

| | |
|----------|---|
| 氏名 | 八 槇 博 史 |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (情 報 学) |
| 学位記番号 | 情 博 第 2 号 |
| 学位授与の日付 | 平成 11 年 9 月 24 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当 |
| 研究科・専攻 | 情報学研究科社会情報学専攻 |
| 学位論文題目 | Market-Based Control for Quality of Services in Network Applications (ネットワークアプリケーションにおけるサービス品質の市場指向制御) |

論文調査委員 (主査) 教授 石田 亨 教授 酒井徹朗 教授 上林彌彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ミクロ経済学の基礎理論のひとつである一般均衡理論に基づいて、ネットワークアプリケーションが使用する帯域資源を効率的に割当てするための手法について論じた結果をまとめたものであり、7章からなっている。第1章は序論であり、本研究の背景、目的、成果について概観している。第2章では、本研究で採用した一般均衡理論に基づく分散資源割当て方式について述べている。この方式の特色は、複数の個人が最大化すべき目的関数を別々に持つ環境において、パレート効率的な資源の割当てを、個々人の目的関数を隠蔽したまま決定できることである。本方式では、割当ての対象となる資源を市場中の財としてモデル化する。その資源を用いる主体を、財を消費して得られる効用を最大化する消費者エージェントと、ある財を他の財に変換して得られる利潤を最大化する生産者エージェントとしてモデル化し、計算機上に仮想的市場を構成する。この市場に対し価格調整過程を適用して需給の均衡を求めることで、パレート効率的な資源割当てが得られる。

第3章では、ネットワークアプリケーションのための資源割当てに価格調整機構を適用するときに必要な仮想的市場モデルの構築について論じている。この市場モデルの特徴は、(1) ネットワークサービスの品質ではなくアプリケーションが提供するサービスの品質を選好対象とする利用者モデルと、(2) 現在-未来モデルを用いた動的環境への対応である。

アプリケーション QoS とは、利用者がネットワークアプリケーションプログラムから直接に受けるサービスの品質 (Quality of Service) である。アプリケーションプログラムは、通信帯域や CPU 時間など、ネットワーク内にある一つまたは複数の資源を用いて一定のアプリケーション QoS を実現する。ここで、アプリケーション QoS に対する評価は通常利用者ごとに異なると考えられ、そのような私的情報を基として無駄のない資源割当てを実現するためには、本研究で提案する方式が有効である。

仮想的市場内の財としては、まずアプリケーション QoS をモデル化したものとしての QoS 財を定義する。そのアプリケーション QoS を達成するために使用される帯域などのネットワーク資源に対して、一つずつネットワーク資源財を設ける。次に、利用者を代表するものとして QoS 財の組合せを消費する消費者エージェントを定義する。アプリケーションプログラムによるネットワーク資源からアプリケーション QoS への変換のモデルとして、ネットワーク資源財を原料とし QoS 財を生産する生産者エージェントを定義する。また、利用者の要求が時々刻々変化していく環境でより有効な資源配分を達成するため、本研究では市場を「現在」と「未来」とに分け、現在資源を利用する要求のないエージェントに将来への投資を行う動機付けを行う。

以上で構成した市場モデルを用いて、目標とする資源割当てが達成できることを示し、シミュレーションによりその動作を確認した。

第4章では、上記の方式を実環境に適用する際に割当て結果の品質を左右する2種のトレードオフについて、定量的に解析を行っている。一つは空間的トレードオフであり、計算機構の実装の分散・集中によって、計算の並列性と通信コストとの間に生ずる。もう一つは時間的トレードオフであり、均衡の計算が収束する前に計算を打ち切るか否かによって、計算の

正確性と環境への追従性との間で生ずる。実際の LAN 環境を想定したシミュレーションを行い、現行技術における最適なシステムデザインについて考察している。

第 5 章では、企業内イントラネット規模のネットワークの資源割当てを上記手法により行うシステム QoS Market の設計について述べている。このシステムでは、計算高速化と個人情報保護とを同時に達成するために移動エージェント方式を採用した。この方式では、エージェントプロセスを動的にクライアントホストからサーバホストへと移動させる。同方式の性能に対する寄与を調べる実験を行い、大幅な計算時間の短縮が達成できることを示した。

第 6 章では、本研究と同様に市場機構による資源割当てを論じた他の諸研究との比較を行い、本研究で開発された手法の拡張について検討している。

第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、一般均衡理論に基づいて、利用者選好をもとにネットワーク資源の効率的な割当てを行うための基礎的手法を研究し、その成果をまとめたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 従来主に静的な資源割当て手法として研究されてきた仮想的市場を用いた分散資源割当てを、インターネットのように利用者の要求が動的に変化する環境に適用できるよう拡張し、ネットワーク資源割当てのための仮想的市場モデル構築を行った。またシミュレーションを通じ、同市場計算モデルが動的な要求変化に応じた資源割当てを導くことを示した。

2. 計算機ネットワーク上の応用プログラムに上記手法を適用する際に、時間的トレードオフおよび空間的トレードオフが割当て結果の品質を左右することを示し、解析を行った。実環境を想定したシミュレーションにより、市場計算の早期打ち切りによる環境変化への追従と、計算の集中化による通信量削減とが、割当て結果の品質向上に有益であるとの結論を得た。

3. 上記手法を採用したネットワーク資源制御システム QoS Market を実装し、企業内のイントラネット規模のネットワークに必要な計算速度を実現するための基礎的検討を行った。同システムでは、移動エージェント技術を適用することで、目標とする利用者の個人情報を保護した上での計算高速化を達成した。

以上、本論文は動的に要求の変化する計算機ネットワークにおいて、一般均衡理論に基づいて効率的な資源割当てを行うための基礎的手法に関する研究をまとめたものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 11 年 8 月 21 日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。