

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22500921

研究課題名(和文) ハンズオン学習を伴うネットワーク技術学習用システムの開発

研究課題名(英文) E-learning system for supporting hands-on internetworking education

研究代表者

大月 一弘 (Ohtsuki, Kazuhiro)

神戸大学・国際文化科学研究科・教授

研究者番号：10185324

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000 円、(間接経費) 930,000 円

研究成果の概要(和文)：本研究では、コンピュータ・ネットワーク技術学習を支援するe-learningシステムの開発する。教科書などに使用されるネットワーク図においては、ネットワーク図が多彩であり、学習目的によって理解を支援するための最適なネットワーク図が異なる。個々の表示パターンを関数化し、論理演算を用いて関数を組み合わせる方法を提案し、学習支援者が簡易な表現で様々なネットワーク図を作成できるシステムを実現した。

研究成果の概要(英文)：This research develops an e-learning system to support learners' understandings on computer networking technology. We propose a method for creating various network diagrams in order to learner's purpose. We pay attentions that lecturer makes network diagrams by combining some display patterns. We define functions which represent display patterns and propose the way for combining them using logical operation. Using the proposed method, lecturer can create various network diagrams by inputting logical equation.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 教育工学

キーワード：教育工学 情報通信工学 高度技術者養成 情報教育 ネットワーク技術 eラーニング

1. 研究開始当初の背景

(1) 日本における IT 従事者には、文系あるいは非情報工学系の学部出身者も多く、経験的な知識やマニュアル的な操作知識のみに頼ってシステム運用やシステム開発を行っている場合がみうけられる。また、一般のインターネットユーザにおいては自宅などにおいてネットワークやセキュリティの設定を自ら行う場面が増加しており、トラブル発生時などには単純にマニュアルに頼るのみでは問題を解決できない場合が多い。これらの人々にとって、ネットワーク技術習得の障害のひとつになっているものは、理論的な知識が乏しいか、あるいは、断片的な知識はあるが、それを応用・活用できないことに起因すると考えられる。このようなネットワーク初級者が技術を習得するためには、経験的な知識、理論、操作知識などをうまく関連付けて知識を構造化することが重要となる。本研究では、このようなネットワーク初級者と対象とし、より高度な情報通信技術を習得するための e-learning システムを構築することを目的とする。

(2) ネットワーク技術の学習に関しては、現在、米国電子通信学会 (IEEE) や米国コンピュータ学会 (ACM) においても重要な課題とされており、ACM による学習カリキュラムの推奨モデルの制定に加えて、学習方法についても様々な方法が検討されている。Maj は、従来大学などの教育機関で行っている理論中心の教育と、IT 現場や技術者養成学校などで行われている個別機器の設定を中心とした hand-on 型の教育の間のギャップが大きいことを指摘し、理論と実用面を関連させながら学習することにより、ネットワーク技術を理解するための state model を提唱している。(Maj, S. P., G. Murphy, et al. (2004): State Models for Internetworking Technologies. 34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference)

(3) 研究代表者は、専門職大学院において同モデルに基づいた授業を実施し、実際のネットワークを用いてコマンド操作を行ってコンピュータ機器からネットワーク情報を取得し、その情報を紙媒体のネットワーク図面に書き込んで学習していく方法がネットワーク技術理解や操作内容の理解に有用であることを確認した。しかし、この方法は、ネットワーク図面に書き込むネットワーク情報の項目数がかなりの量になるため、教員側の説明の技量が必要であるし、ある程度のネットワーク知識を持つ学習者でないと学習が困難であることも判明した。

そこで、本研究で構築するシステムでは、同モデルの概念を取り入れ、初心者ネットワーク学習者にとっても理解可能であり、かつ、独習が可能となることを目指す。

2. 研究の目的

(1) 自律分散システムであるインターネットの仕組みを理解するためには、様々な側面から各ネットワーク情報の持つ役割を考えていく必要がある。このため、ネットワーク技術学習に用いる教科書や Web 教材などには、様々なネットワーク図が存在している。一見似たような図でも、図に表示されている IP アドレスなどのネットワーク情報がそれぞれ異なることが多い。

つまり、学習用のネットワーク図では、その図において学習する内容(学習目的)をあらかじめ決定し、学習目的の理解に必要なネットワーク情報のみを選択して図に表示する(以下、表示情報の簡素化と呼ぶ)ことによって、学習者の理解をしやすくするように工夫している。このため、次の2つの課題を有す。ネットワーク技術を理解するためには、様々な学習目的に応じてそれぞれに最適な表示情報の簡素化をする必要がある。表示情報が簡素化により、学習者は、ある学習目的とする理解はできても、その理解を学習目的に応用する際に誤った判断をする危険性がある。この2つ課題を解決するためには、(a)個々の学習目的に応じて最適化されたネットワーク情報を簡易な方法で提示して、様々な学習目的に対する理解を習得させる、(b)さらに、それらの知識を統合・体系化を行うための統合的なネットワーク情報を提示する、ことが必要となる。そこで、本研究では、Web上に多彩なネットワーク情報を提示できるネットワーク図生成システムの開発を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 開発するシステムは、実際のネットワークからネットワーク情報を取得して学習システムのデータベースに格納する機能(以下、情報取得機構)、学習目的に応じたネットワーク情報を決定・選択する機能(以下、学習情報選択機構)、選択された情報を学習画面として表示する機能(以下、画面表示機構)ならびに、学習者の知識レベルに応じて専門用語の説明文を提示する機能(以下、説明文提示機構)から成る。

開発においては、これらの4つの機構をそれぞれ独立して作成する。各機構を独立させることにより、1部の機構のみを利用したり、他のソフトウェアへの組み込みが容易になる。

(2) 本研究の中心となるのは、学習情報選択機構の設計である。同機構の設計においては、まず、教科書や実用書などで使用されているネットワーク図に表示されているネットワーク情報を調査・分析を行う。次に分析結果をもとに、設計を行う。設計に際しては、多彩なパターンに対応することのみではなく、教授者が表示したいネットワーク情報を簡易に指定できることも考慮する。

4. 研究成果

(1) 教科書・実用書・解説書に記載されているネットワーク図を調査し、表示される図の多様さならびに多様になる理由の解明を行った。調査の結果、次のことが判明した。

ネットワーク図に表示されるネットワーク情報には、大きく、自機情報（ネットワークを構成する個々の機器に設定される自分の機器に関する情報）、他機情報（各機器が把握している他機に関する情報）、特定伝送時必要情報（特定の機器間での通信を行う上で必要となる情報）などがあり、これらが必要に応じて組み合わせられて表示される。例えば、「ある特定の機器間で通信を行う際に、経路にあたる中継機器において、その機器が中継を行う際に必要とする情報は何か」を説明する場合は、ある機器の自機情報・他機情報の中から必要情報を選択することが必要となるし、「特定機器間での通信がどのように行われるか」を理解するためには、通信経路上の各機器に対する特定伝送時必要情報をすべて選択して表示する必要となる。

(2) 学習情報選択機構は、利用者（教授者側）が簡易な指示で個々の目的にあった学習を行う際に、適切ネットワーク情報を選択することが重要となる。教科書等のネットワーク図の分析で判明したように、学習図の作成者は、いくつかの情報表示パターンを合わせてネットワーク図を作成している。この作業を容易にするために、a. 基本的な情報パターンを決め、各パターンに対応した関数を定義する。b. 関数の組み合わせが簡易にできる関数の演算を定義する。

表1に関数の一覧表を示す。ここでxは、ネットワーク上の機器を指定するパラメータである。また、各関数にオプションパラメータを準備する。パラメータの利用により、着目すべき機器を簡単に指定することができる。関数の組み合わせには、論理演算表現を用いる。andは、2つの関数により選出されたネットワーク情報のうち、いずれのからも選択されたもののみを選択し、orは、いずれか一方でも選出されたネットワーク情報をすべて選択する。更に、様々なネットワーク情報と注目するネットワーク情報の関係を理解する場合に備え、overという演算を定義する。同演算では選択されたネットワーク情報の上に別のネットワーク情報を強調して上書きする。

表1 関数一覧表

関数名	パラメータ	機能
base	x	基本情報表示
arp	x	機器 ARP 情報表示
route	x	機器ルーティングテ

		ープル情報表示
dgmap	x	Default Gateway が x と同じである機器の IP アドレス表示
amap	x	ARP 情報対応表示
rmap	x	ルート情報対応表示
trace	x1,x2	転送に必要な情報表示 (x1:発信元ユニット, x2:発信先ユニット)
traceip	x1,x2	転送に必要な宛先 IP アドレス表示 (x1:発信元ユニット, x2:発信先ユニット)
traceport	x1,x2	転送に経由した物理ポートを表示(x1:発信元ユニット, x2:発信先ユニット)
ippath	x	パケットが到達できる機器の IP アドレス表示
broadcast	x	ブロードキャストパケットを到達できる機器の IP アドレス表示

(3) 学習情報選択機構のソフトウェア作成には、C 言語を用いた。関数の出力結果はネットワーク情報の値を結果として返すのではなく、データの保管場所を特定するため情報を出力結果としている。この方法を用いることにより論理演算処理をそのままプログラム化でき、演算処理を簡易かつ高速に行っている。画面表示機構のソフトウェア作成は、PHP を用いた。学習情報選択機構により作成させた表示情報の保管場所情報に基づき、実際のネットワーク情報の値を取り出し、学習用ネットワーク画面を生成する。情報取得機構のソフトウェア作成には、Java を用いた。情報の取得には、学習者が実際のネットワークを利用する際に使用するコマンドを用い、ルータなどのネットワーク機器にアクセスする場合も telnet での端末操作をソフトウェアが自動的に行う。開発した情報取得機構は、端末側は Windows, Telnet 先のルータは Cisco ならびに YAMAHA の一部ルータにしか対応していない。説明文提示機構は、2010 年度

以前に開発研究を行っていたオンライン IT 辞書を適応させた。同辞書は、複数の教科書などを文書を一定のサイズに分割してデータベース化しておき、学習者の知識状況に応じて、学習者の理解できそうな説明文を自動選出して、説明文を自動作成するものである。

(4)作成したシステムを用いて様々な図の表示を試み、システムが正常に動作するか、作成した図が学習目的に適しているかどうかを確認した。システム実行例を次に示す。図1は $trace(A,D)$ というコマンドによって生成される。この図は「機器 A から機器 D にパケットが転送される際に、どの機器の IP アドレスや MAC アドレスが参照・使用されているか」を説明する際に適していると考えられる。

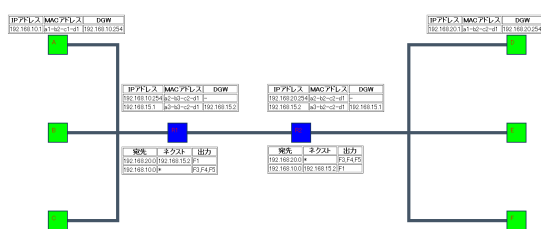


図 1 $trace(A,D)$ の実行例

しかし、この図を理解できたとしても、この図からは、「A から D への伝送時に、機器 A が把握している情報はどれか、(あるいは、A から D へ伝送する際に、機器 A からの伝送に必要な情報は何か)」を把握することは困難である。この条件を満たす情報のみを表示する場合、

$(base(A) \text{ or } arp(A) \text{ or } route(A))$
and $trace(A,D)$

すなわち、機器 A の持つ情報のうち、パス A, R1, R2, D の伝送に関係あるもののみを表示すると表現すれば、図 2 のように表示される。この図においては、表示される情報が学習目的の理解に必要な情報のみが提示されているため理解がしやすいと考えられる。

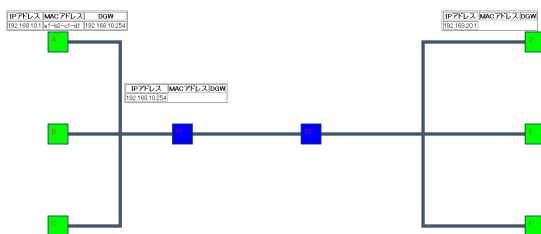


図 2 $(base(A) \text{ or } arp(A) \text{ or } route(A))$ and $trace(A,D)$ の実行例

このように、演算式を加えたり減じたりすることで、ネットワーク図に表示できる図を少しずつ変化させることも可能となり、図を切り替えながら、学習知識を深める支援がで

きると考えられる。

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 4 件)

孫一、清光英成、柏木治美、康敏、大月一弘、ネットワーク技術学習のためのネットワーク図自動作成機構の試作、電子情報通信学会研究報告、ET2013-81、pp.79-83、2014、査読無。

菊谷太郎、孫一、柏木治美、大月一弘、ネットワーク技術学習のためのネットワーク図の多角的な表示方法の検討、電子情報通信学会研究報告 ET2011-106、pp.35-40、2012 年、査読無。

孫一、柏木治美、康敏、清光英成、大月一弘、IT 用語辞書における学習者の理解状況に適応する説明文提示手法、教育システム情報学会誌、Vol28(4)、pp.271-282、2011 年、査読有。

孫萩、孫一、柏木治美、大月一弘、視覚的なネットワーク学習のためのシステム構築方法の検討、情報処理学会研究報告 CE109、7-12、2011 年、査読無。

〔学会発表〕(計 1 件)

孫一、清光英成、柏木治美、康敏、大月一弘、適応型学習に対応する IT 用語辞書の関連用語推薦機能の検討、情報処理学会第 75 回全国大会、東北大学(仙台市)、2013 年 03 月。

6. 研究組織

(1)研究代表者

大月 一弘 (OHTSUKI Kazuhiro)
神戸大学・大学院国際文化学研究所・教授
研究者番号： 10185324

(2)研究分担者

柏木 治美 (KASHIWAGI Harumi)
神戸大学・国際コミュニケーションセンター・教授
研究者番号： 60343349

康 敏 (KANG Min)
神戸大学・大学院国際文化学研究所・教授
研究者番号： 60290425

孫 一 (SUN Yi)
神戸情報大学院大学・システム情報工学研究科・助手
研究者番号： 30636725