

情報ネットワーク通信プロトコルの理解を深める教材

飯塚 正明

千葉大学・教育学部

Development of teaching materials to acquire the communications protocol of information network

IIZUKA Masaaki

Faculty of Education, Chiba University, Japan

学校における情報ネットワークの活用は、国の情報社会化プロジェクトに伴い、急激に変化している。しかしながら、学校現場には、情報ネットワークに精通した教員は少ない。高校には教科“情報”がはじまり、情報の教員免許を持った教員が採用された。しかし、情報の専門的な技術を習得してきた者は多くは無い。義務教育学校では、中学校技術科に情報の領域が追加された。教員免許取得には情報領域も必修化された。しかし、技術科の教員採用数は少なく、情報領域の修得単位数も十分ではない。そのため、義務教育学校では、情報ネットワークを頻繁に利用する機会が増えているのにも関わらず、情報ネットワークに関する専門的な技術を理解している者が少ない状況である。近年は、小学校においても、プログラミングを導入する話も出ているが、ここでも、情報技術を習得している教員は少ない。情報ネットワークについての講義だけでは、情報ネットワークに関する技術を理解することは非常に難しい。本研究では、中学校教員希望者に対して、情報ネットワーク技術を理解させるための実習教材を検討し、その教材の実施を行った結果について述べる。

キーワード：通信プロトコル (communications protocol) 情報ネットワーク (information network)
TCP/IP (TCP/IP) ネットワーク教材 (teaching materials of information network)

1. はじめに

教育現場における情報ネットワーク環境は、IT戦略本部によるプロジェクトにより、平成13年以降、急激に進んだ。しかしながら、情報ネットワークに関する技術を理解している教員、情報ネットワークの教育を受けた教員は非常に少ない。高校には平成15年度から教科“情報”が新設されたが、現職教員に対する免許認定講習などで“情報”の教員免許を習得するなど、情報ネットワークを専門に学んだ教員がすぐには配置されなかった。その後、教員採用試験で採用が始まったが、“情報”の授業時間数が少ないために、採用条件に他教科免許保持者などの付帯条件がついていることが多い。そのため、どちらかといえば、情報を専門に勉強してきた人材の採用は難しい状況である。以上のことから、専門的な技術を持った教員が増えにくい状況である。また、教科“情報”は、高校の授業であり、情報で採用された人材は義務教育学校には配置されない。中学校においては、平成元年告示の学習指導要領から技術科に情報に関する技術が導入され、技術科の教員免許取得に情報が必修化されたが、それ以前の技術科教員免許には情報に関する領域は導入されていなかった。さらに、技術科の授業であるにもかかわらず、情報倫理などの内容が課されており、情報技術を生徒に教授する機会も乏しい。特に、授業時間数が限られているため、情報技術の内容（とくにネットワークに関する技術）を取り入れている学校は非常に

少ない。そのため、情報ネットワークに関する能力を持った教員が育ちにくいと考えられる。しかし、教育現場では、教員が情報ネットワークの管理等をやらざるをえないのである。とくに、“情報”という教科の無い義務教育学校には情報ネットワークの技術を習得した教員は非常に少なく、学校の情報環境維持が順調であるとはいいがたい。

ここでは、情報ネットワークの講義の後に、情報ネットワークの理解を進める実習教材を中学校の教員免許取得者に対して実施した結果について述べる。

2. 情報ネットワークの講義について

情報ネットワークの講義は、OSI参照モデルから階層構造をとることに始まり、各層ではどのような役割があり、階層が必要であることを学ぶ。現在の情報ネットワークで実際に利用されているプロトコルはTCP/IPであることから、ネットワークの講義内容は、TCP/IPの階層に準じて進めていくこととなる。

情報ネットワークを維持管理する上では、TCP/IPのプロトコル等の理解だけでなく、利用される機器についての理解も重要である。

講義内容は、情報ネットワークに利用される機器、ネットワークインターフェイス層（データリンク層）、インターネット層（ネットワーク層）、トランスポート層、アプリケーション層についての各プロトコルや動作についての講義を行う形が一般的である。アドレスやプロトコルなどで、簡単な実習が可能なものは、講義の一

部として実習を行う。たとえば、端末の持つIPアドレスやMACアドレスの表示、DNSによるドメインネームやIPアドレスの調査、ポート番号と通信プロトコルの違い、WWWサービスでの通信内容などの特別なソフトウェアのインストールを必要としない実習を行った。しかし、ネットワークのプロトコルには理解が難しいものが、数多くある。たとえば、IPアドレスは理解できるが、サブネットマスクについての理解は難しい、DHCP、DNS、Webサービスなど、実際の動きの理解が難しい、ポート番号とアプリケーションの関連づけなどがわかりにくいなど、講義だけでは理解が困難なものがある。そのため、様々なサービスの設定を行うことで、それぞれのプロトコル等の意味の理解ができるのではないかと考えられる。

3. 情報ネットワークの理解を深めるための教材について

講義のところで記述したが、実際にネットワーク機器で使われているサービスを起動させたり、設定させたりする実習を行うと、プロトコルの理解が進むと考えられる。

情報ネットワークでは、ネットワークに接続された機器同士がパケットをやりとりすることで、情報の交換をしている。機器間でパケットを転送するためには、ネットワークに設置されたルータ同士のパケットの配送によって行われている。そのため、情報ネットワークを構築する上で重要な機器はルータである。またルータはレイヤー3スイッチとも呼ばれ、ネットワークインターフェイス層、インターネット層、トランスポート層の情報も利用して、フレームの転送、パケットの転送、ネットワークの防火壁の機能などを実行している。そのため、ルータを構築、管理するためには、アプリケーション以外のプロトコルとそれに類する項目の理解が必要である。

近年、IPアドレスの枯渇の問題や、セキュリティの確保のため、多くの組織のネットワークでは、NAT (NAPT) を利用したネットワークを利用していることが一般的である。また、グローバルなIPアドレスを取得することや、グローバルなIPアドレスで運用することなどは、学校のネットワーク環境では、困難となっていると考えられる。そのため、NAT (NAPT) 環境の構築も取り入れる。

アプリケーション層についてであるが、NATで運用することに合わせて、内部ネットワーク向けに、Webサービスや、Windowsファイル共有などのサービスを導入させることで、理解を深めることができると考えられる。

ネットワークを構築する上では、学校現場で、よく利用されているMicrosoft Windowsでも可能ではあるが、ネットワークの機能では開発当初からネットワークの機能が組み込まれているUNIXに長がある。学校現場では、高価な機器やソフトウェアの導入は非常に難しいという特徴がある。また、ルータのような機器を構築する上で、Microsoft Windowsで実現するためにはWindows Serverが必要となるが、価格が高価なため、利用は難し

い。ここでは、フリーソフトを利用し、NAT (NAPT) 機能を持つルータを構築することを実習教材として実施することとした。NAT (NAPT) 機能を導入しているため、アプリケーション層の演習も考え、接続した端末にいくつかのサービスも提供することも教材とした。提供するサービスとして、アプリケーションの理解を深めるために、webサービスとWindowsファイル共有を提供することを課題とした。また、ルータの管理するネットワークでは、端末をネットワークに接続すれば利用できるようにDHCPも提供することも課題とした。100台程度の端末を管理することを想定させた。そのため、クラスCのIPアドレスでも構築できることとした。

機器は、ネットワークインターフェイスを2つとしたPCを用意した。高負荷なソフトウェアを必要としないこともあり、一世代以上前のPCが利用可能である。この教材では、多くのメモリを必要としないと考えられるが、最近のOSでは、PAE (物理アドレス拡張) を要求されることが多くなったため、cpuはPentium 4 世代以降が望ましい。

課題をまとめると以下の通りである。

機器：ネットワークインターフェイスを2つにしたPC

OS：経費が必要としないフリーソフトを利用する。

一般的にUNIX系OSが望ましい。

機能：NAT (NAPT) 機能を持たせる。

上層のネットワークにはDHCPのクライアントとして接続する。

下層には

webサービス

Windowsファイル共有サービス

DHCPサービス (100台程度の端末)

DNSサービス

ゲートウェイ

上層と下層にはファイアーウォール設定し、下層部に対するサービス等を上層に流さない。

IPアドレスについては、IPV4を割り当てる。IPV6については使用しない。

以上のような教材で、TCP/IPにおける各層の様々なプロトコルについての実習を行う。

ルータの構築前には、システムの設定を行うために、書籍やネットワークに掲載されている設定情報についての調査を第一に行わせ、各自に環境設定を検討させた。

4. 環境設定例の提示

システムの設定を行うための補助として、調査を行うことに合わせて、システムの設定例を示すことで、環境の構築の手助けを行った。

設定例を以下に示す。ただし、実施年度が複数にわたるため、ソフトウェアのバージョンについては省略する。

オペレーティングシステム：FreeBSD
 NATの設定： packetfilter
 ファイアーウォール： packetfilter

DHCPサービス： ISC-DHCP-SERVER
 WEBサービス： apache 2
 Windowsファイル共有： samba 3
 DNSサービス： bind9

違い。ソースファイルからのビルドなども知らない。

以上のような、行動が見られるため、そのサポートが必要となる。特にCUIの環境でコマンドを入力するためには、シェルの入力方法やコマンド等を提供する必要があることがわかった。

これらのサービスを起動するには、様々な設定ファイルに記述が必要であるために、簡単な設定の説明も行った。具体的には、以下のような各ファイルに設定を記述することの説明を行った。ここでは、詳細な設定は省略する。

rc.conf：各サービスの起動の設定、ネットワークインターフェース、ゲートウェイ、ホスト名などの設定

pf.conf：NATの設定とファイアウォールの設定

httpd.conf：WEBサービスの設定

smb.conf：Windowsファイル共有の設定

dhcpcd.conf：DHCPの設定

dhcpcd.leasessファイルの作成

DHCPについてはrc.confでの起動が可能であるが、上位ネットワークにサービスを行うと上位のネットワークに不具合を起こすため、別途、起動スクリプトに対象ネットワークインターフェースにのみの起動設定を説明した。

named.conf：(NAT以下に提供するDNSの設定)

正引き、逆引き、ローカルループバックファイル

5. 実習内容

この教材では、特に利用するソフトウェアを規定していない。その結果、情報を調査した結果、設定例で説明したシステムとは異なり、linux系OSを用いて構築を開始する受講生もいた。Linuxでは、CENTOSを利用してある受講生がいたが、Debian, OpenSUSE, Ubuntuなどは見られなかった。おそらく、ルータのようなシステムの構築に関する情報は、CENTOS以外では、ネットの情報として少ないためでは無いかと考えられる。書籍や雑誌等でもCENTOS以外のサーバ構築の情報は、多くは無いと考えられる。

受講生の行動を観察したところ次のような動きが見られた。

- (1) すぐにOSのインストールを始める。
 必要なことは、各設定ファイルの作成が重要であるのだが、OSをインストールすればできると考えているためではないかと考えられる。
- (2) CUIの使い方がわからない。
 近年のPCではGUIが標準的なシステムであるため、CUIで使うことができない。
- (3) ソフトウェアのインストールがわからない。
 OSのバージョンによって、サービスやアプリケーションソフトウェアの導入方法が異なることが原因。フリーやオープンソースのソフトウェアの導入になっていない。Freebsdでは、pkg_addからpkgに変更になった。Linuxでは、RedHat系、Debian系などの

6. 実際の設定

教材として設定した各設定ファイルを以下に示す。セキュリティに関わるため、一部の設定ファイルを示す。

rc.conf

```
gateway_enable="YES"
hostname="xxxx.x.xxxxx.jp"
ifconfig_em0="DHCP"
ifconfig_exp0="192.168.0.1 netmask 255.255.255.0"
pf_enable="YES"
pf_rules="/etc/pf.conf"
pf_flags=""
pflog_enable="YES"
pflog_logfile="/var/log/pflog"
pflog_flags=""
named_enable="YES"
named_program="/usr/sbin/named"
named_flags="-u bind -c /etc/namedb/named.conf"
named_pidfile="/var/run/named/named.pid"
sendmail_enable="NONE"
keymap="jp.106"
sshd_enable="YES"
usbld_enable="YES"
samba_enable="YES"
apache2_enable="YES"
```

dhcpcd.conf

```
option domain-name "xxxx.x.xxxxx.jp";
option domain-name-servers 192.168.0.1;
default-lease-time 600;
max-lease-time 7200;
ddns-update-style none;
subnet 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0 {
    range 192.168.0.100 192.168.0.200;
    option routers 192.168.0.1;
    option subnet-mask 255.255.255.0;
    option broadcast-address 192.168.0.255;}
```

named.conf

```
options {
    directory "/etc/namedb";
    pid-file "/var/run/named/named.pid";
    allow-transfer { none; };
};
zone "." {
    type hint;
    file "named.root";
};
```

```

zone "localhost" {
    type master;

zone "0.0.127.IN-ADDR.ARPA" {
    type master;
    file "localhost.rev"; };
zone "xxxx.x.xxxxx.jp" {
    type master;
    file "xxxx.zone";    };
zone "0.168.192.IN-ADDR.ARPA" {
    type master;
    file "xxxx.rev";    };

```

実習の最後に、構築したシステムの仕様書を作成させた。仕様書には設定したファイルとその設定ファイルではどのような動作が起きているかを記述させた。このことによって、プロトコルの動作等についての理解を深めさせた。

7. まとめ

実習を通して、受講生からは次のような感想をもらった。

- (1) 講義で取り扱ったプロトコル、アプリケーションの意味の理解が進んだ。

- (2) 講義では、様々なプロトコルについて覚えたが、実際にどのように使われているのかが実習をとおして理解できた。
- (3) 講義の授業で行った期末テストの内容が、実習後に理解することができた。(もっと高い点数をとれると思います。)
- (4) 講義で使った教科書(マスタリングTCP/IP入門編)がよく書かれていることがわかった。

以上のようにルータの構築実習を行うことで、TCP/IPのプロトコルについて理解が進んだ感想が得られた。

ルータの構築を実習することで、情報ネットワークの理解を深めることができることが示唆された。

8. 参考文献

- 1) 竹下隆史, 村山公保, 荒井透, 荻田幸雄, 「マスタリングTCP/IP入門編」オーム社
- 2) 後藤大地, 「FreeBSDビギナーズバイブル」, 毎日コミュニケーションズ
- 3) Michael Lucas, 佐藤広生監訳, 「FreeBSDシステム管理とチューニング」毎日コミュニケーションズ
- 4) 佐々木宣文, 後藤大地, 佐藤広生「I実践 FreeBSDサーバ構築・運用ガイド」, 技術評論社