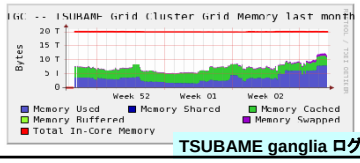
次世代低消費電力メモリ技術による HPCの省電力最適化

東京工業大学 理学部情報科学科
03_22028 細萱 祐人
指導教員:松岡 聡

背景:大規模計算機の消費電力増加

- メモリの消費電力が増加
  - 全体の35%をメモリで消費(Intel Xeon Woodcrest)
- 揮発性メモリDRAMの待機電力
- 実環境では搭載された全メモリが使用されていない
  →DRAM容量を削減できる可能性
  - パフォーマンスとのオーバーヘッド
    - HPCにおいてSWAPの使用は致命的な性能低下の原因に



TSUBAME ganglia ログ

背景:次世代メモリMRAM

- Magnetoresistive Random Access Memory
- ユニバーサルメモリ
  - 不揮発性、大容量、低電力、DRAMより高速
- 問題点
  - 開発段階(大容量化等)
  - 高価(25$/4Mbits FreeScale社)
  - →全てMRAMで構成するのはかなり先

→近い将来には数MB~数百MBのMRAM ならば搭載可能

関連研究:FLASHの使用

- 低電力、低速度
  - メインメモリとしては使えない
- HDDの代替としては有効
- Windows ReadyBoost
  - FLASHをSWAPに配置

→HPCにも適用可能ではないか

	速度	消費電力
DRAM	○	×
FLASH	×	○
HDD	×	×

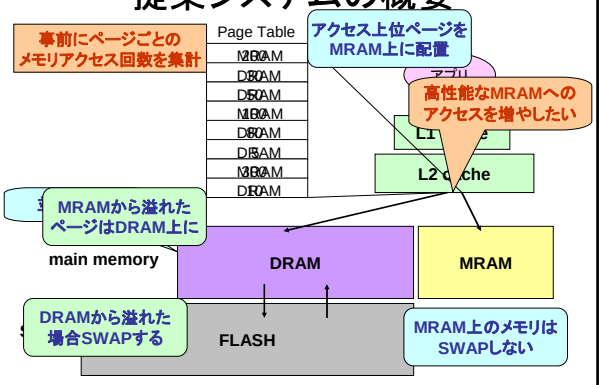
研究目的と成果

- 目的
  - パフォーマンスを維持したHPCのメモリ省電力最適化
- 成果
  - 次世代低電力メモリシステムの提案
  - 提案システムの性能を見積もるためのモデルの提案
  - シミュレータによって提案システムの有用性を確認
    - 11%のパフォーマンス低下で72%の消費電力量の削減
  - アプリケーション特性によって性能に差が出ることを確認

提案

- ヘテロなメモリを持つ次世代低電力メモリシステム
  - メインメモリ : DRAM MRAM
    - メモリアクセス集計に基づくページング
  - SWAP : FLASHメモリ
- 次世代メモリシステムの性能モデル
  - パフォーマンス
  - 消費電力量
    - メモリ待機電力

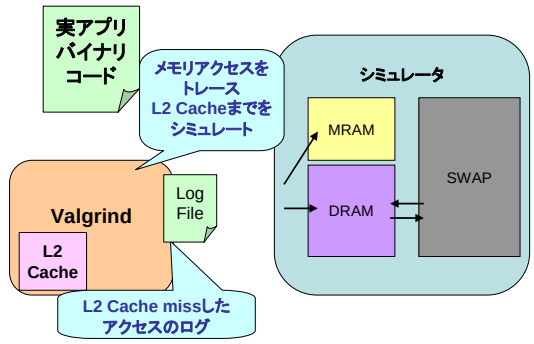
提案システムの概要



提案モデルの概要

- パラメータ
  - 各メモリへのアクセス遅延(秒)
  - 各メモリへのアクセス時電力(W)
  - 各メモリの単位サイズ当たりの待機電力(W/MB)
- 入力
  - 各メモリへのアクセス回数(回)
  - 各メモリサイズ(MB)
  - メモリアクセスと非依存な計算時間(秒)
- 実行時間
  Σ(アクセス遅延×アクセス数)+計算時間
- 消費電力量
  Σ(アクセス時電力×アクセス遅延×アクセス数)+
  Σ待機電力×メモリサイズ×実行時間

シミュレータ



評価

- 評価項目
  - 提案システムの評価
    - 既存のDRAMのみのシステム
    - MRAMのみのシステム
    - 提案システム(MRAM、DRAMを半分ずつ)
    - メモリアクセス集計しないシステム(MRAM、DRAMを半分ずつ)
  - DRAM削減時の性能評価
    - パフォーマンス
    - 消費電力量
- 評価環境

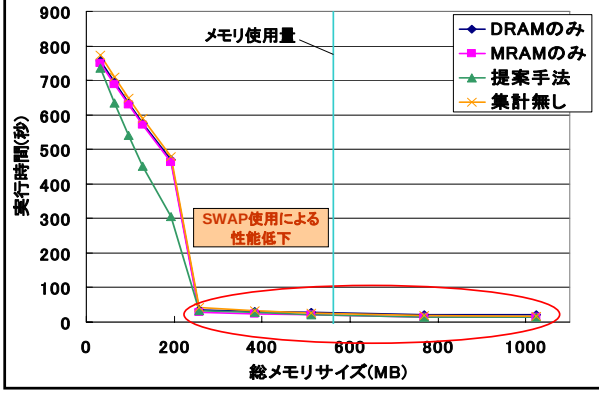
CPU	OS	RAM
Opteron 242	Linux-2.6.12.6	2GB

評価条件

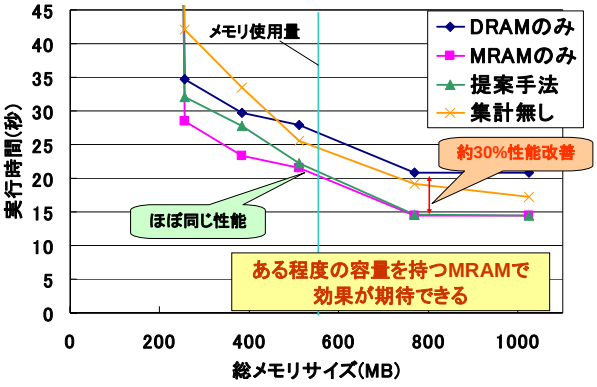
- シミュレート環境
  - L2 cache : サイズ1MB ブロックサイズ64B
  - ページサイズ : 4KB
  - DRAM、FLASH性能 : 既存製品のデータシートを基準に決定
  - MRAM性能(DRAM比) : 消費電力 1/10 速度 2倍
- ベンチマーク
  - Nas Parallel Benchmarks 3.2(iteration 1回)

	DRAM	MRAM	FLASH
アクセス遅延(ns)	35	17.5	128000(READ) 152000(WRITE)
アクセス時電力(W)	0.48	0.048	0.09
待機電力(W/MB)	0.013	0.0013	0 (容量無限としたため)

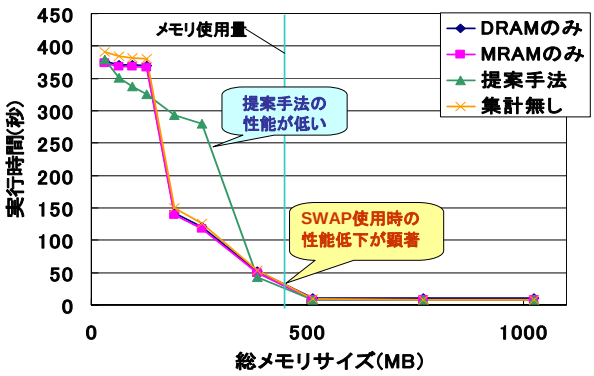
提案システムの評価 –CG-



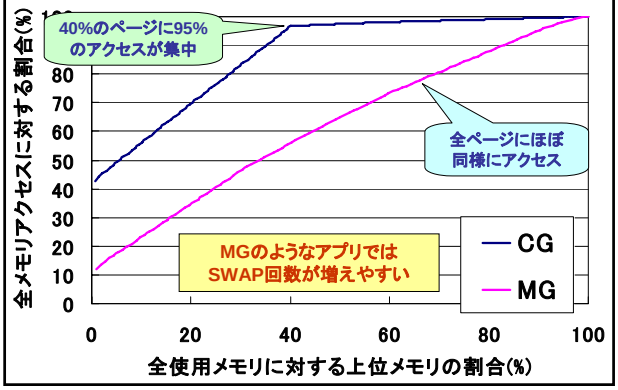
提案システムの評価 –CG-



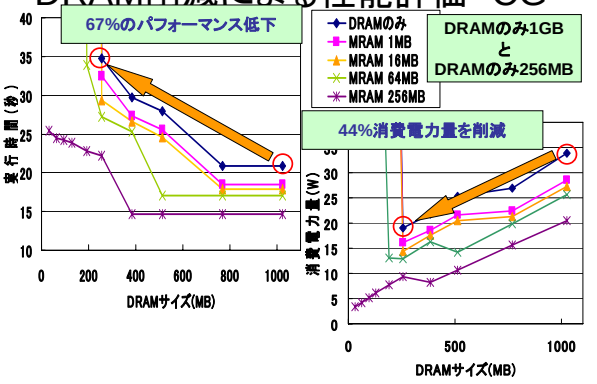
提案システムの評価 –MG-



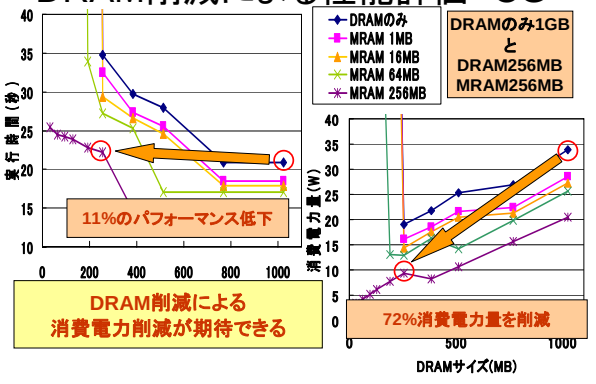
メモリアクセス特性



DRAM削減による性能評価 -CG-



DRAM削減による性能評価 -CG-



まとめ

- まとめ
  - MRAMを使用した次世代メモリシステムを提案
  - 提案システムの性能モデル、シミュレータの作成
  - 提案システムの有用性を示した
- 今後の課題
  - 動的なDRAM、MRAM間のページングアルゴリズム
  - プロセッサ等を考慮したより実環境に近いモデルの作成