

所属専門分野	電子情報工学分野 (川原研究室)		
学生番号	08674043	氏名	中村 勇太
論文題目	ターゲット捕捉センサネットワークにおける省電力化のための 捕捉メッセージ送信エリア径制御に関する研究		

1 はじめに

無線通信機能を有するセンサを広範囲・大量に配置して人や物の動きを検知するターゲット捕捉センサネットワークでは、独立電源による運用が想定されることから、センサの処理動作全般における省電力化が求められる。そこで電力消費量の削減を考慮したセンサの状態遷移を前提とし、ターゲット捕捉のためのメッセージ交換によって、複数センサによるターゲット継続捕捉を実現するアルゴリズムが先行研究で提案されている [1]。本研究では、捕捉メッセージの送信エリア径に関する評価を行い、さらなる省電力化の可能性と捕捉性能への影響について調査する。

2 複数センサによるターゲット移動を考慮した捕捉アルゴリズム

ターゲット捕捉センサネットワークにおいて使用されるセンサは、配置数が膨大になるため、安価・低機能であることが望ましい。そこで想定するセンサは以下の機能を有するものとする。

- センシングエリアにおけるターゲット有無のみの検知
- 消費電力の抑制を考慮した 3 状態を遷移
 - 「Active」: ターゲット検知とメッセージ送受信可能。
 - 「Listen」: メッセージ受信のみ可能。
 - 「Sleep」: いずれの動作も不可能。
- ターゲット捕捉のためのメッセージのブロードキャスト送受信
 - 「ALERT」: ターゲットを検知したセンサが送信することにより、捕捉センサ選択のトリガとなる。
 - 「DETECT」: ALERT メッセージを受信したセンサがターゲットを検知したときに送信することにより、各センサが自律的に捕捉センサ数を判断する。

先行研究による提案アルゴリズムは、多数のセンサが設置されている平面エリア内に移動ターゲットが存在する場合の捕捉動作が想定されており、省電力制御に加え、要求センサ数 M 個での同時ターゲット捕捉を継続させることを目的としている。アルゴリズムの動作フローチャートを図 1 に示す。

3 メッセージ送信エリア径制御

無線通信における送信電波は伝搬損失が発生し、その電波が到達可能な距離は、特に自由空間において無線出力電力の 2 乗に比例し、以下の式で求められる [2]。

$$R_c = \sqrt{\frac{P}{4\pi P_r}}$$

R_c : 電波到達距離 P : 無線送信電力 P_r : 受信可能電波強度

従って無線送信デバイスの出力電力の変更により、送信無線メッセージの到達エリアを制御することができる。これを捕捉アルゴリズムに適用し、捕捉メッセージの送信エリア径を変更することで、メッセージ送受信処理の削減などの省電力効果が期待できる。しかし、捕捉性能については劣化することも考えられるため、これらの相関を明らかにする必要がある。

4 性能評価

シミュレーションモデルとして、センサをランダムに配置した平面エリア上で、等速で直進するターゲットの捕捉を考える。評価指標としてターゲット経路上センサの平均電力消費量 P_a [J]、シミュレーション時間における要求センサ数 M 以上で捕捉した時間割合 P_m [%] を定義し、ALERT メッセージ送信エリア径 R_{ca} 、及び DETECT 送信エリア径 R_{cd} について、アルゴリズム基本設定の 20[m] から 15, 10[m] と縮小、もしくは 25[m] と拡張させた場合について調査を行い、その結果、以下の設計方針が得られた。

- ALERT 送信エリア径 R_{ca} の変更
 - 拡張による P_a , P_m の改善効果は得られない。
 - 縮小によって P_a は改善・ P_m が改善される場合もある。
 - 過剰縮小によって P_m は急激に劣化する。
- DETECT 送信エリア径 R_{cd} の変更
 - 拡張による P_a , P_m の改善効果は得られない。
 - 縮小によって P_a , P_m 共に改善できる。
 - 過剰縮小によって捕捉不可能となる。

表 1: センサ配置密度と最適なメッセージ送信エリア径

平均配置センサ間隔: d [m]	R_{ca} [m]	R_{cd} [m]
4	17	4
5	18	7
6	20	10
7	25	13

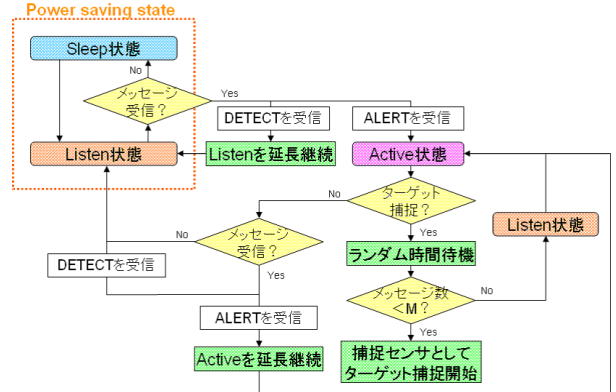


図 1: 提案アルゴリズム動作フローチャート

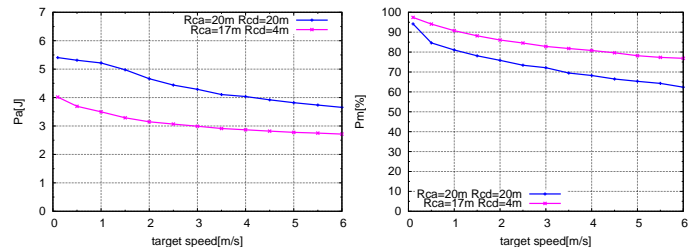


図 2: 電力消費量比較

図 3: 捕捉性能比較

これを元に P_m を維持しつつ、 P_a が最小となる R_{ca} , R_{cd} の最適値を求めると、エリアにおける平均センサ配置間隔に応じて表 1 のようになる。 R_{ca} はターゲット高速移動時に予測した移動経路上に Active 状態センサを安定して確保できる最低値、 R_{cd} は捕捉センサ選択時に過剰な捕捉センサの発生を抑制し、新しく捕捉センサ選択のトリガとなる非捕捉状態のセンサを安定して確保できる最低値となり、それぞれ平均センサ配置間隔の増加に応じて、より大きなメッセージ送信エリア径が必要となる。1 度のメッセージ送信によって Active 状態センサを確保する必要がある ALERT メッセージは、 \bar{d} が大きくなると、メッセージ送信に対するセンサの確保に大きなばつぎが生じる。そのため安定したセンサ数確保に必要なエリア径の最低値は、 \bar{d} が大きくなるほど著しく増加する。一方、複数のメッセージによって捕捉ターゲットを被覆する DETECT メッセージは \bar{d} に対して線形増加する。 $\bar{d} = 4$ [m] においてメッセージ送信エリア径制御時と基本設定時 ($R_{ca}=R_{cd}=20$ [m]) を比較した場合のターゲット移動速度に対する P_a , P_m を図 2, 図 3 に示す。それぞれ全体的に性能が向上しており、 P_a は最大 33% 程度、 P_m は最大 14% 程度改善される。

以上より、メッセージ送信エリア径の動的制御は、センサ配置密度に応じて最適エリア径を選択し、メッセージを送信することで実現できる。しかし、そのためには、各配置センサが自律的に、エリア内のセンサ配置密度を把握する必要があり、捕捉アルゴリズムにおいて、センサ配置密度調査機構を追加する必要がある。

5 まとめ

先行研究によって提案されていた複数センサによるターゲット移動を考慮した捕捉アルゴリズムにおいて、メッセージ送信エリア径制御による電力消費量、捕捉性能に与える影響を明らかにし、その動的制御方針を示した。

参考文献

- 長野俊祐 他, "ターゲット捕捉センサネットワークにおける移動予測型アルゴリズムの提案と性能評価" 情報処理学会火の国シンポジウム Mar. 2008.
- 高田潤一, "電波伝搬の基礎理論", マイクロウェーブ・ワークショップ 2004, Nov. 2004.