JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	消費電力の削減を支援する組込みOSに関する研究
Author(s)	圖子，弘記
Citation	
Issue Date	2009-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/8125
Rights	
Description	Supervisor：田中清史，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

消費電力の削減を支援する組込みOSに関する研究

圖子 弘記 (0710040)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2009年2月5日

キーワード: 消費電力, キャッシュメモリ, 組込みOS, システムコール, プログラマ.

1 はじめに

近年，携帯電話やディジタルカメラのような複雑な機能を持ったモバイル機器が広く普及している．これらのモバイル機器は，バッテリーを用いる場合に連続した長い駆動時間が要求されるため，消費電力の一層の削減が重要な課題になっている．

将来の組込み向けのプロセッサにおいて，消費する電力の大部分をキャッシュメモリが占めると予想される．これは，高性能化の要求からプロセッサ内で占めるキャッシュメモリの面積比率が増え，キャッシュメモリの消費電力がプロセッサ全体の消費電力の大部分を占めると考えられるためである．キャッシュメモリの消費電力削減法の一つとしてソフトウェアSelf-Invalidation[1]がある．

本研究では，ソフトウェアSelf-Invalidationを組込みOSに適用する．同時に，アプリケーション開発者による電力削減を支援する環境を整備する．以上により，組込みシステムにおける低消費電力化を実現する．

2 ソフトウェアSelf-Invalidation

ソフトウェアSelf-Invalidation[1]では，命令セットとしてLast-Touch命令（last-touch load/store）を導入している．Last-Touch命令は，CPUに対しては通常のロード・ストア命令と同様の振る舞いをするが，キャッシュメモリに対して対象メモリブロックへのアクセス完了後にそのブロックを無効化する機能を持つ．無効化されたキャッシュブロックはGated-Vddによって制御され，電力供給が断たれる．

あるキャッシュブロックがメモリアクセス命令によって今後再び参照されないと予想される場合，キャッシュ上に残されたデータは無駄に電力を消費し続けることになる．このような場合に，キャッシュブロックを最後に参照する命令をLast-Touch命令に置換することによって，参照されるブロックが自発的に無効化されて電力供給が断たれるため，消費電力を削減することができる．

Copyright © 2009 by Zushi Hiroki

本研究では，μITRON4.0[2] に準拠した組込みOSをターゲットとしている．ソフトウェア Self-Invalidation を組込み OS のシステムコール内に適用し，電力に最適化された組込み OS を提供する．更に，アプリケーション開発者が容易に Last-Touch 命令を適用できる環境を提供する．以上により，OS とアプリケーションの双方で電力削減を達成する．

3 電力最適化組込み OS と電力削減支援環境

本研究は，OS のシステムコール内に Last-Touch 命令を埋め込むことにより，OS の利用者が消費電力削減の恩恵を受けることを目的とする．ITRON 仕様 OS が提供するデータ通信機能の一つであるメールボックスに着目し，それと併用して使用されるメモリ管理機能である固定長メモリプールに対して Last-Touch 命令を適用する．通常，メールボックスではメモリプールから獲得したメモリブロックに対してデータが格納され，そのメモリブロックがタスク間で授受される．Last-Touch 命令の適用は，データの受け渡しを終えてメモリブロックがメモリプールへ返却されるタイミングが最適であると考えられる．OS の利用者は受信側のタスクからメモリブロックを返却するシステムコールを呼び出すことで，OS レベルでの電力削減効果が得られる．

更に，組込みシステムではアプリケーション開発者がプログラムをチューニングすることが一般的であるため，電力削減の最適化をプログラマサイドで行うことが期待できる．本研究では，プログラマが上記の Last-Touch 命令をプログラム内に埋め込むためのインターフェースを提供する．具体的には，Last-Touch 命令に置換するための指示子を導入し，プログラマは自らの采配でソースコード内にこの指示子を埋め込む．このような指示子を基に Last-Touch 命令を適用するツールを用いることにより，プログラマは容易に電力を制御することが可能となる．

4 評価

シミュレーションにより，提案手法の評価を行う．評価対象として，組込みアプリケーションにおいて一般に扱われるデータ処理を想定し作成したタスクセットを用いる．タスクセットは，あるタスクにおける局所的な配列アクセスに対してプログラマが Last-Touch 命令を適用する場合やタスク間通信におけるメッセージの送受信に OS が Last-Touch 命令を適用する場合など，状況に分けて複数のパターンを用意した．

シミュレーションには，全てのタスクの実行時間から L1 データキャッシュメモリの消費電力量を計測する．シミュレーションの結果，OS とアプリケーションの両方において消費電力が削減されていることを確認した．また，OS とアプリケーションの双方で同時に本手法を適用して実行した場合においても充分に電力が削減されていることを確認した．

5　まとめ

本研究では，将来の組込みプロセッサが消費する電力の大部分を占めると想定されるキャッシュメモリに焦点を当て，キャッシュメモリの消費電力削減手法の一つであるソフトウェア Self-Invalidation を組込み OS に適用した．また，アプリケーション開発者による電力削減を支援する環境を提案した．最後に，組込みアプリケーションにおいて一般に扱われるデータ処理を想定し作成したタスクセットを用いて，L1 データキャッシュメモリの消費電力削減率を評価した．

参考文献

[1] 藤田 剛憲, ‘自発的無効化によるキャッシュメモリの低消費電力化に関する研究’, 北陸先端科学技術大学院大学修士論文 2007.

[2] (社) トロン協会, ‘μITRON4.0 仕様 Ver.4.02.00’, http://www.ertl.jp/ITRON/home-j.html.