



Kimmo Myllymäki

KANAVA- JA TAAJUUSMUUNNIN WINDOWS PHONE -PUHELIMELLE

KANAVA- JA TAAJUUSMUUNNIN WINDOWS PHONE -PUHELIMELLE

Kimmo Myllymäki
Opinnäytetyö
Syksy 2013
Tietotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma, aikuiskoulutus

Tekijä: Kimmo Myllymäki
Opinnäytetyön nimi: Kanava- ja taajuusmuunnin Windows Phone -puhelimelle
Työn ohjaaja: Esko Harvala
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2013
Sivumäärä: 33

Toisen sukupolven GSM-matkapuhelinverkkojen elinkaari on jatkunut huomattavasti alun perin ennakoitua pidempään ja jatkuu yhä edelleen. Kolmannen sukupolven WCDMA- ja neljännen sukupolven LTE-verkkoja joudutaankin sijoittamaan samoille taajuusalueille olemassa olevien GSM-verkkojen kanssa. Tämä on aiheuttanut lisääntyntä tarvetta taajuussuunnitteluun niin matkapuhelinverkoissa käytettävien tukiasemien testauksessa kuin verkkojen suunnittelussakin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Windows Phone -sovellus, jolla voidaan tehdä taajuus- ja kanavanumeromuunnoksia eri matkapuhelinteknologioiden välillä. Sovelluksella voi myös suorittaa tavanomaisten radioteknisten suureiden yksikkömuunnoksia (kuten RF-teho (dBm, W), heijastusvaimennus ja VSWR) sekä laskea yhteen logaritmisella dBm-yksiköllä ilmoitettuja tehoja.

Sekä GSM-, WCDMA- että LTE-matkapuhelinverkkojen standardit ovat julkisia ja niitä kehittää ja ylläpitää usean eri standardointijärjestön yhteistyöorganisaatio 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Tässä opinnäytetyössä nämä standardit olivat keskeisessä asemassa. Lisäksi työssä käytettiin Microsoftin kehitystyökaluja sekä muuna aineistona aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, internetistä löytyvää tietoa ja omaa kokemusta tukiasemien tuotekehityksessä. Työn tuloksena syntyi Windows Phone –sovellus ARFCN Calculator, joka on ladattavissa Windows Market Placen kautta.

Asiasanat:
Matkapuhelinverkot, 3GPP, GSM, WCDMA, LTE, taajuussuunnittelu, ARFCN, Windows Phone

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Information Technology, Adult training

Author: Kimmo Myllymäki

Title of thesis: Frequency and channel number converter for Windows Phone

Supervisor: Esko Harvala

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2013

Number of pages: 33

The life cycle of the second generation GSM networks has prolonged much further than originally anticipated and is set to continue for the foreseeable future. As a result, it is required that third generation WCDMA and fourth generation LTE networks are located in the same frequency bands with GSM. This has caused an increase in the need to perform frequency planning in the base station development phase as well as in network planning.

The objective of this thesis was to develop a Windows Phone application which could be used for frequency and channel number conversions between different network technologies. It can also be used to perform conversions between typical radio technology units, such as RF power (dBm, W), Return Loss and VSWR as well as to provide a cumulative total for logarithmic dBm power values.

GSM, WCDMA and LTE mobile network standards are public and developed and maintained by 3GPP (3rd Generation Partnership Project), a collaboration between groups of telecommunications associations. The 3GPP standards played a key role in this thesis. In addition, Microsoft development tools, literature, information available in the internet and my own experiences in base station research and development were used as a basis for this thesis. As an end result, a Windows Phone application ARFCN Calculator was developed which can be downloaded from Windows Market Place.

Key words:

Mobile networks, 3GPP, GSM, WCDMA, LTE, frequency planning, ARFCN, Windows Phone

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
6 JOHDANTO	6
7 MATKAPUHELINVERKOT	8
7.1 Matkapuhelinverkkojen tekniikat	8
7.2 Matkapuhelinverkkoja määrittävät standardit.....	9
7.3 Matkapuhelinverkkojen taajuusalueet.....	10
7.4 Taajuussuunnitelu.....	12
7.5 GSM-kanavanumerot.....	13
7.6 WCDMA-kanavanumerot.....	14
7.7 LTE-kanavanumerot ja -kaistanleveydet.....	15
8 MOBIILILAITTEET JA NIIDEN SOVELLUKSET	17
8.1 Mobiililaitteiden käyttöjärjestelmät	17
8.2 Sovelluksen kehittäminen Windows Phone -puhelimeen.....	17
8.3 Sovelluksen jakaminen käyttäjille	20
9 ARFCN-LASKINSOVELLUKSEN KEHITTÄMINEN.....	21
9.1 Sovelluksessa tarvittavat toiminnallisuudet.....	21
9.2 Käyttöliittymän suunnittelu	22
9.3 Taajuus- ja kanavanäytöt.....	23
9.4 Yhteiskäyttönäytöt	25
9.5 Lisänäytöt	26
10 TESTAUS JA KÄYTTÄJILTÄ SAATU PALAUTE.....	28
10.1 Testaus	28
10.2 Kehitysideat	28
10.3 Beetatestaajille tehty kysely.....	29
11 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	32

1 JOHDANTO

Tilajamäärät maailman matkapuhelinverkoissa ovat kasvaneet kiihtyvällä tahdilla jo pitkään ja alun perin vain loppukäyttäjien puheen välittämiseen tarkoitettuilta verkoilta vaaditaan internetin käytön yleistymisen myötä kykyä välittää myös dataa yhä kasvavilla nopeuksilla. Tästä johtuen erityisesti kehittyneillä markkinoilla matkapuhelinverkkojen kehityksen ja uusien verkkojen rakentamisen painopiste onkin uusien sukupolvien matkapuhelintekniikoissa, joiden kautta pystytään siirtämään liikkuvaa dataa entistä nopeammin.

Tämän opinnäytetyön aiheen kannalta olennaista on se, että kolmannen sukupolven WCDMA- (Wideband Code Division Multiple Access) ja neljännen sukupolven LTE-verkkojen (Long Term Evolution) yleistymisestä huolimatta toisen sukupolven GSM-verkkojen (Global System for Mobile Communications) käyttö on jatkunut huomattavan pitkälle jatkuen yhä edelleen. Syynä tähän lienee se, että lähes kaikki laitteet tukevat GSM-standardia. Uusia GSM-tekniikkaa hyödyntäviä päätelaitteita kehitetään ja tuodaan markkinoille yhä edelleen niiden edullisuuden takia (Miksi GSM-verkot ovat edelleen tärkeitä? 2013, hakupäivä 29.9.2013). GSM-verkkojen käyttö jatkuu edelleen myös kehittyneillä markkinoilla, joissa sen käyttö painottuu puheen ja hitaamman datan välittämiseen. Myös kokonaan uusia GSM-verkkoja rakennetaan niiden vakiintuneen ja käytössä hyväksi havaitun tekniikan vuoksi. GSM:n käyttö on kasvanut myös uusien sovellusten myötä, esimerkkinä vaikkapa sähköenergian kulutusmittareiden etäluennassa käytettävät GSM-modeemit (Etäluettavat turvallisia 2013, hakupäivä 29.9.2013).

Niin verkkovalmistajilla kuin verkko-operaattoreilla on nykyään tarve kehittää, testata ja rakentaa matkapuhelinverkkoja, jotka pystyvät tukemaan sekä vanhemman GSM- että uudemman sukupolven WCDMA- ja LTE-tekniikoita samanaikaisesti. Tämän opinnäytetyön kannalta keskeinen seikka on radiotaajuuksien suunnittelu niin verkoissa käytettävien tukiasemien testauksen kuin verkkojen suunnittelun ja rakentamisen aikana eli miten uuden tekniikan vaatimat radiokanavat ja niiden tarvitsemat taajuuskaistat saadaan sovitettua samalle taajuusalueelle GSM:n kanssa. Joissakin maissa (esim. Japani ja Etelä-

Korea) ei käytetä GSM-tekniikkaa lainkaan, mutta siellä vastaavana haasteena on sovittaa LTE samalle taajuuskaistalle WCDMA:n kanssa.

Opinnäytetyöni aiheena on kanava- ja taajuusmuuntimen suunnittelu Windows Phone -käyttöjärjestelmää käyttävälle mobiililaitteelle. Sovelluksen englanninkieliseksi nimeksi annettiin ARFCN Calculator, jossa lyhenne ARFCN tulee sanoista Absolute Radio Frequency Channel Number. Työn tavoitteena on kehittää yksinkertainen ja helppokäyttöinen Windows Phone -sovellus, jolla voi muuttaa matkapuhelinverkoissa yleisesti käytettävien matkapuhelintekniikoiden kanavanumeroita niitä vastaaviksi radiotaajuuksiksi ja päinvastoin. Lisäksi sovelluksella voi suorittaa matkapuhelinverkoissa käytettäviin tukiasemiin liittyvien tavanomaisten radioteknisten suureiden laskutoimituksia, kuten RF-tehon yksikkömuunnoksia (dBm ja W), heijastusvaimennuksen ja VSWR-arvojen keskinäisiä muunnoksia sekä logaritmisten (dBm) RF-tehoarvojen yhteenlaskuja ilman tarvetta muuttaa niitä ensin lineaariksi tehoiksi (W).

Internetistä löytyy vastaavaan tarkoitukseen kehitettyjä työkaluja (esimerkiksi LG Space 2013, hakupäivä 29.9.2013). Ongelmana internet-pohjaisissa sovelluksissa on se, että käyttäjällä ei aina ole tietokonetta tai internet-yhteyttä käytettävissään. Matkapuhelimeen ladattava sovellus on sen sijaan aina taskussa saatavilla ja heti käytettävissä. Opinnäytetyöni idean sain työssäni NSN-yhtiön (Nokia Solutions and Networks Oy) matkapuhelinverkkojen tukiasemien tuotekehityksessä Oulussa. Opinnäytetyöni ei kuitenkaan ole sidoksissa NSN:ään tai sen tuotteisiin, vaan se pohjautuu julkisiin matkapuhelinjärjestelmien standardeihin ja määrittäisiin, joita kehittää ja ylläpitää usean eri standardointijärjestön yhteistyöorganisaatio 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Kehittämäni sovellusta voikin käyttää kuka tahansa matkapuhelinverkkojen testauksessa, suunnittelussa ja asennuksessa työskentelevä henkilö.

GSM-järjestelmästä käytetään usein lyhennettä 2G (2nd Generation), WCDMA:sta 3G (3rd Generation) ja LTE:stä 4G (4th Generation). Käytettävä lyhenne riippuu usein asiayhteydestä, ja myös tässä opinnäytetyössä esiintyy molempia nimeämistapoja.

2 MATKAPUHELINVERKOT

2.1 Matkapuhelinverkkojen tekniikat

Matkapuhelinverkolla tarkoitetaan tietoliikenneverkkoa, jossa loppukäyttäjien erilaiset päätelaitteet ovat yhteydessä kiinteästi runkoverkkoon kytkettyihin tukiasemiin radiotaajuuksien avulla. Matkapuhelinverkkoja on toteutettu aikojen kuluessa erilaisilla tekniikoilla ja ne voidaan jakaa eri sukupolviin (generaatioihin) niiden käyttämän tekniikan perusteella. Tällä hetkellä yleisimpiä ja maailmanlaajuisesti eniten käytettyjä tekniikoita ovat digitaaliset toisen sukupolven GSM-, kolmannen sukupolven WCDMA- ja uusimpana neljännen sukupolven LTE-järjestelmät (Ericsson White Paper 2013. Hakupäivä 2.10.2013). Muita jo käytöstä poistuneita tekniikoita ovat mm. Suomessakin aikoinaan käytössä olleet analogiset ARP ja NMT. Amerikan mantereella ja eräissä Aasian maissa on käytetty myös muita toisen sukupolven tekniikoita, kuten IS-136 (TDMA) ja IS-95 (CMDA) (Ojanperä & Prasad 1998, 7).

Alun perin matkapuhelinverkot suunniteltiin välittämään ainoastaan käyttäjien puhetta piirikytkentäisellä yhteydellä, jossa kahden tilaajan välinen yhteys on varattuna koko puhelun ajan. Internetin yleistyessä tietokonemaailmassa 1990-luvun alussa kävi kuitenkin ilmeiseksi, että myös matkapuhelinverkoissa pitää pystyä siirtämään dataa internetin tapaan pakettikytkentäisillä yhteyksillä, joissa yhteys kahden osapuolen välillä on käytössä vain tarvittaessa. Myös datansiirtonopeusvaatimukset alkoivat kasvaa. GSM-verkoissa pakettikytkentäiset datayhteydet toteutettiin aluksi GPRS- (General Packet Radio Service) ja myöhemmin EDGE-tekniikoilla (Enhanced Data rates for GSM Evolution), mutta nopeusvaatimusten kasvaessa GSM:n käyttämästä radiorajapinnan tekniikasta tuli pullonkaula, joka näin vauhditti uudemman WCDMA-, siihen liittyvän HSPA- ja tänään erityisesti LTE-tekniikan käyttöönottoa. Kehitys jatkuu ja varhaisia suunnitelmia viidennen sukupolven verkoista on jo olemassa (Mousa 2012, 1).

GSM-järjestelmän kuolemista on ennustettu moneen kertaan, mutta tänään – yli 20 vuotta ensimmäisen kaupallisen GSM puhelun jälkeen – se on edelleen yksi maailmanlaajuisesti käytetyimmistä matkapuhelintekniikoista.

2.2 Matkapuhelinverkkoja määrittävät standardit

Matkapuhelinverkkojen toiminta perustuu yhteisesti ja tarkasti sovittuihin julkisiin standardeihin ja määritteisiin. Niitä kehittää ja ylläpitää usean eri standardointijärjestön yhteistyöorganisaatio 3GPP (3rd Generation Partnership Project). 3GPP:n julkaisemat standardit jaetaan eri versioihin niiden julkaisuajankohdan ja sisällön mukaan. Taulukossa 1 on tähän mennessä julkaistut ja suunnitteilla olevat standardit sekä keskeiset huomiot niiden sisällöistä tämän opinnäytetyön kannalta.

Tässä opinnäytetyössä on käytetty sekä Release 10- että Release 11 -julkaisusarjaan liittyviä standardeja, jotka sisältävät niin GSM-, WCDMA- kuin LTE-teknologioiden määritteet.

TAULUKKO 1: 3GPP-standardien luokitus ja tärkeimmät huomiot (3GPP releases 2013, hakupäivä 28.10.2013)

Versio	Julkaisuajankohta	Huomioita
Phase 1	1992	GSM
Phase 2	1995	
Release 96	1997 Q1	
Release 97	1998 Q1	GPRS
Release 98	1999 Q1	EDGE
Release 99	2000 Q1	WCDMA
Release 4	2001 Q2	
Release 5	2002 Q1	HSDPA
Release 6	2004 Q4	
Release 7	2007 Q4	
Release 8	2008 Q4	LTE
Release 9	2009 Q4	
Release 10	2011 Q1	LTE Advanced
Release 11	2012 Q4	
Release 12	2014 Q1 (arvio)	

(Q = vuosineljännes)

2.3 Matkapuhelinverkkojen taajuusalueet

Standardeissa on varattu erilaisia taajuusalueita niin erilaisia matkapuhelintekniikoita kuin eri markkina-alueiden ja maiden tarpeita ajatellen. Matkapuhelinverkkojen radio- tai ilmarajapinnasta puhuttaessa käytetään käsitteitä laskeva ja nouseva siirtotie (downlink ja uplink). Laskevalla siirtotiellä tarkoitetaan tukiasemalta päätelaitteelle (vaikkapa matkapuhelin) menevää signaalia ja siinä käytettävää radiotaajuutta, ja nousevalla siirtotiellä vastaavasti päätelaitteesta tukiasemalle menevää signaalia ja sen taajuutta. Jos laskeva ja nouseva siirtotie toimivat eri taajuuksilla, on kyseessä ns. FDD-tekniikka (Frequency Division

Duplexing), jossa molemmat siirtotiet voivat olla aktiivisena samanaikaisesti. Siirtoteiden muodostaman taajuusparin välistä kiinteää taajuuseroa kutsutaan duplex-taajuudeksi. Vastaavasti TDD-tekniikassa (Time Division Duplexing) siirtotiet toimivat samalla taajuudella, mutta ovat aktiivisina vuorotellen. GSM:lle on määritetty vain FDD-taajuuskaistoja, mutta WCDMA- ja LTE-tekniikoille sekä FDD- että TDD-taajuuskaistoja.

GSM:lle on määritelty 14 eri taajuusaluetta (3GPP TS 45.005, hakupäivä 29.9.2013), joista yleisimmin käytettyjä ovat 850, 900, 1800 ja 1900 MHz. Joissakin maissa käytössä olevissa rautatiekäyttöön tarkoitetuissa suljetuissa verkoissa käytetään myös R-GSM 900 MHz -verkkoa, jossa on muutamia lisäkanavia verrattuna kaikille avoimeen GSM 900 MHz -verkkoon.

WCDMA FDD -käyttöön on varattu yhteensä 24 taajuusaluetta (3GPP TS 25.101, hakupäivä 29.9.2013), joista yleisimmin käytettyjä ovat 850, 900, 1900 ja 2100 MHz:n alueet.

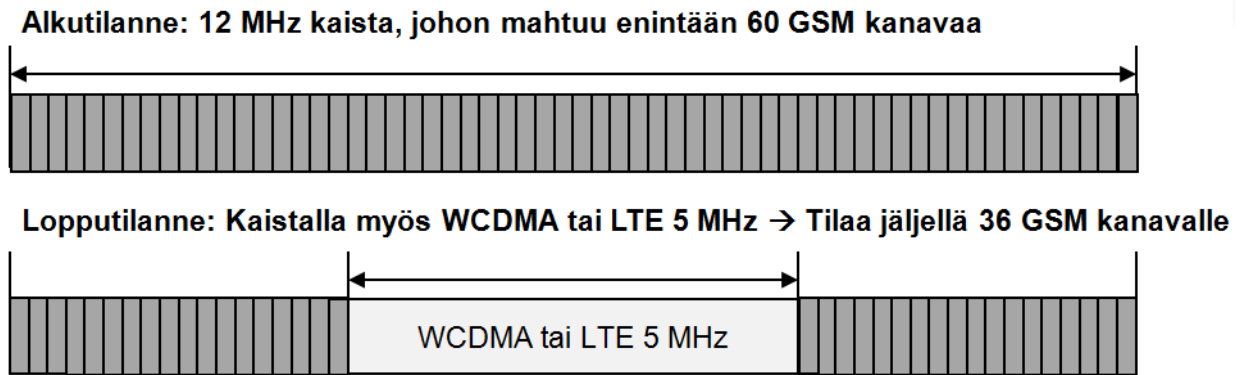
LTE FDD -käyttöön käyttöön on varattu peräti 31 taajuusaluetta (3GPP TS 36.101, hakupäivä 29.9.2013). Toisin kuin GSM- ja WCDMA-tekniikoissa, niiden käyttö ei ole rajoittunut vain muutamaa taajuusalueeseen, vaan määritellyistä alueista monet ovat käytössä jo rakennetuissa verkoissa ympäri maailmaa. Taajuuskaistojen suuren määrän takia LTE onkin hyvin sirpaleinen edeltäviin järjestelmiin verrattuna ja aiheuttaa haasteita niin verkkojen tukiasemien kuin päätelaitteiden valmistajille. Esimerkkinä mainittakoon Apple iPhone 5- ja Nokia Lumia 1020- älypuhelimet, joista on olemassa useita versioita eri markkina-alueilla käytettävien LTE-taajuuskaistojen vuoksi (Apple iPhone; Nokia Lumia 1020, hakupäivä 29.9.2013).

Osa taajuusalueista on varattu vain tietylle tekniikalle kun taas toiset ovat yhteisiä. Esimerkiksi 900 MHz:n taajuuskaistalle on Release 11 -määrityksissä mukana niin GSM-, WCDMA- kuin LTE-tekniikoiden kanavia. Taajuusalueen uudelleenjärjestelystä uuden sukupolven tekniikalle käytetään englanninkielistä termiä refarming (Berry 2009, 1). Taajuusalueen uudelleenjärjestely on hyvin haastava tehtävä tukiasemien suunnittelun, testauksen ja erityisesti verkko-suunnittelun kannalta.

2.4 Taajuussuunnitelu

Radioaaltojen vapaan tilan vaimennus kasvaa taajuuden funktiona eli mitä korkeampi taajuus, sitä suurempi vaimennus radiotiellä, jolloin saman peittoalueen saavuttamiseksi tarvitaan enemmän tukiasemia olettaen, että tukiaseman lähettimen teho ja vastaanottimen herkkyys pysyvät samoina. Tämän vuoksi matalat taajuuskaistat ovat halutuimpia erityisesti vielä monin paikoin vasta suunnitteilla oleville LTE-verkoille. Taajuuskaistojen jaon hoitaa jokaisessa maassa paikallinen viranomaisen haluamallaan tavalla, ja esimerkiksi hyvin halutun 800 MHz:n taajuuskaistan käyttöluvat Suomessa jakaa Viestintävirasto huutokauppanettelyllä. Kuten muuallakin, Suomessa 900 MHz:n taajuuskaista on edelleen pääasiassa GSM:n käytössä vaikka saman kaistan taajuuksia otetaan kiihtyvään tahtiin myös erityisesti WCDMA:n käyttöön. (Viestintävirasto, hakupäivä 29.9.2013.)

Matkapuhelinverkko-operaattorin toiminnan ylipäätään mahdollistaa käyttöluva jollekin taajuuskaistalle. Operaattori huolehtii itsenäisesti saamansa taajuuskaistan käytöstä ja sen sisäisestä taajuussuunnittelusta. Kuvassa 1 on luonnos tyypillisestä tilanteesta, jossa verkko-operaattorilla on toimilupa 1800 MHz:n taajuusalueelle ja luvan perusteella taajuusalueen sisältä on käytettävissä yhteinen 12 MHz:n taajuuskaista. GSM-kanavan kaistanleveys on 200 kHz, joten 12 MHz:n kaistalle niitä mahtuu enintään 60. Jos operaattori haluaa tuoda samalle taajuuskaistalle myös WCDMA- tai LTE-kanavan, täytyy GSM-kanavia järjestellä uudelleen. Tämän opinnäytetyön kannalta keskeinen asia on se, että tällaisessa tilanteessa operaattorin täytyy laskea niiden GSM-kanavien taajuudet ja kanavanumerot, joita voidaan käyttää WCDMA- tai LTE-kanavan vieressä. Eri järjestelmien kanavanumeroista ja taajuuksista kerrotaan tarkemmin seuraavissa luvuissa.



KUVA 1: Luonnos tyypillisestä taajuusalueen uudelleenkäyttötilanteesta.

2.5 GSM-kanavanumerot

GSM-järjestelmän kanavanumeroista käytetään lyhennettä ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number). GSM-kanavanumerot on määritelty standardissa 3GPP TS 45.005.

Taulukossa 2 on esitetty yleisimpien ja tämän opinnäytetyön kannalta keskeisten GSM-taajuuskaistojen kanavanumerointi ja niiden laskukaavat. Taulukosta voidaan havaita, että kanavien välinen taajuusero (channel spacing) on kaikilla taajuusalueilla 0,2 MHz eli 200 kHz, joka on samalla myös GSM-kanavan kaistanleveys. Taulukosta käy myös ilmi, että joillakin taajuusalueilla käytetään samoja kanavanumeroita. Tästä esimerkkinä kanavanumerot välillä 512–810, jotka ovat käytössä sekä 1800 MHz:n että 1900 MHz:n taajuusalueilla.

TAULUKKO 2: GSM-järjestelmän kanavanumerointi yleisimmillä taajuusalueilla (3GPP TS 45.005, hakupäivä 29.9.2013)

Band	Frequency (DL)	ARFCN
P-GSM 900	$Fl(n) = 890 + 0,2 \cdot n$	$1 \leq n \leq 124$
E-GSM 900	$Fl(n) = 890 + 0,2 \cdot n$ $Fl(n) = 890 + 0,2 \cdot (n-1024)$	$0 \leq n \leq 124$ $975 \leq n \leq 1023$
R-GSM 900	$Fl(n) = 890 + 0,2 \cdot n$ $Fl(n) = 890 + 0,2 \cdot (n-1024)$	$0 \leq n \leq 124$ $955 \leq n \leq 1023$
DCS 1 800	$Fl(n) = 1710,2 + 0,2 \cdot (n-512)$	$512 \leq n \leq 885$
PCS 1 900	$Fl(n) = 1850,2 + 0,2 \cdot (n-512)$	$512 \leq n \leq 810$
GSM 850	$Fl(n) = 824,2 + 0,2 \cdot (n-128)$	$128 \leq n \leq 251$

2.6 WCDMA-kanavanumerot

WCDMA-järjestelmän FDD-kanavanumeroista käytetään lyhennettä UARFCN (UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number). Kanavanumeroiden määritykset löytyvät standardista 3GPP TS 25.101.

Nimellinen WCDMA-radiokanavan vaatima kaistanleveys on määritysten mukaan 5 MHz, jota voidaan tarpeen mukaan hiukan kaventaa esimerkiksi ns. Dual Carrier -tapauksissa, jossa laskevalla siirtotiellä käytetään kahta vierekkäistä WCDMA-kanavaa (Holma & Toskala 2000, 185–186). Kanavanumeroinnissa käytettävä rasteri on 200 kHz eli yleisiä (general) kanavanumeroita on määritelty 200 kHz:n välein. Näiden lisäksi 3GPP on määritellyt tietyille taajuuskaistoille 100 kHz:n rasterilla olevia lisäkanavia (additional channels) yleisten kanavanumeroiden väliin. Lisäkanavien numerointi poikkeaa yleisten kanavien vastaavasta.

Taulukossa 3 on esitetty WCDMA-järjestelmän FDD-kanavanumerointi yleisimmillä taajuusalueilla. Taulukosta havaitaan, että WCDMA:ssa molemmille siirtoille on erilliset kanavanumerot toisin kuin GSM-järjestelmässä. Tukiasemien testauksessa käytetään yleisesti laskevan siirtotien kanavanumerointia, joten se valittiin myös tähän opinnäytetyönä kehitettyyn sovellukseen. WCDMA-

kanavanumeroiden laskukaavat on esitelty 3GPP-standardissa, joten niitä ei ole mainittu tässä erikseen.

TAULUKKO 3: WCDMA FDD -kanavanumerointi yleisimmillä taajuualueilla (3GPP TS 25.101, hakupäivä 29.9.2013)

Band		Uplink (UL)		Downlink (DL)	
		General	Additional	General	Additional
I	2100 MHz	9612–9888	-	10562–10838	-
II	1900 MHz	9262–9538	12, 37, 62, 87, 112, 137, 162, 187, 212, 237, 262, 287	9662–9938	412, 437, 462, 487, 512, 537, 562, 587, 612, 637, 662, 687
V	850 MHz	4132–4233	782, 787, 807, 812, 837, 862	4357–4458	1007, 1012, 1032, 1037, 1062, 1087
VIII	900 MHz	2712–2863	-	2937–3088	-

2.7 LTE-kanavanumerot ja -kaistanleveydet

LTE FDD -järjestelmän kanavanumeroista käytetään lyhennettä EARFCN (E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number). Kanavanumeroiden määritykset löytyvät standardista 3GPP TS 36.101. Aivan kuten WCDMA:ssa, myös LTE FDD -järjestelmässä on erilliset kanavanumerot sekä laskevan että nousevan siirtotien taajuuksia varten. LTE-kanavanumeroinnissa käytettävä rasteri on 100 kHz ja kanavanumerointi on hyvin selkeä ja johdonmukainen.

LTE-järjestelmässä yksittäisen kanavan kaistanleveys (Channel Bandwidth) voi vaihdella erilaisia käyttötarkoituksia ja taajuuskaistojen uudelleenkäyttötilanteita varten. Taulukossa 4 on esitetty 3GPP:n määrittelemät 6 erilaista kaistanleveyttä.

TAULUKKO 4: LTE-järjestelmän kaistanleveydet (3GPP TS 36.101, hakupäivä 29.9.2013)

Channel bandwidth [MHz]	1.4	3	5	10	15	20
-------------------------	-----	---	---	----	----	----

Taulukossa 5 on esitetty LTE FDD -järjestelmän kanavanumerointi yleisimmillä taajuusalueilla. Taulukossa esitellään koko kanavanumeroalue, mutta käytettävissä oleva todellinen alue riippuu valitusta kanavan kaistanleveydestä. Standardissa todetaankin, että sellaisia LTE kanavanumeroita ei voi käyttää, joilla kanavan vaatima kaista menisi käytössä olevan taajuusalueen reunan yli. Esimerkiksi E-UTRA-taajuuskaistalla 1 voi 5 MHz:n levyisen LTE-kanavan kanavanumero olla välillä 25–575, kun taas leveämmän 10 MHz:n kanavan mahdollinen kanavanumeroalue on kapeampi eli 50–550.

TAULUKKO 5: LTE (FDD) kanavanumerointi yleisimmillä taajuusalueilla (3GPP TS 36.101, hakupäivä 29.9.2013)

E-UTRA Band	Downlink		Uplink	
	(MHz)	EARFCN Range	(MHz)	EARFCN Range
1	2110	0–599	1920	18000–18599
2	1930	600–1199	1850	18600–19199
3	1805	1200–1949	1710	19200–19949
4	2110	1950–2399	1710	19950–20399
5	869	2400–2649	824	20400–20649
6	875	2650–2749	830	20650–20749
8	925	3450–3799	880	21450–21799
9	1844,9	3800–4149	1749,9	21800–22149
18	860	5850–5999	815	23850–23999
19	875	6000–6149	830	24000–24149
20	791	6150–6449	832	24150–24449

3 MOBIILILAITTEET JA NIIDEN SOVELLUKSET

3.1 Mobiililaitteiden käyttöjärjestelmät

Mobiililaitteissa (älypuhelimet, tabletit, kämmentietokoneet) käytettävät yleisimmät käyttöjärjestelmät ovat markkinaosuuksien perusteella vuoden 2013 toisella neljänneksellä olleet Googlen kehittämä Android, Applen iOS sekä Microsoftin Windows Phone. Windows Phonen markkinaosuus on ollut 3,3 % Googlen Android järjestelmän ollessa ylivoimainen johtaja 79,0 %:n markkinaosuudella (Gartner 2013, hakupäivä 29.9.2013).

Tämä opinnäytetyö perustuu Windows Phone -käyttöjärjestelmään lähinnä omien mieltymysten ja henkilökohtaisen Nokia Lumia 620 -puhelimien takia, joka käyttää Windows Phone 8 -käyttöjärjestelmää. Muita Windows Phone 8 -käyttöjärjestelmää käyttäviä puhelinmalleja tällä hetkellä ovat mm. Nokia Lumia 820- ja 920 -mallit sekä eräät HTC:n ja Samsungin puhelinmallit (Windows Phones 2013, hakupäivä 29.9.2013).

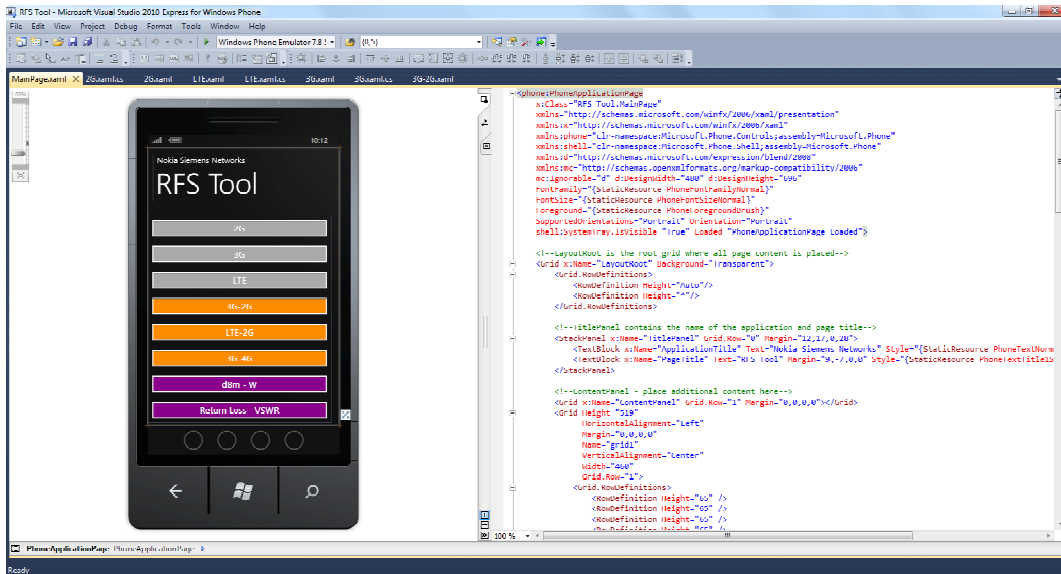
3.2 Sovelluksen kehittäminen Windows Phone -puhelimeen

Sovelluksen kehittäminen Windows Phonelle tapahtuu SDK-kehitysympäristöllä (Software Development Kit), joka on ladattavissa Windows Phone Developer -sivustolta (Windows Phone SDK 2013, hakupäivä 2013). Tämän opinnäytetyön kehitys aloitettiin käyttämällä vanhempaa SDK 7.1 -ohjelmistoa ja Nokia Lumia 800 -puhelinia, joka toimii sekä vanhemmalla Windows Phone 7.5 - että sen jälkeen tulleella Windows Phone 7.8 -käyttöjärjestelmällä. Myöhemmin hankitun uudemman Nokia Lumia 620 -puhelimien hankkimisen jälkeen selvisi, aluksi yrityksen ja erehdyksen kautta, että SDK 7.1 -ohjelmistolla ei voi kehittää sovelluksia Windows Phone 8 -käyttöjärjestelmää käyttävälle puhelimelle, jota esimerkiksi juuri Nokia Lumia 620 -puhelin käyttää. Uudempi SDK 8.0

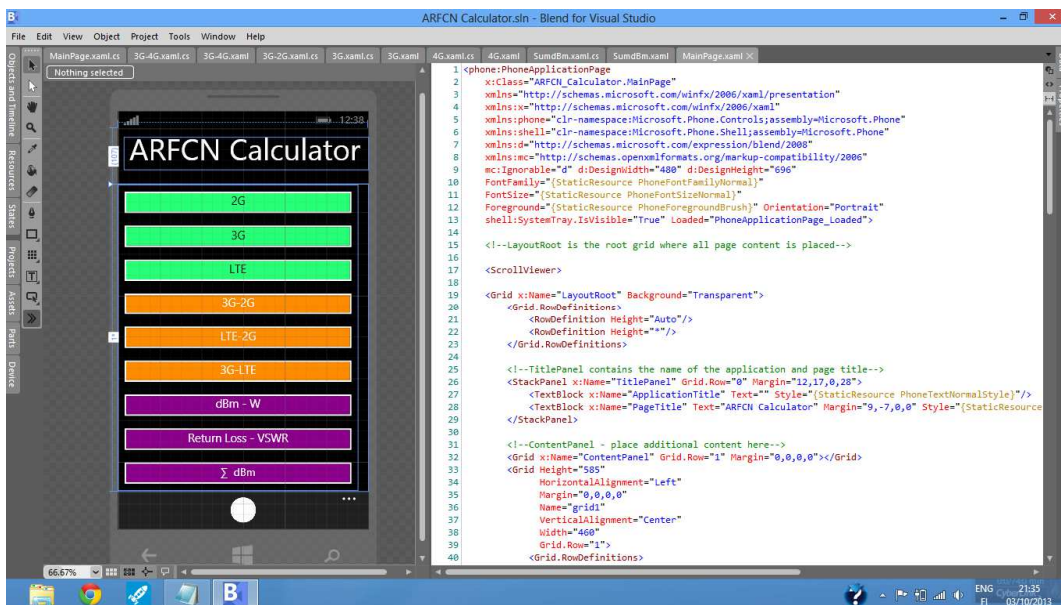
-kehitysympäristö asettaa käytettävälle tietokoneelle varsin kovat suorituskykyvaatimukset, joista mainittakoon Windows 8 Pro -käyttöjärjestelmä sekä vähintään 4 GB:n RAM-muisti. Tämän opinnäytetyönä tehtävän sovelluksen kehittämisen jatkamiseksi piti hankkia uusi, tarvittavat tekniset vaatimukset täyttävä tietokone.

Tietokoneelle asennettava SDK-kehitysympäristö sisältää sekä itse työkalun (Visual Studio Express) että sisäänrakennetun Windows Phone -emulaattorin, jolla kehitettäviä sovelluksia voi testata ensin ilman että niitä tarvitsee ladata puhelimeen. Windows Phone –sovelluksen kehitys SDK-ympäristössä jakaantuu pääpiirteissään kahteen osaan: käyttöliittymän kehittämiseen ja varsinaiseen koodaukseen (How to develop your first app for Windows Phone 2013, hakupäivä 29.9.2013). Käyttöliittymä ja sen kehittäminen perustuu XAML-kieleen ja varsinainen sovelluskoodi tehdään joko C#- (C Sharp) tai Visual Basic -ohjelmointikielellä. Tämän opinnäytetyön toteutuksessa on käytetty C#-kieltä.

Kuvassa 2 on tyypillinen esimerkki tietokoneen ruudulla, kun sovelluksen kehitys oli alkuvaiheessa ja käytettiin SDK 7.1 -kehitysympäristöä. Kuvassa 3 on vastaava esimerkki uusimmasta sovelluksesta ja sen kehitykseen käytetystä SDK 8.0 -ympäristöstä.



KUVA 2: Sovelluksen esiaste SDK 7.1 –kehitysympäristössä



KUVA 3: Sovelluksen näkymä SDK 8.0 -kehitysympäristössä

3.3 Sovelluksen jakaminen käyttäjille

Windows Phone -sovelluksen voi jakaa loppukäyttäjille ja heidän mobiililaitteisiinsa kolmella eri tavalla. Puhelimen voi rekisteröidä ns. Developer-puhelimeksi Windows Phone Developer -internet-sivustolla. Tämän jälkeen kehitettävän sovelluksen voi ladata puhelimeen yksinkertaisesti USB-kaapelin kautta. Hyvänä puolena tässä menetelmässä on sovelluksen jaon yksinkertaisuus. Toisaalta iso rajoitus on se, että Developer-puhelimia voi olla rekisteröitynä yhtä aikaa korkeintaan kolme kappaletta.

Suurempaa käyttäjäkuntaa tavoiteltaessa sovelluksen voi julkaista Windows Market Placessa ns. beetaversiona ja halukkaat käyttäjät voivat ilmoittautua sen testaajiksi. Käyttäjien puhelimeen määritelty Microsoft Mail -sähköpostiosoite lisätään Windows Market Placessa beetakäyttäjien listalle, jolloin vain kyseiset käyttävät voivat ladata sovelluksen puhelimeensa. Beetakäyttäjiä voi olla peräti 10 000, mutta toisaalta beetakäyttö on rajattu ajallisesti 90 päivään, jonka jälkeen sovellus lopettaa toimintansa. (Beta testing your app and in-app products 2013, hakupäivä 28.10.2013.)

Sovelluksen lopullinen julkaisu tapahtuu myös Windows Market Placessa, josta se on tällöin kaikkien ladattavissa. Sovellukselle voi myös määritellä hinnan, mutta huomionarvoista on se, että osa sovelluksen tuotoista menee tällöin Microsoftille. Nyt kehitetyn sovelluksen käyttäjäkunta on oletettavasti varsin rajallinen, joten tätä kirjoitettaessa lopullista päätöstä sovellukselle mahdollisesti määriteltävästä hinnasta ei ole vielä tehty.

4 ARFCN-LASKINSOVELLUKSEN KEHITTÄMINEN

4.1 Sovelluksessa tarvittavat toiminnallisuudet

Tukiasemien testauksessa ja vianetsinnässä on usein tarvetta jossain matkapuhelintekniikassa käytettävän kanavanumeron muuntamiseksi sitä vastaaviksi laskevan ja nousevan siirtotien taajuuksiksi ja päinvastoin. Sovelluksella pitää pystyä tekemään näitä muunnoksia sekä GSM-, WCDMA FDD - että LTE FDD - järjestelmissä käytettäville kanavanumeroille niiden yleisimmillä taajuusalueilla.

Taajuusalueiden uudelleenkäyttötilanteiden jatkuvasti yleistyessä on myös usein tarve tietää ne GSM-kanavanumerot, joita voi käyttää samalle taajuuskaistalle sijoitettavan WCDMA- tai LTE-kanavan varaaman kaistanleveyden reunoissa. Tästä olikin jo aiemmin esimerkki kuvassa 1. Tietyillä markkina-alueilla yleistyy WCDMA:n ja LTE:n yhteiskäyttö samalla taajuuskaistalla, jolloin on vastaavasti tarve laskea olemassa olevan WCDMA-kanavan viereen mahtuvien LTE-kanavien kanavanumerot.

GSM-kanavan kaistanleveys on suhteellisen kapea (200 kHz), joten sitä ei tarvitse kanava- ja taajuuslaskuissa erityisesti huomioida. WCDMA- ja erityisesti LTE-kanavien kaistanleveys on kuitenkin aina huomattavasti suurempi, jolloin tietyn kanavan ala- ja yläreunan taajuudet pitää laskennassa ottaa huomioon. Kuten edellä jo todettiin, 3GPP-määrittelyissä WCDMA-kanavan nimellinen kaistanleveys on 5 MHz, mutta LTE-kanavalle on valittavissa useita erilaisia kaistanleveyksiä. Tyypillisiä tällä hetkellä käytettäviä kaistanleveyksiä ovat 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz ja 20 MHz. Sovelluksen täytyykin siis tietää haluttu LTE-kanavan kaistanleveys ja ottaa sen vaikutus huomioon kanavanumeroiden laskennassa taajuuskaistan yhteiskäyttötilanteissa. Jos LTE ja GSM ovat käytössä samassa tukiasemassa, voidaan GSM-kanavat tuoda aivan LTE-kanavan vaatiman kaistan ala- ja yläreunaan (Holma & Toskala 2009, 246–247).

Muita tukiasemien testauksessa ja vianetsinnässä tarvittavia tavanomaisia laskentatarpeita ovat erilaiset yksikkömuunnokset, kuten RF-tehon muuntami-

nen dBm- ja W-yksikköjen välillä, siirtolinjan heijastusvaimennuksen muuntaminen RL- (Return Loss, dB) ja VSWR-arvojen välillä sekä logaritmisella dBm-yksiköllä ilmaistujen tehoarvojen yhteenlaskeminen ilman, että yhteenlaskettavia tehoja tarvitsee ensin muuttaa lineaarisiksi (W) arvoiksi.

4.2 Käyttöliittymän suunnittelu

Tarvittavien toiminnallisuuksien määrittelyn jälkeen voitiin aloittaa varsinainen sovelluskehitys, joka koostui käyttöliittymien sekä niiden taustalla tarvittavan ohjelmakoodin kehittamisestä. Tämänkaltaista sovellusta käytetään vain työtehtävien yhteydessä, joten sovelluksen visuaalisesta ulkoasusta ja tarvittavista alinäytöistä päätettiin tehdä pelkistetyn selkeitä ja mahdollisimman yhtenäisiä. Tavoite oli, että tarpeelliset pohjatiedot hallitseva, tukiasemien testauksen ja vianetsinnän parissa työskentelevä henkilö pystyisi käyttämään sovellusta ilman erillisiä käyttöohjeita tai opastusta.

Sovelluksen päänäyttö toteutettiin päällekkäisillä painikkeilla, joita tarvittiin kaikkiaan yhdeksän. Päänäytön alareunan sovelluspalkkiin lisättiin sininen info-nappi, jota painamalla avautuu sovelluksen perustiedot sisältävä viesti-ikkuna.

Järjestelmäkohtaisia taajuus- ja kanava-numeroiden muuntamisia varten on päänäytön kolme ylintä painiketta, joiden nimiksi valittiin puhekieleen vakiintuneet 2G, 3G ja LTE.. Päänäytön keskellä ovat taajuuskaistojen yhteiskäyttöä varten olevat painikkeet ja niiden nimiksi valittiin vastaavalla logiikalla 3G-2G, LTE-2G ja 3G-LTE. Kolmella alimmalla painikkeella toteutettiin loput tarvittavat toiminnallisuudet eli radiotehon yksikkömuunnokset (dBm, W), heijastusvaimennuksen ja VSWR arvojen keskinäiset muunnokset sekä dBm-tehojen yhteenlasku. Päänäytön valintapainikkeet ja viesti-ikkuna on esitelty kuvassa 4.



KUVA 4: Sovelluksen päänäyttö ja viesti-ikkuna

4.3 Taajuus- ja kanavanäytöt

Päänäytön 2G-, 3G- ja LTE-napeista avautuvat alinäytöt, joissa yhteistä on käyttäjän antamien tietojen syöttöalue näytön yläreunassa ja iso tekstikenttä syöttötietojen perusteella laskettujen tuloksien esittämistä varten näytön alaosassa.

Ylimmällä rivillä kaikissa alinäytöissä on tekstikenttä, johon käyttäjä voi syöttää numeerisen kanavanumeron, ja vieressä Freq-painike, jota painamalla sovellus laskee annettua kanavanumeroa vastaavat laskevan ja nousevan siirtotien taajuudet sekä tiedon kyseisen kanavan taajuuskaistasta. Muunnoksen voi tehdä myös toisinpäin, jolloin toisella rivillä olevaan tekstikenttään syötetään taajuus ja viereistä ARFCN-painiketta painamalla sovellus ilmoittaa sen kanavan, jolla kyseinen taajuus esiintyy.

Sovellus tarkistaa käyttäjän antaman kanavanumeron tai taajuuden, ja jos se ei ole käytössä sovelluksen sisältämillä taajuuskaistoilla, näytetään virheestä kertova viesti-ikkuna. GSM-järjestelmän tapauksessa sama kanavanumero tai

taajuus voi olla käytössä useammalla taajuuskaistalla, jolloin sovellus näyttää ne kaikki. LTE-järjestelmän tapauksessa näytetään myös Boolean logiikalla (True tai False), millä LTE-kaistanleveyksillä annettu EARFCN-kanavanumero voi olla mahdollinen. Kuvassa 5 on esitetty kaikki kolme alinäyttöä ja tyypilliset tulokset annetuilla kanavanumeroilla.



KUVA 5: 2G-, 3G- ja LTE-näytöt kanava- ja taajuusmuunnoksia varten

Näyttöjen alareunan sovelluspalkkiin toteutettiin kolme nappia, joista vasemmanpuoleista nuolinappia painamalla palataan päänäytölle, keskimmaisella pyyhkeuminapilla tyhjennetään tulosruutu ja oikeanpuoleisella infonapilla näytetään lisätietoa kyseisestä alinäytöstä, kuten tietoa tuetuista kanavista ja taajuuskaistoista.

Varsinaisen koodauksen kannalta haasteena oli GSM 900 -alueella käytettävä kanavanumerointi, jossa peräkkäiset kanavataajuudet katetaan kolmeen eri ryhmään kuuluvilla kanavanumeroilla eli 955–1023, 0 ja 1–124.

WCDMA-järjestelmän 1900 MHz:n ja 850 MHz:n taajuuskaistoilla 200 kHz:n rasterin välein olevien yleisten kanavien lisäksi sovellukseen piti koodata myös 100 kHz:n rasterilla olevat lisäkanavat, joiden kanavanumerot poikkeavat yleisistä kanavista.

LTE-järjestelmän EARFCN-kanavanumerointi on hyvin johdonmukainen eikä siten aiheuttanut sovelluksen koodauksessa erityisiä ongelmia. LTE-järjestelmälle määriteltujen taajuuskaistojen suuri määrä sen sijaan vaatii lisätöitä. Tässä vaiheessa sovellukseen otettiin mukaan kymmenen yleisintä LTE (FDD) -taajuuskaistaa oman kokemuksen ja testausvaiheessa muilta käyttäjiltä tulleiden kommenttien perusteella. Taajuuskaistojen lisääminen tarvittaessa myöhemmin on varsin helppoa, koska koodirunko on valmiina.

4.4 Yhteiskäyttönäytöt

Erilaisia yhteiskäyttönäyttöjä toteutettiin tässä vaiheessa kolme eli 3G–2G, LTE–2G sekä 3G–LTE. Logiikkana näyttöjen nimeämisessä on se, että käyttäjä antaa ensiksi mainitun teknologian kanavanumeron (siis joko 3G UARFCN tai LTE EARFCN) ja ohjelma laskee sitten toisena mainitun teknologian kanavanumerot sen perusteella (eli joko 2G ARFCN tai LTE EARFCN). Muita vastaavia näyttöjä voi jatkossa tarvittaessa toteuttaa varsin helposti, vaikkapa LTE–3G.

Perusajatus kaikissa näytöissä on sama eli käyttäjä antaa ensin numeerisen 3G UARFCN- tai LTE EARFCN -kanavanumeron (ns. pääkanavan) näytön yläreunassa olevaan tekstikenttään ja painaa sen jälkeen Freq-painiketta. Sovellus laskee tämän jälkeen ne toisen teknologian kanavat, jotka ovat annetun pääkanavan ala- ja yläpuolella. Näin voidaan arvioida yhteiskäyttötilanteessa eri teknologioiden mahtumista jollekin tietyille taajuusalueelle. 3G–GSM yhteiskäyttötapauksessa käyttäjän antaman 3G UARFCN -kanavan keskitaajuuden ympärille lasketaan GSM-kanavat sekä ± 2.0 MHz että ± 2.4 MHz pisteisiin, jolloin käyttäjän on helpompi arvioida mahdollisuutta mahdollistaa 3G ja 2G samalle taajuuskaistalle.

LTE–2G- ja 3G–LTE-näytöissä käyttäjä voi lisäksi erikseen valita käytettävän LTE-kanavan kaistanleveyden käyttämällä näytön yläosan radiopainikkeita. Oletusarvoisena LTE-kaistanleveytenä käytetään 10 MHz:n vaihtoehtoa, jolloin sovellus laskee ± 5.0 MHz pisteissä olevien 2G-kanavien taajuudet ja antaa

niitä vastaavat ARFCN-kanavanumerot. Aivan kuten edeltävissä taajuus- ja kanavanäytöissäkin, sovellus tarkistaa käyttäjän antaman kanavanumeron ja näyttää tarvittaessa virheestä kertovan viesti-ikkunan.

Näytön alareunan sovelluspalkissa olevat kolme nappia ovat vastaavat kuin aikaisemminkin eli niistä voi mennä takaisin päänäytölle, tyhjentää tulosruudun tai näyttää lisätietoa kyseisestä alinäytöstä. Kuvassa 6 on esitetty toteutetut yhteiskäyttönäytöt ja tyypilliset tulokset annetuilla lähtöarvoilla.



KUVA 6: Yhteiskäyttönäytöt ja tyypilliset tulokset

4.5 Lisänäytöt

Sovellukseen toteutettiin myös kolme lisätoiminnallisuutta ja niitä vastaavat näytöt, joilla voi suorittaa RF-tehon yksikkömuunnoksia (dBm ja W), heijastusvaimennuksen ja VSWR-arvojen keskinäisiä muunnoksia sekä logaritmisella dBm-arvolla ilmoitettujen tehoarvojen yhteenlaskuja. Näyttöjen visuaalisesta

ulkoasusta tehtiin samankaltaisia kuin muissakin eli käyttäjän antamat lähtötiedot ovat näytön yläosassa ja niiden perusteella lasketut tulokset alaosan isommassa teksti-ikkunassa.

Tehon muunnoksia dBm- ja W-yksikköjen välillä voi tehdä dBm / Watt -alinäytöllä, johon käyttäjä voi syöttää joko dBm- tai W-lähtöarvon ja muunnos toiseen suuntaan tehdään viereistä painiketta painamalla. Heijastusvaimennuksen RL (Return Loss)- ja VSWR-arvon välisiä muunnoksia voi tehdä vastaavaan tapaan RL / VSWR -alinäytöllä.

Viimeisessä alinäytössä voi laskea suoraan yhteen logaritmisella dBm-yksiköllä ilmoitettua tehoarvoja ilman tarvetta muuttaa niitä ensin lineaarisiksi W-yksiköiksi. Tätä voi käyttää esimerkiksi laskettaessa yhteen tukiaseman eri komponenteista koostuvaa kokonaislähtötehoa. Kuvassa 7 on lisänäyttöjen visuaalinen ulkoasu ja tyypilliset tulokset annetuilla lähtöarvoilla.



KUVA 7: Lisänäytöt ja tyypilliset tulokset

5 TESTAUS JA KÄYTTÄJILTÄ SAATU PALAUTE

5.1 Testaus

Sovelluksen kehityksen alkuaikoina opetteluun, testaukseen ja vianetsintään käytettiin pelkästään SDK-kehitysympäristön sisäänrakennettua emulaattoria, joka todettiin varsin helpoksi ja tehokkaaksi työkaluksi. Myöhemmin testaus aloitettiin myös omassa Windows Phone -puhelimessa, joka piti ensin rekisteröidä Developer-puhelimeksi Windows Phone Developer -sivustolla. Sovelluksen todettiin lopulta edenneen siihen vaiheeseen, että se voitiin julkaista beeta-versiona Windows Market Placessa. Työtovereista vapaaehtoisiksi beetakäyttäjiksi ilmoittautui lopulta noin 20 henkilöä, joilta saatiin erittäin hyödyllistä palautetta ja kehitysideoita. Korjausten myötä sovelluksesta julkaistiin heille aina uusi versio testattavaksi. Varsinaisia yllätyksiä ei testausvaiheessa tullut eteen, mutta tavanomaisia ohjelmointivirheitä toki löytyi jonkin verran. Beetatestaajilla oli käytössä muutamia erilaisia Nokia Lumia -puhelinmalleja, jotka toimivat sekä Windows Phone 7.8- että Windows Phone 8.0 -käyttöjärjestelmillä.

5.2 Kehitysideat

Beetatestaajien toivomuksesta sovellukseen lisättiin siitä alun perin puuttunut dBm-summausnäyttö sekä lisättiin LTE-taajuuskaistoja. Sovelluksesta julkaistiin uusia, korjauksia ja uusia toiminnallisuuksia sisältäviä versioita beetatestaajien käyttöön. He saivat ladattua uuden version käyttöönsä Windows Market Placen kautta. Tätä kirjoitettaessa on beetatestaajille julkaistu versio 0.9, jossa on mukana tunnettujen vikojen korjaukset. Beetatestauksen aikarajan umpeutuksessa sovellus on tarkoitus lopulta julkaista kaikkien halukkaiden käyttöön Windows Market Placessa.

5.3 Beetatestaajille tehty kysely

Työn kehityksen loppuvaiheessa kaikilta beetatestaajilta kysyttiin nimetöntä palautetta viidellä eri kysymyksellä, joiden lisäksi heillä oli mahdollisuus esittää vapaamuotoisia kommentteja. Tätä kirjoitettaessa vastauksia on tullut viideltä henkilöltä. Esitetyt kysymykset, saadut vastaukset ja niistä lasketut keskiarvot on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6: Beetatestaajilta saatu palaute

Asteikko 1–5:

- 1 = täysin eri mieltä / negatiivinen
- 5 = täysin samaa mieltä / positiivinen

	Henkilö 1	Henkilö 2	Henkilö 3	Henkilö 4	Henkilö 5	Keskiarvo
1. Asennuksen helppous (Windows Market Placesta)	4	3	4	5	5	4.2
2. Sovelluksen käytön helppous (ilman ohjeita)	4	4	4	4	4	4.0
3. Sovelluksen käyttökelpoisuus/tarve omassa työssä	5	5	4	4	4	4.4
4. Bugien määrä viimeisimmässä beetaversiossa	5	5	5	4	4	4.6
5. 'WOW'-effekti (kun kokeilit ja näit ensimmäisen kerran)	4	4	4	4	4	4.0

Testaajilta tulleet vapaamuotoiset kommentit:

- *Hieno käytännön sovellus, jolla oikeasti käyttöä työssä.*
- *Ohjelma viikoittaisessa käytössä ja hyvin on pelannut.*
- *Info napin takaa tuleva tieto vaatii lisäselvityksen. 3G-GSM laskurissa jos antaa väärän tiedon, sovellus huomauttaa siitä, mutta laskee kuitenkin noilla tiedoilla. Mielestäni ei pitäisi laskea lainkaan. LTE laskee vain DL.*
- *Erittäin hyvä sovellus tukaritestauksessa. dBm / W lisäys oli hyvä juttu.*

Tulosten perusteella voidaan päätellä, että käyttäjät ovat oppineet sovelluksen käytön ilman erillisiä ohjeita ja kokevat sen tarpeelliseksi omassa päivittäisessä työssään. He ovat myös ottaneet sen säännölliseen käyttöön ja kokevat, että ohjelmointivirheiden määrä on vähäinen. Kaiken kaikkiaan palaute vaikuttaa todella positiiviselta, vaikka toki myös parannus- ja jatkokehitysideoita esitettiin. Sovelluksen kehittämistä onkin tarkoitus jatkaa myös tämän opinnäytetyön jälkeen.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää yksinkertainen ja helppokäyttöinen Windows Phone -sovellus, jolla voi muuttaa matkapuhelinverkoissa yleisesti käytettävien GSM-, WCDMA- ja LTE-järjestelmien kanavanumeroita niitä vastaaviksi radiotaajuuksiksi ja päinvastoin. Sovelluksella piti pystyä myös suorittamaan eri järjestelmien välisiä kanavanumerolaskuja, joita tarvitaan taajuuskaistojen yhteiskäyttötilanteissa eri järjestelmien kesken. Lisäksi sovelluksella piti pystyä suorittamaan matkapuhelinverkoissa käytettävien tukiasemien yhteydessä käytettävien, tavanomaisten radioteknisten suureiden laskutoimituksia. Kehitettävää sovellusta piti pystyä käyttämään ilman erillisiä käyttöohjeita tai opastusta sellaisten henkilöiden, joilla on tarpeelliset pohjatiedot tukiasemien testauksesta ja vianetsinnästä. Beetatestaajilta kerätyn palautteen perusteella asetetuissa tavoitteissa onnistuttiin varsin hyvin.

Sovelluksen tekoon käytettiin Microsoftin SDK-kehitysympäristöä, joka päivitettiin työn kuluessa SDK 7.1 -versiosta uudempaan SDK 8.0 -versioon. Tällöin huomattiin, että SDK 8.0 asettaa käytettävälle tietokoneella varsin kovat vaatimukset ja nostaa myös sen hintaa. Tämä sai pohtimaan, onko tällä seikalla vaikutusta siihen, kuinka paljon Windows Phone -sovelluksia ylipäättään tehdään ja julkaistaan.

Työ jakaantui itse sovelluksen kehittämiseen ja kirjallisen opinnäytetyön kirjoittamiseen. Varsinkin tähän kirjalliseen työhön vaadittava työmäärä yllätti ja aikataulu venyi alun perin arvioidusta muutamalla kuukaudella. Toisaalta opiskelun, työn ja perhe-elämän yhteensovittaminen on aina haastavaa.

Työn edetessä opin, miten tällaisia sinänsä varsin yksinkertaisia sovelluksia tehdään Windows Phoneen ja tämän innoittamana uusia sovellusideoita onkin jo hautumassa. Nyt kehitettyä sovellusta on helppo laajentaa kattamaan vaikkapa uusia LTE-taajuuskaistoja, ja tarpeen mukaan siihen voidaan toteuttaa myös muita uusia ideoita.

LÄHTEET

3GPP Releases. Hakupäivä 28.10.2013. <http://www.3gpp.org/releases>.

3GPP TS 25.101. User Equipment (UE) radio transmission and reception (FDD). Hakupäivä 29.9.2013. <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/25101.htm>.

3GPP TS 36.101. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA). User Equipment (UE) radio transmission and reception. Hakupäivä 29.9.2013. <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/36101.htm>.

3GPP TS 45.005. Radio transmission and reception. Hakupäivä 29.9.2013. <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/45005.htm>.

Apple iPhone, iPhone 5c and iPhone 5s. Hakupäivä 29.9.2013. <http://www.apple.com/iphone/LTE/>.

Berry J., 2009. Refarming GSM Spectrum. InterConnect Communications Ltd. Hakupäivä 28.10.2013. <http://www.icc-uk.com/download/papers/Refarming-GSM-Spectrum.pdf>.

Beta testing your app and in-app products. 2013. Windows Phone Development Centre. Hakupäivä 29.9.2013. [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windowsphone/help/jj215598\(v=vs.105\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windowsphone/help/jj215598(v=vs.105).aspx) .

Ericsson White paper. 2013. The future of WCDMA/HSPA. Hakupäivä 2.10.2013. <http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-wcdma.pdf>.

Etäluettavat turvallisia. 2013. Oulu-lehti. Oulun Energia. Hakupäivä 29.9.2013. http://www.oululehti.fi/etusivu/oulun_energia_et%C3%A4luettavat_turvallisia_6283756.html.

Gartner Newsroom. 2013. Press Release. Hakupäivä 29.9.2013. <http://www.gartner.com/newsroom/id/2573415>.

Holma, H. & Toskala, A. 2000, WCDMA for UMTS – Radio Access For Third Generation Mobile Communications. United Kingdom. John Wiley & Sons, Ltd.

Holma, H. & Toskala, A. 2009. LTE for UMTS – OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access. United Kingdom. John Wiley & Sons, Ltd.

How to develop your first app for Windows Phone. 2013. Windows Phone Development Centre. Hakupäivä 29.9.2013. [http://msdn.microsoft.com/en-US/library/windowsphone/develop/ff402526\(v=vs.105\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-US/library/windowsphone/develop/ff402526(v=vs.105).aspx).

LG Space. Arfcn calculator for LTE, WCDMA, GSM, CDMA. 2013. Hakupäivä 29.9.2013. <http://niviuk.free.fr/index.html>.

Miksi GSM-verkot ovat edelleen tärkeitä? 2013 Nokia Ääni. Nokian oma blogi. Hakupäivä 29.9.2013. <http://aani.nokia.fi/2013/05/23/miksi-gsm-verkot-ovat-edelleen-tarkeita>.

Mousa A. 2012. Prospective of Fifth Generation Mobile Communications. International Journal of Next-Generation Networks. Hakupäivä 2.10.2012. <http://airccse.org/journal/ijngn/papers/4312ijngn02.pdf>.

Nokia Lumia 1020. Nokia Developer. Device Details. Hakupäivä 29.9.2013. http://developer.nokia.com/Devices/Device_specifications/Lumia_1020/.

Ojanperä, T. & Prasad, R. 1998. Wideband CDMA for Third Generation Mobile Communications. United States of America. Arctech House.

Viestintävirasto. 2010. Radiotaajuuksien kysyntä tulevaisuudessa. Hakupäivä 29.9.2013. https://www.viestintavirasto.fi/attachments/Radiotaajuus_2010_syksy.pdf.

Windows Phones. 2013. Hakupäivä 29.9.2013. <http://www.windowsphone.com/en-us/phones>.

Windows Phone SDK. 2013. Hakupäivä 29.9.2013. <http://dev.windowsphone.com/en-us/downloadsdk>.