



TEKNIikka JA LIIKENNE

Sähkötekniikka

Elektroniikka

INSINÖÖRITYÖ

LANGALLISESTA YHTEYDESTÄ LANGATTOMAAN

**Työn tekijä: Marko Luoma-Kyyny
Työn ohjaajat: Roger Norrlin**

Työ hyväksytty: __. __. 2009

**Esa Häkkinen
yliopettaja**



ALKULAUSE

Tämä insinööri työ tehtiin Relacom Finland Oy:lle. Haluan kiittää projektissa mukana olleita suuresti saadusta avusta ja tuesta.

Riihimäellä 26.4.2009

Marko Luoma-Kyyny

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Marko Luoma-Kyyny	
Työn nimi: Langallisesta yhteydestä langattomaan	
Päivämäärä: 26.4.2009	Sivumäärä: 50 s.
Koulutusohjelma: Sähkötekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Elektroniikka
Työn ohjaaja: Esa Häkkinen	
Työn ohjaaja: Roger Norrlin, Palvelupäällikkö, Relacom Finland Oy	
<p>Tässä insinööriyössä tehtiin tutkimus liiketoiminnan kehittämistä ja kaikista niistä haasteista, mitä uuden teknologian kehitys tuo tullessaan, henkilöstön, koulutuksen ja rekrytoinnin osalta.</p> <p>Tämä työ on tehty Relacom Finland Oy:n toimeksiannosta. Työ perustuu työharjoitteluaikana tehtyihin omiin muistiinpanoihin ja opinnäytetyön aikana tutkittuun ja etsittyyn tietoon.</p> <p>Ensimmäiset langapuhelimet otettiin Suomessa käyttöön vuonna 1882. Langapuhelin oli yli sata vuotta Suomen tärkein telepalvelu. Se on ollut saatavilla lähes kaikkialla ja tarjonnut kuluttajalle tietoliikenteen peruspalvelut. Langapuhelin on ollut joka kodin perushyödyke, hyvällä syyllä sitä on voinut kutsua kansanpuhelimeksi. Puhepalveluiden painopiste on 1980-luvun lopulta alkaen siirtynyt matkaviestintään. Runsaassa vuosikymmenessä suomalaiset ovat vaihtaneet langapuhelimensa kännykkään. Kännykästä on kasvanut uusi vahva kansanpuhelin.</p> <p>Puhelu- ja tietoliikenteessä on yhä suuremmissa määrin siirrytty tai siirtymässä langallisesta yhteydestä langattomaan. Harvoin loppukäyttäjä tiedostaa, että pääsääntöisesti langattomana on vain yhteyden viimeinen osuus. Nykytekniikalla heti tukiaseman jälkeen yhteys siirtyy kaapeliin, joista lähinnä on käytössä valokuitu. Kuitu on korvaamassa myös tukiasemien antennikaapelit.</p>	
Avainsanat: Puhelinverkko, Optinen tiedonsiirto, Mobiilipuhelinjärjestelmät	

ABSTRACT

Name: Marko Luoma-Kyyny	
Title: Wired to wireless	
Date: 26.4.2009	Number of pages: 50 p.
Department: Electrical engineering	Study Programme: Electronics
Instructor: Esa Häkkinen, M.Sc.(EE), Lic.Sc.(Technology)	
Supervisor: Roger Norrlin, Service Manager, Relacom Finland Oy	
<p>As a result of this thesis was to do a study of business development and all the challenges which the new technological developments brings in case of staff, training and recruitment.</p> <p>This work has been done as an engagement of Relacom Finland Oy. The work is based on my own notes during the work experience and on the information which I examined and sourced during my thesis.</p> <p>The first telephones were introduced in Finland in 1882. The telephone was more than over a hundred years the most important telecommunication service in Finland. It has been available almost everywhere and it has provided to the consumer telecommunications basic services. The telephone has been a household article, with a good reason you could call it as a phone of all people. Speaking of services a priority is since the late 1980s shifted to mobile services. In just over a decade, Finns have switched their landline phones to mobile. Mobile has grown a strong new public telephone.</p> <p>Call and data traffic is more and more moved, or moving from wired to wireless. The end user is rarely aware that the connection is wireless only on it's last element. By using the modern technique the connection moves immediately from a current base station to the cable, which mainly is fiber. The fiber is replacing also the base stations antenna cables.</p>	
Keywords: Dial, Optical data communication, Mobile Telephone Systems	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	HISTORIAA	2
2.1	Kommunikaatio ennen teollista aikaa	2
2.2	Sähkötyt	3
2.3	Varhaiset langattomat tekniikat	4
2.4	Puhelin	5
3	NYKYPÄIVÄ	6
3.1	Puhelinverkko	6
3.2	Optinen tiedonsiirto	7
3.2.1	<i>Optisen tiedonsiirron periaate</i>	7
3.2.2	<i>Ominaisuudet ja edut</i>	9
3.3	Mobiilipuhelinjärjestelmät	11
3.3.1	<i>Ensimmäisen sukupolven järjestelmät</i>	13
3.3.2	<i>Toisen sukupolven järjestelmät</i>	14
3.3.3	<i>Kolmannen sukupolven järjestelmät</i>	16
3.3.4	<i>GPRS</i>	17
3.3.5	<i>EDGE</i>	19
3.3.6	<i>UMTS</i>	19
3.3.7	<i>TETRA – liikkuva radiojärjestelmä</i>	20
3.3.8	<i>VIRVE – suomalainen viranomaisverkko</i>	24
3.4	Johdottomat puhelimet	25
3.4.1	<i>Kehitys</i>	25
3.4.2	<i>DECT</i>	26
3.4.3	<i>PWT</i>	30
3.4.4	<i>PHS</i>	31
4	TOIMINTOKETJU	32
4.1	Teletilatyöt	32
4.2	Siirtojärjestelmätyöt	36
4.3	Mobiilityöt	37
4.4	Osaamisvaatimukset	38

5	STANDARDIT	41
5.1	ISO - International Organization for Standardization	41
5.2	ANSI - American National Standards Institute	42
5.3	ITU - International Telecommunication Union	42
5.3.1	<i>ITU-R</i>	43
5.3.2	<i>ITU-T</i>	43
5.4	IEEE	43
5.5	ETSI - European Telecommunications Standards Union	43
5.6	FICORA - Finnish Communications Regulatory Authority	44
6	POHDINTAA TULEVAISUUDESTA	46
7	YHTEENVETO	49
	LÄHTEET	50

LYHENTEET

ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
AMPS	Advanced Mobile Phone System
ANSI	American National Standards Institute
ARP	Auto Radio Puhelin
CTO	Cordless Telephone
CTR	Common Technical Regulations
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DSP	Digital Signal Processing
EDGE	Enhanced Data rate for GSM Evolution
ETSI	European Telecommunications Standards Union
FICORA	Finnish Communications Regulatory Authority
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communication
IMT	International Mobile Telecommunications
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunication Union
NMT	Nordic Mobile Telephone
OSI	Open Systems Interconnection
PHS	Personal Handyphone System
PWT	Personal Wireless Telephone
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
TETRA	Trans European Trunked Radio
TIA	Telecommunications Industry Association
UMTS	Universal Mobile Telecommunications Service

1 JOHDANTO

Eri laajakaistatekniikat ovat kehittyneet ja tulevat kehittymään voimakkaasti. Kuparisten parikaapeliin perustuvilla laajakaistatoteutuksilla tulee olemaan teknisesti ja taloudellisesti yhä merkittävämpi rooli tässä kehityksessä. Valokaapeliverkkojen koko ja peittoalue kasvaa kylä- ja maakuntavetoisten hankkeiden sekä operaattorien alueverkkojen hankkeiden vuoksi. Teleyritysten runkoverkot ovat jo nyt toteutetut pääosin valokaapeleilla ja vähitellen valokaapeleita ollaan tuomassa myös yhä lähemmäs loppuasiakasta. Tällä hetkellä valokaapeli tuodaan pääosin talojakamoon, mutta uusiokohteissa myös enenevässä määrin koteihin saakka.

Vuoden 2008 kesällä ilmeni, että optisten liityntäverkkojen ja niiden teknisenä jatkeena olevien kiinteistöjen optisten sisäjohtoverkkojen (käsittäen myös kiinteistön eri rakennusten välisen aluekaapeloinnin) suunnittelu ja rakentaminen ovat voimakkaassa kehitysvaiheessa. Syitä tähän ovat mm. uusien laajakaistaisempien palveluiden tarjonnan kasvu, operaattorien välinen kilpailu, asuinkiinteistöjen sisäjohtoverkkojen muuttuminen kapasiteetiltaan huomattavasti suuremmiksi uudistetun Viestintäviraston määräyksen 25 E/2008 Kiinteistön sisäjohtoverkosta myötä, ns. kuitu-kotiin-järjestelmien yleistymisen ja valokaapeliverkkojen komponenttien kehitys.

2 HISTORIAA

Kommunikaatioteknologian kehittyminen kietoutuu läheisesti yhteen sotilaallisiin tarpeisiin ja laitteisiin. Sotilaallisen ja kaupallisen sektorin synnergia vaikutukset ovat kiihdyttäneet teknologiakehitystä. Nyt monet yritykset kehittävät viimeisimmän teknologiansa kansainväliseen teollisuuden tarpeisiin sekä erityisesti kuluttajamarkkinoille. Maailman kaupassa telekommunikaatiolaitteiden ja –palveluiden on laskettu olevan 115 miljardia dollaria (1996). /1/

Langattomat telekommunikaatiojärjestelmät pohjautuvat puhelin- ja radioteknologiaan sekä vanhempaan sähkötystekniikkaan. Kaikki langattomat järjestelmät lähettävät signaaleja ilman halki käyttäen erilaisia taajuuksia lähetykskaistoilla. Jokaisella taajuudella on omat etunsa ja haittansa. Matalilla taajuuksilla vaimeneminen on pientä, mutta ympäristön sähkömagneettinen häiriötaso on korkea. Matalat taajuudet eivät myöskään kykene välittämään riittävästi informaatiota videopalveluihin. Korkeammilla taajuuksilla on vähemmän ympäristön sähkömagneettista häiriötasoa, mutta vaimeneminen on voimakkaampaa. Korkeilla taajuuksilla lähettäjän ja vastaanottajan välillä ei saa olla suuria esteitä, sillä signaalit eivät läpäise niitä riittävän hyvin. Tosin nämä taajuudet tarjoavat suuremmat kaistanleveydet ja kanavien kapasiteetit. /1/

2.1 Kommunikaatio ennen teollista aikaa

Jo muinaiset yhteisöt kehittivät kommunikaatiojärjestelmiä, jotka ilmensivät tarvetta fyysiseen tiedon jakeluun. Nämä muinaiset systeemit perustuivat näköyhteyteen, jota myöhemmin laajennettiin teleskoopeilla. Tällaisia olivat mm. savumerkit, soihtumerkit, heijastavat peilit, valomerkit ja viittomamerkit. Havaintoasemat olivat sijoitettu vuorenhuipuille tai teille, joilla välitettiin viestiä eteenpäin pitkiä matkoja. /1/

2.2 Sähkötyt

Ensimmäinen sellainen laajasti käytetty tekniikka lähetettävälle viesteille, joka oli nopeampi kuin nopeimmat kuljetukset, oli optinen lennätin, joka kehitettiin 1793. Napoleon sisällytti tämän hänen salaiseen aseeseensa ja se toi hänelle viestejä Pariisista. Hän pystyi myös ohjaamaan sotajoukkojaan järjestelmän avulla. Sotilaallisissa tarkoituksissa signaalintiasemat olivat sijoitettu strategisille vuorenhuipuille. 1800-luvun puolivälissä 556 asemaa ylitti 5000 kilometrin välimatkan. /1/



Kuva 1. Hughes-lennätin oli kaukokirjoitin, jota valkoinen päämaja käytti viestiyhteyksiinsä alueille, jotka olivat valkoisen armeijan käytössä ja kantajohtojen varrella.

Elektroniset lennättimet korvasivat optiset lennättimet vuonna 1798, kun Samuel Morse kehitti pisteviivakoodinsa (morseaakkoset). Informaatio voitiin lähettää näköyhteyden ulkopuolelle ilman merkittävää viivästystä. /1/

1790-luvulla usean Euroopan maan tarve kommunikoida siirtomaiden kanssa kiihdytti sähkötytlinjojen kehitystä. Tarvittiin suuria riskisijoituksia teknologiainvestointeihin. Kumipäälysteisen kaapelin kehittämisen myötä ensimmäinen valtamerentakainen kaapeli saatiin laskettua vuonna 1858, mutta tämä kaapeli ei ollut enää käyttökelpoinen muutaman kuukauden kuluttua. Uusi kaapeli kehitettiin 1966 ja se toimi hyvin jatkuvassa käytössä. Tulokse-

na oli nopeasti laajeneva verkosto, joka käsitti nopeasti maapallon jokaisen nurkan. /1/

2.3 Varhaiset langattomat tekniikat

Muutamassa vuosikymmenessä laajalle levinnyt lennätintekniikka alkoi mennettää asiakkaitaan uudelle teknologialle, radiolle. 1896 Guglielmo Marconi demonstroi, miten sähkömagneettinen säteily voidaan havaita välimatkan päästä. Vuonna 1901 Marconi ylitti Atlantin valtameren radiotekniikan avulla ja säännölliset kaupalliset palvelut aloitettiin 1907. /1/

Uuden teknologian tärkeys tuli todistetuksi Toisessa maailmansodassa. Vihamielisyyksien alettua Britannia tuhosi Saksan meren ylittävät lennätinkaapelit ja radioasemat. Saksa puolestaan tuhosi Britanniaa menevät kaapelit Intiaan ja Venäjälle. Lopulta Britannia värväsi Marconin luomaan radioasemat nopeasti uudelleen, jotta voitiin hallita kommunikaatiota merien ylitse. /1/

Perinteiset Marconin radiot korvattiin nopeasti kehittyneemmillä laitteilla, jotka käyttivät tyhjiöputkia signaalien suurentamiseen ja jotka operoivat korkeammalla taajuudella kuin aikaisemmat systeemit. Ensimmäinen äänilähetys syntyi New Yorkin ja San Fransiscon välille 1915 ja kaupallinen radiolähetys saatiin 1920. Korkealla taajuudella (lyhytaallot) hyödynnettiin ionosfääriä heijastajana ja kommunikoinnin määrä kasvoi runsaasti. Toisessa maailmansodassa radiotekniikka kehittyi tasolle, jossa pieni radio voitiin asentaa kuorma-autoon, jeeppiin tai yksittäiseen sotilaan kannettavaksi. Ensimmäinen kannettava kaksisuuntaradio ilmestyi 1940. Kaksisuuntainen mobiilikommunikaatio on saanut aikaan suuren vallankumouksen sodankäyntiin.



Kuva 2. Analoginen radio

2.4 Puhelin



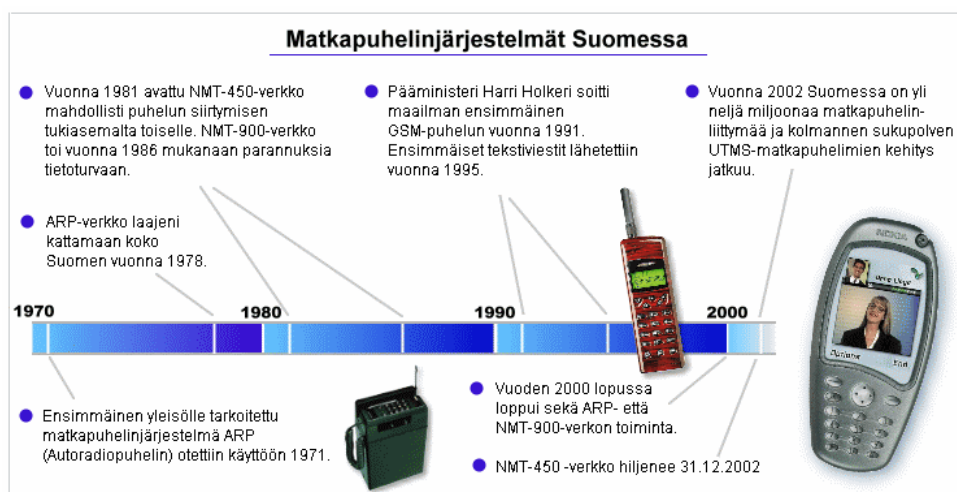
Kuva 3. Puhelin on ruotsalaisyritys Ericssonin 1890-luvulla valmistama

Puhelin demonstroititiin ensimmäisen kerran 1876. Puhelinverkko perustui mekaanisiin kytkentöihin ja kuparijohtojen määrä kasvoi sen ansiosta nopeasti. Kaapeleiden korkea hinta rajoitti tosin yhteyksiä. Kysynnän kasvaessa tarvittiin tekniikoita, joilla pystyttiin jakamaan kapasiteettia esimerkiksi ajan tai taajuuden perusteella. Ensimmäiset lankapuhelimet otettiin Suomessa käyttöön vuonna 1882./1/

Lukuisat yksityiset operaattorit hoitivat puhelinliikenteen. Tilaaja ei voinut soittaa operaattorilta toiselle, vaikka yhteys olisi pitänyt luoda vain saman kaupungin sisällä. 1913 Yhdysvaltojen hallitus salli monopoliaseman kansalliselle puhelinverkolle. Kuitenkin vasta 1950-luvulla yksittäinen verkkosignaali oli mahdollista tilaajalle sallien suorat, pitkän matkan puhelinyhteydet. /1/

3 NYKYPÄIVÄ

Vaikka normaalissa kielenkäytössä puhutaan langallisesta ja langattomasta tiedonsiirrosta, on kaiken tiedonsiirron takana lopulta langallinen tiedonsiirtoverkko. Matkapuhelinkin on langattomasti radioyhteydessä vain lähimpään tukiasemaan. Langattomat järjestelmät olivat pitkään pelkästään viranomais-ten käyttöön tarkoitettuja, ja esimerkiksi Suomessa vasta vuonna 1971 otettiin käyttöön yleisölle tarkoitettu langaton puhelinjärjestelmä ARP (Auto Radio Puhelin). ARP sisälsi kuitenkin monia teknisiä puutteita. Järjestelmässä ei ollut niin kutsuttua handover-toimintoa, eli puhelin ei osannut siirtyä puhelun aikana tukiasemalta toiselle.



Kuva 4. Matkapuhelinjärjestelmät Suomessa (2002)

3.1 Puhelinverkko

Perinteinen puhelinverkko (PSTN) muodostuu useista piirikytkentäisistä puhelinverkoista ympäri maailmaa. Alun perin järjestelmä muodostui analogisesta verkosta, jossa käsivälitteisesti ohjattiin keskuksien kautta puheluita tilaajien välillä. Nykyään verkon toiminnot ovat pääasiallisesti digitalisoitu ja automatisoitu.

Puhelinverkkojen toiminta on hyvin pitkälle säädeltyä ja standardisoitua. Tätä toimintaa ohjaa Kansainvälinen televiestintäliitto ITU ja paikalliset regulaattorit, Suomessa Viestintävirasto.



Kuva 5. Suuri osa puhelinjasta kulkee ilmassa

Toimintatapa

Puhelinverkon toiminta rakentuu yksinkertaisimmillaan päätelaitteesta (puhelin), joka on yhdistetty johtimella tilaajaverkon kautta puhelinkeskukseen, josta liikenne ohjataan haluttuun pisteeseen. Puheluliikennettä keskusten välillä ohjataan tavallisesti SS7-protokollan avulla.

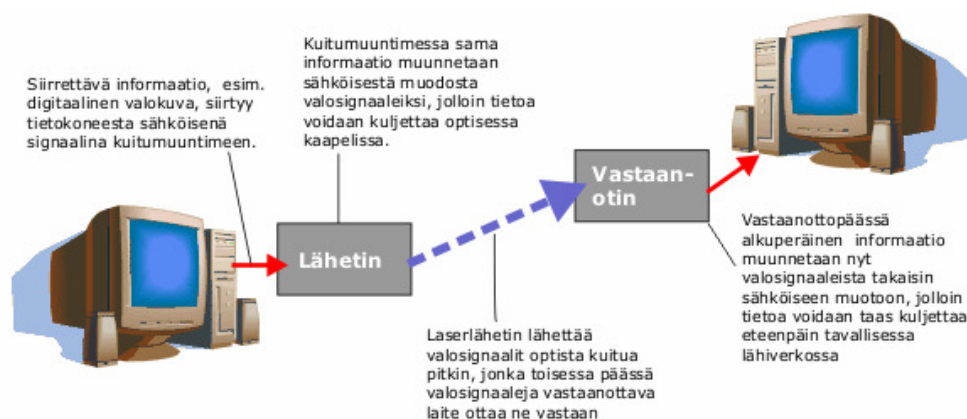
Käytännössä nykyaikainen puhelinverkko ei ole enää täysin piirikytkentäinen, vaan välityslukenteessa hyödynnetään nykyään myös lähiverkoista ja Internetistä tuttua pakettivälitteistä verkkoa. Pakettivälitteisessä verkossa tilaajan ja vastaanottajan välille ei muodostu piiriä, vaan paketit voivat kulkea useita eri reittejä. Samalla reitillä voi myös kulkea samaan aikaan usean eri yhteyden paketteja.

3.2 Optinen tiedonsiirto

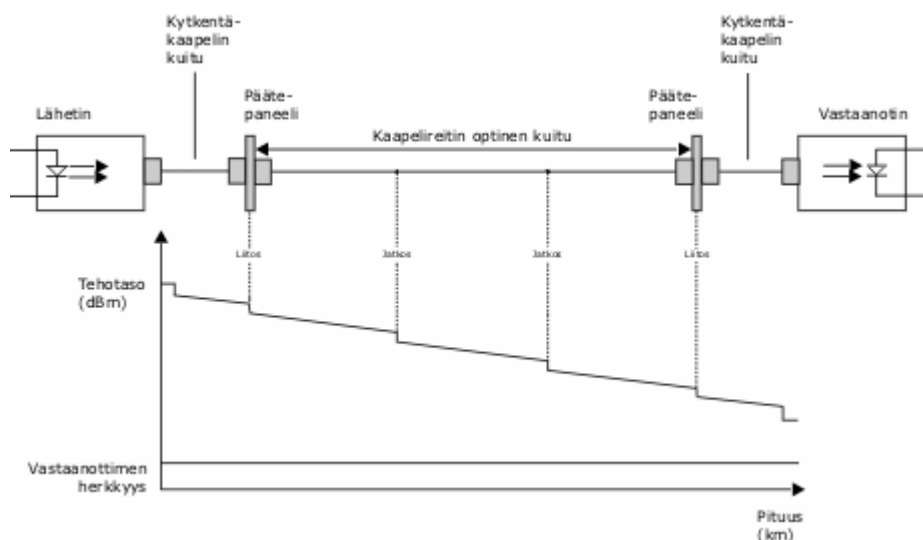
3.2.1 Optisen tiedonsiirron periaate

Optisessa tiedonsiirrossa signaali siirretään valon muodossa optista kuitua pitkin lähettimeltä vastaanottimelle. Lähetin muuttaa sähköisen siirrettävän signaalin valon muotoon ja lähettää sen kuituun, vastaanotin taas ottaa valon vastaan ja muuntaa sen sähköiseksi jatkokäsittelyä varten. Kuidut on päätetty linjan molemmissa päissä päätepaneelin liittimiin, joilla saadaan aikaan rajapinnat joihin lähetin ja vastaanotin kytketään. Kuten kaikessa tie-

donsiirrossa myös optisessa tiedon siirrossa signaali edetessään vaimenee. Vaimenemiseen vaikuttavat kuidun oma vaimennus, reitillä olevat kuitujatkokset ja edellä mainitut rajapinnat. Nämä aiheuttavat myös heijastuksia paluusuuntaan. Vaimentunut signaali on oltava vastaanottaessa tehotasoltaan riittävän suuri, jotta vastaanotin voisi tunnistaa sen. Teoriassa yksimuotokuitua mitattaessa aallonpituudella 1550 nanometriä kuidun vaimennus voi olla minimissään noin 0,16 dB/km, mutta käytännössä hyväksyttävä kuidun vaimennus on noin 0,30 dB/km. Olennaiset asiat yhteyden vaimennuksen saamiseen tarvittavaan marginaaliin ovat lähettimen tehotaso, yhteyden kokonaisvaimennus ja vastaanottimen herkkyyks, myös yhteyden kaistanleveys on olennainen. Kaistanleveys riippuu taas kuidun ominaisuuksista, joita ovat monimuotokuidun kaistanleveys ja yksimuotokuidun dispersio. Kuvasta ilmenee optisen tiedon siirron periaate yksinkertaisuudessaan. /2/



Kuva 6. Optisen tiedonsiirron periaate /3/

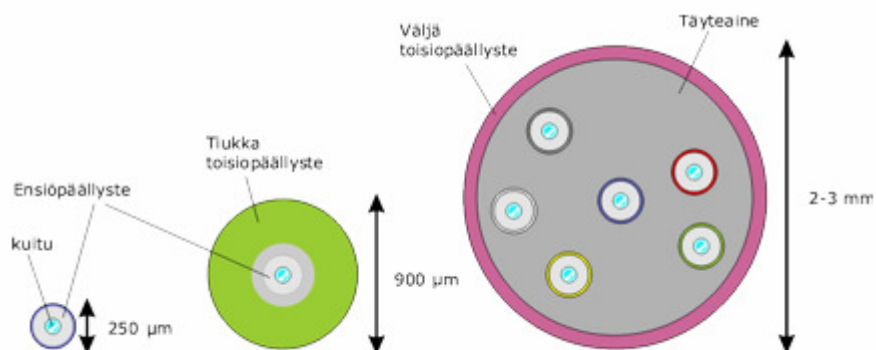


Kuva 7. Valosignaali siirtyy optista kuitua pitkin ja menettää osan tehostaan eli vaimenee. Kuituyhteydellä on myös kuitujatkoksia, joissa syntyy lisävaimennusta. Valokaapelin kuidut on päätetty yhteyden molemmissa päissä optisen päät-paneelin liittimiin. Näin saadaan aikaan liitinrajapinnat, joihin lähetin tai vastaanotin kytketään kytöntäkaapeleita käyttäen. Myös näissä liitoksissa syntyy vaimennusta. Yhteydellä olevat jatkokset ja liitokset aiheuttavat myös jonkin verran etenevän valon heijastuksia takaisin paluusuuntaan. /2/

3.2.2 Ominaisuudet ja edut

Optinen kuitukaapeli koostuu yksittäisistä kuiduista, ensiöpäälysteestä, täyte-aineesta, tiukasta tai väljästä toisiopäälysteestä ja mahdollisista kaapelin tukirakenteista kaapelin kulloisenkin käyttökohteen mukaan.

Kaapelin on kestävä kaikki asennusympäristön aiheuttamat rasitukset: tuuli, jääkuorma, vesi, hyvinkin alhaiset tai korkeat lämpötilat, kemikaaleja, öljyä ja jopa rottien puraisuut.



Kuva 8. Optisen kuitukaapelin rakenne

Optinen tiedonsiirto on kaikilla osa-alueilla ylivoimainen verrattuna perinteiseen sähköiseen tiedonsiirtoon itse siirtotekniikan kannalta ja myös valokaapelin ominaisuuksien ansiosta. Juuri nämä edut ovat auttaneet ja auttavat myös tulevaisuudessa optisen tiedonsiirron kehitystä ehkä jopa nopeammin kuin kukaan on osannut arvioida. Myös tietoturvallisuus on optisissa järjestelmissä erittäin hyvä. Tietysti valokaapeleissakin on joitain puutteita, mutta puutteita on huomattavasti vähemmän kuin etuja. Puutteiksi voidaan lukea kuidun pieni koko ja materiaali, lasi. Ohuen kuidun käsittely on melko vaikeata ja esimerkiksi jatkaminen on vaikeampaa ja tarkkuutta vaativampaa kuin normaali kuparikaapelissa. /2/

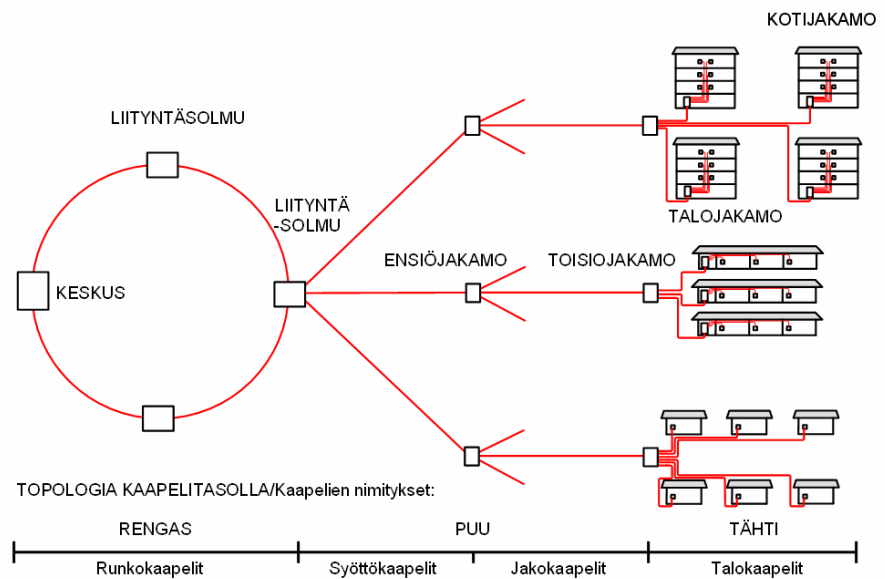
Optinen kuitu pystyy siirtämään suuren määrän tietoa, suurin tiedonsiirtonopeus ja matka riippuvat yhteyden vaimennuksesta, kaistanleveydestä, sekä lähettimen ja vastaanottimen ominaisuuksista. Yksimuotokuidulla saadaan siirrettyä dataa usean gigabitin siirtonopeudella sekunnissa ilman toistimia jopa useita kymmeniä kilometrejä. Kuiduilla on ylivoimaiset edut normaaleihin kuparikaapeleihin ja kaapelijärjestelmiin verrattuna, esimerkiksi pieni vaimennus ja suuri kaistanleveys kuparijohtimiin nähden. Pieni vaimennus korostuu pitkillä siirtomatkoilla ja suuri kaistanleveys on välttämätön verkon siirtonopeuksien kasvaessa. /2/

Koska kuitujen yleisin materiaali on lasi, sähköisesti eriste, mahdollistaa sen, että optinen tiedonsiirto on täysin riippumatonta kaikesta sähkömagneettisesta häiriöstä. Se ei myöskään aiheuta häiriöitä. Kuidussa ei ole maadoitusongelmia, koska galvaanista yhteyttä ei tarvita. Kuitu ei niin ikään välitä ukkosen tai sähköverkon aiheuttamista ylijännitteistä. Tietysti metalliosia sisältävä valokaapeli on suojattava asianmukaisesti ja myös päätelaitteet on suojattava asianmukaisesti. Näiden ominaisuuksien ansiosta optinen kuitu soveltuu vaikeisiin olosuhteisiin. /2/

Muita etuja on myös kaapeleiden pieni koko ja kevyt rakenne, jotka mahdollistavat kaapeleiden käsittelyn ja asennuksen helppouden. Yksimuotokuituisella kaapelilla asennuspituus voi olla noin 10 kilometriä ja monimuotokuitukaapelilla vastaavasti noin 5 kilometriä. /2/

Optisten siirtojärjestelmien yleistyttyä ovat järjestelmien hinnatkin laskeneet, joten kuitua on nykyään taloudellista käyttää yhä pienempiä käyttäjäryhmiä

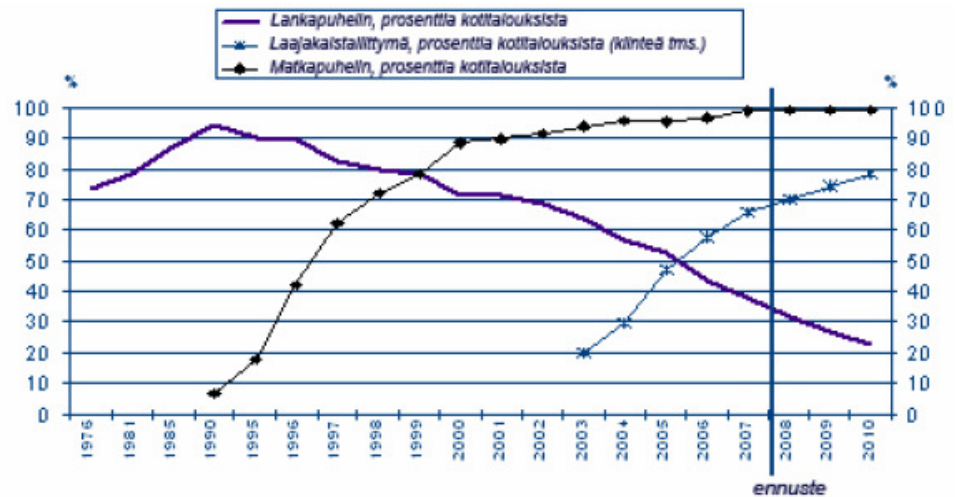
kohden. Koko ajan laskevien kustannusten ansiosta sen käyttö on laajene-
massa voimakkaammin myös liittytäkverkkoon. /2/



Kuva 9. Kaapelitopologioita ovat rengas-, tähti- sekä puutopologiat. Kussakin edellä mainitulla kuitutopologialla toteutetussa liittytäkverkkossa valokaapelipäätteelle on oma kuituyhteys joko liittytäksolmulta, passiiviselta jaottimelta tai aktiiviselta tähtipisteeltä. Pitkillä yhteyksillä kuidut ovat tyypillisesti yhden tai kahden valokaapelin sisällä ja jakamossa ne hitsataan yhteen kullekin liittytäkalle menevän kaapelin kuitujen kanssa. Yleisesti käytetyssä, puu-topologialla toteutetussa, kaapeloinnissa, kuitutopologia voidaan valita hyvin joustavasti, edellyttäen, että käytössä on riittävästi kuituja. Kuitutopologia voidaan valita tai vaihtaa haaroittuvan aktiivisen, haaroittuvan passiivisen tai täyden tähtitopologian välillä, kaapelitopologiaan puuttumatta. Samalla kaapeloinnilla voidaan toteuttaa eri kuitutopologioita myös samanaikaisesti. /4/

3.3 Mobiilipuhelinjärjestelmät

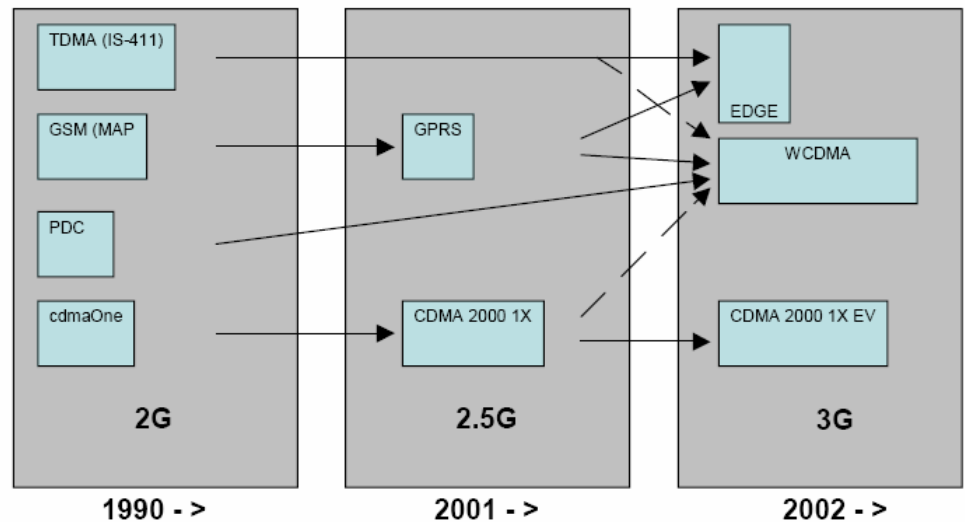
Kaupallisilla langattomilla kommunikaatiojärjestelmillä on ollut merkittävä kasvu muutaman viimeisen vuosikymmenen aikana. Kaikkialla maailmassa langattomat kommunikaatiojärjestelmät ovat hetkessä mahdollistaneet puhelinpalvelut uusille käyttäjille, joiden olisi muuten pitänyt odottaa vuosia langallista puhelimen käyttömahdollisuutta. Vaikka langallisten yhteyksien käyttäjiä on vielä tällä hetkellä paljon enemmän kuin langattoman yhteyden käyttäjiä, niin langattomien käyttäjien määrä on kasvamassa 15 kertaa nopeammin kuin langallisten käyttäjien. Langattomien puhelinten käyttäjämäärien odotetaan kasvavan kiihtyen tulevina vuosina, ja arviolta vuonna 2010 on saman verran langattomien ja langallisten yhteyksien käyttäjiä. /1/



Kuva 10. Lankapuhelimien, matkapuhelimien ja laajakaistaliittymien yleisyys kotitalouksissa

Langattomat mobiilipuhelinjärjestelmät voidaan jakaa kolmeen sukupolveen. Ensimmäinen sukupolvi käytti analogista verkkoa ja se esiteltiin 1980-luvulla. Toinen sukupolvi lähetti puheen digitaalisessa muodossa ja ne käsittivät joi-takin erikoispalveluja, jotka eivät suoraan liittyneet puheääneen. Toisen su-kupolven langattomat järjestelmät voidaan jakaa kahteen eri ryhmään tilaa-jan liikennenopeuden perusteella. Korkean tason järjestelmissä tilaajat liik-kuvat ajoneuvojen nopeudella ja matalan tason järjestelmissä tilaajien liike on lähinnä kävelynopeutta, 10 km/h. Osa näistä järjestelmistä on suunniteltu ainoastaan sisätilojen käyttöön. /1/

Kolmannen sukupolven järjestelmät oli suunniteltu otettavan käyttöön vuo-den 2002 jälkeen. Niiden odotettiin tarjoavan eräitä palveluita, joita ei voida toteuttaa toisen sukupolven järjestelmillä. Tällaisia olivat esimerkiksi laaja-kaistaiset multimediapalvelut. /1/



Kuva 11. Mobiilievoluutio verkoissa

3.3.1 Ensimmäisen sukupolven järjestelmät

Alkuperäiset langattomat kommunikointijärjestelmät levisivät käyttöön 1980-luvulla. Kaikista suosituimpia olivat analogiset johdottomat puhelimet, jotka käyttivät radioyhteyttä yhdistämään luuriosan lähetin/vastaanottimeen. Niitä valmistettiin satojatuhansia laitteita, mikä johti tekniikan standardointiin Euroopassa (CT0, CT1 ja CT1+). Analogisella johdottomalla puhelimella kantama on rajoittunut muutamiin kymmeniin metreihin ja tekniikka vaatii oman puhelinlinjansa. Siksi liikkuvuutta on pyritty parantamaan solukkojärjestelmillä. /1/

Solukkopalvelujen ilmestyttyä 1983 Yhdysvallat jaettiin 734 soluun, jolla jokaisella oli A- ja B-puolen solupalvelun ylläpitäjä. Jokainen linja käyttää 25 MHz radiospektriä 800 MHz kaistalla. Yhteys on kaksisuuntainen ja sitä voidaan käyttää joko puheen- tai datasiirtoon. Yhdysvaltojen analogiset solukkojärjestelmät perustuvat AMPS-standardiin (Advanced Mobile Phone System) ja radiopuhelimet toimivat kaikissa osissa maata. /1/

AMPS-solukkostandardi käyttää analogista FM:ää ja kaksisuuntaista radiokanavaa (Full Duplex). Taajuudenjakotekniikka (FDMA) mahdollistaa usean käyttäjän jakamaan saman spektrialueen. Tämä standardi mahdollistaa selkeän kommunikoinnin ja edulliset kannettavat puhelimet, mutta lähetykset on helppo siepata radiovastaanottimella. Vuoden 1996 lopussa 88 % kaikista radiopuhelimista Yhdysvalloissa käytti AMPS-standardia. /1/

Yhdysvaltojen ulkopuolella levisi monia yhteensopimattomia analogisia solukkojärjestelmiä. Euroopan solukkopalvelu, joka edelsi AMPS järjestelmää, käytti Pohjoismaista NMT-matkapuhelinstandardia vuoden 1982 alusta alkaen. Myös muut Euroopan kansallisuudet ja Japani kehittivät analogisia standardeja. Alla kuva ensimmäisen sukupolven matkapuhelimista Suomessa. /1/

	ARP	NMT-450	NMT-900
Käyttöönotto	1971	1982	1986
Taajuusalue	150 MHz	450 MHz	900 MHz
Kanavamäärä	80	180	400
Tekniikka	Analoginen	Analoginen	Analoginen
Lähetystehot	1-5W	15W, 1,5W, 150 mW	6W, 1.1W, 100mW
Modulaatio	FM	FM	FM
Tukiaseman vaihto puhelun aikana	Ei onnistu	Automaattinen 1.4 s	Automaattinen 0.4 s
Toiminta-alue	Suomi	Pohjoismaat, osa Baltian maita	Pohjoismaat, Alankomaat, Sveitsi
Kattavuus	Koko maa	Lähes koko maa	Asutusalueet ja päätiet
Datayhteys	Hidas	1200/4800 bps	1200/4800 bps
Verkkokilpailu	Telecom Finland monopolit	Telecom Finland monopolit	Telecom Finland monopolit
Puhelimen virrankulutus	Suuri	Suuri	Kohtuullinen

Kuva 12. Ensimmäisen sukupolven matkapuhelimia Suomessa

3.3.2 Toisen sukupolven järjestelmät

Toisen sukupolven matkapuhelinjärjestelmiä alettiin suunnitella, kun ensimmäisen sukupolven matkapuhelimet tulivat suosituiksi. Suuren suosion myötä havaittiin ensimmäisen sukupolven matkapuhelinjärjestelmien rajoitukset. Koska kannettavilla puhelimille oli odotettavissa suuria käyttäjämääriä, voitiin tekniikan kehittämiseenkin sijoittaa paljon rahaa olettaen, että sijoitukset maksaisivat itsensä käyttäjämäärän kasvaessa takaisin.

Toisen sukupolven järjestämät perustuvat digitaaliseen tiedonsiirtoon ja tietotekniikan käyttöön, joille lukuisat standardointijärjestöt Pohjois-Amerikassa, Euroopassa ja Japanissa määrittivät standardit. Järjestelmät käyttävät digitaalista signaalin prosessointia, kompressiota, koodausta ja verkonkontrollitekniikoita. Digitaalitekniikka otettiin käyttöön, jotta puhelinjärjestelmällä pystyttäisiin palvelemaan suurempia käyttäjäjoukkoja ja toteuttamaan kehittyneempiä telepalveluita. Näitä palveluita ovat mm. faksien lähetykset, datasiirto ja tekstiviestit. /1/

Yhdysvalloissa toisen sukupolven teknologia on levittäytynyt 800 MHz ja sittemmin 1900 MHz solukkokaistalle. Euroopassa ja suurimmassa osassa muuta maailmaa toisen sukupolven teknologiat ovat levinneet 900 MHz ja 1800 MHz kommunikointikaistalle. Japani puolestaan käyttää digitaalisissa solukkojärjestelmissä 800 MHz, 1500 MHz ja 1900 MHz taajuuksia. /1/

Toisen sukupolven tekniikka käsittää kolme korkean tason standardia: Euroopan standardi; GSM ja kaksi Pohjois-Amerikan standardia; IS-136 aikajakokanavointitekniikka (TDMA) ja IS-95 koodijakokanavointitekniikka (CDMA). GSM-tekniikka, joka on hyväksytty yli sadassa maassa määrittää kattavan laaja-alaisen kommunikointijärjestelmän. /1/

Toisen sukupolven langattomien puhelinten kaupallinen menestys on herättänyt kiinnostusta uusien ominaisuuksien lisäämiseen, jotta pystyttäisiin tyydyttämään jatkossa informaatiopalvelujen tarpeet. Esimerkiksi uusi puheenkoodaustekniikka, joka tarjoaa parannetun äänen laadun on jo esitetty kaikille kolmelle korkean tason järjestelmälle. Fax-signaaleille on määrätty standardit, ja standardit pakettikytkentäiseen datan lähetykseen 64 kbps yläpuolella ovat kehitteillä GSM- ja DECT- tekniikoihin. Lisäksi pakettikytkentäinen datan lähetyksen (GPRS), joka on sopiva langattomaan internet-yhteyteen, on ollut kehitteillä toisen sukupolven järjestelmissä. Tämä teknologia antaa pohjan maailmanlaajuiselle kolmannen sukupolven kommunikointijärjestelmien tutkimus- ja tuotekehitystyölle. Alla kuva toisen sukupolven matkapuhelinjärjestelmiä. /1/

	GSM	DCS1800 PCN	IS-54	IS-95	PDC
Alue	Eurooppa ym.	Eurooppa	USA	USA	Japani
Monikäyttömentetelmä	TDMA	TDMA	TDMA	CDMA	TDMA
Taajuusalue MHz	890-960	1710-1880	824-894	824-894	810-1501
Kantoaallon väli kHz	200	200	30	1250	25
Päätelaitteen lähetysteho	1 W / 125 mW	1W / 125mW	600/200 mW	600 mW	
Puheen koodus kbit/s	13	13	7,95	8 (vaihteleva)	6,7
Puhekanavia kantoaaltoilla	8	8	3		3
Kanavan bittinopeus kbit/s	270,833	270,833	48,6		42
Kehyksen pituus ms	4,615	4,615	40	20	

Kuva 13. Digitaalisia toisen sukupolven matkapuhelinjärjestelmiä

3.3.3 Kolmannen sukupolven järjestelmät

Alkujaan kolmannen sukupolven langattomien järjestelmien käsite (3G) syntyi ITU:n toimesta. 3G:n suunniteltiin olevan selvä harppaus toisen sukupolven järjestelmistä eteenpäin. Amerikkalaista kolmannen sukupolven järjestelmää kutsutaan nimellä IMT-2000 (International Mobile Telecommunications –2000). /1/

IMT-2000 visioitiin olemaan maailmanlaajuinen radorajapinnalla toimiva radioverkko. Verkko tulisi tukemaan suurempia tiedonsiirtonopeuksia kuin toisen sukupolven verkot, olemalla kuitenkin samalla halvempi. Muita hyötyjä tulisivat olemaan mm. pienemmät laitteet, kestävämmät akut ja käytön helppous. /1/

Eurooppalainen telekommunikaatioteollisuus alkoi myös kehittää omaa 3G – mobiiliverkkoa vastaamaan tulevaisuuden vaatimuksia. Verkkoa kutsutaan nimellä UMTS (Universal Mobile Telecommunications Service), ja sen tavoitteet olivat hyvin samanlaiset kuin IMT-2000-verkossakin. UMTS oli suunniteltu saatavan käyttöön jossain muodossa vuonna 2002 ja täydellisesti vuonna 2005. /1/

Selvää on, että muutaman lähivuoden aikana langattomat verkot tulevat kehittymään, mutta on eri asia tuleeko niistä pikaisesti kaupallisia. Nykyinen toisen sukupolven järjestelmä on kehittynyt niin kattavaksi, että uuden sukupolven verkon kaupallistaminen ei välttämättä tule kehittymään kovin nopeasti. Erilaisia palveluja on kyllä visioitu, mutta palveluiden hinnat saattavat ainakin aluksi olla liian korkeita /1/

<i>Tekno- logia</i>	<i>Kaupalli- nen lansee- raus Suo- messä</i>	<i>Käytännön tiedonsiirto- nopeus</i>	<i>Yleisimmin käytetyt palvelut</i>	<i>Hinnoittelu- perusteet</i>
HSCSD	1999	< 57,6 kbit/s	Email	Yhteysaika
GPRS	2000	30-40 kbit/s	Email, sisältöpalvelut, mms	Datamäärä
EDGE	2003	< 110 kbit/s	Internet, sisältöpalvelut, Email, mms	Datamäärä
UMTS	2004	< 364 kbit/s	Internet, sisältöpalvelut, Email, mms	Datamäärä

Kuva 14. Kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmiä

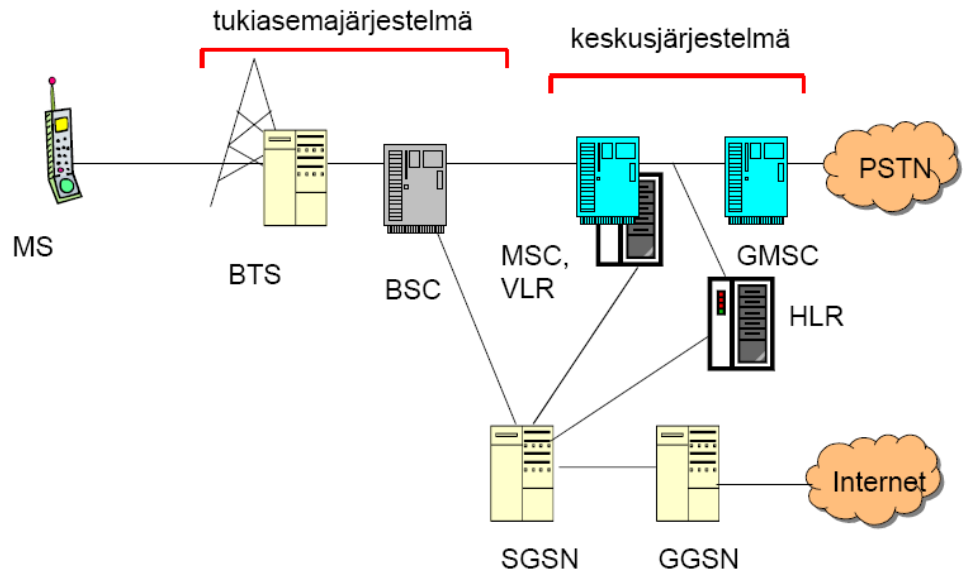
3.3.4 GPRS

GPRS on lyhenne sanoista General Packet Radio Service. Se on liikkuva datapalvelu, joka on tarkoitettu GSM-puhelimille. Se ei ole piirikytkentäinen, vaan pakettikytkentäinen, joten se kuormittaa verkkoa vain silloin kun se lähettää/vastaanottaa dataa. Tämä mahdollistaa useammalle käyttäjälle mahdollisuuden verkon käyttöön, mutta ei takaa kenellekään toimivuutta. /5/



Kuva 15. GPRS-puhelin

TCP/IP:tä käytetään yleensä GPRS-yhteyden päällä, jolloin käyttäjällä on pääsymahdollisuus internetiin, jolloin on mahdollista selata websivuja, lähettää sähköpostia, käyttää pikaviestimiä jne. /5/



Kuva 16. GPRS arkkitehtuuri. Yhdellä GPRS-tilaajalla voi olla useita erilaisia PDP-konteksteja. Tilaajan aktivoitessa IP:n mukaisen PDP-kontekstin, saa hän IP-osoitteen. Tämä mahdollistaa pakettien lähetyksen ja vastaanoton ulkoisesta verkosta. GPRS-runkoverkko tekee IP-osoitteen ja GSM:n sisäisen osoituksen välisen muunnoksen ja kykenee hallitsemaantilaajan mobiliteetin. GPRS-järjestelmä näyttää ulospäin Internetiin tavalliselta aliverkolta. /6/

GPRS-puhelin on myös mahdollista yhdistää tietokoneeseen, jolloin tietokoneeseen saa internetyhteyden. Yhdistäminen onnistuu Bluetoothin, infrapuna yhteyden tai datakaapelin avulla. /5/

Pakettikytkentäinen datansiirto mahdollistaa myös laskuttamisen siirretyn datan määrän perusteella aikaperusteisen laskutuksen sijaan. Tämän vuoksi GPRS on huomattavasti tavallista GSM-yhteyttä parempi tekniikka esimerkiksi Internet-yhteyden muodostamiseen, sillä yhteyttä voidaan pitää auki esimerkiksi verkkosivua luettaessa, eikä lasku kasva turhaan. GPRS:n käyttöä laskutetaan yleensä kilotavuittain, kiinteällä kuukausimaksulla tai näiden yhdistelmällä (ensimmäinen 100 megatavu maksaa 10 euroa ja tämän jälkeen euron per megatavu). /5/

Teoreettinen maksimilatausnopeus on 160.0 kbit/s (20 kilotavuuta per sekunti), käytännössä nopeudet ovat 30–80 kbit/s (3-10 kilotavuuta per sekunti) välillä. /5/

GPRS:än kehittyneempi versio on EDGE, jonka tiedonsiirtonopeudet ovat noin kolme kertaa suuremmat

3.3.5 EDGE

EDGE on matkapuhelinten pakettipohjaiseen tiedonsiirtoon suunniteltu tekniikka. EDGE perustuu GPRS-tekniikkaan, joka on GSM-verkkojen tiedonsiirtostandardi. EDGE-standardin on kehittänyt 3GPP-järjestö. EDGE tunnetaan myös lyhenteellä EGPRS, joka tulee sanoista Enhanced GPRS. Joskus siihen myös viitataan markkinointitermillä 2.5G, koska se on parannettu toisen sukupolven tekniikka (2G), mutta se ei ole vielä varsinaista kolmannen sukupolven tekniikkaa (3G). /7/

Ensimmäinen kaupallinen EDGE-järjestelmä otettiin käyttöön Yhdysvalloissa vuonna 2003. Nykyään se on kaupallisessa käytössä noin kahden sadan eri GSM-operaattorin verkossa ympäri maailmaa. EDGE-tilaajia arvellaan olevan noin 300 miljoonaa. /7/

EDGE-standardi mahdollistaa teoriassa 473,8 kbit/s vastaanotto- ja lähetysnopeudet. Käytännössä loppukäyttäjien saavuttamat nopeudet GSM/EDGE-päätelaitteilla ovat keskimäärin 160-200 kbit/s luokkaa, ja parhaimmillaan 296 kbit/s vastaanottosuunnassa. Lähetysuunnassa vastaavasti saavutetaan keskimäärin 80-160 kbit/s nopeudet, ja parhaimmillaan 236,8 kbit/s nopeus. Tämä on keskimäärin kolmin- tai nelinkertainen nopeus verrattuna olemassa oleviin GSM/GPRS-laitteisiin nähden. /7/

3.3.6 UMTS

UMTS on kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmien yleisnimitys. Painopiste on datansiirrossa. Puhe on tässä vain yksi sovellus muiden joukossa.

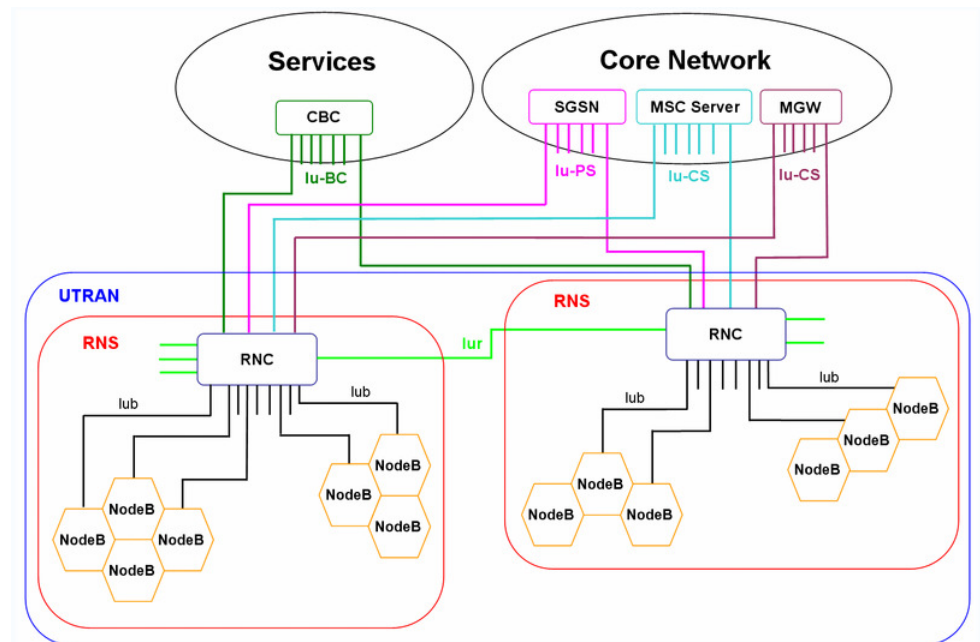
Yksi määrittäjä, monta tekniikkaa

UMTS on maailmanlaajuinen määrittäjä, joka ei kuitenkaan takaa maailmanlaajuista yhteensopivuutta. Esimerkiksi Euroopassa UMTS tulee perustumaan WCDMA-tekniikan käyttöön, kun taas Yhdysvalloissa lähdetään todennäköisesti liikkeelle CDMA2000-tekniikalla. Nämä kaksi eivät ole yhteensopivia radorajapinnassa.

Puheen välitys siirtyy sivuosaan

Kolmannen sukupolven verkkojen perusoletus on, että niissä siirretään paljon muutakin kuin pelkästään puhetta. Tämän takia niiden suunnittelussa onkin keskitytty oikeastaan kokonaan datansiirtoon, ja puhe on nähty vain yhtenä datasiirron sovelluksena muiden (video, teksti jne.) mukana.

Periaatteessa UMTS pystyy jopa 2 Mbit/s:n siirtonopeuksiin, mutta todellisuudessa nopeudet tulevat olemaan huomattavasti hitaampia. Esimerkiksi ensimmäiset UMTS-verkot Suomessa tulevat toimimaan noin 64 kbit/s:n nopeudella. Tulevaisuudessa tullaan pääsemään noin 128 kbit/s:n siirtonopeuksiin, mutta 2 Mbit/s tulee jäämään aika teoreettiseksi lukemaksi.



Kuva 17. UMTS-arkkitehtuuri

3.3.7 TETRA – liikkuva radiojärjestelmä

TETRA on vuonna 1995 julkistettu standardi, joka määrittelee liikkuvan radioverkon. TETRA:n edeltäjiä ovat olleet kansalliset verkot, kuten ranskalainen Radiocom 2000, englantilainen MPT 1327 ja ruotsalainen Mobitex. Mobitex ja MPT 1327 ovat olleet Suomessakin käytössä. Tällaisten maakohtaisten verkkojen ylläpito on erittäin kallista, ja koska olemassa olevat verkot al-

koivat vanhentua, päätettiin aloittaa yhteiseurooppalaisen järjestelmän suunnittelu. Tästä tuloksena syntyi TETRA. /8/

Verkon rakenteesta ja taajuuksista

TETRA:lle on varattu jaettavaksi neljä taajuusaluetta:

- 380 – 400 MHz
- 410 – 430 MHz
- 450 – 470 MHz
- 870 – 933 MHz

Näistä ehdottomasti tärkein on alin, 380-400 MHz, koska se on varattu poliisi- ja pelastustoiminnan käyttöön. TETRA-päätelaitteiden valmistajat keskittyvät hyvin pitkälti tämän taajuusalueen laitteisiin, koska muiden taajuusalueiden käyttöönotto on ongelmallista eri maiden erilaisten taajuusmääräysten vuoksi. /8/

TETRA käyttää niin sanottua trunking-tekniikkaa, jossa samaa radiotaajuutta ja tukiasemaverkostoa voidaan käyttää useiden yksityisten verkkojen (VPN) viestiliikenteeseen ilman että verkot häiritsevät toisiaan. Näin ollen TETRA-verkkoja tarvitsee rakentaa vain yksi per kuuluvuusalue, kun taas esimerkiksi GSM-verkkoja tarvitaan yksi per operaattori per kuuluvuusalue. TETRA:n tapauksessa uusia verkkoja voidaan muodostaa pelkällä ohjelmallisella konfiguroinnilla, ja erilliset TETRA-verkot voidaan kriisitilanteessa yhdistää yhdeksi ainoaksi verkoksi. /8/

TETRA-verkon toiminta perustuu tavallisten matkapuhelinverkkojen tapaan solurakenteeseen. Yhteys siis muodostetaan normaalisti tukiaseman ja päätelaitteen välille. TETRA mahdollistaa kuitenkin solurakenteen lisäksi peer-to-peer – yhteydet, eli yhteydet suoraan päätelaitteiden välillä. Tämän lisäksi osa päätelaitteista voi toimia niin sanottuina toistimina eli liikkuvina tukiasemina. Tämä parantaa verkon toimintavarmuutta sekä peittoaluetta. /8/

Datayhteydet ja tiedonsiirtonopeudet

TETRA-verkon kapasiteettia hallitaan aikajakoisella TDMA-kanavoinnilla aivan kuten GSM:ssäkin. TETRA:n tapauksessa käytetään neljää aikaväliä, joista jokaiselle voidaan sijoittaa erillinen puhe- tai datayhteys. Yksi TDMA-kanava varaa 25 kHz:n (vrt. GSM 200 kHz) kaistan. Yhdessä aikavälissä taas voidaan siirtää yksi puheyhteys tai 7.2 kbit/s dataa ilman virheenkorjausta. 7.2 kbit/s ei käytännössä riitä nykyaikaisten sovellusten tiedonsiirtokapasiteetiksi, ei varsinkaan multimediasovelluksiin, joten TETRA:an onkin määritelty mahdollisuus käyttää kaikkia neljää aikaväliä yhden datayhteyden luomiseksi. Tällöin päästään jopa 28.8 kbit/s tiedonsiirtonopeuksiin (4 x 7.2 kbit/s) ilman virheenkorjausta. /8/

Dataa voidaan TETRA:ssa lähettää sekä piiri- että pakettikytkentäisenä (vrt. GSM:n GSM Data/HSCSD ja GPRS). Piirikytkentäisillä yhteyksillä muodostetaan päästä-päähän – yhteys ja resurssit varataan yhteyden ajaksi (vrt. puhelinverkon modeemi). Pakettikytkentäisellä yhteydellä taas data jaetaan paketeiksi ja jokainen paketti reititetään verkon läpi erikseen vastaanottajalle (vrt. Internet). Pakettikytkentäisillä yhteyksillä data on yleensä salattu vain radorajapinnassa, mutta myös päästä-päähän –salaus on mahdollista toteuttaa. Tämä taas parantaa tietoturvaa verkon yli siirrettävän datan osalta. /8/

Laaja tuki eri protokollille

TETRA tukee kaikkia OSI- ja Internet-protokollia. Tämä mahdollistaa kaikkien jo olemassa olevien palveluiden tuomisen TETRA-verkkoon sekä varmistaa TETRA:n tuen tulevaisuuden palveluille. TCP/IP-tuen avulla esimerkiksi palomiehet voivat olla jatkuvasti yhteydessä omaan keskustietokantaansa ja hakea sieltä tietoa avun tarpeessa olevista asiakkaista. Myös paloauton sijaintia voidaan päivittää reaaliajassa tietokantaan, ja keskus pystyy kutsu- maan apuun automaattisesti lähimpänä sijaitsevan yksikön. /8/

TETRA kykenee myös tekstiviestien lähettämiseen, mutta verkon multimedialpalvelut ovat vielä jokseenkin kehittymättömät. Nämäkin palvelut ovat kuitenkin kehitteillä myös viranomaisverkkoihin. /8/

Korkea tietoturvasaso

TETRA käyttää paljon komponentteja jo olemassa olevista järjestelmistä. Esimerkiksi tietoturvan osalta oppia on haettu DECT:stä ja GSM:stä. Koska viranomaisverkoissa liikkuu kuitenkin usein hyvin arkaluontoista tietoa, nähtiin etteivät edellä mainitut järjestelmät vielä riitä. TETRA vaatii lisäksi omia turvallisuusominaisuuksia. TETRA:an on myös jätetty mahdollisuus liikenteen valvontaan. Tämä on tehty siksi, että eri maiden lainsäädännöt suhtautuvat eri tavoin tietoliikenteen tietosuojaan. Esimerkiksi Ranskassa ei saa GSM:ssäkään käyttää vahvaa salausta, jotta viranomaiset pystyisivät kuuntelemaan puheluita. /8/

Päätelaitteen ja tukiaseman välinen tunnistus tapahtuu 128-bittisten tunnistusavainten avulla. Tämä avain voi olla tallennettuna päätelaitteen muistiin tai erilliselle SIM-kortille. Tunnistus voidaan liittää käyttäjään käyttämällä GSM:stä tuttua PIN-koodia. Ennen tunnistusta liikenne salataan kiinteillä avaimilla, jotka ovat päätelaittekohtaisia. Tunnistuksen aikana tukiasema siirtää uuden kertakäyttöisen avaimen salattuna päätelaitteelle. Tämän jälkeen kaikki liikenne salataan tällä kertakäyttöisellä avaimella kunnes yhteys puretaan. Staattisia avaimia voidaan käyttää myös päätelaitteiden väliseen kommunikointiin. TETRA määrittelee myös ryhmäkohtaisen avaimen, jolla voidaan varmentaa eri käyttäjäryhmien välinen liikenne. /8/

Tiedonsiirron salaus toteutetaan TETRA:ssa salaisilla algoritmeilla, jotka annetaan vain laitevalmistajien tietoon. Yleisesti ottaen tällaisia salaisia algoritmeja pidetään heikkoina, koska niitä ei ole voitu altistaa julkisen tietoturvayhteisön kritiikille. /8/



Kuva 18. TETRA:n kapasiteetti ei tukkeudu kriisitilanteessa

3.3.8 VIRVE – suomalainen viranomaisverkko

VIRVE on yksi TETRA-standardin todellinen toteutus. VIRVE otettiin käyttöön vuonna 1998. Se perustuu Nokian TETRA-standardia tukeviin laitteisiin.

Viranomaisten käyttöön haluttiin erillinen järjestelmä, koska yleiset televerkot tai tavalliset erillisverkot on suunniteltu vain kahden pisteen välisiä yhteyksiä varten. Usean käyttäjän ryhmäyhteykset ovat hitaita ja vaikeita käyttää sekä joskus jopa mahdottomia toteuttaa. Viranomaiskäyttö vaatii myös erityisominaisuuksia päätelaitteilta, verkon peittoalueelta sekä kanavakapasiteetilta. Myös yleisten verkkojen salaumahdollisuudet sekä tilaajien etuoikeusluokkien puuttuminen käytännössä estävät yleisten verkkojen viranomaiskäytön. Esimerkiksi kriisitilanteessa GSM-verkko tukkeutuu välittömästi eikä viranomaisten puheluita näin ollen saataisi läpi – VIRVE:ssä tilanne on toinen. /9/

Ongelmallisista erillisverkoista yhtenäisratkaisuun

Poliisilla, rajavartiolaitoksella, merenkulkuhallituksella, ilmailulaitoksella, tielaitoksella, puolustusvoimilla sekä erilaisilla pelastuslaitoksilla on perinteisesti ollut omat erillisverkkonsa. Ne ovat olleet yleensä kiinteitä verkkoja, mutta

myös liikkuvaa tietoliikennettä varten rakennettuja erillisverkkoja on ollut olemassa. /9/

Tällaisia verkkoja on rakennettu hyvinkin yhteensopimattomilla tekniikoilla, joten kommunikointi verkosta toiseen on ollut hankalaa. Koska useiden erilaisten verkkojen uusiminen olisi tullut erittäin kalliiksi, päätettiin Suomeen rakentaa yksi yhtenäinen viranomaisverkko. Rakennustyöt alkoivat vuonna 1998, ja ne saatiin päätökseen vuonna 2003. Yhteisen verkon etuna on investointi- ja käyttökustannusten jakautuminen useille eri tahoille. /9/

Laaja peittoalue

VIRVE on suunniteltu siten, että viranomaisten välinen kommunikointi onnettomuustapauksissa on helppoa. GSM-verkkoihin nähden VIRVE:n kapasiteetti palvelee paremmin viranomaiskäyttöä, ja peittoalueen suunnittelussa on otettu kaupallisia verkkoja paremmin huomioon mm. valtakunnan rajat, erämaa-alueet, sisävedet ja merialueet. VIRVE:llä on noin 100 000 käyttäjää. /9/

3.4 Johdottomat puhelimet

3.4.1 Kehitys

Johdottomat puhelimet ovat puhelimia, joissa puhelinlaitteen ja puhelinluurin välissä ei ole johtoa, vaan radiolinkki. Ne on tarkoitettu käytettäväksi pienellä alueella, esim. omakotitalon alueella tai toimistorakennuksessa. Kantoalue on yleensä maksimillaan 200 metriä.

Johdottomat puhelimet eivät ole sama asia kuin matkapuhelimet, eivätkä ne siis kilpaile keskenään. Johdottoman puhelimen ideana on lähinnä helpottaa lankaverkkoon kytketyn puhelimen käyttöä. Esimerkiksi DECT –järjestelmä (Digital European Cordless Telecommunications) kuitenkin muistuttaa hyvin paljon matkapuhelinverkkoa toiminnoltaan, sillä se koostuu solukoverkosta. DECT-verkon solut ovat niin pieniä, etteivät ne sovi matkapuhelimille. DECT-järjestelmää on kuvattu yksityiskohtaisemmin jäljempänä.

Johdottomat puhelinjärjestelmät voidaan luokitella kolmeen luokkaan: CT1, CT2 ja digitaaliset järjestelmät.

CT1 perustuu analogiseen tekniikkaan, ja koostuu kannettavasta osasta sekä puhelinlinjaan kytkettävästä tukiasemasta. Tukiasemaa voi ohjata vain sen oma kannettava osa, mikä on varmistettu yhteisellä tunnuskoodilla. CT1:n ongelmana on rajoitettu kanavamäärä, kiinteä kanava-asetus sekä tietenkin analogisuus. CT1-järjestelmää ei ole standardoitu, vaan laitteet ovat valmistajakohtaisia, ja lisäksi eri maissa on omat taajuusalueensa ja määräyksensä. Jos kaksi puhelinta sattuvat käyttämään samaa taajuutta, niin ne häiritsevät toisiaan. Järjestelmä ei nykyisin ole enää juurikaan käytössä.

CT2 on kehittyneempi johdoton puhelinjärjestelmä kuin CT1 ja siitä on olemassa virallinen standardi. CT2:n tarkoituksena on saada aikaan järjestelmä, joka voisi toimia jokaisessa kodissa, ja kaupunkialueella voisi esim. soittaa maksupuhelimissa olevan tukiaseman välityksellä omalla puhelimellaan. CT2 käyttää taajuusjakoa, vuorosuuntaista lähetystä sekä digitaalista puheen välitystä tukiaseman ja kannettavan osan välillä. CT2 ei kuitenkaan koskaan menestynyt kaupallisesti, eikä toiminut hyvin teknisestikään vaikka kokeiluja järjestelmästä oli myös Suomessa 1990-luvun alussa. DECT-järjestelmä tuli syrjäyttämään CT2:n.

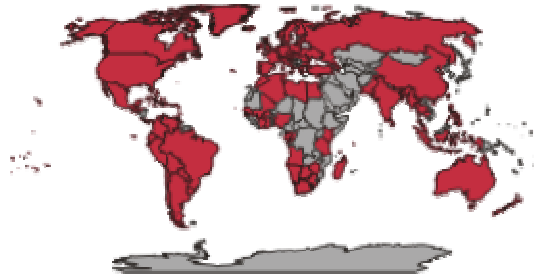
3.4.2 DECT

Yleistä

ETSI (European Telecommunications Standards Institute) on kehittänyt DECT-standardin. DECT on langaton telekommunikaatiojärjestelmä, joka käyttää digitaalista radioyhteyttä päätelaitteen ja tukiaseman välillä. DECT-järjestelmä voidaan muodostaa yhden tai useamman tukiaseman solukko-verkkona. DECT:n kantoalue on 20-500 metriä, minkä vuoksi se soveltuu parhaiten mm. toimistoon tai koteihin. /10/

DECT-verkkoja yhdistelemällä päästään jopa 15 km laajuisiin langattomiin verkkoihin. Tuoreimman tiedon mukaan DECT-puhelimia on käytössä tällä hetkellä noin 120 miljoonaa ja DECT-Forumin kotisivun mukaan käyttäjä-

määrät kohoavat niinkin suuriksi kuin 200 milj. vuoteen 2010 mennessä. DECT-järjestelmä on käytössä 110 maassa. /10/



Kuva 19. DECT maailmanlaajuisesti. /10/

DECT –standardi

DECT-standardia varten on kehitetty erilaisia normeja. Erilaisten normien avulla laitevalmistajat voivat kehittää eritasoisia radioviestimiä, kuten pelkäästään dataa välittävä DECT-laite. Normeja kutsutaan nimellä CTR (Common Technical Regulations). /10/

CTR 6 normi määrittelee DECT-laitteiden radiotekniikan, esim. taajuusalueen, kanavajaon ja modulaatiomenetelmän. CTR 10 määrittelee puolestaan tavan, jolla DECT:ssä siirretään puhetta, jotta täytettäisiin puhelinverkon signaalintivaatimukset. Myös muita normeja on jo olemassa ja uusia kehitellään, joissa määritetään mm. käsipuhelinten tunnistamiseen liittyviä asioita. Tavoite on kehittää normisto, joka mahdollistaa eri valmistajien laitteiden käytön samassa verkossa ja mm. yhteensopivuuden GSM ja ISDN-verkkojen kanssa. /10/

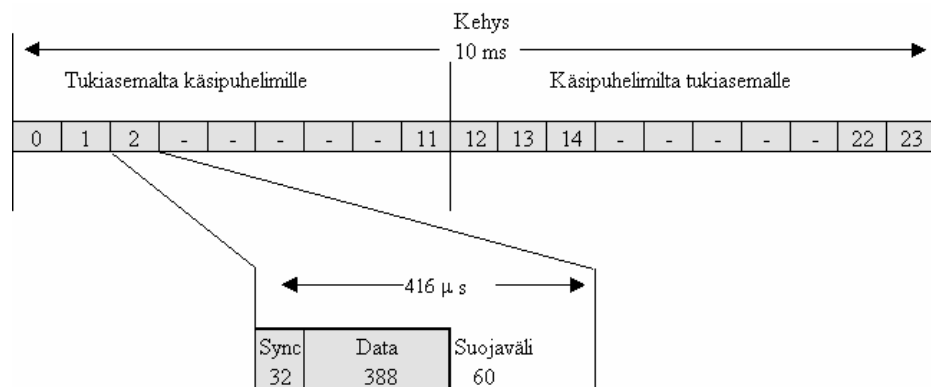
DECT –tekniikka

DECT:n käyttämä radiotaajuusalue on 1880-1900 MHz, joka on jaettu 10 radiokanavaan (10 kantoaaltoa 2 MHz:n kanavavälillä). Uusia taajuuksia DECT:lle on luvassa 2.45 GHz:n alueelta. /10/

Lähetysteho on 250 mW yhtä radiokanavaa kohti, ja yksittäisen käsipuhelimen käyttämä keskiteho on 10,4 mW. Lähetysteho on pyritty pitämään suh-

teellisen alhaisena, jotta ns. solukoko tai häiriöt eivät tulisi liian suuriksi. Tällöin pystytään DECT:n rajallinen kanavamäärä (120 kpl) käyttämään uudelleen riittävän lyhyen matkan päässä. Näin käyttäjätiheys voi olla jopa 100 000 käyttäjää/neliökilometri. /10/

Radiotiellä liikenne kulkee digitaalisessa muodossa nopeuden ollessa 1,152 Mbit/s. Bittijonot on jaettu 10 ms mittaisiin aikakehyksiin, joihin mahtuu 11 520 bittiä. Jokainen aikakehys on taas jaettu 24 aikaväliin. 12 ensimmäistä aikaväliä on varattu tukiasemien datalähetyksiä varten ja loput 12 käsipuhelimia varten. Näin saadaan aikaan 12 aikajakoista duplex –kanavaa yhtä radiokanavaa kohti. Radiokanavia on käytössä 10, joten tästä saadaan yhteensä 120 liikennekanavaa. /10/



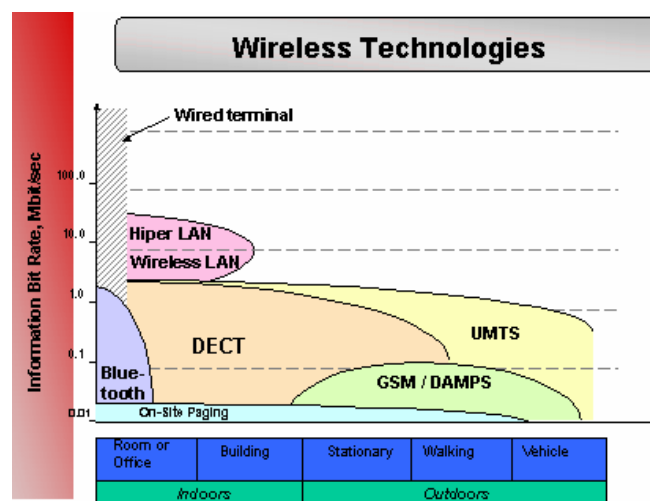
Kuva 20. DECT:in aikajakoperiaate /11/

Puhe muutetaan digitaalseksi ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) -menetelmällä. Digitalisointi tapahtuu ottamalla näytteitä 8000 kertaa sekunnissa, ja näytteen jännitearvo muutetaan biteiksi, 8 bittiä/näyte, 64 kbit/s. Näin aikaansaatu signaali koodataan DECT:ssä uudelleen siten, että näytteen jännite-ero edelliseen näytteeseen verrattuna muutetaan muotoon, 4 bittiä/näyte. $4 \times 8000/s$ tekee 32 kbit/s mikä on DECT:in käyttämä digitaalinen puheensiirtotaajuus. /6/

DECT –puhelimessa on digitaalinen 320 bitin puhemuisti, joka täyttyy koko ajan kun puhelimeen puhutaan. Tämä puhemuisti tyhjenee tukiasemalle nopeina bittipurskeina 100 kertaa sekunnissa ja aina silloin kun käsipuhelin osuu siihen aikaväliin, jonka se on valinnut liikennekanavakseen. Päinvastainen liikenne tukiasemalta puhelimeen kulkee samalla periaatteella. Käsipuhelin käyttää täten kaksi 416 ms:n mittaista aikaväliä, eli noin 0,8 ms jokaisessa aikakehyksessä (yht. 10ms). Näin jokaiselle käsipuhelimelle jää

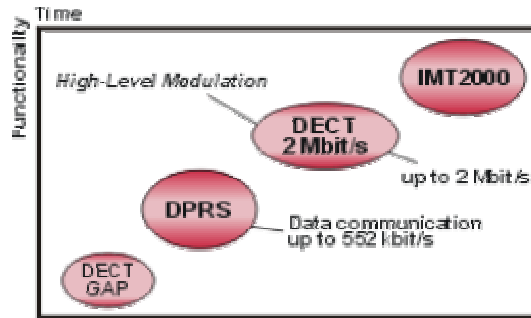
noin 92% joutoaikaa, jonka se voi käyttää 119 muun DECT-kanavan tarkkailuun. /10/

DECT- puhelin voi aikajakoperiaatteen ansiosta tarpeen tullen siirtyä jollekin toiselle kanavalle (handover). Handover voi tapahtua joko sisäisesti saman tukiaseman sisällä tai ulkoisesti tukiasemalta toiselle. Tukiasemalta toiselle siirrytään, jos käsipuhelinta liikutetaan tukiaseman alueelta toiselle. Kanavanvaihto tapahtuu täysin saumattomasti sadasosasekunnin aikakehyksestä toiseen, eikä käyttäjä sitä huomaa. /10/



Kuva 21. Langattomat tekniikat /10/

Suunnitelmissa on DECT:n yhdistäminen tulevaisuuden IMT-2000 / UMTS -verkkoon (Kuva 3). Tämän mahdollistaa ETSI:n standardoima DMAP. Tähän profiiliin kuuluvat mm. GAP (General Access Profile) ja DPRS (DECT Packet Radio Service standard). DPRS tukee yleisiä standardeja (V.24, Ethernet, IP) ja mahdollistaa näin tehokkaan datapalveluverkon käytön. DPRS tukee myös liikkuvuutta. DPRS:n nopeus on 522 kbit/s ja häiriöttömällä yhteydellä päästään jopa 2 Mbit/s. DPRS on saatavilla jo nyt. /10/



Kuva 22. DECT:n tulevaisuus /10/

Suomen telehallintokeskus päätti vuonna 1993 vapauttaa DECT:iä varten sen tarvitseman radiotaajuuskaistan, mikä mahdollisti DECT:n käyttöönoton. DECT-laitteet eivät tarvitse käyttö lupaa, ja niitä on ollut myynnissä Suomessa vuodesta 1994 lähtien. DECT on suunniteltu yhteensopivaksi ISDN:n kanssa, ja tekniikaltaan se muistuttaa hyvin paljon GSM-puhelinta. Siksi on kehitetty ns. Dual Mode –kaksoispuhelin, johon on yhdistettynä GSM- ja DECT –ominaisuudet.

3.4.3 PWT

PWT (Personal Wireless Telephone) on määritelty TIA:n (Telecommunications Industry Association) toimesta ja se on läheistä sukua DECT:lle ilmara-japinnan suhteen. Modulaatiotekniikkana käytetään p/4-DQPSK:ta, kun taas DECT:in modulaatiotekniikka on GMSK. Tällä saavutetaan hieman tehokkaampi radiokaistan käyttö.

Järjestelmä on käytössä lähinnä Yhdysvalloissa 1850-1990 MHz:n alueella yhdessä PCS:n (Personal Communications System) kanssa, joka on amerikkalainen GSM:ää vastaava järjestelmä.

	DECT	PWT
Kanavointi	TDD	
Kanavan leveys	1728 kHz	1250 kHz
Siirtonopeus	1152 kbps	
Puhekoodaus	32 kbps ADPCM	
Modulaatio	GMSK	P/4-QPSK
Lähetysteho	250 mW	50 mW
Kanavan varaus	DCA	
Solunkoko	100-150 m	

Kuva 23. DECT:n ja PWT:n vertailu

3.4.4 PHS

PHS on langaton viestintästandardi Japanin markkinoille vuodelta 1993. Ensimmäiset palvelut tuotiin markkinoille 1995. Se käyttää 1,9 GHz:n taajuudella 12 MHz:n kaistaa ja jokaisella solun alueella voi toimia korkeintaan kolme operaattoria. Solun koko on 100-500 m.

PHS:ssä käyttäjä voi valita kolmesta moodista haluamansa ympäristöstä riippuen. Yksityistä moodia käytetään normaalisti kotona ja työpaikalla normaalin puhelimen tapaan. Julkinen moodi puolestaan otetaan käyttöön kodin tai toimiston ulkopuolella, jolloin liitytään julkiseen soluun. Toiminto vaatii ylimääräisen 10 numeroisen tilaajanumeron. Kolmas vaihtoehto on lähetin/vastaanotin -moodi, joka tarjoaa suoran yhteyden toiseen PHS-laitteeseen radiopuhelimen tapaan. Sen käyttö edellyttää lyhyttä välimatkaa puhelimen välillä.

4 TOIMINTOKETJU

Tukiasemarakentaminen jakautuu pääsääntöisesti kolmeen eri kategoriaan: teletilatyöt, siirtojärjestelmätyöt ja varsinaiset mobile-työt. Seuraavassa on esitelty koko toimintaketju, paikan hakemisesta aina tukiaseman käyttöönottoon. Alkuperäisenä toimeksiantona oli nykyaikaisen tukiasemarakentamisen osaamisvaatimusten kartoitus ja se löytyy toimintaketjun viimeisessä osiossa.



Kuva 24. Sokostin huipulla Soneran GSM-tukiasema (Sokosti on Saariselän korkein tunturi).

4.1 Teletilatyöt

- Site hunt (uudet paikat)
 - tarvittavien lupien hankinta
 - yksittäisen kohteen aikataulutuksen huomioiden ”kaupungin tavoiteaikataulu
 - sähköliittymän hankinta
 - valitun teknisen toteutustavan tarkistus
 - tarvittavien sopimusten laatiminen

- asennussuunnittelussa tulee huomioida myös huollon tarpeet
- ohjeistuksen mukainen dokumentointi

- Site survey (käytössä olevat kohteet)
 - kohteen rakentamisvalmiuden selvitys sisältäen tukiasema- (käytettävä tukiasematekniikka), siirtoyhteys- (käytettävä liityntäyhteystekniikka) ja teletilatekniikoiden asennusmahdollisuudet ja tarvittavat suunnitelmien ml. materiaalitarmeiden päivitykset sekä materiaalin toimitusaika ja toimituspaikka tiedot
 - asennussuunnittelu
 - vuokrasopimuksen päivitys tarvittaessa (arvio n. 20 % kohteista)
 - dokumentaatio laaditaan Tilaaja toimittaman Site survey pohjan mukaisesti
 - laitetilan ja antennipaikkojen tarkastukset tehdään maasta mastokohteissa

- CW-työt
 - ei vaadi mobiilitekniikan erikoisosaamista
 - teetetään usein aliurakoitsijalla
 - timanttioraukset ym. läpiviennit
 - sisäkaapelointi trunkki/nousukaapelit
 - seinien vahvistukset
 - korotetut lattiat

- ilmastointi, tehdään aliurakointina erikoisosajilla
- jäähdytys, tehdään aliurakointina erikoisosajilla



Kuva 25. Radiomasto



Kuva 26. Mastotöitä koskevat omat säädökset

- uusi kiinteistöpaikka

- paikan rakentamien
 - sähkönsyöttö
 - tasasuuntaajat
 - mittari, rk-keskus
 - antenniputket sis. betonilimput
 - Ilmanvaihtokoneen asennus tarvittaessa erillisellä tilauksella
 - jäähdytyskone-työt erillisellä tilauksella
- vanha kiinteistöpaikka
 - antennikaapeleiden läpiviennit (ei sisällä timanttiorauksia)
 - tasasuuntaajan ja/tai akuston kapasiteetin lisäys
 - elinkaarensa päässä (yli 4v.) olevien akkujen vaihto
 - sulakkeen vaihto/lisäys
 - läpiviennit timanttiorauksineen
 - puuttuvan nousukaapelin asennus tarvittaessa
 - rimoitus, ryhmäkeskus, kaapelit päätettynä
 - tasasuuntaajan ja akkujen vaihto
 - antenniputket ml. betonilimput
 - tarvittaessa ilmanvaihto/jäähdytys konetyöt tilataan erikseen



Kuva 27. Kuva tukiasemalta

4.2 Siirtojärjestelmät

- Uusi Cu-järjestelmä
 - Cu-modeemien asennus
 - 2M-kytkentätyöt sekä välikytkennät reitillä
 - yhteyden mittaus päästä-päähän ohjaimelle
- Uusi radiolinkkijärjestelmä
 - radiolinkkien asennus ja käyttöönotto jätteen molempiin päihin
 - 2M-kytkentätyöt sekä välikytkennät reitillä
 - yhteyden mittaus päästä-päähän ohjaimelle
- Vanha radiolinkkijärjestelmä
 - siirtoyhteyden kytkentä linkkijänteellä
 - 2M-kytkentätyöt sekä välikytkennät reitillä

- yhteyden mittaus päästä-päähän ohjaimelle
- Uusi kuitujärjestelmä
 - SDH-laitteen asennus, käyttöönotto ja testaus
 - 2M-kytkentätyöt sekä välikytkennät reitillä
 - kytkennät sekä välikytkennät reitillä
 - yhteyden mittaus päästä-päähän ohjaimelle
- Vanha kuitujärjestelmä
 - 2M-kytkentätyöt sekä välikytkennät reitillä
 - yhteyden mittaus päästä-päähän ohjaimelle

4.3 Mobiilityöt

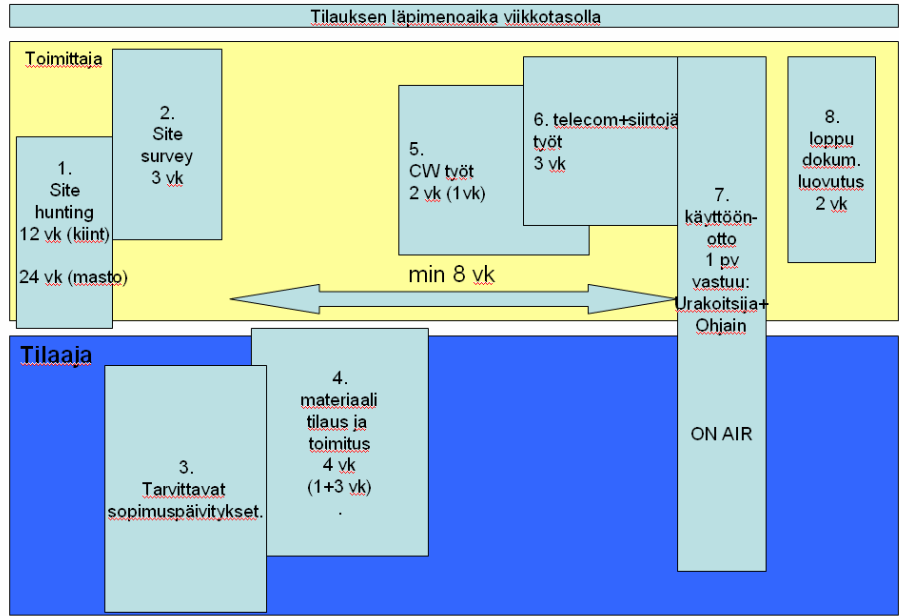
- tukiaseman vaihto (esim. Nokia -> Ericsson)
 - tukiaseman asennus
 - liittäminen vanhaan transmissioon
 - liittäminen vanhaan antennipiiriin
 - mastovahvistimen vaihto/asennus
 - vanhan tukiaseman purku ehjänä
 - inventointikirjan täyttö, tukiaseman pakkaus ja suojaus kuljetuskuntoon
 - siirto Toimittajan varastoon
- mastotyöt (uusi ja vanha masto)
 - tukiaseman + RRU:iden asennus

- solumäärän mukaan: opt-kaapelin asennus, RRU:n sähkönsyöttö
- solumäärän mukaan: antennit 1 kpl/solu sekä jumpperikaapelit
- kiinteistöpaikan työt
 - tukiaseman + RRU:iden asennus
 - toteutussuunnitelman ja solumäärän mukaan
 - OPT-kaapelin asennus, RRU:n sähkönsyöttö
 - RF-kaapelin asennus ja mastovahvistimen vaihto/asennus
 - suunnitelman ja solumäärän mukaan
 - antennin vaihto 1 kpl/solu
 - uusi antenni 1 kpl/solu sekä jumpperikaapelit

4.4 Osaamisvaatimukset

- Site hunt uuden mastopaikan haku
 - vaatii erikoisosaamista ja tätä palvelua ei teleurakoitsijalta yleensä löydy.
 - ympäristöluvut
 - asemakaavoituksen huomioiminen, liittymätiet yms.
 - jännelaskemat
- Site hunt kiinteistöpaikat
 - ei vaadi erikoisosaamista
 - riittää normaali mobile liiketoiminnan tekninen asiantuntija

- haasteena vuokrasopimusneuvottelut isännöitsijän kanssa
- Site survey mastopaikat
 - ei vaadi erikoisosaamista
 - riittää normaali mobile liiketoiminnan tekninen asiantuntija
- Site survey kiinteistöpaikat
 - ei vaadi erikoisosaamista
 - riittää normaali mobile liiketoiminnan tekninen asiantuntija
- CW-työt (siviilityöt)
 - ei vaadi mobiilitekniikan erikoisosaamista
 - teetetään usein aliurakoitsijalla
 - timanttikoraukset ym. läpiviennit
 - sisäkaapelointi trunkki/nousukaapelit
 - seinien vahvistukset
 - korotetut lattiat
 - ilmastointi, tehdään aliurakointina erikoisosaajilla
 - jäähdytys, tehdään aliurakointina erikoisosaajilla
- Mobile-työt
 - vaatii aina erikoisosaamista
 - mastotyön työturvallisuusohjeet on standardoitu ja niitä on aina ehdottomasti noudatettava



Kuva 28. Aikajana

5 STANDARDIT

Tässä osiossa tutustutaan tärkeimpiin kansallisiin ja kansainvälisiin standardointiorganisaatioihin.

Langattoman tiedonsiirron, kuten kaiken muunkin tietoliikenteen, kannalta erittäin suuressa roolissa ovat erilaiset standardointielimet. Ne mahdollistavat mm. GSM-puhelinten vaatimat yhtenäiset taajuudet eri puolilla maailmaa.

5.1 ISO - International Organization for Standardization

ISO on vuonna 1947 perustettu kansallisten standardointielinten liitto, jonka tehtävänä on edistää standardoimista.

ISO ei luo itse standardeja, vaan vahvistaa muiden organisaatioiden kuten esimerkiksi IEEE:n, ANSI:n ja ETSI:n suosituksia standardeiksi. ISO:ssa on mukana noin 140 jäsentä eri maista. ISO:lla on kolme virallista kieltä: englanti, ranska ja venäjä. /12/

ISO:ssa on kolmenlaisia jäseniä - täysjäseniä, liitännäisjäseniä ja avustajajäseniä. Esimerkiksi Suomen standardisoimisliitto on ISO:n täysjäsen. Sen tehtävänä on informoida ISO:n toiminnasta suomalaisia tahoja, jotka ovat mahdollisesti kiinnostuneita kansainvälisestä standardointimahdollisuuksista ja -aloitteista. Toinen tärkeä tehtävä on huolehtia siitä, että Suomen edut tulevat esitetyiksi standardisopimuksiin johtavissa neuvotteluissa. /12/

Nimensä mukaisesti ISO:n tehtävänä on siis huolehtia kansainvälisestä standardoinnista. Sen suurimpiin saavutuksiin kuuluvat mm. seuraavat:

- Puhelin- ja pankkikorttien standardointi
- ISO 9000 -sarjan laatustandardit
- ISO 14000 -ympäristöstandardit
- SI-mittajärjestelmän luonti
- Paperikokojen määrittely

Informaatioteknologialla oma tekninen komitea JTC 1

ISO koostuu yli 200 teknisestä komiteasta, jotka vastaavat kukin oman alansa standardoinnista. Langattoman tietoliikenteen kannalta näistä tärkein on JTC 1 (Information technology). JTC 1 on itse asiassa vielä jaettu alakomiteoihin, joista lista löytyy komitean verkkosivuilta. JTC 1:n suurimpana saavutuksena voidaan OSI-viitekehyksen luontia. /12/

5.2 ANSI - American National Standards Institute

ANSI ei ole valtion hallinnassa vaan siihen kuuluu kauppaliittoja, ammattiliittoja, hallituksen ja yksityisten ylläpitämiä järjestöjä ja teollisuusyrityksiä. ANSI huolehtii Yhdysvaltojen standardointijärjestelmästä ja on USA:n edustaja ISO:ssa. /13/

ANSI julkaisee kansallisia standardeja, mutta ei kehitä niitä. Standardien kehittämistä huolehtivat siihen omistautuneet organisaatiot, jotka siis kehittävät standardeja ANSI:n toiveiden mukaan. Esimerkkinä IEEE, joka kehitti IEEE 802.x – LAN-standardit (sisältävät yleisimmin käytössä olevien langattomien lähiverkkojen määritelmät). /13/

5.3 ITU - International Telecommunication Union

ITU on kansainvälinen YK:n alainen organisaatio, joka vastaa puhelinverkkojen ja -palveluiden kehityksestä yhteistyössä jäsenmaiden hallitusten sekä yksityisten yritysten kanssa. /14/

ITU on keskittynyt koordinoimaan ja kehittämään tietoliikennealan standardeja. Sen tavoitteena on "huolehtia maailmanlaajuisesti tietoliikennetekniikan kehityksestä ajaen koko ihmiskunnan etua rajat ylittävällä yhteistyöllä." /14/

ITU on jakautunut useisiin osiin, ns. study groupeihin. Näistä langattoman tiedonsiirron kannalta kiinnostavimmat ovat Telecom (ITU-T) ja Radio (ITU-R) study groupit. /14/

5.3.1 ITU-R

- Tekee suosituksia radiojärjestelmien teknisiin ominaisuuksiin.
- Kokoaa käsikirjoja uusista radioliikennepalveluista ja -järjestelmistä.
- Pohtii taajuusjakoasioita.

5.3.2 ITU-T

- Tuottaa teleliikenteen päätelaitteiden ja palveluiden tarvitsemat standardit.
- Esimerkiksi puhelinnumeroiden aluekoodit ovat ITU-T:n standardoimia.
- Kehittää uusia lisäarvopalveluita (esim. kansainväliset ilmaisnumerot).

5.4 IEEE

IEEE (ent. Institute of Electrical and Electronics Engineers) on perustettu vuonna 1884. Siinä on jäsenenä noin 320 000 henkilöä, jotka ottavat osaa IEEE:n toimintaan 147 eri maassa.

IEEE on keskittynyt standardoimaan sähkötekniikkaa, elektroniikkaa ja tietotekniikkaa. Sen tavoitteena on "parantaa kaikkien maailman ihmisten elämän laatua teknologiallaan ja edistää jäsenyhtiöidensä teknistä kehitystä". IEEE myös sponsoroi teknisiä konferensseja ja tilaisuuksia maailmanlaajuisesti.

/15/

5.5 ETSI - European Telecommunications Standards Union

ETSI huolehtii eurooppalaisesta telealan standardoinnista. Sen tunnetuin aikaansaannos lienee GSM-spesifikaatioiden laatiminen.

ETSI:ssä on tällä hetkellä 912 jäsentä 52 eri maasta. ETSI:n jäseneksi voivat liittyä eurooppalaiset telealan operaattorit, laitevalmistajat, telepalvelui-

den käyttäjäjärjestöt, telepalveluiden tarjoajat, tutkimuslaitokset ja konsultointiyrietykset. Viestintävirasto on ETSI:ssä mukana kansallisena standardointiorganisaationa. ETSI:n toiminta rahoitetaan jäsenmaksuilla sekä EU:n ja EFTA:n tilaamalla standardointitoilla. /16/

ETSI:n tekniset komiteat ja alakomiteat laativat ETS- ja väliaikaisia I-ETS – standardeja. Niiden hyväksynnässä käytetään lausunto- ja äänestyskierrosmenettelyä. ETSI on julkaissut yli 400 (I-)ETS-standardia, joiden yhteenlaskettu sivumäärä ylittää 20 000. /16/

Langattomalla puolella varmasti tunnetuin ETSI:n aikaansaannos on GSM-spesifikaatioiden laatiminen. Toinen langaton puhelinjärjestelmä, jonka ETSI on standardoinut, on DECT. Myös langattomien lähiverkkojen hieman vähemmän tunnetut standardit HiperLAN ja HiperLAN2 ovat ETSI:n aikaansaannoksia. /16/

5.6 FICORA - Finnish Communications Regulatory Authority

FICORA (Viestintävirasto, ent. Telehallintokeskus) on liikenneministeriön hallinnonalalla toimiva viranomaisena, joka hoitaa radio-, tele- ja postialan hallintotehtäviä sekä televisioliupahallintoa. /17/

Viestintäviraston tavoitteena on radio- ja televiestinnän sekä postitoiminnan toimintaedellytysten edistäminen sekä niiden kehittymismahdollisuuksien turvaaminen pitkällä aikavälillä. /17/

Keskeinen osa Viestintäviraston toimintaa on yhteistyö hallinnonalan kansainvälisten järjestöjen sekä muiden maiden radio-, tele- ja postihallintojen kanssa. Kansainvälisen yhteistyön tavoitteena on vaikuttaa kansainvälisiin sopimuksiin ja suosituksiin siten, että Suomen kansalliset edut ja tarpeet otetaan niissä huomioon. /17/

Telekommunikaation alueella FICORA:n tehtävänä on turvata televerkkojen ja palveluiden operointimahdollisuudet. Tätä työtä tehdään säätämällä asetuksia ja säädöksiä sekä valvomalla suomalaisia teletoimijoita, kuten operaattorit ja laitekauppiat. /17/

Radiotaajuuksien valvonta

Radioviestinnän kannalta Viestintävirasto on myös erittäin tärkeä viranomainen, koska se ohjaa radiotaajuuksien käyttöä Suomessa. FICORA:n tavoitteena on tarjota käyttäjille mahdollisimman häiriöttömiä taajuuksia. Taajuuksien käytön suunnittelun tehtävänä on varmistaa, että myös tulevaisuuden radiojärjestelmille on osoitettavissa riittävästi teknillis-taloudellisesti käyttökelpoisia radiotaajuuksia. Tämä ei kuitenkaan saa rajoittaa liiaksi nykyisten radiojärjestelmien taajuuksien käyttöä. /17/

Viestintävirasto valvoo myös radiolain ja sen nojalla annettujen säädösten ja yksittäisten päätösten (lupaehtojen) noudattamista. Virastossa tehdään tarvittavat toimenpiteet havaittujen poikkeamien oikaisemiseksi ja rikkomukset saatetaan tutkittaviksi. /17/

6 POHDINTAA TULEVAISUUDESTA

Julkisuudessa käydään runsaasti keskustelua kolmannen sukupolven matkaviestinnän tulevaisuudesta. Yleisesti keskustelun sävy on alavireinen ja epäilevä ja pohjautuu perimmältään teknologiaosakkeiden alennustilaan. Korkeat lisenssimaksut ja epävarmuus teknologian saatavuudesta erityisesti päätelaitteiden osalta sekä hakusessa oleva tärkein asia (killer applikaatio) sävyttävät synkkien tulevaisuuden visioiden maalailua. UMTS-markkinan nähdään myös voimakkaasti kaventuvan muiden markkinoille tulevien teknisten ratkaisujen kuten esimerkiksi kiinteän verkon laajakaistaisten ratkaisujen, WLAN:ien, DVB-T:n ja myös GPRS/EDGE:n laajan käyttöönoton vuoksi. Tähän keskusteluun haluan tuoda laajemman perspektiivin.

On totta, että mobiililiittymän nopeus kasvaa pienin askelin: GSM 9,6 kbit/s, HSCSD 14,4-60 kbit/s, GPRS 20-100 kbit/s, EDGE 80-380 kbit/s ja UMTS 380-2000 kbit/s.

Varsinkin alkuvaiheissa liikutaan käytännössä kyseisten nopeuksien alarajoilla. UMTS:n merkitys kuitenkin korostuu tässä tarkastelussa, sillä se on teknologia, jolla toteutetaan nopeimmat maankattavat verkot sekä liike- että yksityisasiakkaille.

Seuraava askel solukoon pienentyessä johtaa jo siihen, että peitto kohdistuu ”shopping mall”-tyyppisesti asiakastihentymiin ja vilkkaimmille liikenneväylien osille. Tiedonsiirtonopeuden kasvaessa mobiilipäätelaitteen liikenopeudelle tulee rajoituksia. Nopeus liittymässä myös laskee, kun etäisyys tukiasemasta kasvaa. WLAN on tyypillisesti tällainen ratkaisu enkä enää puhuisikaan matkaviestinnän seuraavasta sukupolvesta. Ketju GSM:stä UMTS:iin on monessa mielessä samaan tekniikkaan perustuva evoluutio. UMTS:stä eteenpäin pitäisin parempana puhua jo uusista teknologioista - ei siis 4G:stä. Teknologinen sukupolviajattelu on yleisemminkin murtumassa

Tämän lisäksi on syytä arvostaa korkealle käyttäjien kekseliäisyys, kun heille avautuu mahdollisuus käyttää todellista multimediaa; 400 miljoonaa käyttäjää keksii varmasti enemmän sovelluksia kuin 40 000 sovellussuunnittelijaa. Arviona on 400 miljoonaa käyttäjää, koska UMTS puheen osalta tulee tukeutumaan GSM:ään ja GSM/UMTS dual mode -päätelaitteet tulevat olemaan eräs yleinen päätelaiteratkaisu. Näin helpotetaan myös internet-puheluun liit-

tyviä ongelmia. Kansallisen verkkovierailun merkitys UMTS-verkoista GSM-verkkoihin korostuu.

Yksi tärkeimmistä asioista (killer aplikaatio) on tietysti ajan kuluttaminen; siis WAP- tai multimediakäyttö siellä missä ylimääräinen aika on väistämätön kuten jonoissa ja kulkuneuvoissa. Henkilökohtaisesti uskon UMTS:n osalta enemmän multimedian kuin WAP palvelujen tulevaisuuteen. Palvelujen ja sovellusten runsas tarjonta tulee myös takaamaan sen, että kaikki se nopeus mitä on käytettävissä, käytetään.

Kilpailevien teknologioiden osalta on ensiksikin todettava, että ne todella kilpailevat keskenään ja sitä on pidettävä hyvänä asiana. Matkaviestinverkoilla, kiinteään verkon laajakaista ratkaisuille, WLAN:illa, DVB-T:llä ja Digi-Tv:llä tulee kullakin olemaan omat ja hieman päällekkäisetkin markkinansa, mutta ne myös toimivat tiiviissä yhteistyössä ja tukevat toisiaan. Konvergenssikehitys työskentelee kaikkien näiden ratkaisujen hyväksi toimimalla markkinoiden sirpaloitumista vastaan. Liiketoiminnan vertikaaliset että horisontaaliset rakenteet muotoutuvat uudelleen.

Siksi on ensiarvoisen tärkeää, että kaikki sisältö on mahdollisimman yksinkertaisesti ja mahdollisimman vähin muutoksin esitettävissä kaikkiin edellä mainittuihin verkkoihin liittyvissä päätelaitteissa. Tällä hetkellä Oracle löytää liiketoimintaa näissä muutoksissa.

Tarkasteltaessa päätelaitteiden teknisiä ratkaisuja monitasoisen mallin mukaan alhaalta ylöspäin nähdään jo tänään kilpailevien käyttöjärjestelmien tulo: EPOC, Microsoft, Palm, Pocket PC... Seuraavalla tasolla esimerkiksi Texas Instruments on luomassa OMAP-alustaansa. Samaa asiaa ylhäältä päin tarkasteltuna näemme mm. XML:n, WML:n ja MPEG-4 -liikkuvan kuvankoodauksen yleistyvän. Tähän luetteloon tasojen välimaastoon lisäisin myös kernaasti Javan. Päätelaittepuolella tullaan käymään kova taistelu, mikä on myös terve ilmiö parhaiden ratkaisujen löytymiseksi konvergoitumiskehityksessä. Erittäin positiivinen ilmiö on teollisuuden voimakas paneutuminen siihen, miten internet-tieto tuodaan esille mobiilipäätelaitteiden näytöissä. Mielinkiintoisimmat palvelut tulevat löytymään juuri tietoliikenteen, tietotekniikan ja median leikkauskohdassa.

Kun ottaa huomioon ennusteet, jotka kertovat mitä moninaisempien palvelujen ja sovellusten käytön voimakkaasta kasvusta voi myös UMTS-liiketoiminnalle ennustaa kohtalaista menestystä.

Euroopan yhteismarkkinoille on eduksi, jos EU:ssa alkanut keskustelu toteutuneista kalliista lisenssimaksuista johtaa liiketoimintaa edistäviin rahoitus- ja verkkojen yhteiskäyttöratkaisuihin.

Liikenne- ja viestintäministeriö on tehnyt päätöksen, ettei rajattaisi taajuusalueen 2020-2025 megahertsiä käyttöä ainoastaan UMTS-matkaviestintöimintaan. Säännös olisi teknologianeutraali siten, että siitä ei olisi viittausta UMTS-teknologian käyttöön. Samassa yhteydessä alueellisen digitaalisten matkaviestinveikkojen käyttöön osoitettavan taajuuskaistan kokoa ehdotetaan muutettavaksi siten, että se olisi 2010 – 2025 megahertsiä. Näin taajuuskaistan käyttömahdollisuudet paranisivat. Päätös tulee täytäntöön 1.6.2009.



Kuva 29. Ericsson yhdisti tukiaseman ja tuulimyllyn

7 YHTEENVETO

Puhelu- ja tietoliikenneyhteydet elävät murrosaikaa, langallisista yhteyksistä ollaan siirtymässä langattomiin. Tämä on tuonut lankaverkkojen kannattajat barrikaadeille puolustamaan lankaliittymiänsä. Lankaliittymien puolesta kerättiin adressikin, joka sai TeliaSoneran antamaan jatkoaikaa syrjäseuduille vuoden 2010 loppuun.

Aihevalinta osoittautui onnistuneeksi, sillä lähdemateriaalia oli hyvin tarjolla. Työn tekeminen alkoi palveluvalikoimien kartoittamisella ja tämän jälkeen tutustumisella niitä toteuttaviin siirtotekniikoihin. Taustatyön perusteella kerättiin informaatiota järjestelmistä ja tekniikoista sekä tehtiin omia päätelmiä. Suurin osa lähdemateriaalista on saatavilla painetussa muodossa, mutta myös Internetistä löytyneitä lähteitä hyödynnettiin. Suurimpana apuna olivat omat muistiinpanoni ja suorittamani asiantuntijoiden haastattelut työskennellessäni YIT Teollisuus- ja verkkopalveluissa tuntisuoritteisena työntekijänä 12.12.2005-31.12.2007. Tuona aikana suoritin myös työharjoitteluni yhtäjaksoisesti 10.4.2007-30.9.2007.

Opinnäytetyön tekeminen antoi hyvän yleiskuvan tämän hetken palvelutarjonnasta, puhelu- ja tietoliikenneyhteyksien tilasta. Oppi markkinoilla myllertävästä uudistuksesta iskostui projektin myötä hyvin päähäni. Voidaankin olettaa, että seuraavan viiden vuoden aikana työssä esitellyt järjestelmät alkavat tulla yleisesti tutuiksi ja niiden käyttöaste suurenee vauhdilla. Tämä edellyttää sitä, että markkinointi hoidetaan asianmukaisesti ja kehitys jatkuu edelleen samansuuntaisena kuin viime vuosina. Tätä kehitystä voidaan kuvata kahdesta eri suunnasta kasvavilla ketjuilla. Toinen pää kuvaa ohjelmistopohjaista kehitystä, johon sisältyvät esimerkiksi kuvan, äänen ja siirtomenetelmien koodaustavat. Toinen pää puolestaan kuvaa prosessia, jonka tehtävänä on päivittää fyysisiä yhteyksiä. Kun nämä ketjut kasvavat ja kohtaavat, on valmiina paketti, joka siirtää matkapuhelinjärjestelmät uudelle luvulle. Onneksi tätä ei tarvitse enää kauan odottaa, koska TeliaSonera on maailman ensimmäisenä operaattorina aloittanut kaupallisten 4G-verkkojen rakentamisesta. Yhtiö rakentaa verkot Tukholman ja Oslon kaupunkien alueelle. Kaupallinen käyttö alkaa Telian mukaan vuonna 2010. Suomessa ollaan hieman jäljessä, 4G-luvat tulevat myyntiin syksyllä 2009.

LÄHTEET

- [1] Committee on Evolution of Untethered Communications. Evolution of Untethered Communications. WWW-dokumentti. <http://www.nap.edu/readingroom/books/evolution/1.html>. Luettu 23.3.2009
- [2] Teletekno. Optiset liityntäverkot. 2006
- [3] Optisen tiedonsiirron periaate. WWW-dokumentti. <http://www.kuitu.net>. Luettu 30.3.2009
- [4] Viestintävirasto. Optiset liityntäverkot. 2008
- [5] GPRS. WWW-dokumentti. <http://fin.afterdawn.com/sanasto/termit/gprs.cfm>. Luettu 6.4.2009
- [6] Mobiiliverkot. WWW-dokumentti. <http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/T-110.2100/2007/Luennot/09.Mobiiliverkot.pdf>. Luettu 13.4.2009
- [7] EDGE. WWW-dokumentti. <http://fi.wikipedia.org/wiki/EDGE>. Luettu 20.4.2009
- [8] Terrestrial Trunked Radio. WWW-dokumentti. <http://www.tetramou.com/>. Luettu 11.4.2009
- [9] VIRVE. WWW-dokumentti. <http://www.virve.com/>. Luettu 24.2.2009
- [10] European Conference of Postal and Telecommunications Administrations.. WWW-dokumentti. <http://www.dect.org>. Luettu 20.3.2009
- [11] Antero Norkio. Digitaalinen Eurooppalainen Langaton televiestintä. WWW-dokumentti. <http://keskus.hut.fi/opetus/s38116/1997/esitelmät/42257b/>. Luettu 1.3.2009
- [12] International Organization for Standardization. WWW-dokumentti. <http://www.iso.org/>. Luettu 15.3.2009
- [13] American National Standards Institute. WWW-dokumentti. <http://www.ansi.org/>. Luettu 2.4.2009
- [14] International Telecommunication Union. WWW-dokumentti. <http://www.itu.int/home/index.html>. Luettu 2.4.2009
- [15] The world's leading professional association for the advancement of technology. WWW-dokumentti. <http://www.ieee.org/portal/index.jsp>. Luettu 18.3.2009
- [16] European Telecommunications Standards Union. WWW-dokumentti. <http://www.etsi.org/>. Luettu 18.3.2009
- [17] Viestintävirasto. WWW-dokumentti. <http://www.ficora.fi/suomi/index.html>. Luettu 25.4.2009