

アドホックネットワークを用いた協調駆けつけ特性の一検討 A Method for Cooperative Approaching to the Sender on Ad-hoc Networks

小出 雄太[†] 佐藤 直[†] 石井 和行[†]
Yuta Koide Naoshi Sato Kazuyuki Ishii

1. はじめに

筆者らは、災害発生時に GPS 等の既存の位置情報システムが利用できない状況を想定し、アドホックネットワークを利用して被災者（発信者）のもとへ駆けつける方式を検討している。これまで、受信電界強度の変化をもとに、単一の受信端末が最寄りの中継端末へ移動する方式を提案した[1]。本稿では、複数の端末が協調して駆けつける方式を検討した。

2. 検討条件

(1) 検討対象

発信者からの救助要請を受けた受信者はマルチホップの中継経路をたどって発信者のもとへ駆けつけるものと想定する。この場合、受信者は最少ホップ数の中継端末へ移動する動作を順次繰り返す。

(2) アンテナ・電波伝搬

送受信端末として一般に普及している移動用端末を想定し、無指向性アンテナを用いるものとする。また、電波伝搬特性モデル[2]として理論的検討に良く用いられる自由空間モデルおよび2波モデルを用いて検討する。

(3) 送受信および中継端末の動作

受信者は、妨害物のない平面を自由に移動しながら受信電界強度が測定でき、移動方向（角度）を制御できるものとする。また、発信者は静止していると仮定する。

(4) 受信者の探索終了

受信者は発信者に近づくと、目視等により発信者を確認できるものとし、受信者が発信者の所定しきい値以内の距離に達した場合、探索と通信を終了する。

3. 既提案の単一探索アルゴリズム[1]

3.1. 方針

既提案では、受信者も自身の位置を知る手段を持たないものとし、受信電界強度の変化から移動方向を逐次制御して最寄り中継端末または発信者を探索する。

3.2. 受信電界強度の変化を利用したアルゴリズム

移動探索アルゴリズムを検討するためのモデルを図1に示す。同図において、自由空間モデルを仮定すると、発信アンテナからの距離が大きくなるほど受信電界強度は小さくなり、等電界強度は円を描く。このことを前提に、下記の(1)から(3)を実施する移動探索アルゴリズムを提案した。

(1) 受信電界強度の変化に基づく探索

受信者は直線的に進むものとし、固定の単位距離を移動する毎に受信電界強度の測定値（以下 RSSI と記す。単位 dBm）を測定する。RSSI の変化が正または 0 ならば移動方向を変えずに進むが、負の場合（図1の b）は方向を変更する（図1の a から c の方向）。なお、移動方向を変える場合は時計または反時計まわり固定とする。

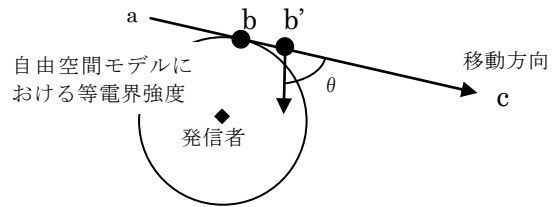


図1.既提案モデル

(2) 移動制御に対する保護

(1)の移動方向の変更について保護を設ける。すなわち、リセット計数器を用い、同一直線上で移動しながら測定した RSSI が n ($n \geq 1$ は保護なし) 回連続して減少した場合、移動方向の変更を実施するものとする。このような保護を設けた場合、図1において、最初に RSSI の変化が負であると判断した b ではなく、これまでの移動方向の延長線上保護回数分進んだ b' で移動方向を変える。

(3) 移動方向制御量の決定

自由空間モデルを想定して移動方向制御点 b' での移動方向制御量 θ を定める。図1の b' における RSSI（以下、方向制御点 RSSI と呼ぶ）が小さく最寄り中継端末からの距離が十分大きいと推定される場合は θ を $\pi/4$ に、探索終了しきい距離における RSSI（自由空間モデルで想定）では $\pi/2$ とし、方向制御点 RSSI によって θ は $\pi/4 \sim \pi/2$ に設定する。さらに、既提案ではトータルの移動距離を小さくするため、方向制御量 θ を拡大する。直前の方向制御点 RSSI を記憶しておき（移動開始時点も含める）、直前の方向制御点 RSSI より現在の方向制御点 RSSI が等しいか大きい場合は、方向制御量 θ を拡大せず $\pi/4 \sim \pi/2$ とする。直前の方向制御点 RSSI より小さい場合は、これまでの移動方向自体が不適切であったものとし、方向制御量 θ に $\pi/4$ を加えた $\pi/2 \sim \pi/3/4$ とする。よって、移動方向制御量 θ は、 $\pi/4 \sim \pi/3/4$ の範囲で設定する。

4. 複数端末による探索アルゴリズム

被災者への駆けつけ方式をより有用なものにするため、本稿では既提案を拡張し、複数端末が協調して駆けつける方式を提案する。

4.1. 協調駆けつけの概要

協調駆けつけでは、駆けつけ者は互いに通信が可能で、発信者と直接通信できなくても、他の駆けつけ者を発信者との中継端末として、発信者と通信が可能である。駆けつけ者が最寄り中継端末あるいは発信者との通信範囲を超えて発信者と通信できない場合は、移動を停止し、他の駆けつけ者を中継端末として通信ができると移動を再開する。駆けつけ者は最寄り中継端末へ移動する際、最寄り中継端末より少ないホップ数の中継端末あるいは発信者と直接通信ができる範囲に入ると、その中継端末を最寄り中継端末として探索を継続する。

[†]情報セキュリティ大学院大学 Institute of Information Security

4.2. 計算機シミュレーション

(1) 検討条件

複数端末による協調駆けつけ特性の計算機シミュレーションを行った。用いた諸量を表1に示す。また、協調駆けつけを検討する条件を以下に示す。

(1-1)検討対象

協調して駆けつけるため中継経路は動的に変化し、ホップ数が少ない経路を選択する。同じホップ数の経路があればRSSIをもとに最短距離を推定し経路を選択する。発信者との中継経路がある間、最寄り中継端末へ駆けつける動作を順次繰り返す。また、最寄り中継端末に駆けつける方法は既提案単一探索アルゴリズムと同じとする。

(1-2)送受信および中継端末の動作

探索開始時の駆けつけ者の配置は発信者の通信可能範囲100m内に一様に分布させ、初期移動方向は0から 2π の間で一様とした。駆けつけ者は0.5m間隔に移動しながら、常時RSSIの測定と発信者との中継経路の更新を行う。

(1-3)駆けつけ者の探索終了

駆けつけ者は発信者の3m以内へ近づくか、発信者と直接あるいは中継端末を挟んで通信ができなくなる(100m以上離れる)場合に、探索と通信を終了する。

(2) 協調駆けつけの例

図2では協調駆けつけの軌跡の例を示した。発信者を座標(0,0)に、駆けつけ者A,Bを発信者から100m以内に配置した。まず、駆けつけ者A,Bは0~ 2π の間でランダムに移動開始を開始する。駆けつけ者Bは方向制御点B₁に向かう途中、発信者からの通信範囲を抜けてしまうが、駆けつけ者Aを中継端末として発信者との通信を再確立するため、探索を続ける。しかし、RSSIの連続した減少を検知しB₁において方向制御を行う。さらに駆けつけ者Bは直進し、駆けつけ者AがA₁で方向制御した後にAとのRSSIの減少から方向を制御する。後に、駆けつけ者Bは発信者からの通信範囲に入るため発信者との通信を再確立する。その後、駆けつけ者A,Bは直接発信者へ駆けつけた。

(3) 計算機シミュレーション結果

図3に端末数の推移に対応する計算機シミュレーション結果を示す。左軸には、全端末到着率と1端末以上の到着率を示し、右軸には1着の平均移動距離を示した。全端末到着率とは全ての端末が発信者へ到着できた確率で、1端末以上の到着率とは最低1端末が発信者へ到着できた確率である。1着の平均移動距離とは最初に発信者へ到着した駆けつけ者の平均移動距離である。

表1.計算機シミュレーション諸量

| | | |
|----------|-----------|-------------------------------|
| RSSI測定条件 | 波長 | 1m |
| | 電波伝搬モデル | 2波モデル |
| | アンテナの高さ | 発信者1.2m、探索者1.5m |
| | アンテナ | 利得1、送信電力10mW |
| 単一探索条件 | ノイズ | 両側3dBm正規分布 |
| | 通信可能範囲 | 100m |
| | 探索終了閾値 | 発信者から半径3m |
| 複数探索条件 | 測定間隔 | 0.5m |
| | 中継経路の選択方法 | ホップ数最少かつRSSI最大 |
| | 探索開始位置 | RSSI測定毎に更新 発信者中心で100m内一様分布 |

4.3. 考察

図3では、1端末以上の到着率は端末数の増加に伴い、駆けつけ者が5以上であれば、ほぼ100%駆けつけられた。全端末到着率を見ると、端末数の増加によって、向上が見られるが、駆けつけ者10端末前後以上からは駆けつけ者が飽和し、あまり向上しなかった。1着の平均移動距離は、端末数の増加とともに減少している。これは、図2で示した、駆けつけ者が発信者との通信が確立できずに探索を停止してしまう状態が、端末が増えることにより少なくなるためである。

5. むすび

アドホックネットワークにおける複数端末による協調駆けつけ方式を検討し、計算機シミュレーションにより効果を示した。駆けつけ端末数が増える程、通信が確立できずに探索を停止してしまう確率が減少するため、到着率が向上し平均移動距離も短縮できることが分かった。今後、探索アルゴリズムの改良を検討する。

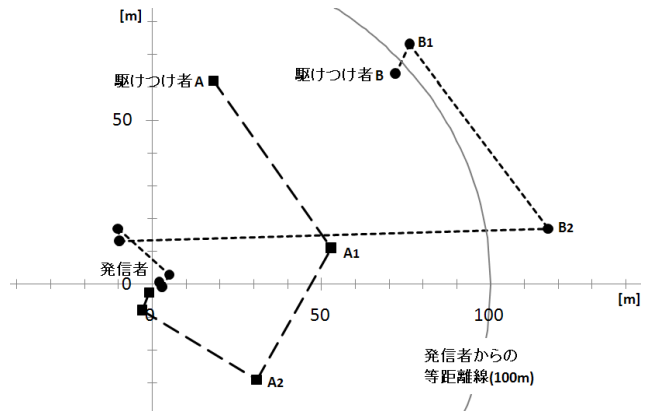


図2.協調駆けつけの例

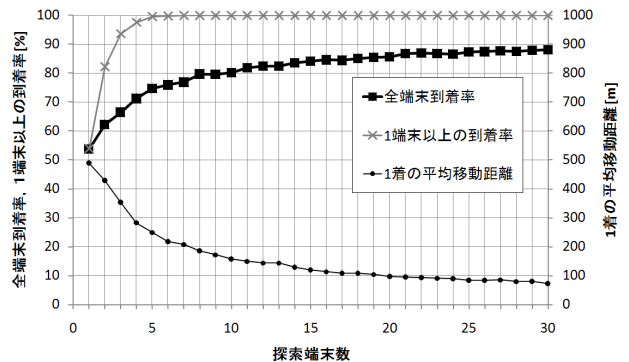


図3.計算機シミュレーション結果

参考文献

[1]佐藤 直,石井 和行,“アドホックネットワークにおける駆けつけ方式の一検討”,情報処理学会 第71回全国大会,3E-5 (2009.3).
 [2]岩井 誠人,“無線通信シミュレーションのための電波伝搬基礎”,第35回 アンテナ・伝搬における設計・解析手法ワークショップ(2008.9).
 [3]間瀬 憲一,阪田 史郎,“アドホック・メッシュネットワーク”,コロナ社, (2007.9)