

Sun™ Ultra™ 60 アーキテクチャ

Technical White Paper



目次

1. Sun の次世代コンピューティング	1
ワークステーション・コンピューティングの性能	1
コンピューティング・エクセレンスに向けた積極的なアプローチ	2
新次元のパフォーマンス - Ultra™ 60	4
マルチプロセッシングの利点	6
2. システム概要	9
機能の概要	9
UltraSPARC™-IIプロセッサ	14
UPA (Ultra Port Architecture) インターコネク​​ト	15
PCI拡張バス	16
グラフィックス 17	
ネットワーク機能とI/O	19
筐体と電源	20
3. Ultra™ 60 アーキテクチャ	23
UltraSPARC™-IIマイクロプロセッサ	24
Version 9アーキテクチャ	24
UltraSPARC™-II 26	
UltraSPARC™-IIの機能ユニット	28
ビジュアル命令セット (VIS™ : Visual Instruction Set)	32
キャッシュのアーキテクチャ	34
高速なトラップとコンテキスト切り換え	34
メモリ・サブシステム	35
外部キャッシュ・メモリ	35
メイン・メモリ	35

Ultra Port Architecture (UPA)インターコネクト	36
UPAインターコネクトの実装	36
UPAインターコネクト・モデル	37
UPAインターコネクトの特長	39
PCI 接続	41
周辺装置、ネットワーク、およびバックパネル	43
モニタ	44
Ethernet	44
オーディオ	45
パラレル・ポート	45
シリアル・ポート	45
SCSI	46
キーボードとマウス	46
4. Ultra 60 のグラフィックス機能	47
Creatorグラフィックス	49
Creatorグラフィックスの動作原理	50
Elite3Dグラフィックス	52
動作原理	53
Ultra™ 60のその他の主要グラフィックス技術	56
UltraSPARC™-IIマイクロプロセッサ	56
UPAインターコネクト	57
性能	58
5. ソフトウェア	59
Solaris™オペレーティング環境	59
グラフィックス・アクセラレータのサポート	64
XIL™イメージ処理およびビデオ・ライブラリ	64
OpenGL®	65
XGL™ジオメトリ・ライブラリ	65
ソフトウェア開発サポート	67
Sun™ WorkShop™製品	67
Java™アプリケーション開発	68
Open Firmware	70
診断	71
電源投入時セルフテスト (POST : Power-On Self-Test)	71
SunVTS™	71
A. 参考文献	73

Sunが今回発表したUltra™ 60システムは、マルチプロセッシング・デスクトップ・コンピューティングの可能性を飛躍的に向上させる製品です。Sunのワークステーション技術を一段と強化したUltra 60は、ネットワーキング、グラフィックス、I/O、そして演算スループットの各領域で卓越した性能を実現しました。最強のパワーを持つマルチプロセッシングUNIX®ワークステーションを低価格で提供する、というSunの決意が再び実を結んだのです。

ワークステーション・コンピューティングの性能

高性能コンピューティングは、すばらしい未来を約束しています。たとえば、超大規模データベースを技術系ユーザ環境で実現する高速ネットワーキング、遠隔地でありながら同室で話し合っているように会話できるテレビ会議、複雑な技術系アプリケーションを実行できるシステム、開発期間の短縮とエンジニアリング・コストの低減を図るオブジェクト指向環境などは、着々と実用化が進められています。ところが残念なことに、現在見られる一部のシステムにはこのビジョンの達成に必要な機能が備わっていないのです。

経験豊かなコンピューティングの専門家たちが指摘しているとおり、システムにとって重要なのはプロセッサ性能だけではありません。高度なコンピューティング・プラットフォームでは、メモリ・アクセスやI/O、グラフィックス、ネットワーキング、CPUスループットなど、あらゆる面でバランスの取れたパフォーマンスの維持が要求されるのです。このバランスが取れない限り、結局はいずれかの部分でボトルネックが生じ、本来の潜在能力を完全に引き出すことはできません。

コンピューティング・エクセレンスに向けた積極的なアプローチ

単に研究所の実験という次元ではなく、本格的な実用レベルの高度なアプリケーションを実現するという目標に向けて、Sun が新機軸となるデスクトップ・システムを定義する作業に着手したのは、今から 5 年以上も前のことです。これを機に、Sun は新しいコンピューティングのビジョンを提唱しました。同時にこれは、10 年先をも見通してのコンピューティング標準を確立する作業でもありました。こうした取り組みとともに、Sun はこのビジョンを実現するための条件を明確に定義していくことになりました。以下に、その概要を述べます。

- デスクトップ・スーパーコンピューティング

あらゆるデスクトップ・システムの第一の評価基準は、まず演算のスループットにあることを Sun は深く認識しています。Sun のビジョンを実現するには、スーパーコンピュータに匹敵する性能が要求されます。特に、浮動小数点演算で優れた性能を発揮することは、多くのアプリケーションに不可欠な条件となります。

- ビジュアル・コンピューティング

高性能なグラフィックス機能を利用することで、複雑で専門的な概念であっても効果的な情報伝達ができるという事実は、すでに広く認識されています。これに伴い、さほど専門性の高くない技術系やビジネス系の環境においても、グラフィックス機能を応用したいというニーズが新たに生まれてきました。このような傾向に備えて、Sun は次世代プラットフォームに強力なグラフィックス機能を統合するとともに、24 bit カラー、リアルタイム・ビデオ、3D グラフィックス、イメージ処理などを専門に処理するプロセッサ・リソースを搭載する方針を固めました。

- ネットワーク・コンピューティング

ワークグループ間における情報交換、インターネット・アクセス、高度なエンタープライズ・コンピューティングといった将来的なニーズに対応していくには、10 Mbps 程度のネットワーク機能では十分とは言えません。今後のシステムには 100 Mbps Ethernet はもとより、ATM やギガビット・レベルの高度なネットワーク機能が不可欠になる、と Sun は考えました。

- スケーラビリティとバイナリ互換

Sun はかなり以前から、スケーラビリティとバイナリ互換性を持つシステムの重要性を深く認識していました。高い柔軟性を確保するには、システム・アーキテクチャを軸とした強力な製品ファミリを構築し、ファミリ内でのアップグレードを通じてパ

パフォーマンスやスループットを改善することが必要です。新しいプラットフォームでは、アップグレード対応可能な設計に加えて、Sun のシステムで利用できる数千種類のアプリケーションについてバイナリ・レベルの互換性を確保することも重要です。

- ソフトウェアの相互運用性と生産性

高度に専門的な技術環境においても、会社や個人のニーズに応じて、広く普及したパーソナル生産性向上アプリケーション（たとえば Microsoft Windows や Apple Macintosh で稼働する製品）を使わなければならない場合も出てきます。また、Java™ のようなオブジェクト指向のコンピューティング技術は、新しいアプリケーションの開発と導入に伴うコストや時間の節約に寄与すると期待されています。Sun は、こうしたニーズに妥協のない形で対応することを明言しています。

- ワークステーションの品質と技術

Sun のワークステーションは、優れた品質と信頼性を誇るシステムとして、従来から高い評価を得てきました。Sun の製品を使用すれば最先端のシステム技術や製造技術にアクセスできる、という点にお客様は深い信頼を寄せています。今後もこうした期待は続くことでしょう。

- 経済性

Sun は、デスクトップ・システムの標準を確立することをビジョンの中核に掲げています。それにはまず、CPU 性能、高度なグラフィックス、高速ネットワーキング、優れたソフトウェア技術などを、誰もが低価格で利用できるようにしなければなりません。

新次元のパフォーマンス - Ultra™ 60

Sunはネットワーク・ベースのマルチメディア機能、オブジェクト指向環境、ビジュアル・コンピューティングといった複合的なニーズの高まりを見据え、新世代のアプリケーション・ニーズを満たすデスクトップ・プラットフォームとして、Ultra 1 および Ultra 2 デスクトップ・システムを発表しました。UltraSPARC™ プロセッサ技術を搭載した Ultra デスクトップ・システムは、次世代のテクニカル・コンピューティング / マルチメディア・プラットフォームとして、業界で大きな注目を集めました。

これに続き、Sun はビジネス系 / 技術系の大規模なコンピューティング・タスクに対応する Sun™ Enterprise サーバ・ファミリを発表しました。Sun Enterprise サーバには、エンタープライズ・コンピューティング環境に欠かせない優れた RAS 機能（信頼性、可用性、保守性）と、SMP（対称型マルチプロセッシング）機能が統合されています。Ultra Enterprise サーバは、企業内部門をはじめ、ワークグループやデータセンターにおける用途を想定したシステムで、高性能プロセッサ UltraSPARC を 4 ~ 64 個搭載することができます。

Sun はワークステーションに要求される高度なパフォーマンスとスケーラビリティの条件を認識し、UltraSPARC をベースとした新世代ワークステーションを発表しました。あらゆる面で機能と性能を強化した Ultra 60 マルチプロセッシング・システムは、デスクトップ分野における Sun の画期的なビジョンを象徴する製品です（図 1-1）。

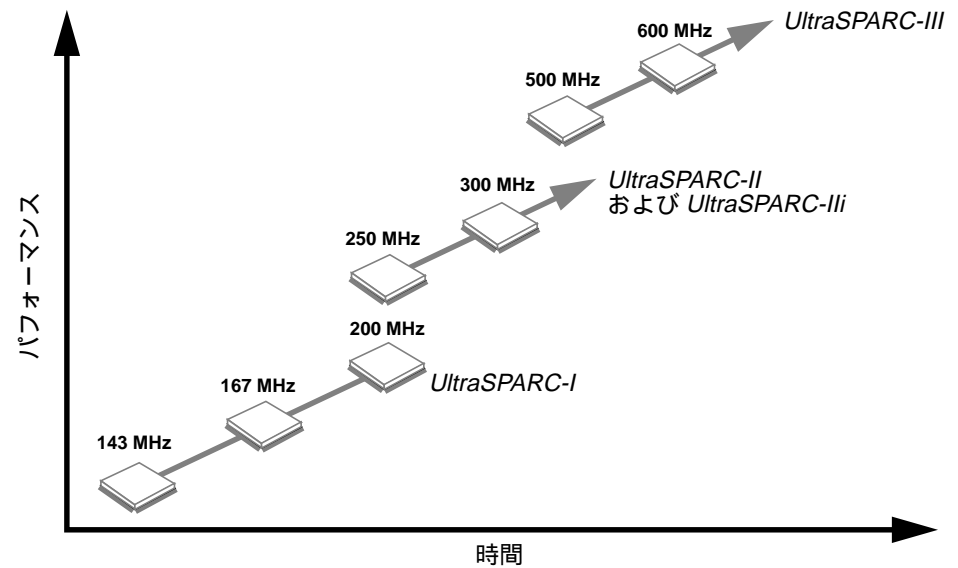


図 1-1 Sun はデスクトップ・コンピューティング分野において、UltraSPARC プロセッサ搭載の高性能ワークステーション・システムを一段と進化させるというビジョンを持っています。

Ultra 60は、ワークステーションに大規模な拡張性を必要とするパワー・ユーザを対象に設計され、次のような用途に適用できます。

- シミュレーション
- 電子デザイン・オートメーション (EDA : Electronic Design Automation)
- 金融モデリング
- 医療イメージ処理
- 地球資源 / 地理情報システム (GIS)
- ビジュアライゼーション

マルチプロセッシングの利点

マルチプロセッシング機能を持つUltra 60は、タスクを並列処理することによって生産性を高めることができます。これにより、データベースのクエリ処理がスピードアップし、リモート・ファイル・サービスが可能になり、演算集約的なアプリケーションが高速化するという利点が生れます。Sun の対称型マルチプロセッシング環境は、次のような特長を持っています。

- 必要に応じて柔軟にプロセッサの追加やアップグレードが可能
- システム全体を通じてバイナリ互換を維持
- マルチプロセッシング・システムの機能を強化するツールと関連技術を採用

マルチプロセッシングを導入すれば、さまざまな面でワークステーションのパフォーマンスが向上し、目に見える形で利点が得られます。こうした性能向上は、多くの場合プログラムを 1 行も書き換えなくても即座に実現します。

- Solaris™ オペレーティング・システムのマルチスレッド・カーネルは、UNIX 本来のマルチタスク機能をさらに強化します。タスクを複数生成し、これを複数のプロセッサ上で同時に処理することもできます。I/O 機能、バックアップ、ウィンドウ管理、データベース検索などは、すべて並列処理することができるので、システム全体のパフォーマンスとスループットが改善します。
- UNIX 環境では、複数のアプリケーションを同時に稼働させる場合が少なくありません。マルチプロセッシングでは、各アプリケーションを別々のプロセッサで処理することができるので、パフォーマンスとスループットが向上します。
- Solaris は、アプリケーション・システム・コールを個別の処理に分け、これを並列で処理することができます。グラフィックス、ネットワーク、演算、I/O 等の要求は、異なるプロセッサで同時に処理することが可能です。
- 開発者用の Sun™ WorkShop™ ツールキットには、並列性のあるプログラムを自動検知して、ランタイム時に複数のプロセッサに処理を渡すコンパイラが含まれています。
- マルチスレッド・アプリケーションは、各ジョブの実行時間を短縮化し、生産性を向上させます。開発者がアプリケーション内の複数のタスクを独立した実行スレッドに割り当てておけば、Solaris は自動的に各スレッドを適当なプロセッサに割り当てます。

Ultra 60 は前機種 of Ultra 2 と同様、 UltraSPARC をベースとした画期的なデスクトップ・システムです。 UNIX の System V Release 4 (SVR4) に準拠した Solaris を採用し、他の SPARC™ ベースの Sun システムと完全バイナリ互換を維持している点にも、前機種の伝統が受け継がれています。 バランスのとれたパフォーマンス、マルチプロセッシング、各種の先進的機能、最高のアップグレード性、比類ない拡張性、そして業界をリードする性能を備えた Ultra 60 ワークステーションは、デスクトップ・コンピューティングにおける Sun のビジョンを見事に具現しています。

SunのUltraシステムでは、パッケージング、ボード設計、サブシステム、そしてコンポーネントのすべてについて、時代の先端を行く材料や電子部品、ソフトウェア、製造技術が取り入れられています。この章では、Ultra 60システムの概要について説明します。プロセッサ、インターコネク、グラフィックス、I/O の各アーキテクチャについては、この後の章でさらに詳しく説明します。

機能の概要

- プロセッサ

SPARC Version 9に準拠した、64 bit UltraSPARC-IIプロセッサ（2 MBの外部キャッシュ付）が搭載されています（Ultra 60 Model 1300 では1個、Model 2300 では2個）。クロック速度は300 MHzです。SPARCベースのすべてのSunシステムとバイナリ互換性を維持しています。UltraSPARCは、整数計算および浮動小数点計算に高性能を発揮し、高度な演算を必要とするアプリケーションのニーズに対応できます。さらに、専用のVIS™命令セットを採用したことにより、システム・グラフィックス性能も大幅に向上しています。

- ECC 保護付きメモリ

アクセス時間 60 ns の 5 V DRAM DIMM（他の Ultra ワークステーションや、前機種種の SPARCstation™ 20 で使用されていたメモリと同じ）用スロットを計 16 個装備し、128 MB ~ 2 GB の範囲でメモリ増設が可能です。DIMM は 4 枚 1 組で装着します。

- 標準インタフェース

ツイストペア・カテゴリ 5 のインタフェースに基づく 100 Mbps Fast Ethernet (IEEE 802.3) を使用します。10 Mbps Ethernet (自動切り換え型) との下位互換も保証されています。また MII (Media Independent Interface) が組み込まれているので、ThickNet、ツイストペア、ThinNet、Fiber などの各種インタフェースに対応することができます。Fast Ethernet は高性能ワークステーションにおける標準としての地位を確立しつつあり、ネットワーク環境で高いスループットを提供します。

40 MB/sec Single Ended UltraSCSI (Fast-20) をはじめ、10 MB/sec FastSCSI との下位互換、さらに標準 8 bit 5 MB/sec SCSI 各周辺装置がサポートされます。なお、最高のパフォーマンスを確保するには、内蔵 UltraSCSI バスに低速の SCSI デバイスを割り当てないようにする必要があります。高性能ワークステーションではサブシステムのボトルネック化は許されないことを認識し、Sun は UltraSCSI を採用することによって、バランスのとれたパフォーマンスを確保しています。

一般の接続用として、PCI V2.1 標準に準拠した 32bit または 64 bit 幅の 4 つの拡張 PCI スロットが装備されています。このうちの 1 スロットは、66 MHz / 33 MHz の両方に対応したものです。残りの 3 スロットはすべて 33 MHz で動作します。PCI は業界標準として受け入れられており、高い性能と多種多様な製品へのアクセス、そして優れた経済性を誇っています。

Creator、Creator3D、または Elite3D グラフィックス・アクセラレータ用として、100MHz (将来 120 MHz に対応予定) の UPA インタフェース・コネクタが 2 つ装備され、2 台のモニタを高速でサポートします。

RS-232C/RS-423 (同期 : 50 bps - 348 Kbps、非同期 : 50bps - 460.8 Kbps) シリアル・ポート (2)、セントロニクス互換パラレル・ポート (1) が装備されています。

16 bit の 48 KHz オーディオ・ポート (ラインアウト、ラインイン、マイクイン、ヘッドホンアウト) と内蔵ワイドレンジ・スピーカーが装備されています。

時刻用の NVRAM (クロックおよび ID 機能) が内蔵されています。

またブート時の初期設定用フラッシュ PROM が用意されています。このフラッシュ PROM は、CD-ROM、またはローカル・エリア・ネットワークを使用して再プログラムすることができます。

- マスストレージ

- Ultra システム筐体内に、高さ 1.6 インチまたは 1.0 インチのドライブを 2 台まで内蔵可能です。
内蔵用には、2.1 GB / 4.2 GB / 9.1 GB 容量の 3 種類のディスク・ドライブ製品が用意されています。
- 5.25 インチ周辺装置拡張ベイが 1 つ用意され、高さ 1.6 インチのドライブを 1 台収容します。
12 倍速 CD-ROM ドライブ、または各種テープドライブ (4-8 GB SLR 、 7-14 GB 8 mm 、 12-24 GB 4 mm DDS-3) がオプション製品として用意されています。
- 3.5 インチの周辺装置ベイが 2 つ用意されています。
1 つはオプションの 3.5 インチ 1.44MB フロッピー・ドライブ用、もう 1 つはサードパーティー製の PCMCIA または SMART カード・アダプタ用です。
- 外付けオプション製品
各種テープ、ディスクドライブが用意されています。詳しくは Sun Ultra 60 Just the Facts (<http://www.sun.com/tech/jtf/>) をご参照ください。

- グラフィックス

第三世代の高性能 Creator および Creator3D グラフィックス技術では、Ultra 60 アーキテクチャで実現されたバスとプロセッサの実行速度にも対応できるよう、前世代のシステムに比べてパフォーマンスが強化されています。また、複数のモニタ構成に対応するほか、カラー空間の変換処理がオンボードでサポートされます。24 bit カラーに対応した 1280 × 1024 と 1920 × 1200 の解像度が用意され、MPEG 再生アクセラレーション (30 frame/sec 以上)、およびイメージ・アクセラレーション処理が可能です。Creator3D の通常のパフォーマンスは、410 万 X11 2D vector/sec、370 万 3D vector/sec、120 万 triangle/sec となっています。

最高のグラフィックス性能を必要する場合は、Elite3D フレームバッファを搭載したモデルをお選びください。Elite3D は最先端のパフォーマンスを提供し、しかも Creator システム用に書かれたソフトウェアと上位互換を維持しています。Elite3D は、ダブル・バッファリング、三角形と四角形のレンダリング、光源処理とシェーディングなどの性能を大幅に向上させます。こうした高性能に加え、Elite3D は各種のグラフィックス機能をオンボードでサポートしています。また、6 つの浮動小数点ユニットを搭載した Elite3D-m6 は、470 万 2D vector/sec、820 万 3D vector/sec、590 万 triangle/sec という驚異の高性能を発揮します。

- 入力デバイス

キーボードは Sun の Type 5 キーボードをサポートしています。日本語カナキーボードと、UNIX ユーザ向けの UNIX 配列のキーボードが用意されています。また、オプトメカニカル 3 ボタン・マウスが標準で付属しています。

- モニタ

標準 21 インチカラーモニタでは 1280 × 1024 の解像度がサポートされます。また、さらに充実したグラフィックス機能を発揮できるよう、24 インチ・モニタもサポートしています。縦横比 16 : 10 の 24 インチ・モニタでは、各種の dpi と解像度の設定（最高 1920 × 1200 で 103 dpi ）がサポートされます。

- ソフトウェア

Solaris 2.5.1 または Solaris 2.6 を標準装備しています。ウインドウ環境としては OpenWindows™ と Motif が用意されています。CDE デスクトップ環境、ONC+™、NIS+、NFS™、TCP/IP ネットワーク機能のサポートにより、最適の相互運用性を確保しています。また Display PostScript™、XGL™、XIL™、PEXlib、OpenGL®、Xlib の各種グラフィックス・プロトコルにより、広範なアプリケーションが使用できます。

- 信頼性、可用性、保守性（RAS：Reliability, Availability, Serviceability）

- 広範な電源投入時セルフテスト（Power-on self test）
- ECC またはパリティ（すべての主要データ・バス上）
- PCI バス・パリティ保護
- ソフトウェア・メモリ・スクラッピング
- パリティ（キャッシュ RAM）
- 温度感知型の可変速度ファン
- 内蔵温度センサーによる冷却制御
- 温度障害時にはユーザへの警報通知やシャットダウンによってコンポーネントへの損傷を防止
- SunVTS™ 診断を定刻に実行して、定期的にシステム機能を検証可能
- モジュール形式のコンポーネントとして、メモリ DIMM、ディスク、グラフィックス・オプション、プロセッサ、モジュール、オーディオ・モジュールをサポート
- 最小限の内部配線
- 保守作業の簡素化のため、共通の部品（留め具など）を採用
- 最小限のジャンパ使用

- 電源管理

Ultra 60は、Energy Star基準に準拠しているため、事前に設定された時間が経過した時点で、システムを自動的にシャットダウンすることができます。また、自動的にシャットダウンされたシステムを自動的に立ち上げる（wakeup）こともできます。Solarisのサスペンド/リジューム（suspend and resume）機能により、ユーザはシャットダウン直前に行っていた作業を、一時停止した時点から再開することができます。また、電源管理ソフトウェアにより、自動的に行なわれる電源のオン/オフ要求の頻度を監視し、この繰り返しによって起きる温度変化が、ハードウェアの信頼性を低下させることがないかどうかを判断します。悪影響があると判断される場合には、電源のオン/オフ要求の実行が延期されます。

- 仕様

米国内のすべての関連機関が規定した安全性、操作性、EMI、および環境の条件に適合しています。

UltraSPARC™-II プロセッサ

最新の SPARC Version 9 アーキテクチャを実装した UltraSPARC-II プロセッサは、32 bit SPARC V8 系との完全な下位互換性により、既存アプリケーションとのバイナリ互換を維持しています。また UltraSPARC は、64 bit データとアドレス指定にも対応しているため、オペレーティング・システムとアプリケーションのパフォーマンスを一段と強化するための数々の機能を発揮します。

- キャッシュ管理の強化とメモリ遅延の低減
- 低コストのマルチプロセッサ・サポート機能を内蔵
- グラフィックス機能とイメージ処理をチップ上でサポート
- 9 ステージのパイプライン (1 サイクルで最大 4 命令を発行可能)
- パフォーマンスは SPECint95 で 13.0、SPECfp95 で 23.5 (Ultra 60 Model 2300 の場合) を達成
- 効率のよいトラップ管理

UltraSPARC-II では、UltraSPARC 標準機能をサポートしているほか、UltraSPARC-I に比べて、次のような機能が強化されています。

- UltraSPARC-I の 0.5 ミクロン技術に代わって、UltraSPARC-II では先進的な 0.35 ミクロン技術を採用。その結果、ダイ・サイズは 218 mm² から 149 mm² に縮小され、クロック・レートと性能が大幅に向上しました。また、ダイ・サイズの縮小に伴ってコア動作電圧も 3.3 v から 2.5 v に低下し、省電力化を実現しています。UltraSPARC-II は、消費電力や発熱量を増やさずに動作周波数を高める、というシステム設計上の難しい要求を満たしています。
- 16 KB のデータ・キャッシュと 16 KB の命令キャッシュがオンチップで実装されています。また、外部キャッシュは最大で 16 MB まで拡張可能。
- データのプリフェッチと複数の未処理メモリ要求がサポートされます。
- UPA インターコネクト・アーキテクチャの強化により、120 MHz で 1.9 GB/sec の高速メモリ転送が可能になります (120MHz は将来対応予定) 。

UPA (Ultra Port Architecture) インターコネクト

Ultra 60 の卓越したパフォーマンスを実現する上で不可欠な要素の 1 つが、新しい UPA インターコネクト技術です。プロセッサ、メモリ、グラフィックス、および I/O の各サブシステム間を相互接続するキャッシュ・コヒーレントな (キャッシュの一貫性を保持する) インターコネクトとして実装された UPA は、従来の接続形態に比べ、次のような利点を持っています。

- 従来の 100 MHz 設計に比べ、パフォーマンスを大幅に改善
- パケット・スイッチ化によりバスを効率的に利用
- メモリ・アクセス遅延の低減
- 正確な割り込み処理
- バッファ付きクロスバー・メモリ・インタフェースにより、帯域幅とスケラビリティを大幅に改善
- 120 MHz の高スループット・メモリ・バス (Ultra 60 では ECC を含め 576 bit 幅)
- コヒーレンスやメモリの制御機能の集中化
- マルチプロセッサ構成の統合サポート

PCI 拡張バス

Sun では、あらゆるシステムの機能とパフォーマンスの改善を積極的に進める一方、長年にわたってオープンな設計と標準への準拠を強化するための方向を模索してきました。Ultra 60をはじめ、今後のシステムに Sun が PCI を採用する方針を決めたのは、次のような理由によるものです。

- 設計がオープンで特定のアーキテクチャに依存しない

PCI は SBus 同様、オープンな設計で大量に生産されているため、現在ではユーザやコンピュータ・ハードウェア・メーカー各社間で急速に普及しています。このため、特定のプラットフォームに依存しない多様な周辺装置のサポートが一段と広がる可能性を持っています。

- 速度が速い

PCI バス・アーキテクチャは、他のバス・アーキテクチャに比べて卓越した I/O パフォーマンスを発揮します。また 33 MHz と 66 MHz で動作するため、開発者やユーザのニーズにも柔軟に対応できます。

- 標準仕様

PCI は、パーソナル・コンピュータ業界で幅広く採用された標準バス・アーキテクチャです。業界で広く普及しているため、今後はより多くのベンダーが PCI に準拠したアダプタ・カードを供給すると見られています。

Sun では、単に他社が開発してきた技術を踏襲するだけでなく、PCI に準拠した独自の革新技术も提供しています。

- PCI V2.1 標準との互換性
- 汎用 PCI 拡張スロット 4 つをサポートする 2 つの独立バスにより、高いパフォーマンスを維持
- 1 スロット (専用) は 66 MHz/33 MHz 両方に対応し、残りの 3 スロットは 33 MHz で動作

グラフィックス

Sun では、技術系ワークステーション市場における高性能グラフィックスの重要性を早い段階から認識していました。そして今、Sun が提供している製品には、あらゆる分野で最高水準の価格性能比を達成するグラフィックス機能が装備されるようになっています。こうした傾向は、Ultra 60システムで標準装備された第三世代の高性能Creatorグラフィックスの機能にも継承されています。このCreatorグラフィックスでは、従来のモデルに比べ一段とパフォーマンスが改善されているほか、高解像度モニタのサポートや、ビデオ圧縮の機能強化も加わっています。具体的な改善点を以下にまとめます。

- 標準 24 bit カラー、解像度 1280 × 1024 (シングルバッファ・モード Creator3D : 1920 × 1200) がサポートされます。MPEG 再生 30 frame/sec 以上、410 万 2D vector/sec、370 万 3D vector/sec、120 万 triangle/sec をそれぞれ上回るアクセラレーションに加えて、イメージのオンボード・アクセラレーション機能がサポートされます。
- YCC/RGB のカラー空間変換により、高速のビデオ伸長がサポートされます。
- より高速な内部クロックなど数々の設計改善により、Creator グラフィックスは前世代の製品を大きく上回る性能を發揮します。

Ultra 60 の投入に伴い、Sun は Elite3D グラフィックス・アクセラレータを発表しました。Creator グラフィックスと完全な上位互換を保つ Elite3D は、さらに高度なパフォーマンスと機能を發揮します。

- 標準 24 bit カラー、解像度 1280 × 1024、MPEG 再生 30 frame/sec 以上、470 万 2D vector/sec、820 万 3D vector/sec、590 万 triangle/sec をそれぞれ上回るアクセラレーションに加えて、オンボードでイメージ・アクセラレーション機能をサポートします。
- Elite3D フレームバッファは 96 bit のプレーンを提供します。これには、スムーズなアニメーションのレンダリングに必要な 24 bit ダブルバッファ・プレーンも含まれています。陰面消去や 3D オブジェクトのダイナミック・レンダリングをハードウェアでサポートできるよう、28 bit の Z バッファも含まれています。
- Bresenham 線、多角形、フォント、点 / 線 / 三角形 / 四角形の処理高速化、点および線のアンチエイリアシング、三角形のグーロー・シェーディング、スペキュラー光、ハードウェアによるピクセル単位のデプス・キューイング、トランスペアレンシ、テクスチャ・マップのサポート、圧縮 3D ジオメトリの伸長、ビューポートのクリッピング、柔軟なブレンディング操作、あらゆる論理演算など、重要な各種グラフィックス機能を幅広くサポートします。

制約のない自由な拡張性を保証するという理念に基づき、Ultra 60には「デュアル・ヘッド（モニター2台をサポートする形態）」に対応したUPA スロットが2つ装備されています。このほか、CreatorおよびElite3Dグラフィックスに共通する特長には次のようなものがあります。

- Sun が三菱電機と共同開発した 3D-RAM の使用により、3D グラフィックス・レンダリングの性能が向上しています。
- UltraSPARC-II プロセッサには、高性能の浮動小数点演算機能と VIS（ Visual Instruction Set ）が組み込まれています。
- 高速 RAMDAC により、8 bit と 24 bit のイメージを同時に表示できます。またプログラム可能ビデオ・タイミング・ジェネレータによって複数の解像度をサポートします。
- 既存の Sun のグラフィックス API（ X11、 XGL、 XIL、 OpenGL ）と完全な互換性があります。

ネットワーク機能と I/O

Ultra 60 には、100 Mbps Fast Ethernet が標準装備されています。また、速度の自動感知機能によって 10 Mbps の動作に切り換えることもできます。また標準 68-pin コネクタを使用した 40 MB/sec UltraSCSI (Fast-20) を内蔵しています。Sun の採用している UltraSCSI インターフェースは、業界標準の Wide Ultra SCSI インターフェースと同等の規格です。

Ultra 60 バックパネルには、ネットワークをはじめとして、SCSI、パラレル/シリアル周辺装置、オーディオ装置などへの外部接続をサポートする入出力コネクタが各種標準で装備されています。

詳しくは Sun Ultra 60 Just the Facts および Sun Ultra Workstations Just the Facts (<http://www.sun.com/tech/jtf/>) をご参照ください。

筐体と電源

Ultra 60システムの筐体には、その他の設計仕様と同様に、拡張性の高いデザインが採用されています。パーソナル・システムとして最大限の拡張性を提供するため、Ultra 60では「ミニタワー」型の筐体を採用しました。デスクサイドに置くことも、デスクトップ上のモニタの横に配置することもできます。

モジュール型のプロセッサはもとより、4枚のフルサイズPCI拡張カード、2枚のグラフィックス・フレームバッファを追加するスペースが確保されているほか、1.6インチ・ドライブ・ベイ2つ、ハーフハイトの5.25インチ周辺装置拡張ベイ1つ、フロッピー・ドライブ用ハーフハイト3.5インチ・ベイ1つ、およびPCI I/Oスロットに直接接続するオプションのPCMCIAまたはSMARTカード・アダプタ用3.5インチ周辺装置ベイ1つが用意されています（図2-1を参照してください）。

Ultra 60には、1本の350 Wユニバーサル電源装置が備えられています。これは、内蔵拡張オプションに必要な全電力を提供します。Sunでは、Ultra 60の設計と動作の仕様を検討する際に、環境保護の側面にも配慮しました。いずれのモデルもEPA Energy Star基準に準拠しているため、事前に設定された時間が経過した時点で、システムを自動的にシャットダウンすることができます。また、自動的にシャットダウンされたシステムを自動的に立ち上げる（wakeup）こともできます。Solarisのサスペンド/リジューム（suspend and resume）機能により、ユーザはシャットダウン直前に行っていた作業を、一時停止した時点から再開することができます。

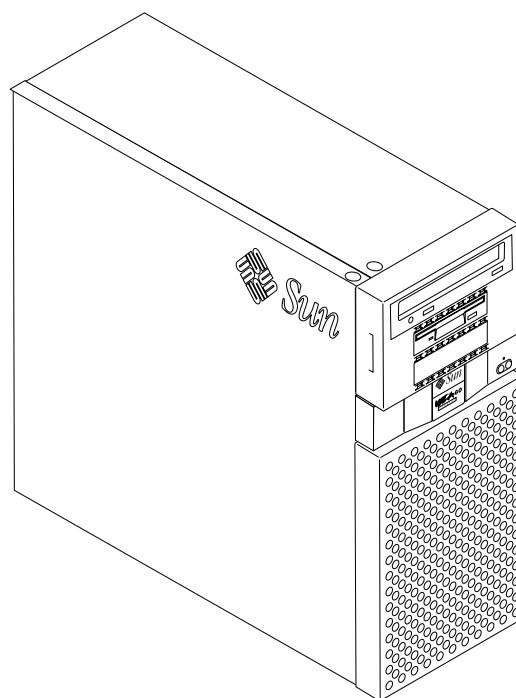


図 2-1 ミニタワー型の Ultra 60
1.6 インチ・ドライブ・ベイ 2 つ、ハーフハイトの 5.25 インチ・ベイ 1 つ、およびフロッピー・ドライブや PCMCIA アダプタやその他のサードパーティー製オプションに使用するハーフハイトの 3.5 インチ・ベイ 2 つが用意されています。

Ultra™ 60 アーキテクチャ

3

Ultra 60のアーキテクチャは、高度な性能、スケーラビリティ、信頼性、そして柔軟性を、コスト面の犠牲を伴わずに実現するよう設計されています。まずUltraシステムでは、ASIC（特定用途向け集積回路）を採用して高度な集積化を図り、部品点数の大幅削減、信頼性の向上、さらに低価格化を実現しています。しかも、標準化された高性能インタフェースを通じて幅広い拡張オプションを利用すれば、さらに機能を充実させることができます。

本章の各項では、Ultra 60システムのアーキテクチャについて詳しく解説します。まずシステムのブロック図を図3-1に示します。Ultra 60システムのサブシステムは、そのほとんどが UltraSPARC-II マイクロプロセッサに直接統合されています。したがって、ここでは UltraSPARC-II プロセッサを中心とした説明を行います。また、メモリ・サブシステム、UPA インターコネクト・アーキテクチャ、PCI バス、主な ASIC、および標準装備の周辺装置についても説明します。また、Ultra 60システムには、特殊なグラフィックス機能がいくつか組み込まれています。これらの機能を提供する Creator、Creator3D、および Elite3D グラフィックスのアーキテクチャについては、次章で説明します。

UltraSPARC™-II マイクロプロセッサ

Version 9 アーキテクチャ

SPARC アーキテクチャを実装したプロセッサは、ラップトップからスーパーコンピュータに至る多様なコンピュータに幅広く採用されています。SPARC Internationalに参加するメンバー各社は、SPARC が初めて発表されて以来、すでに 20 種類を超える各種の互換マイクロプロセッサを開発してきました。これは、他社製の RISC (縮小命令セット・コンピューティング) 系のマイクロプロセッサ・ファミリの追従を許さない優れた実績です。この結果、現在では SPARC 対応の 12,000 種類を超えるソフトウェアとハードウェアの各種製品が提供されています。また SPARC Version 9 では、microSPARC™、TurboSPARC、SuperSPARC™ を含め、前世代の SPARC 用として開発されたアプリケーション・ソフトウェアともバイナリ・レベルでの上位互換性を保持しています。

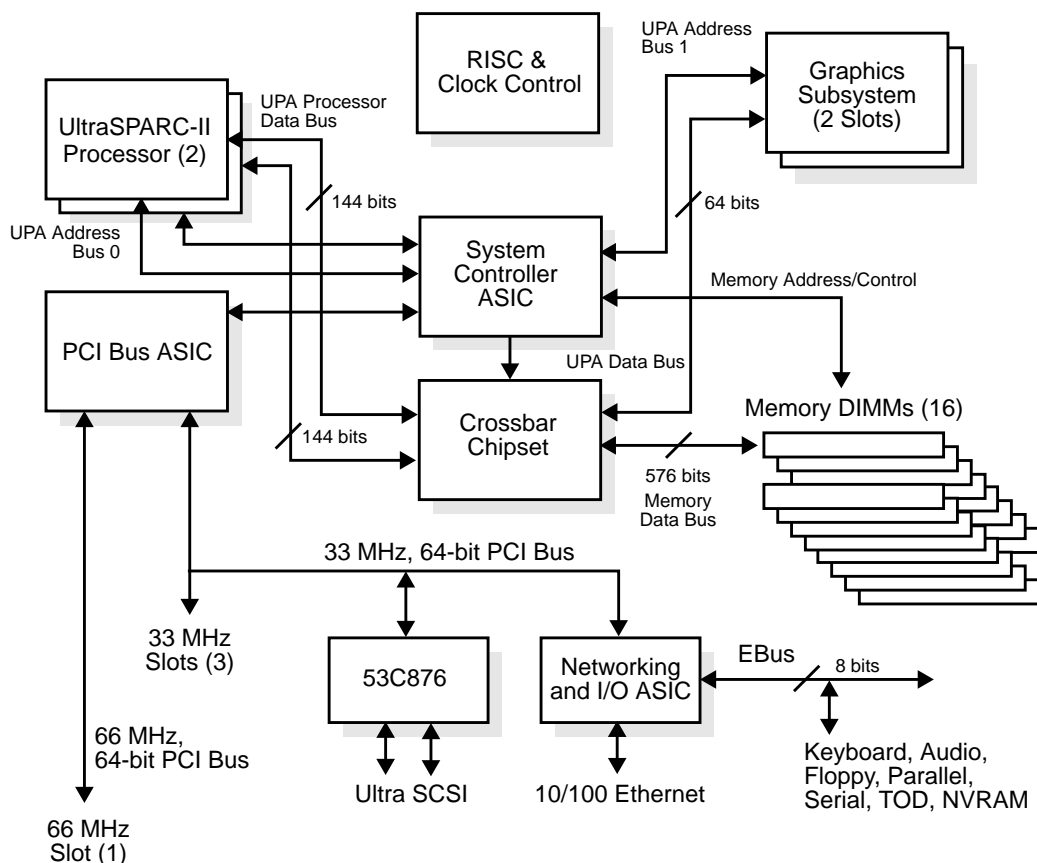


図 3-1 Ultra 60 システム・アーキテクチャ

SPARC V9 は、従来のマイクロプロセッサのテクノロジーを一段と飛躍させた画期的なアーキテクチャです。64 bitのデータとアドレス指定に対応しているほか、フォールト・トレランス機能、コンテキストの高速スイッチ、高度なコンパイラの最適化、およびスーパースカラ・プロセッサの効率的な設計が採用されています。さらに、今後新たなオペレーティング・システムが登場した場合にも、柔軟に対応することができます。しかも、既存の SPARC ベースのアプリケーション・プログラムとの全面的なバイナリ互換が保証されています。

UltraSPARC™-II

UltraSPARC-II は、SPARC Version 9 の 64 bit 系 RISC アーキテクチャを高度に集積した高性能のスーパースカラ・プロセッサです。UltraSPARC-II では、条件付き分岐やキャッシュ・ミスに遭遇した場合でも、1 サイクルあたり最大 4 つの命令を実行することができます。この優れたパフォーマンスは、プリフェッチ / ディスパッチ・ユニットと命令バッファを切り離すことによって得られるものです。実行ユニットの入力側にあるロード・バッファと出力側のストア・バッファを組み合わせることにより、パイプライン処理はデータ・キャッシュ・ミスとは完全に独立して実行されます。また、実行予定の命令は、プログラムの実行順序に従って複数の機能ユニットに割り当てられ、それぞれが並列的に実行されます。このように実行予測に基づいて発行される命令は、順不同に実行されます。また、1 サイクルあたりに実行できる命令の数を増やすために、各ブロックから送られる命令（たとえば、条件付き分岐の前と後にある各命令）を同じグループの内で発行することもできます。

UltraSPARC-II は、UltraSPARC のパイプライン・ベースの製品を継承した第二世代のアーキテクチャです。UltraSPARC-II では、最新のプロセス技術を採用している以外に、高性能のクロック、各種の SRAM モード、システム / プロセッサ・クロック比などの特性によって、幅広いニーズに対応します。同時に、既存の UltraSPARC-I ベースのシステムとも、ソフトウェアの互換性が保証されています。また UltraSPARC-II では、SPARC V9 のプリフェッチ命令もサポートされます。

UltraSPARC-II では、2D/3D グラフィックスはもとより、VIS (Visual Instruction Set) によってイメージ処理、ビデオ圧縮 / 伸長、およびビデオ効果がサポートされます。VIS は、リアルタイム H.261 ビデオ圧縮 / 伸長や 2 ストリームの MPEG-2 伸長をテレビ放送並みの品質で実現する、高性能のマルチメディア機能に対応した命令です。しかも、他のハードウェアを追加する必要はいっさいありません。

UltraSPARC-II の主な特長

SunのSPARC CPUファミリの最新メンバーとして登場したUltraSPARC-IIは、現在SPARCファミリのプロセッサの中で、最先端のプロセッサです。ユニプロセッサとマルチプロセッサの両システムに対応できるように設計された UltraSPARC-II には、次のような特長があります。

- SPARC Version 9 アーキテクチャに準拠
- 既存のあらゆる SPARC アプリケーションに対するバイナリ・レベルの互換性を保持
- VIS によって高度なマルチメディア機能をサポート
- マルチプロセッシングをサポートし、特に 4 CPU を最小限の遅延で接続
- スヌーピングまたはディレクトリ・ベースのバスプロトコルのサポート
- 9 つの実行ユニットを統合した 4 ウェイのスーパースカラ設計
 - 4 つの整数演算ユニット (IEU : Integer Execution Unit)
 - 3 つの浮動小数点演算ユニット (FPU : Floating-Point Execution Unit)
 - 2 つのグラフィックス演算ユニット (GRU : Graphics Execution Unit)
- ソフトウェア・プリフェッチ命令のサポートと複数の未処理要求のサポート
- リトルエンディアン型とビッグエンディアン型のバイト順序を両方サポート
- 32 bit アドレスと透過的に互換性がある 64 bit アドレス・ポインタ
- 16 KB 非ブロック化データ・キャッシュ
- キャッシュ内での 2 bit分岐予測と1サイクルの分岐追跡をサポートする16 KB命令キャッシュ
- 統合した二次キャッシュ・コントローラにより、0.5 ~ 16 MB のキャッシュをサポート。1 サイクルあたり 1 ロードのスループットを維持、プロセッサ / キャッシュ間で 2.6GB/sec の帯域幅
- ブロック・ロード / ストア命令と、1.9 GB/sec 相当のプロセッサ / メモリ間帯域幅により、プロセッサ / メモリ間で 400 MB/sec 近い転送速度を保持
- JTAG バウンダリ・スキャン技術と独自のパフォーマンス測定基準により、製品の開発 / テスト工程を支援
- 0.35 ミクロンの 5 層メタル CMOS プロセスを採用 (3.3 V と 2.6 V の両方で動作)
- 787-pin LGA (Land Gate Array) を採用
- オンチップ電源管理

UltraSPARC™-II の機能ユニット

単一のチップに高度に集積化された UltraSPARC-II プロセッサには、以下のコンポーネントが組み込まれています (図 3-2)。

- プリフェッチ、分岐予測、およびディスパッチ・ユニット
- 命令 / データ・キャッシュ (各 16 KB)
- 64 エントリの命令用 TLB (Translation Lookaside Buffer : アドレス変換バッファ) と 64 エントリのデータ用 TLB から成る MMU
- 整数演算ユニット (ALU を 2 個装備)
- 1 つのロード / ストア・ユニット (別個にアドレス生成加算器を装備)
- ロード・バッファとストア・バッファによるデータ・アクセスのパイプラインからの分離
- 浮動小数点ユニット (加算、乗算、除算 / 平方根のサブユニットを装備)
- グラフィックス演算ユニット (2 つの独立した実行パイプラインを装備)
- 外部キャッシュ・コントローラ
- メイン・メモリと I/O へのアクセスを管理するユニット

プリフェッチ / ディスパッチ・ユニット

プリフェッチ / ディスパッチ・ユニットは、パイプライン中で実際に命令が必要になる前の段階で、命令を事前にフェッチすることにより、実行ユニットに常時、命令を供給するためのユニットです。命令のプリフェッチは、命令キャッシュ、外部キャッシュ、メイン・メモリなど、あらゆるレベルのメモリ階層を対象として実行できます。また、条件付き分岐を越えた位置からも命令をプリフェッチできるように、ハードウェアには動的な分岐予測という機構が組み込まれています。分岐先は、2 bit で構成された分岐履歴に基づいて予測されます。命令キャッシュ (Iキャッシュ) の中で、4 命令を単位として構成した「ネクスト・フィールド」が、次にフェッチすべき命令キャッシュの行に対応します。このネクスト・フィールドに基づいて、すでに実行の済んだ分岐を追跡できるため、シーケンシャル・コードを実行した場合と同じ水準の実行速度が得られるようになります。プリフェッチした命令は、いったん命令バッファに格納された後、残りのパイプラインに送られます。バッファには最大 12 個の命令を格納できます。

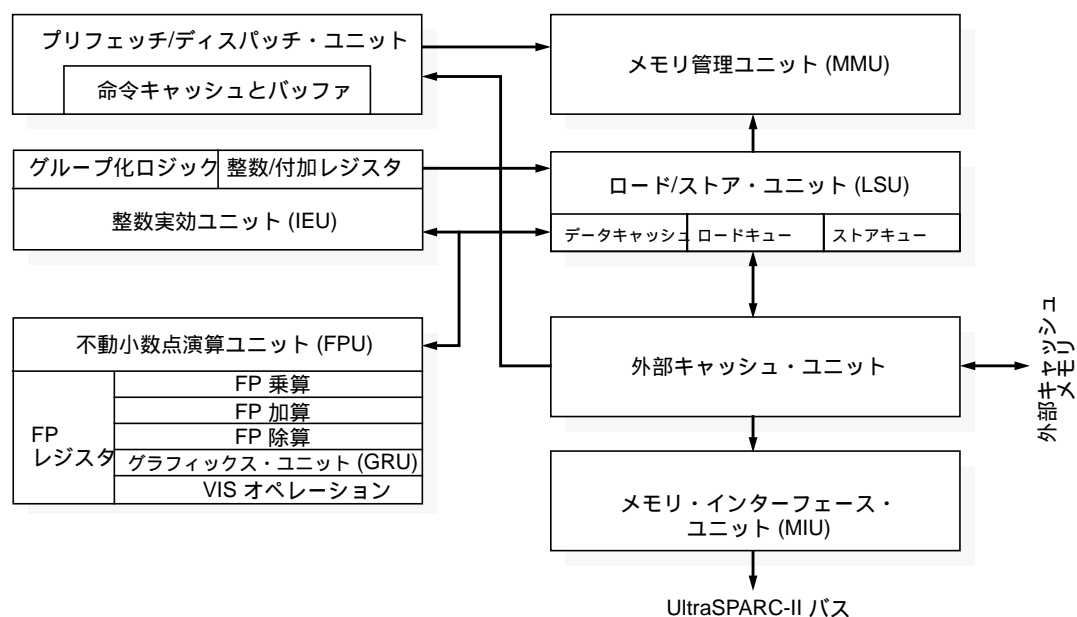


図 3-2 UltraSPARC-II 機能ブロック図

命令キャッシュ (I キャッシュ : Instruction Cache)

命令キャッシュは、32 byte ブロックの 16 KB (疑似) 2ウェイセット・アソシエイティブ・キャッシュです。このキャッシュは、物理的にインデックス付けられ物理的なタグを含んでいます。セットは、次のフィールドの一部として予測されるので、アドレスのインデックス・ビットがあれば、キャッシュのアドレスを決定 (ページの最小サイズに対応する 13 bit) できます。命令キャッシュでは、8 命令分の行から、最大で 4 命令が戻されます。

データ・キャッシュ (D キャッシュ : Data Cache)

データキャッシュは、16 KBダイレクト・マッピング方式のキャッシュです。これは非割り当て型のライトスルー・キャッシュとして設計されています。データ・キャッシュでは、1 ラインあたり 2 つの 16 byte サブブロックを 1 単位として扱います。このキャッシュには、仮想的にインデックス付けられ物理的にタグが付けられています。タグ配列は、ラインファイルに起因してタグの値が更新されても、後続のロードに使用するタグの値と衝突することがないように、デュアル・ポート化されます。データ・キャッシュをスヌープする場合は、2 つ目のタグ・ポートを使用するので、後続のロードはスヌープによって停止されることなく行われます。

メモリ管理ユニット (MMU : Memory Management Unit)

MMUでは、44 bitの仮想アドレスと41 bitの物理アドレス間のマッピングを行います。マッピングは、64 エントリの命令用 TLB と 64 エントリのデータ用 TLB (いずれも完全にアソシエイティブ) を通じて行われます。UltraSPARC-II では、ソフトウェア・ベースの TLB ミス処理方式をハードウェアでサポートしています。また MMU のトラップが起きた場合に備えて、別個のグローバル・レジスタ・セットが用意されています。8 K、64 K、512 K、4 MB の各ページ・サイズがサポートされます。

整数演算ユニット (IEU : Integer Execution Unit)

IEU は、主に 2 つの算術論理ユニット (ALU) で構成されます。IEU には、マルチサイクル整数乗算ユニットとマルチサイクル整数除算ユニットも組み込まれています。また、8 つのレジスタ・ウィンドウと 4 セットのグローバル・レジスタ (ノーマル・レジスタ、オルタネット・レジスタ、MMU レジスタ、割り込みグローバル・レジスタ) も含まれています。その他、トラップ・レジスタ (UltraSPARC-II では 5 レベルのトラップをサポート) も IEU の一部として組み込まれています。

ロード/ストア・ユニット (LSU : Load/Store Unit)

LSU は、すべてのロードとストアに伴う仮想アドレスを生成する以外に、データ・キャッシュへのアクセス、ロード・バッファによるロード・ミスのパイプからの分離、およびストア・バッファによるストア・ミスの分離といった処理を担当します。1 サイクルあたり 1 ロードまたは 1 ストアを実行できます。データのストアをさらに最適化するため、複数のストア処理を同じ 16 byte のブロックへと「圧縮」するストア圧縮機能が備わっています。これにより、UltraSPARC-II と二次キャッシュの間で行うデータ転送が 1 回で済むようになります。この結果、データ・バスの負荷が軽減されるため、ロード・ミスや命令ミスが起きた場合も、一段と効率的に処理できるようになります。

浮動小数点ユニット (FPU : Floating-Point Unit)

UltraSPARC-II では、FPU の実行ユニットを分離することにより、クロック・サイクルあたり 2 つの浮動小数点命令を発行 / 実行できるようになっています。ソース・データと結果は、32 エントリのレジスタ・ファイル内に格納されます。各エントリには 32 bit または 64 bit の値を格納できます。通常の命令はほとんどの場合、全面的にパイプライン化 (スループットは 1 サイクルあたり 1 命令) されます。遅延は 3 サイクルで、オペランドの精度による影響は受けません (単精度と倍精度の演算で遅延の程度は変わりありません)。なお除算命令と平方根命令はパイプライン化されません。これらの命令を実行するには、12 サイクル (単精度の場合)、または 22 サイクル (倍精度の場合) が必要になりますが、プ

ロセッサの速度が低下することはありません。除算命令または平方根命令の後に続くその他の命令は、除算または平方根が完了する前に、発行 / 実行し、レジスタ・ファイルに退避させることができます。また、浮動小数点パイプと整数パイプの同期を取って、長い遅延を伴う処理のトラップを事前に予測することにより、精度の高い例外モデルを保持することができます。

グラフィックス演算ユニット (GRU : Graphics Unit)

UltraSPARC-II で提供される総合的なグラフィックス命令セットにより、2D/3D グラフィックス、イメージの操作と圧縮、またビデオとオーディオの処理を高速のハードウェアでサポートします。16 bitと32 bitパーティション単位の加算、論理演算、および比較のほか、8 bitと16 bitパーティション単位の乗算にも対応します。これ以外に、1サイクルのピクセル距離、データ整列、パッキング、マージ演算も GRU でサポートされています。

外部キャッシュ・ユニット (ECU : External Cache Unit)

ECU の役割は、命令キャッシュとデータ・キャッシュのミスを効率的に処理することです。ECU は、外部キャッシュに対するアクセスを1サイクルに1回ずつ処理できます。遅延レベルが低く抑えられるため、パイプラインの一部に外部キャッシュを組み込むことができます。すなわち、大型のデータ・セットを使用するプログラムの場合は、データを外部キャッシュに格納しておき、外部キャッシュの遅延に従って、ロードの遅延を考慮しながら命令のスケジュールを決めることができます。浮動小数点演算を多用するアプリケーションでは、この機能を利用して、データ・キャッシュで起きるミスを効果的に「隠す」ことができます。外部キャッシュは、512 KB、1 MB、2 MB、4 MB、8 MB、16 MB のいずれかのサイズで使用でき、行のサイズは必ず64 byteとなります。キャッシュのコヒーレンシ (一貫性) は、MOESIプロトコルに基づき、システム全体にわたって保持されます。

ECU では、ロード・ミスとストア・ミスの間でオーバーラップ処理を実行できます。たとえば、外部キャッシュをヒットするストア処理は、ロード・ミスの処理中に実行可能です。また ECU は、大きな負担となるターンアラウンド・ペナルティを伴わずにリード / ライトを区別無く実行することができます (わずか2サイクルしか必要としません)。

ブロック・ロードとブロック・ストアにより、メモリにある64 byte分のデータを対象として、浮動小数点レジスタ・ファイルとのやり取りを行います。これらの処理も ECU によって効率的に実行されます。これにより、内部キャッシュや外部キャッシュの変更を伴わずに、高い転送帯域幅が確保されます。

メモリ・インタフェース・ユニット (MIU: Memory Interface Unit)

システムに対するトランザクション (たとえば、外部キャッシュのミス、割り込み、スヌープ、ライトバックなど) はすべて、MIUによって処理されます。MIUは、UltraSPARC-IIより低い周波数 (UltraSPARC-IIの周波数の1/2、1/3または1/4) でシステムとのやり取りを行います。MIUとECUはいずれも、UPA (Ultra Port Architecture) バスでまだ処理されていない複数のロード/ライトバック要求に対応することができます。

ビジュアル命令セット (VIS™ : Visual Instruction Set)

UltraSPARC は、高度なマルチメディアとネットワーキングを全面的にサポートした最初のマイクロプロセッサです。VIS という総合的なマルチメディア命令セットを導入することにより、UltraSPARCでは、2D/3Dグラフィックスから、ビデオ、オーディオ、さらにはイメージ処理といった用途に対応するハードウェア・サポートが一段と強化されています。

UltraSPARC-II に搭載されたグラフィックス演算ユニットでは、整数レジスタを使用してイメージ・データの位置を指定する一方、浮動小数点レジスタによってイメージ・データの操作を行います。このように整数レジスタと浮動小数点レジスタの間で負担を分担することにより、UltraSPARC-II では可用な全レジスタを効率的に利用しながら、最大限のスループットが得られるようになっています。

UltraSPARC-II 中のピクセル情報は、4つの8bit 整数値で構成されます。これらの4つの値によって、カラー・イメージの色 (RGB) と輝度の情報を表します。また、医療関係の画像やカラー・イメージ処理で必要となる比較的解像度の高いイメージにも対応できるように、UltraSPARC-IIは16bitピクセルもサポートしています。さらにバンド・インターリーブ型のイメージ (各種のカラー・コンポーネントをまとめてストアしたイメージ) と、バンド・シーケンシャル・イメージ (1つのカラー・コンポーネントに対するすべての値をまとめてストアしたイメージ) の両方がサポートされます。

高度なイメージの操作に適用する中間結果は、16bitまたは32bitの固定データ値として保存されます。この結果、ピクセル値に基づくフィルタ処理とイメージの計算に必要な精度とダイナミック・レンジを十分に確保した中間フォーマットが生成されます。UltraSPARC-IIには、16bitと32bitの各コンポーネントを操作する際に利用できる特殊な単一サイクル命令がいくつか組み込まれています。

UltraSPARC-II には高度なイメージ操作に不可欠となる多様な命令が組み込まれています。たとえば、イメージの拡大 / 縮小、回転、円滑化の処理に使用できるフィルタ機能があります。このフィルタ機能では、一度に 4 ピクセルずつ処理できるため、UltraSPARC-II では通常のプロセッサの何倍ものパフォーマンスが達成できます。

UltraSPARC-IIはモーション予測機能を備えているため、モーション補正（リアルタイム・ビデオを符号化して圧縮し、ぶれをなくす手法）をサポートし、マルチメディア・アプリケーションの処理を高速化することができます。モーションの予測には、あるフレームから次のフレームに移る際に起きるイメージの位置の微少な変化を利用します。プロセッサは、イメージの特定領域を対象として、数百回の比較を行い、予測誤差が最も小さくなるモーション値を計算します。この誤差は、基準フレームと後続フレームの領域内に含まれる各ピクセルの差異を合計して求めます。

UltraSPARC-IIは、一度に8ピクセルずつ処理を行うことにより、この演算集約的な操作の負荷を最小限に抑えています。8ピクセルの領域のモーション補正には、減算が8回、絶対値演算が8回、加算が8回、8ピクセルのロードが1回、8ピクセルの整列が1回、最後に加算が1回必要になります。UltraSPARC-IIでは、8ピクセルを対象としたこの複雑な演算集合を、わずか1クロックで実行します。従来のプロセッサであれば、最低でも48命令と多数のクロックが必要になります。モーションの予測は圧縮操作の大半を占める処理なので、この操作にも優れたスループットを発揮するUltraSPARC-IIは、外部回路を使用せずに、デスクトップ・テレビ会議などに向けたビデオ圧縮に利用できます。

UltraSPARC-IIは、独自のブロック・ロード / ストア・コマンドにより、メイン・メモリを対象として64 byteのロードとストアの操作を直接実行することができます。ブロック・ロード / ストア・コマンドでは、外部キャッシュにデータを割り当てる必要がないので、「キャッシュの汚染」を防ぐことができます。この結果として確保される優れたコピー帯域幅により、UltraSPARC-IIではイメージを直接メイン・メモリから取り出してスクリーンに高速転送できるため、イメージのフリッカ（ちらつき）もなくなります。

VIS は本来、グラフィックス・データの操作を高速化するために作成された命令セットですが、別のタイプのパーティション・データにも適用することができます。具体的には、オーディオ・データの処理や暗号化 / 復号化アプリケーションに利用できます。

Sun では、VIS およびそのプログラミングに関する資料や参考文献を用意しています。詳細については、本書付録「参考文献」の章を参照してください。

キャッシュのアーキテクチャ

高性能マイクロプロセッサでは一般に、キャッシュを使用してバス・トラフィックの低減と、システム・スループットの改善を図っています。キャッシュ・ストアには、メモリ・イメージの一部がコピーされます。変更が加えられたブロックのコピーを更新するか、無効にするかの判断は、キャッシュ・コヒーレンシ・プロトコル処理の一部として行われます。このプロトコルにより、データの複製の一貫性が保証されます。UltraSPARC-II では、たとえばライト・インバリデート、ライト・ブロードキャスト、コンペティティブ・キャッシング・アルゴリズムなどの各種プロトコルがサポートされています。

外部キャッシュへのアクセスは、ALU演算といった他の命令からは独立して実行され、パイプラインには密結合されていません。外部キャッシュには最大限のスループットが確保されるため、外部キャッシュを大型のデータ・キャッシュとして扱うことができます。この外部キャッシュをサポートするためのマイクロ・アーキテクチャは、ロード・バッファのほか、タグとデータでそれぞれ独立したアドレス・バスなどの要素で構成されます。

外部キャッシュは、タグRAMとデータRAMの2つで構成されます。タグRAMにはキャッシングされた行の物理タグと、3 bit の状態情報が格納されます。一方、データRAMには各キャッシュ行に対応する実際のデータが入ります。いずれのキャッシュも、UltraSPARC-II と同期して動作します。UltraSPARC-II では、最大 16 MB の外部キャッシュがサポートされます（ただし、プロセッサのサブシステムはこのキャッシュの最大サイズを許容できるよう設計されている必要があります）。実際のキャッシュ・サイズは、ブート時にソフトウェアによって決められます。RAM 内の各バイトにはパリティ・ビット（タグ用に 3 bit、データ用の 16 bit ）が付加されます。

高速なトラップとコンテキスト切り換え

UltraSPARC-II には、高速のトラップとコンテキスト切り換えの機能も組み込まれています。新しいトラップ・エントリ機構によって、トラップ・ハンドラに対し、制御を瞬時に切り換えることができます。「オルタネット・グローバル・レジスタ」という 8 つのレジスタが新たに追加されたことにより、トラップ・エントリが起きると同時に、トラップ・ハンドラには未使用のレジスタが確保されます。また、トラップ・ハンドラ・ソフトウェアでは、実行を開始する前にレジスタの内容を退避させる必要がありません。これにより、きわめて高速な命令エミュレーションと瞬時の割り込み応答時間が実現されます。

各プロセスを実行するごとに退避や復元を必要とするレジスタの数が減ったことにより、一段と高速のコンテキスト切り換えが可能になっています。このアーキテクチャでは、浮動小数点レジスタに独立した変更フラグ・ビットを使用します（更新前のレジスタは下位

ビット、新しいレジスタは上位ビットにそれぞれ対応します)。プログラムにより各レジスタ・セット中のいずれのレジスタも変更されていなければ、不要なレジスタの退避を行わずに、コンテキストを切り換えることができます。

メモリ・サブシステム

外部キャッシュ・メモリ

Ultra 60 Model 2300 には、ラインサイズ 64 byte の二次外部キャッシュ 2 MB が装備されています。データとタグの格納には同期 SRAM を使用します。外部キャッシュへのデータパスは 128 bit 幅で、パリティによって保護されています。

メイン・メモリ

Ultra 60 システムには、アクセス時間 60 ns の一般的な 5 V DRAM DIMM を使用したメモリ・システムが搭載されています。これらのメモリは、他の Ultra ワークステーション・システムをはじめ、前機種にあたる SPARCstation 20 で採用されていたものと同じ DIMM です。このため、既存のシステムが不要になった場合や交換を行う場合にも、メモリに対するこれまでの多額の投資を無駄にすることがなくなります。

Ultra 60 システムでは、計 16 個の DIMM モジュールを使用できます。サポートされるモジュールのサイズは、16 MB、32 MB、64 MB、および 128 MB です。メモリ容量は最大 2 GB までサポートされます。

高価なコンポーネントを使わずにメモリ・システムのパフォーマンスを向上させるため、Ultra 60 では 576 bit 幅のメモリ・アーキテクチャを採用しています。DIMM は必ず同サイズの 4 枚を 1 組として装着してください。4 枚 1 組であれば異なるサイズの組が混在していても構いません。

Ultra Port Architecture (UPA) インターコネク

Ultraシステムで提供される優れた演算処理能力とグラフィックス・サブシステム機能の適度なバランスを保つため、SunはUPA (Ultra Port Architecture) というインターコネクの定義に着手しました。その狙いは、メモリ遅延の短縮とコストの低減、そしてユニプロセッサ・システムとマルチプロセッサ・システムにおける価格性能比の最適化を図ることにありました。

その結果、SunはUPA インターコネクという新しいキャッシュ・コヒーレントなプロセッサ/メモリ間の相互接続テクノロジーを開発しました。Ultra 60システムに実装されたUPAは、従来のインターコネクに比べ、次のような利点を持っています。

- スケーラブルな帯域幅
データ用とアドレス用に別個のバスを確保したインターコネク
- 帯域幅の改善
- 高性能グラフィックスのサポート
64 bit UPA インターコネクでは、2 サイクルで1ワードの書き込みが可能
- 経済効率の改善
コヒーレンシやメモリの制御機能の集中化

UPA インターコネクの実装

Ultra 60 の UPA インターコネクには、次のような先進的な技術が採用されています。

- UPA クロックは最大 120 MHz で作動し、UPA の速度はプロセッサのクロック・スピードに連動 (UPA クロックはプロセッサ・クロック速度の 3 分の 1)
- 9つのバッファ付きクロスバー回路の採用により、2つの144 bit プロセッサ・データ・バスを576 bit メモリ・バスと2つの72 bit (64 bit がデータ用) I/Oおよびグラフィックス・バスに連結
- 複数の UPA セグメントでオーバーラップ転送をサポート
- メモリ・コントローラ機能を統合したシステム制御ASICにより、クロスバー回路を制御するとともに、最大 2 GB のメモリ構成を許容

UPA インターコネクト・モデル

UPAインターコネクト・モデルは、いくつかのコンポーネントで構成されます（図3-3）。具体的には、UPAポート、システム・コントローラ、メモリ、およびデータバスのコンポーネントがあります。

UPA ポート

UPAポートは、インターコネクトに対するインタフェースとなる部分です。UPAモジュールは、論理的にUPAポートに接続され、プロセッサ、I/Oコントローラ（I/Oバスへのインタフェース付き）、またはグラフィックス・フレームバッファを搭載することができます。UPAポートには、パケット・スイッチ型のアドレス・バスとデータ・バスがそれぞれを個別に用意されています。これらのバスはそれぞれ独立して動作します。UPAインターコネクト・アーキテクチャでは、最大32個のUPAポートのほか、アドレスとデータに対応した各バスがサポートされます。最大4つのUPAポートは同じアドレス・バスを共有でき、分散型アービトレーション・プロトコルに基づいて、バス・マスターのステータスを調整します。

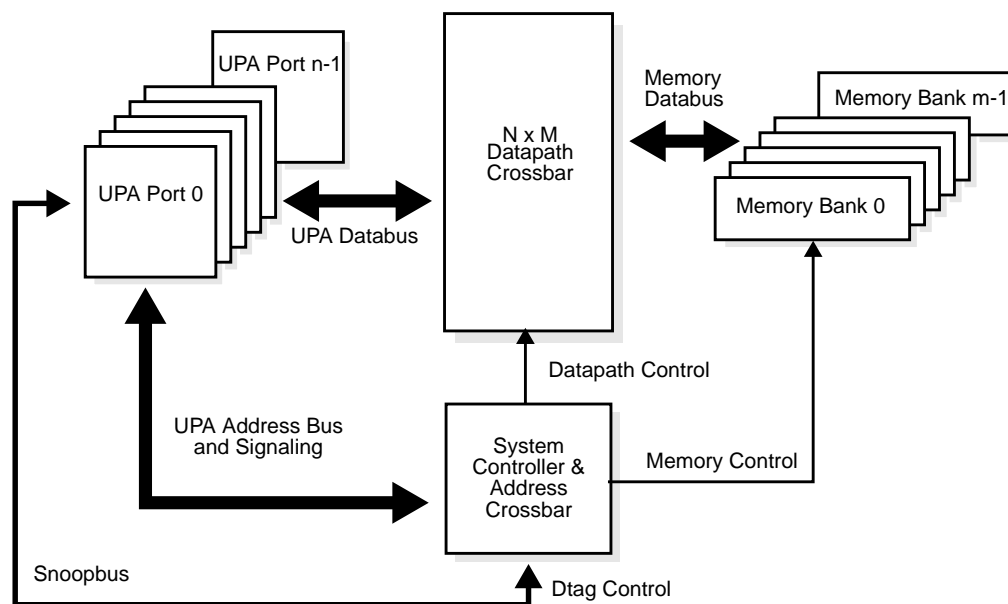


図 3-3 一般的な UPA インターコネクトの構成

UPA ポートには、4つの機能インタフェース属性があります。これらの属性によりUPAポートは、マスター、スレーブ、割り込み元、または割り込みハンドラに分類されます。UPA ポートは、5 bit の port_ID フィールドによって識別されます。UPA ポートは最小構成の場合でも、スレーブ・インタフェースとport_IDレジスタを実装する必要があります。

システム・コントローラ

システム・コントローラは集中型のコントローラです。これにより、コヒーレンシ制御、メモリおよびデータ・バス制御、さらに複数のアドレス・バス用クロスバー型接続が提供されます。

データバス

UPA インターコネクト・モデルのデータバスは、 $N \times M$ のスイッチ、またはバス（あるいはその2つの組み合わせ）で構成できます。実際のデータバスの構成方法は、実装する仕様に依存します。システム・コントローラでは、データバスを制御し、2つのUPAポート間、またはUPAポートとメモリの間で行うデータ転送のスケジュールを調整します。

UPA アドレス・バスは、36 bit の双方向パケット・スイッチ型リクエスト・バスで、1 bit の奇数パリティが含まれています。このバスでは、2サイクルの間に、41 bit の物理アドレス空間のうち上位の37 bit を転送します（残りの4 bit は、16 byte のアドレス範囲を表します）。UPA ポートが直接 UPA アドレス・バス上で通信を行うことはありません。代わりに、システム・コントローラがターゲット・ポートの条件をチェックした後、リクエスト・パケットを再転送することにより、アドレス指定されたポートにスレーブ・アクセス権を渡します。また、UPA ポートは、UPA アドレス・バス上でスヌープを行うこともありません。この処理も、ライト・インバリデット方式のキャッシュ・コヒーレンシ・プロトコルを使用することで、キャッシング・マスターのUPAポートに代わって、システム・コントローラによって実行されます。

UPA データ・バスの幅は、128 bit、または64 bit のいずれかで、ECC 用として16 bit、または8 bit が付加されます。64 bit 幅のUPA データ・バスでは、ピンの数が半分になっていますが、1 トランザクションあたりでは128 bit バスと同じバイト数を転送します。ただし、必要なサイクル数は2倍になります。UPA インターコネクトはECCの生成もチェックも行いません。これは、送受信を行うUPAポート側の役割です（マスターUPAポートは必ずECCをサポートしていなければなりません、スレーブ・ポートはその必要はありません）。

UPA データ・バスは、全体で共有するための共通データ・バスではありません。システムには複数のUPA データ・バスを実装できますが、その正確な数は具体的な実装の仕様に依存します。

メモリ

このアーキテクチャでは、任意数のメモリ・バンクがサポートされますが、実際の数は実装の仕様に依存します（Ultra 60 の場合は、16 個の DIMM スロットです）。システム・コントローラが、データパスのスケジュールに合わせてメモリを制御し、双方の最適利用を図ります。

システム・コントローラ、データパス、およびメモリは、UPA インターコネクットのドメイン中に置かれ、UPA ポート・インタフェースを介して UPA モジュールからデータを抽出します。UPA インターコネクット・ドメインは、中央から送られるシステム・クロックと完全に同期しています。このクロックは、UPA モジュールにも供給されます。UPA モジュールは、必要に応じて、プライベート・クロックとシステム・クロックに同期させることができます。

UPA インターコネクットの特長

UPA インターコネクット・アーキテクチャには、これまでメインフレームや高性能サーバでしか利用できなかった数多くの特長が統合され、Ultra プラットフォームの革新的な要件を満たす最先端の機能が盛り込まれています。スヌーピング・アドレス・バスをグローバルに共有している従来のキャッシュ・コヒーレント・システムとは異なり、UPA インターコネクット・アーキテクチャでは、集中制御型のシステム・コントローラから送られるポイントツーポイントの packets・スイッチ・メッセージに基づいて、キャッシュの一貫性を維持しています。Packets・スイッチでは、純粋なトランザクション・ベースの設計に共通して見られる遅延を解消することにより、はるかに効率的なバス帯域幅の利用が可能になっています。

メイン・メモリ中で各データ・ブロックの一貫性を保持する従来型のディレクトリ・ベースのシステムでは、メイン・メモリまで到達するすべての読み取りトランザクションについて、読み取り/変更/書き込みという重い負荷が生じます。UPA インターコネクットは、この従来の形態とは異なり、システム中のすべてのキャッシュ・タグの複製セットを保持し、コヒーレント・トランザクションごとに並列なパイプラインの中で複製タグのルックアップとメイン・メモリの起動を行います。このように従来のアプローチから脱却することにより、キャッシュ・ミスが発生したときの遅延が最小限に抑えられるほか、インターコネクット中の効率的なパイプライン処理によって、アドレス、データパス、およびメイン・メモリを最大限に有効利用できるようになります。

UPA インターコネクットは本来、シングルプロセッサおよびマルチプロセッサのワークステーション・システムをターゲットとして設計されています。こうした設計方針は、集中型のシステム・コントローラの採用という形で反映されています。これにより、キャッシュ・コヒーレンシ・ロジックを個々のプロセッサと DMA デバイスごとに配置する必要がなくなったため、実装の仕様を大幅に簡素化できるようになっています。

次に、上記以外の UPA インターコネクットの主な特長を示します。

- 独立したアドレスとデータ

UPA は、デスクトップ SMP（対称型マルチプロセッサ）システムでの使用を前提として設計されています。複数のアドレス・バスとデータ・バスを確保することにより、スループット上のボトルネックが解消されるようになっていきます。このアプローチにより、アドレス線とデータ線を共有しなくても済むようになったため、ユニプロセッサ・システムでも大幅なパフォーマンスの改善が可能になります。

- 独立した I/O バスとプロセッサ・バス

I/O バスとプロセッサ・バスの動作を切り離したことによって、システム全体のスループットが改善されています。

- 明示的な割り込みの使用

UPA インターコネクットの環境では、通常のトランザクションと同じように、割り込み処理も割り込み元のデバイスから送られるパケットを通じて実行されます。このパケットからは、プロセッサとサービス・ルーチンが割り込み処理を即座に開始する際に必要な情報が提供されるため、割り込みサービス・ルーチンの遅延を最小限に抑えることができます。

- ストリーミング・バッファ

従来は比較的高額のサーバ・システムだけに限定されていたストリーミング・バッファを導入することにより、ダイレクト仮想メモリ・アクセス（DVMA：Direct Virtual Memory Access）に対応したデバイスであれば、データ送受信中に起きるバスのビジー状態を最小限に抑えることができ、一段と優れたパフォーマンスが達成されます。

- 主要バスをパリティまたは ECC で保護

最高の信頼性を実現するための異例の措置として、UPA アドレス・バス上にパリティ保護が実装されています。また、UPA データ・バスに加え、クロスバーとメモリの間にも ECC 保護を追加しました。

PCI 接続

PCI は、高速のデータ転送に向けて最適化された高性能バスです。システム・ボードに実装された PCI バスは、高度に集積された各コンポーネントとサブシステム（たとえば周辺装置、アドオン・ボード、メモリ・システムなど）の間を結ぶインターコネクトとして使用できます。Ultra 60のプロセッサ、メイン・メモリ、およびPCIバスは、UPAバスを介してPCIホスト・ブリッジに接続されています。

SBus に続いて Sun が新たに採用した PCI バス・アーキテクチャは、業界標準の PCI 2.1 の仕様に準拠して設計されています。PCI は、通常の標準とは異なり、各種のフォーム・ファクタから電圧、さらにコネクタの種類に至るまで、きわめて広い範囲をカバーする仕様となっています。PCI バス・アーキテクチャには、最も一般的なオプションが採用されています

- 33 MHz（標準）と 66 MHz のバス
- 32 bit /64 bit カード
- 5 V カード（33 MHz バス）
- 3.3 V カード（33/66 MHz バス）
- 7 インチ（ショート）カード
- 12 インチ（ロング）カード
- PCI 2.1 仕様に準拠
- 低電力での動作と Energy Star 仕様の準拠

Ultra 60 システムでは、高度なパフォーマンスが維持できるように、2つの独立した 64 bit PCI バスに 4つのスロットを配置してあります。バス "A"（PCI66 バスとも言います）は最高 66 MHz で動作し、66 MHz 対応のカードを 1 枚サポートします。このスロットには、3.3 V の動作に対応する 33 MHz カードを使用することもできます。コア電源としては 5 V と 3.3 V のレールがスロットに供給されていますが、I/O 信号は 3.3 V だけに対応するように設定されています。

バス "B" は、3 枚の 33 MHz PCI カードをサポートするほか、オンボード PCI デバイスを 2 つ、*Cheerio* という特殊な周辺装置用チップ、および Ultra SCSI コントローラ・チップ（*Symbios 53C876*）を取り付けられるように設計されています。スロットはすべて 64 bit に対応していますが、32 bit 対応のカードも使用でき、この場合、バス全体が強制的に 32 bit モードに設定されることはありません。"B" スロットはすべて、5 V の I/O 信号に対応していますが、3.3 V のコア電源を要するボードを使用することもできます。

各スロットの最大出力はいずれも 15 W です。表 3-1 にスロット構成データを示します。

	PCI スロット番号			
	1	2	3	4
33/66 MHz クロック	✓			
33 MHz クロック		✓	✓	✓
5 Volt またはユニバーサル・カード		✓	✓	✓
3.3 Volt またはユニバーサル・カード	✓			
32 bit スロット	✓	✓	✓	✓
64 bit スロット	✓	✓	✓	✓

表 3-1 Ultra 60 PCI スロットで可能な構成、速度、電圧

Sun では、Ethernet、Token Ring、FDDI の各ネットワーク・カードをはじめ、ビデオ、SCSI、高速シリアル/パラレル・インタフェースなどの各種 PCI ベースのアダプタ・カードをサポートしています。また、サードパーティ各社と協力して、Solaris で動作する Ultra 60 システムで使用できる PCI 対応のハードウェアとソフトウェアの各製品も開発されています。

周辺装置、ネットワーク、およびバックパネル

Ultra 60システム各モデルでは、PCIの接続以外に、バックパネルに装備された各コネクタを介して、標準 I/O デバイスを接続することができます (図 3-4)。

- 10/100 BASE-T Ethernet、および MII (Media Independent Interface) ネットワーク・コネクタ
- オーディオ・ポート
- シリアル・ポート、およびセントロニクス互換の平行・ポート
- SCSI
- キーボード / マウス

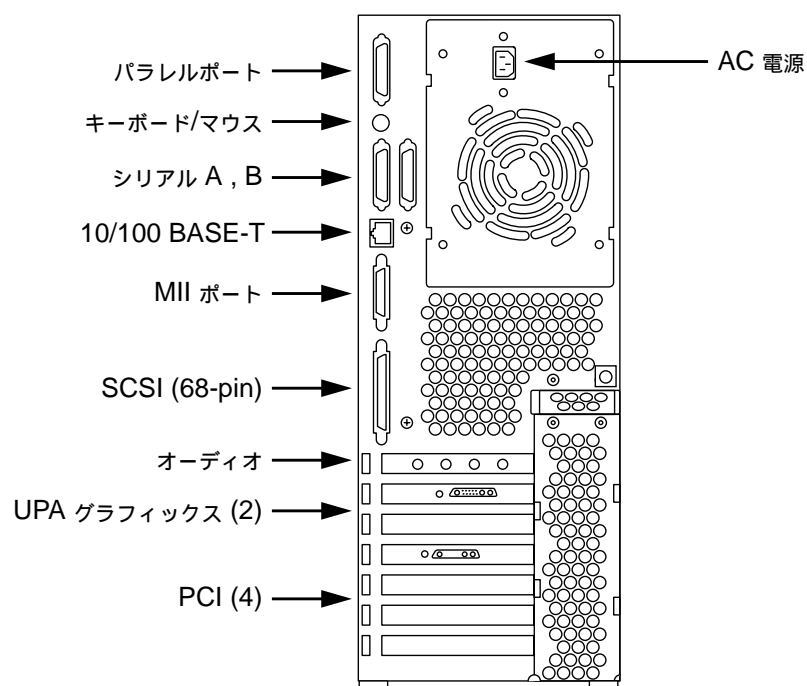


図 3-4 Ultra 60 には、前世代の Sun ワークステーションの伝統を継承した、強力な接続 / 拡張オプションが用意されています。

モニタ

Ultra 60 では、標準の 21 インチカラー・モニタに加え、24 インチの大型モニタもサポートされます。縦横比 16 : 10 のこのモニタは、高度なマルチメディアやビデオ・サービスの開発に理想的です。表 3-2 に示すとおり、Ultra 60 で提供される新世代の Creator と Elite3D オプションでは、各種の表示密度 (dpi) と解像度がサポートされています。

	解像度			
	1280 × 800	1440 × 900	1600 × 1000	1920 × 1200
リフレッシュ・レート	76 Hz	76 Hz	66/76 Hz	70 Hz
ダブルバッファ動作	あり	なし	なし	なし
インチあたりのドット (dpi)	69	77	86	103

表 3-2 新型の 24 インチ HDTV モニタでは、各種 dpi と解像度がサポートされます。ただし 24 インチモニタの性格上、1920 × 1200 での使用を推奨します。

Ethernet

Ultra 60 は、高度なネットワークに対応できるよう、10/100 Mbps Fast Ethernet の接続をサポートしています。Sun の Fast Ethernet テクノロジーでは、10 Mbps Ethernet との下位互換が保証されています。動作速度はインタフェースによって自動的に感知されます。

Fast Ethernet は、10 BASE-T Ethernet の標準をそのまま拡張した仕様です。スループットを大幅に改善したことによって、一段と幅広いアプリケーションのニーズに対応できるようになっています。特に、現在広く普及している 10 BASE-T 接続のインストール・ベースとの互換性が保持されるため、最もコスト効果に優れた移行パスが保証されます。従来の標準と同様に、Fast Ethernet も明確に定義された標準として業界で広く受け入れられています。実際に数多くのベンダーから、Fast Ethernet 互換の製品が各種提供されています。

Ultra 60 システムの Ethernet インタフェースでは、RJ45 コネクタを介したカテゴリ 5 のツイストペア線へのアクセスがサポートされます。また、多様なケーブル接続オプションがサポートされるように、MII (Media Independent Interface) にアクセスすることもできます。

MII では、適切なアダプタ・ケーブル・トランシーバを使用すれば、40 ピン型のミニチュア "D" コネクタを介して、ThickNet (AUI)、ツイストペア、ThinNet、Fiber など各種の Ethernet に接続することができます。

オーディオ

Ultra 60システムに装備されたプラグイン型のロジック・ボードにより、高品質のオーディオ回路を搭載し内蔵スピーカーを使用することができます。

Ultra 60のオーディオ・サブシステムでは、次のような各種の標準サンプリング・レートがサポートされます。

- 16 bit 48 KHz デジタル・オーディオ・テープ (DAT)
- 16 bit 44.1 KHz CD
- 16 bit 16 KHz 中品質オーディオ (音声処理などのアプリケーション向け)
- 8 bit 8 KHz 標準電話音声

バックパネルには各種のオーディオ・コネクタが用意されているので、Ultra 60システムに標準的なオーディオ装置 (アンプやテープ・レコーダ) を接続できます。また小型のモノラル外部マイクロホンも提供されており、オーディオの入出力に利用できます。

パラレル・ポート

最近、パラレル・ポートに対応した周辺装置、特に低価格で高品質のプリンタなどが普及してきたことから、デスクトップ・マシンではパラレル・ポートの利用価値が高まっています。最高 2 MB/sec の速度でデータを転送できる双方向パラレル・ポートは、データ入力、スキャン、高速通信といった用途にも利用できます。

パラレル・ポートは、事前にプログラムされた I/O や DMA を使用して駆動できます。パラレル・ポートのインタフェースの動作方向、タイミング、またプロトコルは、各種の周辺装置に用意された多様なセントロニクス・インタフェースに対応して、プログラムを変更することができます。

パラレル・ポートには、バックパネルにある DB25 コネクタを介して接続を行います。

シリアル・ポート

RS-232C/RS-423シリアル・ポートにより、Ultra 60にモデムや端末といったデバイスを簡単に接続できます。システムにはシリアル・ポートが 2 つ装備されています。いずれも標準ピンアウト (オス) 仕様の DB25 コネクタ (同期用 / 非同期用) を備えています。動作速度は、同期転送では 64 Kbps ですが、非同期転送では最高 460 Kbps と、従来のSunワークステーション・システムより大きく改善されています。

SCSI

Ultra 60 では、業界標準の Wide Ultra SCSI インターフェースと同等の 40 MB/sec の Ultra SCSI (Fast-20) SCSI インタフェースがサポートされます。1本のダイジーチェーンに接続できる Fast-20 SCSI 周辺装置の数は、68 ピン "D" タイプの SCSI コネクタにより外部周辺装置を接続したケーブルの長さに依存します。1 ~ 4 台の周辺装置を接続する場合は、Ultra 60 の内部配線ケーブル長の 0.9m 分を含め、最大 3 m のケーブル長を使用できます。また 5 台以上の周辺装置を接続する場合には、内部ケーブル長を含めたケーブル長を 1.5 m 以内に抑える必要があります。Fast-20 より低速の SCSI デバイスとの互換性も保持されますが、Ultra SCSI バスにこれらの周辺装置を接続すると、全体のパフォーマンスが低下します。

キーボードとマウス

Ultra 60 では、Sun の Type 5 キーボードをサポートしています。このキーボードは、日本語カナキーボードと UNIX ユーザ向けの UNIX 配列のキーボードが用意されています。また、オーディオを制御するキーやシステム電源のオン / オフを切り換えるキーが付いています。

キーボードとマウスは、バックパネルにある 8 ピン DIN コネクタに直列で接続します。Ultra システムには、オプトメカニカル・マウスが標準で付属しています。

Ultra 60 のグラフィックス機能

4

グラフィックスは、今や技術系のユーザだけが専門に使用する機能ではなく、あらゆるコンピューティング分野に必要な要素として大きく進化していると考えています。そして、この傾向が今後も続き、グラフィックスの機能と性能の水準も引き続き高まるものと予測しています。Ultra 60システムは、従来のデスクトップ・システムではオプションとしてしか提供されていなかった高度なグラフィックス機能を、標準で搭載しています。

Sunは初期のUltraシステムを設計するにあたって、現在のニーズはもとより、将来的な機能の拡張とスケーリングに対応できるようなグラフィックス・アーキテクチャの構築を目指しました。こうした目標を達成するためには、基本的な条件を次のように全面的に見直す必要があることが明らかになってきました。

- 卓越したパフォーマンス

新しいグラフィックス・プラットフォームでは、前世代のアクセラレータが得意としている領域で達成する最高のパフォーマンスに比較して、最低でも2倍の水準を実現する。

- 最高水準の機能

前世代のフレームバッファ機能を大幅に強化する。

- 標準機能の強化

24 bit グラフィックス、ビデオ圧縮、3D グラフィックス、高解像度といった機能を、高価なオプションとしてではなく標準で提供する。

- コスト効果

新しいグラフィックス・システムを標準装置、または高性能デスクトップの標準として、低価格で組み込む。最新のテクノロジーの高度な統合と有効利用が前提となる。

- ソフトウェアの互換性

新しいグラフィックス・システムには、既存のグラフィックス・ソフトウェアを含め、一連のライブラリとの互換性を確保する。また既存の API に対するソフトウェアの書き込みを透過的に高速化する。

Creator グラフィックス

Ultra 60には、Creatorグラフィックスが標準で装備されています。UltraSPARC-II CPUを中心に、UPA インターコネクトとCreatorグラフィックスを組み合わせることにより、卓越したウィンドウ・システム、ジオメトリ / イメージ処理の高速化が可能になります。

2つのフレームバッファ・オプションが用意されています。シングルバッファのCreatorグラフィックス・カードには、5 MBの3D-RAMが搭載されています。このフレームバッファの利用は、イメージ処理やマルチメディア・アプリケーションをはじめ、2Dグラフィックス、3Dワイヤフレームなどのアプリケーションに向けた理想的なソリューションとなります。また、ダブルバッファのCreator3D グラフィックス・カードには、15 MBの3D-RAMが搭載されているため、3Dアプリケーションを高速化できるほか、2D/3Dの高速アニメーションにも効果的に対応できます。

- 最高のパフォーマンスを低コストで提供する24 bitフルカラー機能が標準装備されています。
- X11、XIL、XGL、OpenGLの各種グラフィックス・ライブラリを透過的に高速化します。
- フレームバッファおよびレジスタのアーキテクチャはCreator/Creator3Dで共通です。
- 8 bit X11 ビジュアルでは、疑似カラー（デフォルト）、リニア / 非リニア・グレイスケール、ダイレクト・カラーがサポートされます。
- 24 bit X11 ビジュアルでは、ダイレクト・カラー、リニア / 非リニア・フルカラーがサポートされます。
- 8 bit 疑似カラー・オーバーレイ
- 高解像度のCreator3D（シングルバッファ・モード：1920 × 1200）のサポート
- ステレオ対応
- 高速ビデオ圧縮に向けたオンボード YCC/RGB カラー空間変換

Creator3Dシステムは、シングルバッファCreatorシステムと同様、ウィンドウ・システムとイメージ処理の高速化をサポートするほか、次の拡張機能を備えています。

- 完全な3D ソリッド、ダイナミック・シェーディング、回転、Z バッファ処理の高速化
- 2 × 24 bit フルカラー（ダブルバッファリング）、8 bit オーバーレイ、28 bit Z バッファ、4 bit ステンシル

いずれのフレームバッファも同じ基本設計を採用していますが、ボードの3D-RAMのサイズに違いがあり、また、この2つのボード設計は物理的に異なるものです（Creatorに3D-RAMを追加してCreator3Dにすることはできません）。

Creator グラフィックスの動作原理

Sun では、グラフィックス・サブシステムをトータルなシステム・アーキテクチャに組み込むという開発思想に基づき、グラフィックス性能が最大限に引き出せるよう各コンポーネントを配置しました。この結果、設計上の無駄なオーバーヘッドが最小限に抑えられると同時に、バス帯域幅とASICテクノロジーへの投資を最大限に有効利用でき、CPU、メモリ・インターコネク、フレームバッファ、そしてグラフィックス・アクセラレータが密接に結合している非常に集積度の高い経済的なモジュール型アーキテクチャが実現されることになりました（図 4-1）。

Ultra 60では、グラフィックス処理がシステム全体に分散されることにより、適切なリソースを有効に利用できるようになっています。たとえば、UltraSPARC-II プロセッサは、高速でスケーラブルなイメージ処理とビデオ処理の実行を担当します。Creatorグラフィックスモジュールは、ウィンドウ・システムと2Dグラフィックスの高速化を行います。また、これら 2 つが一体となって、パイプライン上の 3D グラフィックス命令の高速化を図ります。

プロセッサとメモリ、および Creator グラフィックス・システムの間では、大量のイメージ・データとグラフィックス・データがやり取りされるため、高度なグラフィックス・パフォーマンスを確保するには、UPA インターコネクが不可欠な要素となります。UPA インターコネクでは、独立したアドレス・バス、レベルの深いパイプライン、さらにバースト転送を使用することにより、高度なグラフィックス・パフォーマンスを提供しています。

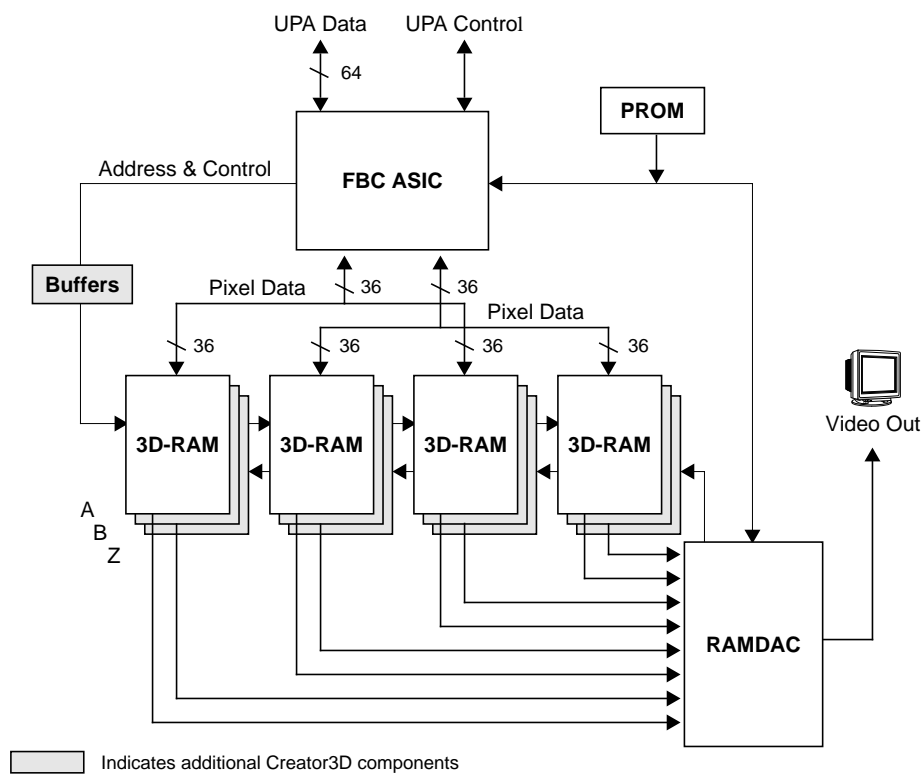


図 4-1 Creatorグラフィックスを搭載したUltra 60システムには、CPU、システム・メモリ・インターコネクト、フレームバッファ、およびグラフィックス・アクセラレータのテクノロジーが密接に結合している非常に集積度の高いモジュール型のアーキテクチャが採用されています。

Elite3D グラフィックス

Elite3D は、Sun の最も高性能なグラフィックス・サブシステムです。Elite3D を搭載したシステムは、多数の複雑な3Dソリッドを扱うアプリケーションを高速化するように設計されているため、MCAD や地質工学、アニメーション、またはその関連分野での使用に適しています。Elite3D は、ダブル・バッファリング、三角形と四角形のレンダリング、光源処理とシェーディングなどの性能が大幅に向上し、しかも高速の8 bit および24 bit ウィンドウ・システムやイメージ処理、ビデオなどの性能をそのために犠牲にするようなことはしていません。

Elite3D システムは、96 bit のプレーンを提供します。これには、スムーズなアニメーションのレンダリングに必要な24 bit ダブルバッファ・プレーンも含まれています。陰面消去や3D オブジェクトのダイナミック・レンダリングをハードウェアでサポートできるよう、28 bit のZ バッファも含まれています。Elite3D は Creator3D システムと上位互換を保ち、ウィンドウ・システムや2D グラフィックス、イメージ処理、ビデオなどの性能にも妥協を許していません。

Elite3D は次のような特長を持っています。

- 8 bit と 24 bit のビジュアルを同時にサポート
- 複数のハードウェア・カラーマップ
- 調節可能なガンマ補正
- SOV 準拠 8 bit 疑似カラー・オーバーレイ
- X11、XIL の各グラフィックス・ライブラリを透過的に高速化
- 3D API (XGL、OpenGL、Java 3D™ の各 API) を透過的に高速化
- 3D ソリッド、ダイナミック・シェーディング、回転、およびZ バッファ処理の高速化
- 完全なダブルバッファの24 bit フルカラー、8 bit オーバーレイ、28 bit Z バッファ (浮動小数点)、4 bit ステンシル (OpenGL ステンシル機能をフル・サポート)
- 高解像度 (1280 × 1024 76Hz、ノンインターレース)
- ステレオ対応 (シングル・パス、960 × 680 112 Hz、ノンインターレース)
- EDID に対応した DDC2B モニタのシリアル通信

Elite3D には m3 と m6 の2つのモデルがあります。Elite3- m6 は6つの高性能浮動小数点プロセッサを搭載し、最高水準の性能を実現します。Elite3D-m3 ではプロセッサ数は3つで、経済性に優れ、しかも Creator3D に比べて2 ~ 3倍の性能を発揮します。

このほか Elite3D は、表 4-1 に示す重要な2D/3D 機能をサポートしています。

2D 動作	3D 動作	その他の特長
<ul style="list-style-type: none"> • Bresenham 線 • 多角形 • フォント・サポート • 四角形の塗りつぶし • 高速ブロック・クリア 	<ul style="list-style-type: none"> • 点、線、三角形、四角形の処理高速化 • ハードウェアによる点および線のアンチエイリアシング • 最大径 10 ピクセルの大型アンチエイリアス・ドットをハードウェアでサポート • 三角形のグーロー・シェーディング • スペキュラー光 • ピクセル単位のデプス・キューイングをハードウェアでサポート • ハードウェア・トランスペアレンシ（アルファ・ブレンディングおよびスクリーン・ドア） • ピクセル単位のアルファ・インターポレーション • テクスチャ・マップのサポート • 圧縮 3D ジオメトリの伸長 	<ul style="list-style-type: none"> • ビューポートのクリッピング • ウィンドウ ID のクリッピング • すべての線をハードウェアでライン・パターン化 • 32 x 32 エリア・パターン • 柔軟なブレンディング操作 • あらゆる論理演算 • 8 bit と 24 bit のステートレス・フレームバッファが利用可能 • 完全なブレン・マスク

表 4-1 Elite3D グラフィックス・アクセラレータがサポートする機能

動作原理

Elite3D グラフィックス・モジュールは、インタフェースおよび制御（*AFB-Command*）、浮動小数点計算（*AFB-Float*）、ピクセル描画制御（*AFB-Draw*）などの特殊 ASIC で構成されています。Creator3D と同様、Elite3D グラフィックス・モジュールは 12 個の 3D-RAM チップを備え、1280 x 1024 のダブル・バッファ方式 24 bit フレームバッファと 28 bit デプス・バッファを提供します。Elite3D と Creator は、同じ Bt498+ RAMDAC を使用しています（図 4-2）。切り換え式の双方向バスを 120 MHz で動作させる困難を避けるため、Elite3D では 3 つの内蔵高速バスすべてに単方向のポイント・トゥ・ポイント・バスを採用しています。その 1 つ（*FD-Bus*）は 800MB/sec で動作します。

AFB-Command ASIC は、入力された 3D ジオメトリのデータをバッファに蓄え、これを独立したプリミティブ（三角形、線、点）に変換した上で、6 つの浮動小数点チップに分配して処理させます。*AFB-Command* は、正規のデータ入力機能のほか、高密度で圧縮され

た 3D ジオメトリ・データを標準フォーマットに戻して他のグラフィックス・パイプラインで利用できるようにするデコンプレッション・ユニットを備えています。ジオメトリの圧縮は、Java3DなどのソフトウェアAPIが担当します。さらにAFB-Commandチップは、フレームバッファ・メモリに対するピクセル読み取り / 書き込みを効率化します。

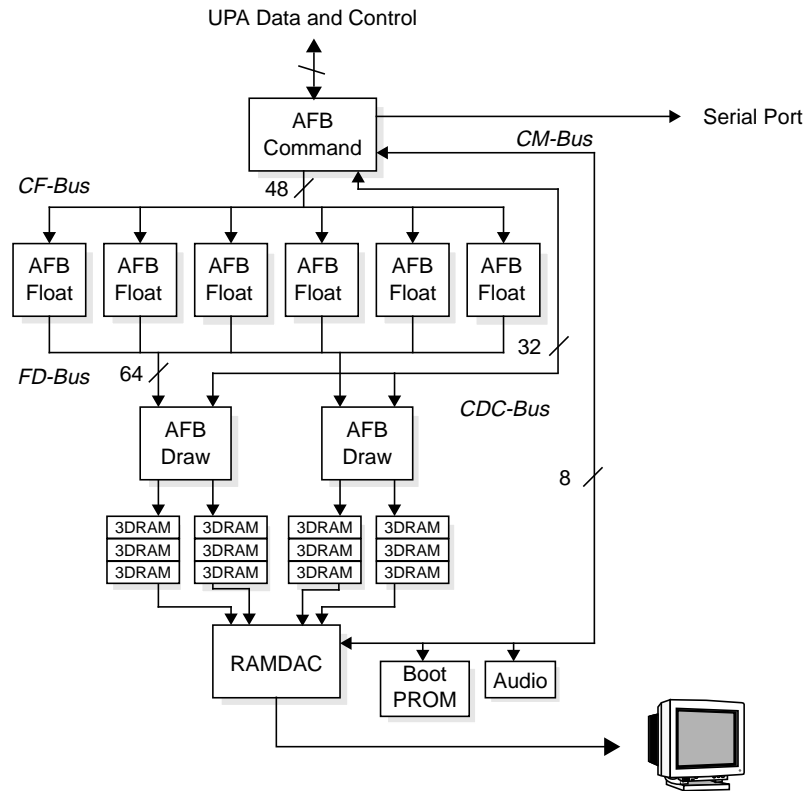


図 4-2 Elite3D m6 グラフィックス・アクセラレータ

AFB-Float モジュールは、AFB-Command チップから渡されたプリミティブの変換、光源設定、クリップ、設定を行います。Elite3D-m6 には 6 つ、Elite3D-m3 には 3 つの浮動小数点ユニットが使われています。AFB-Floatは、グラフィックス・パイプラインの中の1つ（ないし、いくつか）の段階を専門的に処理する特定アルゴリズム回路を提供します。

AFB-Draw は、スクリーン・スペース用の（完全に変換および光源設定された）プリミティブをフレームバッファにレンダリングし、点、線、三角形などをできる限り効率的に描画します。このほか、オプションで点や線のアンチエイリアスも実行します。AFB-Draw には、個々のピクセルのレンダリングに使うエッジ・ウォーキングとスパン・インターポレーション用の回路が含まれます。その他の機能には次のようなものがあります。

- シングル・ピクセル・ドット、アンチエイリアス・ドット、大型アンチエイリアス・ドット
- X11 Bresenham 線
- X11 Bresenham エッジ 2D 多角形
- DDA 線とアンチエイリアス DDA 線
- DDA グロー・インターポレート三角形
- テクスチャ・マッピングされた DDA 三角形
- 画面に整列した四角形パターンの塗りつぶしと垂直スクロール
- フォント（ステンシル）

ピクセル単位で以下もサポートしています。

- アルファ・チャンネル・ブレンド / トランスペアレンシ
- スクリーン・ドア・トランスペアレンシ
- デプス・キューイング
- ライト・マスク
- WID（ウィンドウ ID）

Elite3D が本来の高性能を発揮するには、AFB-Draw がデプス・キューのかかった 24 bit ピクセルを 3D-RAM ベースのフレームバッファに毎秒約 4 億ピクセルの速さでレンダリングする必要があります。この速度を達成するため、3D-RAM には 4 ウェイ・インターリーブを採用し、2 個の AFB-Draw ASIC がそれぞれ 2 つのインターリーブを制御しています。

このほか、AFB-Draw はブレンディング、デプス・キューイング、論理演算、ビット・マスク、フォント、ウィンドウ ID のクリッピング、ビューポートのクリッピングなど、あらゆるピクセル処理を行います。チップ内には、「アクセラレータ・ポート」へのアクセスの合間に必要に応じて「ダイレクト・ポート」アクセスを行うためのロジックが組み込まれています。さらに AFB-Draw は、UPA インターコネクトを介したフレームバッファの読み取りもサポートします。

Ultra™ 60 のその他の主要グラフィックス技術

Creator および Elite3D グラフィックスの成功は、設計段階から Ultra 60 との統合が図られてきたことに起因しています。各フレームバッファが優れた性能を發揮できるかどうかは、これを支える革新的な技術力と高度なコンポーネントに依存します。その意味で、Ultra 60 の各コンポーネントが果たす役割はきわめて大きいといえます。

UltraSPARC™-II マイクロプロセッサ

ごく最近までは、Ultra 60 のようなシステムの構築はほとんど不可能なことでした。近年になってプロセッサ技術が画期的に進歩を見せたことが主な要因となり、こうしたシステムを実現する上で不可欠となる強力な処理能力を持った CPU が出現するに至ったのです。UltraSPARC-II のような高速の汎用 CPU を採用することにより、ハイエンドの 3D パフォーマンスを持った、しかも低価格のシステムが実現されるようになりました。

UltraSPARC は、大量の高速浮動小数点演算が実行できる (Ultra 60 Model 2300 で SPECfp95 は 23.5) ことから、このプロセッサは Creator と Creator3D システムにおいて、3D グラフィックスのパイプライン処理の前半部分の高速化を担当しています。 (Elite3D は、独自の浮動小数点ユニットを最大 6 個装備することで、パフォーマンスを最大化しています。)

Ultra 60 システムでは、イメージ処理も CPU が担当します。このアプローチには、次のような数多くの利点があります。

- メモリ集約的な処理の改善

イメージ処理を CPU で実行できるようにすると、システム・メモリの中に、このイメージを保持することができます。イメージ処理のアルゴリズムは一般に、隣接するピクセルを操作するものが多いので、システム・キャッシュと MMU により、こうした処理を飛躍的に改善することができます。

- スケーラブルなパフォーマンス

イメージ処理の演算を CPU に担当させることにより、高速なプロセッサをシステムに追加したり、搭載するプロセッサの数を増やすことにより、優れたスケーラビリティが得られます。つまりマルチプロセッサ・マシンで並列的に実行すれば、通常のイメージ処理のパフォーマンスが改善されます。

- レンダリングの高速化

イメージ処理はほとんどの場合、パイプライン形式で実行されます。つまり、ある操作の結果が次の操作に対する入力イメージとして使用され、スクリーンには最終的なイメージだけが表示されます。Elite および Creator グラフィックス・システムでは、操作の途中で使用する中間イメージを高速のシステム・メモリに書き込むことができます。最終的なイメージが作成された段階で、クロップ、パン、ズームなどの操作を加え、高速ブロック・コピーを介してスクリーンに出力することができます。

- UltraSPARC-II ビジュアル命令セット (VIS) の有効利用

UltraSPARC-II の VIS により、CPU はイメージ・データ (ピクセル・データ) に直接アクセスして、並列的に操作することができます。その他の命令によってデータのフォーマット化や移動も高速実行できます。これ以外に、大量のレンダリングやビデオの圧縮 / 伸長に向けた命令も組み込まれています。

UPA インターコネクト

イメージ処理、マルチメディア、ビデオといったアプリケーションは、システム・アーキテクチャにとって負担の大きい要件です。また、24 bit のグラフィックス機能を高性能の Ultra システムに標準装備するという設計目標は、インターコネクトの性能に、さらに大きな負担となります。8 bit データに代わり、24 bit データを扱うことだけでも、3 倍のピクセル・データがシステム中で転送されることになるからです。Elite3D と Creator グラフィックス・システムでは、ほとんどのイメージ処理とビデオ操作が UltraSPARC-II CPU の中で実行されるので、CPU、メモリ、そしてフレームバッファの3点の間でイメージ・データをやり取りするための高度なバスが必要となります。

また、グラフィックス・コマンドのフローが原因でグラフィックス・デバイスのパイプラインの中に空白が生じると、3D グラフィックス・アプリケーションの実行速度が低下する可能性があります。Creator3D システムでは、3D グラフィックス・パイプラインの前半部分で UltraSPARC の浮動小数点ユニットを使用するため、CPU とフレームバッファの間に高度な帯域幅を持つバスを確保することが一段と重要になってきます。

UPA インターコネクトでは、グラフィックス・サブシステムへの 64 bit データのバスが確保されているので、CPU、メモリ、およびグラフィックス・システムの間でデータを高速転送できます。このため、従来の MBus ベースのシステムに比べ、実務状況下でのスループットが飛躍的に向上します。

性能

Creator グラフィックスと Elite3D グラフィックスでは、ウィンドウ処理、2D/3D グラフィックス、イメージ処理といった多様な分野での各種アプリケーションにおいて、実務性に優れた高い効果を発揮することが実証されています。表4-2に、最近実施された性能測定の結果の一部をまとめてあります。

グラフィックス・ベンチマーク	Ultra 60 Creator3D グラフィックス性能	Ultra60Elite3Dm6 グラフィックス性能
Xmark93	30.3	31.4
2D ベクタ / 秒	4.1 M	4.7 M
アンチエイリアス付き 3D ベクタ / 秒	3.7 M	8.2 M
三角形 / 秒	1.2 M	5.9 M
四角形 / 秒	458 K	1.2M
PLB wire93	225	372
PLB surf93	317	600
CDRS-03	50.7	129.1
X-03	9.5	14.2

表 4-2 Creator および Elite3D グラフィックスは、多様なアプリケーションに適用できる優れたツールです (Elite3D の性能値は 1998 年 1 月現在の達成性能値です。今後のチューニングにより、いくつかの項目に関しては、性能向上が期待されます。最終的に確定した性能は、改めてご案内いたします)。

Solaris™ オペレーティング環境

Ultra 60 では、Solaris 2 オペレーティング環境を実行するライセンスが提供されるため、SPARC/Solaris 環境全体を通じて、安定したプログラミング・インタフェースとアプリケーションの互換性が保証されるほか、UltraSPARC-II 機能の効果的な利用、さらにはオブジェクト指向やマルチメディアといった最先端技術の統合などが可能となります。Ultra 60 には、Ultra ワークステーション・ファミリに新しく加わった機能 (UltraSCSI、Elite3D-m3 および Creator グラフィックス・オプションでの高解像度モード、PCI I/O バスなど) をサポートできる Solaris 2 のリリースを使用します。

Solaris 2.6では、旧バージョンの優れた特長を生かして、ネットワーク機能と演算性能の最適化が図られています。

- スケーラビリティと性能の向上
- NFS (Network File System) Version 3 のサポート
- 仮想メモリの改善
- ネーム・サービス・キャッシュ
- ネットワーク・ファイル・ロック機能
- TCP/IP パフォーマンスと広帯域ネットワーク・サポートの改善
- Web ツールの統合によるインターネット・パフォーマンスの最適化
- 大規模ファイルのサポート
- ダイレクト I/O
- デスクトップ環境を改善する Solaris™ Desktop Extensions
- 国際化対応の改善
- 西暦 2000 年問題に対応済み

全社規模のコンピューティングをサポートする強力な処理能力と柔軟性、可用性、そして互換性を備えた Solaris 2 は、4 つの基本要素（オペレーティング・システム、ネットワーキング、ウィンドウ・システム、ユーザ環境）を統合し、安定性のある高品質のコンピューティング基盤を構築しています。したがって、広範なコンピューティング・ソリューションの開発、提供、管理が可能となります。

オペレーティング・システム

UNIX System V Version 4 (SVR4) に準拠した Solaris は、アプリケーション開発を支える豊富な機能を備え、マルチプロセッサ・マシン上では対称型マルチプロセッシング (SMP : Symmetric Multiprocessing) とマルチスレッド・アプリケーションをフルにサポートしています。Solaris は、SPARC ABI、CDE 対応の Motif、X11R6、POSIX 1003.1b および 1003.2、NIS、WebNFS™、HTTP、IIOIP、UNIX 95 ブランディング、X/Open® (XPG4 の基本機能)、EPA Energy Star、Kodak Color Management System™、ISO 9660 といった各種標準に準拠しているため、多様なプラットフォームに対して高い移植性が保証されています。

ネットワーキング

Sun のオープン・ネットワーク・コンピューティング (ONC+ : Open Network Computing) は、ネットワーク上に散在する情報やサービスへの透過的なアクセスを可能にします。また、代替ネットワーク技術 (DCE および NetWare) への標準インタフェースも定義されているため、エンタープライズ・コンピューティング環境との円滑な統合が可能となります。リモートでのプログラム実行やデータ交換を可能にする NIS+、NFS、RPC/XDR 等のネットワーク製品もサポートしています。その他、Solaris の TLI (Transport Layer Independence) によって、トランスポート層が分離されているため、TCP/IP などの各種ネットワーク・トランスポート・プロトコルのサポートも保証されます (図 5-1)。

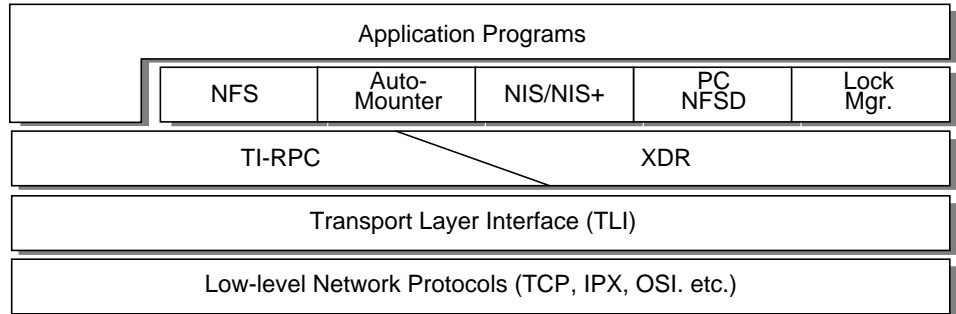


図 5-1 Solaris は各種の高度ネットワーク・プロトコルとサービスをサポートします。

ウィンドウ・システム

X11 に準拠した Solaris のウィンドウ・サーバ、ユーザ・インタフェース、および ToolTalk™ メッセージ処理サービスは、Solaris の分散クライアント/サーバ・コンピューティング・モデルの機能を最大限に利用できるように設計されています。Solaris には CDE (Common Desktop Environment) が含まれているので、どの主要 UNIX プラットフォーム上でも同じ画面構成と操作感が得られます。現在ではユーザや開発者は、従来からの OpenWindows™ 環境を使い続けるか、Motif をベースとした業界標準の CDE を使うか選択できるようになりました。CDE 環境には、グラフィックス、イメージ処理、オーディオ、ビデオ・サービス、さらに Display PostScript といった豊富な機能が統合されているため、全社的な規模による情報交換と共同作業をサポートするマルチメディア・アプリケーションの開発と展開が簡単に実現できます。

Solaris 2 では、多様なグラフィックス機能とウィンドウ処理用 API (XIL、XGL、Xlib、Display PostScript、OpenGL など) がサポートされているため、アプリケーションの開発時にも強力な支援が提供されます (図 5-2)。

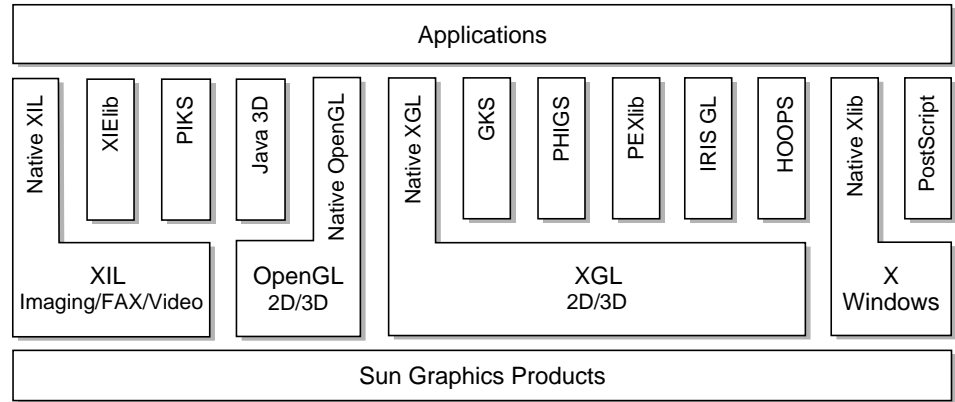


図 5-2 Sun およびその他のベンダーが提供する Solaris ファンデーション・グラフィックス・ライブラリとレイヤ型インタフェース

CDE対応のSolaris 2.6 と Solaris Desktop Extensionsには、アプリケーションやデスクトップ環境の管理を簡素化するためのツールが各種用意されています。たとえば、1 回のクリック操作でアプリケーションを起動できるフロントパネル、多数の仮想デスクトップを作成するワークスペース・マネージャ、複数モニタのサポート、色や背景、マウスやキーボードの動作、起動時の設定などを個人の好みに応じて変更できるスタイル・マネージャなどがあります。これ以外に、テキスト・エディタやアイコン・エディタ、イメージ・ビューア、プロセス / システム管理ツール、ワークグループ・スケジュール管理ツール、ファイル / プリント・マネージャ、Web ブラウザ、パフォーマンス・メータ、MIME 互換の電子メールなども用意されています。Solaris の CDE では、OpenWindows と Motif のアプリケーション間でのドラッグ&ドロップやカット&ペーストも可能です。

インストール

Solaris のインストールは、JumpStart™ 機能によって全自動で行われます。システムに電源を投入すると、まず JumpStart ソフトウェアがネットワーク上またはローカル CD ドライブ上のインストール情報を検索します。ソフトウェアのインストールは、システム管理者がカスタマイズしたプロファイルが、デフォルトの SmartStart™ と呼ばれるプロファイルに従って実行されます。SmartStart は、搭載されたメモリのサイズや利用可能なディスク容量などを検知し、得られた情報に基づいて最適なインストール設定をインテリジェントに判断します。

Solaris™ Web Startは、UNIXシステムへのソフトウェア導入につきものだった機械的な管理作業を不要にし、社内ネットワーク上のどのデスクトップからでも、ソフトウェア管理コンソールを使って柔軟にソフトウェアの導入・管理ができるようにします。Solaris Web Start は、Solaris や関連ソフトウェアのインストールを短時間で簡単に実行する Java ベースのユーティリティです。インタフェースにはブラウザを使用しているため操作に違和感がなく、ワークグループ内はもちろん Web 上のソフトウェア・リソースも簡単に導入・管理できます。カスタマイズや設定のオプションも豊富で、構成が特殊な場合でも柔軟な対応が可能です。また、Solaris Web Start は、JumpStart 技術を利用することで、高度なインストールを複数回行なったり、ソフトウェアをリモートで配付するといった企業のシステム管理者が必要とする機能を提供します。

- ワンタッチ導入およびカスタム導入オプションでインストールと設定を簡素化
- Web ページと同様の画面構成を持つ Java ベース管理コンソール
- CD-ROM、Web など各種メディアのサポートにより、配布方法のオプションが拡大
- 使用状況に合わせて表示される充実したオンライン・ヘルプ文書により、必要な時に的確なサポートを提供
- ソフトウェアのインストールを簡単化するファイル・システム・ツール
- インストール用プロファイルの複製により、企業システム管理の負担を軽減
- どのデスクトップからでもホストを操作して導入を実行できるリモート・オプション
- Software Developers Kit (SDK) により、あらゆる Solaris アプリケーション開発者に Solaris Web Start の利点を提供

グラフィックス・アクセラレータのサポート

どの Ultra システムも、XGL、XIL、OpenGL の各ライブラリ、Display PostScript、および OpenWindows Version 3 (X11 準拠) ウィンドウ・システムを含め、Solaris 2 のあらゆるグラフィックス API をサポートしています。また、Xlib や PEXlib といった業界標準の X 拡張ライブラリも使用できます。これらのライブラリは、Sun のファンデーション・グラフィックス・ライブラリによって高速化されます。

Ultra システム用として提供されるグラフィックス製品は、イメージ処理とジオメトリ処理のいずれにも適用され、上記 API 処理の多くを高速化します。以下の項では、Creator および Elite3D グラフィックス・サブシステムによって高速化できるファンデーション・グラフィックス・インタフェースと主な機能について説明します。

XIL™ イメージ処理およびビデオ・ライブラリ

XIL ライブラリは、多くのイメージ処理やビデオ・アプリケーションで必要とされる一般的な機能を組み込んだファンデーション・レベルのイメージ処理インタフェースです。イメージ処理アプリケーションの基本的なソフトウェア層として、XIL ライブラリはイメージ処理 (表示、イメージ操作、ビデオ圧縮 / 伸長など) がどのように実行されるのかを定義します。XIL で提供される主な機能は次のとおりです。

- パン、ズーム、スケール
- フリップ、変換
- ラスタ回転
- sharpen、blur、コンボリューション
- イメージの単項 / 二項操作
- ブレンド、合成

XIL 整数関数の処理は、8 bit、16 bit、32 bit のどの演算であっても、Ultra 60 のグラフィックス・サブシステムで VIS 命令を用いて高速化されます。浮動小数点演算は、UltraSPARC プロセッサに組み込まれた浮動小数点ユニットによって処理されます。

イメージ処理の多くは並列化することができるため、XIL には MT Safe と MT Hot の両機能が備わっています。MT Safe とは、マルチスレッド処理を利用するプログラムで XIL が安全に使用できることを指します。MT Hot とは、XIL がマルチスレッドを使用して特定のイメージ処理機能を自動的に並列化し、パフォーマンスを大幅に高速化することを指します。

OpenGL®

OpenGL グラフィックス・アプリケーション・プログラミング・インタフェースは、オペレーティング・システムやウィンドウ・システム・プラットフォームに依存しない、業界標準のベンダー中立なソフトウェア・インタフェースです。一世代前の独自仕様インタフェース IrisGL をベースに設計された OpenGL は、モデリング変換、カラー、光源設定、シェーディング、そしてテクスチャ・マッピングのように高度な機能といった、多様な 2D/3D グラフィックス機能を提供します。

Sun は Solaris に OpenGL の機能をネイティブで提供しています。OpenGL は Sun の XGL グラフィックス・ライブラリと同様、基盤となるすべてのウィンドウ・システムから独立しており、レンダリングされたグラフィックスは、グラフィックス・ライブラリの拡張を通じて、またはウィンドウ・システム・コールを直接使用して表示されます。Solaris の OpenGL は、CDE（共通デスクトップ環境）、OpenWindows のいずれの環境でも実行することができます。また X ウィンドウ・システムに対しては共通に拡張が定義されているため、OpenGL クライアントは分散型の異機種ネットワーク上で稼働します。

Ultra 1 と Ultra 2 の Creator3D グラフィックスに初めて導入された OpenGL は、当初から Sun のグラフィックス・アクセラレータ（Elite3D など）の持つ高性能をいかに発揮するように設計されていました。OpenGL は Solaris にネイティブで完全に統合されているため、開発者は Solaris オペレーティング環境の高度な機能を利用することができます。Solaris 2.6 には Software Development Kit（SDK）と OpenGL ランタイム・ライブラリが含まれるほか、旧リリースに比べてパフォーマンスも向上しています。

XGL™ ジオメトリ・ライブラリ

XGL ライブラリは、図形の操作と表示を実行するアプリケーションで必要とされる機能とパフォーマンスを備えた Solaris のファンデーション・ジオメトリ・ライブラリです。XGL ライブラリは、高品位の光源設定やシェーディング、高度なプリミティブ（NURBS、メッシュ、テクスチャ・マッピング、アンチエイリアシング、トランスペアレンシ）、柔軟なジオメトリ・パイプラインなどにより、2D/3D レンダリングの最適化を行います。また XGL ライブラリでは、NURBS 曲面の動的細分化（dynamic tessellation）といった最先端の機能に加え、光源設定や変換のための柔軟なパイプラインもサポートされています。

Creator、Creator3D、Elite3D の各サブシステムでは、次のような多数の XGL 機能を高速化することができます。

- 座標変換 - 2D (3 × 2)、および 3D (4 × 4)
- 図形の属性 - 色、線種、塗りつぶしパターン、テクスチャなど
- 光源設定とシェーディング - フラットおよび、グーロー・シェーディング、最大 32 種類の光源 (点光源、平行光線、スポットライト、環境光)
- トランスペアレンシ - スクリーン・ドア、およびアルファ・ブレンドによる透明表示
- アンチエイリアシング
- デプス・キューイング - リニアおよびスケール

ソフトウェア開発サポート

Sun™ WorkShop™ 製品

プログラマーがアプリケーション開発を成功させるためには、高性能のコンパイラとツールが必要です。Sun WorkShop 製品ファミリには、高度な最適化を行う自動並列化コンパイラ（C++、Fortran、Pascal の各プログラミング言語をサポートする Sun WorkShop のバージョンが入手可能）、高度に最適化されたルーチンのライブラリ、コードの分析とチューニングを支援してランタイム・パフォーマンスをさらに改善するツールなどが含まれます。Sun WorkShop は次のような特長を持っています。

- 統合プログラミング環境
- 標準化された画面構成と操作感を提供する Motif ユーザ・インタフェース
- エディタ中心型の緊密に統合化されたツール
- ツールのナビゲーションを簡単化するハイパーリンク
- マルチプロセッシング、マルチスレッドに対応した開発ツール
- 分散並列仕様の make ユーティリティ
- プログラム構築を高速化するインクリメンタル・リンカー
- 欠陥の検出と修正をスピーディに行う修正継続機能
- C++ でのアプリケーション開発を超高速化する AppGuru
- Rogue Wave Tools.h++ 7.0 クラス・ライブラリの新バージョン
- クロス・プラットフォーム開発
- GUI ビルダ
- 簡単かつスピーディな GUI 開発を実現する Sun™ Visual WorkShop™
- リバース・エンジニアリングを支援する GUI 捕獲機能とテスト
- 複雑なアレイのデバッグを高速化する 3D データ・ビジュアライザ
- ワークセッションへの素早いアクセスを可能にするワークセットとピックアップリスト
- ソース・コードと構成管理のための Sun™ WorkShop™ Teamware
- HTML ベースの文書とオンライン・ヘルプ

このほか開発者が特に注目すべき点は、Sun WorkShop が何種類かの高度な最適化を行い、アプリケーションのパフォーマンスを高速化する機能を備えていることです。

- 命令のスケジューリング
命令の実行順序を入れ替えて手持ちのマシン・リソースを最適に活用するスケジューリング。

- プロファイルのフィードバック
プログラムに関する頻度情報を取得するプロファイルのフィードバック。このプログラムは、頻度情報を利用してコード・モーションやインライン化などを最適化します。
- ループ並列化機能
ループ・コードを最適化し、ループ動作が複数のプロセッサで並列に実行されるようにする機能。
- キャッシュ・ブロッキング
ループ・コードを再配列し、プロセッサ・キャッシュを最大限活用する。
- ループ・インバージョン
入れ子になったループの順序を逆転させ、ループ並列化やキャッシュ・ブロッキングの改善を図る。

UltraSPARCプロセッサの画期的な機能を生かすため、Sun WorkShopではSPARC Version 9 アーキテクチャのハイブリッド版である V8+ をサポートしています。V8+ は V9 のあらゆる 64 bit アドレッシング命令の使用を排除することによって、既存の Solaris のバージョンや他の既存のアプリケーションとの 32 bit 互換性を確保している一方で、UltraSPARC に備わったビジュアル命令セット (VIS) をはじめとする新機能のほとんどが利用できるようになっていきます。現在の Solaris には、必要なハードウェアおよび大規模ファイルのサポートなどに 64 bit アドレッシングが実装されており、次のリリースでは完全に実装される予定です。

Java™ アプリケーション開発

ソフトウェア開発は、Java を抜きにしては語れません。業界に旋風を巻き起こした Java は、真にプラットフォーム非依存型のソフトウェア開発を可能にし、多くのアプリケーションをもたらすと期待されています。ソフトウェア開発者は Java アプリケーションの持つ可能性を即座に認識し、すでに数千社が Java ベース製品の開発や計画を手がけています。Java の開発元である Sun は、Java 開発を合理化するための総合的な製品ラインを提供し、ソフトウェア開発者を支援しています。

オブジェクト指向の Java プラットフォームは、再利用可能なコード、保有コストの低減、広範な統合性といった利点を提供し、しかも他のオブジェクト指向開発モデルで必要となる複雑かつ重要なオブジェクト・ハウスキューピング・プロセスも備えています。Sun の Java API や、Java™ WorkShop™、Java™ Development Kit、Java™ Studio™ などの開発製品ファミリーを利用すれば、開発者はネットワーク・ベースのコンピューティングを実現するまったく新しいタイプのアプリケーションを生み出すことができます。Sun の Ultra ワークステーションはこうしたツールに最適のプラットフォームで、Java ソリュー

ションのクライアント/サーバー用の各コンポーネントを開発することができます。こうして生まれた製品は、より強力な Sun の Java™ Web Server や JavaStation™ クライアント・システムに容易に配備することができます。

Solaris 2.6にはJava Development Kit (JDK™ 1.1) がバンドルされています。Java Virtual Machine を統合した JDK 1.1 は、Java の最新仕様を使ったアプリケーション開発を可能にします。JDKでは、パフォーマンスを改善するためJava の Just-In-Time コンパイラをサポートしています。さらに、JDK ではネイティブ・スレッドを使用してマルチプロセッサ・サポートと Java アプリケーションの真の同時性を実現しているほか、既存の Solaris マルチスレッド・アプリケーションとの相互運用性も確保しています。

Open Firmware

Ultra では、専用のスレッド解釈言語で記述された PROM 常駐型の標準モニタ・プログラムがサポートされています。Open Firmware と呼ばれるこのモニタ・プログラムは IEEE 1275-1994 標準に準拠しており、Standard for Boot (Initialization Configuration) Firmware とも呼ばれます。Open Firmware は、何か問題が発生した時点でも、電源投入プロセスの実行中に起動できます。またシステムを init 中でシャットダウンした後にも起動します。

Open Firmware モニタに制御が渡されると、次のような各サブシステムと周辺装置について、さまざまな診断が実行されます。

- ビデオグラフィックス
- システムボードの SCSI インタフェース・ロジック
- Ethernet インタフェースと AUI
- 内蔵 / 外付けディスクドライブ
- テープ / フロッピーディスク / CD-ROM ドライブ
- シリアルポート
- キーボード
- メモリ

Open Firmware モニタには、ネットワークの動作状況を連続的に監視するツールや、SCSI バス上にある特定のデバイスを検査するツールなどが用意されています。

Ultra 60 システムのブート時の動作と一部の診断機能は、1 MB のフラッシュ PROM から制御されます。フラッシュ PROM を採用することで、物理的に PROM を交換することなく、機能の更新や拡張を、PROM 内の、あるコード領域を書き換えることで行なえるようになりました。この書き換えは、内蔵の CD-ROM を使用して行います。また、ローカル・エリア・ネットワークを介してシステム管理者がリモートで行なうこともできます。

診断

Ultra 60プラットフォームは、システムの診断や修復の作業が簡単に実施できるように設計されています。診断作業には、PROMに置かれているUNIXベースの、各種診断プログラムを利用します。これらの診断プログラムは、エンドユーザやサービス担当者が使用できます。

電源投入時セルフテスト (POST : Power-On Self-Test)

システムに電源を入れるたびに毎回、電源投入時のセルフテスト (POST) 機能を自動的に実行することにより、システム・ボードをはじめ、NVRAM、オンボードI/Oデバイス、メモリ・システムなどをテストして、ユーザ自身はその診断結果を確認することができます。POSTは本来、総合的な診断を実施するためのプログラムではありませんが、システム内に重大な問題がないかをただちに判断し、その結果をキーボード上の一連の発光ダイオード (LED) で表示することができます。POSTの診断状況は、シリアル・ポートを介して別のデスクトップ・システムやダム端末を接続すれば、詳しく監視することができます。

SunVTS™

SunVTS システム・エクササイズは、主なシステム・リソースをはじめ、内蔵および外付けの周辺装置の動作状況を連続的に検証するグラフィックス指向のUNIXアプリケーションです。システムが正しく動作しているかどうかを判断するSunVTSには、オペレーティング・システム・レベルのコールを使用した各種のストレス・テストが組み込まれています。また、将来的に新しいテストが提供された段階でも、必要な機能を随時追加することができます。

参考文献



Sun は、各種のデータシート、仕様、ホワイトペーパーなどを下記のホームページで公開しています。

日本 : <http://www.sun.co.jp/> 米国 : <http://www.sun.com/>

Evaluating Performance Through Benchmarks, White Paper, Sun Microsystems, November 1995.

Ultra 60 Performance Brief, White Paper, Sun Microsystems, January, 1998

The UltraSPARC-II Architecture, White Paper, Sun Microsystems, July, 1997.

Creator Graphics Technology, White Paper, Sun Microsystems, January, 1998.

Creator Graphics Technology, White Paper, Sun Microsystems, January, 1998.

Sun Solaris Operating Environment, Version 2.6, White Paper, July, 1997.

FastEthernet, White Paper, Sun Microsystems, November 1995.

© 1998 Sun Microsystems, Inc. 901 San Antonio Road, Palo Alto, California 94303 U.S.A

All Rights Reserved.

本書および本書に記載された製品（関連する文書を含み、以下同様とします）は著作権により保護されており、その使用、複製、再頒布および逆コンパイルを制限するライセンスのもとにおいて頒布されます。日本サン・マイクロシステムズ株式会社または同社に対する実施許諾者の書面による事前の許可なく、本書および本書に記載された製品のいかなる部分も、いかなる方法によっても複製することが禁じられます。

フォントを含む第三者のソフトウェアは、著作権により保護されており、提供者からライセンスを受けているものです。本書に記載された製品の一部は、カリフォルニア大学からライセンスされている Berkeley BSDシステムに基づいていることがあります。UNIX は、X/Open Company Ltd. が独占的にライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標です。

RESTRICTED RIGHTS: Use, duplication, or disclosure by the U.S. Government is subject to restrictions of FAR 52.227-14(g)(2)(6/87) and FAR 52.227-19(6/87), or DFAR 252.227-7015(b)(6/95) and DFAR 227.7202-3(a).

Sun、Sun Microsystems、Ultra、Java、Sun Enterprise、Sun Workshop、VIS、ONC+、NFS、XIL、SunVTS、Java 3D、Solaris Desktop Extensions、WebNFS、ToolTalk、JumpStart、SmartStart、Solaris Web Start、Sun Visual WorkShop、Java WorkShop、Java Development Kit、Java Studio、Java Web Server、JDK および JavaStation は、米国およびその他の国における米国 Sun Microsystems, Inc. の商標または登録商標です。

サンのロゴマーク、Solaris は、米国 Sun Microsystems, Inc. の登録商標です。
XGL、OpenWindows は、日本サン・マイクロシステムズの登録商標です。

Display PostScript は、米国 Adobe Systems, Incorporated. の商標です。

OpenGL は、米国およびその他の国における米国 Silicon Graphics, Inc. の商標または登録商標です。

X/Open は、X/Open Company Ltd. の登録商標です。

Kodak Color Management System は、Eastman Kodak Company の商標です。

すべての SPARC 商標は、米国 SPARC International, Inc. のライセンスを受けて使用している同社の米国およびその他の国における商標または登録商標です。SPARC 商標の付いた製品は、米国 Sun Microsystems, Inc. が開発したアーキテクチャに基づくものです。

本書は、「現状のまま」をベースとして提供され、商品性、特定目的への適合性または第三者の権利の非侵害の黙示の保証を含みそれに限定されない、明示的であるか黙示的であるかを問わない、なんらの保証も行なわれないものとします。

本書および本書に記載された製品が、外国為替および外国貿易管理法（外為法）に定められる戦略物資等（貨物または役務）に該当する場合、それを輸出または日本国外へ持ち出す際には、日本サン・マイクロシステムズ株式会社の事前の書面による同意を得ることのほか、外為法および関連法規に基づく輸出手続き、また場合によっては、米国商務省または米国所轄官庁の許可を得ることが必要です。



The Ultra 60 Workstation Architecture
Sun Ultra 60 アーキテクチャ

初 版 1998 年 5 月

監 修 技術推進本部 技術サポート本部 第一技術サポート部
マーケティング本部 プロダクト・マーケティング部

〒158-8633 東京都世田谷区用賀 4 丁目 1 0 番 1 号 S B S タワー
電話 (03) 5717-5000
