

実環境における地域児童見守りシステムの経路決定方法の評価

A Realistic Evaluation of a Routing Algorithm for a Regional Protection System

唐沢 真一¹
Shinichi Karasawa

アサノ デービッド²
David K. Asano

鈴木 彦文³
Hikofumi Suzuki

不破 泰³
Yasushi Fuwa

信州大学大学院理工学系研究科¹

Graduate School, Division of Science and Technology, Shinshu University

信州大学工学部情報工学科²

信州大学総合情報センター³

Dept. of Computer Science & Engineering, Shinshu University

Shinshu University Integrated Intelligence Center

1 背景

近年、児童が犯罪に巻き込まれる事件が多発している。そのため、児童の登下校時などに児童の現在位置を確認し児童を保護するシステムの必要性が増大している。筆者らはこれまで、主に児童を対象とした地域の安全・安心の確保を目的として、「地域児童見守りシステム」を開発し、2008年度より長野県塩尻市において運用を開始した[1]。

2 地域児童見守りシステム

2.1 概要

本システムは、子機 (Terminal) と中継機 (Transponder) が存在し、市内に図1のようなネットワークを構築する。中継機の内サーバ (Server) に接続した中継機を親機 (Central Transponder) と呼ぶ。

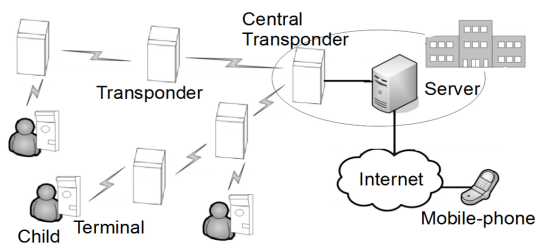


図1 地域児童見守りシステムの概要

各中継機は、市内のカーブミラーや街路灯等におよそ200m~500m間隔で設置している。この中継機は無線アドホックネットワークを自律的に構築し、親機に向けた経路を確保している。

児童はランドセルに子機を付けて登下校している。子機には振動センサーが内蔵され、児童が登下校中は振動を検知し180秒間隔でパケットを送信し、振動していない時は60分間隔でパケットを送信する。このパケットは最寄りの中継機が受信し、中継機は受信電界強度情報を添付し中継機間のネットワーク網により親機まで転送する。親機はパケットをサーバに転送し、サーバはパケット内の電界強度情報と中継機の設置位置情報により児童の位置を推定し、児童の位置確認サービスを提供する。

2.2 経路決定方法とその問題点

本システムでは、距離ベクトル方式で、テーブル駆動型 (プロアクティブ) のルーティング方式を用いている。

各中継機は経路構築を行うために、自身のRAMに親機ID、次中継機ID¹、中継機から親機までのホップ数を保存する。メトリックにはホップ数を使用し、ホップ数が最小となる中継機を次中継機として選択する。また、ホップ数が等しい次中継機候補が複数ある場合、その中からランダムに1つの中継機を次中継機とする。

しかし現メトリックで経路を決定した場合、集団登校時等特定の中継機に送受信負荷が集中した時、負荷に応じて経路を変更させることができない。加えて、本システムは今後利用者の増加が見込まれているため、それに耐えられるような経路決定方法でないといけない。

2.3 先行研究における経路決定方法の改善

先行研究[2]では、次中継機を j とした場合の中継機 i におけるメトリック $RouteM_i$ は式(1)である。

$$RouteM_i = RouteM_j + p \cdot f(H) + q \cdot R + r \cdot C \quad (1)$$

各中継機 i は、複数ある隣接中継機から $RouteM_i$ が最小となる中継機を次中継機とする。ただし、中継機 i が親機である時の $RouteM_j$ は0である。

$f(H)$ はホップ数 H に対するパラメータで、 $f(H) = 1 - 1/(1 + H)$ である。 R はデータ受信時間率で、現時点から過去のある一定時間 $T(T > 0)$ において、 $R = \sum_{k=1}^m R_k / T$ である。 m は受信パケット数、 R_k は k 番目パケットの受信データ時間を表す。 C は異常データ受信時間率で、 $C = \sum_{k=1}^n C_k / T$ である。 n は過去 T 時間における異常受信パケット数、 C_k は k 番目パケットの異常受信データ時間を表す。 p, q, r は各パラメータの重みであり、 $p + q + r = 1 (p \geq 0, q \geq 0, r \geq 0)$ を満たす。

親機はあるタイミングにおいて経路決定の動作を開始し、式(1)の結果得られるメトリック値を周囲の中継機に伝える。それを受信した中継機は同様に式(1)を適用して次中継機を決定し、自己のメトリック値を周囲の中継機に伝える。各中継機はこの動作を繰り返し行い、全中継機の経路が決定される。

メトリック $RouteM_i$ を使用した場合、各中継機のパケット受信量とホップ数により経路が決定される。そのため各中継機のパケット受信量を均一化できるので、単一中継機にパケットが集中することがなくなり、ネットワーク性能の低下を抑えることができるようになる。

¹本稿では、自中継機から親機に向けてパケットを転送する時、次にパケットを転送する上位の中継機を次中継機と呼ぶ

3 本稿の目的

本研究の目的は、地域児童見守りシステムにおける最適な経路決定方法を考え、実機に実装し評価することである。そこで本稿では、実システムで実装を行う前段階として、先行研究で提案された経路決定方法が実環境に沿った場合でも有用であるかを計算機シミュレーションによって評価する。実環境を再現するために、先行研究では固定であった子機の位置情報を時間により変更できるようにし、シミュレータ上で子機が移動できるように改良を行う。その上で、先行研究での経路決定方法が実際の子機の動きに対しても有用であるかを評価する。

4 シミュレータにおける実環境の再現方法

実環境の再現は、図2の中継機網及び中継機網内の学校に通う児童が持つ子機に対して行う。この中継機網は、塩尻市内でも比較的中継機が密接する場所であり、利用者数も比較的多いことが特徴である。中継機は親機を含め35台存在する。



図2 用いる中継機網

子機は本システム上で実際に記録されたサーバでのパケット受信ログによって、移動の再現を行う。ある時間における子機の位置は正確には不明だが、ここではログに記録された電界強度情報が最大で子機からのパケットを受信した中継機IDの場所であるとした。そのある時間ごとの子機の位置情報を繋ぎ合わせたデータをシミュレーションに取り込むことで、子機の移動を再現する。

シミュレーション実行時間は、6~18時の12時間を想定する。この期間における子機のパケットの送信間隔は、登下校時間帯である6~9時、14~17時を180秒に1回、それ以外の時間では60分に1回とする。ただし、全体の送受信負荷をより高くする場合には、パケットの送信間隔を等しく短くする。

5 評価

実際に記録されたログを元に作成した移動モデルを用いて、パケット損失率や送信遅延時間ができるだけ低くなるように、パラメータの重み p, q, r の重み付けや経路変更タイミングを評価する。パケット損失率(Loss)とは、子機が生成したパケットが親機まで到達しなかった確率である。また送信遅延時間(Delay)は、子機が生成したパケットが親機まで到達するまでにかかる時間である。

ログは、該当エリアの学校に登下校を行う一日の児童数が20人と最も多かった2008年6月13日のログを使用した。ホップ数のみをメトリックとする現経路作成方法に基づき当日構築された経路で、子機が20台の場合のパケット損失率(Hm.Loss)、及び送信遅延時間(Hm.Delay)のグラフを図3に示す。また式(1)を使用し、 $T = 30min, p = 1/12, q = 1/12, r = 10/12$ とした場合のパケット損失率(Rm.Loss)、及び送信遅延時間(Rm.Delay)のグラフも図3に示す。

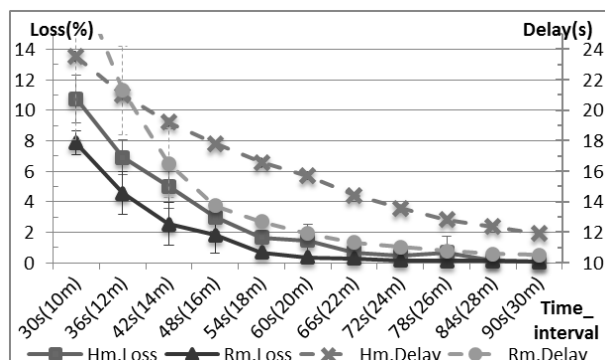


図3 パケット損失率及び送信遅延時間のグラフ

図3における横軸 Time_interval は子機の定期送信間隔であり、90s(30m)は、登下校時間帯の送信間隔が90秒、それ以外の時間が30分であることを表す。図3において、同じ送信間隔である時のパケット損失率を比べた場合、必ずHm.LossよりRm.Lossのほうが低い。また送信遅延時間を比べた場合でも、30s(10m)を除きHm.DelayよりRm.Delayのほうが低い。従って、式(1)を用いた方法は図2の中継機網及び子機に対して有用な経路決定方法であるといえる。

今後の予定は、パラメータ p, q, r の重み付けを変更し、図3のRm.Loss、Rm.Delay以上にパケット損失率や送信遅延時間が低くなるような重みを調べていく。その後最適な重み付けが決定した時点で、最適な経路変更タイミングを調べていく。

6 まとめ

本稿では、先行研究で提案されていた経路決定方法が実システムで有用であるかを評価することを目的とした。目的達成のために、現運用中のシステムのログを用いて、子機の移動を再現する仕組みを開発した。そして執筆現在、子機の動きを再現したシミュレーション上で、評価を行なっている。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご協力いただいた塩尻市役所金子春雄氏、長野日本無線株式会社本山栄樹氏に感謝する。本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度「地域全体の安全・安心を確保する防災・減災および鳥獣センシングを実現するセンサーネットワークシステムの研究開発(112304003)(H23~H24)」の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] 野瀬裕昭, 不破泰, 新村正明, 國宗永佳, 本山栄樹, 金子春雄 "無線 Ad-Hoc ネットワークによる地域見守りシステムの開発" 電子情報通信学会論文誌 B, Volume J95-B, No.1, pp.30-47, Jan. 2012.
- [2] 上野大知, 本山栄樹, 鈴木彦文, 不破泰, "地域見守りシステムの性能改良を目的としたルーティング決定アルゴリズムの検討," 電子情報通信学会, 第1回安全・安心な生活のための情報通信システム研究会講演論文集, (ICSSSL2011-02) 2011(Dec.)