

3Z-9

# 携帯型パーソナルコンピュータ向け パワーマネジメントドライバの開発と評価

中村 稔

mnr@sys.crl.melco.co.jp

三菱電機(株) 先端技術総合研究所

## 1 はじめに

携帯型パーソナルコンピュータ（以後ノート型 PC）は消費電力が比較的大きく、バッテリーでの長時間動作を実現するためには低消費電力化が不可欠である。

われわれは Windows 95/98 を OS として使用するノート型 PC 上でアイドル時の消費電力を削減するパワーマネジメントドライバを試作し、評価を行った。本ドライバを用いることで APM[1] のみをサポートするシステムにおいても ACPI[2] の C3 ステート（CPU クロックを停止し CPU 消費電力を最低にする）と同等の電力削減効果が得られる。試作したパワーマネジメントドライバを用いて電力測定を行った結果、Mobile Pentium Processor を使用したノート型 PC で、1W 程度のアイドル時電力削減効果が確認できた。

## 2 パワーマネジメント制御

ノート型 PC におけるパワーマネジメントは CPU 制御によるものとデバイス制御とに分けられる。このうち CPU 制御によるものはさらに CPU 動作時の制御と CPU アイドル時の制御とがある。

CPU 動作時のパワーマネジメントはプログラム実行中に CPU を間欠動作させるなどの方法で動作速度を下げることで消費電力を削減する。CPU アイドル時の省電力制御はシステムのアイドル期間を検出し CPU を低消費電力の停止状態に切替えるなどの方法で消費電力を削減する。

携帯機器で用いられるアプリケーションの大半は電子メール、ワードプロセッサ、WWW ブラウザなどのインタラクティブなプログラムであり、ユーザのキー入力待ちなどによるアイドル状態が、処理時間の多くを占めていると考えられる。したがって、アイドル時の電力を削減できればシステム全体の消費電力削減におよぼす効果は大きいと言える。

一方、CPU の間欠動作による動作時の消費電力削減はシ

Clock State	Exit Latency	消費電力 (Pentium)	消費電力 (Pentium II)
AutoHalt	10 Clk	0.5W	1.2W
Stop Grant	10 Clk	0.5W	1.2W
Quick Start	10 Clk	—	0.5W
Sleep	10 + 10 Clk	—	0.5W
CPU Stop	1ms+10Clk	0.05W	—
Deep Sleep	30 $\mu$ s+10Clk	—	0.1W

表 1: Pentium/PentiumII Clock State

ステムの性能を低下させるため、結果的にアプリケーションの実行時間が長くなることから、消費電力削減の効果はあまり高くない。

現在では、ノート型 PC で使用される OS もほとんどが Windows 95/98 の様なマルチタスク OS が用いられるようになってきており、アイドル状態の検出が正確にできるようになっている。すなわち、マルチタスク OS の下ではアプリケーションソフトウェアはデバイスからの応答待ちなどで処理が停滞した場合、OS により自動的にアイドル状態となり、OS は実行中の全プロセスがアイドル状態であればシステム全体がアイドルであると判定できるため、比較的に正確にアイドル/ビジー状態を判別可能である。

## 3 CPU アイドル制御方式

以上の様に、低消費電力化のためには、アイドル時には可能な限り低消費電力モードに切り替えることが有効であるが、低消費電力モードへの切替えや、通常モードへの復帰に要するオーバーヘッドが大きいとシステム全体のパフォーマンスが低下してしまうことになる。

ノート型 PC で使用される、Mobile Pentium プロセッサおよび Mobile PentiumII プロセッサはアイドル時の電力を削減するため表 1 のような低消費電力モードを有している。

表 1 から、Mobile Pentium プロセッサでは CPU Stop、Mobile PentiumII プロセッサでは DeepSleep モードがもっとも消費電力が小さいが、通常状態に復帰するためのレイテンシーも他のモードに比べて大きいことが分かる。

旧来のパワーマネジメント規格であった APM では、CPU がアイドル状態の時には AutoHalt ステートに遷移するのが一般的であった。これに対して、近年新たなパワーマネジメント標準として定められた ACPI では CPU の省電力モードを 4 段階に分けており、実行状態を C0 ステートと呼び、アイドル時には C1(AutoHalt), C2(Stop Grant/Quick Start), C3(CPU Stop/Deep Sleep) のいずれかに遷移する。したがって、ACPI ではシステムの設定次第で、C3(CPU Stop/DeepSleep) ステートに遷移させることができるかとされている。しかし、ACPI では、これらの状態遷移を OS が処理するため、現実にはどのような条件でどのステートに遷移するかは OS 依存であり、システム設計者がアイドル時の C3 ステートへの遷移を望んでいたとしても、それを確実に実現する手段はない。また、OS 設計者はあらゆるハードウェアに対応するため最大公約数的な設計をせざるを得ず、特定のハードウェアについて見れば必ずしも最適な設計になっているとは言えない。

しかし、APM のみにしか対応していないシステムや、C3 ステートに未対応の ACPI のシステムであっても、アイドル時に CPU Stop/Deep Sleep(以降、これらをまとめて C3 と呼ぶ) ステートに遷移するデバイスドライバを作成すれば、アイドル時に C3 ステートに設定し、消費電力を抑えることが可能である。

C3 ステートへの遷移や通常状態への復帰処理は多くの ACPI 対応ハードウェアでサポートされており、また、遷移のための手順も ACPI 規格でも定義されている。したがって、このようなドライバはハードウェアが ACPI 対応で、かつ、システムが C3 モードをサポート可能なように構成されていれば、利用可能である。

## 4 性能評価と考察

以上に述べたような、パワーマネジメントドライバのプロトタイプを作成し、性能評価を行った。性能評価用は三菱電機製ノート型 PC である「AMiTY CN model30」を用い、パワーマネジメントドライバをロードし消費電力測定を行った。表 2 の仕様を示す。評価用プログラムとして、Ziff-Davis 社の BatteryMark 2.0[3] プログラムを実行し本体の AC アダプタ入力部に外部電源から 11.5V を供給し給電部での電圧と電流から電力を測定した。BatteryMark は CPU Test, Disk Test, Graphics Test, Idle の 4 種類の実行状態を適当に組合わせたもので、今回はこれらの各状態での消費電力を測定した。

測定結果を表 3 にまとめる。表 3 は、APM(Idle 時 AutoHalt) による消費電力と、パワーマネジメントドライバを組み込みアイドル時に C3 状態に遷移した場合の消費電力をバッテリーマークの各テスト毎に測定したものである。

アイドル時に AutoHalt の場合、アイドル時 8.2W、ディス

機種名	AMiTY CN model30
型番	M3031-P47S1
CPU	MMX テクノロジ Pentium プロセッサ 200MHz
RAM	SDRAM 32MB
HDD	2.1GB
LCD	8.4 インチ 800x600 ドットカラー TFT
バッテリー	リチウムイオンバッテリー (10.8V)

表 2: AMiTY CN ハードウェア仕様

ステート	AutoHalt	CPU Stop
アイドル (Disk Off)	7.8W	6.8W
アイドル (Disk On)	8.2W	7.2W
CPU テスト	11.8W	11.8W
ディスクテスト	13.7W	13.7W
グラフィックテスト	14.4W(最大)	14.4W(最大)

表 3: 電力測定結果

クが停止すると 7.8W 程度の電力を消費している。一方パワーマネジメントドライバを組み込み、アイドル時に CPU STOP 状態にした場合、アイドル時の消費電力は 7.2W、ディスクが停止すると 6.8W となった。これらは AutoHalt の場合に比べてアイドル時消費電力が 1.0W 削減されていることを示している。動作時の電力消費パターンはどちらもほぼ同じでありアイドル時の電力だけが削減できていることが分かる。1.0W の電力削減はアイドル時 7.8W に対して 12.8% の電力削減である。

## 5 まとめ

アイドル時の消費電力削減を行うデバイスドライバを試作し効果を測定した。その結果 AMiTY CN model30 上でアイドル時で 1.0W の電力削減が可能であった。今後さらに PentiumII プロセッサでの省電力効果や、実使用時の電力消費パターンにおける消費電力評価を行う予定である。

## 参考文献

- [1] Advanced Power Management (APM) BIOS Specification Revision 1.2, Intel Corporation, Microsoft Corporation, Feb.1996
- [2] Advanced Configuration and Power Interface Specification Revision 1.0, Intel, Microsoft, Toshiba, Dec, 1996
- [3] BatteryMark 2.0, Ziff-Davis Inc, <http://www.zdnet.com/zdbop/battmark/home.htm>