XXXIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. Ч.IV : С.9-10

УДК 519.226: 681.5

А.А.Власов (5 курс, каф. МПУ), С.Ф.Бурдаков, д.ф.-м.н., проф.

МОДЕЛИ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ “РОЯ” МОБИЛЬНЫХ МИКРОРОБОТОВ

В данной работе рассматривается проблема управления “роем” микророботов. Рой состоит из подгрупп, а подгруппы из отдельных роботов.

Управление роем можно разделить на централизованное управление и распределенное. Централизованное управление – это когда существует оператор, который может управлять не только роем, но и вмешиваться в управление подгруппой и даже отдельными роботами.

В задаче с распределенным управлением рассматривается две задачи: 1) поддержание гомеостаза подгруппы, т.е. поддержание заданной формы подгруппы и равновесной численности подгрупп; 2) задача движения отдельного робота в нестационарной среде.

Рассмотрим вторую задачу. Робот рассматривается как твердое тело в абсолютной декартовой системе координат $X=R^2$. Положение платформы в системе X однозначно определяется вектором x=(x1,x2) и углом ориентации φ.

$$\begin{aligned} \dot{x}1 &= V*\cos(\varphi) \\ \dot{x}2 &= V*\sin(\varphi) \\ \dot{\varphi} &= \omega \end{aligned} \qquad \begin{aligned} \dot{V} &= u_1 \\ \dot{\omega} &= u_2 \end{aligned},$$

где V – абсолютная линейная скорость; u1 и u2 – управляющие воздействия, в которые вошли и массо-инерционные параметры платформы; ω – угловая скорость.

Вводится в рассмотрение разность между i-ым роботом и j-ым препятствием в дискретный момент времени t=kT+ΔT. Эта разность может быть представлена в виде:

$$x_{rj}(k+\Delta) = x_{rj}(k) + \dot{x}_{rj}(k)*\Delta + \frac{\ddot{x}_{rj}(k)}{2}*\Delta^2 + \ldots$$

В соответствие с этим для оценки расстояния между роботом и j–м препятствием через время ΔT используем величину

$$L_{rj}(\Delta) = \left\| x_{rj}(k) + \dot{x}_{rj}(k)*\Delta \right\|^2.$$

Минимизируя ее и учитывая, что она должна быть больше, чем величина D, получим соотношения, которые определяют условия бесконфликтного движения:

$$\tilde{x}(k) A_j \tilde{x}(k) + 2*b_j^T*\tilde{x}(k) + c \geq 0,$$

$$A_j = \begin{bmatrix} D - p_2^2 & p_1 p_2 \\ p_1 p_2 & D - p_1^2 \end{bmatrix},$$

$$b = \begin{bmatrix} p_2(p_2\nu_1 - p_1\nu_2) - \nu_1 D \\ p_1(p_1\nu_2 - p_2\nu_1) - \nu_2 D \end{bmatrix}, c = D(\nu_1^2 + \nu_2^2) - (p_1\nu_2 - p_2\nu_1)^2,$$

где v_1, v_2 – скорость робота, p_1, p_2 – расстояние между роботом и препятствием.

Наша задача состоит в том, чтобы определить вектор скорости мобильного робота, который дает возможность бесконфликтного движения без проверки на пересечение. Определить скорость робота дает возможность следующая функция.

$$J_r\left(\hat{x}(k)\right) = W_1\left\|\hat{x}(k) - \dot{x}(k)\right\|^2 + W_2\left\|\hat{x}(k) - n(k)\right\|^2 .$$

Тогда $\hat{x}(k)$ ищется из условия $J_r\left(\hat{x}(k)\right)_{\min}$ при выполнении условия бесконфликтного движения.

Задачу поддержания равновесия между подгруппами можно рассматривать в плоскости задачи поддержания равновесия в социальной системе.

Структуру “роя” можно представить в виде графа G=(S,F), где S - множество его вершин, соответствующих классам подгруппы, а F - множество дуг. Возможность перехода из подгруппы R_i в подгруппу R_j определяется наличием дуги $(i, j) \in F$.

Любому графу G=(S,F) можно поставить в соответствие матрицу смежности:

$$A_G = \left\|a_{ij}\right\|_{m\times m},$$

где $m = |S|$, A_G – клеточно-диагональная матрица:

$$A_G = \begin{bmatrix} A_1 & 0 & ... & 0 \\ 0 & A_2 & ... & 0 \\ ... & ... & ... & ... \\ 0 & 0 & ... & A_k \end{bmatrix},$$

где A_j – матрица смежности, соответствующая подграфу G_j графа G, отображающему возможные переходы между подгруппами.

Динамика системы в момент времени t описывается следующим уравнением:

$$r_i(t) = r_i(t-1) + \sum_{j=1}^{m} a_{ji}u_{ji}(t) - \sum_{j=1}^{m} a_{ij}u_{ij}(t),\ \mathrm{t = 0,...,T},$$

где r_S – количество объектов в подгруппе R_S, а $u_{ij}(t)$ – численность объектов i-ой подгруппы, которые в момент времени переходят в j-ую.

Статическое равновесии роя наблюдается, когда в момент времени в рое отсутствуют переходы объектов из подгруппы в подгруппу, т.е. выполняется условие:

$$\sum_{j=1}^{m} a_{ij}u_{ij}(t) = 0; i = 1,...,m .$$

При нарушении данного условия переходы, которым соответствует не нулевая численность, могут быть уравновешены на отрезке времени [0,T] т.е.

$$\sum_{t=0}^{T}\sum_{j=1}^{m} a_{ij}u_{ij}(t) = \sum_{t=0}^{T}\sum_{j=1}^{m} a_{ji}u_{ji}(t);\ i = 1,...,m .$$

Решение данного уравнения является темой дальнейшего исследования.