

次世代 CPU

CPU of the New Century

小椋 信弥, 上浦 二郎

Shinya OGURA, Jiro KAMIURA

Abstract: This paper introduces the two main directions in which the CPUs are advancing. One way is to gain the faster processing speed. This aim is to be achieved by the advance in the semiconductor technologies and the new 64bit-architecture. Another way is to reduce the electricity consumption. The makers such as Intel, AMD, and Transmeta are competing severely in this field.

1 はじめに

過去数十年間にわたって、プロセッサのパフォーマンスは、ムーアの法則¹に従い向上してきた。

実際、CPU の性能はこの法則にしたがって驚くべきスピードで高速化、高性能化を続けている (Fig. 1)。

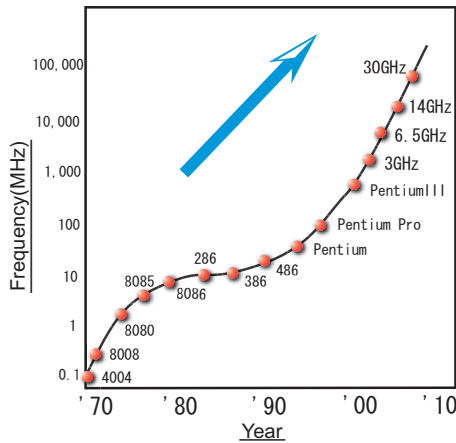


Fig. 1 CPU ロードマップ

近年、このような高速化の流れに加え、モバイル CPU を始めとする省電力 CPU の開発が進んでいる。Transmeta 社の Crusoe を始め、Intel 社も新規に低消費電力アーキテクチャを採用する予定である。

2 高速化、高性能化

2.1 x86(IA-32) の進化

従来からの CPU アーキテクチャである x86 は、半導体の集積度およびロジック回路の微細化により高速化、高性能化を図ることができる。クロック数は、たとえばプロセスが $0.18\mu\text{m}$ から $0.13\mu\text{m}$ へと 1 世代微細化すると約 1.5~1.7 倍上限が上がる。また、微細化によって集積できるトランジスタ数が増えると CPU のロジック回路や L2 キャッシュを増やして高性能化を図ることが

できる。Pentium4 のトランジスタ数は PentiumIII の約 1.5 倍の 4200 万個で、これにより PentiumIII では不可能であった 2GHz を超えるクロック数を実現することが可能となる。現在の Pentium4 のクロック数 (1.5GHz) を 18ヶ月前の PentiumIII (600MHz) と比べてみると約 2.5 倍となり、18ヶ月で 2 倍とするムーアの法則以上にクロックが上がっていることがわかる。

2.2 x86-64 の登場

サーバが扱うデータ量が増加し、テラバイトを超える規模のデータベースが登場し始めると、従来の 32bit のアドレス空間が飽和状態に陥ってしまう。そこで登場するのが x86-64 と呼ばれる最新の 64bit プロセッサアーキテクチャであり、代表的なものに Intel 社の IA-64 がある。IA-64 では、単に CPU を 64bit 化しただけでなく、性能を向上させるために命令レベルの並列化 (Instruction-Level Parallelism:ILP) を行う。従来の x86 や RISC でも、命令を実行時に並べ替えて並列に実行するが、この方法では同時に実行できる命令数²は 2.5 命令/サイクルであった。それに対して IA-64 では 4 命令/サイクルと 2 倍近くの性能が出る。

2.3 将来の展望

これからもムーアの法則にしたがって CPU の性能が上がっていくとすると、5 年後には CPU の性能は現在の Pentium4 の 10 倍に達し、10 年後には 100 倍に達するということになる。それを実現すべく、Intel 社はゲート長が $0.03\mu\text{m}$ という世界最小のトランジスタを開発した。ゲート長は、短くなればなるほど CPU の動作は高速になり、このトランジスタを用いれば理論上は 10GHz を達成することができる。

さらに、Intel 社は IA-64 で命令レベルの並列化だけでなく、スレッドレベルの並列化 (TLP) やチップマルチプロセッサ (CMP) 技術を採用する。TLP は、異なるスレッドの処理を CPU がコントロールすることで、マルチ

¹Dr.Gordon Moore によって提唱された、プロセッサの能力は 18~24ヶ月ごとに 2 倍になるという法則

²Instruction Per Cycle:IPC

スレッド処理の性能を向上させることができる。CMP は、ひとつの CPU 上に複数の CPU コアと L2 キャッシュを統合化して、マルチプロセッサの性能を引き上げることができる。しかし、OS も含め、32 ビットコードで書かれた既存のアプリケーションを動作させるために、Itanium は 32 ビットプロセッサのエミュレーションを行う。そのため、IA-64 で x86 命令を実行するには ILP の効果を得ることができないという問題を抱えている。

IBM 社、Motorola 社が開発している PowerPC G5 では、64bit および 32bit 製品への完全な互換性を実現し、0.10 μ m プロセスおよび SOI³技術の採用、2GHz 以上の動作周波数を実現する。

AMD 社もまた、Itanium や McKinley への対抗馬として Hammer ファミリーを投入する。Athlon の後継である Hammer シリーズの最大の特徴も、x86-64 アーキテクチャの採用にある。

3 省電力化

3.1 Crusoe について

消費電力の低い代表的な x86 互換の CPU に Transmeta 社の Crusoe がある。Crusoe では、x86 の命令セットを Crusoe 固有の VLIW⁴に変換するソフトウェア機構 Code Morphing によって ILP を行い、x86 互換 CPU として動作する。Crusoe では、この作業をソフトウェアで行うことにより省電力化を実現した。これに対し、Intel 社もモバイル PentiumIII/Celeron を投入し、省電力化を図っている。

3.2 XScale

省電力 CPU の中で、現時点で最高のパフォーマンスを誇るのが、Intel 社の XScale アーキテクチャである。XScale の最高クロックは 800MHz で、ピーク消費電力は 0.9w に過ぎない。低消費電力を優先で使った場合には、200MHz で消費電力は実に 0.055w という低電力で動作する。この非 PC 系の組み込み CPU である XScale のコアは、コード・サイズを縮小する ARM Thumb 命令や DSP(Digital Signal Processor) 機能を追加する ARM メディア機能拡張などの、ARM アーキテクチャの機能拡張を含んでいる。XScale のコアは、ARM アーキテクチャバージョン 5.0 に準拠しており、OS、アプリケーション・ソフトウェア、ツール類との互換性を持っている。インテル XScale マイクロアーキテクチャの性能は、Intel 社のスーパーパイプライン技術により拡張されている。これにより、1GHz に達するクロック周波数で動作させることも可能になった。

³Silicon On Insulator(チップ上のトランジスタのより高速な動作、低消費電力化を可能とする技術)

⁴Very Long Instruction Word

3.3 将来の展望

Transmeta 社は現在、Crusoe に続く新しいアーキテクチャの CPU コアを開発しており、命令長が現在の 128bit から 256bit へと拡張される。Crusoe では、x86 の命令を RISC ライクな 32bit 長の単純命令⁵に分解し、それら 4 個を組み合わせると 128bit の VLIW 命令を作り並列に実行していた。次世代 Crusoe では最大 8 命令をパックし、同時実行できる (Fig. 2)。

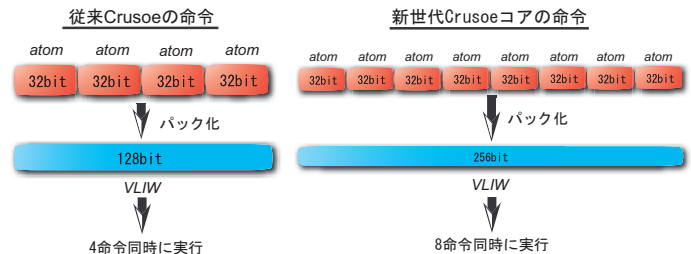


Fig. 2 VLIW の進化

一方、Intel 社はノート PC 向けの省電力 CPU として当面モバイル PentiumIII を投入していく。まず、Coppermine-T と呼ばれる FSB133MHz のプロセッサコアを持つモバイル PentiumIII を、それに続き Intel 社初の 0.13 μ m のチップを採用したコアである Tulantin を採用した PentiumIII を投入する予定である。また Intel 社は、Palm が現在採用している Motorola の Dragonball チップの約 20 倍の性能を誇る XScale で、Palm、携帯電話などのハンドヘルド機分野に参入していく。

4 おわりに

CPU の 64bit 化が行われるが、これらはサーバやワークステーション向けである上、非常に高価なためメインストリーム PC への普及はまだ先になる。したがって、PC 向けの CPU はしばらくは現在の 32bit が維持されていく。Intel 社は、現在主流の PentiumIII を、あと数年のうちにはすべて Pentium4 に置き換える予定であり、AMD 社もデスクトップ PC 向けの CPU である Hammer シリーズを投入していく。PC 系の省電力 CPU では Crusoe と PentiumIII が、非 PC 系では将来的に Intel 社が参入し、Motorola 社の DragonBall などの既存の CPU と XScale との激しい競争が行われていきそうである。

参考文献

- 1) アスキーデジタル用語辞典 <http://www.ascii.co.jp/ghelp/>
- 2) 不滅のインテルアーキテクチャ、月刊アスキー 4月号, pp118-141, 2001.
- 3) IA-64の未来 <http://homepage1.nifty.com/mcn/weekly/000812.htm>
- 4) MYCOM PC WEB <http://pcweb.mycom.co.jp/column/report450.html>

⁵atom と呼ばれる