

М. Г. АРУТЮНЯН

**МОДЕЛЬ АНТРОПОМОРФНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ
КИСТИ ДЛЯ КОММУНИКАТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

*МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ,
ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Г. МОСКВА*

Аннотация: Развитие робототехники позволяет решать различные социальные проблемы. Целью данной работы является создание робототехнической модели руки с возможностью демонстрации дактиля. Описан полный процесс сборки модели, а также аппаратные и программные модули системы.

Ключевые слова: Дактильная азбука, антропоморфный, жестовый язык, робототехника.

ТЕРМИНЫ

Дактиль (русская дактильная азбука) — вспомогательная система русского жестового языка, в которой каждому жесту одной руки соответствует буква русского языка

Антропоморфный - человекообразный, уподобленный человеку

Человеко-компьютерное взаимодействие — полидисциплинарное научное направление, существующее и развивающееся в целях совершенствования методов разработки, оценки и внедрения интерактивных компьютерных систем, предназначенных для использования человеком, а также в целях исследования различных аспектов этого использования

Жестомимический интерфейс — интерфейс взаимодействия посредством жестов и мимики.

ВВЕДЕНИЕ

Робототехника играет важную роль в новой промышленной революции. Роботизация производства и внедрение аддитивных технологий набирают большую популярность. Данные процессы дополняют друг друга, так как внедрение 3D-печати существенно снижает затраты и объем работ. Робототехника становится двигателем любой индустрии, поскольку она способствует как НИОКР, так и производству изделий точной механики, электротехники, электроники, оптики, композитных материалов и т. д. [1].

Развитие робототехники уже сегодня позволяет решать различные социальные проблемы, такие как уход за престарелыми людьми, снижение человеческих потерь в военных конфликтах и на транспорте. Также большое распространение робототехника получила в медицине. Существуют разные категории роботов, используемые в медицине: роботы-ассистенты, различные хирургические системы, роботизированные протезы, но самыми распространёнными являются роботы-манекены, имитирующие человека. Такие роботы отличаются особенностями конструкций и функциональными характеристиками. Одной из самых сложных по строению компонентой антропоморфных роботов являются руки. Антропоморфные роботизированные руки часто используются как отдельные робототехнические комплексы. Спектр применения данного типа роботов широк. Они востребованы как

в космонавтике, так и в медицине и военной сфере. Кроме того, робототехнические руки востребованы в сфере развлечения, а также и в решение социальных проблем. Например, в решении вопроса обучения жестовому языку слышащих и образования глухих и слабослышащих людей. Данные роботизированные решения могут применяться в качестве внешних интерфейсов электронных словарей жестового языка [2–4].

Издавна существует проблема обучения глухих и слабослышащих людей, а также их общения со слышащими. Только единицы владеют жестовым языком. Сложность задачи подтверждается малым наличием учебников по жестовому языку: [5–8]. Проблемой коммуникации людей слабослышащих и без нарушений занимаются переводчики жестового языка, которые помогают глухим и людям без знаний ЖЯ и наоборот понимать друг друга. Актуальной проблемой на сегодняшний день является также и острая нехватка переводчиков жестового языка. Об этом свидетельствуют публикации в научной литературе [9; 10].

В мире сегодня насчитывается около 360 миллионов слабослышащих и глухих людей, из них 13 миллионов проживают в России. Главные проблемы для глухих людей — значительное отличие русского жестового языка от русского языка [11], сложности адаптации в социуме [12], сложности в формировании коммуникативной компетенции [13], и нехватка переводчиков жестового языка. Профессию переводчика жестового языка признали полноценной профессией только лишь в 1992 г., и согласно ходатайству Центрального правления Всероссийского общества глухих (ВОГ) она была занесена министерством труда РФ в тарифно-квалификационный справочник. Согласно сведениям ВОГ, в Российской Федерации функционирует только 1100 переводчиков жестового языка, в то время равно как необходимо подготовить не меньше 7600 экспертов. Для того чтобы гарантировать страну таким числом переводчиков, понадобится никак не один год, заверяют специалисты. Такая проблема нехватки переводчиков жестового языка связана со многими факторами, в том числе с отсутствием специализированных учебных заведений, где обучают РЖЯ. Например, на Дальнем Востоке нет подобных учреждений, получить специальность переводчика жестового языка можно в Новосибирске или Санкт-Петербурге. Учитывая всеобщую популяризацию информационных технологий и робототехники, решением проблем такого типа является разработка двустороннего жесто-мимического интерфейса, при помощи которого будет стёрта грань между глухими и слышащими, позволяя им общаться без преград [14].

РАЗРАБОТКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РУКИ АНТРОПОМОРФНОГО АВАТАРА

В Московском политехническом университете существует проектное направление по разработке «Жесто-мимического интерфейса “SurdoJet”», осуществляемое при поддержке Центрального научно-исследовательского института русского жестового языка.

Для углубления в предметную область для магистров Московского политехнического университета был прочитан адаптированный для инженеров курс русского жестового языка [15]. Отработка мелкой моторики кистей осуществлялась по специальной методике [16].

АНАЛИЗ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

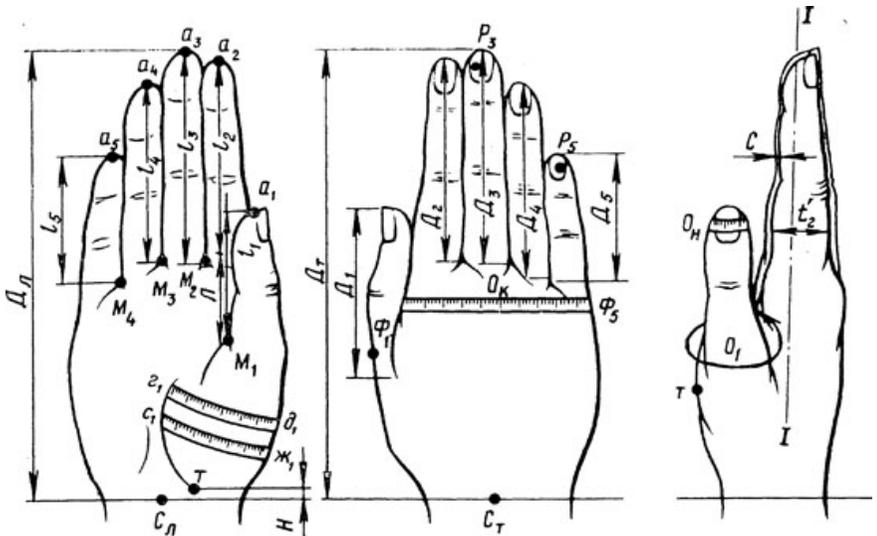


Рис. 16. Пример программы обмера кисти

Для создания робототехнической модели руки был выбран прототип для доработки: проект «InMoov». InMoov является роботом-гуманоидом с открытым исходным кодом, построенный из 3D печатных пластиковых компонентов тела, и контролируется микроконтроллером Arduino. Проект очень популярен по всему миру и дорабатывается с большим темпом.

Начальным этапом разработки модели стало изучение руки и кисти с точки зрения анатомии и биомеханики. Были выявлены особенности построения кисти, составлена программа обмера. Путём измерения данных параметров у группы студентов были собраны аналитические данные о средних показателях кисти.

Далее были изучены особенности движений пальцев и кисти во время общения на русском жестовом языке. Были сформированы требования для создания деталей и полного макета робототехнической руки.

ДЕТАЛИ КИСТИ

Модель состоит из двух основных компонентов: кисть и предплечье. Кисть включает детали для 5 пальцев и ладони. Пальцы состоят из трёх фаланг, соответствуя реальному строению пальца. Каждая фаланга получается при склеивании двух деталей. Пальцы соответствуют усредненным антропометрическим данным, полученным при исследовании кисти человека. Пальцы соединены с ладонью при помощи деталей, обеспечивающих возможность поворота влево-вправо, тем самым увеличивая степень свободы пальца.

Ладонь робототехнической модели состоит из 4 основных деталей и 3 деталей крепления. 2 детали играют роль пястных костей для мизинца и безымянного пальца. Данные детали способствуют более точному позиционированию.

ДЕТАЛИ ЗАПЯСТЬЯ И ПРЕДПЛЕЧЬЯ

Разработанная сборка запястья носит функцию поворота влево-вправо. Внутри корпуса помещён сервопривод, который и обеспечивает возможность поворота на 45° по нужному вектору. Предплечье играет роль контейнера для сервоприводов. Здесь расположено ядро механизма движения. Сами сервоприводы расположены на разной высоте в специальной детали для уменьшения занимаемого места и обеспечения устойчивой работоспособности.

ПЕЧАТЬ ДЕТАЛЕЙ

Печать частей производилась на 3d принтерах Picaso 3D Designer и Ultimaker 2. PICASO 3D Designer снабжён закрытой камерой, что гарантирует термостабилизацию печати, в следствии чего объекты, изготовленные из ABS пластика, никак не деформируются в период печати. PICASO 3D Designer — это 1-ый принтер, который может печатать объекты из ABS пластмассы в целый размер камеры (200x200x210 миллиметров) с высокой точностью. Благодаря применению высокоточных ШВП (шарики-винтовая пара) корректность позиционирования по оси Z составляет 1.25 мкм, а для осей X и Y — 11 мкм. Возможно автономное

применение аппарата. Для этого PICASO 3D Designer оборудован наружной панелью управления и экраном. Кроме того, в панели управления существует микроразъём для карточек microSD.

Для сокращения количества деталей и экономии пластика, несколько деталей необходимо было объединять в единые модели. Например, количество деталей для кисти сократилось с 54 до 40. В качестве материала использовался ABS-пластик. Модели из ABS сохраняют прочность при нагреве до 90°C. Данный вид пластика применяется при создании концептуальных и презентационные моделей [17, 20].

ПОДГОТОВКА ДЕТАЛЕЙ К СБОРКЕ

Перед началом сборки необходимо было очистить детали наждаком, ножом и кусачками. Острые края, отверстия для вставки других деталей стачивались наждаком; издержки печати, лишний пластик удалялся кусачками и сглаживался. Необходимые дырки для протягивания лески и соединения различных деталей высверливались самостоятельно. Для этого использовались свёрла диаметрами 2 мм и 3 мм, в зависимости от размеров самой детали. Также во всех деталях ладони были проделаны условные верхние и нижнее отверстия для лески.

СБОРКА И ПРОТЯГИВАНИЕ ВЕРЁВКИ

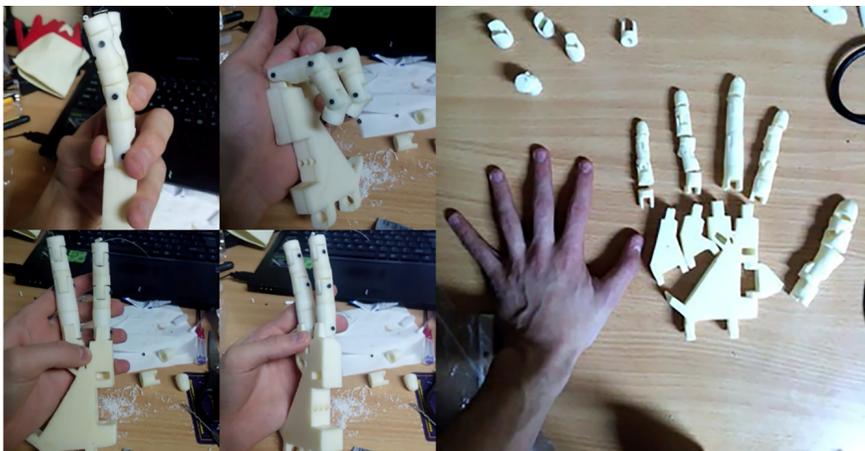


Рис. 17. Процесс сборки робототехнической модели

Сборка макета началась со сборки пальцев руки. По необходимости, детали подвергались дополнительной обработке: дополнительно зачищались, смазывались места стыковки подвижных частей, и т. п. Перед присоединением пальцев к самой ладони, через них необходимо провести леску. Рекомендуемый диаметр лески не

должен быть меньше 0.17мм. Протягивание лески начинается с кончиков пальцев. Леска проходит через палец по его верхним отверстиям, далее через верхнюю часть ладони до запястья, там через специальные отверстия и до предплечья, где будут находиться сервоприводы. Далее леска меняет вектор движения, её необходимо провести в обратную сторону через нижние отверстия до кончика пальца, где их закрепляют. Данный шаг повторяется для всех пальцев. После того, как леска проведена, начинается крепление отдельных частей модели. Крепление в основном осуществляется с помощью клея для пластика и специальных заклёпок или болтов. В конце необходимо очистить остатки клея и прочие неровности [18].

АППАРАТНАЯ И ПРОГРАММНАЯ ЧАСТИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Для проекта потребовались: контроллеры Arduino Mega, макетная плата, провода-джамперы (папа-папа), провода-джамперы (папа-мама), сервоприводы FT5519M(4шт), сервоприводы Tower Pro 9g SG90 (20 шт), 2 x 16-канальный 12-битный ШИМ Серво контроллер PCA9685, батарейный отсек(5 AA), аккумуляторы NiMH AA(5шт), модуль Bluetooth BLE 4.0 HM-10.

После ознакомления с драйвером сервоприводов PCA9685, с помощью Arduino и PCA9685 каждый сервопривод подключался к драйверу и «вручную» калибровался: путём экспериментов подбирался корректный диапазон длин импульсов для крайних положений вала. Далее была собрана схема с одновременным подключением нескольких сервоприводов и протестирована её работоспособность.

СБОРКА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ

На каждый сервопривод крепились пластиковые качельки, в крайние положения качелек вкручивались по одному винту. На винты крепились и фиксировалась леска так, чтобы при вращении сервопривода в одну сторону (по часовой стрелке), леска натягивалась в одну сторону, при вращении в другую сторону (против часовой стрелки), леска натягивалась соответственно - в другую. Далее сервоприводы крепились в заранее обозначенных местах, в предплечье руки, при этом леска натягивалась таким образом, чтобы крайние положения вала сервопривода соответствовали крайним положениям пальца (согнут или прямой). Далее сервоприводы подключались по той же схеме, как и в предыдущем пункте. Сервоприводы подключались к драйверу PCA9685, драйвер в свою очередь подключался к контроллеру Arduino с помощью четырёх проводов-джамперов.

Также на драйвер подавалось дополнительное питание с батарейного отсека с 5 аккумуляторами NiMH типа AA.

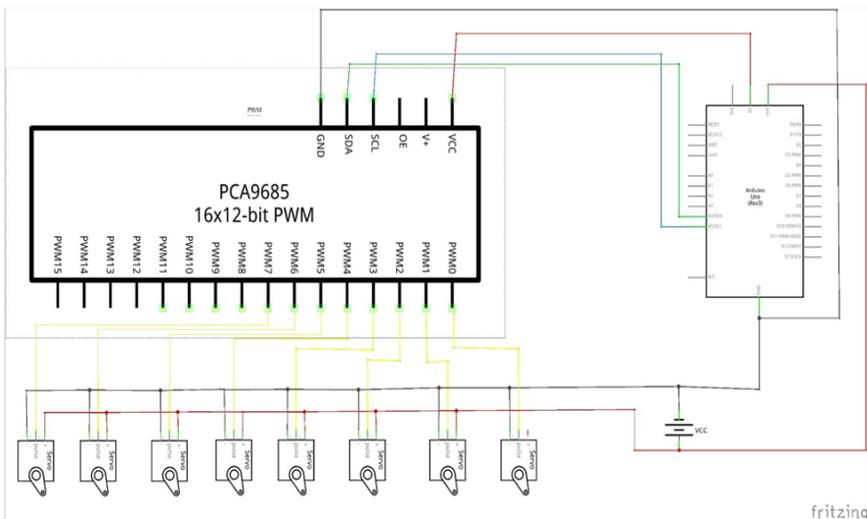


Рис. 18. Схема подключения

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ

Была разработана программа (скетч) в среде Arduino IDE для управления положениями пяти сервоприводов (пять пальцев руки). Программа состоит из двух основных функций: `setup()` и `loop()`. В функции `setup()` задается скорость передачи данных по последовательному порту в бит/с (в нашем случае 9600 бит/с) и частота PWM сигнала для управления драйвером сервоприводов. Функция `loop()` выполняется непрерывно(циклично).

Данная функция получает команды от пользователя, поступающие с последовательного порта, и, в зависимости от полученной команды, выполняет определённый жест. Для этого по каждому каналу передается ШИМ сигнал для изменения положения вала сервопривода и задается время исполнения. Номер канала драйвера обозначает номер подключённого сервопривода [19].

АЛГОРИТМ ПРОГРАММЫ

Дистанционное соединение к Ардуино происходит с помощью Bluetooth. Подключаемое устройство проходит авторизацию. После чего программа переходит в режим ожидания команд для управления механизмом движения. Существуют 2 вида команд для демонстрации: дактиль и амплитудные жесты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задача создания систем человеко-компьютерного взаимодействия имеет огромную популярность на сегодняшний день. В результате выполнения проекта, был создан действующий макет роботизированной руки. Данный макет позволил сформировать основное направление дальнейших разработок, состоящее в создании комплекса программного обеспечения поддержки жестового коммуникативного взаимодействия, а также требования к программам управления мелкой моторикой роботизированной руки в процессе исполнения жестов.

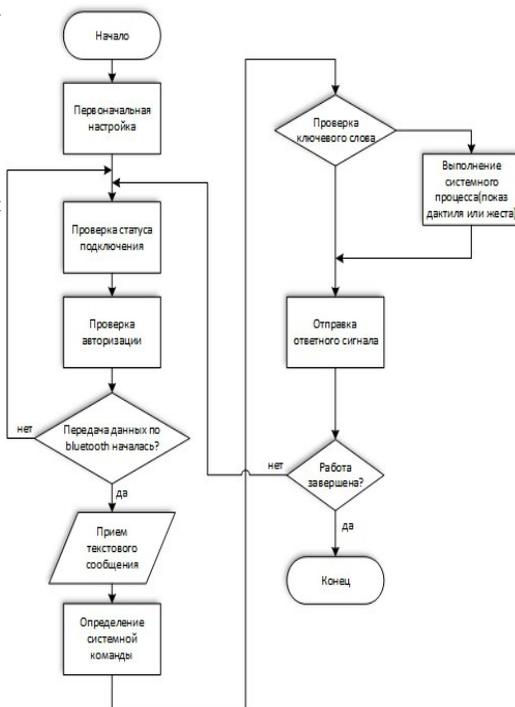


Рис. 19. Алгоритм программы



Рис. 20. Результат работы

ЛИТЕРАТУРА

1. К чему приведет развитие робототехники в ближайшие 10 лет —21.11.2014 // Новости МГТУ [Электронный ресурс]. —Режим доступа: <http://www.mstu.edu.ru/press/news/21-11-2014/robots.shtml>.
2. Харламенков А.Е. Создание «Электронной справочно-аналитической системы “Русско-жестовый толковый словарь”» Монография / А.Е. Харламенков // Научные труды Института Непрерывного Профессионального Образования. № 7. Монографические исследования / ред. Под научн. редакцией проф. П. С. Гуревича и проф. С. В. Чернова. С. 97-186. —Москва: Издательство Института Непрерывного Профессионального Образования, 2016. —С. 89.
3. Харламенков А.Е. Аналитический обзор электронных on-line словарей жестовых языков: монография / А.Е. Харламенков. —Москва: РУСАЙНС, 2017. —218 с.
4. Харламенков А.Е. Электронная справочно-аналитическая система «Русско-жестовый толковый словарь» / А.Е. Харламенков // Научные труды Института непрерывного профессионального образования. —2014. —Вып. № 3. —С. 24-43.
5. Харламенков А.Е. Русский жестовый язык. Начала: [Учебное пособие]: Русский жестовый язык. Начала / А.Е. Харламенков. —Москва: Издательство «ОнтоПринт», . —164 с.
6. Харламенков А.Е. Русский жестовый язык. Начала. Рабочая тетрадь: [Учебное пособие]: Русский жестовый язык. Начала / А.Е. Харламенков. — Москва: Издательство «ОнтоПринт», . —56 с.
7. Харламенков А.Е. Русский жестовый язык. Начала. Жестово-русский словарь: [Учебное пособие]: Русский жестовый язык. Начала / А.Е. Харламенков. — Москва: Издательство «ОнтоПринт», . —556 с.
8. Харламенков А.Е. Короткие слова: предлоги, частицы, союзы. Справочник переводчика русского жестового языка: [Справочное издание]: Русский жестовый язык. Начала / А.Е. Харламенков. —Москва: Издательство «ОнтоПринт», . —154 с.
9. Харламенков А.Е. Итоги научной работы Института Непрерывного Профессионального Образования за 2010 - 2015 годы / А.Е. Харламенков // Научные труды Института непрерывного профессионального образования. — 2015. —Вып. № 6 (6). —С. 413-422.
10. Харламенков А.Е. Итоги издательской деятельности Института Непрерывного Профессионального Образования за 2010 - 2015 годы / А.Е. Харламенков // Научные труды Института непрерывного профессионального образования. — 2015. —Вып. № 6 (6). —С. 423-439.

11. Харламенков А.Е. Язык и менталитет: влияние жестового языка на менталитет глухих / А.Е. Харламенков // Научные труды Института непрерывного профессионального образования. —2014. —Вып. № 5. —С. 191-218.
12. Харламенков А.Е. Адаптация глухих и реакция социума / А.Е. Харламенков // Научные труды Института непрерывного профессионального образования. —2014. —Вып. № 2. —С. 269-273.
13. Харламенков А.Е. Формирование коммуникативной компетентности у людей с нарушением слуха / А.Е. Харламенков // Научные труды Института непрерывного профессионального образования. —2014. —Вып. № 4. —С. 234-241.
14. Сурдопереводчик: как стать одним из самых редких специалистов в России [Электронный ресурс] : Сетевое издание РИА Новости. <https://ria.ru>. — Режим доступа: <https://ria.ru/society/20121031/908283978.html>.
15. Харламенков А.Е. Учебно-методическая разработка по курсу: «Основы русского жестового языка для разработчиков Жесто-мимического интерфейса “SurdoJet”» / А.Е. Харламенков // Научные труды Института непрерывного профессионального образования. —2015. —Вып. № 6 (6). —С. 337-366.
16. Харламенков А.Е. Методика преодоления безусловного рефлекса при постановке рук в процессе освоения дактильной и жестовой речи / А.Е. Харламенков // Научные труды Института непрерывного профессионального образования. —2014. —Вып. № 3. —С. 44-49.
17. Как печатает Picaso 3D Designer X Pro [Электронный ресурс]. —Режим доступа: <http://3dtoday.ru/blogs/top3dshop/as-print-picaso-3d-designer-pro-x/>.
18. Арутюнян М.Г. Модель кисти для демонстрации русских жестов [Текст] / М.Г. Арутюнян, А.Н. Трушин // Современная техника и технологии. —2017.
19. Аппаратная платформа Arduino | Arduino.ru [Электронный ресурс]. —Режим доступа: <http://arduino.ru/>.
20. Бирбраер Р. Быстрое прототипирование из ABS в современном литейном производстве точных изделий / Федеральный промышленный журнал «Умное производство» [Электронный ресурс] / Р. Бирбраер, А. Колмаков, В. Столповский. —Режим доступа: http://www.umpro.ru/index.php?page_id=17&art_id_1=87&group_id_4=9.