

# VOIP-JÄRJESTELMÄN PILOTOINTI TUOTANTOYMPÄRISTÖSSÄ

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikan koulutusohjelma

Tietoliikennetekniikan suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö

Kevät 2007

Mika Jortikka

Lahden ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma

JORTIKKA, MIKA: VoIP-järjestelmän pilotointi tuotantoympäristössä

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 65 sivua

Kevät 2007

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa Voice over IP -järjestelmä Päijät-Hämeen koulutuskonsernin verkkoon. Tässä opinnäytetyössä keskitytään toteutetun järjestelmän ohjelmistopuoleen. VoIP-pilotista tehtiin kolme eri opinnäytetyötä, joista kaksi muuta käsittelivät järjestelmän verkkototeutusta sekä kustannuslaskelmien tekemistä ja käyttöönoton mahdollisuuksien kartoittamista.

Työn tilaajana toimi Päijät-Hämeen koulutuskonserni, jonka puhelinverkkoon toteutus tehtiin. Työn toteutus tapahtui Cisco Systems Finland Oy:ltä saaduilla testilaitteilla vuoden 2004 helmi-toukokuun välisenä aikana. Laitteistona oli kuusi kappaletta Cisco 7905 IP-puhelimia, kuusi kappaletta Cisco 7940 IP-puhelimia, Cisco MCS-7825 palvelin, Cisco 3550 kytkin ja Cisco 2561 reititin, jossa oli 30 kanavainen E1-kortti.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään yleisen puhelinverkon rakennetta ja toimintaa sekä palveluita ja puutteita. Voice over IP:stä käydään läpi sen edut, sovellukset sekä VoIP-verkon ongelmat ja ominaisuudet. Teoriaosuudessa käydään läpi myös tärkeimmät IP-merkinantoprotokollat, joissa pääpaino oli H.323-protokollassa. Teoriaosuus sisältää myös Ciscon AVVID-puhelinarkkitehtuurin sekä CallManagerin ominaisuudet ja siihen liittyvät tärkeimmät palvelut. Pääpaino teoriaosuudessa on VoIP:ssa ja merkinantoprotokollissa.

Opinnäytetyön käytännön osuudessa käydään läpi järjestelmän suunnittelu, toteutus ja käyttöönotto sekä ohjelmistojen testaus. Lisäksi käsitellään lyhyesti verkon tietoturva ja pohditaan mitä laitteistoja ja ohjelmistoja tuleva VoIP-verkko mahdollisesti tarvitsee.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää järjestelmän toimivuus ja soveltuvuus tuotantoympäristössä. Tavoitteena oli myös selvittää VoIP-järjestelmän käyttöönoton kannattavuus ja siitä saatavat edut tuotantoympäristössä.

Tulokset olivat pääsääntöisesti positiivisia ja järjestelmä toimi odotetusti. Joidenkin ohjelmistojen kanssa ilmeni ongelmia. Muutamaa lukuunottamatta ongelmat saatiin ratkaistua työn puitteissa, mutta ajan rajallisuuden takia jotkut ongelmat jäivät ratkaisematta.

Avainsanat: VoIP, IP-puhelinjärjestelmä, CallManager

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of Technology

JORTIKKA, MIKA: Piloting of the VoIP System in a Production  
Environment

Bachelor's Thesis in Telecommunications technology, 65 pages

Spring 2007

---

## ABSTRACT

The objective of this Bachelor's Thesis was to plan and put into effect a Voice over IP system in the data network of the Lahti Region Educational Consortium. The thesis focuses on the software part of the system. The study was a part of a larger project covering also the network implementation and cost calculations, including investigating the possibility of putting the system to use.

The equipment for the VoIP system was delivered by Cisco Systems Finland Oy. It was comprised of six Cisco 7905 IP phones, six Cisco 7940 IP phones, Cisco MCS-7825 server, Cisco 3550 switch, and Cisco 2561 router with a 30-channeled E1 card.

The theoretical part of the thesis deals with the structure and operation of the Public Switched Telephone Network with its services and deficiencies. It also includes the benefits, applications, problems, and characteristics of VoIP. The theoretical part also deals with the most important IP signaling protocols with emphasis on H.323 protocol, Cisco AVVID telephony network, and CallManager and its services. The main emphasis is on VoIP and the signaling protocols.

The empirical part of the thesis consists of the planning, execution and putting into use of the network and the testing of the available software. The empirical part also covers network security and discusses the possible hardware and software the network would need should it be put to use.

The objective of the empirical part was to examine the operability and suitability of the VoIP system in the existing environment. Another objective was to analyze the benefits of the system if it were to be used in the network.

The results were in the most part positive and the system worked according to expectations. There were some problems with some of the software. The majority of the problems were solved, but due to the limited time some problems remained unsolved.

Key words: VoIP, IP telephony, CallManager

SISÄLLYS	
1 JOHDANTO	1
1.1 Työn taustaa	1
1.2 Työn tavoitteet	2
2 YLEINEN PUHELINVERKKO (PSTN)	4
2.1 Puhelinverkon rakenne	4
2.2 Yleisen puhelinverkon toiminta	6
2.2.1 Analoginen ja digitaalinen signaali	6
2.2.2 Pulssikoodimodulaatio (PCM)	7
2.2.3 Puhelinverkon merkinanto	8
2.2.4 Palvelut ja sovellukset	9
2.2.5 Yleisen puhelinverkon puutteita	10
3 VOICE OVER IP (VOIP)	11
3.1 VoIP:n edut ja sovellukset	11
3.1.1 Avainedut	11
3.1.2 Pakettipuhelinliikenteen puhelinpalvelukeskukset	12
3.1.3 ICW ja V2L	13
3.2 VoIP-verkon toiminta ja ominaisuudet	14
3.2.1 Viive ja värinä	14
3.2.3 Äänen tiivistys	16
3.2.4 Äänen koodausstandardit	16
3.2.5 Äänen laadun arviointi ja kaiku	17
3.2.6 Pakettien häviäminen ja äänen aktiviteetin havaitseminen	18
3.2.7 Digitaalisesta analogiseen -konversio	18
3.2.8 Kuljetusprotokollat	19
4 H.323	21
4.1 H.323-elementit	21
4.1.1 Pääte	22
4.1.2 Yhdyskäytävä	23
4.1.3 Portinvartija ja MCU	23
4.1.4 H.323-välityspalvelin	24
4.2 H.323-protokollaperhe	24

4.2.1 RAS-merkinanto	25
4.2.2 Puhelunohjauksen merkinanto	27
4.2.3 Median ohjaus ja kuljetus	28
5 SIP-PTOTOKOLLA	31
5.1 Yleiskatsaus SIP-protokollaan	31
5.2 SIP-viestit	32
5.4 SIP-protokollan ja H.323-protokollan vertailua	33
6 YHDYSKÄYTVÄN OHJAUSPROTOKOLLAT	35
6.1 SGCP	35
6.1.1 Käsitteet	36
6.1.2 Ohjaustoiminnot	36
6.2 MGCP	37
6.2.1 Tapahtumapakkaukset	38
6.2.2 Ohjaustoiminnot	38
7 CISCO CALLMANAGER	39
7.1 Cisco AVVID-puhelinarkkitehtuuri	39
7.2 Cisco CallManagerin ominaisuuksia	42
7.3 CallManageriin yhdistettävät palvelut	46
8 TYÖN TOTEUTUS	49
8.1 Tuotantoympäristön kuvaus	49
8.2 Verkon suunnittelu	50
8.3 Asennus	50
8.4 CallManagerin käyttöönotto	51
8.5 Tietoturva	56
8.6 CallManagerin ominaisuudet	56
8.7 Laitteistokokoonpanon ja ohjelmistojen tarpeellisuuden arviointi	59
9 YHTEENVETO	61
LÄHTEET	62

## LYHENNELUETTELO

*69	Takaisinsoittojärjestelmä, jossa näppäilemällä *69 puhelin soittaa numeroon, josta siihen on viimeksi soitettu.
a-law	Euroopassa käytettävä tiivistysmenetelmä, joka tiivistää 16-bittisen äänen 8-bittiseksi.
A/D	Analog-to-Digital. Analogisen aaltomuodon näytteistäminen ja ilmaisu binaariluvuilla.
ACF	Admission Confirm. H.323-verkon viesti, jolla portinvartija hyväksyy liitäntäpisteen puhelunmuodostuspyynnön.
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation. Digitaalisessa puhelinverkossa käytetystä PCM-tekniikasta kehitetty mukautuva analogisen signaalin digitalisointimenetelmä.
ANI	Automatic Number Identification. Palvelu, jonka avulla vastaanottaja näkee, mistä numerosta hänelle soitetaan.
ANSI	American National Standards Institute. Yhdysvaltalainen järjestö, joka esioikeuskirjalla suojattuna vastaa standardien kehittämistä Yhdysvalloissa.
API	Application Programming Interface. Yleensä joukko kirjastoja (libraries), jotka sisältävät otsikkotiedostoja, joita ohjelmoijat voivat käyttää kolmannen osapuolen ohjelmistojen kanssa.
ARJ	Admission Reject. H.323-verkon viesti, jolla portinvartija hylkää liitäntäpisteen puhelunmuodostuspyynnön.
ARQ	Admission Request. H.323-verkon viesti, jolla liitäntäpiste pyytää portinvartijalta lupaa puhelun muodostukseen.
ART	Administrative Reporting Tool. Web-pohjainen ohjelma, jolla voidaan generoida erilaisia raportteja CallManager -järjestelmästä.
ATM	Asynchronous Transfer Mode. Tahdistamaton, asynkroninen siirtomuoto. Kanavointi- ja reititysteknologia suurinopeuksista digitaalista viestintää varten.
AVVID	Architecture for Voice, Video, and Integrated Data. Ciscon arkkitehtuuri äänipuheluille, videolle ja yhdistetylle datalle IP-verkossa.

B-kanava	Yksi 23:sta tai 30:stä informaatioaikavälistä, joka voi välittää käyttäjän ääntä tai dataa sisältävää tietoa ISDN-yhteyden yli.
BAT	Bulk Administration Tool. Web-pohjainen ohjelma, jolla voidaan lisätä, päivittää tai poistaa suuria määriä laitteita tai käyttäjiä yhdellä kertaa CallManagerin tietokannassa.
BCF	Bandwidth Confirm. H.323-verkon viesti, jolla portinvartija hyväksyy liitännätpisteen kaistanleveyden muutospyynnön.
BR	Brief. Yksi MGCP:n tapahtumapakkauksien merkeistä, joka ilmaisee tapahtuman lyhytaikaiseksi.
BRI	Basic Rate Interface. Kahta B-kanavaa ja yhtä D-kanavaa käyttäville puhelimille suunniteltu versio ISDN:stä.
BRJ	Bandwidth Reject. H.323-verkon viesti, jolla portinvartija hylkää liitännätpisteen kaistanleveyden muutospyynnön.
BRQ	Bandwidth Request. H.323-verkon viesti, jolla liitännätpiste pyytää portinvartijalta joko enemmän tai vähemmän kaistanleveyttä.
C7	Toinen nimitys SS7:lle.
CCITT	Comite Consultatif International de Telegraphique et Telephonique. Kansainvälisen standardointijärjestön haaraosasto, joka kehittää ja julkaisee tietoliikennetekniikkaan liittyvät standardit. Entinen ITU-T.
CDRs	Call Detail Records. Rekisteri, johon CallManager kirjaa puhelutiedot puhelun päätyttyä.
CELP	Code Excited Linear Prediction Compression. Digitaalinen puheenkoodausalgoritmi.
CLASS	Custom Local Area Signalling Services. Sarja valinnaisia puhelinpalveluja tilaajalle.
CMRs	Call Management Records. Rekisteri, johon CallManager kirjaa käytyjen mediaistuntojen tietoja.
CO	Central Office. PSTN:n kytkin, joka käsittelee puhelut yksityisten ja kaupallisten tilaajien puolesta.
C RTP	RTP Header Compression. RTP:n otsikon tiivistämiseen käytetty menetelmä.
CSV	Comma Separated Value. Tiedosto, jossa käytetään pilkkua erottamaan yksittäiset arvot monimutkaisessa tietorekisterissä.

D-kanava	ISDN-yhteyden aikaväli, joka vastaa signalointitietojen käsittelystä ja välityksestä.
D/A	Digital-to-Analog. Digitaalisten binaarisignaalin muuntaminen analogiseen aaltomuotoon.
DCF	Disengage Confirm. H.323-verkon viesti, jolla portinvartija hyväksyy liitännäspisteen puhelunlopetuspyynnön.
DECS	Direct Endpoint Call Signaling. Toinen kahdesta puhelun signaaloinnin reititystavasta, jossa signalointiviestit kulkevat suoraan kahden liitännäspisteen välillä.
DHCP	Dynamic Host Control Protocol. Verkkopalvelu, jonka pääasiallinen tarkoitus on automaattisesti antaa uusille verkon laitteille IP-osoite.
DiffServ	Differentiated Services. IETF:n määrittelemä palvelunlaatumenetelmä, jossa IP-paketit jaetaan luokkiin ja niille voidaan luokan sisällä antaa prioriteetit.
DNS	Domain Name System. Verkkopalvelu, jonka päätehtävänä on muuttaa tekstimuodossa olevat toimialuenimet IP-osoitteiksi ja päinvastoin.
DPA	Digital PBX Adapter. Ciscon ratkaisu yhdistää Lucent Octel ääniposti CallManageriin.
DRJ	Disengage Reject. H.323-verkon viesti, jolla portinvartija hylkää liitännäspisteen puhelunlopetuspyynnön.
DRQ	Disengage Request. H.323-verkon viesti, jonka liitännäspiste lähettää portinvartijalle halutessaan lopettaa puhelun.
DSP	Digital Signal Processor. Erikoistietokone, joka on suunniteltu reaaliaikaiseen prosessointiin ja jota käytetään paljon laskentaa vaativiin tehtäviin.
DTD	Document Type Definition. Dokumentin tyyppimääritelmä, joka kuvaa SGML-dokumentin (esim. HTML, XML) rakennetta.
DTMF	Dual Tone Multi-Frequency. Kosketusnäppäimillä varustettuihin puhelimiin suunniteltu yleinen äänisignalointimenetelmä, jossa kaksi puhdasta taajuutta asetetaan toistensa päälle.
E.164	ITU:n standardi kansallisille ja kansainvälisille puhelinnumeroille vuodelta 1997.



E1	Digitaalinen siirtoyhteys, jossa on 32 kpl 64 kbps:n yhteyksiä, ja jonka nopeus on 2,048 Mbps.
E3	Digitaalinen siirtoyhteys, joka pystyy siirtämään 16 E1-kantaa eli 512 kpl 64 kbps:n yhteyksiä, ja jonka nopeus on 34,368 Mbps.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute. Euroopassa toimiva teleliikenteen standardointijärjestö.
FEC	Forward Error Correction. Menetelmä, jolla lisätään sen verran redundanssia lähetettyyn tietoon, että tietty määrä virheellisiä bittejä voidaan havaita ja korjata.
G.114	ITU:n suositus, jossa käsitellään verkkoviiveitä äänisovelluksissa.
G.711	Yksinkertainen koodekki, jota käytetään ääniliikenteen, joka tarvitsee 64 kbps:n kaistanleveyden, koodaukseen.
G.722	Koodekki, jossa signaali näytteistetään 16000 kertaa sekunnissa ja joka voi käsitellä puhe- ja äänisignaaleja seitsemään kHz:iin saakka.
G.723	Koodekki, jota käytetään ääniliikenteen, joka tarvitsee 5 tai 6 kbps:n kaistanleveyden, koodaukseen.
G.723.1	Koodekki, jota käytetään alhaisen (5,3 tai 6,3 kbps) kaistanleveyden vaatiman ääniliikenteen koodaukseen.
G.726	Koodekki, jota käytetään ääniliikenteen, joka tarvitsee 16, 24, 32 tai 40 kbps:n kaistanleveyden, koodaukseen.
G.728	Alhaisen viiveen koodekki kaukopuheluiden tasoisen puheen koodaukseen (8000 näytettä/sekunti).
G.729	Koodekki, jota käytetään ääniliikenteen, joka tarvitsee 8 kbps:n kaistanleveyden, koodaukseen.
GCF	Gatekeeper Confirm. H.323-verkon viesti, jolla portinvartija vastaa liitäntäpisteen portinvartijanhakuviestiin jos se haluaa mainostaa olemassaoloaan.
GKRCS	Gatekeeper Routed Call Signaling. Toinen kahdesta puhelun signaloinnin reititystavasta, jossa signalointiviestit kahden liitäntäpisteen välillä kulkevat portinvartijan kautta.

GRJ	Gatekeeper Reject. H.323-verkon viesti, jonka portinvartija lähettää, jos se ei halua portinvartijaa etsivän liitännätpisteen rekisteröityvän itseensä.
GRQ	Gatekeeper Request. H.323-verkon viesti, jonka liitännätpiste lähettää etsiessään vapaita portinvartijoita.
H.225	Protokolla, joka muodostaa puhelun signaalintiosion ITU-T:n H.323-protokollassa.
H.245	Protokolla, joka muodostaa medianohjausosion ITU-T:n H.323-protokollassa.
H.261	H.323-protokollaperheen protokolla, joka määrittää videokoodien algoritmit, kuvamuodon ja FEC-menettelytavat, jotta eri valmistajien koodekit voivat toimia keskenään.
H.263	Parannettu versio H.261-protokollasta.
H.320	ITU-T:n suositus, joka kattaa videoneuvottelun piirikytkentäisissä ympäristöissä.
H.323	ITU-T:n määrittäminen äänen, videon ja datan lähettämisestä IP-verkon yli.
H.324	ITU:n hyväksymä standardisarja, joka määrittää videoneuvottelun analogisen (POTS) puhelinlinjan yli.
HTML	Hypertext Markup Language. Dokumentin tyyppimäärittäminen (DTD - Document Type Definition), jota käytetään Web-sivuissa ja selaimissa Internetissä. Se kertoo Web-selaimelle, kuinka saada Web-sivujen sisältö luettavaksi.
HTTP	Hypertext Transfer Protocol. Menetelmä, jonka avulla sovellukset voivat välittää multimediatiedostoja Internetissä.
Hz	Hertz. Taajuuden mittayksikkö. 1 Hz = 1/s eli yksi värähdys sekunnissa.
ICMP	Internet Control Message Protocol. Viestinhallinta- ja virheenraportointiprotokolla IP-verkoissa.
IETF	Internet Engineering Task Force. Standardointielin, joka julkaisee suositeltavat protokollat Internetiin liittyviin sovelluksiin.
IIS	Internet Information Server. Microsoftin palvelu, joka tarjoaa käyttäjälle mahdollisuuden toteuttaa Internet-palveluita, kuten Web-palvelimia.

IN	Intelligent Network. Älyverkko, jossa äly on otettu kytkimistä pois ja sijoitettu yhtymäkohdissa sijaitseviin tietokoneisiin.
IPCC	IP Contact Center. Puhelinkeskusohjelmisto, joka toimii Call-Managerin kanssa välittäen ja ylläpitäen puheluita.
IPDC	Internet Protocol Device Control. Protokolla kytkinten ja portinvartijoiden hallintaan.
IRQ	Information Request. H.323-verkon viesti, jolla portinvartijat pyytävät tietoja liitäntäpisteiltä.
IRR	Information Request Response. H.323-verkon viesti, jolla liitäntäpisteet vastaavat portinvartijan tilatietokyselyyn (IRQ).
IS	Information Services. Yrityksen sisäinen tietopalveluosasto.
ISDN	Integrated Services Digital Network. Digitaalinen piirikytkentäinen puhelintekniikka, jossa on käytössä yksi D-kanava signaalointiin ja useita B-kanavia medialle.
ITSP	Internet Telephony Service Provider. Yritys, joka tarjoaa Internet-puhelinliikenteen palveluita.
ITU-T	International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector. Kansainvälisen standardointijärjestön haaraosasto, joka kehittää ja julkaisee tietoliikennetekniikkaan liittyvät standardit.
IVR	Interactive Voice Response. IVR tarjoaa soittajalle tietoja numerovalintojen tai yksinkertaisten äänivastausten ('kyllä' ja 'ei') mukaisesti.
JTAPI	Java Telephony Application Program Interface. API, joka mahdollistaa Java-pohjaisten ohjelmien käyttämisen CallManagerin kanssa.
LCF	Location Confirm. H.323-verkon viesti, joka ilmoittaa liitäntäpisteen verkko-osoitteen portinvartijalle.
LD-CELP	Low Delay Code Excited Linear Prediction Compression. Avoimien järjestelmien digitaalisten lähetysten puheenkoodausalgoritmi.
LPC	Linear Predictive Coding. Lineaarinen koodausmenetelmä, joka auttaa seuraavan näytteen ennustamisessa.

LRJ	Location Reject. H.323-verkon viesti, jonka portinvartija lähettää toiselle portinvartijalle, kun se ei tiedä etsityn liitännäpisteen verkko-osoitetta.
LRQ	Location Request. H.323-verkon viesti, jonka portinvartija lähettää toisille portinvartijoille saadakseen selville tietyn E.164- tai liitännäpistealiaksen verkko-osoitteen.
MC	Multipoint Controller. MCU:n osa, joka päättää yleisistä toiminnallisuuksista.
MCU	Multipoint Control Unit. Hallintayksikkö, jonka kautta kaikki osapuolten keskinäinen liikenne kulkee, useamman kuin kolmen osallistujan konferenssissa.
MF	Multi Frequency. MF:llä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi verkossa käytetään useaa taajuutta (MFN), jotta lähekkäin sijaitsevat lähettimet ja vastaanottimet eivät häiritse toisiaan.
MFN	Multi Frequency Network. Monitaajuusverkko, jossa lähekkäin olevat lähettimet ja vastaanottimet toimivat eri taajuusspektreillä.
MGC	Media Gateway Controller. Puheluagentti, jossa sijaitsee puhelunohjauselementit.
MGCP	Media Gateway Control Protocol. Median yhdyskäytäväprotokolla, joka ohjaa VoIP-yhteyttä ulkoisten puhelunohjauselementtien kautta. Sen välityksellä kulkee tieto MGC:stä MGW:lle.
MGW	Media Gateway. Yhdyskäytävä, joka tukee sekä kantaaltoa- että signaalintiliikennettä.
MOS	Mean Opinion Score. Puheen laatua kuvaava viisiportainen asteikko.
MP	Multipoint Processor. MCU:n osa, joka käsittelee konferenssin mediavirtoja.
MP-MLQ	Multipulse, Multilevel Quantization. Äänen tiivistysmenetelmä, jota käytetään G.723 koodekin yhteydessä.
OC-3	Yksi SONET:in nopeusluokista, jonka nopeus on 155,52 Mbps.
OC-12	Yksi SONET:in nopeusluokista, jonka nopeus on 622,08 Mbps.
OC-48	Yksi SONET:in nopeusluokista, jonka nopeus on 2,488 Gbps.
OO	On/Off. Yksi MGCP:n tapahtumapakkauksien merkeistä, joka ilmaisee, että tapahtuma on päällä/pois tyyppinen.

PBX	Private Branch Exchange. Pieni puhelinjärjestelmä asiakkaan tiloissa. PBX:ää käytetään täydentämään tai korvaamaan toimintoja, jotka normaalisti toimitettaisiin puhelinkeskuksesta (CO - Central Office).
PCM	Pulse Code Modulation. Kiinteässä puhelinverkossa käytössä oleva analogisen signaalin digitalisointitekniikka, jossa digitalisoinnin lisäksi suoritetaan hukkaava tiivistys logaritmisella askelluksella.
POTS	Plain Old Telephone Service. Perinteinen puhelinverkko.
PSTN	Public Switched Telephone Network. Kansainvälinen puhelinjärjestelmä/julkinen puhelinverkko.
Q.931	Kolmannen kerroksen kuljetusprotokolla ISDN- ja H.323-verkoissa.
Q.932	Protokolla, joka tarjoaa tukipalveluja ISDN- ja H.323-verkoissa.
QCIF	Quarter Comment Intermediate Format. Videon kompressoimisessa H.261 koodauksessa käytettävä siirtomuoto, joka koostuu 180*144 luminanssipikselistä ja 90*72 krominanssipikselistä.
QoS	Quality of Service. palvelun laatu, eli sellaisten määritysten koelma, joilla käyttäjän tarpeet tyydytetään.
RAS	Registration, Admission, and Status. H.323-protokollan osa, joka määrittää kuinka liitännätpisteet ja portinvartijat kommunikoivat.
RBS	Robbed Bit Signaling. Signaalintimenetelmä, jossa vähiten merkitsevä bitti ”ryöstetään” informaatiosta ja käytetään kehystyksen ja kellotuksen välitykseen.
RCF	Registration Confirm. H.323-verkon viesti, jolla portinvartija hyväksyy liitännätpisteen rekisteröintipyyynnön.
RRJ	Registration Reject. H.323-verkon viesti, jolla portinvartija hylkää liitännätpisteen rekisteröinnin.
RRQ	Registration Request. H.323-verkon viesti, jolla liitännätpiste pyytää lupaa rekisteröityä portinvartijaan.
RTCP	Real-Time Control Protocol. Internet-standardin protokolla, joka kuljettaa RTP-protokollalla lähetetyn datan hallintatietoja.
RTP	Real-Time Transport Protocol. Internet-standardin protokolla reaaliaikaisen datan, mukaan lukien ääni ja video, kuljetukseen.

RUDP	Reliable User Datagram Protocol. Yksinkertainen pakettipohjainen siirtoyhteysprotokolla, joka kulkee UDP-protokollan päällä.
SCN	Switched Circuit Network. Piirikytkentäinen verkko.
SDH	Synchronous Digital Hierarchy. Siirtoverkoissa käytetty standardi synkronoituun tiedonsiirtoon.
SDP	Session Description Protocol. Signaalointiprotokolla, joka mahdollistaa yhteyden luomisen ja lopettamisen IP-pohjaisissa verkoissa.
SFN	Single Frequency Network. Yhden taajuuden verkko.
SGCP	Simple Gateway Control Protocol. Yksinkertainen yhdyskäytäväprotokolla, jonka avulla puhelun ohjauselementit voivat ohjata yhteyksiä runkoverkkojen ja VoIP-yhdyskäytävien välillä.
SGML	Standard Generalized Markup Language. Yleismaailmallinen kieli, jonka avulla voidaan määritellä dokumenttien merkintäkieliä.
SIP	Session Initiation Protocol. Internet-puheluihin, neuvotteluihin ja muihin multimediaistuntoihin käytettävä protokolla.
SONET	Synchronous Optical Network. Siirtoyhteys, joka on saatavilla normaalisti nopeuksilla OC-3, OC-12 ja OC-48.
SS7	Signaling System 7. PSTN:ssä käytössä oleva protokolla, joka käyttää erillistä pakettikytkentäistä verkkoa signaloinnin välitykseen kytkimien välillä.
T.120	ITU:n standardi, joka koostuu useista yhteys- ja sovellusprotokollista, jotka ovat kansainvälisesti hyväksytyjä.
T1	Digitaalinen siirtoyhteys, jossa on 24 kpl 64 kbps:n yhteyksiä ja jonka nopeus on 1,544 Mbps.
T3	Digitaalinen siirtoyhteys, joka pystyy siirtämään 28 T1-kantoaaltoja eli 672 kpl 64 kbps:n yhteyksiä ja jonka nopeus on 44,736 Mbps.
T4	Digitaalinen siirtoyhteys, joka käsittelee 168 T1-piiriä eli 4032 kpl 64 kbps:n yhteyksiä ja jonka nopeus on 274,176 Mbps.
TAPI	Telephony Application Programming Interface. Microsoftin API, joka sallii ohjelmoijien luoda puhelinohjelmia Windows-järjestelmiin.

TCP	Transmission Control Protocol. Yhteydellinen protokolla, joka tarjoaa luotettavan päästä päähän kuljetuksen IP-protokollan päällä.
TDM	Time-Division Multiplexing. Kanavointitapa, jossa kahta tai useampaa signaalia kanavoidaan aikajakoisesti samalle kanavalle.
TO	Time-Out. Yksi MGCP:n tapahtumapakkauksien merkeistä, joka ilmaisee, että tapahtumalla on tietty aika. Esimerkiksi äänimerkki.
UAC	User-Agent Client. Asiakaskäyttäjäagentti eli asiakas SIP-järjestelmässä.
UAS	User-Agent Server. Palvelinkäyttäjäagentti eli palvelin SIP-järjestelmässä.
UCF	Unregister Confirm. H.323-verkon viesti, jolla portinvartija hyväksyy liitännäispisteen rekisteröinnin poiston.
UDP	User Datagram Protocol. Yhteydetön host-to-host-protokolla, jota käytetään pakettipohjaisissa verkoissa erityisesti reaaliaikaisissa sovelluksissa.
URJ	Unregister Reject. H.323-verkon viesti, jolla ilmaistaan, että rekisteröinnin poistoa pyytävä liitännäispiste ei ole ollutkaan rekisteröityneenä kyseiseen portinvartijaan.
URL	Uniform Resource Locator. Internet-osoitteen tekstipohjainen muoto. (esim. <a href="http://www.fi">http://www.fi</a> )
URQ	Unregister Request. H.323-verkon viesti, jonka liitännäispiste lähettää portinvartijalle halutessaan poistaa rekisteröitymisensä.
V2L	Virtual Second Line. Palvelu, jonka avulla käyttäjä voi tehdä ja vastaanottaa puheluitaan vain, kun on yhteydessä Internetiin
VAD	Voice Activity Detection. ETSI:n standardoima menetelmä, jonka avulla voidaan päätellä, kuuluuko mikrofonista puhetta vai taustakohinaa.
VoIP	Voice over IP. Tekniikka, jonka avulla voidaan siirtää ääntä ja videokuvaa reaaliaikaisesti Internetin välityksellä.
VPN	Virtual Private Network. Yksityinen verkkoyhteys, joka tunnetaan varsinaisen verkon yli.
XML	Extensible Markup Language. Helppokäyttöinen SGML-murre.

YKM	Yhteiskanavamerkinanto. CCITT:n standardoima merkinantojärjestelmä, josta on pyritty luomaan luotettava tiedonsiirtomekanismi eri tietoliikennekomponenttien välille.
μ-law	Pohjois-Amerikassa käytettävä tiivistysmenetelmä, joka tiivistää 16-bittisen äänen 8-bittiseksi.



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn taustaa

Viime vuosina Voice over IP ja IP-puhelut ovat nousseet ajankohtaiseksi asiaksi. Vanha puhelinjärjestelmä on kallis ja VoIP tarjoaa halvemman ja joustavamman vaihtoehdon, johon useat yritykset ovat jo siirtyneet. Varsinkin yritysmaailmassa VoIP syrjäyttää perinteiset puhelinverkot nopeaa vauhtia. Myös yksityiskäytössä esimerkiksi ilmainen Internet-puhelinohjelma Skype on yleistynyt nopeasti.

Työn tilaajana toimi Päijät-Hämeen koulutus konserni, ja työ toteutettiin konsernin verkossa. Päijät-Hämeen koulutus konserni on maakunnallinen koulutuksen järjestäjä, kehittäjä ja ylläpitäjä. Koulutus konserni johtaa ja koordinoi jäsenkuntiensa puolesta ammattikorkeakoulutusta, ammatillista koulutusta, oppisopimuskoulutusta sekä kuntoutusta ja työhönvalmennusta. Päijät-Hämeen koulutus konsernin liikelaitoksia ovat Lahden ammattikorkeakoulu, Koulutuskeskus Salpaus ja Tuoterengas.

Tämä opinnäytetyö on yksi kolmesta VoIP-pilotista tehdystä opinnäytetyöstä, joista kaksi muuta käsittelevät toteutetun VoIP-järjestelmän verkkototeutusta sekä taloudellista puolta. Tämä opinnäytetyö keskittyy CallManagerin toiminnalliseen puoleen ja sen ominaisuuksiin. Työn teoriaosuus keskittyy VoIP:iin ja merkinantoprotokoliin. Lisäksi työssä esitellään CallManagerin ominaisuuksia sekä yleisen puhelinverkon toimintaa.

Yleinen puhelinverkko (PSTN) -luvussa (luku 2) käydään läpi yleisen puhelinverkon rakenne hierarkioineen sekä puhelinkeskuksen toiminta. Hieman perusteellisemmin käydään läpi puhelinverkon toimintaa. Luvussa tarkastellaan analogista ja digitaalista signalointia, pulssikoodimodulaatiota, puhelinverkon merkinantoa sekä palveluita ja sovelluksia.

Voice over IP -luvussa (luku 3) tarkastellaan VoIP:n etuja ja sovelluksia sekä käydään läpi toimintaa ja ominaisuuksia kuten viive, värinä, äänen tiivistys, kaiku, D/A-konversio ja kuljetusprotokollat.

Luvuissa 4, 5 ja 6 käydään läpi tärkeimmät IP-merkinantoprotokollat H.323 ja SIP sekä yhdyskäytävän ohjausprotokollat SGCP ja MGCP. IP-merkinantoprotokollissa pääpaino on H.323-protokollassa, jota käytössämme ollut laitteisto käytti. Koska SIP-protokolla on yleistymässä, oli tarpeellista käydä läpi myös hieman sen toimintaa.

Cisco CallManager -luvussa (luku 7) käydään läpi Ciscon AVVID puhelinarkkitehtuuri, CallManagerin tärkeimmät ominaisuudet sekä CallManageriin yhdistettävissä olevia palveluita. Puhelinarkkitehtuuri-osuudessa käydään läpi mm. CallManager-palvelimet, Ciscon IP-puhelimet mukaan lukien SoftPhone sekä kerrotaan klusteroinnista.

Työn käytännön osuus käsittää järjestelmän käyttöönoton sekä laitteiden ja palveluiden testauksen. Työn toteutus -luvussa (luku 8) käydään läpi Päijät-Hämeen koulutus konsernin tuotantoympäristö, VoIP-verkon suunnittelu ennen laitteiston saapumista, VoIP-verkon ja CallManagerin asennus, CallManagerin käyttöönotto, verkon tietoturva sekä CallManagerin testatut ominaisuudet. Lisäksi pohditaan lyhyesti tarvittavia laitteita ja ohjelmistoja.

## 1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena oli rakentaa ja toteuttaa VoIP-järjestelmä, joka toimii osana Päijät-Hämeen koulutus konsernin puhelinjärjestelmää. Tarkoituksena oli saada tietoa järjestelmän toimivuudesta sekä soveltuvuudesta tuotantoympäristöön. Tavoitteena oli myös saada selville, onko VoIP varteenotettava vaihtoehto puhelinjärjestelmäksi Päijät-Hämeen koulutus konsernille nyt tai lähitulevaisuudessa.

Jotta selvityksestä tulisi kattava, oli käytävä läpi verkon peruspalvelut ja äänenlaatu. Lisäksi lisäominaisuuksien ja lisäarvopalveluiden hyödyllisyys piti kartoittaa.

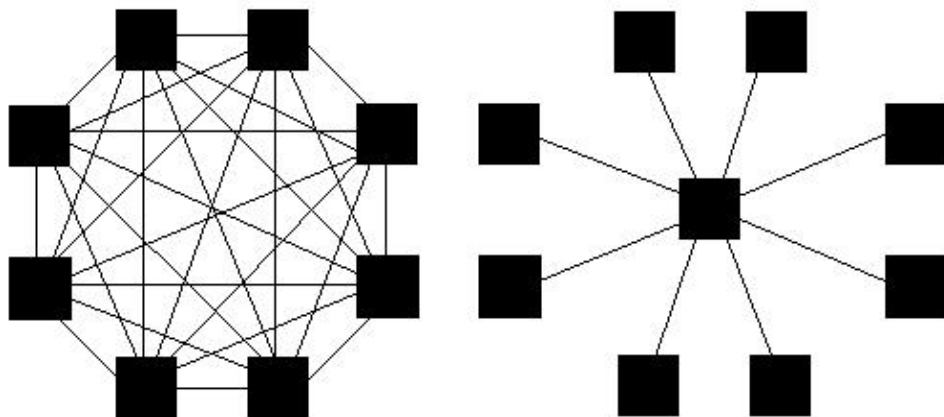
Lopuksi piti vielä selvittää, minkälaisia hankintoja VoIP-verkon toteuttaminen tuotantoympäristöön vaatii ja mitkä ovat toteutuskustannukset suhteessa palveluihin.

## 2 YLEINEN PUHELINVERKKO (PSTN)

### 2.1 Puhelinverkon rakenne

Peruspuhelinverkko muodostuu puhelimista, tilaajaverkosta, puhelinkeskuksista ja keskusten välisistä yhteyksistä. Lankapuhelinverkon osiin kuuluvat lisäksi tilaaja-kaapelointi, keskuksen liitântäkortti, keskitin, siirtoyhteys pääkeskukseen, pääkeskuksen kytkentäkenttä, siirtoyhteys ulkomaankeskukseen ja ulkomaankeskukseen kytkentäkenttä. (Hämeen-Anttila 2000, 72.)

Yksinkertainen puhelinverkko saadaan rakennettua yhdestä fyysisestä kaapelista ja kaapelin molempiin päihin kytkettävistä puhelimista. Kyseiseen verkkoon voi jälkeenpäin tuoda lisää puhelinlaitteita, mutta jokaisesta puhelinlaitteesta pitää olla fyysinen yhteys jokaiseen toiseen puhelinlaitteeseen. Tämän seurauksena kaapeleiden määrä kasvaa niin suureksi, että puhelinverkon rakentamiseen kannattaa käyttää keskuksia ja jakamoita (kuvio 1). Niputetaan yhteydet kimpuiksi ja haaroitetaan aina tarpeen tullen. (Hämeen-Anttila 2000, 73.)

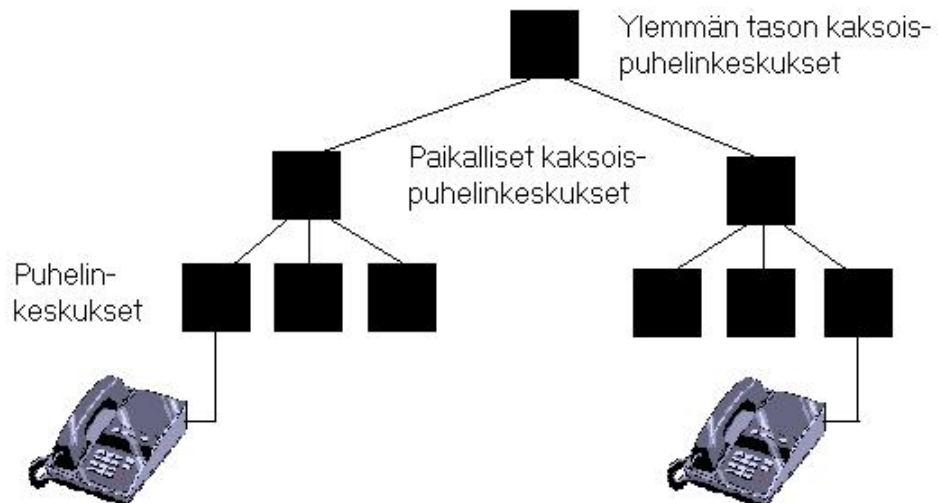


KUVIO 1. Verkkomainen puhelinverkko ja hierarkkinen verkko

Tilaaajaverkon keskuksen liittämässä kaapeli viedään ristikytkentään. Ristikytkennän toiselle puolelle jäävät tilaajille aluejakamoiden kautta menevät kaapelit ja toiselle puolelle keskuksen tilaajapaikoille menevät yhteydet. Jokaisella tilaajapaikalla on oma tunnuksensa, johon asiakkaan puhelinnumero voidaan kytkeä. Tämä tekee puhelinnumeron siirtämisen osoitteesta toiseen helpoksi. Tilaaajakaa-pelointi tehdään kierretyllä kupariparilla ja kaapeleita yhdistetään katujakamoissa nipuiksi. (Hämeen-Anttila 2000, 74.)

Puhelinkekus liittää tilaajat puhelinverkkoon, yhdistää keskuksia toisiin keskuksiin sekä yhdistää puhelut. Päätehtävänä keskuksella on puhelun oikeaan suuntaan reitittäminen. Ennen numeroiden alusta tiesi suunnilleen, mihin suuntaan puhelu oli menossa, mutta nykyään paikkasidonnaisuus on hävinnyt vapaanumeroinnin ja numeroiden siirrettävyyden myötä. Suomessa puhelinkeskukset ovat 100%:sti digitaalisia, mutta useissa maissa on kuitenkin käytössä vielä reletekniikkaan pohjautuvia puhelinkeskuksia. (Hämeen-Anttila 2000, 74-75.)

Keskuksia liitetään toisiinsa keskusten välisillä yhteyksillä käyttäen kytkentäpisteitä, joihin toimivat toiset keskuksia. Näin puhelinverkosta muodostuu eri tasoisien puhelinkeskusten hierarkia (kuvio 2). Kuviossa 1 voidaan kuvitella mustat laatikot myös keskuksiksi. Erilaisia keskustyyppiejä ovat esimerkiksi kansainväliset keskuksia, kauttakulkukeskuksia, kaukokeskuksia sekä paikalliskeskuksia. (Hämeen-Anttila 2000, 75.)



KUVIO 2. Piirikytkentäinen hierarkia

## 2.2 Yleisen puhelinverkon toiminta

### 2.2.1 Analoginen ja digitaalinen signaali

Yleisen puhelinverkon toiminta perustuu analogiseen ja digitaaliseen signaaliin, puhelinverkon merkinantoon sekä analogisen signaalin koodaukseen digitaaliseen muotoon, johon käytetään pulssikoodimodulaatiota (Pulse Code Modulation, PCM.) (Davidson & Peters 2000, 7-16.)

Ensimmäisissä puhelinverkoissa käytettiin analogista lähetystä, jota vahvistettiin vahvistimilla. Pian huomattiin, että kyseinen järjestelmä vahvisti äänen lisäksi myös linjakohinaa. Vahvistin ei puhdistaa signaalia vaan vahvistaa vain säröytyneen signaalin. Kun linjakohinaa on liikaa, tulee yhteystiedosta käyttökelpoton. (Davidson & Peters 2000, 7-8.)

Koska digitaalinen tietoliikenne perustuu ykkösiin ja nolliin, ei linjakohina digitaalisissa verkoissa muodostu ongelmaksi. Digitaalisissa verkoissa digitaaliset vahvistimet eli toistimet myös puhdistavat signaalin samalla kuin vahvistavat sen. Toistinten pitää vain päättää generoiko se uuden ykkösen vai nollan. Nopeasti kävi selväksi, että digitaalisella esitystavalla on selvät edut analogiseen verrattuna,

joten puhelinverkoissa siirryttiin PCM-tekniikkaan. (Davidson & Peters 2000, 8-9.)

### 2.2.2 Pulssikoodimodulaatio (PCM)

Äänisignaalissa taajuudet jakautuvat välille 0-20 kHz. Ihmiskorva kuulee kuitenkin yleisesti vain taajuudet 300 Hz:stä 3400 Hz:iin. PCM:n ensimmäisessä vaiheessa ääniverkon ylikuulumisen rajoittamiseksi analogisesta signaalista suodetaan kaikki yli 4000 Hz:n taajuudet. (Jaakohuhta & Lahtinen 1997, 531-532.)

Nyquistin teoreeman mukaan lähetykselle saavutetaan hyvä äänenlaatu, jos analogisesta signaalista otetaan näytteitä kaksi kertaa nopeammalla taajuudella kuin äänilinjan korkein taajuus. Täten toisessa vaiheessa signaalista otetaan näytteitä 8000 Hz:n taajuudella. (Davidson & Peters 2000, 9.)

Kolmannessa vaiheessa näytteet kvantisoidaan, eli ne pyöristetään lähimpään amplituditasoon. Koska puhesignaali sisältää pieniä signaaliarvoja suuremmalla todennäköisyydellä kuin suuria signaaliarvoja, näytteiden kvantisoinnissa käytetään epälineaarista muunnosta, jolle on olemassa funktio, jonka perusteella muunnostasot määräytyvät. ETSI-maissa (European Telecommunications Standards Institute) käytettävä muunnos on a-law ja ANSI-maissa (American National Standards Institute)  $\mu$ -law. (Davidson & Peters 2000, 9.)

Neljännessä vaiheessa analoginen signaali muunnetaan digitaaliseksi A/D-muunnoksella. Jokainen otettu näyte esitetään kahdeksalla bitillä. (Volotinen 1999, 64-65.) A-law:n ja  $\mu$ -law:n käyttämien logaritmisten tiivistysmenetelmien avulla alhaisemman amplitudin signaaleille saavutetaan 12-13 bitin lineaarinen PCM-laatu vain kahdeksalla bitillä. Tällä menetelmällä puhekanavan vaatima bitinopeus saadaan kertomalla 8-bittiset sanat näytteenottotaajuudella 8000 Hz. Tulokseksi saadaan 64000 bittiä sekunnissa (eli 64 kbps). (Davidson & Peters 2000, 9.)

### 2.2.3 Puhelinverkon merkinanto

Puhelinliikenteen siirtoon käytetään yleensä kierrettyä kupariparia, jolloin käyttäjä on kytkettynä yleiseen puhelinverkkoon analogisesti peruspuhelinliittymällä tai digitaalisesti ISDN- tai T1/E1-linjalla. Analogisessa kommunikaatiossa yleisin käyttäjältä verkkoon -merkinantomenetelmä on DTMF (Dual Tone Multi-Frequency), joka on kaistan sisäinen merkinanto ja altistuu täten linjakohinalle. Jokaisella puhelimen näppäimellä on oma äänensä, joiden avulla kerrotaan puhelinkeskukseen, mihin numeroon ollaan soittamassa. Kaistan sisäisessä merkinannossa suurin ongelma on merkinantoäänien menetyshmahdollisuus. ISDN käyttää merkinantoon omaa kanavaa, jota kutsutaan D-kanavaksi. (Davidson & Peters 2000, 11-13.) D-kanavan nopeus on 16 kbps. Ääni siirtyy erillisessä B-kanavassa. Perus ISDN-liittymään (BRI, Basic Rate Interface) kuuluu kaksi B-kanavaa ja yksi D-kanava. (Jaakohuhta & Lahtinen 1997, 530-531.) Oman merkinantokanavan tuomia etuja ovat mm. heijastuksen väheneminen, pienempi viive numerovalinnan jälkeen sekä puhelun muodostuksen paraneminen. ISDN:n avulla on mahdollista myös kasvattaa kaistaa. (Davidson & Peters 2000, 11-13.)

Kommunikoitaessa verkosta toiseen siirtoyhteys riippuu siirtotiestä. Jos siirtotienä on kierretty kuparipari, kommunikaatioon käytetään T1/E1-kantoaaltoa. T1 ja E1 ovat digitaalisia siirtoyhteyksiä, joista T1 on käytössä Yhdysvalloissa ja Japanissa ja E1 on käytössä Euroopassa. Koaksiaalikaapelissa kommunikaatioon käytetään T3/E3- ja T4-kantoaaltoa. T3 pystyy siirtämään 28 T1-kantoaaltoa ja E3 pystyy siirtämään 16 E1-kantoaaltoa. T4 pystyy puolestaan siirtämään 168 T1-kantoaaltoa. Mikroaltoyhteydessä kommunikaatioon käytetään T3- ja T4-kantoaaltoa. Kuituyhteydessä kommunikaatioon käytetään SONET:ia tai SDH:ta. (Davidson & Peters 2000, 13.)

Verkosta verkkoon -merkinannossa voidaan käyttää kaistansisäisiä merkinantomenetelmiä, kuten MF (Multi Frequency) ja RBS (Robbed Bit Signaling). T1- ja T3-kantoaaltojärjestelmissä käytetään A- ja B-bittejä ilmaisemaan, onko luuri ylhäällä vai alhaalla. A- ja B-bitit joko kaapataan tiedotuskanavalta tai ne kanavoidaan yhteiseen kanavaan ja niille asetetaan vastaava SF-ääni (Single Frequency).



MF on hyvin samankaltainen järjestelmä kuin DTMF sillä erotuksella, että se käyttää eri taajuuksia. (Davidson & Peters 2000, 13.)

Verkosta verkkoon -merkinanto voi tapahtua myös kaistan ulkopuolella, jolloin sitä sanotaan yhteiskanavamerkinannoksi (YKM, Signaling System 7, SS7, C7). Koska YKM on kaistan ulkopuolinen merkinantomenetelmä, sen voi myös kytkeä älyverkkoon (Intelligent Network, IN), mikä mahdollistaa CLASS-piirteiden käytön (Custom Local Area Signalling Services). (Davidson & Peters 2000, 13-14.) Yleisimpiä CLASS-piirteitä ovat mm. automaattinen takaisinsoitto, soittajan nimen ja numeron näyttö, numeron esto sekä puhelun esto (Federal Standard 1037C 1996).

Yhteiskanavamerkinannolla lähetetään puhelun ohjaukseen ja CLASS-palveluihin käytettäviä merkinantoja puhelinkeskuksesta toiselle. (Davidson & Peters 2000, 14.) Toisin kuin kanavansisäisissä järjestelmissä, yhteiskanavamerkinannossa kaikki numerot (soittajan ja kohteen) lähetetään samassa paketissa, jolloin numerovalinnan jälkeinen viive pienenee. Koska pakettien lähettäminen kohteesta toiseen on nopeampaa kuin generoitujen äänien lähettäminen, on yhteiskanavamerkinannossa myös puhelun muodostaminen tehokkaampaa. Lisäksi yhteiskanavamerkinannolla saavutetaan yhteys älyverkkoon, mikä mahdollistaa erilaisia sovelluksia ja palveluita sekä mahdollisuuden luoda uusia sovelluksia ja palveluita entistä nopeammin. (Volotinen 1999, 98-101.)

#### 2.2.4 Palvelut ja sovellukset

Mukautetut puhelupiirteet välittävät tietoa piirikytkentäisestä verkosta toiseen ja luottavat puhelinkeskukseen, eivät koko puhelinverkkoon. Mukautettuja puhelupiirteitä ovat mm. koputuspalvelu, joka ilmoittaa tulossa olevasta toisesta puhelusta, kolmitiepuhelu, joka mahdollistaa puhelinneuvottelun sekä puhelun kääntäminen, jonka avulla on mahdollista ohjata puhelut toiseen kohteeseen. (Davidson & Peters 2000, 16.)

CLASS-piirteet vaativat yhteiskanavamerkinantoyhteyden, ja ne voidaan toteuttaa päästä päähän. CLASS-piirteitä ovat mm. automaattinen numeron tunnistus (ANI - Automatic Number Identification), joka näyttää soittajan numeron; takaisin soitto (\*69), jonka avulla käyttäjä voi nopeasti soittaa numeroon, josta on tullut puhelu viimeksi; soittajan tunnistuksen esto, joka estää oman numeron näkymisen vastaanottajan päässä; puhelun esto sekä automaattinen takaisinsoitto, joka mahdollistaa puhelun laittamisen pitoon, kunnes linja on vapaa. Lisäksi teleyritykset tarjoavat yrityksille erilaisia business-piirteitä, kuten puhelinkortit, yksityiset vuokralinjat, virtuaalipiirit, piirikytkentäiset kaukopuhelut sekä VPN-yhteydet. (Davidson & Peters 2000, 16-17.)

### 2.2.5 Yleisen puhelinverkon puutteita

Alun perin äänen kuljettamiseen suunnitellut verkot eivät kuljeta tarvittavaa dataa niin tehokkaasti kuin jo valmiiksi datan siirtoon suunnitellut verkot. Myös datan ominaisuudet, kuten kaistanleveyden vaihtelevuus, aiheuttavat ongelmia. Uusien palveluiden ja piirteiden käyttöönotto on liian hidasta yleisessä puhelinverkossa. Yleisen puhelinverkon infrastruktuuri on myös liian suljettu, mikä tarkoittaa sitä, että kaikki sovellukset pitäisi aina hankkia samalta laitevalmistajalta. Yhden analogisen linjan omaavissa talouksissa ei voida samanaikaisesti olla Internetissä ja soittaa puhelua. (Davidson & Peters 2000, 19-20.)

Datan siirron tehokkuuden puutteellisuuden takia puhelinverkkoon on kehitetty nopeampia digitaalisia liityntäteknikoita (Koivisto, 2007). Näistä liityntäteknikoista yleisimmin käytössä on ADSL, joka mahdollistaa samanaikaiset puhelut ja Internet-selauksen erillisen suodattimen avulla.

## 3 VOICE OVER IP (VOIP)

### 3.1 VoIP:n edut ja sovellukset

#### 3.1.1 Avainedut

Yksi avainasioista, jotka ovat vaikuttaneet ääni- ja dataverkkojen yhdistämiseen, on rahallinen säästö. Yritysten ei enää tarvitse tilata niin montaa piiriä yleisestä puhelinverkosta, jos he yhdistävät ääni- ja dataverkkonsa. Lisäksi IP-infrastruktuurissa ei tarvitse tehdä yhtä paljon lisäyksiä, siirtoja ja muutoksia kuin perinteisessä ääni- tai dataverkossa. Tämä johtuu DHCP:n (Dynamic Host Control Protocol) käyttömahdollisuudesta. DHCP mahdollistaa, että laite (työasema tai IP-puhelin) voi dynaamisesti saada IP-osoitteen, joten IP-osoitetta ei tarvitse asettaa laitteeseen kiinteästi. DHCP:n avulla määritelty IP-puhelin voi siis pitää saman numeron, vaikka sitä siirrettäisiin paikasta toiseen. Nykyään tavallisen puhelimen siirtäminen paikasta toiseen maksaa paljon. IP-verkossa puhelinlaitteen liikuttelminen ei maksa mitään. (Davidson & Peters 2000, 129-130.)

VoIP:n eräs lisäetu on, ettei tarvita kuin yksi tietopalveluosasto (IS - Information Services), joka tukee sekä ääni- että dataverkkoa, koska ne ovat nyt yksi ja sama kokonaisuus. VoIP:n etuihin kuuluu myös se, että yleisiä infrastruktuurin työkaluja, kuten fyysiset voice mail -portit, ei enää tarvita. VoIP mahdollistaa myös esimerkiksi äänipostin imuroinnin ja siihen vastaamisen sähköisesti sekä äänipostin välityksen useille vastaanottajille. (Davidson & Peters 2000, 130-131.)

Monet operaattorit tarjoavat halpoja ulkomaanpuheluita IP-puheluina. Käyttäjä soittaa normaalia lankaverkkoa pitkin palveluntarjoajalle, joka reitittää puhelun yhdyskäytävän kautta IP-verkkoon (Internet). Näin palveluntarjoaja ei maksa kaukopuhelumaksua, jolloin se voi tarjota ulkomaanpuhelut halvemmalla. (Haapakangas, Heinonen & Pitkäniemi, 1999.)

Vertaispalvelut ovat suuri etu varsinkin yksityisille käyttäjille, sillä vertaispalveluista ei mene maksua. Vertaispalveluiksi lasketaan VoIP-palvelut, jotka toimivat Internetissä ja joista ei peritä maksua. Palveluista suuren suosion viime aikoina on saavuttanut Skype, joka perustuu vertaisverkkoihin. Skype on helppokäyttöinen ja tehokas, ja se toimii palomuurien läpi. Myös Microsoftin Messenger-ohjelmiston mukana on VoIP-asiakasohjelmisto. (Karila 2005, 14.)

VoIP-puheluissa yritysten haarakonttoreiden väliset kauko- ja ulkomaanpuhelut siirretään IP-verkossa oikealle teleliikennealueelle, jossa ne ohjataan paikallispuheluina yhdyskäytävän kautta perille. Näin haarakonttoreiden yhdistäminen helpottuu, eikä puheluista mene kauko- ja ulkomaanpuheluiden korkeampaa hintaa. (Karila 2005, 21.)

### 3.1.2 Pakettipuhelinliikenteen puhelinpalvelukeskukset

Nykyaikana suurimmat kulut puhelinkeskuksissa tulevat tilojen vuokrasta. Käyttämällä pakettipuhelinliikenteen puhelinpalvelukeskusta (PTCC - Packet Telephony Call Center) voidaan säästää huomattavia summia vuokrassa, puhelinten asennuksessa ja tarvittavan infrastruktuurin hankinnassa. Puhelinkeskuksia on erilaisia, mutta varsinkin yrityksille on suuri etu siitä, että laajennuksia voidaan tehdä helposti. Nykypäivänä PBX-vaihteisiin (Private Branch eXchange) on mahdollista saada lisää portteja vain paloina kerrallaan (esim. 10 porttia). PTCC mahdollistaa vaikka vain yhden puhelimen lisäyksen kerrallaan. (Davidson & Peters 2000, 131.)

Piirikytettäiset puhelinkeskuksukset (CSCC - Circuit-Switching Call Center) mahdollistavat työskentelyn ja puheluiden vastaanottamisen kotoa, mutta laitteet ovat kalliita. PTCC:n avulla käyttäjät voivat kirjautua sisään tiettyyn puhelimeen olivatpa he missä hyvänsä. Heillä on käytössään kaikki saman ominaisuudet kuin jos he olisivat oman työpöytänsä äärellä. Lisäksi kustannukset ovat huomattavasti alhaisemmat. CSCC käyttää PBX-vaihteen laajennusosaa (PBX Extender), joka laajentaa vaihteen ominaisuuksia käyttäjien tilojen mukaan. Laajennusosa voi kustantaa jopa 800 €käyttäjää kohden. Sen lisäksi pitää hankkia myös ohjelmisto

keskuspaikkaan, piiri työntekijän asuntoon ja asiakaskohtainen vaihde (CPE - Customer Premise Equipment), esimerkiksi reititin, etäpaikkaan. VoIP-verkossa lisälaitteita etäpaikkaan ei tarvita. Sama puhelin toimii samalla lailla työpaikalla ja kotona. Yrityksen pitää kuitenkin luonnollisesti ostaa piiri ja CPE työntekijän asuntoon. VoIP siis pienentää asemien asentamiskustannuksia maantieteellisesti ja mahdollistaa asemien lisäämisen ja vähentämisen koska tahansa. (Davidson & Peters 2000, 131-132.)

CSCC:t tulevat siirtymään integroituihin ääni- ja dataverkkoihin suurimmaksi osaksi kustannussyiden takia. Suurin arvo on kuitenkin lisäarvopalveluilla ja sovelluksilla, joita voidaan tarjota kehittyneemmän verkon ollessa käytössä. Muutamia tällaisia palveluita ovat mm. ääniposti ja sähköposti samassa ohjelmassa, Web-pohjainen asiakastuki sekä integroimisominaisuuksia, joiden avulla voidaan faksata ja ottaa fakseja vastaan omalla työpöydällä. (Davidson & Peters 2000, 133-134.)

PTCC mahdollistaa yhteyden säilyttämisen PBX-vaihteeseen ja integroitumisen uuden verkon Web-tukeen, Internet-puhelimeen ja yhtenäiseen tietoliikenteeseen. Yhteys PBX-vaihteeseen toteutetaan ulkoisella puhelunkäsittelykoneella, joka yhdistyy PBX:ään ja Call Manageriin CTI-linkeillä (Computer Telephony Integration). Ulkoinen puhelunkäsittelykone mahdollistaa etätyöntekijöiden ja PBX-puheluagenttien puheluiden vastaanottamisen aivan kuin ne olisivat kytkettynä puhelinkeskukseen. (Davidson & Peters 2000, 135.)

### 3.1.3 ICW ja V2L

ICW (Internet Call Waiting) on palvelu, jonka avulla tilaaja saa viestin tulevasta puhelusta koneelleen silloin, kun on yhteydessä Internetin palveluntuottajaansa (ISP - Internet Service Provider). Tilaajan näytölle putkahtaa ikkuna, jossa puhelusta ilmoitetaan. Tilaaja voi tässä vaiheessa valita, lähettääkö hän puhelun äänipostiin, ottaako hän puhelun vastaan VoIP-puheluna, lopettaako hän Internet-istunnon ja ottaa puhelun vastaan yleisestä puhelinverkosta vai onko hän välittämättä puhelusta. (PeoplePC, Inc. 2007)

V2L-palvelun (Virtual Second Line) avulla käyttäjä voi tehdä ja vastaanottaa puheluitaan vain, kun on yhteydessä Internetiin. V2L:ään sisältyy Internet-koputuspalvelu ja V2L:n avulla käyttäjä voi säästää huomattavia summia kaukopuheluissaan. ITSP:llä (Internet Telephony Service Provider) on paikallissilmukka asiakkaan modeemiin, kun V2L on käytössä. Tämä mahdollistaa sen, että ITSP voi tarjota Internetin kautta kulkevia kaukopuhelupalveluita. Kaukopuhelut ovat halvempia, koska IP-verkkoa on halvempi rakentaa kuin yleistä puhelinverkkoa. (Davidson & Peters 2000, 142-143.)

### 3.2 VoIP-verkon toiminta ja ominaisuudet

#### 3.2.1 Viive ja värinä

Viiveeksi luokitellaan se aika, joka kuluu toisessa päässä olevan henkilön puheen aloittamisesta siihen, että vastapäässä oleva henkilö kuulee puheen. Puhelinverkossa esiintyy kolmenlaista viivettä: levitysviive, sarjoitusviive ja käsittelyviive. (Davidson & Peters 2000, 167.)

Levitysviive kuitu- tai kuparipohjaisissa verkoissa johtuu signaalin etenemiseen kuluvasta ajasta. Valo kulkee n. 300 000 km sekunnissa tyhjiössä, ja elektronit kulkevat kuparia tai kuitua pitkin n. 200 000 km sekunnissa. Levitysviive on ihmiskorvalla huomaamaton, vaikka signaali kulkisi maapallon ympäri. (Davidson & Peters 2000, 168.)

Käsittelyviive muodostuu laitteista, jotka välittävät kehystä verkossa. Esimerkiksi Ciscon DSP (Digital Signal Processor) käyttää G.729:ää generoimaan puhenäytteen joka 10:s millisekunti. Näitä näytteitä tulee kaksi yhteen pakettiin. Lisäksi G.729:ää käytettäessä tulee alkuun vielä 5 ms:n viive, joten ensimmäisen puhekehysten alkuviihe on 25 ms. (Davidson & Peters 2000, 168.)

Sijoitusviive on se aika, joka kuluu viedä bitti tai tavu rajapinnalle. Pakettipohjaisessa verkossa on viivettä myös muista syistä, ja yksi niistä on jonotusviive. Rajapinnan ruuhkan takia paketteja on pidettävä jonossa, jolloin syntyy jonotusviivettä. Jonotusviivettä syntyy silloin, kun paketteja lähetetään enemmän kuin rajapinta pystyy käsittelemään. (Davidson & Peters 2000, 168-169.)

ITU-T:n G.114-ehdotuksessa suurin sallittu päästä-päähän-viive, jolloin äänen laatu on vielä hyvä, on määritelty 150 ms:iin. Kuitenkin esimerkiksi satelliittipuheluissa siirtoon menee 250 ms kumpaankin suuntaan, jolloin viiveeksi muodostuu 500 ms. Jonotusviive voi erittäin ruuhkaisessa verkossa lisätä viiveen jopa muutama sekuntiin tai johtaa pakettien pudottamiseen. (Davidson & Peters 2000, 169.)

DiffServ on Internetin palvelunlaatuprotokolla, jolla viivettä voidaan torjua. DiffServissä IP-paketit jaetaan yleensä neljään laatuluokkaan, joissa viive ja katoamistodennäköisyys vaihtelee. VoIP:lle ja videoneuvotteluille määritellään korkein kultataso, jossa viive ja katoamistodennäköisyys ovat erittäin pieniä. Viive voidaan siis torjua ja estää priorisoimalla IP-puhelinliikenne korkeammalle tasolle kuin muu liikenne. (Karila 2005, 29-30.)

Värinä on paketin oletetun saapumisajan ja todellisen saapumisajan ero, eikä sitä esiinny kuin pakettipohjaisissa verkoissa. Lähettäjän voidaan olettaa lähettävän paketteja tasaisin väliajoin, mutta vastaanottajan päässä verkon viiveen vuoksi vastaanotto ei olekaan yhtä täsmällistä. Pakettien väliset viiveiden vaihtelut piilotetaan värinäpuskurilla. Värinä ei ole yleensä kovin suuri ongelma, eikä se vaikuta suuresti kokonaisviiveeseen. (Davidson & Peters 2000, 170.)

### 3.2.3 Äänen tiivistys

Puhetta voidaan tiivistää merkittävästi ilman, että ihmisen kuulema äänenlaatu juuri huononee. Ääntä tiivistämällä saadaan sen tarvitsemaa siirtokapasiteettia pienemmäksi. (Karila 2005, 32.) Pulssikoodimodulaation (ks. 2.2.2) lisäksi toinen käytetty tiivistysmenetelmä on mukautuva differentiaalinen pulssikoodimodulaatio ADPCM (Adaptive Differential PCM), josta yleisesti käytössä on ITU-T:n G.726. Siinä koodataan 4-bittisillä näytteillä, jolloin siirtonopeudeksi saadaan 32 kbps. G.726:ssa ei koodata puheen amplitudia, vaan amplitudieroja ja amplitudin muutoksien määrää. (Davidson & Peters 2000, 172.)

Myös puheen generoinnin ominaisuuksia hyödyntäviä tiivistysmenetelmiä on kehitetty. Nämä tekniikat lähettävät yksinkertaista parametroitua tietoa puheesta, jolloin lähetys vaatii vähemmän kaistanleveyttä. Näihin tekniikoihin kuuluvat mm. LPC (Linear Predictive Coding), CELP (Code Excited Linear Prediction Compression) ja MP-MLQ (Multipulse, Multilevel Quantization). (Davidson & Peters 2000, 172.)

### 3.2.4 Äänen koodausstandardit

Puhelimen ja pakettiäänien yleisimpiä äänen koodausstandardeja ovat G.711, G.726, G.728, G.729 ja G.723.1. G.711 kuvaa 64 kbps -nopeuksisen PCM-äänien koodaustekniikkaa. Sillä koodattu ääni on valmiiksi oikeassa muodossa äänen kuljetukseen puhelinverkossa tai vaihteen läpi. G.726 kuvaa 40, 32, 24 ja 16 kbps -nopeuksisten ADPCM-äänten koodaustekniikkaa. ADPCM-ääntä voidaan välittää puhelinverkossa, pakettiääniverkossa tai PBX-verkossa. G.728 kuvaa 16 kbps -nopeuksista CELP-äänitiivistyksen muunnelmaa. G.729 kuvaa 8 kbps -nopeuksista CELP-äänitiivistystä. Standardista on myös muunnelma G.729 Annex A. G.723.1 kuvaa tiivistystekniikkaa, jota voidaan käyttää tiivistämään puhetta tai muuta multimediapalvelukomponenttien audiosignaalia alhaisella nopeudella osana H.324-standardiperhettä. Koodaukseen liittyy kaksi nopeutta: 5,3 ja 6,3 kbps. MP-MLQ-tekniikka käyttää suurempaa nopeutta ja tarjoaa parempaa laatua, kun



taas CELP-tekniikka käyttää hitaampaa nopeutta ja tarjoaa hyvää laatua ja joustavuutta. (Davidson & Peters 2000, 173.)

### 3.2.5 Äänen laadun arviointi ja kaiku

Äänen laadun arvioinnissa on yleisessä käytössä ns. keskiwertomielipide-tekniikka (MOS - Mean Opinion Score). Siinä joukolle ihmisiä soitetaan näytteitä äänistä ja ihmiset arvioivat äänenlaatua arvosanoilla yhdestä viiteen. (Karila 2005, 33.)

Näistä tuloksista otetaan lopulta keskiarvo. Esimerkiksi ITU-T:n koodekkien MOS-mittauksissa G.711 PCM-tiivistysmenetelmä sai parhaimpana tuloksen 4,1 ja G.728 LD-CELP (Low Delay CELP) sai huonoimpana tuloksen 3,61. (Davidson & Peters 2000, 173-174.)

Jos oma ääni kuuluu puhelimen kuulokkeesta samalla, kun siihen puhutaan, ei se tarkoita sitä, että puheessa olisi kaikua. Kaiuksi luetaan vasta se, jos oma ääni kuuluu kuulokkeesta tietyn viiveen jälkeen (esim. 50ms). Tällöin se yleensä hankaloittaa keskustelua. Kaiku johtuu yleensä impedanssierosta, joka muodostuu siirryttäessä neljän johdon konversiosta kaksijohtoiseen silmukkaan. Kaikua hallitaan erillisillä kaiun kumoajilla ja impedanssien vastaavuuksia kontrolloimalla. Kaiku on erityisen haitallista silloin, kun se on pitkää ja äänekkästä. (Davidson & Peters 2000, 175.)

Analogisissa puhelinverkoissa käytetään kaiun kumoajia. Kumojat peittävät piirin impedanssin. ISDN-verkoissa ei voida käyttää kaiun kumoajia, koska ne leikkaavat sen taajuusalueen, jota ISDN käyttää. Pakettipohjaisissa verkoissa kaiun kumoajia on mahdollista rakentaa hitaisiin koodekkeihin ja käyttää niitä jokaisessa DSP:ssä. Jotkut valmistajat toteuttavat kaiun kumoamisen ohjelmistolla. Se kuitenkin vähentää kaiun kumoajien etuja. Cisco VOIP:ssa kaiun kumoaminen tapahtuu DSP:ssä. (Davidson & Peters 2000, 175.)

### 3.2.6 Pakettien häviäminen ja äänen aktiviteetin havaitseminen

Äänen siirtoon tarkoitettua dataverkkoa rakennettaessa on tärkeää rakentaa sellainen verkko, joka pystyy onnistuneesti kuljettamaan ääntä luotettavasti ja ajallaan. Lisäksi auttaa, jos voidaan käyttää jotain mekanisme, joka tekee äänestä jossain määrin vastustuskykyisen pakettien häviämiseksi. Pakettien häviäminen voidaan pitää minimaalisena QoS-työkaluilla, joiden avulla ylläpitäjät voivat luokitella ja hallita verkon läpi kulkevaa liikennettä sekä antaa äänelle etuoikeuden muuhun dataan nähden. (Davidson & Peters 2000, 176; VoIP Troubleshooter LLC 2006.)

Nykyajan puhelinverkoissa noin puolet kokonaiskaistanleveydestä menee hukkaan, koska kaksisuuntainen kanava (64 000 kbs) on koko ajan käytössä, vaikka linjalla ei kukaan puhuisikaan. VoIP:ssä tuo tuhlatu kaistanleveys voidaan käyttää hyväksi muihin tarkoituksiin, kun äänen aktiviteetin havaitseminen (VAD - Voice Activity Detection) on käytössä. VAD havaitsee äänen suuruusluokan ja valitsee, milloin ääntä ei enää kehystetä. Havaittuaan puheen amplitudin katkeamisen VAD odottaa ns. hangover-ajan (yleensä 200 ms) ennen puhekehysten paketoimisen lopettamista. Jos puhelu tulee paikasta, jossa on paljon taustamelia, VAD ottaa itsensä pois käytöstä, koska se ei pysty erottamaan normaalia puhetta taustameliltä. VAD saattaa myös katkaista osan lauseen alusta pois, koska se ei havaitse riittävän nopeasti, koska puhe alkaa. Katkos on kuitenkin niin lyhyt, että yleensä vastaanottaja ei sitä havaitse. (Davidson & Peters 2000, 177-178.)

### 3.2.7 Digitaalisesta analogiseen -konversio

Tänä päivänä lähes kaikki puhelinliikenteen runkolinjat ovat kehittyneissä maissa digitaalisia. Silti niissä joskus esiintyy useita D/A-konversioita. Aina tällaisen konversion tapahtuessa puheen aaltomuodosta tulee vähemmän tosi. Nykyajan verkot pystyvät käsittelemään ainakin seitsemän D/A-konversiota ennen kuin äänen laatu heikkenee. Tiivistetty puhe kuitenkin heikkenee konversioiden myötä. MOS-tulos heikkenee jo kahden D/A-konversion myötä huomattavasti käytettäessä G.729:ää. VoIP-ympäristössä tulisikin D/A-konversioiden määrä pitää mahdollisimman alhaisena. PCM-koodekkia (G.711) käyttävät VoIP-verkot ovat yhtä

joustavia käsittelemään D/A-konversioiden tuomia ongelmia kuin nykyajan puhelinverkot. (Davidson & Peters 2000, 178-179.)

### 3.2.8 Kuljetusprotokollat

Yleisimmät kuljetusprotokollat IP:n päällä ovat TCP ja UDP. Näistä TCP on luotettava ja UDP yksinkertainen. (Hunt 1998, 7-8.) Äänen kuljetukseen looginen vaihtoehto oli siis UDP/IP ääniliikenteen aikakriittisyyden takia. UDP ei kuitenkaan tarjonnut tarpeeksi tietoa paketti pakettilta tapahtuvaan siirtoon, joten IETF (Internet Engineering Task Force) hyväksyi reaaliaikaisen kuljetusprotokollan (Real-Time Transport Protocol - RTP). VoIP kulkee RTP:n päällä ja RTP taas UDP:n päällä, joten VoIP:tä kuljetetaan RTP/UDP/IP-pakettiotsikolla. (Davidson & Peters 2000, 181.)

RTP on pakettipohjaisten verkkojen viiveelle aran liikenteen kuljetusprotokolla, joka kulkee UDP:n ja IP:n päällä. RTP antaa vastaanottaville asemille tietoja, joita UDP/IP ei välitä, kuten järjestystieto ja aikaleima, jotka näkyvät omina kenttinään RTP-otsikossa (kuvio 3). Järjestystietoa käytetään määrittelemään saapuuko paketit oikeassa järjestyksessä ja aikaleimaa värinän määrittämiseen. RTP muodostuu dataosasta ja ohjausosasta. Ohjausosaa kutsutaan myös ohjausprotokollaksi (RTCP - Real-Time Control Protocol). (Kaario 2002, 157-163.)

Versio	IOP	Palvelun tyyppi	Kokonaispituus			
Tunnistus			Liput	Paloittelun siirtymä		
Elinaika		Protokolla	Otsikon tarkistussumma			
Lähdeosoite						
Kohdeosoite						
Optiot			Täyte			
Lähdeportti			Kohdeportti			
Pituus			Tarkistussumma			
V=2	P	X	CC	M	PT	Järjestysnumero
Aikaleima						
Synkronointilähteen tunniste						

KUVIO 3. RTP-otsikko

Yksi RTP:n ongelmista on otsikon pituus. RTP/UDP/IP-otsikot ovat 8, 12 ja 20 bittiä pitkiä, joten otsikon kokonaispituudeksi tulee 40 bittiä, joka on kaksi kertaa isompi kuin hyötykuorma G.729:ää käytettäessä. Otsikon voi tiivistää kahteen tai neljään bittiin käyttämällä RTP:n otsikon tiivistäjää (CRTP). (Davidson & Peters 2000, 182-183.) CRTP tiivistää RTP/UDP/IP-otsikon kahden tavun mittaiseksi, kun otsikot pysyvät muuttumattomina ja neljän tavun mittaiseksi, kun ainoa uusi tieto on UDP:n tarkastussumma (Cisco Systems Inc. 2007b).

RUDP (Reliable User Datagram Protocol) tuo luotettavuutta UDP-protokollaan. RUDP-protokollaa käytetään silloin, kun UDP on liian yksinkertainen, ja TCP taas on liian monimutkainen. (Javvin Technologies, Inc. 2007.) RUDP mahdollistaa luotettavuuden ilman yhteydellistä protokollaa, kuten TCP:tä. RUDP lähettää saman paketin moneen kertaan ja vastaanottaja hylkää tarpeettomat paketit. Mechanismin avulla on todennäköisempää, että ainakin yksi paketeista menee vastaanottajan päähän asti. Sama tekniikka tunnetaan myös FEC:nä (Forward Error Correction). (Davidson & Peters 2000, 183.) RUDP ei nykyisellään ole muodollinen standardi, eikä sitä ole ehdotettu standardisoitavaksi (Javvin Technologies, Inc. 2007).

## 4 H.323

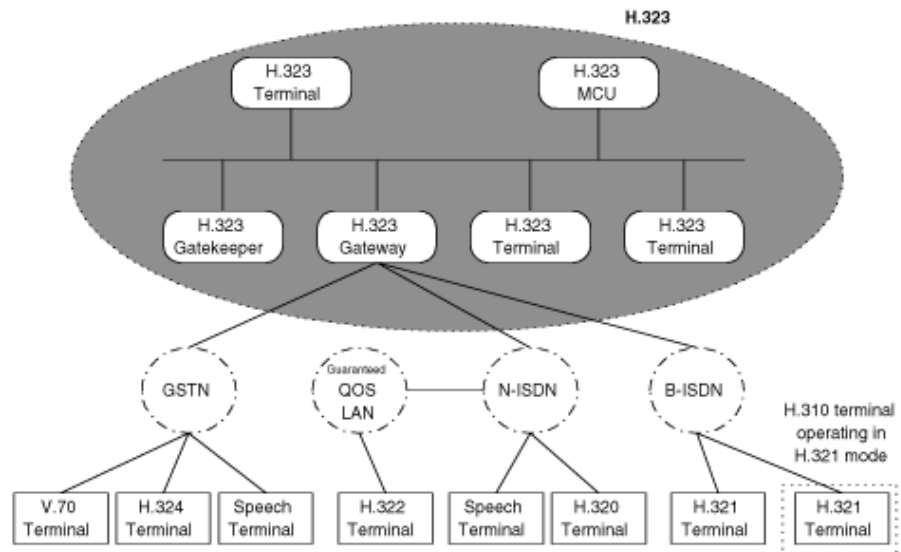
H.323 on ITU-T:n määrittäminen äänen, videon ja datan siirtoon IP-verkoissa. H.323-standardiin kuuluvat puhelun signalointi ja ohjaus, multimedian siirto ja ohjaus sekä kaistanleveyden kontrollointi point-to-point- ja multipoint-konferensseissa. H-sarjaan kuuluu myös ISDN:ssä toimiva H.320 ja POTS:ssä toimiva H.324. (Protocols.com 2007.) H.323:n komponentit ja protokollat ovat lueteltuna taulukossa 1.

TAULUKKO 1. H.323:n komponentit ja protokollat

Piirre	Protokolla
Puhelun signalointi	H.225
Median ohjaus	H.245
Äänikoodekit	G.711, G.722, G.723, G.728, G.729
Videokoodekit	H.261, H.263
Datan jakaminen	T.120
Median kuljetus	RTP/RTCP

### 4.1 H.323-elementit

H.323-elementteihin kuuluvat päätteet (terminals), yhdyskäytävät (gateways), portinvartijat (gatekeepers) ja MCU:t (Multipoint Control Unit). Päätteet tarjoavat point-to-point- ja multipoint-konferensseja äänelle, videolle ja datalle. Yhdyskäytävät toimivat H.323-liitännänpisteen ja PSTN- tai ISDN-verkon välillä. Portinvartijat tarjoavat sisäänkäynnin valvontaa ja osoitteen muuntamista päätteille ja yhdyskäytävälle. MCU:t mahdollistavat kahden tai useamman päätelaitteen tai yhdyskäytävän tehdä ääni- ja/tai videoistuntoja. Kuviossa 4 on kuvattuna H.323-verkon arkkitehtuuri, jossa GSTN-pilvi vastaa PSTN:ää (Fox & Uyar 2001.)



KUVIO 4. H.323-verkon arkkitehtuuri ja elementit. (Fox & Uyar 2001.)

#### 4.1.1 Pääte

H.323-pääteissä tulee olla järjestelmän ohjausyksikkö, median siirto, äänikoodekki sekä rajapinta pakettipohjaiseen verkkoon. Lisäksi pääteessä voi olla videokoodekki ja käyttäjätiedon sovellukset. (Davidson & Peters 2000, 230.)

Järjestelmän ohjausyksikkö tarjoaa H.225- ja H.245-puhelunohjauksen, ominaisuuksien vaihtoa, viestityksen ja käskyjen signaloimisen oikean toiminnan takaamiseksi. Median siirto muotoilee lähetetyn äänen, videon, datan, ohjauksvirrat ja viestit rajapinnalle. Se myös vastaanottaa edellä mainitut rajapinnalta. Äänikoodekki koodaa äänisignaalin lähetettäväksi ja dekodaa tulevan äänisignaalin. Verkon rajapinta on pakettipohjainen rajapinta, joka pystyy sekä yksittäisiin että monilähetyspalveluissa päästä päähän yhteyksiin TCP:llä ja UDP:llä. (Davidson & Peters 2000, 231.)

Videokoodekin tulee pystyä koodaamaan ja dekodamaan videota H.261 QCIF-muotoon (Quarter Comment Intermediate Format). Datakanava tukee sovelluksia kuten tietokantakäsittely, tiedostonsiirto ja audiograafinen konferenssi, kuten eh-

dotuksessa T.120 määritellään. Audiograafinen konferenssi tarkoittaa kykyä muokata yhteistä kuvaa useiden käyttäjien tietokoneilla samanaikaisesti. (Davidson & Peters 2000, 231.)

#### 4.1.2 Yhdyskäytävä

Yhdyskäytävässä on H.323-päätteen ja SCN-päätteen (Switched Circuit Network) piirteitä. Se muuntaa sekä tietoliikennejärjestelmiä ja protokollia että ääni-, video- ja dataformaatteja, ja siihen kuuluvat puhelun aloitus ja lopetus IP-verkossa ja SCN-verkossa. Ellei yhteyttä SCN-verkkoon tarvita, ei tarvita myöskään yhdyskäytävää. Näin ollen H.323-päätteet voivat kommunikoida suoraan pakettiverkon yli ilman yhdyskäytävää. Yhdyskäytävä käyttäytyy H.323-päätteenä tai MCU:na verkossa ja SCN-päätteenä tai MCU:na SCN-verkossa. (Davidson & Peters 2000, 232; Voice over IP Calculator 2007.)

#### 4.1.3 Portinvartija ja MCU

Portinvartija on valinnainen toiminto. Se tukee puhelun esivaihetta ja tarjoaa puhelun ohjauspalvelun H.323-liitäntäpisteille. Jos järjestelmässä käytetään portinvartijaa, sen pakollisiin toimintoihin kuuluvat kaistanleveyden kontrollointi, osoitemuunnos, vyöhykkeiden hallinta ja pääsykontrolli. Valinnaisia toimintoja ovat kaistanleveyden hallinta, puhelunohjauksen merkinanto, puhelunhallinta ja puhelunvaltuudet. (Voice over IP Calculator 2007.)

MC (Multipoint Controller), joka tukee kolmen tai useamman liitännän välistä neuvottelua ja lähettää liitäntöihin ominaisuuksia sekä tarkistaa niitä, voi olla käynnissä joko portinvartijassa, MCU-yksikössä, yhdyskäytävässä tai päätteessä. MP (Multipoint Processor) ottaa vastaan ja jakaa ääni-, video- ja/tai datavirtoja neuvottelun aikana. MCU on liitäntäpiste, joka koostuu vähintään yhdestä MC:stä ja MP:stä. (Voice over IP Calculator 2007.)

#### 4.1.4 H.323-välityspalvelin

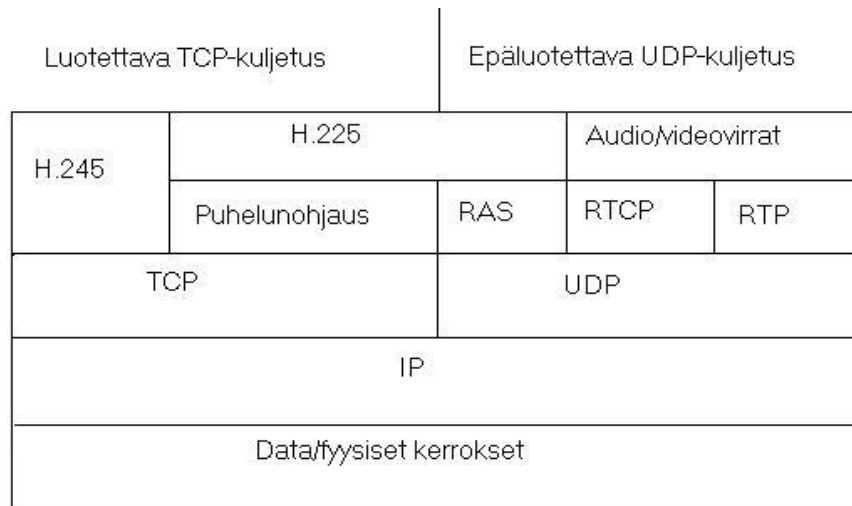
H.323-välityspalvelin on suunniteltu nimensä mukaisesti H.323-protokollalle, ja se toimii sovelluskerroksella kahden kommunikoivan sovelluksen välillä tutkien paketteja. H.323-välityspalvelin mahdollistaa sen, että päätteet, jotka eivät tue RSVP-protokollaa (Resource Reservation Protocol), voivat liittyä välityspalvelimeen lähiverkon kautta. Tällöin välityspalvelinpari voi neuvotella IP-verkon yli tunnelin riittävästä palvelun laadusta. (Davidson & Peters 2000, 234.)

ASR:n (Application-Specific Routing) avulla välityspalvelimet reitittävät H.323-liikenteen erillään muusta dataliikenteestä. H.323-solmuja voidaan levittää verkkoon yksityisin osoiteavaruuksin, koska välityspalvelin on yhteensopiva verkon osoitteenmuunnoksen kanssa. Vaikka välityspalvelimeen ei ole sijoitettu palomuuria, se tarjoaa turvaa päästään läpi vain H.323-liikenteen. Palomuuuri kohtelee välityspalvelinta kuin luotettua solmua. Palomuuuriin voi sitten konfiguroida erikseen, mitä liikennettä välityspalvelin päästää läpi. (Davidson & Peters 2000, 234.)

#### 4.2 H.323-protokollaperhe

H.323-protokollaperhe koostuu useista protokollista (kuvio 5). Useimmat toteutukset käyttävät merkinantoon TCP:tä, mutta versio 2 antaa mahdollisuuden myös UDP:n käyttöön. H.323-protokollaperhe jakautuu kolmeen ohjauksen pääalueeseen: RAS (Registration, Admission and Status), puhelunohjauksen merkinanto sekä median ohjaus ja kuljetus. (Protocols.com 2007.)





KUVIO 5. H.323-protokollaperhe

#### 4.2.1 RAS-merkinanto

RAS-merkinanto ohjaa puhelua esivaiheessa H.323-verkoissa, joissa on portinvartijoita ja H.323-vyöhykkeitä. H.323-vyöhyke koostuu yleensä päätelaitteista, yhdyskäytävistä ja MCU:ista, jotka ovat rekisteröityneet samalle portinvartijalle. RAS-kanava muodostetaan IP-verkon yli päätepisteiden ja portinvartijoiden välille. RAS-kanava avataan ennen muita kanavia, ja se on riippumaton mediankuljetuskanavasta ja merkinannosta. Tämä UDP-yhteys kuljettaa RAS-viestejä, jotka suorittavat rekisteröitymisen, pääsyproseduurin, kaistanvaihdot, tilaproseduurin ja vapautuksen. (Davidson & Peters 2000, 235; H.323 a study 2007.)

Portinvartijan löytämisellä tarkoitetaan manuaalista tai automaattista prosessia, jolla liitäntäpisteet tunnistavat portinvartijan. Manuaalisessa prosessissa annetaan portinvartijan IP-osoite, jolloin voidaan rekisteröityä vain määritetyn portinvartijan kanssa. Automaattisessa prosessissa IP-osoitetta ei tarvitse määrittää staattisesti, vaan liitäntäpisteet etsivät portinvartijaa monilähetysviestillä. Monilähetysviestien osoite on 224.0.1.41 ja UDP-portti 1718. Portti 1719 on UDP:n rekisteröinti- ja tilaportti. Portinvartijan automaattiseen löytämiseen käytetään kolmea viestiä: GRQ, jonka liitäntäpiste lähettää löytääkseen portinvartijan; GCF, joka on vastaus GRQ-viestiin ja jossa portinvartija voi myös ilmoittaa vaihtoehtoisista portinvarti-

joista ensisijaisen portinvartijan vikaantumisen varalle ja GRJ, joka ilmoittaa, että portinvartija ei hyväksy rekisteröintiä. (Davidson & Peters 2000, 235-236.)

Rekisteröinnillä yhdyskäytävät, MCU:t ja liitäntäpisteet liittyvät vyöhykkeeseen ja ilmoittavat IP- ja aliasosoitteensa portinvartijalle. Rekisteröinti tapahtuu löytämisen jälkeen, kuitenkin ennen puheluiden muodostusta. Rekisteröinnissä käytetään seuraavia kuutta viestiä: rekisteröintipyyntö (RRQ), jonka liitäntäpiste lähettää portinvartijalle; rekisteröinnin vahvistus (RCF), jolla portinvartija vahvistaa rekisteröinnin; rekisteröinnin torjuminen (RRJ), jolla portinvartija hylkää rekisteröinnin; rekisteröinnin poistopyyntö (URQ), jolla liitäntäpiste lähettää peruuttaakseen rekisteröinnin; rekisteröinnin poiston vahvistus (UCF), jolla portinvartija vahvistaa rekisteröinnin peruutuksen ja rekisteröinnin poiston torjuminen (URJ), joka ilmaisee, että liitäntäpiste ei ollut rekisteröitynyt portinvartijaan. (Davidson & Peters 2000, 236.)

Liitäntäpisteen sijaintia käytetään yhteydenottotietojen hakuun, kun käytössä on vain alias-tietoa. Sijaintihakuviestit lähetetään joko portinvartijan RAS-kanavan osoitteeseen tai moniviestinä löytämisosoitteeseen (discovery multicast address). Portinvartija, joka on vastuussa kyseisestä liitäntäpisteestä, vastaa ilmoittamalla oman tai liitäntäpisteen yhteystiedot. Liitäntäpisteen sijaintihaussa voidaan käyttää seuraavia kolmea viestiä: LRQ, joka lähetetään kun halutaan tietoja yhdestä tai useammasta E.164-osoitteesta; LCF, jolla portinvartija lähettää omat (GKRCS:n ollessa käytössä) tai pyydetyn liitäntäpisteen (Directed Endpoint Call Signalingin ollessa käytössä) merkinanto- tai RAS-kanavan osoitteet ja LRJ, joka ilmoittaa, että pyydettyä liitäntäpistettä ei ole rekisteröitynä tai se ei ole käytössä. (Davidson & Peters 2000, 237.)

Pääsyviestit muodostavat perustan puheluiden hyväksynnälle ja kaistanleveyden hallinnalle. Portinvartijat joko päästävät liitäntäpisteen verkkoon tai torjuvat pääsyn. Portinvartijat voivat myös pienentää pyydettyä kaistanleveyttä. Pääsyviesteissä käytetään seuraavia kolmea viestiä: ARQ, jolla liitäntäpiste pyytää lupaa puhelun muodostukseen; ACF, jolla portinvartija myöntää luvan ja voi myös rajoittaa kaistanleveyttä ja ARJ, jolla portinvartija kieltää pääsyn verkkoon kyseisen puhelun osalta. (Davidson & Peters 2000, 238.)

Portinvartija voi käyttää RAS-kanavaa saadakseen tietoja liitännäspisteeltä, esimerkiksi onko liitännäspiste online- vai offline-tilassa. ACF-viestissä portinvartija voi pyytää liitännäspistettä lähettämään tilatietoviestin tietyin ajanjaksoin puhelun aikana. Tilatietoviestinnässä käytetään seuraavia kolmea viestiä: IRQ, jolla portinvartija kysyy liitännäspisteen tilatiedot; IRR, jolla liitännäspiste vastaa portinvartijalle ja tilatiedustelu (Status Enquiry), joka lähetetään merkinantokanavassa ja jolla varmistetaan puhelun tila. (Davidson & Peters 2000, 238.)

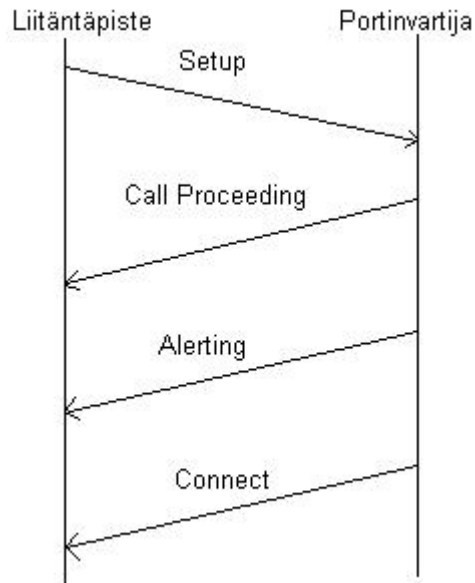
Kaistanleveyden kontrollointi tapahtuu ensisijaisesti pääsyproseduurin aikana (ARQ/ACF/ARJ). Kaistanleveys voi kuitenkin muuttua puhelun aikana, jolloin käytetään seuraavia viestejä: BRQ, jolla liitännäspiste pyytää portinvartijaa lisäämään tai vähentämään kaistaa; BCF, jolla portinvartija hyväksyy pyynnön ja BRJ, jolla portinvartija hylkää pyynnön. BRJ lähetetään, jos pyydettyä kaistanleveyttä ei ole saatavilla. (Davidson & Peters 2000, 238-239.)

#### 4.2.2 Puhelunohjauksen merkinanto

ITU:n H.225-ehdotus määrittää puhelunohjauksen proseduurit H.323-verkossa. Se määrittää Q.931-merkinantoviestien käytön ja tuen. Luotettava puhelunohjaukskanava luodaan IP-verkon yli TCP-porttiin 1720, joka aloittaa Q.931-viestit kahden liitännäspisteen välillä. Tukipalveluihin H.225 määrittää Q.932-viestit. (Protocols.com 2007.)

Yleisimmät käytössä olevat Q.931 ja Q.932 viestit ovat seuraavat: Setup, joka lähetetään halutessa muodostaa yhteys; Call Proceeding, joka ilmaisee, että puhelun muodostusproseduurit ovat käynnistetty; Alerting, joka ilmaisee, että hälytys on alkanut; Connect, joka ilmaisee, että puheluun on vastattu; Release Complete, joka ilmaisee, että puhelu katkaistaan ja Facility, jolla pyydetään kuittausta tai tukipalveluja ja jota käytetään ilmaisemaan pitäisikö puhelua ohjata vai pitäisikö sen mennä portinvartijan läpi. (Davidson & Peters 2000, 239.)

H.323-verkossa puhelunohjauksen voi reitittää kahdella tavalla. DECS:ssa signaalointiviestit lähetetään suoraan kahden liitäntäpisteen välillä, ja GKRCs:ssa ne reititetään portinvartijan kautta. GKRCs:ssa voidaan myös tarjota tukipalveluita, jos signaalointikanava jätetään avoimeksi puhelun aikana. (Davidson & Peters 2000, 240-241.) Puhelunmuodostamisen merkinantoviestit näkyvät kuviossa 6.



KUVIO 6. Puhelun muodostamisen merkinantoviestit

#### 4.2.3 Median ohjaus ja kuljetus

H.323-verkossa osapuolten välisen päästä-päähän-ohjausviestinnän hoitaa H.245, jonka proseduurit muodostavat loogisia kanavia äänen, videon, datan ja ohjauskanavan tietojen välittämiseen. H.245-kanavia avataan yksi jokaista puhelua kohti kahden liitäntäpisteen välille ja ne muodostetaan IP:n yli viimeisessä signaalointiviestissä dynaamisesti määritettyyn TCP-porttiin. H.245-ohjauskanavan avulla voidaan esimerkiksi neuvotella siitä mitä koodekkia käytetään ja siinä tapahtuvat mm. ominaisuuksien ja loogisten kanavien avaamiset ja sulkemiset. GKRCs:n ollessa käytössä voidaan päättää hoidetaanko kanavan reititys suoraan kahden liitäntäpisteen välillä (Direct H.245 Control) vai liitäntäpisteiden ja portinvartijan välil-

lä (Gatekeeper Routed H.245 Control). (Davidson & Peters 2000, 241-242; Protocols.com 2007.)

H.245:ssä voidaan käyttää neljää viestityyppiä: Ominaisuuksien vaihdossa (Capability Exchange) kaksi päätettä kertovat toisilleen tukemistaan ominaisuuksista. Isäntä-orjasuhteesta päättämisen päätetään kumpi puhelun osapuolista on isäntä ja kumpi orja. Tätä tietoa käytetään kun kaksi liitännäistä pyytää samoja toimintoja samanaikaisesti. Kiertoaika viiveessä määritetään viive lähde- ja kohdepisteiden välillä. Loogisen kanavan merkinanto puolestaan avaa ja sulkee loogisen kanavan, jossa ääni, video ja data kulkevat. (Davidson & Peters 2000, 242; Protocols.com 2007.)

H.225-puhelun merkinantokanavaan voidaan tunneloida H.245-viestejä, jolloin erillistä H.245-ohjauskanavaa ei tarvita. Tämä parantaa puhelun muodostusaikaa ja tarjoaa puhelunohjauksen ja merkinannon synkronoinnin. H.225-viestiin voidaan tunneloida useita H.245-viestejä. (Davidson & Peters 2000, 243.)

Kumpi tahansa liitännäispisteistä voi päättää puhelun. Liitännäispisteen pitää puhelun päättääkseen lopettaa kaikki mediasiirot ja sulkea kaikki loogiset kanavat, minkä jälkeen H.245-istunto on lopetettava ja lähetettävä release complete -viesti, jos puhelun merkinantokanava on vielä avoin. Tämän jälkeen puhelu lopetetaan jos portinvartijaa ei ole käytössä. Jos kuitenkin portinvartija on käytössä käytetään RAS-kanavalla seuraavia viestejä puhelun katkaisuun: DRQ, jonka liitännäispiste lähettää portinvartijalle lopettaakseen puhelun; DCF, jolla portinvartija hyväksyy puhelun lopettamisen ja DRJ, jolla portinvartija hylkää puhelun lopettamisen. (Davidson & Peters 2000, 243.)

H.323-verkossa median kuljetuksen hoitaa RTP. RTP mahdollistaa äänen, videon ja datan päästä-päähän kuljetuksen verkkojen yli. RTP:n palveluihin kuuluvat hyötykuorman seuranta, aikaleimaus, tunnistus ja järjestäminen. RTP luottaa alempiin kerroksiin ja muihin mekanismeihin varmistuessaan oikea-aikaisen kuljetuksen, palvelunlaadun ja resurssien varauksen. RTCP valvoo tiedonsiirtoa ja kontrolloi ja tunnistaa palveluita. RTP-virrat toimivat parillisissa porttinumeroissa

ja niitä vastaavat RTCP-virrat seuraavassa parittomassa porttinumerossa ja mediakanava luodaan UDP:lla. (Davidson & Peters 2000, 243.)

H.323 muodostuu älykkäistä portinvartijoista ja MCU-yksiköistä sekä vähemmän älykkäistä liitännäspisteistä. H.323-protokollan suurimmat ongelmat ovat pitkät puheluiden muodostamisajat ja neuvotteluprotokollan ylikuormitus. Kun puhelut reititetään portinvartijan kautta, vaatii jokainen portinvartija liian monta toimintoa, mikä aiheuttaa joustavuusongelmia. Simple Gateway Control Protocol (SGCP) ja Media Gateway Control Protocol (MGCP) tarjoavat joustavampia ja tehokkaampia ratkaisuja suuren taajuuden omaavia yhdyskäytäviä vaativiin yhteyksiin. Myös SIP-protokolla tarjoaa joustavamman ratkaisun älykkäiden liitännäspisteiden määrityksiin. (Davidson & Peters 2000, 248; Karila 2005, 24.) Lisää SIP-protokollan ja H.323-protokollan vertailua SIP-protokolla -luvun (luku 5) lopussa.

## 5 SIP-PTOTOKOLLA

### 5.1 Yleiskatsaus SIP-protokollaan

SIP (Session Initiation Protocol) on sovelluskerroksen signaalointiprotokolla. Sitä käytetään multimediaistuntojen, kuten Internet-puheluiden, neuvotteluiden ja muiden ääntä, videota ja dataa sisältävien sovellusten, muodostukseen, ylläpitoon ja lopettamiseen. SIP tukee yksi- ja monilähetysistuntoja sekä point-to-point- ja multipoint-puheluja. SIP voi toimia yhdessä muiden signaalointiprotokollien kanssa. SIP-viestien otsikot ovat monipuolisia ja niillä on hyvät laajennettavuusmahdollisuudet, jotka helpottavat uusien palveluiden kehittämistä tulevaisuudessa. (Handley, Schulzrinne, Schooler & Rosenberg 1999.)

Käyttjäagentit ovat asiakas-loppujärjestelmäsovelluksia, jotka sisältävät asiakkaan (UAC) ja palvelimen (UAS). Asiakas aloittaa SIP-pyyntöt ja toimii käyttäjän soittaja-agenttina. Palvelin vastaanottaa pyyntöjä ja lähettää vastauksia käyttäjän puolesta. (Davidson & Peters 2000, 252.)

SIP-verkossa verkkopalvelimet ovat joko välityspalvelimia tai uudelleenohjauspalvelimia. Välityspalvelimet toimivat muiden asiakkaiden puolesta ja ne sisältävät sekä asiakas- että palvelintoinintoja. Välityspalvelin tulkitsee ja voi kirjoittaa otsikot uudelleen ennen kuin lähettää ne muille palvelimille. Otsikoiden uudelleenkirjoitus ilmaisee välityspalvelimen olevan pyynnön lähettäjä ja näin ollen vastaukset kulkevat samaa reittiä takaisin välityspalvelimelle asiakkaan asemasta. Uudelleenohjauspalvelimet vastaanottavat SIP-pyyntöjä ja lähettävät asiakkaalle vastauksen, joka sisältää seuraavan palvelimen osoitteen. Uudelleenohjauspalvelimet eivät vastaanota puheluita eivätkä ne käsittele tai välitä SIP-pyyntöjä. (Davidson & Peters 2000, 252.)

SIP-osoitteet ovat samanmuotoisia kuin sähköpostiosoitteet eli ne esiintyvät muodossa käyttäjä@isäntä. Käyttjäosio voi olla joko käyttäjänimi tai puhelinnumero ja isäntäosio voi olla verkkoalueen nimi tai verkko-osoite. (Handley ym. 1999.)

Asiakkaalla on kaksi mahdollista tapaa lähettää SIP-pyyntö: Pyyntö voidaan lähettää suoraan paikallisesti määritetyille välityspalvelimelle, mikä on helppoa, koska loppujärjestelmän sovellus tietää välityspalvelimen. Pyyntö voidaan myös lähettää vastaavaan SIP URL IP-osoitteeseen ja porttiin. Tämä tapa on monimutkaisempi, koska asiakkaan pitää päätellä pyyntöön kohdistetun palvelimen IP-osoite ja porttinumero. Jos porttinumeroa ja/tai protokollatyyppejä ei ole määritelty käytetään porttia 5060 ja protokollana ensisijaisesti UDP:tä ja sitten TCP:tä. Asiakkaan tulee myös pyytää DNS:ltä IP-osoitetta, ja jos osoitetta ei löydy, ei myöskään pyyntöä voida jatkaa. (Davidson & Peters 2000, 253; Handley ym. 1999..)

SIP tarjoaa käyttäjilleen mahdollisuuden siirtyä paikasta toiseen rekisteröimällä mahdolliset sijaintipaikat joko SIP-palvelimelle tai johonkin toiseen palvelimeen SIP:n käyttöalueen ulkopuolella. Käyttäjän paikantamisen toiminto ja tulos riippuvat käytössä olevasta palvelimesta. Uudelleenohjauspalvelin palauttaa sijaintipaikkaluettelon asiakkaalle ja antaa tämän paikantaa käyttäjän. Välityspalvelin voi yrittää useita osoitteita rinnakkain, kunnes puhelu onnistuu. (Davidson & Peters 2000, 253.)

## 5.2 SIP-viestit

Viestiotsikoita käytetään määrittämään soittavaa osapuolta, soitettua osapuolta, reittiä ja viestityyppejä puhelussa. Yleisotsikoita käytetään pyynnöissä ja vastauksissa. Osapuolen otsikoita käytetään määrittämään tietoja viestin pituudesta ja viestirungon tyypistä. Pyyntöotsikossa asiakas voi ilmaista pyyntöön liittyvää lisätietoa. Vastausotsikossa palvelin voi ilmaista vastaukseen liittyvää lisätietoa. (Handley ym. 1999.)

SIP-järjestelmässä on kuusi erilaista viestipyyntöä, joita sanotaan myös metodeiksi. INVITE-metodilla kutsutaan käyttäjä tai palvelu istuntoon, ja se sisältää istunnon kuvauksen. Kaksisuuntaisissa puheluissa soittava osapuoli ilmaisee mediatyypin. ACK-pyyntö vastaa INVITE-pyyntöön ja samalla päättää tapahtuman, jonka INVITE-pyyntö on aloittanut. Jos ACK-viesti sisältää istunnon kuvauksen, ei muita parametrejä käytetä. Muuten käytetään INVITE-viestissä olleita istunto-



parametreja. OPTIONS-metodilla kysytään ja kerätään käyttäjäagenttien ja verkkopalvelimien ominaisuuksia. BYE-metodia käytetään puhelun lopetukseen. Se lähetetään ensin palvelimelle ilmaisemaan halua lopettaa puhelu ja sen jälkeen lähetetään vastaanottajalle. CANCEL-pyynnöllä käyttäjäagentit ja verkkopalvelimet voivat peruuttaa käynnissä olevan pyynnön. REGISTER-metodia käytetään sijaintitietojen rekisteröintiin SIP-palvelimille. (Handley ym. 1999.)

SIP-viestivastaukset perustuvat pyynnön tulkintaan ja vastaanottamiseen. Vastaukset jaetaan kategorioihin ja luokkiin. Luokat ovat informatiivinen, onnistuminen, asiakaspään virhe, palvelimen virhe ja globaalivirhe. Kategoriat ovat tilapäinen, joka ilmaisee etenemistä ja johon kuuluu informatiivinen luokka ja lopullinen, joka päättää pyynnön ja siihen kuuluvat kaikki muut luokat. Kaikilla viestivastauksilla on oma tilakoodinsa. Esimerkiksi hälytyksen tilakoodi on 180 ja palvelu ei käytettävissä -viestin tilakoodi on 503. (Davidson & Peters 2000, 256-257.)

SIP on yhden tai useamman osapuolen multimediaistuntojen muodostamiseen, hallintaan ja purkuun tarkoitettu standardipohjainen sovelluskerroksen merkinantoprotokolla. SIP on joustava protokolla, jolla on hyvät laajennusominaisuudet. SIP tukee viittä multimediaviestinnän aspektia, jotka ovat: käyttäjän sijainti, käyttäjän tila, käyttäjän mahdollisuudet, istunnon luominen ja istunnon hallinta. SIP:n toiminta perustuu käyttäjäagentteihin (IP puhelin) ja valtakirja-agentteihin (SIP proxy). Käyttäjäagentit voivat vaihtua, olla poissa päältä tai olla irti verkosta. Käyttäjäagentit rekisteröityvät SIP proxyille ja ovat tavoitettavissa SIP proxyn kautta. SIP-toteutus on tilaton, eli kaikkien palvelimien ei tarvitse ylläpitää puhelun tilaa. (Davidson & Peters 2000, 260; Karila 2005, 25-26.)

#### 5.4 SIP-protokollan ja H.323-protokollan vertailua

Molemmissa protokollissa on käytössä sähköpostimaiset osoitteet, joita voidaan käyttää sekä IP-puheluissa että videoneuvotteluissa. H.323 tuli ensin markkinoille ja sillä on edelleen kannattajansa, koska se on lähempänä perinteistä televerkkoajattelua kuin SIP. SIP yleistyy kuitenkin nopeasti ja todennäköisesti syrjäyttää

H.323:n kokonaan. Syynä SIP:n yleistymiseen on sen parempi soveltuvuus Internet-ympäristöön ja koska se tarjoaa IP-puheluiden ja muiden Internet-sovellusten helpon yhdistämisen. SIP on hyvin samankaltainen kuin http, ja se mahdollistaa helpon uusien palveluiden rakentamisen. SIP mahdollistaa lukemattomat uudet sovellukset eikä SIP-ohjelmointi eroa paljonkaan WWW-ohjelmoinnista. H.323:n ongelmana ovat puheluiden pitkä muodostusaika ja liian monien toimintojen vaatiminen puheluita reititettäessä portinvartijoiden kautta. SIP tarjoaa huomattavasti nopeamman puheluiden muodostamisen. Useat tuotteet tukevat molempia standardeja ja niiden välille on helposti saatavissa yhdyskäytävät. Uudet VoIP-ratkaisut kannattaa nykyisin kuitenkin toteuttaa ja kehittää SIP:n varaan sen joustavuuden ja laajennettavuuden takia. (Karila 2005, 24-28.)

## 6 YHDYSKÄYTVÄN OHJAUSPROTOKOLLAT

### 6.1 SGCP

Luvussa 6 käydään läpi yhdyskäytävän ohjausprotokollat SGCP ja MGCP, joita käytetään VoIP-yhdyskäytävien ohjaamiseen ulkoisista puhelunohjauselementeistä. Molemmat yhdyskäytävän ohjausprotokollat on suunniteltu tukemaan yhdyskäytäviä, joilla on ulkoista älykkyyttä. Tämän takia niiden käyttö on yleistä sekä suurissa runkoyhdyskäytävissä että koti- ja pientoimistojen yhdyskäytävissä.

SGCP (Simple Gateway Control Protocol) mahdollistaa puhelunohjauselementtien yhteyksien ohjauksen runkoverkko-, kotiverkko- ja pääsyytyppisten VoIP-yhdyskäytävien välillä. Kaikki kyseiset yhdyskäytävät konvertoivat TDM-ääntä pakettiääneksi. SGCP:ssä puhelunohjauksen älykkyys on yhdyskäytävän ulkopuolella ja se käsitellään puheluagenteissa (MGC). Puheluagenteja voi osallistua puhelun luomiseen joko yksi tai useampia. SGCP:ssä puhelujen muodostus ja katkaisu tapahtuu IP-verkon yli. Puheluiden ja yhteyksien luvanhallinta ei kuulu SGCP:hen, eikä siitä myöskään löydy turvallisuusmekanismeja luvattomiin puheluihin ja häirintään. (Davidson & Peters 2000, 263.)

SGCP käyttää SDP:tä (Session Description Protocol) kuvaamaan istunnon parametreja ja RTP:tä äänen lähettämiseen. SGCP rajoittaa SDP:n käyttöä antamalla sille mediatyyppinä vaihtoehdoksi vain puhelinliikenteen yhdyskäytävien äänipiirit. SDP-parametrit, joita puheluagentit käyttävät ovat IP-osoitteet, UDP-portti ja äänimedia. IP-osoitteet määrittävät paikallisen yhdyskäytävän ja etäyhdyskäytävän sekä äänineuvottelun osoitteet monilähetyksessä. UDP-portilla ilmaistaan mitä porttia käytetään RTP-pakettien vastaanottamiseen etäyhdyskäytävältä. Äänimedia määrittää nimensä mukaisesti äänimedian sekä käytettävän koodekin. (Davidson & Peters 2000, 264.)

Viestipyyntöjen lähettämiseen SGCP käyttää UDP:ta. Myös vastaukset kulkevat UDP:n kautta. UDP:ta käytettäessä paketteja saattaa hävitä, joten SGCP hoitaa

häviöt ja viivästymiset toistamalla pyynnöt tarvittaessa. (Arango & Huitema 1998.)

### 6.1.1 Käsitteet

Liitäntäpisteet ovat datalähteitä tai -kohteita, ja ne voivat olla joko fyysisiä tai loogisia. Liitäntäpisteet yksilöidään verkkoalueen nimellä ja paikallisella nimellä. Runkopiireissä yhteiskanavamerkinannon ollessa käytössä liitäntäpisteet yksilöidään verkkoalueen nimellä, rajapinnalla ja piirin numerolla. (Arango & Huitema 1998.)

Yhteydet voivat olla joko point-to-point- tai multipoint-yhteyksiä. Liitäntäpisteiden väliseen puhelujen muodostamiseen ja datan siirtoon käytetään point-to-point-yhteyksiä. Multipoint-yhteyksiä käytetään multipoint-istunnoissa. Yhteyden yksilöinnin hoitaa yhdyskäytävä. (Davidson & Peters 2000, 265.)

Puhelu muodostuu ryhmästä yhteyksiä. Puheluagentit antavat yksilöllisiä ja globaalisti yksilöllisiä puhelutunnisteita, joiden avulla voidaan kerätä puhelutietoja ja laskuttaa puheluita. (Davidson & Peters 2000, 266.)

Puheluagentit ovat ulkoisia elementtejä ja ne tarjoavat puhelunohjausälyn VoIP-verkossa. Puheluagentit tunnistetaan verkkoalueen nimellä. (Davidson & Peters 2000, 266.)

Numerokarttoja käyttämällä pääsy-yhdyskäytävät lähettävät käyttäjän valitseman numeron puheluagentille. Puheluagentit ilmoittavat numerokarttojen avulla yhdyskäytävälle ohjeet kerätä numeroita. Numerokartat ilmaisevat yhdyskäytävälle milloin numeroja vielä kerätään ja milloin ne lähetetään puheluagenteille. (Davidson & Peters 2000, 266.)

### 6.1.2 Ohjaustoiminnot

SGCP-palvelun avulla puheluagentti antaa yhdyskäytävälle ohjeita yhteyden muodostukseen, muokkaukseen ja poistoon sekä saada yhdyskäytävältä tietoja tapahtumista. SGCP-protokollassa on viisi käskyä, jotka ohjaavat yhdyskäytäviä ja kertovat puheluagentille tapahtumista. NotificationRequest on käsky, jolla puheluagentti käskää yhdyskäytävää huomioimaan tapahtumat. Notify on käsky, jolla yhdyskäytävä kertoo puheluagentille tapahtumista. CreateConnection on käsky, jolla puheluagentit muodostavat liitännätpisteen ja yhdyskäytävän välisen yhteyden. ModifyConnection on käsky, jolla puheluagentti muuttaa yhteyden parametreja ja DeleteConnection on käsky, jolla puheluagentit ja yhdyskäytävät katkaisevat yhteyden. Jokainen käsky sisältää tarvittavat parametrit tapahtuman suorittamiseen. (Davidson & Peters 2000, 266-267; Arango & Huitema 1998.)

## 6.2 MGCP

MGCP ohjaa VoIP-yhteyksiä ulkoisten puhelunohjauselementtien kautta, ja se pohjautuu SGCP:n ja IPDC:n (Internet Protocol Device Control) fuusioon. MGCP käyttää samaa yhteystilaa kuin SGCP. Liitännätpisteet voivat olla loogisia tai fyysisiä, ja yhteydet voivat olla point-to-point- tai multipoint-yhteyksiä. MGCP:ssä yhteyksiä voidaan muodostaa IP-verkkoon, ATM-verkkoon tai sisäisiin yhteyksiin. (Davidson & Peters 2000, 273-274.)

MGCP antaa SDP:n avulla yhdyskäytävälle IP-osoitteet. UDP- ja RTP-profiilit ovat samanlaiset kuin SGCP:ssä. MGCP käyttää SDP:n mediatyyppeinä ääni- ja datapääsyypirejä. MGCP-viestit kulkevat UDP:n yli, mutta ne voivat sisältää piggyback-viestejä, jotka mahdollistavat usean viestin lähetyksen yhdyskäytävälle yhdessä UDP-paketissa. MGCP:ssä puheluagentit voivat käyttää jokerimerkkikäytäntöä, jonka avulla puheluagentti voi yksilöidä käskyyän haluamansa määrän argumentteja. All of -argumentilla puheluagentti voi lähettää yhden DeleteConnection-pyyntöä kaikille yhteyksille, jotka ovat yhteydessä tiettyyn liitännätpisteeseen. MGCP:ssä puhelunohjaustoiminnot ovat samat kuin SGCP:ssä. (Andreasen & Foster 2003.)

### 6.2.1 Tapahtumapakkaukset

MGCP:ssä tapahtumat ja merkinannot on ryhmitelty pakkauksiin, joista jokainen tukee tietyn tyyppiselle liitäntäpisteelle vaadittavia tapahtumia ja merkkejä.

MGCP:ssä määritellyt kymmenen peruspakkausta ovat Generic Media Package, DTMF Package, MF Package, Trunk Package, Line Package, Handset Package, RTP Package, Network Access Server Package, Announcement Package ja Script Package. (Andreasen & Foster 2003.)

Jokaisessa pakkauksessa on siis tietyt tapahtumat ja merkit. Tapahtumista tarvittavat tiedot ovat tapahtuman kuvaus, generoitu käyttäjämerkki, käyttäjän havaitsema tulos, ominaisuuksien määrittely ja kesto. Merkit ovat vaadittavasta käyttäytymisestä ja toiminnosta riippuen joko On/Off (OO), Time-Out (TO) tai Brief (BR). (Davidson & Peters 2000, 275-276.)

### 6.2.2 Ohjaustoiminnot

Yhteyksien ja liitäntäpisteiden käsittely tapahtuu MGCP:ssä samalla tavalla kuin SGCP:ssä, mutta SGCP:n viittä käskyä on kuitenkin hieman muutettu ja lisäksi MGCP:ssä on neljä lisätoimintoa. EndpointConfiguration-käskyllä puheluagentit yksilöivät liitäntäpisteen linjapuolen koodausominaisuuksia yhdyskäytävälle. NotificationRequest-käskyllä puheluagentit ilmaisevat tunnistettavat tapahtumat yhdyskäytävälle. Notify-käskyllä yhdyskäytävät ilmoittavat puheluagenteille pyydytyistä tapahtumista. CreateConnection-, ModifyConnection- ja DeleteConnection-käskyillä puheluagentit muodostavat, muuttavat ja katkaisevat yhteyksiä. AuditEndpoint- ja AuditConnection-käskyillä puheluagentit tarkistavat liitäntäpisteiden ja yhteyksien tilaa. RestartIn-Progress-käskyllä yhdyskäytävät ilmoittavat puheluagenteille milloin liitäntäpisteet ovat poissa tai tulossa takaisin palvelukseen. (Davidson & Peters 2000, 277; Andreasen & Foster 2003.)

## 7 CISCO CALLMANAGER

### 7.1 Cisco AVVID-puhelinarkkitehtuuri

Cisco Systemsin CallManager-arkkitehtuuri perustuu Ciscon omaan avoimeen AVVID-arkkitehtuuriin. AVVID on pakettipohjainen järjestelmä ja se koostuu yhdestä tai useammasta palvelimesta, jotka tarjoavat IP-puhelujen ohjauksen ja yleisen prosessoinnin päätelaitteiden puolesta. Palvelimet voivat toimia toistensa kanssa klustereissa, jolloin ulospäin näyttää, että käyttäjien puhelut kulkevat aina saman CallManagerin kautta, vaikka niitä voi olla useita. Tämä helpottaa myös ylläpitäjien toimintaa sillä he voivat hoitaa klusteria yhden hallintapisteen kautta. CallManager hoitaa puheluiden signaloinnin verkossa ja se tarjoaa puhelinominaisuuksien sekä ääniviestien käyttömahdollisuuden. CallManager tarjoaa myös ohjelmistorajapinnan erillisille lisäohjelmille, kuten esimerkiksi Auto Attendant, SoftPhone, Interactive Voice Response (IVR) ja Cisco IP Contact Center (IPCC). (Alexander, Pearce, Smith & Whetten 2002, 9-10.)

Mahdollisia CallManager-malleja on Ciscolla useita. Cisco CallManager version 3.1 tuli markkinoille 2001. Sen jälkeen Cisco on nopeassa tahdissa julkaissut uudempiä versioita, jotka ovat parantaneet käytettävyyttä ja lisänneet ominaisuuksia CallManageriin. Uusin versio markkinoilla tällä hetkellä on Cisco Unified CallManager version 5.1 joka tukee myös SIP-protokollaa. (Cisco Systems, Inc. 2006a.)

CallManager ja siihen liitetyt palvelut toimivat Windows 2000 Server -käyttäjärjestelmän päällä. Palvelimet ovat kuitenkin rajoitettu tiettyihin tuettuihin palvelinmalleihin toimivuuden takaamiseksi. CallManager voidaan asentaa Ciscon MCS-sarjan, Compaqin DL-sarjan tai IBM:n xSeries-sarjan palvelimille, joista vain Cisco toimittaa mukana tarvittavat palvelinohjelmistot. (Alexander ym. 2002, 15.)

Puhelinmalleja Cisco tarjoaa useita. Perusmallit vaihtelevat yhden rivin näytöllä varustetusta perusmallista aina kuuden rivin näytöllä varustettuun uudempaan ja

monipuolisempaan malliin. Uusimmissa puhelimissa näytöt ovat jo värillisiä ja puhelimissa tulee videokamera mukana videopuheluita varten. (Cisco Systems, Inc. 2006b.) Kuviossa 7 on esitettyä osa Ciscon IP-puhelinmalleista, mutta siitä puuttuvat uusimmat mallit.



KUVIO 7. Ciscon IP-puhelinmalleja (<http://www.cisco.com> 2007.)

Cisco tarjoaa myös tietokoneelle asennettavan Windows-pohjalla toimivan SoftPhone-ohjelmiston. SoftPhone mahdollistaa joustavan liikkuvuuden paikasta toiseen ja sitä voi käyttää missä tahansa yrityksen verkon alueella. SoftPhonen käyttöliittymä on samantapainen fyysisten mallien kanssa, ja sen kokoa voi säätää mieleisekseen poistamalla tai lisäämällä näkyvissä olevia työkaluikkunoita. (Cisco Systems, Inc. 2006c.) Kuviossa 8 on Ciscon SoftPhonen käyttöliittymä, jota saa supistettua pienempään kokoon tilan säästämiseksi.





KUVIO 8. Cisco IP SoftPhone (University Information Systems 2004.)

Yhdyskäytävät tarjoavat yhteyden puhelinjärjestelmien välillä. Yhteys voi olla CallManager-verkosta toiseen CallManager-verkkoon, CallManager-verkosta PBX:lle tai CallManager-verkosta yleiseen puhelinverkkoon. CallManager tukee useita yhdyskäytävälaitteita, esimerkiksi Cisco 2600, 3600 ja 5300 sarjojen reitittimet sekä Cisco VG200 ja Cisco Catalyst 4000- ja 6000-runkokytkimet. (Alexander ym. 2002, 19.)

Klusterointi tarjoaa Cisco AVVID IP-puhelinverkolle luotettavuutta. Vähintään kaksi CallManageria muodostavat klusterin. Klusterointitapoja on kaksi: Tietokantaklusterointi ja CallManager-klusterointi. Tietokantaklusteriin kuuluu yksi Publisher CallManager ja yksi tai useampia Subscriber CallManagereita. Publisher kannattaa aina asentaa erilliselle palvelimelle, ja tällä palvelimella pitäisi mielellään olla laitteistoredundanssia, kuten kaksi vaihtoehtoista virtalähdettä. Tietokannan järjestelmänvalvojalla on Publisherille luku- ja kirjoitusoikeudet. Publisherilla tapahtuvat kaikki ohjelmistopäivitykset ja tietokannan muutokset, ja se välittää tietokannan muutokset Subscribereille. Jos Publisher-tietokanta jostain syystä lakkaa toimimasta, ovat Subscriber-tietokannat varapalvelimina ja järjes-

telmä käyttää niitä, kunnes Publisher saadaan taas toimintaan. Subscriber-tietokannat ovat vain luku-muodossa. (Alexander ym. 2002, 26-27.)

Tietokantaklusterointi toimii tähtitopologian mukaan, jolloin lähes kaikki tietokannan tiedot toistetaan Publisherilta Subscribereille. CallManager-klusteroinnissa käytetään verkkotopologiaa, jossa kaikki CallManager-serverit ovat yhteydessä toisiinsa ja ne jakavat tietoja keskenään rajoitetusti. CallManager-klusteroinnissa käytetään verkkotopologiaa tähtitopologian asemesta, koska klusterin pitää pystyä vastaamaan dynaamisesti ja varmasti verkon muutoksiin. CallManagerit ilmoittavat klusterin toisille CallManagereille rekisteröidyistä laitteista. Tällöin jos jokin tietty ensisijainen CallManager lakkaa toimimasta, verkkotopologia mahdollistaa uuden toissijaisen CallManagerin löytymisen. Klustereihin on hyvä varata jonkin verran laitteistoredundanssia, jotta yhden CallManagerin kaatuminen ei aiheuta klusterin kaatumista ruuhkaisimpanakaan aikana. (Alexander ym. 2002, 28-33.)

## 7.2 Cisco CallManagerin ominaisuuksia

ART (Administrative Reporting Tool) on Web-pohjainen ohjelma, joka tarjoaa raportteja palvelunlaadusta, yhdyskäytävän käytöstä, verkon liikenteestä, käyttäjän puhelutiedoista ym. ART käyttää pääasiallisena tietolähteenään CDR-tietoja, joista löytyvät tiedot kaikista CallManagerin käsittelemistä puhelusta. ART voidaan asentaa plug-in-ohjelmana Cisco CallManager Administrationin valikosta Application > Install Plugin. (Alexander ym. 2002, 413.)

BAT (Bulk Administration Tool) on Web-pohjainen ohjelma, jonka avulla voidaan suorittaa helposti useita lisäys-, päivitys- tai poisto-operaatioita. BAT on käytännöllinen varsinkin suuriin ympäristöihin, koska tietokannan konfigurointi CallManageriin yksi laite kerrallaan olisi erittäin aikaa vievää. Lisäykset, päivitykset ja poistot BAT:issa suoritetaan erillisten BAT-kaavainten ja CSV-tiedostojen avulla. BAT:issa on valmiina esimerkkikaavaimia ja -CSV-tiedostoja. BAT löytyy Cisco CallManager Administrationin valikosta Application. (Cisco Systems, Inc. 2007d.)

CDRs (Call Detail Records) on tietokanta, josta löytyy tiedot kaikista puheluista, jotka Cisco CallManager on käsitellyt. CMRs (Call Management Records) tarjoaa diagnostisia tietoja puheluista. Yhdessä CDRs ja CMRs muodostavat CDR-tiedot. CDR-tietoja voidaan käyttää esimerkiksi laskutukseen, puhelujen seurantaan, tiettyjen ongelmien diagnosointiin ja palvelunlaadun arviointiin. (Cisco Systems, Inc. 2007c.)

Puhelujen uudelleenohjaus tarjoaa mahdollisuuden ohjata puhelut toiseen numeroon. Puhelut voidaan uudelleenohjata kolmella eri tavalla: kaikkien puheluiden uudelleenohjaus; puheluiden uudelleenohjaus, kun linja on varattu ja puheluiden uudelleenohjaus, kun puhelimeen ei vastata. Kaikkien puhelujen uudelleenohjaus tapahtuu painamalla mallista riippuen joko Forward All- tai CFwdAll-näppäintä kunnes kuuluu kaksi merkkiääntä, jonka jälkeen syötetään haluttu numero, johon puhelut ohjataan. Uudelleenohjaus poistetaan painamalla samaa näppäintä uudelleen, kunnes kuuluu kaksi merkkiääntä. Kaikkien puheluiden uudelleenohjaus voidaan konfiguroida myös Cisco IP Phone User Options Web-sivulla. (Alexander ym. 2002, 562.)

Puheluiden uudelleenohjaus, kun linja on varattu sekä puheluiden uudelleenohjaus, kun puheluu ei vastata ovat ominaisuuksia, jotka vain järjestelmänhaltija voi konfiguroida. Konfigurointi tehdään jokaiseen puhelimeen ja sen linjaan erikseen CallManager Administrationista löytyvällä Directory Number Configuration sivulla (Device > Phone > Select phone > Select line). (Alexander ym. 2002, 564.)

Call Pickup/PickUp tarjoaa mahdollisuuden vastata samaan ryhmään kuuluvien puhelinten puheluihin omalla puhelimellaan. Esimerkiksi käyttäjä A kuulee, että käyttäjän B puhelin soi, mutta tämä ei ole siihen vastaamassa, voi käyttäjä A nostaa puhelimensa luurin ja painaa Call Pickup/PickUp-nappulaa. Tällöin puhelu ohjautuu käyttäjän A puhelimeen. Pickup-ryhmät määritellään CallManager Administrationin Pickup Configuration sivulla (Feature > Call Pickup). (Alexander ym. 2002, 567-568.)

Group Call PickUp/GpickUp toimii samalla tavalla kuin Call Pickup/PickUp, mutta siinä myös eri pickup-ryhmään kuuluva henkilö voi vastata tulevaan puheluun, jos hän tietää toisen pickup-ryhmän numeron. Puhelun tullessa käyttäjä A nostaa luurin, painaa GpickUp-näppäintä ja soittaa toisen pickup-ryhmän numeroon, jolloin puhelu yhdistyy. (Alexander ym. 2002, 593-594.)

Call Waiting/Retrieve mahdollistaa käyttäjän vastaamaan toiselle linjalle tulevaan puheluun ilman että hänen tarvitsee katkaista meneillään olevaa puhelua. Käyttäjä voi laittaa meneillään olevan puhelun odotustilaan (on hold), jolloin hän voi vastata toiselle linjalle tulevaan puheluun. Odotustila toimii myös silloin, kun käytössä ei ole kuin yksi linja. (Alexander ym. 2002, 569.)

Cisco CallManager Administration on Web-pohjainen ohjelma, joka tarjoaa keskitettyjä tietokantoja, joihin pääsee käsiksi CallManager palvelimilta. CallManager Administrationin kautta tehdään tärkeimmät konfiguraatiot CallManager-verkkoon. (Alexander ym. 2002, 572.)

Cisco CallManager Serviceability on Web-pohjainen ohjelma, joka tarjoaa yksityiskohtaiset hälytysmääritykset ja -konfiguraatiot; seurantakonfiguraatiot, -analyysit ja -keräykset; komponenttien versiotiedot sekä reaaliaikaisen Cisco AVVID IP Telephony komponenttien seurannan CallManager-klusterissa. Se löytyy CallManager Administrationin Application-valikosta. (Alexander ym. 2002, 572-573.)

Cisco IP Phone User Options Web Page on verkkosivu, joka tarjoaa käyttäjälle mahdollisuuden muuttaa puhelinominaisuuksiaan. Sen kautta voi esimerkiksi ohjelmoida pikanäppäimet, vaihtaa PIN-numeron, muuttaa salasanaa, konfiguroida palveluita ja asettaa puheluiden uudelleenohjauksen. (Alexander ym. 2002, 575.)

Cisco WebAttendant on ohjelma, jota voi käyttää vaihteenhoitaja tai vastaanottoapulainen. WebAttendantin avulla nähdään onko tietty numero varattu vai vapaa ja sen avulla voidaan myös seurata puheluiden pituuksia. Se mahdollistaa raahaapudota-tyyppiset (drag-and-drop) puheluiden siirrot. WebAttendantissa on myös käytössä Longest Idle-toiminto, joka mahdollistaa puhelun yhdistymisen siihen

tietyn hunt-ryhmän numeroon, joka on ollut pisimmän aikaa käyttämättömänä. (Alexander ym. 2002, 578.) Hunt-ryhmät ovat kahdesta tai useammasta puhelinnumerosta muodostettuja ryhmiä, jotka mahdollistavat puheluiden vastaanottamisen ryhmän sisäisesti ennalta määrättyssä järjestyksessä (Cisco Systems, Inc. 2007f).

Conference-toiminto mahdollistaa konferenssi/ryhmäpuheluiden muodostamisen. Konferenssipuhelun muodostamisen hoitaa yksi käyttäjä ns. konferenssinvalvoja. Hän soittaa ensin yhdelle osanottajalle, ja kun tämä vastaa, painaa puhelimestaan Confrn-näppäintä. Tällöin soitettu osapuoli jää linjalle odottamaan (on hold). Konferenssinvalvoja soittaa tämän jälkeen toiselle osanottajalle ja tekee saman. Tätä voidaan jatkaa niin kauan kunnes ennalta määrätty maksimimäärä osallistujia täyttyy tai enempää siltaportteja ei ole avoinna. Konferenssipuhelun osanottajat voivat lopettaa puhelun milloin haluavat ja puhelu jatkuu niin kauan kuin ainakin kaksi osallistujaa on linjalla. Myös konferenssinvalvoja voi poistua kesken puhelun, mutta silloin uusia osanottajia ei enää voi lisätä. (Alexander ym. 2002, 580-581.)

Extension Mobility mahdollistaa käyttäjän ottamaan minkä tahansa verkossa olevan puhelimen käyttöönsä omilla asetuksillaan varustettuna. Tämä ominaisuus on erityisen käytännöllinen silloin, kun käyttäjille ei ole määrätty omia fyysisiä laitteita. (Alexander ym. 2002, 592.)

Meet-Me konferenssin avulla käyttäjä voi muodostaa konferenssipuhelun, johon osanottajat voivat soittaa suoraan. Meet-Me konferenssi on käytettävissä, jos Unicast-konferenssisilta (Conference Bridge) on asennettu ja sille on määrätty vähintään yksi numero, jota konferenssissa voi käyttää. Tämän voi tehdä CallManager Administrationin Meet me Number/Pattern Configuration sivulla (Service > Conference Bridge > Meet Me Number/Pattern Configuration). Meet-Me näppäintä ei tarvitse osallistuakseen Meet-Me konferenssiin. Meet-Me konferenssin muodostamiseksi käyttäjä A nostaa luurin ja painaa Meet-Me näppäintä, jolloin hän kuulee kaksi merkkiääntä, joiden jälkeen hän näppäilee ennalta määrätyn Meet-Me konferenssin puhelinnumeron. Käyttäjä A perustaa konferenssin, jonka jälkeen

hän saa merkkiäänän jokaisesta konferenssiin liittyneestä käyttäjästä, jotka ovat soittaneet Meet-Me konferenssin numeroon. (Alexander ym. 2002, 599-600.)

Music on Hold tarjoaa mahdollisuuden musiikin soittamiseen odotustilassa (on hold) olevan soittajan luuriin. Vaihtoehtoiset odotusmusiikit löytyvät MOH-palvelimilta, jotka voidaan konfiguroida CallManagerissa. (Alexander ym. 2002, 326.)

Puhelunsiirrolla mahdollistetaan käyttäjien siirtää puhelu omasta puhelimestaan toiseen samassa verkossa olevaan puhelimeen. Siirtoja on kahta eri tyyppiä: Sokeassa siirrossa (Blind transfer) käyttäjä siirtää puhelun toiseen alanumeroon ja konsultaatiossiirrossa (Consultation transfer) käyttäjä keskustele siirrettävästä puhelusta aiotun vastaanottajan kanssa ennen siirtoa. Puhelunsiirto tapahtuu painamalla Transfer-nappulaa, jolloin soittaja menee odotustilaan ja vastaanottaja soittaa siirrettävään numeroon ja painaa uudestaan Transfer-nappulaa. (Alexander ym. 2002, 609.)

### 7.3 CallManageriin yhdistettävät palvelut

Cisco DPA 7630 ja 7610 ovat Voice Mail -yhdyskäytäviä, joilla käytössä olevan Octel 2xx/3xx äänipostijärjestelmän saa liitettyä Cisco CallManageriin. Äänipostijärjestelmää voi tämän jälkeen käyttää joko pelkästään CallManagerin kanssa tai yhteisesti PBX:n ja CallManagerin kanssa. (Alexander ym. 2002, 619-620.)

Cisco IPCC on IP-pohjainen yhteyskeskus, joka voi palvella 200 agenttia. IPCC on yhteensopiva Cisco IP IVR:n kanssa. IPCC käyttää JTAPI:a puhelinten hallintaan ja puhelunohjausviestien kuljetukseen CallManagerille. IPCC voidaan liittää samaan verkkoon muiden valmistajien yhteyskeskusten ja PBX:ien kanssa. (Cisco Systems, Inc. 2007e.)

Cisco Unity tarjoaa äänipostin ja yhdistyneen viestinnän, jotta puhelimella tai PC:llä voi saada yhteyden ääni-, faksi- ja sähköpostiviesteihin. Yksinkertaistetun viestinnän avulla kaikki ääniviestit, faksit ja sähköpostit voidaan lähettää omaan

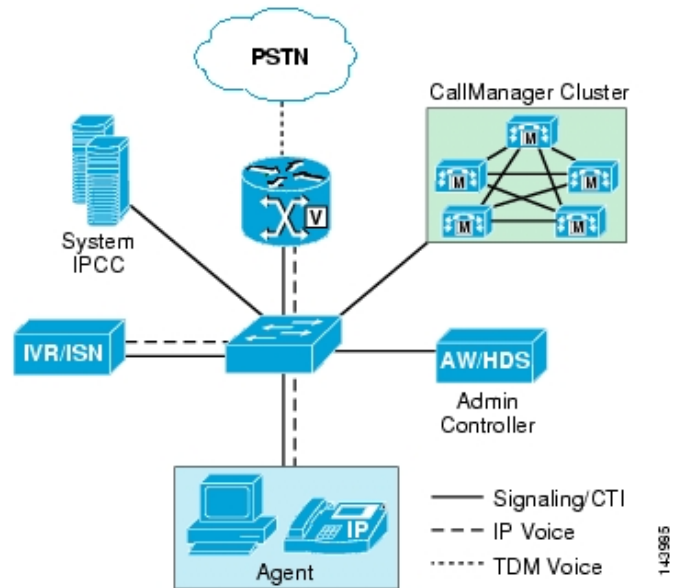
sähköpostiin. Unity tarjoaa myös tekstistä puheeksi -toiminnon (text-to-speech), jonka avulla käyttäjä voi kuunnella esimerkiksi sähköpostejaan. Unity toimii yhdessä CallManagerin ja suurimpien peruspuhelinvalmistajien järjestelmien kanssa ja tarvitsee vain ohjelman asennuksen ilman lisälaitteita. (Alexander ym. 2002, 625-626.)

CiscoWorks2000 on verkonhallintajärjestelmä, joka ei vaadi uusia laitteita. Se toimii Internet-selaimen välityksellä, kunhan ohjelmisto on asennettu. CiscoWorks2000:lla voi mm. seurata liikennettä ja reitityksiä CallManager-verkossa. Se tarjoaa myös järjestelmänseurantatyökalun, joka auttaa ylläpidossa ja ongelmanratkaisussa. (Cisco Systems, Inc. 2007a.)

SDK:n (Cisco Applications Software Development Kit) avulla voidaan kehittää sovelluksia, joita voi käyttää CallManagerin yhteydessä. SDK sisältää TAPI:n (Telephony Application Programming Interface) ja JTAPI:n (Java TAPI). (Alexander ym. 2002, 627.)

Cisco IP Auto Attendant tarjoaa yksinkertaisia puhelunvastaus ja -ohjauspalveluita. Auto Attendant vastaa puheluihin ja soittaa käyttäjäkohtaisia tervetuliaisviestejä. Soittaja voi soittaa keskukseen painamalla 0, alanumeroon painamalla 1 tai hän voi kirjoittaa nimen painamalla 2. Auto Attendant käyttää käyttäjälistaa (User Directory) oikean käyttäjän/numeron hakemiseen ja puhelun yhdistämiseen. (Alexander ym. 2002, 629-630.)

IVR on automatisoitu vastauspalvelu, jota voidaan käyttää esim. laskutustietojen kyselyyn ym. Äänitiedostot muodostetaan käyttäen Microsoft Sound Recorderia ja ne ovat .wav-muotoisia ja tekstitiedostot voidaan luoda millä tahansa tekstieditorilla ja ne ovat .txt-muotoisia. IVR voi sijaita missä vain verkon alueella ja siinä on Web-pohjainen aktivointi ja hallinta. (Alexander ym. 2002, 630.) Kuviossa 9 on esitettyä IVR:n sijainti CallManager-verkossa.



KUVIO 9. Cisco CallManager-verkko (<http://www.cisco.com> 2007.)

CallManager käyttää LDAP-luetteloa (Lightweight Directory Access Protocol) aitous- ja lupatietojen (authentication/authorization) säilytyksessä. Aitoustiedot vahvistavat käyttäjän oikeuden päästä järjestelmään sisään ja lupatiedot tunnistavat, mitä palveluita käyttäjällä on käytettävissä. (Alexander ym. 2002, 636.)

Netwise Contact Management on lähinnä keskisuurille ja suurille yrityksille suunnattu yhteyskeskusohjelmisto, johon on saatavilla monia lisäosia. CMG hoitaa puheluiden yhdistämiset sekä yleiset verkon konfiguraatiot. Netwise NOW:n avulla CMG ja PBX yhdistetään yhdeksi kokonaisuudeksi. Netwise tarjoaa myös mm. keskusohjelmiston, IVR:n, äänipostin, liikenneanalysointin, laskutuksen, puhelinluettelon (Phone Book) ym. Tarjolla on useita erilaisia paketteja sekä lisäosia. Pohjana toimii Netwise CMG Server, joka toimii Windows NT 4.0- tai Windows 2000 Server-käyttöjärjestelmissä. Netwise-järjestelmää voi käyttää yhdessä CallManagerin kanssa tai itsenäisesti omana VoIP-järjestelmänään. (Netwise Ab, 2003.)



## 8 TYÖN TOTEUTUS

### 8.1 Tuotantoympäristön kuvaus

Päijät-Hämeen koulutus konsernin tietoverkko koostuu 21:stä toimipisteestä. Toimipisteistä yksitoista on Lahden alueella, ja ne toimivat 1 Gbps runkoverkossa. Loput kymmenen toimipistettä sijaitsevat eri puolilla Päijät-Hämeen maakuntaa mm. Heinolassa ja Nastolassa. Näihin on käytössä 2-6 Mbps sarjalinkkiyhteydet. Kaikkien toimipisteiden sisäiset lähiverkot toimivat 10-100 Mbps nopeuksilla.

Tietoverkossa on 130 konfiguroitavissa olevaa kytkintä, ja niiden valmistajat ovat HP, Enterasys sekä Cisco Systems. Lisäksi verkossa on suuri määrä hubeja ja ei-konfiguroitavia kytkimiä. Jokaisessa toimipisteessä on keskuskytkin, joka on yhteydessä keskusreitittimeen. Laitoksilla on myös omat VLAN:it, joiden välinen liikennöinti menee keskusreitittimen kautta.

Puhelinverkko on Ericssonin järjestelmä, jossa on MD-110 vaihde, joka sisältää Voice over IP -tuen. Puhelinjärjestelmässä on 14 osavaihdetta sekä järjestelmän keskusvaihde. Puhelinjärjestelmä on palveluntarjoajan ylläpitämä. Puhelinnumeroita on noin 1650, joista noin kolmannes on digitaalisia.

Puhelinjärjestelmässä on käytössä nelinumeroiset lyhytvalintanumerot, ja vaihteeseen pääsee suoraan painamalla näppäintä 9. Käytössä on myös Diana-palvelu matkapuhelimiin, joka toimii soittamalla 88+lyhytvalintanumero. Soitettaessa yleisiin numeroihin on numeron eteen lisättävä 0. Verkon sisäiset puhelut ovat maksuttomia lukuun ottamatta matkapuhelimiin soitettuja puheluita. Digitaalisissa puhelimissa on mahdollista käyttää tilatietoja, eli jos on esimerkiksi syömässä, voi ilmoittaa, milloin tulee takaisin.

## 8.2 Verkon suunnittelu

Verkon suunnittelu aloitettiin jo ennen varsinaisten laitteiden tuloa. Suunnittelu aloitettiin mahdollisten testihenkilöiden kartoituksella. Siinä oli otettava huomioon tietysti ensinnäkin testihenkilön halukkuus lähteä projektiin mukaan, mutta myös se, miten saadaan mahdollisimman monipuoliset tulokset ja miten käydään kaikki mahdolliset vaihtoehdot läpi. Päätimme, että ainakin Lahden kampusalueelle, eli runkoverkkoon sijoitetaan käyttäjiä, mutta oli tärkeää saada käyttäjiä myös hitaampien yhteyksien taakse. Käyttäjiä päätettiin sijoittaa Nastolan Liikuntaopisto Pajulahteen yhteydellä 2 Mbps, Nastopoliin Nastolaan yhteydellä 4 Mbps sekä Heinolan liiketalouden laitokselle yhteydellä 6 Mbps. Päätösten jälkeen palveluntarjoajalta oli pyydettävä virtuaaliverkot haluttuihin kohteisiin.

IP-avaruuksina päätettiin käyttää avaruuksia 10.10.10.0/24, 10.10.20.0/24, 10.10.30.0/24 ja 10.10.40.0/24. Ajan ja vaivan säästämiseksi päätettiin kuitenkin ottaa käyttöön aiemmin käytössä olleet IP-avaruudet 179.29.169.0/24, 179.29.170.0/24, 179.29.171.0/24 ja 179.29.172.0/24. Verkoilla olivat DNS-määritykset valmiina. Jokaisella toimipisteellä ja runkoverkolla on oma avaruutensa, joita vastasi oma VLAN, joka tilattiin palveluntarjoajalta.

## 8.3 Asennus

Laitteiston asennus myöhästyi, koska testilaitteet, jotka saatiin Cisco Systems Finland Oy:ltä, saapuivat kuukauden myöhässä vasta helmikuun aikana, ja ne piti palauttaa jo toukokuun alussa. Lisäksi kaikki luvattu laitteisto ei edes saapunut, mm. langattomat laitteet jäivät saapumatta. Laitteisto koostui kuudesta CP-7905G-puhelimesta, kuudesta CP-7940G-puhelimesta, MCS-7825H-2.2-EVV1-palvelimesta, WS-C3550-24PWR-SMI-kytkimestä ja CISCO2651XM-V-reitittimestä sekä siihen liitettävästä VWIC-1MFT-E1 30-kanavaisesta E1-kortista.

Voice over IP-verkko päätettiin rakentaa Lahden Ammattikorkeakoulun tekniikan laitoksen tietoverkkolaboratorioon, josta se oli yhteydessä runkoverkkoon. Yh-

dyskäytävä sijoitettiin lähelle puhelinkeskusta, jolloin se oli eri toimipisteen alueella. VoIP-verkon ja yhdyskäytävän välinen liikennöinti kulki verkon keskusreitittimen kautta.

Cisco CallManager asennettiin Cisco Media Convergence Server 7825-palvelimelle. Ensin palvelimelle piti asentaa Microsoft Windows 2000 Server. Asennuksen aikana ilmeni ongelmia sarjanumeroiden ja asennuslevyjen kanssa. Palvelimen DVD-asema ei suostunut lukemaan kaikkia CD-R-levyjä. Lopulta ajan säästämiseksi jouduimme käyttämään tekniikan laitoksen ohjelmistoja.

Asennuksessa myös tuoteavaimet olivat ongelmallisia, sillä annettu tuoteavainlista oli pitkä, eikä siinä ollut tarpeeksi selkeästi ilmaistu mikä tuoteavain kuuluu mihin ohjelmistoon. CallManager asentui ns. väärällä tuoteavaimella, mutta silloin joi-tain osia jäi asentumatta. Windows 2000 Server asentui kaikilla tuoteavaimilla. Lopulta kaikki saatiin toimimaan, kun käytettiin samaa tuoteavainta kaikkiin ohjelmiin. Tuoteavainten tutkimisessa kului paljon turhaa aikaa, sillä yksi asennus-kerta kesti aina useita tunteja.

#### 8.4 CallManagerin käyttöönotto

CallManager-palvelimelta piti ensin laittaa DHCP-palvelu päälle, jotta verkossa olevat laitteet saivat automaattisesti IP-osoitteen ja asetukset. Puhelimien IP-osoitevaruudeksi valittiin jokaisesta aliverkosta osoitteet 100-200. Yhdyskäytävälle annettiin aliverkkojen ensimmäinen vapaa osoite. CallManagerin osoitteeksi määriteltiin 172.29.169.10. Näillä minimiasetuksilla puhelimet saatiin käyttökuntoon, kunhan ne ensin oli määritelty CallManagerille.

Jokaiselle puhelimelle, käyttäjälle ja yhdyskäytävälle oli luotava omat profiilinsa. Puhelinprofiileissa piti asettaa puhelimen MAC-osoite, käytettävä yhdyskäytävä ja mahdollinen kiinteä puhelinnumero. MAC-osoite identifioi puhelimen, ja sen avulla CallManager tunnistaa puhelimen ja antaa sille oikeat asetukset. Jos kiinteää puhelinnumeroa ei anneta, pitää puhelimeen kirjautua, jotta sitä voi käyttää. SoftPhonet määritettiin CTI-porteiksi, mikä tarkoittaa, että niillä ei ole identifioin-

tia ja että niitä voi käyttää mistä vaan. CTI-portille määrättiin useita numeroita, joista käyttäjä valitsee haluamansa SoftPhonen käynnistyessä. Loput puhelinprofiilissa määriteltävissä olevat arvot näkyvät kuviossa 10.

The screenshot shows the Cisco CallManager Administration interface. At the top, there is a navigation menu with links: System, Route Plan, Service, Feature, Device, User, Application, and Help. Below the menu is the Cisco CallManager Administration logo and the Cisco Systems logo. The main heading is 'Phone Configuration' with a sub-heading 'Phone: New'. There are two buttons: 'Insert' and 'Cancel Changes'. The status is 'Ready'. The configuration is for a 'Cisco 7940' phone. The 'Device Information' section includes fields for MAC Address\* (0002FD3BA4FD), Description (EMobility Test 7940), Device Pool\* (Default), Calling Search Space (< None >), Media Resource Group List (< None >), User Hold Audio Source (< None >), Network Hold Audio Source (< None >), Location (< None >), User Locale (< None >), and Network Locale (< None >). The 'Phone Button Template Information' section includes a field for Phone Button Template\* (7940 2-Line). There are also links for 'Add a new phone' and 'Back to Find/List Phones'.

KUVIO 10. Puhelinprofiilin lisäys (http://www.cisco.com 2007.)

Käyttäjaprofiileissa määriteltiin käyttäjänimi, salasana, PIN-koodi sekä sidokset puhelimen ja käyttäjän välillä. Sidokset puhelimen ja käyttäjän välillä mahdollistivat asetusten muuton www-hallintasivujen kautta, mutta ne eivät olleet pakollisia. Hallintasivut otettiin käyttöön, jolloin niiden kautta pystyi määrittämään palvelut ja pikavalinnat. Vapaaehtoisesti käyttäjaprofiileissa voi myös syöttää käyttäjätiedot eli nimen ja puhelinnumeron. Nämä mahdollistivat yhteystietojen selauksen IP-puhelimien sisäisestä puhelinnumerohakemistosta. Käyttäjaprofiilissa voi määrittää myös esim. millä osastolla käyttäjä työskentelee. Kuviossa 11 on esitettyä käyttäjaprofiilin lisäyssivu.

System Route Plan Service Feature Device User Application Help

Cisco CallManager Administration  
For Cisco IP Telephony Solutions

CISCO SYSTEMS

## User Information

[Basic Search](#)

**Application Profiles of**  
<No Application Profiles>  
Application Profiles can be accessed after the new User is inserted in the directory.

**User : New User**  
Status: Please enter information for the new user.

Insert Cancel Changes

First Name\* Extension  
Last Name\* Mobility  
User ID\* emobility  
User Password\*  
Confirm Password\*  
PIN \*  
Confirm PIN \*  
Telephone Number  
Manager User ID  
Department  
UserLocale < None >  
Enable CTI Application Use

\* indicates required item.

View page in English, United States

Page displayed at Tue Jan 14 07:30:09 MST 2003  
Copyright © 2001 Cisco Systems, Inc. All rights reserved

KUVIO 11. Käyttäjäprofiilin lisäys (<http://www.cisco.com> 2007.)

Yhdyskäytäväprofiilissa määriteltiin yhdyskäytävä H.323-tyyppiseksi. Tämän lisäksi asetettiin Cisco 2651-yhdyskäytävää vastaavaksi IP-osoitteeksi 172.29.169.11.

VoIP-verkon ulkopuolelle konfiguroitiin reititystiedot CallManagerista yhdyskäytävälle. Jokaista numeroavaruutta varten luotiin oma reititystieto, ja reititystiedoissa pystyi myös estämään tiettyjä numeroavaruuksia. Jos numeroavaruuksia estettiin, estot koskivat aina kaikkia käyttäjiä. Reititystiedoissa voi myös muokata yhdyskäytävälle lähetettävää puhelinnumeroa, mikä mahdollisti ulkopuheluihin vaadittavan nollan lisäyksen vaihtoehtoistamisen. Tällöin, jos unohti lisätä nollan ulospäin soittaessa, se lisättiin reititystiedoissa. Reititystiedot luotiin lyhytvalintanumeroihin, Diana-palveluun, matkapuhelinliittymiin ja paikallis- sekä kaukopuheluihin. Kuviossa 12 on esimerkki reititystietojen lisäyksestä. Reititystiedot

alkoivat aina nolllalla ja pisteellä. Kuviossa 12 on konfiguroitu kuvitteellinen yhdysvaltalainen elokuvissa käytetyt numerot salliva reititystieto, eli numerot, jotka alkavat 555 ja sisältävät kahdeksan numeroa, sallitaan.

KUVIO 12. Reititystietojen lisäys (<http://www.cisco.com> 2007.)

CallManageriin konfiguroitiin myös Extension Mobility-palvelu, joka mahdollisti puhelimiin kirjautumisen. Konfigurointiruudusta on esimerkki kuviossa 13. Jokaiselle käyttäjälle luotiin oma kirjautumisprofiili, johon määriteltiin halutut asetukset kuten puhelinnumero. Extension Mobility-palvelu mahdollistaa oman puhelinnumeron käyttöönoton muuallakin kuin omassa työpisteessä. Tämä poistaa myös mahdollisuuden, jossa joku ulkopuolinen voisi soittaa asiattomia puheluita tai käyttää lisäarvopalveluita muiden numeroilla. Kirjautumispalvelussa voi kirjautumisille antaa maksimiajan (esim. kahdeksan tuntia). Tämä palvelu varmistaa, että puhelimesta kirjaututaan ulos viimeistään kahdeksan tunnin kuluttua sisäänkir-

jautumisesta, jos käyttäjä unohtaa itse kirjautua ulos puhelimesta. Kirjautumisen todentaminen tapahtuu käyttäjänimen ja PIN-koodin avulla.

The screenshot shows the Cisco CallManager Administration interface. At the top, there is a navigation menu with links: System, Route Plan, Service, Feature, Device, User, Application, and Help. Below this is the Cisco CallManager Administration header with the Cisco Systems logo. The main heading is "User Information". On the right, there are links for "Personal Information" and "Back to User List".

On the left side, under "Application Profiles of Extension", there are three options: "Device Association", "Extension Mobility" (which is highlighted with a red box), and "SoftPhone".

The main content area is titled "User : Extension Mobility". It includes a status message: "Status: Please enter any changes for the current user." Below this are two buttons: "Update" and "Cancel Changes".

The configuration fields are as follows:

First Name*	Extension
Last Name*	Mobility
User ID	emobility
User Password*	[password field]
Confirm Password*	[password field]
PIN *	[PIN field]
Confirm PIN *	[PIN field]
Telephone Number	[text field]
Manager User ID	[text field]
Department	[text field]
UserLocale	< None >
Enable CTI Application Use	<input type="checkbox"/>
Number of Digits Needed for Unique AA Name	1
Associated PC	Not Defined
Primary Extension	none
Controlled Devices	none
Enable Authentication Proxy Rights	True
Controlled Device Profiles	undefined

At the bottom, there is a note: "\* indicates required item." and a language selection dropdown set to "English, United States". The footer contains the text: "Page displayed at Sat Jan 25 01:24:57 MST 2003 Copyright © 2001 Cisco Systems, Inc. All rights reserved".

KUVIO 13. Extension Mobility-palvelun konfigurointi (<http://www.cisco.com> 2007.)

## 8.5 Tietoturva

Tietoturva hoidettiin lähinnä virustorjunnan, pääsyylojen, salasanojen ja lukittujen ovien avulla. Palvelimelle asennettiin virustorjuntaohjelma Symantec Anti-Virus 8.0, joka löytyi laitevalmistajan suosittelemien virustorjuntaohjelmien listalta. IP-osoitteiksi valittiin yksityiset osoitteet julkisten sijaan ja NAT-palvelua ei käytetty. NAT-palvelu oli kyllä mahdollista ottaa käyttöön tarpeen mukaan. Järjestelmä oli käytössä ainoastaan konsernin lähiverkossa.

CallManager-palvelimelle määriteltiin satunnaiset vaikeasti arvattavat salasanat sekä käyttöjärjestelmälle että CallManagerin hallintaohjelmalle. Myös yhdyskätävässä ja kytkimessä oli usean salasanan suojaus sekä pääsyylistat määriteltynä vain tiettyihin IP-osoitteisiin. Kaikki laitteet olivat lukittujen ovien takana 24 tuntia vuorokaudesta.

Tietoturvassa tulisi ottaa huomioon myös verkon suojaus palomuurilla erilaisia hyökkäyksiä vastaan. Suurelta palomuurit eivät kuitenkaan täysin suojaa esimerkiksi palveluiden estohyökkäyksiltä. Näiltä voi suojautua ottamalla käyttöön operaattorin tarjoaman kaistanjaon. Jos tietty osa Internet-liittymästä on operaattorin puolesta taattu VoIP-liikenteelle, on palvelun estäminen hankalaa. Puheluissa olisi hyvä käyttää myös jotain salausalgoritmia, jotta puheluiden kuuntelumahdollisuus poistuisi tai ainakin vaikeutuisi.

## 8.6 CallManagerin ominaisuudet

CallManagerin ominaisuuksien testaus jäi aika pienelle painolle, koska testausaika oli niin rajallinen. BAT-työkalu asennettiin CallManagerin hallintaohjelmasta ja sitä kokeiltiin asentamalla kolme puhelinta samanaikaisesti. BAT-työkalu toimi odotetusti, mutta sen testaaminen jäi vajavaiseksi.

ART-työkalu saatiin myös asennetuksi CallManageriin, mutta sitä ei saatu toimimaan kirjautumista lukuunottamatta. Todennäköisesti ART:in toimimattomuus johtui siitä, että CDR Analysis and Reporting-työkalua (CAR) ei saatu toimimaan.



Jostain käyttäjästä piti tehdä CAR-administrator, ja tämä henkilö pystyikin tunnuksillaan kirjautumaan CAR-palveluun, mutta siellä olevat raportit tulostuivat jatkuvasti tyhjinä, vaikka verkkoon generoitiin liikennettä soittamalla puheluita sekä verkon sisäisesti että myös ulkomaailmaan. Ongelmaa ei ehditty ratkaista määräaikaan mennessä.

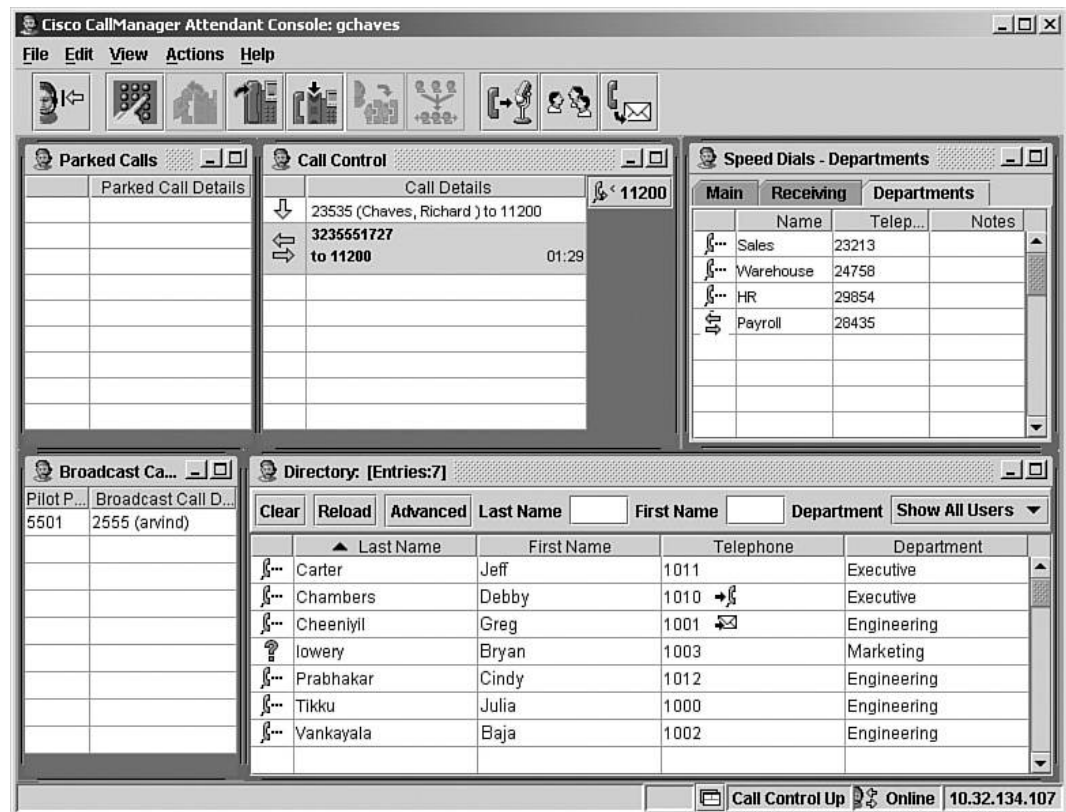
Puheluiden uudelleenohjausta testattiin Cisco IP Phone User Options -sivuston kautta niin, että laitoimme toisen puhelimen ohjaamaan kaikki saapuvat puhelunsa huoneessa olleeseen toiseen puhelimeen. Uudelleenohjaus toimi odotetusti.

PickUp-ryhmien testaus jäi hieman vajavaiseksi, koska samassa huoneessa oli vain kaksi puhelinta. Kyseiset kaksi puhelinta määriteltiin samaan PickUp-ryhmään ja soitettiin kännykällä toiseen puhelimeen. Puhelimen alkaessa soida nostettiin toisen puhelimen luuri ja painettiin PickUp-näppäistä ja puhelu siirtyi tähän puhelimeen. PickUp-toiminto toimi odotetusti, mutta Group PickUp-toimintoa ei ehditty kokeilla.

Music on Hold-toimintoa päästiin kokeilemaan CallManagerissa valmiiksi tulleiden ääninäytteiden kanssa. Music on Hold toimi odotetusti, kunhan ensin määritti, mitä äänitiedostoa puhelimen yhteydessä käytetään puhelinten käyttöprofiilisivulla. Samoja äänitiedostoja käytettiin myös soittoäänien vaihtelemisessa. Audiotiedostoja pystyi lisäämään Music on Hold -käyttöön valikosta Service > Media Source > Music On Hold Audio Source.

Cisco Attendant Consolen käyttöönottamiseksi piti ensin määrittää Attendant Console käyttäjä. Seuraavaksi CallManager Administrationissa piti määrittää Pilot Point. Pilot Point on virtuaalinen numero, joka vastaanottaa ja ohjaa puhelut sille määrättyyn hunt-ryhmään. Niitä voi määrittää useita, mutta tässä tapauksessa ajan säästämiseksi määriteltiin vain yksi, johon liitettiin muutaman puhelinnumeron sisältävä hunt-ryhmä toimivuuden takaamiseksi. Attendant Consolen käyttöliittymässä näkyy luettelo, jossa on kaikki verkossa olevat IP-puhelimet (Kuvio 14). Attendant Consolen kunnollinen testaus jäi ajan rajallisuuden vuoksi tekemättä. Lisäksi Attendant Console ei toiminut useaan viikkoon, mikä ilmeisesti johtui CDR:ssä olevista vioista. Attendant Consolen käyttöliittymässä on myös pienet

luuri-ikonit, jotka ilmoittavat, jos käyttäjä on puhumassa puhelua tai muuten vain estynyt. Attendant Consolen toiminta käytiin pienimuotoisesti näyttämässä Lahden Ammattikorkeakoulun vaihteenhoitajalle, mutta sitä ei voitu ottaa siellä käyttöön, koska vaihteen koneille ei saanut asentaa Attendant Console ohjelmaa.



KUVIO 14. Attendant Consolen käyttöliittymä (Application Solutions 2007.)

Hunt-ryhmien testauksessa ryhmät saatiin luotua hyvin, mutta ne eivät toimineet odotetulla tavalla. Kun hunt-ryhmään määriteltiin kaksi puhelinta ja niille määriteltiin longest idle-toiminto, niin puhelu ohjautui aina listan ensimmäiseen puhelimeen, vaikka toinen puhelin olisi ollut käyttämättömänä kuinka kauan. Tätä ongelmaa ei saatu ratkaistuksi, tosin testaus tehtiin vain kahdella puhelimella.

Konferenssipuhelu testattiin neljän ihmisen kesken, joista yksi toimi konferenssin aloittajana ja hän soitti kaikille muille osanottajille. Meet-Me-konferenssiin luotiin numero, mutta sitä ei koskaan ehditty käyttää.

Puhelunsiirroissa kokeiltiin sekä suoraa sokeaa siirtoa, että konsultaatiosiiroa. Molemmat toimivat oletetusti ja olivat helppoja käyttää suoraan puhelimesta löytyvillä näppäimillä.

Lisäarvopalveluina testattiin palveluita, joita löytyi Internetistä ilmaiseksi. Lisäksi käytössämme oli NumeroNetti, joka ei vaatinut asennuksia, koska LAMK:lla oli siihen jo oikeudet. NumeroNetti lisättiin palveluksi CallManager Administrationin Features valikon Cisco IP Phone Services kautta. Siellä palvelulle annettiin nimi ja kuvaus ja palvelun URL syötettiin oikeaan kenttään. Tämän jälkeen palvelu piti liittää haluttuihin puhelimiin. Puhelimien uudelleenkäynnistyksen jälkeen palvelu oli käytössä ja toimi normaalisti. Ilmaiset lisäarvopalvelut haettiin Berbee Information Networks Corporationin sivuilta. Palvelun URL syötettiin Services-välilehdelle ja palvelut olivat käytössä. Berbeen palveluihin kuului lentoaikataulujen tarkastus, Pohjois-Amerikan postinumeroiden tarkistus, säätiedot postinumeron mukaan, muuttuvat pörssiartot yksittäisille osakkeille vastaavia osakekoodeja käyttäen sekä uutispalvelu. Palvelut olivat tarkoitettu lähinnä Yhdysvalloissa asuville, mutta ne toimivat moitteettomasti ja näin saatiin testattua lisäarvopalveluiden toiminta. Lisäarvopalveluita voi tehdä myös itse käyttämällä XML-kieltä. Itse tehdyt lisäarvopalvelut voidaan sijoittaa mihin vaan sisäverkossa olevaan koneeseen, kunhan sille löytyy toimiva URL-osoite.

### 8.7 Laitteistokokoonpanon ja ohjelmistojen tarpeellisuuden arviointi

Laitteistokokoonpanossa piti ottaa huomioon nykytilanne sekä se kuinka paljon käyttäjiä järjestelmässä tulee olemaan. Luotettavan järjestelmän aikaansaamiseksi CallManager-palvelimia pitäisi mieluusti olla kolme kappaletta, joista yksi toimisi Publisherina ja kaksi Subscriberina, joista taas toinen olisi varapalvelin. Tällöin paras ratkaisu on käyttää Cisco MCS 7835H-2400-palvelimia, koska niiden kapasiteetti on 2500 IP-puhelinta. Konsernin liittymätarve on vähintään 2000, joten jos käytettäisiin pienempää palvelinta, niitä tarvitsi luotettavuuden takia hankkia ainakin neljä. Reitittämiä järjestelmään tarvitaan yksi jokaiseen etäpisteeseen. Reitittimet ovat konsernilla jo ilmeisesti valmiina. Verkko tarvitsee lisäksi Voice Gatewayn (VG), joka sijoitetaan VoIP-verkon ja MD-110-vaihteen välille. Luotetta-

vuuden takaamiseksi VG:itä olisi hyvä olla kaksi. Lisäksi järjestelmä tarvitsee suuren määrän kytkimiä.

Ohjelmistojen tarve on verkosta ja siihen halutuista palveluista riippuvainen. Konsernilta ei koskaan tullut täysin kattavaa listaa siitä, mitä palveluita he haluavat. Netwisen CMG-ohjelmisto on erittäin kattava, mutta se on myös hyvin kallis varsinkin, jos siihen pitää hankkia paljon lisäosia. Perusverkon saisi aikaiseksi Cisco Systemsin omilla ratkaisuilla. Lopulliseen ohjelmistolistaan varmistui ainoastaan Cisco IPCC Express Standard, Cisco Unity sisältäen SIP-tuen sekä Cisco IVR. Cisco IPCC Express lisää järjestelmän luotettavuutta, ja se sisältää vaihteenhoitajalle tarpeellisia toimintoja, kuten helpot puhelunsiirrot ja raportoinnit. Cisco Unity parantaa Cisco Systemsin kotisivujen mukaan järjestelmän käyttötehokkuutta, kasvattaa järjestelmän tuottavuutta sekä parantaa asiakastyytyväisyyttä. Unity sisältää myös äänipostin sekä mahdollisuuden käyttäjille muokata omaa tiliään, mikä helpottaa järjestelmänvalvojan toimintaa. Koska käyttöön päätettiin ottaa Cisco MCS 7835H-2400-palvelimet on IVR:n porttimäärän oltava 25, sillä kyseisen mallin kanssa suositeltavat IVR-porttimäärät ovat 24-48.

Lisäksi mietinnän kohteena olivat myös laitteistopuolella Cisco CTE 1400, joka toimii Internetin ja VoIP-puhelimen välillä tulkkina muuntaen HTML-sisältöä XML-muotoon. Ohjelmistopuolella esiin tuli myös Cisco CallManager Express 3.0, jonka avulla saisi toteutettua monipuolisia soitonestojä. Lisäksi luotettavuuden kannalta ajateltiin hallinta- ja valvontatyökaluksi CiscoWorks2000-ohjelmistoa.

## 9 YHTEENVETO

Kaiken kaikkiaan työ sujui hyvin, mutta ongelmiakin esiintyi. Laitteiden myöhästymisen takia monia palveluita ja ominaisuuksia jäi testaamatta ja joitain ominaisuuksia ei saatu määräajassa toimimaan. Koska palveluita ei päässyt yksityiskohdaisesti testaamaan, oli vaikea päättää, minkälaisia ohjelmistoja järjestelmä vaatii. Jos aikaa olisi ollut enemmän, olisi voitu esimerkiksi tutustumislisenssillä kokeilla joitakin ohjelmistoja, kuten Netwise ja Ciscon omat ratkaisut. Koska aika oli rajallista, ei myöskään voitu kunnolla testata vaihtehoitajan mahdollisuuksia ja toimintaa. Nykyisellään työ rajoittui lähinnä siihen, että saatiin verkko toimimaan oikein, jotta testihenkilöt ehtivät saada jonkunlaisen tuntuman laitteisiin. Kunnollinen ominaisuuksien ja palveluiden testaus jäi liian vähäiseksi. Työn kuluessa ilmenneet ongelmat saatiin muutamaa lukuunottamatta ratkaistuksi, mutta kokonaisuutena työ jäi mielestäni liian suppeaksi ja hätäisesti suoritetuksi. Suurin syy tähän oli laitteiden myöhästymisen kuukaudella, mikä rajoitti lopullisen työhön käytettävän kokonaisajan vajaan kolmeen kuukauteen.

Jatkossa voisi esimerkiksi testata vastaavaa järjestelmää kattavammin ja pidemmällä aikavälillä. Lisäksi, koska SIP-protokollan käyttö on IP-puheluissa yleistymässä, olisi mielenkiintoista testata kilpailevia VoIP-ratkaisuja, jotka toimivat käyttäen SIP-protokollaa. Lisäksi ilmaisia IP-puhelumahdollisuuksia voisi tutkia.

## LÄHTEET

Alexander, J., Pearce, C., Smith, A. & Whetten, D. 2002. Cisco CallManager Fundamentals: A Cisco AVVID Solution. Kolmas painos. Cisco Press, USA.

Andreasen, F., & Foster, B. 2003. Media Gateway Control Protocol (MGCP) Version 1.0 [verkkojulkaisu]. The Internet Society [viitattu 2.5.2007]. Saatavissa: <http://tools.ietf.org/html/rfc3435>

Application Solutions. 2007. [verkkojulkaisu] [viitattu 4.5.2007]. Saatavissa: [http://book.itzero.com/read/cisco/0510/Cisco.Press.Cisco.CallManager.Fundamentals.A.Cisco.AVVID.Solution.2nd.Edition.Sep.2005.eBook-DDU\\_html/1587051923/app02lev1sec4.html](http://book.itzero.com/read/cisco/0510/Cisco.Press.Cisco.CallManager.Fundamentals.A.Cisco.AVVID.Solution.2nd.Edition.Sep.2005.eBook-DDU_html/1587051923/app02lev1sec4.html)

Arango, M. & Huitema, C. 1998. Simple Gateway Control Protocol (SGCP) [verkkojulkaisu]. [viitattu 30.4.2007]. Saatavissa: <http://huitema.net/voip/sgcp-v1-0.html>

Cisco Systems, Inc. 2006a. Cisco Unified CallManager Introduction [verkkojulkaisu]. Cisco Systems, Inc. [viitattu 4.12.2006]. Saatavissa: <http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps556/index.html>

Cisco Systems, Inc. 2006b. Cisco Unified IP Phones 7900 Series Introduction [verkkojulkaisu]. Cisco Systems, Inc. [viitattu 4.12.2006]. Saatavissa: <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/phones/ps379/index.html>

Cisco Systems, Inc. 2006c. Cisco IP SoftPhone Introduction [verkkojulkaisu]. Cisco Systems, Inc. [viitattu 5.12.2006]. Saatavissa: <http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps1860/index.html>

Cisco Systems, Inc. 2007a. CiscoWorks2000 [verkkojulkaisu]. Cisco Systems, Inc. [viitattu 21.4.2007]. Saatavissa: [http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps556/products\\_administration\\_guide\\_chapter09186a00801f027d.html](http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps556/products_administration_guide_chapter09186a00801f027d.html)

Cisco Systems Inc. 2007b. Understanding Compression (Including cRTP) and Quality of Service [verkkojulkaisu]. Cisco Systems, Inc. [viitattu 4.5.2007]. Saatavissa:

[http://www.cisco.com/en/US/tech/tk543/tk762/technologies\\_tech\\_note09186a0080108e2c.shtml](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk543/tk762/technologies_tech_note09186a0080108e2c.shtml)

Cisco Systems, Inc. 2007c. CDR Analysis and Reporting [verkkojulkaisu]. Cisco Systems, Inc. [viitattu 30.4.2007]. Saatavissa:

[http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps556/products\\_administration\\_guide\\_chapter09186a008011b4ac.html](http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps556/products_administration_guide_chapter09186a008011b4ac.html)

Cisco Systems, Inc. 2007d. Administrative Tools Overview [verkkojulkaisu]. Cisco Systems, Inc. [viitattu 3.5.2007]. Saatavissa:

[http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps556/products\\_administration\\_guide\\_chapter09186a00800b3ed9.html](http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps556/products_administration_guide_chapter09186a00800b3ed9.html)

Cisco Systems, Inc. 2007e. Cisco IPCC Express - Standard 4.0 [verkkojulkaisu]. Cisco Systems, Inc. [viitattu 3.5.2007]. Saatavissa:

[http://www.cisco.com/en/US/products/sw/custcosw/ps1846/products\\_data\\_sheet09186a008017f0e5.html](http://www.cisco.com/en/US/products/sw/custcosw/ps1846/products_data_sheet09186a008017f0e5.html)

Cisco Systems, Inc. 2007f. Configuring Cisco WebAttendant Pilot and Hunt Groups for Cisco CallManager 3.0 [verkkojulkaisu]. Cisco Systems, Inc. [viitattu 15.5.2007]. Saatavissa:

[http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps2351/products\\_tech\\_note09186a00800945e3.shtml](http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps2351/products_tech_note09186a00800945e3.shtml)

Davidson, J. & Peters, J. 2000. Voice over IP Fundamentals. Neljäs painos. Cisco Press, USA.

Federal Standard 1037C. 1996. Glossary of Telecommunication Terms [verkkojulkaisu]. General Services Administration Information Technology Service [viitattu 15.5.2007]. Saatavissa: <http://www.its.bldrdoc.gov/fs-1037/fs-1037c.htm>

Fox, G. & Uyar, A. 2001. Survey of Collaborative Tools and Systems [verkkajulkaisu]. Florida State University [viitattu 4.5.2007]. Saatavissa: <http://aspen.ucs.indiana.edu/collabtools/CollabReviewfeb25-01.html>

H.323 a study. 2007. H.323 a study [verkkajulkaisu]. [viitattu 15.5.2007]. Saatavissa: <http://ai3.asti.dost.gov.ph/h.323/index2.htm>

Haapakangas, U-M., Heinonen, A. & Pitkäniemi, K. 1999. VoIP - siirtyvätkö puhelut nettiin? [verkkajulkaisu]. Teknillinen korkeakoulu [viitattu 4.5.2007]. Saatavissa: <http://www.netlab.hut.fi/opetus/s38118/s99/htyo/33/index.shtml>

Handley, M., Schulzrinne, H., Schooler, E. & Rosenberg, J. 1999. SIP: Session Initiation Protocol [verkkajulkaisu]. The Internet Society [viitattu 2.5.2007]. Saatavissa: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt>

Hunt, C. 1998. TCP/IP verkonhallinta. Suomen Atk-kustannus Oy, Jyväskylä  
Hämeen-Anttila, T. 2000. Tietoliikenteen perusteet. Teknolit Oy, Tummavuoren kirjapaino.

Jaakohuhta, H. & Lahtinen, T. 1997. Tietoliikenneverkot - Tehokäyttäjän opas. Suomen Atk-kustannus Oy, Jyväskylä.

Javvin Technologies, Inc. 2007. RUDP: Reliable User Datagram Protocol [verkkajulkaisu]. Javvin Technologies, Inc. [viitattu 15.5.2007]. Saatavissa: <http://www.javvin.com/protocolRUDP.html>

Kaario, K. 2002. TCP/IP-verkot. Docendo Finland Oy, Porvoo

Karila, A. 2005. Internet-puhelut (VoIP): selvitys. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja. Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsinki

Koivisto, M. 2007. Yleinen puhelinverkko [verkkajulkaisu]. Internetix [viitattu 4.5.2007]. Saatavissa:



<http://www.internetix.ofw.fi/opinnot/opintojaksot/6tekniikkatalous/tietoliikenne/1uku2/index.htm>

Netwise Ab. 2003. Netwise Contact Management [verkkójulkaisu]. Netwise Ab [viitattu 2.2.2004] Saatavissa: <http://www.netwise.se>

PeoplePC, Inc. 2007. Stay online without missing important calls [verkkójulkaisu]. PeoplePC, Inc. [viitattu 15.5.2007]. Saatavissa: [http://home.peoplepc.com/icw/Activate\\_Info.asp](http://home.peoplepc.com/icw/Activate_Info.asp)

Protocols.com. 2007. H.323 Protocols Suite [verkkójulkaisu]. Protocols.com [viitattu 13.4.2007]. Saatavissa: <http://www.protocols.com/pbook/h323.htm>

University Information Systems. 2004. Voice Over IP Software Phones Pilot [verkkójulkaisu]. University Information Systems [viitattu 3.5.2007]. Saatavissa: [http://www.uis.harvard.edu/emerging\\_technologies/voiceoverip/softphone-pilot.php](http://www.uis.harvard.edu/emerging_technologies/voiceoverip/softphone-pilot.php)

Voice over IP Calculator. 2007. H.323 Primer [online] [viitattu 5.4.2007]. Saatavissa: <http://www.voip-calculator.com/h323primer.html>

VoIP Troubleshooter LLC. 2006. Problem: Packet Loss [verkkójulkaisu]. VoIP Troubleshooter LLC [viitattu 27.11.2006]. Saatavissa: <http://www.voiptroubleshooter.com/problems/packetloss.html>

Volotinen, V. 1999. Tietoliikenne - Televerkot ja päätelaitteet. WSOY, Porvoo.