

## 平成26年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

高田・本田 研究室	氏 名	北原祐
卒業研究題目	組込みシステム向け仮想化環境における OS 間の 影響評価	
<p>近年、組込みシステムの高機能化によって、用いられるプロセッサの高性能化が要求され、キャッシュメモリの搭載やマルチコア化が進んでいる。また、組込み機器に広く使われている ARM プロセッサでは、アドレス変換を必要としない RTOS においても MMU や TLB をキャッシュメモリを有効化するために有効にしなければならない。しかし、キャッシュメモリを用いることによって最悪性能が悪化し、処理時間にばらつきが生じ、組込みシステムに求められるリアルタイム性を損なってしまう。さらに、マルチコア化もバス衝突やキャッシュメモリを汚してしまい、利用効率を悪化させ、リアルタイム性を悪くしてしまう。加えて、ARM プロセッサの機能である Trust-zone を利用することにより、プロセッサの仮想化を行うことが可能となり、この機能を用いることで、一つのコアで異なる OS の実行や異なるコアそれぞれで異なる OS の実行を可能とする。しかし、汎用 OS の実行を行うことによって扱うデータ量の多さからキャッシュメモリ上に乗っているデータを置き換えてしまい、実行している RTOS のリアルタイム性を損なってしまう恐れがある。</p> <p>本研究では、これらの問題を解決し RTOS の性能の向上を行うため、キャッシュメモリのロックダウン機構を実装、評価を行った。ロックダウン機構とはキャッシュメモリ上に存在するデータを固定化し別のデータに置き換えられるのを防ぐ機構であり、リアルタイム性を要する命令やその実行に関わるデータを配置させることでリアルタイム性の向上が見込める。本実装では、Level1 キャッシュメモリと Level2 キャッシュメモリ、を持つプロセッサとオンチップ RAM、SDRAM を用いて実装を行った。オンチップ RAM はメモリ容量は小さいが SDRAM より高速にアクセスができるメモリである。また、ロックダウン機構は Level2 キャッシュメモリにのみ有するため、Level2 キャッシュメモリ上のデータに対しロックダウンを行った。</p> <p>評価実験として、まず汎用 OS の動作が RTOS に対してどれほど影響を与えるか調べるため、RTOS のみを動作させた場合と、仮想化を用いて汎用 OS と RTOS を共に動作させ RTOS を周期的に動作させた場合に、RTOS 上でベンチマークプログラムの実行時間の測定を行い比較を行った。その結果、ベンチマークプログラムの実行においては汎用 OS へ周期的に切り替えた測定の方が、切り替えを行わなかった測定と比べると平均実行時間が最大 1.313 倍に増加した。その後、ロックダウン機構によってどれほど実行時間が改善を行えるか調べるため、周期的に、異なる RTOS もしくは汎用 OS を動作させながら、RTOS 上で 5000word 分の命令実行を、キャッシュメモリを有効にした場合、キャッシュメモリを有効にしロックダウンを行った場合、オンチップ RAM にデータを配置しキャッシュメモリを無効にした場合の計 6 パターンの実行を行い、それぞれ実行時間にどのように影響があるかを測定を行った。その結果、5000word 分の命令実行において、異なる RTOS を動作させた場合、キャッシュメモリを有効にした計測は最悪実行時間が 68.9 <math>\mu</math>s、標準偏差が 1.205、キャッシュメモリを有効にしロックダウンを行った計測は最悪実行時間が 38.1 <math>\mu</math>s、標準偏差が 0.456、オンチップ RAM を用いた計測は最悪実行時間が 42.8 <math>\mu</math>s、標準偏差が 0.053 となり、汎用 OS を動作させた場合、キャッシュメモリを有効にした計測は最悪実行時間が 74.3 <math>\mu</math>s、標準偏差が 11.60、キャッシュメモリを有効にしロックダウンを行った計測は最悪実行時間が 38.0 <math>\mu</math>s、標準偏差が 9.096、オンチップ RAM を用いた計測は最悪実行時間が 42.8 <math>\mu</math>s、標準偏差が 0.066 となった。よって命令の実行における実行時間の変動はオンチップ RAM が最も少ないことがわかった。しかし最悪実行時間はロックダウンを行った場合が最も短くなった。以上より、ロックダウン機構を用いることで実行時間の変動の改善と実行時間の短縮が可能であることを示した。</p>		