

ERINEVATE MOBIILTELEFONIDE LEVIKVALITEEDI VÕRDLUS

JUHENDAJAD: TÕNIS EELMA, EINIKE REINVELT

SISSEJUHATUS

6. septembril 2016. a. ilmus Delfi portaalis uudis¹, et Põhjamaade teadlased uurisid erinevate uuemate mobiiltelefonide antennide kvaliteeti. Uuringust selgus, et kõige kehvema levikvaliteediga mobiiltelefon on Apple iPhone 6S, eriti kui seda hoida vasakus käes. Kuna olin hiljuti endale just sellise telefoni saanud, siis tundus selline väide üllatav ja natuke ka nõrdimust tekitav. Postimees lisas samale uudisele veel väikese õpetuse selle kohta, kuidas iga iPhone'i kasutaja saab ise oma telefoni levikvaliteeti lihtsalt mõõta. Nii tekkiski tahtmine ise praktiliselt järele uurida, kas väide iPhone'i kehva levikvaliteedi kohta võrreldes teiste telefonidega peab paika.

Uurimistöö eesmärk oli mõõta erinevate mobiiltelefonide levikvaliteeti ning kontrollida väidet, et levikvaliteet sõltub sellest, kummas käes telefoni hoida. Heast kõnekvaliteedist ja andmesidest on huvitatud kõik mobiilikasutajad ning seetõttu võiksid uurimistöö tulemused pakkuda huvi neile, kes plaanivad uut telefoni osta.

Eesmärgi saavutamiseks tuli esmalt uurida, kuidas mõõdetakse mobiiltelefoni antenni kvaliteeti ning kas see on tõepoolest lihtsalt mõõdetav. Pärast seda viidi läbi uuringusse valitud mobiiltelefonide levikvaliteedi mõõtmised ja tehti järeldused.

Töö on jaotatud kolmeks peatükiks. Esimeses peatükis antakse ülevaade mobiilside toimimisest, Põhjamaade uuringust ja sellest, mis mõjutab mobiiltelefonide levikvaliteeti ning kuidas seda mõõta. Teises peatükis kirjeldatakse teostatud levikvaliteedi mõõtmisi ja

¹ R. Veski. Suur Põhjamaade uuring: iPhone'i telefonidel on kõige kehvem levi- ja kõnekvaliteet. <http://kasulik.delfi.ee/news/uudised/suur-pohjamaade-uuring-iphonei-telefonidel-on-koige-kehvem-levi-ja-konekvaliteet?id=75539875>.

esitatakse selle tulemused. Kolmandas peatükis võrreldakse saadud mõõtmistulemusi ja tehakse järeldused.

Uurimistöö teoreetilise osa allikatena on peamiselt kasutatud internetis leiduvaid ingliskeelseid materjale, kuna tegemist on uue ja kiiresti muutuva valdkonnaga. Muuhulgas on kasutatud ka ingliskeelse Wikipedia materjale – kasutatud artiklid on usaldusväärsed, väga põhjalikult ning ülevaatlikult koostatud.

SISUKORD

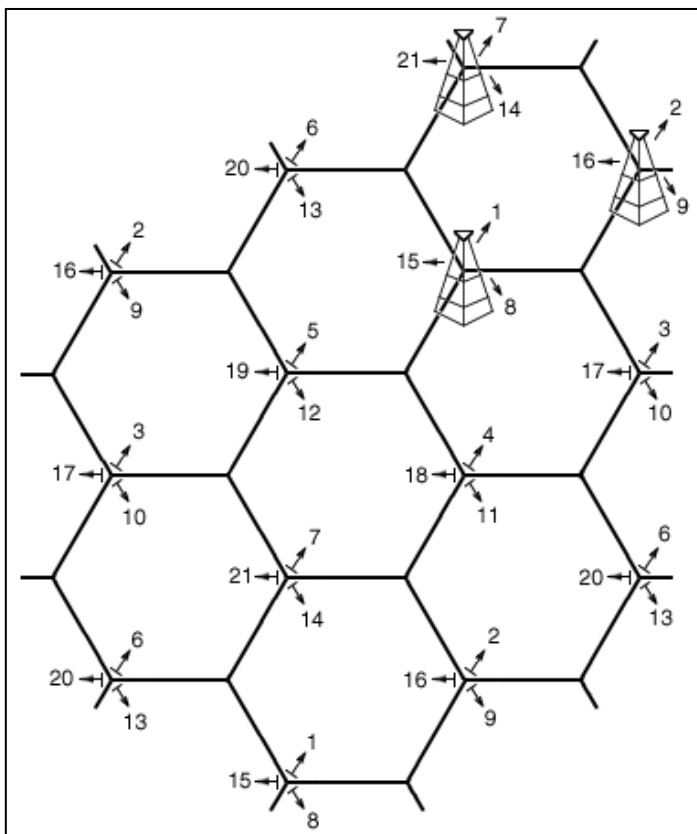
1. MOBIILSIDE JA SELLE KVALITEETI MÕJUTAVAD TEGURID	4
1.1. Ülevaade mobiilside toimimisest	4
1.2. Ülevaade Aalborgi ülikooli uuringust mobiilide antennide kvaliteedi kohta	6
1.3. Mobiiltelefoni antennid	9
1.4. Mis lisaks antennile mõjutab mobiilside kvaliteeti?	10
1.5. Kuidas mõõta mobiili levikvaliteeti?	11
2. ERINEVATE MOBIILTELEFONIDE LEVIKVALITEEDI MÕÕTMINE	12
2.1. Mõõtmismetoodika	12
2.1.1. Mõõtmisse valitud mobiilid	12
2.1.2. Mobiilide ettevalmistamine mõõtmiseks	13
2.1.3. Mõõtmiste läbiviimine	15
3. MÕÕTMISTE TULEMUSED	18
3.1. Mõõtmiskoht 1 – Lohkva küla, toas	18
3.2. Mõõtmiskoht 2 – Jalaka bussipeatus, Räpina mnt ääres	19
3.3. Mõõtmiskoht 3 – Oja bussipeatus, Räpina mnt lähedal	20
3.4. Mõõtmiskoht 4 – Kabina küla, toas	21
3.5. Mõõtmiskoht 5 – Descartes'i kool, ruumis	22
3.6. Mõõtmiskoht 6 – SA Archimedes kontor, ruumis	23
3.7. Mõõtmiskoht 7 – Kaubamaja parkla, keldrikorrusel autos	24
3.8. Mõõtmiskoht 8 – Annelinna Prisma, ruumis	25
3.9. Mõõtmiskoht 9 – Lohkva küla, toas	26
4. ERINEVATE MOBIILTELEFONIDE LEVIKVALITEEDI MÕÕTMISTULEMUSTE VÕRDLUS	27
JÄRELDUSED	29
KOKKUVÕTE	30
ABSTRACT	31
KASUTATUD MATERJALID	32

1. MOBIILSIDE JA SELLE KVALITEETI MÕJUTAVAD TEGURID

1.1. Ülevaade mobiilside toimimisest

Mobiiltelefonide (edaspidi mobiilside) võimaldab inimestel helistada üksteisele, ilma et nad peaksid kasutama selleks juhtmega telefonivõrku ühendatud aparate. Esimesed mobiilsidevahendid tekkisid juba 1980. aastate alguses.² Mobiilside toimimiseks on vaja mobiilsidevõrku ja mobiiltelefone, mis selle võrguga ühenduvad.

Mobiilsidevõrk koosneb tugijaamadest (nn mobiilmastid), mis on ühendatud kiirside andmesidevõrku. Igal tugijaamal on tavaliselt kolm 120° laiust suundantenni, mis kokku moodustavad selle tugijaama ümber leviala. Selliselt tekivad tugijaamade ümber enamasti kuusnurksed töötsoonid (joonis 1), mistõttu nimetatakse sellist võrgustikku kärgevõrguks (ingl *cellular network*, sellest ka ingliskeelne termin *cellphone* mobiiltelefonide kohta).



Joonis 1. Näide tugijaamade kärgevõrgu ja kanalite (tähistatud arvudega) kasutamise kohta³

² Wikipedia. 1G. <https://en.wikipedia.org/wiki/1G>. Vaadatud 01.12.2016.

³ Wikipedia. Cellular network. https://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_network. Vaadatud 01.12.2016.

Kärgvõrgus paikneb mobiiltelefon tavaliselt korraga kolme tugijaama levialas, mis võimaldab sujuvat tugijaamavahetust kõne ajal (*handover*) ning asukoha positsioneerimist. Selleks et eristada, millisest tugijaamast signaal tuleb ja et need üksteist ei segaks, kasutavad saatjad erinevaid sagedusi e kanaleid (joonis 1).

Mobiiltelefon (edaspidi ka mobiil) ja tugijaam vahetavad omavahel andmeid raadiolainete abil sagedusvahemikus 380–3700 MHz.^{4,5} Seega toimib mobiil väikse võimsusega raadiosaatja ja -vastuvõtjana, kasutades seejuures andmete edastamiseks ja vastuvõtuks erinevaid sagedusi.⁶

Andmete edastamiseks raadiolainetega kasutatakse moduleerimist, st kandelaine (mobiilsides detsimeeterlaine) ja informatsioonilaine kombineerimist.⁷ Sellisel juhul esitatakse informatsioon kandelaine moonutustena. Esimese põlvkonna mobiilsides (1G) edastati selliselt helilaineid (helistaja juttu), aga alates teisest põlvkonnast (2G, GSM standard) on vahetatav informatsioon digitaalne. See tähendab, et heli esmalt digitaliseeritakse ja seejärel edastatakse. Digitaalsele andmevahetusele üleminek võimaldas informatsiooni tihendada ja krüpteerida, samuti võtta mobiilsides kasutusele uusi teenuseid nagu sõnumid (SMS), piltide, videosignaali edastamine jpm.⁸

Mobiilsides kasutatakse valdavalt faasmodulatsiooni, mis võimaldab signaali edastamisel jääda kindlale sagedusele. Selleks et ühe tugijaama ühe antenniga saaks korraga andmeid vahetada mitu mobiiltelefoni, kasutatakse erinevaid kanali jaotusmeetodeid.⁹ See tähendab, et ühte andmevoosse kodeeritakse erinevatest seadmetest tulev info või erinevatele seadmetele suunatud info.

Mobiilside areng liigub järjest suuremate andmesidekiiruste kasutuselevõtu poole. See tähendab kõrgemate sagedustega saatjate ning seetõttu väiksemate levialadega tugijaamade kasutuselevõttu.

⁴ Wikipedia. GSM frequency bands. https://en.wikipedia.org/wiki/GSM_frequency_bands.

⁵ Wikipedia. LTE frequency bands. https://en.wikipedia.org/wiki/LTE_frequency_bands.

⁶ M. Miller. How Mobile Networks Work. <http://www.quepublishing.com/articles/article.aspx?p=2021961>.

⁷ K. Nõlvak. Modulatsioon. <http://opiobjektid.tptlive.ee/Telekom/modulatsioon.html>.

⁸ Wikipedia. 2G. <https://en.wikipedia.org/wiki/2G>.

⁹ Wikipedia. Channel access method. https://en.wikipedia.org/wiki/Channel_access_method.

1.2. Ülevaade Aalborgi ülikooli uuringust mobiilide antennide kvaliteedi kohta

Taani Aalborgi ülikooli professor Gert Frølund Pedersen viis 2016. aastal läbi uuringu¹⁰ Põhjamaades levinud uuemate nutitelefonide antennide kvaliteedi mõõtmiseks.

Järgnevalt on esitatud lühikokkuvõtte sellest uuringust, milles muuhulgas selgitatakse mobiiltelefoni levikvaliteedi näitajaid.

G. Pedersen uuris antenni kvaliteeti kokku 26 erineval populaarsel mobiiltelefoni mudelil (tabel 1).

Tabel 1. Rahvusvahelises uuringus kasutatud telefonid

Apple iPhone 6	Microsoft Lumia 650
Apple iPhone 6S	Microsoft Lumia 950
Apple iPhone 6S Plus	Nexus 5X
Apple iPhone SE	Nexus 6P
Doro Liberto 825	Samsung Galaxy J1
Doro PhoneEasy 530X	Samsung Galaxy S5 Mini
HTC 10	Samsung Galaxy S6 Edge+
HTC Desire 626	Samsung Galaxy S7
Huawei Honor 7	Samsung Galaxy S7 Edge
Huawei P9	Sony Xperia Z3 Compact
Huawei Y360	Sony Xperia Z5
LG G5	Sony Xperia Z5 Compact
Microsoft Lumia 640	Xiaomi Mi5

¹⁰ G. Pedersen. Mobile Phone Antenna Performance 2016.
<http://www.pts.se/upload/Rapporter/Tele/2016/MobilephoneTest2016-augusti-2016.pdf>.

Selleks et tagada ühendus telefoni ja tugijaama vahel, on vaja kahepoolset signaaliedastust – signaali telefonist tugijaama ja signaali tugijaamast telefoni. Levikvaliteedi määrab ühenduse nõrgem signaal (mis esimesena katkeb).

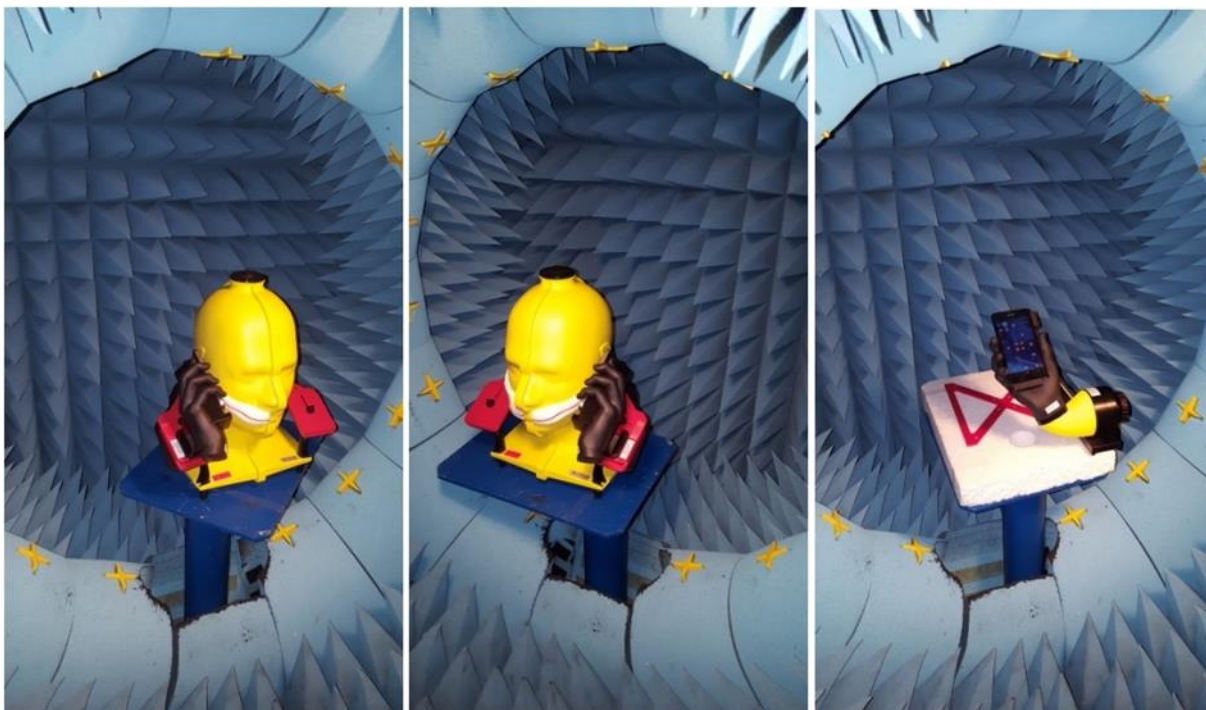
Kõneteenuse puhul on nõrgem signaal telefonist tugijaama ehk üleslink (ingl uplink). Telefonipoolse signaali tugevust iseloomustatakse kogu kiirgusvõimsusega, lühendatult TRP (*Total Radiated Power*). Mida suurem on TRP väärtus, seda parem on ühendus tugijaamaga.

Andmeside puhul on nõrgem signaal tugijaamast telefoni ehk allalink (*downlink*). Tugijaama poolt tuleva signaali vastuvõtuvõimet iseloomustatakse kogu isotroopse tundlikkusega, lühendatult TIS (*Total Isotropic Sensitivity*). Seetõttu keskendub Põhjamaade uuring telefoni saatja jõudlusele kõneteenustes ja vastuvõtja jõudlusele andmeside režiimis, kuna need määravad ühenduse toimimise. Mida madalam on TIS väärtus, seda väiksemat signaali vajab telefon levi hoidmiseks ja seda paremini töötab telefon halbades levitingimustes. Näiteks on tulemus -97 dBm parem kui -90 dBm TIS-i skaalal (dBm – võimsus detsibellides ühe millivati kohta). Seega, mida väiksem on saadud tulemus, seda kvaliteetsem on telefoni antenn.

Saatja ja vastuvõtja toimimine sõltub suuresti telefoni antenni kvaliteedist ning kuidas kasutaja telefoni kõne ajal hoiab. Kui telefon ei ole kõrva juures ja on lihtsalt käes või laua peal, siis on levi parem, sest telefonist välja antavatel lainetel pole takistavaid objekte ees. Kuigi levi sõltub ka elektroonikast, siis suurem erinevus tuleneb telefoni antennide disainist ja sellest, kuidas kasutaja seda hoiab. Mida parem levi, seda vähem peab telefon kulutama akut. Seega hea leviga piirkondades kestab telefoni aku kauem kui halva leviga piirkonnas.

Antenni kvaliteedi mõõtmisel kasutati pea ja käte makette, et uurida kehatakistuse mõju levile. Kõneteenuse kvaliteedi mõõtmisi tehti pea maketi vasaku kõrva juures maketi vasakus käes ja vastavalt paremal pool (joonis 2). Mõõtmisi tehti erinevates asendites ehk pöörati maketti erinevates suundades. Saadud tulemustest leiti mobiiltelefoni keskmine TPR ja nii igal sagedusel. Telefonid seati kõneteenuse paremusjärjestusse vastavalt GSM 900 MHz sagedusel saadud tulemuste põhjal, kuna GSM900 sagedus katab kõige rohkem alasid ja on enim kasutatud.

Andmeside mõõtmiseks oli telefon maketi käes (joonis 2) ning paremusjärjestusse seati mobiiltelefonid LTE2600 tulemuste (TIS väärtuste keskmine) põhjal.



Joonis 2. Katsete läbiviimiseks kasutatud maketid

Kõneteenuse mõõtmistulemustest selgus, et telefoni käes ja kõrva juures hoidmine võib sõltuvalt telefonist mõjutada levikvaliteeti oluliselt. Mõnedel telefonidel oli TRP erinevus GSM900 sagedusel 20 dB, mis tähendab, et tugijaama jõudva signaali tugevus erineb umbes 100 korda. Parema antenniga telefonidel oli see erinevus u 8 dBm. Samuti oli kehvema antenniga telefonidel TRP erinevus mõõdetuna paremas või vasakus käes suurem.

Kõneteenuse jaoks parima antenniga olid telefonid HTC Desire 626 ja DORO PhoneEasy 530X ja kõige kehvema antenniga Apple iPhone 6S+ ja Huawei P9. Mõõdetud TRP keskmised väärtused GSM900 sagedusel nende telefonide puhul on esitatud tabelis 2.

Tabel 2. Kahe parima ja kahe kehvima kõneteenuse antenniga telefoni TRP tulemused

Mudel	TRP hoidjas	TRP paremas käes	TRP vasakus käes
iPhone 6S+	26,9	18,7	6,5
Huawei P9	27,0	8,3	15,0
DoroPhoneEasy530x	28,4	20,1	21,8
HTC Desire 626	30,9	22,5	19,8

Andmeside mõõtmistulemused ei olnud nii suure erinevusega kui kõneteenuse mõõtmistulemused. Parimate tulemustega andmesides sagedusel LTE2600 olid Samsung S5 Mini ja Sony Z5 Compact, kõige kehvemate tulemustega olid Microsoft Lumia 950 ja HTC 10 (tabel 3).

Tabel 3. Kahe parima ja kahe kehvima andmeside antenniga telefoni TIS tulemused

Mudel	TIS hoidjas	TIS maketi käes
Samsung S5 Mini	-94,9	-92,5
Sony Z5 Compact	-92,5	-91,1
Microsoft Lumia 950	-90,5	-85,1
HTC 10	-84,5	-82,5

1.3. Mobiiltelefoni antennid

Mobiiltelefonide levikvaliteedi määravad suures osas antennid ja seda juhtiv elektroonika, kuid tuleb mõista, et tootjatele on ette antud ka mitmed piirangud, mis ei võimalda selles osas liiga suuri erisusi. Lisaks on tänapäevastel nutitelefonidel mitmeid erinevaid funktsioone, mis nõuavad toimimiseks erinevaid antenne – nii muutub antennide paigutamine parajaks disainiülesandeks, kuna soovitakse telefon hoida väiksemõõdulisena, kergena, kasutada metallkorpust jne.

Uuemates telefonides on tavaliselt viis antenni¹¹:

- põhiantenn – selle kaudu toimub põhiline andmevahetus mobiilimastiga
- lisaantenn – kasutatakse peamiselt ainult signaali vastuvõtuks, võimaldab andmeid vastu võtta kahelt kanalilt korraga või valida tugevaim signaal¹²
- GPS antenn – satelliitidelt tulevate GPS signaalide vastuvõtuks
- WiFi antenn – kasutatakse WiFi ja Bluetooth'i kahepoolseks signaaliedastuseks

¹¹ P. Bevelacqua. Cell Phone Antenna Design. <http://www.antenna-theory.com/design/cellantenna.php>.

¹² P. Bevelacqua. Diversity Cell Phone Antenna Design. <http://www.antenna-theory.com/design/diversity.php>.

- NFC antenn – lähiväljaside NFC kasutamiseks

Mobiilside jaoks on tähtsaim põhiantenn, mis asub reeglina telefoni alumises osas, et hoida see kõne ajal peast võimalikult eemal (kiirguse ja levikvaliteedi tõttu). Põhiantenni kaudu toimub signaaliedastus erinevatel mobiilside sagedustel ja seetõttu, mida rohkemaid sagedusi mobiil toetab, seda keerukam on põhiantenni ehitus.

Põhiantenni levikvaliteedi miinimumtaseme määravad mobiilioperaatorid, sellega tagatakse, et mobiil levipiirkondades töötaks. Selliselt määratakse testimiseks nõutavad minimaalsed TRP ja TIS väärtused iga sageduse jaoks nii hoidjas kui (mannekeeni) pea juures.

Teisalt on riikide poolt mobiilidele määratud maksimaalne elektromagnetkiirguse tase, mis tagab, et need ei muutuks tervisele kahjulikuks. Selle mõõtühikuks on erineelduvuskiirus SAR (*Specific absorption rate*), mis näitab, kui palju kiirgust neeldub inimkehasse. Seega ei ole tootjal võimalik hea levikvaliteedi nimel toota liiga võimsa saatjaga telefone.

Kuna mobiilsideks kasutatavad sagedused lähevad järjest kõrgemaks, siis tähendab see, et vastavad antennid võivad olla mõõtmelalt järjest väiksemad (mida madalam sagedus, seda pikem peab olema antenn). Seetõttu ei olegi tänapäeval telefonidel enam väljatõmmatavaid antenne, vaid pigem on suund antennide hulga suurendamisele, et võimaldada paralleelset andmevahetust.¹³

1.4. Mis lisaks antennile mõjutab mobiilside kvaliteeti?

Mobiili levikvaliteet sõltub lisaks telefoni antennile ka mobiilimasti kaugusest, tugijaamade tihedusest, füüsilistest takistustest (kõrged hooned, puud, paksud seinad, metallkonstruktsioonid, maapind), kasutajate hulgast lähipiirkonnas (samal levialal), ilmast (pilved, sademed, temperatuuri kõikumised).¹⁴ Kusjuures mõnikord võib pilvede peegeldus leviala hoopiski suurendada.

¹³ S. Saini. Why don't cell phones have retractable antennas anymore? <http://engineering.mit.edu/ask/why-don%E2%80%99t-cell-phones-have-retractable-antennas-anymore>.

¹⁴ Wikipedia. Mobile phone signal. https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_phone_signal.

Mobiilikõne kvaliteeti mõjutab ka telefoni mikrofoni. Uuematel telefonidel on kasutusel juba mitu mikrofoni, samuti tehakse pidevat arendustööd inimkõne eristamiseks muust müra- ja kõrgemat helikvaliteeti võimaldavate helikoodeksite kasutuselevõtuks.¹⁵

1.5. Kuidas mõõta mobiili levikvaliteeti?

Nagu eelnevalt kirjeldatud, mõõdetakse telefoni saatja kvaliteeti näitajaga TRP ja vastuvõtja kvaliteeti näitajaga TIS. Mõlemad väärtused peavad vastama operaatorite poolt kehtestatud miinimumnormidele. Kahjuks kodustel tingimustel neid väärtusi lihtsasti mõõta ei saa, selleks kasutatakse spetsiaalseid laboreid või on võimalik endale soetada küllaltki kallid laborikomplektid. Mõlemal juhul on vaja kontrollitavat mobiilimasti simulaatorit, millega saab signaali nii saata kui ka vastu võtta.^{16,17}

Küll aga saab pea iga telefoni puhul mõõta raadiosignaali tugevust, mis tema vastuvõtjasse jõuab. Vastavat näitajat tähistatakse lühendiga RSSI (*Received Signal Strength Indication*)¹⁸ ja see väljendab signaali sumbumist detsibellides. Seega on tulemuseks negatiivsed väärtused ning mida lähemal on tulemus nullile, seda tugevam on signaal.¹⁹ Mobiililevis oleval telefonil teisendatakse RSSI väärtus levikvaliteedi illustreerimiseks ekraanil „pulkadeks“ või „täppideks“, kusjuures see teisendus ei ole lineaarne ja võib telefoniti erineda.

Selleks et näha oma telefoni RSSI väärtust, tuleb käivitada nn *Field Test Mode*. Apple iPhone'il saab seda teha, kui teha kõne numbril *3001#12345#*, Android telefonil näeb seda telefoni seadete alt.²⁰ Erinevate telefonide *Field Test Mode* käivitamise koodid on leitavad näiteks Wilson Electronicsi poolt koostatud ülevaates²¹.

¹⁵ E. Malykhina. Why Is Cell Phone Call Quality So Terrible? <https://www.scientificamerican.com/article/why-is-cell-phone-call-quality-so-terrible/>.

¹⁶ MegiQ BV. Calculating TIS from TRP. <http://www.megiq.com/blog/item/46-calculating-tis-from-trp>.

¹⁷ CTIA Certification Program. Test Plan for Wireless Device Over-the-Air Performance. http://www.ctia.org/docs/default-source/default-document-library/ctia_ota_test_plan_rev_3_4_2.pdf.

¹⁸ Wikipedia. Received signal strength indication. https://en.wikipedia.org/wiki/Received_signal_strength_indication.

¹⁹ Vikipeedia. Detsibell. <https://et.wikipedia.org/wiki/Detsibell>.

²⁰ UberSignal. Field Test Mode: What it is and How To Enable it on Your Phone. <http://www.ubersignal.com/field-test-mode>.

²¹ Wilson Electronics. Cellular phone field test modes. <https://www.weboost.com/uploads/docs/FieldTestModes06142010%20wilson004.pdf>.

2. ERINEVATE MOBIILTELEFONIDE LEVIKVALITEEDI MÕÕTMINE

2.1. Mõõtmismetoodika

2.1.1. Mõõtmisse valitud mobiilid

Esimeseks ülesandeks oli leida mõõtmiseks sobivad mobiilid. Sarnaselt G. Pedersenile uuringule seadsin eesmärgiks võrrelda erinevate nutitelefonide mudeleid. Kuna mõõtmiste tegemine eeldas telefonide kasutust terve päeva jooksul ja ligipääsu telefonide seadetele (seeläbi kõigele telefonis leiduvale), siis tuli leppida minu pereliikmete valduses olevate mobiilidega. Nii kogunes kokku 10 erinevat nutitelefoni, mis jälgitavuse huvides märgistati numbrikleebistega (foto 1).



Foto 1. Mõõtmisse valitud mobiilid (pildistamiseks kasutati telefoni nr 3)

Juba telefonide seadistamise käigus selgus, et kahe valitud mobiili akud olid nii nõrgad, et nende kasutamine osutus võimatuks. Hilisemate mõõtmiste käigus selgus, et üks valitud telefonidest näitas muutumatuid mõõtetulemusi, mis seadis suure kahtluse alla selle telefoni näitude usaldusväärsuse ja nii jäi lõplikult katsetesse alles seitse mobiili (tabel 4).

Tabel 4. Mõõtmiseks valitud telefonide mudelite vanus ja hind ²²

Telefoni mudel	Müügile tuleku aeg	Hind (2017 veebr)
Apple iPhone 3G	2008 juuni	90
Apple iPhone 6S (2 tk)	2015 september	620
LG G3	2014 mai	300
Motorola Moto G	2015 juuli	170
Samsung Galaxy A5	2015 detsember	270
Samsung Galaxy Core Prime	2014 november	150

Seega on mõõtmistes esindatud nelja erineva tootja telefonid, erineva vanuse ja hinnaklassiga. Kaks täpselt sama mudeliga mobiili (iPhone 6S) valiti teadlikult kontrolliks, et saada tagasisidet mõõtmiste usaldusväärsuse kohta.

2.1.2. Mobiilide ettevalmistamine mõõtmiseks

Valitud mobiilide vastuvõetava signaali tugevuste võrdlemiseks on vajalik, et need asuksid mõõtmise ajal samade tugijaamade tööpiirkonnas, st et kasutaksid ühe ja sama mobiilioperaatori tugijaamu. Seega tuli osta telefonidele ühesugused SIM-kaardid – eelkõige soodsamast hinnast ja kättesaadavusest lähtudes valiti katsesse Elisa kõnekaardid (foto 2).

²² GSMArena. GSM phone specifications. <http://www.gsmarena.com/>.



Foto 2. Katse läbiviimiseks ostetud kõnekaardid enne mobiilidesse paigaldamist

Selleks et mõõta just kõnede tegemiseks kasutatava antenni kvaliteeti, tuli mobiilidel välja lülitada andmeside, WiFi ja Bluetooth – vastasel korral võivad need häirida ühendust.

Tugijaamast tuleva signaali tugevus sõltub ka sellest, mitu mobiili selle tööpiirkonnas on. Seetõttu oli vajalik, et mõõtmiseks parajasti mittekasutatavate telefonide levi oleks varjestatud (isoleeritud). Katsetamisel selgus, et mobiilide levi isoleerimine ei olegi nii lihtne – näiteks paksu metallseinaga supipotti peidetud telefon oli jätkuvalt tugijaamaga ühenduses (sellele sai helistada). Nii osutus erinevatesse metallkestadesse peitmine ebatõhusaks ning kõige paremaks isolaatoriks osutus fooliumpaber. Nii tuligi iga mõõtmise järel telefon pakendada fooliumisse (foto 3).



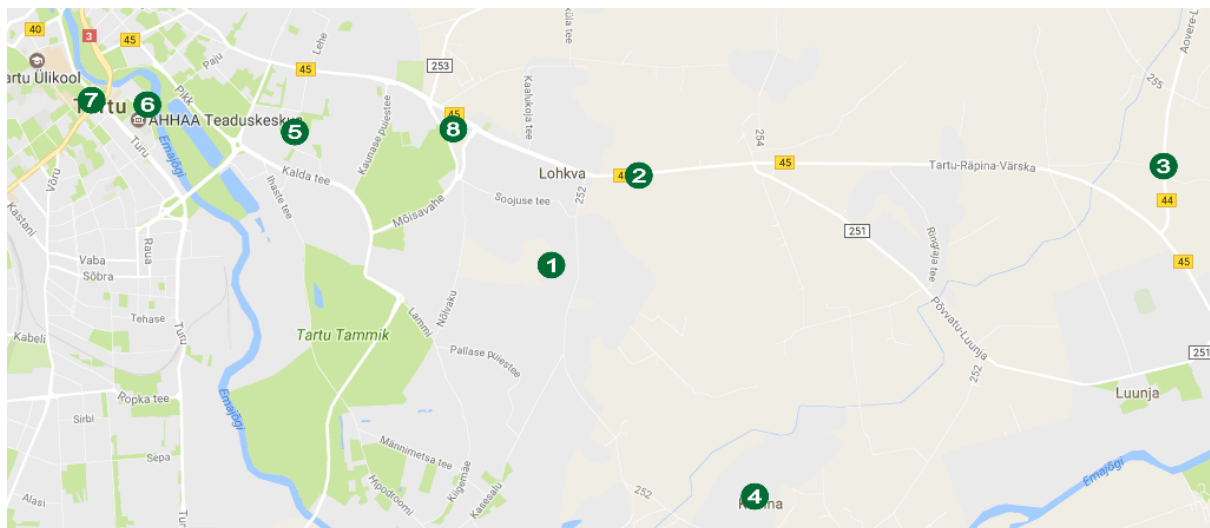
Foto 3. Fooliumisse pakendatud telefonid mõõtmiste vahel

2.1.3. Mõõtmiste läbiviimine

Mõõtmised viidi läbi laupäeval, 14. jaanuaril 2017. a ajavahemikus kl 13–19. Ilm oli pilvine ja õhutemperatuur $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Mõõtmiskohad püüti valida võimalikult erinevad – nii õues kui ka siseruumides, nii rahvarohkemates kui ka hõredamates kohtades. Kokku toimusid mõõtmised üheksas kohas, neist esimene ja viimane mõõtmine toimusid ühes ja samas kohas, et võrrelda kellaaja mõju mõõtmistulemustele.

Mõõtmiskohad valiti Tartu linnas ja selle ümbruses. Mõõtmiskohta jõudes määrati kõigepealt selle geograafilised koordinaadid. Mõõtmiskohtade asukohad on toodud joonisel 3.



Joonis 3. Mõõtmiskohtade asukohad (nr 1 ja 9 kattuvad) kaardil²³

Mõõtmiseks eemaldati mobiili ümbert fooliumpaber ja võeti see kinnastamata paremasse kätte (foto 4).



Foto 4. Levikvaliteedi mõõtmine Jalaka bussipeatuses

²³ J. Salu. Mõõtmiskohad. <https://drive.google.com/open?id=1zQaL9XJrZNIRph6EI3PGIYUcL-Y&usp=sharing>

Kohe esimeses mõõtmiskohas katsetati, kuidas mõjutab RSSI väärtust see, kas telefoni hoitakse paremas käes, vasakus käes, pea juures, laua peal või metallkorpusega arvuti vahetus läheduses. Selgus, et kõik need tegurid mõõdetavat RSSI väärtust ei mõjuta, nagu ka telefoni asend (suund). Nii otsustati mõõtmisi teostada ainult käes hoides.

Kõik mõõtmised toimusid, hoides erinevaid telefone samas suunas. Alates RSSI näidu kuvamisest mobiili ekraanile oodati veel 5 sekundit näidu stabiliseerumiseks. Igas kohas tehti kolm mõõtmisringi, st et iga telefoniga mõõdeti tema RSSI näitu kolmel korral vähendamaks hetkeliste levitegurite (nt kasutajate arv lähiümbruskonnas) mõju.

Mõõdetud RSSI väärtused kanti tabelisse (M1 tähistab esimest mõõtmist jne). Mitmes kohas varieerusid mõõtmistulemused (tõenäoliselt erinevate levitegurite tõttu) ühe telefoni lõikes päris oluliselt, seega tuli otsustada, kas võtta analüüsi aluseks parim tulemus või paremuselt teine (vahepealne) tulemus või hoopis tulemuste keskmine. Kuna uurimistöö eesmärk on praktiline, st saada aimu telefonide toimimisest reaalses kasutusolukorras, mitte häiretevabas keskkonnas, siis otsustati arvutatud keskmise kasuks.

Saadud keskmiste võrreldavaks muutmise huvides teisendati tulemused 100 punkti skaalale – igas mõõtmiskohas parima keskmise saavutanud telefon sai 100 punkti, ülejäänud võrdeliselt keskmiste absoluutväärtuste järgi (punktide arv = $|\text{parim keskmine}| : |\text{telefoni keskmine}| * 100$). Igas mõõtmiskoha tabelis on kollasega märgitud parima keskmise tulemuse saanud telefon ja parimad üksiktulemused.

3. MÕÕTMISTE TULEMUSED

3.1. Mõõtmiskoht 1 – Lohkva küla, toas

Koht: autori tuba, II korrus ridaelamus, Lohkva küla (58° 22' 7" N; 26° 47' 27" E) kl 13

Mõõtmiskoht valiti, kuna see on koht, kus ma ise oma telefoni kõige rohkem kasutan. Samuti sobis see esimeseks mõõtmiskohaks, sest sai pikemalt meetodikat katsetada ja parendada. Lähiumbrusse jääb mitmeid korterelamuid ja see võis mõjutada mõõtmistulemuste varieerumist.

Tabel 5. Mõõtmiskohas 1 saadud RSSI tulemused

	M1	M2	M3	Keskmine	Punktid
Apple iPhone 3G	-74	-74	-76	-74,7	100
Apple iPhone 6S J	-101	-77	-110	-96,0	78
Apple iPhone 6S T	-86	-70	-109	-88,3	84
LG G3	-79	-111	-81	-90,3	83
Motorola Moto G	-109	-99	-77	-95,0	79
Samsung Galaxy A5	-73	-100	-75	-82,7	90
Samsung Galaxy Core Prime	-77	-83	-93	-84,3	88

3.2. Mõõtmiskoht 2 – Jalaka bussipeatus, Räpina mnt ääres

Koht: Jalaka bussipeatus, Räpina mnt ääres, Tartu piiri lähedal (58° 22' 20" N, 26° 48' 28" E)

Mõõtmiskoht valiti elumajadest küllalt kaugel, kuid maantee ääres. Mõõtmiste ajal oli näha, kuidas möödasõitvad autod (st mobiiltelefonid) mõjutasid RSSI näitajat nõrgenemise suunas. Mõõtmised püüti teha hetkedel, kui autosid ei möödunud. Võrreldes elurajooniga oli levikvaliteet oluliselt parem.

Tabel 6. Mõõtmiskohas 2 saadud RSSI tulemused

	M1	M2	M3	Keskmine	Punktid
Apple iPhone 3G	-81	-75	-76	-77,3	83
Apple iPhone 6S J	-79	-76	-72	-75,7	85
Apple iPhone 6S T	-78	-74	-73	-75,0	86
LG G3	-87	-81	-79	-82,3	78
Motorola Moto G	-87	-77	-85	-83,0	77
Samsung Galaxy A5	-61	-57	-75	-64,3	100
Samsung Galaxy Core Prime	-83	-81	-85	-83,0	77

3.3. Mõõtmiskoht 3 – Oja bussipeatus, Räpina mnt lähedal

Koht: Oja bussipeatus, Luunja-Aovere tee alguses (58° 21' 34" N, 26° 48' 27" E)

Järgmine mõõtmiskoht jäi suurest maanteest ja liiklusest kaugemale. Bussipeatuse lähedal asus ka üks mobiilimast, kahjuks ei tea, kas see on Elisa tugijaam. Ülekaalukalt parima leviga koht.

Tabel 7. Mõõtmiskohas 3 saadud RSSI tulemused

	M1	M2	M3	Keskmine	Punktid
Apple iPhone 3G	-76	-78	-71	-75,0	83
Apple iPhone 6S J	-66	-69	-71	-68,7	90
Apple iPhone 6S T	-62	-62	-62	-62,0	100
LG G3	-63	-67	-63	-64,3	96
Motorola Moto G	-65	-67	-67	-66,3	93
Samsung Galaxy A5	-61	-65	-61	-62,3	99
Samsung Galaxy Core Prime	-71	-71	-67	-69,7	89

3.4. Mõõtmiskoht 4 – Kabina küla, toas

Koht: peretuttava juures, Kabina külas, eramajas (58° 21' 34" N, 26° 48' 27" E)

Järgmise mõõtmiskoha puhul püüti leida hõredama asustuse ja mobiilimastidest kaugemal olevat kohta. Kuna õues olemisega oli üsna külm hakanud ning hämardus, valiti koht, kus saaks mõõtmisi juba soojemas keskkonnas teha.

Tabel 8. Mõõtmiskohas 4 saadud RSSI tulemused

	M1	M2	M3	Keskmine	Punktid
Apple iPhone 3G	-89	-83	-92	-88,0	91
Apple iPhone 6S J	-101	-101	-87	-96,3	83
Apple iPhone 6S T	-92	-93	-92	-92,3	87
LG G3	-103	-95	-99	-99,0	81
Motorola Moto G	-89	-85	-67	-80,3	100
Samsung Galaxy A5	-101	-105	-95	-100,3	80
Samsung Galaxy Core Prime	-93	-93	-107	-97,7	82

3.5. Mõõtmiskoht 5 – Descartes'i kool, ruumis

Koht: Tartu Descartes'i Kool, III korrus, vaheruum (58° 22' 32" N, 26° 45' 27" E)

Koolimajas mõõtmine oleks kindlasti huvitavam olnud koolipäeva ajal, mil hoones on korraga kasutusel mitmeid mobiile. Samas iseloomustab mõõtmiskohta paksude seintega betoonehitist ja tiheasustus (üheksakorruselised majad ümbruses).

Tabel 9. Mõõtmiskohas 5 saadud RSSI tulemused

	M1	M2	M3	Keskmine	Punktid
Apple iPhone 3G	-71	-100	-71	-80,7	100
Apple iPhone 6S J	-94	-91	-88	-91,0	89
Apple iPhone 6S T	-92	-86	-110	-96,0	84
LG G3	-91	-97	-87	-91,7	88
Motorola Moto G	-91	-101	-101	-97,7	83
Samsung Galaxy A5	-97	-91	-81	-89,7	90
Samsung Galaxy Core Prime	-93	-97	-95	-95,0	85

3.6. Mõõtmiskoht 6 – sihtasutuse Archimedes kontor, ruumis

Koht: sihtasutuse Archimedes kontor, kesklinn, III korrus (58° 22' 17" N, 26° 44' 20" E)

See koht valiti, kuna asub Tartu kesklinnas, mitte kaugel bussijaamast ja Taskust. Kesklinn on koht, kuhu inimesed tihti satuvad ja hea mobiililevi on seetõttu oluline.

Tabel 10. Mõõtmiskohas 6 saadud RSSI tulemused

	M1	M2	M3	Keskmine	Punktid
Apple iPhone 3G	-90	-96	-102	-96,0	85
Apple iPhone 6S J	-87	-69	-101	-85,7	96
Apple iPhone 6S T	-84	-89	-73	-82,0	100
LG G3	-83	-95	-71	-83,0	99
Motorola Moto G	-93	-93	-73	-86,3	95
Samsung Galaxy A5	-89	-89	-69	-82,3	100
Samsung Galaxy Core Prime	-87	-77	-91	-85,0	96

3.7. Mõõtmiskoht 7 – Kaubamaja parkla, keldrikorrusel autos

Koht: Kaubamaja parkla, maa-alune korrus, autos (58° 22' 32" N, 26° 46' 23" E)

Huvi oli leida ka üks võimalikult halva leviga koht, milleks sai valitud maa-alune betoonseintega parkla. Lisaks otsustati mõõtmine teha autos, mis lisas täiendava metallkesta. Eelduste kohaselt olidki tulemused kõige nõrgemad, kuid samas jäid kõik telefonid levisse.

Tabel 11. Mõõtmiskohas 7 saadud RSSI tulemused

	M1	M2	M3	Keskmine	Punktid
Apple iPhone 3G	-100	-111	-105	-105,3	88
Apple iPhone 6S J	-95	-97	-103	-98,3	95
Apple iPhone 6S T	-95	-93	-98	-95,3	98
LG G3	-105	-103	-105	-104,3	89
Motorola Moto G	-99	-103	-103	-101,7	91
Samsung Galaxy A5	-99	-101	-101	-100,3	93
Samsung Galaxy Core Prime	-93	-93	-93	-93,0	100

3.8. Mõõtmiskoht 8 – Annelinna Prisma, ruumis

Koht: Prisma kauplus Annelinnas, I korrus (58° 22' 25" N, 26° 47' 24" E)

Järgmiseks püüti leida koht, kus oleks võimalikult palju inimesi, kes telefoni kasutavad. Toidupood on koht, kus tihti käiakse ning seetõttu on hea levi ka seal oluline.

Tabel 12. Mõõtmiskohas 8 saadud RSSI tulemused

	M1	M2	M3	Keskmine	Punktid
Apple iPhone 3G	-96	-99	-95	-96,7	92
Apple iPhone 6S J	-87	-93	-93	-91,0	97
Apple iPhone 6S T	-92	-83	-91	-88,7	100
LG G3	-99	-95	-95	-96,3	92
Motorola Moto G	-97	-97	-95	-96,3	92
Samsung Galaxy A5	-95	-91	-97	-94,3	94
Samsung Galaxy Core Prime	-97	-91	-101	-96,3	92

3.9. Mõõtmiskoht 9 – Lohkva küla, toas

Koht: autori tuba, II korrus ridaelamus, Lohkva küla (58° 22' 7" N; 26° 47' 27" E) kl 19

Viimaseks mõõtmiskohaks valiti kontrolliks sama koht, mis esimeselgi korral. Eesmärgiks oli uurida kellaaja mõju (ümberkaudsete kasutajate hulk) ja teise mõjutajana võib oletada ka telefoniakude tühjenemist. Üsna ootamatu tulemusena langes samas kohas toimunud esimese mõõtmise võitja viimaseks ja üks viimastest tõusis esimeseks.

Tabel 13. Mõõtmiskohas 9 saadud RSSI tulemused

	M1	M2	M3	Keskmine	Punktid
Apple iPhone 3G	-73	-111	-109	-97,7	74
Apple iPhone 6S J	-75	-77	-76	-76,0	95
Apple iPhone 6S T	-73	-76	-73	-74,0	98
LG G3	-77	-79	-79	-78,3	92
Motorola Moto G	-75	-73	-69	-72,3	100
Samsung Galaxy A5	-105	-77	-71	-84,3	86
Samsung Galaxy Core Prime	-87	-103	-89	-93,0	78

4. ERINEVATE MOBIILTELEFONIDE LEVIKVALITEEDI

MÕÕTMISTULEMUSTE VÕRDLUS

Uuritavatest mobiilidest parima levikvaliteediga eksemplari ehk n-ö „testivõitja“ väljaselgitamiseks tuli elimineerida mõõtmiskohtade erisused, st teisendada igas mõõtmiskohas saadud tulemused ühtsele 100 palli skaalale. Saadud tulemused on koondatud tabelisse 14.

Tabel 14. Telefonide levikvaliteedi pingerida mõõtmiskohtades saadud punktide alusel

	punktid									summa
Apple iPhone 6S T	84	86	100	87	84	100	98	100	98	836
Samsung Galaxy A5	90	100	99	80	90	100	93	94	86	832
Motorola Moto G	79	77	93	100	83	95	91	92	100	811
Apple iPhone 6S J	78	85	90	83	89	96	95	97	95	808
LG G3	83	78	96	81	88	99	89	92	92	799
Apple iPhone 3G	100	83	83	91	100	85	88	92	74	797
Samsung Galaxy Core Prime	88	77	89	82	85	96	100	92	78	788

Punktisumma alusel osutus uuritud mobiilidest parima (vastuvõtu-)leviga telefoniks iPhone 6S, palju ei jäänud maha Galaxy A5. Mõlemat telefoni iseloomustab see, et nad olid valitustest kõige uuemad, seega võib oletada, et uuemad ja kaasaegsamad telefonid on erinevates tingimustes piisavalt hea leviga, st arendustöö antennide toimimise osas on kandnud vilja.

Üllatuslikult sai kolmanda koha Moto G, mis oli pereliikme kasutusest juba väljas. Võib oletada, et sellel telefonil on küllalt hea aku, kuna saadud punktid järjest suurenesid. Eriti hea oli tulemus teistega võrreldes hõreda asustusega kohas, seega võib seda mudelit soovitada maal elavale inimesele.

Huvitaval kombel jäi neljanda koha saanud iPhone 6S teisele sama mudeli telefonile igas kohas natuke alla. Erinevused ei olnud suured, kuid järeldada võib, et isegi sama seeria telefonid võivad olla natuke erineva levikvaliteediga ning telefoni ostmisel peab olema ka pisut õnne.

Üllatuse valmistas teistest mobiilidest oluliselt vanem, Eestis esimene laialt levinud nutitelefon iPhone 3G. Telefon näitas parimat levi kahes mõõtmiskohas, kusjuures suur oli edu teistega võrreldes kõrgete korrusmajade vahel. Tunnustada tuleb ka telefoni akut (vanematel iPhone'idel ei ole see vahetatav), mis töötas ja pidas mõõtmised kenasti vastu erinevalt paarist uuemast nutitelefonist, mis tulid kõrvale jätta.

Mitteüllatavalt jäi viimaseks odavamast hinnaklassist Galaxy Core Prime, mis samas vastu ootusi osutus parimaks just halva leviga kohas – maa-aluses parklas.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et liiga suuri erinevusi telefonide levinäitajates ei ole, pigem tulid erinevused sisse üksikutel mõõtmistel, mis näitab muude tegurite osatähtsust. Hästi illustreerivad telefonide suhtelist võrdsust nende RSSI keskmiste keskväärtused (tabel 15).

Tabel 15. Telefonide ja mõõtekohtade pingerida RSSI absoluutväärtuste keskmiste alusel

	mõõtmiskohad									RSSI keskmine
	3	2	9	6	1	5	4	8	7	
Apple iPhone 6S T	62,0	75,0	74,0	82,0	88,3	96,0	92,3	88,7	95,3	83,7
Samsung Galaxy A5	62,3	64,3	84,3	82,3	82,7	89,7	100,3	94,3	100,3	84,5
Apple iPhone 6S J	68,7	75,7	76,0	85,7	96,0	91,0	96,3	91,0	98,3	86,5
Motorola Moto G	66,3	83,0	72,3	86,3	95,0	97,7	80,3	96,3	101,7	86,6
LG G3	64,3	82,3	78,3	83,0	90,3	91,7	99,0	96,3	104,3	87,7
Apple iPhone 3G	75,0	77,3	97,7	96,0	74,7	80,7	88,0	96,7	105,3	87,9
Samsung Galaxy CP	69,7	83,0	93,0	85,0	84,3	95,0	97,7	96,3	93,0	88,6
keskmine	66,9	77,2	82,2	85,8	87,3	91,7	93,4	94,2	99,8	

Kui telefonide keskmised jäävad 5 dB vahemikku, siis mõõtmiskohtade keskmised erinevad koguni 33 dB ulatuses. Nagu eeldada võis, on parim levi vabas õhus (takistusteta), väheste kasutajatega piirkonnas, mobiilimasti läheduses. Levi on kehvem rahvarohkemates ja füüsilise takistusega (betoon, maapind) piirkondades. Oluline on mõista, et levi mõttes on kordades määravam see, kus telefoni kasutada, mitte see, millist telefoni kasutada.

JÄRELDUSED

Loetud materjalide ja läbiviidud mõõtmiste põhjal saab teha järgmised järeldused:

1. Mobiiltelefoni antenni kvaliteedi mõõtmiseks on vaja spetsiaalseid laboritingimusi. Telefoniomanik saab ise mõõta vastuvõetava signaali tugevust, mis annab samuti infot antenni kohta, kuid ei anna infot selle kohta, kui nõrga signaali korral on telefon veel kasutatav. Samas, neid kohti, kus levi ei ole või on piiripealne, on Eestis küllalt vähe ja seetõttu võib vastuvõetava signaali tugevus olla olulisemgi indikaator.
2. Põhjamaade uuringust selgus, et telefonid erinevad peamiselt kiirgusvõimsuse poolest, mida mõjutab ka see, kuidas telefoni hoitakse. Seega tasub halva ühenduse korral hoida telefoni pigem mingil alusel ja kasutada käed-vabad-komplekti, selle asemel et hoida telefoni käes ja pea juures. Vastuvõetavat signaali telefoni asend ja asukoht eriti ei mõjuta.
3. Mobiili suur kiirgusvõime võib olla hea telefoniühenduse mõttes, kuid ei pruugi olla hea tervisele, eriti väikeste laste puhul.
4. Põhjamaade uuringus võrreldi mobiilide uuemaid tippmudeleid, uurimistöös nii esinduslikku telefonide valikut mõõta ja võrrelda ei õnnestunud. Aga saab väita, et mõõtmisse valitud telefonidel ühenduse probleeme ei olnud ja levikvaliteedi näitajad erinesid vähe. Vastupidiselt Põhjamaade uuringule osutus parima levikvaliteediga mudeliks iPhone 6S.
5. Mobiiltelefoni levikvaliteet sõltub peamiselt kasutamise kohast ja ümberkaudsete kasutajate rohkusest, telefoni mudel olulist rolli ei mängi. Head levikohta iseloomustab takistuste puudumine mobiilimasti ja telefoni vahel.
6. Nutitefonil on mitmeid eriotstarbelisi antenne ja tulevikus võib nende arv veelgi suureneda, võimaldamaks andmevahetuses antennide paralleelkasutust.
7. Inimene, kes hakkab endale uut telefoni ostma, peab telefoni antenni kvaliteedile tähelepanu pöörama eelkõige siis, kui ta elab või töötab kehva leviga piirkonnas. Ka sellisel juhul tuleks esmalt võrrelda erinevate mobiilside operaatorite signaalitugevusi, valida sobivaim operaator ning alles seejärel valida telefon.

KOKKUVÕTE

Uurimistöö ajendiks oli portaalis Delfi ilmunud uudis, et Põhjamaade teadlaste uuringu järgi on kõige kehvema levikvaliteediga mobiiltelefonideks uuemad iPhone'id, seda eriti nende kasutamisel vasakus käes. See tekitas huvi teemat sügavuti uurida ja ise katseliselt järele proovida, kas ja kuidas saab mobiiltelefonide levikvaliteeti mõõta, missuguste mobiilide levikvaliteet on parim ning kas levi sõltub sellest, kummas käes telefoni hoida.

Mobiilside toimimiseks on vajalik, et raadiosignaal jõuaks telefonist tugijaamani ja vastupidi. Kehvades levitingimustes on olulise tähtsusega mobiiltelefoni antenn, mille kaudu signaal edastatakse ja vastu võetakse. Põhjamaade uuringust selgus, et kõneteenuse puhul on nõrgem lüli signaaliedastus ehk üleslink ja andmeside puhul signaali vastuvõtt ehk allalink. Signaaliedastuse tugevust iseloomustab kogu kiirgusvõimsus (TRP) ja signaali vastuvõtvõimet kogu isotroopne tundlikkus (TIS). Mõlema mõõtmiseks on vaja küllaltki spetsiifilisi laboriseadmeid. Küll aga on igal nutitelefoni omanikul võimalik mõõta vastuvõetava raadiosignaali tugevust (RSSI), mida graafiliselt väljendatakse telefoni ekraanil „pulkade“ või „täppidena“.

Uurimistöö praktilises osas mõõdetigi seitsme erineva mobiiltelefoni RSSI näitu kaheksas erineva levikvaliteediga mõõtmiskohas (neist ühes kohas tehti mõõtmised kaks korda). Selgus, et tulemused ei erinenud telefoniti oluliselt, samuti ei mõjutanud RSSI näitu see, kummas käes telefoni hoida. Valitud telefonidest saavutas parima kogutulemuse iPhone 6S, seega ei saa nõustuda, et iPhone'ide levikvaliteet on halvim.

Telefonide levikvaliteeti mõjutas oluliselt mõõtmiskoht – summutavateks teguriteks olid betoonseinad, rahvarohkus, tugijaama kaugus. Seega muutub mobiili antenni kvaliteet oluliseks siis, kui satutakse väga kehva leviga piirkonda, samas on selliseid piirkondi näiteks Eestis küllaltki keeruline leida.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et Põhjamaade uuringu tulemused on tavapärastes levitingimustes küllaltki ebaolulised ja neid ei peaks uue telefoni soetamisel üle tähtsustama. Küll aga võib järgmises sarnases uurimistöös panna telefonid konkurentsile olukorda, st teostada mõõtmisi paralleelselt, mitte isoleeritult. Nii ei saa küll infot üksiku antenni kvaliteedi kohta, kuid võib-olla vastuse sellele, milline telefon on kasutamiseks parim rahvarohketes kohtades.

ABSTRACT

This research paper has been written on the topic “Mobile phones’ antenna performance comparison” by Joonas Salu. The aim of the research was to measure various mobile phone antennas’ quality and to compare the results. The idea came from the similar Aalborg University research.

The first chapter of the paper gives an overview about mobile network basics, summarizes the Aalborg University research and discusses about measuring mobile phone antenna quality.

The second chapter of the paper describes the methodology of mobile phone reception quality measurement and presents the results from each measurement spot.

The third chapter of the paper analyzes the measurement results and draws the conclusions.

The survey revealed that mobile phone antenna performance measurement is quite complicated and it’s easier to measure received signal strength indication (RSSI). The measurements demonstrated that there are no big differences in selected mobile phones’ antenna performance, the connection quality depends mainly on location. It could be concluded that when you are buying a new mobile phone, you don’t have much to worry about the antenna.

KASUTATUD MATERJALID

1. Bevelacqua, Peter Joseph 2012-2014. Diversity Cell Phone Antenna Design. <http://www.antenna-theory.com/design/diversity.php>. Vaadatud 13.03.2017.
2. Bevelacqua, Peter Joseph 2012-2016. Cell Phone Antenna Design. <http://www.antenna-theory.com/design/cellantenna.php>. Vaadatud 13.03.2017.
3. CTIA Certification Program 2015. Test Plan for Wireless Device Over-the-Air Performance. http://www.ctia.org/docs/default-source/default-document-library/ctia_ota_test_plan_rev_3_4_2.pdf. Vaadatud 13.03.2017.
4. GSMArena. GSM phone specifications. <http://www.gsmarena.com/>. Vaadatud erinevate telefonide andmeid 06.03.2017.
5. Malykhina, Elena 2015. Why Is Cell Phone Call Quality So Terrible? <https://www.scientificamerican.com/article/why-is-cell-phone-call-quality-so-terrible/>. Vaadatud 13.03.2017.
6. MegiQ BV 2016. Calculating TIS from TRP. <http://www.megiq.com/blog/item/46-calculating-tis-from-trp>. Vaadatud 13.03.2017.
7. Miller, Michael 2013. How Mobile Networks Work. <http://www.quepublishing.com/articles/article.aspx?p=2021961>. Vaadatud 01.12.2016.
8. Nõlvak, Kaupo 2011. Modulatsioon. <http://opiobjektid.tptlive.ee/Telekom/modulatsioon.html>. Vaadatud 13.03.2017.
9. Pedersen, Gert Frølund 2016. Mobile Phone Antenna Performance 2016. <http://www.pts.se/upload/Rapporter/Tele/2016/MobilephoneTest2016-augusti-2016.pdf>. Vaadatud 17.09.2016.
10. Reinik, Maria 2016. Video: kuidas iPhone'i signaali tugevust numbrites näha. <http://tarbija24.postimees.ee/3825917/video-kuidas-iphone-i-signaali-tugevust-numbrites-naha>. Vaadatud 17.09.2016.
11. Saini, Sajjan 2011. Why don't cell phones have retractable antennas anymore? <http://engineering.mit.edu/ask/why-don%E2%80%99t-cell-phones-have-retractable-antennas-anymore>. Vaadatud 13.03.2017.

12. Salu, Joonas 2017. Mõõtmiskohad.
<https://drive.google.com/open?id=1zQaL9XJrZNIRph6EI3PGIYUcL-Y&usp=sharing>.
Vaadatud 13.03.2017
13. UberSignal 2016. Field Test Mode: What it is and How To Enable it on Your Phone.
<http://www.ubersignal.com/field-test-mode>. Vaadatud 17.09.2016.
14. Veski, Rivo 2016. Suur Põhjamaade uuring: iPhone'i telefonidel on kõige kehvem levi- ja kõnekvaliteet. <http://kasulik.delfi.ee/news/uudised/suur-pohjamaade-uuring-iphonei-telefonidel-on-koige-kehvem-levi-ja-konekvaliteet?id=75539875>. Vaadatud 17.09.2016.
15. Vikipeedia 2016. Detsibell. <https://et.wikipedia.org/wiki/Detsibell>. Vaadatud 13.03.2017.
16. Wikipedia 2016. 1G. <https://en.wikipedia.org/wiki/1G>. Vaadatud 13.03.2017.
17. Wikipedia 2017. 2G. <https://en.wikipedia.org/wiki/2G>. Vaadatud 13.03.2017.
18. Wikipedia 2017. Cellular network. https://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_network.
Vaadatud 13.03.2017.
19. Wikipedia 2017. GSM frequency bands.
https://en.wikipedia.org/wiki/GSM_frequency_bands. Vaadatud 13.03.2017.
20. Wikipedia 2017. LTE frequency bands.
https://en.wikipedia.org/wiki/LTE_frequency_bands. Vaadatud 13.03.2017.
21. Wikipedia 2017. Mobile phone signal. https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_phone_signal.
Vaadatud 13.03.2017.
22. Wikipedia 2017. Received signal strength indication.
https://en.wikipedia.org/wiki/Received_signal_strength_indication. Vaadatud 13.03.2017.
23. Wilson Electronics. Cellular phone field test modes.
<https://www.weboost.com/uploads/docs/FieldTestModes06142010%20wilson004.pdf>.
Vaadatud 13.03.2017.