

## 研究課題別研究評価

### 1. 研究課題名 :自律的通信パケットによる動的ネットワーク

### 2. 研究者名 :佐藤一郎

### 3. 研究の狙い

本研究の目的は、通信処理方法を動的に変更可能なネットワークアーキテクチャ及びその通信プロトコルを開発することである。通信ネットワークの発展・普及にともない、ネットワークサービスの多様化・高度化が要求されるが、その通信処理を規定する通信プロトコルは固定化され、それが通信処理の発展の障害になっている。これを解決する方法として、ルータなどの通信ノードの処理を規定する通信プロトコルを動的に変更すると同時に、通信対象である通信パケットに経路制御プロトコルを埋め込むことにより、パケット単位でもプロトコル変更可能な枠組みを提案するとともに、モバイルエージェントを利用しながら実際のネットワーク上にこの枠組みを構築し、その有効性を評価していく。

### 4. 研究結果

モバイルエージェントに代表される移動プログラム技術を利用して、動的変更可能性をもつ通信アーキテクチャを提案した。本研究構想のポイントは、現代計算機の基本アーキテクチャであるフォンノイマン型計算機のモデルを通信ネットワークに導入することにある。フォンノイマン型計算機は計算対象（データ）と計算処理（コード）を区別しないために、計算処理をデータとして書き換えることができるという特徴を持つが、この研究では通信処理に相当するプロトコルとその対象となるパケットを統一的に扱える新しい通信アーキテクチャを提案することにある。そして、さきがけ研究の3年間に於いて、次の手順で実現を図った。

自律的通信パケット:モバイルエージェント技術を利用することにより、プログラム埋め込み可能な通信パケットを設計した。これは静的な経路制御だけでなく、そのデータ部分もアクセスできることから、データ側コンテンツに応じた経路制御やデータ部分の暗号化処理も可能となる。

通信プロトコルの記述言語:通信パケットという限られた空間にプログラムを埋め込むため、そのパケット自身の経路制御に特化した言語をプロセス代数をもとに設計し、その言語によるプログラムを実行するインタープリタを開発した。

通信パケットの転送機構:モバイルエージェントの実行システムを利用するものとなるが、ここでは再送信やパケット合成などの基本機構を導入することにより、パケット転送に特化した拡張を行った。

自律的通信パケットによる通信プロトコル:当初予定していた隣接ノード間通信、ストリーム通信、マルチキャスト通信などの基本通信に加えて、ネットワーク管理用プロトコルやグループウェア用プロトコルなども設計・実装した。

### 5. 自己評価

アクティブネットワークなどの名称で通信プロトコルの動的変更を扱う研究はいくつかあるが、この研究ではプロトコルとパケットを統一的に扱う枠組みを提案したことにより、従来のアクティブネ

ットワークと比較して変更可能性が極めて広いものとなった。ただし、プロトコルとパケットの混在は自由度があがる一方で、複雑さの原因となりうる。そこで、パケットに階層構造を導入することにより、パケットがプロトコルとして他のパケットを転送・搬送できるのは内包するパケットに限定する方法を提案した。これにより既存のアクティブネットワーク研究では困難とされてきたプロトコル階層と拡張性の両立に成功し、既存のデータ通信向けの階層プロトコルも容易に再現できるようになるなど当初予定を超えた成果を上げる起点となった。

なお、階層機構の導入は各プロトコルの機能を明確に分離可能にするとともにプロトコル記述言語の設計においても有益であった。研究当初は多様な通信プロトコルの記述ができる汎用的な言語を想定していたため、記述性とプログラムサイズのトレードオフとなっていたが、この階層化により各プロトコルの機能が細分化され、言語の記述対象も絞り込むことができるようになった。当初計画では言語プログラム実行のコストを考慮してバイトコードにコンパイルしてから実行する予定であったが、言語プリミティブの最小化によりインタープリタ方式とコンパイル方式の性能差が少ないことが判明したことから、インタープリタ方式に特化して研究をすすめた。

一方、研究当初から懸案であった通信性能に関しては、さきがけ研究の3年間では大きな改善を図ることができなかった。このため、応用範囲としてネットワーク管理やグループウェアなどの性能よりも機能が優先される通信プロトコルを取り上げ、性能的制約を最小化することとした。ただし、今後の応用を考えると性能向上は必須であり、今後、さきがけ研究で得た成果を踏まえて改善をはかりたいと考えている。

本研究における通信処理と通信対象の統一化は、計算機の基盤アーキテクチャであるフォンノイマン型計算機及びその理論モデルであるチューリングマシンのデータとコードの混在化と対応するものとなる。今後の理論的解析を待たなければならないが、フォンノイマン型計算機と同等な自己変更能力をもつ新しい通信システムとなっていると予想される。さきがけ研究の3年間では、本研究の基幹部分において大きく前進することができた。多謝するとともに、実用化に向けて今後も研究を進めていきたいと思う次第である。

## 6. 研究総括の見解

通信ネットワークのプロトコル動的変更は今後のネットワーク発展において必須な技術である。既存技術ではアドホックな手法にとどまっていたが、計算機科学における基盤概念との融合をはかることにより、理論的限界を明らかにするとともに記述性と柔軟性を両立したシステムを実現したことは大きな成果であり、高く評価できる。また、外部に対する成果の発表にも積極的であった。今後の発展・実用化も期待されており、将来の研究推進が大きく期待できる。

## 7. 主な論文等

### 論文]

Ichiro Satoh, "MobileSpaces: A Framework for Building Adaptive Distributed Applications using a Hierarchical Mobile Agent System", Proceedings of IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'2000), pp.161-168, IEEE Computer Society, April, (2000).

Ichiro Satoh, "MobiDoc: A Framework for Building Mobile Compound Documents from

Hierarchical Mobile Agents", Proceedings of International Symposium on Agent Systems and Applications/International Symposium on Mobile Agents (ASA/MA2000), pp.113-125, Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Vol. 1882, Springer, September, (2000).

Ichiro Satoh, "Flying Emulator: Rapid Building and Testing of Networked Applications for Mobile Computers", Proceedings of 5th International Conference on Mobile Agents (MA'2001), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Vol. 2240, pp.103-118, Springer, December, (2001).

Ichiro Satoh, "MobiDoc: A Mobile Agent-based Framework for Compound Documents", Informatica (International Journal of Computing and Informatics), Vol.25, No. 4, pp.493-500, (2001).

Ichiro Satoh, "Physical Mobility and Logical Mobility in Ubiquitous Computing Environments", Proceedings of 6th International Conference on Mobile Agents (MA'2002), LNCS, Vol. 2535, pp.186-202, Springer, October, (2002).

Ichiro Satoh, "Reusable Mobile Agents for Managing Networks", Journal of Information Processing Society of Japan, Vol.43, No.11, (2002).

Ichiro Satoh, " Flying Emulator: 携帯端末用ソフトウェアの開発試験環境 ", Journal of Information Processing Society of Japan, Vol.43, No.12, pp.3765-3774, (2002).

Ichiro Satoh, "Network Protocols for Mobile Agents by Mobile Agents", to appear in Journal of Information Processing Society of Japan, Vol.44, No.3, pp. 3448-3457, (2002).

Ichiro Satoh, "Configurable Network Processing for Mobile Agents on the Internet", to appear in Cluster Computing (The Journal of Networks, Software Tools and Applications), Vol. 6, Kluwer, (2003).

#### 【特許】

特許(申請中) 佐藤一郎(発明者) 『モバイル・エミュレータシステム』特 2001-365830(平成 13 年 11 月 30 日)