



Politechnika
Wrocławska

Temat pracy: Wielosystemowa platforma dydaktyczna dla sieci sensorowej IoT

Autor:
Kierunek:
Specjalność:
Jednostka organizacyjna:
Prowadzący pracę:

inż. Tomasz Borusiewicz
Teleinformatyka
utrzymanie sieci teleinformatycznych
K34W04D03 Katedra Telekomunikacji i Teleinformatyki
Dr hab. inż. Kamil Staniec



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Aspekt badawczy:

1. Opracowanie maszyny stanów dla wielosystemowej platformy czujnikowo komunikacyjnej
2. Opracowanie scenariuszy eksperymentalnych

Aspekt inżynierski:

1. Fizyczne wykonane połączenie struktur czujnikowo-komunikacyjnych z zastosowaniem systemów takich jak: LoRa, ZigBee, NRF24L01 itp.
2. Skrypty programistyczne do obsługi odczytów sensorowych oraz realizowaniu funkcji transmisyjnych, zapisu i wizualizacji danych

Zadania do wykonania:

1. Analiza dostępnych platform sprzętowych służących do realizacji zadań sensorowo-transmisyjnych
2. Opracowanie scenariuszy pomiarowo-transmisyjnych
3. Zestawienie platformy sprzętowej
4. Napisanie skryptów obsługujących moduły sensorowo-komunikacyjne
5. Opracowanie systemu archiwizacji i wizualizacji danych
6. Długookresowe badania wydajnościowe kompletnej platformy
7. Opracowanie koncepcji ćwiczeń laboratoryjnych z zastosowaniem platformy

Literatura:

1. Sornin N., Luis M., Eirich T., Kramp T., Hersent O., „LoRaWAN Specification”, Version:V1.0.2, July 2016
2. Preliminary Product Specification nRF24L01 Single Chip 2.4 GHz Radio Transceiver
3. IEEE, IEEE Std 802.15.4-2006, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical layer (PHY) Specification for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)

[illegible][illegible][illegible]



Politechnika
Wrocławska

Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest opracowanie platformy dydaktycznej dla wielosystemowej sieci sensorowej IoT. Na platformę składać będą się programowalne urządzenia marki Arduino, moduły realizujące przesyłanie danych poprzez systemy bezprzewodowe takie jak: Lora, Zigbee itd.. oraz strukturę czujnikową, z której zbierane i przesyłane będą dane. Platforma pozwoli na przeprowadzenie badań, które pomogą poznać i zweryfikować działające w niej systemy bezprzewodowe. Opracowane i zbadane zostaną scenariusze eksperymentalne, które posłużą do analizy wybranych sposobów komunikacji takie jak:

- Badanie niezawodności sieci w określonym przedziale czasowym
- Badanie przepustowości sieci
- Badanie zasięgu działania sieci
- itp..





Wybrany sprzęt

Wybrane urządzenia do realizacji komunikacji bezprzewodowej, które będą użyte w pracy magisterskiej to:

- HC-12
- Adafruit Feather M0 + moduł radiowy RFM96 LoRa
- NRF24L01
- Xbee S1 pro

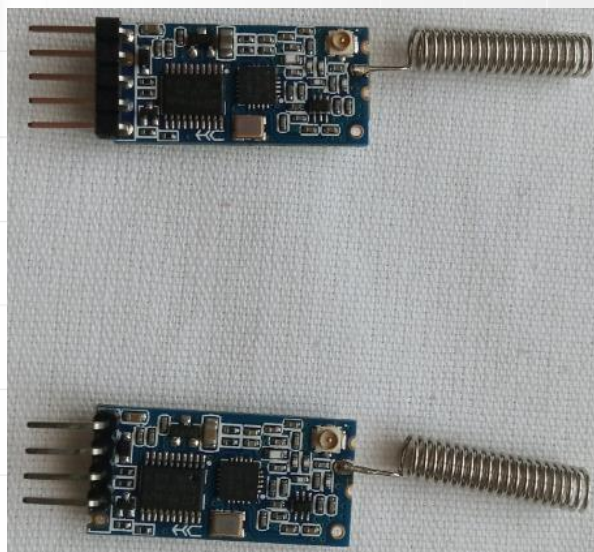
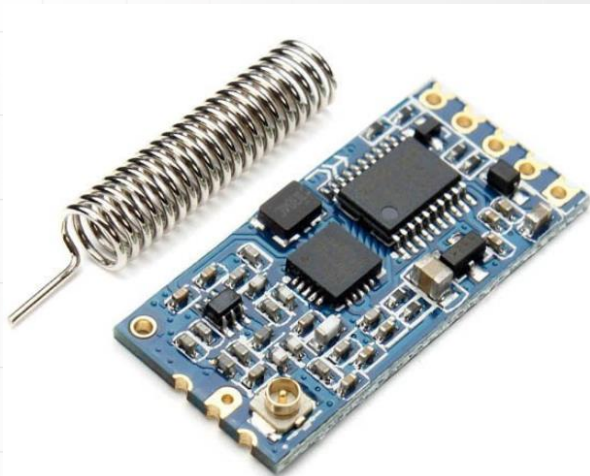
Głównym kryterium podczas wyboru modułów była różnorodność wykorzystywanych w nich systemów i protokołów do realizacja łączności bezprzewodowej.

Moduły komunikacji radiowej będą połączone z urządzeniami Arduino uno rev3 oraz Arduino mega 2560



Wybrany sprzęt- HC-12

HC-12 to moduł bezprzewodowy pracujący na częstotliwości 433 MHz w zasięgu do 1000 metrów. Komunikuje się z mikrokontrolerem poprzez interfejs UART (Rx, Tx).



Podstawowe informacje:

- Napięcie zasilania: od 3,2 V do 5,5 V
- Pobór prądu w stanie spoczynku: 20mA
- Zakres częstotliwości: 433,4 MHz – 473 MHz
- Moc: do 100 mW (20 dB)
- Wymiary modułu: 27,8 x 14,4 x 4 mm
- Komunikacja poprzez interfejs szeregowy UART

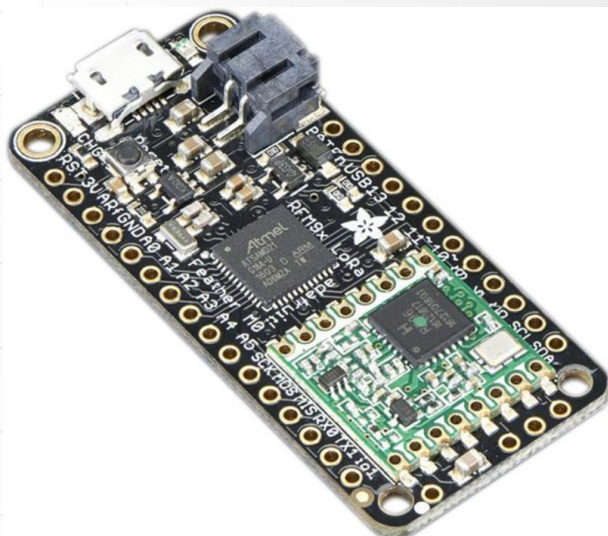
Więcej informacji dostępne jest pod adresem

https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca_magisterska/blob/master/dokumentacje/HC-12_user_manual.pdf



Wybrany sprzęt- LoRa

Adafruit Feather M0 z wbudowanym modułem radiowy RFM96 LoRa to mikrokontroler z dołączonym do niego urządzeniem radiowym LoRa. LoRa (ang. Long Range) to protokół i system komunikacja bezprzewodowej dalekiego zasięgu, przeznaczony do wymiany informacji pomiędzy urządzeniami Internetu rzeczy (IoT).

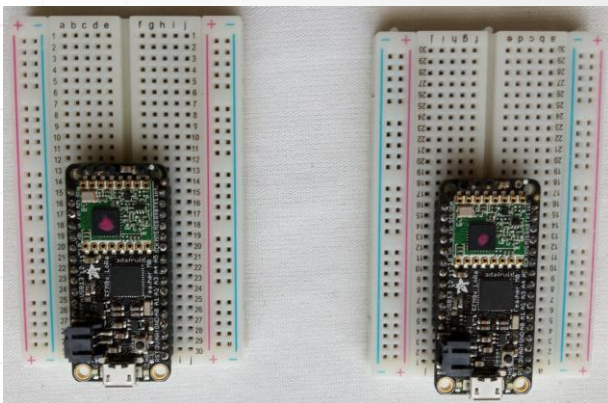


Podstawowe informacje:

- Napięcie zasilania: lipol 3,7V lub USB 5V
- ATSAM21G18 ARM Cortex M0 3,3 V
- Zakres częstotliwości: 433 MHz
- Czułość radia: do -148 dBm
- Moc: do 100 mW (20 dB)
- Wymiary modułu: 51 x 23 x 8 mm

Więcej informacji dostępne jest pod adresem

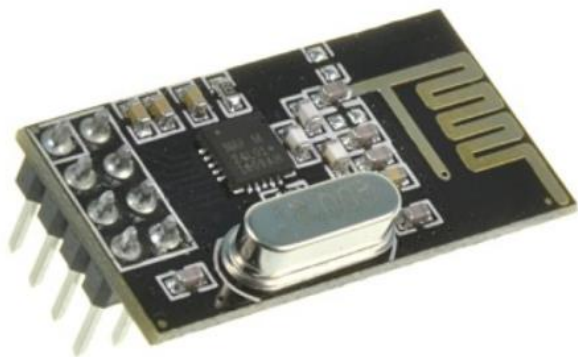
https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca_magisterska/blob/master/dokumentacje/adafruit-feather-m0-radio-with-lora-radio-module.pdf





Wybrany sprzęt- NRF24L01

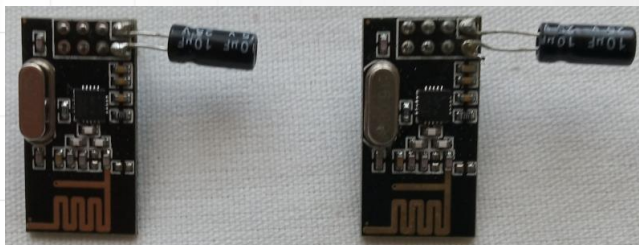
NRF24L01 to moduł radiowy działający w paśmie 2,4 GHz z interfejsem komunikacyjnym SPI. Nadajnik / Odbiornik ten posiada wbudowaną antenę dzięki czemu nie ma potrzeby dołączać zewnętrznej.



Podstawowe informacje:

- Napięcie zasilania: 1,9 V – 3,6 V
- Zakres częstotliwości: 2,4 GHz
- Interfejs komunikacyjny: SPI
- Modulacja: GFSK
- Pobór prądu: 11 mA (przy 0 dBm mocy wejściowej)
- Wymiary modułu: 30 x 16 mm

Więcej informacji dostępne jest pod adresem
https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca_magisterska/blob/master/dokumentacje/nRF24L01_user_manual.pdf





Wybrany sprzęt- Xbee S1 pro

Moduł Xbee pro serii 1 z nadajnikiem o mocy wyjściowej 60 mW (18 dBm) i wbudowaną anteną to popularne urządzenie, które pozwala utworzyć komunikację bezprzewodową pomiędzy mikrokontrolerami, komputerami czy systemami mikroprocesorowymi poprzez interfejs szeregowy. Moduł pracuje na częstotliwości 2,4 GHz w standardzie zgodnym z normą IEEE 802.15.4



Podstawowe informacje:

- Napięcie zasilania: 3,3 V
- Zakres częstotliwości: 2,4 GHz
- Interfejs komunikacyjny: UART
- Prędkość transmisji: 250 kbps
- Pobór prądu: 215 mA
- Wymiary modułu: 33 x 23 mm



Więcej informacji dostępne jest pod adresem

https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca_magisterska/blob/master/dokumentacje/Xbee_user_manual.pdf



Wybrany sprzęt – Arduino uno

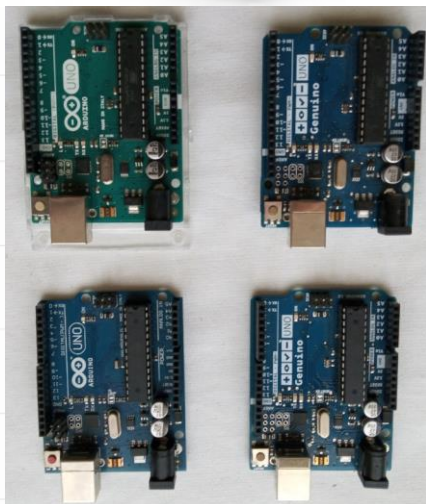
Arduino uno to jeden z najbardziej popularnych mikrokontrolerów na świecie. urządzenie posiada 14 cyfrowym wejść / wyjść oraz 6 analogowych. Uno w prosty sposób można połączyć z komputerem poprzez wbudowany interfejs USB A. Dzięki dedykowanemu oprogramowaniu Arduino IDE w prosty sposób można go zaprogramować.



Podstawowe informacje:

- Napięcie zasilania: od 7V do 12V
- Mikrokontroler: ATmega328
- Porty I/O: 14
- Interfejsy szeregowo: UART, SPI, I2C
- Gniazdo USB A do programowania
- Wymiary: 68,6 x 53,4 mm

Więcej informacji dostępne jest pod adresem
<https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoUno>





Wybrany sprzęt – Arduino mega 2560

Arduino mega to jedna z najwydajniejszych urządzeń firmy Arduino. Posiada mikrokontroler ATmega2560. wbudowane w niego aż 54 cyfrowe wejścia / wyjścia z czego 15 można wykorzystać jako PWM (ang. Pulse Width Modulation) np. do sterowania silnikami



Podstawowe informacje:

- Napięcie zasilania: od 7V do 12V
- Mikrokontroler: ATmega2560
- Porty I/O: 54
- Interfejsy szeregowo: 4xUART, SPI, I2C
- Gniazdo USB A do programowania
- Wymiary: 101 x 61 mm



Więcej informacji dostępne jest pod adresem
<https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoMega2560>



Politechnika
Wrocławska

Wybrany sprzęt – Czujniki

Do platformy podłączone będą czujniki z których mikrokontrolery będą otrzymywały dane a następnie przesyłały je poprzez systemy bezprzewodowe do odbiorników i kolejno do bazy danych. Na chwilę obecną nie posiadam jeszcze czujników (z powodu ciężkiej sytuacji na świecie wywołaną pandemią koronawirusa) ale będą to DHT22. Popularny czujnik temperatury i wilgotności powietrza komunikujący się poprzez interfejs cyfrowy. Wybór padł na ten czujnik ponieważ jest on prosty w konfiguracji i wytrzymały. Celem tej pracy nie jest weryfikacja poprawności otrzymywanych danych a poprawne przekazywanie je poprzez sieć radiową dlatego wybór czujników był sprawą mniej ważną.



Podstawowe informacje:

- Napięcie zasilania: od 3,3 V do 6 V
- Średni pobór prądu: 0.2 mA
- Zakres pomiarowy: -40 do 80 stopni celcjusza
- Komunikacja: GPIO

Więcej informacji dostępne jest pod adresem
https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca_magisterska/blob/master/dokumentacje/DHT22.pdf



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Zestawienie platformy sprzętowej

Pierwszym zadaniem było fizyczne połączenie ze sobą modułów radiowych oraz mikrokontrolerów. Do mojej pracy dyplomowej wybrałem następujące systemy radiowe:

- HC-12
- LoRa
- NRF24L01
- ZigBee

W celu realizacji pracy niezbędne są co najmniej 2 sztuki z każdego wybranego systemu radiowego, jeden w trybie pracy jako nadajnik oraz drugi w trybie pracy jako odbiornik.

Dodatkowo każdy moduł pracujący w trybie nadajnika podłączony zostanie do mikrokontrolera Arduino Uno. Moduły pracujące w trybie odbiornika połączone będą z jednym mikrokontrolerem Arduino mega.

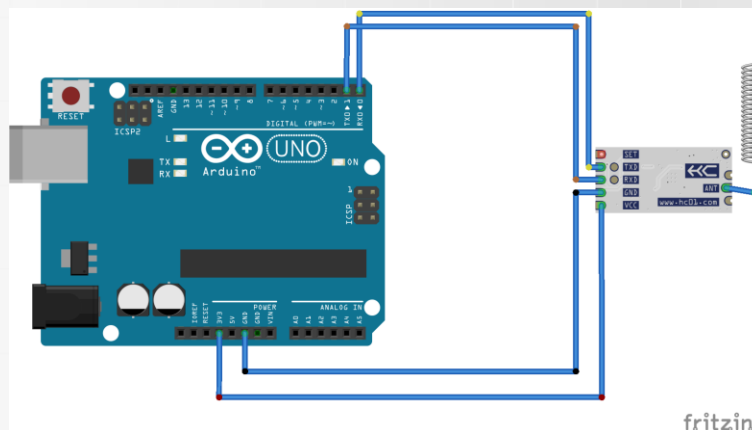
Wybrany sprzęt łącznie:

- 2x HC-12
- 2x LoRa
- 2x NRF24L01
- 2x ZigBee
- 2x Arduino Uno
- 1x Arduino Mega

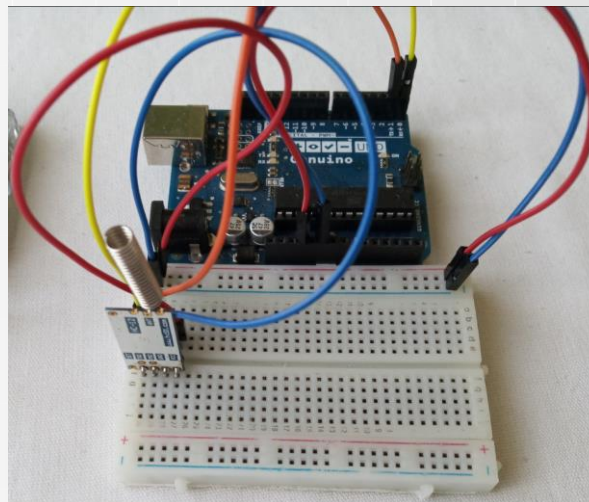


Zestawienie platformy sprzętowej - HC-12

Jeden z modułów HC-12 został podłączony do Arduino uno i skonfigurowany jako nadajnik. Wymiana informacji pomiędzy modulem i mikrokontrolerem odbywa się poprzez interfejs szeregowy UART.



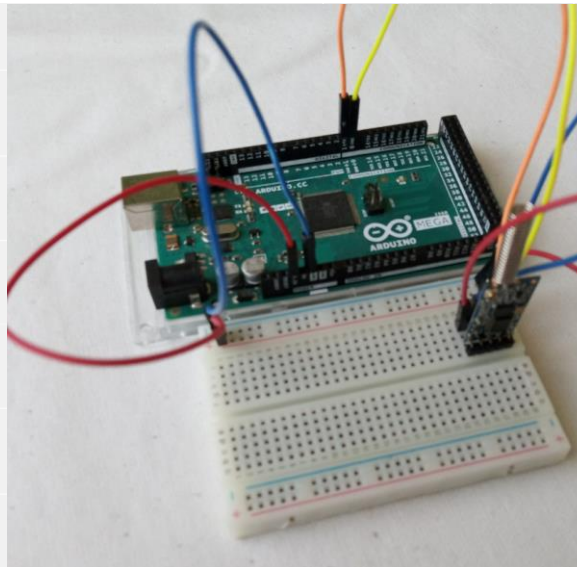
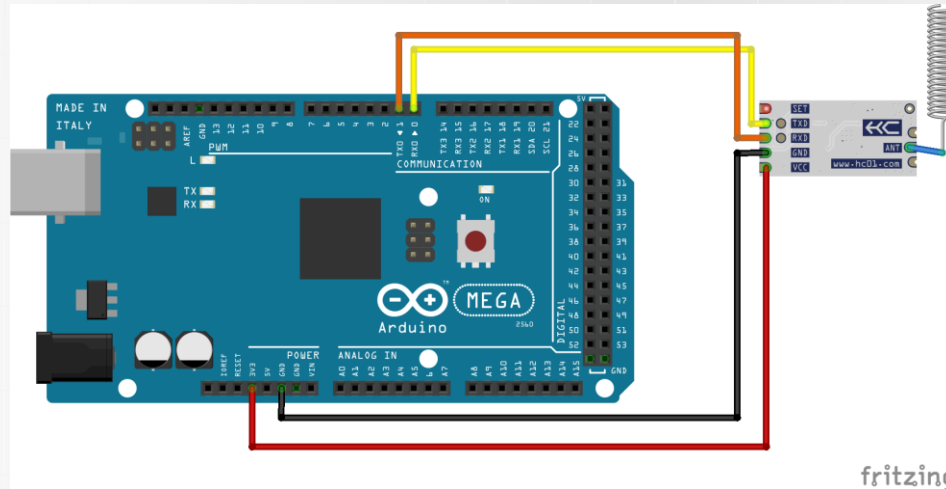
fritzing





Zestawienie platformy sprzętowej - HC-12

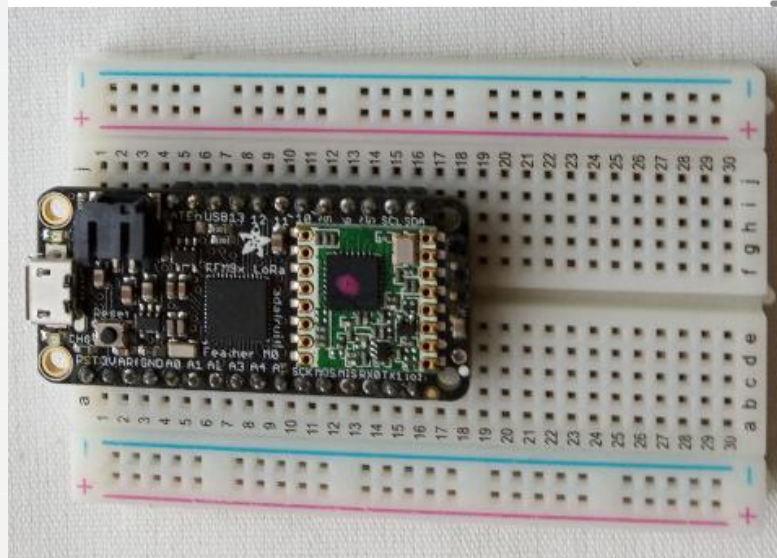
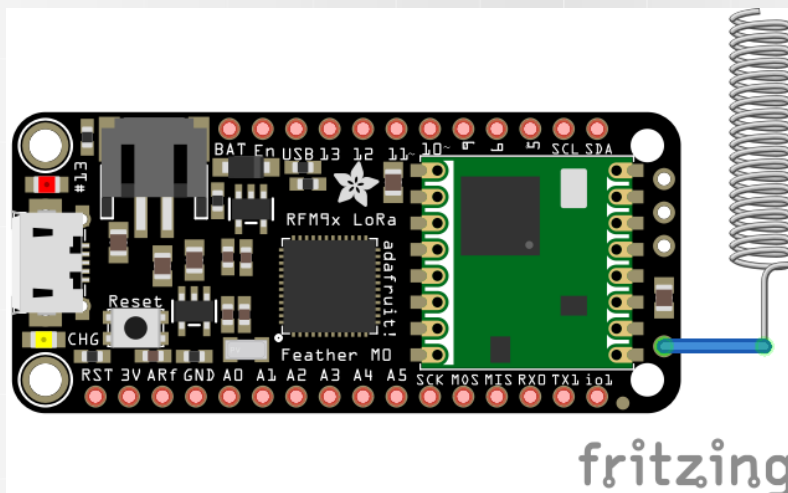
Drugi moduł HC-12 połączony został z Arduino mega i skonfigurowany jako odbiornni. Wymiana informacji pomiędzy modułem i mikrokontrolerem odbywa się poprzez interfejs szeregowy UART.





Zestawienie platformy sprzętowej - LoRa

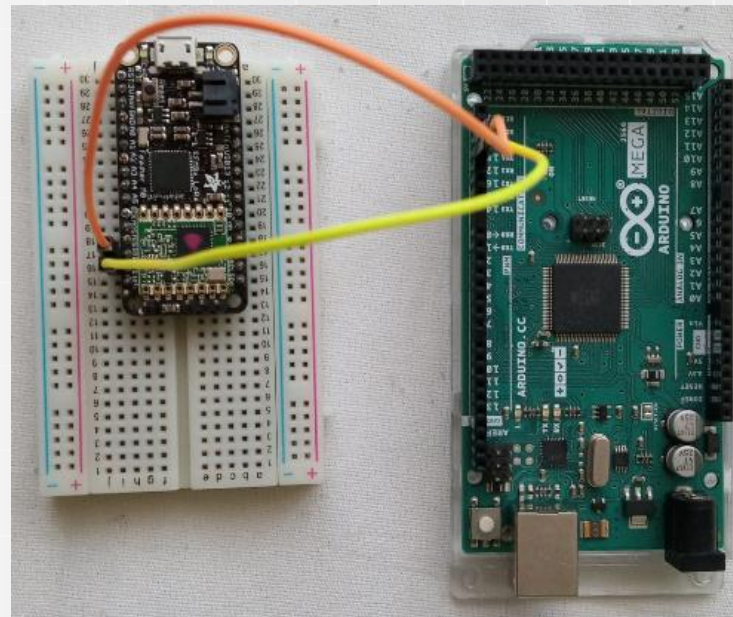
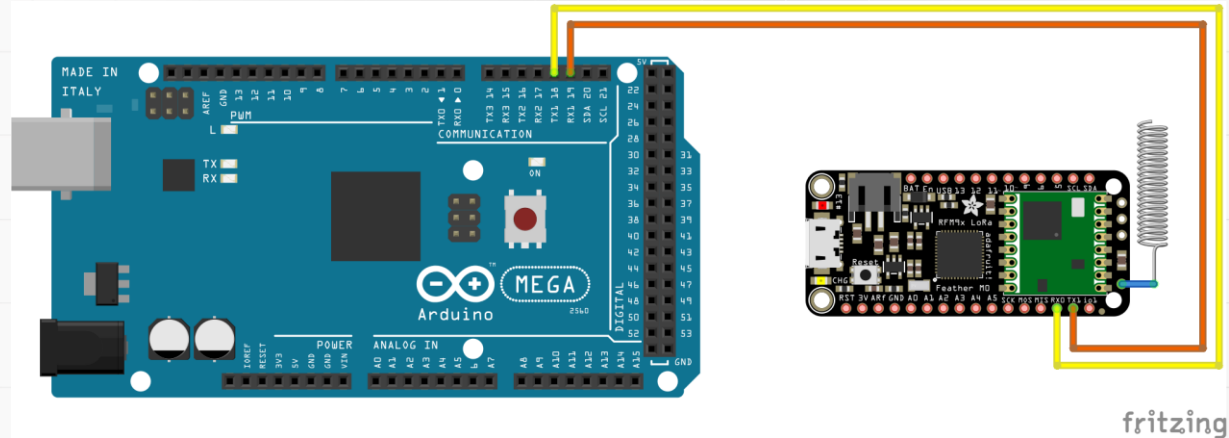
Wybrane urządzenie z systemem łączności LoRa to mikrokontroler którego nie trzeba łączyć z Arduino w celu konfiguracji, dlatego jedno z nich będzie pracować jako nadajnik bez połączenia z inną platformą





Zestawienie platformy sprzętowej - LoRa

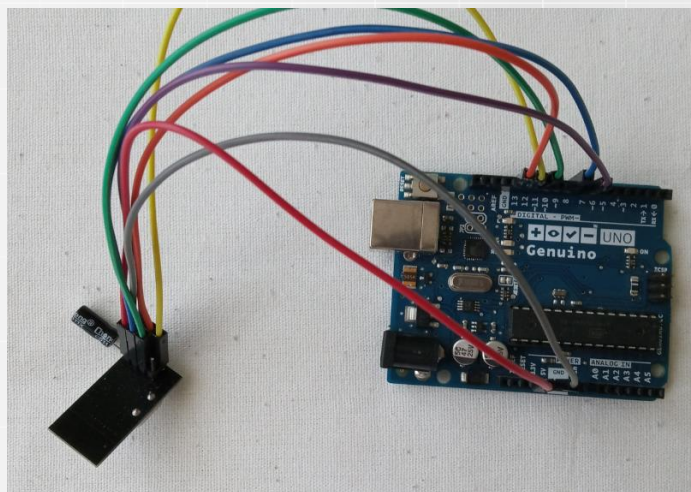
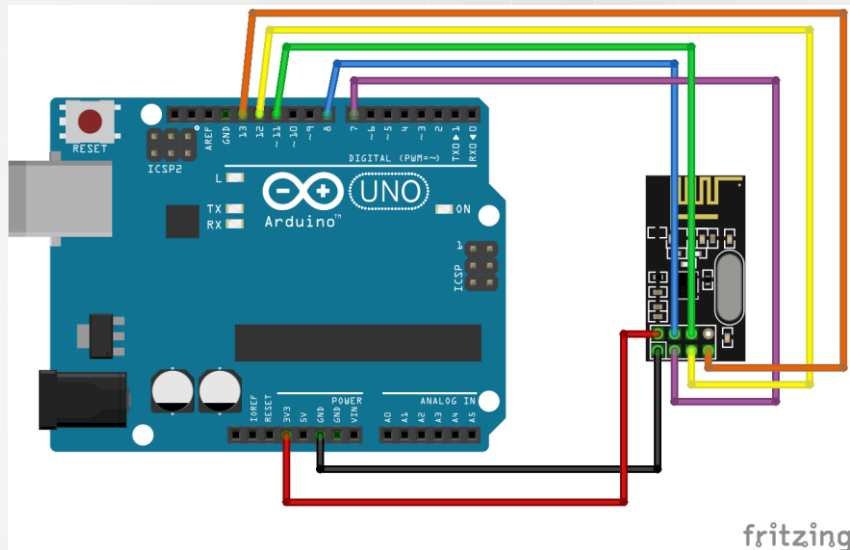
Drugi moduł natomiast został skonfigurowany w tryb odbiornika i połączony poprzez interfejs szeregowy z Arduino mega w celu przekazywania otrzymanych danych.





Zestawienie platformy sprzętowej – NRF24L01

Moduł radiowy NRF24L01 połączony został z Arduino uno i ustawiony jako nadajnik.

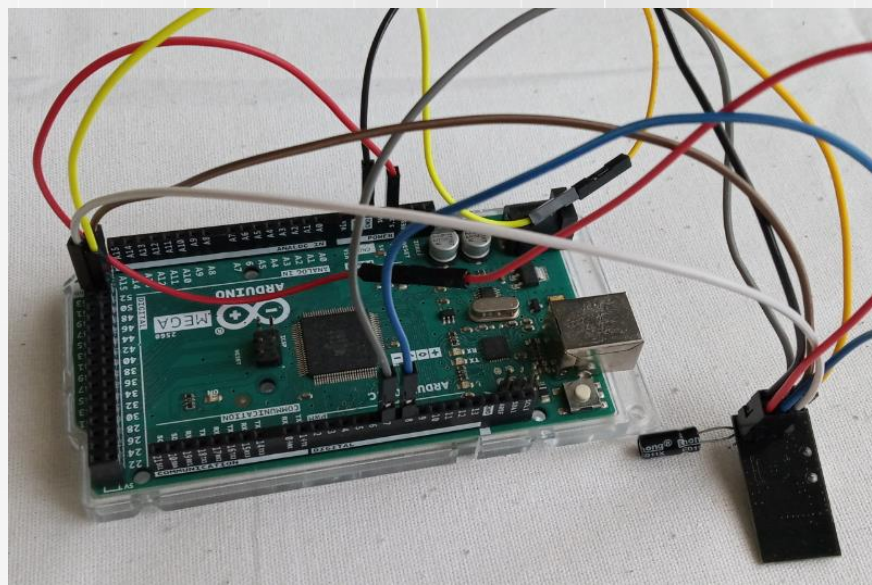
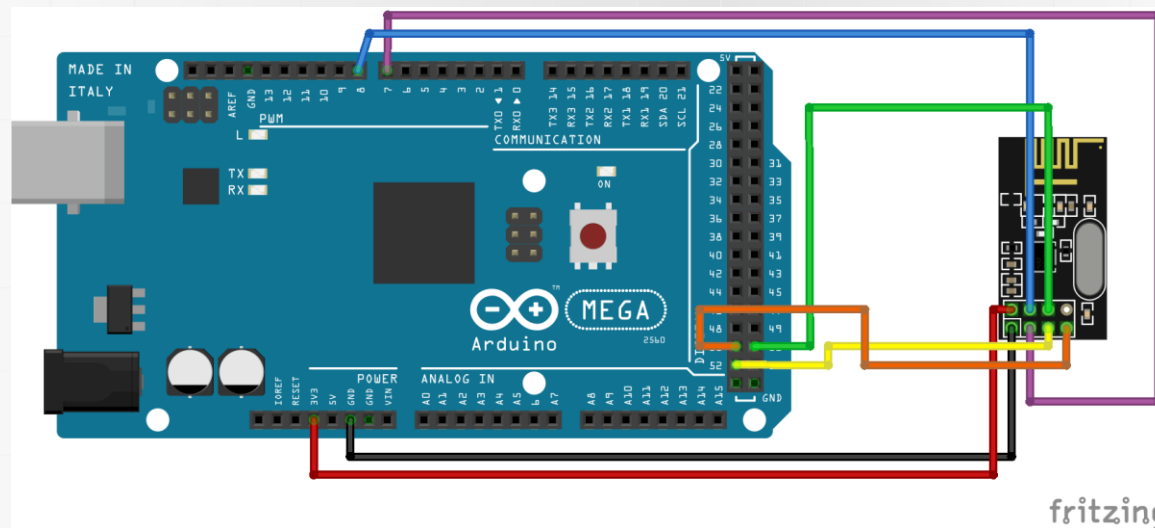




Politechnika
Wrocławska

Zestawienie platformy sprzętowej – NRF24L01

Drugi moduł skonfigurowano jako odbiornik i połączono z Arduino mega.



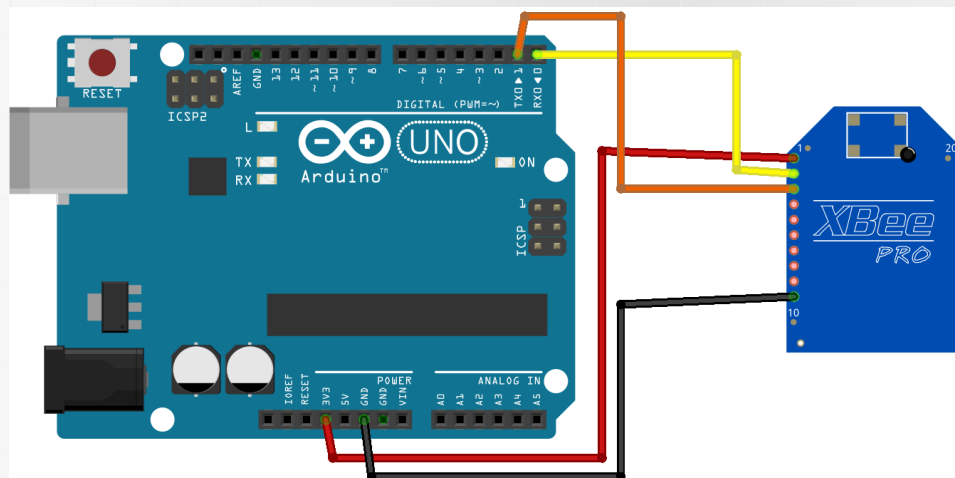
HR EXCELLENCE IN RESEARCH



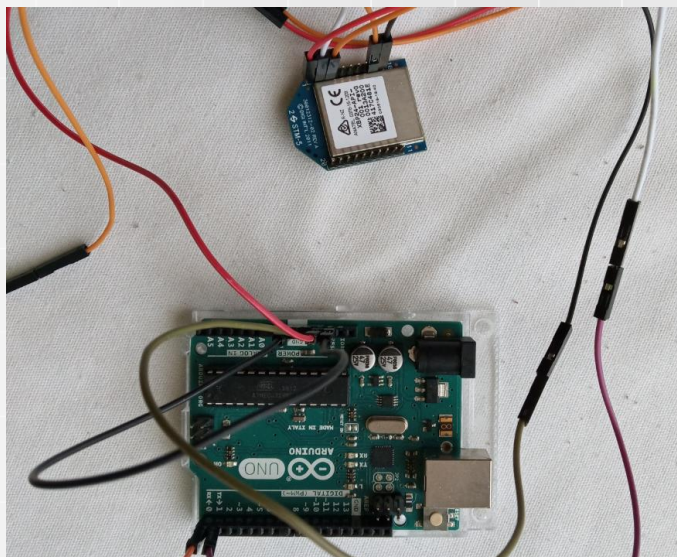
Politechnika
Wrocławska

Zestawienie platformy sprzętowej – Xbee

Ostatni system łączności połączono został z Arduino uno jako nadajnik.



fritzing



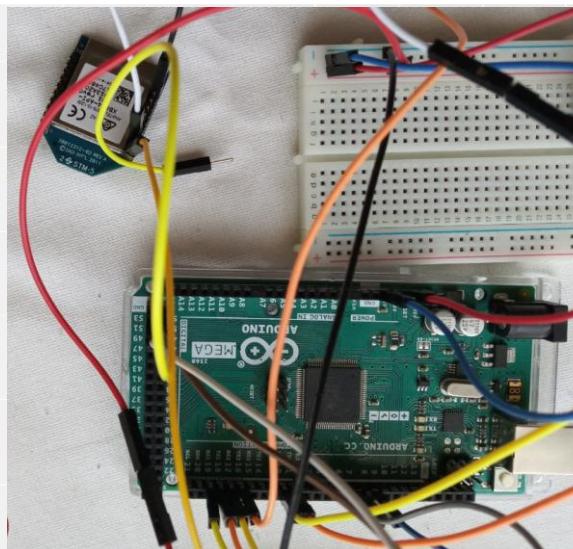
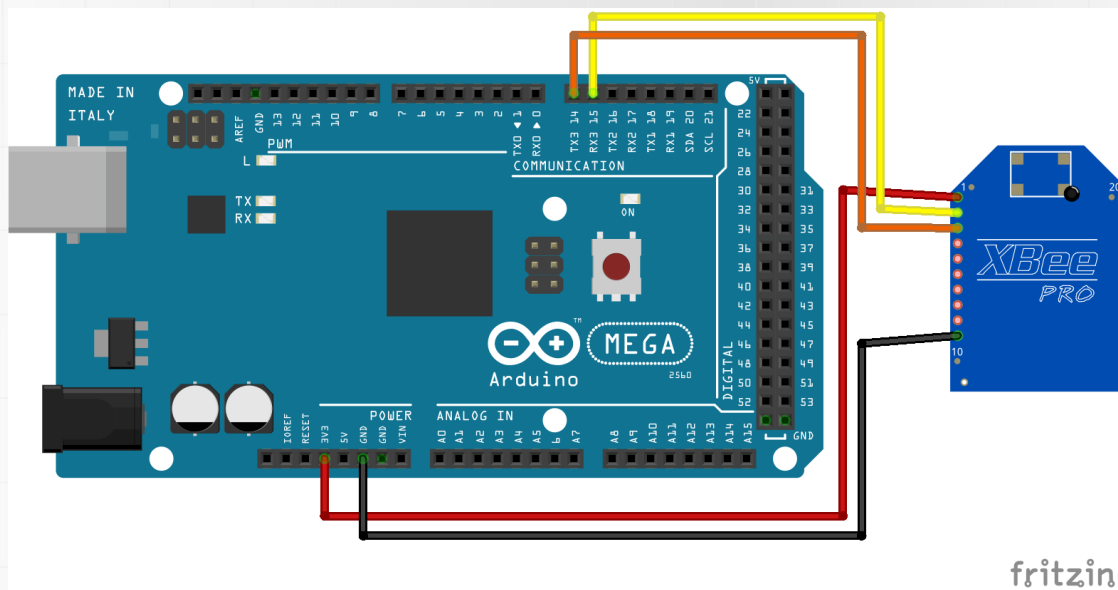
HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika
Wrocławska

Zestawienie platformy sprzętowej – Xbee

Oraz Arduino mega skonfigurowany jako odbiornik.



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika
Wrocławska

Napisanie skryptów obsługujących moduły sensorowo-komunikacyjne

Po pomyślnym podłączeniu modułów przygotowałem wstępne skrypty w celu weryfikacji poprawnej łączności pomiędzy systemami łączności bezprzewodowej. Wszystkie skrypty dostępne są pod adresem https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca_magisterska/tree/master/moduly_kod

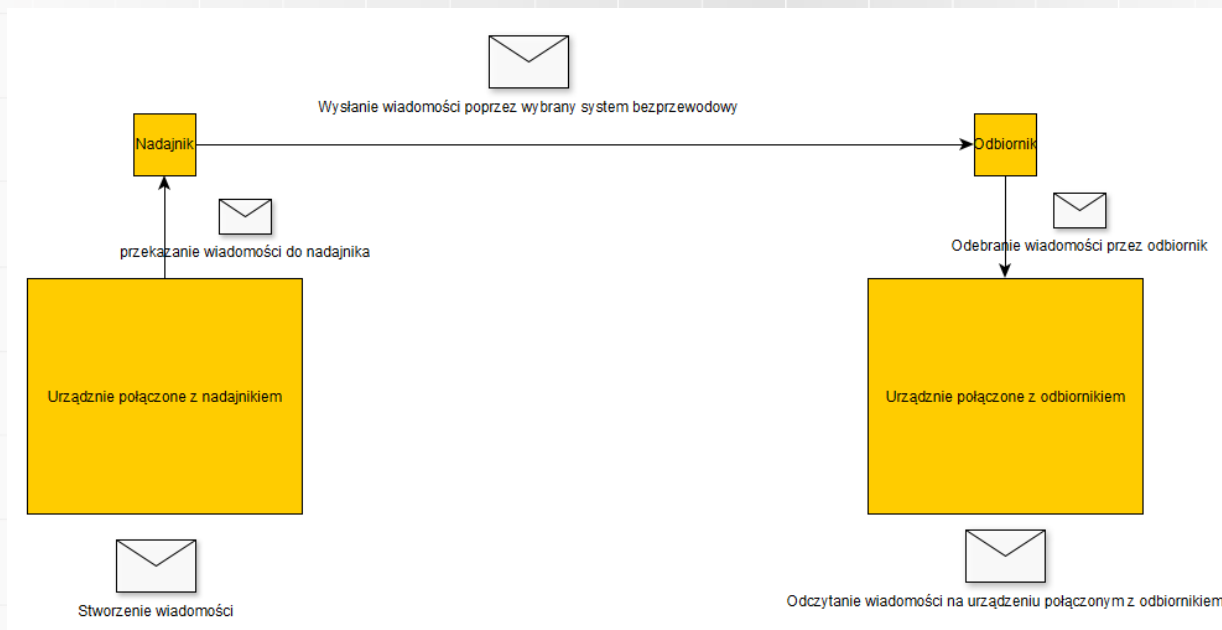


HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Weryfikacja połączenia

Weryfikacja połączenia pomiędzy dwoma modułami pomiędzy każdym systemem do realizacji przesyły danych poprzez sieć bezprzewodową przebiegała w taki sam sposób. Na urządzenie które było połączone z nadajnikiem wgrany został przygotowany skrypt przez, który urządzenie wysyłało do odbiornika wiadomość. Jeśli informacja była widoczna na urządzenie do, którego podłączony był odbiornik weryfikacja przebiegła pomyślnie. Poniższy uproszczony schemat przedstawia weryfikację połączenia.





System archiwizacji i wizualizacji danych

Praca będzie posiadała system archiwizacji i wizualizacji danych. Celem stworzenia tego narzędzia jest przechowywanie takich wartości jak:

- Dane z zainstalowanych czujników
- Dane opisujące jakość połączenia pomiędzy urządzeniami łączności bezprzewodowej

Zebrane dane posłużą do przeprowadzenia badań poprawności połączenia pomiędzy urządzeniami bezprzewodowymi.

W celu archiwizacji danych niezbędne było skorzystanie z baz danych. W projekcie wykorzystano bazy o nazwie InfluxDB. Zostały one stworzone, oraz są rozwijane przez firmę Influxdata na licencji MIT. Zaprojektowano je specjalnie dla danych zbieranych w czasie, dlatego dobrze nadają się do archiwizacji danych zbieranych w niniejszym projekcie. Bazy te potrafią obsłużyć bardzo dużą ilość danych, co wpływa na szybkie wyczerpanie się miejsca na dysku pamięci, gdzie przechowywane są dane, dlatego zastosowano w nich proces automatycznej kompresji w celu zmniejszenia ich rozmiaru.

Wizualizacja danych zostanie przedstawiona w programie Grafana. Jest to rozwiązanie oparte na licencji wolnego oprogramowania (ang. Open source). Grafana oficjalnie wspiera bazy danych InfluxDB dlatego została wybrana do tego projektu. Dzięki temu liczba możliwych problemów podczas konfiguracji systemu znacznie zmniejsza się.



Kolejne kroki

Kolejne kroki podczas realizacji pracy dyplomowej to:

- Dokończenie konfigurowania systemu archiwizacji i wizualizacji danych
- Zainstalowanie czujników do platformy pomiarowej
- Badania wydajności platformy w dłuższym okresie czasu
- Opracowanie scenariuszy testowych



Bibliografia

- [1] Dokumentacja użytkownika modułu HC-12,
file:///C:/Users/borusiew/Desktop/Praca%20dyplomowa/praca_magisterska/dokumentacje/HC-12_user_manual.pdf
- [2] Dokumentacja użytkownika mikrokontrolera Feather M0 with LoRa radio,
https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca_magisterska/blob/master/dokumentacje/adafruit-feather-m0-radio-with-lora-radio-module.pdf
- [3] Opis mikrokontrolera Feather MO z systemem LoRa na stronie producenta, <https://www.adafruit.com/product/3178>
- [4] Dokumentacja użytkownika modułu Xbee S1 pro,
https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca_magisterska/blob/master/dokumentacje/Xbee_user_manual.pdf
- [5] Dokumentacja użytkownika modułu NRF24L01,
https://github.com/TomaszBorusiewicz/praca_magisterska/blob/master/dokumentacje/nRF24L01_user_manual.pdf
- [6] Strona producenta Arduino uno i Arduino mega,
<https://www.arduino.cc/>