

# Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmät

Käyttöympäristöjen vaikutus konfigurointiin

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Liiketalouden ala  
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma  
Opinnäytetyö  
Syksy 2010  
Niko Paukkunen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma

NIKO PAUKKUNEN:

Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmät  
Käyttöympäristöjen vaikutus konfigu-  
rointiin

Tietojenkäsittelyn opinnäytetyö, 65 sivua

Syksy 2010

## TIIVISTELMÄ

---

Tämä opinnäytetyö käsittelee tietoverkkoja hyödyntäviä ohjelmistopohjaisia puhelinjärjestelmiä. Järjestelmiin viitataan käsitteellä: VoIP-puhelinjärjestelmät (Voice over Internet Protocol), jossa ensimmäisellä osalla tarkoitetaan digitaalisen äänen reaaliaikaista siirtämistä IP-protokollaa tukevan verkon välityksellä.

Tarkoituksena on tutkia kuinka käyttöympäristöjen vaatimukset vaikuttavat Asterisk-ohjelmistolla toteutetun VoIP-puhelinjärjestelmän konfigurointiin. Tutkimus koostuu kolmesta pääkokonaisuudesta; VoIP-puhelinjärjestelmien teoriasta, Asterisk-järjestelmien esivalmisteluista sekä järjestelmien luomisesta.

Tutkimus toteutettiin empiirisenä tutkimuksena, jossa tutkimustyypinä käytettiin kvalitatiivisiin tutkimusmenetelmiin kuuluvaa toimintatutkimusta. Työn käytännönsuus koostuu käyttöympäristöjen suunnittelusta sekä Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmien luomisesta virtuaaliympäristössä. Luomisprosessin yhteydessä tehtyjen havaintojen pohjalta kuvaillaan yksityiskohtaisesti kuinka järjestelmien konfigurointi tapahtuu. Tutkimustulokset muodostetaan vertailemalla luotuja järjestelmiä ja tekemällä tämän pohjalta johtopäätöksiä.

Tutkimuksessa selvisi, että Asterisk-järjestelmien konfiguroinnin haastavuuteen vaikutti suurilta osin käyttöympäristön tarve olla yhteydessä ulkoisiin puhelinverkkoihin, kuten matka- tai lankapuhelinverkkoon. Lisäksi tarve interaktiivisille toiminnoille muutti merkittävästi puheluiden reititysten konfiguroinnin rakennetta sekä teki siitä vaativampaa. Konfigurointitiedostojen datan määrän havaittiin myös olevan suoraan verrannollinen järjestelmän käyttäjien määrään. Käyttäjien lisäämisen järjestelmään todettiin kuitenkin tapahtuvan joustavasti, heidän käyttötarpeidensa ollessa yhteneväiset keskenään.

Teoriatiedon sekä tutkimustulosten perusteella pääteltiin, että erilaisten käyttöympäristöjen asettamat vaatimukset vaikuttavat merkittävästi Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmien konfiguroinnin haastavuuteen. Asteriskin avulla voidaan kuitenkin luoda kustannustehokkaasti hyvin joustavia sekä monipuolisia puhelinjärjestelmiä muuttuvien käyttöympäristöjen tarpeisiin.

Avainsanat: Asterisk, VoIP, puhelinjärjestelmä, käyttöympäristö

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Information Technology

PAUKKUNEN, NIKO:

Asterisk VoIP Telephone Systems  
Effects of Operating Environments on  
Configuration

Bachelor's Thesis,

65 pages

Autumn 2010

## ABSTRACT

---

This thesis studies software-based telephone systems that use networks for voice transferring. These systems are referred to as VoIP telephone systems (Voice over Internet Protocol), where the first part of the concept is used to clarify how voice is digitally transferred in real-time using IP-based networks.

The aim of this paper is to examine how the requirements of operating environments affect the configuration of Asterisk-based VoIP telephone systems. The thesis consists of three main subjects; theory of VoIP telephone systems, preliminary preparations of Asterisk systems and the creation of these systems.

The study was carried through as empirical research where the research type was action research applying qualitative methods. The practical part of the thesis consists of designing the operating environments and creating the Asterisk VoIP telephone systems in a virtual environment. The observations obtained while creating these systems are used for detailed description of the configuration processes. Finally the results are obtained by comparing the created systems and drawing conclusions from this.

The study finds that configuring Asterisk systems is clearly more challenging as the environment requires a route to external telephone networks, such as mobile or public switched telephone networks. In addition, the need for interactive functions changed significantly the structure of the call routing configuration and made it more complex. Also the amount of data in the configuration files was discovered to be directly proportional to the number of system users. However, adding new users into the system turned out to be quite flexible, as long as their needs were congruent with each other.

Based on the theoretical information and the results of this study, it was concluded that the requirements set by the different environments affected dramatically the degree of difficulty of configuring the Asterisk VoIP telephone systems. Asterisk however provides a cost-effective way to build flexible and versatile telephone systems which meet the requirements of the changing environments.

Key words: Asterisk, VoIP, telephone system, operating environment

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUSMENETELMÄ	3
3	VOIP-PUHELINJÄRJESTELMÄT	5
3.1	VoIP-tekniikka	5
3.2	SIP-protokolla	7
3.3	PBX-puhelinjärjestelmät	12
3.4	IP PBX -puhelinjärjestelmät	14
3.5	Asterisk-ohjelmisto	20
4	ASTERISK-JÄRJESTELMIEN ESIVALMISTELUT	22
4.1	Laitteistovaatimukset	22
4.2	Koodekit	25
4.3	Testausalusta ja ohjelmistot	25
4.4	Käyttöympäristöjen suunnittelu	28
5	ASTERISK-JÄRJESTELMIEN KONFIGUROIINTI	33
5.1	Asteriskin asennus	33
5.2	Komentorivi ja tiedostot	35
5.3	Kotipuhelinverkon konfigurointi	38
5.4	Yrityspuhelinverkon konfigurointi	45
5.5	Tulosten analysointi	55
6	YHTEENVETO	59
	LÄHTEET	61

## LYHENNELUOTTELO

ATA	Analog Telephony Adapter, laitteen avulla yhdistetään analogiset puhelimet digitaaliseen puhelinjärjestelmään.
DNS	Domain Name System, internetin nimipalvelujärjestelmä, joka muuntaa verkkotunnuksia IP-osoitteiksi.
DTMF	Dual-tone multi-frequency signaling, perinteisen puhelinverkon merkinantotekniikka puhekanavan sisällä.
FXO	Foreign eXchange Office, puhelinrajapinta, joka vastaanottaa soittoääntä, tiedon luurin laskemisesta ja nostamisesta, soittojännitettä sekä lähettää ja vastaanottaa äänitaajuussignaaleja.
FXS	Foreign eXchange Station, puhelinrajapinta, joka tarjoaa jännitelähteen, valintääänen sekä soittoäänen.
H.323	Signalointiprotokolla, yleisstandardi lähes kaikille protokollille, jotka mahdollistavat audiovisuaalisen kommunikoinnin lähiverkoissa tai internetissä.
IETF	The Internet Engineering Task Force, internet-protokollien standardoinnista vastaava organisaatio.
IP PBX	Internet Protocol Private Branch eXchange, yrityksen sisäinen puhelinverkko, jossa ääni siirtyy dataverkon välityksellä.
LAN	Local Area Network, rajoitettu pienehkö tiedonsiirtoverkko eli lähiverkko.
MEGACO	Media Gateway Control Protocol (H.248), toteutus edellä mainitusta protokollasta, jolla hallinnoidaan digitaalisen median yhdyskäytäviä IP-verkossa tai perinteisessä puhelinverkossa.
MGCP	Media Gateway Control Protocol (H.248), toteutus edellä mainitusta protokollasta, jolla hallinnoidaan digitaalisen median yhdyskäytäviä IP-verkossa tai perinteisessä puhelinverkossa. Rakenteeltaan samankaltainen kuin MEGACO-toteutus, mutta käytännössä eri protokolla, joka ei toimi yhdessä tämän kanssa.
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions, määrittelee tavan, jolla sähköpostiviestejä pystytään välittämään erilaisia merkkivalikoimia käyttäen, ja jolla viesteihin voidaan sisällyttää liitetiedostoja.

OSI	Open Systems Interconnection Reference Model, kuvaa tiedonsiirto-protokollien yhdistelmän seitsemässä kerroksessa.
PBX	Private Branch Exchange, yrityksen sisäinen puhelinverkko.
PSTN	Public Switched Telephone Network, perinteinen puhelinverkko.
QoS	Quality of Service, tietoliikenteen luokitteluun ja priorisointiin käytetty termi.
RFC	Request for Comments, ovat IETF-organisaation julkaisemia internetiä koskevia standardeja.
RJ-45	Kierretyn parikaapelin yleisin liittintyyppi lähiverkossa.
RJ-11	Kierretyn parikaapelin liittintyyppi puhelinkaapeleissa.
RTP	Real-time Transport Protocol, tietoliikenneprotokolla reaaliaikaisen datan, kuten äänen ja kuvan siirtämiseen pakettiverkoissa.
RTSP	Real Time Streaming Protocol, tiedonsiirto-protokolla multimedian suoratoistoa varten IP-verkoissa.
SCCP	Skinny Call Protocol, sovelluskohtainen verkon päätelaitteen ohjausprotokolla.
SDP	Session Description Protocol, protokolla, jolla voidaan kuvata internetin multimediaesityksiä tai -istuntoja.
SIP	Session Initiation Protocol, IP-puhelinyhteyksien luonnista vastaava tietoliikenneprotokolla.
TCP	Transmission Control Protocol, tietoliikenneprotokolla, jolla luodaan yhteyksiä internetin välityksellä.
TLS	Transport Layer Security, salausprotokolla, jolla voidaan suojata internet-sovellusten tietoliikenne IP-verkkojen yli.
UDP	User Datagram Protocol, yhteiskäytäntö, jolla sovellus voi lähettää viestejä toiselle tietokoneelle.
WAN	Wide Area Network, laaja tiedonsiirtoverkko eli laajaverkko, johon voi kuulua muun muassa useita lähiverkkoja.
VoIP	Voice over Internet Protocol, äänensiirtotekniikka IP-protokollan välityksellä.

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyö käsittelee Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmien suunnittelua sekä niiden toteuttamista. Asterisk on tällä hetkellä suosituin vapaan ohjelmistolisenssin alaisuudessa toimiva puhelinjärjestelmäohjelmisto ja sen kehitysyhteisön toiminta voidaan luokitella merkittäväksi tekijäksi VoIP-käsitteen esille tuomisessa. Opinnäytetyö on suunnattu siitä kiinnostuneille yrityksille, yhteisöille tai harrastajille, jotka harkitsevat Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmän käyttöönottoa.

Asterisk-ohjelmisto toimii käytännössä alustana sen päälle konfiguroitavalle puhelinjärjestelmälle. Ohjelmisto ei ole valmis puhelinjärjestelmä, vaan eräänlainen rakennussarja, jonka avulla tämä voidaan toteuttaa. Sitä voidaan pitää jonkin yhteisön tai yrityksen puhelinliikenteen yhdentämiseen tarkoitettuna sovelluksena. Tämän johdosta se sisältää myös runsaasti VoIP-ominaisuuksia, joten sitä voidaan haluttaessa käyttää VoIP-pohjaisten puhelinjärjestelmien luomisessa.

Asteriskin kaltaiset ohjelmistopohjaiset IP PBX -puhelinjärjestelmät ovat nykyään tavanomaisten yrityskäytössä olevien PBX-puhelinjärjestelmien syrjäyttäviä järjestelmiä. IP PBX -järjestelmät ovat edullisempia toteuttaa yrityksessä verrattaessa tavanomaisiin laitteistipohjaisiin PBX-järjestelmiin. Lisäksi ohjelmistopohjaisten järjestelmien toiminnalliset kustannukset ovat myös pienemmät. Yritykset säästävät tämän lisäksi puheluista muodostuvissa kustannuksissa. IP PBX -järjestelmien avulla muun muassa yrityksen sisäiset puhelut sekä eri toimipisteiden välillä soitetut puhelut voidaan toteuttaa ilmaiseksi.

Ohjelmistopohjaisen puhelinjärjestelmän ansiosta yritys ei myöskään tarvitse erillisiä puhelin- ja datayhteyksiä, vaan nämä voidaan yhdistää yrityksen datatietoverkon alaisuuteen. Tämän johdosta säästetään myös ylläpitokustannuksissa, sillä yksi tietoverkko tarvitsee vähemmän huomiota verrattuna erillisiin puhelin- ja dataverkkoyhteyksiin. Ohjelmistopohjaisen puhelinjärjestelmän ylläpitoa voidaan helpottaa asentamalla lisäksi graafinen käyttöliittymä, jolloin ei välttämättä tarvita ulkoista apua järjestelmän ylläpitoon.

Yritykset voivat lisäksi valita halutaanko IP PBX -järjestelmä toteuttaa yrityksen omistamana ratkaisuna vai vuokrataanko järjestelmä käyttöön leasing-periaatteella. Vuokraamalla järjestelmät käyttöönsä yrityksen ei välttämättä tarvitse kiinnittää niin suurta pääomaa järjestelmän toteuttamiseksi. Riippumatta toteutustavasta ohjelmistopohjaiset IP PBX -järjestelmät mukautuvat tehokkaasti yrityksen eri käyttötarpeisiin. Joustavuus onkin järjestelmien tärkein ominaispiirre, sillä uusien ominaisuuksien lisääminen ohjelmistopohjaiseen järjestelmään onnistuu huomattavasti vaivattomammin kuin tavanomaiseen laitteistopohjaiseen PBX-järjestelmään. IP PBX -järjestelmien skaalautuvuus huomataan hyvin myös siitä, ettei sillä ole maksimaalista käyttäjämäärää. Käyttäjämäärän kasvaessa voidaan myös järjestelmän laitteistoresursseja kasvattaa tarvittavassa suhteessa.

Yritysten vaihtaessa toimipaikkaansa IP PBX -järjestelmät kulkevat vaivattomasti mukana, sillä järjestelmien toteuttamiseen tarvittava laitteisto koostuu suurilta osin samasta laitteistosta, jolla yrityksen datatietoverkko on toteutettu. Tarvittavan laitteiston vähäisyyden ansiosta järjestelmät ovat myös helpompia varmistaa. Varajärjestelmän toteuttamiseen tarvitaan vain toinen palvelin, joka vastaa käytössä olevan järjestelmän palvelinta.

## 2 TUTKIMUSMENETELMÄ

Opinnäytetyöni tutkimuskysymys on seuraava: Kuinka käyttöympäristöjen vaatimukset vaikuttavat Asterisk-järjestelmän VoIP-ominaisuuksien konfigurointiin? Tutkimuksen tarkoituksena on konfiguroida kaksi Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmää virtuaaliympäristössä. Puhelinjärjestelmät luodaan aiemmin suunniteltujen käyttöympäristöjen vaatimusten mukaisesti. Käyttöympäristöllä tarkoitetaan ympäristöä, johon Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmä voidaan toteuttaa. Se voi olla käytännössä jokin yhteisö, yritys tai kotiympäristö. Ympäristön muuttuessa myös vaatimukset puhelinjärjestelmiä kohtaan muuttuvat, joka vaikuttaa suoranaisesti Asterisk-järjestelmän konfigurointiin.

Työssä ei oteta kantaa Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmiin liitettäviin ohjelmistopuhelimiin tai mahdollisiin fyysisiin laitteistoihin. Asterisk-ohjelmistosta on myös versioita useille muille käyttöjärjestelmille, tämä opinnäytetyö käsittelee kuitenkin vain Debian GNU/Linux -käyttöjärjestelmän päälle toteutettavia Asterisk-järjestelmiä. Asterisk voi lisäksi toimia yrityksen koko puhelinliikenteen yhdenä sovelluksena, tämä työ painottuu kuitenkin Asteriskin VoIP-ominaisuuksien tutkimiseen.

Tutkimus toteutetaan empiirisenä tutkimuksena sen perustuessa Asterisk-ohjelmiston käytännöntestaukseen sekä konkreettisten havaintojen tekemiseen tämän pohjalta. Empiirisessä tutkimuksessa tutkimusongelmana voi olla tutkittavan aiheen teoreettinen kuvaaminen perusteellisesti ja tarkasti, sen selittäminen sekä tulevan kehityksen ennustaminen tai jonkin toiminnan arvioiminen ja kehittäminen (Uusitalo 1991, 61).

Aineistonhankinnan tapa perustuu toimintatutkimuksessa käytettyihin aineistonkeruumenetelmiin. Toimintatutkimuksessa pyritään vastaamaan johonkin käytännön toiminnassa havaittuun ongelmaan tai kehittämään olemassa olevaa käytäntöä paremmaksi. Siinä tutkimus ja suunnittelu etenevät yhtä aikaa. Oleellista toimintatutkimuksessa on määrittellä mikä tutkimuksessa on toimintaa ja mikä tutkimusta (Eskola & Suoranta 1998, 130). Tämä opinnäytetyö perustuu emansipatoriseen

toimintatutkimukseen, jossa toimija pyrkii itse parantamaan tutkimuskohdettaan. (Metsämuuronen 2008, 29–31.)

Tutkimusaineistoa tarkastellaan kvalitatiivisesta näkökulmasta, jossa aineisto ilmenee verbaalisessa tai visuaalisessa muodossa. Aineistosta tulee käydä ilmi tutkimusongelman kannalta olennaiset piirteet. Sen kerääminen, käsitteleminen ja analysoiminen liittyvät aina tiiviisti toisiinsa. Analysoinnin laatu on kuitenkin pitkälti riippuvaista tutkijan kyvyistä ja luovuudesta. Kvalitatiivisen tutkimuksen pääpaino on teorian kehittelyssä. (Uusitalo 1991, 79–82.)

Tutkimus koostuu kolmesta pääkokonaisuudesta. Ensimmäinen osio käsittelee VoIP-puhelinjärjestelmien teoriaa ja sen on tarkoitus toimia teoriapohjana sitä seuraaville tutkimustyötä käsitteleville kokonaisuuksille. Osiossa tutkitaan VoIP-käsitteen tarkoitusta, määritellään SIP-protokollan toimintaa sekä selvitetään miten PBX- ja IP PBX -järjestelmät eroavat toisistaan. Lopuksi käydään vielä lyhyesti läpi Asterisk-ohjelmiston toimintaa yleisellä tasolla.

Toisessa osiossa aloitetaan varsinainen tutkimustyön suunnittelu. Tässä käydään ensin läpi erilaisten Asterisk-järjestelmien vaatimia laitteistoresursseja sekä järjestelmän hyödyntämiä koodekkeja. Tämän jälkeen siirrytään käsittelemään tutkimustyössä käytettävää testausalustaa sekä siihen tarvittavia ohjelmistoja. Osion lopussa suunnitellaan kaksi käyttöympäristöä erilaisine vaatimuksineen, jotka ovat tarkoitettu soveltuviksi koti- sekä yrityskäyttöön. Ympäristöihin viitataan nimillä kotipuhelinverkko sekä yrityspuhelinverkko.

Työn kolmas ja viimeinen osio käsittelee Asterisk-järjestelmien toteuttamista aiemmin suunniteltuihin käyttöympäristöihin. Ennen koti- sekä yrityspuhelinverkon toteuttamista käydään kuitenkin läpi Asterisk-ohjelmiston asennus sekä lyhyesti sen komentorivin hallintaa. Osion kattavin osuus koostuu edellä mainittujen puhelinverkkojen konfiguroinnin yksityiskohtaisesta kuvaamisesta. Lopuksi luotuja Asterisk-järjestelmiä analysoidaan vertaamalla niitä keskenään, jonka pohjalta muodostetaan tutkimuksen tulokset.

### 3 VOIP-PUHELINJÄRJESTELMÄT

Tässä luvussa käydään ensin lyhyesti läpi mitä VoIP käytännössä tarkoittaa. Tämän jälkeen tutustutaan VoIP:iin perustuvaan SIP-protokollaan, jota hyödynnetään myöhemmin luotavissa Asterisk-järjestelmissä. Tästä siirrytään käsittelemään erilaisia puhelinjärjestelmiä ja perehdytään ensin tavanomaisiin PBX-puhelinjärjestelmiin, jonka jälkeen käsitellään nykyaikaisempia VoIP-tekniikkaa paremmin tukevia IP PBX -puhelinjärjestelmiä. Lopuksi tutustutaan tiiviisti Asterisk-ohjelmiston toimintaan yleisellä tasolla. Kaikki luvussa käsiteltävät aiheet ovat pääosin valittu Asterisk-ohjelmiston näkökulmasta, jotta ne tukisivat opinäytetyön tutkimusosuutta.

#### 3.1 VoIP-tekniikka

Valdes & Roos (2010) määrittelevät artikkelissaan VoIP:n (Voice over Internet Protocol) olevan tapa kääntää analogiset audiosignaalit digitaalseksi dataksi, jotka voidaan välittää internetin kautta. VoIP:n avulla tavallinen internetyhteys voidaan kääntää tavaksi puhua ilmaisia puheluita. Käytännöllisin ja samalla yleisin tapa on käyttää jotakin saatavilla olevaa VoIP-sovellusta, jonka avulla voidaan soittaa internetin ylitse ja ohittaa näin kokonaan puhelinyhtiöistä koituvat kustannukset.

Grayson (2009) kertoo artikkelissaan VoIP-tekniikan nousseen esille 90-luvun puolivälissä, jonka jälkeen sen käyttö on jatkanut kasvuaan. Tekniikka VoIP:n takana kehitettiin alkujaan 70-luvun loppupuolella, mutta kesti kuitenkin yli 20 vuotta, että se nousi jokapäiväiseen käyttöön. Nykyään sitä käyttävät jo sadattuhannet ihmiset ympäri maailmaa.

Valdes & Roos (2010) kuvailevat artikkelissaan kolmea eri tapaa toteuttaa VoIP-puheluita. Ensimmäinen näistä tapahtuu ATA-sovittimen avulla, joka mahdollistaa analoginen puhelimen liittämisen tietokoneeseen. Sovitin kääntää puhelimen analogisen signaalin digitaaliseen muotoon, jotta data voidaan lähettää internetin yli. Toinen tapa on hankkia IP-puhelin, jotka voivat muistuttaa tavanomaisia langapuhelimia, mutta niiden merkittävin käytännönero on liitännässä. IP-puhelimet

käyttävät RJ-45 -liitäntää tavanomaisen lankapuhelimen RJ-11 -liitännän sijasta, joten ne voidaan kytkeä suoraan verkkolaitteen RJ-45 -porttiin. IP-puhelinten signaali on täten jo valmiiksi digitaalista, eikä sitä tarvitse muuntaa. Kolmas vaihtoehto on yksinkertainen, tämä tapahtuu ohjelmistopuhelimen avulla. Ohjelmistopuhelimia on erilaisia, joista osa on ilmaisia ja osa kaupallisia versioita. Ohjelmistopuhelimella soittaminen tietokoneesta tietokoneeseen on yleensä ilmaista välimatkasta riippumatta. Ohjelmistopuhelimen lisäksi tarvitaan luonnollisesti myös kuulokkeet tai kaiuttimet, mikrofoni sekä äänikortti.

Valdes & Roos (2010) selvittävät tekstissään kuinka pakettienvälitys tapahtuu VoIP-yhteyden muodostuttua, eli kuinka puhelu teoriassa suoritetaan. Lähettävä tietokone pilkkoo datan pieniin paketteihin, joissa jokaisessa on osoite, joka kertoo verkkolaitteelle minne ne lähetetään. Lähettävä tietokone lähettää paketin lähimpään reitittimeen ja unohtaa sen tämän jälkeen. Reititin lähettää paketin toiseen vastaanottavaa tietokonetta lähempänä olevaan reitittimeen ja toimenpide jatkuu kunnes paketti on lopulta perillä. Vastaanottavan tietokoneen saadessa lopulta paketit, se käyttää paketeista löytyviä ohjeita kootakseen uudelleen datan siihen tilaan, jossa se oli lähetettäessä.

Grayson (2009) kertoo artikkelissaan, että useimmat VoIP-palvelut mahdollistavat käyttäjille myös puhelinnumeron, johon ihmiset voivat soittaa internetin ulkopuolelta. Tällaisissa tapauksissa puhelu reititetään lähimpään tukiasemapisteeseen, josta se matkaa internetin ylitse VoIP-puhelimeen. Tämän lisäksi VoIP-palvelut sisältävät yleensä runsaasti erilaisia toimintoja, kuten esimerkiksi puhepostilaatikon, soittajan tunnistimen, soittajan estämisen, puheluidun ohjauksen tavallisiin numeroihin sekä neuvottelutoiminnon, jonka avulla voidaan muodostaa puhelin-konferensseja.

Wailgumin (2010) kattavassa artikkelissa VoIP:n eduiksi esitetään muodostuneen sen kustannussäästöt yrityksissä. Tärkeimpinä näistä ovat yrityksiensä säästöt kaukopuheluissa sekä säästöt hajautetun yrityksen sisäisissä puheluissa WAN:n välityksellä. Haittapuolina mainittiin VoIP-puheluiden riippuvuus verkkovirrasta sekä

toisinaan hätäpuhelumahdollisuuksien puuttuminen ja äänenlaadun riippuvuus verkon tai internetyhteyden nopeudesta.

Wailgum (2010) kertoo artikkelissaan myös VoIP:a koskevista turvallisuuskysymyksistä. Monet yleisimmät turvallisuusmittarit, jotka pätevät tietoverkkoihin eivät sovellu VoIP-ratkaisuissa käytettäviksi. Palomuurit voivat aiheuttaa viiveitä tai estää puheluita ja salaukset aiheuttaa latenssia sekä jumiutumisia. Tämän takia turvallisuuskysymykset tulee kohdistaa juuri VoIP-ratkaisuja koskeviksi.

Wailgum (2010) artikkelin mukaan salaamattomia VoIP-puheluita on myös helppo siepata käyttämällä internetistä ladattuja ohjelmistoja. Artikkelissa mainitaan, että In-Stat -yrityksen tekemän tutkimuksen mukaan yli 40 %:lla heidän kyselyyn vastanneista yritysten vastuuhenkilöistä ei ollut tarkempia suunnitelmia VoIP-tekniikkansa suojaamiseksi, vaikkakin useimmilla oli budjetti laadittuna tätä varten. Kyselyyn vastanneet tunnistivat itsensä ”jokseenkin tietoisiksi” VoIP:n tietoturva koskevissa asioissa. Kysymys sai heikoimman tuloksen verrattuna kyselyn muihin kohtiin.

### 3.2 SIP-protokolla

Donohue & Mallory & Salhoffin (2006) artikkeli selvittää SIP-protokollan olevan IETF-standardin mukainen puheluiden ohjausprotokolla. Protokollan toiminta perustuu Columbian yliopistossa Henning Schulzrinnen ja hänen työryhmänsä suorittamaan tutkimukseen. Ensimmäinen SIP RFC-dokumentti 2543 julkaistiin vuonna 1999. SIP-protokolla on suunniteltu tarjoamaan merkinanto- sekä istunnonhallintaa ääni- sekä multimediatyöryhmille pakettikantaisissa tietoverkoissa. Se on vertaisprotokolla älykkäillä päätepisteillä sekä hajautetuilla soitonohjauksilla samaan tapaan kuin H.323-protokolla.

Kyseisessä artikkelissa selvitetään lisäksi, että SIP suunniteltiin vaihtoehtoiseksi moduuliksi IP-kommunikaation ratkaisumalliin. Modulaarinen suunnittelu mahdollistaa sen integroitumisen sekä käytön muiden palveluiden protokollien kanssa. SIP käyttää yleensä UDP-protokollaa kuljetusprotokollanaan, mutta se voi käyttää

myös TCP-protokollaa. Turvallisuuden parantamiseksi myös TLS-tuki on lisätty SIP-protokollan yhteyteen. SIP-protokolla ei kata puhelun kaikkia mahdollisia näkökulmia, niin kuin H.323-protokolla. Sen tehtävä onkin vain luoda, muokata sekä päättää istuntoja eri sovelluksissa, huolimatta siitä mikä mediatyyppi tai sovellus on kyseessä. Istunto voi vaihdella kahden henkilön välisestä puhelusta, multimediakonferenssiin tai peli-istuntoon. SIP ei määritä istunnon tyyppiä vaan se ainoastaan hallitsee sitä. Tätä tehdäkseen se suorittaa neljää eri perustehtävää:

- Paikallistaa käyttäjiä, selvittäen heidän SIP-osoitteista IP-osoitteet.
- Selvittää keskusteluresurssit sekä toiminnot kaikkien istunnon osapuolten välillä.
- Voi muuntaa istunnon parametrejä puhelun aikana.
- Hallitsee puhelun muodostamista sekä sen päättämistä kaikkien istunnon osapuolten välillä.

Stalvig (2007) mainitsee artikkelissaan SIP-protokollan perustehtäviksi käyttäjän sijainnin selvittämisen, saatavuuden määrittelyn, resurssien ja istunnon asetusten määrittelyn sekä istunnon hallinnan. Hän kertoo SIP:n olevan tekstipohjainen protokolla, joka sisältää myös paljon muussa muodossa olevaa tietoa. Tämän mukaan SIP toimii istuntokerroksen ja sovelluserroksen välissä OSI-mallissa ja sitä ei rajoita mikään IP-versio, se toimii sekä IPv4 että IPv6 -malleissa. Jotta SIP-protokolla voisi toimia mahdollisimman joustavasti, ovat useimmat sen viestien ja ylätunnisteiden syntaksit johdettu HTTP/1.1 -standardista. SIP ei kuitenkaan ole sidottu HTTP/1.1-protokollaan.

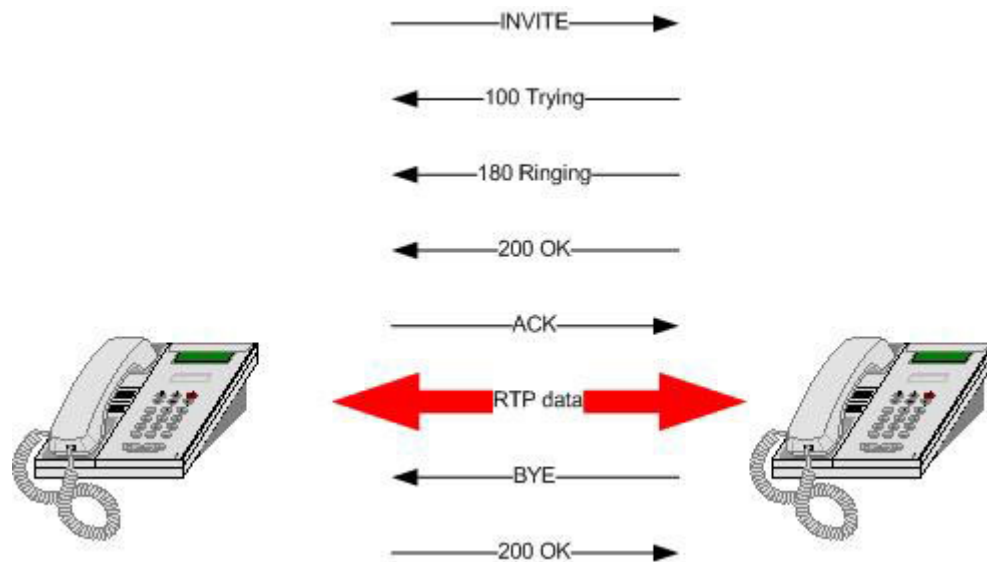
SIP on rakennettu asiakas-palvelin -kaavan mukaisesti käyttäen pyyntöjä sekä vastauksia, jotka ovat samankaltaisia kuin internetsovelluksissa. Se käyttää samaa osoitemuotoa kuin sähköposti, jossa on uniikki käyttäjä- sekä domaintunniste. Tyypillinen SIP-osoite voi näyttää seuraavanlaiselta:

- sip:1234567891@domain.com
- sip:600913@74.125.79.99

Tämä sallii DNS:n käytettävän käyttäjien paikallistamiseen ja se mahdollistaa myös SIP:n integroinnin sähköpostin kanssa. SIP käyttää MIME:ia kuvaamaan viestien sisältöä. SIP-viestit voivat sisältää muutakin informaatiota kuin ääntä, kuten grafiikkaa, laskutusdataa, oikeuksien tarkistusvaltuuksia tai videota. SDP-prtokollaa käytetään vaihtamaan istunnon resursseja ja toimintoja. (Donohue, D & Mallory, D & Salhoff, K 2006.)

SIP käyttää selkokielistä tekstiä viesteissään noudattaen internetin tekstipohjaisen viestinnän standardimuotoa. Tämän ansiosta vianmääritys on selkeämpää, vaikkakin viestityyppien ymmärtäminen on välttämätöntä, jotta vianetsintä onnistuisi. SIP-viestit ovat joko pyyntöjä tai vasteita pyyntöön. Tapahtumaa jonka pyyntö herättää palvelimella kutsutaan *metodiksi* (method). Metodityyppjä on useita erilaisia, alkuperäinen SIP-määritelmä sisälsi kuusi erilaista metodia, jotka ovat lueteltu alapuolella. (Donohue, D & Mallory, D & Salhoff, K 2006.)

- REGISTER: Käyttäjäasiakasohjelma lähettää tämän viestin tiedottaakseen SIP-palvelinta sijainnistaan.
- INVITE: Soittaja lähettää tämän viestin kehottaakseen toista käyttäjää liittymään SIP-istuntoon. Tämä voidaan lähettää myös puhelun aikana istunnon parametrien muuttamiseksi.
- ACK: SIP-päätelaite vastaanottaa useita vasteita kutsuun (INVITE). Tämä metodi hyväksyy viimeisen vasteen kutsuun.
- CANCEL: Tämä viesti päättää puhelun, jota ei vielä ole täysin muodotettu.
- OPTIONS: Tämä viestin tarkoitus on kysellä palvelimen resursseja, tarkoitettu vain Cisco gateway -laitteille.
- BYE: Tämä viesti päättää istunnon tai hylkää pyynnön puhelun vastaanottamisesta.



KUVIO 1. Esimerkki kahden puhelimen välisestä SIP-istunnosta ilman SIP-välityspalvelinta

Seuraavaksi tarkastellaan yksityiskohtaisemmin mitä kuviossa 1 esitellyssä SIP-istunnossa käytännössä tapahtuu (3CX 2009b):

1. Soittava puhelin lähettää kutsun.
2. Vastaanottava puhelin lähettää vastauksen ”100” – Pyyntöä käsitellään – takaisin.
3. Vastaanottava puhelin soi, vastaus ”180” – Puhelinyhteyttä luodaan – lähetetään soittavalle puhelimelle.
4. Vastaanottava puhelin vastaa puheluun, puhelin lähettää vastauksen ”200” – ”OK” – soittavalle puhelimelle.
5. Soittava puhelin vastaa viestillä ”ACK” (acknowledgement) – vahvistus.
6. Keskusteluyhteys muodostuu ja välittyy datana RTP-protokollan kautta.
7. Soittavan henkilön lopettaessa puhelun, ”BYE” -pyyntö lähetetään soittavaan puhelimeen.
8. Soittava puhelin vastaa viestillä ”200” – ”OK”.

SIP voi käyttää myös useita muita IETF-protokollia multimedia yhteyden muodostamiseen. RTP-protokollan avulla voidaan dataa siirtää reaaliaikaisesti sekä luoda QoS-palaute. RTSP-protokollalla taas ohjataan suoratoiston kautta siirtyvää sisältöä. MEGACO-protokollaa käytetään ohjaamaan yhdyskäytäviä perinteiseen puhelinverkkoon. Tehokas SIP-protokollan hyödyntäminen edellyttää yleensä useiden muiden protokollien käyttöä tämän ohella. Se ei kuitenkaan tarkoita sitä, että SIP olisi riippuvainen yhdestäkään muusta protokollasta, sillä sen perustoiminnot tai toiminnallisuus eivät edellytä muiden protokollien käyttöä. (Javvin Technologies 2010.)

Eräs SIP-protokollalle ominaisista osista on *läsnäolon* (presence) konsepti. Perinteinen puhelinverkko voi tarjota perustietoa siitä onko puhelimen luuri paikoillaan vai pois paikoiltaan, kun puhelu soitetaan. SIP taas pystyy tarjoamaan tämän lisäksi tietoa myös siitä onko toinen osapuoli halukas vastaanottamaan puhelun. Tätä voidaan verrata moniin reaaliaikaisiin keskusteluohjelmiin, joissa voidaan valita käyttäjät, joiden halutaan ilmestyvän listalle. Käyttäjät voivat valita näkyville erilaisia tilatyyppejä, kuten ”poissa”, ”kiireinen” tai ”varattu”. Tällä tavalla saadaan tietää jo etukäteen ennen yhteydenottoa onko käyttäjä paikalla. SIP-protokollan avulla läsnäolotietoa voidaan kerätä monista erilaisista laitteista, kuten matkapuhelimista, SIP-puhelimista, kämmentietokoneista tai sovelluksista. SIP-käyttäjä tilaa läsnäolotietoa vastaanottaakseen sitä toiselta käyttäjältä eli tiedon tarjoajalta. SIP-läsnäolotieto on tarjolla vain sen tilaajille. (Donohue, D & Mallory, D & Salhoff, K 2006.)

SIP-päätelaitteita kutsutaan käyttäjäagenteiksi (User Agent, UA), joka voi tarkoittaa useampaa erilaista laitetta. Se voi olla muun muassa IP-puhelin, matkapuhelin, kämmentietokone, Cisco reititin tai tietokone, jolla käytetään SIP-pohjaista sovellusta. Nämä voivat käyttäytyä kuten asiakasohjelmat tai palvelimet. Käyttäjäasiakasohjelma (User Agent Client, UAC) on laite joka laittaa puhelun alulle, kun taas käyttäjäasiakaspalvelin (User Agent Server, UAS) on laite joka vastaanottaa puhelun. SIP-protokolla määrittää useita muitakin toiminnallisia komponentteja. Nämä toiminnalliset kokonaisuudet voivat olla toteutettu erillisinä laitteina tai vaihtoeht-

toisesti yksi laite voi suoriutua useammasta erilaisesta tehtävästä. (Donohue, D & Mallory, D & Salhoff, K 2006.)

Näiden lisäksi SIP-istunnot hyödyntävät pääsääntöisesti myös muutamaa muuta toiminnallista pääkomponenttia. SIP-rekisteröintipalvelimet (SIP Registrar Servers) ovat tietokantoja, jotka sisältävät toimialueen jokaisen päätelaitteen sijainnin. SIP-viestinnässä nämä palvelimet jäljittävät ja lähettävät osanottajien IP-osoitteita ja muuta tarpeellista tietoa SIP-välityspalvelimelle (SIP Proxy Server). SIP-välityspalvelin hyväksyy istuntojen pyynnöt, jotka SIP-päätelaitteet muodostavat ja tekee kyselyn SIP-rekisteröintipalvelimelle saadakseen vastaanottajapäätelaitteen osoitetietoja. Tämän jälkeen SIP-välityspalvelin lähettää istunnon kutsun eteenpäin suoraan vastaanottavalle päätelaitteelle jos tämä sijaitsee samalla toimialueella tai vaihtoehtoisesti lähettää kutsun välityspalvelimelle jos päätelaite sijaitsee toisella toimialueella. SIP-uudelleenohjauspalvelin (SIP Redirect Server) sallii SIP-välityspalvelimen ohjata SIP-istunnon kutsut ulkoisiin toimialueisiin. SIP-uudelleenohjauspalvelimet saattavat toimia saman laitteiston alaisuudessa kuin SIP-rekisteröintipalvelimet sekä SIP-välityspalvelimet. (TelecomSpace 2010.)

### 3.3 PBX-puhelinjärjestelmät

PBX-puhelinjärjestelmä tarkoittaa yrityksen sisällä toimivaa paikallista puhelinverkkoa, josta käyttäjillä on tietty määrä yhteisiä linjoja yrityksestä ulospäin soitettavia puheluita varten. PBX-järjestelmässä jokainen puhelin on yhdistettynä PBX-keskukseksiin, joten puheluiden reitittäminen tapahtuu aina keskukseksiin kautta. PBX yhdistää myös yrityksen sisällä toimivat puhelimet perinteiseen puhelinverkkoon ja mahdollistaa ilmaiset yrityksen sisäiset puhelut. Yrityksen sisällä soittaessa jokaiseen puhelimeen saa yhteyden kolminumeroisella yhdistelmällä, jollainen on asetettu jokaista puhelinta varten. (Althos Telecom Dictionary 2009.)

Tavalliset PBX-järjestelmät käyttävät analogista teknologiaa, kun taas nykypäivänä on jo siirrytty käyttämään digitaalista teknologiaa, jossa muun muassa digitaaliset signaalit muunnetaan analogisiksi ulospäinmeneviä analogisia puheluita var-

ten. PBX-puhelinjärjestelmä tarjoaa tarvittaessa myös erikoisominaisuuksia, kuten äänipostin, soitonsiirron, soiton pidon, lyhytvalinnan, neuvottelun, sisäpuhelimen, soiton ohjauksen tai automaattisen soiton uusinnan. (Althos Telecom Dictionary 2009.)

PBX-puhelinjärjestelmiä on tällä hetkellä neljää erilaista:

- PBX (Yksityinen sekä piirikytketty).
- Hosted / Virtual PBX (Ylläpidettä sekä piirikytketty).
- VoIP PBX / IP PBX (Yksityinen sekä pakettikytketty).
- Hosted / Virtual IP PBX (Ylläpidetty sekä pakettikytketty).

PBX-järjestelmän pääasiallinen tarkoitus on säästää kustannuksia. Jokaiselle yrityksen työntekijälle ei avata omaa maksullista liittymää palveluntarjoajalta, vaan puhelinliittymiä hankitaan vain sen verran kuin yrityksellä on yhtäaikaista puheluita ulospäin. Kyseinen määrä on yleensä vain 10 % yrityksessä käytettävistä puhelinten määrästä. PBX-järjestelmät eivät myöskään ole puhelin-yhtiöiden omistuksessa vaan yrityksen, johon ne ovat toteutettu. (Payne 2008; Tech FAQ 2009a; 3CX 2009a.)

PBX-järjestelmällä on kolme pääasiallista tehtävää:

- PBX-järjestelmä muodostaa yhteyden kahden käyttäjän välille. Se tekee tämän ohjaamalla valitun numeron fyysiseen puhelimeen.
- Pitää yhteyden auki niin kauan kuin käyttäjä vaatii.
- Kerää informaatiota puhelinsoitoista tilastollisiin ja arkistolisiin tarpeisiin.

Havainnollistettuna PBX-järjestelmä toimii niin, että ensin käyttäjä tekee ulospäin menevän puhelun. Puhelu linkittyy PBX-keskukseen alanumeron avulla, jonka jälkeen PBX-keskusyksikkö valitsee automaattisesti käytettävissä olevan

linjan ulospäin menevää puhelua varten. Puhelu kanavoituu sen ulkoiseen kohteeseen. PBX-keskusyksikkö kerää informaatiota tapahtuneesta puhelinyhteydestä arkistointia varten. (QuoteCatcher.com 2007a.)

### 3.4 IP PBX -puhelinjärjestelmät

IP PBX -puhelinjärjestelmät nousivat esiin vuonna 1998, mutta niiden laatu, luotettavuus sekä hinta karkoittivat potentiaaliset asiakkaat. Kuitenkin teknologian kehittyessä IP PBX -järjestelmien hinnat laskivat tavanomaisen PBX-järjestelmän tasolle ja ne ovat nykyään PBX-järjestelmiä huomattavasti edullisempia. Monet suuret kansainväliset yritykset ovat omaksumassa kyseistä järjestelmää. IP PBX -teknologian noustessa pinnalle, sadat yritykset ovat onnistuneet leikkaamaan kommunikointikustannuksiaan (Bird 2009). IP PBX -järjestelmien etuihin lukeutuu muun muassa niiden joustava liikuteltavuus. Yrityksen siirtyessä paikasta toiseen järjestelmät kulkevat vaivattomasti mukana. Järjestelmien avulla voidaan myös yhdistää yrityksen eri paikoissa sijaitsevat toimipisteet samaksi toimialueeksi, joten yrityksen sisäiset puhelut pysyvät ilmaisina paikasta riippumatta. (Diyixian.com 2010.)

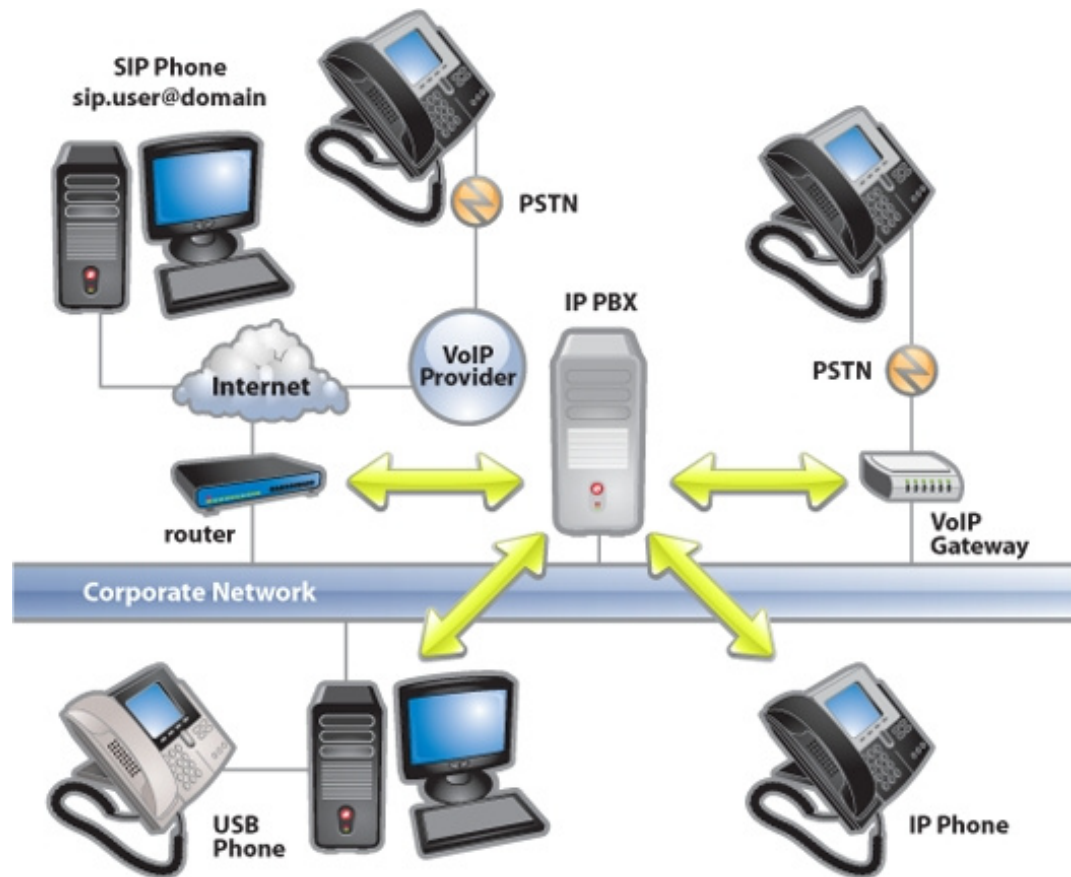
IP PBX -puhelinjärjestelmä muodostaa puheyhteyksiä VoIP-protokollan avulla järjestelmään kuuluvien käyttäjien välille, sekä jakaa käyttäjien kesken tietyn määrän linjoja ulkoisia puheluita varten. IP PBX -järjestelmä tukee VoIP-yhteyksiä niin sisäisesti kuin ulkoisestikin. Sisäisissä puheluissa se käyttääkin ainoastaan VoIP-yhteyksiä, mutta voi myös reitittää puhelun ulkoisiin puhelinverkkoihin VoIP:n välityksellä. IP PBX -järjestelmä voi yhdistää puheluita VoIP-käyttäjän sekä tavallisen puhelimen käyttäjän välille tai kahden tavallisen puhelinmen käyttäjän välille, niin kuin tavanomainen PBX-järjestelmä. Useimmat IP PBX -järjestelmät tukevat vanhempia analogisia puhelimia sekä nykyaikaisempi digitaalisia PBX-puhelimia ja ulkoista yhteyttä perinteiseen PSTN-puhelinverkkoon. (SearchUnifiedCommunications.com 2008; Tech FAQ 2009b.)

Tavanomaista PBX-puhelinjärjestelmää käytettäessä erilliset verkot ääni- ja datayhteyksille ovat välttämättömät. IP PBX -järjestelmän suurimpiin etuihin kuu-

luukin data- ja puhelinverkon integroiminen saman tietoverkon alaisuuteen. IP PBX -järjestelmät toimivat siis dataverkkojen välityksellä, kuten LAN:ssa tai WAN:ssa (Wobopedia 2010). Tämän avulla lisätään joustavuutta esimerkiksi yrityksen kasvua ajatellen ja voidaan minimoida toiminta- ja ylläpitokustannuksia pitkällä tähtäimellä. IP PBX -järjestelmät mahdollistavat myös uusien käyttäjien ja toimintojen lisäämisen vaivattomammin (eSeeNet.com 2010). Kuten tavanomaiset PBX-puhelinjärjestelmät myös IP PBX -järjestelmät voivat olla tarvittaessa itse yrityksen omistuksessa. Käytännössä IP PBX -puhelinjärjestelmät voidaan toteuttaa kolmella eri tapaa; laitteistopohjaisina, virtuaalisina tai ohjelmistopohjaisina (Business Telecommunication 2010). (SearchUnifiedCommunications.com 2008.)

Snyder (2008) kertoo artikkelissaan, että IP PBX -puhelinjärjestelmän palvelin on ainoa osa koko järjestelmässä, jonka tarvitsee kommunikoida internetin kanssa. Se joko välittää puheluita VoIP-palveluntarjoajille tai muodostaa yhteyden ohjelmistopäivityksiä varten. Palveluntarjoajat voivat vastaanottaa puheluita standardisoidujen protokollien käyttäjiltä, kuten niiltä joiden puhelut perustuvat SIP-protokollaan. Palveluntarjoaja voi ohjata puhelut perinteisen puhelinverkon numeroihin, pitkän matkan päässä sijaitseviin puhelinverkkoihin tai jopa kansainvälisiin puhelinverkkoihin. Yhteys toimii molempiin suuntiin, sillä VoIP-palveluntarjoaja voi myös välittää puheluita ulkoisista puhelinverkoista, jotka se reitittää internetin yläpuolelta käyttäen VoIP-protokollia.

Kuviosta 2 huomataan, että IP PBX -järjestelmään voi kuulua useita SIP-puhelimia, nämä voivat olla laitteisto- tai ohjelmistopohjaisia. Lisäksi järjestelmään voidaan kytkeä myös tavanomaisia puhelimia käyttämällä ATA-sovitinta tietokoneen ja liitettävän puhelimen välissä. Kuviosta 2 nähdään myös kuinka yhteys IP PBX -järjestelmän sekä perinteisen PSTN-puhelinverkon välillä toimii molempiin suuntiin. Tämän ollessa mahdollista järjestelmään tulee olla kytketty VoIP-yhdyskäytävä tai vaihtoehtoisesti sen tulee olla yhteydessä VoIP-palveluntarjoajaan, joka reitittää puheluita puhelinverkkojen välillä. Järjestelmän IP PBX -palvelin on yhteydessä internettiin reitittimen välityksellä.



KUVIO 2. IP PBX -järjestelmän mukautuminen tietoverkkoon (3CX 2009c)

Kuviossa 2 esiintyy viisi eri tavalla toteutettua puhelinratkaisua, jotka ovat yhteydessä IP PBX -palvelimeen neljällä eri tavalla; internetin, lähiverkon, VoIP-yhdyskäytävän sekä suoraan järjestelmään kytketyn IP-puhelimen välityksellä. Kuviossa 2 esiintyvä tietoverkko on esitetty IP PBX -palvelimen näkökulmasta, siihen yhteydessä olevat laitteistot ovat sijoitettu sen ympärille.

Snyder (2008) perustelee, että pienemmät yritykset saattavat haluta siirtyä käyttämään jonkin yrityksen ylläpitämää IP PBX -palvelua sen sijaan, että hankkisivat oman järjestelmän. Puhelinten yhteys IP PBX -palvelimeen tapahtuu IP-protokollan välityksellä, joten ei ole syytä minkä takia järjestelmän osat tulisi sijoittaa samalla tavalla kuin tavanomainen PBX-järjestelmä vaatii. Valmis IP PBX -palvelu tarjoaa samanlaiset edut kuin mikä tahansa ulkoistettu palvelu. Tämä saattaa sisältää lisäksi kattavammat toiminnot verrattuna edulliseen yrityksen it-

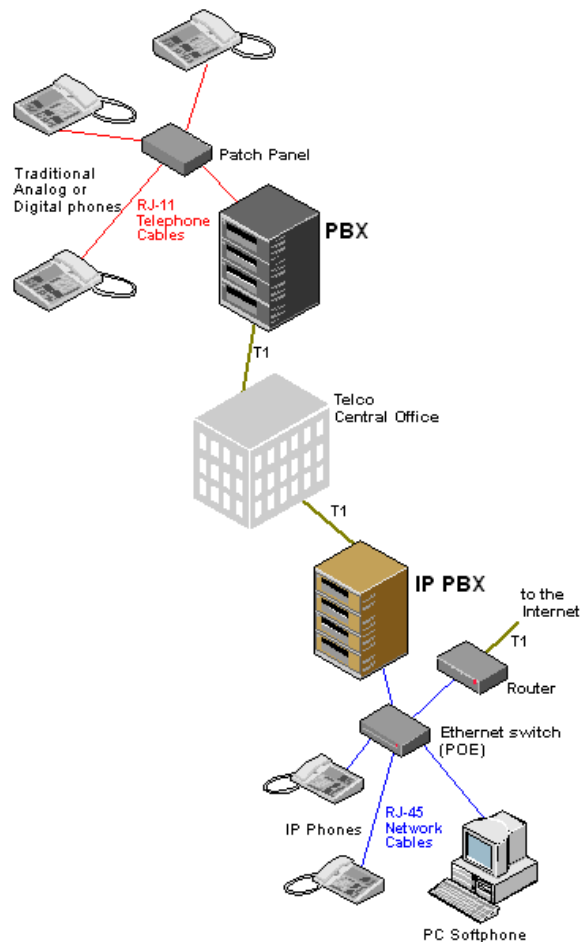
sensä hankkimaan IP PBX -järjestelmään. Se tarjoaa myös vähemmän pääomaa kiinnittävän ratkaisun ja säästää toiminnallisissa kustannuksissa. IP PBX -järjestelmien tarjoajat myyvät myös yhteyksiä perinteiseen puhelinverkkoon sekä kauempana sijaitseviin puhelinverkkoihin. Kyseiset yhteydet voidaan tällä tavoin hankkia mahdollisesti normaalia edullisemmin, sillä palveluntarjoajat pystyvät tarjoamaan näitä volyymialennuksin.

Shinder (2007) kuvailee ulkoistetun IP PBX -palvelun eduiksi myös ylläpidon helppouden sekä järjestelmän skaalautuvuuden, sillä palveluntarjoaja voi päivittää palvelua vaivattomasti sekä esimerkiksi lisätä käyttäjiä tai ominaisuuksia tarpeen vaatiessa. Käyttäjien maksimäärä ulkoistetussa palvelussa voi myös olla paljon suurempi verrattaessa yrityksen omistamaan IP PBX -järjestelmään.

Snyder (2008) mukaan IP PBX -järjestelmän ulkoistaminen tuo mukanaan myös ongelmia, jotka tekevät sen kannattamattomaksi useille yrityksille. Yleisin yrityksille tarjottava ratkaisu vaatii kaikkien puheluiden kulkevan palveluntarjoajan IP PBX -palvelimen kautta, vaikka käyttäjät sijaitsisivat samassa lähiverkossa. Tämä kuormittaa turhaan yritysten internetyhteyksiä. Useiden yritysten internetyhteydet pystyisivät täten ylläpitämään vain muutamalle käyttäjälle soveltuvaa ulkoistettua IP PBX -palvelua.

Ohjelmistopohjainen IP PBX -järjestelmä mahdollistaa suurimman osan tarjolla olevien toimintojen hyödyntämisestä sekä lukuisien erilaisten lisätoimintojen asentamisen (Business Telecommunication 2010). Toisin kuin tavallisessa PBX-järjestelmässä toimintojen lisääminen tapahtuu yleensä ohjelmistopohjaisesti, joten tämä ei aina vaadi fyysistä laitteiden päivittämistä. IP PBX -järjestelmät tuovat helpotusta myös ylläpitokustannuksiin, sillä vain yksi tietoverkko tarvitsee ylläpitoa tavanomaisen PBX -järjestelmän kahden sijasta. IP PBX -järjestelmän perustoimintojen ylläpito voi tapahtua myös yrityksen itsensä toimesta, sillä järjestelmiin on saatavilla erilaisia ylläpitoa helpottavia graafisia käyttöliittymiä. (Quote-Catcher.com 2007b.)

Ylläpidon hankaluudet tulevat esille kuitenkin huollon tai päivitysten yhteydessä, sillä nämä saattavat vaatia IP PBX -palvelimen alasajoa toimenpiteiden ajaksi. IP PBX -järjestelmän toiminta on myös luonnollisesti riippuvaista jatkuvasta virransaannista. Sähkökatkoksen tullessa usein myös verkkoyhteydet katkeavat ja näin ollen IP PBX -järjestelmäkkin lakkaavat toimimasta. Tämän vuoksi verkossa toimivien palvelinten ongelmat saattavat aiheuttaa haittaa myös puhelinyhteyksissä. Haittapuolena IP PBX -järjestelmien toteutuksessa voidaan pitää myös yritysten verkkoyhteyksiltä vaadittavaa laatua. Monet verkkoyhteydet ovat riittäviä normaalin datan kuljettamiseen, mutta eivät hyvälaatuisen äänen välittämiseen. (Quote-Catcher.com 2007b.)



KUVIO 3. Puhelinverkkokokonaisuus, jossa PBX- ja IP PBX -järjestelmät yhdistyvät puhelinkeskukseen (Computer Desktop Encyclopedia 2006)

Kuviossa 3 tarkastellaan käsiteltyjen PBX- ja IP PBX -puhelinverkkojen ydistymistä. Kuvion yläosaan on sijoitettu tavanomainen PBX-puhelinjärjestelmä ja alaosassa ohjelmistopohjainen IP PBX -puhelinjärjestelmä. Puhelinjärjestelmät ovat yhteydessä ulkoiseen puhelinkeskukseen, joka on sijoitettu järjestelmien keskelle. Puhelinkeskuksen välityksellä eri tekniikoilla toteutetut sisäiset puhelinverkot voivat kommunikoida keskenään ja ne voidaan liittää ulkoisiin puhelinverkoihin.

TAULUKKO 1. IP PBX- ja PBX-puhelinjärjestelmien vertailu

	IP PBX	PBX
Käytännölliset / käyttäjäystävälliset sovellukset	Tukee	Ei tue
Äänensalaus	Tukee	Ei tue
Etäkäyttömahdollisuudet	Tukee	Ei tue
Puhelinliikenteessä tarvittavat perustoiminnot	Tukee	Tukee
Puhelinten integrointi tietokoneiden kanssa	Tukee	Tukee huonosti
Puhelinliikenteessä tarvittavat lisätoiminnot	Tukee	Tukee huonosti
Äänen muuntaminen dataksi	Tukee	Tukee huonosti
Liikuteltavuus	Tukee	Tukee huonosti
Laajennettavuus / Päivitettävyys	Tukee	Tukee huonosti
Hallittavuus	Hyvä	Huono
Hajautettujen toimipaikkojen tuki	Hyvä	Huono
Järjestelmän asennuksen kustannukset	Melko pienet	Melko suuret
Toiminnalliset kustannukset	Pienet	Suuret
Ylläpitokustannukset	Pienet	Suuret
Omistuskustannukset	Melko pienet	Melko suuret
Kustannukset käyttäjää kohti	Pienet-keskisuuret	Pienet-suuret
Järjestelmän rakenne	Hajautettu	Keskitetty
Konfigurointi	Ohjelmistopohjainen	Laitteistopohjainen
Tarvittavat tietoverkot äänelle ja datalle	Yksi tietoverkko	Erilliset tietoverkot
Työpisteen kaapelointi	Ei erillistä	Erillinen
Kapasiteetti	Laajennettavissa	Rajoitettu
Yhteys internettiin	Valmius	VoIP-yhdyskäytävä
Järjestelmän varmistus	Palvelinohjainen	2. PBX-järjestelmä

Taulukossa 1 on havainnollistettu puhelinjärjestelmille tyypillisiä ominaisuuksia ja vertailtu näitä PBX- ja IP PBX -puhelinjärjestelmien välillä. Vertailusta ilmenee järjestelmien keskeisimmät erot, joista merkittävimmät ovat IP PBX -järjestelmien

joustavuus, monipuolisuus sekä kustannustehokkuus verrattuna PBX-järjestelmiin. (Diyixian.com 2010; DSG Technology 2010.)

### 3.5 Asterisk-ohjelmisto

Asterisk-ohjelmistoa on kehitetty vuodesta 1999 lähtien. Alun perin ohjelmiston on luonut Mark Spencer (Digium, Inc), mutta myöhemmin sitä ovat kehittäneet useat eri avoimen lähdekoodin ympärillä työskennelleet henkilöt ympäri maailmaa. Tällä hetkellä Asteriskilla on noin kaksi miljoonaa käyttäjää. Ohjelmisto on julkaistu GNU General Public License (GPL) alle, joten sen hankkiminen on ilmaista. Asterisk on tällä hetkellä suosituin avoimeen lähdekoodiin perustuva puhelinjärjestelmä-projekti ja sen kehittäjien yhteisön toiminta voidaan luokitella merkittäväksi tekijäksi VoIP-käsitteen esille tuomisessa. (Digium, Inc 2010a.)

Asterisk voidaan konfiguroida IP PBX -järjestelmän ytimeksi tai PBX-järjestelmien yhdistelmäksi. Sen avulla voidaan yhdistää puheluita, hallinnoida puheluiden reitityksiä, mahdollistaa erilaisia lisätoimintoja tai yhdistää puheluita IP:n välityksellä minne tahansa maailmaan. Asterisk ohjelmisto toimii useiden eri käyttöjärjestelmien päällä, joihin lukeutuu Linux, Mac OS X, OpenBSD, FreeBSD ja Sun Solaris. Se on rakennettu toimimaan mahdollisimman joustavasti ja tukemaan VoIP:ssa käytettäviä useita eri protokollia. Asterisk-järjestelmiin voidaan liittää myös melkein mitä tahansa standardisoituja puhelintarvikkeita käyttämällä suhteellisen edullisia laitteistoja. (Digium, Inc 2010a.)

Asterisk toimii rakennussarjana puhelinliikennesovelluksille ja on samalla täysi-toimintoinen puheluidenkäsittelypalvelin. Se voi olla erillinen järjestelmä tai sitä voidaan käyttää apuna jo olemassa olevalle tavanomaiselle PBX-järjestelmälle tai VoIP-toteutukselle. Asterisk ei ole siis pelkästään VoIP-alusta; se on tietokonepohjainen koko puhelinliikenteen yhdentämiseen tarkoitettu alusta, joka myös sattuu sisältämään lukuisia käytännöllisiä sisäänmeno- sekä ulostulokanavia VoIP-ominaisuuksia varten. Asterisk voi siis toimia palvelimena, joka ei ole yhteydessä internettiin. Sen sijaan se voi käyttää puheluiden muodostamiseen PCI-kortteihin perustuvia analogisia tai digitaalisia käytäviä. (Todd 2003.)

Asteriskin oman IAX-protokollan lisäksi se tukee myös muita protokollia, kuten H.323, SIP, MGCP ja SCCP:aa. Nämä mahdollistavat esimerkiksi SIP-puhelinten käytön Asteriskin ympärille rakennetussa järjestelmässä. Asteriskin avulla voidaan myös luoda yhteys perinteiseen puhelinverkkoon, se tukee sekä FXS että FXO -tyyppin rajapintoja, joiden avulla tämä voidaan toteuttaa laitteistopohjaisesti. Asterisk toimii tavallisen PC-tietokoneen päällä, mutta tämän haluttaessa yhdistää perinteiseen puhelinverkkoon tarvitaan erillinen PCI-laajennuskortti. (Shinder 2006.)

Avoimen lähdekoodin ohjelmistot vaativat usein enemmän teknistä tietämystä kuin kaupalliset ohjelmistot. Tämän takia Asteriskin lataaminen ja asentaminen esimerkiksi Linux-palvelimelle ei ole välttämättä kovin yksinkertaista. Esimerkiksi puheluiden reititysten luominen järjestelmään vaatii tekstitiedostin konfigurointia, joka käsittelee tietoa ekstensioneista, prioriteeteista sekä komennoista. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjelman konfigurointikielen syntaksi on ymmärrettävä ennen kuin voidaan ryhtyä luomaan haluttua järjestelmää. (Shinder 2006.)

Asterisk-ohjelmiston käyttöönottoa voi myös helpottaa siihen tarkoitetuilla graafisilla käyttöliittymillä, jotka tekevät järjestelmän konfiguroinnista sekä ylläpidosta selkeämpää. Asteriskin kehittäjän perustama Digium, Inc -yritys tarjoaa tähän tarkoitukseen ilmaista AsteriskNOW -ohjelmistopakettia. Ohjelmistopaketti asentuu kokonaisuena Linux-jakeluversiona ja se sisältää tietyn määrän ominaisuuksia valmiiksi. AsteriskNOW -ohjelmistopaketissa järjestelmän konfigurointi toteutetaan web-pohjaisen käyttöliittymän avulla. (Shinder 2006.)

## 4 ASTERISK-JÄRJESTELMIEN ESIVALMISTELUT

Tässä luvussa käydään läpi tarvittavat esivalmistelut Asterisk-järjestelmien konfigurointia varten. Ensin tarkastellaan suurpiirteisesti erilaisten Asterisk-järjestelmien laitteistovaatimuksia sekä hyödynnettävissä olevia koodekkeja. Tämän jälkeen käydään läpi millainen testausalusta on käytössä tutkimuksen suorittamista varten ja esitellään lyhyesti käytettävät ohjelmistot. Luvun lopussa suunnitellaan kaksi erilaista käyttöympäristöä Asterisk-järjestelmien konfigurointia varten, jotka voidaan rinnastaa koti- ja yrityskäyttöön soveltuviksi ympäristöiksi.

### 4.1 Laitteistovaatimukset

Asterisk vaatii laitteistoresursseja samaan tapaan kuin mikä tahansa muukin reaaliaikaista dataa välittävä sovellus. Se käyttää ensisijaisesti tietokoneen suorittimen resursseja ja on riippuvainen järjestelmän väylänopeuksista. Tästä johtuen on suositeltavaa, että toiminnot jotka eivät suoranaisesti liity Asteriskin puheluiden käsittelyyn, suoritetaan hyvin matalalla prioriteetillä jos lainkaan. Rakennettaessa pientä harrastusjärjestelmää, tietokoneen käytössä olevista resursseista ei luultavasti tarvitse huolehtia. Suurempaa kapasiteettia vaativissa järjestelmissä suorituskyvyn puuttellisuus voi kuitenkin aiheuttaa äänenlaadullisia ongelmia, kuten kaikua tai kohinaa. Näitä voidaan käytännössä verrata matkapuhelimen kuuluvuudessa ilmeneviin ongelmiin signaalin ollessa heikko, vaikkakin syyt äänenlaadun heikkeneemiseen ovat erilaiset. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 11.)

Kapasiteetin ollessa vähissä ja samaan aikaan järjestelmän kuormituksen kasvaessa suureksi, voi ongelmia alkaa ilmetä yhteyksien ylläpitämisessä. Puhelinjärjestelmiä ajatella tällainen tilanne on yleensä hyvin kriittinen ja tästä saattaa helposti seurata suurempikin katastrofi. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 12.)

TAULUKKO 2. Suuntaa antavat laitteistovaatimukset Asterisk-järjestelmille

Käyttötarkoitus	Puhelimet	Laitteisto
Harrastus	Enintään 5	400 MHz x86, 256 MB RAM
Pieni toimisto / koti	5 – 10	1 GHz x86, 512 MB RAM
Pieni yritys	Enintään 25	3 GHz x86, 1 GB RAM
Keskikokoinen tai suuri yritys	25 tai enemmän	Dual CPUs, mahdollisesti useita palvelimia

Linux-ympäristössä Asterisk toimii tehokkaasti vastaten samalla kasvaviin tarpeisiin. Pienet järjestelmät jotka aiemmin riittivät hoitamaan puheluiden käsittelyä, voidaan päivittää tarvittaessa hajautetuiksi usean palvelimen järjestelmiksi tarpeiden kasvaessa. Joustavuus onkin yksi Asterisk-järjestelmän avaintekijöistä, tämän ansiosta se voi olla hyvinkin kustannustehokas nopeasti kasvavissa yrityksissä; ei ole olemassa erityistä enimmäis- tai vähimmäiskokoa suunniteltaessa Asterisk-järjestelmän toteutusta. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 12.)

Valittaessa laitteistoa Asterisk-palvelinta varten on tärkeää, että järjestelmältä vaadittavat ominaisuudet ja sen kokonaiskuva ovat tarkasti tiedossa ennen tämän toteuttamista. Tällä on suora vaikutus siihen kuinka paljon se tulee tarvitsemaan resursseja. Asteriskille ei ole olemassa tarkkaan määriteltyä kaavaa siitä, kuinka laitteisto tulisi valita, joten jonkin asteinen ymmärrys siitä kuinka sen eri osat toimivat ja käyttävät resursseja on tärkeää. Tämä auttaa huomattavasti vaatimusten määrittelyssä valittaessa suoritinta, emolevyä ja virtalähdettä. Rakennettaessa järjestelmää testi- tai harrastuskäyttöön vaatimusten määrittelyn voi jättää vähemmälle huomiolle. Suunniteltaessa järjestelmää tärkeämpiin käyttötarkoituksiin on syytä kuitenkin kiinnittää huomiota edellä mainittuihin kohtiin. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 13–14.)

### **Pienet järjestelmät**

Enintään kymmenen puhelimen järjestelmien vaatimusten määrittely ei juurikaan ole tarpeellista. Harrastusjärjestelmät voivat toimia hitaammallakin laitteistolla, vaikka tätä ei varsinaisesti suositella kenellekään kellä ei ole vankkaa osaamista

Linux-käyttöjärjestelmien suorituskyvyn säätelystä. Täysitoimintoisen Asterisk-järjestelmän toteuttaminen oppimistarpeita varten onnistuu hyvin käyttäen laitteistoa, joka toimii hitaammalla suoritusteholla. Pienillä kuormituksilla järjestelmiä on testattu 400–700 MHz kellotaajuudella toimivilla suorittimilla, jolloin yhtäaikaisia puheluita on ollut enintään kaksi. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 17.)

### **Keskikokoiset järjestelmät**

Keskikokoisten noin 10–50 puhelinta omaavien järjestelmien vaatimusten määrittely on kaikista hankalinta. Yleisesti tämän kaltainen järjestelmä toteutetaan yhdelle tai kahdelle palvelimelle, täten kummaltakin palvelimelta edellytetään enemmän kuin yhden tietyn tehtävän hoitamista. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 18.)

Palvelimen ylikuormittuessa, käyttäjät saattavat alkaa havaita laadullisia ongelmia ymmärtämättä, ettei vika ole itse Asterisk-järjestelmässä, ongelmien johtuessa yksinkertaisesti laitteistoresurssien puutteesta. Ongelmien kasvaessa ja jatkuessa usein myös käyttäjäkokemusten taso järjestelmää kohtaan laskee. Tämän takia on tärkeää, että laitteistoresurssien puutteesta johtuvat ongelmat tunnistetaan ja korjataan välittömästi ennen kuin käyttäjät huomaavat ne. Kyseiset ongelmat ovat monesti ennaltaehkäistävissä seuraamalla järjestelmän kuormitusta. Huolestuttavien merkkien ilmetessä toistuvasti olisi suositeltavaa, että näihin reagoitaisiin mahdollisimman nopeasti, jotta järjestelmän toiminta olisi jatkossakin turvattua. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 18.)

### **Suuret järjestelmät**

Suuret yli 120 puhelimen järjestelmät voidaan hajauttaa useille palvelimille, täten suosituskkyä koskevat ongelmat voidaan ratkaista lisäämällä palvelinten määrää. Suurten hajautettujen Asterisk-järjestelmien toteuttaminen vaatii kuitenkin vankkaa järjestelmän tuntemusta monestakin eri näkökulmasta. Tämä ei siis yleensä tule kysymykseen jos kyseessä on vielä kokematon Asterisk-ohjelmiston käyttäjä. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 18.)

## 4.2 Koodekit

Koodekit ovat erilaisia matemaattisia malleja, joita käytetään analogisen äänen koodaamisessa digitaaliseen muotoon. Käytännössä koodekkien avulla analogista ääntä voidaan siis pakata digitaaliseen muotoon tai purkaa digitaalisesta muodosta. Koodekkien avulla pyritään löytämään mahdollisimman hyvä hyötysuhde tehokkuuden sekä laadun välillä. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 194.)

TAULUKKO 3. Asteriskin hyödyntämiä koodekkeja

Koodekki	Tiedonsiirtonopeus (Kbps)	Lisenssi
G.711	64	Ei
G.726	16, 24, 32 tai 40	Ei
G.729A	8	Kyllä
GSM	13	Ei
iLBC	13.3 tai 15.2	Ei
Speex	2.15 – 22.4	Ei

Digitaaliseen muotoon pakattua ääntä voidaan kuljettaa tietoverkkojen välityksellä esimerkiksi internetissä. Eri sijainneissa kaistanleveys vaihtelee, joten yhtäaikaisten keskusteluiden ylläpidettävä määrä on suoraan riippuvainen käytettävästä koodekista. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 193–194.)

Tässä opinnäytetyössä ei käydä yksityiskohtaisesti läpi taulukossa 3 esiteltujen koodekkien suositeltavia käyttötarkoituksia tai teknisiä tietoja. Testausvaiheessa käyttöön valitaan tutkimuksen kannalta parhaiten soveltuvat koodekit, jotka lukeutuvat edellä mainittuihin vaihtoehtoihin.

## 4.3 Testausalusta ja ohjelmistot

Tämän opinnäytetyön käytännönosuus keskittyy Asterisk-ohjelmiston VoIP-ominaisuuksien konfiguroimiseen, eli siihen kuinka Asterisk toimii IP PBX -järjestelmänä. Tämän lähtökohdan sekä resurssien rajoitteellisuuden vuoksi ei ole tarpeellista rakentaa erillistä fyysistä Asterisk-palvelinta. Asterisk-ohjelmiston

VoIP-ominaisuuksia voidaan testata käytännössä tehokkaasti siihen luodussa virtuaalisessa käyttöympäristössä. Tähän on päätetty käyttää alustana Windows 7 -käyttöjärjestelmän päällä toimivaa VMware Workstation -ohjelmistoa. Molemmat ohjelmistot ovat hankittavissa ilmaiseksi opiskelukäyttöä varten Microsoftin MSDNAA ELMS-palvelimelta ja VMware ELMS Fusion-palvelimelta.

Virtuaaliympäristön sekä VMware Workstationin käyttöä voidaan perustella myös sillä, että tämä soveltuu erinomaisesti juuri ohjelmistojen testaukseen. Kyseisen järjestelmän avulla voidaan tarvittaessa palata helposti takaisinpäin jos testauksessa jokin menee vikaan, tällä tavalla voidaan säästää huomattava määrä aikaa. VMware Workstationiin on luotu virtuaalitietokone, johon on asennettu Debian GNU/Linux -käyttöjärjestelmä. Virtuaalitietokone toimii käytännössä täysin samaan tapaan kuin tavallinen fyysinen tietokone, josta tämä eroaa kuitenkin siinä, että se pyörii toisen käyttöjärjestelmän päällä ja käyttää isäntäkoneen resursseja.

TAULUKKO 4. VMware Workstationilla luodun virtuaaliympäristön laitteisto-resurssit

Komponentti	Kapasiteetti/Tila
Muisti	768 MB
Suoritin	2666 MHz
Suorittimen ytimet	2 Kpl
Kiintolevy	8 GB
Verkkokortti	Sillattu
CD/DVD-asema	Virtuaalinen
Levykeasema	Automaattitunnistus
USB-portti	Automaattitunnistus
Äänikortti	Automaattitunnistus
Näyttö	Automaattitunnistus

Debian GNU/Linux -käyttöjärjestelmä kuuluu avoimen lähdekoodin lisenssin alaisuuteen (GNU General Public License), joten sen hankkiminen on myös ilmaista. VMware Workstationiin on jo valmiiksi asennettu puhdas Debian GNU/Linux -käyttöjärjestelmä, jonka versio on riittävän ajan tasalla oleva (5.0.4). Käyttöjärjestelmän viimeisin versio tällä hetkellä on 5.0.5 (26.7.2010).

Asterisk-järjestelmien konfiguroinnissa sekä testauksessa käytettävät ohjelmistoversiot sekä asennuspaketit:

- Käyttöjärjestelmä: Windows 7 Professional, 64-bit (6.1.7600 build-7600). Asennuspaketti: en\_windows\_7\_professional\_x64\_dvd\_X15-65805.iso.
- Ohjelmistopuhelin: Linphone (3.3.2). Asennuspaketti: linphone-3.3.2-setup.exe.
- Virtuaaliympäristö: VMware Workstation (7.0.0 build-203739). Asennuspaketti: en\_windows\_7\_professional\_x86\_dvd\_x15-65804.iso.
- Käyttöjärjestelmä: Debian GNU/Linux (5.0.4 Lenny, kernel 2.6.26-2-686). Asennuspaketti: debian-504-i386-CD-1.iso.
- Puhelinjärjestelmäohjelmisto: Asterisk (1.4.21.2). Asennuspaketti: asterisk\_1.4.21.2~dfsg-3+lenny1\_i386.deb.
- Asterisk-äänipaketti: Asterisk-sounds-extra (1.4.7). Asennuspaketti: asterisk-sounds-extra\_1.4.7-1\_all.dep.
- Ohjelmistopuhelin: Twinkle (1.2). Asennuspaketti: twinkle\_1.2-3\_i386.deb.

Asterisk-ohjelmistosta on useita ylläpidettäviä versioita, joihin ei enää julkaista uusia ominaisuuksia. Uuden julkaisuversion tullessa saataville, sitä ylläpidetään aina määrätyn aikaa. Tänä aikana julkaisuversiosta korjataan ohjelmistovirheitä, joita ei vielä aiemmin ole huomattu. Määräajan jälkeen julkaisuversioon ei enää päivitetä kuin turvallisuuspäivitykset ja lopulta julkaisu saavuttaa EOL-tilan (End of Life), jonka jälkeen siihen ei enää tehdä muutoksia. (Digium, Inc 2010b.)

Julkaisun tyyppi määrittää sen kuinka kauan sitä ylläpidetään. LTS-julkaisu (Long Term Support) ylläpidetään neljä vuotta, johon lisätään vielä vuosi turvallisuuspäivityksiä varten. Standard-julkaisu ylläpidetään lyhyemmän aikaa, joka tarkoittaa vähintään vuotta ja lisäksi toista vuotta turvallisuuspäivityksiä varten. (Digium, Inc 2010b.)

TAULUKKO 5. Tällä hetkellä aktiivisten Asterisk-versioiden tiedot

Versio	Tyyppi	Julkaisupäivä	Turvallisuuspäivitykset	EOL
1.2.X		21.11.2005	7.8.2007	21.11.2010
<b>1.4.X</b>	<b>LTS</b>	<b>23.12.2006</b>	<b>23.12.2010</b>	<b>23.12.2011</b>
1.6.0.X	Standard	1.10.2008	1.5.2010	1.10.2010
1.6.1.X	Standard	27.4.2009	1.5.2010	27.4.2011
1.6.2.X	Standard	18.12.2009	18.12.2010	28.12.2011
1.8.X	LTS	TBD (Goal: Q3 2010)	TBD + 4 years	TDB + 5 years

\*TBD = Ei vielä tarkkaan tiedossa.

Asteriskin web-sivuilla kehoitetaan valitsemaan versioista joko viimeisin, jossa on ajantasalla olevat ominaisuudet tai viimeisin LTS-julkaisu alustalle, jossa ei tarvita uusimpia ominaisuuksia vaan tarkoituksena on rakentaa pitkäaikaisempi Asterisk-ratkaisu (Digium, Inc 2010b).

Testausta varten alustana Asteriskille käytetään Debian GNU/Linux -käyttöjärjestelmää, joten yksinkertaisinta on käyttää tämän omaa paketinhallintaa (APT, Advanced Package Tool) ohjelman hankintaan ja asentamiseen (Linux.fi-wiki 2009a). Paketinhallinnan avulla Asteriskista löytyy versio 1.4, joka on tyypiltään LTS-julkaisu ja on täten kaikin puolin toimiva ja ajan tasalla oleva versio. Ei ole siis tarpeellista hankkia uudempaa versiota, joten asennettavaksi valitaan Asteriskin LTS-julkaisu versio 1.4.

#### 4.4 Käyttöympäristöjen suunnittelu

Tässä osiossa suunnitellaan käyttöympäristöt, joihin Asterisk-järjestelmät myöhemmin konfiguroidaan. Tätä varten suunnitellaan kaksi vaatimuksiltaan erilaista käyttöympäristöä, jotka ovat suunniteltu vastaamaan yksinkertaista kotiympäristöä sekä hieman monipuolisempaa yrityskäyttöön soveltuvaa ympäristöä. Suunnitellut käyttöympäristöt ovat nimeltään kotipuhelinverkko ja yrityspuhelinverkko.

Kotipuhelinverkon ollessa tarpeiltaan yrityspuhelinverkkoa vaatimattomampi käyttöympäristö, aloitetaan ympäristöjen suunnittelu tästä. Monipuolisemman yrityspuhelinverkon perustuessa osittain jo kotipuhelinverkon yhteydessä käytyihin vaatimuksiin, ei samoja aiheita käydä enää uudestaan läpi yrityspuhelinverkon suunnittelu- tai konfigurointiprosessissa.

Molempien käyttöympäristöjen vaatimukset painottuvat työn rajauksen mukaisesti Asteriskin VoIP-ominaisuuksien hyödyntämiseen. Käyttöympäristöjen suunnittelussa tai järjestelmien konfiguroinnissa ei oteta kantaa Asteriskin-palvelimeen liitettäviin ulkopuolisiin laitteistoihin, kuten käytettäviin puhelimiin. Järjestelmät suunnitellaan, luodaan ja testataan käyttämällä ohjelmistopuhelimia, joiden tarkemmat tiedot ovat mainittu edellisen osuuden yhteydessä. Puhelinlaitteistojen liittäminen järjestelmiin onnistuu tarvittaessa myöhemmin, vaikkakaan se ei aihealueena kuulu tämän opinnäytetyön piiriin.

### **Käyttöympäristönä kotipuhelinverkko**

Kotipuhelinverkko on suunniteltu kotipiirin sisällä käytettäväksi puhelinympäristöksi, vaikkakin sitä voidaan verrata mihin tahansa muuhun samat vaatimukset täyttävään käyttöympäristöön. Ympäristön ollessa sisäinen puhelinverkko siitä ei tule olemaan yhteyksiä ulkopuolisiin puhelinverkkoihin, kuten matka- tai lankapuhelinverkkoon. Ympäristö on suunniteltu käytettäväksi lähiverkossa, mutta siihen voidaan kirjautua myös etäkohteista Asterisk-palvelimen ollessa kytkettynä internetiin. Tämä edellyttää luonnollisesti myös etäkohteen sijaitsemista internetyhteyden päässä.

Kotipuhelinverkkoon kuuluu oletuksena kolme käyttäjää, joista jokaiselle luodaan oma SIP-tili Asterisk-järjestelmään. SIP-tilien nimet voidaan valita käyttäjien toiveiden mukaan, tässä ympäristössä tilien nimet ovat ”kayttaja1”, ”kayttaja2” ja ”kayttaja3”. Jokaiseen tiliin kuuluvat myös vapaavalintainen salasana, käyttäjänimi sekä soittajan tunnus. Edellä mainittujen parametrien läpikäyminen tässä ei ole tarpeellista vaikkakin ne tulevat olemaan kyseisessä järjestelmässä määriteltynä. Jokaisen järjestelmään luodun SIP-tilin kirjautumisen tulee myös näkyä Asterisk-palvelimella. Tämän lisäksi määritellään järjestelmään myös käytettävä koodekki

(G.711 A-Law) sekä sallitaan jokaisen käyttäjän muodostaa ja vastaanottaa puheluita.

Jokaiselle käyttäjälle määritellään oma kolminumeroinen alanumero, jota voidaan käyttää myös pikavalintana soittaessa järjestelmään määritettyihin SIP-tileihin, eli käyttäjien ohjelmistopuhelimiin. Käyttäjille luotavat alanumerot tässä järjestelmässä ovat 100, 101 ja 102, jotka määräytyvät kyseisessä järjestyksessä järjestelmän kolmelle eri käyttäjälle. Tällöin esimerkiksi ”kayttaja1”:llä on alanumero 100. SIP-tilien sekä alanumeroiden reititysten ollessa määritellyt, tulee esimerkiksi ”kayttaja1”:een voida ottaa yhteys soittamalla ohjelmistopuhelimella numeroon ”100” tai vaihtoehtoisesti käyttämällä SIP-osoitetta ”sip:100@domain”.

Tämän lisäksi jokaiselle käyttäjälle määritetään haluttu hälytysaika, jolloin puheluun tulee ehtiä vastata ennen kuin se ohjautuu automaattiseen vastaajaan. Automaattinen vastaaja määrittelee soittavaksi viestin soittajalle, joka ilmoittaa kohdehenkilön olevan tavoittelemattomissa, jonka jälkeen puhelu automaattisesti katkaistaan. Samat toimenpiteet tapahtuvat myös jos tavoiteltava henkilö hylkää puhelun, ei ole kirjautunut ohjelmistopuhelimella SIP-tililleen tai kun soitetaan yleiseen numeroon, jolloin puhelu ohjautuu kaikille käyttäjille, mutta kukaan ei vastaa puheluun.

Käyttäjien tulee voida soittaa puhelu myös ilman, että valitaan kenelle järjestelmän käyttäjistä erikseen halutaan soittaa. Soittaessa kyseiseen ns. yleiseen numeroon tulee soittajan valita SIP-osoitteeksi ohjelmistopuhelimestaan riippuen joko ”sip:domain” tai ”sip:s@domain”. Käyttäjä voi myös soittaa alanumeroon ”s” muodostaakseen kyseisen puhelun. Puhelun tulee ohjautua jokaiselle järjestelmän käyttäjälle, jolloin nopeiten puheluun vastannut saa puhelun.

### **Käyttöympäristönä yrityspuhelinverkko**

Yrityspuhelinverkon voidaan kuvitella soveltuvan pienen yrityksen käyttämäksi ympäristöksi. Sen perusvaatimuksiin kuuluu kaksi liittymää ulospäin meneviä puheluita varten, joilla voidaan soittaa esimerkiksi matka- tai lankapuhelinverkkoihin. Liittymiä tulee voida käyttää myös kyseisistä puhelinverkoista soittettujen

puheluiden reitittämisessä yrityksen sisäisiin ohjelmistopuhelimiin. Yrityspuhelinverkossa järjestelmään tulee myös voida kirjautua internetin yli etäkohteesta, kun käytetään SIP-prokollaan perustuvia puhelimia. Yrityspuhelinverkon tulee siis soveltua vastaamaan pienen yrityksen jokapäiväisiä kommunikointitarpeita.

Yrityspuhelinverkkoon kuuluu oletuksena viisi käyttäjää, joille jokaiselle luodaan oma SIP-tili samaan tapaan kuin kotipuhelinverkossa. Jokaisella käyttäjällä tulee olla myös oma kolminumeroinen alanumero, jota voidaan käyttää yrityksen sisäisissä puhelussa. Järjestelmän alanumerot tulee alkaa 101:stä ja päättyä 105:een, ”kayttaja1”:llä on alanumero 101 jne. Soitettaessa yrityksen sisäisiä puheluita voidaan luonnollisesti käyttää myös SIP-osoitteita, kuten ”sip:105@domain”.

Yrityspuhelinverkossa tulee myös voida soittaa yrityksen sisäiseen ns. yleiseen numeroon. Siihen tulee voida soittaa samaan tapaan kuin kotipuhelinverkossa. Tässä tapauksessa halutaan kuitenkin, että kyseinen puhelu ohjaa soittajan interaktiiviseen pikavalintasovellukseen, jossa soittajan tulee puhelimellaan voida interaktiivisesti valita kohde jolle soitetaan. Tämä tarkoittaa sitä, että soitettaessa yleiseen numeroon, tulee soittajalle ensin kuulua lyhyet ohjeet mitä tehdä. Tämän jälkeen soittajan tulee voida tehdä puhelimellaan pikavalinta, jonne puhelu automaattisesti ohjataan. Pikavalintoja tulee täten olla viisi kappaletta jokaista järjestelmän käyttäjää varten. Esimerkiksi soitettaessa kyseiseen yleiseen numeroon ja valittaessa puhelimesta numero ”1” tulee puhelun ohjautua ”kayttaja1”:lle.

Tämän lisäksi halutaan myös määrittää kyseisen valinnan tekemiselle aika, jonka sisällä pikavalinta tulee näppäillä. Muutoin puhelu katkeaa ja järjestelmä toivottaa soittajalle hyvästit. Soittajan valitessa pikavalinnan, jota ei ole määritetty järjestelmään, tulee hänen saada tästä tieto järjestelmältä ja päästä valitsemaan uusi pikavalinta.

Kuten aiemmin mainittiin, tulee järjestelmään olla liitettynä kaksi erillistä liittymää yhteyden muodostamiseksi ulkopuolisiin puhelinverkkoihin. Tässä tapauksessa Asterisk-järjestelmään rekisteröitävät liittymät ovat Saunalahden tarjoamia ilmaisia nettipuhelinliittymiä. Nettipuheliniittymillä soittaminen onnistuu veloi-

tuksetta Saunalahden matkapuhelinverkkoon sekä muihin Saunalahden nettipuhelinliittymiin. Tämä mahdollistaa samalla soittamisen myös muihin matkapuhelinverkkoihin sekä perinteiseen lankapuhelinverkkoon. Yhteyksien eri puhelinverkkojen välillä tulee luonnollisesti toimia molempiin suuntiin; sisään- ja ulospäin.

Soitettaessa ulkopuolisista puhelinverkoista Asterisk-järjestelmän kumpaan tahansa ulkopuolisia puheluita käsittelevään liittymään, tulee soittajan päästä interaktiivisesti valitsemaan puhelun kohde pikavalintaa hyväksi käyttäen. Interaktiivisen pikavalintasovelluksen tulee toimia tavalla kuin soitettaessa yrityksen sisäiseen yleiseen numeroon.

Soitettaessa yrityksen sisältä ulkopuolisiin puhelinverkkoihin tulee soittajan voida valita, kumpaa järjestelmään rekisteröidyistä Saunalahden nettipuhelinliittymistä käytetään puhelun muodostamiseen. Ensimmäistä liittymää käytettäessä, tulee soitettavan numeron eteen asettaa ”0”, kun taas käytettäessä toista liittymää asetetaan numeron eteen ”9”. Tällä tavalla järjestelmän käyttäjät voivat valita käyttöönsä kumman tahansa liittymistä tarpeidensa mukaisesti.

## 5 ASTERISK-JÄRJESTELMIEN KONFIGUROINTI

Tässä luvussa käsitellään suunniteltuihin käyttöympäristöihin toteutettavien Asterisk-järjestelmien konfigurointia. Ensin käydään kuitenkin läpi kuinka Asterisk-ohjelmisto asennetaan, jotta sitä voidaan käyttää VoIP-puhelinjärjestelmien konfigurointiin. Tämän jälkeen käydään tiiviisti läpi Asteriskin hallintaan sekä konfigurointiin liittyviä pääkohtia. Lopuksi konfiguroidaan kaksi Asterisk-järjestelmää käyttöympäristöjen vaatimusten mukaisesti, jonka jälkeen luotuja järjestelmiä analysoidaan ja verrataan keskenään. Tämän pohjalta muodostetaan tutkimustulokset.

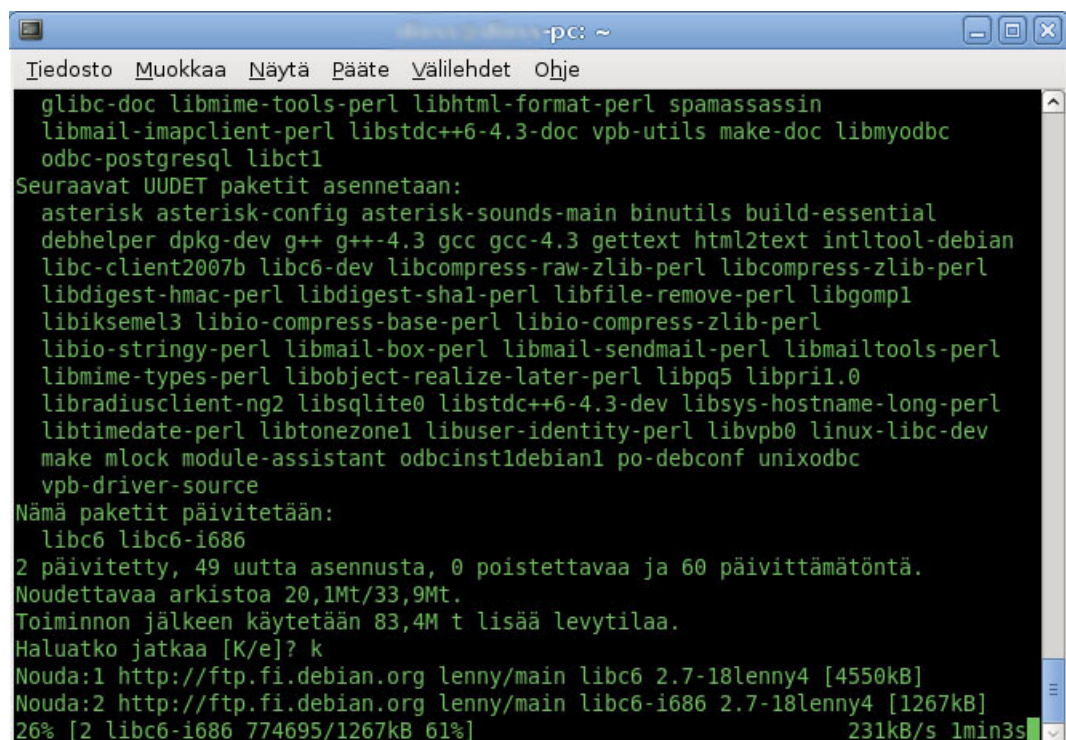
### 5.1 Asteriskin asennus

Suunniteltaessa pelkän VoIP-järjestelmän rakentamista tarvitsee Asteriskiin kuuluvista paketeista asentaa ainoastaan varsinainen Asterisk-paketti (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 38). Asteriskin hankkiminen ja asennus toteutetaan käyttämällä Debian GNU/Linux -käyttöjärjestelmän omaa paketinhallintaa (APT, Advanced Package Tool). Tämä voidaan toteuttaa joko graafisen käyttöliittymän omaavan ohjelman avulla tai tekstipohjaisella komentorivillä. Asteriskin konfiguroinnin sekä hallinnan tapahtuessa tekstipohjaisesti, suoritetaan myös ohjelman asennus tekstipohjaisesti komentorivin avulla.

Komentoriviin pääsee käsiksi käyttämällä esimerkiksi Linuxin graafisesta käyttöliittymästä löytyvää terminaaliemulaattoria. Tässä työssä käytössä on Linuxin Gnome-työpöytäympäristö, joka sisältää gnome-terminaalin. (Linux.fi-wiki 2009a; Wikipedia 2010c.)

Ennen paketin latausta ja asennusta tarkistetaan hankittavan paketin nimi. Tämä tapahtuu terminaalissa komennolla: *apt-cache search asterisk*, joka etsii pakettilistasta kaikki paketit, jotka sisältävät nimen asterisk. Tämän jälkeen etsitään listasta paketti, joka halutaan asentaa. Tässä tapauksessa etsittävän paketin nimi täsmää hakusanaan ja löytyy listasta nimellä ”asterisk - Open Source Private Branch Exchange (PBX)”, josta ensimmäinen osa on asennettavan paketin nimi.

Ennen asennuksen aloittamista kirjaudutaan terminaalissa Linuxin pääkäyttäjäksi Su-ohjelman avulla komennolla: *su* (Linux.fi-wiki 2009b). Paketin hankinta ja asennus suoritetaan tämän jälkeen APT-paketinhallintaohjelman komennolla: *apt-get install asterisk*. Asennuksen yhteydessä tarvitaan vielä Linuxin asennuspakettia ”debian-504-i386-CD-1.iso”, josta löytyy osa tarvittavista paketeista. Asennuspaketti liitetään VMwaren virtuaaliseen CD/DVD-asemaan, josta asennusohjelma valitsee tarvittavat paketit. Lopulta Asterisk-ohjelmisto ja kaikki sen riippuvuudet ovat asennettu ja asennus on valmis.



```

glibc-doc libmime-tools-perl libhtml-format-perl spamassassin
libmail-imapclient-perl libstdc++6-4.3-doc vpb-utils make-doc libmyodbc
odbc-postgresql libct1
Seuraavat UUDET paketit asennetaan:
asterisk asterisk-config asterisk-sounds-main binutils build-essential
debhelper dpkg-dev g++ g++-4.3 gcc gcc-4.3 gettext html2text intltool-debian
libc-client2007b libc6-dev libcompress-raw-zlib-perl libcompress-zlib-perl
libdigest-hmac-perl libdigest-sha1-perl libfile-remove-perl libgomp1
libiksemel3 libio-compress-base-perl libio-compress-zlib-perl
libio-stringy-perl libmail-box-perl libmail-sendmail-perl libmailtools-perl
libmime-types-perl libobject-realize-later-perl libpq5 libpri1.0
libradiusclient-ng2 libsquid3 libstdc++6-4.3-dev libsys-hostname-long-perl
libtimedate-perl libtonezone1 libuser-identity-perl libvpb0 linux-libc-dev
make mlock module-assistant odbcinst1debian1 po-debconf unixodbc
vpb-driver-source
Nämä paketit päivitetään:
libc6 libc6-i686
2 päivitetty, 49 uutta asennusta, 0 poistettavaa ja 60 päivittämätöntä.
Noudettavaa arkistoa 20,1Mt/33,9Mt.
Toiminnon jälkeen käytetään 83,4M t lisää levytilaa.
Haluatko jatkaa [K/e]? k
Nouda:1 http://ftp.fi.debian.org lenny/main libc6 2.7-18lenny4 [4550kB]
Nouda:2 http://ftp.fi.debian.org lenny/main libc6-i686 2.7-18lenny4 [1267kB]
26% [2 libc6-i686 774695/1267kB 61%] 231kB/s 1min3s

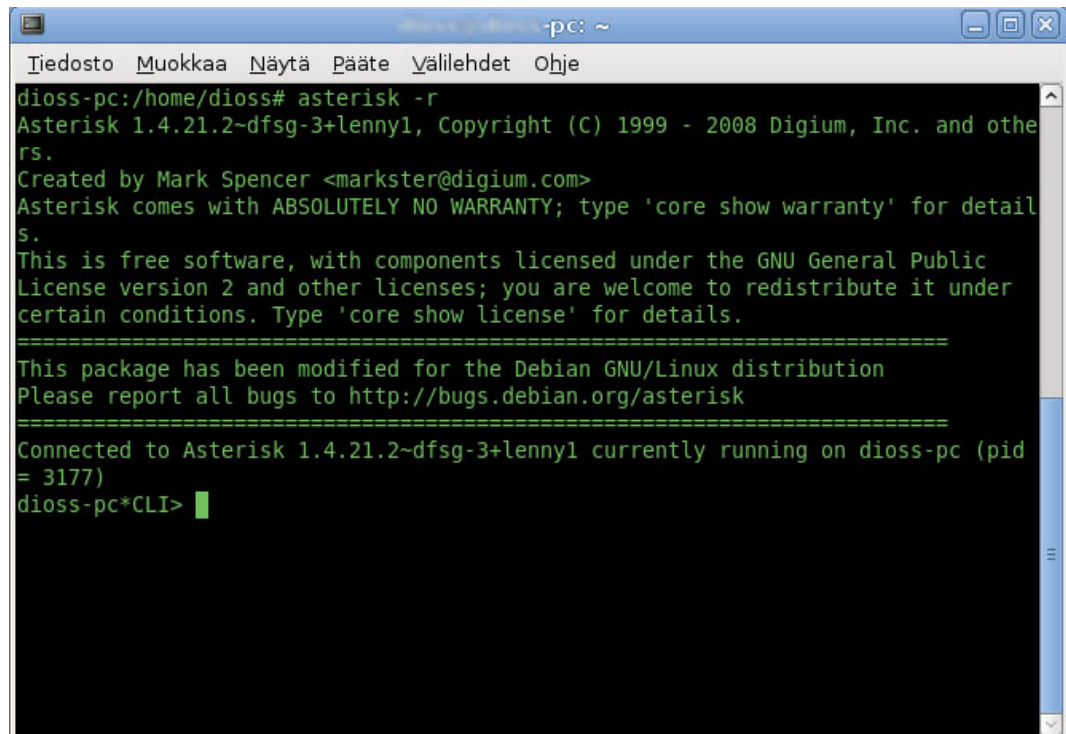
```

KUVIO 4. Asterisk-pakettien noutaminen internetistä gnome-terminaalissa

Tämän jälkeen asennetaan vielä vapaavalintainen äänipaketti Asteriskia varten. Äänipaketti etsitään pakettilistasta samaan tapaan kuin Asterisk-ohjelmistokin ja se esiintyy listassa nimellä ”asterisk-sounds-extra – Additional sound files for the Asterisk PBX”. Asennus tapahtuu käyttäen komentoa: *apt-get install asterisk-sounds-extra*. Asterisk on nyt valmis VoIP-ympäristöjen konfigurointia varten.

## 5.2 Komentorivi ja tiedostot

Asterisk-järjestelmän hallinta tapahtuu sen komentoriviltä (CLI, Command Line Interface) käsin. Komentorivin käyttöliittymä on tekstipohjainen ja sen avulla saadaan järjestelmästä kaikki tarvittava informaatio. Komentoriviltä käsin voidaan syöttää lukuisia eri komentoja, joista myöhemmin käsitellään vain tämän työn kannalta oleelliset. Asteriskin-komentoriviin pääsee käsiksi niin ikään terminaalilla, jota käytettiin jo Asteriskin asennuksessa. Asteriskin ollessa asennettuna Linux-käyttöjärjestelmän päälle, ohjelmisto käynnistyy oletuksena automaattisesti käyttöjärjestelmän yhteydessä. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 55.)



```

dioss-pc:/home/dioss# asterisk -r
Asterisk 1.4.21.2~dfsg-3+lenny1, Copyright (C) 1999 - 2008 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
This package has been modified for the Debian GNU/Linux distribution
Please report all bugs to http://bugs.debian.org/asterisk
=====
Connected to Asterisk 1.4.21.2~dfsg-3+lenny1 currently running on dioss-pc (pid = 3177)
dioss-pc*CLI>

```

KUVIO 5. Asteriskin komentorivi

Ennen käyttöympäristöjen konfiguroinnin aloittamista käydään läpi lyhyesti muutamia komentoja, joita tullaan tarvitsemaan myöhemmin konfiguroinnin ja testauksen yhteydessä. Asterisk-järjestelmä käynnistetään Linuxin terminaalissa yksinkertaisesti komennolla ”*asterisk*”. Komennon rinnalla voidaan käyttää myös useita

erilaisia parametreja tarvittaessa. Asterisk-järjestelmän ollessa jo käynnissä, päättään sen komentoriviin käsiksi parametrilla ”r”, eli käytännössä komennolla ”*asterisk -r*”. Sama toimenpide voidaan vaihtoehtoisesti toteuttaa myös komennolla ”*rasterisk*”. Lista kaikista käytettävissä olevista parametreista saadaan komennolla ”*asterisk -h*”. Listassa on myös lyhyesti kuvailtu jokaisen parametrin käyttötarkoitus, joten niitä ei käydä tässä erikseen läpi. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 57–58.)

Asteriskin komentorivillä työssä käytettävät tärkeimmät komennot liittyvät lähinnä koko Asterisk-ohjelmiston tai sen SIP-kanavien hallintaan. Seuraavat komennot toimivat siis oltaessa kytkettynä Asteriskin omaan komentoriviin. Yleisellä komennolla ”*help*” saadaan lista kaikista Asteriskin komentorivillä käytettävistä komennoista kuvauksineen. Lisäksi tällä saadaan myös lisätietoa yksittäisistä komennoista lisäämällä perään haluttu komento, ”*help komento*”. Taulukossa 6 käydään läpi lyhyesti muutamia työn kannalta tärkeitä Asteriskin komentorivillä käytettäviä komentoja. (VOIP-Info.org LLC 2010a.)

TAULUKKO 6. Asteriskin komentorivillä työssä käytettäviä komentoja

Komento	Toimenpide
Restart now	Uudelleenkäynnistää Asteriskin välittömästi
Stop now	Ajaa Asteriskin alas.
Reload	Uudelleenlataa konfigurointitiedostot
Dialplan reload	Uudelleenlataa puheluiden reititysasetukset
Sip reload	Uudelleenlataa SIP-asetukset
Sip show channels	Näyttää aktiiviset SIP-kanavat
Sip show channel	Näyttää lisätietoa SIP-kanavasta
Sip show peers	Näyttää määritellyt Asteriskin SIP-tilit
Sip show registry	Näyttää SIP-rekisteröintien tilan
Sip show users	Näyttää määritellyt SIP-käyttäjät

Asterisk käyttää useita hakemistoja hallitessaan järjestelmän erilaisia toimintoja ja tiedostoja. Asteriskin konfigurointitiedostojen päähakemisto sisältää kaikki tässä työssä tarvittavat tiedostot. Tiedostot sijaitsevat Asteriskin hakemistossa

”/etc/asterisk/”. Käyttöympäristöjen konfiguroinnissa tarvittavat tiedostot ovat sip.conf ja extensions.conf. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 59.)

Sip.conf -tiedosto sisältää parametrejä liittyen SIP-tilien konfigurointiin Asterisk-järjestelmässä. SIP-tilit tulee konfiguroida ennen kuin soittoja voidaan muodostaa tai vastaanottaa Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmän kautta. Lisäksi se sisältää myös mahdollisten järjestelmään liitettävien palveluntarjoajien rekisteröitymisinformaation. Asterisk käyttää sip.conf -tiedostoa määrittämään mitä puheluita ollaan halukkaita vastaanottamaan sekä minne kontekstiin puhelut ohjautuvat extensions.conf -tiedostossa.

Sip.conf -tiedostoa luetaan ylhäältä alas. Ensimmäinen osio on yleisille SIP-asetuksille, johon voidaan sijoittaa esimerkiksi IP-osoite sekä portin numero. Seuraavat osiot määrittelevät SIP-tilien parametrejä, kuten käyttäjänimen, salasanan sekä IP-osoitteen rekisteröimättömille käyttäjille. Tiedoston osiot erotellaan otsikoin, jotka ovat merkittynä hakasulkuihin. Ensimmäinen osio on nimeltään ”[general]”, jota ei voida käyttää SIP-tilin nimenä. Seuraavat osiot alkavat SIP-tilien nimillä, jotka ovat merkitty niin ikään hakasulkuihin. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 482; Digium, Inc 2010c.)

Extensions.conf -tiedosto sisältää Asterisk-järjestelmän sisäisten sekä ulkoisten puheluiden reititykset. Tämän tiedoston avulla konfiguroidaan siis koko Asterisk-järjestelmän läpi kulkevat yhteydet.

Extensions.conf -tiedoston sisältö on myös järjestelty eri osioihin. Jokainen osio extensions.conf -tiedostossa alkaa osion nimellä, joka on merkitty hakasulkuihin. Ensimmäiseen osioon kuuluvat muuttumattomana pysyvät asetukset, jotka löytyvät ”[general]” ja ”[globals]” otsikoiden alta. Jälkimmäinen osio koostuu ulkoisten ja sisäisten puheluiden reititysasetuksista, jotka molemmat ovat yleensä oman kontekstinsa alla. Jokainen konteksti voi sisältää useita ekstensioneita, jotka reitittävät puheluita halutuille kanaville, sovelluksille tai toisille ekstensioille, jotka sijaitsevat paikallisessa tai etäisessä järjestelmässä. Kontekstien nimet ovat järjestelmän ylläpitäjän päätettävissä ja ne ovat myös merkitty hakasulkuihin. Konteks-

tin alle määritettyjen extensioneiden syntaksit sisältävät aina ”exten =>” -nimikkeen jokaisen rivin alussa. Ekstension koostuu kolmesta komponentista; nimestä tai numerosta, prioriteetista sekä komennosta. Yksinkertainen ekstension voi olla esimerkiksi muotoa ”exten => 123,1,Answer()”. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 122; Digium, Inc 2010c; VOIP-Info.org LLC 2010b.)

### 5.3 Kotipuhelinverkon konfigurointi

Kotipuhelinverkon konfiguroiminen aloitetaan muokkaamalla sip.conf -tiedostoa, joka löytyy hakemistosta ”/etc/asterisk/”. Tiedosto sisältää oletuksena paljon esimerkkejä sekä informaatiota mahdollisista tarvittavista parametreista. Luotaessa uutta järjestelmää voidaan tiedoston sisältö tyhjentää kokonaan ja aloittaa konfigurointi puhtaalta pöydältä. Tiedoston ollessa tyhjä aloitetaan konfiguroiminen kyseisen tiedoston ensimmäisestä osiosta, eli ”[general]” -otsikon alta, jonka jälkeen siirrytään konfiguroimaan SIP-tilejä. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 84.)

```

dioss@dioss-pc: ~
Tiedosto Muokkaa Näytä Pääte Välilehdet Ohje
GNU nano 2.0.7 File: sip.conf Modified
[general] ; Tämä osio sisältää tietoa liittyen kaikkiin
; järjestelmän SIP-tileihin sekä kanaviin.
bindport=5060 ; UDP-portin määrittely, oletuksena SIP-yhteyksille
; käytetään porttia 5060. Bindport on paikallinen
; UDP-portti, jota Asterisk kuuntelee.
bindaddr=0.0.0.0 ; Sidottu IP-osoite, eli kuunneltava osoite.
; Osoite 0.0.0.0 sitoutuu kaikkiin verkko rajapintoihin.
disallow=all ; Kielletään ensin kaikki koodekit, jotta voidaan
; sallia vain halutut.
allow=alaw ; Sallitaan G.711 A-Law koodekki.

```

KUVIO 6. Kotipuhelinverkon yleisten SIP-asetusten konfigurointia

Kuviossa 6 on esitetty kommentoituna sip.conf -tiedoston ensimmäisen eli ”[general]” -osion konfigurointi. Tähän on määritelty neljä tarvittavaa parametriä, joita

tarvittaessa voisi olla myös huomattavasti enemmän. Tässä on kuitenkin määritelty vain välttämättömimmät toiminnot kotipuhelinverkon toimivuuden kannalta. Sip.conf -tiedoston konfigurointi jatkuu SIP-tilien luomisella käyttäjille. (Meggen, Madsen & Smith 2007, 84; VOIP-Info.org LLC 2010c.)

```

dioss@dioss-pc: ~
Tiedosto Muokkaa Näytä Pääte Väliohje Ohje
GNU nano 2.0.7 File: sip.conf Modified

[kayttaja1] ; SIP-tilin nimi.
type=friend ; SIP-tilin tyyppi, voi olla user, peer tai friend.
; User-tyyppi määrittelee kanavan, joka käsittelee vain
; sisääntulevia puheluita.
; Peer-tyyppi määrittelee kanavan, joka käsittelee vain
; ulospäin meneviä puheluita.
; Friend-tyyppi määrittelee kanavan, jossa yhdistyvät
; edellämäinittujen kanavien ominaisuudet.
context=puhelut ; Konteksti johon viitataan extensions.conf-tiedostossa.
host=dynamic ; Määritellään kuinka asiakasohjelma paikannetaan.
; Host voi olla tyyppiä dynamic, hostnimi tai IP-
; osoite. Käytettäessä dynamic-tyyppiä puhelin
; rekisteröityy automaattisesti.
secret=banaani ; Määritellään tilin salasana.
qualify=yes ; Tarkistetaan väliajoin onko asiakasohjelma
; tavoitettavissa. Voi olla muotoa yes, no tai
; itse määritetty aika millisekunteinä. "Yes" ollessa
; valittuna tarkistus tehdään joka 60 sekunti.
callerid="soittaja1" ; Käytetään kun muuta informaatiota soittajasta ei ole
; saatavilla. Näkyy soittajan nimenä.
username=kayttaja1 ; Asteriskin hyväksyessä SIP INVITE pyyntöjä etäiseltä
; SIP-asiakasohjelmalta, tämä parametri määrittelee
; käyttäjänimen tunnistautumista varten.

```

KUVIO 7. Kotipuhelinverkon SIP-tilien konfigurointia

Kuviossa 7 on luotu ”kayttaja1”-lle SIP-tili Asterisk-järjestelmään. Asetetut parametrit ovat selitetty oikealla puolella kommentoituina. Kyseisten parametrien järjestyksellä ei ole tässä tapauksessa merkitystä, joten nämä ovat asetettu satunnaisessa järjestyksessä. Myös SIP-tiliä luotaessa valittavana on runsaasti erilaisia parametreja, joista tässä on käytetty vain oleellisimpia, jotta luotujen tilien omi-

naisuudet vastaisivat kotipuhelinverkolle asetettuja vaatimuksia. Kotipuhelinverkkoa määriteltäessä käyttäjien määrä oli asetettu kolmeen. Kuvion 7 sisältäessä vain yhdelle käyttäjälle asetetut parametrit, ovat kyseiset parametrit asetettu myös kahdelle muullekin käyttäjälle, jotka eivät näy kuviossa. Sip.conf -tiedostoon on täten määritetty kaikki kotipuhelinverkon vaatimuksiin kuuluvat parametrit, joten voidaan siirtyä konfiguroimaan extensions.conf -tiedostoa. (VOIP-Info.org LLC 2010c.)

Kuten sip.conf -tiedosto niin myös extensions.conf -tiedosto sisältää oletuksena paljon esimerkkejä sekä ohjeita liittyen puheluiden reitityksiin. Jotta extensions.conf -tiedoston konfigurointi olisi mahdollisimman selkeää, aloitetaan konfigurointi tyhjentämällä tiedoston sisältö. Tämän jälkeen voidaan halutessa luoda tiedoston ensimmäiseen osioon kuuluva kontekstit "[globals]" ja "[general]". Näiden kontekstien alle ei tässä tapauksessa kuitenkaan kirjoiteta mitään, mutta ne voidaan luoda valmiiksi jos järjestelmään halutaan myöhemmin tehdä muutoksia. Näiden alle luodaan konteksti "[puhelut]", johon viitattiin aiemmin sip.conf -tiedostossa käyttäjien SIP-tilejä luotaessa. Tämän kontekstin alle tulevat kaikki kotipuhelinverkon puheluiden reititykset alanumeroineen. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 121.)

```

dioss@dioss-pc: /etc/asterisk
Tiedosto Muokkaa Näytä Pääte Väليهdet Ohje
GNU nano 2.0.7 File: extensions.conf Modified
[globals]
[general]
[puhelut]
exten => s,1,Dial(SIP/kayttaja1&SIP/kayttaja2&SIP/kayttaja3,30)
; Määritellään extension nimeltä "s". Tämän ekstensionin ensimmäinen
; prioriteetti on hälyyttää kaikkia kolmea järjestelmän SIP-tiliä soittaessa
; kyseiseen ekstensioniin. Ekstension on siis asetettu oletukseksi koko
; järjestelmälle, kun ei erikseen haluta soittaa tietylle käyttäjälle.
; Käskyosuuden loppuun on määritelty myös parametri "30", joka merkitsee
; aikaa kuinka kauan käyttäjien puhelimet soivat jos kukaan käyttäjistä ei
; ota puhelua vastaan.

exten => s,2,Playback(vm-nobodyavail)
; Ekstension "s":n toinen prioriteetti on "Playback"-sovellus, jonka avulla
; soittaja saa järjestelmältä automaattisen viestin, mikäli kukaan käyttäjistä
; ei ota vastaan puhelua.

exten => s,3,Hangup()
; Viimeisenä prioriteettina ekstensioniin kuuluu "Hangup"-toiminto, joka
; nimensä mukaisesti katkaisee puhelun automaattisesti siirryttäessä
; Playback-sovelluksen jälkeen tähän ekstensioniin.

```

KUVIO 8. Kotipuhelinverkon puheluiden reititysten konfigurointia

Kuviossa 8 on esitetty kommentoituna "[puhelut]" -konteksti, joka on määritetty extensions.conf -tiedostoon. Tarkemmin kuviossa 8 näkyy "[puhelut]" -kontekstin ensimmäinen ekstension nimeltä "s", jolle on määritetty kolme priorisoitua toimintoa. Kuviossa 8 näkyvät ekstensionit käsittävät kotipuhelinverkkoon määritetyn toiminnon, jonka ansiosta järjestelmässä voidaan soittaa ns. yleiseen numeroon. Tämän jälkeen samaan kontekstiin on määritelty jokaiselle käyttäjälle oma alanumero, joka on esitelty kuviossa 9. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 119–127; VOIP-Info.org LLC 2010b.)

```

dioss@dioss-pc: /etc/asterisk
Tiedosto Muokkaa Näytä Pääte Välilehdet Ohje
GNU nano 2.0.7 File: extensions.conf Modified
exten => 100,1,Dial(SIP/kayttaja1,20)
; Määritellään uusi ekstension nimeltä "100". Tämä toimii samalla
; pikavalintana haluttaessa soittaa "kayttaja1":lle.
; Kyseisen ekstensionin ensimmäisenä prioriteettina on täten hälyyttää
; "kayttaja1":lle määritettyä SIP-tiliä, johon on kytkettynä ohjelmistopuhelin.
; Tilin ollessa käytössä, puhelin soi 20 sekuntia kunnes puhelu katkaistaan
; automaattisesti, jos tavoiteltu henkilö ei ota puhelua vastaan. Tällöin
; siirrytään ekstensionin seuraavaan määritettyyn toimintoon.

exten => 100,2,Playback(vm-nobodyavail)
; Ekstensionin toisena prioriteettina soittaja saa automaattisen viestin
; järjestelmältä, jos puheluun ei vastattu 20 sekunnun aikana. Soittaja kuulee
; saman viestin myös jos tavoiteltu käyttäjä ei ole kirjautunut SIP-tililleen
; tai jos käyttäjä hylkää puhelun.

exten => 100,3,Hangup()
; Kolmantena prioriteettina on "Hangup"-toiminto, joka katkaisee automaattisesti
; puhelun Playback-sovelluksen jälkeen.

exten => 101,1,Dial(SIP/kayttaja2,30)
exten => 101,2,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 101,3,Hangup()

exten => 102,1,Dial(SIP/kayttaja3,15)
exten => 102,2,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 102,3,Hangup()

```

KUVIO 9. Kotipuhelinverkon puheluiden reititysten konfigurointia

Kuviossa 9 on esitelty tarkemmin, jokaiselle käyttäjälle luodut alanumerot ja puheluiden reititykset. Tiedostossa on kommentoituna ”kayttaja1”:lle määritellyt ekstensionit, samat toiminnot ovat käytössä myös kahdella muulla käyttäjällä. Kahden muun käyttäjän ekstensionit ovat määritellyt kommenttien alapuolelle. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 119–127; VOIP-Info.org LLC 2010b.)

Tämän jälkeen molempien konfigurointitiedostojen parametrien ollessa määritetyt, voidaan tarkistaa Asteriskin komentoriviltä toimivatko aiemmin luodut SIP-tilit. Tämän havainnollistamiseksi tarvitsee kyseisillä tileillä ensin kirjautua ohjelmistopuhelimiin, jonka jälkeen voidaan Asteriskin komentoriviltä tarkistaa näkyvätkö käytössä olevat SIP-tilit Asterisk-järjestelmässä aktiivisina. Puheluiden reititykset sekä käyttäjille määritellyt alanumerot toimintoineen voidaan yksinkertaisesti testata muodostamalla puheluita eri käyttäjien välille.

```

dioss-pc*CLI> sip show peers
Name/username      Host                Dyn Nat ACL Port    Status
kayttaja3/kayttaja3 (Unspecified)      D      0      UNKNOWN
kayttaja2/kayttaja2 192.168.1.140.162  D      5061   OK (28 ms)
kayttaja1/kayttaja1 192.168.1.140.248  D      5062   OK (3 ms)

3 sip peers [Monitored: 2 online, 1 offline Unmonitored: 0 online, 0 offline]
dioss-pc*CLI>

```

#### KUVIO 10. Informaatiota kotipuhelinverkkoon kirjautuneista SIP-tileistä

Kirjaututtaessa Asteriskin komentoriville saadaan informaatiota järjestelmään määritetyistä SIP-tileistä komennolla ”*sip show peers*”. Komento tulostaa listan määritellyistä SIP-tileistä ja näyttää niistä tarvittavan informaation. Kuvio 10 nähdään kuinka järjestelmään luoduista kolmesta SIP-tilistä kahdella on kirjautunut järjestelmään aktiiviseksi, eli tilit ovat kyseisellä hetkellä käytössä ohjelmistopuhelimissa. Havainnollistamisen vuoksi ”kayttaja3”:*n* SIP-tilillä ei ole kirjautunut ohjelmistopuhelimeen, jotta aktiivisia SIP-tilejä voitaisiin verrata tiliin, joka ei kyseisellä hetkellä ole tavoiteltavissa. Aktiivisista SIP-tileistä ”kayttaja1”:*n* tilillä on kirjaututtu järjestelmään lähiverkossa ja ”kayttaja2”:*n* tilillä internetin yli etäkohteesta. Tämän takia ”kayttaja2”:*n* yhteydessä on hieman suurempi viive (28 ms) verrattuna ”kayttaja1”:*n* (3 ms).

```

Asterisk Console on 'dioss-pc' (pid 4125)
Tiedosto Muokkaa Näytä Pääte Välilehdet Ohje
-- Called kayttaja3
-- SIP/kayttaja3-0818ebd0 is ringing
== Spawn extension (puhelut, 102, 1) exited non-zero on 'SIP/kayttaja1-0818a468'
-- Executing [100@puhelut:1] Dial("SIP/kayttaja2-0818a468", "SIP/kayttaja1|20") in new stack
-- Called kayttaja1
-- SIP/kayttaja1-08193978 is ringing
-- SIP/kayttaja1-08193978 answered SIP/kayttaja2-0818a468
-- Native bridging SIP/kayttaja2-0818a468 and SIP/kayttaja1-08193978
== Spawn extension (puhelut, 100, 1) exited non-zero on 'SIP/kayttaja2-0818a468'
-- Executing [101@puhelut:1] Dial("SIP/kayttaja1-08190df0", "SIP/kayttaja2|30") in new stack
-- Called kayttaja2
-- SIP/kayttaja2-08196300 is ringing
-- SIP/kayttaja2-08196300 answered SIP/kayttaja1-08190df0
-- Native bridging SIP/kayttaja1-08190df0 and SIP/kayttaja2-08196300
== Spawn extension (puhelut, 101, 1) exited non-zero on 'SIP/kayttaja1-08190df0'
-- Executing [102@puhelut:1] Dial("SIP/kayttaja2-08196300", "SIP/kayttaja3|15") in new stack
-- Called kayttaja3
-- SIP/kayttaja3-081911e0 is ringing
-- SIP/kayttaja3-081911e0 answered SIP/kayttaja2-08196300
-- Native bridging SIP/kayttaja2-08196300 and SIP/kayttaja3-081911e0
== Spawn extension (puhelut, 102, 1) exited non-zero on 'SIP/kayttaja2-08196300'
dioss-pc*CLI>

```

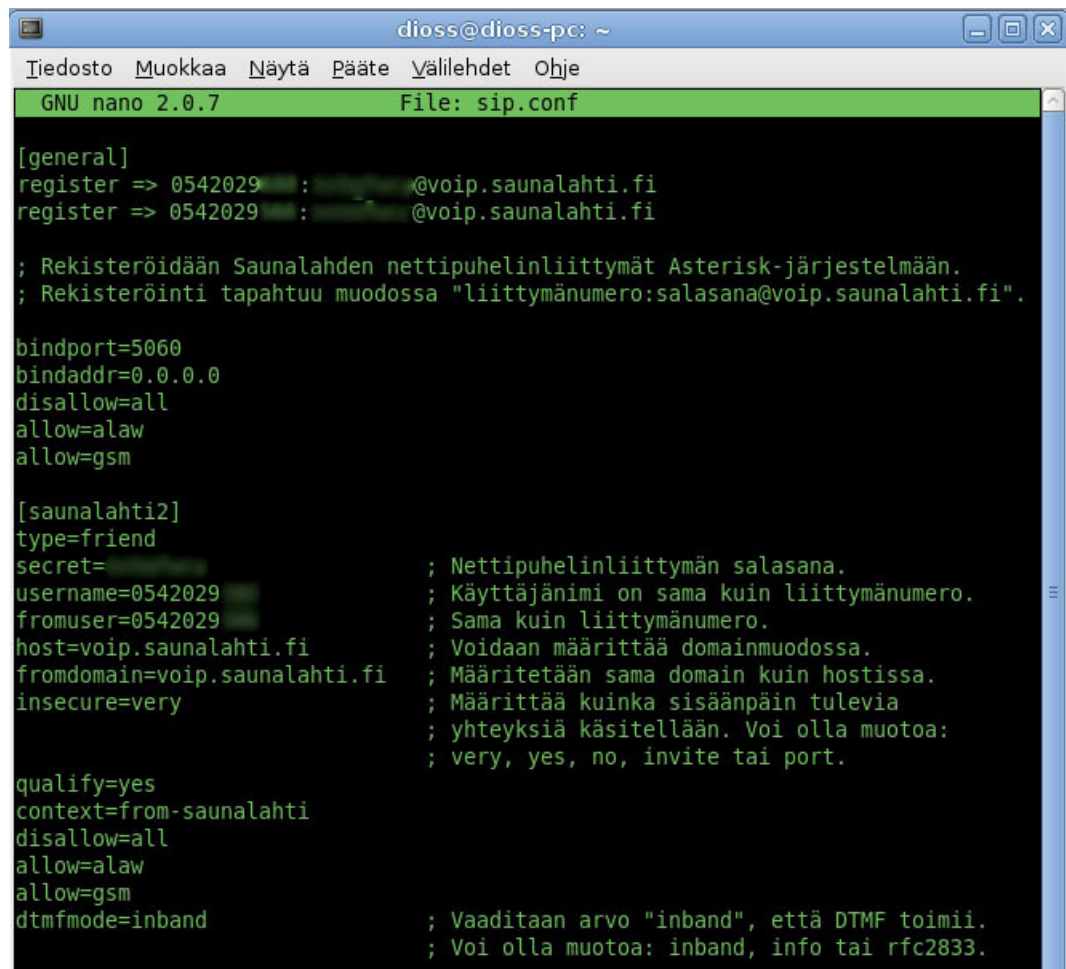
KUVIO 11. Kotipuhelinverkon puheluiden seuraamista Asteriskin komentorivillä

Asteriskin komentoriviltä voidaan seurata myös järjestelmän läpi kulkuvia puheluita. Tämä edellyttää kiinnittymistä komentoriviin esimerkiksi komennolla ”*asterisk -rvvv*”, jossa ”v” -parametrit (verbosity) määrittelevät kuinka paljon komentorivillä nähdään informaatiota Asteriskissa tapahtuvista toimenpiteistä. Kuviossa 11 verbositytaso on asetettu kolmeen, tällöin voidaan seurata melko tarkasti yksittäisten puheluiden muodostumista käyttäjien välille.

Kuviosta 11 voidaan myös päätellä puheluiden eri testikäyttäjien välillä onnistuneen. Siinä nähdään useita eri puheluita kotipuhelinverkon käyttäjien välillä, jossa puhelu laitetaan ensin alulle, tämän jälkeen havaitaan, että tavoiteltavan käyttäjän puhelin soi. Tavoiteltu käyttäjä vastaa puheluun, jolloin puhelu muodostetaan käyttäjien välille, tämän jälkeen toinen käyttäjästä päättää puhelun.

## 5.4 Yrityspuhelinverkon konfigurointi

Yrityspuhelinverkon konfigurointi aloitetaan samaan tapaan kuin kotipuhelinverkon luominen, eli muokkaamalla sip.conf -tiedostoa ”/etc/asterisk/” hakemistosta. Tiedoston muokkaaminen aloitetaan yleisistä SIP-asetuksista ”[general]” -osion alta. Tämän alle määritellään samat parametrit kuin kotipuhelinverkkossa, mutta lisäksi ulkopuolelta tulevia puheluita varten rekisteröidään Saunalahden nettipuhelinliittymät tähän osioon (kuvio12). (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 344; Saunalahti.fi 2010.)



```

GNU nano 2.0.7 File: sip.conf

[general]
register => 0542029 : @voip.saunalahti.fi
register => 0542029 : @voip.saunalahti.fi

; Rekisteröidään Saunalahden nettipuhelinliittymät Asterisk-järjestelmään.
; Rekisteröinti tapahtuu muodossa "liittymännumero:salasana@voip.saunalahti.fi".

bindport=5060
bindaddr=0.0.0.0
disallow=all
allow=alaw
allow=gsm

[saunalahti2]
type=friend
secret= ; Nettipuhelinliittymän salasana.
username=0542029 ; Käyttäjänimi on sama kuin liittymännumero.
fromuser=0542029 ; Sama kuin liittymännumero.
host=voip.saunalahti.fi ; Voidaan määrittää domainmuodossa.
fromdomain=voip.saunalahti.fi ; Määritetään sama domain kuin hostissa.
insecure=very ; Määrittää kuinka sisäänpäin tulevia
; yhteyksiä käsitellään. Voi olla muotoa:
; very, yes, no, invite tai port.

qualify=yes
context=from-saunalahti
disallow=all
allow=alaw
allow=gsm
dtmfmode=inband ; Vaaditaan arvo "inband", että DTMF toimii.
; Voi olla muotoa: inband, info tai rfc2833.

```

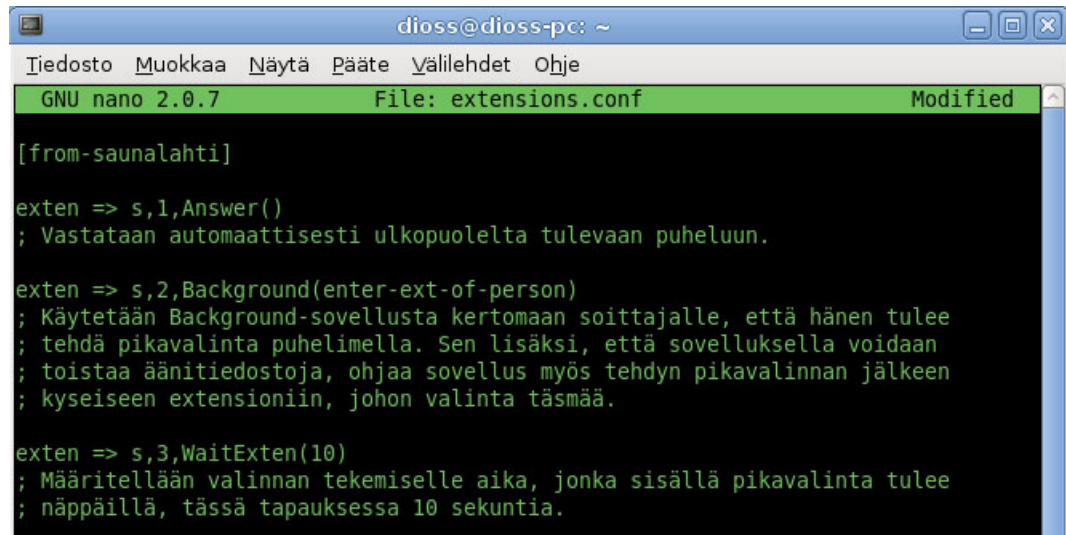
KUVIO 12. Yrityspuhelinverkon SIP-asetusten konfigurointia

Ennen käyttäjien SIP-tilien liittämistä järjestelmään, luodaan molemmille Saunalahden nettipuhelinliittymille omat SIP-tilinsä. Nämä ovat nimeltään ”[saunalahti]” ja ”[saunalahti2]” (kuvio 12). Kuten järjestelmän ohjelmistopuhelinten käyttäjillä myös Saunalahden nettipuhelinliittymillä tulee olla omat SIP-tilinsä, joiden kautta ulkoisia puheluita voidaan ohjata järjestelmässä ulos- tai sisäänpäin. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 97–98; Saunalahti.fi 2010; VOIP-Info.org LLC 2010c.)

Saunalahden nettipuhelinliittymien SIP-tilien ollessa luodut, voidaan järjestelmään liittää käyttäjien SIP-tilit samaan tapaan kuin kotipuhelinverkossa. Poikkeuksena aiempaan, liitettävien käyttäjien SIP-tilien määrä on tällä kertaa viisi. Kyseiset tilit eivät näy kuviossa 12, sillä tilien konfigurointi on käyty läpi jo kotipuhelinverkon yhteydessä. Kuviossa 12 on kuitenkin kommentoituna lisätietoa tiedostoon asetetuista uusista parametreista.

Tiedoston sip.conf konfigurointi on tämän jälkeen valmis, joten voidaan siirtyä luomaan puheluiden reitityksiä extensions.conf -tiedostoon. Tiedostoon voidaan ensin luoda ”[globals]” ja ”[general]” -kontekstit, joita saatetaan mahdollisesti myöhemmin tarvita (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 121). Tämän jälkeen luodaan konteksti ”[from-saunalahti]”, jonka alle määritetään kaikki järjestelmän ulkopuolisia puheluita koskevat reititykset (kuvio 13). Kontekstiin ”[from-saunalahti]” viitataan sip.conf -tiedostossa ”[saunalahti]” sekä ”[saunalahti2]” SIP-tilien yhteydessä (kuvio 12).

Kuten yrityspuhelinverkkoa suunniteltaessa määriteltiin, ulkopuolelta tulevien puheluiden kuuluu ohjautua interaktiiviseen sovellukseen. Sovelluksessa soittajan on mahdollista valita pikavalinnalla jokin järjestelmän käyttäjille määritellyistä SIP-tilistä, johon puhelu ohjataan. Interaktiivinen pikavalintasovellus toteutetaan ensin ”[from-saunalahti]” -kontekstin alle, jonka kautta ohjataan kaikki järjestelmän ulkoiset puhelut. Tässä kontekstissa tullaan käyttämään hyödyksi Asteriskin yhteydessä asennettua vapaavalintaista äänipakettia.



```

dioss@dioss-pc: ~
Tiedosto Muokkaa Näytä Pääte Välilehdet Ohje
GNU nano 2.0.7 File: extensions.conf Modified
[from-saunalahti]

exten => s,1,Answer()
; Vastataan automaattisesti ulkopuolelta tulevaan puheluun.

exten => s,2,Background(enter-ext-of-person)
; Käytetään Background-sovellusta kertomaan soittajalle, että hänen tulee
; tehdä pikavalinta puhelimella. Sen lisäksi, että sovelluksella voidaan
; toistaa äänitiedostoja, ohjaa sovellus myös tehdyn pikavalinnan jälkeen
; kyseiseen extensioniin, johon valinta täsmää.

exten => s,3,WaitExten(10)
; Määritellään valinnan tekemiselle aika, jonka sisällä pikavalinta tulee
; näppäillä, tässä tapauksessa 10 sekuntia.

```

KUVIO 13. Yrityspuhelinverkon interaktiivisen pikavalintasovelluksen luomista

Interaktiivinen pikavalintasovellus esitellään kolmessa osassa. Sovelluksesta esitellään lyhennetty yhden käyttäjän versio, sillä tämän sisältämät toiminnot ja rakenne ovat samat kuin viidelle käyttäjälle luodussa versiossa. Kuvio 13 kuvastaa sovelluksen ensimmäistä osiota, jossa soittajan puhelu otetaan automaattisesti vastaan. Tämän jälkeen järjestelmä lähettää automaattisen ääniviestin, jossa soittajaa kehoitetaan tekemään pikavalinta puhelimellaan. Valinnan tekemiseen soittajalle annetaan aikaa 10 sekuntia. Tehtävistä toimenpiteistä on yksityiskohtaisempaa tietoa kommentoituna kuviossa 13. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 127–134.)

```

dioss@dioss-pc: ~
Tiedosto Muokkaa Näytä Pääte Välilehdet Ohje
GNU nano 2.0.7 File: extensions.conf Modified
exten => 1,1,Playback(digits/1)
; Toistetaan soittajalle numero, jonka hän valitsee. Tässä kohdassa
; toistetaan soittejalle Playback-sovelluksen avulla numero "1", sen jälkeen
; kun soittaja on valinnut numeron puhelimestaan.

exten => 1,n,Goto(from-saunalahti,10,1)
; Soittajan valitessa pikavalinnan "1" puhelimellaan, ohjautuu puhelu tässä
; ekstensionissa kontekstin "from-saunalahti" ekstensioniin "10", jonka
; prioriteetti on "1". Täten puhelu siis ohjataan alla olevaan ekstensioniin.

exten => 10,1,Dial(SIP/kayttaja1,10)
; Tämä ekstension hälyyttää kayttaja1:den SIP-tiliä 10 sekuntia

exten => 10,n,Playback(vm-nobodyavail)
; Jos puheluun ei vastata, soittaja saa järjestelmältä ääniviestin, joka
; ilmoittaa ettei kukaan voi vastaanottaa puhelua.

exten => 10,n,Hangup()
; Tässä ekstensionissa puhelu katkeaa automaattisesti ääniviestin jälkeen.

```

KUVIO 14. Yrityspuhelinverkon interaktiivisen pikavalintasovelluksen luomista

Kuviossa 14 on esitelty interaktiivisen pikavalintasovelluksen toinen osa. Tässä osiossa määritellään ensin järjestelmä tiedottamaan soittajalle ääniviestinä puhelimella tehty pikavalinta. Tämän jälkeen puhelu ohjautuu automaattisesti käyttäjälle, jonka soittaja valitsee puhelimellaan. Soittajan valitessa puhelimellaan esimerkiksi pikavalinnan ”1”, ohjautuu puhelu ”kayttaja1”:lle. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 127–134.)

Kuviossa 14 on myös määritelty puhelunohjaus ”kayttaja1”:n SIP-tiliin samalla tapaa kuin kotipuhelinverkossa, joten tätä ei ole enää tarpeellista käydä läpi sen tarkemmin. Kuviossa 14 on kuitenkin kommentoituna lisätietoa kaikkien siihen määriteltyjen ekstensionien toiminnasta.

```

dioss@dioss-pc: ~
Tiedosto Muokkaa Näytä Pääte Välilehdet Ohje
GNU nano 2.0.7 File: extensions.conf

exten => i,1,Playback(pbx-invalid)
; Soittajan valitessa pikavalinnan, jota ei ole määritetty järjestelmään,
; saa hän puhelimeensa ääniviestinä tiedon tapahtumasta.

exten => i,n,Goto(from-saunalahti,s,3)
; Väärän pikavalinnan jälkeen, soittaja ohjataan ekstensioniin, jossa hänellä
; on jälleen 10 sekuntia aikaa tehdä uusi pikavalinta.

exten => t,1,Playback(vm-goodbye)
; Soittajan odottaessa liian kauan tekemättä valintaa puhelimellaan (yli 10
; sekuntia). Toivottaa järjestelmä hyvästit soittajalle.

exten => t,n,Hangup()
; Puhelu katkeaa automaattisesti tässä ekstensionissa 10 sekunnin ylittyessä.

```

KUVIO 15. Yrityspuhelinverkon interaktiivisen pikavalintasovelluksen luomista

Interaktiivisen pikavalintasovelluksen kolmannessa osassa on määritelty mitä tapahtuu, kun soittaja tekee virheellisen pikavalinnan tai kun hän odottaa liian kauan tekemättä valintaa. Tapahtumat ovat yksityiskohtaisesti selostettu ekstensioneiden alla kommentoituna. Rakennettu sovellus luodaan siis kokonaan saman kontekstin alle ja yrityspuhelinverkon vaatimusten mukaisesti se sisältää pikavalinnat kaikille viidelle käyttäjälle, joita sovelluksen avulla voidaan yrittää tavoittaa. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 127–134.)

Ulkopuolisista puhelinverkoista sisäänpäin tulevien puheluiden reititysten ollessa valmiit, voidaan siirtyä konfiguroimaan sisäisten puheluiden reitityksiä. Reititykset luodaan kontekstin "[puhelut]" alle (kuvio 16). Kontekstiin kuuluvat myös sisältä ulkopuolisiin puhelinverkkoihin soitettavat puhelut, sillä käyttäjille luodut SIP-tilit ovat ohjattu tähän kontekstiin. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kaikki käyttäjien SIP-tililtä soitettavat puhelut reititetään kyseisen "[puhelut]" -kontekstin alle.

```

GNU nano 2.0.7 File: extensions.conf Modified
[puhelut]

exten => _0.,1,NoOp()
; Tämä ekstension sisältää "NoOp" sovelluksen, joka nimensä mukaisesti
; (No Operation) ei tee varsinaisesti mitään. Sitä voidaan kuitenkin käyttää
; tulostamaan informaatiota kyseisestä ekstensionista Asteriskin komentoriville.

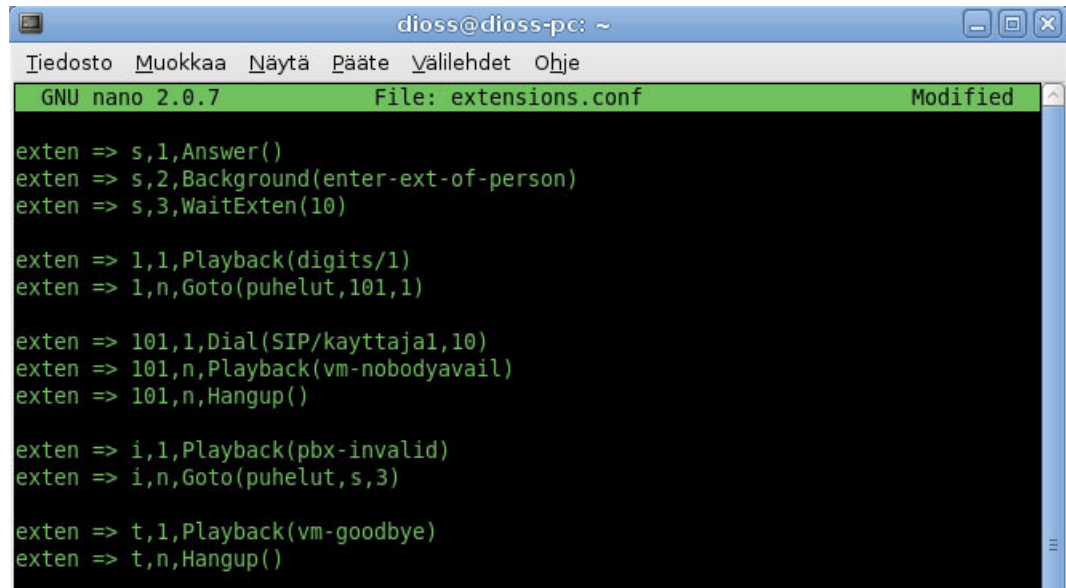
exten => _0.,n,Dial(SIP/${EXTEN:1}@saunalahti)
; Tämän ekstensionin avulla luodaan alanumero "0", jota tulee käyttää
; soitettavan numeron edessä, kun halutaan käyttää "saunalahti" SIP-tiliä
; puhelun muodostamiseen. Kyseisen sovelluksen muodostamiseen on käytetty
; {EXTEN} -muuttujaa, johon taltioidaan käyttäjän näppäilemät numerot. Muuttujan
; ollessa muotoa {EXTEN:1}, tarkoittaa tämä, että yksi numero muuttujan alusta
; poistetaan, koska ensimmäistä numeroa käytetään vain puhelun reititykseen
; oikeaan liittymään, mutta tämän ei haluta esiintyvän numerossa,
; johon halutaan soittaa.

exten => _9.,1,NoOp()
exten => _9.,n,Dial(SIP/${EXTEN:1}@saunalahti2)
; Tämän ekstensionin avulla toteutetaan samat toimenpiteet kuin yllä olevassa
; ekstensionissa. Erona kuitenkin alanumero, joka on "9" sekä käytettävä
; SIP-tili, jolla soitetetaan. Tässä tapauksessa puhelu muodostetaan käyttäen
; "saunalahti2" SIP-tiliä.

```

KUVIO 16. Yrityspuhelinverkosta ulospäin soitettavien puheluiden reititykset

Puheluiden reitittäminen aloitetaan luomalla ekstension, jonka avulla voidaan ohjata käyttäjien muodostamat puhelut haluttuun Saunalahden nettipuhelinliittymään. Yrityspuhelinverkossa nettipuhelinliittymiä on käytössä kaksi kappaletta, joiden avulla puhelut voidaan reitittää ulkopuolisiin puhelinverkkoihin. Ensimmäistä liittymää voidaan käyttää asettamalla soitettavan numeron eteen ”0” ja toista liittymää liittämällä ”9” soitettavan numeron eteen. Tällä tavalla voidaan ohjata puhelut käyttäjille luoduilta SIP-tiliä Saunalahden nettipuhelinliittymille luotujen SIP-tilien kautta ulospäin järjestelmästä. Kuviossa 16 on kommentoitu lisätietoa kyseisiä toimenpiteitä varten luoduista ekstensioneista. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 140–141; Saunalahti.fi 2010.)



```

GNU nano 2.0.7      File: extensions.conf      Modified
exten => s,1,Answer()
exten => s,2,Background(enter-ext-of-person)
exten => s,3,WaitExten(10)

exten => 1,1,Playback(digits/1)
exten => 1,n,Goto(puhelut,101,1)

exten => 101,1,Dial(SIP/kayttaja1,10)
exten => 101,n,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 101,n,Hangup()

exten => i,1,Playback(pbx-invalid)
exten => i,n,Goto(puhelut,s,3)

exten => t,1,Playback(vm-goodbye)
exten => t,n,Hangup()

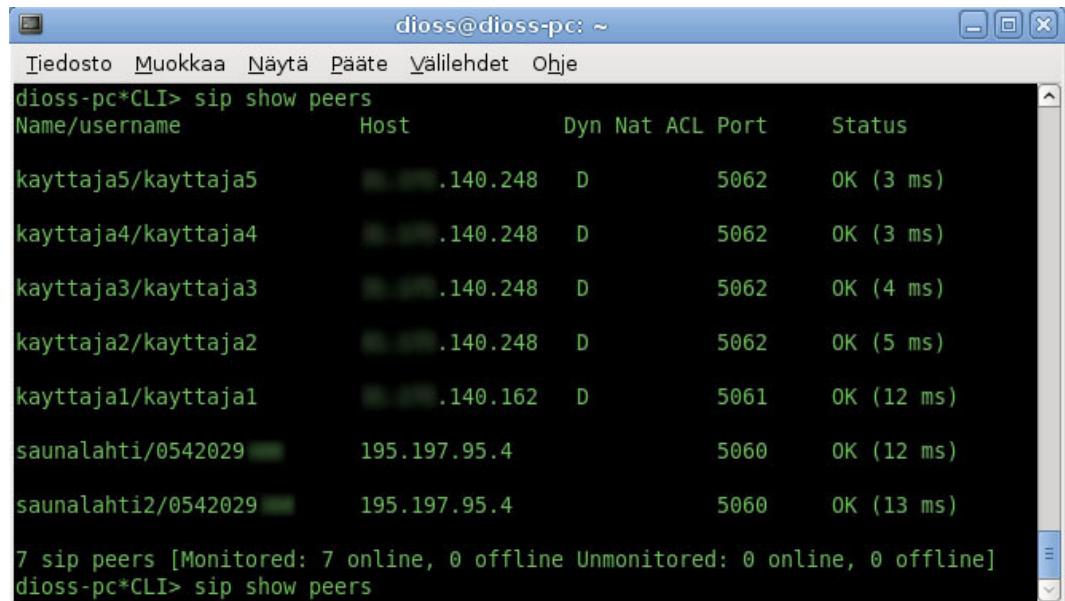
```

KUVIO 17. Yrityspuhelinverkon interaktiivisen pikavalintasovelluksen luomista sisäisille puheluille

Yrityspuhelinverkon vaatimuksiin kuului myös interaktiivinen pikavalintasovellus soitettaessa ns. yleiseen numeroon. Yleiseen numeroon voidaan soittaa yrityksen sisällä valitsemalla numeroksi ”s” tai vaihtoehtoisesti käyttämällä SIP-osoitetta ”sip:s@domain”. Ohjelmistopuhelimesta riippuen myös ”sip:domain” voi toimia.

Yleisessä numerossa vastaava interaktiivinen pikavalintasovellus (kuvio 17) toimii samaan tapaan kuin aiemmin ulkopuolelta sisäänpäin tuleville puheluille luotu sovellus. Erona kyseiseen sovellukseen ovat käyttäjille määritetyt alanumerot, jotka ovat tässä tapauksessa kolminumeroisia ja toimivat järjestelmän käyttäjien välillä myös sisäisinä puheluinnumeroina. Kuviossa 17 on esitelty yhdelle käyttäjälle luotu interaktiivinen pikavalintasovellus, jolla voidaan tavoittaa ”kayttaja1”:lle luotu SIP-tili soittajan valitessa pikavalinnan ”1” puhelimellaan. Muiden käyttäjien pikavalinnat konfiguroidaan järjestelmään samaan tapaan kuin ”kayttaja1”:lle. Yrityspuhelinverkon konfigurointi on tämän jälkeen valmis testattavaksi, sen vastatessa käyttöympäristölle aiemmin määritetyjä vaatimuksia. (Meggelen, Madsen & Smith 2007, 127–134.)

Asteriskin komentoriviltä käsin voidaan jälleen tarkistaa kirjautuvatko luodut SIP-tilit Asterisk-järjestelmään aktiivisiksi. Tämän havainnollistamiseksi kirjaututaan kaikilla yrityspuhelinverkkoon luoduilla SIP-tileillä ohjelmistopuhelimiin, jotta tilit näkyvät aktiivisina listassa (kuvio 18).



```

dioss@dioss-pc: ~
Tiedosto Muokkaa Näytä Pääte Välilehdet Ohje
dioss-pc*CLI> sip show peers
Name/username      Host                Dyn Nat ACL Port    Status
kayttaja5/kayttaja5  .140.248           D           5062    OK (3 ms)
kayttaja4/kayttaja4  .140.248           D           5062    OK (3 ms)
kayttaja3/kayttaja3  .140.248           D           5062    OK (4 ms)
kayttaja2/kayttaja2  .140.248           D           5062    OK (5 ms)
kayttaja1/kayttaja1  .140.162           D           5061    OK (12 ms)
saunalahti/0542029   195.197.95.4      5060        OK (12 ms)
saunalahti2/0542029  195.197.95.4      5060        OK (13 ms)

7 sip peers [Monitored: 7 online, 0 offline Unmonitored: 0 online, 0 offline]
dioss-pc*CLI> sip show peers

```

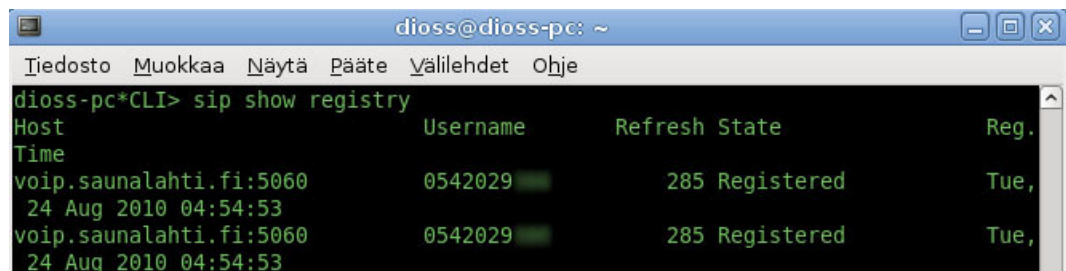
KUVIO 18. Informaatiota yrityspuhelinverkkoon kirjautuneista SIP-tileistä

Kuviosta 18 voidaan havaita kaikkien luotujen SIP-tilien kirjautuneen aktiivisiksi Asterisk-järjestelmään. Käyttäjien SIP-tilien lisäksi listassa näkyvät myös ulkoisia puheluita varten luodut SIP-tilit Saunalahden nettipuhelinliittymille. Internetin yli kirjautuneilla SIP-tileillä voidaan jälleen havaita hieman suurempi viive kuin lähiverkossa kirjautuneilla tileillä. Saunalahden nettipuhelinliittymille luoduille SIP-tileille ”host” -osoite määritettiin sip.conf -tiedostoon kiinteänä domainmuodossa, tämän takia kyseisillä tileillä ei ole ”D” (dynamic) -tunnusta listassa.

Saunalahden nettipuhelinliittymille luotujen SIP-tilien kirjautuessa aktiivisiksi järjestelmään, mahdollistaa tämä puhelut järjestelmän sisäisiltä SIP-tileiltä ulkoiisiin puhelinverkkoihin. Järjestelmän käyttäjän muodostaessa puhelun esimerkiksi

matkapuhelinnumeroon, kulkee puhelu käyttäjän SIP-tililtä Saunalahden nettipuhelinliittymälle luodun SIP-tilin kautta ulkoiseen matkapuhelinnumeroon.

Ulkopuolisista puhelinverkoista soittaessa taas Asterisk-järjestelmän sisäisiin SIP-tiliin tulee Saunalahden nettipuhelinliittymien olla rekisteröitynä Asterisk-järjestelmään. Liittymien rekisteröinti yrityspuhelinverkossa toteutettiin ”[general]” -osiossa käyttäen ”register” -parametria. Havainnollistettaessa liittymien rekisteröitymistä järjestelmään, voidaan käyttää komentoa ”*sip show registry*” Asteriskin komentorivillä (kuvio 19).



```

dioss-pc*CLI> sip show registry
Host                               Username      Refresh State  Reg.
Time
voip.saunalahti.fi:5060            0542029      285 Registered  Tue,
24 Aug 2010 04:54:53
voip.saunalahti.fi:5060            0542029      285 Registered  Tue,
24 Aug 2010 04:54:53

```

KUVIO 19. Informaatiota yrityspuhelinverkkoon rekisteröidyistä Saunalahden nettipuhelinliittymistä

Kuviosta 19 voidaan havaita Saunalahden nettipuhelinliittymien rekisteröityneen järjestelmään onnistuneesti. Tämän ansiosta ulkopuolisista liittymistä soitetut puhelut voidaan ohjata Saunalahden nettipuhelinliittymille luotujen SIP-tilien kautta järjestelmän käyttäjien SIP-tilille.

Järjestelmään määriteltyjen SIP-tilien sekä rekisteröityjen liittymien toimiessa halutulla tavalla, voidaan siirtyä testaamaan extensions.conf -tiedostoon määriteltyjä puheluiden reitityksiä. Testaaminen voidaan suorittaa käytännössä samalla tavalla kuin kotipuhelinverkon yhteydessä. Poikkeuksena tähän yrityspuhelinverkossa tulee ottaa huomioon luodut interaktiiviset pikavalintasovellukset, yhteydet ulkoisiin puhelinverkkoihin sekä järjestelmän suurempi käyttäjämäärä.

```

dioss@dioss-pc: ~
Tiedosto Muokkaa Näytä Pääte Välilehdet Ohje
-- Executing [s@from-saunalahti:1] Answer("SIP/0542029-081c7090", "") in
new stack
-- Executing [s@from-saunalahti:2] Background("SIP/0542029-081c7090", "en
ter-ext-of-person") in new stack
-- <SIP/0542029-081c7090> Playing 'enter-ext-of-person' (language 'en')
-- Executing [s@from-saunalahti:3] WaitExten("SIP/0542029-081c7090", "10"
) in new stack
== CDR updated on SIP/0542029-081c7090
-- Executing [l@from-saunalahti:1] Playback("SIP/0542029-081c7090", "digi
ts/1") in new stack
-- <SIP/0542029-081c7090> Playing 'digits/1' (language 'en')
-- Executing [l@from-saunalahti:2] Goto("SIP/0542029-081c7090", "from-sau
nalahti|10|1") in new stack
-- Goto (from-saunalahti,10,1)
-- Executing [10@from-saunalahti:1] Dial("SIP/0542029-081c7090", "SIP/kay
ttajal|10") in new stack
-- Called kayttajal
-- SIP/kayttajal-081c0ba8 is ringing
-- SIP/kayttajal-081c0ba8 answered SIP/0542029-081c7090
== Spawn extension (from-saunalahti, 10, 1) exited non-zero on 'SIP/0542029
-081c7090'
dioss-pc*CLI>

```

KUVIO 20. Yrityspuhelinverkkoon soitetun ulkoisen puhelun seuraamista Asteriskin komentorivillä

Kotipuhelinverkon yhteydessä seurattiin jo Asterisk-järjestelmän sisäisiä testipuheluita, joten kuviossa 20 seurataan yrityspuhelinverkon ulkoista testipuhelua. Kuviossa 20 havainnollistetaan puhelua, joka soitetaan ulkopuolisesta matkapuhelinliittymästä ”kayttajal”-lle järjestelmään luotuun SIP-tiliin. Puhelu ohjautuu ensin interaktiiviseen pikavalintasovellukseen, jossa soittaja valitsee pikavalinnan ”1”. Tämän jälkeen puhelu ohjataan Saunalahden nettipuhelinliittymälle luodun SIP-tilin kautta ”kayttajal”-lle luotuun SIP-tiliin. Kohde vastaanottaa puhelun, jonka jälkeen puhelu muodostetaan ja tämän jälkeen katkaistaan. Kuviosta 20 nähdään yksityiskohtaisesti kuinka extensions.conf -tiedostoon määritetyt eksten-sionit toimivat käytännössä.

```

dioss@dioss-pc: ~
Tiedosto Muokkaa Näytä Pääte Välilehdet Ohje
-- Executing [90408451 @puhelut:1] NoOp("SIP/kayttaja4-081c7090", "") in new stack
-- Executing [90408451 @puhelut:2] Dial("SIP/kayttaja4-081c7090", "SIP/0408451@saunalahti2") in new stack
-- Called 0408451@saunalahti2
-- SIP/saunalahti2-081c0ba8 is ringing
-- SIP/saunalahti2-081c0ba8 answered SIP/kayttaja4-081c7090
== Spawn extension (puhelut, 90408451, 2) exited non-zero on 'SIP/kayttaja4-081c7090'
dioss-pc*CLI>

```

KUVIO 21. Yrityspuhelinverkosta soitetun ulkoisen puhelun seuraamista Asteriskin komentorivillä

Kuviossa 21 seurataan testipuhelua, joka soitetaan ”kayttaja4”:n SIP-tililtä ulkoiseen matkapuhelinnumeroon. Puhelu ohjautuu ulospäin käyttäen Saunalahden nettipuhelinliittymälle luotua SIP-tiliä. Tämän jälkeen kohde vastaanottaa puhelun, jonka jälkeen puhelu muodostetaan ja tämän jälkeen katkaistaan.

Käsittellyt testipuhelut voidaan muodostaa myös ulkoisen osapuolen käyttäessä Saunalahden nettipuhelinliittymää tai esimerkiksi lankapuhelinliittymää. Kuvioista voidaan kuitenkin päätellä ulkoisten testipuheluiden onnistuneen. Tämän lisäksi myös järjestelmän sisäiset puhelut toimivat yrityspuhelinverkon vaatimusten mukaisesti.

## 5.5 Tulosten analysointi

Käyttöympäristöjen vaatimusten vaikutusta Asterisk-ohjelmistolla toteutetun VoIP-puhelinjärjestelmän konfigurointiin tutkittiin suunnittelemalla kaksi käyttöympäristöä erilaisine vaatimuksineen. Ympäristöt nimettiin kotipuhelinverkoksi ja yrityspuhelinverkoksi, joista ensimmäinen kuvasti yksinkertaista kotipiiriin sisällä käytettävää ympäristöä ja jälkimmäinen monipuolisempaa yrityskäyttöön soveltuvaa ympäristöä. Molempien käyttöympäristöjen vaatimukset suunniteltiin hyvin yksityiskohtaisesti, jotta Asterisk-järjestelmien konfiguroinnilla olisi selkeä yhteys ympäristöjen suunnitteluosuuteen. Käyttöympäristöihin luotujen Asterisk-

järjestelmien konfigurointi ja testaus toteutettiin tähän tarkoitettuun virtuaaliympäristössä. Järjestelmien luomisprosessien kulkua havainnollistettiin tekstin lomassa konfigurointitiedostojen kuvankaappauksilla, jotka sisälsivät yksityiskohtaista informaatiota asetetuista parametreista.

Kotipuhelinverkko suunniteltiin toimimaan sisäisenä VoIP-pohjaisena ympäristönä, joten tämän konfigurointi ei käytännössä vaatinut kovin yksityiskohtaista Asterisk-järjestelmien tuntemusta. Kotipuhelinverkon konfiguroiminen vaatii kuitenkin välttämättä Asteriskin syntaksin perusteisiin tutustumista sekä jonkin verran alustavaa tuntemusta Asterisk-ohjelmiston toimintaperiaatteesta.

Asterisk-järjestelmien VoIP-ominaisuuksien konfigurointi tapahtui muokkaamalla kahta tähän tarkoitettua konfigurointitiedostoa. Vaikkakin tiedostot sisälsivät oletuksena runsaasti informaatiota eri asetuksista esimerkkien muodossa, tuli uuden järjestelmän luomisessa kuitenkin ottaa huomioon, että tämän konfigurointi on selkeintä ja järkevintä aloittaa puhtaalta pöydältä. Tästä syystä myös kotipuhelinverkon konfigurointi saattaa tuntua aluksi hieman haasteelliselta, sillä tyhjän tiedoston sisällön luominen vaati jonkin verran aikaa tutustua siinä tarvittaviin parametreihin.

Kotipuhelinverkon konfiguroinnin ja testauksen jälkeen siirryttiin konfiguroimaan monipuolisempaa enemmän ominaisuuksia sisältävää Asterisk-järjestelmää, jota kutsuttiin yrityspuhelinverkoksi. Tähän oli suunniteltu jokapäiväisessä yrityselämässä tarvittavia ominaisuuksia, kuten yhteydet ulkopuolisiin puhelinverkkoihin (matka- ja lankapuhelinverkko) sekä tämän lisäksi yhteys Saunalahden tarjoamiin nettipuhelimiin. Ulkoiset yhteydet toteutettiin niin ikään Saunalahden tarjoamilla ilmaisilla nettipuhelinliittymillä.

Molempiin suuntiin toimiva yhteys ulkoisiin puhelinverkkoihin lisäsi merkittävästi yrityspuhelinverkkoa varten luodun Asterisk-järjestelmän konfiguroinnin työmäärää. Tämä johtui lähinnä Saunalahden nettipuhelinliittymien rekisteröinneistä järjestelmään sekä niille luoduista SIP-tileistä. Saunalahden nettipuhelinliittymien toimiessa yhdyskäytävinä ulkoisiin puhelinverkkoihin, vaativat ne käyttäjien SIP-

tileihin verrattuna enemmän asetettavia parametreja. Parametreihin sekä liittymien rekisteröinnin syntaksiin tutustuminen vaativat aikaa, jotta nämä saatiin toimimaan suunnitellulla tavalla.

Kotipuhelinverkossa sip.conf -tiedostoon luodut käyttäjien SIP-tilit ja yleiset SIP-asetukset nettipuhelinliittymien rekisteröintiä lukuunottamatta säilyivät kuitenkin muuttumattomina yrityspuhelinverkossa. Käyttäjämäärän lisääntyminen kolmesta viiteen ei myöskään tuottanut suurempia ongelmia järjestelmän konfiguroinnissa. Tämä vaikutti lähinnä käyttäjille luotujen SIP-tilien määrään sekä extensions.conf -tiedostossa sijaitsevien käyttäjien SIP-tileille suunnattujen ekstensioneiden määrään, molempien muokkaaminen onnistuu Asterisk-järjestelmässä hyvin joustavasti.

Suurin ero luoduissa käyttöympäristöissä tuli kuitenkin vastaan puheluiden reititysten yhteydessä extensions.conf -tiedostossa. Tämä johtui suurilta osin yrityspuhelinverkon vaatimukseen kuuluneesta interaktiivisesta pikavalintasovelluksesta, jonka luominen muutti koko extensions.conf -tiedoston konfiguraation rakennetta sekä lisäsi tiedoston datan määrää huomattavasti. Interaktiivinen pikavalintasovellus määriteltiin kokonaan omaan kontekstiinsa, johon kuuluivat kaikki ulkoisista puhelinverkoista tulevat puhelut. Tiedoston datan määrään vaikutti olennaisesti myös järjestelmän lisääntynyt käyttäjämäärä.

Sisäiset puhelut ja sisältä ulkoisiin puhelinverkkoihin soitettavat puhelut säilytettiin samannimisessä kontekstissa kotipuhelinverkon kanssa. Kyseiseen kontekstiin kuului kuitenkin myös interaktiivinen pikavalintasovellus sisäisiä puheluita varten, joten tämänkin kontekstin sisältö oli kotipuhelinverkkoon verrattuna huomattavasti monipuolisempi. Tämän lisäksi kyseinen konteksti sisälsi myös puheluiden reititykset halutun Saunalahden nettipuhelinliittymän kautta ulkoisiin puhelinverkkoihin.

Yrityspuhelinverkon extensions.conf -tiedoston datan suuresta määrästä huolimatta, tiedostoa oli kuitenkin helppo ja selkeä tulkita. Ekstensionit etenivät johdonmukaisessa järjestyksessä konteksteissaan ja tiedoston jäsentelyyn pystyi myös

halutessaan itse hieman vaikuttamaan. Yrityspuhelinverkon puheluiden reititysten interaktiiviset automaattitoiminnot sekä järjestelmään liitetyt erilliset Saunalahden nettipuhelinliittymät olivat kuitenkin suoraan verrannollia järjestelmän konfigurointiin käytettyyn aikaan. Yleisesti katsoen konfigurointiin käytetystä ajasta hyvin pieni osa kului varsinaisten parametrien asettamiseen, selkeästi suurin osa kului konfigurointikielen syntaksiin perehdyttäessä ja toimintojen testauksessa.

Verrattaessa käyttöympäristöjä keskenään voidaan selkeästi todeta, ettei kotipuhelinverkon luomiseen vaadittu niin vankkaa tietopohjaa Asterisk-järjestelmistä kuin yrityspuhelinverkon luomiseen. Kuitenkin kotipuhelinverkkoa luotaessa konfigurointikielen syntaksin perusteet tulivat jo tutuiksi ja näin ollen tämän pohjalta oli helpompi lähteä kehittämään hieman monimutkaisempaa Asterisk-järjestelmää. Erilaisten käyttöympäristöjen luomat vaatimukset olivat täten aina avainasemassa puhuttaessa Asterisk-järjestelmien konfigurointiin vaikuttavista tekijöistä. Merkittävänä etuna Asterisk-järjestelmien kehittämisessä voidaan kuitenkin katsoa olleen niiden joustavuuden. Tämä näkyi erityisesti konfiguroitaessa yrityspuhelinverkkoa, jolloin kotipuhelinverkkoon määriteltyjä asetuksia voitiin käyttää tässä apuna. Tästä syystä kokonaan uutta Asterisk-järjestelmää ei yleensä olekaan tarve lähteä luomaan, sillä vanhan Asterisk-järjestelmän päivittäminen onnistuu joustavasti.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kuinka Asterisk-puhelinjärjestelmän VoIP-ominaisuuksien konfigurointiin vaikuttavat käyttöympäristöjen erilaiset vaatimukset. Työ toteutettiin jakamalla aihealueet kolmeen pääkokonaisuuteen, jotka koostuivat Asterisk-järjestelmiä tukevasta teoriapohjasta, Asterisk-järjestelmien esivalmisteluista sekä Asterisk-järjestelmien konfiguroinnista.

Teoriaosuudessa käsiteltiin Asterisk-järjestelmiin liittyviä viittä eri osa-aluetta; VoIP-tekniikkaa, SIP-protokollan toimintaa ja PBX- sekä IP PBX -puhelinjärjestelmiä. Tämän jälkeen tutustuttiin vielä yleisellä tasolla Asterisk-ohjelmiston toimintaan.

Tutkimusosuuden ensimmäisessä osiossa käytiin ensin läpi tarvittavat esivalmistellut Asterisk-järjestelmien konfigurointia varten. Osion lopussa suunniteltiin kaksi erilaista käyttöympäristöä, joiden vaatimusten mukaisesti Asterisk-järjestelmät toteutettaisiin niitä varten luodussa virtuaalisessa testausympäristössä. Käyttöympäristöt suunniteltiin alusta alkaen vastaamaan jokapäiväisiä tosielämän kommunikointitarpeita.

Tutkimusosuuden toinen osio käsitteli Asterisk-järjestelmien konfigurointia aiemmin määriteltyjen käyttöympäristöjen vaatimusten mukaisesti. Ennen järjestelmien konfiguroinnin aloittamista käytiin läpi kuinka Asterisk-ohjelmisto asennetaan sen testausalustana käytettävään Debian GNU/Linux -käyttöjärjestelmään. Tämän jälkeen tutustuttiin lyhyesti Asteriskin komentorivin käyttöön sekä konfigurointitiedostojen rakenteeseen. Tutkimusosion lopussa kuvailtiin tarkasti työn käytännönosuus, jossa Asterisk-järjestelmät konfiguroitiin käyttöympäristöjen vaatimusten mukaisesti. Järjestelmien vastatessa lopulta niille asetettuja vaatimuksia, voitiin niiden todeta olevan valmiit.

Tutkimustulosten perusteella voitiin päätellä Asterisk-järjestelmien VoIP-ominaisuuksien konfiguroinnin haastavuuteen vaikuttavan suurilta osin sen tuleeko järjestelmästä olemaan yhteyys ulkoisiin puhelinverkkoihin, kuten matka- tai

lankapuhelinverkkoon. Järjestelmän toimiessa pelkästään kodin tai yrityksen sisäisenä puhelinverkkona, voitiin konfiguroinnin todeta olevan huomattavasti suoriviivaisempaa. Sisäisen Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmän toteuttajalta ei myöskään vaadita kovin yksityiskohtaista Asterisk-järjestelmien tuntemusta.

Asterisk-järjestelmien konfiguroinnin vaativuuteen vaikutti selkeästi myös käyttöympäristön vaatimat lisäominaisuudet, jotka olivat yhteydessä järjestelmän puheluiden reitityksiin. Työssä tällaisiin ominaisuuksiin tutustuttiin yrityspuhelinverkon interaktiivisen pikavalintasovelluksen luomisen yhteydessä, joka toteutettiin niin järjestelmän sisäisten kuin ulkoistenkin puheluiden yhteyteen. Sovelluksen luomisen muutti radikaalisti konfiguroitavan `extensions.conf` -tiedoston kontekstien rakennetta, jotka sisältävät järjestelmän puheluiden reititykset.

Konfigurointitiedostojen datan määrän voitiin katsoa olevan suoraan verrattavissa järjestelmien käyttäjien määrään. Tämän ei kuitenkaan voitu katsoa vaikuttaneen järjestelmien monipuolisuuteen tai niiden konfiguroinnin vaativuuteen. Järjestelmiin luodut ominaisuudet toimivat siis samalla tavalla riippumatta niitä hyödyntävistä käyttäjien määrästä. Käyttäjämäärien vaihdellessa käyttöympäristöjen välillä, voitiin tästä kuitenkin tehdä Asterisk-järjestelmien konfiguroinnin joustavuutta tukevia johtopäätöksiä.

Tutkimuksesta saatujen tulosten perusteella voidaan työn todeta onnistuneen tavoitteissaan, sillä saadut tulokset vastaavat työlle asetettuun tutkimuskysymykseen. Saatuja tuloksia voidaan yleistää myös muiden kuin VoIP-puhelinjärjestelmien toteutuksessa. Toteutettaessa tietojärjestelmiä yritykseen kysymykseen tulee aina käyttöympäristön asettamiin vaatimuksiin vastaaminen, samaan tapaan kuin VoIP-puhelinjärjestelmien toteutuksessa.

Jatkotutkimuksena aiheen pohjalta voisi tutkia fyysisen Asterisk VoIP-palvelimen konfigurointia ja siihen liitettävien puhelinlaitteistojen implementointia yrityksessä, jossa olisi tarkoituksena ottaa käyttöön Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmä.

## LÄHTEET

3CX Ltd. 2009a. Software Based PBX for Windows [viitattu 10.1.2010]. Saatavissa: <http://www.3cx.fi/voip-sip/pbx-puhelin-jarjestelma.php>

3CX Ltd. 2009b. Example of SIP Call session between 2 phones [viitattu 27.1.2010]. Saatavissa: <http://www.3cx.com/PBX/SIP-call-session.html>

3CX Ltd. 2009c. The benefits of replacing your old PBX with an IP PBX [viitattu 25.1.2010]. Saatavissa: <http://www.3cx.com/PBX/pbx-benefits-wp.html>

Althos Telecom Dictionary. 2009. Private Branch Exchange – PBX. [viitattu 10.1.2010]. Saatavissa:

[http://www.telecomdictionary.com/telecom\\_dictionary\\_pbx\\_definition.html](http://www.telecomdictionary.com/telecom_dictionary_pbx_definition.html)

Business Telecommunication. 2010. IP PBX [viitattu 12.1.2010]. Saatavissa:

<http://www.businesstelecommunication.net/pbx-2/ip-pbx>

Bird, C. 2009. Voip IP PBX equipments. IdeaMarketers.com [viitattu 12.1.2010]. Saatavissa:

[http://www.ideamarketers.com/?VoIP\\_Phone\\_Service,\\_Toll\\_Free\\_Numbers&articleid=776368](http://www.ideamarketers.com/?VoIP_Phone_Service,_Toll_Free_Numbers&articleid=776368)

Computer Desktop Encyclopedia. 2006. IP PBX [viitattu 25.1.2010]. Saatavissa:

[http://lookup.computerlanguage.com/host\\_app/search?cid=C000401&def=697020706278.htm](http://lookup.computerlanguage.com/host_app/search?cid=C000401&def=697020706278.htm)

Donohue, D. & Mallory, D. & Salhoff, K. 2006. Session Initiation Protocol [viitattu 26.1.2010]. Saatavissa:

<http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=664148>

Diyixian.com Ltd. 2010a. IP PBX [viitattu 12.1.2010]. Saatavissa:

<http://www.diyixian.com/IPPBX.htm>

Digium, Inc. 2010a. About the Asterisk Project [viitattu 22.7.2010]. Saatavissa: <http://www.asterisk.org/asterisk>

Digium, Inc. 2010b. Asterisk Versions [viitattu 25.7.2010]. Saatavissa: <http://www.asterisk.org/asterisk-versions>

Digium, Inc. 2010c. Sip.conf [viitattu 5.8.2010]. Saatavissa: [http://www.digium.com/asterisk\\_handbook/sip.conf.pdf](http://www.digium.com/asterisk_handbook/sip.conf.pdf)

Digium, Inc. 2010d. Extensions.conf [viitattu 5.8.2010]. Saatavissa: [http://www.digium.com/asterisk\\_handbook/extensions.conf.pdf](http://www.digium.com/asterisk_handbook/extensions.conf.pdf)

DSG Technology. 2010. PBX vs. IP-PBX [viitattu 24.7.2010]. Saatavissa: <http://www.dsgtechnology.com/Edu-pbx.php>

eSeeNet.com Ltd. 2010. IP PBX [viitattu 12.1.2010]. Saatavissa: [http://www.eseenet.ca/ip\\_pbx.html](http://www.eseenet.ca/ip_pbx.html)

Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. 2. painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Grayson, I. 2009. VoIP guide: Voice over IP in Australia. CNET Australia [viitattu 15.1.2010]. Saatavissa: <http://www.cnet.com.au/voip-guide-voice-over-ip-in-australia-240056481.htm>

Javvin Technologies, Inc. 2010. SIP: Session Initiation Protocol [viitattu 27.1.2010]. Saatavissa: <http://www.javvin.com/protocolSIP.html>

Linux.fi-wiki. 2009a. Apt [viitattu 26.7.2010]. Saatavissa: <http://linux.fi/wiki/Apt>

Linux.fi-wiki. 2009b. Su [viitattu 4.8.2010]. Saatavissa: <http://linux.fi/wiki/Su>

Meggelen, J.V., Madsen, L. & Smith, J. 2007. Asterisk™: The Future of Telephony, Second Edition. 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472: O'Reilly Media, Inc.

Metsämuuronen, J. 2008. Laadullisen tutkimuksen perusteet. 3. uudistettu painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Payne, T. 2008. Private branch exchange. SearchUnifiedCommunications.com [viitattu 10.1.2010]. Saatavissa:  
[http://searchunifiedcommunications.techtarget.com/sDefinition/0,,sid186\\_gci214278,00.html](http://searchunifiedcommunications.techtarget.com/sDefinition/0,,sid186_gci214278,00.html)

QuoteCatcher.com. 2007a. How Does A PBX (Private Branch Exchange) Telephone System Work [viitattu 10.1.2010]. Saatavissa:  
<http://www.quotecatcher.com/Module/Article/ArticleView.aspx?idArticle=285>

QuoteCatcher.com. 2007b. Pros And Cons Of An IP-PBX Telephone System [viitattu 12.1.2010]. Saatavissa:  
<http://www.quotecatcher.com/Module/Article/ArticleView.aspx?idArticle=290>

Saunalahti.fi. 2010. Nettipuhelin Asterisk [viitattu 19.8.2010]. Saatavissa:  
[http://palsta.saunalahti.fi/wiki/Nettipuhelin\\_Asterisk](http://palsta.saunalahti.fi/wiki/Nettipuhelin_Asterisk)

SearchUnifiedCommunications.com. 2008. IP PBX [viitattu 11.1.2010]. Saatavissa:  
[http://searchunifiedcommunications.techtarget.com/sDefinition/0,,sid186\\_gci1045535,00.html](http://searchunifiedcommunications.techtarget.com/sDefinition/0,,sid186_gci1045535,00.html)

Shinder, D. 2007. Can you company benefit from hosted IP PBX services? TechRepublic [viitattu 13.1.2010]. Saatavissa:  
[http://articles.techrepublic.com.com/5100-10878\\_11-6157999.html](http://articles.techrepublic.com.com/5100-10878_11-6157999.html)

- Shinder, D. 2006. Asterisk: Open source IP PBX [viitattu 18.2.2010]. Saatavissa: [http://articles.techrepublic.com.com/5100-10878\\_11-6132031.html?tag=rbxccnbt1](http://articles.techrepublic.com.com/5100-10878_11-6132031.html?tag=rbxccnbt1)
- Snyder, J. 2008. How does an IP-PBX work? PC World [viitattu 13.1.2010]. Saatavissa: [http://www.pcworld.idg.com.au/article/264646/how\\_does\\_an\\_ip-pbx\\_work](http://www.pcworld.idg.com.au/article/264646/how_does_an_ip-pbx_work)
- Stalvig, P. 2007. Session Initiated Protocol (SIP): A Five-Function Protocol. F5 Networks, Inc [viitattu 27.1.2010]. Saatavissa: <http://www.f5.com/pdf/white-papers/sip-defined-wp.pdf>
- Tech FAQ. 2009a. What is a PBX? [viitattu 10.1.2010]. Saatavissa: <http://www.tech-faq.com/pbx.shtml>
- Tech FAQ. 2009b. What is an IP PBX? [viitattu 12.1.2010]. Saatavissa: <http://www.tech-faq.com/ip-pbx.shtml>
- TelecomSpace. 2010. Session Initiation Protocol [viitattu 27.1.2010]. Saatavissa: <http://www.telecomspace.com/vop-sip.html>
- Todd, J. 2003. Asterisk: A Bare-Bones VoIP Example [viitattu 18.2.2010]. Saatavissa: <http://onlamp.com/pub/a/onlamp/2003/07/03/asterisk.html>
- Uusitalo, H. 1991. Tiede, tutkimus ja tutkielma: johdatus tutkielman maailmaan. Juva: WSOY.
- Valdes, R. & Roos, D. 2010. How VoIP Works [viitattu 14.1.2010]. Saatavissa: <http://communication.howstuffworks.com/ip-telephony.htm>
- VOIP-Info.org LLC. 2010a. Asterisk CLI [viitattu 5.8.2010]. Saatavissa: <http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+CLI>

VOIP-Info.org LLC. 2010b. Asterisk config extensions.conf [viitattu 5.8.2010].  
Saatavissa: <http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+config+extensions.conf>

VOIP-Info.org LLC. 2010c. Asterisk config sip.conf [viitattu 16.8.2010]. Saata-  
vissa: <http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+config+sip.conf>

Wailgum, T. 2010. VoIP Definition and Solutions CIO.com [viitattu 14.1.2010].  
Saatavissa: [http://www.cio.com/article/40796/VoIP\\_Definition\\_and\\_Solutions](http://www.cio.com/article/40796/VoIP_Definition_and_Solutions)

Wikipedia. 2010a. Lyhenneluettelo [viitattu 23.7.2010]. Saatavissa:  
<http://fi.wikipedia.org>

Wikipedia. 2010b. Lyhenneluettelo [viitattu 23.7.2010]. Saatavissa:  
<http://en.wikipedia.org>

Wikipedia. 2010.c Gnome [viitattu 3.8.2010]. Saatavissa:  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Gnome>

Wpobopedia. 2010. IP PBX [viitattu 11.1.2010]. Saatavissa:  
[http://www.webopedia.com/TERM/I/IP\\_PBX.html](http://www.webopedia.com/TERM/I/IP_PBX.html)