

Puhelinjärjestelmä – toimitus ja käyttöönotto

Willman, Väinö

Opinnäytetyö

Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma

2012



Tietojenkäsittelyn Koulutusohjelma

<p>Tekijät Väinö Willman</p>	<p>Ryhmä tai aloitusvuosi TIKO07SI</p>
<p>Opinnäytetyön nimi Puhelinjärjestelmä – toimitus ja käyttöönotto</p>	<p>Sivu- ja liitesivumäärä 43+13</p>
<p>Ohjaaja tai ohjaajat Kai Kivimäki</p>	
<p>Opinnäytetyön tavoitteena on kertoa, mikä VoIP (Voice Over IP) on ja miten PBX-puhelinjärjestelmä toimii yrityksen VoIP-verkossa. Teoriaosuudessa kerrotaan, miten VoIP-puhelinjärjestelmällä on teknisesti mahdollista toteuttaa puhelut IP-verkossa ja mitä tekniikoita sen toteuttamiseen vaaditaan. Työn case-osuudessa keskitytään siihen, kuinka on käytännössä mahdollista toteuttaa VoIP-PBX -puhelinjärjestelmä yrityksen käyttöön.</p> <p>Opinnäytetyön kolme keskeisintä käsitettä ovat VoIP, PBX ja PSTN. VoIP eli yrityksen verkossa toimiva puhelinverkko mahdollistaa puheluiden kuljettamisen yrityksen sisäisessä IP-verkossa. Verkon ollessa käytössä tarvitaan yrityksen sisäinen puhelinjärjestelmä (PBX, Private Branch Exchange), joka mahdollistaa puheluiden kuljettamisen ja toteuttamisen. Näiden kahden lisäksi PBX-järjestelmästä on oltava yhteys yleiseen puhelinverkkoon (PSTN Public Switched Telephone Network), jolloin yrityksen sisältä on mahdollista soittaa myös ulospäin yrityksen puhelinjärjestelmästä. Työssä selvitetään keskeisimmät VoIP-tekniikat, kuten signaloinnin toteutus sekä tiedon ja äänen kuljetus IP-verkossa.</p> <p>Työn case-osuudessa selvitetään, miten on käytännössä mahdollista toteuttaa 500 henkilön yritykselle VoIP-PBX -järjestelmä alun suunnittelusta ja järjestelmän rakennuksesta aina lopun testaukseen. Järjestelmä toteutetaan ranskalaisen valmistajan Alcatel-Lucentin PBX-järjestelmällä. Ohjelmointien kuvauksissa tuodaan esille, kuinka teoriaosuuden tekniikat toimivat käytännössä ja kuinka esimerkiksi soittaminen PBX-järjestelmästä ohjelmoidaan käyttäen SIP-teknologiaa. Työssä käydään läpi keskeisimmät ohjelmoinnit ja mitä ohjelmointeja järjestelmä vaatii toimiakseen. Case-osuuden ohjelmoinnit tukevat teoriaosuudessa käytyjä asioita, kuinka teknologia näkyy ja kuinka teoriaosuudessa käydyt teknologiat toimivat käytännössä. Lopuksi selvitetään, mitä asioita on tärkeä testata, jotta yrityksen puhelinjärjestelmä voidaan ottaa tuotantoon ja käyttöön.</p> <p>Työssä käy ilmi, mitä VoIP-PBX on teoriassa ja miten se toteutetaan pienyritykselle, sekä se, kuinka työssä käsitellyt tekniikat toimivat käytännössä.</p>	
<p>Asiasanat Työn tärkeimmät asiasanat ovat: PBX, VoIP ja PSTN.</p>	

Degree Programme in Business Information Technology

<p>Authors Väinö Willman</p>	<p>Group or year of entry TIKO07SI</p>
<p>The title of thesis The phone system - delivery and commissioning</p>	<p>Number of pages and appendices 43+13</p>
<p>Supervisors Kai Kivimäki</p>	
<p>The aim of this study is to describe what VoIP (Voice Over IP) is, and how a PBX phone system functions in the company's VoIP network. The theoretical part describes how a VoIP phone system is technically able to implement calls to the IP network and the techniques required to implement it. The case-section focuses on how it is possible to implement a VoIP PBX phone system for the use of a company in practice.</p> <p>The three key concepts of this thesis are VoIP, PBX and PSTN. VoIP is the company's web-based telephone network, which enables calls to be transported in the company's internal IP network. When the system is in use it requires the company's internal telephone system (PBX, Private Branch Exchange), which enables calls to be transported and implemented. In addition to the two, the PBX system must be connected to the public switched telephone network (PSTN Public Switched Telephone Network), in order to make outside phone calls from the company. This project will explain central VoIP technologies, such as signaling, as well as implementation of data and voice transport in an IP network.</p> <p>The case-study part of the thesis explains how it is possible to implement a VoIP PBX system from planning the system to the building, and finally the end testing for a 500 people company. The system is implemented with the French manufacturer Alcatel-Lucent's PBX system. Programming Descriptions highlight how the theory works in practice and techniques such as how calling from the PBX system is programmed using SIP technology. The project covers the key programming and what programs the system needs to function. Case-study programmings support the theoretical part of the thesis, how the technology can be seen and how the theoretical part of the technologies works in practice. Finally, we analyze what issues need to be tested, so that the company's phone system can be put into production and use.</p> <p>The study shows what VoIP PBX is in theory, and how it is carried out for a small business, as well as how the technologies work in practice.</p>	
<p>Key words Top keywords in the study are: PBX, VoIP ja PSTN.</p>	

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tavoitteet ja rajaus	2
1.2	Keskeiset käsitteet	3
2	Puheverkon perusteet.....	4
2.1	Kolme keskeisintä käsitettä.....	5
2.2	SIP – Yhteysjakson merkinantoprotokolla.....	8
2.3	Aika ennen SIP-protokollaa.....	13
2.4	T-tiedonsiirtolinjat.....	15
2.5	Kuljetusprotokollat IP-puheen kuljettamiselle.....	16
2.6	Sisäverkon kaapelointi	18
2.7	Analoginen ja digitaalinen signalointi.....	19
2.8	Äänen koodaus ja IP-puheen koodekit.....	21
2.9	Tietokannan integraatio.....	21
2.10	Automaattinen IP-osoitteen jako.....	22
2.11	Erlangin kaava	22
3	Puhelinjärjestelmän toimitusprosessi	24
3.1	Yrityksen esittely ja suunnittelukokous	24
3.2	Järjestelmän suunnittelu	27
3.3	Yrityksen VoIP-verkko.....	29
3.4	Järjestelmän rakentaminen	30
3.5	Pääjärjestelmän ohjelmointi: osa 1	31
3.6	Pääjärjestelmän ohjelmointi: osa 2.....	37
3.7	Toimipisteiden ohjelmoinnit	40
3.8	Järjestelmän testaus	41
4	Yhteenveto	43
	Lähteet	46
	Liitteet	49

1 Johdanto

Miettiessäni opinnäytteen aihetta päädyin hyvin nopeasti aiheeseen, joka on kiehtonut minua jo vuosia ja jonka parissa olen työskennellyt yli seitsemän vuotta. Olen työskennellyt Alcatel-Lucent -puhelinjärjestelmien parissa, josta suoritin keväällä 2009 järjestelmän CSE (Certified System Expert) -sertifikaatin Wienissä, Itävallassa. Opinnäytetyön teoriaosuudessa selvitetään VoIP-verkon tekniikoita. Case-osuudessa keskitytään aluksi siihen, mitä vaaditaan ennen järjestelmän ohjelmointia ja mitä tarvittavia tietoja pitää olla ennen sen rakentamista. Lopuksi työssä käydään läpi tarvittavat ohjelmointivaiheet, jotka tarvitaan järjestelmän kokoamiseksi. PBX-järjestelmä pitää sisällään tuhansia ja tuhansia eri ohjelmointimahdollisuuksia, joten on mahdotonta selvittää jokainen ohjelmointitapa tässä työssä. VoIP eli Voice Over IP on hyvin laaja käsite, jota on muokattu monen näköiseen muotoon. Vuosien aikana VoIP on myös kehittynyt paljon eteenpäin, ja nykyisin pystytään jopa siirtämään puhetta laadukkaalla HD-tason äänellä. Yksin Yhdysvalloissa on yli 4000 yritystä, jotka tarjoavat IP-puhelinpalveluita, joten analoginen puhelinmaailma on jäämässä yhä enemmän taka-alalle.

Seuraavat sukupolvet eivät mahdollisesti enää tiedä, että kotona on joskus ollut analogisia lankapuhelimia ennen matkapuhelimien ja VoIP:n tuloa. VoIP:in alkuajat sijoittuvat 1990-luvun alkupuoleen, jolloin kuvapuhelimia alettiin kehittää ja IP-verkko eli ”Internet Protocol” -osoite keksittiin. VoIP:in kehittämisen jälkeen alettiin miettiä, kuinka myös puhelut saisi siirrettyä IP-verkon kautta ilman analogisia linjoja. Tästä on hyvänä esimerkkinä Suomen toiseksi ja kolmanneksi suurimmat kaupungit Espoo ja Vantaa, joissa analoginen puhelinliikenne on korvattu VoIP-puhelinliikenteellä ja PBX-järjestelmällä. Molemmat kaupungit ovat tänä vuonna tekemässä suuria muutoksia puhelinjärjestelmiin, ja Espoo on siirtymässä ”pilvipalveluajatteluun”, eli fyysiset laitteet korvataan operaattorin verkossa toimivilla palveluilla. Suuret yritykset eivät vielä uskalla täysin ottaa pilvipalvelua käyttöönsä, vaan rinnalla on käytössä puhdas PBX-järjestelmä, joka hoitaa puheluiden kuljetuksen yleiseen puhelinverkkoon. Itselleni nämä kaksi kaupunkia ovat tuttuja työn kautta jo monen vuoden ajalta. VoIP on hyvin mielenkiintoinen maailma dataverkon rinnalla. Siinä kehitellään joka päivä uusia protokollia, ja sen avulla nopeudet kasvavat vuosi vuodelta suuremmiksi.

Selvitän opinnäytetyössä, mitä sana VoIP tarkoittaa teknisessä ajattelussa ja kuinka yhden laitevalmistajan tuotteella saadaan VoIP-järjestelmä rakennettua asiakkaan toivomalla tavalla alun suunnittelusta ja rakennuksesta testaukseen ja käyttöönottoon asti. Työn ensimmäisessä vaiheessa käydään läpi tekniikkaa siitä, kuinka puheen kuljetus verkossa on teoriassa mahdollista ja mitä tekniikkaa se vaatii toimiakseen. Työssä on käytetty paljon avuksi kirjallisuutta, mutta siinä on myös hyödynnetty internetistä, muun muassa Wikipediasta saatuja tietoja. Wikipedian tietoja voi hyödyntää erilaisissa käsitteissä, mutta sieltä saadun tiedon luotettavuutta on hyvä arvioida.

Teoriaosuuden jälkeen kuvataan 500 henkilön yrityksen kokonaisuus, siitä kuinka VoIP-PBX toimitetaan yritykselle alusta loppuun sisältäen projektin suunnittelun, toteutuksen ja testauksen. Työssä käydään läpi järjestelmän tärkeimmät konfiguraatiot, eli mitä toimenpiteitä vaatii, jotta saadaan rakennettua toimiva PBX-järjestelmä. Alussa katsotaan yrityksen kuvaus siitä, mitä vaaditaan ja millä kokoonpanolla järjestelmää lähdetään toimittamaan. Työssä kuvataan yrityksen puheverkko, jonne PBX-puhelinjärjestelmä liitetään ja ohjelmoidaan käyttövalmiiksi. En käy työssä läpi yrityksen IP-verkon rakennetta, vaan puhtaasti puhelinjärjestelmän tuotantoon laittamisen ja siltä osin verkon tarvittavan osa-alueen. Työtä laatiessa yrityksen verkko on jo olemassa, ja kytkimet on asennettu ja konfiguroitu puhepalvelimille. Yrityksen puhelinliikenne toteutetaan viimeisimmällä puheen siirron teknologialla eli SIP:llä, jossa erillisiä laitteita ei enää tarvita, vaan liikenne kulkee puhtaasti yrityksen VoIP-verkossa.

1.1 Tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena on saada aikaan kokonaiskuvaus siitä, kuinka 500 henkilön yrityksen VOIP-puhelinjärjestelmä toteutetaan suunnittelukokouksesta projektin päättävään kokoukseen. Työssä luodaan kuvaus teoriatasolla siitä, kuinka puheen kuljetus toteutetaan verkossa ja käytännön tasolla siitä, mikä VoIP on ja mitä se pitää sisällään sekä kuinka puhelinjärjestelmä toteutetaan. Teen työstä myös yhteenvedon oman työnantajani TDC:n käyttöön. Se voi helpottaa nuorempia järjestelmäsiantuntijoita hahmottamaan PBX-järjestelmän suunnittelun ja toimituksen kokonaiskuvan.

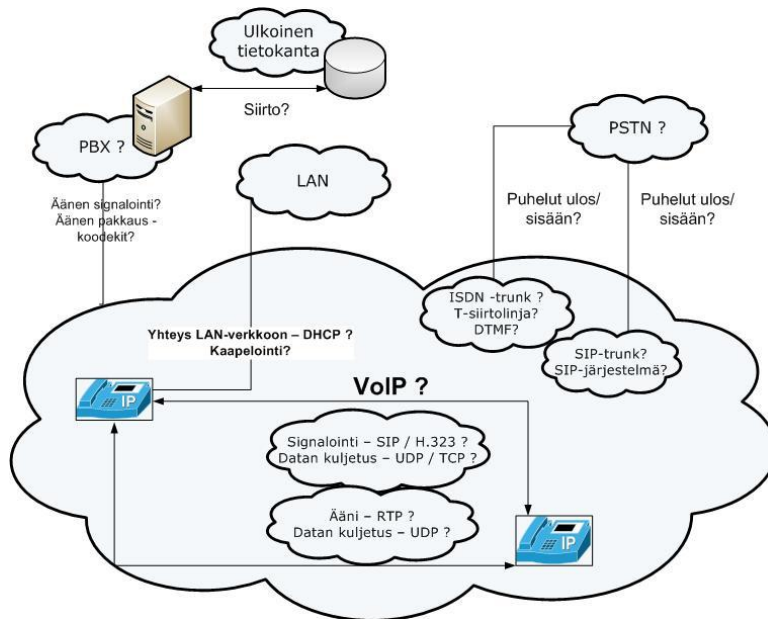
1.2 Keskeiset käsitteet

Seuraavat taulukossa ovat tässä työssä käytettyjä keskeisiä käsitteitä:

VoIP = yrityksen sisäinen puheverkko, toiselta nimeltään IP-puhe. (Wikipedia)
SIP = merkinantoprotokolla puheen kuljettamiselle IP-verkossa. (Saarelainen 2011, 32)
Ethernet = pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu kokonaisuudessaan. (Keogh 2001, 127–128)
Gateway = yhdyskäytävä verkossa. (Wikipedia)
PBX = yrityksen sisäinen puhelinkeskus. (Saarelainen 2011, 57)
PSTN = yleinen puhelinverkko puheluiden välitykseen. (Saarelainen 2011, 65)
LAN = sisäinen lähiverkko. (Saarelainen 2011, 55)
Trunk = keskusjohto. (Wikipedia)
COM-kaapeli = tiedonsiirtoon vaadittavat kaapelit. (Wikipedia)
QoS = kaistanjakoteknologia. (Keogh 2001, 167)
Protokolla = yhteyskäytäntö järjestelmien välissä oleville teknologioille. (Saarelainen 2011, 69)
Call Center = keskitetty järjestelmä puhelinliikenteelle ja sen reitityksille. (Wikipedia)
Router = reititin. Verkkoja yhdistävä laite, jonka tehtävänä on välittää tietoa tietoverkon eri osien välillä. (Keogh 2001, 105)
Puhekoodekki = algoritmi tai tietokoneohjelma, joka pakkaa ja purkaa ääni- tai kuvaisignaalia, tai muuten muuntaa datavuota tai signaalia. (Saarelainen 2011, 186)
IP-VPN = yrityksen sisäinen dataverkko, jonka osa myös VoIP-verkko on. (Wikipedia)
IP-puhelin = Ethernet-verkkoon kytkettävä lankapuhelin. (Wikipedia)
CPU = tietokoneen tai järjestelmän osa, joka suorittaa tietokoneohjelman sisältämiä konekielisiä käskyjä. Tämä on toiminnan kannalta järjestelmän tai tietokoneen tärkein osa. (Wikipedia)
Puhepalvelin = järjestelmän fyysinen laite. (Davidson & Peters 2002, 37)

2 Puheverkon perusteet

Tässä luvussa käydään läpi, mikä VoIP on ja VoIP-puhelintekniikan peruskäsitteitä, eli miten puhelut pystytään siirtämään yrityksen PBX-VoIP -järjestelmästä yleiseen puhelinverkkoon. Teoriaosuudessa käydään läpi, mitä tekniikoita tarvitaan, että yritykselle saadaan oma puhelinjärjestelmä, joka mahdollistaa soittamisen yrityksen sisällä ja sisältä ulos yleiseen puhelinverkkoon. Tämän lisäksi kuvataan, kuinka IP-puhelin kytkeytyy yrityksen verkkoon ja kuinka puhetta kuljetetaan yrityksen sisällä verkossa.



Kuvio 1. VoIP-verkossa käytettäviä tekniikoita.

Kuviossa 1 on rajattu tekniikoita, joita käyn tässä työssä läpi, ja niitä tekniikoita, joilla puhetta pystyy kuljettamaan IP-verkossa. Kuvasta syntyy seuraavanlaisia kysymyksiä:

- Mikä VoIP on?
- Mikä on PBX-puhelinjärjestelmä?
- Kuinka PBX-puhelinjärjestelmällä saa yhteyden yleiseen puhelinverkkoon?
- Mitä vaihtoehtoja on rakentaa liikenne yleiseen puhelinverkkoon?
 - Vanha tekniikka H.323 ja ISDN
 - Uusi tekniikka SIP ja SIP trunking
- Kuinka IP puhelin kytkeytyy yrityksen IP/LAN-verkkoon?
- PBX-järjestelmän tietokantaintegrointi ulkoiseen tietokantaan?
- Miten ja millä tekniikalla tieto kulkee IP-verkossa?

2.1 Kolme keskeisintä käsitettä

Kolme keskeisintä puhelinliikenteeseen liittyvää käsitettä, jotka ovat VoIP, PSTN ja PBX.

VoIP – Voice Over IP. Viimeiset 50 vuotta ovat yritykset kautta maailman käyttäneet erilaisia PBX-järjestelmiä (Private Branch Exchange), jolloin äänen ja tiedon siirtoon on vaadittu erillisiä verkkoja. Uuden ajan tekniikan VoIP:n (Voice Over IP) ansiosta suurin osa yrityksistä on jo siirtynyt käyttämään VoIP-PBX -järjestelmiä, koska näiden iso etu on tieto- ja ääniverkkojen läheneminen toisiinsa. VoIP-puhelinjärjestelmissä ei ole rajoitettu millään tavalla soittamista ja vastaanottamista IP-verkon kautta, vaan voidaan käyttää myös perinteisiä puhelinlinjoja. Mikäli halutaan taata parempi laatu ja toimivuus, tämä tekniikka soveltuu siihen hyvin. Puhelut, joita soitetaan internetin kautta tavalliseen puhelinverkkoon tai kännyköihin, kulkeutuvat erillisen yhdyskäytävän kautta. VoIP-yhdyskäytävät koostuvat puhelun muodostukseen käytetyistä merkinantoprotokollista ja ääneen siirtoon käytetyistä puheprotokollista. VoIP-yhdyskäytävän kautta sisääntulevat puhelinlinjat (PSTN=yleinen puhelinkeskus) voidaan muuntaa VoIP/SIP-muotoon. (3CX)

VoIP-puhelun muodostamista varten on olemassa kaksi hyvin erilaista ja epäyhteensopivaa standardia. Niistä vanhempi, vakaampi ja monipuolisempi, mutta myös monimutkaisempi on H.323-protokolla ja uudempi, yksinkertaisempi ja jatkuvasti laajeneva SIP. Nykyaikaisempaa SIP-protokollaa käytetään yhä enemmän, minkä johdosta H.323-protokollaa käytetään vähemmän. VoIP-tuotteet ovat selvästi siirtymässä kokonaan SIP-protokollan käyttöön, ja SIP:n käyttö on tulevaisuudessa signaalintiprotokolla 3G-verkoissa. VoIP eli IP-puhe on käytännöllisempi nimitys tekniikalle, jonka avulla voidaan ääntä siirtää reaaliaikaisesti internetin tai muun IP-protokollaa käyttävän verkon välityksellä. Käytännössä puhe muutetaan digitaaliseen muotoon ja siirretään tämän jälkeen IP-paketteina verkon yli, mistä tulee nimitys Voice Over IP (=ääni yli IP:n). (Wikipedia)

Voice over IP:n edut ja sovellukset. Yksi merkittävimmistä asioista, joka on vaikuttanut ääni- ja dataverkkojen yhdistämiseen, on ollut rahallinen säästö. Jos yritykset seu-

raavat vain minuuttimaksuja, säästöt, jotka toteutuvat yrityksen siirtyessä VoIP:n käyttöön, eivät ole tarpeeksi suuria oikeuttamaan niitä kustannuksia, jotka aiheutuvat VoIP-palvelun käyttöönotosta. Säästöt voivat vaihdella paljon, koska ne riippuvat paljon yrityksen maantieteellisestä sijaintipaikasta. Kannattaa siis tehdä merkittävä vertailu perinteisen puhelinverkon ja VoIP:n välillä. VoIP:n osalta ei puhuta vain halvemmista puhelinlaskuista, vaan myös esimerkiksi käytettävyydestä. VoIP-järjestelmässä pystytään käyttämään esimerkiksi DHCP-määrittämisprotokollaa, jonka avulla laite pystyy ottamaan dynaamisesti vastaan verkon IP-osoitteen. Jos asiakkaalla on esimerkiksi käytössä IP-puhelin, joka on määritetty DHCP:n avulla, sillä voidaan liikkua missä tahansa yrityksen sisällä ja pitää sama numero. Sama asia pätee myös kannettavan tietokoneen kanssa, kun liikutaan toimistosta toiseen, jolloin on kuitenkin mahdollista kirjautua sisään saman verkon palvelimelle. Suuret yritykset ovat huomanneet tämän, jolloin säästöjä syntyy huomattavasti, kun puhelimen siirtoon ei tarvitse tilata erikseen puhelinasentajaa. (Davidson & Peters 2002, 129–130.)

Yksi merkittävistä VoIP:n eduista on myös se, että tarvitaan vain yksi tietohallinto-osasto, missä ylläpidetään yrityksen verkkoa. Samalla osastolla ylläpidetään siis data- ja puhelinverkkoa, koska se on yksi ja sama kokonaisuus. Suurin säästö, mitä yritykset ovat hakeneet VoIP:lla jo vuosia, on se, että yrityksen sisäiset puhelut ovat huomattavasti edullisempia, koska ne eivät kierrä yleisen puhelinverkon kautta, vaan jäävät yrityksen omaan VoIP-verkkoon. (Davidson & Peters 2002, 129–130.)

PSTN – yleinen puhelinverkko. PSTN tulee sanoista Public Switched Telephone Network. Sitä on kehitetty VoIP:n ohella puhelinjärjestelmän lisäksi siitä asti, kun Alexander Graham Bell soitti ensimmäisen puhelinlähetyksen johtoja pitkin vuonna 1876. Yleistä puhelinverkkoa käytetään vielä tänäkin päivänä. Enää ei tarvita erillistä vaihteenhoitajaa, vaan puhelut ja kanavat löytävät perille ilman fyysistä johdon vaihtoa. Alussa puheluita ohjattiin suorilla langoilla kahden puhelimen välillä. Näin saatiin aikaan ”puhelin keskustelu”, joka tapahtui vuonna 1876. Sittemmin on tullut linjat käyttäjien välille, puhelin keskus, joka yhdistää puhelut ja tuon jälkeen vielä analoginen signaalointi. (Davidson & Peters 2002, 5.)

Yleinen puhelinverkko on järjestelmä, joka on tarkoitettu julkiseen tiedonvälitykseen. Sillä välitetään kiinteän verkon ja matkapuhelinverkon puheluita. Yleinen puhelinverkko on piirikytkentäinen verkko (circuit switched). Piirikytkentäinen järjestelmä tarkoittaa sitä, että oli kysymyksessä puhepalvelut tai modeemiyhteys, yhteys muodostetaan ja sitä pidetään yllä, siirrettiinpä yhteydessä dataa tai puhetta. Kiinteässä verkossa voidaan puheen ja datan lisäksi välittää esimerkiksi ohjaus- ja hälytystietoja. (Penttinen 2006, 17.)

PBX – puhelinjärjestelmä. Puhelinvaihde eli PBX tulee sanoista Private Branch Exchange. PBX on organisaatio tai yrityksen sisäinen puhelinvaihde/puhelinkeskus, jonka käyttäjät ovat järjestelmän alaliittymiä. Yleisesti PBX liittyy yleiseen puhelinverkkoon ISDN-liitännällä, joka yleisesti on E1-tason järjestelmäliityntä (PRI, Primary Rate Interface), jonka nopeus on 2 Mbit/s. Liittymiseen voidaan käyttää myös perusliittymiä (BRI). Yleisesti sisäinen liikenne on toteutettu valmistajan omilla protokollilla, mutta se on mahdollista toteuttaa myös ISDN-liittymällä tai analogisella alaliittymällä. Suurten PBX-toimittajien järjestelmissä vaihteiden välinen liikennöinti on toteutettu ISDN:ään perustuvan merkinantoprotokollan (Q.SIG) mukaan. (Saarelainen 2011, 66–67.)

PBX-järjestelmät on yleisesti jaettu kahteen eri ryhmään, jotka ovat:

- PABX – yksityinen automaattisesti käytettävä puhelinverkko
- EPABX – sähköinen automaattisesti käytettävä puhelinverkko

Molemmat ovat yhteyksissä yleiseen puhelinverkkoon ulkoisten keskusjohtojen avulla (SIP tai ISDN). PBX-järjestelmästä ulospäin soitettaessa yleisimmät laitteet ovat puhelimet, faxit ja modeemit, mutta tämän lisäksi on myös mahdollista kiinnittää suuria määriä muita laitteita, joista tulee olla pääsy yleiseen puhelinverkkoon. Suurimmat säästöt saadaan yrityksen sisäisistä puheluista, jotka eivät maksa mitään PBX:n sisältä soitettaessa. Muita PBX:n etuja yritykselle ovat soitonsiirrot, ryhmäsoitot ja alanumeron haku yrityksen sisällä. Niitä ei ole mahdollista tehdä operaattorin yleisessä verkossa tai järjestelmässä. (Wikipedia)

PBX tuo yritykselle suunnattomasti muitakin etuja, kuten oman vaihteen ja järjestelmän kontrollointi riippumatta operaattorin toiminnasta. Yritys pystyy itse tekemään lisäyksiä

järjestelmään, kuten uusien henkilöiden lisäykset, siirrot ja muutokset. Tämän lisäksi yrityksen ei välttämättä tarvitse enää ottaa yhteyttä yleistä puhelinverkkoa tarjoavaan teleyritykseen, kun esimerkiksi tarvitsee tehdä fyysisiä muutoksia, kuten lisätä johtoja, siirtää puhelimia toiseen paikkaan tai muuttaa tilaajatietoja. PBX tarjoaa yritykselle palveluntarjoajasta täydellisesti riippumattoman järjestelmän, jota yritys pystyy käytännössä hallitsemaan itse. (Davidson & Peters 2002, 41.)

2.2 SIP – Yhteysjakson merkinantoprotokolla

Seuraavassa käydään läpi uuden ajan teknologiaa eli yhteysjaksoista merkinantoprotokollaa SIP:iä ja sitä, kuinka puhelinjärjestelmä voidaan kytkeä yleiseen puhelinverkkoon käyttäen SIP-teknologiaa. Tämän jälkeen käydään läpi SIP-arkkitehtuuria, SIP-järjestelmää sekä SIP-keskusjohtoja.

SIP – Session Initiation Protocol. SIP on internetin yksi protokolla, jota käytetään reaaliaikaiseen viestintään, joten SIP on tämän kyseisen viestintämuodon internet-standardi. On ennustettu, että SIP tekee reaaliaikaiselle viestinnälle sen, minkä HTTP teki aikanaan verkolle ja SMTP-protokolla sähköpostille. SIP on mahdollistanut palveluita, joita vielä muutama vuosi sitten pidettiin mahdottomina toteuttaa. Käytännössä SIP-protokolla on samankaltainen kuin HTTP-protokolla eli todella avoin, joustava ja tekstipohjaisuuteen perustuva. SIP:iä edeltävän tiedonsiirto-protokollan H.323:n kehitys on käytännössä lopetettu kokonaan, koska SIP korvaa sen ja sitä kehitetään koko ajan. SIP:in myötä on syntynyt uusi elinkelpoinen vaihtoehto perinteisille PBX-puhelinjärjestelmille. Kun PBX tuli aikoinaan markkinoille, se toi yrityksille kustannussäästöjä. Nykyään yrityksille säästöjä taas tuovat SIP-puhelinteknologiaan perustuvat puhelinjärjestelmät. SIP-puhelinjärjestelmät tuottavat paljon erilaisia toimintoja, jotka parantavat käyttäjän liikkuvuutta yrityksen sisällä ja tuovat tätä kautta lisää kustannussäästöjä yrityksille. Tämän ansiosta itse omistettaviin laitteisiin perustuvat vanhat PBX-järjestelmät poistuvat ajan myötä käytöstä, jolloin kaikki yrityksen liikenne kulkee täysin puhtaasti ”pilvipalveluna”, eli käytännössä yritys ei enää tarvitse kiinteitä PBX-laitteita. SIP ei ole tähän kuitenkaan vielä täysin valmis, koska ei ole varmuutta siitä, kuinka vakaita tulevat palvelut ovat verrattuna olemassa oleviin PBX-puhelinjärjestelmiin, joissa kaikki on jo kehitetty valmiiksi järjestelmiksi. (3CX)

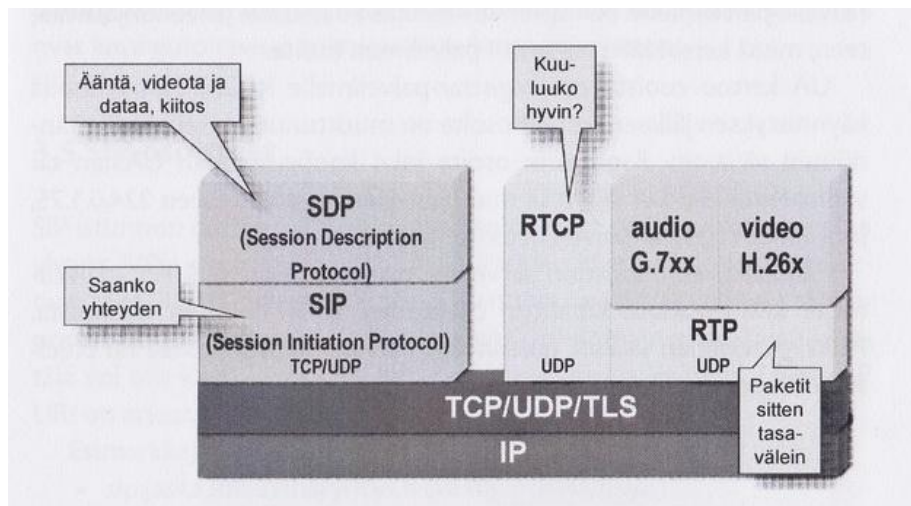
SIP on tietoliikennealalla yleisesti hyväksytty standardi. Nykyisin lähes jokainen teleoperaattori on tehnyt omat VoIP-verkkosuunnitelmansa SIP-protokollan varaan. SIP-protokollaa käytetään äänen tai videopuheluiden muodostamiseen ja purkamiseen IP-verkon sisällä. SIP on merkinantoprotokolla, jonka avulla istuntoja eli yhteyksiä luodaan, muunnetaan ja päätetään yhden tai useamman osallistujan kesken yrityksen IP-verkossa. SIP-istuntoa voi käyttää multimedianeuvotteluissa, IP-puheyhteyksissä ja muissa samankaltaisissa sovelluksissa, joihin liittyy yksi tai useampi mediatyyppi, kuten esimerkiksi ääni tai video. SIP-istuntojen muodostamiseen, istuntokuvausten siirtämiseen ja yhteensopivista mediatyypeistä sopimiseen käytetään SIP-kutsuja (SIP Invitation). Istuntoihin osallistuja voi olla henkilö, sovellus tai toinen verkko. Jokainen näistä voi liikennöidä moniosoitteilla (multicast) tai yksilöosoitteilla (unicast). Aluksi SIP oli käytössä ainoastaan multimediaistunnoissa, mutta myöhemmin siihen lisättiin myös unicast-ominaisuus. SIP:iä on alettu kehittää 1990-luvun puolivälistä. SIP oli yksi protokolla Mbone-kokeiluverkossa (Multicast Backbone). Mbone-verkko toimi perinteisen internetin päällä, ja sitä käytettiin multicast-lähetyksien reaaliaikaiseen jakamiseen IP-verkossa, kuten esimerkiksi seminaareissa ja konferensseissa. (Saarelainen 2011, 107.)

SIP:in kuten muidenkin IP-protokollien standardoinnista vastaa IETF (Internet Engineering Task Force). SIP perustuu IETF:n muihin protokolleihin, joista erityisesti web-yhteyksissä käytettyyn HTTP-protokollaan (Hypertext Transfer Protocol) sekä sähköpostinvälitykseen käytettyyn SMTP-protokollaan (Simple Mail Transfer Protocol). SIP on tekstipohjainen protokollasanoma kuten myös HTTP sekä SMTP. Käytännössä protokollasanomat ovat selvää englanninkielistä lähdekoodia. SIP-protokolla perustuu asiakas–palvelin-malliin, jossa lähetetään sanomia asiakaslaitteelta palvelimelle, joka vastaa pyyntöihin. Pyyntö (request) käynnistää tietyllä tavalla tai metodilla toimivan palvelun. SIP-metodeista tärkein on INVITE, jonka avulla muodostetaan kutsu asiakkaan ja palvelimen välille. Pyyntöt voidaan lähettää TCP-, UDP- tai TLS-protokollan avulla. (Saarelainen 2011, 108.)

SIP-arkkitehtuuri. SIP-protokolla on alun perin suunniteltu ja kehitetty toimimaan UDP-kuljetusprotokollan päällä, mutta se hyväksyy myös TCP- ja TLS- kuljetusprotokollat. SIP:in ensisijainen käyttötarkoitus on olla merkinantoprotokolla. Kuvio 2 ker-

too, kuinka SIP sijoittuu verkon rakenteessa ja arkkitehtuurissa. SIP on yksi merkittävä osa IP:n päälle rakennettua verkkoarkkitehtuuria. (Saarelainen 2011, 110.)

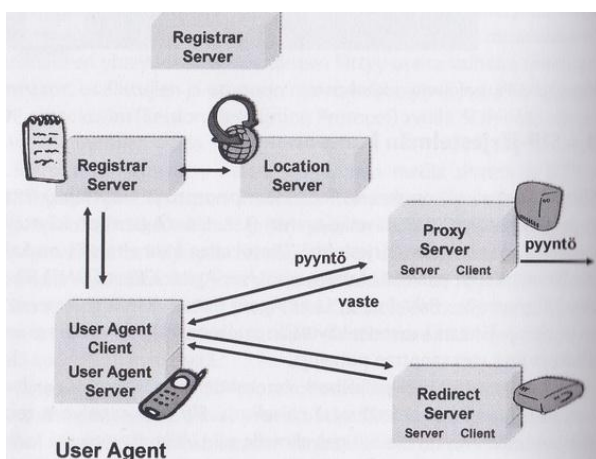
Käytännössä koko tietoliikenneala käyttää nykyisin suurelta osin SIP-protokollaa. Protokolla on otettu mukaan myös 3G/4G-standardointiin nimellä IMS (IP Multimedia Subsystem). Lähes poikkeuksetta operaattoreiden IP-puhepalvelut pohjautuvat SIP:iin, joten käytännössä kaikki suuret yritysvalitsemat tukevat SIP-protokollaa, joko suoraan vaihteen sisäisesti toimivana protokollana menettelyä (=native SIP) tai vähintään niissä on mahdollista liittää laitteet SIP:iin. SIP-laitteita on nykyisin paljon, minkä vuoksi aiemmin edullinen analoginen puhelin on korvattu SIP-puhelimella. (Saarelainen 2011, 131.)



Kuvio 2. SIP protokolla-arkkitehtuuri (Saarelainen 2011, 111.)

SIP-järjestelmä. SIP-järjestelmä vaatii toimiakseen kahdenlaisia komponentteja, verkkopalvelimia ja käyttäjäagentteja. Käyttäjäagentti (User Agent, UA) on verkon käyttäjän puolesta toimiva päätejärjestelmä. SIP-protokollan kannalta päätejärjestelmällä on kaksi roolia; se toimii asiakkaana sekä palvelimena. Asiakasosa (User Agent Client – UAC) lähettää SIP-pyyntöjä. Palvelinosa (User Agent Server, UAS) vastaanottaa sen ja lähettää takaisin vasteen käyttäjän puolesta. Käyttäjä voi näin aloittaa ja vastaanottaa puheluja. On olemassa kahdentyyppisiä palvelimia, joilla SIP-puhelut välitetään. Näitä ovat proxy-palvelimet ja jälleenohjaavat (redirect) palvelimet. SIP-proxy -palvelimen tehtävänä on reitittää pyynnöt SIP-palvelimelle tai UA:lle. Pyyntö voidaan kuljettaa UA:lle monen eri palvelimen kautta. Pyyntöön lisäksi vastetta tulee päinvastaista reittiä. Proxy-palvelin lähettää sekä pyyntöjä että vastetta, joten se sisältää sekä asiakkaan että palve-

limen. Tyypillisesti proxy-palvelimen IP-osoite tai nimi kerrotaan asetustiedoissa UA:lle, mutta se on myös mahdollista saada DHCP:n eli automaattisen IP-osoitteen jakajan laajennusten kautta. Proxyn lisäksi on toinen palvelin, joka on jälleenohjaava palvelin, mutta ei ohjaa pyyntöjä seuraavalle palvelimelle kuten proxy vaan lähettää asiakkaalle jälleenohjausvasteen, jossa kerrotaan seuraavan palvelimen osoite. Siitä eteenpäin UA kertoo osoitteensa registrar-palvelimelle REGISTER-pyyntöllä käynnistyksen jälkeen, kun se huomaa säännöllisin väliajoin IP-osoitteen muuttuneen. Registrarin osoite voidaan joko konfiguroida manuaalisesti UA:han tai lähettää UA:lla multicast-viestinä osoitteeseen 224.0.1.75, jota jokainen registrar-palvelin kuuntelee. Kuviossa 3 on kuvattu SIP-järjestelmää ja pyyntöjen liikkumista komponentista toiseen. (Saarelainen 2011, 111, 112.)



Kuvio 3. SIP-järjestelmän palvelimet (Saarelainen 2011, 112.)

SIP keskusjohdot – SIP trunking. SIP trunking on VoIP:n käyttämä suoratoistomediapalvelu (streaming). SIP trunking perustuu SIP-protokollaan (Session Internet Protocol), jonka avulla voidaan toteuttaa äänen ja videon siirto. (Wikipedia)

Perinteisesti puhelinvaihteet on totuttu liittämään yhteen ISDN-liitännällä (2 Mbit/s) operaattorin vaihdeverkkoon. Tämä liitanta tarjoaa 30 yhtäaikaista yhteyttä, mutta ISDN-yhteydet ovat jo tulossa tiensä päähän. Niitä on korvattu SIP-protokollalla ja sitä kautta SIP-vaihdeliittymillä. Operaattoreilla ja IP-yhteyksiä tarjoavilla yrityksillä yhteys on yleisesti tähän tarkoitettu ja rakennettu kokonaisuus. IP-trunkille on tavallisesti va-

rattu suuri määrä kaistaa, joka on määritetty vain IP-puheelle. Tämän avulla pyritään varmistamaan IP-puheen mahdollisimman korkea laatu. IP-yhteys puhelinoperaattorille saakka on mahdollista järjestää myös internetin kautta. Tässä tapauksessa palvelun laatua ei pystytä varmistamaan parhaalla mahdollisella tavalla. SIP-trunkkia toimittavilla yrityksillä on käytössään omat yhteensopivuusohjelmansa, joilla tarkastetaan eri toimittajien vaihteet omaa palveluaan (SIP-trunk) vastaan, joten tämän jälkeen he pystyvät liittämään SIP-trunkilla vaihteet palveluunsa. Tämän lisäksi on olemassa myös SIP-connect. Se on SIP Forum (SIP-toimittajien yhteisö internetissä) projekti, jonne kerätään parhaita toimivaksi todistettuja tietoja, käytäntöjä ja teknisiä määrittämiä puhepalvelimien ja palveluntarjoajan suoraan liikennöintiin. Projektin tuloksena on julkaistu SIP connect Technical Recommendation, josta löytyy ohjeet yhteensopivan SIP-liitännän tekemiseksi. Dokumentti löytyy SIP Forum sivuilta, ja se on tarkoitettu puhepalvelin kehittäjien käyttöön. SIP Forumilta löytyy myös aiemmin mainittu yhteensopivuusohjelma. (Saarelainen 2011, 130.)

SIP-trunk on ratkaisu yrityksille, jotka haluavat hyödyntää täydellisesti olemassa olevaa PBX-puhelinjärjestelmäänsä, eivätkä käytä sitä vain yrityksen sisäiseen, vaan myös ulkoiseen liikenteeseen. Yrityksen PBX-järjestelmä ja yleinen puhelinverkko ovat yhteyksissä toisiinsa SIP-trunkin avulla. Perinteisen puhelinverkon toteutuksessa on käytetty fyysisiä puhelinlinjoja, kun taas SIP-protokollaa käytettäessä puhe siirtyy täysin puhtaasti IP-liikenteenä ulos yleiseen puhelinverkkoon. SIP voi tarjota merkittäviä kustannussäästöjä yrityksille poistaen paikalliset keskusjohdot ja yhteyskäytävät yleisen puhelinverkon ja PBX-järjestelmän väliltä. SIP-trunkin käyttöön tarvitaan kahta eri komponenttia, jotta se voidaan toimittaa ja ottaa onnistuneesti käyttöön:

- PBX-järjestelmä, josta mahdollisuus ja rajapinta SIP-trunkin käyttöön
- SIP-keskusjohdot palveluntarjoajalta – fyysinen SIP-trunk

(SIPTRUNK Network)

Merkittävimpiä etuja SIP-keskusjohdoista on SIP-keskusjohtojen kyky yhdistää data, ääni ja video yhdellä rivillä, joten kullekin tilalle ei tarvita erillistä fyysistä mediaa. SIP-trunkin avulla voidaan toteuttaa seuraavia palveluita:

- Paikallispuheluiden soittaminen ja vastaanottaminen
- Kaukopuheluiden soittaminen ja vastaanottaminen
- Hätäpuheluiden soittaminen
- AD-tietokannan (Active Directory) käyttö
- Lankapuhelimen ja matkapuhelimen käyttö
- Email ja SMS
- WWW-sivujen selaus

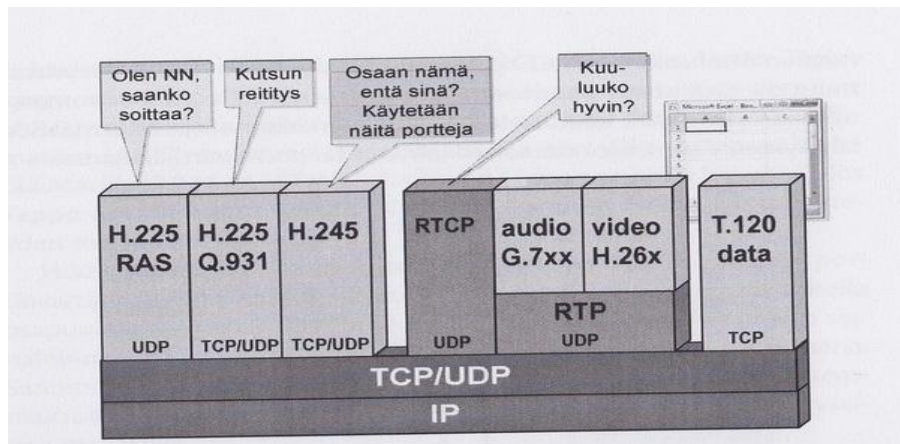
(TechTarget)

2.3 Aika ennen SIP-protokollaa

Seuraavassa käydään läpi SIP:ille vaihtoehtoinen tekniikka, joka oli käytössä ennen SIP-protokollan tuloa markkinoille ja jolla esimerkiksi pystytään vieläkin toteuttamaan SIP:in rinnalle varmistava puhelinliikenne.

H.323 IP-puheprotokolla. Ennen SIP-protokollaa käytettiin vuosia H.323-protokollaa, joka on vielä tänäkin päivänä käytössä, mutta harvemmin. H.323 on IP-puheen alkuaikoina keksitty IP-puheen signaalointiprotokolla, johon myös pohjautuvat useimmat toimittajakohtaiset protokollat. H.323 on myös eräänlainen sateenvarjostandardi, joka määrittelee multimedialiikennöintiä palvelun laatua takaamattomissa IP-verkoissa, kuten esimerkiksi lähiverkoissa, joista erityisesti mainittakoon Ethernet. H.323-protokolla sisältää kahden pisteen väliset yhteydet sekä lisäksi monen laitteen väliset neuvottelupuhelut, yhteyden merkinannon, multimedian sekä kaistan leveyden hallinnan. H.323-protokolla mahdollistaa myös kuvan ja äänen koodauksen sekä liittämisen lähiverkkoon ja muihin verkkoihin. Tämän protokollan vahvuuksia on sen joustavuus, koska esimerkiksi neuvottelussa olevilla osapuolilla voi olla hyvin erilaisia kuva-, ääni- ja dataominaisuuksia. Lisäksi järjestelmä on yhteensopiva muiden verkkojen ja niissä toimivien videoneuvottelustandardien kanssa. Yhdyskäytävän avulla saadaan esimerkiksi yhteys ISDN-videoneuvottelujärjestelmään. Median siirto toteutetaan H.323:ssa samalla tavoin kuin SIP-protokollassa, joten media siirretään käyttäen RTP-protokollaa pääpisteiden välillä. (Saarelainen 2011, 147–148.)

Kuviossa 4 on kuvattu H.323:n protokollapinoa ja sitä, kuinka puhe liikkuu IP:n päällä H.323-verkossa.



Kuvio 4. H.323-protokollapinoa (Saarelainen 2011, 153.)

ISDN – Integrated Services Digital Network. ISDN on vapaasti suomennettuna piirikytkentäinen puhelinverkkojärjestelmä. ISDN on aikoinaan suunniteltu digitaaliseen puheen ja datan siirtoon normaaleilla puhelinlinjoilla. ISDN:n tavoitteena oli aikoinaan tuoda markkinoille parempi laatu ja suurempi nopeus analogisiin puhelinjärjestelmiin verrattuna, mikä on toteutunutkin. (Wikipedia)

ISDN-palvelua on olemassa kahta lajia. Nämä ovat PRI (Primary Rate Interface) ja BRI (Basic Rate Interface), joista jälkimmäinen on tavanomainen kuluttajamalli. BRI sisältää kolme kanavaa, jotka ovat B1, B2 ja D. B1-kanavaa ja B2-kanavaa kutsutaan yleisesti B-kanaviksi. Molemmilla voidaan lähettää tai vastaanottaa puhetta tai dataa 64 kbps:n nopeudella. Puhelun ohjaukseen käytetään D-kanavaa. PRI sisältää 23 B-kanavaa ja D-kanavan, jolloin samalla linjalla voi samaan aikaan olla maksimissaan 23 puhelua. Jokaisella B-kanavalla voidaan siirtää puhetta tai dataa. D-kanavaa käytetään myös PRI:ssä puheluiden ohjaukseen. (Keogh 2001, 160.)

DTMF- ja ISDN-merkinantoäännet. Datan siirtoon käytettyä kierrettyä kupariparia kutsutaan yleisesti nimellä twisted copper pair. Sen avulla käyttäjä kytkeytyy yleiseen puhelinverkkoon analogista linjaa pitkin. Silloin käytetään ISDN- tai T1-linjaa, jonka kautta teleyritys kytkeytyy yleiseen puhelinverkkoon. Analogisessa merkinannossa kommunikointiin käytetään kaistan sisäistä DTMF-merkinantoa (Dual Tone Multi-

Frequency). DTMF tunnetaan yleisimpänä kaistansisäisenä merkinantona, ja äänet siirtyvät sen äänenpolkua pitkin. Kun käyttäjä nostaa puhelimen luurin ja painaa numeroita, ääni, joka siirretään puhelimesta puhelinkeskukseen, kertoo puhelinkeskukselle, mihin numeroon hän on soittamassa, eli jokainen näppäily on DTMF-koodia. (Davidson & Peters 2002, 11–12.)

Toisin kuin DTMF, ISDN käyttää toisenlaista menetelmää merkinantoon. Sitä kutsutaan kaistan ulkopuolella tapahtuvaksi merkinannoksi. ISDN:n käyttämässä menetelmässä merkinantoa lähetetään äänestä täysin erillään olevalla kanavalla. Tuota kanavaa, jossa siirretään vain ääntä, kutsutaan B-kanavaksi (Bearer Channel), ja sen nopeus on 64 kbps. Kanavaa, jossa siirretään vain merkinantoa, kutsutaan D-kanavaksi (Data Channel), ja sen nopeus on 16 kbps. Yleisin ISDN-peruspalveluliittymä on BRI (Basic Rate Interface), joka muodostuu D-kanavasta ja kahdesta B-kanavasta. (Davidson & Peters 2002, 12.)

Kaistan ulkopuolinen merkinanto tarjoaa lukuisia etuja, joista esimerkkeinä:

- Merkinanto yhdistetään samaan kanavaan.
- Heijastus vähenee (tapahtuu silloin, kun kaksi henkilöä samassa piirissä tukkivat molemmat päät samanaikaisesti).
- Viive vähenee, kun numerovalinta on tehty.
- Suurempi kaistanleveys toteutuu.
- Puhelun muodostuminen paranee, jos aloitusviestit eivät ole alttiita samalle linjakohinalle kuin DTMF-äänet.

Sisäisessä merkinannossa on muutamia ongelmia. Suurin näistä on merkinantoäänten menetyshahdollisuus. Tämä tilanne tulee eteen silloin, kun merkinantoja lähetetään. (Davidson & Peters 2002, 12.)

2.4 T-tiedonsiirtolinjat

Kaikki neljä T-linjaa ovat nopeimpia tiedonsiirtolinjoja. Jokaista linjaa sanotaan T-siirtolinjaksi, ja ne luokitellaan neljään eri luokkaan. Näistä T1- ja T3-linjoja käytetään yleisesti datayhteyksissä, mutta ei puhelinpalveluissa. Toisin kuin tavanomaisilla kotipu-

helinlinjoilla, T-siirtolinjoilla voidaan lähettää monia eri tiedonsiirtokanavia. Jokaisessa kanavassa voidaan siirtää puhetta ja dataa. T-siirtolinjan luokasta näkee, kuinka montaa kanavaa sillä voidaan siirtää. T1-linjoihin mahtuu 24 kanavaa, T2-linjoihin 96 kanavaa, T3-linjoihin 672 kanavaa ja T4-linjoihin 4032 kanavaa. Mitä enemmän asiakkaalla on käytössään kanavia, sitä enemmän puhelinjärjestelmä pystyy lähettämään ja vastaanottamaan dataa lyhyessä ajassa. T1-linjalla voidaan esimerkiksi siirtää 1,544 megabittia sekunnissa (Mbps), T2-linjalla 6,312 Mbps, T3-linjalla 44,736 Mbps ja T4-linjalla 274,175 Mbps. T-siirtolinjat vähenevät tulevaisuudessa, koska tiedonsiirtossa käytetään enemmän DS-siirtolinjoja. T-siirtolinjoissa käytetään kuparikaapeleita ja uudemmissa DS-siirtolinjoissa valokaapelia. DS-linjat luokitellaan myös neljään eri luokkaan: DS1, DS2, DS3 ja DS4. (Keogh 2001, 160–161.)

T-siirtolinjoja käytetään esimerkiksi silloin, kun yritys toimii kahdella eri paikkakunnalla ja niiden välillä kulkee paljon puhelinliikennettä, jolloin yritys hankkii paikkakuntien välille kiinteän linjan. Puheluiden tulee maksaa vähemmän silloin, kun liikennettä siirretään A:sta B:hen yleisen puhelinverkon kautta kuin silloin, kun sitä siirretään pysyvän T-piirin kautta. Tilanteissa, joissa kahden kaupungin välillä on kytketty T-piiri, kiinteä linja käyttää yhä yleistä puhelinverkkoa, mutta yritys maksaa tästä alennettua hintaa dedikoidun piirin käytöstä näiden kahden paikan välillä. PBX-järjestelmään ohjelmoidaan reitit automaattisen valinnan taulukkoon, jota kutsutaan nimellä ARS (Automatic Route Selection). Järjestelmä pääättelee ARS-taulukosta, mitä keskusjohtoa tulisi käyttää. Tästä esimerkkinä PBX-vaihde on määriteltä käyttämään kiinteää linjaa kahden toimipisteen välillä. Tällöin PBX-vaihde käyttää puhelinkeskuksen runkolinjoja, kun linja on ruuhkainen. Tätä kautta se hyödyntää yleistä puhelinverkkoa ylivuototilanteissaan. ARS:n avulla pystytään siis määrittelemään ulospääsyeitä järjestelmästä ja se, mitä keskusjohtoja siihen käytetään. (Davidson & Peters 2002, 43.)

2.5 Kuljetusprotokollat IP-puheen kuljettamiselle

Seuraavassa käydään läpi IP-puheen/IP-pakettien dataverkossa kuljettamiseen tarvittavia protokollia. SIP ja H.323 hoitaa merkinnan ja tämän lisäksi tarvitaan median siirtoon omat protokollansa RTP, UDP, TLS ja TCP.

Pääasiassa internet-protokollan päällä ajetaan kahdentyyppistä liikennettä. Ne ovat UDP (User Datagram Protocol) ja TCP (Transmission Control Protocol). Näistä TCP-liikennettä käytetään silloin, kun tarvitaan luotettava yhteys molempiin suuntiin ja UDP:tä silloin, kun tarvitaan yksinkertaista liikennettä eikä luotettavuus ole päähuolenaihe. (Davidson & Peters 2002, 181.)

Näiden kahden protokollan lisäksi on olemassa TLS (Transport Layer Security), joka on salattu kuljetusprotokolla ja jonka avulla voidaan suojata internetsovellusten tietoliikenne IP-verkkojen yli. TLS on nykyisin yksi tavallisimmista tavoista suojata tietoliikennettä IP-verkossa. (Wikipedia)

UDP on protokolla, jota käytetään äänen ja videon välitykseen, eli VoIP:ssa paljon käytetty protokolla (Wikipedia). UDP on TCP-protokollaa paljon yksinkertaisempi ja myös luotettava tilanteissa, joissa TCP:n luotettavuusmekanismit ovat tarpeettomia. Yksi UDP:n hyvistä ominaisuuksista on yhteydettömyys. UDP:n otsikko on pienempi, mikä tarkoittaa minimaalista kuormitusta. UDP:n otsikossa näkyy vain neljä eri kenttää: lähdeportti, kohdeportti, pituus ja UDP:n tarkistussumma. Näistä lähde- ja kohdeportit palvelevat samoja toimintoja kuin TCP-otsikoissa. VoIP:ssa UDP:tä käytetään todellisen (real-time) ääniliikenteen kuljettamiseen. TCP poikkeaa tässä UDP:stä, koska sitä ei käytetä ääniliikenteen kuljettamiseen ja koska äänipakettien vuonohjaus ja uudelleenlähetykset ovat siinä tarpeettomia. UDP on jatkuva äänivirran lähetysmuoto, eli se lähettää äänivirtaa huolimatta siitä, meneekö paketissa 5 vai 50 prosenttia. VoIP:ssa, kuten muissakin tosiaikaisissa sovelluksissa, viiveen kontrollointi on tärkeämpää kuin jokaisen paketin luotettavan toimituksen varmistaminen. (Davidson & Peters 2002, 164.)

TCP on kaksisuuntainen vuorovaikutuspalvelu ylempien kerrosten protokollille. TCP siirtää dataa yhtenäisenä tavujonona, jossa tavut tunnistetaan järjestysnumeroilla. TCP maksimoi läpimenon lähettämällä useita paketteja ennen kuittauksen saapumista. TCP paketin saavuttua perille, lähettäjä kuittaa lähetyksen ja liu'uttaa paketti-ikkunaa pitkin tavuvirtaa ja lähettää toisen paketin. Tätä vuonohjausmekanismia kutsutaan toiselta nimeltään liukuvaksi ikkunaksi. TCP:n vahvuuksia on sen mahdollisuus tukea monia samanaikaisia ylemmän tason keskusteluja. TCP:ssä otsikon porttinumerot yksilöivät tämän ylemmän tason keskustelun. Porttinumeroista tunnetuimpia ovat muun muassa

FTP-protokolla (File Transfer Protocol), World Wide Web (WWW) ja Telnet (etäyhteys). (Davidson & Peters 2002, 163–164.)

TCP-protokollaa käytetään VoIP:ssa merkinanto-otsikossa puheluiden muodostamisen luotettavuuden varmistamiseen. TCP:tä ei voida käyttää VoIP-puheluiden todellisen äänen kuljetukseen. VoIP:ssa merkittävämpää on viiveen esiintyminen kuin pakettien katoaminen. Tämän johdosta VoIP-puheluissa käytetään UDP-protokollaa, jossa viivettä kontrolloidaan. Toisaalta TCP-protokollaa käytetään myös puhelun muodostamiseen monissa VoIP:n merkinantoprotokollista, kuten esimerkiksi H.323 tai SIP-protokollassa. (Davidson & Peters 2002, 163–164.)

RTP – Real-time Transport Protocol. RTP-protokolla on arkaluontoisen liikenteen ja pakettipohjaisten verkkojen yli ajettava lähetystandardi. RTP-protokollaa ajetaan UDP:n ja IP:n päällä. RTP-protokollan vahvuutena on se, että se antaa vastaanottaville asemille tietoa, millaista ei ole yhteydettömissä UDP/IP-virroissa. Kaksi tärkeintä tietobittia ovat järjestystieto ja aikaleima. Näitä RTP käyttää päätelläkseen, ilmeneekö värinää (aikaleima) ja saapuvatko paketit aikajärjestyksessä (aikaleima). RTP on äänelle ja videolle merkittävä protokolla, koska se tarjoaa jatkuvaa siirtotietä. Tämän lisäksi merkittävää äänen ja videon osalta on, että se tarjoaa ajoituksen uudelleenmuodostuksesta, datan sisällön tunnistamista ja pakettien häviämisen havaitsemista. RTP antaa tukea myös lähteen tunnistamisessa ja yhdyskäytävätukea. Siinä on mahdollista toteuttaa ääni- ja videosiltoja sekä moni- ja yksilähetyksmuuntimia. (Davidson & Peters 2002, 181–182.)

2.6 Sisäverkon kaapelointi

Seuraavassa käydään läpi, mitä fyysiseltä kaapeloinnilta vaaditaan, jotta IP-puhelimeen saadaan kuulumaan ääni ja kuljetettua signaali.

Parikaapeli on käytettävissä olevista kaapeleista tällä hetkellä yleisin kaapelityyppi, ja sitä käytetään erilaiseen tiedonsiirtoon. Parikaapelissa käytetään toistensa ympäri kierrettyjä johdinpareja häiriöiden vähentämiseksi. Yleisesti pari koostuu kolmesta kierrosta tuumalta. Jotta häiriöiltä pystytään välttymään, jokaisella parilla on erisuuruinen parikierto. Parikaapeleita voidaan käyttää muun muassa puhelin-, Ethernet-, ISDN- ja ATM

(yleisverkko) -yhteyksiin. Liitintyypeistä yleisin on tällä hetkellä RJ-45, jota käytetään lähiverkossa. Kaapelityypeistä yleisin on suojaamaton UTP (Unshielded Twisted Pair), jota käytetään puhelinverkoissa ja tietoliikennetekniikassa. (Wikipedia)

Verkkoteknologian alkuaikoina jokaiselle sovellukselle rakennettiin oma kaapelointi. Puhelinyhteyksiä varten oli täysin oma kattava kaapelointiverkko, kuten myös pääteyhteyksille ja lähiverkoille. Nykyisin kaapelointi on muuttunut siten, että yleiskaapelointia käytetään kaikkiin tarkoituksiin. Kaapelointistandardi kulkee käsi kädessä Ethernetin uusimpien versioiden kanssa eli jos Ethernet toimii kaapeloinnissa, myös kaikki sitä vähemmän vaativat sovellukset toimivat. VoIP siirtyy IP:n päällä, jota siirretään lähiverkoissa Ethernetissä, eli kaikki Ethernetiin soveltuvat kaapelit toimivat myös VoIP:ssa. (Saarelainen 2011, 88.)

2.7 Analoginen ja digitaalinen signalointi

Kaikki, mitä ihminen kuulee, on analogisessa muodossa. Myös puhelinverkko perustuu analogiseen infrastruktuuriin. Silti sen toipuminen linjakohinasta eli linjan häiriöistä ei ole kovin helppoa ja tehokasta. Normaalisti linjakohinan ongelmat aiheuttavat häiriöt ääniverkossa. Ensimmäisiä analogisia lähetyksiä johdettiin puhelinverkosta vahvistimen läpi signaalin voimistamiseksi. Kyseinen käytäntö ei korjannut ainoastaan ääntä, vaan myös ongelmasta linjakohinaa. Pahin ongelma oli se, että linjakohina johti usein käytökeltäköttömaan yhteyteen. Analogista kommunikointia kutsutaan sekoitukseksi aikaa ja amplitudia. (Davidson & Peters 2002, 7.)

Kun puhelinkeskus sijaitsee kaukana puhelimesta, saatetaan tarvita vahvistinta analogisen lähetyksen vahvistamiseksi. Analogiset signaalit, jotka saattavat saada osakseen linjakohinaa, voivat mahdollisesti vääristää analogista aaltomuotoa ja tästä johtuen saada aikaan säröytyneen vastaanoton linjan toisessa päässä. Vielä yleisempää tämä on kuuntelijalle, jonka kodin ja puhelinkeskuksen välille on asennettu useita vahvistimia. Prosessia, jossa yksi äänisignaali kulkee usean äänenvahvistimen läpi, kutsutaan kasautuvaksi kohinaksi. (Davidson & Peters 2002, 8.)

Digitaalisessa verkossa linjakohinaa ei ole, koska toistimet eivät vain vahvista signaalia, vaan myös puhdistavat äänen alkuperäiseen kuntoon äänen siirtyessä lopulliseen muotoonsa. Tämä on vain mahdollista digitaalisessa tietoliikenteessä, koska se perustuu ykkösiin ja nolliin. Digitaalinen äänensirto tapahtuu seuraavasti: toistimen (digitaalinen vahvistin) pitää päättää, generoidako uusi ykkönen (1) vai nolla (0). Signaaleja toistettaessa säilytetään siis äänen puhtaus. Aikoinaan, kun digitaalisen esitystavan etu tuli selväksi, puhelinverkoissa alettiin siirtyä pulssikoodimodulaation (PCM – Pulse Code Modulation) käyttöön. (Davidson & Peters 2002, 8.)

Digitaaliset äänisignaalit. Yleisin menetelmä on PCM, jolla analoginen äänisignaali koodataan ykkösten ja nollien avulla digitaaliseksi virraksi. Jokaisessa näytteenottotekniikassa käytetään Nyquistin teoremaa. Teoreema tarkoittaa, että kun äänestä otetaan näyte nopeudella kaksi kertaa äänilinjan korkein taajuus, saavutetaan siirrolle hyvä äänenlaatu. (Davidson & Peters 2002, 9.)

PCM toimii seuraavasti:

- Äänitaajuussuodattimen läpi ohjataan analogiset aaltomuodot, jolloin äänitaajuussuodatin suodattaa kaikki 4000 Hz suuremmat taajuudet pois. Suodatus 4000 Hz:iin tehdään, jotta pystytään rajoittamaan ääniverkon ylikuulumista. Kun näytteitä otetaan 8000 kertaa sekunnissa, saavutetaan hyvä äänenlaatu. Tähän perustuu Nyquistin teoreema.
- PCM:n puhelinmuodossa käytetään kahdeksaa bittiä (yksi sana) koodille ja logaritmisesta tiivistysmenetelmästä, jossa sijoitetaan monia bittejä alhaisemman amplitudin signaaleille.

Yllä olevan tarkastelun mukaan 8-bittiset sanat kerrotaan 8000 kertaa sekunnissa. Näin saadaan 64 000 bittiä per sekunti. Puhelininfrastruktuuri perustuu nopeudelle 64 000 bps (eli 64 kbps). Yleisesti PCM 64 kbps -muodosta käytetään kahta eri muunnelmaa: μ -law, joka on Pohjois-Amerikan standardi, ja a-law, joka on Euroopan standardi. Molemmat menetelmät ovat käytännössä samanlaisia siinä, että ne käyttävät logaritmisesta tiivistystä saavuttaakseen 12–13 bitin lineaarisen PCM-laadun vain kahdeksan bitin sanoilla, mutta niiden välillä ei juuri ole muita eroja. A-law -menetelmään verrattuna μ -

law -menetelmässä on hieman etua, kuten esimerkiksi matalan tason signaali-kohinasuhde (signal-to-noise ratio). (Davidson & Peters 2002, 9.)

2.8 Äänen koodaus ja IP-puheen koodekit

Puhetta koodatessa tärkein tavoite on muuttaa puheen laatua mahdollisimman vähän. Tämä tapahtuu pakkaamalla, kompressoimalla tai tiivistämällä ääntä. (Saarelainen 2011, 186–187.)

Yleisin käytettävä IP-puhekoodekki (pakkausmetodi) on G.711. Se on PCM-koodekki, jota käytetään piirikytkentäisessä kiinteässä televerkossa. G.711-koodekki kestää pakettihävikkiä hyvin, koska sen ääninäytteet ovat toisistaan riippumattomia. G.711:n yli voidaan lähettää muutakin kuin puhetta, esimerkiksi fakseja ja DTMF-signaaleja. Jos kaistan käyttö ei ole ongelma (jos olemassa on esimerkiksi oma sisäverkko), koodekiksi valitaan yleisesti G.711. Jos kaistaa rajoitetaan, haittapuolena G.711:ssä on kapeakaistaisuus (300–3400 Hz). Lisäksi G.711 vaatii kaistaa 64 kbit/s. G.729-koodekki on äänenlaadun ja kaistan käytön suhteen kompromissi, koska se ei vaadi kaistaa kuin 8 kbit/s. Tämän haasteena on usein se, että faksit tai DTMF-äännet eivät välttämättä kulje eteenpäin tämän koodekin mukana, ja siinä tapahtuu myös pakettihävikkiä. G.729-koodekkia käytetään silloin, kun kaista on luotettavaa tai silloin, kun sitä on vähän tai se on kallista. G.723.1 on vaihtoehtoinen koodekki G.729-koodekille, koska siinä on hieman alhaisempi laatu ja pienempi bittinopeus. G.711- ja G.729-koodekeilla näytteen antoon menee aikaa 20 ms, kun G.723.1-koodekilla aikaa kuluu 30 ms. Samassa ajassa äänipaketteja siirtyy kolmasosa vähemmän kuin G.729- ja G.711-koodekeilla. Esimerkiksi langattomassa verkossa G.723.1 rasittaa WLAN:ia vähemmän kuin muut koodekit, koska paketin ylikuormitus (overhead) on erittäin suuri. (Saarelainen 2011, 192.)

2.9 Tietokannan integraatio

Puhelinjärjestelmän tietokanta pystytään liittämään eli integroimaan toisen ulkoisen tietokannan tai tietojärjestelmän välille käyttäen API-rajapintaa (Application Programming Interface). API on avoin ohjelmointirajapinta, jonka avulla voidaan helposti integroida järjestelmiä yhteen ja saattaa tietoa järjestelmien väliltä toiseen. Jokaisella oh-

jelmalla/järjestelmällä on API-rajapinta. Jos se on avoin, ulkoinen järjestelmä voi hyödyntää sitä, mutta kaikissa sitä ei ole saatettu avoimeksi. API:n avulla järjestelmät pystyvät vaihtamaan tietoa eli keskustemaan keskenään. (Wikipedia)

2.10 Automaattinen IP-osoitteen jako

Seuraavassa kerrotaan, miten IP-puhelimissa käytetään hyväksi DHCP-protokollaa.

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) on yksi sovelluskerroksen internet-protokolla, jonka yleisin tehtävä on jakaa IP-osoitteita uusille lähiverkkoon kytkeytyville laitteille, kuten esimerkiksi IP-puhelimelle. Verkon ylläpitäjä antaa valitsemansa IP-osoiteavaruuden, jonka jälkeen jokainen laite pyytää käynnistyksen yhteydessä DHCP-palvelimelta uuden IP-osoitteen. DHCP-palvelimelle määritellään osoitteen voimassaoloaika, joten se on voimassa ennalta määrätyn ajan. DHCP yksinkertaistaa huomattavasti asiakaskoneiden asetusten hallintaa verkossa. (Wikipedia)

2.11 Erlangin kaava

Erlangin kaavan mukaan lasketaan kaistan määriä ja tarvittavia puheyhteysien kaistoja. Erlangin matematiikkaa on käytetty puhetekniikassa jo yli 100 vuotta. Jotta pystytään laskemaan tarvittava puheyhteysien kokonaiskaista, on tiedettävä yhtäaikaisten puheyhteysien määrä. Kokonaiskaista lasketaan yksinkertaisella kaavalla, eli yhden puheyhteyden kaista kerrottuna puheyhteysien määrällä. Kun kapasiteettia aletaan laskea, lähtötilanne on, että puheliliikenne tarjotaan järjestelmään (PBX), jossa käytössä on tietty määrä resursseja (linjoja, välittäjiä). Tästä liikenteestä osa mahdollisesti menetetään ja osa voidaan kuljettaa eteenpäin. Erlang (E, erl) on mittayksikkö, jota käytetään liikenteen määrästä. Erlang lasketaan niin sanotusti kiiretunnin mukaisesti. Jos esimerkiksi puheluminuutteja on kertynyt 180 tuntia, liikenteen määrä lasketaan kaavalla $180/60=3$ E. Jos tulevien puheluiden määrä on aikayksikössä merkitty λ ja keskimääräinen kesto puhelulle on h (hold=pito), liikenteen määrä on $E=\lambda h$. Liikenne lasketaan yleisesti tulevien puheluiden määrän ja puhelun keskimääräisen keston eli pidon (hold) mukaisesti. Esimerkiksi tulevien puheluiden määrän oletetaan olevan 50kpl/h ja puheluiden keskimääräinen kesto on 3 minuuttia. Erlangin määrä lasketaan kaavalla $50*3/60=150/60=2,5$ E. Liikenteen varsinainen määrä kuvaa siis yhtäaikaisten puheluiden keskimääräistä kestoä kiiretunnin aikana. (Saarelainen 2011, 239.)

Erlangin kaavaa laskettaessa taloudellisin menettely on, että hyväksytään siedettävän pieni, harvoin tapahtuva estotodennäköisyys ja tämän mukaan mitoitetaan linjojen määrä. Hyväksyttäviä estotodennäisyyksiä ovat tavallisesti 1 %, 2 % ja 3 %. Estotodennäisyys voidaan laskea Erlangin B-kaavan mukaan, kun tiedetään linjojen ja liikenteen määrä. (Saarelainen 2011, 240.)

$$P_b = B(E, m) = \frac{\frac{E^m}{m!}}{\sum_{i=0}^m \frac{E^i}{i!}}$$

Kuvio 5. Erlangin B-kaava (Saarelainen 2011, 240)

- P_b kuvaa estotodennäköisyyttä
- M kuvaa maksimiresurssien määrää (esimerkiksi puhelunvälittäjiä, linjoja ja vastaajia) ryhmässä.
- $E = \lambda h$ on liikenteen määrä erlangeina.

(Saarelainen 2011, 240.)

3 Puhelinjärjestelmän toimitusprosessi

Opinnäytetyön käytännön osuus eli case koostuu siitä, kuinka 500 henkilön fiktiiviselle yritykselle saadaan toimitettua toimiva VoIP-järjestelmä. Luvun alussa käydään läpi yrityksen esittely ja se, miten järjestelmä voi tukea heidän liiketarpeitaan. Sen jälkeen käydään yrityksen kanssa alustava projektikokous tärkeimmistä vaiheista ja toimituksen loppuun saattamisesta. Tämän jälkeen järjestelmälle tehdään tarvittavat ohjelmoinnit ja testaukset, joissa hyödynnetään tämän työn teoriaosuudessa esitettyjä tekniikoita.

3.1 Yrityksen esittely ja suunnittelukokous

VoIP-järjestelmä toimitetaan fiktiiviselle Terveystoimijat Oy -yritykselle. Yritys toimii terveysalalla, ja sen ydintoiminta on työterveys. Yrityksessä hoidetaan myös kuluttaja-asiakkaita. Yrityksen päätoimipiste on Helsingissä, ja sen muut toimipaikat sijaitsevat Tampereella, Turussa ja Kuopiossa. Yrityksessä työskentelee noin 500 henkilöä, joista Helsingissä työskentelee 200 ja loppuissa toimipaikoissa noin 100 henkilöä/toimipiste. Yritys tarvitsee järjestelmän, jonka avulla se voi pyörittää entistä paremmin liiketoimintaansa sekä sisäisesti että ulkoisesti. Jokaiseen kaupunkiin tulee oma kutsunumeronsa, jonka kautta yrityksen liiketoimintaa pyöritetään ja ajanvarauksia otetaan vastaan. Tämän lisäksi yrityksellä on vaihde, joka toimii Helsingin toimipisteessä. Kaikki yrityksen työntekijöiden numerot ovat vaihteen alaisia, joten puheluiden tulee siirtyä vaihteeseen, kun puheluun ei vastata. Yrityksen johtoon kuuluu viisi henkilöä, joista kolme työskentelee Helsingin toimipisteessä ja kaksi Tampereella. Terveystoimijoiden Helsingissä sijaitseva taloushallinto tarvitsee järjestelmän sisäisen tavoitettavuusryhmän. Ryhmään soitetaan yrityksen sisältä, joten se ei tule asiakkaiden tietoon.

Toimituksen tärkein tarkoitus on saada yritykselle järjestelmä, joka on liitetty yhteen jokaisen toimipisteen välillä ja jossa sisäpuhelut ovat ilmaisia. Tämän kautta tavoitteena on saada yrityksen kustannuksia alaspäin. Yrityksellä on käytössään matkapuhelimet, joihin tarvitaan järjestelmän sisäinen alanumerointi. Näin matkapuheluista ei tule yrityksen sisällä kustannuksia. Lisäksi yritykselle on tärkeää, että normaalin liikenteen lisäksi jokaiselle toimipaikalle rakennetaan puhelinliikenteen varmennus käyttäen toista tek-

niikkaa. Jos pääreitti on poikki, puhelut kulkevat varareittiä pitkin ja toista tekniikkaa hyödyntäen.

Projektin suunnittelukokous. Projektin suunnittelukokouksessa käydään läpi eri osa-alueet, joista projekti koostuu ja joiden mukaan toimitus asiakkaalle etenee. Seuraavan taulukon mukaisia aiheita käydään läpi ensimmäisessä suunnittelukokouksessa:

Palveluntarjoajan ja asiakkaan projektiorganisaatiot
Sopimus, mitä toimitukseen kuuluu (esimerkiksi lisenssien määrä ja toimitettava laitteisto)
Tiedon kulku molempiin suuntiin
Sopimuksen käyttäjämäärät
Viestintäsuunnitelma
Riskianalyysi (minkälaisia riskejä on olemassa, niiden tunnistaminen mahdollisimman tarkasti, riskien luokittelu eri kategorioihin, keinot välttää riskejä ja kantaa ne)
Luodaan projektille aikataulu, jonka mukaan edetään
Testaussuunnitelma
Kriittiset toimitukset
IP-osoitteistukset
Verkon läpikäynnit
Ulkolinjan kapasiteetit
Käyttäjäkoulutukset
Aikataulun seuraaminen
Vikoihin varautuminen
Numerointisuunnitelma

Asiakkaan ja toimittajan välille suunnitellaan projektiorganisaatio ja nimetään projektiin kuuluvat henkilöt, kuten päävastuullinen projektipäällikkö molempien osalta. Suunnitteluvaiheessa käydään läpi, mitä on myyty, ja sen kautta toimitukseen liittyvä sopimus. Sopimuksessa käy ilmi tarvittava infrastruktuuri, jotta PBX saadaan toimintakuntoon ja toimitettua asiakkaalle. Tiedonvälitys suunnitellaan molempien osapuolien välillä, jotta

se on sujuvaa ja mutkatonta alusta loppuun. Tiedon merkityksellä on suuri vaikutus projektin onnistuneelle läpiviemiselle. Suunnittelukokouksessa käydään läpi, miten järjestelmä on suunniteltu toteutettavan ja kuinka suurelle käyttäjämäärälle. Tärkeä asia projektissa on myös viestintäsuunnitelma, eli kuinka asioista viestitään ja kerrotaan eri osapuolien ja sidosryhmien välillä. Riskianalyysi tehdään ja suunnitellaan heti alussa niin kattavaksi, että mahdolliset riskit pystytään ennaltaehkäisemään. Kaikkea ei kuitenkaan pysty ennakoimaan, eli käydään läpi myös mahdolliset riskit, jotka pystytään kantaamaan. Riskianalyysissa on hyvä käydä läpi nämä riskit kohta kohdalta. Niiden tunnistamisen jälkeen tehdään riskiluokitus, josta käy ilmi, mitkä riskit voidaan välttää.

Suuri osa projektia ja sen läpiviemistä on projektin aikataulu. Siinä selvitetään, mitä tehdään kussakin projektin vaiheessa. Aikataulua ei kannata suunnitella liian tiukaksi, jottei esimerkiksi toimituksissa tule liian kiire. Aikataulun ensimmäisissä vaiheissa vanhan järjestelmän rinnalle suunnitellaan uusi rakennettava PBX-järjestelmä ja tätä kautta vanhan järjestelmän yliheitto uuteen järjestelmään. Tämä aikataulu kannattaa suunnitella hyvin tarkasti, jottei asiakkaan liiketoimintaan tule katkoksia.

Yliheiton jälkeen on tärkeää laatia tarkka testaussuunnitelma, ettei tuotantovaiheessa tule ongelmia eteen. Siihen on kannattavaa määritellä järjestelmän rakennus rakentaminen ensin tuotantotiloissa toimittajalla ja testaukset siinä mahdollisimman loppuun asti, kunnes järjestelmä on valmis siirrettäväksi asiakkaan käyttöön. Jos asiakkaalla on kokemuksia kriittisistä toimituksista tai heillä on kriittisiä toimipisteitä, nämä tulee suunnitella omaksi kohteikseen mahdollisimman tarkasti.

Toimitusaikataulu pitää rajata eri toimipaikkojen kesken tarkasti, ja konsernitason toimitilat täytyy suunnitella erikseen. Yrityksen verkon toimittava organisaatio antaa VoIP-verkon osoitteet, joiden mukaan suunnitellaan järjestelmän käyttöönotto. Tässä yhteydessä käydään läpi verkkoa ja mahdollisesti toimipaikoissa oleva QoS (Quality of Service), joka mahdollistaa kaistan varauksen VoIP:n käyttöön. Kaistan varauksella tarkoitetaan verkkoyhteyden määrästä rajattua kaistaa, joka on vain varattu puhelinliikenteelle eli VoIP:lle. Toimipaikkojen tarpeet tulee tarkistaa huolella asiakkaan kanssa ja miettiä valmiiksi sitä, kuinka paljon niissä on liikennettä ja sitä kautta kapasiteetin tarvetta linjoille. Käyttäjäkoulutukset ajoitetaan luonnollisesti toimitusten jälkeiseen ajan-

kohtaan. Tämä on kuitenkin tärkeä vaihe, mikäli tahdotaan saada asiakkaalle toimiva ratkaisu myös toimitusten jälkeen. Käyttäjät arvostelevat lopulta järjestelmän toimivuuden.

Yksi tärkeimmistä asioista on numeroiden siirto (numsi) vanhalta toimittajalta uudelle. Tämä on yksi tärkeimmistä aliprojekteista, ja se täytyy suunnitella hyvin tarkkaan, jotta välttyään ongelmilta. Numeroiden siirrosta on hyvä tehdä erillinen riskianalyysi ja rajata kaikki suuret riskit (esimerkiksi se, että numero siirtyy, vaikka fyysistä lankapuhelimen asennusta ei ole tehty) pois.

Suunnittelukokouksen jälkeen mietitään valmiiksi, kuinka projektia seurataan jatkossa erinäisissä seurantakokouksissa, esimerkiksi kerran viikossa. On sovittava myös, kuinka asiakas tiedottaa oman yrityksensä henkilökuntaa mahdollisista katkoista ja vioista.

Yhtiön henkilömäärät ja laitteet on ilmoitettu seuraavan taulukon mukaisesti:

500 henkilöä
4 toimipistettä Suomessa
200 henkilöä Helsingissä
100 henkilöä Turussa
100 henkilöä Tampereella
100 henkilöä Kuopiossa
8 FAX-laitetta, 2 kpl/toimipaikka
400 GSM-liittymää
200 lankapuhelinta
100 Call Center -vastaajaa
2 henkilön vaihdejärjestelmä

3.2 Järjestelmän suunnittelu

PBX-järjestelmä toteutetaan Alcatel-Lucentin toimittamilla puhepalvelimilla. Alcatel-Lucent on ranskalais-yhdysvaltalainen yhtiö, joka tuottaa tietoteknisiä laitteita, ohjelmistoja ja palveluja tietoliikenneoperaattoreille 132 eri maassa. Yhtiön pääkonttori on Pariisissa, Ranskassa, ja sen Pohjois-Amerikan toimintoja johdetaan Murray Hillissä New Jerseyssä. Alcatel-Lucent muodostui, kun ranskalainen Alcatel ja yhdysvaltalainen Lu-

cent Technologies yhdistyivät 1. joulukuuta 2006. Yhtiön palveluksessa on noin 76000 työntekijää ympäri maailman. (Alcatel-Lucent)

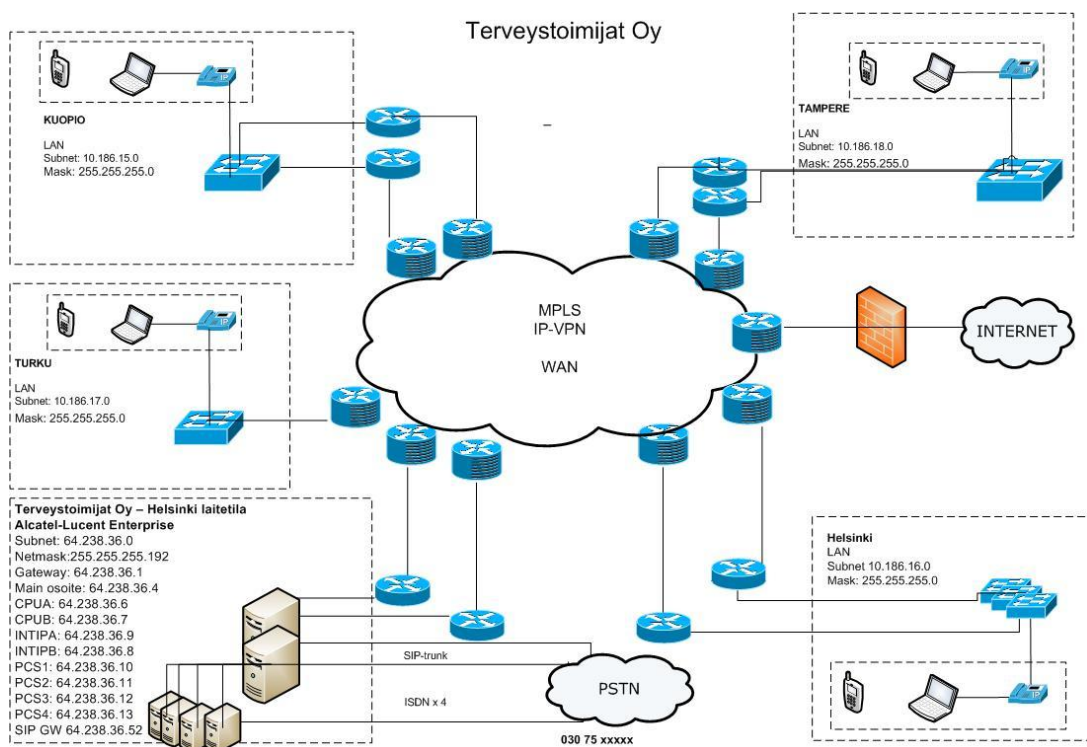
Muita suuria PBX-järjestelmien toimittajia ovat muun muassa Cisco, Avaya ja Siemens. Jokainen järjestelmä käyttää teknisesti samoja protokollia kuin Alcatel-Lucent, mutta suurempina poikkeuksina järjestelmissä on erilaiset toiminnot (features) siitä, kuinka asiakkaan haluamia palveluja pystytään toteuttamaan. Järjestelmän suunnittelun arkkitehtuuri toteutetaan Alcatel-Lucentin omalla ACTIS-järjestelmällä. Järjestelmään syötetään uuden asiakkaan käyttäjämäärät ja tarpeet. ACTIS-ohjelmaan syötetään asiakkaalta saadut tiedot, joita tarvitaan järjestelmän pystyttämiseksi eli käytännössä puhelinten, vaihteenhoitajien, matkapuhelinalaliittymien, yhtäaikaisten puheluiden ja automaattisten viestien määrä ja tämän lisäksi mahdolliset poikkeusjärjestelyt yrityksen sisäisessä toiminnassa.

Yrityksen puhopalvelin. Yrityksen PBX-järjestelmän tietokanta sijaitsee Helsingin laitetilassa. Tätä järjestelmää kutsutaan solmuksi, ja puhe tulee sisään ja ulos järjestelmään sen kautta. Sitä voidaan myös kutsua järjestelmän älyksi. Pääsolmu on yhteyksissä kolmeen muuhun toimipisteeseen puhtaasti SIP:in päälle rakennetulla alustalla, ja ulkoliikenne on toteutettu SIP trunk -protokollaa hyödyntäen. Varareitti rakennetaan käyttämällä PCS-laitteita (Passive Call Server), joten jos pääjärjestelmässä tapahtuu katkos, PCS-palvelin käynnistyy ja kuljettaa puhelut käyttäen varareittiä ja toista tekniikkaa. PCS-liikenne rakennetaan yleiseen puhelinverkkoon ISDN-tekniikkaa käyttäen. Normaalisti jokaiseen toimipaikkaan kulkee puhe Helsingin päähylyn kautta etätoimistoihin ilman erillisiä fyysisiä järjestelmiä. Tampereen, Helsingin ja Kuopion verkkoyhteydet on varmistettu varmennetulla datayhteydellä. Jos pääyhteys (primary) menee poikki, puhelinliikenne ei katkea, vaan yhteydet siirtyvät varareitille (backup). Jokaisessa toimipaikassa on käytössä PBX-järjestelmän sisäinen DHCP-palvelin, joka jakaa toimipaikoille osoitteet. Tämä helpottaa puhelimen käyttöä toimipaikoissa ja puhelinten siirtoa yrityksen sisällä.

Yrityksen numerointi. Yrityksen numeroavaruudeksi on varattu 030 75 25000 – 030 75 26700. Yrityksen numeroavaruus toimipaikoittain on kuvattu liitteessä 1 – Toimipaikkanumerointi.

3.3 Yrityksen VoIP-verkko

Kuviossa 6 kuvataan Terveystoimijat Oy:n puheverkko, jonka mukaan voidaan kuljettaa puhelua yrityksen IP-VPN (Virtual Private Network) -verkosta ulospäin yleiseen puhelinverkkoon (PSTN – Public Switched Telephone Network). Kuviossa kuvataan kaikkien neljän toimipaikan verkot ja tämän lisäksi Helsingin laittilan verkotus. Verkossa ei ole kuvattu, millä tavalla verkon laitteita on konfiguroitu tai kuinka verkotus on tehty ulospäin internetiin. Helsingin toimipiste erottuu kuvasta suuremman toimipisteen roolissa, koska sinne kytketään tuplasti enemmän puhelimia kuin muihin toimipisteisiin ja yrityksen vaihde. Kaikkiin toimipisteisiin tulee PoE-kytkimet (Power over Ethernet), jotka mahdollistavat virran saannin kytkimeltä, eli toisin sanoen ei tarvita erillistä virtajohtoa puhelinlaitteille. Tämän lisäksi toimipisteiden tietokoneet kytketään puhelinlaitteen kautta verkkoon, jolloin ei tarvita kuin yksi verkon rasiointi kullekin tietokoneelle/IP-puhelimelle. Käytännössä reitti on rakennettu toimistoverkon kytkimen kautta toimistoverkon reitittimelle, josta on reitti yrityksen runkoverkkoon. Yrityksen rungosta on tehty reitti ulospäin yleiseen internetiin, mutta verkkoa suojaa palomuurilaite. Ulospäin soitetut puhelut on kuvattu SIP-trunkilla, ja yrityksen numerointi on 030 75 xxxxx (5-digittinen numerointi).



Kuvio 6. Terveystoimijat Oy:n VoIP-verkko

Kuviossa 6 on kuvattu yrityksen verkon kuvaa puheen osalta ja verkotus toimipisteittäin on jaettu liitteen 2 (ks. Kuva 2) taulukon mukaisesti.

3.4 Järjestelmän rakentaminen

Alcatel-Lucent -järjestelmä on rajattu kahteen eri palvelintyyppiin, joilla järjestelmät toteutetaan. Nämä ovat Crystal- ja Common-palvelimet. Molemmissa on rajoituksensa siitä, kuinka iso järjestelmä pystytään toteuttamaan, mutta pääsääntöisesti Crystal-palvelimilla toteutetaan suuremmat toteutukset ja Common-palvelimilla pienemmät, kuten esimerkiksi sivutoimipisteet. Common-palvelimilla on kuitenkin myös mahdollista toteuttaa yrityksen pääjärjestelmä eli solmu. Tässä projektissa järjestelmä toteutetaan Crystal-palvelimella, joka asennetaan yrityksen Helsingin laittilaan. Puhelinjärjestelmiä toteuttaessa verkon täytyy olla mahdollisimman varmistettu, jolloin käytetään sanaa kahdennettu (primary- ja back-up -yhteys). Kun verkko on kahdennettu, myös puhelinjärjestelmä on kahdennettu kahdella eri CPU:lla, joilla molemmilla on oma yhteys VoIP-verkkoon. Puhelinpalvelin koostuu erilaisista korteista, joista tärkein on keskusyksikkö – CPU eli Central Processing Unit. CPU pitää sisällään kovalevyn, jossa järjestelmän tietokanta sijaitsee. Tämä tietokanta on kahdennettu näille molemmille CPU:lle. Näitä keskusyksiköitä kutsutaan nimellä CPU-A ja CPU-B, joista toinen on aktiivinen ja toinen on ”stand-by”-tilassa, mutta tietokannat ovat koko ajan kahdennettu samoilla tiedoilla. Toinen tärkeä kortti Alcatel-puhelinjärjestelmässä on INTIP (Crystal-palvelin) ja toinen GD (Common-palvelin). Molemmat kortit tuottavat IP-kanavien määrän järjestelmään, joista INTIP-korttiin voidaan määritellä enintään 60 kanavaa ja GD-korttiin 24 kanavaa. Puhelun toteutuessa puhelinjärjestelmä varaa yhden IP-kanavan soittoon, joten näistä molempiin mahtuu 60 tai 24 yhtäaikaista sisäpuhelua. Ulospäin soittaessa järjestelmään määritellään SIP-ulkolinjat, joiden avulla mahdollistetaan järjestelmästä ulospäin soittaminen. Ulospäin soittaessa järjestelmä varaa yhden IP-kanavan ja yhden ulkolinjan SIP-trunkilta. Kanavien määrä ratkaistaan sillä, kuinka paljon yhtäaikaisia puheluita tarvitsee tehdä. Tieto tulee käyttäjämääristä, jotka on ohjelmoitu järjestelmään. Tässä käytetään apuna Erlangin kaavaa.

Puhelinpalvelimien kytkeminen verkkoon. Fyysinen kytkeminen laitteille tehdään ennen ohjelmointia järjestelmää rakennettaessa. Helsingin toimipiste kytketään kytkimeen 1 (SW1), jonka kautta puhelimet saadaan kytkettyä yrityksen sisäiseen verkkoon. Fyysisesti kytkeminen järjestelmään tehdään CPU-kortin ja kytkimen portin väliin tulevalla Ethernet-verkkojohdolla. Fyysisen kytkemisen jälkeen järjestelmään voidaan syöttää tärkeimmät IP-osoitteet, mutta tämä ei pidä sisällä millään tavalla etätoimipisteitä, vaan näille on omat ohjelmointinsa. Ennen etätoimipisteiden ohjelmointia varmistetaan pääsolmun toimivuus. Kun CPU-kortit ovat aktiivisia, voidaan INTIP- ja GD-kortit kytkeä kytkimeen ja tehdä niille tarvittavat ohjelmoinnit. Muita verkkoon kytkettäviä laitteita ei ole järjestelmässä.

3.5 Pääjärjestelmän ohjelmointi: osa 1

Kun puhepalvelin on verkossa, siihen voidaan kytkeä kannettava tietokone COM-kaapelilla ja luoda yhteys näiden välille. Ensimmäiseksi puhepalvelimelle asennetaan järjestelmän viimeisin versio käyttäen Alcatel-Lucentin järjestelmän asennusohjelmaa. Kun järjestelmään on saatu yhteys, pääjärjestelmän ohjelmointi voidaan aloittaa. Pääjärjestelmän ohjelmoinnit on jaettu kahteen eri osaan. Osassa 1 käydään läpi tärkeimmät ohjelmoinnit, jotta pääjärjestelmä eli solmu saadaan toimimaan ja sen sisällä oleva liikenne aktiiviseksi. Ohjelmoinneissa ei paneuduta yksityiskohtaisiin ohjelmointeihin, koska yksi PBX-järjestelmä pitää sisällään tuhansia eri konfigurointimahdollisuuksia. Tämän työn päätarkoitus on kertoa, mitä ohjelmointeja tarvitaan, jotta esimerkin kokoinen yritys saa PBX-järjestelmänsä käyttöön. Pääjärjestelmän osassa kaksi käydään läpi ohjelmoinnit, joiden avulla voidaan määritellä erilaisia toimintoja järjestelmään, kuten Call Center -toiminteet yritykselle ja järjestelmää tukevat toiminnot, kuten varmistavat yhteydet ja domain-ohjelmoinnit.

Luvussa 3.7 siirrytään järjestelmän ohjelmoinneista toimipaikkojen ohjelmointeihin. Jokaisella toimipaikalla on omat ohjelmointinsa ja ohjauksensa. Miten puhelut ohjautuvat välittäjälle, ja millaisia käyttäjiä toimipaikkaan on tarkoitus ottaa käyttöön? Tämän lisäksi ohjelmoidaan toimipaikalle käyttöön omat Call Center -sarjansa ja mahdolliset muut hakuryhmät. Luvussa 3.8 siirrytään järjestelmän tarkistuksen kautta sen testaukseen ja siihen, mitä asioita tulee käydä läpi ennen järjestelmän käyttöönottoa.

Järjestelmän päävalikko MGR. Järjestelmän päävalikossa (ks. Liite 2 – Kuva 1) näkyy, millainen on päävalikko, jonka kautta pääsee siirtymään erilaisiin ohjelmointeihin järjestelmän sisällä. Järjestelmä pitää sisällään erilaisia ohjelmointitasoja. Päävalikosta nähdään kaikki muut tärkeät valikot, joista järjestelmä koostuu. Sieltä voi siirtyä seuraaville tasoille, jossa on taas muita valikkoja. Alcatel-Lucent -järjestelmän ohjelmointikieli perustuu avoimeen lähdekoodin Linux-käyttöjärjestelmään. Järjestelmän komentokielenä toimii Linux-ohjelmointikieli. Järjestelmän päävalikkoon pääsee komennolla mgr.

Net Administrator – Netadmin. Netadmin (ks. Liite 2 – Kuva 2) on järjestelmässä paikka, johon järjestelmää pyörittävät merkittävät IP-osoitteet syötetään. Molemmille CPU:lle tulee oma IP-osoite, ja tämän lisäksi ohjelmoidaan MAIN-osoite. MAIN-osoite hallitsee aktiivista CPU:ta. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että mikäli järjestelmän ylläpitäjä ottaa etäyhteyden järjestelmään, yhteys otetaan MAIN-osoitteeseen, joka on yhteydessä aktiiviseen CPU-palvelimeen. CPU-A -palvelimeen syötetään sen oma IP-osoite kohtaan LOCAL, ja LOCAL MAIN -kohtaan tulee järjestelmän MAIN-osoite. Tämän lisäksi ohjelmoidaan ROUTER- ja CPU redundancy -osoitteet. ROUTER on tie (gateway) järjestelmästä ulospäin. CPU redundancy on osoite toiselle CPU-palvelimelle eli B-palvelimelle. CPU-B:lle tulee samat tiedot, mutta LOCAL-osoite on eri kuin CPU-A:lla. Jos kaikki tarvittavat IP-osoitteet halutaan varmistaa, pääsee Netadmin-valikkoon komennolla netadmin- m.

Hyllymääritykset. Päähyllyn määritykset tehdään kohdassa Shelf. Järjestelmä tekee sen automaattisesti päähyllyn järjestelmää käynnistettäessä ja järjestelmän CPU:t tulevat hyllylle 0. Hylly on fyysinen kehikko, jossa palvelin sijaitsee ja mihin tarvittavat kortit asennetaan. Järjestelmä hyödyntää sitä käyttäessään tarvittavia ohjelmointeja. Järjestelmässä olevat hyllyt pystyy tarkistamaan komennolla config all.

Korttien määritykset. Järjestelmää ensimmäistä kertaa ohjelmoitaessa ei järjestelmässä ole kuin kaksi korttia ohjelmoituna, eli molemman CPU:n fyysinen kortti ja kovalevy. Nämä kortit on järjestelmä automaattisesti ohjelmoinut. Järjestelmään lisätään kaikki tarvittavat kortit, jotka on laskettu aiemmin ACTIS-ohjelmalla. Järjestelmän tärkeimmät kortit ovat CPU, INTIP, GD ja GPA. CPU pitää sisällään älyn ja muun muassa järjestelmän tietokannan. INTIP- ja GD-kortit toimivat IP-kanavakortteina. GPA-kortti

toimii signaalointikorttina. Muun muassa viestit nauhoitetaan tälle kortille, vaikka GD-kortille voidaan myös luoda viestejä. Sen tila on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin mitä GPA-kortille mahtuu. CPU-kortin tiedot tarkistetaan komennolla `uhwconf` ja CPU-kortin tila komennolla `role`.

Korttien verkkomääritykset. INTIP-korteille on omat verkkomäärityksensä kohdassa SHELF ja Ethernet parameters. Kohtaan ohjelmoidaan kortille oma IP-osoite, joka on määriteltynä verkkokuvassa. Tämän lisäksi tulee ohjelmoida verkon maski ja verkon yhdyskäytävän (gateway) osoite. Liitteen 2 kuvassa 3, on näkymä Ethernet parameters -ohjelmointitauluun. Tauluun ohjelmoidaan tarvittavat verkkotiedot, jotta kortista saadaan yhteys LAN- verkkoon. Kun INTIP- ja GD-kortit on varmistettu olevan verkossa, voidaan todeta sisäisen puhelinverkon toimivan. Verkotus voidaan tarkistaa järjestelmässä komennolla `subroutage` ja näin varmistaa, ovatko kaikki määritykset oikein.

Toimipaikkojen ulkolinjat – trunk-määritykset. Yrityksen vaihdeliittymät on toteutettu SIP-trunkilla. PBX-järjestelmään ohjelmoidaan jokaiselle toimipaikalle oma trunk, jonka mukaan puhelut kuljetetaan ulospäin yleiseen puhelinverkkoon. Helsingille ohjelmoidaan trunk 100, Turulle trunk 200, Tampereelle trunk 300 ja Kuopiolle trunk 400. SIP-trunkilta varataan Helsingille kuusi SIP access -yhteyttä, joten ulkolinjoja tulee käyttöön $6 \times 31 = 186$. Tampereelle, Kuopiolle ja Turulle luodaan kullekin kolme SIP access -yhteyttä, joten heillä on käytössään 93 ulkolinjaa. Jokaisen toimipaikan PCS:lle tulee oma yksi ISDN-trunk seuraavanlaisesti: Helsinkiin PCS1 trunk 41, Tampereelle PCS2 trunk 51, Turkuun PCS3 trunk 61 ja Kuopioon PCS4 trunk 71. Järjestelmän ulkolinjat ohjelmoidaan päävalikosta kohtaan Trunk Groups. Ohjelmoituja trunk-määrityksiä voi tarkistaa komennolla `trkstat all`. Jokaisessa trunkissa käytetään T2-tiedonsiirtolinjaa, joka on SIP- ja ISDN-protokolla.

Järjestelmästä ulos pääseminen ja soitto ulkolinjan kautta ulos vaatii ARS Prof. Trg Grp Seizure -prefixin. Prefix on järjestelmän sisäinen lyhytvalinta, jonka taakse on ohjelmoitu jokin toiminne, jonka mukaan prefix toimii. Yleisin prefix ulospäin soittaessa on 0, eli soittaessa ulospäin on ensin näppäiltävä ulkolinja 0. Järjestelmän prefixit ohjelmoidaan päävalikon kautta kohdasta Translator, ja tämän alta löytyy Prefix Plan. Järjestelmän sisäisiä prefixejä voi olla tuhansia, ja niistä tärkein on ulkolinja 0.

ARS-määritykset. Reitit ulospäin yleiseen puhelinverkkoon ohjelmoidaan PBX-järjestelmässä Translator-valikon alle kohtaan Automatic Route Selection. Ensin luodaan ARS, jota käytetään ja tämän jälkeen jokaiselle toimipaikalle oma reitti ulos yleiseen puhelinverkkoon (ks. Liite 3). Jokaiselle toimipaikalle on jo määritetty trunk, joten ARS ohjelmoidaan käyttämään ulospääsynä näitä jo ohjelmoituja trunkeja ja tulee samalla määrityksellä järjestelmään. Esimerkiksi Helsingin toimipisteelle trunk on 100 ja ARS määritellään myös 100:aan. Loput toimipisteet ohjelmoidaan seuraavasti: Turun ARS on 200, Tampereen ARS 300 ja Kuopion ARS 400.

Jokaisen ARS sisältää kaksi reittiä (trunkia) ulos. Normaali reitti ulos on käyttää trunkia 1, joka määritettiin edellisessä kohdassa Trunk-määritykset. Näiden lisäksi jokaiseen paikkaan määritetään PCS-varareitti ja PCS:n käyttämä trunk 2. PCS:n käyttämä trunk 2 määritellään ARS:n toissijaiselle reitille, joten jos ensisijainen reitti katkeaa, puhelut kulkevat ulos varareittiä pitkin. Järjestelmään ohjelmoidut ARS:it pystytään tarkistamaan komennolla lookars r all.

Discriminator rule toimii järjestelmän hallitsevana ohjelmointina määriteltäessä, mihin numeroon alanumerosta pystytään soittamaan. Järjestelmään ohjelmoidaan discriminator rule, johon tulee jokainen suuntanumero, esimerkiksi 050 ja se, mitä kautta puhelu menee ulos eli mitä ARS-tietä se käyttää ulospääsyyn. Yhdellä discriminatorilla on siis toistasataa numeroa, jonne normaalissa tilanteessa pitää pystyä soittamaan. Tätä kautta pystytään myös hallitsemaan käyttäjien mahdollisuutta soittaa vain esimerkiksi GSM-suunnan numeroihin. (ks. Liite 4 – Kuva 1). Komennolla discrlist pystytään tarkistamaan ohjelmoidut discriminator-listat.

Järjestelmän numerointi ohjelmoidaan kohdassa Translator ->External Numbering Plan -> Default DDI Num. Translator. Tähän paikkaan määritellään järjestelmän käyttämä numeroblokki. Terveystoimijoiden järjestelmään numeroblokki ohjelmoidaan seuraavanlaisesti: First External Number=358307520000, First Internal Number=20000 ja Range Size=10000. (ks. Liite 4 – Kuva 2)

DHCP ohjelmoidaan puhelinjärjestelmästä. Terveystoimijoiden DHCP-palvelin toimii PBX-järjestelmästä. Järjestelmään määritellään käyttöön PBX:n sisäinen DHCP-

palvelin, joka antaa IP-puhelimille käyttöön vapaan IP-osoitteen. Järjestelmän kohdassa DHCP-configuration määritellään DHCP:n käyttöönotto. (ks. Liite 4 – Kuva 3)

Järjestelmän koodekki ja RTP-aktivointi. Terveystoimijoiden järjestelmässä käytetään äänen koodekkina G.729-koodekkia, jota voidaan myös sanoa kompressoinniksi. Järjestelmätason kompressointi määritellään kohdassa System -> Other System Param. -> Compression Parameters ja Compression type. Tämän lisäksi järjestelmästä on aktivoitava käyttöön direct RTP. RTP aktivoidaan seuraavasti: IP -> IP parameters -> Direct RTP for H323 Terminals.

Entity-määrittelyt. Entity-ohjelmointi kertoo yksittäisen alanumeron reitityksen. Entity ohjaa puhelun oikealle ARS:lle ja sitä kautta oikealle trunkille, jonka kautta puhelu pääsee ulos yleiseen puhelinverkkoon. Tämän lisäksi entityyn määritellään oikea vaihteryhmä, johon puheluiden tulee siirtyä esimerkiksi silloin, jos alanumerossa ei vastata. Helsingille määritellään entity 10, Tampereelle 20, Turulle 30 ja Kuopiolle 40. Järjestelmän kohdassa Entities voidaan suorittaa kyseisiä ohjelmointeja. Liitteen 5 kuvissa näkyy järjestelmän entity-valikko ja se, miten ohjauksia voidaan hallita. Komennolla entitystat all pystytään tarkistamaan, mitä entity-ohjelmointeja on tehty.

SIP-asetukset pääjärjestelmään. Järjestelmän päävalikon kohdasta SIP (ks. Liite 6 – Kuva 1) pystytään ohjelmoimaan tarvittavat SIP-protokollat, joita järjestelmä tarvitsee toimiakseen. Näistä tärkeimmät on järjestelmän sisäinen SIP gateway, SIP-proxy ja SIP-external gateway. Ulkoinen SIP gateway ohjelmoidaan kohdassa SIP -> External Gateways. Create kohdasta ohjelmoidaan käyttöön ulkoinen SIP gateway ja SIP-protokollan osoite 64.238.36.52. Tämän ohjelmoinnin jälkeen järjestelmä saa PBX-yhteyden SIP-protokollaan. Järjestelmään määritellyn SIP gatewayn tiedot tarkistetaan komennolla sipgateway. External gateways tiedot SIP-trunkille pystyy taas tarkistamaan komennolla sipextgw.

Remote extension on ohjelmointi, jonka mukaan pystytään luomaan järjestelmään matkapuhelimelle alanumerointi. Ennen kuin tehdään yksittäisiä ohjelmointeja matkapuhelimelle, järjestelmään on luotava DISA-numero ja analogisia remote ghost -numeroita. DISA tarvitaan järjestelmään, jotta pääkeskus pystyy tunnistamaan puhelun

matkapuhelinalanumeroksi ja päästää puhelun siten ulos järjestelmästä matkapuhelinverkkoon. Soittajalla näkyy järjestelmän alanumero eikä matkapuhelinnumero. Tämän lisäksi järjestelmään on luotava remote ghost -numeroita, jotta puhelu pääsee järjestelmästä ulospäin ja remote ghost -numero kuljettaa sen eteenpäin. DISA-numero ohjelmoidaan päävalikon kautta kohdasta Translator ja Prefix plan. Järjestelmän trunkille on myös ohjelmoitava DISA aktiiviseksi, jotta trunk ymmärtää DISA:n olevan käytössä. Tämän ohjelmointi on trunk-ohjelmointien alla kohdassa Trunk group used in DISA. Järjestelmään ohjelmoidut remote extension -numerot pystytään tarkistamaan komennolla remotesets. Komennolla remoteview tarkistetaan reaaliaikainen tilanne siitä, kuinka paljon matkapuhelimen puheluita on käynnissä.

Estoluokitus on oleellinen osa järjestelmän reitityksiä. Päävalikon alta Categories Access Category pystytään luomaan estoluokitus järjestelmän alanumeroille. Estoluokituksella luokitellaan liittymät eri kategorioihin, esimerkiksi ulkomaille soittaessa tai puheluiden päättyessä vaihteeseen. Terveystoimijoille tehdään järjestelmään luokat 14 ja 15. Luokan 14 alanumerot eivät pysty soittamaan ulkomaille, vaan siihen on ainoastaan sallittu järjestelmän sisäiset puhelut ja ulospäin soitot maksuttomiin numeroihin. Tämän lisäksi puheluiden on sallittu vuotaa vaihteeseen, jollei käyttäjä vastaa. Luokka 14 antaa mahdollisuuden soittaa ulkomaille ja päätyä vaihteeseen, mikä on Terveystoimijoiden toive kaikissa alanumeroissa. Categories-valikon alla on valikko Phone Facilities Categories. Tämä on yksittäisen alanumeron kategoriointi, joka mahdollistaa tekemään 255 eri luokkaa. Yksittäisen luokan alla on muutama sata eri vaihtoehtoa ohjelmoida yksittäisen alanumeron rajoituksia, kuten esimerkiksi se, onko alanumerosta mahdollista tehdä soitonsiirtoja tai se, onko alanumerolla pääsy vastausryhmään. Terveystoimijoille tulee käyttöön yksi ja sama luokitus numerolla 10.

Järjestelmän sisäinen linkki tarvitaan, jos käytetään järjestelmän sisäistä Call Center -palvelua. Tämä mahdollistaa esimerkiksi vaihteen yhdistämisen Call Center -sarjaan. Päävalikon alta kohdasta Inter-Nodes Links pystytään luomaan järjestelmälle sisäinen hybridi linkki (ks. Liite 6 – Kuva 2). Tämän jälkeen on linkille luotava kaksi access-yhteyttä, minkä jälkeen järjestelmän sisäinen linkki on valmis. Sisäinen hybridilinkki toteutetaan T2-tiedonsiirtolinjaa käyttäen. Tämän jälkeen on vielä tehtävä aktivointi linkeille päävalikon kautta kohdasta X25 Access Cluster. Access on tehtävä molemmille

linkeille, minkä jälkeen pystytään tarkistamaan linkkien olevan toiminnassa. Linkit tarkistetaan komennolla `hybvisu all` (ks. Liite 6 – Kuva 3). Isommissa järjestelmissä, jossa käytetään enemmän kuin yhtä solmua, tarvitaan järjestelmän sisäisiä linkkejä lisää, esimerkiksi solmujen välillä soittamiseen.

3.6 Pääjärjestelmän ohjelmointi: osa 2

Domain-määrittelykset. Järjestelmään määritellään jokaisen toimipaikan osoitteen perusteella domain (verkkotunnus), jonka mukaan puhelin aktivoituu oikealle domainille. Domainien mukaan määritellään PCS-ohjelmoinnit, eli Helsingin toimipisteen domain turvataan PCS1:n avulla. Domaineilla pystytään myös jakamaan yrityksen eri laitteita määrättyihin domaineihin. Jokainen Terveystoimijoiden toimipaikoista jaetaan omaan domainiinsa. Helsingille tulee domain 100, Turulle domain 200, Tampereelle domain 300 ja Kuopiolle domain 400. Toimipisteiden lisäksi PCS-laitteille ohjelmoidaan oma domaininsa: PCS1-domain 10, PCS2-domain 11, PCS3-domain 13 ja PCS4-domain 14. Järjestelmään ohjelmoidut domainit voidaan tarkistaa komennolla `domstat`. Samalla komennolla voidaan myös tarkistaa, mitä laitteita domainiin on kirjautunut.

DHCP-määrittelykset. Pääjärjestelmän ohjelmoinnin osassa 1 määriteltiin DHCP käyttöön PBX-järjestelmässä, eli tämän jälkeen PBX on valmis jakamaan osoitteen IP-puhelimelle. Nyt tarvitsee määrittellä DHCP:lle verkot, joista se jakaa osoitteita, sekä alue, jonka mukaan se antaa niitä verkosta. Liitteen 7 kuvissa nähdään järjestelmän DHCP-valikko, jossa on kuvattu, mitä tietoja tulee täyttää, jotta DHCP:n tietty verkko saadaan DHCP:lle, sekä alue verkosta, jota voidaan käyttää verkosta PBX-laitteille.

Helsingin DHCP määritellään verkon osalta seuraavasti: Subnet address=10.186.16.0, Netmask=255.255.255.0, Broadcast address=10.186.16.255, Default router address 10.186.16.1 ja FTTP server address 64.238.36.4. Tämän jälkeen määritellään verkolle alue, jonka mukaan DHCP jakaa osoitteita IP-puhelimille. Helsingin alue (range) määritellään seuraavasti: Subnet address=10.186.1.0, Netmask=255.255.255.0, Range first address 10.186.16.10 ja Range last address 10.186.16.254. Komennolla `dhcplease` nähdään järjestelmään ohjelmoidut DHCP-verkot. Samankaltaisesti ohjelmoidaan muiden toimipaikkojen DHCP-verkot.

PCS-ohjelmoinnit tehdään, jotta laitteet pystyvät turvaamaan pääjärjestelmän, mikäli järjestelmä menettää yhteyden SIP-palvelimeen ja SIP-trunkille. Jos näin tapahtuu, PCS-palvelin aktivoituu ja puhelut kulkevat yleiseen puhelinverkkoon ISDN-tekniikkaa käyttäen. Järjestelmän päävalikossa kohta Passive Com. Server voidaan ohjelmoida käyttöön tarvittavat PCS-palvelimet. PCS-valikon kautta pystytään luomaan PCS-ohjelmoinnit kohdasta create (ks. Liite 8 – Kuvat 1,2).

Viestien ohjelmoinnit on välttämätön tehdä, jotta järjestelmään pystytään tekemään ohjauksia viesteihin. Ensin ohjelmoidaan viestit järjestelmään, minkä jälkeen on mahdollista nauhoittaa viestit. System-valikon (ks. Liite 8 – Kuva 3) alla löytyy kohta voice guides. Sinne ohjelmoidaan viestit järjestelmään, esimerkiksi viesti 400. Ensin viestin täytyy löytyä voice guides -valikon alta, minkä jälkeen sille luodaan GPA-kortilta laitepaikka kohdassa Dynamic Voice Guides -> Assignment. Kun viesti on nauhoitettu puhelimesta kohdasta Dynamic Voice Guides -> Dynamic Voice Messages Numbers, voidaan katsoa viestin aktivoituneen järjestelmään ja olevan aktiivinen kortilla. Kortilta voidaan tarkistaa viestejä komennolla vgstat [hylly] [kortti].

Välitysympäristö on ohjelmoitava, jos puheluiden halutaan ohjautuvan välittäjälle, kuten esimerkiksi silloin, jos ei henkilö vastaa tai on poissa. Päävalikosta kohdasta Attendant päästään välitysympäristön ohjelmointeihin (ks. Liite 9 – Kuva 1). Ensimmäiseksi on ohjelmoitava välitysryhmä (Attendant Group). Tämän jälkeen ryhmälle luodaan käyttäjät eli välittäjät, jotka ottavat puheluita vastaan välitysryhmästä. Tämä tapahtuu kohdassa Attendant Sets. Terveystoimijoiden välitysryhmälle ohjelmoidaan numero A10. Välitysryhmän ja välityslaitteen numero voi olla ylidekaaninen numero eli numeroita ja kirjaimia sisältämä alanumero, koska siihen ei ole tarvetta soittaa, vaan se on ns. järjestelmän sisäinen tekninen numero. Välitysryhmään A10 ohjelmoidaan kaksi välittäjää numeroilla AA1 ja AA2. Terveystoimijoiden välityspiste sijaitsee fyysisesti Helsingissä, jonne puhelut vuotavat jokaisesta toimipaikasta, mikäli puheluun ei vastata tai puhelut on siirretty vaihteeseen. Järjestelmän entityt 10, 20, 30 ja 40 ohjataan day routing -tilassa välitysryhmään A10. Tämän jälkeen jokaisen toimipaikan puhelimet ovat ohjelmoituna päivävaihteen alle. Kun vaihdepöytä on kiinni, puhelut siirtyvät night routing -tilaan ja erikseen ohjelmoituun järjestelmän viestiin. Järjestelmään ohjelmoidaan

prefix 9 Attendant Call. Tämän prefixin (lyhytvalinta) avulla järjestelmän sisäinen alenumero voi soittaa sisäisen puhelun vaihteeseen näppäilemällä 9. Tämän lisäksi on tehtävä ohjelmointi vaihteen kutsulle, jotta ulkoa tulevat puhelut ohjautuvat vaihteen numeroon 030 75 25100. Järjestelmään on ohjelmoitava Entity Call prefix 25100, ja sille ohjelmoidaan yhteys entiteettiin 10 – Helsinki. Välittäjien tilan voi tarkistaa komennolla opstat. Sillä voidaan tarkistaa esimerkiksi, onko välityspöytä auki vai kiinni.

Call Center on järjestelmän sisäinen sovellus, jonka mukaan pystytään tekemään sisäisiä sarjoja ja niiden kautta tehdä erilaisia reitityksiä, kuten esimerkiksi jonoviestit ja kalenteriohjaukset. Jokaiselle toimipaikalle tulee oma kutsunumeronsa, jonka perusteella ajanvaraukset ja yhteydenotot tulevat toimipaikkaan. Liitteen 9 kuvassa 2, on kuvattu Helsingin toimipisteen Call Center eli kuinka puhelut kulkevat asiakasvastaaville. Tärkeimmät ohjelmoinnit kutsulle ovat kalenteriohjaukset, yöviesti, jonoviestit, jonotusaika ja vastausryhmän puhelunkierro. Call Center pitää sisällään satoja eri ohjelmointeja siitä, kuinka puhelun tahdotaan kulkevan sisäisessä Call Center -sarjassa ja miten asiakas haluaa puheluiden kiertävän. Terveystoimijoille ohjelmoidaan Helsingin kutsunumeroksi 030 75 25900, Tampereen kutsunumeroksi 030 75 26200, Kuopion kutsunumeroksi 030 75 26500 ja Turun kutsunumeroksi 030 75 26700. Tämä numero on ulkoa soittavalla tiedossa, jotta puhelu tulee järjestelmään asti. Tämän lisäksi Call Centeriä ohjelmoitaessa tarvitaan kaksi teknistä numeroa jonolle ja vastausryhmälle, jotta puhelut tulevat loppuun asti asiakasvastaaville. Jokaisesta toimipaikasta asiakasvastaava kirjautuu Call Center -sarjaan kirjautumistunnuksella ja Call Center -puhelimesta. Kirjautumistunnukselle on ohjelmoitu pääsy oikean kaupungin sarjaan.

Automaattivälittäjä ohjelmoidaan yrityksen valtakunnallisen numeron 030 75 20000 alle. Automaattivälittäjä on valikko, jonka kautta puheluita pystytään yhdistämään eri suuntiin, eli toisin sanoen soittajalle tulee valikko, josta pystyy valitsemaan näppäintä painamalla halutun paikan. Terveystoimijoille ohjelmoidaan neljä valintaa, ja tilanteessa, jossa ei valita mitään, puhelu yhdistyy Helsingin kutsunumeroon. Automaattivälittäjään ohjelmoidaan tervetulotiedote, joka kertoo seuraavan viestin:

”Olet soittanut terveystoimijoiden ajanvaraukseen. Jos haluat Helsingin ajanvaraukseen, paina 1. Jos haluat Tampereen ajanvaraukseen, paina 2. Jos haluat Kuopion

ajanvaraukseen, paina 3. Jos haluat Turun ajanvaraukseen, paina 4. Muussa tapauksessa puhelusi yhdistyy Helsingin toimipisteeseen”.

Automaattivälittäjän valikko on päävalikosta Applications ja tämän alla Automated Attendant.

3.7 Toimipisteiden ohjelmoinnit

Toimipaikkoja ohjelmoitaessa tärkein asia on tietää, mitä aiotaan ohjelmoida. Jos alumerotiedot ja niiden käyttäjät eivät ole oikein, tiedot voivat mahdollisesti mennä sekaisin yrityksen sisällä. Lähtötiedot on siis tarkistettava ennen käyttöönottoja ja toimipaikkojen ohjelmointeja. Seuraavaksi käydään läpi Helsingin toimipaikan ohjelmointeja, jotka tapahtuvat samalla tavalla myös muissa toimipaikoissa.

Helsingin toimipiste. Helsingin toimipisteessä työskentelee 200 henkilöä, joille jokaiselle on tehtävä omat ohjelmointinsa. Kohdassa Users (ks. Liitteet 10,11) määritellään yhden käyttäjän alanumerointi yksityisellä tasolla, eli yksi alanumero vastaa yhtä käyttäjää. Users-valikosta pystytään tekemään yhden alanumeron ohjelmointeihin kymmeniä eri asetusmuutoksia, kuten esimerkiksi mitä numeroa näytetään ulospäin soittaessa tai halutaanko muuttaa yrityksen sisällä nimeä, joka välitetään soittavalle. Alanumerossa tärkeimmät ohjelmoinnit ovat alanumero, etunimi, sukunimi, puhelinmalli (lankapuhelin, FAX tai matkapuhelinalanumero), entity ja estoluokka. Tämän jälkeen, kun alumerot on ohjelmoitu järjestelmään, voidaan toimipaikassa ottaa käyttöön puhelin, johon alanumero on ohjelmoitu.

Toimipaikassa on käytössä FAX-laitteita. FAX-laitteiden alanumerot ohjelmoidaan samoin tavoin kuin muutkin alanumerot, mutta laitteeksi määritellään SIP-device. Tämän jälkeen pystytään kytkemään FAX-laite sovittimella kiinni VoIP-verkkoon ja sitä kautta puhelinjärjestelmään. Yrityksen FAX-laitteiden toimintaa pystytään tarkistamaan sipregister-komennolla, jolla nähdään, ovatko ne kirjautuneet verkkoon. Yrityksen käyttöön tulee lankapuhelien lisäksi matkapuhelinalanumerointi järjestelmän sisältä, joten se vaatii myös ohjelmoinnin järjestelmän alanumeron ja matkapuhelimen numeron väliin. Päävalikosta Users-valikon alta pääsee kohtaan Remote extension. Kyseisestä valikosta etsitään jo ohjelmoitu alanumero ja tehdään sille yhteys matkapuhelimeen. Ensin oh-

jelmoidaan ulkolinja 0 ja tämän perään matkapuhelimen numero. Kun käyttäjä soittaa ulospäin, hänellä näkyy nyt järjestelmän sisäinen numero eikä matkapuhelinnumero. Toinen ohjelmointi on se, että puhelut tulevat myös järjestelmään soittaessa alanumeron. Päävalikossa kohta Abbreviated Numbering pystytään ohjelmoimaan suora lyhytvalinta (direct abbreviated) matkapuhelimen alanumerolle, jolloin puhelut tulevat myös matkapuhelimeen, kun soitetaan järjestelmän alanumeron.

Yrityksen johdolla on kaksi sihteerä. Heille ohjelmoidaan alanumeron sihteerijohdaja-toiminteet, joiden avulla johtajan puhelut soivat ensiksi sihteerillä. Jokaisessa toimipaikassa on käytössä Call Center -sarja, johon asiakkaat soittavat. Tämä vaatii myös ohjelmointeja alanumerointiin, joten jokainen asiakaspalveluhenkilö on ohjelmoitava järjestelmään. Ensin ohjelmoidaan lankapuhelimen fyysinen numero, josta on pystyttävä kirjautumaan Call Center -sarjaan. Tämän lisäksi asiakaspalveluhenkilölle ohjelmoidaan kirjautumistunnus eli agenttinumero, josta on mahdollisuus kirjautua Helsingin toimipisteen Call Center -sarjaan. Helsinkiin ohjelmoidaan myös yrityksen sisäinen tavoitettavuusryhmä, joka tulee käyttöön heidän talouspalveluosastolle. Ryhmä pystytään ohjelmoimaan päävalikon kohdasta Groups ja Hunting Group (ks. Liite 12). Ryhmälle ohjelmoidaan alanumero 25400, joka ei tule yrityksen ulkopuolelle käyttöön. Ryhmään luodaan viisi talouspalveluosaston alanumeroa, ja nämä ohjelmoidaan soimaan yhtä aikaa.

Muut toimipisteet ohjelmoidaan samalla tavalla kuin Helsingin toimipiste, eli jokainen käyttäjä luodaan omien ohjelmointien mukaisesti järjestelmään. Ohjelmointien jälkeen lankapuhelimet asennetaan ja otetaan käyttöön toimipaikoissa. Käytännössä ohjelmoitu alanumero aktivoidaan puhelinlaitteeseen, joka on verkossa ja pyytää näppäilemään näyttölle oman alanumeron. Oman alanumeron näppäilemisen jälkeen puhelin käynnistyy ja aktivoituu DHCP:ltä samaansa IP-osoitteeseen.

3.8 Järjestelmän testaus

Järjestelmän testaus suoritetaan, kun järjestelmä voidaan ottaa tuotantoon ja käyttöön asiakkaalle. Liitteessä 13 – Testaustaulukko, on lista asioista, jotka pitää käydä huolella läpi ennen käyttöönottoa. Lista on hyvä toimittaa asiakkaalle. Jos tämän jälkeen ei ha-

vaita ongelmia näissä toiminteissa, järjestelmä voidaan ottaa käyttöön. Ennen järjestelmän testausta on tärkeää suorittaa seuraavia tarkistuksia järjestelmän sisällä ja seuraavilla komennoilla:

- Sisäinen vikarekisteri komennolla `incvisu - t 100` ja `excvisu`.
- Tietokannan tarkistus komennolla `chkdb`
- SIP-prosessien tarkistus komennolla `ps - edf | grep SIP`
- CPU:n kahdennus tarkistetaan `twin`-komennolla

4 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada aikaan kuva siitä, mikä VoIP eli Voice Over IP on ja kuinka se pystytään toteuttamaan yritykselle käytännössä. Oma tavoitteeni teoriatyötä laatiessa oli se, että pyrin kertomaan yleisesti tärkeimmät asiat puheen kuljettamisesta yrityksen VoIP-verkossa. Teoriaosuudessa kerrottiin aluksi, mitä komponentteja vaatii, että IP-puhe pystytään kuljettamaan verkossa. Tämän jälkeen kerrottiin, mitä nämä kohdat tarkoittavat käytännössä. Työssä selvitettiin mitä VoIP, PBX ja PSTN todella ovat käytännössä, minkä jälkeen paneuduttiin näiden ympärillä liikkuviin termeihin kuten esimerkiksi SIP.

SIP on tällä hetkellä tietoliikennemaailmassa tärkeimpiä tiedonsiirrossa käytettäviä tekniikoita, jos ei jopa tärkein. Sitä kehitetään päivä päivältä enemmän, ja sen valttina on muokattavuus, eli yritykset itsessään pystyvät rakentamaan oman näköisiään SIP-alustoja ja SIP-trunkejaan. Tärkein on tietenkin yhteensopivuus SIP-trunkin ja PBX-järjestelmän välillä, mikä on haaste jokaiselle järjestelmän toimittajalle.

SIP-tekniikan lisäksi työssä käytiin läpi muita tärkeitä tekniikoita, joita vaaditaan puheen kuljettamiseen IP-verkossa, minkä lisäksi kerrottiin analogisen ja digitaalisen signaaloinnin eroavaisuuksista. Analoginen puhe on käytännössä jo poistunut, eikä analogisella puhelintekniikalla toimivia järjestelmiä enää toimiteta. Jotta puhe saadaan kuljetettua perille asti, on sitä myös osattava muokata. Muokkaaminen eli koodaus tapahtuu koodekkien avulla, joita on kehitetty monen eri järjestelmän ja tekniikan tarpeisiin vaativiksi.

Puhetekniikan lisäksi työssä käytiin läpi, mitä vaaditaan fyysiseltä sisäverkon kaapeloinnilta, jotta IP-puhelin toimii yrityksen tiloissa, ja sitä, kuinka IP-puhelimella voidaan aktivoitua yrityksen VoIP-verkkoon DHCP:n avulla. Yrityksen PBX-järjestelmälle laskettaessa tarvittavia kapasiteetteja on tiedettävä puheluiden määrästä suuntaa-antavia tietoja, eli esimerkiksi kuinka paljon puheluita tulee ruuhkaisimpana aikana. Näiden tietojen perusteella käytetään Erlangin kaavaa, joka mahdollistaa laskemaan kapasiteetin tarvittavalle liikenteelle.

Teoriaosuuden jälkeen opinnäytetyön case-osuudessa keskityttiin siihen, miten yritykselle pystytään toimittamaan ja rakentamaan PBX-järjestelmä käytännössä. Työssä käytiin läpi eri vaiheet toimitusprosessista ohjelmointiin ja testaukseen. Työn ensimmäinen vaihe oli esitellä yritys ja sen tarvittavat vaatimukset järjestelmältä projektiorganisaatiolle, jonka työnä oli selvittää projektin sisällä tarvittavat asiat. PBX-järjestelmän toimituksessa nähtiin, miten teoriaosuuden teknologia näkyy järjestelmän rakennusvaiheessa, eli kuinka esimerkiksi SIP on osa PBX-järjestelmää tai miten puhe saadaan kuljetettua yleiseen puhelinverkkoon.

Järjestelmän ohjelmointivaihetta työstettäessä haastavinta oli miettiä tärkeimmät ohjelmoinnit, koska järjestelmä koostuu tuhansista ohjelmoineista ja kaikkea ei pysty käymään läpi. Mielestäni pystyin tässä työssä käymään läpi järjestelmän tärkeimmät osat alueet, jotka tarvitaan, jotta järjestelmä saadaan rakennettua yritykselle. Lopuksi oli vuorossa järjestelmän testaus, johon listasin osa-alueita, jotka on hyvä testata ennen käyttöönottoa. Näitä samoja osa-alueita testataan myös todellisuudessa, kun järjestelmiä toteutetaan.

SIP-teknologian myötä markkinoille on tullut isona kilpailijana PBX-järjestelmien rinnalle niin kutsuttu pilvipalvelu. Pilvipalvelut toimivat yrityksen tai toimittajan verkossa SIP-teknologiaa hyödyntäen, eli käytännössä fyysisiä puhelinjärjestelmiä ei enää tarvita yrityksen laitetiloihin. Yksi iso kilpailija markkinoilla on Microsoft, joka on tuonut markkinoille jo käytössä olevan pikaviestinjärjestelmän, mutta myös vielä pidemmälle kehitetyn järjestelmän, joka pystyy jo hoitamaan puheluiden kuljettamisen yleiseen puhelinverkkoon. Tämä ei ole kuitenkaan vielä sillä asteella, että se korvaisi vanhat järjestelmät kokonaan. Tällä hetkellä useille yrityksille tehdään pikaviestinjärjestelmän rinnalle PBX-järjestelmä, joka hoitaa puheen kuljettamisen yleiseen puhelinverkkoon ja hätäpuhelut. Tulevaisuudessa nykyiset puhelinjärjestelmät vähenevät SIP-teknologian myötä, mutta ei vielä tiedetä, mitä järjestelmiä PBX-valmistajat tuovat seuraavaksi markkinoille kilpailemaan pikaviestinjärjestelmien kanssa. Yksi mahdollinen ratkaisu voisi olla laitevalmistajan taholta kehitettävä keskitetty puhelinjärjestelmä, joka sijaitsee toimittajan laitetiloissa.

Työn tavoitteena oli kertoa, mikä VoIP on ja miten PBX-järjestelmä toimii VoIP-verkossa. Mielestäni sain aikaan kattavan paketin siitä, mitä VoIP-PBX on teoriassa ja miten se toteutetaan pienyritykselle käytännössä. Projekti oli pitkä, vaikka itse työn rakenne oli jo minulla päässä vuosia, eli kesti vain oma aikansa, kun sen sain paperille laadittua. Työn case-osuus tukee hyvin teoriaosuuden näkökulmaa siitä, kuinka teknologia näkyy ja kuinka työssä käsitellyt protokollat toimivat käytännössä. Tämän lisäksi toimitan opinnäytteen omalle työnantajalleni ja tunnen tästä olevan hyötyä, niin olemassa oleville kuin tuleville ylläpidon henkilöille. Verkon puolelta valmistuu paljon henkilöitä, eikä heillä ole suurempaa tuntemusta VoIP-verkoista ja kuinka PBX-järjestelmät hyödyntävät sitä tiedonsiirrossa. Tämän lisäksi työn pystyy lukemaan kuka tahansa, joka tuntee kiinnostusta VoIP-verkkoon ja siinä hyödynnettyihin puhelinjärjestelmiin.

Lähteet

Alcatel-Lucent. Luettavissa: <http://www.alcatel-lucent.com/>. Luettu: [2.12.2012]

Davidson Jonathan. 2002. Voice over IP. Edita, Helsinki.

Keogh Jim. 2001. Verkkotekniikat - tehokas hallinta. Edita, Helsinki.

Penttinen Jyrki. 2006. Tietoliikennetekniikka. Perusverkot ja GSM. 1. painos. WSOY, Helsinki.

Saarelainen Kari. 2011. IP-puhe. Readme.fi, Helsinki.

SIPTRUNK Network. What is sip trunking. Luettavissa:
<http://www.siptrunk.org/whatisiptrunking.php>. Luettu: [16.10.2012]

TechTarget. SIP trunking. Luettavissa:
<http://searchunifiedcommunications.techtarget.com/definition/SIP-trunking> Luettu
[16.10.2012]

Wikipedia. VoIP. Luettavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/VoIP>.]Luettu: 24.8.2012]

Wikipedia. SIP Trunking. Luettavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/SIP_Trunking.
Luettu [28.8.2012]

Wikipedia. IP PBX. Luettavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/IP-PBX>. Luettu:
[18.10.2012]

Wikipedia. Business telephone system. Luettavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/Private_branch_exchange#Private_branch_exchange.
Luettu: [17.10.2012]

Wikipedia. DHCP. Luettavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/DHCP>. Luettu: [15.10.2012]

Wikipedia. Application programming interface. Luettavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Application_programming_interface. Luettu: [15.10.2012]

Wikipedia. ISDN. Luettavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/ISDN>. Luettu: [15.10.2012]

Wikipedia. UDP. Luettavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/UDP>. Luettu: [16.10.2012]

Wikipedia. TLS. Luettavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/TLS>. Luettu: [29.10.2012]

Wikipedia. Parikaapeli. Luettavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Parikaapeli>. Luettu: [16.10.2012]

Wikipedia. Trunking. Luettavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Trunk_line. Luettu: [10.12.2012]

Wikipedia. Serial cable. Luettavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Serial_cable. Luettu: [10.12.2012]

Wikipedia. Call centre. Luettavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Call_centre. Luettu: [10.12.2012]

Wikipedia. Virtual private network. Luettavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/IP_VPN. Luettu: [10.12.2012]

Wikipedia. Central processing unit. Luettavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Central_processing_unit. Luettu: [10.12.2012]

3CX. VoIP (voice over IP). Luettavissa: <http://www.3cx.fi/voip-sip/voip-faq.php>.
[Luettu: 27.8.2012]

3CX. Mikä on PBX-puhelinjärjestelmä? Luettavissa: <http://www.3cx.fi/voip-sip/pbx-puhelin-jarjestelma.php>. [Luettu 16.10.2012]

3CX. SIP. Luettavissa: <http://www.3cx.fi/voip-sip/sip-faq.php>. Luettu: [28.8.2012]

Liitteet

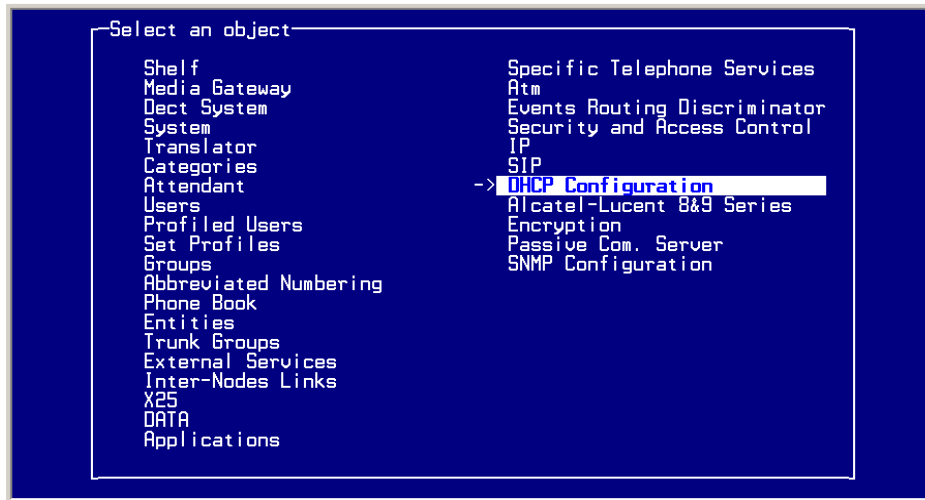
Liite 1 – Kuva 1

Yrityksen vaihde Helsingissä 030 75 25100
Yrityksen valtakunnallinen ajanvaraus 030 75 25000
Helsingin konsernihallinto 030 75 25000 – 030 75 25500
Helsingin asiakaspalvelu 030 75 25501 – 030 75 25900
Helsingin lääkärit 030 75 25900 – 030 75 25999
Tampereen asiakaspalvelu 030 75 26000 – 030 75 26200
Tampereen toimisto ja lääkärit 030 75 26201 – 030 75 26300
Kuopion asiakaspalvelu 030 75 26301 – 030 75 26500
Kuopion toimisto ja lääkärit 030 75 26501 – 030 75 26600
Turun toimisto ja lääkärit 030 75 26601 – 030 75 26700

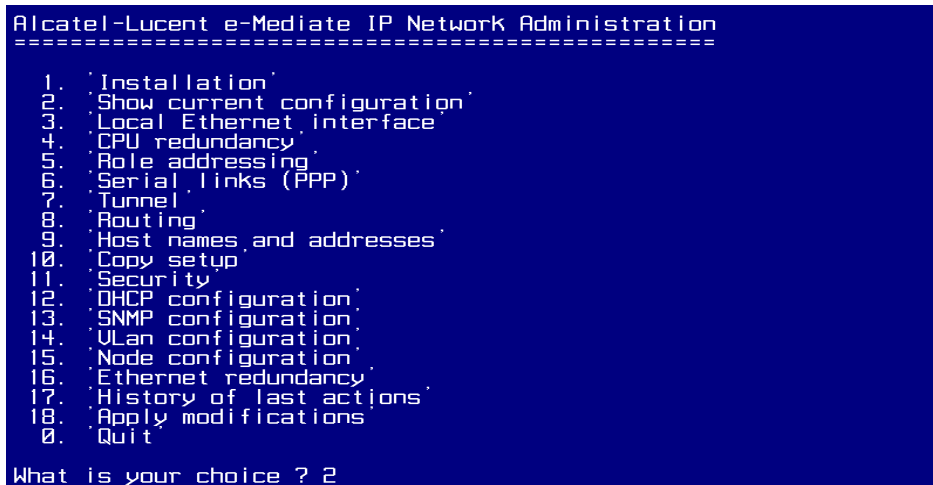
Liite 1 – Kuva 2

Helsingin laittila:	Helsingin toimipiste:
Verkon osoite 64.238.36.0	Verkon osoite 10.186.16.0
Verkon maski 255.255.255.192	Verkon maski 255.255.255.0
Verkon yhdyskäytävä (gateway) 64.238.36.1	
PBX-järjestelmän MAIN-osoite 64.238.36.4	Turun toimipiste:
CPU-A -osoite 64.238.36.6	Verkon osoite 10.186.17.0
CPU-B -osoite 64.238.36.7	Verkon maski 255.255.255.0
INTIPA-osoite 64.238.36.9	
INTIPB-osoite 64.238.36.8	Tampereen toimipiste:
PCS1-osoite 64.238.36.10	Verkon osoite 10.186.18.0
PCS2-osoite 64.238.36.11	Verkon maski 255.255.255.0
PCS3-osoite 64.238.36.12	
PCS4-osoite 64.238.36.13	Kuopion toimipiste:
SIP gateway -osoite 64.238.36.52	Verkon osoite 10.186.15.0
	Verkon maski 255.255.255.0

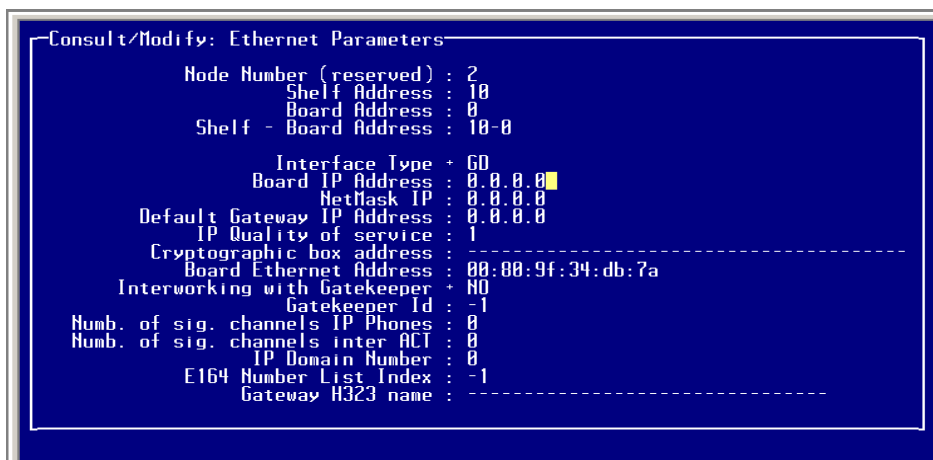
Liite 2 – Kuva 1



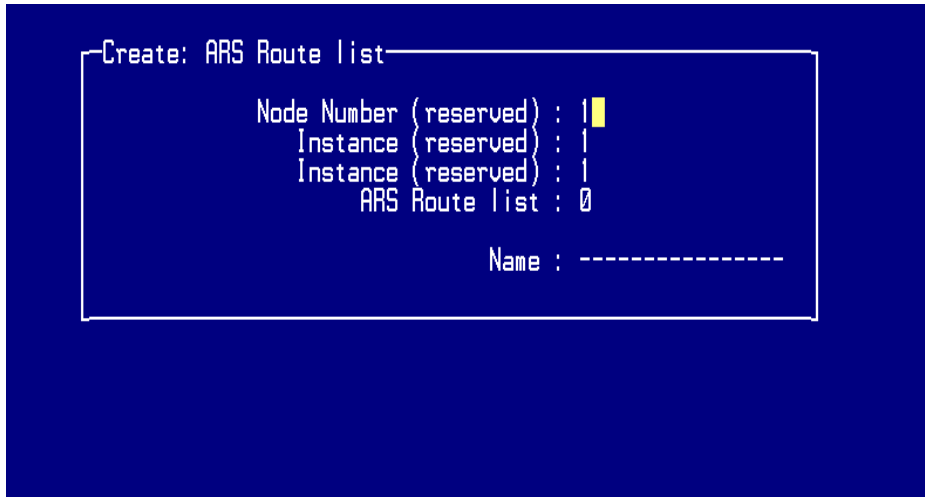
Liite 2 – Kuva 2



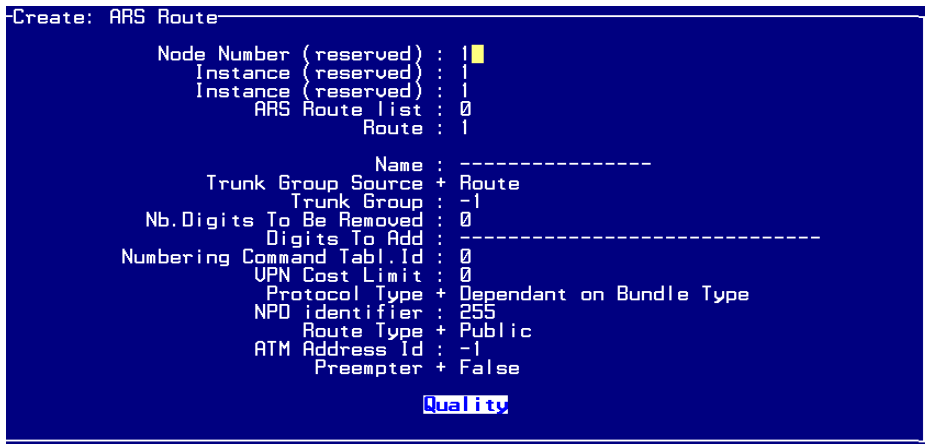
Liite 2 – Kuva 3



Liite 3 – Kuva 1



Liite 3 – Kuva 2



Liite 3 – Kuva 3



Liite 4 – Kuva 1

```
[ 286 ] Instances: Discriminator Rule
```

> 00	020200	0204	026	0307	049
0100	020201	0205	027	0309	050
0101	020202	0206	028	031	051
0102	020203	0207	029	032	052
0103	020204	0208	0300	033	053
0104	020205	02090	0301	034	054
0105	020206	02091	0302	035	055
0106	020207	02092	03030	036	056
0107	020208	02093	03031	037	057
0108	020209	02094	03032	038	058
0109	02021	02095	03033	039	059
013	02022	02096	03034	040	0600
014	02023	02097	03035	041	0601
015	02024	02098	03036	042	0602
016	02025	02099	03037	043	0603
017	02026	021	03038	044	061
018	02027	022	03039	045	062
019	02028	023	0304	046	063
0200	02029	024	0305	047	064
0201	0203	025	0306	048	065

Liite 4 – Kuva 2

```
Create: Default DDI Num. Translator
```

Node Number (reserved) : 1

Instance (reserved) : 1

Instance (reserved) : 1

First External Number : -----

First Internal Number : -----

Range Size : 1

Unique Internal Number + NO

Liite 4 – Kuva 3

```
Consult/Modify: DHCP Configuration
```

Node Number (reserved) : 7

DHCP configuration : 1

Configuration + DHCP Server

Alcatel-Lucent terms only + YES

SUP Server for MIPT : -----

Liite 5 – Kuva 1

```
-----Create: Entities-----
Node Number (reserved) : 1
Entity Number : 1

Name : -----
UTF-8 Name : -----
Attendant Group Manager : -1
Priority : NO
Traffic Overflow : Disallowed
Installation No (ISDN) : -----
Supplement.Install.No (ISDN) : -----
Caller Id.Secret : No
Adv.Of.Charg.2.requests(AOC2) : NO
Adv.Of.Charg.3.requests(AOC3) : NO
Auto.Locking : 0
Voice Mail Box No.for attendt : -----
Trunk Group Id : -1

Calls Distribution

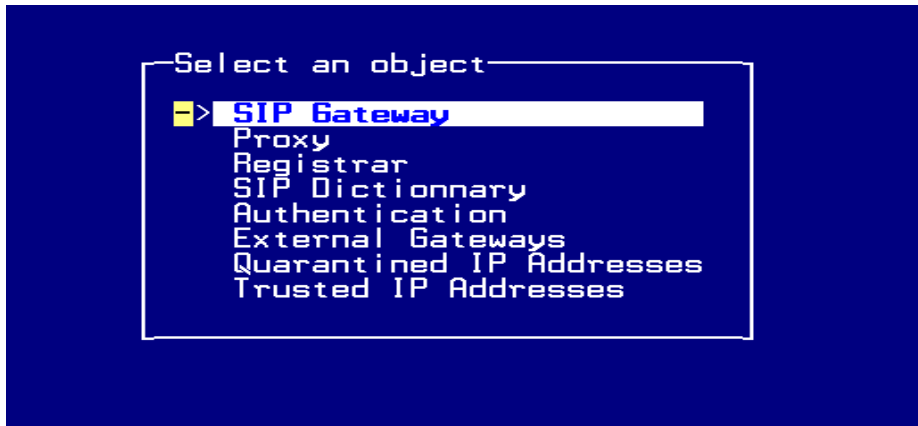
Overflow Routing No. : -----
```

Liite 5 – Kuva 2

```
-----Create: Entities-----

Forwarding on routing : YES
1st Night Routing : -----
2nd Night Routing : -----
3rd Night Routing : -----
1st Day Routing : -----
2nd Day Routing : -----
3rd Day Routing : -----
1st MODE 1 Routing : -----
2nd MODE 1 Routing : -----
3rd MODE 1 Routing : -----
1st MODE 2 Routing : -----
2nd MODE 2 Routing : -----
3rd MODE 2 Routing : -----
```

Liite 6 – Kuva 1



Liite 6 – Kuva 2



Liite 6 – Kuva 3

List of accesses

Nb	Main signalling support			Stby signalling support			Nb
	GPA	State	Position Support	GPA	State	Support	
1	ON	UP	(19, 0, 2) B Channel				0
2	ON	UP	(19, 0, 3) B Channel				0

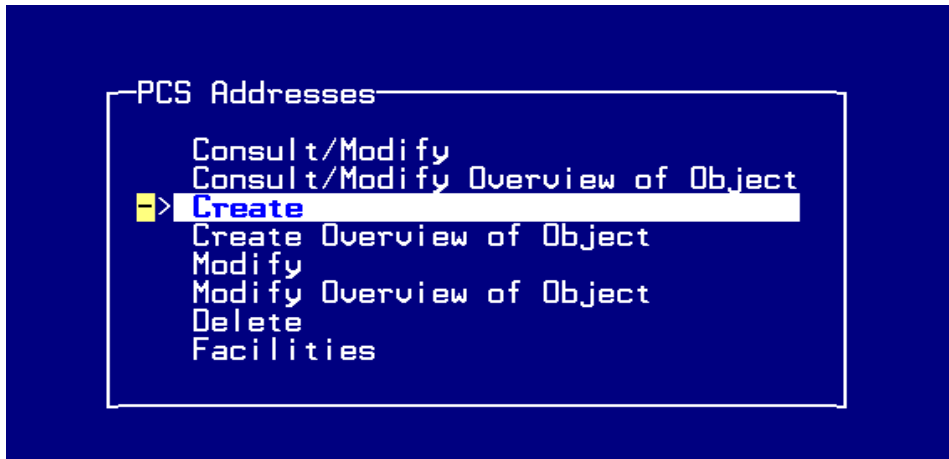
Liite 7 – Kuva 1

```
-----  
Create: All Subnetworks  
-----  
Node Number (reserved) : 1  
DHCP configuration : 1  
  
Subnetwork  
-----  
Subnet address : -----  
Netmask : 255.255.255.0  
  
Default router address : -----  
TFTP server address : -----  
ULan ID : ----  
ULan Address : -----  
SVP Server for MIPT : -----  
-----
```

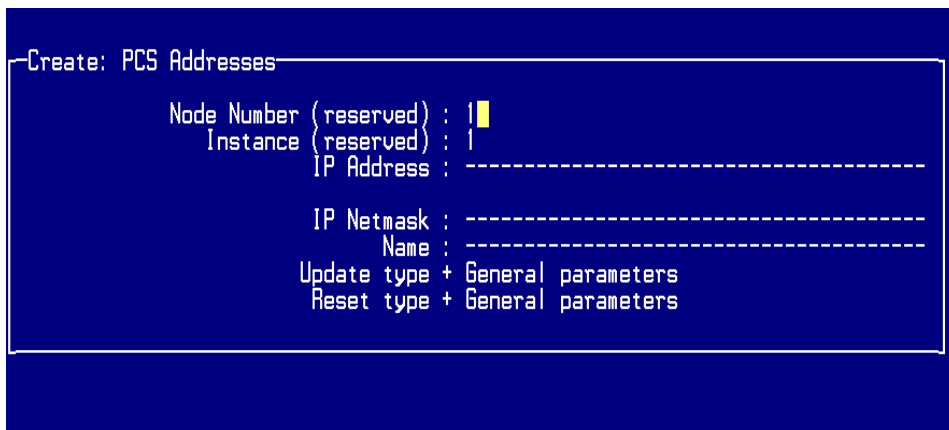
Liite 7 – Kuva 2

```
-----  
Create: IP Addresses Range  
-----  
Node Number (reserved) : 1  
DHCP configuration : 1  
  
Subnetwork  
-----  
Subnet address : -----  
Netmask : 255.255.255.0  
  
Range first address : -----  
Range last address : -----  
-----
```

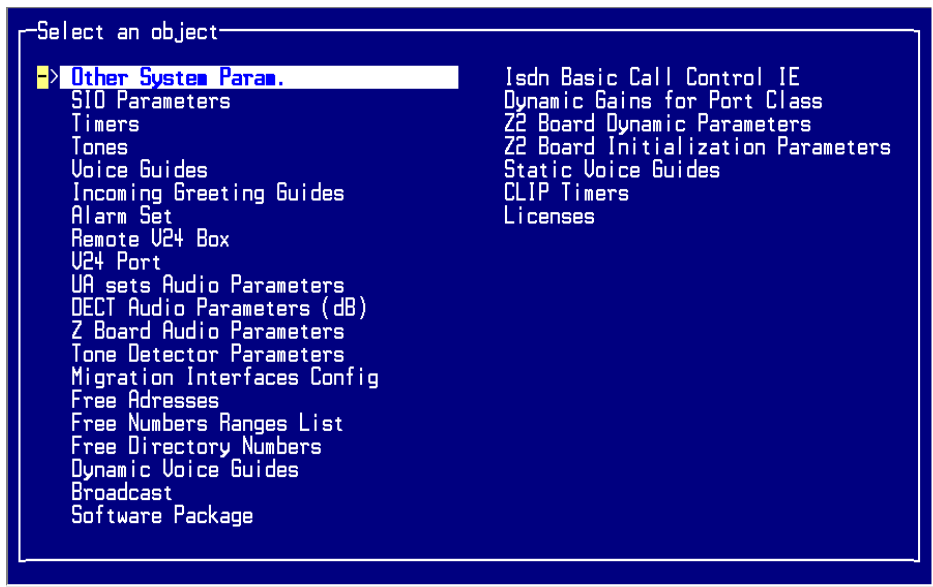
Liite 8 – Kuva 1



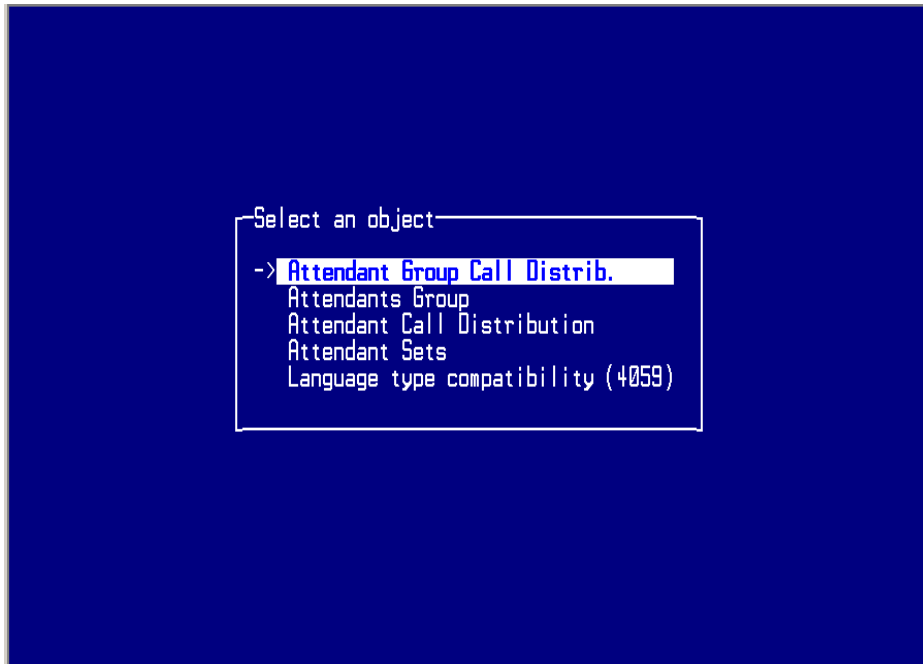
Liite 8 – Kuva 2



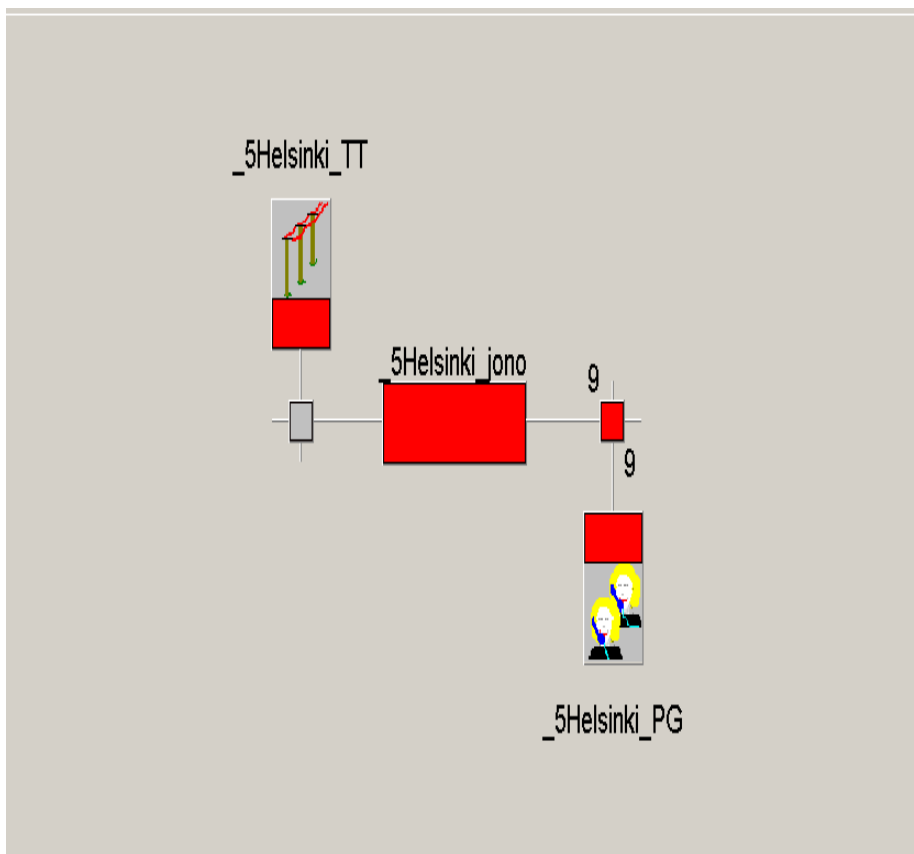
Liite 8 – Kuva 3



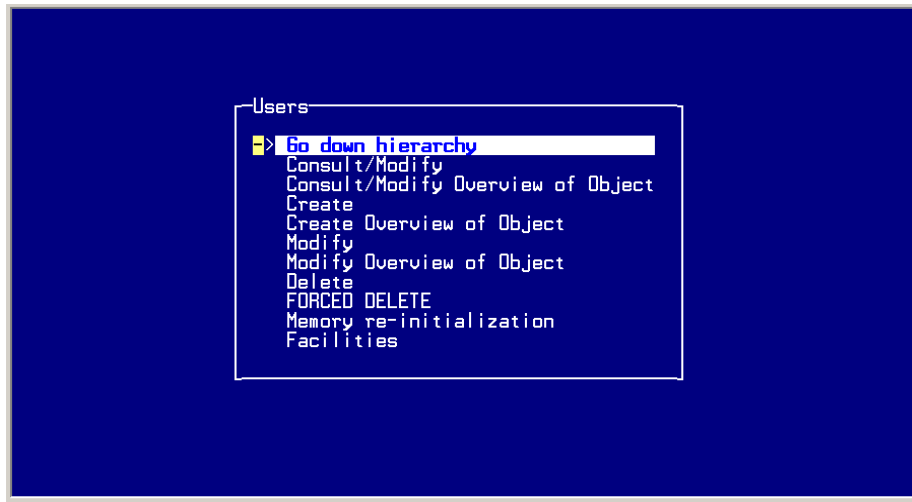
Liite 9 – Kuva 1



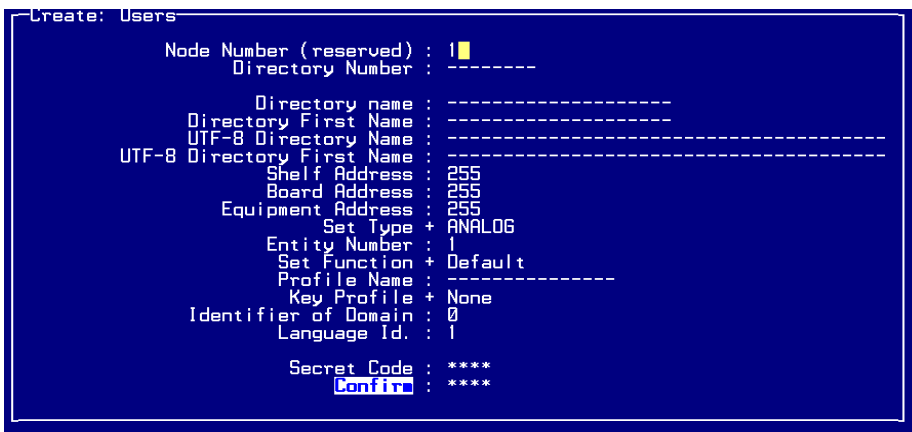
Liite 9 – Kuva 2



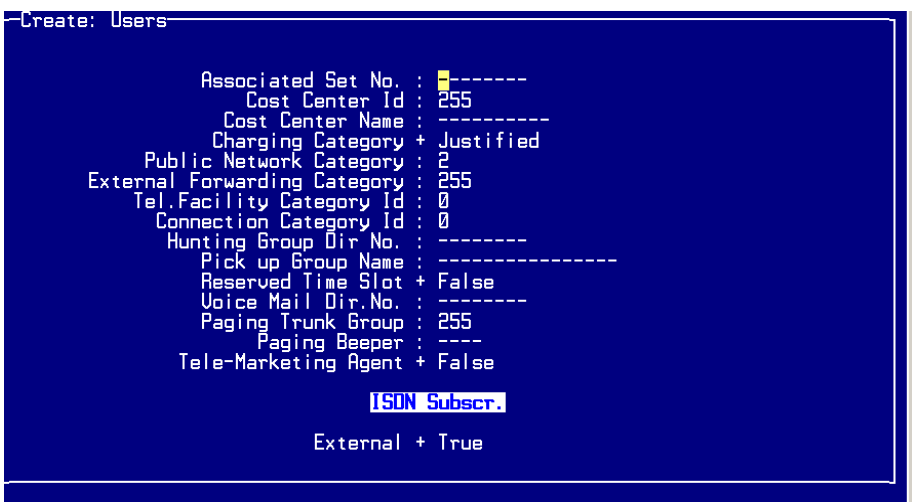
Liite 10 – Kuva 1



Liite 10 – Kuva 2



Liite 10 – Kuva 3



Liite 11 – Kuva 1

```
~Create: Users~
      Internal + True
Display ext. calling number + True
      ISDN Teleservice + Phone
      Hotel-Set Function + Administrative
      Use Type Of Dir. No. + Normal
      Number Of Set Users : 1
      Dialed number masked + NO
      Routing Table : 0
      Associated Videophone + False
      VIP (Very Important Pers.) + False
      Secretary Directory Number : -----
      Calls Priority : 0
      PCBT Associated + NO
      Urgent Call + NO

      PIN (Personal Ident.No.)

      PIN No. : -----
      PIN With Secret Code + False
```

Liite 11 – Kuva 2

```
~Create: Users~
      Type of control + By category
      PIN group number : 1

      Can Be Called By Name + YES
      Displayed Name : -----
      Count Errors Of Secret Code : 0
      ACD station + NO
      Incidents Teleservice + NO
      Voice Guide listening Class : 7
      Caller Category : 4
      USI Transparency + False
      Type of Keyboard + Default keyboard
      Count Errors Of Business Code : 0
      Stap + Off-hook
      Use Personal Calling Number + False
      PIN group control + No group
      CCA operator + False
      A4980 + No 4980
      Z IUA + False
      NOMADIC + False
```

Liite 12 – Kuva 1

```
~Create: Hunting Group
      Node Number (reserved) : 1
      Instance (reserved) : 1
      Directory Number : -----
      Directory Name : -----
      Identifier of Domain : 0
      Type of Hunting Group + Local Hunting Group
      Search Type + Cyclical
      Release After Timer + False
      Overflow Directory Number : -----
      Authorized Camp on Calls % : 50
      Connection Category Id : 0
      Public Network Category : 2
      Call Restriction Category : 0
      Withdrawal Authorized + True

      Dir.No Allocated to the group

      [ Add ] [ Remove ] [ Next ] [Previous]
```

Liite 12 – Kuva 2

```
~Create: Hunting group
      Release After Timer + False
      Overflow Directory Number : -----
      Authorized Camp on Calls % : 50
      Connection Category Id : 0
      Public Network Category : 2
      Call Restriction Category : 0
      Withdrawal Authorized + True

      Dir.No Allocated to the group

      [ Add ] [ Remove ] [ Next ] [Previous]

      Dir.No Allocated to the group : -----

      Entity Number : 1
      Prioritar Group + False
      CSTA routing + False
      Preempter + False
      CUG List Number : -1
      CUG Incoming Access + False
```


Liite 13 – Testaustaulukko

JÄRJESTELMÄ	CALL CENTER
CPU-kahdennus	Kutsunumeroihin voi soittaa
PCS-varmennus	Jonotiedotteet, yötiedotteet, blokkitiedotteet
Kortit toiminnassa	Agenttien sisään kirjautuminen/uloskirjautuminen onnistuu
Tiedotteet toiminnassa	Puhelujen varareititykset
Puheopasteet kuuluvat	Automaattivälittäjä
Keskusjohdot aktiiviset	Agentteja varten luodut ohjelmoitavat painikkeet toimivat
Puhelut ulos	
Puhelut sisään	
ALANUMEROT	VÄLITYSYMPÄRISTÖ
Ulkopuhelut, soitto/vastaaminen	Välitys ulos/sisään
Sisäpuhelut, soitto/vastaaminen	Puheluiden vastaaminen
Soitonsiirrot	Puheluiden poiminta
Neuvottelupuhelut toimivat	Puheluiden yhdistäminen
Takaisinsoitto	Ylivuodot (jos niitä on)
Äänitaajuusvalinta	Hakutoiminteet
Ohjelmoitavat painikkeet toimivat	Tavoitettavuuden teko puhelimesta käsin
Sankaluurien toimivuus	Kulunvalvontakortin leimaus onnistuu
FAXIT	Jonotiedotteet, yötiedotteet
GSM-alaliittymät	
Pöytäpuhelimet	
Kriittisten numeroiden lista (esimerkiksi vaihteen kutsu)	
Hätäliikenneohjaukset (112)	
Automaattivalikot	
Soitettaessa ohivalintaan puhelun palautuminen ”ei vastaa” -tilanteessa	
Numeron näkyminen soitettaessa ulos	