

ИНТЕРФЕЙС ИМИТИРУЮЩЕГО ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ КОЛЕСНЫМ РОБОТОМ

Ванройе Н.К.

Научный руководитель: Юдин А.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ-4, Москва, Россия

INTERFACE OF SIMULATING REMOTE CONTROL WHEELED MOBILE ROBOT

Vanroye N.K.

Supervisor: Yudin A.V.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Аннотация

Разработанная система позволяет по-иному взглянуть на проблему дистанционного управления мобильных роботизированных систем и, в частности, колесных шасси роботов. За счет такого решения существенно повышается удобство управления. В более широком смысле это интерфейс имитирующего управления, который позволяет говорить об эргономичном способе передачи команд от человека к машине.

Рассматриваемый комплекс состоит из устройства имитирующего управления и объекта управления в виде мобильного колесного робота. Помимо описания принципов работы комплекса приводится необходимый алгоритм калибровки устройства имитирующего управления.

Проект имеет широкие перспективы развития и может найти широкое применение в робототехнике, космонавтике и картографии.

Abstract

The developed system allows us to take a fresh look at the task of remote control of mobile robotic systems and in particular wheeled robots. Through this solution significantly increases ease of control. In a broader meaning, this is interface allows us to talk about ergonomic method of transmitting commands from man to machine.

This system consists of a device of simulating control and the managed object in the form of a mobile wheeled robot. Apart from description working principles provided calibration algorithm of device simulating control.

The project has broad prospects for development and can be widely used in robotics, aerospace and cartography.

Введение

Механика как наука развивается с незапамятных времен. Наши знания о законах движения материальных объектов позволяют уже много лет строить надежные инженерные механические системы. Знания об электронике помоложе, но сегодня они помогают осуществлять все более амбициозные проекты, совмещающие в себе надежность механики и устремленную в бесконечность скорость работы электроники. Симбиоз научных технических знаний позволяет создавать устройства копирующие природу и ее процессы со все большей точностью. Одним из интереснейших обобщающих направлений подобного рода является робототехника. На «атомарном» же уровне робототехника невозможна без мехатроники – области науки и техники, изучающей сочетание механики с электроникой и программированием (или иначе – поведением).

Процесс разработки достаточно простой и максимально адаптированной для интуитивного понимания модели управления мобильным роботом является интересной и актуальной задачей не только с точки зрения обучения студентов, но и с точки зрения современной промышленности и науки. По мере развития технологий расширяется круг

решаемых задач и проблем, и решение каждой из них усложняется сферой их применения и условиями эксплуатации устройств.

Из года в год все больше в деятельность человека внедряются дистанционно управляемые роботизированные устройства. Примером таких устройств могут служить телеуправляемые роботы, выполняющие задачи, опасные для человека - работы по ликвидации последствий экологических бедствий и техногенных катастроф. С помощью робота нужно создать эффект присутствия человека в месте работы и полностью обеспечить его информацией о среде, окружающей робота. В любом случае, от робота требуется повышенная точность движений и удобство его управления.

Управление шасси робота пультом дистанционного управления не всегда является удобным, а «привыкание» к пульту для неподготовленного человека занимает довольно длительное время, причем не всегда этот процесс заканчивается успешно: в ходе обучения пользователь может повредить управляемое устройство об окружающие его объекты.

Данная статья описывает работу, целью которой автор видит создание и описание оригинальной системы дистанционного управления мобильным колесным роботом, эргономика которой позволит упростить освоение управления оператором и сделает этот процесс более наглядным и естественным.

Задачи проекта:

- разработка принципиально иного технического решения, которое значительно бы повысило удобство управления шасси колесного робота и дало бы возможность повысить точность управления им;
- сравнение нового технического решения с применяемыми системами управления в настоящее время;
- определение перспектив развития разработки и его областей применения;
- экспериментальный расчет и полевые испытания;
- возможность использования системы в образовательной среде и создание учебных материалов.

Работа выполнена при поддержке лаборатории цифрового производства ФабЛаб при НИТУ МИСиС, центра технологической поддержки образования Департамента образования г.Москвы.

Структурная схема системы управления шасси

Рассмотрим оригинальную систему управления движением шасси мобильного колесного робота. Как было указано выше, подобная система – это своего рода «пульт» управления, который передает сигналы действий от человека к роботу. Отличительной особенностью представляемой системы является эргономика и способ ввода подобных команд человеком. При этом важно отметить, что объектом управления может выступать любое мобильное колесное устройство, включая и те, которые не разрабатывались автором. Поэтому речь идет скорее не о конкретных конструктивных особенностях инженерных решений, представленных далее, а об интерфейсе управления, который может быть обобщен для целого ряда подобных устройств и объектов.

Структура системы управления представляет собой два сложных блока: шасси - мобильный колесный робот (МКР) и «пульт» - устройство имитирующего управления (УИУ). Блоки объединены между собой радиомодулями, с помощью которых информация с пульта передается на шасси (рис.1).

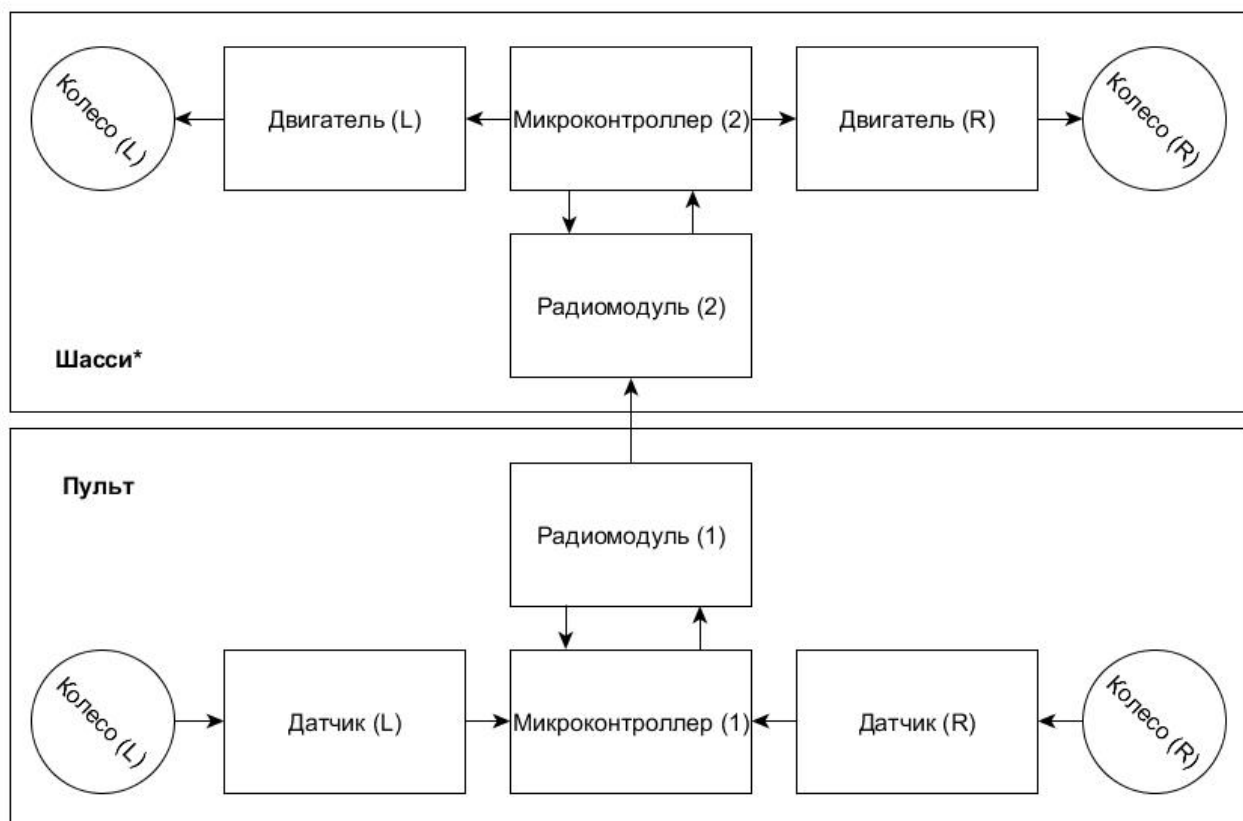


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления шасси.

*На структурной схеме (рис.1) условно показаны основные узлы, необходимые для работы устройства. Прочие элементы не показаны, т.к. могут быть различны.

Имеется система из двух двухколесных шасси: МКР и УИУ. При передвижении УИУ в горизонтальной плоскости, в движение приводится МКР. Таким образом, УИУ в данной системе играет роль пульта дистанционного управления.

На начальном этапе устройство УИУ состоит из двух датчиков-энкодеров (по одному на каждое колесо), микроконтроллера, передатчика и блока питания. МКР содержит приемник, микроконтроллер, двигатели и, также, блок питания. При изменении положения колес УИУ датчик, засекая обороты и преобразуя их в электронные импульсы, посылает данные на микроконтроллер, где вычисляется количество, скорость и направление вращения колес. Обмен данными между двумя шасси осуществляется по радиомодулям, установленным на МКР и УИУ. Получив информацию от УИУ, МКР преобразует ее в электрические сигналы, управляющие приводом.

Питание на УИУ непрерывно подается на микроконтроллер и датчики, на МКР – на микроконтроллер и двигатели. Напряжение питания на УИУ составляет 5V.

Информация о скорости, количестве оборотов и направлении вращения колес передается с УИУ на МКР через радиомодуль X-Вее, передающему ее с использованием протокола ZigBee. Это стандарт беспроводной передачи данных, ориентированный на экономию электроэнергии и большую защищенность канала при меньшей скорости.

*На структурной схеме (рис.1) условно показаны основные узлы, необходимые для работы устройства. Прочие элементы не показаны, т. к. могут быть различны.

Вращение колес распознают два инкрементных фотоимпульсных датчика-энкодера HEDS-5540. Принцип работы таких энкодеров — цифровой. Свет проходит от группы

светодиодов к группе фотодиодов через прозрачный диск с нанесенными метками, причем одинаковые метки равномерно распределены по всему радиусу диска. При вращении диска, механически связанного с приводным валом, каждое прохождение метки через светодиодную пару генерирует импульс. Эти импульсы в дальнейшем обрабатываются с помощью микроконтроллера.

Алгоритм работы системы управления шасси

Состояния комплекса УИУ – МКР описываются машиной состояний, представленной на рис.2.



Рисунок 2 – Машина состояний комплекса

1. После включения электропитания комплекс находится в режиме ожидания.
2. При ручном перемещении УИУ начинается непрерывный процесс адаптации и передачи информации о вращении колес УИУ на МКР.
3. По окончании перемещения УИУ комплекс УИУ – МКР переходит в режим ожидания.

На рис.3 представлен алгоритм работы УИУ.



Рисунок 3 – Алгоритм работы системы управления шасси

Программно алгоритм (рис.3) реализован в среде разработки Arduino. Язык программирования устройств Arduino основан на языке С. Он прост в освоении, и на данный момент применение среды разработки Arduino — это один из самых удобных способов программирования микроконтроллеров в условиях прототипирования электронного устройства.

Работа программы идет постоянно после включения устройства, а в моменты остановки УИУ устройство находится в режиме ожидания.

Операцию преобразования импульсов с датчиков (вычисления количества, скорости и направления оборотов колес робота-пульта) производит микроконтроллер ATmega32u4, встроенный в аппаратную платформу Arduino Leonardo.

УИУ выполняет роль передатчика информации о параметрах вращения (скорость, направление) своих же колес МКР. При этом включение модуля X-Bee и постоянная передача параметров происходит одновременно с началом движения УИУ. В течение работы программы происходит постоянная проверка наличия импульсов с датчиков, подтверждающих вращение колес, что дает возможность передачи их МКР. Программ

переходит в режим ожидания при остановке УИУ и, следовательно, при прекращении получения импульсов с датчика.

Устройство пульта в сборе

На рисунке 4 представлено разработанное УИУ системы управления колесным шасси МКР.

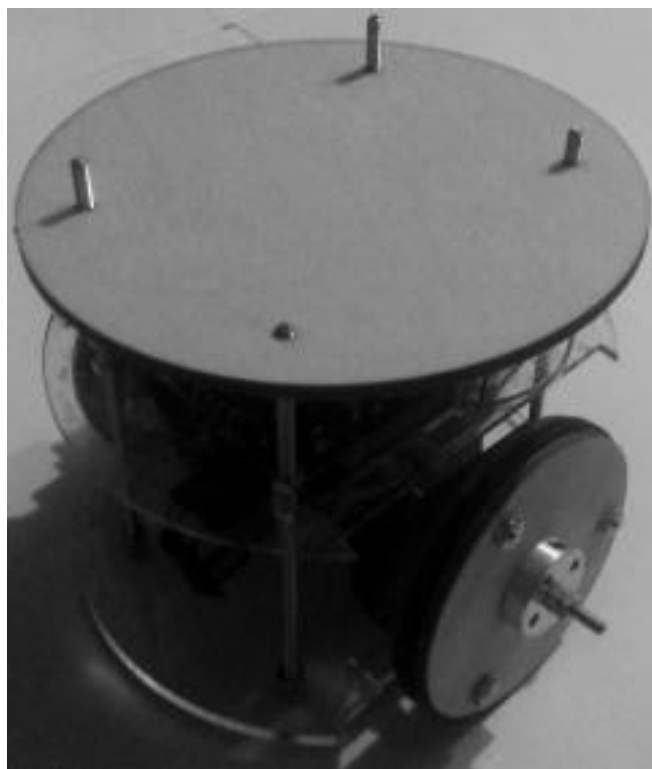


Рисунок 4 – УИУ в сборе

УИУ представляет собой двухколесное шасси, корпус которого представляет собой стеллаж с двумя ярусами из оргстекла с установленными на них устройствами, объединенных шинами.

На первом ярусе установлены датчики-энкодеры, на валы которых смонтированы сборные колеса диаметром 60 мм, и блок питания напряжением в 5V.

На втором ярусе расположена аппаратная платформа Arduino Leonardo с установленным на нее модулем X-Bee.

Калибровка системы при неизвестных диаметрах колес УИУ и данном проходимом ими расстоянием

При сборке УИУ возможно отличие диаметров правого и левого колес в силу ошибок сборки и отклонения размеров, вследствие объективных причин производственного процесса.

Пройденное расстояние, а следовательно, и количество импульсов, полученных от датчиков-энкодеров, зависит от диаметров установленных на них колес. Незаметное глазу несоответствие может повлиять на результат – движение МКР.

Допустим, УИУ перемещено в горизонтальной плоскости (без проскальзывания) на расстояние $s = 400 \text{ mm}$ (рис.5), а с каждого датчика получено $n = 135$ сигналов, причем за один полный оборот колеса датчик выдает $i = 64$ сигнала. Тогда колесом совершено

$$k = \frac{n}{i} = \frac{135}{64} \approx 2,1 \text{ оборота}$$

Расстояние, пройденное колесом

$$l = \pi dk$$

Тогда диаметр колеса составляет

$$d = \frac{l}{\pi k} = \frac{400}{3,14 * 2,1} \approx 60,63 \text{ mm}$$

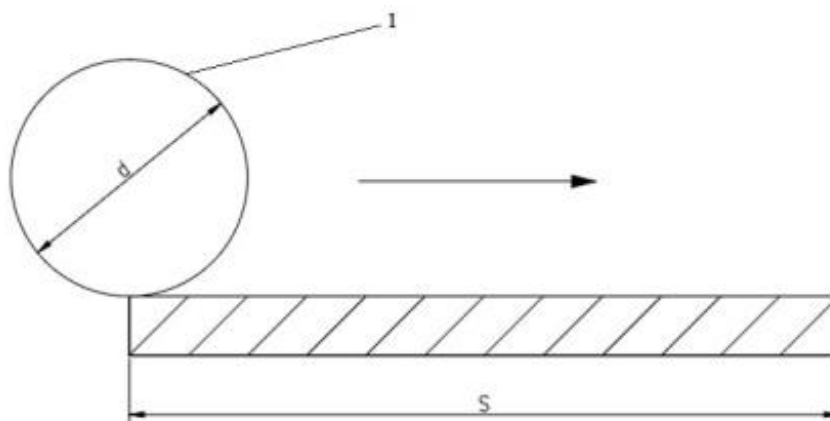


Рисунок 5 – схема калибровки (1 – колесо УИУ)

Таким образом, производится расчет наиболее эффективного диаметра колес, установленных на УИУ. Полученные данные сохраняются в постоянную память УИУ и хранятся до тех пор, пока не возникнет необходимость сменить колеса.

Актуальность проекта

Результат проделанной работы предполагается развивать до уровня, необходимого для решения задачи дистанционного управления роботом в условиях соревнований «Евробот. Junior». Стоит отметить, что предложенный способ управления роботом удобен при перемещении робота в ограниченном пространстве с множеством препятствий, где вероятность ошибки при управлении роботом должна сводиться к нулю, а скорость прохождения заданий должна быть максимальной. Такое «аналоговое» управление шасси заметно упростит навигацию робота в игровом поле.

Автор видит потенциал для применения описанного интерфейса устройства при построении маршрутов движения самоходных колесных роботов. Традиционная область, в которой есть спрос на подобное телеуправление – космос. Например, если имеется 3D-макет местности, где должен передвигаться робот, то, перемещая уменьшенную его копию по макету, можно наглядно сформировать наиболее рациональный маршрут движения самоходного робота.

Заключение

В результате проделанной работы была разработана, собрана и отлажена система дистанционного управления двухколесным шасси мобильного колесного робота; разработан алгоритм передачи параметров вращения колес с УИУ на МКР.

Полученный результат предполагает применение в условиях любительских робототехнических соревнований как техническое решение задачи дистанционного управления шасси робота для улучшения характеристик робота, принимающего участие в таких соревнованиях, как Eurobot.

Проведение экспериментов позволяет оценить качество системы, ее параметры, а также ставит ряд прикладных задач, которые можно решать с помощью разработанной системы, а именно: построение маршрута передвижения шасси колесного робота и его дальнейшая навигация на местности.

В данной работе была представлена упрощенная модель, иллюстрирующая наглядно идею проекта – разработку интерфейса имитирующего дистанционного управления. В конечном итоге в качестве подвижных элементов управления могут быть разного манипуляторы, колеса и т.д. В дальнейшем планируется совершенствование УИУ в сторону повышения точности фиксирования передвижения его узлов. Развитием комплекса УИУ – МКР является создание робота удаленного присутствия, способного повторять команды с высокой точностью. Такой робот сможет, к примеру, выполнять сложные повторяющиеся операции, выполняемые оператором, но которые не под силу промышленному роботу.

Литература

1. А.Е.Аверьянин, А.И.Власов, Л.В.Журавлева, Л.А.Зинченко, В.А.Соловьев ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА для оформления конструкторско-технологической документации при выполнении домашних заданий, курсовых работ и проектов / под ред. В.А.Шахнова. - М.:

2. Ванройе Н.К. Анализ механики поворота шасси мобильного колесного робота в целях организации его управления // Сборник научных трудов. 16-ая Молодежная научно-техническая конференция "Научно-технические технологии и интеллектуальные системы 2014". - Москва. 23-24 апреля 2014 г. – С. 301-310

3. Чистяков М.Г. Расчет траектории мобильного робота в частной задаче перемещения объектов // Сборник научных трудов. 13-ая Молодежная научно-техническая конференция "Научно-технические технологии и интеллектуальные системы 2011". - Москва. 27-28 апреля 2011 г.- С.310-313.

4. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino – 2012