

氏名(本籍)	KHAN Ashiq Mohammad Tariq Masrur		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第	7290	号
学位授与年月日	平成27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	Autonomous Management and Orchestration for Network Virtualization (ネットワーク仮想化のための自律的な管理及びオーケストレーション手法)		
主査	筑波大学 教授	学術博士	和田 耕一
副査	筑波大学 教授	工学博士	岡本 栄司
副査	筑波大学 教授	博士(理学)	加藤 和彦
副査	筑波大学 准教授	博士(理学)	志築 文太郎
副査	筑波大学 准教授	博士(情報科学)	木村 成伴

論文の要旨

本論文では、ネットワーク仮想化のための自律的な管理とオーケストレーション手法に関する提案を行っている。本論文の第1章では、研究背景を述べた後、ネットワーク仮想化の対象となる構成要素をまとめ、本論文で焦点を当てる研究内容について説明している。第2章では、ネットワーク仮想化のために利用できる既存技術として、クラウドコンピューティングとSDN (Software-Defined Network)を示し、これらについて説明している。第3章では、ノード仮想化とネットワーク仮想化を対比し、それぞれの利点や仮想化のレベルについて述べている。その後、通信事業者にとってのネットワーク仮想化のユースケースとして、複数事業者でのネットワーク共有や、同一ネットワークを用いた複数世代携帯電話網の同時提供、試験サービスの実ネットワーク上での運用、サービス毎の仮想ネットワーク分割を挙げ、これらを実現するために必要な技術について述べている。第4章では、物理ネットワーク上で、仮想化したネットワークを自動的に構築するためのヒューリスティックアルゴリズムを提案している。ここで、構築するネットワークには、サービス提供拠点数、拠点間の帯域と遅延時間が制約として与えられる。また、ルータやリンクに障害が発生しても、動作が維持できるだけの冗長性を持ち、自然災害などの大規模障害により、サービス提供拠点を移動させる場合に備え、拠点間は指定された距離だけ離れている必要がある。そして、シミュレーション実験を行った結果、提案方式により構築されたネットワークのノード数は、最適解よりそれほど多くなく、既存方式とほぼ同等であること、帯域消費量やパス長、ネットワーク構築成功率が、既存方式よりも良くなることを示している。第5章では、既設の設備を変更しないという制約の下で、同一物理ネットワークを共有している仮想ネットワークを、互いに分離独立させるための手法を提案している。従来、ネットワークで提供されるサービスの通信品質を保証するため、MPLS (Multi-Protocol Label Switching)を

用いて、物理ネットワーク上に、サービスクラス毎の LSP (Label Switch Path)を拠点間で確立するのが一般的である。このため、異なる仮想ネットワークであっても、同じサービスを提供する場合は、同一の LSP を利用する必要がある。しかし、現在の MPLS では、仮想ネットワークを区別して扱うことができないため、仮想ネットワーク間の独立性が損なわれ、一方が制限以上に帯域を使いすぎて、他方の通信を妨害する恐れがあった。本章では、OpenFlow を用いたアドミSSION制御を導入することで、この問題を解決する方式を提案している。そして、提案方式を実装したネットワークプロトタイプ上で、仮想ネットワークが、2つのシナリオに基づいて通信を行った結果、提案方式では、契約量を超えた帯域を利用しようとする、回線の確立を拒絶、もしくは、確立した後でプリエンプトできることを示している。第6章では、環境からの干渉を受けやすく、回線品質が不安定な無線ネットワークにおけるネットワーク仮想化について論じている。MANET (Mobile Ad-hoc Network)において、サービス毎に分離したネットワーク仮想化ができることを説明している。次に、MANET での通信経路の安定性とパケットサイズの関連性を指摘した後、安定した通信経路を確立するためのルーティングプロトコルを提案している。そして、シミュレーション実験により、提案方式は、パケット伝送率が向上し、データリンク層での再送率が低下することを示している。第7章では、仮想化ネットワークのアーキテクチャと、これを統合的に管理するためのオーケストレーション手法について述べている。最後に、第8章で本論文をまとめ、今後の課題を述べている。

審 査 の 要 旨

【批評】

本論文は、ネットワーク仮想化のユースケースを示すとともに、仮想ネットワークを物理ネットワーク上に効率よく自動的に構築するための方式や、既存ネットワークを変更せずに、複数の仮想ネットワークを分離独立させるための管理手法、通信品質が不安定な無線ネットワーク上で仮想ネットワークを構築するための基礎技術について提案し、論じている。それらの手法の有効性に関して、シミュレーション実験やプロトタイプネットワーク上に実装したシステムによる通信実験により詳細に評価している。本研究は、仮想化技術に基づいて、大規模な障害に柔軟に対応でき、またネットワークの利用効率を向上できる新たな方式を提案しており、ネットワーク工学上貢献するところが極めて大きいと考えられる。今後は、これらの提案方式を実ネットワーク上に実装し、実際のネットワーク環境で運用することで、本方式の有効性を示すことが望まれる。

【最終試験の結果】

平成 27 年 2 月 10 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（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。