

# SDN 学習支援のための実習プラットフォームの提案

## A Proposal of the Learning Support Platform for SDN

牛込 翔平<sup>\*1</sup>, 園生 遥<sup>\*2</sup>  
Shohei USHIGOME<sup>\*1</sup>, Haru SONO<sup>\*2</sup>  
新村 正明<sup>\*1</sup>, 國宗 永佳<sup>\*1</sup>  
Masaaki NIMURA<sup>\*1</sup>, Hisayoshi KUNIMUNE<sup>\*2</sup>

\*1 信州大学大学院理工学系研究科情報工学専攻

\*1 Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

\*2 信州大学工学部情報工学科

\*2 Shinshu University Computer Science&Engineering

Email: ushishi@seclab.shinshu-u.ac.jp

**あらまし**：近年、Software Defined Network（以下、SDN）というネットワーク機能や構成をソフトウェアで制御する概念が普及し、技術者の育成が必要となっている。しかし SDN によるネットワーク制御プログラム開発実習において、既存の開発環境では、実習環境構築やプログラム動作の検証が困難である。そこで、本研究では SDN 実習に必要な環境・情報・操作を一元的に提供する実習用プラットフォームとそれを利用した SDN 学習カリキュラムを提案する。

**キーワード**：学習支援システム, 学習カリキュラム, Software Defined Network

### 1. はじめに

近年、Software Defined Network (SDN) というネットワーク機能や構成をソフトウェアで制御する概念が普及してきており、技術者育成が必要となっている。そのため、大学など教育機関では SDN に関する講義・実習が実施されている(1)が、カリキュラムや学習環境の観点から SDN の学習環境は整備されているとは言い難い。そこで本研究では、SDN 学習カリキュラムと SDN 実習に必要な環境や情報を提供する実習用プラットフォームを提案する。

### 2. Software Defined Network

Software Defined Network とは Open Networking Foundation(2) が推進するネットワークの新たな概念である。SDN では、従来のネットワークアーキテクチャで一体化されていた各ネットワーク機器のスイッチ機能とコントロール機能を分離することで、ネットワークの一括制御を可能とする。

また、従来のネットワークは経路制御情報が層ごとに決まっていたが、SDN では TCP/IP のパケットヘッダ情報を自由に組み合わせることで、あらゆるトラフィックに対し柔軟な経路制御を行うことができる。

現在、SDN を実現する代表的なプロトコルとして OpenFlow(3)が存在するが、本研究でも SDN の学習にあたり OpenFlow を題材とする。OpenFlow ネットワークはネットワーク制御を行うコントローラ、パケット転送を行うスイッチで構成される。

### 3. SDN 学習における実習の必要性と要件

SDN の学習では TCP/IP ネットワークに関する知識が必要な為、本研究の対象学習者は TCP/IP ネットワークの基礎を学習済みの者とする。

SDN 学習において書籍などを用いて学習する場合、理論と関連させネットワーク動作を理解できる。しかし、複数層のパケットヘッダ情報やマシン・ネットワーク負荷など外部情報を利用した経路制御を行える SDN の有効性がイメージしにくい。

そして、SDN に関し理解を深める為の学習方法の一つに実習があり、一般的な実習ではコントローラの作成を行う。SDN をより理解するため、実習では SDN の特徴である以下を扱う必要があると考えた。

- 要件 1. レイヤレスなネットワーク制御
- 要件 2. コントローラでのネットワーク集中制御
- 要件 3. コントローラでのネットワーク構成変更
- 要件 4. 外部情報・システムと連携したネットワーク制御
- 要件 5. パケットヘッダ書き換え

### 4. SDN の学習カリキュラムの提案

「SDN の概念と実装方法の理解」を授業目的とした、半期 15 回の SDN 授業カリキュラムを提案する。

前述したとおり、SDN 理解には TCP/IP の知識が必要不可欠である。そこで授業の第一～三回は TCP/IP の復習という形をとり、後半の実習で重要な MAC アドレス、IP アドレス等の知識確認を行う。

第 4～10 回は SDN 概念を学び、その後基本的なコントローラ作成実習を中心に授業を進める。実習時のコントローラ記述言語は開発用フレームワークの関係から Ruby とし、以下の実習に取り組む。

- 実習 1. スイッチモニター
- 実習 2. パッチパネル
- 実習 3. ラーニングスイッチ
- 実習 4. ルータ

実習 1. では、ネットワーク上の全スイッチの動作状況をモニタリングするコントローラを作成するこ

とで、実習要件 2.について学習できる。実習 2 ではネットワーク構成をネットワーク経路で変更可能なパッチパネルを作成する。この実習で実習要件 3 を学ぶことができる。実習 3 では、様々なコントローラのベース機能となるラーニングスイッチを作成する。ラーニングスイッチはスイッチングハブのような挙動をし、ラーニングスイッチをベースに他の経路制御情報を加えていくことで実習要件 1 を学ぶことができる。実習 4 では、ルータを作成する。この実習において、パケットヘッダの書き換え処理を学び、実習要件 5 について学ぶことができる。

第 10 回以降は、「web サーバに対する負荷分散機能」を持つコントローラ開発をグループ実習で実施する。負荷分散機能は、複数層のパケットヘッダ情報の利用や、外部情報・システムとの連携も考慮しやすいため、要件 1~5 にあてはまり応用課題として取り上げるとした。

以上のカリキュラムを実施し、実習要件を満たすことで、授業目的を達成できると考えられる。

## 5. SDN の実習実施における問題点

### 5.1 実習環境

前述の実習実施には問題点がある。まず、実習にはコントローラ動作ネットワークが必要となる。実習用ネットワークはコントローラ、スイッチに加え、通信発生用のクライアントマシンと web などのサーバで構成される。

しかし、そのようなネットワークを実習内容に応じ構築するのは学習者、講師にとって大きな負担となる。実習用ネットワークにネットワークシミュレータの利用も考えられるが、負荷分散機能などの実習ではサーバの CPU 負荷情報などの外部情報を用いるため、実マシンでの構成が望ましい。

### 5.2 実習時に必要な情報と操作

学習者は実習時にネットワーク上の各リンク間のパケットやスイッチに設定される経路制御情報を確認する必要がある。実習要件 4 の理解には、パケットヘッダの書き換え処理が正しく行われているかを学習者が確認する必要があり、全実習のコントローラ動作検証時には、各スイッチに設定される経路制御情報を確認する必要がある。しかし、それらの情報の確認には各マシンに ssh 等でログインし、専用コマンドを入力する必要がある。この作業は手間がかかる上、取得した情報からネットワーク動作をイメージしにくい。

## 6. SDN 実習用プラットフォーム

前述した実習実施の問題点を踏まえ、SDN 実習における準備の負担軽減と、SDN の動作理解の学習支援を目的とした実習用プラットフォームを提案する。実習用プラットフォームでは、仮想システムとして KVM、仮想マシン間ネットワーク管理に OpenFlow 用いることで提案機能を実現可能と考えられる。

### 6.1 実習用ネットワーク構築機能

提案プラットフォームは実習環境構築の負担軽減のため、仮想ネットワーク構築機能を持つ。構築に使用できる機器はコントローラ、スイッチ、クライアント、web サーバと実習に必要な機器とし、ネットワーク構築操作は web ブラウザから GUI で直観的に操作可能とする。また、実習では複数人に同構成のネットワークを提供するため、ネットワーク複製機能が必要となる。これらの機能を実現することで実習環境準備の負担が軽減すると考えられる。

### 6.2 実習用 web ページ

学習者には別途実習用 web ページを提供する。実習用 Web ページにはネットワークのトポロジー図を表示させる。そして、トポロジー図と合わせて、必要な情報を確認可能にすることで、マシンにログインする手間もなくなり、コントローラ作成に注力できる。Web ページで表示する情報は大きく分け「マシン設定情報」、「パケット情報」とする。

まず、ネットワーク上に存在するマシンの設定情報を表示する。Web ページに表示されるトポロジー図のマシンアイコンをクリック、マウスオーバーすることで、IP アドレスなどマシン基本情報に加え、スイッチに設定される経路制御情報、サーバ負荷状況などの情報を表示させる。このように実習に必要なマシン設定情報をネットワーク図と合わせて確認可能にすることで、実習要件 1~4 の理解に役立つ。

そして、ネットワーク上の任意のリンクのパケット情報を確認可能にする。一つのウィンドウのみで自由なパケットキャプチャを可能にすることで、実習 4 でのパケットヘッダ書き換え処理の確認が容易になり、ネットワーク全体のトラフィックの動きもイメージしやすくなる。さらに、書き換え処理を行ったパケットの表示フォーマットを変更することで、実習要件 5 を理解しやすくなる。

以上の機能を実現により、実習の問題点を解決でき、様々な実習内容にも対応できると考えられる。

## 7. おわりに

本研究では SDN 学習における実習を含めた学習カリキュラムを提案した。そして、カリキュラムで実施する実習の問題点解決のため、実習環境を容易に提供でき、実習時に学習者が必要な情報を手間なく提示できる実習用プラットフォームを提案した。

今後は提案プラットフォームを開発し、提案カリキュラムに則り授業を実施し評価することで、SDN をより効果的に学ぶ方法を検討する予定である。

### 参考文献

- (1) 長谷川 剛, “情報ネットワーク学演習 II” [https://koan.osaka-u.ac.jp/syllabus\\_ex/](https://koan.osaka-u.ac.jp/syllabus_ex/)
- (2) Open Network Foundation, <https://www.opennetworking.org/>
- (3) Nick Mckeown, “OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks”
- (4) KVM, [http://www.linux-kvm.org/page/Main\\_Page](http://www.linux-kvm.org/page/Main_Page)