

ЗАДАЧИ ДИНАМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ

В.Е.Павловский, В.В.Евграфов, Д.С.Бабашева, В.В.Павловский

ИПМ им.М.В.Келдыша РАН, механико-математический факультет МГУ, Москва,
Россия

The paper deals with investigation of the trajectory synthesis problem for mobile robots. The main attention is paid to the necessity of elaborating the optimal and quasi-optimal control systems for robots, equipped with two actively controlled wheels and with one (possibly, two) passive wheel. Mobile robots with such kinematic scheme are known as robots equipped with the so called “differential drive”. Such problems are investigated as nonholonomic tasks. Problems of investigating dynamics and control for tracked robots are presented as well.

Работа поддержана грантом РФФИ 04-01-00065 .

Представлено формальное описание рассматриваемых моделей роботов, выведены уравнения движения для них, рассматриваются различные постановки задач управления. Для колесных роботов проводятся анализ уравнений, интегрирование уравнений связи. На основе интегрирования выполняется компоновка траекторий движения робота. На заключительной стадии работы проводится численное исследование уравнений и их решений, а также сравнительный анализ времени движения робота по различным траекториям.

Основное условие синтеза траекторий — обеспечение необходимых условий их гладкости. Траектории строятся в классе кусочно-гладких функций, такая постановка является естественной для теоретико-механического рассмотрения задачи. Решение задачи найдено, причем в конечных соотношениях, однако в целом оказалось возможным построить его лишь в классе неэлементарных функций.

Аналитическое и численное исследование задачи и полученные решения рассматриваются как базис траекторного синтеза в системе управления робота, на этих решениях основывается система управления двигательной активностью робота с дифференциальным приводом.

Для роботов с гусеничным приводом проанализированы основные особенности их движения, исследованы базовые задачи управления.

Все построенные методы управления отработаны на реальных моделях роботов.

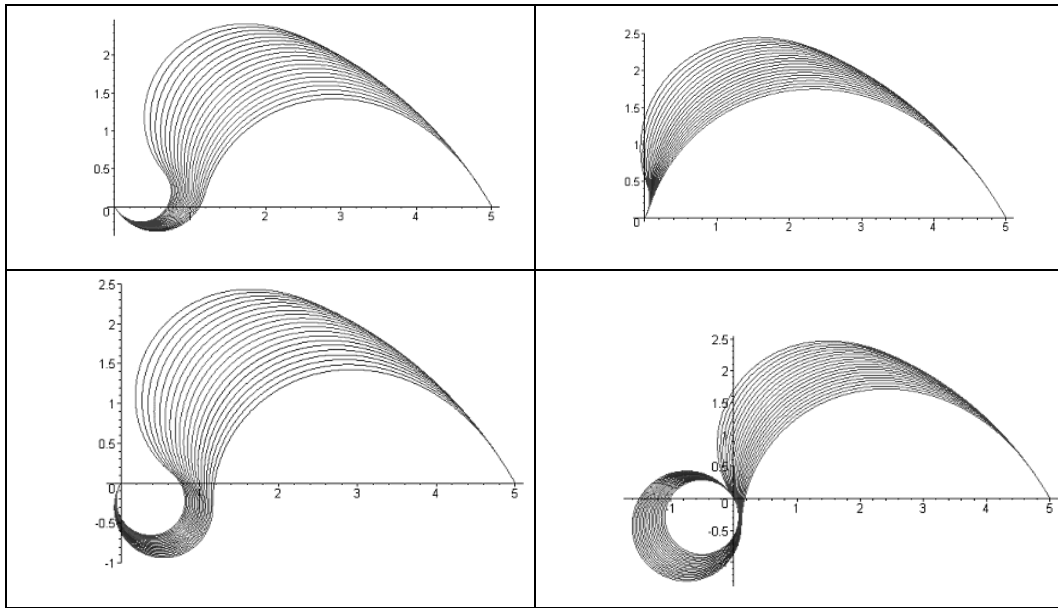
В качестве модели робота с дифференциальным приводом взята система, представляющую собой два диска (абсолютно твердые тела) — пару колес, соединенных осью (невесомый нерастяжимый стержень), в местах крепления колес к оси имеются точечные цилиндрические шарниры, колеса управляются идеальными двигателями. К оси жестко прикреплен корпус, абсолютно твердое тело, которое может двигаться плоскопараллельно. Эта «тележка» установлена на плоскости, колеса в точках касания с плоскостью не проскальзывают. Такая система имеет 5 обобщенных координат и 2 степени свободы.

Рассматривается задача перехода робота из некоторого заданного начального состояния, определенного положением на плоскости и угловыми скоростями колес, в конечное состояние, характеризующееся положением робота на плоскости и требуемой скоростью заданной точки его корпуса. Фактически эта задача означает, что робот должен перейти в заданную конечную точку с заданной ориентацией продольной оси и заданной скоростью вдоль этой продольной оси в конечной точке. Пример ситуации, описываемой этой задачей, — задача выхода робота-футболиста на мяч и удара по нему корпусом в заданном направлении с заданной скоростью.

Строится кусочно-линейное управление движением робота, при котором робот движется по траекториям, составленным из отрезков прямых и дуг окружностей. В точках перехода робота с одного такого отрезка траектории на другой траектории «склеиваются» с помощью переходной кривой, параметрически заданной выражениями, в которые входят неэлементарные функции, называемые интегралами Френеля. Такие переходные кривые являются обобщенными спиралями Корню.

Ниже на рисунках приведены семейства скомпонованных кривых для описанных выше начальных и конечных состояний. Объект (робот) движется по окружности из начального положения, затем переходит на «склеивающую» кривую, и приходит в конечное состояние по окружности. При этом выполнены все условия гладкости.

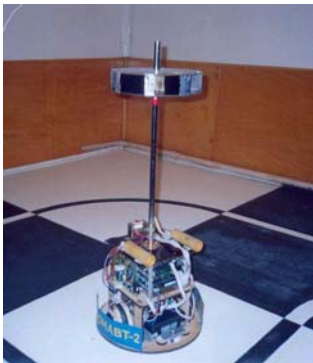
Цели дальнейшего исследования заключаются в отработке найденных решений на прототипах мобильных роботов с дифференциальным приводом. Построена система управления, основанная на алгоритме слежения и поддержания линейной скорости заданной точки корпуса и угловой скорости корпуса робота. Реализована специальная клиент-серверная архитектура системы управления.



Примеры синтезированных траекторий робота.

Задачи исследования динамики и управления гусеничным шасси рассмотрены в аналогичных постановках, но на плоскости с заданным конечным трением.

На рисунках ниже показаны макеты мобильных роботов, на которых отработывались найденные способы управления. На левом рисунке показан мобильный колесный робот «Аргонавт-2», на правом — прототип малого гусеничного робота, разработанный совместно ИПМ им.М.В.Келдыша РАН и Лабораторией «Сенсорика».



Макеты мобильных роботов ИПМ им.М.В.Келдыша РАН