

# 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

孫 一<sup>†</sup> 清光 英成<sup>‡</sup> 柏木 治美<sup>‡‡</sup> 康 敏<sup>‡</sup> 大月 一弘<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 神戸情報大学院大学情報技術研究科 〒650-0001 神戸市中央区加納町 2-2-7

<sup>‡</sup> 神戸大学大学院国際文化学研究科 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲 1-2-1

<sup>‡‡</sup> 神戸大学国際コミュニケーションセンター 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲 1-2-1

E-mail: <sup>†</sup> sun@kic.ac.jp, <sup>‡</sup>, <sup>‡‡</sup> {kiyomitu, kasiwagi, kang, ohtsuki}@kobe-u.ac.jp

あらまし 本研究では、ネットワーク技術学習を支援するための多様なネットワーク図を自動作成する機構を作成する。作成するシステムは、個々の機器から収集した情報を元に表示用データを作成し、ネットワーク図に表示したい内容は関数の2値出力結果と表示情報データのマッピングによって作成できるようにした。また複数の関数出力結果の論理演算によって、様々なネットワーク図を作成できるようにした。我々が提案した関数間の論理表現で様々なネットワーク図を作成できることを検証した。

キーワード ネットワーク技術, IT教育, eラーニング, ハンズオン学習, 技術者養成, 学習支援システム

## An automatically generating mechanism of network diagram for network technology learning

Yi SUN<sup>†</sup> Hidenari KIYOMITU<sup>‡</sup>, Harumi KASHIWAGI<sup>‡‡</sup> Min KANG<sup>‡</sup>, and Kazuhiro OHTSUKI<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Information Technology, Kobe Institute of Computing 2-2-7 Kano-cho, Chuo-ku, Kobe, 650-0001 Japan

<sup>‡</sup> Graduate School of Intercultural Studies, Kobe University 1-2-1 Tsurukabuto, Nada, Kobe, 657-8501 Japan

<sup>‡‡</sup> School of Languages and Communication, Kobe University 1-2-1 Tsurukabuto, Nada, Kobe, 657-8501 Japan

E-mail: <sup>†</sup> sun@kic.ac.jp, <sup>‡</sup>, <sup>‡‡</sup> {kiyomitu, kasiwagi, kang, ohtsuki}@kobe-u.ac.jp

**Abstract** In this paper, we developed a prototype to validate the method for creating various network diagrams. 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 this prototype system, the user can various create network diagrams by inputting logical operation.

**Keyword** Network Technology, Information Technology Education, E-learning, Hands-On Learning, Training for Technical Experts, Learning Support System

### 1. はじめに

ネットワーク技術の学習においても理論学習を中心とし学習方法やhands-on学習のように実践を中心とした学習方法など、さまざまな学習方法が検討されているが、実践と理論をうまく結びつけるが重要であると指摘されている[1].

実践と理論を結びつけるのに「ネットワーク図」を利用した学習方法が有効であると考えられており、ネットワーク図中の各機器のネットワーク情報をネットワークの階層構造に沿って記述する方法[2]や、ネットワーク図を表示して視覚的にネットワークを理解するe-learningシステムなど[3,4,5,6]が提案されている。

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アドレスやMAC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、ネットワーク図においては、図にはどんな情報が表示されるか、その情報は図のどこに表示されるかによって、伝える内容が変わる。ネットワーク技術学習では、学習者に理解させたい学習内容の数が非常に多いことから、個々の理解させたい学習内容を適した図にある情報の組み合わせが非常に多い。また同じ理解させたい内容でも、個々の学習者に分かるようにするには、その学習者の理解状況に応じて、図に表示される情報の内容と表示場所が変化されている。このように、仮に同じ接続関係のネット

ワーク図にも、その図にどの情報を図のどこに表示するかによって、図の意味が変化し、同じ接続関係のネットワーク図に表示される情報の組み合わせが膨大である。従来のテキストベースの教材では、こうした学習状況の変化に柔軟に対応できない。

我々はネットワーク図の表示において、ネットワークの機器が持つ様々な情報の中から、学習目的に適切な情報を選択し表示することにより、多角的なネットワーク学習図を効率よく作成する方法を提案している。[7]

本稿では、提案した手法を用いたネットワーク図自動作成機構のシステム作成について述べる。

以下、2. にてネットワーク図の作成手法について説明する。4. にてシステムの実装の方法について述べる。5. では本研究をまとめる。

## 2. ネットワーク図自動作成の概要

ネットワーク図自動作成手法では、ネットワーク学習図の作成者がいくつかの情報表示パターンの組み合わせによってネットワーク学習図を作成していると考ええる。

情報表示パターンは、ネットワーク図において、ある意図で個々のアイコンにどんな情報を表示するかの情報の組み合わせのことを指す。一つ理解させたい学習内容に対応して、一つの情報表示パターンがある。

膨大な数の情報表示パターンを作成するため、いくつかの基本表示パターンを決め、すべての情報表示パターンは基本表示パターンの組み合わせで表現する。

個々の基本情報表示パターンはそれぞれ予め作成した関数で生成する。個々の関数の出力結果はすべての表示できる情報に対して、表示するかしないかの2値のデータの集合となっており、表示に用いられるデータと比較し、情報表示パターンのデータを作成する。図1では機器の基本情報表示パターンを出力するbase()関数の出力結果である。

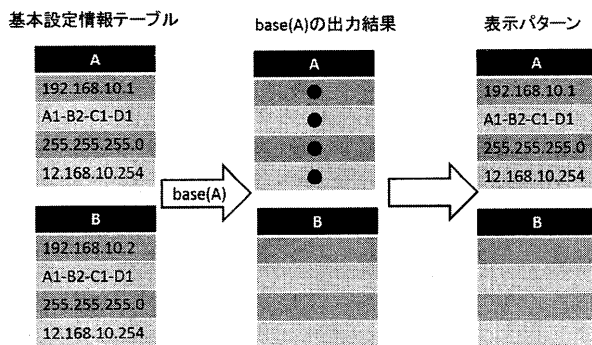


図1 base(A)の演算結果

準備する関数は、学習目的を①機器に設定されている情報の理解、②機器間の情報の関係性の理解、③パ

スにおける情報の流れの理解のグループに分類し、グループごとの特徴に沿って、必要な関数を決定した(表1)。

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ブル情報表示
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

関数を用いることで個々の基本情報表示パターンを表現できるため、すべての情報表示パターンの作成は関数の組み合わせで表示する。関数の組み合わせは、論理演算表現を用いる。関数により選出された情報を重ね合わせて表示する場合には、or 演算を、情報のフィルタリングを行う場合は、and 演算を用いる。

たとえば、「機器 A に設定されている基本設定情報の表示と ARP 情報に対応する他の機器の情報表示両方同時にしたい」と考えた場合、

$$\text{base(A) or amap(A)} \quad (1)$$

と記述する。

それぞれの関数により生成された表示用データの各項目に対して、指示された論理演算を行うだけで実現できる。図2に式(1)の演算処理のイメージを示す。

提案手法を用いることによって、ネットワーク図作成者は、関数の演算式を表記するのみで、自動的に作成者の意図したネットワーク図を作成することが可能になる。図3に式(1)のネットワーク図のイメージを示

す。

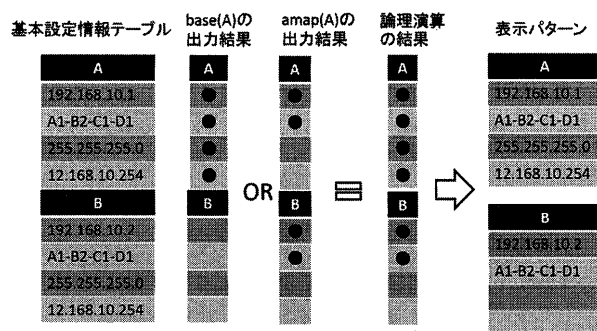


図 2 base(A) OR amap(A)の演算結果

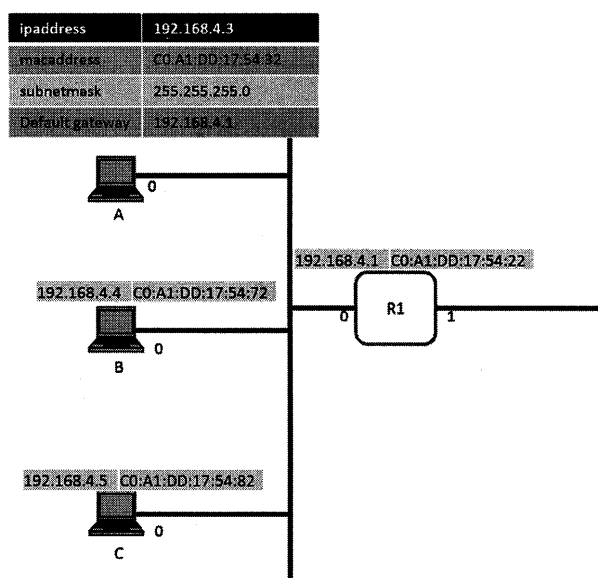


図 3 base(A) OR amap(A)の作図イメージ

### 3. システムの実装

試作したシステムでは、OSI 基本参照モデルの Layer1~Layer3 まで対応したネットワーク図を自動作成する。

作成されるネットワーク図には、1. PC やルータなど個々の機器を示すアイコン画像、2. 機器間の接続関係を示すアイコン間に繋がる線、3. アイコンに表示される IP アドレスや ARP テーブルなどの情報といった 3 種類の要素が含まれる。2. に説明したように、それぞれの要素を表示するかしないかの 2 値情報を加えることで、様々のネットワーク図を自動作成できる。

図 4 で作成したシステムの構成を示す。

システムは一次データ取得、表示用データ生成の順に、表示するためのデータをあらかじめ準備する。

そして、入力受付、入力解析、関数演算、論理演算、マッピング、表示の順に図作成者から関数の論理演算式入力を受けて、情報表示パターンを決め、ネットワ

ーク図を作成する。

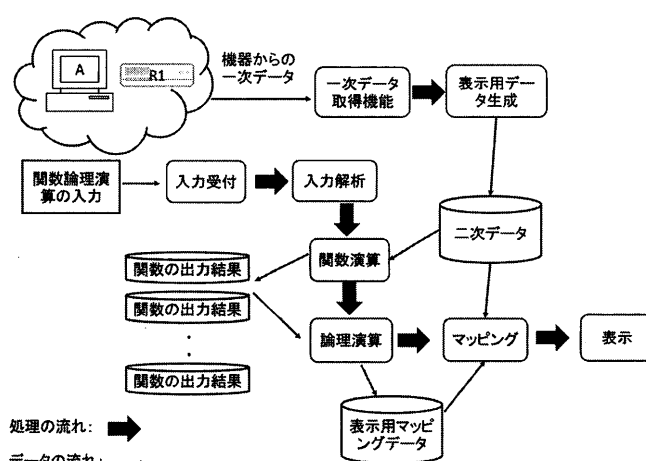


図 4 システムの構成図

#### 3.1 データの準備

一次データは、実際の機器から収集できる情報である。たとえば、PC の ARP コマンドで出力するその PC の ARP テーブル情報や(ipconfig/ifconfig)コマンドの出力結果である自機に設定されている IP アドレス、MAC アドレス、サブネットワークマスク、デフォルトゲートウェイなどの情報が一次データにあたる。

このような一次データは個々の機器が把握している素の情報であり、ネットワークに接続すれば、簡単に入手できる情報である。しかし、様々の機器ではフォーマットが統一になっていない、またそれぞれの情報報が複雑になっている。そのままの情報を用いることで、作図が難しい。したがって、本システムでは一次データを用いて、関数演算を簡単に行える表示情報データを作成する。

一次データ取得は、機器や仮想マシン、あるいは手で作成された個々の機器が知り得るデータを収集するのみ、非常にシンプルで、柔軟に様々なネットワークに対応できる。

収集された一次データを元に、ネットワーク図に表示できるすべての情報を含むデータを作成する。作成された表示用データは、本研究において、二次データと呼ぶ。二次データに表示するかしないかのフラグを付けることによって、すべての表示パターンを決まる。

二次データは 5 つの表から構成されている。

- 1, ARP 表
- 2, ルーティング表
- 3, 基本情報表
- 4, 物理ポートの L2, L3 情報表
- 5, 物理ポート接続表

1, ARP 表には、すべての機器の ARP テーブルの情報が格納されている。この表では 4 つのフィールドを持つ。

(表 2)

表 2 ARP 表の定義

UNIT	ユニット名
IF	接続するインターフェース名
IP	IP アドレス
MAC	IP アドレスに対応する MAC アドレス

2,ルーティング表には、すべての機器のルーティングテーブルの情報が格納されている。この表では 8 つのフィールドを持つ。(表 3)

表 3 ルーティング表の定義

UNIT	ユニット名
RTP	ルートの情報源 (C,S,R..など)
NETWORK	宛先ルート
SUBMASK	宛先サブネットマスク
AD	アドミニストレーティブディスタンス(ルーティング情報の信頼性)
METRIC	メトリック
NEXTHOP	ネクストホップアドレス
IF	出力インターフェース

3,基本情報表には、すべての機器の基本情報 (ipconfig/ifconfig で得られた情報) が格納されている。この表では 6 つのフィールドを持つ。(表 4)

表 4 基本情報表

UNIT	ユニット名
IF	インターフェース名
IP	IP アドレス
MAC	MAC アドレス
SUBMASK	サブネットマスク
DGW	デフォルトゲートウェイ

4,物理ポート L2,L3 表には、すべての機器の物理ポートとその物理ポートに設定されている IP アドレス、MAC アドレス情報が格納されている。この表では 4 つのフィールドを持つ。(表 5)

表 5 物理ポート L2,L3 表

UNIT	ユニット名
PPORT	物理ポート番号
IP	IP アドレス
MAC	MAC アドレス

これらの表を用いて、情報がどのアイコンに表示するか、そして、その情報はアイコンのどこに表示するかを決める。

情報がどのアイコンに表示するかを決めるのは、そのレコードの「UNIT」フィールドの値である。例えば、

ARP 表に「UNIT」フィールドの値が「A」の情報をアイコン A のところに表示される。

情報がアイコンのどこに表示するかは、情報がどの表に格納されるかによって決める。例えば、ARP 表にある情報であれば、アイコンの左側に表示する。基本情報表にある情報なら、アイコンの上部に表示する。

5,物理ポート接続表には、すべての機器間の接続関係情報が格納されている。この表では、4 つのフィールドを持つ。(表 6)

表 6 物理ポート接続表

UNIT1	接続元ユニット名
PPORT1	接続元物理ポート番号
UNIT2	接続先ユニット名
PPORT2	接続先物理ポート番号

この表ではアイコン間の接続関係を示す。一行のレコードに書かれている「UNIT1」と「UNIT2」間に接続関係があることが分かる。

### 3.2 ネットワーク図作成の流れ

二次データにあたる 5 つの表を元に、関数論理演算式を用いて、ネットワーク図を作成するには、以下のステップで処理を行う。

1, 図作成者からの関数の論理演算式を受け取る。(入力受付)

2, 受け取った関数の論理演算式を個々の関数と論理演算符号に分ける。(入力解析)

3, 分解された個々の関数の計算を行い、その結果を記憶しておく。(関数演算)

関数演算の結果は二次データの 5 つの表にあるすべてのデータに対して、1 対 1 の対応関係で 0 と 1 の 2 値データがつけられている表である。

4, 関数の論理演算式にあった論理演算符号に従って、記憶されている個々の関数の出力結果間の論理演算を行い、その結果を関数の論理演算式の出力として記憶しておく。(論理演算)

関数演算の結果間の論理演算なので、関数の論理演算式の出力も二次データの 5 つの表にあるすべてのデータに対して、1 対 1 の対応関係で 0 と 1 の 2 値データがつけられている表になっている。このように、すべての関数の出力のフォーマットが統一されている、関数の追加にシステムに影響がなく、拡張性が高い。必要に応じて、関数の追加が可能である。また、関数の演算結果にもまた別の関数の出力結果と演算することができるので、今表示している図に表示する情報を追加、削除、あるいは情報の表示場所を変えることも簡単に実現できる。

5, 二次データにあたる 5 つの表と関数の論理演算

式の出力結果とマッピングし、二次データのうち、表示されるデータを決める。(マッピング)

6、マッピングの結果を受けて、ネットワーク図を作成する。(表示)

### 3.3 システムの実行例

図5ではシステムが生成された学習図の一例を示す。

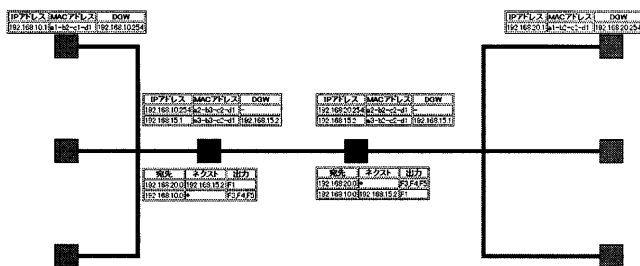


図5 trace(A,D)の実行例

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。この図は式(2)によって生成される。

$$\text{trace}(A,D) \quad (2)$$

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)」を把握することはできない。この条件を満たす情報のみを表示する場合、

$$(\text{base}(A) \text{ or } \text{arp}(A) \text{ or } \text{route}(A)) \text{ and } \text{trace}(A,D) \quad (3)$$

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、実現できる。(図6)

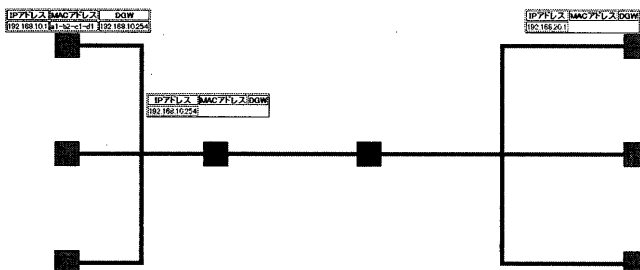


図6 (base(A) or arp(A) or route(A)) and trace(A,D)の実行例

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。

### 4. おわりに

本研究では、関数の論理演算式による様々なネットワーク図を作成できるシステムを実装し、検証を行った。一部の図作成は、関数の論理演算表現がかなり長くなり、ネットワークに関する知識を知っている人でなければ、作成できない可能性も高い。今後、GUIで図を動かしながら、ネットワーク図を作成するための関数論理演算式を導出できるようなインターフェースの開発も必要であると考えられる。

本研究の一部は、科学研究費基盤研究(C)課題番号22500921による。

### 文 献

- [1] Kurose, J., et al. ACM SIGCOMM Workshop on Computer Networking: Curriculum Designs and Educational Changes. In ACM SIGCOMM Workshop on Computer Networking. 2002.
- [2] 川西千秋, 今井慈郎, “ネットワーク学習支援のための経路制御可視化アプリケーション開発,” 信学技報, ET2010-124, pp.181-186, Mar. 2011.
- [3] 井口信和, “仮想ルータを活用したネットワーク構築演習支援システムの開発,” 情報処理学会論文誌, vol.52, No.3, pp.1412-1423, Mar. 2011.
- [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, No.12 Dec. 2003.
- [5] Maj, S. P., Kohli, G., et al., "State Models for Internetworking Technologies," IEEE Frontiers in Education, 2004.
- [6] 立岩佐一郎, 安田孝美, 横井茂樹, “仮想環境ソフトウェアに基づくLAN構築技能とTCP/IP理論の関連付け学習のためのネットワーク動作可視化システムの開発,” 情報処理学会論文誌, vol.48, No.4, pp.1684-1694, Apr. 2007.
- [7] 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,” 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学 111(473), pp.35-40, Mar. 2012.