

## Алгоритмы движения мобильного робота с построением карты местности в реальном времени

*В.А. Егунов, И.Ю. Королева, Д.В. Тупаев*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Аннотация:** В данной статье описывается реализация программного комплекса ориентирования для мобильного робота с построением карты местности и последующим её анализом. Проведена разработка программного модуля для мобильного робота с использованием лазерного дальномера (лидара), для получения данных с лидара используется микрокомпьютер Raspberry Pi 3B+ с установленной на него робототехнической операционной системой ROS. Описывается алгоритм движения мобильного робототехнического комплекса в пространстве с построением карты местности в режиме реального времени. Подобные комплексы в настоящее время находят широкое применение, позволяют значительно снизить необходимость участия человека в тяжелой и опасной работе.

**Ключевые слова:** мобильный робот, робототехнический комплекс, лазерный дальномер, лидар, ультразвуковой датчик, система технического зрения.

**Введение.** На сегодняшний день одним из ведущих направлений робототехники является построение мобильных роботов различных типов [1-3]. Зачастую, мобильные роботы применяются в экстремальных ситуациях, например, при тушении пожаров, локализации радиоактивных отходов, в военных целях. Они, как правило, работают в труднопроходимой местности. Ключевой проблемой при реализации мобильных робототехнических комплексов (МРК) является ориентирование в пространстве, которое может быть затруднено многими неблагоприятными факторами [4-6].

В данной статье описывается реализация программного комплекса ориентирования для мобильного робота с построением карты местности и последующим её анализом. В рамках работы проведена разработка программного модуля для мобильного робота с использованием лазерного дальномера (лидара) RPLidar A3, позволяющего выполнять сканирование пространства на 360 градусов с эффективной дальностью в 30 метров и частотой сканирования в 20Гц. Для получения данных с лазерного дальномера используется микрокомпьютер Raspberry Pi 3B+ с установленной

на него робототехнической операционной системой ROS, которая является основой для написания программного модуля ориентирования и построения карты местности для мобильной робототехнической системы.

**Описание алгоритма.** В начале движения МРК в пространстве происходит его позиционирование – определение исходных координат и получение координат точки назначения. Ориентирование осуществляется на основании данных, полученных с датчиков:

- ультразвуковые датчики (УД) URM06-RS485 Ultrasonic, расположенный в передней части робота;
- УД HC-SR04, закрепленный на манипуляторе, приводящемся в движение двумя сервоприводами (обзор по горизонтали и вертикали в пределах от -180 до 180 градусов);
- лидар RPLidar A3M1.

УД используются для определения местоположения, контуров и размеров препятствий, лидар обеспечивает высокую скорость сбора данных об объектах на пути робота благодаря выполнению двумерного сканирования в пределах 360 градусов с дальностью до 25 метров (Рис.1).

Движение МРК происходит по максимально короткой траектории (при отсутствии препятствий – по прямой линии) до тех пор, пока координаты робота и координаты точки назначения не будут приблизительно равны. В процессе движения МРК может возникнуть необходимость обхода препятствий, появляющихся на пути движения. В случае обнаружения препятствия МРК производит остановку для дальнейшего анализа ситуации. При этом расстояние до препятствия варьируется в зависимости от габаритов МРК. Данный робототехнический комплекс имеет возможность варьировать свою проходимость, за счет использования шагового типа движения. С учетом конструктивных особенностей разрабатываемого комплекса, система способна изменять клиренс.

---

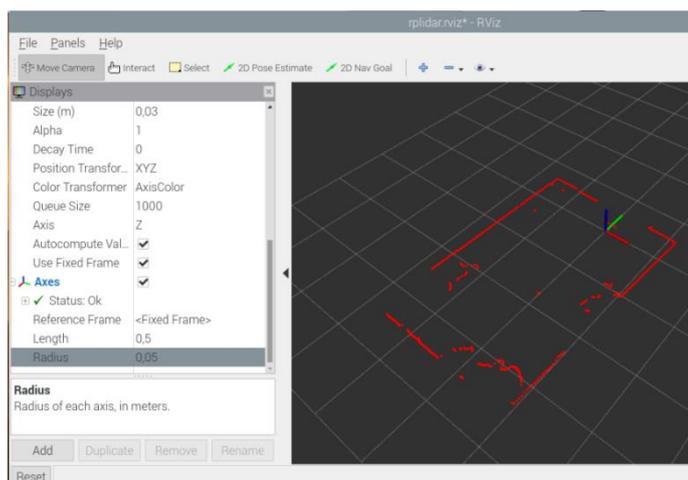


Рис. 1. –Карта местности, построенная с использованием лидара.

Получая данные о расположении краев препятствия, можно вычислить расстояние до ближайшего края препятствия, вокруг которого и следует строить контур движения. Например, если  $L_{\text{лев}} \leq L_{\text{прав}}$ , то препятствие необходимо обходить справа, иначе слева (Рис.2).

Во время обхода препятствия роботом анализируется расстояние до препятствия относительно обоих бортов, при этом учитываются геометрические размеры прототипа [7, 8]. Маршрут прокладывается таким образом, чтобы минимизировать расстояние от частей робота до препятствия, что в целом минимизирует длину маршрута и снижает энергопотребление. В процессе обхода препятствия анализируется текущее положение, осуществляется корректировка направления движения с учетом контуров препятствия. При достижении конечной точки движение робота завершается.

**Система технического зрения.** Для детектирования препятствий в МРК могут использоваться различные компоненты системы технического зрения (СТЗ). Компоненты МРК и их взаимодействие [9, 10] в данном случае показаны на Рис.3, Рис.4.

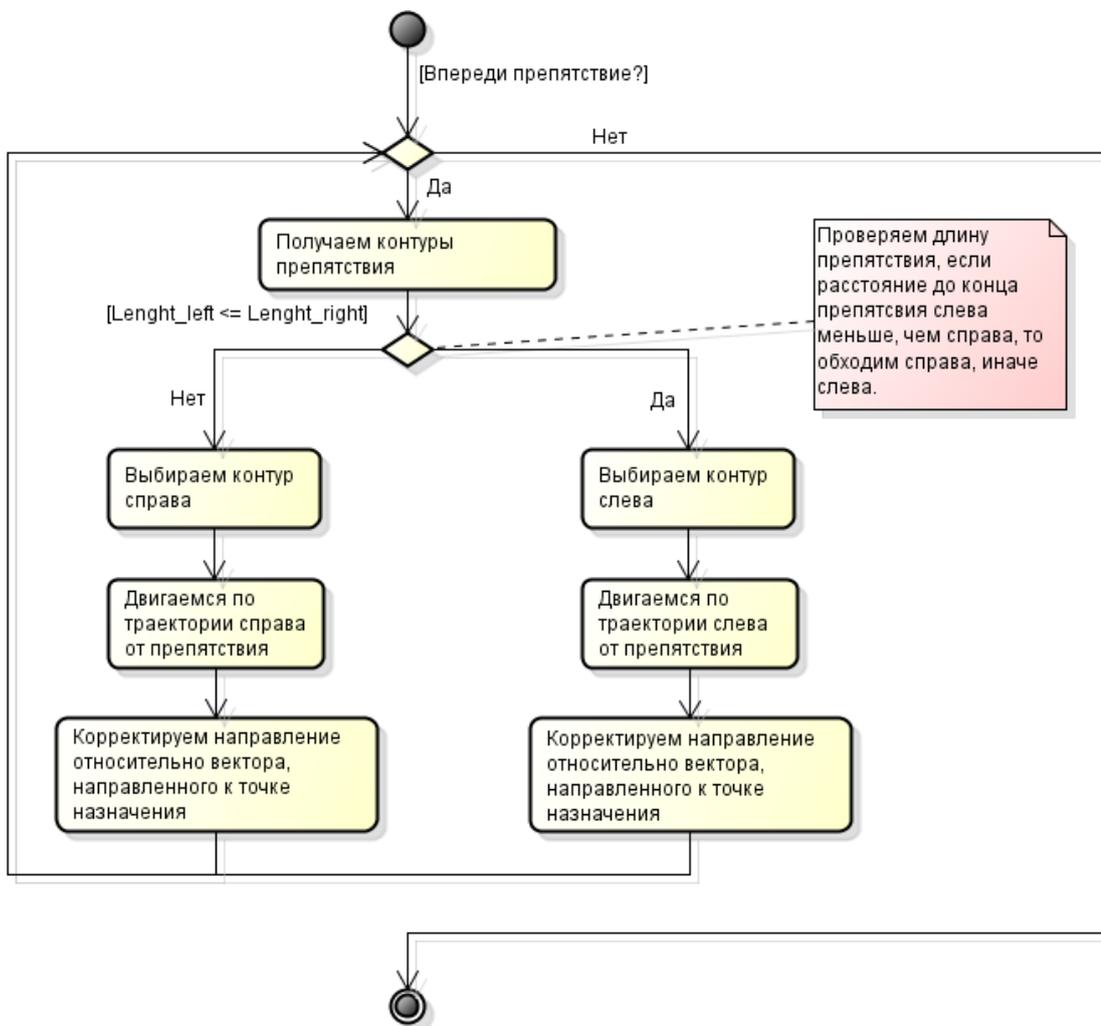


Рис.2. - Алгоритм движения робота

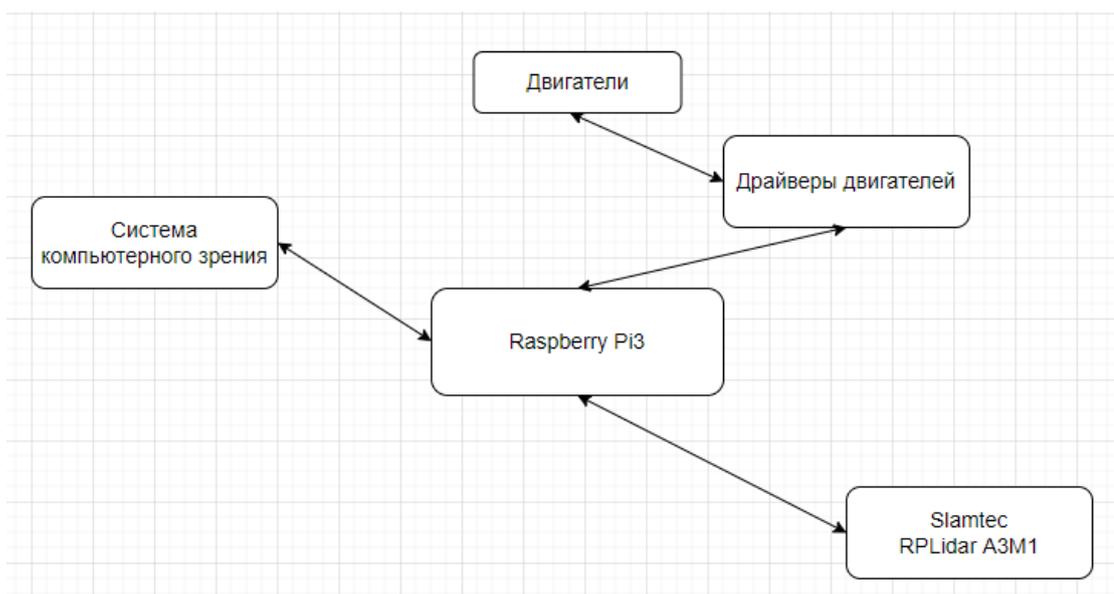


Рис.3. – Компоненты мобильного робота

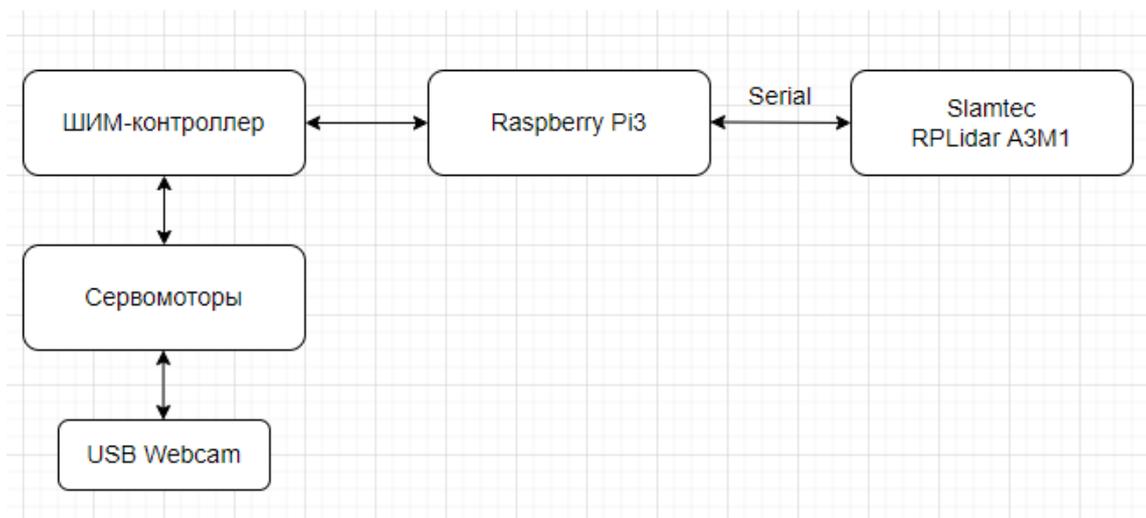


Рис.4. – Диаграмма взаимодействия компонентов МРК

СТЗ используется для построения маршрута МРК с учетом преодоления возможных препятствий. Основным устройством, отвечающим за сбор данных о пространстве, является лидар, который позволяет успешно строить карту местности вокруг себя и передавать полученные данные в бортовой компьютер. В качестве альтернативы лидару можно использовать web-камеру, закрепленную на манипуляторе. Позиционирование манипулятора осуществляется сервоприводами, подключенными к ШИМ-контроллеру, который обеспечивает удобное управление. Альтернативный вариант использования камеры с манипулятором – следящая система с осуществлением автономного захвата и наблюдения за движущимся объектом (лицо человека, автомобильный номер и т.д.). При этом углы обзора следящей системы ограничиваются диапазоном в 180 градусов.

**Заключение.** При решении проблем планирования движения мобильного робототехнического комплекса были разработаны алгоритмы обхода препятствий с учетом его технических особенностей. Была решена задача анализа преодоления простейших препятствий МРК. Результаты показывают, что алгоритмы, рассмотренные в статье, являются эффективными и применимыми в реальных условиях.

## Литература

1. Иванько А.Ф., Иванько М.А., Ибрагимов А.А. Интеллектуальные мобильные роботы и анализ их деятельности // Научное обозрение. Технические науки. 2020. № 1. С. 32-38.
2. Побегайлов О.А., Кравченко И.В., Кожуховский С.О. Мобильные роботы вертикального перемещения // Инженерный вестник Дона. 2010. № 4 (14). URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/253/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/253/).
3. Михайлов Б.Б., Назарова А.В., Ющенко А.С. Автономные мобильные роботы – навигация и управление // Известия ЮФУ. Технические науки. 2016. № 2 (175). С. 48-67.
4. Егунов В.А., Петросян М.К. Разработка инерциальной системы навигации шагающего робота с возможностью визуализации положения робота в пространстве // Известия Волгоградского государственного технического университета. - 2018. - № 5 (215). - С. 106-109.
5. Егунов В. А., Жуков А. П., Потапов М. И. Об управлении манипуляционным механизмом мобильного робота // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2011. – № 11(84). – С. 49-51.
6. Буданов А.С., Егунов В.А. Использование углов Эйлера в инерциальных навигационных системах // Инженерный вестник Дона. - 2021. - № 7. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7072](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7072).
7. Деменева С. Б., Ачкасов О. Р. Решение прямой задачи кинематики для структуры типа "гексапод" // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2018. – Т. 1. – № 14. – С. 24-26.
8. Sukkarieh, S. Low Cost, High Integrity Aided Inertial Navigation Systems For Autonomous Land Vehicles: Ph.D. Thesis, Univ. of Sydney, 2000. – 136 p.

9. Franklin, G.F., Powell, J.D., Emami-Naeini, A. Feedback Control of Dynamic Systems (6th Edition). – Prentice Hall, 2009. – P. 840.

10. Гук М. Ю. Аппаратные интерфейсы ПК Санкт-Петербург: Питер, 2002. – 528 с.

### References

1. Ivan'ko A.F., Ivan'ko M.A., Ibragimov A.A. Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki. 2020. № 1. pp. 32-38.

2. Pobegajlov O.A., Kravchenko I.V., Kozhuhovskij S.O. Inzhenernyj vestnik Dona. 2010. № 4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/253/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/253/).

3. Mihajlov B.B., Nazarova A.V., YUshchenko A.S. Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. 2016. № 2 (175). pp. 48-67.

4. Egunov V.A., Petrosyan M.K. Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2018. № 5 (215). pp. 106-109.

5. Egunov V. A., ZHukov A. P., Potapov M. I. Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2011. № 11(84). pp. 49-51.

6. Budanov A.S., Egunov V.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. № 7. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7072](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7072).

7. Demeneva S. B., Achkasov O. R. Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavтики. 2018. V. 1. № 14. pp. 24-26.

8. Sukkarieh, S. Low Cost, High Integrity Aided Inertial Navigation Systems For Autonomous Land Vehicles: Ph.D. Thesis, Univ. of Sydney, 2000. 136 p.

9. Franklin, G.F., Powell, J.D., Emami-Naeini, A. Feedback Control of Dynamic Systems (6th Edition). Prentice Hall, 2009. P. 840.

10. Guk M. YU. Apparattnye interfejsy PK [PC hardware interfaces]. Sankt-Peterburg: Piter, 2002. 528 pp.