

## TCP/IP 学習のための可視化シミュレータの研究 The Study of Visual Simulator to Learn TCP/IP

立岩 佑一郎†      安田孝美†      横井茂樹†  
Yuichiro Tateiwa      Takami Yasuda      Shigeki Yokoi

### 1 はじめに

近年、コンピュータネットワークの普及にともない、ネットワークプロトコルについて学習する機会が増えてきている。その中でも、TCP/IP についての重要性が高まっており、これを効率よく修得する方法が求められてきている。

現在、TCP/IP の学習方法として、書籍教材や講義による学習が広く行われている。しかしこれらの方法では、多種多様なネットワークパターンを提示することは困難である。そのため、学習者は提示されていないネットワークパターンについて学習することが困難であるといえる。

本研究では、このような弱点を補うためのシステムを提案し、試作した。本システムはスタンドアロンで動作するアプリケーションである。学習者は本システム上に様々なパターンのネットワークを仮想的に構築することができる。本システムは、学習者の構築したネットワークにおいて、TCP/IP に基づいた情報機器の動作であるネットワーク動作を、可視化して表示する。

### 2 関連研究

学習者の TCP/IP 学習を支援する研究はいくつか存在する。市村は、通信データの目視を目的としたシステムを提案している[1]。荒井らは、データ構造と通信手順を学習するツールと TCP/IP の制御方式を学習するツールを開発し[2][3]、その学習効果の検証を行っている[4]。また、山根らによるパケットモニタリングツールの開発も行われている[5]。これらの研究では、実在するネットワークからのデータを使用していたり、教材提供者の想定したネットワーク環境での学習であるため、学習者が学習したいネットワーク環境からの学習が困難であるという問題点があげられる。

学習者が学習したいネットワークを構築できる特徴を持つ研究も存在する。早川らはコンピュータ上にネットワークを仮想的に構築して、その動作を学習するシステムの開発を行っている[6]。このシステムは使用できるネットワークプロトコルが ICMP だけであるという問題点がある。また、南カリフォルニア大学ではネットワークシミュレータの開発が行われている[7]。このシステムは、ネットワークの動作を表現する部分がパケットルーティングのみであるため、学習に役立つ情報が少ないという問題点がある。また、ネットワーク構築が Tcl というスクリプト言語を用いて行う必要があるため、Tcl の知識がない学習者にとって敷居が高いものになってしまう。また、精樫らはコンピュータ上にネットワークを、仮想的に正しく構築するためのツールの開発を行っている[8]。この

研究は、ネットワークを正しく構築することを学習するためのものであり、TCP/IP の学習に役立つ情報が少ないという問題点がある。

### 3 TCP/IP の学習内容

TCP/IP の学習には、

- TCP/IP の各階層の役割と、
  - TCP/IP の各階層間の繋がり、
- を理解することが重要であると考えられる。TCP/IP は 4 階層から構成されており、上位層から順に、アプリケーション層、ネットワーク層、インターネット層、ネットワークアクセス層となっている。各階層には様々なネットワークプロトコルが存在しており、各階層にて使用されるネットワークプロトコルによって、その階層の役割が決まる。TCP/IP を利用して通信を行う場合、各階層のネットワークプロトコルは処理を施したデータを、上位層あるいは下位層に伝達する。

### 4 従来の学習方法の問題点

従来の学習方法によって TCP/IP を修得するには、以下のような問題点があると考えられる。

書籍や講義では、TCP/IP の各階層間の繋がりを学習者が修得することは容易ではないと思われる。TCP/IP の各階層間の繋がりは、多数の情報機器と組み合わせることにより、様々なネットワークパターンを持つ。書籍や講義で提示された、限られたネットワークパターンで十分に理解できなかった学習者は、提示されなかったネットワークパターンへの応用ができない。

パケットアナライザなどの専用ツールを用いての学習では、ツールの使用にスキルを必要とするため、学習に至るまでに時間がかかってしまう。使用するネットワークが既存のものであれば、ネットワークパターンが限定されていることに加え、ネットワークセキュリティも考慮する必要がある。ネットワークの新規構築をする場合、必要となる機器をそろえるため、時間と資金が必要となってしまう。

### 5 システム要件と実現方法

本章では、前章で述べた問題点を解決するためのシステム要件を述べる。本研究では、学習者が書籍や講義での学習内容を着実に身につけられることに重点を置き、以下のようなシステム要件を定義した。

- 様々なネットワークパターンを提示できること
- システムの使い方が簡単であること
- 既存のネットワークを使用しないこと
- 実世界にネットワークを新規構築する必要のないこと
- 可視化などにより、解りやすい形での情報提供を行えること

本研究では、学習者が任意のパターンのネットワークを仮想的に構築でき、GUIベースのユーザインタフェースを備えているシステムを試作した。

## 6 システムの試作

本章では、本システムの構成について述べたあと、主な機能である、ネットワーク構築機能とネットワーク動作表示機能について述べる。

### 6.1 システム構成

本システムは、ユーザインタフェース・ユニットとエンジン・ユニットから構成される。本システムの構成を図1に示す。ユーザインタフェース・ユニットは、2つの役割を担う。第一に、学習者からネットワーク構築の情報と、ネットワーク動作学習に必要な情報を受け取り、それらをエンジン・ユニットに伝える役割である。第二は、エンジン・ユニットから受け取ったネットワーク動作の学習情報を、学習者に表示することである。エンジン・ユニットは、ユーザインタフェース・ユニットから情報を受け取り、受け取った情報を処理し、結果をユーザインタフェース・ユニットに渡す役割を担う。

2つのユニットはLinux上のアプリケーションである。エンジン・ユニットに使用しているアプリケーションは、UML(User Mode Linux)[9]である。UMLはLinux上で動く特殊なLinuxで、Linux上に複数起動しリンクさせることによって、1台のコンピュータ内でネットワークを構築することができる。本システムでは、ネットワークの仮想的な構築と、そのネットワーク動作の処理にUMLを利用している。

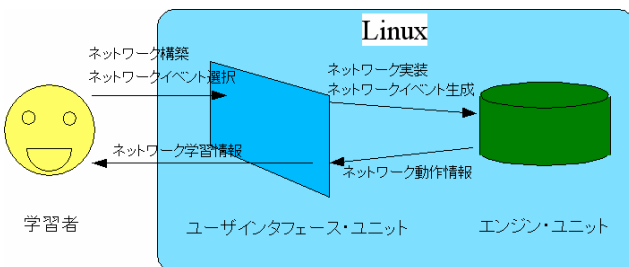


図1 システム構成

### 6.2 ネットワーク構築機能

ネットワーク構築機能は、学習者が様々なパターンのネットワークを、仮想的に構築できる機能である。構築に使用できる機器は、コンピュータやルータ、スイッチングハブなど、実世界においてイントラネット構築によく使用されるものにした。

本システムでネットワークを構築している作業を図2に示す。ルータ(Rtr)から右のコンピュータ(PC)へリンクを行っている。ネットワークケーブルによってリンクされているノード間には黒線が引かれている。

本システムでのネットワーク情報設定画面を図3に示す。学習者は構築したネットワークの基本的な設定を、この画面から行うことができる。

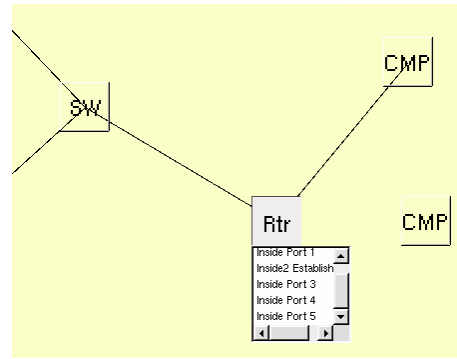


図2 ネットワーク構築画面

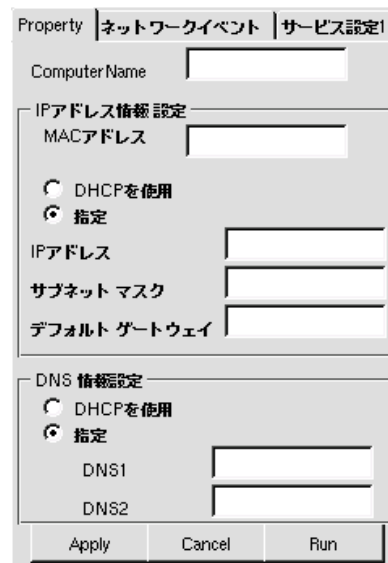


図3 ネットワーク設定画面

### 6.3 ネットワーク動作表示機能

本研究では、構築したネットワークの状態を変化させる操作を、ネットワークイベントとして定義した。学習者は、ネットワークイベントにより生じたネットワーク動作の可視化情報を見ることができる。

#### (1) ネットワークイベント

ネットワークイベントとは、TCP/IP各階層のネットワークプロトコルを組み合わせ、具体化したものである。例えば、HTTP、TCP、IP、Ethernetを具体化したものでは「ウェブページの閲覧」が、SMTP、TCP、IP、Ethernetを具体化したものでは「メールの送信」が挙げられる。ネットワークイベントの概念を図4に示す。

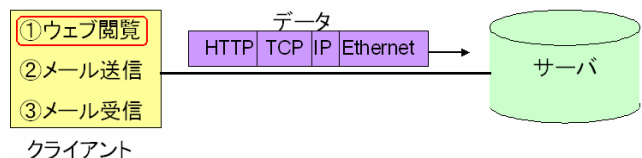


図4 ネットワークイベント概念図

## (2) ネットワーク動作の可視化

本システムでは、ネットワーク動作を文字や画像で例えて表現し、学習者に提示するようにした。これは、情報機器間の通信データの移動や、情報機器内での通信データの変換といったネットワーク動作を、目視することが困難である場合が多いためである。

TCP/IP の経路制御学習のために、通信データのノード間の移動(図 5)を、TCP/IP の階層間の関係や役割の学習のために、通信データの階層間の移動(図 6)を通信データの移動情報として提示する。ノードが通信データをどのような意図で生成されたものであるかを学習するために通信の意図情報(図 7)を、通信データの構造を学習するために、通信データ構造情報(図 8)を提示する。

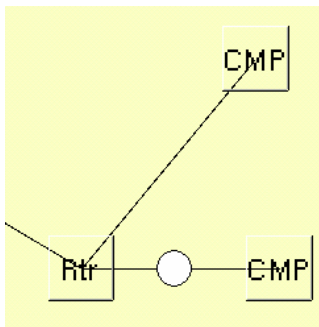


図 5 データのノード間移動画面

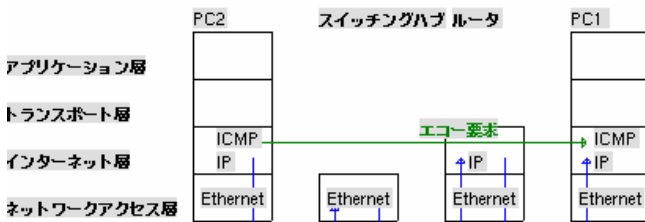


図 6 データの階層間移動画面

```

Ethernet ヘッダ情報
送信先MAC : fe:fd:c0:a8:00:65
送信元MAC : fe:fd:c0:a8:01:01
タイプ : 0800
IP ヘッダ情報
バージョン : 4
ヘッダ長 : 5
タイプオブサービス : 0
    
```

図 7 データ構造表示画面

```

PC2
1. ハードウェアアドレス照会
   ARP要求
   ARP応答
2. 到達可能確認
   エコー要求
    
```

図 8 通信意図表示画面

## 7 まとめと今後の課題

本研究では、ネットワーク動作を可視化することによって、TCP/IP プロトコルを学習するためのツールを試作した。本システムでは、ネットワークを一台のコンピュ

ータ上で仮想的かつ容易に構築でき、ネットワークイベントにより起こったネットワーク動作の可視化を行っている。これにより、従来の学習方法では困難であった、TCP/IP の各階層の繋がりを、様々なネットワークパターンにおいて提示することができるようになった。

今後は、本システムを実際にも使用してもらい、理解度の変化や使用感についての評価を行い、システムの改良を重ねていきたい。具体的には、「ネットワーク構築の検討」と「学習情報の検討」を行いたい。前者は、様々な知識レベルの学習者に対応するためである。例えば、ネットワーク構築を難しいと感じる学習者には、構築画面の設定項目を減らすことや、あらかじめ用意しておいたネットワークを使用可能にすることで対応できると考えられる。後者は、学習情報の量を増やし、質を向上させるためである。従来法と提案法において、学習者が難解であると感じる部分を調査し、調査結果をもとに、学習情報の追加や、表現方法の改善を行う予定である。

## 8 謝辞

本研究の一部は、文部科学省 21 世紀 COE プログラム「社会情報基盤のための音声映像の知的統合(IMI)」, 科研費基盤研究 C(2)16500056, および(財)中部電力基礎技術研究財団の研究助成による。

## 9 参考文献

- [1] 市村 洋：誤り検出・訂正の目視検証システムの試作, 電子情報通信学会技術研究報告, ET94-52, pp.55-62, 1994.
- [2] 荒井正之, 田村尚也, 渡辺博芳, 小木曾千秋, 武井恵雄：TCP/IP プロトコル学習ツールの開発, 情報技術レターズ, Vol.1, pp.243-244, 2002.
- [3] Arai, M., Tamura, N., Watanabe, H., Ogiso, C. and Takeji, S.: Design and Implementation of a Learning Tool for TCP/IP Protocols, Proc. International Conference on Computers in Education, Vol.2, pp.1010-1015, 2001.
- [4] 荒井正之, 田村尚也, 渡辺博芳, 小木曾千秋, 武井恵雄：TCP/IP プロトコル学習ツールの開発と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.44, pp.3242-3251, 2003.
- [5] 山根健一, 矢吹道郎：TCP セッションを考慮したパケットモニタリングツール, 情報処理学会 47 回全国大会, 5E-6, pp.197-198, 1994.
- [6] 早川正昭, 丹野克彦, 山本洋雄, 中山実, 清水康敬：LAN 構築シミュレータの開発と教育手法の改善, 教育システム情報学会 26 回全国大会, E5-4, pp.367-368, 2001.
- [7] The Network Simulator-ns2.: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [8] 精廬幹人, 木村昌史：教育向けネットワークシミュレータの開発, 情報処理学会 65 回全国大会, 2D-2, pp.273-274, 2003.
- [9] The User-mode Linux Kernel Home Page: <http://user-mode-linux.sourceforge.net/>