

## НАВИГАЦИЯ АВТОНОМНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ МАРКЕРОВ

З. Ю. Золотарев, А. И. Парамонов

*Резюме.* В данной работе рассматривается подход к навигации автономного робота. В работе предлагается подход для решения задачи навигации мобильного робота и поиска местонахождения заданного объекта (маркера) роботом без управления человеком. Суть подхода заключается в автоматизации процессов поиска объекта в пределах видимости с помощью видеокамеры и измерения расстояния до него с помощью радиолокационного устройства. Предложен аппаратный комплекс робота на базе платформы Arduino и мощного вычислительного сервера, соединенных по беспроводной сети. Программная система, обслуживающая робота реализует методы обработки разнородных данных и принятия решения на их основе с целью генерации поведения робота. Разработанный прототип может быть использован для построения систем автономных грузоперевозок без участия человека в труднодоступные места.

*Ключевые слова:* робот, видеопоток, ультразвук, идентификация, навигация.

*Введение.* Область применения робототехнических комплексов сегодня затрагивает задачи исследования космоса, спасательных и научно-исследовательских работ, автоматизации производственных процессов, бытовой сферы и другие. Одним из важных вопросов при создании автономного робота является его ориентация в пространстве. Навигационная система – это совокупность приборов, алгоритмов и программного обеспечения, позволяющих произвести ориентирование объекта в пространстве. Системы навигации бывают нескольких видов: спутниковая навигация, радионавигация, инерциальная навигация, GPS/инерциальная навигация и другие. Навигация робота в ходе нахождения местонахождения объектов в пространстве требуется при решении целого ряда задач, которые в общем виде можно сформулировать как задачу принятия решения агентом в динамической среде. Для представления (позиционирования) объекта в пространстве задаются система координат и маркировка этого пространства. Целью работы было создание прототипа поискового робота, который на основе идентификации управляющих маркеров прокладывает маршрут к заданной цели. Данная задача включает в себя решения ряда отдельных проблем в области информационных технологий и искусственного интеллекта: организация архитектуры распределенной системы, обработка данных (в том числе видеоизображений), идентификация образов и др. Каждая из указанных проблем не новая и уже имеет ряд решений. В работе предлагается подход на основе комплексного применения существующих технологий и методов для реализации системы принятия решений при навигации автономного робота.

### *Аппаратный комплекс автономного робота.*

В качестве экспериментальной платформы для аппаратного решения мобильного робота предлагается использовать колесную базу под управлением платы Arduino. Структура разработанной системы представлена на рисунке 1.



Рис. 1 Аппаратная схема технического комплекса

Как видно из рисунка, маршрутизатор, камера и сервер организованы в одну локальную сеть. IP-камера соединена с роутером по UTP-кабелю, сервер к маршрутизатору подключен по беспроводному соединению. Связь между IP-камерой и сервером является двусторонней, и основана на наборе команд, передаваемых по HTTP-протоколу. Экспериментальный образец аппаратной платформы реализован с применением следующих компонент:

- Плата Arduino UNO;
- Плата Sensor Shield;
- Плата Motor Shield Keyles L298;
- IP-камера EasyN;
- Ультразвуковой дальномер модели HC-SR04;
- Маршрутизатор TP-LINK TL-MR3020;
- Вычислительный сервер (ПК).

*Arduino*[1] — это платформа быстрой разработки электронных устройств для новичков и профессионалов. Платформа пользуется огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду. Устройство программируется через USB без использования программаторов. Устройства на базе Arduino могут получать информацию об окружающей среде посредством различных датчиков, а также могут управлять различными исполнительными устройствами, некоторые из них используются в данной работе. Микроконтроллер на плате программируется при помощи языка Arduino, во многом похожего на C/C++, и среды разработки Arduino.

В данной работе для сборки системы использовалась плата Arduino UNO (см. рис 2). Ее микроконтроллер построен на чипе ATmega328. Для настройки работы платы необходимо подключить ее к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера или батареи [2].

*Плата Motor Shield Keyles L298.* Представляет собой микросхему для управления электромоторами (см. рис 3). Микросхема обладает возможностью управления, как направлением движения моторов, так и их скоростью. В комплекте с данной платой используются моторы.



иметь wi-fi модуль для возможности беспроводного соединения с платой Arduino (с аппаратной платформой комплекса).

В собранном виде прототип аппаратной платформы имеет вид представленный на рисунке 7.



Рис. 7 Робот на базе Arduino

#### **Реализация алгоритма навигации робота.**

Для навигации робота по заданному поведению к заданной цели (определенному местоположению маркера в пространстве) необходимо реализовать программную автономную систему управления (АСУ) роботом. Обобщенный алгоритм работы АСУ приведен на рисунке 8. Робот прямолинейно двигается и сканирует пространство с помощью камеры в поиске маркера. Когда камера «захватывает» маркер, происходит измерение расстояния. На основе типа распознанного маркера и расстояния измеренного с помощью ультразвукового дальномера, основываясь на выводах из списка правил ЕСЛИ ТО, принимается решение о дальнейших действиях робота[3].

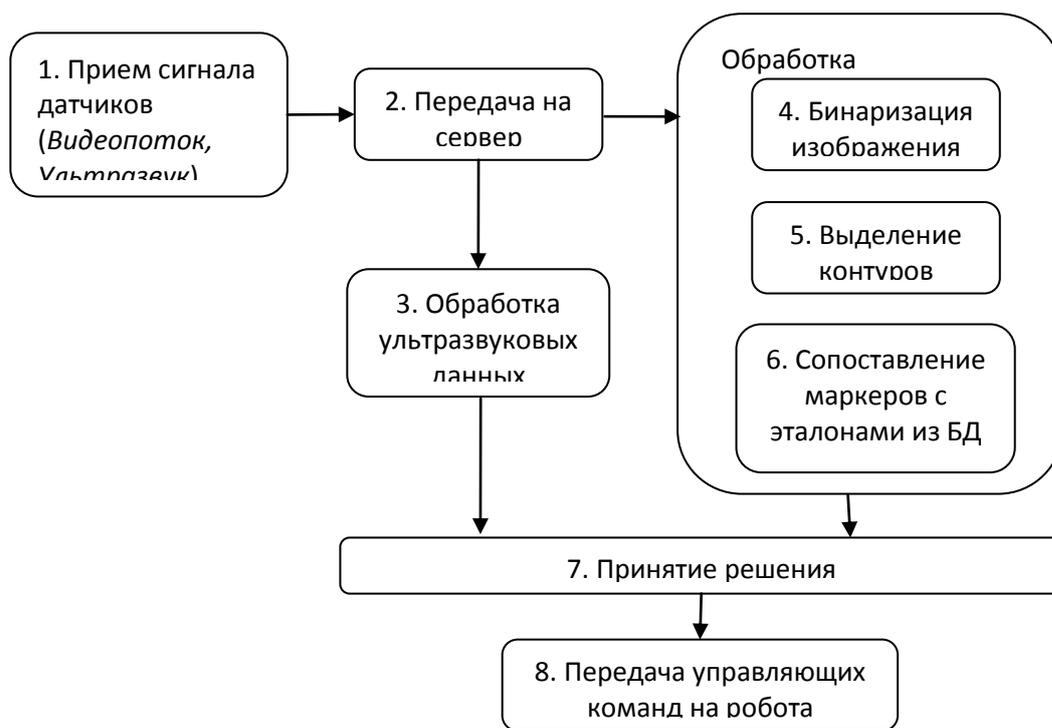


Рис. 8 Блок-схема алгоритма поведения робота.

При выполнении этапа 1 (см. рис.7) происходит опрос и последующий прием данных с внешних датчиков (видеокамера и ультразвуковой дальномер).

Ультразвуковой дальномер подключен к плате Arduino. Соединение двустороннее. С arduino поступает сигнал на измерение расстояния, возвращается численное значение в дюймах. Подаем сигнал, длительностью 10мкс, что запускает генератор, создающий последовательность коротких импульсов на передатчике (8 шт.). Далее, приемник получает отраженный сигнал и генерируется прямоугольный сигнал, длина которого пропорциональна времени между излучением импульсов и детектированием их приемником. Данные с камеры – это видеопоток, который представляет собой покадрово сжатие в формате JPEG изображения.

На втором этапе выполняется связь между роботом и вычислительным центром. Arduino соединен с точкой доступа и передает данные через COM порт. Камера подключена по lan к роутеру. Таким образом, находясь в одной подсети с роутером, мы можем получать данные, как с камеры, так и с ультразвукового дальномера. Для обращения к Arduino через эмулированный COM порт необходимо, чтобы обязательно были запущены 2 соединения SSH.

Для определения расстояния до маркера используются данные полученные с ультразвукового дальномера. Реальное время, за которое звук дойдет до приемника достаточно мало, поэтому чтобы по нему определить расстояние можно воспользоваться формулой [2]:

$$s=vt/2 \quad (1.1)$$

где  $s$  — расстояние,  $v$  — скорость звука,  $t$  — время получения сигнала на приемнике.

*Обработка изображения.* Из алгоритма обработки изображения можно выделить три ключевых этапа:

Бинаризация изображения. Первым этапом выполняется операция получения кадра с видеокамеры, и полученное изображение переводится к градациям серого.

После фильтрации уменьшается зернистость изображения, вызванная малыми разрешениями, с которыми может работать IP-камера. Следом за фильтрацией изображения производится обнаружение на нем границ с помощью алгоритма выделения границ Кенни.

Распознавания контура. После выделения границ на изображении будет получен набор замкнутых и разомкнутых контуров. Все замкнутые контуры могут являться эталонами, поэтому следующим этапом обработки является формирование списка всех замкнутых контуров на изображении [4-5].

Идентификации маркера. Если список контуров не пуст, то для каждого контура из списка выполняется как последовательность операций:

- Измеряется площадь контура. Если площадь контура меньше определенного порогового значения, то рассмотрение данного контура прекращается, и алгоритм распознавания переходит к следующему контуру в списке;
- Контур сравнивается с контурами, эталонных объектов. Сравнение производится по следующему алгоритму: Для идентифицируемого контура и для каждого контура-эталона вычисляются их инвариантные моменты. Затем для контура на изображении проводится сравнение инвариантных моментов с инвариантными моментами контуров, полученных из изображений-шаблонов[6].

Принятие решения. В качестве базы знаний в системе принятия решений используется модель продукционных правил (ЕСЛИ-ТО). В случае если эталон на изображении был найден и расстояние успешно определено, то на основе этих данных в наборе правил для эталона ищется соответствующая ему команда, которая впоследствии отправляется колесной базе на выполнение. Набор правил содержит список сопоставлений значений типа контура, расстояния и командам, которые будут выполняться роботом. В таблице 1 приведено соответствие некоторых правил командам.

Таблица 1

Соответствие эталонов выполняемым командам

Контур	Расстояние	Команда
Круг	Далеко	«вперед» и «снизить скорость»
Квадрат	Близко	«стоп» и «поворот на 90 направо»
Круг	Близко	«стоп» и «поворот на 90 налево»
Крест	Близко	«парковаться»

Состав маркеров и их количество можно изменять для настройки выполнения роботом необходимых команд и обеспечения необходимого функционала робота.

На последнем этапе алгоритма поведения робота система должна передать управляющие команды на аппаратную платформу. Для этого управляющая команда отправляется роботу в виде целочисленных кодов, посредством канала беспроводной связи с использованием роутера на роботе.

При разработке программы для управления роботом использовалась среда разработки Arduino – *Arduino IDE*. Общий вид окна среды представлен на рисунке 8 и состоит из встроенного текстового редактора программного кода, области сообщений, окна вывода текста(консоли), панели инструментов с кнопками часто используемых команд и нескольких меню.

Для загрузки программ и связи среда разработки подключается к аппаратной части Arduino по СОМ-порту.

**Выводы.** В работе предложен подход к навигации автономного робота на основе идентификации управляющих маркеров. Основные результаты работы можно сформулировать следующим образом:

•Виконано аналіз існуючих підходів до рішення задачі навігації і визначення місцеположення за маркером і існуючих рішень в прикладній робототехніці. Це дозволило вибрати підхід до рішення задачі, який дав найкращі результати при вирішенні задачі, поставленої в роботі.

•Реалізовано метод розпізнавання деякого набору знаків в відеопотоці на основі таких алгоритмів комп'ютерного зору, як медіанна фільтрація, виділення границь Кенні, алгоритм інваріантних моментів.

•Зібрано апаратний комплекс автономного робота з використанням можливостей платформи Arduino.

Предложеное рішення може бути використано в наукових дослідницьких роботах, при побудові систем надання допомоги людям з обмеженими можливостями, при дослідженні промислових об'єктів, які знаходяться в аварійному стані без загрози життю і здоров'ю людини.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Среда разработки Arduino [Электронный ресурс], URL: [http://arduino.ru/Arduino\\_environment](http://arduino.ru/Arduino_environment) (дата обращения: 11.06.2013)
2. Л. Бергман, Ультразвук и его применение в науке и технике. Перевод с немецкого. Издание 2, издательство Иностранной литературы, 1957 726 с.
3. Юревич Е.И. Основы робототехники. – 2-е изд. перераб. и доп. – СПб.: БХВ–Петербург, 2005. – 416 с.
4. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. : Пер. с англ. – М : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с. : ил. – Парал. тит. англ.
5. Шапиро Л. Компьютерное зрение; Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с., 8 с. ил. : ил.
6. OpenCV шаг за шагом. Сравнение контуров через суммарные характеристики – моменты [Электронный ресурс], URL: <http://robocraft.ru/blog/computervision/867.html> (дата обращения: 01.06.2013)
7. Официальный сайт проекта Arduino [Электронный ресурс], URL: <http://www.arduino.cc/> (дата обращения: 01.06.2013)

УДК: 577.152.321+663.11

### ЛІГНОЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ ДЕЯКИХ ШТАМІВ ДЕРЕВОРУЙНІВНИХ ГРИБІВ ЗА КУЛЬТИВУВАННЯ НА СЕРЕДОВИЩАХ З РІЗНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ВУГЛЕЦЮ

*А. Ю. Кваско, К. Г. Древаль*

*Резюме.* У даному дослідженні вивчена лігнолітична активність деяких штамів базидіальних грибів за культивування на середовищі із лігносульфонатом або фільтрувальним папером як єдиним джерелом вуглецю. Встановлено, що загальна лігнолітична активність при культивуванні на середовищі із фільтрувальним папером більша у штаму *M.gig M. giganteus*, а лакказна активність більша у штамів *R-4 P. rotaceus*, *K-5* та *A-Дон-02 I. lacteus* щодо субстрату сирінгалдазину. За культивування на середовищі з лігносульфонатом найвища загальна лігнолітична активність у штаму *M.gig M. giganteus*, а найвищий показник лакказної активності зафіксовано у штамів *S.hirs S. hirsutum*, *T.bif T. biforme* та *M.gig M. giganteus* щодо субстрату гваяколу.

*Ключові слова:* базидіоміцети, лігнін, середовище культивування, лігнолітичні ферменти.

#### Вступ

На сьогоднішній час постійно зростає кількість рослинних відходів, частина яких потрапляє у ґрунт, де починається інтенсивний процес їх розпаду. Такий розпад залежить від різноманітних екологічних умов, тому розуміння цих явищ з метою прискорення даних метаболічних процесів надзвичайно важливе. Щороку у світі