

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ВСЕРОССИЙСКАЯ ГРУППА ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ ИЕЕЕ
АКАДЕМИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ООО «ОТКРЫТЫЕ РЕШЕНИЯ»
ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ» РОССИИ
ПРИВОЛЖСКИЙ ДОМ ЗНАНИЙ

*XXII Международная
научно-техническая конференция*

**ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ
В ОБРАЗОВАНИИ, УПРАВЛЕНИИ,
ЭКОНОМИКЕ И ТЕХНИКЕ**

Сборник статей

Декабрь 2022 г.

Пенза

УДК 004
ББК 32.81я43+74.263.2+65.050.2я43
П781

П781 **ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ В ОБРАЗОВАНИИ,
УПРАВЛЕНИИ, ЭКОНОМИКЕ И ТЕХНИКЕ :**
сборник статей XXII Международной научно-технической
конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2022. – 356 с.

ISBN 978-5-8356-1800-2
ISSN 2311-0406

Под редакцией *В.И. Горбаченко*, доктора технических наук,
профессора;
В.В. Дрождина, кандидата технических наук,
профессора

Информация об опубликованных статьях предоставлена в систему Рос-
сийского индекса научного цитирования (РИНЦ) по договору
№ 573-03/2014К от 18.03.2014.

ISBN 978-5-8356-1800-2
ISSN 2311-0406

© Пензенский государственный
университет, 2022
© АННМО «Приволжский Дом знаний», 2022

*XXII International
scientific and technical conference*

**PROBLEMS OF INFORMATICS
IN EDUCATION, MANAGEMENT,
ECONOMICS AND TECHNICS**

December, 2022

Penza

Петрова Любовь Анатольевна
Абрамова Татьяна Алфиевна
Пензенский государственный
университет,
г. Пенза, Россия

Petrova L.A.
Abramova T.A.
Penza State University,
Penza, Russia

УДК 621.397.6

РАЗРАБОТКА СФЕРИЧЕСКИХ РОБОТОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И РАЗВЕДКИ ПОМЕЩЕНИЙ

Е.В. Потапов, А.Л. Приоров

DEVELOPMENT OF SPHERICAL ROBOTS FOR INDOOR MONITORING AND EXPLORATION

E.V.Potapov, A.L.Priorov

Аннотация. Рассматривается задача разведки и мониторинга помещений ограниченных пространств. Целью работы является разработка системы прикладного телевидения на базе мобильных сферических устройств. В ходе исследования спроектированы и созданы два прототипа сферических мобильных устройств. Внутри прототипов установлена цифровая камера и микрокомпьютер.

Ключевые слова: система прикладного телевидения, сферические мобильные роботы, система технического зрения, мониторинг помещений, детектирование объектов.

Abstract. The problem of exploration and monitoring of confined spaces is considered. The aim of the work is to develop a computer vision system based on mobile spherical devices. During the research, two prototypes of spherical mobile devices were designed and created. A digital camera and a microcomputer are installed inside the prototypes.

Key words: computer vision system, spherical mobile robots, technical vision system, indoor monitoring, object detection.

Системы технического зрения (СТЗ) в настоящий момент имеют широкое применение в различных областях науки и техники. К сферам прикладного использования таких систем можно отнести системы видеоаналитики, слежения и видеомониторинга, охранные системы видеонаблюдения.

Разработка алгоритмов детектирования объектов на изображениях различных типов является одним из самых востребованных направлений технического зрения.

Ключевым компонентом СТЗ являются сенсоры (датчики) технического зрения [1]. Одним из наиболее распространенных сенсоров в ряде таких систем является цифровая камера. По своей сути робот с набором сенсоров и микрокомпьютером может считаться автономной подвижной системой технического зрения. Благодаря своим габаритам и маневренности мобильные роботы полезны в работе разведывательных служб, служб специального назначения, при спасательных операциях, а также в быту и на производстве, особенно в его опасных для здоровья человека отраслях.

Конструкция определенного робота зависит от конкретной задачи. Робот сферической формы [2] обладает несколькими важными преимуществами перед роботами других конструкций (колесные, гусеничные и др.): более низкая вероятность опрокидывания и застревания в углах помещений, возможность всенаправленного движения с нулевым радиусом разворота и поворота, удобство размещения компонентов внутри корпуса и его возможная герметичность. Кроме того, благодаря единой точке контакта с поверхностью робот сферической формы теряет меньше энергии при передвижении. К отрицательным сторонам роботов данной формы можно отнести трудности при движении по наклонным поверхностям, а также при преодолении высоких препятствий. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что робот сферической формы подходит для исследования помещений в труднодоступных и опасных для человека условиях.

В последнее время создано множество игровых сферических роботов: «Sphero 2.0» 2014, «Sphero SPRK+» 2016, «RobotSpheroBolt» 2018, «Spheromini» 2019. На выставке CES 2020, прошедшей в США в начале января 2020 года, компанией Samsung представлен сферический робот «Ballie» как элемент системы умного дома. Множество последних работ [3, 4] по сферическим роботам направлено на исследование и математическое описание самого процесса качения сферической оболочки, где робот, в основном, служит для проверки полученных уравнений динамики и кинематики, которые используются для планирования движения по ограниченной поверхности.

Целью работы является разработка системы прикладного телевидения на базе мобильных сферических устройств для решения задачи разведки и мониторинга помещений, в частности труднодоступных мест, а также для работы в условиях, опасных для человека.

Для исследования выбран механизм на основе двух вращающихся

полусфер и неподвижной центральной платформы, из которых состоит корпус сферического мобильного робота. Подобная конструкция наиболее удобна для размещения внутренних элементов, включая внешние датчики, а также она является простой в реализации.

В ходе исследования спроектированы и собраны два прототипа сферических роботов [5], один из которых имеет диаметр полусферы 156 мм (робот V1, рис. 1), а другой – 151 мм (робот V2, рис. 2). Прототипы состоят из двух прочных полусфер и центральной платформы, разработанных в программе Компас-3D и напечатанных на 3D-принтере из высокопрочного пластика.

Для уверенного движения по горизонтальной поверхности роботы оборудованы двумя биполярными электромоторами небольшого размера. Для управления двигателями используется драйвер L298N [6] (основан на схеме двойного H-моста). Установлено, что максимальная скорость движения роботов – 0,26 м/с. Программы управления двигателями и камерой написаны на языке программирования Python.

Робот V1 использует модуль камеры RaspberryPiCamv1 с 5-ти мегапиксельным сенсором Omnivision 5647, а робот V2–BananaPiCam с 5-ти мегапиксельным сенсором Omnivision 5640. Данные камеры позволяют получать и обрабатывать HD-видео с максимальной частотой 60 кадров/с, FULLHD-видео с максимальной частотой 30 кадров/с, а также статические изображения с разрешением до 2592×1944 пикселей.

Основным элементом управления движением, получения и обработки изображений и видео, а также передачи данных на удаленный терминал является одноплатный микрокомпьютер RaspberryPiZeroWv1.3 для робота V1 и BananaPim2 Zero для робота V2.

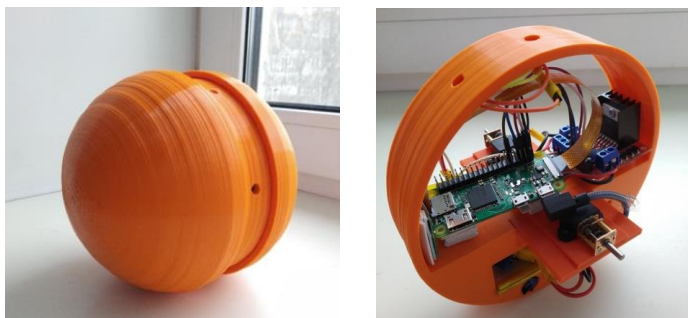


Рис. 1. Внешний и внутренний вид сферического робота V1



Рис. 2. Внешний и внутренний вид сферического робота V2

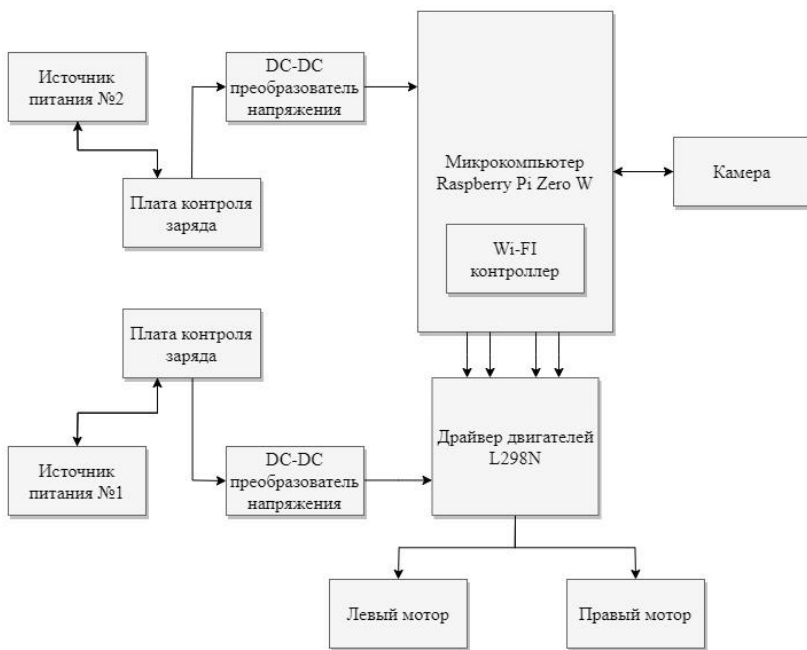


Рис. 3. Структурная схема внутреннего строения мобильного робота

Мобильный робот V2 имеет похожее строение, однако здесь вращающиеся полусферы не заходят сверху на центральную платформу, а прилегают сбоку. Это изменение уменьшает трение между вращающимися и неподвижными частями робота, что, в свою очередь, улучшает стабильность и качество получаемых с камеры изображений и видео, а также требует меньших затрат энергии электрических моторов на движение.

Данные платы имеют встроенные модули цифровой беспроводной связи Wi-Fi и Bluetooth для обеспечения связи на расстоянии, передачи данных телеметрии и удаленного управления. В представленных роботах используется технология Wi-Fi, так как она имеет более высокую дальность работы и значительно превосходящую Bluetooth 4.1 скорость передачи данных, что является критичным для передачи потокового видео. Подключение производится по защищенному протоколу SSH. За автономность сферических роботов отвечают два встроенных аккумулятора: один используется для питания микрокомпьютера и камеры, второй – для питания электрических моторов и их драйвера. Основные характеристики разработанных мобильных роботов обозначены в табл. 1. Внешний вид разработанных прототипов представлен на рис. 4. По нему можно провести сравнение по внешним параметрам обоих прототипов.

Таблица 1

Сравнительные характеристики мобильных роботов

Параметр/Модель	Робот V1	Робот V2
Диаметр, мм	156	151
Вес колеса, г	150	63
Вес центральной платформы с компонентами, г	337	308
Вес микрокомпьютера (вместе с радиаторами и картой памяти), г	14	15
Габариты микрокомпьютера, ДхШхВ, мм	67,6 x 30 x 5	65 x 30 x 5
Общий вес, г	637	434
Максимальная скорость движения, м/с	0,26	0,26
Емкость аккумуляторов, мА/ч	2300 и 900	2000 и 900



Рис. 4. Внешний вид обоих разработанных прототипов

На текущий момент в разработке находится робот V3, на борту которого будет находиться одноплатный микрокомпьютер последнего поколения RaspberryPi 4 с 4 гигабайтами оперативной памяти. Данная плата вместе

с картой памяти и радиаторами весит 51 г (при габаритах 85,6×56,5×17,5 мм). Кроме того, для нее требуется наличие активного охлаждающего элемента (кулера). Его вес порядка 10 г. Геометрические размеры текущих прототипов позволяют поместить данную плату внутри корпуса мобильного робота, несмотря на ее относительно большие габаритные размеры, однако для большей стабильности необходимо снизить центр тяжести всей системы.

Таким образом, в ходе исследования спроектировано и создано два прототипа сферических мобильных устройств, которые могут передвигаться по ровной поверхности со скоростью до 0,26 м/с. На их базе будут реализованы, протестированы и в дальнейшем доработаны различные алгоритмы детектирования объектов. Сферические роботы будут применены для решения задач мониторинга и разведки помещений.

Библиографический список

1. Муратов Е.Р., Юкин С.А., Ефимов А.И., Никифоров М.Б. Сенсоры технического зрения. М.: Горячая линия – Телеком, 2018.
2. Борисов А.В., Павловский Д.В., Трещев Д.В. Мобильные роботы: робот колесо и робот шар. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013.
3. Ипатов А.А. Обзор сферических роботов // Сборник трудов 21-й международной конференции DSPA-2019. М., 2019. С. 483-487.
4. QuanL.Z., ChenC., LiY.J., QiaoY.J., XiD.J., ZhangT.Y., etal. Design and test of stem diameter inspection spherical robot // Int. JournalAgric.andBiol.Eng., vol. China, 2019. 12(2), pp. 141-151.
5. Потапов Е.В., Ипатов А.А., Романов А.А., Приоров А.Л. Разработка интеллектуальной системы технического зрения на основе мобильного сферического устройства // Техническое зрение в системах управления: тез. докл. науч.-практ. конф. – М., 2020.
6. Обзор драйвера мотора на L298N. URL: <https://robotchip.ru/obzor-drayvera-motora-na-l298n/> 20.11.2019.

Потапов Евгений Владимирович
Приоров Андрей Леонидович
Ярославский государственный
университет
им. П.Г. Демидова,
Ярославль, Россия

Potapov E.V.
Priorov A.L.
Yaroslavl State University
them. P.G. Demidov,
Yaroslavl, Russia