

Politechnika Warszawska

WYDZIAŁ ELEKTRONIKI  
I TECHNIK INFORMACYJNYCH



Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki

# Praca dyplomowa inżynierska

na kierunku Elektronika i Telekomunikacja  
w specjalności Inżynieria Komputerowa

Dedykowany system komunikacji z wykorzystaniem  
protokołu Lora

Emil Michalik

Numer albumu 280293

promotor

dr inż. Marek Niewiński

WARSZAWA 2024



## **Dedykowany system komunikacji z wykorzystaniem protokołu Lora**

**Streszczenie.** Niniejsza praca dotyczy konstrukcji dedykowanego systemu komunikacji z wykorzystaniem protokołu Lora. Do zakresu pracy należało wykonanie oraz przetestowanie systemu, który służył do komunikacji przy użyciu aplikacji na smartfon z systemem Android - napisanej w języku Kotlin, jak i urządzenia zewnętrznego czyli mikrokontrolera w dedykowanej obudowie wraz z modułem dającym możliwość do komunikacji przy użyciu protokołu Lora, w paśmie poniżej 1 GHz.

**Słowa kluczowe:** raspberry pico, lora, mikrokontroler, android, kotlin, micropython

## **Dedicated communication system using Lora protocol**

**Abstract.** This Engineering Thesis concerns the construction of a dedicated communication system using the Lora protocol. The scope of work refers to building and testing a system, which enables user to communicate using application on the smartphone with Android operating system - written in Kotlin programming language, and also device in dedicated case with module which allows to communicate using the Lora protocol in the frequency lower than 1 Ghz.

**Keywords:** raspberry pico, lora, microcontroller, android, kotlin, micropython



.....  
miejscowość i data

.....  
imię i nazwisko studenta

.....  
numer albumu

.....  
kierunek studiów

### OŚWIADCZENIE

Świadomy/-a odpowiedzialności karnej za składanie fałszywych zeznań oświadczam, że niniejsza praca dyplomowa została napisana przeze mnie samodzielnie, pod opieką kierującego pracą dyplomową.

Jednocześnie oświadczam, że:

- niniejsza praca dyplomowa nie narusza praw autorskich w rozumieniu ustawy z dnia 4 lutego 1994 roku o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz.U. z 2006 r. Nr 90, poz. 631 z późn. zm.) oraz dóbr osobistych chronionych prawem cywilnym,
- niniejsza praca dyplomowa nie zawiera danych i informacji, które uzyskałem/-am w sposób niedozwolony,
- niniejsza praca dyplomowa nie była wcześniej podstawą żadnej innej urzędowej procedury związanej z nadawaniem dyplomów lub tytułów zawodowych,
- wszystkie informacje umieszczone w niniejszej pracy, uzyskane ze źródeł pisanych i elektronicznych, zostały udokumentowane w wykazie literatury odpowiednimi odnośnikami,
- znam regulacje prawne Politechniki Warszawskiej w sprawie zarządzania prawami autorskimi i prawami pokrewnymi, prawami własności przemysłowej oraz zasadami komercjalizacji.

Oświadczam, że treść pracy dyplomowej w wersji drukowanej, treść pracy dyplomowej zawartej na nośniku elektronicznym (płyce kompaktowej) oraz treść pracy dyplomowej w module APD systemu USOS są identyczne.

.....  
czytelny podpis studenta



# Spis treści

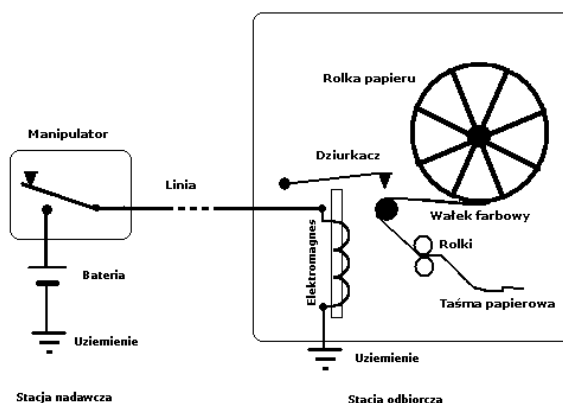
<b>1. Wstęp</b>	9
1.1. Cele pracy	9
<b>2. Standard komunikacji Lora</b>	10
2.1. Wiadomości ogólne	10
2.2. Rozwój	10
2.3. Specyfikacja	10
2.4. Przykładowe zastosowania	10
<b>3. Standard Bluetooth</b>	12
<b>4. Założenia projektowe</b>	13
4.1. Koncepcja wykonania	13
<b>5. Realizacja</b>	14
5.1. Konstrukcja dedykowanego urządzenia	14
5.2. Zasilanie	14
<b>6. Testowanie</b>	15
6.1. Prototyp testowy dedykowanego urządzenia	15
6.2. Prototyp aplikacji na Androida	15
6.3. Pomiar odległości	15
<b>7. Podsumowanie</b>	16
<b>Wykaz symboli i skrótów</b>	17
<b>Spis rysunków</b>	17
<b>Spis tabel</b>	17
<b>Spis załączników</b>	17





# 1. Wstęp

Zagadnieniem systemów komunikacji elektronicznej człowiek zajmuje się już od XIX w. Rozwój systemów komunikacji wiąże się, z rozwojem wielu dziedzin techniki i nauki na niespotykaną do tej pory skalę. Problemy komunikacji na odległość i ich rozwiązania zajmują najtęższe umysły od prawie 200 lat. Przykładem a zarazem pierwszym urządzeniem komunikacyjnym jest telegraf [wiki:telegraf](https://pl.wikipedia.org/wiki/Telegraf)2023. W odpowiedzi na potrzeby i różnego rodzaju wymagania powstały liczne dedykowane systemy komunikacyjne i urządzenia z nich korzystające. Większość obecnie dostępnych systemów komunikacji wymaga dostępu do jakiejś sieci np. GSM (telefon komórkowa, w tym MMS-y i SMS-y), Internet (popularne komunikatory takie jak np. Whatsapp, Signal lub Telegram). Istotnym więc dla tej pracy dyplomowej stało się wytworzenie systemu komunikacyjnego, który działałby niezależnie od dostępności do [jakiegokolwiek] sieci - co czyniłoby go idealnym rozwiązaniem w sytuacjach kryzysowych. Wytworzone rozwiązanie oparte jest w dużej mierze na rozwiązaniach otwartych, co umożliwia jego dostosowanie do wymagań praktycznie każdej sytuacji.



Rysunek 1.1. Schemat telegrafu. Źródło: wikipedia

## 1.1. Cele pracy

Do celów niniejszej pracy należy:

- zaprojektowanie, wykonanie i przetestowanie systemu do komunikacji tekstowej wykorzystującej protokół Lora,
- przygotowanie dedykowanej aplikacji mobilnej do obsługi tego systemu,
- przygotowanie dokumentacji technicznej,
- zaprojektowanie i montaż dedykowanej obudowy do części systemu wykorzystującej mikrokontroler,
- zbadanie efektywności zaprojektowanego rozwiązania (ze względu na maksymalny dystans, przy którym komunikacja będzie jeszcze możliwa)

## 2. Standard komunikacji Lora

### 2.1. Wiadomości ogólne

Lora jest techniką modulacji widma rozproszonego wywodzącą się z technologii ang. chirp spread spectrum. Standard Lora, dalekosiężnej, bezprzewodowej platformy do komunikacji na odległość firmy Semtech, stał się de facto platformą Internetu Rzeczy. Urządzenia lora i sieci LoRaWAN umożliwiają stawianie czoła wyzwaniom takim jak: zarządzanie energią, redukcja zużycia zasobów naturalnych, kontrola zanieczyszczeń, wydajność infrastruktury, i kontrola w sytuacjach wystąpienia katastrof naturalnych.

### 2.2. Rozwój

Początkowo standard Lora został opracowany przez firmę Cycleo i opatentowany w 2014 roku, następnie firma ta została wykupiona przez Semtech, który zarządza i rozwija standard. LoRaWAN<sup>1</sup> Ciągły rozwój protokołu LoRaWAN jest możliwy dzięki organizacji non-profit LoRa Alliance, której to Semtech jest członkiem założycielem.

### 2.3. Specyfikacja

Lora wykorzystuje pasmo nielicencjonowane poniżej 1 GHz (w Europie to: 863 - 870/873 MHz). Technologia ta umożliwia transmisję na duży zasięg z minimalnym poborem energii. Technologia opisuje warstwę fizyczną, podczas gdy inne technologie i protokoły takie jak np. LoRaWAN opisują wyższe warstwy. Umożliwia ona osiągnięcie prędkości transferu danych pomiędzy 0,3 kbit/s, a 27 kbit/s.

### 2.4. Przykładowe zastosowania

W mnogości zastosowań technologii LoRa trudno wymienić zaledwie kilka, zapominając o reszcie. Najlepszy wgląd na zastosowania daje spojrzenie na zastosowania podane przez firmę zarządzającą tą technologią dostępne pod tym linkiem - <https://www.semtech.com/lora/resources/lora-white-papers>. W powyższej pracy postarano się wymienić i krótko opisać część zastosowań:

- inteligentne mierniki gazu, dające dostęp do wiarygodnych danych i zwiększające bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej,
- monitorowanie przewożonego ładunku w tzw. zimnym łańcuchu,
- zdalne i wytrzymałe systemy pomiarowe, służące poprawie bezpieczeństwa energetycznego,
- system monitorowania i detekcji powodzi,
- różnorodne systemy tzw. smart homes,
- systemy do zarządzania dostępnością wody,

---

<sup>1</sup> definiuje protokół komunikacji i architekturę systemu. Jest oficjalnym standardem ITU (Międzynarodowej Unii Telekomunikacyjnej), pod nr. ITU-T Y.4480. Tłumaczenie własne.

- system czujników umożliwiający skrócenie czasu produkcji,
- inteligentne pola golfowe,
- monitorowanie akustyczne w czasie rzeczywistym,
- monitorowanie ogrodów botanicznych,
- zarządzanie polami uprawnymi,
- inteligentne parkometry,
- lokalizowanie skradzionych samochodów i ładunków,
- tracking bydła,
- detekcja wycieków radioaktywnych.

### **3. Standard Bluetooth**

## 4. Założenia projektowe

Przy realizacji niniejszej pracy przyjęto kilka założeń:

- Przede wszystkim system będzie umożliwiał komunikację między dwoma smartfonami przy wykorzystaniu urządzenia zewnętrznego i dedykowanej aplikacji.
- Komunikacja będzie odbywać się przy wykorzystaniu standardu Lora.
- System będzie zaprojektowany z myślą o niskim poborze prądu, dzięki czemu będzie mógł być zasilany z baterii lub powerbanku.
- Obudowa do urządzenia zewnętrznego będzie wykonana w technologii druku 3d.
- Całość lub jeżeli to niemożliwe, to jak największa część systemu komunikacji zostanie opublikowana na otwartoźródłowej licencji.

### 4.1. Koncepcja wykonania

Pracę rozpoczęto od rozważenia różnych mikrokontrolerów, względy praktyczne jak i dostępność zadecydowały o wyborze Raspberry Pico (RP2040). Niestety powyższy mikrokontroler pozbawiony jest możliwości komunikacji bezprzewodowej, co też skutkuje tym, że trzeba do niego dobrać odpowiedni moduł Bluetooth, w tym wypadku hm-06, komunikujący się z mikrokontrolerem przy użyciu UART<sup>2</sup> Jeśli zaś chodzi o Lora, to możliwość komunikacji przy użyciu tego protokołu uzyskano dzięki użyciu odpowiedniej przystawki - SB Components SKU21628.

---

<sup>2</sup> Uniwersalny asynchroniczny nadajnik-odbiornik.

## **5. Realizacja**

### **5.1. Konstrukcja dedykowanego urządzenia**

### **5.2. Zasilanie**

## **6. Testowanie**

### **6.1. Prototyp testowy dedykowanego urządzenia**

### **6.2. Prototyp aplikacji na Androida**

### **6.3. Pomiar odległości**

## **7. Podsumowanie**



## **Wykaz symboli i skrótów**

**EiTI** – Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych

**PW** – Politechnika Warszawska

## **Spis rysunków**

1.1 Schemat telegrafu. Źródło: wikipedia . . . . .	9
--	---

## **Spis tabel**

## **Spis załączników**