2J-1

# 情報機器の動的電源制御における起動時間隠蔽のための<br>リクエスト間隔予測手法

渡辺千洋 †　　三輪忍 †　　中村宏 †

東京大学 情報理工学系研究科 †

## 1　はじめに

ラップトップ PC に代表される個人用情報機器においては，その消費電力を削減するため，動的電源制御が行われている．動的電源制御では，HDD やネットワーク・カード，ディスプレイなど，個々のモジュールを OS によって監視し，それらのアイドル時間を検出する．そして，モジュールがしばらく使用されないと判断された場合は，その電源を遮断する．実際にそのモジュールがしばらく使用されなければ，システム全体の性能をほとんど落とすことなく，消費電力を削減できる．

本稿では，モジュールの起動時間を隠蔽する動的電源制御手法を提案する．提案手法では，リクエストの到達時に，次のリクエストまでの時間間隔を予測する．そして，間隔が十分長いと判断した場合は，そのリクエストの処理の完了後ただちに電源を遮断する．また，次のリクエストが到達する前に，予測された到達時刻にはモジュールが使用可能となるよう，前もって電源復帰を開始する．リクエスト間隔予測が正しければ，動的電源制御によって生じるモジュールの起動時間を完全に隠蔽することができ，プログラムの応答時間を損ねずに済む．以下詳しく述べる．

## 2　従来の DPM とその問題点

これまでの動的電源制御では，スリープに入るタイミングに関する研究が多くなされてきた一方，電源復帰のタイミングについては考慮されてこなかった．すなわち，スリープ中のデバイスにリクエストが到達したら起動を開始する，という単純なウェイクアップ制御を行うのが通常である．このような従来のスリープ・ウェイクアップ制御の様子を図 1 に示す．図中では，

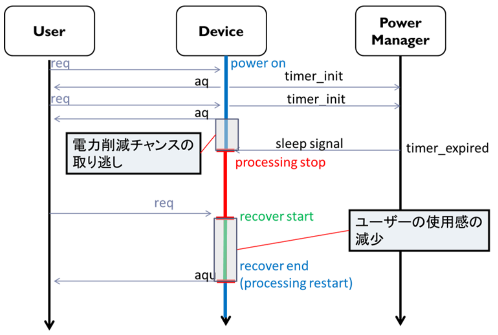


図 1: 従来の動的電源制御

User が Device に使用リクエストを与える一方、Power Manager が Device の使用状況を監視し，一定の時間 User からの使用リクエストがない状況が続いたことをイベントとして Device をスリープさせている．スリープ中の Device へ User からリクエストが送られた場合，Device はその都度スリープ状態から復帰する必要があり，この復帰時間の間ユーザーは待たされることになる．

このような，デバイスの復帰時間に起因するユーザーのシステム使用感の減少の問題は従来，デバイスをスリープさせるまでのタイムアウト時間を十分に長くとることで，対処されてきた．一方で，スリープするまでに長いタイムアウト時間が必要なことから相当量のスリープ可能な時間，すなわち電力削減のチャンスを逃していることになる．

本研究では，コンピュータシステムを構成する各デバイスへ送られるリクエストの時間間隔を陽に予測し，これに基づいてデバイスを User が次にリクエストを送る直前にあらかじめウェイクアップさせる手法を検討する．このようなリクエスト間隔の予測手法があれば，これまでのタイムアウトに基づくスリープ制御手法では削減することができなかったより短い時間のアイド

Request Interval Prediction to Hide Wake-Up Latency of Information Devices in Dynamic Power Management

†Chihiro WATANABE, Shinobu MIWA, Hiroshi NAKAMURA (The University of Tokyo)



Copyright ©2012 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

| | |
|---|---|
| 予測器 | Fixed Timeout |
| | Adaptive Timeout [2] |
| | Exponential Predictive [3] |

表 1: ブースティング予測に用いた個々の予測器

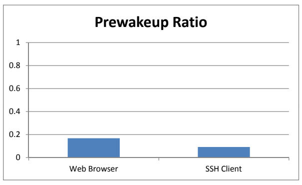


図 2: 隠蔽できたウェイクアップの割合 (提案手法)

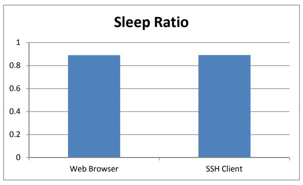


図 3: 理想的な電力削減に対する待機電力削減率 (提案手法)

ル時間におけるデバイスの待機電力を削減できると考えられる.

## 3 起動時間隠蔽のためのリクエスト間隔予測手法

本稿では，ユーザーからデバイスへのリクエストの発生を予測しあらかじめデバイスをウェイクアップすることで，デバイスの起動時間を隠蔽するための手法を提案する．このとき，あまりに早くスリープ中のデバイスをウェイクアップさせてしまうと，スリープによる電力削減効果が低下してしまうため次のリクエスト発生タイミングを精度良く予測することが重要になる．

高い精度のリクエスト間隔の予測を実現するために，本稿ではブースティングと呼ばれる統計的な予測手法を用いる [1]．ブースティング手法では，複数のリクエスト間隔予測器を用いて，リクエスト間隔を並列に予測する．そして，最も精度が高いと考えられる予測器の結果を全体の予測結果として採用し，これを用いてデバイスのウェイクアップを制御する．

## 4 評価

評価では，提案手法によって実際のシステムにおけるデバイスへのリクエスト間隔をどの程度精度良く予測できるかを評価した．評価では，Windows 7 のパフォーマンスマネージャを用いて無線 LAN モジュールへのリクエスト系列を計測し用いた。このリクエスト系列をもとに，提案手法を用いた場合における 1. ユーザーがデバイスを使用する前にあらかじめウェイクアップを行うことができ，ウェイクアップ時間を隠蔽できた割合 (*prewakeup_ratio*)，2. 理想的にスリープできた場合に比べてスリープできた割合 (*sleep_ratio*)，の 2 つの指標を評価した．なおここで理想的にスリープできた場合とは，再起動に要する時間よりも長いアイドル時間が生じる全てのアイドル期間において，アイドル期間の始まりから終わりまでスリープした場合のことを指している．再起動に要する時間は 0.7 秒としている．ブースティング手法で用いる予測器には，表 1 に示したものを用いている．

実験結果を，図 2 および図 3 に示す．図 2 が，ウェイクアップによる起動時間をユーザーから隠蔽することに成功した割合を，図 3 が理想的にスリープができた場合に比べてスリープできた時間の割合を示している．提案手法では，理想的にスリープできた場合に比べて 10%程度 スリープできる期間が減るものの，一部のスリープに対して有効なデバイスのプリウェイクアップが実現できていることが分かる．しかし現状のリクエスト間隔予測では，プリウェイクアップに成功する割合が 9%, 17% と低いため，リクエスト間隔予測の精度を向上させる必要があるがこれは今後の課題である．

## 5 まとめ

本研究では、動的電源制御における機器の再起動時の遅延に由来するユーザのストレスの軽減を目指して、リクエスト間隔の予測による機器の再起動を行う手法を提案した。ブースティングを用いた複数の予測器の選択による提案手法によって、スリープ可能な時間の 90% をスリープしつつ、9~17% のスリープにおいて、有効なプリウウェイクアップを実現した。

課題としては、より多くのユーザやアプリケーションで評価することと、リクエスト間隔予測の精度を向上させ、プリウェイクアップの成功確率を向上させることである。

## 謝辞

本研究の一部は科研費補助（基盤 (B) 課題番号 22300015）による．

## 参考文献

[1] Z. Ren et. al.: Hieralchical Adaptive Dynamic Power Management, DATE, 2004.

[2] F. Douglis et. al.: Adaptive Disk Spin-Down Policies for Mobile Computers, In Computing Systems, volume 8, pages 201-212 1995.

[3] C. -H. Hwang and A. C. Wu.: A Predictive System Shutdown Method for Energy Saving of Event-Driven Computation. , ICCAD, 1997.



Copyright ©2012 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.