

# Docker コンテナを用いた Layer2 演習に対応可能な IP ネットワーク構築演習支援システムの開発

菅家悠希† 井口信和†

近畿大学理工学部情報学科† 近畿大学情報学研究所†

## 1. 序論

ネットワーク技術者の不足 1)に伴い、大学などの教育機関では、ネットワーク技術者の育成を目的に Cisco Networking Academy (以下, CNA) を開講している。CNA では、プロトコルの学習など知識的な学習に加えて、ネットワーク機器を用いて演習を実施することで学習者の理解の向上が期待できる。本学にも実機を用いて演習する授業がある。しかし 2019 年 12 月初旬から流行した COVID-19 の影響で、学校に登校できず実機を用いることができない場面が存在した。今後の COVID-19 による影響を考えた時に、演習環境のクラウド化が有用である。

これまでに我々は、クラウド環境を用いた IP ネットワーク構築演習支援システム(以下, 既存システム)を開発してきた 2)。既存システムでは、仮想化技術である User Mode Linux(以下, UML)を用いて仮想マシンを作成し、Router, Host, Hub といった仮想ネットワーク機器(以下, 仮想機器)を動作させ、それらの仮想機器を用いることでルーティング等の演習が可能である。しかし、既存システムを今後開発していく上で、UML は更新が終了していることやドキュメントが少ないこと、さらに仮想機器の起動に時間がかかることが問題点として挙げられる。また、既存システムでは利用可能なネットワーク機器に Switch の機能がないため VLAN や EtherChannel 等の layer2 演習を実施することができない。

そこで、既存システムに代わる新たなアーキテクチャを用いたシステムを新規に開発すると共に、学習者に様々な layer2 演習と、より幅広い内容の学習の提供を目的として Switch の機能を実装した。

## 2. 研究内容

本システムの構成を図 1 に示す。本システムは演習管理サーバと通信サーバ及びクライアントから構成される。演習管理サーバは Docker を用いてコンテナを作成し、仮想機器として動作させる。学習者は仮想機器に対して設定することで仮想ネットワークを構築する。

また、学習者が操作する Web ページであるシステム画面を図 2 に示す。画面左側にあるデバイスの一覧から学習者は好きな仮想機器を選択し、ネットワークキャンパス上にドラッグアンドドロップすることで仮想機器を追加することができる。また、画面上部にある結線ボタンを押下し、結線元と結線先の機器を指定することで、仮想機器の結線を行うことができる。画面右側にあるコン

Development of Learning Support System for Layer2 Training using Docker Containers.

†Yuki SUGAYA, Nobukazu IGUCHI, Department of Informatics, Faculty of Science and Engineering, Kindai University

‡Nobukazu IGUCHI, Cyber Informatics Research Institute, Kindai University

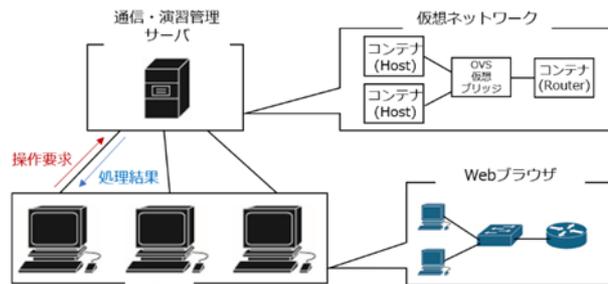


図 1 システム構成

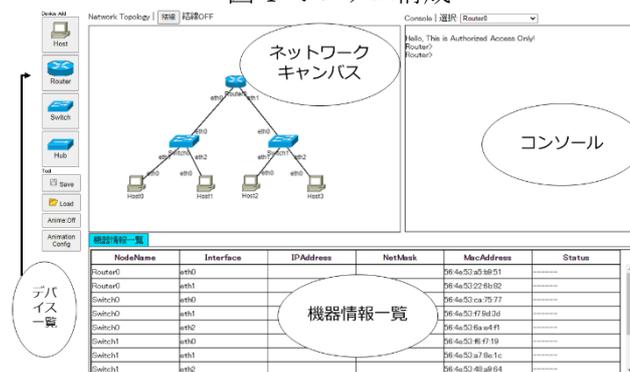


図 2 Web ページ上のシステム画面

ソールを用いて仮想機器に設定を施すことができる。画面下部にある機器情報一覧では、仮想機器のインタフェースの情報を簡易的に確認することができる。

本システムでは、学習者が仮想機器を好きなように配置し演習を実施することができる自由演習モードと、あらかじめ指定された内容について学習者が設定を施していく課題演習モードが存在し、学習者は状況に応じて演習を実施することができる。

### 2.1. アーキテクチャの一新

本システムでは、UML を用いた既存システムにおける開発者への負担を減らすために、Docker を採用した。Router や Host に用いる OS の Docker コンテナを起動することで仮想機器を実現する。またコンテナ間を結線することで各機器間の疎通を実現する。Router を実現するために既存システムで採用していた Quagga に代わり VyOS を採用する。VyOS では Quagga による Router で実現可能な機能を網羅することに加え、VRRP プロトコルもサポートするため、既存システムよりも実施可能な演習の幅を広げることが可能となる。Host に関しては Linux 系 OS である CentOS のコンテナを稼働させることで実現する。

### 2.2. Switch の追加

既存システムで、layer2 演習を実施できない問題点を解決するため、Open vSwitch を用いて実装した仮想的な

Switch によって Switch の機能を実現する。これにより、結線した仮想機器(コンテナ)間での様々な layer2 技術の設定が可能となり、VLAN や EtherChannel 等の多種多様な layer2 演習を実施できる。

### 2.3. データ保存機能

本システムで演習を実施する際、場合によっては途中で演習を中断する可能性が考えられる。その場合に、画面左側にある Save ボタンを押下しファイル名を指定することで、ネットワークのトポロジ、ネットワーク機器に発行した設定といった演習の進捗状況を XML ファイルに保存することができる。この XML ファイルは 2.4 節で述べる課題演習機能で作成される課題ファイルにも利用することが可能である。また演習の再開時は、図 2 の画面左側にある Load ボタンを押下し、任意の XML のファイル名を指定することで、即座にネットワークの読み込みが開始され、学習者は手早く演習を再開することができる。

### 2.4. 課題演習機能

本システムには自由演習モードがあるが、学習者のレベルにより学習者が自分で演習を作成し、ネットワーク構築演習を実施することが困難である場合が考えられる。そこで学習者への負担を軽減するためにあらかじめ作成された演習を実施することができる機能を作成した。課題演習機能では、指定されたネットワークを学習者が正しく構築できているかの判定や、課題情報を適時確認することが可能である。本システムで用いる課題は、教師などの教育者が作成する。課題の作成方法は、2.3 節で作成した XML ファイルに課題番号と課題情報を追加することで作成することができる。

演習を開始するときに学習者は Web ページ上で課題演習モードを選択し、実施したい演習を選択する。演習を選択するとネットワークキャンバス上に機器が配置され、コンソールへの入力が可能となる。さらに課題演習モードでは、機器情報一覧のほかに演習情報タブと採点情報タブが存在する。図 3 に演習情報タブを示す。学習者は演習情報タブにて演習中に設定された演習の情報を適時確認することができる。図 4 に採点情報タブを示す。採点情報タブでは学習者が施した設定が正解か不正解かを表示することができる。学習者は Auto Scoring ボタンを押下することで採点を実施できる。採点方法は学習者が施した設定と読み込んだ課題ファイルの設定情報の差分を取ることで採点する。

快適に演習を実施するための機能として、画面右下側の Action Check ボタンを用いて簡易的な動作確認用の ping コマンド、traceroute 等のコマンドをワンクリックで発行することができる。これらのコマンドは Host などにより手動で入力することも実行できる。しかし、演習において複数回実行することが想定されている。そのためワンクリックで動作確認を可能とすることで学習者が同じコマンドを入力する手間を削減できるため、学習者は快適に効率よく演習を実施することができる。

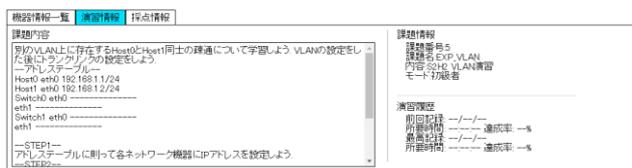


図 3 演習情報表示画面



図 4 採点情報表示画面

表 1 スペック

OS	Windows10 Home (64bit)
CPU	Intel Core™ i5-10300H CPU 2.50GHz 2 コア割り当て
メモリ	8.0GByte 割り当て

表 2 起動速度の比較

	既存システム(s)		本システム(s)	
Router	9.0992	0.7154	0.2398	0.0223
Host	10.7312	0.6782	0.2670	0.0329
Switch	---	---	0.0248	0.0122

表 3 アンケートの結果

項目	平均	標準偏差
VRRP の学習に役立つか	4.700	0.458
機器の起動速度に満足したか	4.300	0.900
実機より手軽に演習できたか	4.600	0.663

## 3. 実験

本システムの実装が完了したので、性能評価実験と利用評価実験を実施した。表 1 は本実験を実施した環境である。

性能評価実験では、VirtualBox で Ubuntu20.04.01 を動作させサーバを構築する。そのサーバ上で仮想機器の起動速度について既存システムと比較する。表 2 は仮想機器 50 台を起動した時の起動時間の平均(左側)と標準偏差(右側)である。表 2 の結果より既存システムよりも本システムの方が高速に起動できることが確認できた。

利用評価実験では、学習者に実際に本システムを利用して、ネットワーク構築演習を実施してもらった後、アンケートを実施しネットワーク構築の技能習得に役立つか、また実機との操作感の違いなどを評価した。学習者の対象は CNA を過去に受講し、修了した大学生・大学院生 10 名とする。表 3 は利用評価実験の結果の一部を抜粋したものである。学習者が演習を通じて役立つと感じた場合は 5、そうでない場合、結果は 1 となる。表 3 より本システムを利用することで、ネットワーク構築の技能習得に役立つと考えられる。

## 4. 結論

本研究では、従来のシステムに代わる Docker コンテナを用いたシステムを新規に開発した。さらに Switch の仮想機器を追加した。これにより、仮想機器の起動時間が短くなったことを確認した。また、学習者は layer2 演習を実施可能となり、従来のシステムと比較して多くの演習を実施可能となった。以上より、学習者へより幅広い内容の学習の提供が可能となる。

## 5. 参考文献

- 1) 経済産業省:IT人材需給に関する調査(概要), 入手先<[https://www.meti.go.jp/policy/it\\_policy/jinzai/gaiyou.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/gaiyou.pdf)> (参照 2021-12-9).
- 2) 西川理矢, 井口信和:複数学習者による共同演習を可能とするネットワーク構築演習支援システムの設計と開発, 第 83 回全国大会講演論文集, pp.691-692(2021).