

УДК 62-529

РОБОТ-ОХРАННИК НА БАЗЕ LEGO MINDSTORMS NXT^{*}

А.А. УСОЛЬЦЕВА¹, А.А. ТОЛСТОКОРОВ²

¹ 630087, РФ, г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 136, Новосибирский государственный технический университет, студент кафедры систем сбора и обработки данных. E-mail: pashtetushk@gmail.com

² 630087, РФ, г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 136, Новосибирский государственный технический университет, студент кафедры систем сбора и обработки данных. E-mail: xintru@gmail.com

Что такое робот-охранник в общих чертах? Это робот, который может облегчить для людей рутинную работу по охране некоторых объектов. Именно облегчить, потому что на данный момент полностью заменить человека такой робот не в состоянии. Таким роботам не нужен отдых, они не теряют бдительности, они могут двигаться быстрее, обзирать пространство на 360 градусов, они незаменимы в ночное время. Разумеется, присутствуют и недостатки подобных машин. Например, роботу сложно проанализировать ситуацию так, как это смог бы сделать человек. Попад в радиус охраняемой им территории, вы определенно попадете в неприятности, и у вас не будет возможности с ним объясниться. Наука не стоит на месте, и, возможно, время решит данные проблемы. Но что же такое робот-охранник в нашем случае? Это робот, который анализирует определенный радиус вокруг него и реагирует на появление угроз, в нашем случае – стреляет в появившуюся преграду маленьким шариком. В основе этого вида робота лежит ультразвуковой датчик диффузного типа, измеряющий расстояние до преграды; три больших мотора, два из которых задают скорость и направление вращения, а последний является важной частью механизма стрельбы, и ядро машины – «программируемый блок», который хранит в себе программу и настройки. Целью нашей работы мы поставили сборку данного типа робота на базе набора Lego Mindstorms и его программирование, в этой статье мы расскажем о проделанной работе.

Ключевые слова: робот-охранник, Lego Mindstorms, Lego Mindstorms NXT, навигация в пространстве, охрана территории, реакция на препятствия, роботы, программирование робота, алгоритмы взаимодействия с окружающей средой, характеристики деталей набора Lego Mindstorms NXT

DOI: 10.17212/2307-6879-2017-1-109-116

^{*} Статья получена 30 ноября 2016 г.

ВВЕДЕНИЕ

Люди с давних времен искали различные способы защитить себя. На помощь им приходили разнообразные конструкции вроде стен или дверей, животные (например, собаки). Со временем технологии развивались и способы защиты совершенствовались. Так, с приходом информационной эры появилась возможность привнести что-то новое в способы защиты своего имущества от нарушителей. Люди стали грезить о роботах-защитниках. Популяризовал же эти грезы известный писатель Айзек Азимов. В своем цикле «Я, робот» он неоднократно рассказывал о всевозможных роботах, в том числе и о роботах, которые охраняют, защищают людей. Именно об этом типе роботов пойдет речь в нашей работе.

1. МЕХАНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО РОБОТА

Механизм нашего робота (рис. 1) довольно прост и состоит из нескольких по-своему важных частей: ходовой части, ультразвукового датчика, механизма стрельбы (рис. 2) и программируемого блока. Фото представлены ниже.

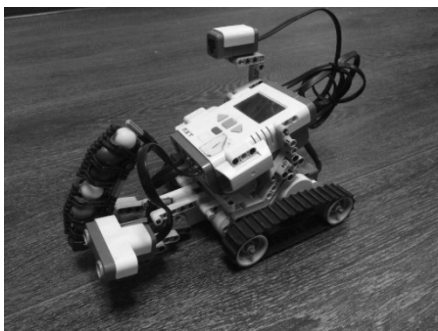


Рис. 1. Робот



Рис. 2. Механизм стрельбы робота

Мотор

Наш робот имеет три мотора (рис. 3). Два мотора задают направление и скорость движения, третий отвечает за механизм стрельбы. Максимальная скорость вращения мотора – 170 оборотов в минуту. Мотор весит всего 80 граммов. Вольтаж – 9 вольт. В зависимости от подаваемого напряжения скорость увеличивается или уменьшается. Таким образом, при напряжении 4.5 вольта скорость равна 33 оборотам в минуту, а при 9 вольтах она равна 117.



Рис. 3. Мотор

Разумеется, путем дополнительного вливания напряжения мы можем разогнать мотор до 170 оборотов в минуту, однако делать это не рекомендуется.

Ультразвуковой датчик

Этот датчик (рис. 4) позволяет роботу распознавать не только сами объекты, но и расстояние до них. Он видит объекты на расстоянии 2.5 метра, и погрешность измерения расстояния до них составляет ± 3 сантиметра. Датчик возвращает расстояние до объекта, причем если произошла ошибка, он возвращает число 255, давая понять, что произошла ошибка.

Программируемый блок

Программируемый блок (рис. 5) по сути является «головой робота». Он позволяет не только хранить программы внутри него, но и создавать простейшие программы.



Рис. 4. Ультразвуковой датчик



Рис. 5. Программируемый блок

Технические характеристики:

- Основной процессор Atmel ARM7 AT91SAM7S256, частота 48 МГц, 32-битный.
- Сопроцессор Atmel AVR ATmega48, частота 8 МГц, 8-битный.
- Память: 256 кб FLASH, 64 кб ОЗУ основного процессора, 4 кб FLASH, 8 кб ОЗУ сопроцессора.
- Входы: 4 входа, 6 контактов на вход.
- Выходы: 3 выхода, 6 контактов на выход.
- Дисплей: графический LCD, 100×64 точек, черно-белый. При выводе текста используются символы размером 8×8 .

- Звук: встроенный динамик, воспроизведение записанных звуков с разрешением 8 бит, частотный диапазон 2...16 кГц.
- Связь: bluetooth BlueCore™ 4 v2.0 с поддержкой эмуляции последовательного порта (SPP), скорость (внутренняя) 460.8 кбит/с, USB 2.0, скорость до 12 Мбит/с.
- Питание: от 7 до 9 вольт, 6 элементов АА, литиевая батарея 7.2 В (опционально).
- Размеры: $14 \times 9 \times 5$ см.

2. АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РОБОТА

Алгоритм, используемый нами, по своей сути довольно прост. Это так называемый условный оператор if. Однако «под капотом», разумеется, происходит гораздо больше. Начинается все с того, что два мотора вращаются в разных направлениях. За счет этого робот поворачивается по часовой стрелке. Ультразвуковой сенсор постоянно сканирует расстояние до ближайшей преграды. Как только расстояние до преграды становится меньше 50 сантиметров, робот останавливается, производит выстрел, если цель «поражена» — он продолжает свой патруль. Ниже приведена блок-схема данного алгоритма

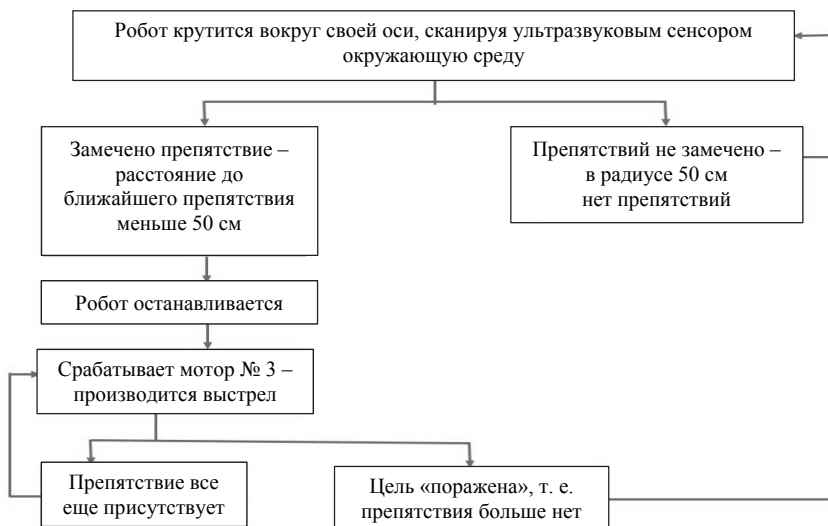


Рис. 6. Блок-схема алгоритма работы робота

3. ПРОГРАММНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ РОБОТА

Для программирования данного робота мы выбрали стандартную среду Lego, LEGO MINDSTORMS NXT PROGRAMMING SOFTWARE 2.0.

Сама программа сделана с учетом того, что пользователи могут не являться программистами. Именно поэтому эта среда программирования представляет собой блочную систему, а не текстовый код. Ниже представлен код, написанный нами для данного робота (рис. 7).

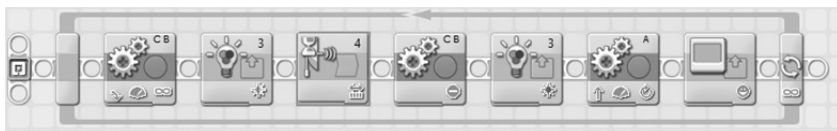


Рис. 7. Графический код алгоритма

Первый блок отвечает за движение робота. Он настроен так, чтобы робот бесконечно вращался по часовой стрелке. Второй блок зажигает зеленый светодиод (его мерцание означает то, что препятствий пока что не было обнаружено). Третий блок задает реакцию ультразвукового датчика на преграду. Как только преграда обнаружена, четвертый блок останавливает мотор, подготавливая робота к стрельбе. После этого пятый блок зажигает красный светодиод (что означает, что препятствие было обнаружено), а шестой блок проворачивает один раз третий мотор, отвечающий за стрельбу шариками. Седьмой блок выводит на экран программируемого блока выбранную нами картинку.

4. ВОЗМОЖНЫЕ МОДИФИКАЦИИ РОБОТА

Ввиду отсутствия дополнительных ультразвуковых сенсоров мы не смогли собрать робот, который двигался бы более свободно. При их наличии мы могли бы запрограммировать его на патруль какой-то определенной территории. Однако это не единственная возможная модификация данного робота. Так как робототехника – стремительно развивающаяся отрасль в наше время, учеными было разработано множество способов реализации алгоритма, обеспечивающего функциональность главного «органа» мобильного робота – его навигации. Наиболее востребованными движениями робота являются движения, связанные с обходом объектов, и избегание столкновений с объектами в рабочем пространстве. Алгоритмы, предназначенные для обхода роботом препятствий в трехмерном пространстве, можно разделить на несколько классов: гипотеза-тест, метод скелетирования, нечеткая логика.

Метод гипотеза-тест состоит из трех основных шагов: предлагается гипотеза относительно пути-кандидата между начальной и конечной точками

траектории движения мобильного робота; набор направлений вдоль этого пути тестируется на возможность столкновений; если столкновение оказывается возможным, то с целью определения пути обхода исследуется препятствие, которое может вызвать это столкновение. Весь процесс повторяется, пока не будет достигнута цель.

Алгоритмы скелетирования сводят свободное пространство робота к одномерному представлению, для которого задача планирования пути становится проще. Такое представление с меньшим количеством измерений называется скелетом пространства конфигураций.

Нечеткий алгоритм определяется упорядоченным множеством нечетких инструкций, содержащих понятия, формализуемые нечеткими множествами. Все системы с нечеткой логикой функционируют по одному принципу: показания измерительных приборов, фазифицируются (превращаются в нечеткий формат), обрабатываются, дефазифицируются и в виде обычных цифровых сигналов подаются на исполнительные устройства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе над проектом проводились различные эксперименты с программным обеспечением Lego Mindstorms NXT. Нами были проанализированы базовые алгоритмы ориентирования робота в пространстве, разобраны внутренние составляющие всех механизмов этого набора. Проведенные работы по сборке и анализу данного робота являются хорошей предпосылкой изучать другие конструкции и программы для увеличения количества возможностей роботов.

Благодарим Воеводу А.А за предоставленную возможность исследовать механизм простейшего робота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юревич Е.И. Основы робототехники. – 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – С. 35.
2. Коренясев А.И., Саламандра Б.Л., Тывес Л.И. Теоретические основы робототехники. Кн. 1. – М.: Наука, 2006. – 382 с.
3. Крейг Д.Д. Введение в робототехнику: механика и управление. – М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. – С. 201–203.
4. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2001. – С. 186.

5. Конструирование роботов: пер. с фр. / П. Андре, Ж.-М. Кофман, Ф. Лот, Ж.-П. Тайар. – М.: Мир, 1986. – С. 75.
6. Bell M., Kelly J.F. LEGO Mindstorms EV3: the mayan adventure. – [S. l.]: Apress, 2016. – P. 20–27.
7. LEGO Mindstorms EV3 discovery book. – San Francisco: No Starch Press, 2014. – P. 5–9.
8. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Управление роботами: основы управления манипуляционными роботами. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 340 с.
9. LEGO Mindstorms EV3 idea book. – San Francisco: No Starch Press, 2013. – P. 1–2.

Усольцева Алена Александровна, студент кафедры систем сбора и обработки данных Новосибирского государственного технического университета. E-mail: pashtetushk@gmail.com

Толстокоров Александр Андреевич, студент кафедры систем сбора и обработки данных Новосибирского государственного технического университета. E-mail: xintru@gmail.com

Robo-guardian, created using Lego Mindstorms NXT kit*

A.A. Usoltseva¹, A.A. Tolstokorov²

¹Novosibirsk State Technical University, 136 Nemirovicha-Danchenko Street, Novosibirsk, 630087, Russian Federation, student of data collection and data processing systems department. E-mail: pashtetushk@gmail.com

²Novosibirsk State Technical University, 136 Nemirovicha-Danchenko Street, Novosibirsk, 630087, Russian Federation, student of data collection and data processing systems department. E-mail: xintru@gmail.com

Theoretical and practical difficulties always arise when mathematical model of dynamic system is developing. For example, there are no the strictly certain rules of the state variables choice as there is no unambiguous representation of the dynamic system structure. The state variables choice at the filter realization can be critical in sense of the required calculations minimization. At the measurements set sequence the filter in which the state variables vector is processed can demand so many computing operations that actually it is possible to use only part of the received measurements. Therefore the correct formation of the state vector can lead to considerable economy in calculations. The measurements modeling is the important point also. The dynamic system behavior is estimated by the measurements results. If the vector measurements are correlated, then the corresponding transformations of variables to uncor-

* Received 30 November 2016.

related measuring system allow to divide them on time. Cases when separate measurements are performed with very high speed or are characterized by big uncertainty can also take place. Therefore the information volume increases. We will note that when modeling many tasks of the industry the very high order models are used. At the same time in control systems it isn't always possible to receive directly in real time all state variables measurements and all noise vector components. Full modeling of dynamic system, noise and measurements allows to apply the Kalman filter algorithms. In practical applications (for example, in the optimization problems) apply Holetsky's method (the square roots method) for the linear algebraic equations decision.

Keywords: robo-guardian, Lego Mindstorms, Lego Mindstorms NXT, navigation in space, protection of the territory, reaction to threats, robots, robot programming, algorithms of environment interaction, characteristics of Lego Mindstorms NXT kit sensors and blocks

DOI: 10.17212/2307-6879-2017-1-109-116

REFERENCES

1. Yurevich E.I. *Osnovy robototekhniki* [Introduction to robototechnics]. 2nd ed. St. Petersburg, BHV-Petersburg Publ., 2005, p. 35.
2. Korendyasev A.I., Salamandra B.L., Tyves L.I. *Teoreticheskie osnovy robototekhniki*. Kn. 1 [Theoretic basics of robototechnics. Bk. 1]. Moscow, Nauka Publ., 2006. 382 p.
3. Craig J. *Introduction to robotics: mechanics and control*. Upper Saddle River, NJ, Pearson/Prentice Hall, 2005 (Russ. ed.: Kreig D.D. *Vvedenie v robototekhniku: mekhanika i upravlenie*. Moscow, Izhevsk, Institut komp'yuternykh issledovaniy Publ., 2013, pp. 201–203).
- 4 Kruglov V.V., Dli M.I., Golunov R.Yu. *Nechetkaya logika i iskusstvennye nei-ronnye seti* [Uncertain logics and artificial neural networks]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2001, p. 186.
5. André P., Kauffmann J.-M., Lhote F., Taillard J.-P. *Les Robots*. T. 4. *Constituants technologiques*. Neuilly [Hauts-de-Seine], Hermes Publ., 1983 (Russ. ed.: Andre P., Kofman Zh.-M., Lot F., Taiar Zh.-P. *Konstruirovanie robotov*. Translated from French. Moscow, Mir Publ., 1986, p. 75).
6. Bell M., Kelly J.F. *LEGO Mindstorms EV3: the mayan adventure*. Apress, 2016, pp. 20–27.
7. *LEGO Mindstorms EV3 discovery book*. San Francisco, No Starch Press, 2014, pp. 5–9.
- 8 Zenkevich S.L., Yushchenko A.S. *Upravlenie robotami: osnovy upravleniya manipulyatsionnymi robotami* [Robots managements: robotic management basics]. Moscow, Bauman MSTU Publ, 2000. 340 p.
9. *LEGO Mindstorms EV3 idea book*. San Francisco, No Starch Press, 2013, pp. 1–2.