

# OPINNÄYTETYÖ (AMK)

Tietotekniikan koulutusohjelma

Internet-tekniikka

2012

Oskari Raittinen

## VOIP-JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikan koulutusohjelma | Internet-tekniikka

2012 | Sivumäärä 45

Ohjaajat: Ins. Olli Ojala, TkL Juha Nikkanen

Oskari Raittinen

## VOIP-JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO

Opinnäytetyössä kartoitettiin yrityksen tarpeet VoIP-puhelinjärjestelmää varten ja otettiin valittu järjestelmä käyttöön. Valittu järjestelmä on SAP:n tarjoama Business Communication Management -palvelu, joka sisältää IP-puhelimen lisäksi toiminnallisuuksia puhelujen tehostamiseksi. Projekti tehtiin projektiryhmässä, johon kuului opinnäytteen tekijän lisäksi yrityksen työntekijöitä sekä IT-hallinnon henkilöitä.

Kartoitusta varten tehtiin tarvekartoitus, joka lähetettiin tietopyyntöjen mukana mahdollisille palveluntarjoajille. Palveluntarjoajien vastausten perusteella valittiin käytettävä järjestelmä.

Työ sisältää yleiskatsauksen VoIP-järjestelmissä käytettäviin standardeihin, koodekkeihin ja kuljetusprotokolliin. Lisäksi työssä käsitellään tarvekartoituksen tuloksia, tutustutaan syvemmin valittuun järjestelmään ja käydään läpi järjestelmän käyttöönoton kulku.

Työssä tehdyn projektin lopputuloksena yrityksellä on käytössään IP-pohjainen puhelinjärjestelmä palveluiden tehostamiseen. Toteutettu järjestelmä vastaa kaikkia yrityksen järjestelmälle asettamia kriteereitä.

### ASIASANAT:

VoIP, Voice over IP, puhelinverkot, nettipuhelut

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Information Technology | Internet Technology

2012 | Total number of pages 45

Instructors: Olli Ojala, B. Eng., Juha Nikkanen, Lic. Tech., Principal Lecturer

Oskari Raittinen

## IMPLEMENTATION OF A VOIP-SYSTEM

The subject of this thesis was to survey the company's needs for a VoIP phone system and implementation of the chosen system. The chosen system was SAP Business Communication Management service which includes an IP phone and many features to enhance the calls. The project was carried out in a project group, whose members were, the author of this thesis, employees of the company and members of the IT administration.

The needs analysis was made in the survey part of this project which was included in the request for information queries sent to potential service providers. Based on the answers received from service providers, the decision of service provider was made.

This thesis includes basic knowledge of the standards, codec's and transport protocols used in VoIP-systems, a survey of the company's needs, a deeper look into the implemented system and the implementation process of the chosen system.

As the result of the project, the company has a fully utilized VoIP system to enhance their phone services. The implemented system meets all criteria set for it at the start of this project

### KEYWORDS:

VoIP, Voice over IP, phone networks

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 VOICE OVER IP</b>	<b>9</b>
2.1 VoIP:n edut ja haitat	9
2.2 VoIP -standardit	10
2.2.1 H.323	11
2.2.2 SIP	12
2.3 VoIP-koodekit	13
2.3.1 G.711	14
2.3.2 G.729	14
2.4 Kuljetusprotokollat	15
2.4.1 TCP	15
2.4.2 UDP	16
2.4.3 RTP	17
2.5 VoIP:n tietoturva	17
2.6 Verkkotekniikat	18
2.6.1 VPN	18
2.6.2 MPLS	18
<b>3 PROJEKTIN MÄÄRITTELYVAIHE</b>	<b>20</b>
3.1 Yrityksen tarpeiden määrittely	20
3.2 Yhteys puhelinverkkoon	21
3.3 Tiedotteet ja kontaktien reititys	21
3.4 Asiakaspalvelijoiden työkalut	22
3.5 Raportointi	22
3.6 Ylläpito	22
<b>4 JÄRJESTELMÄVAIHTOEHDOT</b>	<b>23</b>
4.1 Sonera	24
4.2 Elisa	24
4.3 Merlin	25
<b>5 SAP BCM</b>	<b>26</b>

5.1 Tekniikka	26
5.2 Yhteydenhallinta	29
5.3 Tiedon kuljetus	29
5.4 Ääni	30
5.5 Tietoturva	31
5.6 Sovellus	32
5.6.1 Puhelin	33
5.6.2 Jonot	33
5.6.3 Tilavalinta	34
5.6.4 Seuranta	34
5.6.5 Raportointi	35
5.7 Integraatio	36
<b>6 KÄYTTÖÖNOTTO</b>	<b>37</b>
6.1 Ulkoverkot	37
6.2 Sisäverkot	39
6.3 SAP BCM -järjestelmän käyttöönotto	41
6.4 Koulutus	41
6.5 Ilmenneet ongelmat	42
6.6 Tulokset	43
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>44</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>45</b>

## KÄYTETYT LYHENTEET

CoS	Palveluluokka (Class of Service)
CDT	SAP BCM -järjestelmän käyttöliittymä (Communication Desktop)
CRM	Asiakkuushallintajärjestelmä (Customer Relationship Management)
DNS	Nimipalvelu (Dynamic Name Resolution)
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning)
HTTPS	Salattua yhteyttä käyttävä www-protokolla (Hypertext Transfer Protocol Secure)
IAX	Asteriskin yhteysprotokolla (Inter-Asterisk eXchange)
IETF	Internet Engineering Task Force
IIS	Web-palvelinohjelmisto (Microsoft Internet Information Service)
IP	Internet Protocol
IPSec	Tietoliikenneprotokolla (IP Security)
ISDN	Piirikytkentäinen puhelinverkojärjestelmä (Integrated Services Digital Network)
ITU-T	International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector
IVR	Ääniohjausjärjestelmä (Interactive Voice Response)
MCU	H.323 -järjestelmän osa kokouspuheluita varten (Multipoint Control Unit)
MPLS	IP-pakettien kuljetusmenetelmä (Multiprotocol Label Switching)
PSTN	Perinteinen piirikytkentäinen puhelinverkko (Public Switched Telephone Network)
QoS	Tietoliikenteen luokittelu ja priorisointi (Quality of Service)
RTP	Real-time Transfer Protocol
RTCP	Real-time Transfer Control Protocol
SAP BCM	SAP Business Communication Management
SIP	VoIP yhteysprotokolla (Session Initiation Protocol)

SMS	Järjestelmän hallintasovellus (Microsoft Systems Management Server)
SMTP	TCP-pohjainen protokolla viestien välittämiseen sähköpostipalvelimien välillä (Simple Mail Transfer Protocol)
SSH	Salattuun tietoliikenteeseen käytetty protokolla (Secure Shell)
SSL/TLS	Salausprotokolla (Secure Sockets Layer/Transport Layer Security)
TCP	Tietoliikenneprotokolla (Transmission Control Protocol)
UDP	Tietoliikenneprotokolla (User Datagram Protocol)
UAC	SIP-järjestelmän käyttäjä (User-Agent Client)
UAS	SIP-järjestelmän palvelin (User-Agent Server)
URI	Merkkijono (Universal Resource Identifier)
VLAN	Virtuaalinen lähiverkko (Virtual Local Area Network)
VoIP	IP-puhe (Voice over IP)
VPN	Virtuaalinen yksityisverkko (Virtual Private Network)

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli ottaa käyttöön toimeksiantajalle VoIP-puhelinjärjestelmä korvaamaan olemassa olevan operaattoripohjaisen puhelinpalvelun. Olemassa oleva palvelu perustui vain soittorinkeihin, joissa tulevat puhelut ohjattiin operaattorin toimesta puhelimesta toiseen, jos edellinen ei vastannut. Järjestelmän tavoitteena olivat myynnin ja asiakaspalvelun tehostaminen sekä puheluiden jaottelu, seuranta ja jonotuspalvelu. Työ tehtiin projektiryhmässä, jonka vastuulla oli yrityksen tarpeiden kartoittaminen, palveluntarjoajien kilpailuttaminen sekä käyttöönotto.

Työ sisältää teoreettisen osion IP -puheluiden ja järjestelmien toiminnasta, kartoituksen perusteella valitut mahdolliset järjestelmän toimittajat, ja lisäksi syvenyttään enemmän valittuun järjestelmään. Työssä käydään myös läpi käyttöönoton eri vaiheita, ilmenneitä ongelmia ja tuloksia.

Työssä tutustutaan tarkemmin Merlinin tarjoamamaan SAP BCM IP-kommunikaatioalustaan, joka sisältää VoIP-puhelimen, kontaktienhallinnan, agenttien seurannan ja raportoinnin. Merlinin lisäksi mainitaan Soneran ja Elisän omat IP-puhejärjestelmät, jotka ovat monipuolisia palveluratkaisuja. Molempien operaattorien ratkaisut toimitetaan aina räätälöidysti valiten asiakkaalle sen tarvitsemat järjestelmän osat.

Turun ammattikorkeakoulussa on tehty Voice over IP -aiheisia opinnäytetöitä, jotka ovat käsitelleet järjestelmien käyttöönottoja, tietoturvaa ja integraatioita.



## 2 VOICE OVER IP

VoIP eli Voice over IP tarkoittaa puheluja, jotka kulkevat digitaalisen piiriverkon sijaan IP-verkossa. Perinteisesti puhelu kahden käyttäjän välillä kulkee operaattorien hallitsemien ja ylläpitämien puhelinverkkojen ja -keskusten lävitse, kun taas VoIP-puhelut käyttävät hyväkseen IP -protokollaa ja kulkevat Internetin kautta. VoIP-järjestelmät eivät ole pelkkiä puhelimia, vaan sisältävät monia lisätoimintoja, jotka ovat ennen vaatineet piirikytkentäisen puhelinvaihteen sekä paljon muita toimintoja. VoIP-standardit ovat vastuussa päätelaitteiden ja verkossa olevien laitteiden välisestä kommunikaatiosta. Ne eivät kuljeta dataa toisin kuin kuljetusprotokollat, vaan ovat vastuussa oikeanlaisten yhteyksien avaamisesta, ylläpidosta ja lopettamisesta. Koodekkien päätehtävä on pakata ääni- ja kuvamediaa eri tavoin. Koodekin valinta on aina tasapainottelukysymys äänenlaadun ja kaistanvaatimusten kanssa. Verkkotekniikat viittaavat fyysisen verkon tekniikoihin ja toteutuksiin, jotka vaikuttavat kuljetusprotokollien kuljetaman datan liikkumiseen.

### 2.1 VoIP:n edut ja haitat

Suuren maailmanlaajuisen puhelinverkon ylläpito ja rakentaminen on kallista. Puhelinverkon sijaan IP-puhelut liikkuvat Internetin välityksellä, joka tänä päivänä löytyy melkein joka kodista. IP-puhelut mahdollistavat myös puhelinpalveluiden kehityksen uudelle vuosituhannelle. Kaikki puhelinverkkoon tehtävät muutokset ja uudet ideat ovat sekä kalliita että hitaita toteuttaa niiden fyysisyyden vuoksi. Uuden VoIP-palvelun luomiseen vaaditaan idea ja koodausta, jotka eivät tietenkään ole ilmaisia, mutta ovat huomattavasti edullisempia sekä helpommin testattavissa ja toteutettavissa kuin puhelinverkossa olevat suuret puhelinkeskukset. [1]

Vaikka IP-puhelut alittavat perinteisen puhelinverkon kustannuksissa, vaatii se silti asiantuntijoita. Vaikka IP-puhelujärjestelmien monimutkaisuus pystytään helposti kompensoimaan asiantuntijuudella, ovat järjestelmät täynnä monimutkaisia pienempiä kokonaisuuksia, joita ylläpitävät ja kehittävät eri tahot. [1]

VoIP:n suurimpana haittana perinteiseen puhelinverkkoon verrattuna ovat viiveet ja värinä. VoIP-verkot sisältävät erilaisia viiveitä, mutta niistä oleellimmat ovat verkkoviive ja käsittelyviive. Verkkoviive tarkoittaa aikaa, joka paketilla kestää kulkea verkon yli päätelaitteelta toiselle. Verkkoviiveeseen vaikuttavat mediat, joissa pakettidata kulkee, sekä verkon toiminnallisuuksia ohjaavat laitteet. Verkossa olevat laitteet luovat yhteydelle käsittelyviivettä. Vaikka viiveet ovatkin pieniä, jokainen verkon solmukohdassa sijaitseva laite lisää viivettä, jotka pitkällä matkalla kasaantuvat luoden jo havaittavia viiveitä. [2]

Värinä eli jitter on vaihtelua verkossa liikkuvien pakettien saapumisajassa. Värinä on vain pakettipohjaisissa verkoissa esiintyvä ilmiö, joten sen vaikutukset ovat uniikkeja IP-puheluille. IP-verkoissa lähettäjän oletetaan lähettävän paketteja luotettavasti tietyn ajan välein. Jos verkossa ilmenee värinää, eivät paketit saavu odotetulla tavalla vastaanottajalle. IP-puheluissa liian suuri värinä vaikuttaa puhelun laatuun negatiivisesti. Värinän vaikutuksia korjataan värinäpusku-reilla. [2]

## 2.2 VoIP -standardit

Markkinat ovat täynnä erilaisia VoIP -standardeja. Osa standardeista on yleisiä, kuten IETF:n (Internet Engineering Task Force) kehittämä SIP ja ITU-T:n (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector) kehittämä H.323. Näiden lisäksi monella laite- ja järjestelmävalmistajalla on omat standardinsa, kuten Ciscon Skinny Call Protocol ja ilmaisepohjaisen Asterisk-järjestelmän IAX (Inter-Asterisk eXchange) -protokolla. Tässä työssä käydään läpi H.323- ja SIP-protokollat, koska valittu järjestelmä tukee näitä protokollia.

### 2.2.1 H.323

H.323 on ITU-T:n määrittäminen äänen, videon ja datan lähetykseen palvelunlaatua takaavissa verkoissa, kuten Ethernet-verkoissa. Kaikki H.323-standardia tukevat päätelaitteet pystyvät kommunikoimaan keskenään, vaikka laitteiden valmistaja olisi eri. Standardin piiriin kuuluvat puhelun merkinanto ja ohjaus, median kuljetus ja ohjaus sekä kaistan kontrollointi. H.323-standardiin pohjautuva järjestelmä koostuu päätelaitteista, yhdyskäytävistä, portinvartijoista ja MCU -yksiköistä (Multipoint Control Unit). Tärkeimpiä näistä ovat yhdyskäytävä ja portinvartija. [1, 2]

Yhdyskäytävä on valinnainen osa H.323-järjestelmää. Yhdyskäytävää ei tarvita, jos järjestelmä sisältää vain point-to-point -yhteyksiä IP -verkoissa. Yhdyskäytävien käyttötarkoituksena ovat yhteyksien avaukset puhelinverkkoon, yhteyksien avaus ISDN-verkon kautta H.320-päätelaitteisiin ja yhteyksien avaus H.324-eterminaaleihin. Normaalisissa puhelinverkossa yhdyskäytävä näyttää tavalliselta päätelaitteelta. [1, 2]

Kuten yhdyskäytävä, myös portinvartija on valinnainen osa H.323-järjestelmään. Jos järjestelmässä on portinvartija, on kaikkien päätelaitteiden käytettävä sitä. Portinvartijan tehtäviä ovat osoitteenmuunnos, pääsykontrolli ja kaistanleveyden kontrollointi. Osoitteenmuunnoksessa portinvartija muuttaa IP-osoitteita aliasnimiksi (esimerkiksi käyttäjä@domain.com) tai puhelinnumeroiksi sekä toisinpäin. Pääsykontrolli tarkoittaa luvallisten pääsyjen hallinnointia päätelaitteelle. [1, 2]

Multi Control Unitin tehtävänä on hallita neuvottelupuheluja eli puheluja monen pisteen välillä. MCU pystyy muuttamaan formaatteja ja kuvaa. Sen toiminnallisuuksiin kuuluu esimerkiksi kaikkien kuvapuheluun osallistuvien kuvavirtojen koostaminen yhdeksi kuvaksi. [1]

H.323-standardi käyttää RTP -protokollaa median siirtoa varten, koska RTP säilyttää kehysten järjestyksen ja ajastussuhteet, jolloin pakettien uudelleen järjestämiseen vastaanottajan päässä kuluu vähemmän aikaa.

## 2.2.2 SIP

SIP eli Session Initiation Protocol on IETF:n kehittämä tekstipohjainen merkinantoprotokolla, jota käytetään istuntojen muodostamiseen, ylläpitoon ja lopettamiseen. SIP perustuu IETF:n RFC-ehdotukseen (Request For Comments) 2543 ja on osa IETF:n laajempaa multimedia-arkkitehtuuria. Yksi SIP:n tärkeimpiä ominaisuuksia on sen kyky toimia yhdessä muiden merkinantoprotokollien kanssa. H.323-standardin käyttö SIP:n kanssa on yleistä, jos järjestelmää halutaan käyttää SIP:n avulla, mutta halutaan myös yhteys puhelinverkkoon. SIP:n laajennettavuus on oleellisessa asemassa IP -pohjaisten puhelinpalveluiden kehityksessä. IP -puhelinta kehitetään koko ajan, ja tulevaisuudessa merkinanto-ominaisuuksia tullaan tarvitsemaan enemmän. [2, 15]

SIP on alun perin suunniteltu toimimaan UDP:n päällä, mutta se tukee myös TCP:tä ja salattua TLS:ää (Transport Layer Security). Vaikka SIP vastaa yhteyden muodostamisesta ja hallitsemisesta, se ei kuitenkaan kuljeta dataa. SIP käyttää datan siirtämiseen RTP:tä ja RTCP:tä (Real Time Control Protocol) yhteyden laadun tarkkailuun. [1]

SIP-järjestelmät ovat perustoteutukseltaan yksinkertaisia sisältäen vain käyttäjäagentit (User Agent) ja verkkopalvelimet. Käyttjäagentit ovat sovelluksia, jotka sisältävät sekä asiakaskäyttäjä- että palvelinkäyttjäagentit. Kun sovellus sisältää molemmat osat, se pystyy aloittamaan ja vastaanottamaan puheluita. User-Agent Client (UAC) eli asiakas aloittaa puhelussa käytettävät SIP -pyynnöt ja toimii soittavana agenttina. User-Agent Server (UAS) eli palvelin taas vastaanottaa asiakkaan lähettämiä pyyntöjä ja palauttaa niitä. UAS siis toimii vastaavana päänä puhelua. [1, 2]

Toisen pääosan SIP:n toiminnasta muodostavat verkkopalvelimet, jotka jaetaan kahteen tyyppiin: välityspalvelimet ja uudelleenohjauspalvelimet. Välityspalvelin sisältää toimintoja asiakkaasta (UAC) ja palvelimesta (UAS). Välityspalvelimen tehtävä on tulkita ja tarvittaessa muuttaa pakettien otsikoita ennen pakettien eteenpäin välitystä verkossa. Otsikoiden muuttamisen tarkoituksena on yksilöidä välityspalvelin pyynnön aloittajana, ja tarjoaa näin seuraavalle pisteelle tien

takaisin alkuperäiseen lähteeseen. Uudelleenohjauspalvelin taas ottaa vastaan SIP -pyyntöjä lähettämällä asiakkaalle takaisin viestin sisältäen seuraavan palvelimen osoitteen. Uudelleenohjauspalvelinten tehtävä on vain ohjata asiakkaita oikeille välityspalvelimille ja toisille asiakkaille. [2]

SIP käyttää osoitteinaan sähköpostiosoitteen kaltaisia osoitteita, joiden muoto on user@domain.com. SIP -osoitteet viittaavat päätelaitteeseen, joka tunnustetaan SIP URI:n (Universal Resource Identifier) avulla. Yleisen käytännön mukaan osoitteen määrittelyperusteena voidaan käyttää käyttäjätunnusta (sip:matti.mallikainen@domain) tai puhelinnumeroa (sip:358123456@domain). Onko osoitteessa IP -osoite vai DNS -kyselyn perusteella käännetty osoite, riippuu siitä, käytetäänkö prosessissa DNS -kyselyitä. SIP osaa myös käsitellä perinteisiä puhelinnumeroita, mutta niiden käytön kanssa on järjestelmällä oltava kytkentä puhelinverkkoon. [1]

### 2.3 VoIP-koodekit

Äänikoodekkien tehtävänä on puheen koodaus. Koodauksen tavoitteena on äänen pakkaaminen ja tiivistäminen niin, että äänen laatu kärsii mahdollisimman vähän. Hyvänlaatuinen digitaalinen ääni, esimerkiksi CD-tasoinen ääni, vaatii kaistaa verkossa yli 1,4 Mbit/s. Yleisimpien palvelinsalien verkkonopeudet ovat 100 Mbit/s tai 1 Gbit/s ja asiakkaiden yhteydet tästä huomattavasti pienempiä. Nopeasti siis nähdään, että ääntä on pakko pakata, jotta digitaalista ääntä voitaisiin tehokkaasti ja suurissa määrin kuljettaa verkossa. Puhelinverkossa yksi digitaalinen puhekanava tarvitsee kaistaa 64 kbit/s, joka on jo huomattavasti alhaisempi vaatimus kuin esimerkiksi CD-laatuisen äänen vaatima kapasiteetti. Pakkaamalla äänidataa yleisimmillä koodekeilla päästään kaista-vaatimuksissa 5 – 15 kb:n/s nopeuksiin. Sijoittuuko äänen vaatima kaista lähemmäs 5 kb:ä/s vai 15 kb:ä/s, riippuu halutusta äänenlaadusta. Puheen pakkauksessa käytettävän koodekin valinta on monen tekijän summa, jossa kaikkea ei voi saada vaan kompromisseja on tehtävä. Erilaisia koodekkeja on kymmeniä ja niistä jokaisella on omat käyttökohteensa, mutta tässä työssä käydään

läpi vain toteutetun järjestelmän tukemat G.711- ja G.729 -koodekit. Lisätietoa äänikoodekeista löytyy ITU:n verkkosivuilta <http://www.itu.int>. [1]

### 2.3.1 G.711

G.711 on ITU:n standardisoima korkean bittivirran (bit rate) pulssimodulaarinen (PCM) -koodekki. G.711 tarjoaa IP -puheluissa parhaan äänenlaadun, sillä se on sama koodekki, jota käytetään piirikytkentäisessä puhelinverkossa. Käyttäjän korvaan G.711-koodekilla pakattu puhe kuulostaa samalta kuin normaalissa puhelussa. Paras äänenlaatu saavutetaan pakkaamalla äänidataa mahdollisimman vähän. Vähäisen pakkaamisen varjopuolena on muita koodekkeja suurempi kaistavaatimus, korkeimmillaan 84 kb:ä/s, kun äänipakettiin yhdistetään TCP/IP -otsikot. G.711 on myös yleisimmin tuettu koodekki, joten se on varma valinta, jos epäillään päätelaitteiden koodekkitukia. [1, 3]

### 2.3.2 G.729

G.729 on kompromissi äänen laadun ja kaistavaatimuksen välillä. Koodekin vaatima kaista on huomattavasti G.711:n vaatimusta pienempi, vain 8kbit/s. G.729-koodekin varjopuolena on sen pakkauksesta johtuva suurempi prosessoinnin tarve. Suuremmasta prosessoinnin tarpeesta johtuen, joidenkin valmistajien IP-puhelimet eivät tue kuin yhtä yhdenaikaista G.729-koodekilla pakattua puhelua. G.729:n käyttö tulee kyseeseen silloin, kun käytettävää kaistaa on vähän. Siinä missä G.711 loistaa sisäverkoissa, on G.729:n käyttämä 8 kb:ä/s kaista omiaan ulkoverkkoon suuntautuvissa puheluissa. G.711:en verrattuna G.729 on myös herkempi pakettihävikille. [1, 4]

G.729-koodekki on lisensoitava, joten sen kaupallinen käyttö on lisenssimaksujen alaista. Lisenssimaksujen takia G.729-tukea ei ole ilmais pohjaisissa IP-puhelinjärjestelmissä. [1]

## 2.4 Kuljetusprotokollat

Koska IP -puhelut liikkuvat IP -verkossa, on puheluiden datan kuljetus IP:n kuljetusmekanismien tehtävä. IP:n kuljetusprotokolliin kuuluvat TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol) ja RTP (Real-time Transfer Protocol). Kaikki verkon yli kommunikoidut järjestelmät tukevat joko molempia tai vain toista. TCP tarjoaa paketin toimitukselle luotettavuutta viiveen hinnalla. TCP tukee pakettien uudelleen lähetystä, eli jos vastaanottaja ei ilmoita lähettäjälle paketin saapumisesta, lähettää TCP kyseisen paketin uudestaan. UDP on TCP:tä nopeampi toiminnassaan, koska UDP ei lähetä paketteja uudelleen. Valinta TCP:n ja UDP:n välillä on tasapainottelua pakettien luotettavan perillepääsyn ja nopean toimituksen välillä. [2]

### 2.4.1 TCP

Transmission Control Protocol eli TCP tarjoaa luotettavamman pakettien toimituksen. Luotettavuus perustuu kaksisuuntaiseen kuittaavaan vuonohjauspalveluun. Palvelun idea on, että vastaanottaja kuittaa lähettäjälle pakettien vastaanoton, jolloin pakettien hävikkiä tapahtuu vähän. TCP muodostaa yhteyden lähettäjän ja vastaanottajan välille toimituksen ajaksi. Kuittausten lähettäminen lisää verkossa liikkuvaa dataa ja kasvattaa toimituksessa syntyvää viivettä. TCP antaa lähettäjän lähettää useampia paketteja ennen kuittausta, mutta lähettäjä pitää muistissaan, mitkä paketit se on jo lähettänyt, kunnes vastaanottaja kuittaa paketin saapuneen perille. TCP-pakettien otsikot sisältävät järjestysnumeron, jonka mukaan vastaanottaja järjestää paketit ennen niiden toimittamista edelleen seuraavalle prosessille. Kuvassa 1 on kuvattu TCP-otsikon osat. [2]

IP -puheluissa TCP:tä käytetään puhelun muodostuksessa. TCP:n toimintamenetelmien takia se ei sovellu äänen kuljettamiseen verkon yli. IP -puheluissa pakettien katoaminen lähettäjän ja vastaanottajan välillä ei ole niin merkityksellistä kuin tarkastusten aiheuttama suurempi viive. [2]

Lähdeportti		Kohdeportti	
Järjestysnumero			
Kuittausnumero			
Otsikon pituus	Reserved	Liput	Ikkunan koko
Tarkistussumma		Kiireellisyysosoitin	
Optiot ja täyte			
Data			

Kuva 1. TCP-paketin rakenne [5]

#### 2.4.2 UDP

TCP:n ollessa tarkempi ja luotettavampi, UDP on yksinkertainen ja panostaa nopeuteen. UDP on yhteydetön protokolla, ja TCP:n luotettavuusmekanismien puuttuessa, sen otsikko on myös pienempi. UDP on omiaan tilanteissa, joissa pakettien saapuminen oikeassa järjestyksessä tai pakettien matkalle jääminen ei ole tärkeää. UDP:tä käytetään IP -puheluiden äänen kuljettamisessa, koska se jatkaa lähetystä riippumatta siitä, montako pakettia jää matkan varrelle. IP -puheluissa ja muissa reaaliaikaisissa sovelluksissa viiveen hallinta ja minimointi on tärkeämpää kuin jokaisen paketin saapumisen varmistaminen. Vertaamalla kuvaa 1 ja kuvaa 2 nähdään UDP-otsikon pienempi koko TCP-otsikkoon verrattuna. UDP-otsikko sisältää tiedot vain lähtö- ja saapumisporteille, pituuden ja tarkistussumman. [2]

Lähdeosoitteen portti	Kohdeosoitteen portti
Datan koko	Tarkistussumma
Data	

Kuva 2. UDP-paketin rakenne [6]



### 2.4.3 RTP

RTP eli Real-time Transfer Protocol on alkujaan kehitetty multimediakonferenssien tarpeisiin. RTP on UDP:n päällä ajettava protokolla, joka tuo mukaan TCP:ssä olevia, luotettavuutta lisääviä toimintoja pitäen kuitenkin pakettien koot pieninä. RTP koostuu kahdesta osasta. Itse RTP-protokollaa käytetään reaaliaikaisen tiedon kuljettamiseen ja RTCP:tä (Real-time Transport Control Protocol) yhteyden valvontaan sekä istunnon osallistujatietojen kuljettamiseen. RTP -otsikon koko on vain 12 bittiä. [1]

RTP:n palveluja ovat liikenteen tyyppin kertominen, pakettien numerointi ja tiedon aikaleimaus. Järjestysnumeroinnin avulla RTP ei vaadi alleen erillistä verkkoa, joka takaisi pakettien järjestyksen, vaan pakettien järjestely jää ohjelman harteille. RTP:n aikaleimausta käytetään synkronoitaessa kahta eri mediavirtaa, esimerkiksi videota ja puhetta, jotta sovellus osaa toistaa molemmat virrat synkronoidusti. RTCP toimii aina RTP:n kanssa. Kaikki RTP -istuntoon osallistuvat lähettävät verkossa RTCP -paketteja muille istuntoon osallistuville. RTCP-pakettien avulla sovellukset voivat tarkkailla laatua ja yhteyden suorituskykyä. [1]

### 2.5 VoIP:n tietoturva

Voice over IP -teknologia on vielä uutta ja kehittyvää teknologiaa, joten sen tietoturvaratkaisuja ei voida verrata perinteisen puhelinverkon ympärille vuosikymmenien saatossa rakennettuihin turvallisuustekijöihin. VoIP -verkot jakavat puhelinverkkojen kanssa samoja uhkia. Yleisin näistä uhista on puhelinten kaappaus ja väärinkäyttö. Varsinkin järjestelmissä, joissa on kytkentä puhelinverkkoon, on turvallisuudesta pidettävä huolta, jotta päätelaitteita ei voida kaappata. Yleisin seuraus päätelaitteiden kaappauksesta ovat suuren puhelinlaskut, kun kaappaaaja on käyttänyt puhelinta korkeahintaisiin puhelinpalveluihin. VoIP -yhteyksien kulkiessa julkisen verkon varassa, ovat ne haavoittuvaisia kaikille

verkkoon kohdistetuille hyökkäyksille. Hyökkäyksen tarkoituksesta riippumatta, näkyvät hyökkäyksen vaikutukset heti häiriöherkässä ääniliikenteessä. [11]

Parhaita tapoja turvata VoIP-verkkoja ja liikennettä on asianmukainen autentikointi päätepisteiden välillä. Myös verkon tunnelointi pisteiden välillä VPN:n avulla lisää puheluiden tietoturvaa, mutta ei niinkään estä itse verkkoon kohdistuvien hyökkäysten vaikutuksia. [11]

## 2.6 Verkkotekniikat

### 2.6.1 VPN

VPN (Virtual Private Network) on virtuaalinen yksityisverkko. VPN:n avulla saadaan saman organisaation alla olevat sisäverkot yhdistettyä toisiinsa julkisten ulkoverkkojen läpi tehtävillä tunneleilla. Toiminta perustuu sisäverkon jakamiseen tunnelin läpi toiseen sisäverkolle. VPN-tunnelin toiminnan ideana on tiedon pysyminen yksityisenä, vaikka verkossa kulkeva tieto kulkee julkisen ulko-verkon läpi. VPN-tunneleiden rakennukseen on monia tapoja ja niistä yleisimpiä ovat IPsec, SSL/TLS (Secure Sockets Layer/Transport Layer Security) ja SSH (Secure Shell). Kun rakennetaan VoIP-verkkoa useamman toimipisteen välille, on VPN-tunnelointi yleisin tapa suorittaa se. VoIP-verkoissa VPN-tunneloinnin suurin hyöty on sen tuoma turvallisuus. Turvallisuus perustuu tunnelin läpi kulkevan liikenteen salaamiseen. [1, 12]

### 2.6.2 MPLS

MPLS-verkko on operaattorien suosima tekniikka verkon rakennuksessa. MPLS-verkossa paketteja ei reititetä IP-osoitteen perusteella vaan reitityksen perusteena on prioriteetin sisältävä 3-bittinen CoS (Class Of Service) -kenttä. Riippuen operaattorin politiikasta, asettaa paketin saava ensimmäinen MPLS-reititin CoS-kentän arvon ennalta määrättyjen sääntöjen mukaan. Myös riippuen operaattorien toimintatavoista, voi asiakkaalla olla mahdollisuus asettaa arvoja.

MPLS-verkon läpi kulkevalle VoIP-liikenteelle voidaan asettaa korkeampi prioriteetti kuin muulle liikenteelle. Näin ollen verkossa liikkuva äänidata toimitetaan suuremalla prioriteetilla eli sen niin sanotusti annetaan ohitella jonossa. Priorisoinnilla pienennetään äänipakettien viivettä ja näin ollen parannetaan äänenlaatua puheluissa. [1]

## 3 PROJEKTIN MÄÄRITTELYVAIHE

Yrityksen kontaktivolyymien nopea kasvu toi esiin edellisen järjestelmän kapasiteetin rajallisuuden. Vanhan puhelinratkaisun tilalle piti saada järjestelmä, joka kykenisi vastaamaan yrityksen jatkuvasti lisääntyviin kontaktimääriin. Hyvä tapa lähteä liikkeelle projektin määrittelyssä on tehdä tietopyyntöjä potentiaalisille palveluntoimittajille. Tässä työssä projektin määrittely aloitettiin tekemällä kartoitus halutuista palveluista. Tarvekartoituksen jälkeen aloitettiin uuden järjestelmän toimittajan kartoitus. VoIP-järjestelmiä toimittaville yrityksille lähetettiin tietopyynnöt, joiden mukana toimitettiin yrityksen tarvekartoitus. Tietopyyntöjen vastausten perusteella rajattiin lähempään tarkasteluun ne palveluntarjoajat, joiden palvelut ja järjestelmät vastasivat parhaiten yrityksen tulevia tarpeita.

### 3.1 Yrityksen tarpeiden määrittely

Projektin tärkeimpänä tavoitteena oli saada haltuun tavoitettavuus. Yrityksen volyymit olivat kasvaneet liian isoiksi entisen ratkaisun kapasiteetille. Lisäksi uudelta järjestelmältä edellytettiin laajempaa ja parempaa raportointia, jonka avulla saataisiin tietoa puhelujen volyymeista ja näin resursseja voitaisiin ohjaila paremmin. Ratkaisua haettiin kotimaan toimintoihin. Järjestelmän käyttäjiä tuli alustavasti olemaan 20, jotka ovat jakautuneet eri toimipisteisiin.

Järjestelmän tärkein prioriteetti oli saada haltuun sisään tulevat puhelut sekä järjestää niiden tehokas ohjaus ja käsittely järjestelmässä. Lisäksi lähtevien puheluiden automatisointi soittolistoilla oli osa kartoitusta, mutta sen merkitys ei ollut tärkeä. Lisäksi järjestelmän piti sisältää tuki soittopyynnöille, jotta ne saataisiin osaksi kontaktienhallintaa.

Kartoituksessa keskityttiin lisäksi erityisesti seuraaviin asioihin: yhteys puhelinverkkoon, tiedotteet, kontaktien reititys, asiakaspalvelijoiden työkalut, raportointi ja ylläpito.

### 3.2 Yhteys puhelinverkkoon

Kartoitusvaiheessa haettavan järjestelmän tuli olla joko omaan laitteistoon perustuva tai kokonaan toimittajan ylläpitämä ratkaisu. Puhepalvelimen sijoitus jätettiin avoimeksi ja palvelutoimittajien ratkaistavaksi. Järjestelmävalinnan kriteereinä olivat toiminnan luotettavuus ja ylläpitokonsepti. Lisäksi kriteerinä oli kustannustehokkuus, jota ei tässä työssä käsitellä.

Yrityksellä on käytössään 010-yritysnumerointi, joka haluttiin säilyttää muuttumattomana. Jokaisella toimipisteellä on oma numeronsa, johon tulee asiakkaiden yhteydenottoja.

### 3.3 Tiedotteet ja kontaktien reititys

Valittavan järjestelmän tulisi tukea tulevissa puheluisa erilaisia automaattisia tiedotteita, kuten aukiolo- ja ruuhkatiedotteita, jonotusmusiikkia sekä valintatietoja. Tiedotteiden tulisi olla muokattavissa joustavasti ja helposti muuttuvien olosuhteiden takia.

Tulevien puheluiden tulee ensisijaisesti jonottaa siihen toimipisteeseen, johon asiakas on yrittänyt soittaa, mutta puhelut tulee voida ohjata tarpeen vaatiessa toiseen toimipisteeseen. Ruuhkatilanteissa järjestelmän tulisi ohjata puhelu toimipisteen jonosta ensimmäiselle muualla olevalle agentille. Ratkaisussa haluttiin myös mahdollisuus IVR:ään eli äänitaajuusvalinnoilla toimiviin valikoihin sekä taitopohjaiseen reititykseen. Taitopohjaisen reitityksen ideana on mahdollisuus määrittää työntekijöille taito- ja osaamistasoja, jotka järjestelmä ottaa huomioon puhelua ohjatessa.

Järjestelmän tulisi myös tukea poikkeusreitityksiä, jotka esimerkiksi aukioloajan ulkopuolella ohjaisivat puhelun tiedotteeseen ja tarjoaisivat mahdollisuuden jättää puheviesti.

### 3.4 Asiakaspalvelijoiden työkalut

Järjestelmän haluttiin sisältävän asiakaspalvelijoiden työasemiin asennettavan erillisen agenttiohjelmiston, joka ei rajoita asiakaspalvelijoita tiettyyn työpisteeseen vaan sisältää tuen esimerkiksi Active Directorylle. Agenttiohjelmiston tulisi sisältää työkalut tilatietoihin (tavoitettavissa, lounas, kokous) sekä mahdollisuus jälkityötilaan, jossa kontaktien loppuun hoitaminen onnistuu ilman, että puheluja ohjataan agentille ennen kuin tämä on valmis. Ratkaisun tulee sisältää myös päätelaiteratkaisu, joko erillisenä VoIP-puhelimenä tai työasemaan asennettavana VoIP-sovelluksena. Yrityksellä on käytössään ERP- ja CRM-ohjelmistot, joiden mahdollinen integraatio järjestelmään pitää myös ottaa huomioon.

### 3.5 Raportointi

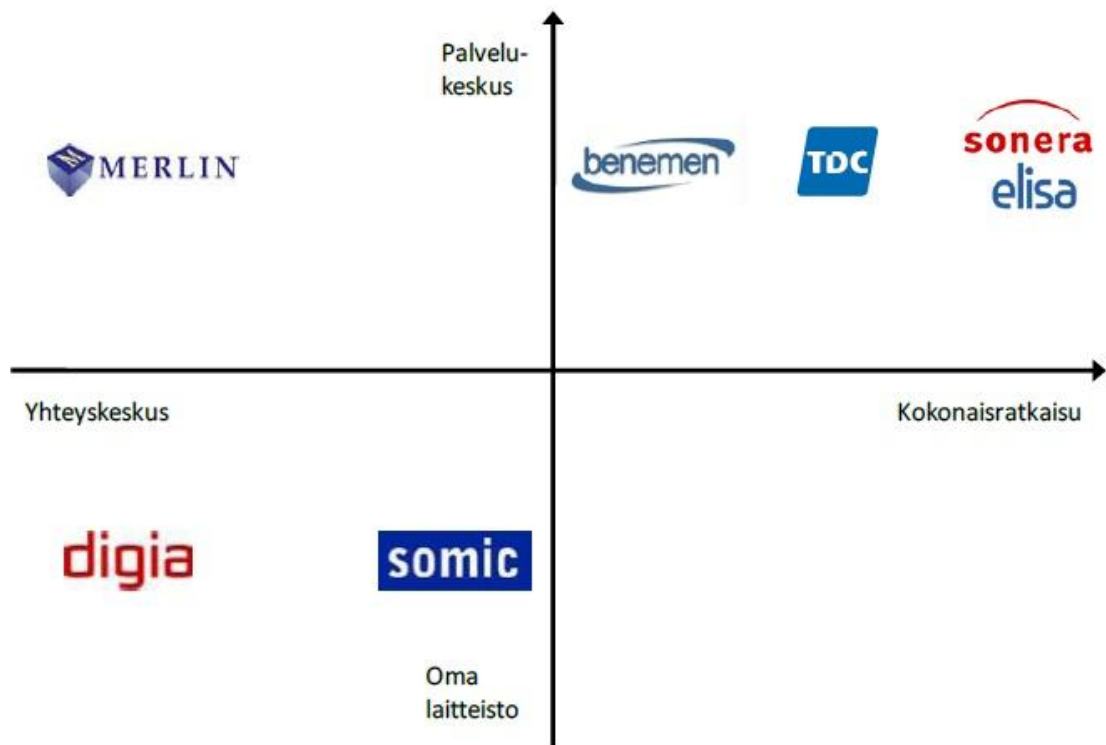
Järjestelmän pääkäyttäjillä on oltava käytettävissä ajantasainen monitorointi, josta selviää agenttien tilat, jonotilanteet ja puhelumäärät. Monitoroinnit on myös saatava helposti ulos järjestelmästä. Järjestelmän tulee myös tarjota monipuoliset raportit puhelusta, agenteista ja jonotuksesta.

### 3.6 Ylläpito

Järjestelmän ylläpito ja hallinta haluttiin ensisijaisesti palveluna, mutta yrityksellä pitää olla mahdollisuus omaan hallintaan esimerkiksi agenttien tietojen osalta.

## 4 JÄRJESTELMÄVAIHTOEHDOT

Projektin määrittelyvaiheen ja tietopyyntöjen jälkeen vartenotettavia vaihtoehtoja VoIP-puhelinjärjestelmäksi oli seitsemän. Näistä järjestelmistä osa oli kokonaisratkaisuja ja osa palvelukeskusmallisia ratkaisuja.



Kuva 3. Potentiaaliset palvelutarjoajat

Kokonaisratkaisuihin palveluntarjoaja pystyy ja haluaa toimittaa ratkaisun, joka sisältää mahdollisimman täydelliset puhe- ja dataverkkopalvelut sekä järjestelmän toteutuksen. Toisessa ääripäässä palveluntarjoaja tarjoaa vain tiukasti rajatun kokonaisuuden, jota yritys joutuisi täydentämään muiden palveluntarjoajien palveluilla.

Palvelukeskusmallissa palveluntarjoaja tarjoaa yhteyskeskusratkaisua omasta konesalistaan. Palvelukeskus-mallin vastakkainen vaihtoehto on oma laitteisto, jonka yritys voisi sijoittaa haluamaansa konesaliin.

Kuvasta 3 näkee, että operaattorit Sonera ja Elisa pystyvät tarjoamaan kokonaisratkaisuja, kun taas Merlin, Digia ja Somic keskittyvät yhteyskeskusratkaisun toimittamiseen jo olemassa olevaan dataverkkoon.

Palveluntarjojavaihtoehtoista valittiin syvempään tarkasteluun Merlin, Sonera ja Elisa, koska ne edustivat molempien mallien parhaimpia vaihtoehtoja. Soneran ja Elisan etuja ovat kokemus ja järjestelmän kokonaisratkaisumalli. Merlinin etu muihin nähden on sen markkinajohtajan asema sekä SAP BCM-järjestelmä.

Koska vain Soneralle, Elisalle ja Merlinille lähetettiin tarjouspyyntö, ei tässä työssä käsitellä muita mahdollisia palveluntarjoajia. Tässä työssä Soneran ja Elisan palveluihin luodaan vain pintaraapaisu julkisen materiaalin vähäisen määrän takia.

#### 4.1 Sonera

Sonera on suuri puhelinoperaattori, joka toimittaa puhelin- ja verkkoliittymiä, sekä erilaisia verkkoratkaisuja yksityisille ja yrityksille. Soneran IP-puhepalvelu on modulaarinen kokonaisratkaisu, jossa yritys voi itse valita tarvitsemansa lisäpalvelut. Palvelun laitteiden ja sovellusten vaihto sekä skaalaus on helppoa. Soneran palvelu on laaja, mutta siitä ei ole saatavilla tarkempaa julkista kuvausta. [7]

#### 4.2 Elisa

Elisa on myös suuri operaattori, jonka tarjoamat palvelut ovat samantyyppisiä kuin Soneran. Elisan tarjoama älykäs kontaktienohjaus (OrangeContact SaaS) -palvelu on monikanavainen ja älykäs kontaktienohjausjärjestelmä. Myös Elisan järjestelmä myös modulaarinen, jota muokataan asiakkaan tarpeiden mukaan. Myöskään Elisalta ei ole saatavilla monipuolisempaa julkista tietoa järjestelmän sisällöstä. [8]



### 4.3 Merlin

Merlin Systems Oy on viestintäratkaisujen uranuurtaja Suomessa, ja se on toiminut alalla yli 20 vuotta. Merlinin tarjontaan kuuluvat puhelin- ja mobiilivaihteet sekä yhteyskeskukset. Merlin Systems on osa SAP AG -konsernia. SAP on maailman suurimpia liiketoimintaohjelmistojen toimittajia, joka tarjoaa ratkaisuja muun muassa varastohallintaan, kirjanpitoon sekä henkilöstöresursointiin. [13, 15]

Merlinin tarjoama ratkaisu on SAPin Business Communications Management (BCM) -järjestelmään perustuva kommunikaattoriratkaisu. SAP BCM tarjoaa integroidun, monikanavaisen ja täysin IP -pohjaisen kommunikaattoriratkaisun. Järjestelmä sisältää kaiken tarvittavan palvelimista verkkoon ja yhdyskäytävistä terminaaleihin. Merlinin tarjoama SAP BCM valittiin projektissa käytettäväksi yhteyskeskusratkaisuksi ja siihen syvennyttään enemmän luvussa 5. [9]

SAP BCM täytti hyvin luvussa 3 esitetyt järjestelmän vaatimukset. Tämä yhdistettynä markkinajohtajanasemaan ja vahvoihin referensseihin johti järjestelmän valitsemiseen toteuttavaksi järjestelmäksi.

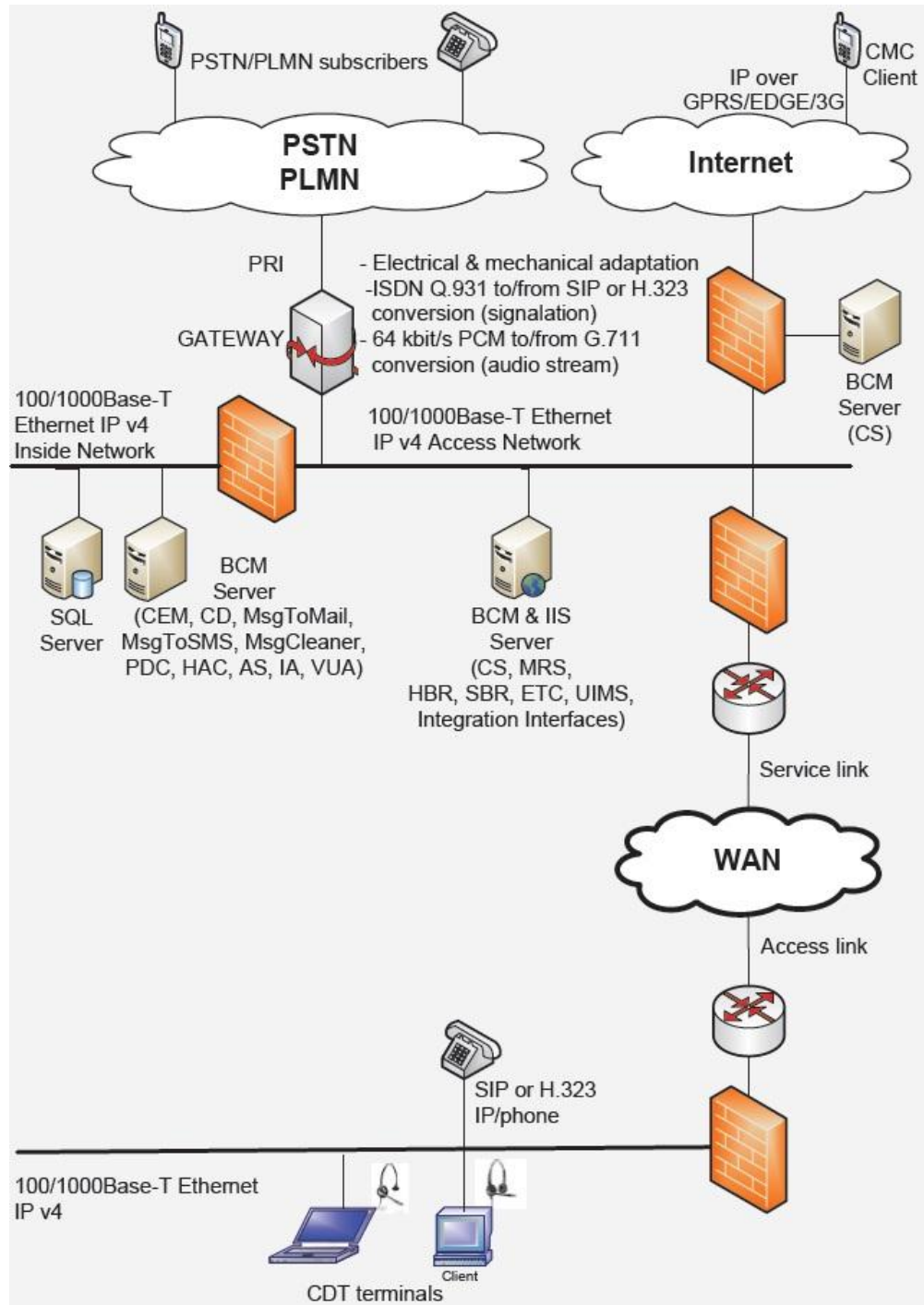
## 5 SAP BCM

SAP Business Communication Management -järjestelmä on modulaarinen palvelukokonaisuus. Sen avulla asiakas pystyy hoitamaan puhelut, sähköpostit, pikaviestit ja kontaktit yhdellä sovelluspohjaisella ratkaisulla. Sen kautta voidaan kommunikoida sovelluspohjaisilla puhelimilla (soft phones), IP -pöytäpuhelimilla ja matkapuhelimilla. Järjestelmän avulla pystytään valjastamaan henkilöstön tietotaidot ja tarjoamaan soittajalle aina asiaan perehtynyt vastaaja. Järjestelmä tarjoaa myös helpon migraation, turvallisuutta, luotettavuutta ja skaalautuvuutta. [9]

### 5.1 Tekniikka

SAP BCM -järjestelmän toteutus voidaan jakaa kahteen malliin: on-site- ja palveluntarjoajamalli. On-site -mallissa järjestelmään vaadittavat palvelimet ja puhelinverkkoon liittymiseen vaadittava gateway eli yhteyskäytävä sijaitsevat asiakkaan tiloissa. Palveluntarjoajamallissa järjestelmän palvelimet sijaitsevat palveluntarjoajan tiloissa, jossa järjestelmän toiminnot käsitellään ja reititys puhelinverkkoon hoidetaan. Palveluntarjoaja-mallissa asiakkaalta vaaditaan vain yhteys palveluntarjoajaan, tarvittavat työasemat ja IP-puhelimet. [9]

SAP BCM -järjestelmä koostuu palveluntarjoaja -mallissa Windows-pohjaisista palvelimista, jotka vastaavat järjestelmän toiminnasta. Lisäksi palveluntarjoajan päässä on yhteyskäytävä (gateway), joka hallitsee ja reitittää puhelut IP-verkosta puhelinverkkoon (PSTN, public switched telephone network). Asiakkaan päässä järjestelmä sisältää työasemat ja IP-puhelimet. [9]



Kuva 4. Esimerkki SAP BCM -palveluntarjoajamallista. [9]

Fyysisellä tasolla järjestelmä vaatii toimiakseen tilat, joissa palvelimet sijaitsevat, sekä tarvittavan määrän E1-linjoja puhelinverkkoon. E1-linjat ovat CEPT:n (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) standardisoima järjestelmä piirikytkentäisten verkkojen toteutukseen. E-sarja on parannettu versio Yhdysvalloissa käytössä olevasta T-sarjasta. E1-linkki kulkee parikaapelin läpi ja sen maksimi nopeus on 2,048 Mb:ä/s, joka on jaettu 32:een aikaväliin eli kanavaan. Yhden E1-linjan läpi voidaan ajaa 30 samanaikaista puhelua. Lisäksi palveluntarjoaja-mallissa on asiakkaan ja palveluntarjoajan välille muodostettava riittävän nopea verkkoyhteys. Vaadittava verkkoyhteyden nopeus on riippuvainen samanaikaisten puheluiden määrästä. [9, 16]

Järjestelmän toiminnallisuudet mahdollistava ydin eli palvelimet, toteutusmallista riippumatta, pitävät sisällään vähintään tietokannat, IIS-palvelun, tiedostopalvelimet sekä SAP BCM -ohjelmiston. Järjestelmän vaatimat tietokannat ajetaan Microsoft SQL-palvelimella. Tietokannat pitävät sisällään järjestelmän asetukset, käyttäjätiedot ja puhelutiedot. Tiedostopalvelimilla säilytetään mahdollisia ääniviestejä sekä valmiita nauhoituksia jonotiedotteita varten. Verkon ylitse käytettävä käyttöliittymä, SAP CDT (SAP Communication Desktop) pyörii Windowsin palvelinversioiden mukana tulevan Microsoft Internet Information Serverin (IIS) päällä. Vaadittava versio IIS:stä on vähintään versio 6.0. Näiden ydinohjelmien lisäksi voidaan tarvittaessa käyttää SMTP:tä (Simple mail transfer protocol) sähköposti-ilmoituksiin tulevista ääni- ja tekstiviesteistä. [9]

Työasemilla, joiden kautta CDT:tä käytetään, on oltava käyttöjärjestelmänä Windows XP tai uudempi sekä selaimena Internet Explorer 6.0 tai uudempi. Työasemiin asennetaan myös asennuspaketti, joka sisältää vaadittavat ajurit lisälaitteisiin, tässä tapauksessa sankaluureihin. Paketti sisältää myös BCM ActiveX proxyn, joka hoitaa vaadittavien ajureiden päivityksestä jatkossa. Asennuspaketti voidaan asentaa manuaalisesti jokaiselle työasemalle tai asennus voidaan hoitaa keskitetysti Microsoftin SMS:llä tai Active Directoryn ryhmäpolitiikalla (group policy). [9]

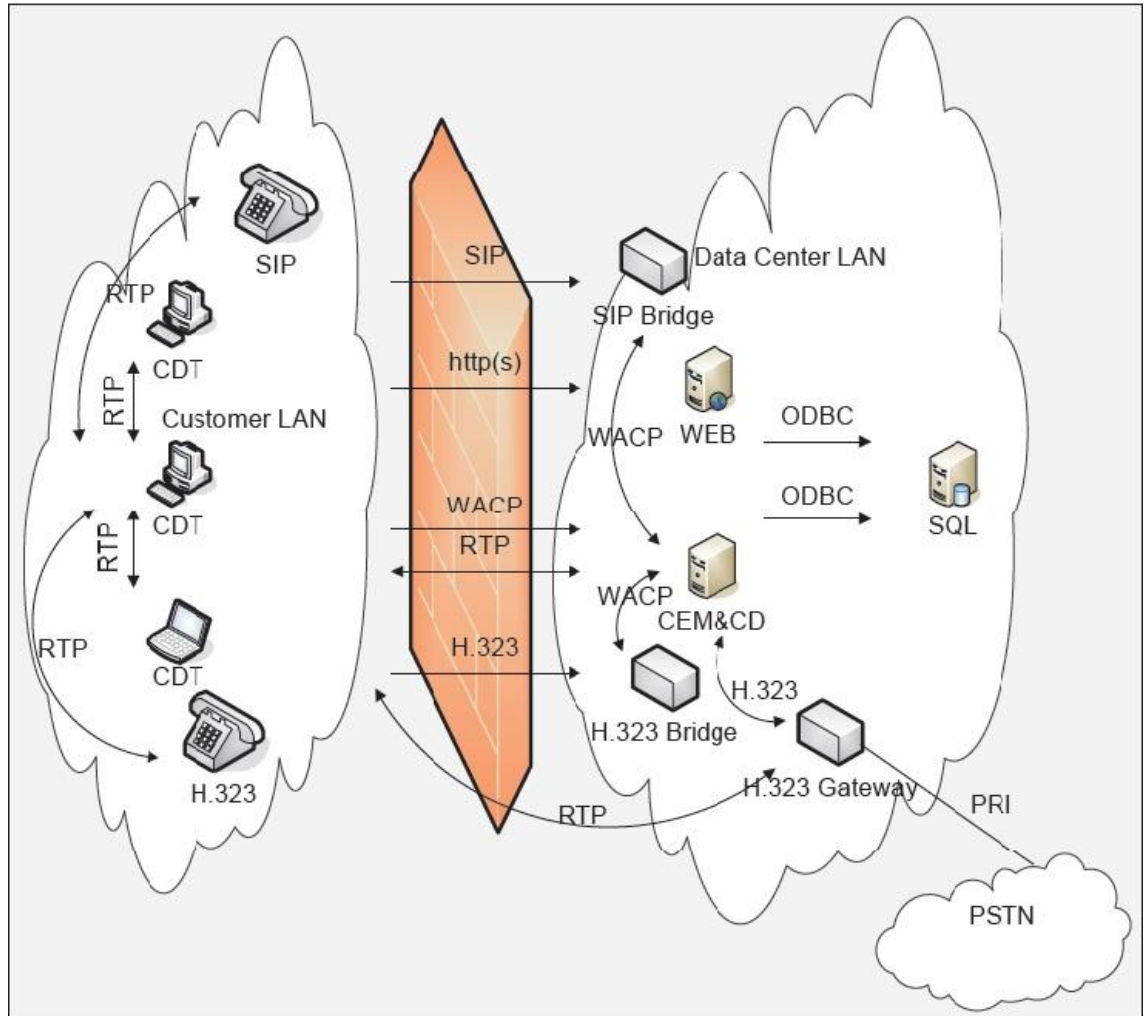
## 5.2 Yhteydenhallinta

SAP BCM tukee yhteydenhallintaprotokollista SIP:iä ja H.323:sta. SIP:n käyttö järjestelmätoteutuksissa on lisääntymässä, mutta H.323:n käytöstä ei ole vielä täysin luovuttu. Suurin syy H.323:n käytön jatkamiseen protokollan iästä huolimatta, on sen tukema liitää puhelinverkkoon. SIP ei itsessään tue liitää puhelinverkkoon, joten SIP-pohjaisissa järjestelmissä puhelinverkkoliitää käytetään H.323:a. Tämän työn järjestelmässä käytetään yhteydenhallintaprotokollana H.323:a juuri edellä mainitun syyn takia. Kuvassa 5 näkyy SIP:n ja H.323:n käyttökohdat järjestelmässä. [9]

## 5.3 Tiedon kuljetus

SAP BCM:ssä yhteydet työaseman ja web-palvelimella olevan CDT-ohjelmiston välillä kulkevat HTTP-yhteyden kautta. Salattua HTTPS-yhteyttä käytetään autentikointivaiheissa. [9]

VoIP-datan kuljettaminen työasemien välillä ja työasemilta puhelinverkon yhdyskäytävälle toteutetaan RTP:llä. RTP:tä käytetään sen luotettavuuden takia. RTP:n ansiosta mahdollinen tiedon hävikki saadaan minimoitua. [9]



Kuva 5. SAP BCM:n käyttämät yhteys- ja kuljetusprotokollat. [9]

#### 5.4 Ääni

Järjestelmä tukee kahta eri äänikoodekia. Tuetut äänikoodekit ovat G.711 ja G.729. Toteutuksessa käytettävä koodekki on aina tapauskohtainen ja päätös tehdään halutun äänenlaatuun ja käytävissä olevan yhteysnopeuden perusteella. [9]

Tässä työssä järjestelmä käyttää G.729-koodekia sen vähäisemmän kaista-vaatimuksen takia.

## 5.5 Tietoturva

Kuten missä tahansa muussakin järjestelmässä, SAP BCM:ssä tietoturva on tärkeässä osassa. Järjestelmän tietoturvan peruspilarit ovat liikenteen kontrollointi, rajoitus ja salaus, käyttäjien tunnistus ja autentikaatio sekä ohjelmistomoduulien allekirjoitus.

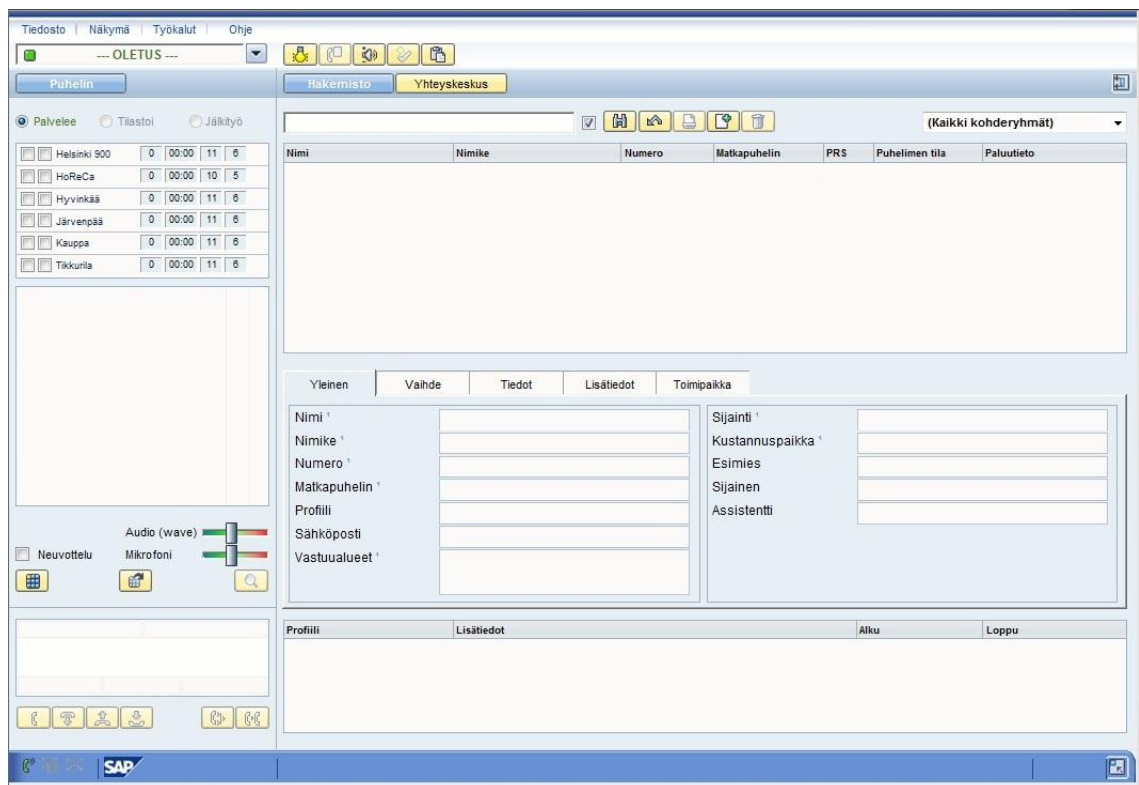
Liikenteeseen liittyvissä tietoturvaratkaisuissa verkko jaetaan osiin käyttötarkoitusten perusteella ja liikennöinti verkoista toiseen sallitaan vain tarvittaessa. Eri asiakkaiden liikenne jaotellaan omiin virtuaalisiin verkkoihinsa (VLAN), jolla estetään mahdolliset tilanteet, joissa asiakas pääsisi käsiksi toisen asiakkaan tietoihin. Lisäksi yhteydet asiakkaan ja palveluntarjoajan välillä toteutetaan VPN-putken läpi lisäten näin turvallisuutta. [9]

Järjestelmään pääsee käsiksi vain kirjautumalla, ja se sisältää monia käyttötasoja. Asiakkaalla on käytössä agentti- ja pääkäyttäjätasot. Agenttitason käyttäjä pystyy käyttämään järjestelmää, mutta ei pysty tekemään järjestelmään muutoksia. Ainoat muutokset, joita agenttitason käyttäjä voi tehdä, ovat henkilökohtaiset tiedot, kuten tilin tiedot ja salasana. Pääkäyttäjätason käyttäjä pystyy lisäämään ja poistamaan agenteja sekä pääsee käsiksi seuranta- ja valvontatyökaluihin. Palveluntarjoajalla on käytössään vielä ylemmän tason oikeudet, joilla koko järjestelmää pystytään hallinnoimaan ja muokkaamaan. [9]

Kolmas peruspilari eli ohjelmistomoduulien allekirjoitus on itsessään pieni, mutta tärkeä osa. Oleellisimmat SAP BCM:n ohjelmistomoduulit on allekirjoitettu julkaisija ID:llä, josta selviää moduulien alkuperä ja tarkoitus. Allekirjoitettua ohjelmistoa käyttäessään pystyy käyttäjä varmistamaan helposti, että kyseinen sovellus on juuri se, mitä se väittää olevansa. [9]

## 5.6 Sovellus

Järjestelmää käytetään SAPin Communication Desktopin (CDT) kautta. Sovellus on selainpohjainen kokonaisuus, joka toimii palveluntarjoajan palvelimilla. Sovellus sisältää monipuoliset työkalut puhelusta raportointiin. Järjestelmän käyttäjätasot koostuvat peruskäyttäjistä eli agenteista ja pääkäyttäjistä, jotka voivat tehdä järjestelmään muutoksia. Kuvassa 6 näkyy CDT:n päänäkymä ja ne osat, jotka ovat käytössä toteutetussa järjestelmässä. Käytettyjä toimintoja ovat IP-puhelin ja sen kanssa toimiva jono-valinta; käyttäjän tilamäärittely, palvelun seuranta, raportointi ja yhteyskeskus. Lisäksi sovellukseen on mahdollista tehdä integraatioita toisiin sovelluksiin ja järjestelmiin.



Kuva 6. Communication Desktopin perusnäkö.




### 5.6.1 Puhelin

CDT:n IP-puhelin on sovelluspohjainen ja sen päätelaitteena toimii työasemaan liitettävä sankaluuri. Puhelin on koko järjestelmän keskeisin osa, ja suurin osa toiminnoista laajentaa ja helpontaa puhelimen käyttöä sekä parantaa tehokkuutta. Puhelin ottaa vastaan normaalien puhelinnumeroiden lisäksi käyttäjätunnuksia, jolloin voidaan nopeasti ja helposti tehdä puheluita järjestelmän sisällä. Siisään tulevissa puheluissa sovellus osaa myös yhdistää soittajan numeron yhteystietoon, jos se on tallennettuna järjestelmään.

### 5.6.2 Jonot

Järjestelmän tehokkuus perustuu siihen, että yhdelle agentille saadaan ohjattua puhelut eri numeroista. Kuvassa 7 on sovelluksen jonovalikko, joka näyttää agentille mistä jonoista tälle ohjautuvat puhelut. Jonovalikon kautta voi agentti myös väliaikaisesti poistaa itsensä tietyn jonon vastauslistalta. Pääkäyttäjät pystyvät määräämään agentit eri jonoihin tarpeiden mukaan.



		Palvelee	Tilastoi	Jälkityö
<input type="checkbox"/>	Helsinki 900	0	00:00	11 6
<input type="checkbox"/>	HoReCa	0	00:00	10 5
<input type="checkbox"/>	Hyvinkää	0	00:00	11 6
<input type="checkbox"/>	Järvenpää	0	00:00	11 6
<input type="checkbox"/>	Kauppa	0	00:00	11 6
<input type="checkbox"/>	Tikkurila	0	00:00	11 6

Kuva 7. Jonovalikko

### 5.6.3 Tilavalinta

Tilavalinta antaa agentille mahdollisuuden määrittää itselleen erilaisia toimitiloja, jotka vaikuttavat puheluiden ohjautumiseen. Yleisimpiä tilavaihtoehtoja ovat: aktiivinen, lounas, kokous ja jälkityötila. Yrityksellä on käytössään tällä hetkellä 10 eri tilavaihtoehtoa, jotka näkyvät kuvassa 8. Tilavalintojen oikeaoppinen käyttö on tärkeää, sillä se vaikuttaa puhelujen ohjautumisen lisäksi raportointiin. Esimerkiksi jälkityötilaan jääneelle agentille ei ohjaudu yhtään uutta puhelua vääristäen näin raportteja ja vähentäen järjestelmän tehokkuutta. Tilavaihtoehdot on räätälöitävissä aina tarpeiden mukaan.



Kuva 8. Tilavalikko

### 5.6.4 Seuranta

Seurantatyökalu on pääkäyttäjille tarkoitettu sovelluksen osa, jonka avulla pääkäyttäjä pystyy seuraamaan reaaliaikaisesti agenttien aktiivisuutta, ajankäyttöä ja jonojen tilannetta. Seurattavista jonoista järjestelmä kertoo esimerkiksi jonojen pituuden, keskimääräiset vastausajat, sekä mahdolliset jonojen ylivuodot. Kuvan 9 näkymä on seurantatyökalun perusnäkymä. Siitä näkee nopeasti kaikkien jonojen tilanteet.



Kuva 9. Seurantapaneelin yleisnäkymä.

### 5.6.5 Raportointi

Sovelluksen luomat raportit ovat täysin kustomoitavissa asiakaskohtaisesti. Raportointiosa sisältää oletuksena muutaman erittäin kattavan raportin. Raportteja voidaan kuitenkin muokata rajattomasti soveltumaan asiakkaan tarpeisiin. Raportoinnista saadaan ulos samoja tietoja kuin seurantatyökalulla, mutta vain pidemmältä aikaväliltä. Raportit sisältävät tietoja niin yksilö- kuin yleistasolta. Raportoinnin käytetyimmät tiedot ovat puhelujen määrät ja kestot, puheluiden jakautuminen eri kellonaikoina, palvelun tavoitettavuusaste ja menetetyt puhelut ja puheluihin käytetyt ajat. Raportit saadaan ulos joko agentti- tai jonokohtaisesti. Sovellus sisältää toiminnon tuoda raportti ulos järjestelmästä erillisenä tiedostona. Kuvassa 10 näkyy CDT:n raportoinnin perusnäkymä.

Year: 2012, Month: 2012-05, Day: 2012-05-27, Group: All DimTeam, Location: All DimLocation, Application: CC

1 of 1, 100%, Find | Next, Select a format, Export

### Agent - Contact handling

Group	Agent	Day	Calls (in)			Response time (avg.)	Not a
			Allocated	Handled	Handled %		
Horeca			0	0	100 %	0:00:00	
			0	0	100 %	0:00:00	
		2012-05-27	0	0	100 %	0:00:00	
			0	0	100 %	0:00:00	
		2012-05-27	0	0	100 %	0:00:00	
			0	0	100 %	0:00:00	
		2012-05-27	0	0	100 %	0:00:00	
Kauppa			0	0	100 %	0:00:00	
			0	0	100 %	0:00:00	
		2012-05-27	0	0	100 %	0:00:00	
			0	0	100 %	0:00:00	
		2012-05-27	0	0	100 %	0:00:00	
			0	0	100 %	0:00:00	
		2012-05-27	0	0	100 %	0:00:00	

Kuva 30. Raporttien yleisnäkymä.

## 5.7 Integraatio

Järjestelmä sisältää rajapinnat ja valmiudet toteuttaa integraatioita asiakkaan jo olemassa oleviin järjestelmiin. Tyypillisimpiä integraatioita järjestelmän kanssa ovat eritasoiset yhdistämiset asiakkaan CRM- ja ERP-järjestelmiin. Järjestelmä voidaan esimerkiksi integroida asiakkaan CRM:ään tekemällä hyperlinkit CRM:n asiakaskortistoon, jolloin soitto voidaan aloittaa puhelinnumeroa klikkaamalla.

Kyseiseen järjestelmään tehtiin integraatio yrityksen CRM:n ja CDT:n välille, jossa yhteystiedot ajetaan määräajoin CDT:n osoitteistoon.

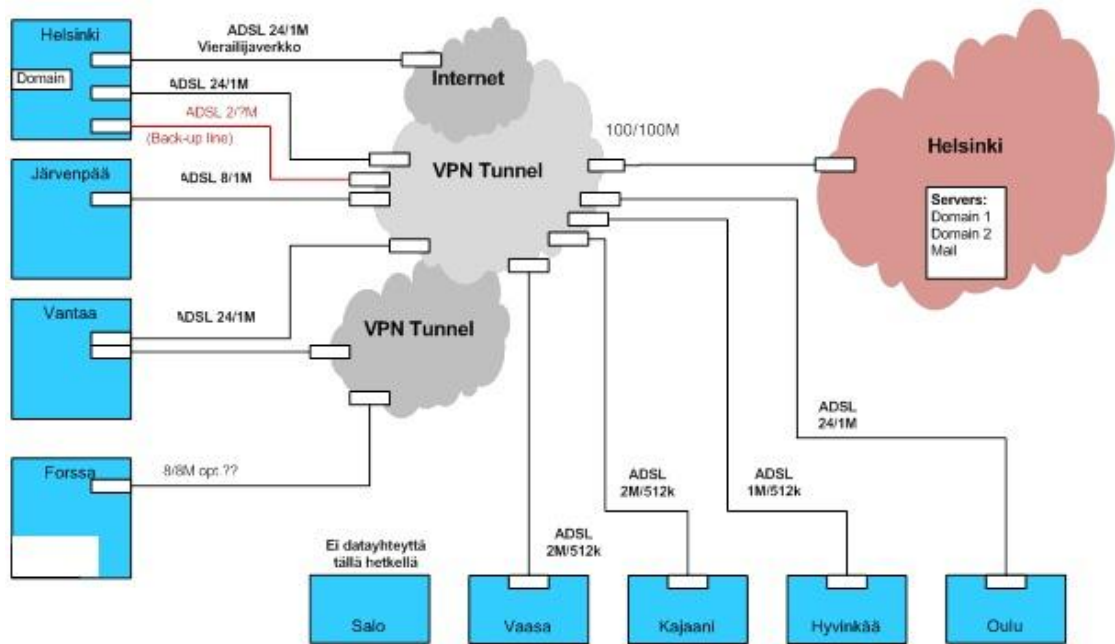
## 6 KÄYTTÖÖNOTTO

### 6.1 Ulkoverkot

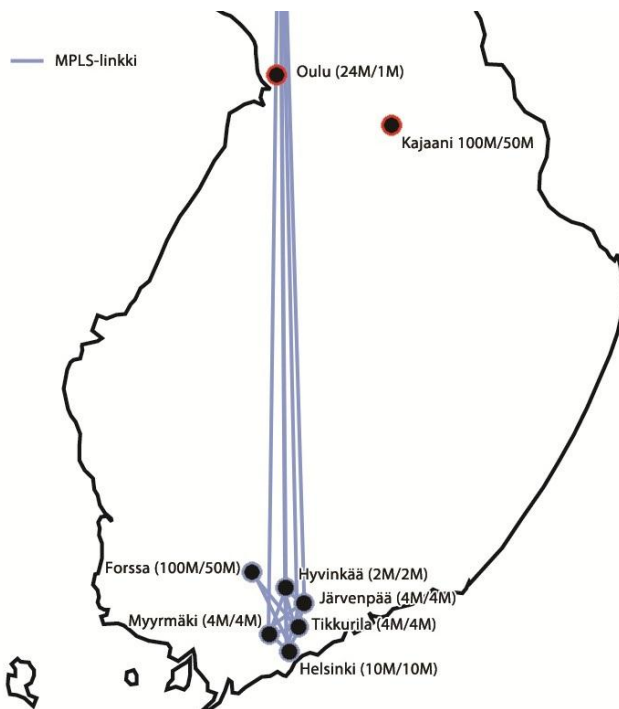
Tulevan järjestelmän käyttöönottoon valmistauduttiin jo ennen kuin toteutettava järjestelmä oli valittu. Valittavasta järjestelmästä riippumatta, piti toimipisteiden verkkoyhteydet tarkistaa ja suorittaa tarvittavia muutoksia sekä päivityksiä.

Joidenkin toimipisteiden verkkoyhteydet olivat jo ennen VoIP-järjestelmän kartoitusta ylikuormittuneet, joten piti alkaa suunnittelemaan verkkoyhteyksien päivityksiä. Suurimmaksi pullonkaulaksi tulevaisuudessa olisivat muodostuneet olemassa olevien verkkoyhteyksien alhaiset lähetysnopeudet. Kuvassa 11 näkyy toimipisteiden verkkoyhteydet ennen päivityksiä.

Ulkoverkon yhteyksiä päivitettäessä päätettiin kaikki järjestelmään tulevien toimipisteiden yhteydet päivittää MPLS-verkoiksi. Lisäksi päivitettävien verkkojen upstream -nopeuksia nostettiin, jotta verkot pystyisivät käsittelemään tarvittavan määrän ulospäin suuntautuvaa liikennettä. Kuvassa 12 on verkkoyhteyspäivitysten jälkeinen tilanne. Siniset viivat osoittavat MPLS-linkkejä, siniset pallot MPLS-verkkoja ja punaiset pallot ovat ADSL-yhteyksiä. Verkkojen lopulliset nopeudet päätettiin vasta järjestelmävalinnan jälkeen, ja tällöin tarvittavan nopeuden määrä laskettiin kertomalla jokaisen toimipisteen agenttimäärä lähtevän VoIP-puhelun kaistavaatimuksella, joka on riippuvainen käytettävästä äänikoodekista.



Kuva 41. Toimipisteiden verkkoyhteydet ennen päivitystä.



Kuva 52. Toimipisteiden verkkoyhteydet päivitysten jälkeen.

Jo ennen VoIP-projektia oli toimipisteiden välille rakennettu VPN-tunnelit, ja ne uusittiin yhteysmuutosten yhteydessä. Kun järjestelmän toimittaja oli valittu ja palvelintarjoaja -malliin päädytty, tehtiin toimipisteiden ja palveluntarjoajan välille VPN-tunnelit järjestelmän liikennettä varten.

Lopulliset ulkoverkkojen nopeudet ovat riittäviä järjestelmän tämän hetkisellem koolle, mutta jos agenttien määrä toimipisteissä lisääntyy, tulevat verkkoyhteyksien nopeudet uudestaan tarkasteluun. Suurimpia ongelmia jatkossa tulee olemaan nopeampien verkkoyhteyksien nopeasti nouseva hinta. Melkein kaikissa toimipisteissä yhteydet toimivat edelleen kuparilankoja pitkin ja niiden maksimikapasiteetti tulee nopeasti vastaan. Tämän jälkeen vaihtoehdot rajautuvat nopeasti valokuidun käyttöön, jonka käyttöönotto on kallista, jos kiinteistöihin ei jo valmiiksi tule valokuitukaapelia.

## 6.2 Sisäverkot

Merkittäviä muutoksia sisäverkkoihin tehtiin vain Helsingin toimipisteessä. Helsingin toimipisteessä ei ollut olemassa olevaa dokumentaatiota sisäverkon rakenteesta, joten dokumentaatio päätettiin tehdä. Samassa päätettiin siistiä reitittimien kaapelointi mahdollisten VoIP-järjestelmän vaatimien muutosten helpottamiseksi. Kuvassa 13 näkyy Helsingin toimipisteen reitittimien kaapelikaos, josta siistiminen aloitettiin.



Kuva 63. Helsingin toimipisteen kytkentäkaappi

Päätelaitteiltaan toimipisteiden sisäverkot kestävät kohtuullisen suurenkin kasvun liikennemäärissä, joten päivitys ei tule olemaan ajankohtainen vielä hetkeen. Sisäverkon päivitys on myös huomattavasti edullisempaa kuin ulkoverkoon liittyvät päivitykset.

Verkkoyhteyksien toiminnan parantamiseksi ja puheyhteyden laadun takaamiseksi otettiin käyttöön toimipisteiden reitittimissä Quality of Service (QoS)-määritykset. QoS-määrityksillä pystytään verkon läpi menevä liikenne priorisoimaan. Tässä tapauksessa ääniliikenne on priorisoitu toimipisteiden ja palveluntarjoajan verkkojen välillä muuta liikennettä tärkeämmäksi, jotta pystytään varmistamaan mahdollisimman häiriöttömät puhelut. ITU:n suositus yhdensuuntaiselle enimmäisviiveelle VoIP-liikenteessä on 150 ms [10]



### 6.3 SAP BCM -järjestelmän käyttöönotto

SAP BCM -järjestelmän käyttöönotto ei verkkomuunnoksia lukuun ottamatta vaatinut toimenpiteitä asiakkaan päässä. Palveluntarjoajan päässä olemassa olevaan järjestelmään lisättiin uusi profiili, joka kattaa tiedot käytettävistä järjestelmän osista.

Fyysisellä tasolla palveluntarjoajan päähän yhdistettiin yksi E1-linja puhelinverkkoon meneviä puheluita varten. Tämänhetkisen puhelinverkkoon menevien puheluiden yhteenlaskettu määrä mahtuu yhteen E1-linjaan. Jos tarvetta laajennukseen on, edellyttää se vain lisää E1-linjoja.

Ennen järjestelmän käyttöönottoa testattiin VPN-tunneleiden ja muiden yhteyden toimivuus yhdellä testikoneella. Käyttöönottopäivää varten työasemille asennettiin tarvittavat ohjelmistot järjestelmän käyttöä varten. Käyttöönottopäivänä puhelinnumerot ohjattiin palveluntarjoajan tiloihin, minkä jälkeen järjestelmä oli käyttövalmis.

### 6.4 Koulutus

Järjestelmän käyttöönoton yhteydessä järjestettiin yrityksen työntekijöille peruskoulutus järjestelmän käyttöön. Koulutus oli jaettu kahteen osaan, joista toinen käsitteli järjestelmän käytön peruskäyttäjän osalta ja toinen käsitteli pääkäyttäjän toiminnot. Kaikki järjestelmää tulevaisuudessa käyttävät työntekijät osallistuivat peruskäyttäjäkoulutukseen ja muutama ennalta päätetty työntekijä osallistuivat pääkäyttäjäkoulutukseen.

Käyttöönoton jälkeen järjestettiin vielä ylimääräinen koulutus järjestelmän raportoinnista. Raportointia käyttävien mielestä perus- ja pääkäyttäjäkoulutuksessa käyty läpikatsaus raportointiin ei ollut riittävä sen tehokasta käyttöä ajatellen. Lisäksi raportointikoulutuksen jälkeen luotiin muutama räätälöity raportti yrityksen tarpeiden mukaan.

## 6.5 Ilmenneet ongelmat

Käyttöönoton yhteydessä törmättiin vain yhteen järjestelmässä olevaan ongelmaan. Muuten käyttöönotto kuin koko projekti eteni pitkälti ongelmattomasti. Kun rakennetaan järjestelmää, jossa sen eri osat tulevat eri toimittajilta, on aina syytä valmistautua odottamiseen. Vaikka tässä projektissa oli vähän eri toimittajia, riitti toimittajien määrä silti odotuksiin. Pisimmät odotusajat tulivat verkkoyhteyksien muutoksissa ja toimituksissa. Toisaalta vaikka kuinka yrittäisi, kyseiset odotusajat ovat välttämättömiä, kun asioidaan suurien operaattoreiden kanssa. Odotusajoista huolimatta käyttöönotossa ei jouduttu siirtämään mitään vaihetta, mikä oli erittäin positiivista.

Järjestelmän käyttöönottopäivänä huomattiin ongelma, jossa osassa työasemista puhelut eivät kuuluneet. Työasemakanta ei ollut yhtenäinen, koska käytössä oli sekä Windows XP että Windows Vista -työasemia. Ongelma kohdistui vain Windows Vista -työasemiin, ja se aiheutti ongelmia muutaman päivän ajan. Ensimmäiset veikkaukset ongelman syystä kohdistuivat työasemiin liitettävien sankaluurien ajureihin, mutta nopealla testauksella pystyttiin toteamaan, ettei vika ollut ajureissa. Muutaman päivän selvittelyn jälkeen vika löytyi Active Directoryyn jääneestä group policystä, joka esti VoIP-liikenteen kulun Vista-työasemissa.

Vista-ongelman jälkeen järjestelmä on toiminut hyvin ilman käyttökatkoja. Suurin huoli edelleen järjestelmän toimivuuden kannalta on sen suuri riippuvuus ulkoisesta verkkoyhteydestä. Jos toimipisteiden verkkoyhteys katkeaa mistä tahansa syystä, ovat työasemien VoIP-puhelimet käyttökelttomia, kunnes vika verkossa on saatu korjattua. Tämän takia yrityksellä on edelleen käytössä erilliset matkapuhelimet työntekijöillään. Ikävä kyllä VoIP-puheluiden riippuvuutta verkkoyhteyksien laadusta ja toiminnasta ei koskaan voida poistaa, mutta se on riski, joka on otettava, jos halutaan käyttää verkkopohjaista järjestelmää.

## 6.6 Tulokset

Järjestelmän käyttöönoton jälkeen sen läpi on kulkenut yli 20 000 sisään tulevaa puhelua, joista on vastattu yli 17 000:een eli noin 80%:in. Käsittelyprosentti on vain suuntaa antava, sillä raportoinneissa näkyvät myös palveluaikojen ulkopuolella tulleet puhelut, joihin ei voida vastata, koska palveluaika ei ole ympäri-vuorokautinen. Keskimääräinen vastausaika koko järjestelmän tasolla on seitsemän sekuntia ja agenttikohtaisesti tarkastellessa vastausajat sijoittuvat viiden ja viidentoista sekunnin välille.

## 7 YHTEENVETO

Työssä käsiteltiin yleisesti Voice over IP -järjestelmien hyödyt ja haitat sekä järjestelmän käyttämät standardit, tekniikat ja tietoturva. Työn pääpaino oli VoIP-järjestelmän käyttöönotossa. Työstä saa kattavan kuvan miten VoIP-järjestelmän kartoitus ja käyttöönotto etenee, kun palvelut toteutetaan palveluntarjoajamallilla.

Työssä käyty standardit on rajattu kattamaan niitä tekniikoita, joita toteutettu järjestelmä käyttää ja tukee. Teorian lisäksi työ sisältää kuvaukset projektin etenemisestä ja tietoa järjestelmävalintaan johtaneista kriteereistä. Yrityksen verkoihin ja järjestelmiin tehdyt muutokset VoIP-järjestelmän käyttöönoton takia on myös käyty läpi.

Tehdyn kartoituksen ja sen jälkeen tehdyn käyttöönoton jälkeen yrityksellä on käytössään asetettujen tavoitteiden mukainen VoIP-puhelinjärjestelmä tehostamassa yrityksen toimintaa sekä mahdollistamassa tulevaisuuden kasvua.

Yrityksen puhelinjärjestelmäprojekti on edelleen käynnissä. Järjestelmään tehdään edelleen pieniä muutoksia aina tarpeen vaatiessa. Järjestelmään on olemassa optio lisätä puheohjauksella toimivat valikot. Valikkojen kartoitus ja mahdollinen käyttöönotto on keskustelun alla, mutta tämän työn aikarajan sisään sen toteutus ei mahtunut.

## LÄHTEET

- [1] Saarelainen, K, IP-puhe - Voice over IP. Jyväskylä: Bookwell Oy, 2011
- [2] Davidson, J; Peters, J, Voice over IP. Suom. Huru, E. Helsinki: Edita, 2002
- [3] Voip-info.org, "ITU G.711", [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.voip-info.org/wiki/view/ITU+G.711> (Luettu 26.5.2012)
- [4] Voip-info.org, "ITU G.729", [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.voip-info.org/wiki/view/ITU+G.729> (Luettu 26.6.2012)
- [5] Wikipedia, "TCP", [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://fi.wikipedia.org/wiki/TCP> (Luettu 9.6.2012, muokattu)
- [6] Wikipedia, "UDP", [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://fi.wikipedia.org/wiki/UDP> (Luettu 9.6.2012 muokattu)
- [7] Sonera Oyj, "IP-puhepalvelu", [www-dokumentti]. Saatavilla: [http://www5.sonera.fi/ohjeet\\_b2b/IP-puhepalvelu](http://www5.sonera.fi/ohjeet_b2b/IP-puhepalvelu) (Luettu 20.5.2012)
- [8] Elisa Oyj, "Palvelukokonaisuudet yrityksille", [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.elisa.fi/yrityksille/palvelukokonaisuudet/asra/yleisesittely/> (Luettu 20.5.2012)
- [9] SAP AG, "SAP BCM Infrastructure", [PDF-dokumentti], 2008. SAP\_BCM\_Infrastructure.pdf. Saatavilla: [http://www.sap.com/spain/solutions/pdf/SAP\\_BCM\\_6\\_INFRASTRUCTURE.pdf](http://www.sap.com/spain/solutions/pdf/SAP_BCM_6_INFRASTRUCTURE.pdf)
- [10] Bartolini, N; Nokoletseas, S; Sinha, P; Cardellini, V; Mahanti, A., Quality of Service on Heterogeneous Networks, 2009 [www-dokumentti]. Saatavilla:  
[http://www.google.fi/books?id=\\_BcyFE93ihkC&lpq=PA3&ots=wlqMO2NIzt&dq=Quality%20of%20Service%20VoIP&lr&hl=fi&pg=PA3#v=onepage&q=Quality%20of%20Service%20VoIP&f=false](http://www.google.fi/books?id=_BcyFE93ihkC&lpq=PA3&ots=wlqMO2NIzt&dq=Quality%20of%20Service%20VoIP&lr&hl=fi&pg=PA3#v=onepage&q=Quality%20of%20Service%20VoIP&f=false) (Luettu: 23.5.2012)
- [11] Johnston, A; Piscitello, B; David, M., Understanding Voice over IP Security. Norwood, MA, USA: Artech House, 2006.
- [12] VPN Consortium, "VPN Technologies: Definitions and Requirements", [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.vpnc.org/vpn-technologies.html> (Luettu 25.5.2012)
- [13] Merlin Oy, "Yritys", [www-dokumentti]. Saatavilla: [www.merlin.fi/yritys](http://www.merlin.fi/yritys) (Luettu 20.5.2012)
- [14] IETF, "RFC 2543, SIP: Session Initiation Protocol", [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt> (Luettu 23.5.2012)
- [15] SAP AG, "SAP Finland", [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.sap.com/finland/about/index.epx> (Luettu: 20.5.2012)
- [16] Wikipedia, "E-carrier", [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://en.wikipedia.org/wiki/E-carrier> (Luettu: 7.6.2012)

