

нахождение беспилотников на территории аэропортов. Однако не стоит забывать и о совершенно другом подходе решения этой проблемы – законодательный. На сегодняшний день во всем мире вводятся законы по ограничению использования беспилотных летательных аппаратов, в том числе и на территории аэропортов. Это способно уменьшить количество происшествий, связанных с БПЛА, однако дополнения в законодательстве не могут дать стопроцентной гарантии отсутствия дронов в аэропортах. Поэтому перед современными инженерами стоит задача усовершенствования методов обнаружения БПЛА, а также создание абсолютно иных подходов к нахождению беспилотников. Таким образом, развитие технического оснащения аэропортов и законодательства в этой области должно привести к уничтожению угроз и помех в виде беспилотных летательных аппаратов.

Литература

1. Вытовтов А. В., Калач А. В., Разиньков С. Ю. Современные беспилотные летательные аппараты //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2015. – №. 4. – С. 70-74.
2. Карташов В. М. и др. Особенности обнаружения и распознавания малых беспилотных летательных аппаратов. – 2018.

УДК 004

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМОЙ

Дубатовка В.В.

Научный руководитель – Лобатый А.А., д.т.н., профессор

Введение

Мобильная робототехника всё чаще используется в автоматизации процессов производства или бытового сектора.

В ноябре 2018 года Европейское патентное ведомство (European Patent Office, ЕПВ) опубликовало патентный обзор «Patents and self-driving vehicles» (Патенты и автономные транспортные средства), согласно которому за пару лет отмечен неуклонный рост патентных заявок в мире, относящихся к автономному транспорту. В отчёте Всемирной организации интеллектуальной собственности за 2019 год автономному транспорту посвящена отдельная глава, как к стремительно развивающейся по всему миру технологии.

В 2020 году университет Иннополис (Российская федерация) опубликовал материал о технологиях беспилотного транспорта и интеллектуальных транспортных системах. Авторы отмечали, что технологии, применяемые для создания автономного транспортного средства, направлены на решение трёх глобальных задач:

1. Построение локальной карты и определение объектов из внешней среды.
2. Глобальное позиционирование на мировой карте.
3. Обработка информации, на базе которой принимаются решения о действиях транспортного средства.

Область и условия, в которых транспортное средство может безопасно и исправно работать (Operational Design Domain, ODD) определяются его функциональными возможностями. ODD включает экологические и географические ограничения, ограничения по времени суток, характеристики дорожного движения и/или проезжей части и другие. Эти факторы являются значительным препятствием к достижению полной автономности, что вынуждает разработчиков совершенствовать технологии и подходы к созданию транспортных средств, не требующих участия человека.

В настоящее время разработкой автономных транспортных средств занимаются более 40 компаний по всему миру, включая Google (Waymo), Uber, Яндекс и другие. Несмотря на различные вариации конструктивных решений, во всех автономных транспортных средствах предполагается использование ряда датчиков для получения информации о внешних факторах, программное обеспечение для обработки информации и определения маршрута, а также ряд исполнительных устройств для реализации принятых решений.

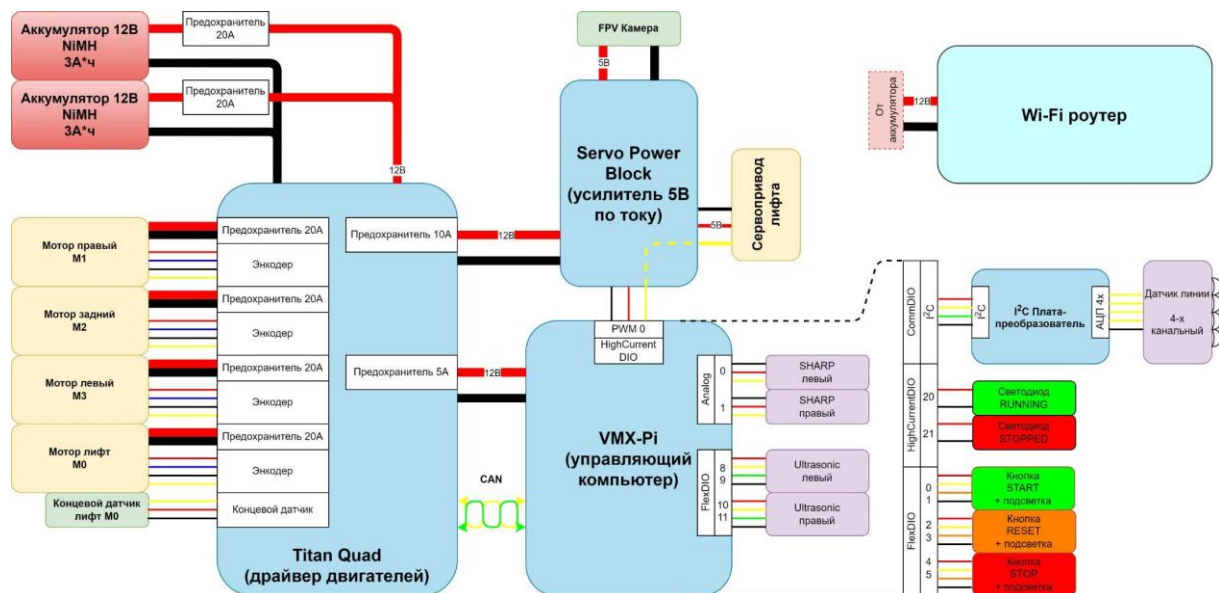
Робот предназначен для перемещения объектов в пределах закрытой площадки (полигона). Решёнными задачами на представленном роботе является: 1. автоматическое перемещение по «улице», сбору контейнеров с отсортированными бытовыми отходами, распределение по центрам переработки; 2. автоматическое распределение лекарств в «больничной среде» по комнатам согласно доске «заказов», считываемой камерой.

Аппаратная часть

В качестве аппаратной платформы использовался робототехнический набор для проектирования мобильных роботов от компании Studica Robotics (Канада).

Была спроектирована основа робота на трёхколёсной базе из всенаправленных колёс. Основным вычислителем высокого уровня является одноплатный компьютер *Raspberry Pi 4 Model B*. Используется плата расширения (средний уровень) *Studica VMX-Pi* для получения данных с 9-ти осевого датчика ориентации (IMU) и подключения внешней

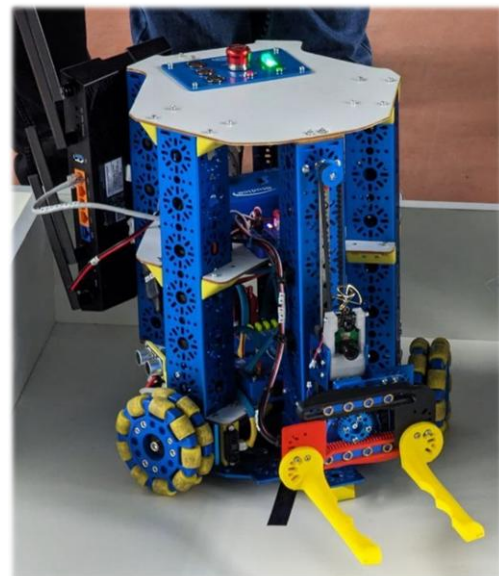
периферии. Для управления моторами используется *Studica Titan Quad* (нижний уровень) – мощный 4-х канальный драйвер двигателей постоянного тока с обратной связью по току, инкрементальным энкодерам и концевым выключателям. Общение устройств осуществляется по CAN-шине.



Программная часть

В основе программного управления лежит мета-операционная система *Robot Operating System (OS)*. С её помощью происходит общение между всеми узлами робота, происходит обработка информации, управление приводами. Настроена связь с компьютером и используются принципы кроссплатформенной компиляции проекта. С компьютера можно запускать проект, получать телеметрию робота, а также всячески взаимодействовать с данными робота онлайн.

Программа робота написана на языке программирования Java. Реализованы классы и написаны функции для взаимодействия со всеми аппаратными средствами робота: моторы+энкодеры, сервопривод, концевые датчики лифта, IMU-сенсор, индикация и работа кнопок. Для движения используется подчинённый PID регулятор для объединения



нескольких источников обратной связи. Контроллер робота работает в супер-цикле 200 Гц. Каждую итерацию происходит перерасчёт всех подсистем, в том числе положения робота. После инициализации работает State-машина для перебора последовательности работы программы.

Написана программа для обработки изображения с камеры с помощью библиотеки OpenCV с открытым исходным кодом. *Техническое зрение* позволяет ориентироваться на полигоне, искать целевые объекты по цвету и характеристикам формы, считывать QR-коды, bar-коды и доску заказов для понимания внешней ситуации.

Используя алгоритм A* и алгоритм Дейкстры настроен *планировщик маршрутов* для построения плана движения робота к цели. Благодаря использованным методам удалось достичь объективно хороших результатов сохраняя высокую производительность алгоритма.

Совмещая все методы в общую систему, удалось повысить точность перемещения до **ошибки в порядке единиц миллиметров и 0.1° на 1 метр**. Для минимизации ошибки на большие дистанции используется принудительная корректировка робота по внешним датчикам относительно бортов полигона.

Заключение

Были изучены способы управления и настроена математическая модель движения трёхколёсного мобильного робота. Определены математические способы нахождения оптимального маршрута робота, а также настроено получение данных об окружающем мире по датчикам ориентации и камере.

Рассмотрены основные аппаратные узлы робота, такие как контроллер VMX-ri, датчики, камера.

Рассмотрены способы планирования маршрута в рамках испытательного полигона, алгоритмы поиска оптимального пути и обхода препятствий, технологии, применяемые для создания автономного транспортного средства.

Апробация результатов работы

Достоверность и обоснованность научных результатов работы обусловлена применением известной и получившей широкое распространение методов разработки программного продукта. Также разработанная мобильная робототехническая платформа показала высокие результаты на международных соревнованиях в компетенции «Мобильная робототехника».

Литература

1. Introduction to Autonomous Mobile Robots [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа:

https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_13268/objava_56689/fajlovi/Introduction%20to%20Autonomous%20Mobile%20Robots%20book.pdf.

2. Аналитический обзор мирового рынка робототехники [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://spkurdyumov.ru/uploads/2018/05/Robo_2018.pdf.

3. Дайджест по робототехнике 09/2020 «Кто Водит?» Автономный транспорт [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://robotics.innopolis.university/wp-content/uploads/2020/09/Dajdzhest.pdf>.

4. Алгоритмы построения пути для беспилотного автомобиля. Лекция Яндекса [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/yandex/articles/340674/>.

5. Кампион, Г., Бастен Ж., Д'Андреа-Новель Б. Структурные свойства и классификация кинематических и динамических моделей колёсных мобильных роботов // Нелинейная динамика. – 2011. – Т. 7, № 4. – С. 733-769.

6. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техно-сфера, 2019. – 1104 с.

7. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. М.: Вильямс, 2021. – 928 с.

8. ROS framework utilization for autonomous mobile robot control system [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=193943.

9. Amit's A* Pages [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://theory.stanford.edu/~amitp/GameProgramming/>.

УДК 681.527.34

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Марукевич И.А.

Научный руководитель – Околов А.Р., к.т.н., доцент

Технологическое назначение перемешивания разнообразно. Процесс смешивания применяют, например, в пищевой промышленности для интенсификации химических, тепловых и массообменных процессов, а также для приготовления растворов, эмульсий и суспензий. Это лишь некоторые примеры продуктов, которые можно производить с помощью мешалок. Конкретный список продуктов будет зависеть от требований к производству