

仮想環境を用いたネットワーク演習環境の提案

後藤 幸功¹, 中谷 祐介¹

1. 概要

ネットワークの設計・構築に関する教育を行うとき、ネットワークシミュレータを使用した演習を行う方法がある。現在、ネットワークシミュレータは様々あるが、そのどれもが高度な機能を提供するために、1台のコンピュータ上に1つのシミュレータを動かすものである。そしてこれらは実際のネットワーク構築シミュレーションや研究実験のためのシミュレータ機能であり、教育目的に特化したものではない。しかし、初期の教育内容では高度な機能を必要とせず、基本的な設計や構築方法の演習である。そこで筆者らは、ネットワークの基礎教育内容を確認し、それに必要なネットワークシミュレータの機能を考察し、多くの学生が同時に使用できる教育用に特化したネットワークシミュレータを提案する。本稿では、提案するシミュレータについて教育向けにどのような機能までを備えるべきか、その仕様を段階的に考察した結果を示す。

2. 背景

ネットワーク関連の教育では、ネットワーク構築やネットワークセキュリティ、通信プロトコルに関する教育など様々である。これらの学習は座学だけで理解することが難しく、また実機による学習もその設備を十分にそなえることが難しいために困難である。そこで、ネットワークシミュレータを使用した学習方法がある。

ネットワーク技術に関する学習内容として、ネットワーク管理技術がある。インターネットを使用したネットワーク管理は組織内ネットワークの管理とプロバイダのような不特定多数の利用者が利用するネットワークの管理がある。そしてネットワーク管理はセキュリティも含めて複雑なネットワーク形態をもつようになり、その管理方法は複雑になった。そこで集中的にネットワークを管理し、さらにそれらをプログラミングによるソフトウェア開発で管理できるSDN (Software Defined Network) が提案された。そしてSDNの概念を実現したOpenFlowが登場した¹⁾。

OpenFlowを提供し様々なネットワーク構築をシミュレーションするネットワークシ

¹ サイバー大学 IT 総合学部・教授

ミュレータはいくつかあるが、主なものは有料であり学習には向かない。また、無償のものとして Mininet²⁾があるが、これも初学者には使用が難しく学習に向いていない。

そこで、本稿ではネットワーク技術に関する初学者が学習すべき基本的なネットワーク管理手法とネットワークの構築方法に関して、OpenFlow を用いたネットワーク設計を学習するための学習用ネットワークシミュレータを提案する。

本稿では、この初学者向けの学習用ネットワークシミュレータを提案するにあたり、まずは初学者が学習すべき内容について考察する。そして初学者の学習内容に合わせた機能を持ち、多くの学生が同時に使用できるネットワークシミュレータの機能について考察する。

3. 初期のネットワーク学習内容の考察

本節では、初期のネットワーク学習内容について考察する。

3.1. 学習内容の考察

ネットワーク技術、とくにインターネットを用いたネットワーク技術とその設計・運用・管理に関する学習では、基本的な内容として IP アドレスやドメイン名の構成、IP アドレスを意識したネットワーク設計と運用管理を学習する。その中で、ルータやスイッチの基本的な動作の理解を深めるために、スイッチとルータの設定を具体的に学習することが望ましい。

初期の学習における実機を用いた演習や実験では、以下の内容について学習することが想定される。

1. ネットワークを構築するための IP アドレスの割り当て
2. ルータとスイッチを用いたネットワークの構築
3. ルータの設定
 - インターフェースの設定
 - 経路表の作成
 - 動的経路プロトコルの設定
 - パケットフィルタの設定
4. スwitchの設定
 - VLAN設定
 - MACアドレス表の作成
 - パケットの導通確認

以上の学習では、スイッチおよびルータの設定が学習内容となる。

仮想環境を用いたネットワーク演習環境の提案

以上の学習内容について実機を用いて具体的な設定を行うことは学習上有効であるが、学生全員が実機を使用するためにはその実機である機材と設置する場所が必要である。しかし、実機とそれを動かすための場所を確保することが難しく、またオンライン学習環境であれば自分で実機を用意することは困難である。

3.2. 学習に必要な機能の考察

学習者がシミュレータを用いて学習するときに必要な最低限の機能について考察する。

まず、学習者は自分が設計するネットワークの構成を構成図として把握する必要がある。そのため、画面上に構築するネットワーク図が表示できる機能が必要である。このネットワーク構成図は、スイッチとホスト、ルータ及びゲートウェアが明示できなければならない。

次に、ネットワーク構成図上にある各ホストやスイッチ、ルータ、ゲートウェイの設定を行うためのエディタ機能が必要である。

スイッチやルータでは、それぞれのインターフェースに関する設定や経路制御を行う処理機能が必要である。これらの機能として、多くのネットワークシミュレータはネットワーク計測やパケット解析の機能も提供するために、パケット生成を OS に依存している。しかし、初期の学習においては、設計して設定したネットワークにおいて特定のパケットの導通が確認できる程度の機能で十分である。そのため、パケットを完全に生成する必要はなく、またインターフェースの管理もソフトウェア内で管理するだけで充分である。よって、通信部分のシミュレーションを行うネットワーク機能については、さらに詳細な仕様を検討する必要はあるが、できる限り OS に依存せずソフトウェア内でインターフェースとパケットの生成および導通確認ができる簡潔な機能に収めるように設計すべきである。これにより、通信部分のネットワークシミュレーションの機能がソフトウェアで完結するため、ユーザ単位でアプリケーションを起動することと同様に学習用ネットワークシミュレータを起動するので、クラウド環境にも対応できユーザの数に対応した学習環境を提供することが可能となる。

4. ネットワークシミュレータ

本節では、代表的なネットワークシミュレータである Mininet と提案する学習用ネットワークシミュレータの違いについて述べる。

4.1. Mininet

無償のネットワークシミュレータとして多く使用されているものに Mininet がある。

Mininet は OpenFlow に対応したネットワークシミュレータであり、GitHub から容易に取得できる。Mininet は、Python で記述されており、ネットワークの設定も Python の記述法を用いて記述する。Mininet は、スイッチとホストを設定し、OpenFlow を用いてスイッチ上でコントローラを動かすことによりルータやゲートウェイにすることができる。また、その中でネットワークを作成するとき Linux のネットワークインターフェースを追加することでシミュレーションを行う。このインターフェースを用いることで、シミュレーションを行うとき、パケットの生成をカーネルが行うことで、実際に通信を行うことと同様の処理をしてネットワーク計測も可能である。このため1つの OS 上に1つの Mininet しか稼働することができない。よって Mininet を用いて学習するとき、個人の PC にインストールするか、大学などの授業では PC ルームの1台もしくは1つの仮想マシンに対して1つの Mininet をインストールして用意する必要がある。

4.2. 提案する学習用シミュレータ

ネットワークシミュレータを用いたネットワーク設計などの学習を行うとき、自分の PC にシミュレータをインストールして学習することも可能だが、そのためには PC の性能にも依存する。そこで、PC の性能に依存せずインストールの必要もなく学習用シミュレータを使用する方法を考える。

自身の PC にソフトウェアをインストールせずにソフトウェアを使用する方法として、クラウドサービスを使用することを検討する。クラウドサービスにおいても VPS (Virtual Private Server) のような仮想マシンを提供するサービスでは、仮想マシンの OS 上にあらかじめソフトウェアをインストールしておく必要がある。また Mininet を使用することを考えると1学習者に対して1仮想マシンを用意しなければならないため効率が悪い。特に初学者においては Mininet のようなネットワーク測定までを行うようなシミュレーションよりもネットワークを構成するルータやゲートウェイマシンの設定が主であるため、1学習者に対して1仮想マシンを用意することはコストが高い。

そこで本稿では、1マシンつまり1つの OS 上で複数人の初期の学習者の対象としたネットワークシミュレータを提案する。

このシミュレータは初学者向けのため、実際にパケットを生成して通信計測を行う機能を必要としないものとする。つまり、パケットの生成については、ヘッダのみを生成し、通信確認はアプリケーション内でカウンタを使用して通信の置き換えを行うものとする。

このように単純なネットワークシミュレーション機能にすることにより、Mininet のように OS に疑似ネットワークインターフェースを生成しないため、1つの OS 上で複数のシミュレータの稼働が可能となる。

また初学者が学習することを踏まえると、CUI を用いるインターフェースでは難しい。また、ネットワークの構成図を表示するためにもグラフィカルに表示可能な画面構成が必要である。そこで、提案するシミュレータのユーザーインターフェースには Web ブラウザを使用

仮想環境を用いたネットワーク演習環境の提案

する。Web ブラウザを使用することで、学習者は GUI でシミュレータを操作することも可能となり、また CUI によるターミナル画面上でのコマンド入力やテキストエディタも使用できるようになる。

図 1 に学習者とシミュレータをつなぐ機能接続図を示す。

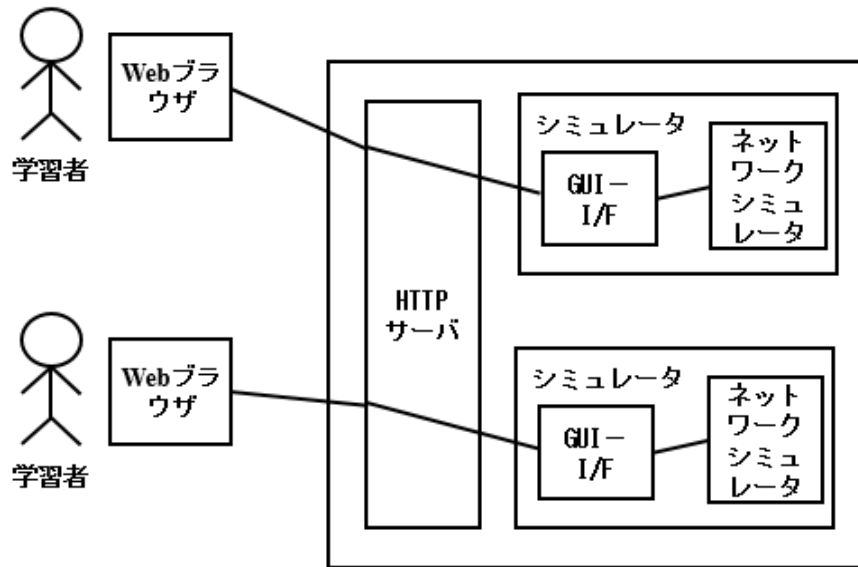


図 1 提案するシミュレータの利用環境

図 1 では、提案するシミュレータの内部は GUI-I/F (インターフェース) とネットワークシミュレータの 2 つの機能に分割する。GUI-I/F では OpenFlow で使用するソフトウェアの記述用テキスト画面や、ルータやホストにおける ping などのネットワーク操作ターミナル画面、ネットワーク構成をグラフィカルに表示および作図するための画面、シミュレータ全体の操作をするための GUI を提供する機能を持つ。一方のネットワークシミュレータでは、さらに、その内部に、構築したネットワークのネットワークインターフェースを疑似的にに関するデータベースを用意し、パケットカウントや各ホストやルータの設定に従ったパラメータの管理を行うシミュレーション DB 機能、GUI-I/F に提供するターミナル画面やエディタ用画面などの各機能から構成する。これを図 2 に示す。

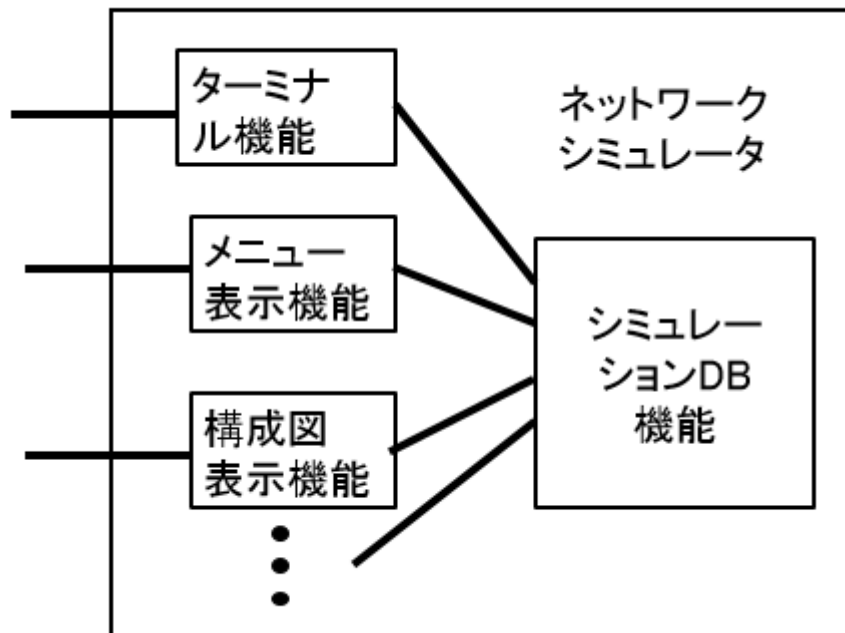


図2 提案するシミュレータの利用環境

5. まとめ

本稿では初学者用のネットワークシミュレータの必要性とその基本構成を提案した。本稿ではまずネットワーク設計・構築、運用を学習するとき最初に学習する内容を明示し、それに必要なネットワークシミュレータの機能について考察した。その結果、初学者用のネットワークシミュレータは、既存のシミュレータのように多くの機能を必要としないことが分かった。そしてオンライン学習も考慮してネットワークシミュレータを使用する場合、多くの利用者が同時に使用するため、機能を一部制限することでクラウドサービス内にアプリケーションとして実現できる可能性を示した。

今後の課題はさらに仕様を明確にして、実装を行うことである。

注および参考文献

- 1) Bruno Astuto A. Nunes, Marc Mendonca, et al., "A Survey of Software-Defined Networking: Past, Present, and Future of Programmable Networks", <https://hal.inria.fr/hal-00825087/document>, Jan.2014 (2018年12月アクセス)
- 2) Mininet Team, "Mininet, An Instant Virtual network on your Laptop (or other PC)", <http://mininet.org/> (2018年12月アクセス)