

物理的インタフェースを用いた経路制御学習のための 「ルータ」教材開発に関する研究

The Study of Development of “Router” Equipment for Network Routing Control Using Physical Interfaces

吉原 和明^{*1}, 渡辺 健次^{*1}

Kazuaki YOSHIHARA^{*1}, Kenzi WATANABE^{*2}

^{*1} 広島大学教育学研究科

^{*1}Graduate School of Education, Hiroshima University

Email: d173863@hiroshima-u.ac.jp

あらまし：情報通信ネットワーク技術の学習の問題点として、適切な教材が無いことが挙げられる。加えて、情報通信が目につ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とも学習を難しくしている。そこで我々は、物理的インタフェースを用いた情報通信 IP アドレス学習教材の開発を行っている。本研究では、Raspberry Pi を用いた経路制御を直感的な操作で行うことのできる「ルータ」を考案した。

キーワード：経路制御学習，ルータ，Raspberry Pi

1. はじめに

現行の学習指導要領では、中学校技術・家庭科（技術分野）および高等学校情報において、ネットワークの仕組みについて学ぶ内容が含まれている(1)(2)。ネットワークを学ぶには、実際にネットワークを構築することが、最も良い学習方法である。中学校や高等学校においてネットワーク構築の演習を行うことを考えると、実機のルータや Linux を設定するのは、中学生や高校生にとっては敷居が高いと考えられる。我々は、中学校や高等学校で利用できる、ネットワークを学ぶための良い教材が無いと考えた。

一方で、社会のインフラであるネットワークは、我々が通常目にしないところで働いているため、ネットワークに対する実感が乏しくなっており、ネットワークの仕組みを学ぶ際に具体的なネットワークがイメージできず、学習を難しくしていると考えた。そこで我々は、物理的可視化と物理的なインタフェースを用いた直接操作というコンセプトを提案し、ネットワークの動作を、フルカラーLED テープを用いて物理的可視化し、IP アドレスの設定を、ボタンとダイヤルを用いて物理的 direct 操作で実現した IP アドレス学習教材を既に開発した(3)(4)。

本論文では、既に開発した教材を基に、IP アドレスの設定やネットワークの動作の確認だけでなく、物理的可視化と物理的 direct 操作による経路制御の学習を行えるような「ルータ」教材を提案する。

2. IP アドレス学習教材

我々は、既にボタンとダイヤルを直接操作することで IP アドレスを設定し、ping によるネットワークの疎通を、フルカラーLED テープが IP アドレスによって異なる色の光の軌跡を表現することで物理的可視化し、ネットワーク上の通信を直感的に理解できる IP アドレス学習教材を開発した。開発には、シ

ングルボードコンピュータである Raspberry Pi を用い、教材はネットワークを構成する要素であるルータおよび端末である。開発した教材を図 1 に示す。

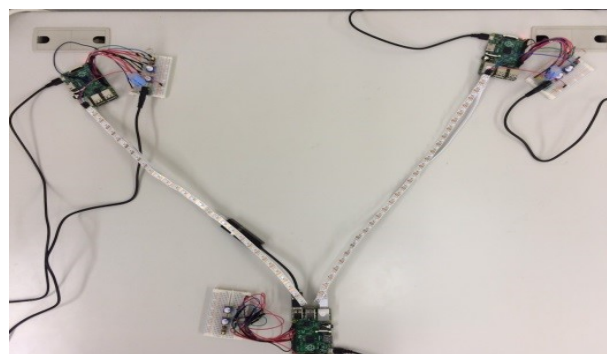


図 1：開発した教材

フルカラーLED テープは、フルカラーLED が図 2 のようにテープ状に連なったものである(5)。5V, GND, PWM 信号の入力端子といった 3 つの端子があり、5V と GND を電源に、PWM 信号の入力端子を RaspberryPi に接続することで使用できる。PWM 信号のみでフルカラーを制御でき、LED 一つ一つを個別に制御できる。

GRB の順に各色 8bit で 1 モジュール当たり 24bit のデータを決められたタイミングで信号を入力することでデータを送信する。連結して使用する場合、RaspberryPi から近い側のモジュールのデータから送信し、50 μ s 以上 LOW が続いた場合、全モジュールでデータが確定し LED への出力へ反映される。(4)

RaspberryPi で使用する場合、フルカラーLED テープを制御するためのライブラリ “rpi_ws281x” を利用することで簡単に制御することができる。

ping 送信時に、送信先から帰ってくるタイプ 0 の ICMP メッセージを解析し、LED テープが ping の送

信側から受信側に向かって光が流れるように正方向の光の軌跡を表現し、ping 受信時は、ping 受信時に受け取るタイプ 8 の ICMP メッセージを解析し、同様に ping の送信側から受信側に向かって光が流れるように逆方向の光の軌跡を表現するようにフルカラーLED テープを制御し実装した。

フルカラーLED テープとダイヤルとして使用した DIP ロータリースイッチをそれぞれ図 2, 3 に示す。



図 2：フルカラーLED テープ

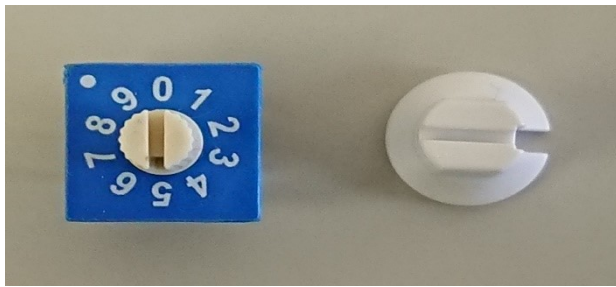


図 3：DIP ロータリースイッチ

3. 経路制御学習教材

新しく提案する経路制御学習教材では、既に開発した IP アドレス学習教材と同様に、ボタンやダイヤルによる物理的 direct 操作で IP アドレスの設定に加え、経路表の設定も行えるようにする。そして、フルカラーLED テープによるネットワークの動作は、ルータがパケットを中継する流れを、それぞれの LAN ケーブルに対応したフルカラーLED テープを制御することで、物理的可視化する。

3.1 ダイアルとボタンによる経路表の設定

経路表の設定は、IP アドレス学習教材同様にボタンとダイヤルを用いて行う。経路表の設定に必要な宛先ネットワークアドレスやゲートウェイアドレスは IP アドレスの設定と同様に、2 つの DIP ロータリースイッチで指定し、それぞれのアドレスに対応したボタンを押すことで設定を保存する。設定の保存が完了したら、それぞれのインターフェースに対応したボタンを押すことによって設定を送信し、経路表の設定を行う。これにより、ボタンとダイヤルを用いた物理的 direct 操作で、IP アドレスの設定と経路表の設定が一つのルータ教材で行えるようになる。

3.2 フルカラーLED テープによる物理的可視化

既に開発した IP アドレス学習教材では、traceroute コマンドの原理を利用し、ネットワークの経路を、LED を用いて物理的に可視化する traceroute 機能が実装されている。本研究では、より直感的に理解できるように、フルカラーLED テープを用いてネットワークの経路の物理的可視化を行う。フルカラー

LED テープはそれぞれの NIC から出ている LAN ケーブルに取り付け、パケットの流れがフルカラーLED テープで表現できるようにする。

Raspberry Pi はパケットキャプチャにより得られたパケット情報から宛先アドレスと、送信元アドレスを抜き出す。抜き出した情報と経路表を照らし合わせることで、パケットがどの NIC へ送られてきたパケットか、そして、どの NIC から送信すべきパケットかを判断する。送られてきた NIC に繋がったフルカラーLED テープを逆方向に流れるように制御し、送信すべき NIC に繋がったフルカラーLED テープを正方向に流れるよう制御する。それにより、ルータによるパケットの転送の流れを表現することができる。また、それぞれのネットワークアドレスごとに異なる色にしてフルカラーLED テープを表現することで、ルータを介して異なる色にフルカラーLED テープが変化することになり、異なるネットワークにパケットを中継しているルータの役割をより直感的に実感できるようになる。

4. おわりに

本論文では、物理的インターフェースを用いた経路制御学習のためのルータ教材の考案を述べた。ルータ教材を用いた実験により、ネットワークに重要な IP アドレスと経路表の設定が、物理的インターフェースであるボタンとダイヤルを用いて設定することができ、ルータの機能である異なるネットワークへのパケットの転送を、フルカラーLED テープを用いて物理的可視化することができる。それだけでなく、経路の選択や切り替えなどの経路制御実験を行うことができ、様々な経路制御技術を、教材を用いて直感的に実感することができる。

今後は、教材案をもとに、Raspberry Pi に回路とプログラムを実装し、教材の完成を目指す。そして、中学校技術科や高等学校情報科において開発した教材を用いた授業実践を行い、評価を行うことを考えている。

参考文献

- (1) 文部科学省：“中学校学習指導要領”，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/cha/ (2018 年 6 月 10 日アクセス)
- (2) 文部科学省：“高等学校学習指導要領”，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/1304427.htm (2018 年 6 月 10 日アクセス)
- (3) 吉原和明, 井口信和, 渡辺健次：“物理的可視化と物理的 direct 操作によるネットワーク学習の支援”，教育システム情報学会 第 40 回全国大会 A4-4 (2015.9)
- (4) 吉原和明, 井口信和, 渡辺健次：“フルカラーLED テープを用いた物理的可視化と物理的 direct 操作による IP アドレス学習教材の開発”，教育システム情報学会 第 41 回全国大会 B3-2 (2016.8)
- (5) スイッチサイエンス：“フルカラーシリアル LED テープ”，<https://www.switch-science.com/catalog/1399/> (2018 年 6 月 10 日アクセス)