

Predlog za 1. Seminar – FM Demodulator s Polar Stereo dekodiranjem

Mitja Kocjančič

DPS Predloga za 1. Seminar Ustvarjeno: 17.04.2022

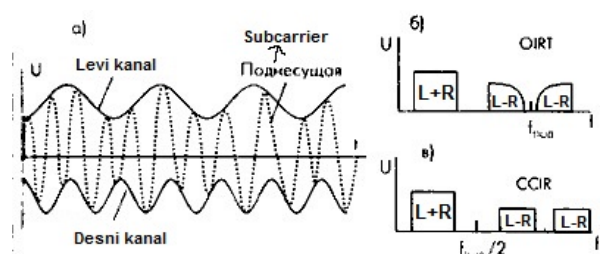
1 Predstavitev

Radio se navadno oddaja na frekvencah od 87.5MHz do 108MHz s 100kHz koraki, V državah bivše Sovjetske zveze pa se oddaja na frekvencah od 65.9MHz do 74 MHz s 30kHz koraki [4], Čeprav na OIRT FM Bandu ni več toliko postaj kot jih je nekdaj bilo se jih še vedno kar veliko najde [6], in ko pogoji omogočajo, se jih dobi tudi izven bivše Sovjetske zveze [5], ker pa je Sovjetska zveza malo posebne sorte, za prenos Stereo zvoka ne uporabljajo CCIR Stereo sistema [11] pač pa nek svoj sistem, ki se mu reče Polar Stereo, za sprejem Polar Stereo signala zato potrebujemo posebne sprejemnike, ki se jih izven bišve Sovjetske zveze sploh ne da kupiti

Zato da mi ni treba v teh razmerah v Rusijo po star

radio, bi lahko radijski signal sprejemal s SDR-jem[10], Polar-modulation system pa bi implementiral kar v Matlabu

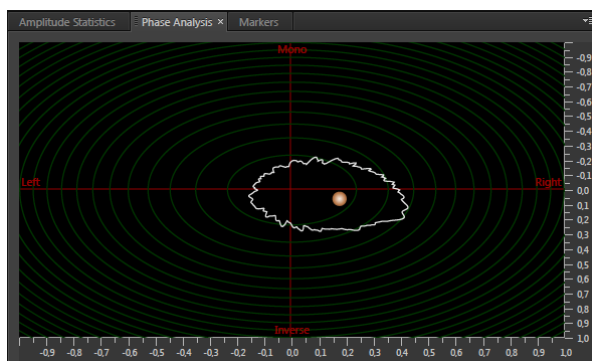
Hipoteza je torej, da bomo po tej skici



Slika 1: Grafičen prikaz CCIR vs OIRT Stereo sistema

s pomočjo dokumentacije [12], dobili naslednjo sliko (slika prikazuje kako ljudje slišimo na levem in desnem zvočniku stereo)

Krogec mora biti čimbolj na desni strani, bolj na desni je, boljše stereo separacijo imamo



Slika 2: Phase Analyzer prikazuje desni kanal

2 Metode

Za experiment smo uporabili 2 različna signala, najprej smo z Matlabom generirali 15 sinusov dolžine 10sekund, od 0 do 15khz, nato smo vzeli nek stereo testni signal iz youtubea, nato smo naše 2 stereo vzorca spustili čez programski Polar Stereo generator [15], da smo dobili MPX[2] signal, nato pa ta MPX Signal FM modulirali [9] s GNURadijem [14]

V Matlabu smo naš signal FM demodulirali [9] in dobili nazaj MPX signal. Nato smo signal najprej prevzorčili na 128khz saj so nas zanimale samo frekvence do 64kHz (L-R signal se konča pri 38khz) in ni bilo potrebe da bi previsoko vzorčno frekvenco naš bogi procesor preveč zmatrali

Nato smo s pomočjo Bandpass Butterworth filterja vzeli PILOT tone, ki se nahaja na 31.25khz in je 5khz širok, Pilot tone smo potrebovali, da smo lahko L-R signal prenesli na DC, nato pa smo ga morali iz signala odstraniti s nizko prepustnim Butterworth filterja, saj bi v nasprotnem primeru v naš signal vnesel nezaželen pisk

Ko smo imeli L-R signal na DCju, smo ga lahko decimirali za 4 vzorce, s tem prevzorčili na 32khz (saj PILOT tona nismo več rabili, L+R del pa bomo

posebej prebzorčili) in naš procesor še malo razbremenili.

Sedaj imamo ločen L+R ter L-R signal, ki ga moramo vsakega posebej deamphiszirati [8] saj se na oddajni strani višjim frekvencam poveča amplitudo, saj ko signal potuje po zraku višje frekvence utrpijo več motenj kot nižje, zato moramo na oddajni strani signal deamphiszirati, ker so v nasprotnem primeru višje frekvence premočne

Sedaj nam preostane samo še to, da za levi kanal vzamemo seštevek L+R + (filtriran L-R signal s pozivno fazo), ter za desni kanal seštevek L+R + (filtriran L-R signal s negativno fazo)

L-R signal je filtriran One Pole Zero Filtrom [7], ki je v dokumentaciji prestavljen s sledečo formulo

$$\frac{1 + j * 6.4 * f}{5 + j * 6.4 * f}$$

kjer je

$$j * f = \frac{p}{2\pi}$$

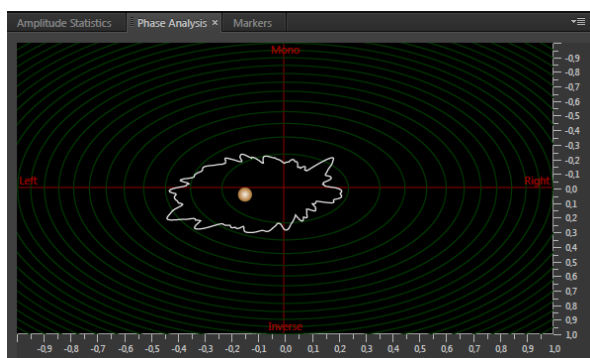
p pa je laplace spremenljivka [3]

3 Rezultati

Pri primerjavi smo se osredotočili na naš umetno generira sinus, ki smo ga generirali od 1KHz do 15Khz, za umetni signal smo se odločili, zato ker ni vključeval šuma, naš sinus smo najprej predvajali na levem, kanalu, nato na obeh kanalih in nato še na desnem kanalu.

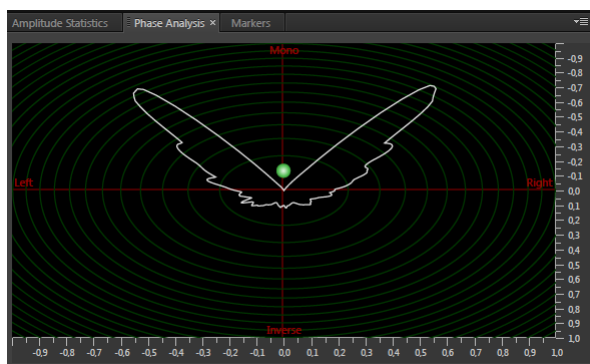
Da smo vizualno preverili če je na levem ter desnem kanalu to kar mora biti smo uporabili Vektorskop [13]

Na koncu smo ugotovili, da naš Stereo dekodeur deluje pravilno saj smo na levem kanalu vektorskopa (ali kot mu Adobe Audition CC 2014 [1] rad reče: Phase Phase Analyzer) videli bunkico



Slika 3: Phase Analyzer prikazuje desni kanal

Spraševali smo se še, kaj se zgodi če signala ne filtriramo s One Pole Zero Filtrom pač pa mu samo obrnemo fazo, kot vidimo se stereo separacija nikoli ne zgodi



Slika 4: Phase Analyzer prikazuje signal ki ni filtriran

4 Zaključek

Menim, da stvar deluje pravilno, saj kolikor sem to lahko ugotovil, brez pravega ruskega sprejemnika

Problem edino ostaja, saj Stereo Tool clipa signal, zato zvok iz njega zveni, kot da bi v zvočnik natočil vodo, ta problem bi lahko rešili s uvozom pravega OIRT FM oddajnika kot je sledeči na sliki



Slika 5: FM Modulator

Literatura

- [1] *Adobe Audition CC 2014*. Adobe. Inc. 2020. URL: <https://www.adobe.com/products/audition.html>.
- [2] Ian. *An Introduction to FM MPX*. 2000. URL: <http://www.smoke.com.au/~ic/mpx.html>.
- [3] *Laplace transform*. Adobe. Inc. 2020. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Laplace_transform.
- [4] *OIRT bandplan*. Wikipedia. 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/FM_broadcast_band#OIRT_bandplan.
- [5] *OIRT FM Stations*. Youtube. 2017. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=BsRa3KOfoNE>.
- [6] *OIRT FM Stations*. UKW/TV-Arbeitskreis e.V. 2022. URL: <https://fmlist.org/oirt.php>.
- [7] Miller Puckette. *One-pole, one-zero high-pass filter*. 2006. URL: <http://msp.ucsd.edu/techniques/v0.11/book-html/node141.html>.
- [8] Dietmar Rudolph. *FM Pre-Emphasis and De-Emphasis*. 2011. URL: https://www.radiomuseum.org/forum/fm_pre_emphasis_and_de_emphasis.html.
- [9] James Michael Shima. *FM DEMODULATION USING A DIGITAL RADIO AND DIGITAL SIGNAL PROCESSING*. 1995. URL: http://web.archive.org/web/20160322235527id_/http://www.digitalsignallabs.com/Digradio.pdf.
- [10] *Software-defined radio*. Wikipedia. 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Software-defined_radio.

- [11] *Stereo FM receiving with RTL-SDR and Gnuradio - part 2*. 2019. URL: http://zansprojects.blogspot.com/2019/05/stereo-fm-receiving-with-rtl-sdr-and_16.html.
- [12] *Transmission standards for FM sound broadcasting at VHF*. The ITU Radiocommunication Assembly. 2001. URL: <https://www.utdallas.edu/~dml/3350%20comm%20sys/ITU%20std%20on%20FM%20--%20R-REC-BS.450-3-200111-I!!PDF-E.pdf>.
- [13] *Vectorscope*. Wikipedia. 2020. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Vectorscope#Audio>.
- [14] *What is GNURadio*. GNU Radio project. 2006. URL: <https://www.gnuradio.org/about/>.
- [15] Hans van Zutphen. *Thimeo Stereo Tool*. 1998. URL: <https://www.stereotool.com/>.