

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond

Karl Elias 153604IATM

**VOLTE JA VOWI-FI TEENUSTE
KASUTUSELEVÕTMINE
MOBIILIOPERAATORI NÄITEL**

Magistritöö

Juhendaja: Marika Kulmar

Tehnikateaduste
magister

Kaasjuhendaja: Avo Ots

Tehnikateaduste
magister

Tallinn 2018

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Karl Elias

07.05.2018

Annotatsioon

Käesolev magistritöö käsitleb ühe mobiilioperaatori näitel IMS platvormil põhinevate VoLTE ja VoWi-Fi kõneteenuste kasutusele võtmist. Töö annab kolme loogilise alamosaga ülevaate nende teenuste vajalikkusest tänaste kõneteenuste kõrval, teoreetilistest alustest nende toimimiseks ja töö autori panusest ühe mobiilioperaatori projektile nende teenuste kasutusele võtmisel.

VoLTE ja VoWi-Fi teenused on pikemas perspektiivis vajalikud eelkõige vanade 2G ja 3G kõneteenuste poolt kasutatava ressursi vabastamiseks, kuid nende eelised samade pärandüsteemide ees annavad aluse kiiremaks tegutsemiseks. Töös toodud teoreetilised alused kirjeldavad VoLTE teenuse sisu IMS platvormi põhjal. Täna toimub suurem osa mobiilsetest tegevustest IP-põhises LTE võrgus, kus kõnede tegemiseks on vajalik võrguvahetus 2G või 3G võrku. VoLTE põhimõte on seda hüplemist ära hoida, luues kõnevõimekuse mobiilseks andmesideks loodud LTE võrgus. VoWi-Fi, mida peetakse VoLTE lisateenuseks, võimaldab harjumuspäraseid mobiilvõrguteenuseid kasutada Wi-Fi võrgus. Selle tulemusena saab mobiilset leviala, eriti siseruumides, suurel määral laiendada. Magistritöö tulemusena valmis projektiplaan nende teenuste kasutusele võtmiseks 280 päevaga ühe mobiilioperaatori näitel. Projekti mahukamaks osaks on kujunenud IMS platvormi paigaldamise ja integreerimise kõrval terminalide toe tagamine. Samuti on mõlema puhul vajalik detailne võrgufunktsioonide ja -teenuste testimine, et kliendile oleks tagatud erinevad mobiilse kõneteenuse omadused nagu ta on harjunud täna kasutama.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 58 leheküljel, 8 peatükki, 19 joonist, 3 tabelit.

Abstract

The deployment of VoLTE and VoWi-Fi services on the example of a mobile operator

This Master thesis is based on a mobile operator project deploying VoLTE and VoWi-Fi services into commercial use. With three logical parts it provides an overview of the necessity to take these services into use, the theoretical basis that make these services usable and the contribution of the author as the project manager for the deployment of VoLTE and VoWi-Fi.

VoLTE and VoWi-Fi are primarily necessary to free the resources that are occupied by legacy 2G and 3G systems. The aim of this thesis and project is not to shut down 2G or 3G networks but to create a foundation for new voice services so that the operator has an option to move on from slow and resource-inefficient legacy systems in the future. The benefits of these new services give a reason for quicker deployment. The theoretical basis gives an overview of VoLTE and VoWi-Fi services on the basis of IMS platform. Most of the mobile activities are currently done in the IP-based LTE network, where fallback to 2G or 3G network is necessary to make voice calls. The principle of VoLTE is to prevent this frequent hopping by creating a voice call capability in the LTE network that was designed for internet traffic. VoWi-Fi, which is considered as formers value adding additional service, makes possible to use the same mobile services that we are used to in the Wi-Fi network. This allows us to easily expand the mobile services signal reception area. The outcome of this thesis is a project plan to deploy these services into commercial use in 280 days on the example of a mobile operator. Most extensive part of it next to the actual implementing of IMS platform happened to be the procuring of the support from the terminal vendors. In addition, it is necessary to thoroughly test the functions of both so that customer would still be able to use different mobile services as he or she is used to.

The thesis is in Estonian and contains 58 pages of text, 8 chapters, 19 figures, 3 tables.

Lühendite ja mõistete sõnastik

2G	<i>Second generation</i> , Teise põlvkonna mobiilside standardid
3G	<i>Third generation</i> , Kolmanda põlvkonna mobiilside standardid
3GPP	<i>Third generation partnership Project</i> , Mobiilsidetehnoloogia standardeid arendavate organisatsioonide liit
AAA	<i>Authentication, authorization and accounting</i> , Autentimise, autoriseerimise ja arveldusserver
APN	<i>Access point name</i> , Pöörduspunkti nimi
CBIS	<i>Cloudband infrastructure software</i> , Pilvepõhisele taristule paigaldatud tarkvara
CDF	<i>Charging data function</i> , IMS keskne arveldussüsteem
CDR	<i>Charging data record</i> , Teenuse kasutamise eest koostatud arvelduskirje, mida töötleb arveldussüsteem
CIQ	<i>Customer input questionnaire</i> , Kliendiinfo küsimustik
CSCF	<i>Call Session Control Function</i> , IMS võrgus kõne/sessiooni juhtimist teostav funktsioon
CSFB	<i>Circuit switched fallback</i> , Sujuv võrguvahetus kanalikommutatsioonipõhisesse võrku
DNS	<i>Domain name system</i> , Domeeninimede süsteem
DRA	<i>Diameter routing agent</i> , Diameter protokollu ruuter
E-CSCF	<i>Emergency call session control function</i> , IMS hädaabikõneks vajalik kõnesessiooni kontrollfunktsioon
ENUM	<i>Electronic numbering</i> , E.164 ja DNS formaadis telefoninumbrite vastavusse seadmise süsteem
EPC	<i>Evolved packet core</i> , Neljanda põlvkonna LTE mobiilside tuumikvõrk
ePDG	<i>Evolved packet data gateway</i> , Neljanda põlvkonna LTE andmeside võrgulüüs
EPS	<i>Evolved packet system</i> , Neljanda põlvkonna LTE pakettside süsteem
FQDN	<i>Fully qualified domain name</i> , Täielik domeeninimi
GA	<i>General availability</i> , Üldises kasutuses olev tarkvarapakett
GBR	<i>Guaranteed bit rate</i> , Garanteeritud bitikiirus

GPS	<i>Global positioning system</i> , Globaalne positsioneerimissüsteem
GRO	Generic receive offload, Väikseid pakette üheks suureks paketiks liitev funktsionaalsus SBC-s
GSM	<i>Global System for Mobile Communication</i> , 2G mobiilsidesüsteem
GSMA	<i>Global System for Mobile Association</i> , Operaatoreid ja seadmetootjaid ühendav organisatsioon
GW	<i>Gateway</i> , Võrgulüüs
HLR	<i>Home location register</i> , Koduvõrgu kasutajate andmebaas
HSS	<i>Home Subscriber Server</i> , IMS võrgu jaoks loodud kasutajate andmebaas
I-CSCF	<i>Interrogating Call Session Control Function</i> , Teistest võrkudest sisenevat signaliseerimist teenindav CSCF IMS võrgus
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i> , Interneti standardeid loov organisatsioon
IMEI	<i>International Mobile Equipment Identity</i> , Rahvusvaheline mobiilse seadme tunnus
IMPI	<i>IP multimedia private identity</i> , IMS võrgu privaatne tunnus
IMPU	<i>IP multimedia public identity</i> , IMS võrgu avalik tunnus
IMSI	<i>International mobile subscriber identity</i> , Rahvusvaheline mobiilikasutaja tunnus
IMS	<i>IP Multimedia subsystem</i> , IP-põhine multimeedia alamsüsteem
IP	<i>Internet Protocol</i> , Internetis kasutatav võrgutaseme protokoll
IPv4	<i>Internet protocol version four</i> , Internetis kasutatava võrgutaseme protokollil neljas versioon
IPv6	<i>Internet protocol version six</i> , Internetis kasutatava võrgutaseme protokollil kuues versioon
IPsec	<i>Internet protocol security</i> , Internetiprotokollil andmeturvet
IP-SM-GW	<i>IP short message gateway</i> , IP- põhine sõnumikeskus/võrgulüüs
ISIM	<i>IP multimedia services identity module</i> , IMS võrgu teenuste tunnusmoodul
LRP	<i>Location retrieval function</i> , IMS hädaabikõne jaoks kasutatav asukoha leidmise funktsioon
LTE	<i>Long term evolution</i> , Neljanda põlvkonna mobiilsidesüsteem
MCC	<i>Mobile country code</i> , Mobiilvõrgu riigikood
MGW	<i>Media gateway function</i> , Võrgualüüs, mis konverteerib IMS võrgu meediat kanalkommuteeritud võrgu meediks ja vastupidi

MMTel	<i>Multimedia telephony service</i> , IMS võrgu rakendusserveri telefonikeskjaam
MNC	<i>Mobile network code</i> , Mobiilvõrgu operaatorikood
MRFC	<i>Media resource function control</i> , Meediakontroller
MSC	<i>Mobile switching centre</i> , Mobiilvõrgu keskjaam
MSISDN	<i>Mobile Station International Subscriber Directory Number</i> , Tavapärase mobiilinumbriga formaat
MSS	<i>MSC server</i> , Mobiilvõrgu keskjaama server
MME	<i>Mobility management entity</i> , LTE tuumikvõrgu kontrollelement
MMS	<i>Multimedia Messaging Service</i> , Multimeedia sõnum
NAI	<i>Network access identifier</i> , Võrgu ligipääsutunnus
OMA	<i>Open media alliance</i> , Mittetulunduslik ühendus, mis tegeleb multimeedia teenuste arendusega
OTA	<i>Over the air</i> , Üle õhu allalaaditav tarkvarauuendus
PBX	<i>Private branch Exchange</i> , Privaatne kontoritelefonisüsteem
P-CSCF	<i>Proxy Call Session Control Function</i> , CSCF vahefunktsioon
P-GW	<i>PDN gateway</i> , Paketipõhise võrgu lüüs
PCRF	<i>Policy and charging rules function</i> , Arvelduse ja käitumiseeskirju sisaldav võrgufunktsioon
PDN	<i>Packet data Network</i> , Paketipõhine võrk
PLMN	<i>Public land mobile Network</i> , Mobiilvõrk
PoC	<i>Proof of concept</i> , Tõenduskontseptsioon
PSAP	<i>Public safety answering point</i> , Lähim hädaabi kõnekeskus
PSTN	<i>Public switched telephone Network</i> , Telefonivõrk
QCI	<i>QoS class identifier</i> , Teenuse kvaliteeditunnus
QoS	<i>Quality of Service</i> , Teenuse kvaliteet
SAE	<i>System architecture evolution</i> , LTE mobiilside tuumikvõrgu arhitektuur
SAE-GW	<i>System architecture evolution gateway</i> , LTE mobiilside tuumikvõrgu lüüs
SBC	<i>Session border controller</i> , VoIP võrkudes kasutatav kontrollelement
SCF	<i>Service control function</i> , IN teenusloogikat teostav funktsioon
SCP	<i>Service control point</i> , SCF funktsiooni teostav server
SDP	<i>Session description protocol</i> , Kasutatava meedia parameetrite infot sisaldav formaat

SDM	<i>Subscriber data management</i> , Erinevaid kliendi infoandmebaase hõlmav süsteem
SGSN	<i>Serving GPRS support node</i> , Mobiilvõrgu keskne kontrollement
S-GW	<i>Serving gateway</i> , Teenindav võrguliis
S-CSCF	<i>Serving Call Session Control Function</i> , Signaliseerimise põhifunktsioone ja autoriseerimist teostav CSCF IMS võrgus
SIM	<i>Subscriber Identification Module</i> , Kasutaja tuvastusmoodul
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i> , IP-võrkudes multimeedia sessioonide algatamise ja juhtimise protokoll
SMSC	<i>Short message service center</i> , Sõnumikeskus
SP	<i>Service pack</i> , Tarkvara hoolduspakett
SRVCC	<i>Single radio voice call continuity</i> , Kõne katkematu jätkamine VoLTE võrgust 2G või 3G võrku
SS7	<i>Signaling system no.7</i> , Telefonivõrkudes kasutatav signaliseerimissüsteem
SUPL	<i>Secure user plane location</i> , Turvaline kasutajapõhine asukoha määramine
TAS	<i>Telephony application server</i> , IMS võrgu rakendusserver
TCP	<i>Transmission control protocol</i> , Transpordikihi protokoll
Tel URI	<i>Telephone Uniform Resource Identifier</i> , Kasutaja telefoninumbrit märkiv URI
TS	<i>Technical specification</i> , 3GPP tehniline spetsifikatsioon
UDP	<i>User Datagram Protocol</i> , Transpordikihi kasutajadatagrammi protokoll
URI	<i>Uniform resource identifier</i> , Ühtne ressursi-indikaator IP-võrgus
USIM	<i>Universal subscriber identity module</i> , Universaalne kasutajatunnus
USSD	<i>Unstructured supplementary service data</i> , SMS infomenüü
USSI	<i>USSD over IMS</i> , USSD üle IMS võrgu
ViLTE	<i>Video over LTE</i> , Videokõne üle LTE mobiilside
ViWi-Fi	<i>Video over Wi-Fi</i> , Videokõne üle Wi-Fi võrgu
VNF	<i>Virtual Network function</i> , Virtuaalne võrgufunktsioon
VoIP	<i>Voice over Internet protocol</i> , Tehnoloogia kõnede edastamiseks üle IP võrgu
VoLTE	<i>Voice over LTE</i> , Kõne üle LTE mobiilside

VoWi-Fi	<i>Voice over Wi-Fi</i> , Kõne üle Wi-Fi võrgu
VPN	<i>Virtual private network</i> , Virtuaalne privaatvõrk
Wi-Fi	IEEE 802.11 standarditel põhinev traadita juurdepääsuvõrk
XCAP	<i>XML Configuration access protocol</i> , Lisateenuste juhtimiseks vajalik protokoll.
XML	<i>Extensible Markup Language</i> , Info jagamiseks loodud märgistuskeel

Sisukord

1 Sissejuhatus	14
1.1 VoLTE ja VoWi-Fi kasutuselevõtmise vajadus	15
1.2 Töö struktuur	16
2 IMS platvormil põhinevate teenuste VoLTE ja VoWi-Fi arhitektuur.....	18
2.1 IMS	18
2.1.1 IMS arhitektuur	20
2.2 VoLTE	25
2.2.1 VoLTE tööpõhimõtte läbi kandekanalite juhtimise.....	25
2.2.2 SIP protokoll kasutamine VoLTE-s	28
2.2.3 Kasutaja tuvastamine.....	30
2.2.4 VoLTE kasutaja kõne	31
2.3 VoWi-Fi.....	35
2.3.1 Turvaline ühendus ja autentimine	35
2.3.2 VoWi-Fi teenuse kasutusele võtmine VoLTE kõrval	36
2.4 VoLTE ühenduvus kanalikommutatsioonipõhiste võrkudega	38
3 VoLTE ja VoWi-Fi teenuste kasutusele võtmise projektiplaan	40
3.1 Kooskõla standarditega.....	40
3.2 Projektiplaani tegemine	41
3.2.1 Võrgu planeerimine	43
3.2.2 Pilvepõhine (CBIS) IMS	45
3.2.3 Virtualiseeritud võrgufunktsioonide tagamine ja paigaldamine.....	46
3.2.4 Tehnilise valmisoleku testid	47
3.2.5 Monitooring ja arveldus	47
4 Teenuste testimine	49
4.1 Testjuhtumite läbiviimine.....	49
4.1.1 IMS registreerimine.....	50
4.1.2 VoLTE kõned	50
4.1.3 VoWi-Fi kõned.....	51
4.1.4 SRVCC	51

4.1.5 SMS	51
4.1.6 ViLTE/ViWi-Fi	52
4.1.7 Lisateenused (XCAP, USSI, IMEI kontrollimine).....	52
4.1.8 Hädaabikõned	52
4.1.9 IMS platvormi elementide toimivustestid	53
5 Terminalide tugi	54
5.1 Telefonitarkvara tagamine VoLTE ja VoWi-Fi kasutamiseks ühe terminalitootja näitel	54
5.1.1 Operaatori võrguinfo kogumine	55
5.1.2 Projektiplaan.....	56
5.1.3 Testimine ja probleemid	57
6 Ettevõttesisene testimine	59
7 Teenuste avalikku kasutusse andmine.....	61
8 Kokkuvõte	62
Kasutatud kirjandus	64
Lisa 1 – Teenuste testimine	66
Lisa 2 – CIQ	69
Lisa 3 – Terminalitootja projektiplaan	72
Lisa 4 – Mittetoimiv USSI	73
Lisa 5 – Korrektselt toimiv USSI.....	74

Jooniste loetelu

Joonis 1. IMS võrgu VoLTE ja VoWi-Fi teenuspõhine arhitektuur [1].....	20
Joonis 2. VoLTE ja VoWi-Fi võrguarhitektuur [23].....	21
Joonis 3. Paketipõhine ühendus kandekanalitega [1]	27
Joonis 4. Erinevad kandekanalid sama PDN ühenduse ajal [24]	28
Joonis 5. SIP kõne algatamine [18]	30
Joonis 6. VoLTE->VoLTE kõne algatamise algatava poole sõnumite voog [4]	33
Joonis 7. VoLTE->VoLTE kõne algatamise termineeruva poole sõnumite voog [4]...	34
Joonis 8. ePDG ja AAA kasutamine IMS võrgu teenustes	36
Joonis 9. SRVCC 2G või 3G võrku lihtsustatud kontseptsioon [21]	38
Joonis 10. Teenusepakkuja lihtsustatud projektiplaan [23].....	41
Joonis 11. Pilvepõhisel IMS platvormil põhinevate VoLTE ja VoWi-Fi teenuste kasutusele võtmise plaan [23]	42
Joonis 12. Võrgu planeerimise alampunkt projektiplaanis [23].....	43
Joonis 13. Projektiplaani alampunkt – pilvepõhine (CBIS) IMS [23]	45
Joonis 14. Virtualiseeritud võrgufunktsioonide tagamise ja paigaldamise alampunkt projektiplaanis [23].....	46
Joonis 15. Tehnilise valmisoleku testide alampunkt projektiplaanis [23].....	47
Joonis 16. Monitooringu ja arvelduse alampunkt projektiplaanis [23]	48
Joonis 17. Protsess telefonile tarkvaralise toe saamiseks	57
Joonis 18. Ettevõttesisese testimise alampunkt projektiplaanis [23].....	59
Joonis 19. Provisjoneerimise ja teenuste avalikku kasutusse andmise alampunkt projektiplaanis [23].....	61

Tabelite loetelu

Tabel 1 QCI karakteristikud [16]	26
Tabel 2 Vaikimisi- ja erikandekanalite omadused [1].....	27
Tabel 3. SRVCC versioonid [21][24].....	39

1 Sissejuhatus

Pidevalt areneva tehnoloogia tõttu suurenevad mobiilioperaatorite klientide kvaliteedinõudmised ostetud teenuste osas igapäevaselt. Väikses Eestis on paljude klientide jaoks elementaarne, et kvaliteetsed mobiilside teenused on igal pool. Seetõttu peavad operaatorid käima ajaga kaasas ja kasutusele võtma uusi kulukaid võimekusi. Sellised teenused ei tooda tihti ettevõttele otsest rahalist kasu, aga on vajalikud, et olla jätkuvalt konkurentsivõimelised. Samuti hoiavad uute teenuste jaoks vajalikke ressursse ebaefektiivselt kinni vanad kulukad teenused, mis on ajast maha jäänud, kuid mida kasutatakse siiani laialdaselt. Mobiilteenuste osas on just sellised järgmised maailmamuuavad teenused VoLTE (Voice over LTE) ja VoWi-Fi (Voice over Wi-Fi). Tegemist on IMS (IP Multimedia subsystem) platvormil põhinevate kõneteenustega, kus hääl edastatakse ühest punktist teise IP (Internet protocol) pakettidena. Uued kõneteenused erinevad täna kasutusel olevatest 2G ja 3G kanalkommutatsioonipõhistest kõneteenustest väga suurel määral. Mobiilioperaatori esmaseks huviks pole täiesti uute kõnelahenduste loomine vaid nende integreerimine vanade süsteemidega, et tõsta kõnevõimekuse taset tervikuna.

Hääl- ja videokõnede tegemiseks IMS platvormil on terminalidele kindlad nõudmised, et tagada kvaliteetne kõne üle LTE (Long term evolution) või Wi-Fi võrgu. Kuna VoLTE ja VoWi-Fi toega terminale on hetkel vähe ning tootjad peavad iga operaatori jaoks valmis tegema oma konfiguratsiooniga tarkvara, on vajalik iga tootjaga eraldi läbi rääkida ning teenus testida.

Käesolev magistritöö kirjeldab VoLTE ja VoWi-Fi ja nende toimimiseks vajalike terminalide kasutusele võtmist ühe Eesti mobiilioperaatori näitel. Enne reaalse projektiplaani tutvustamist antakse teenuste võimekuste mõistmiseks ülevaade nende teoreetilistest alustest. Magistritöö kirjutaja on ettevõttes VoLTE ja VoWi-Fi teenuste kasutuselevõtmise projekti projektijuht. Kuna tegemist on eraettevõtte tooteportfelli lisanduva teenusega, ei esitata viiteid konkreetsele ettevõttele ning projektis olevatele kuupäevadele.

1.1 VoLTE ja VoWi-Fi kasutuselevõtmise vajadus

Algselt vaid andmesideks mõeldud IP-põhises LTE võrgus olles pole võimalik teha kõnesid kanalikommutatsiooni kasutades, nagu see käib 2G ja 3G võrkudes. Kuna telekommunikatsioonioperaatoritel on soov kõneteenuse taset tõsta ning samas tulevikus vanade võrkude poolt kasutatav ressurss vabastada, on tekkinud vajadus lisada LTE võrgule kõnevõimekus. Häälkõne IP võrgus toimib VoIP (Voice over Internet protocol) kõnena. 3GPP (3rd generation partnership project) poolt standardiseeritud viis LTE-s VoIP kõnede tegemiseks on kasutada IMS platvormi.

Täna kasutatakse ooterežiimis kõne algatamiseks või vastuvõtmiseks CSFB-i (Circuit switch fallback) ehk sujuvat võrguvahetust vastava võrgu kõnekanalisse (LTE -> 3G või LTE -> 2G). Selline hüplemine on aja- ja energiakulukas, kuna interneti kasutuskogemuse parandamiseks on telefoni seadistustes kasutajatel enamasti LTE võrk eelistatuim ja seega muutub mitmete kõnede puhul päevas kasutatav võrk pidevalt. Ka interneti-seanss liigub kõne ajaks kiirest LTE võrgust palju aeglasemasse 3G või 2G võrku ja seetõttu on osutunud vajalikuks LTE võrgus kõnede tegemise võimekuse loomine. Lisaks eelnevalt toodud põhjustele loob LTE-s kõnede tegemise võimekus eelduse vanade generatsioonide tarbeks kasutuses olevate sagedusressursside vabastamiseks ja nende kasutusele andmiseks uutele tõhusamatele tehnoloogiatele. Sagedusressursside kasutamine on LTE võrgus mitmeid kordi efektiivsem võrreldes 2G või 3G võrguga ja samaaegselt saab ühe tugijaama all kõnesidet kasutada tunduvalt rohkem inimesi.

VoLTE kõne puhul luuakse häälkõne jaoks eraldi pöörduspunktiga kandekanal ning samal ajal jääb püsti ka kanal andmeside jaoks. Kuna võrguvahetust ei toimu, on kõne algatamine palju kiirem. VoLTE kõne algatamine peaks toimuma 1 – 3 sekundi jooksul, kuid pärandüsteemides on see 6 – 10 sekundit. Võttes näiteks tavalise kõneteenuse-kasutaja, kes teeb päevas kümme kõnet, võib VoLTE-t kasutades päevas säästetud aeg olla üle pooleteist minuti. Plussidena saab veel välja tuua inimese kõrvale loomulikuma heli, sest kasutusele tuleb laiem helisageduste vahemik. Lisaks VoLTE-le loob IMS platvorm eeldused võtta mõne lisaseadmega kasutusele VoWi-Fi teenuse. Kuigi teiste mobiilioperaatorite näitel on esialgu lihtsam kasutusele võtta ainult VoLTE, otsustas antud operaator selles projektis mõlema kasuks. Seda eelkõige asjaolu tõttu, et hiljem

VoWi-Fi-t kasutusele võttes tuleb sama protsess teenusepakkuja ja terminalitootjatega uuesti läbi käia.

VoWi-Fi on üldiselt ehituselt sarnane VoLTE-ga, kuid kõne edastatakse üle Wi-Fi juurdepääsuvõrgu. Antud teenuse suureks plussiks on võimalus teha mobiilsidepõhist kõnet sisuliselt igas interneti juurdepääsuga Wi-Fi võrgus, eeldades muidugi, et kliendi pakett seda lubab. Kuna Eestis on palju probleeme siseleviga, siis VoWi-Fi teenus võimaldab kerge vaevaga parandada siselevi kodus või kontoris. Tänapäevane võimalus seda parandada on paigaldada repiiter, mille soetamine pole odav ega paigaldamine lihtne. Hoolimata sellest, et VoLTE ja VoWi-Fi teenused toovad klientidele uusi võimekusi ja mugavusi, pole siiski klientide halvast siselevist tekitatud pahameele hüppelist vähenemist oodata, kuna VoLTE ja VoWi-Fi kasutamiseks on vajalik neid standardeid toetav ja operaatoripõhise tarkvaraga seade.

1.2 Töö struktuur

Magistritöö koosneb kaheksast peatükist ja annab kolme loogilise alamteemaga ülevaate VoLTE ja VoWi-Fi teenuste kasutusele võtmisest ühe Eesti mobiilioperaatori näitel.

Esimeses peatükis anti ülevaade projekti taustast - miks on neid teenuseid vaja ja milline on olukord enne uute teenuste kasutuselevõtmist.

Järgnevas kolmandas peatükis keskendutakse nende teenuste teoreetilistele alustele. Lähemalt kirjeldatakse IMS platvormi ja sellel põhinevaid VoLTE ja VoWi-Fi teenuseid. Peamine rõhk on viidud just VoLTE olemuse ja võimekuste kirjeldamisele, kuna projekti, mille põhjal magistritöö kirjutatud on, peamine eesmärk on LTE võrgule kõnevõimekuse lisamine. Pikemalt peatutakse IMS platvormi arhitektuuril ja seda hõlmavatel seadmetel. VoLTE teenuse olemuse kirjeldamiseks selgitatakse lähemalt LTE tehnoloogia ja SIP (Session initiation protocol) protokollide omadusi. Lisaks kirjeldatakse VoWi-Fi teenuse olemust ja sellega kaasnevat võimekusi ning lisategevusi operaatori jaoks. Peatüki lõpus selgitatakse olukorda, kuidas saavad eelmainitud teenused tagada kliendile sarnase kasutuskogemuse erinevate lisateenustega nagu see tänaste võrgutehnoloogiatega võimalik on. Samuti selgitatakse võimalusi uue ja vana kõneteenu ühendamiseks.

Neljas kuni kaheksas peatükk hõlmab endas antud magistritöö põhiosa – eelnevalt kirjeldatud teenuste kasutusele võtmist ühe mobiilioperaatori pilootprojekti põhjal. Need

peatükid annavad ülevaate magistritöö autori panusest projekti. Neljas peatükk kirjeldab antud teenuste kasutusele võtmise projekti planeerimist ja protsessi koostamist. Viies peatükk räägib teenuste testimisega seonduvaid asjaolusid ja annab ülevaate tehtud testidest. Kuna VoLTE ja VoWi-Fi teenused vajavad kasutajaliidestest operaatoripõhist tarkvara, mida senistes 2G, 3G ja 4G võrkudes ei ole vaja, siis peatutakse kuudendas peatükis lähemalt terminalidele toe saamisest. Seitsmes peatükk annab lühikese ülevaate teenuste ettevõttesisesest testimisest, mis on vajalik vigade leidmiseks enne teenuste kliendile avalikku kasutusse andmist, mida kaheksas peatükk kirjeldab.

Magistritöö koostamisel on peamiste allikatena kasutatud Nokia inseneride poolt kirjutatud raamatut „Voice over LTE (VoLTE)“ [1] ja GSMA ning 3GPP standardeid ning spetsifikatsioone. [2] – [7] [12] – [22]

Lisaks eelnevatele on magistritöö põhisosas kasutatud suurel määral ettevõttesiseseid materjale [23] – [24], mille üheks koostajaks on magistritöö autor. Neid on kasutatud ülevaate andmiseks projektiplaanist, teenuste testimisest ja terminalide toe saamisest. Ettevõttesisesed materjalid, kus on kasutatud ettevõtte siseinfot, on toodud muudetud kujul. Tööst on eemaldatud info, mis viitaks ühele konkreetsele operaatorile või konkreetsetele kuupäevadele, millal töös toodud teenuseid on plaanis kasutusele võtta.

2 IMS platvormil põhinevate teenuste VoLTE ja VoWi-Fi arhitektuur

Antud peatükis kirjeldatakse lähemalt IMS platvormi ja sellel põhinevate kõneteenuste ehitust. Töös esitatakse arhitektuurilisi jooniseid, mis on konkreetselt seotud selle projektiga.

2.1 IMS

IMS (IP Multimedia Subsystem) ehk interneti protokollil põhinev multimeedia alamsüsteem on võrguarhitektuuri raamistik, mis võimaldab pakkuda IP (Internet protocol) protokollil põhinevaid multimeedia teenuseid mobiil- ja fiksvõrgus. IMS platvormi tutvustati esimest korda 2001.a. välja tulnud 3GPP (3rd Partnership Project) Rel-5-s ehk viiendas väljaandes. Selle alusel on IMS-i eesmärk võimaldada efektiivselt kasutada mitmeid multimeedia teenuseid nagu kõne-, video- ja andmeside koos võimalusega katkestada ja lisada komponente sessiooni katkestamata. [2] Algete definitsiooni on hiljem täiendatud juurdepääsuga uutest võrkudest ja tehnoloogiatest nagu LTE ja uute võimekustega nagu olekuinfo saamine, mida antud magistritöös ei puudutata. Just LTE juurdepääsu lisamine ja üle selle kõnede edastamise võimaldamine populariseeris seda ja pani paljud operaatorid enda võrku IMS süsteemi lisama. [1]

IMS kasutab toimimiseks peamiselt IETF (Internet Engineering Task Force) poolt standardiseeritud SIP protokoll (Session Initiation Protocol). SIP on arendatud ja seda kasutatakse IP-võrgus multimeediasessioonide alustamiseks, haldamiseks ja lõpetamiseks. See võimaldab juhtida kõnet, videot, sõnumivahetust, olekuinfot ja muid teenuseid. SIP protokollil eeliseks on lihtsus ja loetavus, kuid puuduseks suur andmemah. SIP protokollist ja selle kasutamisest VoLTE ning VoWi-Fi maailmas tuleb täpsemalt juttu alapeatükis 2.2.2 [1][17]

3GPP poolt on spetsifitseeritud IMS võrgu arhitektuur ja funktsioonid, aga mitte kasutatavaid teenuseid. Telefonitootjatele ja operaatoritele on teenuste ehitamisel jäetud vabad käed sobiliku lahenduse valimiseks ja kasutamiseks. See on osutunud problemaatiliseks, kuna võimalusi on palju ja keeruline on võimaldada teenuste ristkasutust ja kokkusobivust erinevate terminalide ja operaatorite vahel. Eelneva tõttu

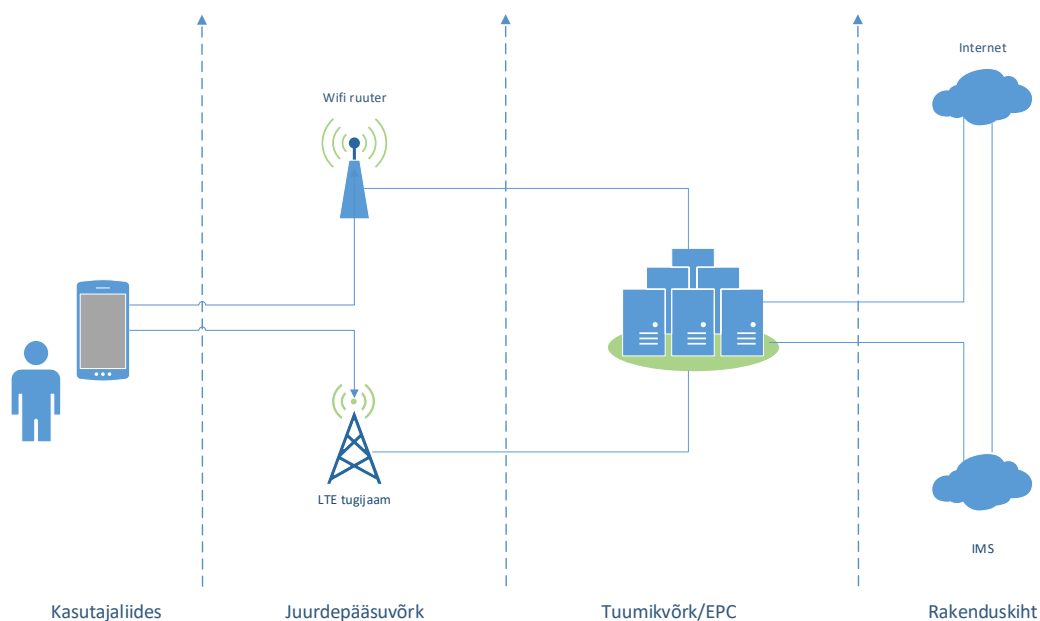
otsustasid maailma suurimad telekommunikatsioonioperaatorid ja telefonitootjad One Voice algatuse kaudu luua tugeva eelduse IP-põhiseks kõne lahenduseks LTE võrgus. Nad koondasid 3GPP poolt antud erinevad võimekused ja andsid välja VoLTE eelstandardi tutvustuse, mis hõlmas minimaalseid võrgu ja kasutajaliideste funktsionaalsuste vajadusi selle teenuse kasutamiseks. 2010. aasta märtsis võttis Global System for Mobile Association (GSMA) üle One Voice algatuse ja andis välja dokumendi IR.92, mis kirjeldab IMS profiili kõne ja lühisõnumite teenuste kasutamisel. Sama aasta septembris muudeti see dokument lõplikuks ja sellega oli loodud juhend VoLTE teenuste ülemaailmseks avalikku kasutusse andmiseks.[1]

2.1.1 IMS arhitektuur

IMS raamistik koosneb paljudest seadmetest. Selleks, et lihtsustada arusaadavust, alustame üldisest teenuspõhisest arhitektuurist, mille saab kokkuvõtvalt jagada neljaks:

- Kasutajaliides ehk mobiilne terminal – IMS võrgu arhitektuuri lõpp- punkt.
- Juurdepääsuvõrk – Võrk, mille kaudu pääseb tuumikvõrgu ja IMS teenusserveriteni. Antud töö puhul on selleks LTE ja Wi-Fi võrgud.
- Tuumikvõrk – Selles sees asuvad juhtelemendid, mis tagavad klientide autentimise, autoriseerimise ja sessioonide ühendamise vajalikesse teenusserveritesse.
- Rakenduskiht – Rakendusserveritest ja veebilehtedest koosnev kiht, mis võimaldavad kasutajal teenust kasutada.

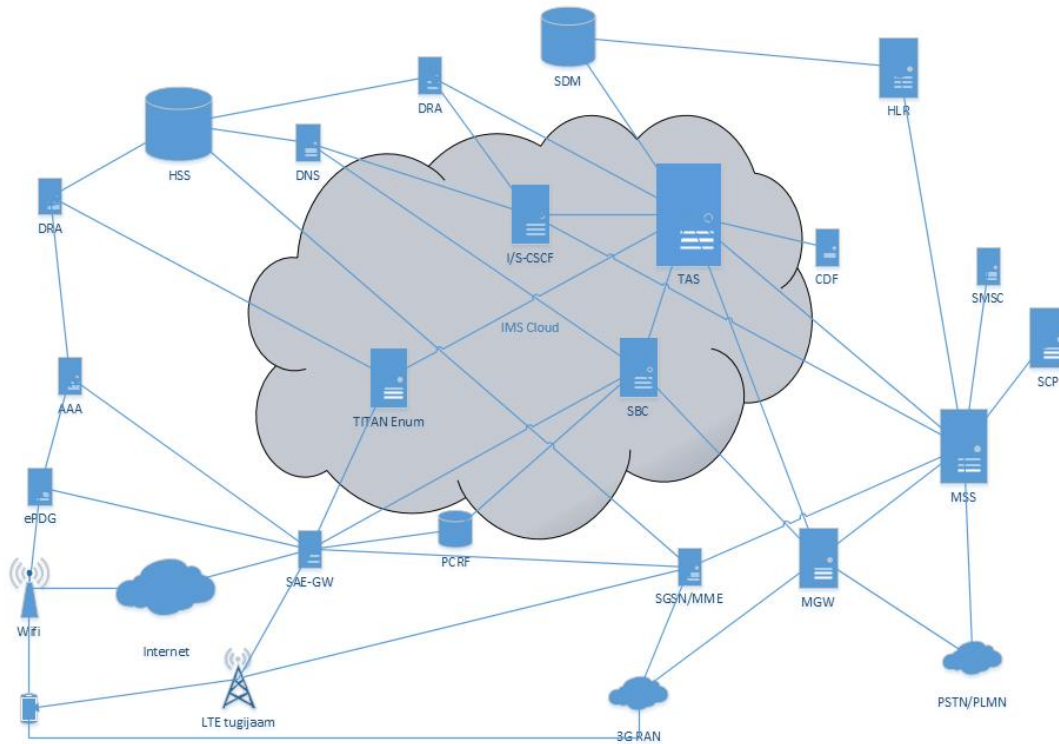
Joonisel 1, mille on loonud töö autor allikas [1] toodud arhitektuuri põhjal teenusarhitektuuri lihtsustamiseks, on näha lihtsustatud võrguarhitektuuri IMS raamistikul põhinevate teenuste kasutamiseks.



Joonis 1. IMS võrgu VoLTE ja VoWi-Fi teenuspõhine arhitektuur [1]

IMS arhitektuuri funktsionaalne vaade on aga märksa keerukam ja koosneb väga paljudest osadest. Joonisel 2, mille on loonud töö autor kasutades ettevõttesiseseid materjale, on kujutatud antud töö raames VoLTE, VoWi-Fi ja lisateenuste kasutuselevõtmiseks loodud IMS platvormi ja sellega ühenduses olevate seadmete

arhitektuuri. Joonise lihtsustamiseks on osad elemendid kujutatud koos ja pole antud joonisel näha.



Joonis 2. VoLTE ja VoWi-Fi võrguarhitektuur [23]

Võrguarhitektuuri peamiseks elementideks on:

- HSS (Home Subscriber Server) – andmebaas, mis sisaldab muuhulgas IMS kasutajate asukohta, autentimise, autoriseerimise ja profiili infot. See on sarnane GSM võrgus kasutatava HLR (Home Location Register) andmebaasiga ja on selle edasiarendus peamiselt 4G võrkude jaoks. [1] [4]
- DRA (Diameter Routing Agent) – 3GPP poolt loodud võrguelement, mis tegeleb keerulistes võrguarhitektuurides Diameter protokolliga sõnumite marsruutimisega erinevate võrguelementide vahel. [9]
- AAA (Authentication, authorisation and accounting) – autentimise, autoriseerimise ja arvelduse server. Tegeleb mitte-3GPP võrgust tulevate kasutajate autoriseerimisega. [1]
- ePDG (Evolved packet data gateway) – seade, mille ülesandeks on muuta ühendused kasutajaseadme tuumikvõrgu vahel turvaliseks, kui kasutatud on 3GPP

poolt mitte usaldatud juurdepääsuvõrku. ePDG loob turvalise IPsec tunneli võrgu ja kasutajaliidese vahele. Antud projekti jaoks loodud arhitektuuris on seda seadet vaja Wi-Fi juurdepääsu tagamiseks. [7][10]

- DNS (Domain name system) – domeeninimede süsteem, mis teisendab domeeninimed IP- aadressideks ja vajadusel vastupidi. [14]
- SAE-GW – kombinatsioon S-GW ja P-GW võrgulüüsistest.
 - S-GW (Serving gateway) – võrgulüüs, mis marsruudib ja edastab andmepakette. Lisaks käitub see ankruna tugijaamadevahelises kanalivahetuses ja ühenduspunktina LTE ja teiste 3GPP võrgutehnoloogiate vahel. [10]
 - P-GW (PDN gateway) – võrgulüüs, mis pakub ühenduvust kasutajaseadmest väliste pakett-andmeside võrkudeni, olles seadme jaoks andmete väljumis- ja sisenemiskohaks võrgus.[10]
- PCRF (Policy and charging rules function) – pakub P-GW-le arvelduse ja käitumiseeskirju ja tõlgib rakendusserveri poolt tulevaid andmeid. PCRF käitub sillana IMS ja EPC raamistike vahel seadistades vajalikke kandekanaleid häälkõne edastamiseks. [1] [4]
- SGSN/MME (Serving GPRS support node/Mobility management entity) – kontrollement, mis vastutab jõudeolekus seadme asukohainfo saamise ja salvestamise eest. See on seotud ka kanali algatus- ja lõpetusprotsessiga ja vastutab kasutaja autentimise eest. SGSN on kontrollemendiks 2G ja 3G võrkudes. MME on kontrollemendiks LTE võrgus. Antud võrgus on nende elementide funktsionaalsused koondatud ühes serveris. [1][4][10]
- MGW (Media gateway function) – seade, mis tõlgib ja teisendab meediavooge erinevate telekommunikatsiooni tehnoloogiate vahel nagu SS7, 2G, 3G, PBX. See võimaldab erinevatel kasutada multimeedia süsteeme üle pakettvõrkude kasutades näiteks IP protokoll. Kuna see ühendab erinevaid võrke, on selle peamine funktsioon teisendada andmeid erinevate ülekandevõrkude ja kodeerimismeetodite vahel. [1] [11][11]
- PLMN (Public land mobile network) – võrk, mis on loodud ja mida juhitakse kindla administraatori või operaatori poolt, eesmärgiga pakkuda avalikkusele telekommunikatsioonivõrku. Seda tuvastatakse MCC (Mobile country code) ja MNC (Mobile Network code) väärtustega. Igal operaatoril, mis pakub mobiilside teenuseid, on oma PLMN. [12]

- PSTN (Public switched telephone Network) – ühendus terve maailma kanalikommutatsioonipõhiseid telefonivõrke pakkuvate operaatoritega. [12]
- MSS – mobiilvõrgu seade, mis tagab kanalikommutatsiooni kõnede juhtimise. See võimaldab eraldada omavahel signaliseerimisandmed ja reaalsed andmed. [1] [13]
- SCP (Service control point) – seade, mis vahendab teiste andmebaaside infot ja leiab reaalse geograafilise numbri, kuhu kõne tuleb suunata. [11]
- SMSC (Short message service center) – võrguelement, mille eesmärk on hoida, edastada ja üle anda lühisõnumeid.
- HLR (Home location register) – andmebaas, mis sisaldab infot GSM võrgu kasutajate kohta.
- SDM (Subscriber data management) – erinevaid kliendi infoandmebaase hõlmav süsteem, mis võimaldab tekitada ühe eraldiseisva teenuste provisjonierimise andmebaasi. [23]
- ENUM (Electronic numbering) – server, mis tegeleb E.164 standardipõhiste numbrite tõlkimisega URI või IP aadressi kujule, et seda saaks tavalises internetivõrgus kasutada. [14][14]
- SBC (Session border controller) – mitmest seadmest koosnev element, mis tagab turvalisuse erinevate ohtude eest, käitudes sisuliselt tulemüürina. See eraldab signaliseerimise ja andmepaketid, et tagada olukord, et rünnak ühele ei mõjuta teist. IMS platvormis on SBC-s asuv P-CSCF element esimene, mis võtab vastu ja kontrollib pakette terminalilt. [1][4]
- CDF (Charging data function) – IMS võrgu keskne arveldusfunktsioon, mis kogub kokku arvelduskirjed ja esitab need CDR-dena (Charging data record), millest omakorda toimub arve koostamine. [10][10]
- CSCF (Call Session Control Function) – element, mis vastutab multimeedia sessioonide ühendamise eest. See võtab vastu ja saadab vajadusel edasi SIP signaliseerimise pakette. CSCF jaguneb kolmeks: P-CSCF (Proxy-CSCF), I-CSCF (Interrogating-CSCF) ja S-CSCF (Serving-CSCF). [1][4][4]
 - P-CSCF (Proxy call session control function) on kasutusel SIP vaheserverina.. See on vahepunktiks terminali ja IMS platvormi vahel. P-CSCF autoriseerib kasutaja ja kontrollib üle SIP sõnumid. [1][4]
 - I-CSCF (Interrogating call session control function) on samuti SIP vaheserver. See võtab vastu SIP sõnumeid teistest võrkudest. Selle

ühendusega HSS-i teostatakse kasutajate autoriseerimist registreerimisel.
[1][4]

- S-CSCF (Serving call session control function) on IMS platvormi keskne signaliseerimissõlm. Terve IMS signaliseerimine käib läbi selle. S-CSCF hoiab seost kasutaja terminali IP-aadressi ja avaliku kasutajatunnuse vahel kogu sessiooni vältel. Sarnaselt I-CSCF-ga on S-CSCF-l liidestus HSS-ga, mille kaudu laetakse alla autoriseerimisvektor kasutaja autoriseerimiseks. Peale autoriseerimist laetakse alla kasutajaprofiil kogu vajaliku infoga.
[1][4]

- TAS (Telephony application server) – rakendusserverite kogum, mis tagab VoLTE ja VoWi-Fi teenuste funktsionaalsuse. TAS koosneb erinevatest funktsioonidest. Toon neist tähtsamad välja. [1][3][4]
 - MMTel (Multimedia telephony service) – võimaldab kasutajatel varasemat sessiooni katkestamata alustada uut meediasessiooni.
 - IP-SM-GW (IP short message gateway) – kontrollib lühisõnumite saatmist ja vastuvõtmist üle IP protokoll. [23]
 - USSD (Unstructured supplementary service data) gateway – protokoll teenuste juhtimiseks telefonist. IMS platvormis on kasutuses USSI (USSD over IMS).
 - MRFC (Media resource function control) – kontrollib andmevooge ja tegeleb TAS-i ja S-CSCF-i vahelise SIP sõnumite juhtimisega.

2.2 VoLTE

Selles peatükis kirjeldatakse VoLTE teenuse tööpõhimõtet ja funktsioone. VoLTE tööpõhimõtete lihtsustamiseks kirjeldatakse eelnevalt IP-põhise võrgu suhtlemisreegleid ja SIP protokollid. Lähemalt selgitatakse ka VoLTE kõne etappe terminali IP ühenduvusest kuni IMS lõpp-punkti aadressi väljaselgitamise ning kõne algatamiseni.

2.2.1 VoLTE tööpõhimõte läbi kandekanalite juhtimise

VoLTE on oma olemuselt sarnane VoIP teenusele. Kõne edastatakse ühest punktist teise IP pakettidena, aga juurdepääsuvõrguna kasutatakse LTE-d. LTE on IP põhine võrk, mis kasutab kandekanaaleid (ingl. k. *bearer*) erineva kvaliteedivajadustega andmete liigutamiseks seadme ja tuumikvõrgu vahel. Ühe kandekanalil sees liigutatavatel andmetel on sama QoS (Quality of Service) näitaja QCI (QoS class identifier). Erineva QoS väärtusega andmed kasutavad erinevaid kandekanaaleid. IMS signaliseerimispaketid kasutavad vaikimisi loodud LTE kandekanalit (ingl. k. *default bearer*) QCI väärtusega viis. VoLTE kõne puhul edastatakse hääl erikandekanalil (ingl. k. *dedicated bearer*), mille QCI väärtus on üks. [1][8][10]

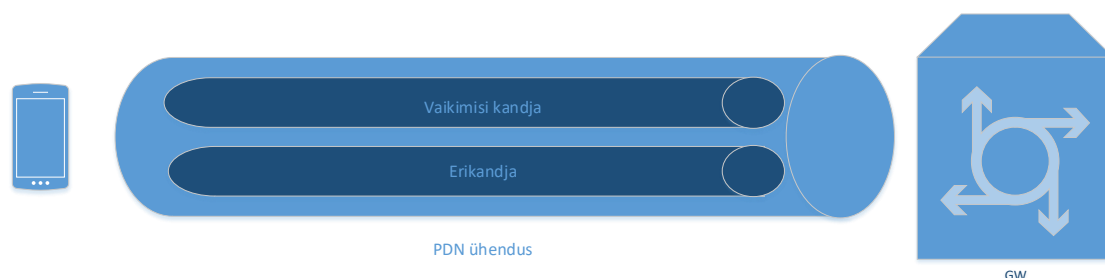
Erikandekanal on loodud QoS eristamise põhjustel. Sellele saab määrata garanteeritud andmeside kiiruse. IP aadressid, mis on eraldatud vaikimisi kandekanalile kehtivad ka erikandekanalile, mis on tehtud sama PDN (Packet data network) ühenduse ajal. Erikandekanal tehakse võrgu poolt, aga seda võib algatada seade. LTE tugijaama jaoks pole vahet, kas võrgus kasutatakse vaikimisi kandekanalit või erikandekanalit. Kandekanalit saab nimetada GBR (Guaranteed bit rate) ehk garanteeritud andmekiirusega kandekanaliks, kui sellele määratud GBR väärtus on võrgu poolt ainult sellele kandekanalile ressursina hõivatud. [1]

Tabelis 1 on näha QCI väärtuste omadusi võttes arvesse prioriteeti, paketi viidet ja paketikadu. Need väärtused on standardiseeritud ja kirjeldatud 3GPP spetsifikatsioonis 23.203 *Policy and Charging Control Architecture*. [16]

Tabel 1 QCI karakteristikud [16]

QCI	Ressursi tüüp	Prioriteet	Paketi viide (ms)	Paketikadu	Kasutatavad teenused
1	GBR	2	100	10^{-2}	Häälkõne
2		4	150	10^{-3}	Videokõne
3		3	50	10^{-3}	Reaalajal videomängud
4		5	300	10^{-6}	IMS signaliseerimine
5	Mitte- GBR	1	100	10^{-6}	Video, TCP
6		6	300	10^{-6}	Hääl
7		7	100	10^{-3}	Video
8		8	300	10^{-6}	TCP
9		9			Failijagamine

Eelnevalt toodud reegleid kasutatakse IP-põhistes võrkudes suhtlemismehhanismidena rakenduse ja seadme vahel. Kuna VoLTE puhul on tegemist põhimõtteliselt tavalise interneti liiklusega, tuleb eduka ja arusaadava häälkõne teostamiseks paketid eristada ja tagada pakettide garanteeritud kohale jõudmine sihtpunkti. Nagu näha jooniselt 3, siis võib ühe ühenduse korral olla kasutuses mitu kandekanalit, mis kannavad endas erinevaid andmeid. Vaikimisi kandekanal luuakse ühenduse algatamisel ning see jääb aktiivseks kogu ühenduse jooksul, et tagada terminali pidev IP ühenduvus. Pidev IP ühenduvus on ka VoLTE ja VoWi-Fi kiire kõnealgatuse aluseks. Iga järgnevat kandekanalit, mis algatatakse sama ühenduse ajal, nimetatakse erikandekanaliks. IMS süsteemi registreerimiseks ja erikandekanaliloomiseks peab alati olema eelnevalt vaikimisi kandjaga ühendus loodud. Tavaliselt käib üle vaikimisi kandekanalil signaliseerimispaketid ja üle erikandekanalil tegelikud andmed, näiteks VoLTE puhul hääl.



Joonis 3. Paketipõhine ühendus kandekanalitega [1]

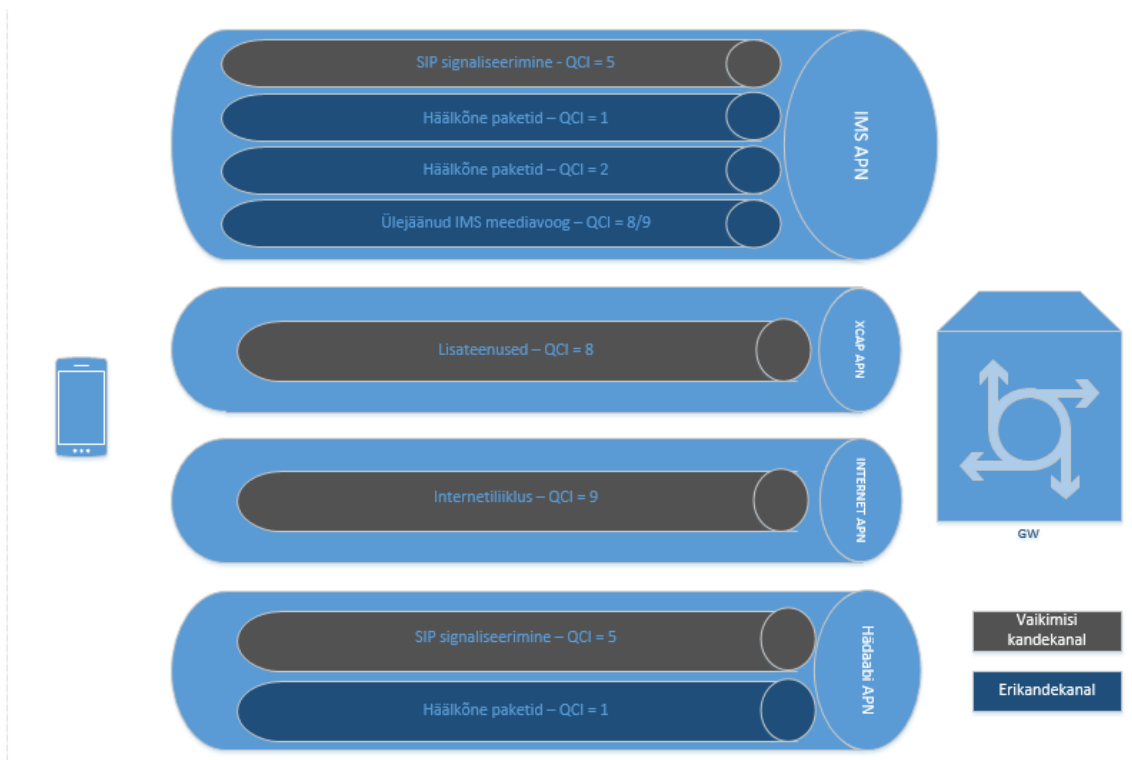
Vaikimisi ja erikandekanalite omadused on kirjeldatud tabelis 2.

Tabel 2 Vaikimisi- ja erikandekanalite omadused [1]

Vaikimisi kandekanal	Erikandekanal
Vaikimisi kandekanal luuakse, kui seade ühendub LTE võrguga. Vähemalt üks vaikimisi kandekanal jääb aktiivseks kuni seade on ühendunud.	Erikandekanal luuakse QoS eristamiseks ja algatatakse seadme või võrgu poolt.
Lisanduvad vaikimisi kandekanalid võib algatada, kui on vaja ligipääsu teenustele kasutades mitut APN-i. Näiteks internet APN tavalise internetiliikluse edastamiseks ja ims APN IMS teenuste kasutamiseks .	Erikandekanalid kontrollib operaator.
Vaikimisi kandekanalid on alati mitte garanteeritud andmeside kiirusega.	Erikandekanalid on nii garanteeritud andmeside kiirusega (GBR) kui ka mitte garanteeritud andmeside kiirusega.

Lisanduvaid vaikimisi kandekanalid uute IP aadressidega on vaja luua, kui teenused toimivad erinevate pööruspunktidega (APN – Access point name). Näiteks, kui tekib vajadus IMS liikluse kõrval tegeleda veebilehitsemisega, tuleb algatada „internet“ pööruspunktiga kandekanalite loomine. Joonisel 4 on näha, et terminali ja võrgu vahel on

võimalik luua mitmeid erinevate omadustega kandekanaaleid, mille QCI väärtused on erinevad. Nii võib olla samaaegselt avatud näiteks VoLTE kõne- ja internetiliiklus.



Joonis 4. Erinevad kandekanalid sama PDN ühenduse ajal [24]

2.2.2 SIP protokoll kasutamine VoLTE-s

IMS võrgus kasutatakse signaaliseerimiseks SIP protokoll. SIP on tekstipõhine protokoll, mille eesmärk on olla sõltumatu edastatavast meediast. SIP protokollil on viis erinevat omadust, mis tagavad selle funktsionaalsuse multimeedia sessioonide loomisel, juhtimisel ja lõpetamisel [17]. Need on järgnevad:

- Kasutaja asukoha määramine võrgus.
- Kasutaja kättesaadavuse määramine.
- Kasutaja võimaluste määramine.
- Sessiooni ehk kõne algatamine nii helistaja kui helistatava pool.
- Sessiooni juhtimine.

Nende viie omaduse tõttu valiti SIP peamiseks protokolliks VoLTE ja VoWi-Fi puhul. Alapeatükis 2.2.4 toodava VoLTE kõnevoogu arusaadavuse lihtsustamiseks toon järgnevalt välja SIP protokolliga tähtsamad omadused.

SIP koosneb algusreast, päisest ja sisust. Algusrida sisaldab meetodit, SIP URI-t (Uniform resource identifier) ehk aadressi, kellele päring on suunatud, ja protokolliversioni. [17]

Erinevate operatsioonide jaoks kasutatakse erinevaid SIP meetodeid. Peamised neist on:

- INVITE: meediasessiooni algatamise meetod kutse saatmisega teisele osapooltele.
- ACK: kinnitusmeetod INVITE sõnumile sessiooni algatamise kohta.
- BYE: meediasessiooni lõpetamise meetod.
- CANCEL: pooleliolevate päringute katkestamise meetod.
- OPTIONS: serveri võimaluste küsimise meetod.
- REGISTER: kasutaja registreerumise meetod SIP serveris.

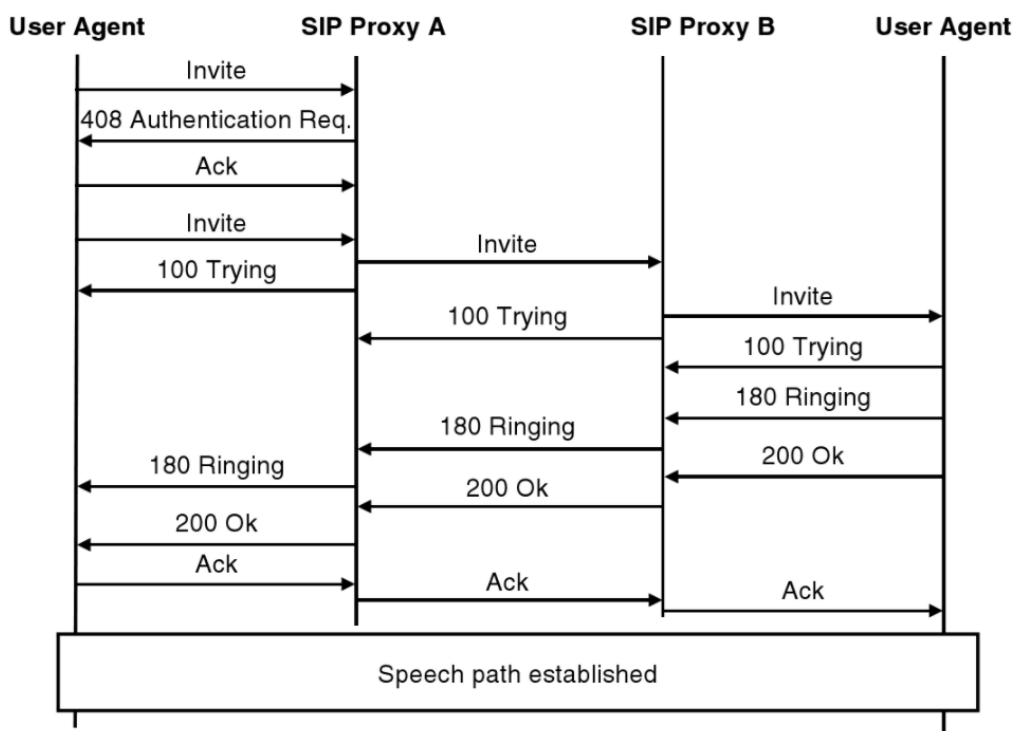
Lisaks eelnevatele on täiendustega lisandunud PRACK, SUBSCRIBE, NOTIFY, PUBLISH ja MESSAGE meetodid.

SIP sõnumi päises märgitakse oluline info osapoolte kohta.

- To: Päringu saaja aadress URI kujul.
- From: Päringu saatja aadress URI kujul.
- Via: Kõik proksiserverid, mida SIP sõnum läbib, et tagada vastuse tagasijõudmine läbi samade proksiserverite.
- Cseq: Unikaalne sõnumi järjekorranumber, mis sisaldab meetodi nime ja mille alusel viiakse vastavusse SIP päring ja vastus.
- Call-ID: SIP sõnumi unikaalne tunnus.

Traditsioonilist SIP kõne algatamisprotseduuri on näha joonisel 5. Kuna kasutaja A ei tea algselt kasutaja B IP aadressi, siis saadetakse SIP sõnumid läbi vaheserverite. Esimene sõnum, mis vaheserverile saadetakse on SIP INVITE. Selle kõige tähtsam parameeter on sihtkoht, mis võib olla kahes erinevas formaadis – kasutajanimi (näiteks sip:karl.elias@adress.ee) või telefoninumber. Kui kasutaja A valib tavalise telefoninumbri, lisab terminal sellele kohaliku ala (ingl. k. *realm*) tähised (näiteks sip:3725xxxxxxx@adress.ee). Kui vaheserver saab kutse kätte, vastab see „407 Proxy authentication required“ sõnumiga, et kasutaja A ennast tõendaks. Kasutaja A lõpetab seejärel selle kutsedialoogi ACK sõnumiga. Kui kasutaja A on kogunud vajaliku info enda autentimiseks, saadab ta vaheserverile uuesti INVITE kutse koos autentimisinfoga.

SIP päises oleva „To“ rea järgi saadab vaheserver SIP sõnumi edasi olenevalt selle aadressi lõputunnustest (näiteks @aadress.ee). Kui vaheserveri kasutajaandmebaasis seda kasutajat pole võtab ta ühendust teiste SIP võrkude vaheserveritega nagu antud näites näha on. Selleks, et näidata, et esialgne sõnum on edasi saadetud, saadab vaheserver „100 Trying“ sõnumi kasutaja A-le. Vaheserver B leiab enda andmebaasist sellele kasutajale vastava IP aadressi ning saadab kasutaja B-le kutsesõnumi edasi. Tehtud tööst teavitatakse jällegi esimest vaheserverit. Kui sõnum on jõudnud kasutaja B-ni ning ta on valmis kõnet vastu võtma, saadab ta kutse saatjale sõnumi „180 ringing“. Kui kasutaja B vastab kõnele saadab ta helistajale sõnumi „200 ok“. Sel ajal luuakse helikanal kahe kasutaja vahel. [18]



Joonis 5. SIP kõne algatamine [18]

2.2.3 Kasutaja tuvastamine

Kasutajaliides sisaldab endas rakenduskihi tarkvara, mis suhtleb IMS platvormiga üle signaliseerimisliidestest. VoLTE spetsifikatsioonid nõuavad, et kasutajaliides toetaks nii IPv4 kui ka IPv6 versioone.

SIM kaardil asub ISIM (IP multimedia services identity module) rakendus, mis suhtleb IMS platvormiga sarnasel viisil nagu LTE võrgus kasutatav USIM (Universal subscriber

identity module). See hoiab endas IMS domeeninime ja ühte IMPI (IP multimedia private identity) tunnust, mis on sarnane IMSI tunnusele.

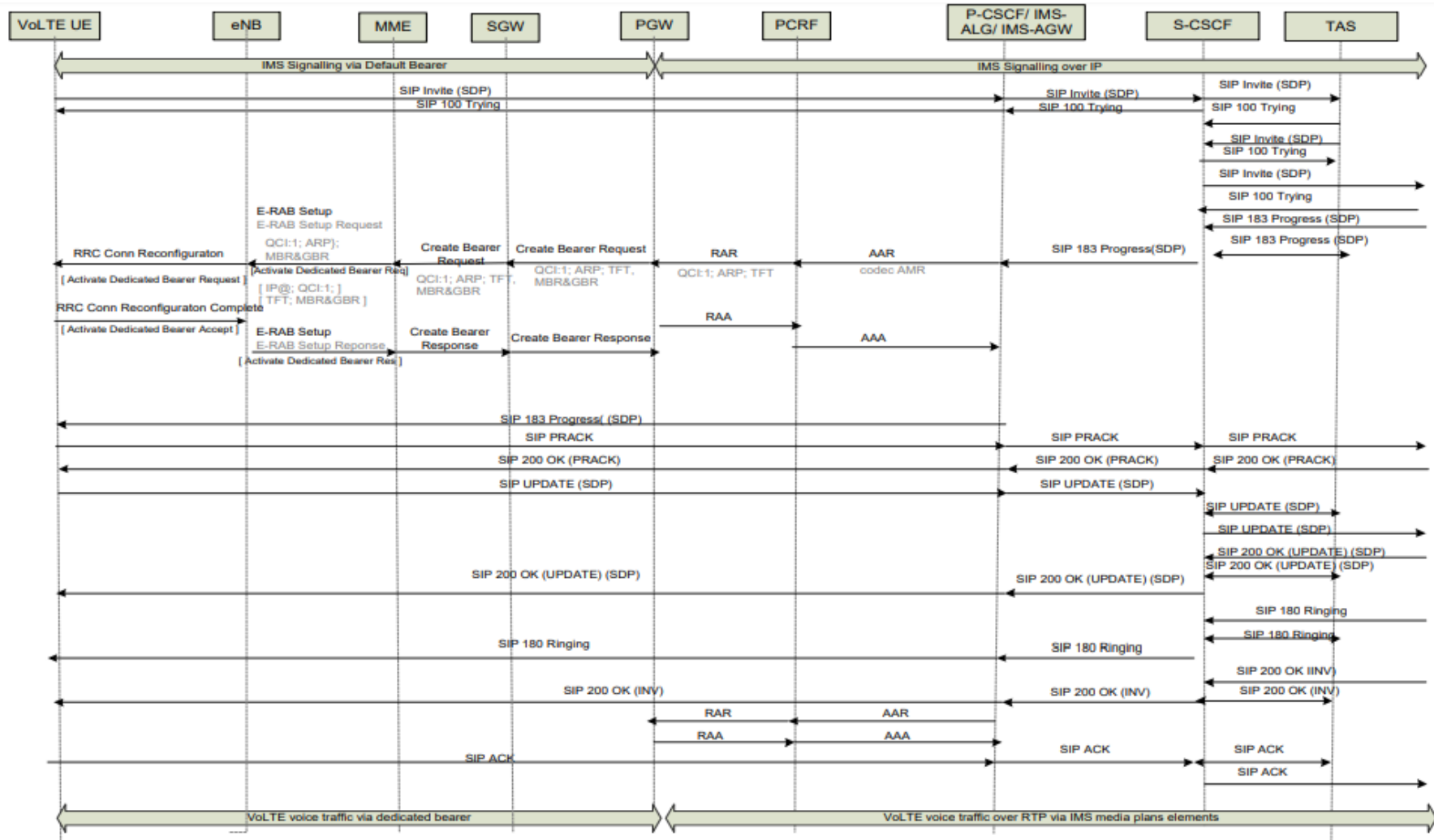
ISIM sisaldab ühte või enamat IMPU (IP multimedia public identity) tunnust, mis on sarnane meiliaadressile või telefoninumbrile. IMPU-t peetakse reeglina SIP URI aadressiks, mis identifitseerib kasutaja, operaatori ja rakenduse, kasutades formaati sip:username@domeen. IMPU võib lisaks eelnevale toetada ka tavalist telefoninumbrit kahel erineval viisil: SIP URI, mis sisaldab telefoninumbrit formaadiga sip:+3725xxxxxxx@domeen ja Tel URI, mis iseloomustab tavaliselt kasutatavat telefoninumbrit formaadiga +3725xxxxxxx.[3] [10]

2.2.4 VoLTE kasutaja kõne

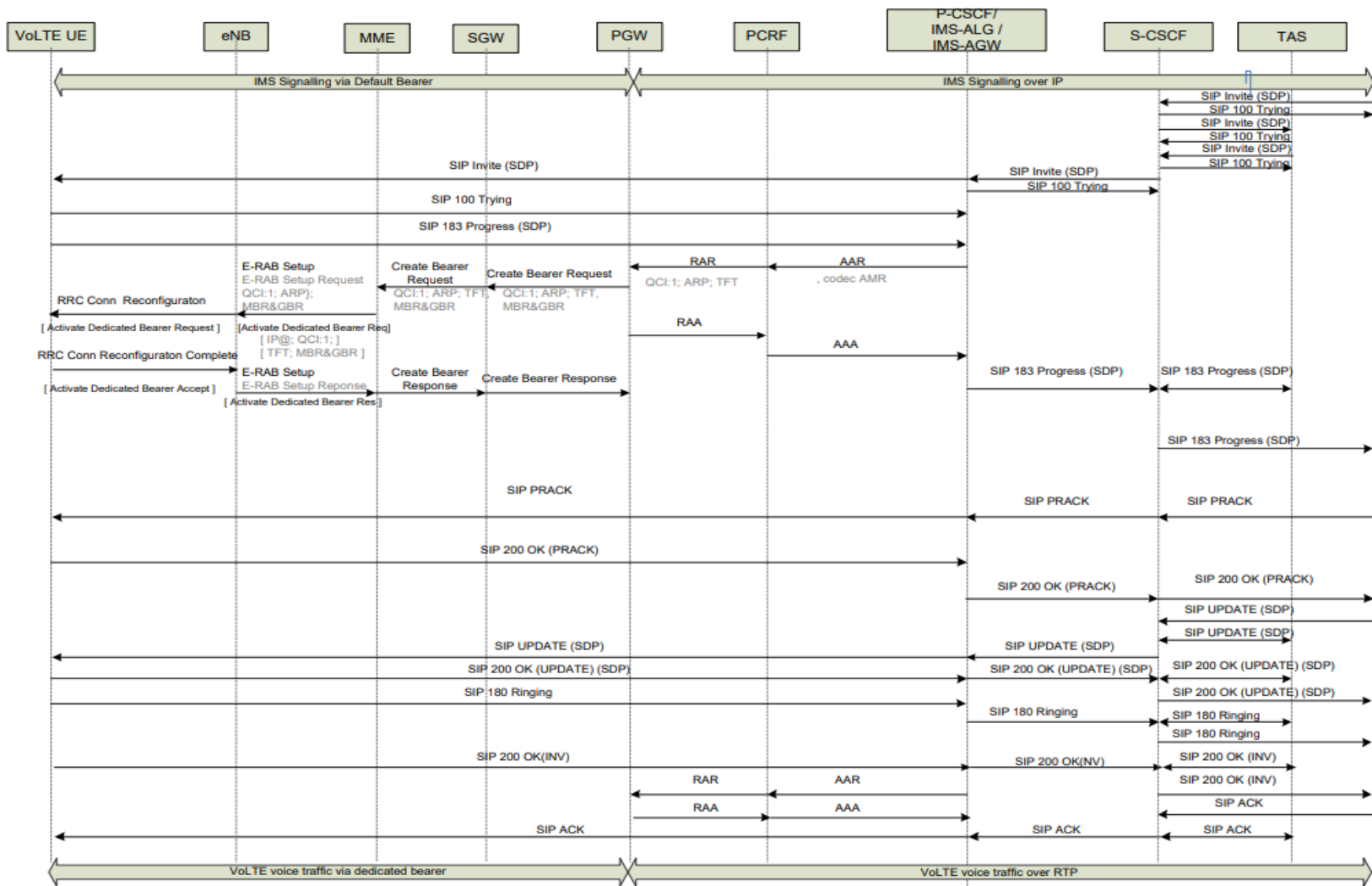
3GPP spetsifikatsioonis FCM 1.1 [4] on kirjeldatud erinevate kõnejuhtude vood. Toon järgnevalt välja VoLTE -> VoLTE kõne algatamise sõnumivoogude kirjelduse kõne alustava osapoole seisukohast ning osapoole seisukohast kellele kõne tehti. Nagu eelnevates alapeatükkides kirjeldatud, saadetakse IMS signaliseerimissõnumid üle vaikimisi kandekanal ja erikandekanal luuakse kõneliikluse edastamiseks.

Joonisel 7 on kirjeldatud kõne algatava osapoole, edaspidi A pool, ja joonisel 8 on kirjeldatud termineeruva osapoole, edaspidi B pool, sõnumivoog. Välja on toodud kõne algatamises osalevad seadmed. Üldine protsess on sarnane alapeatükis 2.2.2 toodud tavalise SIP kõne algatamisega, kuid reaalses juhuses on osapooli rohkem ja seega sõnumeid samuti rohkem. Terminal algatab kõne sessiooni saates välja SIP INVITE sõnumi, mis sisaldab SDP (Session description protocol) pakkumist IMS meedia infoga. Sõnum saadetakse P-CSCF-i, mille aadress selgitati registreerumise ajal välja. P-CSCF lisab sõnumile arveldusvektori ja saadab selle edasi S-CSCF-i. S-CSCF kontrollib soovitud teenuse kasutamiseks vajalikke õigusi ja autendib kasutaja. Seejärel saadetakse kutse edasi TAS-i, mis algatab kõne jaoks vajaliku MMTel funktsioonid ja saadab sõnumi tagasi S-CSCF-i. S-CSCF selgitab koostöös ENUM või DNS serveritega välja, et B pool asub koduvõrgus ja suunab kutse edasi I-CSCF-i, et selgitada B poolt teenindav S-CSCF. B poole terminal saadab kutsele tagasi SDP (Session description protocol) vastuse S-CSCF-i kaudu, mis suunatakse edasi P-CSCF-i. See analüüsib vastust ja saadab autoriseerimispäringu PCRF-i. PCRF autoriseerib võimalusel päringu ja seob selle kasutaja informatsiooniga, mis sisaldab muuhulgas lubatud teenuste nimekirja ja QoS infot. Lisaks eelnevale algatab PCRF juba aktiivse vaikimisi kandekanal kõrval vajalike

QoS parameetritega erikandekanaliloomise päringu P-GW-le. P-GW kinnitab PCRF-i päringu, mis omakorda kinnitab P-CSCF-i poolt PCRF-ile saadetud autoriseerimispäringu. P-GW saadab SGW-le edasi kandekanaliloomise päringu, mis saadab selle edasi MME-le. MME saadab kandekanaliloomise päringu tugijaamale, mis koostöös terminaliga seadistab raadioühenduse ümber vajalike parameetrite järgi ning kinnitab kandekanaliloomise päringu. MME kinnitab SGW-le kandekanaliloomise aktiveerimist vastusega, mis suunatakse edasi P-GW-le. P-CSCF-i kaudu saadetakse A poole terminalile SIP progressisõnum ja A poole terminal algatab selle järgi PRACK kinnitussõnumi, mis suunatakse B poolele. Kui B pool on siiani valmis kõne kahe osapoolte vahel looma, vastab ta PRACK sõnumile 200 OK (PRACK) sõnumiga. A pool reserveerib sisemisi ressursse kõne tegemiseks ja kinnitab selle saates saates P-CSCF-i ja S-CSCF-i kaudu B poolele välja SIP UPDATE sõnumi kõne ajal kasutatavate parameetrite ja tingimuste sobivuse kinnitamiseks. B pool kinnitab selle ja saadab seejärel A poolele välja helisemissõnumi. Kui kõne võetakse B poolel kasutaja poolt vastu, saadetakse 200 OK sõnumi A poolele. See võetakse vastu S-CSCF-i poolt, mis saadab selle P-CSCF-ile. P-CSCF laseb PCRF-il erikandekanaliloomise üleslülil ja allalülil suunad aktiveerida. PCRF omakorda laseb P-GW-l meediavoo aktiveerida. P-CSCF suunab SIP 200 OK (INVITE) sõnumi edasi A poole terminalile, mis kinnitab selle tähistades kõne loomist.



Joonis 6. VoLTE->VoLTE kõne algatamise algatava poole sõnumite voog [4]



Joonis 7. VoLTE->VoLTE kõne algatamise termineeruva poole sõnumite voog [4]

2.3 VoWi-Fi

VoWi-Fi viitab kõnele üle Wi-Fi võrgu ja on arendatud selleks, et laiendada mobiilseid kõnevõimalusi praegusest mobiilvõrgust kaugemale. VoWi-Fi-t peetakse VoLTE lisateenuseks, mida on mõistlik kasutusele võtta koos VoLTE teenusega, et vältida hiljem ebavajalikke lisatoiminguid. Antud projektis ja seda kirjeldavas magistritöös on implementeeritud GSMA dokumendis IR.51 [5] kirjeldatud arhitektuuri. Enamikul klientide hulgas kasutatavatel telefonidel on juba Wi-Fi funktsionaalsus sisse integreeritud ja VoWi-fi kõne ei erine kliendi vaatenurgast VoLTE teenusest peale seda kirjeldava ikooni, kuid võrgu ja operaatori seisukohast on vajalik kasutusele võtta mitmeid lisafunktsionaalsusi.

VoWi-Fi teenuse täisväärtuslikuks toimimiseks on see vajalik see integreerida VoLTE teenusega läbi LTE tuumikvõrgu. Seda tegemata jättes ei erineks see palju populaarsetest internetipõhistest suhtluskeskkondadest nagu Facebook, Viber ja Skype, mis võimaldavad samuti teha häälkõnesid. VoWi-Fi edu võti seisneb just selles, et kliendile ei erine see palju tavalisest telefonikõnest vaid tekitab lisavõimalusi eriti just leviala laiendades. VoWi-Fi eelisteks VoLTE ja teiste mobiilside standardite ees on võimetus teha mobiilkõnesid asukohtades, kuhu tavaliselt mobiilside signaal ei levi. Kerge vaevaga on võimalus tekitada endale kodus või kontoris hea siselevi, lisades sinna internetiühendusega Wi-Fi ruuteri. Integreerides VoWi-Fi LTE tuumikvõrguga on võimalik VoLTE kõnesid sujuvalt üle viia VoWi-Fi kõnedele ja vastupidi. VoWi-Fi kõnesid otse 3G või 2G võrku üle viia ei saa vaid tuleb esmalt üle minna VoLTE peale ning siis sujuva võrguvahetusega 2G või 3G võrku. Sellest tuleb pikemalt juttu alapeatükis 2.4.

Peamine komponent VoWi-Fi ühendamiseks VoLTE-ga on ePDG [7] võrgulüüs, mis on asetatud interneti ja LTE tuumikvõrgu ning IMS platvormi vahele. Kuna Wi-Fi pole 3GPP jaoks usaldatud juurdepääsuvõrk ja ka operaatoril pole võimalik seda kontrollida, on ePDG ülesandeks muuta kasutaja ühendus operaatori tuumikvõrguga turvaliseks. [8]

2.3.1 Turvaline ühendus ja autentimine

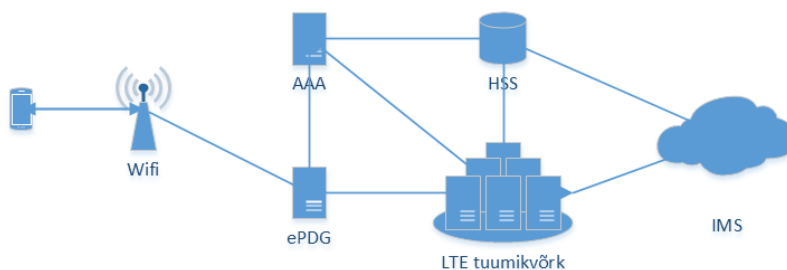
Operaatori jaoks on põhiliseks murekohaks VoWi-Fi puhul selle turvalisus, kuna Wi-Fi juurdepääsuvõrku, mida kliendid kasutavad, ei suuda operaatori ise kontrollida. Mobiilne

terminal ehk telefon ühendub VoWi-Fi puhul tuumikvõrgu ja IMS platvormiga luues üle Wi-Fi võrgu VPN (Virtual private network) tunneli ePDG-ga. Kasutatakse IPsec (Internet protocol security) standardit, mille täpne kirjeldus VoWi-Fi lahenduses on toodud 3GPP spetsifikatsioonis 33.402 alapeatükis 8.2 [19]. Sarnaselt LTE ja VoLTE-ga toimub kasutaja autentimine ja tuvastamine SIM kaardil asuva võtme abil, millest on räägitud alapeatükis 2.2.3. [8]

2.3.2 VoWi-Fi teenuse kasutusele võtmine VoLTE kõrval

Nagu eelnevalt mainitud pole VoWi-Fi teenuse näol kliendi jaoks selle kasutamise puhul palju erinevusi peale ikooni telefoni olekuribal ja laiema leivala võimaluste. Sellegipoolest on operaatori jaoks erinevused suured. Kirjeldan järevalt seadmeid ja funktsionaalsusi, mis tuleb koos IMS platvormiga kasutusele võtta eelkõige VoWi-Fi jaoks.

ePDG ja AAA serverite funktsiooniks on tagada LTE tuumikvõrgu ja IMS võrgu turvalisus ohtude eest, mis võivad siseneda 3GPP poolt ebausaldusväärse nimetatud Wi-Fi võrgust. Operaatoril ei ole võimalik reguleerida Wi-Fi võrku mida kasutaja juurdepääsuvõrguna kasutab. Sisuliselt võib VoWi-Fi kõnesid teha mistahes Wi-Fi võrgus, mis on ühendatud internetiga ja mille signaali kvaliteet on seadme jaoks piisav. See tähendab, et teenuse kasutaja võib sattuda Wi-Fi võrku, mis on ebaturvaline ja mida kuulatakse pealt. Ohtude ärahoidmiseks luuakse seadme ja ePDG vahel turvaline VPN ühendus. AAA serveri ülesandeks on kasutajate autoriseerimine. Joonisel 8 on näha ePDG ja AAA serverite funktsionaalset arhitektuuri LTE tuumikvõrgu ja IMS-i vahel. [8]



Joonis 8. ePDG ja AAA kasutamine IMS võrgu teenustes

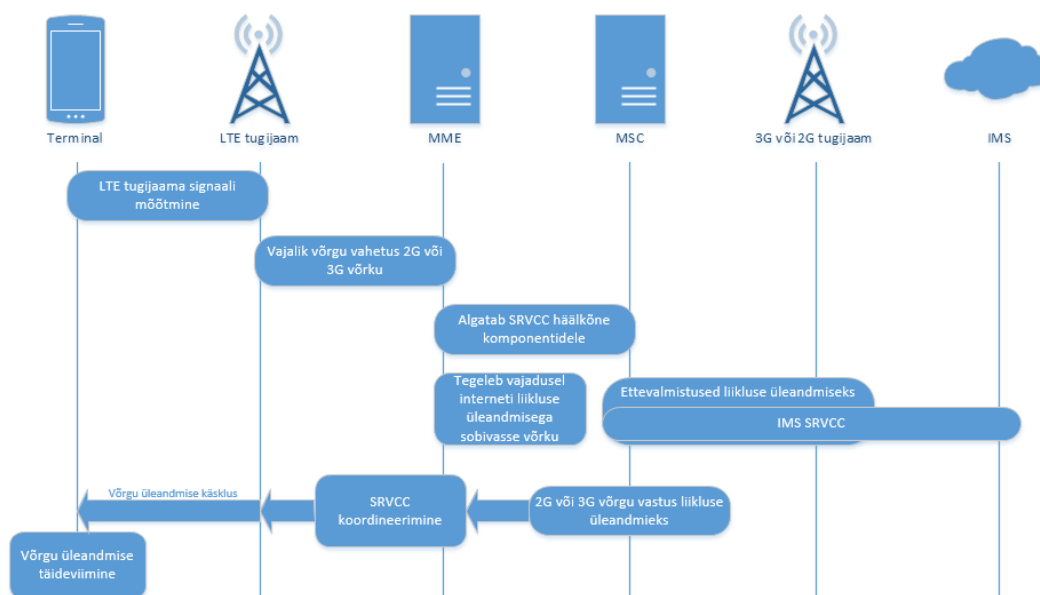
IP-SM-GW ehk IP sõnumikeskus on vajalik eelkõige VoWi-Fi kasutamisel, kui taustal puudub 2G, 3G või LTE võrk, millega toimib sõnumite saatmine tavalisel SMS keskuse vahendusel. Sarnaselt tavaliste tekstisõnumite saatmisega VoWi-Fi registreeringuga toimub ka MMS sõnumite ja USSD infomenüü kasutamine üle SIP protokolliga ePDG poolt loodud turvalise ühendusega. Kliendi seadmes ei ole vaja uusi võimekusi, sest nende lisateenuste funktsionaalsus asub TAS-i sees. Kõne piirangute, juhitava numbrinäidu ja suunamise juhtimiseks üle IMS võrgu on vajalik IP- põhise XCAP protokolliga kasutamine. Selle kasutamiseks on vajalik uue ajutise kandekanaliga loomine, mis eemaldatakse, kui lisateenuste kasutamine on lõpetatud. Praktikas kasutatakse ka MMS-de saatmisel ajutise kandekanaliga loomist. [8]

Hädaabi kõnede korral ei saa kasutada tavapärasest protsessi, mida kasutatakse 2G ja 3G korral. Hädaabi kõned ühendatakse automaatselt võrgu poolt PSAP-ga (Public safety answering point) ehk hädaabi kõnekeskusega, mis asub kõne tegemise asukohale kõige lähemal. Lisaks peab olema võimalik hädaabi kõnet teha SIM kaardita ehk olenemata kasutaja õigusest võrguteenuseid kasutada. Lähim asukoht leitakse 2G, 3G ja ka LTE puhul kasutades tugijaama asukohaandmeid. VoWi-Fi puhul ei ole kasutatud ühtegi tugijaama ja taustal puuduva mobiilside ühenduse puudumisel ei tea võrk kasutaja geograafilist asukohta. IMS hädaabi kõnede korral on IMS võrgus lisanduv kõnesessiooni kontrollifunktsioon E-CSCF (Emergency call session control function). Selle ülesandeks on kasutaja asukoha tuvastamine ja kõne juhtimine õigesse hädaabi kõnekeskusesse. Kasutaja asukoha tuvastamiseks kasutatakse tugijaamaga ühenduse puudumisel LRF-i (Location retrieval function) ehk asukoha tuvastamise funktsiooni. LRF võib asukoha saamiseks suhelda eraldiseisva asukohaserveriga. Asukohaserveril on erinevaid võimalusi kasutaja asukoha tuvastamiseks. Ühe näitena võidakse terminali toe korral kasutada OMA (Open media alliance) poolt defineeritud SUPL (Secure user plane location) meetodit, mis kasutab asukoha leidmiseks GPS (Global positioning system) asukohta. Antud projekti skoobis pole esialgses faasis hädaabi kõnesid üle IMS platvormi planeeritud. Algses faasis kasutatakse hädaabi kõne korral siirdumist 2G või 3G võrku, millest tuleb juttu järgmises alapeatükis. [1] [8] [20]

2.4 VoLTE ühenduvus kanalikommutatsioonipõhiste võrkudega

LTE võrgus internetti kasutades teeb terminal kõne algatades ainult 2G või 3G kõnevõimekuse korral CSFB-i (Circuit switch fallback) ehk sujuva võrguvahetuse kanalikommutatsioonipõhisesse 2G või 3G võrku. See meetod on aeglane ja tülikas, kuna interneti liiklus suunatakse samuti vastavasse aeglasesse võrku. VoLTE kõnevõimekuse korral jääb kõne ja interneti liiklus küll kiiresse LTE võrku, kuid LTE leviala puudumise korral peab säilima võimalus kõne jätkata mõnes piirkonnas paremini levivas 2G või 3G võrgus. Siin tuleb appi SRVCC (Single radio voice call continuity) meetod ehk katkematu kõne jätkamine VoLTE ja 2G või 3G vahel, mis on kirjeldatud 3G spetsifikatsioonis 23.216. [21]

Joonisel 9 on toodud 3G spetsifikatsioonis kirjeldatud lihtsustatud kontseptsioon SRVCC tegemisel 2G või 3G võrku. Terminal teostab pidevalt LTE võrgu kvaliteedimõõtmisi. Kui LTE signaali kvaliteet on nõrk ning 3G või 2G signaal on parem, siis annab LTE tugijaam MME-le teada, et on vajalik võrgu vahetus vastavalt 2G või 3G võrku.



Joonis 9. SRVCC 2G või 3G võrku lihtsustatud kontseptsioon [21]

MME algatab seejärel MSC serveriga SRVCC häälkõne komponentidele. MSC saadab kõne sessiooni üleandmise soovi IMS platvormi ja koordineerib samal ajal võrgu üleandmise tegevused 2G või 3G tugijaamaga. Kui võrgu üleandmise ettevalmistused on juhtelementide poolt tehtud, saadab MSC MME-le vastuse võrgu üleandmiseks koos vajaliku info vastava 2G või 3G tugijaama kohta. Kui tegemist on kandekanaliga, mille

kaudu käib interneti liiklus, siis teostab MME kandekanalil poolitamise vastavalt 3GPP spetsifikatsioonile TS 23.401[22]. [21]

SRVCC teostamiseks on erinevaid versioone. Neid tutvustatakse tabelis 3.

Tabel 3. SRVCC versioonid [21][24]

SRVCC tüüp	3GPP väljalase	Kirjeldus
Tavaline SRVCC	Rel-8	Kõne ajal tehtav võrguvahetus
Lisateenused	Rel-9	Lisateenuste toimimine (näiteks kõne ootele panemine) pärast võrguvahetuse tegemist
Hädaabi	Rel-9	IMS hädaabi kõne ajal võrguvahetuse tegemine
aSRVCC e. <i>alerting</i> SRVCC	Rel-10	Kõne püstitamise faasis tehtav võrguvahetus
eSRVCC e. <i>enhanced</i> SRVCC	Rel-10	Täiustatud SRVCC kõne viite vähendamiseks. Muudetud võrguvahetuse ankurpunkt
vSRVCC e. <i>video</i> SRVCC	Rel-11	Võrguvahetus ViLTE (Video over LTE) tarbeks.
rSRVCC e. <i>reverse</i> SRVCC	Rel-11	Vastupidine võrguvahetus, kus 2G või 3G süsteemist minnakse üle IMS kõneks.

Antud projekti skoobis ei ole hädaabi SRVCC, vSRVCC ja rSRVCC. Kõige vajalikumaks nimetatute seast on kindlasti rSRVCC, sest praeguse lahendusega võib VoLTE kõne ajal teha võrguvahetuse 3G või 2G võrku kuid mitte tagasi. Uus IMS registreerimine tehakse LTE levi olemasolul pärast kõne lõpetamist.

3 VoLTE ja VoWi-Fi teenuste kasutusele võtmise projektiplaan

Antud projekti eesmärk on kasutusele võtta täiesti uued teenused, mida on üle maailma veel vähesel määral kasutusel. Kuna erinevad operaatorid kasutavad erinevaid seadmetootjaid ning erinevaid võimekusi, siis kaasnevad projekti plaanisel paljud nüansid, mida teiste operaatorite edust või ebaedust ette planeerida ei saa. See peatükk kirjeldab antud magistritöö põhilise osana VoLTE ja VoWi-Fi teenuste kasutusele võtmise protsessi ja plaani, mis on kohandatud ühe Eesti operaatori vajaduste jaoks.

VoLTE ja VoWi-Fi puhul on tegemist võimekustega, mida võimaldavad operaatoritel kasutusele võtta erinevad võrguseadmete tootjad nagu Huawei, Ericsson ja Nokia. Kuna tegemist on maailmas üsna uueväärsede teenustega, on tavapärane, et operaatorid ostavad just nendelt seadmetootjatelt täieliku võimekuse ehitamise ja integreerimise praeguste süsteemidega sisse. Tegemist on viimasel ajal väga populaarsete teenustega. Seetõttu tulevad seadmetootjad nende võimaluse pakkumisega tavaliselt ise välja või reklaamivad neid mõnel konverentsil või messil. Operaatoritel jääb üle vaid valida parim pakumine ja hakata koostöös seadmetootja (edaspidi teenusepakkuja) projektitiimiga andmeid vahetama ja projektiplaani tegema.

3.1 Kooskõla standarditega

IMS põhiste teenuste ehitamisel lähtuvad teenusepakkujad peamiselt GSMA dokumendist IR.92 *IMS Profile for Voice and SMS* [3]. Selles dokumendis kirjeldatakse 3GPP spetsifikatsioonides defineeritud IMS platvormi minimaalselt vajalikke nõudeid ja funktsioone, mida teenuseid kasutav telefon ja võrk peavad kasutusele võtma, et garanteerida koostalitlusvõimeline ja kõrgekvaliteetne IMS- põhine telefoniteenus üle LTE raadiovõrgu. Dokumendis määratakse muuhulgas [3]:

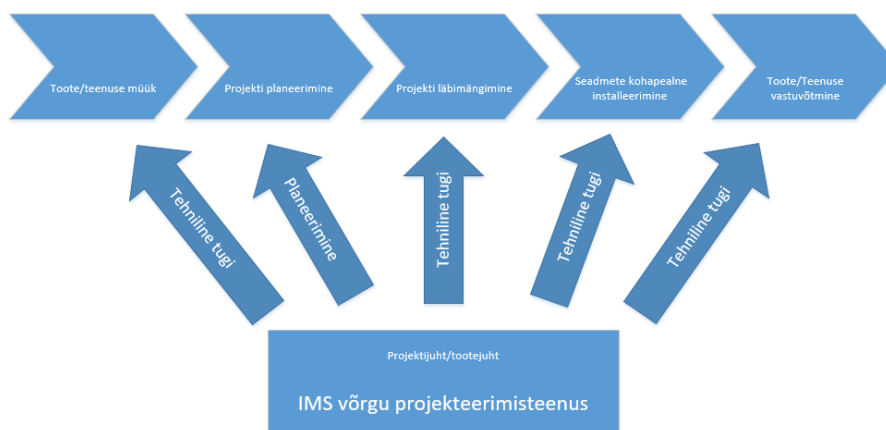
- IMS platvormi põhilised omadused, võimekused ja lisaväärtused
- LTE raadiovõrgu ja EPC võimekused
- Funktsionaalsused, mis võimaldavad erinevatel osapooltel suhelda
- Funktsionaalsused, mis võimaldavad kasutada uute IMS- põhiste teenuste kõrval samaaegselt eelmisi kanalikommutatsioonil põhinevaid 3G ja 2G võrke.

GSMA on loonud eelmise dokumendi juurde VoLTE teenuse kirjelduse ja implementeerimisjuhendi FCM.01 *VoLTE Service Description and Implementation Guidelines* [4]. See dokument määratleb VoLTE teenuse täpse kirjelduse ja kasutusele võtmise juhendi, et pakkuda operaatoritele algusest lõpuni VoLTE teenuse käikuvõtmist. VoLTE-st hiljem arendatud VoWi-Fi pole selles dokumendis eraldi välja toodud vaid on kirjeldatud mitmes eraldi dokumendis nagu IR.51– *IMS Profile for Voice, Video and SMS over Wi-Fi* [5] või IR.61 – *Wi-Fi Roaming Guidelines*. [6]

Erinevad lisateenused on kirjeldatud eraldiseisvates dokumentides. Videokõne võimekus on toodud välja GSMA dokumendis IR.94. Rändlusteenuste kasutamine on kirjeldatud dokumentides IR.65 ja IR.88.

3.2 Projektiplaani tegemine

Tervikliku projektiplaani pakub välja teenusepakkuja, kes tutvub algselt operaatori võimekustega ja võrgu ehitusega. Projekt pole võtmed kätte meetodil tehtud vaid eeldab väga suurem määral ka operaatori enda ressursi eelkõige kvalifitseeritud tööjõu näol. Joonisel 4 on näha teenusepakkujapoolset lihtsustatud projektiplaani VoLTE ja VoWi-Fi teenuste müümisest kuni ülesehitamise ning kasutuselevõtmiseni ühes operaatoris. IMS võrku ja sellel põhinevaid teenuseid pakutakse projektina, mille meeskond on kogu aja vältel sama. See loob eeldused, et teenusepakkuja insenerid saavad pidevalt antud projektiga tegeleda ning tähtajad ei veni. Paraku pole operaatori kõneside inseneridel võimalik tegeleda vaid ühe projektiga vaid leida aega vastavalt võimalustele.



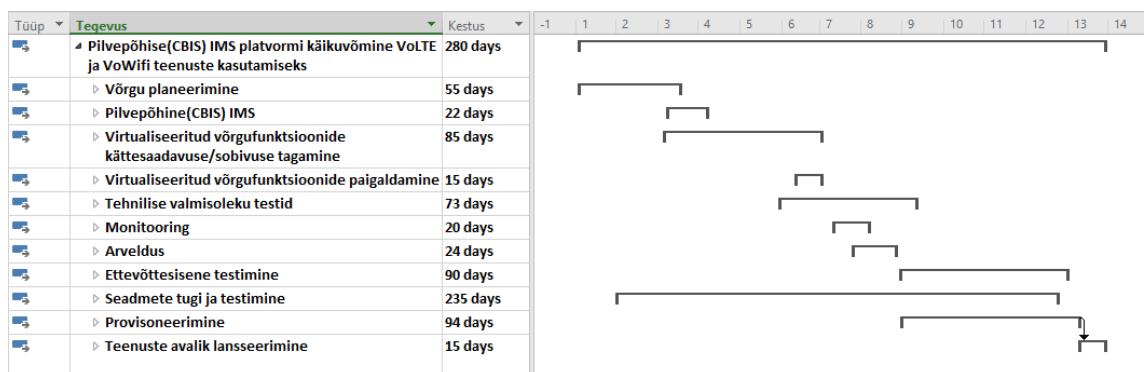
Joonis 10. Teenusepakkuja lihtsustatud projektiplaani [23]

Projektiplaan, mis kirjeldab teenusepakkuja poolseid tegevusi, hõlmab endas järgnevaid punkte:

- Võrgu projekteerimine, planeerimine ja ühendamine pilvepõhisesse infrastruktuuri
- Pilvepõhise infrastruktuuri ehitamine ja konfigureerimine
- Virtuaalsete võrgufunktsioonide kasutuselevõtmine
- Võrgu testimine
- Monitooringu ehitamine
- Provisjoneerimine
- Teenuste avalikku kasutusse andmine

Selles magistritöös lähtub autor operaatoripoolsest projektiplaanist, mis kirjeldab ajakava ja tegevusi, mis on vajalikud operaatori halduses olevate ressurssidega. Kuna töö kirjutajal pole teenusepakkuja nõusolekut kasutada nende projektiplaani ning materjale, kirjeldatakse edaspidi põhjalikumalt vaid operaatoripoolseid tegevusi.

Joonisel 11 on töö autori poolt MS Project tarkvaraga tehtud projektiplaan, kuhu on kokku viidud nii teenusepakkuja poolsed tööd kui ka operaatoripoolsed tegevused. Ettevõtte siseinfo hoidmiseks on konkreetsed kuupäevad eemaldatud. Projekt kestab 280 tööpäeva ehk umbes 13 kuud. Projekti kõige mahukamaks osaks on seadmete toe saamine ja nende testimine. Seda seepärast, et magistritöö koostamise hetkel on maailma turg seisus, kus operaatorid ootavad seadmetootjate järgi. Nõudlus on suur ja seetõttu peavad operaatorid arvestama suures ajakulus.

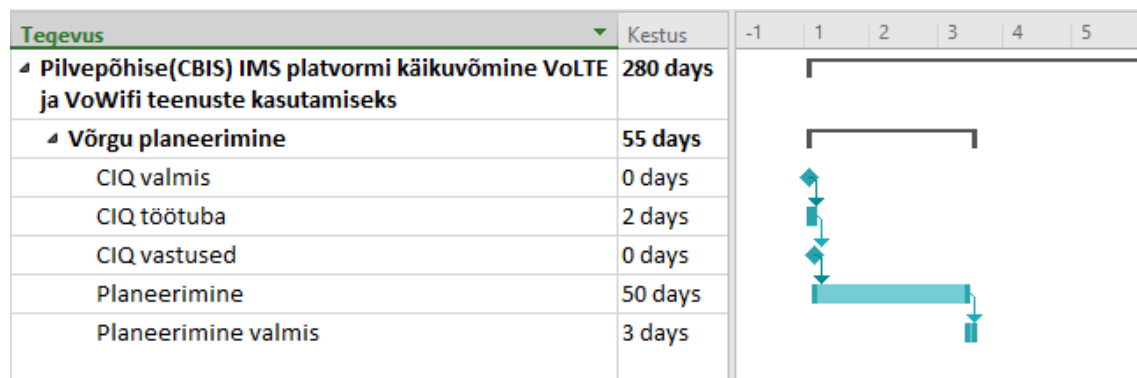


Joonis 11. Pilvepõhisel IMS platvormil põhinevate VoLTE ja VoWi-Fi teenuste kasutusele võtmise plaan [23]

Projekt on jaotatud üheteistkümneks alamosaks, mis sisaldavad töid nii teenusepakkujalt kui ka operaatori töötajatelt. Järgnevates punktides kirjeldatakse neid alamosi ning samuti neis sisalduvaid töid. Kuigi projektiplaan on üsna läbimõeldud, pole antud plaanis siiski mitmeid osi, mida seoses erinevate asjaoludega polnud võimalik ette näha. Tegu pole juhendiga VoLTE ja VoWi-Fi teenuste kasutusele võtmiseks vaid järgnevate punktide eesmärk on anda üldine ülevaade tehtud töödest. Detailed kirjeldused tehtud töödest puuduvad.

3.2.1 Võrgu planeerimine

IMS platvormi ehituse planeerimiseks ja selle integreerimiseks alustab teenusepakkuja võrguinfo kogumisega. Vaja on teada olemasoleva võrgu ehitust, vajadust uute elementide järele ja võimalusi IMS platvormi integreerimiseks. Joonisel 12 on toodud IMS võrgu planeerimise erinevad osad, mille osapooleks on operaator.



Joonis 12. Võrgu planeerimise alampunkt projektiplaanis [23]

Operaatorile edastatakse CIQ (Customer input questionnaire) ehk kliendi sisendandmete küsimustik. See sisaldab olemasolevate ja uute integreeritavate seadmete nimesid, IP-sid, FQDN-e (Fully qualified domain name), numbriplaane, alamvõrke ja muud infot, mis on vajalikud teenuste täielikuks kasutusele võtmiseks

Kuna küsimustik on üsna mahukas, korraldab teenusepakkuja selle täitmiseks töötoa. Lisaks tulevad paljuski appi 3GPP spetsifikatsioonid, mis määravad selgelt ära nende sisu. 3GPP spetsifikatsiooni 23.003 peatükk 13 [15] kirjeldab IP multimeedia alamsüsteemi sisest nummerdamist, adresseerimist ja tuvastamist. Autor toob järgnevalt välja üldisemad IMS süsteemi elementide ja parameetrite adresseerimise formaate.

- Koduvõrgu domeeninimi

Koduvõrgu domeeninimi on interneti domeeninime kujul ja koosneb MCC-st (Mobile country code) ehk mobiilvõrgu riigikoodist ja MNC-st (Mobile Network code) ehk mobiilvõrgu võrgukoodist. Olenemata operaatorist on domeeninime alguses „ims.“ Ja lõpus „.3gppnetwork.com. Näiteks, kui MNC = xxx ja MCC = 248, siis on koduvõrgu domeeninimi järgmine:

ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org

- Üksikkasutaja adresseerimine

Üksikkasutaja adresseerimine toimub NAI (Network Access identifier) kujul ja IMSI (International mobile subscriber identity) põhiselt, mis on igal kasutajal unikaalne. Kasutaja adresseerimine toimub järgneval kujul:

"<IMSI>@ims.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org".

Näiteks, kui IMSI = 248xxx999999999 (MCC = 248, MNC = xxx), toimub kasutaja adresseerimine järgnevalt:

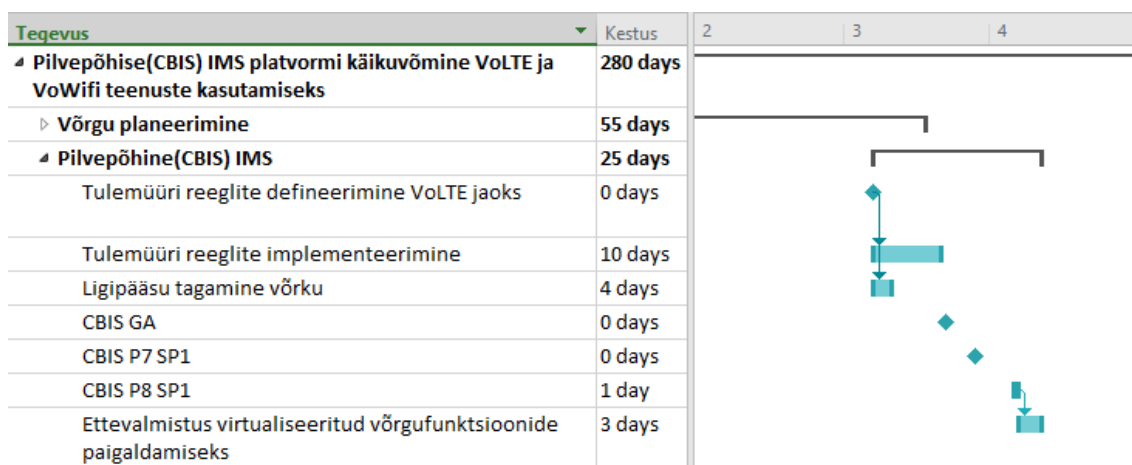
"248xxx999999999@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org".

Võrgu planeerimises pannakse paika tulevase IMS platvormi arhitektuur ning liidestamine olemasolevate elementidega. Tutvustatakse kasutatud võrgufunktsioone ning toimuvad esimesed koolitused operaatori inseneridele. [1][3]

Planeerimiseks on eraldatud 50 tööpäeva ning kui võrgu ehitus on operaatoriga kokku lepitud saab selle järel saab alustada taristu ning IMS platvormi ehitusega.

3.2.2 Pilvepõhine (CBIS) IMS

VoLTE-t ja VoWi-Fi-t on võimalik kasutusele võtta nii eraldiseisva kui ka pilvepõhise riistvara peal. Antud projektis on kasutatud tänapäevasemat pilvepõhist riistvara. CBIS (CloudBand infrastructure software) ehk pilvepõhisel taristul asuva IMS platvormi alampunkti alla koonduvad teenusepakkuja ettevalmistused pilvepõhise IMS platvormi paigaldamiseks. Lisaks defineeritakse operaatori tulemüüri reeglid, tagades ligipääsu operaatori elementidele integratsiooni tegemiseks IMS platvormiga. Joonis 13 kirjeldab antud alamosa töid ja nende mahtu. Kuna IMS platvorm on antud lahenduse juures pilvepõhine, pole operaatoril käsutuses füüsilisi servereid ega võrgulüüse ning virtuaalsed funktsioonid asuvad virtuaalsel taristul.

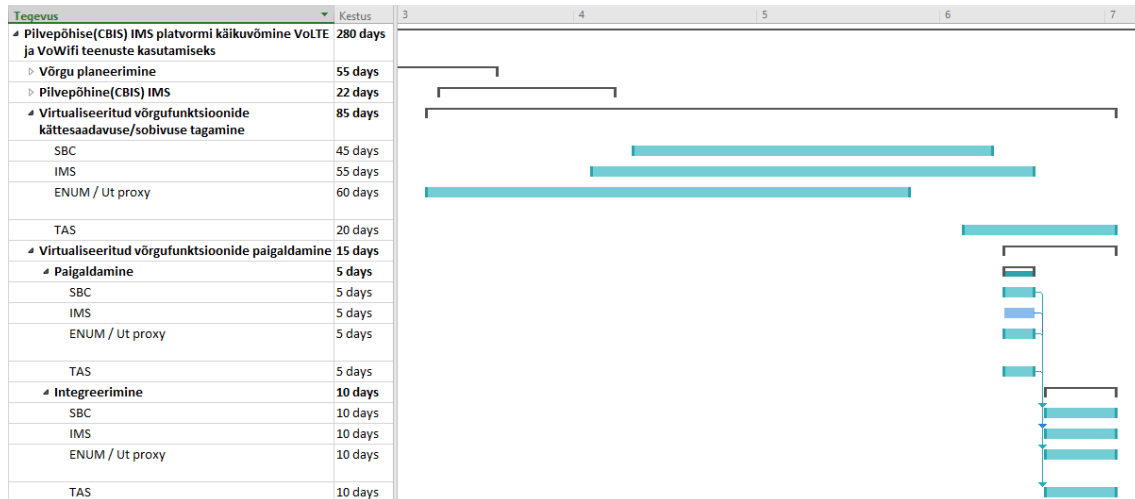


Joonis 13. Projektiplaani alampunkt – pilvepõhine (CBIS) IMS [23]

Virtuaalse taristu eeliseks on selle paindlik majandamine ning suuremad võimalused. Kui serveritega midagi juhtub, siis saab lihtsasti nendel asuvad funktsioonid tõsta varuserveritele. IMS põhises VoLTE ja VoWi-Fi arhitektuuris on kasutatavate elementide arv üsna suur. Kui oleks vajadus need soetada eraldi masinate peal tõuseksid halduskulud ruumi, elektri ja jahutuse näol kõrgeks. Pilvepõhine taristu kaotab operaatori jaoks need probleemid ja alandab halduskulusid. Antud projektis paigaldatakse esmalt pilvepõhise taristu tarkvara üldine versioon (GA – General availability) ning seejärel hoolduspaketid vastavalt olemasolevale tasemele. Pilvepõhise taristu peale paigaldatakse VoLTE ja VoWi-Fi funktsionaalsusi sisaldavad virtuaalsed võrgufunktsioonid.

3.2.3 Virtualiseeritud võrgufunktsioonide tagamine ja paigaldamine

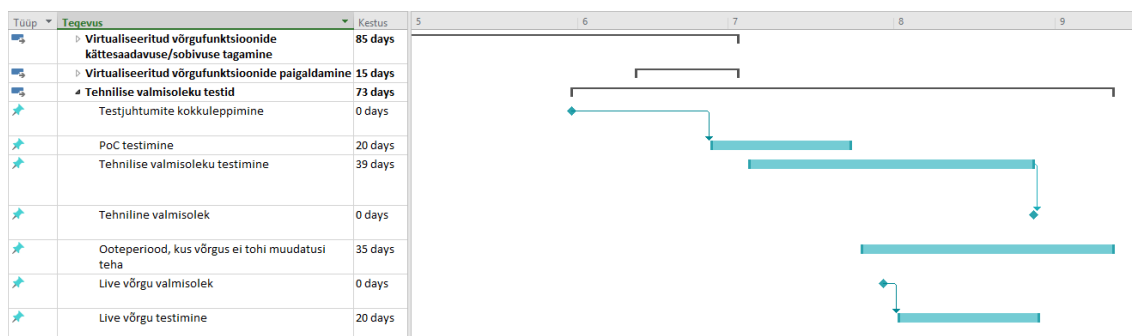
Virtualiseeritud võrgufunktsioonide ehk VNF-de (Virtual Network function) paigaldamise projektiplaan sisaldab tähtsamate võrgufunktsioonide nagu SBC, IMS ehk I- ja S-SCSF, ENUM ja TAS tarkvaralist ettevalmistamist antud operaatori jaoks ja seejärel nende paigaldamist operaatori pilvepõhisele taristule. Tööde mahtu ja pikkust iseloomustab joonis 14.



Joonis 14. Virtualiseeritud võrgufunktsioonide tagamise ja paigaldamise alampunkt projektiplaanis [23] Antud projektiplaanis pole toodud täielikku nimekirja paigaldatud võrgufunktsioonidest. Selle alamosa lõpuks luuakse võrgufunktsioonide paigaldamisega ning nende integreerimisega eeldused VoLTE ja VoWi-Fi teenuste toimimiseks. Esimeste funktsionaalsuste saavutamisel saab jätkata teenuste testimisega, samal ajal jätkates võrguseadmete konfigureerimistöödega vastavalt testides välja tulnud vajadustele.

3.2.4 Tehnilise valmisoleku testid

Olukorras, kui projekt on jõudnud kohta, kus võrk on küllalt valmis, et operaator saab VoLTE ja VoWi-Fi teenuste esimesi funktsioone kasutada, alustatakse koostöös teenusepakkujaga tehnilise valmisoleku testidega. Joonis 15 annab ülevaade seda sisaldavatest töödest ja nende mahust.



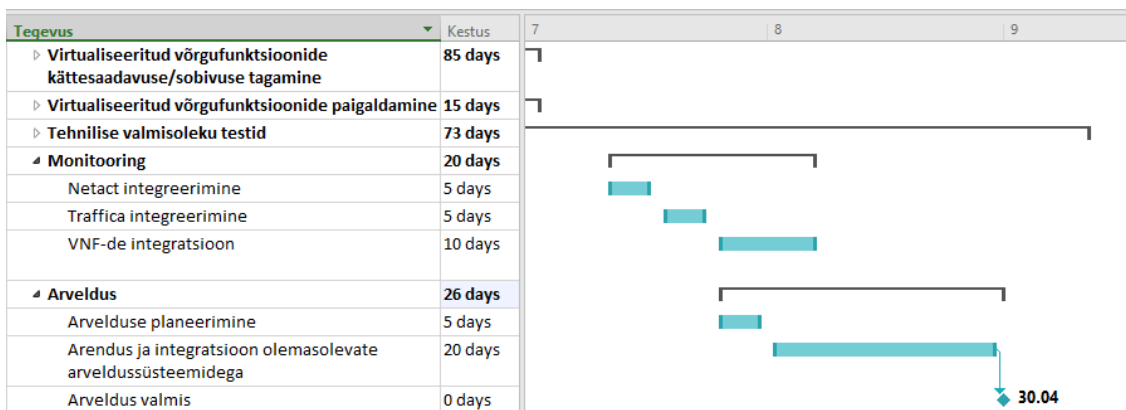
Joonis 15. Tehnilise valmisoleku testide alampunkt projektiplaanis [23]

Protsess algab testjuhtumite kokkupanemisega ja PoC (Proof of concept) ehk eestipäraselt kontseptsiooni tõenduse skoobi kokku leppimisega. Testjuhtumitest ja testimisest tuleb pikemalt juttu peatükis 4. Kontseptsiooni tõendus annab ülevaate projekti võimalikust edukusest ja kinnitab operaatorile, et teenused toimivad nii nagu algselt kokku lepitud. Kui IMS platvormi installeerimine ja selle integreerimine olemasoleva võrguga laabub tõrgeteta, saab teenuseid testima hakata kuuenda kuu lõpus ehk umbes poole projekti peal. Kontseptsiooni tõenduse testimine peaks 20 päevaga andma ülevaate projekti edukusest. Samal ajal saab alustada tehnilise valmisoleku testimisega, mis hõlmab endas kõiki teenuste nüansse, mida klient peaks saama kasutada. Kuu pärast tehnilise valmisoleku testide algust saab alustada testimist tegeliku võrgu peal. Selle ajal ei tohiks enam võrgus muudatusi teha, et vältida testide ebaõnnestumist asjaolude tõttu, mis pole testijale teada.

3.2.5 Monitooring ja arveldus

Veel enne tegeliku võrgu testimise lõpetamist on tarvis alustada monitooringu võimekuse ning arvelduse arendusega. Joonis 16 kirjeldab neid sisaldavaid töid ja nende mahtu. Monitooringuks kasutatakse kahte tööriista. Netact monitoorib võrguelemente ja annab alarmidega teada nendega seonduvatest probleemidest. Traffica annab reaajalise ülevaate IMS võrgu liiklusest ja tehtud toimingute õnnestumisest. Samuti on sellega võimalik teha detailset tõrkeotsingut konkreetse kasutaja või kasutajagrupi tegevuste kohta MSISDN-i või IMSI alusel. Eelmainitud tööriistad on vaja integreerida IMS võrgu ja nende funktsioonidega, et monitooring oleks täielik. Arvelduse arenduse eest vastutab

operaator. Selle planeerimine ja arendus algab, kui võrk on piisavalt valmis arvelduskirjete (CDR – Charging data record) kogumiseks ja töötlemiseks. IMS teenuste arveldus integreeritakse operaatori senise arveldussüsteemiga ning VoLTE ja VoWi-Fi arveldamine toimub samadel alustel nagu seda tehakse 2G ja 3G võrgu kõnede puhul.



Joonis 16. Monitooringu ja arvelduse alampunkt projektiplaanis [23]

Projektiplaanis neljast viimasest alamosast ehk ettevõttesisesest testimisest, seadmete toest ja testimisest, teenuste provisjoneerimisest ning teenuste avalikku kasutusse andmisest antakse suurema mahu tõttu ülevaade järgnevates peatükkides.

4 Teenuste testimine

Enne teenuste avalikku kasutusse andmist ja projekti lõpetamist on vajalik selgeks teha teenuste kõikide võimalike funktsioonide toimimine või mittetoimimine. Eesmärk on selgeks teha, kas kõik vajalikud funktsioonid toimivad ja kas on erinevusi võrreldes eelnevalt kasutatud kõneteenustega. Leitud erinevused tuleb optimeerida kliendile sobivaks või siis vajadusel kliendile arusaadavalt selgeks teha.

Teenuste testimine on jaotatud operaatoripoolsest vaatest lähtuvalt alamfunktsioonide kaupa järgnevasse kategooriatesse:

- IMS registreerimine
- VoLTE kõned
- VoWi-Fi kõned
- SRVCC
- SMS
- ViLTE/ViWi-Fi
- Lisateenused(XCAP, USSI, IMEI kontrollimine)
- Hädaabikõned
- IMS platvormi elementide toimivustestid

Kokku on teste 103. Lisas 1 on toodud näitena konkreetselt selle projekti tarbeks läbiviidud osad VoLTE ja SRVCC kõnede testid. Välja on toodud A ja B ning vajadusel ka C number. Arvelduse kontrollimiseks võib vajadusel välja tuua ka testi tegemise täpse aja. Testi lõpus on kirjeldatud konkreetse testi lisainfo.

4.1 Testjuhtumite läbiviimine

Testjuhtumite läbiviimise viis sõltub testjuhtumist endast. Osad juhtumid vajavad selleks modifitseeritud võrgutingimusi, kuid teiste puhul piisab testseadme olemasolust ja piisavast levist. Juhtumid kontrollitakse üle nii kliendi tasandil, jälgides seadme käitumist visuaalselt, nii nagu klient seda kasutaks, kui ka võrgu tasandil uurides logisid selleks loodud tarkvara abil. Reeglina on testjuhtumite puhul seadme ja võrgu oodatud käitumine kirjeldatud GSMA dokumentides või 3GPP spetsifikatsioonides. Enamik neist on toodud GSMA dokumentides IR.92. [3] või FCM.01-v1.1 [4]

Järgnevalt kirjeldatakse eelnevalt mainitud üheksa alamkategoria testimist ja ootusi testimise tulemustele.

4.1.1 IMS registreerimine

Kõige esimesed testid annavad ülevaate IMS platvormi registreerimisest kas siis VoLTE või VoWi-Fi teenusega ja on eelduseks järgmiste testide tegemisele. Testseadme sisselülitamisel peab see õnnestunult tegema registreerimise mõne sekundi jooksul. Terminal peab registreerimiseks tegema lihtsustatult järgmised sammud, mis on toodud GSMA dokumendi IR.92 peatükis 2.2.1 [4]:

1. Terminal saadab võrku SIP registreerimissõnumi, teadmata kasutatavat autentimisalgoritmi.
2. Server vastab terminalile sõnumiga „401 *Unauthorised*“ ja viitab õigele autentimisalgoritmile ning lisab sõnumile parameetrid, milles autentimisvõtmed saab tuletada.
3. Terminal saadab uue SIP registreerimissõnumi õige autentimisalgoritmiga ja koos tuletatud võtmetega.
4. Võrgult peab tulemas vastus 200 OK ja registreerimine on edukas.

IMS registreerimist ja registreerimise kustutamist kontrollitakse seadme sisse ja välja lülitamisel, lennurežiimi aktiveerimisel ja deaktiveerimisel, võrgulukustamise aktiveerimisel ja deaktiveerimisel 2G ja 3G võrku, mobiilse andmeside sisse- ja väljalülitamisel ning LTE/Wi-Fi levialasse sisse ja levialast välja liikudes.

4.1.2 VoLTE kõned

VoLTE testide puhul peab sarnaselt teiste testjuhtumitega meeles pidama, et võimalusel peab säilitama kõik häälkõne funktsionaalsused, mis on tagatud 2G ja 3G kõnedega. VoLTE kasutaja kõnel VoLTE kasutajale peab silmas pidama kõne püstitamise aega, mis on VoLTE puhul nimetatud selle eeliseks 2G ja 3G kõnetehnoloogiate ees. Kõne peab jõudma ühest seadmest teise 1 – 3 sekundi jooksul. Kõne peab toimima nagu on selgitatud punktis 4.2.4 IR.92 peatükis 2.2.4. Lisaks kõne algatamisele kontrollitakse veel kõne lõpetamist, ootele panemist, kõnest keeldumist ja loobumist, kõnele mitte vastamist, kõne kvaliteeti, seadme käitumist kõne ajal, konverentskõne, kõne teistele ja teistelt operaatoritelt ja mõlemasuunalist helistamist teiste tehnoloogiate vahel. Kiire kõne

algatuse kõrval on VoLTE kõnede puhul tähtis ka kõne kvaliteet, mis ei tohi olla moondunud ega katkendlik.

4.1.3 VoWi-Fi kõned

VoWi-Fi kõnetestide puhul ei ole peamistes funktsionaalsustes palju erinevusi võrreldes VoLTE testidega. Eelnevas alampunktis toodud juhtumitele lisanduvad olukorrad, kus kontrollitakse VoWi-Fi kõne liikumist VoLTE kõneks ja vastupidi. Võrguvahetus peab olema sujuv ja kasutajale kõne ajal arusaamatu. Kasutaja saab võrgu vahetusest siiski teada seadme olekuribal asuva aktiivse ikooni järgi. VoWi-Fi kõned ei saa selles projektis toodud võrguarhitektuuriga liikuda otse 3G või 2G võrku vaid peavad enne tegema võrguvahetuse LTE-sse ja seejärel vastavalt 3G või 2G võrku, mida kirjeldatakse järgmises punktis.

4.1.4 SRVCC

SRVCC (Single radio voice call continuity) olemus seisneb sujuvas võrguvahetuses VoLTE võrgust 3G või 2G võrku. See võimekus on lähemalt kirjeldatud alapeatükis 2.4. VoLTE teenuse kasutamisel toimub SRVCC siis, kui LTE leviala on kvaliteetse teenuse tagamiseks liiga nõrk ning 3G või 2G kvaliteedinäitajad on paremad. Asjaolu tõttu, et selliseid tingimusi on testimiseks raske leida, tuli testlaboris tugijaamade parameetrite muutmiselega need ise tekitada. LTE tugijaama võimsust vähendati ja naabrid eemaldati, et vältida tugijaama vahetust ja vajadusel suurendati 3G või 2G tugijaama võimsust. Sarnaselt eelnevate kategooriatega on ka võimalusi SRVCC-d teha mitmeid. Algatuseks, nagu eelnevalt mainitud, on SRVCC-d võimalik teha nii 2G kui 3G võrku. Lisaks nendele saab SRVCC-d teha kõne algatamise ajal ka kõne ajal. Kuna SRVCC-d tehes liiguvad tuumikvõrgu juhtimisfunktsioone omavad õigused IMS võrgu TAS-i asemel MSS-i, tuleb pärast SRVCC tegemist üle testida kõik tavalised kõne juhtimisvõimekused nagu ootele panemine, konverentskõne tegemine ja kõne lõpetamine. Antud alamkategorია on osutunud selle projekti puhul kõige aeganõudvamaks osaks, kuna erinevaid võimalusi ja asjassepuutuvaid seadmeid on palju.

4.1.5 SMS

SMS testjuhtumite puhul tuleb meeles pidada asjaolu, et enne antud projekti käivitamist toimisid LTE võrgus lühisõnumite saatmised juba sarnaselt 2G ja 3G võrguga. IP-põhine sõnumikeskus on vajalik pigem VoWi-Fi võrgus olles, kui taustal puudub 2G, 3G või

LTE võrk. Lühisõnumite saatmist testitakse nii kõne ajal kui ka ooterežiimis ja mõlemasuunaliselt erinevate võrgutehnoloogiate ning operaatorite vahel.

4.1.6 ViLTE/ViWi-Fi

Videokõnede puhul testitakse sarnaselt tavaliste häälkõnedega kõnede alustamist, lõpetamist, kõnele mittevastamist, katkestamist, kõnest keeldumist ja videokõne õnnestumist mõlemasuunaliselt ViLTE ja ViWi-Fi vahel. Selle projekti skoobis ei ole ViLTE ja ViWi-Fi integreerimist 3G võrgus kasutatava videokõnega. See tähendab, et ViLTE ega ViWi-Fi videokõnet ei saa teha 3G videokõnesse ja vastupidi ning videokõne tegemine teistesse operaatoritesse ei toimi. Samuti ei toimi videokõne ajal leviala kadumise järel liikumine 3G videokõneks.

4.1.7 Lisateenused (XCAP, USSI, IMEI kontrollimine)

Operaatoripõhiste teenuste kõrval testitakse lisateenuste all ühe alamkategoriana XCAP (XML Configuration access protocol) toimimist, mille kaudu toimib IMS võrgus selliste lisateenuste nagu tingimustega ja tingimusteta suunamiste ning piirangute aktiveerimine ja deaktiveerimine. Teise alamkategoriana on toodud USSI (USSD over IMS) ehk SMS infomenüü juhtimine. Kolmanda alamkategoriana testitakse IMEI kontrollimist registreerimisel. See on vajalik varastatud telefonide, mille IMEI on lisatud musta nimekirja, võrku registreerimise piiramiseks. Nimetatud lisateenuste toimimise kontrollimine on vajalik eelkõige VoWi-Fi puhul, kuna LTE võrgus on nende võimekus juba olemas.

4.1.8 Hädaabikõned

Hädaabikõnede toimimiseks on VoLTE või VoWi-Fi puhul kaks võimalust vastavalt kasutatavale seadmele. Esimene võimalus on teha hädaabikõne algatades CSFB, millest on pikemalt juttu alapeatükis 2.4. VoWi-Fi puhul aga see variant ei toimi, kui pole taustal 2G või 3G ja LTE võrku ning tuleb kasutada hädaabikõne üle IMS võrgu. Kui hädaabikõne üle IMS võrgu toimib, lisanduvad SRVCC testid. Vastavalt seadme konfiguratsioonile tuleb mõlemad võimalused üle testida.

4.1.9 IMS platvormi elementide toimivustestid

Viimasena on vajalik üle testida IMS platvormiga kaasnevate elementide toimimine. Selle korral on vajadus tekitada olukord, kui mingi element või ühendus lõpetab toimimise ning seejärel selgeks teha selle taastevõimalused ning võimalusel tagada varuseadme või -ühenduse toimimine. Lisaks on vajalik tagada andmebaaside varundamine, et mistahes seadme rikke korral oleks võimalik esialgset olukorda taastada.

5 Terminalide tugi

Olenemata faktist, et enamusel klientide poolt kasutatavates telefonides on olemas nii LTE kui ka Wi-Fi tugi ja seega ka esmased eeldused VoLTE ja VoWi-Fi teenuste kasutamiseks, on terminalitootjate poolt vajalik tagada operaatoripõhine tarkvara antud teenuste toimimiseks. See tähendab, et operaatori ülesandeks on koostöös terminalitootjatega luua igale telefoni mudelile vastav tarkvara teenuste kasutamiseks. Sõna operaatoripõhine tähendab siinkohal seda, et näiteks kui üks operaator Eestis on saanud telefonile X tarkvara VoLTE ja VoWiFi teenuste kasutamiseks, ei tähenda see seda, et sama telefoniga saab teise operaatori klient kasutada samu teenuseid, kuigi ka selle operaatori teenuste nimekirjas on VoLTE ja VoWi-Fi olemas. Selleks peab teine operaator antud telefoni tootjaga samuti läbi rääkima, teenuseid koos testima ning selle operaatori sisendinfo tarkvara looma. Reeglina on see protsess ühe terminalitootjaga ühekordne. Ühele mudelile toe saamisel lisatakse see antud operaatori nimekirjas ka uutele mudelitele, mis hiljem müügile tulevad.

See peatükk kirjeldab protsessi ühe terminalitootjaga läbirääkimisel, teenuste testimisel ja tarkvara tagamisel VoLTE ja VoWi-Fi teenuste kasutamiseks ühe mobiilioperaatori näitel.

5.1 Telefonitarkvara tagamine VoLTE ja VoWi-Fi kasutamiseks ühe terminalitootja näitel

Olenevalt terminalitootjast ja vaba arendusressursi olemasolust jagatakse teenustele toe saamine tavaliselt kolmeks osaks: VoLTE, VoWi-Fi ja videokõned. Kui terminalitootjal on vaba arendusressurssi, siis tagatakse arendus kolmele teenusele korraga, kuid ressursi puudumisel jääb terminalitootja poole õigus arendada vaid üks teenus korraga. Üldiselt jaguneb protsess ühele seadmele VoLTE, VoWi-Fi ja videokõnedele toe saamiseks järgnevasse alampunktidesse:

1. Operaatori võrguinfo kogumine
2. Testtarkvara arendamine

3. Testimine
4. Avaliku tarkvara arendamine
5. Tarkvara väljastamine

Protsess võib olenevalt terminalitootjast kesta 7 – 12 kuud, olenevalt järjekorra pikkusest teiste operaatorite kõrval.

5.1.1 Operaatori võrguinfo kogumine

Nagu IMS platvormi planeerimiselgi algab protsess CIQ (Customer information questionnaire) ehk kliendiküsimustiku täitmisega. Selle koostab täitmiseks terminalitootja ja see sisaldab informatsiooni operaatori võrgu kohta ning eelistusi VoLTE, VoWi-Fi ja videokõne teenuste kasutamisel. Reeglina on küsimustiku oodatava vastuse juures toodud vaikimisi väärtused võimekustest, mida terminalitootja on võimeline pakkuma.

Küsimustik sisaldab järgnevat informatsiooni:

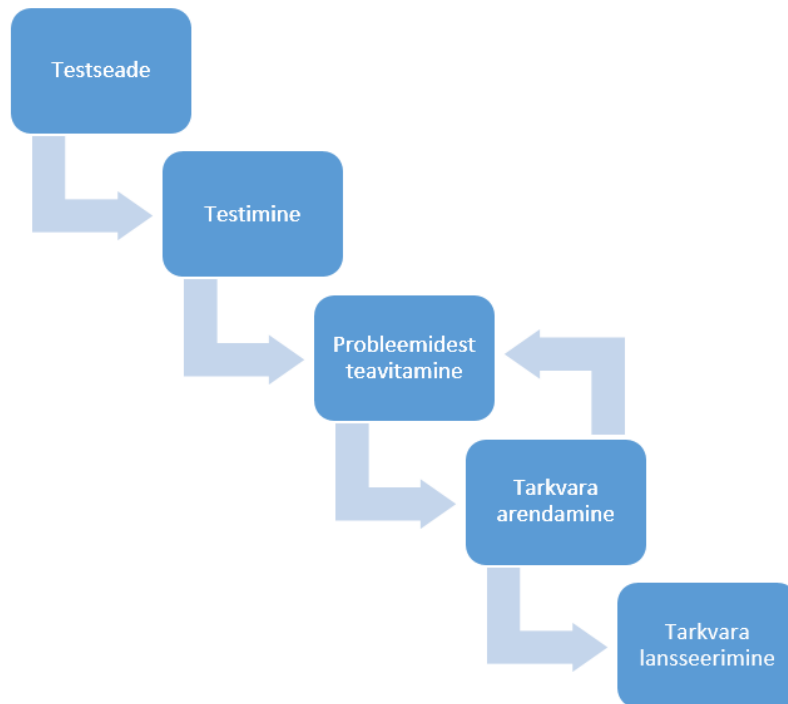
- Võrgutaristu – erinevate võrguseadmete nagu 2G, 3G ja LTE raadiovõrgu, tuumikvõrgu ja IMS platvormi tootjainfo.
- Raadiovõrgu funktsioonid – SRVCC võimaldamise 2G või 3G võrku vaikeväärtused.
- Võrku registreerimine – võrku registreerimiseks vajalikud parameetrid nagu pöörduspunktide nimed, IPv4 ja IPv6 võimaldamine, kasutaja autentimisviis ja IPsec protokollide kasutamise skeemid ning algoritmid.
- SIP protokollide info – SIP protokollide parameetrid, nagu TCP/UDP kasutamine ja paketi maksimaalne suurus, URI tüüp ja erinevaid sessiooni aegumistaimerid.
- Kõne juhtimine – parameetrid, mis panevad paika häälkõne juhtimise ja kvaliteedi. Selles punktis määratakse võrgu eelistused kõne tegemisel, koodekide kasutamine ja kõne ootele panemise vaikeväärtused.
- SMS – eelistatud platvorm lühisõnumi saatmisel.
- MMS – MMS-i saatmisel kasutatud pöörduspunkti nimi.
- USSD – USSD kasutamise vaikeväärtus.
- Lisateenused – XCAP-i kasutamise reeglid.
- Hädaabi kõned – sellega pannakse paika telefoni hädaabi kõne võimaldamine üle IMS võrgu või hädaabi kõne korral võrguvahetuse tegemine 2G või 3G võrku.

- Konverentskõne – konverentskõne võimaldamise vaikeväärtus ja seda puudutavad parameetrid.
- Rändluskõned – rändluskõnede tegemise võimaldamise vaikeväärtus ja koduvõrgu koodid. Antud projekti skoobis ei ole rändluskõnede võimaldamine üle IMS võrgu.
- Videokõned – videokõnede tegemise võimaldamine üle IMS võrgu ehk ViLTE ja ViWi-Fi kõned ja neid puudutavate parameetrite nagu kodeerimisstandardite kasutamine, kaadrisageduse ja bitikiiruse vaikeväärtused.
- Nõuded seadmele – antud punktis pannakse paika telefoni menüüs võimaldatavad toimingud ja staatusribal kujutatavad ikoonid, mis puudutavad VoLTE, VoWi-Fi ja videokõnede kasutamist üle IMS võrgu.

5.1.2 Projektiplaan

Kui terminalitootja on saanud info operaatori võrgu ning soovitud eelistuste kohta VoLTE ja VoWi-Fi kasutamisel, luuakse testimiseks sobiv esialgne tarkvara, mis paigaldatakse testseadmele. Testseade saadetakse operaatorile esmaste testimiste tegemiseks. Operaator annab hinnangu ajakavast, millal on ta valmis terminalitootjapoolseks välitestimiseks ning teenuste avalikku kasutusse andmiseks. Seejärel luuakse projektiplaan, mille näidet on näha lisas 3.

Üldisest protsessist tarkvara saamisel terminalitootjalt saab aimu jooniselt 17. Protsess algab testseadme hankimisega, millele on paigaldatud esmane tarkvara operaatorile testide tegemiseks. Tarkvara on seadistatud kliendi küsimustikus oleva info järgi ja võib olla veel vigane. Kui operaatori võrk on teenuste testimiseks piisavalt valmis ja lõplik, tehakse läbi sarnased testid nagu tehti üldiste teenuste testimisel peatükis 6. Seda teevad nii operaatori insenerid kui ka terminalitootja välitestijad. Probleemide ilmnemisel teavitatakse terminalitootjat, kes teeb vastavad parandused järgmisesse tarkvaraversiooni, mis paigaldatakse kaughaldustarkvaraga või kohapeal testseadmele. Probleemidest teavitamise ja parandus- ning arendusprotsess kestab senikaua, kuni operaator annab nõusoleku tarkvara tehnilise valmisoleku kohta. Seejärel annab terminalitootja testitud seadmele VoLTE ja VoWi-Fi teenuste toe üle õhu ehk OTA (Over the air) uuendusega vastavalt oma tarkvarauuenduste väljastamisplaanile.



Joonis 17. Protsess telefonile tarkvaralise toe saamiseks

5.1.3 Testimine ja probleemid

Selles alapeatükis toob autor välja kolm konkreetset probleemi, mis on antud projekti raames testimise jooksul välja tulnud.

Aeglane IMS registreerimine – reeglina liiguvad signaliseerimissõnumid võrgus erinevate seadmete vahel kiiresti ning kuigi ükski GSMA või 3GPP standard seda ette ei kirjuta, peaks VoLTE või VoWi-Fi registreerimine õnnestunult toimuma mõne sekundi jooksul. Antud vea puhul võttis registreerimine aega 1 minuti.

Vea põhjus seisnes IMS platvormi juurde kuuluva SBC konfiguratsioonis, mis käitub tulemüürina välisvõrgu ja IMS võrgu vahel. SBC-s oli aktiveeritud GRO (Generic receive offload) funktsionaalsus, mis liitis sisse tulnud paketid üheks suureks paketiks. Kasutajaseade ei suutnud nii suuri pakette töödelda ja registreerimine toimus alles seadmele sobiliku suurusega paketi saabumisel. Antud viga parandati GRO funktsionaalsuse deaktiveerimisega.

IMS registreerimise ebaõnnestumine – antud probleem ilmes asjaoluga, et iga teine IMS võrku registreerimine ebaõnnestus. Allolevas SIP sõnumis on näha võrgu poolt saadetud SIP registreerimissõnumi vastus telefonile.

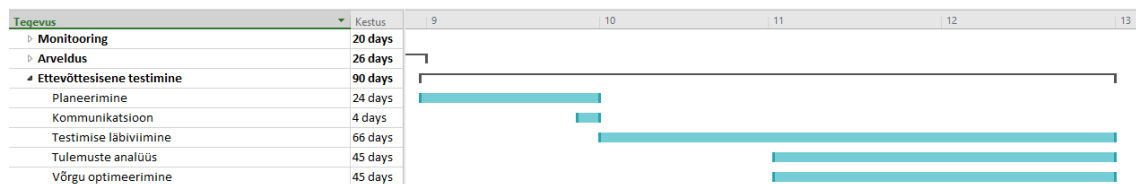
```
09:00:37.272 [0x156E] IMS SIP Message
Version = 1
Version 1 {
Direction = NETWORK_TO_UE
SDP Presence = 0
SIP Call ID Length = 55
SIP Message Length = 482
SIP Message Logged Bytes = 483
Message ID = IMS_SIP_REGISTER
Response Code = 491
CM Call ID = 255
SIP Call ID = 1857594273_41642284@2001:1530:1004:0:a53a:c5b7:943e:c6
Sip Message = SIP/2.0 491 REGISTER request pending - 110
From: <sip:248xxxxxxxxxxxx@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org>;tag=1857594277
To: <sip: 248xxxxxxxxxxxx@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org>;tag=858075004
CSeq: 783852449 REGISTER
Call-ID: 1857594273_41642284@2001:1530:1004:0:a53a:c5b7:943e:c6
Via: SIP/2.0/TCP
[2001:1530:1004:0:a53a:c5b7:943e:c6]:5060;received=2001:1530:1004:0:a53a:c5b7:943e:c6;branch=z9hG4bK2416355936
Server: Nokia-HPSS/3.0.3
Retry-After: 128
Content-Length: 0
```

Seade sai võrgult keeldumise sõnumi: „Pending request“. See tähendab, et eelmine registreerimise päring on alles töötlemisel. Vea põhjus seisnes asjaolus, et esimest registreerimispäringut töötles IMS platvorm liiga aeglaselt ja seade ei saanud küllalt kiiresti vastust. Viga parandati võrguühenduste efektiiviseerimisel.

USSI – IMS võrgus kasutatav infomenüü ei toiminud ning seade tegi USSI päringu ebaõnnestumisel sujuva võrguvahetuse 2G või 3G võrku ning proovis infomenüüsse ligipääsu USSD kaudu. Antud probleemi SIP sõnumid mittetoimiva ühenduse korral on näha lisas 4. USSI päringu saatmisel võrku sai telefon tagasi vastuseks „Server Internal Error“. See tähendab, et ühendus USSI keskusega ei toimi. Viga seisnes puudulikus võrguliideste konfiguratsioonis. Toimivat USSI ühenduse SIP sõnumivoogu on näha lisas 5.

6 Ettevõttesisene testimine

Pärast teenuste avalikku kasutusse andmist on oluline, et ei tekiks nende toimimisega mingeid probleeme. VoLTE ja VoWi-Fi on telekommunikatsiooni maailmas veel üsna uued teenused ning paljusid iseärasusi on nende kasutamisel raske ette ennustada. Probleeme võib tekkida olukordades, mida testides ei suudetud luua või ka näiteks asjaolu tõttu, et LTE raadiovõrk pole optimeeritud kõnede tegemiseks. Samuti on operaatorile kasulik teada VoWi-Fi kasutamise omadusi erineva võimekusega Wi-Fi võrkude levialas, mida kliendid võiks kasutada. Seda selleks, et võimalikke probleeme ära hoida või nendest klienti teavitada enne kasutamist. Eelneva kokkuvõtmiseks koostatakse kolme kuu pikkune ettevõttesisene testimine, kus operaatori töötajad saavad esimese võimalusena VoLTE ja VoWi-Fi teenuseid kasutada ning vigade olemasolul võrgu optimeerimisprotsessis osaleda. Joonis 18 kirjeldab ettevõttesisese testimise alamprojekti erinevaid osasid ja nende mahtu. Enne testimist võtab kogu alamosa planeerimine aega umbes ühe kuu. Selle jooksul tuleb töötajate hulgast valida kuni 100-liikmeline testgrupp, kes testimises osalema hakkab. Seejärel on vaja hankida neile VoLTE ja VoWi-Fi võimelised seadmed ning koolitada testgrupi liikmed neid kasutama. Testseadmed valitakse juba olemasoleva tarkvaralise toega seadmete hulgast.



Joonis 18. Ettevõttesisese testimise alampunkt projektiplaanis [23]

Testimise läbiviimine kestab esialgsel hinnangul kõikvõimelike probleemide leidmiseks umbes kolm kuud. Selle kestel oodatakse testgrupi liikmetel tagasisidet kokkulepitud reeglite alusel. Tagasiside andmiseks on kolm võimalust:

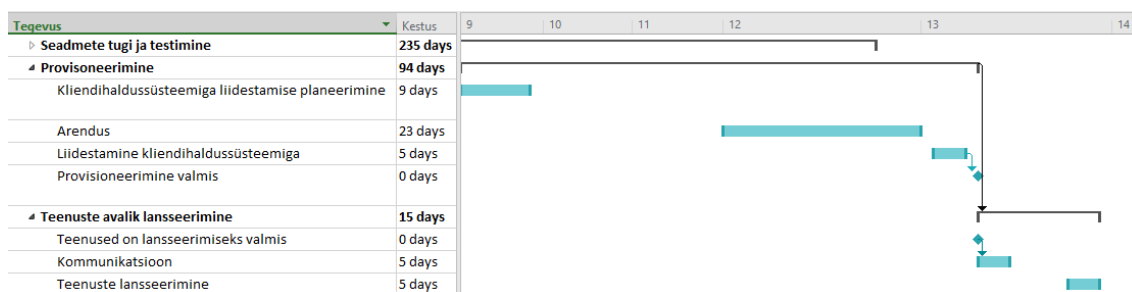
- Tagasiside meili teel – testgrupi juhid loovad spetsiaalse ettevõttesisese meiliaadressi, kuhu on oodatud kohene tagasiside probleemi ilmnemisel.
- Iganädalane küsimustik – testgrupi liikmetele saadetakse iga tööädala keskel küsimustik teenuse toimimise ja kvaliteedi kohta.

- Otsene tagasiside – testgrupi liikmetele jagatakse antud projekti liikmete kontaktandmed, kuhu võib teatada probleemidest teenuse toimimisel.

Esimese kuu jooksul kestab ooteperiood, kus eeldatakse testgrupi liikmete harjumist teenuste kasutamisel. Suuremate probleemide puhul viiakse võrku vajadusel kohe muudatused, kuid vähetundlike probleemide analüüs ning võrgu optimeerimine algab alates ettevõttesisese testimise teisest kuust. Tagasiside tulemuste analüüs ja võrgu optimeerimine toimub kolmanda kuu lõpuni või senikaua, kuni projekti liikmed ning operaatori äriüksus on andnud nõusoleku teenuste kvaliteeditaseme sobilikkusest klientidele.

7 Teenuste avalikku kasutusse andmine

Projekti ja ka selle lõputöö viimaseks osaks on teenuste avalikku kasutusse andmine. Sellega käib kokku eelnev teenuste provisjoneerimise võimekuse tekitamine. Selle sisuks on teenuste liidestamine kliendihaldussüsteemiga, et oleks võimalus kliendile teenus sisse või välja lülitada. Arendus on planeeritud projekti eelviimase kuu sisse, et ära hoida olukorda, et teenusloogika muudatusel projekti keskel on hiljem uut arendust vaja. Joonis 19 kirjeldab projektiplaani kahte viimast alamosa, mis annab klientidele võimaluse teenused massina ja ka üksikhaaval sisse lülitada.



Joonis 19. Provisjoneerimise ja teenuste avalikku kasutusse andmise alampunkt projektiplaanis [23]

Provisjoneerimisvõimekuse olemasolul saab projekti eestvedajate ning operaatori äriüksuse nõusolekul minna edasi teenuste avalikku kasutusse andmisega. Kui teenused on selleks valmis, koostatakse koostöös välikommunikatsiooni spetsialistidega pressiteade, et operaator lisab oma teenuste nimekirja uued teenused. Sellele järgneb puhveraeg ning teenuste aktiveerimine klientidele. Teenuste väljaandmise ajaks peab olema valmis ka VoLTE ja VoWi-Fi teenuste tutvustus operaatori kodulehel. Samuti peab selle teenuse võimekus olema kirjeldatud seda toetavate seadmete andmetes.

8 Kokkuvõte

Käesolev töö andis ülevaate VoLTE ja VoWi-Fi teenustest, nende poolt pakutavatest võimalustest ja üksikasjalikest tegevustest, mis kaasnevad ühe mobiilioperaatori näitel nende kasutusele võtmisel. Antud magistritöö valmimise ajaks pole neid teenuseid veel operaatori nimekirjas avalikus kasutuses, kuid tööd käivad ning lähitulevikus on kõikidel soovijatel võimalus esmakordselt Eestis neid teenuseid koos kasutada.

Tänastes mobiilside võrkudes kasutatakse kõne ülekandel 2G või 3G tehnoloogiaid. Nende kaudu loodud kõneside on ressursikulukas, tihti halva kvaliteediga, kõne algatus on aeglane ning puudub võimalus kõnega samaaegselt kasutada kiiret internetti. VoLTE ja VoWi-Fi kasutuselevõtmine loob eeldused edastada kõne IP pakettidena pakettkommuteeritud võrkude kaudu, kasutades toimimiseks SIP protokoll ja IMS platvormi. See võimaldab sagedusressursse efektiivsemalt kasutada, kuulda loomulikumat heli, saavutada kiiremat kõne algatust ja lisaks saab kõne osapool kõne ajal kasutada kiiret LTE või Wi-Fi juurdepääsuga internetti. Täiendavalt võimaldab VoWi-Fi teenus laiendada märkimisväärselt mobiilioperaatori senist leviala suvalise interneti juurdepääsuga Wi-Fi ruuteri toel. Integreerides uued kõneteenused juba olemasolevatega, tõstetakse üldist kõnevõimekuse taset. Vastava tarkvaraga seadme olemasolul saab kõnesid teha nii 2G, 3G, LTE kui ka Wi-Fi võrgus. Samuti on võimalik kõne ajal olenevalt levialast nende võrkude vahel liikuda. VoLTE ja VoWi-Fi laialdane kasutuselevõtmine võimaldab tulevikus loobuda 2G ja 3G võrkudel põhinevate kõneteenuste pakkumisest ja vabastada nende poolt hõivatud ressursid.

Töö tulemusena valmis 280-päevane projektiplaan, mis kirjeldab VoLTE ja VoWi-Fi teenuste kasutusele võtmise protsessi ühe mobiilioperaatori näitel. Selleks, et üldse aru saada, kuidas VoLTE ja VoWi-Fi toimivad, tutvus töö autor põhjalikult nende teoreetiliste alustega ning kirjeldas need töö alguses. Projektiplaan koosneb üheteistkümnest alamosast ja sisaldab töid alates IMS platvormi ehitamisest kuni teenuste avalikku kasutusse andmiseni. Projekt nõuab suurel määral operaatoripoolset ressursi kvalifitseeritud spetsialistide näol. Autor jõudis töö käigus järeldusele, et selliste suurte

projektide puhul oleks tulemus parem, kui spetsialistide fookus oleks ainult ühel projektil, et ära hoida töö killustumist ja tähtaegade venimist.

Kuigi VoLTE ja VoWi-Fi näol kasutatakse juba olemasolevaid LTE ja Wi-Fi juurdepääsuvõrke, pole neile mobiilioperaatorile omase kõnevõimekuse lisamine ja selle olemasoleva võrguga integreerimine lihtne töö. Üheks mahukamaks ja keerukamaks tööpunktiks uue IMS platvormi ülesehitamise kõrval on osutunud teenuste kasutamiseks vajalike terminalide toe saamine. Maailmaturu suure nõudluse tõttu ootavad mobiilioperaatorid seadmetootjate järgi ja seega vajaliku arendusressursi saamine on keeruline. Seetõttu on vajalik terminalitootjatega läbirääkimise alustamine projekti algusfaasis, et saada ressursi võimalikult vara.

Töö autor on ühes Eesti mobiilioperaatoris VoLTE ja VoWi-Fi teenuste kasutuselevõtmise projekti juht. Magistritöö käigus läbiviidud projekt andis autorile projektitöö läbiviimise kogemuse ja põhjaliku ülevaate protsessidest, mis kaasnevad toote kasutuselevõtmisega. Lisaks projektiplaani koostamisele ja projekti juhtimisele on töö autor projekti vältel tegelenud teenuste testimisega ja neid toetavate seadmete hankimise ning testimisega. Koostöös IMS platvormi teenusepakujatega loodi teenuste ja seadmete testimiseks testjuhtumite nimekiri, mis sisaldab kõiki võimalikke kasutusjuhte, mida kliendil peaks neid teenuseid kasutades vaja minema. Enamike testjuhtumite puhul on standardites toodud protsessid, kuidas seade või võrk peaksid käituma. Puuduste ilmnemisel testide läbimisel andsid need juhised paranduste jaoks.

Uute kõnelahenduste kasutuselevõtmine ei ole tihtipeale ajendatud rahalistest eesmärkidest. VoLTE ja VoWi-Fi on vajalikud, et käia kaasas klientide pidevalt suurenevate kvaliteedinõudmistega ja konkureerida teiste operaatoritega. Projekti käigus kinnitati VoLTE ja VoWi-Fi eeliseid vanade kõnelahenduste ees ja jõuti järeldusele, et hoolimata suurest mahust tööst nende kasutuselevõtmisel, tõstavad nad kõnevõimekuse taset ja kasutuselevõtmise vajadus on reaalne.

Kasutatud kirjandus

- [1] Miikka Poikaselkä, Harri Holma, Jukka Hongisto, Juha Kallio ja Antti Toskala, Voice over LTE (VoLTE), Nokia Siemens Networks, Finland, John Wiley & Sons Ltd, 2012.
- [2] 3GPP, “Overview of 3GPP Release 5”. [Võrgumaterjal]. Saadaval: http://www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/Description_Releases/Rel-05_description_20160107.zip
- [3] GSM Association, “Official Document IR.92 - IMS Profile for Voice and SMS”. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/IR.92-v9.0.pdf>
- [4] GSM Association, “Official Document FCM.01 - VoLTE Service Description and Implementation Guidelines”. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2014/05/FCM.01-v1.1.pdf>
- [5] GSM Association, “IMS Profile for Voice, Video and SMS over untrusted Wi-Fi Access”. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads//IR.51-v5.0.pdf>
- [6] GSM Association, “Wi-Fi Roaming Guidelines”. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads//IR.61-v12.0.pdf>
- [7] 3GPP, “TS 23.402 Architecture enhancements for non-3GPP accesses”. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=850>
- [8] Martin Sauter, From GSM to LTE-Advanced Pro And 5G : An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband, John Wiley & Sons, Incorporated 2017-08-02. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/tuee/reader.action?docID=4939415&query=voWIFI>
- [9] F5, Diameter routing agent. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://f5.com/glossary/diameter-routing-agent-dra>
- [10] Christopher Cox, An Introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE, VoLTE and 4G Mobile Communication, John Wiley & Sons, Incorporated. 2014-07-11. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/tuee/reader.action?ppg=1&docID=1690922&tm=1520946776560>
- [11] Jyrki T. J. Penttinen, LTE / SAE Deployment Handbook, John Wiley & Sons Ltd. 2011-11-23. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/tuee/reader.action?ppg=202&docID=822571&tm=1520946689643>
- [12] 3GPP, “TS 22.011 Technical Specification Group Services and System Aspects; Service accessibility”. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=566>

- [13] 3GPP, “TS 23.002 Network architecture”. [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=728>
- [14] GSM Association, “DNS and ENUM Guidelines for Service Providers and GRX and IPX Providers”. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads//IR.67-v14.0.pdf>
- [15] 3GPP, TS 23.003, “Numbering, addressing and identification”. [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=729>
- [16] 3GPP, “TS 23.203 Policy and charging control architecture”. [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=810>
- [17] IETF, “SIP: Session Initiation Protocol”. [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>
- [18] Martin Sauter, 3G, 4G and Beyond : Bringing Networks, Devices and the Web Together, John Wiley & Sons, Incorporated 2013-01-18. [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/tuee/reader.action?ppg=232&docID=1120838&tm=1520947033175>
- [19] 3GPP, “TS 33.402 3GPP System Architecture Evolution (SAE); Security aspects of non-3GPP accesses.” [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2297>
- [20] 3GPP, “TS 23.167 IP Multimedia Subsystem (IMS) emergency sessions.” [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=799>
- [21] 3GPP, “TS 23.216, Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC).” [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=816>
- [22] 3GPP, “TS 23.401, General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access.” [Võrgumaterjal]. Saadaval:
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=849>
- [23] VoLTE ja VoWi-Fi kasutuselevõtmine – Projektiplaan, [Ettevõttesised materjalid]
- [24] Introduction to VoLTE and VoWi-Fi, koolitus, [Ettevõttesised materjalid]

Lisa 1 – Teenuste testimine

Area	Description	A number	B number	Date	Time	Duration	OK/NO K	Additional info
VoLTE call	VoLTE-to-VoLTE. Long duration (over 15 min)	x	x	x			OK	
VoLTE call	VoLTE-to-CS (VoLTE-sub.). A hold & resume. B disc.	x	x	x	15:29:00	-	OK	S-CSCF Breakout
VoLTE call	CS (VoLTE-sub.)-to-VoLTE (dummy T-CSI) call. A disc.	x	x	x	9:47:00		OK	MSS to I-CSCF. Verify Homing & T-ADS
VoLTE call	VoLTE (O-CSI service)-to-CS. B-disconnect	x	x	x	9:54		OK	S-CSCF Breakout
VoLTE call	PLMN-to-VoLTE (T-CSI service). A disconnect	x	x	x	16:08:00	-	OK	Verify Homing & T-ADS

	VoLTE International call (Samsung)	x	x	x	14:1 1:00	0 min 22	OK	TAS [SIP-I] to MSS
VoLTE call	CS to VoLTE (in CS) -> T-ADS to CS	x	x	x			OK	
VoLTE call	VoLTE-to-VoLTE. Simultaneous use of LTE data	x	x	x			OK	
VoLTE call	VoLTE-to-VoLTE. A receiving SMS during the call	x	x	x			OK	
VoLTE call	VoLTE-to-VoLTE. A disable "mobile data" before the call. (Huawei to Huawei)	x	x	x			OK	
VoLTE call	VoLTE to to Voice mail service IVR	x	x	x	10:3 0	2 min 27	OK	DTMF
VoLTE call	VoLTE-to-CS (VoLTE-sub in LTE-data only)	x	x	x			OK	
VoLTE call	VoLTE call to service numbers (1***, 800*, 900*)	x	x	x			OK	
VoLTE call - EME	VoLTE call to 112	x	x	x	15:5 2	-	OK	UE based CSFB. Later VoLTE EME via E-CSCF

VoLTE call	VoLTE to CS. Early-media announcement.	x	x	x	15:1 5	30s	OK	TAS [SIP-I] to MSS
VoLTE call	VoLTE call to Unallocated number => announcement	x	x	x			OK	
VoLTE call	VoLTE to PSTN	x	x	x			OK	
VoLTE-to- VoLTE	Idle LTE IFHO	x	x	x			OK	
VoLTE-to- VoWi-Fi	A subs LTE-to-Wi-Fi HO during call	x	x	x			OK	
SRVCC call state	VoLTE to VoLTE. A-sub eSR-VCC to 3G	x	x	x			OK	
SRVCC call state	CS to VoLTE. B sub eSR-VCC to 3G	x	x	x			OK	
SRVCC dial state	Dialling VoLTE to VoLTE. A-sub aSR-VCC to 3G	x	x	x			OK	

Lisa 2 – CIQ

Radio Features	<ul style="list-style-type: none"> • TTI Bundling • Semi-Persistent scheduling • Robust header compression • SRVCC to 3G • aSRVCC to 3G • bSRVCC to 3G • mid call SRVCC to 3G • SRVCC to 2G • aSRVCC to 2G • bSRVCC to 2G • mid call SRVCC to 2G
Registration	<ul style="list-style-type: none"> • IP version (v4 or v6) for IMS APN • APN for IMS • PDN connectivity to be established during initial LTE attach • Authentication (AKA / Digest) • IPSec (Scheme) • IPSec (Algo) • SIP • SIP Transport Protocol • TCP threshold • (If a packet size is greater than this threshold, TCP is used. Otherwise, UDP is used.) • Preferred URI Type • T1 timer • T2 timer
SIP	<ul style="list-style-type: none"> • SIP Transport Protocol • "TCP threshold (If a packet size is greater than this threshold, TCP is used. Otherwise, UDP is used.)" • Preferred URI Type • T1 timer • T2 timer • T4 timer • SIP Ringing Timer Value • SIP Ringback Timer Value • SessionExpiers (UAC / UAS) • SessionExpiers (RefresherMethod INVITE / UPDATE)
Call Handling	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Preferred domain for Voice Call</u> • <u>Precondition</u> • <u>Codec</u> • <u>Supported AMR codec mode</u> • <u>Supported AMR-WB codec mode</u> • <u>Call waiting</u> • <u>T4 timer</u> • <u>SIP Ringing Timer Value</u> • <u>SIP Ringback Timer Value</u> • <u>SessionExpiers (UAC / UAS)</u> • <u>SessionExpiers (RefresherMethod INVITE / UPDATE)</u>

SMS	<ul style="list-style-type: none"> • Preferred domain for SMS • PhoneContextURI
MMS	<ul style="list-style-type: none"> • APN for MMS over cellular
USSD	<ul style="list-style-type: none"> • USSD over IMS
Supplementary Service	<ul style="list-style-type: none"> • Ut / XCAP • APN for Ut / XCAP • User name for Ut / XCAP server • Password for Ut / XCAP server • DomainName • ApplicationUID • Ut / XCAP support in roaming NW. • Ut / XCAP support while data setting is disabled. • Ut / XCAP support only when IMS registered • Media tag support • Media tag format for video
Emergency Call	<ul style="list-style-type: none"> • IMS Emergency Call
Conference	<ul style="list-style-type: none"> • IMS Conference call • Conference factory URI • CEP(Conference Event Package) support of participants • CEP(Conference Event Package) support of owner • Use Dialog when Conference call
Roaming	<ul style="list-style-type: none"> • IMS roaming • network architecture of IMS roaming • Home PLMN (MCC/MNC)
Video Telephony (ViLTE)	<ul style="list-style-type: none"> • ViLTE • CVO • video_media_profile_mode • H264 preferred frame rate • H264 preferred bit rate • H264 preferred resolution • H264 preferred profile level • H264 min frame rate • H264 max frame rate • H264 min bit rate • H264 max bit rate • H264 Resolution supported • H264 min profile levels per resolution • H264 Profile
UI Requirements	<ul style="list-style-type: none"> • Show Enable VoLTE setting • Enable VoLTE setting default value • Show AMR WB HD icon • Show VoLTE icon in ongoing call screen • Show VoLTE icon on status bar • Show "Manage Conference" button during IMS Conference call • Show "Merge" button only to conference owner • Show make ViLTE initiating call in Phonebook • Default setting of VoWi-Fi on/off switch • Show Call preference setting.

	<ul style="list-style-type: none"> • Default setting of Call preference setting in home network. • VoWi-Fi icon
ePDG Parameters	<ul style="list-style-type: none"> • ePDG address/FQDN • IKEv2 encryption algorithm • IKEv2 PRF algorithms • IKEv2 authentication algorithms • ESP encryption algorithms • ESP authentication algorithms • IKEv2 Certificate • IKEv2 IDi format • IKEv2 IDr format • IKEv2 fast re-authentication • IKEv2 rekey timer • IKEv2 DPD (Dead Peer Detection) timer • IPSec ESP rekey timer • P-CSCF Address assignment via Wi-Fi • Attribute type ID for P-CSCF Configuration Attribute
Call Handling for VoWi-Fi	<ul style="list-style-type: none"> • Call continuity between Wi-Fi and LTE • VoWi-Fi in airplane mode
Location Support	<ul style="list-style-type: none"> • Location support in normal calls on VoWi-Fi • Location support in Emergency Calls on VoWi-Fi
DSCP Marking	<ul style="list-style-type: none"> • DSCP Marking for audio • DSCP Marking for video

Lisa 3 – Terminalitootja projektiplaan

Kuu	Kuu 1				Kuu 2				Kuu 3				Kuu 4				Kuu 5				Kuu 6				Kuu 7			
Nädal	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23	N24	N25	N26	N27	N28
Kliendi nõusolek																												
Kontrollpunktid																												
Riistvara saabumine																												
Terminalitootja testimine																												
Probleemidest teavutamise tähtaeg																												
Tehniline valmisolek																												
Tarkvara kättesaadavus lõppkasutajale																												

Lisa 4 – Mittetoimiv USSI

Direction = UE_TO_NETWORK
Message ID = IMS_SIP_INVITE
Response Code = INFORMAL_RESPONSE (0)
CM Call ID = 0
SIP Call ID = 577137038_599396476@2001:1530:1014:3:8ea4:92f1:d192:efee
Sip Message = INVITE sip:*135%23;phone-
context=ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org;u
ser=dialstring SIP/2.0
From: <sip:+3725xxxxxxx@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org>;tag=577137042
To: <sip:*135%23;phone-
context=ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org;u
ser=dialstring>

--boundary1

Content-Type: application/vnd.3gpp.ussd+xml
Content-Disposition: render;handling=optional

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>  
<ussd-data>  
<language>en</language>  
<ussd-string>*135#</ussd-string>  
</ussd-data>  
--boundary1-
```

Direction = NETWORK_TO_UE
Message ID = IMS_SIP_INVITE
Response Code = SERVER_INTERNAL_ERROR (500)
CM Call ID = 0
SIP Call ID = 577137038_599396476@2001:1530:1014:3:8ea4:92f1:d192:efee
Sip Message = SIP/2.0 500 Server Internal Error
Content-Length: 0
From: <sip:+3725xxxxxxx@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org>;tag=577137042
To: <sip:*135%23;phone-
context=ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org;u
ser=dialstring>;tag=59e4b6d2-5a8c206c1a21e4b-gm-po-lucentPCSF-001350
Via: SIP/2.0/TCP
[2001:1530:1014:3:8ea4:92f1:d192:efee]:40265;received=2001:1530:1014:3:8ea4:9
2f1:d192:efee;branch=z9hG4bK2184175378
Call-ID: 577137038_599396476@2001:1530:1014:3:8ea4:92f1:d192:efee
CSeq: 577137038 INVITE
Reason: X.int;reasoncode=0x0000070E;add-info=068C.001A.0000
Reason: Q.850;cause=47
Server: Nokia-HPSS/3.0.3

Lisa 5 – Korrekselt toimiv USSI

```
Direction = UE_TO_NETWORK
Message ID = IMS_SIP_INVITE
Sip Message = INVITE sip:*135%23;phone-
context=ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org;u
ser=dialstring From:
<sip:+3725xxxxxxx@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org>;tag=3063238691
To: <sip:*135%23;phone-
context=ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org;u
ser=dialstring>
: : :
--boundary1
Content-Type: application/vnd.3gpp.uspd+xml
Content-Disposition: render;handling=optional
```

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ussd-data>
<language>en</language>
<ussd-string>*135#</ussd-string>
</ussd-data>
--boundary1--
```

```
Direction = NETWORK_TO_UE
Message ID = IMS_SIP_INVITE
Response Code = TRYING (100)
Sip Message = SIP/2.0 100 Trying
```

```
Direction = NETWORK_TO_UE
Message ID = IMS_SIP_INVITE
Response Code = OK (200)
Sip Message = SIP/2.0 200 OK
```

```
Direction = UE_TO_NETWORK
Message ID = IMS_SIP_ACK
```

```
Direction = NETWORK_TO_UE
Message ID = IMS_SIP_INFO
Response Code = INFORMAL_RESPONSE (0)
Sip Message = INFO sip:a370322b-2241-4b83-a90f-
f39aa8729fb3@[2001:1530:1014:0:7ba1:1c16:a9be:ba62]:43925 SIP/2.0
From: <sip:*135%23;phone-
context=ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org;u
ser=dialstring>;tag=59e4b6d0-5ab20fc2e02b461-gm-po-lucentPCSF-002389
To: <sip:+3725xxxxxxx@ims.mncxxx.mcc248.3gppnetwork.org>;tag=3063238691
: :
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<ussd-data>
<language>EN</language><ussd-string>Tegevused 1. x 3. x </ussd-string>
</ussd-data>
```