ネットワークシミュレータを含むｅラーニングシステム

木村昌史† 精廬幹人‡
メディアテック（株）情報科学研究所† 早稲田大学理工学部‡

1 はじめに

ｅラーニングシステムは，ｅコマースシステムと並び，今では大学や社会人教育を含め社会に大きな市場性を持って受け入れられる可能性が高まっている[1]。ここでいうｅラーニングシステムとは，単に教材をデジタル化やマルチメディア化したものを一方的に配信するものでなく，Web をベースに，その特徴を生かしたインタラクティブかつ受講者の個別性を配慮したシステムを想定している。

一方，ｅラーニングを利用する利点として，自主的学習や遠隔地教育といったことのみならず，実体験がしにくい状況をシミュレーションによる仮想体験によって，教育効果を高めることを期待することができる。

この研究ではｅラーニングの対象としてネットワーク教育を取り上げ，その基礎となる TCP/IP の理解を深めるためにネットワークシミュレータをｅラーニングに組み込み，シミュレーションによる体験によって学習効果を挙げることを目的としている。クライアントレベルでの TCP/IP 設定を行うシミュレータの開発の概要についてはすでに報告した[2]。ここでは，通常，学習者にとってはイメージが湧きにくい傾向にある TCP/IP プロトコルレイヤやパケットレベルの構成についての理解を支援するシミュレータの組み込みと，そのインストラクショナルデザイン的観点からの展開について報告する。

2 ネットワークシミュレータ(NS-2)

一般にネットワークシミュレータと称するソフトウェアには多くのものがあり，目的も様々であるが，ここでは Berkley を中心にした VINT プロジェクトによって開発されているネットワークシミュレータ(NS-2)を採用する[3]。これは本来ネットワークの基礎研究，機器の開発および性能評価等に広く利用されている著名なオープンソースのネットワークシミュレータである。

NS-2 は高機能で多くの応用がきくソフトウェアであるが，専門家向きであるためネットワークの初学者が利用するには敷居の高いものになっている。したがってこのソフトウェアを教育目的で適合させるには，多くの面で工夫が必要になってくる。

NS-2 は UNIX 系版，Windows 版ともに利用可能であるが，基本構成は以下のようになっている。

・NS-2 本体ソフトウェア
・ネットワーク設定シナリオファイル
・シミュレーション結果の分析ツール
・シミュレーション結果のアニメーション表示

シミュレーションの遂行には Tcl 言語によるシナリオファイルを作成し，コマンドラインから NS-2 本体を起動する。各種の出力結果のファイルが得られるので，その分析によりシミュレーション結果を評価することができる。またネットワーク接続図とパケットの動きを Nam というツール（Tcl）や Java ベースのアニメーション表示(Javis)をすることができる。基本的に独立したアプリケーションとして起動できる。

3 ｅラーニングシステムへの組み込み

NS-2 をネットワーク教育にそのまま利用しようとすると一般に以下のような問題がある。

・操作がコマンドベースであり，初学者が馴染んでいる Web ベースになっていない
・シナリオファイル作成にネットワークの知識が前提になる
・シナリオファイルに Tcl 言語の知識が必要
・シミュレーション結果分析手法の知識が必要
・分析のためのアプリケーションソフトの操作知識が必要

少なくとも Tcl などのプログラミング的知識は，ｅラーニングでのネットワークの学習には本質的な事柄ではない。このような学習のための障壁を取り除くために，NS-2 を独立したアプリケーションソフトウェアとして利用するより，ｅラーニングの学習の流れの中でサーバに組込んで実行させた方がよい。初学者にはシミュレータを利用するための前提条件をとりあえず意識させずに利用できるようにする。すなわちシミュレータ利用の技術的な部分は極力ｅラーニングシ

An e-Learning System with Network Simulator
†Masashi Kimura, Computer Science Laboratory, Media-Technology, Inc.
‡Mikito Toguro, Dep. of Appl. Phys., Waseda University

ステムに吸収させるのである。そこで現在開発中の e ラーニングシステムでは,以下のように Linux サーバをベースに Web サーバおよびシナリオや出力結果のデータベース化する構成とする(図 1)。

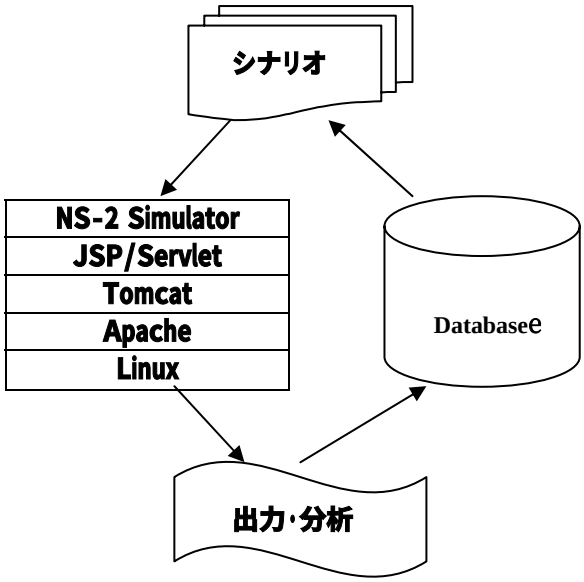

図 1 e ラーニングシステムの構成

NS-2 の Web を介しての実行のために C++のソースコードレベルの変更までは行わない。ブラウザからの入力データを Tcl シナリオファイルへ自動変換し，Web サーバ上から外部シェルスクリプトを呼び出してシミュレーションを実行する。その出力結果を Web ページでクライアントに返すものとする。NS-2 の Web アプリケーションライクの仕様変更は，CGI や PHP によっても可能であるが，ここでは e ラーニングシステム全体との相性から Tomcat によるサーバサイド Java（JSP/Servlet）を採用している。

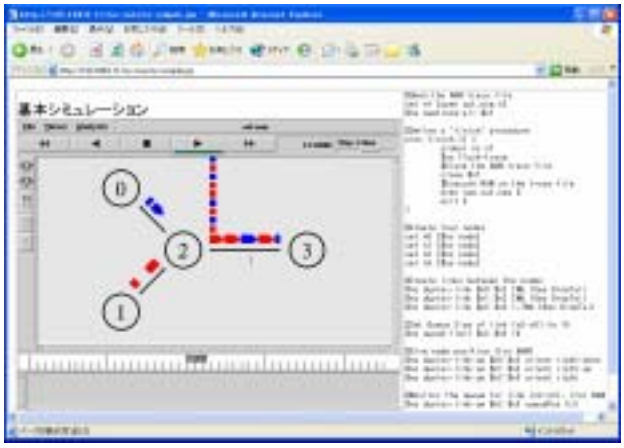

図 2 NS-2 シミュレーションのブラウザ表示

4 実行例と評価

ブラウザからは，シナリオの簡単な条件(サイト数，帯域条件など)を入力し，シミュレーションの実行結果から CBR トラヒックやパケット情報が得られる。またパケットの動きのアニメーションもこれらの出力をもとに構成できる(図 2)。

ソースレベルの変更はしていないので，出力結果は内容的には NS-2 単体で実行した場合と変わりはない。e ラーニングの内容としては「シミュレーションのシナリオ」以前に，ネットワークの「学習のシナリオ」が必要である。単純な学習シナリオとしては，サーバ/クライアントの LAN の 2 サイトの構成から，やや複雑な LAN から高速回線を含む WAN などの構成へと多くのパターンのシナリオファイルをデータベース化しておき，学習者の理解に従いながら，必要に応じて順に複雑な例題を提示していく[4]。結果の分析手法を学びながらネットワークのパフォーマンスを推測することができる。またネットワーク設計を意識して，学習者はブラウザ入力だけで独自にシナリオファイルを構成して実行することができる。さらに大規模ネットワークとルーティングの理解にも可能性を持っている。

5 教育用シミュレータの開発課題

既存のシミュレータにはそれぞれ特徴があり，操作も異なる。これらの目的をうまく取り入れた操作の差異を吸収した多目的な教育用シミュレータを構成できる可能性がある。今後の発展として,いくつかの考えられる課題を挙げる。

- より視覚的な効果を持つインターフェースと表示機能
- 自分の実機とシミュレータの仮想ネットワークとの接続機能
- 大規模ネットワークシミュレーションの実現
- セキュリティ機能の効果を含めたシミュレータへの拡張
- e ラーニングシステムをネットワークのオープンラボとしての位置づけ

参考文献

[1] e ラーニング白書〈2003/2004 年版〉
先進学習基盤協議会(ALIC)編著(2003).
[2] 精廬幹人,木村昌史　情報処理学会第 65 回全国大会 2D-2 (2003).
[3] “*The Network Simulator-ns-2*”
http://www.isi.edu/nsnam/ns/
[4] “*NS by Example*”
http://perform.wpi.edu/NS/