

УДК 05.02.05

**Амиргалиев Е.Н.***д.т.н., профессор, Университет имени Сулеймана Демиреля, Казахстан, Каскелен*  
**Измаганов Б.***Институт информационных и вычислительных технологий, Казахстан, Алматы***ПОСТРОЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С МАШИНЫМ ЗРЕНИЕМ**

**Аннотация.** В статье показана программно-аппаратная реализация робототехнической системы с использованием технологии машинного зрения, а также эффективный метод управления роботом для слежения за помещениями и объектами в системах компьютерного зрения и видеонаблюдения. Видеокамера закреплена на гусеничном шасси, которое управляется с помощью микроконтроллера на базе платформы Arduino. Основная цель работы: создание мобильной платформы, с возможностью дистанционного управления и передачей видеопотока оператору в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** робототехника, мобильный робот, видеокамера, платформа Arduino, одноплатный компьютер, видеонаблюдение, сервопривод, микроконтроллер, программное обеспечение, система компьютерного зрения (СКЗ), наблюдение за объектом.

**Введение**

В рамках научно – исследовательского проекта «Машинное зрение для робототехнических систем» было принято решение разработать автономную управляемую мобильную платформу, реализующую идею «Умный дом». Эта идея подразумевает создание мобильной платформы повышенной проходимости, оснащенной камерой, микрофоном и модулем беспроводной связи WiFi, а также сочетает в себе технологии дистанционного управления, передачи мультимедиа потока (видео, аудио) на компьютер клиента через глобальный интернет. Иными словами, пользователь, где бы он не находился, будет иметь возможность подключиться к роботу, который расположен в его доме (офисе, складе), использовать его машинное зрение для получения информации, а также перемещать робота в пространстве.

**Постановка задачи.** Для достижения цели были разработано программное обеспечение с использованием современных микроконтроллеров и технологий передачи потока мультимедиа. Реализация такой системы является сложным и трудоемким процессом, выполнение которого на современном уровне невозможно без использования комплекса специализированных программных и аппаратных средств, помогающих разработчику на различных этапах проектирования, программирования и отладки. Отсутствие необходимого опыта у начинающих разработчиков также препятствует быстрому созданию рабочего прототипа. Хотелось бы отметить, что команде разработчиков данного проекта удалось создать реальную робототехническую систему, готовую к серийному производству.

**Аппаратная часть.**

За основу электронной составляющей проекта было решено использовать широко распространенные платы ARDUINO (Рисунок 1) и одноплатный компьютер Raspberry PI.

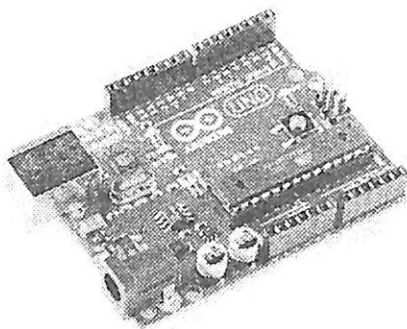


Рисунок 1 – Микроконтроллер Arduino Uno

Arduino Uno - это устройство на основе микроконтроллера ATmega328. В его состав входит все необходимое для удобной работы с микроконтроллером: 14 цифровых входов/выходов (из них 6 могут использоваться в качестве ШИМ-выходов), 6 аналоговых входов, кварцевый резонатор на 16 МГц, разъем USB, разъем питания, разъем для внутрисхемного программирования (ICSP) и кнопка сброса. Для начала работы с устройством достаточно просто подать питание от AC/DC-адаптера или батарейки, либо подключить его к компьютеру посредством USB-кабеля.

В отличие от всех предыдущих плат этого производителя, Arduino Uno в качестве преобразователя интерфейсов USB-UART использует микроконтроллер ATmega16U2 (ATmega8U2 до версии R2) вместо микросхемы FTDI.

На плате Arduino Uno версии R2 для упрощения процесса обновления прошивки добавлен резистор, подтягивающий к земле линию HWB микроконтроллера 8U2. Тактовая частота 16 МГц.

Основная цель использования платформы Arduino это возможность подключения широкого спектра дополнительных плат расширения, что делает его как можно проще для использования, и дает большое преимущество конечному пользователю по модернизации конечного продукта.

Также, мы использовали Motor Shield (Рисунок 2) для управления двигателями робота.

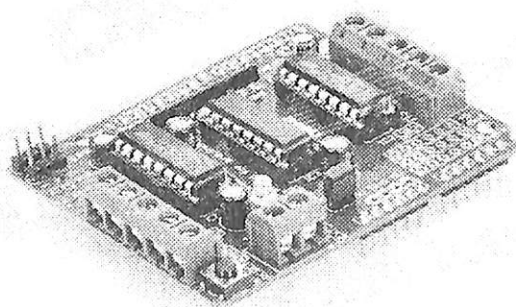


Рисунок 2 – Motor Shield для управления двигателями робота

На первом этапе разработки проекта были применены такие платы как Xbee shield. wi-fi shield (Рисунок 3) для реализации беспроводного управления и передачи данных через интернет.

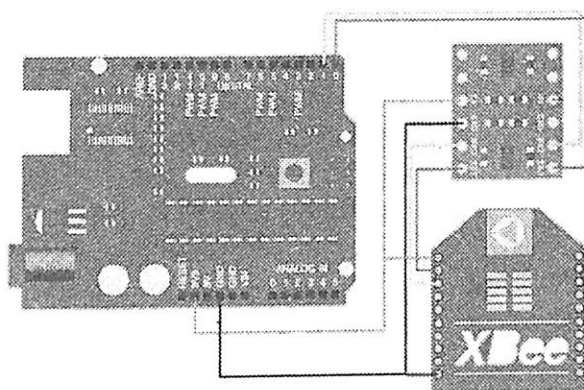


Рисунок 3 – Схема подключения модуля Xbee к Arduino Uno

В качестве мобильной платформы было выбрано гусеничное шасси, так как испытания показали, что платформа на основе гусеничного хода имеет большую способность прохождения препятствий и тем самым увеличивается область применения робота.

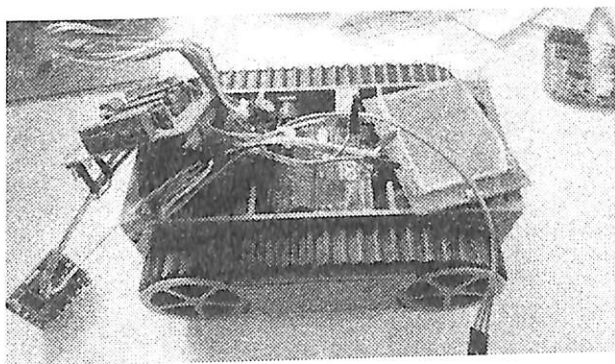


Рисунок 4 – Гусеничное шасси робота «мобильный сторож-охранник»

На рисунке 4 показан предварительный вид робота с подключенными датчиками движения и монитором для тестирования работы узлов системы.

Для передачи видео была смонтирована миниатюрная камера с широким углом зрения и качественной оптикой (Рисунок 5). Также, камера обладает разъемами для легкого подключения к нашей плате Arduino. Камера обладает высокой чувствительностью. Это позволяет даже под столом без дополнительной подсветки видеть, что происходит.

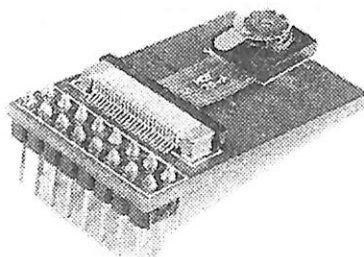


Рисунок 5 – Видеосенсор

В процессе сборки и программирования робота мы столкнулись со следующими сложностями. Для получения потокового видео нужен был промежуточный медиа сервер и канал с пропускной способностью не менее 512кб, но микроконтроллер Arduino не имел возможности передачи потокового видео, а также пропускная способность платы xBee давала всего 96кб тем самым очень замедляя видеопоток. Было принято решение использовать более мощный одноплатный компьютер для организации связи робота с серверной частью и передачи мультимедийного потока. Им стал, как мы уже упомянули Raspberry PI, способный выдавать на выходе несколько мегабайт пакетных данных. Решено было использовать плату на основе базы операционной системы Linux Raspberry Pi 2 B+ (Рисунок 6).

Характеристики: Процессор: 700MHz ARM11; Память: 512MB SDRAM; OpenGL ES 2.0; Видео: 1080p30; Аудио: H.264 high-profile decode; Композитный и HDMI Видеовыход USB 2.0; Слот для карты памяти SD/MMC/SDIO.

Системы ввода-вывода общего назначения (порт GPIO, пригодный для управления внешними устройствами).

Дополнительный встроенный USB-концентратор (2 порта).

Ethernet адаптер 10/100 Мбит (необходим для работы с интернетом).

Open software: ОС Raspbian (Debian, скомпилированный под архитектуру ARM), веб-браузер Midori, предустановленный интерпретатор Python.

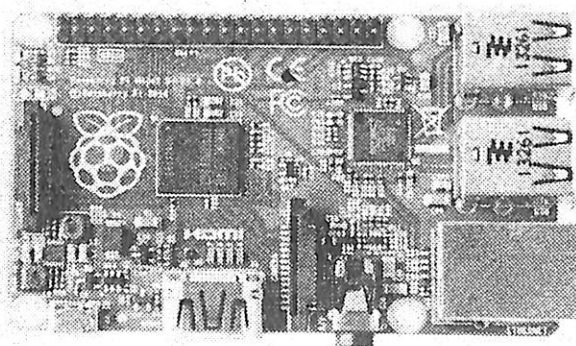


Рисунок 6 – Одноплатный компьютер Raspberry PI

Программное обеспечение для работы Raspberry PI было написано на языке четвертого поколения Python. Для быстроты работы всей системы микрокомпьютер был оснащен флеш картой класса 10, что позволило без задержек работать с софтом.

После установки более мощного wi-fi адаптера TP-Link (Рисунок 7) 725n с пропускной способностью до 100Мб/сек, нам пришлось перекомпилировать ядро операционной системы Linux, так как стандартные драйвера не могли определить нужный нам модуль.



Рисунок 7 – Миниатюрный WiFi модуль TP-Link 725n

После сборки на базе шасси всех необходимых компонентов (Рисунок 8), были подключены платы Arduino, модуль камеры и передачи данных к необходимым контактам платы Raspberry. В качестве бортового питания робота используются два аккумулятора по 2А/ч. Отдельно для плат шасси и основной платы Raspberry, так как передача питания через платы Raspberry была не стабильной. Используя два источника, мы обезопасили себя и нормализовали подачу питания.

После сборки шасси было написано программное обеспечение, передающее на сервер потоковое видео в формате 720рх.

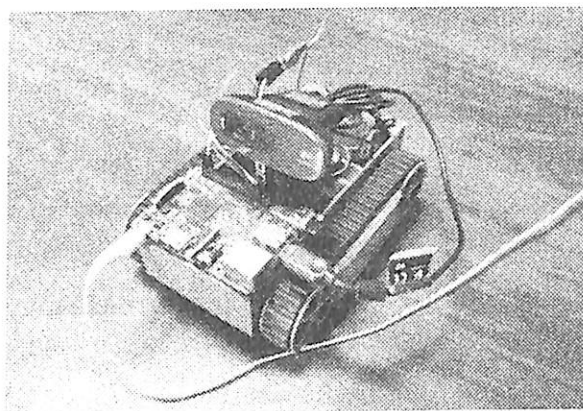


Рисунок 8 – Общий вид робота после монтажа основных элементов

Далее, была написана клиентская часть управления роботом и получения мультимедийного потока. Была реализована трехзвенная архитектура: объект управления – сервер – клиент. Пользователь подключается через web-интерфейс (браузер) из любой точки планеты к носту-серверу, который в свою очередь осуществляет передачу управляющих сигналов к роботу, а данных к пользователю. На рисунке 9 показана клиентская часть управления роботом в режиме онлайн. При реализации данной архитектуры были использованы следующие языки программирования и оболочки: Python, PHP, MySQL, JQuery, Bootstrap framework, Linux shell.

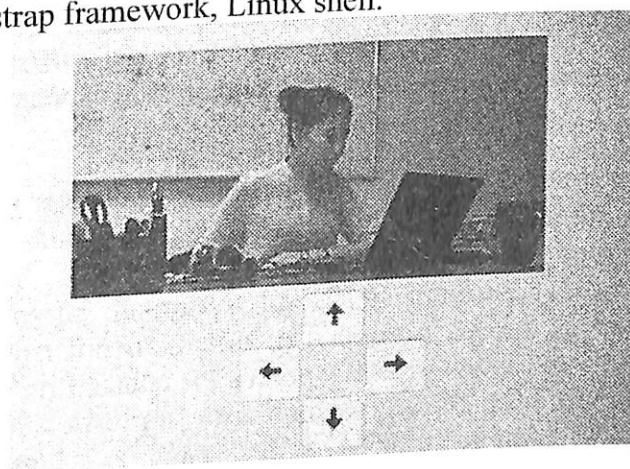


Рисунок 9 – Интерфейс пользователя для управления роботом и получения видео

Пользователь запускает браузер на компьютере, заходит на внешний хост-сервер, набирает свой пароль и получает доступ к видео и аудио потоку, который передается с робота, а также может управлять роботом в горизонтальной плоскости, управляя

стрелками на форме. Робот, находясь, допустим, в офисе пользователя перемещается по помещению и передает данные в реальном времени.

На рисунке 10 приведена структурная схема подключения модулей робота:

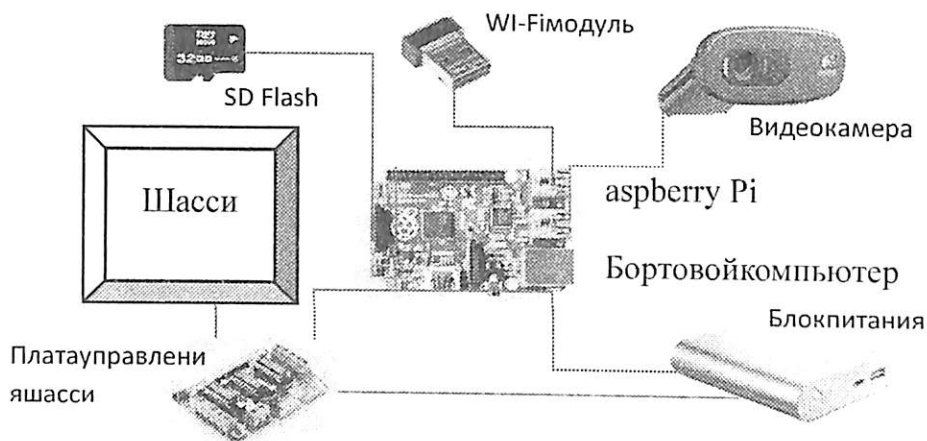


Рисунок 10 – Схема подключения модулей робота

На рисунке 11 показана схема управления и передачи данных мобильным комплексом.

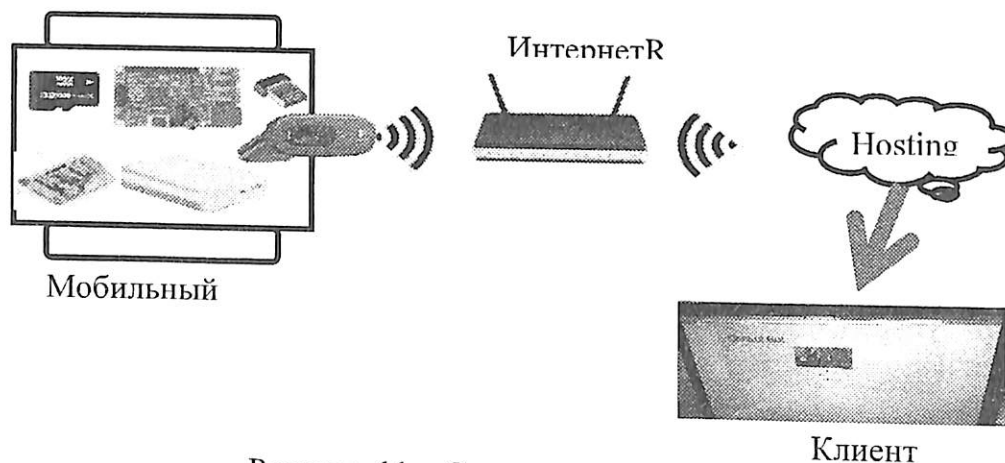


Рисунок 11 – Схема управления и передачи данных

### Заключение

Итак, в ходе выполнения проекта был спроектирован и построен мобильный робот, оснащенный видеокамерой, способный обрабатывать команды управления и передавать потоковые аудио и видео данные в любую точку планеты.

После более чем 4 месяцев работы, командой разработчиков был приобретен огромный опыт в области программирования микроконтроллеров различного назначения и одноплатных компьютеров семейства Raspberry Pi, навыки по разработке схем и плат для различных цепей, знания по работе с различными портами и интерфейсами (USART, SPI, I2C, COM). Уже на данном этапе открываются большие перспективы внедрения робототехники в повседневную жизнь и ставятся всё новые вопросы, требующие неординарных технических решений.

В результате всё это говорит о состоятельности методов построения робототехнических систем и практических навыков создания программного обеспечения, полученных при исследовании и изучении новых технологий в короткие сроки, что

наталкивает на мысли о дальнейших перспективах инженерного дела и его положении в бурно развивающемся IT рынке Казахстана. Для полного успеха проекта и запуска робота в серию для потребителей, необходимо выявить объемы и потребности рынка, для того, чтобы составить достойную конкуренцию зарубежным разработчикам электроники.

#### Список использованной литературы:

- 1 Alireza Bab–Hadiashar, David Suter. Robust Optic Flow Computation. - International Journal of Computer Vision 29(1), 59–77 p. 1998.
- 2 Adafruit 16-Channel Servo Driver with Arduino. <http://learn.adafruit.com/16-channel-pwm-servo-driver>.
- 3 Piperidis S., Doitsidis L., Anastasopoulos C., Tsourveloudis N.C. A low cost modular robot vehicle design for research and education // Control & Automation, Mediterranean Conference.– 2007. – P. 1–6.
- 4 Shah S., Aggarwal J.K. Mobile robot navigation and scene modeling using stereo fish-eye lens system // Machine Vision and Applications. – 1997, № 10 (4). – P. 159–173.
- 5 Arduino. Электронный ресурс. URL: <http://www.arduino.cc/>.

**Әмірғалиев Е.Н.**

*т.ғ.д., профессор, Сулейман Демирель атындағы университет, Қазақстан, Қаскелен*  
**Измаганов Б.**

*Ақпараттық және есептеуіш технология институты, Қазақстан, Алматы*

#### **МАШИНАЛЫҚ КӨРУІ БАР РОБОТОТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ҚҰРУ**

**Андатпа:** Мақалада машиналық көру технологиясы қолданылатын роботты-техникалық жүйелердің бағдарламалық аппаратты іске асырылуы қарастырылған, сонымен қатар компьютерлік көру және бейнебақылау жүйелерінде нысандар мен бөлмелерді бақылау мақсатында роботтарды оңтайлы басқару әдісі ұсынылады. Arduino платформасы негізіндегі микробақылаушы арқылы басқарылатын бейнекамера шынжырлы рамаға бекітіледі. Жұмыстың негізгі мақсаты - нақты уақыт режимінде операторға ақпаратты жеткізетін қашықтан басқарылымды ұтымды платформа құрастыру.

**Түйін сөздер:** роботты техника, ұтқырлы робот, бейнекамера, Arduino платформасы, бір платалы компьютер, бейнебақылау, сервожетігі, микробақылаушы, бағдарламалық қамтамасыз ету, компьютерлік көру жүйесі (RMS), объектіні бақылау.

**Amirgaliev E.N.**

*professor, Suleyman Demirel University, Kazakhstan, Kaskelen*

**Izmaganov B.**

*Institute of Information and computing technologies, Kazakhstan, Almaty*

#### **BUILDING SYSTEMS OF ROBOTIC MACHINE VISION**

**Annotation:** The article describes the hardware and software implementation of robotic systems using machine vision technology, as well as an effective method of controlling the robot to track facilities and systems of computer vision and video surveillance. The camera is fixed on the crawler, which is controlled by a microcontroller-based platform Arduino. The main purpose of the work: *sozdaniemobilnoy platform, with the possibility of Remote Control and transmission of the video stream to the operator in real time.*

**Key words:** robotics, mobile robot, the camera platform Arduino, odnoplatty computer, video surveillance, servo microcontroller, software, computer vision system (RMS), the observation of the object.