

業務システムを強力にサポートするビジネスサーバ：PRIMERGY 6000シリーズ

PRIMERGY 6000 Series: Powerful Business Servers Supporting Enterprise Systems

あらまし

オフコンのベストセラー機となったKシリーズの後継であるPRIMERGY 6000シリーズは、中堅企業の基幹サーバとして、あるいは部門サーバとして、業務システムを強力にサポートするビジネスサーバである。インターネットやパソコンなど、企業を取り巻くビジネス環境の変化に柔軟に対応しながら、「高信頼性」「高性能」「資産継承」を特長として発展してきた。そのために、富士通独自アーキテクチャであるKシリーズのハードウェアやOSは、オープン技術と融合して進化しながら、新しい機能を提供し続けてきた。

本稿では、PRIMERGY 6000がこれまで取り組んできた高信頼性技術やOSの特長を紹介するとともに、クラウド時代に向けた仮想化への取り組みについて説明する。

Abstract

Following on from the top selling K series of midrange computer, the PRIMERGY 6000 series of powerful business servers can be used as the main server for midsize companies or individual departments. It offers strong support to enterprise systems. In the rapidly changing business computing environment, the PRIMERGY 6000 series adapted flexibly to new technology with three significant features: high performance, high reliability, and inheritance of existing resources. Consequently, the hardware and OS of the K series, which were Fujitsu's unique architecture, could fuse with open-source technology and evolve. In this way, Fujitsu has been providing new functions constantly. This paper mainly describes the features of the OS, highly reliable technology we have developed over the years and the virtualization approach of PRIMERGY 6000 in the Cloud computing era.



中本豊秋（なかもと とよあき）
IAサーバ事業本部ビジネスサーバ事業部 所属
現在、PRIMERGY 6000の開発に従事。



中野賢一（なかの けんいち）
IAサーバ事業本部ビジネスサーバ事業部 所属
現在、PRIMERGY 6000の仮想化技術の開発に従事。



荒武幸二（あらたけ こうじ）
IAサーバ事業本部ビジネスサーバ事業部 所属
現在、PRIMERGY 6000のオペレーティングシステムの開発に従事。

まえがき

富士通のオフコンは、1970年代のVシリーズから、オフコンのベストセラー機となったKシリーズやGRANPOWER6000シリーズを経て、PRIMERGY 6000シリーズ（以下、PG6000）へと成長してきた（図-1）。

その豊富な実績と最新テクノロジーを結集して、お客様の膨大な資産を継承し、中堅企業の基幹システム用ホストとして、あるいは部門サーバとして、長年利用されてきた。通信プロトコルの主流がFNA（Fujitsu Network Architecture）からTCP/IPに移っても、WWW（Web）を代表とするオープンな技術を取り込み、インターネット時代にマッチした最適なソリューションを提供し続けている。

PG6000はオフィスへの設置を前提に、ハードウェアからサービスまで一体の、高い運用性を実現している。様々な部品の冗長化や監視機能により信頼性を高める一方、オフィス環境を損なわない静粛性を追求してきた。さらに、標準機能でスケジュールに従った自動運転ができ、効率的な運用をサポートしている。

また、従来資産のCOBOLアプリケーションと、オープンソースのCやJavaプログラムを同時に動作させるために、独自のマイクロカーネル構造を採用している。これらの技術により、Windows Serverとのデータベース連携やWebブラウザからCOBOLアプリケーションが利用できる。

本稿では、PG6000のハードウェアと、そのオペレーティングシステム（OS）であるASP（Advanced System Products）がこれまで実現してきた、高性能・高信頼性技術と、近年注目されている仮想化技術への取組みについて紹介する。

PG6000の特長

PG6000は、お客様に長く安心して使っていただくために、「高信頼性」「高性能」「資産継承」を特長としている。

Kシリーズ以前は、富士通独自のプロセッサであるFSSP（Fujitsu Small System Processor）を搭載した専用ハードウェアのシステムであった。また、搭載されたOSも、専用の命令コードで実行される独自アーキテクチャのCSP/FXであった。

PG6000では、Kシリーズで培ったアーキテクチャと、オープンな技術を融合し、ハードウェアとソフトウェアの両面で、独自のハイブリッド構造を実現している。その特長を以下に示す。

(1) ハードウェア・ソフトウェア一体のシステム監視機構

独自に開発したIA（Intel Architecture）サーバに、専用ハードウェアである「システム監視機構」を搭載している。このハードウェアは、OSと緊密に連携して以下の機能を提供し、高い信頼性と運用性を実現している。

- ・電源やファンなどハードウェアの異常監視
- ・内蔵カレンダーによる自動運転制御

(2) 最適化された動的オブジェクト変換

独自プロセッサの命令コードで書かれたオブジェクトプログラムを自動でIntelプロセッサ命令に変換し、そのまま高速で実行する。頻繁に実行される処理は最適な命令コード列に変換してキャッシュすることで、さらなる高速化を実現している。

(3) マイクロカーネル上のハイブリッドOS

バッチ処理などのCOBOLアプリケーションを高速に実行すると同時に、オープンソースの移植性を高めるため、従来モードで動作するOS環境と、

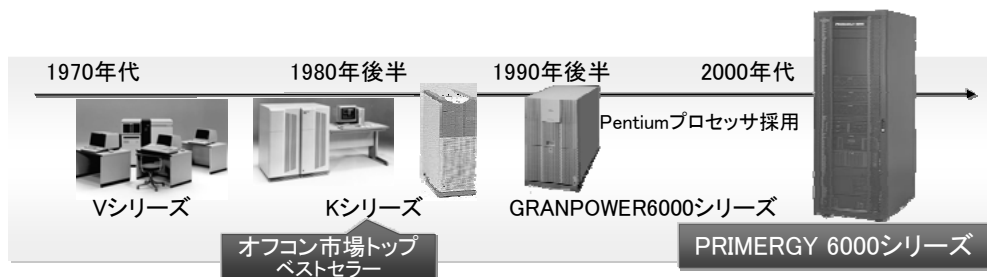


図-1 富士通のオフコンの歴史
Fig.1-History of Fujitsu's midrange computer.

POSIX APIや多階層構造のファイルシステムをサポートする動作環境とのハイブリッド構造となっている。

次章で、これらの技術の内容について説明する。

ハードウェア

PG6000は、大規模基幹サーバの中核を担うモデル900から、省スペース型の最下位機モデル300まで、約40倍の性能レンジを持つ4モデル11タイプで構成されている。基幹サーバとしての高信頼性、オフィスサーバとしての導入・運用の容易さなどの利便性を追求し、全機種同一アーキテクチャのもとでこれらの機能を基本搭載している。

● 高度なシステム運用管理・監視システム

PG6000では、CPUから独立した専用プロセッサによるシステム監視機構、ISF（Integrated Service Facility）を全機種に基本搭載している。ISFは以下の機能を持つことで、PG6000の高信頼性および高運用性を実現している。

(1) 自動運転機能

カレンダースケジュールの設定に従って、システムの電源のオン/オフや、OSへの割込みの制御を行う。

(2) システム監視機構

常時、温度・電圧・冷却ファン回転数などの環境状態、ハードウェア・ファームウェア・ソフトウェアの異常を集中監視する。異常が検出されると、ロ

ギングやエラーメッセージでシステム管理者へ通知し、事象によってはシステムの緊急電源切断などを行う。

(3) 遠隔保守機能

リモート制御用カードの装着により、富士通オンライン保守サービスセンターからの遠隔保守を可能としている。

● 高信頼性システムの追求

PG6000は、基幹システムを構築するための高信頼性機構であるUPS（Uninterruptible Power Supply）、および二重化ディスク機構を全機種に基本搭載することにより、ディスク障害や停電によるシステムの停止・データ破損を未然に防止している（図-2）。

さらに、2009年8月に出荷を開始した最新機種ではディスク装置の二重化だけでなく、ディスクインタフェースおよび電源まで冗長化することにより、ディスク装置の可用性の向上を図っている。

● 設置性の追求

PG6000は一般のオフィスに設置されることが多いため、静粛性が厳しく要求される。リプレースの際には、前機種と常に比較されるため、低騒音化は継続したテーマとして向上を図っている。

最新機種では、エアフローの設計を全面的に見直し、同一機種で騒音値を3.5 dB下げ、42 dBの低騒音化を実現した。騒音は3 dB下がると体感的に約半分と感ずるため、大幅な低騒音化が実現できた。

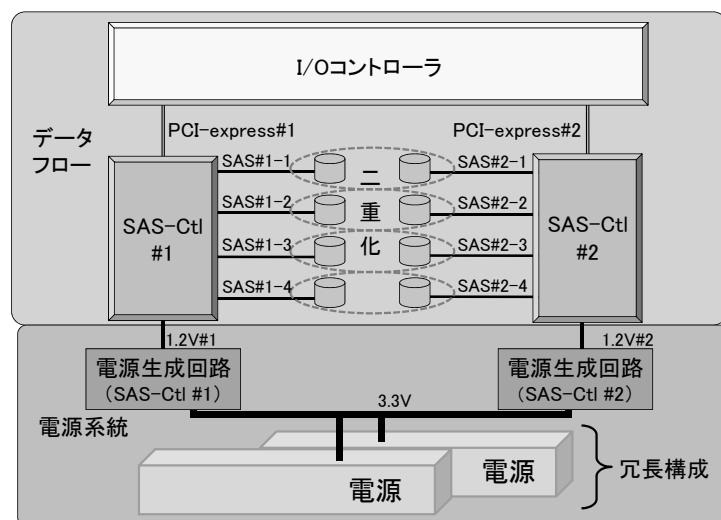


図-2 二重化ディスクの構成
Fig.2-Dual disk system.

併せて、CPUファンを削除し、冷却効率に優れた銅ヒートシンクの開発およびシステムファンの二重化により、CPUファンの故障によるシステム停止も防止することを可能とした（図-3）。

ソフトウェア

独自プロセッサからIntelプロセッサを採用するに当たり、オペレーティングシステムASP、およびお客様が蓄積されたアプリケーション資産を、オブジェクトレベルで動作互換保証（資産継承）することが大きな課題であった。

ASP命令をIntelプロセッサ命令コード（Intelコード）に逐次変換して実行するインタプリタをマイクロカーネル上に実装し、この課題の解決を図った。さらに、インタプリタと連動した「動的オブジェクト変換機構」を開発し、命令実行の高速化を実現している。

また、お客様のニーズにマッチした製品提供を実現するため、オープン技術（オープンソース）を容易に取り込める「UXF動作機構」を開発した。

● 動的オブジェクト変換機構（高速化）

Intelコード生成の最適化技術を採用した動的オブジェクト変換機構OOCT（Optimized Object Code Translation）は、従来のインタプリタのみの実行速度に比べ、最大10倍の高速化を実現している。

OOCTでは、下記の手順によりASPオブジェクトから最適なIntelコードを生成し、実行速度の高速化を図っている。

- (1) インタプリタは、分岐命令実行の際、変換処理に必要な分岐情報（分岐アドレス、実行回数など）を採取する。分岐先命令が変換済みの場合は変換コードへ実行を移し、未変換の場合はインタプリタで命令を実行する。命令実行と並行して、頻繁に実行される処理（Hot Path）を分岐情報から見つけ出し、オブジェクト変換処理に変換を依頼する。
- (2) オブジェクト変換処理は、分岐情報からFlow graphを生成して、実行頻度の高い一連の処理単位を見つめ出し、最適化分析が容易な中間言語に変換する。
- (3) 中間言語に対して、フロー解析などを行い、最適化（不要ラベル・コードの除去、共通部分式の除去、定数・命令の畳込み）処理をする。
- (4) 最適化した中間言語からIntelコードを生成する。

● UXF動作機構

UXF動作機構とは、POSIX準拠の関数インタフェースと、オープン系ファイルシステムと同等の「多階層ファイルシステム」を装備した実行環境である。この実行環境は、BSD系UNIXシステムを基に、マイクロカーネル上に構築されている（図-4）。

UXF動作機構上に、オープンソースのSamba（ファイル共有）、Apache（Webサーバ）、Tomcat（サーブレットコンテナ）およびJavaVM（Java仮想マシン）などを移植開発し、オープン技術の取込みを図っている。

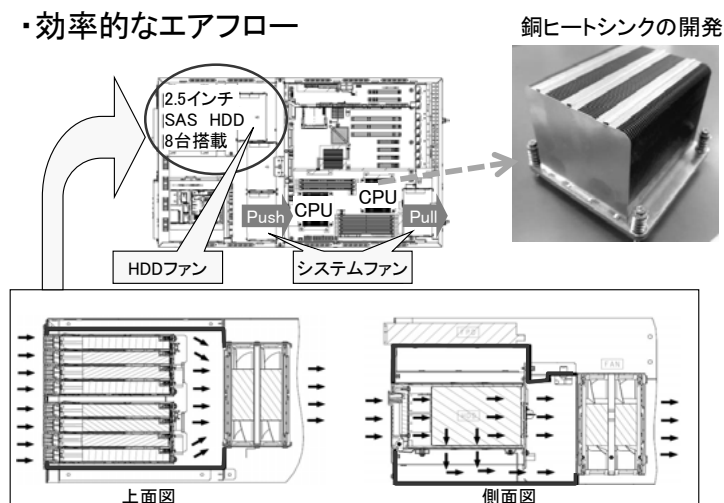


図-3 ダクトの構成
Fig.3-Ventilation duct.

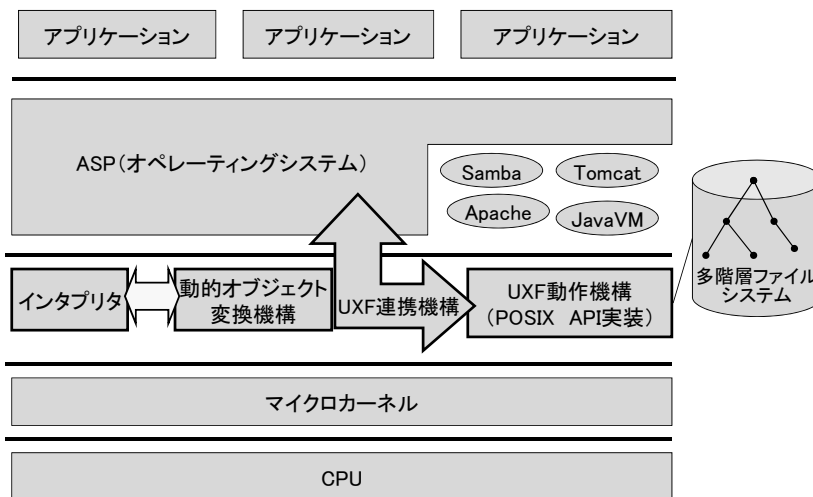


図-4 システム構成
Fig.4-Operating system structure.

なお、上記のオープン機能の操作・運用管理は、従来のASP環境から行うことができ、ASPスキルを継承する設計としている。このため、ASPとUXF動作機構をつなぐ「UXF連携機構」を開発した。

【多階層ファイルシステム】

ASPの従来のファイルシステムは格納庫と実ファイルの2階層であり、格納庫名・実ファイル名は8文字以内、コード系はEBCEDIC+JEFであった。そのため、オープン技術の取込み、オープンシステムとの資産流通が容易にできないという課題があった。この課題を解決するため、オープン系ファイルシステムと同等の多階層ファイルシステム（コード系はJIS8ビット+シフトJIS）を開発した。これにより、ファイル共有（Samba）やファイル転送（FTP）機能を使ってオープン系システムとの資源流通を容易に行うことができるようになった。

【UXF連携機構】

UXF連携機構は、UXF動作機構に関する操作・運用管理をASP環境から行うため、ASPとUXF動作機構をつなぐ以下の機能を提供している。

- (1) ASPからUXF動作機構上で動作するプログラムの起動・停止・打切り
- (2) ASPジョブ環境（ユーザ権限情報）のUXF動作機構上のプロセスへの引継ぎ
- (3) UXF動作機構上で動作するプログラムの実行結果・動作異常をASPにメッセージ通知
- (4) ASPから多階層ファイルシステムへのアク

セス

- (5) UXF動作機構上で標準出力されたデータを中継し、ASPのスパールキューに出力

仮想化技術の取組み

お客様の経営環境においても、情報の広がりによるグローバル市場の競争激化・脅威拡大から、経営環境変化への対応スピードの更なる向上が求められている。オフコンユーザも例外ではなく、既存業務を維持しながら、ビジネス要件に応じた最適なICTインフラを、最適かつ迅速に構築することが課題となっている。

サーバ仮想化技術⁽¹⁾は、これらの課題を解決する技術であり、これまでお客様で開発されたアプリケーションの動作環境を継承するとともに、以下のメリットを有している。

- (1) 開発環境やサーバ構成のフレキシブルな再構築により、スピーディな業務開発と業務改革を実現する。
- (2) ICTインフラを仮想化技術により最適に配置することで、TCO（Total Cost of Ownership）の削減を図る。
- (3) 複数台のPG6000を1台のサーバに統合することで、省電力・省スペースを実現する。

このため、企業内クラウド対応機として、富士通の基幹IAサーバPRIMEQUESTをベースに、「ASP動作機構」（仮想マシン機能）を提供する。この機構により、PG6000上で動作していたASPを高信頼

なオープンプラットフォームで数十台分、実行させることができる。

以下に、仮想化技術の取組みとして、現在（2010年10月時点）開発中のASP動作機構について述べる。

● ASP動作機構の概要

ASP動作機構は、PRIMEQUESTのオプション製品であり、CPU・メモリ・内蔵ハードディスクドライブなどで構成される。ハードディスクドライブにはASP動作機構用のファームウェアやOSの雛形システムイメージが搭載される。1枚のシステムボード上にCPUはPRIMEQUESTで採用しているIntelプロセッサを2個、メモリは最大で256 Gバイト搭載可能である。

● ASP-V（仮想マシン）の動作概要

仮想化されたASPのシステムディスクやユーザディスクは、ディスクアレイ装置ETERNUS上に展開される。

ASP動作機構のハイパーバイザ機能により、ASPの仮想化を実現する。ASPが配備される仮想マシンをASP-Vと呼ぶ。ASP-Vの動作概要を図-5に示す。

ASP-Vでは、従来のASPがそのまま動作するた

め、ASPのミドルウェアやアプリケーションは、バイナリ互換で動作し、複数のASP-Vを配備することが可能になる。

ハイパーバイザは、CPU・メモリ・I/Oの仮想化を行う。CPUスケジューラによりPRIMEQUESTの物理CPUとASP-Vの仮想CPUとを対応付けすることで、物理CPUを時分割して配分する。また、一つのASP-Vに1～8個の仮想CPUを割り当てることで、従来機種であるPG6000シリーズのモデル300クラスからモデル900クラスまでの幅広いCPU性能レンジの仮想マシンを作成できる。

メモリについては、ハードウェアに実装されたメモリのうち必要なサイズを各ASP-Vに割り当てる。

また、PG6000の特徴的なハードウェアであるISFは、ソフトウェアでエミュレーションすることで、ASPの互換性を保証している。これにより、タイマーパワーオン/オフやジョブスケジュール管理などの自動運転を従来機と同様に動作させることができる。

なお、オペレーションパネルからの各種操作やエラーログ情報などもWeb管理コンソール機能により実現している。

さらに、ディスクやネットワークなどのI/Oの仮

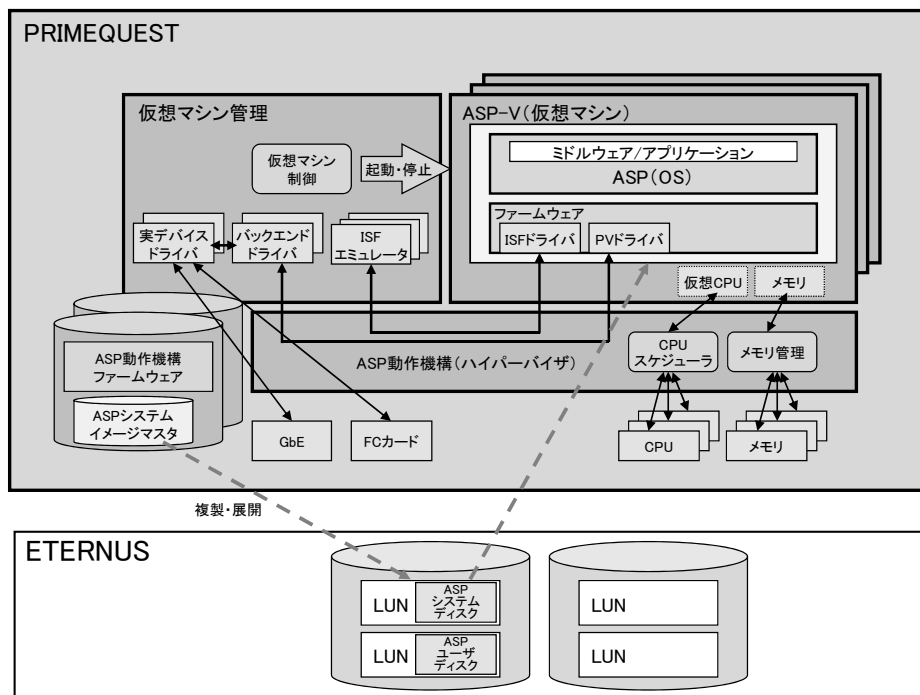


図-5 ASP-Vの動作概要
Fig.5-Summary of ASP-V's operations.

想化については、PV（Para-virtualized：準仮想化）ドライバを導入し、仮想マシン管理上のバックエンドドライバ経由でI/Oデバイスを利用できる。この方式により、複数のASP-VからI/O装置を共有でき、十分な性能を出すことができる。

む す び

ASP動作機構は、ASPの動作環境を仮想化して、柔軟に構築することで、お客様資産であるCOBOLアプリケーションなどのビジネスロジックを継続的にかつ最適化された状態で動作させることができる。

そのため、従来、長期間かかっていたシステムの再構成などを劇的に短縮し、開発・運用ライフサイ

クルを短縮することで、お客様のビジネスプロセスを素早く変革することができる。

本稿では、PG6000のハードウェア、ソフトウェアの特長と仮想化技術への取組みについて説明した。

今後は、本仮想化技術をASPクラウドサービスに展開していき、お客様がICTインフラを気にせず、業務戦略に集中できるようなサービスとして提供していく。

参 考 文 献

- (1) 小口芳彦ほか：サーバ仮想化技術とその最新動向。 *FUJITSU*, Vol.58, No.5, p.426-430 (2007).