

УДК 004.896

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОТИПА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКИ

Сухомлинов М.Ю.¹, аспирант гр. ДАРМРС-101, I курс

Научный руководитель: Мишин А. В.¹, к.т.н., доцент, доцент

¹Автономная некоммерческая организация высшего образования Московский университет «Синергия»
г. Москва

Аннотация

В статье рассматривается разработка прототипа автономного мобильного робота для применения в складской логистике. Проведен анализ существующих типов складских робототехнических систем, включая AGV и AMR-роботы. Разработана конструкция мобильной платформы с дифференциальным приводом, оснащенной лидаром и системой компьютерного зрения. Предложена программная архитектура на базе ROS2 для построения карты окружающей среды и навигации робота.

Ключевые слова: мобильный робот, складская логистика, AMR, SLAM, ROS, лидар, навигация.

Введение

Современные предприятия стремятся к автоматизации логистических процессов с целью повышения эффективности работы и снижения эксплуатационных затрат. Мобильные робототехнические системы широко применяются в промышленности, медицине и складской логистике. Особенно перспективным направлением являются автономные мобильные роботы (AMR), которые способны самостоятельно ориентироваться в пространстве и перемещаться без использования направляющих линий.

Анализ складских мобильных роботов

На складах используются различные типы робототехнических систем: AGV – автоматизированные транспортные средства, перемещающиеся по фиксированным маршрутам; AS/RS – системы автоматизированного хранения и поиска; AMR – автономные мобильные роботы (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Пример автономных мобильных складских роботов

Последний тип является наиболее перспективным благодаря способности адаптироваться к изменяющейся среде.

Конструкция мобильной платформы

Разрабатываемая система (Рисунок 2) представляет собой четырехколесную мобильную платформу с дифференциальным приводом типа skid-steer [1]. Управление движением осуществляется путем изменения скорости вращения колес левой и правой сторон платформы.

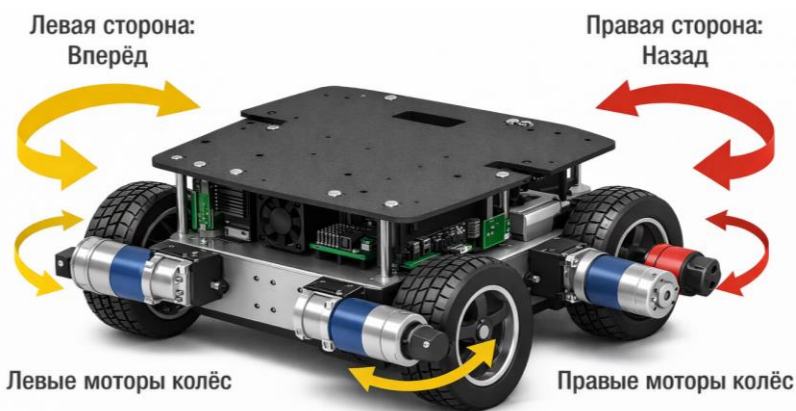


Рисунок 2 – Мобильный робот с приводом skid-steer

Разработан вал с заплечиками для подшипников. На валу предусмотрен буртик и шпоночный паз для соединения с колесом. Двигатель присоединяется к валу при помощи шпоночного соединения (Рисунок 3).

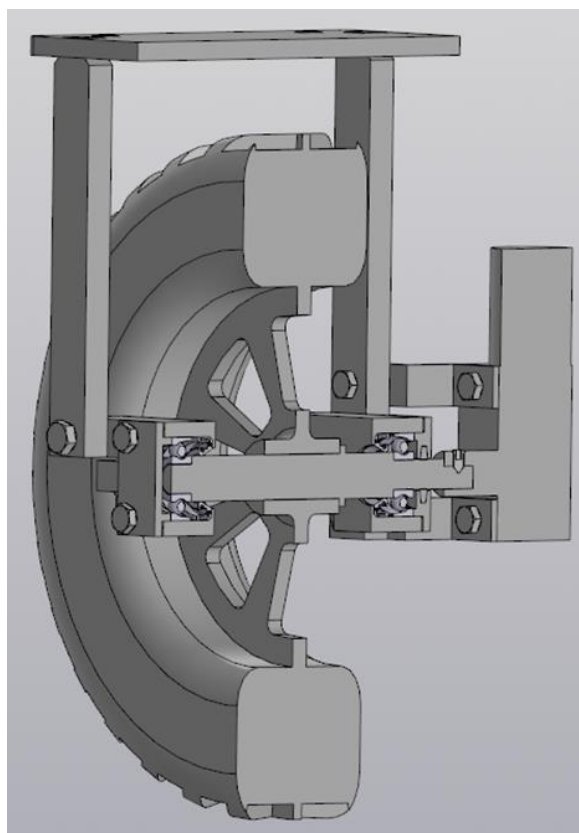


Рисунок 3 – 3D модель вала и колеса в разрезе

Спроектирована компоновка робота со всеми комплектующими на борту (Рисунок 4). В комплект входит аккумуляторная батарея, платы управления, wifi модуль, лидар.

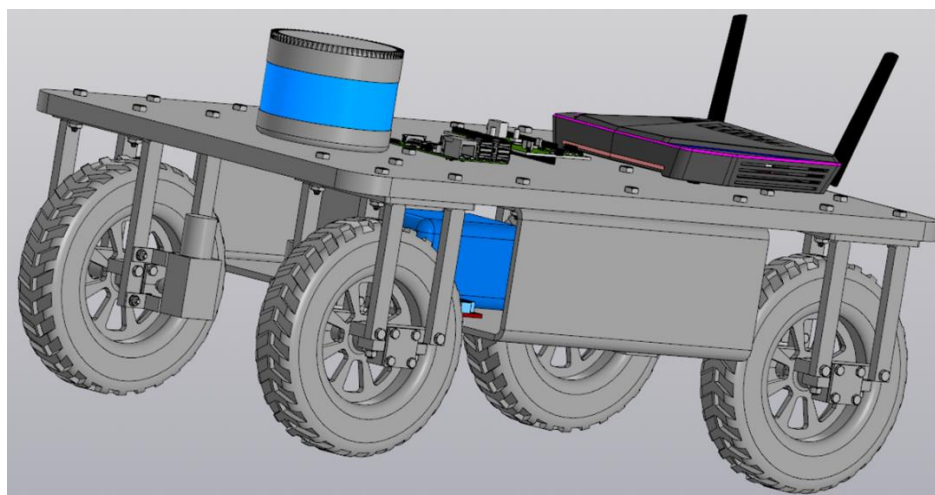


Рисунок 4 – Компоновка мобильного робота

Создан корпус мобильной платформы с системой быстрого демонтажа, что позволяет оперативно производить замену компонентов робота (Рисунок 5).

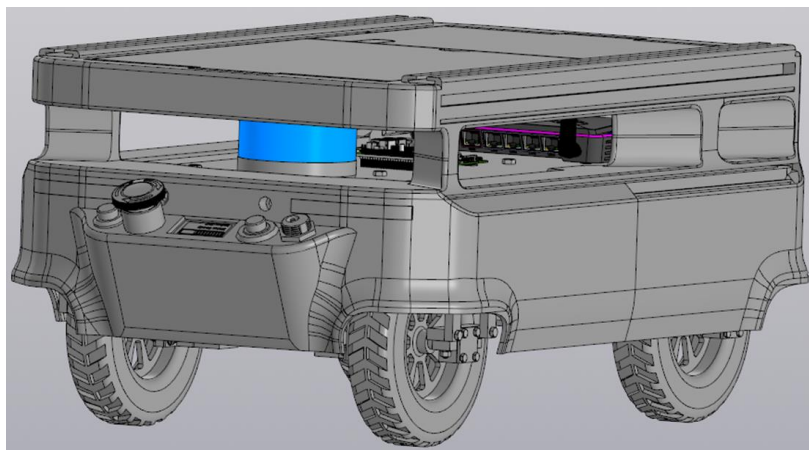


Рисунок 5 – Конструкция робота

Корпус оснащен специальными крепежными элементами для удобной стыковки со стеллажной системой.

Программная архитектура и экспериментальная часть

Для реализации функций компьютерного зрения в разработанной робототехнической системе используется библиотека OpenCV (Open Source Computer Vision Library), являющаяся одним из наиболее распространённых инструментов обработки изображений. В сочетании с платформой ROS (Robot Operating System) OpenCV обеспечивает обработку визуальных данных и их интеграцию в систему управления мобильным роботом [3].

В качестве сенсорного устройства используется камера 2DOF PTZ, установленная на поворотной платформе с двумя сервоприводами. Такая конструкция обеспечивает изменение угла обзора камеры по двум осям и позволяет выполнять задачи мониторинга окружающей среды, обнаружения объектов и анализа сцены.

Интеграция OpenCV с ROS обеспечивает передачу и преобразование изображений между узлами системы. Библиотека OpenCV применяется для предварительной обработки изображений, обнаружения объектов и отслеживания движения [2].

В разработанной платформе компьютерное зрение используется для распознавания траектории движения робота. Камера фиксирует линию маршрута, после чего система управления корректирует движение платформы и обеспечивает следование по заданной траектории (Рисунок 6). Кроме того, обработка изображений позволяет обнаруживать препятствия и учитывать их при планировании движения.

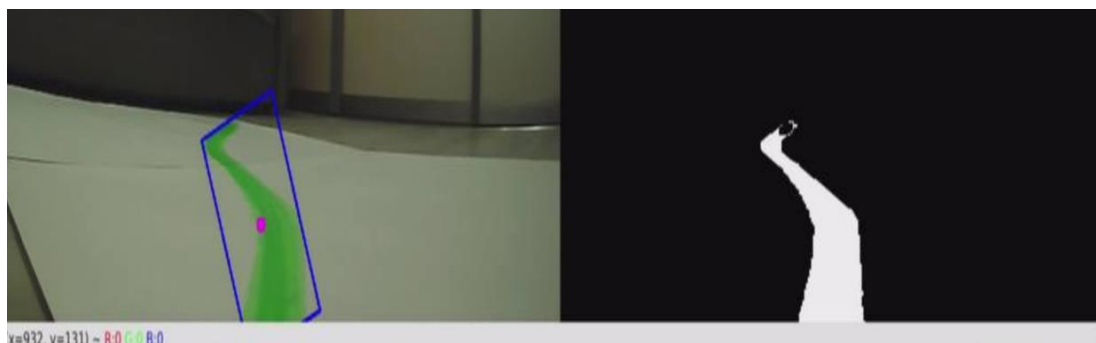


Рисунок 6 – Результат определения маршрута

Для построения карты окружающей среды и определения положения робота используется алгоритм Gmapping, реализующий метод SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) [4]. Алгоритм основан на фильтре частиц Rao–Blackwellized Particle Filter, который позволяет одновременно решать задачи локализации робота и построения карты окружающей среды.

Преимуществами алгоритма являются возможность построения карт в реальном времени и сравнительно низкие вычислительные требования. Однако при увеличении размеров исследуемого пространства возрастает количество частиц и, соответственно, требования к вычислительным ресурсам.

Процесс построения карты выполняется при перемещении робота по исследуемой области с одновременным сканированием окружающей среды лидаром (Рисунок 7). Визуализация процесса построения карты осуществляется в программной среде RViz, после чего сформированная карта сохраняется в виде графического файла и конфигурационного файла, содержащего параметры карты.



Рисунок 7 – Построение карты помещения

Для повышения точности построения карт применяется библиотека Cartographer, использующая методы графовой оптимизации. Алгоритм формирует карту из последовательности локальных подкарт, объединяя данные различных сенсоров, таких как лидар, одометрия и инерциальные датчики. Обнаружение замыкания контура позволяет корректировать накопленные ошибки позиционирования и повышать точность глобальной карты.

Заключение

В работе разработан прототип автономного мобильного робота для складской логистики. Результаты экспериментов подтвердили возможность применения разработанной платформы для построения карт помещений и автономной навигации.

Список литературы:

1. Дифференциальный привод skid-steer [Электронный ресурс] [Официальный сайт] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Skid-steer_loader
2. OpenCV – компьютерное зрение [Электронный ресурс] [Официальный сайт] URL: <https://skillbox.ru/media/code/kompyuternoe-zrenie-opencv-gde-primenyaetsya-i-kak-rabotaet-v-python/#stk-4>
3. Ros – операционная система робота [Электронный курс] [Официальный сайт] URL: <https://www.ros.org/>
4. Slam – навигация мобильных роботов [Электронный ресурс] [Официальный сайт] URL: <https://apni.ru/article/3596-navigatsiya-mobilnikh-robotov-metod-slam>