

令和 3 年 5 月 19 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01122

研究課題名(和文) SDN構築演習のための正誤判定法と誤り絞り込み法の開発とその実践評価

研究課題名(英文) Development of the methods for judging answers and narrowing down errors and their practical evaluations

研究代表者

立岩 佑一郎 (Tateiwa, Yuichiro)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：30534367

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：SDN演習において効率的な学習のために次の2点を提案し、その一部を試作した。1) 誤り絞り込みのためのネットワーク動作の可視化：通信時のSDNネットワークから、コントローラプログラムの実行文および通信データを収集し、それらを時系列で並び替え、シーケンス図により可視化して表示する。2) ウェブ型のネットワーク演習環境：クライアント/サーバシステムにおいて、サーバ上に演習のネットワークを実現し、クライアントとしてウェブブラウザからそのネットワークを直感的に編集可能にする。提案システムはSDNに特化したものではないが、SDNへの応用は容易である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、国内外の高等教育機関でSDNの演習が行われるようになりつつある。しかしながら、演習には高価な専用機材が必要であったり、躓いた学習者への救援に時間がかかったりするなど、演習を手軽にできる状況にあるとは言えない。この研究では、ウェブ型演習環境において学習者の誤り絞り込みを支援するシステムの実現方法を模索した。その結果、学習者がブラウザを通じて演習できたり、学習者が自身で誤りを見つけるための情報を作成したりするなどへの応用可能な手法・技術を開発できた。

研究成果の概要(英文)：We proposed the following two points for efficient learning in SDN training, and made a prototype of a part of them: 1) Visualization of network behavior for error specification: Our system collects executed statements of the controller program and communication data from the SDN network during communication, sorted them in time series, and visualized them with sequence diagrams. (2) Web-based network exercise environment: In our system working as a client/server system, the exercise network is realized on the server, and the client enables students to edit the network intuitively with a web browser. Note that the system is not specific to SDN, but it can be easily applied to SDN.

研究分野：教育工学

キーワード：SDN 制約充足問題 ネットワーク 演習環境

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

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というコンセプトである。SDN はプログラムによりデータ転送時の動作を規定できるネットワーク機器により実装される。近年、国内外の高等教育機関で SDN の演習が行われるようになりつつある。演習問題にはネットワークの要求仕様がテキストと図で示されており、学習者はその要求仕様を満たすようなネットワークを構築する。このとき、設定の正誤判定に時間がかかったり、設定の誤り箇所の特定に時間がかかることが問題であった。

2. 研究の目的

演習システムでの実用を見据え、先述の問題点だけでなく、教師の負担を考慮した解決法を模索する。

3. 研究の方法

- (1) 演習問題を分析し、既存のデータ記述言語で定義するためのスキーマを開発する。
- (2) 答案評価方法を分析し、テストモデルを構築する。具体的なテストを項目(1)から導出する手法を開発する。
- (3) 内部状態を監視する仕組みと、蓄積のためのデータ構造を考案する。
- (4) シミュレータと項目(3)から誤り潜在域を絞り込むプログラムデバッグ手法を考案する。
- (5) 演習システムを授業で運用し、アンケートや答案などから提案手法を評価する。

4. 研究成果

(1) 誤り絞り込みのためのネットワーク動作の可視化

Trema および Linux の機能により計算機上に SDN の仮想的なネットワークを実現できる。SDN の演習ではこのようなネットワークにおいて、受講者はコントローラプログラムを記述し、期待通りの動作をするかを通信実験で確かめる。このとき、期待通りの動作とならない場合に、コントローラプログラムをデバッグするが、その手がかりとなるものは少ない。

提案システムは、ネットワークから自動で通信データや実行文などを収集して、シーケンス図で可視化したものを手がかりとして提示する。

図1のシステム構成において、ネットワーク設定は演習にて学習者の利用する基本的なネットワークの設定である。ネットワークインタフェース抽出器は、ネットワーク設定を解析してネットワークインタフェースを抽出する。抽出したネットワークインタフェースを tcpdump の通信データ捕獲対象とする。IP アドレス・ポート解決器はリンクに使われるネットワークインタフェースの名前とそれを保持する機器名をネットワーク設定の解析で求める。この情報は、tcpdump によりデータプレーンにて捕獲された通信データを送受信した機器名を解決器に見つけられるようにする。また、解決器は Trema に接続される Open vSwitch のポート番号と名前を見つける。つまり、コントロールプレーンにおいて通信データを送受信した Open vSwitch の名前を解決器が見つけられる。最後に、解決器は捕獲した通信データを捕獲時刻、送信機器名、および受信機器名とともに通信イベントとして書き出す。記録命令挿入器は実行文を標準出力に書き出すコードをコントローラプログラムに挿入する。イベント抽出器は、標準出力から実行文の記録を見つけ、実行済イベントとして書き出す。生成器は、すべてのイベントを時刻順に並び替えた後に、シーケンス図のデータとして PlantUML 記述に書き出す。

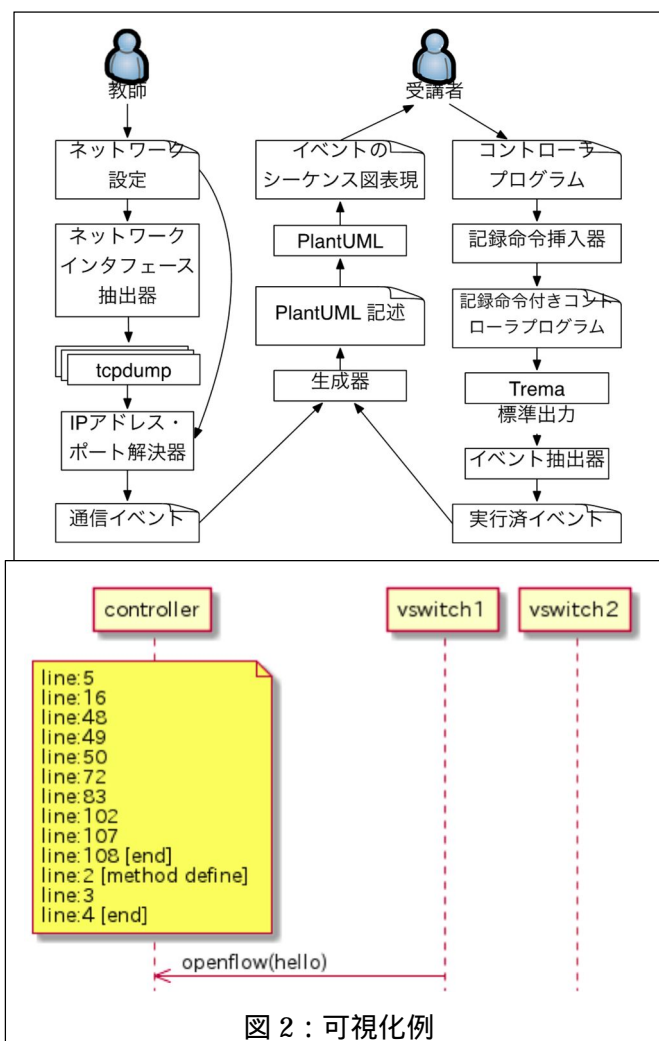


図 2：可視化例

図2はシステムにより生成されたシーケンス図の例である。controller, vswitch1, vswitch2の三つの機器がある。controllerは5行目, 16行目, ... ,と文を実行後に, vswitch1からopenflow(hello)を受信したことを示している。このような表示により, 受講者は自身のネットワークである通信を実行したときに, コントローラの文の実行, OpenFlowメッセージの交換, 通信データの交換などの実行順序から, それらの因果関係を推測できる。このときに, 例えば, 期待外の通信結果となったときに, その通信を引き起こしたコントローラの実行文の特定に役立てることができる。

(2) ウェブ型のネットワーク演習環境

本稿では, 計算機上で仮想的に実現したネットワークを仮想ネットワークと呼ぶ。ネットワーク構築演習などで, 受講者がブラウザを通じて仮想ネットワークを編集する演習システムを設計・試作した。この試作機は仮想マシン User-mode LinuxおよびLinux Bridgeによる仮想ネットワークを扱うが, SDNの仮想ネットワークに置き換えることも容易に可能である。

図3は, 提案システムのシステム構成から, SDNの仮想ネットワークを扱うために必要な部分を残したものである。模擬サーバは設定サーバからの遠隔操作を受け付け, 機器を稼働させて仮想ネットワークを形成する。設定サーバは, 機器間の接続関係を編集するためのウェブページ(以降, トポロジーページと呼ぶ)と, SDNコントローラのエディタとの入出力および仮想機器のターミナルとの入出力のためのウェブページ(以降, ターミナルページと呼ぶ)を提供する。端末サーバはターミナルページとSDNコントローラのエディタまたは仮想機器のターミナルとの入出力を中継する。Windows, Mac, AndroidやIOSのウェブブラウザを通じて, 受講者は仮想ネットワークを管理する。

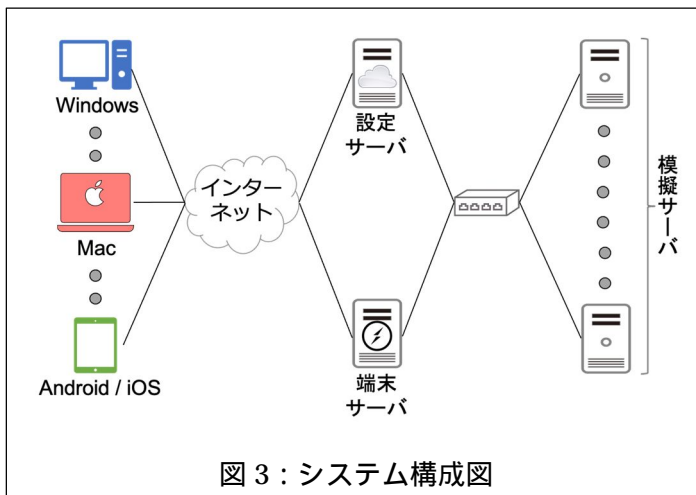


図3: システム構成図

図4はMac版のGoogle Chromeでのトポロジーエディタの実行例である。ただし, 機器のアイコンはネットワーク構築演習用のものであり, SDNに特化したものではない。上からトポロジーページ, ターミナルページが表示されている。図中(1)から機器を選択した状態で, 領域(2)をクリックすると, 選択した機器が描画される。ウィンドウ(3)は仮想機器 client0のプロパティ画面であり, ウィンドウ下部のターミナル領域は模擬サーバ上で稼働している仮想機器のターミナルを描画し, キーボード入力を受け付ける。なお, 領域(2)の機器を表すアイコンはマウスドラッグにより移動できる。

このウェブページは Javascript で実装されており, このページにおいて静的な画像や動的なアニメーションを実現することは困難ではない。このため, 第1項の可視化表示をこのページに統合して表示する実装も容易である。

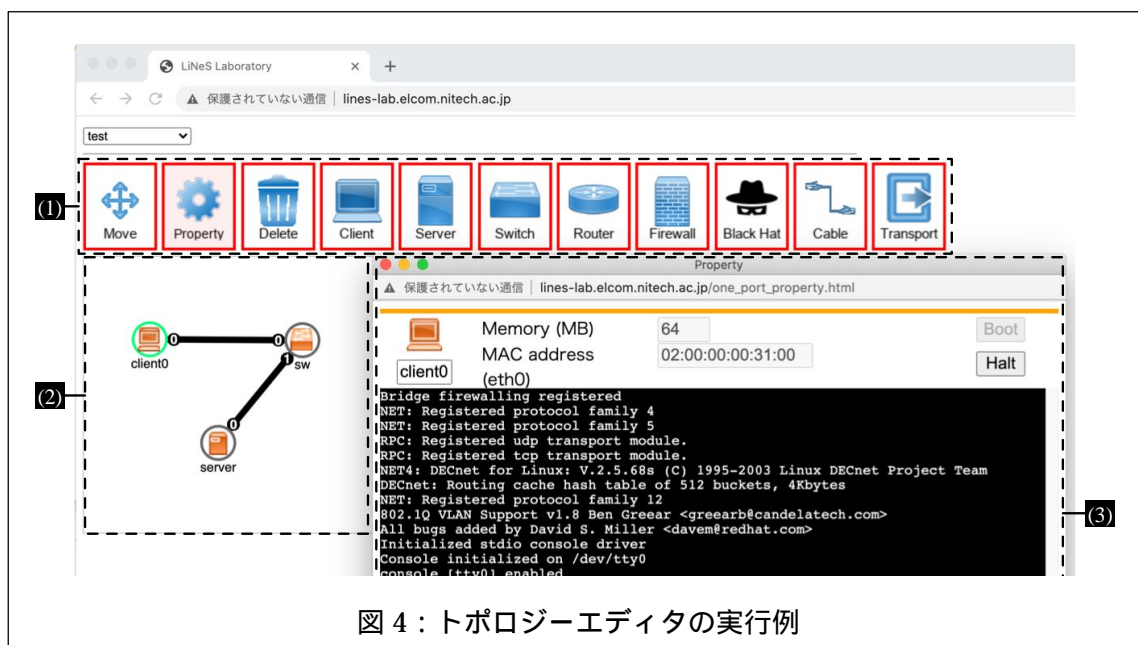


図4: トポロジーエディタの実行例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Yi Yin, Yuichiro Tateiwa, Yun Wang, Guoqiang Zhang, Yoshiaki Katayama, Naohisa Takahashi, and Chao Zhang
2. 発表標題 An Analysis Method for IPv6 Firewall Policy
3. 学会等名 IEEE 21st International Conference on High Performance Computing and Communications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichiro Tateiwa and Yoshifumi Hisanaga
2. 発表標題 A CSP-based Approach to Design a Subnet Solving a Network Construction Exercise for Beginners
3. 学会等名 International Conference on Future Computer and Communication (ICFCC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅野晶文, 立岩佑一郎, 金鎔煥, 片山喜章, 新村正明
2. 発表標題 Tremaを用いたSDN構築演習における誤り絞り込みのための通信動作の依存関係分析システムの開発
3. 学会等名 情報処理学会 教育学習支援情報システム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoki NAKAMURA, Hirokazu HASEGAWA, Yuichiro TATEIWA, Hiroki TAKAKURA, Yonghwan KIM, Yoshiaki KATAYAMA
2. 発表標題 A Proposal of Dynamic Access Control with SDN for Practical Network Separation
3. 学会等名 IEICE IA2017-45
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大岡義旺,立岩佑一郎,金鎔煥, 片山喜章
2. 発表標題 ネットワークに関する協調的な対話機能を有する分散型ネットワーク構築ペア演習システムの開発
3. 学会等名 情報処理学会 教育学習支援情報システム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅野晶文,立岩佑一郎,金鎔煥,片山喜章,新村正明
2. 発表標題 Tremaを用いたSDN構築演習のための通信動作可視化システムの開発
3. 学会等名 情報処理学会 教育学習支援情報システム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横山貴志, 國宗永佳, 新村正明
2. 発表標題 情報技術演習における演習状況可視化手法の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会 ET2017-109
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yi Yin,Yuichiro Tateiwa,Yun Wang,Yoshiaki Katayama,Naohisa Takahashi
2. 発表標題 An Inconsistency Detection Method for Security Policy and Firewall Policy Based on CSP Solver
3. 学会等名 ICCCS2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yi Yin, Yuichiro Tateiwa, Yun Wang, Yoshiaki Katayama, Naohisa Takahashi
2. 発表標題 Inconsistency Analysis of Time-Based Security Policy and Firewall Policy
3. 学会等名 ICFEM2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 立岩佑一郎
2. 発表標題 ネットワークセキュリティ演習のための直感的でシームレスな操作と軽快な応答性を目指したウェブ型演習システムの開発
3. 学会等名 情報処理学会教育学習支援情報システム研究会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	新村 正明 (Niimura Masaaki) (20345755)	信州大学・学術研究院工学系・准教授 (13601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
中国	南京師範大学			
ミャンマー	University of Computer Studies, Yangon			