Development of an automatic sign language interpreter model

Kalinin Daniil Evgenevich, Radkin Kirill Alexeevich

«Lyceum № 97 of Chelyabinsk », 10-M1 form

Scientific adviser:

Sakanov Damir Muratovich,

teacher of additional education

«Lyceum № 97 of Chelyabinsk »,

Chelyabinsk city

Content

[Chapter 1. The Study of literature 5](#_Toc9446248)

[1.1. The study of similar scientific articles 5](#_Toc9446249)

[1.2. The study of sign language 5](#_Toc9446250)

[1.3. Study of the Arduino microcontroller 5](#_Toc9446251)

[1.4. Development of the scheme of the model 6](#_Toc9446252)

[Chapter 2. Model Assembly 7](#_Toc9446253)

[2.1. Creating parts 7](#_Toc9446254)

[2.1.1. 3D-model 7](#_Toc9446255)

[2.2. 2.2. Процесс сборки 7](#_Toc9446256)

[2.2.1. 2.2.1 Сборка пальцев 7](#_Toc9446257)

[2.2.2. 2.2.2 Сборка предплечья и запястья 7](#_Toc9446258)

[2.3. 2.3. Подключение аппаратуры 8](#_Toc9446259)

[2.4. 2.4 «Стрела». 8](#_Toc9446260)

[Chapter 3. Глава 3. Программная часть 9](#_Toc9446261)

[3.1. 3.1. Программирование аппаратной части 9](#_Toc9446262)

[3.1.1. 3.1.1. Выбор языка и среды программирования 9](#_Toc9446263)

[3.2. 3.2. Написание библиотеки. 9](#_Toc9446264)

[3.2.1. 3.2.1. Навигационная матрица 10](#_Toc9446265)

[3.2.2. 3.2.2. Функция перевода символов 10](#_Toc9446266)

[3.2.3. 3.2.3. Функция перевода предложений 11](#_Toc9446267)

[3.3. 3.3. Создание Android-приложения 11](#_Toc9446268)

[3.3.1. 3.3.1 Управление посредством ввода текста 12](#_Toc9446269)

[3.3.2. 3.3.2. Управление посредством распознавания речи 12](#_Toc9446270)

[3.3.3. 3.3.3. Ручной режим управления 12](#_Toc9446271)

[3.3.4. 3.3.4. Локализация приложения 13](#_Toc9446272)

[3.4. 3.4. Реализация передачи данных 13](#_Toc9446273)

[3.4.1. 3.4.1. Реализация со стороны Android-приложения. 13](#_Toc9446274)

[3.4.2. 3.4.2. Реализация со стороны микроконтроллера 15](#_Toc9446275)

[Chapter 4. Заключение 18](#_Toc9446276)

[Chapter 5. Список литературы 20](#_Toc9446277)

[Chapter 6. Приложение 21](#_Toc9446278)

Abstract

People can accomplish anything. That means that there are not obstacles for the one who really wants to do something. Unfortunately, there is a social group of people with hearing disabilities. We believe that “disabilities” should be only formal name without any relation to reality. Therefore, our purpose is do our best to bring that to live.

The problem relevance is in the fact that such works had not written in Russia yet, however people with hearing disabilities exist in Russia too. The project objective is to develop first in Russia automatic sign language interpreter to remove restrictions of communication between all people’s social groups. We have set ourselves the number of task. Here it is:

1. To develop the project of programmable sign-language interpreter;
2. To write a program for the prototype
3. To “teach” the model to recognize speech automatically and translate it into sign language.

# The Study of literature

## The study of similar scientific articles

Before the development of the project was conducted search and analysis of articles on such bases as Scopus and Google Scholar. Was not found any scientific articles, describing the similar project. Therefore, we studied forks of foreign authors. It’s turned out to be not as much as we expected.

## The study of sign language

After studying research papers in the database we have begun to study the sign language. It turned out that there are many different variations of this language, used to show whole words and phrases. For images of these gestures require the head, body, shoulders, and hands. But because each gesture can be thought of as a few simple gestures denoting just one letter, it was decided not to take into account such “hard” gestures when creating and training the model. In Fig. 1[[1]](#footnote-1) is presented "Sign alphabet"-Russian alphabet translated into sign language.

## **Study of the Arduino microcontroller**

After studying sign language, we started to study the literature related to our model’s acting device – Arduino microcontroller and Arduino IDE – Integrated Development Environment. This microcontroller manufacturer was chosen for meeting all project requirements. Exactly, it had high computer power, enough ports to connect to a variety of third-party modules and was easy to lern.

Moreover, Arduino development environment is based on C++ language, which is known by us from the school program. Despite similar logic and syntax, the Arduino IDE and C++ are two completely different languages. We have to study a lot of literature to learn the Arduino language.

## Development of the scheme of the model

We have studied the existing scheme of models which our foreign colleagues used. Large part of them was 3D-files for printing on 3D printer. After studying seven of these models we concluded that despite the simplicity of manufacturing (all parts are just printed on 3D printer without people participating and then just gathered as usual Lego) they do not have a sufficient ratio of strength to lightness. ABS-plastic which models are printed from is quite breakable and we must print models using thick layer of plastic to achieve sufficient strength (or we must use more expensive printing technology), as a result, we have too heavy prototype.

While we finding model drawings on the WEB, we have prepared several variants of our own drawings for developing the model without 3D technologies. But as the comparative analysis and open databases have showed, using 3D printer while creating a model is easiest way. Firstly, it simplifies the task and, secondly, it’s the most accurate method which is really important in our project. Moreover, if you are creating parts of model according to our drawings, it’s turned out that Styrofoam, which we expected to exploit because of its lightness, heavily proceed without special tools. Also Styrofoam is destroyed by the twine, which, as the design suggests, should rotate parts (fingers of hand). That’s why we have decided to use drawings from French open-sours 3D-drawings database named “InMoov”.

# Model Assembly

## Creating parts

### 3D-Model

Besides finding drawing, it was necessary to find 3D-printer where we can print details. There is one in our school. It uses Fusing Deposes Modeling technology. This technology is widespread for its availability and cheapness. That is why we have decided to use this technology in our project.

## Build process

### Fingers assembly

The first our step in the process of assembly was fingers assembly.

Fingers is built from three phalanx, and every phalanx is built from two parts. Each phalanx has holes to connecting each other. Hard wire, which is using as rotation axis, is put in these holes. Also there are two string inside each finger. They are using for bend and extend fingers.

### Forearm and wrist assembly

The wrist is made up from a several parts: the massive detail is using as the wrist’s base, three moving details are attached on this base and fingers are attached on these The wrist is attached on forearm with system of gears, which allow is to rotate around its axis (Fig. 2).

Forearm is made up from two parts, looking as a half of cylinder. The model becomes more compact and easier to use due to integrated electronics.

## Hardware connection

It was necessary to connect Arduino, Bluetooth module, servo drivers, and LCD display (it shows data about current fingers rotation, and what letter the model is showing at the point) for correct auto-interpreter work.

Power from usual power bank is enough for Arduino, Bluetooth module, LCD display, but it is not enough for five servo drivers.

We have to resolve the problem with servos power. A power bank’s amperage was too small for five drivers. Solution was found in additional power module installation.

## “Strela”

“Strela” is the product of “Amperka” company. This is platform, manufacturing as additional expansion board. Strela is an another Arduino microcontroller with several shields[[2]](#footnote-2) on it. We use “strela” as an additional power resource. Taking typical for Arduino voltage, it powers five servos.

# Software part

## Hardware part programming

### Choosing the programming language

We have chosen C++ language to program the hardware part. The compiler, which is using to convert program code to binary code (microcontroller processor can only read this type of code), was adapt for C++ (Arduino language is based on C++).

As programming environment we have chosen the one, which is purposed by Arduino manufacturer, Arduino IDE. This IDE was chosen because it has, expect standard function that exist in all kind of environment, special features for work with Arduino. For example, it has settings to setup connection to microcontroller, options to view the streaming port, many built-in libraries for simplify the work with Arduino, and also it has parts of ready-to-use code for different tasks.

## Creating the library

It was decided to write our own library of function to control the model, while writing the software. Firstly, library, which unites all function to control the model, makes our work easier, secondly, it increases code readability (deletes unnecessary function and unites others), and, finally, after end of the work this library with code and description of building process can be posted on different open-source sites (e.g. GitHub, HabraHabr etc.), for everyone’s ability take the same model at home.

Let’s talk about library’s functions, representing the greatest interest.

### Navigation matrix

Navigation matrix is the main part of the library and the symbol-translation system (we talk about it later). Navigation matrix is the two-dimensional array of size 32 by 6. There are symbols (letters) codes in the first column in CP1251-table (it describes below). So, the number of table rows considers with the number of letters in Russian alphabet. There are only lowercase codes in the table (uppercase letters is converted to lowercase by the program code). The number of columns was not chosen by chance. Starts with the second column, there are rotation angle for each fingers (in the second column there are data for thumb, in the third for index finger etc.). So in each rows we have following information: there is letter CP1251-code in the first column of each row, and there are rotation angle for each model’s finger to show this letter in other five columns of each row.

### Symbol translate function

As we have said before, symbol translation function is one of the main function in the library. It works by the following algorithm. It takes one letter (symbol), which you want to translate to sign language, as an input data. Then it convert the letter to the code of this letter, according to the CP1251 table, and finds the code of this letter in the first column of the navigation matrix. When the code is found, the program remembers the number of the column where this code was and rotate each servo driver to the rotation angle, which is wrote in second, third, fourth, fifth, and sixth column of this row. That is the fastest way to translate each symbol, despite that the data volume is really big (six numbers for each later).

### Sentence translate function

For simplify work with the model we decided to develop the sentence translate function. This function is based on work of previous function, which was described above, and, in fact this is add-in function. Here, as input data, you can give a whole sentence, which you want to be translated. Using cycle, named “for”, this function splits sentence into individual letters, expects the spaces and turns uppercases into lowercases. Then this function calls symbol translate function for each letter. This is important, that if this function “see” the space in the sentence, it will make a pause (separate two words to simplify reading), because there is no sign for space in sign language.

## Develop of the Android application

We have decided to develop the remote model controller android application, which sends users command from phone to the model, because of several reasons. Firstly, it helps to control the model without many of buttons on it. Secondly, it makes model control easier. And, the last reason, for someone, who wants to build our model in home from open resources, it is easier to download our app than build a difficult remote control board.

When you start the application, you can see the home screen with three buttons for selection of control mode (Fig. 3).

There are three control modes. Control by entering the text, control by speech recognition (voice mode), and the manual mode, where user can choice rotation angle for each finger manually. The last mode could be used when the user want to use hand to show a sign, which is not provided in our library, or to use model as a manipulator.

### **Text control mode**

If user presses the button “Text mode”, new screen will be opened. Text control mode is carried out as follows. User entered the text, which he want to be translated to sign language, using integrated virtual keyboard, then close it and press the button “Translate text”. Text is read from special field by program, then application connected to hand prototype, using Bluetooth (if something goes wrong, user will be noticed by the following message), and, as the last step, text is converted to binary type and sent to the model.

### Control due to speech recognition

If user presses the button “Voice mode” on the home screen, another screen will be opened. In this mode user can type text manually, like it goes in previous mode, but also he can press the button “Press and speak” and tell to the phone text, he want to be translated. Users speech will be recognize by phone, so text will be typed at the special field automatically. Last step is to press the button “Translate”.

### Manual control mode

After pressing the button “Manual mode”, the new screen with five Seek-bar[[3]](#footnote-3) will be opened. There is little box for the right of each scale with scale value, which write inside it, and finger name, which rotation angle is controlled by scale. Using this scale, user can choice individual angle for each model’s finger. After choosing angles, user should press the “Send” button and all angles will be sent to the model according to algorithm, which we describe later.

### Localization of application

One thought came to us, while we was working with this project. What if foreigners, who don’t know Russian, will be interested by our project? If so, they all will have problems with model control. Therefore, we have decided to translate our app into English. It was really easy task, especially to do it in Android Studio[[4]](#footnote-4) because there is special developer translation settings.

So, if user changes his phone’s system language to English app will be available on English too.

## Реализация передачи данных

### Реализация со стороны Android-приложения.

После написания базовой части программы, в состав которой входили: дизайн интерфейса (разработка образов компонентов программы), связь интерфейса с исполнительной частью кода, обработка нажатий на кнопки, переключение между экранами приложения и т.д., мы взялись за реализацию Bluetooth-канала передачи данных. После изучения литературы по теме «Общение Android-устройства и микроконтроллера» было реализовано следующим образом.

Для работы приложения на устройстве пользователя должно присутствовать устройство, способное реализовать Bluetooth-передачу данных, также это устройство должно быть включено. При каждом запуске приложения эти два условия проверяются, и в том случае, если Bluetooth выключен, пользователю предлагается его включить, не выходя из приложения (рис. 4).

При запуске какой-либо активности (открытии одного из трех режимов управления) в отдельном потоке[[5]](#footnote-5) запускается операция подключения стандартного Bluetooth-адаптера устройства, после чего устанавливается Bluetooth-соединение, а в потоковый порт отправляется 1 или 0, в зависимости от того, какой экран открыт (в ручном режиме – 0, в двух остальных – 1). После чего пользователь вводит текст или устанавливает значения на шкалах и нажимает кнопку «Перевести текст» или «Отправить данные» (в зависимости от выбранного режима управления). В этот момент система обрабатывает нажатие на кнопку: разбивает введенную строку на массив байтов (один символ кодируется одним байтом и записывается в свой элемент массива), после чего каждый элемент массива последовательно передается через потоковый Bluetooth-порт вывода. Затем порт закрывается, и пользователь получает тост[[6]](#footnote-6) о том, что передача прошла успешно. В случае ошибок с установлением связи со стандартным Bluetooth-адаптером, при выключенном Bluetooth на устройстве (если пользователь отказался его включать), при отсутствии Bluetooth-модуля на устройстве, в случае ошибок во время открытия потокового порта (процесс сам по себе очень сложный, поэтому даже несмотря на то, что данная функция реализована профессиональными разработчиками компании «Google», в ней могут возникать ошибки из-за разных независящих от пользователя условий), и в случае других ошибок пользователь будет уведомлен тостом.

### Реализация со стороны микроконтроллера

На первый взгляд, реализация приема данных на микроконтроллере казалась во много раз проще, чем на Android-устройстве. Поначалу действительно было так: необходимы было подключить Bluetooth-модуль[[7]](#footnote-7) к портам потокового ввода-вывода, а далее работать с ним, как с линейным устройством, т.е. открыть порт потокового ввода-вывода и принимать оттуда данные. Проблема оказалась в следующем: данные передавались в числовом виде, поэтому нельзя было наверняка определить, что мы передали с Android-устройства: числовую кодировку буквы из первых двух режимов или угол поворота из третьего режима управления. Мало того, вскоре было обнаружено, что символьные данные (текст) передаются, не соответствуя ни одной кодировке (так происходило из-за различия используемых кодировок в Android и Arduino).

Проблема с разными кодировками решилась не быстро, но довольно просто: для того, чтобы получать код символа, необходимо было прибавлять к полученным числам число 176 (определено экспериментально), в этом случае мы получим код символа по CP1251-таблице.

Намного сложнее оказалось определять, что мы передаем: код символа или цифровое значение. Для решения этой проблемы использовались флаги данных. При старте активности на Android-устройстве после получения связи с Bluetooth-адаптером открывался потоковый порт вывода, куда записывалось 1 или 0, в соответствии с выбранным режимом управления (для текстовых режимов – 1, для ручного – 0). Со стороны микроконтроллера открывался потоковый порт ввода-вывода, и полученный флаг записывался в соответствующую переменную, после чего порт становился недействительным до тех пор, пока пользователь не нажмет кнопку «Перевести текст» или «Отправить данные». Получая данные, микроконтроллер уже будет понимать, что это за данные, ориентируясь на флаг.

Логика языка Arduino IDE разработана таким образом, что в нем присутствуют два типа работы программы: setup и loop. Команды, записанные в setup, выполняются только один раз при включении контроллера, команды, записанные в loop, повторяются циклически, пока контроллер работает. В связи с этим нужно было приостановить чтение данных из потокового порта ввода-вывода после отправки флага, но перед отправкой самих данных. В противном случае программа получила бы флаг, а после начала бы чтение данных оттуда, где их еще нет (пользователь не отправил данные, следовательно, потоковый порт пуст), из-за этого программа работала бы некорректно.

Еще одной проблемой стала перезапись флага. Проблема возникла также из-за логики языка, о которой говорилось выше. При повторной отправке текстовых или числовых данных программа из-за цикличности блока loop, в который помещены выполняемые функции, заново начинала считывать флаг и принимать за флаг первый бит (первый символ или первое число) полученных данных. В результате работы такой программы при повторной отправке слова «Привет» с Android-устройства на микроконтроллере мы получим слово (если это можно так назвать) «ривет», а флаг будет равен 63, что соответствует числовой кодировке буквы «п» по таблице CP1251 (сама кодировка буквы «п» по данной таблице – 239), из которой отняли 176 (об этом феномене говорилось выше), т.е. программа получала непонятное слово, а вдобавок не знала слово это или число: флаг не соответствовал ни 0, ни 1. К счастью, проблема решилась довольно просто: перед записью флага необходимо было проверять, является ли то число, которое мы хотим записать в флаг 1 или 0 (букв с такими кодировками не существует, а цифры было принято отправлять, начиная с 5 для того, чтобы не спутать с флагом).

Еще одним технологическим нюансом явилось то, что язык жестов не подразделяется на заглавные и строчные буквы, но, несмотря на это, код одной и той же заглавной и строчной буквы будет отличаться[[8]](#footnote-8). Решением выступило то, что в силу особенностей кодовой таблицы CP1251 (символы кириллицы в ней расположены по порядку, что присутствует далеко не во всех кодовых таблицах), код строчной и заглавной буквы отличается на постоянную величину, равную 32. Таким образом, если мы точно знаем, что получили символьную строку (вывод об этом можно сделать, опираясь на значение флага), и если код символа лежит в диапазоне от 192 включительно до 224 не включительно (рис. 5), то можем быть уверены, что данный символ – заглавная буква, и при прибавлении к коду данного символа 32 мы получим ту же букву, но строчную.

Последней, к сожалению, пока не до конца решенной проблемой оказалось то, что символ пробела передавался как 32 (это действительно код символа «пробел», без смещения на 176). Код, равный 32 для пробела – это стандарт UNICODE, одинаковый для всех устройств (кириллица в этот стандарт не входит, откуда и взялась проблема с разными кодировками), но нетрудно заметить, что при прибавлении к 32 – коду пробела – 176, получится 208, что соответствует символу «Р» по таблице CP1251. К сожалению, принимать еще один флаг каждый раз при использовании пробела окажется слишком ресурсозатратно для контроллера с небольшой (относительно смартфонов и компьютеров, для которых подобна операция не составила бы труда) вычислительной мощностью. Поэтому было решено заменять код 32 на символ пробела, поскольку он используется чаще и от его использования отказаться труднее, чем от использования заглавной буквы «Р». Таким образом рабочая программа при отправке с Android-смартфона строки «Река» выведет слово « ека». Перепробовано несколько способов решения этой проблемы, но каждый из них вредил работе программы больше, чем данная ошибка. В конечном итоге принято решение оставить ее и уведомлять пользователя с Android-устройства о том, что использование заглавных букв может повлечь ошибки в работе программы.

# Заключение

В процессе работы была с нуля создана модель манипулятора-сурдопереводчика, реализовано его программное обеспечение, обеспечено удобное управление (написана библиотека для работы с манипулятором). Решены все поставленные задачи, достигнута цель работы. Несмотря на нерешенные еще недочеты, прототип является полностью рабочим и успешно функционирует: выполняет переданные команды, переводит текст, распознает речь. Кроме того, было написано Android-приложение, которое также является готовым продуктом и позволяет реализовывать функции управления моделью.

В будущем планируется продолжать работу над проектом, в том числе улучшить и модернизировать ПО переводчика, например, добавить возможность создавать свои жесты и использовать их в будущем. Также планируется улучшить работу Android-приложения, добавив новые функции перевода на язык жестов. В планах присутствует возможность реализации обратного перевода: например, некая перчатка, надевая которую, человек мог бы перевести жесты, которые он показывает, в текст или голосовое сообщение, отображающееся на экране его смартфона.

По окончании работы написана статья (с приложением программного кода, инструкций по сборке, пояснений к ним) на ресурсах GitHub и HabraHabr. Разместив информацию в open-source источниках, мы стремились максимально распространить проект.

# Список литературы

1. Arduino Russia, [Электронный ресурс]//   
   <http://arduino.ru>
2. Arduino, [Электронный ресурс]//  
   <https://www.arduino.cc>
3. Cxem.net, [Электронный ресурс]//  
   <http://cxem.net/master/45.php>
4. Google академия, [Электронный ресурс]//  
    <https://scholar.google.ru>.
5. Mypractic, [Электронный ресурс]//   
   <http://mypractic.ru/urok-23-podklyuchenie-zhk-lcd-indikatorov-k-arduino-biblioteka-liquidcrystal.html>
6. Амперка, [Электронный ресурс]//  
    <http://amperka.ru>
7. Аппаратная платформа Arduino, [Электронный ресурс]//  
   <http://arduino.ru>
8. База данных рефератов и цитирования «Scopus», [Электронный ресурс]//  
   <https://www.scopus.com>.
9. Блум Джереми. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства: Пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2015. — 336 с.: ил.
10. Фрадкина Р.Н. Говорящие руки: М.: «Рефл-бук», 2001.– 402 стр.

# Приложение



Fig. 1 Russian sign language.



Fig. 2 Model’s forearm.



Fig. 3. The main app activity.



Fig. 4. Activating the Bluetooth.



Fig. 5. Code page CP1251.

1. This and all others figures are in «Appendix» section under its own number. [↑](#footnote-ref-1)
2. Shield – Some chip, put on a microcontroller or other chip, expanding (or any other way complementing) it. [↑](#footnote-ref-2)
3. Seek bar – one of integrated android system widgets. It is just value selection scale. [↑](#footnote-ref-3)
4. Development environment for android developing. [↑](#footnote-ref-4)
5. Решение поместить установку Bluetooth-соединения в отдельный поток было принято в связи с тем, что данная операция довольно ресурсозатратна (требует много оперативной памяти устройства), и при выполнении в главном потоке приложение будет «подвисать» (переставать реагировать на действия пользователя) на время выполнения операции подключения Bluetooth-соединения. [↑](#footnote-ref-5)
6. Tóast (англ.) – тост. Профессиональное название типа уведомлений, в котором уведомление, подобно хлебному тосту из тостера, выскакивает снизу и пропадает через несколько секунд. [↑](#footnote-ref-6)
7. Была выбрана модель HC-06, т.к. это одна из новейших моделей Bluetooth-модулей, поддерживающая спецификацию Bluetooth версии 2.1+EDR, которая гарантирует пониженное потребление энергии, повышенный уровень защиты данных и легкое соединение Bluetooth-устройств, кроме того, устойчивый прием с модулем гарантирован в пределах 10 метров. [↑](#footnote-ref-7)
8. Оправдание того, что данное «превращение» необходимо для корректной работы программы можно найти, разобравшись в принципе работы функций перевода символов на язык жестов, записанных в созданной нами библиотеке. [↑](#footnote-ref-8)