

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：53301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350372

研究課題名(和文)クラウド型電子書籍統合学習システムによる情報ネットワーク教育の質の向上

研究課題名(英文) Improve the quality of Information and communication network education by developing a cloud type Integrated ebook system

研究代表者

長岡 健一 (Nagaoka, Kenichi)

石川工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：60249779

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：情報通信ネットワークの研究開発用シミュレータであるNS2(The Network Simulator 2)をWebブラウザ上で操作できるWebインターフェイスとWeb実行ツールを開発し、ネットワーク工学初学者にもネットワークのしくみやその動作を学習することができるシステムの環境構築を行った。さらに、これらWebインターフェイス等を、近年普及が進んでいる携帯情報端末等のスマートデバイスで利用できる電子書籍に組み込むことにより、クラウド型統合学習システムとして開発した。本システムを授業・演習等で活用することにより高い教育効果が得られ、情報通信ネットワーク教育の質の向上を達成することができた。

研究成果の概要(英文)：We developed the web interface and web execution tools that can operate NS 2 (The Network Simulator 2), a simulator for research and development of information communication networks, on a web browser and provided the system that beginners of network engineering can learn network mechanism. Furthermore, by incorporating these Web interfaces into electronic books that can be used in smart devices such as portable information terminals, which are recently widespread, we developed it as a cloud type integrated learning system. By utilizing this system in our classes, exercises, etc., it was possible to obtain higher educational effect and achieve improvement of the quality of information and communication network education.

研究分野：情報通信ネットワーク

キーワード：教育工学 ネットワーク工学教育 電子書籍 ネットワークシミュレータ Webインターフェイス

1. 研究開始当初の背景

(1) ICT 分野の技術者不足は深刻であり、高等教育機関におけるネットワーク工学教育を充実させ、多くの質の高い人材育成を行うことが急務である。しかし、ネットワーク工学教育の問題点として「この分野は目に見えず、頭でイメージするのが難しい」ことがある。

(2) ネットワーク研究において、ネットワークシミュレータがしばしば用いられるが、研究分野に限らず、教育分野にも積極的に活用することが考えられる。シミュレータでは、時々刻々と変化するネットワークの挙動が調査でき、特にアニメーションツールは教師が口頭で解説するよりもわかりやすく具体的にその動作を伝えることができる。

(3) ネットワークシミュレータにおいては、専門的なシミュレータ環境を扱う技術や専用のプログラミングスキルが要求され、ネットワーク初学者にはその利用が難しいという問題がある。そこで、HTML5 等の技術を利用し、Web ブラウザからネットワークシミュレータ NS2 を利用できる Web アプリケーションを開発するとともに、これを電子書籍に組み込んだクラウド型統合学習システムの開発により、ネットワーク工学教育の質の向上を行うことができるのではないかとというのが本研究の背景である。

2. 研究の目的

(1) Web ブラウザ上で、ネットワーク設計、シミュレーションの実行および実行結果をアニメーション表示できる「ネットワークシミュレータ用インターフェイス」を構築し、さらにシステムを電子書籍に組み込んだクラウド型統合学習システムを開発する。

(2) システムを実際に授業・演習等で活用する。その教育効果を向上させるため、ユーザビリティ評価を行う。

(3) 本システムを使用した場合の教育効果の検証を達成度評価によって行い、ネットワーク工学教育の質の向上をはかることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) ネットワークシミュレータ Web インターフェイスと統合学習システムを開発する。ネットワークシミュレータ NS2 を Web ブラウザ上で操作・表示することを可能とする Web API と、クライアントサイドの各ツールからなる Web インターフェイスシステムを構築する。まずこのシステムのユーザビリティ評価を行う。評価手法には回顧法を用いる。これは、被験者に与えられたタスクを実行してもらい、タスク終了後に実行時の認知過程を質問する手法で、ユーザビリティ評価としても用いることができる。

さらにこれを組み込んだタブレット上で動作する情報通信ネットワーク学習用クラウド型電子書籍を開発する。

(2) 研究代表者が担当する授業・演習等で開発システムを利用し、不具合や不足しているコンテンツの修正等を行う。

(3) 研究代表者が半期で2回実施している定期試験にはシラバスにおいて達成度目標が設定されている。試験結果を問題別に達成度目標に基づいて評価し、達成度を検証する。

(4) 評価によって得られた結果から、理解度をさらに向上させるよう、システムの内容を改善する。このようなサイクルを導入することによって、より高い教育効果が得られるようにする。

4. 研究成果

(1) まず、ネットワークシミュレータである NS2 を、Web ブラウザを用いて操作できるようにするための「ネットワークシミュレータ用 Web インターフェイス」を開発した。具体的には、シミュレーション対象のネットワーク設計、シミュレーションの実行および実行結果のアニメーション表示などを可能とする Web インターフェイスで、図 1 にそのシステム概略を示す。

本システムは、Web API と、Web アプリケーションから構成される。NS2 において、その入出力はすべてテキストベースでやりとりされるため、システムの開発は容易である。クライアントの Web アプリケーションと、NS2 との間のやりとりには、REST (Representational State Transfer) と呼ばれる分散システム上の複数のソフトウェアのためのソフトウェアアーキテクチャに基づき実装を行っている。開発した主な Web アプリケーション群を以下に示す。

1. GUI シナリオエディタ (シミュレーションするネットワークの設計を行う)
2. シミュレーション結果分析ツール
3. シミュレーション結果描画ツール (アニメーションツール)

それぞれの Web アプリケーションは、HTML5 に含まれる JQuery と Canvas によって、Web ブラウザでの特別なプラグインを必要とせず安定で高速なパフォーマンスで動作するようにした。また、これらは、JSON (JavaScript object Notation) と呼ばれるデータ記述言語によって、HTTP 上で通信を行っている。従来 NS2 においては、シナリオファイルと呼ばれるプログラミング言語を用いてシミュレーション対象のネットワークトポロジを記述していた。GUI エディタは、これを Web ブラウザで GUI により行えるようにするための Web

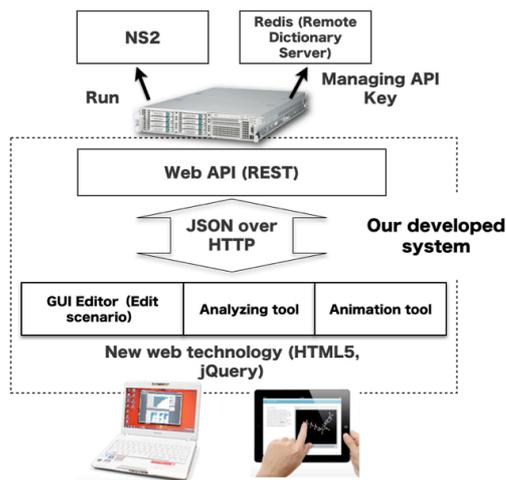


図1 Web インターフェイス概略

アプリケーションである。

また、NS2では、シミュレーション結果の解析は、専用のコマンドとスクリプトを用いていたが、開発したシミュレーション結果解析ツールにより、Web ブラウザ上のシンプルな操作で、ネットワークの挙動解析を行えるようになった。図2に、スループット解析の一例を示す。

さらに、NS2においては、「Nam」と呼ばれるネットワーク上のトラフィックの挙動をアニメーションによって表示が可能であるが、これにはX11 Window System環境が必要であった。開発したシミュレーション結果アニメーションツールでは、HTML5の技術を用い、このような専門的ウィンドウ環境がなくても容易にWeb ブラウザ上でアニメーション結果を表示することが可能となっている。

(2) 開発したWebアプリケーションのユーザビリティ評価を行った。評価には回顧法と呼ばれる評価手法を用いている。これは、被験者に与えられたタスクを実行後に、その認知過程について尋ねるといったものである。表1に、タスク達成度結果を示す。研究代表者が所属する高専における、ネットワーク工学について専門的知識を持たない本科5年生5名について尋ねた。なお、表において、“Good”、“Fair”および“Poor”はそれぞれ以下のような意味を持つ。

- Good : ユーザは自らタスクを達成できた。
- Fair : ユーザはマニュアルやヒントに従い、タスクを達成できた。
- Poor : ユーザはタスクを達成することができなかった。

このユーザビリティ評価から、ほとんどの項目において被験者はタスクを達成できていることがわかるが、“Flow definition”においていくらかのタスク未達成項目が見られた。具体的には、パケットの流れ定義を GUI シナ

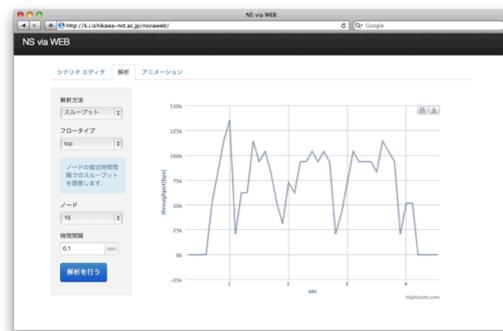


図2 スループット解析例

リオエディタにおいて達成できなかったことである。そこで、電子書籍教材に埋め込む前の段階で機能改善を行い、さらに改めて、被験者への評価を行うことでユーザビリティ向上を図った。

表1 タスク達成度評価結果

	Use r A	Use r B	Use r C	Use r D	Use r E
Node definition	Good	Good	Good	Good	Good
Link definition	Good	Good	Good	Good	Good
Flow definition	Fair	Good	Poor	Fair	Good
Jitter analysis	Good	Good	Fair	Good	Good
Change the scenario	Good	Good	Good	Good	Good

(3) 開発したWebインターフェイスを電子書籍に埋め込み、ネットワーク工学を学ぶための教材開発を行った。

待ち行列やTCP/IPの基礎について、研究代表者が担当する授業で従来より開発してきた教材を電子書籍化し、そのコンテンツ内に今回開発した「ネットワークシミュレーションWebインターフェイス」を埋め込んでいる。このWebインターフェイスを利用し、教材内で演習課題として実行することで、より直感的なネットワークの仕組みや挙動を学習できるようにした。図3にその一例を示す。

(4) 開発したネットワークシミュレーションWebインターフェイスを利用できる電子書籍教材を利用した場合の教育効果の検証を行った。研究代表者が担当する授業・演習における達成度を定期試験およびアンケート評価において検証した。

すべての学習者は授業・演習のシラバスに記載された目標達成度を達成することができた。

2.例題

(1)以下のようなトポロジを構築して、中央のボトルネックリンク(帯域幅 1.7Mbps, 転送遅延 20ms, キューサイズ10)の両端のノード間のジッターを調査する。ジッターを抑えるためには、どうすればよいだろうか?①~③をヒントにCBRのフローのジッターを抑えるためにはどうすればよいか考察せよ。関連ページ→[p31](#)

図 2.17 例題(1)

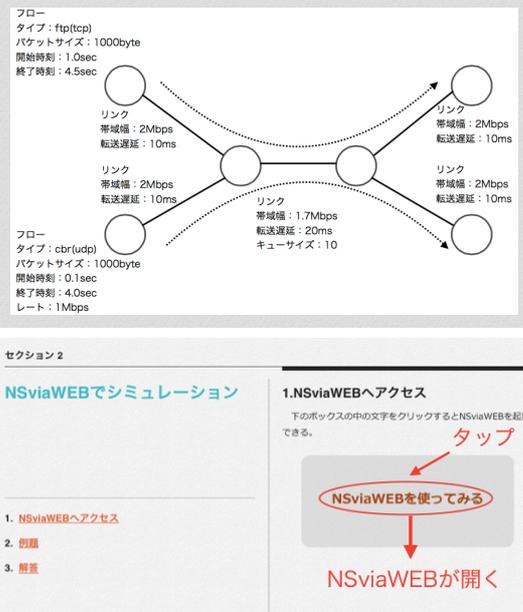


図 3 Web インターフェイスを埋込みした電子書籍教材

と同時に、アンケート結果より、視覚的に情報通信ネットワークの挙動を理解することに役立ったという評価を得ることができた。

(5)本研究では、研究用途で用いられるネットワークシミュレータである NS2 を、ネットワーク初学者でも Web ブラウザを用いて利用できる Web インターフェイスを開発し、それをネットワーク工学教育用電子書籍教材に埋め込むことで、クラウド型電子書籍統合学習システムの構築を行った。また、教材を実際の授業・演習で利用することで、その教育効果を確認することができた。

本研究においては、シラバスに記載した達成度を定期試験により達成できたかどうかを評価したが、より具体的にどのような項目でどれくらいの達成度が得られたかなどをより定量的に評価することで、さらにきめ細かくネットワーク工学教育の質を向上させていくことが今後の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- (1) 米川あかり, 長岡健一, ツイッターにおけるデータ自動分類手法に関する研究, 信学技法, 査読無, IN2013-132, pp. 87-91, 2013.
- (2) Kenichi Nagaoka, “Development of the Web Interface of NS2 for Network Engineering Education”, Proc. of International Symposium on Advances in Technology Education 2014, 査読有, p. 132, 2014.

[学会発表] (計 3 件)

- (1) 喜多啓介, 長岡健一, “ネットワークシミュレーションのためのウェブインターフェイスの開発”, 2013 年電子情報通信学会総合大会, 2013 年 3 月, 岐阜市.
- (2) 長岡健一, 山田健二, 金寺登, 富山正人, “石川高専電子情報工学科における数学活用大辞典コンテンツ開発”, 平成 26 年度全国高専教育フォーラム教育研究活動発表会, 2014 年 8 月, 金沢市.
- (3) 外山椎菜, 長岡健一, “ダイナミックな電子書籍の開発と評価”, 電気関係学会学生による研究発表会, 2016 年 3 月, 石川県津幡町.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長岡 健一 (Nagaoka, Kenichi)
石川工業高等専門学校・電子情報工学科・
准教授
研究者番号: 60249779

(4) 研究協力者

喜多 啓介 (KITA Keisuke)