



2008 年度下期未踏 IT 人材発掘・育成事業 採択案件評価書

1. 担当PM

加藤 和彦 PM (筑波大学 大学院システム情報工学研究科 教授)

2. 採択者氏名

チーフクリエイター: 大山 裕泰(武蔵工業大学 工学部 コンピュータメディア工学科)
コクリエイター: なし

3. プロジェクト管理組織

株式会社オープンテクノロジーズ

4. 委託金支払額

5,724,000 円

5. テーマ名

グリーン OS onix OS の開発

6. 関連Webサイト

http://blog.so-net.ne.jp/user_localhost_sec

7. テーマ概要

近年、「オフィス環境をグリーン化する」という命題を IT によって解く上でのキーワードとして「グリーン IT」という言葉が登場した。

本プロジェクトは、世界に先立ち省消費電力で駆動する事を主眼としたオペレーティングシステムの開発を行い、オペレーティングシステムのレベルでコンピュータ機器の

省消費電力化を行う。

本プロジェクトが目指す取り組みは、従来のノート PC 等で見掛ける、システムを利用していない時にシステムの一部機能を落とす“スリープモード”や“省電力モード”といわれる機能の提供とは異なり、システムが運用している状態において、システムの省消費電力化を行うものである。

これまでに、本プロジェクトの準備段階として、カーネルの開発をオープンソースプロジェクト“onix os”(*)において、活動を行ってきた。今回、以下で提案する機能を組み込み、グリーン化されたオペレーティングシステムとしての展望の第一歩を築く。

省消費電力対象として近年出荷台数が増加の一途を辿る、補助記憶装置の代名詞でもあるハードディスクに注目し、このデバイスが消費する電力を抑制する仕組みを提案する。具体的には、ハードディスクの 1/10 以下の消費電力で駆動するフラッシュメモリによって、ハードディスクに対する処理をサポートする。その間、ハードディスクは省電力モードの状態に駆動させ、システム全体の消費電力を抑える。

この仕組みによって、特別なハードウェアを用いる事無く、ソフトウェアによってマシンの省消費電力を実現する。又、ハードディスクが省電力モードで稼働中に障害が発生した場合においても、その間に更新されたデータを損なう事無く復旧させる設計になっており、本プロジェクトで作成する onix は実用的な場面で活躍する次世代カーネルとなれる。

本プロジェクトでは、汎用オペレーティングシステムをフルスクラッチで作成し、既存のカーネルとは違ったコンセプトを持つ、新たな価値を持ったオペレーティングシステムを開発する。

(*) <http://sourceforge.jp/projects/onix>

8. 採択理由

ストレージ階層を用いたデータステージングは、通常は、データアクセスの高速化に用いられることが多いが、OS レベルの技術で積極的に省電力化を図ろうとする試みは興味深い。ステージングアルゴリズムの詳細等、検討すべき課題はあるが、学部 3 年生で、OS カーネル開発技術を独学で学び、これまでにある程度の開発を進めていることは評価できる。本事業が目的とする IT 分野の人材発掘・育成の対象としてふさわしい人材であると考えられ、採択と判定した。

9. 開発目標

本プロジェクトでは、オペレーティングシステムのレベルでコンピュータ機器の省消費電力化を行うことを目標とした。具体的には、ハードディスクの1/10以下の消費電力で駆動するフラッシュメモリによって、ハードディスク層の前にキャッシュ層を構成し、ハードディスクは省電力モードの状態に駆動させ、システム全体の消費電力を抑制することを目指した。この機能をGNU/Linux上に実装し、その有効性を実証することを目指した。

10. 進捗概要

グリーンOS機能の主眼は、GNU/Linuxカーネルがハードディスクに対して行う処理を低減させる事である。具体的には、同カーネルが発行する全てのハードディスクに対するアクセス要求（以下、ディスク I/O）において、ハードディスクに対する伝搬を抑え、同時にハードディスクを省電力モードに動作させる事でシステムの消費電力の低減を図る。

これを行う為に、GNU/Linux のソフトウェアレイヤの低レベルファイルシステムレイヤと汎用ブロックレイヤの間に、ディスク I/O をバッファリングさせ、ディスクに対する伝搬を遅延するレイヤを設ける。本報告書では、このソフトウェアレイヤを Virtual Device Driver (VDD) と呼ぶ。そして、VDD によってディスク I/O を遅延している間、ハードディスクの動作モードを変更する方法を採用した。

VDD レイヤで動作するデバイスとして、SSD フラッシュメモリを用いた。VDD レイヤで動作するデバイスによって、ハードディスクに対するディスク I/O を遅延させ、その間ハードディスクを省電力モードに動作させる事でシステム全体の消費電力量を低減させることを行った。

以上の実装を行い、システム全体の消費電力の低減を達成した。

具体的に行った作業は以下のとおりである。

- ・ キャッシュアルゴリズム設計用のデータ取得機能
- ・ キャッシュアルゴリズムの設計
- ・ バーチャル・デバイスドライバ機能
- ・ ELF ローダの組み込み
- ・ 測定、および、評価

主な開発作業は6月中旬までに終えて、残りの期間は、効果の測定、検証、および、検証結果をふまえてのソフトウェアの改変を行った。

結果として、本プロジェクトでは、ソフトウェアの開発と、そのソフトウェアを用いた実証実験、および、その成果の数値化を行うことができた。

11. 成果

従来の OS が行っている、メモリデバイスとディスクデバイスの間、SSD フラッシュメモリメモリ層を挟み込み、ディスクをできるだけ長時間省電力モードとするソフトウェアの開発を行った。Linux のカーネルモジュールとして実装を行った。提案方式の有効性を検証するために、某協力企業の Web サーバの実際のトラフィックを再現し、実際に省電力の効果があるかを実験した。その結果、ハードディスクの消費電力が約 1/2 程度に減少することを確認した。省電力化に伴い、若干、性能が低下する。今回の実験においては、Web サーバアクセスを集中的、連続的に行われた場合に、処理時間が約 20%長くなった。アクセス負荷を集中的、連続的としているため、この性能低下は、Web サーバというアプリケーションにおいて、ワーストケースの場合の実験結果といえる。

12. プロジェクト評価

この開発者はオペレーティングシステム開発に興味を持ち、Onix と名付けた独自 OS の開発を進めることを予定していた。そして、その独自 OS の一機能として、今回開発したような省電力機能を実現することを計画していた。しかし、「未踏」の限られた時間の中で、Onix の開発を行いながら、かつ、省電力機能も実装することは容易でないとされた。また、省電力機能が開発できたとしても、作り始めたばかりの独自 OS 上での稼働のみでは、その良さを社会に還元することは簡単ではない。以上のような理由から、今回の「未踏」開発では、省電力機能に開発努力を集中させるために、Linux のカーネルモジュールとして開発をしてもらうことを提案し、大山氏にも賛同してもらった。将来 Onix の開発が進んだ暁には、今回のカーネルモジュールを比較的容易に移植可能であろうという本人の弁もあった。

今回の開発は、OS カーネルに組み込むカーネルモジュールの実装であり、しかも、ファイル入出力を扱うため、高い信頼度が要求される。その内容は、成果の章の冒頭のように、わずか 3 行程度で表現できるが、開発の難易度は非常に高いものである。膨大なコード数を有する Linux カーネルの入出力部分に関する深い理解が必要であり、また、高い信頼度の実装を必要とする。また、通常のアプリケーションは、OS による保護機能の元で開発を行えるが、カーネルモジュールではそれをその恩恵にあずかれない。

当開発者は、このように難易度の高いソフトウェア開発に果敢に取り組み、一般的な Web サーバが動作するレベルまで完成度の高いソフトウェアを作り上げ、提案方式により、実際に省電力が可能となることを実証した。実行時オーバーヘッドの削減に、今後の改善の余地はあるものの、限られた時間内にここまで到達したことは大いに

評価できる。

13. 今後の課題

今後の課題として、以下の点があげられる。

・パフォーマンス劣化の克服

本システムの性能評価は、実際の web での行った。その結果、ハードディスク 1 台のシステムにおいて、SSD を用いたキャッシュ専用デバイスを含むストレージシステム全体の消費電力はおよそ半減した。しかし、アクセスを極端に集中させた時のレスポンス劣化が約 20% 発生する結果となった。この問題は、キャッシュミスが発生した場合におけるハードディスクのスピンアップを行う際の時間的ロスが大きく影響していると考えられる。

このようなパフォーマンス劣化を防ぐ為の手段として、ハードディスクのスピンアップのタイムロスを防ぐ必要がある。これは、本プロジェクトの VDD の処理とは矛盾する要求となるが、大規模なストレージシステムを抱えるサーバ環境においては、これを解決する手段のアイデアはある。

今後は上述したパフォーマンス劣化を抑える処理を VDD に組み込むないし、協調動作させる事で、本プロジェクトでの課題を克服することが考えられる。

また、クリエイターからは、今後、目指す今後の活動方針として、以下の2点があげられている。

・社会貢献

本プロジェクトで作成した Onix OS によって、社会に存在しているサーバ環境のグリーン化を実際に行う。そのためには、可用性の確保を行う必要があり、Onix OS を導入した際の可用性低下の否定。ストレージシステムのうち、キャッシュ専用デバイスとしての SSD が破損した場合におけるシステムの安全性の主張。そして、システムクラッシュ時におけるファイルシステムの一貫性を保証するための機能の追加が考えられる。

これらの問題に対処できる機能を提供できれば、本格的な事業化を視野に入れた行動を起こすことができる。

・コミュニティへの貢献について

本プロジェクトで作成した VDD が安全で確実なグリーン化を行えるものであると、実証できた段階で、コミュニティに対する VDD の提案を行う。これと並行し

て、コミュニティーに対して不断の貢献活動を行う事でコミュニティーを通したカーネル産業の発展に助力してゆく。

なお、本プロジェクトの成果は、まもなくオープンソースとして公開される予定である。