

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 (płycie kompaktowej) oraz treść pracy dyplomowej w module APD systemu USOS są identyczne.

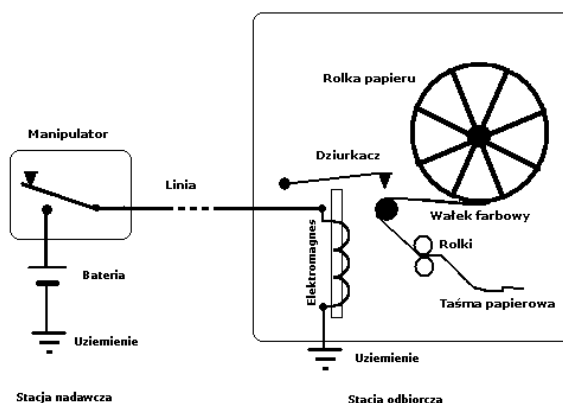
.....
czytelny podpis studenta

Spis treści

| | |
|---|----|
| 1. Wstęp | 9 |
| 1.1. Cele pracy | 9 |
| 2. Standard komunikacji Lora | 10 |
| 2.1. Wiadomości ogólne | 10 |
| 2.2. Rozwój | 10 |
| 2.3. Specyfikacja | 10 |
| 2.4. Przykładowe zastosowania | 10 |
| 3. Standard Bluetooth | 12 |
| 4. Założenia projektowe | 13 |
| 4.1. Koncepcja wykonania | 13 |
| 5. Realizacja | 14 |
| 5.1. Konstrukcja dedykowanego urządzenia | 14 |
| 5.2. Zasilanie | 14 |
| 6. Testowanie | 15 |
| 6.1. Prototyp testowy dedykowanego urządzenia | 15 |
| 6.2. Prototyp aplikacji na Androida | 15 |
| 6.3. Pomiar odległości | 15 |
| 7. Podsumowanie | 16 |
| Bibliografia | 17 |
| Wykaz symboli i skrótów | 18 |
| Spis rysunków | 18 |
| Spis tabel | 18 |
| Spis załączników | 18 |

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[1]. 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(telefonia 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 działał by 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[2] 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. LoRaWAN¹ 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,

¹ 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 UART² Jeśli zaś chodzi o Lora, to możliwość komunikacji przy użyciu tego protokołu uzyskano dzięki użyciu odpowiedniej przystawki - SB Components SKU21628.

² 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

Bibliografia

- [1] *Telegraf* [online]. *Wikipedia : wolna encyklopedia*, [dostęp: 2024-06-23 18:14Z]. Dostępny w Internecie: [//pl.wikipedia.org/wiki/Telegraf?oldid=70115298](https://pl.wikipedia.org/wiki/Telegraf?oldid=70115298), 2023-04-15 05:11Z.
- [2] *What is lora?*, 2024. adr.: <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora>.
- [3] *LoRa applications*, 2024. adr.: <https://www.semtech.com/lora/resources/lora-white-papers>.

Wykaz symboli i skrótów

EiTI – Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych

PW – Politechnika Warszawska

Spis rysunków

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

Spis tabel

Spis załączników

| | |
|---------------------------------|----|
| 1. Nazwa załącznika 1 | 19 |
| 2. Nazwa załącznika 2 | 21 |

Załącznik 1. Nazwa załącznika 1

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus.

Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui.

Załącznik 2. Nazwa załącznika 2

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.