウェア・アーキテクチャである。

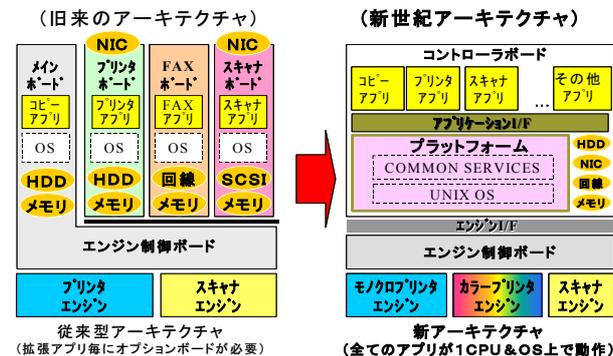


Fig.1 imagio/IPSiO Millennium Architecture

2. アーキテクチャの革新

2-1 ソフト・ハード資源の集約

MFPにおいて拡張アプリごとにオプションボードが必要であった従来アーキテクチャと比べ、新世紀アーキテクチャでは単一の高速CPUおよび単一のOS上ですべてのアプリケーションを実行する。(Fig.1)

新世紀アーキテクチャにおけるアプリケーション拡張は、ソフトウェアおよび最小限のハードウェア (NICボード、FAX通信ボードなど) の追加により実現でき、MFPフル機能実装時にコスト最適となるよう設計されている。

一方、複数のアプリケーションを単一CPUで動作させることは、CPUパフォーマンスやメモリ資源の配分、同時動作におけるデバッグ性などの面が大きな課題となるが、コントローラOSとして汎用UNIX OSを搭載し、プロセス間のメモリ保護機構やCPU消費時間などを測定するプロファイラ・高機能デバッグを利用することにより、CPU・メモリ資源の最適設計が可能となった。

2-2 新世紀コントローラ・ハードウェア

Fig.2は新世紀アーキテクチャを採用した高速カラープリンタIPSiO Color 8000のコントローラボードである。



Fig.2 Millennium Architecture based IPSiO Color 8000 controller.

新世紀コントローラ・ハードウェアの特徴：

- ① 高速RISC-CPU (RM7000, 250MHz)
- ② 100万ゲート規模の高機能ASICの搭載
- ③ PC100で汎用的に利用されているSDRAM対応
- ④ 外部拡張およびエンジンI/FにPCIバスを採用

高機能ASICには、CPU I/F、SDRAM、Ethernet用コントローラ、PCIバス、リコー独自の高効率圧縮・伸張アルゴリズムが実装されている。PCIを使用することにより、エンジン

ンとの画像I/Fとして画像の入出力が容易に可能となった。特にASICのI/Fは専用化するのでは無く、汎用PCの最新のトレンドを取り込み、最高の性能を低価格で実現することを目標としている。

2-2-1 メモリ・サブ・システム

メモリ空間はリニアなアドレスで管理されており、CPUのキャッシュフィルに対して最適化されている。また、MFP機ではスキャナからの入力画像も同様に管理されており、画像フレームのデータ転送管理はDMAC（ダイレクトメモリアクセス制御）が行っている。

メモリには10以上のDMACが接続されており、ビデオ入出力関係のDMACの優先順位を高くし、CPUの優先順位を低くすることで、プリンタラスタライズ中であってもコピー動作のパフォーマンスが低下しないように工夫されている。

2-3 新世紀コントローラ・ソフトウェア

新世紀コントローラ・ソフトウェアの特徴：

- ① オープンソースUNIX OSの採用
- ② 共通制御サービスによるソフト生産性の向上
- ③ ネットワーク機能のオンボードCPU処理

ソフトウェア機能モジュール図をFig.3に示す。

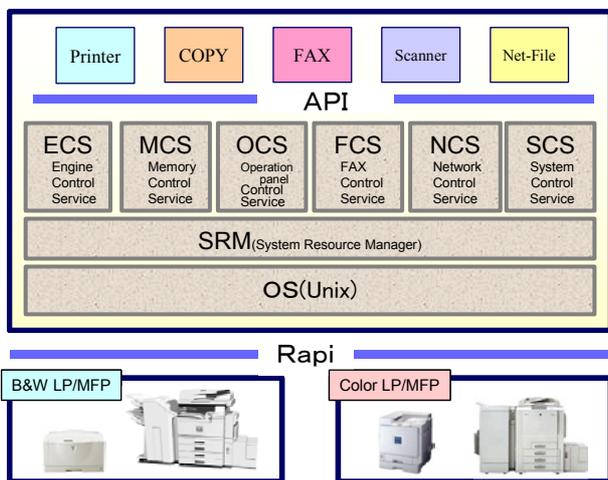


Fig.3 Software modules in the Millennium Architecture controller.

2-3-1 UNIXオペレーティングシステム

汎用UNIX OSはKernel層にプロトコルスタックを実装するネットワーク親和性の高いOSである。またUNIX OSは高度

なメモリ保護機能やプロセス管理機能を持つ反面、ROM/RAM占有量が大きくハードリアルタイム処理に適していないという欠点がある。しかしソフトウェア開発の観点で見した場合、UNIX OSの持つ以下の特徴は先の欠点を補って余りある利点といえる。

- 汎用ソフトウェアモジュールの移植が容易
- プロセス間でのメモリ保護により安全性が高い
- 高機能なソフトウェアデバッグgdb等が利用可能
- ネットワーク経由でのソフトウェア共有が可能

以下、コントローラ組み込みOSとしてUNIXを採用するに至った技術的背景とUNIX OSの必要性について述べる。

①コントローラCPU性能の向上

約10年前はプリンタコントローラCPUクロックが数十MHz程度であったのに対し、新世紀コントローラでは数百MHzクラスへと動作周波数が約10倍に向上しており、MFP機能を実現するための大規模ソフトウェアであっても並行処理することが可能となった。

②ソフト開発効率の向上

ソフトウェアの開発環境においてICE等の開発支援機器はCPUの性能向上に追いついておらず、開発環境すべてをソフトウェアのみで構築する必要があるため、gdbなど高機能デバッグを利用可能な汎用OSのサポートが必要になる。

従来の組み込み専用マルチタスクモニタと比較して、汎用UNIX OSは数倍以上のfoot-print（メモリやCPU資源）を消費してしまうが、新世紀アーキテクチャではソフトウェア開発効率および安全性を優先して、ハードウェアリソースを割くというアプローチを採用している。

2-3-2 エンジン制御サービス(ECS)

ECS(Engine Control Service)はアプリケーションから受け取った読み取りジョブや印刷ジョブの指示に従って、スキャナ・プロッタエンジンとソータ・ステープルなどのフィニッシュを制御する。またエンジン状態の取得や非同期に発生する紙切れやジャムなどのエラー通知機能、さらにジャム紙除去後のジョブリカバリ動作や、リミットレス給紙制御を担当し、アプリケーション側の実装を簡素化している。

2-3-3 メモリ制御サービス(MCS)

MCS(Memory Control Service)は、画像メモリの獲得・解放、HDDにおける画像ファイル管理および画像圧縮・伸張に関するAPI(Application Programming Interface)を提供する。例えば、プリントアプリケーションはホストPCから印刷データを受け取るとMCSを利用して画像メモリを獲得し、ビットマップ展開処理や圧縮・伸張処理を行う。またECSと連動して、エンジン<->コントローラ間の画像データ転送を行うため、アプリケーションは転送処理における複雑なバンドメモリ管理が不要となる。

2-3-4 オペパネ制御サービス(OCS)

液晶ビットマップパネルを搭載した画像機器において、オブジェクト指向の画面表示制御APIを提供する。アプリケーションはOCS(Operation panel Control Service)を利用して、ボタン/アイコン/メッセージなどのアイテムをウィンドウ上に配置し、アプリ固有のGUI(Graphic User Interface)を構築できる。またタッチパネル入力検出、ハードキー入力検出、LED表示、ブザー出力など操作部ユニットに付属するハードウェアの入出力制御機能も有している。

2-3-5 ネットワーク制御サービス(NCS)

NCS(Network Control Service)は、各種プロトコル制御プログラム(デーモン)を実装しており、アプリケーションがネットワーク、セントロニクス、USB、IEEE1394などのI/Fを用いたデータ転送制御を行うためのAPIを提供している。

プロトコルとしては、印刷系(lpd/ippd/centrod)、ファイル転送系(httpd/ftpd)、機器管理系(snmpd)などが実装されている。

3. ソフトウェア生産性の向上

前節で述べたように新世紀アーキテクチャでは、エンジン、メモリ、ネットワークI/F、ファックスI/F等のハードウェア制御モジュールを単一CPU上に実装している。そのため従来アーキテクチャではオプションボードごとに実装されていた制御モジュールを共通利用できる。Fig.4にMFPアプリケーションプログラム全体のコードサイズ比較を示す。

共通サービス相当部分のコード量比較は次式に示すとおり、40%程度に削減できた。100K steps/250K steps = 40%

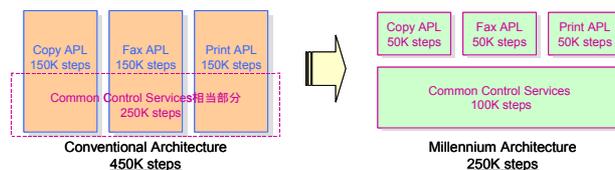


Fig.4 Total code size on MFP controller is reduced using Common Control Services.

ソフトウェア生産性を考察する場合、必ずしもコード量削減率=生産性向上率とはならないが、従来アーキテクチャで重複開発していた部分を共通化できるメリットは大きい。

4. XMLとHTTPによる遠隔機器制御

4-1 ドキュメントハイウェイ製品との連携

新世紀imagio/IPSiOシリーズのハードウェア、および同時にリニューアルされたRidoc Desk 2000, Ridoc Document Server/Server Pro, Ridoc IOユーティリティソフトウェアは、『ドキュメントハイウェイ構想』と呼ばれる、リコーの新しい文書管理・機器管理ソリューションのコンセプトに基づいた製品群である。Fig.5は本構想の全体像を示している。

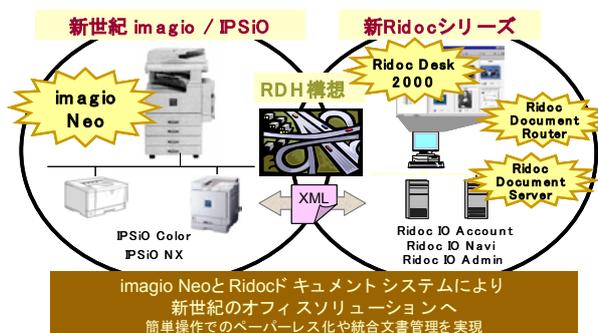


Fig.5 Document Highway Concept.

新世紀アーキテクチャによるRDH対応機能:

①SNMPにより取得可能な機器情報の拡大
(Print, Scan, Fax, Copy MIB)

②本体HDD内の蓄積画像データ、サムネイル取得、再印刷、再Fax機能(各種データのXML定義)

コントローラアーキテクチャの革新が新規技術採用の好機であったと言うだけでなく、ネットワーク親和性の高い

UNIX OSを採用したことにより、ドキュメントハイウェイ構想の中核をなすXML技術の搭載が可能になった。そして新世紀アーキテクチャのサービスの1つとして、HTTPプロトコルを用いてXML文書をやりとりすることにより機器の制御を行う機能が実装された。

本機能は、新世紀アーキテクチャが採用された機種のうち、imagio Neo 350/450シリーズ、IPSiO Color 8000に搭載されており、PC上で動作するRidoc Document Serverシリーズと連携した文書管理、および、Ridoc IO Admin, Ridoc IO Naviからの機器管理に利用している。(Fig.6)

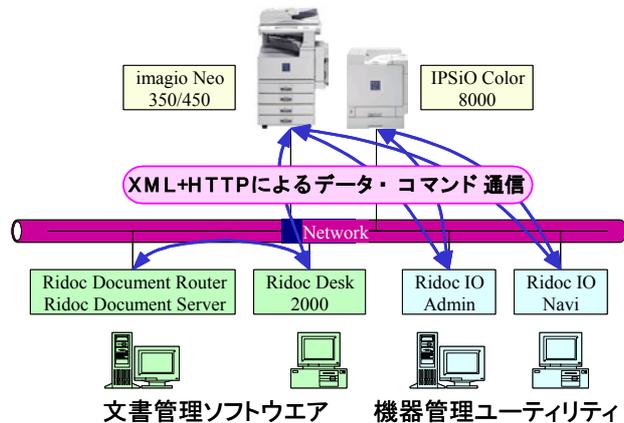


Fig.6 Remote Procedure Call by using XML and HTTP.

3-2 XML採用のメリット

このようにXMLを採用して画像機器とRidocシリーズの連携を実現したが、開発面でのメリットについても紹介する。

メリットとしては、まず何よりXMLがオープンな技術であり、かつ非常に流行しているという点が挙げられる。即ち、インターネット上には自由にダウンロードすることのできるXML関連のオープンソースプログラムが多数公開されており、開発者はその恩恵を受けることができる。

XMLプロセッサとしてXML業界の有名なJ. Clark氏が開発したexpatを採用することで、短期間で高品質なソフトウェアを開発できた。また、開発初期においてJava Servletにより1週間程度で実装したWebベースのテストツールを使うことによって、効率よく開発を進めることができた。さらにうまくタグ形式を設計することで拡張性の高いソフトウェアアーキテクチャを構築することが可能なのも、XMLのメリットと言えるだろう。以下、XML文書によるコマンド（印刷指

示)の例を示す。(Fig.7)

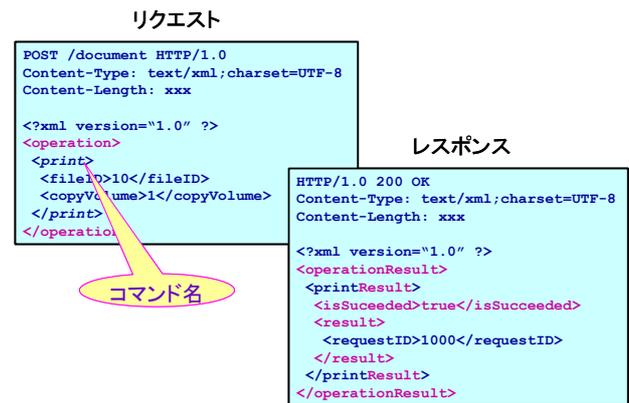


Fig.7 Examples of the XML data format.

5. 今後の展開

リコーは米国COMDEX fall 2000(2000/11)および国内imagio Neo プレス発表(2001/1)において、RA2K(Ricoh Architecture 2000)デベロッパーズ・パートナープログラムを発表しており、VAR/SIベンダが新世紀アーキテクチャ機能を利用した新規アプリケーション開発を実施できる。

リコーは今後もRDH構想をベースにOA機器とドキュメントソリューションを融合した新世紀オフィスソリューションによって、お客様の業務効率化やお困り事の解決を目指していく。

謝辞

長期に亘り度重なる仕様変更と山積みされた難解なバグに対峙し、深遠な技術力と強い忍耐力をもって果敢に立ち向かわれたエンジニアの方々、ならびに国内・海外において新世紀アーキテクチャ製品の製造・販売・サービス立ち上げにご尽力いただいた方々に厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) John,L,Hennessy and David,A,Patterson: Computer Organization & Design : The Hardware / Software Interface, Morgan Kaufmann Publishers 1994
- 2) M.Guttman and J.R.Matthews, The Object Technology Revolution, JOHN WILLY & SONS, INC. 1995