

物理的可視化と直接操作による通信ネットワーク学習教材の開発

Development of Teaching Materials for Studying Communication Network from Physical Visualization and Direct Operation

吉原 和明^{*1}, 井口 信和^{*2}, 渡辺 健次^{*3}
 Kazuaki YOSHIHARA^{*1}, Nobukazu IGUCHI^{*2}, Kenzi WATANABE^{*3}

*1 広島大学教育学部

*1 Faculty of Education, Hiroshima University

Email: b111302@hiroshima-u.ac.jp

*2 近畿大学理工学部情報学科

*2 School of Science and Engineering, Kindai University

Email: iguchi@info.kindai.ac.jp

*3 広島大学大学院教育学研究科

*3 Graduate School of Education, Hiroshima University

Email: wtnbk@hiroshima-u.ac.jp

あらまし：本研究では、物理的可視化と直接操作による通信ネットワーク学習教材の開発を行った。機器として RaspberryPi を用い、ping を受信すると LED が点灯する機能、回路上のダイヤルを操作することで IP アドレスを自機に設定する機能、指定した IP アドレスに ping を送信する機能、通信相手までの経路を確認する traceroute 機能を開発した。

キーワード：ネットワーク学習教材 物理的可視化 直接操作 ping traceroute

1. はじめに

新学習指導要領では、中学校技術と高等学校情報において通信ネットワークの仕組みについて学ぶ内容が含まれた。(1)(2)

しかしながら、通信ネットワークそのものが利用者の目に触れないところで働いているため、動作を直接見ることができない。これらのことから、情報ネットワークの仕組みを直感的に理解しながら学ぶことが難しくなっている。中学校の技術や高等学校の情報では、実験や実習を通して体験的に学習することが学習指導要領で望まれているが、良い教材が無いことから、情報ネットワークの学習では実験や実習を行うことが難しいのが現状である。

そこで本研究では、ネットワークの仕組みを直感的に理解できるような物理的可視化と直接操作による通信ネットワーク学習教材の開発を行った。

2. 研究方法

本研究では、情報ネットワークの動作を LED 点灯制御することにより物理的に可視化し、ボタンやダイヤルで直接操作できることで、中学生や高校生が直感的に情報ネットワークの仕組みを理解できる学習教材を開発する。

具体的には以下の通りである。

(1) 実験用の情報ネットワークを自分で構成するための機器であるルータと端末を開発する。

(2) ルータは実際のインターネットで用いられているものと同等の機能を有した上で、ネットワークの経路や動作の流れを LED や物の動作等で物理的に可視化する機能を持つ。

(3) ルータと端末はネットワークの構築が完了し

たことや、各種コマンドへの反応を LED や物の動作を用いて物理的に可視化する機能を持つ。

(4) 開発した教材を、まず大学の授業で用いることで、システムの動作や有効性を検証する。

(5) 学会や研究会で発表して学術研究の観点から評価を得る。

(6) 中学校技術と高等学校情報の授業で用いて評価を行う。

3. 開発環境

本教材では、高性能 ARM コンピュータである RaspberryPi を機器として用いた。RaspberryPi は、LAN ポートと 2 つの USB ポートを搭載しており、また、最大 17 本の汎用 I/O ピンを使うことができる。さらに、Linux を OS として搭載し、パソコンと同等の機能を持った機器である。以下に開発環境を示す。

表 1 教材の開発環境

分類	詳細
使用機器	RaspberryPi
OS	Wheezy
開発言語	Python

4. 教材の概要

本研究では、IP アドレスを直接操作によって設定し、ネットワークを構築して、操作できるような、以下の 4 つの機能を持った教材（ルータと端末）を開発した。

(1) ping を受信すると LED が点灯する機能

(2) ダイヤルを操作して IP アドレスを自機に設定する機能 (Config 機能)

(3) ダイヤルを操作して特定の IP アドレスの機器

に ping を送信する機能 (ping 機能)

(4) ダイアルを操作して特定の IP アドレスの機器までの経路を LED で可視化する機能 (traceroute 機能)

開発した教材と回路図を図 1, 2 に示す。

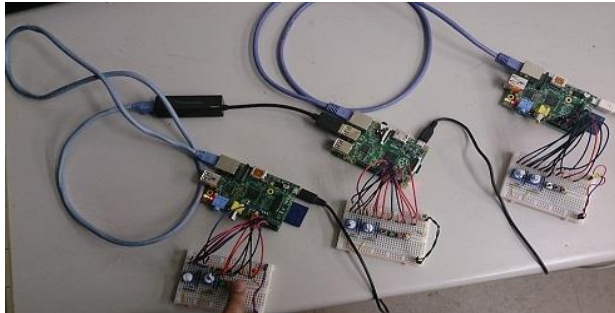


図 1 ネットワーク学習教材

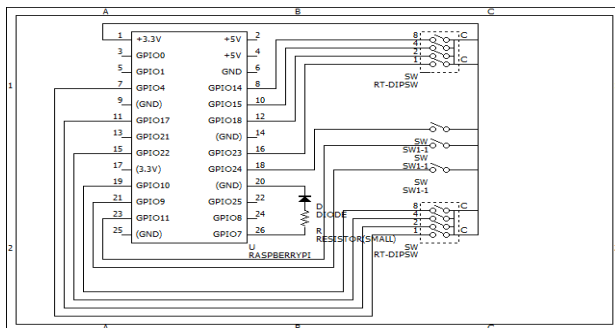


図 2 教材の回路図

5. 機能の実装

5.1 ping を受信すると LED が点灯する機能の実装

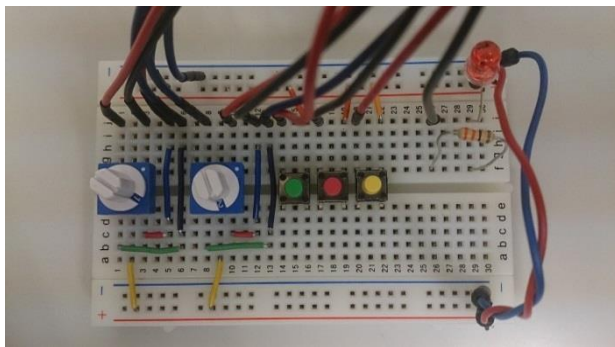


図 3 ブレッドボード上の回路

ping を受信したかどうかは、ICMP のエコー要求メッセージの受信の有無で判断できる。そこで、Python の socket 関数を用いて、ICMP プロトコルを指定してソケットを作成し、もし受信データがあれば、図 3 のブレッドボード上の LED と対応する GPIO ピンに 1 秒間 3.3V の電圧を出力するプログラムを作成することで、ping 受信時に LED が点灯する機能を実装した。

5.2 IP アドレスの設定機能の実装

図 3 の回路上的ダイアルを操作することによって、IP アドレスを設定できる機能を実装した。左側のダ

イヤルがネットワーク部、右側のダイアルがホスト部のアドレスを示しており、図 3 の例では、左側のダイアルがポジション 1、右側のダイアルがポジション 2 に設定されており、これにより IP アドレスは 192.168.1.2/24 とプログラム内で算出される。緑色の Config ボタン (左) を押すとプログラム内で ifconfig コマンドを実行し、設定された IP アドレスを自機に設定する。

5.3 ping 機能の実装

ping コマンドは、相手先ホストに対して ICMP エコー要求メッセージを送信し、相手先ホストから ICMP エコー応答メッセージを返させるコマンドであり、このコマンドを使用することによって、相手先ホストと通信が可能であるか判断できる。⁽³⁾

図 3 のように、回路上に赤い ping ボタン (中) を設置し、ping ボタンを押すことによって、第 5.2 節で述べたダイアルから相手先ホストの IP アドレスを算出し、ping コマンドをプログラム上で実行することで ping 機能を実装した。

5.4 traceroute 機能の実装

IP パケットには、パケットがループし続ける状態を防ぐために、生存時間が決められている。それぞれの IP パケットには TTL (Time To Live) が割り当てられ、パケットがルータを通過するたびに 1 ずつ減らされていき、0 になると IP データグラムが破棄される。このときルータは、ICMP 時間超過メッセージ (ICMP Time Exceeded Message) を送信側に送り、パケットが破棄されたことを知る。⁽³⁾

このメッセージを応用し、図 3 のように黄色の traceroute ボタン (右) を回路上に設置し、ダイアルから相手先の IP アドレスを算出し、TTL の値を 1、ポート番号を指定した UDP パケットを宛先のアドレスまで送信し、ICMP 時間超過メッセージを返信したアドレスに再度 ping を送信する。この動作を TTL の値を 1 ずつ増やしなが、ICMP 時間超過メッセージを返信したアドレスが宛先のアドレスと一致するまで繰り返すことで、LED による経路の可視化が実現できる。

6. おわりに

本研究では、LED 点灯による物理的可視化と直接操作によるネットワーク学習教材を開発した。本教材を用いることで、直感的にネットワーク機器の機能や動作を理解することができ、中高生や高校生の通信ネットワークの学習に効果的に用いることが期待できる。

今後は、より複雑なネットワーク構築実験を行い、中学生、高校生を対象に評価実験を行う必要がある。

参考文献

- (1) 学習指導要領：中学校学習指導要領解説技術・家庭編
- (2) 学習指導要領：高等学校学修指導要領解説情報編 pp.18-19(2010)
- (3) 竹下隆史, 村山公保, 荒井透, 荻田幸雄：マスタリング TCP/IP 入門編第 5 版 pp.194-198(2012)