

Ville-Veikko Sarinko

AVOIMEN LÄHDEKOODIN MATKAPUHELINVERKON  
TUKIASEMA

Tietotekniikan koulutusohjelma  
2015

## AVOIMEN LÄHDEKOODIN MATKAPUHELINVERKON TUKIASEMA

Sarinko, Ville-Veikko Verner  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2015  
Ohjaaja: Aromaa, Juha, DI  
Sivumäärä: 38  
Liitteitä: 1

Asiasanat: GSM, avoin lähdekoodi, VOIP, openbts

---

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin GSM- ja VoIP-järjestelmien toimintaan. Työssä asennettiin avoimeen lähdekoodiin perustuva matkapuhelinjärjestelmä Satakunnan ammattikorkeakoulun NGN-laboratorioon. Työssä tutkittiin OpenBTS järjestelmän toimintaa ja sen mahdollista soveltuvuutta opetuksessa hyödynnettäväksi. Työn aikana kehitettiin järjestelmän käyttöä helpottava työkalu shell -skriptauskielellä.

# OPEN SOURCE BASE TRANSCEIVER STATION

Sarinko, Ville-Veikko Verner

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Information Technology

May 2015

Supervisor: Aromaa, Juha MSc (Eng)

Number of pages: 38

Appendices: 1

Keywords: GSM, open source, VOIP, openbts

---

The operation of GSM and VoIP systems were studied in this thesis. An open source mobile network system was installed in the NGN laboratory of Satakunta University of Applied Sciences. The possible suitability of using the system as part of teaching was investigated. A tool to simplify the usage of the system was created with shell scripting language.

## SISÄLLYS

SISÄLLYS .....	4
LYHENTEET .....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 GSM- VERKKO .....	7
2.1 GSM-järjestelmä.....	8
2.1.1 MS .....	9
2.1.2 BSS .....	10
2.1.3 NSS .....	11
2.1.4 NMS .....	14
2.2 GPRS .....	14
3 VOIP.....	16
4 OPENBTS .....	18
4.1 SDR .....	19
4.2 Asterisk .....	20
5 ASENNUS.....	21
5.1 Käyttöjärjestelmän asennus .....	21
5.2 Esivaatimukset asennusta varten .....	26
5.3 OpenBTS- ohjelmiston asennus.....	28
5.4 Testaus .....	29
5.4.1 Tilaajien luominen.....	32
5.4.2 Testipuhelut.....	33
5.4.3 Käytettävyyden parantaminen.....	34
5.4.4 Sanomien kaappaus .....	35
6 YHTEENVETO .....	37
LÄHTEET.....	38
LIITTEET	

## LYHENTEET

AUC	Authentication Centre
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
EIR	Equipment Identity Register
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
HLR	Home Location Register
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IP	Internet Protocol
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Centre
NMS	Network and Management Subsystem
NSS	Network and Switching Subsystem
PCM	Pulse Code Modulation
PCU	Packet Control Unit
SDR	Software Defined Radio
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIM	Subscriber Identity Module
SIP	Session Initiation Protocol
SMS	Short Message Service
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
TRAU	Transcoding Rate and Adaptation Unit
VLR	Visitor Location Register
VoIP	Voice Over IP

## 1 JOHDANTO

Nykyään avoin lähdekoodi on alkanut yleistymään ja sen käyttöä on jo pitkään hyödynnetty eri oppilaitoksissa sen tarjoamien säästöjen vuoksi. Avoimen lähdekoodin avulla mahdollistetaan myös ohjelmistojen muokkaaminen omiin tarpeisiin paremmin sopivaksi.

Satakunnan ammattikorkeakoulun NGN-laboratorion tulevan muuton yhteydessä ilmeni tarvetta laitekannan uudistuksille. Tästä johtuen alettiin tarkastelemaan mahdollisia avoimen lähdekoodin toteutuksia perinteisten matkapuhelinverkon laitteiden korvaajiksi.

Ohjelmistoradiolla toteutettujen verkkolaitteiden myötä olisi mahdollista käyttää useita erilaisia ohjelmistoja yhden radiolaitteen avulla, joten se mahdollistaisi monen erilaisen ympäristön hyödyntämisen pienillä kustannuksilla.

Opinnäytetyössä tutustutaan matkapuhelinverkkoihin sekä selvitetään mahdollisuutta hyödyntää avointa lähdekoodia perinteisten verkkolaitteiden korvaamisessa.

## 2 GSM- VERKKO

1980-luvun alkupuolella havaittiin tarvetta yleiseurooppalaiselle standardille, joka korvaisi aikaisemmat yhteensopimattomat analogiset tiedonsiirtojärjestelmät. Standardoimistyötä tekemään CEPT (Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications) perusti vuonna 1982 työryhmän nimeltään Groupe Spéciale Mobile. Työryhmän nimestä johdettiin lyhenne GSM, jonka tarkoitus muuttui, kun työryhmästä tuli ETSI:n tekninen komitea. GSM-tekniikan nopean leviämisen myötä lyhenteen tarkoitusta muutettiin tarkoittamaan maailmanlaajuista liikkuvaa viestintäjärjestelmää, Global System for Mobile Communications. [1]

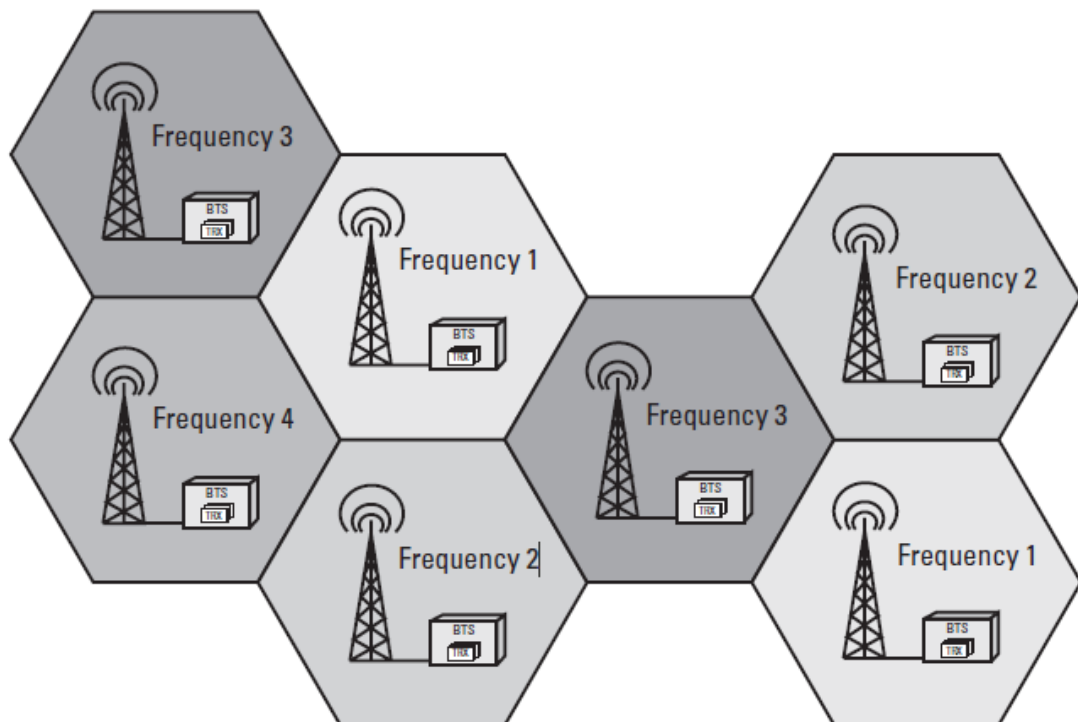
Työryhmän tavoitteeksi asetettiin uuden järjestelmän, joka käyttäisi 900 MHz taajuusalueita, määrittäminen. Vuonna 1989 Groupe Spéciale Mobile sai määrittelytyönsä valmiiksi. Myöhemmin aloitettiin GSM- järjestelmän soveltaminen käyttämään 1800 MHz taajuuskaistaa. GSM- verkkojen virallinen avaus tapahtui vuonna 1991, jonka jälkeen GSM saavutti nopeasti laajan suosion. [2] Nykyisin käytössä on tavallisen GSM:n lisäksi muita GSM:ään perustuvia matkapuhelinverkkoja, DCS1800 sekä amerikkalaiset GSM-1900 ja GSM-850. [3]

Taulukko 1. GSM- järjestelmän taajuusalueet [4]

GSM-järjestelmä	Taajuuskaista	Uplink-taajuudet	Downlink-taajuudet
P-GSM	25 MHz	890 - 915 MHz	935 -960 MHz
E-GSM	10 MHz	880 - 890 MHz	925 - 935 MHz
R-GSM	4 MHz	876 - 880 MHz	921 - 925 MHz
DCS1800	75 MHz	1710 - 1785 MHz	1805 - 1880 MHz
GSM-1900	60 MHz	1850 - 1910 MHz	1930 - 1990 MHz
GSM-850	25 MHz	824 - 849 MHz	869 - 894 MHz

## 2.1 GSM-järjestelmä

GSM- verkon rajoitetun taajuuskaistan takia verkossa on vain rajoitettu määrä puhekanavia saatavilla. Taajuuskaistaa on tämän takia jaettu pienempiin osiin, josta tukiasemille voidaan määrittellä tietty taajuus käytettäväksi. Samaa taajuutta voidaan käyttää uudelleen toisessa tukiasemassa tietyn etäisyyden päässä. Verkkosuunnittelulla pyritään pitämään tukiasemien välinen häiriö mahdollisimman pienenä. [2]



Kuva 1. Matkapuhelinverkon solurakenne [1]

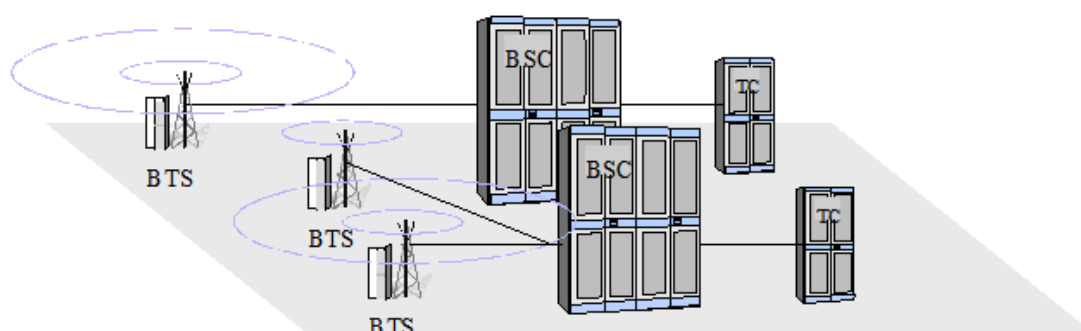




### 2.1.2 BSS

BSS (Base Station Subsystem), eli tukiasema-alijärjestelmä, huolehtii Uu- eli ilmarajapinnan välityksellä MS:n yhteydestä verkkoon. BSS koostuu seuraavista komponenteista:

- Yksi tai useampi tukiasema (BTS, Base Transceiver Station)
- Tukiasemaohjain (BSC, Base Station Controller)
- Transkoodaus- ja sovitussyksikkö (TRAU, Transcoding Rate and Adaptation Unit).



Kuva 3. Tukiasema-alijärjestelmä [6]

BTS:n tehtävänä on huolehtia MS:n pääsystä verkkoon ilmarajapinnan kautta. Tukiasema on yhteydessä tukiasemaohjaimen Abis- rajapinnan kautta. Tukiasema sisältää lähetin/vastaanotinyksikön (TRX) sekä hallintamoduulin, jonka avulla tukiaseman konfigurointi sekä ylläpito suoritetaan. GSM- suosituksen mukaisesti yhdessä tukiasemassa voi olla korkeintaan 16 TRX-yksikköä. Yksi TRX- yksikkö toimii yhdellä taajuudella, joka on jaettu kahdeksaan aikaväliin. Yhdellä taajuudella voi olla korkeintaan 8 kappaletta samanaikaisia puheluita tai käyttämällä puolinopeuksista puheen koodausta voidaan käyttäjien määrä kaksinkertaistaa, jolloin yhdelle taajuudelle saadaan 16 käyttäjää. Kuitenkin vähintään yksi BTS:n aikaväleistä tarvitaan merkinantoon, joten kaikkia aikavälejä ei saada käytettyä puheen tai datan välitykseen. [1, 5]

Tukiasemaohjain toimii BSS:n keskeisenä elementtinä. Useita tukiasemia voidaan liittää yhteen tukiasemaohjaimen Abis- rajapintojen kautta. Tukiasemaohjaimessa

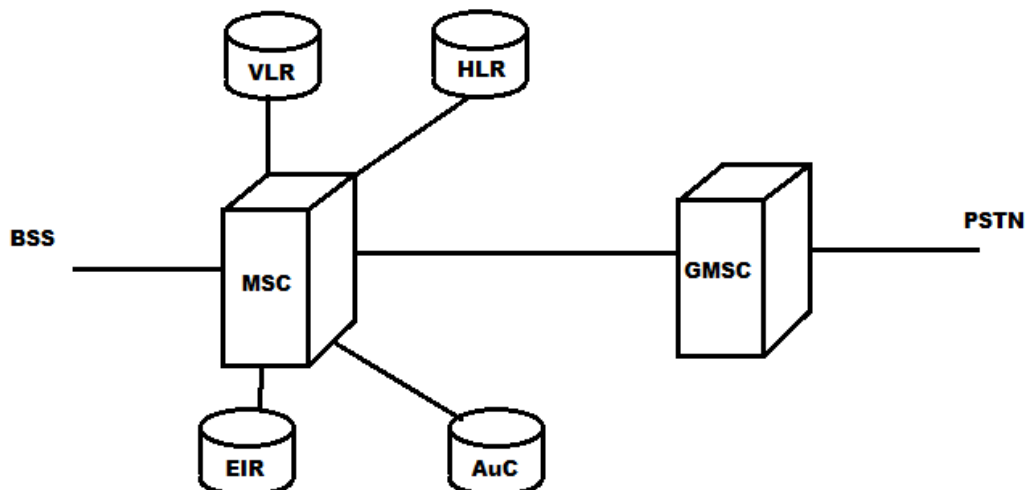
on radiotien toiminnassa tarvittava "älykkyys" keskitettynä. Tukiasemaohjain huolehtii muun muassa kanavien allokoinnista, lähetystehoista sekä käyttäjien liikkuvuuden mahdollistavista solunvaihdosta. Ohjaimen tärkein tehtävä on huolehtia oman alueensa radioverkon resurssien hallinnasta. BSC:n tiedossa on MS:n ja BTS:n välisten yhteyksien laatusot, jolloin se voi muun muassa säätää tarvittaessa lähetystehoa. [1, 5]

Transkoodausyksikön tehtävänä on suorittaa tarvittava muunnos GSM:n 13 tai 7 Kbit/s puheen koodauksen ja PCM-yhteensopivan 64 Kbit/s, joka on käytössä kiinteässä puhelinverkossa, välillä. TRAU sijaitsee yleensä BSC:n ja MSC:n välillä. Transkooderi suorittaa myös datan nopeuden sovittamisen GSM- verkon ja muiden verkkojen välillä. BSC:n yhteydessä olevan PCU:n (Packet Control Unit) tehtävänä on erottaa datapaketit GSM- paketeista ja huolehtia niiden lähetyksestä erilliseen GPRS- verkkoon. [1, 2, 5]

### 2.1.3 NSS

NSS (Network and Switching Subsystem), eli verkko- ja kytkentäalijärjestelmä, on matkapuhelinverkossa keskeisessä osassa. NSS:n tehtävänä on ohjaus ja tietokannan toiminnot, joita puheluiden muodostuksessa tarvitaan. NSS:n tehtävänä on myös huolehtia verkon turvallisuudesta, sekä käyttäjien tunnistuksesta. [1] NSS:n keskeisimmät osat ovat:

- MSC (Mobile Switching Center)
- HLR (Home Location Register) / AUC (Authentication Center)
- VLR (Visitor Location Register)
- EIR (Equipment Identity Register).



Kuva 4. Verkko- ja kytkentäalijärjestelmä

MSC, eli matkapuhelinkeskus, toimii kuten lankaverkon keskus. Sen tehtävänä on puheluiden kytkentä saapuvien ja lähtevien kanavien välillä. Puhelu väylöitetään aina vähintään yhden keskuksen kautta, vaikka yhteyden muodostus tapahtuisi saman solun sisällä. Matkapuhelinverkossa on vähintään yksi GMSC (Gateway MSC), jonka kautta puhelut väylöitetään GSM- verkon ja kiinteän puhelinverkon välillä. Matkapuhelinkeskus huolehtii myös käyttäjien sijainnin seurannasta sekä salausparametrien välityksestä. Keskuksen tehtäviin kuuluu lisäksi laskutustietojen kerääminen. Matkapuhelinkeskus on yhteydessä tukiasemaohjaimiin A- rajapinnan kautta. [1, 3, 5]

HLR, kotirekisteri, sisältää tilaajaan liittyvät tiedot. Tallennettuna ovat ainakin tilaajan IMSI, MSISDN (Mobile Subscriber ISDN Number) sekä tilaajan käytössä olevat verkon lisäpalvelut. HLR sisältää lisäksi tiedot tilaajan viimeisimmästä sijainnista, sijaintialueen VLR:n sekä MSC:n osoitteet. GPRS- käyttäjästä tiedossa on lisäksi käyttäjän IP-osoite sekä käyttäjäprofiilit. [2, 5]

AUC, autentikointikeskus, on yleensä HLR:n yhteyteen sijoitettu tietokanta, jonka tehtävänä on tilaajien todentaminen. AUC sisältää tilaajien IMSI- numerot sekä niihin liittyvät Ki -salausavaimet. AUC:n tärkeimpänä toimintona on laskea autentikointitriplettejä Ki- avaimen perustuen. Tripletit sisältävät SRES:n (Signed

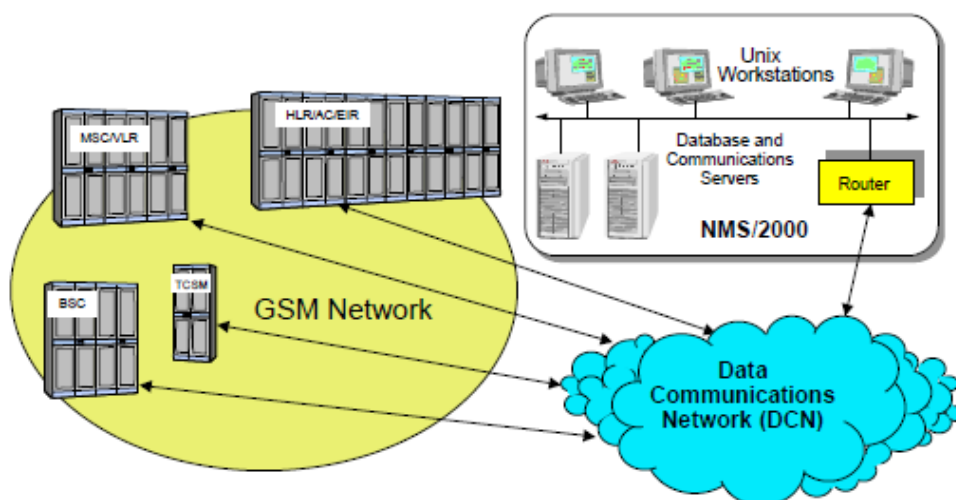
Response), RAND:n (Random Challenge) ja Kc:n (Session Key). Ki- avaimia ei missään vaiheessa välitetä verkossa. Tripletit lähetetään autentikointia varten VLR:lle, joka lähettää tilaajan matkapuhelimeen ainoastaan RAND:n ja tallettaa Kc:n ja SRES:n. Matkapuhelimen SIM:n sisältämän Ki:n avulla lasketaan Kc ja SRES. Matkapuhelimesta lähetetään laskettu SRES VLR:lle, jossa suoritetaan SRES vertailu, jonka onnistuessa autentikointi hyväksytään ja tilaajan pääsy verkkoon sallitaan. Kc- avaimia käytetään tukiaseman ja matkapuhelimen välisen viestinnän salaamiseen. [1, 2, 3]

VLR, eli vierailijarekisteri, tallettaa alueella sijaitsevien tilaajien tiedot. VLR saa tilaajan tiedot tilaajan kotirekisteristä ja tiedottaa HLR:lle tilaajan sijainnin. VLR tallettaa alueellaan vierailevien tilaajien tiedot vierailun ajaksi. Tilaajan poistuessa VLR:n alueelta, tiedot poistetaan tietyn ajan kuluttua VLR:stä. VLR toimittaa alueellaan sijaitseville käyttäjille tilapäisen tunnistenumeron TMSI:n (Temporary Mobile Subscriber Identity), jolloin verkossa ei tarvitse kuljettaa tilaajan IMSI-numeroa, näin pienentäen turvallisuusriskejä. Yleensä yhden MSC:n yhteydessä on yksi VLR, jolloin voidaan ajatella yhden VLR:n hoitavan yhden keskusalueen tilaajien tietojen säilyttämisen. Tilaajan siirtyessä kahden VLR:n alueiden välillä, voidaan tilaajan tiedot siirtää niiden välillä, jolloin ei tarvita välttämättä tilaajan tietojen hakemista HLR:stä. [1, 2, 3]

EIR, eli laitetunnisterekisteri, sisältää käyttäjien matkapuhelimet yksilöivät laitteiden IMEI- numerot (International Mobile Equipment Identity). EIR pitää sisällään kolme eri tyyppistä tietokantaa. IMEI- numerot lajitellaan mustalle listalle, harmaalle listalle sekä valkoiselle listalle. Mustalla listalla olevien matkapuhelinten käyttö verkossa on estetty, harmaan listan matkapuhelimet ovat ns. tarkkailtavana ja valkoisella listalla olevat laitteet ovat sallittuja. IMEI- numeroiden avulla voidaan esimerkiksi varastettujen laitteiden käyttö estää. Operaattoreiden EIR:t voidaan yhdistää kansainväliseen CEIR:ään (Central EIR), jolloin puhelinten käyttö voidaan estää kansainvälisesti. EIR:n käyttö ei ole välttämätöntä eikä siihen kohdistuvien kyselyiden ajankohtaa ole määritelty, vaan ne ovat operaattoreiden vapaasti päätettävissä. [1, 2, 5]

### 2.1.4 NMS

NMS (Network Management Subsystem), eli verkonhallinta-alijärjestelmä on verkon osa, jonka tehtävänä on verkon muiden alijärjestelmien valvonta ja hallinta. NMS:n kautta on yhteydet sekä BSS:n että NSS:n laitteisiin. NMS koostuu useista työasemista, joista on yhteydet verkon eri elementteihin lähiverkon välityksellä. NMS on yleensä laitevalmistajakohtainen, jolloin operaattorin käytössä saattaa olla useita erilaisia hallintajärjestelmiä. Verkonhallinta-alijärjestelmän kautta hoidetaan verkon vikojen korjauksia, laitteiden konfiguraatioita, hallitaan tilaajatietoja sekä tarkkaillaan verkon suorituskykyä. [5, 6]

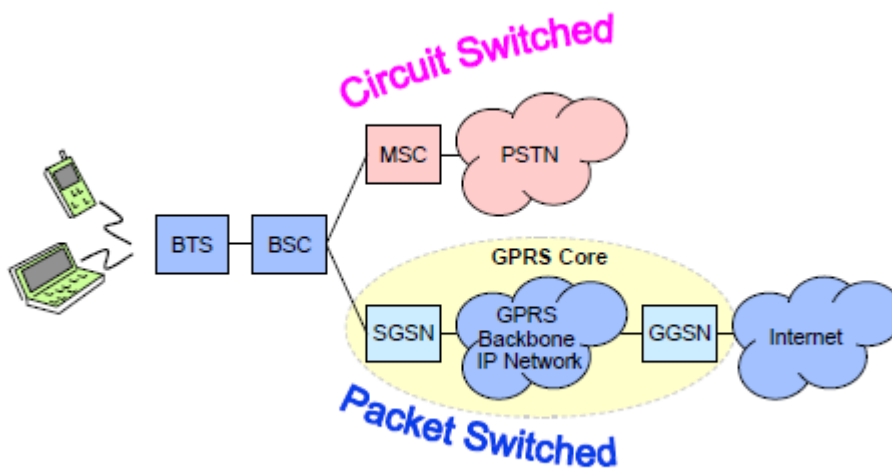


Kuva 5. Verkonhallinta-alijärjestelmä [6]

## 2.2 GPRS

GPRS (General Packet Radio Service), eli yleinen pakettiradiopalvelu on GSM-järjestelmän yhteyteen kehitetty pakettidatapalvelu. GSM- verkossa tiedonsiirto oli rajattua, vain 9,6 kbit/s, mutta GPRS:n myötä tiedonsiirtonopeuksia voitiin kasvattaa jopa 50 kbit/s:iin. GSM- järjestelmän ollessa piirikytkentäinen verkko, täytyi GPRS-järjestelmää varten toteuttaa merkittäviä uudistuksia verkon rakenteeseen. GPRS:n käyttöönottoa varten verkkoon suunniteltiin kaksi uutta verkkoelementtiä, joiden tarkoituksena on pakettiliikenteen välittäminen. SGSN (Serving GPRS Support Node) toimii pakettiliikenteen välittäjänä tukiaseman alueella, josta käyttäjän paketit

siirretään GGSN:lle (Gateway GPRS Support Node). GGSN toimii reitittimen tavoin, jonka kautta IP-paketit siirtyvät julkiseen internetiin. Tukiasemaohjaimen liitetty PCU- yksikkö (Packet Control Unit) välittää liikenteen MS:n sekä SGSN:n välillä. [2, 3]



Kuva 6. GPRS- verkko [6]

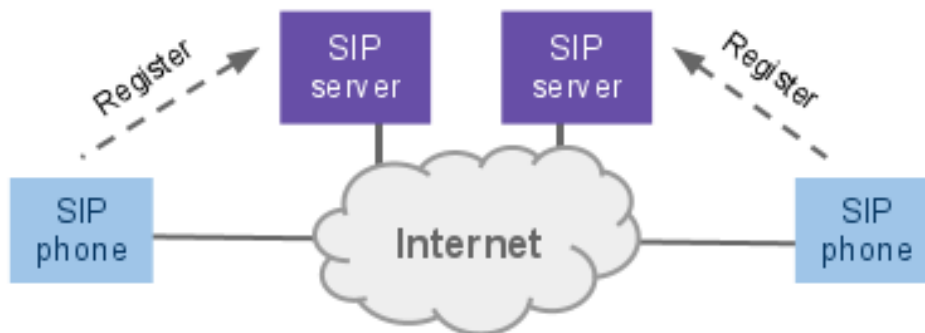
### 3 VOIP

VoIP (Voice Over Internet Protocol) tarkoittaa digitaaliseen muotoon muunnetun puheen siirtämistä internetin välityksellä. VoIP puheluihin tarvitaan käyttäjältä pelkkä päätelaite ja internet-yhteys. Päätelaite voi olla esimerkiksi tietokoneella käytettävä ohjelmisto tai erillinen IP- puhelin. VoIP mahdollistaa myös puhelut internetin välityksellä kiinteään puhelinverkkoon sekä matkapuhelinverkkoon. Puheen siirron tapahtuessa pakettiverkon yli, puhelun laatu voi vaihdella huomattavasti puhelun aikana, koska käytettävissä olevaa kaistanleveyttä ei pystytä takaamaan. [3, 5]

VoIP-puheluiden tapauksessa käyttäjän puhe pilkotaan osiin ja lähetetään IP-paketteina internetin yli. IP-verkossa tapahtuva pakettien kulku voi tapahtua eri reittejä pitkin, jolloin paketit voivat saapua vastaanottajalle eri järjestyksessä kuin ne lähetettiin. Kun paketit kulkevat eri reittejä pitkin vastaanottajalle, pakettien kuljetusajassa voi olla huomattavia eroja. VoIP-puheluiden laatuun vaikuttaa pakettien viive sekä mahdollinen häviö (packet loss). [3, 7]

VoIP-puheluita käytettäessä täytyy käyttäjän tuottama puhe muuntaa digitaaliseen muotoon, kuten normaalissakin puhelinverkossa. Tavallisessa GSM-verkossa puhe muunnetaan 13 kbit/s tiedonsiirtonopeuteen. Lankapuhelinverkossa käytetään 64kbit/s PCM-koodattua dataa, josta käytetään nimitystä G.711. VoIP puheluissa käytetään yleensä G.711 koodausta, joten se voidaan sovittaa puhelinverkkoon helposti. [3, 7]





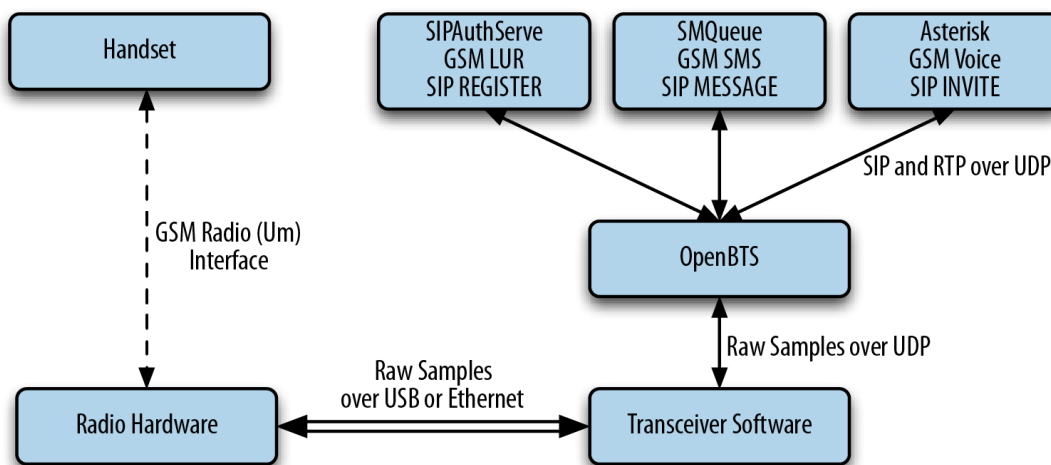
Kuva 7. SIP-merkinanto

VoIP puheluita varten on kehitetty erilaisia merkinantoprotokollia, joista yleisimpänä on SIP (Session Initiation Protocol). SIP-merkinannon avulla käyttäjien välille voidaan muodostaa yhteys käyttämällä SIP proxy-palvelinta. Merkinanto käyttäjien välillä kulkee proxy-palvelimen kautta, mutta puheluliikenne kulkee suoraan käyttäjien välillä. SIP-merkinannon avulla käyttäjät saavat selville toistensa IP-osoitteet sekä voivat sopia puhelu aikana käytettävistä ominaisuuksista, kuten käytettävästä puheenkoodausmetodista. [3, 7]

VoIP voidaan kytkeä tavalliseen puhelinverkkoon käyttämällä VoIP gateway-laitteistoa. VoIP gateway sisältää yleensä valmiit liitännät sekä IP-verkkoon että puhelinverkkoon.

## 4 OPENBTS

OpenBTS (Open Base Transceiver Station) on avoimeen lähdekoodiin perustuva ohjelmisto, jonka avulla voidaan luoda matkapuhelinverkkoa emuloiva ympäristö. OpenBTS käyttää AGPLv3- lisenssiä (Affero General Public License), joka mahdollistaa ympäristön vapaan muokattavuuden. Lisenssi mahdollistaa ohjelmiston kehityksen ja levityksen myös kaupallisesti. OpenBTS- ohjelmistosta on saatavilla ilmainen kehitysympäristö, joka tarjoaa kaikki perustoiminnot yksinkertaisen verkon luomiseen. OpenBTS on suunniteltu Linux- pohjaisille käyttöjärjestelmille. Ilmainen versio ohjelmistosta toimii komentorivillä käytettävien tekstipohjaisten käskyjen avulla. Ilmainen versio ohjelmistosta tukee ainoastaan yhden ARFCN:n (Absolute Radio Frequency Channel Number) käyttöä, joten vapaiden aikavälien määrä on rajattu seitsemään. OpenBTS tukee tällä hetkellä ainoastaan GSM- Full Rate puheluita, joten ilmaisella versioilla samanaikaisten puheluiden määrä on korkeintaan seitsemän. Ohjelmisto tukee myös tekstiviestien, SMS (Short Message Service), lähetystä ja vastaanottoa. [8, 9]



Kuva 8. OpenBTS arkkitehtuuri [8]

OpenBTS toimii Um-rajapinnalla täysin GSM- standardin mukaisesti, joten sen kanssa voidaan käyttää kaikkia GSM- yhteensopivia päätelaitteita. OpenBTS mahdollistaa GSM- päätelaitteiden käyttämisen SIP- päätelaitteina. Ohjelman eri osien välillä kommunikaatio tapahtuu käyttäen SIP- merkinantoa. Puhelut OpenBTS-

verkossa välitetään SIP-merkinannon avulla VoIP-PBX:n kautta, joka mahdollistaa myös puheluiden välityksen ulkoisiin verkkoihin. [8, 9]

OpenBTS sisältää neljä pääkomponenttia, jotka tarjoavat tarvittavat toiminnot verkon hallinnalle ja toiminnalle. OpenBTS itse toimii yhteytenä radiolaitteistoon ja sen avulla saadaan hallittua radioverkon parametreja. Se toimii myös sanomien ohjaajana oikeille ohjelmiston osille. SIPAuthServe huolehtii käyttäjien autentikoinnista sekä tarjoaa yksinkertaisen tilaajatietokannan. SMQueue toimii verkossa sijaitsevien päätelaitteiden tekstiviestien välittäjänä. Sen tehtävänä on tallentaa lähetetyt viestit sekä välittää ne verkossa eteenpäin. Jos vastaanottaja ei ole verkossa saatavilla, SMQueue säilyttää viestin ja ajoittaa uudelleenlähetysten. Asterisk toimii VoIP-kytkimenä verkossa.

#### 4.1 SDR

OpenBTS-ohjelmistoon pohjautuva verkko vaatii toimiakseen Linux- työaseman lisäksi erillisen radiolaitteiston, SDR (Software Defined Radio). Ohjelmoitavan radiolaitteiston tehtävänä on radiosignaalin lähetys ja vastaanotto. Signaalin käsittely tapahtuu työasemassa. Tämän työn toteutuksessa käytettiin Ettus Researchin USRP N210- laitetta. [8, 9]



Kuva 9. Käytetty SDR-laitteisto

## 4.2 Asterisk

Asterisk on VoIP-PBX- ohjelmisto, jonka tehtävänä on tarjota OpenBTS- verkolle yhteydet ulkomaailmaan. Asterisk tukee useita eri protokollia ja yhteyksiä, joten sen avulla VoIP-puhelut voidaan helposti väylöittää muiden VoIP- verkkojen lisäksi tavallisiin puhelinverkkoihin. Tavallisiin puhelinverkkoihin väylöitettäessä tarvitaan Asterisk- ohjelmiston lisäksi erillinen VoIP-PSTN gateway- laitteisto. Asteriskin kautta puhelut voidaan ohjata internet-verkon yli myös palveluntarjoajan VoIP-PSTN gatewaylle, jolloin laitetta ei tarvitse hankkia itse. Asterisk on hyvin dokumentoitu ohjelmisto, joten sen käyttöön löytyy laajat ohjeistukset ja sen käyttöönotto ja konfigurointi onnistuu helposti ohjeita seuraamalla. [8, 10]

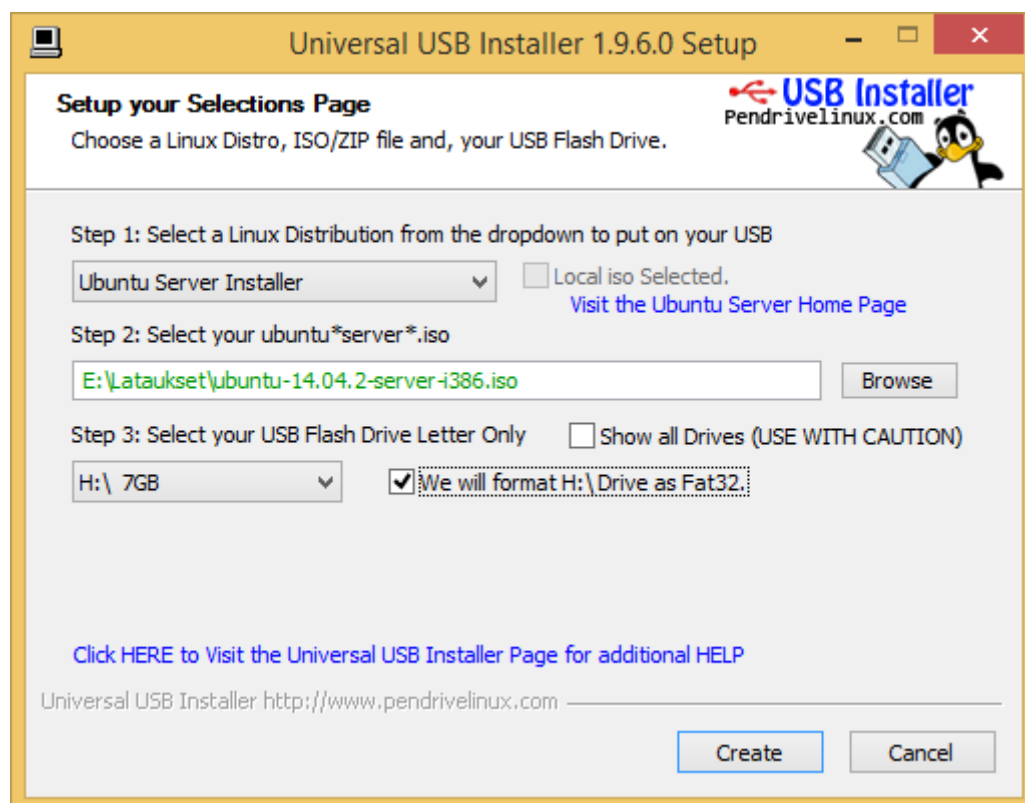
OpenBTS- ohjelmiston mukana tulee Asterisk esiasennettuna ja valmiiksi konfiguroituna perustoimintoja varten. OpenBTS- ohjelmistoa käyttöönotettaessa tarvitsee käyttäjän määrittellä mahdolliset reititykset ulkoisiin verkkoihin itse. OpenBTS:n kanssa voidaan käyttää myös muita ohjelmistopohjaisia VoIP-kytkimiä, kuten Yate ja FreeSWITCH. Asterisk on kuitenkin eniten testattu joten sen käyttö OpenBTS:n kanssa on suositeltavaa. [8, 9]

## 5 ASENNUS

OpenBTS:n asentaminen on toteutettu pitkälti automatisoitujen skriptien avulla. OpenBTS tarvitsee toimiakseen Linux-pohjaisen käyttöjärjestelmän sekä muutamia lisäohjelmistoja. OpenBTS on suositeltua käytettävän uudenaikaisella työasemalla, jossa on riittävä määrä keskusmuistia sekä uudenaikainen prosessori. Varsinkin uudemmassa OpenBTS -ohjelmistossa käytettäessä UMTS- eli 3G -versiota, vaadittavan laskentatehon määrä kasvaa.

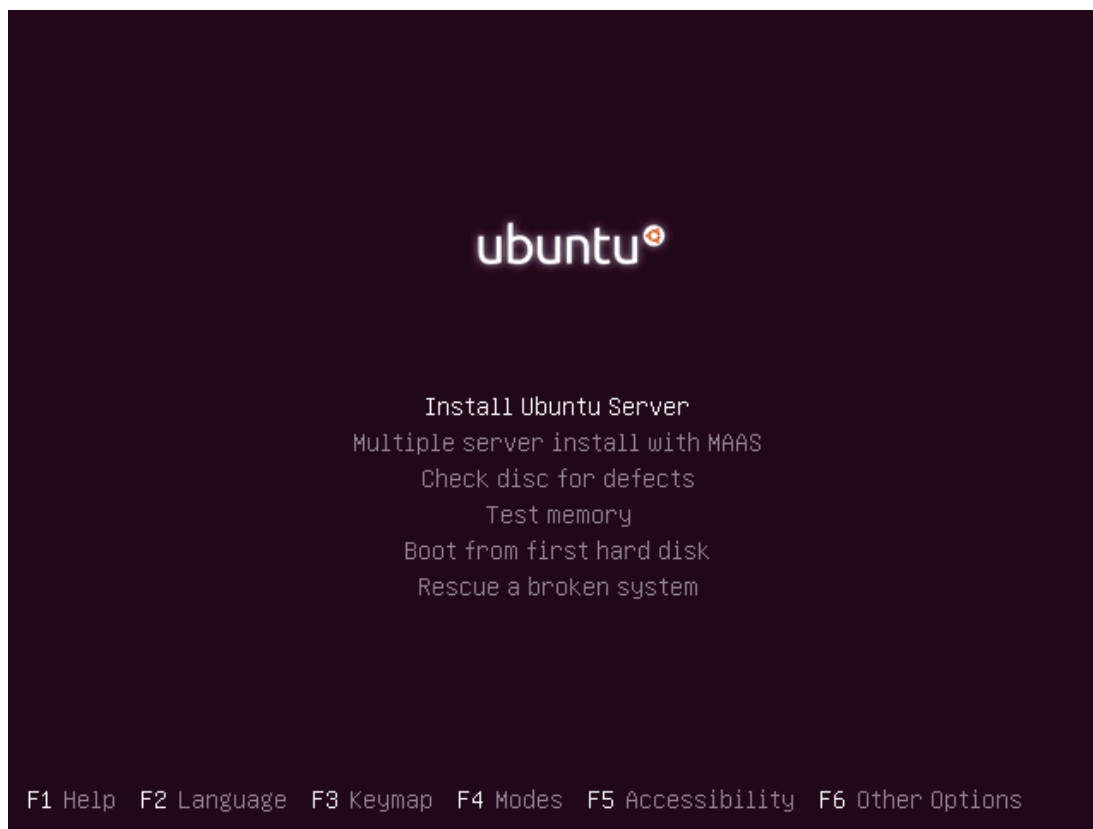
### 5.1 Käyttöjärjestelmän asennus

Asennettavaksi käyttöjärjestelmäksi valittiin Ubuntu Server 14.04.2. Asentaminen aloitettiin luomalla asennusmedia USB-muistitikulle. USB- asennusmedia luotiin käyttämällä Universal USB Installer- nimistä ohjelmaa.



Kuva 10. USB- tikun luominen

USB- tikku siirrettiin käytettävään työasemaan joka asetettiin käynnistymään Ubuntun asennusmedialta asennusta varten.



Kuva 11. Käyttöjärjestelmän asennus

Käyttöjärjestelmä asennettiin seuraamalla näytön ohjeita. Käyttöjärjestelmän kieleksi valittiin englanti ja näppäimistöasetteluksi asennus tunnisti ruotsin, joka on yhtenevä suomen kanssa.

Ensimmäinen huomionarvoinen kohta asennuksessa on käyttäjätunnusten luominen. OpenBTS vaatii toimiakseen käyttäjänimen openbts, joten se luotiin

asennusvaiheessa.

[!] Configure the network

Please enter the hostname for this system.

The hostname is a single word that identifies your system to the network. If you don't know what your hostname should be, consult your network administrator. If you are setting up your own home network, you can make something up here.

Hostname:

openbts

<Go Back>

<Continue>

Kuva 12. Tietokoneen nimi

[!] Set up users and passwords

A user account will be created for you to use instead of the root account for non-administrative activities.

Please enter the real name of this user. This information will be used for instance as default origin for emails sent by this user as well as any program which displays or uses the user's real name. Your full name is a reasonable choice.

Full name for the new user:

openbts

<Go Back>

<Continue>

[!] Set up users and passwords

Select a username for the new account. Your first name is a reasonable choice. The username should start with a lower-case letter, which can be followed by any combination of numbers and more lower-case letters.

Username for your account:

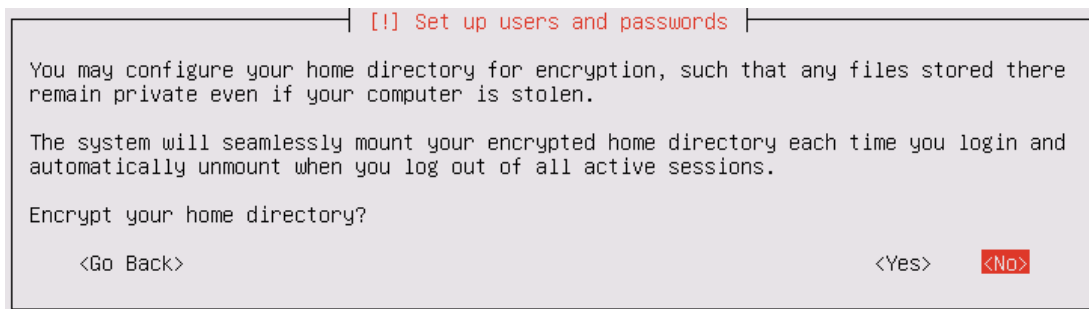
openbts

<Go Back>

<Continue>

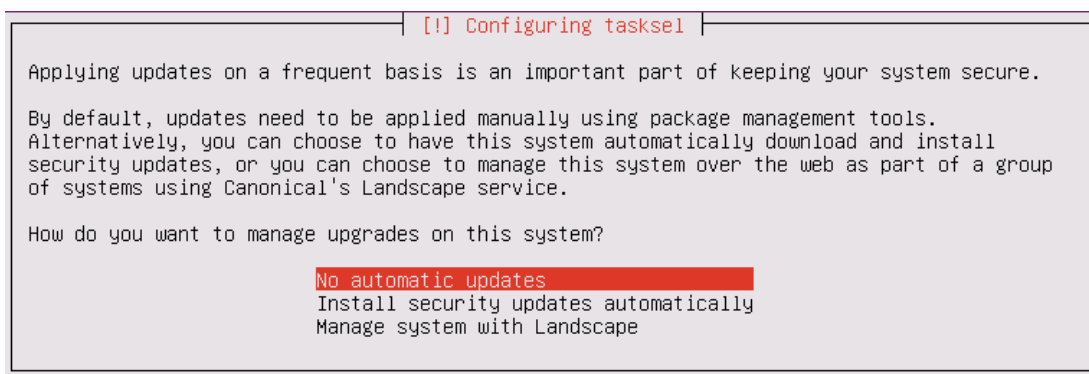
Kuva 13. Käyttäjätunnuksen luominen

Käyttäjätunnuksen luonnin jälkeen asennus kysyy halutaanko käyttäjän kotikansio salattavan, tähän vastattiin kieltävästi, jotta käytön aikana olisi mahdollisimman paljon resursseja OpenBTS -ohjelmiston käytettävissä.



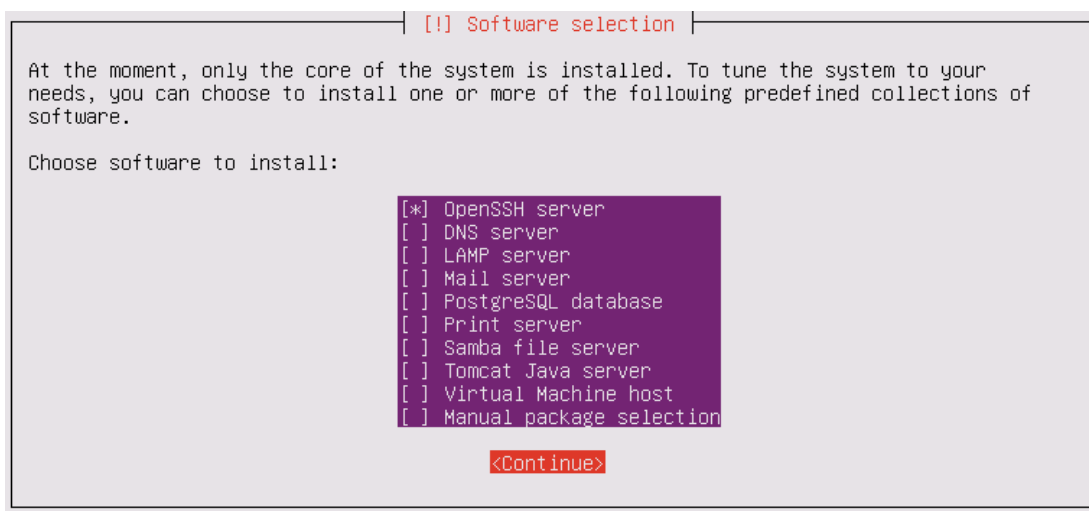
Kuva 14. Kotikansion salaus

Käyttöjärjestelmästä otettiin automaattiset päivitykset pois käytöstä, näin varmistuen ettei käyttöjärjestelmä tee muutoksia OpenBTS:n vaatimiin tiedostoihin.



Kuva 15. Päivitysten ottaminen pois käytöstä

Tämän jälkeen valittiin asennettavat lisäohjelmistot käyttöjärjestelmää varten. Asennettavaksi valittiin OpenSSH server- paketti mahdollista etäkäyttöä ajatellen.



Kuva 16. OpenSSH



Tämän jälkeen asennusohjelma suorittaa tarvittavat asennustoimenpiteet. Työasema käynnistyy tämän jälkeen uudelleen ja käyttöjärjestelmän asennus on valmis. Koska Ubuntu Server ei sisällä graafista työpöytää, päätettiin se asentaa itse käyttöä helpottamaan. Graafinen käyttöliittymä asennettiin komennolla `sudo apt-get --install-recommends install ubuntu-desktop`.

```
Ubuntu 14.04.2 LTS openbts tty1
openbts login: openbts
Password:
Welcome to Ubuntu 14.04.2 LTS (GNU/Linux 3.16.0-30-generic i686)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com/

System information disabled due to load higher than 4.0

The programs included with the Ubuntu system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

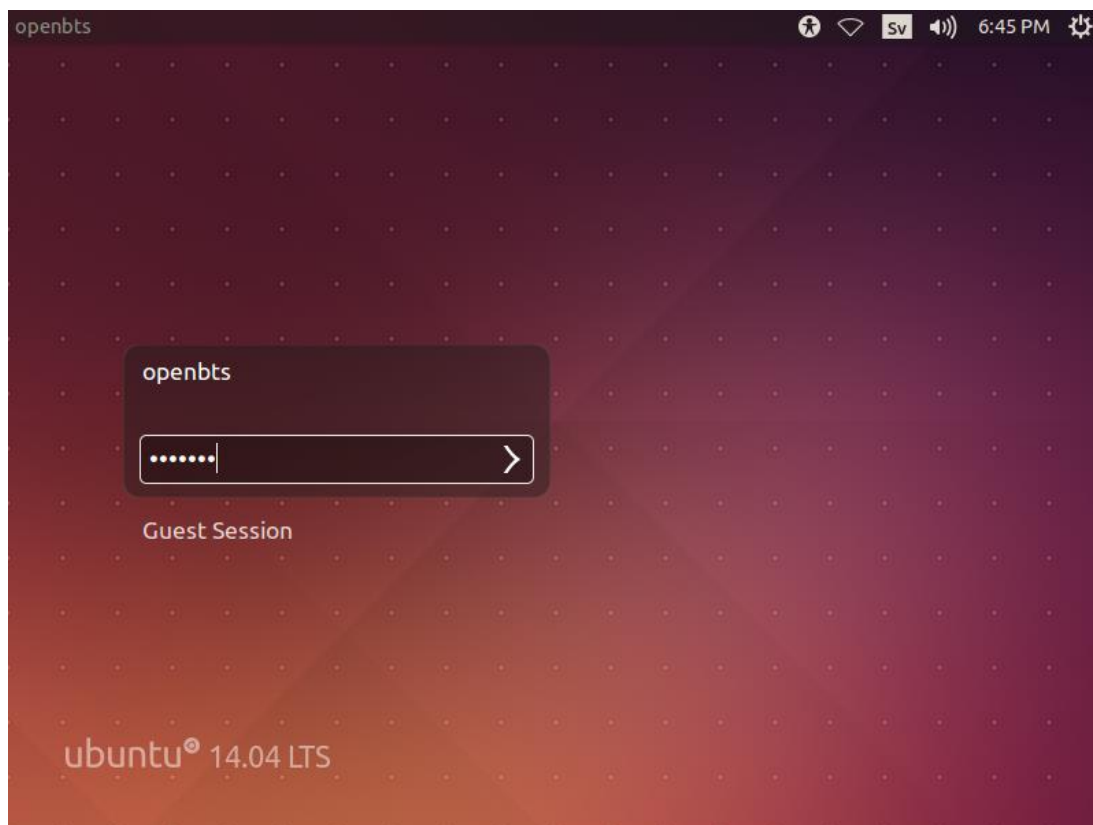
Ubuntu comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent permitted by
applicable law.

openbts@openbts:~$ _
```

Kuva 17. Ensimmäinen käynnistyminen

```
openbts@openbts:~$ sudo apt-get --install-recommends install ubuntu-desktop _
```

Kuva 18. Graafisen käyttöliittymän asennus



Kuva 19. Graafinen käyttöliittymä

## 5.2 Esivaatimukset asennusta varten

OpenBTS:n asennusta varten tarvitaan pakettinhallintaohjelmistoa Git. Ennen Git:n asennusta tarvitsee asentaa `python-software-properties` -paketti, joka mahdollistaa käyttäjän lisäämien pakettivarastojen (repository) käytön. Paketti asennettiin komennolla `sudo apt-get install software-properties-common python-software-properties`.

```

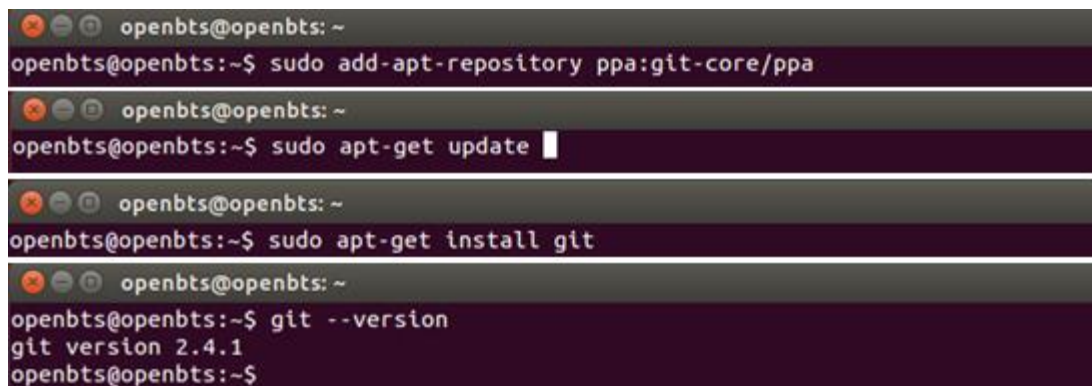
openbts@openbts: ~
openbts@openbts:~$ sudo apt-get install software-properties-common python-software-properties

```

Kuva 20. Paketin asennus

Paketin asentamisen jälkeen lisättiin Git-versionhallinnan käyttämä repository käyttöjärjestelmään. Repositoryn lisääminen tapahtui komennolla `sudo add-apt-repository ppa:git-core/ppa`. Seuraavaksi käytettävien pakettien päivityslista haettiin komennolla `sudo apt-get update`. Tämän jälkeen saatiin asennettua Git ja sen

vaatimat paketit käyttämällä komentoa *sudo apt-get install git*. Git- versionhallinnan asentamisen jälkeen tarkistettiin, että käytössä on OpenBTS:n kanssa yhteensopiva versio komennolla *git --version*. OpenBTS tarvitsee toimiakseen Git:n version 1.8.2 tai uudemman.



```

openbts@openbts: ~
openbts@openbts:~$ sudo add-apt-repository ppa:git-core/ppa

openbts@openbts: ~
openbts@openbts:~$ sudo apt-get update

openbts@openbts: ~
openbts@openbts:~$ sudo apt-get install git

openbts@openbts: ~
openbts@openbts:~$ git --version
git version 2.4.1
openbts@openbts:~$

```

Kuva 21. Git- versionhallinnan asennus

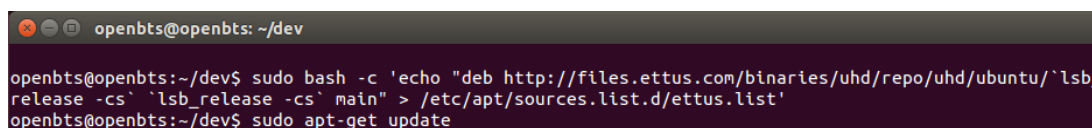
Viimeinen askel ennen itse OpenBTS- ohjelmiston asennusta on asentaa käytettävälle ohjelmistoradiolle ajurit. Näillä komennoilla saatiin asennettua Ettus Research N210 laitteen ajurit :

```
sudo bash -c 'echo "deb
```

```
http://files.ettus.com/binaries/uhd/repo/uhd/ubuntu`lsb_release -cs` `lsb_release -cs`  
main" > /etc/apt/sources.list.d/ettus.list'
```

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get install -t `lsb_release -cs` uhd.
```



```

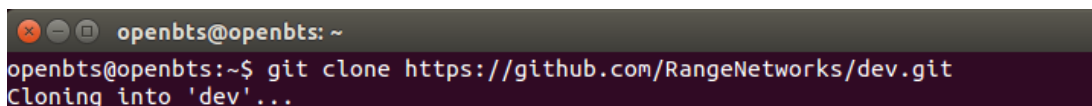
openbts@openbts: ~/dev
openbts@openbts:~/dev$ sudo bash -c 'echo "deb http://files.ettus.com/binaries/uhd/repo/uhd/ubuntu`lsb_release -cs` `lsb_release -cs` main" > /etc/apt/sources.list.d/ettus.list'
openbts@openbts:~/dev$ sudo apt-get update

```

Kuva 22. Ajureiden asennus

### 5.3 OpenBTS- ohjelmiston asennus

OpenBTS:n asennus aloitettiin lataamalla Git- versionhallinnan avulla kehitysympäristön asennusskriptit. Skriptit ladattiin käyttäen komentoa `git clone https://github.com/RangeNetworks/dev.git`. Asennusskriptit kopioidaan käyttäjän kotikansioon luotuu hakemistoon `dev`.



```
openbts@openbts: ~  
openbts@openbts:~$ git clone https://github.com/RangeNetworks/dev.git  
Cloning into 'dev'...
```

Kuva 23. Asennusskriptien lataus

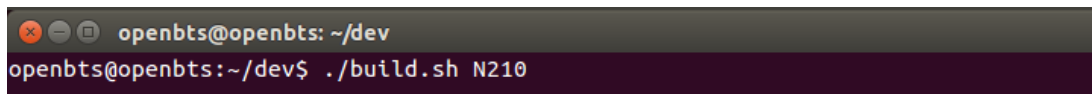
Seuraavaksi siirryttiin luotuu kansioon ja ladattiin ohjelmiston komponentit käyttämällä ladattua skriptiä.



```
openbts@openbts:~$ cd dev  
openbts@openbts:~/dev$ ./clone.sh
```

Kuva 24. Komponenttien lataus

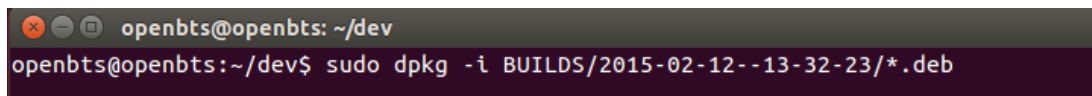
Komponenttien latauksen jälkeen koottiin ohjelmiston asennuspaketit ja valittiin kokoaminen käytetyn radiolaitteen mukaisesti. Asennuspakettien kokoaminen tapahtui skriptiä käyttäen komennolla `./build.sh N210`.



```
openbts@openbts: ~/dev  
openbts@openbts:~/dev$ ./build.sh N210
```

Kuva 25. Asennuspakettien kokoaminen

Seuraavaksi suoritettiin ohjelmiston asentaminen. Asennuspaketit koottiin aikaleimalla varustettuun kansioon. Komento `sudo dpkg -i BUILDS/2015-02-12--13-32-23/*.deb` suorittaa kaikkien asennuspakettien purkamisen ja asennuksen kerralla. Tämän jälkeen OpenBTS- ohjelmisto on asennettuna ja valmiina käytettäväksi.



```
openbts@openbts: ~/dev  
openbts@openbts:~/dev$ sudo dpkg -i BUILDS/2015-02-12--13-32-23/*.deb
```

Kuva 26. Asennuspakettien purkaminen

## 5.4 Testaus

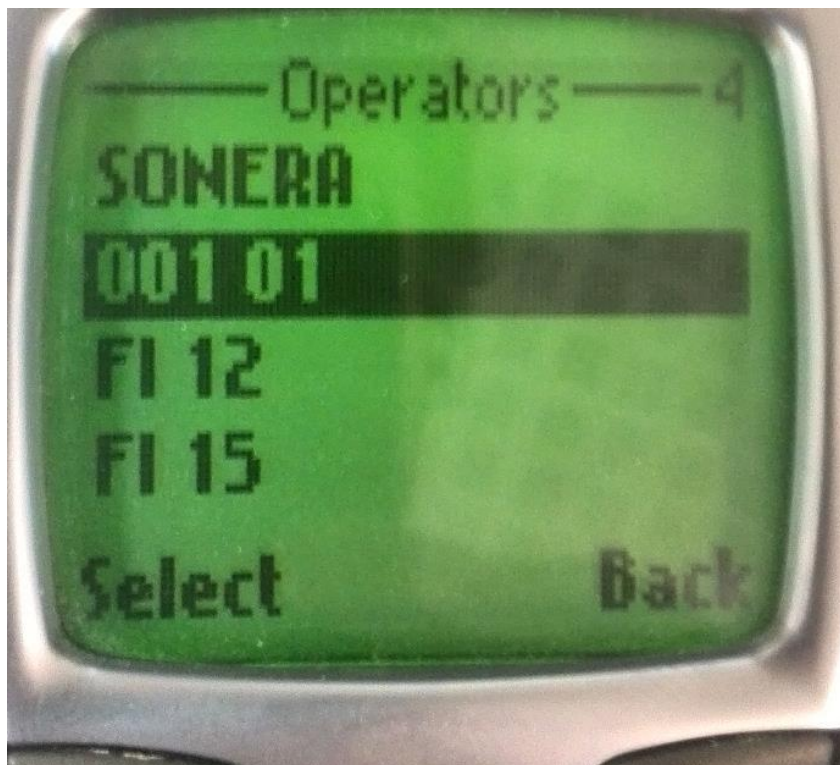
Testaaminen aloitettiin kytkemällä radiolaitteisto kiinni työasemaan ja muuttamalla työaseman IP-osoite samaan aliverkkoon radiolaitteen kanssa.



Kuva 27. IP-osoitteen muuttaminen

Tämän jälkeen testattiin yhteys radiolaitteeseen käyttämällä komentoa `uhd_usrp_probe`. Komennon avulla saatiin todettua että käyttöjärjestelmä ja radiolaitte kommunikoivat keskenään. Komento antoi muutaman varoituksen lähetyks- ja vastaanottopuskureiden kokoa koskien, mutta varoitukset saatiin poistumaan muuntamalla puskurit manuaalisesti komennoilla `sudo sysctl -w net.core.rmem_max=50000000` ja `sudo sysctl -w net.core.wmem_max=1048576`.





Kuva 29. Käytettävissä olevat verkot

Tämän jälkeen OpenBTS:n konfiguraatio aloitettiin asettamalla OpenBTS:n verkko käyttämään sallittuja arvoja. Työtä varten käytettävissä oli 1800 MHz:n kaistalla taajuus, jonka kanavanumero oli 761. OpenBTS:n käyttöliittymä käynnistettiin komennolla `sudo /OpenBTS/OpenBTSCLI`.

```

openbts@openbts: ~/dev/NodeManager
openbts@openbts:~/dev/NodeManager$ sudo /OpenBTS/OpenBTSCLI
OpenBTS Command Line Interface (CLI) utility
Copyright 2012, 2013, 2014 Range Networks, Inc.
Licensed under GPLv2.
Includes libreadline, GPLv2.
Connecting to 127.0.0.1:49300...
Remote Interface Ready.
Type:
  "help" to see commands,
  "version" for version information,
  "notices" for licensing information,
  "quit" to exit console interface.
OpenBTS> config GSM.Radio.Band 1800

```

Kuva 30. Taajuusalueen vaihtaminen

Käyttöliittymässä vaihdettiin taajuusalueeksi 1800 MHz komennolla `config GSM.Radio.Band 1800`, kanavanumero vaihdettiin komennolla `config`

*GSM.Radio.CO 761* ja *MNC-tunnus (Mobile Network Code)* komennolla *config GSM.Identity.MNC 15*. Verkolle annettiin lisäksi nimi komennolla *rawconfig GSM.Identity.ShortName SamkOpenBTS*.

#### 5.4.1 Tilaaajien luominen

Testaamista varten luotiin kaksi käyttäjää OpenBTS:n tilaajatietokantaan. Tilaajatietokantaa hallitaan skriptillä, jolle annetaan argumentteina tilaajan tiedot. Tilaajan lisääminen tietokantaan tehtiin komennolla *./dev/NodeManager/nmcli.py sipauthserve subscribers create nimi imsi msisdn*. Tässä vaiheessa tilaajille määriteltiin MSISDN- numerot, jotka testausta varten määriteltiin yksinkertaisiksi eivätkä ne siten olleet standardin mukaisesti määriteltyjä.

```

openbts@openbts: ~/dev/NodeManager
openbts@openbts:~/dev/NodeManager$ ./nmcli.py sipauthserve subscribers create "t
esti1" IMSI244153333330199 \123456
raw request: {"command":"subscribers","action":"create","fields":{"name":"testi1
","imsi":"IMSI244153333330199","msisdn":"123456","ki":""}}
raw response: {
  "code" : 200,
  "data" : "both ok"
}
openbts@openbts:~/dev/NodeManager$

```

Kuva 31. Tilaajan luominen



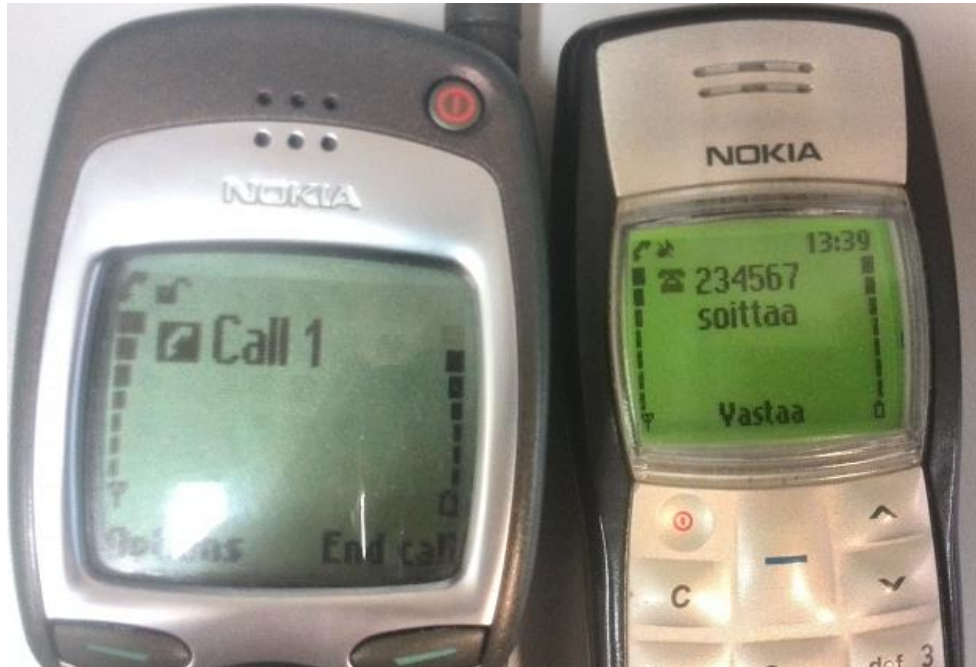
Kuva 32. Tilaaja liittynään verkkoon

Tilaajien luonnin jälkeen testipuhelimet yhdistettiin verkkoon onnistuneesti.



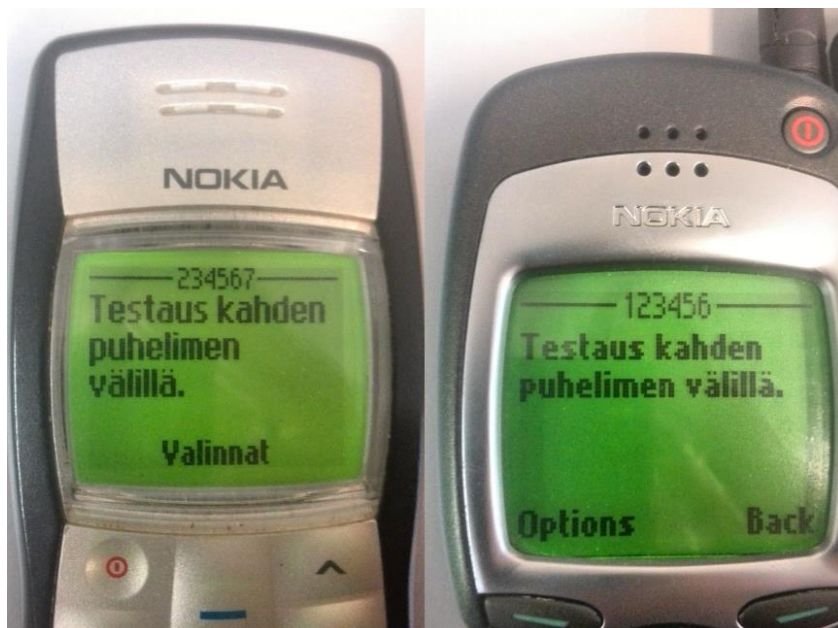
#### 5.4.2 Testipuhelut

Puhelinten välinen yhteys testattiin soittamalla niiden välillä puhelu käyttäen määritettyä MSISDN- numeroa 123456.



Kuva 33. Onnistunut testipuhelu

Puhelu suoritettiin onnistuneesti ja testauksen aikana ei havaittu äänenlaadussa tai viiveessä moitittavaa. Puhelimien välillä lähetettiin lisäksi SMS- viestit molempiin suuntiin onnistuneesti.



Kuva 34. SMS-palvelun testaus

#### 5.4.3 Käytettävyyden parantaminen

Testaamisen yhteydessä havaittiin tilaajien luomisen olevan hankalaa, koska tilaajatietokannan hallinnassa käytettävä skripti ei tarjonnut minkäänlaista konfirmaatiota tietojen lisäämisen onnistumisesta, eikä niiden oikeamuotoisuudesta. Tilaajatietokannan käsittelyn helpottamiseksi luotiin komentoriviltä toimiva käyttöliittymä, jonka avulla tilaajatietokannan hallinnasta saatiin käyttäjäystävällisempi. Käyttöliittymää varten luotu skripti asetettiin työpöydälle, ja se määriteltiin suoritettavaksi tiedostoksi komennolla `sudo chmod +x`

*/home/openbts/Desktop/tilaajarekisteri.sh.*



```
Terminal
Tervetuloa OpenBTS tilaajarekisteriin!
1: Tilaajan luonti
2: Tilaajan poisto
3: Tilaajien listaus
4: Lopetus

Valitse [1-4]:

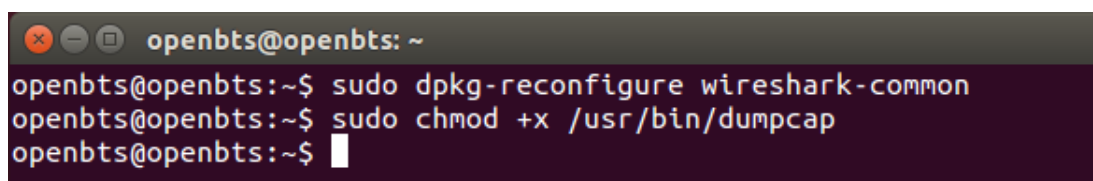
Terminal
Nimi: testi1
IMSI: 244153333330199
MSISDN: 123456

Ovatko tiedot oikein? Jos ovat, paina y, jos eivät, paina n:
```

Kuva 35. Tilaajarekisterin hallintatyökalu

#### 5.4.4 Sanomien kaappaus

OpenBTS- verkossa tapahtuvaa merkinantoa ja puheluliikenteen tarkkailua varten työasemalle asennettiin Wireshark- ohjelma. Ohjelma asennettiin Ubuntu Software Centerin kautta. Wireshark- ohjelman oikeuksia muutettiin tämän jälkeen, siten ettei sitä ajettaessa tarvita pääkäyttäjän oikeuksia.



```
openbts@openbts: ~
openbts@openbts:~$ sudo dpkg-reconfigure wireshark-common
openbts@openbts:~$ sudo chmod +x /usr/bin/dumpcap
openbts@openbts:~$
```

Kuva 36. Wiresharkin oikeuksien muokkaus

Wiresharkin avulla saatiin tämän jälkeen kaapattua liikennettä ilmarajapinnalla tapahtuvasta merkinannosta sekä OpenBTS- ohjelman sisällä tapahtuvasta SIP-merkinannosta.

13055	79.363676	127.0.0.1	127.0.0.1	LAPDm	87 U, func=UI(DTAP) (RR) System Information Type 5
13058	79.366290	127.0.0.1	127.0.0.1	LAPDm	81 I P, N(R)=1, N(S)=0(DTAP) (CC) Call Confirmed
13089	79.398713	127.0.0.1	127.0.0.1	GSMTAP	87 (CCCH) (RR) System Information Type 2
13106	79.415656	127.0.0.1	127.0.0.1	GSMTAP	87 (CCCH) (RR) Paging Request Type 1
13127	79.443626	127.0.0.1	127.0.0.1	GSMTAP	87 (CCCH) (RR) Paging Request Type 1
13144	79.458316	127.0.0.1	127.0.0.1	LAPDm	81 U, func=UI(DTAP) (RR) Measurement Report
13151	79.460007	127.0.0.1	127.0.0.1	GSMTAP	87 (CCCH) (RR) Paging Request Type 1

```

▶ Frame 13058: 81 bytes on wire (648 bits), 81 bytes captured (648 bits)
▶ Ethernet II, Src: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00), Dst: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
▶ Internet Protocol Version 4, Src: 127.0.0.1 (127.0.0.1), Dst: 127.0.0.1 (127.0.0.1)
▶ User Datagram Protocol, Src Port: 34868 (34868), Dst Port: gsmtap (4729)
▼ GSM TAP Header, ARFCN: 761 (Uplink), TS: 0, Channel: SDCCH/4 (1)
  Version: 2
  Header length: 16 bytes
  Payload Type: GSM Um (MS<->BTS) (1)
  Time Slot: 0
  ..00 0010 1111 1001 = ARFCN: 761
  .1. . . . . . . . . . = Uplink: 1
  Signal/Noise Ratio (dB): 0
  Signal Level (dBm): 0
  GSM Frame Number: 4223
  Channel Type: SDCCH/4 (7)
  Antenna Number: 0
  Sub-Slot: 1
▶ Link Access Procedure, Channel Dm (LAPDm)
▼ GSM A-I/F DTAP - Call Confirmed
▶ Protocol Discriminator: Call Control; call related SS messages

```

Kuva 37. Wiresharkilla kaapattua liikennettä

## 6 YHTEENVETO

Työssäni asensin Satakunnan ammattikorkeakouluun avoimella lähdekoodilla toteutetun OpenBTS- järjestelmän. Tutkiessani OpenBTS:n toimintaa huomasin tilaajatietokannan käsittelyn hankalaksi, joten päätin kehittää shell- skriptauskielisen työkalun helpottamaan tilaajien hallintaa. Tilaajatietokantaa voidaan tämän työkalun avulla hallita ilman ohjeistusta ja linux- ympäristöjen tuntemusta.

OpenBTS on kehitetty erilaisella tyyllillä perinteiseen matkapuhelinverkkoon nähden. Verkon merkinanto eroaa siinä määrin perinteisestä, ettei OpenBTS voi mielestäni korvata perinteisten laitteiden käyttöä opetuksessa. OpenBTS- järjestelmää voitaisiin mielestäni käyttää opetuksen tukena esimerkiksi VoIP-opetuksessa, sekä ilmarajapinnassa tapahtuvan merkinannon tarkkailuun.

Tietoa hankkiessani löysin muita projekteja ohjelmistoradiolla toteutettavaksi, jotka voisivat toimia perinteisten laitteiden korvaajina. Esimerkiksi YateBTS- ohjelma on toteutettu perinteisen puhelinverkon tyyliin ja se käyttää SS7- merkinantoa, joten sitä voitaisiin tulevaisuudessa tutkia tarkemmin.

Asennettua OpenBTS- järjestelmää voitaisiin jatkossa kehittää lisää yhdistämällä se käytössä olevaan Tempo- järjestelmään, jolloin saataisiin OpenBTS- verkosta yhteys ulkomaailmaan. Lisäksi järjestelmään voitaisiin lisätä GPRS- pakettidatayhteys käytettäväksi.

Käytettyä ohjelmistoradiota voitaisiin mielestäni hyödyntää muihinkin projekteihin, jolloin voitaisiin tutkia erilaisia ympäristöjä ilman uusia laitehankintoja.

## LÄHTEET

- [1] Heine, G. 1999. GSM Networks - Protocols, Terminology, and Implementation. 1. Painos. Artech House.
- [2] Eberspächer, Vögel, Bettstetter & Hartmann. 2009. GSM - Architecture, Protocols and Services. 3. Painos. John Wiley & Sons, Ltd.
- [3] Anttalainen, T. 2002. Introduction to Telecommunications Network Engineering. 2. Painos. Artech House.
- [4] ETSI TS 100 910 V8.20.0. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio Transmission and Reception. 2005. European Telecommunications Standard Institute ETSI. Ranska: ETSI.
- [5] Penttinen, J. 2006. Tietoliikenneverkot – Perusverkot ja GSM. Sanoma Pro Oy.
- [6] Nokia Networks Oy. 2000. SYSTRA GSM System Training.
- [7] Davidson, J. & Peters, J. 2002. Voice Over IP. Edita.
- [8] Iedema, M. Getting Started with OpenBTS. 2015. O'Reilly Media Inc.
- [9] OpenBTS:n www-sivut. 2015. Viitattu 16.5.2015 <http://www.openbts.org>.
- [10] Asterisk:n www-sivut. 2015. Viitattu 16.5.2015 <http://www.asterisk.org>.

## TILAAJAREKISTERIN HALLINTAAN TEHTY SKRIPTTI

```

#2015 Ville-Veikko Sarinko
#!/bin/bash
mydir="$ (cd "$ (dirname "$BASH_SOURCE")"; pwd) "

echo "Tervetuloa OpenBTS tilaajarekisteriin!"
echo "1: Tilaajan luonti\n2: Tilaajan poisto\n3: Tilaajien
listaus\n4: Lopetus\n "
echo "Valitse [1-4]: "
read valinta
case $valinta in
    1)
        echo "Käytetäänkö autentikointia?\n1:Kyllä\n2:EI"
        echo "Valitse [1-2]: "
        read autentikoidako
        case $autentikoidako in
            2)
                echo "Syötä tilaajalle nimi:"
                read nimi
                echo "Syötä tilaajan IMSI:"
                read imsi
                echo "Syötä tilaajan MSISDN:"
                read msisdn
                clear
                echo "Nimi: $nimi\nIMSI: $imsi\nMSISDN: $msisdn\n"
                echo -n "Ovatko tiedot oikein? Jos ovat, paina y, jos
eivät, paina n: "
                read answer

                if echo "$answer" | grep -iq "^y" ;then
                    echo "Tilaajaa luodaan.."
                    cd /home/openbts/dev/NodeManager
                    ./nmcli.py sipauthserve subscribers create "$nimi" IMSI$imsi \
$msisdn

                else
                    clear

```

```

        echo "Peruutetaan..."
        sleep 1
    fi
    sleep 2
    cd $mydir
    clear
./tilaajarekisteri.sh
    ;;
1)
echo "Syötä tilaajalle nimi:"
    read nimi
    echo "Syötä tilaajan IMSI:"
    read imsi
    echo "Syötä tilaajan MSISDN:"
    read msisdn
    echo "Syötä tilaajan salausavain (Ki):"
    read ki
    clear
    echo "\nNimi: $nimi\nIMSI: $imsi\nMSISDN: $msisdn\nKi:
$ki\n"
        echo -n "Ovatko tiedot oikein? Jos ovat, paina y, jos
eivät, paina n: "
        read answer

        if echo "$answer" | grep -iq "^y" ;then
            echo "Tilaajaa luodaan.."
            cd /home/openbts/dev/NodeManager
./nmcli.py sipauthserve subscribers create "$nimi" IMSI$imsi \
$msisdn $ki

        else
            clear
            echo "Peruutetaan..."
            sleep 1
        fi
        sleep 2
        cd $mydir
        clear
./tilaajarekisteri.sh
    ;;
esac

```



```
cd $mydir
clear
./tilaajarekisteri.sh
;;

2)
echo "Syötä poistettavan tilaajan IMSI:"
read imsipoisto
cd /home/openbts/dev/NodeManager
./nmcli.py sipauthserve subscribers delete imsi IMSI$imsipoisto
sleep 1
cd $mydir
clear
./tilaajarekisteri.sh
;;

3)
luku="read"
cd /home/openbts/dev/NodeManager
./nmcli.py sipauthserve subscribers $luku
sleep 5
cd $mydir
./tilaajarekisteri.sh
;;

4)
clear
echo "Sammutetaan..."
sleep 1
kill
exit 0
;;

*)clear
echo "Väärä valinta, palataan alkuun..."
sleep 3

cd $mydir
clear
./tilaajarekisteri.sh
esac
exit 0
```