

広島市児童見守りシステムにおける通学路 情報の修正によるタグ認識率の向上

秋山雄亮[†] 小笠原和輝[†] 嶋市純[†] 井上伸二[†]
河野英太郎[†] 大田知行[†] 角田良明[†]

アドホックネットワークの技術を使った児童の登下校を見守るシステムを開発し、2007年下半期に広島市のある小学校の学区において、実証実験を行った。本システムでは予め児童の登下校の通学路を本システムに登録し、児童に持たせた携帯端末の情報で、通学路からの離脱などを異常として検出していた。しかし、児童が予め設定した通学路を利用しないこともあり、その都度誤検出してしまっていた。そこで、本実証実験終了後、本実証実験で使用したサーバを広島市立大学に移管し、通学路情報の修正を行うことで誤検出発生を抑えることを目指した。

Enhancement of Tag Recognition Rate by School Route Information Correction in Hiroshima City Pupils Tracking System

Yusuke Akiyama[†], Kazuki Ogasawara[†], Jun Shimaichi[†],
Shinji Inoue[†], Eitaro Kohno[†], Tomoyuki Ohta[†], and
Yoshiaki Kakuda[†]

We have developed a pupils tracking system based on mobile ad hoc networks. Also we evaluated the pupils tracking system at an elementary school in Hiroshima. On the pupils tracking system, a school route for each pupil is registered in the pupils tracking system in advance. On the other hand, each pupil brings a small wireless terminal (ex. cellular phone.) If any pupil departs from a registered school route, the pupils tracking system alerts to parents of the pupil (ex. sending an e-mail with warning message.) However, pupils sometimes depart from registered school routes by their own will. In such cases, the pupils tracking system alerts to parents even when it is not emergency. Therefore we have corrected school route information, and evaluated restraining effects by correcting school route information.

1. はじめに

グループ活動には、学校の登下校、野外活動、旅行会社の団体旅行等、多種多様である。学内外での教育活動中にすべての児童が安全に活動しているかどうか等、確認を行う必要がある。また、一定数以上の参加者で構成するグループがまとまって行動する団体旅行等では、旅行会社の引率者はすべての参加者が安全かどうか確認を取りながら移動している。このように、グループ活動においてグループメンバーの安否等の行動状況や状態を確認することは必須の機能である。

しかしながら、グループ活動においてグループメンバーの安否等の行動状況や状態を確認する機能は、グループを構成するメンバーが活発に動き回るほど、またメンバー総数が多くなるほど、それを実現することは困難になっていく。

これらの問題を解決する技術を開拓するために、我々は、平成17年度～平成19年度総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE-C)において、スケーラビリティがあり、モバイル端末の移動速度の変化に適應する、クラスタリング技術、ルーティング技術等のモバイルアドホックネットワーク技術¹⁾を提案した。これらの技術の一部を児童の登下校を見守る児童見守りシステムの開発に応用した。

1.1 児童見守りシステム

児童見守り活動では、子ども110番の家や、保護者の協力による不審者の発生を抑止する防犯ボランティア、また児童の登下校をできる限りグループを作って行うなど、地域を挙げて児童の安全を確保するための取り組み²⁾が活発に行われている。その中でグループでの活動は、グループのメンバーの行動状況や、状態の確認が重要となる。そこで、広島市では広島市児童見守りシステムモデル事業推進協議会を設立し、広島市児童見守りシステム³⁾(児童見守りシステム)の開発し、そして広島市安芸区矢野南小学校の学区において、2007年9月21日から12月21日までの3ヶ月間、モデル運用を実施した。児童見守りシステムの概要を図1に示す。

児童には見守りアプリが稼働する、Bluetooth通信機能付きの携帯端末をランドセルに取り付けて登下校を行ってもらった。見守りアプリの稼働時間は

- 登校時：7:00～8:45
- 下校時：下校開始時刻の15分前から1時間30分

とした。下校は学年や時間割により開始時刻が異なるため、下校開始時刻としている。

[†] 広島市立大学 大学院 情報科学研究科
Graduated School of Information Sciences, Hiroshima City University

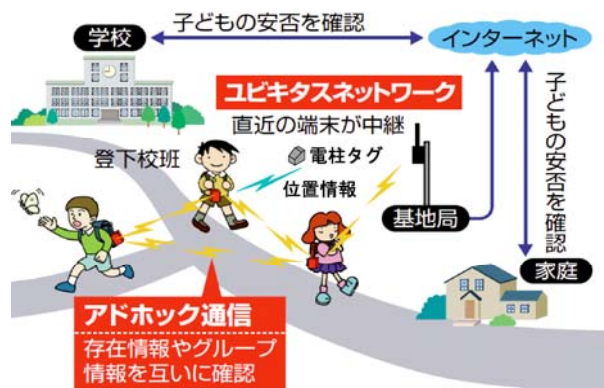


図 1. 児童見守りシステムの概要

通学路上の電柱に設置されたタグは位置情報を送信し、児童の携帯端末に読み取らせる。そして携帯端末は受け取った情報を携帯端末の基地局を介して管理サーバに送信する。さらに、携帯端末間で、自動的に基地局を必要とせずに携帯端末間で自律的に構成される無線ネットワークである、アドホックネットワークを構築し、グループを形成し、タグの情報や端末の情報を共有することで、児童の位置情報のみでなく、一緒に登下校している児童の情報を保護者に提供している。また、児童の保護者の協力による、登下校時に児童を見守る保護者（見守り者）が存在する場合、見守り者も携帯端末を所持してもらい、そして児童と同様に形成されるグループに入ることによって、見守り者の周囲にいる児童の安全を確かなものとしている。

1.2 保護者に提供される機能

保護者は自宅の PC や自身の携帯端末を用い、インターネットを経由して、管理サーバが提供する児童の登下校の状態を確認できる。保護者に提供される児童見守りシステムのシステム画面を図 2 に示す。これにより、保護者はグループで登下校を行っているかどうか、児童の通過したタグとその通過時刻、そして大まかな現在位置を確認できる。



図 2. 児童見守りシステムのシステム画面

1.3 セキュリティ面

児童見守りシステムのセキュリティ面についてはタグをパッシブタグにすることで、タグ間で児童の情報を通信を行わないようにしている。これにより、携帯端末間でのみ情報のやりとりが行われ、また、その情報は、上記の通り携帯端末の基地局を通るため漏洩を防ぐことができる。モデル運用で使用されているタグは図 3 である。そして保護者は児童の状態を確認する際、ID とパスワードを入力するようにしている。これにより、特定の保護者のみが閲覧できるよう、セキュリティを保つ仕組みとなっている。

本稿では保護者に児童の正確な情報を提供するため、ならびにシステムの正確な評価を行うために、誤登録された児童の通学路を検出し、実際に修復した結果を示す。

2. タグ認識率

本システムを利用する際、児童が通学路を通り、安全に登下校していることを確認するために、あらかじめ児童の通学路上のタグを保護者に登録してもらおう。これを通学路の情報（通学路情報）として扱う。モデル事業の当初、学区内に 30 台の太陽電池

付き Bluetooth タグを電柱に設置した。モデル事業開始時のタグの設置状況を図 4 に示す。保護者はタグの設置状況と児童が通る通学路を照らし合わせ、認識するであろうタグを選択してもらった。



図 3. 太陽電池式固定タグ

本稿ではシステムの評価を行うにあたり、通学路情報を用い、各児童に対して児童が持つ携帯端末で見守りアプリの稼働中に通学路上のタグを認識できた割合(タグ認識率)を導出した。定義を以下に示す。

- タグ認識率 = 各児童の携帯端末で認識できた通学路上のタグ数 ÷ 通学路上の全タグ数
- 平均タグ認識率 = 各児童のタグ認識率の総和 ÷ システムを利用した児童数

この結果、12月の時点で登校時は8割、下校時は7割5分程度の平均タグ認識率が得られた。タグを携帯端末が認識できなかった原因としては、以下のいずれかである。

- (1) タグあるいは携帯端末の故障もしくは性能不足
- (2) 充電不足による携帯端末の電池切れ
- (3) 児童が通学路上のタグの電波到達範囲を通過していない



図 4. タグの設置状況

なお、通学路上のタグのみを途中まで順番に認識していたが、あるタグ以降全くタグを認識しなくなったとき、携帯端末は電池切れを起こしたと判断している。

通学路上で最終であるタグの通過を認識できず、かつ一人で登下校していた場合、(1), (2), (3) にかかわらず異常であると判定されるが、(3) の場合のみ異常と判定されることが理想的である。実際、児童見守りシステムにより1日当たり約70件、異常と判定されていたが(1), (2), (3) のいずれの原因で異常とみなされているかが分かっていなかった。ただし電池切れの場合は上記の判断により推定でき、1日当たり約30件は発生していた。

そこで、2007年12月11日、6年生のあるクラスの27名の児童の協力と学校および保護者の理解を得て、普段どおり下校している児童を大学生等が追跡して児童の歩行状態を確認する実験を行った。27名の生徒のうち、18名の児童はそれぞれの通学路に沿って下校していた。27名のうち9名の児童はいずれかのタグが認識されなかった。9名中5名の生徒は最終タグが認識されておらず、異常と判定された。その原因を調べた結果、1名は電池切れであり、1名は最終タグの電波到達範囲を速く通過した場合であったが、3名は最終タグの電波到達範囲を元々通過していない場合であった。27名のうち3名の比率は高いため、モデル運用時の携帯電話を持った全児童での最終タグの電波到達範囲を元々通過していない場合もかなり高い比率で存在すると考えられる。従って、上記の実験結果は児童見守りシステムの異常の判定は概ね正しいことを

実証した結果となっている。

しかし、(3) にも、いつもあるタグを認識する経路を児童が通過しているが、認識できなかったときと常にそのタグを認識しない経路を児童が通過しているときの2つの場合が存在する。前者に対するシステムによる異状の判定は適当であるが、後者はそもそも児童が通っていないため、不当である。次の章では後者について検討する。

3. 誤登録された通学路の検出と修復

タグが携帯端末に認識されなかった原因として、上記の(3)の中に、児童が実際に通った経路上で読み取ったタグの情報が通学路情報と異なる場合が存在する。その一つに、保護者による通学路上のタグの選択ミス（誤登録）があり、誤登録が存在する児童の携帯端末が選択ミスのあるタグの情報を受け取った際、システムに問題が無くとも異常と判定され、保護者に児童の正確な安否情報を届けることができない。更に、誤登録はタグ認識率を低下させる原因となり、本来のシステムの信頼性、どの程度タグ認識率を保っているかを表面化できない問題が生じる。ヒューマンエラーを完全に排除することは困難であるため、誤登録された通学路情報の検出を行い、その修復を支援するシステムを開発した。

3.1 検出方法

管理サーバには、児童とその児童が実際に通った経路の情報が保存されている。その情報から誤登録された通学路情報の可能性が高い児童を検出する。検出には経路内タグ認識率と経路外タグ認識率を用いる。経路内タグ認識率は、児童の登録された通学路に含まれるタグに対して、また、経路外タグ認識率は、児童の登録通学路に含まれないタグに対して

- タグが認識された日数／見守りアプリ稼働日数

と定義される。そして、誤登録は

- 経路内タグ認識率が非常に低い
- 経路外タグ認識率が非常に高い

に当てはまる児童とする。これは、経路内タグ認識率が非常に低い場合は該当するタグが設置されている経路を児童が通過していない可能性が高い、逆に、経路外タグ認識率が非常に高い場合は該当するタグが設置されている経路を通過している可能性が

高いためである。

そして、誤登録の条件に加え、

- 検出する期間内である程度の日数、見守りアプリが稼働している携帯端末を所持している

児童を修復する対象とする。これは、見守りアプリの稼働していない日数が携帯端末の電池切れをあらわしているためである。実際、保護者には携帯端末を毎日充電してもらうよう働きかけたが、検出する全期間で見守りアプリが稼働している携帯端末はほとんど存在しなかった。更に、見守りアプリの稼働している日数が1日というものも見られた。このように期間内で見守りアプリの稼働日数が極端に少ない場合、児童がいつも登下校している経路であると判断できない。そのような通学路情報を修復する対象から除外していくことで、確実に誤登録された通学路情報の修復を行えるようにする。



図 5. 児童見守りシステムのシステム画面(その2)

3.2 修復方法

検出後、GUI ソフトウェアを用いて手動で修復を行う。そのインターフェースは図 5 である。ソフトウェアの特徴として、開始タグ最終タグ 経路内タグ経路外タグがそれぞれ色分けされ、通学路上のタグを線で結んでいる。そして、見守りアプリが稼働した日数のうち、電柱に設置されたタグが認識された日数の割合を円の大きさと表現しており、その通学路情報でのタグ認識率と平均経路外タグ認識数を表示し、通学路情報と児童が登下校する実経路との違いがどの程度あるかを確認できる。

修復の目安として、修復前後のタグ認識率、経路外タグ認識率を計算し、タグ間の隣接関係を考慮しながら新経路の作成を行う。

4. 考察

次の表 1 の対象期間、システム稼働日数、システム利用児童数で、誤登録された通学路の検出と修復を行った。

表 1. 実験環境と誤登録の条件

対象期間	2007 年 12 月 3 日～21 日
時間帯	登下校
システム稼働日数	15 日間
システム利用児童数	423 人
経路内タグ認識率の閾値	0%
経路外タグ認識率の閾値	100%
見守りアプリ稼働日数	5 日以上

3.1 の議論から、見守りアプリ稼働日数は 5 日とした。修復の対象とした児童が持つ携帯端末の見守りアプリ稼働日数が 5 日以上であれば、システム稼働日数の 3 分の 1 以上であり、誤登録された通学路情報を修復する対象としてよいと判断した。また、誤登録の条件の閾値は最も厳しいものとした。経路内タグ認識率の閾値は 0% とした。つまり、見守りアプリ稼働中のいずれの日も認識されなかったタグが登録通学路中に存在するという条件である。また、経路外タグ認識率の閾値は 100% とした。つまり、見守りアプリ稼働中のいずれの日も認識された、登録通学路中にはないタグが存在するという条件である。これらの条件が満たされたタグは、ほぼ間違いなく誤登録されたと考えてよい。前者の場合は、経路内タグ認識率が 0% のタグを通学路からはずす

ように通学路情報を修復すればよい。後者の場合は、経路外認識率が 100% のタグを通学路に入れるように通学路情報を修復すればよい。修復した結果を表 2 に示す。

表 2. 誤登録された通学路の検出と修復の結果

	登校	下校
修復した数/誤登録数	56 人/57 人	38 人/38 人
誤登録児童の 平均タグ認識率の 変化	69.8% ↓ 87.6%	53.4% ↓ 80.2%
誤登録児童の 平均経路外タグ認識率の 変化	2.03 個 ↓ 0.82 個	2.11 個 ↓ 1.10 個

登校時は、自宅から学校へ向かう児童のみであったが、下校時は保護者が家におらず、見守りアプリの稼働時間内に自宅に帰らない児童が存在した。そのような児童は児童館に立ち寄り、そこで下校時間を過ごしていた。よって、児童館付近にタグが存在するのでそれを目安として、最後に児童館付近のタグを認識していた者を児童館に立ち寄った児童とし、通学路上の最終タグを児童館付近のタグに設定し、修復を行った。その結果、下校時に誤登録を検出した児童のうち、家まで帰っていないと思われる児童は 13 名、うち児童館まで帰る児童は 5 名となった。残り 8 名については、登校と下校で通学路上の最終タグが異なる等により、不明としている。

本稿の対象期間はモデル運用の最後の月であるため、対象期間以前でのシステムの修正改善によるタグ認識率の向上により、最も良い結果を得られると考えられた。実際、全児童の平均タグ認識率については、修復する以前に 2 節で記述した平均タグ認識率を有していた。システムを利用した児童数に対して、経路内タグ認識率の閾値は 0%、経路外タグ認識率の閾値は 100% として誤登録が見つかった児童数が登校では 7 分の 1、下校では 10 分の 1 程度であるため、平均タグ認識率の上昇率は登下校とも 2% 程度であった、しかし、これは、誤登録の条件の閾値を最も厳しいものに設定して、ほぼ間違いのない誤登録通学路情報のみを修復したためである。実際には、経路内タグ認識率の閾値を例えば、20%、33% に上げることにより、あるいは、経路外タグ認識率の閾値を例えば、80%、66% に下げることにより、誤登録の可能性のある、言い換えれば、通学路情報の修復の対象とするタグを増やすことができる。これらのタグを通学路からはずしたり、入れたりすることにより、通学路情報を修復すれば、平均タグ認識率の更なる上昇が期待できる。

全体として、児童見守りシステムは対象期間までのシステムの改善により、タグ認識率の向上は十分であったといえる。ただし、それは誤登録された通学路情報を除いた場合であり、誤登録された児童には保護者に児童の安全を伝えるために修復が必要であるといえる。そして誤登録された児童の通学路情報の修復は有効性を示しており、タグ認識率の向上が行えた。

ただし、修復を行う場合は、システムを利用する児童のプライバシーを守らなければならない。よってシステムが勝手に誤登録であると判断し、修復するのではなく、事前に該当する児童の保護者に誤登録である可能性を示し、再確認をしてもらうことによって、修復の了解を得る必要がある。

5. 見守りサーバの移管

広島市児童見守りモデル事業は2007年12月末をもって終了したが、我々はアドホックネットワークを児童見守りに適用するための研究を継続して行っている。そのために見守りサーバの移管・改善を行ってきた。



操作	userid	passwd	name	shubetu	telno	oyaid	tag	tagno	keitaino	mail
編集 削除	000000	000000	管理者	3		0				
編集 削除	555		ユーザーパスワード			0				
編集 削除	000		ユーザーパスワード			0				
編集 削除	000012	121212	ユーザー004(機)	1		0				
編集 削除	999997	777777	ユーザー999(機)	1		0				
編集 削除	000006	656565	ユーザー002(機)	1		0				
編集 削除	000001	700006	角田先生	4		0				
編集 削除	000009	999999	タグ001	2	000010	1	008	006		
編集 削除	000005	555555	タグ002	2	000006	1	001	004		
編集 削除	000011	111111	タグ003	2	000012	1	007			
編集 削除	000008	888888	タグ004	2	000007	1	005	005		

図 6. 移管された見守りサーバのデータベース管理画面

見守りサーバで管理するデータベースでは大きく分けて2種類の情報が管理される。一つは携帯端末や固定タグ、利用者(ここでは携帯端末を持っている児童、見守りシ

テムを閲覧する保護者の両方を指す)の情報で、これはデータベースの管理者が設定する。またもう一つは、携帯端末から送信されるグループ情報や位置情報である。見守りサーバはこの情報を取得した際にカラムとして自動的に処理・管理し、ネットワーク上に公開する。この情報はデータベースに記載された閲覧者のみが見守りシステムを通してネットワーク上から閲覧することができる。

我々は、携帯端末から送信される情報を管理する見守りサーバを移管・構築するに当たり、見守りサーバのOSにDebian4.0、Web機能を司るモジュールにApache2.0、データベースを司るモジュールにPostgreSQL8.1を使用した。PostgreSQLを導入する際、カラム数の多いテーブルの操作や日本語入力を考慮してphpPgAdminという管理ツールを導入し、視覚的にわかりやすい環境で構築した。

図6は、利用者の情報が記載されているデータベースを示した図、図7は、利用者が閲覧できる見守りシステムを示した図となる。



図 7. 移管された見守りサーバの児童の所在を示す画面

6. むすび

アドホックネットワークを活用した児童見守りシステムにおける誤登録された通学路情報の検出、修復を行い、その結果について述べた。今後は、本稿で得られた結果を児童見守りシステムの改善を行っていく。

謝辞 本研究の一部は、総務省地域児童見守りシステムモデル事業（広島市児童見守りシステムモデル事業）、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE-C 052308002）のもとに実施したものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 角田良明他, "モバイルアドホックネットワークにおけるスケーラブルグループメンバー確認技術に関する研究開発", <http://www.nsw.info.hiroshima-cu.ac.jp/SCOPE-C/>.
- 2) 総務省, "ユビキタスネット技術を用いた子どもの安全確保システムに関する事例", http://www.soumu.go.jp/s-news/2007/070328_9_bs1.html.
- 3) 総務省中国総合通信局, "広島市児童見守りシステムモデル事業", 平成 19 年 3 月, <http://www.cbt.go.jp/hodo/2006jo204-2.pdf>.