Digitaalisen puhelinjärjestelmän mahdollisuudet JYU:ssa

Anne Laine

Pro gradu -tutkielma 06.08.2006

Jyväskylän yliopisto

Tietotekniikan laitos

Tekijä: Anne Laine.

Yhteystiedot: Sähköposti anne.laine@jyu.fi, puhelin 050 585 4457.

Työn nimi: Digitaalisen puhelinjärjestelmän mahdollisuudet JYU:ssa.

Title in English: Possibilities of Digital Telephone System in the University of Jyväskylä.

Sivumäärä: 133.

Teettäjä: Jyväskylän yliopisto, tietotekniikan laitos.

Tiivistelmä:

Maailmalla on alettu kehittämään puhe/data-integraatioteknologioita, jotka yhdistävät ääntä sekä dataa samaan verkkoon ja voivat tuoda huomattavaa tehokkuutta työntekijöiden toimintaan. Myös Jyväskylän yliopistossa on tarpeen miettiä sopisiko uudenlainen keskitetty, puhe/data-integroitu ratkaisu JYU:n puhelinjärjestelmäksi tai osaksi sitä. Digitaalinen puhelinteknologia muistuttaa kaikkia muita yhteysteknologioita siinä, että siitä löytyy tiettyjä esteitä ja rajoitteita liittyen sen käyttöön erilaisissa verkkoskenaarioissa. Tämä tutkielma tutkii sopiiko puhe/data-integraatio JYU:n käyttöön ensinnäkin tarkastelemalla puhe/data-integraatiota eri näkökulmista ja esittämällä ongelmien ratkaisemiseen kehitettyjä ratkaisuja. Tutkimus tarjoaa myös viitekehystä teknologian muodostamalle palvelumahdollisuuksien kentälle ja yliopiston henkilökunnan viestintätarpeille.

Abstract:

Worldwide, there has been development of voice/data integration technologies, which combine voice and data into the same network and may substantially improve work force efficiency. It’s useful to consider if a new converged voice/data integrated solution, as a telephone system or part of one, could suit also University of Jyväskylä. Digital telephone technology resembles all other connection technologies in that it has certain obstacles and

limitations when used in different network scenarios. This thesis examines if voice/data integration could be used in the University of Jyväskylä first of all by examining voice/data integration from different perspectives and introducing developed solutions for its problems. Thesis also gives context for the sweep of services and capabilities within this technology as well as demonstrates university staffs communication demands.

Avainsanat: Puhe/data-integraatio, digitaalinen puhelinjärjestelmä, organisaation puhelinjärjestelmä, digitaaliset puhelinpalvelut.

Keywords: Voice data integration, digital telephone, organization telephone system, digital telephone services.

Käsitteet ja lyhenteet

AD-muunnos	Analogisen informaatiovirran muuntaminen digitaalisessa järjestelmässä lähetettävään muotoon.
All-IP	Kehitys jossa perinteinen televerkko vähitellen korvautuu täysin IP-pohjaisella verkolla.
ANI	**Automatic Number Identification** on puhelinyhtiöiden hyödyntämä järjestelmä, jolla identifioidaan soittavan tilaajan luettelonumero (DN, Directory Number).
CO	**Central office**, puhelinyhtiön kytkentäpalvelu.
CTI	**Computer-telephony integration**, maailmanlaajuinen termi selittämään tietokone- ja puhelinteknologioiden integrointia.
DSP	**Digital Signal Processor**, digitaalinen signaaliprosessori, joka muuttaa analogisen signaalin digitaaliseen muotoon ja käsittelee tulosta digitaalisesti.
GW	**Gateway,** yhdysväylä. Termi kuvaa valikoimaa verkkotekniikoita, jotka tekevät muunnoksia, jotka sallivat yhteentoimivuuden erilaisten verkkoarkkitehtuurien ja -protokollien välillä.
IETF	**Internet Engineering Task Force**, kansainvälinen yhteisö käsittäen verkkoinsinöörejä, -ylläpitäjiä, tutkijoita ja myyjiä, joiden päämääränä on taata Internetin tasainen toiminta ja kehitys.
IP PBX	PBX, joka käyttää IP-verkkoa kuljettimena.
ISP	**Internet service provider**, internet-liittymiä yksityis- ja yritysasiakkaille tarjoava kaupallinen operaattori. ISP voi olla joko perinteinen verkko-operaattori tai tämän kanssa kilpaileva palveluoperaattori.
ITU	**International Telecommunication Union**, kansainvälinen organisaatio, jonka pääkonttori sijaitsee Genevessä ja joka koordinoi

	yleismaailmallisia tietoliikenneverkkoja ja palveluita hallitusten ja julkisen sektorin kanssa.
IVR	**Interactive voice response**, puhelinteknologia, jota käytetään että voidaan vuorovaikuttaa tietokantojen kanssa äänitaajuuspuhelimella.
MCU	**Multipoint control unit**, luo multimediakonferenssipuheluita kolmen tai useamman soittajan kesken.
MGCP	**Media Gateway Control Protocol**, protokolla, jota käytetään ohjaamaan puhelin- tai mediayhdysväyliä ohjainten (MGC) avulla.
PBX	**Private Branch Exchange**, asiakkaan tiloissa sijaitsevat puhelinkytkin joka tukee monilukuisia, itsenäisiä alaliittymiä.
PCM	**Pulse code modulation,** puhelinyhtiöiden yleinen menetelmä AD-muunnokseen.
PDI	Tässä kirjoitelmassa käytetty lyhenne **puhe/data-integraatio**lle, yleisenä terminä erilaisille tele- ja tietoliikennejärjestelmien integroinnille.
PSTN	**Public Switched Telephone Network**, yleinen puhelinverkko, jota paikalliset puhelinyhtiöt ja kaukoliikennekuljettajat hallitsevat.
ROI	**Return of investment**, tarkoittaa päättäjien tapaa arvioida investointimahdollisuuksia vertaamalla investointikulujen odotettujen hyötyjen laajuutta ja ajanmääritystä.
SDP	**Session Description Protocol** kuvaa multimediaistuntojen tiedonantoa, kutsuja ja muita istuntojen aloitusmuotoja.
SIP	**Session initiation protocol**, sovelluskerroksen protokolla, jota käytetään Internetkonferensseihin ja IP-puhelinliikenteeseen.
SLA	**Service-level agreement**, sopimus joka tarjoaa palveluita tietyn minimitason yläpuolelta.
TDM	**Time-division multiplexing**, useiden datavirtojen lähettämiseen saman yhteyspolun läpi käytettävä menetelmä.

UDP	**User Datagram Protocol**, kuljetuskerroksen protokolla, joka kuuluu Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) -perheeseen.
VoIP	**Voice over IP**, sarja tekniikoita, joka sallii ääniliikenteen kuljettamisen IP-verkkojen, kuten Internetin, yli.
VoWLAN	Voice over WLAN, keino lähettää ääni-informaatiota digitaalisesti WLANin yli.
VPN	**Virtual private network**, turvallinen tapa yhdistää tietokoneverkko etäverkkoon väliverkon, kuten Internetin, yli.

Sisältö

1 JOHDANTO 1

1.1 TUTKIMUKSEN TAUSTAT 2
1.2 ANALOGINEN VS. DIGITAALINEN TIEDONSIIRTO 13
1.3 TUTKIMUSONGELMA 21

2 PUHE/DATA -INTEGRAATIO 24

2.1 TEKNIIKKA 24
2.2 PALVELUNLAATU (QOS) 36
2.3 INTEGRAATION EDUT JA ONGELMAT 44

3 INTEGRAATION MAHDOLLISUUKSIA 51

3.1 RATKAISUJA 51
3.2 PUHELUTAVAT JA LAITTEET 59
3.3 PALVELUT 63
3.4 LANGATON PUHE/DATA 69

4 PUHE/DATA -INTEGRAATIO SUURESSA ORGANISAATIOSSA 78

4.1 ESIMERKKEJÄ JA TUTKIMUKSIA 78
4.2 MIKÄ MAKSAA? 83
4.3 ETENEMISTAPOJA 89

5 JYU:N VIESTINTÄTARPEET JA PILOTTI-INTEGRAATION TULOKSET 93

5.1 VIESTINTÄKÄYTTÄYTYMINEN JA UUSIEN PALVELUIDEN TARPEELLISUUS 93
5.2 PILOTTIKOKEILUN SATOA 101
5.3 TUTKIMUKSEN ARVIOINTI 111

6 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET 114

6.1 YHTEENVETO 114
6.2 PUHE/DATA-INTEGRAATION ETENEMINEN JYU:SSA 118

LÄHTEET 121

LIITTEET 128

1 Johdanto

Televiestintämaailmassa on nykyään meneillään kaksi suurta mullistusta: mobiiliviestinnän sekä -palveluiden loputtomalta näyttävä kasvu ja laaja IP-pohjaisten multimediasovellusten kehittyminen. Kiinteissä verkoissa alati kasvava määrä kaikesta operaattoreiden kuljettamasta liikenteestä on nyt dataa. Dataliikenne on ylittänyt ääniliikenteen määrän moninkertaisesti jo aikaa sitten Internetin kehittymisen myötä. Tämä liikenteen kasvu johtuu osaksi WWW:stä ja yritysintraneteistä, joita käytetään yhä enemmän kaikentyyppisen informaation levitykseen ja bisnessovelluksiin. Monet IP-pohjaiset sovellukset muun muassa sallivat työntekijöiden tilata tarvikkeita, etsiä toisten työntekijöiden yhteystietoja, hallita projekteja, seurata luentoja, suorittaa koulutuksia, katsella TV-lähetyksiä ja jakaa dokumentteja. IP-pohjaisen data-liikenteen vallankumous on alun perin käyttänyt polttoaineenaan monia osatekijöitä, kuten:

- uusien veloitusstrategioiden, kuten kiinteätaksaisen internetyhteyden, esiintuloa,
- kannettavaa ja edullista tietokoneen käyttöä,
- lisenssivapaan lähdekoodin saatavuutta,
- Internet-teknologian nopeaa ja käytännöllistä standardisointiprosessia sekä
- massakäyttösovellusten, kuten sähköpostin ja WWW-surffailun, kasvua. *[Swale 2001]*

Kun ihmisen ilmeikkyyttä täydentävät teknologiat kehittyvät edelleen, enemmän ja vähemmän tarkoitetut seuraukset niin liike- kuin sosiaaliseenkin elämään sekä informaation vaihtoon ovat valtavia. Yritysten velvollisuutena on ymmärtää teknologiat sekä niihin liittyvät sovellus-, arkkitehtuuri-, bisnes-, kustannus-, teollisuusrakenne-, markkina-, media-, verkko-, politiikka-, hinnoittelu-, talous-, säännös- ja palvelukysymykset, jotka koskettavat liike-elämän ja kotikäyttäjiä sekä teknologian ja palveluiden tarjoajia.

Keskitetyn verkon – verkon, joka yhdistää äänen, datan, videon ja muun digitaalisen median yhteiseen laajakaistaiseen yhteysputkeen – käsite on nykyään laajasti tunnustettu vääjäämättömäksi. Kun äänen ja videon vaatimien resurssien varaus puuttuu

pakettikytkentäisiltä, ”yhteydettömiltä” reiteiltä, äänen tai videon reaaliaikaisen lähettämisen käytännön toteutus on silti yhä haastavaa. *[Cheng 2002a, Luqman ym. 2001, Maresca ym. 2004]* Edelleen, verkkoinfrastruktuurien kiristyneiden pääomabudjettien ja esiin vyöryvien, uusien ja rahaa tuottavien integroitujen sovellusten kanssa selviäminen on myös todistetusti hyvin vaikeaa toteuttaa.

Näiden haasteiden vuoksi tällaisen keskitetyn verkkoinfrastruktuurin suunnittelu, toteutus ja testaus vaatii tarkkaa huomiota pienimmästäkin yksityiskohdasta, olkoon sitten tekninen tai taloudellinen. Hyvä lopputulos kuitenkin eliminoi erilliset verkot ja/tai käyttää saatavilla olevaa kaistanleveyttä mahdollisimman tehokkaasti säästäen huomattavia kustannuksia sekä antaa loppukäyttäjälle saumattoman siirtymisen, parannettua luotettavuutta, kustannussäästöjä, palvelunlaatua (QoS), turvallisuutta ja uusia liiketoimintamahdollisuuksia. *[Cheng 2002a, Maresca ym. 2004, Muller 2000]*

Fuusio ääni- ja dataverkkojen välillä saavutetaan (niissä organisaatioissa joissa kummatkin ovat vielä erikseen käytössä) toteuttamalla yhteinen nopea runkoverkko, jonka yli ääni- ja dataverkot voidaan toteuttaa virtuaalisina. Verkkokustannusten vähentyminen saavutetaan verkkoresurssien paremmalla hyödyntämisellä sekä pakettikytkentävälineistön edullisuudella. Loppukäyttäjän edut ovat nousseet esiin sovelluspalveluiden hankkijoiden innostuksesta kehittää, toteuttaa ja tarjota uusia multimediapalveluita joissa ääni ja data on käsitelty koordinoidusti.

1.1 Tutkimuksen taustat

IP on vielä pysynyt ainoana soveltuvana protokollana pakettiverkoille enimmäkseen Internetin levinneisyyden vuoksi, sillä tämä on johtanut IP-välineistön merkittävään halpenemiseen samoin kuin Internet-teknologiaan koulutettujen teknikoiden ja insinöörien määrän huimaan kasvuun. Koska IP:lla ei siis ole merkittäviä kilpailijoita, on noussut idea juuri sen käyttämisestä puhelinliikenteeseen. Spesifisiä arkkitehtuureja ja protokollia IP-

puhelinliikennettä varten onkin kehitetty niin ITUssa, IETF:ssa kuin valmistajien yhteisöissä. Näitä arkkitehtuureja ja protokollia on jo kelpuutettu yleisiin puhelinverkkoihin, organisaatioverkkoihin ja Internetiin.

Motivaatioita IP:n omaksumiseen yleiseksi äänen ja datan kuljetusprotokollaksi ovat puhe/data-integraation (PDI) mahdollisuus ja sen seurauksena tuleva mahdollisuus toteuttaa uudenlaisia palveluita. Kuitenkaan puhe/data-integraatiota ja multimediapalveluita ei automaattisesti saavuteta IP:n omaksumisen myötä, vaan ne päinvastoin vaativat tarkoituksenmukaista, tehokasta ja tarkkaa suunnittelua sovellettuina käyttökohteisiin/paikkoihin. Keskitetyssä verkossa onkin monia riskejä ja mahdollisia karikkoja, joita voidaan lieventää tarkalla suunnittelulla. *[Lee 2004, Maresca ym. 2004]*

Chengin mukaan keskittämisen onnistumiseksi täytyy:

- Täysin ymmärtää yhteysprotokollat ja verkkotekniikat, odotetut liikennemäärät ja -tyypit sekä käyttäjän ja sovelluksen käyttäytyminen, jotta voidaan suunnitella ja jäljittää verkko-operaatioita ja kapasiteettia.
- Selkeästi tietää bisnestyyppi jota IP-puhelinliikenneverkko tulee tukemaan. Tämä on ratkaiseva tekijä verkon arkkitehtuurin kokonaissuunnittelussa ja parantaa tasapainoa suorituskyvyn, kustannusten laskun, turvallisuuden ja luotettavuuden välisessä vaihtokaupassa.
- Perusteellisesti arvioida operationaalinen politiikka ja parametrit, kuten puskurikoot, pakkauskaaviot ja ennustetut liikenteen määrät sekä ominaispiirteet. Tämä on tehtävä ennen tuotantoon siirtymistä, jottei liiketoiminta häiriinny. *[Cheng 2002a]*

Leen mukaan taas täytyy:

- katsoa kustannussäästöjä pidemmälle. Kun PDI yleistyy, perinteisten järjestelmien tarjoajien on pakko aloittaa rankka hintakilpailu, jolloin PDI-järjestelmältä, joka on toteutettu vain kustannussäästöjä varten, putoaa helposti pohja. PDI:n etuja on siis harkittava muiltakin alueilta.

- varmistaa yhteensopivuus. PDI-tarjoajien tuotteet eivät ole aina yhteensopivia ja on harkittava tuleeko tästä ongelmia yrityksen yhteistyökumppaneiden kanssa. Myös taaksesuuntautuva yhteensopivuus perinteisen laitteiston kanssa tulee varmistaa.
- ymmärtää testauksen tärkeys. PDI:n laajamittainen käyttöönotto ilman testausta voi aiheuttaa suurta tehottomuutta järjestelmissä ja sitä myöten stressiä työntekijöissä sekä tyytymättömyyttä asiakkaissa, jotka ovat tottuneet tiettyyn laatuun ja luotettavuuteen.
- muistaa kouluttaminen. Uusien palveluiden käyttämisen tehokkuusedut jäävät helposti käyttämättä jos käyttäjiä ei kouluteta käyttämään niitä oikein. Myös tekninen tukihenkilöstö täytyy kouluttaa vastaamaan uutta järjestelmää koskeviin ongelmatiedusteluihin.
- osata tehdä integraatio tarvittaessa asteittain. Suurissa organisaatioissa riskit voivat olla liian suuret yhtäkkiseen järjestelmänvaihtoon. Toteutus vaiheittain, esimerkiksi laitoksittain, on suositeltavaa. Täytyy silti muistaa ettei hidastele turhaan ja putoa alan kehityksen kelkasta.
- muistaa pitää kaikki joustavana ja muunneltavana. Nopea kehitys suoltaa uusia tekniikoita, palveluita ja hintoja niin nopeaan tahtiin, ettei mitään kannata lyödä lopullisesti lukkoon. Uusia mahdollisuuksia tulee seurata ja lisätä sitä mukaa kun niistä tiedetään hyötyvän. *[Lee 2004]*

Suurta osaa näistä suositteluista pyritään soveltamaan jo tässä tutkielmassa käyden läpi PDI-markkinoilla olevia teknisiä ja käytännöllisiä ominaisuuksia, sopivien tahojen tekemiä ja vertailevia PDI-kokeiluja, tutkimus Jyväskylän yliopiston käyttäjäkunnasta ja testattavana olleen VoIP-järjestelmän arviointia sekä tämän kaiken yhdistäminen suosituksiksi.

Viime aikoihin asti äänen ja datan yhdistyminen keskittyi enimmäkseen ATM-multimediaverkkoihin. Lopulta kuitenkin oli kehitettävä käytännöllisempiä, tehokkaampia ja halvempia mekanismeja, joihin keskitytään tässäkin kirjoitelmassa; nykyaikaisia puhe/data -integraation (PDI) sovellutuksia.

On myös ymmärrettävä katsoa menneisyyden kautta tulevaisuuden kehitykseen, sillä nämä teknologiat kehittyvät hurjaa vauhtia kysynnän ja käyttömäärän kasvaessa. Näin ollen ratkaisut muutaman vuoden päästä voivat erota suuressakin määrin nykyisistä ja mallit, jotka eivät ole vielä valmiita voivat olla ongelmattomasti käytettävissä jo lähitulevaisuudessa. Tarkoituksena on siis myös auttaa organisaatiota suunnittelemaan itse tällaisen teknologian tehokasta käyttöönottoa ajankohtaisen tilanteen mukaan.

Isossa organisaatiossa kuten yliopistossa on myös suuri määrä henkilöitä, jotka ovat vuosien ajan käyttäneet olemassa olevia järjestelmiä ja jatkavat näiden käyttöä vähintään yhtä aktiivisesti ja tehokkaasti, jos järjestelmää muutetaan onnistuneesti. Ensimmäiseksi on siis syytä tarkastella hieman, minkälaista kokonaisuutta ollaan mahdollisesti muuttamassa. Seuraavassa luvussa esitelläänkin lyhyesti perinteisen puhelinjärjestelmän toimintaa ja käyttöä.

1.1.1 Ison organisaation puhelinjärjestelmä

Yleisesti ottaen perinteinen puhelinverkko on sarja liitäntäpisteitä. Paikallisverkossa johtojen topologinen pohjapiirros on perinteisesti ollut kahden yksittäisen langan pari tai monta paria pujoteltuina asiakkaan tiloihin. Kuinka monta paria lankoja sitten tarvitaan yhden linjajoukon yhteydenpitoon puhelinjärjestelmässä tai -verkossa? Vastauksen (yksi) luulisi olevan itsestään selvä. Kuitenkin muuntyyppiset palvelut, kuten digitaaliset piirit ja yhteydet, vaativat kaksi paria. Normina oli vielä muutamia vuosia sitten yhden tai kahden parin käyttäminen. Paikallistarjoajat ovat kuitenkin jo jonkin aikaa asentaneet neljäparisia yhteyksiä asiakkaiden tiloihin. Loppukäyttäjä käyttää nyt siis erillisiä ääni-, faksi- ja datayhteysliitoksia. Jokainen näistä vaatii LECistä kaksijohtoisen rajapinnan. Silti jos CATV-tarjoaja on asentanut teknologian, he saavat yhdellä koaksiaalikaapelilla tyydytettyä äänen, faksin, datan ja laajakaistaisten Internetyhteyden tarpeet yhdessä rajapinnassa. Tämä todistaa, että paikallisverkossakin tapahtuu nopeaa yhdistymistä.

On paljon halvempaa asentaa koaksiaalikaapelia jossa ajetaan kaikki palvelut kuin monia pareja lankoja, joten topologia on yhden tai useamman parin omistettu paikallisyhteys puhelinhankkijalta asiakkaan tiloihin tai jaettu koaksiaalikaapeli CATV-toimittajalta. Tätä kutsutaan tähti- ja/tai tähtiväyläkonfiguraatioksi. *[Bates 2000, Mattes ja Emmerson 2003]* Puhelinyhtiön yhteys asiakkaalle saa alkunsa keskitetystä pisteestä, jota kutsutaan CO:ksi. Hankkija saattaa käyttää toisenlaista topologiaa, joko tähtikonfiguraatiota tai rengasta muihin pisteisiin. Renkaasta on tullut yleisempi yhteysmetodi paikallispuhelinyhtiöille. Nämä tähti/rengas tai tähti/väylä -yhdistelmät muodostavat pääosan verkkotopologioista.

Perinteinen rajapinta puhelinyhtiön verkkoon on yksijohtoinen puhelinlinja, joka on asennettuna vuosikymmeniä ja poistetaan sitten. Jokaiselle tilaajalle tai asiakkaalle toimitetaan ainakin yksi pari lankoja per puhelinjohto. Tälle säännölle on tietenkin poikkeuksia, kuten silloin kun puhelinyhtiöllä on useita käyttäjiä jotka jakavat lankaparin. Jos puhelupalvelua vaativien käyttäjien määrä ylittää saataville olevien parien määrän, yhtiö saattaa tarjota palvelua ryhmälinjalla tai jaetussa lankaparissa.

Tässä ulkoisessa laitteistossa CO:sta asiakkaan tiloihin tapahtuu 90 prosenttia kaikista ongelmista. Tämä ei kuitenkaan vihjaa siitä, että puhelinyhtiö tekisi surkeaa työtä toimittaessaan palvelua asiakkaalle. Analogisessa puhelinverkossa jokainen paikallisverkon pari on suunniteltu kuljettamaan yhtä puhelua ja tämä teknologia on todistettu toimivaksi suurimman osan aikaa yhä parantuen kun tekniikat kehittyvät.

Edellä on kuvattu yhteys verkon paikallisosassa. Sieltä paikallisyhteys täytyy laajentaa muihin tiloihin kaupungissa ja muualla maassa. Muun tyyppisiin toimistoihin tarvitaan siis yhteydet.

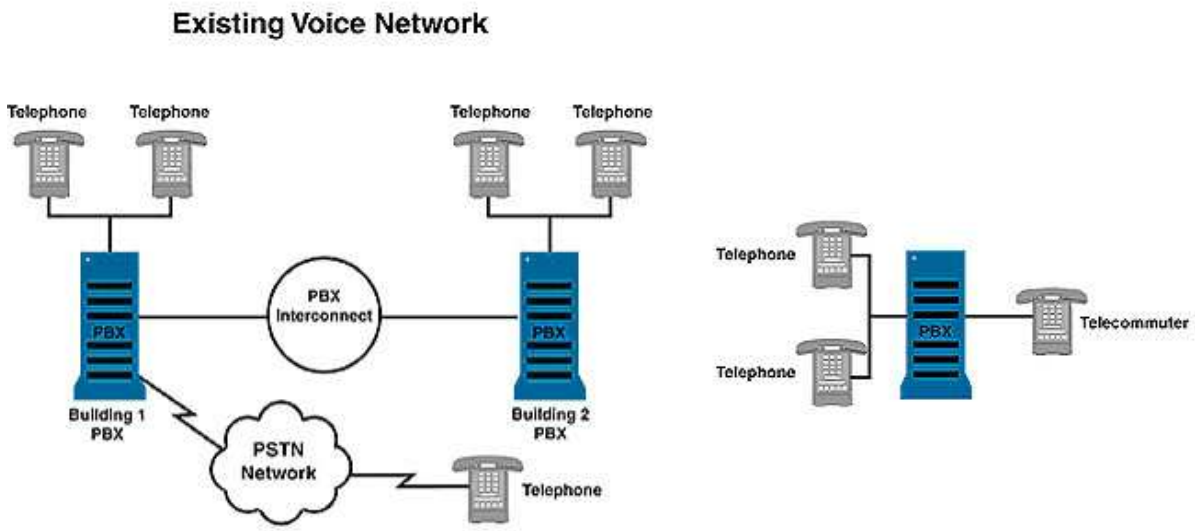
Laitteisto

Tarkastellaanpa komponentteja jotka muodostavat teleliikennejärjestelmän. Puhelin- ja teleliikenneyhteysbisneksen laitteisto on erittäin vaihtelevaa ja monimutkaista. Hyödykkeiden ja palvelujen sekoitus on yhtä suuri kuin mielikuvitus, joskin verkon päätepisteet muodostuvat

standardityypeistä. Laitteiston konvergenssi ja tietokoneistuminen vuosien mittaan on johtanut huomattaviin muunnelmiin. Seuraavassa on kooste välineistä ja niiden funktiosta perinteisessä puhelinverkossa:

- PBX (private branch exchange)
- Modeemi, datayhteyslaite
- Multiplekseri, monta käyttäjää yhdellä linjalla
- ACD (Automatic call distributor), puhelun automaattinen levitys
- VMS (Voice mail system), ääniposti
- AA (Automated attendant), ’vahtimestari’
- Radiojärjestelmät, matkapuhelimet
- Telefaksit
- CATV-yhteydet
- WWW-sallitut puhelinkeskukset

Integroidut äänentunnistus ja vastausjärjestelmä *[Bates 2000]*



Kuva 1. Tyypillinen analogiseen teknologiaan perustuva yrityspuhelinverkko. *[Perez 2000]*

Puhelinverkon tärkein komponentti, Private Automatic Exchange (PBX), on puhelinkytkin/vaihde joka on yleisimmin sijoitettuna asiakkaan tiloihin. *[Grigonis 2000, Mattes ja Emmerson 2003]* Sitä kutsutaan usein myös nimillä PABX, CBX ja EPABX. PBX tarjoaa puheluiden lähettämisen sisäisesti sekä ulos ja sisään yleisestä verkosta. *[Harte 2002a, Grigonis 2000]* PBX-järjestelmät ovat erillisiä paikallispuhelujärjestelmiä joita käytetään tarjoamaan rakennuksen tai niiden ryhmän sisäisiä puhelinpalveluita pienellä maantieteellisellä alueella. *[Harte 2002a]* PBX-järjestelmä kytkee puhelut yrityksen käyttäjien välillä paikallislinjoilla ja sallii kaikkien käyttäjien jakavan tietyn määrän ulkoisia linjoja. Useimmiten yritys, eikä suinkaan puhelinyhtiö, omistaa ja hoitaa PBX-järjestelmää. PBX:t käyttävät perinteisesti analogista tekniikkaa, mutta nykyään monet käyttävät myös digitaalista tekniikkaa, jossa digitaaliset signaalit muunnetaan analogisiksi ulkopuheluita varten. *[Grigonis 2000]*

Puhelinkeskukset

Puhelinkeskusteollisuus on muuttunut puhelinjärjestelmien kehitysvuosina ja sillä onkin nyt merkittävä vaikutus organisaation talouteen ja toimintatapoihin. Puhelinkeskukset tarvitsevat monen erilaisen teknologian integroimista maksimoidakseen informaation käytön ja rationalisoidakseen operaattoreiden toimintaa.

Puhelinkeskuksen palvelut saattavat olla elintärkeitä liike-elämän sujuvuudelle. Kun keskus on toteutettu, se integroi tietokannat ja tilausmerkintäjärjestelmät antaen keskuksen asiakaspalvelijoille mahdollisuuden käyttää ajankohtaista tietoa asiakkaiden kanssa kommunikoidessaan. Teknologia tarjoaa monia kommunikointiprosessissa auttavia ominaisuuksia, kuten nopean pääsyn asiakastietoihin ja puhelunhallinnan (lähetyksen, äänivasteen, sanomaliikenteen, jne.).

Centrex (Central Office Exchange Service) on yrityksille suunnattu palveluryhmä, joka tarjoaa asiakkailleen puheluihin liittyviä palveluita. Ennen Centrexiä yrityksillä ei ollut muuta vaihtoehtoa kuin käyttää vaihdetta (PBX, Public Branch Exchange). Centrex eroaa PBX:sta

siten, että palveluita ei tarjoakaan enää erillinen laite, vaan toiminnot on rakennettu yleisen puhelinverkon puhelinkeskuksen sisään. Yrityksen puhelimet ovat nyt suoraan yhdistetyt tähän puhelinoperaattorin tiloissa olevaan keskukseen. *[Toivanen 1998]*

Centrexin pääidea on se, että yrityksen ei itse tarvitse huolehtia puheluihin liittyvistä asetuksista ja toiminnoista, joten yrityksen ei tarvitse kouluttaa ja uhrata omaa henkilökuntaansa näihin tehtäviin eikä investoida laitteisiin. Puhelinkeskukseen voidaan liittää erittäin suuria määriä puhelimia, joten kun yritys ja liittymien tarve kasvaa, niiden lisääminen on vaivatonta. Yhteen PBX:een mahtuu vain rajoitettu määrä puhelimia ja niitä täytyy siis aina hankkia lisää laajentumispaineessa. *[Toivanen, 1998, Abrahams 2003]*

Centrex on edukkainta sellaisille yrityksille, joilla on toimipisteitä maantieteellisesti hajallaan. Nämä voivat olla hyvinkin kaukana toisistaan ja silti käyttää Centrex-palveluita eikä Centrex-ryhmän sisäisiä puheluja veloiteta. PBX:ssa tämä ei ole mahdollista, vaan kaikkien toimipaikkojen pitää hankkia oma PBX. *[Toivanen 1998]*

Järjestelmän ongelmakohtia

Teleteollisuus on kohdannut monia strategisia ja toimintaongelmia, joista osa pohjautuu puhtaasti voitontavoitteluun. *[Luqman ym. 2001]* Puhelinyhtiöt ovat vuosien varrella kehittäneet yhteyksiä ympäri maailmaa jotta saataisiin taloudellisesti kannattavia palveluita ja ROI saavutettaisiin. Itsestään selvästi asiakkaan pyytäessä tietynlaista palvelua, perinteisen puhelinyhteyden kuljettaja tarjoaa kahta vastausta:

1. Se ei ole teknisesti mahdollista.
2. Tariffi ei salli meidän tehdä sitä!

Huolimatta siitä mistä on kysymys, puhelinyhteyksien kuljettajat ovat aina olleet viive- ja rajoitustekijöitä data- ja ääniyhteyksien tarpeiden saavuttamisessa. Datayhteysteollisuuden alkuaikoina puhelinyhtiöt alkoivat laskuttaa kohtuuttomasti tällaisen erilaisen palvelun mukauttamisesta. He kyllä väittivät ymmärtävänsä uuden teknologian, vaikka suurin osa

heidän väestään ei pystynyt edes keskustelemaan palveluista tai vastaamaan yleisimpiin kysymyksiin, saati sitten tekemään vaikeita päätöksiä. *[Bates 2000]*

Puhelimet toki olivat aluksi pohjimmiltaan normaalihintaisia hyödykkeitä, jotka eivät tarvinneet paljoa erikoistoimintoja tai -kohtelua. Puhelinverkko myös suunniteltiin analogisen äänikeskustelun aikaansaamiseksi ja onnistuukin äänen kuljetuksessa vähintään kohtuullisesti. *[Miller 2000]* Kuitenkin jopa 75 prosenttia perinteisistä puheluista arvellaan päättyvän vastaajaan tai vastaamattomaksi *[McKnight ja Clark 2001]*. Tälle tehottomuudelle ei löydy analogisista teknologioista kohtuullisia ratkaisumalleja.

Viime vuosina on myös huomattu tarve tehokkuuden parantamiselle, muunlaisille lähetyksille ja palveluille. Puhelinyhtiöt ovat muiden mukana nähneet myös muutokset liikennemäärissä. Dataliikenteen määrä on ylittänyt ääniliikenteen jo vuodesta 1997. Siitä asti datan määrä on myös kiihtynyt kun äänen määrä on pysynyt ennallaan. *[Cisco 2002, Miller 2000]*

Keskuksen monimuotoisuus

Suurimmat haittapuolet Centrexeissä syntyvät suoraan eduista, kuten taulukosta XX voi huomata. Kun hallintaa ja henkilökuntaa ei ole oman talon puolesta, on järjestelmän muuttaminen tarpeiden mukaisesti sekä uusien teknologioiden lisääminen usein vaikeaa, hidasta ja jopa mahdotonta. Yleisesti joudutaankin mukautumaan puhelinoperaattoreiden ja jopa muiden yritysten haluihin.

CENTREXIN HYÖTY	**JOKA SAATTAA JOHTAA…**
Säästöt henkilökuntakustannuksissa	hallinnan menettämiseen.
Verkkokustannussäästöt	kustannusten kasvuun tulevaisuudessa.
Vähemmän hallintaponnistuksia	viiveisiin muutoksissa.
Käytön helppous	järjestelmäintegroinnin rajoittamiseen.
Tilan ja tehon säästöt	Centrex ja PBX -verkkojen risteytyksiin.

Taulukko 1. Centrex-järjestelmän hyötyjä ja haittoja. *[Toivanen 1998, Abrahams 2003]*

Piirikytkentäisen Centrexin ohjelmisto on kehittyneenä tullut vähintään yhtä monimutkaiseksi kuin suurien PBX-järjestelmien. Peittääkseen tappiot myyjät ovat pakotettuja hinnoittelemaan järjestelmänsä todella kalliiksi. Näin ollen puhelinyhtiöillä tulee olla hyvä, paikallinen liikesuunnitelma ennen Centrexien tarjoamista eikä niitä usein saa esimerkiksi lähiöihin tai pikkukaupunkeihin. *[Abrahams 2003]*

Siitä asti kun Centrexit lanseerattiin 40 vuotta sitten, on telekommunikaation tekninen kehitys näkynyt ensin PBX-järjestelmissä ja vasta myöhemmin Centrex-laitteissa. Etenkin IP-PBX:a myytiin kaksi vuotta ennen kuin IP-Centrex käynnistyi. Nyt sitäkin on jo saatavilla, mutta tarjonta on vielä vähäistä. *[Abrahams 2003]* Tietokone ja puhelin ovat kaksi suurinta ja tutuinta tekniikkatyökalua jotka ovat yhdistyneet, jotta puhelunkeskuksista saataisiin tehokkaampia ja tuottavampia. Keskuksella ja ohjelmistoteknologialla, joka auttaa operaattoreita sulauttamaan ja analysoimaan asiakastietoja vastatakseen asiakkaan tiedusteluihin, voi asianmukaisesti yhdessä käytettyinä olla huomattavia hyötyjä sekä asiakkaalle että organisaatiolle.

Puhe/data-integraatio kehitettiin erityisesti jotta saataisiin tehokkaampaa ja tuottavampaa kommunikaatiota yritysten ja asiakkaiden välille. Hyvin toteutettuna se voi dramaattisesti parantaa tapaa jolla yritys vuorovaikuttaa asiakkaiden kanssa, joka on puhelinkeskusten toteuttamisen perimmäinen tarkoitus.

Hyvin suunniteltu puhelinkeskuksen toteutus, sisältäen tietokone- ja puhelintekniikoiden sekä ihmistyövoiman integraation, tarjoaa erikoisetuja organisaatioille. Näitä ovat esimerkiksi

- yhä oikea-aikaisempi pääsy informaatioon,
- nykyisen ja uuden informaation jakamisen mahdollistaminen,
- informaation esittely asiakkaille ja tehokkaampi kommunikointi heidän kanssaan sekä
- asiakkaiden informaatiopyyntöjen oikea-aikaisempi prosessointi ja vaste.

Kehittynyt puhelinkeskuksen käyttö 2000-luvulla sisältää siis monta elementtiä eikä ole vain kokoelma puhelimia, tietokoneita ja operaattoreita. Enää eivät asiakkaat suvaitse pitkää, ikävystyttävää vasteprosessia, johon totuttiin ihmiskytkijöiden ja paperille painettujen opaskirjojen aikana. Asiakastiedot täytyy saada välittömästi näkyviin näytölle ja niitä pitää pystyä muokkaamaan puhelun aikana. Puhelinasiakaspalvelijat ovat pysyneet hyvin suunnitellun ja hallitun puhelinkeskustoiminnan peruskivenä. *[Sharp 2003]*

Bisnesyhteisöillä on ollut lisääntyviä vaatimuksia erikoistoiminteisiin yksinkertaisista tunnusjärjestelmistä isoihin verkottuneisiin PBX:iin. Yritykset ovat laajalti keskittyneet liike-elämän markkinoihin puhe/data-integraation näkökulmasta esimerkiksi seuraavista syistä:

- potentiaali merkittäviin säästöihin puhelumaksuissa
- IP-verkon läsnäolo kaikkialla korporatiivisessa liikeyhteisössä
- yhdistyneen infrastruktuurin mahdollisuus
- video- ja dataneuvottelun yleistyminen
- lupaus arvoa lisäävistä sovelluksista
- PBX:ien ja IP-puhelimien kehitys *[Swale 2001]*

Kasvavat kustannukset

Seuraavien vuosien aikana puhelinkeskusten henkilökuntakulujen hallinta nousee Sharpin mukaan organisaatioiden ongelmaksi. Hän perustelee tätä sillä, että puhelinkeskus käyttää 60–70% vuosittaisesta budjetistaan henkilökunnan palkkoihin, työntekijöiden vaihtuvuus lähestyy jo 50%:a monilla toimialoilla ja poissaolojen odotetaan lisääntyvän jopa 10% telekommunikaatio- ja kulutushyödykealoilla. Puhelinkeskusten ryhmittyminen myös pahenee aiheuttaen pulaa osaavassa henkilökunnassa samalla kun puhelinkeskusteollisuus kasvaa nopeammin, jolloin henkilökunnan ja multimedian vuorovaikutus tulee vaatimaan yhä enemmän koulutusmenoja. *[Sharp 2003]*

Kuten jo aiemmin mainittiin, PBX:ien ongelmana taas on laajennettavuuden hinta. Uudet vaihteet maksavat todella paljon ja niitä tarvitaan useimmiten kun organisaatio laajentuu.

Koska PSTN ei hyödynnä resursseja ja on kallista parantaa sekä mukauttaa, on se vähintäänkin vanhentunut ja tehoton järjestelmä. Suuri kysyntä uusille ominaisuuksille edistää tarvetta uudella tavalla kehittyneille viestintäjärjestelmille, kuten puhe/data-integraatiolle.

Ennen puhe/data -integraatioon tutustumista on käytännöllistä määrittää viitekehys tämän teknologian ennakkoluuloille tarkastelemalla perinteisen analogisen ja nykyaikaisen digitaalisen tiedonsiirron ominaispiirteitä, eroavaisuuksia, samankaltaisuuksia ja mahdollista yhteistoimintaa. Näitä on käsitelty seuraavissa luvuissa ja lopulta on vielä vertailtu yhteenvetona analogisen ja digitaalisen tiedonsiirron paremmuutta tiettyihin olosuhteisiin ja käyttötarkoituksiin.

1.2 Analoginen vs. digitaalinen tiedonsiirto

Tämä kappale auttaa lukijaa ymmärtämään analogisen ja digitaalisen tiedonsiirron eroja, yhteyksiä ja yhteistoimintaa. Lopuksi on vielä tehty vertailu näiden kahden teknologian vastaavuudesta organisaation tarpeisiin.

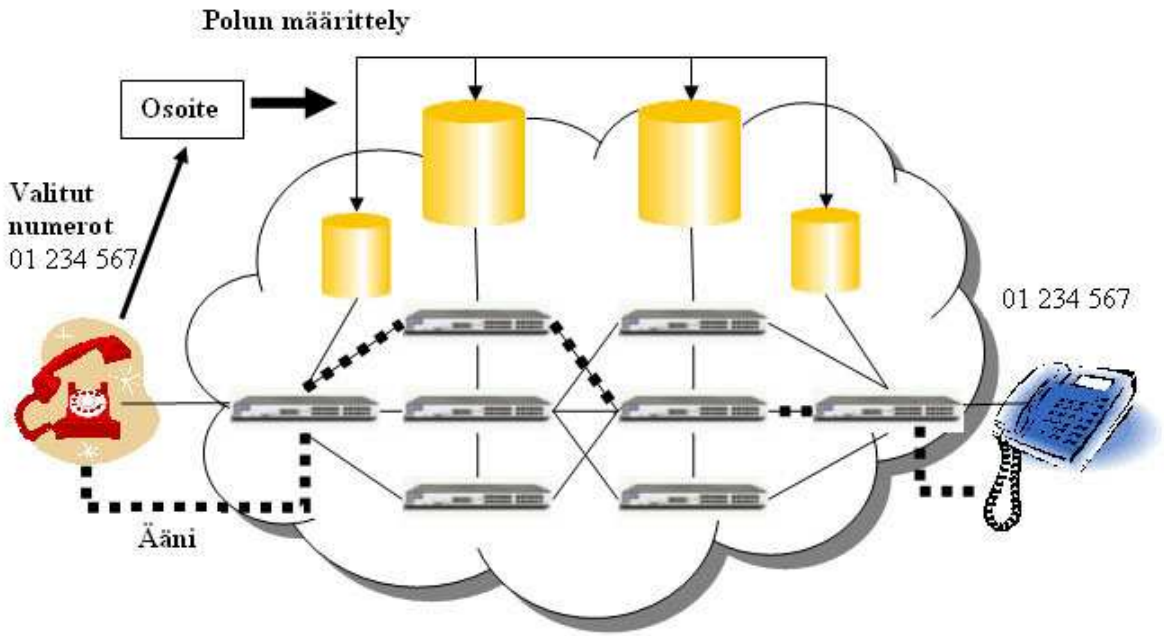
1.2.1 Analoginen ja digitaalinen siirtotapa

Perinteisissä puhelinverkoissa ja -palveluissa kaikki on äänipuhelua, piirikytkettyä, osa verkkoa ja itsestään selvää. Näin ollen nämä verkot ovat huonoja välineitä muun median kuljettamiseen, kuljettavat signaloinnin median mukana, linkittävät kaikki teollisuusmaat toisiinsa ja tulevat luultavimmin aina toimimaan ja olemaan saatavilla. *[Swale 2001]*

Piirikytkentä

Piirikytkentäinen verkko pysyy kiinteänä koko yhteyspiirin käytön ajan. Piirin kapasiteetti on vakio koko yhteyden ajan huolimatta lähetetyn signaalin sisältömäärästä. Kuvasta 2 näkyy, kuinka analoginen piirikytkentä toimii. Kun käyttäjä valitsee numerot, ne siepataan ja

käytetään ohjelmoimaan piirikytkimet päätepisteiden välillä. Jokaiseen kytkimeen määritetään siis tulo- ja lähtöportit ja näiden välillä kytkin käyttää vain vähäisten määrän lähetysaikaa. Kun kaikki kytkinmääritykset on tehty, audioreitti on valmis ja se pysyy samanlaisena koko puhelun ajan. *[Harte 2002a]*



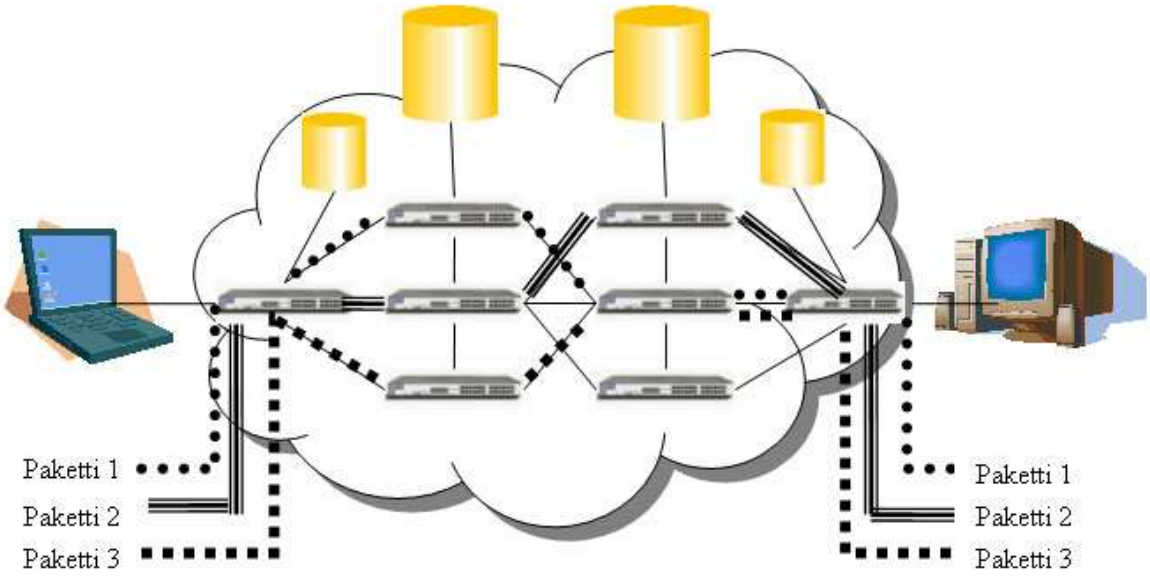
Kuva 2. Piirikytkentä. Kuva mukailtu lähteestä *[Harte 2002a]*.

PSTN:n (Public Switched Telephone Network) signalointiverkko taas on reititinpohjainen, yhteydetön, pakettikytketty asiakas/palvelinverkko joka on rakennettu samoin periaattein kuin Internetin vastaava. Signalointi on katkeamatonta myös virhetilanteissa, vaikka puhelinverkossa tällainen aiheuttaa puhelun epäonnistumisen. Signalointiverkko ei täytä hiljaisuuden täyttävää edestakaista lähetystä, vaan käyttää kaistanleveyttä vain tarvittaessa.

Pakettikytkentä

Digitaalinen tiedonsiirto on siis yhteydetöntä, reititysvapaata ja kaistasäästöistä. Pakettikytkentäisyys mahdollistaa tämän eikä katkaise kommunikointia virhetilanteissa. Pakettiverkossa signalointi tapahtuu samassa fyysisessä verkossa datan kanssa. Kuvassa 3

esitetään pakettikytkennän perustoiminnot. Tässä esimerkissä lähettäjän datayhteysohjelmisto jakaa tiedoston kolmeen datapakettiin ja lisää jokaiseen kohdeosoitteen. Sitten paketit lähetetään pakettiverkon reitittimien läpi, jotka päättelevät parhaimman senhetkisen reitin kohteeseen. Kuvasta näkyy, miten jokaiselle paketille valikoituu tarvittaessa erilainen reitti, jotta paketit voivat kulkea samaan aikaan ja koko tiedoston lähettämiseen saattaa kulua jopa kolmasosa siitä ajasta, joka kuluisi yhdellä reitillä sanoman lähettämiseen. *[Harte 2002a]*



Kuva 3. Pakettikytkennän datatoiminnot. Kuva mukailtu lähteestä *[Harte 2002a]*.

Purskeisuuden vuoksi ei ole mitään järkeä jakaa koko linkin kapasiteettia kiinteiden bittinopeuksien kanaville kuten PSTN tekee. On paljon järkevämpää tehdä kanavoimaton linkki ja sallia jokaisen paketin käyttää kokonaisuudessaan senhetkistä vapaata kapasiteettia. Näin ’kaikesta kaistanleveydestä kaiken aikaa’ piirikytketyssä multipleksoinnista tulee ’kaikki kaistanleveys jonkin aikaa’ pakettikytkentäinen multipleksointi.

Purskeisuus vaati kuitenkin myös puskureita, jotka voivat olla suuria ja joiden laajentuminen on ongelma pakettiverkoille. Äänen laatu on riippuvainen viiveistä ja pakettiverkot ovat yleensä sopimattomia äänen kuljettamiseen puskurien aiheuttamien viiveiden vuoksi.

Piirikytketyssä verkossa ei ole ollenkaan puskureita, ja tämä onkin vaihtokauppa piirien ja pakettien välillä. Tehokkaampi kanavoimattoman pakettiverkon linkin käyttö tasapainottuu sen tarpeella laajojen ja prosessorivaltaisten puskurien käyttöön, joista aiheutuu viiveitä.

Verkon solmu voisi tietenkin helposti asettaa viiveherkän paketin lähtöpuskurin jonon alkuun, jotta se lähetetään heti kun sillä hetkellä käsittelyssä oleva paketti on lähtenyt. Juuri tällaisesta on kysymys pakettiverkkojen QoS:ssä, josta kerrotaan tarkemmin luvussa 2.2. Kuitenkin, vaikka tämä keino minimoi viiveen vaihteluita, prioriteetti ei itsessään takaa vakaita viiveitä, sillä sarjaviive (*serial delay*) aiheuttaa yhä viiveen vaihteluita. Tämänkin minimoimiseksi on keinonsa, jotka yhä vain lisäävät pakettikytkentäisyyden monimutkaisuutta. *[Goralski 2000]*

Kohtaamiset ja erot

Koska ääni on luontaisesti analogista (ts. se vaihtelee kokoaikaisesti eikä esiinny diskreetteinä kuvioina), sen digitaalista lähettämistä varten täytyy suorittaa konversio analogisesta digitaaliseen eli AD-muunnos. Vastaanotossa täytyy tehdä päinvastainen DA-muunnos.

Analogisessa siirrossa käytetään vahvistimia jotka voivat pitkillä matkoilla puurouttaa häiriöt osaksi signaalia. Vahvistimilla ei saada täydellistä siirtoa, mutta äänen lähetys selviää hyvin virheistä. Myös digitaalisen pulssin teho vähenee sen edetessä ja se voi hävitä. Digitaalinen vastine vahvistimelle on toistin, joka imaisee pulssin ja lähettää kopion siitä seuraavaan toistimeen. Kun toistimia on sopivasti eikä melu ylitä sietorajaa, on mahdollista kuljettaa loppuvastaanottajalle signaali, joka on identtinen sen kanssa jonka lähetin laittoi matkaan.

Toistimia tarvitaan 3-4 kertaa enemmän samalla välimatkalla kuin analogisia vahvistimia, sillä pulssi on lyhyt ja häviää nopeammin. AD- ja DA-muuntimien tulee myös sijaita mahdollisimman lähellä päätepisteitä, sillä pisteiden ja muuntimien välinen analoginen siirto voi vääristää signaalia. *[Bates 2000]* Kun digitaalinen pulssi matkaa perinteisiä johtoja pitkin, niistä täytyy poistaa vahvistimet ja muut tarpeettomat välineet sekä lisätä toistimia. Toisin sanoen koko piiri täytyy järjestää uudelleen päästä päähän. *[Bates 2000]*

Digitaaliset rajapinnat emuloivat analogisia äänijohtoja ja käyttävät robbed bit signaling -menetelmää lähettääkseen samantapaista valvontatietoa kuin analoginen malli. Sellaisenaan jokainen kanava kuljettaa oman signalointinsa jolloin rajapintaa kutsutaan CASiksi. Kaikille äänikanaville yhteistä signalointikanavaa käyttävä, tehokkaampi metodi on CCS ja yleisin esimerkki siitä voisi olla ISDN:n käyttämä Primary Rate Interface.

Puhe/data-integraation täytyy tukea kaikkia äänirajapintoja jotta se voi tarjota laajan joukko sovelluksia. Vuosien varrella käyttäjät ovat oppineet odottamaan televiestintäjärjestelmältä tietyn tasoista tehokkuutta, luotettavuutta ja käyttäytymistä. Uusien pakettivälitteisten äänijärjestelmien valmistajien onkin täytynyt ratkaista nämä ongelmat jotta käyttäjät voisivat nauttia samantasoisesta palvelusta kuin mihin he ovat perinteisesti tottuneet. *[Cisco 2002]*

Miksi sitten yleensäkään nähdä kaikkea tätä vaivaa, varsinkin kun analoginen verkko toimii vallan hyvin? Taulukko 2 esittelee vain selkeimmät erot ääni- ja dataverkon välillä. Ääni vaatii vähintään 64 kb/s eli hyvin pienen määrän nykyajan kaistanleveydestä. Nopeuden kasvattaminen ei paranna ääniverkon toimintaa lainkaan kun dataverkko hyötyy aina kaistan kasvattamisesta. Purskeisuutta ei esiinny ääniverkossa, kun taas dataverkossa se voi olla hyvinkin suurta jopa samaa sovellusta eri aikoihin käytettäessä.

Verkon ominaisuus	**Puhelinkäyttäjät (piirikytkentä)**	**Tietokoneet (pakettikytkentä)**
Bittinopeus	Kiinteä ja matala (64kb/s)	Laaja valikoima (jopa Gb/s)
Purskeisuus	Ei ole	Korkea (100/1000:1)
Virheensietokyky	Oma virheenhallinta	Täytyy olla virheetöntä
Informaation lähetys takaisin	Ei mahdollista	Tarpeeksi nopeaa
Viive	Täytyy olla pientä ja vakaata	Voi olla suurempaa, voi vaihdella

Taulukko 2. Puhelimen käyttäjät ja tietokoneet verkossa.

Ääniverkon virheensietokyky on korkea, sillä ihminen käyttää puheessaan omaa virheenkorjausta. Tämä helpottaa suuresti ääniverkossa tarvittavan virheenhallinnan taakkaa. Jos taas tiedostoa ei lähetetä täysin virheettömästi, se ei toimi enää oikein vastaanottopäässä. Äänen virheenkorjaus on vaikeaa, sillä ääntä on hyvin vaikea lähettää uudelleen jos virheitä esiintyy. Tätä voi käyttää vain, jos dataverkko on niin nopea, että sovellus sietää odotuksen.

Äänen verkkoviiveen tulee olla sekä pientä että vakaata. Dataverkot pitävät pienistä viiveistä, mutta niiden ei aina tarvitse olla vakaita, sillä tiedoston alkuosa tulisi ennen loppuosaa, sillä ei kuitenkaan tee mitään ennen kuin koko tiedosto on tullut. Saavuttaakseen pienintä ja vakainta viivettä ääniverkko on perinteisesti tarjonnut vakaan yhteyspolun. Minimaalisia viiveongelmia sisältävät dataverkot voivat olla yhteydettömiä, joskin jotkut niistä yhteydellisiä ovatkin.

Näistä eroista pääteltiin, että on helpompaa rakentaa erilliset ääni- ja dataverkot kuin yhdistää niitä. Ja näin tehtiinkin, kunnes huomattiin, että jos linkkejä ja verkon solmuja olisi helpompi jakaa näiden verkkojen kesken, parannettaisiin tehokkuutta, säästettäisiin resursseja, jne. Alettiin kehittää tekniikoita yhdistämään ääntä ja dataa. *[Goralski 2000]*

Kumpi siis on parempi?

Perinteinen PSTN tarjoaa kaksisuuntaisen yhteyden, jossa ei käytännöllisesti katsoen ole ollenkaan viiveitä ja käyttäjillä on istunnon ajan yksinoikeus linjaan. PSTN-järjestelmä tarjoaa ennustettavan ja pysyvän palvelunlaadun, mutta ei hyödynnä hyvin verkon resursseja ja on kallista parantaa ja mukauttaa. *[Cheng 2003a, Grigonis 2000]* Analoginen ääni toimii hyvin perusyhteyksissä kytkimien tai PBX:ien välillä, mutta tulee kalliiksi kun yhteyksien määrä kasvaa. *[Cisco 2002]* Koska PSTN suunniteltiin piirikytkentäiseksi puhelunvälittäjäksi, on siihen vaikea lisätä uusia verkkopalveluita tai liikenteenhallinnan tehokkuutta. *[Grigonis2000]*

Pakettikytkentäisessä verkossa lähetettävät viestit rikotaan pienempiin paloihin ja voidaan siten kuljettaa eri polkuja lähetys- ja vastaanottopään välillä. Jokainen pala voi saapua omassa tahdissaan ja viesti täytyy koota uudelleen vastaanotossa. Tämä on sekä skaalautuvaa että

joustavaa liikenteen reitityksen kannalta ja tehokasta jaettujen resurssien käyttöä. *[Cheng 2003]* Valitettavasti pakettikytkentäinen verkko kuitenkin tarjoaa vaihtelevaa palvelunlaatua, koska resursseista kilpaileminen aiheuttaa ruuhkia verkossa. Lisäviivettä syntyy tarpeesta pakata, purkaa takaisin ja digitoida äänisignaaleja sekä lisätä pakettien otsikoiden reititys- ja sekvenssi-informaatiota kun puhelu matkaa verkon läpi. *[Cheng 2003a]*

Maresca, Zingirian ja Baglietto ovat vertailleet piirikytkennän ja pakettikytkennän lähestymistapojen pääperiaatteita seuraavasti:

1) Kallis vastaan halpa: Piirikytkennässä teknologia on erittäin monimutkaista sekä kallista ja tarvitsee täten suuret investoinnit jo alkuun.

2) Byrokraattinen vastaan ripeä standardisointi: Piirikytkentästandardi käyttää resursseja päättäjien väliseen yksimielisyyteen ja tekniseen dokumentointiin. Pakettiverkon standardien spesifikaatiot ovat pieniä ja perustuvat havaintoesityksiin ja summittaiseen yksimielisyyteen.

3) Sovelluspalvelut vastaan kuljetuspalvelut: Käyttäjä pääsee pakettikytkentäiseen verkkoon jo kuljetuskerrokselta ja voi siten rakentaa omia sovelluspalveluitaan. Piirikytkentäiset verkot piilottavat verkon palvelut ja kohtelevat asiakasta enemmänkin puhelinpalveluiden käyttäjänä.

4) Keskitetyt vastaan hajautetut palvelut: Piirikytkentärunkoverkko tukee peruspalveluita sekä lisäpalveluita ja kaikki sovellukset ovat verkon sisällä. Pakettikytkentä-runkoverkkoon ei sitä vastoin ole tarkoitus toteuttaa sovelluksia, joten nämä täytyy sijoittaa verkon laidoille.

5) Monopolistinen vastaan pluralistinen palvelutarjonta: Piirikytkentäasiakkaat pääsevät vain peruspalvelutarjoajan palveluihin, kun pakettikytkentäkäyttäjiä kannustetaan ostamaan palveluita erilaisilta tarjoajilta käyttäen pakettiverkkoa vain näiden palveluiden kuljettamiseen.

6) Säännöstelty vastaan impulsiivinen liiketoiminta: Puhelinpalveluiden liiketoimintaa valvotaan tarkasti jotta taattaisiin universaalit palvelut kaikille. Pakettikytkennän kehittyminen taas on yleisesti vapaiden markkinoiden ajamaa.

7) Kaupallinen vastaan ei-kaupallinen Interprovider-sopimus: Piirikytkennässä puhelinpalveluiden liiketoimintamalli perustuu tarkkaan puhelinliikenteen laskutukseen. Pakettiverkon liikesuhteet taas perustuvat raakaan arvioon IP:n kokonaisliikenteestä.

8) Tiukka vastaan joustava resurssien varaus: Piirikytkennässä välityskapasiteetin suunnittelu seuraa tiukkoja sääntöjä jotka takaavat linjojen saatavuuden. Pakettikytkennän resurssit ovat kokonaisliikennettä kuljettavien linkkien ja reititysvälineistön kapasiteetteja. Heti kun liikenne kyllästää jotain kapasiteettia, verkon ohjaaja nostaa resurssien toimintaa ja saatavuutta.

9) Taattu palvelu vastaan luokittelematon liikenne: Piirikytkennän palvelut tarjotaan yleisesti korkealaatuisina, joten lähetys on taattua ja aina saatavilla. Pakettikytkennän palvelut sitä vastoin tarjotaan yleisesti luokittelemattomina sekä lähetykseltään että saatavuudeltaan.

10) Määräpohjainen vastaan kiinteä hinnoittelu: Piirikytkentä laskutetaan keston ja välimatkan perusteella, joka sallii kaukolinjamäärien pitämisen alhaisina. Pakettikytkentä taas laskuttaa asiakasta suhteellisen kiinteästi välimatkoista riippumatta, joka rohkaisee käyttämään kaukolinjoja ja voi huonontaa palvelun tasoa, kun linkit kyllästyvät. *[Maresca ym. 2004]*

Tästä kaikesta voidaan päätellä, että:

1. Piirikytkentää voisivat periaatteessa taloudellisesti käyttää vain suuret organisaatiot ja yhtiöt, joilla on varaa alkuinvestointiin. Pakettikytkentä taas on yksinkertaista ja halpaa sekä helposti hallittavissa myös pienemmissä yrityksissä.
2. Kommunikaatiota tehokkaasti kehittävän ja ajan tasalla pysyvän yrityksen kannattaa valita pakettikytkentä, kun taas konservatiivisemman ja vakaata luotettavuutta tarvitsevan pitäisi turvautua piirikytkentään.

3. Jos yhtiöllä on aikomuksena tuottaa tulevaisuudessa itse palveluita, on tämä mahdollista vain pakettiverkossa. Jos taas tällaisten tarjoaminen ja uudistaminen jätetään mieluusti kokonaan palveluntarjoajan harteille, kannattaa valita piirikytkentä.
4. Jos tahdotaan pysyä lojaaleina yhdelle tarjoajalle ja luotetaan tämän palveluihin, voidaan valita piirikytkentä. Toisin taas valitaan silloin kun halutaan ennemminkin laaja valikoima kaikelle mitä tarvitaan ja saatetaan tulla tarvitsemaan.
5. Jos halutaan luotettavaa ja pysyvää palvelua ja/tai luotettavaa ja tarkkaa laskutusta, kannattaa valita piirikytkentä. Jos taas ollaan valmiita riskilliseen mutta mahdollisesti tuottavampaan palveluun ja/tai mahdollisesti vaihteleviin ja edullisempiin kustannuksiin, voidaan valita pakettikytkentä.
6. Jos käytön asteesta ja/tai etäisyyksistä odotetaan vaihtelevaa, pakettikytkentäisyys on parempi vaihtoehto.

1.3 Tutkimusongelma

Se, mitä tiedonsiirtomenetelmää kannattaa käyttää milloinkin, riippuu siis yrityksen koosta, kehittymistarpeesta, vakaudesta, rahoituksesta ja liiketoiminnasta. Tavallisesti näitä kohtia kannattaakin harkita tarkkaan, priorisoida tarpeet ja päätellä niiden pohjalta kumpi järjestelmä olisi parempi juuri omiin tarpeisiin.

Jyväskylän yliopiston kokoisessa suuressa organisaatiossa puhelinjärjestelmän kulut ovat huomattavia ja niitä pyritäänkin pienentämään aktiivisesti. Organisaation sisäiset perinteisen puhelinverkon puhelut on saatu helposti miltei ilmaiselle tasolle sisällyttämällä ne operaattorin kertamaksuihin. Henkilökunnan kasvava mobiililaitteiden käyttö on kuitenkin suurimpia puhelinkustannuksia ja yleisesti vaikeaa pienentää. Nykyisen puhelinjärjestelmän tehokkuudessa ei näennäisesti ole vikaa, sillä siihen on jo kymmenien vuosien ajan totuttu. Totuus kuitenkin on, että nykyaikaisilla digitaalisilla teknologioilla on mahdollista toteuttaa tehokkaampia palveluita, joiden edut näkee vasta käytössä. Useat tutkimukset ovat osoittaneet näiden tehostavan henkilöstön toimintaa oikein käytettyinä kymmenillä prosenteilla.

Kuten luvun 1.1.3 lopussa mainittiin, maailmalla on alettu kehittämään teknologioita, jotka yhdistäisivät ääntä ja dataa samoihin verkon linkkeihin ja solmuihin. Jotta JYU:ssa voitaisiin yhä rohkaista mobiilisuutta ja tehostaa puhelinkäyttäytymistä, on tarpeen miettiä sopisiko uudenlainen keskitetty, puhe/data-integroitu ratkaisu JYU:n puhelinjärjestelmäksi. Tämän tutkielman päätavoitteena onkin etsiä vastausta yhteen kysymykseen: sopiiko digitaalinen puhelinjärjestelmä JYU:n käyttöön paremmin kuin vanha järjestelmä tuoden lisää tehokkuutta ja maksaen itsensä takaisin?

Digitaalinen äänen lähettäminen eroaa perinteisestä analogisesta tekniikasta hyvin monella tapaa, joista osassa perinteinen järjestelmä yhä voittaa. Digitaalinen puhelinteknologia muistuttaa kaikkia muita yhteysteknologioita siinä, että siitä löytyy tiettyjä esteitä ja rajoitteita liittyen sen käyttöön erilaisissa verkkoskenaarioissa. Tutkielmassa pyritään esittämään nämä ongelmat ja niiden ratkaisemiseen kehitettyjä ratkaisuja.

Tutkielma tarkastelee puhe/data-integraatiota eri näkökulmista tarjoten viitekehystä niin itse teknologialle kuin sen muodostamalle palvelumahdollisuuksien kentällekin.
Tarkoituksena on

- esitellä teknologioita jotka perustuvat nykyisen ääni- ja datamaailman yhdistymiseen.
- esitellä sovelluksia ja kustannuksia.
- esitellä ennemminkin järjestelmää kuin yksittäisiä teknologioita, joskin osien kautta pääsee varmimmin kokonaisuuteen, joten näitäkin esitellään lyhyesti.
- miettiä jo tehtyjen tutkimusten ja kokeilujen kautta miten tällainen teknologia voidaan suunnitella, ottaa käyttöön ja ylläpitää suuressa organisaatiossa kustannustehokkaasti, toimivasti ja ilman suurempia ongelmakohtia.

Empiiriseen tutkimukseen kuuluu kolme pääosiota; valmiiden toteutusten tarkastelu, käyttäjäkysely sekä pilottikokeilun analysointia.

Tutkielman rakenne on seuraava: luvussa 2 esitellään lyhyesti puhe/data-integraatiota tekniikan, QoS:n sekä yleisten kustannusten osalta ja vertaillaan lopuksi tämän teknologian valmiutta toimia jo nykypäivänä luotettavasti ja kannattavasti. Luku 3 taas esittelee puhe/data-integraation mahdollisuuksia tarjolla olevien ratkaisujen, laitteiden ja palveluiden kannalta sekä keskittyy lopuksi tarkastelemaan langattoman integraation mahdollisuuksia. Koska tekniikkaa on jo testattu ja kokeiltu laajasti, luvussa 4 esitellään sekä tutkimuksia että käytännön kokeiluja puhe/data-integraation toteuttamisesta, käyttöönotosta ja kustannuksista. Luvussa 5 esitellään sähköisenä toteutettu kaksiosainen viestintäkysely yliopiston henkilökunnalle ja sen tuloksia sekä JYU:n sisäinen VoIP-pilottikokeilu. Luvussa 6 pohditaan vielä tuloksia ja niiden käytettävyyttä yliopistolla nyt, tulevaisuudessa ja/tai vähitellen toteutettuna sekä seuraavia askelia ja tulevia kehityskohteita.

2 Puhe/data -integraatio

Kuten luvussa 1.2 on todettu, perinteinen PSTN on piirikytkentäinen verkko, joka tarjoaa ennustettavan ja pysyvän palvelunlaadun, mutta ei hyödynnä hyvin verkon resursseja ja on kallista parantaa sekä mukauttaa. Pakettikytkentäinen verkko on sekä skaalautuva että joustava liikenteen reitityksen kannalta ja jakaa tehokkaasti resursseja, mutta tarjoaa vaihtelevaa palvelunlaatua ja ruuhkia verkossa. *[Cisco 2002]*

Puhe/data-integraatio (tässä kirjoitelmassa usein myös mainittu lyhenteellä PDI) voidaan parhaiten ajatella irrallisena mutta monimutkaisena yhdistelmänä lomitettuja teknologioita – ei yhtenä kappaleena laitteistoa tai ohjelmistoa, vaan keinona yhdistää kaksi informaatiovirtaa (ääni ja data) avointen, standardipohjaisten järjestelmien läpi. *[Sharp 2003]* PDI mahdollistaa monien ääni- ja datakanavien lähettämisen yhdessä digitaalisessa kuljettimessa. Tarkoituksena on siis eliminoida erilliset verkot ja/tai käyttää saatavilla olevaa kaistanleveyttä mahdollisimman tehokkaasti jotta kustannukset vähenevät. *[Muller 2000]*

2.1 Tekniikka

Ääniliikenteen kuljettamiseen käytetyn teknologian ymmärtäminen on ratkaisevaa suunniteltaessa toimivaa IP-puhelinverkkoa. Varsinkin tarjolla olevissa protokollissa näyttäisi olevan valintaa sen perusteella, mitkä ovat suunnittelun lähtökohdat ja -välineet sekä lopulliset päämäärät. Seuraavissa luvuissa esitellään IP-puhelinliikenteen mahdollistavat teknologiat.

2.1.1 Protokollat

Virtuaalisesti kaikki IP-pohjaiset sovellukset seuraavat asiakas/palvelin-kaavaa, josta WWW-surffailu on klassinen esimerkki. WWW-palvelin on tilaton ja muistiton; kun pyytää uuden sivun, koko kuljetusprosessi alkaa alusta. Myös sähköposti omaa samanlaisia ominaispiirteitä; vaikka olisit kirjautunut sisään sähköpostipalvelimeen, yleensä kyselyjä ja tiedostoja/vastauksia silti lähetetään edestakaisin. Vastakkaisena näille sovelluksille ovat

päästä-päähän (E2E) -sovellukset, joilla on yhä monia rajoituksia. Ensinnäkin äänisovelluksen vastapäiden tulee sopia jollakin tavalla milloin kommunikointi aloitetaan ja mitä ominaisuuksia käytetään sekä vaihtaa IP-osoitteita, jotta voidaan aloittaa, neuvotella ja modifioida istuntoa. Valintayhteyksissä nämä tavallisesti varataan dynaamisesti kytkettäessä.

Jotta Internet siirtyisi informaation hausta eteenpäin sisältämään reaaliaikaista ääntä ja videota ja ihmiset voisivat kommunikoida sopivimmalla saatavilla olevista välineistä, on multimediaistuntojen aloittamiseen, neuvotteluun, muuntamiseen ja purkuun saatava oikea protokolla. *[Grigonis 2000, Swale 2001]*

Signalointi

Normaalin IP-puhelun toteutus käsittää puhelun asentamisvaiheen, keskusteluvaiheen hallinnan ja lopulta purkamisvaiheen. Näissä vaiheissa tarvitaan erilaisia IP-puhelimen signalointiprotokollia. Puhelun asentamisen ja purkamisen voi hoitaa useampi protokolla ja nämä esitellään sekä vertaillaan seuraavissa luvussa. Varsinaisen äänihyötykuorman vaihtaminen käyttää kaksisuuntaisia datalähetyksiä jotta kumpikin osapuoli voi puhua samaan aikaan. Kumpikin datalähetyksistä käyttää korkeampitasoista kuljetusprotokollaa nimeltä Real-time Transport Protocol (RTP), joka on kapseloitu verkon yli mennessään UDP:aan.

Signaling System 7 (SS7, ITU-T:n standardi) varaa puhelun asentamisen PSTN-puheluille. Tavallisesti kaistan ulkopuolisiin SS7-lähetyksiin käytetään erillistä verkkoa. SS7-verkon komponentit kommunikoivat paikallisten ja kaksoiskytkimien kanssa varatakseen kapasiteettia ja vapauttaakseen yhteydet tarvittaessa.

H.323 (RFC 3508 *[Levin 2003]*, 3762 *[Levin 2004]*)

H.323 sai alkunsa 1990-luvulla kun ITU-T alkoi työskennellä suosituksen parissa, joka tarjoaa multimediapalveluita pakettiverkoissa. H.323 määrittää kahden videokonferenssilaitteen välisen reaaliaikaisten audio- ja videolähetysten hallintaan tarvittavat signalointiprotokollat sekä proseduurit datan pilkkomiseksi paketeiksi ja lähetysten synkronoinniksi yhteyskanavien

läpi *[Goralski ym. 2000]*. H.323 käsittää laajan valikoiman standardeja, joukon olioita jotka tarjoavat toimivuuden, sekä näiden olioiden kommunikointiin käyttämät protokollaviestit ja toimintosarjat *[Cheng 2003a, Swale 2001]*. H.323-protokollaperhettä on jalostettu vuosia ja siitä on saatu jykevä ja helppo toteuttaa. Mutta jykevyydellä on hinta: puhelu käsittää monia kättelyitä ja datanvaihtoja jokaisen toiminnon kanssa *[Cheng 2003a]*.

H.323-järjestelmässä on neljä avainkomponenttia: päätteet, yhdyskäytävät, vahdit ja MCU:t *[Cisco 2002, Goralski ym. 2000, Reponen 2003]*. H.323-järjestelmä yhdistää tavallisia lankapuhelimia datayhteyslaitteisiin yhdyskäytävien ja vahtien läpi. Yhdyskäytävät kääntävät audio- ja multimediainformaation formaateiksi, joita voi lähettää pakettiverkon läpi. Vahdit koordinoivat, auktorisoivat ja laskuttavat pääsyä yhdysväylien läpi. *[Goralski ym. 2000]*

H.323 on kehittynyt monien versioidensa läpi ja sen protokollajoukkoa on laajennettu lisäosilla jotka kuvaavat niin ydin- kuin reunaprotokollienkin ominaisuuksia. Kun käsite reaaliaikaisten keskustelupalveluiden tarjoamisesta pakettiverkkojen yli saavutti valtavirran, H.323:n ulottuvuus kasvoi jättimäisesti kapseloimaan erilaisia sovelluksia. *[Swale 2001]* Seurauksena H.323 alkoi muuttua monimutkaiseksi sisältäen laajan valikoiman lisäyksiä, joissa kuvailtiin uusia protokollaominaisuuksia ja -menetelmiä. *[Karila 2005, Swale 2001]*

H.323 on monoliittinen protokolla, joten se sisältää kaiken jonka se toimiessaan tarvitsee. Joissakin tapauksissa tämä on hyvä asia. Kun suunnitellaan laitetta tai sovellusta, kaikki tarvittava on mukana ja hyvin dokumentoitu. Silti, monoliittiset protokollat eivät ole kovin joustavia, vastustavat räätälöintiä ja sopeutuvat hitaasti uusiin teknologiauudistuksiin. Lisäksi H.323 ei ole skaalautuva ja vanhentuu väistämättä. *[Cheng 2003a]*

Samoihin aikoihin kun H.323:n heikkoudet paljastuivat, IETF alkoi luoda arkkitehtuuria, joka lisäisi Internetin protokollakalustoon reaaliaikaisia mahdollisuuksia keskustelua varten. Olennainen komponentti tässä arkkitehtuurissa sisälsi istunnon asentamisprotokollan nimeltä session initiation protocol (SIP), joka kehitettiin Internetin päästä-päähän -periaatteiden

ympärille. Toinen merkittävä protokolla, jota IETF kehittää on MGCP (Media Gateway Control Protocol). Nykyään näihin arkkitehtuureihin löytyy tuki monien myyjien tuotteilta ja niistä on tullut iso tekijä keskitettyjen verkkojen toteutuksessa. *[Swale 2001]*

Session Initation Protocol (SIP, RFC 3261 *[Rosenberg ym. 2002]*) haastaa H.323:n

Vaikka H.323:lla ja SIPillä on samanlaisia päämääriä, ovat ne saaneet alkunsa erilaisista lähtökohdista. H.323 on muokattu televiestintäteollisuuden tarpeisiin ja sillä on äänikeskeinen perintö. SIP sai alkunsa protokollana, joka asensi yksinkertaisia Internet-istuntoja *[Swale 2000]* ja rakentuu sukulaisprotokollien, kuten SMTP:n ja HTTP:n, menestymiseen omaksuen samanlaisen lähestymistavan. *[Karila 2005, Swale 2000]*

SIP on kevyen sarjan signalointiprotokolla jota käytetään luomaan, muuntamaan ja lopettamaan istuntoja yhden tai useamman osapuolen kesken *[Cheng 2003a, Karila 2005, Miller 2000, Reponen 2003]*. Näihin yhteysistuntoihin voi sisältyä Internet-puheluita, multimediakonferensseja, etäkuuntelua sekä muita multimediajakeluita. Osanottajat voivat kommunikoida käyttäen unicast-, multicast- tai anycast-operaatioita tai niiden yhdistelmää. SIP voi kutsua sekä ihmisiä että laitteita osallistumaan istuntoihin. *[Karila 2005, Miller 2000]*

SIP sisältää rekisteröintitoiminnon, joten se tarjoaa nk. läsnäoloa (*presence*) *[Cheng 2003a, Karila 2005, Swale 2000]*. Tämä läsnäolo tarjoaa ainutlaatuisen mahdollisuuden päättää voidaanko istunto aloittaa ilman puhelua *[Cheng 2003a]* sekä mahdollistaa käyttäjän ’tuntea’ haluamansa vastaanottajan läsnäolon, reagoida sen ominaisuuksiin ja herättää komentokieltä joka riippuu puhelun ajasta, paikasta tai mediatyypistä *[Swale 2000]*. Näin sovellus voi sopeuttaa istunnon dynaamisesti laitteelle, jota verkko sillä hetkellä käyttää *[Cheng 2003a]*.

SIP-järjestelmä koostuu pääasiassa asiakkaista (NGW, kuten mediayhdyskäytävä) ja palvelimista (proxy, kuten mediayhdyskäytävän ohjain tai vahti). SIP-protokolla voi käyttää lähetysten ohjaukseen myös tekstipohjaista SDP:aa (session description protocol), jota käytetään tarjoamaan korkeatasoista määrittelyä yhteyksistä ja lähetyksistä. *[Harte 2002a]*

SIP on osa IETF:n multimedian tieto- ja hallinta-arkkitehtuuria, joka käsittää protokollia kuten RTCP, RSVP, SAP ja SDP. SIP tukee viittä multimediayhteyspuolta: käyttäjän paikannusta, käyttäjän kykyjä, käyttäjän saatavuutta, puhelun asentamista ja puhelun käsittelyä. SIPillä näiden viiden integroidun toiminnon käyttäminen ei ole niin monimutkaista kuin H.323:lla, sillä H.323 käyttää erikoistoimintoihin myös muita protokollia. H.323:n viestijoukko on myös monimutkaisempi kuin SIPin, jossa on minimaalinen joukko välttämättömiä viestejä, joista yhdenkään verkon laitteen ei edes tarvitse osata kaikkia. *[Miller 2000]*

SIP on oiva kandidaatti mille tahansa IP:n yli kommunikoivalle E2E-sovelluksille koska se on kevyttä sarjaa *[Reponen 2003, Swale 2000]*, joustava, skaalautuva, laajennettavissa ja ohjelmoitavissa. SIP tarjoaa hyvän mahdollisuuden sekä verkon että palveluiden tarjoajille luoda varovasti räätälöityjä palveluita, hallita istuntoja paremman laadun ja luotettavuuden saamiseksi sekä sallia maksullisten verkko-ominaisuuksien, kuten arkistoinnin ja mediakoodekkien, käytön. *[Swale 2000]*

Siinä havaitun yksinkertaisuuden ja toteutuksen helppouden perusteella SIP on ennustettu H.323:n seuraajaksi niin hankkijoiden, verkko-operaattorien kuin laitevalmistajienkin puolesta *[Harte 2002a, Karila 2005, Swale 2000]*. Alusta alkaen SIPin määritykseen on ehdotettu laajennuksia jotta palveluntarjoajien suunnittelemien laajojen järjestelmien moninaiset tarpeet kohdattaisiin. Laajennukset voivat kuitenkin huonosti hallittuina romuttaa yksinkertaisuuden sekä helpon toteutuksen ja pilata alkuperäiset motivaatiot SIPin kehittämiseen. *[Swale 2000]*

Media Gateway Control Protocol (MGCP, RFC 3435) ja MEGACO (RFC 3015)

MGCP on IETF:n aloite, joka perustuu kahden protokollan, SGCP:n ja IPDC:n, kehitystyöhön ja lopulta sulautumiseen. *[Miller 2000]* MGCP käyttää ohjainta asentaakseen, hallitakseen ja lopettaakseen multimediaistuntoja GW:den läpi keskitetyissä järjestelmissä. Perimmiltään MGCP:aa käyttävässä järjestelmässä on keskitetty valvonta. Tällainen hallintarakenne eroaa

muista multimedianohjauksen protokollajärjestelmistä, jotka sallivat hajautetun verkko-ohjauksen, siten että päätepisteet voivat suoraan asentaa ja hallita istuntoa. *[Harte 2002a]*

MGCP on suunniteltu yksinkertaiseksi tavaksi ohjata yhdyskäytäviä. Muita signalointiprotokollia voidaan käyttää MGCP:n kanssa esimerkiksi yhteyden asentamiseen ja purkamiseen. Yhdyskäytäviä, joita MGCP voisi ohjata, ovat suuria määriä digitaalisia piirejä hoitavat reititysyhdysväylät kuten VoATM-yhdyskäytävät, xDSL:t, WLAN-laitteet ja PBX-yhdyskäytävät. MGCP-mallissa yhdyskäytävät keskittyvät äänisignaalin kääntötoimintoihin kun ulkoinen puheluagentti käsittelee signaloinnin ja puhelunkäsittelyn. Erottamalla sisäiset yhdysväylätoiminnot ulkoisista signalointitoiminnoista yhdysväylien toteutus, parantaminen ja ylläpito yksinkertaistuu ja tekniikoiden laajentumisesta tulee todennäköisempää. *[Miller 2000]*

MGCP käyttää yksinkertaisia päätepisteitä, joita kutsutaan MG:ksi (Media Gateways). Älykäs MGC (Media Gateway Controller) tarjoaa palveluita. *[Cheng 2003a, Cisco 2002]* Isäntä/orja-suhde säilytetään kokoaikaisesti MGC:n ja MG:den välillä. *[Cisco 2002]* On tärkeää ymmärtää MG-päätepisteiden tilaton luonne ja että niillä ei ole minkäänlaista paikallista puheluälykkyyttä. Tavallaan MG on MGC:n looginen jatke ja näiden välinen yhteys on ratkaisevaa puhelun ylläpitämiselle. Jos uusia palveluita julkistetaan, ne täytyy ottaa käyttöön vain MGC:ssä. *[Cisco 2002]*

MGCP edustaa suhteellisen uutta joukkoa asiakas/palvelinprotokollia IP-puhelinsignalointiin. Nämä protokollat ovat kehittyneet vastaamaan tilallisen, keskitetyn hallinnan tarvetta suhteellisen tyhmille päätepistelaitteille. Tällainen kykenevyys laajentaa suuresti järjestelmän etuja tehden IP-puhelimen helpommaksi suunnitella, konfiguroida ja hallita, sillä kaikki merkittävät järjestelmämuutokset tapahtuvat palvelimessa. *[Cisco 2002]*

MEGACO on MGCP:n evoluutio, joka ohjaa yhdyskäytäviä yleiseen puhelinverkkoon. *[Karila 2005]* MEGACOlla on kaksi perusrakennetta: päätteet ja viitekehykset. Päätteet kuvaavat lähetyksiä jotka saapuvat tai lähtevät MG:sta (siis analogisia puhelinlinjoja ja RTP-

lähetyksiä). Jotkin päätteet, jotka tavallisesti kuvaavat yhdysväylän portteja, luo MG kun se käynnistyy uudelleen ja pysyy koko ajan aktiivisena. Päätteet voidaan asettaa viitekehyksiin, jotka määritellään kun kaksi tai useampi päätelähetys sekoittuu ja yhdistyy toisiinsa. MG luo ja vapauttaa viitekehykset MGC:n komennuksessa. Viitekehykseen voi tuoda ja siitä voi poistaa päätteitä koko sen eliniän ajan. *[Cheng 2003a]*

MEGACO on hyvin samantapainen kuin MGCP arkkitehtuurin sekä ohjaimen ja yhdysväylän suhteen kannalta ja teollisuusasiantuntijat ennustavat sen vielä joskus korvaavan MGCP:n. *[Cheng 2003a, Cisco 2002, Harte 2002a]* Silti markkinavaatimukset ovat kannustaneet monet myyjät julkistamaan tukensa MGCP:lle ja näin sille on jo muodostunut laaja valikoima yhteensopivia tuotteita, joilla on oikeaa arvoa asiakkaille *[Cisco 2002]*. MEGACO taas tukee paljon laajempaa alaa verkkoja *[Cheng 2003a]* ja tarjoaa mahdollisuuden pitkiin etäisyyksiin MGC:eiden ja MG:den välillä. *[Harte 2002a]*

Yhdessä sekä erikseen; H.323, SIP, MGCP ja MEGACO vertailussa

MGCP:n ja H.323:n ulottuvuus on erilainen. MGCP on yksinkertainen laite-ohjausprotokolla, kun taas H.323 on ominaisuuskylläinen multimediakonferenssi-protokolla. H.323 on pitkälle kehitetty ja koeteltu, kun taas MGCP:aa ei ole täysin ratifioitu; se on ainoastaan joidenkin valmistajien omaksuma standardi. Sellaisenaan MGCP:n yhteentoimivuus on osoitettu, muttei koko teollisuuden laajuisesti. H.323:n monimutkaisuus taas on haitannut yhteentoimivuutta.

MGCP voi asentaa puhelun niinkin nopeasti kuin kahdella pyörähdysajalla, kun H.323 tavallisesti vaatii seitsemän tai kahdeksan. Puhelunhallinta on ikään kuin laiteohjausta MGCP:ssa, kun H.323 johtaa lähetyksen mediahallinnan Q.931 ISDN-signaloinnista. Tämä ohjausinformaatio lähetetään MGCP:ssa UDP:n ja H.323:ssa TCP:n yli.

SIP ja H.323 ovat selvempiä kilpailijoita. Ne ovat kummatkin päästä-päähän, ominaisuusrikkaita multimediaprotokollia. SIP on IETF:n RFC, kun H.323 on ITUn hyväksymä. Kummankin protokollan yhteentoimivuus on osoitettu. SIP on tehokkaampi kuin

H.323 sallien jotkut puheluasennukset niinkin nopeasti kuin yhdessä edestakaisessa viestinnässä. Lisäksi SIP käyttää olemassa olevia Internet-protokollia kun H.323 jatkaa uusien elementtien kehittämistä sopiakseen Q.931 ISDN-malliin. *[Cisco 2002]*

SIPin kannattajat väittävät että H.323 on erityisen huono hallitsemaan IP-puhelinjärjestelmiä, sillä se tukee toimintoja joita ei tarvita IP-puhelinliikenteeseen ja on siten tehoton. Samalla SIPin suosijat väittävät myös, että H.323:sta puuttuu laajennettavuus jota signalointiprotokolla tarvitsee kehittyäkseen nopeasti. Kokemukset protokollista, kuten niistä joita käytetään SMTP:ssä, ovat vaikuttaneet SIPin kehitykseen ja signaalijoukon sopeutumiskyvylle tuleviin käyttötapoihin on kiinnitetty paljon huomiota. Koska SIP tulee IETF:ltä ja on täten suunniteltu Internetiä varten, se näennäisesti välttää sekä monimutkaisuuden että laajentumisen karikkoja.

Väittelyssä siitä kumpi standardijoukoista sopii paremmin IP-puhelinliikenteeseen on molemmissa lähestymistavoissa etunsa ja haittansa. *[Goralski ym. 2000]* Kun H.323 johtaa vielä markkinoilla *[Goralski ym. 2000, Karila 2005]*, SIP saa vauhtia IETF:ltä, joka tiedetään yhdeksi nopeimmin etenevistä standardi-organisaatioista.

Kun tutkitaan IP-puhelimen ongelmia ratkaisevia protokollia ja ratkaisuja, voikin olla hyödyllistä harkita metamallia. *[Goralski ym. 2000]* H.323 ja SIP kohtaavat samantapaisia ongelmia osoitteutuksessa, paikannuksessa, puhelun yhdistämisessä ja medianeuvottelussa. Näiden tekniikoiden toiminnallisuudessa on siten päällekkäisyyksiä ja niiden toteutus voi myös olla mahdollista rinta rinnan, tarjoten vaihtoehtoisia ja täydentäviä toimintoja. Kuten suurin osa Internet-protokollista, ja päinvastoin kuin binäärikoodattu metodi jota käytetään määrittämään H.323, SIP on kuitenkin tekstikoodattu protokolla. Siksi näiden kahden yhteistoiminnan täytyy vähintäänkin päästä tämän koodauseron yli. *[Swale 2001]*

SIPin vertaaminen MGCP:aan on samanlaista kuin H.323:n vertaaminen MGCP:aan, sillä ensimmäinen on medianohjausprotokolla ja toinen laiteohjausprotokolla. Samat eroavaisuudet kuten aiemmin päästä-päähän ja asiakas/palvelimen välillä nousevat esiin. Perustavanlaatuinen

ero on, että kun päästä-päähän -protokollilla, kuten H.323:lla ja SIPillä, on taipumus skaalautua sulavammin, asiakas/palvelinprotokollat kuten MGCP ovat helpompia suunnitella ja ylläpitää. *[Cisco 2002]*

Monilukuisten laitevalmistajien, palveluntarjoajien ja standardeja muodostavien ryhmien olemassaolo pohjimmiltaan takaa sen, että haave yhden yhtenäistetyn yhteysprotokollan luomisesta IP-puhelinteollisuudelle pysyy saavuttamattomana. Vaatimus pystyä vaihtamaan liikennettä eri tekniikoihin perustuvien verkkojen välillä on siis välttämätöntä. Yhteistoiminta ei ole yksinkertaista ja siksi ratkaisun suunnittelu vaatii paljon monimutkaisia päätöksiä. Erityisesti verkkoarkkitehtuuri, johon yhteistoimintaratkaisu sijoitetaan, tarvitsee huolellista harkintaa. Tuloksena yhteistoimintaratkaisut ovat vaikeita rakentaa ja toteuttaa. *[Swale 2001]*

2.1.2 IP-puheen kytkentä

IP-PBX sisältää kaukojohtolinjan joka päättyy PBX:een, muistillisen tietokoneen joka hoitaa puhelujen kytkennän PBX:n ympärillä, linjaverkoston sekä konsolin tai puhelinvaihteen ihmisoperaattoria varten. Kehittyneimmät IP-puhelintoiminnot vaativat CTI-yhteyksiä LAN- tai WAN-pohjaiseen palvelimeen. OAI (Open Application Interface) auttaa yleensä tällaisessa integrointiprosessissa, joskin avoin OAI on väistämättömästi sovelluskohtainen API.

Useimmissa PBX-yksiköissä on LCD-ASCII -näyttö. Näytetyn informaation tyyppi vaihtelee kytkimen ominaisuuksien ja ohjelmointimahdollisuuksien mukaan. Informaatio voi sisältää esimerkiksi ANI-numerot, puhelun ajanmääreitä, alanumerot ja odottavan viestin ilmoituksen. Informaation voi välittää IP-puhelinsovellukseen sopivilla apuvälineillä. Sieppaamalla samoja näyttöviestejä kuin puhelinkojeet, IP-sovellukset voivat tallentaa informaatiota, napata ANI-numeroita, etsiä tekstimerkkijonoja ja käyttää niitä asiakastietokannan selaamiseen.

Monissa PBX:ssa on myös Station Message Detail Recording (SMDR) -sähköpistoke, tavallisesti RS232-C -liitin, johon kytketään tulostin tai puhelulaskentajärjestelmä. Puhelinjärjestelmä lähettää tietoa jokaisesta SMDR-portin läpi pidetystä puhelusta. Tiedot

sisältävät puhelun aloittajan, vastaanottajan, ajankohdan, jne. Tämä informaatio voidaan tulostaa tai siepata puhelulaskentajärjestelmällä ja sisällyttää myöhemmin moniin suorituskyky- ja hallintaraportteihin. *[Grigonis2000]*

2.1.3 IP-puheen koodaus ja kuljetus

Äänikoodekit

Koodekit muuntavat analogisen signaalin digitaaliseksi toisessa puhelupäässä ja palauttavat sen alkuperäiseen muotoon toisessa. Ne myös pyrkivät korjaamaan häviöt käyttäjän huomaamatta. Analogisten signaalien muunnos näytteenoton avulla ja digitaalinen muunnos binääriarvoiksi saattavat myös huonontaa äänen laatua. Digitaalisesti muunnettu ääni sisältää liian paljon informaatiota jotta se voitaisiin lähettää tehokkaasti reaaliaikaisena, joten tavallisesti käytetään pakkaus-algoritmeja vähentämään paketoidun audiosignaalin kokoa.

ITU-T on luonut seuraavat audiomodulaatioalgoritmisarjat jotta varausteho saavutettaisiin.

- *G.711*, käyttää AD-muunnokseen PCM:ia ja häviön korjaustekniikoita vähentämään datahäviön vaikutuksia. Tämä tekee G.711-koodekeista usein kalliita valmistaa.
- *G.723.1* on osa H.323-perhettä ja optimoitu reaaliaikaiseen multimediakoodaukseen ja -dekoodaukseen matalilla bittinopeuksilla. Se on yleisesti käytetty WAN-yhteyksissä.
- *G.729A* on tehokkaimpia pakkausstandardeja. Se käyttää vähemmän prosessointitehoa kuin muut G-sarjan pakkausalgoritmit jotta voisi tarjota kaukoäänenlaatua, parempaa suorituskykyä ja ominaisuuksia sekä pieniä viivetasoja. *[Cheng 2003a]*

On myös kehitetty lisenssivapaa koodaustapa, iLBC, joka on toteutettu useissa uusissa VoIP-puhelimissa ja -ohjelmistoissa ja sen suosio on nopeassa kasvussa. *[Karila 2005]*

Koodekit ovat kehittyneet hurjasti ja on jo mahdollista käyttää hyvin pientä kaistanleveyttä hyvänlaatuisen äänen kuljettamiseen. Mikä tärkeintä, nämä uudet algoritmit on sulautettu standardeihin ja tiukkaan pakattu ääni on jo yhteentoimivaa keskeisten standardien kanssa. *[Cisco 2002]*

Kuljetusmekanismit

IP-puheluiden kuljettamiseen verkossa voi käyttää useita erilaisia metodeja. Seuraavassa esitellään lyhyesti yleisimmät kerroksien 2, 3 ja 4 kuljetusmekanismit IP-puheelle.

ATM:a (Asynchronous Transfer Mode) käytetään yhä kerroksen 2 kuljetuksessa ja se on välttämätön etusijaisten IP-pakettien arvojen kartoittamiseksi. Näin verkon hallintaohjelma voi varata kriittiselle liikenteelle CBR:n tai reaaliaikaisen VBR:n ATM-piirit ja luokittelemattomalle liikenteelle UBR:n tai ABR:n ATM-piirit. Myös IP-priorisointia kartoitetaan ATM:ksi käyttäen jonotustekniikoita priorisoimaan eri lähetyksiä.

Ethernet (IEEE 802.3) on eniten käytetty LAN-protokolla IP-puhelinliikenteessä. Se määrää fyysisen ja MAC-kerroksen määritykset, joissa käsitellään kehystys, osoitteutus ja virheen ilmaisu sekä siirtoyhteyskerrokseen liittyvät säännöt törmäyksen havaitsemisen jälkeen.

Frame Relay tarjoaa siirtoyhteyskerroksen kommunikointia ja kaksisuuntaisesti kytkettyjä tai pysyviä virtuaalipiirejä laitteiden välillä. FR käyttää kahta yksinkertaista ruuhkailmoitusta joiden yksibittiset kentät ilmaisevat kehyksen kokemaa ruuhkaa. Frame Relayn kehysotsikko tunnistaa myös vähemmän tärkeää liikennettä, jonka voi pudottaa ruuhkatilanteessa.

MPLS (Multiprotocol Label Switching) tarjoaa liikenteen suunnittelua lisäämällä tunnuksia kerroksien 2 ja 3 välille ja laskemalla näistä tehokkaamman liikenteenhallintareitin. Tämä mahdollistaa QoS:n reititysmerkintöjen vaihtamisen jokaisessa uudelleen lähettävässä laitteessa. MPLS on kehitetty jatkamaan linkkitilanneilmoituksia sekä kaistanleveys- ja -varausinformaatiota optimoiduilla reitityksillä ja resurssienkäytöllä.

Useimpia verkkokerroksen velvollisuuksia hoitava kuljetusmekanismi on **IP**. Se tukee sekä luotettavaa että epäluotettavaa pakettien siirtoa, sillä IP:n palvelut ovat usein itsekin epäluotettavia. *[Held 2000]* IP hoitaa esimerkiksi osoitteistuksen, datasähkeiden formaatin ja

reitityksen, liian isojen datamäärien pirstomisen ja uudelleen kokoamisen sekä kuljetuksen ylempiin kerroksiin. Reititysinformaation levittäminen ja rajapinta alempiin kerroksiin taas eivät kuulu IP:n velvollisuuksiin. *[Goralski ja Colon 2000]*

IP-puhelun signalointi käyttää **TCP:a ja UDP:a** kerroksen 4 kuljetusprotokollina kapseloidakseen puhelun asentamis- ja purkuvaiheet. Se käsittelee toimintoja kuten puhelinnumeroiden muunnosta IP-osoitteiksi, soitto- ja varattuääniä, soittoääntä ja puhelimen sulkemista. Lähettävät ja vastaanottavat sovellukset kommunikoivat joko TCP:n avulla, jolloin kaikki signalointiviestit saapuvat oikeassa järjestyksessä ja hävinneet viestit lähetetään uudelleen, tai UDP:n avulla, jolloin kuittausten puuttuessa lähettäjällä ei ole varmistusta viestin läpimenosta ja viestit saattavat tulla väärässä järjestyksessä. *[Cheng 2003a]*

RTP on UDP:n päällä toimiva protokolla tosiaikaiseen tiedonsiirtoon ja palvelutason seurantaan. *[Karila 2005]* RTP on suunniteltu sovelluksille jotka lähettävät dataa yhteen suuntaan ilman kuittausta. Jokaisen RTP-sähkeen otsikko sisältää aikaleiman, jolloin vastaanottaja voi koota datan uudelleen lähetysjärjestykseen, ja sekvenssinumeron, jotta hävinneestä, kahdentuneesta tai rikkinäisestä datasta voidaan selvitä. *[Cheng 2003a]*

Median ohjaus

Median ohjausta käytetään laajalti IP-puhelinliikenteen proxyissa, MG:ssa ja palvelimissa. Mediaprosessointi käyttää DSP:eita tai ASIC:eja käsitelläkseen mediaprosessointi-intensiivisiä tehtäviä. *[Cheng 2003a]* Digital Signal Processor (DSP) -tekniikka on sallinut analogisten signaalien prosessoinnin digitaalisessa piirissä. Nämä tehokkaat sirut tarjoavat erinomaisia prosessorinopeuksia, jolloin ääni voidaan näytteistää, digitoida ja pakata reaaliajassa. *[Oppenheim 1999]* Teknologia sallii jopa neljän puhelun yhtäaikaisen hallinnan yhdessä sirussa. Tällainen kehitys tietenkin laskee koko ajan hintoja ja monimutkaisuutta PDI-tuotteissa. *[Cisco 2002]*

2.2 Palvelunlaatu (QoS)

ITU-T:n suositus E.800 määrittää QoS:n seuraavasti:

> *'The collective effect of service performance, which determines the degree of satisfaction of a user of the service.'*

Toisin sanoen QoS:een vaikuttavat suuresti loppukäyttäjät ja heidän käsityksensä siitä, miten hyvin jokin verkkopalvelu suoriutuu suhteessa toisiin palveluihin. Kaikilla on kokemuksia puheluista tavallisessa lankaverkossa ja sen laatuodotukset ovat laajalti tiedossa. Merkittävä haaste on taata integroidun verkon loppukäyttäjille samantasoinen laatu kuin PSTN:ssa.

QoS on verkkoarkkitehtuurin tapa

- tuottaa yhdenmukaista suoritustasoa (SLA:n tuella) mediarikkaalle sovellukselle ja kohdata sen tehovaatimukset (viive, tärinä, häviö) IP-keskittämiselle sekä
- toteuttaa joitain erottelumekanismeja jotta voidaan siepata resursseja (kaistanleveys) verkon sisällä ja hallita niitä älykkäästi jaetun median aikaherkissä (ääni-/video-) sovelluksissa. *[Cheng 2003b]*

Nykyiset IP-verkot ovat yhteydettömiä ja rakennettu pohjimmiltaan TCP- ja UDP-kuljetusprotokollien ympärille. Valitettavasti ne on myös suunniteltu sovellusagnostisiksi ja jättävät kaiken ohjauksen loppukäyttäjälle. IP-verkoissa ei ole ohjausmekanismia joka takaisi verkon suorituskyvyn ruuhkatilanteessa. On myös epäkäytännöllistä joutua lisäämään kaistanleveyttä aina kun teknologia tai purskeinen liikenne muuttuu. *[Cheng 2003b]*

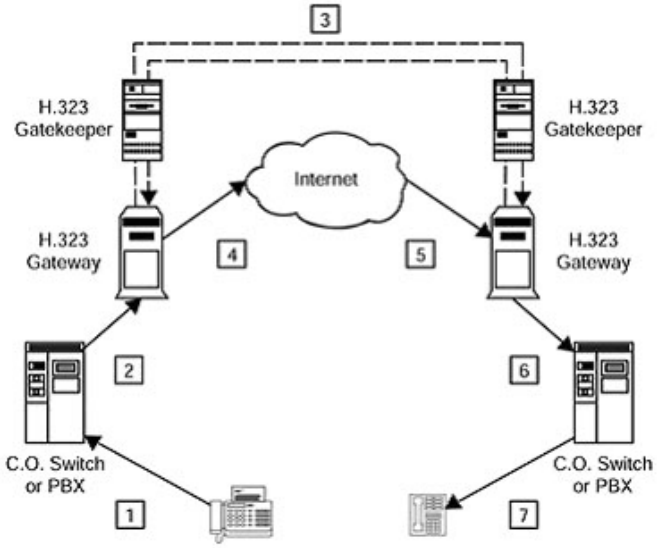
On siis odotettavissa ongelmia kun lähetetään ääni- tai videosovelluksia sellaisen verkon yli, jota tällaiseen ei ole alun perin suunniteltu. RTP ja UDP tarjoavat jotain IP:sta puuttuvaa virhe- ja sekvenssihallintaa, mutta pakettiverkoissa on muita synnynnäisiä tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa palvelunlaatuun. *[Abrahams ja Lollo 2003]* Näistä kerrotaan seuraavassa.

2.2.1 Tekijöitä, jotka vaikuttavat QoS:een

Kuten aiemmissa luvuissa on esitetty, äänen siirtäminen paketeissa aiheuttaa monia ongelmia ja vaatimuksia. Ideaalisessa ympäristössä ääni kulkee IP-infrastruktuurin yli kuvassa 4 näkyvien seitsemän askeleen kautta. Näitä ovat:

1. AD-muunnos CO:ssa, PBX:ssa tai GW:ssa.
2. Yhteydenpito GW:n kanssa, jolloin voidaan edelleen prosessoida signaalia pakkaamalla dataa sekä poistamalla äänettömyyttä kaikuja.
3. GW voi kommunikoida välittäjien kanssa verkkoon pääsystä, numeroiden kääntämisestä IP-osoitteeksi sekä muista hallintaan liittyvistä toiminnoista.
4. Signaalin asettaminen datagrammeiksi ja lähettäminen IP-pohjaisen verkon yli.
5. Datagrammien kääntäminen takaisin digitaaliseksi bittivirraksi vastaanottajan GW:ssa.
6. Digitaalisen bittivirran purku ja lähettäminen vastaanottajan CO:een tai PBX:iin.
7. DA-muunnos ja lähetys vastaanottajalle.

Ideaalisessa tapauksessa, kun kaistanleveyttä riittää tai se on varattu jotenkin, tämä pakettivälitteinen lähetys etenee aivan kuin yhteyspohjainen verkko-operaatio.



Kuva 4. Äänipuhelun prosessointi IP:n yli. *[Abrahams ja Lollo 2003]*

Valitettavasti kaikki pakettilähetykset eivät seuraa ideaalimallia. Joitain paketteja voi hävitä reititysinfrastruktuurin vaikeuksien, paikallisen Ethernetin törmäysten, lähetyksen heikontumisen (häiriöt) ja muun sellaisen myötä. Tuloksena vastaanotetusta viestistä voi puuttua komponentteja.

Lähetyksen laatuun voi myös vaikuttaa viive, jota on kahta erilaista: vakio ja vaihteleva. Vakioviiveitä aiheutuu signaalinkäsittelyelementeissä kuten äänikoodekeissa, sekä fyysisissä lähetysjärjestelmissä kuten kuparijohdoissa. Vaihtelevat viiveet tulevat jonotusajoista kytkimissä ja reitittimissä, lähetysmuuttujista (esimerkiksi kulkureitistä) sekä reitillä ilmestyvistä vaikeuksista kuten ruuhkista. Joitain näistä verkko-operaattori voi hallita tarkalla harkinnalla ja teknisillä ratkaisuilla. Voidaan esimerkiksi valita GW:itä, joissa on lyhytviiveisiä koodekkeja tai varata enemmän kaistanleveyttä ruuhkien välttämiseksi. Joitain viive-elementtejä, kuten fyysistä häipymistä, ei voi optimoida mitenkään.

Kuten aiemmin on mainittu, pakettiverkossa paketit voivat saapua vastaanottajalle eri reittejä ja/tai ‘väärässä’ järjestyksessä, jolloin aiheutuu viiveen vaihtelua. Reaaliaikaiselle signaalille tämä aiheuttaa laadun huononemista, jota yritetään korjata puskuroinnilla, joka taas aiheuttaa lisää viivettä koko lähetykseen.

2.2.2 Vaatimuksia puhe/data-integraatiolle

Äänen ja videon lähettämiseen käytettyjen IP-pohjaisten järjestelmien ja verkkojen täytyy vastata moniin kriteereihin kuljettaakseen samanlaatuisia signaaleja sekä saavuttaakseen samanlaista asiakastyytyväisyyttä kuin piirikytkentäiset, jo osin digitaalisetkin järjestelmät. *[Abrahams ja Lollo 2003]* Etenkin langattomassa verkossa vakavat ongelmat, kuten kaikuminen, kohina ja erilaiset signaalitasot vaikuttavat äänenlaatuun. *[Luqman ym. 2001]*

Reaaliaikaisuutensa ja interaktiivisuutensa vuoksi keskimääräinen lähetysaika (latenssi) on tärkeintä puhe/data-integraatiossa. Ideaalisesti yhdensuuntainen latenssi olisi 100ms, sillä enemmän kuin 300ms:n edestakaisen viiveen puhelussa on todettu vaikeuttavan keskustelua.

Taulukko 3 esittelee useiden puhe/data-integraation GW-tuotevalmistajien yksimielisesti julkaisemat numeeriset kriteerit. Vaikka vaatimaton värinä ei ole vakavaa reaaliaikaiselle keskustelulle, siitä johtuva yli 60ms:n viive johtaa käsittämättömiin puhekaavoihin ja tuhoaa videonäkymän. Häviöt ovat yleisimpiä ongelmia mobiililaitteissa ruuhkaisilla alueilla ja tuottavat puutteellisia ääni- ja videoyhteyksiä.

KRITEERI	**IDEAALI**	**TOIVOTTU (MAX)**
Latenssi	100 ms	150 ms
Viiveen vaihtelu	40 ms	80 ms
Häviö	1%	3%

Taulukko 3. Kriteerit puhe/data-integraation laatuun.

Kaistanleveyden vaatimukset riippuvat päätepisteiden DSP:ien koodaustyypistä ja koodekista. Nykyisellä teknologialla on hyvä vaatia verkosta tai yhteyslinkistä jokaiselle äänipuhelulle 20Kbps ja pienimuotoiselle videokonferenssille 200Kbps. *[Abrahams ja Lollo 2003]*

2.2.3 Palvelun laatu luokiteltuna

Myyjät ovat yksinkertaistaneet QoS:ä luomalla tuotteille standardisoituja QoS-oletus-konfiguraatioita ja -toimintoja päästä-päähän -palveluluokkien muodossa. Soft QoS (*Class of Service*, CoS) määrittää joukon laatutasoja liikenteelle taaten etuoikeutetun kohtelun perustuen liikenteen ominaisuuksiin ja QoS:n vaatimuksiin. CoS:llä on jokaiseen verkon solmuun vain paikallinen merkitys eikä sen hyppy-hypyltä -lähestymistapa anna todellisia päästä-päähän -takuita. Hard QoS:ssä varatut resurssit neuvotellaan signaloimalla jokaiselle istunnolle ja se tarjoaa näin taatun suorituskyvyn joustavuuden ja skaalautuvuuden kustannuksella.

Luokittelu on tapa yksilöidä liikennettä paketin attribuuttien avulla palvelutasoiksi, jotta politiikkapohjaista toteutustoimenpidettä (prioriteetti, politiikka, muoto, suodatus) voidaan soveltaa. Liikenteen voi luokitella ja yhdenmukaista kysyttyjen palveluiden kartoitusta tuottaa niin linkki-, reititys-, kuljetus-, istunto- kuin sovelluskerroksellakin.

Kerroksen 2 luokitus

Tämä ominaisuus sallii kerroksen 2 QoS-vaatimuksen leimaamisen jokaiseen linkkikehykseen ja QoS-informaation levityksen kerroksen 2 kytkimien läpi. Tämä luokittelee jokaisen paketin prioriteettilipun mukaiseen jonoon, josta lähetys eteenpäin tapahtuu MAC-osoitteen mukaan. Kansainvälinen standardi jokaisen linkin liputukseen on IEEE 802.1p/q:

- 802.1p määrittää prioriteettitasot (sekä VLAN- ja monilähetysrekisteröinnin) MAC-tekniikoille, kuten Ethernetille.
- 802.1q määrittää kehysformaatin VLAN ID:lle (12 bittiä), 8 prioriteettitasoa ja kapselointiformaatteja.

Kerroksen 3 luokitus

Laitevalmistajien täytyy laatia metodologia kerroksen 3 QoS:n (eli IP-etusijan) kartoittamisesta 802.1p/q QoS:ksi, jotta saadaan päästä-päähän palvelutason takuu ja yhteensopivuus kaikkien valmistajien ja IPv4/v6:ta tukevien ISP:ien kanssa.

Kerroksen 3 IP-luokitukseen liittyvät standardit ovat seuraavat:

- Type of Service (TOS) määrittää linkin- ja ruuhkanhallinnan IP-etusijakentän avulla.
- DiffServ (Differentiated Services, RFC 3317) on suunniteltu ryhmittämään kaikki lähetykset samoilla palveluvaatimuksilla yhteen lähetyskokonaisuuteen. DiffServ on pohjimmiltaan suunniteltu käytettäväksi organisaation laitamilla, missä yhtiön liikenne menee sisään palveluntarjoajan ympäristöön ja reitittimen pitää kartoittaa DiffServ PHB (Per Hop Behavior) sopivaksi QoS-jonoksi pakettien eteenpäin viemiseksi. PHB:ille on määritelty muutamia standardiluokkia:
    - *Best Effort (BE)* - datasovelluksille.
    - *Expedited Forwarding (EF) – Korkeaprioriteettinen palvelu joka minimoi* viiveen ja värinän, koska EF-liikenne käsitellään ennen BE-liikennettä.
    - *Assured Forwarding* (AE) – Omaa yhteensä 12 luokitusta. Ylimääräinen AE-liikenne voidaan alentaa mutta ei välttämättä hylätä.

- Class Selector säilyttää taakse suuntautuvan yhteensopivuuden perinteisiin reitittimiin käyttämällä IP-etusijabittiä TOS-kentässä.
- IntServ (Integrated Services, RFC 1633 ja 2382) määrittää ylemmän kerroksen palvelutason kartoittamisen kerroksen 3 QoS:lle. RSVP on IntServin signalointiprotokolla, joka sallii yksittäisen lähetyksen varata verkkoresursseja koko infrastruktuurin läpi. IntServillä on kolme palvelutasoa:
    - *Best effort* – Ei QoS:ä, kuten tavallisissa IP-verkoissa.
    - *Controlled Load* – Soft QoS. Tähtää tyydyttämään palvelua niin paljon kuin mahdollista. Ei viive- tai kaistanleveystakuita.
    - *Guaranteed Services* - Hard QoS, jossa on toteutettu verkkoresurssien takuu.

Kerroksien 4 -7 luokitus ilman sovelluskohtaista liputusta

Saavuttaakseen QoS:n, ylemmän kerroksen luokittelija tarkastelee kehyksen/paketin informaatiota (IP- ja porttiosoitteet, URLin sisältö) ja luokittelee tulevan paketin QoS-politiikan mukaan. Luokituksen jälkeen paketti liputetaan asianmukaisesti ja sijoitetaan oikeaan lähtöporttiin/jonoon etuoikeutettua prosessointia varten. Sovelluskohtaiset QoS-liput voidaan riisua paketista ennen kuin se lähtee asiakkaan tiloista. Loppukäyttäjän havaitseman QoS:n QoS-tapojen soveltaminen saavutetaan politiikanhallintaohjelmalla, joka koordinoi kaikkien välissä olevien kytkimien yhteistoimintaa.

2.2.4 Tietoturva

PDI perustuu tavanomaisiin palvelimiin (soft switch yms.), jotka ovat alttiita verkkohyökkäyksille *[Karila 2005]*, kuten viruksille, madoille, tarkkailulle ja kuuntelulle. Myös palvelunestohyökkäykset ja puhelimen IP-numeroiden väärinkäyttö on mahdollista. *[Deloitte 2004]* Koska PSTN:ssa merkinanto kulkee eri kanavissa kuin puhe ja PDI:ssa kaikki kulkee IP-verkossa, signalointi on herkemmin haavoittuva. *[Karila 2005]* Myös PDI:oon liittyvä roskapostin vastine SPIT (Spam Over Internet Telephony) on kasvava ongelma. PDI antaa mahdollisuuden soittaa miljoonia roskapuheluita päivässä yhdestä tietokoneesta ja ilman

puhelukohtaista veloitusta. On ilmeistä, että roskapuhelut tulevat olemaan VoIP:ssä vastaava ongelma kuin roskaposti jo on sähköpostipalvelussa. *[Karila 2005, Mattes ja Emmerson 2003]*

Organisaatioiden sisäiset VoIP-järjestelmät voidaan Karilan mukaan turvata melko tehokkaasti ja yksinkertaisesti:

- ”Sijoita VoIP-palvelimet eri lähiverkkoihin ja hallinta-alueisiin kuin muut palvelimet.
- Päästä vain harvat ylläpitäjät VoIP-palvelimiin.
- Eristä VoIP-liikenne omaan virtuaaliseen lähiverkkoonsa (VLAN) intranetissä.
- Minimoi niiden protokollien ja koneiden määrä, jotka pääsevät kommunikoimaan VoIP-verkkoon.
- Todenna käyttäjät vahvasti aina kun mahdollista.
- Salaa VoIP-liikenne aina kun mahdollista.
- Huolehdi tietoturvaan vaikuttavista muista osa-aluista, kuten tukijärjestelmistä ja prosesseista, kuten minkä tahansa tieto- tai teleteknisen järjestelmän kyseessä ollessa.” *[Karila 2005]*

2.2.5 Avoimet standardit

Standardit ovat ehdottoman ratkaisevia puhe/data-integroidun liikenneteknologian onnistumiselle. Ilman standardeja puhelu luultavimmin putoaisi siirrettäessä erityyppiseen kuljetukseen. IP-puhelininfrastruktuurissa tarvitaan laaja valikoima standardipohjaisia komponentteja, jotta voidaan tarjota sama suorituskyky ja luotettavuus kuin PSTN:ssä. Teollisuuden sitoutuminen teknologian avoimeen standardisointiin helpottaa yhteentoimivuushuolia ja tarjoaa kilpailukykyisempiä hintoja IP-puhelinlaitteistoille. Järjestelmät ovat rakennettuja avoimille standardeille ja arkkitehtuureille jotta pidemmän ajan investoinnit voidaan rahoittaa.

Tärkeimpiä standardeja ovat esimerkiksi:

- *Signalointiprotokollat* kuten H.323, SIP, MGCP ja Megaco (ITU H.248), jotka hoitavat useita VoIP yhdysväyliä, sovelluspalvelimia ja kytkimiä.
- *Kuljetusprotokollat* kuten TCP, UDP, RTP, IP, MPLS, ATM, Frame Relay ja Ethernet.
- *Pääsy tietokantaan*, kuten ODBC (Open Database Connectivity) joka käyttää SQL:ää.
- *Enterprise JavaBeans (EJB) spesifikaatio*, Java-pohjainen kehys turvallisten, jaettujen ja liiketoiminnallisten sovellusten kehittämiseen, sijoittamiseen ja hallintaan.
- WWW-kielet:
    - *XML (Extensible Markup Language)*, laajalti hyväksytty laajennettavien, strukturoitujen dokumenttien rakentamiseen WWW-sovelluksille.
    - *SOAP (Simple Object Access Protocol)*, pienten informaatiomäärien lähettämiseen heterogeenisen hajautetun verkon läpi suunniteltu kielistandardi.
    - *VXML (Voice eXtensible Markup Language)*, XML-pohjainen standardi, joka on kehitetty rakentamaan keskustelusovelluksia, jotta dataa voidaan vaihtaa ihmisen ja koneen välillä.
    - *CCXML (Call Control XML)*, kielistandardi joka tarjoaa puhelinpalveluita WWW-pohjaisille monitasoisille sovelluksille.
    - *SALT (Speech Application Language Tags)* on suunniteltu lisäämään äänen kykyjä reaaliaikaisille WWW-pohjaisille puhelinsovelluksille.

QoS-hallintasuunnitelmat ovat parantuneet merkittävästi johtaen paremmin ennustettavaan palveluun ja laajempaan saatavuuteen. Kuljettajien takaamat SLA:t tarjoavat lisävakuuden että QoS-tekniikoista tulee tarpeeksi kehittyneitä organisoidakseen paremmin resurssien jakoa. Pähkinänkuoressa, QoS pohjautuu:

- *Liikenteen priorisointiin tai erottamiseen*. Käyttäen CoS (Class of Service) -kenttää paketissa voidaan taata haluttu verkkoteho määräämällä lähetetylle liikenteelle prioriteettitaso. Korkean prioriteetin liikenne saa etuoikeutetun kohtelun paremman

QoS-tason saavuttamiseksi. Tämän toteuttamiseksi on monia CoS-metodeja, kuten Committed Access Rate (CAR) varustaminen ja DiffServ.

- *Liikenteen toimintatekniikoihin.* Nämä optimoivat operoivan verkon tehon kapasiteetin ja liikenteen hallinnan kautta. Tämä toteutuu valvomalla liikennepainotteisia tehovaatimuksia kuten viive, viiveen vaihtelu, hävikki ja läpisyöttö samalla kun hyödynnetään verkkoresursseja taloudellisesti ja varmasti.
- *Liikenteen ohjaukseen ja muokkaamiseen.* Tämä saadaan aikaan jononhallintasuunnitelmilla kuten älykäs pakettien hylkäys, painotettu reilu jonotusmekanismi, ruuhkan välttäminen ennakkoon, yhteyden pilkkominen pienemmiksi (paketeiksi) ja liikennemääräkontrolleilla kuten back pressure, TCP-ikkunat ja tarkka ruuhkatiedonanto. *[Cheng 2003b]*

2.3 Integraation edut ja ongelmat

Nykyajan kiihtyneessä kilpailussa ja kehityksessä organisaatioilta vaaditaan:

- mahdollisuus tehdä korporatiivinen päätöksentekoprosessi erittäin nopeasti,
- alati jatkuva organisaation uudelleenjärjestely jotta toimintoihin tarvitaan vähemmän henkilöstöä,
- valmius käsitellä asioita riippumatta vuorokaudenajasta, viikonpäivästä tai päälliköiden saatavuudesta,
- sihteeristön syrjäyttäviä hallintoassistentteja huolehtimaan asioista kun johtajisto ei ole saatavilla sekä
- turvata saatavuus informaatiolle, jota tarvitaan näiden tavoitteiden saavuttamiseen.

Jotta vähempi henkilöstö pystyisi entiseen tehokkuuteen, tarvitsee heidän tehostaa informaation vaihtoa. Käytettäessä PDI-järjestelmää he pystyvät jakamaan tietoa keskenään heti kun sitä tarvitaan. *[Bates ja Gregory 2000]* PDI antaa siis tehokkaampia keinoja luoda saumaton puhelinympäristö maantieteellisesti hajautettuun organisaatioon jossa on myös etäkäyttäjiä. *[Abrahams ja Lollo 2003]*

2.3.1 Edut

Puhelinverkot kehittyvät yhä nopeammin piirikytkentätekniikoista pakettikytkentäisiksi. Tämän kehityksen päämääränä on vähentää verkon toteutukseen, toimintaan, ylläpitoon ja hallintaan liittyviä kustannuksia, tehdä mahdolliseksi ääni- ja dataverkkojen fuusio, sekä tukea äänen ja datan integrointia multimediapalveluissa. *[Maresca ym. 2004]* IP-puhelinliikenteen kasvua ajavia tekijöitä ovat edullisuus, saatavuus, tehokkuus ja uudet monipuoliset palvelut.

Edullisuus ja saatavuus

Teoriassa yhden verkon kehittäminen, sijoittaminen, operoiminen ja huoltaminen on halvempaa kuin suorittaa samat työt moninkertaisissa, sovellus- ja teknologiakohtaisissa verkoissa. *[Cheng 2003a, Karila 2005]* 2000-luvun alkuun asti keskitettyjen verkkojen sijoittamisen pääkäyttövoima on ollut säästö kaukopuhelumaksuissa. *[Cheng 2003b]* Internetissä perinteisiä kauko- tai ulkomaanpuhelumaksuja ei ole ollenkaan, joten liittymästä maksetaan kiinteä kuukausihinta, jolla voi puhua rajoittamattomasti IP-puheluita minne tahansa maailmaan. *[Karila 2005]*

Jos kaikki organisaation toimipaikat ovat samalla paikallispuhelualueella, syntyy keskittämisestä kustannussäästöjä alueellisen puhelinyhdistyksen vuokrajohtojen määrän vähenemisestä. *[Miller 2000]* Internetin levinneisyys on myös johtanut tarvittavan IP-välineistön merkittävään halpenemiseen. Verkkokustannusten vähentyminen saavutetaan käyttämällä hyväksi pakettikytkennän tarjoamaa tilastollista kanavointia, joka johtaa verkkoresurssien parempaan hyödyntämiseen. *[Maresca ym. 2004]* PDI:n tarjoamia ’pehmeitä’ säästöjä organisaatioille syntyy vähennetyistä ylläpitokustannuksista ja tehokkaammasta verkon hallinnasta. *[Cisco 2002]* Puhe/data-integraatio johtaa halvempiin puheluihin ei vain käyttöajan puolesta vaan myös vähentämällä tarvittavien liitäntäpisteiden sekä kuljettajien määrää *[Grigonis 2000]*, ja uusien teknologioiden ryntäys on jo johtanut ’ilmaisiin’ puhelimiin ja Internet-palveluihin. *[Harte 2002b, McKnight ja Clark 2001]*

Monia standardeja äänisignaloinnin yhteensopivuudelle on ratifioitu kohtuullisen yhteentoimiviksi. Spesifisiä arkkitehtuureja ja protokollia IP-puhelinliikennettä varten on jo vuosia kehitetty niin ITUssa, IETF:ssa kuin valmistajienkin yhteisöissä. Näitä arkkitehtuureja ja protokollia on jo kelpuutettu yleisiin puhelinverkkoihin, organisaatioverkkoihin ja Internetiin. Tämä vähentää sekä komponenttien myyjien että PDI-käyttäjien riskejä. Dataverkkotekniikka onkin kehittynyt siihen pisteeseen, että ääntä voidaan kuljettaa suhteellisen luotettavasti. *[Cisco 2002, Maresca ym. 2004]*

Tehokkuus ja palvelut

Keskitetty verkko vähentää monimutkaisuutta alentamalla muun muassa tarvittavien protokollien ja käyttöjärjestelmien määrää *[Miller 2000]*. Se tarvitsee myös vähemmän kaapelointia sekä merkittävästi vähemmän fyysistä tilaa laitteille, sillä laitteisto on pienempää ja tiuhaan pakattua. Laitteisto vie myös vähemmän virtaa kuin perinteisessä järjestelmässä *[Abrahams ja Lollo 2003]* ja yhdistynyt verkkotyöskentelyalusta eliminoi eristyneet yhteyssaarekkeet (kuten haarakonttorit), jotka on perinteisesti tuettu erillisellä ääni/data yhteysjärjestelmällä ja -hallinnalla. *[Abrahams ja Lollo 2003, Cheng 2003b, Miller 2000]*

Lisäksi pakettikytkentäinen verkko on säästäväinen kaistanleveyden suhteen, kun piirikytkentä tuhlailee sitä *[Grigonis2000]*. Keskimääräinen korkeaa GSM-laatua vastaava IP-puhelu vie n. 30 kbit/s siirtokaistaa, joten mikä tahansa laajakaistaliittymä riittää IP-puheluihin. ADSL-liittymän kautta voidaan välittää kymmeniä yhtäaikaisia puheluita ja kapasiteettia jää muuhunkin. *[Karila 2005]* Pakettiverkot käyttävät myös älykästä otsikointia liikenteen ohjailemiseen, kun piirikytkentä on tyhmää ja kiinnitettyä. *[Abrahams ja Lollo 2003, Grigonis2000]* Näin piirikytkennästä luopuminen parantaa keskitetyn verkon kokonaiskapasiteettia.

Suurin ajava voima yhdistettyjen verkkojen takana on kuitenkin mahdollisuus sijoittaa uusia älykkäitä sovelluksia jotka hyödyntävät yhdistettyä infrastruktuuria WWW-sovellusten, teleliikenteen ja tietokantahallinnon vahvistetun tuen kautta. *[Cheng 2003b, Mattes ja*

Emmerson 2003] Pitemmällä tähtäyksellä suurimmat hyödyt IP-puheesta ovatkin saavutettavissa toiminnan tehostumisen kautta. *[Karila 2005]* Puhe/data-integraation mukanaan tuomat uudet palvelut yhdistävät reaaliaikaisen äänikommunikaation ja dataprosessoinnin parhaimmat ominaisuudet. *[Abrahams ja Lollo 2003, Grigonis2000]* Uudenlaiset työaikaa ja -tehoa säästävät sovellukset innostavat PDI-järjestelmien käyttäjiksi varsinkin suuria yrityksiä, joissa tehokkuuden kasvu näkyy selvimmin. *[Cisco 2002]*

IP-puhelin käsittää jo puheluiden välittämisen Internetissä, kehittyneet puhelinkeskukset, virtuaalitoimistot kotikäyttäjille, mobiilipalveluita liikkuville työntekijöille ja multimediamahdollisuudet organisaatioiden WANissa. *[Harte 2002b, McKnight ja Clark 2001]* Uusista tehokkaista sovelluksista kerrotaan enemmän luvussa 3.1.

2.3.2 Ongelmat

Kuitenkaan elämä ei ole noin yksinkertaista. Monilukuiset esteet täytyy selvittää jotta voisi lopulta liittyä yhtenevään IP-menestystarinaan. Organisaatiot ovat yhä hämmentyneitä IP-puhelinliikenteen toteutuskysymyksistä ja siitä kuinka minimoida riskit samoin kuin vanhojen puhelininvestointien kohtalosta. *[Cheng 2003b]* Internetin kaistanhallinta, äänenlaatu ja skaalautuva puhelunhallinta tarvitsevat myös ylimääräistä työtä. *[Grigonis 2000]*

IP-järjestelmien yli kulkevien äänen ja videon haasteet tulevat monista lähteistä: olemassa olevista ajattelutavoista verkon rakenneosista, toteutuksen ja hallinnan monimutkaisuudesta sekä ääni- ja datajärjestelmien integroinnin esteistä turvallisuudessa, standardeissa, puhelumäärissä ja puheen laadussa. Suuri haaste IP-puhelinliikenteen sijoittamisessa on myös todistaa lyhytaikainen pääoman tuotto (ROI) ja estää liikenteen pullonkaulat samalla kun Internetin käyttö, linjojen määrät ja liikenteen monimutkaisuus lisääntyy. *[Cheng 2003b, Miller 2000]*

Suunnittelu ja toteutus

Grigonis väittää, ettei uuden teknologian käyttöönotto ei ole vaikeaa, sillä kyseessä ei ole niinkään täysin uuden järjestelmän sijoittaminen kuin olemassa olevan dataverkoston ’enentäminen’ *[Grigonis2000]*. Kuitenkin, kuten useimmissa hyvissä ideoissa, polku teorian ja konseptin kautta toteutukseen ja todellisuuteen sisältää esteitä ja kiertoteitä. Puhelinjärjestelmä otetaan usein itsestäänselvyytenä eikä sille siis älytä varata resursseja teknologiasta tai kehityksestä organisaatiossa. Dataverkon vaatimukset kulkevat yleensä tuettujen sovellusten mukana ja dataverkon onnistuminen onkin siten mielletty enemmän yrityksen menestyksen avainnippuun. *[Miller 2000]* Näin ollen verkkojen yhdistäminen vaatii yleensä aivan uudenlaista ajatustapaa sekä erityisiä suunnittelu- ja toteutuskykyjä, joiden omaksumiseen menee aikaa *[Abrahams ja Lollo 2003]*.

Suunnittelun haasteina ovat esimerkiksi:

- Olemassa olevan kaistanleveyden riittoisuus uuden ääni- ja videotulvan lähettämiseen.
- Latenssin ja viiveen ennustamattomuuden aiheuttamien haittojen piilottaminen loppukäyttäjiltä. *[Abrahams ja Lollo 2003, Miller 2000]*
- Ääni- ja dataverkkojen olemassa olevien standardien soveltaminen keskitettyyn verkkoon *[Miller 2000]*.
- Yhteistyökumppaneiden valinta. Olemassa olevan puhelinjärjestelmän operaattoreista ja valmistajista ei ehkä olla valmiita luopumaan, mutta monien tällaisten tarjoamat ratkaisut ovat vielä kehittymättömiä ja kelvottomia keskitetyn verkon realistiseen käyttöönottoon.
- Vanhan järjestelmän kohtalo. Perinteisestä puhelinjärjestelmästä luopuminen täydellisesti on vielä hyvin riskialtista ja on mahdollista ettei siitä tule riskitöntä koskaan. *[Abrahams ja Lollo 2003]*

Järjestelmänhallinta oletetaan helpommaksi, kun on vain yksi järjestelmä käytössä. Yhdistetyn järjestelmänhallinnan näkökulman valitseminen ei kuitenkaan ole aina yksinkertaista ja jokaisessa tapauksessa täytyy harkita tuleeko se ääni-, data- vai integroidun järjestelmän mukaisesti. *[Abrahams ja Lollo 2003, Miller 2000]* Myös ulkoistetun tai sisäisen hallinnan välillä valitseminen tai tasapainottelu vaatii tarkkaa tapauskohtaista laskelmointia. Ääni/data-integraation etuja ei siis koskaan automaattisesti saavuteta IP:n omaksumisen myötä, vaan ne vaativat tarkoituksenmukaisia yhteyskaavioita sovellettuina käyttökohteisiin/paikkoihin. *[Maresca ym. 2004]*

Laatu ja turvallisuus

Tavallinen puhelinjärjestelmä toimii erittäin hyvin, toimittaen 99,999%:n saatavuuden käyttäjilleen. Se myös tarjoaa huikean joukon tyydyttäviä palveluita, kuten automaattisen puhelun levittämisen, äänipostin, puhelutietojen tallentamisen ja laskutuksen. Valmistajilla on ollut vuosikymmeniä saada tarvittava tietotaito ja asiantuntemus täydellistääkseen sovelluksia perinteiseen ympäristöön. *[Cheng 2003b]* Ääniverkkojen ylivoimaisen luotettavuuden siirtäminen pakettiverkkolähetykseen ja QoS:n pitäminen edes nykyisellä tasollaan on yksi suurimmista PDI:n haasteista. *[Abrahams ja Lollo 2003, Miller 2000]*

Useimpien integraatiojärjestelmien perustuminen laajalti tunnettuihin käyttöjärjestelmiin ja protokolliin voi eduistaan huolimatta olla myös haitaksi, sillä hakkerit osaavat ja haluavat käyttää näitä vahingontekotarkoituksiinsa. Turvallisuuden takaaminen on vaikeammin toteutettavaa ja ylläpidettävää kuin perinteisissä verkoissa. *[Abrahams ja Lollo 2003]*

Ei ole vaikeaa huomata, että puhe/data-integraatiomarkkinat ovat jo suuret ja kasvavat nopeasti *[Miller 2000]*. Nyt kun ala on melko uusi ja hurjasti kehittyvä, tuotteiden ja palveluiden yhteensopivuus ja pysyvyys tulevaisuudessa ei ole ollenkaan varmaa. *[Abrahams ja Lollo 2003, Miller 2000]* Nyt valitut ratkaisut voivat muuttua tai jopa hävitä jo muutaman vuoden kuluessa.

Kehitys kuitenkin takaa myös sen, että ongelmia yritetään ratkaista sitä mukaa kuin niitä ilmestyy. Vaikka PDI:n toteuttaminen tuntuisi kannattamattomalta juuri nyt, voi alan kehitys tuoda sen kannattavaksi jo muutaman vuoden sisään. Ajan tasalla pysyminen ja toisten integraatiokokeilujen seuraaminen on tärkeää jo senkin vuoksi, ettei jää kelkasta muiden porhaltaessa uutta polkua pitkin. Seuraavassa luvussa esitellään tänä päivänä tarjolla olevia ratkaisuja ja palveluita. Tämän jälkeen luvussa 4 tutkiskellaan yliopistoon verrattavissa olevia, jo toteutettuja PDI:n käyttöönottoja, kokeiluja sekä tutkimuksia.

3 Integraation mahdollisuuksia

Tässä kappaleessa esitellään ensin PDI-markkinoilta muutamia yleisesti käytettyjä ja kokeiltuja valmiita ratkaisuja. Sitten tarkastellaan sitä miltä uusi PDI-puhelinrajapinta näyttää ja tuntuu käytännössä, miten PC ja puhelin toimivat yhteen, sekä millaista uutta toiminnallisuutta ja tehokkuutta yhteistyö oikeastaan tarjoaa työelämässä. Myös langattomien käyttäjien mahdollisuudet huomioidaan ja selvitetään.

3.1 Ratkaisuja

Kuten luvussa 2.3 selvitettiin, suunnittelu ja vertailu on elintärkeää kun harkitaan moninaisten PDI-ratkaisujen välillä. Tässä luvussa esitellään muutamia erilaisia ratkaisumalleja ja palvelutekniikoita, joita on käytetty ja/tai tutkittu jo vuosien ajan.

3.1.1 Keskitetty tai hajautettu arkkitehtuuri

Organisaation tulisi varoen arvioida nykyisiä IP-puhelinarkkitehtuureja jotka tarjoavat saumatonta ja sujuvaa siirtymistä alustasta toiseen. Ideaalinen alusta pitäisi valita tarpeiden, budjetin ja riskiarvion lisäksi sen perusteella miten se kykenee minimoimaan yllätykset ja turhautuneisuuden. Muutostapahtuman pitäisi häiritä työläisiä ja työn sujuvuutta mahdollisimman vähän. Kun PDI:ta toteutetaan, organisaatio voi omaksua toisen seuraavista arkkitehtuurityypeistä: IP-sallittu keskitetty TDM-verkko tai yhdistetty ja hajautettu IP-verkko. *[Cheng 2003a]*

IP:n salliminen piirikytkentäisessä verkossa on järkevää jos tahdotaan estää epävarmuutta, minimoida häiriöitä sekä säilyttää paljon vanhoja digitaalisiin ja analogisiin puhelimiin, linjoihin ja kaukojohtokortteihin tehtyjä investointeja. Tämä arkkitehtuuri sallii siirtymisen asteittaisesti. Perinteisen TDM-välineistön IP-salliminen vaatii uusimman ohjelmistoversion ja lisälaitteistoa. Monet piirikytkentävalmistajat tarjoavat rajapintamoduuleita jotka mahdollistavat heidän PBX:iensä kytkemisen Ethernet LAN tai H.323/SIP/MGCP-

reitittimeen. Tämä lähestymistapa PDI:oon on vaivaton ja yllätyksetön, säilyttää olemassa olevat investoinnit ja voi helpottaa liikkumista sekä muutoksia. Toisaalta se on pitkällä tähtäimellä kalliimpaa, skaalautumatonta sekä tehotonta ja perusratkaisut tulevat vanhenemaan ja voivat hävitä hyvinkin nopeasti. *[Cheng 2003a]*

Useimmat yritykset suosivat yhdistettyä, protokollopohjaista, hajautettua IP-verkkoa. Tällainen verkko integroi saumattomasti sekä piirikytkentäisten PBX:ien että LAN asiakkaiden/palvelin puheluprosessoinnin, äänikytkennät ja liittymämääreet yhdeksi yhtyneeksi verkkorakenteeksi. Tämä on ideaalinen arkkitehtuurirakenne kun integroidaan puhelun käsittely ja järjestelmän toteutusvaatimukset hajautetulla alustalla, jossa ryhmittäiset palvelimet ja yhdysväylät toteuttavat välittämisen, puhelunhallintasignaloinnin, valittujen numeroiden tulkitsemisen ja analysoinnin, puhelun reitityksen ja ohjelmisto-ominaisuuksien varaamisen.

Tämä lähestymistapa noudattaa avoimia standardeja ja PBX:t ovat yhteentoimivia alkuperäisillä protokollillaan. Kilpailevia tuotteita on siis laaja valikoima ja ominaisuuksien sekä sovellusten siirto etäkäyttäjille on mahdollisimman saumatonta. Myös ylläpitokustannukset ja päivitykset olemassa oleviin TDM-laitteisiin ovat minimissään. Tämän lisäksi joustava verkkorakenne tarjoaa korkean luotettavuuden ja tehokkuuden käyttäen sekä piiri- että pakettikytkentäisiä verkkoja. Äänen laadun huonontumisen ja yhteensopivuuden puuttumisen riski olemassa olevien välineiden kanssa tai eri myyjien tuotteiden välillä on kuitenkin olemassa. Arkkitehtuuri tarvitsee myös merkittävät pääomainvestoinnit välineistössä, johdotuksessa sekä koulutuksessa ja ROIta ei ole helppo perustella tuottavuuden parantamisen ehdoilla. *[Cheng 2003a]*

3.1.2 VoATM ja VoFR

PDI:n ratkaisuiksi on tarjottu monia lähestymistapoja, joista tärkeimpiä ovat voice over ATM, voice over Frame Relay ja voice over IP (VoIP). Näistä on myös sekoitettuja ratkaisuja. Voice over ATM ja voice over Frame Relay ovat pääosin kuljetusmekanismeja PBX:ien välillä, kun

VoIP yhdistetään jopa suoraan työpöytään. Tässä luvussa esitellään VoATM:n ja VoFR:n yleisperiaatteita ja seuraavassa luvussa hieman laajemmin VoIPpia, joka on yleisesti käytetyin ja jonka kehitystahti lupaa sen jatkavan voittokulkuaan. Luvut perustuvat pääosin lähteisiin *[ATM Forum 2002, Cisco 2002]*.

ATM Forum ja ITU ovat määrittäneet erilaisia luokkia kuvaamaan VoATM:n erilaisia liikennetyyppejä. Purskeiseen liikenteeseen suunnitellut UBR ja ABR ovat sopivampia datasovelluksille. Ensisijaisesti äänikommunikaatiolle suunniteltuina CBR- ja VBR-luokissa on etusijaisuuksia reaaliaikaiselle liikenteelle ja ne ovatkin sopivia tietyntasoisen palvelun takaukseen. Erityisesti CBR sallii sekä kaistanleveyden, E2E-viiveen että viiveen vaihtelun määrittelyn puhelun asentamisen yhteydessä.

Erilaisiin liikennetyyppeihin on kehitetty ATM-adaptaatiotyyppejä, joissa on kaikissa etunsa ja haittansa. AAL2 (ATM adaptation layer 2) on yleisin adaptaatiokerros VBR-palveluissa. ATM tukee E.164-osoitteitusta, jota käytetään puhelinverkoissa kaikkialla maailmassa. Siksi käyttäjän ei tarvitse huolehtia ääniverkon perimmäisestä osoitteistuksesta. ATM käyttää reitityksprotokollana PNNI:a (private network-to-network interface), joka on hierarkkinen ja globaalisti skaalautuva. ATM-verkon saatavuuden ja QoS:n avulla reitittämisen lisäksi se pystyy myös asentamaan puheluita.

ATM-verkon ei tarvitse ottaa osaa päätepisteiden välisen signaloinnin sisältöön, vaan signalointi voidaan kuljettaa läpinäkyvästi PVC:ien (Private Virtual Circuit) avulla. ATM-signaloinnissa voidaan käyttää myös PVC:eja tehokkaampia SVC:teja, joille voidaan määrittää sopiva QoS ja joiden käyttö vähentää tarvittavien PBX:ien määrää, sillä puhelut kytketään verkon sisällä.

Yleisesti Frame Relayn puhelunasentaminen on ollut myyjäkohtaista ja pitkät datakehykset matalanopeuksisessa Frame Relay -linkissä ovat aiheuttaneet mahdotonta viivettä aikaherkkään ääniliikenteeseen. Myyjät ovat täten käyttäneet omia asennustapojaan ja

pienentäneet kehyksiä omavaltaisesti saaden tuotteet keskenään yhteensopimattomiksi. Frame Relay Forum kehittää yhteensopivuusongelmien ratkaisemiseksi standardeja puheluiden asentamiseen, koodaustyyppeihin, pakettiformaatteihin ja palvelunlaadun määrittämiseen.

Äänen reititys riippuu PVC:ien luomiseen valitusta reititysprotokollasta ja Frame Relay -verkon laitteistosta. Reititys voi perustua kaistanleveyden rajoituksiin, hyppyihin, viiveisiin tai näiden yhdistelmiin, mutta yleisimmin toteutukset perustuvat kaistanleveyden käytön optimointiin. Kokonaista ääni- ja dataPVC:ien verkkoa käytetään minimoimaan hyppyjen määrä ja maksimoimaan mahdollisuudet käyttää erilaisia QoS:itä. Näin suunniteltu verkko minimoi viiveen ja parantaa äänenlaatua, mutta toteutus on kalleimmasta päästä.

3.1.3 Voice over IP

VoIP on ennemminkin OSIn kerroksen 3 kuin kerroksen 2 ratkaisu, joka sallii VoIPin toimia ATM- ja Frame Relay -verkoissa itsenäisesti. Mikä vielä tärkeämpää, VoIP toimii tyypillisen LANin yli aina työpöydälle asti. Näin ajateltuna VoIP on enemmän sovellus kuin palvelu ja VoIP-protokollat ovatkin kehittyneet tämän mukaisesti.

VoIP-protokollia on kahta tyyppiä; keskitettyjä ja hajautettuja. Keskitetyt mukailevat asiakas/palvelinarkkitehtuuria kun hajautetut perustuvat P2P-vuorovaikutukseen. Kaikki VoIP-tekniikat lähettävät ääni-informaation RTP-paketteina IP:n yli ja tukevat laajaa valikoimaa koodekkeja. Erot löytyvät signaloinnista sekä puhelulogiikan ja -tilan ylläpidosta, jotka voidaan hoitaa joko päätepisteissä tai keskuspalvelimessa. Hajautetut VoIP-puhelunhallintakaaviot sisältävät sekä H.323:n että SIPin. Keskitetyt metodit sisältävät MGCP:n ja sovelluskohtaisia protokollia.

Molemmissa arkkitehtuureissa on etunsa ja haittansa. Hajautetut mallit skaalautuvat hyvin ja ovat vastustuskykyisempiä koska niistä puuttuu keskeiset haavoittuvuuskohdat. Keskitetyt puhelunhallintamallit taas tarjoavat helpompaa hallintaa ja tukevat paremmin perinteisiä lisäpalveluita (kuten puhelinkonferensseja), mutta niissä voi olla keskuspalvelimen

kapasiteettiin perustuvia skaalautuvuusrajoitteita. Hybridi- ja yhteistoimintamalleja, jotka tarjoavat molempien mallien parhaat puolet, on kehitteillä.

VoIP-palvelun suunnittelu

VoIP-verkon suunnittelijoiden tulee harkita tarkkaan sekä kaistanleveyttä että viivettä. Kaistanleveysvaatimukset ovat kriittisiä erityisesti WAN-linkeissä. Viivettä aiheuttavat etenemis-, sarja- ja paketointiviiveet.

Kaistanleveyteen vaikuttavat monet asiat. Koodekkien vaatimukset vaihtelevat niinkin pienestä kuin kolmesta jopa 64:ään kbps:ssa. Vaikka äänipaketit ovat tavallisesti pieniä (enintään 20 tavua), kerroksien 2 ja 3 lisäämät otsikkotiedot voivat hyvinkin nopeasti hukuttaa kaistanleveyden vaatimukset. Suunnittelijoilla on useita keinoja pienentää tätä ongelmaa.

VADia (voice activity detection) käytetään lähteessä sääntelemään pakettien virtaa ja pysäyttämään lähetys jos analoginen äänentaso alittaa tietyn kynnyksen. Tämä voi pienentää kaistanleveysvaatimuksia jopa puolella sillä puhelun osapuolet ovat yleensä hiljaa toisen puhuessa. Puhelun asentamisen ja lopettamisen ajastus täytyy tosin määritellä todella tarkasti VADia käytettäessä, jottei puheluita katkea ennen aikojaan. VAD ei myöskään täytä hiljaisia hetkiä ihmiskorvan tuntemalla kohinalla, vaan puhelu kuulostaa helposti katkenneelta. Valmistajat ovat korjanneet tämän ongelman lisäämällä kohinaa vastaanottoon.

Verkon suunnittelijoiden työkaluna toimii myös usein käytetty RTP-otsikoiden pakkaaminen. Suuri osa informaatiosta RTP-otsikoissa on toistettua tai ylimääräistä. Jotkin reitittimet voivat pakata otsikoita hyppy hypyltä ja pienentää tarvittavaa kaistanleveyttä huomattavasti.

Kuten luvussa 2.2.2 mainittiin, äänen lähettämisessä viive saa olla päästä päähän enintään 150ms jotta puhe pysyy ymmärrettävänä. Etenemisviiveen määrittää lähetykseen käytetty väliaine. Vaikka valokuidun käyttö teoreettisesti lisääkin etenemisviivettä maapallon toiselle

puolelle vain 0,7 sekuntia, voivat siihen lisätyt, puskuroidussa pakettiverkossa kriittiset käsittelyviiveet aiheuttaa korvin kuultavaa äänen huononemista.

Tyypillisessä VoIP-tuotteessa DSP generoi kehyksen 10 millisekunnin välein. Jokaiseen pakettiin asetetaan kaksi tällaista kehystä, jolloin pakettiviiveeksi tulee 20ms. Pakettiverkossa viivettä aiheuttaa myös jonoon siirtämiseen kuluva aika ja itse jonotusviive, joka täytyisi pitää alle 10ms:ssa.

VoIPin QoS

VoIP QoS:n toteutus on erittäin tärkeää ei ainoastaan äänen, vaan myös datan selviytymisen kannalta. Kriittiset datasovellukset voivat hyvinkin jäädä paitsi tarvittavasta kaistanleveydestä liiallisten ääniliittymien vuoksi. Hyvä QoS-suunnitelma sisältää määräyksiä pakettihäviön, viiveen, viiveen vaihtelun ja kaistanleveyden tehokkuuden hallitsemiseen. Seuraavassa on esitelty muutama työkalu joilla näitä saavutetaan.

- **Valvonta** tarjoaa yksinkertaista pakettimäärän rajoitusta pudottelemalla paketteja jotka ylittävät kynnyksiä. Valvontaa voi suorittaa joko lähettävä tai vastaanottava laite. Pudotettavien pakettien valitsemiseen voidaan käyttää esimerkiksi REDiä (random early detection) tai WREDiä (weighted RED).
- **Liikenteen muotoilu** mahdollistaa liikennevirtojen puskuroinnin ja tasoittamisen pakettimäärään perustuviin laitteisiin ja niistä pois. Tämä metodi, valvonnasta poiketen, pyrkii välttämään pakettien pudottamista lisäämällä tarvittaessa latenssia ja viivettä.
- **Puheluiden pääsyn hallinta** tarjoaa mahdollisuuden evätä sovelluksilta verkon kaistanleveyttä. Esimerkiksi voidaan käyttää RSVP:aa varaamaan kaistaa ennen puhelun päättämistä tai H.323 vahtia hallitsemaan puhelukohtaisesti osaa vapaana olevasta kaistasta.

- **Jonotusta/aikataulutusta** käytetään puskuroinnissa päättämään pakettien priorisoinnista esimerkiksi weighted fair queuingin sekä IP RTP priority queuingin avulla ja asettamalla korkeaprioriteettinen jono äänelle.
- **Merkintä** sisältää monia tekniikoita joilla paketteja voidaan identifioida erikoiskäsiteltäviksi. VoIP-paketteja voidaan merkitä esimerkiksi RTP-formaatin ja ToS-bittien mukaisesti. Merkintä voi myös matkata paketissa verkosta toiseen, joten se on erittäin hyödyllistä verkkojen välisessä QoS:ssä.
- **Fragmentointi** viittaa joidenkin verkkolaitteiden kykyyn jakaa isot paketit edelleen pienemmiksi ennen niiden kuljettamista kapeakaistaisen linkin läpi. Tämä estää äänipakettien pysähtelyn jonoihin odottelemaan isojen datapakettien läpimenoa. *[Cisco 2002]*

3.1.4 Äänitekniikoiden vertailu (VoIP, VoFR ja VoATM)

Äänitekniikoiden vertailu voi olla vaikeaa, sillä jokainen niistä sopii erilaisiin verkkoympäristöihin ja tarpeisiin. Taulukko 4 kuvaa keskeisimpiä äänitekniikoiden yhtäläisyyksiä ja eroja.

VoFR	VoIP	VoATM
Käyttö:		
Laajimmin käytössä yritysverkoissa, joissa on tähtitopologia.	Käytetään äänen kuljettamiseen IP-verkon yli.	Monipuolinen, nopea ja skaalautuva, mutta kallis.
Priorisointi:		
VFRADit sisältävät lippuja, joilla viiveherkkyys määritellään.	ToS-kenttää luokittelee liikenteen asiakkaiden ja ISP:ien välillä.	Priorisointi on toteutettu QoS-parametreillä.
Fragmentointi:		
Paketit jaetaan kaavioiden mukaan pieniksi osiksi nopeaa kytkemistä varten.	Muuten samoin kuin Frame Relayssa, paitsi että IP-otsikon kokoa kasvatetaan.	Fragmentointi pieniksi, kiinteän kokoisiksi ATM-soluiksi.

Vaihtuva viive:		
Viiveen vaihtelua kontrolloidaan puskureilla.	Viiveen vaihtelua kontrolloidaan puskureilla.	Ei lähetetä jatkuva-aikaista virtaa epäaktiivisen puhelun aikana.
Äänen pakkaaminen:		
Yhteys on yleensä 56/64 kbps ja siinä käytetään matalabitti-nopeuksista pakkausta, kuten G.723.1 ja G.729A.	Pakkaus on elintärkeää, sillä linkit voivat olla hitaita. Pakkausmuodot ovat samoja kuin VoFR:ssa.	Puhtaissa ATM-verkoissa pakkaus ei ole välttämätöntä.
Äänettömyyden ehkäiseminen:		
Puhelun aikana käytössä on puolikas linjaa. Ylimääräistä kaistanleveyttä käytetään esim. signalointiin.	Sama metodi kuin Frame Relayssa. Kaistanleveyttä säästetään noin 60%.	Tätäkään ominaisuutta ei tarvita puhtaassa ATM-verkossa.
Otsikon koko:		
Frame Relay -kehyksen koko on 2 tavua.	IP-otsikot ovat isoja, jopa 20 tavuisia.	ATM-soluissa on 5-tavuiset otsikot.
Protokollat:		
FRF.11:ssä määritetyt standardit ovat ADPCM ja CS-ACELP.	IP-puheluiden standardiprotokollat on esitelty luvussa 2.1.1.	AAL2.

Taulukko 4. VoFR:n, VoIPin ja VoATM:n eroavaisuuksia. *[Ahmed 2005]*

Useimmat organisaatiot suosivat tekniikkaa joka maksaa vähiten ja tarjoaa parhaimman suorituskyvyn. Näitä tekniikoita voi käyttää hybridimuodoissa, jolloin parhaita ominaisuuksia saadaan yhdistettyä ja pienennettyä mahdollisia muutoksia edelliseen kokoonpanoon. Laajasti käytetty VoIP on hyvin suosittu kuljettaen äänen ja datan samassa linjassa halvimpaan hintaan. VoATM tarjoaa synkronista lähetystä ja on nopein. *[Ahmed 2005]*

3.2 Puhelutavat ja laitteet

Jotkin IP-puhelimet näyttävät samanlaisilta kuin perinteiset puhelimet, toisissa voi olla hyvinkin iso näyttö jopa väreissä. Tällaiset ovat verrattavissa PDA-laitteisiin, koska nekin toimivat samoin kuin PC:t, mutta tarvitsevat ja sisältävät vähemmän resursseja. Tällaisia isonäyttöisiä puhelinlaitteita voivat käyttää työntekijät, jotka eivät tarvitse pöytätietokonetta päivittäisessä työssään, mutta joilla silti on ajoittaista tarvetta esimerkiksi konferenssipuheluihin tai pääsyyn yrityksen intranetin hakemistoihin.

Kuva 5. Fujitsu-Siemensin pen tablet ja Avayan IP-puhelin. *[Mattes ja Emmerson 2003]*

Jos PC:n käyttäminen puhelimena tai uusi IP-puhelinlaite ei innosta, myös perinteisen puhelimen voi säilyttää ja käyttää PC:tä vain henkilökohtaisten puhelinluetteloiden sekä kehittyneempien puhelinominaisuuksien (kuten konferenssipuhelut) käyttöön. Jo nyt ja etenkin tulevaisuudessa ohjelmistot ja niiden käyttö yksinkertaistuvat ja graafiset käyttöliittymät ohjaavat tietämättömimmätkin työntekijät käyttämään kehittyneitä palveluita helposti ja nopeasti. *[Mattes ja Emmerson 2003]*

PC:hen tai PDA:han voidaan myös ladata ohjelmistopuhelin, joka käyttää netissä olevaa palvelinta puhelujen välittämiseen. Tällöin saadaan käyttöön vielä suurempi näyttö ja tehokkaampia resursseja pienillä kustannuksilla. Ohjelmistopuhelimen lisäinvestointi (koneen

ja laajakaistaliittymän ohessa) on erillinen luuri tai kuuloke-mikrofoniyhdistelmä, joita saa jopa 10 eurolla. Ohjelmistopuhelimella varustettua kannettavaa laitetta voi käyttää puheluihin myös liikkuessa, kunhan asianmukainen langaton yhteys on saatavilla (esimerkiksi WLAN kampusalueella tai hot spot lentokentällä).

Kuva 6. Ohjelmistopuhelimen lisälaitteita. *[Autio ja Sundvall 2004]*

Jotkin käyttäjät tyytyvät ohjelmistopuhelimen käyttöön ainoana äänipäätteenä, mutta PC:n, ohjelmiston, kuulokkeiden ja mikrofonin ei voida odottaa korvaavan puhelinlaitteita yleisesti. Tällainen yhdistelmä on monille hankalaa käyttää eikä se ole yhtä luotettava kuin perinteinen puhelinlaite. Useimmat käyttäjät suosivatkin oikeaa puhelinta, jossa voi valita numerot, puhua ja kuunnella tutulla tavalla.

PSTN:n kehitys on taannut järjestelmän varmuuden, halpuuden ja helppouden. Kiinteiden internet-yhteyksien myötä yleistynyt laajakaista tarjoaa kuitenkin nykyään myös IP:n saatavuuden kellon ympäri ja melkein missä vain. IP-puhelut ovat myös yleisesti edullisia ja jopa ilmaisia, joten esteeksi vaihtamiselle jääkin useimmiten tietämättömyys uudesta tekniikasta ja laitteistosta. IP-puhelu ei kuitenkaan tarvitse välttämättä edes erillistä datalaitetta ja aivan tutun lankapuhelimen mallisia IP-puhelinlaitteita on runsaasti saatavilla. Kuvassa 7 on internetpuhelin, joka ei vaadi toimiakseen tietokonetta, vaan ADSL-modeemi ja sovitin laajakaistayhteydellä riittää.

Kuva 7. IP-puhelin, jonka käyttäjä ei tarvitse datalaitetta. *[Autio ja Sundvall 2004]*

Markkinoille tuodaan sekä yksinkertaisia puhelimia että edistyneitä, ominaisuusrikkaita puhelinlaitteita. Mikä tahansa IP-puhelin on kuitenkin vielä huomattavasti kalliimpi kuin ohjelmistopuhelin.

3.2.1 Esimerkkejä IP-puhelimista

Isot puhelinvälineistön valmistajat, kuten Cisco, Lucent ja Nortel ovat tuoneet IP-puhelinmarkkinoille vain muutaman mallin, kun perinteistä välineistöä tehdään vielä laajoja valikoimia. Oletetaan, että näin myyjät pyrkivät rationalisoimaan tuotantolinjansa ja minimoimaan isojen standardisettien valmistamisen kustannuksia. Ensimmäiset isojen yhtiöiden IP-puhelimet olivat merkkilaitteita, jotka eivät olleet yhteensopivia muiden kuin yhtiön omien kytkimien kanssa. Nykyinen trendi on tuottaa laitteita jotka perustuvat SIP- tai MEGACO-standardeihin tai molempiin.

Toiset riippumattomat puhelinvalmistajat (kuten Aastra, Avanti, Pingtel, Telcordia ja Telrad) tarjoavat älykkäitä VoIP-puhelimia täydentämään IP-Centrexin ominaisuuksia. Näille markkinoille tarjoavat tuotteitaan myös vakiintuneet luurien valmistajat, kuten Samsung ja Sony.

Kaksi tietoliikennevalmistajaa, Mitel ja Siemens, ovat tunnettuja ergonomisesti erinomaisista puhelinpäätteistään ja valmistavat erilaisia IP-puhelimia. Mitelillä on viisi IP-puhelinmallia sisältäen edullisen yksiliittymälaitteen, kalliimman 320x240 pikselin näytöllä ja IrDA-rajapinnalla (linkki PDA-laitteisiin) varustetun puhelimen sekä kuvassa 8 olevan 5140 IP Appliancen. Mitelin 5140:ssa on myös sisäänrakennettu HTML-selain ja integroitu hakemisto hallintamahdollisuuksiin. Sitä voikin käyttää toimitsijan tai valvojan työasemana ACD-konfiguraatiossa.

Kuva 8. Mitelin 5140 IP Appliance.

Palm Pilottiin tai vastaavaan mukautettu laite, joka on pohjimmiltaan PDA-pidin, on eräs kiinnostavimmista ja nykyaikaisemmista IP-puhelimista. PDA tarjoaa värinäytön, suurimman osan käsittelytehosta sekä sisäänrakennetut käyttöjärjestelmän, sovellukset ja tietokannan. Tämän vuoksi itse puhelinlaitteen kustannukset ovat hyvin pieniä ja laitteista muodostuu tehokas työpöytäpääte.

Siemensin IP-puhelintavaramerkki on optiPoint, jotka olivat ensimmäisiä suuren valmistajan tarjoamia SIP-laitteita. Esimerkiksi optiPoint 100:ssa on sekä 10 Mbps Ethernet että RJ-45 -rajapinnat ja se sisältää G.711- sekä G.732.1-koodaukset. Tässä hands-free -laitteessa on kaksilinjainen, 24-merkkinen näyttö.

Useat valmistajat yrittävät täyttää IP-yhteensopivan puhelimen tarpeita ja useimmat näistä pohjautuvat SIP-standardiin. Joitain vuosia sitten vielä ennustettiin, että ISDN-yhteensopivista puhelimista yhdessä PBX:ien ja Centrexien kanssa tulisi yleisimpiä, mutta ISDN:n kalleus on estänyt tämän.

IP-puhelimet muistuttavat ISDN-laitteita siinä, ettei niitä voi helposti varustaa keskuksen tasavirralla vaan se pitää tehdä paikallisesti. Jokaiseen puhelimeen voidaan käyttää vaihtovirtapistoketta, mutta parempi keino on asentaa teholähde, PSU (power supply unit), lähimpään tietoliikennehuoneeseen. Näin tasavirtaa voidaan jakaa useaan laitteeseen LAN-johdotuksen yli ja PSU voidaan varmistaa tietoliikennehuoneen UPS:lla.

IP-puhelinten suuri etu on se, että siirrettäessä ne automaattisesti rekisteröityvät tietoliikennejärjestelmään tarjoten pääsyn äänipalveluihin muutamassa sekunnissa. Useat IP-puhelimet myös integroituvat HTTP-pohjaisten järjestelmänhallintapakettien kanssa salliakseen nopeat ja intuitiiviset siirrot, lisäykset ja muutokset.

IP-puhelinjärjestelmät vähentävät automaattisten avustajien ja toimintojen avulla tarvittavan puhelinhenkilöstön määrää. Jonkinasteista inhimillistä operointia silti vielä vaaditaan varsinkin instituutioissa, joissa työvoima liikkuu paljon, kuten sairaaloissa ja yliopistoissa. Tällaisessa ympäristössä paras ratkaisu on Abrahamsin ja Lollon mukaan PC-pohjainen konsoli, joka on integroitu organisaation hakemistojen ja henkilökohtaisen on-line -kalenterin kanssa. *[Abrahams ja Lollo 2003]*

3.3 Palvelut

IP mahdollistaa täysin uuden lajin synergisia, tuottavuutta parantavia sovelluksia puhelimiin, PC:eihin ja PDA:eihin. PDI:ta käytetään myös parantamaan olemassa olevia sovelluksia, kuten puhelinkeskuksia ja unified messagingia, ja helpottamaan niiden käyttöönottoa.

Useimmat myyjät tarjoavat ratkaisuissaan paljon IP-parannettuja sovelluksia jopa multikommunikaatioportaaleihin, jotka mahdollistavat mobiilin pääsyn organisaation dataan.

IP-sallitut sovellukset suosivat tutun näköistä selainliittymää, joten niitä on helppo käyttää. Appleteista koostuvina niitä on usein myös helppo muokata itse ilman ohjelmointitaitoja. Keskitetyn verkon sovellukset myös toimivat saumattomasti keskenään poistaen tuskastumisen verkkojen välisestä yhteensopimattomuudesta. Esimerkiksi unified messaging onkin käytännöllistä ja helppoa juuri PDI-ympäristössä, kun sitä tähän mennessä ei ole useimmiten saatu hinta/laatu-suhteeltaan kannattavaksi erillisverkkoja käytettäessä. *[Mattes ja Emmerson 2003]*

Euroopan komission VoIP-raportissa VoIP-palvelut on jaettu viiteen ryhmään.

- Vertaispalvelut
- Internet-liittymästä riippumattomat kaupalliset palvelut
- Laajakaistaoperaattorin tarjoamat palvelut
- Asiakasorganisaation sisäinen käyttö
- Operaattorin sisäinen käyttö

Vertaispalveluihin kuuluvat VoIP-palvelut, jotka toimivat avoimesti ja maksutta internetissä. Ilmaisia tai maksullisia ohjelmistoja voi ladata internetin palvelimilta. VoIP-asiakasohjelmisto sisältyy esimerkiksi hyvin suosittuun Microsoft Messengeriin. Toinen esimerkki on yhä suurempaa suosiota saavuttava Skype, joka perustuu vertaisverkkoihin eikä siis ole standardinmukainen.

Internet-liittymästä riippumattomat kaupalliset palvelut voi tarjota vaikkapa maailmanlaajuisena kuka tahansa, jolla on nopea internet-liittymä. Suomessa yksi merkittävistä, riippumattomista VoIP-operaattoreista on Ipon. Tällaisella VoIP-operaattorilla ei ole minkäänlaista kontrollia asiakkaan internet-liittymään, joten sillä ei myöskään ole

mahdollisuutta taata P2P-QoS:ä. Internet mahdollistaa verkkokapasiteetin ja IP:n päällä toteutettujen palveluiden (kuten VoIP) ostamisen eri myyjiltä, joka taas edellyttää että IP-palvelua voi ostaa sen laatuisena kuin asiakkaan ja/tai operaattorin sovellukset edellyttävät. Puheluita ja palveluita voi hyödyntää missä päin maailmaa tahansa käyttämällä esimerkiksi kannettavaan laitteeseen asennettua VoIP-ohjelmistoa.

Kasvava trendi on, että **laajakaistaoperaattori tarjoaa VoIP-palvelun** osana asiakkaan internet-liittymää. Tämän mallin etuna on se, että operaattori voi varmistaa äänen siirrolle riittävän palvelunlaadun omassa verkossaan. Ongelmana taas on, että paikallinen operaattori ei halua kilpailla omien puhelinpalveluidensa kanssa vaan saattaa jopa hidastaa siirtymistä IP-puheluihin ja sen myötä avautuvaa kilpailua.

Karila selvittää Liikenne- ja viestintäministeriölle tekemässä raportissaan, että *”Lähes kaikki suuret organisaatiot käyttävät tai ovat ottamassa käyttöön VoIPjärjestelmiä. Pääasiallinen motiivi tähän on lyhyellä tähtäyksellä kustannusten säästö mutta pidemmällä tähtäyksellä korostuvat IP-tekniikkaa soveltamalla saavutettavat toiminnalliset hyödyt.” [Karila 2005]* **Asiakasorganisaation sisäinen käyttö** on keskeisintä tämän tutkimuksen kannalta.

PDI:n toiminnallista hyödyntämistä nykyorganisaatiossa on esimerkiksi nykyaikainen yhteyskeskus, joka muodostaa sovelluksen, jonka varassa koko organisaatioverkko toimii. Karilan mukaan *”Vaaditaan erittäin suurta käyttövarmuutta, joka edellyttää paitsi keskeisten palvelinten ja muiden järjestelmien kahdentamista tai klusterointia myös niiden alla olevien IP-verkkojen jatkuvan häiriöttömän toiminnan varmistamista.” [Karila 2005]*

Chengin mukaan erityisesti kaksi kustannussäästöjä painottavaa palvelua ovat antaneet vahvoja syitä harkita IP-puhelinliikenteen käyttöönottoa:

- **VoIP VPN** (Virtual Private Network) **palvelut** voivat auttaa yhtiöitä säästämään kustannuksissa kuljettamalla puhetta kiinteätaksaisten dataporttien läpi ja korvaamalla

vuokrajohdot täysin. VPN on yksityinen yhteysverkko joka kaivautuu Internetin WAN-selkärangan läpi käyttäen IPSec/L2TP salausta ja tarjoten erillisverkon ulkomuodon ja toiminnallisuuden alennettuun hintaan.

- **IP-PBX tai Centrex-palvelut** vähentävät ”parannettujen ominaisuuksien” potentiaalisia menoja sallimalla etätyön, virtuaalitoimistot ja etätyöläisille kätevän yhteyden yhdistetyn yritysverkon toimintoihin ja tietokantoihin. *[Cheng 2003b]*

Seuraavassa esitellään muutamia näistä PDI-pohjaisia ominaisuuksista, joilla voi helpottaa ja parantaa erityisesti työntekijöiden tehokkuutta ja kommunikointia sekä organisaation sisällä että asiakasrajapinnassa.

3.3.1 Esimerkkejä hyödyllisistä käyttömahdollisuuksista

Unified messaging

Unified messaging asettaa ääniviestit yhtä helposti käsiteltäviksi kuin sähköpostiviestit. *[Held 2000, Mattes ja Emmerson 2003]* Siten niitä voi selailla aivan missä järjestyksessä tahansa ja säilyttää myöhempää käyttöä varten. Vielä edistyneemmät sovellukset pystyvät vielä tehostamaan ääniviestien käyttöä kääntämällä puheen tekstiksi ja sallien ääniviestien lukemisen, kun kuuntelu on mahdotonta. Samoin sähköpostin tai pikaviestin kuuntelu voi olla ajoittain käytännöllistä. *[Mattes ja Emmerson 2003]*

Unified messaging (yhdistynyt viestintä) viittaa kaikkien informaationvälitystapojen hoitamiseen käytettävään järjestelmään. *[Cheng 2003a, Held 2000]* Unified messaging -palvelu sallii työntekijöiden käyttää kaikkia yhteysmuotoja tehokkaammin GUIlla ilman tarvetta erillisiin yhteysjärjestelmiin ja -käyttöliittymiin. *[Held 2000]*

Videokommunikointi

Uudet mahdollisuudet reaaliaikaisen videon käyttöön tarjoavat myös tehokkaita työkaluja työntekoon. Esimerkiksi seuraavat ovat mahdollista niin asianmukaisesti varustelluissa kokoustiloissa kuin yksittäisen loppukäyttäjän multimediakoneellakin.

- Videokonferenssit ilman tarvetta samassa tilassa olemiseen.
- Kahden tai useamman henkilön kommunikointi työpisteidensä sovellusten avulla. Käytännöllistä esimerkiksi monessa projektissa mukana olevalle työläiselle.
- Etäopiskelu ilman tarvetta samassa tilassa olemiseen.
- Monipuolinen terveydenhoitokonsultaatio ilman tarvetta matkustamiseen.

Kun videokommunikointiin käytetään esimerkiksi ISDN:n sijaan PDI-järjestelmää, saavutetaan huomattavia säästöjä ja vähennetään välineistön monimutkaisuutta. *[Mattes ja Emmerson 2003]*

Virtuaalinumerointi

Läsnäolon pohjalta on kehitetty myös palveluita, jotka antavat jokaiselle käyttäjälle oman virtuaalinumeron tai ohjaavat puhelua käyttäjän sijainnin perusteella. Näin voidaan esimerkiksi vähentää tarpeettomia matkapuhelinkuluja, kun puhelu ohjataan käyttäjän ollessa toimistolla ensin lankaliittymään ja vasta sen jäädessä vastaamatta, tai käyttäjän sijainnin ollessa muualla, kalliimpaan matkapuhelinliittymään. *[Mattes ja Emmerson 2003]*

Älykkäät ja liikkuvat yhteyskeskukset

Puhelinkeskuksen toimintaa voi tehostaa huomattavasti PDI-sovellusten avulla. Keskuksen työntekijä ei ole enää sidottu pöytäpuhelimeensa tai -tietokoneeseensa ja toisaalta kuka tahansa PDI-alueella tai siihen yhteydessä oleva henkilö voi toimia keskuksen työntekijänä. *[Mattes ja Emmerson 2003]* Puhelun ohjaus eteenpäin heti tai lyhyen keskustelun jälkeen sopivalle asiantuntijalle on helpompaa, kun voi tarkistaa onko heitä yleensäkään tavoitettavissa, missä he ovat ja miten heihin kannattaa ottaa yhteyttä. *[Cheng 2003a]*

PDI tarjoaa mahdollisuuksia, kuten asiakkaan tietojen haku heti näytölle ja tietojen tallentaminen jos tietokanta ei vielä niitä sisällä. *[Bates ja Gregory 2000, Mattes ja Emmerson 2003]* Ensimmäinen vaihtoehto säästää joka puhelusta 20–30 sekuntia, mutta vaikka tämä onkin kustannussäästöistä, ei se ole kriittisin asia. Sen sijaan tärkeintä on tyydyttää soittaja ja tarjota parempaa ja nopeampaa palvelua. Tätä tukee myös mahdollisuus ohjata asiakas juuri

hänen asiaansa hoitavalle henkilölle jonka näytölle asiakastiedot taas kulkeutuvat suoraan. *[Bates ja Gregory 2000]*

Monien medioiden käyttömahdollisuus parantaa myös keskushenkilöstön tehokkuutta ja pienentää jonoja. Älykäs puhelinkeskus voi jopa tarvittaessa ohjata asiakkaan suoraan asiantuntijan juttusille ja samalle henkilölle toimitettavat ääni- ja sähköpostit sekä pikaviestit voi nopeasti lähettää eteenpäin yhtä aikaa, toisin kuin puhelut. Tästä tulee käsite yhteyskeskus, joka korvaa yleisesti puhelinkeskuksia.

Etätyöskentely

Etätyön mahdollisuus on hyväksi yrityksille: kun vähentää matkustelun tarvetta, saa enemmän tehokkuutta ja vähemmän stressaavia työntekijöitä. Organisaatioiden datasovelluksia on voitu jo pitkään käsitellä helposti kotoa intranettien ja turvallisten VPN-yhteyksien kautta. Kommunikointi on kuitenkin ollut huomattavasti hankalampaa kuin toimistossa, sillä perinteinen puhelinjärjestelmä on hyvin sijaintipainotteinen. PDI poistaa tämän ongelman, sillä etätyönteko ei vaadi enää erillistä yhteyttä puhepostiin. Etätyöläiselle riittää multimediaPC, reititin sekä suora Internetyhteys jotta kaikki yhteystoiminta mikä on mahdollista toimistossa, onnistuisi nyt myös muualla.

3.3.2 Palvelut liikkuvuuden mukaisesti

PDI:ta tarkastellaan usein pääasiassa kiinteään puhelinverkon korvaajana. Tämä ei silti voi olla PDI:n ainoa tehtävä, sillä PDI:oon siirtymiselle ei näin ajattelemalla löydy niin merkittäviä syitä kuin suosiosta voisi olettaa. Liikkuvien asiakkaiden ei voi olettaa olevan valmiita siirtymään mobiilipalveluista takaisin palveluun, jollaisella he aiemmin olivat sidottuja kiinteään paikkaan. Jonkinasteinen liikkuvuus onkin jo kiinteissä verkoissa toteutetun PDI:n perusominaisuus ja PDI tulee yleistymään kiinteän lisäksi myös mobiiliverkoissa. Karila jakaakin raportissaan VoIP-palvelut kolmeen ryhmään; kiinteään paikkaan tarjottaviin, vaeltaviin ja mobiilipalveluihin.

Kiinteään paikkaan sidottu VoIP-palvelu muistuttaa PSTN:n puhepalvelua. Esimerkki tällaisesta kaupallisesta palvelusta voisi olla esimerkiksi Soneran Puhekaista-palvelu, joka on rajattu Soneran laajakaistaliittymä-asiakkaisiin.

Tavallinen VoIP-liittymä on luonnostaan siirtyvä, jolloin sitä voidaan käyttää mistä tahansa riittävän nopealla internet-yhteydellä. Esimerkkejä tällaisesta ovat Iponin toimittama laajakaistapuhelin ja Skype. Vaeltava liittymä ei ole yhtä liikkuva kuin matkapuhelinliittymä, mutta se aiheuttaa jo paineita matkapuhelinoperaattoreille, joiden verkkovierailumaksut ovat vielä korkeita. Yleistyvien WLAN-hotspottien avulla vaeltava puhelinpalvelu on erittäin edullista jopa kansainvälisellä tasolla. Halpoja Wi-Fi -puhelimia on jo markkinoilla, samoin kuin matkapuhelinmalleja, joissa on VoIP sisäänrakennettuna.

Todellinen mobiili VoIP edellyttää Karilan mukaan ”middleware-ratkaisua, joka tukee ns. saumatonta verkkovierailua (seamless roaming) verkkojen välillä ja toteuttaa riittävän tasoisen tietoturvan. Ratkaisuja tarvitaan joka tapauksessa muihinkin internetin sovelluksiin ja ne yleistyvät VoIP:stä riippumatta. ... WLANin avulla voidaan toteuttaa melko laajoja verkkoja, joissa käyttäjä voi liikkua tukiasemien välillä esimerkiksi rakennuksen sisällä.” *[Karila 2005]* Seuraavassa luvussa tarkastellaan langattoman PDI:n mahdollisuuksia, haasteita ja ratkaisumalleja erityisesti organisaatioWLANeissa.

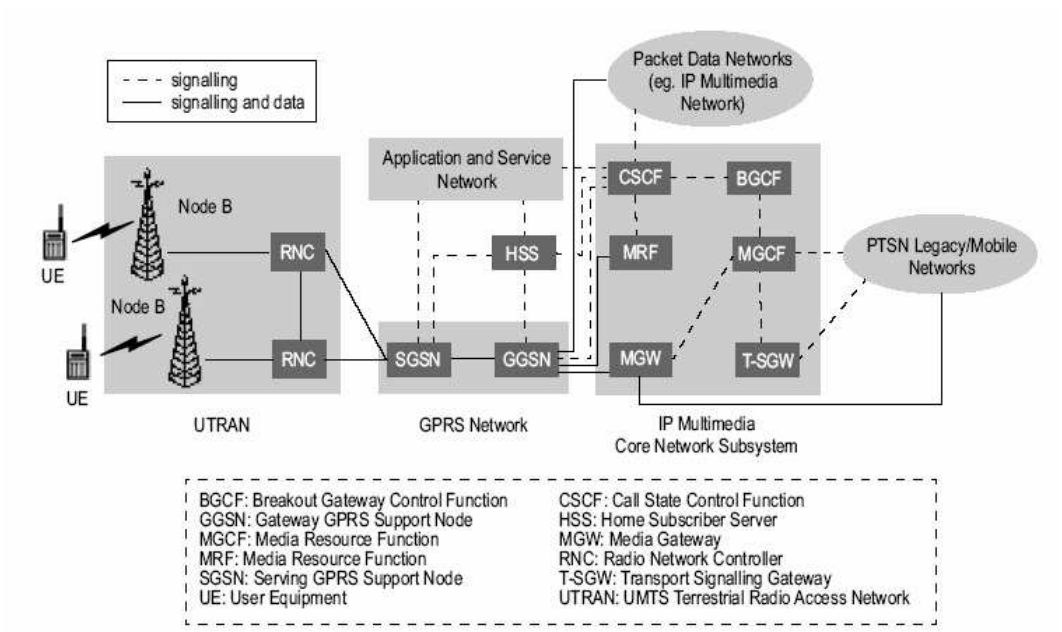
3.4 Langaton puhe/data

Kun WLANeista on tullut arkipäiväisiä etenkin yliopisto- ja yrityskampuksilla sekä lisääntyvissä Wi-Fi hotspoteissa, monien voidaan odottaa olevan innokkaita käyttämään matkapuhelimia ja muita kannettavia (puhelin)laitteita liikkuvuutensa edistämiseksi. *[Deloitte 2004, Kung 2005]* Matkapuhelimet ovat jo osoittaneet, että käyttäjät ovat myös valmiita maksamaan liikkuvuudesta. Aito liikkuvuus IP-verkossa tarkoittaa Karilan mukaan päätelaitteen kykyä siirtyä verkosta toiseen ilman kommunikointikatkoja. *[Karila 2005]*

Jotkut näkevät WLANit välittöminä kilpailijoina televiestinnän laajakaistaisille 3G-teknologioille, toiset taas näkevät ilmiöt toisiaan täydentävinä. *[Kung 2005]* 3G:ssä puhe, data ja multimedia on alusta lähtien suunniteltu toimimaan samassa, ATM-pohjaisessa runkoverkossa. Alkuperäisen suunnitelman vastaisesti verkko on kuitenkin korvattu uusimmissa versioissa IP:llä ja markkinoilla on jo puhtaasti IP-pohjaisia 3G-palveluita, joissa käytetään VoIPpia. *[Karila 2005]*

Mobiilikommunikoinnin uusimpiin haasteisiin vastaava 3G tarjoaa laajakaistaisia multimediasovelluksia sekä johtavia pääteteknologioita ja järjestelmää standardisoidaan yhä Third Generation Partnership (3GPP) -projektissa. *[Luqman ym. 2001]* 3G- verkot kehittyvät silti huomattavasti hitaammin kuin standardoidut WLAN-tekniikat. *[Karila 2005]*

Pang ja Lin käyttivät UMTS:n All-IP -lähestymistapaa esimerkkinä näyttäessään, että myös 3G-verkko voi hyödyntää tavallista IP-tekniikkaa tukeakseen SIP-hallittuja multimedia- ja äänipalveluita. Kuvassa 9 on esitetty UMTS All-IP verkkoarkkitehtuuri, jossa he korvasivat SS7-signaloinnin IP:lla ja joka tarjosi reaaliaikaisia multimediapalveluita.



Kuva 9. UMTS:n All-IP verkkoarkkitehtuuri. *[Pang ja Lin 2004]*

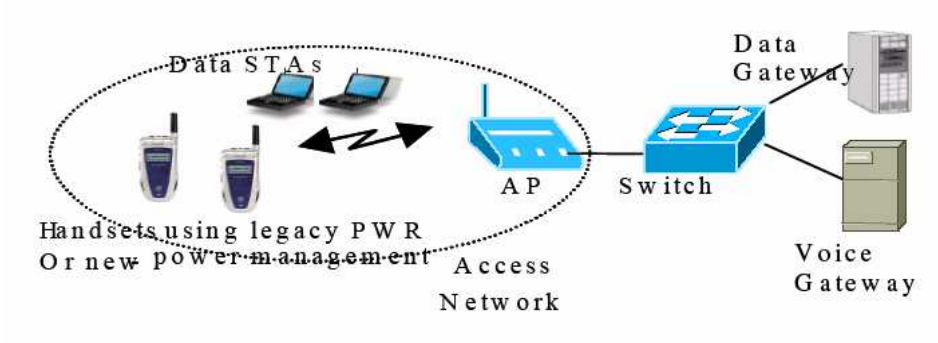
WLANit kuljettavat IP-paketteja, joten ne yhdistetään usein televiestinnästä keskusteltaessa VoIPpiin. PDI-ratkaisuista erityisesti VoIP tuleekin todennäköisesti myötävaikuttamaan suuresti mobiiliverkkojen keskittymisessä. *[Karila 2005, Kung 2005]* VoIPin piti ensin ylittää luurin, tietokoneen tms. löytämisen pakollisuus VoIP-palveluihin pääsemiksi. USB- ja Wi-Fi -luurit sekä sulautetut VoIP-laatikot ovat lieventäneet ongelmaa. *[Kung 2005]* Mobiilit VoIP-puhelimet ovat kuitenkin kiusattuja teknisillä ongelmilla, joista kiduttavin on lyhyt akun kesto. Langattomat VoIP-luurit käyttävät datan siirtoon suunniteltua LAN-teknologiaa, joka vaatii paljon virtaa. *[Deloitte 2004]* Tällaisten laitteiden käyttäminen yrityksissä ja opetuslaitoksissa tulisi Kungin mukaan olla pakottava päämäärä, kun puhelinyhtiöt ja -operaattorit kehittävät uusia, integroituja järjestelmiä. *[Kung 2005]*

3.4.1 PDI-WLANin toteutuksesta

Integraatio tarkoittaa teknisesti sitä, että WLANit ja soluverkot voivat toimia yhdessä tietyillä verkon kerroksilla. Verkkojen välistä kytkentää on kahdenlaista, tiivis (*tight coupling*) ja vapaa (*loose coupling*). Tiiviissä lähestymistavassa integraatio toteutetaan verkkokerroksella IP-kerroksen alla. Täten WLAN ilmenee soluverkon yhtenä solukkona jolloin kättelyn solu- ja WLAN-verkkojen välillä voidaan olettaa olevan saumatonta. Kuitenkin tarvitaan luultavimmin vuosien standardisointi ja kehitys ennen kuin tiivistä kytkentää voidaan toteuttaa kokonaisvaltaisesti. *[Kung 2005]*

Toinen lähestymistapa, vapaa kytkentä, toteuttaa integraation IP-kerroksella käyttäen soluverkossa IP:n valmiita protokollia sekä autentikointi-, valtuutus- ja laskentajärjestelmiä tukeakseen WLAN-palveluita. Vapaa kytkentä on siis valmis toteutettavaksi olemassa olevilla standardeilla. *[Kung 2005]*

Kuvassa 10 on esitetty yksinkertaisen 802.11 yritysWLANin arkkitehtuuri. Se sisältää infrastruktuuriverkon (*access network*), joka koostuu WLAN radiolinkeillä yhdistetyistä AP- ja mobiiliasemista, sekä jakeluverkon, jossa on ääni- ja datayhdysväyliä. Jokainen äänikanava voi ajaa VoIP-sovellusta, joka luo tarvittaessa P2P-yhteyden ääniyhdysväylän kanssa. Myös data-asemat on yhdistetty datayhdysväylään verkon kautta ja dataliikenteen vaikutus äänen laatuun tulisi ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa.



Kuva 10. 802.11-pohjainen VoWLAN-järjestelmä. *[Chen ym. 2004]*

Kanter ja Olrog osoittivat tutkimuksissaan jo 1999, ettei kaistanleveys ole isoimpia ongelmia langatonta VoIPpia toteutettaessa. Heidän latenssia ja muita asianmukaisia ominaisuuksia koskevat mittauksensa näyttivät, että verkon rakenne oli useimmiten vastuussa suorituskyvyn ongelmista kun heikotkin mobiilikaistanleveydet tuottivat suositeltavaa QoS:ä jopa interaktiivisiin multimediasovelluksiin. Vain limittymisen tuottama latenssi GPRS- ja UMTS-palveluluokissa oli huomattavaa. ”Johtopäätöksemme on, että 2.5/3G: kehitys ja standardisointi tulisi kohdistaa pakettipohjaisiin AP:eihin ja mobiililaitteisiin, jotka voivat kommunikoida IP:n kautta pakettiradioradioverkon yli ... toimittaakseen sekä dataa että multimediapalveluita.” *[Kanter ja Olrog 1999]*

Kun ajatellaan moninaisia langattoman pääsyn tekniikoita – 802.11, Bluetooth, ensimmäisen/2.5/kolmannen sukupolven 2G/2.5G/3G solukkoja jne. – ja niitä täydentäviä ominaisuuksia, voidaan odottaa kannettavien, taskukokoisten mobiilisolmujen sisältävän monia langattomia yhteysrajapintoja. Mobiilisolmun täytyy pystyä valitsemaan sopivin

rajapinta tiettyjen sovellusten käyttöä varten. Tätä ilmiötä kutsutaan usein *langattomien tekniikoiden keskittämiseksi*. Tällaisessa ympäristössä solmujen saumattoman liikkumisen tukeminen on yksi kriittisimpiä asioita. *[Kwon ym. 2004]*

Monilukuisten langattomien VoIP-teknologioiden käyttäminen datan ja äänen lähettämiseen voi johtaa kilpailevien standardien ja patenttiratkaisuiden yhteensopimattomuuteen *[Lunn ym. 2004]* tai erilaisten laitteistoinfrastruktuurien rinnakkaiseloon, jolloin taas asennus- ja ylläpitokustannukset luultavimmin moninkertaistuvat. *[Köpsel ja Wolisz 2001]* Siksi yhden yhteisen langattoman metodin löytäminen äänelle ja datalle on usein houkuttelevaa.

3.4.2 VoWLAN tutkittuna

WLAN-järjestelmän äänikapasiteetti on myös usein pieni. Perinteisistä sovelluksista, kuten Internetistä ja sähköpostista aiheutuva dataliikenne ja VoIP-liikenne voivat myös häiritä toisiaan ja alentaa kummankin suorituskykyä. Jokainen VoIP-linja tarvitsee alle 10 kb/s, joten 11Mb/s:n WLAN voi periaatteessa tukea yli 500:aa VoIP-istuntoa kerrallaan. Todellisuudessa resursseja riittää vain muutaman yhtäaikaisen istunnon ylläpitoon muun muassa monikerroksisten standardipinojen protokollien otsikkokuormien vuoksi (esimerkiksi GSM 6.10 tukee vain 12:sta). OrganisaatioWLANissa VoIPin tukeminen on yhä mutkikkaampaa, sillä verkon pitää tukea VoIPin lisäksi samanaikaisesti myös useita muita sovelluksia. *[Wang, Liew ja Li 2005]*

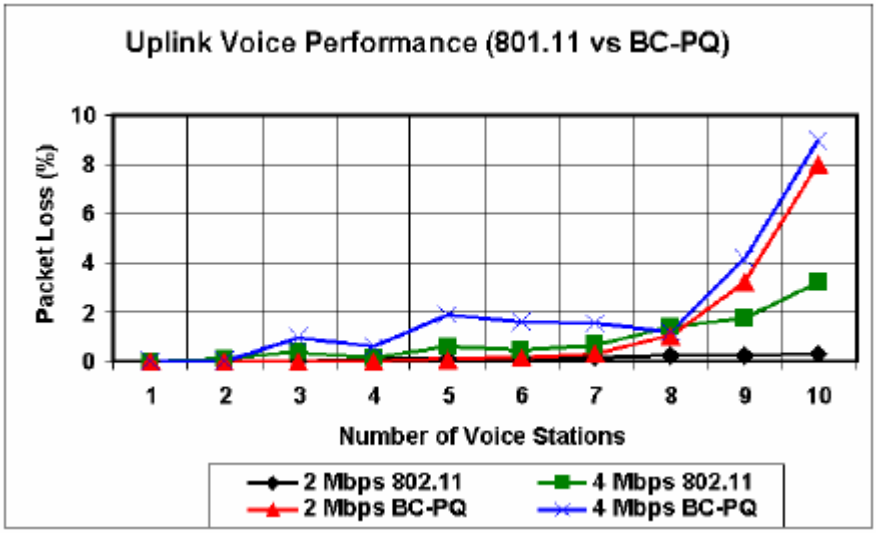
Multiplex-multicast sekä BC-PQ-mekanismi kapasiteettia parantamaan

Edellä mainittuja ongelmia pyrkivät ratkaisemaan Wang, Liew ja Li, kun he tekivät suunnitelmaa, joka parantaisi VoIPin kapasiteettia WLANissa muuttamatta lainkaan 802.11 CSMA/CA standardia. He pyrkivät modifioimaan vain MAC-protokollaa langattomissa pääteasemissa saaden ne helpommin sijoitettaviksi valmiisiin verkkoinfrastruktuureihin ja tekemään hienoisia muutoksia AP:ihin.

Tyypillinen VoIP-paketti IP-kerroksella koostuu UDP- ja RTP-otsikoista sekä koodekista riippuvasta hyötykuormasta. Wangin, Liewin ja Lin mukaan IP-kerroksen tehokkuus VoIPille on siis jo valmiiksi pienempi kuin 50% yhä vain pienentyen fyysisten kerrosten tuottamista otsikkotiedoista. Yhdenkin TCP-yhteyden tuottama interferenssi aiheuttaa heidän mukaansa sopimatonta viivettä ja häviötä VoIP-liikenteessä, vaikka WLAN-kapasiteetin mukaisten VoIP-istuntojen määrä olisi rajoitettu puoleen. *[Wang, Liew ja Li 2005]*

Wang ym. tutkivat kokonaisvaltaisesti multiplex-multicast (M-M) kaaviota, joka limittää paketteja monesta VoIP-lähetyksestä yhdeksi multicast-paketiksi lähetettäessä WLANin yli. Tuloksena myös otsikointitiedot limittyivät yhteen ja he saavuttivat 80%-90% parempaa kapasiteettia kuin tavanomaisessa VoWLANissa. Lisäksi saatiin suuria viivemarginaaleja runkoverkkoon VoIP-lähetysten kulkiessa WLANista toiseen. He esittivät myös miten yksinkertaisella jonojen priorisoinnilla AP:issa eliminoidaan TCP:n aiheuttama interferenssi, riippumatta siitä, onko M-M käytössä vai ei. Tulokset olivat myös riippumattomia käytetyistä koodekeista. *[Wang, Liew ja Li 2005]*

Anjum ym., Kodama ja Katsube tutkivat vuonna 2003 käytännössä 802.11b:n MAC-kerroksen kykyä tukea yhtäaikaista ääntä ja dataa. Tarkoituksena oli ymmärtää erikokoisten datalähetysten vaikutusta äänen lähetykseen. He tuottivat laajan joukon reaalielämän mittauksia, jotka tuotettiin yleisiltä markkinoilta löytyvällä kalustolla. Tutkimukseen kuului erityisesti BC-PQ-mekanismien (backoff control ja priority queuing) vaikutuksien mittaaminen. Tulokset osoittivat, kuten kuvasta 11 näkyy, että näiden käyttäminen tarjosi huomattavia parannuksia äänen suorituskykyyn ja kapasiteettiin.



Kuva 11. Ääniliikenteen pakettihäviö 2:n ja 4:n Mbps:n taustaliikenteellä. *[Anjum ym. 2003]*

Turvallisuutta suorituskyvyn kustannuksella?

Turvallisuus on vakava huoli WLANissa, sillä langaton väliaine on avoinna yhteydenotoille tietyissä rajoissa. Ääniliikenteessä autentikointi ja salaus ovat ilmeisiä pääasioita käyttäjille. Autentikointi kuitenkin lisää puhelun aloittamiseen käytettyä aikaa ja lisää verkon kuormaa kättelyn aikana. *[He 2004, Kwon ym. 2004]* Salaus ei lisää viestejä verkon kuormitukseen, mutta vaikuttaa suorituskykyyn viiveen ja pakettien koon suurenemisen kautta. *[He 2004]*

Changhua He simuloi ja analysoi Stanfordin yliopiston lopputyössään ääniliikenteen suorituskykyä erilaisten turvallisuustasojen kanssa tarkoituksenaan tarkastella muun muassa viiveiden ja häviöiden määrän muutoksia turvallisuusmekanismien alaisuudessa. Hän vertaili kolmea eri VoWLAN-järjestelmää, joista ensimmäisestä puuttui turvallisuustekijät, toisessa käytettiin yksinkertaista Challenge-Response autentikointia sekä WEP-salausta ja kolmannessa toteutettiin vahvin 802.1x-pohjainen autentikointi sekä TKIP-salaus. *[He 2004]*

Viiveet sekä häviöt luonnollisesti kasvoivat nopeasti mobiiliasemien määrän kasvaessa muutamista (ei vaikutusta) muutamaan kymmeneen ja TKIP huononsi suorituskykyä WEPpiä enemmän suuremman pakettikoon myötä. *[He 2004]* Näin ollen turvallisuudesta on tingittävä,

jos tahtoo ruuhkaisan verkon toimimaan luotettavammin. Toisaalta kevyen liikenteen verkoissa turvallisuuteen voi panostaa vahvasti häiritsemättä suorituskykyä ja äänen laadukkuutta. VoWLANia harkitessa tulee siis myös käyttää tarkkaa verkko- ja tapauskohtaista turvallisuussuunnittelua.

3.4.3 Onko PDI-WLAN kannattavaa nyt vai tulevaisuudessa?

WLANien integrointi televiestintäjärjestelmiin lupaa ainutlaatuisia etuja loppukäyttäjille. WLAN-mahdollistetulla luurilla matkapuhelimen käyttäjä saa suoran ja kätevän yhteyden suureen joukkoon kannattavia laajakaistasovelluksia ilman tarvetta PDA:n tai PC:n käyttöön. Tällaiset laitteet tarjoavat pääsyn niin Internetiin kuin kaapeli- ja puhelinverkkoihinkin. *[Kung 2005]*

Markkinoiden vapautumisen myötä isoimmatkin myyjät ovat joutuneet alentamaan hinnoitteluaan ja parantamaan tarjontaa mobiilimarkkinoilla. Matkapuhelimia ja kannettavia laitteita yhdistetään tuotteiksi, jotka sallivat omien ominaisuuksiensa lisäksi multimedialähetykset sekä langattoman Internet-yhteyden. *[Luqman ym. 2001]* Suomen markkinoilla on jo edullisia WLAN-puhelimia ja tulossa on myös yhdistettyjä, WLAN/VoIP- sekä GSM-mahdollistettuja malleja. *[Karila 2005]*

On odotettavissa, että langattomien sirujen kehitys lupaa yhä tyydyttävämpiä nopeuksia sekä kapasiteettia *[Luqman ym. 2001]* ja erityisesti VoIP-piirien myynti tulee kasvamaan räjähdysmäisesti jo lähivuosina. Tutkimusyhtiö In-Statin (www.instat.com) mukaan syynä tähän ovat juuri matkapuhelimet, joilla voi soittaa IP-puheluita WLAN-verkoissa. In-Stat ennustaa jopa lähes kaikkien muutaman vuoden päästä esiteltävien matkapuhelimien toimivan myös WLANissa. *[Karila 2005]*

Kaikki eivät kuitenkaan luota VoIPin ylivoimaisuuteen ja kehitykseen. Lunnin ja kumppaneiden mukaan VoIPin käyttö on rajattua monissa langattomissa verkoissa QoS-hallinnan sekä resurssien hallinnan ja kulujen vuoksi. He muistuttavat, että vaikka nykyiset

VoWLAN-tuotteet pohjautuvatkin VoIPpiin, niissä on epäkohtia kuten korkea virrankulutus, surkeat kättelynvaraukset tukiasemien välillä ja saatavilla olevan mediakaistanleveyden tehoton käyttö verrattuna joihinkin toisiin ratkaisuihin nähden. He tutkivatkin WINDECT-projektin alla DECT-teknologian käyttöä VoWLANiin vuonna 2004 ja huomasivat sen korjaavan edellä mainittuja ongelmia. Heidän mielestään WINDECT voisi standardoinnin myötä tuottaa korkealaatuisen puhelinskeeman joka tulisi ylittämään nykyiset VoIP-pohjaiset järjestelmät. *[Lunn ym. 2004]*

Joku voisi myös kysyä, että jos mobiililaitteiden käyttö kerran kasvaa koko ajan, eikö kannattaisi siirtyä kokonaan matkapuhelinten käyttöön PDI:n sijaan? Deloitten mukaan IP-puhelin on harkinnan arvoinen, sillä sen äänenlaatu on jo parempi kuin matkapuhelimissa ja kehittyy hurjasti koko ajan. Lisäksi PDI:lta odotetaan huomattavia kustannusetuja mobiililiikenteeseen nähden jo lähitulevaisuudessa, kun käyttömaksujen alhaisuuden lisäksi PDI-mobiililaitteiden hinnat laskevat käytännöllisemmälle tasolle. *[Deloitte 2004]*

4 Puhe/data -integraatio suuressa organisaatiossa

Tässä luvussa käsitellään PDI:n mahdollisuuksia erityisesti suurissa yrityksissä ja organisaatioissa, joiden tarpeet sekä voimavarat ovat valtavampia ja moninaisempia kuin pk-yrityksissä. Ensin, luvussa 4.1, kerrotaan muutamista suurten organisaatioiden PDI-kokeiluista ja vastaavista tutkimuksista. Seuraavassa luvussa (4.2) eritellään PDI-järjestelmän kuluja ja viimeiseksi, luvussa 4.3 esitellään muutamia hyväksi koettuja ja suositeltuja lähestymistapoja PDI:n käyttöönottoon suuressa organisaatiossa.

4.1 Esimerkkejä ja tutkimuksia

Suuri määrä sekä suomalaisia että ulkomaisia suuria organisaatioita on jo kokeillut puhde/data-integraatiota osittain ja jokunen jopa siirtynyt jo kokopäiväiseen ja kokonaisvaltaiseen käyttöön. Tässä luvussa esitellään muutamia kokeiluja ja käyttöönottoja sekä niiden mahdollisia ongelmakohtia. Jotta esitetyt ratkaisut muistuttaisivat mahdollisimman paljon tutkielman tilanneen organisaation tilannetta, jopa kahden yliopiston, joista toinen suomalainen, kokeilusta on lyhyt selvitys.

4.1.1 BT Group

Swalen mukaan jokaisessa suhteellisen uudessa teknologiassa oikeat ongelmat eivät ilmene ennen kuin sijoittamista todellisuudessa kokeillaan. Hän esitteleekin merkittävinä monet onnistuneet koeluontoiset sisäiset sekä yleiset asiakaskokeilut joita BTexact Technologies on toteuttanut BT Groupille. BT:n laajin sisäinen kokeilu alkoi jo 1998 ja tarjosi korvaamatonta käytännön kokemusta sekä osoitti, että PDI:lla yritysympäristössä on vakavasti otettava tulevaisuus. Ensimmäinen oikea asiakas oli tulevaisuuteen katsova julkisen sektorin organisaatio, joka testasi PDI:a kahdessa toimipisteessä. Nämä kokeilut sisälsivät kaikki täyden IP-puhelinpalvelun elementit, nimittäin VoIP-kuljetuksen reititinpohjaisen WAN-linkin yli, yhdysväylät PSTN:iin, IP-puhelimet ja -softapuhelimet sekä IP-PBX:n joka tarjosi puhelunhallintaa.

Kuten odotettua, monet ongelmat johtuivat tarjolla olevan laitteiston kypsymättömyydestä. Näin ollen ohjelmistoa päivitettiin ja parannettiin jatkuvasti, jotta ongelmat ratkaistaisiin ja saataisiin aikaisempia versioita rikkaampaa toiminnallisuutta. Kattava testaus suoritettiin kehittyneillä äänenlaadun testauslaitteistoilla. Puheluiden laatua tarkkailtiin ja pisteytettiin käyttäen MOSia valikoimaan verkkokokoonpanoja ja olosuhteita. Näin saatiin esiteltyä IP:n äänikokemuksen vaikutuksia.

Tulokset osoittivat, että kun verkko on suunniteltu päteväsi ja konfiguroitu tehokkaalla QoS-kaaviolla, äänenlaatu on hyväksyttävää ja sopivaa tavalliseen liiketoimintakäyttöön. Erityisesti kokeet todistivat IP-kytkimien ja -reitittimien konfiguroinnin tärkeyden onnistuneen suorituskyvyn saamiseksi äänisovelluksille. Äänen ja datan yhdistelmän verkkotyöskentelyammattitaito havaittiin myös olennaiseksi, jotta PDI:n asennus onnistuisi. *[Swale 2001]*

4.1.2 Turun yliopiston henkilökuntakokeilu

Turun yliopistossa toteutettiin osittainen, lisääntyvä VoIP-implementaatio 2000-luvun alkupuolelta lähtien. Resurssien riittävyys varmistettiin suunnitteluvaiheessa ja tarjouksia kyseltiin muutamilta VoIPpia tarjoavilta yrityksiltä, joista toimittajaksi valittiin Auria heidän suunnitelmansa perusteella. Käyttöön otettuun välineistöön kuului muun muassa Cisco Call manager, vaiheittain mahdollistettu Netwise-välitysympäristö ja JYU:ssakin käytössä oleva Ericssonin MD110-viestintäjärjestelmä.

Haastattelin asian tiimoilta Turun yliopiston Tila- ja teknisten palveluiden suunnittelija Juha Turusta toukokuussa 2005. Hänen mukaansa VoIP-puhelimia otettiin aluksi käyttöön noin 200 ja vähitellen määrä lisääntyi noin 600:aan. Haastatteluhetkellä oli ”kokonaispuhelinmäärä noin 3000 edelleen kaikki (myös analogiset ja GSM) yhteenlaskien”, joten integraatio oli toteutettu 20%:sti.

Ongelmia tuli lähinnä tekniikan kanssa. Kaikkia luvattuja toiminteita ei pystytty toimittamaan eikä osa niistä ole käytössä tänäkään päivänä. Turusen mukaan *”Aurian ammattitaito ei riittänyt. Hankinta siis osittain epäonnistui, koska alunperin ei tehty riittäviä määrittelyjä”*. Hänen mukaansa ongelmat syntyivät myös projektin johtamisen sekä hoitamisen hajauttamisesta ja jopa puutteellisuudesta.

Tämän kokoinen implementaatio on Turusen mukaan erittäin suuri ja kallis hankinta, joka ikävä kyllä epäonnistui edellä mainittujen syiden, *”sekä sen vuoksi että luotettiin toimittajan "myyntipuheisiin".”* Aurian epäpätevyyden lisäksi heidän alihankkijansa saivat moitteita. Selvitys VoIPin onnistumisesta, käytöstä ja tarpeellisuudesta tehtiin Turun yliopistossa vuoden 2005 loppuun mennessä. Selvityksen perusteella oli tarkoitus päättää miten jatketaan.

4.1.3 Darthmouth College, USA

Talvella 2004 USAlainen Darthmouth College tutki kampusalueellaan olevan laajan 802.11b WLANin käyttöä. Informaatiota kerättiin 17 viikon ajan yli 550:aa yhteyspistettä käyttävistä 7000 yksittäisestä langattomasta kortista. Tuloksia verrattiin kolme vuotta aiempaan, WLANin käyttöönoton yhteydessä tehtyyn tutkimukseen. Laaja tutkimus oli aikansa suurin ja ensimmäinen, joka mittasi kehittyneen kampusWLANin maantieteellistä ja verkkoliikkuvuutta sekä vertasi näitä aiemmin löydettyihin tuloksiin.

VoIPpia alettiin Darthmouthissa integroida sisäiseen puhelinjärjestelmään kesällä 2003. Käyttöön otettiin Ciscon VoIP-järjestelmä CallManager-puhelinpalvelimella sekä erillinen Voceran järjestelmä. Vaikka integrointi oli tutkimuksen aikaan kesken, saatiin myös VoIPin käytöstä tutkimustuloksia, jotka käsittivät sekä langattomat että langalliset VoIP-käyttäjät. Käytössä oli 500 lisenssiä, joista 150:aa käytettiin langattomiin VoIP-laitteisiin.

Tuloksia verrattaessa huomattiin, että WLANin käyttö- ja käyttäjämäärä oli yllätyksettömästi kasvanut, samoin kuin liikkuvuus yhteyspisteiden välillä. Toisaalta yksittäiset käyttäjät pysyivät paikoillaan pidempään kuin ennen. Aikaisemmin dominoinut WWW-liikenne oli

saanut luovuttaa paikkansa P2P- ja VoIP-liikenteelle. Myös kampuksen sisäinen liikenne oli ohittanut ulos suuntautuvan, joka oli suurempaa edellisessä tutkimuksessa.

Eri laitteiden välillä näkyi tutkimuksessa selviä eroja niin liikkuvuudessa kuin käyttöajoissakin. Yleisesti VoIP-laitteet kiertelivät eniten ja pisimmälle, sillä ne ovat päällä kaiken aikaa ja informaatiota siis kulkee edestakaisin kaikkialla missä käyttäjäkin liikkuu. PDA:eilla ja kannettavilla taas tehtiin lyhyimpiä istuntoja, sillä yhteys avataan niillä normaalisti vain silloin kun laitetta käytetään. Toisaalta näistä laitteista on Darthmouthissakin jo yhä tiheämmin tulossa VoIP-päätteitä, jolloin nekin tulevat pitämään yhteyttä auki kokoaikaisesti. Näin ollen tässäkin tutkimuksessa VoIP-tuloksia voidaan pitää enemmän tulevaisuutta ennustavina.

Langattomat käyttäjät puhuivat vähemmän kertoja kuin langalliset. Tähän epäiltiin olevan syynä VoIP-ongelmat 802.11b-verkossa. VoIP-puhelut huomattiin myös huomattavan lyhyiksi verrattuna perinteisen verkon puheluihin, keskimäärin 41 sekunnin mittaisiksi. Langattomina nämä olivat vieläkin lyhyempiä, keskimäärin 31 sekuntia. Näihin tuloksiin ei löydetty varsinaista syytä jo senkin vuoksi, että PBX-käyttäjien määrä ja kirjavuus oli monta kertaa isompi kuin VoIPpia käyttävien. Jos tämä kuitenkin ennustaa tulevaa suuntausta, sillä voi olla vaikutusta WLAN-protokollien suunnitteluun, lyhyille puheluille kun ei ole tehokasta suunnitella monimutkaisia varauskaavioita. *[Henderson ym. 2004]*

4.1.4 Viestintäministeriön VoIP-kokeilu

Myös Liikenne- ja viestintäministeriön alla toimiva Viestintävirasto otti käyttöön vuosituhannen alkuvuosina uusia VoIP-järjestelmiä. Integraatioon kuului Ciscon AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data) -arkkitehtuuriin perustuvia VoIP-puhelimia ja niihin liittyviä palveluita, kuten IP-pohjainen puhelinvaihde. Järjestelmän toimitti kokonaisuudessaan Cygate Networks.

Cygaten uutisten mukaan ”Ciscon IP-puhelinpalveluratkaisut ovat keskeinen osa AVVID-arkkitehtuuria, jonka avulla ääni-, video- ja datapalvelut voidaan yhdistää toimimaan yhdessä verkossa. Tämä tuo organisaatioille useita hyötyjä, kuten järjestelmien helpomman käyttöönoton, hallinnan ja ylläpidon. IP-puhelinratkaisun avulla organisaatio voi yhdistää eri paikoissa sijaitsevat toimipisteensä ja etäkäyttäjät saman verkon käyttäjiksi. Näin esimerkiksi kotoaan käsin työskentelevät etäkäyttäjät saavat organisaation puhelimen ja yhtenäiset palvelut joustavasti käyttöönsä.” *[Cygate Group 2002]*

Viestintävirasto päätyi IP-pohjaiseen järjestelmään teettämänsä laajan selvityksen jälkeen, jossa vertailtiin erilaisia teknologisia vaihtoehtoja, joiden avulla se voisi tulevaisuudessa kehittää ja laajentaa palveluitaan. "Selvityksemme mukaan IP-pohjaisella puhelinjärjestelmällä on useita etuja perinteisiin järjestelmiin nähden. Tärkein etu on, että VoIP perustuu avoimiin standardeihin ja rajapintoihin, mikä edistää uusien sovellusten ja palveluiden syntymistä. Uskomme VoIP-teknologian kehitykseen ja siihen, että ääni- ja dataverkkojen yhdistäminen on kannattavaa", Viestintäviraston kehityspäällikkö Mika Järvinen kertoo Cygaten sivuilla. *[Cygate Group 2002]*

IP-pohjainen järjestelmä toimi ensin rinnakkain perinteisen puhelinjärjestelmän kanssa kahdessa eri toimipisteessä. Viestintävirasto arvioi alussa, että vuoden 2002 aikana VoIP-käyttäjiksi siirtyy noin sata viraston 230 työntekijästä. Uusi järjestelmä perustui avoimiin standardeihin, joten uusia palveluita pystyttiin lisäämään tarvittaessa helposti ja kustannustehokkaasti.

Vaikutelmat VoIP-järjestelmästä olivat enimmäkseen positiivisia. Järvisen mukaan puhelimien käyttöönotto ja hallinta oli jopa odotettua helpompaa. Myös äänenlaatu oli hyvä ja käyttäjät pitivät laitteiden muotoilua onnistuneena. Lisäksi henkilöt pystyivät helposti vaihtamaan työpisteitään ilman alanumeroiden vaihtoprosessia.

"Yksi Viestintäviraston toiminnan kulmakivistä on edistää tietoyhteiskunnan kehitystä. Siksi meille on luontevaa omaksua uusia teknologisia parannuksia jo aikaisessa vaiheessa ja myös jakaa kokemuksemme muille. Ciscon VoIP-ratkaisulla voimme jo tänä päivänä huomioida tulevaisuuden tarpeemme uusista ja monipuolistuvista palveluista," linjaa Järvinen. *[Cygate Group]* Valitettavasti niin Järvisellä kuin muillakaan integraation tuntevilla ei ollut tämän tutkimuksen puitteissa aikaa jakaa kokemuksiaan, jotta olisin saanut ajankohtaisempia tietoja pidemmän tähtäimen onnistumisesta.

4.2 Mikä maksaa?

Niin kuin tässä tutkielmassa on huomattu, monien asiantuntijoiden mielestä PDI:hin siirtyminen niin kertarytinällä kuin vaiheittainkin voi vaatia mittavia investointeja, joita ei pienellä aikavälillä makseta takaisin edes tuottavuudessa tai tehokkuudessa. Laitteita, palveluita ja johtoviidakkoa saattaa joutua uusimaan suurelta osalta ja varsinkin isossa organisaatiossa tulee kustannuksista vaikeasti selvitettäviä. Tässä luvussa selvitetään minkälaisia asioita tulee ottaa huomioon investointitarvetta laskettaessa.

Taloudellisen arvion tulee aina sisältää täsmällistä tietoa kyseessä olevasta organisaatiosta. Perusteellinen taloudellinen analyysi on hyvin vaikea saavuttaa ilman huomattavaa tietomäärää ja työtä. Useimmilla VoIP-myyjillä tosin on tarjolla ohjelmistotyökaluja, joiden avulla asiakas voi suunnitella yhdistettyyn verkkoon siirtymistä. Seuraavanlaisia tietoja kuitenkin tarvitaan ennen myyjien kanssa neuvottelemista, jotta voitaisiin nopeuttaa suunnitteluprosessia:

- Mahdollisimman uudet verkkotopologiatiedot ja -kartta.
- Verkon liitettävyystiedot, joista ilmenee eri sijaintien väliset linjatyypit ja kapasiteetit.
- Tiedot verkon käytöstä, kuten liikennemäärien kasvu näillä linjoilla 1-2 edellisen vuoden ajalta.
- Kasvuodotukset, joista selviää mihin verkon alueista tulee luultavimmin muutoksia (näitä ovat esimerkiksi uudet sijainnit ja henkilöstömäärien muutokset).

- Tulevien sovellusten oletettu vaikutus verkon toimintaan.
- Verkon toimintaan vaikuttavat jaksoittaiset ruuhka-ajat.
- Liikenteen lähteet verkossa jaoteltuina mediatyypin mukaisesti.

Jos jotkin tässä listassa mainituista asioista ovat osoittaneet ongelmia, pullonkaulat kannattaa ehdottomasti ratkaista ennen uuden teknologian käyttöönottoa. *[Miller 2000]*

Lee luettelee PDI-järjestelmän käyttöönottamisen kulut seuraavasti.

- Vanhan laitteiston investoinnit ja arvonlasku.
- Olemassa olevien järjestelmien poistaminen.
- PDI sovellukset ja työpöytälaitteisto.
- LAN- ja WAN-verkon sekä datakeskusten tehostustoimet ja järjestely.
- Ulkoistettujen verkkopalveluiden kulut.
- Henkilöstökoulutus puhelinpuolelta IT-puolelle ja toisinpäin.
- Järjestelmien integraatiovaiheen kulut (ongelmat). *[Lee 2004]*

4.2.1 Kuluja pienemmiksi

DiMarsicon, Phelpsin ja Yarberryn mukaan on olemassa vain seuraavat yleiset keinot, joilla pienentää teleliikenteen kuluja.

- Käytön pienentäminen (puheluiden ja johtojen vähentäminen jne.).
- Hallinnan ulkoistaminen (kuluvähennyksiä saa vain oikeanlaisella ulkoistamisella, eikä tämä päde organisaatioihin, kuten yliopistoon, jossa on runsaasti atk-henkilöstöä).
- Halvemman toimittajan löytäminen ja/tai neuvotteleminen sopimuksesta olemassa olevien toimittajien kanssa.
- Laskutusvirheiden tarkkaileminen ja korjaaminen (tutkimusten mukaan näitä on melkein puolessa kaikista laskuista ja useimmiten toimittajan eduksi).
- Tehokkaampien ja edullisempien teknologioiden käyttäminen.
- Verojen vähentäminen.
- Sisäisten prosessien tehostaminen. *[DiMarsico, Phelps ja Yarberry 2003]*

Käytön pienentäminen ei PDI-järjestelmään siirryttäessä näy selkeästi, mutta ajan kuluessa ja työntekijöiden oppiessa käyttämään erilaisia ominaisuuksia uusi tehokkuus tulee vähentämään viestintään käytettävää aikaa ja vaivaa. Vanhaa tekniikkaa korvataan myös PDI-laitteistolla, jolloin päästään esimerkiksi eroon osasta analogista kaapelointia (IP-puheluihin tarvittava IP-verkkohan löytyy nykyisin jokaisesta yrityksestä valmiina).

Halvin ja teknologiatietoisin toimittaja kannattaa etsiä jo suunnitteluvaiheessa, kun eri myyjiä kilpailutetaan. Aloittamisen jälkeen toimittajan vaihtaminen voi tulla laitteiden ja uuden koulutuksen vuoksi kalliiksi, joten kannattaa myös varmistaa, että valittu toimittaja on luotettava ja staattinen niin hinnoittelun kuin tekniikan suhteen.

Massiivinen pääomainvestointi voi taas Chengin mukaan tulla kohtuuttoman kalliiksi joillekin organisaatioille. Laite- ja ylläpitovuokrausta voidaan käyttää vähentämään alkupääoman kulutusta ja jakamaan kustannuksia monen vuoden varrelle. *[Cheng 2003a]*

4.2.2 Hajautetun organisaation VoIP-kustannukset

Seuraavan laskelman tekivät Abrahams ja Lollo vuonna 2003. Se perustuu kaupunginhallitukseen, jolla on monia pisteitä kaupungin sisällä ja kaikkien puhelinlaitteiden (sisältäen langattomat VoIP-puhelimet) yhteismäärä on noin 2200. Sijainnin ja laitemäärän perusteella esimerkki on siis yhdenmukainen Jyväskylän yliopiston kanssa. Varsinaiset rahamäärät tulee kuitenkin ottaa hyvin summittaisina arvioina, sillä hinnat on muutettu suoraan dollareista ottamatta huomioon Euroopan ja USAn hintaeroja. Myös hinnanalennukset viime vuosien aikana tulee ottaa huomioon. Niinpä taulukko toimii enemmänkin esimerkkinä siitä, mikä maksaa ja mitä siis pitää ottaa huomioon omassa suunnittelussa, kuin siitä miten paljon yksittäiset komponentit ja palvelut maksavat tai mitä loppusummaksi tulee.

Organisaatiossa on MAN-verkko, joka yhdistää toimipisteet nopealla LAN-teknologialla. Viiden vuoden laskelman aikana esimerkkihenkilöstön määrä ei liiemmin muutu ja organisaatioverkon resurssit on uusittu ennen VoIP-kokeilua vastaamaan PDI:n vaatimuksia.

Olemassa olevat PBX:t ovat elinkaarensa päässä ja siksi kustannukset on laskettu sekä IP-PBX:n että IP-Centrexin osalta. IP-puhelinlaitteet on tässä esimerkissä hankittu kaikki yhtä aikaa paljousalennusta hyväksikäyttäen. Taulukot 5a ja 5b esittävät tällaisen integraation arvioituja kustannuksia viiden vuoden ajanjaksolla.

IP-CENTREXIN KULUT	**KPL**	**KPL-MAKSU (€)**	**VUOSI 1 (€)**	**VUOSI 2 (€)**	**VUOSI 3 (€)**	**VUOSI 4 (€)**	**VUOSI 5 (€)**
Johtojen asennus	2200	17	37 400				
Johtojen vuokrat	2200	7	15 400	15 000	14 700	14 550	14 300
Erikoislaitteiden asennus	2200	1 524 360					
Yksilinjainen puhelin	1140	165	188 100				
Erikoispuhelin	650	215	139 750				
Johtajiston puhelin	300	265	79 500				
Konferenssipuhelin	18	500	9 000				
Langaton IP-puhelin	110	790	86 900				
Hoitajan pääte	2	830	1 660				
Puhelinten ylläpito	2200	11	24 200	22 990	21 841	20 748	19 711
Erikoislaitteiden vuokra	2200	4	8 800	8 360	8 109	7 866	7 630
Ylläpidon rajapinta	5	750	3 750	3 563	3 384	3 215	3 054
Ylläpito/tuki	3	50 000	150 000	142 500	135 375	128 606	122 176
Laajakaistan asennus ja vuokra	2200	25	55 000	52 250	49 638	47 156	44 798
Loppusumma vuosittain			799 460	244 663	233 047	222 141	211 669
Yhteensä (5 vuotta)							1 710 980

Taulukko 5a. Hajautetun kaupunginhallituksen arvioidut IP-Centrex kulut.

IP-PBX:N KULUT	KPL	KPL-MAKSU (€)	VUOSI 1 (€)	VUOSI 2 (€)	VUOSI 3 (€)	VUOSI 4 (€)	VUOSI 5 (€)
Puhelunprosessori	5	17500	87 500				
Ääniposti	1	330000	330 000				
Yksilinjainen puhelin	1140	165	188 100				
Erikoispuhelin	650	215	139 750				
Johtajiston puhelin	300	265	79 500				
Konferenssipuhelin	18	500	9 000				
Langaton IP-puhelin	110	790	86 900				
Hoitajan pääte	4	830	3 320				
PSTN-yhdysväylä	2	20000	40 000				
Järjestelmäasennus	1	145000	145 000				
PSTN-pääsy	275	250	68 750	65313	62047	58945	55997
Ylläpito/tuki	5	50000	250 000	237500	225625	214344	203627
Järjestelmän ylläpito	1	215000	215 000	204250	194038	184336	175119
Loppusumma vuosittain			1642 820	507 063	481 709	457 624	434 743
Yhteensä (5 vuotta)							3 523 958

Taulukko 5b. Hajautetun kaupunginhallituksen arvioidut IP-PBX kulut. *[Abrahams ja Lollo 2003]*

IP-Centrex voittaa tässä esimerkissä IP-PBX -toteutuksen jokseenkin ylivoimaisesti ja esimerkin laatijat ennustivat seuraavan viiden vuoden jakson vielä suurentavan eroa. *[Abrahams ja Lollo 2003]* McKnight, Lehr ja Clark tutkivat myös IP-PBX:n asentamisen ja käytön kuluja Centrexiin vuosituhannen alussa. Tulokset osoittivat, että IP-PBX tuli kalliimmaksi kun lasketaan vain yrityksen alueellisia kustannuksia. Tämä johtui yhdysväylälaitteiston kytkemiskuluista PSTN:iin, joiden McKnight ym. odottivat laskevan nopeasti ajan kuluessa. *[McKnight ym. 2001]*

Kokonaisuudessaan McKnightin ym. tutkimukset osoittivat, että:

- IP-PBX:n suurimmat säästöt Centrexiin nähden tulevat yrityksen sisäisistä kaukopuheluista.
- IP-PBX maksaa vähemmän kuin Centrex kunhan osa puheluista tehdään suoraan IP-PBX:ien välillä.
- Lisäkustannukset, jotka aiheutuvat useampien puheluiden kohdentamisesta IP:aan ovat pienempiä kuin useampien puheluiden kohdentamisesta PSTN:iin aiheutuvat lisäkustannukset.
- IP-PBX ei ole taloudellista pienille yrityksille.

Kun verrataan vain laite- ja lähipalveluiden kustannuksia, Centrex on siis taloudellisesti houkuttelevampi kuin IP-PBX kaikenkokoisille yrityksille. Yhdyskäytävien ja PSTN-yhdysjohtojen kustannukset ovat IP-PBX:n suurin kuluerä. Tällaisten laitteiden hinnat tulevat yhäkin laskemaan jolloin kustannuserot Centrexiin nähden pienenevät.

Kun IP-PBX:iin siirtymisen kiinnostuksesta kyseltiin yritysten tietoliikennehallinnoilta, kaksi kohtaa olivat hallitsevia: kaukopuhelusäästöt sekä IVR- ja unified messaging -järjestelmät. Vakuuttavin, joskin myös vaikein määrittää, syy organisaatioille harkita PDI:n käyttöä on seuraava: organisaation mahdollisuus sekoittaa helposti kehittyneitä IP-pohjaisia palveluita ja sovelluksia sisäisiin toimintoihin ja rajapintoihin ulkomaailman kanssa. *[McKnight ym. 2001]*

Huomattakoon, että kummatkin tutkimukset ovat Yhdysvaltojen markkinoilta, jossa Centrex on ollut suositumpi kuin Euroopassa ja hinnat sen mukaisia. Kaupunginhallituksella ei myöskään ole niin suurta teknistä ammattilaishenkilökuntaa oman talon sisällä kuin esimerkiksi yliopistolla, joten ylläpito-, tuki- ja asennuskulujen voi odottaa olevan erilaisia. Kuten edellä mainittiin, taulukko kannattaa ottaa ennemminkin suunnanantajana oman organisaation kustannuslaskelmaa laatiessa. Kulujen arviointi kannattaa aina tehdä itse omien tarpeiden, ympäristön ja resurssien mukaisesti, sillä paljon omaa tilannetta vastaava, jo

suoritettu tutkimus voi pienenkin eroavaisuuden vuoksi tuottaa erilaisen tuloksen, joka johtaa vääriin tulkintoihin.

4.3 Etenemistapoja

Pitkäikäiset organisaatiot ovat vuosiensa aikana tehneet jo huomattavia investointeja olemassa olevaan puhelinjärjestelmään: PBX:eihin, puhelimiin ja kaapelointiin. Tulee siis harkita tarkkaan, miten voidaan siirtyä käyttämään väistämättömältä näyttävää PDI-järjestelmää suojaten samalla vanhat investoinnit. Uuden sijainnin lisääminen organisaatioverkkoon on erittäin hyvä keino testata PDI:n etuja, mutta vanhoissa sijainneissa integraatio on monimutkaisempaa. Seuraavassa esitellään muutamia etenemistapoja, joita on käytetty maailmalla ja joista saa hieman lähtökohtaa omaan suunnitteluun.

4.3.1 Kuusi lähestymistapaa PDI-toteutukseen

Mattes ja Emmerson identifioivat kuusi yleistä ja toisistaan poikkeavaa lähestymistapaa puhe/data-integraatioon:

- **The Quantum Leap**. Jotkin riskisietoiset organisaatiot hyppäävät suoraan 100%:siin pakettiratkaisuihin, mutta usein kuitenkin säilyttävät myös piirikytkentää ja yhdistyvät julkiseen infrastruktuuriin yhdysväylillä.
- **Apps-In**. Toiset organisaatiot lähtevät liikkeelle sovelluskerrokselta ja etenevät siitä verkkoon. Tämä lähestymistapa rikastuttaa olemassa olevaa perinteistä järjestelmää uusilla sovelluksilla ja voidaan tulevaisuudessa muuttaa pakettikytkentäiseksi.
- **Edge-in**. Yksi vakuuttavimmista ratkaisuista lievittää vuokralinjojen kustannuksia soveltamalla PDI:ta etäkäyttäjiin, jotka saavat IP:n kautta halvan ja helpon yhteyden organisaation verkkoon ja jaettuihin sovelluksiin.
- **Evolution**. Evolutiivisessa lähestymistavassa organisaatio arvioi koko yrityksen optimaaliset riski/suorituskykypisteet ja käyttää piiri- ja pakettikytkentää tavatakseen yksilöiden, työryhmien, sijaintien koko yrityksen tarpeet. Tämä on hyvä tapa toteuttaa ydinsovelluksia ja parantaa niitä myöhemmin.

- **Outsourcing**. Ulkoistamalla riski siirretään myyjälle, jonka ratkaisut tarjoavat oikean toiminnallisuuden parhaalla palvelunlaadulla parhaaseen hintaan. Tämä tarkoittaa useimmille organisaatioille ainakin jonkin asteista pakettikytkentää ja sen lisäämistä ajan myötä.
- **Exploration**. Kaikkien organisaatioiden pitäisi vähintään kokeilla keskitettyjä ratkaisuja, kerätä tietoa, kouluttautua mahdollisuuksista ja ymmärtää milloin PDI olisi tarvittavaa ja etuisaa. *[Mattes ja Emmerson 2003]*

Yliopisto-organisaatiolle näistä lähestymistavasta käyvät useimmat lukuun ottamatta ehkä ensimmäistä, jossa on suuria riskejä. Tällaiset riskit, kuten suunnitelmien osittainen epäonnistuminen ja yhä enenevät kustannukset, voivat tuottaa isolle organisaatiolle umpeutuvia pullonkauloja ja lopulta koko integraatiosta luopumisen.

Ulkoistaminen siirtäisi suurimmat riskit muualle ja minimoisi henkilö- ja tutkimustyövoiman käytön, mutta voi tulla hyvinkin kalliiksi. Jyväskylän yliopisto on sitä paitsi jo aloittanut tiedon keräämisen ja ratkaisuiden vertailemisen viimeistään tämän tutkimuksen myötä ja teknisesti taitavaa työvoimaa löytyy omasta takaa niin runsaasti, ettei ulkoistaminen suurimmalta osin kuulosta järkevältä. Tosin joitain palveluita ja ratkaisuita kannattaa aina ostaa ammattitaitoisemmalta taholta.

Myös pilottikokeilu yhdessä erillislaitoksessa on toteutettu ja sitä voi käyttää arvioimaan organisaation tarvetta PDI:oon käyttämällä apuna laajamittaista käyttäjäkyselyä, joka toteutetaan tämän tutkimuksen yhteydessä. Se esitellään luvussa 5.3.

4.3.2 IP-yhdysväylien käyttöönotto

Yksi PDI:n aloitustapa voisi Mattersin ja Emmersonin mukaan olla piirikytkentäisten vuokralinjojen eliminointi. Yksinkertainen perinteinen verkko koostuu kalliilla linjoilla yhdistetyistä PBX:eista ja jokaiseen sijaintiin sijoitetusta kytkinlaitteistosta, jolloin toteutus on kyllä yksinkertainen, muttei tehokas. Ruuhkahuipuista selviämiseen tarvitaan resursseja, jotka

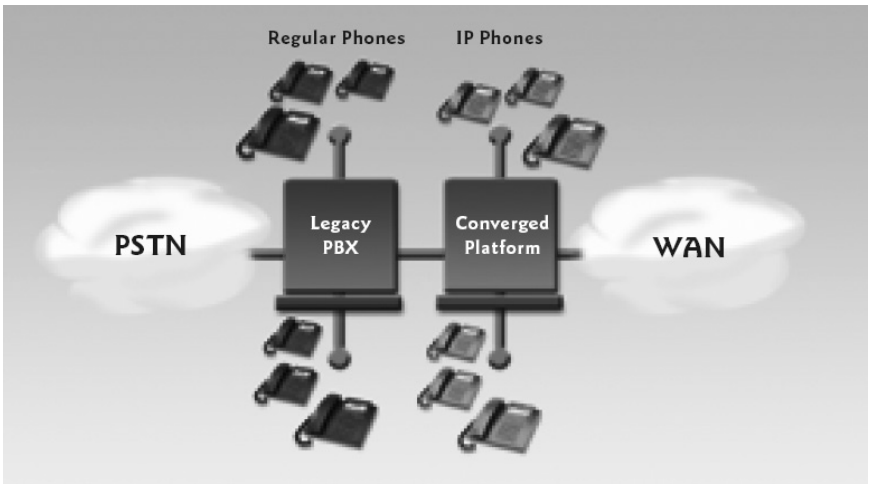
sitten ovat käyttämättöminä työaikojen ulkopuolella. VPN vähentää kytkinlaitteiston määrää yhdistämällä useita PBX:ja WANin avulla, mutta on toinenkin ratkaisu, joka poistaa enemmän ongelmia ja mikä tärkeintä, vähentää kustannuksia.

Modernit PBX:t voidaan yhdistää VoIP-yhdysväylällä, jolloin puhelut liikkuvat VoIP-verkon läpi pakettikytkentäisinä. Tämä eliminoi täysin vuokralinjojen tarpeen ja vähentää yhdistämisen kustannukset jopa kymmenykseen entisestä. Kustannussäästöjä tulee lisää, jos VoIP-järjestelmä ohjelmoidaan antamaan kaistanleveyttä vain tarvittaessa ja maksetaan vain siitä mitä käytetään, jolloin resursseja ei hukata työaikojen ulkopuolella. Helpotus puhelinlaskuissa on huomattava ja tämä askel onkin useimmiten kannattava PDI:ta toteutettaessa. Suunnitteluvaiheessa täytyy kuitenkin muistaa tarkastaa, että datajärjestelmän resurssit riittävät lisääntyneeseen liikenteeseen ja että ääniliikenne on verkossa etuoikeutettua, jotta QoS ei laske. *[Mattes ja Emmerson 2003]*

4.3.3 Yhdistetyt alustat

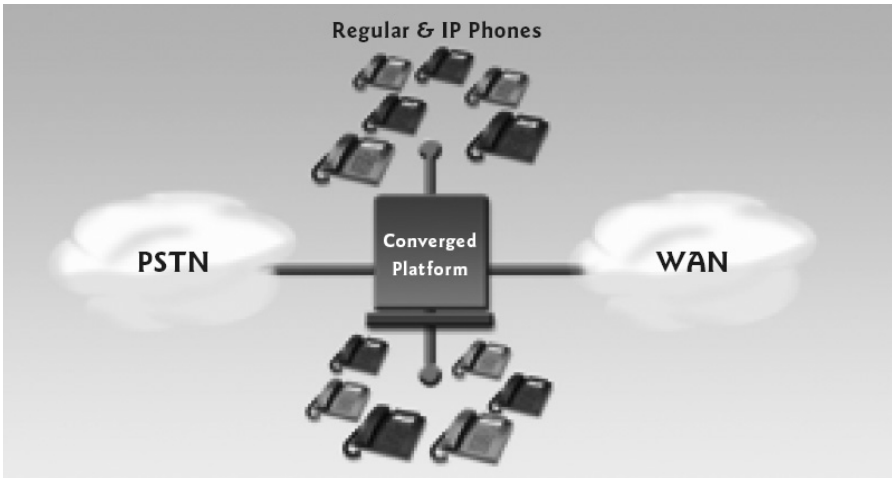
PDI-yhdysväylät eivät kuitenkaan vielä tarjoa IP-puhelimen huomattavia etuja uusien sovellusten kautta, sillä toisessa päässä, organisaation LANissa, on vielä piirikytkentäistä välineistöä. Näitä ei Mattesin ja Emmersonin mielestä kannata kokonaan eliminoida testausvaiheessa mistään, vaan kokeilla yhdistettyjä alustoja. Nämä yhdistävät piiri- ja pakettikytkennän samaan järjestelmään ja käyttävät LANia äänen kuljetukseen. *[Mattes ja Emmerson 2003]* Yhdistetyt alustat voivat ratkaista myös mobiilin PDI:n ongelmia. Ne sallivat täydellisen liikkuvuuden, jolloin samat palvelut ovat saatavissa riippumatta yhteyslaitteesta tai sijainnista. *[Luqman ym. 2001]*

Kuten kuvasta 12 näkyy, yhdistetyssä alustassa perinteiset puhelimet ovat yhteydessä verkkoon kuten ennenkin, PBX:ien kautta, ja IP-puhelimet yhdistetyn alustan kautta. Näin uusia IP-laitteita voidaan kokeilla vaikkapa vain niissä yksiköissä, joissa uudesta toimivuudesta odotetaan suurinta etua. *[Mattes ja Emmerson 2003]*



Kuva 12. Yhdistetyt alustat mahdollistavat yhteistoiminnan piiri- ja pakettiverkon kesken. *[Mattes ja Emmerson 2003]*

Yhdistetyt alustat ovat siis ideaalinen tapa kokeilla ja arvioida uutta käsitettä samalla kun vanha välineistö säilytetään turvallisesti. Erityisesti tämä kannattaa silloin, kun on odotettavissa ettei koko organisaatio tarvitse yhdistämisen etuja ja tahdotaan arvioida eri laitosten käyttötapoja. Tässäkin vaiheessa täytyy pitää huolta siitä, että resurssit riittävät ja QoS pysyy. Kun on päätelty ketkä tarvitsevat PDI-päätelaitteistoa, perinteisiin puhelimiin turvautuvat voivat yhä käyttää niitä adaptoreiden avulla kun alusta sulautuu yhdeksi (kuva 13) ja PDI-puhelinlaitteistoon tarvitsee investoida vain sen mukaan mitä oikeasti tarvitaan.



Kuva 13. Yhteen sulautettu alusta. *[Mattes ja Emmerson 2003]*

5 JYU:n viestintätarpeet ja pilotti-integraation tulokset

Edellisissä luvuissa on käsitelty puhe/data-integraatiota ja sen ominaisuuksia keskittyen suurten organisaatioiden tarpeisiin. Tässä luvussa menen astetta lähemmäksi tavoitetta ja esittelen Jyväskylän yliopiston viestintäkäyttäytymistä ja -tarpeita henkilökuntakyselyiden avulla. Esittelen myös Jyväskylän yliopiston atk-keskuksella jo toteutetun VoIP-pilottijärjestelmän, jonka jälkeen perehdyn erityisesti tämän henkilökunnan kallisarvoisiin työkokemuksiin ja mielipiteisiin uudenlaisesta järjestelmästä.

5.1 Viestintäkäyttäytyminen ja uusien palveluiden tarpeellisuus

Tein Jyväskylän yliopiston koko henkilökunnalle tarkoitetun käyttäjäkyselyn, jossa tiedustelin nykyisen järjestelmän ja palveluiden käyttöä sekä sitä, mitä palveluita käytettäisiin jos niitä olisi saatavilla. Toteutin kyselyn sähköisellä lomakkeella, sillä noin 2500 henkilölle osoitetun kyselyn tulosten kerääminen ja analysointi olisi tuottanut huomattavaa vaivaa manuaalisesti suoritettuna. Paperiversion kyselystä hylkäsin kokonaan, sillä jokaisella yliopiston henkilökunnan jäsenellä on tarvittaessa käytettävissään selain ja internet-yhteys. Kyselyn pyrin pitämään suppeana ja nopeasti vastattavana, jotta mahdollisimman moni kohderyhmästä jaksaisi sen täyttää.

Kohderyhmän koosta johtuen pohdin tarkasti myös levitystapaa. Yliopiston viestinnän yksiköstä varmistettiin, että yliopistolta puuttui koko henkilökunnan yhteinen sähköpostilista, joten levitin tietoa kyselystä ensin henkilökunnan verkkolehden kautta. Vastauksia tuli kuitenkin kohderyhmän kokoon nähden niin vähän, että päätin ottaa käyttöön henkilökohtaisemman lähestymistavan, jolloin välitin tiedon eteenpäin yliopiston eri yksiköiden toimistoihin, joista pyysin edelleen ohjaamaan sen yksikön omalle postilistalle. Tätä levitystapaa kannusti myös atk-keskuksen erillisen kyselyn suuri vastaajamäärä, kun heidän kyselystään tiedotettiin nimenomaan henkilökunnan sähköpostilistalla.

Sekä tämän yleisen henkilökuntakyselyn, että atk-keskuksen erillisen kyselyn laatimisessa, toteutuksessa, purkamisessa ja analysoinnissa käytin neuvonantajina menetelmäkirjallisuuden teoksia ”Tutki ja kirjoita”, ”Mittausvirhelähteet survey-tutkimuksessa: haastattelija, vastaaja, tiedonkeruumenetelmä ja kyselylomake” sekä ”Missing data and small-area estimation: modern analytical equipment for the survey statistician”. *[Hirsjärvi ym. 2005, Kokkinen ja Tyrkkö 1996, Longford 2005]*

5.1.1 Käyttäjäkyselyn toteutus

Kyselyn laadin XHTML- ja PHP-webohjelmointikielillä ja kysymykset asetin erillisessä conf-tiedostossa, jotta pystyin tarvittaessa lisäämään ja poistamaan niitä nopeasti. Jotta virhemarginaali jäisi pieneksi, pakollisiin kysymyksiin vastaamisen varmistin värillisillä ilmoitusteksteillä ja epäämällä tallennuksen niin kauan kuin tyhjiä vastauksia löytyi. Uudelleen täyttämistä helpotin säilyttämällä edelliset vastaukset lomakkeessa, jos se puuttuvien tietojen vuoksi latautui takaisin. Ennen käyttöönottoa testasin kyselyn usealla yliopiston työntekijällä sekä muilla henkilöillä virheiden ja väärinymmärrysten poistamiseksi ja toiminnan varmistamiseksi.

Kyselyn alussa opastin vastaajaa, ettei hänen pidä vastata kyselyyn, jos kuuluu atk-keskuksen (pilottiyksikön) henkilökuntaan tai jos hänellä ei ole käytössään yliopiston työpuhelinta. Pyysin vastaajaa olemaan rehellinen ja yksilöllinen vastatessaan, jotta PDI-tutkinnasta mahdollisesti tietävät ja siitä jo mielipiteen omaavat ryhmät eivät pilaisi vastauksia. Takasin lopuksi turvallisuuden anonymiteetin lupauksella.

Jotta erilainen puhelinkäyttäytyminen eri puolilla yliopisto-organisaatiota selviäisi, pyysin ensin valitsemaan yksikön, jossa vastaaja pääasiallisesti käyttää puhelinta. Valittavana olivat eri tiedekunnat ja erikoisyksiköt siten, että maantieteellinen sijainti erottuisi myös joukosta. Viimeisenä vaihtoehtona sai myös valita ”Muu”, jotta epävarmatkin vastaajat saisivat mahdollisuutensa, mutta tähän ei voinut kirjoittaa mikä. Tämä siksi, että yliopiston

henkilöstöpalveluista oli varmistettu kaikkien yksiköiden listalla olo sekä siksi, ettei aineiston sähköinen analyysi vaikeutuisi.

Itse kysymyksissä keskityin ensin nykyiseen viestintäjärjestelmään niin puhelinlaitteiden kuin datasovellustenkin osalta. Aluksi tiedustelin tyytyväisyyttä puhelimien saatavuuteen ja ominaisuuksiin sekä henkilökunnan saatavuuteen eri viestintävälineiden kautta. Vastausvaihtoehdoissa säilytin mahdollisuuden neutraalisuuteen (”En tyytyväinen enkä tyytymätön”), jotta arimmatkin työläiset uskaltaisivat jatkaa kyselyn loppuun, jossa tärkeimmät kysymykset olivat.

Seuraavaksi kysyin kuinka paljon nykyisen verkon laitteita ja palveluita vastaaja käyttää työajalla. Heti tämän jälkeen tiedustelin mitä palveluita hän käyttäisi jos ne olisivat saatavilla. Nämä olivat tässä tutkimuksessa aiemmin esiteltyjä, suureen organisaatioon sopivaksi todettuja PDI-palveluita. Käyttöä kyselin kummassakin osassa summittaisen määrän mukaan tunneittain, päivittäin, viikoittain, harvemmin tai ei ollenkaan. Oli myös mahdollista ilmoittaa, ettei olemassa oleva laite/palvelu ollut itselle saatavilla. PDI-palvelusta sai halutessaan kuvauksen popup-ikkunaan ko. palvelun nimen perässä olevaa kysymysmerkkiä klikkaamalla. Näin pyrin varmistamaan, että vastaajat todella ymmärsivät näiden palveluiden käyttötarkoituksen ja hyötyominaisuudet.

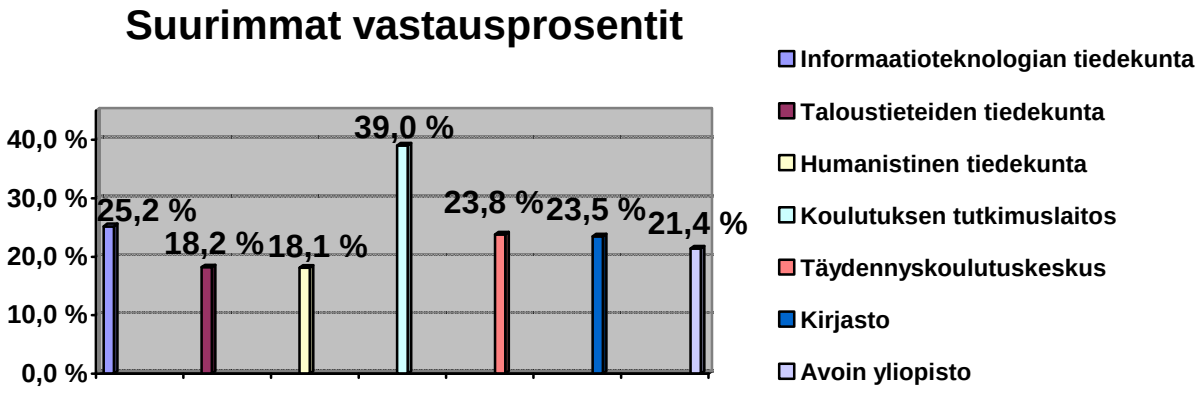
Viimeiseksi sai vielä rastittaa edellisessä kysymyksessä esitetyistä uusista palveluista ne, joista vastaaja voisi kuvitella olevan itselleen huomattavaa hyötyä työssään. Tämä oli ainut osa, johon ei tarvinnut valita yhtäkään vaihtoehtoa. PDI:oon ei viitattu koko kyselyssä kertaakaan, sillä tarkoitus oli saada vastaaja ajattelemaan viestintäkäyttäytymistään puhelin- ja sovelluspohjaisesti kiinnittymättä mahdollisiin teknisiin toteutuksiin tai järjestelmämuutoksiin.

Yliopiston henkilökunnan kyselylomake löytyy kokonaisuudessaan liitteenä 1.

5.1.2 Yhteistulokset

Tuloksista pyrittiin päättelemään mitkä nykyisen järjestelmän palveluista ja maantieteellisistä alueista kaipaisivat keskittämisen etuja. Mobiililaitteiden, erityisesti matkapuhelinten, käyttöä pyrittiin myös arvioimaan, sillä uuden järjestelmän mahdollisia kustannussäästöjä on odotettavissa etenkin näiden käytöstä.

Vastaajien kokonaismääräksi tuli vielä muistutusten ja sähköpostipommitusten jälkeenkin vain 301. Tämä on 12,2 prosenttia yliopiston henkilökunnan kokonaismäärästä keväällä 2006, jolloin kysely toteutettiin. Tiedekuntien suurimmat vastausprosentit olivat yllätyksettömästi Informaatioteknologialla (25,2%), Taloustieteilijöillä (18,2%) ja Humanisteilla (18,1%). Muista yksiköistä suuriin vastausprosentteihin ylsivät Koulutuksen tutkimuslaitos (39%), Täydennyskoulutuskeskus (23,8%), yliopiston kirjasto (23,5%) sekä Avoin yliopisto (21,4%). Myös Koulutuksen arviointisihteeristöstä vastasi 40% työntekijöistä, mutta pienen työntekijämäärän vuoksi (10 henkilöä) tämä ei ole huomattavaa. Kaaviossa 1 ovat suurimmat vastausprosentit yksiköittäin.

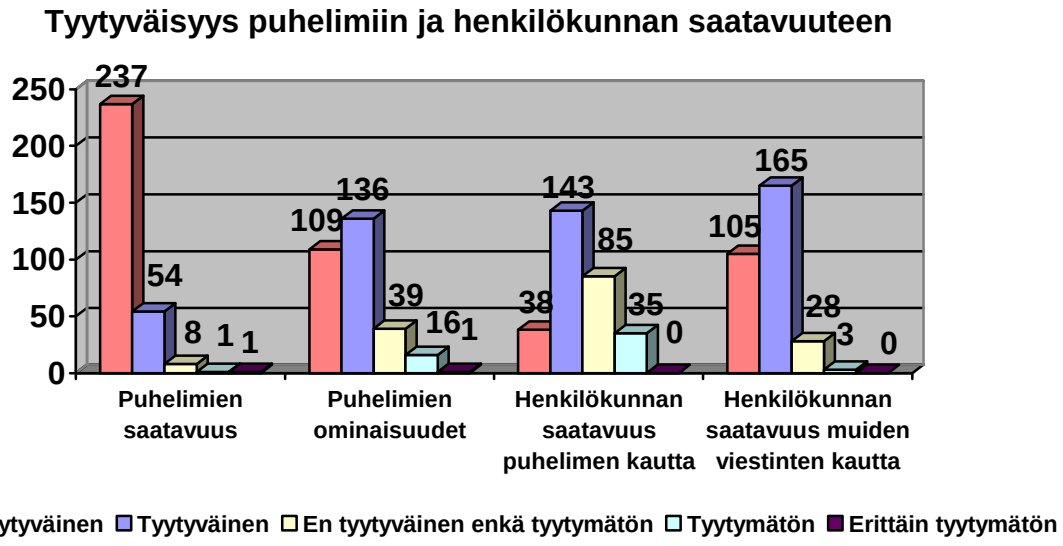


Kaavio 1. Yliopiston henkilökunnalta tulleiden vastausten suurimmat vastausprosentit.

Vähiten kyselyyn tuli vastauksia Matemaattis-luonnontieteellisestä (3,6%) ja Yhteiskuntatieteellisestä (2,7%) tiedekunnasta sekä Normaalikoulusta, jonka 119:lta työntekijältä ei tullut yhtäkään vastausta. Myös muutaman pienen yksikön vastaajamäärät

olivat alle viisi prosenttia. Maantieteellisesti suurin vastausprosentti sijoittuu yliopiston Jyväskylän Keskustan toimipisteisiin, joiden vastausprosentti oli yhteensä 22,6.

Kaaviosta 2 näkyy, että yleisesti vastaajat olivat tyytyväisiä puhelimiin ja niiden saatavuuteen sekä henkilökunnan saatavuuteen sähköpostin ja pikaviestimien kautta. Myös puhelimen kautta saatavuuteen tyytyväisiä oli yli puolet vastaajista, mutta tähän oli eniten neutraaleja ja tyytymättömiä vastauksia. Henkilökunnan saatavuuteen ei oltu kertaakaan erittäin tyytymättömiä ja itse puhelinten saatavuuteen sekä ominaisuuksiin löytyi kumpaankin vain yksi erittäin tyytymätön.

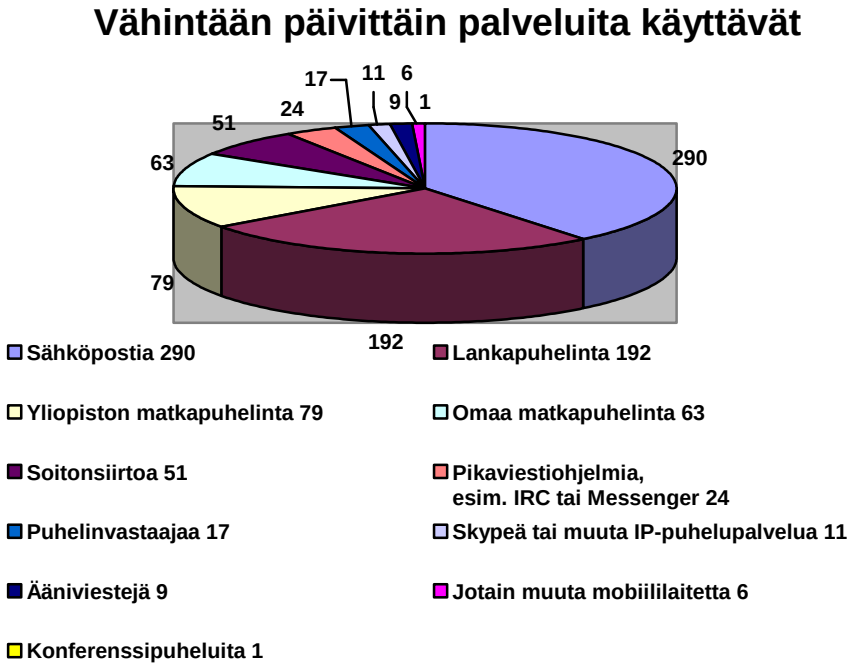


Kaavio 2. Kaikkien vastaajien tyytyväisyys puhelimien ja henkilökunnan saatavuuteen sekä puhelinten ominaisuuksiin.

Kaikkiin kohtiin tyytyväisiä työntekijöitä oli 46,8 prosenttia vastaajista. Heistä merkittävä määrä (42%) ei nähnyt uusissa palveluissa itselleen yhtäkään erityisen hyödyllistä. He myös käyttäisivät niitä keskimäärin vain muutaman kerran viikossa tai harvemmin. Lankapuhelimien saatavuuteen tyytymättömät työntekijät osoittautuivat innokkaaksi käyttämään uusia palveluita, kuten ohjelmistopuhelinta, jonka he mainitsivat huomattavaksi hyödyksi. Puhelinominaisuuksiin tyytymättömät taas käyttivät odotettavasti paljon muitakin

viestintävälineitä, erityisesti sähköpostia ja omaa matkapuhelinta. Heille lankapuhelimien saatavuudessa ei ollut lainkaan ongelmia.

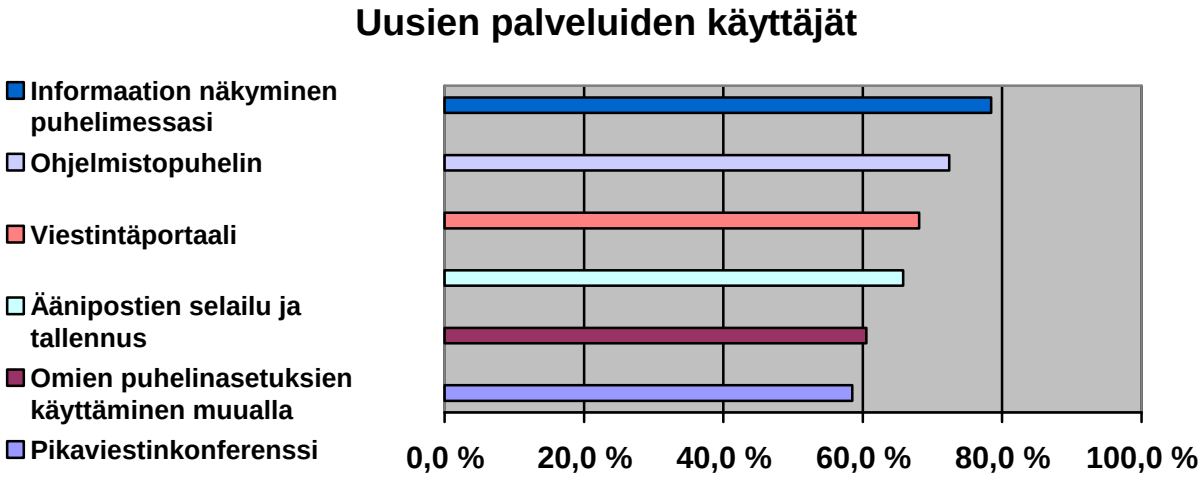
Nykyisen verkon palveluista käytettiin odotetusti eniten sähköpostia, jota käytti vähintään muutaman kerran päivässä 96% vastaajista sekä lankapuhelinta, jota käytti myös päivittäin 64% vastaajista. Matkapuhelimiin kuulumattomia mobiililaitteita, ääniviestejä, konferenssipuheluita, IP-puhelinpalveluita sekä pikaviestimiä ei käyttänyt lainkaan yli 75% vastaajista. IP-puhelinpalveluita käytti vastaajista 22%, joista puolet käytti palvelua vähintään muutaman kerran viikossa. IP-puheluiden käyttäjissä ei juurikaan ollut tyytymättömyyttä puhelimiin tai henkilökunnan saatavuuteen niiden kautta ja he tietenkin olivat erityisen kiinnostuneita käyttämään ohjelmistopuhelinta.



Kaavio 3. Yliopiston henkilökunnan (otos 301 henkilöä) olemassa olevien viestintävälineiden suurimmat käyttöasteet.

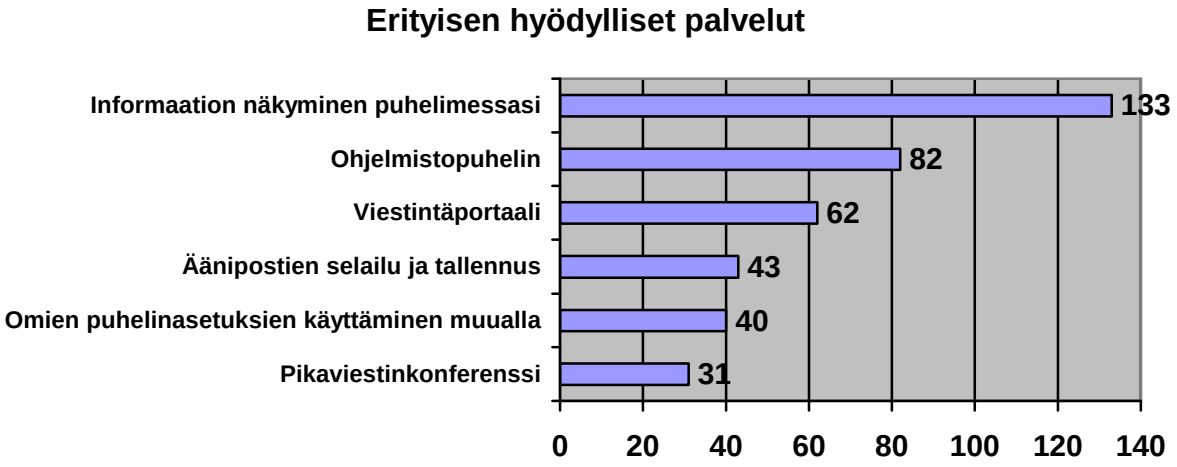
Yliopiston matkapuhelin oli käytettävissä 47%:lla vastaajista. He käyttivät matkapuhelintaan keskimääräisesti useita kertoja viikossa ja suurimmalle osalle heistä kännykälle löytyi käyttöä päivittäin. Omaa matkapuhelinta joutui työssään käyttämään 62% kaikista vastaajista, joista yllättäen 40%:lla oli myös yliopiston matkapuhelin. Matkapuhelinten käyttäjistä yli kolmasosa ei nähnyt uusilla palveluilla itselleen erityistä hyötyä, suurin kannatus oli informaation näkyminen suoraan puhelimessa. Myöskään matkapuhelinten käyttäjien keskuudessa ei ilmeentynyt erityistä tyytymättömyyttä lankapuhelimiin tai niiden kautta saatavuuteen.

36 vastaajaa (12% kaikista) ilmoitti, ettei käyttäisi yhtäkään uusista IP-puhelinpalveluista. Näistä vastaajista ei löytynyt nykyistenkään palveluiden käyttäjiä lukuun ottamatta puhelimia ja sähköpostia. Jokaista esiteltyä IP-palvelua käyttäisi 58,5 – 78,4 prosenttia kaikista vastaajista. Toisaalta vain 6% vastaajista olisi valmis käyttämään kaikkia näitä palveluita viikoittain. Puhelimen näytöllä näkyvän informaation käyttäjiä löytyisi eniten, mutta myös muille palveluille olisi kosolti käyttöä. Viikoittain kaikkia palveluita paitsi pikaviestinkonferenssia käyttäisi yli neljäsosa vastaajista, päivittäin sama määrä käyttäisi ainakin informaatiota puhelimessa, ohjelmistopuhelinta ja viestintäportaalia.



Kaavio 4. Uusien IP-puhelinpalveluiden käyttöaste kyselyyn vastanneiden keskuudessa.

Vaikka uusia palveluita oltiinkin valmiita käyttämään, niitä ei osattu pitää työn kannalta huomattavan hyödyllisinä. Eniten käytettävää palvelua, näytöllä näkyvää informaatiota, piti erityisen hyödyllisenä 44% vastaajista. Muiden palveluiden hyödyllisyys oli huomattavaa alle kolmasosalle vastaajista.



Kaavio 5. Vastaajat, joiden työssä kukin uusi IP-palvelu olisi huomattavasti hyödyllinen.

5.1.3 Maantieteelliset ja yksikölliset tulokset

Vaikka Seminaarinmäen vastausprosentti ei ollutkaan alueellisesti isoin, on se kuitenkin työntekijämäärältään Jyväskylän yliopiston suurin alue ja puolet tämän viestintäkyselyn vastaajista sijoittui sinne. Tältä alueelta löytyivät siis odotetusti erikoiset yksittäisvastaajat, kuten ainoat kaksi, jotka eivät käytä ollenkaan sähköpostia työvälineenä. Kokonaisvastausten mukaisesti nykyisiin puhelimiin ja saatavuuteen oltiin tyytyväisiä ja lankapuhelinta sekä sähköpostia suosittiin yhteydenpitovälineinä. Yliopiston matkapuhelimen omistajia löytyi vähemmän kuin muilta maantieteellisiltä alueilta, kun taas omaa matkapuhelinta käytettiin enemmän. Uusia palveluita käytettäisiin hyvin samanmääräisesti kuin kaaviossa 4. Huomattavan hyödyllisistä palveluista ainoa yleisestä mielipiteestä eroava oli pikaviestinkonferenssi, joka katsottiin Seminaarinmäen alueella vieläkin hyödyttömämmäksi kuin muualla.

Mattilanniemen ja Ylistönmäen alueella ei yleisesti teknisimmän henkilökunnan luonteesta huolimatta käytetty enempää pikaviestin- ja IP-puhelinohjelmia tai mobiililaitteita kuin muuallakaan. Soitonsiirtoa käytettiin vähemmän kuin muilla yliopiston maantieteellisillä alueilla kun taas konferenssipuheluita käytiin hieman enemmän. Uusien palveluiden käyttö arvioitiin miltei jokaisen palvelun kohdalla pienemmäksi kuin muilla alueilla. Vain yleisesti toivotuin palvelu, informaatio puhelimen näytöllä, jäisi käyttämättä pienemmällä prosentilla Mattilanniemen ja Ylistönmäen henkilökunnasta kuin muualla. Uusien palveluiden käytöstä huomattavasti hyötyjä saavia löytyi kuitenkin yleisesti enemmän kuin muualta. Viestintäportaalia ei yllättäen katsonut erityisen hyödylliseksi alueen vastaajista kuin 11%, mikä on vain puolet vastaavasta määrästä muun yliopiston henkilökunnan tuloksissa.

Keskustan toimipisteissä olemassa olevan järjestelmän käyttö- ja tyytyväisyysvastaukset myötäilivät yleistä linjaa. Uusien palveluiden käyttöinnokkuus oli suurta; jokaista uutta palvelua oli valmis käyttämään työssään vähintään kaksi kolmasosaa vastaajista. Hyödyllisinä pidettävät palvelut vaihtelivat hieman yleistä mielipidettä enemmän keskustan alueella, jossa suosituin palvelu, informaatio puhelimen näytöllä, oli huomattavan hyödyllistä jopa 61%:lle vastaajista. Erikoispiirteenä löytyi myös yliopiston matkapuhelimien suuri määrä. Jopa 71% keskustan alueen vastaajista omisti sellaisen ja käytti sitä muiden tapaan päivittäin.

5.2 Pilottikokeilun satoa

JYU:n atk-keskuksessa on ollut pilottikokeilussa VoIP-järjestelmä, jonka avulla tässä luvussa esitetään konkreettisempaa tietoa siitä, mitä hyötyjä integraatiosta voi olla juuri Jyväskylän yliopistolle. Luvussa 5.2.1 kerrotaan käytössä olevasta järjestelmästä sekä sen komponenteista ja luvussa 5.2.2 esitellään atk-keskuksen henkilökunnalle tehty käyttäjäkysely sekä sen tuloksia.

5.2.1 Järjestelmän kuvaus

VoIP-komponentit tilattiin Cisco Systemsiltä, joka oli atk-keskuksen yhteistyökumppani pilotissa. Käytössä oli Ciscon CallManager ja kahta sen kanssa käytettävää IP-pöytäpuhelinta, Ciscon 7960G ja 7940G, joista muutamissa oli Cisco IP Phone 7914 laajennusmoduuli.

Call Manager

Organisaation verkkoviestintäjärjestelmä, Ciscon CallManager, on ohjelmistopohjainen puhelunkäsittelykomponentti, joka tarjoaa korkealaatuista puhelinliikennettä IP-verkon yli. Ohjelmisto laajentaa puhelinominaisuudet pakettiverkon laitteisiin, kuten IP-puhelimiin, IP-yhdysväyliin ja multimediasovelluksiin. CallManager sallii perinteisten, sovelluskohtaisten, piirikytkettyjen PBX:ien muuntamisen avoimiksi, palvelurikkaiksi LAN-järjestelmiksi.

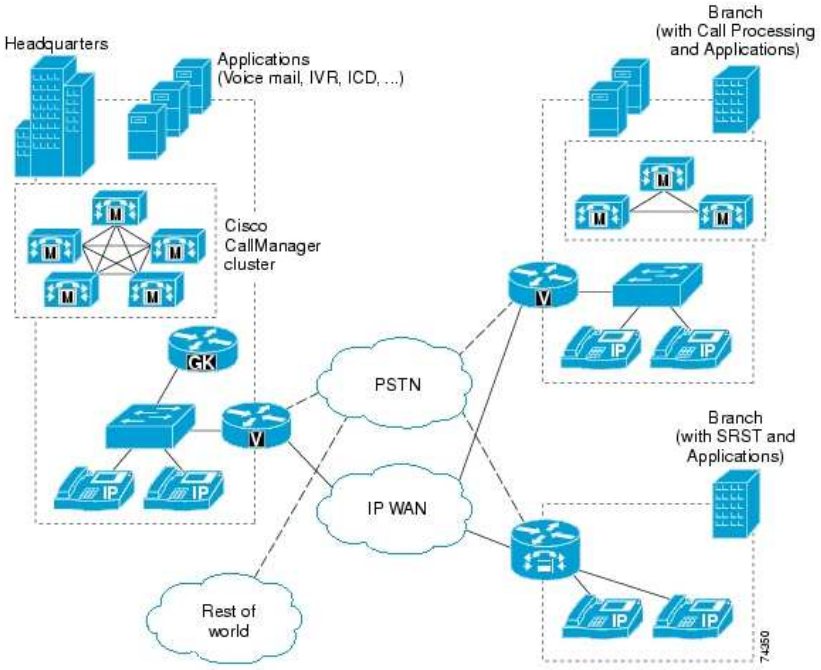
CallManager tarjoaa signalointi- ja puhelunohjauspalveluita niin Ciscon kuin muidenkin myyjien integroiduille puhelinsovelluksille. Siihen kuuluvat muun muassa seuraavat ensisijaiset toiminnot: puhelunkäsittely; laiteohjaus; soitonsuunnittelu; puhelinominaisuuksien hallinta; hakemistopalvelut sekä ohjelmointirajapinta ulkoisiin äänenkäsittelysovelluksiin, kuten ohjelmistopuhelin, IP IVR, Personal Assistant ja CallManager Attendant.

CallManager-järjestelmä sisältää myös sarjan integroituja äänisovelluksia, jotka suorittavat äänikonferenssi- ja manuaalisen avustajan konsolitoimintoja. Näiden äänisovellusten vuoksi erikoiskäyttöön tarkoitettua äänenkäsittelylaitteistoa ei tarvita. Koska CallManager on ohjelmistosovellus, sen mahdollisuuksien parantaminen vaatii vain palvelinalustan ohjelmiston päivittämistä, ei lainkaan laitteistoa.

CallManager kuuluu Ciscon IP-puhelintekniikkaratkaisuihin, jotka taas ovat osa Cisco AVVIDia (Architecture for Voice, Video and Integrated Data). Lisäpalvelut, kuten unified messaging, multimediakonferenssit, ja yhteyskeskukset vuorovaikuttavat IP-puhelinratkaisuiden kanssa CallManagerin avoimen puhelinAPIn välityksellä.

Ciscon IP Telephony Applications Server tarjoaa CallManagerin puhelunkäsittelylle, palveluille ja sovelluksille palvelinalustan korkealla käytettävyydellä. CallManager asennetaan Ciscon Media Convergence Serveriin (MCS).

CallManagerin, IP-puhelinten, yhdysväylien ja sovellusten levitys IP-verkon yli tarjoaa hajautetun virtuaalisen puhelinverkon. Tällainen arkkitehtuuri parantaa järjestelmän saatavuutta ja skaalautuvuutta. Puhelunpääsyn ohjaus takaa että äänen QoS säilytetään ahtaankin WAN-linkin yli ja kääntää puhelut automaattisesti PSTN-verkkoon kun WAN-kaistaa ei ole enää saatavilla. WWW-rajapinta tietokantoihin antaa mahdollisuuden laitteiston ja järjestelmän etäkonfigurointiin. Tämä rajapinta tarjoaa myös käyttäjille ja ylläpitäjille pääsyn HTML-pohjaiseen online-opastukseen.



Kuva 14. Ciscon IP-puhelintekniikkaratkaisun perusarkkitehtuuri, joka sisältää seuraavat pääkomponentit: Ciscon IP-verkkoinfrastruktuuri, QoS, puhelunohjausagentti, viestintäpäätepisteet, sovellukset, turvallisuus ja verkonhallintatyökalut. *[Cisco Systems]*

IP-puhelimet

Cisco IP -puhelimet 7960G ja 7940G on varustettu täydellisillä toiminnoilla, ja niitä voi käyttää samassa dataverkossa tietokoneen kanssa. Niiden kanssa voi kokeilla käyttää erilaisia ulkoisia laitteita, kuten kaiuttimia, mikrofoneja ja kuulokkeita, mutta Cisco suosittelee laadukkaita laitteita, jotka on suojattu ei-toivotuilta radio- ja äänitaajuussignaaleilta. IP-puhelimia käytetään erilaisissa ympäristöissä ja erilaisten laitteiden kanssa, jotka voivat aiheuttaa häiriöitä, joten yhtä yleispätevää, kaikkialle sopivaa laiteratkaisua ei ole olemassa. Cisco suositteleekin, että asiakkaat kokeilevat ensin itse ja ostavat vasta sen jälkeen suuria eriä laitteita.

Kuva 15. Ciscon 7960G IP-puhelin Cisco IP Phone 7914 laajennusmoduulilla. *[Cisco Systems]*

7960G tukee enintään kuutta ja 7940G enintään kahta linjaa. Määrä vaihtelee sen mukaan, miten järjestelmänvalvoja on määrittänyt ohjelmoitavat painikkeet. Jokainen linja tukee useaa puhelua. Järjestelmänvalvoja voi muuttaa määrää tarpeiden mukaisesti, mutta oletuksena on neljä puhelua linjaa kohti. Linjojen ja niihin määriteltyjen puheluiden määrästä riippumatta puheluiden kokonaismäärä on rajoitettu 200:aan.

Puhelujen peruskäsittelytoimintojen lisäksi 7960G ja 7940G tukevat erityis- ja lisätoimintoja, jotka järjestelmänvalvoja voi määrittää puhelimeesi puhelunkäsittelytarpeidesi ja työympäristösi mukaisesti. Käytettävissä on esimerkiksi seuraavat ominaisuudet:

- Verkkodatan ja -palvelujen käyttäminen. Voit käyttää puhelimella erityisiä Web-

pohjaisia palveluita.

- Online-asetukset Käyttäjän asetukset -WWW-sivuilla. Voit mukauttaa puhelimen toimintoja tietokoneesi WWW-selainta käyttämällä.
- Online-ohjejärjestelmä. Saat tietoja toiminnoista, painikkeista, näppäimistä ja valikkovaihtoehdoista suoraan puhelimesta.

Cisco IP -puhelimen käytettävissä olevat toiminnot ja ominaisuudet voivat vaihdella yrityksen käyttämän puhelunkäsittelysovelluksen sekä puhelintukitiimin tekemien puhelinjärjestelmä-määritysten mukaisesti.

IP -puhelimella voi luoda neuvottelupuhelun, joita on kahdenlaisia: vakioneuvottelupuhelut ja avoimet neuvottelupuhelut. Avoimiin neuvottelupuheluihin soittajat voivat liittyä soittamalla suoraan neuvottelun puhelinnumeroon. Tällöin neuvottelun aloittajan ei siis tarvitse soittaa osallistujille.

Järjestelmänvalvoja voi määrittää käyttöön "jaetun" linjan, jolloin puhelun voi asettaa parkkiin eli tallentaa sen niin, että sen voi noutaa toisesta Cisco CallManager -järjestelmään kuuluvasta työpöytäpuhelimesta tai matkapuhelimesta. Tämä auttaa myös silloin, kun samaa linjaa käyttää useita henkilöitä, jolloin jokainen jaetun linjan käyttäjä voi napata puhelun. Jaetun linjan puhelimessa näkyy tietoja puheluista, joita kollega soittaa tai joihin hän vastaa, ellei Yksityisyys-asetus ole päällä. Jaetun linjan tukemien puhelujen enimmäismäärä vaihtelee eri puhelimissa.

Jos käyttäjä saa epäilyttäviä puheluja, järjestelmänvalvoja voi lisätä puhelimeen jäljitystoiminnon. Sen avulla voi määrittää meneillään olevan puhelun epäilyttäväksi, jolloin käynnistyy automaattisia jäljitys- ja ilmoitussanomia. IP-puhelin pystyy myös tukemaan seuraavia puhelutyyppejä:

- *Tarkistettu puhelu*. Kaikkien puheluun osallistuvien puhelinten tiedot on tarkistettu.
- *Salattu puhelu*. Puhelin käyttää salattua ääntä IP-verkossa. Salatut puhelut on

tarkistettu.

- *Ei-turvallinen puhelu*. Vähintään yksi osallistuvista puhelimista tai yhteyksistä ei tue suojaustoimintoja tai turvallisuutta ei pysty tarkistamaan.

Jos puhelujen priorisointi on tarpeen, järjestelmänvalvoja voi lisätä puhelimeen monitasoisen etusija- ja korvaustoiminnon. Tällöin etusija määrittää puhelun tärkeysasteen ja korvaaminen tarkoittaa sitä, että vähemmän tärkeä puhelu katkeaa. Puhelimessa voi myös pitää automaattista vastaustoimintoa, jonka järjestelmänvalvoja määrittää toimimaan joko kaiutinpuhelimen tai korvakuulokkeiden kanssa.

Useimpia itse määriteltäviä asetuksia voidaan muuttaa puhelimessa. Puhelin ylläpitää lokia ei-vastatuista, soitetuista ja vastatuista puheluista. Tästä lokista voi selata ja valita puheluita erilaisia toimintoja varten. Puhelimen lyhytvalintatoimintojen avulla voi soittaa puheluja painamalla numeropainikkeita tai syöttämällä hakemistokoodi.

Jotkin asetuksista ovat määritettävissä vain Internetissä Käyttäjän asetukset -WWW-sivuilla, jossa voi tilata ja mukauttaa puhelinpalveluita sekä määrittää puhelimen toimintoja ja asetuksia tietokoneella. Saatavilla on esimerkiksi seuraavia palveluita:

- **WWW-pohjaiset tiedot**, esimerkiksi pörssinoteeraukset, elokuva-arviot ja säätiedotukset,
- **verkkotiedot**, esimerkiksi yrityskalenterit ja hakukelpoiset luettelot sekä
- **puhelintoiminnot**, esimerkiksi omat pikavalinnat ja oma luettelo.

Määritettyjä palveluita voi käyttää sekä tietokoneella että puhelimella.

5.2.2 Käyttäjäkyselyn tulokset

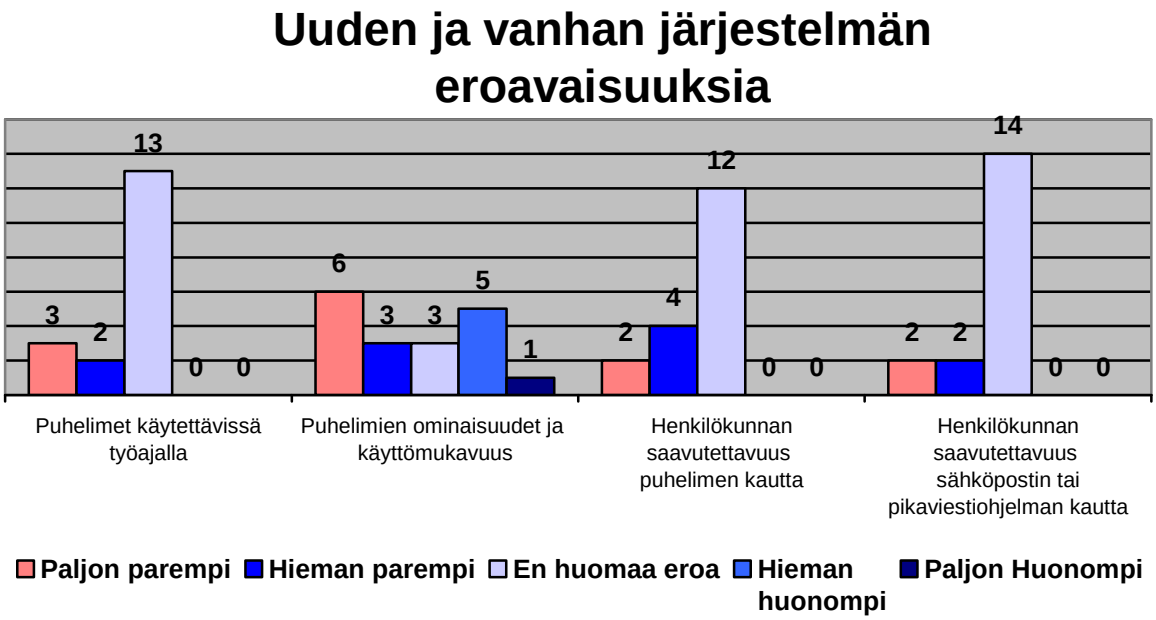
Tässä luvussa esitellään atk-keskuksen henkilökunnan erillisen käyttäjäkyselyn tuloksia. Käyttäjäkysely eroaa luvussa 5.1 esitellystä muun henkilökunnan kyselystä siinä, että sillä pyrin myös määrittämään jo käytössä olevan VoIP-järjestelmän eroavaisuuksia vanhaan

analogiseen järjestelmään erityisesti jokapäiväisen työkäyttäjän näkökulmasta. Puhelimien saatavuus ja ominaisuudet koskivat siis edellisessä luvussa esiteltyjä IP-puhelimia.

Yleiseen kyselyyn kuuluneista tyytyväisyyskysymyksistä tiedustelin myös, olivatko kyseiset asiat vastaajan mielestä muuttuneet parempaan tai huonompaan suuntaan uuden järjestelmän myötä. Valitettavasti uusia palveluita ei liiemmin ollut käytössä pilottijärjestelmässä, joten näistä kyselin aivan samoin kuin muiltakin. Kyselyn loppuun lisäsin vapaasanakentän, johon sai laittaa omia kommentteja VoIP-järjestelmästä. Painotin anonymiteettiä, jotta pahakin kokemus uskallettaisiin ilmaista. Kyselylomake on kokonaisuudessaan liitteessä 2.

Vastauksia kyselylle tuli yhteensä 18, mikä on 44% atk-keskuksen henkilökunnasta kyselyn ajankohtana. Puhelimen ominaisuuksiin ja henkilökunnan saatavuuteen muiden viestintävälineiden kautta löytyi kumpaankin vain yksi tyytymätön, muuten puhelimiin ja saatavuuteen oltiin neutraaleja (n. 14% vastaajista) tai tyytyväisiä (n. 89% vastaajista). Kaikki vastaajat olivat tyytyväisiä puhelimien saatavuuteen. Puhelinominaisuuksiin tyytymätön vastaaja käytti enemmän omaa matkapuhelinta kuin muita viestintävälineitä ja vaikutti varsin innokkaalta käyttämään uusia palveluita. Hän oli myös kommentoinut, että ”*Onneksi on vanha puhelin vielä käytössä*”.

Valtaosa (67–78%) vastanneista ei ollut huomannut muutosta puhelimien ja henkilökunnan saatavuudessa, kun he vertasivat uutta ja vanhaa järjestelmää. Puhelinominaisuuksien muutoksen taas oli huomannut 83% vastaajista. Tämä oli ainut kysymyksistä, johon löytyi vanhaa järjestelmää parempana pitäviä vastaajia; muutoksen huomanneista 40% piti uusia ominaisuuksia huonompina kuin ennen. Yhden mielestä uusi puhelin oli jopa huomattavasti huonompi kuin vanha ja tämä vastaaja osoittautuikin samaksi henkilöksi joka mainitsi käyttävänsä vanhaa järjestelmää.

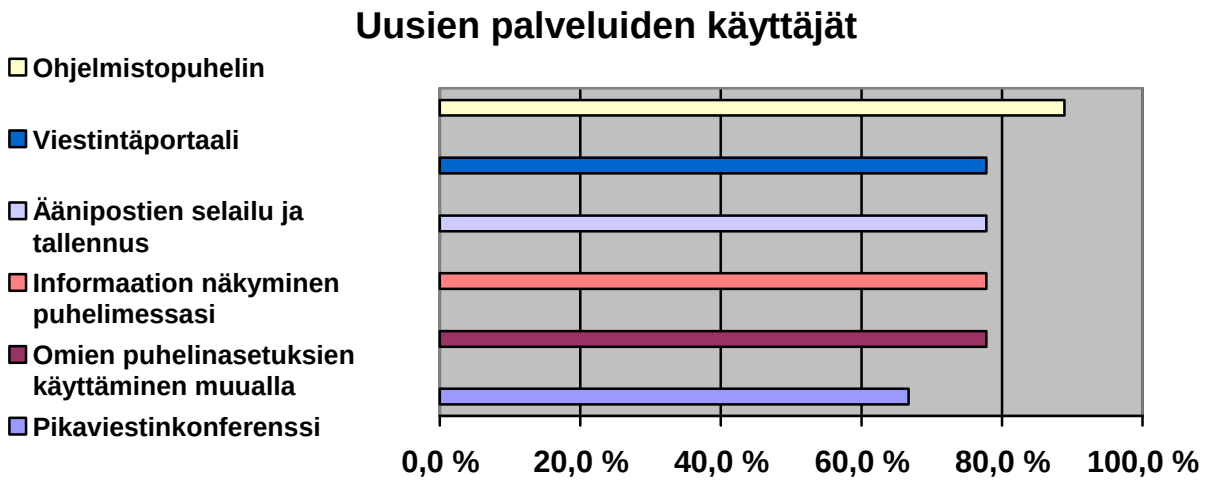


Kaavio 6. Pilottijärjestelmän tuomien muutoksien tyytyväisyysasteet vanhaan järjestelmään verrattuna.

Kuten muuallakin yliopistossa, atk-keskuksen väki käytti eniten työhönsä sähköpostia, jota kaikki vastaajat käyttivät useasti viikossa, sekä IP-pöytäpuhelintaan, jota ei käyttänyt lainkaan vain yksi vastaajista. Yliopiston matkapuhelin oli käytössä peräti 89%:lla vastaajista, joista vain yksi käytti sitä harvemmin kuin päivittäin. Näin ollen oman matkapuhelimen sekä muiden mobiililaitteiden käyttö atk-keskuksella jäikin huomattavasti pienemmäksi kuin yleisessä kyselyssä. Ulkoista IP-puhelupalvelua käytti työssään jopa 61% vastaajista, tosin jokainen heistä harvemmin kuin päivittäin.

Kuten kaaviosta 7 voi huomata, uusia palveluita oltiin pilottikohteessa valmiita käyttämään enemmän kuin muissa yksiköissä. Jokaista palvelua käyttäisi viikoittain vähintään 44% ja ainakin joskus 67% vastaajista. Informaatio näytöllä, joka oli suosituin palvelu muissa

yksiköissä, jäi atk-keskuksella keskikastiin saaden silti yleistä kyselyä suuremman kannattajamäärän. Ohjelmistopuhelinta oli valmis käyttämään jopa 89% vastaajista.



Kaavio 7. Uusien IP-puhelinpalveluiden käyttöaste atk-keskuksen kyselyyn vastanneiden keskuudessa.

Suurinta osaa uusista palveluista pidettiin myös hyödyllisempinä kuin muualla yliopistossa. Ohjelmistopuhelimen arvioi huomattavan hyödylliseksi puolet vastaajista ja informaatio puhelimen näytöllä olisi erityisen hyödyllistä 44%:lle. Erityisesti omia puhelinasetuksia muiden puhelimessa tarvitsisi kolmasosa atk-keskuksen vastaajista, joka on jopa kolminkertainen prosentuaalinen määrä muihin yksiköihin verrattuna. Näin silti, vaikka eräskin heistä kommentoi että ”*Tämän hetkiseen voip puhelimeeni ei ymmärtääkseni saa henkilökohtaista puhelinluetteloa*”. Yllättäen yksikään vastaajista ei katsoisi pikaviestinkonferenssia erityisen hyödyllisenä.

Vapaista sanoista erottui tarve koulutukselle ja lisäinformaatiolle. Eräs vastaaja valitteli, että ”*minkäänlaista paperikäyttöohjetta ei puhelimen mukana tullut, on liian vaivalloista selata pientä ruutua*”. Toisen työntekijän mielestä ”*Opastaminen Voipin käyttöön oli olematonta,*

joten luulen, että käytössämme on vain osa Voipin mahdollisuuksista. Koko Voip jäi ikäänkuin kokeilun asteelle, sen toimintoja ei ole kehitetty edelleen". Yhden, viestintävälineitä erittäin vähän käyttävän, henkilön mielestä järjestelmä ei ole edes saavutettava, eikä hän ollut valmis käyttämään yhtään uusista palveluista.

Myös uusia palveluita ja ominaisuuksia kaivattiin. Eräs vastaajista ilmoitti suoraan, että "*VOIP ei tuo kyllä juurikaan mitään olennaista lisäarvoa. Lisä arvo tulisi palvelujen kautta*". Usean työntekijän mielestä varsinkin puheluiden siirto pitäisi olla paremmin suunniteltu, kuten jos "*lankaan ei vastaa, pitäisi puhelun kääntyä kännyyn... Liian monta kertaa on käynyt niin, että puhelu kääntyy, mutta kun siihen vastaa, se katkeaa. Koska kännykkään jää vain oman lankapuhelimen numero, ei voi tietää, kuka mahdollisesti yritti tavoitella. Lisäksi soittajalle jää taatusti sellainen mielikuva, että hänelle lyödään toistuvasti luuri korvaan*". Kaksi vastaajaa kaipasi VoIP-puhelimeensa mahdollisuutta tehdä poissaoloilmoitus, jonka saa nyt vain soittamalla vaihteeseen. Myös seuraavaa ehdotettiin: "*ulkonumeroiden (numeron pituus <> 4) eteen voisi lisätä jo sen nollan (ulkolinjan valinnan) automaattisesti*". "*SIP-tuki ja mahdollisuus poimia puhelu muualtakin kuin vain pöytäkoneesta (kirjautuminen toisesta, esim. softa-puhelimsesta)*" oli jonkun hyvä kehitysidea kyselyssä esitettyyn uuteen palveluun.

Myös resurssien ja ylläpidon riittävyyttä arvosteltiin: "*palveluiden suunnittelulle, kehittämiselle ja ylläpitämiselle ei ole resursseja. Tai jos sitä lähdetään resurssoimaan, on se automaattisesti pois jostakin muusta paljon olennaisemmasta it-resurssista*" päätteli eräs vastaaja, kun toinen kertoi ettei "*puhelimeen oltu päivitetty palveluita (services) ja ennen kuin ne sinne saatiin, yhdyshenkilö sai yrittää 3-4 kertaa*".

Tyytyväisyyttäkin löytyi muutamasta kohdasta, kuten "*Konferenssit, välipuhelut, HF yms. on aktiivisessa käytössä ja toimii hyvin -- ei paluuta enää vanhaan "erkkiin" ja vaihteeseen!*". Yksi vastaaja oli jopa sitä mieltä että "*voip-järjestelmä tulisi laajentaa koko yliopistoon jotta saavutettaisiin enemmän hyötyä*".

5.3 Tutkimuksen arviointi

Ennen tulosten perusteellista analysointia tulee analysoida itse tutkimus. Teoriaosassa esiintyneisiin faktoihin voinee luottaa jo sen perusteella, että lähteet ovat joko julkaistuja teoksia tai otteita maailmanlaajuisesti luotettavien yritysten WWW-sivuilta. Kaikki PDI:tä koskevat teokset ovat myös tältä vuosituhannelta, joten vanhentunutta tietoa ei pitäisi esiintyä ja tärkeimpiin havaintoihin etsin varmistuksen useammasta lähteestä. Kyselyitä taas tulee tarkastella enemmän, sillä survey-tutkimuksilla on tapana epäonnistua tavassa jos toisessakin.

Kyselyiden ajankohta yliopistolla ei ollut paras mahdollinen, sillä ne julkaistiin keväänä, jolloin erilaisia henkilökuntakyselyitä – eräs jopa hieman samantapainen viestintäkysely – oli jo julkaistu aiemmin. Sain ohimennen kuulla, että kaikenlaisiin kyselyihin oltiinkin jo kovin kyllästyneitä ja ne ohitettiin helposti, jollei asia koskettanut läheisesti. Valitettavasti sain tiedon tästä vasta kyselyn edettyä jo toista viikkoa eikä tutkimusta voinut enää siirtää. Kyselyiden ollessa täytettävinä osa yliopiston henkilökunnasta oli myös jo lomallaan.

Näin ollen yleisen kyselyn vastausprosentti jäi pieneksi. Prosenteista huolimatta 300 vastaajaa on missä tahansa tämän tasoisessa tieteellisessä tutkimuksessa erittäin suuri ja hyväksyttävä määrä vastaajia. Vastauksia tuli myös tasaisesti joka puolelta yliopistoa – poikkeuksena Normaalikoulu, johon epäilen kyselyn lainkaan menneen perille – ja maantieteelliseen erittelyyn tarvittava monimuotoisuus täyttyi. Myöskään marginaalivastaajia ei ollut kuin muutama, eikä heistä sinänsä tarvitsisi tämän kokoisessa otantajoukossa edes välittää.

Itse lomakkeessa virhemarginaali jäi pieneksi tarkan suunnittelun myötä. Kaikkiin kysymyksiin oli vastattava, ennekuin lomake voitiin lähettää ja tätä yrittäessään täyttäjä sai eteensä jo täyttämänsä lomakkeen, jossa puuttuvat kohdat oli selvästi osoitettu. Näin turhautumista ja uudelleen täyttämistä ei esiintynyt, vaan vastaukset pysyivät virheettöminä. Vastaukset myös tallentuivat salattuun tiedostoon numerojonoina, joten niitä ei päässyt kukaan manipuloimaan.

Yliopiston yksiköt oli lueteltu niin, että maantieteellisiä tuloksia voisi helposti etsiä joukosta ja yksiköiden lista oli tarkastettu täydelliseksi, joten minimaallinen määrä vastaajia jäi maantieteellisen arvion ulkopuolelle. Lomakkeessa ei viitattu puhe/data-integraatioon laisinkaan, jolloin vastaajat saatiin ajattelemaan puhtaasti viestintäkäyttäytymistään ja -tarpeitaan eikä heidän mahdollinen puolueellisuutensa teknisiin ratkaisuihin tai uudistuksiin tuottanut vääristyksiä kokonaistuloksiin.

Lomakkeessa oli alkuperäisen suunnitelmani mukaan tarkoitus myös määrittää henkilökunnan tietämättömyyden tasoa, mutta sain kyselyn testaajilta neuvoja olla tekemättä niin. Tietämättömät vastaukset olisivat epäilemättä sekä haitanneet itse tutkimustuloksia että antaneet vastaajille liian helpon tien olla ottamatta kantaa. Minun ei myöskään tarvinnut kartoittaa henkilökunnan koulutuksen tarvetta tämän tutkimuksen puitteissa. Tietämättömyys ja osaamattomuus palveluiden osalta kävi kuitenkin yllättäen selväksi pelkästään pilottikyselyssä, jossa suuri osa vastaajista on teknistä henkilöstöä!

PDI-palvelut olivatkin sitten hieman vaikeampi kohta, sillä tiesin itse palveluiden että niiden hyötyominaisuuksien olevan tuntemattomia suurimmalle osalle työntekijöistä. Toisaalta en voinut alkaa esittelemään jokaista palvelua yksityiskohtaisesti lomakkeessa, sillä kyselyn tekninen päämäärä olisi tällöin korostunut liikaa ja vienyt huomiota. Päätin siis sijoittaa yksinkertaiset, mahdollisimman kansankieliset ja palvelun hyödyllisyyteen pohjautuvat selitteet popup-ikkunaan. Näin säilytin teknisesti tietämättömienkin mielenkiinnon kyselyn loppuun asti ja onnistuin säilyttämään viestintäkyselyn muodon.

Kuitenkin kyselytulokset ovat aina kyseenalaisia, sillä niin moni asia voi vaikuttaa vastaajiin. Näin ison otoksen vastaukset voi kuitenkin ottaa vakavasti. Näin ollen tutkimuksen pullonkaulaksi osoittautuu enintään tutkijan yksinäisyys. Vain yksi henkilö on etsinyt ja eritellyt tiedot sekä analysoinut ne. Ihminen on erehtyväinen, joten johtopäätökseni voi ilman muuta kyseenalaistaa ja tarkastaa jos ne oudoilta tuntuvat. Itse olen kuitenkin tyytyväinen sekä

tuloksiini että päätelmiini, sillä ne ovat odotettavia, johdonmukaisia ja ajankohtaisia. Seuraavassa luvussa esittelenkin tulosteni analyysin ja esitän Jyväskylän yliopiston kannalta järkeviä jatkotoimenpiteitä.

6 Tulokset ja johtopäätökset

Tässä luvussa esitän kirjallisten lähteiden ja henkilökuntakyselyiden avulla kokoamani lopulliset johtopäätökset PDI:n sopivuudesta Jyväskylän yliopiston käyttöön.

6.1 Yhteenveto

Mihin ollaan päädytty? Valitsemaan, onko Jyväskylän yliopisto

- kasvava ja muuttuva, kommunikaatiota kehittävä, palveluita itse tuottava, laajan valikoiman tuotteita tahtova yliopisto, joka on valmis riskeihin sen hyväksi, että tuottavuus lisääntyisi ja kustannukset pienentyisivät vai
- tasainen, riskitön, vakaata luotettavuutta niin palveluiden kuin kustannusten osalta tarvitseva, yhteen puhelintarjoajaan luottava yliopisto.

Kannattaa harkita tarkkaan, sillä PDI:n vakavasti otettava tulevaisuus organisaatioympäristössä on tunnustettu jo kauan ja myyjiä sekä palveluita löytyy yhäti kasvavissa määrin ja edullisemmin. Riskit ovat siis pienempiä vuosi vuodelta, niin kuin kokeilut ja käyttöönotot ovat osoittaneet. Pätevällä IP-yhdysväylä- ja QoS-konfiguroinnilla, kattavalla testauksella sekä tehokkaalla päivityksellä saavutetaan hyväksyttävä äänenlaatu ja suorituskyky.

Yhden verkon kehittäminen, sijoittaminen, operoiminen ja huoltaminen on loppujen lopuksi halvempaa kuin suorittaa samat työt yliopiston moninkertaisissa verkoissa. Resurssien, kuten laitteiston ja ohjelmiston, vähentyminen koko organisaatiossa toisi kustannussäästöjä. IP-puhelintekniikkakytkimiin, -reitittimiin, -toistimiin sekä -puhelinpäätteisiin pitäisi kuitenkin investoida se suuri summa. Toisaalta IP-puhelinjärjestelmä vähentäisi tarvittavan puhelinhenkilöstön määrää, työntekijät eivät olisi enää sidottuja työhuoneisiinsa ja puhelun ohjaus asiantuntijoille olisi helppoa, jolloin soittajat olisivat tyytyväisempiä.

Uudet, jopa ilmaiset, palvelut kasvavat niin määrässä kuin laadussakin koko ajan ja PDI-järjestelmä sallii valita juuri ne palvelut, mitä eniten tarvitaan. Reaaliaikaiset videosovellukset ovat olemassa olevia käytettävämpiä ja palveluilla, jotka ohjaavat puhelua käyttäjän sijainnin perusteella voitaisiin vähentää matkapuhelinkuluja. Etätyön helpottuminen vähentäisi matkustelua, lisäisi tehokkuutta ja tuottaisi vähemmän stressaavia työntekijöitä. Palveluiden suunnittelu, vertailu sekä testaus kannattaisi suorittaa aina ennen investointia tai suoraa hylkäämistä ja tämä ohjaisi yhä lisää yliopiston resursseja integraatioon.

Puhe/data-integraatio on tekninen ratkaisu johon kohdistuu suuri joukko järjestelmiin ja käyttäjiin kohdistuvia uhkia. Uudet välineet voivat tulevaisuudessa osoittautua yhteensopimattomiksi, liian vaativiksi tai vanhentuneiksi. Turvallisuutta taas uhkaavat esimerkiksi virukset, madot, tarkkailu, kuuntelu, palvelunestohyökkäykset ja IP-puhelinnumeroiden väärinkäyttö sekä SPIT. Ongelmia muissa kokeiluissa ovat myös aiheuttaneet palveluntarjoajat sekä huonosti suunniteltu, hajautettu projektin hallinto ja hoitaminen.

Työntekijätasolla henkilökunta joutuisi tutustumaan uusiin ominaisuuksiin ja tekninen henkilökunta pitäisi vielä kouluttaa pätevästi asennusta, testausta, käyttöönottoa sekä ylläpitoa varten. Suunnitteluhenkilöstökin joutuisi opiskelemaan paljon ja tekemään kriittisiä päätöksiä siitä, minkälaisissa vaiheissa integraatiota toteutetaan. Yliopistolla onkin harvinainen mahdollisuus tuottaa ja ylläpitää järjestelmä itse, sillä teknistä henkilökuntaa riittää. Tällöinkin olisi silti viisasta käyttää yhteistyökumppaneita esimerkiksi suunnittelun, kouluttamisen ja asentamisen apuna.

Riskien vähentämiseksi ja valikoimiseksi ratkaisuja voisi miettiä enemmän huonojen kuin hyvien ominaisuuksien kannalta. Turvallisuus olisi yksi tärkeimmistä alueista ja PDI-verkkoon pääsy olisi tärkeää sallia vain minimaalliselle määrälle järjestelmäkomponentteja. Liikenne pitäisi myös pystyä tehokkaasti autentikoimaan ja salaamaan. Kaistanleveyden sekä QoS:n suunnittelu ja toteutus olisi elintärkeää. QoS-suunnitelman tulisi sisältää pakettihäviön,

viiveen ja sen vaihtelun sekä kaistanleveyden hallintamääräyksiä. Kaikkien näiden ongelmien pienentämiseksi on kuitenkin tarjolla runsaasti valmiita työkaluja.

Suurin haaste IP-puhelinliikenteen sijoittamisessa olisi todistaa lyhytaikainen ROI, sillä laitteisiin, palveluihin ja koulutukseen jouduttaisiin investoimaan. Yliopiston tulisi selvittää useita tietoja ja parametrejä järjestelmistään ennen myyjien kanssa neuvottelemista. Olemassa oleviin IP-järjestelmiin ei tosin tarvitsisi alkuun tehdä paljoakaan tehostustoimia, sillä resursseja löytyy tarpeeksi muutaman yksikön PDI-mahdollistamiseksi. Vanhojen investointien arvonlasku olisi myös pienempi ongelma kuin monissa muissa organisaatioissa ja vaiheittaisen PDI:n eteneminen yksiköstä toiseen pienentäisi uusien, kalliiden piirikytkentälaitteiden hankkimisen kuluja.

Langattomat puhelimet olisivat suurin kuluerä puhelinpäätteissä, joskin mobiilimarkkinoiden PDI-ominaisuudet paranevat ja halpenevat jatkuvasti. Mobiililaitteiden käyttö yliopistolla on myös tämän hetken suurimpia puhelinkustannuksia, jota olisi helppo pienentää PDI:n avulla. Edullisia PDI-puhelimia on markkinoilla ja yhä useammassa uudessa matkapuhelinmallissa on PDI valmiina. YliopistoWLANissa PDI:n toteutus olisi kuitenkin mutkikasta ja vaatisi taas koulutusta, laitteistoa sekä testausta.

Alkuvaiheessa, kun liikenne WLANissa on vielä kevyttä, JYU:n etuna olisi kuitenkin mahdollisuus testata erilaisia turvallisuusmetodeja. WLANin kehittyessä JYU:n alueella liikenteen määrä tulee erittäin todennäköisesti paisumaan, kun työntekijöiden lisäksi kasvava määrä opiskelijoita ja vierailijoita tarvitsee langatonta verkkoa. Yliopiston kannattaisikin panostaa langattoman PDI:n kehittämiseen WLANissaan nyt eikä vasta vuosien päästä, kun turvallisuutta ei enää voida testata.

JYU:n nykyisten lankapuhelimen ominaisuuksiin tyytymättömät työntekijät ovat oppineet käyttämään muita viestintävälineitä, joten PDI olisi heille tuottavaa ja helppoa. Henkilökunnan saatavuutta voisivat parantaa langattomat PDI-laitteet samoin kuin omien asetusten

käyttäminen muiden PDI-pöytäpuhelimissa. Muita mobiililaitteita ei suosita yliopistolla, joten PDI-sallitut matkapuhelimet sopisivat henkilökunnalle paremmin kuin muut kannettavat PDI-laitteet.

Keskustan toimipisteissä yliopiston tarjoamaa kännykkää käytettiin runsaasti ja uusia palveluita oltiin innokkaimpia käyttämään, joten sieltä voisi löytyä hyvä kohde kokeilla PDI:ta. Myös uusi sijainti yliopistoverkkoon tulevaisuudessa olisi hyvä mahdollisuus toteuttaa PDI:ta. Käytännöllisin kohde kokeilla PDI WLANia olisi atk-keskus, jonka henkilökunta käyttää myös paljon matkapuhelimia ja on jo totuttautunut langalliseen VoIP-järjestelmään.

Suurin osa atk-keskuksen henkilöstöstä oli vähintään tyytyväisiä uuteen järjestelmään. Puhelin onkin helppokäyttöinen, verkon äänenlaatu ei eroa entisestä ja luotettavuudessa ei ole ongelmia. Käytännössä tällaisen IP-puhelimen käyttäminen ei eroa uudehkosta PSTN-puhelimesta soittamisen kannalta ollenkaan. Näkyviä teknisiä järjestelmäongelmia ei myöskään pilottikokeilussa ole esiintynyt. Näin ollen käytettävyys ja luotettavuus vaikuttavat tarpeeksi riskittömiltä PDI:n laajentamiseen myös muualle yliopistoalueella.

Palataanpa siis tutkimuskysymykseen: sopiiko digitaalinen puhelinjärjestelmä JYU:n käyttöön paremmin kuin vanha järjestelmä tuoden lisää tehokkuutta ja maksaen itsensä takaisin? Vastaus on ehkä. Tämä tutkimus on osoittanut, että PDI:n on täysin mahdollista tuoda Jyväskylän yliopistolle samat huimat edut kuin osa sen käyttöön ottaneista organisaatioista on saavuttanut. Etujen saavuttaminen vaatii silti erittäin tehokasta suunnittelua, vielä intensiivisempää testausta ja valmiutta investointeihin. Investoinnit maksavat kyllä itsensä takaisin, jos suunnitteluosasto onnistuu tehtävässään ja koulutus on asianmukaista. Viimeisessä luvussa esitän vielä tärkeitä, suositeltavia ja luonnollisia jatkotoimenpiteitä, jos integraatiota päätetään viedä eteenpäin.

6.2 Puhe/data-integraation eteneminen JYU:ssa

1. Ensimmäinen toimenpide on suorittaa tuiki tarpeellinen **teknologiaselvitys ja toimittajien arviointi**. Viestintävirastolla tämä toi onnistuneen lopputuloksen, kun Turussa sen vajaavaisuus aiheutti paljon ongelmia. Ennen taloudellisten yhteistyökumppaneiden etsimistä on selvitettävä ainakin seuraavat asiat.
   - Mahdollisimman uudet verkkotopologiatiedot ja -kartta.
   - Verkon liitettävyystiedot, joista ilmenee eri sijaintien väliset linjatyypit ja kapasiteetit.
   - Liikenteen lähteet verkossa jaoteltuina mediatyypin mukaisesti.
   - Tiedot verkon käytöstä, kuten liikennemäärien kasvu PDI:oon käytettävillä linjoilla 1 - 2 edellisen vuoden ajalta.
   - Kasvuodotukset, joista selviää mihin verkon alueista tulee luultavimmin muutoksia.
   - Tärkeimpien uusien sovellusten oletettu vaikutus verkon toimintaan.
   - Verkon toimintaan vaikuttavat jaksoittaiset ruuhka-ajat.

   Ennen uuden teknologian käyttöönottoa on ehdottomasti pystyttävä ohittamaan tai korjaamaan pullonkaulat, sillä ääntä kuljettavassa verkossa tällaiset tulevat taatusti aiheuttamaan ongelmia. Toimittajien arvioiminen on myös vaativa tehtävä, johon kannattaa käyttää apuna asiantuntijoita, muita kokeiluja ja tutkimuksia.

2. **QoS-suunnitelma**n tulee sisältää määräyksiä pakettihäviöiden, viiveiden sekä kaistanleveyden hallintaan. Näiden ongelmien pienentämiseksi on tarjolla runsaasti valmiita työkaluja, joten viimeistään tässä vaiheessa on viisasta käyttää yhteistyökumppania suunnittelun apuna.

3. Kun taloudelliseen arvioon tarvittava täsmällinen tieto juuri Jyväskylän yliopistosta on hankittu ja mahdolliset yhteistyökumppanit ovat selvillä, pystytään selvittämään

kustannuksia. Perusteellinen **taloudellinen analyysi** on aina vaikea saavuttaa ilman huomattavaa tietomäärää ja työtä, joten tähän kannattaa varata resursseja.

Vaikka investointien voitaisiin odottaa maksavan itsensä lopulta takaisin, PDI-tarpeiston hintaerot voivat olla vielä suuria ja laatu vaihtelee. Yhteentoimivuutta ja lisäominaisuuksia tulevaisuudessa kannattaa aina vaatia, ettei tarpeistoa tarvitse uusia jo muutaman vuoden päästä. Kustannussäästöjä voidaan etsiä esimerkiksi ohjelmistopuhelimien kautta, sillä kyselyn perusteella näitä oltaisiin innokkaita käyttämään joissain kohteissa.

4. Pilottikohteessa tulee ehdottomasti suorittaa lisää testausta, koska järjestelmä on jo tarpeeksi toimiva. Nyt kannattaisi panostaa erityisesti **langattoman PDI:n kehittämiseen** WLANissa ja testata erilaisia turvallisuusmetodeja. Atk-keskuksen työntekijöille voi jakaa langattomia PDI-laitteita tai VoIPin sisältäviä mobiililaitteita testattaviksi yliopiston tarjoamien kännyköiden rinnalle.

5. **Olemassa olevaa** langallista **VoIP-järjestelmää tulee** myös **parantaa**:
   - Ciscon IP-puhelinten käyttöohjeet tulee ehdottomasti tuoda kaikkien saataville ennen kuin tuodaan uusia palveluita. Myös jo olemassa olevista palveluista, kuten osoitekirjasta ja poissaoloilmoituksesta tulisi tiedottaa.
   - Puhelintukeen tulee ohjata lisää resursseja, kuten koulutusta, jotta he voivat paremmin opastaa muuta henkilökuntaa ja auttaa ongelmissa.

6. **Uusia palveluita kannattaa testata nyt** atk-keskuksella, jossa toiveita tällaisiin riittää. Ohjelmistopuhelin ja viestintäportaali saivat sen verran suuren suosion, että niiden tulee olla seuraavana kehitys- ja testausketjussa. Yhteistyökumppaneita vertaillessa on taatusti myös tullut esiin uudenlaisia palveluideoita, joita voi kokeilla pilottikohteessa.

7. Jos ja kun suunnittelu- sekä testausvaiheesta päästään itse toteutukseen, yliopiston keskustan alueen toimipisteistä voisi löytyä hyvä kohde kokeilla PDI:ta langallisena ja langattomana. Jos suunnittelu vie niin runsaasti aikaa, että yliopistolle on tulossa jo uusia toimipisteitä, nämä ovat myös kannattava vaihtoehto PDI:lle.

Tutkimusongelmana oli eritellä JYU:n mahdollisuuksia PDI:n käyttöön. Pyrkimyksenä oli

- esitellä tekniikoita jotka perustuvat nykyisen ääni- ja datamaailman yhdistymiseen,
- esitellä teknologiaan liittyviä rajoitteita ja ongelmia sekä niiden ratkaisuja,
- esitellä sovelluksia ja kustannuksia,
- esitellä ennemmin järjestelmää mutta hieman myös yksittäisiä teknologioita sekä
- miettiä tutkimusten ja kokeilujen kautta miten tällainen teknologia voidaan suunnitella, ottaa käyttöön ja ylläpitää suuressa organisaatiossa.

Tekniikoista löysin lopulta niin laajalti tietoa, että niistä olisi voinut kirjoittaa vaikka toisen tutkielman, joten esittelin lyhyesti, mutta kokonaisvaltaisesti, relevantit tekniikat sekä järjestelmän kokonaisuutena. Teknisiä ongelmia ja ratkaisumalleja löytyi, joskin kaipasin aivan nykyhetken tietoa ja enemmän tulevaisuuden ennusteita. Tärkeimmät uhkakuvat tuli esitettyä, mutta näidenkin kohdalla ala muuttuu jatkuvasti ja kehitystä tulee seurata.

Kustannukset osoittautuivat vaikeiksi esittää ja aihetta rajattaessa rajoitin tätä osaa rankalla kädellä, joten tarkkoja euromääräisiä arvioita ei löydy tutkielmasta ollenkaan. Sovelluksia, palveluita ja mahdollisuuksia esittelin myös vain tärkeimmiltä osin ja jopa summittaisesti, sillä vaikka osasinkin odottaa suuren kentän kykeneväisyyksiä, niiden massiivisuus yllätti. Esittelin yliopistolle sopivia esimerkkejä ja tarkastelin juuri näitä myös henkilökuntakyselyissä.

Johtopäätökset esittävät suuren organisaation, JYU:n, mahdollisuuksia ja riskejä PDI:n suunnittelussa, käyttöönotossa ja hieman ylläpidossakin. Aihetta on onnistuttu tarkastelemaan monelta kantilta eikä varsinaiseen tutkimusongelmaan kuuluvia kysymyksiä jäänyt avoimeksi.

Lähteet

Abrahams John R. ja Lollo Mauro, “Centrex or PBX: The Impact of IP”, Artech House, 2003, ISBN:158053497X.

Ahmed Fatima, “A Comparison of Voice Technologies (VoIP, VoFR, and VoATM)”, saatavilla WWW-muodossa <URL: http://www.developer.com/voice/article.php/3112781>, viitattu 16.05.2005.

Anjum Farooq, Elaoud Moncef, Famolari David, Ghosh Abhrajit, Vaidyanathan Ravichander, Dutta Ashutosh, Agrawal Prathima, Kodama Toshikazu, Katsube Yasuhiro, "Voice Performance in WLAN Networks – An Experimental study", GlobeCom, 2003.

ATM Forum, Technology: ATM Specifications, “ATM User-Network Interface (UNI) Signalling Specification Version 4.1“, saatavilla PDF-muodossa <URL: http://www.mfaforum.org/ftp/pub/approved-specs/af-sig-0061.002.pdf>, The ATM Forum Technical Committee, 2002.

Autio Vesa ja Sundvall Kari, ”Laajakaistalla puhut rajattomasti”, saatavilla HTM-muodossa <URL:http://www.kaupunginosat.net/oulunkyla/arkistot/2004/skype.htm>, 2004.

Bates Regis J., “Broadband Telecommunications Handbook”, McGraw-Hill, 2000, ISBN:0071346481.

Bates Regis J. ja Gregory Donald W., “Voice & Data Communications Handbook”, Third Edition, McGraw-Hill, 2000, ISBN:0072122765.

Cisco Systems, “Voice/Data Integration Technologies”, saatavilla HTM-muodossa <URL: http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/voicdata.htm> , Cisco Systems, 2002.

Cisco Systemsin WWW-sivut, Products & Services, saatavilla WWW-muodossa <URL: http://www.cisco.com/en/US/products/index.html>, lainattu keväällä 2006.

Chen Ye, Smavatkul Natt, Emeott Steve, “Power Management for VoIP over IEEE 802.11 WLAN”, saatavilla PDF-muodossa <URL: http://www.comsoc.org/tech_focus/pdfs/2005/jan/1642chen.pdf>, IEEE Wireless Communications and Networking Conference, vol. 5, no. 1, 2004.

Cheng Brian, “Voice over IP - Crossing the Implementation Divide”, kirjassa “Info-Tech White Papers 2003”, Info-Tech Research Group, 2003a.

Cheng Brian, “Voice Over IP - The Path to a Convergent Network”, kirjassa “Info-Tech White Papers 2003”, Info-Tech Research Group, 2003b.

Cygate Group, “Viestintävirasto VoIPpaa Ciscolla”, saatavilla WWW-muodossa <URL: http://www.cygategroup.com/templates/page.aspx?id=959>, Cygate Oy, 2002, lainattu 26.04.2005.

DiMarsico Brian, Phelps IV Thomas and Yarberry Jr. William A., “Telecommunications Cost Management”, Auerbach Publications, 2003, ISBN:0849311012.

Goralski Walter and Kolon Matthew C., “IP Telephony”, McGraw-Hill, 2000, ISBN:007135221x.

Grigonis Richard, “Computer Telephony Encyclopedia”, CMP Books, 2000, ISBN:1578200458.

Harte Lawrence, “Animated Telecom Dictionary”, APDG Publishing, 2002a, ISBN:1893970094.

Harte Lawrence, “Telecom Basics”, Second Edition, APDG Publishing, 2002b, ISBN:1893970086.

He Changhua, “Effects of Security Features on the Performance of Voice Over WLAN”, Final Project in Stanford University, Electrical Engineering, 2004.

Held Gil, “Voice & Data Internetworking”, Second Edition, McGraw-Hill, 2000, ISBN:0072122161.

ITU, ITU-T Recommendations, “Recommendation E.800 (08/94)”, saatavilla PDF-muodossa <URL:http://www.itu.int/rec/T-REC-E.800-199408-I/en>, International Telecommunication Union, 1995.

Kanter Theo ja Olrog Christian, ”VoIP in Applications for Wireless Access”, saatavilla PDF-muodossa <URL: http://ieeexplore.ieee.org/iel5/7485/20343/00939965.pdf?tp=&arnumber=939965&isnumber=20343>, kokoelmassa “Local and Metropolitan Area Networks. Selected Papers. 10th IEEE Workshop on”, IEEE Xplore, 1999, sivut 122-125.

Karila Arto, “Internet-puhelut (VoIP). Selvitys”, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 16/2005, Liikenne- ja viestintäministeriö, 2005, ISSN: 1457-7488 (painotuote) ja 1795-4045 (verkkojulkaisu), ISBN:952-201-332-3 (painotuote) ja 952-201-332-1 (verkkojulkaisu).

Kung H. T., ”Wireless Local Area Networks: Why Integration is Inevitable”, kokoelmassa “The Broadband Explosion: Leading Thinkers on the Promise of a Truly Interactive World”, Harvard Business School Press, 2005, sivut 225-239.

Köpsel Andreas ja Wolisz Adam, “Voice transmission in an IEEE 802.11 WLAN based access network”, saatavilla PDF-muodossa <URL:http://portal.acm.org/ft_gateway.cfm?id=605995&type=pdf&coll=GUIDE&dl=ACM&CFID=59506311&CFTOKEN=68977160>, kokoelmassa “Proceedings of the 4th ACM international workshop on Wireless mobile multimedia “, ACM Press, 2001, ISBN:1-58113-384.

Lee Paul, “Getting off the Ground: Why the move to VoIP is a decision for all CXOs”, Deloitte Research Study, saatavilla PDF-muodossa <URL: http://www.deloitte.com/dtt/cda/doc/content/DTT_DR_Off%20the%20ground_Oct2004.pdf>Deloitte Touche Tohmatsu, 2004.

Levin O., RFC3261: H.323 Uniform Resource Locator (URL) Scheme Registration, http://www.ietf.org/rfc/rfc3508.txt, 2003.

Levin O., RFC3261: Telephone Number Mapping (ENUM) Service Registration for H.323, http://www.ietf.org/rfc/rfc3762.txt, 2004.

Lunn Andrew, Kuhn Michael, Kuhn Marc, Ettefagh Azadeh, Cheetham Barry M.G., Spegel Marjan, “High Quality Telephony over WLAN”, European Conference on Wireless Technology, 2004, sivut 293-296.

Luqman Mirza M., Sanchez Sunshine, Shi Ming, “Globalization of Wireless Telephone“,saatavilla PDF-muodossa <URL: http://ieeexplore.ieee.org/iel5/7553/20581/00951836.pdf?tp=&arnumber=951836&isnumber=20581>, kokoelmassa “Management of Engineering and Technology, 2001. PICMET '01. Portland International Conference on”, IEEE Xplore , 2001, ISBN: 1-890843-06-7.

Maresca Massimo, Zingirian Nicola and Baglietto Pierpaolo, ” Internet protocol support for telephony”, saatavilla PDF-muodossa <URL: http://ieeexplore.ieee.org/iel5/5/29301/01323293.pdf?tp=&arnumber=1323293&isnumber=29301&arSt=+1463&ared=+1477&arAuthor=Maresca%2C+M.%3B+Zingirian%2C+N.%3B+Baglietto%2C+P.%3B>, kokoelmassa “Proceedings of the IEEE”, IEEE Xplore, 2004, ISSN: 0018-9219.

Mattes Andy ja Emmerson Bob, “21st Century Communications”, Capstone Publishing Ltd, 2003, ISBN:1-84112-475-3.

McKnight Lee W., Lehr William and Clark David D., “Internet Telephony”, The MIT Press, 2001, ISBN:0262133857.

Miller Mark A., P.E., “Voice over IP: Strategies for the Converged Network”, John Wiley & Sons, 2000, ISBN:0764546171.

Muller Nathan J., “Desktop Encyclopedia of Voice and Data Networking”, McGraw-Hill, 2000, ISBN:0071347119.

Oppenheim Alan V., Schafer Ronald W., Buck John R., “Discrete-time signal processing”, Prentice-Hall, 1999.

Pang Ai-Chun ja Lin Yi-Bing, “VoIP Services for mobile Networks”, Upgrade, the European Journal for the Informatics Professional, 5(1):8-11, helmikuu 2004.

Perez David, “Where VoIP technology fits into the corporate enterprise”, Compaq Enterprise, 2000.

Reponen Sanna, “VoIP-puhelinvaihteen käyttöönotto”, Satakunnan Ammattikorkeakoulu, Tekniikan Porin yksikkö, 2003.

Rosenberg J., Schulzrinne H., Camarillo G., Johnston A., Peterson J., Sparks R., Handley M., Schooler E., RFC3261: SIP: Session Initiation Protocol, http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt, 2002.

Sharp Duane, “Call Center Operation: Design, Operation, and Maintenance”, Digital Press, 2003, ISBN:155558277x.

Swale Richard, “Voice over IP: Systems and Solutions”, Institution of Electrical Engineers, 2001, ISBN: 0852960247.

Toivanen Tero, “Centrex”, saatavilla HTML-muodossa <URL: http://www.tml.hut.fi/Studies/Tik-110.300/1998/Essays/centrex.html>, Teknillinen Korkeakoulu, 1998.

Wang Wei, Liew Soung Chang, Li Victor O.K., "Solutions to Performance Problems in VoIP Over a 802.11 Wireless LAN", Vehicular Technology, IEEE Transactions on , 2005.

Liitteet

Kysely puhelimen käytöstä ja viestintäkäyttäytymisestä

HUOM! Tämä kysely ei koske atk-keskuksen henkilökuntaa, eikä niitä yliopiston henkilökunnan jäseniä, joilla ei ole (omassa tai jaetussa) käytössä yliopiston lanka- tai matkapuhelinta! Vastaathan rehellisesti ja yksilöllisesti jokaiseen kysymykseen. Myös tietämättömyys kannattaa tunnustaa, koska samalla kartoitetaan henkilökunnan koulutuksen tarvetta. Vastaukset pysyvät täysin anonyymeinä.

Valitse tiedekunta/erillislaitos/paikka, jossa pääasiallisesti työskentelet (ensisijaisesti paikka, jossa soitat eniten puheluita): *[valintalista]*

Humanistinen tiedekunta

Informaatioteknologian tiedekunta

Kasvatustieteiden tiedekunta

Liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Taloustieteiden tiedekunta

Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta

Agora Center

Avoin yliopisto

Chydenius-Instituutti

Hallintovirasto

Kielikeskus

Kirjasto

Koulutuksen arviointisihteeristö

Koulutuksen tutkimuslaitos

Museo

Normaalikoulu

Täydennyskoulutuskeskus

Soveltavan kielentutkimuksen keskus

Ympäristöntutkimuskeskus

Muu

Oletko tyytyväinen seuraaviin asioihin:

	Hyvin tyytyväinen	Tyytyväinen	En tyytyväinen enkä tyytymätön	Tyytymätön	Hyvin tyytymätön
Puhelimet käytettävissä työajalla	☐	☐	☐	☐	☐
Puhelimien ominaisuudet ja käyttömukavuus	☐	☐	☐	☐	☐
Henkilökunnan saavutettavuus puhelimen kautta	☐	☐	☐	☐	☐
Henkilökunnan saavutettavuus sähköpostin tai pikaviestiohjelman kautta	☐	☐	☐	☐	☐

Käytätkö nykyisen verkon palveluista työssäsi (keskimäärin):

	Muutaman kerran tunnissa	Muutaman kerran päivässä	Muutaman kerran viikossa	Harvemmin	En käytä	En omista/ en tiedä omistanko
Lankapuhelinta	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Yliopiston matkapuhelinta	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Omaa matkapuhelinta	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Jotain muuta yliopiston mobiililaitetta	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Soitonsiirtoa	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Skypeä tai muuta IP-puhelupalvelua	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Puhelinvastaajaa	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ääniviestejä	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sähköpostia	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Pikaviestiohjelmia, esim. IRC tai Messenger	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Konferenssipuheluita

Käyttäisitkö seuraavia palveluita, jos ne olisivat tarjolla (kuvauksen palvelusta saat klikkaamalla linkkiä):

	Muutaman kerran tunnissa	Muutaman kerran päivässä	Muutaman kerran viikossa	Harvem min	En käyttäisi
Ohjelmistopuhelin pöytä- tai kannettavassa tietokoneessa					
Äänipostien selailu ja tallennus missä järjestyksessä tahansa					
Äänipostien, sähköpostien ja pikaviestien yhteinen portaali					
Omien puhelinasetuksien käyttäminen muussa kuin oman työhuoneen puhelimessa					
Konferenssi pikaviestinohjelman avulla					
Tietojen, kuten aikataulujen, hälytysten, kellon ja asiakasinformaation näkyminen puhelimessasi					

Olisiko sinulle huomattavaa hyötyä jostain edellä mainituista palveluista?

Ohjelmistopuhelin pöytä- tai kannettavassa tietokoneessa

Äänipostien selailu ja tallennus missä järjestyksessä tahansa

Äänipostien, sähköpostien ja pikaviestien yhteinen portaali

Omien puhelinasetuksien käyttäminen muussa kuin oman työhuoneen puhelimessa

Konferenssi pikaviestinohjelman avulla

Tietojen, kuten aikataulujen, hälytysten, kellon ja asiakasinformaation näkyminen puhelimessasi

Lähetä Tyhjennä

Kysely puhelimen käytöstä ja viestintäkäyttäytymisestä

HUOM! Tämä kysely koskee vain niitä atk-keskuksen henkilökunnan jäseniä, joilla on käytössään yliopiston lanka- tai matkapuhelin! Vastaathan rehellisesti ja yksilöllisesti jokaiseen kysymykseen. Myös tietämättömyys kannattaa tunnustaa, koska samalla kartoitetaan henkilökunnan koulutuksen tarvetta. Vastaukset pidän täysin anonyymeinä.

Oletko tyytyväinen seuraaviin asioihin:

	Hyvin tyytyväinen	Tyytyväinen	En tyytyväinen enkä tyytymätön	Tyytymätön	Hyvin tyytymätön
Puhelimet käytettävissä työajalla	☐	☐	☐	☐	☐
Puhelimien ominaisuudet ja käyttömukavuus	☐	☐	☐	☐	☐
Henkilökunnan saavutettavuus puhelimen kautta	☐	☐	☐	☐	☐
Henkilökunnan saavutettavuus sähköpostin tai pikaviestiohjelman kautta	☐	☐	☐	☐	☐

Onko jokin näistä mielestäsi muuttunut uuden VoIP-järjestelmän myötä:

	Paljon parempi	Hieman parempi	En huomaa eroa	Hieman huonompi	Paljon huonompi
Puhelimet käytettävissä työajalla	☐	☐	☐	☐	☐
Puhelimien ominaisuudet ja käyttömukavuus	☐	☐	☐	☐	☐
Henkilökunnan saavutettavuus puhelimen kautta	☐	☐	☐	☐	☐
Henkilökunnan saavutettavuus sähköpostin tai pikaviestiohjelman kautta	☐	☐	☐	☐	☐

Käytätkö nykyisen verkon palveluista työssäsi (keskimäärin):

	Muutaman kerran tunnissa	Muutaman kerran päivässä	Muutaman kerran viikossa	Harvemmin	En käytä	En omista/en tiedä omistanko
VoIP-pöytäpuhelinta						
Yliopiston matkapuhelinta						
Omaa matkapuhelinta						
Jotain muuta yliopiston mobiililaitetta						
Skypeä tai muuta IP-puhelupalvelua						
Sähköpostia						
Pikaviestiohjelmia, esim. IRC tai Messenger						
Puhelinvastaajaa						
Ääniviestejä						
Konferenssipuheluita						
Soitonsiirtoa						

Käyttäisitkö seuraavia palveluita, jos ne olisivat tarjolla (kuvauksen palvelusta saat klikkaamalla kysymysmerkkiä):

	Muutaman kerran tunnissa	Muutaman kerran päivässä	Muutaman kerran viikossa	Harvemmin	En käyttäisi
Ohjelmistopuhelin pöytä- tai kannettavassa tietokoneessa ?					
Äänipostien selailu ja tallennus missä järjestyksessä tahansa ?					

Äänipostien, sähköpostien ja pikaviestien yhteinen portaali	☐	☐	☐	☐	☐
Omien puhelinasetuksien käyttäminen muussa kuin oman työhuoneen puhelimessa	☐	☐	☐	☐	☐
Konferenssi pikaviestinohjelman avulla	☐	☐	☐	☐	☐
Tietojen, kuten aikataulujen, hälytysten, kellon ja asiakasinformaation näkyminen puhelimessasi	☐	☐	☐	☐	☐

Olisiko sinulle huomattavaa hyötyä jostain edellä mainituista palveluista?

Ohjelmistopuhelin pöytä- tai kannettavassa tietokoneessa ☐

Äänipostien selailu ja tallennus missä järjestyksessä tahansa ☐

Äänipostien, sähköpostien ja pikaviestien yhteinen portaali ☐

Omien puhelinasetuksien käyttäminen muussa kuin oman työhuoneen puhelimessa ☐

Konferenssi pikaviestinohjelman avulla ☐

Tietojen, kuten aikataulujen, hälytysten, kellon ja asiakasinformaation näkyminen puhelimessasi ☐

Onko risuja tai ruusuja sanottavana VoIP-järjestelmästä? Tämäkin pysyy anonyyminä, arvostele vapaasti!

[vapaasanakenttä]

Lähetä | Tyhjennä