GSM monitor

Orodje za monitoring GSM omrežja

Matej Kovačič

Hek.si | Ljubljana, 15. april 2016

gr-gsm

Projekt je namenjen analizi GSM signalov. Gre za zbirko odprtokodnih programskih orodij napisanih v Pythonu. Za procesiranje signalov uporablja aplikacijo GNU Radio.

Bistvo aplikacije je, da za zajem uporablja poceni RTL-SDR sprejemnike (cena okrog 20 EUR), zelo verjetno (netestirano) pa tudi USRP, HackRF, BladeRF in ostale sprejemnike, ki so podprti s strani gr-osmosdr.

Aplikacije tečejo na Ubuntu 14.04 in 15.10, neuradno pa tudi na Mac OS ter na Raspberry Pi 3.

Uporabiti je mogoče več sprejemnikov (RTL-SDR ključkov) hkrati.

gr-gsm

grgsm_decode – aplikacija za dekodiranje C0 (BCCH) kanala. Aplikacija zna zajete signale dekodirati in posredovati Wiresharku, zajete in dešifrirane zvočne pogovore pa shraniti v zvočno datoteko.

grgsm_livemon – interaktivni monitor posameznega BCCH kanala (analiza zajetih signalov poteka preko Wiresharka).

grgsm_scanner – aplikacija, ki preišče GSM frekvenčni pas in izpiše podatke o najdenih baznih postajah.

grgsm_capture – aplikacija za zajem GSM signalov v datoteko (le-to lahko kasneje analiziramo z *grgsm_decode*).

grgsm_channelize – aplikacija ki zajem širokega frekvenčnega pasu (ang. *wideband capture*) shrani v več ločenih datotek.

Zakaj RTL-SDR?

Včasih...

1 Potrebno je bilo uporabiti točno določene tipe telefonov (visoka cena)....

```
matej@cryptopia: ~/osmocom/osmocom-bb-raw/src/host/osmocon
Die ID code: 7e540b2fc90393bb
======================================================================
REG_DPLL=0x2413
CNTL_ARM_CLK=0xf0a1
CNTL_CLK=0xff91
CNTL_RST=0xfff3
CNTL_ARM_DIV=0xfff9
======================================================================
Power up simcard:


THIS FIRMWARE WAS COMPILED WITHOUT TX SUPPORT!!!
Assert DSP into Reset
Releasing DSP from Reset
Installing DSP sniff patch
Setting some dsp_api.ndb values
Setting API NDB parameters
DSP Download Status: 0x0001
DSP API Version: 0x0000 0x0000
Finishing download phase
DSP Download Status: 0x0002
DSP API Version: 0x3606 0x0000
LOST 3901!
LOST 3750!
```

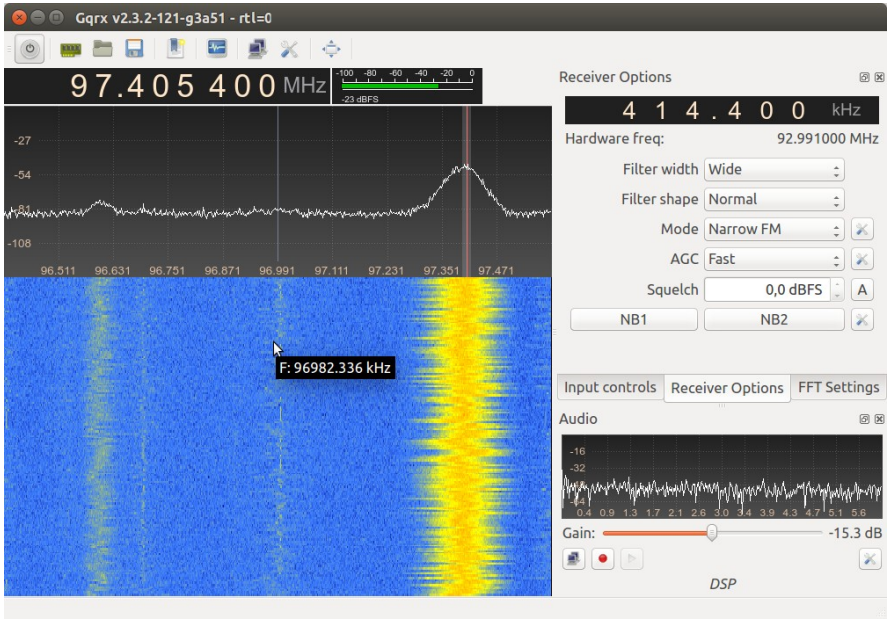
2 Narediti kabel in zagnati *ROM loader...*

```
Failed to connect to '/tmp/osmocom_sap'.
Failed during sap_open(), no SIM reader
<000e> cell_log.c:803 Scanner initialized
Mobile initialized, please start phone now!
<000e> cell_log.c:367 Measure from 0 to 124
c<000e> cell_log.c:367 Measure from 512 to 885
<000e> cell_log.c:367 Measure from 955 to 1023
<000e> cell_log.c:358 Measurement done
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 79 (rxlev -57, 197 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 19 (rxlev -64, 196 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 17 (rxlev -65, 195 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 113 (rxlev -65, 194 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 80 (rxlev -74, 193 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 18 (rxlev -81, 192 syncs left)
<000e> cell_log.c:190 Cell: ARFCN=18 MCC=293 MNC=40 (Slovenia, Si.mobil)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 20 (rxlev -81, 191 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 107 (rxlev -81, 190 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 4 (rxlev -83, 189 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 114 (rxlev -84, 188 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 16 (rxlev -85, 187 syncs left)
<000e> cell_log.c:190 Cell: ARFCN=16 MCC=293 MNC=40 (Slovenia, Si.mobil)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 81 (rxlev -85, 186 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 111 (rxlev -85, 185 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 112 (rxlev -86, 184 syncs left)
<000e> cell_log.c:190 Cell: ARFCN=112 MCC=293 MNC=41 (Slovenia, iPKO)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 8 (rxlev -88, 183 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 85 (rxlev -89, 182 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 987 (rxlev -89, 181 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 14 (rxlev -90, 180 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 29 (rxlev -90, 179 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 110 (rxlev -92, 178 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 1014 (rxlev -93, 177 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 45 (rxlev -94, 176 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 66 (rxlev -94, 175 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 116 (rxlev -94, 174 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 77 (rxlev -95, 173 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 979 (rxlev -95, 172 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 118 (rxlev -96, 171 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 119 (rxlev -96, 170 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 983 (rxlev -96, 169 syncs left)
<000e> cell_log.c:340 Sync ARFCN 986 (rxlev -96, 168 syncs left)
Terminal 0  Terminal 1  Terminal 2  Terminal 3  Terminal 4
```

3 Sledil je pregled baznih postaj.

Danes...

DVB-T z Elonics 4000 čipom (cena: okrog 20 EUR).



RTL-SDR in gr-gsm v praksi

Priprava sprejemnika

RTL-SDR je ceneni programski radio (*software defined radio*), ki za zajem signala uporablja sprejemnik za digitalno televizijo (DVB-T) z RTL2832U čipom.

Cena (z anteno vred) je okrog 20 EUR, se pa pred nakupom splača pozanimati na spletu kateri modeli se obnesejo bolje.

V Linux sistemu moramo najprej dovoliti dostop do USB naprave (DVB-T sprejemnika).

V naslednjem koraku je potrebno izračunati lokalni frekvenčni zamik naše naprave (ang. *local oscillator frequency offset*). Za kalibriranje uporabimo aplikacijo Kalibrate. (V razvoju je tudi samodejna kalibracija).

Dobro je tudi vedeti, da RTL-SDR naprave potrebujejo ponovno kalibracijo, ko se ogrejejo.

Kalibriranje

kal -s GSM900

```
Found 1 device(s):
  0:  Generic RTL2832U

Using device 0: Generic RTL2832U
Found Rafael Micro R820T tuner
Exact sample rate is: 270833.002142 Hz
kal: Scanning for GSM-900 base stations.
GSM-900:
chan: 1 (935.2MHz - 34.544kHz)power: 26821.42
chan: 9 (936.8MHz - 34.446kHz)power: 23766.67
chan: 11 (937.2MHz - 34.276kHz)      power: 48466.55
chan: 18 (938.6MHz - 34.068kHz)      power: 33449.90
chan: 24 (939.8MHz - 33.781kHz)      power: 30602.44
chan: 26 (940.2MHz - 33.557kHz)      power: 41546.99
chan: 112 (957.4MHz - 33.932kHz)     power: 936013.05
chan: 116 (958.2MHz - 32.769kHz)     power: 202920.01
chan: 124 (959.8MHz - 33.065kHz)     power: 220760.63
```

Kalibriranje

kal -c 112

```
Found 1 device(s):
  0:  Generic RTL2832U

Using device 0: Generic RTL2832U
Found Rafael Micro R820T tuner
Exact sample rate is: 270833.002142 Hz
kal: Calculating clock frequency offset.
Using GSM-900 channel 112 (957.4MHz)
average             [min, max]   (range, stddev)
- 33.208kHz                [-33262, -33161]   (100,
29.194195)
overruns: 0
not found: 0
average absolute error: 34.685 ppm
```

Skeniranje baznih postaj

```
grgsm_scanner -p 35
```

```
linux; GNU C++ version 4.9.1; Boost_105500; UHD_003.007.003-0-unknown

ARFCN:   18, Freq:  938.6M, CID:     0, LAC:   100, MCC: 293, MNC:  40, Pwr: -35
ARFCN:   24, Freq:  939.8M, CID:  1313, LAC:   100, MCC: 293, MNC:  40, Pwr: -33
ARFCN:   26, Freq:  940.2M, CID:   501, LAC:   100, MCC: 293, MNC:  40, Pwr: -27
ARFCN:  124, Freq:  959.8M, CID:     0, LAC:     0, MCC:   0, MNC:   0, Pwr: -29
```

Aplikacija zazna BCCH kanal in na njem skuša zajeti ter dekodirati sporočilo s katerim bazna postaja oglašuje svojo identifikacijo (*Cell ID, CID*), kodo države (*Mobile Country Code, MCC*), kodo mobilnega omrežja (*Mobile Network Code, MNC*) ter oznako lokacijskega območja (*Location Area Code, LAC*).

Če je signal prešibek, je pri zajemu prišlo do napak ali med zajemom bazna postaja ni oddala sporočila, se na izpisu pojavijo ničle.

Skeniranje baznih postaj

S temi podatki je mogoče pogledati v **Open Cell ID** bazo, kjer dobimo še točno lokacijo bazne postaje.

Primer klica:
http://opencellid.org/#action=locations.cell&mcc=**293**&mnc=**40**&lac=**100**&cellid=**1313**

Skeniranje baznih postaj

Podatke lahko tudi kontinuirano zajemamo v datoteko...

```
#!/bin/bash
echo "date;time;ARFCN;Freq;CID;LAC;MCC;MNC;Pwr" > data.csv
while true;
do
  tmpf=$(tempfile)
  grtime="$(date +"%Y-%m-%d;%H":%M:%S)"
  echo "Scanning GSM... [ current time: $grtime. Hit CTRL+C to stop!]"
  stdbuf -oL grgsm_scanner -p 34 >&1 > $tmpf
  more +3 $tmpf | awk -v x="$grtime" 'BEGIN {FS="[:, ]+"} {print x";"$2";"$4";"$6";"$8";"$10";"$12";"$14}' >> data.csv
  rm $tmpf
done
```

Skeniranje baznih postaj

... nato pa obdelamo v bazi.

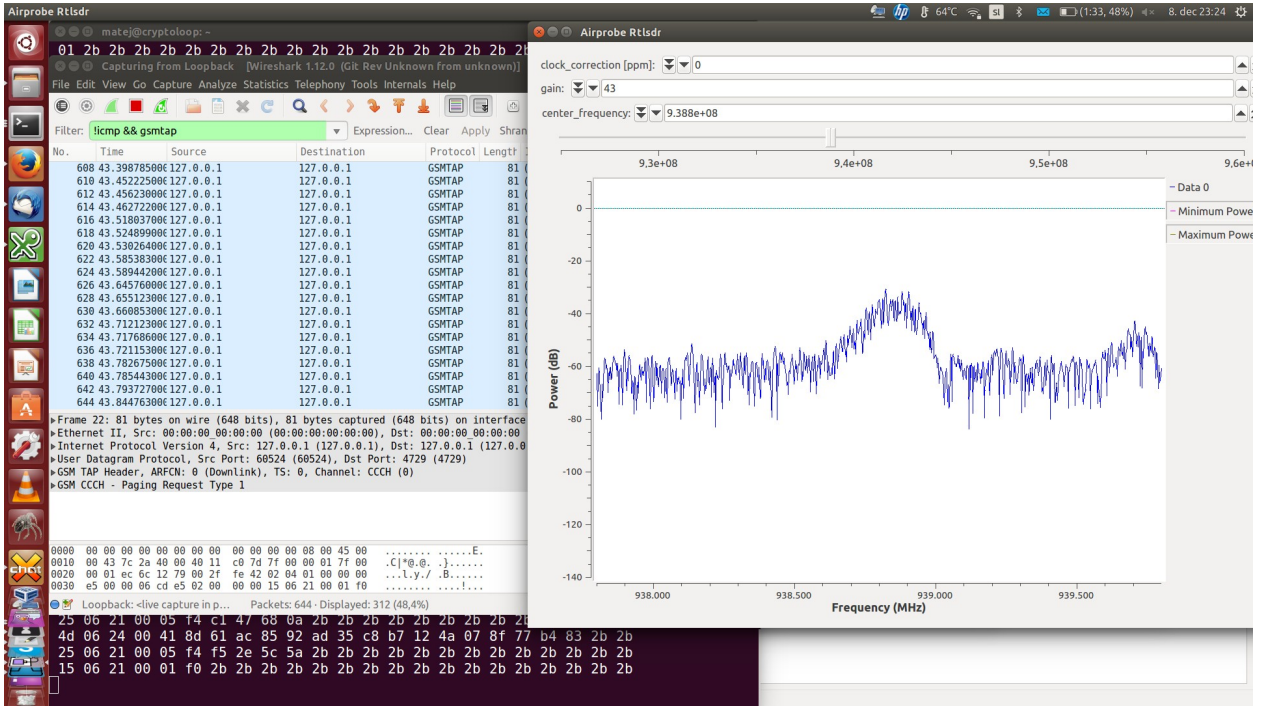
```
create table gsmscan (date date, time time, arfcn text, freq text, cid text, lac text,
mcc text, mnc text, pwr text);

\COPY gsmscan from 'data.csv' with csv header delimiter ';';

alter table gsmscan add column bs_id text;

...

...

select freq, count(*) as num_of_detections, min(pwr) as min_pwr, max(pwr) as max_pwr
from gsmscan group by freq, bs_id order by freq, num_of_detections;


  freq   | num_of_detections | min_pwr | max_pwr
---------+-------------------+---------+---------
 935.2M |                64 | -28     | -33
 937.2M |                11 | -56     | -59
 938.6M |                65 | -26     | -26
 939.4M |                65 | -27     | -27
 956.6M |                65 | -26     | -27
```

Pregled posamezne bazne postaje

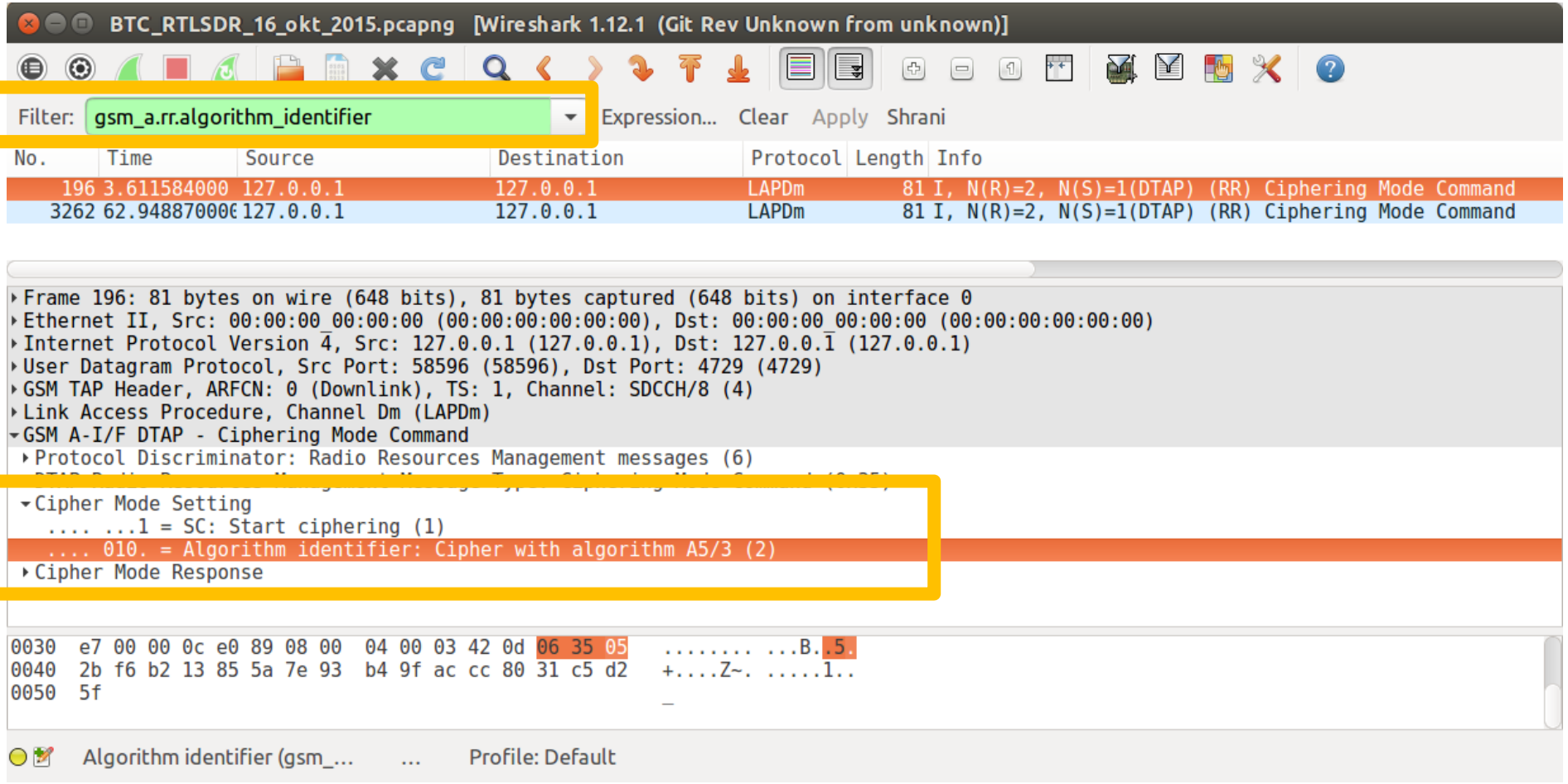
Za pregled dogajanja na posamezni bazni postaji uporabimo aplikacijo **grgsm_livemon**. Hkrati zaženemo še **Wireshark** za analizo zajetih (dekodiranih) podatkov.

```
grgsm_livemon -p 35 -f 938.8M
```

```
wireshark -k -Y '!icmp && gsmtap' -i lo
```



Analiza v Wiresharku



Analiza dogajanja na vseh baznih postajah

V prihodnosti se bo razvil modul, ki bo omogočal kontinuirano skeniranje vseh najdenih baznih postaj ter analizo njihovega odzivanja.

Že sedaj pa se lahko »igramo« takole...

```
#!/bin/bash
while true;
do
  timeout 20s grgsm_livemon -p 34 -f 935.2M
  timeout 20s grgsm_livemon -p 34 -f 936.6M
  timeout 20s grgsm_livemon -p 34 -f 938.4M
  timeout 20s grgsm_livemon -p 34 -f 942.6M
  timeout 20s grgsm_livemon -p 34 -f 943.4M
  timeout 20s grgsm_livemon -p 34 -f 947.2M
  timeout 20s grgsm_livemon -p 34 -f 951.6M
  timeout 20s grgsm_livemon -p 34 -f 952.2M
  timeout 20s grgsm_livemon -p 34 -f 954.2M
done
```

Razvoj cenenega GSM senzorja

Raspberry Pi

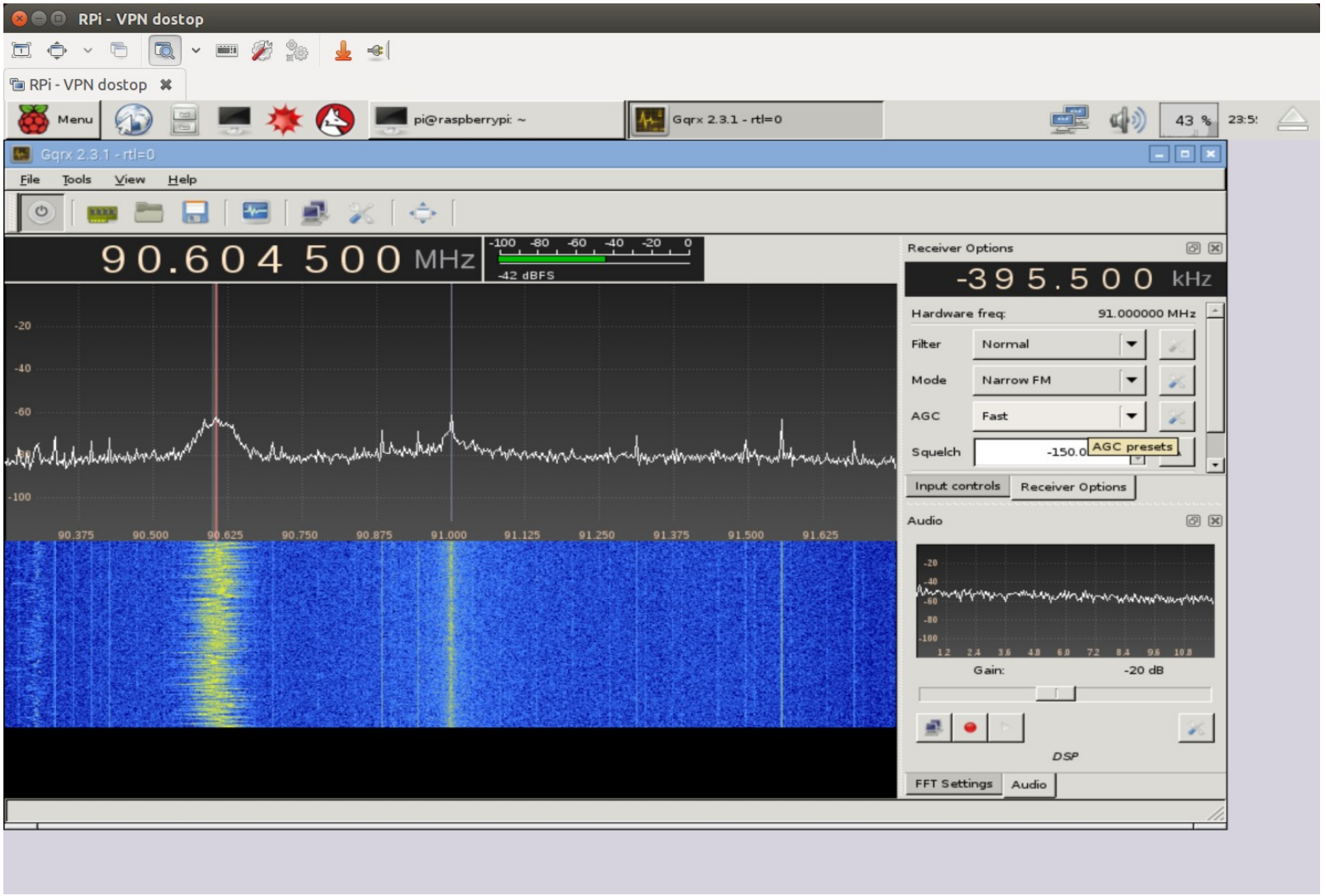
Raspberry Pi predstavlja poceni a razmeroma zmogljivo platformo za razvoj različnih senzorskih sistemov.

Prva različica Raspberry Pi uporablja ARMv6 procesor, na katerem gr-gsm (oz. nekatere komponente GNU Radia) niso podprte.

Raspbery Pi 3 pa ima precej bolj zmogljiv 64-bitni ARMv7 procesor.

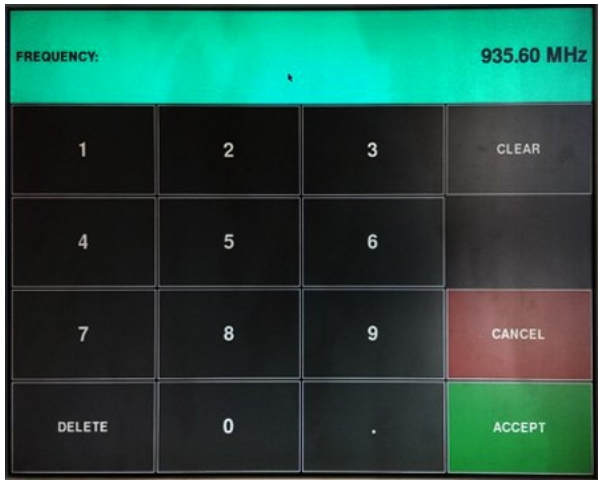
Za Raspberry Pi platformo pa že obstajajo različne aplikacije za analizo signalov...

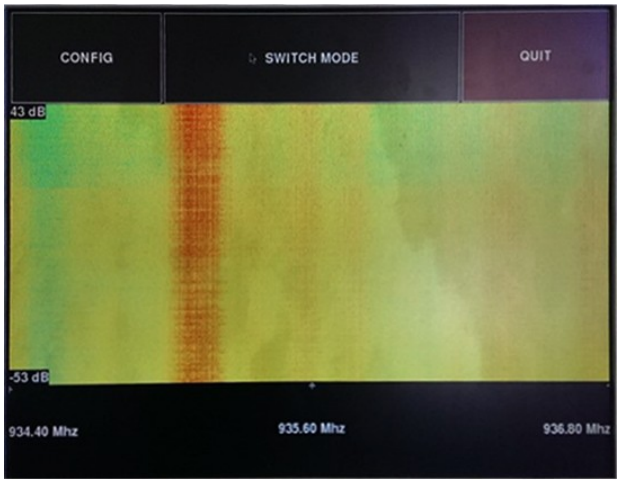
Raspberry Pi



Gqrx – aplikacija za poslušanje AM, FM (s podporo za RDS) in SSB radia.

Raspberry Pi



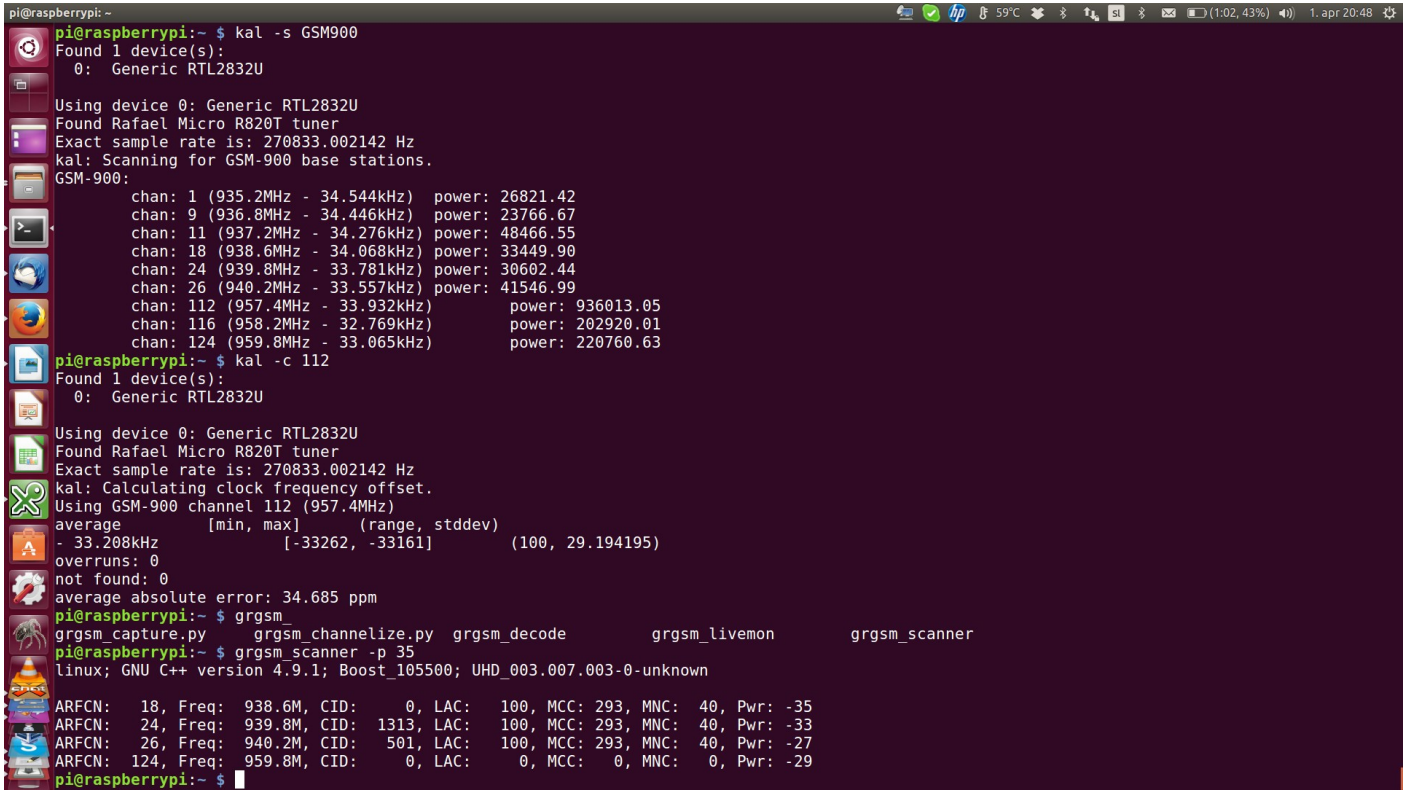


Freq Show - Raspberry Pi RTL-SDR frekvenčni skener (originalno sicer namenjen delovanju z PiTFT mini zaslonom, a se ga da »predelati« tudi za uporabo na običajnem zaslonu).

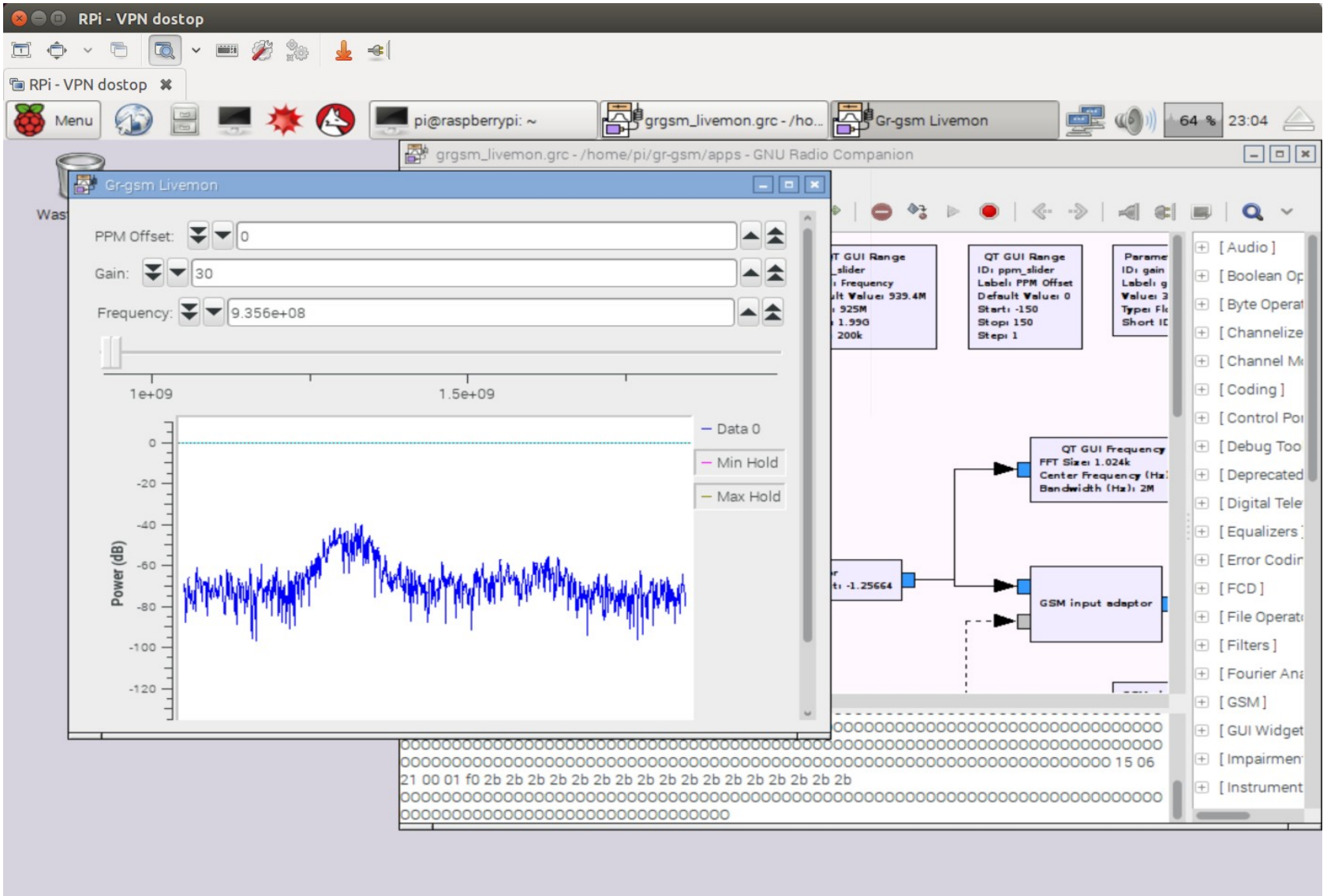
Raspberry Pi in gr-gsm

Na testnem sistemu smo uporabili operacijski sistem **Raspbian Jessie 8.0** z **GNU Radio Companion 3.7.5** (verjetno bi se dalo prevesti tudi kakšno novejšo različico).

Tako lahko z nekaj vztrajnosti na RPi 3 namestimo tudi gr-gsm...



Raspberry Pi in gr-gsm



grgsm_livemon na Raspberry Pi 3.

Zakaj monitoring omrežja?

Overovitev omrežja in IMSI lovilci

GSM tehnologija je bila razvita na način, da je bila vsa logika na strani omrežja, mobilni telefoni pa so bili smatrani kot »neumni odjemalci«. Zato GSM omrežje vsebuje mehanizme za overovitev mobilnega telefona, mobilni telefon pa ne more overiti omrežja.

Mobilni telefon **ne ve** v katero omrežje se je povezal!

Posledica: v mobilno omrežje je mogoče postaviti lažno bazno postajo, ki ugrabi promet tarče.

Takšna naprava se imenuje IMSI lovilec (*IMSI Catcher*).

Te naprave uporabljajo preiskovalni organi in obveščevalne službe, obstajajo pa tudi odprtokodni projekti IMSI lovilcev.

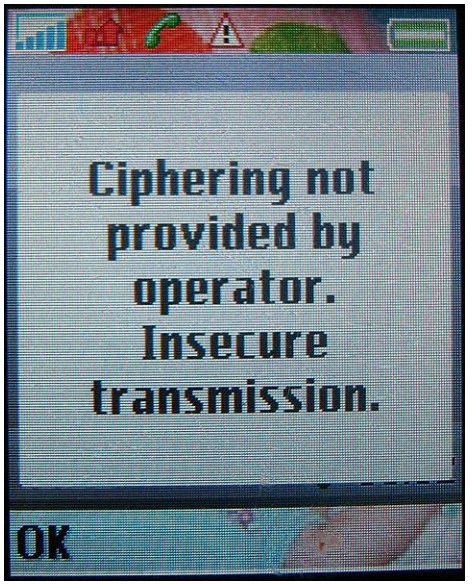
Primeri IMSI lovilcev

IMSI lovilec in šifriranje

IMSI lovilec lahko izključi ali degradira šifriranje.

Ko je mobilni telefon povezan na lažno bazno postajo, mu le-ta lahko ukaže izklop šifriranja.

Vendar pa GSM standard priporoča ("*should*") obveščanje uporabnika kadar komunikacija ni šifrirana (3GPP Rel.9 TS 33.102-920 "3G Security Architecture" 5.5.1 Visibility, ciphering indicator feature - 3GPP TS 22.101")



IMSI lovilec in šifriranje

Vendar pa se to obvestilo ne prikaže, če je tako nastavljeno na SIM kartici.

> The ciphering indicator feature may be disabled by the home network operator setting data in the SIM/USIM. If this feature is not disabled by the SIM, then whenever a connection is in place, which is, or becomes unenciphered, an indication shall be given to the user. Ciphering itself is unaffected by this feature, and the user can choose how to proceed;"
>
> ***3GPP TS 22.101 specification (R99 22.101-3.17.0), section 13, "Types of features of Ues"***

IMSI lovilec in šifriranje

Nekateri mobilni telefoni obvestilo izpišejo slabo vidno, nekateri pa ga sploh ne izpišejo.

Funkcionalnost IMSI lovilcev

A) Ko ga vključimo, vsem telefonom na območju pošlje *Location Update Request*. Telefoni se povežejo nanj in se identificirajo s svojo IMSI številko. IMSI lovilec nato telefonom pošlje *Location Update Reject*.

»Polovimo« vse IMSI številke na določenem območju.

Sledimo tarči in postopek ponavljamo na različnih lokacijah, dokler presek ulovljenih IMSI številk ni enak 1 (oz. stabilen).

B) IMSI lovilec tarči ponuja omrežno povezljivost. S tem izvaja MITM napad.

Izključi šifriranje (A5/0) in omogoča neposredno prisluškovanje.

Degradira šifriranje (A5/2, A5/1) in s tem omogoča lažjo kriptoanalizo zajetih podatkov.

Nakup...

PREMI%C4%8CNINEdo2013.xls - LibreOffice Calc

Datoteka Uredi Pogled Vstavi Oblika Orodja Podatki Okno Pomoč

Arial 10

C181 Sistem za motenje in nadzor mobilne telefonije

	A	B	C	D	E	F
1	Preglednica 5: Načrt pridobivanja premičnega premoženja - leto 2013					
2						
3	Upravljavec	Zaporedna številka	Vrsta premičnega premoženja	Okvirni obseg premičnin	Predvidena sredstva (v EUR)	Ekonomska utemeljenost
181		113	Sistem za motenje in nadzor mobilne telefonije	1	238.400,00	Nadzor in motenje mobilne telefonije - naprava je nepogrešljiv pripomoček pri opravljanju protiprisluškovalnih pregledov.
182		114	Sistem za motenje radijskih naprav	1	97.236,00	Onemogočanje komunikacijo naprav, ki komunicirajo preko radiofrekvenčnega spektra - naprava je primerna za motenje v primeru sestankov zaupne narave in pri izvajanju policijskih pooblastil.
183		115	Varnostna pregrada	1	64.000,00	Zaščita komunikacije z Internetom - potrebna je varnostna pregrada s

Preglednica 5 | Preglednica 6

Delovni list 1 / 2 | PageStyle_Preglednica 5 | STA | Vsota=0 | 100%

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA NOTRANJE ZADEVE
Štefanova ulica 2, 1501 LJUBLJANA
Telefon: 01 428 40 00; telefaks: 01 428 47 33
E-pošta: gp.mnz@gov.si; http://www.mnz.gov.si

Številka: 029-34/2010/14 (2223-01)
Datum: 17 -06- 2010

MEDRESORSKA KOMISIJA
ZA IZDAJO SOGLASIJ ZA IZVEDBO
OBRAMBNIH IN ZAUPNIH NAROČIL

Ministrstvo za obrambo
Vojkova cesta 59
1000 Ljubljana

sekretar komisije

ZADEVA: **Vloga za soglasje k izvedbi naročila na podlagi Uredbe o obrambnih in zaupnih naročilih*[1]**

V skladu s 5. členom Uredbe o obrambnih in zaupnih naročilih (Uradni list RS, št. 80/07), ki določa, da mora naročnik za izvedbo naročila po navedeni uredbi predhodno pridobiti soglasje medresorske komisije, imenovane s strani Vlade Republike Slovenije, vas prosimo za soglasje k izvedbi sledečega zaupnega naročila:

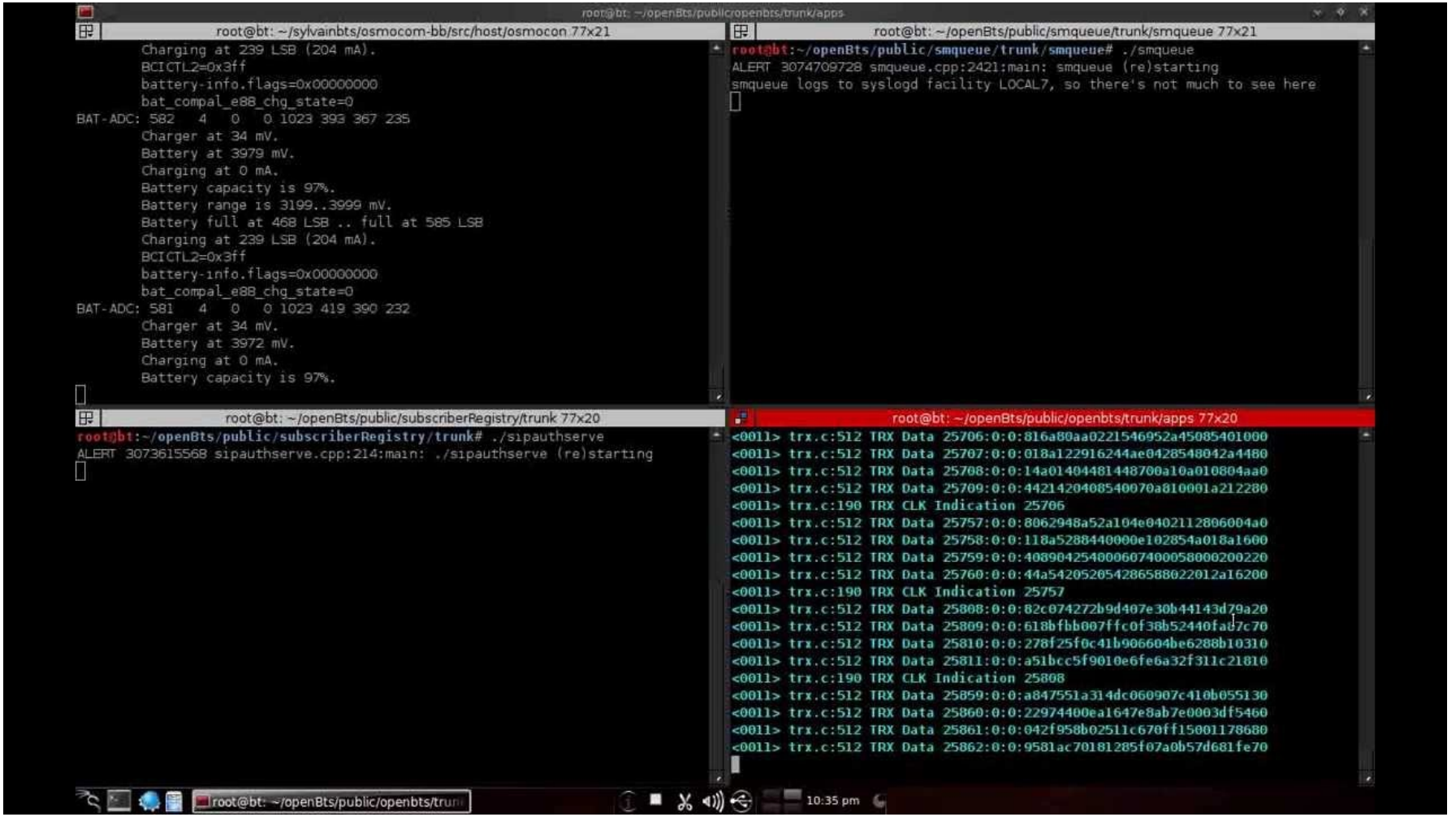
1. *Naziv ter naslov naročnika, ki bo izvedel naročilo po Uredbi o obrambnih in zaupnih naročilih:*

Ministrstvo za notranje zadeve, Policija, Štefanova 2, 1501 Ljubljana

2. *Predmet naročila:*

Nadgradnja sistema za [redacted]

Ali izdelava lastnega IMSI lovilca?



Further hacks on the Calypso platform or How to turn a phone into a BTS, Sylvain Munaut, 29C3, 29. december 2012, <http://events.ccc.de/congress/2012/Fahrplan/events/5226.en.html>.

Zaznavanje IMSI lovilca?

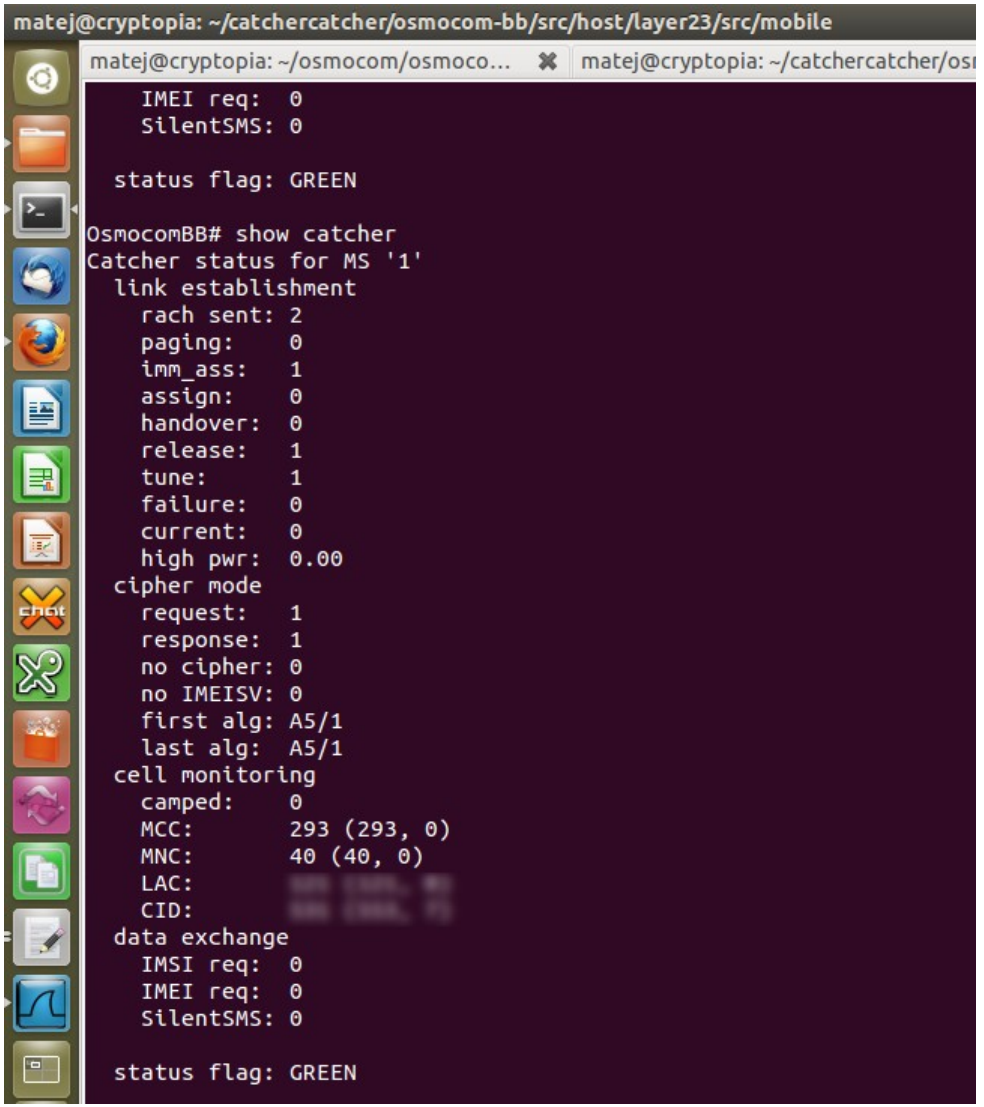
Zaradi zasnove GSM omrežja se tej ranljivosti ni mogoče izogniti.

Sicer je uporabo IMSI lovilca *teoretično* mogoče zaznati...
- Cather Cather (temelji na Osmocom-BB);
- SnoopSnitch;
- Android IMSI-Catcher Detector (AIMSICD).

...vendar pa nobena od detekcijskih naprav/aplikacij (še) ni primerna za uporabo s strani običajnih uporabnikov oz. dovolj zanesljiva. Poleg tega potrebuje točno določeno strojno opremo.

Catcher Catcher

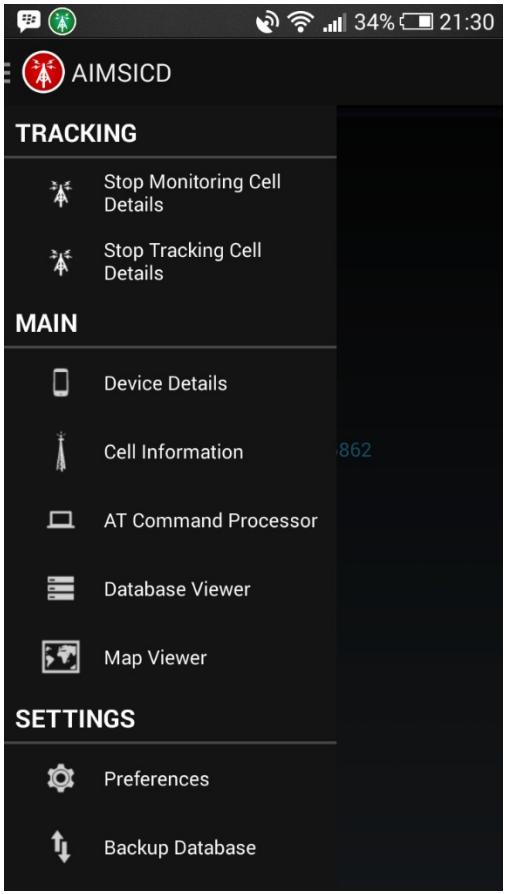
(Osmocom platforma)

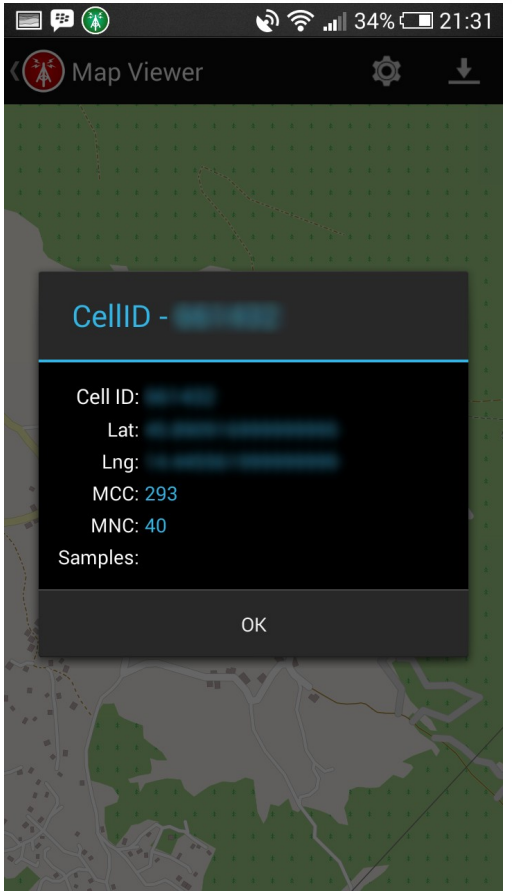



```
Catcher status for MS '1'
  link establishment
    rach sent: 78
    paging:    1
    imm_ass:   0
    assign:    0
    handover:  0
    release:   0
    tune:      0
    failure:   0
    current:   1
    high pwr:  -
  cipher mode
    request:   0
    response:  0
    no cipher: 0
    no IMEISV: 0
    first alg: A5/0
    last alg:  A5/0
  cell monitoring
    camped:    0
    MCC:       293 (293, 0)
    MNC:       41 (41, 0)
    LAC:       11 (11, 0)
    CID:       ***** (***, 1)
  data exchange
    IMSI req:  0
    IMEI req:  0
    SilentSMS: 0

  status flag: RED
```

AIMSICD

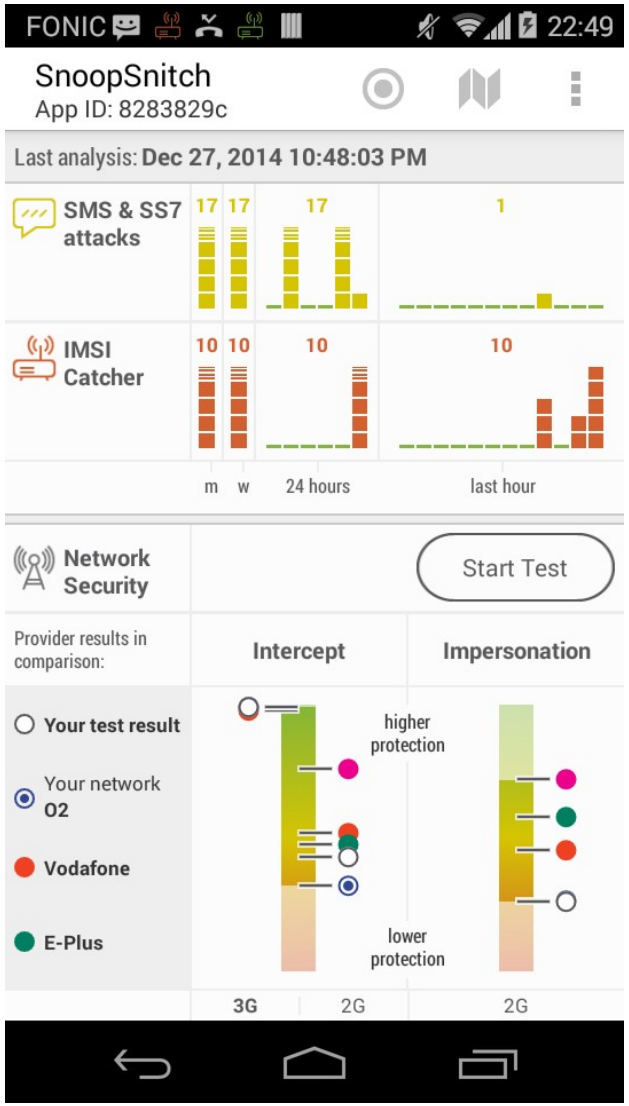
(Android, poseben radijski čip)

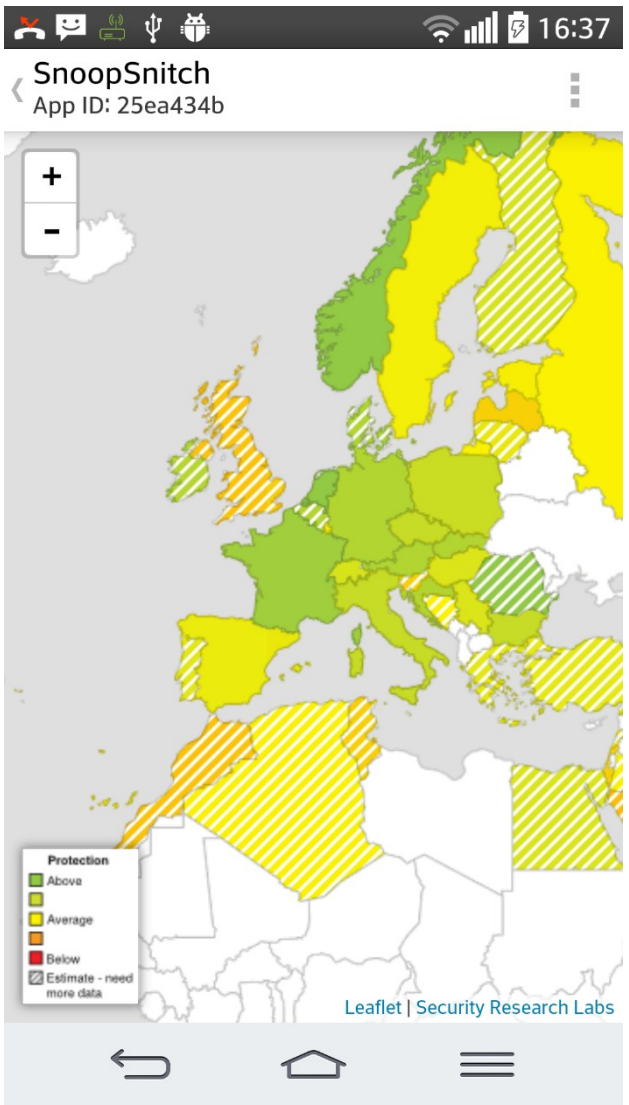


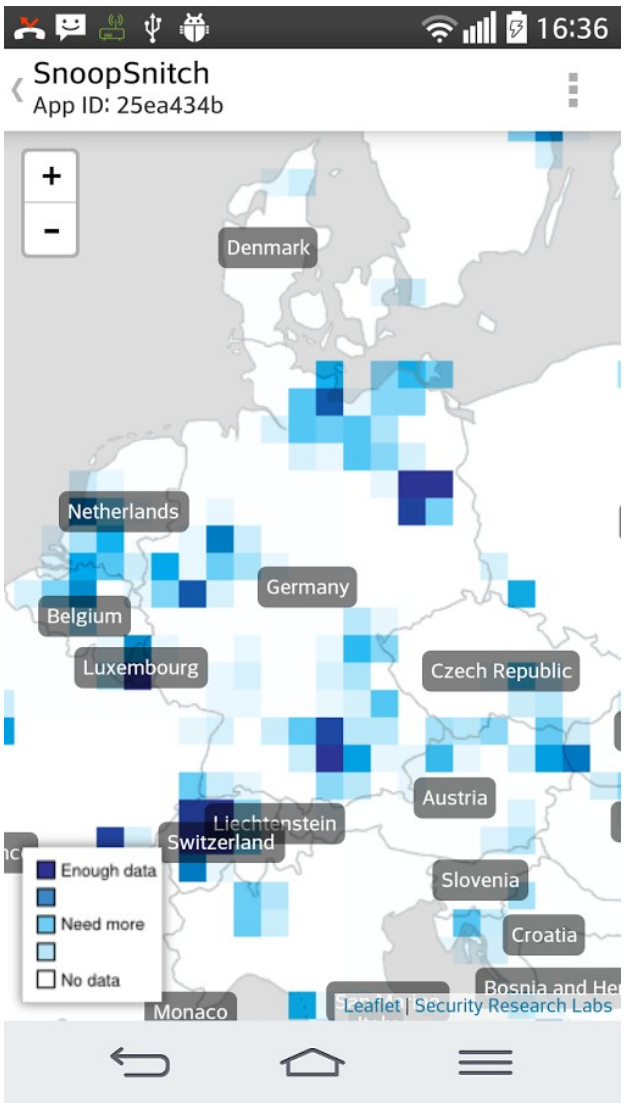


SnoopSnitch

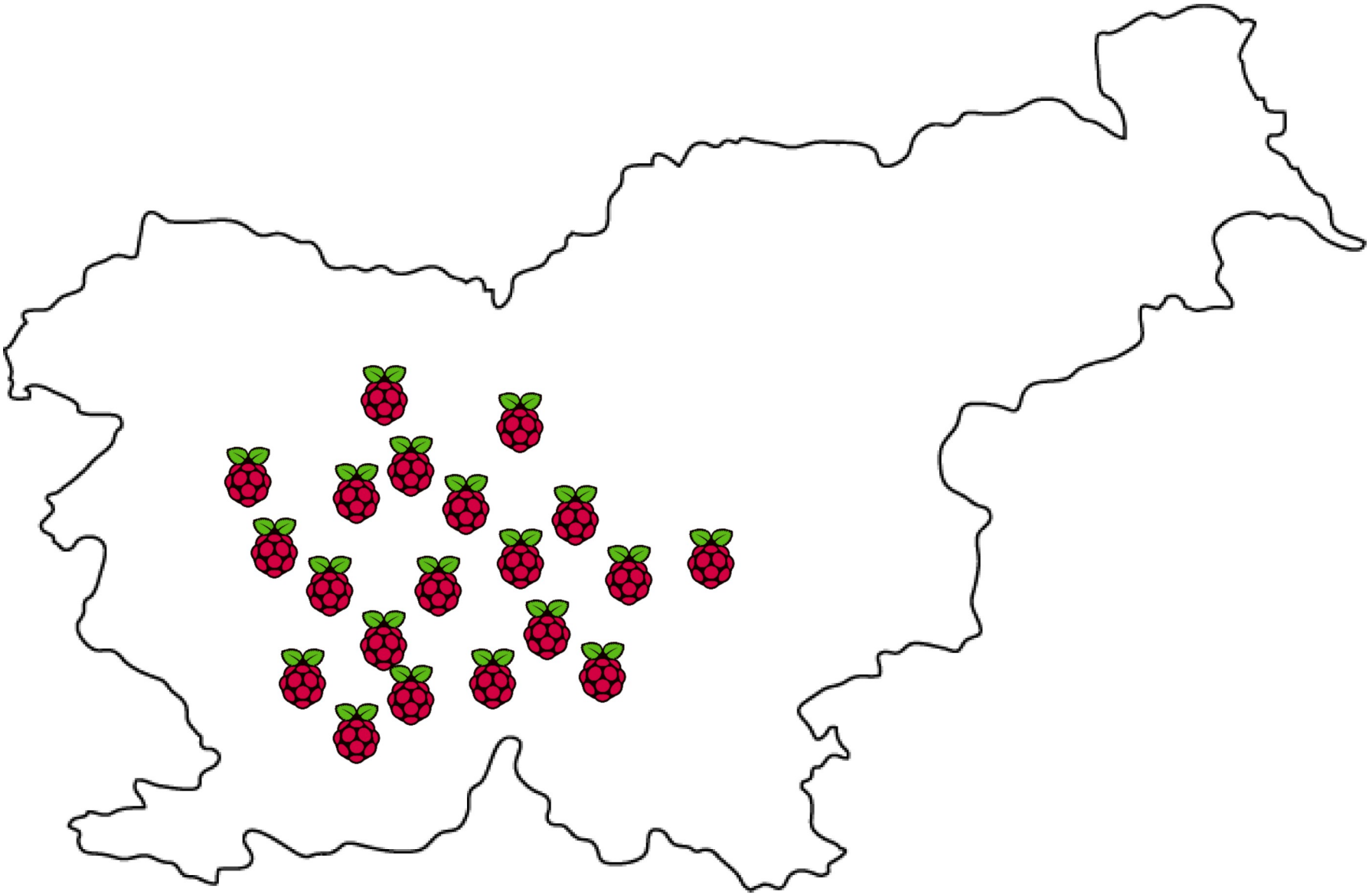
(samo na napravah z Qualcommovim DIAG kernel gonilnikom)







Senzorska mreža?



Kaj pa zaznavanje sprememb na omrežju z RPi gr-gsm senzorji?

Vprašanja?

Ilustracija: (CC) SulphurSpoon @ DeviantArt

https://pravokator.si