

УДК.621.865

Система управления коллективом мобильных роботов

Чжу Хуа, магистр

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Робототехнические системы»*

Научный руководитель: Зенкевич С.Л., д.ф-м.н, профессор

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,

Zenkev@bmstu.ru

1. Введение

Основная задача, которую необходимо решать при управлении коллективом роботов, является обеспечение движения коллектива роботов в колонне. На рис. 1 представлена команда роботов, движущихся строем типа «колонна». Роботы пронумерованы от R_0 - ведущего робота до R_N - замыкающего колонну. Этот тип движения требует, чтобы каждый i -ый робот (slave), $i= 1,2,\dots,N$, кроме первого- ведущего (master), двигался по траектории, вдоль которой движется $i-1$ -ый робот, с некоторым временным запаздыванием T . Ведущий робот R_0 может быть оснащен более богатой сенсорной системой, позволяющей ему планировать траекторию в непредсказуемой обстановке, в то время как остальные роботы должны просто повторять траекторию своего ближайшего соседа. Задача, которую необходимо решить, состоит в разработке способа управления ведущим роботом R_0 вдоль произвольной траектории (задача её планирования в настоящей работе не рассматривается), а также в управлении остальными роботами колонны.

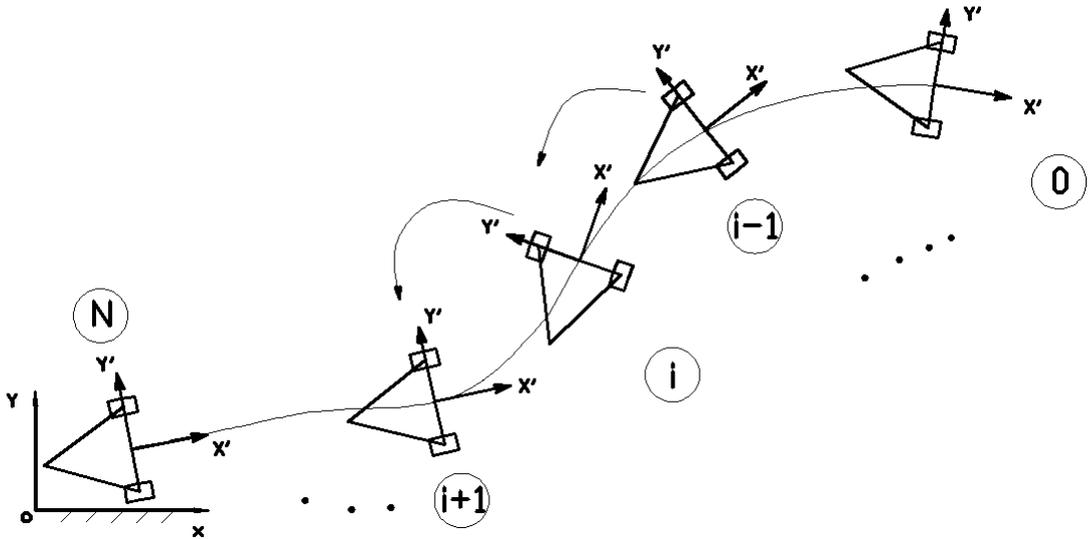


Рис. 1. Движение коллектива мобильных роботов в колонне

2. Управление главным ведущим мобильным роботом

Приведём теперь кинематическую и динамическую модель колесного мобильного робота, полученные в работе [1], а также разработанный метод управления его движением вдоль произвольной траектории.

2.1. Кинематическая и динамическая модели колесного мобильного робота

На рис. 2 изображен колесный мобильный робот с соответствующими системами координат: $O_0X_0Y_0$ - абсолютная система координат, $O'X'Y'$ - связанная система координат.

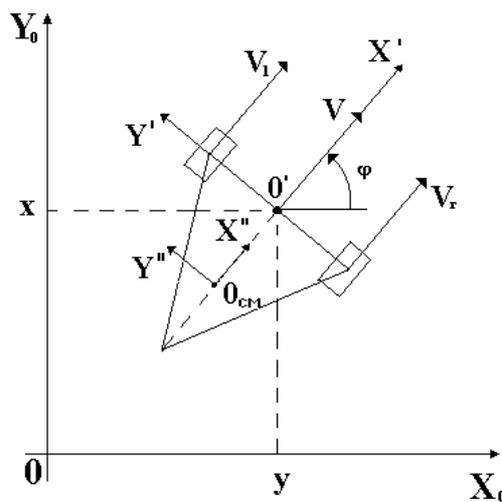


Рис. 2. Параметры колесного мобильного робота

Кинематическая модель и динамическая модель имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{x} = V \cos \varphi \\ \dot{y} = V \sin \varphi \\ \dot{\varphi} = \omega \\ \dot{V} = -b\omega^2 + \frac{\tau_r + \tau_l}{mR} \\ \dot{\omega} = \frac{mbV\omega}{i_{zz}} + \frac{L(\tau_r - \tau_l)}{2Ri_{zz}} \end{array} \right. \quad (1)$$

В уравнении (1), x, y, φ, V, ω --положение и ориентация робота в абсолютной системе координат, линейная и угловая скорость робота соответственно. τ_r, τ_l --момент, развиваемые моторами. b, m, R, i_{zz} --инерционные и конструктивные параметры робота.

2.2 Закон управления главным ведущим мобильным роботом

Как было сказано выше, главный ведущий робот, оснащённый современными сенсорными устройствами, способен планировать желаемую траекторию в режиме on-line. Пусть уравнение желаемой траектории имеет вид $x^* = x^*(t), y^* = y^*(t)$. Закон управления, полученный в случае, когда мы ограничиваемся рассмотрением кинематической модели

имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} V = K [(x^* - x) \cos \varphi + (y^* - y) \sin \varphi] \\ \omega = K (\varphi^* - \varphi) \end{array} \right. \quad (2)$$

Здесь φ^* вычисляется как угол наклона касательной в текущей точке программной траектории $x^* = x^*(t), y^* = y^*(t)$, K -представляет настраиваемый параметр.

3. Управление роботами, движущимися в строю

Рассмотрим теперь задачу управления ведомыми роботами (slave-роботами). Главная идея состоит в том, что целью управления ведомыми роботами является выполнение равенства

$$\mathbf{r}^i(t) = \mathbf{r}^{i-1}(t - T),$$

где $\mathbf{r}^i(t) = (x^i, y^i)^T$ - вектор декартовых координат i - ого робота, T - заданная временная задержка.

3.1. Дискретизация кинематических модели роботов

Рассмотрим теперь соответствующие модели. Кинематическая модель каждого из роботов имеет вид:

$$\begin{cases} x^1 = V^1 \cos \varphi^1 \\ y^1 = V^1 \sin \varphi^1 \\ \varphi^1 = \omega^1 \end{cases} \quad \begin{cases} x^i = V^i \cos \varphi^i + \xi^i \\ y^i = V^i \sin \varphi^i + \eta^i \\ \varphi^i = \omega^i + \zeta^i \end{cases} \quad (4)$$

Здесь, индекс i -- номер робота. ξ, η, ζ -- шумы, возникающие при передаче информации и др. Дискретизация этих кинематической модели имеют виды:

$$\begin{cases} x_{j+1}^1 = x_j^1 + hV_j^1 \cos \varphi_j^1 \\ y_{j+1}^1 = y_j^1 + hV_j^1 \sin \varphi_j^1 \\ \varphi_{j+1}^1 = \varphi_j^1 + h\omega_j^1 \end{cases} \quad \begin{cases} x_{j+1}^i = x_j^i + hV_j^i \cos \varphi_j^i + \xi_j^i \\ y_{j+1}^i = y_j^i + hV_j^i \sin \varphi_j^i + \eta_j^i \\ \varphi_{j+1}^i = \varphi_{j+1}^i + h\omega_j^i + \zeta_j^i \end{cases} \quad (5)$$

Где, x_j^i - состояние робот i на шаге j , h - период дискретизации. Заметим, что мы предполагаем наличие аддитивного шума в уравнениях движения и, следовательно, в соответствующих измерениях

3.2. Закон управления коллективом роботов

Предположим, что известно вектор состояния каждого из роботов (x^i, y^i, φ^i) в абсолютной системе координат. В действительности, в силу уравнения (2) для вычисления скорости робота R_i достаточно знать длину вектора проекции положения робота i -в абсолютной системе координат на ось связанной системы координат X_i . Это обстоятельство существенно упрощает реализацию закона управления.

На рис. 3 представлено, каким образом формируется программная траектория каждого ведомого робота.

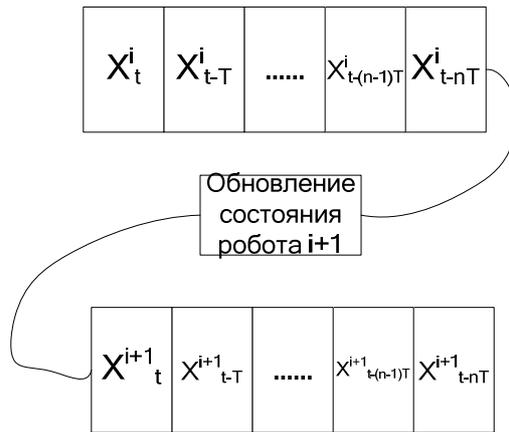


Рис. 3. Заполнение очереди из целевых точек, формирующих программную траекторию робота $i + 1$

Используя уравнение (2, 6), получим закон управления для робота $i + 1$:

$$\begin{cases} V_t^{i+1} = K^{i+1} \left[(x_{t-nT}^i - x_t^{i+1}) \cos \varphi_t^{i+1} + (y_{t-nT}^i - y_t^{i+1}) \sin \varphi_t^{i+1} \right] \\ \omega_t^{i+1} = K^{i+1} (\varphi_{t-nT}^i - \varphi_t^{i+1}) \end{cases} \quad (6)$$

4. Моделирование и программное обеспечение.

Рассмотрим теперь ряд вопросов, связанных с моделированием и соответствующим программным обеспечением

4.1. Моделирование главного ведущего мобильного робота вдоль заданной траектории.

В программной среде Matlab были предварительно промоделированы различные варианты задаваемых программных траекторий, используя кинематическую модель.

Результаты моделирования представлены на рис 4, 5.

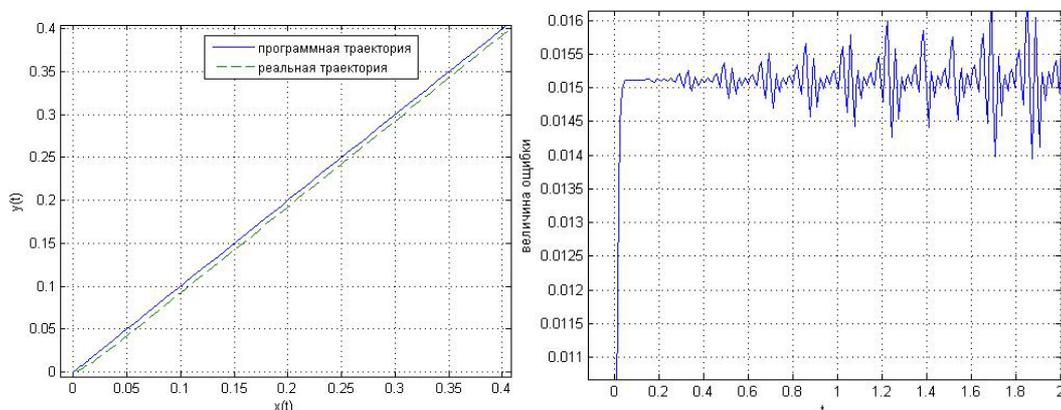


Рис. 4. Траектории и ошибка при задаваемом входе $x^*(t) = t, y^*(t) = t, K = 100$

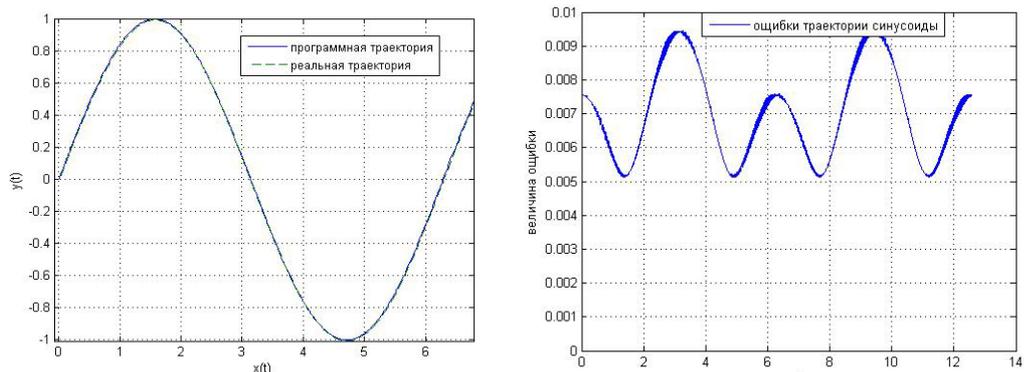


Рис. 5. Траектория и ошибка при задаваемом входе

$$x^*(t) = t, y^*(t) = \sin(t), K = 200$$

Как видно из рис. 4 и рис. 5, закон управления для кинематической модели является весьма эффективным, причем увеличение параметра K приводит к уменьшению ошибки. Заметим, что при использовании динамической модели этот эффект не будет иметь место.

4.2. Программное обеспечение моделирования движения строим

Для разработки программного обеспечения системы моделирования движения строим был использован язык C++. Основной разработанный класс ROB включал параметры роботов, память роботов, методы, вычисляющие линейную и угловую скорость. Моделировалось движение четырёх роботов, при этом ведущий робот двигался по окружности. Результат показан на рис. 6.

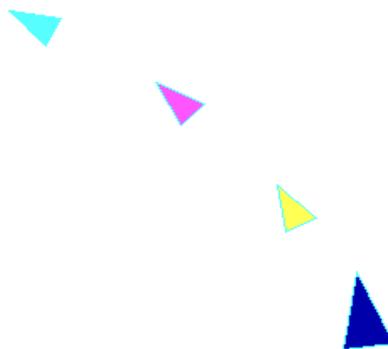


Рис. 6. Результат моделирования

5. Выводы

В работе получены закон управления коллективом мобильных роботов. Результат моделирования некоторых режимов движения показывает, что закон управления

эффективен (для промоделированных режимов) и может использоваться, для чего необходимо провести полунатурное моделирование. Дальнейшее исследование будет продолжено в направлении движения строя в среде с препятствиями.

Список литературы

1. Зенкевич С.Л. Назарова А.В. Система управления мобильного робота // Вестник МГТУ. Сер. Приборостроение. 2006. № 3. С. 31-51.
2. Das K, Fierro R, Kumar V, Ostrowski J P, Spletzer J, Taylor C J. A vision-based formation control framework. // IEEE Transactions on Robotics and Automation. 2002. No. 18(5). P. 813~825.
3. Liu Shi-Cai, TAN Da-Long, LIU Guang-Jun. Formation Control of Mobile Robots with Active Obstacle Avoidance. // Acta Automatica Sinica. 2007. V33N5. P. 529-535.