

仮想 Linux 環境を用いたネットワーク教育システムのための
仮想ルータと GUI の実装
Implementation of Virtual Router and GUI for a Network Education System
using Virtual Linux Environment

上田 拓実†
Takumi Ueda

井口 信和†
Nobukazu Iguchi

1. 序論

本研究は、ネットワーク学習の支援のために、仮想 Linux 環境を用いて 1 台の PC 上で仮想的なネットワークを構築することで、ネットワークの構築手順を学習するシステムの開発を目的とする。

近畿大学では、シスコネットワーキングアカデミーを開講しており、受講生は、実機を用いてネットワークを構築することで、ネットワークの構築手順やトラブルシューティングについて学習している。実機によるネットワーク学習は、実際に機器を接続し設定することでネットワークの構築手順を学ぶため学習効果が高い。

しかし、ネットワーク機器は高価なものが多く、学習者に対して十分な数の機器を用意することは困難である。こういった環境では、複数の学習者が機器を共同で利用しなければならず、学習効果が低下する。また、個人が実機を用いて学習する場合、機器の設置場所や購入費用を確保することが困難である。

そこで本研究では、仮想 Linux 環境を用いて仮想的なネットワークを構築し、ネットワーク学習を支援するシステムを開発した。図 1 にシステムの構成を示す。仮想的なネットワークを実現するために User Mode Linux(以下、UML)を使用した。UML を用いた先行研究として、立岩らが開発したシステム¹⁾²⁾がある。これは Web サーバの構築方法やアプリケーションレイヤのトラブルシューティングの学習が可能である。

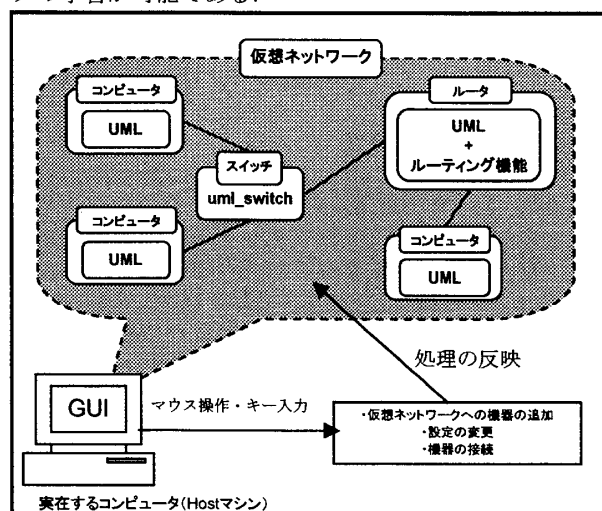


図 1: システム構成

これに対して、本システムは主に OSI 第 3 層と第 2 層の機器を対象とし、ルータによる経路制御やスイッチによる VLAN 設定などの学習を目的とする。

2. 開発したシステムについて

・ UML とは

UML は、Linux 上で別の Linux をユーザモードプロセスとして実行できる仮想 OS 環境である。UML の他にも Xen や VMWare といった仮想化技術がある。しかし、柔軟な設定が可能であること、ユーザモードプロセスとして実行されることによる耐障害性や管理の容易さから、本研究では UML を採用した。また、無償であり、ソースが公開されているため改変が容易であることも採用した理由の一つである。

UML は、それぞれ個別のディスクイメージを保持するため、学習者が作業ミスを起こしても Host マシンに影響が及ぶことはない。システムを復旧するために必要な作業は、イメージファイルの復元だけである。

・ UML による仮想ネットワーク

UML を用いて、クライアントまたはサーバとなるコンピュータと、通信経路を制御するルータを実現した。通常の UML をコンピュータとして使用し、ルーティングプロトコルのデーモン群(RIP, OSPF, BGP, 他)を実装した UML をルータとして使用した。ルータ用の UML において、ルーティング機能の設定に使用するコマンド群は、Cisco 社製ルータに搭載されている Cisco IOS のものと酷似している。

機器同士を接続するハブとスイッチには、UML の付属機能である uml_switch を使用した。uml_switch も Host OS 上でユーザモードプロセスとして実行される。それぞれの UML と uml_switch が相互に通信できるように設定することで、仮想的なネットワークを構築する。

UML をネットワーク機器に見立てて仮想的なネットワークを構築するには、複数の UML を同時に実行しなければならない。この際、Copy On Write (以下、COW) 機能を利用することでディスク領域を節約できる。

COW 機能によって作成された差分情報を持つファイルを用いて UML の実行時に読み込むことで、前回起動時の設定を再現できる。また、Host マシンは、元になるディスクイメージと差分情報を持つファイルだけをキャッシュすればよいので、ディスクキャッシュ効率が向上する。

†近畿大学大学院総合理工学研究科

†近畿大学理工学部情報学科

・作成した GUI について

UML はコンソールアプリケーションであり、コマンド入力によって設定を変更または確認する。そのため、ping の実行などで通信設定が適切であるかを確認することはできても、どのようなネットワークであるかを直感的に把握できない。そこで本研究では、直感的な仮想ネットワークの構築と、そのトポロジーを視覚的に把握できる GUI を作成した。その一例を図 2 に示す。

この GUI と UML を連動させることで、簡単な操作で仮想ネットワークを構築できる。機器追加ボタンをクリックすることで、仮想ネットワークに機器を追加する。このとき、新たな UML が実行される。

この UML に対してコマンドを入力することで設定を変更または確認する。UML に設定した情報は、機器情報一覧により確認できる。

機器同士をマウス操作により接続することで、UML 同士が通信できるようになる。構築したネットワークのトポロジーも表示され、どのようなネットワークを構築したかを視覚的に把握できる。また、機器のどのポート同士が接続されているのかもラベルで表示される。

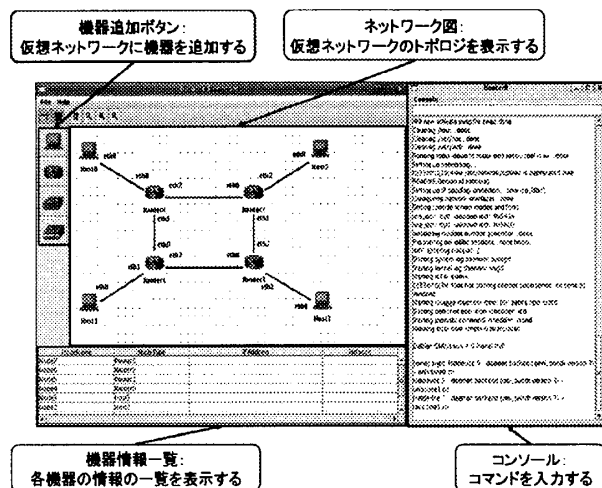


図 2: 作成した GUI

3. 結果・考察

近畿大学で開講しているシスコネットワーキングアカデミーの実習課題のうち、初級レベルの課題（ルータ 2 台、コンピュータ 2 台）を用いて、実機による学習との比較実験をした。その結果のうち、作業時間と実習に必要なコストについて比較した結果を表 1、表 2 に示す。

受講生 7 名に試用してもらった結果、平均所要時間が半分に短縮された。実機による学習では、機器の準備や接続に多くの時間を要するが、本システムを用いた学習ではマウス操作によって簡単に機器を設置・接続できるためであると考えられる。

実験に使用した課題は、機器の台数が比較的小さいものであるにもかかわらずコストに大きな差が出た。この結果から、本システムの使用により、実機による学習の短所である設置場所や費用の問題を補うことができ、個人での学習を支援できることが分かった。

また、同時に実施したアンケートの結果から、実機による学習と同等の学習効果が得られることが分かった。しかし、Cisco IOS 用のコマンド群との書式の違いが、一部の学習者にとって負担となっていることも分かった。今後は、以下の項目について実装を進める予定である。

・仮想スイッチの改良

現行システムでは、仮想ネットワークにおけるスイッチとして、UML の付属機能である `uml_switch` を使用している。しかし、VLAN を作成できないなど実際のスイッチと比べて機能が不十分であるので、`uml_switch` を改変し、一般的なスイッチが持つ機能を実装する。

・トラブルシューティング学習機能

UML の実行時に、あらかじめ誤りを含む設定を与える。こうして実行した UML を用いることで、何らかの障害が発生している仮想ネットワークを用意できる。学習者は、実際に設定を修正することでトラブルシューティングについて学ぶことができる。

・コマンドラインインタフェースの改良

UML のコマンド書式と Cisco IOS および Linux 本来のコマンド書式の一部が異なっているため、これらのコマンド書式を一致させる変換機能を実装する。

表 1: 作業時間の比較

	実機	本システム	短縮時間
静的ルーティング	17 分 31 秒	8 分 27 秒	9 分 4 秒
動的ルーティング(RIP)	19 分 8 秒	8 分 53 秒	10 分 15 秒

表 2: コストの比較

	実機	本システム	削減コスト
ルータ 2 台 PC 2 台	110 万円	PC 1 台 25 万円	85 万円

5. 結論

仮想 Linux 環境における仮想的なネットワークの構築によって、ネットワーク学習を支援するシステムを開発した。本研究で実装した仮想ルータは、ルーティングプロトコルのデーモン群(RIP, OSPF, BGP, 他)を実装している。そのコマンドラインインタフェースは、Cisco IOS のものと酷似しているため、シスコネットワーキングアカデミーの初級レベルの課題であれば、本システムを用いて学習できることも分かった。今後は、より高度な課題に対して試用し、その有用性を確認する予定である。

また、本システムによる仮想ネットワークと実機によるネットワークを通信させることが可能であるため、本システムと実機を組み合わせた学習も可能である。今後、開発を進めることで、ネットワーク学習のためのシステムとしての利用以外に、新たに敷設するネットワークのテスト環境としても利用できると考える。

参考文献

- 1) 立岩佑一郎, 安田孝美, 横井茂樹: TCP/IP 学習のための可視化シミュレータの研究, 第 3 回情報科学技術フォーラム, 情報科学技術レターズ pp.355-357, 2004.
- 2) 立岩佑一郎, 安田孝美, 横井茂樹: 仮想環境ソフトウェアに基づくネットワーク構築トラブルシューティング学習支援システムの開発, 第 5 回情報科学技術フォーラム, 一般講演論文集第 4 分冊 pp.347-348, 2006.