

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26540180

研究課題名(和文) データセンターネットワークを対象としたSDN構築演習支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of a Supporting System of SDN Exercise for Data-Center Network

## 研究代表者

新村 正明 (NIIMURA, Masaaki)

信州大学・学術研究院工学系・准教授

研究者番号：20345755

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、SDN本来の機能であるソフトウェアによるネットワーク構成の動的な変更を行う技術の習得を目的とした演習の開発のため、演習題材としてデータセンター内ネットワークの構築を取り上げ、サーバ負荷等のネットワーク外の状況をネットワーク構成に反映させる演習を行うことが可能な演習システムの構築を行った。この結果、難易度の異なる2つの授業において、円滑に演習を進めることが確認できたほか、進捗状況のリアルタイムな可視化も可能となった。

研究成果の概要(英文)：In this project, we develop a SDN (Software Defined Network) practice system to bring up the engineer who can treat SDN. The network reconfigure by software is a main characteristic of SDN. To acquire the SDN technology, we select a development of network in Data Center as a theme of the exercise.

This practice system smoothly functioning in two deferent difficulty level exercises, and a progress of the exercise visualized.

研究分野：教育工学

キーワード：SDN ネットワーク構築 演習

## 1. 研究開始当初の背景

SDN(Software Defined Network) は、ソフトウェアによりネットワーク構成を動的に変更することが可能な技術である。

従来のネットワーク技術においては、切断/接続あるいはトラフィック量などのデータを、ネットワークを構成する機器間で交換にすることによる制御しか行うことが出来なかった。

これに対して SDN では、ネットワーク機器により収集される情報以外の情報、たとえばサーバ負荷量等を情報の基にネットワークの制御を行うことを可能としている。

このため、サーバの処理能力に応じた負荷分散をネットワークレベルで行うなど、データセンタ内ネットワークへの利用が広く行われつつある。

我々は、信州大学大学院理工学系研究科において、SDN に関する講義・演習の実践を行い、一定の成果を挙げつつある。このような、高等教育機関における SDN に関する教育の取り組みは、少ないながらも広まりつつある。

SDN によるネットワーク構築演習では、単に構築を行うだけでなく、SDN 本体の機能であるソフトウェアによる動的なネットワーク構成の変更等の技術を習得する必要がある。しかし、従来のネットワーク技術に関する演習では、ネットワーク外の情報を演習に反映させる方法がなく、SDN の実践的な演習が困難であった。

## 2. 研究の目的

そこで、本研究では、SDN 本来の機能の習得に関する実践的な演習を行うために、サーバ負荷量等、ネットワーク外の状況を調整・反映することのできる演習支援システムの開発を目的とした。

従来技術のネットワークについては、ネットワーク構築演習を支援するシステムの研究開発が広く行われており、教育的効果も得られている。しかし、従来の方法では、ネットワーク構築を主目的とするものがほとんどであり、ネットワーク外の状況を変化させ、それをネットワーク構成に反映させるような演習は困難である。

SDN においては、教育に関する取り組みも始まったばかりで、データセンタを対象としたようなネットワークの動的な構成変更などの実践的な内容での教育は、まだ行われ

ていない。

したがって、本研究で開発する演習支援システムを用いることで、SDN を用いたネットワーク構築の実践的な演習が可能となる。

## 3. 研究の方法

従来のネットワーク演習を行うシステムはネットワークを接続することに重点が行われてきた。このため、ネットワークによりノード間が正しく接続できているか、あるいは、故障等が発生した場合に正しく迂回できるか等の、接続性の確認が中心となっている。

これに対して、SDN は、サーバ負荷などアプリケーションレベルでのパラメータによるネットワーク接続の動的な変更がその本来の機能であり、特にデータセンタ内接続においてサーバ負荷の軽減等に用いられるなど応用先が多い。したがって、演習においては、外部のパラメータによりネットワーク構成が正しく変更されるかが重要となる。

そこで本研究では、SDN の技術を習得するために、SDN の応用先として実装例の多いデータセンタ内ネットワークに着目し、データセンタへのアクセス集中やアンバランスなサーバ負荷の状況下における課題解決の演習を行うこととする。

このために、演習カリキュラムの開発と、その演習を支援するシステムの開発を行う。開発する演習支援システムは、外界の状況の変化とネットワーク構成の変化の追従性の確認に重点をおく。これにより、従来のネットワーク演習システムでは出来なかった、SDN 本来の機能を習得する演習が可能となる。

特に、データセンタ内ネットワークを対象とすることで、SDN が実際に使用されている状況を再現することが可能となり、非常に実践的な演習を行うことが可能となる。

## 4. 研究成果

本研究は、SDN 本来の機能であるソフトウェアによるネットワーク構成の動的な変更を行う技術の習得を目的とした演習の開発のため、演習題材としてデータセンタ内ネットワークの構築を取り上げ、サーバ負荷等のネットワーク外の状況をネットワーク構成に反映させる演習を行うことが可能な演習システムの構築を行う。

この演習システムの構築のために、これを構成する要素技術である、「演習支援システム」と「負荷コントローラ」の開発を行った。

まず、「演習支援システム」は、受講生毎に SDN の開発環境を提供し、個々に独立した演習を行うことを可能とするものである。これの実現には、受講生毎に、独自のネットワークおよび複数のサーバ・クライアントを持つ演習環境を提供する必要があり、これらを仮想化技術を用いることで実現した。また、すでに実施している SDN 技術演習の授業に試験的に取り入れ、機能確認を行った。

次に、サーバ負荷の変化を再現するために「負荷コントローラ」の開発を行った。これは、演習システム上のネットワーク環境内に仮想的なクライアントを複数生成し、それぞれからネットワークトラフィックを発生させることで、トラフィック量を動的に変更することで、ネットワーク構成の動的な変更に関する演習が可能となった。

これら 2 つの要素技術を統合することで、演習システムの構築を行った。また、作成した演習システムを試験運用することで、ユーザインターフェースが演習実施の上で重要であることが判明したことから、試験運用とユーザインターフェースの機能改善を繰り返し行うことで、操作性の向上を図った。

図 1, 2 に演習システムのユーザインターフェースを示す。

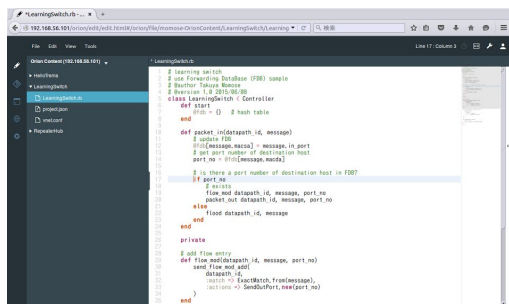


図 1 演習システム：ソフト開発

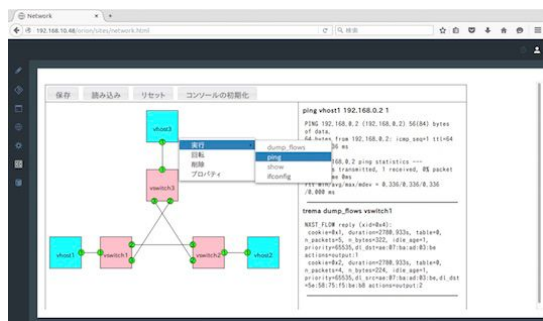


図 2 演習システム：ネットワーク接続

評価は、工業系短期大学校 2 年生のクラスと、大学院修士 1 年生のクラスの、2 つの授

業の演習に適用することで行った。演習内容の複雑さの異なる演習であったが、双方の演習を円滑に進めることができた。

また、学習者の演習の進捗状況を可視化する機能の追加開発を行った。図 3 に可視化された進捗状況を示す。これは、ユーザインターフェースの改善と共に行った機能追加であり、教授者に対して、学習者の演習状況をリアルタイムに表示するものである。これにより教授者は、演習中の学習者の進捗状況をリアルタイムに把握することが可能となり、クラス全体の進度調整だけでなく、進捗の芳しくない学習者への個別支援も可能となった。

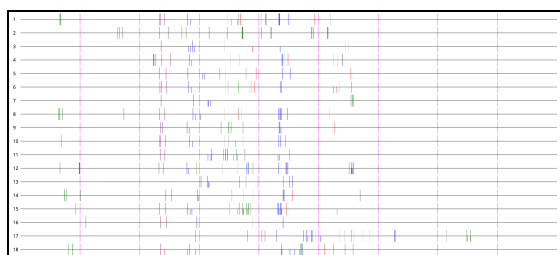


図 3 進捗状況の可視化

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計 7 件)

Takashi Yokoyama, Hisayoshi Kunimune, Masaaki Niimura, Determining Learning Status in SDN Construction Exercises, World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2016, 2016/11/15, ワシントン DC(アメリカ合衆国)

横山貴志, 百瀬拓也, 新村正明, 國宗永佳, SDN によるネットワーク構築演習における学習者の行動履歴収集, 情報処理学会教育学習支援情報システム研究会, 2016/05/20, 信州大学(長野県長野市)

百瀬拓也, 横山貴志, 國宗永佳, 新村正明, Web ベース統合開発環境による SDN 実習支援システムの提案, 電子情報通信学会教育工学研究会, 2016/03/05, 香川大学(香川県高松市)

落合聡裕, 國宗永佳, 新村正明, SDN を用いた受講者個別の動的な演習用サーバの提供方法, 電子情報通信学会教育工学研究会, 2016/03/05, 香川大学(香川県高松市)

落合聡裕，國宗永佳，新村正明，SDN によるクラウド上での動的なサーバ実習環境構築手法の提案，電子情報通信学会教育工学研究会，2015/03/14，四国大学交流プラザ(徳島県徳島市)

園生遥，國宗永佳，新村正明，SDN を用いたネットワーク構築演習におけるプログラミング実習法の提案，電子情報通信学会教育工学研究会，2014/10/18，金沢大学(石川県金沢市)

新村正明，園生遥，國宗永佳，SDN および仮想化技術による動的なサーバ実習環境構築システムの提案，教育システム情報学会第39回全国大会，2014/09/11，和歌山大学(和歌山県和歌山市)

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

新村 正明 (NIIMURA, Masaaki)

信州大学・学術研究院工学系・准教授

研究者番号：20345755