

# 三高スタディものづくり講座におけるLinuxマイコンによるセンサ情報遠隔監視システム構築学習の実践

柴田 幸司<sup>†</sup>・飯野 真弘<sup>††</sup>・花田 一磨<sup>†</sup>

## Practice of Remote Monitoring System Development Learning for Sensor Information using a Linux Micro Computer on Sanbongi High School Manufacturing Course

Kouji SHIBATA<sup>†</sup>, Masahiro IINO<sup>††</sup> and Kazuma HANADA<sup>†</sup>

### ABSTRACT

In this study, an encrypted closed line was created over the Internet by building a stand-alone VPN with a Linux Micro-Computer and a data communication terminal for mobile telephone network combination. It was also confirmed that information on temperature in locations remote from sensors could be acquired through a web browser using a smart device such as a tablet computer by connecting the equipment used to transmit and receive sensor information for the Ethernet to this VPN. The technique can be applied for a range of purposes, including the monitoring of electricity consumption and remote management of crops. The authors also believe the system has strong potential in education relating to information, communication and computer network technology on campus.

**Key Words:** internet, VPN, mobile telephone network, remote monitoring system, Rqspberry Pi, network education

**キーワード:** インターネット, VPN, 携帯電話網, 遠隔監視, ラズベリーパイ, ネットワーク教育

### 1. はじめに

インターネットの普及により、従来は専用回線が必要であった遠隔地からのセンサ情報の取得システムが安価にて構築可能となり<sup>1)</sup>、一方でモバイル回線を用いたデータ通信もここ数年で大きな進化を遂げ通信速度が年々高速化され、大きなデータをやり取りするカメラの高解像度

な動画情報でさえも、移動体からインターネットへ無線で伝送可能となった<sup>2)</sup>。このような背景にて筆者らは以前、センサ類とインターネットのインターフェースにLinuxマイコンを用い、VPNプログラムを組み込みUSB等によりセンサ機器を接続することにより、VPNルータやセンサ情報取得装置を不要とした超小型かつ安価な遠隔監視システムを構築した。さらにマイコンに組み込んだVPNはプロバイダなどからNATやファイアウォールを介しダイナミックに配布されたプライベートIPアドレスでも動作させ、シンプルかつ低い運用コストで遠隔地からノートPCやタブレットPCやスマートフォンなどで温度・湿度デ

---

平成 27 年 1 月 8 日受付

<sup>†</sup> 工学部電気電子システム学科・講師

<sup>††</sup> 工学部電子電子システム学科・4年

ータおよびカメラ画像が取得出来ることを報告している<sup>3)</sup>。

このようなインターネットを介したコンピュータおよびネットワークシステムを構築する技能の習得はデジタルネイティブへの工学教育として重要であり、また大学を目指す高校生に対する理系学問への興味喚起としても必要であると考えていたところ、2014年8月5日（火）～8月7日（木）の3日間にわたり、青森県立三本木高等学校の生徒を八戸工業大学に招き、大学の設備を利用してこれらセンサ情報遠隔監視システムの構築に関する講座を実施したので、実践例を報告する。

## 2. 実習の内容

今回の実習の概要は表1～3の通り、三高の2年生の2名の生徒に対し、学内のスタディものづくり講座という企画の一環として大学の学科ごとの実習担当者により、集合場所であるメディアホールでの出迎え見送りや実習場所への案内も含め、3日間の講座として工学実習の時間を与えられた。また、最終日には行った作業に対し8分間の成果発表の時間も予定が組まれていた。よって表1～3の枠組みに対応させたネットワーク教育の実施のため、下記の日程の通り最初の2日間をほぼシステムの構築に割り当て、3日目は受講者のスマートフォンにVPNを設定させ自身の携帯電話回線でセンサ情報の取得を行うことにより興味を引き出すとともに、成果発表のためのパワーポイントの作成と発表練習も指導した。

### 1日目

マイコンへのLinux OSのインストール、OSの更新、基本的なネットワーク設定、HTTPサーバ、PHP言語のインストール、無線LANの設定

### 2日目

組み込みVPNのインストールと設定、Motionキャプチャソフトのインストールと設定、温・湿度センサ取り込みソフトのコンパイル・インストール、HTMLおよびPHPファイルの記述と配置、

### MUNINソフトウェアのインストール設定

#### 3日目

受講者のスマートフォンを用いたVPN経由でのカメラ画像、温・湿度情報の取得、成果発表用のパワーポイントの作成と発表練習

このように、大掛かりなインターネットを介するコンピュータへのOSのインストールから各種ソフトウェアの記述・コンパイルやインストールと設定、ネットワーク機器やHTTPサーバやインターネット回線や端末の設定、ホームページ用HTMLファイルの記述や配置などを統合した実践的な学習には、すべての機器が有機的に動作するようマイコン、ネットワーク機器、クライアント端末の複雑かつ大量の設定が必要となる。そこで今回は卒業研究での活動により同等以上のスキルを有する電気電子システム学科4年生の飯野真弘君にアルバイトとして実習の準備から実践まで全面的に協力頂いた。この3日間を実習期間として使い、本学学生の強力なサポートと後述するマニュアルの作成のお陰で、機器の細かい設定から自身の端末による確認までを時間内の教授に成功した。

表1 1日目（8月5日（火））

	実施内容	実施場所	担当者
9:00	生徒大学着		
9:10	開講式 1) 開式 2) 挨拶 3) 諸説明	メディアホール	参加生徒、引率教員、各学科担当者、関係者
9:50	学科へ移動		学科担当者
10:00 12:10	実習等開始 実習等終了	各学科	学科担当者
12:10 13:00	昼休み	各学科	
13:00 16:00	実習等開始 実習等終了	各学科	学科担当者
16:10	メディアセンターへ移動し集合		学科担当者
16:10	生徒大学発		
17:10	三本木高等学校着		

表2 2日目(8月6日(水))

	実施内容	実施場所	担当者
9:00	生徒 大学到着	メディアホ ール	学科担当者
	各学科へ移動		
9:10 12:10	実習等開始 実習等終了	各学科	学科担当者
12:10 13:00	昼休み	各学科	
13:00 16:00	実習等開始 実習等終了	各学科	学科担当者
16:10	メディアセン ター移動と集 合		学科担当者
16:10	生徒 大学出発		
17:10	三本木高等学校着		

表3 3日目(8月7日(木))

	実施内容	実施場所	担当者
9:00	生徒 大学到着	メディアホ ール	参加生徒、引率 教員、各学科担 当者、関係者
	各学科へ移動		学科担当者
9:10 12:10	実習まとめと 発表資料作成	各学科	学科担当者
12:10 13:00	昼休み	各学科	
13:00	生徒メディア ホールへ移動	メディアホ ールへ誘導	学科担当者
13:10 ~ 14:40	成果発表 時間質疑応答 含み8分×12 グループ	メディアホ ール	三本木高校出席 予定者
14:50	閉講式 1) 開式 2) 学長によ る講評 3) 閉式		大学側出席予定 者: 学長、副学 長、学長補佐、 推進室長、推進 室次長、各学科 所属長、担当者
15:00	生徒 大学出発		
16:00	三本木高等学校着		

### 3. 実習の効率化のための工夫

受講者が個人で所有するスマートフォンにて携帯電話回線を経由し遠隔地に配置したカメラや温度・湿度の情報を取得するためには、端末

だけでなくセンサを取り込むマイコンのネットワークの設定を含む、膨大な設定を行う必要があり、コンピュータやネットワークの知識がほとんど無い者に対する指導は大きな負担となる。そこで、あらかじめすべての「機器設定のためのコマンド打ち込みマニュアル」を作成し、これを元に高校生の指導に当たった。その一部は図1に示す。このマニュアルはマイコンにOSをインストール後の仮ネットワークから無線LAN子機の設定、基本プログラムのインストールとOSの更新、VPNプログラムのインストール、ホームページおよびPHPプログラムのインストール、htmlファイルの配置、Webカメラ画像取り込みや温度・湿度取り込みプログラムのコンパイル、OSへの登録を含むものであり、煩雑かつ膨大な設定作業がルーチンワークとして行うことが出来た。

- ① 「`sudo nano /etc/network/interfaces`」
- ② 「`face eth0 inet dhcp`」
- ③ 「`static`」
- ④ 「`address 192.168.11.20`」
- ⑤ 「`netmask 255.255.255.0`」
- ⑥ 「`gateway 192.168.11.1`」
- ⑦ 「`ctrl+o`」
- ⑧ 「`ctrl+x`」
- ⑨ 「`sudo reboot`」
- ⑩ 「`ping 192.168.11.20`」
- ⑪ 「`sudo apt-get update`」
- ⑫ 「`sudo apt-get upgrade`」
- ⑬ 「`sudo apt-get install apache2`」
- ⑭ 「`y`」
- ⑮ 「`sudo apt-get install php5`」
- ⑯ 「`y`」
- ⑰ 「`sudo reboot`」
- ⑱ 「`sudo nano /var/www/index.html`」
- ⑲ 「`sudo lsusb`」

図1 機器設定のためのコマンド打ち込みマニュアルの一部

さらに、実際の設定の指導の多くをアルバイトの学生に任せることにより、高校生と大学生

のふれあいの場としても機能した。

#### 4. 構築したシステム

実習で構築したシステムは図2に示す通り、Linuxマイコン、USBモデム、さらに温・湿度やWebカメラなどのセンサ類から構成され、Linuxマイコンには教育用として世界中に安価で供給されているRaspberry Pi<sup>4)</sup>を用い、USBモデムはdocomo回線への接続用としてLGのL-02Cを選択し、Webカメラは一般的なUSB接続の物を使用し、温・湿度センサはストロベリー・リナックスのUSBH-FGを採用した。システムからの情報を遠隔地にて取得するため、Linuxマイコンと端末間は組込みVPNによりセキュアな接続を行なっているが、HTTPサーバとしても働くLinuxマイコンはプライベートIPアドレスをダイナミックに配布されてもNATやファイアウォールを容易に超えVPN接続できる様にして携帯電話回線とインターネットを介しさまざまな場所から監視可能にした。この構成にて無線LANルータから複数の場所に設置したセンサ情報遠隔監視システムへのVPNでの接続および実際に各種センサを接続して遠隔地からのセンサ情報の取得を確認させた。その為に行なった作業手順は以下の通りである。

1. Raspberry PiへのLinux OSのインストール
2. LAN (IPアドレス、ゲートウェイ、DNS) の設定
3. Raspberry Piに接続されたWi-Fi子機の設定
4. VPNプログラムのインストールと設定
5. ファイアウォールの設定 (port 22, 80など接続許可)
6. Web (HTTP) サーバ、PHPソフトウェアのインストール
7. Webカメラ・モーションキャプチャプログラムのインストール
8. 温・湿度センサ情報取得プログラムのインストール
9. ホームページ記述ファイル (index.php) の書き換え
10. MUNINのインストールとスクリプト書き込み
11. アクセスルータの携帯電話回線の設定

システムに用いた機器のうち、Raspberry Piに接続する無線LAN子機はバッファローのWLI-UC-GNMを選定し、また親機はWZR-450HPを用いた。

なお、今回の設定では種々の回線への対応を考え、LinuxマイコンへはWi-Fi親機からDHCPサーバにてダイナミックなプライベートIPアドレスを割り当てている。

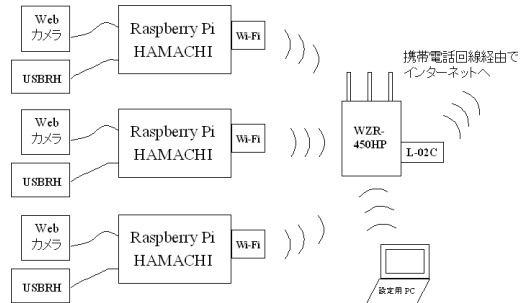


図2 Wi-Fi経由でのVPN接続のための構成

本システムでは、運用コスト削減のためVPNにプライベートIPアドレスにてサーバの設置ができ、NATやファイアウォールを越えたVPNの構築が容易なLogMeIn社のHAMACHIを用いた。このVPNを運用する為には、サーバとホストとなるコンピュータそれぞれに専用のプログラムをインストール必要がある。実際に1から5までの作業により、遠隔地のセンサシステムとクライアントとの接続状態をWinos XPのコンピュータにて確認した様子は図3に示す通りHAMACHIにて構築したVPN上にWi-Fi接続した複数のRaspberry Piが現れている。

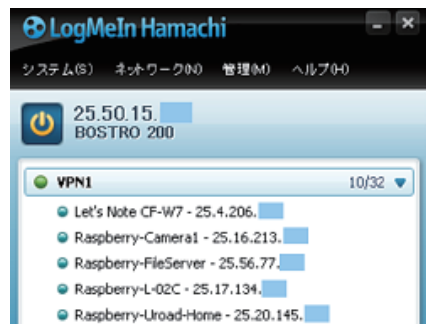


図3 HAMACHIによる各コンピュータ同士の接続

また、ホームページ関係のソフトウェアはHTTPサーバのapache2の他に、温・湿度センサの情報も確認する為PHP5もインストールした。ま

た、WebカメラのキャプチャにはMOTIONを採用しUSBで接続されたカメラの画像を遠方からWebブラウザにて確認させた。さらにUSB接続の温・湿度センサUSBHの情報をRaspberry Piに取り込むためのプログラムは他のLinux OSにて動作させるためC言語ソースファイルを変更後にmakeしRaspberry Pi用の実行ファイルを生成してOSに登録しコマンド上で機能呼び出せるようにした。また遠隔地からWebブラウザにて確認するため図4のindex.phpなるファイルを記述し/var/wwwに配置して6~11を含む作業を実施の後VPN経由にて遠隔地のWinows XPのコンピュータからWebブラウザのFirefoxにて確認した様子は図5に示す様に、カメラ画像と温・湿度情報が確認できる。

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="ja">
<head>
<meta http-equiv="Content-type" content="text/html; charset=UTF-8">
<title>研究室の温度および湿度</title>
</head>
<body>
<font size="7">
温度 湿度
<br>
</br>
</php>
echo exec('/usr/local/bin/usbh');
?>
<br>
<a href="http://25.42.***.***:8081"></a>
<br>
</font>
```

図 4 記述したindex.phpファイルの内容



図5 Webブラウザによるカメラ画像と温湿度情報の確認

さらに今回は Raspberry Pi にサーバ監視ソフトウェアである MUNIN もインストールし環境情報を取り込むスクリプトを書き込み、ネットワー

ク経由で温度と湿度の時間変化を計測した。この結果、図6のように長時間にわたるセンサ情報の取得が出来る。この図から、「帰宅後にクーラーを off にしたところ水曜日(8月6日)の18時ごろ温度が28℃から31℃まで上昇、湿度は36%から67%まで上昇し、木曜日(8月7日)の朝8時ごろクーラーを on にすると温度が31℃から30℃に減少、湿度は58%から50%に減少した」という考察を高校生自身が行うことが出来、講習により自然現象の洞察力も養うことが出来たと考えられる。

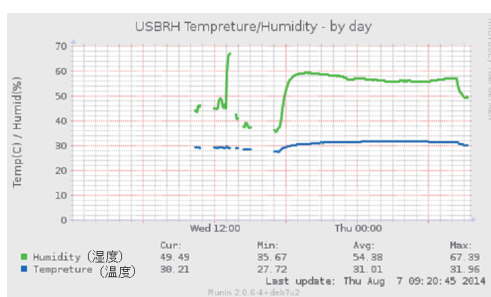


図 6 温度湿度の2日間にわたる時間変化

## 5. 実習の成果

3日間にわたる作業の様子は図7~9に示す通り、かなりの講習作業を本学のアルバイト学生が携わっている。最終日には受講者自身のスマートフォンにVPNの設定を行い、携帯電話回線にてセンサ情報を取得した。今回の例ではAndroidスマートフォンとiPhoneと異なるオペレーティングシステムを有する端末に対しても、おのおののVPNの設定により遠隔地に設置したカメラ画像や温度・湿度データの情報を取得する設定に成功している。このように、受講者自身が所有する携帯電話への設定を施すことにより、自身のこととして構築したシステムによるセンサ取得の実感が得られている。さらに、成果発表では彼らが作成したパワーポイントによるプレゼン資料を2人で役割分担をしつつ、8分もの時間にわたり自身が得た知識を説明していた。膨大な作業を3日間で終わらせることが出来た理由として、本



学のアルバイト学生による熱心な指導とともに、あらかじめマニュアルにより作業をルーチン化したことが大きく貢献している。実習に対する受講者の高校生の感想として

1. 身の回りの電子機器が自分たちがパソコンで入力したようなプログラミングがされていることを学んだ
2. いつも何気なく使っているものでも、中では複雑な構造になっていて、表面上では簡単に操作できても裏側ではそう簡単にできないことを学んだ

なる生の声を得ることが出来た。よってこれらは今後のネットワーク教育への参考としたい。



図 7 マイコンとネットワーク機器の設定の様子



図 8 新聞閲覧室への機器の設置

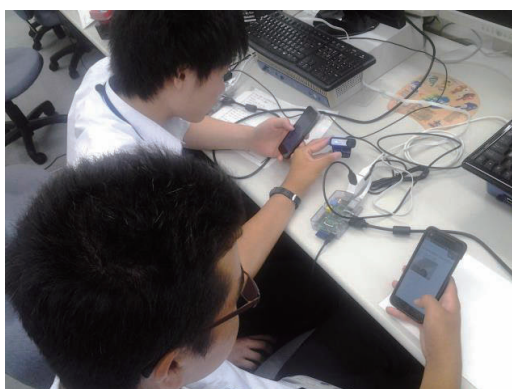


図 9 自身のスマートフォンによる確認

## 6. まとめ

本報告では筆者らが開発した Linux マイコンを用いた組み込み型 VPN にて Web カメラや温・湿度センサとの組み合わせ超小型で安価に遠隔地のセンサ情報を取得し、スマートデバイスなどでカメラ画像やセンサ情報が取得可能なシステムを学内の情報通信およびネットワーク技術の教育として利用し、青森県立三本木高等学校の 2 年生の生徒に対し八戸工業大学の施設を利用し、3 日間にわたり本学 4 年生と共にシステム一式の設定の実習教育を実践した。今後はたとえばネットワークに関する正課の講義中における多くの受講者に対するマイコンの実習法が課題である。

## 参考文献

- 1) 渡辺, 大谷 “棚田オンラインプロジェクト” 信学技報 vol. 108(74), 1A2008-9, pp.43-48, 2008-5.
- 2) 柴田, 花田, 大久保 “WiMAX 網を用いた独立型 VPN によるセンサからの高速波形遠隔監視システム” 八戸工業大学紀要 32, pp129-134, 2013-3.
- 3) 柴田, 花田, 落合 “Linux マイコンを用いた組み込み VPN による超小型センサ情報遠隔監視システムの開発” 八戸工業大学紀要 33, pp115-120, 2014-3.
- 4) Raspberry Pi ホームページ <http://www.raspberrypi.org/>

## 要 旨

本研究では以前筆者らにより構築したLinuxマイコンと携帯電話網に接続可能なUSBモデムとの組み合わせた超小型で安価な組込み型VPNシステムにWEBカメラや温湿度センサを接続し、タブレットコンピュータなどのスマートデバイスを用い、センサから遠く離れた場所からでもWebブラウザにてカメラ画像や温湿度センサなどの情報を取得が可能であることを示した成果を学内におけるネットワークの教育として実践するため、青森県立三本木高等学校の2年生の生徒に対し、八戸工業大学の施設を利用して3日間にわたり、システム一式の設定の実習に関する講座を実践した。この成果は今後の大人数に対するネットワーク教育に対しても応用できる。

**キーワード:** インターネット, VPN, 携帯電話網, 遠隔監視, ラズベリーパイ, ネットワーク教育