

Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
Tržaška cesta 25, 1000 Ljubljana

Seminarska naloga pri predmetu digitalne komunikacije

POCSAG z RTL-SDR in SISTEM OSEBNEGA KLICA ZA-RE

Avtorji:
Valerija Dolenšek, 64130095
Timotej Gruden, 64130129
Erik Keš, 64130158

Mentor:
viš. pred. dr. Anton Umek

Ljubljana, maj 2016

KAZALO

KAZALO	2
Uvod	3
Teoretični uvod v radijske komunikacije.....	4
Zgodovina.....	4
Sevanje	4
Prenos informacije	4
Frekvenčni spekter.....	5
SDR (Software Defined Radio)	6
Anatomija SDR	6
RTL-SDR.....	7
SDR#	7
Sistem radijskih komunikacij ZA-RE	8
Sistem osebne klica ZA-RE	8
Pozivniki	9
POCSAG protokol	10
Uporaba POCSAG protokola v sistemu osebne klica ZA-RE	11
Sprejem signala na Fakulteti za elektrotehniko	12
SDR#	12
PDW.....	12
Sprejem signala doma (Grosuplje)	13
SDR#	13
PDW.....	14
Zaključek.....	15
Viri in literatura	16

Uvod

Radiokomunikacije nas danes spremljajo na vsakem koraku. Elektromagnetno valovanje, ki jih omogoča, je na žalost nevidno, ampak pri količini pretoka podatkov po radijskih frekvencah lahko porečemo, da če bi ga lahko videli, bi imeli kaj videti. Verjetno bi vsakdo, ki ima vsaj malo preveč časa in vsaj malo interesa, potem želel doma opazovati frekvenčni spekter.

A tu se zgodba zaplete. "Potrebujemo en drag hardver, z nemogočim softverom, pa vse skupaj je treba obvladat, pa jst nič od tega ne razumem, jooooj... Sam tako se bi mi pa dopadlo vsaj malo znat, kaj se širi po luftu..."

A vsi stavki iz zgornjega odstavka so (na žalost ljudi, ki jih govorijo) same laži in izgovori. Za začetniško opazovanje frekvenčnega spektra ne potrebujemo nobene hujše in dražje opreme (RTL-SDR 5-15EUR), večina programske opreme je zastonj, ne potrebujemo niti hudega predznanja - večina programov je narejena na "klik", in če nas stvar zelo zanima, si bomo zadevo ogledali naknadno.

Tako smo se v naši skupini lotili projekta spremljanja POCSAG protokola v slovenskem radiofrekvenčnem spektru - natančneje smo se odločili natančneje izobraziti o uporabi POCSAG protokola v sistemu Ministrstva za obrambo RS - Uprave RS za zaščito in reševanje, sistem Zaščita-Reševanje (ZA-RE).

V zagovor naj dodamo, da so te frekvence sicer nekodirane, kar omogoča vsakemu interesentu sprejemanje, je pa kaznivo izvajati motnje (ter s tem posledično blokada uporabnikov sistema).

Prav tako je lahko kazniva uporaba podatkov, ki smo jih s spremljanjem kanala lahko sprejeli - telefonske številke, imena, naslovi (lokacije) nesreč, ...

Sami smo si izbrali primerne trenutke ter v projektno nalogo vključili slike in besedilo tako, da smo eliminirali kakršnekoli prikaze občutljivih podatkov.

V seminarski nalogi je vsebina razložena po principu "top down", torej začeni z najbolj splošno ter postopen prehod od nje k bolj konkretnim temam. S tem smo želeli bralcu omogočiti, da si osveži oziroma nabere dovolj predznanja, da je kasnejša snov bolj razumljiva ter znotraj njega podžge zanimanje za to tematiko. Brez lastne iniciative in prejšnjih zalog tehničnega predznanja s področja elektrotehnike ne gre, ampak avtorji vseeno upamo, da nam je to uspelo.

Teoretični uvod v radijske komunikacije

Tehnika nam že vrsto let omogoča, da smo komunikacijske sisteme preselili iz klasičnih fizičnih prenosnih poti (kablov) tudi na elektro-magnetno valovanje, kar je vsem bolj znano kot brezžična komunikacija. Kako pa se je vse skupaj začelo?

Zgodovina

Leta 1856 se je na Hrvaškem rodil znani znanstvenik in izumitelj Nikola Tesla. Izvajal je mnogo poskusov in tako je poleg možnosti prenosa električne energije preko izmeničnega sistema izumil tudi radio (1892). Za njim so sledili izumi različnih tehnik oddajanja; leta 1906 je Reginald Fessenden prvič oddajal v AM tehniki, FM je izumil Edwin Armstrong leta 1933.

Sevanje

O kakšnem prenosu informacij pa se pravzaprav pogovarjamo, ko omenjamo radijske komunikacije? Pri brezžičnem prenosu se zanašamo na elektromagnetno polje.

Če imamo nekje v prostoru mirujoč nabit delec (pozitivno ali negativno), pravimo, da ga obdaja električno polje. Z električnim poljem namreč predstavimo vpliv takega delca na okolico. Električno polje je torej lastnost prostora, ki je posledica enega telesa in lahko vpliva na drugo telo. Osnove teorije polja je na ta način predstavil James Clark Maxwell v članku »A Treatise on Electricity and Magnetism«. Če se naš nabiti delec enakomerno giblje v prostoru, analogno električnemu, pravimo, da ustvarja magnetno polje. Če ta nabiti delec nadalje pospešujemo v prostoru (vzamemo npr. izmenični vir), ta delec seva elektromagnetno valovanje. V teoriji je to teorijo najprej dokazal Heinrich Hertz leta 1889, ko je reformiral Maxwelllove enačbe v obliko, ki jo poznamo še danes.

V posplošenem smislu torej sevanje za potrebe komunikacije izrabimo kot naš signalni generator, prostor kot naš prenosni medij, elektromagnetno valovanje pa kot signal, ki prenaša informacijo iz točke A v točko B.

Prenos informacije

Kot smo povedali, podatke torej pošiljamo z elektromagnetnim valovanjem. Kaj pa nam ti podatki pomenijo, kako jih interpretiramo oz. bolj v splošnem, kako iz njih izluščiti informacijo?

Navadno z brezžično komunikacijo prenašamo signale. Te signale za lažji prenos moduliramo. Izvornemu signalu pravimo modulatorski signal, tega moduliramo z nosilnim signalom (nosilcem) in dobimo modulirani signal, ki ga oddajamo z anteno. Modulacija v svoji osnovi predstavlja način spreminjanja lastnosti signala. Glede na to, kako signal spremenimo, da ga pripravimo na oddajo, delimo več vrst modulacij.

Najosnovnejša oz. najlažja za preučevanje je amplitudna modulacija (AM). Pri tej gre le za premik signala iz osnovnega pasu (baseband) v višjeležeči frekvenčni pas. V časovni domeni se to pozna zgolj kot množenje s harmoničnim signalom z nosilno frekvenco.

Obstaja še veliko drugih vrst modulacij, kot npr. frekvenčna modulacija (FM), fazna modulacija (PM), kvadraturna amplitudna modulacija (QAM) ter digitalne modulacije kot npr. PSK, FSK, ASK, QAM, ... Naštevanje in razlaga vseh teh je preko meja te seminarske naloge, se pa lahko poišče v literaturi.

Frekvenčni spekter

Za opazovanje oddajanih radijskih signalov lahko uporabimo tako imenovane spektralne analizatorje. To so neke vrste univerzalni sprejemniki za vse frekvence v njihovem obsegu.

Analogni spektralni analizatorji vsebujejo premične ozkopasovne frekvenčne filtre, ki jih predstavljajo po celotnem območju prikaza, in ob vsakem premiku izmerijo jakost signala. Prestavitvi filtra skozi celotno območje pravimo prelet.

Digitalni spektralni analizatorji delujejo na drugačen način. Ti zajamejo neko določeno časovno rezino celotnega signala in nato nad njim izvajajo zahtevne matematične postopke. Za prikaz celotnega spektra signala tako spektralni analizator izračuna DFT vhodnega signala in ga prikaže.

Na ta način si lahko ogledamo signale na več različnih frekvencah. Nekatere od tistih, za katere vemo, kako so predstavljeni (modulirani), znamo interpretirati, spet drugih ne, saj so lahko kako drugače dodatno zaščiteni.

SDR (Software Defined Radio)

SDR je vrsta programirljivih radijskih sprejemnikov, katerih fizične lastnosti se lahko znatno spremenijo s pomočjo programskega dela. S takšnim radijem je možno implementirati različne funkcije ob različnih časih na isti platformi in omogoča programski opremi kontrolo nad radiofrekvenčnim delom strojne opreme.

Ker so vse funkcionalne lastnosti radia, ki oddaja v osnovnem pasu, implementirane preko programske opreme, to prinaša možnost, da so vse potencialne radio modulacije ves čas dostopne SDR platformi. Shranjene so v spominu; ko je potrebna specifična aplikacija, se jo preprosto pokliče.

Te aplikacije so različni bloki funkcij, ki jih potrebujemo za zagotavljanje zanesljive komunikacije. Ti bloki funkcij se lahko menjujejo v realnem času. Prav tako so lahko operativni parametri blokov funkcij prilagojeni tako s strani človeka - upravljalca, kot tudi s strani avtomatiziranega procesa.

Glavne lastnosti SDR platforme so lahko povzete v sledečih točkah:

- Večfunkcionalnost: Zmožnost podpore različnih vrst funkcij radia pri stalni uporabi iste platforme.
- Globalna mobilnost: Zmožnost izvajanja transparentnih operacij z različnimi digitalno-komunikacijskimi omrežji, ki se nahajajo na različnih krajih po svetu.
- Preprostost izdelave: Funkcije osnovnega pasu so problem programske opreme, ne strojne programske opreme.
- Preprosto nadgrajevanje: Za omogočanje funkcionalnosti najnovejših komunikacijskih standardov so na SDR platformi možne posodobitve strojne programske opreme.

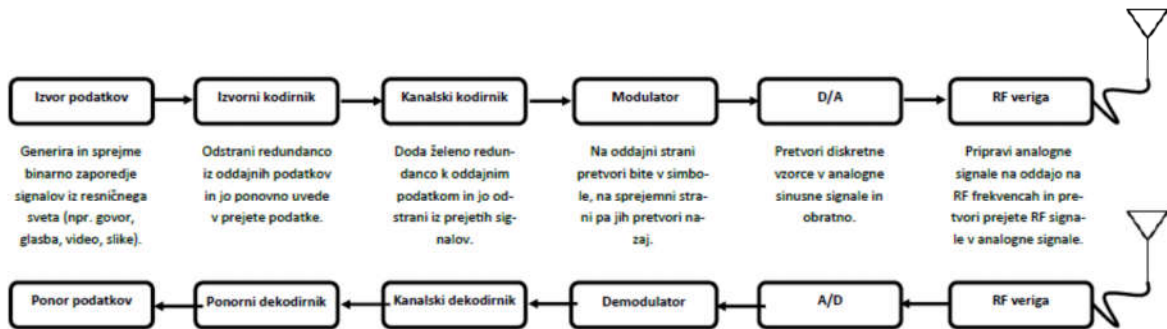
Anatomija SDR

Sistem SDR je kompleksna naprava, ki simultano (tekoče) zagotavlja mnoge zahtevne naloge, da bi zagotovil neprekinjeno prejemanje in oddajanje podatkov. Ti podatki so lahko govor, glasba, video posnetki,... Za vse pa velja, da jih želimo poslati po zraku do sprejemnika, ki bo podatke obdelal in dekodiral, pri tem pa bo lahko rekonstruiral originalni, poslani signal.

Če je izbrani signal analogen, ga moramo najprej digitalizirati. Ko bo signal digitaliziran, ga mora oddajnik digitalno obdelati in pretvoriti v kodirani; dobljeni signal je unikatni zaradi njegovih fizikalnih lastnosti - amplitude, faze in frekvence.

Na drugi strani je sprejemnik, ki mora signal pravilno sprejeti. To pomeni, da mora pravilno razbrati fizikalne lastnosti prejetega signala, ki najverjetneje ni več enak (zaradi šuma in ostalih popačenj). Signal mora nato še obdelati in ga pretvoriti v prvotno digitalno obliko.

Proces je prikazan z bloki na sliki.



Slika 1: prikaz SDR

RTL-SDR

RTL-SDR je poceni izvedba programirljivega radia, ki izkorišča DVB-T sprejemnik. Ta temelji na čipu RTL2832U. Kmalu so ugotovili, da se preko tega čipa neposredno dostopati do I/Q signala, kar je DVB-T sprejemniku dalo možnost, da se ga izkoristi kot širokopasovni programski radio. Za to potrebujemo le nove gonilnike.

Seveda obstaja mnogo boljših izvedb SDR, vendar je ta najcenejši.

SDR#

Pri opazovanju signalov, zajetih na anteni in obdelanih z DVB-T sprejemnikom, smo uporabili programsko opremo SDR#. Ta je brezplačna, preprosta za uporabo in edina, ki deluje v okolju Windows. Zaradi vsega naštetega je tudi najbolj priljubljena v našem okolju. Napisana je v programskem jeziku C#.

Airspy nam omogoča pogled na signale kjerkoli na območju med 24 MHz in 1,8 GHz z oknom, ki nam omogoča pogled na okolico 10 MHz. Omogočena nam je tudi uporaba različnih filtrov, zato je zaradi teh in še drugih lastnosti primeren za uporabo pri našem projektu.

Sistem radijskih komunikacij ZA-RE

Eden ključnih večjih komunikacijskem sistemov, s katerim smo vsak dan v stiku, brez da bi o njem sploh kaj vedeli, je komunikacijski sistem Zaščita - Reševanje (ZA-RE). To je komunikacijski sistem Ministrstva za obrambo RS (MORS), natančneje Uprave RS za zaščito in reševanje (URSZR). Sistem kot takšen je sestavljen iz sistema radijskih in repetitorskih postaj, sistema telemetrij (za proženje siren), in sistema osebnega klica ZA-RE. Uporabniki sistema so pripadniki enot URSZR, torej gasilci ter člani civilne zaščite (CZ). Sistem ni edini radijski sistem, ki ga uporablja URSZR - velja omeniti tudi ZA-RE+ (reševalci) in novejši ZA-RE DMR (digital mobile radio).

Kot že prej omenjeno, je sistem ZA-RE sestavljen iz sistema radijskih in repetitorskih postaj ter sistema osebnega klica. Oba sistema za končnega uporabnika delujeta v frekvenčnem pasu okrog 170MHz FM (pribl. 167-173MHz FM)¹. Frekvenčno območje je razporejeno na repetitorske ("semidupleksne") ter lokalne (t.i. "simpleksne") kanale. Za nas bo ključen simpleksni kanal ZARE-SI40, kjer poteka radijski promet, uporabljen za sistem osebnega klica.

Za boljše kasnejše razumevanje delovanja velja še omeniti, kako je sestavljen repetitorski sistem: vsak repetitorski sistem ima tako VHF kot UHF del. Prvi je sestavljen iz sprejemne ter oddajne enote repetitorja za komunikacijo z enotami na terenu (VHF področje) ter oddajnika osebnega klica, drugi pa iz sprejemne in oddajne enote repetitorja za glasovno in podatkovno komunikacijo z regijskim centrom za obveščanje (ReCO) - UHF področje. Slednji del ima tudi prioriteto "prihajajočega" prometa v repetitor (v primeru, da na VHF delu potekajo pogovori, vmes pa "vskoči" ReCO preko UHF dela sistema, je po VHF delu sistema slišen le on).

Sistem osebnega klica ZA-RE

Sistem osebnega klica ZA-RE operater "Centra 112" (Regijskega centra za obveščanje (ReCO)) uporabi ob aktivaciji enot. Sistem je sestavljen iz centralne operative konzole v ReCO, oddajnikov na repetitorskih postajah, "papig" ("digipeaterjev"), ter končnih uporabnikov.

Potek uporabe je podoben sledečemu:

Operater v ReCO sprejme prijavo na telefonski številki 112, da je v kraju XY prišlo do prometne nesreče.

Operater takoj odpre dogodek v Sistemu za poročanje o intervencijah in nesrečah ("SPIN"), preko katerega geolocira dogodek.

Preko nadzornega pulta - centralne konzole za proženje sistema osebnega klica označi pripadnike enot, ki jih je potrebno aktivirati, ter napiše bistveno sporočilo - npr. "PROMETNA NESREČA V XY".

¹ "Za končnega uporabnika": gasilec ali pripadnik CZ uporablja storitev na VHF pasu, medtem ko operater ReCO v določenih primerih uporablja uplink na repetitorski sistem preko UHF frekvenc.

Ob oddaji sporočila se podatki preko UHF frekvenc iz ReCO prenesejo vsem repetitorskim postajam, od koder je poziv predan VHF oddajni stopnji osebnega klica z maksimalno prioriteto (o tem govori že dejstvo, da so izhodne stopnje VHF glasovne komunikacije 50W, sistema osebnega klica pa 100W). Signal, izsevan iz antene lahko tako prične svoje popotovanje po našem širnem svetu.

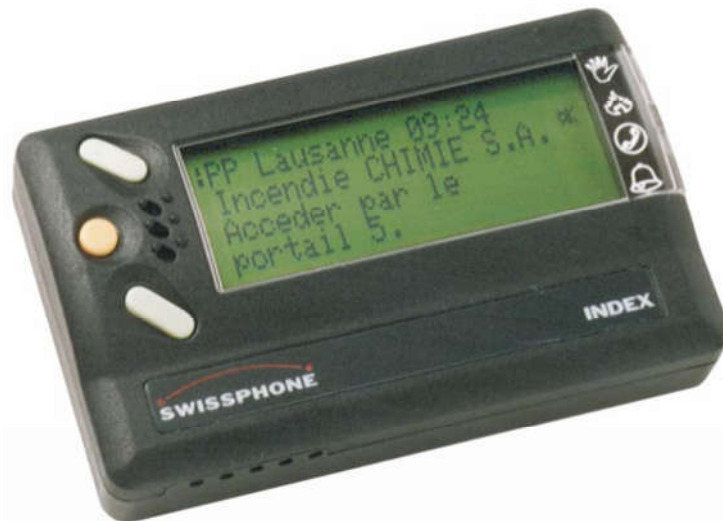
Nekaj uporabnikov sporočilo dobi direktno preko oddajne stopnje repetitorja. Ampak, ker repetitorskih sistemov ni neskončno mnogo, Slovenija pa je geografsko razgibana država, so se pojavile tudi sive lise, kjer je primanjkovalo signala za sprejem. Da bi tam ojačali signal, so na bližnje lokacije postavili digitalne repetitorje - papige ("digipiterje").

Celoten sistem osebnega klica ZA-RE deluje na že prej omenjeni enotni frekvenci ZARE-SI40 po celi Sloveniji - 173.250MHz. Obstajata torej verjetnosti problemov, da se bo sporočilo iz npr. Kopra razširilo do prekmurja, ter da se papige sklenejo v neskončno zanko ponovljenega sporočanja. Prvi problem rešimo z geografskim zaklepanjem papig (verjetno na RIC kodo), za rešitev drugega pa lahko postavim le sklep, da se uporablja podobne metode, kot TCP (torej "TTL" = 1 - paketa ne bo ponovila nobena naslednja papiga v dosegu, pozivnik ga pa še vedno sprejme).

Tako ponovljen signal potuje do končnega uporabnika, nosilca sprejemnika osebnega klica, ki ga imenujemo pozivnik (angl. "pager").

Pozivniki

Pozivnik (angl. "pager") je radiokomunikacijska naprava ki lahko sprejema tekstovna in številčna sporočila in/ali sprejema zvočna sporočila. Poznamo enosmerne kot tudi dvosmerne pozivnike: enosmerni sporočilo le prejmejo ter obvestijo uporabnika, dvosmerni lahko nazaj pošljejo tudi potrdilo o sprejemu. V sistemu ZA-RE se za sistem osebnega klica uporabljajo enosmerni pozivniki za sprejem alfanumeričnih sporočil.



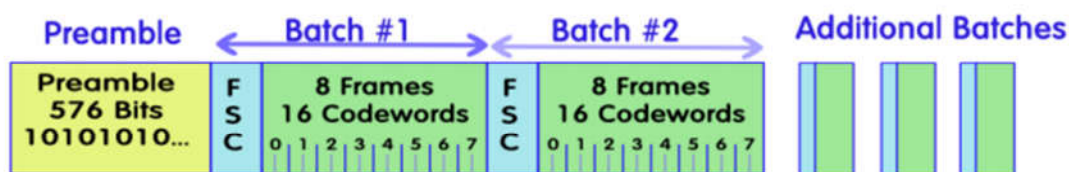
Slika 2: primer pozivnika: Swissphone DE506:
"Star in težak, ampak vedno deluje"

POCSAG protokol

Kratika POCSAG pomeni Post Office Code Standardization Advisory Group. Protokol POCSAG izhaja iz Združenega Kraljestva, kjer je nekoč na njem delovalo celotno telekomunikacijsko omrežje.

Zasnovan je tako, da omogoča pošiljanje podatkov le v eno smer - na pozivnike (ang. pagers). Pozivniki so majhni sprejemniki radijskega signala, ki se aktivirajo, ko pride do njih ustrezno kodirano sporočilo. POCSAG je bil velik napredek v primerjavi z mnogimi prejšnjimi protokoli, saj omogoča daljšo življenjsko dobo baterije in več uporabnikov istega sistema. Tipično je v uporabi FSK modulacija s premikom $\pm 4500\text{Hz}$. Visoka frekvenca predstavlja logično (digitalno) 0 in nizka frekvenca predstavlja logično 1.

Struktura sporočila izgleda takole:



Slika 3: prikaz paketa POCSAG

POCSAG koda je dolga 21 bitov in dovoljuje do 2097152 različnih CAP kod na kanal (lahko tudi rečemo na radijsko postajo). CAP koda (angl. "Channel Access Protocol code") je unikatni ID (v tej seminarski tudi v uporabi kratica "RIC", "angl. radio identity code"), ki je dodeljena posameznemu odzivniku. Sporočila se prenašajo v serijah (batch structures). Na začetku sporočila se nahaja dolga uvodna sekvenca (angl. "preamble"), ki poskrbi za sinhronizacijo s sprejemnikom. To nam omogoča, da je sprejemnik poljubno dolgo časa v izklopljenem stanju, posledično privarčujemo tudi na porabi energije. Pred vsako serijo se doda še FSC (angl. "Frame Sequence Check") koda za preverjanje legitimnosti sporočila. V seriji imamo 8 okvirjev za sporočilo, vsak z dvema kodnima besedama: naslovno in sporočilno. Struktura je dokaj podobna: dolžina vsakega je 32 bitov. Naslovna kodna beseda se začne z 0 na prvem bitu, od 2 do 19 imamo bite, rezervirane za naslavljanje, 22 do 31 BCH (in ne CRC) koda, 32 bit je pa liha pariteta. Sporočilo se začne z 1 na prvem bitu, od 2 do 21 imamo bite, rezervirane za uporabniško sporočilo, od 22. do 32. bita je struktura enaka kot pri naslovni kodni besedi. Sporočilo se konča, ko je sprejet naslednji naslov (poslali smo sporočilo še drugemu pozivniku), ali pa ko postane sekvenca nedejavna (po koncu oddaje sporočila). Daljša sporočila se razdelijo v dve ali več (do 17) sekvenc. Dolžina sprejema celotnega sporočila je sicer odvisna od izvedbe pozivnika.

Ko pozivnik zazna svojo CAP kodo v okvirju POCSAG, se na to odzove (pisk, vibriranje ...).

Če ima to možnost, se mu na zaslonu izpiše sporočilo.

Uporaba POCSAG protokola v sistemu osebnega klica ZA-RE

Pri oddaji sporočila v komandnem pultu ReCO se poziv enkapsulira v obliko: *[RIC] [čas] [datum] [poziv]*

kjer je "RIC" 7 mestna številka, ki identificira pripadnike enote (po enoti (operativci gasilskega društva) ali osebno (poveljnik društva, poveljnik gasilske zveze,...)), čas in datum sta podatka o oddaji sporočila, poziv pa v našem primeru besedilo, ki ga je operater ReCO vpisal v nadzorni pult sistema.

V Sloveniji je v sistemu ZA-RE izbrano POCSAG kodiranje POCSAG-1200 (SUPER-POCSAG, 1200bit/s).

Sprejeti signal pozivnik lokalno demodulira ter preverja, ali slučajno obstaja RIC v lokalni bazi (v spominu pozivnika), ki je enak sprejetemu. V tem primeru nas obvesti o pozivu.

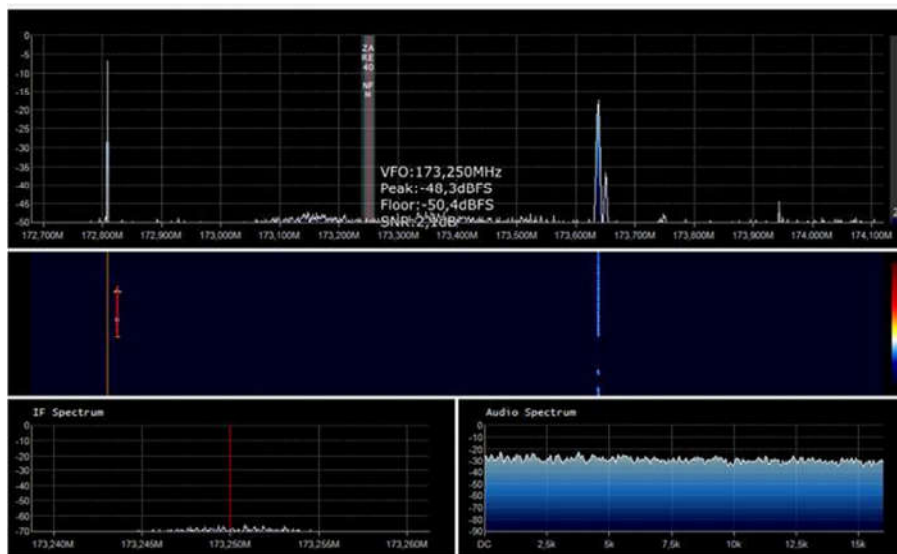
Velja dodati še, da je zaradi uporabe enosmerne prenosa podatkov potrebno ReCO javiti sprejem osebne klica. Primer: ob aktivaciji za požar se ob prihodu v gasilski dom po telefonu ali radijski postaji obvesti na ReCO, da je bil poziv uspešno sprejet, da se enota zbira in da jih kasneje obvestimo o izvozu.

Za naš projekt smo opazovali sprejem in dekodiranje signala na dveh različnih lokacijah, ena lokacija je bila kar Fakulteta za elektrotehniko, med pripravo projekta v prostorih LaIT, ena pa v domačem kraju (pri Grosupljem).

Sprejem signala na Fakulteti za elektrotehniko

Fakulteta za elektrotehniko je s stališča sprejema radiofrekvenčnega spektra zelo dobra taktična lokacija. Zaradi relativno velikega števila nizkih stavb v okolici kot tudi zaradi svoje lege v kotlini lahko rečemo, da je na relativno dobrem mestu za sprejem signala, sploh če signal sprejemamo v višji nadstropjih. Pri tem smo opazili, da je dovolj priložena antena, in ne potrebujemo dodatnih usmerjenih anten višje kvalitete.

SDR#



Slika 4: pregled spektra v SDR# na Fakulteti za elektrotehniko

PDW

PDW v3.12

File Edit Interface Options Filters Display Monitor Character Set Help

Address	Time	Date	Mode	Type	Bitrate	Monitored Messages
0600111	08:36:32	18-05-16	POCSAG-4	ALPHA	1200	TEST POZIVNIKA. NE KLI'I NIKOMER
0600111	08:38:07	18-05-16	POCSAG-4	ALPHA	1200	TEST POZIVNIKA. NE KLI'I NIKOMER
0716602	10:40:36	18-05-16	POCSAG-4	ALPHA	1200	test pozivnika@grbinaka cesta
0716602	10:40:50	18-05-16	POCSAG-4	ALPHA	1200	test pozivnika@grbinaka cesta
0716602	10:41:00	18-05-16	POCSAG-4	ALPHA	1200	test pozivnika@grbinaka cesta
2070385	10:41:11	18-05-16	POCSAG-1	NUMERIC	1200	TONE ONLY
1388052	10:41:11	18-05-16	POCSAG-4	NUMERIC	1200	41 23
1024881	10:41:12	18-05-16	POCSAG-1	NUMERIC	1200	TONE ONLY
0716602	10:41:18	18-05-16	POCSAG-4	ALPHA	1200	test pozivnika@grbinaka cesta
2011504	10:41:18	18-05-16	POCSAG-1	NUMERIC	1200	TONE ONLY
0716602	10:41:30	18-05-16	POCSAG-4	ALPHA	1200	test pozivnika@grbinaka cesta
0716602	10:41:37	18-05-16	POCSAG-4	ALPHA	1200	test pozivnika@grbinaka cesta
0716602	10:42:02	18-05-16	POCSAG-4	ALPHA	1200	test pozivnika@grbinaka cesta

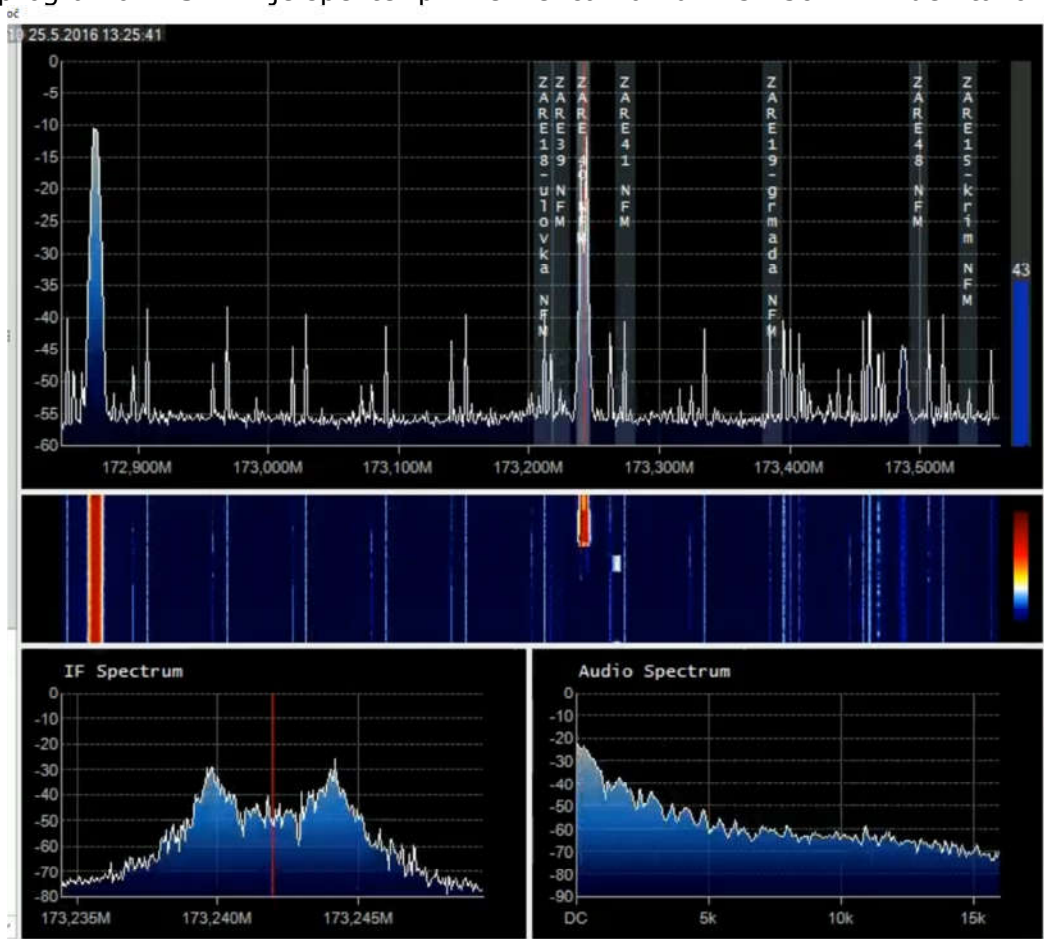
Slika 5: v kratkem času v programu PDW sprejeti pozivi na Fakulteti za elektrotehniko.

Sprejem signala doma (Grosuplje)

Na strehi hiše je še iz sistema analogne televizije ostala antena. Zamislili smo si, da bi jo koristno uporabili. S kablom smo jo torej povezali na RTL-SDR, ki je na strežniku. Ta strežnik sedaj uporabljamo za prikaz spektra, ki ga zaznava omenjena antena.

SDR#

S programom SDR# je spekter pri frekvencah blizu 173.250MHz viden tako:



Slika 6: pregled spektra v SDR# med oddajo POCSAG signala v bližini Grosuplja

Opazimo, da na frekvenci 173.250MHz ravno poteka neka komunikacija, saj je tu moč opaziti izrazit signal v nasprotju s šumom. To je že prej omenjeni kanal ZARE40, ki ga v Sloveniji uporablja sistem osebnega klica.

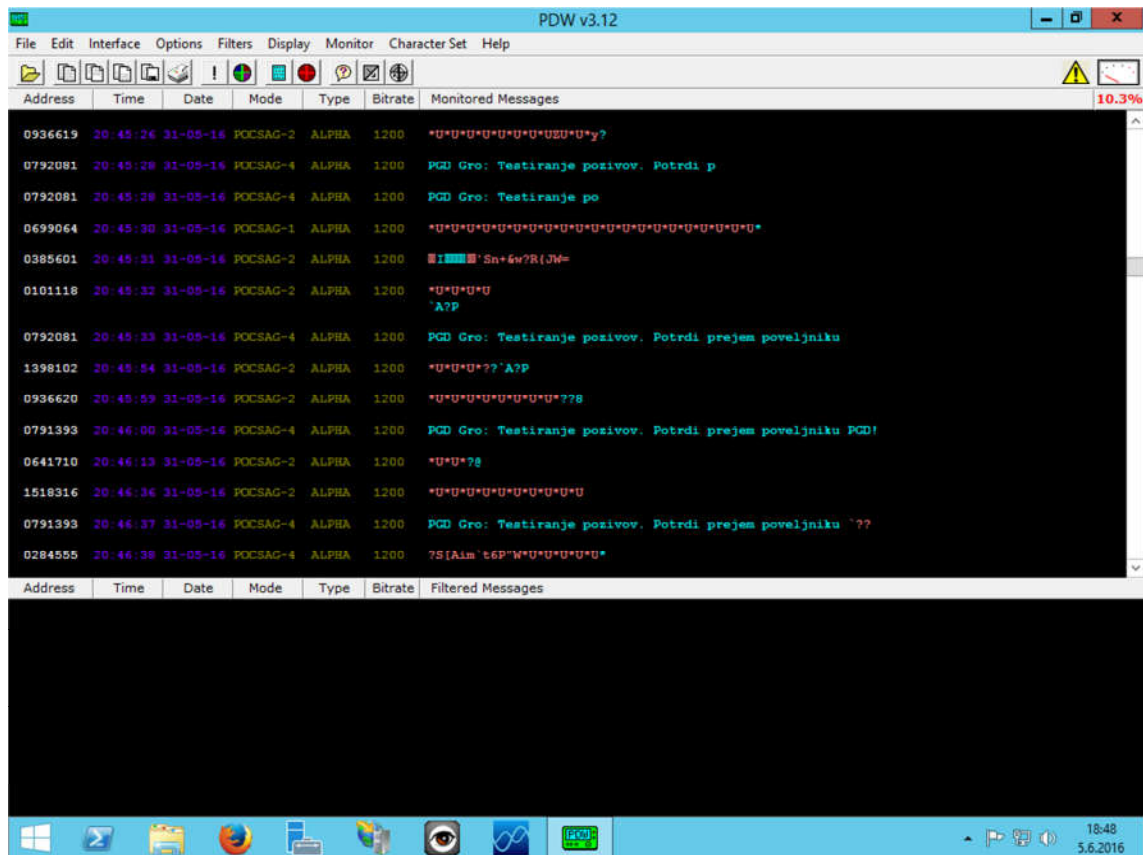
Signal pri cca 172.875MHz predstavlja digitalno sinhronizacijo med digitalnim repetitorjem ZARE DMR na tej frekvenci in repetitorjem na frekvenci cca 173.475MHz, kjer tudi zaznamo signal, a veliko slabši. To pomeni, da se repetitor nahaja dlje od nas. Ostre špice na celotnem spektru v razmaku cca 50kHz predstavljajo motnje zaradi bližine UTP kabla. Od antene do strežnika gresta v isti cevi namreč celo pot tako omrežni kabel kot koaksialni kabel, ki prinaša signal iz antene. Če poskusimo izklopiti omrežni kabel, ne moremo več komunicirati s strežnikom, da bi opazili rezultat. Prikazan je torej najboljši možni rezultat.

PDW

Zgornji signal predstavlja neko informacijsko sporočilo, poslano po protokolu POCSAG-1200. Uporabili smo program PDW in z njim dešifrirali sporočilo, ki smo ga zaznali. V tem primeru so se prenesle naslednje informacije:

```
0791393 20:46:00 31-05-16 POCSAG-4 ALPHA 1200 PGD Gro:  
Testiranje pozivov. Potrdi prejem poveljniku PGD!
```

Okno programa PDW sproti izpisuje prejeta sporočila. Opaziti je mogoče kar nekaj podvojitvev sporočil ter veliko napak v prenosu. Podvojitve so posledica »digipiterjev«, napake pa posledica prekrivanja sprejetega signala z več oddajnikov ter šuma na kablu od antene do strežnika.



Slika 7: slika programa PDW, kjer so vidni sprejeti pozivi (bližina Grosuplja)

Ena izmed prednosti programa PDW je, da omogoča nastavljanje avtomatskega obveščanja ob prejemu poziva na e-naslov. Gasilci PGD Račna tako ob vsakem prejemu poziva dobimo tudi elektronsko obvestilo.

Druga zanimiva prednost programa PDW je tudi to, da že vgrajeno omogoča filtriranje sporočil glede na RIC kodo. Tako lahko opazujemo in posredujemo samo sporočila, ki so namenjena nam. Sporočila, namenjena drugemu koncu Slovenije so za nas namreč brez pomena.

Zaključek

Ukvarjanje z našim projektom nam je pokazalo kar nekaj stvari. Prva je ta, da za opazovanje prometa "po zraku" ne potrebujemo nobenega posebnega predznanja, niti drage opreme. Potrebujemo le nekaj volje in kanček raziskovalne žilice, ki je potrebna, če želimo samo malo razumeti dogajanje od poganem programu za opazovanje frekvenčnega spektra.

Na tem mestu velja opozoriti na dejstvo, ki iz tega sledi. Pred sabo imamo orodja, katerih moči običajen človek žal ne vidi. Dostopnost opreme, ki jo potrebujemo za opazovanje RTL - SDR je velika.

Tako so nam odprta vrata za izdelavo mnogih domačih projektov (učna postavitve amaterske radijske postaje) pa tudi za male neumnosti, kot je npr. prisluškovanje zabavnim pogovorom med vozniki kamionov (priporočeno je bivanje ob avtocesti). Prostor obstaja seveda še pri profesionalnih sistemih, ki temeljijo na teh tehnologijah (poleg sistema ZA-RE, bolnišničnih pozivnikov, ipd.).

Viri in literatura

- Podgornik, Rudolf: Elektromagnetno polje (DMFA, 2014)
- E. Frenzel, Louis: "Tesla Invented Radio, Not Marconi!" (Februar 2007, preko <https://teslauniverse.com/nikola-tesla/articles/tesla-invented-radio-not-marconi>, 25.5.2016)
- RTL-SDR <http://www.rtl-sdr.com/about-rtl-sdr/> (zadnjič 25.5.2016)
- Hickerson, Adam: "The POCSAG paging protocol" (Raveon Technologies corp., dostopano preko [http://www.raveon.com/pdfiles/AN142\(POCSAG\).pdf](http://www.raveon.com/pdfiles/AN142(POCSAG).pdf), zadnjič 30.5.2016)
- Cestnik, Tilen: "Navodilo inštruktorjem za usposabljanje uporabnikov radijskih postaj v sistemu zvez ZARE" (Gasilska Zveza Slovenije, 2015)
- Ustni viri