

# Sprejem slik vremenskih satelitov

Domen Kržmanc, Jan Šuligoj, Bruno Toič

Pri predmetu Prenosni sistemi smo si za seminar zadali nalogo, da z vremenskih satelitov sprejmemo sliko Zemlje. Da smo to dosegli, smo se najprej pozanimali o satelitih in njihovem oddajanju. Izbrali smo eno izmed možnih realizacij antene ter jo sami zgradili. Nato smo v programu GNURadio naredili svoj program, ki je sprejet signal s satelita dekodiral v končni rezultat - sliko.

## O satelitih

Osredotočili smo se na satelite NOAA 15, NOAA 18, NOAA 19 in Meteor-M2. Prvi trije so, kot lahko sklepamo po imenu, last ameriške organizacije NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), Meteor pa je v lasti Rusije. Vsi izmed njih so vremenski sateliti, namenjeni izvajanju meritev, ki pomagajo pri meteoroloških napovedih. Nekatere izmed meritev, ki jih lahko opravljajo sateliti, so meritev temperature morja, distribucije aerosol ter gostote ozona. Večino meritev opravljajo s posebnimi kamerami, ki vidijo v različnih valovnih dolžinah. Pri našem seminarju smo hoteli s satelitov pridobiti kakršnokoli sliko, zato se z meritvami nismo ukvarjali.

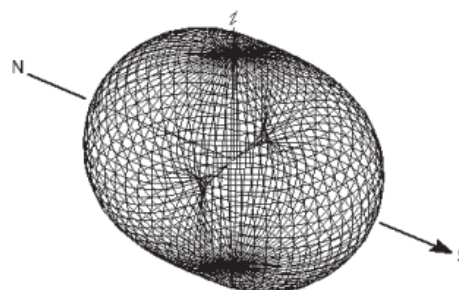
Ker noben izmed navedenih satelitov ni v geostacionarni orbiti, smo imeli omejeno število poskusov. Sateliti se na nebu pojavijo večkrat na dan, vendar večinoma zelo nizko nad horizontom, kar ni idealno za sprejemanje signala. Praktično neuporaben je tudi primer, ko sateliti naredijo slike, ko je pod njimi Zemlja že v temi - ponoči.



NOAA 18 satelit

## Antena

Omenjeni sateliti za komunikacijo uporabljajo krožno polarizacijo v smeri urinega kazalca pri frekvenci 137 MHz. Prvi sprejem slike smo opravili z navadno dipolno anteno, pri kateri je bila dolžina dipola enaka polovici valovne dolžine. Sprejem je bil sicer dober, vendar slabost take antene je, da je potrebno satelitu slediti, saj se drugače signal hitro izgubi v šumu. Zato smo se odločili za izgradnjo tako imenovane "double cross" antene. Glavna prednost pred navadno dipolno anteno je ta, da med sprejemom signala ni potrebno slediti satelitu.



QS0802-Martes05

Smerni diagram "double cross" antene

Za izdelavo smo potrebovali nekaj kosov lesa, pocinkano žico in 50-Ohmski koaksialni kabel. Anteno smo sestavili tako, da je centralna frekvenca pri kateri najbolje deluje 137 Mhz, zato smo za to frekvenco po spodnji enačbi smo izračunali valovno dolžino.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{137 \cdot 10^6 \text{ s}} = 2,18 \text{ m}$$

$$d = \frac{\lambda}{2} \cdot k = \frac{1,09}{2} \cdot 0,95 = 1,036 \text{ m}$$

k - faktor hitrosti širjenja po žici

d - dolžina dipola

c - hitrost svetlobe

f - frekvenca

$\lambda$  - valovna dolžina

Antena je sestavljena iz štirih dipolov, ki so med seboj razmaknjeni za  $\lambda/4$ . Dolžine dipolov pa so enake  $\lambda/2$ . Za pravilno delovanje je potrebno dipole med seboj povezati tako, da se signali z dipolov med seboj seštevajo. To naredimo tako, da

nasprotna dipola povežemo s kablom, ki je za  $\lambda/4$  daljši od kabla drugih dveh dipolov. S tem zagotovimo pravilne časovne zamike med signali s posameznih dipolov. Zaradi krožne polarizacije smo dipole nagnili za 30 stopinj od navpičnice. S tako anteno naj bi dosegali 3,81 dB dobitka.



Naša antena

## Sprejem slike

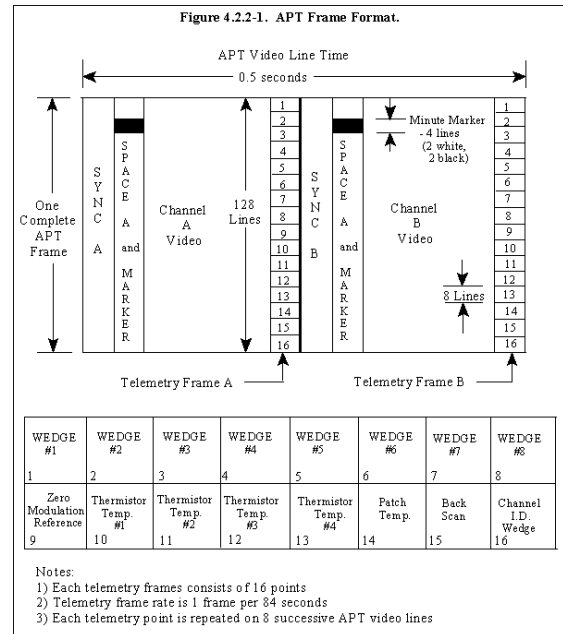
NOAA 15, 18 in 19 ves čas oddajajo sliko zemlje, hkrati v visoki in nizki ločljivosti. Za nas je bila bolj zanimiva nizko-ločljivostna slika, saj bi za visoko potrebovali zelo dobro usmerjeno anteno. Sateliti oddajajo to sliko po protokolu APT (Automatic picture transmission).

## APT

APT je analogen način prenašanja podatkov, v katerem je vsak piksel zakodiran z Amplitudno modulacijo. Podatki se prenašajo z hitrostjo 4160. En okvir podatkov pa je sestavljen iz 128 vrstic in 2080 stolpcev. Iz tega lahko razberemo da se preneseta 2 vrstici slike na sekundo.

Vsaka vrstica je sestavljena iz dveh razdelkov, ki oba vsebujeta prostor za SYNC, časovne oznake, dejansko sliko zemlje ter telemetrijo. Levi razdelek prikazuje sliko v vidnem spektru, desni pa v infra rdečem. Na začetku vsakega je vedno SYNC, ki je samo 39 pikslov dolg vlak impulzov. Med levim in desnim razdelkom se vlak impulzov razlikuje po frekvenci in delovnim ciklom. SYNCu sledi 47

pikslov dolg bel oz. črn prostor, kjer se vsako minuto nariše zarez obratne barve. Tema razdelkoma sledi 909 pikslov slike. In na koncu še 45 pikslov edega izmed telemetrijskih podatkov (glej sliko). To zaporedje se ponovi za drugi razdelek slike. Slike ni potrebno začeti sprejemati na začetku okvirja, ampak lahko kadarkoli.



APT okvir

## Naš algoritem

Signal smo sprejeli tako s HackRF-om kot tudi z RTL-SDR, s programom SDRSharp, v katerem smo srednjo frekvenco avtomatsko spreminjali z programom GPredict, da smo kompenzirali premik frekvence zaradi dopplerjevega efekta.

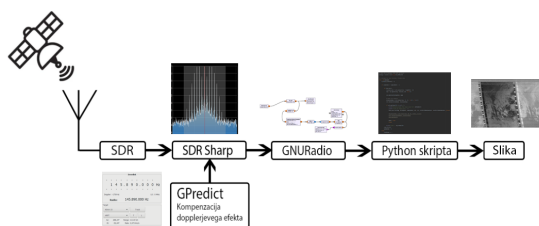
Izhod SDRSharp-a nato peljemo v GNURadio z virtualni zvočnim kablom, kjer ga nadaljnjo obdelamo. Najprej ga preslikamo iz intervala 0.f - 1.f na 0 - 255 tako, da mu povemo faktor s katerim naj množi vhodni signal. S tem mu lahko v realnem času spremenimo kontrast. Nato se signal ponovno vzorči z nižjo frekvenco (11025 Hz), pred izračunom ovojnice z absolutno vrednostjo Hilbertove transformacije. V nadaljevanju se vrednosti signala, ki so nad 255 še odrežejo, da se lahko prenese kot 8 bitov na vzorec.

Na koncu pa se vzorci pošiljajo preko protokola ZeroMQ na prejemnika, ki je v našem primeru python skripta, ki v realnem času izriše dobljene podatke na zaslonu v obliki slike.

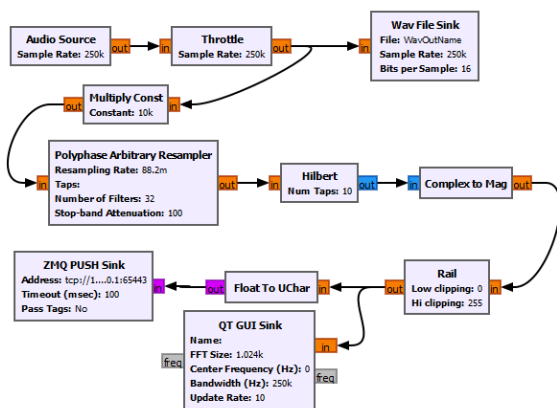
Ko program dobi podatke od GNURadia, jih shranjuje, dokler nima shranjene celotne vrste. Nato jih, če niso vsi enaki 0, skrči iz te velikosti na 2080, kar je tudi širina slike, ki jo je poslal satelit,

in doda na konec že prej sprejete slike. Tako se približno vsake pol sekunde sliki doda nova vrstica. Nato lahko shranjeno sliko transformiramo tako, da se vsaka vrstica začne s SYNC piksli, in tako dobimo ravno tako sliko, kot je predvideno z APT okvirjem.

Načeloma bi lahko signal sprejeli direktno v GNURadiu, namesto v SDRSharpu, kar bi podatkovno pot poenostavilo za 2 elementa, vendar za GNURadio nismo našli nobenega delujočega bloka za kompenziranje dopplerjevega efekta, kar bi pomenilo da bi morali frekvenco spreminjati na roke. Poleg tega je SDRSharp veliko bolj odziven in ima veliko več nastavitev za sprejemanje.



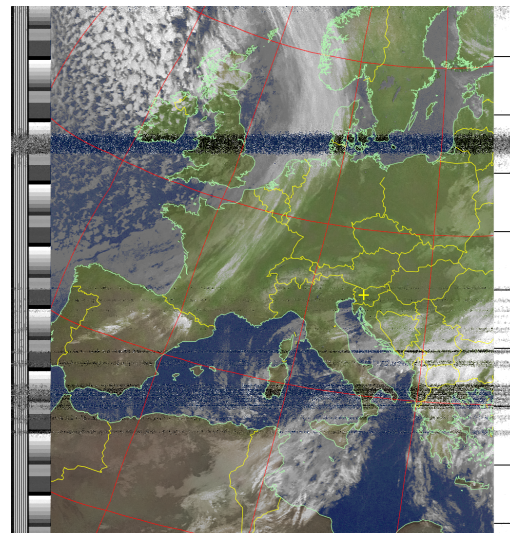
Shema sprejema slike



GNURadio diagram poteka

## WXtoImg

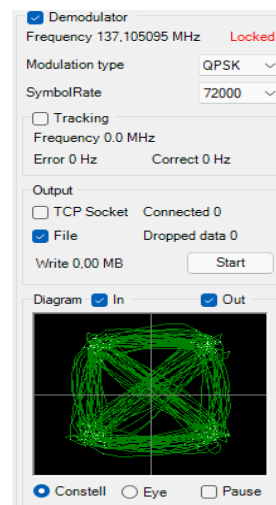
Za sprejem lahko namesto naše lastne skripte uporabimo tudi že napisane programe, med katerimi je najbolj dodelan WXtoImg, ki poleg bolj naprednega procesiranja slik, znajo iz teh dveh slik dobiti tudi sliko padavin, temperature morja, itd. Primere nastalih slik lahko vidimo spodaj.



Slika ki jo dobimo iz WXtoImg

## Meteor M2

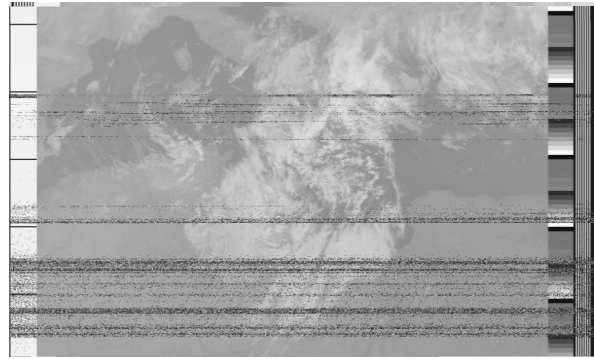
Meteor M2 oddaja na zelo podobnih frekvencah, vendar po digitalnem protokolu LRPT (Low-rate picture transmission). Ta protokol podatke kodira z QPSK modulacijo, in je zmožen barvne slike. Ta satelit smo dekodirali z že napisano programsko opremo, in sicer QPSK demodulator plugin za SDRSharp ter LRPT decoder. Na žalost zaradi njegove orbite čez nas leti le zjutraj in popoldne/zvečer, ravno takrat ko je pozimi pri nas premalo svetlo, da bi se lahko dobro videlo barve, zato dobimo večinoma samo rdečkasto sliko, razen morda na robnih območjih, kjer je dovolj svetlo.



Zaslonski posnetek iz demodulatorja



Sprejem slike z anteno



Sprejeta slika v IR spektru



Sprejeta slika v vidnem spektru

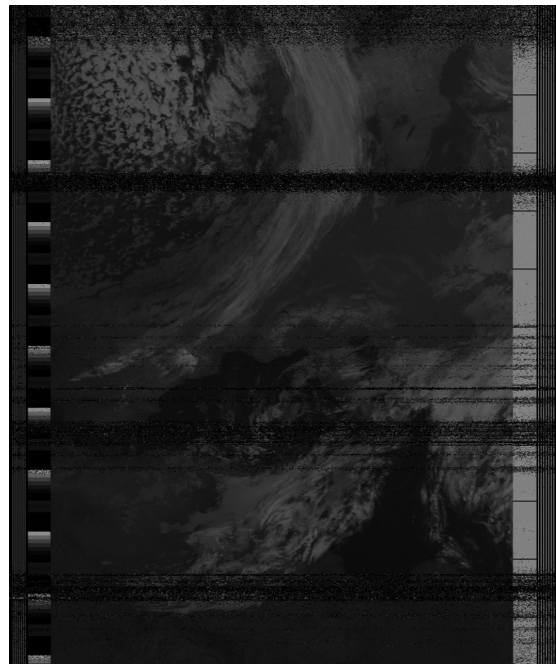
## Zaključek

Z rezultati smo zelo zadovoljni, saj smo uspešno prenesli več slik s satelitov. Pri poizkušanju smo naleteli na kar nekaj težav, ki smo jih sproti odpravljali. Težave smo imeli predvsem z anteno, a na koncu je ustrezno delovala.

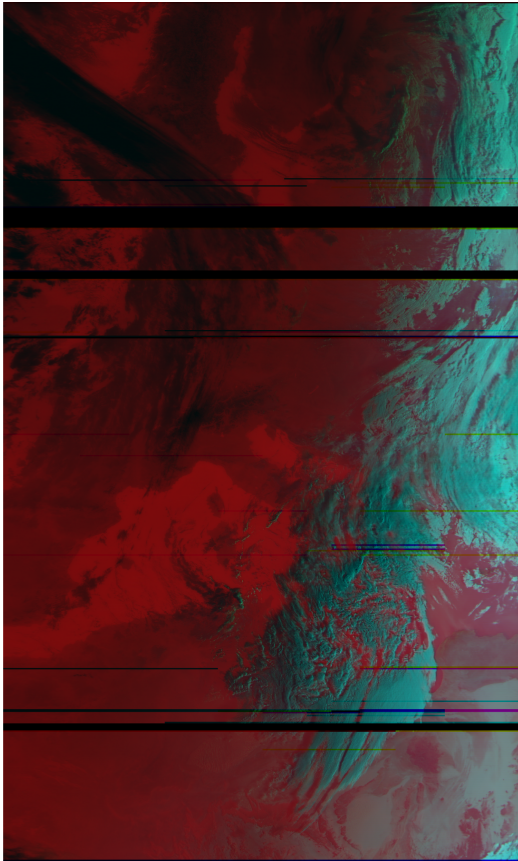
Za boljše rezultate bi mogoče lahko poskusili z drugačnimi izvedbami antene. Prav tako nam vreme ni bilo naklonjeno, saj smo signal večinoma sprejemali v megli z oblaki nad nami.

## Rezultati

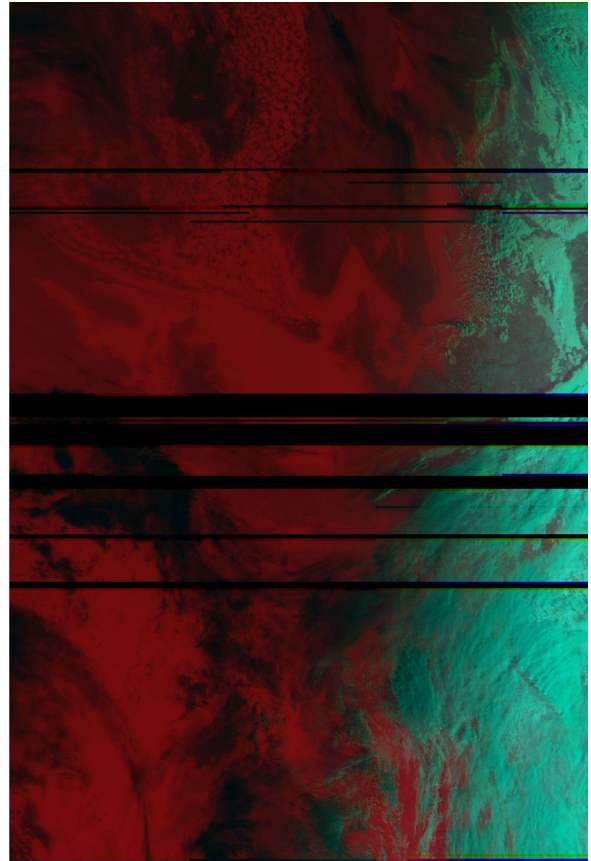
Z zgrajeno anteno ter programom smo počakali na dan, ko bodo sateliti visoko na nebu, da bi imeli najboljše možnosti za sprejem slike. Odpravili smo se na bližnji hrib, kjer okoli nas ni bilo zgradb, ter smo lahko videli praktično celo nebo, to nam je omogočilo, da smo skozi celoten prelet satelita imeli razmeroma dober signal. To smo večkrat ponovili in dobili naslednje slike:



Sprejeta slika v vidnem spektru iz NOAA-e



Sprejeta slika iz Meteor M2 satelita



Sprejeta slika iz Meteor M2 satelita

## Viri

[1] Načrt za izdelavo antene,

<https://www.qsl.net/py4zbz/DCA.pdf>

[2] Načrt za izdelavo antene,

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1364/1/012059/pdf>

[3] NOAA 15,

<https://en.wikipedia.org/wiki/NOAA-15>

[4] APT protokol,

<https://sourceforge.isae.fr/projects/weather-images-of-noaa-satellites/wiki/Apt>

## Slike

[1] NOAA 18,

[https://en.wikipedia.org/wiki/NOAA-18#/media/File:NOAA-18\\_or\\_19\\_rendering.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/NOAA-18#/media/File:NOAA-18_or_19_rendering.jpg)

[2] Ikona satelita

<https://www.shutterstock.com/image-vector/flat-satellite-broadcast-radar-receiver-icon-1430069954>