

## マルチプロセッサワークステーション “Stonehigh”

## —コンセプトとハードウェア概要—

6L-2

伊達厚 濱口一正 出井克人 柴山茂樹

キヤノン(株) 情報システム研究所

## 1 はじめに

キヤノン株式会社、情報システム研究所では、UNIXワークステーション Stonehigh の開発、試作を行った。Stonehigh はソフトウェア、ハードウェアの研究開発用プラットフォームとして利用することを目的とし、独自に開発した密結合型マルチプロセッサワークステーションである。

オペレーティングシステムとしてカーネギーメロン大学で開発された Mach2.5 をベースとした Stonehigh-OS を実装し、フルカラー化した X11R5, OSF/Motif の移植を行なった。本報告では、Stonehigh のコンセプト、及びハードウェアの概要について解説する。

## 2 Stonehigh コンセプト

近年マイクロプロセッサ、コンピュータ周辺 LSI の性能向上の速度、多機能化、高性能化はますます進み、これらを用いたワークステーションにおいても製品寿命の短期化、世代交代の早期化が進んでいる。このような状況でのシステム設計においては、短期開発、開発コストの低減、新しい LSI の即時利用、製品寿命の長期化が最大の要求事項である。

またマルチメディアシステムに代表されるように今後のコンピュータシステムには、ますます多様化する複数メディアのデータを実時間で高速に処理する能力が要求される。またこの要求への対応は、高い汎用性を保ちつつ、タイムリーに行なえることが必要である。

このような要求に対する回答の一つとして、我々は「機能別複合マルチプロセッサシステム」を基本コンセプトとするワークステーション Stonehigh を設計、試作した。

これは、同種、異種の複数のマイクロプロセッサを用いた機能別モジュール化により、1) 分散処理による高性能化、2) モジュール交換による最新 LSI の即時利用、3) モジュールの流用による設計の簡素化、4) 各モジュールに独立したコントロールソフトウェアを搭載することによる汎用性の確保、を図り、高性能なシステムを短期間に、少ない開発コストで実現しようとする試みである。

我々の最初の試作機である Stonehigh では、4 個のメ

インプロセッサ、I/O プロセッサ、I/O 用浮動小数点コプロセッサ、グラフィックプロセッサ、グラフィック専用浮動小数点コプロセッサを用い、メモリー共有型密結合マルチプロセッサシステムとして実装を行った。さらに現在、高速光ネットワークボードを設計、実装中である。

今後さらに LSI の高集積化、高性能化により、グラフィックサブシステム、ネットワークボードなどが 1 ないし数チップで構成出来るようになり、このようなアーキテクチャは上記の複数の要求をバランス良く解決できる一つの手段であると考えられる。

## 3 システム構成

Stonehigh の標準システムはメインプロセッサ及びメインメモリを実装したプロセッサエレメント (PE)、IO をハンドリングする I/O Channel (IOC)、ビットマップディスプレイ制御、描画を行うグラフィックボード (GB) の 3 枚のプリント基板、800M バイトのハードディスク装置、及びキーボード、マウス、ビットマップディスプレイ、より構成され、電源を内蔵する 180×330×380mm のデスクトップ型本体に収納される。

## 4 ハードウェア概要

## 4.1 プロセッサエレメント (PE)

PE は Stonehigh を構成する上で中心となるボードであり、4 つのメインプロセッサ、メインメモリ、及びメインプロセッサに対する割り込みコントロール等のグルーロジックにより構成される。

メインプロセッサにはモトローラ 68040(33MHz) を用いた。この 4 つのプロセッサは対称型になっている。メインメモリは 4MDRAM を用い 64M バイトを実装した。これを 4 バンクに分割し、バンク毎に独立した 4 本のライトバッファを実装した。このライトバッファはライトバッファ使用可能時に 2 クロック (60ns) でライトアクセスを完了する。これにより、バーストライト時以外でも、最大 8 クロックで 16 バイトのライトを可能としている。これはマルチプロセッサ時にコピーバックモードが使用できないという 68040 の内蔵キャッシュメモリーのコヒーレンシ保持プロトコルの制約による性能の低下を最小にするためである。

## Multiprocessor Workstation “Stonehigh”

## — Design Concept and Hardware Overview —

A.DATE, K.HAMAGUCHI, K.DEI and S.SHIBAYAMA

Information Systems Research Center, Canon Inc.

バースト転送時はリード時 210ns, ライト時は 150ns で 16 バイトを転送することが可能である。

#### 4.2 IO チャンネル (IOC)

IOC は独立して動作可能なサブシステムであり, メインプロセッサからの要求にしたがって各種 I/O 処理及び, ディスクキャッシュ機構, エラー処理などの付加処理を単独で実行することが出来る。これによりメインプロセッサの負荷を軽減しシステム性能の向上を可能とする。

I/O プロセッサとして MC68030(33MHz) を用い 2 系統の SCSI, LAN, SIO, キーボード, マウスの各コントロールを行う。その他, ブート用 ROM, タイマ, バスタイムアウト監視, メインプロセッサスタート, リセットコントロールなど, システムコントロールユニットとしての機能も持つ。

また高速 SRAM によるローカルメモリを実装し, 単体でも UNIX ワークステーションとして機能する事が出来る程度の処理能力を持つ。

また IOC にはボードレイアウトの関係から, バスアービタ, プロセッサ間割り込み用のレジスタが実装されている。アービトレーションロジックは 6 マスタ完全公平方式である。プロセッサ間割り込みは共有アドレス空間に設けられた割り込みレジスタにより, 各プロセッサへ 3 レベルづつ独立に発生する。

#### 4.3 グラフィックボード (GB)

GB は描画処理におけるメインプロセッサの処理を軽減するために備えるものである。1280×1024 の 24 ビットフルカラー表示, ビデオ動画像のリアルタイム表示機構をボード内に標準でサポートしている。単体でコンピュータとしての動作が可能となっていて, 今後のマルチメディア環境において要求の高い, 動画像の表示, 取り込み, 圧縮, 伸長, 3-D グラフィックスの高速描画, などの実験, 検証が柔軟に行なえるような構成になっている。

GB には専用プロセッサとして TI の TMS34020 (32MHz) を採用し, さらにアクセラレータとして浮動小数点グラフィックスコプロセッサ TMS34082(32MHz) を 2 個実装した。これらはピークパワーで 9MIPS の整数演算能力, 64MFLOPS の不動小数点演算能力を有する。さらに VRAM 以外にグラフィックプロセッサ用 RAM8M バイト, ユーザ定義マイクロコード実行用の高速 SRAM を 512K バイト実装した。

メインバスからのビデオボード上へのアクセスに関しては描画時のレスポンスタイムの向上を目的として, ライトバッファを実装した。ライトバッファヒット時は 2 クロック 60ns で書き込みを終了する。グラフィックボード内部での実際の VRAM への書き込みはさらに 250ns かかる。通常描画においては書き込みが複数回連続して

起こるので, グラフィックボード内での書き込みとメインプロセッサの描画前後処理をオーバーラップさせる事が可能となり, ライトバッファが効果的に機能する。リードに関してはグラフィックボード内部でのバスアービトレーションの必要性から平均 300ns 程度のアクセス時間が必要になる。しかし矩形コピーをグラフィックプロセッサで行い, 重なり領域のセーブを行わない場合, メインプロセッサからのリード要求が VRAM に対して発行される事は少ない。

ビデオ動画像表示機構は, NTSC のビデオ信号をデジタイズし VRAM に直接デジタルデータとして書き込むことにより, 最大 640×480 ドットのフルタイム, フルカラーの動画像をビットマップディスプレイ上に表示するものである。動画像データは VRAM に書き込まれているので, メインプロセッサ, グラフィックプロセッサなどから常に直接アクセスすることが可能である。また縦横独立した縮小機構, オーバーラップウィンドウに対応するためのマスク機構などを備える。

## 5 システムソフトウェア

Stonehigh-OS は Mach2.5 をベースとし, メインプロセッサ上で動作する Mach カーネル部と, IOC 上で動作する IOCS(I/O Control System) からなる。IOCS は各種 I/O のコントロールをメインプロセッサの動作と独立し負荷の分散高速化を図っている<sup>1)</sup>。また GB 上でターミナルエミュレータを動作させることによりメインプロセッサをビットマップ描画の負荷から解放している。

ウィンドウシステムとして X11R5 をフルカラー化し移植した。同時に TMS34020 を用いた描画の高速化を行なった。また MVEX をサポートし, X ウィンドウ上でビデオ動画像の表示が可能となっている。

## 6 おわりに

「機能別複合マルチプロセッサシステム」を基本コンセプトとする密結合型マルチプロセッサワークステーション Stonehigh を設計, 試作した。現在マルチプロセッサ構成で Stonehigh-OS が稼働し, X11R5, OSF/Motif が安定して動作している。今後これを分散 OS, データベースシステム, マルチメディアシステムの研究用プラットフォームとして評価, 活用していく予定である。

## 参考文献

- 1) 鈴木 他, 「マルチプロセッサワークステーション "Stonehigh" —機能分散型 OS の設計と実現—」 第 45 回情報処理学会全国大会, 6L-03, 1992