

「情報社会を支える新しい高性能情報処理技術」

平成15年度採択研究代表者

加藤 和彦

(筑波大学大学院システム情報工学研究科 教授)

「自律連合型基盤システムの構築」

1. 研究実施の概要

膨大性、多様性、開放性を有する利用環境において、自律性と複合性を複合的に構成することができる情報基盤システムの設計原理の確立、同原理に基づいたシステム実装、及びその有効性の検証に関する研究を行う。統一的な設計原理として、仮想計算環境の原理について研究を行い、物理環境とは独立に自律性を有する仮想計算環境を構成し、さらに複数の仮想計算環境を連合させ、自律性を有する計算環境を構成可能とする。

本研究は、自律連合システム、仮想計算環境、データインターオペラビリティ、分散コンピューティングの言語と検証という4つのグループにより構成されている。

自律連合システムグループと仮想計算環境グループは、緊密に連絡をとりながら、我々が以前より研究開発を進めているSoftwarePotシステムの機能拡張を進め、実用度の高い自律連合型仮想計算環境の構築を行う。アクセス制御機能、スナップショット機能、リモートホスティング機能、オートノミック機能等の実現を図る。

データインターオペラビリティグループは、データベース、Webデータ、ストリーム情報源等の多様な自律的情報源を連合させる方法に関して研究を行う。オープン環境でのアクセス制御法、情報探索・分類機能、オントロジーを用いた意味的な連合機能、自律的機能調停法等を開発する。

分散コンピューティングの言語と検証グループは、自律連合の基本的な形態と考えられるWebプログラミングに関して、現状の問題点を明らかにし、Webプログラミング言語設計の基盤となるプログラミング・モデルの構築を目指した研究を行う。また、自律性をもつサイト間で安全な情報処理システムを構築する際に必要となる、安全なデータ交換形式に関する研究を行う。

2. 研究実施内容

自律連合システムグループは、以下の三点に関する研究を行った。第一に、仮想計算環境を提供するシステムの機能と性能を向上させるための要素技術を開発した。一台の計算機上に隔離した複数のホスト管理環境をユーザレベルにおいて仮想的に創り出し、それらを独立にインターネット上のホストとして利用可能とする技術、オンデマンド・差分転

送・プリフェッチの技術を組み合わせて仮想計算環境イメージを高速転送する技術等を開発した。第二に、公開暗号系技術を活用して、インターネットのようなオープンなネットワーク環境上において、移動可能な複数の仮想計算機間にまたがって安全にアクセス制御を行う手法の研究開発を行った。第三に、仮想計算環境による自律連合システムによって、コンピュータ機器の故障のみならず、ネットワークの不具合やソフトウェア設定の不具合が起きてもなおサービス提供を持続することができる新しい分散処理方式である Sustainable Computingの研究開発を行った。

仮想計算環境グループは、自律連合システム構築のための先進的な仮想計算環境の構築に関して三つの研究を行った。第一に、自律連合システムの要素となる仮想計算環境の開発を進めた。その開発は、SoftwarePotや、仮想計算環境を提供するための既存システムの実装を利用する形で進めた。その結果、仮想計算環境のスナップショットを取るためのシステムや、ネットワークでつながった複数の計算機上に一つの仮想計算機を実現するためのシステムを開発することができた。自己の動作を自律的に管理するシステムのための要素技術についても研究した。第二に、仮想計算環境の性能向上に関する要素技術の研究を進めた。具体的には、仮想計算環境を提供する際に問題となる資源の仮想化に伴うオーバヘッドを削減するための技術を開発した。具体的には、仮想化処理の並列化や投機実行によってオーバヘッドを削減する手法を設計、実装した。実験を行い、その技術が確かにオーバヘッドを削減することを確認した。第三に、仮想計算環境上で動作する応用システムの実装を進めた。自律的に自己の動作を監視し、移動や複製などの処理を行うサーバの実装を進めた。その結果、移動や複製を行うサーバの基盤となりうる二つのミドルウェアシステムを構築することができた。一つは、CPUエミュレータを用いて、物理計算機への依存度が極めて低い形でサーバの移動と複製をできるようにするシステムである。もう一つは、システムコールのレベルでOSの動作を仮想化し、移動と複製が可能な仮想環境をオーバヘッドが小さい形で実現するシステムである。

データインターオペラビリティグループは、オープン環境における情報源連合を目的とし、シームレスかつセキュアなデータ相互運用を実現するためのデータ基盤技術、動的情報源連合のための知識獲得技術、自律連合型基盤上でのデータ・インターオペラビリティ実現に関する三つの研究開発を行った。第一に、データベース、Webデータ、ストリーム情報源等の多様な自律的情報源の連合を実現するための既存技術を調査・分析し、情報モデル、システムアーキテクチャ、連合要求記述等の検討を行った。特に、最近注目されているストリーム情報源統合やXMLによる異種データ統合について重点的に研究・開発する事で、基本的な実現方式の見通しを得た。第二に、前項一で検討した基本アーキテクチャの下で、動的な情報源連合の実現に必要なシステム間の自律的機能調停を考慮したメディエーション機構、ラッパー構築、情報源からの知識抽出等の技術に関する研究を行った。特に、オープン環境でのメディエーション機構及びラッピング機構におけるアクセス制御や、既存データベースを知識源とする高度化された情報探索・識別・分類機構、情報源連合のためのメタデータ抽出・不整合吸収手法等の各技術の研究・開発を行った。第三

に、オープン環境における情報源連合の実現に向けて、SoftwarePotを含む自律連合システム基盤技術における資源管理手法について考察し、前項一、二を実現する際の問題点や課題の検討を行った。

分散コンピューティングの言語と検証グループは、自律性を持つソフトウェアシステムが交換するデータを文字列と考え、その文字列の安全性や文法的妥当性を静的に検査する研究を行った。具体的には、プログラムが出力する文字列を静的に解析し、文脈自由文法を用いて近似するプログラム解析を設計した。このプログラム解析のプロトタイプを、サーバサイドプログラム言語PHPに対して実装し、脆弱性の検出や生成されるHTMLの文法的妥当性の検査がきることを示した。ただし、スクリプト言語に特有の動的言語機能の扱いはまだ不十分であり、今後の課題となっている。また、Tomcatをコンテナとして利用して、WebブラウザからMathematicaの計算サーバにアクセスするアプリケーションの構築を行い、Webプログラミングの問題点の分析を行った。これまでのところ、複数プログラム言語の混在及びサーバサイドとクライアントサイドのプログラムの連携が問題になることが分かった。

3. 研究実施体制

「自律連合システム」グループ

- ① 研究分担グループ長：加藤 和彦（筑波大学大学院システム情報工学研究科、教授）
- ② 研究項目：自律連合型分散システムの構築

「仮想計算環境」グループ

- ① 研究分担グループ長：米澤 明憲（東京大学大学院情報理工学系研究科、教授）
- ② 研究項目：自律連合型基盤のための仮想計算環境

「データ・インターオペラビリティ」グループ

- ① 研究分担グループ長：北川 博之（筑波大学大学院システム情報工学研究科、筑波大学計算科学研究センター、教授）
- ② 研究項目：データ・インターオペラビリティ

「分散コンピューティングの言語と検証」グループ

- ① 研究分担グループ長：井田 哲雄（筑波大学大学院システム情報工学研究科、教授）
- ② 研究項目：分散コンピューティング・Webプログラミングのモデル、言語、検証

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

(1) 論文発表

- P. Suranyi, H. Abe, T. Hirotsu, Y. Shinjo, K. Kato, “General Virtual Hosting via Lightweight User-level Virtualization”, The 2005 Symposium on applications and the Internet (SAINT’05), Trento, Italy, pp. 229-236, Jan-Feb 2005.
- 阿部洋丈, 加藤和彦. “Aerie: WWWのための完全分散型プロキシ”. 情報処理学会論文誌: コンピューティングシステム, Vol. 46, No. SIG 3 (ACS 8), pp. 51-61, 2005年1月.
- 岡 瑞起, 小磯知之, 加藤和彦. “Eigen Co-occurrence Matrix (ECM): 時系列データからの多層ネットワーク特徴抽出手法の提案”, 日本データベース学会, Letters Vol3., No. 2, pp. 9-12, 2004年9月.
- M. Oka, Y. Oyama, H. Abe, K. Kato, “Anomaly Detection Using Layered Networks Based on Eigen Co-occurrence Matrix”, In proceedings of the Seventh International Symposium Recent Advances in Intrusion Detection (RAID), Springer, LNCS-3224, 2004, pp. 223-237., Sophia Antipolis, France, September, 2004.
- M. Oka, T. Koiso, K. Kato, “Extracting Features of Patients using the Eigen Co-occurrence Matrix Algorithm”, In proceedings of ECML/PKDD Discovery Challenge 2004, pp.86-97, Pisa, Italy, September, 2004.
- Richard Potter “One-Click Distribution of Preconfigured Linux Runtime State”, in Proceedings of the 3rd Virtual Machine Research and Technology Symposium (VM04), May 2004. (WIP session)
- 尾上 浩一, 大山 恵弘, 米澤 明憲. “Quasar: CPUエミュレータQEMUを利用した移動計算システム”. 第8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 (SPA2005) 論文集, 2005年3月.
小林 義徳, Eric Y. Chen, 大山 恵弘, 米澤 明憲. “オクトパス攻撃から Web サーバーを防御する手法”. 第2回ディペンダブルソフトウェアワークショップ (DSW’05) 論文集, pages 87-95, 2005年2月.
- 大山 恵弘, 加藤 和彦, 米澤 明憲. “仮想計算環境における最適化を支援するためのAPI”.
日本ソフトウェア科学会第21回大会論文集, 2004年9月.
- 横山 陽介, 大山 恵弘, 米澤 明憲. “SoftwarePotへのチェックポイント機構の導入”. 情報科学技術フォーラム (FIT 2004) 論文集, pages 171-172, 2004年9月.
- 尾上 浩一, 大山 恵弘, 米澤 明憲. “サンドボックスシステムにおける投機的な安全性検査”.
情報処理学会第96回 システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会

論文集, pages 1-6, 2004年6月.

- Norihide Shinagawa , Hiroyuki Kitagawa, “Constructing XML Views over Binary Data”, Proc. 8th International Database Engineering and Applications Symposium (IDEAS’04), Coimbra, Portugal, pp. 470-474, July 2004.
- 石川佳治, 宮坂集策, 北川博之. “RDB上のXSLT実体化ビュー のインクリメンタルな更新手法”, 日本データベース学会 Letters, Vol. 3, No. 3, pp. 25-28, 2004年9月.
- 渡辺陽介, 北川博之. “連続的問合せに対する複数問合せ最適化手法” 電子情報通信学会論文誌, Vol. J-87-D-I, No. 10, pp. 873-886, 2004年10月.
- 張建偉, 石川佳治, 北川博之. “空間情報ハブ抽出のためのウェブリンク解析手法”. 日本データベース学会 Letters, Vol. 3, No. 3, pp. 9-12, 2004年12月.
- 品川徳秀, 北川博之. “バイナリデータに対するXMLビューの実現” 電子情報通信学会論文誌, Vol. J88-D-I, No. 3, pp. 604-616, 2005年3月.
- Tetsuo Ida, Dorin Tepeneu, Bruno Buchberger , Judit Robu, “Proving and Constraint Solving in Computational Origami”, Proceeding of the 7th International Symposium on Artificial Intelligence and Symbolic Computation (AISC 2004), Lecture Notes in Artificial Intelligence 3249, pp. 132-142, 2004.
- Dorin Tepeneu , Tetsuo Ida, MathGridLink , “Connecting Mathematica to “the Grid””, Proceedings of the 6th International Mathematica Symposium (IMS 2004), 2004.
Hidekazu Takahashi, Dorin Tepeneu , Tetsuo Ida, “A System for Computational Origami -progress report”, Proceedings of the 6th International Mathematica Symposium (IMS 2004), 2004.
- 新城 靖, 阿部 聡, 板野 肯三. “XML Web サービスのための大域的ファイル・サービスの提案”, 情報処理学会研究会報告2004-OS-96-03, pp.15-22. 2004年6月.
- 新城靖. “XML Web サービスのための大域的メール・ファイル・システム”, 日本ソフトウェア科学会第3回プログラミングおよび応用のシステムに関するサマーワークショップ(SPA-Summer 2004), ポスターセッション, 2004年8月.
- Legendre Arnaud , Yasushi Shinjo, “Implementation of Mediators for XML Web Services”, apan Society for Software Science and Technology (JSSST) The Third Summer Workshop on Systems for Programming and Applications (SPA-Summer 2004), Poster Session, 2004.
- 奥山航平, 新城 靖, 板野 肯三. “Webアプリケーションと接続指向アプリケーションにおいてシングルサインオンを実現するための利用者認証方式”, 日本ソフトウェア科学会第3回プログラミングおよび応用のシステムに関するサマーワークショップ(SPA-Summer 2004), ポスターセッション, 2004年8月.

- 榮樂英樹, 新城 靖, 加藤和彦. “ユーザレベルOSのためのユーザレベルネットワーク機能”, 情報処理学会 第3回情報科学技術フォーラム (FIT2004), B-028, pp. 161-162 , 2004年9月.
- 今里邦夫, 新城 靖, 鈴木真一, 板野肯三, 加藤和彦. “ネットワークアプリケーションをテストするための通信記録再生機能”, 情報処理学会 第3回情報科学技術フォーラム (FIT 2004), B-032 , 2004年9月.
- 榮樂 英樹, 新城 靖, 加藤 和彦. “LilyVM: ユーザレベル OS のための軽量 VM” , 情報処理学会コンピュータシステム・シンポジウム (ComSys2004), ポスターセッション, 2004年.
- 奥山 航平, 新城 靖, 板野 肯三. “Webアプリケーションおよび接続指向アプリケーションの両者に対応したシングルサインオンの実現”, 情報処理学会コンピュータシステム・シンポジウム (ComSys2004), ポスターセッション, 2004年11月.

(2) 特許出願

H16年度特許出願件数：2件 (CREST研究期間累積件数：2件)