

G-1

初学者のための仮想ネットワークを用いた学習システムの検討  
Study of learning system for beginners using a virtual network environment

○老川和輝<sup>1</sup>, 澤邊知子<sup>2</sup>  
Kazuki Oikawa<sup>1</sup>, Tomoko Sawabe<sup>2</sup>

We study on virtual network systems for beginners to learn how computer networks work. Today, computer networks such as the Internet are essential tools, and acquiring network technology is important for efficient use of computer networks. Learning using multiple physical network devices is expensive. Therefore, we think that learning using a virtual network environment that can be realized on a PC is effective. In this paper, we develop a virtual router that allows even beginners to easily set up a routing table in order to learn routing control technology.

1. まえがき

インターネットは現代の生活やビジネスにおいて不可欠な役割を果たしており、ネットワークに関する知識やインターネットの動作原理、セキュリティ上のリスクなどを理解し、効果的かつ安全に活用する能力が重要である。しかし、物理的なネットワーク装置は限られ、実際の機器を使ったネットワーク学習には高額なコストがかかる。

こうした課題への解決策として、仮想的なネットワーク環境を利用したシステムの開発が考えられる。仮想ネットワーク環境を活用することで、物理機器を使用せずに、ネットワークの設計、操作、トラブルシューティングなどの学習をリアルに体験することが可能となる。これにより、学習者は現実のネットワークに近い環境で、実践的なスキルを身につけることができる。仮想ネットワーク環境を利用したネットワークシミュレーションシステムとしては、GNS3<sup>[1]</sup>や Packet Tracer<sup>[2]</sup>などがある。これらは、ネットワークの基本的な仕組みを理解している中級者がネットワーク装置の設定などの修得を目的としていて、ネットワーク装置の設定も実際の装置と同じようにコマンドベースが多く初学者には難しい。今回開発するシステムは、ネットワークの初学者向けであり、ネットワーク装置の設定も実際の装置よりも簡単に理解できるものとする。

本研究では、特にルータのルーティングの動作を理解するために、ルーティングテーブルを簡易に設定できる仮想ルータの開発を行う。

2. システム概要

本研究では、Mininet<sup>[3]</sup>で仮想ネットワーク環境を構築しSDN<sup>[4]</sup>で制御を行うシステムを開発する。SDNコントローラの実装には、Ryu SDN Framework<sup>[5]</sup>を使用する。

本研究の主要な目標は、ルーティングテーブルを迅速かつ効果的に設定および検証できるシステムを開発することである。具体的には、Excelなどのスプレッドシートに記載された情報を利用してルーティングテーブルを自動的に構築する機能を取り入れ、これによりルーティングテーブルの設定プロセスを効率化する。さらに、ルータにping通信やARP機能などを組み込むことで、ホスト間の通信をスムーズに行えるようにする。これにより、ルータの適切な動作を確認し、ルーティングテーブルの正確性を検証できる。

3. 実現方法

本研究ではRyu SDN FrameworkでSDNコントローラをプログラムし、各スイッチごとにパケットの制御を行うことで、ルータとしての機能（具体的にはルーティング）を実装している。パケットの送受信に関しては、Figure 1に示したフローチャートに基づいて行われる。受信したパケットの種類やICMPパケットを保存するキュー内の内容に応じて処理が行われる。

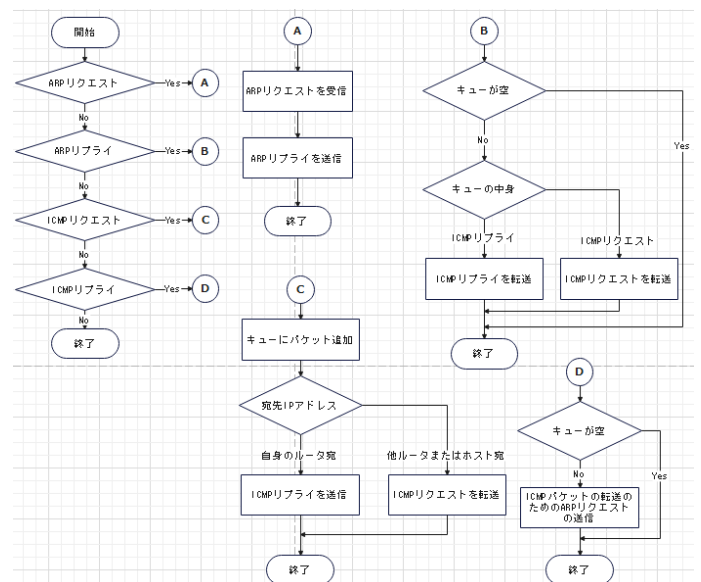


Figure 1 Flowchart of ping and arp

1: 日大理工・学部・情報

2: 日大理工・教員・情報

また、ルーティングテーブルは読み込んだスプレッドシートから辞書型配列として構築される。スプレッドシートに記載する項目を以下に示す。

- ・ 項番
- ・ 宛先ネットワークアドレス
- ・ ネクストホップ
- ・ 送出インタフェース

#### 4. システムの使用例

使用例について、Figure 2に示すネットワーク構成で検証を行う場合、ルーティングテーブルとして作成すべきスプレッドシートはFigure 3となる。Figure 4に実際に検証が行えたネットワーク構成の例を示す。

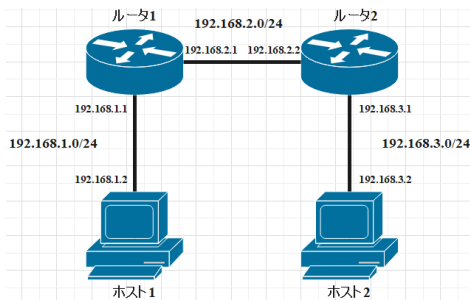


Figure 2 Network configuration example

	A	B	C	D
1	番号	ネットワーク	ネクストホップ	インタフェース
2	1	192.168.1.0/24	Directly Connected	1
3	2	192.168.2.0/24	Directly Connected	2
4	3	192.168.3.0/24	192.168.2.2	2

	A	B	C	D
1	番号	ネットワーク	ネクストホップ	インタフェース
2	1	192.168.2.0/24	Directly Connected	1
3	2	192.168.3.0/24	Directly Connected	2
4	3	192.168.1.0/24	192.168.2.1	1

Figure 3 Spreadsheet example

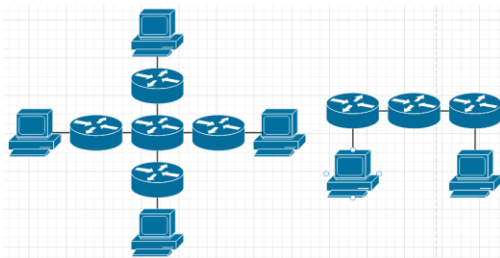


Figure 4 Other network configuration examples

#### 5. システムの有用性

本システムでのスプレッドシートからルーティングテーブルを構築するアプローチによって、実際の機器での設定方法と比較し、以下の利点を得た。

- ・ 直感的な操作: スプレッドシートは表形式でデータを表示し、セル内に情報を入力できるため、初学者でも直感的に操作できる。
- ・ 可視性と比較: スプレッドシートはルーティン

グテーブル全体を一目で確認できるため、設定内容の可視性が高まり、異なるエントリを比較し、必要な変更をすばやく行える。

- ・ 柔軟性: ルーティングテーブルの変更や調整が簡単に行え、異なるシナリオやネットワーク構成をシミュレーションできる。

また、SDN コントローラを使用してスイッチを制御することで、ルーティングテーブルの正確性を確認するプロセスも簡素化され、試行錯誤を通じてルーティングテーブルを最適化することが可能である。

以上を踏まえて、ネットワークの構成に合わせて適切なルーティングテーブルを検討する過程でネットワークの構造やルーティングメカニズムに対する理解を深める手助けができること、仮想環境を利用した低コストで効果的なネットワークシステムであること、これらの点が本システムの有用性といえる。

#### 6. まとめ

本稿では、Minineにより構築した仮想環境を利用したルーティングテーブルについての学習システムを提案した。

本研究で実装した機能を以下に示す。

- ・ arp と ping パケットの作成と送受信
- ・ ルーティングテーブルを使用したルーティング
- ・ スプレッドシートからルーティングテーブルの構築

今後は、ルーティングテーブルに限らず、ファイアウォールやNATなどの機能も組み込み、より包括的なネットワーク機能の学習が可能なシステムの開発を考える。

#### 7. 参考文献

[1] GNS3 Official Website, "What is GNS3?" <https://www.gns3.com/what-is-gns3>. 2023-09-11

[2] Cisco Networking Academy, "Packet Tracer." <https://www.netacad.com/courses/packet-tracer>. 2023-09-11

[3] Mininet Official Website, "What is Mininet?" <https://www.mininet.org/whatis/>. 2023-09-03.

[4] Open Networking Foundation, "Software-Defined Networking: The New Norm for Networks." <https://www.opennetworking.org/sdn-resources/sdn-definition/>. 2023-09-03.

[5] Ryu SDN Framework Official Website, "What is Ryu?" <https://ryu.readthedocs.io/en/latest/introduction.html>. 2023-09-03.