コンピュータシステムA - ハードウェアを中心に -

#7 性能向上、集中と分散

Yutaka Yasuda

超並列アプローチ

- NEC 地球シミュレータ (2002/6~2004/6 TOP500 winner)
 8 CPU からなる計算ノードを高速ネットで640台接続
 5120のスーパーコンピュータで並列計算
- 東京工業大学 TSUBAME (2006/6 TOP500 #9)
 16CPUコアをもつ演算サーバを高速ネットで 655 台 (2.4 or 2.6GHz AMD 64bit core x 10,480)
- 何故このようなスタイルの高速計算機が?超高速計算のためにこのスタイルを採った理由は?

繰り返し処理

- (一般的) コンピュータの特長単純な装置で複雑な処理を可能にする
- 役割分担の存在
 ハードウェアは単純・高速に
 複雑さはソフトウェアで実現
 複雑な処理は単純な処理の組み合わせや繰り返しに分解
- これがハードウェアに高速性が求められる理由 分解処理の例:多数桁の足し算

多数桁の足し算

- 筆算は分解処理の例「多数桁の足し算」を「一桁演算の繰り返し」へ単純化
- 10進で3桁の足し算を分解10進1桁の足し算を三回(繰り上がり込み)2進では9桁、足し算も9回

実際の演算処理

このような方法(筆算)で処理を行なう場合、

- 1. 一つの素子を9回使い回して処理する
- 2. 素子を9つ並べて一回で処理するかのいずれかとなる。

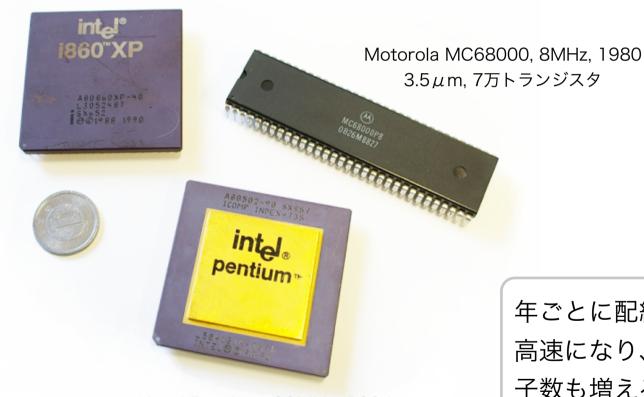
CPU 内部の 拡大写真 HHH EFFE H

性能 (処理速度) は何で決まるか

- ビット並列度を高める性能=回路の複雑さに直結
- 繰り返し周期をより短く
 性能=短い繰り返し周期=高速な回路に直結
 Intel 4004 (1971)の108KHzから 3.8GHz 程度に
 - より細く短い配線:電気の伝わる速度
 - より小さな回路:素子が機能する最短時間
- ともに技術的困難さと価格の問題に直結

素子技術の発展と高速化

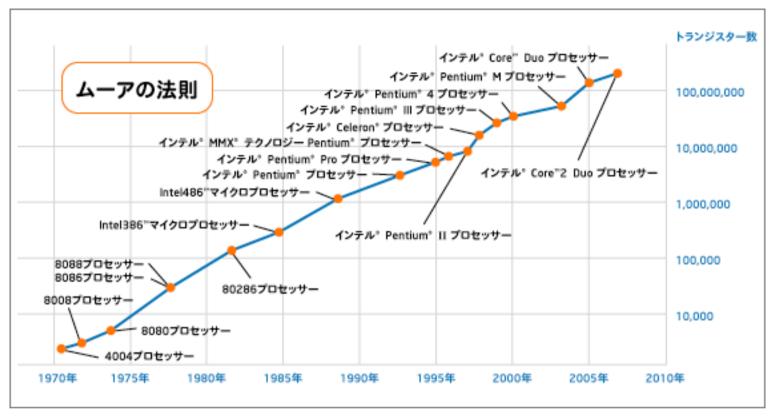
Intel i860XP, 40MHz, 1990 1 μm, 120万トランジスタ



Intel Pentium, 90MHz, 1994 0.6 µm, 320万トランジスタ 年ごとに配線幅は狭く、 高速になり、また集積素 子数も増える。

マイクロプロセッサの成功

- いわゆるCPU半導体の微細化、集積化による高速化技術を追及 他の高速化手法を大きく抜いて成功
- ムーアの法則(Moore,1965, p.86)の体現者半導体回路の集積度は18-24ヶ月ごとに倍になる
- チップ価格=開発費用 / 生産数 共通品、量販品としての PC の成功 最高速製品が最廉価品であるという矛盾



インテルミュージアム マイクロプロセッサーを支える最新テクノロジーの世界 http://www.intel.co.jp/jp/intel/museum/processor/index.htm

1971:4004

世界初のマイクロプロセッサ

108kHz / 2300 トランジスタ

2004: Pentium 4

3.8GHz (=3,800,000kHz)

2006: Core2 Duo

2億9100万トランジスタ

小さく、速く





最新の 45 ナノメートル・プロセス技術で製造されたトランジスター ミニ情報

ベル研究所が 1947 年に発明したトランジスターの原型は、手のひらに置けるほどの大きさでした。最新の 45 nm プロセス技術で製造されたトランジスターは、血液中に含まれる赤血球の表面に何百個も置けるほど小さくなっています。

最新の 45 nm プロセス技術で製造されたトランジスターは、スイッチの ON/OFF を 1 秒間に 30 億回も実行できます。1 秒間に 30 万 km (地球 7 周半に相当) も直進できる光でさえ、スイッチを 1 回 ON/OFF する間に はたった 2.5 mm しか進めません。

Intel Museum, http://www.intel.co.jp/jp/personal/products/45nm/index.htm

さらなる高速化と限界

- 半導体技術における微細化と高速化 現行は 45nm ~ 90nm 程度の配線幅 静電気ですら簡単に配線を壊してしまう ゲート絶縁膜は1.2nmの厚さ(原子数個分)
- 熱問題

過去において、微細化と高速化は同義だった 消費電力=熱

トランジスタ数と周波数に比例×動作電圧の2乗に比例

熱の集中:あの面積に 100W 程度集めると?

Pentium4 Extreme Edition 3.4GHz = 102.9W max.

ブレイクスルー

既存技術の限界を別の視点から 打ち破る動きが必要な時がある

並列分散・グリッド・P2P

• 並列処理

単体プロセッサの速度に依存す るモデルからのシフト

複数のプロセッサを同時に利用 するモデル

SMP ・マルチコア

● 超並列(ネットワーク接続)

大量のコンピュータを集めて大 きな計算資源を

グリッド

• P2P

集中サーバによるネットワーク 処理の限界

互いに対等なコンピュータを接 続して協調動作

サーバ・クライアントとは異な る新しいモデル

集中と分散、技術のバランス

- 集積回路への技術集中 従来手法での高速化の限界
- それを補う処理能力向上の手法 並列処理・分散処理(実は両者は同じもの)
- 素子・デバイス技術の開発光スイッチ、スピントロニクス (racetrack)、etc...
- 歴史 計算機が実用化されて50年 そのダイナミズムを感じる
- 次の判断をその波の上で行う感覚が求められている