

Seminar

Ime in priimek: Datum:

Telekomunikacijski sistemi v prometu

V prometu telekomunikacije pridobivajo vedno bolj na veljavi. Razlog je v vedno nižjih cenah komunikacijskih naprav in njihova vsestranska uporabnost. Težnja je, da se komunikacijske protokole standardizira, zato da sistem ni odvisen od enega samega proizvajalca.

Tako se je vzporedno s pojavom satelitske navigacije (GNSS) pojavil TMC (Traffic Message channel), ki deluje v okviru RDS. TMC sporočila oddaja radijska postaja in vsebujejo podatke o morebitnih izrednih dogodkih v cestnem prometu. Na podlagi tega, se navigacijska naprava odloči, kako bo preusmerila načrtovano pot. Sistem v zadnjem času nekoliko zgublja na veljavi predvsem zaradi pojava navigacijskih aplikacij za pametne telefone (npr. Google Maps), ki v živo posodabljaajo stanje na cestah s podatki, ki jih pošiljajo naprave uporabnikov samih.

Po drugi strani, se v zračnem in pomorskem prometu uporabljata sistema ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast) in AIS (Automatic Identification System), ki služita kot sistema za preprečevanje trkov. Pri obeh objekti pošiljajo svojo lego, smer in hitrost, lahko pa tudi dodatne parametre (teža, tip ...), pri čemer svojo trenutno lego pridobijo od GNSS. Pogledali si bomo primer delovanja sistema AIS.

Osnove AIS

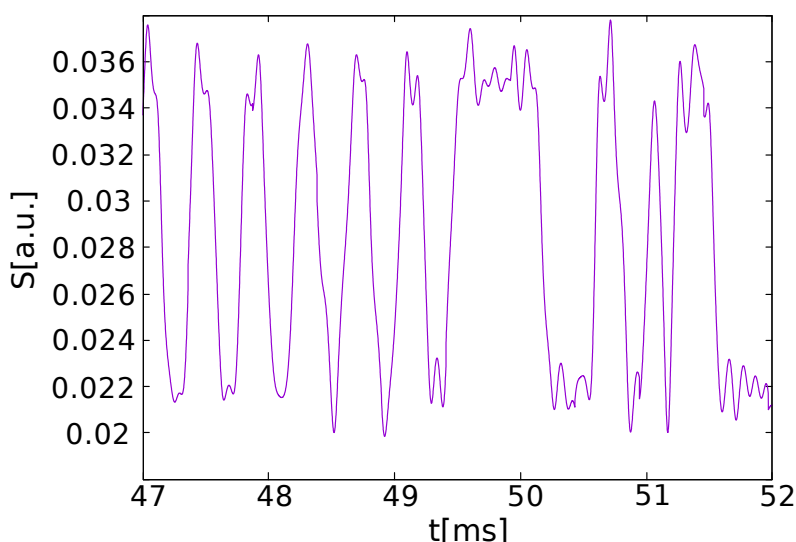
AIS je sistem oddajanja kratkotrajnih sporočil v režah (slotih), ki trajajo 26,7ms, na dveh kanalih v VHF območju – 161,975MHz in 162,025MHz. Če je sporočilo daljše, da bi stalo v eni reži, lahko plovilo rezervira več rež naenkrat, ampak največ pet. 2250 rež skupaj predstavlja okvir (frame) in traja natanko 1 minuto. Ker sta kanala dva je torej v vsakem okvirju na voljo 4500 rež.

Sporočila so modulirana z GMSK (Gaussian Minimal Shift Keying) s hitrostjo 9600 bitov na sekundo. V podrobnosti se ne bomo spuščali; povedali bomo le, da je GMSK poseben način frekvenčne modulacije digitalnih signalov na način, da ne prihaja do nezveznosti v faznem kotu nosilnega signala. S tem bistveno zmanjšamo uporabo frekvenčnega spektra. Dodatno zmanjšanje dosežemo z uporabo Gaussovega filtra, ampak za ceno slabšega sprejema pri isti moči signala. Najbolj popularna uporaba GMSK je mobilna telefonija druge generacije (LTE in G5 uporabljata OFDM).

AIS signal lahko torej beremo z običajnim FM demodulatorjem. Ima pa nekaj posebnosti, ki jih moramo poznati, če želimo sporočilo uspešno dekodirati.

Najprej je na začetku 8 bitov rezerviranih za stabilizacijo oddajnika in sprejemnika. Temu intervalu pravimo Ramp-up. Nato sledi sekvenca 24 alternirajočih 0 in 1. Temu pravimo preambula in služi za sinhronizacijo sistema. Preambuli sledi začetna zastavica (Start Flag). To je zaporedje

01111110 (7E v šestnajstiškem sistemu). Nato sledijo dejanski podatki do naslednjih 6 zaporednih enic (spet v obliki 7E zapisa), ki pomenijo zaključno zastavico (Stop Flag). Zadnjih 16 bitov pred njim je CRC (Cyclic Redundancy Check), ki služi za preverjanje, ali se je sporočilo uspešno preneslo. Če je v sporočilu 5 ali več zaporednih enic, vstavimo po 5 enicah dodaten 0 bit (Stuff Bit), ki ga pri dekodiranju ignoriramo. To je narejeno prvenstveno zaradi ohranjanja sinhronizacije, posledično pa preprečimo, da bi bil ta del sporočila prepoznan kot zastavica.



Slika 1: Primer začetka AIS signala s preambulo, začetno zastavico in nekaj podatkov.

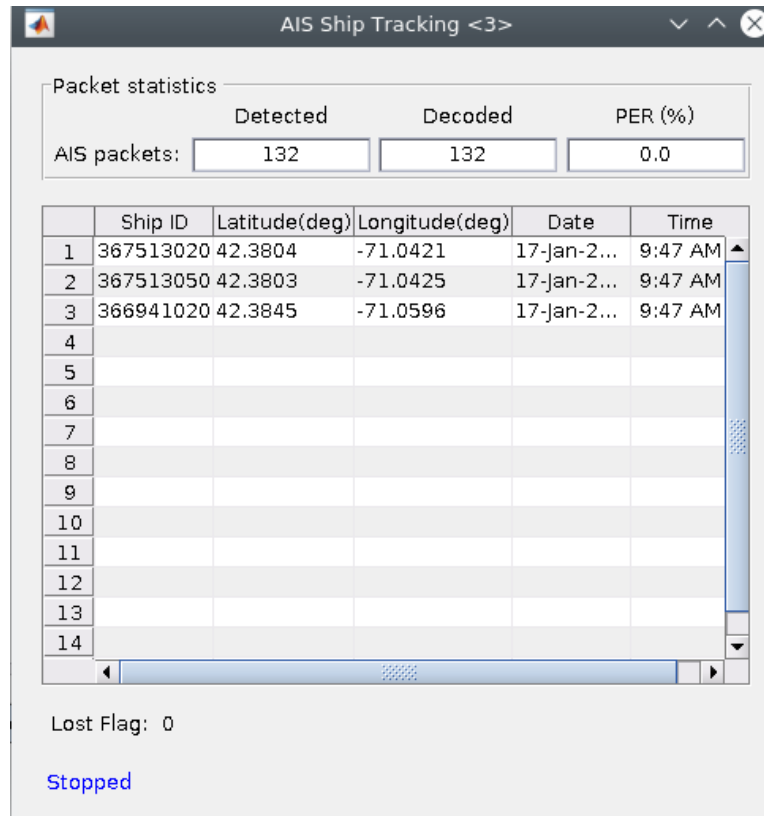
Še nekaj podrobnosti je treba povedati. Ničle in enice niso reprezentirane nivojsko, ampak glede na prehode med njima. Če je prehod prisoten, to razumemo kot 0. Če pa ostanemo na istem nivoju, to razumemo kot 1. Takemu načinu prenosa digitalnih podatkov pravimo NRZI (No Return to Zero - Inversed). Poleg tega so vsi biti organizirani v osmerice, tako da je znotraj osmerice poslan najprej zadnji bit (LSB - Least Significant Bit).

AIS v Matlabu

AIS dekodiranje je v Matlabu že implementirano z ukazom AISExample. Podatke lahko prenašamo iz datoteke s posnetim signalom, ali pa direktno s SDR (Software Defined Radio) napravo.

INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI – PRIROČNIK ZA VAJE

(pripravil: Matej Bažec)



Slika 2: Primer delovanja AISExample programa.

Pomen AIS sporočil

Kaj posamezno sporočilo pomeni, si lahko ogledamo v specifikacijah, je pa odvisno od tipa sporočila, ki je določeno s prvimi 6 biti v sporočilu. Pomen posameznega sporočila vidimo v spodnji tabeli.

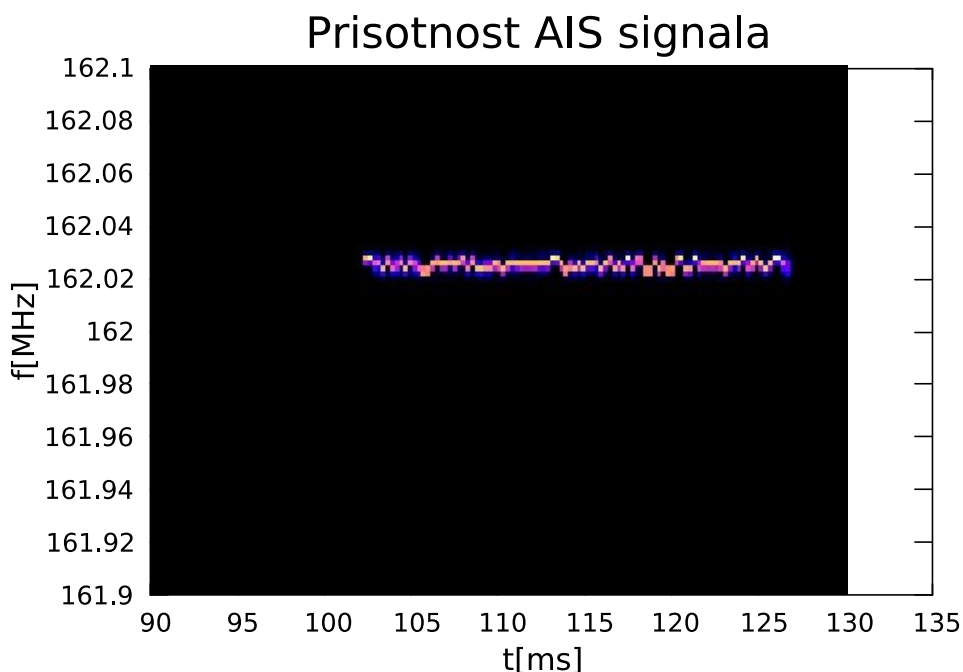
01	Position Report with SOTDMA
02	Position Report with SOTDMA
03	Position Report with ITDMA
04	Base Station Report
05	Ship static and voyage related data
06	Addressed Binary Message
07	Binary Acknowledge
08	Binary Broadcast Message
09	Standard SAR Aircraft position report
10	UTC and Date inquiry
11	UTC and Date response
12	Addressed safety related message

INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI – PRIROČNIK ZA VAJE
(pripravil: Matej Bažec)

13	Safety related Acknowledge
14	Safety related Broadcast Message
15	Interrogation
16	Assigned Mode Command
17	GNSS Binary Broadcast Message
18	Standard Class B CS Position Report
19	Extended Class B Equipment Position Report
20	Data Link Management
21	Aids-to-navigation Report
22	Channel Management
23	Group Assignment Command
24	Class B CS Static Data Report

Primer dekodiranja AIS signala

Ogledali si bomo primer dekodiranja AIS signala. AIS signal lahko poberemo s katero koli napravo, ki je zmožna FM demodulacije na frekvencah 161,975MHz in 162,025MHz. V naš namen bomo analizirali FM demoduliran signal, ki je bil pridobljen s pomočjo programirljivega radia (SDR). AIS signal prepoznamo po značilni dolžini in širini (glej sliko spodaj).



AIS signal v eni reži traja okrog 26ms. Že na vodnem slapu se vidi, da je signal frekvenčno moduliran.

INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI – PRIROČNIK ZA VAJE

(pripravil: Matej Bažec)

Na spletni strani predmeta si poberite svojo datoteko, ki vsebuje FM demodulirano AIS sporočilo. Katero datoteko ste si izbrali?

Najprej vnesemo podatke iz datoteke v Matlab. To naredimo z ukazom `importdata`. Ta nam podatke iz datoteke uredi v matriko. Primer:

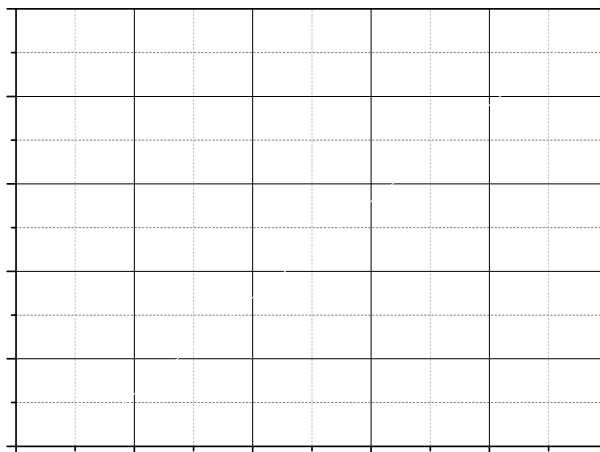
```
a=importdata('ais-0.txt');
```

V datoteki sta poleg FM signala tudi sofazni in kvadraturi signal na vmesni frekvenci 191,85MHz in sicer v tem vrstnem redu: čas, sofazni signal, kvadraturi signal, FM demoduliran signal. Tako lahko opazujemo tako AIS signal kot tudi konstelacijski diagram (medsebojna odvisnost obeh komponent - sofazne in kvadrature). Slednjega lahko narišemo z ukazom

```
plot(a(:,2),a(:,3),'.');
```

Pri FM modulaciji je konstelacijski diagram popolna krožnica (ki se sicer nekoliko razmaže zaradi prisotnosti šuma in ostalih interferenčnih motenj).

V spodnji graf skicirajte konstelacijski diagram za svoj signal.



Demoduliran signal pa lahko analiziramo z ukazom

```
plot(a(:,1),a(:,4));
```

INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI – PRIROČNIK ZA VAJE

(pripravil: Matej Bažec)

Poskusite razbrati čim več iz svojega signala. Bodite pozorni na sledeče.

- *Prenos podatkov je 9600Baud, torej je trajanje enega bita 0,104ms.*
- *0 je reprezentirana s prehodom med nivojema, 1 pa s konstantnim nivojem.*
- *Po petih zaporednih enicah sledi ničla, ki služi sinhronizaciji in jo moramo ignorirati. Izjema sta zastavici.*
- *Vrstni red bitov je tak, da moramo vsako osmerico obrniti narobe.*

Najprej odčitajte tip sporočila (prvih 6 bitov). Strukturo določenega tipa in njen namen razberete na

<https://www.navcen.uscg.gov/?pageName=AISMessages>.

Katerega tipa je vaše sporočilo? Navedite številko in kratek opis.

Večina AIS sporočil vsebuje MMSI (mednarodno številko plovila). Plovilo lahko iz MMSI identificiramo tudi preko spletnega vmesnika

<https://www.marinevesseltraffic.com/2013/06/mmsi-number-search.html>

Katero plovilo je poslalo konkretno AIS sporočilo?

Katere podatke ste še uspeli razbrati?

Beležke