

LoRa (Long Range)

Blaž Kobal, Dejan Kristan

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
E-pošta: bk7309@student.uni-lj.si, dk5554@student.uni-lj.si

Povzetek

LoRa (Long Range) je komunikacijska tehnologija, ki omogoča brezžični prenos podatkov, pri nizki oddajni moči na razdaljah do več deset kilometrov. V tej nalogi se bomo na kratko seznanili z osnovami delovanja in (de)modulacije LoRa ter opisali preprost preizkus komunikacije z LoRa tehnologijo, ki je bil izveden z uporabo opreme iz laboratorija LaIT.

Abstract

LoRa (Long Range) is a wireless communication technology that enables wireless data transmission at low transmission power over distances of up to tens of kilometers. In this task, we will briefly familiarize ourselves with the basics of LoRa operation and (de)modulation and describe a simple test of communication with LoRa technology, which was carried out using equipment from the LaIT laboratory.

1 Uvod

Z širjenjem uporabe storitev IoT na različnih področjih kot so na primer: industrija, kmetijstvo, promet, bivalni prostori, itd. se na teh področjih povečuje uporaba malih, v nekaterih primerih, baterijsko napajanih elektronskih naprav (senzorji, stikala, prikazovalniki in podobno), ki omogočajo opravljanje na daljavo ali samodejno delovanje, ki ne potrebuje prisotnosti človeka.

S tem se pojavlja vedno večja potreba po učinkoviti brezžični komunikaciji, zmožni delovati pri nizkih močeh oddajnikov in sprejemnikov ter na čim daljši razdalji. Ena od tehnologij, ki to zagotavlja je LoRa (Long Range).

LoRa je tip radijske komunikacije, ki temelji na komunikaciji s razširjenim spektrom. Razvilo ga je podjetje Cycleo (v lasti podjetja Semtech), ki je leta 2014 LoRa tudi patentiralo. Danes za promocijo in podporo pri uporabi te komunikacijske tehnologije skrbi odprto in neprofitno društvo "LoRa Alliance".

2 CSS – Chirp Spread Spectrum

LoRa komunikacija deluje z metodo "chirp razširjenega spektra", kjer uporabljamo signal oblike chirp.

Chirp je je tip sinusnega signala pri katerem frekvenca sinusne funkcije s časom narašča ali pada. Glede na naraščanje ali padanje frekvence, lahko chirp signal ločimo

na up-chirp, ko frekvenca narašča, in down-chirp, ko frekvenca pada.

CSS je podvrsta komunikacije z razširjenim spektrom, kjer s chirp signalom, za oddajanje uporabimo celotno pasovno širino. Pri CSS je padanje in naraščanje frekvence chirp signala vedno linearno. Ko pri naraščanju frekvenca doseže zgronjo frekvenčno mejo pasovne širine, se ta ponastavi vrednost spodnje frekvenčne meje, od koder spet narašča proti zgornji meji, obratno se dogaja pri padanju frekvence.

3 Modulacija

Simbol pri LoRa oddajanju zakodiramo z nastavljanjem začetne frekvence ob času začetka oddajanja simbola. S tem definiramo kje v času simbola T_s se zgodi preskok iz maksimalne v minimalno vrednost frekvence. Ob koncu oddajanja simbola oz. ko je trenutni čas enak večkratniku T_s je trenutna frekvenca signala enaka začetni frekvenci.

Število možnih simbolov, ki jih imamo na razpolago za oddajanje določa razširitveni faktor (ang. Spreading Factor) SF po formuli:

$$N_{symbol} = 2^{SF} \quad (1)$$

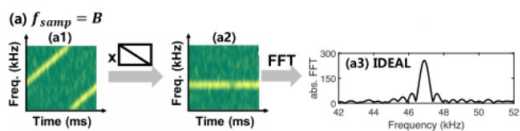
V praksi SF zaseda vrednosti med 7 in 12. Z večjo vrednostjo SF se znatno poveča odpornost na šum kot tudi čas potreben za oddajo simbola T_s .

Za sinhronizacijo s sprejemnikom, oddajnik sporočilu doda sinhronizacijsko predpono, ki jo sestavlja n up-chirpov (simbol '0') in 2 down-chirpa, ki signalizirata konec sinhronizacijskega dela ter začetek podatkovnega dela sporočila.

4 Demodulacija

LoRa sprejemnik demodulira prejeti signal, tako da ga pomnoži z down-chirpom in izvede nad njim FFT. Množenje dveh signalov v frekvenčnem prostoru pomeni seštevanje njunih frekvenc. Sprejeti signal je sestavljen iz up-chirpov, zato se po množenju z down-chirpom spremeni v konstantno frekvenco. To je frekvenca, pri kateri se chirp začne. To frekvenco sprejemnik razbere z uporabo FFT.

Sprejemnik mora biti za pravilno demodulacijo časovno sinhroniziran z oddajnikom. Za sinhronizacijo je pomembna sinhronizacijska predpona LoRa paketa. Sprejemnik poskuša demodulirati simbol iz sinhronizacijske predpone. V primeru, da je sinhroniziran, bo demoduliral



Slika 1: Demodulacija LoRa signala z množenjem z down-chirpom in FFT [1]

simbol '0'. Če ni sinhroniziran bo demoduliral simbol druge vrednosti, s katerim lahko pridobi potrebno časovno korekcijo. Ta se izračuna po formuli:

$$\Delta T = T_s \left(1 - \frac{Symb}{2SF}\right) \quad (2)$$

pri čemer je ΔT časovna korekcija, $Symb$ vrednost demoduliranega simbola predpone, T_s trajanje simbola, ki znaša od 1.025 ms do 32.8 ms za SF of 7 do 12. Sprejemnik mora zakasniti down-chirp, s katerim množi prejeti signal, za izračunani ΔT , da se sinhronizira z oddajnikom.

5 Praktično delo

V tem projektu smo si zastavili, da bomo LoRa komunikacijo realizirali z programskim radijem angl. Software-defined radio (SDR) in preizkusili njegovo kvaliteto.

5.1 Strojna oprema

Strojno opremo za izvedbo naloge smo si izposodili v Laboratoriju za informacijske tehnologije LaIT.

LoRa deluje na frekvancah od 863 MHz do 870 MHz s pasovno širino do 125 kHz. Za oddajnik smo uporabili HackRF One, ki lahko sprejema in oddaja na frekvancah od 1 MHz do 6 GHz z pasovno širino do 20 MHz. Za sprejemnik smo uporabili RTL-SDR, ki lahko sprejema na frekvancah od 500 kHz do 1766 MHz z pasovno širino do 3.2 MHz.



Slika 2: Prikaz uporabljene strojne in programske opreme za opravljanje poizkusa

5.2 Programska oprema

Najprej smo poskusili vzpostaviti komunikacijo s programom GNU Radio iz programskega paketa Radioconda, vendar smo se zaradi težav z vzpostavljanjem povezave

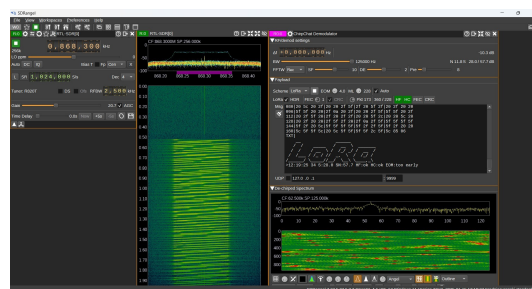
med programom GNU Radio in strojno opremo za oddajanje in sprejemanje signalov ter slabe zanesljivosti pri samem prenosu podatkov med oddajnikom in sprejemnikom odločili uporabiti program SDRangel. SDRangel ima v primerjavi z GNU Radio preprostejši ter preglednejši grafični uporabniški vmesnik.

5.3 Nastavitev parametrov

Za Centralno frekvenco smo najprej izbrali 868.1 MHz, pasovno širino 125 kHz, oddajno moč 22 dBm, SF med 7 in 12 ter število paritetnih bitov (DE v SDRangel) 2. Ostale parametre smo pustili na privzetih vrednostih. V oddajniku smo nastavili tip sporočila na tekst. Pri teh nastavitvah so naša sporočila sprejemali tudi sošolci z namenskimi LoRa sprejemniki, zato smo našo centralno frekvenco spremenili na 868.3 MHz. v nadaljevanju smo poizkusili oddajati in sprejemati tudi na centralni frekvenci 433.175 MHz z ostalimi parametri nespremenjenimi, z izjemo oddajne moči, ki smo jo tokrat znižali na 12 dBm zaradi zakonskih omejitev.

5.4 Rezultati

Tekom poizkusov v LaIT smo dosegli uspešen prenos pri največji razdalji do 10 m z upoštevanjem prisotnosti zidov med napravama. Pri centralnih frekvencah 868.3 Mhz in 433.175 MHz smo opazili isto največjo razdaljo, kar pomeni, da je komunikacija na centralni frekvenci 433.175 MHz pri desetkrat manjši oddajni moči lahko enako uspešna kot na centralni frekvenci 868.3 Mhz. Pri tem moramo poudariti to, da je največja dovoljena oddajna moč za LoRa naprave pri centralni frekvenci 868.3 Mhz 16 dBm in ne 22 dBm kot smo zmotno mislili med poizkušanjem. Posledično bi bila kvaliteta komunikacije boljša pri 433.175 MHz. največjo razdaljo uspešne komunikacije smo dosegli z uporabo $SF = 10$. Teoretično bi morali boljšo kvaliteto komunikacije in zato tudi največjo razdaljo doseči z večjim SF, kar se ne sklada z našimi opažanji.



Slika 3: Najdaljše uspešno poslano in sprejeto sporočilo v programu SDRangel. Na levi nastavitve centralne frekvence in oddajne moči, na sredini časovni potek frekvenčnega spektra, na desni vsebina sporočila ter nastavitve LoRa komunikacije.

Poleg poizkusa v laboratoriju smo izvedli tudi poizkus na prostem. Podobno kot pri preizkusu v zaprtih prostorih smo tudi tukaj opazili najboljše delovanje pri $SF = 10$. Uspešno komunikacijo smo še dosegli na razdalji približno 60 m z neprekinjeno vidljivostjo med komunikacijskima napravama. Poizkus smo opravili tudi

na 300 m razdalji med napravama, pri čemer pa nismo dosegli uspešne komunikacije.

6 Sklep

Ugotovili smo, da lahko z uporabo ustrezne programske in strojne opreme za SDR dosežemo uspešno LoRa komunikacijo tako med SDR oddajniki in sprejemniki, kot tudi namenskimi LoRa oddajniki ter sprejemniki. Pri implementaciji LoRa komunikacije z SDR pa žal ne moremo dosegati največje zmogljivosti, ki jo LoRa komunikacija obljublja.

Literatura

- [1] LoRa/CSS: Overview, Demodulation and Decoding, <https://gyulab.github.io/lora/>
- [2] LORA / LORAWAN TUTORIAL 15, https://www.mobilefish.com/download/lora/lora_part15.pdf