

専用機、アクセラレータに 未来はあるのか？

理化学研究所計算科学研究機構
エクサスケールコンピューティング開発プロジェクト
副プロジェクトリーダー
牧野淳一郎

お題

- a) 研究あるいは業務範囲の中でアクセラレータ・専用機をどのように使っているか？
- b) アクセラレータ・専用機の効果は？
- c) 今後5年、10年後にどうなっていくかの予想

お題と回答

- a) 研究あるいは業務範囲の中でアクセラレータ・専用機をどのように使っているか？
作る/作ろうとしている
- b) アクセラレータ・専用機の効果は？
なかなか予算がとれない
- c) 今後5年、10年後にどうなっていくかの予想
牧野は 2007 年にどういったっけ？

10年後に専用アーキテクチャは どうなっているか？

国立天文台
理論研究部/天文シミュレーションプロジェクト (CfCA)
牧野淳一郎

2007年での予測

- LSI 設計の自動化は退化を続ける
当たり前だがあたっている
- このため、例えば GRAPE のような応用が狭いものは成り立たなくなる (というか、すでになっている)
当たり前だがあたっている
- 一方、マイクロプロセッサは今後さらに非効率なものになっていく
あんまりはずれてないと思う。ピーク性能はテクノロジー以上に改善したが実行効率は、、、
- 従って、もうちょっとましなものを作るのはそれほど難しくはないが、コストはかかる
まあそれはそうだろう的

まじなもの？

- GRAPE-DR 的 SIMD 超並列
- MIMD 超並列
- FPGA

個人的には、SIMD 超並列以外に未来があるとは思わない
(牧野が作れないだけという気もする)

- PEZY は MIMD 超並列
- SIMD 超並列は「京」、ポスト「京」の2度にわたって予算とりそこなった

皆様わかってると思いますが、、

- 問題は「汎用か専用か」「汎用かアクセラレータか」ではない

皆様わかってると思いますが、、

- 問題は「汎用か専用か」「汎用かアクセラレータか」ではない
- 単に、
 - Xeon 以外に生き残るものはあるか？
 - Xeon 自体は破綻しないか？
 - Xeon が破綻したら世界は崩壊するのか？

32プロセッサの法則

リッチコアな物理共有メモリは 16-32 コアで破綻する
(それを超えると極端に B/F が下がる)

- マルチボード: 32 プロセッサ: Cray T-90, NEC SX-7
- マルチソケット: Cray CS6400 (Sun Starfire), 富士通 HPC2500
- ソケット内: Xeon Phi, ...
- ソケット内超並列: PEZY-SC? ちょっと別物
 - リッチではない
 - B/F 小さい

32プロセッサの法則

リッチコアな物理共有メモリは 16-32 コアで破綻する
(それを超えると極端に B/F が下がる)

- マルチボード: 32 プロセッサ: Cray T-90, NEC SX-7
- マルチソケット: Cray CS6400 (Sun Starfire), 富士通 HPC2500
- ソケット内: Xeon Phi, ...
- ソケット内超並列: PEZY-SC? ちょっと別物
 - リッチではない
 - B/F 小さい

これも皆様わかっていると思うけど

Xeon Phi は Xeon が破綻した後の姿

つまり

- Xeon は破綻する
- 我々は破綻後に備えないといけない
- 「備える」というのは「Xeon の代わり」を用意することではない(それはあらかじめ破綻している)

ということで。

Xeon なきあとの世界

- 実際問題として Xeon そのものがなくなるか？
 - なくなる: サーバ系は ARM とかに移行
 - なくなるらない: 性能向上は今以上にスローダウン
 - * AMD APU 的あれ: Intel には本気の製品作れない気が
- いずれにしても、「物理共有外付けメモリ」あたりの処理能力はサチる
- HPC 向けには「Xeon でないなにか」がはいりえるニッチは存在
- 結局アクセラレータ的なものを「誰かが作ることはできる」

2つの可能性

いずれにしても、汎用プロセッサが面倒くさい色々+ネットワークを提供する構成でないと開発は不可能

- 別チップ: IBM+NVIDIA 的あれ
 - これにかぎっていうと多分上手くいかない
 - Intel はどうしたいか不明
 - まあ PCIe Gen4 とかはある
- 同一チップ: NVIDIA が断念したあれ
 - IP 使うにしても高すぎる、、、
 - 開発リスクも巨大

逆にいうと

- 他に手を出す人があんまりいない
- 実はそれほど難しいことはない
- でもこういうのには研究費は、、、

以下2007年スライド

話の構成

- 牧野の 1995 年の予測
- 2007 年の現実
- 牧野の 2007 年の予測

牧野の 1995 年の予測

計算科学と「専用」計算機 パリティ 1996 年 4 月号

grape.mtk.nao.ac.jp/pub/people/makino/papers/parityhtml/parityhtml.html

1. ベクトル並列に将来はない
2. マイクロプロセッサの今後の性能の伸びは遅い
3. 専用アーキテクチャの将来は (誰かが作れば) 明るい

予測はあたったか？

1. ベクトル並列に将来はない — ○
2. マイクロプロセッサの今後の性能の伸びは遅い
— ○ (10年で20倍程度)
3. 専用アーキテクチャの将来は (誰かが作れば) 明るい
— 誰か作った？
(GRAPE-6, MD-GRAPE, QCDOC(BG/L))

専用アーキテクチャが(牧野が期待したほど)広がらなかった理由

- マイクロプロセッサ(PC)は速くはならなかったけど安くなった
- 専用チップを作るための初期コストがどんどん上がった
 - － 新規参入が難しくなった

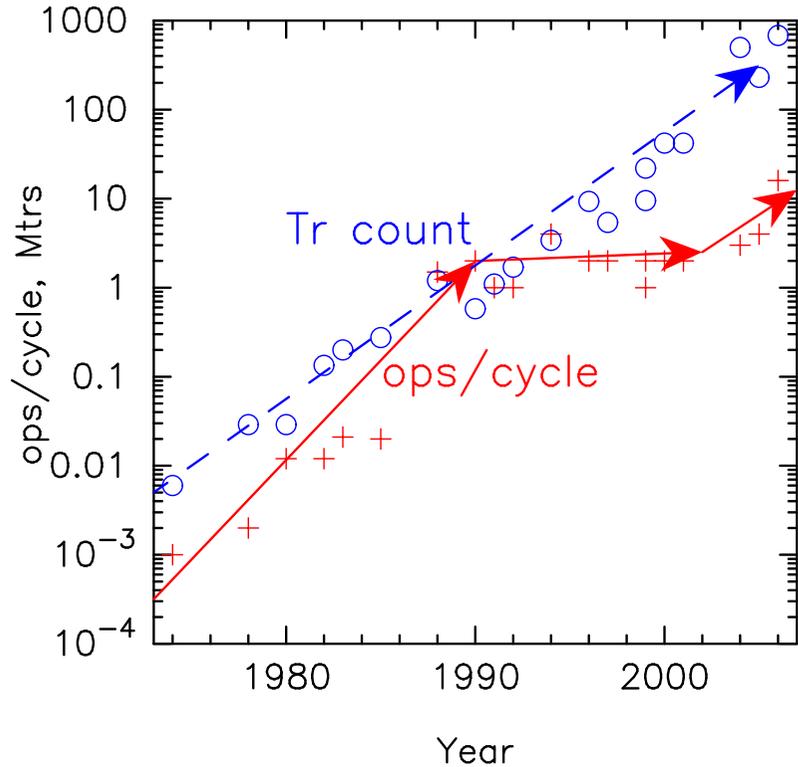
マイクロプロセッサの価格が さがった効果

- 値段に見合った性能を出すことが不可能になった
- 結局、1つの CPU コアで使い切れる以上のトランジスタが利用可能になったため

価格性能比の観点からはさして意味がある変化ではない

トランジスタは沢山ある

マイクロプロセッサの「進歩」



- 現在のマイクロプロセッサ:演算器の割合は $1/1000$
- 将来にわたって上がらない
- $1/10$ を演算器に使うアーキテクチャは成り立つ

開発費

1990	1 μ m	1500万円
1997	0.25 μ m	1億円
2004	90nm	3億円以上
2008	45nm	10億円以上

何故上がるか？

- 製造プロセスの複雑化
- 設計の、人手に頼る部分の増大

人手の増大 — GRAPE の場合

年	機械	配置配線の方法、コスト
1990	GRAPE-3	自動
1992	GRAPE-4	ほぼ自動 (エンジニア 1 名、数日)
1997	GRAPE-6	半年、10 名以上 (やり直しあり)
2005	GRAPE-DR	半年、30 名以上

- こんな調子では専用アーキテクチャなんてありえない
- 元々、配置配線なんて人間がするのがおかしい

2007年での予測

- LSI 設計の自動化は退化を続ける
- このため、例えば GRAPE のような応用が狭いものは成り立たなくなる (というか、すでになっている)
- 一方、マイクロプロセッサは今後さらに非効率なものになっていく
- 従って、もうちょっとましなものを作るのはそれほど難しくはないが、コストはかかる

まじなもの？

- GRAPE-DR 的 SIMD 超並列
- MIMD 超並列
- FPGA

個人的には、SIMD 超並列以外に未来があるとは思わない
(牧野が作れないだけという気もする)

未来は予測するものではなくて、作るもの

GRAPE-DR 的方向

- メモリバンドが不要な計算では高い性能
 - そういうアプリケーションは結構ある
 - もちろん、駄目なものもある
 - アプリケーションの問題かアルゴリズムの問題か、あるいは実装の問題か？
- 開発費を獲得できるかどうかが主な問題

MIMD 超並列

- メーカーやアカデミック計算機科学での研究は一杯ある
- 経験的には、HPC の進歩はそういうところからはでてこないかも、、、
- メモリバンド幅の制限があるのは SIMD 並列と同じ
 - 3次元集積？
 - RAMBUS がどれくらい色々頑張るか？

FPGA

- 計算精度低くてよければ大変良い
 - ハードウェア乗算器: 9 ないし 18 ビットまで
 - PROGRAPE-4, GRAPE-7: カード 1 枚で Tflops レベルの速度
- チップはメーカーが作ってくれるので絶対ある
- メモリバンド幅の制限があるのは SIMD 並列と同じ

まとめ

- 汎用マイクロプロセッサに代わるものはでてくるべき時期
- それが専用アーキテクチャかどうかは？
 - FPGA は段々普及する
 - 超並列 SIMD とかは予想よりは作る (作れる) かどうかの問題
- どういうアプローチでも、メモリバンド幅の制約は回避する必要あり
 - アルゴリズム、実装の問題