

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК \_\_\_\_\_

Архипенко  
Станислав Александрович

Разработка алгоритма управления манипулятора человекоподобного робота

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-40 80 02 «Системный анализ, управление и обработка  
информации»

Научный руководитель

Шилин Леонид Юрьевич

Доктор технических наук, профессор

Минск 2016

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день разработка робототехнических устройств является одной из самых перспективных областей инженерии. Преимущество применения робототехнических изделий в производстве и промышленности очевидна. Использование подобных технологий исключает вероятность возникновения ошибки, связанной с человеческим фактором. С экономической точки зрения во многих случаях целесообразно использовать автоматические устройства вместо ручного труда.

Одним из вариантов существующих робототехнических изделий является робот, основанный на физических характеристиках человека, т. н. Человекоподобный робот. Человекоподобный робот — автоматическое устройство, сделанное по подобию человека.

Преимущество использования человекоподобного робота перед специализированными роботами:

- быстрая адаптация с условиям эксплуатации
- возможность использования существующих приспособлений труда
- возможность использования существующих алгоритмов работы

При разработке человекоподобного робота одной из самых сложных задач является проектирование манипулятора и разработка алгоритма управления им. К манипулятору предъявляются повышенные требования связанные со скоростью и точностью позиционирования. Алгоритм, управляющий манипулятором, помимо прочего, должен отвечать производственным стандартам надежности, поскольку от данного параметра напрямую зависит срок службы и рентабельность всего устройства в целом. При разработке алгоритма управления должны учитываться факторы физической среды, в которой данный манипулятор будет использоваться.

Разработка алгоритма управления манипулятора человекоподобного робота включает в себя не только разработку программного обеспечения, но так же и аппаратных составляющих, поскольку данный алгоритм, не смотря на универсальность, должен применяться на строго определенном оборудовании. Вся конструкция, включая: программное обеспечение, регуляторы, электронику, физические принципы передачи нагрузки, исполняющие механизмы, ребра жесткости — являются неотъемлемыми частями алгоритма управления манипулятора человекоподобного робота.

В данной работе рассмотрены и описаны все стадии разработки алгоритма манипулятора с точки зрения разработки программно-аппаратной промышленной системы- начиная от исследования текущего состояния науки и техники в данном направлении и заканчивая проектированием, разработкой, изготовлением и тестированием конечного продукта.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Целью данной работы является разработка алгоритма управления манипулятора человекоподобного робота. Во время выполнения работы решались задачи, связанные с исследованиями в области робототехнических изделий, разработки обобщенной структурно-логической схемы, исследованием существующих программно-аппаратных решений, подбор необходимых компонентов и модулей системы, разработка программного обеспечения, отвечающего за передачу, агрегацию и хранение данных; разработка быстродействующих, надежных аппаратных компонентов, проведение имитационного тестирования модели.

Разрабатываемый алгоритм управления манипулятором человекоподобного робота имеет ряд областей применения как отдельная, не связанная система, однако на всех стадиях разработки были приняты меры для дальнейшей интеграции полученного продукта с более сложными программно-аппаратными роботизированными комплексами.

На текущий момент данная область является не полностью исследованной, как с точки зрения программной, так и аппаратной части. Существует ряд нерешенных проблем, связанных с человеко-машинным интерфейсом. В данной работе автор разрабатывает максимально гибкий, модульный алгоритм, частью которого является облегченная коммуникация типа «человек-машина».

Во время исследований в данной области автор неоднократно публиковал работы, связанные общей тематикой, и охватывающей различные области данной проблематики. За последние полтора года автором были представлены следующие работы:

- Программное обеспечение частного облака в высшем учебном заведении  
В данной работе автор рассматривал использование вычислительных мощностей университета, для построения внутренней инфраструктуру. Одной из частей данного исследования является использование программного средства Hadoop для выполнения ресурсоёмких вычислений, связанных с робототехникой, в частном облаке университета.
- Применение микроконтроллера PIC16F628A для высокоточного управления манипулятором человекоподобного робота  
В данной работе автор исследовал возможные программно-аппаратные решения для модуля алгоритма управления манипулятором, который отвечает за прием информации из шины передачи данных и формирование ШИМ сигнала.
- Управление манипулятором человекоподобного робота

В данной работе автор рассматривал общую концепцию разработки алгоритма управления манипулятора человекоподобного робота и исследовал возможные источники управляющего сигнала.

Помимо публикации работ в научном журнале, автор так же участвовал в интернет форумах разработчиков низкоуровневых драйверов операционной системы Linux, оставив свой вклад в разработку исходного кода древовидного описания устройств для микроконтроллеров Microchip, в частности mcp2515 для платформ на базе микропроцессорной архитектуры ARM и в частности для промышленного микрокомпьютера Cubieboard. Автор стал первым, кто подробно задокументировал процесс построения DTS и подключение mcp2515 к промышленному микрокомпьютеру Cubieboard.

В результате проведенного исследования автор разработал надежный, быстрый, отказоустойчивый алгоритм управления манипулятором человекоподобного робота. Во время работы были использованы самые современные технологии, применен новый подход для организации человеко-машинного интерфейса. На заключительной стадии исследования был изготовлен полностью рабочий прототип, используя самые современные методы быстрого прототипирования. Тестирование прототипа производилось в лабораторных условиях на производственно-технической базе компании EPAM Systems и показало хорошие результаты сходимости с расчетными значениями. Изготовленный прототип успешно прошел четыре из пяти стандартных испытаний.

Разработанная аппаратная платформа полностью соответствует международному стандарту ISO 13482:2014.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В первой главе были представлены основные понятия и определения, рассмотрены существующие решения робототехнических изделий. Основываясь на исследованиях, проведенных в первой главе были сделаны выводы, что на текущий момент основные области применения человекоподобных роботов: образование и исследованием, уход за людьми, военное применение. Исходя из данных, представленных в первой главе так же можно сделать следующий вывод: Работа над человекоподобными роботами ведется последние 10 лет по всему миру и поддерживается как университетами, так и крупными компаниями.

Во второй главе были определены этапы разработки, основные технические требования и стандарты, которым должен соответствовать разрабатываемый продукт.

В третьей главе рассмотрен общий алгоритм работы системы, указаны ключевые характеристики управляемой системы. Показано, что для достижения оптимального результата необходимо придерживаться принципа модульности при разработке алгоритма. Представлена общая схема функционирования программно-аппаратного комплекса. Графически представлен алгоритм работы.

В четвертой главе рассмотрено аппаратное обеспечение. Были выбраны аппаратные компоненты и разработан способ взаимодействия между ними. В качестве бортового компьютера применяется промышленный микрокомпьютер Cubieboard. Для подключения шины используется микроконтроллер mcp2515. В качестве внутренней шины передачи данных была выбрана шина CAN. Для получения сигнала управления из шины CAN используется mcp2551, а для формирования ШИМ сигнала используется mcp25050. Программно аппаратный комплекс включает в себя пульт управления, который представляет собой обычный компьютер, подключенный по шине Ethernet к бортовому компьютеру. Для получения информации от пользователя используется Leap Motion, который с помощью инфракрасных датчиков распознает положение руки и пальцев человека и формирует соответствующий цифровой сигнал.

В пятой главе рассмотрено программное обеспечение. Разработана платформа по управлению физических устройств через шину CAN по средствам панели управления, разработанной на языке C++. Программный комплекс соединит панель управления и бортовой компьютер по средствам шины Ethernet используя tcp/ip в качестве транспортного уровня. Произведен выбор операционных систем, указана необходимая начальная настройка и разработано изменение к исходному коду древовидного описания устройств для подключения шины CAN к бортовому компьютеру.

В шестой главе описано изготовление прототипа, а в седьмой главе- его тестирование.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы было проведено исследование существующих решений и мировых практик, обозначены основные понятия и определения. Был разработан алгоритм работы системы. В соответствии с разработанным алгоритмом были выбраны оптимальные протоколы и решения.

Был произведен обоснованный выбор аппаратного обеспечения: бортового компьютера, шин передачи данных, исполняющих устройств, устройств ввода.

Во время работы, в соответствии с техническим заданием, был произведен выбор операционных систем пульта управления и бортового компьютера, программных компонентов и протоколов. Был разработан протокол формирования и передачи системных данных с высокой скоростью и помехоустойчивостью.

Во время работы использовались самые современные методы, технологии, программные и аппаратные модули. Работа велась в соответствии с лучшими практиками, а полученное устройство соответствует международному стандарту ISO 13482:2014.

Разработка велась в соответствии с современной методологией Agile. Результаты работы хорошо документированы. Во время разработки исходные коды сохранялись в системе контроля версий git.

В результате работы был разработан быстрый, точный и надежный алгоритм управления манипулятором человекоподобного робота, а также полностью функционирующий прототип устройства. Каждый модуль устройства прошел виртуальное и физическое тестирование на соответствие указанным спецификациям.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Архипенко, С.А. Применение микроконтроллера pic16f628a для высокоточного управления манипулятором человекоподобного робота / С.А. Архипенко // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов по направлению: Информационные технологии и управление: материалы конф. (Минск, 13-17 апреля 2015 года) / редкол.: Л.Ю. Шилин [и др.] - Минск: БГУИР, 2015 — 96с.

2. Архипенко, С.А. Программное обеспечение частного облака в высшем учебном заведении / С.А. Архипенко // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов по направлению: Информационные технологии и управление: материалы конф. (Минск, 13-17 апреля 2015 года) / редкол.: Л.Ю. Шилин [и др.] - Минск: БГУИР, 2015 — 96с.

3. Архипенко, С.А. Управление манипулятором человекоподобного робота / С.А. Архипенко // Информационные технологии и системы 2015 (ИТС 2015): материалы международной научной конференции (БГУИР, Минск, Беларусь, 28 октября 2015) = Information Technologies and Systems 2015 (ITS 2015): Proceeding of the International Conference (BSUIR, Minsk, Belarus, 28th October 2015). редкол.: Л.Ю. Шилин [и др.]. - Минск: БГУИР, 2015. - 324 с.

4. Архипенко, С.А. Умный дом на основе промышленной системы мониторинга Zabbix / С.А. Архипенко // Информационные технологии и системы 2015 (ИТС 2015): материалы международной научной конференции (БГУИР, Минск, Беларусь, 28 октября 2015) = Information Technologies and Systems 2015 (ITS 2015): Proceeding of the International Conference (BSUIR, Minsk, Belarus, 28th October 2015). редкол.: Л.Ю. Шилин [и др.]. - Минск: БГУИР, 2015. - 324 с