Autorzy	
Oleksii Kostiukov	231972
Uladzimir Lipski	238961
Vikatr Hasiul	231862

Prowadzący	Dr inż. Marek Woda
Termin	Środa, godzina: 13:15

Zastosowanie systemów wbudowanych

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

Spis treści

1 Cel projektu

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

Telegam bot jest aplikacją wykorzystującą interfejs aplikacji *Telegram* w celu komunikacji z wybranymi użytkownikami (którzy posiadają możliwość komunikacji ze stworzonym *bot'em*).

Punkt pomiarowy Platforma *Raspberry* umożliwia podłączenie licznych czujników, dane z których można gromadzić na urządzeniu lub wysyłać do serwerów zdalnych. W danym projekcie zostaną podłączone czujniki:

1. temperatury,
2. wilgotności,
3. światła

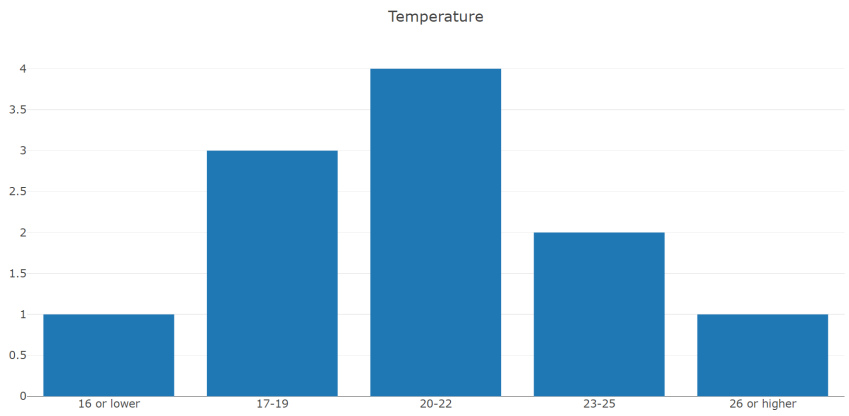
dane z których będą przechowywane na urządzeniu w celu przetwarzania i wyświetlania na stronie **WEB** w postaci interaktywnego wykresu.

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

2 Implementacja asynchronicznego wyświetlania wyników pomiarowych

2.1 Cel 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 1: Histogram temperatury

2.2 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.

2.3 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 odpowiedz na żądanie `HTTP`.

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

2.4 Tworzenie wykresu

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

```
function drawChart(chart_divId, chart_title) {
  var trace = {
    type: 'bar',
    x: chartRanges[chart_title],
    y: chartData[chart_title],
  };

  var data = [ trace ];

  chart_title = chart_title.charAt(0).toUpperCase()+chart_title.slice(1);
  var layout = {
    title: chart_title,
    font: {size: 18}
  };

  Plotly.react(chart_divId, data, layout);
}
```

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 statyczne i zadeklarowane na samym początku skryptu.

Listing 2: Zdefiniowany zakresy w skrypcie `JavaScript`

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

2.5 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 użyty 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 przeglądrce

```
@socketio.on('connect')
def test_connect():
global thread
if thread is None:
  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

```
def background_thread():
  global observer
  event_handler = CsvWatcher()
  observer = Observer()
  observer.schedule(event_handler, './', recursive=True)
  observer.start()
```

Listing 5: Definicja funkcji wysyłającej sygnał i dane

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

2.6 Asynchroniczne odświeżanie wykresów w przeglądarce

Asynchroniczne odświeżanie wykresów umożliwia połączenie przeglądarki i serwera za pomocą gniazdek. Gniazdka umozliwiają jest asynchroniczna obsługa sygnałów, wysłanych z serwera.

Do obsługi sygnału w języku `JavaScript` zostały zdefiniowane następujące funkcję:

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

```
var socket = io.connect('http://'+document.domain+':'+location.port);

socket.on('modified', function(data) {
    var newData = data['data'];
    start(newData)
});
```

3 Telegram Bot

Telegram Bot jest aplikacją bazującą się na `API`[1] 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.

Uługą 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 pomimarowych: Użytkownik posiada możliwość zdefiniowania ilości ostatnich wyników pomiarowych.

  Listing 7: Komedna 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)
  ```

[1] 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: Komedna 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')
```

4 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 czujniku `DHT11` stanowią pewne ograniczenie na jego zastosowanie:

- Temperatura – [0,50] $\pm 2^\circ$ o rozdzielczości 1°,
- 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.

4.1 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`.

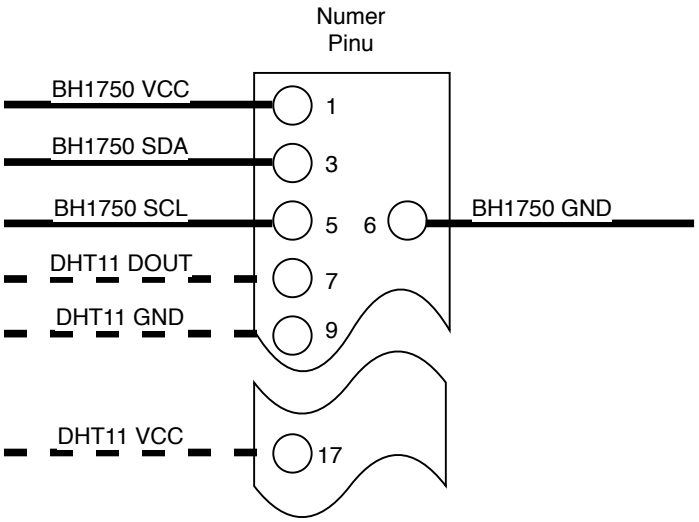
Dane rozwiązanie zostało przyjęte ze względu na przechowywane dane, łatwość w użyciu, w porównaniu do baz danych, oraz brak nadmiarowych informacji – plik przechowuje tylko te dane, które zostały do niego zapisane.

Listing 11: Definicja pliku `csv` z przykładowymi danymi

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

4.2 Podłączenie czujników

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



Rysunek 2: 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 objektu 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 provieded '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)
```

5 Łączenie z siecią WiFi

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

- SSID[2],
- 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␣%s␣%s'
                          % (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.

6 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 [3] oraz aplikacji konfiguracyjnej,

[2] od ang. Service set identifier - identyfikator sieci
[3] 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:      0 1 6
# Short-Description: Starting script as 'pi' user
# Description:
### END INIT INFO
su pi /home/pi/ZWS_rasp_tg/start.sh
```

7 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.