

モバイルコンピューティングのための マイクロカーネルの改良†

3H-3

西尾 信彦* 緒方 正暢** 追川 修一* 徳田 英幸*

*慶應義塾大学環境情報学部

**日本アイ・ビー・エム(株) パワー・モバイル・システムズ

1 はじめに

モバイルコンピューティングは、現在最も注目されている技術の1つであるとともに、今までに考慮されていなかった様々な課題を解決しなければならないチャレンジングなテーマでもある。

モバイルコンピューティングでの新たな課題は、PCMCIA カードや無線 LAN やバッテリー、モバイル端末そのものの開発などのような新たなハードウェアの追加といった事項以外に、PCMCIA カードのプラグ&プレイ機構に代表される、それらの新規の機能が動的に発現したり消失したりすることに対する透明性の確保の問題がある [1]。この透明性の問題は単純な問題ではなく、例えばその基本的な機能を用いて上位層ではファイルシステムが構成されていたかもしれないし、それがネットワーク拡張されていたかもしれない [2]。また、省電力のためにプロセッサがスリープした途端にリアルタイム処理を行っていたものが影響を受けても困るわけである。

本稿では、筆者らが情報処理振興事業協会が実施している独創的情報技術育成事業の「M³K: 超分散超並列環境のためのオペレーティングシステムカーネル」テーマにおいて研究している動的に再構成可能な M³K マイクロカーネルの技術 [3] をモバイルコンピューティングの課題にいかに関用していくかについて説明する。

2 モバイルコンピューティングのためのマイクロカーネル

2.1 マイクロカーネルによるアプローチ

モバイルコンピューティングに適したシステムとしてはどのようなものが考えられるであろうか。筆者らはいままで、連続メディア処理のための基盤ソフトウェアとして実時間性のあるマイクロカーネルによるアーキテクチャ [4] を選択し、その研究開発をしてきた [5]。そのときのマイクロカーネルを基盤とした理由は以下のものである。

- 様々な(特に資源が限定された)ハードウェアにポートしやすい。
- カーネル内での動作が比較的短いのでリアルタイム性を確保しやすい。
- スレッドのスケジューリングやメモリ資源の割り当てに関するポリシーといったシステムのパーソナリティをユーザレベルで選択できる環境が作りやすい。

様々なハードウェアにポートしやすいというのは、カーネルのサイズが現実的に小さいことと必要の有る無しに

応じて機能を取捨選択できることを意味する。このような機能のモジュール化を基本的に提供していることは動的に機能の変動するようなモバイル環境においても望ましいと考えられる。

二つ目のリアルタイム性に関しては、カーネル内の動作は本質的にクリティカルなものであり、唯一優先度逆転状態を容認せざるを得ないものである。そのためその動作は短ければ短いほど良いがいまままでの UNIX のようなモノリシックなカーネルではそこが望み難かった。マイクロカーネルのアプローチならば、それを極限まで追求可能である。またリアルタイム性は連続メディアなどの応用を持ち出すまでもなく現代的なシステムでは既に必須要件と考えられる。モバイルコンピューティングに特有な省電力制御などの機能を考慮しても必須要件であろう。

最後のシステムパーソナリティをユーザレベルで選択できるのは今後出現するであろう様々なシーン、様々なハードウェアへの適用について最も重要な事項である。例えば筆者らが扱っていた連続メディア処理では、莫大な量のメディアデータが使用されるが、そのためのメモリの使用形態は従来の TSS 環境とは異なった特殊なものである。そこでそのためのページャをマイクロカーネルの外に作成することにより効率を上げることができた。また、高速な QOS 制御のためにユーザレベルスレッドの実現は重要であり、そのスケジューリングポリシーにより限定された資源を適正に再分配することを可能にできた。実際にモバイルコンピューティングにおいてもネットワーク接続の有無、電力供給形態、バッテリーの状況などにより利用シーンは目まぐるしく変化する。この対応にマイクロカーネルのアプローチはうまく適合している。

しかしマイクロカーネルを選択したために生じる欠点として、システムの階層が増えたために階層間での通信オーバーヘッドが従来の単層的な構造と比べると増えてしまうということがある。

2.2 拡張可能なマイクロカーネル

筆者らはこれらの経験を踏まえて、M³K と呼ばれる新しいマイクロカーネルの設計開発をしている。これはシステムの適用シーンや利用アプリケーションについて可能な限りの最適化を行なうことができるようにした拡張可能なマイクロカーネルである。

M³K においてはマイクロカーネルとアプリケーションとの間のミドルウェア層に共有ユーザオブジェクトとカーネルオブジェクトと呼ばれるものをアタッチしたりデータしたりできるようにしている。共有ユーザオブジェクトは、ユーザ空間に存在し、その機能が必要とするアプリケーションの間で共有される。カーネルオブジェクトは、カーネル空間に存在し、共有ユーザオブジェクトと同様にアプリケーション間で共有される。このうちカーネルオブジェクト内のコードは特権モードで実行される。筆者らはマイクロカーネルベースで連続メディア処理を行なうためにこのミドルウェア層に複数のサーバを導入

†“Towards a Mobile-Conscious Microkernel”†
NISHIO, Nobuhiko*, Masanobu OGATA**, Shuichi OIKAWA*, Hideyuki TOKUDA*

*Keio University, 5322, Endoh, Fujisawa, Kanagawa, 252 Japan,
**Power Mobile Systems IBM Japan Ltd., 1623-14, Shimotsuruma, Yamato, Kanagawa 242, Japan

†この研究は、情報処理振興事業協会(IPA)が実施している独創的情報技術育成事業における「M³K: 超分散超並列環境のためのオペレーティングシステムカーネル」テーマのもとに行なわれた。

し、それらを協調動作させてきた [6]。しかしこれらの間での頻繁な IPC によるオーバーヘッドは実行性能に負担となってきた。M³K においては全アドレス空間から共有されたライブラリのようなものとしてミドルウェアが構成できるので性能を向上することが可能である。ユーザオブジェクトはアプリケーションが自由に実現することを許されたものとして、またカーネルオブジェクトはカーネル内のスレッドスケジューリングやメモリ管理機能などの動作におけるポリシーの実現部などとして利用される。このためマイクロカーネルの各機能にはポリシーモジュールインタフェースが用意される。

2.3 モーバイルコンピューティングのための拡張

筆者らは前述した M³K のアプローチがモーバイルコンピューティング環境における要請にとっても都合がいいことを利用し、M³K をモーバイルコンピューティング環境にも適用するつもりである。

2.3.1 モーバイルコンピューティングの特徴

モーバイルコンピューティング環境では、以下にまとめられたような従来にはなかった特徴や使用形態がある。:

- 節電、電力管理機能
バッテリー稼働での節電のため、プロセッサの動作クロックを使用状態に応じて変えたり、サブシステム毎に電源の供給を管理することができる。以前は OS に依存しないように実現されていたが、現在では、電力管理機能をソフトウェアから操作できるようにインタフェース [7] を用意し、ソフトウェアから積極的に電力管理を行うようになっている。
- 動的に変更可能なシステム資源構成
PCMCIA インタフェースを備えた計算機では動的にシステム資源を構成する。モーバイル端末に周辺装置を取り付けるため PCMCIA 規格 [8] に準拠したソケットとメモリ、ネットワークカードなどが普及している。この IC カードは本体の電源を入れたままでも交換が可能なプラグ&プレイ [9] 可能な設計になっている。
- 動的に変更可能なネットワーク接続
使用環境に応じてネットワークを動的に選択、変更する。屋内では、有線高速ネットワーク接続や構内無線 LAN を利用し、屋外では、有線モデム接続や携帯電話などを利用する。

2.3.2 モーバイル環境のための拡張機構

M³K におけるアプローチでは特に様々な環境におけるアプリケーションからの要求がトリガーとなって適切なオブジェクトがアタッチされる。しかし、モーバイル環境に適応していくためには、ユーザからのそのような陽の宣言だけではなく、システム内部からトリガーされるイベントのサポートが重要になる。例えば、Advanced Power Management 機構と協調するためのタイマーによるイベントや、プラグ&プレイによるカードの抜き差しによる認知イベントが挙げられる。これらに呼応してユーザレベルで選択されているポリシーが共有ユーザオブジェクトとして起動され、それに応じて適切なカーネルオブジェクトがアタッチされたりデタッチされたりしなければならない。つまりマイクロカーネルにはポリシーオブジェクトのためのインタフェースだけではなく、自らがトリガーとなってカーネル外オブジェクトを起動できるような機構を作ることになる。

またリアルタイム性をモーバイルコンピューティング環境においても確保し続けるのは重要ではあるが容易ではない。省電力のためのプロセッサ速度の unpredictable な変更はリアルタイム処理に関しては致命的である。このためには単純な upcall 機構だけではなく新たなスレッ

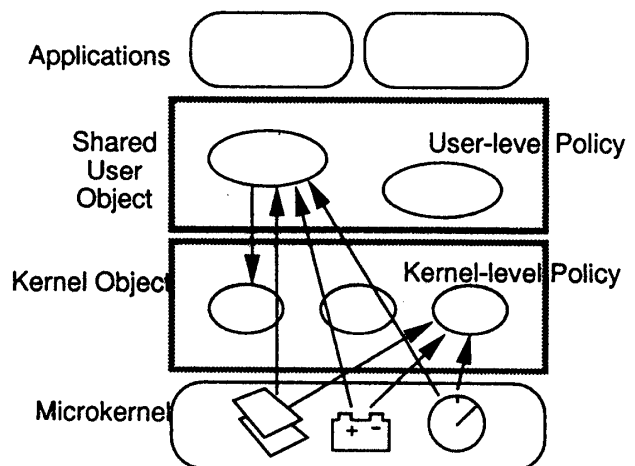


図 1: マイクロカーネルからのトリガー

ドスケジューリングポリシーと統合した対処 [10] が必要となってくるであろう。

3 おわりに

本稿では、モーバイルコンピューティング環境のためのシステム環境として、マイクロカーネルのアプローチをさらに発展させ実行性能が良く柔軟性のある M³K の構想とその利用について説明した。今後はモーバイル環境に特徴的な電力制御やプラグ&プレイ機構などから機能とモーバイル環境向けのポリシーの分離を進めていくつもりである。

参考文献

- [1] 緒方他: “モーバイルコンピュータを使った分散マルチメディア環境の実現,” 第 49 回情報処大全, 6S-9(1994).
- [2] M. Satyanarayanan et. al: “Experience with Disconnected Operation in a Mobile Computing Environment,” Proc. of the 1993 USENIX Symposium on Mobile and Location-Independent Computing Symposium, pp.11-28 (1993).
- [3] 追川, 西尾, 徳田: “M³K: 拡張可能なマイクロカーネル,” 第 50 回情報処大全, 3H-1(1995).
- [4] H. Tokuda, T. Nakajima and P. Rao: “Real-Time Mach: Towards a Predictable Real-Time System,” USENIX Mach Workshop, pp.73-82 (1990).
- [5] 西尾, 徳田他: “マイクロカーネルによる連続メディア処理の基盤技術,” 第 5 回コンピュータシステム・シンポジウム論文集, pp17-24, October, 1993.
- [6] 西尾信彦: “Real-Time Mach 3.0 上の連続メディア処理のための協調サーバ群の設計と実験,” 情報処理学会第 63 回 OS 研究会 (1994).
- [7] “Advanced Power Management (APM) BIOS Interface Specification, Revision 1.1,” Intel Corporation and Microsoft Corporation (1993).
- [8] “PC Card Standard Release 2.1,” Personal Computer Memory Card International Association (1993).
- [9] “Plug and Play and PCMCIA: Intel’s Architecture Roadmap,” Intel Corporation (1993).
- [10] 緒方他: “可変プロセッサ速度に対応した実時間処理の考察,” 第 50 回情報処大全, 3H-2(1995).