

Internet-puhelut (VoIP)

Selvitys



Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri) Karila A. & E. Oy, Arto Karila		Julkaisun laji Raportti	
		Toimeksiantaja Liikenne- ja viestintäministeriö	
		Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi Internet-puhelut (VoIP). Selvitys			
Tiivistelmä <p>VoIP (Voice over IP) tarkoittaa puheensirtoa Internet-protokollaan (IP) perustuvissa verkoissa. VoIP leviää nopeasti yrityksissä, julkishallinnossa ja kuluttajien keskuudessa. Lähes kaikki suuret organisaatiot ovat ottamassa VoIP:tä käyttöön ja lakien valmistelijat sekä säätäjät eri maissa selvittävät parhailaan, miten VoIP tulisi ottaa huomioon lainsäädännössä.</p> <p>Internet-arkkitehtuuri on perusluonteeltaan horisontaalinen. Kaikki sovellukset toimivat samassa IP-verkossa ja puheen siirto on vain yksi sovellus muiden joukossa. Internet-teknologian yhä parantuva kustannustehokkuus johtaa siihen, että käytännössä kaikki tietoliikenne on siirtymässä IP-verkkoihin. Kustannussäästöjen ohella merkittävä syy VoIP:hen siirtymiseen on ns. media-integraatio, jossa puhe integroituu osaksi sovelluksia. Tämä kehitys mahdollistaa aivan uudentyypisiä sovelluksia.</p> <p>Puheluiden siirtyminen kiinteistä mobiiliverkkoihin on keskeinen trendi. VoIP:n perusominaisuus on "vaeltavuus". Tämä tarkoittaa sitä, että VoIP-liittymä toimii kaikkialla, missä on käytettävissä riittävän nopea Internet-liittymä. Myös VoIP on kehittymässä täysin mobiiliin suuntaan. Tätä kehitystä tukevat uudet nopeat radioverkkotekniikat, kuten esimerkiksi langattomat lähi- ja kaupunkiverkot. Erityisen kiinnostava mahdollisuus on ns. 4G, jossa sama päätelaite pystyy automaattisesti siirtymään perinteisten matkapuhelinverkkojen (esim. GSM) ja uusien nopeiden IP-verkkojen välillä.</p> <p>Jos VoIP:lle asetetaan vaatimuksia sille pitää myös antaa oikeuksia. Perusvaatimukset täyttävään VoIP-liittymään on voitava soittaa yleisestä puhelinverkosta. Tätä varten puhelinnumerot on talletettava Internetin nimipalveluun. Viestintävirastolla on käynnissä ENUM-pilotprojekti, jota voitaisiin laajentaa siten, että puhelinnumeroiden haltijat voivat itse ohjata saapuvat puhelunsa VoIP:hen.</p> <p>EU:sta puuttuu ajantasainen telepolitiikka. Perusteltua olisi laatia uusi yleispalveludirektiivi, jossa matkapuhelin ja kiinteä laajakaistaliittymä määritellään yleispalveluiksi. Suomen joka on jo toteuttanut EU:n nykyiset direktiivit, tulisi voida edetä kehityksessä odottamatta hitaampia jäsenmaita.</p>			
Avainsanat (asiasanat) IP-puhe, VoIP, internet, laajakaista, viestintäpolitiikka, sääntely			
Muut tiedot Yhteyshenkilö/LVM: Kari T. Ojala			
Sarjan nimi ja numero Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 16/2005		ISSN 1457-7488 (painotuote) 1795-4045 (verkkojulkaisu)	ISBN 952-201-332-3 (painotuote) 952-201-333-1 (verkkojulkaisu)
Kokonaissivumäärä 78	Kieli suomi	Hinta 14 €	Luottamuksellisuus julkinen
Jakaja Edita Publishing Oy		Kustantaja Liikenne- ja viestintäministeriö	



Författare (uppgifter om organet: organets namn, ordförande, sekreterare) Karila A. & E. Ab, Arto Karila		Typ av publikation Rapport	
		Uppdragsgivare Kommunikationsministeriet	
		Datum för tillsättandet av organet	
Publikation (även den finska titeln) Internet-samtal (VoIP). Utredning (Internet-puhelut (VoIP). Selvitys)			
Referat			
<p>VoIP (Voice over IP) betyder överföring av röst över internet-protokoll (IP). VoIP sprider sig snabbt i företag och den offentliga sektorn samt bland konsumenterna. Lagberedare och -stiftare i olika länder utreder som bäst hur VoIP kunde beaktas i lagstiftning.</p> <p>Internet-arkitekturen är horisontal till sin grundläggande karaktär. Detta innebär att alla applikationer delar samma IP-nät och telefoni är bara en applikation bland andra. Tack vare att internet-teknologin blir alltmer kostnadseffektiv, håller all telekommunikation på att bli IP-baserad. Vid sidan av besparingarna är den så kallade media-integrationen ett vägande skäl till att gå över till VoIP. Integrationen av telefoni till andra applikationer möjliggör helt nya tjänster.</p> <p>Överflyttningen av samtalen från fasta till mobila nätverk är en central trend. En primär egenskap hos VoIP är att tjänsten är "vandrande" (på engelska "nomadic"). Detta betyder att en VoIP anslutning fungerar överallt där man har tillgång till en tillräckligt snabb internet-anslutning. Även VoIP utvecklas mot total mobilitet. Denna utveckling stöds av ny snabb trådlös teknik, som t.ex. trådlösa lokalnät och stadsnät (WLAN och WMAN). En särskilt intressant möjlighet finns i så kallade 4G-nätverk med sömlös roaming mellan traditionella mobilnät (typ GSM) och nya snabba IP-nätverk.</p> <p>Om krav ställs på VoIP, måste tekniken också få rättigheter. Det borde vara möjligt att ringa till en VoIP-anslutning som uppfyller vissa krav från vilken telefon som helst. För detta måste telefonnumren lagras in i internets namntjänst (DNS). Vid Kommunikationsverket pågår pilot projektet ENUM som kunde byggas ut till att låta innehavare av telefonnummer själv styra sina inkommande samtal till VoIP.</p> <p>EU saknar en tidsenlig telekommunikationspolitik. Det skulle vara nödvändigt att skapa ett nytt USO-direktiv där mobiltelefon och fast bredband definieras som universala tjänster. Länder typ Finland, som redan har implementerat de befintliga direktiven, borde få avancera i sin utveckling utan att behöva vänta på långsammare medlemsländer.</p>			
Nyckelord IP-telefoni, VoIP, internet, bredband, kommunikationspolitik, reglering			
Övriga uppgifter Kontaktperson vid ministeriet: Kari T. Ojala			
Seriens namn och nummer Kommunikationsministeriets publikationer 16/2005		ISSN 1457-7488 (trycksak) 1795-4045 (nätpublikation)	ISBN 952-201-332-3 (trycksak) 952-201-333-1 (nätpublikation)
Sidoantal 78	Språk finska	Pris 14 €	Sekretessgrad offentlig
Distribution Edita Publishing Ab		Förlag Kommunikationsministeriet	



Authors (from body; name, chairman and secretary of the body) Karila A. & E. Ltd, Arto Karila		Type of publication Report	
		Assigned by Ministry of Transport and Telecommunications	
		Date when body appointed	
Name of the publication Internet Calls (VoIP)			
<p>Abstract</p> <p>VoIP (Voice over IP) means the transfer of speech over the Internet Protocol. VoIP is spreading fast in corporations, in government, and amongst consumers. Large organizations are adopting VoIP and legislators in various countries are figuring out how VoIP should be taken into account in legislation.</p> <p>The Internet architecture is horizontal in nature. All applications share the same IP network, telephony being just one application among others. The ever improving cost-efficiency of Internet technology is leading into all communications becoming IP based. Besides cost savings, media integration is another important motive for going into VoIP. Telephony is integrating into an application element enabling totally new kinds of applications.</p> <p>The transition of telephony from fixed to mobile networks is a central trend. "Nomadicity" is an inherent feature of VoIP – the same VoIP subscription will work where ever sufficiently fast Internet access is available. Also VoIP is developing towards complete mobility. This development is supported by new high-speed wireless technologies, such as WLAN and WMAN. An especially interesting opportunity is so called 4G, where the terminal device can seamlessly roam between traditional WWANs (such as GSM) and new fast IP networks.</p> <p>If requirements are set to VoIP, it should also be granted rights. It should be possible to call a VoIP subscription fulfilling the basic requirements from the public switched telephone network. For this phone numbers need to be stored in the Internet's Domain Name Service (DNS). The Finnish Communications Regulatory Authority has an ongoing ENUM pilot project, which could be expanded to allow the holders of phone numbers to steer their incoming calls to VoIP.</p> <p>The EU is lacking an up-to-date telecom policy. It would be justified to device a new Universal Service Directive specifying mobile phone and fixed broadband access as universal services. Countries such as Finland, which has already implemented the current directives, should be allowed to develop further without waiting for the slower member countries.</p>			
Keywords IP telephony, VoIP, Internet, broadband, telecom policy, regulation			
Miscellaneous Contact person at the Ministry: Mr Kari T. Ojala			
Serial name and number Publications of the Ministry of Transport and Communications 16/2005		ISSN 1457-7488 (printed version) 1795-4045 (electronic version)	ISBN 952-201-332-3 (printed version) 952-201-333-1 (electronic version)
Pages, total 78	Language Finnish	Price € 14	Confidence status Public
Distributed by Edita Publishing Ltd		Published by Ministry of Transport and Communications	

VOIP-SELVITYS

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	1
2	VOIP:N PERUSTEET	2
2.1	Internet-arkkitehtuuri	2
2.2	Yleinen puhelinverkko.....	4
2.3	Matkapuhelinverkot.....	5
2.4	Mooren laki.....	6
2.4.1	Internet-tekniikan kehitys.....	6
2.4.2	Siirtonopeuksien kasvu	7
2.4.3	Optiset siirtoverkot.....	8
2.4.4	Langattomat ja mobiiliverkot.....	9
2.5	”All-IP” -kehitys.....	10
2.6	Teletoininnan horisontalisoituminen.....	12
3	VOIP:N KÄYTTÖTAPOJA.....	14
3.1	Vertaispalvelut.....	14
3.2	Internet-liittymästä riippumattomat kaupalliset palvelut.....	15
3.3	Laajakaistaoperaattorin tarjoamat palvelut	17
3.4	Asiakasorganisaation sisäinen käyttö.....	18
3.5	Operaattorin sisäinen käyttö.....	18
4	LIKKUVUUS	19
4.1	Kiinteään paikkaan tarjottava palvelu	19
4.2	Vaeltava palvelu	19
4.3	Mobiilipalvelu	20
5	MIKSI VOIP:HEN SIIRRYTÄÄN.....	21
6	TEKNIIKAT JA STANDARDIT.....	23
6.1	Merkinanto	23
6.1.1	Kiinteän puhelinverkon merkinannosta.....	23
6.1.2	H.323.....	24
6.1.3	SIP.....	25
6.1.4	SIP vs. H.323.....	28
6.2	Puheen siirto	28
6.2.1	Palvelunlaatu	28
6.2.2	Koodaus	32
6.2.3	Reititys	33
6.2.4	Palomuurin läpäisy.....	34
6.3	Yhdysliikenne	35
6.3.1	Yhdysliikenne VoIP-järjestelmien välillä	35
6.3.2	Yhdysliikenne yleiseen puhelinverkkoon.....	35
6.4	Liikkuvuuden tuki.....	36

7	TIETOTURVA	38
7.1	Salauksen käyttö.....	39
7.2	VoIP-järjestelmän turvaaminen	39
8	SÄÄNTELY	40
8.1	VoIP:n sääntelyyn liittyviä kysymyksiä	40
8.2	VoIP:n sääntely muualla	40
8.2.1	Yhdysvallat	40
8.2.2	Japani	41
8.2.3	Muu maailma	41
8.2.4	EU	41
8.3	Hätäpuhelut	42
8.4	Yhdysliikenne	43
8.5	Numerointi	44
8.6	Uhkia	46
8.7	Telepolitiikka	47
9	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	50
10	LÄHTEITÄ.....	53
11	KÄSITTEITÄ.....	54

1 JOHDANTO

VoIP (Voice over IP) tarkoittaa puheensirtoa, joka tapahtuu kokonaan tai osittain IP-verkoissa (internet, intranet ja ekstranet). VoIP leviää nopeasti sekä yrityksissä että julkishallinnossa ja yhä enemmän myös kuluttajien keskuudessa. Lakien valmistelijat ja säätäjät eri maissa selvittävät parhaillaan, miten VoIP tulisi ottaa huomioon lainsäädännössä.

Tämän selvityksen tavoitteita ovat:

- Antaa kaikille lukijoille ajantasainen ja ymmärrettävä näkemys siitä, mitä VoIP on sekä miksi ja miten siihen siirrytään.
- Luoda katsaus ns. ”all-IP” -kehitykseen sekä siihen, miten puhe integroituu organisaation muihin kriittisiin sovelluksiin.
- Antaa yleisnäkemys keskeisistä VoIP:hen liittyvistä standardeista ja teknologioista.
- Esittää näkemys VoIP:n tietoturvasta.
- Antaa yritysten ja julkishallinnon organisaatioiden päättäjille suuntaaviivat näiden omien VoIP-strategioiden pohjaksi.
- Antaa lainvalmistelijoille ja -säätäjille perusteita päätöksenteolle liittyen VoIP:n mahdolliseen sääntelyyn sekä muihin siihen liittyviin hallinnollisiin toimiin (esimerkiksi oman suuntanumeron varaamiseen VoIP-liittymille).

Tämä raportti on tarkoitettu suppeaksi suomenkieliseksi yleisesitykseksi VoIP:n perusteista, hyödyntämismahdollisuuksista, teknologioista, kehitysnäkymistä sekä sääntelystä ja se on kirjoitettu siten, että se olisi mahdollisimman hyvin myös muiden kuin teknisten asiantuntijoiden ymmärrettävissä.

2 VOIP:N PERUSTEET

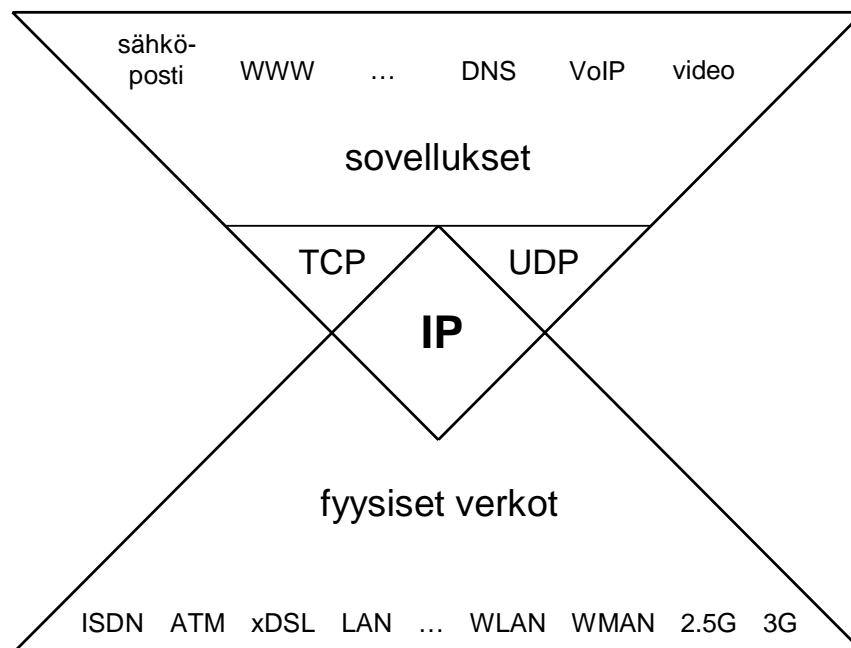
Tässä luvussa esitetään lyhyesti VoIP:n ja nykyaikaisen tietoliikennetekniikan perusteet. Vertailun vuoksi esitellään myös yleinen puhelinverkko ja matkapuhelinverkot.

2.1 Internet-arkkitehtuuri

Internet-arkkitehtuuri on 1990-luvulta lähtien vakiinnuttanut asemansa tietoliikenteen valtavirtana. Sen perusteet ovat säilyneet muuttumattomina siitä lähtien kun Vinton Cerf ja Robert Kahn määrittelivät ne artikkelissaan "A Protocol for Packet Network Intercommunication", joka julkaistiin lehdessä "IEEE Transactions on Communications" toukokuussa 1974.

Alkuperäinen, vuonna 1969 käyttöön otettu, ARPANET ei perustunut TCP/IP-protokolliin vaan ARPANET siirtyi kokonaan TCP/IP:hen vasta vuoden 1983 alusta. Avoimen internetin katsotaan yleisesti syntyneen vuonna 1981, jolloin ARPANET muutettiin internetin runkoverkoksi ja avoin NSFNET perustettiin.

Kuva 1 havainnollistaa internet-arkkitehtuuria. Internetiin voidaan liittyä lähes minkä tahansa tiedonsiirtoverkon kautta. Kuvassa on esimerkkeinä mainittu ISDN, ATM, xDSL, LAN, WLAN, WMAN, 2.5G (GSM/GPRS/EDGE) ja 3G (UMTS ym.). Liityntäverkosta riippumatta, jokaisella internetin päätelaitteella on IP-osoite, johon kaikki muut päätelaitteet voivat lähettää sille IP-paketteja. Nimenomaan IP (internet-protokolla, engl. internet Protocol) on internet-teknikan ydin, jonka varaan koko konsepti rakentuu.



Kuva 1: Internet-arkkitehtuuri.

Internet-arkkitehtuurissa tiedon siirto on alusta lähtien erotettu sovelluksista:

- Tietoa siirretään erilaisissa fyysisissä verkoissa, joissa kaikissa ajetaan ohjelmallisesti toteutettua internet-protokollaa (IP). IP on verkkokerroksen protokolla, joka toteuttaa yhteydettömän tietosäikepalvelun minkä tahansa kahden päätelaitteen välillä. Fyysiset verkot liitetään yhteen reitittimillä. Reititin on laite, joka liittyy vähintään kahteen eri verkkoon ja reitittää IP-paketteja näiden välillä. Jokaisella verkkoliitännällä on IP-osoite, jonka perusteella IP-paketit reititetään. Reitittimien avulla on rakennettu maailmanlaajuinen internet, jossa mitkä tahansa kaksi päätelaitetta pystyvät suoraan keskustelemaan keskenään tietämällä toistensa IP-osoitteet.
- IP:n päällä internetissä voidaan ajaa lähes mitä tahansa sovelluksia. 1980-luvun ns. "tappajasovellus"¹ oli sähköposti ja 1990-luvun WWW. Parhailtaan VoIP on yleistymässä erittäin nopeasti. Sovellukset eivät yleensä toimi suoraan IP:n vaan joko yhteydellisen TCP:n tai yhteydettömän UDP:n päällä. Sekä TCP että UDP ovat päätelaitteissa toteutettuja päästä-päähän protokollia, jotka eivät vaikuta verkkoon. TCP sisältää kehittyneen virheenkorojauksen, vuonvalvonnan yms. tarjoten sovelluksille luotettavaa, kaksisuuntaista, yhteydellistä tiedonsiirtoa. UDP taas on yhteydetön protokolla, joka lisää IP:n tarjoamaan palveluun vain aliosoituksen sekä yksinkertaisen siirtovirheiden havaitsemisen.

IP-paketeissa siirretään sekä TCP että UDP -sanomia. TCP:tä käytetään esimerkiksi sähköpostin ja WWW:n alla. Monet merkittävät sovellukset, kuten internetin nimipalvelu DNS, VoIP ja tosiaikainen videokuvan siirto, perustuvat yhteydettömään UDP:hen.

IP yhdistää fyysiset verkot ja sovellukset. Internetin vahvuus on nimenomaan sen arkkitehtuurissa. IP erottaa verkot ja sovellukset toisistaan. IP toimii kaikentlaisissa verkoissa ja kaikenlaiset sovellukset toimivat IP:n päällä; tätä tarkoittaa iskulause: "IP over everything – everything over IP". Sovellukset rakennetaan fyysisistä verkoista riippumattomiksi toimimaan geneerisen IP:n päällä. Uusia sovelluksia voidaan kehittää olevaan verkkoon ilman että niitä varten tarvitsee rakentaa uutta infrastruktuuria. IP:n alla taas voidaan ottaa käyttöön uutta kustannustehokkaampaa verkkotekniikkaa ilman että tästä aiheutuu muutostarpeita sovelluksiin.

On huomattava, että internet-teknikkaa käytetään paitsi avoimessa internetissä myös yritysten sisäisissä intraneteissa, joista usein on kontrolloitu yhteys internetiin palomuurin kautta. Kun kaksi tai useampia intraneteja liitetään yhteen, muodostuu kumppaniverkko (ekstranet). Internet, intranet ja ekstranet ovat siis teknisesti samanlaisia ja niiden välinen ero on käyttöpolitiikassa. Tässä raportissa puhutaan pääasiassa internetistä, joka on avoin maailmanlaajuinen verkko. Suurin osa sanotusta on kuitenkin sovellettavissa myös intra- ja ekstranetteihin.

¹ *Tappajasovellus* (engl. *killer application*) tarkoittaa yleisesti sovellusta, joka on niin hyvä, että suuret joukot haluavat käyttää sitä (siis positiivinen käsite). Nimi perustuu ajatukseen, että se tappaa kilpailevat ratkaisut.

2.2 Yleinen puhelinverkko

Yleisen puhelinverkon (YPV) juuret ovat 1800-luvulla. Kiinteä puhelinverkko on piirikytkentäinen puheensirtoon kehitetty verkko. Alunperin verkko perustui fyysisten johtojen kytkemiseen, josta myöhemmin siirryttiin taajuusjakoiseen multipleksointiin. Ensimmäiset digitaaliset siirtojärjestelmät otettiin käyttöön USA:ssa jo vuonna 1961 ja Suomessa vuonna 1968. Vuonna 1975 Ericsson toi markkinoille täysin tietokoneistetun AXE-keskuksensa. Digitaaliset keskuksset ja siirtojärjestelmät syrjäyttivät vähitellen kokonaan perinteiset analogiset puhelinjärjestelmät ja vuoteen 1995 mennessä Suomen kiinteä puhelinverkko oli täysin digitalisoitu.

Koko historiansa aikana YPV on kuitenkin säilyttänyt alkuperäisen perusluonteensa. Nykyaikaiset keskuksset ovat erikoistuneita tietokoneita, jotka kytkävät 64 kbit/s digitaalisia kanavia. Jokainen kanava emuloi kuitenkin edelleen päästä-päähän kytkettyä johtoa. Puhelu muodostetaan valitsemalla vastaanottajan puhelinnumero. Keskuksset kommunikoivat keskenään käyttäen yhteiskanavamerkintää (YKM) ja muodostavat puhelua varten päästä-päähän yhteyden. Yhteyttä varten varataan kapasiteettia jokaisesta siirtojärjestelmästä ja keskuksista jonka kautta se kulkee ja käyttäjää laskutetaan yhteysajan perusteella.

Vuoden 1995 aikana viettiin Suomessa loppuun yleisen puhelinverkon digitalisointi ja toteutettiin kaikkiin tilaajaliittymiin ISDN-valmius. ISDN:n kautta ääni siirtyy tilaajalle asti digitaalisessa kanavassa ja yhden perusliittymän (BRI, ns. 2B+D) kautta on käytettävissä kaksi 64 kbit/s puhekanavaa ja yksi 16 kbit/s merkinantokanava. Yritysten puhelinvaihteiden liittämiseen on tarjolla ISDN:n järjestelmäliittymä (PRI, ns. 30B+D), joka mahdollistaa 30 yhtäaikaista puhelua 2 Mbit/s yhteydellä. Suomeen ensimmäinen järjestelmäliittymä asennettiin vuonna 1982. Tämä järjestelmä toimi R2-merkinannolla koska ISDN:n merkinantoprotokollan standardointi oli vielä kesken.

Kuitenkin vain vähemmistö tilaajista on ottanut ISDN:n perusliittymän käyttöön ja tällöinkin se on yleensä hankittu internetiin liittymistä varten. Vuonna 2003 ISDN-perusliittymiä oli lähes 225.000, joista noin kolmannes oli kotitalouksien käytössä ja loput yrityksissä. 2 Mbit/s järjestelmäliittymiä oli noin 11.500, jotka kaikki olivat yritysten käytössä. Kiinteän verkon puhelinliittymiä oli kaikkiaan 2.567.592, joista ISDN-liittymien osuus oli 30,9 %. Liittymämäärissä on ISDN-järjestelmäliittymät laskettu kukin 30 liittymäksi. (Lähde: Tilastokeskuksen *Televiestinnän vuositilasto* [1]).

Vaikka YPV:n runkoverkko onkin nykyään täysin digitaalinen, liittyy valtaosa kuluttajista ja pienistä yrityksistä edelleen verkkoon analogisen puhelinliittymän kautta. Päätekeskuksen ja puhelimen välisessä tilaajajohdossa ajetaan tällöin puhetta analogisena 300 – 3400 Hz taajuuskaistalla. Myös puhelinnumerot signaloidaan yleensä tällä kaistalla käyttäen DTMF-koodausta, vaikka myös perinteinen pulssikoodaus (ns. ”reikälevy-puhelin”) on yhä käytössä.

2.3 Matkapuhelinverkot

Internetin ohella matkaviestinnän kasvu on 1980-luvulta asti ollut tietoliikenteen toinen päätrendi. 1990-luvulla matkapuhelinverkot nousivat useissa maissa kiinteän puhelinverkon rinnalle tämän kanssa tasavertaiseksi puhelinjärjestelmäksi. Suomessa matkapuhelinverkkojen liikevaihto on ylittänyt kiinteän puhelinverkon liikevaihdon ja niiden puheluminuutit ylittävät LVM:n selvityksen [2] mukaan kiinteän verkon puheluminuutit vuonna 2007 ja ilman internet-soittosarjoihin otettuja puheluita jo vuonna 2004.

Nykyiset matkapuhelinverkot mahdollistavat myös datasiirron, jonka käyttö on toistaiseksi ollut varsin vähäistä. GSM-verkossa voidaan puhekanavalla siirtää 14,4 kbit/s datapuheluna ja puhelin voi yhtä aikaa käyttää tyypillisesti korkeintaan kolmea kanavaa, jolloin päästään yli 40 kbit/s siirtonopeuteen. GPRS tarjoaa pakettipohjaista datasiirtoa korkeintaan noin 40 kbit/s ja EDGE-tekniikalla jopa yli 100 kbit/s nopeudella.

Arkkitehtuuriltaan GSM on eräänlainen mobiili-ISDN, johon on toteutettu langaton tilaajayhteys ja liikkuvuus tukiasemien (solujen) välillä. GSM:n ominaisuus on myös verkkovierailu (englanniksi ”roaming”), joka mahdollistaa puhelimen käytön muiden operaattoreiden verkoissa maailmanlaajuisesti. Vuonna 1991 käyttöön otettu GSM edustaa matkapuhelinten digitaalista ns. toista sukupolvea (2G). Pakettidatasiirrolla täydennettyä 2G-verkkoa (esim. GSM/GPRS) kutsutaan yleisesti nimellä 2.5G.

Matkapuhelinverkkojen kolmannessa sukupolvessa (ns. 3G:ssä) puhe, data ja multimedia on alusta lähtien suunniteltu toimimaan samassa verkossa. 3G on määritelty ITU:n IMT-2000 suosituksessa, joka erottaa toisistaan runkoverkon ja langattomat liityntäverkot. 3G-verkkojen valtavirta Euroopassa on WCDMA-pohjainen UMTS, joka on lopulta tulossa yleiseen käyttöön useimmissa Euroopan maissa.

Alunperin 3G suunniteltiin käyttämään ATM-pohjaista runkoverkkoa mutta sen uusissa versioissa tämä on korvattu IP-pohjaisella runkoverkolla. Puhe siirretään edelleen päätelaitteisiin piirikytkentäisesti mutta markkinoilla on jo puhtaasti IP-pohjaiseen datasiirtoon tarkoitettuja 3G-palveluita, joissa puhetta voidaan siirtää VoIP:nä. Tällaista palvelua tarjoaa esimerkiksi saksalainen Airdata AG (www.airdata.ag), joka käynnisti UMTS:n TD-CDMA-versioon perustuvan ”langattoman DSL-palvelun” lokakuussa 2003 Stuttgartissa. Tällä hetkellä palvelu toimii 30 kaupunkialueella Saksassa ja se on tarkoitus laajentaa kattamaan 50 kaupunkia vuoden 2005 loppuun mennessä.

Matkapuhelinverkkojen ja kiinteän puhelinverkon välillä on alusta asti ollut toimiva yhdysliikenne. Jo vuodesta 1982 asti on NMT-palveluun liitetyllä puhelimella voinut kommunikoida (soittaa ja ottaa vastaan puheluita) minkä tahansa kiinteän verkon puhelimen kanssa. Ilman yhdysliikennettä kiinteään puhelinverkkoon ei matkaviestinnän nopea kasvu olisi ollut mahdollista.

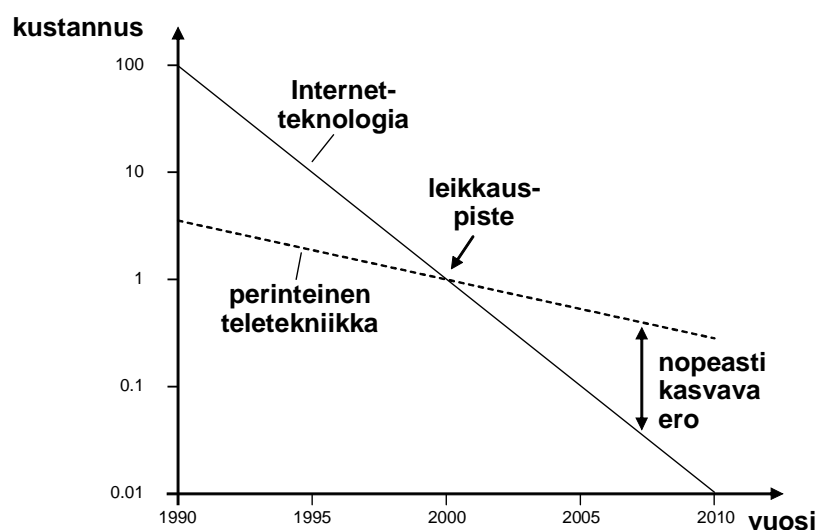
2.4 Mooren laki

Tietotekniikka kehittyy edelleen ns. Mooren lain mukaisesti ja leviää yhä uusille sovellusalueille. Kehittyvät tekniikat korvaavat vanhoja ja luovat samalla täysin uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Asiakastarpeiden ja teknologioiden kehitys ovat keskinäisessä vuorovaikutussuhteessa ja niitä on tarkasteltava yhdessä.

Alkuperäisessä muodossaan ns. Mooren laki tarkoittaa sitä, että mikropiirien porttimäärä kaksinkertaistuu puolentoista vuoden välein niiden hinnan pysyessä ennallaan. Mittasuhteiden pienentyessä suurin mahdollinen kellotaajuus kasvaa samalla. Sama periaate toimii myös muisteissa, tiedonsiirtojärjestelmissä, langattomissa lähiverkoissa yms. tietoteknisissä komponenteissa. Kaikkien tärkeimpien tietoteknisten komponenttien suorituskyky siis likimain kaksinkertaistuu puolentoista vuoden välein hintojen pysyessä ennallaan. Tämä merkitsee kustannustehokkuuden kymmenkertaistumista viidessä vuodessa, satakertaistumista kymmenessä vuodessa jne.

2.4.1 Internet-tekniikan kehitys

Arkkitehtuuristaan johtuen internet-tekniikka pystyy helposti hyödyntämään Mooren lain mukaisesti kehittyviä komponentteja, mikä merkitsee siirtonopeuksien kymmenkertaistumista aina viidessä vuodessa sekä langallisella että langattomalla puolella. Internet-arkkitehtuurissa voidaan esimerkiksi 11 Mbit/s IEEE 802.11b -tyyppinen langaton lähiverkko helposti korvata 54 Mbit/s IEEE 802.11g:llä tai 100 Mbit/s Fast Ethernet (FE) Gigabit Ethernetillä (GE) vaihtamalla vanhat liityntäkortit, tukiasemat ja kytkimet uusiin edullisiin massatuotteisiin. Samalla verkon suorituskyky viisin- tai kymmenkertaistuu mutta muuten kaikki sovellukset toimivat kuten ennenkin. Perinteiset vertikaalisesti integroidut televerkot eivät pysty samaan koska niissä sovellukset on sidottu käytettyihin verkkoteknologioihin. Oheinen kuva 2 havainnollistaa asiaa.



Kuva 2: Internet-tekniikan ja perinteisen teletekniikan kustannuskehitys.

Kuva 2 ei ole tarkka vaan suuntaa antava. Eri sovelluksissa kustannuskäyrät leikkaavat eri aikaan. Tavallisessa datasiirrossa internet-tekniikka on kustannustehokkuudessa ohittanut perinteisen teletekniikan (esim. X.25-verkot) jo 1980-luvulla. Puheen siirrossa leikkauspiste sijoittuu vuoden 2000 tienoille. TV-ohjelmien jakelun siirtäminen internetiin tulee taloudellisesti kannattavaksi siinä vaiheessa kun vähintään 8 Mbit/s kiinteä laajakaista on levinnyt riittävän suureen osaan kotitalouksista.

2.4.2 Siirtonopeuksien kasvu

Vielä 1986 ARPANETin rinnalle rakennettu NSFNETin USA:n laajuinen runkoverkko perustui puhelinverkosta erotettuihin 56 kbit/s kiinteisiin yhteyksiin. Nykyiset internetin kaupalliset runkoverkot perustuvat optisiin siirtojärjestelmiin, joissa ajetaan tyypillisesti 2.5 – 10 Gbit/s SDH-kanavia tai 1 – 10 Gbit/s Ethernetiä. Jo lähitulevaisuudessa ajetaan suoraan DWDM-kanavissa Ethernet-kehyksiä 100 Gbit/s nopeudella. Tämä merkitsee runkoyhteyksien nopeuden noin miljoonakertaistumista 20 vuodessa. Nykyisillä kaupallisilla DWDM-laitteilla voidaan yhdessä optisessa kuituparissa siirtää kymmeniä tai jopa satoja kanavia kumpaankin suuntaan.

Samaan aikaan kiinteistöjen sisällä käytettyjen lähiverkkojen nopeudet ovat kasvaneet jaetusta 10 Mbit/s Ethernetistä kytkettyyn Ethernetiin, johon työasemat ja palvelimet liitetään 100 Mbit/s tai 1 Gbit/s nopeudella, joka nopeus voidaan tarjota jokaiselle päätelaitteelle yhtä aikaa ja molempiin suuntiin.

Vielä 1980-luvun alkuvuosina pienen toimipisteen tai kotikäyttäjän nopein liittymä verkkoon oli 1200 bit/s modeemiyhteys valinnaisen puhelinverkon kautta. Yritysten datasiirron kasvaessa Posti- ja telelaitos avasi vuonna 1981 Yleisen datasiirtoverkon (YDV) osana yleistä pohjoismaista dataverkkoa. YDV tarjosi aluksi piirikytkentäistä Datex-palvelua (X.21) ja vuodesta 1983 alkaen myös pakettikytkentäistä Datapak-palvelua (X.25). Datexin suurin siirtonopeus oli 9,6 kbit/s ja Datapakin 64 kbit/s. Tuolloin ei kaupallisia internet-palveluita vielä ollut olemassa joten modeemilla tai YDV:n kautta liitettiin yleensä yrityksen tietokoneeseen.

XDSL-tekniikat nostivat 1990-luvulla puhelinverkon tilaajajohdoissa tarjottavat siirtonopeudet kilobiteistä megabitteihin sekunnissa. Liikenne- ja viestintäministeriön laajakaistatyöryhmä esittää väliraportissaan [3], että kansallisen laajakaistastrategian tavoitteeksi asetetaan vuoden 2005 loppuun mennessä miljoona liittymää, joista suurimman osan nopeus on vähintään 2 Mbit/s ja että vuoden 2007 loppuun mennessä yli 90 % Suomen internet-yhteyksistä olisi laajakaistaisia ja yleisin liityntänopeus olisi vähintään 8 Mbit/s.

Tämä mahdollistaisi jo vuoden 2007 loppuun mennessä sekä VoIP-pohjaiset videopuhelut että tosiaikaisen TV-kuvan siirron useimpiin koteihin internetin kautta. Japanissa ja Koreassa on jo yleisesti tarjolla 45 – 100 Mbit/s kuluttajaliittymiä edulliseen hintaan. Kuluttajalta verkkoon päin siirtonopeus on xDSL-tekniikalla tyypillisesti korkeintaan 1 Mbit/s mutta Ethernetissä nopeus on sama (10, 100 tai 1000 Mbit/s) kumpaankin suuntaan.

2.4.3 Optiset siirtoverkot

Kasuvat siirtonopeudet edellyttävät kuidun käyttöä paitsi runkoverkoissa myös liittyttyhteyksillä. DWDM-tekniikalla pystytään runkoverkossa siirtämään jo nyt useita Tbit/s ja siirtonopeudet kasvavat edelleen. Gigabit Ethernet on jo nyt edullinen massatuote ja 10 Gbit/s 10GE halpenee nopeasti. Myös 100 Gbit/s 100GE:tä odotetaan. Liittyttyhteyksillä Gigabit Ethernet on jo lähitulevaisuudessa yleinen ratkaisu. Kalifornian osavaltion tavoitteena on saattaa edulliset Gbit/s (GE) internet-liittymät suurimman osan osavaltion yrityksistä ja kotitalouksista saataville vuoteen 2010 mennessä.

Oheinen kuva 3 havainnollistaa kuidun ja kuparin siirtokapasiteettien eroa. Yhtä kuitua vastaavaan siirtokapasiteettiin tarvittaisiin halkaisijaltaan yli kahden metrin kuparikaapeli. Lisäksi kuidun häiriösuojisuus ja toimintaetäisyys ovat kupariin verrattuna ylivoimaisia. Valokuitukaapeli on varsin pitkäikäinen ja ylläpitokustannuksiltaan edullinen investointi.



Kuva 3: Optinen kuitu verrattuna kuparikaapeliin (kuvassa Hitoshi Tooyama, Fujitsu Social Sciences Laboratory, Japani).

Kuitu kotiin (Fiber to the Home, FTTH) on merkittävä trendi Pohjois-Amerikassa, Aasiassa, Euroopassa ja jopa Suomessa. Uusi kustannuksia säästävä tekniikka on Ethernet Passive Optical Network (EPON), jossa yksi kuitu haaroitetaan passiivisilla laitteilla, jolloin jakeluverkko ei tarvitse varsinaisia laitetiloja, virransyöttöä tms. Yksinkertaisella WDM-tekniikalla samaa kuitua voidaan käyttää kumpaankin suuntaan.

Kiinnostava esimerkki FTTH:sta Suomessa on Liedes-Meriläisen kyläverkko Halsualla, jossa optiset kuidut vedettiin 25 kaukana keskustasta sijaitsevaan taloon keväällä 2003. Talot, joihin oli vaikeuksia saada ADSL-liittymiä saivat kukin 100 Mbit/s internet-liittymän pienehköllä alkuinvestoinnilla sekä ADSL:ää vastaavalla kuukausimaksulla. Lisäksi käytettiin TE-keskuksen myöntämää tukea ja talkootyötä. Liittymien nopeudet voidaan tulevaisuudessa helposti nostaa luokkaan Gbit/s. Lisätietoja löytyy osoitteesta: www.potra.toholampi.fi.

VoIP:hen riittää kuitenkin hyvin jo tavallisen ADSL-liittymän nopeus ja laajakaistaverkkojen kehityksen laajempi tarkastelu jää tämän raportin ulkopuolelle.

2.4.4 Langattomat ja mobiiliverkot

Mooren laki toimii myös radioverkoissa. WLAN-tekniikoiden nopeus on kymmenessä vuodessa noussut yhdestä kahteen, 5,5, 11 ja lopulta 54 Mbit/s samalla kun laitteiden hinnat ovat laskeneet nopeasti. Valmisteilla on jo yli 100 Mbit/s nopeudella toimiva standardi ja toimittajakohtaisia yli 100 Mbit/s WLAN-verkkoja on jo saatavilla edullisesti. Myös WMAN ja WPAN -tekniikat kehittyvät nopeasti vaikka ne eivät ole vielä tulleet valtavirtaan. 3G-radioverkot eivät kehity läheskään yhtä nopeasti kuin pääasiassa IEEE:n standardoimat WLAN, WMAN ja WPAN-tekniikat kuten Wi-Fi, WiMAX ja UWB.

Rajallinen taajuuskaista, signaalin vaimeneminen ja häiriöt johtavat siihen, että langattomat verkot tulevat aina tarjoamaan pienempää siirtokapasiteettia kuin langalliset verkot. Kiinteän laajakaistan leviäminen mahdollistaa kuitenkin pienten ja halpojen langattomien tukiasemien sijoittamisen kaikkialle. Esimerkiksi 54 Mbit/s WLAN-tukiasemat maksavat vain joitain kymmeniä euroja ja niillä voidaan helposti rakentaa langaton peitto sisätiloihin. Tämä tarjoaa mahdollisuuden mm. langattoman VoIP:n laajamittaiseen käyttöön. Suomessakin on jo tarjolla edullisia WLAN-puhelimia ja markkinoille on tulossa joukko malleja, joissa on yhdistetty WLAN/VoIP sekä GSM samaan puhelimeen.

Tutkimusyhtiö In-Stat (www.instat.com) ennustaa, että VoIP-piirien myynti kasvaa lähivuosina räjähdysmäisesti. Yhtiön mukaan vuonna 2004 VoIP-siruja myytiin 137,6 miljoonan USD:n arvosta kun vuonna 2008 myynnin uskotaan yltävän 938,4 miljoonaan USD:hen. Kun piirien hinnat samalla laskevat nopeasti, kasvavat kappalemäärät todella nopeasti. In-Statin mukaan kasvun syynä ovat matkapuhelimet, joilla voi soittaa IP-puheluita WLAN-verkoissa. In-Stat odottaa, että lähes kaikki vuonna 2008 esiteltävät matkapuhelimet toimivat myös WLANissa. Suurin VoIP-piirien valmistaja on Texas Instruments mutta myös useilta muilta valmistajilta, kuten esimerkiksi Broadcomilta, on tullut uusia tuotteita.

Usein kuulee esitettävän näkemyksen, että langattomat tekniikat syrjäyttävät pian kokonaan langalliset eikä kaapeleita enää tulevaisuudessa tarvita. Tämä on täysin virheellinen käsitys. Käytännössä kaikki mobiiliverkot perustuvat kiinteään runkoverkkoon vain viimeisen linkin käyttäjän päätelaitteeseen ollessa langaton. Merkittävä poikkeus tästä säännöstä oli Motorolan tekniikalla toteutettu Iridium-verkko, jossa matkapuhelimet kommunikoivat suoraan satelliittien

kanssa. Verkon rakentamiseen oli käytetty 5 miljardia dollaria sijoittajien varoja mutta se lopetettiin kannattamattomana ja lopulta satelliitit oli tarkoitus pudottaa kiertoradoiltaan erittäin kalliina ilotulituksena joulukuusta 2000 alkaen mutta USA:n puolustusministeriön pelasti Iridiumin viime hetkessä tältä kohtalolta.

Esimerkiksi 2 GHz taajuusalueella toimiva UMTS tarvitsee täyden peiton rakentamiseksi noin neljä kertaa niin monta tukiasemaa kuin 900 MHz GSM-verkko. Jokaista olevaa tukiasemapaikkaa kohti on siis rakennettava kolme uutta ja kaikkiin näihin tarvitaan nopeat tietoliikenneyhteydet.

Langattomat verkkotekniikat siis kehittyvät edelleen mutta niiden kapasiteetti tulee aina olemaan pienempi kuin kiinteiden verkkojen ja ne tarvitsevat tuekseen kiinteän runkoverkon. Kuituverkko on siksi edelleen hyvä investointi.

2.5 ”All-IP” -kehitys

On selvää, että verkossa jonka liityntänopeudet ovat useita Mbit/s ja runkoyhteyksien nopeudet useita Gbit/s tai Tbit/s, voidaan toteuttaa aivan erilaisia sovelluksia kuin 1980-luvun verkoissa. Esimerkiksi laajamittainen puheensiirto olisi ollut 1980-luvun internetissä mahdotonta mutta nykyisessä internetissä se onnistuu jo hyvin.

Puheensiirtoon tarvittava kapasiteetti on koodaustavasta ja äänenlaadusta riippuen n. 10 – 100 kbit/s. Tyypillinen likimain korkeinta GSM-laatua vastaava IP-puhelu vie kehystyksineen n. 30 kbit/s siirtokaistaa. Hitainkin 256 kbit/s laajakaistaliittymä riittää siis hyvin IP-puheluihin. Tavallisen 8/1 Mbit/s ADSL-liittymän kautta voidaan välittää kymmeniä yhtäaikaista puheluita ja kuluttajalle päin suuntautuvaa kapasiteettia jää vielä riittävästi esimerkiksi TV-kuvan siirtoon. Nykyiset liityntä- ja runkoverkot mahdollistavat laajamittaisen VoIP:n käytön. Internet on maailmanlaajuinen joten perinteisiä kauko- tai ulkomaanpuhelumaksuja ei ole. Tyypillisesti asiakas maksaa liittymästään kiinteän kuukausihinnan, jolla voi puhua rajoittamattomasti IP-puheluita minne tahansa maailmaan.

Puheen vaatima kapasiteetti ei kasva ja ihmisten puheluihin käyttämä aikakin on rajallinen. Vaikka puhelut olisivat maailmanlaajuisesti vapaita aikaveloituksesta, olisivat ne pian vain vähäistä taustakuormaa internetissä, jonka liikenteestä valtaosan muodostavat nyt vertaisverkot ja WWW sekä tulevaisuudessa todennäköisesti multimedia (korkeatasoinen videokuva yms.).

Mielenkiintoista on, että samaan aikaan kun internet-liittymien kapasiteetti on kasvanut ja hinnat ovat laskeneet nopeasti, ovat paikallispuhelukustannukset jatkuvasti nousseet. LVM:n julkaisun 21/2004 ”Suomen telemaksujen hintataso 2003” [4] mukaan paikallispuhelukustannukset ja perusmaksut käsittävä hintaindeksi on vuodesta 1995 vuoteen 2003 noussut 40,9 % ja kaukopuhelukustannusten 9,5 % kun matkaviestinnän hintaindeksi on samaan aikaan laskenut 42,3 % ja ulkomaanpuhelukustannusten 43,0 %.

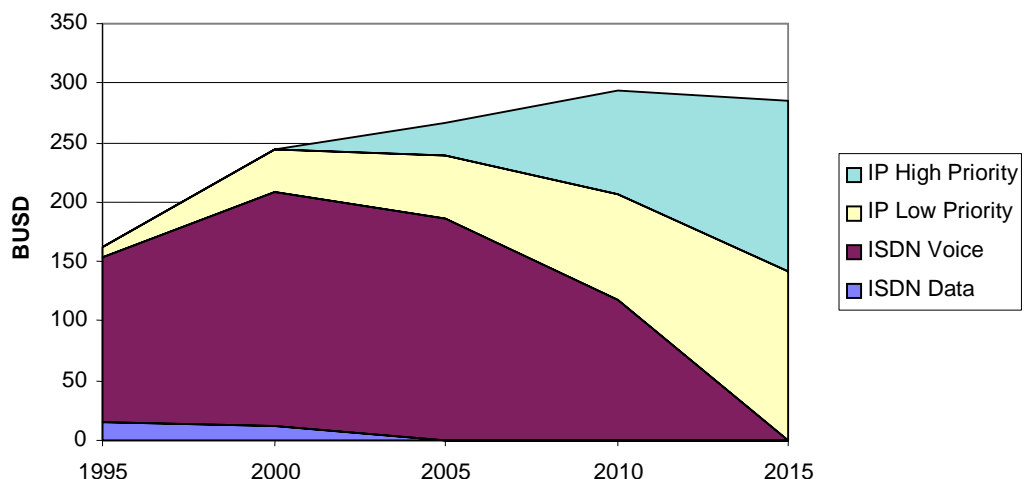
Puhelukustannusten korkeat hinnat selittyvät osin sillä, että ne on tuotettu käyttäen vanhanaikaista TDM-pohjaista puhelintekniikkaa, joka ei kehity läheskään yhtä

nopeasti kuin internet-tekniikka. Tämä ei kuitenkaan riitä selittämään paikallispuhelinindeksin yleistä kustannustasoa selvästi nopeampaa kasvua eikä suurta eroa paikallis- ja kaukopuheluiden hintakehityksessä. Ilmeisesti suurin syy paikallispuhelinien kalleuteen on todellisen paikalliskilpailun puute.

Sääntelijät eri maissa ovat yrittäneet ratkaista yllä mainittua ongelmaa "kustannusvastaavalla" hinnoittelulla, jossa palveluista perittävän hinnan tulee olla suhteessa niiden tuotantokustannuksiin. Tämä on käytännössä johtanut siihen, että operaattorit allokoivat mahdollisimman suuren osan kustannuksistaan näihin palveluihin. Toinen ratkaisumalli on sallia tietty maksimituotto sijoitetulle pääomalle. Tämä taas on johtanut tarpeettomiin ylimääräisiin investointeihin.

Tulevaisuudessa kaikki edulliset vakioidut tietoliikennetuotteet tulevat olemaan IP-pohjaisia. Internet-tekniikan kustannusetu verrattuna perinteiseen puhelin-tekniikkaan kasvaa jatkuvasti. Tästä syystä myös kaikki operaattorit, jotka toimivat kilpailuilla markkinoilla, joutuvat siirtymään IP-tekniikan käyttöön. Suomessa operaattorit ovat jo kauan käyttäneet internet-tekniikkaa sisäisissä verkoissaan ja esimerkiksi edullisten ulkomaanpuhelinien toteuttamisessa. Telecom Italia on siirtänyt koko kiinteän puhelinverkkonsa IP:n päälle ja British Telecom on ilmoittanut purkavansa perinteisen puhelinverkkonsa sekä ATM-verkkonsa vuoteen 2009 mennessä ja siirtävänsä kaiken liikenteensä MPLS-pohjaiseen IP-verkkoon.

Professori Olli Martikaisen esityksessään "All-IP Trends in Telecom" elokuussa 2002 käyttämä kuva 4 havainnollistaa tätä ns. "all-IP" -kehitystä. Kaksi ja puoli vuotta sitten tilanne näytti parhaan käytettävissä olevan tiedon perusteella tältä. Tämän jälkeen kehitys useissa maissa on ollut vielä kuvassa esitettyä nopeampaa mutta toisaalta maiden väliset erot ovat Euroopassakin suuria. Kuvaa 4 voidaan siis vieläkin pitää melko ajantasaisena ennusteena kehityksestä Euroopassa keskimäärin.



Kuva 4: Tietoliikenteen liikevaihdon kehitys Euroopassa 1995 – 2015 (lähde: Professori Olli Martikainen, 2002).

Operaattoreiden siirtyminen IP-tekniikkaan ei ole ongelmattonta. Verkojen hallinta, valvonta, optimointi, laskutus sekä käyttäjien ja palveluiden provisiointi

ovat teleoperaattorin keskeisiä toimintoja. Kaikkia näitä (ja useita muita) järjestelmiä kutsutaan yhteisnimellä OSS (Operations Support Systems) ja ne muodostavat noin puolet operaattorin infrastruktuurikustannuksista verkkojen ja palvelimien muodostaessa toisen puolen.

Nykyiset järjestelmät perustuvat perinteiseen telecom-ajatteluun, jossa sovellukset ovat vertikaalisia ja laskutus kohdistuu puheluminuutteihin tai siirrettyyn tietomäärään. All-IP -kehitys asettaa suuria haasteita OSS:ille. Operaattorit ovat siirtymässä yksinkertaisesta minuuttien ja kapasiteetin laskutuksesta kohti kehittyneempiä palveluita ja monimutkaisempia liiketoimintamalleja. OSS:ien on kehityttävä tukemaan näitä uusia toimintatapoja.

Täysin IP-pohjaisten operaattorijärjestelmien hallintaan ja laskutukseen ei vielä ole täysin valmiita käytännössä kokeiltuja ratkaisuja, jotka skaalautuisivat miljoonien käyttäjien verkkoihin. Näitä kehitetään parhaillaan mutta tiukallakin aikataululla kehitystyö kestää tämän vuosikymmenen loppuun asti, mikä vastaa hyvin British Telecomin omalle all-IP -migraatiolleen asettamaa takarajaa.

Operaattoreiden keskeinen haaste on IP-pohjaisen palveluarkkitehtuurin kehittäminen. Perinteisten palveluiden ja toimintamallien siirtäminen IP-tekniikkaan ei riitä tuomaan menestystä, vaan operaattoreiden on pystyttävä luomaan asiakkailleen todellista lisäarvoa, josta nämä ovat valmiit maksamaan. Tiedonsiirto-kapasiteetin hinnan jatkuvasti laskiessa on kehitettävä palveluita, jotka pystyvät järkevästi hyödyntämään käytettävissä olevan kapasiteetin asiakkaiden eduksi.

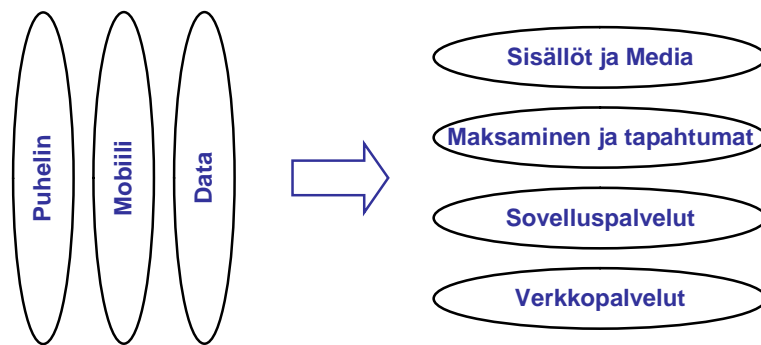
2.6 Teletoiminnan horisontalisoituminen

Perinteinen teletoiminta perustuu verkoille, jotka on suunniteltu ja rakennettu yhtä käyttötarkoitusta varten. Kiinteä puhelinverkko on tarkoitettu puheen siirtoon vaikka sitä käytetään myös datan siirtoon (data- ja fax-modeemit sekä IDSN:n kautta käytettävät vastaavat sovellukset). Matkapuhelinverkot on rakennettu matkapuheluita varten ja niihin on lisätty rajoitettuja datasiirto-ominaisuuksia (esim. GSM-verkon datapalvelu GPRS). Datasiirtoon rakennettiin 1980-luvulla pakettikytkentäiset X.25-verkot. Myös sähköisessä viestinnässä meillä on erilliset maanpäälliset TV- ja radio-ohjelmien jakeluverkot sekä viimeisenä tulokkaana maanpäällinen digi-TV-verkko DVB-T.

Vielä 1990-luvulla uskottiin laajasti, että solupohjaiset ATM-verkot tulevat integroimaan puhe- ja data- sekä kiinteät ja mobiilipalvelut televerkoissa. Telepiireissä uskottiin myös, että sähköisen viestinnän jakelupalvelut tulevat integroitumaan samaan ATM-infrastruktuuriin. ATM ei kuitenkaan koskaan levinnyt työpöydille asti ja kehittyvät Ethernet-pohjaiset pakettiverkot sekä DWDM-tekniikka alkoivat nopeasti syrjäyttää ATM:ää ja SDH:ta myös runkoverkoista.

Internet on alusta lähtien ollut rakenteeltaan horisontaalinen. Kaikki sovellukset toimivat samassa IP-verkossa. Internet-arkkitehtuuri on nyt ja nähtävissä olevassa tulevaisuudessa kustannustehokkain tapa toteuttaa yleiskäyttöinen horisontaalinen verkko, joka tukee kaikkia sovelluksia. Teleoperaattorit ovat kuvan 5 mukaisesti siirtymässä perinteisestä vertikaalisesti integroidusta palveluarkkitehtuurista IP-pohjaiseen horisontaaliseen arkkitehtuuriin. Paradoksaalisesti

juuri internet-arkkitehtuurin horisontaalisuus mahdollistaa paitsi mediaintegration myös lukemattomat vertikaaliset sovellukset.



Kuva 5: Siirtyminen vertikaalisesta horisontaaliseen palveluarkkitehtuuriin.

Internet-arkkitehtuurin horisontaalisuus tarkoittaa sitä, että standardeissa ei määritellä kokonaisia palveluita (esimerkiksi puhelinpalvelu) vaan geneerisiä palveluelementtejä, joita voidaan vapaasti yhdistellä erilaisiksi palveluiksi. Esimerkkejä tällaisista palveluelementeistä internet-maailmassa ovat IP, TCP, UDP, HTTP ja SIP, johon palataan myöhemmin. Näitä elementtejä voidaan helposti yhdistellä kuin Lego-palikoita ja nopeasti leviävät komponenttipohjaiset ohjelmistoarkkitehtuurit (esim. EJB ja Web Services) tukevat tätä kehitystä.

Perinteisessä televerkossa asiakas on sidottu oman verkko-operaattorinsa tarjoamiin palveluihin. EU:ssa periaate on, että kilpaileva palveluoperaattori saa ostaa tukkuhintaan palveluita ja lisätä niihin oman lisäarvonsa. Tämä ei kuitenkaan käytännössä toimi missään.

Horisontaalisessa internet-arkkitehtuurissa asiakas voi ottaa yhdeltä toimittajalta pelkän verkkokapasiteetin ja hankkia erilaiset palvelut, mukaan luettuna VoIP-palvelu ja TV-lähetykset, miltä tahansa palveluntarjoajalta. Internetissä kuka tahansa, jolla on riittävän nopea internet-liittymä voi tarjota lisäarvopalveluita minne tahansa. Tämä on omiaan lisäämään kilpailua, parantamaan palveluita ja laskemaan hintoja.

Operaattorit ovat kehittäneet ns. aidatun puutarhan ("walled garden") estääkseen asiakkaitaan käyttämästä muiden tarjoamia lisäarvopalveluita. Palomuurien avulla on teknisesti mahdollista rajoittaa esimerkiksi web-käyttö operaattorin omille sivuille. Raportissa [5] tällaista toimintaa pidetään ymmärrettävänä ja hyväksyttävänä. Se on kuitenkin täysin internetin avoimen luonteen vastaista ja lainsäätäjien sekä regulaattoreiden tulisi huolehtia siitä, että tällainen kilpailun rajoittaminen estetään.

Esimerkiksi amerikkalainen ISP America On-Line (AOL) toteuttaa aidattua puutarhaa omissa internet-palveluissaan. Maailmanlaajuinen mobiilioperaattori Vodafone taas on toteuttanut aidatun puutarhan hinnoittelulla omassa suosituksessa "live!" -palvelussaan. Marraskuussa 2004 WAP-käyttö GPRS:n yli maksoi Isossa-Britanniassa 1 GBP/MB Vodafonen omia sivuja ja 7,3 GBP/MB muiden palveluntarjoajien sivuja selattaessa. Tällainen hinnoittelu ei perustu kustannusvastaavuuteen vaan on selvää protektionismia.

3 VOIP:N KÄYTTÖTAPOJA

Euroopan komission VoIP-raportissa [5] VoIP-palvelut on jaettu viiteen ryhmään. Muitakin mahdollisia luokitteluja on mutta selvyuden vuoksi käytämme tässä raportissa pääosin samaa jakoa (jota myöhemmin täydennetään ottamalla tarkastelun toiseksi dimensioksi liikkuvuus).

Lähteessä [5] käytetty luokittelu on vapaasti suomennettuna seuraava:

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

3.1 Vertaispalvelut

Tähän kategoriaan kuuluvat VoIP-palvelut, jotka toimivat kokonaan avoimessa internetissä ja joista ei peritä puhelumaksuja. Riittää että kummallakin kommunikoivalla osapuolella on internet-yhteys ja VoIP-asiakasohjelmisto.

Internetin perusominaisuus on aina ollut sen tarjoama vapaa vertaiskommunikaatio minkä tahansa kahden liittymän (IP-osoitteen) välillä. Hyvinkin yksinkertainen VoIP-ohjelmisto mahdollistaa internet-puhelut, jos soittaja tietää vastaanottajan IP-osoitteen eikä vastaanottaja ole palomuurin takana. VoIP:n laajamittainen käyttö edellyttää kuitenkin jonkinlaisia keskitettyjä palveluita ja toimivaa merkinantojärjestelmää.

Erilaisia ilmaisia tai maksullisia VoIP-ohjelmistoja voi ladata internetin palvelimilta. Jo vuonna 1995 tuli saataville PGPfone-ohjelmisto, jonka yksityiskäyttö oli ilmaista ja joka mahdollisti vahvasti salatut internet-puhelut valinnaisen puhelinverkon modeemiyhteyksien tarjoamalla siirtonopeudella. Kyseistä ohjelmistoa ei enää tueta ja se tuskin enää toimii nykyisillä työasemilla.

VoIP-asiakasohjelmisto sisältyy esimerkiksi Microsoft Messengeriin, joka on asennettuna useimpiin Windows-koneisiin. Messenger tukee internetin standardoituja merkinantoprotokollia (SIP ja H.323) ja pystyy siten kommunikoimaan myös muiden VoIP-ohjelmistojen kanssa.

Viime aikoina on suurta suosiota saavuttanut Skype (www.skype.com), joka perustuu vertaisverkkoihin eikä siten ole standardinmukainen. Skypen kehittäjät ovat soveltaneet KaZaA-ohjelmistoa (www.kazaa.com) kehittäessään saamiaan kokemuksia VoIP:hen ja saaneet aikaan järjestelmän, joka on helppokäyttöinen, tehokas ja skaalautuva sekä toimii palomuurien ja osoitekonversioiden läpi.

Varsinainen puhelu siirretään vahvasti salattuna. Skypen käyttö onnistuu vähintään 33,6 kbit/s modeemilla tai tätä nopeammalla internet-liittymällä.

Skype-asiakasohjelmisto on ollut ladattavissa yhtiön palvelimelta vasta vuoden ja virallinen versio 1.0 elokuusta 2004 lähtien mutta se on jo ladattu vuoden 2004 loppuun mennessä jo lähes 50 miljoonaa kertaa. Marraskuussa 2004 rekisteröityneitä käyttäjiä oli 11 miljoonaa ja uusia käyttäjiä rekisteröityi joka päivä 70,000. Suomalaisia rekisteröityneitä käyttäjiä oli 120,000. Yhtäaikaista käyttäjiä oli linjoilla tyypillisesti yli miljoona.

Skype-ohjelmiston käyttö ja internetin sisäiset puhelut ovat ainakin toistaiseksi olleet ilmaisia mutta Skype tarjoaa myös maksullisen yhdyskäytävän yleiseen puhelinverkkoon. Työasemalta on mahdollista soittaa useimpiin maailman maihin hyvällä äänenlaadulla ja erittäin edulliseen hintaan. "Skype-Out" -puhelut useimpien OECD-maiden kiinteisiin puhelinliittymiin maksavat 2 snt/min. Tältä osin Skype kuuluisi jo kategoriaan "internet-liittymästä riippumattomat kaupalliset palvelut" (kts. seuraava luku). Puhelut yleisestä puhelinverkosta Skypeen eivät vielä ole mahdollisia mutta yleisesti arvellaan niiden tulevan tarjolle pian nimellä "Skype-In".

Skype kasvaa tällä hetkellä räjähdysmäisen nopeasti. Skypen käyttäjien lukumäärä on vuonna 2004 kaksinkertaistunut neljän kuukauden välein ja jatkaa eksponentiaalista kasvuaan. Erityisen runsaasti käyttäjiä näyttää olevan Euroopassa mutta olen itse käyttänyt Skypeä hyvällä menestyksellä puheluihin Euroopan, Japanin ja USA:n välillä sekä kotoa että matkoilta.

Monista vahvuuksistaan huolimatta, Skypen leviämiseen liittyy myös ongelmia. Kyseessä on täysin toimittajakohmainen ratkaisu, jonka määrittelyt eivät edes ole julkisia. Skypestä ei ole yhdyskäytäviä muihin VoIP-järjestelmiin. On ilmeistä että Skype pyrkii saavuttamaan VoIP-puolella hallitsevan markkina-aseman. Jos suljetut järjestelmät saavuttavat huomattavan markkina-aseman, saattaa ainoaksi toimivaksi yhdysliikennetavaksi muodostua yleisen puhelinverkon numeroiden ja liityntärajapintojen käyttö. Tämä olisi VoIP:n yleisen kehityksen kannalta valitettavaa.

3.2 Internet-liittymästä riippumattomat kaupalliset palvelut

Toisin kuin perinteisessä televerkossa, internetissä palvelut ovat riippumattomia verkkopalvelun tarjoajasta ja niitä voi tarjota kuka tahansa, jolla on riittävän nopea internet-liittymä. VoIP-palveluita voi siis internetissä tarjota mikä tahansa operaattori, halutessaan maailmanlaajuisesti. Merkittävä verkko-operaattoreista riippumaton VoIP-operaattori on amerikkalainen Vonage (www.vonage.com). Suomessa vastaavaa palvelua tarjoaa Ipon (www.laajakaistapuhelin.net).

Koska VoIP-operaattori ei kontrolloi asiakkaan internet-liittymää, ei sillä raportin [5] mukaan ole mahdollisuutta taata palvelun laatua päästä päähän. Itse asiassa Analysys lähtee ajatuksesta, että operaattori voi vapaasti valita asiakkaalle tarjoamansa palvelun laadun. Tämä on merkittävä ja erikoinen linjaus, joka ei kestä kriittistä tarkastelua.

Internet-arkkitehtuurin horisontaalisuus mahdollistaa sen, että verkkokapasiteetti ja IP:n päällä toteutetut palvelut (esim. VoIP) ostetaan eri toimittajilta. Tämä taas edellyttää, että asiakas ja/tai palveluoperaattori voi ostaa IP-palvelua sen laatuksena kuin kukin sovellus edellyttää. Lähtökohtana on oltava, että palvelun laadusta päättää asiakas, joka maksaa palvelusta, eikä operaattori, joka toimittaa sen. Ellei näin ole, voivat verkko-operaattorit estää kilpailua lisäarvopalveluissa toimittamalla kilpaileville palveluille heikompiin IP-palveluun kuin omille lisäarvopalveluilleen. Verkko-operaattori ei siis saa määrittellä palvelun laatua. Tätä varten tarvitaan ex-ante -sääntelyä ja tämä periaate olisi kirjoitettava selvästi EU-direktiiveihin.

Tässä toimintamallissa käyttäjä hankkii internet-liittymän haluamaltaan operaattorilta (Internet Service Provider, ISP) ja voi tämän jälkeen ostaa puhelinpalvelut tästä riippumattomalta palveluntarjoajalta, joka tarjoaa yhdyskäytävän yleiseen puhelinverkkoon. Asiakkaalle annetaan tavallinen E.164-tyyppinen puhelinnumero, jonka avulla hän voi ottaa vastaan puheluita yleisestä puhelinverkosta (kiinteistä ja matkapuhelimista). Vastaavasti VoIP-liittymän numero välitetään puhelun vastaanottajalle kutsuvan liittymän tunnuksena soittaessa VoIP:stä yleiseen puhelinverkkoon.

Tällainen VoIP-palvelu on luonteeltaan siirtyvä. Käyttäjä voi liittyä internetiin ja rekisteröityä palveluun missä tahansa maailmassa. VoIP-puheluita voi soittaa ja vastaanottaa missä tahansa maailmassa käyttämällä päätelaitteena esimerkiksi mukaan otettavaa pöytäpuhelin tai kannettavaan tietokoneeseen asennettua VoIP-ohjelmistoa.

Kiinteä laajakaista leviää nopeasti ja on pian useimpien kotien ja toimistojen käytössä. VoIP ei välttämättä yksin ole peruste kiinteän laajakaistaliittymän hankinnalle, mutta se voi osaltaan vaikuttaa myönteisesti hankintapäätökseen. Kun laajakaistaliittymä on olemassa, on VoIP:n käyttöönotto helppoa. Tämä tulee johtamaan nopeutuvaan kiinteiden puhelinliittymien irtisanomiseen.

Luvussa 2.5 kuvattu ns. "triple-play", jossa saman liittymän kautta tarjotaan data, puhe ja TV-kuva, on yhä yleisempi ratkaisu. Kuten luvussa 2.6 kuvataan, voi asiakas vapaasti hankkia nämä palvelut mistä tahansa olematta sidottu oman laajakaistaoperaattorinsa palvelutarjontaan.

Komission VoIP-raportissa [5] konsultit ovat sitä mieltä, että laajakaista-operaattori voi suodattaa liikenteen kilpailevien palveluntarjoajien verkkoihin. Tämä olisi täysin vapaan tietoliikenteen periaatteiden vastaista, estäen horisontaalisen palveluarkkitehtuurin mahdollisuuksien hyödyntämistä ja tukien monopolistista vertikaali-integraatiota.

Internetin perusominaisuus on aina ollut vapaa liikenne minkä tahansa kahden osoitteen välillä. Ainoastaan asiakkaat itse voivat asettaa tietoturva- yms. syistä johtuvia suodatuksia. Sääntelijän pitäisi estää operaattoreita asettamasta tällaisia käytön rajoituksia muuten kuin asiakkaan nimenomaisesta pyynnöstä. Tällainen rajoitus on esimerkiksi puhelinverkossa yleinen kaukopuheluiden tai lisämaksullisten "premium-rate" numeroiden esto, josta päättää asiakas eikä operaattori.

3.3 Laajakaistaoperaattorin tarjoamat palvelut

Yleistyvä malli on, että laajakaistaoperaattori tarjoaa VoIP-palvelun osana internet-liittymää. Tämän mallin etuna on, että operaattori voi omassa verkossaan varmistaa puheen siirrolle riittävän palvelun laadun. Usein tällainen palvelu on sidottu kiinteään laajakaistaliittymään. Toisaalta operaattorille voi olla edullista tarjota palvelua myös esimerkiksi omissa WLAN-hotspoteissaan.

Suomessa ensimmäinen tällainen palvelutuote oli Soneran Puhekaista (www.sonera.fi), jonka Viestintävirasto on päätöksessään [6] todennut EY:n yleispalveludirektiivissä [7] tarkoitetuksi kiinteään paikkaan tarjottavaksi puhelinpalveluksi.

Soneran palvelukuvauksista saa sen käsityksen, että Puhekaista-palvelu on sidottu yksittäiseen laajakaistaliittymään, vaikkei asiaa sanota missään kovin selvästi. Suullisesti Sonera on ilmoittanut Viestintävirastolle, että Puhekaista toimii missä tahansa Soneran laajakaistaliittymässä ja on siten luonteeltaan vaeltava palvelu (kts. luku 4.2), joskin vain Soneran verkon sisällä. Komission alustava kanta on, että yhden operaattorin verkkoon sidottua VoIP-palvelua pidetään kiinteään paikkaan tarjottavana puhelinpalveluna.

Ongelmallista on, että laajakaistaliittymä perustuu yleensä HMV-operaattorin paikallisverkkoon ja useimmat kilpailevat palveluoperaattorit joutuvat ostamaan tältä operaattoripalvelua (operaattoritukkuote), jonka varaan ne rakentavat omat laajakaistapalvelunsa. Kilpaileva palveluoperaattori ostaa ns. "bittivirtaa", joka ohjataan DSL-keskittimestä (DSLAM) sen omaan verkkoon ja jonka päälle se toteuttaa oman lisäarvonsa.

Kilpaileva palveluoperaattori voi myös vuokrata paikalliselta operaattorilta tilaajajohtoja tai näiden yläkaistoja sekä laitetilaa omia DSL-keskittimiään varten. Tätä varten ylä- ja alakaistan toisistaan erottava haaroitin on toteutettu erillisenä laitteena, josta alakaista kytketään verkko-operaattorin puhelin-keskukseen ja yläkaista palveluoperaattorin DSL-keskittimeen. Tämä toimintamalli mahdollistaa suuremman toimintavapauden kuin bittivirran ostaminen mutta edellyttää suuria alkuinvestointeja. Lisäksi paikallisjohdosta ja hyllytilasta perittävät vuokrat, kytkentämaksut yms. ovat usein kovin suuria verrattuna asiakasliittymän markkinahintaan.

Paikallisella entisellä monopolioperaattorilla ei ole intressiä kilpailla omien puhelinpalveluidensa kanssa vaan pikemminkin hidastaa vääjäämätöntä siirtymistä IP-puheluihin ja sen myötä avautuvaa kilpailua. Tästä syystä ala kehittyy paljon hitaammin kuin olisi toivottavaa.

Japanissa nopeasti kasvava "Yahoo! Broadband" tarjoaa edullisia nopeita ADSL-liittymiä, joihin kuuluvat puhelinpalvelut. Vantaan Energian WivaNet -verkossaan syyskuun alussa lanseeraama VoIP-palvelu toimii sekä kiinteillä että langattomilla IP-puhelimilla. Palvelu on toteutettu yhteistyössä edellä mainitun Ipon Communications Oy:n kanssa. WivaNet perustuu WLAN-pohjaiseen tekniikkaan eikä käytä hyväkseen paikallisen HMV-operaattorin paikallisverkkoa.

Kaapeli-TV-operaattorit tarjoavat verkossaan myös internet-liittymiä ja useat niistä saavat enemmän tuloja näistä kuin ohjelmanvälityksestä. Yleinen trendi eri puolilla maailmaa on, että nämä operaattorit ovat alkaneet tarjota verkoissaan myös IP-puheluita. Suomessa useimmat kaapeli-TV-operaattorit ovat paikallisten teleoperaattoreiden omistamia eivätkä lähde näille haitalliseen kilpailuun. Toisaalta esimerkiksi HTV (www.htv.fi) on operaattoreista riippumaton Sanoma-WSOY-konsernin osa, joka on toimittanut Welho-laajakaistaliittymän jo 50.000 pääkaupunkiseudun kotitalouteen. Tällainen yhtiö pystyisi tuomaan todellista kilpailua myös paikallisverkkoon.

3.4 Asiakasorganisaation sisäinen käyttö

Lähes kaikki suuret organisaatiot käyttävät tai ovat ottamassa käyttöön VoIP-järjestelmiä. Pääasiallinen motiivi tähän on lyhyellä tähtäyksellä kustannusten säästö mutta pidemmällä tähtäyksellä korostuvat IP-tekniikkaa soveltamalla saavutettavat toiminnalliset hyödyt.

VoIP:n toteuttamaa mediaintegraatiota hyödyntävät esimerkiksi nykyaikaiset yhteyskeskukset, joihin keskitetään kaikki organisaation suurivolyymiset ulkoiset yhteydet riippumatta kanavasta (puhe, fax, sähköposti, web tms.). Yhteyskeskus muodostaa kriittisen sovelluksen, jonka varassa koko organisaatio toimii. Vastaavanlaisia kriittisiä toimintoja ovat myös jatkuvasti yleistyvät organisaatioiden ERP-järjestelmät (SAP R/3 ja vastaavat). Tällaisilta toiminnoilta 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.

Suomessa ovat yleistymässä seutuverkot, jotka ovat seutukuntien sisäisiä ja näiden hallitsemia nopeita IP-verkkoja. Seutuverkko rakennetaan yleensä kuntien käyttöön ja tässä mielessä se on asiakasorganisaation sisäinen verkko.

Seutuverkko voi kuitenkin samalla olla avoin tietoliikenneverkko, johon kuka tahansa voi liittyä ns. "Open Access" -periaatteella, maksamalla omat kustannuksensa. Avoimessa seutuverkossa voidaan hoitaa koko seutukunnan sisäinen puhelinliikenne VoIP:llä ilman minuuttilaskutusta ja hyvällä palvelutasolla.

Esimerkki avoimesta suomalaisesta seutuverkosta, jossa toimii myös VoIP on kuusiokuntien 6net (www.6net.fi). Vastaavia hankkeita on muuallakin.

3.5 Operaattorin sisäinen käyttö

Operaattorit ovat jo 1990-luvulta lähtien käyttäneet VoIP:tä puhelinverkon sisäisenä tekniikkana säästääkseen kustannuksia erityisesti ulkomaanpuheluissa, joiden terminointimaksut eivät perinteisesti ole olleet missään järkevässä suhteessa palvelun tuottamisen todellisiin kustannuksiin.

Suomessa VoIP:n käytön ulkomaanpuheluissa aloitti Telia Finland (nykyisin Song Networks) 994-puheluissaan. Italian entinen monopolioperaattori Telecom Italia on jo siirtänyt käytännössä koko kiinteän puhelinverkkonsa VoIP:hen ja British Telecom on ilmoittanut siirtyvänsä all-IP:hen vuoteen 2009 mennessä.

4 LIKKUVUUS

VoIP:tä tarkastellaan yleensä pääasiassa kiinteään paikkaan tarjottavan puhelinpalvelun korvaajana. Jos tämä olisi VoIP:n koko rooli, ei siirtyminen VoIP:hen olisi läheskään niin merkittävä asia kuin miltä se nyt näyttää.

Kuten lähteessä [2] todetaan, ovat matkapuhelut Suomessa jo ohittamassa kiinteät puhelut myös minuutteina mitaten ja kiinteän puhelinverkon liittymien ja puheluminuuttien määrät ovat selvässä laskussa. Tämän lisäksi puheluminuutin hinta tulee edelleen alenemaan. Samaan aikaan matkapuhelinverkkojen liittymä- ja minuuttimäärät ovat kasvussa. Ei vaikuta todennäköiseltä että käyttäjät olisivat valmiita suurin joukoin siirtymään mobiilipalveluista takaisin palveluun, joka on sidottu kiinteään paikkaan.

Jonkinasteinen liikkuvuus on kuitenkin myös kiinteissä verkoissa toteutetun VoIP:n perusominaisuus. Lisäksi on selvää, että VoIP tulee yleistymään paitsi kiinteissä myös mobiiliverkoissa. Lähteessä [5] käytetty luokittelu ei mitenkään huomioi mobiliteettia. Jo tästä syystä edellä esitetty luokittelu on yksinään riittämätön VoIP-palveluiden tarkasteluun. Siltä osin kuin on tarpeellista, jaetaan VoIP-palvelut tässä raportissa kolmeen ryhmään niiden liikkuvuuden mukaan:

- Kiinteään paikkaan tarjottava palvelu
- Vaeltava (ns. "nomadic") puhepalvelu
- Mobiilipalvelu

Tämä jako on ortogonaalinen aiemmin esitetyn lähteessä [5] käytetyn jaon kanssa ja näitä kahta luokittelua voidaan tarpeen mukaan käyttää erikseen tai yhdessä. Tässä luvussa tarkastellaan lähinnä operaattorien tarjoamia kaupallisia palveluita.

4.1 Kiinteään paikkaan tarjottava palvelu

VoIP-palvelu voi olla sidottu kiinteään paikkaan, jolloin se muistuttaa perinteisen kiinteän verkon puhepalvelua. Esimerkki tällaisesta kaupallisesta palvelusta on edellä mainittu Soneran Puhekaista-palvelu, joka on sidottu Soneran laajakaistaliittymään.

4.2 Vaeltava palvelu

Normaali VoIP-liittymä on luonnostaan siirtyvä – sitä voidaan käyttää mistä tahansa missä on käytettävissä riittävän nopea internet-yhteys. Tällainen on esimerkiksi Iponin toimittama laajakaistapuhelin tai edellä mainittu Skype.

Vaikka vaeltava liittymä ei olekaan yhtä liikkuva kuin todellinen matkapuhelinliittymä, aiheuttaa se merkittäviä paineita matkapuhelinoperaattoreiden varsin korkeisiin verkkovierailumaksuihin.

Yhdistyneenä nopeasti yleistyviin WLAN-hotspoteihin, vaeltava puhelinpalvelu on merkittävä edistysaskel. Se mahdollistaa erittäin edulliset kansainväliset puhelut mm. lentoasemilta ja hotelleista sekä tulevaisuudessa yhä useammin myös liikkuvista kulkuneuvoista (junat, autot, laivat ja lentokoneet). Halpoja johdottomia Wi-Fi -puhelimia on saatavilla ja markkinoilla on myös matka-puhelinmalleja, joissa on sisäänrakennettu Wi-Fi ja VoIP.

Huhun mukaan Skype on tilaamassa Taiwanilaiselta valmistajalta HTC:ltä (High-Tech Computer) puhelimia, jotka toimivat sekä GSM-puhelimita että WLAN hotspoteissa Skype-puhelimita. Skypen tiedetään käyneen vastaavia keskusteluja myös muiden laitevalmistajien kanssa.

4.3 Mobiilipalvelu

Uudet nopeat langattomat verkkotekniikat (WLAN, WMAN) ovat suunniteltuja IP-käyttöön ja niissä puhe siirretään aina VoIP:nä, koska niistä puuttuu perinteisten puhelinverkkojen piirikytkentäinen palvelu.

Myös uudet 3G-radioverkot (RAN, esim. jo käytössä oleva CDMA2000 EV-DO ja kokeiluasteella oleva TD-SCDMA(MC)) ovat optimoituja IP-liikenteeseen ja operaattorit toteuttavat niillä myös pelkkiä "datapalveluita", joissa puhe siirretään IP:n yli. 3G-verkoissa on sisäänrakennettu mobiliteetti, joka mahdollistaa siirtymisen tukiasemalta toiselle käyttäjän liikkua jalka tai kulkuneuvolla.

Todellinen mobiili VoIP edellyttää middleware-ratkaisua, joka tukee ns. saumattonta verkkovierailua (englanniksi "seamless roaming") verkkojen välillä ja toteuttaa riittävän tasoisen tietoturvan. Tällaisia liikkuvuutta ja turvallisuutta toteuttavia ratkaisuja tarvitaan joka tapauksessa muihinkin internetin sovelluksiin, esimerkiksi organisaatioiden bisneskriittisten sovellusten (CRM, ERP, groupware, logistiikka yms.) käyttöön ja ne yleistyvät VoIP:stä riippumatta.

Johdottomat puhelimet, joissa esimerkiksi WLAN toimii puhelinjohdon korvaajana ilman verkkovierailua muihin verkkoihin, eivät ole varsinaisia mobiiliverkkoja vaan ovat rinnastettavissa lähinnä DECTiin. Kuitenkin sekä WLANin että DECTin avulla voidaan toteuttaa melko laajoja verkkoja, joissa käyttäjä voi liikkua tukiasemien välillä esimerkiksi rakennuksen sisällä. WMAN-verkon peittoalue taas voi olla niin laaja, että käyttäjä pystyy liikkumaan laajalla alueella vaihtamatta tukiasemaa.

Varsinaisesti termi "langaton puhelin" viittaa aitoon matkapuhelimeen (esim. GSM) kun taas esimerkiksi DECT-puhelimesta käytetään nimeä "johdoton puhelin". Valitettavasti terminologia ei ole vakiintunutta ja molempia puhelintyyppiä kutsutaan yleisesti langattomiksi.

5 MIKSI VOIP:HEN SIIRRYTÄÄN

Sekä yritykset että julkishallinnon organisaatiot ovat nopeasti siirtymässä VoIP:n käyttöön. Kehitystä nopeuttaa yleinen laajakaistan leviäminen sekä kodeissa että toimistoissa. Suurten organisaatioiden intranetit ovat jo yleisesti sillä tasolla, että ne mahdollistavat VoIP:n laajamittaisen käytön ja laajakaistaliittymät yleistyvät myös kodeissa ja pienissä toimistoissa.

Päätöksentekoon vaikuttavat yleensä eniten nopeasti saatavat säästöt:

- Puheluissa
- Laitteistoissa ja niiden ylläpidossa
- Verkonhallinnassa

Deloitte kertoo tutkimuksessaan [8], että 70 % globaaleista yrityksistä on ottamassa VoIP:n käyttöön vuoteen 2006 mennessä. 84 % vastanneista mainitsi suurimmaksi syyksi kustannussäästöt. 79 % varhaisista VoIP:n käyttäjistä kertoi olevansa tyytyväisiä tai erittäin tyytyväisiä VoIP-tekniikkaan.

IP-puheen myötä organisaation sisäpuheluista ei enää laskuteta ja kauko- sekä ulkomaanpuhelukutut siirretään IP-verkossa oikealle teleliikennealueelle, jossa ne ohjataan yhdyskäytävän kautta paikallispuheluina perille.

Vielä suurempia säästöjä on yleensä saavutettavissa laitteistoissa ja verkonhallinnassa. Oleellista on huomioida järjestelmän elinkaaren kokonaiskustannukset ja pyrkiä alentamaan niitä. Hyvällä toiminnan suunnittelulla ja hallinnalla saadaan aikaan merkittäviä kustannussäästöjä. Kuten tietotekniikan hyödyntämisessä yleensäkin, täysimääräisten hyötyjen saavuttaminen edellyttää kokonaisuuden tarkastelua sekä prosessien uudelleenmäärittelyä. Pitemmällä tähtäyksellä suurimmat hyödyt IP-puheesta ovat saavutettavissa toiminnan tehostumisen kautta.

Perinteisen tyyppiset puhelinpalvelut ovat vain pieni osa IP-puheen mahdollisuuksista. VoIP on tekniikka joka mahdollistaa uudentyyppisen luovuuden puhetta käyttävien palveluiden kehityksessä.

Esimerkkejä IP-tekniikan hyödyistä yleisestikin ovat mm. joustavuuden ja skaalautuvuuden lisääntyminen, lisääntyvä riippumattomuus laite- ja ohjelmistotoimittajista, yleinen kustannustehokkuus hyödynnettäessä edullisia standardikomponentteja sekä mukautuvuus muuttuviin tarpeisiin.

Ns. mediaintegratio on VoIP:n mukanaan tuoma merkittävä mahdollisuus. Tämä tarkoittaa erityyppisten medioiden (teksti, kuva, ääni, video) yhdistämistä. Perinteisesti puhelinjärjestelmät ovat olleet tietokonejärjestelmistä erillisiä. VoIP:n myötä puhe on integroitavissa osaksi mitä tahansa sovellusta.

Suomen Posti Oyj on VoIP:n ja nykyaikaisen yhteyskeskuksen hyödyntämisen uranuurtajia Suomessa ja edustaa tässä suhteessa kansainvälistä kärkeä. Posti on käyttänyt kotimaisen Wicom Oy:n kehittämää yhteyskeskusta yli kolme vuotta hyvällä menestyksellä. Noin 200 asiakaspalvelijaa Helsingissä, Kuopiossa, Rovaniemellä ja Savonlinnassa käsittelee kiireisinä päivinä yli 20.000 yhteydenottoa. Posti kertoo saavuttaneensa useiden kymmenien prosenttien tuottavuuden kasvua samalla kun sekä asiakkaiden että työntekijöiden tyytyväisyys on parantunut. Tämä on hyvä esimerkki siitä, että uuden tekniikan täysimittainen hyödyntäminen edellyttää laajemman kokonaisuuden tarkastelua ja prosessien uudelleenmäärittelyä.

Tarpeita vastaavansiin ratkaisuihin on yhä enemmän sekä suurissa yrityksissä että julkishallinnossa. Erityisesti julkishallinnossa tietotekniikan hyödyntäminen on vielä melko vähäistä samalla kun kasvavat kustannuspaineet pakottavat nostamaan työn tuottavuutta. Yleisesti uskotaan, että tietotekniikan lisääntyvä hyödyntäminen on tehokkain keino lisätä tehokkuutta.

6 TEKNIIKAT JA STANDARDIT

Tässä luvussa tarkastellaan suhteellisen suppeasti VoIP:n toteuttamiseen liittyviä teknologioita ja standardeja. Tarkastelu on jaettu neljään osaan: merkinanto ("signalointi"), varsinainen puheensirto, yhdysliikenne ja liikkuvuuden tuki. Tietoturvaan liittyvät tekniikat ja standardit käsitellään erikseen tietoturva käsittelevässä luvussa 7.

6.1 Merkinanto

Merkinanto tarkoittaa tapaa, jolla puhelu muodostetaan, hallitaan ja puretaan. Osapuolilla täytyy olla osoitteet, joiden perusteella niihin voidaan pyytää yhteyttä. Tässä luvussa esitellään ensin esimerkkinä yleisen puhelinverkon merkinanto, minkä jälkeen esitellään VoIP:n vastaavat merkinantotavat H.323 ja SIP sekä verrataan näitä keskenään.

6.1.1 Kiinteän puhelinverkon merkinannosta

Kiinteässä puhelinverkossa käyttäjä nostaa kuulokkeen ja asettaa samalla puhelimensa suuri-impedanssiseen tilaan. Päätekeskus havaitsee tämän ja varaa liittymälle merkinantolaitteen, joka lähettää käyttäjälle valintäänä. Käyttäjä näppäilee puhelinnumeron, jonka puhelinkone lähettää numero kerrallaan taajuuskoodattuna (DTMF) päätekeskukselle.

Päätekeskus käyttää yhteiskanavamerkintäkommuunikoidessaan muiden keskustusten kanssa. Verkko reitittää puhelun numeron perusteella kutsutun liittymän päätekeskukselle ja koko reitille varataan puhelua varten piirikytkentäinen puhekanava (käytännössä 64 kbit/s digitaalinen kanava). Vastaanottavan pään päätekeskus lähettää kutsutun liittymän tilaajajohtoon korkealla jännitteellä soitto-signaalin, joka saa puhelimen soimaan. Soittosignaalin taajuus vaihtelee maittain noin 15 – 68 Hz ja jännite 40 – 150 V välillä. Kuulokkeen nostaminen vaihtaa puhelimen suuri-impedanssiseen tilaan, mistä päätekeskus havaitsee puheluun vastatun.

Puhelu on nyt muodostettu ja osapuolten välillä on vakiokapasiteetilla ja -viiveellä toimiva virtuaalipiiri, jota pitkin puhe siirretään. Laskutus perustuu puhelun pituuteen, ajankohtaan (päivä ja kellonaika), kestoon ja etäisyysluokkaan.

Asettamalla kuulokkeen paikalleen, soittaja asettaa puhelimensa pieni-impedanssiseen tilaan, mistä päätekeskus havaitsee puhelun päättyneen ja vapauttaa sille varatut resurssit. Keskuksat generoivat puhelun päätymisestä CDR-tietueet (ns. "ticket" tai "tiketti"), joiden perusteella laskutusjärjestelmä laskuttaa puhelun. Tiketin sisältö vaihtelee mutta vähintään siitä käyvät ilmi kutsuva liittymä (A-tilaaja), kutsuttu liittymä (B-tilaaja) sekä puhelun aika ja kesto. Tikettejä saatetaan myös generoida kesken pitkän puhelun tai taksan vaihtuessa.

ISDN:ssä puhelimen ja verkon välinen merkinanto tapahtuu digitaalisesti D-kanavan ja erityisen merkinantoprotokollan (Q.931) kautta. Muilta osin puhelu muodostetaan, puretaan ja laskutetaan kuten analogisen liittymän tapauksessa.

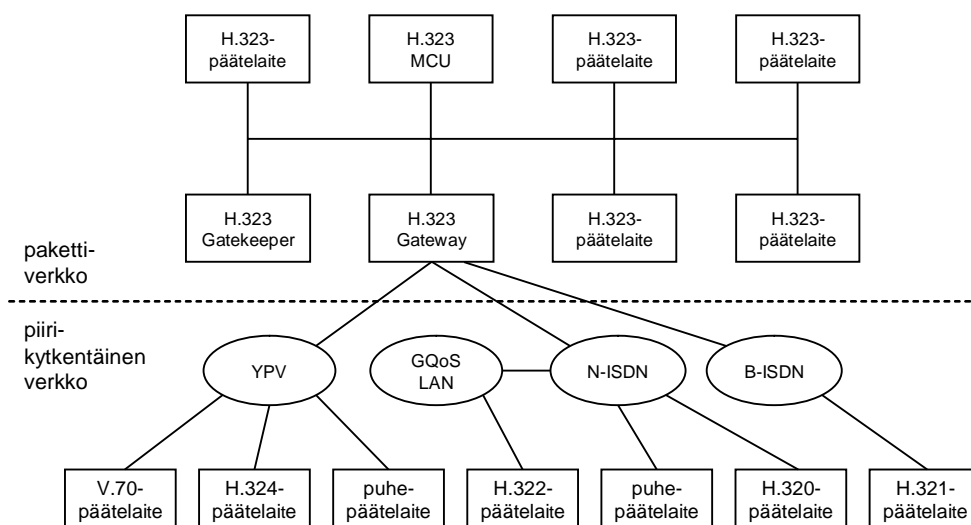
Edellä esitetty yksinkertaistettu kuvaus kiinteän puhelinverkon signaloinnista osoittaa, että yksinkertaisen puhelun soittaminen on monimutkainen kokonaisuus, jonka käyttöliittymä on onnistuttu tekemään melko yksinkertaiseksi. Maailmanlaajuinen automaattivalintainen puhelinverkko hallinta- ja laskutusjärjestelmien on merkittävä saavutus, joka perustuu pääasiassa ITU-T:ssä ja sen edeltäjässä CCITT:ssä suoritettulle pitkäaikaiselle kansainväliselle standardoinnille. Internet-puheluita varten tarvitaan vastaava järjestelmä, joka toimii internetissä.

6.1.2 H.323

Varhaisissa IP-puheluissa käytettiin ITU-T:n määrittelemää H.323 -merkinantoprotokollaa. ITU:ssa ensin määriteltiin piirikytkentäisiä videoneuvotteluja varten H.320 -merkinantoprotokolla, jonka pohjalta kehitettiin pakettiverkkoja varten H.323-protokolla.

H.323 on perinteinen CCITT/ITU-T:n tuote, joka yrittää standardoida kokonaisen palvelun kaikkine osineen. H.323 lähtee yleisen puhelinverkon lähtökohdista ja määrittelee teleoperaattorityyppisen ratkaisun VoIP-merkinannon. H.323 on eräänlainen sateenvarjo, joka määrittelee järjestelmäarkkitehtuurin, toteutuksen suuntaviivat, puhelunmuodostuksen ja hallinnan, siirtotien jne. Protokollatietoyksiköt (PDU:t) ovat binäärisiä ja ne on kuvattu ASN.1:llä. H.323-perheeseen kuuluu kymmenkunta ITU-T:n suositusta.

Oheinen kuva 6 havainnollistaa H.323-järjestelmäarkkitehtuuria. Samalla se havainnollistaa H.323:n ongelmia. Arkkitehtuuri on suunniteltu ympäristöön, jossa suurin osa liikenteestä kulkee piirikytkentäisissä verkoissa. Kehitys on kuitenkin kulkenut suuntaan, jossa kaikki liikenne siirtyy pakettipohjaiseksi.



Kuva 6: H.323-järjestelmäarkkitehtuuri.

Kuvassa 6 esiintyvä kapeakaista-ISDN (N-ISDN) on merkitykseltään vähäinen eikä laajakaista-ISDN (B-ISDN) ole koskaan materialisoitunut. Palvelunlaadultaan taattu GQoS-tyyppinen LAN on täysin tuntematon käsite. H.323 on myös konseptina tarpeettoman raskas ja monimutkainen. Tässäkin suhteessa se muistuttaa enemmän perinteistä televerkkoa kuin internetiä.

6.1.3 SIP

Session Initiation Protocol (SIP) on IETF:n kehittämä merkinantoprotokolla, joka on muutaman vuoden nuorempi kuin H.323. SIP:n kehitys alkoi 1990-luvulla MBONEssa suoritettujen videoneuvottelukokeilujen yhteydessä. SIP on VoIP:n ydintekniikka, mistä syystä sille omistetaan tässä melko paljon tilaa.

Henning Schulzrinne, Jonathan Rosenberg ja joukko muita ihmisiä alkoi kehittää SIP:tä merkinantoprotokollaksi, joka mahdollistaa istuntojen muodostamisen, hallinnan ja purkamisen perustuen yksinkertaisiin tekstipohjaisiin sanomiin. Kuten H.323, myös SIP kehitettiin alunperin videoneuvotteluja varten mutta sitä alettiin pian soveltaa IP-puheluihin.

SIP-työryhmä perustettiin IETF:ään vasta vuonna 1999, jolloin H.323 oli jo muodostunut vallitsevaksi standardiksi varhaisissa VoIP-järjestelmissä. SIP alkoi kuitenkin levitä nopeasti internet-yhteisössä koska se on perusluonteeltaan internet-arkkitehtuurin mukainen.

SIP-sanomat ovat tekstimuotoisia ja käyttävät ISO UTF-8 (ASCII Unicode) -merkistöä. Syntaksiltaan SIP muistuttaa WWW:hen kehitettyä HTTP:tä.

SIP on sovelluserroksen protokolla, joka on tarkoitettu multimediaistuntojen muodostamiseen, hallintaan ja purkuun IP-verkoissa. SIP:n avulla voidaan muodostaa kahden- tai monenkeskisiä istuntoja eikä se ota kantaa siihen, onko istunto videoneuvottelu, puhelu tai esimerkiksi internetissä pelattava peli. Istuntoon voidaan lisätä ja siitä poistaa käyttäjiä ja medioita (esim. ääni tai video) kesken istunnon. Käyttäjät ovat tavoitettavissa sähköpostimaisen SIP-osoitteen kautta riippumatta heidän sijainnistaan verkossa.

SIP tukee viittä multimediaaviestinnän aspektia:

- Käyttäjän sijainti – kommunikaatioon kulloinkin käytettävän laitteen (käyttäjäagentti, user agent) löytäminen verkosta.
- Käyttäjän tila ("presence") – käyttäjän mahdollisuus ja halu ottaa vastaan puheluita tms.
- Käyttäjän mahdollisuudet – mitä medioita, parametreja yms. käyttäjän tämänhetkinen päätelaite ja verkkoliitäntä mahdollistavat.
- Istunnon luominen – "soittaminen" ja istunnossa käytettävien parametrien sopiminen osapuolten välillä.
- Istunnon hallinta – sisältäen istunnon (puhelu tms.) siirron, purkamisen ja modifioinnin.

SIP:hen on myöhemmin lisätty myös mahdollisuus siirtää lyhyitä sanomia käyttäjien välillä merkinantoprotokollan sisällä ilman erillistä mediaa.

Internetin perusluonteen mukaisesti, SIP ei ole vertikaalisesti integroitu palvelu vaan horisontaalinen palveluelementti, jota käytetään yhdessä muiden palveluelementtien kanssa tuottamaan erilaisia palveluita käyttäjille. Internetissä kaikki liikenne kulkee IP-paketteina ja multimediajärjestelmät perustuvat yleensä yhteydettömään UDP-protokollaan. Näiden lisäksi SIP:n yhteydessä käytetään VoIP-palvelun toteuttamiseen mm. seuraavia protokollia:

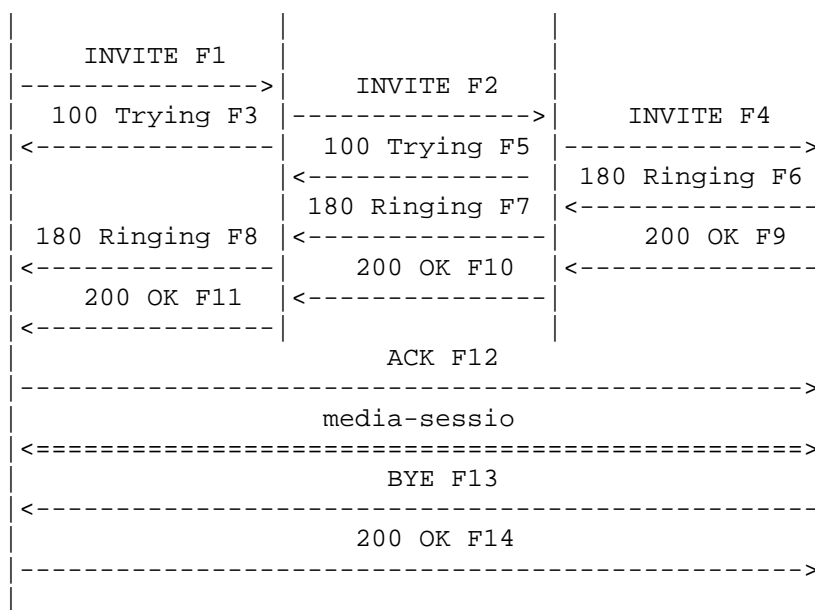
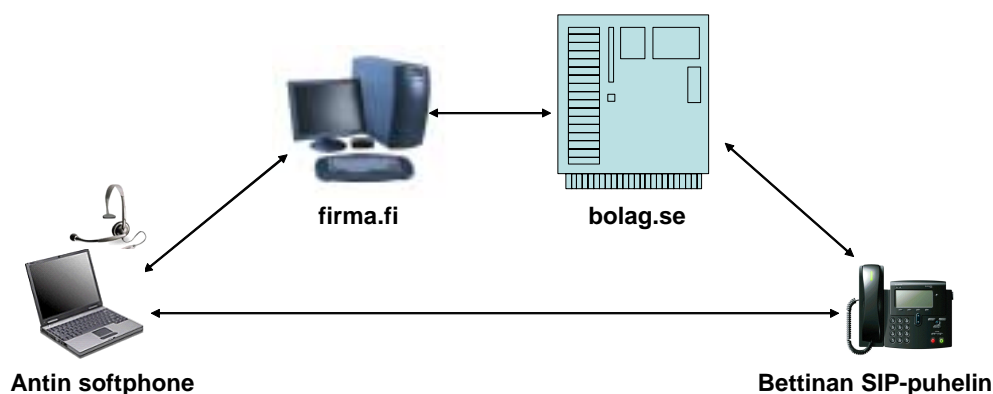
- Real-time Transport Protocol (RTP) – UDP:n päällä toimiva protokolla tosiaikaiseen tiedonsiirtoon ja palvelutason seurantaan. RTP lisää UDP-sanomiin järjestysnumerot ja aikaleimat.
- Session Description Protocol (SDP) multimediaistuntojen kuvaamiseen. SDP välittää mm. istunnon nimen ja tarkoituksen, käytetyn median, tarvittavat osoitteet, porttinumerot yms. tiedot, tarvittavan siirtokapasiteetin sekä istunnosta vastaavan henkilön yhteystiedot.
- Media Gateway Control Protocol (MEGACO) ohjaamaan yhdyskäytäviä yleiseen puhelinverkkoon.

SIP:n toiminta perustuu käyttäjäagentteihin (esimerkiksi IP-puhelin tai työaseman VoIP-ohjelmisto, ns. "softphone") sekä valtakirja-agentteihin ("SIP proxy"), jotka edustavat käyttäjiä internetissä. Käyttäjän päätelaite voi vaihtua, sijaita palomuurin takana, ja olla välillä poissa päältä tai irti verkosta. SIP proxy on laite, jonne käyttäjän laite rekisteröityy ja jonka kautta tämä on tavoitettavissa. Tässä mielessä SIP proxy muistuttaa sähköpostipalvelinta, joka on saavutettavissa internetistä ja aina päällä ja josta käyttäjän sähköpostiagentti käy hakemassa saapuneen postin sekä (usein samaa) palvelinta, jonka kautta käyttäjän sähköpostiagentti lähettää sähköpostia.

SIP:ssä puhelinnumeroa vastaa sähköpostiosoitetta muistuttava SIP-osoite, tyyppiä "sip:matti.virtanen@firma.fi". Tässä tapauksessa firma.fi on yrityksen SIP-proxy, jolle Matti Virtasen käyttäjäagentti rekisteröityy. Soittaessaan puhelun käyttäjäagentti lähettää SIP:n "INVITE"-sanoman omalle SIP-proxylleen, joka välittää sen edelleen vastaanottajan SIP-proxylle. Vastaanottajan SIP-proxy katsoo mistä IP-osoitteesta ja UDP-portista vastaanottaja on rekisteröitynyt ja lähettää sanoman edelleen sinne. Vastauksena lähetettävä "OK"-sanomat kulkevat takaisin puhelun vastaanottajalta sen soittajalle näiden SIP-proxyjen kautta. "OK"-sanoman mukana soittajan käyttäjäagentti saa IP-osoitteen ja porttinumeron joiden kautta kutsuttu liittymä on tavoitettavissa. Se voi nyt lähettää "ACK"-sanoman suoraan soiton vastaanottajalle eikä varsinaisen puhelun tai sen päättämiseen liittyvän signaloinnin tarvitse kulkea proxyjen kautta.

Käytännössä operaattorit ja muut palveluntarjoajat kuitenkin usein kierrättävät sekä puhelun että sen päättämiseen liittyvän signaloinnin oman laitteensa kautta. Median kierrättäminen helpottaa palvelutason takaamista, palomuurien läpäisyä ja operaattoreiden välistä yhdysliikennettä. Signaloinnin kierrättämisen motiivina taas yleensä on halu mitata ja laskuttaa puheluminuutteja.

Oheinen kuva 7 antaa esimerkin SIP:n käytöstä internet-puhelussa. Antti työskentelee firma.fi:ssä ja haluaa soittaa bolag.se:ssä työskentelevälle Bettinalle. Antilla on käytössään kannettavaan työasemaan asennettu softphone-ohjelmisto kun taas Bettina käyttää SIP-puhelinta. Antti voi soittaa Bettinalle käyttäen tämän SIP-osoitetta. Bettina taas voi näppäinpuhelimestaan valita vain numeroita. Jotta Bettina voisi soittaa Antille tulee Antin softphonella olla E.164 -tyyppinen puhelinnumero joka on talletettu ENUM-tietokantaan.



```
INVITE sip:bettina@bolag.se SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP pc33.firma.fi;branch=z9hG4bK776asdhs
Max-Forwards: 70
To: Bettina <sip:bettina@bolag.se>
From: Antti <sip:antti@firma.fi>;tag=1928301774
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.firma.fi
CSeq: 314159 INVITE
Contact: <sip:bettina@bolag.se>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142
```

Kuva 7: Esimerkki SIP-puhelun muodostuksesta, käytöstä ja purusta sekä Antin lähettämä "INVITE"-sanoma (RFC 3261:tä mukaellen).

On huomattava, että vaikka SIP on merkkipohjainen protokolla, jota ihminen pystyy melko helposti lukemaan, käyttäjät eivät näe SIP-sanomia vaan laitteensa tai ohjelmistonsa käyttöliittymän. Esimerkin Bettina käyttää SIP-puhelintaan aivan kuten mitä tahansa pöytäpuhelinta, näkemättä lainkaan, että puhelin käyttää VoIP:tä ja SIP:tä.

Kuvan 7 yksityiskohtien ymmärtäminen ei ole tavalliselle lukijalle tarpeen. Oleellista kuvassa on, että VoIP-puhelun muodostus tapahtuu kummankin osapuolen SIP-proxyjen kautta kun taas varsinainen liikenne ("media-sessio"), kuten myös puhelun päättäminen, voi tapahtua suoraan osapuolten kesken.

6.1.4 SIP vs. H.323

Sekä H.323 että SIP käyttävät sähköpostimaisia osoitteita ja niitä voidaan käyttää sekä IP-puheluissa että videoneuvotteluissa.

Ensin markkinoille tulleella H.323:lla on edelleen oma kannattajakuntansa. Siitä pidetään perinteisissä telepiireissä lähinnä siksi, että se on paljon lähempänä perinteistä televerkkoajattelua kuin sen kilpailija SIP.

Viime vuosina SIP on kuitenkin yleistynyt nopeasti ja se syrjäyttänee vähitellen kokonaan H.323:n. Syynä tähän on SIP:n suurempi internetmäisyys. SIP tarjoaa helpon integraation IP-puheen ja muiden internetin sovellusten välillä.

SIP muistuttaa HTTP:tä ja sen varaan on helppo rakentaa uusia palveluita, aivan kuten WWW toimii käyttöliittymänä mitä erilaisimpiin sovelluksiin ja HTTP:tä käytetään Web Services -arkkitehtuurissa myös sovellusten välisessä kommunikaatiossa. WWW-ohjelmoijat on helppo kouluttaa SIP-ohjelmointiin. Palveluelementtinä SIP vapauttaa entistä suuremman luovuuden ja mahdollistaa lukemattomat uudet sovellukset.

On jo selvästi nähtävissä että SIP on syrjäyttämässä H.323:n. H.323 tulee kuitenkin säilymään vielä pitkään joidenkin operaattoreiden sekä varhaisten VoIP-käyttäjien järjestelmissä. Onneksi useat tuotteet tukevat molempia standardeja ja näiden kahden maailman välille on helposti järjestettävissä yhdyskäytävät. Uudet VoIP-palvelut kannattaa joka tapauksessa kehittää SIP:n varaan

6.2 Puheen siirto

Tässä luvussa tarkastellaan lyhyesti seuraavia puheen siirtoon IP-verkossa liittyviä asioita: palvelunlaatu, koodaus, reititys ja palomuurin läpäisy.

6.2.1 Palvelunlaatu

Palvelunlaatu (Quality of Service, QoS) on asia, jota voidaan tarkastella eri tasoilla. Käyttäjä on kiinnostunut puhelun palvelunlaadusta mutta tämä edellyttää tiettyä palvelulaatua myös verkolta.

Internet-arkkitehtuurin mukaisesti kaikki palvelut toimivat IP:n päällä. Puhelun on saatava verkosta riittävä määrä riittävän laadukasta IP-kapasiteettia, jotta se voisi olla laadukas.

IP-palvelun laatuun liittyvät seuraavat parametrit:

- Sovelluksen käytössä oleva kapasiteetti (kbit/s).
- Pakettien viive ja sen vaihtelu ("jitter").
- Pakettien katoamistodennäköisyys.

Internetin luonteeseen kuuluu, että IP-paketteja katoaa joskus ja ylempien kerrosten protokollat pystyvät toimimaan tästä huolimatta. TCP-yhteys toimii yleensä hyvin jos vähintään 90 % paketeista saapuu perille kohtuullisella viiveellä. UDP-pohjaisen VoIP:n kestävä pakettien katoaminen riippuu käytetystä puheenkoodaustavasta.

DiffServ on internetin palvelunlaatu-protokolla, joka kunnioittaa arkkitehtuurin perusteita. Se on yhteydetön ja tilaton protokolla, jossa kaikki IP-paketin reitittämiseen tarvittava tieto kulkee paketin mukana. DiffServ ei käytä varsinaista resurssien varausta joten se on tehokas ja hyvin skaalautuva.

Suomalaiset IP-operaattorit ovat jo useita vuosia käyttäneet DiffServiä sisäisissä verkoissaan ja tarjonneet sitä myös yritysasiakkaidensa intraneteihin. IP-paketit jaetaan tällöin yleensä neljään laatuluokkaan:

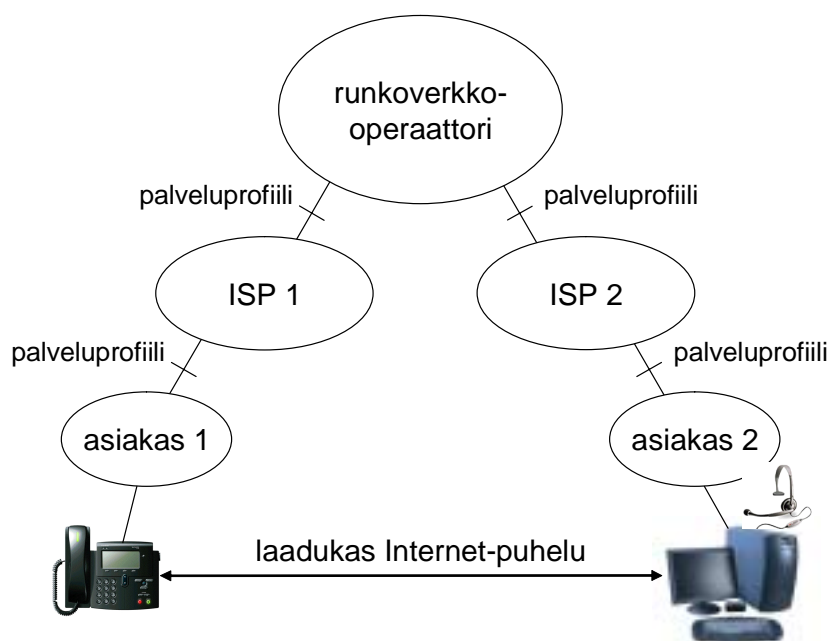
- Kulta ("gold") – erittäin pieni viive ja pieni katoamistodennäköisyys. Tämä luokka sopii mm. VoIP:lle ja videoneuvottelulle.
- Hopea ("silver") – kultaa suurempi viive mutta vielä pienempi katoamistodennäköisyys. Tämä luokka sopii tapahtumakriittisille sovelluksille kuten esimerkiksi ERP-järjestelmät (SAP R/3 yms.).
- Pronssi ("bronze") – pienempi viive ja katoamistodennäköisyys kuin luokattomalla liikenteellä. Soveltuu mm. ammattimaiseen WWW-käyttöön yms. sovelluksiin.
- Luokaton ("best effort") palvelu, jossa pakettien viive ja katoamistodennäköisyys vaihtelevat suuresti verkon kuormitustilanteen mukaan.

DiffServ soveltuu erittäin hyvin VoIP-liikenteeseen myös ekstranetissä ja avoimessa internetissä. Tätä varten palvelunlaatureititys on kuitenkin saatava toimimaan myös operaattoreiden välillä. Ongelma on pikemminkin poliittinen kuin tekninen.

DiffServiin perustuvat palvelut ovat operaattoreille mahdollisuus kasvattaa tuottamaansa asiakasarvoa ja laskutustaan. Kuvan 4 mukaan korkeampien palveluluokkien arvo tulee olemaan noin puolet koko liikenteen arvosta vaikka niiden volyyymi tulee olemaan vain pieni osa IP-verkon kokonaisvolyymistä.

Palvelunlaadun laskutus onnistuu helposti sopimalla asiakaskohtaisia palveluprofiileita, joita sekä asiakas että palveluntarjoaja voivat valvoa. Asiakas voi tilata esimerkiksi 100 Mbit/s fyysisen liitännän (Fast Ethernet) ja sopia tähän profiiliksi 100 kbit/s kultaa, 1 Mbit/s hopeaa, 10 Mbit/s pronssia ja loput luokaton palvelua. Tällöin asiakkaalla voi aina olla käytössä kolme yhtäaikaista laadukasta IP-puhelua. Tarpeiden muuttuessa voidaan profiilia ja kuukausilaskutusta muuttaa vastaavasti. Tämä antaa operaattorille mahdollisuuden palveludifferointiin ja sitä kautta suurempaan asiakasarvoon ja korkeampaan kuukausilaskutukseen kuin perinteisissä internet-liittymissä, joissa kilpaillaan hinnalla eikä palvelutasolla.

Mekanismi soveltuu hyvin sekä asiakkaan ja palveluoperaattorin että palvelu- ja verkko-operaattorin välisiin suhteisiin. Asiakas tilaa palveluoperaattoriltaan tietyn tason palvelun. Palveluoperaattori ostaa verkko-operaattorilta riittävästi laadukapasiteettia, jotta se pystyy suoriutumaan velvoitteistaan omia asiakkaitaan kohtaan. Verkko-operaattori ostaa edelleen ulkomaankapasiteettia joltain globaalilta verkko-operaattorilta. Jokaisessa välissä on palvelurajapinta, jolle on sovittu tietty palveluprofiili. Asiakas priorisoi itse oman liikenteensä ja voi liityntäreitittimessään tai palomuurissaan tarkistaa, että liikenne on sovitun profiilin rajoissa. Palveluntarjoaja taas voi omassa liityntäreitittimessään tarkistaa, että asiakkaan liikenne on profiilin rajoissa.



Kuva 8: DiffServin palveluprofiilit VoIP-käytössä.

Kuva 8 havainnollistaa DiffServin ja palveluprofiilien hyväksikäyttöä internet-puheluissa. Asiakas 1 on tilannut ISP 1:lta palvelun, johon sisältyy riittävä määrä korkeimman palveluluokan ("kulta") IP-palvelua. ISP 1 on mitoittanut ja konfiguroinut oman verkkonsa siten, että sovittu palvelutaso toteutuu sen sisällä. ISP 1 on tilannut runkoverkko-operaattorilta omien asiakkaidensa internet-puheluihin riittävän määrän "kulta" -palvelua. Vastaavasti asiakas 2 on tilannut ISP 2:lta ja ISP 2 runkoverkko-operaattorilta tarvittavan määrän "kulta" -tason IP-

kapasiteettia. Lisäksi molemmat asiakkaat ovat huolehtineet palvelun laadusta omissa sisäverkoissaan. Internet-puhelu asiakkaiden välillä saa nyt riittävän palvelunlaadun päästä päähän vaikka se kulkee kolmen operaattorin kautta.

Edellä kuvattua mallia on sovellettu ainakin pienessä skaalassa ulkomailla. On huomattava, että tässä on kyse IP-tason kapasiteetista, joka ei ole sidottu mihinkään yksittäiseen sovellukseen. Esimerkiksi yksityisasiakas, joka haluaa varmistua IP-puheluidensa laadusta, maksaa omalle laajakaistaoperaattorilleen pientä lisähintaa siitä, että hänen käytössään on aina esimerkiksi 60 kbit/s kaksisuuntaista korkean prioriteetin internet-kapasiteettia, mikä vastaa kahta yhtäaikaista IP-puhelua. Jos myös puhelun toisella osapuolella on käytössä vastaava järjestely, voidaan IP-puhelulle yksinkertaisella tavalla taata riittävä palvelunlaatu päästä-päähän.

Internet-operaattorin laskutus ei kohtuudella voi perustua IP-pakettien sisältöön (kuten komission VoIP-raportissa [5] esitetään) vaan hyväksyttävät laskutusperusteet ovat liikenteen määrä sekä palvelun laatu. Palvelun hintaan voi myös vaikuttaa se, suuntautuuko liikenne toisen operaattorin verkkoon tai ulkomaille. Tässä tarvitaan vastaavaa sääntelyä ja segmenttihinnoittelua kuin perinteisissäkin puheluissa. Valitettavasti tämä ei esimerkiksi matkapuhelinpalveluiden hinnoittelussa nykyisellään toimi hyvin, kuten käy ilmi LVM:n raportista "Matkaviestinnän hinnoittelu- ja yhteenliittämisyjärjestelmien vertailu" [9].

Käytännössä internet-liitymissä ei juurikaan ole laskutettu siirretyn tiedon määrän vaan liittymän nopeuden mukaan. Poikkeuksen tästä säännöstä muodostavat mobiilidatapalvelut, joissa tyypillisesti laskutetaan per siirretty megatavu. Tämä on luultavasti myös merkittävä syy sille, että mobiilidata ei ole vielä tullut laajaan käyttöön vaikka selviä tarpeita sille on olemassa.

Ainakin kiinteissä liitymissä sekä WLAN-pohjaisissa palveluissa tulisi käyttää kiinteää kuukausihintaa, joka perustuu liittymän nopeuteen ja palveluprofiiliin. Tämä mahdollistaa yksinkertaiset laskutusjärjestelmät ja kannustaa palveluiden nykyistä laajempaan hyödyntämiseen. Operaattoreiden on löydettävä keinoja tuottaa asiakkaille aitoa lisäarvoa tuottavia sovelluksia, joiden käytöstä voidaan laskuttaa erikseen. Siirtokapasiteetin myynti ei verkkotekniikoiden ja kilpailun kehityessä enää voi olla läheskään niin tuottoisaa liiketoimintaa kuin se oli telemonopoli-aikaan.

Palvelunlaatua voidaan toteuttaa myös IP-kerroksen alapuolella. Langattomiin lähiverkkoihin on kehitteillä IEEE 802.11e -standardi ja langallisissa lähiverkoissa (erityisesti Ethernet) ovat jo käytössä IEEE 802.1Q -virtuaaliverkot (VLAN) sekä IEEE 801.1p -priorisointi. Näillä menetelmillä voidaan esimerkiksi yritys-, kampus- tai seutuverkossa ohjata VoIP-liikenne omaan VLANiin, jolle on annettu korkeampi prioriteetti kuin muulle liikenteelle.

6.2.2 Koodaus

Puheen siirtäminen digitaalisessa muodossa edellyttää sen digitointia ja koodausta. Perinteisessä digitaalisessa puhelinverkossa käytetään PCM-koodausta, jossa puheesta otetaan 8 bitin näytteitä 8 kHz taajuudella. Näin muunnetaan 4 kHz puhekaista 64 kbit/s digitaalseksi tietovuoksi.

Lineaarinen 256-tasoinen koodaus ei anna puheelle kovin hyvää dynamiikkaa. Tästä syystä otetaan näytteet yleisesti 12 – 14 bitin tarkkuudella ja konvertoidaan ne logaritmisella asteikolla kahdeksanbittisiksi. Tätä tekniikkaa käyttävät G.711:n versiot u-law (PCMU) ja A-law (PCMA).

Puhetta voidaan tiivistää ("kompressoida") merkittävästi ilman että ihmisen kuulema subjektiivinen äänenlaatu tästä juurikaan huononee. VoIP:ssä käytettävän puheenkoodausmenetelmän tärkeitä ominaisuuksia ovat sen vaatimat siirto- ja prosessointikapasiteetti, sen aiheuttama viive sekä algoritmin herkkyys kadonneille paketeille ja vapaus lisenssimaksuista. Useimmat uudet tehokkaat koodausmenetelmät ovat patentoituja ja niiden käytöstä on maksettava lisenssimaksuja, mistä syystä ne eivät saavuta yleistä hyväksyntää.

"GSM Phase 2" määrittelee puheelle neljä koodaustapaa, joita voidaan käyttää myös VoIP:ssä. Näiden menetelmien ongelma on siinä, että ne vaativat joko erityisen koodaus/dekoodaus -piirin tai paljon prosessointikapasiteettia.

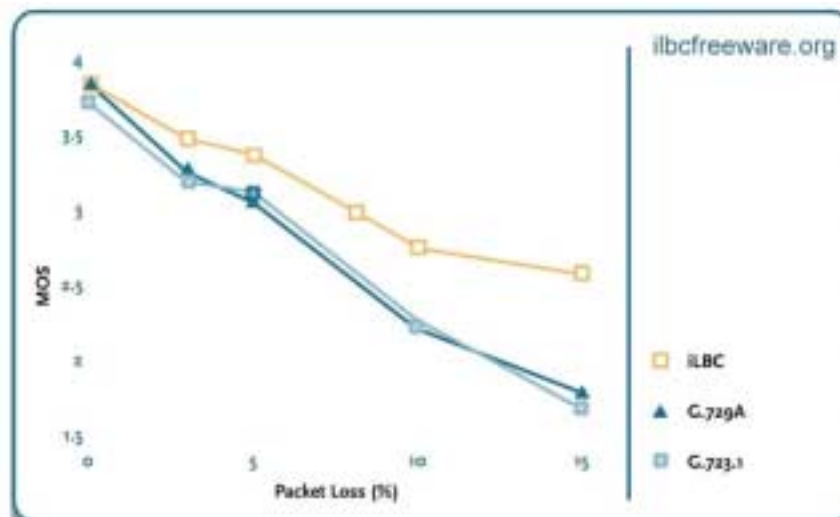
GSM Phase 2:ssä käytetyt codecit ovat:

- Full-Rate Codec (13,2 kbit/s),
- Half-Rate Codec (6,6 kbit/s),
- Enhanced Full-Rate Codec (12,2 kbit/s),
- Adaptive Multi-rate Codec (vaihtuva nopeus).

Yleisimmät VoIP:ssä käytetyt koodaus/dekoodaus -tavat ("codec") ovat seuraavat:

- G.711 (PCM), kompressoimaton 64 kbit/s, erittäin pieni viive.
- G.723.1 u/A, 6,3 tai 5,3 kbit/s, noin 67,5 ms yksisuuntainen viive.
- G.729, 8 kbit/s, noin 25 ms yksisuuntainen viive.
- iLBC, 13,33 kbit/s 30 ms tai 15,2 kbit/s 20 ms kehyksin.

iLBC on lisenssivapaa koodaustapa, jolle on saatavana myös lisenssivapaa avoimen lähdekoodin ohjelmatoteutus (www.ilbcfreeware.org). iLBC on toteutettu useissa uusissa VoIP-puhelimeissa ja -ohjelmistoissa ja sen suosio on nopeassa kasvussa. Koodaustapa sietää erittäin hyvin kadonneita ja viivästyneitä IP-sanomia (jopa 15 % katoamiseen asti) ja sen vaatima kapasiteetti IP-kehystyksineen on vain noin 30 kbit/s.



The tests were performed by Dynstat, Inc., an independent test laboratory.
Score system range: 1 = bad, 2 = poor, 3 = fair, 4 = good, 5 = excellent

Kuva 9: Virhesietoisuusvertailu iLBC:n, G.729A:n ja G.723.1:n välillä (lähde: Global IP Sound).

ITU:n P.800 -suosituksessa määritelty MOS ("Mean Opinion Score") mittaa käyttäjän kokemaa (subjektiivista) puhelun laatua skaalalla: 1 ("huono") – 5 ("erinomainen"). Äänenlaatua mitataan myös muilla mittareilla, joista eräitä yleisimmin käytettyjä ovat MOS:n ohella ITU:n P.861 "Perceptual Speech Quality Measurement" (PSQM) sekä tämän korvaava myöhempi P.862 "Perceptual Evaluation of Speech Quality" (PESQ). British Telecom on kehittänyt oman menetelmänsä nimeltä "Perceptual Analysis/Measurement System (PAMS).

6.2.3 Reititys

Operaattorit ovat laajasti siirtymässä VoIP:hen lähinnä pienentääkseen pääoma- ja käyttökustannuksiaan. Operaattoreiden IP-verkkojen yhteenliittäminen aiheuttaa ongelmia niiden hallinnalle, tietoturvalle ja palvelunlaadulle.

Session Border Controller (SBC) on laite, joka sijaitsee operaattorin verkon reunalla ja jonka kautta yhdysliikenne ulkomaailmaan kulkee. SBC:t on suunniteltu nimenomaan helpottamaan tosiaikaisen multimedian (mukaanluettuna VoIP) välittämistä verkosta toiseen.

Käytännössä operaattorit ohjaavat usein kaiken liikenteen SBC:itten kautta, koska tämä helpottaa yhdysliikenteen, tietoturvan ja palvelunlaadun toteuttamista nykyisissä IP-verkoissa.

Kun palvelunlaatureititys (DiffServ) saadaan toimimaan, onnistuu VoIP palvelunlaadun suhteen hyvin myös avoimessa internetissä.

IPv6 on internet-protokollan uusi versio, joka on vähitellen tullut käyttöön nykyisen IPv4:n rinnalle. Suurin ero on, että IPv6 käyttää 128-bittisiä IP-

osoitteita kun taas IPv4:n osoitteenpituus on 32 bittiä. 32 bitillä on teoriassakin mahdollista määritellä korkeintaan n. 4 miljardia osoitetta, mikä on selvästi vähemmän kuin maapallon asukasluku. Internetissä arvellaan pian olevan kymmeniä miljardeja laitteita.

IPv6 on yleistynyt vain hitaasti koska USA:ssa ja Länsi-Euroopassa on käytettävissä suhteellisen runsaasti IPv4-osoitteita. Lisäksi NAT (Network Address Translation) on merkittävästi vähentänyt osoitteiden tarvetta. Muualla maailmassa, erityisesti Aasiassa, tilanne on kuitenkin toinen. Esimerkiksi koko Kiinalle on varattu vähemmän IPv4-osoitteita kuin Stanfordin yliopistolle. Kiinassa ja Japanissa uudet VoIP ja mobiilipalvelut kehitetäänkin suoraan IPv6:een.

IPv6:een siirtyminen tuo mukanaan myös muita etuja. Esimerkiksi IPv6:n reititysotsake (Routing Header) helpottaa reititystä. IPv6-protokollatoteutuksessa IPSEC-turvaprotokolla on pakollinen optio. Mikään ei kuitenkaan estä käyttämästä samaa tekniikkaa myös IPv4:n kanssa.

Tietoturvallisuus on silti ongelma, johon palaamme luvussa 7. Erityisesti VoIP:hen liittyvä SPIT (Spam Over Internet Telephony) on kasvava ongelma. USA:ssa, jossa paikallispuhelut yleensä sisältyvät kiinteän puhelinliittymän kuukausimaksuun, roskapuheluita on esiintynyt jo perinteisessä puhelinverkossa. VoIP 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.

6.2.4 Palomuurin läpäisy

Eräs VoIP:hen liittyvä ongelma on palomuurien läpäisy. Yksinkertainen ja toimiva palomuri on Network Address Translation (NAT), jota käytetään yleisesti organisaation sisäisen verkon ja internetin välillä. NAT:tä käyttävät myös operaattorit ja yhä useammin tavalliset kuluttajat kotiverkoissaan. NAT mahdollistaa yhden internetistä reitittyvän IP-osoitteen jakamisen usean pääte-laitteen ja käyttäjän kesken. NATista on olemassa useita eri versioita, joista yleisin on ns. "Full Cone".

Suuremmissa organisaatioissa käytetään monipuolisempia internet-palomuureja, joihin kuuluvat dynaaminen pakettisuodatus ja/tai sovellustason yhdyskäytävät. VoIP:n käyttämät UDP-portit on päästettävä palomuurin läpi, jotta VoIP toimisi.

Palomuurin ulkopuolella sijaitsevan STUN-palvelimen (Simple Traversal of User Datagram Protocol (UDP) Through Network Address Translators (NATs), RFC 3489) avulla palomuurin sisäpuolinen laite voi selvittää, millainen NAT sen ja ulkomaailman välillä toimii. Nykyaikaiset VoIP-puhelimet ja -ohjelmistot osaavat käyttää STUN-palvelinta mutta sitä ei yleensä välttämättä edes tarvita vaan palomuurin läpäisy on järjestettävissä muutenkin.

6.3 Yhdysliikenne

Yhdysliikenne VoIP-järjestelmien välillä sekä VoIP:n ja yleisen puhelinverkon välillä ovat välttämättömiä edellytyksiä IP-puheen tehokkaalle hyödyntämiselle.

6.3.1 Yhdysliikenne VoIP-järjestelmien välillä

VoIP peering, jossa VoIP-operaattorit liittävät järjestelmänsä yhteen vastavuoroisuusperiaatteella ilman keskinäistä laskutusta, on vallitseva käytäntö uusien operaattoreiden kesken.

Toistaiseksi VoIP-operaattoreiden välisiä peering-järjestelyjä sovitaan tapauskohtaisesti niin kuin osapuolet kulloinkin katsovat parhaaksi. FreeWorld Dialup (www.freeworlddialup.com) yrittää saada aikaiseksi enemmän avoimuutta keräämällä peering-partnereita kun taas suljetun Skypeen eksponentiaalinen kasvu voi osoittautua ongelmalliseksi myöhemmässä vaiheessa, jos suljetut VoIP-palvelut pääsevät määräävään markkina-asemaan ilman että on olemassa lainsäädäntöä, joka asettaisi näille HMV-operaattorien velvoitteita.

Perinteiset puhelinoperaattorit taas sovittavat VoIP:n perinteisiin yhdysliikennejärjestelyihinsä, yrittäen soveltaa perinteisiä laskutusmallejaan niin pitkään kuin mahdollista.

6.3.2 Yhdysliikenne yleiseen puhelinverkkoon

Toimiva yhdysliikenne VoIP:n ja yleisen puhelinverkon välillä on yleisen edun mukaista ja sen tulisi olla lainsäätäjien keskeinen tavoite VoIP:hen liittyvässä sääntelyssä. Tähän liittyy oleellisena osana ENUM-tekniikka, jossa puhelinnumerot muunnetaan domain-nimiksi ja talletetaan internetin nimipalveluun DNS:ään.

6.3.2.1 MEGACO

MEGACO mahdollistaa IP-verkon ja puhelinverkon välisten mediayhdyskäytävien ohjaamisen. Kyseessä on tärkeä standardi, jonka lähempi tarkastelu ei kuulu tämän raportin piiriin.

6.3.2.2 ENUM

Electronic Numbering, IETF:n kehittämä tapa muuntaa E.164-tyyppinen puhelinnumero internetin URI:ksi. Esimerkiksi numero "+358 9 1234567" talletetaan DNS:ään domain-nimenä "7.6.5.4.3.2.1.9.8.5.3.e164.arpa", johon voidaan liittää esimerkiksi sähköpostimainen SIP-osoite ("sip:matti.virtanen@firma.fi"). ENUM-palvelu on välttämätön yhdysliikenteelle puhelinverkosta internetiin.

Suomen ENUM-nimiavaruuden juuri "8.5.3.e164.arpa" olisi otettava hyvään hallintaan. Tätä varten tarvitaan myös ENUM-palvelin, joka osaa vastata Suomen ENUM-juuren alla olevia nimiä koskeviin kyselyihin.

Luonnollinen taho vastaamaan tällaisesta palvelusta olisi Viestintävirasto. Erityisen tärkeää on pitää ENUM-palvelu riippumattomana operaattoreista.

Viestintävirastossa on meneillään 071-numeroita vastaavien ENUM-nimien pilotointi, jonka kesto on jatkettu. Lisätietoja on saatavissa Viestintäviraston WWW-sivulta: <http://www.ficora.fi/suomi/tele/enum071.htm>.

Viestintävirasto on rekisteröinyt ja delegoinut käyttöön otettuja valtakunnallisia siirrettäviä numeroita (071-numeroita) vastaavia ENUM-nimiä pilottikäyttöä varten. Rekisteröintiä voi hakea henkilö tai yritys, jolle Viestintävirasto on myöntänyt vastaavan 071-numeron käyttöoikeuden. 071-numeroita vastaavien ENUM-nimien osalta Viestintäviraston VoIP-pilotti alkoi 23.11.2003 ja päättyy 1.6.2005.

Tehdyt delegoinnit ovat voimassa vain pilotin ajan ja ne puretaan pilotin päättyessä. Mikäli pilotti päättyy kaupallisen vaiheen aloitukseen, delegoinnit voidaan myös hakijan toivomuksesta siirtää Viestintäviraston palvelimelta kaupallisesti operoidulle Tier 1-nimipalvelimelle. Viestintävirasto voi tarvittaessa teknisten tai resursointiin liittyvien syiden vuoksi rajoittaa 071-pilottiin osallistujien lukumäärää.

Viestintävirasto on julkaissut seuraavat ENUM:ia koskevat työryhmäraportit, jotka löytyvät WWW-sivulta: <http://www.ficora.fi/suomi/tele/enumtd.htm>:

- ENUM-perusselvitys
- ENUM-pilottisuunnitelma
- ENUM-testisuunnitelma
- 071-numeroita vastaavien ENUM-nimien hakuohje liitteineen

Viimeistään nyt olisi aika laajentaa ENUM-pilottia ja kehittää sitä tuotantokäytön suuntaan. TkT Juha Heinänen on laatinut ehdotuksen [10], jonka mukaan ENUM-pilotissa toteutettaisiin keskitetty DNS-master-tietokanta, jota kunkin numeron haltija voisi omalta osaltaan ylläpitää web-pohjaisen käyttöliittymän kautta. Lyhyt (kaksisivuinen) ehdotus oheistetaan tämän raportin liitteenä.

6.4 Liikkuvuuden tuki

Matkapuheluiden yleistymisen osoittaa, että liikkuvuus tuo lisäarvoa, josta käyttäjät ovat valmiita maksamaan. Todellinen liikkuvuus tulee myös IP:hen ja sen sovelluksiin, mukaan luettuna VoIP.

Todellinen liikkuvuus IP-verkossa merkitsee päätelaitteen kykyä siirtyä automaattisesti fyysisestä verkosta toiseen ilman että kommunikointiin tästä syntyy katkoa.

Liikkuvuuden tukeen on kehitteillä useita ratkaisuja mutta mikään näistä ei vielä ole saavuttanut suurta käytännön merkitystä.

6.4.1.1 MIP

Mobile IP (MIP) on internetin vakioratkaisu liikkuvuuden hallintaan. MIP perustuu kotiagenttiin (Home Agent), jonka kautta päätelaite on saavutettavissa. Käytännössä myös paluusuuntainen liikenne kulkee yleensä tätä kautta.

MIP on kehitetty pikemminkin vaeltaviin kuin aidosti mobiileihin järjestelmiin. Kun liikkuva päätelaite kytkeytyy uuteen verkkoon, rekisteröityy se automaattisesti paikalliselle vieraille agentille (Foreign Agent), joka edelleen välittää pyynnön päätelaitteen kotiagentille. Koko prosessi saattaa viedä kymmeniä sekunteja, mikä ei ole hyväksyttävää aidossa mobiilikäytössä.

Toinen MIP:n käyttöön liittyvä ongelma on turvallisuus. Vaikka MIP-konsepti tukee vahvaa todennusta, tarvitaan sen turvalliseen käyttöön silti käytännössä IPSEC ja PKI.

6.4.1.2 Hierarchical MIP

Hierarchical MIP (HMIP) on kehitetty TKK:ssa ratkaisuksi nopeaan siirtymiseen verkosta toiseen. Kyseessä on vain tutkimusprojekti mutta käytännön kokeissa on osoitettu, että käyttäjä pystyy HMIP:in avulla vaihtamaan tukiasemaa jopa useita kymmeniä kertoja sekunnissa kadottamatta yhtään IP-sanomaa.

Linux-käyttöjärjestelmälle kirjoitettu Dynamics Mobile IP on saatavissa lähdekoodina osoitteesta: <http://dynamics.sourceforge.net/>. Valitettavasti ohjelmistoa ei ole aktiivisesti kehitetty useaan vuoteen.

6.4.1.3 HIP

Liikkuvuus ja turvallisuus ovat vahvasti sidoksissa toisiinsa ja ne on ratkaistava yhdessä. Host Identity Payload and Protocol (HIP) ratkaisee liikkuvuuden, turvallisuuden ja multi-homingin yhdellä tekniikalla, joka ei edellytä muutoksia varsinaiseen IP-verkkoon.

HIP tarjoaa samalla ratkaisun osoiteavaruuden ehtymiseen (ilman siirtymistä IPv6:een) sekä yhdysliikenteen IPv4:n ja IPv6:n välillä.

MIP ja IPSEC ovat internetin valtavirtaa ja saatavissa tuotteina, HIP puolestaan on vielä tutkimuskohde mutta jo erittäin lupaava sellainen.

Eräs merkittävimpiä HIP:n kehittäjiä on Suomen LM Ericssonin NomadicLab, jonka FreeBSD-käyttöjärjestelmään tehtävästä kehityksestä saa lisätietoja WWW-sivulta www.hip4inter.net.

7 TIETOTURVA

Tietoturvallisuus on keskeinen vaatimus kaikelle tietotekniikalle ja sen merkitys on vain korostumassa tietotekniikan tunkeutuessa kaikille sovellusalueille ja riippuvuuden tietoteknisistä järjestelmistä yhä kasvaessa.

Puhelinjärjestelmän tietoturvalle asetetaan perinteisesti seuraavia vaatimuksia:

- Korkea käytettävyys
- Signaloinnin eheys ja luottamuksellisuus
- Puhelun eheys ja luottamuksellisuus

VoIP:n turvallisuutta voidaan jäsenellä eri tavoilla, usein käytetään näiden jäsentelyjen yhdistelmää:

- Eheys – Luottamuksellisuus – Käytettävyys
- Palvelunlaatu QoS voidaan nähdä käytettävyyden osana
- Merkinanto ja puhelut voidaan tarkastella erikseen
- Virukset, kräkkerit yms. käsitellään usein erikseen

VoIP perustuu tavanomaisiin palvelimiin (soft switch yms.), jotka ovat alttiita hyökkäyksille (virukset, kräkkerit, DDoS jne.). Web-palvelimia vastaan kohdistuvat hyökkäykset ovat jo arkipäivää. Pian varmaan myös VoIP-palvelimet ovat suosittuja kohteita.

Tunnetaan myös tapauksia, joissa verkkomadot ovat kaataneet VoIP-palvelimia ja pysäyttäneet puhelinpalvelut organisaatiossa. Nykyisin näitä vastaan osataan jo suojautua melko hyvin.

VoIP:n yleistyessä palvelunestohyökkäykset kohdistuvat yhä useammin siihen. Erityisen vaarallisia ovat hajautetut palvelunestohyökkäykset (engl. Distributed Denial of Service Attacks, DDoS), joita vastaan ei vielä ole kehitetty tehokkaita puolustusmekanismeja.

Puhelinkoneina toimivat VoIP-järjestelmissä usein tavalliset työasemat, jotka ovat alttiina viruksille, troijalaisille y.m.s. uhille. Ensimmäiset virusohjelmat Windows CE ja Symbian -laitteille on jo löydetty. Myös dedikoiduissa VoIP-puhelimeissa on sulautetut käyttöjärjestelmät, jotka ovat alttiita hyökkäyksille.

Perinteisissä puhelinjärjestelmissä merkinanto kulkee eri kanavissa kuin puhe – VoIP:ssä kaikki kulkee IP-verkossa. Tämä tekee VoIP:n signaloinnista herkemmin haavoittuvan kuin perinteisen puhelinverkon signalointi.

Roskapostin vastine Spam over Internet Telephony (SPIT) on todellinen uhka, joka edellyttää samanlaisia vastatoimia kuin roskapostikin. Molemmissa tapauksissa ongelmaa pahentaa se, että roskan levitys on lähettäjälle ilmaista ja siksi kannattavaa.

7.1 Salauksen käyttö

IPSEC on internetin geneerinen turvaprotokolla, joka toteuttaa eheyden ja luottamuksellisuuden sovellusriippumattomasti IP-tasolla.

Lisäksi tarvitaan toimiva avaintenhallinta sekä julkisen avaimen infrastruktuuri (PKI).

Esimerkiksi SecGo:n Mobile IP ja IPSEC mahdollistavat päästä-päähän salauksen myös mobiililaitteisiin.

7.2 VoIP-järjestelmän turvaaminen

VoIP on vain yksi IP-verkkojen monista sovelluksista ja sen turvaamiseen käytetään samoja menetelmiä kuin muidenkin sovellusten.

Organisaatioiden sisäiset VoIP-järjestelmät voidaan turvata melko tehokkaasti ja yksinkertaisesti seuraavalla tavalla:

- 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 kommunikoidaan VoIP-verkkoon.
- Todenna käyttäjät vahvasti aina kun mahdollista.
- Salaa VoIP-liikenne aina kun mahdollista.
- Huolehdi tietoturvaan vaikuttavista muista osa-alueista, kuten tukijärjestelmistä ja prosesseista, kuten minkä tahansa tieto- tai teleteknisen järjestelmän kyseessä ollessa.

USA:n Defense Information Systems Agency (DISA) on julkaissut varsin perusteellisen oppaan Voice Over Internet Protocol (VoIP) Security Technical Implementation Guide (STIG), Version 1, Release 1, 13 January 2004, 46 p. <http://csrc.nist.gov/pcig/STIGs/VoIP-STIG-V1R1R-4PDF.pdf>. Järjestelmätoimittajilla on omat hyviksi havaitut käytäntönsä (englanniksi "best practice").

8 SÄÄNTELY

Tietoliikenne on liberalisoinnista huolimatta edelleen jossain määrin säänneltyä ja jonkinlainen sääntely tulee koskemaan myös VoIP-palveluita. Erityisen tärkeitä näkökohtia ovat turvallisuus, kuluttajansuoja sekä yhdysliikenne.

8.1 VoIP:n sääntelyyn liittyviä kysymyksiä

Keskeisiä VoIP:n sääntelyyn liittyviä kysymyksiä ovat seuraavat:

- Hätäpuhelut ja paikkatieto
- Yhdysliikenne
- Numerointi (sisältäen numeron siirrettävyys)
- Palvelun käytettävyys
- Tietoturva
- Poikkeusoloihin varautuminen

Käytännössä yhteiskunta voi säännellä vain yhdysliikennepisteitä VoIP:n ja yleisen puhelinverkon välillä sekä VoIP:lle annettavaa numeroavaruutta.

Yhdysliikennepisteiden sääntely on hankalaa koska niihin on pääsy monen välikäden kautta. Terminointia eri maiden puhelinverkkoihin tarjotaan jo nyt useissa foorumeissa (IRC yms.). Tämä tulee hankaloittamaan regulointia paljon jos (ja kun) trendi jatkaa kasvamistaan.

Erityisiä haasteita asettaa internetin kansainvälisyys, joka ei kunnioita maiden välisiä rajoja. VoIP-palvelun tarjoaja voi sijaita missä tahansa ja vain puhelunmuodostuksen tarvitsee kulkea tämän kautta. Varsinainen liikenne voi reitittyä suoraan puhelun osapuolten välillä. Myös yhdysliikennepiste voidaan sijoittaa käytännössä minne tahansa maailmassa.

8.2 VoIP:n sääntely muualla

8.2.1 Yhdysvallat

Yhdysvalloissa liittovaltion regulaattori (Federal Communications Commission, FCC), puheenjohtajanaan Michael Powell, teki marraskuussa 2004 päätöksen, jonka mukaan internet-puhelu on informaatiopalvelu (information service), jonka sääntely on FCC:n vastuulla. Tällä päätöksellä FCC vapautti VoIP:n lähes kokonaan liittovaltioiden ja kuntien kontrollista, poistaen nopeasti leviävät erilaiset osavaltioiden ja kuntien asettamat säännöt ja veroluonteiset maksut. Vonage oli pyytänyt FCC:ltä tällaista päätöstä, jota USA:n VoIP-operaattorit tervehtivät ilolla.

FCC:n päätös katsottiin yleisesti myönteiseksi VoIP:n kehitykselle ja Powell kertoi kokouksessa, jossa päätös tehtiin, että FCC aikoo jatkossakin kohdella VoIP:tä lempeästi. Vapaasti suomennettuna, Powell totesi seuraavaa: "Jos annamme kilpailun ja innovaation riehua vapaana sääntelyn korkeista kustannuksista, kuluttajat voivat jatkossakin odottaa matalampia hintoja, lisää valikoimaa ja uusia innovatiivisia palveluita."

FCC:n päätös ei vaikuta paikallisten puhelinyhtiöiden terminointimaksuihin, joita VoIP-operaattorit maksavat välittäessään puheluita näiden verkkoihin.

8.2.2 *Japani*

Japanissa VoIP:n käytettävissä ovat sekä maantieteelliset numerot että erityinen VoIP-suuntanumero (050). Maantieteellisiin numeroihin sovelletaan periaatteessa samoja sääntöjä kuin perinteisessäkin puhelinverkossa kun taas 050-numeroita käyttävien VoIP-liittymien sääntely on väljempää.

Japanissa selvitetään edelleen tarvetta kehittää sääntelypolitiikkaa VoIP:n yleistyessä.

8.2.3 *Muu maailma*

Vähemmän kehittyneissä OECD:n ulkopuolisissa maissa VoIP:lle suunnitellaan ja asetetaan erilaisia vaatimuksia ja rajoituksia. Esimerkiksi Latinalaisessa Amerikassa useat maat pyrkivät verottamaan VoIP:tä. Joissain maissa on jopa yritetty asettaa rajoituksia internet-asiakkaiden omille VoIP-palveluille, mutta tästä on jouduttu perääntymään.

8.2.4 *EU*

Euroopassa viranomaiset asettavat perinteiselle puhelinverkolle ja sen palveluille seuraavia vaatimuksia:

- Kotimaan ja ulkomaanpuheluiden soittaminen (operaattorin valinta esivalintana tai tunnukseksi) ja vastaanotto
- 112-puhelun ohjaus lähimpään hätäkeskukseen ja soittajan sijainnin selvittäminen
- Kutsuvan liittymän tunnistus
- Yhteystietojen tallentaminen
- Mahdollisuus telekuunteluun

EU:ssa ja Suomessa ei ole vielä lopullisesti ratkaistu sitä, missä määrin perinteisen puhelinverkon vaatimuksia tullaan asettamaan VoIP:lle. Euroopan regulaattoreiden yhteistyöelimen ERG:n (European Regulatory Group) VoIP-työryhmässä (VoIP Working Group) käydään parhaillaan asiasta EU-tason keskustelua, jossa Viestintävirastolla on aktiivinen rooli.

Samalla kun arvioidaan sitä, missä määrin perinteisten puhelinpalveluiden sääntelyä pitäisi soveltaa VoIP:hen, pitäisi pohtia myös sitä, voitaisiinko perinteisenkin puhelinverkon sääntelyä joiltain osin höllentää.

ERG:n VoIP-työryhmässä yleisesti hyväksytty periaate on, että VoIP:hen sovelletaan lyhyellä tähtäyksellä nykyistä sääntelymallia, jota tarkistetaan tarpeen mukaan. Pitemmällä tähtäyksellä nähdään tarve täysin uudelle regulaatorakenteelle.

Sääntely yleinen periaate on, ettei tietoverkossa siirrettäviin sisältöihin puututa. Täysin internetissä tapahtuva VoIP-käyttö ei eroa muusta internet-liikenteestä (esim. sähköposti ja web). Internet-tekniikka mahdollistaa erilaisten sovellusten ajamisen samassa verkossa eikä dataliikennettä ole enää pitkään aikaan säännelty. Tällaisen VoIP-liikenteen sääntely olisi paitsi linjatonta myös käytännössä mahdotonta. Liikenne- ja viestintäministeriön tilaamassa kiinteän verkon tulevaisuutta pohtivassa raportissa [2] päädytään samaan tulokseen.

Lähinnä sääntelijän tehtäväksi jää huolehtia siitä, etteivät operaattorit kaupallisista tai muista syistä aseta suodatuksia tai muita esteitä IP-liikenteen vapaalle siirrolle verkoissaan muuten kuin normaalitilanteessa asiakkaan nimenomaisesta pyynnöstä tai poikkeustilanteissa erityisestä pakottavasta syystä (esimerkiksi tietoturvahyökkäyksen torjumiseksi).

Myös VoIP:n käyttötapojen toinen ääripää operaattorin sisäinen käyttö on regulointimielessä selvä tapaus. Jos operaattori kustannus- tai muista syistä käyttää IP-tekniikkaa perinteisten palveluiden (esim. kiinteään paikkaan tarjottava puhelinpalvelu) toteuttamiseen, ei tämän tulisi mitenkään vaikuttaa operaattorin velvollisuuksiin tai oikeuksiin.

Ongelmallisia ovat näiden ääripäiden väliin jäävät alueet, joihin liittyy yhdysliikenne perinteisen puhelinverkon ja VoIP:n välillä.

8.3 Häätäpuhelut

Ehkä merkittävin huomioonotettava asia VoIP:n käytössä on mahdollisuus soittaa yleiseen hätänumeroon 112. Tähän liittyy ainakin kolme aspektia:

- Puhelun ohjaaminen lähimpään hätäkeskukseen
- Soittajan paikantaminen
- Palvelun käytettävyys hätätilanteissa

Puhelun ohjaaminen lähimpään hätäkeskukseen ei välttämättä aina ole paras ratkaisu vaan tätä asiaa pitää pohtia. Soittajalle voi olla etu päästä puhumaan omalla kielellään oman kulttuuriympäristönsä edustajan kanssa. Esimerkiksi hätäpuhelun ohjautuminen kiinalaiseen hätäkeskukseen, jossa ei välttämättä puhuta mitään soittajan osaamaa kieltä eikä pystytä paikantamaan puhelinta, ei ehkä ole paras ratkaisu.

Soittajan summittainen paikantaminen on mahdollista usealla tavalla. IP-osoitteen perusteella päätelaite voidaan yleensä paikantaa maan, läänin ja kunnan tarkkuudella. Kts. esim. www.anonymizer.com. Muitakin vastaavia palveluita internetistä löytyy. Aikanaan kannettavissa päätelaitteissa yleistyneen satelliittipaikannus (GPS tai sen seuraaja).

Japanissa ministeriön asettama työryhmä luovutti toukokuussa 2004 raporttinsa, jonka mukaan huhtikuun 2007 jälkeen markkinoille tulevissa 3G-puhelimissa tulee olla GPS-pohjainen paikannus, jonka tarkkuus on 15 m. Koska Japanissa puhelinmallit vaihtuvat tiuhaan ja vuonna 2007 lähes kaikkien uusien puhelimien odotetaan toimivan 3G-verkoissa, merkitsee tämä päätös sitä, että Japanin matkapuhelinkanta siirtyy nopeasti GPS-paikannukseen. Vastaava kehitys on odotettavissa myös Euroopassa, vaikka tästä ei vielä ole päätöksiä.

VoIP-palvelun käytettävyys voi olla ongelma. Toisaalta mikään määräys ei kiellä ihmistä elämästä ilman kiinteää tai muutakaan puhelinliittymää. Matkapuhelinverkon tukiasemien toiminta-aika voi sähkökatkojen yhteydessä olla lyhyt ja puhelimen akusta loppuu usein virta. VoIP:lle ei pitäisi asettaa tässä suhteessa kohtuuttomia vaatimuksia.

8.4 Yhdysliikenne

Kun kysytään mitä velvoitteita VoIP-operaattoreille asetetaan, pitää samalla kysyä mitä oikeuksia nämä saavat. ITU:n johtoajatus on toimiva yhdysliikenne. Kansainvälisen standardoinnin ja yhteistyön seurauksena yhdysliikenne toimii kaikkien maailman maiden ja operaattoreiden sekä kiinteiden ja mobiiliverkkojen välillä.

Internetistä on tulossa kolmas kiinteän ja mobiiliverkon kanssa tasavertainen puhelinverkko, johon molemmat edellä mainitut vähitellen integroituvat. Kiinteän ja mobiiliverkon operaattoreille on asetettava velvoite järjestää yhdysliikenne VoIP-pohjaisiin palveluihin, jotka täyttävät tietyt minimiedellytykset.

Periaatteessa mihin tahansa VoIP-liittymään, jolla on E.164 numero talletettuna ENUMiin, on voitava soittaa mistä tahansa puhelimesta ilman että vastaanottajan tarvitsee tätä varten tehdä sopimus jonkin operaattorin kanssa. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että puhelinverkko suorittaa ennen puhelun kytke- mistä DNS:stä ENUM-kyselyn, jolla se tarkistaa onko tämä numero reititettävä yleiseen puhelinverkkoon vai internetiin.

Tätä varten tulisi pystyttää palvelu, jonka alle talletetaan Suomen ENUM-juuresta 8.5.3.e164.arpa johdetut numerot. Vastaava järjestely on jo käytössä toteuttamassa yleisen puhelinverkon numeroiden siirrettävyyttä. ENUMia tarkastellaan yksityiskohtaisemmin seuraavassa numerointia käsittelevässä luvussa.

8.5 Numerointi

Internetissä toteutetulle VoIP:lle tarvitaan E.164-numeroita, jotta yhdysliikenne yleisen puhelinverkon ja VoIP-palveluiden välillä olisi mahdollinen.

USA:ssa on annettu VoIP:lle numeroita paikallisoperaattorin numeroavaruudesta.

Japanissa on käytössä oma VoIP-suuntanumero (050) mutta myös paikallisia numeroita käytetään.

Isossa-Britanniassa VoIP:lle on varattu suuntanumero 056 mutta myös maantieteelliset numerot ja numeron siirrettävyys kiinteästä verkosta VoIP:hen ovat käytettävissä.

Saksassa on äskettäin annettu VoIP:lle oma suuntanumero (032) ja samalla kielletty maantieteellisten numeroiden antaminen VoIP-käyttöön.

Suomessa VoIP:lle annetaan toistaiseksi kolmenlaisia numeroita:

- Maantieteellisiä numeroita (09, 02, 03,...)
- Valtakunnallisia yritysnumeroita (010, 020, 030)
- Henkilökohtaiselle tavoitettavuuspalvelulle varatut numerot (073)

On välttämätöntä, että VoIP-käyttöön saadaan Suomessa maantieteellisiä numeroita, kuten on jo tapahtunutkin. VoIP-palvelulle, joka täyttää tietyt (määriteltävät) laatuvaatimukset, voidaan edelleen antaa maantieteellisiä numeroita kuluttajasuojan tästä kärsimättä.

Nämä numerot eivät paljasta puhelun toiselle osapuolelle, että tämä keskustelee VoIP-liittymän kanssa, joten on johdonmukaista että niiden käyttöön sovelletaan pääosin samoja sääntöjä kuin perinteiseen puhelinverkkoonkin. Asiaa vaikeuttaa jonkin verran se, että VoIP-puhelimet ovat vaeltavia, eikä soittajan (tai soiton vastaanottajan) sijainnista ole varmaa tietoa. Vaeltavuus (nomadisuus) on kuitenkin VoIP:n oleellinen ominaisuus, jota ei pitäisi ryhtyä rajoittamaan. VoIP-palvelulle, joka täyttää tietyt (määriteltävät) laatuvaatimukset, voidaan edelleen antaa maantieteellisiä numeroita kuluttajasuojan tästä kärsimättä.

Voisi olla hyödyllistä antaa paikallisten numeroiden lisäksi VoIP:lle Japanin tapaan oma suuntanumero, josta nähdään että kyseessä on VoIP-pohjainen palvelu. Tämä antaa puhelun toiselle osapuolelle realistisen käsityksen puhelun odotettavissa olevasta minimilaadusta sekä siitä, että toinen osapuoli voi fyysisesti olla lähes missä tahansa. Ainakin tällaisille numeroille pitäisi voida asettaa matalammat laatuvaatimukset.

VoIP:lle pitäisi siis antaa käyttöön sekä paikallisia numeroita että oma valtakunnallinen prefiksi ("suuntanumero"). On mahdollista, että olevasta kiinteän verkon numeroavaruudesta varatuille puhelinnumeroille asetetaan tiukempia laatuvaatimuksia kuin valtakunnalliselle VoIP-numerolle.

Viestintävirastosta ilmoitettiin, ettei suunnitelmissa ole erityisen VoIP-numeron perustaminen. Operaattoreiden kanssa käydyissä keskusteluissakaan ei ole tullut esille tarvetta tällaiselle numerolle. Pikemminkin eräät VoIP-operaattorit ovat olleet sitä mieltä, että numeroinnin osalta olisi selkeämpää ja helpompaa, jos erillistä VoIP-prefiksiä ei perustettaisi. Uusien prefiksien käyttöönotto saattaa hidastaa VoIP:n leviämistä koska se vaatii mm. puhelinvaihteiden uudelleenohjelmointia. Erillinen prefiksi mahdollistaisi myös perinteisille operaattoreille VoIP:n hidastamisen sekä lisälaskutuksen keskusten ohjelmoinneista ja mahdollisesti uusista yhdysliikennejärjestelyistä.

Mahdollisen perustettavan VoIP-prefiksin käyttö ei saisi antaa operaattoreille vapautta laskuttaa puhelusta mitä tahansa, koska puhelun tarjoamisen todelliset kustannukset eivät tämän johdosta juurikaan nouse (IP-puhelun kaukoverkko-osuuden kustannus on varsin pieni). Lisäksi VoIP-prefiksin käyttöön ei pitäisi pakottaa vaan operaattoreille ja asiakkaille pitäisi edelleen tarjota pääsy myös maantieteellisiin ja valtakunnallisiin numeroihin.

CEPTin alainen ECC (Electronic Communications Committee) on julkaissut kommentointia varten oman raporttinsa "Numbering for VoIP Services" [11], joka käsittelee E.164-numeroiden jakoa VoIP:lle Euroopassa. Raportissaan ECC toteaa, että kaksi tärkeintä VoIP-palveluiden numeroinnille asetettavaa vaatimusta ovat:

1. Sen tulisi tukea VoIP-palveluiden uusia piirteitä, joista merkittävin on vaeltavuus.
2. Sen tulisi mahdollistaa kilpailu perinteisten puhepalveluiden kanssa.

Raportin mukaan maantieteellisten numeroiden käyttö tukee kilpailua parhaiten mutta niiden jakoperusteiden muuttaminen tukemaan vaeltavuutta vaatii huomiota. Uusi prefiksi tukee vaeltavuutta parhaiten mutta sen kyky tukea kilpailua vaatii huomiota.

ECC:n raportti on hyväksytty joulukuussa 2004 ja tullut saataville tammikuussa 2005, jolloin tämä raportti oli jo pääosin kirjoitettu. ECC päättyi pitkälti samaan tulokseen, joka edellä on siitä riippumatta esitetty. Tämä lisää ainakin kirjoittajan luottamusta tässä raportissa esitettyjen päätelmien oikeellisuuteen.

Myös matkapuhelinliittymät siirtyvät VoIP:hen. NTT DoCoMo tarjoaa jo yrityksille palvelua, jossa puhelin valitsee automaattisesti asiakkaan WLANin ja DoCoMon FOMA UMTS-palvelun välillä. Vastaavanlaista kaupallista GSM/WLAN -alustaa tarjoaa mm. Motorola-Avaya-Proxim -konsortio. Tulevaisuudessa ei matkapuheluita ja VoIP:tä enää voi erottaa toisistaan.

Koska VoIP on luonteeltaan globaali (käyttäjä voi olla missä tahansa) tarvitaan myös globaali VoIP-numero. ITU on allokooinut "maanumeron" +878 ei-maantieteelliseen käyttöön: "Universal Personal Telecommunication Service (UPT)" ja sen "suuntanumero" 10 on annettu VISIONg-organisaatiolle VoIP-käyttöön.

Prefiksi "+878 10" on siis jo käytettävissä maailmanlaajuisena VoIP-"suunta-numerona". Lisätietoja löytyy osoitteesta: www.visionng.org.

VISIONng on voittoa tuottamaton yhdistys, jonka tehtävänä on tukea jäseniään maailmanlaajuisia, yli hallinta-alueiden ja toimittajarajojen toimivia, erityisesti TIPHON -määrittelyn mukaisia, IP-puhepalveluita. ETSI TIPHON (Telecommunication Internet Protocol Harmonization Over Networks) ja ETSI SPAN sulautuivat syyskuussa 2003 ja niissä aloitettua työtä jatkaa ETSI Technical Body TISPAN. ETSI TISPAN on ydinosaamiskeskus, joka työskentelee kiinteiden verkkojen sekä migraation piirikytkentäisistä pakettikytkentäisiin verkkoihin (ns. "all-IP" -kehityksen) parissa. Lisätietoja löytyy osoitteesta: http://portal.etsi.org/portal_common/home.asp?tbkey1=TISPAN.

Numeron siirrettävyys (97/33/EY ja 98/61/EY) on Suomessa ollut käytössä kiinteässä puhelinverkossa lisääntyvässä määrin vuodesta 1999 (valtakunnallisissa yritysnomeroissa syksystä 2004) ja mobiiliverkoissa vuodesta 2003. Mobiilipuolella vasta numeron siirrettävyys on tuonut mukanaan todellisen kilpailun. Numeroita tulee voida siirtää myös kiinteän ja mobiiliverkon sekä VoIP:n välillä.

8.6 Uhkia

Perinteiset operaattorit ja laitetoimittajat näkevät VoIP:n lähinnä uhkana ja yrittävät jarruttaa sen etenemistä. Näillä tahoilla on ollut turhan paljon painoarvoa eurooppalaisessa päätöksenteossa.

Liiallinen sääntely voi tukahduttaa VoIP:n alkunsa, jolloin sen tarjoamat mahdollisuudet jäävät hyödyntämättä ja Suomen sekä Euroopan kilpailukyky kärsii. Liian tiukka sääntely olisi todennäköisesti vahingollisempaa kuin liian löysä.

IP-verkot (internet ja intranet) ovat nykymaailmassa yhtä tapahtumakriittisiä verkkoja kuin puhelinverkkokin. Niiden varassa ovat jo nyt yhteiskunnan ja elinkeinoelämän kriittiset toiminnot. Puhelinliikenteen siirtyessä IP-verkkoihin niiden käytettävyysvaatimukset kasvavat entisestään. Internetin käytettävyyteen kohdistuvat uhat on torjuttava.

Ohjelmistojen patentointi on merkittävä uhka VoIP:n mahdollisuuksien hyödyntämiselle, uusille innovaatioille, pienille ja keskisuurille toimijoille, sekä koko Euroopan kilpailukyvyille. Suomen tulisi mahdollisuuksiensa mukaan vaikuttaa siihen, ettei ohjelmistoja voisi tulevaisuudessakaan patentoida Euroopassa.

Merkittävän uhan koko internetille muodostavat vaatimukset, joiden mukaan liikennetietojen tallentamisvelvoite koskee IP-verkoissa jokaista pakettia. Internetistä on muodostumassa myös laitteiden verkko, johon pian liitetään mm. pesukoneet, sähkömittarit, ja kaikenlaiset laitteet. Internetin päätelaitteiden lukumäärä ylittää pian maapallon asukasluvun. Myös TV-ohjelmien jakelu on siirtymässä internetiin. Tämä kehitys saattaa myös muuttaa katsomistottumuksia siihen suuntaan, että ohjelmapätkiä ja elokuvia ladataan henkilökohtaisten

mieltymysten ja oman aikataulun mukaan eri puolilta verkkoa sen sijaan että vain siirrettäisiin nykyiset TV-kanavat internetiin.

Liikennemäärät ovat niin valtavia, että jokaisen IP-paketin tunnistetietojen tallentaminen ja varastoiminen jopa useita vuosia ovat kohtuuttomia rasitteita. Tällaiset yritykset tulevat kaatumaan omaan mahdottomuuteensa mutta ehtivät sitä ennen aiheuttaa suurta vahinkoa koko Euroopalle ja erityisesti sen nopeimmin kehittyville valtioille. Lisäksi tällaisen tietomassan hyödyntäminen on erittäin vaikeaa ellei käytännössä mahdotonta.

8.7 Telepolitiikka

VoIP:n sääntely Euroopassa perustuu vuonna 2003 säädettyyn regulaatio-rakenteeseen (New Regulatory Framework, NRF), joka on esitelty tarkemmin lähteessä [5]. NRF jakaa tietoliikennepalvelut kolmeen ryhmään, joista jokainen on edellisen osajoukko ja joihin sovelletaan tässä järjestyksessä tiukentuvaa sääntelyä:

- Sähköinen tietoliikennepalvelu (Electronic Communication Service, ECS):
 - Yksityinen sähköinen tietoliikennepalvelu (Private ECS), esimerkiksi suljetun käyttäjäryhmän verkko.
 - Julkinen sähköinen tietoliikennepalvelu (Public ECS), esimerkiksi laajakaistaoperaattorin tarjoama internet-liittymä.
- Yleisesti saatavilla oleva puhelinpalvelu (Publicly Available Telephone Service, PATS), esimerkiksi Soneran Puhekaista-palvelu Viestintäviraston päätöksen [6] mukaan.

Yleispalveludirektiivin [7] 2 artiklan kohta b) kuuluu seuraavasti:

"yleisellä puhelinverkolla" tarkoitetaan sähköistä viestintä- verkkoa, jota käytetään yleisesti saatavilla olevien puhelinpalvelujen tarjoamiseen; yleinen puhelinverkko tukee verkon liityntäpisteiden välistä puheensirtoa ja myös muita viestintämuotoja, kuten telekopioiden ja datan siirtoa; hintaan tai sellaisin ehdoin, jotka poikkeavat tavanomaisista kaupallisista ehdoista, niin vähäisenä kuin mahdollista, ja samalla niiden on turvattava yleinen etu."

ja kohta c):

"yleisesti saatavilla olevalla puhelinpalvelulla" tarkoitetaan yleisesti saatavilla olevaa palvelua, jonka avulla voidaan ottaa ja vastaanottaa kotimaan- ja ulkomaanpuheluja sekä käyttää hätäpalveluja kansallisessa tai kansainvälisessä numerointisuunnitelmassa olevan numeron tai numeroiden avulla, sekä tarvittaessa yhtä tai useampaa seuraavista palveluista: operaattorin neuvontapalveluja, numerotiedotuspalveluja, luetteloja, maksullisten yleisöpuhelinien tarjontaa, erityisin ehdoin tapahtuvan palvelun tarjontaa, erityistoimintojen tarjontaa

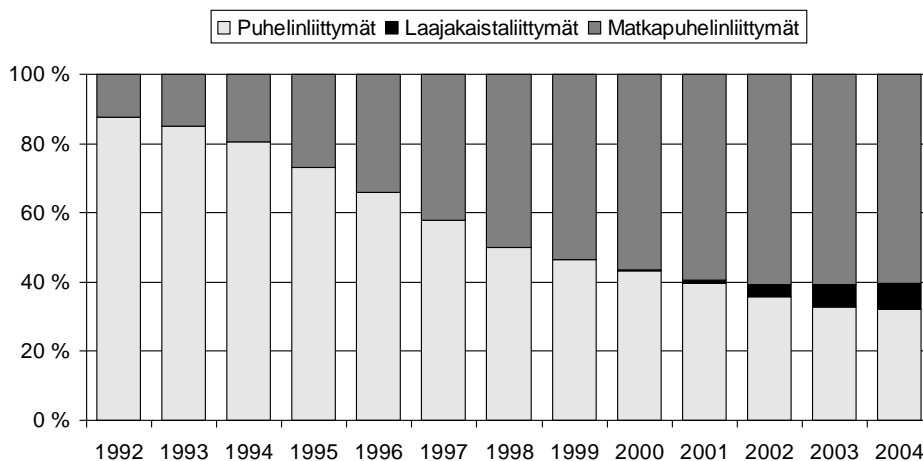
vammaisille asiakkaille tai käyttäjille, joilla on sosiaalisia erityistarpeita, ja/tai muita kuin maantieteellisiä numeroita käyttävien palvelujen tarjontaa;"

Edellä esitettyä yleispalveludirektiivin määritelmää on käytetty pohjana myös määriteltäessä puhelinpalvelua Viestintäviraston määräyksissä. Maksullisten yleisöpuhelinien osalta Suomi on saanut erivapauden, perusteena se, ettei yleisöpuhelimille ole kysyntää sekä että matkapuhelintiheys on täällä suuri.

Yleispalveludirektiivin määritelmä on sikäli ongelmallinen että operaattori voi sen mukaan välttää kaikki yleisesti saatavilla olevalle puhelinpalvelulle asetetut velvoitteet yksinkertaisesti jättämällä esimerkiksi hätäpalveluiden käytön pois, jolloin palvelu ei täytä edellä kohdassa c) esitettyä määritelmää. Tällaisen valinnanmahdollisuuden jättäminen sääntelyn kohteelle on erikoista.

VoIP on perusteiltaan perinteisestä puhelinverkosta eroava tekniikka, jonka soveltamismahdollisuudet ovat tätä huomattavasti laajemmat. VoIP mahdollistaa ns. mediaintegraation ja perinteisten puhelinpalveluiden toteuttaminen on vain pieni osa sen mahdollisuuksista. Sekä EU-tason että Suomen viranomaiset korostavat päätöksissään yleispalveludirektiivin ja koko sääntelyrakenteen teknologianeutraalisuutta. Kuitenkin yleispalveludirektiivi on mitä suurimmassa määrin teknologiasidonnainen ja kirjoitettu kiinteän puhelinverkon pohjalta.

Oheinen kuva 10 esittää erilaisten liittymien suhteellisten osuuksien kehitystä Suomessa ajan funktiona. Kuten kaaviosta nähdään, on perinteisten puhelinliittymien osuus jo pitkään ollut nopeassa laskussa. Mobiililiittymät ovat ohittaneet ne jo vuonna 1999 ja nyt myös laajakaistaliittymät ovat lähteneet nopeaan kasvuun.



Kuva 10: Erilaisten liittymien suhteellisten osuuksien kehitys Suomessa 1992 – 31.3.2004 (lähde: Focus Consulting, [12]).

Yleispalveludirektiivi korostaa mm. yleisöpuhelimien saatavuuden merkitystä. Suomessa näille ei ole pitkään aikaan ollut kysyntää ja vandalismin vuoksi pelkät ylläpitokulut ylittävät moninkertaisesti niiden tuoton. Voidaan kysyä, onko yleisen turvallisuuden kannalta parempi, että maantien varressa on kym-

menen kilometrin välein puhelinkoppi vai että lähes jokaisella ihmisellä on mukanaan matkapuhelin?

Jos matkapuhelinverkolle olisi aikanaan asetettu samat vaatimukset kuin kiinteälle puhelinverkolle, olisi koko homma tyrehtynyt alkuunsa eikä meillä nyt olisi matkaviestinverkkoja, joiden ansiosta yleinen turvallisuus on huomattavasti parantunut. Vielä 1990-luvulla Suomessa oli suurimpien teiden varsilla hätäpuhelimia. Viimeisten kymmenen vuoden aikana ne on vähin äänin poistettu tarpeettomina, koska matkapuhelimet tarjoavat käytännössä niitä paljon paremman turvan. Onneksi Suomi on (ainoana EU-maana) saanut erivapauden pakotteesta ylläpitää kiinteitä yleisöpuhelimia, koska hätäpuhelut ovat käytännössä aina mahdollisia matkapuhelimien kautta.

Esimerkiksi komission VoIP-raportti [5] keskittyy saivartelemaan direktiivin sanamuodoista ja varsinainen asia unohtuu.

EU:n direktiivit ja kotimainen lainsäädäntö on tehty perinteistä puhelinverkkoa ajatellen ja korjattu ottamaan huomioon mobiiliverkot. Vanhaan ympäristöön kehitettyä normistoa yritetään nyt soveltaa myös uusiin VoIP-palveluihin, jotka integroituvat tietotekniikkaan ja mobiilipalveluihin.

EU:sta puuttuu telepolitiikka ja korkean tason policy-keskustelu. Komission ja ministerineuvoston tulisi määritellä tavoitteet ja politiikka, jota sääntelijät toteuttavat. Tällä hetkellä sääntelijät useissa Euroopan maissa käytännössä määrittelevät telepolitiikkaa. Tähän keskusteluun suomalaisella osaamisella pitäisi olla paljon annettavaa.

Keskeinen telepoliittinen kysymys on, mitä yleispalveluilla nykyään pitäisi tarkoittaa. Olisiko perusteltua kirjoittaa uusi yleispalveludirektiivi, jossa matkapuhelin ja kiinteä laajakaistaliittymä määritellään yleispalveluiksi, joiden pitää olla kaikkien kansalaisten saatavilla nopeasti, helposti ja edullisesti?

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Merkittävin huomioonotettava asia VoIP:n sääntelyssä on mahdollisuus soittaa yleiseen hätänumeroon 112. Asia on ratkaistu tyydyttävästi esimerkiksi Iponin palvelussa, jossa käyttäjä itse valitsee WWW-käyttöliittymällä kunnan, jonka hätäkeskukseen 112-puhelut yhdistetään.

Toinen merkittävä kysymys on yhdysliikenne VoIP:n ja yleisen puhelinverkon välillä. Tärkeän osan tätä muodostaa numerointi. VoIP:lle tulisi antaa erityyppisiä E.164-numeroita sekä nykyisestä kiinteän verkon että mobiiliverkon numeroavaruudesta. Lisäksi olisi VoIP:tä varten varattava oma "suuntanumero", jonka käyttö olisi mahdollisimman vapaata. Kiinteän ja mobiiliverkon numeroavaruutta käyttäville VoIP-liittymille voidaan asettaa tiukemmat vaatimukset.

Toimivan yhdysliikenteen oleellinen osa on kansallinen ENUM-palvelu, joka on annettava viranomaisen eikä esimerkiksi operaattorien vastuulle. Luonnollinen taho hoitamaan tätä tehtävää olisi Viestintävirasto.

Tarvitaan langaton kiinteähintainen ("flat-rate") -verkko, jossa toimii avoin ja edullinen IP-palvelu. Mieluiten IPv6, jonka osoiteavaruudesta voidaan varata kiinteät IP-osoitteet jokaiselle päätelaitteelle. Ellei nyt rakentuvista WCDMA-pohjaisista 3G-verkoista ole tähän, tarvitaan uudentyyppisiä langattomia verkkoja. Valtiovallan tulisi huomioida tämä tarve myöntäessään uusia taajuuksia WWAN-verkoille ja kirjata vaatimukset selvästi lupaehtoihin.

Esimerkkejä lupaavista uusista teknologioista, joilla tällainen palvelu voitaisiin toteuttaa kustannustehokkaasti, ovat jo markkinoille tulevat WiMAX (IEEE 802.16) sekä Flash OFDM, joka toimisi esimerkiksi NMT450-verkolta vapautuvalla taajuuskaistalla. Tulossa oleva WiMAX revisio e tukee liikkuvia päätelaitteita aina noin 150 km/t ja sen kanssa kilpaileva Mobile Broadband Wireless Access (MBWA, IEEE 802.20) aina 250 km/t nopeuteen asti.

All-IP -kehitys ja siihen liittyvä VoIP on nähtävä merkittävänä mahdollisuutena yhteiskunnalle, yrityksille ja kansalaisille. Suomen tulisi olla tässä kehityksessä eturintamassa eikä keskivaiheilla – saati sitten jälkijunassa.

ICT:n tehokasta hyödyntämistä pidetään yleisesti merkittävimpänä tapana parantaa tuottavuutta kehittyneissä maissa. VoIP ja sen mahdollistama media-integraatio antavat yrityksille ja julkishallinnon organisaatioille mahdollisuuden järjestää toimintojaan uudelleen. Esimerkiksi Suomen Posti Oyj on saavuttanut hyviä tuloksia soveltamalla VoIP:tä ja IP-pohjaista yhteyskeskusta asiakaspalvelussaan.

Tavalliselle kansalaiselle VoIP yhdessä leviävän laajakaistan kanssa mahdollistaa puhelut (ja haluttaessa myös multimediaistunnot) minne tahansa ilman minuuttilaskutusta. Tämä antaa mökin mummollekin mahdollisuuden asua turvallisesti kotonaan ja pitää samalla yhteyttä lapsiin ja lapsenlapsiin, jotka asuvat kaukana. Kansalaisten [0]kommunikointiin käytettävä osuus tuloista on

noussut huomattavasti viime 10v. aikana mutta nyt VoIP antaa mahdollisuuden taas pienentää sitä.

Eri puolille Suomea syntyvät avoimet, nopeat seutuverkot antavat merkittäviä mahdollisuuksia sekä VoIP:n että myös videokuvan siirtoa hyödyntävien palveluiden leviämislle. Niiden kautta voidaan tarjota kunnille, yrityksille ja kuntalaisille edullisesti käytännössä rajoittamaton tiedonsiirtokapasiteetti oman seutukuntansa alueella, minkä lisäksi operaattorit voivat tarjota niiden kautta internet-palveluita.

Ns. kuvapuheluita on yritetty lanseerata useaan otteeseen mutta niille ei ole ollut kysyntää. Päätelaitteet ovat kuitenkin kehittyneet nopeasti (ns. Mooren lain mukaisesti) ja kauppoihin on jo tulossa noin 500 USD hintaisia kuvapuhelimia. Tavalliseen PC:hen kuvapuheluvalmius on toteutettavissa asentamalla muutamman kymmenen euron hintainen videokamera ja sopiva ohjelmisto. Kun riittävän helppokäyttöiset ja hyvin edulliset multimediaratkaisut tulevat kaikkien ulottuville, on todennäköistä että niitä myös käytetään monilla eri tavoilla.

VoIP:n ja internetin tulevia sovelluksia on mahdotonta ennakoida. GSM:ää ja sen lyhytsanomapalveluakin on käytetty aivan eri laajuudessa ja eri tavoin kuin runsaat kymmenen vuotta sitten osattiin kuvitella. Mitä kaikkea GSM:lläkin olisi jo tehty, jos puhelut ja lyhytsanomamat olisivat lähes ilmaisia (toisin sanoen sisältyisivät rajoittamattomina kohtuulliseen kiinteään kuukausimaksuun)?

Valtiovallan ja EU:n tehtävä tulisi olla kehityksen kannustaminen ja ohjaaminen kansalaisten, elinkeinoelämän ja yhteiskunnan kannalta oikeaan suuntaan. Tiukka sääntely ei ole toivottavaa vaan tärkeää on vapauttaa ihmisten luovuus, joka tuottaa sovelluksia, joita emme ole osanneet edes kuvitella. Kehityksen hidastaminen vanhojen monopolien suojelemiseksi olisi erittäin huonoa politiikkaa. EU:n kehysdirektiivissä ja viestintämarkkinalaissa on omat pykälänsä kehityksen edistämiseksi. Niiden toimivuus käytännössä on kuitenkin vielä osoittamatta.

Seuraavassa lyhyesti keskeisiä lopputulemia, jotka on osin esitetty jo aiemmin:

- Sääntelyn tulee pyrkiä edistämään eikä estämään VoIP:n hyväksikäyttöä.
- Analyysin laatima komission VoIP-raportti [5] on asenteellinen ja osin virheellinen. Komissiolle tulisi laatia parempaa tietoa päätöksenteon pohjaksi.
- Hätäpuhelut ovat järjestettävissä riittävällä tasolla antamalla asiakkaan itse määrittellä minkä kunnan hälytyskeskukseen hätäpuhelut ohjautuvat.
- Yhdysliikenne yleiseen puhelinverkkoon on keskeinen vaatimus. Puhelinoperaattorit on omalta osaltaan velvoitettava järjestämään yhdysliikenne VoIP-pohjaisiin järjestelmiin.
- ENUM-palvelu on välttämätön edellytys yhdysliikenteelle yleisestä puhelinverkosta VoIP-järjestelmiin. Kansallinen ENUM-palvelu on järjestettävä operaattoreista riippumattomasti. Viestintävirasto olisi luonnollinen taho ottamaan siitä vastuun.

- VoIP:lle on annettava käyttöön kaikentyyppisiä numeroita. Tiedetyt minimivaatimukset täyttävä VoIP-liittymä saa käyttöön maantieteellisiä numeroita ja erityisiä VoIP-numeroita voidaan jakaa varsin vapaasti.
- Matkapuhelinverkot toimivat VoIP:tä täydentävänä vaihtoehtoisena puhelinpalveluna joten VoIP:lle ei ole tarpeellista asettaa tiukkoja käytettävyyksvaatimuksia.
- VoIP:lle asetettavat toiminnalliset ja laatuvaatimukset pyrkivät suurelta osin toteuttamaan kuluttajasuojaa. Jos kuluttajaa informoidaan riittävän hyvin VoIP-palvelun rajoituksista (esimerkiksi äänenlaadun, käyttövarmuuden tai hätäpuheluiden ohjauksen suhteen), voidaan näistä vaatimuksista tinkiä ja antaa vastuu päätöksestä asiakkaalle.
- Esimerkiksi oma VoIP-prefiksi kertoo puhelun toiselle osapuolelle, ettei toisen osapuolen sijainnista tai äänenlaadusta aina ole varmuutta.
- IP-palvelu ja sovellukset ovat horisontaalisen internet-arkkitehtuurin mukaisesti erillisiä. VoIP:n sääntely on siksi erotettava IP-palveluiden sääntelystä ja on huolehdittava siitä, että VoIP-palveluita voidaan tarjota verkko-operaattorista riippumatta kaikissa julkisissa IP-verkoissa.
- DiffServ-pohjainen palvelulaatu on saatava toimimaan myös operaattoreiden välillä. Asiakkaan on voitava itse päättää mikä palvelunlaatu on riittävä millekin sovellukselle. Kilpailu asettaa hinnat oikealle tasolle.
- Verkko-operaattoreiden yritykset rajoittaa kilpailua lisäarvopalveluissa suodatuksin sekä hinnoittelun tai palvelutason kautta on estettävä lainsäädännön ja sääntelyn keinoin.
- Yleispalvelu tulisi määritellä uudestaan. yleispalveludirektiivi keskittyy kiinteän puhelinverkon palveluihin, jotka ovat merkitykseltään väheneviä. Oleellista olisi määritellä yleispalveluiksi kiinteä laajakaistainen internet, jossa on riittävä palvelunlaatu myös VoIP-käyttöön, sekä kaikkialla toimiva edullinen matkapuhelin.
- Ei ole todennäköistä, että komissio olisi valmis tekemään suuria muutoksia nykyisiin direktiiveihin ennen kuin ne on toteutettu kaikissa EU:n jäsenmaissa. Koska eri jäsenmaat ovat hyvin eri vaiheissa (taloudessa, tekniikassa ja lainsäädännössä), tulee tämä viemään kauan. LVM:n tulisi toimia sen hyväksi, että jäsenmaat jotka ovat jo toteuttaneet keskeiset direktiivit saisivat edetä kehityksessä joutumatta odottamaan hitaampia jäsenmaita. Suomi sopisi tässä suhteessa hyvin EU-tason laboratorioksi uuden tieto- ja tietoliikennetekniikan käytössä.
- IP-pohjaiset verkot on todettava kiinteän puhelinverkon ja mobiiliverkon rinnalla yhteiskunnan keskeiseksi infrastruktuuriksi, jonka keskeinen palvelu on VoIP. Erikseen tulee miettiä, mitkä vaatimukset ja oikeudet ao. palvelun tuottamiselle tulee asettaa jotta mahdollistetaan maassamme matkapuhelinverkkojen tapainen menestystarina. Oman vivahteensa pohdintaan tuo ilmeinen konvergenssi. Se, että pohdintaa ei ole kaikin osin tehty, ei saa hidastaa ao. teknologian nopeaa käyttöönottoa.

10 LÄHTEITÄ

1. *Televiestinnän vuositilasto*, Tilastokeskus, elokuu 2004
2. *Kiinteiden verkkojen tulevaisuus*; Tikon Consulting Oy, Terho Tikkanen; Telecon Oy, Pertti Haikonen, Markku Kääriäinen; liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu nro 39/2004, 17.6.2004
3. *Kansallinen laajakaistastrategia*, Väiliraportti, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu nro 71/2004, 7.12.2004
4. *Suomen telemaksujen hintataso 2003*; Telecom Consulting Kangas, Pertti Kangas; liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu nro 21/2004, 30.3.2004
5. *IP Voice and Associated Convergent Services*, Final Report for the European Commission, Contract 02/42582, Analysys, 28 January 2004
6. *Viestintäviraston päätös koskien Sonera Puhekaista –palvelun lainmukaisuutta*, Viestintäviraston päätös nro 629/543/2003, 29.10.2003
7. *Yleispalveludirektiivi*, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/22/EY, 7.3.2002
8. *Getting off the Ground: Why the move to VoIP is a decision for all CXOs*, Deloitte, 2004
9. *Matkaviestinnän hinnoittelu- ja yhteenliittämisyjärjestelmien vertailu*; Telesuunnittelu A. Wirzenius Oy, Arno Wirzenius; Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu nro 30/2004, 17.5.2004
10. *Ehdotus pilotoitavaksi ENUM-toteutukseksi*, Juha Heinänen, 30.4.2004
11. *Numbering for VoIP Services*, ECC Report 059, Oxford, December 2004
12. *Tietoliikennemarkkinat Suomessa 2004*, Focus Consulting, kesäkuu 2004

11 KÄSITTEITÄ

Tähän lukuun on kerätty raportissa esiintyvät keskeiset lyhenteet ja käsitteet, jotka on myös selitetty eikä vain kirjoitettu auki.

- 10GE** 10 Gigabit Ethernet, 10 Gbit/s nopeudella toimiva Ethernet-tyyppinen verkko. 10GE:tä ajetaan toistaiseksi optisissa kuiduissa tai DWDM-kanavissa mutta myös kupariversio on kehitteillä.
- 2G** Toisen sukupolven matkapuhelinverkko. Merkittävin 2G-verkko on GSM, jolla on yli miljardi käyttäjää maailmanlaajuisesti.
- 2.5G** Toisen sukupolven matkapuhelinverkko lisättynä pakettidatapalvelulla. Esimerkiksi GSM + GPRS (tai EDGE).
- 3G** Kolmannen sukupolven matkapuhelinverkko, joka on määritelty ITU:n IMT-2000 –suosituksessa. 3G jakaa matkapuhelinverkon runkoverkkoon ja radioverkkoihin (Radio Access Network, RAN).
- ADSL** Asymmetric Digital Subscriber Line, tekniikka jolla ajetaan useiden Mbit/s datanopeuksia puhelinverkon tilaajajohdoissa. Määritelty ITU:n G.992-sarjan suosituksissa. Nopeudet tilaajalle/tilaajalta tilaajajohdon pituuden ja laadun mukaan: ADSL max. 8/1 Mbit/s, ADSL2 max. 12/1 Mbit/s ja ADSL2+ max. 24/1 Mbit/s. Japanissa käytetään omaa ADSL-versiota, jolla päästään jopa 45 Mbit/s nopeuteen. ADSL käyttää puhelinjohdosta vain ns. yläkaistan jättäen alakaistan analogisen tai ISDN-liittymän käyttöön.
- All-IP** Kehitys jossa perinteinen televerkko vähitellen korvautuu täysin IP-pohjaisella verkolla. Syynä IP-tekniikan käyttöönottoon ovat saavutettavat kustannussäästöt.
- ARPANET** Advanced Research Projects Agency Network, 1969 avattu USA:n puolustusministeriön varoilla kehitetty verkko, jota varten internet-arkkitehtuuri kehitettiin ja joka 1980-luvussa siirtyi TCP/IP-protokolliin ja muodosti internetin ensimmäisen runkoverkon.
- ASN.1** Abstract Syntax Notation 1, ISO:n OSI-protokollia varten standardoima formaali kieli abstraktien tietorakenteiden kuvaamiseen. ASN.1:llä kuvataan erityisesti OSI-mallin ylempien kerroksien protokollien tietoyksiköitä.

ATM	Asynchronous Transfer Mode, verkkotekniikka jossa tieto pakataan kiinteänmittaisiin 53 oktetin pituisiin soluihin. ATM alettiin alun perin kehittää ns. laajakaista-ISDN:ää (Broadband ISDN, B-ISDN) varten. Laajakaista-ISDN:n oli tarkoitus yhdistää puheen, datan ja videon siirto samaan verkkoon. Telecom Finland (nykyisin Sonera) otti ensimmäisenä operaattorina ATM:n kaupalliseen käyttöön keväällä 1993. ATM:n pääasiallinen käyttökohde on ollut operaattorien IP-palveluiden runkoverkkona, joka on viime vuosina nopeasti menettänyt asemiaan kustannustehokkaammille uusille verkkoteknologioille, kuten Gigabit Ethernet (GE) ja 10GE.
B-ISDN	Broadband ISDN, laajakaistainen ISDN, joka integroi erilaiset palvelut (ääni, video, data) ja perustuu ATM-tekniikkaan. ITU-T:n suunnittelema B-ISDN ei koskaan toteutunut mutta ATM:ää käytetään edelleen yleisesti operaattoreiden IP-palveluiden runkoverkoissa.
BRI	Basic Rate Interface, ISDN:n perusliittymä, joka mahdollistaa kaksi yhtäaikaista puhelua tai 64 kbit/s datayhteyttä. BRI perustuu 192 kbit/s kaksisuuntaiseen yhteyteen, joka toimii tavallisessa puhelinverkon tilaajajohdossa (kuparipari). BRI-liittymä tarjoaa kaksi 64 kbit/s B-kanavaa puhetta ja dataa varten sekä 16 kbit/s D-kanavan merkinantoa varten (ns. 2B+D). BRI-liittymiä tarjotaan yrityksille ja kuluttajille perinteisen analogisen puhelinliittymän korvaajiksi.
CDMA	Code Division Multiple Access, Amerikkalaisen Qualcomm Inc:n kehittämä koodaukseen perustuva multipleksointimenetelmä, jota käytetään mm. 3G:ssä. CDMA:ssa eri laitteet voivat kommunikoida yhtä aikaa samalla taajuudella käyttäen eri koodausta (ns. "chipping code").
CDMA2000	Amerikkalaisen Qualcomm Inc:n kehittämä 3G-radioverkko, joka perustuu CDMA-tekniikkaan ja käyttää 1,25 MHz kaistanleveyttä.
CEPT	European Conference of Posts and Telecommunications, Euroopan telehallintojen yhteistyöjärjestö.
Codec	Coder/decoder – puheen koodaukseen ja koodauksen purkuun käytetty mekaniismi tai algoritmi.
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing, WDM-versio jossa samassa kuidussa ajetaan kahdeksaa aallonpituutta. Mahdollistaa kahdeksan GE (ja tulevaisuudessa 10GE) -verkkoa samassa kuituparissa. CWDM on yritysverkkoihin tarkoitettua melko edullista massatekniikkaa.
DDoS	Distributed Denial of Service, hajautettu palvelunesto; DDoS-hyökkäyksessä suuri joukko agenttikoneita kohdistaa yhtä aikaa palvelustohyökkäyksen samaan kohteeseen. Agenttikoneita hankitaan yleensä levittämällä niihin verkkomato, joka avaa takaportin hyökkääjää varten. DDoS-hyökkäykset ovat erittäin vaikeita torjua.
DECT	Digital European Cordless Telephone, eurooppalainen langaton puhelin, joka toimii vapaalla 2,4 GHz taajuudella.

DiffServ	Differentiated Services, IETF:n määrittelemä palvelunlaatumenettelmä, jossa IP-paketit jaetaan luokkiin ja niille voidaan luokan sisällä antaa prioriteetit. DiffServ mahdollistaa laadukkaasti IP-puheen myös avoimissa internetissä mutta toistaiseksi operaattorit tarjoavat sitä vain omissa verkoissaan yritysasiakkaille.
DNS	Domain Name Service, internetin nimipalvelu, joka on käytännössä välttämätön edellytys useimpien internetin palveluiden (sähköposti, WWW yms.) käytölle.
DoS	Denial of Service, palvelunesto. DoS-hyökkäys pyrkii lamauttamaan kohteensa kohdistamalla siihen suuren määrän palvelupyyntöjä tai käyttämällä hyväksi sen tunnettuja heikkouksia esimerkiksi ns. tappajapaketteja kohtaan.
DTMF	Dual Tone Multi-Frequency, tekniikka jossa näppäinpuhelimien jokaista näppäintä (0 – 9, #, *) vastaa kahdesta eri taajuudesta koostuva sointu. DTMF mahdollistaa numerovalintojen signaloimisen näppäimistöä "piipityksenä" puheen käyttämällä taajuuskaistalla.
DVB	Digital Video Broadcast – digitaalista TV:tä varten kehitetty siirtotekniikka. DVB:stä on neljä versiota: DVB-T (Terrestrial) maanpäällisiin digi-TV-verkoihin, DVB-S (Satellite) satelliittilähetyksiin, DVB-C (Cable) kaapeli-TV:hen sekä viimeisenä tulokkaana DVB-H (Handheld) kannettavia laitteita varten. DVB:n ehkä suurin ongelma on, ettei sitä ole suunniteltu IP-pohjaiseksi.
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing, operaattoreiden runkoverkkoihin tarkoitettu WDM-versio, jossa samassa yksimuotokuidussa siirretään kymmeniä tai jopa satoja nopeita optisia kanavia. Kaupallisesti saatavilla on jo ainakin 160 x 40 Gbit/s = 6,4 Tbit/s kapasiteettiin yltäviä malleja.
E.164	ITU:n suositus kansainvälisiksi puhelinnumeroiksi. Numero koostuu maanumerosta sekä mahdollisesta suuntanumerosta ja puhelinnumerosta. Esimerkiksi "+358 9 1234567" – "+358" = Suomi, "9" = Helsinki, "1234567" = liittymä.
ECC	Electronic Communications Committee, CEPT:in alaorganisaatio.
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution, GPRS:n tehostettu versio, joka mahdollistaa jopa kolminkertaisen (yli 100 kbit/s) siirtonopeuden samalla taajuuskaistalla lähellä tukiasemaa.
EJB	Enterprise Java Beans – kokoelma Java ohjelmointikielen luokkia, joka toteuttaa ohjelmistokomponenttien välisen kommunikaation.
ENUM	Electronic Numbering, IETF:n kehittämä tapa muuntaa E.164-tyyppinen puhelinnumero internetin URI:ksi. Esimerkiksi numero "+358 9 1234567" talletetaan DNS:ään domain-nimenä "7.6.5.4.3.2.1.9.8.5.3.e164.arpa", johon voidaan liittää esimerkiksi sähköpostimainen SIP-osoite ("sip:matti.virtanen@firma.fi"). ENUM-palvelu on välttämätön yhdysliikenteelle puhelinverkosta internetiin.

Ethernet	Pakettipohjainen lähiverkkotekniikka, joka soveltuu hyvin IP-liikenteen siirtoon. 1980-luvun alussa Ethernet toimi 10 Mbit/s jaetulla kapasiteetilla mutta nykyiset versiot perustuvat kytkimiin ja 100, 1000 tai 10000 Mbit/s siirtonopeuteen jokaiselle liitettylle laitteelle, molempiin suuntiin ja yhtä aikaa.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute, sijaitsee Sophia Antipoliksessa Ranskassa ja on virallisesti vastuussa ICT:n standardoinnista Euroopassa. ETSI on standardoinut mm. menestyksekkään GSM-matkapuhelinjärjestelmän.
Extranet	Kumppaniverkko, joka on muodostettu liittämällä kahden organisaation intranetit kontrolloidulla tavalla yhteen. Extranetiä voidaan käyttää esimerkiksi antamaan asiakasyritykselle suora pääsy tilausjärjestelmään tai mahdollistamaan IP-puhelut kahden organisaation välillä.
E.164	ITU-T:n suositus joka määrittelee kansainväliset puhelinnumerot. Esimerkiksi "+358 9 1234567".
FE	Fast Ethernet, 100 Mbit/s nopeudella toimiva Ethernet-versio. Toistaiseksi yleisin tapa liittää työasemia IP-verkkoon. FE-kytkimeen voidaan liittää myös perinteisiä 10 Mbit/s Ethernet-laitteita.
Gbit/s	Gigabitti (= miljardi bittiä) sekunnissa.
GE	Gigabit Ethernet, 1 Gbit/s nopeudella toimivat Ethernet-tyyppinen verkko. GE kulkee 100 m kuparipareissa (vähintään UTP-5) ja jopa yli 100 km yksimuotokuiduissa. Sitä ajetaan myös WDM-kanavissa.
GPS	General Positioning System, Yhdysvaltain ylläpitämä maailmanlaajuinen satelliittipohjainen paikannusjärjestelmä.
GPRS	GSM:ään myöhemmin lisätty pakettidatapalvelu, joka mahdollistaa IP-liikenteen GSM-päätelaitteisiin korkeintaan 40 kbit/s nopeudella. GPRS toteutetaan oleviin GSM-verkkoihin melko kevyenä ns. overlay-järjestelmänä.
GSM	Global System for Mobile Communication, ETSI:n kehittämä digitaalinen matkapuhelinstandardi, jota käyttää yli miljardi mobiililiittymää eri puolilla maailmaa. Nokia toimitti maailman ensimmäisen GSM-järjestelmän Radiolinjalle (nykyisin Elisa) vuonna 1991.
H.323	ITU:n suositus VoIP:n merkinantoprotokollaksi. Aluksi H.323 oli hallitseva standardi mutta viime vuosina se on nopeasti menettänyt asemiaan SIP:lle. Useimmat kaupalliset VoIP-järjestelmät tukevat molempia merkinantotapoja.

HMV	Huomattava markkinavoima, EY:n yleispalveludirektiivissä (2002/22/EY) tarkoitettu operaattori, jolle asetetaan erityisiä velvoitteita. Telemarkkinalain (393/2003) mukaan: "Viestintäviraston on päätöksellään määrättävä teleyritys huomattavan markkinavoiman yritykseksi, jos sillä markkina-analyysin perusteella havaitaan olevan tietyillä markkinoilla yksin tai yhdessä muiden kanssa sellaista taloudellista vaikutusvaltaa, jonka turvin se voi toimia huomattavassa määrin riippumattomana kilpailijoista, kuluttajista tai muista käyttäjistä."
Hotspot	WLANin kattama palvelualue. Julkisia hotspoteja on maailmassa jo satoja tuhansia ja niiden lukumäärä kasvaa edelleen nopeasti. Tyypillisesti WLAN-hotspoteja löytyy lentokentiltä, hotelleista, kahviloista yms.
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol, WWW:tä varten kehitetty TCP-pohjainen sovelluskerroksen protokolla
ICT	Information and Communication Technology, suomeksi joko <i>tieto- ja tietoliikennetekniikka</i> tai (esim. tässä raportissa) lyhyemmin <i>tietotekniikka</i> .
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, amerikkalainen insinöörijärjestö, joka alun perin perustettiin vuonna 1884 nimellä AIEE (American Institute of Electrical Engineers) ja muutettiin IEEE:ksi 1963. IEEE tunnetaan parhaiten standardeistaan, joihin kuuluvat mm. lähiverkkostandardi IEEE 802.3 (Ethernet) ja sen langaton vastine 802.11 ("Wi-Fi").
IETF	Internet Engineering Task Force, internetin standardeja ja muita RFC:itä laativa elin, jonka työhön kaikki voivat vapaasti osallistua. IETF jakautuu työryhmiin, jotka määrittelevät eri osa-alueiden teknisiä ratkaisuja.
Internet	Internet-tekniikkaan perustuva maailmanlaajuinen avoin tietoverkko, jolla ei ole keskitettyä omistusta eikä hallintaa.
Intranet	Internet-tekniikalla toteutettu organisaation sisäinen verkko.
IP	Internet Protocol, internet-protokolla, yhteydetön verkkokerroksen protokolla, joka tarjoaa kommunikoiville järjestelmille epäluotettavaa tietosähkepalvelua. IP on internetin ydintekniikka, jonka varaan koko konsepti rakentuu. IP perustuu IP-osoitteisiin, jotka ovat nykyisessä IP versio 4:ssä 32-bittisiä ja uudessa IP versio 6:ssä 128-bittisiä.
ISDN	Integrated Services Digital Network, kiinteän puhelinverkon viimeisin kehitysvaihe, jossa tieto siirretään digitaalisesti tilaajalle asti. Puhelinverkon tilaajajohdossa ajetaan protokollaa, joka tarjoaa kaksi 64 kbit/s B-kanavaa puheen tai datan siirtoon ja yhden 16 kbit/s D-kanavan merkinantoon. Tätä perusliittymää kutsutaan nimellä Basic Rate Interface (BRI) tai "2B+D". Yrityksille on tarjolla puhelinvaihteiden liittämiseen järjestelmäliittymä Primary Rate Interface (PRI), jossa 2 Mbit/s kaksisuuntaisen yhteyden (E1) yli ajetaan 30 64 kbit/s B-kanavaa ja 1 64 kbit/s merkinantokanava ("30B+D").

ISO	International Organization for Standardization (sic), maailman suurin standardointijärjestö, jossa on edustettuna 146 kansallista standardointiorganisaatiota ja jonka päämaja on Genevessä Sveitsissä. ISO standardoi kaikkea metrisestä mittajärjestelmästä ruuveihin ja muttereihin sekä tietoliikenteeseen.
ISP	Internet Service Provider, internet-liittymiä tarjoava kaupallinen operaattori. ISP voi olla joko perinteinen verkko-operaattori tai tämän kanssa kilpaileva palvelu-operaattori.
ITU	International Telecom Union, Genevessä Sveitsissä sijaitseva YK:n alajärjestö, jonka kautta hallitukset ja yritykset koordinoivat kansainvälisiä tietoliikenneverkkoja ja -palveluita. ITU perustettiin vuonna 1865 edistämään puhelinverkkojen välistä yhteentoimivuutta ja yhdysliikennettä ja muutettiin YK:n alajärjestöksi 1947.
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector, yksi ITU:n kolmesta pääsektorista, joka standardoi tietoliikennettä ja julkaisee ITU-T -sarjan suosituksia. ITU-T:n edeltäjä oli CCITT (Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique), joka vuonna 1992 muutettiin ITU-T:ksi.
kbit/s	Kilobitti (= 1000 bittiä) sekunnissa.
Kuljetuskerros	OSI-mallin neljäs kerros ja alin päästä-päähän kerros, joka toteuttaa sovellusten välisen tiedonsiirron tarjoten näille kuljetuspalvelua.
LAN	Local Area Network, nopea suppeahkon alueen dataverkko. Vallitseva LAN-tekniikka on Ethernet eri versioissaan (10, 100, 1000 ja 10000 Mbit/s).
LVM	Liikenne- ja viestintäministeriö, jonka alle Suomessa on keskitetty sekä teletoiminta että sähköinen joukkoviestintä.
MAN	Metropolitan Area Network, kaupunkiverkko. Periaatteessa LANia laajempi nopea dataverkko. Kiinteät MANit toteutetaan nykyään käytännössä optisella Ethernet-tekniikalla, jolla lähiverkko voidaan laajentaa useisiin satoihin kilometreihin ja jopa maailmanlaajuiseksi.
MB	Megabyte, alunperin MB on tarkoittanut $2^{20} = 1.048.576$ tavua, mutta nykyisin sillä yleensä tarkoitetaan miljoonaa tavua (oktettia) = 8 miljoonaa bittiä.
Mbit/s	Megabitti (= miljoona bittiä) sekunnissa.
MBONE	Multicast Backbone, internetissä toimiva looginen verkko, jossa toimii moniosoitus (multicast). MBONE perustettiin 1990-luvun alussa kokeilukäyttöön ja sen kautta voi kuunnella radiokanavia, osallistua videokonferensseihin yms. Moniosoituksesta ei ole vielä tulla internetin peruspalvelua mutta se on tarpeellinen jotta esimerkiksi TV-lähetykset voitaisiin välittää tehokkaasti internetin kautta.

- MEGACO** Media Gateway Control Protocol. Yhdyskäytävä VoIP:n ja yleisen puhelinverkon välillä voidaan jakaa erillisiin merkinanto- ja mediaosiin. MEGACO yhdistää näitä kahta osaa ja sen avulla sekä SIP että H.323 -pohjaiset VoIP-järjestelmät voivat kytkeä internetin ja yleisen puhelinverkon välillä.
- MIP** Mobile IP, internetin vakioratkaisu päätelaitteiden liikkuvuuden hallintaan.
- Multi-homing**
Tilanne jossa IP-verkon päätelaitteella on useampi kuin yksi verkkoliitäntä. Internet-arkkitehtuurin mukaisesti jokaisella verkkoliitännällä on oma IP-osoite ja laitteella on siten useita IP-osoitteita.
- NAT** Network Address Translation, osoitekonversio jonka avulla intranetissä voidaan käyttää ns. yksityisiä osoitteita (esim. tyyppiä 10.X.Y.Z), joista voidaan silti käyttää internetin palveluita. NAT toteutetaan yleensä palomuurissa tai liityntäreitittimessä ja se sekä säästää IP-osoitteita että parantaa intranetin tietoturvaa.
- NSFNET** National Science Foundation Net, ARPANETin rinnalle 1981 perustettu IP-verkko, joka tarjosi amerikkalaisille korkeakouluille ja tutkimuslaitoksille mahdollisuuden liittyä internetiin.
- N-ISDN** Narrowband ISDN, kapeakaistainen ISDN, jossa puhe ja data siirretään 64 kbit/s monikertoina. N-ISDN muodostetaan digitalisoimalla perinteisen kiinteän puhelinverkon tilaajajohto. Suomessa N-ISDN on kaikkialla saatavilla mutta sitä käytetään lähinnä internetiin liittymiseen sekä digitaalisten puhelinvaihteiden liittämiseen puhelinverkkoon.
- PRI** Primary Rate Interface, ISDN:n järjestelmäliittymä, joka toimii 2 Mbit/s kaksisuuntaisella yhteydellä ja tarjoaa 30 64 kbit/s puhe/data -kanavaa sekä yhden 64 kbit/s signaalintikanavan (ns. 30B+D). PRI:tä käytetään pääasiassa yritysten digitaalisten puhelinvaihteiden liittämiseen yleiseen puhelinverkkoon.
- Oktetti** Kahdeksan bitin yksikkö (engl. "octet"), jota usein kutsutaan nimellä "tavu" (engl. "byte"). Tavun pituus voi kuitenkin vaihdella kun taas oktetti on aina kahdeksan bitin pituinen.
- OSI** Open Systems Interconnection, ISO:n määrittelemä viitemalli, joka jakaa tietoliikenteen seitsemään kerrokseen. TCP/IP-protokollat ovat syrjäyttäneet OSI-protokollat mutta OSI-malli käsitteineen on edelleen yleisesti hyväksytty tapa jäsentää tietoliikennejärjestelmiä.
- QoS** Quality of Service, palvelunlaatu johon kuuluvat IP-pakettien viive ja katoamistodennäköisyys. Palvelunlaatumekanismia tarvitaan jotta aika- ja tapahtumakriittiset sovellukset voisivat toimia luotettavasti riippumatta riippumatta verkon kuormituksesta. DiffServ on merkittävin internetin palvelunlaatumekanismi.
- RADIUS** Remote Authentication Dial-In User Service, avoin yhteyskäytäntö jolla sisäänsoittosarjat ym. laitteet keskustelevat keskitetyn todennuspalvelimen kanssa. RADIUS mahdollistaa käyttäjätunnusten ja näihin liittyvien todennustietojen keskitetyn hallinnan yli toimittajarajojen.

- RAN** Radio Access Network, IMT-2000:ssa määritellyn 3G:n radioverkko, johon päätelaitteet liittyvät. RAN:stä on useita versioita, joista tärkeimmät ovat WCDMA, CDMA2000 ja TD-SCDMA.
- RFC** Request for Comment, IETF:n julkinen paperi. Kaikki internet-standardit (mm. IP ja TCP) on määritelty RFC:issä mutta vain pieni osa tuhansista RFC:istä on internet-standardeja.
- SDH** Synchronous Digital Hierarchy, yleisissä televerkoissa käytetty kanavahierarkia ja ADM-laitteisiin (Add/Drop Multiplexer) perustuva verkkotekniikka. SDH-kanavia käytetään yleisesti ATM-verkkojen siirtoteinä ja niissä ajetaan myös suoraan IP-paketteja (Packets over SDH/SONET, PoS). WDM on korvaamassa SDH:n tätä huomattavasti yksinkertaisempaa ja tehokkaampaa tekniikkana.
- SIP** Session Initiation Protocol, IETF:n määrittelemä merkinantoprotokolla, jota voidaan käyttää paitsi IP-puheessa myös missä tahansa internetin sovelluksessa, joka tarvitsee kahden tai useamman tahon välisiä istuntoja. Nykyinen SIP versio 2.0 on määritelty RFC 3261:ssä.
- Sovelluskerros**
ISO:n OSI-mallin seitsemäs ja ylin kerros, joka tukee suoraan erilaisia sovelluksia. Internet-arkkitehtuurissa OSI-mallin kolme ylintä kerrosta 5-7 on yhdistetty ja kaikkien niiden toiminnot kuuluvat sovelluskerrokseen.
- STUN** Simple Traversal of UDP through NAT (RFC 3489). Avoimessa internetissä sijaitsevan STUN-palvelimen avulla palomuurin sisäpuolella sijaitseva VoIP-laite voi selvittää, minkä tyyppinen osoitekonversio (NAT) palomuurissa on käytössä ja minkä osoitteen kautta laite on tavoitettavissa internetistä.
- TCP** Transmission Control Protocol, yhteydellinen internetin kuljetuskerroksen protokolla, joka toimii IP:n päällä nostaen tämän palvelutasoa. TCP mahdollistaa suuren määrän erillisiä yhteyksiä samaan IP-osoitteeseen tarjoten kommunikoiville sovelluksille luotettavan kaksisuuntaisen virtuaalipiirin.
- TCP/IP** Termiä käytetään yleisesti tarkoittamaan koko internet-protokollaperhettä, johon kuuluvat IP, TCP, UDP ja monet muut.
- TDM** Time Division Multiplexing, aikajakoinen multipleksointi, johon esimerkiksi digitaalinen yleinen puhelinverkko perustuu.
- TD-CDMA** Time Division CDMA, UMTS-konseptiin kuuluva WCDMA:n kanssa rinnakkainen radiorajapinta, joka perustuu aikajakoiseen multipleksointiin ja on tarkoitettu pienten solujen toteuttamiseen lähinnä sisätiloissa. Kaikkiin Suomen neljään UMTS-toimilupaan liittyy 5 MHz TD-CDMA:lle tarkoitettua taajuuskaistaa mutta tietävästi yksikään operaattori ei toistaiseksi suunnittele TD-CDMA-tukiasemien rakentamista eikä tavalliseen UMTS-puhelimeen sisälly tämän protokollan tukea.

TD-SCDMA Time Division Synchronous CDMA. Kiinalaisten yhteistyössä Siemensin kanssa kehittämä 3G RAN-tekniikka, joka käyttää aikajakoista multipleksointia verkkoon ja verkosta suuntautuvan liikenteen erotteluun samalla 1,6 MHz taajuuskaistalla.

TD-SCDMA(MC)

TD-SCDMA Multi Carrier, Navini Networks Inc:n kehittämä TD-SCDMA:n versio, joka käyttää kymmentä kantaaltoa 5 MHz kaistalla. Suoritettujen kokeiden perusteella TD-SCDMA(MC) käyttää taajuuksia erittäin tehokkaasti.

UDP User Datagram Protocol, yhteydetön internetin kuljetuskerroksen protokolla, joka tarjoaa sovelluksille epäluotettavaa tietosähkötyyppistä kuljetuspalvelua.

UMTS Universal Mobile Telecommunication System, eurooppalaisperäinen versio, joka perustuu radioverkon osalta WCDMA:han.

URI Universal Resource Identifier, internetin resurssien yksilöimiseen käytetty nimi tai osoite. WWW-dokumentin nimeämiseen käytetty URL on eräänlainen URI.

URL WWW:n dokumenttien ja muiden resurssien osoittamiseen käytetty globaalisti yksikäsitteinen "osoite" (esim. "http://firma.fi/index.html").

UWB Ultra Wide Band – WPAN -tekniikka, joka levittää signaalin erittäin laajalle taajuusalueelle. UWB:tä voidaan käyttää pienellä lähetysteholla ja lyhyellä kantomatalla ilman, että se häiritsee muita samoilla taajuuksilla toimivia laitteita. UWB:llä saavutetaan jopa Gbit/s siirtonopeus.

VLAN Virtual LAN, tekniikka joka mahdollistaa suojattujen työryhmä- tai asiakas-kohtaisten virtuaalisten lähiverkkojen toteuttamisen jaetussa kytkinpohjaisessa LAN-infrastruktuurissa.

VoIP Voice over IP, IP-puhe, tarkoittaa puheensirtoa internet-protokollan (IP) avulla internetissä, ekstranetissä tai intranetissä.

WCDMA Wideband CDMA, 3G RAN-tekniikka, joka perustuu erillisiin 5 MHz kaistoihin verkkoon ja verkosta suuntautuvalla liikenteelle. UMTS:n ydintekniikka.

Web Services

Arkkitehtuuri ohjelmistojen väliseen kommunikaatioon. Web Services perustuu XML-pohjaisiin kieliin, joista merkittävin on SOAP (Simple Object Access Protocol). Periaatteessa SOAP:ia voidaan ajaa minkä tahansa protokollan yli mutta käytännössä sen alla käytetään yleensä HTTP:tä. Kaikki merkittävimmät ohjelmistotoimittajat ovat sitoutuneet Web Services -arkkitehtuuriin. Microsoftin Web Services -implementaatiota kutsutaan nimellä ".NET" ("dot net").

Wi-Fi Wireless Fidelity – varsinaisesti konsortio, jonka tehtävä on varmentaa eri valmistajien IEEE 802.11 -pohjaisten WLAN-tuotteiden yhteentoimivuutta. Termiä käytetään yleisesti synonyyminä IEEE 802.11:lle.

WiMAX	Varsinaisesti Wireless Fidelityä vastaava konsortio, joka tehtävänä on varmentaa IEEE 802.16 -pohjaisten WMAN-tuotteiden yhteentoimivuutta. Termiä käytetään yleisesti synonyyminä IEEE 802.16:lle.
WLAN	Wireless LAN, langaton lähiverkko, joka on toteutettu käyttäen ethernetmäistä tekniikkaa vapailla radiotaajuuksilla (2.4 ja 5-6 GHz). WLANin kantama on sisällä joitain kymmeniä ja ulkotiloissa joitain satoja metrejä. Suuntaavilla antennilla päästää huomattavasti pitempiin etäisyyksiin. Johtava WLAN-standardi on IEEE 802.11 ("Wi-Fi"), jonka nykyiset versiot ovat: b – 11 Mbit/s, 2,4 GHz; g – 54 Mbit/s, 5-6 GHz; ja a 54 Mbit/s 5-6 GHz.
WDM	Wavelength Division Multiplexing, tekniikka jossa useita valonsäteitä siirretään eri aallonpituuksilla samassa yksimuotokuidussa ja joka moninkertaistaa kuituverkon kapasiteetin. WDM sisältää operaattorikäyttöön tarkoitetut DWDM ja yritysverkkoihin tarkoitetut CWDM -järjestelmät.
WMAN	Wireless MAN, langaton kaupunkiverkko. IEEE 802.16 ("WiMAX") -standardi määrittelee WMANin, jonka taajuus on 2-11 GHz, nopeus 70 Mbit/s ja maksimikantama jopa 70 km. Kilpaileva hanke on IEEE 802.20 -työryhmän kehittämä standardi, joka on suunniteltu toimimaan liikkuviin kulkuneuvoihin 250 km/h nopeuteen asti. Nimestään huolimatta, WMAN soveltuu erityisesti harvaan asutuille alueille kun taas kaupungeissa yleistyneeseen WLAN.
WPAN	Wireless Personal Area Network, langaton lyhyen kantaman verkko. Nykyisin WPANina käytetään Bluetoothia mutta sen syrjäyttänevät pian ZigBee (IEEE 802.15.4), Ultra-Wide Band (UWB, IEEE 802.15.3) ja WLAN (IEEE 802.11).
WWW	World Wide Web, 1990-luvun alussa CERNissä kehitetty hypermediasovellus, joka toi internetin yleiseen tietoisuuteen 1990-luvun puolivälissä.
X.25	ITU-T:n standardi, joka määrittelee pakettikytkentäisen datasiirtoverkon, tai oikeastaan päätelaitteen ja verkon välisen liityntärajapinnan.
YPV	Yleinen Puhelinverkko, alun perin kiinteä puhelinverkko mutta nykyisin termiä käytetään usein kattamaan myös matkapuhelinverkot.

Professori Juha Heinäsen ehdotus pilotoitavaksi ENUM-toteutukseksi

Ehdotuksessa esitetään, että ENUM-pilotin seuraavassa vaiheessa testataan alla kuvattun mallin mukaista joustavaa ja edullista itsepalveluperiaatteella toimivaa ENUM-toteutusta.

Yleiskuvaus

Malli perustuu Ficoran tai operaattoreiden yhteisestä toimeksiannosta ylläpidettävään keskitettyyn DNS master-tietokantaan, joka delegoi kunkin puhelinnumeron tai numero-prefixin kahteen (primary ja secondary) siitä huolehtivaan nimipalvelijaan. Nämä nimipalvelijat sitten sisältävät ko. numeron NAPTR-tietueen ja voivat olla kenen tahansa ylläpitämiä.

Esimerkiksi jos ENUM:iin lisätään numero +358407058050, niin keskitettyyn tietokantaan tulee delegointi

```
0.5.0.8.5.0.7.0.4.8.5.3.e164.arpa.      IN NS      primary.fi.
                                           IN NS      secondary.fi.
```

missä primary.fi ja secondary.fi ovat ko. domainista huolehtivat nimipalvelijat.

Vastaavasti, jos ENUM:iin lisätään prefix +35894321, niin keskitettyyn tietokantaan tulee delegointi

```
1.2.3.4.9.8.5.3.e164.arpa.      IN NS      primary.fi.
                                           IN NS      secondary.fi.
```

Seuraavassa, kun puhutaan numerosta, tarkoitetaan joko puhelinnumeroa tai puhelinnumero-prefixsia.

Keskitetyn master-tietokannan ylläpito tapahtuu pilotissa Web-käyttöliittymän avulla, jolle annetaan käyttäjätunnuksena numero ja sitä vastaava "salasana". Numeron haltija on saanut ko. salasanan siltä operaattorilta, joka verkossa ko. numero tällä hetkellä on (nykyinen operaattori). Myöhemmässä vaiheessa Web-käyttöliittymän rinnalle voidaan toteuttaa myös ohjelmallinen liityntä.

Kysyttäessä numeron ja salasanan, Web-sovellus tarkistaa Radius-protokollalla nykyisen operaattorin Radius-palvelimelta, vastaavatko numero ja salasana toisiaan. Jos vastaavat, niin sen jälkeen numeron haltija pääsee sellaiselle Web-sivulle, jossa hän voi asettaa, muuttaa tai poistaa ko. numerosta huolehtivat nimipalvelijat.

Salasanan tarkistus edellyttää, että Web-soveluksella on pääsy tietokantaan, josta selviää, minkä operaattorin verkossa ko. numero tällä hetkellä on. Jos tällaista tietokantaa ei ole olemassa, niin se on syytä perustaa.

Koska numero tai prefix voi milloin tahansa lakata olemasta sen tahon hallussa, joka on vienyt numeron ENUM-tietokantaan, Web-sovellus käy esimerkiksi kerran kuu-

kaudessa läpi kaikki master-tietokannassa olevat delegoinnit, ja kysyy, onko numeroa vastaava salasana vielä voimassa. Jos ei ole, niin se poistaa delegoinnin master-tietokannasta. Jos katsotaan tarpeelliseksi, niin Web-sovellus voi myös aika ajoin tarkistaa, että delegoinnit on tehty toimiviin nimipalvelijoihin.

Operaattorihjelmisto

Pilottiin osallistuvilla operaattoreilla on oltava keino jakaa ja poistaa numeroihin liittyviä salasanoja ja tallettaa numero/salasana-pari Radius-tietokantaan. Tätä varten pilotissa tehdään oma Web-sovellus, joka pyydettäessä generoi salasanan ja tallettaa numero/salasana parin Sql-tietokantaan, mistä se on Radius-palvelijan luettavissa.

Master-tietokantaohjelmisto

Pilotissa tehdään yllä kuvattu Web-sovellus, joka tallettaa delegoidut numerot, salasanat ja numeroista huolehtivat nimipalvelijat Sql-tietokantaan. Sovellus myös päivittää dynaamisesti master-tietokantaa aina, kun numeron haltija tekee muutoksia numeron nimipalvelijoihin.

Kuten yllä mainittiin, Web-sovellus tarvitsee autentikointiprosessia varten pääsyn numero/operaattori-tietokantaan. Lisäksi sillä on oltava Radius client-tietokanta, josta löytyy kunkin operaattorin Radius-palvelimien IP-osoitteet. Radius client-tietokantaa voidaan pitää pilotin aikana yllä manuaalisesti.

Kustannustekijät

Operaattorin ohjelmiston arvioitu koodausaika on kaksi päivää. Operaattorin laitteistoksi riittää pilotissa yksi Linux PC.

Master-tietokantaohjelmiston arvioitu koodausaika on kaksi viikkoa. Myös sen laitteistoksi riittää pilotissa yksi Linux PC.

Sql-tietokantana voidaan käyttää ilmaista MySQL-tietokantaan ja Radius-palvelimena ilmaista FreeRADIUS-palvelinta.