超高メモリバンド幅マルチメディアプロセッサアーキテクチャを目指して
~3次元積層技術によりアーキテクチャ設計空間のさらなる拡大を~

小林広明

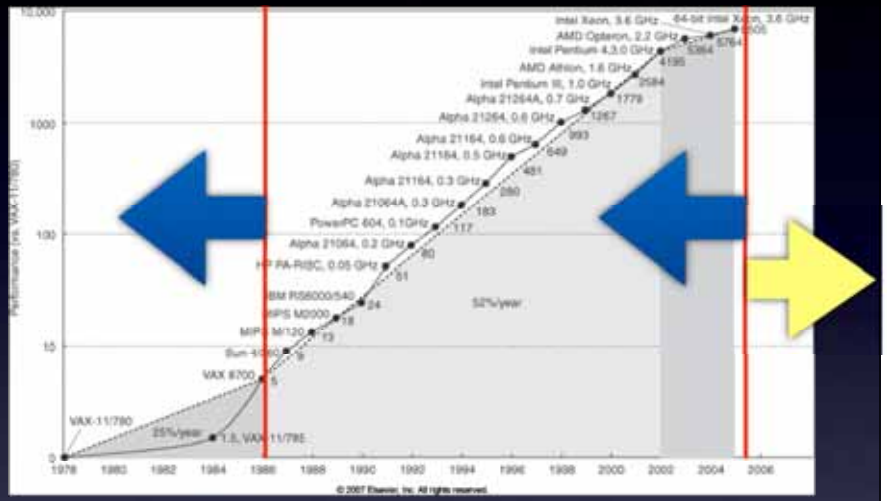
koba@isc.tohoku.ac.jp
東北大学

(小柳チーム)

2010年10月1日

背景：プロセッサアーキテクチャ設計のトレンド

- 大昔(~1985)
  - 言語とハードウェアのセマンティックギャップを埋めよう!
  - CISC時代
- これまで。。。(~2005)
  - ★ シンプルに行こう! /
  - ★ RISC/Superscalar時代
- 現在＆これから!? (2006~)
  - ★ アプリ・言語レベルの並列性とハードウェアの間のギャップを埋めよう!
  - ★ Wide-SIMD/ベクトル&マルチ・メニーコアの時代!?
    - ✓ Vector (Wide-SIMD) ISA
    - ✓ Vector FUs/Register Files
    - ✓ Large on-chip memory
    - ✓ High Memory Bandwidth
    - ✓ Multiple Vector/SIMD cores

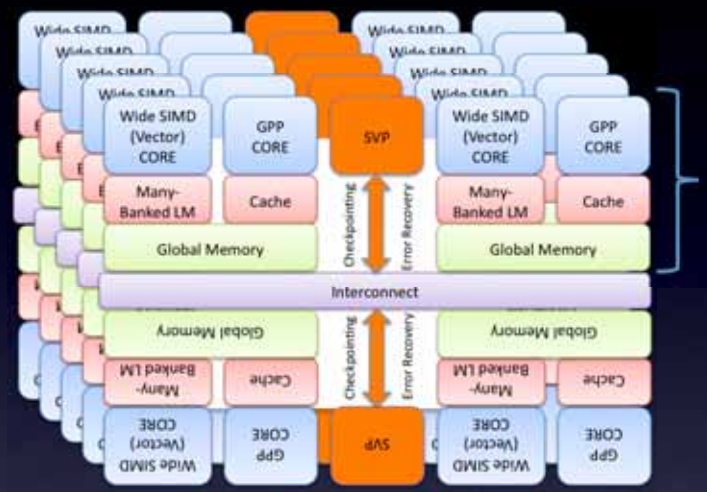


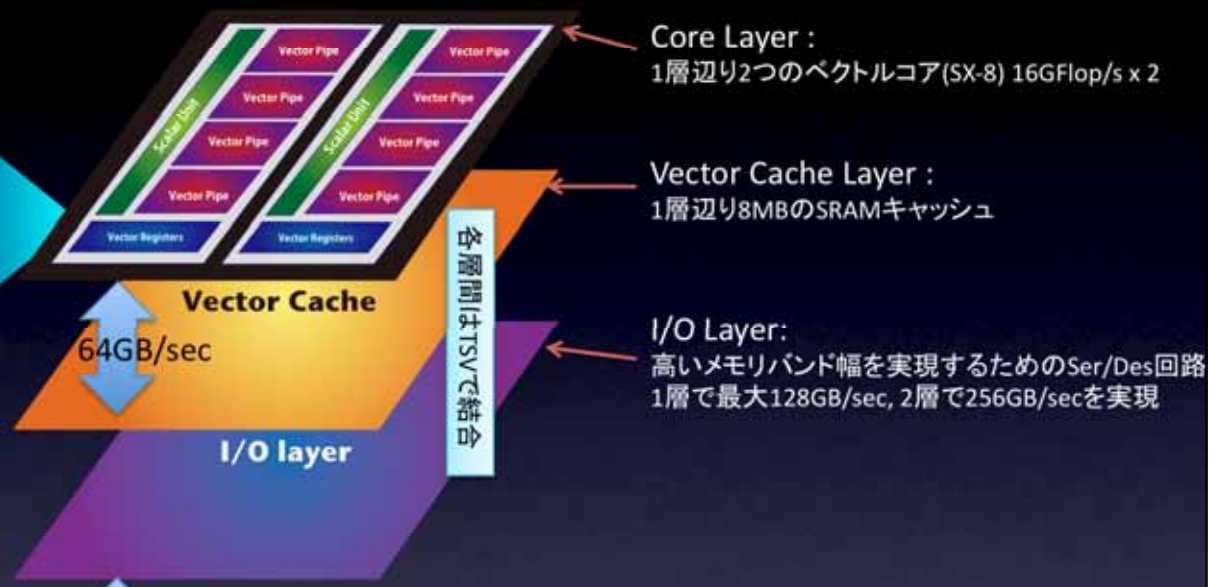
Hennessy&Patterson CAQA 4thEd., 2006

メディアアプリはベクトル処理の宝庫!?

Benchmarks	Application Domain	Vecterization Ratio	Vector Length	Benchmark Suite
Sphinx3	Speech recognition	99.42%	4096	Parsec
FaceRec	Face recognition	98.17%	173	Parsec
Raytrace	Animation	99.64%	1080	ALPbench
Vips	Image processing	98.35%	79	ALPbench
M x M	Matrix Mult.	98.90%	1000	
V x M	Vector Mult	99.10%	1000	

3次元積層技術によりアーキテクチャ設計空間を広げよう



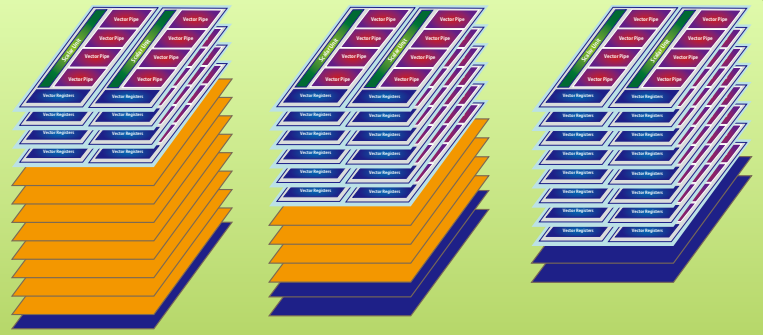


- ✓ Vector (Wide-SIMD) ISA
- ✓ Vector FUs/Register Files
- ✓ Large on-chip memory
- ✓ High Memory Bandwidth
- ✓ Multi-vector/SIMD cores

2次元設計の限界

64-256GB/sec

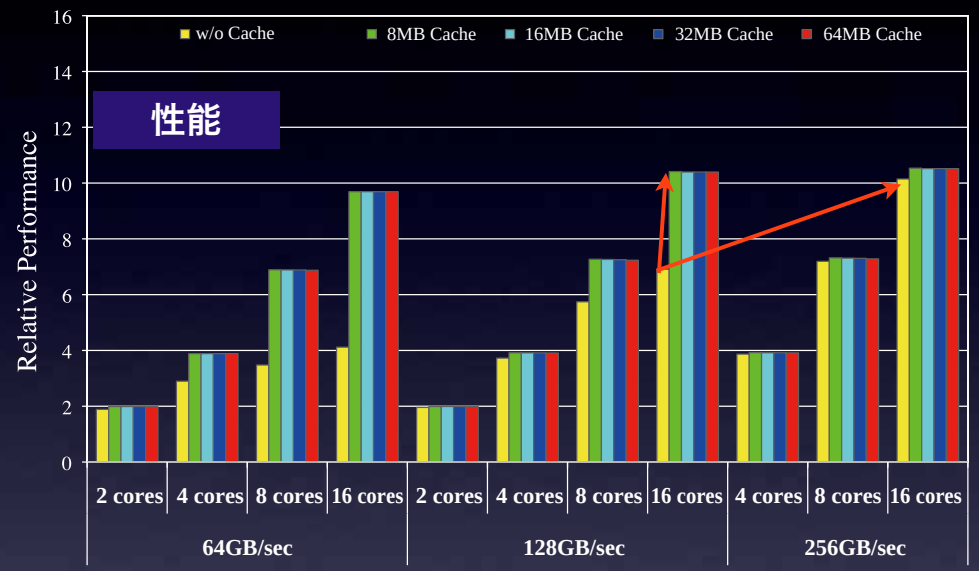
Off-Chip Mem.

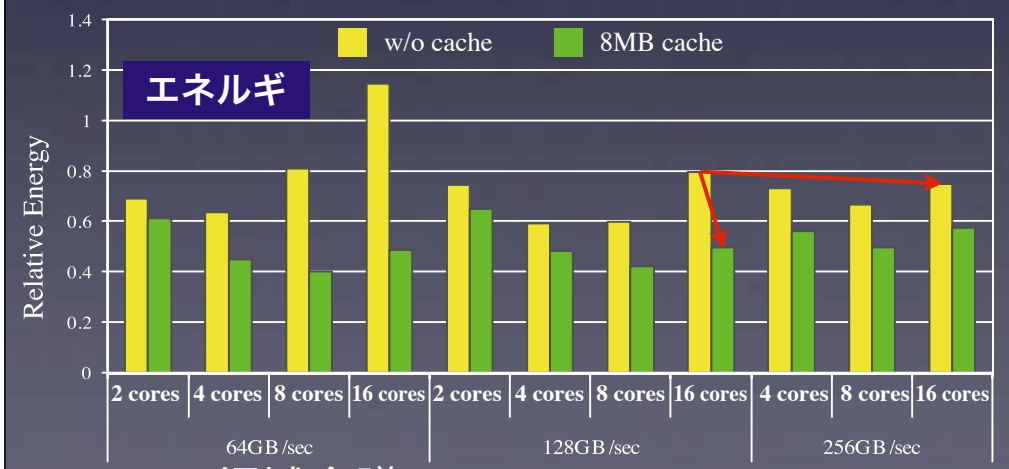


3次元積層技術によるプロセッサテーラメード設計

アプリ毎に適切なトレードオフ設計が可能

Energy-Conscious Architecture Configuration





Off-Chip BW vs. On-Chip Cache?

キャッシュによる性能向上はオフチップメモリバンド幅による性能向上に等しい

16Cores + 256GB/sec

∧ 性能

16Cores + 128GB/sec+8MBCache

キャッシュによる性能向上は電力効率が高い

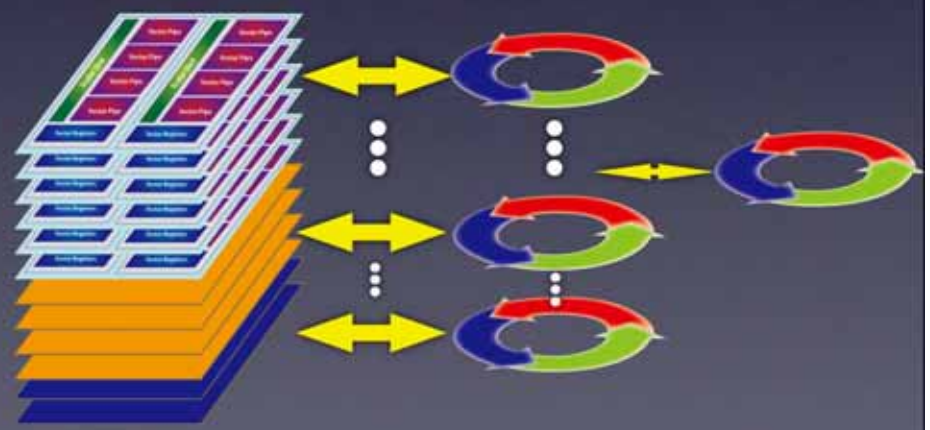
16Cores + 256GB/sec

∨ エネルギ

16Cores + 128GB/sec+8MBCache

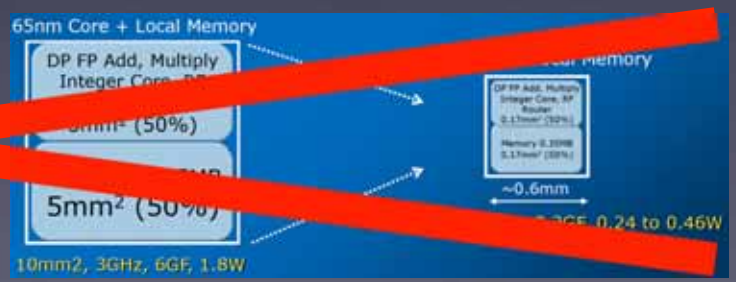
ディペンダブルアーキテクチャ設計に向けて

- 目標：QoS（性能、RAS）の維持
- Self-Aware System: adaptive & self-healing architecture の実現
  - power/resource proportional computing
  - Goal-oriented computing
  - Gracefully reducing computing
- Basic Cycle for Adaptive & Self-healing Functionality
  - 環境監視（パフォーマンス/リソース/ヘルスモニタリング)
  - 実行環境評価
  - 適応動作
    - ハードウェア再構成
    - OS/runtime support連携
- Control Granularity（3次元レイアレベル）
  - Processor Core Level
  - On-Chip memory level
  - I/O (Memory BW control) Level



まとめ

- ★ 安定したプロセス技術＋新3次元実装技術で、 アーキテクチャ設計に新時代を！
  - Only one & Number oneの技術を目指して
  - テクノロジ競争(Mooreの呪縛?!)からの脱却
- ★ 時代はベクトル/Wide-SIMD＆マルチコアコンピューティングへ。
  - 情報爆発時代に突入し、どんどん広がる高性能マルチメディアプロセッシングの適用範囲
    - マルチメディア処理、マルチメディア合成(CG,AR ...)、マルチメディア理解（データマイニング）・・・
  - ✓ Computation-Intensive/Data-Level Parallelism
  - ✓ Highly-Efficient Vector & Parallel Computing
  - ✓ Energy-proportional/Adaptive/Self-Healing Computing

(High Volume)	45nm	32nm (2010)	22nm (2012)	16nm (2014)	11nm (2016)	8nm (2018)	5nm (2020)
Transistor density	1.75	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1.75	1.75	1.75
Frequency scaling	15%	10%	8%	5%	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Vdd scaling	-10%	-7.5%	[illegible]	[illegible]	-1.5%	-1%	-0.5%
Dimension & Capacit[illegible]	[illegible]	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
[illegible] scaling/micron	1X Optimistic to 1.43X Pessimistic						

Source: Intel