

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 19 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501159

研究課題名(和文)自動判定を可能とするIPネットワーク構築演習支援システムの開発

研究課題名(英文)Development of an IP networking practice system enabling automatic scoring

研究代表者

井口 信和 (IGUCHI, Nobukazu)

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号：50351565

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ネットワーク構築演習支援システムを用いて、学習者が構築したネットワークの設定を自動的に判定する機能を開発した。さらに、指導者のために演習課題の作成を支援する機能を開発した。IPネットワークを学習している学部生のクラスに導入実験した結果から、本システムの有用性を確認した。さらに自動採点にかかる時間などを計測した。本システムの活用により、近くに指導者が居ない場合でも、学習者は自学自習によるIPネットワークの構築演習が可能であることが分かった。

研究成果の概要(英文)：In this study, I developed function that automatically scores IP network settings for IP network practice system. And I developed function that supports to make problems for teachers. I introduced this system to classes of undergraduate students. As results, I found that this system had usability for IP network practice classes. And I timed automatic scoring. This system allows students to engage self-guided IP network training and testing.

研究分野：教育学習支援システム

キーワード：ネットワーク構築演習 自動判定 仮想化技術

1. 研究開始当初の背景

コンピュータネットワークの普及に伴い、IP ネットワークの構築技術に精通した技術者の需要が高まっている。しかし、国内の IP ネットワーク技術者は不足しており、高い専門知識とスキルを持った IP ネットワーク技術者の早期の養成が必要とされている。このため、大学や専門学校では、ルータ等の実機を用いたネットワークの構築演習の授業が開講されている。事例の一つとして、シスコ・ネットワーキングアカデミーが世界中の教育機関で実施されている。

しかし、実機を用いた演習では、多数のネットワーク機器が必要となるため、学習者がいつでも手軽に自学自習できる環境を整えるのは難しい。そこで、これまでに仮想マシンを活用することで、一台の標準的な仕様の PC 上で、IP ネットワークの構築演習の支援を可能とするシステムを開発した。

このような仮想マシンを活用したネットワーク技術者のためのシステムは、多くの研究開発がなされている。しかし、それぞれが対象とする演習内容が異なり、まだいくつかの未開発の機能が残されている。また、実用化への展開に関して検討することが多い。特に、学習者が自宅などにおいて自学自習する場合など、近くに適切な指導者がいない場合への対応に関する検討が必要である。

2. 研究の目的

本研究課題では、仮想 Linux 環境を活用したネットワーク構築演習システムを用いてルータ等の設定演習を行う、IP ネットワークの構築演習において、学習者が設定した内容の正誤を自動的に判定する機能の開発を目的とする。本機能によって、指導者が身近にいない環境、たとえば学習者が自宅で演習を行う場合でも、設定の正誤の判定が可能となる。研究期間内に以下のことを明らかにする。(1)設定の正誤の判定を行うと同時に、正しい設定のためのヒントを表示する機能を実装する。本機能によって IP ネットワーク構築演習の自学自習の支援が可能であることを明らかにする。

(2)設定項目の比較を行うだけでなく、設定の手順を比較し表示する機能も実装する。設定に慣れた指導者の手順と学習者の手順の違いの比較を行うことで、どこで間違ったかを指示することが可能とする。正しい設定手順を知ること、誤りの少ない設定の順序などを学べることを明らかにする。

(3)指導者のための機能として、演習用の課題ファイルの作成を支援する機能を開発する。演習課題は、学習者のレベルに応じて用意する必要がある。そこで、指導者の負担を軽減するために、一つのネットワークに対して、演習のレベルの異なる課題を簡単に作成できる機能を実装する。これにより、指導者の負担が削減できることを明らかにする。

3. 研究の方法

本研究は、学習者が構築したネットワークの設定を自動的に判定しその結果を表示する機能と演習課題の作成を支援する機能の開発研究を目的とする。学習者は、これまでに開発したネットワーク構築演習システムを用いて、一台の PC 上にネットワークを構築していく。

開発研究した機能は、ネットワーク機器の設定情報を比較する機能、判定結果を表示する機能、演習課題を簡単に作成する機能、の3つである。

本システムは、仮想ネットワーク構築機能、ネットワーク設定情報比較機能、判定結果表示機能および演習課題作成部から構成する。図1に本システムの構成を示す。

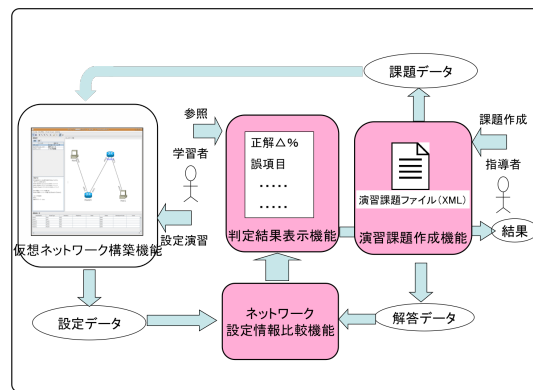


図1 システム構成図

仮想ネットワーク構築機能には、これまでに開発したネットワーク構築演習システムを活用した。このシステムは、仮想 Linux 環境を活用することで実装した。これは、ルータなどのネットワーク機器の役割をする仮想マシンを、仮想的なネットワーク機器として、一台の PC 上に多数起動させ、それら相互に接続することで、仮想的にネットワークの構築演習を実施するものである。

本研究では、目的を達成するため、まず、以下の機能を開発した。

- ネットワーク設定情報比較機能
- 判定結果表示機能

ネットワーク設定情報比較機能と判定結果表示機能では、図1に示すとおり、学習者が演習で構築したネットワークの設定データと、指導者があらかじめ作成した解答データとの比較を行い、設定の正誤を判定する。次にその結果を学習者に提示する。本機能を実現するために検討・実装した項目は以下のとおりである。

- 設定データおよび解答データの XML タグとその階層化構造
- 設定データと解答データの比較する方法
- 設定手順の違いを比較する方法
- 正解率の提示
- 設定に誤りのある項目の一覧の提示
- 設定手順の違いの提示
- 正解へのヒントの提示

ネットワーク設定情報比較機能と判定結果表示機能により、正解率や誤りのある項目一覧の提示だけでなく、設定手順の正確さと正解へのヒントの提示が可能となる。

続いて、演習課題作成部を開発した。演習課題作成部は、指導者による演習課題の作成を支援する機能である。演習課題作成部は、指導者による演習課題の作成を支援する機能である。ここでは、次の2つの方法による演習課題を作成する。

仮想マシンを起動する方法

仮想マシンを起動しない方法

仮想マシンを起動する方法は、指導者が仮想ネットワーク構築演習システム上に演習課題となるネットワークを実際に構築し、その設定情報を正解の解答データとしてファイルに保存する方法である。仮想マシンを起動しない方法は、仮想ネットワーク構築演習システムの作図機能を使うことでネットワークのトポロジ図を作成し、各機器の設定は専用の GUI から設定値を入力するで、解答データを作成する方法である。

指導者は、次の手順によって解答データを作成する。

本システムの起動

文章による演習課題の作成。ここでは、ルーティングプロトコルなどの設定の条件を記載する。

演習課題レベルの設定

演習課題レベルの設定については、今回は次の3つのレベルを設定した。

- 上級レベル演習：文章のみによる演習課題の提示
- 中級レベル演習：文章とトポロジ図による演習課題の提示
- 初級レベル演習：中級レベルに加えて、一部のネットワーク機器の設定を施した状態

本機能の特徴は、一つの演習課題に対して、いくつかのレベル（今回は3レベル）の課題が簡単に作成できることである。本機能によって、課題作成に要する指導者の負担の軽減できる。

最後に、システム全体の性能と有効性の評価および利用評価を行った。

4. 研究成果

本研究では、学習者が構築したネットワークの設定を自動的に判定しその結果を表示する機能と演習課題の作成を支援する機能を開発した。学習者は、これまでに開発したネットワーク構築演習システムを用いて、一台の PC 上にネットワークを構築していく。

具体的に開発した機能は、ネットワーク設定情報比較機能、判定結果表示機能、演習課題作成支援機能の3つである。開発した3つの機能を IP ネットワーク構築演習支援システムに実装した。これにより、自動判定とその結果の表示、および3つのレベル別課題を自動的に作成する機能をもった IP ネットワーク構築演習支援システムが利用可能となった。

ネットワーク構築演習支援システムが利用可能となった。

図2に判定結果を表示する GUI の例を示す。図2に示すとおり、演習正解率だけでなく、正解の設定項目を緑のマーカで示し、誤りのある項目を赤のマーカで示す。これにより、正解率だけでなく、正解へのヒントを示すことができる。

図3に課題作成 GUI を示す。指導者が、正答ネットワーク情報選択部から、課題とするネットワークの設定情報を選択し、そのトポロジがネットワークトポロジ表示部に提示される。指導者は、そのトポロジを参照しながら、課題情報入力部に文章による問題文を入力する。作成ボタンを押下すると、自動的に3つのレベルの課題が作成される。

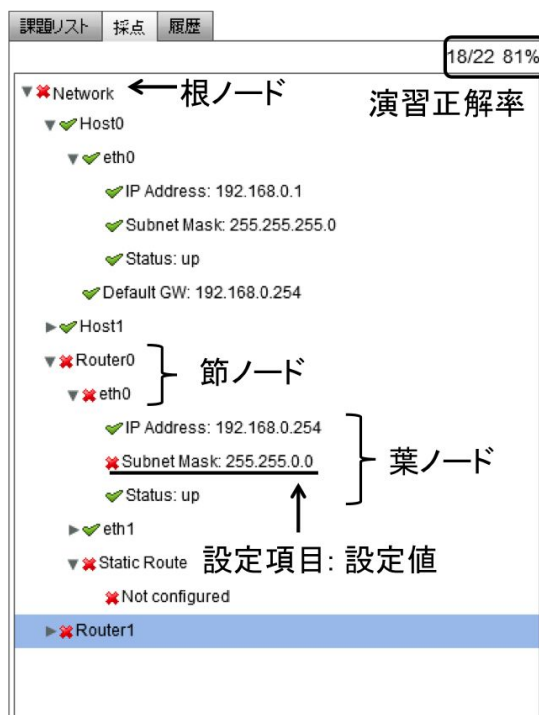
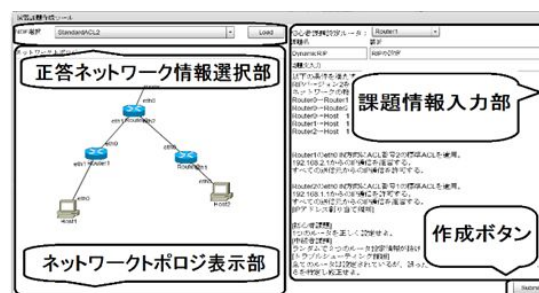


図2：判定結果表示 GUI



課題作成支援 GUI

今回、開発したシステムの利用評価のために、初学者を対象としたクラスへ試験的に導入した。さらにシステムの性能と判定精度を確かめる実験を行った。

まず、本システムで複数人が同時に自動採点を実施した際の採点時間を計測した。採点

時間は、クライアントが採点要求を送信してから採点結果表示 GUI に結果が表示されるまでの時間とした。実験は1~10人で実施した。それぞれの人数で10回計測し、その平均を各人数での計測値とした。その結果、1~10人での計測値の平均は62.6ミリ秒、標準偏差は3ミリ秒となった。採点時間は1人と10人の場合でも大きな変化はなかったため、人数の増加による採点時間の変化はないことがわかった。このことから、本システムは複数人が同時に自動採点を利用した場合でも常に0.1秒未満で採点できるため、効率よく演習を実施できることがわかった。

次に、判定の精度を確かめた。採点精度の評価では、機器の設定を正しく判定できるかを検証した。課題演習を実施している時の未構築・構築途中・構築完了時のそれぞれで採点を実施し、その精度を評価した。

- 未構築：課題演習開始直後、ネットワークのトポロジのみが構築された状態で採点した。その結果、全ての項目が不正解となり、進捗は0%となった。
- 構築途中：各ネットワーク機器のインタフェースにIPアドレスとサブネットマスクおよびステータスを設定した状態で採点した。その結果、IPアドレスとサブネットマスクおよびステータス部分のみ正解となり、進捗は75%となった。不正解項目は、ホストのデフォルトゲートウェイと、ルータのRIP設定である。
- 構築完了時：各ネットワーク機器に対して、デフォルトルートやルーティングの設定を施し、各ネットワーク機器が通信できることを確認した後に採点した。その結果、すべての項目が正解と判定され、進捗は100%となった。

以上の実験から、期待した通りの採点結果が得られたため、本システムでは各項目を正確に判定できることがわかる。このことから、本システムはネットワークの構成を正しく採点できるため、ネットワークが正しく動作しない場合の原因箇所を容易に特定できることがわかった。

また、利用者アンケートの結果から、本システムを用いることで、学習者は自宅などにおいてもIPネットワーク構築演習の実施が容易に可能であることが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Nobukazu Iguchi, Development of a self-study and testing function for NetPowerLab, an IP networking practice system, Int. J. Space-Based and Situated Computing, 査読有, Vol. 4, Nos. 3/4, 175-183
DOI: 10.1504/IJSSC.2014.066034

〔学会発表〕(計3件)

宮本 拓、飯田拓真、井口 信和、IP ネットワーク構築演習支援システムにおけるレベル別課題作成機能の開発、情報処理学会第77回全国大会 IZF-01、2015年3月17日、京都大学(京都府京都市)

北澤友基、井口信和、演習履歴の管理を可能とするIPネットワーク構築演習システムの開発、情報処理学会第76回全国大会 IZF-3、2014年3月11日、東京電機大学(東京都)

北澤友基、井口信和、IPネットワーク構築演習システムの自動採点機能の開発、電子情報通信学会教育工学研究 ET2013-41、2013年9月28日、広島大学(広島県東広島市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井口 信和 (IGUCHI, Nobukazu)

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号：50351565