

АЛГОРИТМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РОБОТА “ПАУКА”

Кувшинов А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Видничук В.Н. – м.т.н

В данной работе последовательно описываются этапы разработки алгоритма перемещения уже спроектированного робота “паука”, названного так по причине наличия шести подвижных конечностей, а также ввиду моделирования им процесса перемещения, присущего данному классу членистоногих.

Создание автоматических систем, способных облегчить труд человека и которые могут быть использованы в условиях, опасных для человека – является актуальной научной и технической задачей. Одним из важных классов таких систем является класс шагающих роботов, предназначенных для перемещения по труднопроходимой поверхности, порой, с заранее неизвестным рельефом [1]. Шагающий аппарат при движении использует для опоры лишь некоторые ограниченные участки поверхности на поверхности в отличие от колесных и гусеничных машин, имеющих непрерывную колею.

Анализируя существующие виды движителей, можно заметить, что нет ничего более совершенного, чем природные системы, по причине чего система, имитирующая модель перемещения, совершенствующуюся в процессе эволюции может быть наиболее оптимальной с точки зрения энергетических затрат и эффективности самого перемещения. Воплощением данной системы может служить робот, имитирующий перемещение паука. Сам робот имеет определенную структуру. Конструкция робота продемонстрирована на рисунке 1. В наиболее упрощенном виде, он состоит из несущего каркаса, элементов управления (спроектированной системной платы, управляемой одноплатным миникомпьютером *raspberrypi*) и питания, а также шести подвижных конечностей, осуществляющих сам процесс перемещения. Каждая из конечностей, в свою очередь, состоит из трех сегментов и трех подвижных сервоприводов.

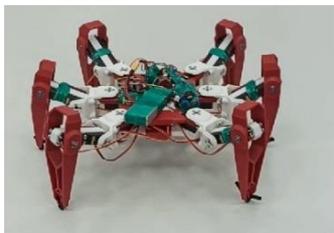


Рисунок 1 – Изображение робота “паука”



Рисунок 2 – Изображение сервопривода

Наиболее важную роль для самого перемещения, а также непосредственно для написания алгоритма, обеспечивающего автоматизацию данного процесса, играют сервоприводы, расположенные на стыках сегментов конечностей робота, а также в местах скрепления этих самых конечностей к корпусу (рисунок 2). С помощью специально написанной низкоуровневой библиотеки каждому сервоприводу по его специальному идентификатору PIN можно передать значение угла, на который он должен повернуться в текущий момент времени, что предоставляет интерфейс управления самим роботом. Поскольку данный робот работает на *raspberrypi* с легковесной и многофункциональной операционной системой Linux, на нем можно сохранить, скомпилировать и запустить код, который, посредством передачи значений сервоприводам, смог бы привести всю систему в движение.

С этого момента, имея интерфейс управления сервоприводами, задача написания алгоритма для перемещения робота сводится к геометрической по расчету соответствующих углов поворота. Также немаловажным условием является тот факт, что траектория поворота ног (непосредственно осуществляющих перемещение) должна быть параллельна корпусу, для повышения эффективности перемещения и исключения вращательных движений корпуса. Исходя из всего вышеперечисленного, задачу можно разбить на три последовательных этапа: расчет углов, на которые необходимо сдвинуть сервоприводы, чтобы проекция ноги на горизонтальную плоскость имела определенную длину, итеративный расчет каждой промежуточной длины для обеспечения прямолинейной траектории, а также применение алгоритма итеративного расчета длин для всех ног в синхронном порядке.

На первом этапе рассматривается лишь перемещение в вертикальной плоскости, а значит результатом выполнения алгоритма на данном этапе должны быть два рассчитанных угла α и β , которые будут переданы сервоприводам для того, чтобы проекция ноги на горизонтальную плоскость

имела определенную длину. В целом система будет выглядеть следующим образом (рисунок 3). Имеются константные значения длин сегментов ноги (а и b), значение высоты h, которое в данных обстоятельствах тоже можно рассматривать как константу, значение длины проекции l, которое будет входным параметром для алгоритма, а также непосредственно сами углы α и β, на которые надо сдвинуть сервоприводы, чтобы получить нужную проекцию l. Расчет идет по формуле (1).

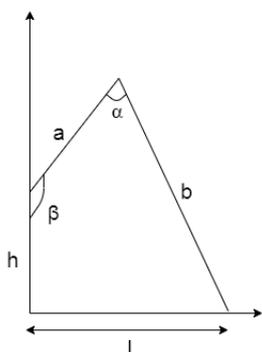


Рисунок 3 – Первый этап

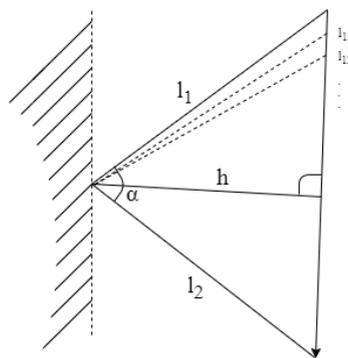


Рисунок 4 – Второй этап

$$p = \frac{a+b+\sqrt{h^2+l^2}}{2} \quad S = \sqrt{p*(p-a)*(p-b)*(p-\sqrt{h^2+l^2})} \quad \beta = \frac{\arcsin(2*S)}{a*b} \quad \alpha = 270 - \beta - \arcsin\left(\frac{2*S}{b*\sqrt{h^2+l^2}}\right) + \arctan\left(\frac{h}{l}\right) \quad (1)$$

Входными данными для алгоритма на втором этапе будут начальная и конечная длина проекции, а также угол, задающий поворот ноги в горизонтальной плоскости. Целью алгоритма будет являться итерационный расчет длины проекции для каждого градуса поворота в горизонтальной плоскости таким образом, чтобы траектория перемещения точки соприкосновения ноги с поверхностью была линией, параллельной корпусу. В свою очередь каждая из полученных итерационных длин проекции будет передана в качестве аргумента алгоритму, написанному на первом этапе, после чего сервоприводам при каждом изменении горизонтального угла на градус, будут переданы значения углов, на которые им необходимо повернуться для того, чтобы подстроить текущую длину под общую прямолинейную траекторию. Геометрически данная задача проиллюстрирована на рисунке 2. Расчет идет по формуле (2). В первую очередь рассчитывается высота до вектора перемещения. Затем рассматриваются разные случаи, зависящие от того, острый ли угол α. После чего расчет сводится к итерационному подсчету гипотенуз двух прямоугольных треугольников, формирующих, или дополняющих исходный треугольник, сформированный начальной и конечными длинами, а также вектором перемещения.

$$h = \frac{\sin(\alpha * l_1 * l_2)}{\sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2 * l_1 * l_2 * \cos(\alpha)}} \quad (2)$$

На третьем этапе в применение идут алгоритмы, полученные на двух предыдущих этапах. Алгоритмы применяются из расчета на каждую ногу с учетом граничных углов (пределное значение поворота сервопривода превышение которого может его повредить), которые будут индивидуальны для каждой ноги, в зависимости от их пространственного местоположения. Перемещение будет происходить потактово (рисунок 5). Одновременно будут подняты и опущены по три ноги.

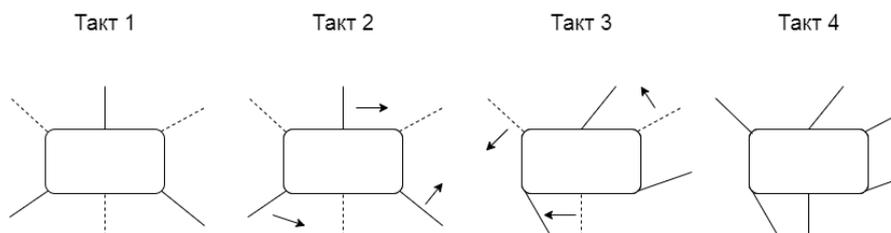


Рисунок 5 – Третий этап

Список использованных источников:

1. Разработка конструкции и алгоритмов управления движением шагающего аппарата для технического обслуживания авиационных комплексов / Н.В. Гаревакая, В.В. Полянский, А.М. Сабадырь, А.С. Семцов - Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 62 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://trudymai.ru>
2. Расчет параметров алгоритма движения ног для шестиногого робота-паука / Сабанова, Б.К, Иванова, И.В. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru>