

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

A Method for Approaching the Sender on Ad-hoc Networks

佐藤 直†
Naoshi Sato石井 和行†
Kazuyuki Ishii

1. まえがき

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）のもとに駆けつける方式を検討している。この検討の一環として、受信電界強度の変化をもとに、受信者が最寄の中継端末へ移動する方式を提案した[1]。本稿では同方式の駆けつけ特性の改善を図ったので検討結果を報告する。

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に駆けつけるものと想定する。この場合、受信者は最寄の中継端末位置へ移動する動作を順次繰り返す。そこで、この移動動作の基本となる最寄中継端末の探索を検討対象とする。

(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波モデルを仮定して考察する。

(3) 送受信者および中継端末の動作

受信者は一人とし、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、発信者および中継端末は静止していると仮定する。

(4) 最寄中継端末の探索終了

受信者は最寄中継端末に近づくと、目視等により同端末が確認できるものとし、受信者が最寄中継端末に所定しきい値（探索終了しきい距離）以内の距離に達した場合、探索を終了するものとする。

3. 既提案の移動探索アルゴリズム[1]

3.1 方針

本提案では、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中継端末を探索する。

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／反時計周りいずれか固定とする。

(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、リセットカウンタを用い、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やや進んだ 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 b' での移動方向制御量 θ を定める。受信電界強度が変動しない場合は発信アンテナからの距離の大小によらず、 θ は $\pi/2$ にするのが望ましい。一方、受信電界強度が変動し、RSSI の正から負への変化を誤検出した場合は θ は 0 に維持する（移動方向を変えない）のが望ましい。このことから、RSSI が小さく最寄中継端末からの距離が十分大きいと推定される場合、 θ を 0 と $\pi/2$ の中間値である $\pi/4$ とする。従って、 θ の範囲は $\pi/4 \sim \pi/2$ となる。また、 θ の大きさは RSSI に比例させることとし、RSSI の測定限界値（最小値）では $\pi/4$ に、探索終了しきい距離における RSSI（自由電界モデルで想定）では $\pi/2$ に、それぞれ設定する。

4. 移動探索アルゴリズムの改善

既提案では、連続する RSSI の変化を用いて移動方向を制御する。このため、移動方向制御量 θ の範囲が $\pi/4 \sim \pi/2$ に限定されており、トータルの移動距離が比較的大きくなるという欠点がある。本稿はこの欠点を改善するため、移動方向変更時における RSSI の変化に着目し、 θ の範囲を拡大することを検討する。

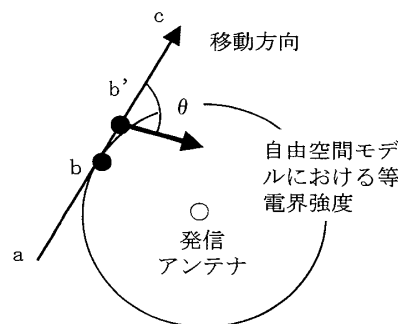


図1 検討モデル

† 情報セキュリティ大学院大学

すなわち、図1におけるb'におけるRSSI(以下、方向制御点RSSIと呼ぶ)の変化を θ の制御に反映する。具体的には、方向制御点RSSIを記憶しておき(移動開始時点のRSSIも方向制御点RSSIの初期値として用いる)、連続する2つの方向制御点RSSIを比較する。

もし、直前の方向制御点RSSIの方が現在の方向制御点RSSIよりも等しいか大きい場合は、これまでの移動方向は適切なものと判断し θ は既提案と同じく設定する。逆に、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判断し θ をより大きく設定する。

この方向制御点RSSI減少の判定が真に正しければ、逆方向に戻る、すなわち θ は π とするのが望ましいが、この判定についても誤ることがあることから、移動してきた方向が間違いであったと判断した場合の θ の最小値は $\pi/2$ とする。すなわち、既提案の θ に $\pi/4$ を加えることとする。以上から、改善アルゴリズムでは、方向制御点RSSIが減少した場合の θ は $\pi/2 \sim 3\pi/4$ となり、方向制御点RSSIが減少しない場合の θ の $\pi/4 \sim \pi/2$ と合わせて、 θ の範囲は $\pi/4 \sim 3\pi/4$ に拡大する。

5. 計算機シミュレーション

既提案および改善案を用いて、移動探索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。計算機シミュレーションでは、電波伝搬モデルとして2波モデルを用いた。なお、探索開始時の移動方向は0から 2π の間で一様とした。また、方向制御は時計周り(固定)とした。図2は移動軌跡の例である。既提案、改善案ともに図2のdから探索を開始し、最初eまで移動する。eで方向制御が行われるが、方向制御点RSSIが減少している(dよりeの方向制御点RSSIが小さい)ため、改善案は既提案より θ が大きくなっている。同図で、探索終了までの方向制御回数が既提案の5に対し、改善案は3であり、方向制御回数が少なくなることがわかる。また、図3には探索開始距離(探索開始位置と最寄中継端末との距離)に対する移動距離特性(移動距離分布の50%値と99.9%値)を示した。顕著ではないが、改善案は移動距離の短縮に効果があることが確認できる。

表1 計算機シミュレーション諸量

波長	1m
発信電力	10mW
アンテナの高さ	発信機1.5m, 受信機1.2m
アンテナ利得	送受とも1.0
電波伝搬モデル	2波モデル
受信電界強度の変動	平均5dB(片側)で正規分布
探索終了しきい距離	3m
RSSI測定間隔	0.5m
RSSI変化検出保護のためのリセットカウンタ段数	3
RSSI測定範囲	-100dBm以上

6. むすび

アドホックネットワークにおける最寄中継端末への移動探索アルゴリズムの改善案を示し、計算機シミュレーションにより効果を調べた。改善案では、移動方向を変化させる地点におけるRSSIを記録し、その変化から移動方向の妥当性を判断し、結果を移動方向の制御量に反映させることが特徴である。計算機シミュレーションの結果、既提案に比べて移動距離が短縮できることがわかった。今後、移動探索アルゴリズムのさらなる改良を検討するとともに設計法の確立を図る。

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発信者探索の一検討, FIT2008, M-004(2008.9)
- [2] 三輪進: 電波の基礎と応用, 第5章, 東京電機大学出版局(2000.9)

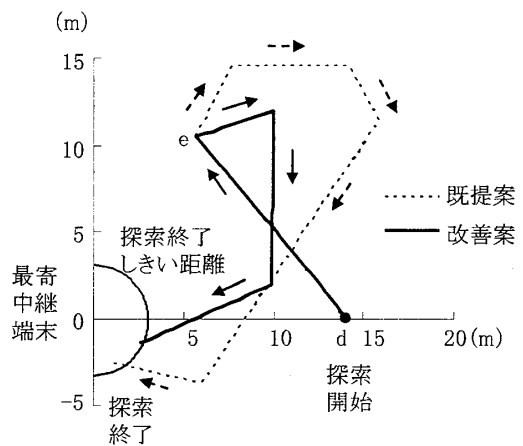


図2 移動軌跡

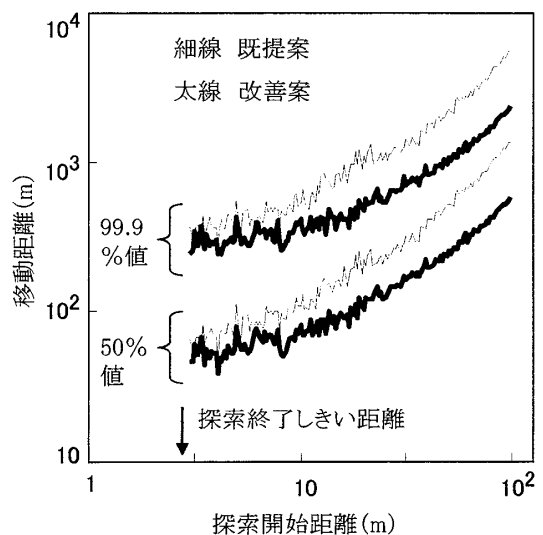


図3 移動距離特性