

(72) Arduinoと通信モジュールを用いた 防犯システムの検討

平井 利枝¹・矢吹 信喜²・福田 知弘³・道川 隆士⁴

¹学生員 大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 博士前期課程

E-mail: hirai@it.see.eng.osaka-u.ac.jp

²フェロー会員 大阪大学教授 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻

(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail: yabuki@see.eng.osaka-u.ac.jp

³正会員 大阪大学准教授 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻

⁴非会員 大阪大学特任助教 環境イノベーションデザインセンター

犯罪不安は生活の質 (QOL) に大きく影響を与えるため犯罪予防は重要な課題である。犯罪予防の手法の一つである防犯環境設計 (CPTED) は、特に都市部で多い機会犯罪の予防に効果的だとされているが、これに近年発展が進む無線センサネットワークを利用することを考えた。本研究ではセンサノードに Arduino と通信モジュールを用いることで安価に無線センサネットワークを構築し、屋外でも使用可能なデバイスの設計とシステムの検討を目的とした。検証実験では実際に屋外にデバイスを設置し、正常にシステムが作動することを確認した。

Key Words : Crime Prevention Through Environmental Design, wireless sensor network, Arduino

1. はじめに

近年、我が国の犯罪発生件数と犯罪率はともに減少傾向であるが、依然高い水準を示している¹⁾。特に大都市は街頭犯罪の割合は高く、大阪府の被害状況を参考にとすると夜間に女性が多く被害に遭っていることが分かる²⁾。犯罪の発生や犯罪に対する不安感は人々の生活の質に大きく影響を与えるため、犯罪予防が重要である。

防犯理論のうち、近年、場所や状況に着目した防犯環境設計（以降CPTEDとする）と呼ばれる理論に関して、国内外で多くの研究がなされている³⁾。CPTEDは、心理的に犯行を犯し難い環境をつくる都市工学的な手法であり、都市部で多い機会犯罪の防止で有用だとされている。CPTEDの概念には「監視性の確保」「領域性の強化」「接近の防御」「被害対象の強化」があり、これらの概念を環境設計に取り入れることで防犯効果が期待できる。街頭犯罪にあてはめると夜間は周囲の人の目が少ないため「監視性の確保」と「領域性の強化」を行い、人の目を確保することが必要である。また、女性は犯罪不安による影響が大きいため「被害対象の強化」を行い、犯罪不安を減少させることが必要であると考えられる。

甘利⁴⁾は、CPTEDの要素は全て「周囲の目」が存在することが前提であり、全く無人の環境では無力であると述べている。これに対し、情報通信技術の大幅な進歩により無線センサネットワークに関する研究も多くなされており、CPTEDにも応用可能ではないかと考えられる。

既往研究で矢吹⁵⁾はCPTEDと無線センサネットワークを組み合わせた新たな照明手法を開発し、有用性を実証したが、実際の街路にデバイスを導入できなかった。その理由の一つとして、センサノードのコストの問題がある。研究段階で使用されるセンサ機器類は総じて高価な場合が多く、屋外で広範囲に無線センサネットワークを構築する際のハードルとなっている。

本研究では、この課題を克服する技術として、Arduinoを使用することを考えた。Arduinoはマイコンボードと開発環境から成るシステムで、他の開発ボードと比較して安価であり、センサや部品が多数存在する。そこで、Arduinoと無線センサネットワークを利用し、路上強盗、ひったくり等の街頭犯罪対策の防犯システムを提案する。システムではArduinoと通信モジュールを用いてセンサノードを作成し、屋外で広範囲に通信可能であるか検証・検討を行った。

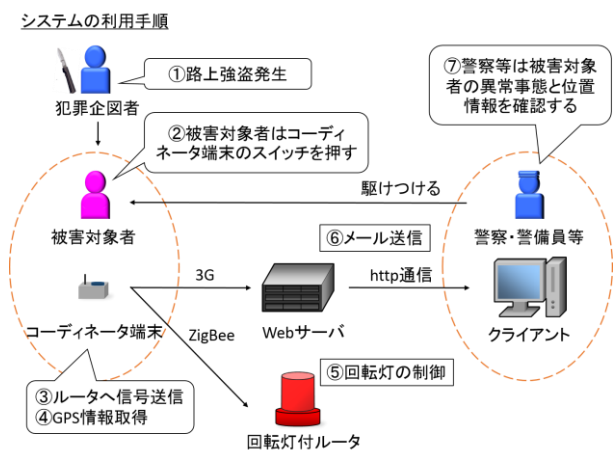


図-1 路上強盗遭遇時のシステム利用の流れ

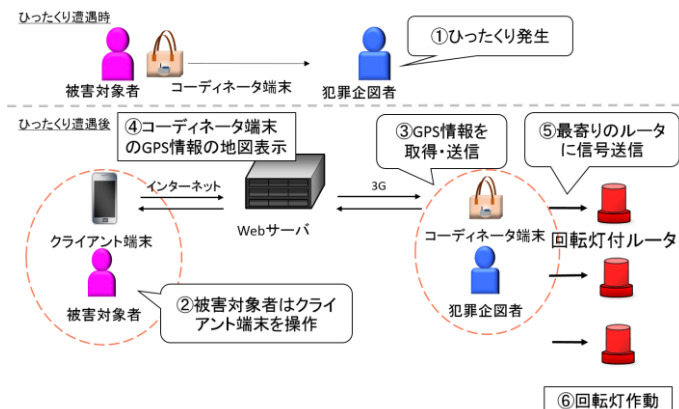


図-2 ひたたくり遭遇時のシステム利用の流れ

2. 防犯システムの概要

本システムは、コーディネータ端末、回転灯付ルータ、Webサーバ、クライアントの4つの構成要素から成る。通信には都市部において人口カバー率がほぼ100%の3G通信とセンサノードの複数接続が可能なZigBee通信を利用した。本研究では、街頭犯罪のうち路上強盗とひったくりを防止することに焦点を当てており、被害対象者がコーディネータ端末を携帯・操作することで監視性・領域性の確保、被害対象者に強化を行う。路上強盗、ひったくりに遭遇した場合のシステム利用の流れをそれぞれ図-1、図-2に示す。

図-1に示すように路上強盗に遭遇した場合(①)、被害対象者は携帯しているコーディネータ端末のスイッチを押す(②)。するとZigBee通信でルータに信号を送信し(③)「回転灯の制御」を行い、警告灯と警告音で周囲の人の目を集める(⑤)。同時にGPS情報を取得し(④)、3G通信でWebサーバを介して指定したメールアドレスへ「GPS情報付メール送信」を行う(⑥)。このメールによってメール受信者(警察・警備員等)は被害対象者の異常事態と位置情報の把握が可能となる(⑦)。

次に、図-2に示すように被害対象者がコーディネータ端末の入った鞆等をひったくりに遭った場合(①)、被害対象者はクライアント端末を操作することでWebサーバを介してコーディネータ端末を制御することができ(②)、コーディネータ端末のGPS情報を取得(③)、再びWebサーバを介してクライアント端末上で「GPS情報の地図表示」を行うことでコーディネータ端末及び犯罪企図者の位置情報を知ることができる(④)。

また、コーディネータ端末から最寄りのルータへ信号を送信するコマンドを送り（⑤）、犯罪企図者が移動する先々で「回転灯の作動」を行うことができる（⑥）。これらの機能によりひたくりに遭った靴や犯罪企図者の早期発見、また犯罪企図者の逮捕に繋がることを期待する。

3. デバイスの作成

コーディネータ端末、ルータの部品構成を表-1、表-2に、作成したデバイスを図-3に示す。

表-1 コーディネータ端末の部品構成

使用機器	メーカー
Arduino UNO	ARDUINO
3GシールドV1.2	TABrain
3G・GPS併用アンテナ	TABrain
/GPSアンテナ	
プラスチック筐体	TABrain
Xbee-PRO ZB	Digi International
(ワイヤアンテナ)	
ワイヤレスプロトシールド	ARDUINO

表-2 ルータの部品構成

使用機器	メーカー
Arduino UNO	ARDUINO
Xbee-PRO ZB (ワイヤアンテナ)	Digi International
ワイヤレスプロトシールド	ARDUINO
SSRキット 40Aタイプ	秋月電子通商
ブザー付回転灯	PATLITE
コンバータ付電池ボックス	sparkfun



(a) コーディネータ端末 (b) ルータ

図-3 組み立てたデバイスの試作品

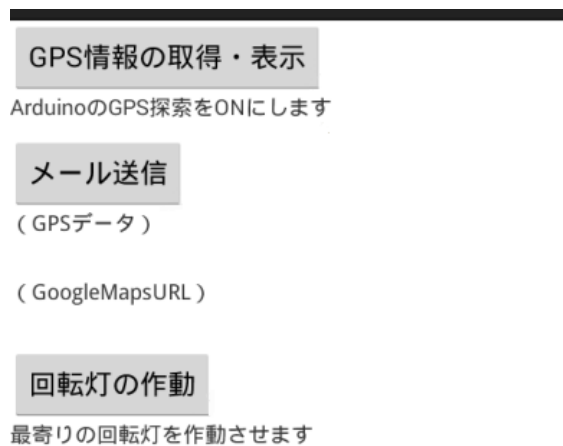


図-4 作成したAndroidアプリケーション

コーディネータ端末のArduinoにはスイッチを押すとZigBee通信で通信開始用の信号を送信し、また数秒おきにGPS情報を取得した後、3G通信でWebサーバのPHPファイルにデータを送る。またWebサーバ上にクライアントからのコマンドがあった場合、コマンドに対応した処理を行うプログラムを実装した。ルータのArduinoには通信開始用の信号を受信するとSSRキットのリレー素子に30秒間5Vの電気信号を送るようなプログラムを実装し回転灯の制御を行った。使用したZigBee通信用機器のXbee-PRO ZBは屋外の最大見通し距離は1.5kmで通信範囲が広い。ため、ひったくり遭遇時はルータから半径10m内で通信開始用の信号が送信された場合に回転灯が作動するよう設定した。ルータとコーディネータ端末間の距離は電波強度を取得しそこから算出した。

Webサーバには、メールの送信やクライアントからコーディネータ端末を制御するPHPファイル群を配置し、データの保存やコーディネータ端末とクライアント間を繋ぐ役割を行う。コーディネータ端末からGPS情報を受信すると、数値データを別ファイルに保存、メール送信用のPHPファイルで指定のメールアドレスに時刻とGPS情報を記述して送信する。また、クライアントからコマンドが送られてきた場合がコマンドを別ファイルに保存し、各コマンドに対応した処理を行い、3G通信でコーディネータ端末に送信する。

クライアントは「GPS情報の取得・表示」「メール送信」「回転灯の作動」の3つのコマンドをWebサーバに送ることができる。Webサーバ上にコマンド送信用フォームのPHPファイルを配置しており、ブラウザ上であればPCやスマートフォン、タブレットなどをクライアントとして利用できる。本研究では主にAndroid端末を使用し、システム利用を簡潔にするため、図-4のようなGUIを持つAndroidアプリケーションを実装した。



図-5 ひったくり逃走経路

4. 屋外検証実験

大阪大学吹田キャンパスS4棟周辺にて屋外検証実験を行った。屋外検証実験では、設計したデバイスを実際に屋外に設置し、作成したシステムの機能が正常に作動するかを確認した。被害対象者役に女子学生1名、犯罪企画者役に男子学生1名、図-1の警備員役として1名、実験記録1名の計4名で検証実験を行った。

路上強盗の検証実験はS4棟駐車場にてルータを1台設置し、女子学生はコーディネータ端末を携帯している所、犯罪企図者に襲われる想定で行った。ひったくりの検証実験は被害対象者はコーディネータ端末を鞆に入れ、Android端末を衣服に身につけており、そこを犯罪企図者が自転車でひったくりを行う逃走するという想定で行った。Android端末にはHTC J ISW13Hを使用し、作成したアプリケーションを実機で作動させた。犯罪企図者のひったくり逃走経路とルータの設置位置を図-5に示す。

5. 実験結果と考察

(1) 実験結果

検証実験の結果を(a)回転灯の作動、(b)メール送信、(c)GPS追跡、(d)回転灯の複数作動の4つの機能の順で記述する

(a) 回転灯の作動（路上強盗遭遇時）

実験を行ったS4棟駐車場内では、コーディネータ端末のスイッチを押すと1秒以内ZigBee通信が行われ、正常に回転灯が作動した。検証実験中に一度、女子学生がスイッチに触れていない時に回転灯が1秒ほど光ることがあった。これは、ルータに接続したSSRキットと回転灯の接触不良によるものと思われる。

(b) メール送信（路上強盗・ひったくり遭遇時）

路上強盗時はスイッチを押して10秒以内に受信

トレイにGPS情報付メールが届いていたのを確認することができた。また、ひったくり時にAndroidアプリケーションから操作してもメールが送信されたことを確認した。本研究では連続でメールが送信されることを防ぐため、スイッチが初回に押された時のみにメール送信が行われるように設定したが、毎回リセットするのは煩雑なため、今後は一定時間経過後再度メール送信が可能なプログラムに変更した方が良いと考えられる。

(c) GPS情報の追跡（ひったくり遭遇時）

ひったくり遭遇後、Androidアプリケーションを操作し「GPS情報の取得・表示」コマンドを選択した。コマンドを選択して数秒後に図-6のようにGoogleMaps上でのGPS情報の表示画面に遷移した。

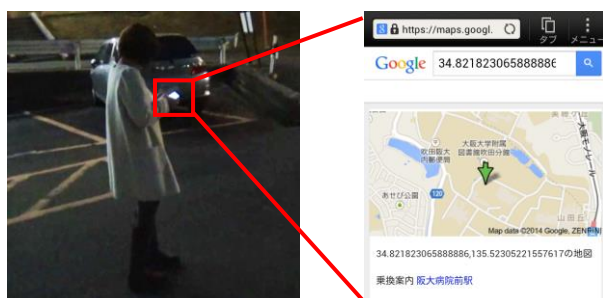


図-6 GPS情報の表示画面

(d) 回転灯の複数作動（ひったくり遭遇時）

犯罪企図者がルータから半径10mの通信範囲に入った際に作動したのを確認できた。通信範囲の距離判定は電波強度によって行っているため、数回の検証実験のうち通信状況や周囲の環境によって10mよりも広い範囲で回転灯が作動する場合も見られた。

(2) 考察

(a)～(d)の結果より本システムが屋外でも使用可能であることが確認できた。(d)に関しては設置場所の環境要因も関係するため設置場所を選択し、場所によってZigBeeの電波強度の設定が必要であると思われる。またGPS通信もGPSの感度や精度はGPSアンテナの特性や衛星の位置によっても変わるため、コーディネータ端末の位置によってもGPS情報の取得に時間がかかると考えられる。3G通信は契約会社のサービスエリアによっても変わるが、今回使用したNTT docomoの「FOMAエリア」だと吹田キャンパスS4棟周辺では検証実験において支障はなかった。3G通信可能範囲内であれば制約はないが、電波障害が起こる場合として以下の要因が考えられる。

①2GHz帯を捉えている。

②電波状態は良好だが、回線が混雑している。

③基地局のエリア外である。

3G回線の帯域には2GHz帯と800MHz帯があり、2GHz帯は直進型で壁などにぶつくと跳ね返って飛んで行く。一方800MHz帯は建物などの障壁を回

り込んで通信ができる特性がある。そのため①に挙げたように2GHz帯を捉えている場合は建物等の障壁から離れた場所に移動する必要がある。本研究で送受信しているデータ量は少ないため②の影響も少ないと思われるが、今後システムを改良していく上で、扱うデータ量が増加した場合は②の影響による電波障害も考慮する必要がある。③に関しては都市においての利用を想定しているため考慮はしていないが、山間等では通信が不可能だと予想される。

6. 結論

本研究では、路上強盗やひったくり等の街頭犯罪における監視性の確保と領域性・被害対象の強化を行うため、Arduinoと通信モジュールをセンサノードとして利用して無線センサネットワークを構築し、屋外で広範囲に通信可能なデバイスの設計及びそのデバイスを用いた防犯システムを提案した。センサノードにはArduinoや3G通信モジュール、ZigBee通信モジュールを使用してコーディネータ端末、ルータを作成し、クライアント端末からWebサーバを介してコーディネータ端末の操作が可能なシステムを設計した。屋外検証の結果、システムの機能である「回転灯の作動」「メール送信機能」「GPS情報の追跡」「回転灯の複数作動」が正常に動作可能であることを確認できた。路上強盗時の回転灯の作動、メール送信機能に関してはほぼ遅延なく作動した。これより本システムが屋外でも使用可能で、システムを導入することでCPTEDの要素の強化に繋がると予想される。

今後の展望として、本論文では、デバイスの設計・システムの動作確認を主な目的としていたが、システムを実用化、実際の街路に導入するには、コーディネータ端末の小型化・軽量化や、ユーザビリティや耐久性等を考慮したコーディネータのデザインや携帯方法を考えていく必要がある。また、ひったくり時の回転灯の複数作動に関しては設置場所の環境要因が関係するため、ルータの設置の場所の選定が必要であると考えられた。

参考文献

- 1) 法務省：平成25年版犯罪白書，p.1，2013.
- 2) 大阪府HP：街頭犯罪対策，
<<http://www.police.pref.osaka.jp/05bouhan/gaitohanzai/>>
(データ取得日2014.2.6取得)
- 3) 高瀬恵悟：「防犯環境設計」の導入における地域コミュニティの役割に関する一考察，21世紀社会デザイン研究，2005.
- 4) 甘利康文：セキュリティの理論，田中毅弘編，ビルマネジメントの新しい知識，pp.124-146，技術書院，2007.
- 5) 矢吹信喜，福田知弘，吉田善博：夜間住宅街路の領域性・監視性強化のための照明手法の開発，日本建築学会環境系論文集，第75巻，第650号，pp.321-329，2010.