

マルチビークルシステムにおけるパケット衝突を考慮した協調取り囲みの検討

1190343 徳平 文 【ワイヤレスネットワーク研究室】

1 はじめに

近年, 複数のエージェントが自律的に動作を行って他のエージェントと協調行動を取ることで, 単体では困難である複雑なタスクを達成する研究が盛んに行われている. エージェントにはビークルや人工衛星などが用いられ様々なフォーメーション制御や合意問題への応用が可能である. その中でも複数のビークルが協調して, 移動している対象物を取り囲みフォーメーションを形成する制御問題が注目されている [1]. 本研究ではビークル間, 対象物間で位置情報交換を行う際に発生するパケット衝突を考慮した協調取り囲みの検討を行う.

2 問題設定

扱う N 台のビークルとして, 次式のように表現される線形一次システム $\dot{r}_i = u_i$, ($i = 1, 2, \dots, N$) を考える. ここで, $r_i = (x_i \ y_i) \in \mathbb{R}^2$ は i 番目のビークルの重心位置, $u_i \in \mathbb{R}^2$ は制御入力を表す.

ここで $r_{ij} = r_i - r_j$, $\rho \in \mathbb{R}_+$ とし r_{obj} は対象物の重心位置を表す. ρ は各ビークル, 対象物の通信範囲である. 次に, 隣接行列 $A(G) = [a_{ij}] \in \mathbb{R}^{N \times N}$ を定義する. ただし, $a_{ii} = 0$, ($i = 1, 2, \dots, N$) である.

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \|r_i - r_j\| \leq \rho \\ 0, & \|r_i - r_j\| > \rho \end{cases} \quad (1)$$

対象物を中心とした i 番目のビークル位置の角度を $\phi_i \in [0, 2\pi)$ [rad] とする. ϕ_i は正の x 軸を 0 [rad] とする. 各ビークルが対象物を中心とした半径 $\xi \in \mathbb{R}_+$ の位置に配置され, 隣り合うビークル位置の角度の差 $\|\phi_{i+1}(t) - \phi_i(t)\|$ [rad] ($\phi_{N+1} = \phi_1$) が漸近的に等しくなることを目的とする.

3 協調取り囲み制御

本研究では, ネットワークが動的に変化する場合の協調取り囲みについて考察し, それを踏まえた上で文献 [1] の制御手法を用いて制御入力を以下とする.

$$u_i = \frac{1}{\kappa_i} \left[a_{iobj} \left\{ -k(\hat{r}_i - r_{obj}) + \dot{r}_{obj} \right\} + \sum_{j=1}^n a_{ij} \left\{ -k(\hat{r}_i - \hat{r}_j) + \dot{\hat{r}}_j \right\} \right] \quad (2)$$

ただし, $k > 0 \in \mathbb{R}$ は定数ゲイン, $R_i = (\xi \cos \alpha_i, \xi \sin \alpha_i)$, $\hat{r}_i = r_i - R_i$, $\alpha_i = \frac{2\pi(i-1)}{N}$ [rad], $\kappa_i = a_{iobj} + \sum_{j=1}^n a_{ij}$ であり, $a_{iobj} \in \{0, 1\}$ は i 番目のビークルの通信範囲内に対象物が存在するかどうかを表す変数である.

本研究の協調取り囲みではビークル間の通信を行う際にパケット衝突が生じることを考慮する. 制御周期

毎に, i 番目のビークルは自身の位置情報を確率 p で送信し, 通信範囲内にある他のビークルの位置情報を確率 $1-p$ で受信する. 送信チャネル $c_i \in C$ をランダムに選択し, 受信が成功すれば上記の制御手法に従ってビークルは移動する [2].

4 制御の検証結果

対象物は各ビークルの状態に影響されることなく x 軸 y 軸共に正の方向に移動するものとし, 各ビークルや対象物の物理的衝突は考慮しないものとする. 各パラメータは $N = 4$, $\rho = 20\text{m}$, $\xi = 10\text{m}$, $k = 0.15$, $|C| = 4$, $p = 0.3$ とする. $60\text{m} \times 60\text{m}$ 内で対象物の初期座標は $(30, 30)$, 各ビークルの初期座標はそれぞれ $(50, 20)$, $(40, 50)$, $(25, 50)$, $(20, 20)$ と設定し, 各ビークルの最大速度は 0.5 [m/パケット時間] とした. 図 1(a), (b) より, 各ビークルが対象物を中心とした半径 ξ の位置に配置され, 隣り合うビークルの角度の誤差が漸的に 0 に収束し, 制御目的を達成していることが読み取れる.

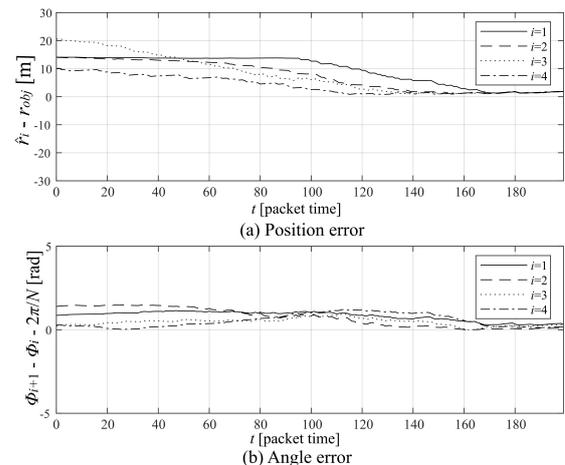


図 1 Results

5 まとめ

本研究では, ビークル間での位置情報共有の際にパケット衝突を考慮しても協調取り囲み制御が可能であることを示した.

参考文献

- [1] 滑川徹, “マルチエージェントシステムの合意問題と協調取り囲み,” システム制御学会論文集, vol. 53, no. 10, pp. 25-30, Oct. 2009.
- [2] 石川凌, “マルチエージェントシステムにおけるパケット衝突を考慮した合意制御入力の改善,” 高知工科大学修士學位論文, Feb. 2018.