

# IPv6アドレスを使用した実習環境の構築及び教材の作成について

情報技術科 江島 俊文

## 1 はじめに

インターネットの普及に伴い、欧州では IPv4 アドレスが完全に枯渇しており、アジアでもあと数年しかもたないことが予想されている。そのため、以前から IPv6 アドレスへの移行が促されているが、それぞれのプロトコル間で互換性がなく、回線のスピードが遅いなどの理由から、普及が遅れているのが現状である。しかし、最近では新しい接続方式による回線スピードの高速化やスマートフォンの対応により、今後は加速的に普及が広まっていくことが予想される。このことに対応するため、IPv6 アドレスについて実習を通して学ばせる必要があるが、機器の台数不足の問題から基礎知識についての習得のみとなっている。

そこで、本研究では実習形式で学習できる仮想環境を構築し、適切な教材を作成することにより、この分野に関するより効果的な訓練を実施することを目的とする。

## 2 現状の課題

IPv6 アドレスに関する学習は、1 年次後期に専門教科必修の「コンピュータネットワークI」の科目にて座学で基礎知識を習得させる授業が行われている。しかし、座学だけでは習得することができない訓練内容がある。例えば、IPv6 アドレスが設定されたネットワークによるトラブルシューティングは、実際にネットワーク機器を通して、どの箇所にもどのような問題点があるのかを操作しなければなかなか身につかない技術である。

## 3 解決方法の選択

ネットワーク機器を使って、IPv6 アドレスを使用したネットワーク技術を学習するためには、下記の表 1 のような機器が必要である。

表 1 実習に必要な機器等

機器等	数量
ファイアウォール	2台
ルーター	2台
スイッチ	5台
サーバー	2台
クライアント PC	3台
LAN ケーブル	約 20本

このように実際に必要な数のネットワーク機器を用意することが授業では最も望ましい。しかし、これらの機器を用意するためには多くの予算を必要とし、機器を設置する場所を実習室内に確保しなければならない。

そこで、このことを解決するためにはもう一つの選択肢である、ハードウェアのネットワーク機器を仮想化ソフトウェアで仮想化することが考えられる。このソフトウェアの利点は、仮想でネットワーク機器を構築する台数には論理的に制限がないことである。また、この仕組みを使用すること OS 及びソフトウェアの部分は実際の機器と操作方法が同じであるため体感訓練の効果も得られる。さらに、仮想化ソフトウェアはフリーソフトも存在するため、学生は自宅でも短大校と同じ実習環境を構築することが可能となるので、学習効果はさらに高まると考えられる。

## 4 実習環境の構築

VMware(R) Workstation 10.0.7 という仮想化ソフトウェアを使用して仮想化できるハードウェアを下記の表 2 のように構築した。こうすることでそれぞれの仮想化ハードウェアに OS である VyOS 1.1.8 や CentOS Linux release 7.5.1804 (Core) をインストールすることが可能となる。その後はそれぞれの用途に応じたネットワーク機器を構築することができる。

表 2 仮想化したハードウェアの一覧

機器等	仮想化ハードウェア	OS	数量
ファイアウォール	Linux	VyOS	4台
ルーター			5台
スイッチ	VMware		7台
サーバー	Linux	CentOS	1台
クライアント PC			3台
LAN ケーブル	VMware		約 20本

## 5 カリキュラムの構成

### 5.1 IPv6 ネットワーク基本構成の設定

最初にこれから構築する IPv6 ネットワーク構成図を作成する。作図ソフトはインターネットに接続することができるパソコンでは、無料で使用することが可

能なフリーソフトウェアを選定した。このため、学生は自宅でも実習環境の構築と同様に作図の作成を復習することができる。次に各種ネットワーク機器を仮想化ソフトウェアで構築後は、実習を通して下記の図1を用いて IPv6 アドレスの設定方法や関連コマンドの使い方を体験させる。

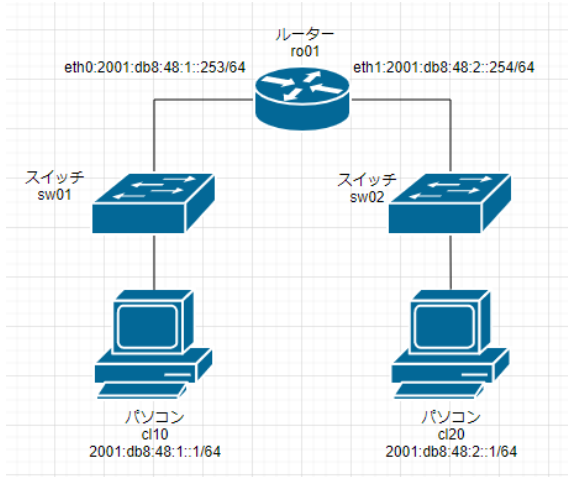


図1 基本のネットワーク構成図

## 5.2 ルーターによる IPv6 ネットワーク間のデータ転送経路の設定及び確認

下記の図2を用いて異なるネットワーク間でのデータ転送を行うためスタティックルートを設定する。設定後はネットワークに接続されているそれぞれの PC から ping で疎通テストを実施する。また、ルーティングテーブルの基本動作や見方などを学習する。

その後は RIPv6 と OSPFv3 の 2 種類のダイナミックルートの設定方法及び特徴について学習する。

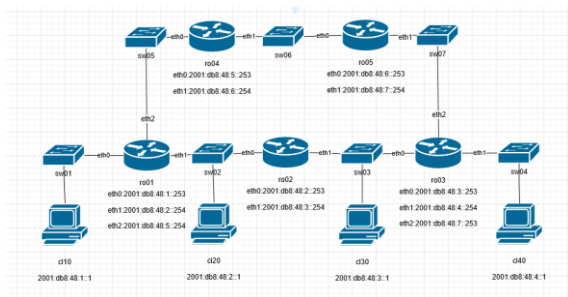


図2 ルーティングテーブル学習用の構成図

## 5.3 トラブルシューティング

ダイナミックルートの特徴を確認するために、ネットワーク内のルーターを1台ダウンさせる。すると、

経路情報の学習が行われるため、今までと違う経路を使って通信ができるのでネットワークに支障がないことを確認させる。また、ネットワークシステムに問題が発生した場合には下記の図3のようなルーティングテーブルやエラーメッセージの見方を学び、情報収集の方法及び問題箇所を切り分けるための演習を多く取り入れた。

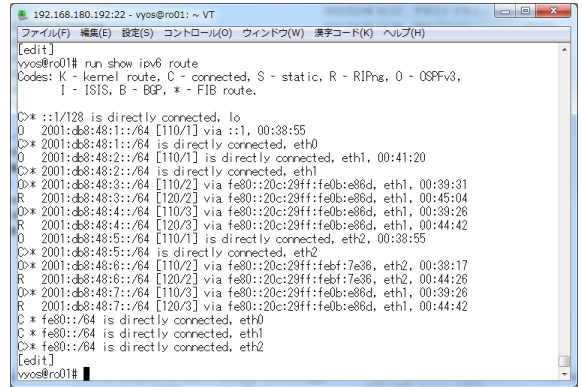


図3 ダイナミックルーティングの例

## 6 検討事項

今回作成したカリキュラム内容は実習の時間を多く必要とするため、2年次の「情報工学実習II」の教科で取り入れた。

しかし、予定していた内容をすべて実施するまでには至らなかった。そのため、もう少し効率よく授業を展開していきたい。そして、今回は実施できなかったが VyOS の新しいバージョンでは IPv6 でデフォルトゲートウェイを冗長化するための VRRP や複数のファイアウォールを1台であるかのように動作させるクラスタリングの機能が追加されているため、来年度は授業の内容に取り入れることができるように動作確認を検証したい。このような点から今後は IPv4 の内容を少し減らすことを考慮する必要がある。

## 7 おわりに

本研究の目的である IPv6 アドレスを使用した実習環境を構築することができたので授業の中で活用することができた。しかしながら、教材に関しては実習環境で使える用途が広いため実習内容の項目の重要度を再検討し、構成を新たに考える必要がある。また、実習用の教材は操作手順の完成度が高すぎると学生は思考しなくなってしまうため、その点を考慮して記載内容には十分に気をつけたい。