

分散ネットワーク管理のためのエージェントシステムに関する研究 (032107004)

A Study on Agent Systems for Distributed Network Management

木下 和彦 大阪大学大学院情報科学研究科

Kazuhiko Kinoshita Graduate School of Information Science & Technology, Osaka University

正城 敏博

Toshihiro Masaki

大阪大学先端科学イノベーションセンター

Center for Advanced Science and Innovation, Osaka University

研究期間 平成 15 年度～平成 17 年度

概要

本研究では、大規模なネットワークにおける分散網制御という、時間的・空間的に高い性能を要求されるシステムにも適用可能なエージェントシステムを実現するため、ネットワーク全体での処理効率を向上させるクローンエージェント生成技術とエージェント間通信技術、更にそれらを安全に運用するセキュリティ技術について検討した。また、ソフトウェア実装による性能評価に加えて、現在の IP ルータを置き換えることなく、ポート単位にモジュールを追加することでの動作を可能とする実装形態についても模索し、試作システムを製作してその動作を検証した。

Abstract

This research focuses on agent systems for distributed network management which requires quick response and high scalability. We propose a clone agent dispatching method, inter-agent communication technique, and security enhancement. In addition, for practical realization, we propose an implementation which does not require replacing of existing routers. Finally, we evaluate the performance and availability of proposed system by simulation experiments and prototyping.

1. まえがき

エージェントシステムについては既に多くの研究・開発がなされているが、これまではその移動性・自律性・分散性といった機能面のみが強調されており、その処理速度や実装規模などの定量的な評価はほとんどされておらず、実用的なものは存在しないのが現状である。そこで本研究では、大規模なネットワークにおける網制御という、時間的・空間的に高い性能を要求されるシステムにも適用可能なエージェントシステムについて検討する。

また、現行の IP ネットワーク上でエージェントを用いた網制御をそのまま適用することは難しいことから、既存の IP ルータを置き換えることなく、ポート単位にモジュールを追加することで動作を可能とする実装形態についても模索し、最終的にはその試作システムを製作する。

2. 研究内容及び成果

2.1. ネットワーク全体の処理効率を考慮したクローンエージェント生成制御技術

情報検索などで、ユーザからの要求に時間制約を伴う場合、エージェントがより良い結果を取得するには、制限時間内に可能な限り多くのノードで処理を完了することが重要となる。しかし、既存のシステムでは制限時間やノードの状況を考慮せずに移動し、制限時間内に処理を完了できないエージェントも処理を開始する。そのため、このようなエージェントに CPU 資源を割り当てることで、他のエージェントの処理完了までに要する時間が大きくなる。さらに、このようなエージェントが増加することで、各エージェントが制限時間内に処理を完了できなくなる可能性が高くなるという問題が発生する。

そこで、ネットワーク全体の処理効率を考慮したクローンエージェント（以下クローン）生成移動技術について検討した。提案方式では、ノード内で制限時間内に処理を完了できるエージェント数の期待値を解析によって導出した。この値は、対象のノードでクローンが十分に処理を完

了できるようなら増加し、逆に、クローンの増加による競争の影響の方が大きい場合には減少するため、これを基準として生成制御を行う。

シミュレーションによる性能評価の結果、従来の方式と比較して 20%以上の性能向上を確認した。また、条件を変えながら評価した結果、ネットワークの規模や各エージェントの制限時間の多少、処理量の大小に関わらず、安定して高い性能が得られることを明らかにしている。

2.2. クローンの処理状況を考慮したエージェント実行制御技術

マルチエージェントシステムでは、各ノードで利用できる資源の違いや他ユーザのエージェントとの競合によって、各クローンの処理完了までの時間には大きな差が生じる。このような環境下では、全エージェントの処理完了までの時間は処理が遅れているクローンに依存する。

そこで、エージェント間通信によって相互の処理状況を通知し、それを基にした CPU スケジューリングを行うことで、公平性を保証しつつ、エージェントの処理完了に要する時間を抑えるエージェント実行制御方式について検討した。提案方式では、残りの処理対象ノード数が少ないエージェントに対して優先して CPU 時間を割り当てる。これは、処理を完了していないノード数が小さくなるほど、まだ処理を行っているクローンの処理完了時刻が応答時間に影響を与える確率が高くなるからである。

このエージェント実行制御を実現するため、クローンへの CPU 時間の割り当て量の基準となる重みを各エージェントに与える。ここで、重みの大きさを各ノードで割り当てる CPU 時間の割合とする目的で、各エージェントに 1 の重みを与えるものとする。1 の重みが割り当てられたエージェントは、生成したクローンとの間でこの重みを均等に分割する。例えば図 1 左のように、5 つのノードで並列的に処理を行うエージェントの場合、それぞれのクローンが持つ重みは 1/5 になる。ここで、ノード d のエージェントが処理を完了したとすると、そのエージェントは他のク

ローンにエージェント間通信を用いてその旨を通知し、これを受けたクローンはそれぞれの重みを更新する (図1右)。これにより、処理を完了したクローン数が増加すると他の処理中のクローンの重みが増加し、それらの処理が遅れているクローンに割り当てられるCPU時間を増加させることができる。

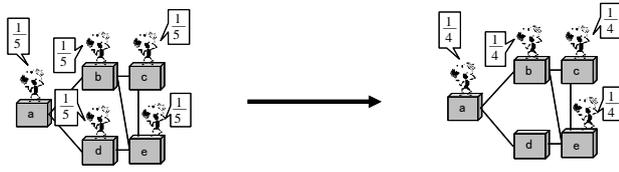


図1 エージェント実行制御の例

シミュレーションによる性能評価の結果、従来の方式と比較して最大約4倍の性能向上を確認した。特にネットワーク全体の負荷が高い際に効果が大きいことが確認されており、大規模ネットワークでの応用に適している。

2.3. エージェント間通信におけるセキュリティ

マルチエージェントシステムにおいて、各エージェントは自律的に動作しているため、メッセージの改ざんや不転送といった不正行為が行われたとしてもそれらを検出することは難しく、一種のビザンチン障害となる。

そこで本研究では、これらのビザンチン障害への耐性を持つ転送方式について検討した。提案方式では、まず Keep Alive メッセージを導入し、2ホップ圏内に存在しているノード同士で定期的に交換する。これにより、各ノードはそれらのノードの存在を確認できる。また、Keep Alive メッセージを含む全てのメッセージには送信の度に1ずつ増加するシーケンスナンバーを署名付きで振っておく。一方、エージェントがメッセージを送信する際には、協調情報を署名付きで送信する。このメッセージを受信したノードにおいて、協調情報を変更したり新たな情報を集約したりする場合には、受信した元々の協調情報と新たな協調情報の両方を次のノードに送信し、このメッセージを受信したノードでは、これらの両方を検証する。

本方式の効果として、第一に、悪意を持ったユーザが他のユーザになりすましてメッセージを送信し、他のユーザのエージェントの処理を操作しようとする問題については、常に協調情報に署名が添付されているため、署名を付けた本人以外のユーザがなりすますことはできない。第二に、悪意を持ったユーザが受信したメッセージを改ざんする問題については、ノードが受信する前の偽造できない協調情報と送信する際の協調情報が常にメッセージに含まれて送信されているため、それらの協調情報を検証することで改ざんを発見することができる。第三に、悪意を持ったユーザが自分に有益となるメッセージのみを転送し、他は転送しないといった問題については、シーケンスナンバーの連番を確認することで不転送の有無を検出することができる。ここで、Keep Alive メッセージも転送されない場合は、そのノードを故障ノードとみなすことができる。

また、実現にあたって各ノードは、2ホップ先までのノードの公開鍵のみを事前に知っていればよいため、大規模なネットワークにおいても実用的な方式であると言える。

2.4. 提案システムのプロトタイプ実装

最後に、提案システムを実ネットワークに適用するに際しての移行方法も含めた実装形態について検討した。既存ルータのモジュールに拡張ボードを追加する方法、アクティブネットワーク技術を応用して既存技術との共存を図る方法、ソフトウェア実装を基本としつつ一部のボトルネックと処理のみをハードウェア化するハイブリッドな方法が考えられたが、性能・コストの両面から比較した結果、

最も厳しい速度性能を要求される部分のみをハードウェア化し、これを既存IPルータにモジュールとして外付けする形態が最適であるとの結論を得た。また、エージェントプラットフォームを搭載したサーバを制御ノードとして別途設置する。この構成図を図2に示す。

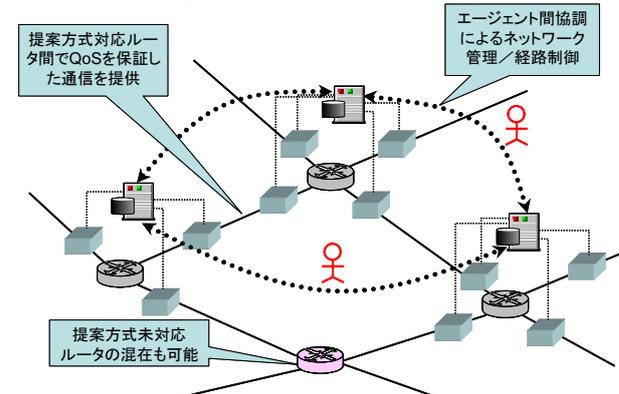


図2 構成図

具体的には、例えば、QoSを保証したオンデマンド映像配信サービスを考えると、まず、ユーザが求めるコンテンツを、これまでに得られた研究成果であるクローンエージェント生成・実行制御を用いながら探索し、発見したサーバからユーザ端末までの経路を確定する。その上で、この経路上を通過する当該通信の packets は優先パケットとして処理されるようなヘッダの書き換えを、上記のモジュールで行う。これにより、既存のIPネットワークの構成を大きく変えることなく、高品質・高信頼な通信を安定して提供可能となる。なお、優先パケットの遅延を保証するルータについてはいくつかの実験報告があり、近未来での実用化が期待できる。

この形態の実現性を検証するため、上記のモジュールをFPGAボードを用いてプロトタイプ実装した。その結果、6Mbpsの動画通信を品質劣化させることなく処理可能であることが確認できた。

3. むすび

エージェントはその自律性・分散性から、網管理に適しているが、一方で、ユーザの代理人としてのインタフェースも優れている。現在のWWW等では、ユーザが所望する情報をサーチエンジンなどで探し出し、しかも、非常に多数の該当ページを見る必要があるが、エージェントシステムが大規模ネットワーク上での処理の統一プラットフォームとなれば、これらの労力を費やすことなく、所望のサービスを得ることができるようになり、高度情報通信社会の更なる発展に大きく貢献するものと考えられる。

【誌上发表リスト】

- [1] H. Kamada, K. Kinoshita, N. Yamai, H. Tode, and K. Murakami: "An Efficient Agent Control Method for Time Constraint Applications," Proceedings of the 2005 Symposium on Applications & the Internet (SAINT 2005) (Trento, Italy) (2nd February, 2005)
- [2] 森口昌和, 木下和彦, 山井成良, 村上孝三: "エージェント間通信におけるビザンチン障害への耐性を持つメッセージ転送方式," 電子情報通信学会 NS/IN 研究会 (沖縄) (2005年3月4日)
- [3] V. S. Ranatunga, K. Kinoshita, N. Yamai, and K. Murakami: "A Fair and Effective Scheduling Algorithm for Multi-Agent Systems on Heterogeneous Environments," Proceedings of the IEICE General Conference (Osaka, Japan) (24th March 2005)