

経路生成型レギュレータを用いた 移動ロボット群の被覆制御

東京都立大学 知能機械システムコース B4 菅原颯 (児島研究室)

1. はじめに

研究背景

- モバイルセンサネットワークの応用では、領域内で監視性能が最大になる配置に複数の自律移動ロボットを制御する必要がある。
- 分散制御を用いてセンサ配置を行うことで、計算コストや耐故障性の向上が期待できる。

研究目的

- 被覆制御を用いて二輪移動ロボットを指定した領域内に均等に配置する。
- 領域内の各地点の重要度を示す重み関数を設定し、センサ性能を最大化するように移動ロボットを配置すること



Fig. 1 Khepera IV

2. 被覆制御

ボロノイ領域

領域 Q 内においてロボット位置 p_i に対するボロノイ領域 $C_i(p)$ が次式で定義される。

$$C_i(p) := \{q \in Q : \|q - p_i\| \leq \|q - p_j\| \forall j \in \mathcal{V}\}$$

被覆制御

ロボット i に対してボロノイ領域 $C_i(p)$ の重心 $\text{cent}(C_i(p))$ 方向に向かうような制御入力を与えることで、移動ロボット群を領域 Q 内に均等に分布させることが出来る。

経路生成型レギュレータを用いて、移動ロボットをボロノイ重心方向へ制御する

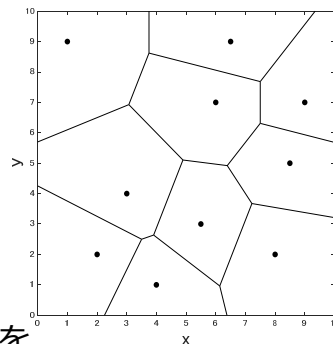


Fig. 2 Voronoi partitions

3. 制御則

移動ロボットモデル

制御対象である二輪移動ロボットの運動学モデルが次式で表される。

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_i \\ \dot{y}_i \\ \dot{\theta}_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & 0 \\ \sin \theta_i & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_i \\ \omega_i \end{bmatrix}$$

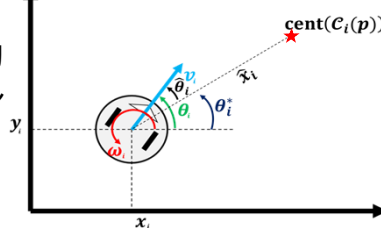


Fig. 3 Robot and Voronoi centroid

制御則

次式の制御則により、二輪移動ロボットをボロノイ重心方向へ移動する。

$$\begin{bmatrix} \hat{x}_i \\ \hat{y}_i \end{bmatrix} = R^{(-\hat{\theta}_i)} (p_i - \text{cent}(C_i(p))), \quad \hat{\theta}_i = \theta_i - \theta_i^*$$

$$v_i = -\{\lambda_1 \hat{x}_i \cos \hat{\theta}_i + \lambda_2 \hat{y}_i \sin \hat{\theta}_i\}$$

$$\omega_i = -\lambda_3 \left\{ \hat{\theta}_i - \tan^{-1} \left(\frac{n \hat{y}_i}{\hat{x}_i} \right) \right\} + \frac{n \{\hat{x}_i \sin \hat{\theta}_i - \hat{y}_i \cos \hat{\theta}_i\}}{\hat{x}_i^2 + n^2 \hat{y}_i^2} v_i$$

$$n \geq 1, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 > 0$$

4. シミュレーション・実機実験

3台のKhepera IVに対し、シミュレーションと実機実験を行う。

重み関数

$$\phi(q) = e^{-\alpha \|q - r^*\|}$$

$$r^* = [2.2\text{m} \quad 1.4\text{m}]^T$$

Table 1: パラメータ

	λ_1	λ_2	λ_3	n	α
Case 1,3	0.2	0.2	0.3	1	0
Case 2,4	0.23	0.23	0.3	1	0.007

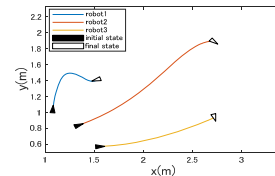


Fig. 4 Case1 (Simulation result)

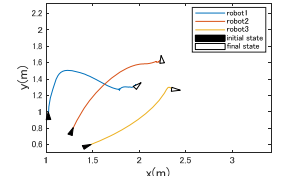


Fig. 5 Case2 (Simulation result)

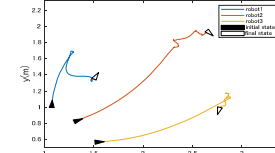


Fig. 6 Case3 (Experimental result)

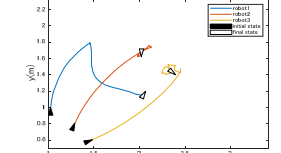


Fig. 7 Case4 (Experimental result)

- シミュレーションと収束位置が異なっている

関数 J の停留点が複数存在し、実機による小さな差異が積み重なることで別の停留点に収束したと考えられる

5. まとめ・今後の展望

移動ロボットを指定した分布で配置することが可能であることをシミュレーションと実機実験により確認した。今後は重み関数が未知である環境で被覆を行う制御法を検討する

6. 参考文献

- [1] 東, 永原, 石井, 林, 桜間, 畑中: "マルチエージェントシステムの制御", コロナ社, pp.122-140 (2015)
- [3] 高島, 橋本, 堀, 花島, 疋田, 山下: "経路生成型レギュレータによる非ホロノミック車両のフィードバック制御", 日本機械学会論文集(C編), Vol.70, No.689, 03-0303 (2004)

