

RFID を用いた物理的な鍵の機能拡張

楠畑 真由 (指導教員：椎尾 一郎)

1 はじめに

鍵は物体や情報を保護するための物であり、物理的な物から電子的な物まで様々な仕組みの鍵が存在する。物理的な仕組みで動く「物理キー」は歴史が長く、安価で手軽に使用できる。また電子的な仕組みを使用した鍵と違い、電力が不要であることも大きなメリットである。最近では、物理キーを電子的に強化した鍵も多く存在する。例えば、自動車盗難防止装置であるイモビライザーは鍵穴と鍵山が一致するだけではなく、鍵に埋め込まれた電子チップが正しいものでないとエンジンをかけることができない。またドアのサムターンに取り付けるだけでドアの鍵を遠隔操作できる製品も存在する。

一方それとは反対に、物理的な物体を用いて電子的なシステムを強化した研究も存在する。3D-Auth[1]では基本的に電子端末で行われる2段階認証に、ダイヤルなどのオブジェクトを用いることによってシステムを強化、容易化している。

本稿では、RFID を用いることにより物理キーの機能を拡張した、「RFID 付き物理キー」を提案する。物理キーと RF タグを改造し、施錠している間は RF タグの情報を読み取れないようにすることにより、電子的な情報を物理的に保護できると考えた。本稿では RFID を使用した新しい物理キーを提案し、そのプロトタイプを作成した。本研究では、製作したプロトタイプとその応用を紹介する。

2 RFID 付き南京錠

2.1 RFID

RFID とは、リーダまたはライタを用いて RF タグのデータを非接触で読み書きすることができる技術のことを言う。RF タグは安価であり、電池不要のパッシブタイプの物が多い。パッシブタイプの RF タグはチップとアンテナで構成されており、次のように通信を行う。まずリーダから電磁波、または電波を受信することにより RF タグに電力が発生する。その電力を使ってチップ内のデータをリーダに送信し、リーダがデータを読み取ることができる。また、IC カードや店の棚卸しなど、身の回りの様々な場面で利用されている。

本研究では NFC タグと呼ばれる RF タグを使用した。このタグは IC カードなどに用いられており、近距離での通信に向いている。また加工しやすいように周りが覆われていないものを選んだ。チップには数字 8 桁のユーザ ID が記録されており、それに加えてデータを書き込むことも可能である。

2.2 提案手法

鍵にはシリンダー式の南京錠を選んだ。南京錠は歴史が長く、安価で手軽に使用できる鍵として様々な場所で用いられている。また、施錠の仕組みも単純であり改造しやすい。シリンダー式南京錠は、本体、鍵をかける箇所にはっかける掛け金、鍵を挿し込む錠前機

構で構成されている。掛け金の多くは片方だけ長い U 字方をしており、掛け金が上下することにより解錠・施錠される。そこで、掛け金の上下の動きで NFC タグのオン・オフを操作できるように改造した。これにより解錠したことを電子的に検知することが可能になる。

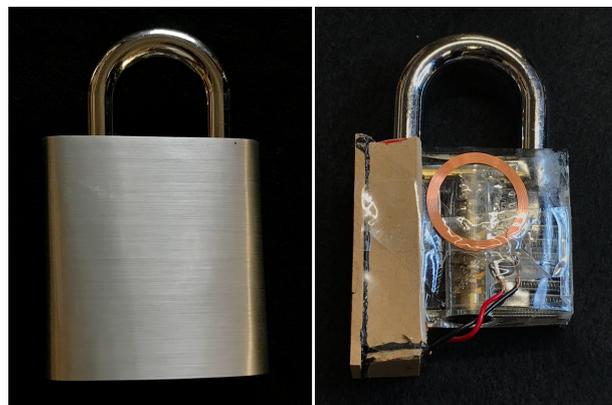


図 1: RFID 付き南京錠。(左) 外観 (右) カバーを外した様子



図 2: RFID 付き南京錠を使用するための箱。(左) 外観 (右) 開けた様子

3 プロトタイプの実装

プロトタイプとして、RFID 付き南京錠 (図 1) とそれを利用するための箱 (図 2) を使ったシステムを作成した。具体的には、箱の中にキャッシュカードやパスワード付き USB などが入っており、解錠すると液晶画面にそのパスワードが表示されるようにした。箱を破壊した場合パスワードは表示されないため、箱の中のものには利用できない。また掛け金などによって施錠する道具を錠、錠に差し込み開閉操作をする道具を鍵と言い、これ以降区別する。

3.1 錠の実装

NFC タグを南京錠に取り付け、解錠することによりそのタグが動作する南京錠を試作した。南京錠は改造しやすいようにプラスチック製の透明なものを用いた。(55mm × 80mm × 22mm)

完成した RFID 付き南京錠の断面図は図 3 に示す。まず初めに、NFC タグのオン・オフを切り替えるためのスイッチを NFC タグに取り付けた。スイッチには、ボタンを押している時のみ導通するタクトスイッ

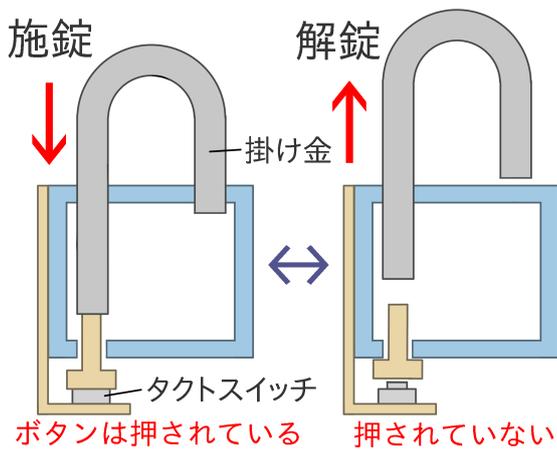


図 3: RFID つき南京錠の断面図。施錠している時 (左) と解錠した時 (右)。

チ (5.2mm × 5.2mm × 1.5mm) を使用し、NFC タグのチップと、アンテナ部分であるコイルに並列に接続した。(図 4) これにより、ボタンを押している間はアンテナがショートし、リーダは NFC タグを読み取ることができない。次に、施錠した時、つまり掛け金を本体に押し込んだ時にタクトスイッチが押されるための仕掛けを作成した。掛け金の長い方の真下にドリルで穴を開け、そこに小さく切った板に棒を貼り付けた物を挿し込んだ。その下に NFC タグに繋がったタクトスイッチを設置し、それらが全て入るように木の板で南京錠の左下部分を覆った。

施錠中は掛け金が本体に押し込まれており、木の棒が下に押されるためスイッチのボタンは押下された状態を維持する。そのため NFC タグを読み取ることができない。しかし解錠すると掛け金が上に上がり、掛け金と木の棒が離れボタンが押されていない状態になる。したがって NFC タグを読み取ることが可能になる。

以上により、解錠することによって NFC タグの読み取りが可能になる機能を実装した。

3.2 箱の実装

箱の錠取り付け部の内側にリーダを設置し、解錠すると同時に NFC タグを読み取れるようにした。リーダは NFC 対応の RC522 (39mm × 60mm) を利用した。このリーダは Arduino に接続して利用する。また液晶画面を Arduino に接続し、読み取った RF タグの ID と事前に登録しておいた ID が合致すると、箱の中に入っている物のパスワードが表示されるようにした。箱は二重底になっており、Arduino やコードは底と底の間に収納した。

3.3 応用

プロトタイプでは RC522 と Arduino を使用したため電源が必要であった。しかし、NFC 対応のスマートフォンを使用すればスマートフォンの電源だけで RFID つき南京錠の読み取りが可能である。また液晶画面にパスワードが表示されるだけでなく、ユーザのスマートフォンにメールが届いたり、サイトに接続できたりするようにすれば、よりセキュリティが高くなり、多くの用途が考えられる。例えば共有物の使用履歴をクラウドに自動生成することも可能である。また書類を

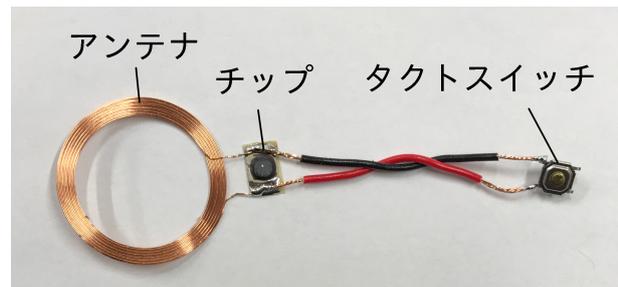


図 4: タクトスイッチをつけた NFC タグ。ボタンを押すとアンテナがショートし、タグとして動作しなくなる。

入れた箱に取り付け、解錠すると書類の編集履歴にアクセスできる、などの使用方法も考えられる。

4 まとめと今後の展望

RFID を用いることにより機能拡張された新しい物理キーを開発、実装した。プロトタイプでは RFID つき南京錠を製作し、施錠している間 RF タグの情報を読み取ることができないようにした。これにより情報を物理的に保護できる。

RFID は電池不要、かつ非接触で通信可能である。そのため、RF タグを錠の中に埋め込み、錠を破壊したら中の RF タグが動作しなくなるようにすれば、より堅牢でメンテナンス不要な錠にできると考えられる。また鍵にも RF タグの回路の一部を埋め込めば、ピックアップされたとしても回路が繋がらないため、RF タグ内の情報を保護することが可能である。

さらに、シリンダー式南京錠以外の種類の物理キーに RF タグを取り付けることにより、より様々な場面で使用することが可能になると考えられる。例えばダイヤル式の南京錠であれば、鍵を所持しなくても解錠できる。そのため郵送物などに取り付けて、送り先の人それが解錠し RF タグを読むことにより、正しく届けられたかを送り元に通知する、という用途も考えられる。

参考文献

- [1] Marky, K., Schmitz, M., Zimmermann, V., Herbers, M., Kunze, K. and Mühlhäuser, M.: 3D-Auth: Two-Factor Authentication with Personalized 3D-Printed Items, *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '20, p. 1–12 (2020).