

氏名	郭 凱				
学位の種類	博士 (社会工学)				
学位記番号	博 甲 第 9 4 3 3 号				
学位授与年月日	令和2年3月25日				
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当				
審査研究科	システム情報工学研究科				
学位論文題目	Computation Offloading in Mobile Cloud Computing (モバイルクラウドコンピューティング環境における計算のオフローディング)				
主査	筑波大学	教授	博士 (工学)	張勇兵	
副査	筑波大学	准教授	博士 (学術)	八森正泰	
副査	筑波大学	准教授	博士 (情報理工学)	安東弘泰	
副査	筑波大学	准教授	博士 (情報学)	Phung-Duc Tuan	
副査	筑波大学	准教授	博士 (情報科学)	木村成伴	

論文の要旨

審査対象論文は、モバイルクラウドコンピューティング環境において、移動端末から端末に近いアクセスネットワークに設置されているエッジサーバか、または、さらにクラウドサーバに計算負荷を効率的にオフロード（移送）することにより、端末アプリケーションの平均応答時間を最小化する問題に関する研究である。オフロードされる計算負荷は、端末で実行されるアプリケーション単位の場合と個々のアプリケーションを構成するタスク単位の場合との両方を考慮している。まず、複数の移動端末と1台のエッジサーバからなるモバイルクラウド環境において、タスク単位のオフローディング問題を混合整数計画問題として定式化し、その問題を解くヒューリスティックアルゴリズムを提案している。次には、移動端末で実行されるアプリケーションをアプリケーション単位でエッジサーバかクラウドサーバにオフロードする問題を非線形計画問題として定式化し、その最適解を求めるアルゴリズムを提案している。

第1章では、研究の背景と目的を説明している。まず、クラウドコンピューティングの概要を述べ、そして、モバイルクラウドコンピューティングの必要性を説明している。移動端末の計算能力やストレージ容量、バッテリー寿命などの制限を緩和するため、端末に近いアクセスネットワークに設置されているエッジサーバに計算負荷を移送して処理する手法として、アプリケーション単位のオフローディング方式とアプリケーションを構築するタスク単位のオフローディング方式を紹介している。さらに、本論文の目的及び研究成果のまとめを述べている。

第2章では、先行研究を詳細に説明しており、これまでの研究の問題点は、簡単のため、エッジサーバの処理能力と端末からエッジサーバへの通信ネットワーク混雑状況のいずれかしかを考えてい

ないことを指摘している。エッジサーバは数多く設置されるため、その処理能力に限界があり、また、移動端末からエッジサーバとのデータ通信は無線ネットワークを介することが多いため、ネットワークの混雑状況を考慮すべきであることを指摘している。

第3章では、端末アプリケーションを構成するタスク単位のオフローディング問題を考え、その解を求める時間を減らすため、二段階のオフローディングアルゴリズムを提案している。ここで、タスクの実行フローを有向グラフで表現している。第一段階では、エッジサーバ処理能力の制限を無視した場合のタスクオフローディング問題を混合整数計画問題として定式化し、その解を求めている。次には、第一段階で得られた解を元にエッジサーバ処理能力の制限条件を考慮に入れて、移送されるタスクの移送決定を再考するようにしている。シミュレーション実験により、提案手法は従来の手法より顕著に優れていることを示している。

第4章では、アプリケーション単位のオフローディング問題として、端末アプリケーションは端末で実行するか、または、エッジサーバかクラウドサーバにオフロードして実行することを考えている。そのため、アプリケーションのオフローディング問題を非線形計画問題として定式化し、その最適解、すなわち、端末がすべてのアプリケーションを自身で処理する条件および一部のアプリケーションをエッジサーバかクラウドサーバにオフロードする条件、すべてのアプリケーションをエッジサーバかクラウドサーバにオフロードする条件を示している。さらに、最適解を求めるアルゴリズムを提案している。数値実験およびシミュレーション実験により、提案手法は先行研究より優れているほか、パラメータの変動に対しても提案手法の優位性が保っていることを示している。

第5章では、本研究の結果全般に対する考察及び今後の展望について述べられている。

審査の要旨

【批評】

審査対象論文は、モバイルクラウドコンピューティング環境において移動端末の計算負荷をいかにエッジサーバかクラウドサーバに効率よく移送して処理するかという問題に焦点を当てており、移動端末からエッジサーバへの無線通信ネットワークの混雑状況とエッジサーバの処理能力の制限との両方を考慮に入れている点で先行研究より実システムに近い条件を考えている。まず、端末アプリケーションを構成するタスク単位のオフローディング問題を考え、タスクオフローディング決定の計算時間を減らすため、二段階のオフローディングアルゴリズムを提案している。シミュレーション実験で提案アルゴリズムは従来手法より顕著に優れている結果を得ている。次に、端末アプリケーション単位のオフローディング問題を非線形計画問題として定式化し、その最適解を求めるアルゴリズムを提案し、また、数値実験で提案アルゴリズムは従来手法よりアプリケーションの平均応答時間を大きく削減していることを示している。以上の研究成果は当該研究分野に大きく貢献していると言え、博士論文としての十分な水準に達していると判断する。

【最終試験の結果】

令和2年2月4日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（社会工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。