

Politechnika Wrocławska  
Wydział Elektroniki

---

Kierunek: Informatyka  
Specjalność: Inżynieria Internetowa

Projekt  
Zastosowanie systemów  
wbudowanych

Raspberry Pi - Telegram Bot i  
web-aplikacja dla śledzenia klimatu  
otoczenia

AUTORZY:

Viktar Hasiul 231862

Uladzimir Lipski 238961

Oleksii Kostiukov 231972

PROWADZACY:

Dr inż. Marek Woda, W4/K9

---

Wrocław, 2019

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Cel i założenia projektu</b>	<b>3</b>
1.1	Założenia projektu . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Spis funkcjonalności</b>	<b>3</b>
2.1	Uzyskanie danych za pomocą czujników . . . . .	3
2.2	Gromadzenie danych . . . . .	3
2.3	Podłączenie RPI do sieci WiFi . . . . .	4
2.4	Wyświetlenie danych w aplikacji internetowej . . . . .	5
2.5	Uzyskanie danych za pomocą Telegram botu . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Implementacja</b>	<b>6</b>
3.1	Wybór platformy web-serwera . . . . .	6
3.2	Generowanie wykresów w przeglądarce . . . . .	6
3.3	Tworzenie wykresu . . . . .	6
3.4	Asynchroniczne wczytywanie danych z pliku . . . . .	7
3.5	Asynchroniczne odświeżanie wykresów w przeglądarce . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Telegram Bot</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Generowanie i przechowywanie danych</b>	<b>9</b>
5.1	Przechowywanie danych . . . . .	10
5.2	Podłączenie czujników . . . . .	10
<b>6</b>	<b>Łączenie z siecią WiFi</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>Uruchomienie w środowisku <i>Raspbian</i></b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Podsumowanie</b>	<b>14</b>

# 1 Cel i założenia projektu

Celem danego projektu jest wykorzystanie platformy *Raspberry* do realizacji *Telegram bot*'u oraz punktu pomiarowego.

## 1.1 Założenia projektu

1. Platforma musi odzyskiwać dane za pomocą podłączonych czujników
2. Uzyskane dane są przechowywane na dysku twardym platformy
3. Platforma musi się podłączać do istniejącej sieci WiFi lub uruchamiać Hotspot
4. Do wizualizacji pobranych danych służy aplikacja internetowa. Dane są wyświetlane w postaci histogramów
5. Platforma musi implementować API Telegram bota. Uzyskane przez platformę dane mogą być wysyłane do użytkownika w postaci tekstu albo wykresów.

# 2 Spis funkcjonalności

## 2.1 Uzyskanie danych za pomocą czujników

**Punkt pomiarowy** Platforma *Raspberry* umożliwia podłączenie licznych czujników, dane z których można gromadzić na urządzeniu lub wysyłać do serwerów zdalnych.

dane z których będą przechowywane na urządzeniu w celu przetwarzania i wyświetlania na stronie **WEB** w postaci interaktywnego wykresu.

Dodatkowo dany zbiór danych zostanie wykorzystany przez *Telegram bot* w celu powiadomienia użytkownika o aktualnych danych.

Platforma RaspberryPi pozwala uzyskiwać dane na temat klimatu pokoju, w którym platforma się znajduje, za pomocą czujników. W danym projekcie zostały podłączone czujniki:

1. temperatury,
2. wilgotności,
3. światła

Dane zostają pobrane raz na 1 minute.

## 2.2 Gromadzenie danych

Uzyskane dane są gromadzone w pamięci platformy RaspberryPi. Dane są zapisywane do pliku z rozszerzeniem *csv*, w którym za każdy parametr odpowiada osobna kolumna.

Zapis danych do pliku jest potrzebny w celu wizualizacji danych w aplikacji internetowej i generowania odpowiedzi na zapytanie Telegram botu.

## 2.3 Podłączenie RPI do sieci WiFi

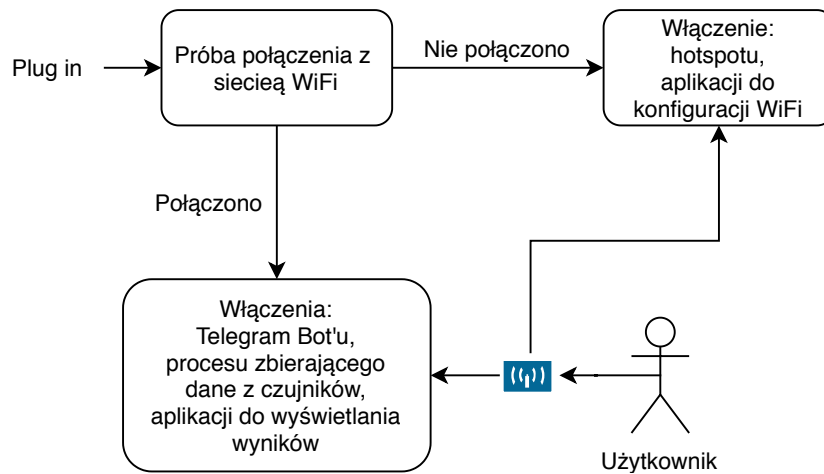
W celu uruchomienia aplikacji internetowej platforma realizuje podłączenie do sieci WiFi. Po uruchomieniu platformy wykonuje się próbę podłączenia do sieci WiFi.

Jeżeli połączenie się odbyło to zostają wykonywane następujące czynności:

1. Uruchomienie procesu, zbierającego wyniki z czujników,
2. Włączenie Telegram botu,
3. Włączenie aplikacji internetowej, wizualizującej dane

Jeżeli połączenie się nie udało to aplikacja reaguje następująco:

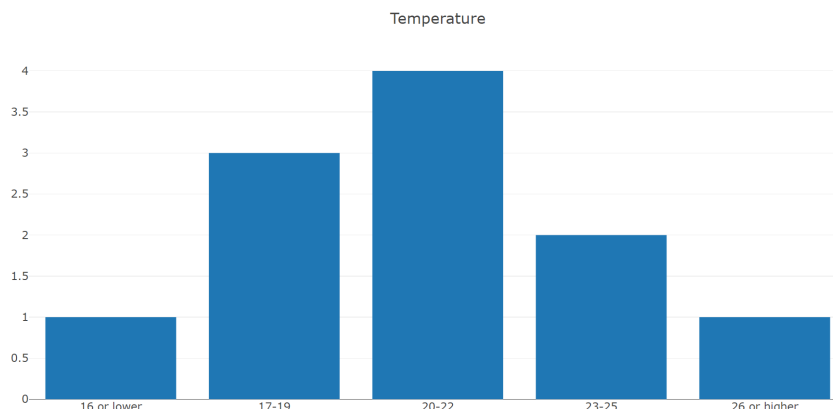
1. Zostaje uruchomiony Hotspot
2. Uruchamia się aplikacja do konfiguracji WiFi



Rysunek 1: Model połączenia RPI do sieci WiFi

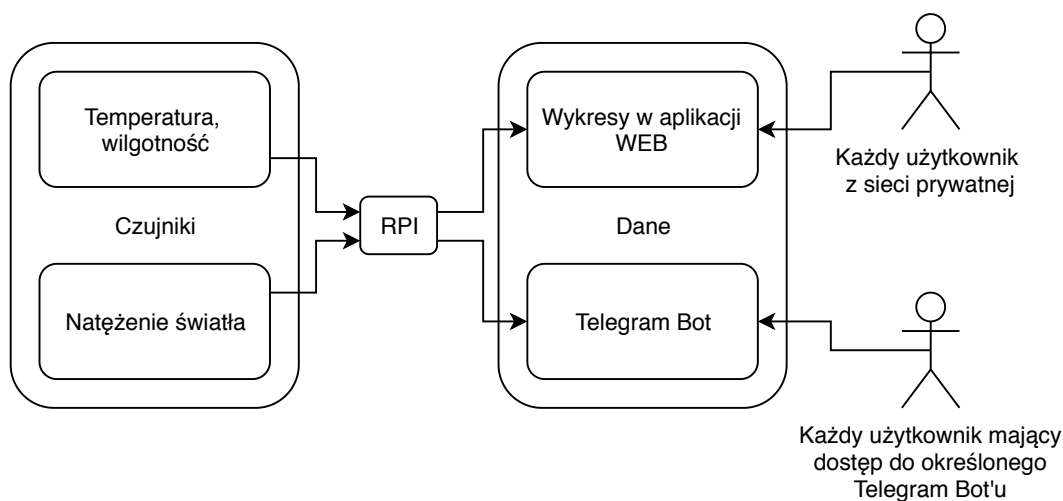
## 2.4 Wyświetlenie danych w aplikacji internetowej

Celem aplikacji internetowej jest wizualizacja danych, pobranych za pomocą czujników podłączonych do platformy Raspberry Pi. Dane są wyświetlane za pomocą histogramów. Wykresy pokazują jak często występuje każdy z zadanych zakresów temperatury, natężenia światła i wilgotności. Wykresy w przeglądarce muszą się odświeżać asynchronicznie po zmianie pliku z danymi.



Rysunek 2: Histogram temperatury

Poniższy model przedstawia przepływ danych od czujników do użytkowników końcowych.



Rysunek 3: Model uzyskania i udostępniania danych

## 2.5 Uzyskanie danych za pomocą Telegram botu

**Telegram bot** jest aplikacją wykorzystującą interfejs aplikacji *Telegram* w celu komunikacji z wybranymi użytkownikami (którzy posiadają możliwość komunikacji ze stworzonym *bot'em*). Uzyskane przez platformę dane mogą być wysłane do użytkownika, który ma dostęp do Telegram

botu. Dane są wysyłane na żądanie i mogą być jak w postaci tekstu, tak i w postaci obrazu histogramu.

## 3 Implementacja

### 3.1 Wybór platformy web-serwera

Aplikacja internetowa została stworzona za pomocą *frameworku* Flask. Flask - *framework* do tworzenia aplikacji internetowych w języku Python, głównie do minimalistycznych aplikacji, które celowo zapewniają tylko podstawowe funkcje.

### 3.2 Generowanie wykresów w przeglądarce

Dla utworzenia wykresów w przeglądarce używana jest biblioteka Plotly, napisana w języku JavaScript. Biblioteka pozwala na utworzenie różnorodnych wykresów, z których dla danej aplikacji jest typem *bar*, odpowiadającym histogramowi. Dane dla wykresów są przekazywane od serwera do przeglądarki jako odpowiedź na żądanie HTTP.

Żądanie jest obsługiwane w języku JavaScript za pomocą ciągu funkcji, które zostały omówione w dalszej części dokumentacji.

### 3.3 Tworzenie wykresu

Listing 1: Funkcja do tworzenia histogramu za pomocą biblioteki *Plotly.js*

```
1 function drawChart(chart_divId, chart_title) {  
2     var trace = {  
3         type: 'bar',  
4         x: chartRanges[chart_title],  
5         y: chartData[chart_title],  
6     };  
7  
8     var data = [ trace ];  
9  
10    chart_title = chart_title.charAt(0).toUpperCase()+chart_title.slice(1);  
11    var layout = {  
12        title: chart_title,  
13        font: {size: 18}  
14    };  
15  
16    Plotly.react(chart_divId, data, layout);  
17 }
```

Dane z serwera są przekazywane w postaci tablicy. Dodatkowym zadaniem skryptu w języku JavaScript jest kategoryzowanie danych dla różnych zakresów, zanim wykres będzie stworzony.

Wartości dla osi x są nazwami zakresów, do których może należeć wartość przekazana z serwera. Dane zakresy są zdefiniowane statycznie i zadeklarowane na samym początku skryptu.

Listing 2: Zdefiniowany zakresy w skrypcie JavaScript

```
1 chartRanges = {
2   "temperature" :
3     ["16 or lower", "17-19", "20-22", "23-25", "26 or higher"],
4   "light":
5     ["349 or lower", "350-450", "451-550", "551-650", "651 or higher"],
6   "humidity":
7     ["0-20", "21-40", "41-60", "61-80", "81-100"]
8 }
```

### 3.4 Asynchroniczne wczytywanie danych z pliku

Dane, pobrane z czujników za pomocą platformy *Raspberry Pi*, są przechowywane w pliku z rozszerzeniem `.csv`. Dla asynchronicznego wczytywania danych z pliku została użyta moduł `watchdog`. Dany moduł został użyty do monitorowania wybranych plików. Wybór plików został zdefiniowany za pomocą wyrażeń regularnych. Jeżeli dowolny plik o zadanym rozszerzeniu zostaje zmieniony, to serwer wysyła sygnał do przeglądarki, która została połączona z serwerem za pomocą gniazdek i nasłuchuje na te sygnały. Do obsługi różnego rodzaju sygnałów jest używany moduł `flask.socketio`.

Listing 3: Połączenie gniazdka na serwerze z gniazdkiem w przeglądarce

```
1 @socketio.on('connect')
2 def test_connect():
3     global thread
4     if thread is None:
5         thread = socketio.start_background_task(target=background_thread)
```

Dla każdego sygnału mogą być zdefiniowane osobne funkcje. W danej implementacji sygnał zostaje wysłany jeżeli monitorowany plik został zmieniony. W tym przypadku serwer wysyła sygnał do przeglądarki za pomocą funkcji `on_modified`, która dodatkowo wczytuje dane z pliku, żeby przekazać je do przeglądarki.

Listing 4: Definicja wątku, monitorującego zmiany w plikach o zadanym rozszerzeniu

```
1 def background_thread():
2     global observer
3     event_handler = CsvWatcher()
4     observer = Observer()
5     observer.schedule(event_handler, './', recursive=True)
6     observer.start()
```

Listing 5: Definicja funkcji wysyłającej sygnał i dane

```
1 def on_modified(self, event):
2     global csvFileName
3     data = readfile(csvFileName)
4     socketio.emit('modified', {'data': data})
```

### 3.5 Asynchroniczne odświeżanie wykresów w przeglądarce

Asynchroniczne odświeżanie wykresów umożliwia połączenie przeglądarki i serwera za pomocą gniazdek. Gniazdko umożliwia asynchroniczną obsługę sygnałów, wysłanych z serwera.

Do obsługi sygnału w języku JavaScript zostały zdefiniowane następujące funkcje:

Listing 6: Połączenie gniazdek w przeglądarce z serwerem i odebranie danych

```
1 var socket = io.connect('http://' + document.domain + ':' + location.port);
2
3 socket.on('modified', function(data) {
4     var newData = data['data'];
5     start(newData)
6 });
```

## 4 Telegram Bot

*Telegram Bot* jest aplikacją bazującą się na API<sup>1</sup> udostępnionego przez **Telegram** w celu tworzenia Bot'a – aplikacji odpowiadającej na określone żądania użytkownika w określony sposób. Jest to pewien rodzaj usługi, którą możemy stworzyć i wdrożyć w danym messengerze.

Usługą danego projektu jest udostępnianie wyników pomiarowych, które są zbierane przez niezależną aplikację, działającą na platformie **Raspberry Pi 3B+**.

Proces tworzenia Bot'a jest opisany na stronie – <https://core.telegram.org/bots>

W danej implementacji Bot'a zostały zrealizowane następujące funkcjonalności:

- Wgląd do wyników pomiarowych – odczyt ostatnich danych pomiarowych: Użytkownik posiada możliwość zdefiniowania ilości ostatnich wyników pomiarowych.

Listing 7: Komenda do pobierania określonej ilości ostatnich wyników pomiarowych

```
/tail <size>
```

gdzie <size> określa ilość pomiarów.

Listing 8: Odpowiedź na wprowadzoną komendę – /tail

```
def rasp_tail(update, context):
    tail_size = 10
    if len(context.args) != 0:
        tail_size = int(context.args[0])

    if tail_size < 0:
        tail_size *= -1
    data = read_csv('data.csv').tail(tail_size)
    for name in TRUE_ARGS.values():
        msg = name
        +':\n'
        +re.sub('_{2,}', '_',
               data.loc[:, name].to_string(index=False))
    update.message.reply_text(msg)
```

<sup>1</sup>od ang. Application Programming Interface – programistyczny interfejs aplikacji



- Przeglądanie wyników pomiarowych w postaci graficznej – wykresy typu *histogram*: Użytkownik posiada możliwość wyboru typu danych pomiarowych.

Listing 9: Komenda do pobierania wyników określonego typu, w postaci graficznej

```
/pic <type>
```

gdzie <type> określa jeden z możliwych typów pomiarowych:

temp, humid, light – temperatura, wilgotność, natężenie światła.

Listing 10: Odpowiedź na wprowadzoną komendę – /pic

```
def rasp_pic(update, context):
    picture_size = None
    picture_type = None
    if len(context.args) > 1:
        picture_type = context.args[0]
        picture_size = int(context.args[1])
        file_name = create_plot(TRUE_ARGS[picture_type], picture_size)
        context.bot.send_photo(chat_id=update.effective_chat.id,
                               photo=open(file_name, 'rb'))
    elif len(context.args) == 1:
        picture_type = context.args[0]
        file_name = create_plot(TRUE_ARGS[picture_type])
        context.bot.send_photo(chat_id=update.effective_chat.id,
                               photo=open(file_name, 'rb'))
    else:
        update.message.reply_text('Invalid args')
```

## 5 Generowanie i przechowywanie danych

Generowanie danych jest oparte o informacje uzyskiwane z czujników pomiarowych:

- DHT11 - czujnik temperatury i wilgotności,
- BH1750 - czujnik natężenia światła.

Zakresy pomiarowe czujnika DHT11 stanowią pewne ograniczenie na jego zastosowanie:

- Temperatura –  $[0,50] \pm 2^\circ$  o rozdzielczości  $1^\circ$ ,
- wilgotność –  $[20,90]\%$  RH - wilgotność względna. Jest to stosunek rzeczywistej wilgotności w powietrzu do maksymalnej jej ilości, którą może utrzymać powietrze w danej temperaturze. Rozdzielczość –  $1\%$ .

Z powodu powyższych ograniczeń, dany czujnik można stosować w warunkach, które nie wymagają większej precyzji, na przykład – pomieszczenia biurowe.

Czujnik natężenia światła posiada szeroki zakres pomiarowy –  $[1,65535]lx$ , z rozdzielczością 1 lub 4  $lx$  w zależności od wybranego trybu pracy. W danej implementacji została wybrana rozdzielczość w 1  $lx$ .

## 5.1 Przechowywanie danych

Ze względu na małą ilość zbieranych danych, 3 wartości typu `int`, w zakresie `[0, 65535]`, przez długi okres czasowy (do 150 dni, przy okresie pomiarowym 1 minuta), został zdefiniowany plik w formacie `csv`.

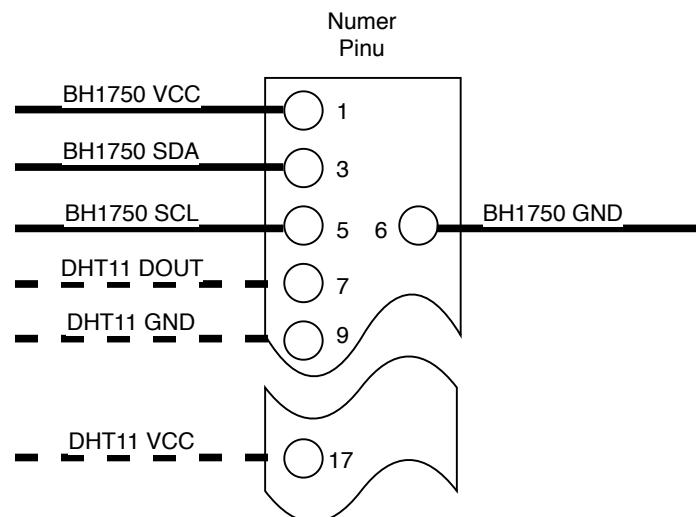
Dane rozwiązanie zostało przyjęte ze względu na przechowywane dane, łatwość w użyciu, w porównaniu do baz danych, oraz brak nadmiarowych informacji – plik przechowuje tylko te dane, które zostały do niego zapisane.

Listing 11: Definicja pliku `csv` z przykładowymi danymi

```
Temperature , Light , Humidity
25 , 380 , 57
```

## 5.2 Podłączenie czujników

Czujniki zostały podłączone do wejść GPIO platformy *Raspberry Pi 3B+* w poniższy sposób:



Rysunek 4: Połączenie pinów czujników z wejściami GPIO

W celu komunikacji i uzyskania danych z czujników zostały użyte moduły:

- `smbus`
- `Adafruit-DHT`

Dla uzyskiwania danych co określony czas (domyślne ustawione na 1 minutę) został napisany proces, który pobiera dane z czujników i zapisuje je do pliku oraz proces monitorujący:

Listing 12: Definicja obiektu nadzorującego proces zbierający dane

```
class Sensors():
    def __init__(self):
        self.thread = None
        self.runner = runner.Runner(60)
        self.is_running = threading.Event()
```

Listing 13: Inicjalizacja procesu zbierającego dane

```
def reset_sensors(self, _sleep=60):
    """
    Funciton initialize the thread
    which will collect data from sensors
    based on provided 'sleep' timeout
    Timeout = [60,3600]
    """
    if self.thread is None:
        self.is_running.clear()
        self.runner.set_sleep(_sleep)
        self.thread = threading.Thread(target=self.runner.launch,
                                       args=(self.is_running,))
        self.thread.start()
    ...
```

Listing 14: Definicja procesu zbierającego dane

```
class Runner():
    def __init__(self, _sleep):
        self.sleep = _sleep
        self.data = data.Sensors_data()
        self.bus = smbus.SMBus(1)
        self.light = bh1750.BH1750(self.bus)
        self.dht = dht11.DHT()
```

Listing 15: Zbiór i zapis danych

```
def launch(self, is_running):
    while not is_running.is_set():
        _humid, _temp = self.dht.read()
        if _humid == -1:
            time.sleep(self.sleep)
        else:
            _light = int(self.light.measure_high_res())
            self.data.save_average([_temp, _light, _humid])
            time.sleep(self.sleep)
```

## 6 Łączenie z siecią WiFi

W celu połączenia z siecią użytkownika WiFi o standardzie WPA lub WPA2 została napisana aplikacja, która pobiera dane sieci:

- SSID<sup>2</sup>,
- hasło.

które zostają przekazane do aplikacji:

- `wpa_passphrase` – generowanie klucza dla połączenia,
- `wpa_supplicant` – w celu połączenia z siecią za pomocą klucza i SSID

Listing 16: Pobieranie danych z form za pomocą metody POST

```
@app.route('/', methods=['GET', 'POST'])
def index():
    if request.method == 'POST':
        subprocess.Popen(['./switch_network.sh', request.form['ssid'],
                           request.form['password']], shell=True)
        return render_template('index.html')
    else:
        return render_template('index.html')
```

Generowanie klucza dla połączenia zostało napisane w języku Bash:

Listing 17: Generowanie klucza połączenia

```
#!/bin/bash
#user input for SSID
#creating a config file for network
echo "ctrl_interface=DIR=/var/run/wpa_supplicant_GROUP=netdev" \
| sudo tee /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
echo "update_config=1" \
| sudo tee -a /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
wpa_passphrase $1 $2 \
| sudo tee -a /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
sudo reboot now
```

Po restarcie system będzie próbował połączyć się ze wskazaną siecią.

## 7 Uruchomienie w środowisku *Raspbian*

Algorytm działania całego systemu jest następujący:

1. Sprawdzenie zawartości konfiguracji WiFi,
2. jeżeli istnieje wpis o określonym SSID następuje połączenie z nim,
3. jeżeli nie został przydzielony address IP (sieć nie jest aktywna) następuje uruchomienie własnego AP <sup>3</sup> oraz aplikacji konfiguracyjnej,

<sup>2</sup>od ang. Service set identifier - identyfikator sieci

<sup>3</sup>od ang. Access Point – punkt dostępu do sieci (w danym przypadku WiFi)

4. jeżeli adres został przydzielony – uruchomienie Telegram Bot’u, aplikacji pomiarowej oraz aplikacji WEB wyświetlającej dane.

Powyższy algorytm został napisany w języku Bash.

Listing 18: Uruchomienie procesów w systemie *Raspbian*

```
#!/bin/sh
working_dir="/home/pi/ZWS_rasp_tg/"
sudo service wpa_supplicant restart
sudo wpa_supplicant -D wext -i wlan0 \
  -c /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf -B
WPA_PID=$!
sleep 2
sudo dhclient -1
if [ $? -eq 0 ]
then
    echo "Connected"
    cd $working_dir && python3 ./Telegram_Bot/rasp_bot.py &
    cd $working_dir && python3 ./Web_app/app.py &
else
    echo "No internet"
    sudo kill $WPA_PID
    sudo service wpa_supplicant stop
    sudo iptables-restore /etc/iptables.ipv4.nat
    sudo ifup wlan0
    sudo service hostapd start
    sudo service dnsmasq start
    cd $working_dir && python ./network_auth/app.py
fi
```

W celu uruchomienia danego skryptu podczas startu sytemu bez konieczności ręcznego wywołania, został napisany **service**:

Listing 19: **service** wywołujący skrypt

```
#!/bin/sh
#
### BEGIN INIT INFO
# Provides:          checkInet
# Required-Start:    $remote_fs $syslog
# Required-Stop:     $remote_fs $syslog
# Should-Start:
# Should-Stop:
# Default-Start:     2 3 4 5
# Default-Stop:
# Short-Description: Starting script as 'pi' user
# Description:
### END INIT INFO
su pi /home/pi/ZWS_rasp_tg/start.sh
```

## 8 Podsumowanie

W danym projekcie zostały zrealizowane wszystkie podstawowe funkcjonalności oraz jedna z możliwości rozszerzonych – generowanie obrazów zmiany danych z czujników dla użytkowników **Telegram Bot'u**.

Dalszy rozwój projektu mógłby polegać na wprowadzeniu dodatkowych możliwości jak:

- Bezpieczeństwo usługi – zwiększenie akceptowalnych protokołów komunikacji **WiFi** oraz przenoszenie usługi na protokół komunikacyjny **HTTPS**,
- system przechowywania danych – śledzenie aktualnych danych w zadanym oknie czasowym (na przykład 1 miesiąc),
- możliwość zmiany okresu pomiarowego dla czujników z poziomu **Telegram Bot'u**,
- możliwość wyboru reprezentacji graficznej wyników.