

## SMAF: 組み込みシステム用基盤ソフトウェアフレームワーク

3Q-9

喜多山卓郎

徳田英幸

中島 達夫

慶應義塾大学 SFC 研究所 慶應義塾大学 環境情報学部 北陸先端科学技術大学院大学

## 1 はじめに

近年,多くの研究が行なわれているモバイルコードは,動的なソフトウェアのアップグレードや拡張,ユーザ毎のカスタマイズ性などにおいて有効である.これらの技術は,情報家電や制御システムなどの組み込みシステムにおいて様々な将来性を有している.これらの環境下では,様々なタイプの計算機やネットワークが混在しており,これらの環境に動的に適応する必要がある.また,プログラム移動のコストを小さくするため,部分的なコードの移動や,セキュリティについても配慮されなければならない.

SMAF(Seamless Migratory Application Framework)は,慶應義塾大学,北陸先端科学技術大学院大学,お茶の水女子大学を中心にスタートし,次世代の計算機環境の構築に必要な組み込みシステムのための共通基盤ソフトウェアを提供することを目的としている.本稿では,SMAFプロジェクトの概要およびプロジェクトで研究されている諸技術について述べる.

## 2 SMAFプロジェクトの概要

SMAFプロジェクトは,組み込みシステムにおけるモバイルコードの問題点を解決するための,モデル,ソフトウェア,アーキテクチャを提案し,それに基づいた環境を構築し,共通のソフトウェア基盤環境とすることを目的とする.

基盤となる技術としては,「次世代マイクロカーネルプロジェクト」[11]において開発されたRT-Mach(Real-Time Mach)[12]マイクロカーネル,「モバイルコンピューティングのための動的適応可能なソフトウェアアーキテクチャ」において開発された移動端末向けカーネル[8],サービスプロキシツールキット[3],「ネットワーク指向R3システムのための共通基盤ソフトウェアの開発」で開発されている,RT-Java(Real-Time Java)[6]などを用いる.

基盤となるソフトウェアは様々なプラットフォーム上で利用可能なJavaを用いることで研究成果を幅広く利用する事を可能とする.Javaの仮想マシンとして,フリーで配布可能なKaffe[4]をベースに組み込みシステムとして必要なリアルタイム拡張を行なう.モバイルエージェントシステムのベースとしてAgentSpace[10]を用い,適

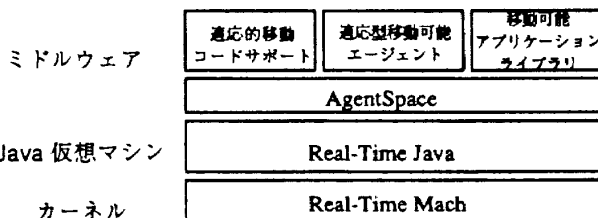


図 1: SMAF ソフトウェア構造

応的移動コードのサポート,動的適応可能なエージェントフレームワーク,移動エージェントをサポートする様々なライブラリの構築を行なう.

## 3 研究課題

## Javaの実時間基本機能

マルチプラットフォーム時のマシン非依存性のためJavaを採用する.組み込みシステムやマルチメディアシステムに必要なリアルタイム機能は現在のJavaでは提供されていない.そこで,こういった実時間性を持ったアプリケーションのためにJavaの仮想マシンに拡張を加え,実時間性を保証するためのメカニズムの実装を行なう.実時間性をサポートしないOSや実時間拡張されていない仮想マシンの上でもアプリケーションが実行可能にするため,拡張されたインターフェースのライブラリにより提供する.但し,この場合は実時間性の保証はされない.また,リアルタイム制御機能との競合がなるべく少ないガベージコレクションの方式の研究も行なう.

## 適応的移動コードサポート

現在の移動可能エージェントは異なる計算機上を移動することによりインターネット上にある必要なデータを探したり,負荷分散を行なうなどの新しい分散計算の新しいパラダイムを提供している.しかし,現在の多くのエージェントモデルは各計算機の構成を考慮していない.そのため,携帯計算機などの計算量が大きいエージェントが移動すると大きな問題が生じる.

適応的移動コードサポートでは,動的コード生成(Dynamic Code Generation)の技術をベースとして,移動コードにおける動的適応性,安全性および高い実行効率を実現するための言語処理系技術の開発を行う.本方式では,移動する可能性のある部分からコンパイル時にコードテンプレートを生成し,移動先ではそのテンプレートを使って実行コードを動的に生成する.これにより,移動先の環境に適応したコードの生成が可能となり,セキュリティポリシーにしたがって穴埋めされるため,安全性が確保できる.さらに,インライン展開等を適切に行なうことによって高い実行効率を得ることができる.

SMAF: A Framework for Future Embedded Systems  
Takuro KITAYAMA<sup>1</sup>, Hideyuki TOKUDA<sup>2</sup>, and Tatsuo NAKAJIMA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Keio Research Institute at SFC, Keio University  
5322 Endo Fujisawa 252 Japan

E-Mail: <takuro@sfc.keio.ac.jp>

<sup>2</sup>Faculty of Environmental Information, Keio University

<sup>3</sup>Japan Advanced Institute of Science and Technology

↑この研究は,情報処理振興事業協会(IPA)が実施している独自の先進的情報技術に係わる研究開発「組み込みシステム用基盤ソフトウェア SMAFの研究開発」のもとに行われた.

また、手続きに基づく動的適応可能性を実現し、メタレベル・アーキテクチャを用いてソフトウェアを構成し、動的適応可能性のための記述を問題領域の記述から分離・独立させるための言語 LEAD++[2]の研究開発を行なう。

#### 適応型移動可能エージェント

様々な計算機により構成された分散計算機環境下では、アプリケーションの要求する資源もネットワーク上の様々な計算機上に分散されている。適応型移動可能エージェントでは、エージェント技術を用い、資源を要求するアプリケーションと資源の間にバーチャルホストという概念を導入し効率的な資源の分配と管理を実現する。

また、本モデルでは、エージェントを実行する計算機がクラッシュした場合にもサービスの質を低下させても計算を続行することを可能とするような耐故障性も考慮している。

#### 移動可能アプリケーションライブラリ

アプリケーションの移動にともない様々な計算機環境での実行が可能となるように、アプリケーションを複数のモジュールに分割し、これらのモジュールの結合を変えることでアプリケーションの構成を容易に変更し、アプリケーションの移動先の環境に適応し効率良く実行することが可能となる、連続メディアアプリケーション用のツールキット [1]の研究開発を行なう。

また、移動可能アプリケーション構築のためのライブラリを提供する。アプリケーションを Soul と Body の二つの構成要素に抽象化を行ない、Soul が Body に Possess することによりアプリケーションの部分的な移動を実現する Possession Model[7]を提供する。これにより、ユーザの作業環境や作業状況へのアプリケーションの適応が可能となる。

さらに、適応的ユーザインタフェースの移動のためのライブラリとして、Mogul(Mobile Graphical User Interface Library)[9]を提供する。アプリケーションプログラマは Mogul を使用することにより、通常アプリケーションと同様にユーザインタフェースの移動が可能となる。

## 4 関連研究

Lucent Technologies Inc. で開発された Inferno は、Limbo 言語により共通の API を提供している。本プロジェクトでは、Java を用いることにより既存の Java で書かれたアプリケーション等の移植が容易となる。また、inferno はワークステーション環境をターゲットとしているため組み込みシステムのフレームワークとしては適していない。

Sun Microsystems は、組み込み用、小型計算機、ワークステーション用などの Java 仮想マシンを提供しているが、現在の Java では様々な計算機環境を有機的に統合する事で実現可能となるシームレスな環境の構築を支援していない。また、リアルタイム性のサポートや環境への動的適応可能性も提供されていないため、分散組み込みシステムのプラットフォームとして適していない。

IBM により開発されたアグレット [5] は、Java を用いたエージェント環境を提供している。本プロジェクトではより広いアプリケーションの移動可能性を実現する。ま

た、リアルタイム性や環境への動的適応可能性がアグレットなどのエージェントフレームワークと大きく異なる。

## 5 おわりに

本稿では、SMAF プロジェクトの研究概要および諸技術について述べた。本プロジェクトでは、組み込みシステムのためのモデル、ソフトウェア、アーキテクチャを提案し、それに基づいた環境を構築し、共通のソフトウェア基盤環境とすることを目的としている。現在、それぞれの研究課題に対する検討、プロトタイプシステムの設計を行なっている。今後は、それぞれの技術の実装、評価を行ない、それらを統合し組み込みシステムのための共通基盤ソフトウェアフレームワークの構築を行なう予定である。

## 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 SMAF プロジェクトのメンバーの皆様感謝致します。

## 参考文献

- [1] 会津宏幸, 中島達夫. 移動可能な連続メディアアプリケーション. 日本ソフトウェア科学会 第 1 回プログラミングおよび応用のシステムに関するワークショップ (SPA98), 1998.
- [2] 天野憲樹, 渡部卓雄. 動的適応可能なソフトウェア・モデルのための言語アプローチ. 日本ソフトウェア科学会 第 1 回プログラミングおよび応用のシステムに関するワークショップ (SPA98), 1998.
- [3] A. Hokimoto, K. Kurihara, and T. Nakajima. An Approach for Constructing Mobile Applications using Service Proxies. In *The 16th International Conference on Distributed Computing Systems*, 1996.
- [4] Kaffe. <http://www.transvirtual.com/kaffe.html>.
- [5] D.B. Lange, M. Oshima, G.Karjoth, and K.Kosaka. Aglets: Programming Mobile Agents in Java. In *The International Conference on World Wide Computing and its Applications'97*, 1997.
- [6] A. Miyoshi, T. Kitayama, and H. Tokuda. Implementation and Evaluation of Real-Time Java Threads. In *The 18th IEEE Real-Time Systems Symposium*, 1997.
- [7] 望月裕洋, 徳田英幸. ポセッションモデルに基づく分散協調支援アプリケーションモデル. 情報処理学会 OS 研究会, 1998.
- [8] 中島達夫. モバイルコンピューティングのためのオペレーティングシステム. 電子情報通信学会誌, Vol. 80, No. 4, 1997.
- [9] 中沢仁, 望月裕洋, 徳田英幸. Mogul:位置透過型分散共有ツールキットライブラリ. 情報処理学会 OS 研究会, 1998.
- [10] 佐藤一郎. AgentSpace:高階モバイルエージェントシステム. 情報処理学会プログラミング研究会, 1998.
- [11] 徳田, 追川, 西尾, 萩野, 斎藤. MKng:次世代マイクロカーネル研究プロジェクトの概要. 第 55 回情報処大論文集, 1997.
- [12] H. Tokuda, T. Nakajima, and P. Rao. Real-Time Mach: Towards a Predictable Real-Time System. In *Proceedings of USENIX 1st Mach Workshop*, October 1990.