

DSSS oddajnik in sprejemnik
komunikacija z razširjenim spektrom

Andrej Lavrič, Luka Pirc, Blaž Šelj

1. junij 2015

Kazalo

1	Uvod	2
2	Teorija	2
3	Eksperiment	3
4	Zaključek	6

1 Uvod

Pri komunikaciji z razširjenim spektrom prenašamo informacije z mnogo večjo pasovno širino kot je potrebno za željeno simbolno hitrost. Tak način prenosa, ki se zdi z vidika spektra izjemno potraten, pa ima v praksi prednosti, kot so: odpornost na načrtne motnje (jamming), zaradi lastne interference in interference zaradi drugih uporabnikov, skritost signala za neželjene poslušalce, zasebnost in sodostop v družbi sprejemnikov.

Tehnik razširjanja spektra je več, predmet naše naloge pa bo neposredno razširjanje s kodnim zaporedjem (DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum).

2 Teorija

V neposrednem razširjanju s kodnim zaporedjem lahko vidimo amplitudno modulacijo, kjer namesto harmoničnega nosilca uporabimo naključen signal z mnogo večjo frekvenco:

$$x(t) = y(t)c(t) \quad (1)$$

Naključen signal oz. kodo sestavimo iz psevdonaključnega niza števil $c[m]$:

$$c(t) = \sum_m c[m]g_c(t - mT_c) \quad (2)$$

Razmerju med dolžino simbola podatkovnega in razširitvenega signala pravimo kodno ojačenje G_c :

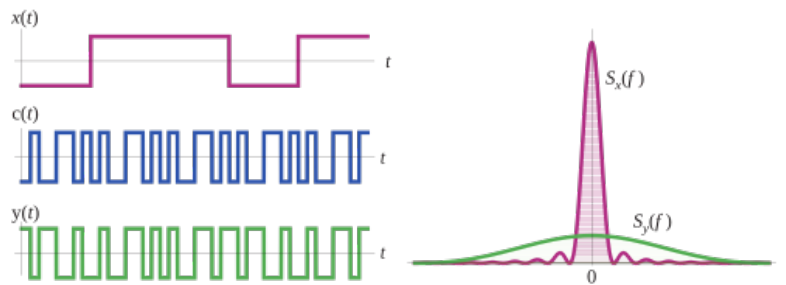
$$G_c = \frac{T_s}{T_c} \quad (3)$$

Pri razširjanju se močnostni spekter signala za faktor kodnega ojačenja, spremeni se torej gostota moči, ki je zdaj distribuirana v širokem pasu spektra. Tak signal se še vedno nahaja v osnovnem pasu, zato ga s poljubno modulacijo prestavimo v višje frekvenčno območje.

Na sprejemni strani razširjen signal najprej postavimo nazaj v osnovni pas, kjer ga s korelacijskim sprejemnikom zožimo, tako da dobimo naš prvotni podatkovni signal:

$$x[n] = \int_{nT_s}^{(n+1)T_s} c(t)y(t)dt \quad (4)$$

Tak sprejemnik primerja sprejeti signal $y(t)$ z znano kodo $c(t)$, zato je pomembno, da prejemnik pozna razširitveno kodo. Za korelacijo prejetega signala čez en simbol podatka morata biti oddajnik in sprejemnik sinhronizirana. Težavam s sinhronizacijo se izognemo, če sprejemnik namesto korelacije dela korelacijsko funkcijo, saj ima korelacijska funkcija ekstrem ravno v sinhronem trenutku. Korelacijsko funkcijo v sprejemniku izvedemo s sitom, ki ima sistemsko funkcijo enako časovno obrnjeni kodi.



Slika 1: Levo: podatkovni signal $x(t)$, razširitveni signal $c(t)$ in razširjen signal $y(t)$. Desno: spekter podatkovnega signala S_x in spekter razširjenega signala S_y . Pri $G_c = 8$. [2]

3 Eksperiment

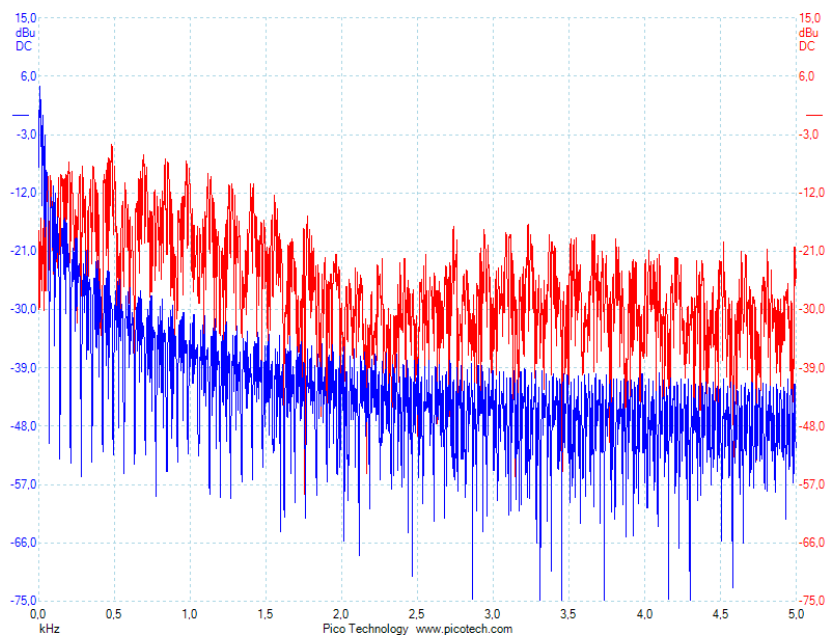
Na učnem modulu TIMS smo sestavili preprost DSSS oddajnik in sprejemnik ter opazovali učinek razširjanja na prenos ob prisotnosti šuma.

Tako podatkovni kot razširitveni niz smo generirali s sekvenčnim generatorjem. Uporabljen sekvenčni generator daje naključen niz s frekvenco dovedenega takta ter izbrane dolžine. Zaradi lažje sinhronizacije podatkovnega in razširitvenega signala, smo sinhronizacijski signal razširitvene sekvence uporabili kot takt za podatkovno sekvenco. Kodno ojačenje je v tem primeru kar dolžina razširitvenega niza. Ob spremembi dolžine razširitvenega signala smo za isti faktor povečali tudi njegovo frekvenco, tako da je naš podatkovni signal, kljub spremembi kodnega ojačenja ostal enak. Signala med seboj še množimo in oddamo na kanal.

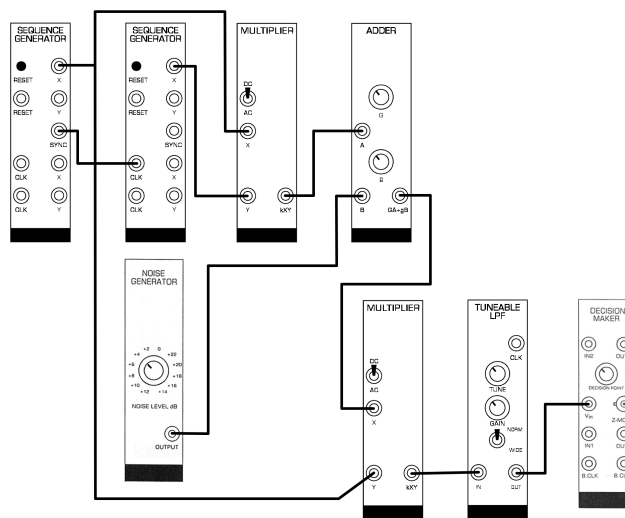
Razširjenemu signalu prištejemo šum in s tem simuliramo kanal. Na sprejemni strani sprejeti signal pomnožimo z razširitvenim signalom, ki ga za potrebe eksperimenta vzamemo kar iz oddajnika. Skrčen signal nato filtriramo z nizko prepustnim sitom z mejno frekvenco, ki je enaka frekvenci našega podatkovnega signala. Filtriran signal gre še na odločitveno vezje, s katerim se zaključí sprejem.

Uporabljen sekvenčni generator omogoča izbiro sekvenc dolžine 32, 256 in 2048. Ker smo pri modulih TIMS omejeni s napetostno krmiljenim oscilatorjem, katerega zgornja frekvenca je okrog 146 kHz, smo za simbolno frekvenco podatkovnega signala izbrali 70 Hz. To pri kodnih ojačenjih 32, 256 in 2048 pomeni frekvence 2,24 kHz, 17,92 kHz in 143,36 kHz razširitvenega signala. Na sliki 2 je vidna razširitev spektra pri $G_c = 32$, pri razširitvi spektra za faktor 256 je spekter podatkovnega signala le še tanka črta na začetku opazovanega spektra.

Cilj naše naloge je bila groba ocenitev vpliva šuma pri različnih stopnjah

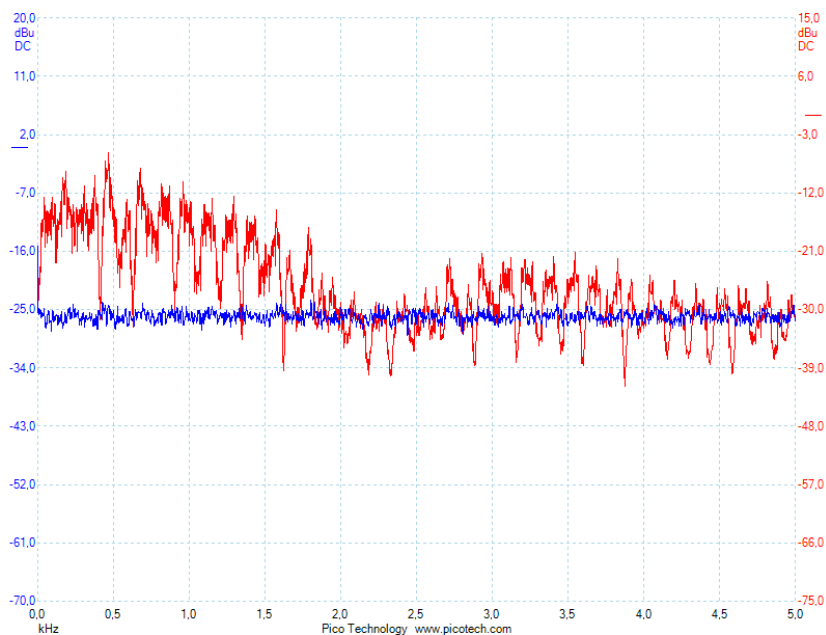


Slika 2: Moder: podatkovni signal, rdeč: razširjen signal. $G_c = 32$.



Slika 3: Shema vezave TIMS modulov

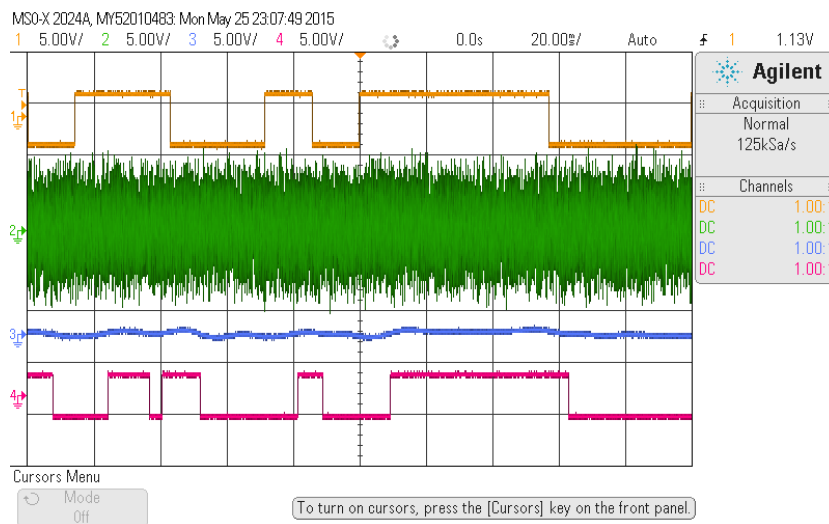
razširitve. Pri razširitvi za faktor 256 smo signal potopili v šum, tako da smo na osciloskopu opazili napake, a je bil signal še vedno dobro prepoznaven. Faktor razširitve smo nato zmanjšali na 32. Sprememba v številu napak je



Slika 4: Na sliki sta povprečni vrednosti signalov. Rdeč: razširjen signal, moder: signal potopljen v šum.

težko zaznavna, ob zmanjšanju šuma za 2 dB še lahko govorimo o napakah, pri zmanjšanju šuma za 4 dB pa napak praktično ni. Iz opazovanja lahko rečemo, da je za enako pojavnost napak pri 8-kratnem zmanjšanju kodnega ojačenja potrebno zmanjšanje šuma za 3 dB. Takšna ocena seveda terja kritično ovrednotenje. V našem sistemu lahko jakost šuma spreminjamo v korakih po 2 dB in je 3 dB zgolj ocena, ki pritiče koraku med 2 in 4 dB. Prav tako natančno ovrednotenje napak zahteva bolj sofisticirano metodo, kot je opazovanje signala na osciloskopu. Zaznavnost napake pri prostem opazovanju na osciloskopu pomeni že relativno velik delež napačno prepoznanih bitov, zato težko govorimo o ohranjanju števila napak.

Pri eksperimentu so se pokazale nekatere omejitve TMS modulov. Sestavljeno vezje pri $G_c = 2048$ ni delovalo, saj ima sinhronizacijski signal nestandardno obliko z razmerjem 0/1, ki grobo ustreza G_c , in je zato neprimeren za takt naslednjemu podatkovnemu sekvenčnemu generatorju. Isti problem smo imeli pri odločitvenem vezju, ki se na sinhronizacijski ni odzval že pri 32-kratnem razširjanju.



Slika 5: Rumeno: podatkovni signal, zeleno: kanal, modro: filtriran signal, roza: sprejeti podatek.

4 Zaključek

Z eksperimentom smo, kljub nekaterim omejitvam, dobili nekakšen vpogled v razširjanje spektra predvsem pa motivacijo za nadaljni študij metod in aplikacij razširjanja spektra. Uporaba tovrstnih metod pokriva širok spekter aplikacij, kot je sodostop in zasebnost v komunikacijah, prisotna pa je tudi v panogah izven telekomunikacij, kot je natančno merjenje hitrosti in zakasnitve v radarskih in navigacijskih sistemih.

Literatura

- [1] Proakis John G., *Digital Communications*, 4th edition, McGRAW-HILL, 2001.
- [2] Tomažič Sašo, *Digitalne komunikacije*, Ljubljana, 2012. dostopno na: http://www.lait.fe.uni-lj.si/gradiva/dk/DK_ST.pdf