

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond

Ülar Praakel IA40LT

**Kanalkommuteeritud kõnesidelahenduselt
üleminek pakettkommuteeritud
kõnesidelahendusele**

bakalaureusetöö

Juhendaja: Avo Ots

Tehnikateaduste
magister

Kaasjuhendaja: prof. Peeter Ellervee

Tallinn 2021

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: Ülar Praakel

04.01.2021

Annotatsioon

Kanalkommuteeritud kõnesidelahenduselt üleminek pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele on jätkuvalt aktuaalne teema. Paljudes asutustes on kasutuses eelmise põlvkonna kodukeskjaamad (PABX), mis on oma elukaare lõpufaasis. Vanade telefonijaamade rikkeoht on suur, varuosi on keerukas hankida ning kodukeskjaamade haldamise kompetents hääbub.

Töös käsitletakse kanalkommuteeritud kõnesidelahendust ja selle üleviimist pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele ehk minnakse üle IP-põhisele kõnesidele. Töö käigus vaadeldakse kahes eraldiseisvas hoones asuvat amortiseerunud automaatset kodukeskjaama (PABX) ja nende kasutust. Kaardistatakse kasutuses olevaid terminalseadmeid (telefone) ning analüüsitakse kõnekoormust ja selle mõju andmeside ribalaiusele. Töös püstitatakse nõuded IP-põhisele kõnesidele ning kirjeldatakse üleminekuprotsessi, võttes arvesse olemasolevat hoone sidekaablivõrku. Töö tulemusena leitakse uus pakettkommuteeritud kõnesidel põhinev lahendus ning esitatakse selle tehniline realisatsioon. Töös tuuakse ka hinnangud näidislahenduse tehnilisele ja majanduslikule otstarbekusele. Lõputöö aitab asutustel, kes kasutavad eelmise põlvkonna kõnesidelahendusi, võtta vastu otsuseid üleminekuks uutele kõnesidelahendustele.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 29 leheküljel, 5 peatükki, 19 joonist, 4 tabelit.

Abstract

Transition from Channel-Switched to Packet-Switched Voice Calling Technology

The transition from a channel-switched voice solution to a packet-switched voice solution remains a topical issue. Many institutions have PABXs, which are in the final stages of their life cycle. The risk of failure of old Private Automatic Branch Exchange is high, spare parts are difficult to obtain and the competence to manage these systems is waning.

The work deals with the channel-switched voice communication solution and its transfer to the packet-switched voice communication solution, i.e. the transition to IP-based voice communication. The work examines the depreciated automatic home exchange (PABX) in two separate buildings and their use. The terminal equipment (telephones) in use is mapped and the call load and its effect on the data bandwidth is analyzed. The work sets out the requirements for IP-based voice communications and describes the transition process, taking into account the existing communication cable network of the building. As a result of the work, a new solution based on packet switched calls is found and its technical implementation is presented. The paper also provides assessments of the technical and economic feasibility of the sample solution. The dissertation helps institutions that use the previous generation of voice communication solutions to make decisions on the transition to new voice communication solutions.

The thesis is written in estonian and contains 29 pages of text, 5 chapters, 19 figures, 4 tables.

Eessõna

Vaatamata IP-telefonisüsteemide eelistele lisateenuste näol on asutustes jätkuvalt kasutuses kanalkommuteeritud kõnesidelahendused (PABX), mis on riistvaraliselt amortiseerunud ja mille haldamiseks kompetents hääbub. PABX-te üha sagedastest rikestest tulenevalt mõistavad asutused, et pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele üleminek on vältimatu.

Töölalasel juhul ühes asutuses projekti, mille eesmärgiks on kahe aasta jooksul (tähtaeg 2021 aasta lõpp) sulgeda kõik (59tk) kasutuses olevad vanad lokaalsed automaatsed kodukeskjaamad ning üle minna pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele (kokku umbes 6500 numbrit). 2020 aasta lõpuks kõrvaldasime kasutusest 44 automaatset kodukeskjaama ning IP-põhisele kõnesidelahendusele viisime üle 2000 telefoninumbrit. Kasutusest kõrvaldamist ootavad PABX-d on mahult suuremad ja hoonete sisevõrgust tulenevalt keerulisemad lahendada. Projektmeeskonnas on kõneside eksperdid, andmesidevõrgu administraatorid ja sidetehnikud, kes kohapeal paigaldavad võrguseadmeid ning terminalseadmeid.

Antud projekti juhtimisel on tulnud kasuks varajasem töökogemus võrguarengu insenerina Elion Ettevõtte AS'is, mille põhilisemaks tööülesandeks oli kaabelsidevõrkude arendamisega seotud projektide juhtimine.

Siinkohal soovin tänada väärtuslike nõuannete eest juhendajat Avo Ots'a, asutuse projektmeeskonna liikmeid ning ülikooli kursusekaaslast ja head sõpra Ervin Sirk'i.

Ülar Praakel

Tallinn, 02.01.2021

Lühendite ja mõistete sõnastik

ATA	<i>(Analogue Telephone Adapter)</i> Analoog telefon adapter.
Cat.5	<i>(Category 5 cable)</i> andmesidevõrgukaabel
DDI	<i>(Direct dial-in)</i> Avalik number või numbrivahemik määratleb numbriavaruse, millega sidevõrgu ja vahendusjaama vahel kõnesid teha saab.
IP	<i>(Internet Protocol)</i> internetiprotokoll.
IP-PBX	IP-põhine kodukeskjaam.
ISDN	<i>(Integrated Services for Digital Network)</i> Integreeritud teenustega digitaalvõrk.
ISDN baasühendus	ISDN tehnoloogial baseeruv ühendus, mis võimaldab Kliendil kasutada samaaegselt 2 digitaalset kõnekanalit [1].
ISDN primaarühendus	ISDN tehnoloogial baseeruv ühendus, mis võimaldab Kliendil kasutada samaaegselt 15 kuni 240 digitaalset kõnekanalit [2].
LSA eralduslatt	Varjestamata vasksidepaaride ühendusmoodul, mida kasutatakse analoog telefoniside kaablivõrgus.
MHS tüüpi sidekaabel	Hoone sisevõrgus kasutatav telefonisidekaabel analoog telefonisignaali edastamiseks.
Numeratsioon	Numeratsiooniplaaniga määratud numbrid, lühinumbrid, teenusnumbrid, tunnuskoovid ja prefiksud.
PABX	<i>(Private Automatic Branch Exchange)</i> automaatne kodukeskjaam.
PSTN	<i>(Public switched telephone network)</i> üldkasutatav telefonivõrk.
QoS	<i>(Quality of Service)</i> sideteenuse kvaliteet.
SIP	<i>(Session Initiation Protocol)</i> IP-võrkudes multimeedia sessioonide algatamise ja juhtimise protokoll.
SIP TRUNK	Seansialustusprotokolli tarbeks loodud meediavoo ülekandekanal.
Telefonijaam	Tehniliste vahendite kogum, mis võimaldab kõnede kommuteerimist.
Telefonivõrk	Üldkasutatav elektroonilise side võrk, mida kasutatakse telefoniteenuse osutamiseks ja mis võimaldab kõnede tegemist üldkasutatava elektroonilise side võrgu lõpp-punktide vahel.
Terminalseade	Tehniline seade või selle osa, mis ühendatuna ühenduspunktis võimaldab saata, töödelda või vastu võtta kõnet või edastada andmeid.
VoIP	<i>(Voice over Internet Protocol)</i> internetiprotokolli kaudu kõnede edastamine.

Sisukord

1	Sissejuhatus	10
1.1	Eesmärk	10
1.2	Ülevaade tööst	11
1.3	Ülevaade protsessist	12
2	Kasutuses olevad kanalkommuteeritud kõnesidelahendused.....	13
2.1	Kasutuses olevate terminalseadmete kaardistus	14
2.2	Kõnekoormuse kaardistus.....	14
2.3	Vajaminevate kõnekanalite arvu leidmine	16
3	Pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele üleviimine	18
3.1	Ärilised nõuded.....	19
3.2	Funktsionaalsed nõuded	19
3.3	IP-PBX'ile esitatavad nõuded	20
3.4	IP-terminalseadmetele esitatavad nõuded	20
3.5	Andmesidevõrgu ribalaiusele esitatavad nõuded	21
4	Lahenduse valik.....	24
4.1	Terminalseadmete valik.....	27
4.2	Hoone sidevõrgukaabeldusega sobivate terminalseadmete valik.....	28
4.3	Tingimuste loomine sideruumis	30
4.4	Seadmete paigaldamine ja numbrite üleviimine.....	33
4.5	Vanade seadmete demonteerimine	33
4.6	Lahenduse maksumus.....	34
4.7	Tulemuste analüüs	36
5	Kokkuvõte	39
	Kasutatud kirjandus.....	40

Jooniste loetelu

Joonis 1.1. PABX telefonisüsteemi põhimõtteskeem.....	11
Joonis 1.2. Hoone sidevõrgu struktuurskeem.....	12
Joonis 2.1. Foto näidisasukohast.	13
Joonis 2.2. Asukohtade kõnekoormus päevas.	15
Joonis 2.3. Asukohtade kõnekoormus enim koormatud päeval.	15
Joonis 2.4. Asukoht 1 kõnekanalite arvutamine.	16
Joonis 2.5. Teoreetiline kõnekanalite arvutamine.	17
Joonis 3.1. IP-pakett kodeeringuga G.711.....	21
Joonis 3.2. Ribalaiuse arvutamine.	22
Joonis 3.3. Välisühenduse andmeside ribalaiuse kasutamine Asukoht 1.....	23
Joonis 3.4. Välisühenduse andmeside ribalaiuse kasutamine Asukoht 2.....	23
Joonis 4.1. IP-PBX paiknemine kliendi sisevõrgus [28].	25
Joonis 4.2. Välise kõnesideteenuse pakkuja lahendus [28].	25
Joonis 4.3. IP-terminalseadmed ühendatud andmesidevõrguga.....	27
Joonis 4.4. Analoo terminalseadmed ühendatud andmesidevõrguga.	27
Joonis 4.5. Sidevõrgu struktuurskeem terminalseadmete asukohtadega.....	28
Joonis 4.6. Terminalseadmete jagunemine hoones.	30
Joonis 4.7. Asukoht 2 sideruumis andmesidekapp, telefoniside jaotuskoht ja PABX...	31
Joonis 4.8. Asukoht 2 sideruumis tehtud muudatus.	32

Tabelite loetelu

Tabel 2.1. Asukohtade kõnekoormus kuus.....	14
Tabel 2.2. Asukoht 1 ja Asukoht 2 kõnekoormuse arvutamine.....	16
Tabel 4.1. Teenustasude võrdlus.	34
Tabel 4.2. Seadmete maksumuse koondtabel.....	35

1 Sissejuhatus

Pakettkommuteeritud kõnesidelahendused on laialt levinud, kuid vaatamata sellele leidub asutusi, kus kasutatakse kanalkommuteeritud kõnesidelahendusi. Dimitri Osler on kirjutanud raamatu „(No) Value in Unified Communications“, milles tuuakse esile pakettkommunikeeritud kõnesidelahenduste poolt pakutavad lisavõimalused, mis aitavad asutustel igapäevatööd paremini korraldada ning on kokkuvõttes kuluefektiivsemad [3]. Lokaalsed automaatsed kodukeskjaamad (PABX) on amortiseerunud ja seetõttu on rikkest tulenev risk suur. Vanale PABX-ile sobivate varuosade leidmine on keeruline, mistõttu kõnesidekatkestuse lahendamine võib kesta päevi ja häirib töö tegemist. Ühtlasi vanade kõnesidelahenduste haldamine vajab kompetentsi, mis on aja jooksul hääbunud. Kaasaegselt kõnesidelahenduselt oodatakse mobiilsust ja funktsionaalsust, mida vanad telefonijaamad ei suuda pakkuda.

1.1 Eesmärk

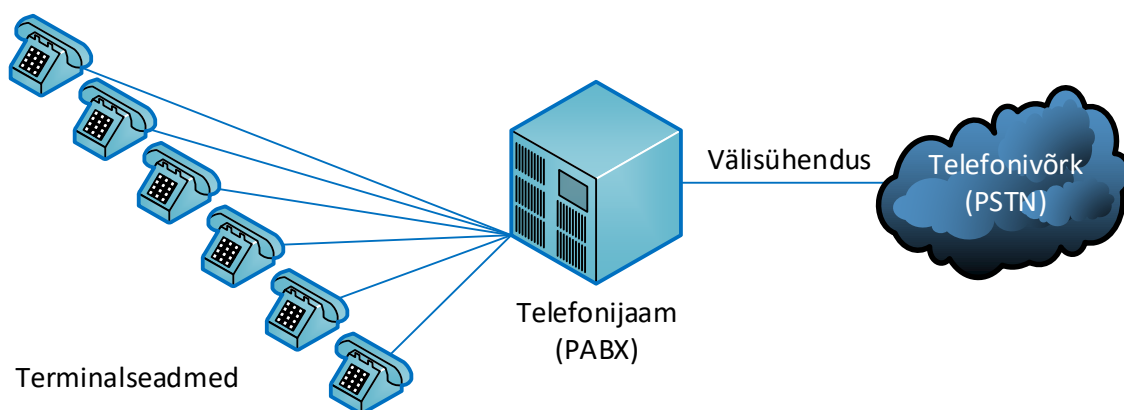
Töö eesmärgiks on viia kaks asukohta kanalkommuteeritud kõnesidelahenduselt üle pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele majanduslikult otstarbekalt.

1.2 Ülevaade tööst

Käesolevas bakalaureusetöös käsitletakse üleminekuprotsessi kanalkommunikatsiooni tehniliselt lahenduselt (kodu keskjaamadelt) IP-põhistele kõneteenustele pakettvõrgu terminalseadmete abil.

Töös esitatakse tähtsamad nõuded kõnesidelahendusele ning meetodid, kuidas neid nõudeid on otstarbekas tagada pakettkommuteeritud (IP-põhise) sidelahendust kasutades. Töö eesmärgiks on realiseerida pakettkommuteeritud kõnesidelahendus, kasutades selleks võimalikult palju ära juba olemasolevat sidekaablivõrku.

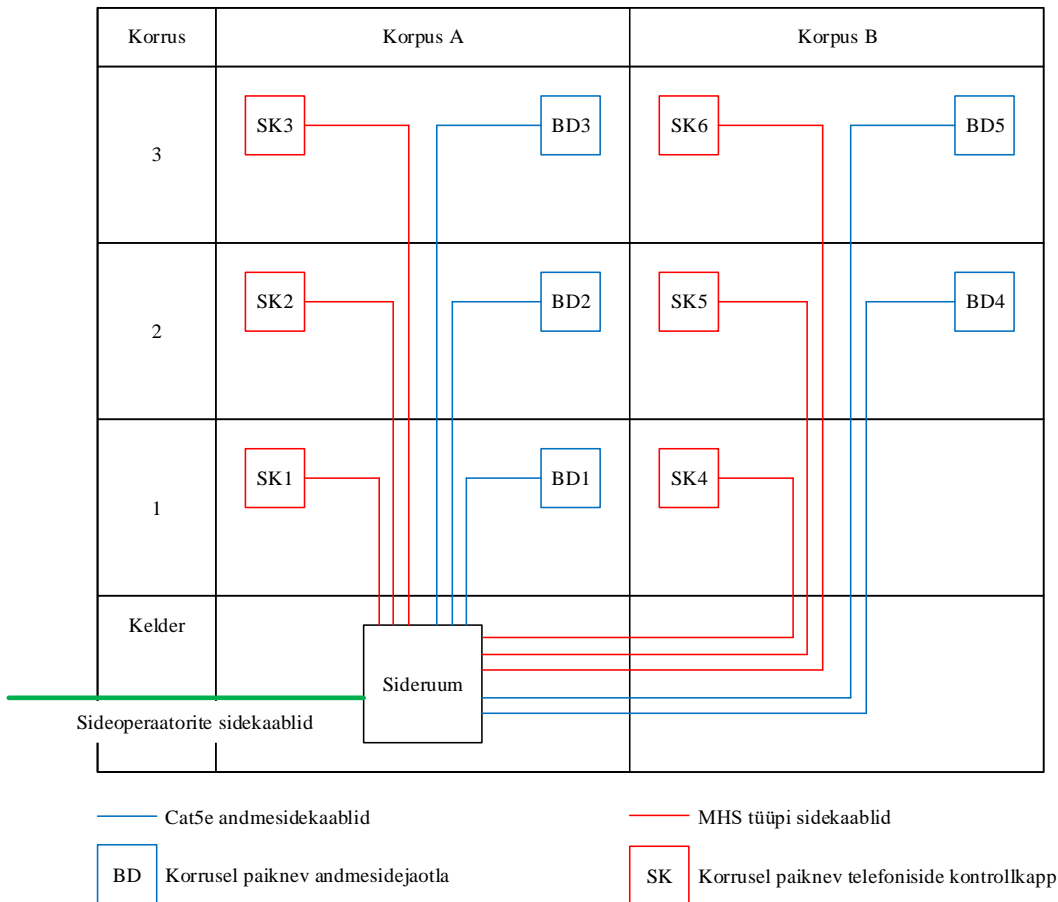
Hindamaks pakutud lahenduse tehnilist ja majanduslikku otstarbekust, esitatakse töös näidislahendus täna kasutatava PABX-keskjaamast (kokku 48 terminalseadet ehk telefoniaparaati) koosneva telefonisüsteemi üleviimisest IP-põhisele kõnesidelahendusele.



Joonis 1.1. PABX telefonisüsteemi põhimõtteskeem.

Valitud on kaks asukohta, mis vastaks oma suuruse ja kõnesidelahenduse poolest Eesti keskmise asutuse profiilile, kus töötab lokaalne telefonijaam. Asukohtades on 30 kuni 50 töötajat.

Hoonetes on välja ehitatud telefonisidevõrk MHS tüüpi sidekaablitega, mida kasutatakse analoog telefonisignaalide edastamiseks [4]. Hilisemalt on ehitatud kõrvale andmesidevõrk Cat.5 kaablitega [5]. Andmeside ja telefonisidekaablite jaotuskohad korrustel paiknevad erinevates kohtades.



Joonis 1.2. Hoone sidevõrgu struktuurskeem.

1.3 Ülevaade protsessist

Kanalkommuteeritud kõnesidelahenduselt üleminekul pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele on lähtunud järgmistest sammudest:

1. Kaardistada valitud asukohtades kasutuses olevad telefoninumbrid ja terminalseadmed.
2. Hinnata kõnekoormust ja teha vajaminevate kõnekanalite arvu leidmiseks arvutus.
3. Püstitada pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele vajalikud nõuded.
4. Teha andmeside ribalaiuse arvutus, saamaks teada kõneside toimimiseks vajalikud nõudmised andmesidevõrgule.
5. Hinnata asukohtades olemasoleva kaablivõrgu struktuuri ja leida uus tehniline lahendus.
6. Realiseerida lahendus ja analüüsida tulemust.

2 Kasutuses olevad kanalkommuteeritud kõnesidelahendused

Vaatleme kahes asukohas kanalkommuteeritud lahendust ning tähistame käesolevas tekstis neid Asukoht 1 ja Asukoht 2. Mõlemas asukohas on kasutuses Ericsson Business Phone 50 PABX.

Antud asukohtades on iga terminalseade seotud ühe avaliku telefoninumbriga, mis on valitud sideteenusepakkuja poolt eraldatud numbrivahemikust.



Joonis 2.1. Foto näidisasukohast.

2.1 Kasutuses olevate terminalseadmete kaardistus

Jaamadest numbrite väljavõtte tulemused:

- Asukoht 1: terminalseadmete arv PABX'is: 32
- Asukoht 2 : terminalseadmete arv PABX'is: 48

Analüüsid PABX'ist kätte saadud eelpool loetletud andmeid järeldasin, et sageli terminalseadet ei kasutata või ollakse valmis sellest loobuma. Oli juhtumeid, kus terminalseade on vaid selleks, et teostada kõnede suunamist mobiiltelefoninumbriks.

Osadel juhtudel oli kasutaja töölt lahkunud, kuid PABX'is oli number unustatud sulgeda. Sääraste juhtumite tagajärjeks võib olla see, et kasutuses olevate numbrite arv jaamas täitub maksimaalse piirini ja/või sideoperaatorilt tellitud numbrivahemikuni. Sellisel juhul uue kasutaja lisandumisel puudub vaba number, mida saaks talle määrata.

Kaardistatud olukord võimaldab ümber hinnata vajaminevate ressursside hulka süsteemi uuendamisel.

2.2 Kõnekoormuse kaardistus

Kõnekoormuse kaardistamiseks kasutatakse BHCA (*Busy-hour call attempts*) meetodikat. BHCA on ühe ööpäeva tipp tunni (60-minutiline ajaintervall) kõnekatsete arv mille kestel sooritati kõige enam kõnekatsed enim koormatud päeval [6].

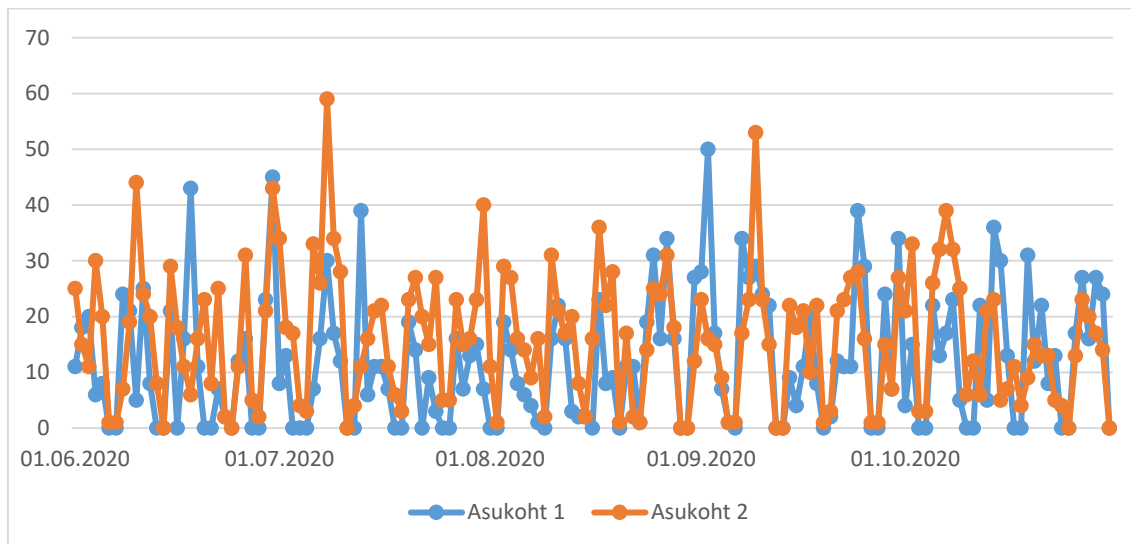
Analüüsi aluseks on kõnekoormuse väljavõtte perioodil 01.06.2020 – 31.10.2020.

Tabel 2.1. Asukohtade kõnekoormus kuus.

Kuu	Asukoht 1	Asukoht 2
Juuni	342	476
Juuli	280	589
August	319	471
September	460	459
Oktoober	402	455
Kokku	1803	2450

Selgus, et suurima koormusega kuud antud perioodil olid:

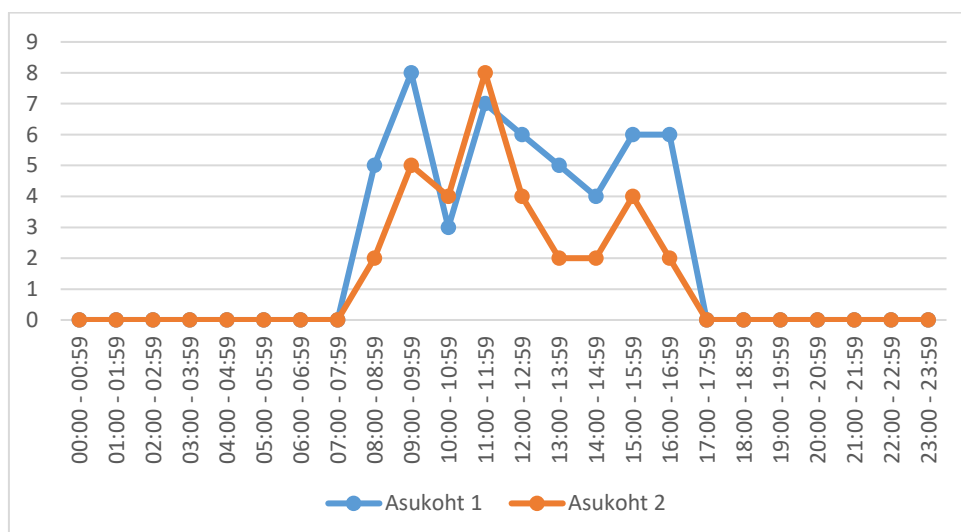
- Asukoht 1: september 460 kõnega;
- Asukoht 2: juuli 589 kõnega.



Joonis 2.2. Asukohtade kõnekoormus päevas.

Suurima koormusega päev:

- Asukoht 1: 02.09.2020 50 kõnega;
- Asukoht 2: 08.07.2020 59 kõnega.



Joonis 2.3. Asukohtade kõnekoormus enim koormatud päeval.

Mõlemas asukohas oli maksimaalne kõnekoormus 8 kõnet tunnis ning Asukoht 1 keskmise kõne pikkus 128 sekundit ja Asukoht 2 keskmise kõne pikkus 43 sekundit.

2.3 Vajaminevate kõnekanalite arvu leidmine

Kõnekanalite arvutamise tulemust saame kõrvutada asukohtadesse tellitud kõnekanalite arvuga ning hinnata ressursikasutust. Ühtlasi saame kasutada kõnekanalite arvutamise tulemust andmeside ribalaiuse arvutamisel. Kõnekanalite arvutamiseks on vajalik leida kõnekoormus.

Kõnekoormuse arvutamise valem $A = \frac{nh}{T}$, kus [7]

kõnekoormus (A);

kõnekestvus (h);

kõnede arv tunnis (n);

vaatlusperioodi pikkus (T).

Tabel 2.2. Asukoht 1 ja Asukoht 2 kõnekoormuse arvutamine.

	Asukoht 1	Asukoht 2
kõnekestvus	h = 128 sekundit	h = 43 sekundit
Kõnede arv tunnis	n = 8	n = 8
Vaatlusperioodi pikkus	T = 3600 sekundit	
Kõnekoormus	$A = \frac{nh}{T} = \frac{8 \times 128}{3600} = 0,28$ Erlangi	$A = \frac{nh}{T} = \frac{8 \times 43}{3600} = 0,1$ Erlangi

Kõnekanalite arvutamiseks kasutan vabavaraalset internetis leitavat kalkulaatorit [8]. Kõnede blokeerumise tõenäosuseks valime 0,001 [9] (kuni üks ebaõnnestunud kõne 1000-st) ning sellega saame suurema kõnekoormusega Asukoht 1 vajamineva kõnekanalite arvuks 4 ja Asukoht 2 kõnekanalite arvuks 3.

Joonis 2.4. Asukoht 1 kõnekanalite arvutamine.

Kuna mõlema asukoha kõnekoormused on väga madalad, sai loodud kunstlikult kõrgema koormusega olukord, mis võib tekkida mobiilside võrgu katkestusest tulenevalt, tõeses tipptunnil Asukoht 2 kõnede arvuks $10 \cdot n = 80$ (kümnekordne nominaalne kõnekoormus) ja kõne keskmiseks pikkuseks $(128+43)/2 = 86$ sekundit (kahe asukoha kõnekestvuste aritmeetiline keskmine).

Teoreetiline vajaminevate kõnekanalite arvutamine (A_t)

$$A_t = \frac{nh}{T} = \frac{80 \times 86}{3600} = 1,91 \text{ Erlangi}$$

Erlang B Calculator		
<input type="radio"/> Erlangs	<input type="radio"/> Blocking	<input checked="" type="radio"/> Lines
1.910	0.001	8
Calculate		

Joonis 2.5. Teoreetiline kõnekanalite arvutamine.

Suurenenud kõnekoormuse korral vaja minevate kõnekanalite arv kasvas 8-ni.

3 Pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele üleviimine

Pakettkommuteeritud kõnesidelahendusel ehk VoIP (Voice over IP) kaudu kõnede edastamise lahendusel on selged eelised, kuid on ka puuduseid [10]. Eeliste all tuuakse välja odavamad sideteenuse hinda ja lisateenuste võimalusi võrreldes kanalkommuteeritud kõnesidelahendusega. Ühtlasi ei ole VoIP seotud kindla füüsilise asukohaga. Suurema puudusena tuuakse välja hädaabikõnede tegemisega seotud kitsaskoha, kuna kõne tegija täpset asukohta ei ole võimalik tuvastada.

Eelistest tulenevalt areneb pakettkommuteeritud kõnesidelahendus kiiresti ning on välja vahetamas üldkasutatava telefonivõrgu (PSTN) peal töötavad kanalkommuteeritud PABX-süsteeme. Töö eesmärgiks on tagada ühtsetel alustel tavatelefonside teenuste kättesaadavus vastavalt esitatud nõuetele teenuste valiku, kvaliteedi ja garanteerituse osas. Seal hulgas peavad pakutavad lahendused, sõltuvalt tööprotsessidest tulenevatele nõuetele, olema suutelised pakkuma kõrgkäideldavaid lahendusi, mis maksimaalselt toetaksid katkematut tööprotsessi. Järjest suurenevale vajadusele integreeritud kommunikatsioonilahenduste järgi peab lahendus võimaldama head info- ja kommunikatsioonitehnoloogia lahenduste ja rakenduste integratsiooni. Lahendus peab looma võimaluse tagada majanduslikult otstarbeka teenuste hinna ja nõutava kvaliteedi suhet.

Selleks, et valida erinevate lahendusvariantide vahel, tuleb esmalt püstitada põhilisemad nõuded, millele lahendus peab vastama:

1. ärilised nõuded;
2. funktsionaalsed nõuded;
3. IP-põhisele kodukeskjaamale (IP-PBX) esitatavad nõuded [11];
4. IP-kõnesideterminaalile esitatavad nõuded [12];
5. andmesidevõrgu ribalaiusele esitatavad nõuded.

3.1 Ärilised nõuded

- Tagada teenuste kättesaadavus ja lihtne hallatavus.
- Luua võimalikult homogeenne sidevõrk.
- Tehnoloogilised valikud peavad tagama lahenduste jätkusuutlikkuse pikas perspektiivis.
- Võtta kasutusele integreeritud kommunikatsioonilahendused. Kasutusele võetavad sidetehnilised lahendused peavad võimaldama luua tsentraalselt hallatavaid integreeritud kommunikatsioonilahendusi.
- Ühtne numeratsiooniplaan ja selle haldus. Teenuste ühtsetel alustel kasutamise eelduseks on asutuse ülene ja ühtne numeratsiooni haldus.
- Telefoninumbri liikuvus asukohast sõltumata. Helistada või võtta kõnesid vastu seal, kus on interneti ühendus.

3.2 Funktsionaalsed nõuded

Funktsionaalsed nõuded on võetud Elisa Eesti AS interneti leheküljelt [13].

- Võimaldab kasutada erinevaid terminalseadmeid (arvutitelefon, nutitelefon, lauatelefon);
- tasuta sisekõned;
- otsevalik abonendini (Igal telefonil oma number);
- sisenevate kõnede vahetu suunamine nii sise- kui välinumbritele;
- sisenevate kõnede suunamine teisele numbritele, kui telefon on hetkel hõivatud;
- sisenevate kõnede suunamine teisele numbritele, kui telefonile ei vastata teatud aja jooksul;
- ära sega (DND) teenus;
- koputusteenus;
- helistaja numbrinäit;
- oma numbrinäidu keelamine;
- oma nime varjamine;
- kõne ootele jätmine ehk kahe kõne üheaegne pidamine (võimalus konverentskõneks);
- lühinumbrid.

3.3 IP-PBX'ile esitatavad nõuded

Sisevõrku paigaldatav IP-põhine kodukeskjaam (IP-PBX) peab vastama telekommunikatsiooni teenusepakkuja nõuetele [11]:

- kõneside toimimiseks on vajalik G.711A koodeki olemasolu [14];
- vahendusjaam peab vastama RFC3261 [15] ja RFC 3264 [16] kehtestatud nõuetele;
- vahendusjaam peab avama RTP-voogu [17] 180, 183 ja 200 vastusekoodi saabudes;
- üksteisele järgnevate erineva SDP-sisuga 180 ja 183 vastusekoodide saabumisel peab vahendusjaam kasutama hiljem saabunud SDP-d [18];
- 180 Ringing vastusekoodi saamisel ilma SDP-ta peab vahendusjaam genereerima lokaalse kutsekontrolli signaali;
- DTMF-signaalide [19] saatmine ja vastuvõtt peavad vastama RFC2833 [20] nõuetele;
- lisaks RFC3261 kirjeldatud autentimismeetodile peab vahendusjaam toetama RFC2617 [21] autentimismeetodit "Digest Access Authentication scheme";
- sessiooni taimerid peavad vastama RFC 4028 [22] kehtestatud nõuetele;
- vahendusjaama asumisel aadressitransleerimisega internetiühenduse taga peab vahendusjaam avama kõnevoogu kuulmaks kutsekontrolli või võrguteadet.

3.4 IP-terminalseadmetele esitatavad nõuded

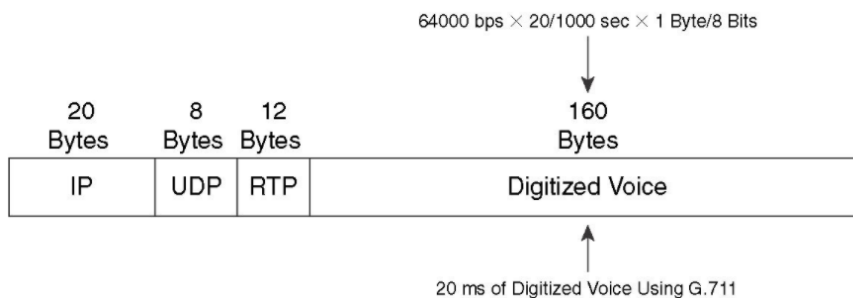
IP-terminalseadmete nõuded on võetud Siseministeriumi infotehnoloogia- ja arenduskeskuse avaliku hanke dokumendist [12].

- SIP tugi;
- ekraan: minimaalselt 4 rida, taustavalgustus;
- valjuhääldi (käed-vaba);
- kõrvaklapi pesa;
- eesti keelne ekraaniliides;
- 100/1000 Base-T ja PoE (*Power over Ethernet*) toide [23];
- kõnelogi kokku vähemalt 60 rida;
- mikrofoniga vaigistamise nupp;
- vähemalt viis programmeeritavat klahvi;

- seadet peab olema võimalik proviisjoneerida (tftp/http/https);
- ekraaniliidese tõlkefaili peab olema võimalik proviisjoneerida (tftp/http/https);
- terminali seadeid peab saama muuta telefoni sisesele http serverile päringute saatmise teel;

3.5 Andmesidevõrgu ribalaiusele esitatavad nõuded

Kuna pakettkommuteeritud kõneside puhul toimub heli kodeeritud kujul edastamine andmepakettide näol üle IP-protokolli, siis andmesidevõrgule esitatavate nõuete juures tuleb arvestada kõnesideks vajaliku ribalaiusega ning selle teada saamiseks teeme arvutuse. Üks kõneside IP-pakett kodeeringuga G.711 koosneb 40-baidisest päisest ning 160-baidisest andmeosast (kokku 200 baiti):



Joonis 3.1. IP-pakett kodeeringuga G.711.

Andmeside ribalaiuse arvutamiseks kasutame internetis leitavat vabavaralist kalkulaatorit [24]. Kõnekanalite arvuna sisestame 8 ja kõnede kodeerimisel kasutatakse protokollit G.711 ning paketi kestvuseks on määratud 20 ms. Arvutamise tulemusena saame andmesidevõrgule nõutavaks ribalaiuseks 640 kb/s, mis teeb ühe kõnekanali kohta 80 kb/s.

Lines to VoIP bandwidth Calculator	
CODEC	
G.711 (PCM) 64 kbps uncompressed ▾	
Packet duration	
20 milliseconds (160 samples) ▾	
<input type="radio"/> Voice paths	<input checked="" type="radio"/> IP bandwidth (kbps)
8	640
Calculate	

Joonis 3.2. Ribalaiuse arvutamine.

Cisco Systems, Inc interneti leheküljel [25] tuuakse välja ribalaius ühe kõnekanali kohta 87,2 kb/s. Telia Eesti AS interneti leheküljel nõutakse üles- ja allalaadimise andmeside kiiruseks vähemalt 100 kb/s ühe kõne kohta [26].

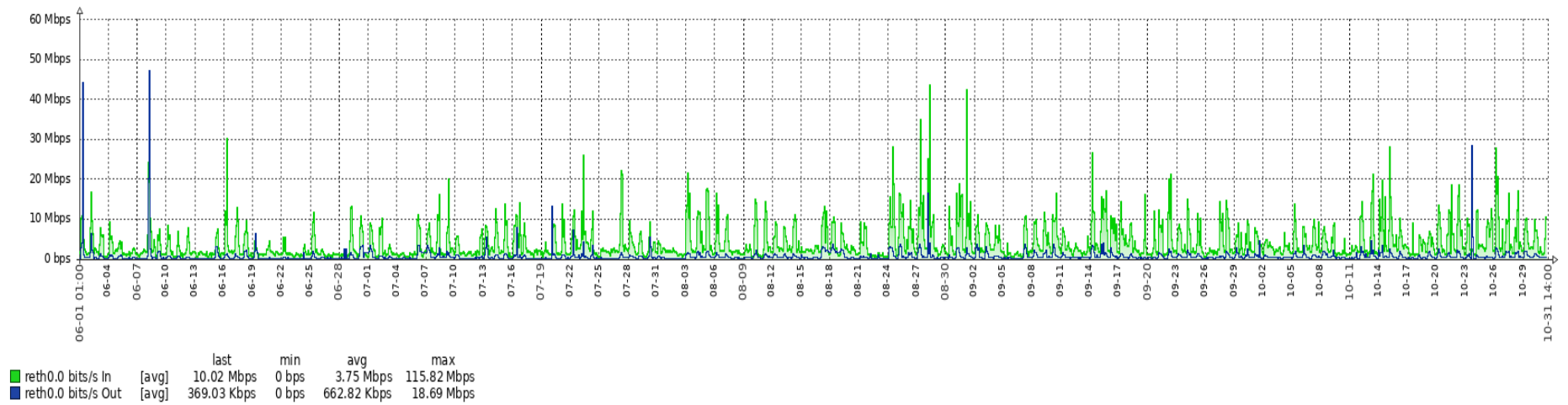
Edasistes arvutustes lähtume Telia nõudest 100kb/s ühe kõne kohta, mis hõivab suurima kõnekoormuse korral ribalaiust 800 kb/s ehk 0,8 Mbit/s.

Mõlemas asukohas on üles- ja allalaadimise välisühenduse ribalaiuseks 200 Mbit/s ning suurim kõnekoormus kasutaks sellest alla 0,5%.

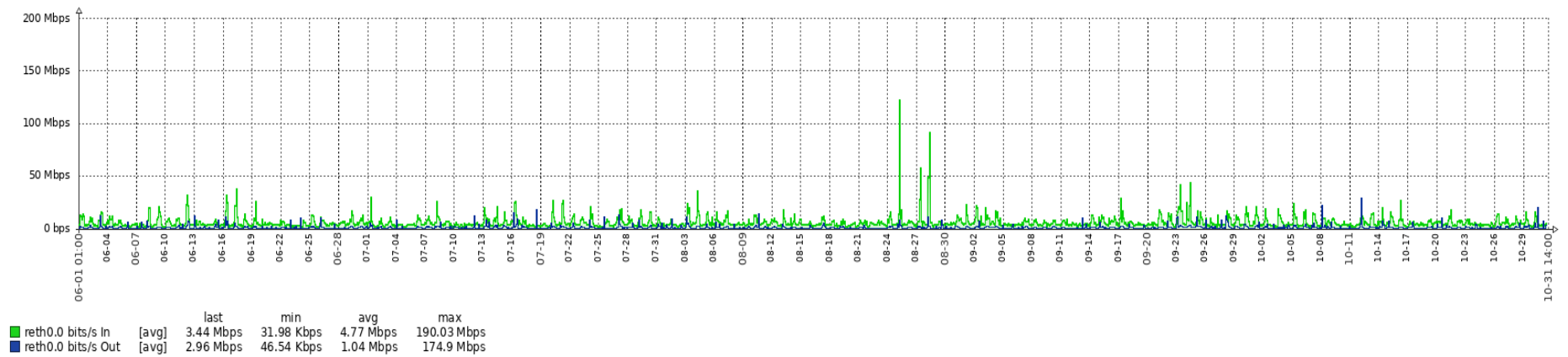
Ribalaiuse koormuse päring on tehtud monitooringusüsteemist Zabbix [27]. Selle tulemusena selgub, et keskmine ribalaiuse kasutus on mõlemas asukohas alla 5% ning suurima andmeside ribalaiuse kasutamise korral (üksikute piikide näol ulatus kuni 95%-ni) jääks ruumi ka kõnesidele suurima koormuse 0,5% korral.

Andmeside ribalaiuse koormus perioodil 01.06.2020 – 31.10.2020:

- Asukoht 1 maksimaalne andmeside ribalaiuse kasutus 115,82 Mbit/s, keskmine 3,75 Mbit/s.
- Asukoht 2 maksimaalne andmeside ribalaiuse kasutus 190,03 Mbit/s, keskmine 4,77 Mbit/s.



Joonis 3.3. Välisühenduse andmeside ribalaiuse kasutamine Asukoht 1.



Joonis 3.4. Välisühenduse andmeside ribalaiuse kasutamine Asukoht 2.

4 Lahenduse valik

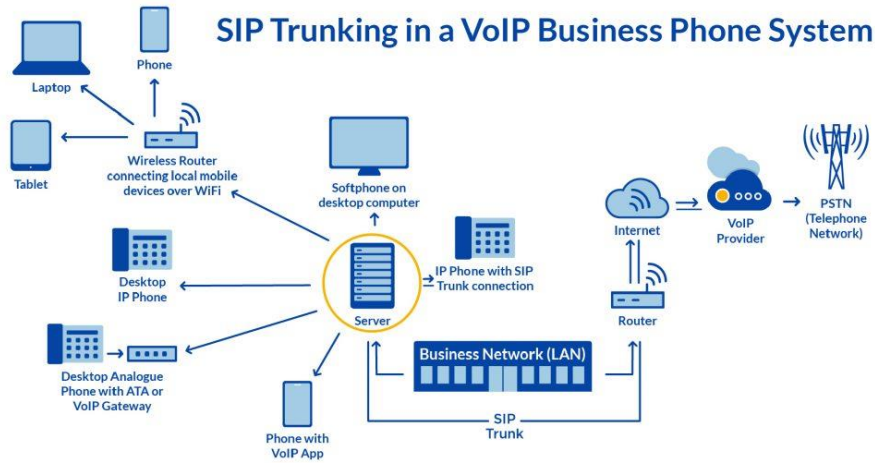
Eestis leidub erinevaid kõneside teenusepakkujaid, kes suudavad kliendi nõuetest lähtuvalt terviklahendust pakkuda. Suurematel telekommunikatsiooni firmadel on olemas vastav baastaristu ja pikaajaline kogemus pakkumaks standardlahendusi. Erilahenduste puhul võib aga vaadata lisaks telekommunikatsiooni firmadele veel teisi sideteenusepakkujaid. Mõistlik esitada sideteenusepakkujale nõuded ning lasta lahendus kokku panna, töökorda seada ja seda hallata. Nii on võimalik asutusel keskenduda oma põhitegevusele ja jätta kõnesidet puudutavad teemad teenuse pakkuja lahendada.

Kui asutuses on tagatud kõnesidekompetents, siis võib kaaluda IP-PBX lahenduse üles seadmist oma sisevõrku ning selle haldamist (vajadusel arendamist). Sellega kaasneb organisatoorseid teemasid, mida tuleb tehniliste küsimuste kõrval lahendada – kõnesidekompetentsi tagamine, asendamised, riketele reageerimine töövälisel ajal või puhkuste ajal.

Pakettkommuteeritud kõnesidelahenduse puhul ei mängi rolli IP-PBX'i füüsiline asukoht vaid see, et oleks tagatud piisav andmesideribalaius kõneside terminalseadmetele.

Järgnevalt vaatame kahte lahendusvarianti:

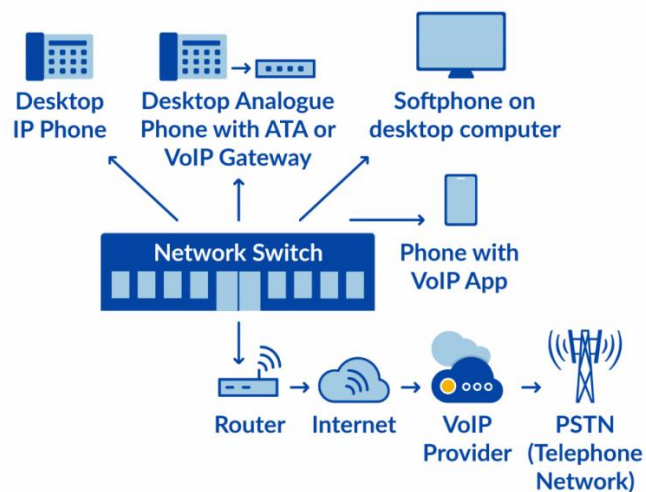
- **Lahendus 1:** IP-PBX paikneb kliendi sisevõrgus (*SIP Trunking in a VoIP Business Phone System*).



Joonis 4.1. IP-PBX paiknemine kliendi sisevõrgus [28].

- **Lahendus 2:** Väline kõnesideteenuse pakkuja (*Hosted VoIP Network Infrastructure*).

Hosted VoIP Network Infrastructure



Joonis 4.2. Väliste kõnesideteenuse pakkuja lahendus [28].

Mõlema lahendusvariandi ühisosa on:

- kehtivad samad nõuded andmesidevõrgu ribalaiusele ühe kõne kohta;
- eraldatakse soovitud avalik numbrivahemik.

Erinevus kahe lahendusvariandi vahel seisneb:

- IP-PBX paikneb kliendi sisevõrgus ja sellele tuleb tellida vajalik arv meediavoo ülekandekanaaleid. Teenuse haldamine ja arendamine on kliendi vastutusalas.
- IP-PBX on teenusepakkuja vastutusalas ning klient meediavoo ülekandekanalite arvu üle arvestust pidama ei pea.

Realiseerime lahenduse Asukoht 2 näitel. PABX-st numbrite väljavõtte tulemus oli 48. Olukorda kohapeal kaardistades ja kasutajatega vesteldes selgus, et lauatelefoninumbrite tegelik kasutajate hulk on 34. Terminalseadmeid vajasisid 25 kasutajat. 9 kasutajat loobusid terminalseadmest, kuid soovisid säilitada numbrid, mida suunata edasi mobiiltelefoni numbritele.

IP-PBX ei paikne kliendi sisevõrgus, vaid on otsustatud välise teenusepakkuja kasuks, kuna asutusel puudus kompetents ja tahtmine kõnesidelahenduse haldamisega tegeleda.

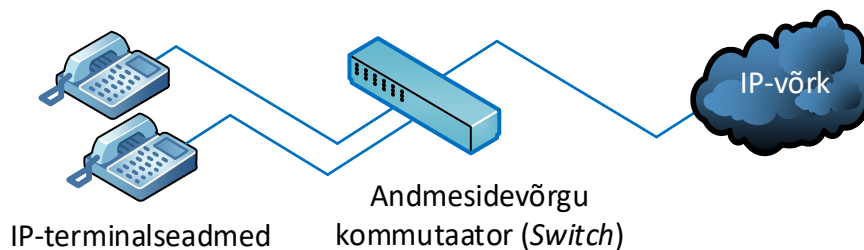
Tegevuskava:

- Sidevõrgukaabelduse olukorraga tutvumine ja terminalseadmete valik.
- Sideruumis olukorraga tutvumine ja pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele üleminekuks tingimuste loomine.
- Seadmete paigaldamine ja numbrite üleviimine.
- Vanade seadmete demonteerimine ja PABX-i alusühenduse lõpetamine.

4.1 Terminalseadmete valik

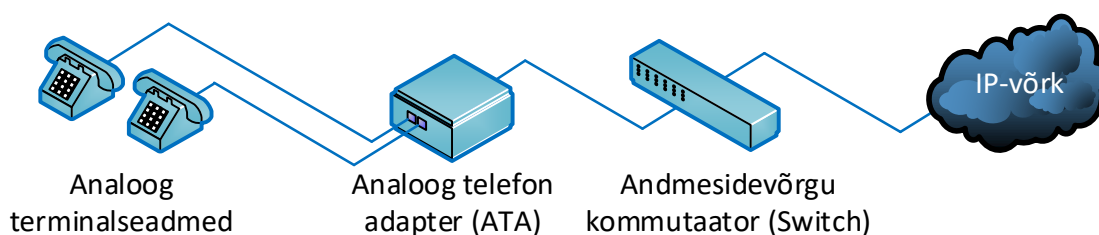
Hoone sisevõrgu kaabeldus määrab, milliseid terminalseadmeid saab kasutusse võtta:

- IP-terminalseadmed on ühendatud otse andmesidevõrgu kommutaatoriga.



Joonis 4.3. IP-terminalseadmed ühendatud andmesidevõrguga.

- Analoog terminalseadmed on ühendatud IP-võrguga analoog telefon adapterit kasutades.

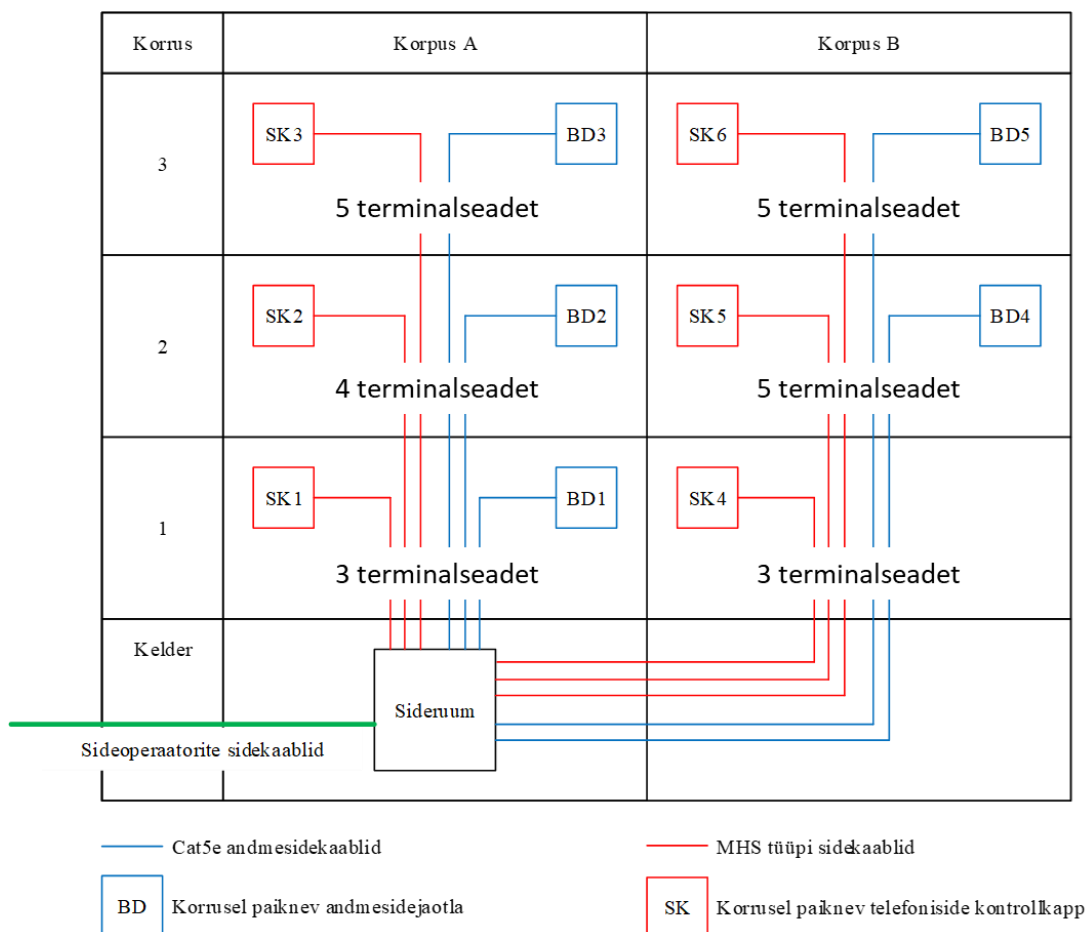


Joonis 4.4. Analoog terminalseadmed ühendatud andmesidevõrguga.

Kui kõneside terminalini jõuavad arvutivõrgule sobivad andmesidekaablid, siis saab planeerida IP-terminalseadmed, mis saavad ühenduse andmesidevõrgu kommutaatorist. Kui kõneside terminalini jõuab MHS tüüpi telefonisidekaabel, siis jääb analoog telefoni aparaat ja sidejaotuskohta tuleb planeerida analoog telefoni adapterid (ATA). ATA-d võimaldavad andmesidevõrgu kaablite ehitamise kulu ajutiselt vältida, kuid pikemas perspektiivis on andmesidevõrgu nõuetele vastavusse viimine möödapääsmatu. Andmesidevõrgule esitatud nõuetest on hea ülevaate koostanud Riigi Kinnisvara AS [29].

4.2 Hoone sidevõrguga sobivate terminalseadmete valik

Olles eelnevalt kaardistanud Asukohas 2 kasutuses olevad terminalseadmed, siis järgmise sammuna tuleb peale vaadata hoone sidekaablivõrgu struktuurile eesmärgiga teada saada, millist tüüpi sidekaablid jõuavad soovitud terminalseadmete asukohtadeni ja milliseid sidejaotuskohti need läbivad. Seejärel paigutame terminalseadmed sisevõrgu struktuurskeemile ning kontrollime sidekaabelduse olukorda. Terminalseadmete paigutamisel tuleb antud asukohas lähtuda andmesidevõrgule kehtestatud piiravatest turvanõuetest, milles on sätestatud piirang ühe andmesidevõrgu kommutaatori pordi taha on lubatud ühendada üks aktiivseade. See välistab andmesideühenduse jagamise töölaual IP-terminalseadmest edasi arvutile.



Joonis 4.5. Sidevõrgu struktuurskeem terminalseadmete asukohtadega.

Sidekaabelduse kontrollimise käigus selgus:

- Telefoniside tarbeks on hoones paigaldatud sidekaablid MHS100x2x0,5 alates keldris asuvast sideruumist kuni iga hoone korpuse korruseni. Sideruumis on MHS sidekaablid otsastatud telefoniside jaotuskohas seinal ning korrustel telefoniside kontrollkapis LSA eralduslattidele. LSA eralduslatt on varjestamata vasksidepaaride ühendusmoodul, mida kasutatakse analoog telefoniside kaablivõrgus [30]. Sidekontrollkapist kuni töökohtadeni on paigaldatud MHS3x2x0,5 sidekaablid ning otsastatud töölaudade lähedal RJ11 pistikupesadega.
- Andmeside tarbeks on hoones paigaldatud Cat.5 tüüpi sidekaablid alates keldris asuvast sideruumist kuni iga hoone korpuse korruseni (iga korpuse korruseni 24 Cat.5 sidekaablit). Sideruumis on Cat.5 sidekaablid otsastatud 19“ andmesidekapis RJ45 ühenduspaneelidele ning korrustel otsastatud ripplaepeal RJ45 ühenduspaneelidele. Ripplaepealt kuni töökohtadeni on paigaldatud Cat.5 sidekaablid ning otsastatud töölaudade lähedal RJ45 pistikupesadega.

Sidekaabeldus on iseloomulik hoonetele, mille valmimisajal oli põhiliselt kasutuses telefonikaablivõrgul töötavad sidelahendused.

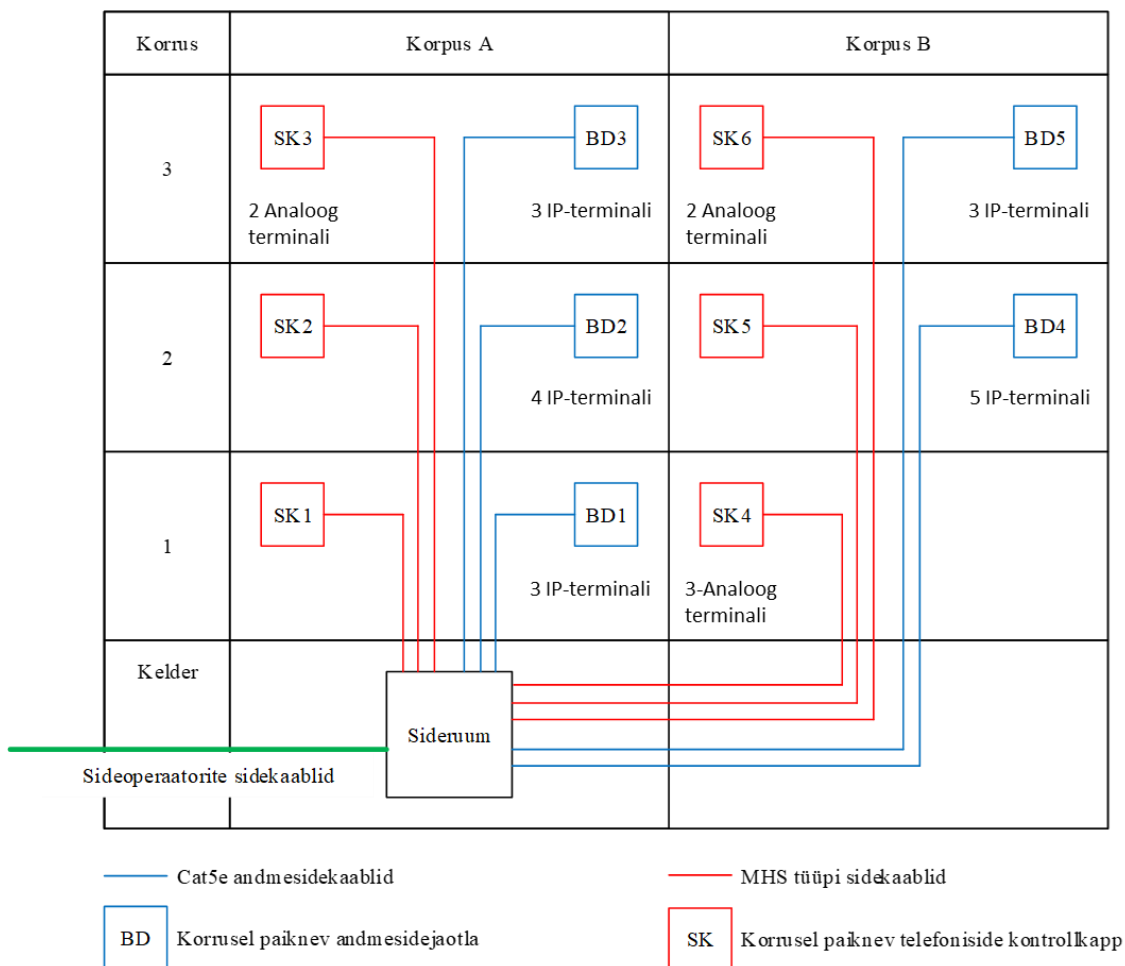
Kuni aastani 2007 väljastas Elion Ettevõtted AS (praegune Telia Eesti AS) hoonete projekteerijatele telekommunikatsioonilaseid tehnilisi tingimusi, millega nähti ette hoonete sisevõrgus MHS tüüpi sidekaablite paigaldamist telefoniside tarbeks. Hilisemalt sellest ettekirjutisest loobuti.

Andmesidekiiruste kasvades hakati hooneteni paigaldama optilisi sidekaableid ning see esitas omakorda nõudmisi hoone andmesidevõrgu kaabeldusele. Hoonete omanikud hakkasid ehitama telefonisidekaablivõrgu kõrvale andmesidekaablivõrku, kuid andmeside kasutuse mahu kasvu ei osatud adekvaatselt hinnata.

Antud hoone puhul ei ole andmesidekaablite mahtu piisavalt, et igale kasutajale saaks paigaldada IP-terminalseadme. Ripplagede peal olevad Cat.5 kaablite jaotuskohad on kitsastes ning väga tolmustes tingimustes ja andmeside kommutaatorite paigaldamiseks puudub võimalus. Seetõttu tuleb võtta kasutusele ka telefonisidevõrgu kaabeldus.

Kasutajate paiknemisest ja kasutamata andmesidekaablitest lähtuvalt jagunesid terminalseadmed järgmiselt:

- IP-terminalseadmeid 18tk;
- analoog terminalseadmeid 7tk.



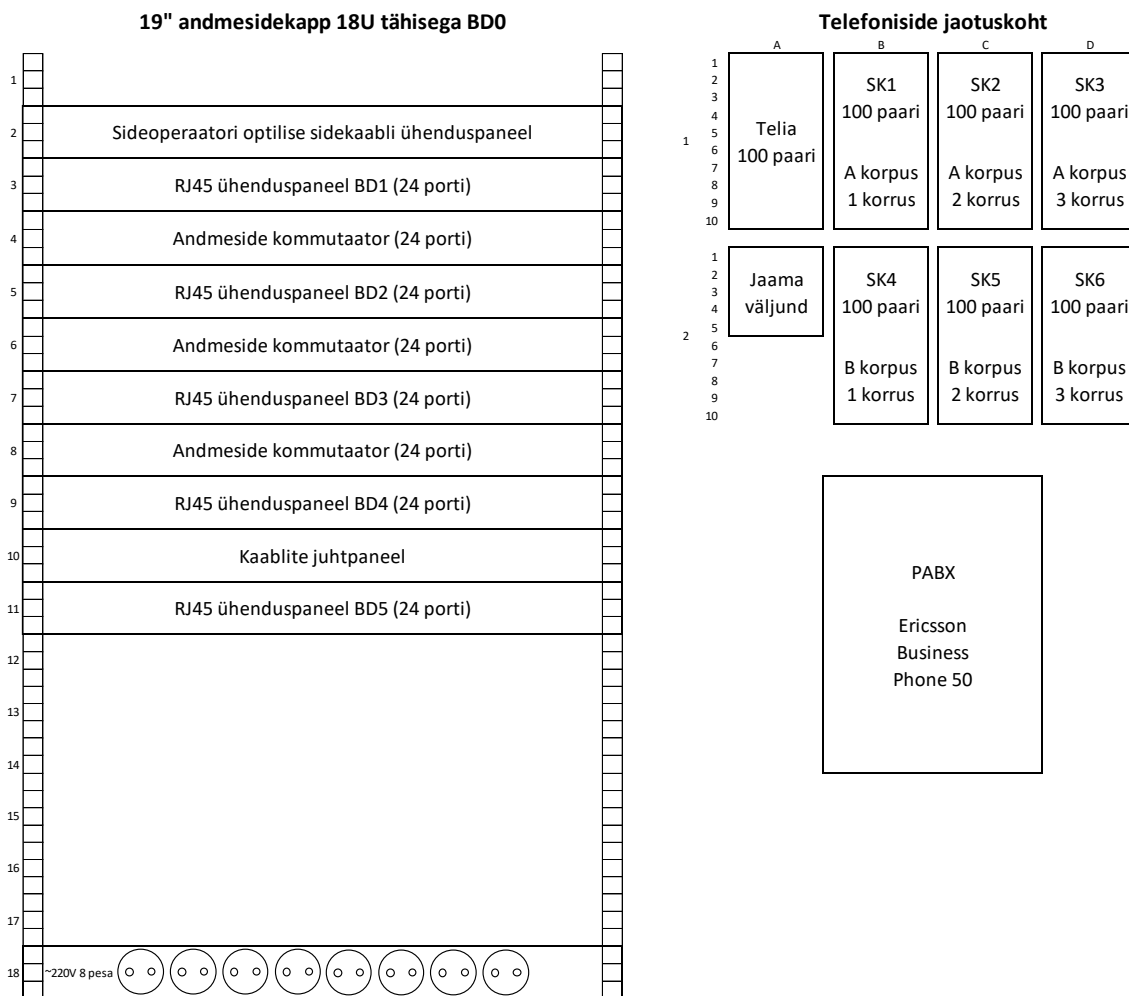
Joonis 4.6. Terminalseadmete jagunemine hoones.

Joonisel 4.6 on näha, kuidas jagunesid terminalseadmed korruste ja korpuste lõikes. Seda informatsiooni vajab hiljem ka seadmete paigaldaja.

4.3 Tingimuste loomine sideruumis

Sideruumis paikneb 19“ andmesidekapp tähisega DB0, telefoniside jaotuskoht ja Ericsson Business Phone 50 PABX. Andmesidekapis on piisavalt ruumi täiendavate sidekaablite ühendamiseks paneelidele ja aktiivseadmete paigaldamiseks. Ühtlasi on andmesidekapis elektritoide aktiivseadmete tarbeks. Andmesidekapi kõrval paikneb

telefoniside jaotuskoht (MHS tüüpi sidekaablid lõpetatud LSA eralduslattidel), mille kaudu luuakse ühendusteel korrustel paiknevate telefoniside kontrollkappideni. Telefoniside jaotuskoha all paikneb PABX, millest väljuvad sidekaablid on otsastatud telefoniside jaotuskohas sektsioonis A2.

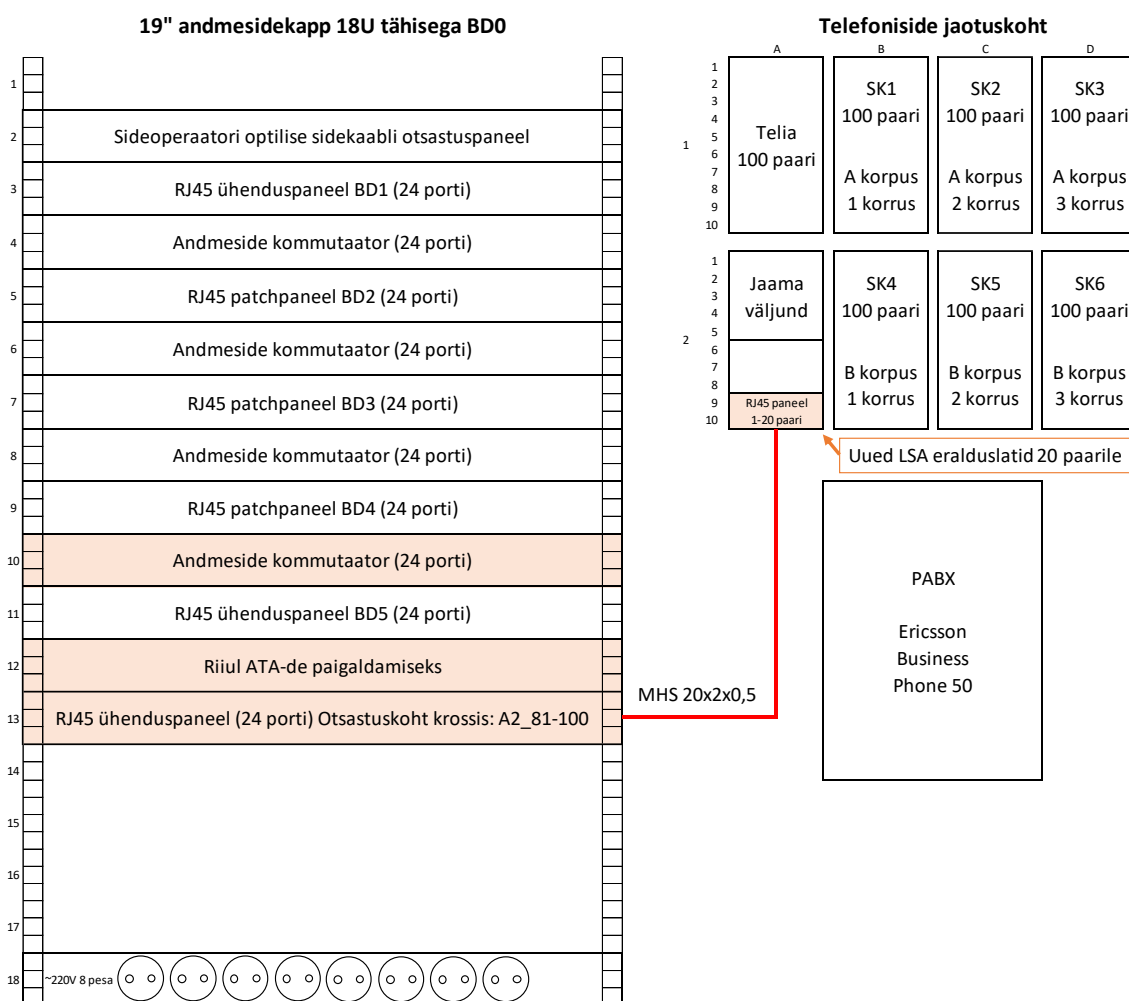


Joonis 4.7. Asukoht 2 sideruumis andmesidekapp, telefoniside jaotuskoht ja PABX.

Selleks, et üleminekut pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele oleks võimalik teha, peame sideruumis tegema muudatusi andmesidekapis ja telefoniside jaotuskohas.

Sidevõrgu ehitajale lähteülesanne:

1. Paigaldada 19" andmesidekappi BD0 seadmeriul (paigutuskoht U12).
2. Paigaldada MHS20x2x0,5 sidekaabel 19" andmesidekapi BD0 ja telefoniside jaotuskoha vahele.
3. Ühendada 19" andmesidekapis MHS sidekaabel RJ45 24 portisele ühenduspaneelile (paigutuskoht U13).
4. Ühendada MHS sidekaabel telefoniside jaotuskohas LSA eralduslattidele (paigutuskoht A2 9 ja 10 tähistusega A2_81-100).



Joonis 4.8. Asukoht 2 sideruumis tehtud muudatus.

Sellela loome tingimused, millega saame 19" andmesidekappi planeeritavast ATA-st signaalid edastada telefoniside jaotuskohani, et sealt edasi telefoniside võrgu kaudu jõuaks kasutajatele paigaldatavate analoog terminalseadmeteni.

4.4 Seadmete paigaldamine ja numbrite üleviimine

Kui kõik ettevalmistused on tehtud, siis paigaldatakse andmesidekappi IP terminalseadmete tarbeks andmeside kommutaator (24 pordine) ja analoog terminalide tarbeks 2 pordiga ATA-d. Andmesidevõrgus muudetakse parameetrid nõuetele vastavaks. IP terminalseadmetesse ja ATA-sse sisestatakse SIP kontod (kasutajatunnus ja parool) ning SIP protokolliga vahendusel luuakse ühendus IP-PBX-ga. IP-PBX antud lahenduse puhul paikneb välise teenusepakkuja juures.

4.5 Vanade seadmete demonteerimine

Veendudes kõikide terminalseadmete toimivuses, lõpetatakse PABX'i alusühendus, milleks oli 30B+D. PABX demonteeritakse koos telefoniside jaotuskohta minevate kaablitega ning jaotuskoht korrastatakse eemaldades ripuvad ja mitte kasutuses olevad ühendustraadid.

4.6 Lahenduse maksumus

Lahenduse maksumusest ülevaate andmisel tuuakse välja:

- Vana lahenduse maksumus – Lahendus enne.
- Asukoht 2 lahenduse maksumus – Uus lahendus.
- Alternatiivne lahendus sisevõrgus paikneva IP-PBX-ga – alternatiiv.

Esmalt võrdleme teenustasudega seotud kulu. Lähtutud Telia Eesti AS Ärikliendile pakutavatest teenuste käibemaksuta hindadest [31].

Tabel 4.1. Teenustasude võrdlus.

<i>Teenus</i>	<i>Lahendus enne</i>	<i>Uus lahendus</i>	<i>Alternatiiv</i>
<i>200Mbit/s ühenduskiirus (kuus)</i>	195,00 €	195,00 €	195,00 €
<i>ISDN 30B+D¹</i>	150,00 €	-	-
<i>SIP TRUNK tasu²</i>	-	-	16,65 €
<i>Numbrivahemik³</i>	3,00 €	3,00 €	3,00 €
<i>Numbritasu⁴</i>	-	104,58 €	-
<i>Minutitasu⁵</i>	40,80 €	-	40,80 €
<i>Teenustasud kuus kokku:</i>	388,80 €	302,58 €	255,45 €

Alternatiivne lahendus on kõige soodsam teenuste vaatest, kuid sellele lisandub IP-PBX haldamise ja arendamise kulu. IP-PBX haldamist ja arendamist on võimalik teenusena sisse osta vastavalt vajadusele või hoida palgal töötajat, kes sellega tegeleb. *Uus lahendus* on antud töös realiseeritud Asukoht 2 näitel ning puudub vajadus IP-PBX haldamiseks.

¹ ISDN teenuse müük on Telia Eesti AS'i poolt lõpetatud aegunud tehnoloogilise lahenduse tõttu [36] ning täpsemaks teenustasude võrdlemiseks tuleb lähtuda enda arvel kajastatud kuutasust.

² Kolme seansialustusprotokolli tarbeks loodud meediavoo ülekandekanali (SIP Trunk) tasu [38].

³ Numbrivahemik (DDI) 50-le järjestikkulisele numbrile [38].

⁴ Hind sisaldab 34 numbriga kuutasu (Telia interneti teenuse kasutamisel) koos 60 minuti kõneaajaga iga numbriga kohta [37].

⁵ Asukoht 2 kõnede statistikas 34 numbriga alusel arvestatud Telia Eesti AS hinnakirja keskmine minutitasu 0,02€. Arvestades 60 minutit kõneaega iga numbriga kohta.

Järgmisena arvutame kokku paigaldatavate seadmete kulu. Seadmete käibemaksuta maksumused on võetud Eestis tegutsevate e-poodide hinnakirjadest, mille on kokku koondanud Hinnavaatlus OÜ [32].

Tabel 4.2. Seadmete maksumuse koondtabel.

<i>Seadmed</i>	<i>Kogus (tk)</i>	<i>tk/€</i>	<i>Hind kokku</i>
<i>24 pordine andmeside kommutaator</i>	1	800,00 €	800,00 €
<i>2 pordine ATA¹</i>	4	70,00 €	280,00 €
<i>Analoog terminalseade</i>	7	40,00 €	280,00 €
<i>VoIP terminalseade</i>	18	80,00 €	1 440,00 €
<i>Seadmed kokku:</i>			2 800,00 €

Seadmete hankimisel tuleb arvestada asutuse andmesidevõrgu haldaja eelistustest ja nõuetele vastavusest. Kulu on sõltumata sellest, kus paikneb IP-PBX. Sisevõrku paigaldatava IP-PBX puhul tuleb arvestada täiendava kuluga. Seadmete elukaareks võib arvestada 5 aastat.

Sidevõrgu ehitajale esitatud lähteülesande töö maksumus hinnanguliselt 500€ + KM

Seadmete paigaldamisel võib kasutada sisse ostetud teenust, mida pakub ka Telia Eesti AS. Ajakulu seadmete paigaldamine Asukoht 2 lahenduse puhul võib arvestada 1 tööpäev kahele spetsialistile. Spetsialisti tellimise hind on 12 €/väljasõit, millele lisandub spetsialisti töö tasu 15 € iga alustatud 15 minuti töö eest. Ajatöö hind sisaldab tasulise töö käigus tehniku poolt paigaldatud materjale: kaablid, kinnitusvahendid, pesad [33].

Seadmete paigaldamise kulu arvutamine: Tehnikute arv 2, ajakulu kahel tehnikul kokku 16h, tunni hind 60€, väljasõidutasu kahel tehnikul 24€. Summa kokku 984€ + KM.

Lahenduse maksumus kokku 4586,56€ + KM.

¹ ATA 2 pordiga on e-poodides enam pakutav seade. Saadaval on ka 4, 8 ja 24 pordiga ATA-d.

4.7 Tulemuste analüüs

Kasutuses olevate telefoninumbrate ja terminalseadmete kaardistamise tulemusena selgus, et ressursid ei olnud efektiivselt kasutatud. PABX haldaja ei olnud töötajate lahkumisel süsteemis muudatusi teinud, kuna PABX haldusliides ei olnud väidetavalt kasutusmugav. Lähtuti printsiibist, et teostati vaid hädapäraseid muudatusi ja hoiduti liigsest seadistamisest. Kõneside ekspertidega vesteldes selgus, et töötajate vahetumise tõttu teadmised ja oskused PABX-ga ümber käimisel olid hääbumas.

Kõnekoormuse väljavõtte tegemise võimalused PABX-ist sõltub konkreetsest tootjast ja mudelist. Selleks, et Ericsson Business Phone 50 kõnekoormust salvestada, peab olema PABX liidestatud serial pordiga arvuti külge, mis vastavat rakendust kasutades infot salvestab. Kõneside eksperdi selgitustest käisid läbi rakendused, mis töötavad vaid operatsioonisüsteemil Windows XP. Säärased töövahendid ja töövõtted ei ole tänapäeval tõsiseltvõetavad. Seevastu IP-PBX-st on võimalik lihtsasti kätte saada vajalikku informatsiooni kõnekoormuse hindamiseks.

Kõnekoormuse analüüs viie (5) kuu perioodi jooksul andis hea ülevaate terminalseadmete tegelikust kasutusest. Erlang B kõnekanalite arvutus näitas, et varajasemalt tellitud 30 kõnekanalit olid alakasutatud ning piisanuks vaid 3-4 kõnekanali olemasolust. Kõnekanalite arvu vähendamist takistavateks asjaoludeks osutusid ebapiisav kõnekoormuse analüüs ja sideteenusepakkuja ISDN tehnoloogia sulgemise plaan. Sideettevõtte ISDN tehnoloogia sulgemise strateegiast lähtuvalt ei lubata teha tootetingimustes muudatusi kõnekanalite arvu vähendamiseks. Pakettkommuteeritud kõnesidelahenduse puhul seansialustusprotokolli tarbeks loodud mediavoo ülekandekanalite arvu muutmine toimub soovi korral sideteenusepakkuja poolt kiiresti ning seetõttu arvutusliku kõnekanalite arvu kasutamine on kuluefektiivne.

Pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele vajalike nõuete püstitamisel sai piiratud esmapilgul antud tööks vajaminevate nõuetega. Nõudeid tuleks täiendada infoturbest ja käideldavusest lähtuvalt. Infoturbe nõuetest lähtuvalt disainitakse ettevõtte andmesidevõrk ja sealt saavad kõik andmesidevõrku puudutavad nõuded alguse. Käideldavuse osas on oluline tagada teenuse toimivus. Pakettkommuteeritud kõneside lahenduse puhul on oluline arvestada riskiga, kui kõnesidet kasutavas asukohas andmeside teenusepakkuja välisühendust tabab rike ja teenus ei toimi. Riski

maandamiseks rakendatavate meetmete hulgas võiks olla dubleeritud välisühendused erinevate sideoperaatorite poolt. Sideoperaatorite sidekaablid võiksid siseneda hoonesse erinevatest kohtadest ning ei puutuks omavahel kokku enne sideruumi jõudmist.

Andmeside ribalaiuse kasutuse analüüsimisel selgus, et ribalaiust oli vähe kasutatud ning kõnekvaliteedile see olulist mõju ei tohiks avaldada. Kõnekvaliteedi häirete korral tuleks vaadata üle andmeside ribalaiuse täituvus. Eelkõige madalama välisühenduse kiiruste korral võivad tekkida andmesides paketi kaod või hilistumised, mis omakorda väljendub kõnekvaliteedis. Andmeside välisühenduse väljuval suunal oleks sellisel juhul mõistlik rakendada sideteenuse kvaliteeti (QoS), mis võimaldab prioriteerida andmeside võrgus pakette ja tagab IP-võrgus pakettide eelistatud liikumise sihtkohta. QoS-i kasutamisel peavad prioriteerimist toetama kõik võrguseadmed. Kõnekvaliteedist pakettsidevõrgus on põhjalikumalt kirjutanud Jarmo Inkinen oma magistritöös [34].

Hoonesisese sidekaablivõrgu kaardistus on uuele lahendusele ülemineku puhul oluline tegevus, kuna see annab sisendi seadmete planeerimisele. Esimese sammuna tuleb pöörduda hoone omaniku või haldaja poole ning küsida sidekaablivõrku puudutavat dokumentatsiooni (projekt- või teostusdokumentatsioon). Lisaks tehtavate selgitustööde tulemused on soovituslik kirjalikult fikseerida. Töös sai teadlikult esile toodud varajasemalt paigaldatud telefonisidevõrgukaablid ning nende kasutusse võtmine. Hoonetes, kus andmesidekaableid ei ole piisavalt, ei ole vaja alati uut kaablivõrku ehitama hakata. Andmesidekaablivõrgu ehitus tooks kaasa suuremad kulud, pikendaks ajaliselt ülemineku protsessi ja häiriks hoones töötajaid.

Hoone sideruumis tehtavad muudatusettepanekud põhinevad pikaajalisel töökogemusel sidevõrkude projekteerimise ja ehitamise valdkonnas. Sideruumis sideühendusi tegevale sidetehnikule luuakse sobilikud tingimused, et uuele lahendusele üleminek saaks toimuda kiiresti ning lõpptulemus näeb visuaalselt viisakas välja. Hoone sideruumis tehtavate muudatuste puhul tuleb arvesse võtta hoonet puudutavad tulevikuplaanid (planeeritava hoone renoveerimise käigus lisa andmesidekaablite paigaldamine). Näiteks andmesidekaablivõrgu laiendamisel tuleb näha ette andmesidekappi uut kaablimahtu koos aktiivseadmetega ja vajadusel esimese töö käigus planeerida 19“ andmesidekapi vahetus suurema vastu.

Põhjalikult kaardistatud hoone sidekaablivõrk ja tingimuste loomine sidekaabeldustöödega muudab sidetehnikul seadmete paigaldamise ja sideühenduste tagamise terminalseadmeteni lihtsasti teostatavaks ja aitab kokku hoida sidetehniku tööajakulu.

Antud töös on arvestatud kitsendusega, mille kohaselt terminalseadmete paigutamisel tuli antud asukohas lähtuda andmesidevõrgule kehtestatud piiravatest turvanõuetest, milles sätestatud piirang välistas ühe andmeside kommutaatori pordi taha mitme aktiivseadme paigaldamise. See välistas andmesideühenduse jagamise töölauale IP-terminalseadme edasi arvutile. See kitsendus näitab, et pakettkommuteeritud kõnesidele üleminekul saab ära kasutada olemasolevat sidekaablivõrku. Kui sellist turvanõuet ei ole kehtestatud, siis võib valida töölauale IP-terminalseadme, mis võimaldab jagada andmesidet edasi töökoha arvutini. Sellisel juhul ei ole vaja telefonisidevõrku kasutusele võtta ega teha sideruumis kaabeldustöid. Ühtlasi puudub vajadus analoog telefon adapterite paigaldamiseks.

Üleminekuprotsessi viimase tööna tuleb vanad seadmed demonteerida. Korralikumaid demonteeritud seadmeid võib pakkuda müügiks või tasuta ära andmiseks, kuid kogemus on näidanud järelturul huvi puudumist ning seadmed jõuavad reeglina utiliseerimisse.

5 Kokkuvõte

Bakalaureusetöös sai käsitletud kahes asukohas kasutuses olevat kanalkommuteeritud kõnesidelahendust, kaardistasime PABX-te taga olevad terminalseadmed, analüüsisime kõnekoormust ja arvutasime vajamineva kõnekanalite arvu. Kasutuses olevate terminalseadmete kogus osutus väiksemaks, kui PABX-st avatud numbrite väljavõtte seda näitas. Täpsema tulemuse saamiseks tuleb asutuses terminalseadmete reaalne vajadus kaardistada. Kõnekoormuse kaardistus aitab otsustajatel eristada reaalselt vajadust harjumuspärasest vajadusest ning terminalseadmete hulka seeläbi vähendada hoides kokku kulusid. Vajaminevate kõnekanalite arvutuse tulemust tasub kõrvutada sideoperaatori poolt tellitud kõnekanalite arvuga. Töös selgus, et tellitud 30-st kõnekanalist oli vaja ainult 3-4 kõnekanalit ehk tagab üle 1600€ aastas sideteenuste arvelt kokkuhoidu. Kuna sideoperaatorid soovivad ISDN tehnoloogiat sulgeda, siis muudatusi kõnekanalite arvu vähendamiseks teha ei lubata. Rahalise kokkuhoiu saavutamiseks tuleb pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele üle minna.

Pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele ülemineku eesmärgi täitmiseks esitasime nõuded, tegime vajamineva ribalaiuse arvutuse ning realiseerisime näidislahenduse koos maksumusega. Kui asutusel IP-PBX-i haldamiseks kompetents puudub, siis tasub pakettkommuteeritud kõnesidelahendus kõneside teenusepakkujalt sisse osta ning keskenduda oma põhitegevusele. Pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele üleminekul tuleb arvestada uute seadmete paigaldamist (IP-terminalseadmed, andmeside kommutaatorid, analoog telefoni adapterid) sõltumata sellest, kas IP-PBX paikneb asutuse sisevõrgus või osutab teenust väline teenusepakkuja. Sidekaabeldustöid hoones teostada üldjuhul ei ole vaja.

Selle töö näitel saavad kanalkommuteeritud kõnesidelahendust kasutavad asutused planeerida üleminekut pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele vähendamaks PABX rikke tõttu kaasnevat kõnesidekatkestuse riski. VoIP-le üleminek on majanduslikult otstarbekas ning kasutajatele lisavõimalusi pakkuv, millest olulisemana tooksin välja telefoninumbri kasutamise asukohast sõltumata [35].

Kasutatud kirjandus

- [1] T. E. AS, „ISDN baasühendus vahendusjaamale,“ Telia Eesti AS, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.telia.ee/images/documents/tt/est/tt_isdn_baasuh_03.pdf. [Kasutatud 19 12 2020].
- [2] T. E. AS, „ISDN primaarühendus vahendusjaamale,“ Telia Eesti AS, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.telia.ee/images/documents/tt/est/tt_isdn_primaa_03.pdf. [Kasutatud 19 12 2020].
- [3] D. Osler, (No) Value in Unified Communications, Tallinn: Emiliano Tomasoni, 2018.
- [4] A. D. K. Cables, „MHS Indoor telecommunication cable,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://media.drakakeila.ee/2015/05/MHS.pdf>. [Kasutatud 29 12 2020].
- [5] I. Wikimedia Foundation, „Category 5 cable,“ Wikimedia Foundation, Inc., [Võrgumaterjal]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Category_5_cable. [Kasutatud 29 12 2020].
- [6] J. Bellamy, Digital Telephony. 2nd edition, Somerset, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- [7] S. Pärand, „HÄIREKESKUSE TELEFONISÜSTEEMI TÖÖKINDLUSE TAGAMINE,“ 2006. [Võrgumaterjal]. Available: https://lr.ttu.ee/~avots/Sven_Parand_mag.pdf. [Kasutatud 17 11 2020].
- [8] „Erlang B calculator,“ Westbay Engineers, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.erlang.com/calculator/erlb/>. [Kasutatud 30 11 2020].
- [9] J. Jõesoo, „Eesti Häirekeskuste sidesüsteem, magistritöö,“ Tallinn, 2002.
- [10] I. Wikimedia Foundation, „Voice over IP,“ Wikimedia Foundation, Inc., [Võrgumaterjal]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Voice_over_IP. [Kasutatud 27 12 2020].
- [11] T. E. AS, „Vahendusjaama IP ühendus,“ Telia Eesti AS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.telia.ee/ari/kontor/kontori-telefon/vahendusjaama-ip-uhendus>. [Kasutatud 16 12 2020].
- [12] „IP telefonide ost (VoIP telefonid),“ Siseministeeriumi infotehnoloogia- ja arenduskeskus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/2207232/documents/source-document?group=B&documentOldId=13636183>. [Kasutatud 19 11 2020].
- [13] E. E. AS, „Elisa IP-Centrex,“ Elisa Eesti AS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elisa.ee/et/ariklient/kone/lauatelefoni-lahendused/ip-centrex#tab02>. [Kasutatud 17 12 2020].
- [14] I. T. U. (ITU), „G.711 : Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies,“ International Telecommunication Union (ITU), [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.711>. [Kasutatud 21 12 2020].
- [15] T. I. E. T. F. (IETF), „RFC 3261,“ The Internet Engineering Task Force (IETF), [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc3261>. [Kasutatud 21 12 2020].

- [16] T. I. E. T. F. (IETF), „RFC 3264,“ The Internet Engineering Task Force (IETF), [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc3264>. [Kasutatud 21 12 2020].
- [17] I. Wikimedia Foundation, „Real-time Transport Protocol,“ Wikimedia Foundation, Inc., [Võrgumaterjal]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Real-time_Transport_Protocol. [Kasutatud 21 12 2020].
- [18] I. Wikimedia Foundation, „Session Description Protocol,“ Wikimedia Foundation, Inc., [Võrgumaterjal]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Session_Description_Protocol. [Kasutatud 21 12 2020].
- [19] I. Wikimedia Foundation, „Dual-tone multi-frequency signaling,“ Wikimedia Foundation, Inc., [Võrgumaterjal]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Dual-tone_multi-frequency_signaling. [Kasutatud 21 12 2020].
- [20] T. I. E. T. F. (IETF), „RFC 2833,“ The Internet Engineering Task Force (IETF), [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2833>. [Kasutatud 21 12 2020].
- [21] T. I. E. T. F. (IETF), „RFC 2617 "HTTP Authentication: Basic and Digest Access Authentication",“ The Internet Engineering Task Force (IETF), [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2617>. [Kasutatud 21 12 2020].
- [22] T. I. E. T. F. (IETF), „RFC 4028 "Session Timers in the Session Initiation Protocol (SIP)",“ The Internet Engineering Task Force (IETF), [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc4028>. [Kasutatud 21 12 2020].
- [23] I. Wikimedia Foundation, „Power over Ethernet,“ Wikimedia Foundation, Inc., [Võrgumaterjal]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Power_over_Ethernet. [Kasutatud 21 12 2020].
- [24] „Lines to VoIP bandwidth Calculator,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.erlang.com/calculator/lipb/>. [Kasutatud 30 11 2020].
- [25] I. Cisco Systems, „Voice Over IP - Per Call Bandwidth Consumption,“ Cisco Systems, Inc, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/voice-quality/7934-bwidth-consume.html>. [Kasutatud 16 12 2020].
- [26] T. E. AS, „Telia Eesti AS Äritelefon,“ Telia Eesti AS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.telia.ee/ari/kontor/kontori-telefon/aritelefon/>. [Kasutatud 16 12 2020].
- [27] Z. LLC, „Zabbix LLC,“ Zabbix LLC, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.zabbix.com/>.
- [28] Nextiva, „How Does VoIP Work? The 2020 Guide to VoIP Phone Systems,“ Nextiva , [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.nextiva.com/blog/how-does-voip-work.html>. [Kasutatud 16 12 2020].
- [29] R. K. AS, „Tehnilised nõuded mittelehuonetele 2020,“ Riigi Kinnisvara AS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://nouded.rkas.ee/norkvool>. [Kasutatud 18 12 2020].
- [30] I. CommScope, „LSA-PLUS The communications contact,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.commscope.com/globalassets/digizuite/2740-inside-lsa-plus-br-111137-en.pdf>. [Kasutatud 22 12 2020].
- [31] T. E. AS, „Telia Eesti AS lõppkasutajate hinnakiri,“ Telia Eesti AS, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.telia.ee/images/documents/hinnakirjad/est/telia_eesti_ariteenused_yldosa.pdf. [Kasutatud 19 12 2020].

- [32] H. OÜ, „Hinnavaatlus.ee,“ Hinnavaatlus OÜ, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hinnavaatlus.ee/>. [Kasutatud 19 12 2020].
- [33] T. E. AS, „Spetsialisti tellimine,“ Telia Eesti AS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.telia.ee/abi/juhend/35/spetsialisti-tellimine>. [Kasutatud 19 12 2020].
- [34] J. Inkinen, „Kõne kvaliteet pakettside võrgus,“ 02 06 2004. [Võrgumaterjal]. Available: https://lr.ttu.ee/~avots/Jarmo_Inkinen_mag.pdf. [Kasutatud 27 12 2020].
- [35] M. Liebicht, „Internetitelefonide VoIP trumbid on paindlikkus ja nutikad lahendused,“ AS Postimees Grupp, [Võrgumaterjal]. Available: <https://majandus24.postimees.ee/219978/internetitelefonide-voip-trumbid-on-paindlikkus-ja-nutikad-lahendused>. [Kasutatud 22 12 2020].
- [36] T. E. AS, „Mittemuudavad püsühenduse teenused ärikliendile,“ Telia Eesti AS, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.telia.ee/images/documents/hinnakirjad/est/hinnakiri_teenused_ari_mittemuudav.pdf. [Kasutatud 19 12 2020].
- [37] T. E. AS, „Äritelefon,“ Telia Eesti AS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.telia.ee/ari/kontor/kontori-telefon/aritelefon/>. [Kasutatud 19 12 2020].
- [38] T. E. AS, „Vahendusjaama IP ühendus,“ Telia Eesti AS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.telia.ee/ari/kontor/kontori-telefon/vahendusjaama-ip-uhendus/>. [Kasutatud 19 12 2020].

Lisa 1 – Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Ülar Praakel

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Kanalkommuteeritud kõnesidelahenduselt üleminek pakettkommuteeritud kõnesidelahendusele“, mille juhendaja on Avo Ots
 - 1.1. reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

04.01.2021

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.