

# 内容の要旨及び審査結果の要旨

平成 28 年 2 月 13 日

氏名	長 野 純 一
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	甲第 134 号
学位記の授与日	平成 28 年 3 月 18 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 創価大学大学院学則第 31 条第 2 項該当 創価大学学位規則第 3 条の 3 第 1 項該当
論文題目	グラフ理論を応用した Software Defined Networking の設計と実装に関する研究
論文審査機関	工学研究科委員会
論文審査委員	主査委員 博士(工学) 篠 宮 紀 彦 委 員 博士(工学) 畝 見 達 夫 委 員 博士(工学) 高 見 一 正

## <論文の内容の要旨>

現在、インターネットを介した多種多様なサービスが多くの人によって利用されているため、ネットワークを流れる情報量は否応なしに増加しており、たとえわずかな時間の障害や輻輳であっても、通信サービスを利用するユーザに甚大な損害を与える可能性がある。同時に情報通信ネットワークは大規模かつ複雑になっており、より信頼性が高く、効率の良い管理および制御のための技術が求められている。

本研究は、従来、グラフ理論を用いて確立されてきたネットワーク制御手法を拡張し、近年、ソフトウェアによって、より自由度の高い制御を可能にする技術として注目を集めている SDN (Software Defined Networking) とりわけ OpenFlow プロトコルを用いて、信頼性の高い大規模なネットワークの設計を目的としている。具体的には、制御負荷の軽減とシステム規模の拡張性を高めるため、分散配置された複数のコントローラが協調動作して効率的な運用を実現する発展的な手法を提案している。

本論文は 6 章から構成されている。第 1 章では、まず、情報通信ネットワークを取り巻く状況、および、従来から議論されてきた集中制御と分散制御に関する課題が述べられている。また、SDN の概念と基本的な要素技術について説明し、SDN におけるコントローラへの負荷集中、コントローラとスイッチ間の制御チャネル遅延の影響、制御ルール（フローエントリ）数の制約に関する問題点を明示している。第 2 章では、本研究を進めるために必要な関連技術について詳細な解説が記載されている。特に、SDN が中心的に導入されているデータセンタの現状や、SDN を実現するための主要技術である OpenFlow プロトコルの仕様について説明されている。さらに、OpenFlow プロトコルを用いたフローエントリ数の制約を満たすための制御方法や、複数コントローラによる運用形態などについても述べられている。

第3章では、ネットワークを抽象化するためのグラフ理論に関する諸定義がなされており、パス、連結度、木や基本タイセット系などの概念と、対象となる情報通信ネットワークとの対応関係が説明されている。第4章では、集中型のコントロールプレーンによる障害復旧制御に焦点を絞り、提案手法を実装するための要求条件や基本タイセット系を用いた障害復旧の動作について詳細な設計情報が記述されている。また、実際に開発した OpenFlow による障害復旧方式を評価するための検証実験について述べられており、結果の考察から有効性が示されている。具体的には、提案方式によってネットワーク規模に依存せず、パケットロス数とメッセージ数を一定レベルに抑制できることを示し、障害復旧のための予備経路長とフローエントリ数も同時に低減できることが示されている。第5章では、信頼性を考慮した複数コントローラ間の情報共有のための負荷軽減手法が提案されており、これは、グラフ理論の問題として定式化して議論されている。特に、階層化された制御システムにおいてネットワーク全体の状態情報を効率的に集約するため、サイクルを用いたクラスタリングアルゴリズムが提案されている。提案手法の特性を検証するための実験では、様々な大規模ネットワークトポロジを対象とした場合においても、コントローラによって共有される情報量が削減可能であるとの結果が述べられている。最後に第6章では、結論がまとめられており、残された課題、および今後の研究の展望について述べられている。

#### <論文審査結果の要旨>

本論文の内容は、情報システム分野の根幹となる通信ネットワーク技術を支える独創的かつ有効性の高い成果と考えられ、実現可能なシステムとして社会に大きく貢献できると考えられる。また、研究によって培われた要素技術は、普遍性のある理論的な成果も含まれるため、他のシステムへの応用も期待できる一般性も含まれている。なお、本論文内容の一部は、信頼できる査読制度のある邦文の学術論文誌1篇(電子情報通信学会論文誌)と英文の学術論文誌1篇(ELSEVIER Computer Networks)に掲載されている。以上のように、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認められる。