

仮想環境を用いたネットワークの作業手順書自動作成システム System of Generating Procedure Manuals for Networks with Virtual Environment

山浦 亘平† 井口 信和‡
Kohei Yamaura Nobukazu Iguchi

1. はじめに

ネットワークの構築や設定変更を実施する際、作業者は作業手順書に基づいて、ネットワーク機器にコマンドを発行する。作業手順書は、作業内容が記載された文書であり、テキストエディタや Excel などのツールを用いて手作業で作成される。しかし、手作業による作成では、内容の書き間違いや書き忘れなどの誤りが生じる可能性がある。誤りを含んだ作業手順書に基づいて、ネットワーク機器にコマンドを発行した場合、構築しているネットワークは要件を満たさないことになる。そのため、作業手順書の作成者（以下、作成者）は、誤ったネットワークを構築しないために作業手順書の精度向上に労力をかけている。また、ネットワークの設定変更のために、ネットワーク機器の設定情報の作成やチェック、実機による事前検証などに時間がかかっている[1]。しかし、人による確認だけで誤りを完全に無くすることは難しい。

そこで本研究では、誤りのない作業手順書を作成することを目的に、仮想環境を用いたネットワークの作業手順書自動作成システム（以下、本システム）を開発した。本システムには、仮想的なネットワーク機器（以下、仮想マシン）を管理する機能と、設定を施した仮想マシンの設定情報から作業手順書を自動的に作成する機能がある。それぞれの機能を仮想マシン管理機能と作業手順書作成機能とする。仮想マシン管理機能は、当研究室でこれまでに開発してきた仮想環境を活用した IP ネットワーク構築学習支援システム[2]（以下、既存システム）を利用している。実験の結果、本システムは、仮想環境に構築したネットワークから同様のネットワークを構築できる作業手順書を作成できることを確認した。

本論文の構成は以下の通りである。まず、2 章で関連研究について述べ、3 章で本システムについて述べる。4 章で本システムを用いた作業手順書の作成手順について述べる。5 章で本システムの実験結果を示す。最後に 6 章で本論文のまとめを述べる。

2. 関連研究

作業手順書を作成する関連研究として、吉澤らの仮想ネットワークに関する文書作成を支援するネットワーク管理システムがある[3]。このシステムは、大規模なサーバ仮想化環境におけるネットワークの管理コスト低減を目的としている。そのために、サーバとスイッチの構成情報を自動

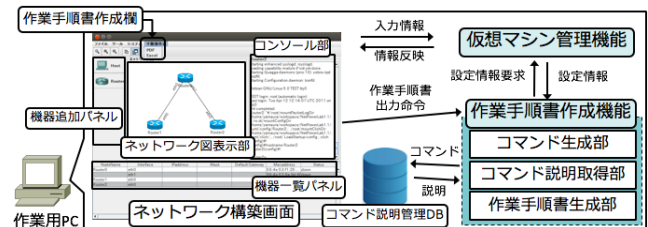


図 1: システム構成

で取得し、仮想ネットワークに対する管理者の操作に基づいて、各装置に対して行う必要のある作業を列挙した作業手順書を作成する。今回提案する本システムは、仮想環境を用意し、その環境に構築したネットワークに基づいて作業手順書を作成する。吉澤らの研究の実験から、作成した作業手順書の内容に問題が無いことを確認するために、ネットワーク図が役立つことがわかっている。本システムは、GUI 上にネットワーク図とネットワークに含まれる機器の簡易的な情報を表示する。そのため、本システムを用いて仮想環境にネットワークを構築する際と、構築したネットワークの動作検証の際に、本システムの GUI がネットワークについての理解に役立つことが期待できる。

3. 研究内容

本章では、本システムの概要と機能について述べる。

3.1 システム概要

本システムの構成を図 1 に示す。本システムには、仮想マシン管理機能と作業手順書作成機能の 2 つの機能がある。また、GUI であるネットワーク構築画面と、ネットワーク機器の設定コマンドとその説明を対応付けて管理するコマンド説明管理データベース（以下、コマンド説明管理 DB）がある。ネットワーク構築画面には、ネットワーク図表示部、コンソール部、機器追加パネル、機器一覧パネル、作業手順書作成欄がある。

ネットワーク図表示部は、仮想環境に構築しているネットワークのネットワークトポロジを表示する。仮想マシンはアイコン画像を用いて表示しており、画像の下部に機器の名前を表示する。また、ネットワーク図表示部に表示されている直線は、機器間の結線を表している。結線する方法は、マウスを仮想マシン上へ移動させて、Ctrl キーを押下した状態で選択した仮想マシンから結線を行いたい仮想マシンまでドラッグする。そして、ドロップすることで、仮想マシン間の結線ができる。

コンソール部は、仮想マシンのターミナルに接続しており、コマンドを入力することで、仮想マシンを設定できる。

機器追加パネルは、本システムで対応している仮想マシンのアイコンを表示する。追加したい仮想マシンのアイコン画像をネットワーク図表示部にドラッグ&ドロップすることで、仮想マシンを追加できる。

†近畿大学大学院総合理工学研究科,
Graduate School of Science and Engineering Research,
Kindai University

‡近畿大学理工学部情報学科,
Department of Informatics, Faculty of Science and Engineering,
Kindai University

表 1：コマンドと説明の対応例

コマンド	説明
hostname	hostname を設定
interface	インタフェースモードへ移行
ip address	IP アドレスを設定
router rip	RIP を起動

機器一覧パネルは、ホストネームやインタフェース名、IP アドレス、ネットマスク、MAC アドレス、インタフェースの状態といった情報を表示する。

作業手順書作成欄には、作業手順書の出力ファイル形式として PDF と Excel の選択肢を表示する。作業手順書の出力形式を選択することで、作業手順書作成機能を実行する。

コマンド説明管理 DB は、表 1 に示すようにコマンドとそのコマンドの説明を対応付けて格納している。コマンドの種類は、Cisco Networking Academy[4]の教材（以下、CNA 教材）にあるホストネームやパスワードなどの基本設定、スタティックルート、RIP、OSPF、ACL などの基本的なコマンド計 34 種類に対応している。コマンドの説明は、Cisco コマンド集[5]を基に作成した。

3.2 仮想マシン管理機能

仮想マシン管理機能は、既存システムを利用している。本機能は、User Mode Linux[6]（以下、UML）を活用して仮想的なルータと仮想的なホストといった仮想マシンを作成する。そして、その設定情報を管理する。管理する設定情報の例を図 2 に示す。本機能では、仮想マシンの起動、接続、設定作業を実施する。仮想マシンの起動は、機器追加パネルからネットワーク図表示部にドラッグ&ドロップした際に実施される。仮想マシンの接続は、仮想マシン間で結線されたときに実施される。本機能で起動できる仮想マシンは、Cisco 製のルータと同様の物に対応している。設定作業は、コンソール部に仮想マシンの設定コマンドを入力することで実施する。本機能により、仮想マシンの起動と設定が可能であり、仮想マシン間を結線できる。これにより、仮想環境にネットワークを構築できる。

3.3 作業手順書作成機能

作業手順書作成機能は、仮想マシン管理機能が管理する仮想マシンの設定情報から作業手順書を自動的に作成する。作業手順書作成機能は、コマンド生成部、コマンド説明取得部、作業手順書生成部から構成される。

コマンド生成部は、仮想マシンの設定情報からコマンドを生成する処理部である。コマンド生成部は、仮想マシン管理機能が管理している仮想マシンの設定情報を取得し、その情報を基にコマンドを生成する。また、生成したコマンドを確認してモード遷移などのコマンドを補完し、設定を施すモードがまとまるようにコマンドを並び替える。生成したコマンドの例を図 3 に示す。これにより、仮想マシンに施したコマンドと同様のコマンドを生成できる。

コマンド説明取得部は、コマンド生成部で生成したコマンドの説明を取得する処理部である。コマンド説明取得部は、コマンドを用いてコマンド説明管理 DB で説明を検索する。コマンドに対応した説明が存在する場合、その説明を取得する。存在しない場合、コマンドの説明は空欄とする。これにより、コマンドの説明に関する書き間違いや書き忘れを無くすることができる。

Building configuration...

```
!
hostname Router0
!
hostname R1
!
interface ethernet 0
description toR2
ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
!
interface ethernet 1
description toPC-A
ip address 172.30.10.1 255.255.255.0
!
router rip
version 2
passive-interface ethernet 1
network 10.0.0.0
network 172.30.0.0
!
enable password class
!
line console 0
```

図 2：設定情報の例

```
enable
configure terminal
hostname R1
enable password class
line console 0
exit
interface ethernet 0
description toR2
ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
no shutdown
exit
interface ethernet 1
description toPC-A
ip address 172.30.10.1 255.255.255.0
no shutdown
exit
router rip
version 2
passive-interface ethernet 1
network 10.0.0.0
network 172.30.0.0
exit
```

図 3：生成したコマンドの例

作業手順書生成部は、作業 No.、作業内容、作業時間、作業完了時刻とチェック欄の項目が記載された作業手順書ファイルを生成する処理部である。作業 No. は、作業において実行するコマンドの順を示している。作業内容は、コマンド生成部で生成したコマンドとコマンド説明取得部で取得した説明をあわせて記載したものである。他の項目は、実際の作業時に作業者が記録を書き込むため、空欄としておく。生成できるファイル形式は、PDF と Excel ブックがある。作業手順書を PDF 形式で出力するために、PDFBox[7]を用いた。PDFBox はオープンソースの Java PDF ライブラリである。また、Excel ブック形式で出力するために、Apache POI[8]を用いた。これにより、仮想マシンの設定情報から書き間違いや書き忘れといった誤りのない作業手順書を作成できる。生成した作業手順書の例を図 4 に示す。

No.	作業内容	作業時間	作業者 チェック	作業完了 時刻	確認者 チェック
1	基本設定				
1.1	特権モードへ移行 enable		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
1.2	グローバルコンフィグレーションモードに移行 configure terminal		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
1.3	ホストネームを設定 hostname R1		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
1.4	enableパスワードの設定（暗号化無し） enable password class		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
2	コンソールのラインモードへ設定 line console 0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
2.1	現在の操作モードから、一つ前のモードに戻る exit		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
3	インタフェースモードへ移行 interface ethernet 0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
3.1	インタフェースのメモを添す description tor2		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
3.2	IPアドレスを設定 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
3.3	インタフェースを有効化 no shutdown		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
3.4	現在の操作モードから、一つ前のモードに戻る exit		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
4	インタフェースモードへ移行 interface ethernet 1		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
4.1	インタフェースのメモを添す description toPC-A		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
4.2	IPアドレスを設定 ip address 172.30.10.1 255.255.255.0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
4.3	インタフェースを有効化 no shutdown		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
4.4	現在の操作モードから、一つ前のモードに戻る exit		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

図 4：生成した作業手順書の例

4. 作業手順書の作成手順

本システムで想定している作業手順書の作成手順を図 5 に示す。作成者は、ネットワーク構築画面から本システムを操作する。

はじめに、作成者は、機器追加パネルとネットワーク図表示部を用いて構築したいネットワークと同様のネットワークトポロジを作成する。機器追加パネルにある仮想マシンのアイコンをネットワーク図表示部へドラッグ&ドロップすることで仮想マシンを追加する。次に、コンソール部で仮想マシンに設定を施し、ネットワークを構築する。仮想マシンに設定を施すことで、仮想マシン管理機能が仮想マシンの設定情報を変更して、その設定情報を管理する。

ネットワークの構築後、作成者は機器一覧パネルに表示されている仮想マシンのホストネームや IP アドレスなどの情報を確認する。そして、ping コマンドや traceroute コマンドなどを用いて仮想マシン間の疎通確認などを実施することで、ネットワークの動作検証を実施する。検証の結果、ネットワークが構築したいネットワークの要件を満たさない場合、要件を満たすまでネットワークの構築と動作検証を繰り返す。

要件を満たすことを確認した場合、作業手順書作成欄から PDF または Excel を選択することで、仮想マシンの設定情報から PDF または Excel ブック形式の作業手順書を自動的に作成する。この作業により、ネットワークの要件を満たした誤りのない作業手順書が作成できる。

5. 実験・考察

実験では、誤りのない作業手順書を作成できることを確認する。そのために、作業手順書の作成時に用いた仮想マ

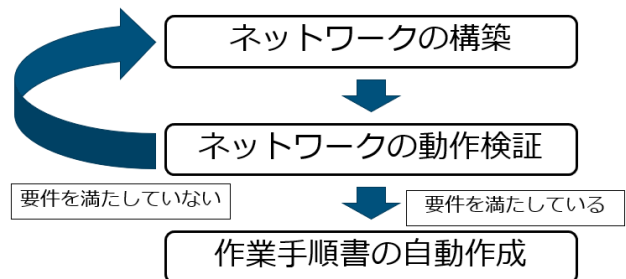


図 5：想定している作成手順

シンの設定情報と、本システムで作成した作業手順書を用いて設定を施した実機の設定情報を比較した。以下に、本実験で用いた CNA 教材の種類を示す。

- IOS CLI を使用したルータの基本設定
- IPv4 スタティックルートとデフォルトルートの設定
- RIPv2 の基本設定
- シングルエリアでの OSPFv2 の基本設定
- 標準 ACL の設定と確認
- 拡張 ACL の設定と確認

まず、CNA 教材を参考に本システムで仮想環境にネットワークを構築して、作業手順書を自動作成した。次に、作成した作業手順書に従い、実機を用いてネットワークを構築した。最後に、作業手順書の作成時に用いた仮想マシンの設定情報と実機の設定情報が一致することを確認した。本システムで作成した作業手順書を用いることで、仮想環境に構築したネットワークと同様のネットワークを実機で構築できることから、誤りのない作業手順書を作成できることを確認した。

6. 結論

本研究では、誤りのない作業手順書を作成するために、仮想環境を用いたネットワークの作業手順書自動作成システムを開発した。本システムは、作業手順書の作成者が仮想環境に構築したネットワークに含まれる仮想マシンの設定情報から作業手順書を自動的に作成できる。実験の結果、本システムを用いることで、仮想マシンの設定情報から内容の書き間違いや書き忘れなどの誤りのない作業手順書を作成できることを確認した。

今後の課題として、作業手順書の作成手順にあるネットワークの動作検証を半自動化することを検討している。本システムでは、作成者がネットワークの動作検証を実施する必要がある。動作検証の手順として、最初にネットワークの設定を網羅的に検証するために、検証項目表を作成する。そして、検証の想定結果を記載した検証手順書を作成する。最後に、検証手順書に基づいて検証を実施する。ネットワークの動作検証は、網羅的に検証する必要があるため、ネットワーク機器が増えるにつれて複雑になり、動作検証に必要となる労力とコストが増加する。検討している機能では、仮想マシンの設定情報から検証項目表の作成と検証手順書の作成を自動化すること、検証の半自動化を目指す。半自動化の理由は、VLAN の ID や ACL のポート番号などのパラメータを作成者が再確認し、誤りがあった場合に修正できるためである。自動化の場合、仮想マシンの設定情報から検証を実施するため、設定を誤って動作しないものは発見できるが、設定を誤って動作するものを発見できないからである。この機能により、ネットワークの

動作検証にかかる労力とコストを抑えることができると考えられる。

参考文献

- [1] @ITspecial, Juniper Networks : @IT 読者調査で分かったネットワーク運用管理者が困っていること, 入手先 〈<https://www.juniper.net/assets/jp/jp/local/pdf/additional-resources/atmarkit-junos-survey-jp.pdf>〉 (参照 2019-07-24) .
- [2] 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 (2011) .
- [3] 吉澤政洋, 沖田英樹, 上原敬太郎, 垂井俊明 : 仮想ネットワークに関する文書作成を支援するネットワーク管理システムの実装および評価, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.3, pp.1334-1347 (2011) .
- [4] Cisco Systems : Cisco Networking Academy, 入手先 〈<https://www.netacad.com>〉 (参照 2019-07-24) .
- [5] Ping-t : Cisco コマンド集 Wiki, 入手先 〈<https://ping-t.com/modules/cisco/>〉 (参照 2019-07-24) .
- [6] Dike, J. : User Mode Linux, Pearson Education (2006) .
- [7] Apache, PDFBox, 入手先 〈<https://pdfbox.apache.org>〉 (参照 2019-07-24) .
- [8] Apache, Apache POI, 入手先 〈<https://poi.apache.org>〉 (参照 2019-07-24) .