

並列化コンパイラ協調型 チップマルチプロセッサ技術

早稲田大学 笠原博徳研究室

笠原博徳, 木村啓二, 白子準, 和田康孝, 中野啓史, 宮本孝道, 研究室学生

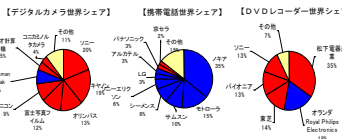
客員研究員: 宮本技監(STARC), 高橋主査(富士通研), 枝廣客員研究員(NEC), 安川客員研究員(東芝)

研究背景

情報家電市場の拡大及び世界シェア確保

(NEDOロードマップ報告会 電子・情報技術開発部「技術開発戦略」より2005.5.11)

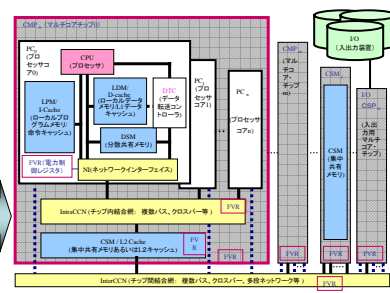
	'03	'07	年平均成長率
デジタルカメラ(万台)	48	76	12
デジタルTV(万台)	6	27	45
DVDレコーダ(万台)	3.6	23	74
PC用DVD(記録機)(万台)	27	114	43
携帯電話(M万台)	490	670	8
自動車用半導体搭載(台)	14.0	20.0	11



情報家電・自動車競争力維持強化

環境に優しい高効率性能スパコン

- 国際競争力の高いチップマルチプロセッサ**
- 低消費電力
 - 短HW/SW開発期間
 - 優価格性能
 - 高ソフトウェア生産性
 - 半導体集積度に応じたスケーラブルな性能向上



並列化コンパイラ協調型チップマルチプロセッサ

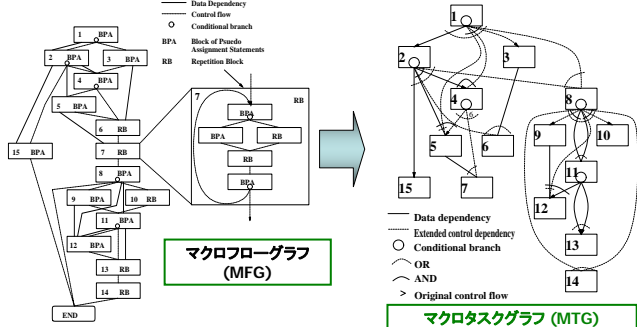
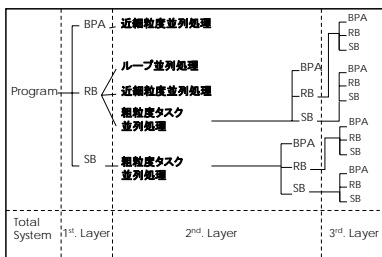
マルチグレイン自動並列化コンパイラ

異なる粒度の並列性を階層的に利用

プログラム中のループ・関数間粗粒度タスク間の並列性を解析

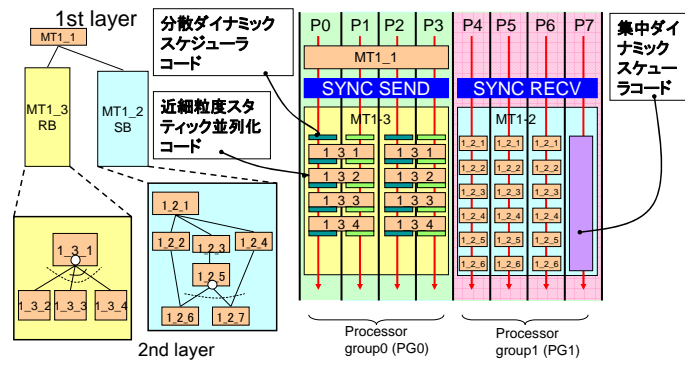
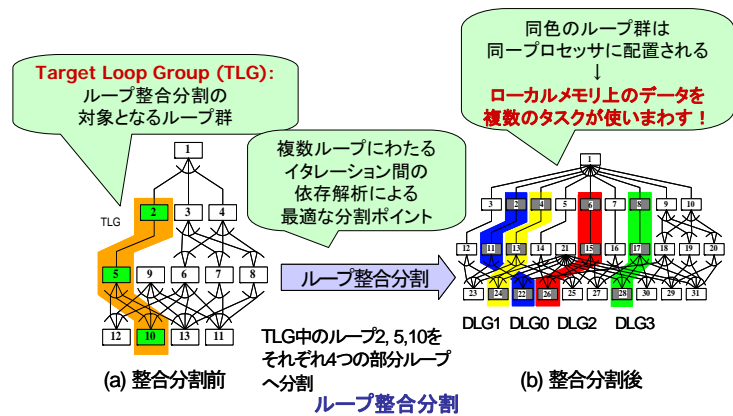
粗粒度タスク並列処理

- サブルーチン
- ループ
- 基本ブロック
- 中粒度並列処理
- ループイタレーション
- 近細粒度並列処理
- ステートメント
- インストラクション

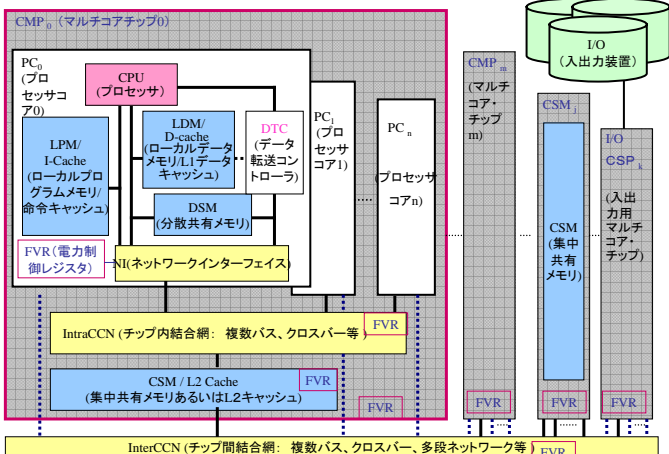


データローカライゼーション

各プロセッサ専用のコードを生成し低オーバーヘッドな並列処理を実現



OSCARチップマルチプロセッサ



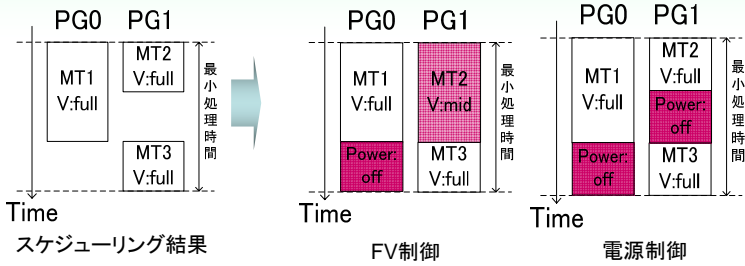
- #### スタティックスケジューリング支援
- 集中共有メモリ(CSM)**
 - 分散ダイナミックスケジューリング時のスケジューリング情報
 - タスク間共有データ
 - ローカルデータメモリ(LDM)**
 - プロセッサプライベートデータ
 - データローカライゼーションにおけるローカル化可能データ
 - 分散共有メモリ(DSM)**
 - スケジューリング情報の授受
 - プロセッサ間ネットワーク幅に影響を与えない同期
 - 複数バス or クロスバーネットワーク**
 - 柔軟なプロセッサグループ構成

- #### ダイナミックスケジューリング支援
- シンプルなCPU**
 - コンパイル時のスケジューリング通りの実行
 - ローカルデータメモリ(LDM)**
 - スケジュール結果から解析されたプロセッサプライベートデータ
 - データローカライゼーションにおけるローカル化可能データ
 - 分散共有メモリ(DSM)**
 - データローカライゼーション時のプロセッサ間転送データ
 - タスク間の同期・データ転送
- データ転送隠蔽**
- データ転送ユニット(DTU)
 - 分散共有メモリ(DSM)
 - タスク処理とデータ転送のオーバーラップ

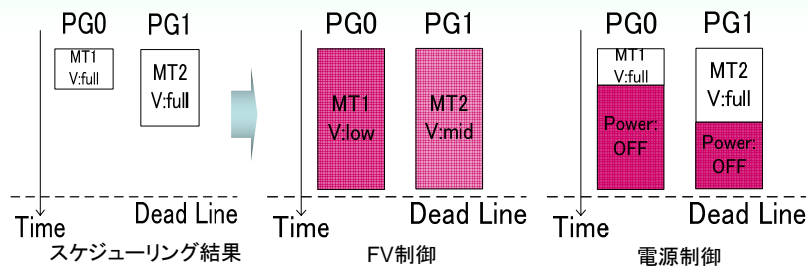
•LDM(Local Data Memory) •CSM(Centralized Shared Memory)
 •DSM(Distributed Shared Memory) •Interconnection Network 複数バス・クロスバー

コンパイラによる低消費電力制御

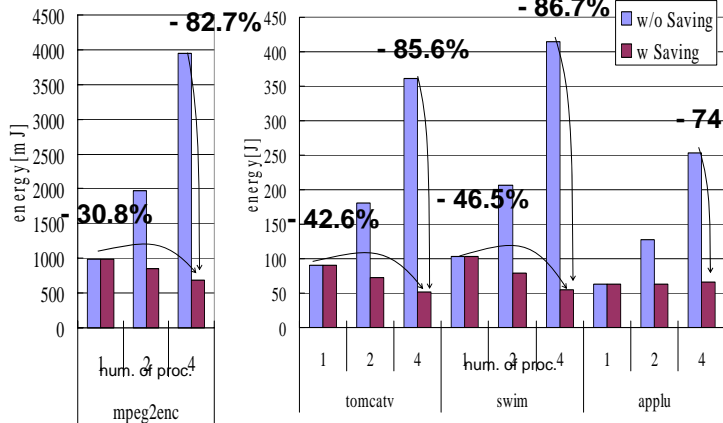
最速実行時の電源・周波数電圧制御



リアルタイム処理時の電源・周波数電圧制御

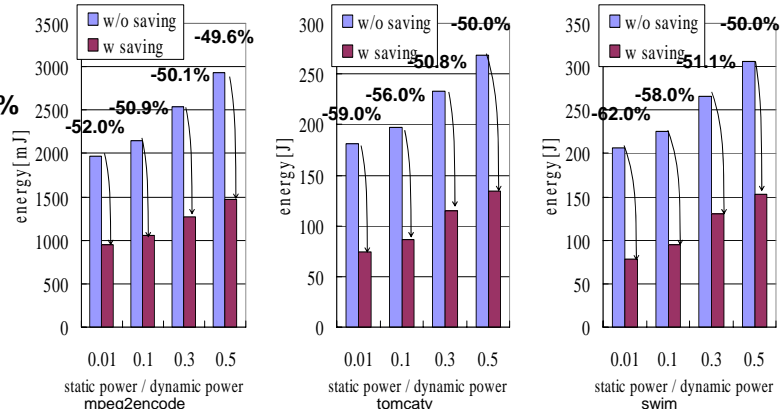


リアルタイム処理時の消費エネルギー削減率



・ デッドライン = 逐次処理時間 × 1.0 ・ リーク電力 = ダイナミック電力 × 0.01

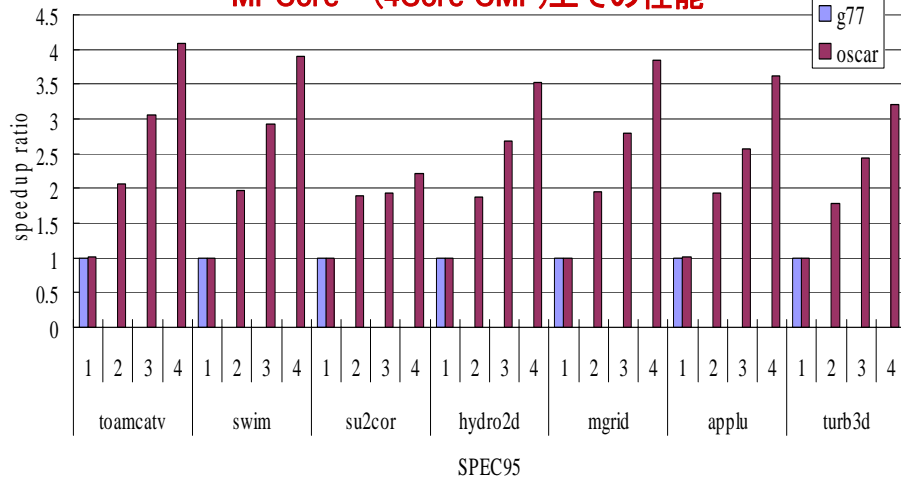
リーク電力を変化させた消費電力制御手法の効果



・ デッドライン = 逐次処理時間 × 0.5 ・ 4 プロセッサコア

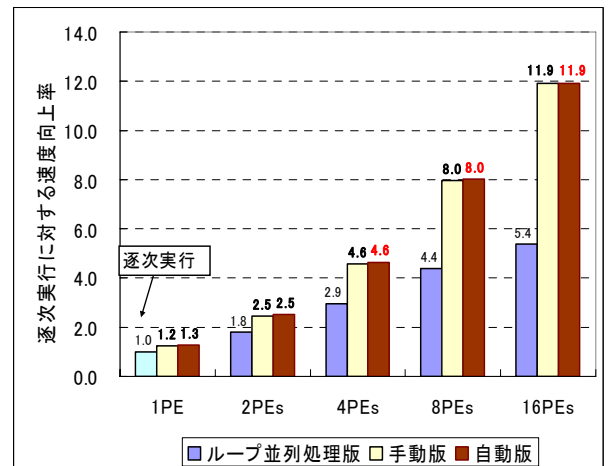
マルチコア上でのOSCARコンパイラの性能

MPCore™ (4Core CMP)上での性能



データサイズが1MB以下となるよう縮小したSPEC CFP95 7プログラムで
逐次処理に対し平均3.48倍の速度向上

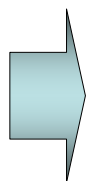
MPEG2エンコーダのOSCAR CMP上での性能



本研究における成果

並列化コンパイラ協調型 OSCARチップマルチプロセッサ

- マルチグレイン並列処理技術
- データローカリティ最適化技術 (データローカライゼーション)
- データ転送隠蔽技術 (プレロード・ポストストア)
- 低消費電力化技術



■ コンパイラによる低消費電力制御

- MPEG2エンコードにおいて逐次処理時間をデッドラインとした場合、4コア使用時に82.7%消費エネルギーを削減 (リーク電力1%時)
- MPEG2エンコード、SPEC95CFP TOMCATV、SWIM、APPLU において逐次処理時間の1/2をデッドラインとし、リーク電力を1%から50%まで変化させた場合、4コア時で62.0~49.6%消費エネルギーを削減

■ MPCore上でのマルチグレイン並列処理

- SPEC95CFPベンチマーク(データサイズ縮小版) 7本を用いた場合逐次処理に対して平均3.48倍の速度向上

■ OSCAR CMP上でのマルチグレイン並列処理

- MPEG2エンコードにおいて、コンパイラの自動並列化により8コアで約8.0倍の速度向上と、手動最適化とほぼ同等の性能を達成