

## MKng: 次世代マイクロカーネル研究プロジェクト†

5 B - 4

徳田 英幸\* 追川 修一\* 西尾 信彦\* 萩野 達也\* 斎藤 信男\*

\*慶應義塾大学環境情報学部

## 1 はじめに

慶應義塾大学環境情報学部における次世代マイクロカーネル研究プロジェクト(MKngプロジェクト)は、1996年から参加企業10社、3大学とともにスタートした。本プロジェクトは、慶應義塾大学が中心となって開発している分散実行時間マイクロカーネル技術、および、IPA開放型基盤ソフトウェア研究開発評価事業「マルチメディア統合環境基盤ソフトウェア」プロジェクト[5]で開発したマルチメディア拡張機能を踏まえ、分散/並列システム、マルチコンピュータシステム、組込みシステム、高速ネットワークシステムやモバイルシステムに応用するための基盤ソフトウェアとしての次世代マイクロカーネル技術の研究開発、評価、普及拡大を目的としている。また、特に単一プロセッサアーキテクチャだけに依存せず、アプリケーション、ハードウェア、ネットワーク構成など個々のシステム特性に対して、動的に適応可能なカーネルアーキテクチャを研究し、マイクロカーネルによりモバイルシステムからスケラブルな並列システムまでを統合した分散コンピューティング環境を実現することが目的である。本論文では、MKngプロジェクトの目的およびプロジェクトの概要について解説する。

## 2 MKngプロジェクトの概要

本プロジェクトでは、新しいマイクロカーネル技術を中心に、次世代のオペレーティングシステムの動的構成法/再構成法や新しいシステムソフトウェアの動的適応可能型アーキテクチャに関する研究開発評価を目的としている。そして、これから重要になってくるモバイル、リアルタイム、超分散/超並列アプリケーションシステムなどを構築していく上で、これらのアプリケーションにハードウェアもソフトウェアも効率良く最適化されたコンピューティング環境を実現しなければならない。

本プロジェクトでは、大きく「研究開発タスク」と「エンジニアリングタスク」の2つに分けている。研究開発タスクではマイクロカーネルを幅広いアプリケーションに適用させるため、カーネルの構造を再構成し、ダイナミックオブジェクト<sup>1</sup>を扱える様に、新しいパラダイムとしてマイクロカーネルトレイとLKM (Loadable/Unloadable Kernel Module)を採り入れて動的再構成可能とする。

さらに、実際のモバイルアプリケーションやリアルタイムシステム、超分散/超並列システム環境などに、これら改良されたマイクロカーネルを適用し、実機上での実証/評価実験を行ない、研究開発されたコードの品質を向上するだけでなく、様々な改良/拡張に対して積極的にフィードバックしていくことを目指している。

†MKng: the Next Generation Microkernel Research Project† Hideyuki Tokuda\*, Shuichi Oikawa\*, Nobuhiko Nishio\*, Tatsuya Hagino\*, Nobuo Saito\*

\*Keio University, 5322, Endo, Fujisawa-shi, Kanagawa, 252 Japan

†この研究は、情報処理振興事業協会(IPA)が実施している創造的ソフトウェア育成事業「次世代マイクロカーネル研究プロジェクト」のもとに行なわれた。

<sup>1</sup>カーネル内と外でオブジェクトの動的な交換、動作中にシステムの一部部分の切り出しや再接続を可能とする

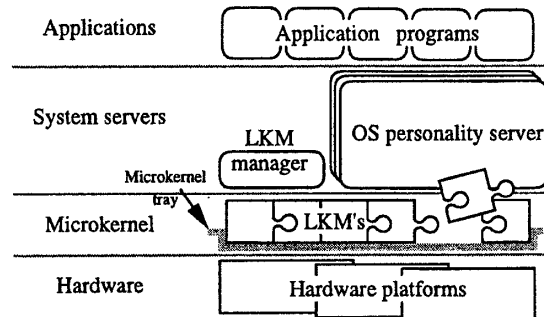


図1: MKngにおけるマイクロカーネルトレイとLKM

一方、エンジニアリングタスクでは、これらの幅広いアプリケーションを実機上で実証/評価実験するために、もっとも適したハードウェアプラットフォームで利用可能とするためのマイクロカーネルの移植/改良作業を行なう。例えば、複数台のワークステーションをATM-Switchで接続したマルチコンピュータアーキテクチャ上での次世代マイクロカーネルの実証実験に関しては、156MbpsのOC-3のインタフェースカードが利用可能なSPARCstationのプラットフォームを利用する。また、モバイル・マルチメディアアプリケーションを実証実験する上では、ビデオカメラ、ステレオスピーカ、CD-ROMなどを標準で内蔵したIBM PowerPCチップを搭載したノートブックコンピュータを利用する。

このように、次世代マイクロカーネルを幅広く使われている新しいRISCプロセッサ上に移植し、最適なハードウェアプラットフォーム上での実証/評価実験を可能とすることもめざしている。また、これらのハードウェアプラットフォーム上に研究開発タスクの新しい成果を取り入れるだけでなく、実機上での実証実験をもとに、研究開発タスクにフィードバックをかけることを目的としている。本プロジェクトの研究成果を具体化し、実際に使用可能なOS環境としてリファインし、幅広い分野でのマイクロカーネル技術の利用を可能とするために必要となるタスクである。

次世代マイクロカーネル研究開発における基本的なカーネルアーキテクチャは、以下の図1のように表すことができる。本プロジェクトで得られた成果は、Research Results Repository (RRR)と呼ばれる研究開発用共有スペースに格納され、必要に応じた構成でのカーネル構築をサポートする。

## 2.1 いくつかの研究課題

本プロジェクトにおける研究開発評価タスクは、以下の3つのタスクから構成される。

- Task A: 次世代マイクロカーネルアーキテクチャの研究開発タスク
- Task B: マイクロカーネルの評価実験タスク
- Task C: エンジニアリングタスク

Task A では、以下の7つのサブテーマに関するアプリケーションやハードウェアアーキテクチャに対して、最適かつ動的に適応可能な次世代マイクロカーネルアーキテクチャを研究開発する。(1) MK-Dynamicでは、カーネルへのオブジェクトの動的なロードおよびアンロード、オブジェクトをカーネルへロード/アンロードしたときの安全性の確保、カーネル内モジュールの再構成と部品化などを行なう。(2) MK-Embeddedでは、Mach マイクロカーネルをベースに、マルチメディアシステムや携帯端末への適用が可能な組込み型リアルタイムカーネルアーキテクチャを構築する。(3) MK-Multiでは、高速な ATM-Switch を中心に高性能なワークステーションを複数台 LAN 結合したマルチコンピュータアーキテクチャに適したマイクロカーネルアーキテクチャを開発する。特に、高速なインタースイッチ間でのメッセージ通信機構や分散共有メモリ機構を構築する。(4) MK-Mobileでは、モバイル計算環境を構築可能なマイクロカーネルおよびそのアーキテクチャを構築する。従来のマイクロカーネルでは取り扱われていなかった PCMCIA カードのようなハードウェア機器構成を動的に変更できるハードウェア環境に対応できるようなメカニズムを開発する。また、ネットワークから一時的、または、かなりの間接続が切断されるような非接続状態でも、作業の継続性が保証できるメカニズムを構築する。(5) MK-64では、64ビットアドレス空間を利用した新しい仮想記憶管理およびオブジェクト管理を可能にするマイクロカーネルアーキテクチャを構築する。(6) MK-Gigaでは、ギガビットオーダのネットワークを効率良く利用可能な柔軟な WAN システムを実現する。ATM ネットワークをベースに、デバイスドライバからプロトコル処理系まで、実装およびその評価を中心に、アーキテクチャおよびプロトコルの開発を行なう。(7) MK-QOSでは、マイクロカーネル上で連続メディア処理において必要となる資源管理メカニズムと QOS 制御を行なうための QOS アーキテクチャを構築する。

Task B は、Task A の研究開発成果である次世代マイクロカーネルアーキテクチャを(1) モバイルアーキテクチャ、(2) マルチコンピュータアーキテクチャ、(3) マルチメディアアプリケーション、(4) リアルタイムアーキテクチャ、(5) Keio Media Space Board/Navigator、(6) Keio Information Super-Highway などのアーキテクチャやアプリケーション領域で実証/評価実験を行ない、研究開発タスクにフィードバックをかける。例えば、モバイルアーキテクチャに関しては、AT&T 社の無線 LAN である WaveLAN を実験ネットワークとしてキャンパスに敷設し、パワーマネジメント、ディスコネクトオペレーション支援機能、位置情報支援機能などに関して評価する。また、Keio Media Space Board/Navigator に関しては、自律分散オブジェクトモデルをマイクロカーネル上に実装し、受動オブジェクトモデルとの性能評価を行なう。

タスク C では、これら幅広いアプリケーションをもっとも適したハードウェアプラットフォームで実行可能とするためにマイクロカーネルの移植/改良作業を行なう。SPARC, PowerPC, MIPS, Pentium アーキテクチャへの移植を行なう。

### 3 関連プロジェクト

カーネギーメロン大学の Mach プロジェクト [2], RT-Mach プロジェクト [7] は、本プロジェクトで開発しているマイクロカーネルの開発ベースを提供している。しか

し、本プロジェクトで行なっているマイクロカーネル自身を動的適応可能に変更することは、研究されていなかった。また、フランスの Chorus 社の Chorus カーネルは、単一の OS パーソナリティモジュールのみをサポートしているが、MKng では、複数の OS パーソナリティモジュールを同時にサポートすることが可能である。

再構成や拡張可能なマイクロカーネルアーキテクチャに関しては、University of Washington 大学の Spin プロジェクト [1], MIT の Exo-kernel プロジェクト [4], Open Software Foundation/ Research Institute など研究開発が進められてきている。しかし、多くの場合、従来カーネル内に存在していた機能をカーネル外のユーザレベルサーバとして実現する方式やサーバをカーネル内に移動する方式なども提案されているが、任意のカーネルモジュールを動的に再構成する方式に関しては、アイデア段階に留まっている。MKng では、カーネル内のモジュールをポリシーとメカニズムを分離する観点から従来モノリシックに構成されていたカーネル内モジュールをさらに再構成可能な部品とすることを実現する。

### 4 おわりに

本稿では、MKng プロジェクトの目的および研究概要について報告した。特に、様々なアプリケーションやプラットフォームに対応できるようマイクロカーネルレイと LKM を用いて動的再構成可能なマイクロカーネルアーキテクチャを採用した。また、実際の適応性を検証するために、次世代マイクロカーネルを SPARC, PowerPC, MIPS などの RISC アーキテクチャマシンへ移植する予定である。

### 謝辞

本プロジェクトを遂行するにあたり、日頃から協力して頂いている MKng プロジェクトのメンバーの皆様へ感謝致します。

### 参考文献

- [1] B. Bershad, et al.: "Extensibility, Safety and Performance in the SPIN Operating System," In *Proc. of the 15th ACM SOSP*, Copper Mountain, CO. pp. 267-284.
- [2] D. L. Black, et al.: "Microkernel Operating System Architecture and Mach," In *Proceedings of the Workshop on Micro-kernels and Other Kernel Architectures*, Apr. 1992.
- [3] G. Coulson, et al.: "Extending the Chorus Microkernel to Support Continuous Media Applications," In *Proc. of the 4th Int'l Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video*, pp.49-60, November(1993).
- [4] D.R. Engler, et al.: "Exokernel: An Operating System Architecture for Application-Level Resource Management," In *Proc. of the 15th ACM SOSP*, Copper Mountain, CO. pp. 251-266.
- [5] 徳田, 他: "分散マルチメディア統合環境 Keio-MMP プロジェクトにおける連続メディア処理のためのソフトウェアアーキテクチャ," 第49回情処全大論文集 (7R-04) (1994).
- [6] 徳田, 他: "Keio Media Space Family プロジェクトにおけるシステムアーキテクチャ," 情処研報, Vol. 95, No. 69, 95-OS-69, (1995)
- [7] H. Tokuda, T. Nakajima and P. Rao: "Real-Time Mach: Towards a Predictable Real-Time System," In *Proc. of the USENIX Mach Workshop*, pp.73-82 (1990).