

Разработка робота-шагохода на базе Arduino UNO

Богдановская Татьяна Вениаминовна, доцент
 Игнатенко Оксана Александровна, старший преподаватель
 Толстых Алексей Владимирович, магистрант
 Шевченко Владимир Николаевич, магистрант
 Сибирский государственный индустриальный университет (г. Новокузнецк)

Аннотация. Рассмотрен способ реализации четырёхногого шагающего робота на платформе Arduino UNO, управляемого посредством ИК-пульта.

Ключевые слова: обратная задача кинематики, шагающий робот, Arduino, программирование

Введение

В настоящее время роботы представляют собой многофункциональные механизмы, предназначенные для воспроизведения (копирования) функций человека, то есть функций двигательных и интеллектуальных. Существуют множество различных роботов разработанных на основе платформы Arduino, поэтому при создании учебного шагающего механизма были изучены существующие в мире роботы. Из найденных вариантов видно, что в основном создаются четырех или шестиногие паукообразные роботы и роботы на колесных и гусеничных шасси [1, 2] так как данные шасси наиболее устойчивы, а соответственно просты в расчете и управлении, и большинство кинематических и механических расчетов приводятся как раз для подобных систем.

Однако подобные конструкции имеют определенные проблемы со скоростью перемещения, возможностью перемещения по пересеченной местности и в городских условиях, а также увеличенном количестве сочленений на конечностях, что препятствует их активному применению. Для решения указанных проблем фирмой Boston Dynamics по заказу Управления перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA) были реализованы проекты четырёхногих роботов с расположением ног, соответствующим анатомическому у млекопитающих, такие как: BigDog, LS3, WildCat [3, 4, 5]

Таким образом, задача построения четырехногих шагающих роботов с анатомическим строением и расположением конечностей является актуальной.

Кинематика системы

За модель учебного шагающего робота была принята модель четырехногого робота AT-AT из «Звёздных войн» (рис. 1).

Прежде чем приступить к созданию алгоритма движения и разработки конструкции робота, необходимо решить обратную задачу кинематики, которая заключается в расчёте обобщённых координат (углов поворота звеньев), соответствующих заданной в глобальной системе координат точки и её ориентации, при известных геометрических размерах звеньев (рис. 2). В процессе движения шагающего робота обратную задачу кинематики необходимо решать для каждой ноги робота [6, 7]. При увеличении числа ног возрастает число сочленений, число обобщённых координат, а также размерность уравнений динамики, усложняются соотношения, описывающие зависимость координат стоп робота от обобщённых координат, следовательно, усилится нагрузка на бортовую ЭВМ робота.



Рис. 1. Модель робота принятая за основу

Расчет положения конечностей шагающего робота представим на примере одной ноги, так как расчеты для остальных ног будут аналогичны.

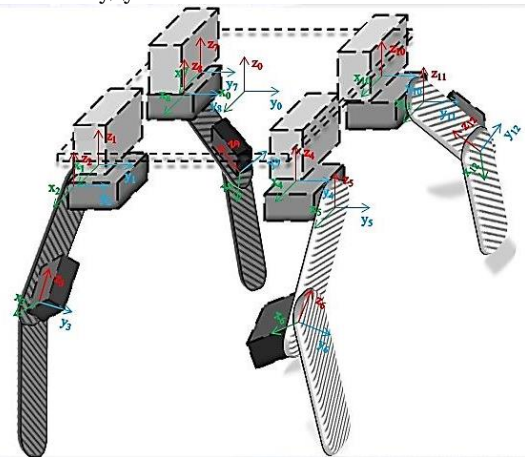


Рис. 2. Кинематика робота

На рисунке 3 представлен макет правой передней ноги с нанесёнными осями и векторами, поясняющий кинематические расчеты при решении обратной задачи кинематики.

Для проведения вычислений составим матрицу направляющих косинусов (матрицу перехода). С её помощью будет осуществлён переход от глобальной системы координат с центром в точке O_0 к локальной — с центром в точке O_1 . На рисунке 4 приведено заполнение матрицы, а в таблице 1 её общий вид.

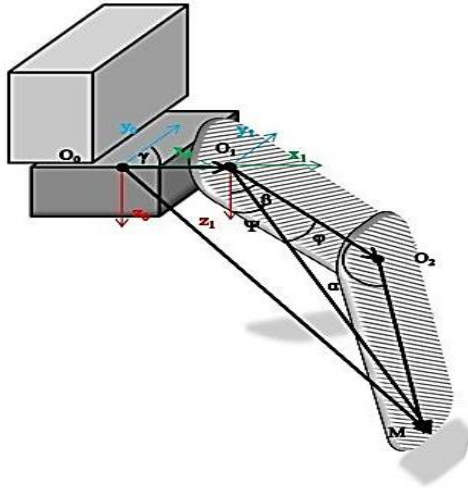


Рис 3. Макет передней ноги с нанесёнными осями и векторами

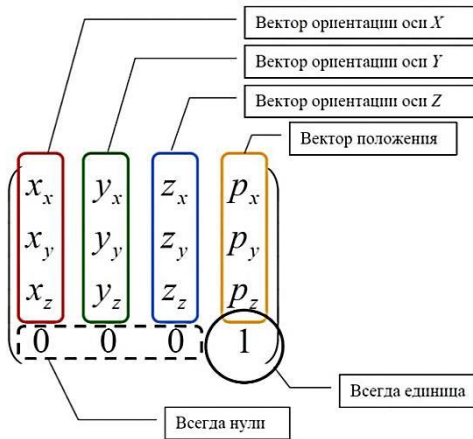


Рис 4. Заполнение матрицы

Таблица 1. Общий вид матрицы направляющих косинусов

	x_l	y_l	z_l
xx_0	$\cos(x_0 x_l)$	$\cos(x_0 y_l)$	$\cos(x_0 z_l)$
yy_0	$\cos(y_0 x_l)$	$\cos(y_0 y_l)$	$\cos(y_0 z_l)$
zz_0	$\cos(z_0 x_l)$	$\cos(z_0 y_l)$	$\cos(z_0 z_l)$

Ячейки матрицы заполняются косинусами, взятыми от отношений проекций векторов новой системы координат к векторам старой системы координат, таким образом получаем матрицу направляющих косинусов (таблица 2).

Таблица 2. Матрица направляющих косинусов

	x_l	y_l	z_l
x_0	$\cos\gamma$	$\sin\gamma$	0
y_0	$-\sin\gamma$	$\cos\gamma$	0
z_0	0	0	1

По заданным координатам расположения стопы в мировой системе координат $M(p_x, p_y, p_z) = \{18, 60, 130\}$, определим значения углов поворота каждого сервопривода.

Даны геометрические длины звеньев:

- $O_0O_1=18$;

- $O_1O_2=75$;
- $O_2M=100$.

Находим значения угла γ :

$$\gamma = \arctg \frac{P_y}{P_x} = \arctg \frac{60}{18} = 73^\circ.$$

Предварительные расчёты и нахождение угла α :

$$O_1 = \{O_0O_1 * (-\sin \gamma); O_0O_1 * (-\cos \gamma); 0\};$$

$$O_1 = \{-17; -5; 0\}.$$

$$O_1M^2 = (P_x - O_{1x})^2 + (P_y - O_{1y})^2 + P_z^2;$$

$$O_1M^2 = 22389 \Rightarrow O_1M=150.$$

$$\alpha = \arccos \left(\frac{O_1O_2^2 + O_2M^2 - O_1M^2}{2 * O_1O_2 * O_2M} \right) = 116^\circ.$$

Предварительные расчёты и нахождение угла β :

$$\psi = \arccos \left(\frac{P_z}{O_1M} \right) = 30^\circ.$$

$$\varphi = \arccos \left(\frac{O_2M * \sin \alpha}{O_1M} \right) = 9^\circ.$$

$$\beta = \psi + \varphi = 39^\circ.$$

Таким образом, были найдены углы положения сервоприводов перемещения стопы в заданную точку в пространстве относительно мировой системы координат.

Алгоритм вычисления критериев статической устойчивости для заданного набора параметров состоит в последовательном выполнении итераций:

- Определяются координаты вершин опорной стопы для крайних положений стоп на каждом шаге;
- Определяется область;
- Определение нахождения геометрического центра корпуса относительно области устойчивости, то определяются расстояния от центра до границ области устойчивости.

На рис. 5 представлен пример неустойчивой модели. Для вычисления потребовалось:

1. Провести проекции точек стоп на плоскость XOY ;
2. Соединить между собой, для получения площади опорного треугольника;
3. Вычислить находится ли центр масс (начало осей координат) в площади этого треугольника.

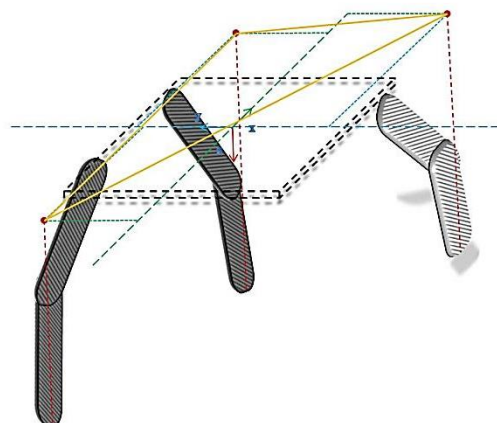


Рис 5. Пример неустойчивой модели робота

На основании тестирования были получены фазы опоры-передвижения, используемые при построении алгоритма хода и поворота (рис. 6, 7).

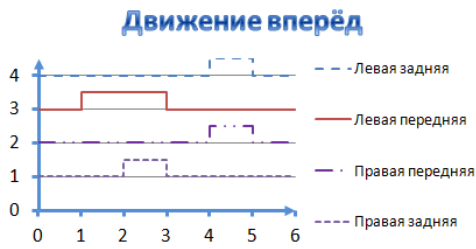


Рис. 6. Фазы опоры-передвижения для движения вперед



Рис. 7. Фазы опоры-передвижения для поворота налево

Аппаратная реализация.

При реализации робота потребовались:

- Микроконтроллер **ATmega328**. «Мозг» нашего робота — микроконтроллер, в который загружается код программы, к которому подключаются большинство других «органов». Микроконтроллер вмонтирован в готовую плату-программатор, Arduino Uno, с удобными выводами для подключения периферийных устройств. Но об этом немного позже.

- **Multiservo Shield** — плата-расширение, нужна для подключения достаточного количества сервоприводов — «суставов».

- **Сервопривода (12шт)** — «суставы» робота, а именно колени, бедра и поворотные механизмы за счёт которых осуществляется передвижение.

- **Ультразвуковой датчик** — «глаза» нашего робота, работающие по принципу эхолокации.

- **Инфракрасный приёмник и пульт дистанционного управления** — для приёма — передачи сигналов команд с пульта к роботу.

- **Блок питания 5В 3А** — для питания электроники робота.

Корпус (рис 8.) был вырезан лазерной резкой из оргстекла по чертежам, выполненным в системе автоматизированного проектирования AutoCAD.

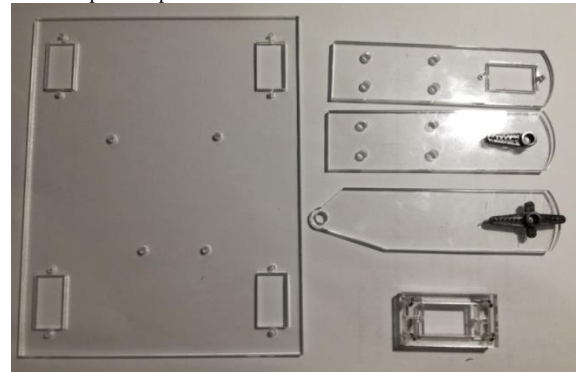


Рис 8. Раскладка корпусных деталей

Алгоритм управления роботом

Для программного обеспечения шагохода был разработан алгоритм, представленный на рис. 9 в виде блок-схемы.

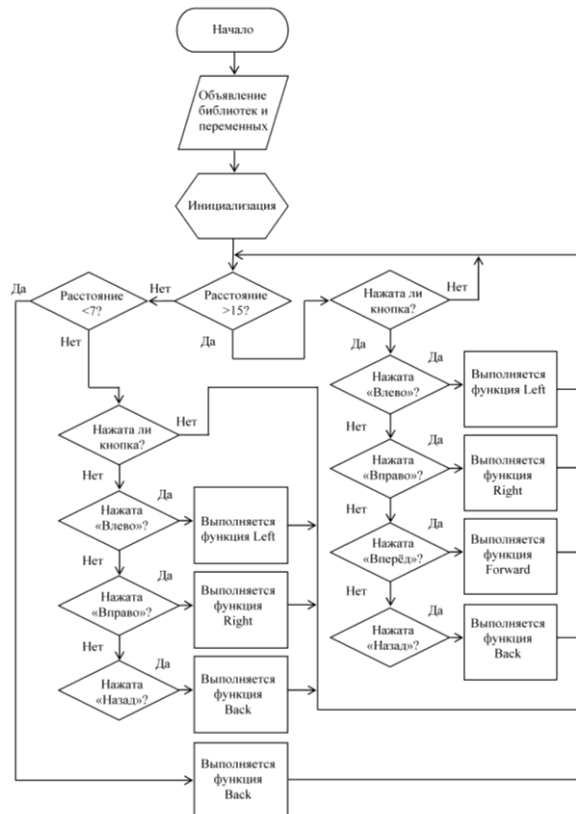


Рис 9. Блок-схема алгоритма программы управления шагоходом

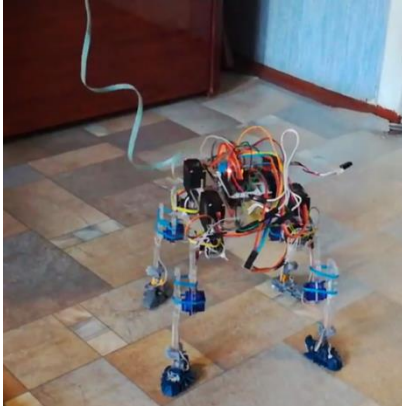


Рис. 10 Внешний вид робота

Внешний вид получившегося робота представлен на рис. 10

Заключение

В представленной работе была осуществлена разработка шагающего механизма с управлением от пульта дистанционного управления. В ходе выполнения работы был проведён анализ поставленной задачи, на основе которого были сформулированы требования к конечной системе, построена кинематическая схема, произведен расчет движения ног шагающего механизма. Кроме того, было подобрано оборудование для аппаратной реализации устройства на основе платы Arduino Uno.

Литература:

1. Фокин В. Г., Шаныгин С. В. Обзор и перспективы развития мобильных шагающих робототехнических систем / Молодой ученый. — 2015. — №18. — С. 207-215. — URL <https://moluch.ru/archive/98/22115/> (дата обращения: 10.04.2018).
2. Ткачёв А. В., Шаныгин С. В. Обзор мобильных роботов, использующих бортовые системы навигации для автономного планирования пути к заданной цели / Молодой ученый. — 2015. — №19. — С. 215-219. — URL <https://moluch.ru/archive/99/22143/> (дата обращения: 10.04.2018).
3. BigDog. The First Advanced Rough-Terrain Robot [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.bostondynamics.com/bigdog/> (дата обращения: 10.04.2018).
4. BigDog, the Rough-Terrain Quadruped Robot / Marc Raibert, Kevin Blankespoor, Gabriel Nelson, Rob Playter / IFAC Proceedings Volumes. Volume 41, Issue 2, 2008, Pages 10822-10825. URL: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016407020 дата обращения: 10.04.2018). <https://doi.org/10.3182/20080706-5-KR-1001.01833>
5. WildCat. The World's Fastest Quadruped Robot [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.bostondynamics.com/wildcat/> (дата обращения: 10.04.2018).
6. Динамика и оптимизация структуры, параметров и алгоритмов управления движением шагающих машин со вдвоенными шагающими движителями: Диссертация на соискание учёной степени доктора физико-математических наук. А.В. Малолетов. Волгоград, 2015.-316с.
7. Евстигнеев Д.В. Проектирование роботов и робототехнических систем в среде Dym – Soft RobSim 5.
8. В. Е. Павловский. О разработках шагающих машин / В. Е. Павловский. М.: 2013.-33с.
9. Создаем робота-андроида своими руками [Электронный ресурс] / Д. Ловин. Пер. с англ. Мельникова Г. - М. : ДМК Пресс, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5970600326.html> (дата обращения 20.04.2018)