

Распознавание объектов в задачах управления беспилотным мобильным роботизированным транспортным средством*

Александр Сизов, Алексей Туманов, Людмила Федосова

kretinin@list.ru, sizov_ost_vk@mail.ru, fedosovaludmila@list.ru

Россия, Институт промышленных технологий машиностроения

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

Настоящая статья посвящена разработке системы управления и испытаниям роботизированного беспилотного наземного транспортного средства в рамках ежегодных соревнований мобильных робототехнических систем «РобоКросс». Приведён состав аппаратных средств необходимых для реализации роботизированного транспортного средства. Показаны структурные схемы роботизированного транспортного средства для работы в телеуправляемом и автономном режимах. Программное обеспечение имеет двухуровневую иерархию и реализовано в графическом языке программирования National Instruments LabVIEW. Описан алгоритм движения транспортного средства в автономном режиме с обнаружением объектов на пути движения. Показано моделирование описанного алгоритма в среде Robotics Environment Simulator. По результатам моделирования был уточнён алгоритм автономного управления движением транспортного средства и применён к реальной модели с учётом её аппаратных особенностей.

Ключевые слова: беспилотные транспортные системы, распознавание объектов, техническое зрение, симуляция, виртуальное моделирование, робототехника, система управления, промышленные контроллеры, дистанционное управление, оптимальная траектория движения, мобильные робототехнические системы.

1. Введение

Ежегодно на полигоне Автозавода группы ГАЗ «Берёзовая пойма» г. Нижний Новгород проходят ежегодные полевые испытания беспилотных систем «РобоКросс» в рамках программы: «Робототехника: инженерно-технические кадры инновационной России».

Задание испытаний предполагает разработку робототехнической системы, устанавливаемой на наземное транспортное средство (ТС), которая способна в беспилотном режиме управлять ТС и удерживать его на дороге. Данное задание призвано сделать следующий шаг в разработке систем для испытания ТС на полигонах. Испытание наземных ТС делятся на три класса: ТС с механической коробкой передач, ТС с автоматической коробкой передач и ТС любых гибридных схем силовых агрегатов. Испытываются как автономные, так и телеуправляемые системы [6].

2. Используемое оборудование и ПО для создания системы управления беспилотным ТС

Создание программного обеспечения (ПО) для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW с установленными модулями: NI FPGA, NI LabVIEW Real Time, NI Robotics, NI Vision Development Module. Для реализации системы была использована платформа NI CompactRIO 9075 на базе ПЛИС Xilinx Spartan-6 с установленными модулями ввода/вывода данных: NI 9263, NI 9205, NI 9403, NI 9870.

Работа опубликована по гранту РФФИ №16-07-20482

3. Описание решения

За основу шасси для робота был электрический квадроцикл RAZOR Dirt Quad, у которого были сняты лишние детали: руль, пластиковый корпус. В качестве рулевого агрегата был использован линейный шаговый актуатор ELC57-63. Для определения центрального положения передних колёс рулевой агрегат калибровался с помощью конечного выключателя, расположенного в крайнем правом положении колёс. Силовым агрегатом являлся базовый электродвигатель с редуктором мощностью 300 ватт.

Для работы в телеуправляемом режиме потребовались следующие аппаратные средства (рис. 1). Связь с роботом осуществлялась посредством использования двух комплектов точек доступа Wi-Fi Ubiquiti Rocket M2 и двух всенаправленных Wi-Fi 2x2 MIMO антенн Ubiquiti AirMaxOmni 2G13, работающих в режиме моста. Один комплект был установлен на ТС, второй находился у оператора. Рабочее место оператора было оснащено ПК, управление ТС велось с пульта. Видеоданные с IP-камеры AXIS M5014 передавались по сети Wi-Fi на ПК оператора.

Для работы в автономном режиме потребовались следующие аппаратные средства (рис.2). Для определения положения и параметров движения использовалась бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) КомпаНав-2МТ. Для обнаружения препятствий применялся лазерный сканирующий дальномер НОКУУО УТМ-30LX-EW.

Управляющая программа (УП) была разделена на два уровня: верхний и нижний.

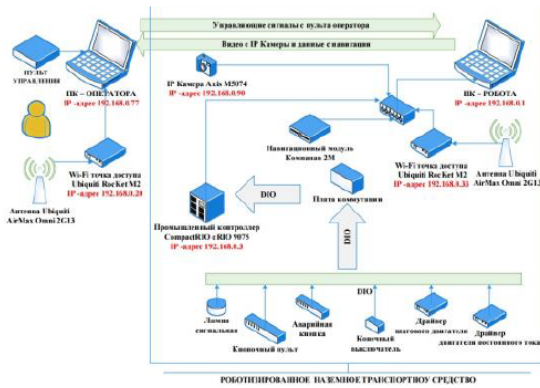


Рис. 1: Структурная схема конфигурации роботизированного ТС в телеуправляемом режиме

Нижний уровень - УП, реализованная на реконфигурируемой программной логической интегральной схеме (ПЛИС) [2,4]. На этом уровне решались следующие задачи: управления исполнительными и сигнальными элементами, получение данных с кнопочного пульта, аварийной кнопки и конечного выключателя и калибровка рулевого агрегата. Нижний уровень управления не меняется в зависимости от режима работы ТС.

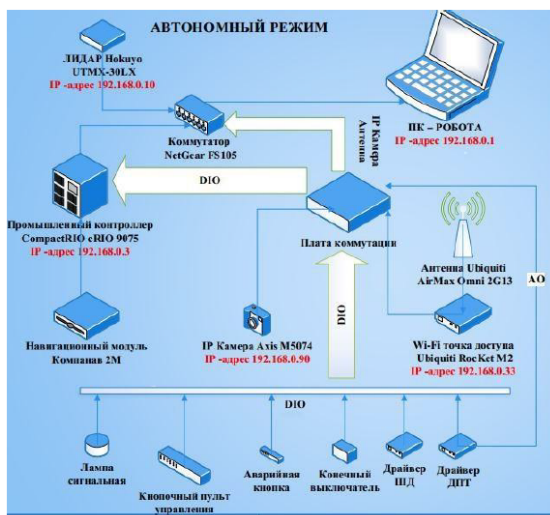


Рис. 2: Структурная схема конфигурации роботизированного ТС в автономном режиме.

Верхний уровень для телеуправляемого режима работы представляет собой УП, реализованную на ПК оператора и ПК робота. Передача осуществлялась по UDP и TCP/IP протоколам. Верхний уровень для автономного режима работы представляет собой УП, реализованную на ПК робота. На этом уровне осуществляется получение и обработка данных с навигации и лидара. На основе полученных данных решались задачи навигации и объезда препятствий [5,6].

Алгоритм автономного движения ТС по трассе

имел следующий вид: в УП вносились координаты точек следования, робот стремился оказаться в максимально близкой окрестности точки, при этом, по данным с лидара, строилась картина препятствий и определялись веса свободных участков, оценивались их размеры и близость к требуемому вектору движения. В результате получался заданный курс, максимально близкий к требуемому, но проходящий через свободное пространство. При достижении максимально возможного приближения к текущей заданной точке маршрута робот переключался на следующую. В случае, когда ТС достигало точки в зоне разворота, робот осуществлял поворот на 180 градусов и следовал в зону старта/финиша по заданным точкам в обратном порядке. Данный алгоритм автономного движения ТС был протестирован на работоспособность в виртуальной среде Robotics Environment Simulator (рис.3). В ходе процесса симуляции робот успешно объезжал препятствие, осуществлял движение по точкам с заданными координатами и осуществлял разворот в заданной зоне. Отработанный алгоритм был использован на реальной модели с учётом её отличий от виртуальной.

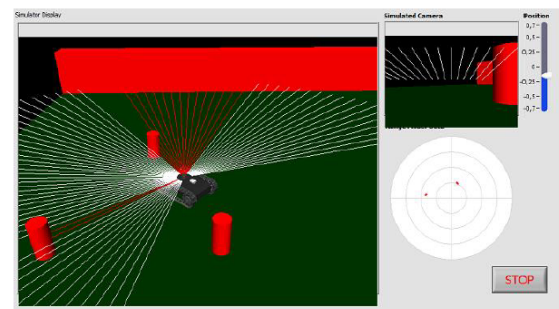


Рис. 3: Симуляция автономной работы робота в среде Robotics Environment Simulator.

4. Испытания

В результате полевых испытаний (рис.4) роботизированное ТС показало себя следующим образом. Реализованный алгоритм движения ТС работал стабильно с препятствиями, расставленными по регламенту. Некорректная работа алгоритма наблюдалась в ситуации, когда несколько препятствий отстояли друг от друга на расстоянии менее полутора метров. Используемый модуль навигации выдавал данные с погрешностью порядка 8-10 метров, что отрицательно влияло на построение траектории движения и детектирование зоны разворота. Несмотря на сопутствующие трудности, ТС успешно прошло квалификационные и зачётные заезды и, по итогам полевых испытаний, заняло 4-е место в общем зачете и получило номинацию «Системный подход».



Рис. 4: Полевые испытания роботизированного ТС на полигоне Автозавода группы ГАЗ «Березовая пойма» г. Нижний Новгород

5. Заключение

На данном этапе реализации проекта в систему управления роботизированного ТС внедряется модуль технического зрения, который осуществляет распознавание дорожных знаков и сигналов светофора на пути движения ТС.

Обнаружение объектов (дорожных знаков) ведется путем задания эталонов т.е. для каждого класса объектов известно одно или несколько эталонных изображений. На основе этой информации необходимо классифицировать каждое вновь предъявляемое изображение. Реализуется модуль технического зрения с помощью компонентов NI Vision Development Module [3].

Литература

- [1] Баран Е. Д. // LabVIEW FPGA. Реконфигурируемые измерительные и управляющие системы. М.: ДМК Пресс, 2009. – 448 с.
- [2] Блюм П. // LabVIEW. Стиль программирования. М.: ДМК Пресс, 2008. – 400 с.
- [3] Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. В. // Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 464 с.
- [4] Виноградова Н.А., Листратов Я.И., Свиридов Е.В. // Разработка прикладного обеспечения в среде LabVIEW, М.: Издательство МЭИ., 2005. – 50 с.
- [5] Жуков К.Г. // Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW. М.: ДМК Пресс, 2011. – 688 с.;
- [6] Официальный сайт программы «Робототехника: инженерно-технические кадры инновационной России» // URL: <http://www.russianrobotics.ru/>