

平成24年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

高田研究室 研究室	氏 名	水 口 信 秀
卒業研究題目	組込みソフトウェアのための低消費エネルギー化フレームワークの実機評価	
<p>近年、組込みシステムにおいて、性能向上や大規模・複雑化に伴う消費エネルギーの増加が大きな課題となっている。我々の研究室では、この課題に取り組むべく、動的電圧・周波数制御（DVFS: Dynamic Voltage and Frequency Scaling）を取り入れた、低消費エネルギー化フレームワークの研究・開発を行ってきた。本フレームワークは、リアルタイムタスクを対象に、実行トレースの解析によりタスクの最大残り実行時間の見積もりが大きく変動する場所を探し出し、その場所に、電圧と周波数の変更を行うチェックポイントを挿入することで、消費エネルギーの動的な最適化を可能にする。本フレームワークは、MeP プロセッサのシミュレーション環境にて評価され、高い消費エネルギー削減効果を示している。しかし、実機においてはまだ評価が為されていない。本研究の目的は、低消費エネルギー化フレームワークを実機にて評価し、その有用性を確かめることである。</p> <p>低消費エネルギー化フレームワークの評価を行う実機としては、近年、組込みシステムにおいて広く普及している ARM プロセッサを搭載し、なおかつ DVFS を行うための仕組みを持つ、BeagleBoard を採用した。本フレームワークを構成するツールには、ターゲット依存となる部分が存在するため、ARM 向けのプログラムに本フレームワークを適用するには、ツールを MeP から ARM 向けに実装し直す必要があった。本研究では、特に DVFS 技術を対象に、低消費エネルギー化フレームワークを ARM 向けに実装し直した。</p> <p>本フレームワークを構成するツールは、大きく分けると、チェックポイント抽出ツールとチェックポイント挿入ツールである。チェックポイント抽出ツールは、シミュレーションにより得られるプログラムの実行トレースを、条件分岐命令に着目して解析することで、残り最悪実行サイクル数の見積もりが大きく変動し、周波数を変更することで高い消費エネルギー削減効果を見込める場所を抽出するツールである。MeP から ARM に変更したことで、条件分岐命令の種類や、実行トレースのフォーマットの変更に対応する必要があった。チェックポイント挿入ツールは、抽出された場所に対して、周波数を変更する関数の呼び出しコードを挿入するツールである。挿入はアセンブリ言語レベルで行われる。MeP から ARM に変更したことで、挿入するコードを ARM 向けに直す必要があった。また、ARM の条件分岐命令に適したチェックポイントの挿入手法を考案した。</p> <p>評価においては、エンジン制御のベンチマークプログラムを対象に、低消費エネルギー化フレームワークを適用し、Linux 上で周期タスクとして実行した時の消費エネルギーを測定した。比較対象として、常に同じ周波数で実行した時の消費エネルギーと、タスク実行中のみ最大周波数としそれ以外は最低周波数とした時の消費エネルギーを測定した。結果、本フレームワークを適用した場合、常に最大周波数で実行した場合と比べて消費エネルギーを最大 30% 削減できた。常に最低周波数で実行すると、タスクの起動周期（=デッドライン）を短くして実行した場合、デッドラインミスを起こしたが、本フレームワークを適用するとデッドラインをミスせずに実行を完了できた。しかし、タスク実行中のみ最大周波数とした場合と比べて、提案手法の消費エネルギーが大きくなる結果も得られた。以上のことから、BeagleBoard において、本フレームワークの有用性を確認できたが、さらに消費エネルギーを削減するための改善点を見つけることができた。例えば、本研究では、チェックポイントにおける周波数の変更には <code>cpufreq</code> を利用したが、このオーバーヘッドは大きいことが分かった。そこで、周波数を変更するコードを独自に実装することで、オーバーヘッドを削減できる可能性がある。</p>		