

研究課題別研究評価

研究課題名: モバイルオブジェクト・コンピューティング

研究者名: 加藤 和彦

研究の狙い: モバイルオブジェクトとは、内部にプログラムコード、データ、スレッドを含むソフトウェアオブジェクトが厳格なアクセス制御のもと、自在にネットワーク環境上を移動可能とする技術である。本研究では、モバイルオブジェクトに関して次の 3 点に関して研究を行った。第一に、モバイルオブジェクト技術を可能にするソフトウェアプラットフォーム Planet の設計と実現を行った。第二に、モバイルオブジェクト技術がもたらす新しいネットワークソフトウェア技術の可能性を探索した。第三に、広域ネットワーク環境上にて有用性を実証する研究を行った。

研究結果及び自己評価

研究結果

研究の狙いに掲げた三点について研究結果をまとめる。

Planet の設計と実現 Planet システムの最大の特徴は、オペレーティングシステムの機能拡張という形でモバイルオブジェクトの機能を提供し、しかも、ポータビリティを供するために、既存のオペレーティングシステム自体を改変することなく、ミドルウェア(OS 層とプログラミング言語層またはアプリケーション層の中間の層)として実現している点にある。このため、アプリケーション層にモバイルオブジェクトの機能を提供するのみならず、プログラミング言語層に対してもモバイルオブジェクトの機能を提供できる。他のほとんどの関連研究では、モバイルオブジェクトの機能が言語層に提供されるために、モバイルオブジェクトの機能が言語システムにビルトインされた構造になっており、モバイルオブジェクトの機能を利用するためには、特定のプログラミング言語(しばしば新たに設計された新言語)の使用が不可避となるのに対し、本研究のアプローチでは、さまざまなプログラミング言語にモバイルオブジェクトの機能を導入するために Planet の機能を利用することができる。

「さきがけ研究 21」において新たに開発した重要な機能として、異機種計算機環境の支援が挙げられる。Planet ではモバイルオブジェクトの実行をネイティブコードにて行うことを基本としている。これにより、システムを実現する基本コンポーネントをモバイルオブジェクトとして実現することが可能となっている。アプリケーションコードの生成時に、個々のマシンとは独立な標準表現(Canonical representation)としておき、個々のマシンに移動した際に、そのマシン上で直接実行可能なネイティブコードに変換するコード表現変換器(内部に just-in-time コンパイラを含む)も同時に移動させる。この変換器を、ネイティブ表現から正準表現への逆変換も可能にする双方向変換器として実現することで、異機種計算機環境上のオブジェクトモビリティを達成した。

新しいネットワークソフトウェア技術の探索 プログラミング言語処理系の just-in-time コンパイラおよびインタプリタをモバイルオブジェクト化する研究を行った。前者に関しては既に前項(1)にて述べた。後者については、世界で最も広く使われているスクリプティング言語の一つである Tcl 言語システムのインタプリタのモバイル化を Planet を用いて行った。比較的に大きなアプリケーションといえる Tcl も

(C 言語のソースコード約 56,000 行)、少ないマンパワーでモバイル化が可能であること、また、プログラミング言語のインタプリタをモバイル化することが可能であることを実証した。

just-in-time コンパイラおよびインタプリタをモバイル化するという新しい技法は、OS およびミドルウェア層にてモバイルオブジェクト機能を提供する Planet システム独特の、オリジナリティのある方法である。これらの技法は、本研究者が知る限り、世界的に見ても初めて実現されたものである。この開発により、さまざまなプログラミング言語に、比較的容易にモバイルオブジェクトの機能を導入する一手法を見出したとすることができる。また、プログラミング言語や仮想機械を固定することなしに、モバイルオブジェクト言語システムを実現させる、あるいは、複数のモバイルオブジェクト言語システムを共存させる方法を示したとも言える。

広域ネットワーク環境上での実証 モバイルオブジェクト技術が広域ネットワーク環境上で有用なネットワークソフトウェア構築手法であることは以前より知られているが、有用性のあるアプリケーションを実際に構築し、その効果を定量的に示した研究はほとんど報告されていない。本研究者は、国内の研究者(東大、京大、電総研)および国外の研究者(スウェーデン国ウプサラ大学)の協力を得、広域ネットワーク環境上でモバイルオブジェクトの実験を行う実験環境を構築した。ウプサラ大学における実験設備設置には、「さがけ研究 21」の研究費を活用させて頂いた。Planet システムをこの実験プラットフォーム上で稼働させると共に、現状では静止型のソフトウェアロボットにより実現されている Web サーチシステムの HTML テキストの情報収集を、モバイル型のソフトウェアロボットを用いて実現する方法の提案および実装を行った。そして定量的にその効果を検証した。

自己評価

Planet はネイティブコード実行に基づいたモバイルオブジェクトシステムであるため、当初は他の研究者から異機種環境への対応は容易ではないであろうと言われることが多かった。研究を進めるうちに、ネイティブコード実行を長所とする方法、すなわち、just-in-time コンパイラとインタプリタをモバイルオブジェクトして実現する手法を着想し、その手法が実現可能であることを実証できた。また、Web サーチロボットという、現在、インターネット上で最も広く実用的に活用されている広域ネットワークアプリケーションの一つにモバイルオブジェクト技術を導入することにより大きな実効的な効果を上げられることを実証できた。これらの点から、本研究はある程度の成功を見たといっても差し支えないであろうと考えている。

本研究においてやり残し、かつ、その重要性は極めて高いと認識している研究課題が、オープンネットワーク環境下におけるセキュリティ問題に関するものである。モバイルオブジェクト技術をクローズなネットワーク環境(利用者が固定され、信頼可能なプログラムのみが実行される環境)で利用するだけならば、モバイルオブジェクト技術は既にある程度の実用性を有していると考えられる。しかし、モバイルオブジェクトが最も威力を発揮するのは広域ネットワーク環境であり、しかも現在、一般に広く使用されている広域ネットワーク環境であるインターネットはオープンなネットワーク環境である。そのような環境でモバイルオブジェクトを活用するために最大の問題となるのは、いかにして、実行する計算機資源側、および、実行されるモバイルオブジェクト側の安全性を確保するかという問題である。セキュリティ保全の問題は、根深い研究テーマであり、モバイルオブジェクトを積極的に活用しないシステムですら、セキュリティ保全は容易でない。今後は、オープンネットワーク環境におけるセキュリティ保全を最重要の研究テーマの一つとして捕らえ、研究に邁進していくことを予定している。

領域総括の見解

モバイルオブジェクトの実装を可能にする新しいネットワークソフトウェア基盤の研究に取り組み、モバイル環境を実現する設計、実装、および世界規模の広域ネットワークを用いた評価に至る一貫した結果を出すことに成功したことは高く評価できる。

このようなグローバルネットワークの研究を個人研究として行なうには相当の研究レベルと意欲が必要であるが、加藤和彦は当初から極めて意欲的にこのテーマに取り組み、コンピュータサイエンスで有名なスウェーデンのウプサラ大学をグローバルネットワークのノードとする広域ネットワーク評価を努力を惜しまず遂行し、大きな成果を挙げた。

もちろん、こうした大規模ネットワークのためのソフトウェア基盤の研究は、一朝一夕に完成するものではなく、今後はさらにプロジェクト研究等による展開が必要と考えられるが、加藤和彦はこのさきかけ研究21の3年間で、こうしたプロジェクト研究をリードできるわが国の先端的な研究者としての力量を十分身につけたものと評価できる。

主な論文等：

査読付き雑誌論文

1. K. Kato, Y. Someya, K. Matsubara, K. Toumura, H. Abe, An Approach to Mobile Software Robots for the WWW, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 11, No. 4, pp. 526-548, July 1999.
2. 吉原潤, 加藤和彦, WWW 検索エンジンのためのインクリメンタルな全文検索インデックス更新方式, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol. 40, No. SIG8(TOD4), pp. 112-125, 1999 年 11 月.
3. 阿部洋丈, 一杉裕志, 加藤和彦, ソースコード変換技術を用いた Java 言語におけるスレッドのモビリティの実現法, 情報処理学会論文誌: プログラミング, Vol. 41, SIG2(PRO 6), pp. 29-40, 2000 年 3 月.
4. 松原克弥, 板橋一正, 森山豊, 染谷祐一, 加藤和彦, 関口龍郎, 米澤明憲. 動的双方向変換技術に基づいた異機種オブジェクトモビリティの実現法, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 6, pp. 1651-1664, 2000 年 6 月.
5. 東村邦彦, 加藤和彦, 松原克弥, アクティブネットワーク技術を用いた多重名前空間の実現法, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 6, pp. 1665-1676, 2000 年 6 月.
6. 吉田雅年, 松原克弥, 加藤和彦. モバイル・メモリセグメントを用いたモバイルプログラミング言語の非抽出型実現方式, 情報処理学会論文誌: プログラミング, 41 巻, SIG 9 (PRO 8)号, pp. 25-36, 2000 年 11 月.

審査付き国際会議論文

7. K. Kato, K. Matsubara, Y. Someya, K. Itabashi, and Y. Moriyama, Planet: An Open Mobile Object System for Open Network, Proceedings of IEEE Joint Symposium of First Int. Symposium on Agent Systems and Applications/Third Int. Symposium on Mobile Agents, pp. 274-275, October 1999.
8. K. Kato, K. Matsubara, K. Toumura, S. Aikawa, and Y. Someya, Object Passing and Interaction Mechanism of the Planet Mobile Object System, Object-Oriented Parallel and Distributed Programming (Proceedings of France-Japan Workshop on Object-Based Parallel and Distributed Computation), Hermes Science Publications, pp. 313-329, 2000.

9. K. Kato, K. Matsubara, Y. S., K. Itabashi, and Y. Moriyama, Design of an open mobile object system for open networks. *Parallel and Distributed Computing for Symbolic and Irregular Applications: Proceedings of the International Workshop PDSIA'99*, pp. 323–341. World Scientific, 2000.
10. K. Kato, K. Matsubara, Y. Someya, and M. Yoshida. Mobile substrate: Experiences of middleware-layer object mobility. *Proceedings of 6th ECOOP Workshop on Mobile Object Systems: Operating System Support, Security and Programming Languages*, 15 pages, June 2000.