

LANGATTOMAT LAAJAKAISTARATKAISUT

Julkaisija
Viestintävirasto

KUVAILELEHTI
Asiakirjan päivämäärä
20.6.2005

Tekijät Laajakaistayhteyksien operattorirajapinnat -työryhmän Broadband Wireless Access (BWA)-alatyöryhmä		Asiakirjan laji Työryhmäraportti	
		Toimeksiantaja Viestintävirasto	
Asiakirjan nimi LANGATTOMAT LAAJAKAISTARATKAISUT			
Tiivistelmä Viestintävirasto perusti 24.5.2004 laajakaistayhteyksien operaattorirajapinnat -työryhmän määrittelemään laajakaistayhteyksien tarjoamisessa käytettävien, toiselta teleyritykseltä hankittavien palveluiden rajapintoja ja niiden teknisiä spesifikaatioita. BWA-työryhmä on yksi päätyöryhmä perustamista alatyöryhmistä ja se aloitti työnsä helmikuussa 2004. Työryhmä jatkaa aihealueen seurantaa myös tämän raportin julkaisemisen jälkeen. Työryhmän työn tavoitteenaan oli auttaa verkkojen rakentajia ja rahoittajia päätöksenteossa ja luoda yhteisiä käytäntöjä langattomien laajakaistaverkkojen kapasiteetin vuokraukseen jo toteutetuissa ja vasta valmisteilla olevissa verkoissa. Työn edetessä työryhmä kuitenkin joutui toteamaan esim. verkon vuokrausta koskevien standardien ja mekanismien olevan vasta kehitteillä mikä vähensi työryhmän mahdollisuuksia antaa aiheeseen liittyviä suosituksia vielä tässä vaiheessa. Tämä työryhmäraportti käsittelee vain WLL- ja WiMAX-ratkaisuiden avulla tarjottavia WMAN-laajakaistayhteyksiä. Täten raportissa ei käsitellä esim. WLAN tai 450 MHz alueella toimivia CDMA 450 tai Flash – OFDM –pohjaisia toteutuksia. BWA-alatyöryhmän työhön on osallistunut 23 henkilöä 15 organisaatiosta: Jari Baarman (Nordic LAN & WAN Communication Oy), Jan Engelberg (Viestintävirasto), Niclas Forsén (Ab Närpes Dynamo Net Närpiö Oy), Ville Hellman (Suomi Communications Oy), Jarkko Järvinen (Saunalahti Group Oyj), Jari Karttunen (Finnet Oy), Timo Kuitunen (Sonera Carrier Networks Oy), Pasi Kärkkäinen (Tietokartano Oy), Nalle Lindström (Nordic LAN & WAN, Communication Oy), Pekka Linna (Sonera Carrier Networks Oy), Harri Meronen (Siemens Oy), Klaus Nieminen (pj.) (Viestintävirasto), Pekka Niskasaari (Tietokartano Oy), Henrikki Oravainen (Kilpailuvirasto), Jari Röksä (Savollinnan Puhelin Oy), Antero Saarinen (siht.) (Viestintävirasto), Tero Sintonen (Daimler Finland Oy), Jukka Somiska (Elisa Oyj), Jarmo Tervo (Mikkelin Puhelin Oyj), Arto Tuure (Daimler Finland Oy), Seppo Uusitupa (Kilpailuvirasto), Riku Valli (Nordic LAN & WAN Communication Oy) ja Jarmo Väisänen (Tikka Communications Oy).			
Avainsanat Langaton laajakaista, WLL, WiMAX, verkon vuokraus, taajuusalueet ja taajuuksien myöntäminen			
Sarjan nimi Viestintäviraston julkaisu			
Kokonaissivumäärä 20	Kieli suomi	Hinta 6,10 €	Luottamuksellisuus julkinen
Jakaja Viestintävirasto		Kustantaja Viestintävirasto	

Postiosoite
PL 313
00181 HELSINKI
Y-tunnus 0709019-2

Käyntiosoite
Itämerenkatu 3 A
00180 HELSINKI

Puhelin
(09) 69 661
Telekopio
(09) 6966 410

Sähköposti
info@ficora.fi
Kotisivu
http://www.ficora.fi

SISÄLLYSLUETTELO

SISÄLLYSLUETTELO	2
1 JOHDANTO	3
2 LANGATTOMAT LAAJAKAISTARATKAISUT	3
2.1 JOHDANTO LANGATTOMIIN LAAJAKAISTARATKAISUIHIN	3
2.2 WLL	6
2.3 WiMAX	7
3 LAINSÄÄDÄNNÖLLINEN PERUSTA	10
3.1 VERKON VUOKRAUS.....	10
3.2 JULKISET HANKINNAT	12
3.3 HORISONTAALISESTA YHTEISTYÖSTÄ	12
4 KÄYTETTÄVISSÄ OLEVAT TAAJUUDET	13
4.1 TAAJUUSALUEET	13
4.2 TAAJUUKSIEN MYÖNTÄMINEN.....	13
5 VERKON KAPASITEETIN VUOKRAAMINEN PALVELUOPERAATTOREILLE	15
5.1 TILAAJAYHTEYDEN SIIRTOKAPASITEETIN VUOKRAUS (BITSTREAM).....	15
5.2 VERKKOVIERAILU	17
6 LYHENNELUETTELO	18
7 MÄÄRITELMÄT	18
8 VIITTEET	19

1 JOHDANTO

Langatonta laajakaistatarjontaa¹ ei ole maassamme vielä laajamittaisesti käytössä, mutta ratkaisun suosio on lisääntynyt viime aikoina pilottien sekä yhteiskunnan tukemien maakunnallisten hankkeiden muodossa. Raportin kirjoittamishetkellä menossa oli useita hankkeita, joiden kokonaisarvo (langaton laajakaista + xDSL) on arviolta noin 6-8 miljoonaa euroa.

Langaton laajakaistatekniikka mahdollistaa laajakaistapalvelut myös haja-asutusalueilla, ja on mm. Pohjois-Karjalassa varteenotettava vaihtoehto etenkin sellaisille alueille, joissa televerkkojen infrastruktuuri on jo vanhentunutta ja sen uusiminen mobilisoituvalla aikakaudella ei ole taloudellisesti järkevää. Tämä ratkaisu soveltuu hyvin hajanaisille harvaanasutuille seuduille, rajoitteena kuitenkin on vaadittu näköyhteys tukiaseman ja asiakkaan antennin välillä.

Pääosin BWA (Broadband Wireless Access) tekniikalla toteutettava laajakaistaverkko mahdollistaa vakituisten asukkaiden ja yritysten lisäksi myös vapaa-ajanasuntojen liittämisen laajakaistapalveluiden piiriin. Langattomaan tekniikkaan päädyttiin myös siksi, että alueella on paljon asukkaita ja yrityksiä, joille kuparin kautta ei pystytä laajakaistapalveluita tarjoamaan. Esimerkiksi Oulun yliopiston tekemän selvityksen [2] mukaan WiMAX osoittautuikin huomattavasti xDSL-tekniikkaa kustannustehokkaammaksi tavaksi kattavan laajakaistapeiton tarjoamiseen Kainuun alueella.

Viestintävirasto perusti 24.5.2004 laajakaistayhteyksien operaattorirajapinnat –työryhmän määrittelemään laajakaistayhteyksien tarjoamisessa käytettävien, toiselta teleyritykseltä hankittavien palveluiden rajapintoja ja niiden teknisiä spesifikaatioita. Marraskuussa 2004 työryhmä julkaisi Laajakaistayhteyksien operaattorirajapinnat –työryhmäraportin (7/2004) [3], joka kuvaa bitstream-palveluiden toteutusvaihtoehdot ATM- ja Ethernet-pohjaisissa DSL-palveluissa sekä kaapelitelevisio- ja WLAN-verkoissa.

Päätyöryhmä perusti helmikuussa 2005 uuden alatyöryhmän laatimaan langattomia laajakaistayhteyksiä käsittelevää ohjeistusta sekä suosituksia verkkojen vuokrauksesta muille palveluoperaattoreille. Tässä raportissa julkaistujen ohjeiden ja suositusten tavoitteena on auttaa verkkojen rakentajia ja rahoittajia päätöksenteossa ja luoda yhteisiä käytäntöjä langattomien laajakaistaverkkojen kapasiteetin vuokraukseen jo toteutetuissa ja vasta valmisteilla olevissa verkoissa. Tämä työryhmäraportti käsittelee vain WLL- ja WiMAX-ratkaisuiden avulla tarjottavia WMAN-laajakaistayhteyksiä. Täten raportissa ei käsitellä esim. WLAN tai 450 MHz alueella toimivia CDMA 450 tai Flash –OFDM –pohjaisia toteutuksia.

2 LANGATTOMAT LAAJAKAISTARATKAISUT

Tässä luvussa kuvataan langattomien laajakaistaratkaisuiden peruseriaatteet, sekä WLL- ja WiMAX-toteutusten pääpiirteet, mahdolliset rajoitteet ja nähtävissä olevat kehityspolut. Tässä raportissa langattomilla laajakaistaratkaisuilla tarkoitetaan vain BWA-toteutuksia.

2.1 Johdanto langattomiin laajakaistaratkaisuihin

Viime vuosikymmenen puolessavälissä maailmalla esiintyi lukuisiin eri teknologioihin perustuvia tuotekehityshankkeita, joiden tavoitteena oli korvata lankapuhelimen kuparinen tilaajajohto langattomalla versiolla. Kyseiset hankkeet saivat teknologiasta riippumattomia nimiä, kuten Wireless Local Loop (WLL) tai Fixed Wireless Access (FWA). Nämä hankkeet ja niistä syntyneet tuotteet tähtäsivät puhepalvelun ja kapeakaistaisen datapalvelun tarjoamiseen.

Tuotteita käytettiin jonkin verran maissa, joista lankaverkot puuttuivat lähes tyystin tai olivat kehittymättömiä. Näitä hankkeita ja tuotteita voidaan kuitenkin pitää perustellusti edeltävänä sukupolvena tällä hetkellä meneillään oleville langattomille laajakaistaisille tilaajaverkon hankkeille, kuten WiMAX-kehitykselle.

¹ Liikenne- ja viestintäministeriö, Laajakaistatekniikoiden kehitys 1995-2010, 3.9.2004 [1]

Vuosituhanen vaihteessa markkinoille tulivat ensimmäiset valmistajakohtaiset langattomat laajakaistavaihtoehdot tilaajaverkoille. Tällöin alan toimijat näkivät standardoinnin välttämättömäksi, jotta langattomasta vaihtoehdosta tulisi edullinen ja vakavasti otettava teknologiavaihtoehto. Tästä alkaen voidaan puhua WiMAX-tekniikasta.

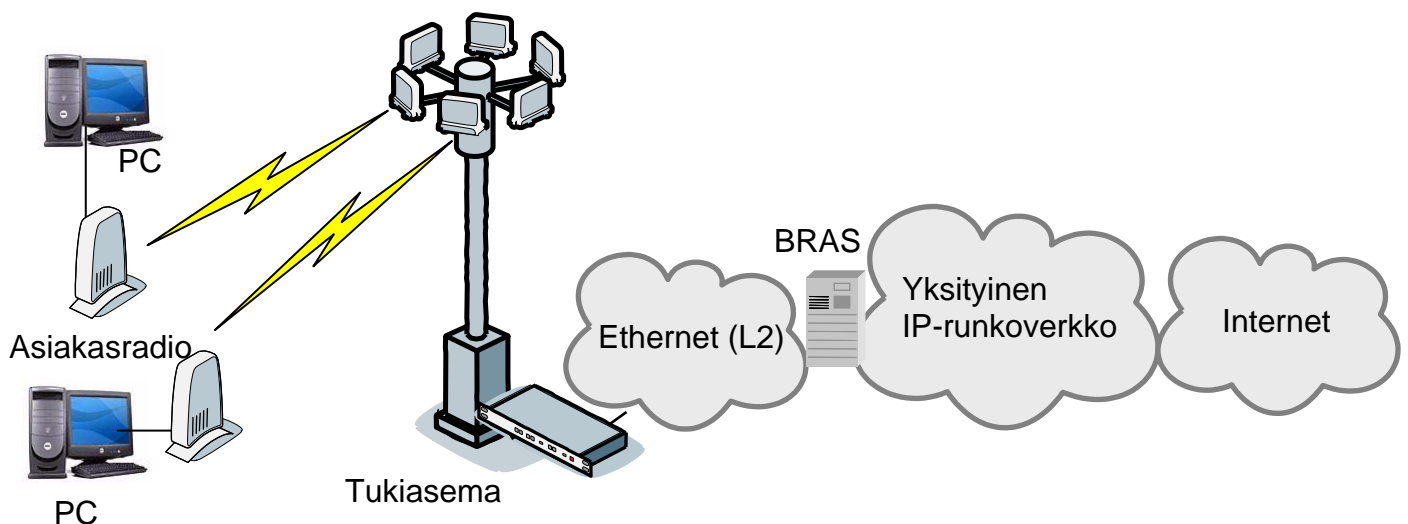
Valmistajakohtaisiin ratkaisuihin verrattuna WiMAX-tekniikan tärkein ominaisuus on eri laitevalmistajien laitteiden (tukiasemat ja päätelaitteet) yhteensopivuus ilmarajapinnan osalta. WiMAX-ratkaisut tarjoavat teoreettisesti jopa noin 75 Mbit/s nopeuden yhden solun alueella. Nopeus riippuu kuitenkin mm. käytössä olevan taajuuskaistan leveydestä ja valittavasta modulaatiosta. Mainittu nopeus kuvaa solun yhteistä kapasiteettia, jonka kaikki kyseisen solun alueella toimivat päätelaitteet jakavat keskenään. Nykyisissä toteutuksissa todelliset maksiminopeudet ovat tällä hetkellä noin 10 Mbit/s sekä myötä-, että paluusuuntiin.

WiMAX-tekniikalla on kokeiltu jopa 50 kilometrin yhteyksiä, mutta tyypillisissä toteutuksissa tultaneen pääsemään noin 1-10 Mbit/s siirtonopeuksiin 1-10 km etäisyyksillä. Langaton laajakaistatekniikka on varteenotettava vaihtoehto, jos alueella ei vielä ole lankaverkkoa tai se ei ole vuokrattavissa järkevillä hinnoilla sekä teknisesti myös haja-asutusalueiden laajakaistayhteyksiä rakennettaessa.

2.1.1 Verkon rakenne

Langaton laajakaistaverkko koostuu seuraavista komponenteista:

- Tukiasema
- Asiakaspätelaitteet
- IP-runkoverkko



Kuva 1: Esimerkki langattomasta laajakaistaverkosta

Kuvassa 1 on esitetty tämänhetkisten toteutusten mukainen esimerkki langattoman laajakaistaverkon rakenteesta. Tärkein verkon suunnitteluparametri on tukiasemien sijoittelu, koska tukiasemien määrä ja sijainti vaikuttavat suoraan palvelun peittoalueeseen ja verkon kustannuksiin. Peittoalueen lisäksi tukiaseman sijoitteluun vaikuttaa tukiaseman tarvitsemien tietoliikenne- ja sähköyhteyksien saatavuus ja hinta.

Tällä hetkellä markkinoilla olevat ratkaisut vaativat myös asiakaspäässä ulkoantennin ja lähestulkoon suoran näköyhteyden operaattorin radiomastoon. Käytännössä markkinoilla olevat radiolaitteet ovatkin kohtuullisen suuria ja ne asennetaan pääsääntöisesti kiinteästi paikalleen operaattorin toimesta.

2.1.2 Saavutettava tiedonsiirtonopeus

Saavutettavissa oleva tiedonsiirtonopeus riippuu käytettävissä olevasta taajuuskaistan leveydestä sekä käytettävästä modulaatiosta. Suuremman tiedonsiirtonopeuden tarjoavat modulointitavat ovat kuitenkin herkempiä häiriöille, joten niitä on mahdollista käyttää lähempänä tukiasemaa. Alla kaksi esimerkkiä saavutettavista tietokoneen näkemistä maksiminopeuksista.

Kanavan kaistanleveys	QPSK modulaatio	16QAM modulaatio	64QAM modulaatio
3,5 MHz	1,79 Mbit/s	7,41 Mbit/s	11,14 Mbit/s
7,0 MHz	3,54 Mbit/s	14,82 Mbit/s	22,27 Mbit/s
14,0 MHz	7,08 Mbit/s	29,64 Mbit/s	44,54 Mbit/s

Kanavan kaistanleveys	2FSK modulaatio 12dBm/-90dBm	4FSK modulaatio 20dBm/-83dBm	8FSK modulaatio 28dBm/-75dBm
1 MHz	800 kbit/s	1,6 Mbit/s	2,4 Mbit/s
1,3 MHz	1 Mbit/s	-	3,2 Mbit/s

Kuten taulukoista voidaan huomata yhden megahertsin taajuuskaistalla ja nykyisillä modulaatiotekniikoilla voidaan käytännössä tarjota tietokoneelle noin 0,5 Mbit/s – 3,2 Mbit/s tiedonsiirtonopeus.

Tässä kappaleessa kuvattu tiedonsiirtonopeus jaetaan kaikkien saman solun sisällä olevien käyttäjien kesken, joten myös käyttäjämäärä vaikuttaa käyttäjän kokemaan tiedonsiirtonopeuteen. Solun tiedonsiirtokapasiteettia voidaan kasvattaa jakamalla solu useaan sektoriin. Esimerkiksi solun jakaminen kuuteen eri sektoriin kuusinkertaistaa solun tiedonsiirtokapasiteetin. Näin 7,0 MHz kaistalla, kuudella sektorilla sekä 64QAM modulaatiolla voidaan päästä yhteensä 133,6 Mbit/s tiedonsiirtonopeuteen.

2.1.3 Palvelun kantama

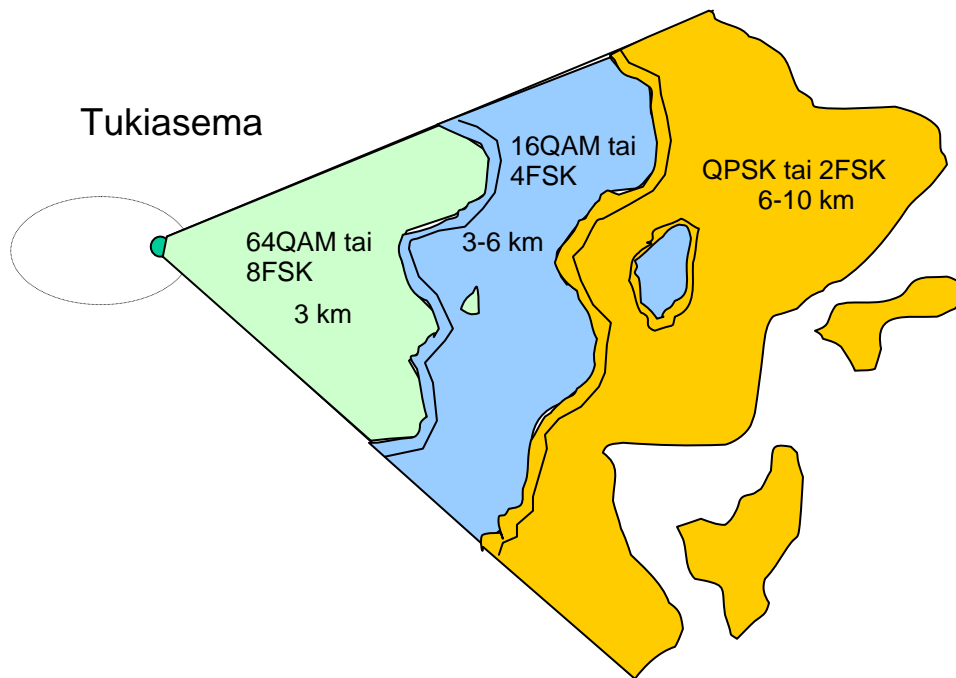
Palvelun kantama riippuu useasta eri tekijästä, joita ovat:

- **Lähetysteho**
- **Signaalin vaimentuminen**
- **Ulkopuoliset häiriöt**
- **Antennien ja vastaanottimien herkkyys**
- **Käytetyn modulaation häiriöherkkyys**

Palvelun kantama heikentyy signaalin vaimentuessa, johon vaikuttavat sekä käytetty taajuus että antennien väliset maastoesteet ja sää ja niiden aiheuttamat heijastumat. Signaalin vaimenemista voidaan kompensoida kasvattamalla lähetystehoa, mutta koska suurin lähetysteho on säädelty suure, voidaan kantamaa kasvattaa käytännössä vain:

- vähentämällä maastoesteiden aiheuttamaa vaimenemista parantamalla näköyhteyttä (käyttämällä korkeampia antennimastoja) tai
- vähentämällä vaimenemisen vaikutuksia joko käyttämällä herkempää antennia tai vähemmän häiriöherkkää modulaatiota (esim. QPSK).

Kuva 2 esittää käytännön esimerkin käytettävien modulaatioiden vaikutuksesta toimintasäteeseen eräässä WLL-toteutuksessa käytettäessä omakotitalon katolle asennettavaa antennia. Käytettävien antennien vaikutusta kuvaa hyvin se, että esimerkiksi 20 metrin asiakaspään antennimastolla ja tarkkaan suunnatuilla antennilla on päästy kuvan esimerkkiin verrattuna yli kaksinkertaisiin kantamiin.



Kuva 2: Esimerkki käytettävän modulaation vaikutuksesta kantomatkkaan

Markkinoille on myös tulossa verkkopäätteeseen integroituja sisäantenneja niin, että suora näköyhteys ei olisi enää välttämätöntä, vaan signaalia voitaisiin vastaanottaa myös kevyiden ulkoseinien läpi. Tällöin palvelun kantama kuitenkin pienenee noin puoleen – kahteen kilometriin. Tulevaisuuden visioissa WiMAX-siru on tarkoitus integroida kannettavien tietokoneiden emolevyille WLAN-radioiden tapaan. Tässä palveluskenaariossa palvelun kantama jää etenkin sisätiloissa selkeästi ulko- tai ikkuna-antennikäyttöä lyhyemmäksi (esim. reilusta 200 metristä alle kilometriin).

Laitevalmistajat ilmoittavat kantamat tyypillisesti ns. FreeSpace-mallilla, jossa siirtotien häviöihin otetaan huomioon vain matka ja taajuus. Tarkin laskennallinen tulos saadaan tietokoneavusteisilla laskentaohjelmilla, jossa otetaan huomioon myös ympäristön korkeusvaihtelut ja pinnanlaatu. Tavallisesti laitteiston maksimikantama ilmoitetaan LineOfSight (LOS). Tässä oletetaan, että radiotietä ei häiritse mikään este. NonLineOfSight (NLOS), NearLineOfSight (NrLOS) ja OpticalLineOfSight (OLOS) käytetään kuvaamaan tilannetta, että radiotien esteetön kulku on osittain estynyt esim. puustoa. NLOS termiä käytetään yleisimmin tilanteessa, jossa suora näkyväisyys antennien välillä on tyystin estynyt.

NLOS ympäristössä radiosignaalin eteneminen tapahtuu heijastuksina (Multi Pathing) avulla. Heijastuksissa sama signaali saapuu vastaanottimeen erivaiheisina ja vastaanottimen näkemä signaali on näiden summa. Tämän vaikutusta pyritään pienentämään käyttämällä pientä kanavaleveyttä, taajuushyppelyä ja OFDM modulaatiota, jossa taajuuskaista jaetaan 64 tai 256 alikanavaan, jolla saadaan kanavaleveyttä pienennettyä.

2.2 WLL

Tässä raportissa WLL (Wireless Local Loop) eli langattomalla tilaajayhteydellä tarkoitetaan valmistajakohtaisten ratkaisuiden avulla tarjottavia Kuvan 1 mukaisia kiinteitä langattomia laajakaistayhteyksiä. Selkeiden standardien ja yhteensopivuusmääritysten ja -testauksen puuttuessa eri laitevalmistajien WLL-laitteistot eivät ole keskenään yhteensopivia.

WLL-yhteys perustuu asiakkaan radioantennin ja operaattorin tarjoaman tukiaseman antennin väliseen radioliikenteeseen. WLL-laajakaistaliittymä tarjoaa tyypillisesti 2 – 34 Mbit/s radioliikennöinti-yhteyden, joka jaetaan kaikkien samaan aikaan WLL-verkossa olevien käyttäjien kesken. WLL laajakaistan radiotaajuus kattaa ympäriseitelevän tukiaseman ympäristöstä 10 – 20 kilometriä riippuen käytettävästä antennista, maastosta ja mastojen korkeudesta.

2.2.1 Laitteiston asettamat rajoitteet

WLL-järjestelmät ovat pääosin jo koeteltua tekniikkaa. Järjestelmät saattavat kuitenkin sisältää erilaisia rajoitteita, jotka verkon rakentajan on syytä ottaa huomioon jo verkon suunnitteluvaiheessa. Työryhmä on tunnistanut seuraavat rajoitteet:

1. Kiinteä asennus:

Nykyiset laitteet on asennettava käytännössä kiinteästi seuraavien syiden takia:

- Pitkillä etäisyyksillä antennista tarvitaan erillisiä noin 20 m korkeita harusmastoja, mutta myös muissa tapauksissa antenni on yleensä syytä asentaa kiinteästi huoneiston katolle.
- Radiolaitteet ovat kohtuullisen suuria ja painavia (esim. 311 mm*224 mm*65,5 mm ja 2,5 kg)

Ulkoasennuksissa tulee ottaa huomioon myös laitteiden pakkakestävyys, sillä kaikki markkinoilla olevat laitteet eivät välttämättä kestä kovia pakkasia. Ulkolaitteille toimintalämpötilan tulisi olla -45 - +45 °C.

Laitteistojen siirrettävyyttä ja käyttäjän toimesta tehtävää asennusta rajoittaa ratkaisuiden laitevalmistajakohtaisuus, jonka lisäksi järjestelmät ovat usein parametreiltaan kiinteästi operaattorikohtaisesti asetettuja. Tämän lisäksi päätelaitteet tulee pääsääntöisesti provisoida tukiasemakohtaisesti, joten liikkuvaan käyttöön suunniteltu radio tulee provisoida jokaiseen suunnitellun toiminta-alueen tukiasemaan.

2. Laitteiden yhteensopivuus:

Eri laitetoimittajien laitteet eivät ole keskenään yhteensopivia. Lisäksi järjestelmät ovat usein parametreiltaan kiinteästi operaattorikohtaisesti asetettuja. Tästä johtuen verkko-operaattori joutuu käytännössä sitoutumaan yhteen laitevalmistajaan myös asiakasradioiden hankinnassa. Verkon vuokraajan taas tulee käytännössä vuokrata myös asiakasradio verkko-operaattorilta. Laitteiden yhteensopimattomuuden takia myöskään eri laitevalmistajien järjestelmillä toteutettujen verkkojen välinen verkkovierailu ei ole käytännössä mahdollista edes tulevaisuudessa.

3. Liittymän tunnistus

Raportin kirjoittamishetkellä markkinoilla olevat WLL-järjestelmät eivät tarjoa tilaajan tunnistusta, vaan verkkoon pääsyn hallinta on toteutettu järjestelmästä riippuen asiakasradion tunnistamisella esim. IP-osoitteen tai X.509-sertifikaatin avulla. Koska palvelu perustuu radioyhteyteen, täytyy liittymän tai tilaajan tunnistamiseen kiinnittää erityistä huomiota etenkin jos liittymän tunnistamiseen käytettävät parametrit määritellään automaattisesti radiorajapinnan yli (autoconnect).

2.3 WiMax

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) on IEEE802.16/ETSI HiperMAN standardeihin pohjautuva sertifiointimerkintä niille laitteille, jotka täyttävät WiMAX Forumin asettamat yhteensopivuus- ja yhteentoimivuusvaatimukset. Julkisuudessa sertifiointeista puhutaan usein myös WiMAX-tekniikkana tai -teknologiana. WiMAX-tekniikka on siis langaton teknologia, joka tarjoaa nopean datan laajakaistayhteyksiä pitkilläkin etäisyyksillä. WiMAX teknologialla voidaan toteuttaa erilaisia palveluita kuten langattomat laajakaistayhteydet sekä yritysten tai vastaavien liityntä- tai syöttöyhteydet.

WiMAX-tekniikkaan pätevät samat lainalaisuudet palvelun kantaman, saavutettavissa olevan tiedonsiirtonopeuden ja asiakasradion koon ja liikuteltavuuden suhteen kuin perinteisillä WLL-ratkaisuillakin. Markkinoinnissa ja kirjoittelussa käytetään usein teoreettisia maksimiarvoja (kuten 50 km tai 120/75 Mbit/s), joihin ei ole käytännössä mahdollista päästä.

Voidaankin todeta, että kiinteiden laajakaistayhteyksien tarjonnassa voidaan tavallisesti päästä noin 10-20 kilometriin etäisyyksiin. Tällöin saavutettava tiedonsiirtonopeus tulee kuitenkin

jäämään huomattavasti mainoksissa ilmoitetuista. Pitemmillä yhteyksillä saavutettavissa oleva jaettu tiedonsiirtonopeus jäänee noin 7-30 Mbit/s tasolle. Mahdollisesti myöhemmin kannettavaan tai kämmenmikroon integroituna palvelun kantama tulee olemaan huomattavasti lyhyempi (tyypillisesti reilusta 200 metrillä alle kilometriin). Lisäksi on hyvä muistaa, että mainostetut IEEE:n 802.16-standardit (esim. 802.16e) ja näiden WiMAX-sertifioinnit ovat vielä kesken.

2.3.1 WiMAX Forum

WiMAX Forum [4] on teollisuuden edustajien yhteenliittymä, jonka tehtävänä on edistää WiMAX-tekniikan käyttöönottoa sekä sertifioida IEEE802.16 mukaisia laitteita eri toimittajien tuotteiden yhteensopivuuden takaamiseksi. WiMAX Forum toimii erilaisten työryhmien kautta ja sillä on erillinen johtoryhmä.

2.3.2 Standardit ja niiden valmistumisaikataulut

Tekniikkaa koskevat standardit ovat vasta kehitysvaiheessa ja vaikka ensimmäinen standardi onkin jo valmis, on senkin sertifiointi vielä kesken. Kehitteillä olevat standardit tulevat tuomaan selkeitä parannuksia ja uusia tärkeitä ominaisuuksia, kuten tuen liikkuvuudelle sekä parannuksia tilaajan tunnistukseen ja käytön ja hallinnan yhteensopivuuteen.

Ensimmäinen IEEE 802.16-perheen standardi (IEEE Std 802.16-2001) ratifioitiin vuonna 2001. Standardi määritteli ilmarajapinnan taajuuksille 10-66 GHz. Seuraava tärkeämpi standardiversio (IEEE Std 802.16a-2003) valmistui vuonna 2003. Se määritteli uuden alikanaviin perustuvan kanavarakenteen ilmarajapintaan taajuusalueelle 2-11 GHz. Alla lyhyt kooste uusista ja tekeillä olevista standardeista:

IEEE802.16-2004 (ennen: rev. d):

IEEE Std 802.16-2004 kokoa ja korvaa aiemmat IEEE802.16-standardit. IEEE802.16-2004 on ensimmäinen "WiMAX-standardi", joka mahdollistaa ensisijaisesti eri laitetoimittajien tuotteiden käyttämisen samassa verkossa. Standardi ei kuitenkaan tarjoa tukea päätelaitteiden liikkuvuudelle, minkä lisäksi tuki päätelaitteiden tunnistusmekanismeille on rajoittunut.

Tilaajan vapaan liikkumisen sallimiseksi voidaan standardista riippumatta kuitenkin toteuttaa tilaajan tunnistus esimerkiksi pohjautuen erilliseen kirjautumissivuun, jossa tilaajalta pyydetään käyttäjätunnus ja salasana. Tällöin vaaditaan sisäänkirjautumisportaalin lisäksi erillinen keskitetty tilaajan tunnistus palvelin, tilaajakanta ja laskutustietojen keruu.

Arvioitu standardin valmistuminen: On valmis
Arvioitu sertifiointitestiä teon aloitus: Heinäkuussa 2005

IEEE802.16e:

IEEE Draft 802.16e pyrkii määrittelemään liikkuvan tiedonsiirron vaatimat lisäykset standardiin IEEE Std 802.16-2004. 802.16e mahdollistaa päätelaitteen lisäksi tilaajan tunnistamisen. Näin tilaaja voi liikkua verkon alueella vapaasti (sekä liikkuva että siirrettävä käyttö) ja verkko tunnistaa tilaajan automaattisesti EAP ja 802.1x protokollia käyttäen ilman manuaalista kirjautumista. Standardin lisäksi vaaditaan runkoverkolta aikaisemmin mainitut keskitetyt toiminnot tilaajan tunnistamiseksi, tilaajakohtaisten palvelujen sallimiseksi sekä laskutustietojen keräämiseksi (AAA-palvelin).

Arvioitu standardin valmistuminen: Syyskuussa 2005
Arvioitu sertifioidun dokumentin valmistuminen: Tammikuussa 2006

IEEE802.16f:

IEEE Draft 802.16f pyrkii määrittelemään standardin IEEE Std 802.16-2004 mukaisten verkkojen (kiinteä langaton tiedonsiirto) hallintatiedot (MIB) MAC ja PHY tasoille sekä näihin liittyvät hallintamenetelmät. Tulee parantamaan yhteensopivuutta.

Arvioitu valmistuminen: 1. vuosineljännes 2006

IEEE802.16g:

IEEE Draft 802.16g pyrkii määrittelemään IEEE Draft 802.16e:llä täydennetyin standardin IEEE Std 802.16-2004 mukaisten verkkojen (kiinteä ja liikkuva langaton tiedonsiirto) hallintatiedot (MIB) MAC ja PHY tasoille sekä näihin liittyvät hallintamenetelmät. Tarvitaan liikkuvuuden parantamiseksi (handover).

Arvioitu valmistuminen: 3. vuosineljännes 2006

WiMAX Forum NWG (Networking Working Group):

NWG työryhmä on vuoden 2005 alusta perustettu työryhmä, joka jatkaa edeltävän työryhmän nimeltä SPWG (Service Provider Working Group) työtä. Työryhmän tavoitteena on suositella verkkorakenteita, jotka mahdollistavat useamman PO:n (palvelu operaattorin) liittynyt. IEEE802.16-2004 ja IEEE802.16e määrittelevät lähinnä data- ja ohjaustason, jota NWG täydentää verkkotason määrittelyillä.

Arvioitu valmistuminen: 4. vuosineljännes 2005

2.3.3 WiMAX-verkkojen kehitys

Esimerkki operaattorin WiMAX-verkon kehitysvaiheista:

Kiinteät liittymät (vuonna 2005)

- Langaton laajakaista
- Päätelaitteen tunnistus
- Sertifioidut päätelaitteet eri toimittajilta

Liikuteltava (nomadic) modeemi (vuonna 2006)

- Tilaajan tunnistus mahdollista
- Ei tukiaseman vaihtoa yhteyden aikana
- Rajoitetut verkkovierailut mahdollisia

Kannettava päätelaite yksinkertaisella liikkuvuudella (vuonna 2007)

- Tukiaseman vaihto yhteyden aikana (handover)
- Tukiaseman vaihto aiheuttaa hetkellisen palvelutason (QoS) alenemisen
- Verkkovierailu usean operaattorin välillä mahdollista

Täysi liikkuvuus (200x)

- Tukiaseman vaihto yhteyden aikana ei aiheuta palvelutason alenemista

2.3.4 Laitteiston asettamat rajoitteet

Raportin kirjoitushetkellä WiMAX-tekniikkana markkinoituja järjestelmiä koskevat samat kappaleessa 2.2.1 kuvatut laitteiden kokoa ja asennusta koskevat rajoitteet. Käytännössä markkinoilla olevat laitteet on asennettava kiinteästi, koska:

- Pitkillä etäisyyksillä antennista tarvitaan erillisiä noin 20 m korkeita harusmastoja, mutta myös muissa tapauksissa antenni on yleensä syytä asentaa kiinteästi huoneiston katolle.
- Radiolaitteet ovat kohtuullisen suuria ja painavia (esim. 150 mm*150 mm*150 mm ja 1 kg)

Ulkoasennuksissa tulee ottaa huomioon myös laitteiden pakkaskestävyys, sillä kaikki markkinoilla olevat laitteet eivät välttämättä kestä kovia pakkasia. Ulkolaitteille toimintalämpötilan tulisi olla -45 - +45 °C. Laitteiden liikuteltavuuden voidaan olettaa paranevan, mutta korkeista ulkoantenneista luovuttaessa palvelun kantama tulee huomattavasti lyhenemään.

3 LAINSÄÄDÄNNÖLLINEN PERUSTA

Työryhmä on tunnistanut ja kuvannut lyhyesti seuraavat verkkojen rakentamista ja vuokrausta koskevat säädökset. Taajuussäätely on kuvattu erikseen Luvussa 4 Käytettävissä olevat taajuudet.

3.1 Verkon vuokraus

Viestintäverkkojen vuokrausta säännellään sekä Viestintämarkkinalain [5], että Kilpailunrajoituslain [6] kautta. Tässä kappaleessa kuvataan lyhyesti näiden lakien asettamat velvoitteet. Lisäksi kappaleessa kuvataan Sisäasiainministeriön antama ohje laajakaistainvestointien rahoitusperiaatteista [7].

3.1.1 Viestintämarkkinalaki

Viestintämarkkinalain mukainen verkon vuokrausvelvoite voidaan asettaa markkinakohtaisesti teleyrityksille, joilla on todettu olevan huomattava markkinavoima kyseisessä markkinassa. Verkkojen vuokrausta koskeva markkina on Laajakaistapalvelujen tarjonnan tukkumarkkinat (markkina 12). Markkinaa koskevat HMV-päätökset löytyvät osoitteesta: <http://www.ficora.fi/suomi/tele/HMV12.htm>

Viestintäviraston määrittelemät ja analysoimat tukkumarkkinat ovat kaupallisia markkinoita, joita ei ole sidottu tiettyyn verkkotekniikkaan. Relevantti markkina sisältää siis kaikki tekniset toteutusvaihtoehdot (joiden avulla voidaan tarjota loppukäyttäjän näkökulmasta samankaltaisia laajakaistapalveluja). Tekninen toteutus luonnollisesti on eri verkoissa erilainen.

Viraston antamissa HMV-päätöksissä on tukkumarkkinan osalta todettu seuraavaa:

"Laajakaistapalveluja voidaan tarjota usean verkkotekniikan välityksellä. Laajakaistapalvelujen tukkumarkkinat eivät ole sidottuja mihinkään tiettyyn verkkotekniikkaan. Suomessa kiinteän puhelinverkon DSL-tekniikka ja kaapelimodeemitekniikka ovat tällä hetkellä tavallisimmat laajakaistatekniikat. Tukkutason laajakaistapalveluja on Suomessa toistaiseksi tarjolla vain näiden kahden tekniikan välityksellä. Muita laajakaistapalvelujen toteutustapoja ovat muun muassa datasähkö, langaton lähiverkko ja satelliitti. Näiden tekniikoiden avulla toteutettuja, loppuasiakkaille tarjottuja yhteyksiä on kuitenkin vielä tällä hetkellä käytössä suhteellisen vähän".

Komission markkinasuosituksessa (Komission suositus sähköisten viestintäverkkojen ja -palvelujen yhteisestä sääntelyjärjestelmästä annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2002/21/EY mukaisesti ennakkosääntelyn alaisiksi tulevista merkityksellistä tuote- ja palvelumarkkinoista sähköisen viestinnän alalla 2003/311/EY, EYVL L 114, 8.5.2003, s. 45.) relevantit markkinat on määritelty näin:

"Nämä markkinat kattavat bittivirtapohjaiset datapalvelut (ns. bitstream-palvelut), jotka mahdollistavat laajakaistadatan välittämisen molempiin suuntiin sekä muut tukkupalvelut, joita tarjotaan muiden infrastruktuurien kautta jos ja kun niissä voidaan tarjota bitstream-palveluja vastaavat ominaisuudet". Erikseen on todettu, että markkinat eivät sisällä tilaajayhteystuotteiden markkinoita. Suosituksen perustelumuistion mukaan "se verkon piste, jossa tukkutason laajakaistayhteyksiä on tarjottava muille, riippuu markkina-analyysistä ja varsinkin verkon rakenteesta ja verkkotason kilpailuasteesta".

Relevantilla tuotemarkkinalla noin 40 alueellisella verkkoyrityksellä on todettu huomattava markkinavoima. Näille yrityksille on HMV-päätöksellä asetettu velvollisuus vuokrata teleyrityksille tukkutason laajakaistapalvelua. HMV-päätöksissä on edelleen todettu:

"Asetettu vuokrausvelvollisuus ei sisällä verkon rakentamista tai muita investointeja koskevaa velvollisuutta, vaan rajoittuu verkkoyrityksellä jo olevan verkon mahdollistamiin teknisiin toteutustapoihin. Tämän rajoitteen sekä tässä päätöksessä asetetun syrjimättömyysvelvoitteen perusteella vuokrausvelvollisuus rajoittuu alueisiin, joille verkkoyritys jo on omaa toimintaansa varten rakentanut laajakaistapalvelun mahdollistavan verkon."

Muita rajoitteita vuokrausvelvollisuudelle ei HMV-päätöksessä siis ole asetettu. HMV-päätöksen ohella vuokraustoimintaan sovelletaan VML 24 § 2 momenttia.

3.1.2 Kilpailunrajoituslaki

Kilpailuoikeudessa on varsinkin verkkoa hallitsevien yritysten usein katsottu olevan määräävässä markkina-asemassa. Määräävän markkina-aseman tunnusmerkistöstä säädetään kilpailunrajoituslain 3 §:n 2 momentissa:

Määräävä markkina-asema katsotaan olevan yhdellä tai useammalla elinkeinonharjoittajalla taikka elinkeinonharjoittajien yhteenliittymällä, jolla koko maassa tai tietyllä alueella on yksinoikeus tai muu sellainen määräävä asema tietyillä hyödykemarkkinoilla, että se merkittävästi ohjaa hyödykkeen hintatasoa tai toimitusehtoja taikka vastaavalla muulla tavalla vaikuttaa kilpailuolosuhteisiin tietyllä tuotanto- tai jakeluportaalla.

Määräävä markkina-asema sinänsä ei ole kielletty, mutta sen väärinkäyttäminen on. Määräävässä markkina-asemassa olevalle yritykselle asetetaan väärinkäyttökiellolla tietyt erityisvelvoitteita liikekumppaneitaan ja kilpailijoitaan kohtaan. Määräävän markkina-aseman kiellettyä väärinkäyttöä voi kilpailunrajoituslain 6 §:n mukaan olla erityisesti:

- 1) kohtuuttomien osto- tai myyntihintojen taikka muiden kohtuuttomien kauppaehtojen suora tai välillinen määrääminen;
- 2) tuotannon, markkinoiden tai teknisen kehityksen rajoittaminen kuluttajien vahingoksi;
- 3) erilaisten ehtojen soveltaminen eri kauppakumppanien samankaltaisiin suorituksiin kauppakumppaneita epäedulliseen kilpailuasetelmaan asettavalla tavalla; tai
- 4) sen asettaminen sopimuksen syntymisen edellytykseksi, että sopimuspuoli hyväksyy lisäsuoritukset, joilla niiden luonteen vuoksi tai kauppataidan mukaan ei ole yhteyttä sopimuksen kohteeseen.

Verkkomarkkinoilla tyypillisimmin esiintyvät kilpailunrajoitukset ovat liittyneet kohtuuttomaan hinnoitteluun ja asiakkaiden väliseen syrjintään (ks. edellä 6 §:n 1 ja 3 kohdat). Toisin sanoen erityisesti verkko-operaattoreiden harjoittama kohtuuttomien verkon vuokrien periminen tai kohtuuttomien verkon vuokrauksen ehtojen soveltaminen sekä palveluntarjoajia syrjivä menettely on katsottu kilpailunrajoituslain rikkomiseksi.

Esimerkki: Yritys A toteutti kaksoishinnoittelua – jossa uusilta asiakkailta eli lähinnä uusilta kilpailijoilta perittiin selkeästi korkeampia hintoja kuin vanhoilta asiakkailta – syrjivästi porrastetulla määrälennustaulukolla sekä sitovilla sopimusehdoilla, joissa hinnat sidottiin sopimuksen keston. Tilajayhteysverkkoa hallitseva yhtiö peri markkinoille pyrkiviltä kilpailijoiltaan pullonkaulahyödykkeestä olennaisesti korkeampaa hintaa kuin mikä oli ollut yhtiön omalle palveluoperaattorilleen tarjoama hinta. Tämän ns. hintaruuvien seurauksena paikallismarkkinoille tulo muodostui kilpailijoille kannattamattomaksi.

3.1.3 Sisäasiainministeriön antama ohje laajakaistainvestointien rahoitusperiaatteista

WLL- ja WiFi-verkkojen vuokrauksen kannalta tällä hetkellä suurin vaikutus on kuitenkin sisäasiainministeriön 6.5.2004 antamalla ohjeella laajakaistainvestointien rahoitusperiaatteista. Ohjeessa määritellään julkisen tuen myöntämisen yleiset periaatteet. Tarkoitus on että kukin hallinnonala antaa tarvittaessa yksityiskohtaisia ohjeita esimerkiksi tukitasosta, tuen määrästä ja hyväksyttävistä kustannuksista.

”Ohjeen mukaan julkista tukea laajakaistahankkeisiin voidaan myöntää vain sellaisissa tapauksissa, jossa tarvittavia yhteyksiä ei synny markkinaehtoisesti.”

”Tuki kohdistetaan verkkoinvestointeihin. Tuella rakennettua verkkokapasiteettia tulee tarjota kohtuullisin ja tasapuolisin ehdoin kaikkien verkko- ja palveluoperaattoreiden käyttöön. Näin verkon rakentaneelle operaattorille ei synny yksinoikeutta verkon hyödyntämiseen. Tämän vuoksi tukea ei voi myöskään kohdentaa laajakaistapalveluiden hintoihin.”

”Tasapuolisuuden ja kohtuullisuuden takaamiseksi tulee syrjimättömän hinnoittelun lisäksi kiinnittää huomiota myös muihin toimitusehtoihin, esimerkiksi toimitusaikaan.”

Tukipäätökseen on liitettävä ehdot siitä, että operaattori/kunta on velvollinen luovuttamaan verkon käyttöoikeutta/kapasiteettia myös muille toimijoille kohtuullisin ja tasapuolisin ehdoin.

On tärkeää, ettei julkisella tuella vääristetä kilpailutilannetta eikä estetä kilpailevien palveluntarjoajien markkinoille tuloa."

Eli tätä kautta julkista tukea verkon rakentamiseen saanut laajakaistaverkko-operaattori on käytetystä tekniikasta riippumatta velvollinen tarjoamaan verkkorajapintaa kaikille halukkaille palveluoperaattoreille.

3.2 Julkiset hankinnat

WiMAX tai WLL-verkkojen rakentamisessa voi olla kyseessä myös julkinen hankinta. Julkisilla hankinnoilla tarkoitetaan viranomaisten, muiden julkishallintoon kuuluvien oikeushenkilöiden sekä nk. peruspalvelusektorilla toimivien yksiköiden tavara- ja palveluhankintoja sekä rakennusurakoita. Yleinen kilpailuttamisvelvoite ja tarjoajien tasapuolisen kohtelun vaatimus koskee kaikkia julkisia hankintoja. Asiaa käsitellään myös sisäasianministeriön antamassa ohjeessa:

"Laajakaistainvestointien tulee aina perustua avoimeen kilpailuun. Kilpailutuksen yhtenä tavoitteena on joko löytää vaihtoehtoisia teknisiä ratkaisuja tai todeta sellaisten puuttuminen. Kilpailu voidaan kohdistaa verkon rakentamiseen ja verkko-operaattoreiden palveluiden tarjontaan joko yhdessä tai erikseen. Kilpailutuksessa noudatettavat yksityiskohtaiset menettelytavat on määritelty laissa julkisista hankinnoista (1505/92) ja sen perusteella annetussa asetuksessa (1416/93).

Tarjouspyynnössä tulee ilmoittaa mille alueelle verkkoyhteyksiä ollaan rakentamassa, alueen koko, väestön ja kotitalouksien määrä ja sijainti, yritykset, kuntien palvelulaitokset (koulut, kirjastot jne.) ja niiden sijainti sekä käytössä olevan tietoliikenne-verkon omistaja.

Tarjoajia pyydetään arvioimaan tuen tarve. Tarjouspyynnössä ei tule sitoa tarjouksia mihinkään määrättyyn teknologiaan. Tekniset ratkaisut ovat yksi kilpailun kohde.

Tarjoajia pyydetään selvittämään myös, miten verkkoyhteyksien omistus- ja hallinta-oikeudet on tarkoitus järjestää sekä ilmoittamaan eri osapuolten vastuunjako ja muut keskinäiset sitoumukset. Nämä seikat täsmennetään tukipäätöksessä, josta tulee käydä ilmi myös eri osapuolten oikeudet ja velvollisuudet."

Ohjeen loppuun on myös kerätty lista keskeisimmistä aiheita käsittelevistä säädöksistä.

Jos hankintamenettely on ollut yrityksen mielestä virheellinen, se voi valittaa asiasta markkinaoikeuteen. Suomen Kuntaliiton yhteydessä toimii julkisten hankintojen neuvontayksikkö, joka antaa maksuttomia neuvoja liittyen julkisiin hankintoihin. Palvelusta lisää osoitteessa www.kunnat.net. Julkisista hankinnoista löytyy tietoa myös kauppa- ja teollisuusministeriön kotisivuilta osoitteesta www.ktm.fi.

3.3 Horisontaalisesta yhteistyöstä

Horisontaalisilla kilpailunrajoituksilla tarkoitetaan samalla tuotanto- tai jakeluportaalla toimivien eli keskenään kilpailevien elinkeinonharjoittajien välisiä sopimuksia ja menettelyjä, joilla rajoitetaan yritysten keskinäistä kilpailua. Kilpailunrajoituslain 4 §:n perusteella kiellettyjä kilpailunrajoituksia ovat mm. kilpailijoiden väliset sopimukset hinnoista tai markkinoiden jakamisesta. Käytännössä yleisimmin esiintyviä kartelleja ovat tarjouskartellit, hintakartellit sekä tuotannon rajoittaminen tai markkinoiden tai hankintalähteiden jakaminen.

Kaikki lain 4 §:ssä kielletyt kilpailunrajoitukset eivät kuitenkaan ole lainvastaisia, koska järjestelyt voivat kuulua kilpailunrajoituslain 5 §:n poikkeussäännöksen piiriin. Poikkeuksen tarkoituksena on sallia sellaiset kilpailunrajoitukset, joiden edut kilpailulle ovat suuremmat kuin niiden kilpailua rajoittavat vaikutukset. Kielletyt sopimukset voivat olla kilpailun kannalta hyödyllisiä, jos ne tehostavat tuotantoa tai jakelua taikka edistävät teknistä kehitystä ja jos myös kuluttajien voidaan katsoa hyötyvän sopimuksista. Järjestelyjen etuja ja haittoja koskevien arvioiden tekeminen on toukokuusta 2004 alkaen pääsääntöisesti yritysten itsensä vastuulla.

4 KÄYTETTÄVISSÄ OLEVAT TAAJUUDET

Viestintävirasto myöntää taajuusvarauksia ja radiolupia kiinteiden liityntäverkkojen radiojärjestelmille (FWA). Niillä voidaan toteuttaa langattomia laajakaistayhteyksiä/palveluita kiinteän yhteyden sijaan.

4.1 Taajuusalueet

Nykytilanne:

Kiinteän liityntäverkon radiojärjestelmien käyttöön on Suomessa osoitettu taajuuksia seuraavilta taajuusalueilta:

- 3410 - 3590 MHz
- 10,150 - 10,238 GHz/10,500 - 10,588 GHz
- 24,549 - 25,333 GHz/25,577 - 26,341 GHz

Nämä taajuusalueet vaativat Viestintäviraston myöntämän radioluvan. Näillä taajuusalueilla lähetystehot antenniportissa ovat tyypillisesti +28 dBm ja antennivahvistukset 14-16 dBi (keskusasema, 60-90°) sekä 20 dBi (ala-asema, 20°).

Näiden lisäksi langatonta laajakaistapalvelua voidaan tarjota luvasta vapailla taajuusalueilla, joita on kaksi 2,45 GHz ja 5 GHz taajuusalueet. Näiden taajuusalueiden käytöstä (mm. tehorojoitukset)määrätään Viestintäviraston määräyksissä M4 [8] ja M15 [9]. Palveluntarjoajien tulee huomioida se ettei luvasta vapailla taajuusalueilla voida taata häiriöttömyyttä (eli käytännössä tiettyä palvelunlaatua).

Tulevaisuus:

Euroopan viestintäkomitea (ECC) perusti maaliskuussa 2005 työryhmän, jonka tehtävänä on selvittää taajuus- ja lupa-asiat IEEE802-2004 (sekä 802.11e) –standardin mukaisten laitteiden käytön sallimiselle 3400-3800 MHz ja 5725-5875 MHz taajuusalueilla. Selvitykset pohjautuvat IEEE802.16 –standardiperheen laitteiden ja nykyisten liikennelajien väliseen yhteensopivuuteen. Työssä otetaan huomioon myös ns. rajoitetun liikkuvuuden laitteet (nomadic applications), joita ovat mm. kannettavien tietokoneiden PCMCIA-kortit. Näille ei taata täyttä liikkuvuutta vaan ne voivat toimia verkon peittoalueella eri paikoissa, mutta paikallaan ollessa.

Työryhmän tehtävänä on tuottaa tarvittavat hallinnolliset suositukset ja päätökset IEEE 802.16 –tuoteperehen laitteiden käytön sallimiselle Euroopassa. Ensimmäisiä tuloksia odotetaan vuoden 2005 loppupuolella, jolloin laitteiden käyttö voidaan sallia vuoden 2006 alkupuolella.

Muita taajuusalueita:

Muulla maailmassa (mm. Pohjois- ja Etelä-Amerikassa) langattomalle laajakaistalle on osoitettu myös taajuusalue 2500-2690 MHz, Euroopassa tämä kaista on ECC:n päätöksellä (ECC/DEC/(05)05) allokoitu IMT-2000 –lisätaajuusalueeksi.

Monissa Euroopan maissa on viime aikoina osoitettu 450 MHz taajuuksia langattomalle laajakaistalle (mm. Ruotsi, Norja ja muutamat Itä-Euroopan maat). Tälle taajuusalueelle on myönnetty lupia mm. CDMA450 –teknologialle, etenkin laajakaistapalvelujen toteuttamiselle haja-asutusalueilla. Suomessa valtakunnallinen toimilupa myönnetään kesällä 2006.

4.2 Taajuuksien myöntäminen

Kiinteiden liityntäverkkojen taajuuksien osoittaminen:

Viestintävirasto myöntää hakemuksesta taajuusvarauksen tai radioluvan teleyritykselle, joka aikoo toteuttaa kiinteän liityntäverkon radiotaajuisia yhteyksiä. Yleisen teletoiminnan harjoittamisesta

yrittäjien tulee tehdä teletointailmoitus Viestintävirastoon, mutta erillistä liikenne- ja viestintäministeriön myöntämää toimilupaa ei vaadita.

Taajuusvaraus:

Radiolähtimien käyttöön tarvittaville radiotaajuuksille voidaan hakea varaus, jos radiojärjestelmän suunnittelu, toteuttaminen tai sen hankkiminen edellyttää tietoa käytettävistä radiotaajuuksista. Taajuusvaraus myönnetään vuodeksi. Varaus raukeaa automaattisesti vuoden kuluttua tai kun kyseisen järjestelmän käyttämiseksi myönnetään radiolupa erillisestä hakemuksesta. Hakemuksessa tulee ilmetä vastaavat tiedot kuin radiolupaa haettaessa.

Radiolupa:

Vapaamuotoisesta radiolupahakemuksesta tulee ilmetä ainakin hakijan yhteystiedot, suunniteltu käyttötarkoitus, haluttu taajuusalue ja tarvittava taajuuskaista, maantieteellinen peittoalue (peittoaluekartta, josta alueen pinta-ala selviää) ja käytettävä laitetekniikka keskus- ja alasemien osalta eri operaattoreiden järjestelmien yhteensopivuustarkasteluja varten. Luvanhaltijan on aloitettava radioluvassa tarkoitettu toiminta kun radiolupa on myönnetty. Radiotaajuuksista ja telelaitteista annetun lain 12 §:n mukaan Viestintävirasto voi peruuttaa radioluvan, jos luvanhaltija ei käytä radioluvassa käyttöön osoitettuja radiotaajuuksia eikä ota niitä käyttöön Viestintäviraston määräämässä kohtuullisessa määräajassa. Viestintävirasto aloittaa 12 §:ssä tarkoitettujen toimenpiteiden, jos kiinteän liityntäverkon radiojärjestelmää ei oteta käyttöön kahden kuukauden kuluessa radioluvan myöntämisestä. Luvanhaltijan on viipymättä ilmoitettava Viestintävirastolle telepalveluiden tarjoamisen aloittamisesta. Jos telepalveluiden tarjoamista ei aloiteta edellä määrättyyn määräaikaan mennessä, voi Viestintävirasto peruuttaa luvan Radiotaajuuksista ja telelaitteista annetun lain (1015/2001) 12 §:n perusteella. Lupaa ei voi siirtää toiselle lukuun ottamatta samaan konserniin kuuluvien osakeyhtiöiden välistä radioluvan siirtoa, sulautuvan osakeyhtiön hallussa olevan radioluvan siirtymistä vastaanottavalle yhtiölle, radioluvan siirtoa konkurssipesälle ja radioluvan siirtoa liiketoiminnan luovuttamisen yhteydessä.

Kiinteiden liityntäverkkojen radiojärjestelmille (FWA) radiolupa myönnetään enintään 10 vuodeksi kerrallaan.

Teleyritys veloitetaan toimittamaan Viestintävirastoon ajan tasalla olevat, luvan mukaan asennettujen keskusasemien sijainti ja tekniset tiedot, ja lisäksi erillisestä pyynnöstä myös vastaavat tiedot asiakaspäätelaitteista. Teleyritys veloitetaan tarvittaessa toimittamaan tiedot radiojärjestelmän kautta kulkevan liikenteen määrästä taajuuksien tehokkaan käytön seuraamiseksi.

Kiinteiden liityntäverkkojen radiojärjestelmien peittoalueiden välillä on noin 40 km:n levyinen suoja-alue, jotta samaa taajuutta käyttävät radiojärjestelmät eivät aiheuta haitallisia häiriöitä toisilleen. Tapauskohtaisesti voidaan tehdä erillinen päätös pienemmän suoja-alueen käytöstä. Erillinen päätös vaatii suostumuksen viereisillä maantieteellisillä alueilla samaa taajuuskaistaa käyttäviltä yrityksiltä. Lista käytössä olevista taajuuksista ja luvanhaltijoista on Viestintäviraston www-sivuilta: http://www.ficora.fi/englanti/document/FWA_licence_holder_and_frequeuncies.DOC.

Kiinteän liityntäverkon radiotaajuiset yhteydet voidaan toteuttaa erilaisilla verkkotopologioilla: monipistejärjestelmillä (Point-to-MultiPoint), radiolinkeillä (Point-to-Point), Mesh-verkoilla tai näiden yhdistelmillä. Radiolinkejä käytettäessä luvanhaltijan tulee huolehtia siitä, ettei eri teleyritysten välillä tarvittava maantieteellinen suoja-alue vaatimus muutu.

Kiinteiden liityntäverkkojen taajuuksien käytöstä perittävät maksut:

Taajuuksien käytöstä peritään vuosittainen käytettävään taajuusalueeseen, -kaistaan ja maantieteelliseen peittoon perustuva taajuusmaksu liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen mukaan.

5 VERKON KAPASITEETIN VUOKRAAMINEN PALVELUOPERAATTOREILLE

Langattomien laajakaistaverkkojen kapasiteettia on mahdollista vuokrata muille palveluoperaattoreille kahdella eri tavalla, joita ovat tilaajayhteyden siirtokapasiteetin vuokraus (bitstream) sekä verkkovierailu. Raportin kirjoittamishetkellä markkinoilla olevat järjestelmät tukevat vain hyvin rajoitettua liikkuvuutta, joten työryhmä totesi mahdolliseksi antaa suosituksia vain tilaajayhteyden siirtokapasiteetin vuokrauksesta. Tässä luvussa kuvataan lisäksi lyhyesti tulevaisuudessa mahdolliset verkkovierailuskenaariot.

Työryhmän näkemyksen mukaan tukipäätöksiä tehtäessä tulee kiinnittää huomiota myös siihen, että hankittava järjestelmä mahdollistaa mahdollisimman joustavan tilaajayhteyden siirtokapasiteetin vuokrauksen ja täyttää mielellään kappaleessa 5.1. annetut suositukset.

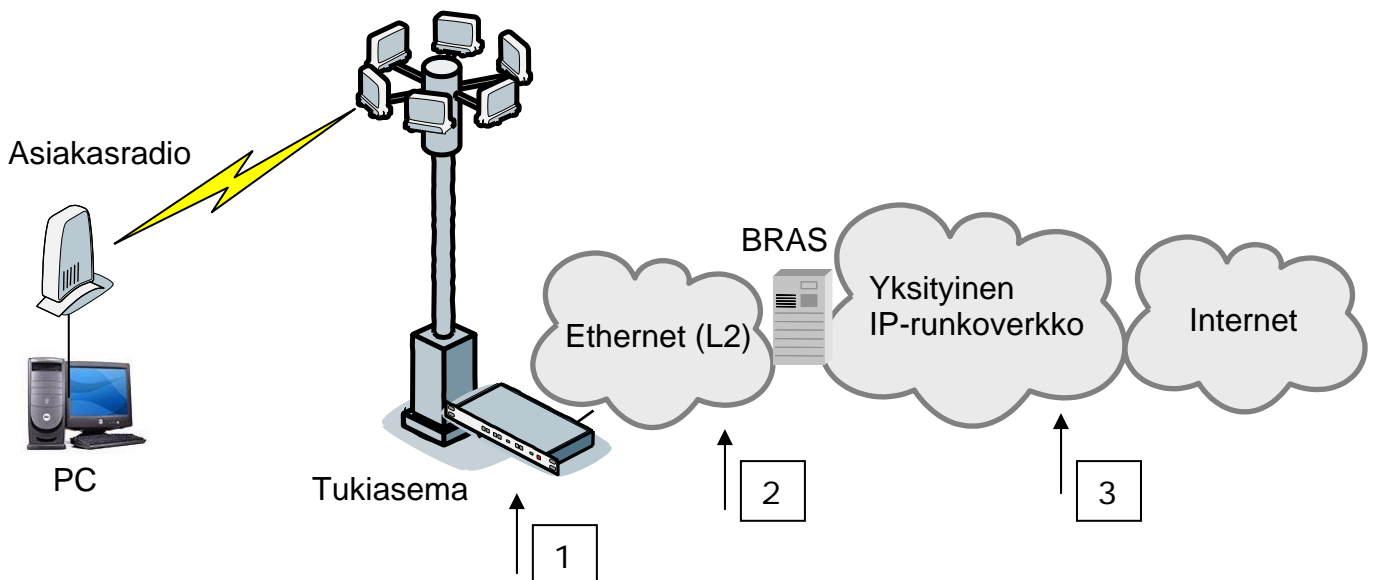
5.1 Tilaajayhteyden siirtokapasiteetin vuokraus (bitstream)

ERG:n (European Regulator's Group) määritelmän mukaan bitstream on osa EY:n komission suosituksen mukaista laajakaistapalvelun tukkumarkkinaa (markkina 12), joka määrittää verkon kapasiteetin vuokraamiseen perustuvan operaattoritason tukkutuohteen. Palvelun ihanneympäristössä kuka tahansa voi sijainnistaan riippumatta valita mieleisensä televiestintäpalvelun hinnan, nopeuden, laadun tai muun mielekkään osatekijän perusteella.

Bitstream-yhteenliittäminen määrittää kaksisuuntaisen tiedonsiirtokapasiteetin provisioinnin palveluoperaattorin asiakkaalle. Toteutuksissa yhteenliitetään palveluoperaattorin ja pääsyverkkoa hallitsevan verkko-operaattorin verkko-osuuksia siten, että palveluoperaattori kykenee päättämään asiakkaalleen tarjoamansa palvelun tiettyjä teknisiä ominaisuuksia, kuten palvelunlaatuparametreja.

BWA-verkoissa toteutettava tilaajayhteyden siirtokapasiteetin vuokraus eroaa ADSL-verkoissa toteutetusta verkon vuokraamisesta ainakin kahdella merkittävällä tavalla. Ensiksi tilaajajohdon tai tilaajajohdon rinnakkaiskäytön vuokrausta vastaavan taajuuskaistan vuokraaminen ei ole yhtä helppoa mm. osassa järjestelmiä laitteisiin kiinteästi poltettavien taajuuksien sekä taajuuskaistan tehottomamman käytön takia. Työryhmän mukaan taajuuksien vuokrauksen sijasta toimijan on helpompi hakea toimilupa omille taajuuksilleen tai vuokrata verkkoa bitstream-mallin mukaisesti.

Lisäksi tällä hetkellä markkinoilla olevat laitteet sisältävät vielä usein hyvin valmistajakohtaisia ratkaisuja, mikä tulee ottaa huomioon esim. hankittaessa asiakasradioita. Voi nimittäin olla niin, että järjestelmässä toimii vain saman valmistajan VO:lle erikseen parametrisoidut päätelaitteet. Tilanne on onneksi jatkossa paranemassa uusien standardien sekä WiMAX-sertifiointien avulla.



Kuva 3: Bitstream-palvelun tarjoaminen langattomassa laajakaistaverkossa

Yhdysliikennepiste voidaan toteuttaa Kuvan 3 mukaan:

- 1) välittömästi tukiaseman jälkeen palveluoperaattorin runkoverkkoon
- 2) verkkohierarkiassa ylemmällä tasolla, kuten Ethernetillä tai sitä vastaavalla tekniikkatasolla
- 3) tunneloidun yksityisen IP-verkon kautta.

Ainakin osassa järjestelmiä asiakkaat on mahdollista erottaa heti tukiaseman jälkeen omille palveluntarjoajilleen esim. VLAN-tekniikan avulla. Tietyissä järjestelmissä tukiasemalta lähtevä yhteys voi olla myös E1 tai ATM. Työryhmän arvion mukaan nämä tapaukset ovat kuitenkin harvinaisempia. Työryhmä suosittaa yhteenliittämisen toteuttamista 2. vaihtoehdon mukaisesti Ethernet-tekniikkaa käyttäen. Yhteenliittämisessä työryhmä suosittaa käyttämään soveltuvin osin Viestintäviraston työryhmäraportissa 7/2004 Laajakaistayhteyksien operaattorirajapinnat [3] annettuja Ethernet-yhteenliittämissuosituksia.

Raportin kirjoittamishetkellä IEEE 802.16-standardit eivät olleet vielä täysin kypsiä yhteenliittämissuosituksia ajatellen. Tästä huolimatta verkon rakentajan tulisi tarjota verkon vuokrauksesta kiinnostuneille palveluoperaattoreille mahdollisimman pitkälle edellä mainittujen bitstream-suositusten mukaista yhteenliittämisrajapintaa. Työryhmä haluaa täsmentää vielä seuraavia suosituksia:

5.1.1 Liittymien tunnistaminen ja eriyttäminen

Raportin kirjoittamishetkellä markkinoilla olevat BWA-tuotteet tunnistavat asiakkaan järjestelmästä riippuen laitteen asiakasradion IP-osoitteen tai X.509 sertifikaatin avulla. Tilaajan tunnistus on mahdollista toteuttaa tämän päälle esimerkiksi sisäänkirjautumissivun avulla. Jos erillistä tilaajan tunnistusta ei toteuteta, tulee verkko-operaattorin pitää huoli siitä, että jokainen asiakasradio tunnistetaan luotettavasti.

Myös BWA-toteutuksissa operaattorin paikallis- ja runkoverkko, sekä täten myös operaattorien verkkojen yhteenliittäminen on tehokasta toteuttaa Ethernet-tekniikan avulla ja yksi Ethernet-kytkinten tärkeimmistä ominaisuuksista on käyttäjien liikenteen erottaminen toisistaan VLAN-tekniikan (Virtuaali-LAN) avulla.

Virtuaali-LAN eli VLAN määrittää käyttäjien, sovelluksien tai laitteiden loogisen ryhmän. VLAN:n avulla muodostettavaa ryhmää käsitellään yksittäisenä aliverkkona ja sen jäsenet voivat sijaita fyysisesti verkon eri alueilla. Ryhmien luontimenetelmä on kehyksien merkitseminen VLAN-tunnisteella, jota kutsutaan VLAN ID -numeroksi.

Ethernet VLAN-tekniikka mahdollistaa yhteyksien muodostamisen sekä liittymäkohtaisesti että liittymäryhmäkohtaisesti L2-tasolla. VLAN-tekniikka asettaa rajoituksia erityisesti liittymäkohtaisten VLAN:ien käytölle käytettävissä olevien VLAN:ien rajoitetun maksimimäärän takia. Tämän takia liittymäkohtaisia VLAN:ia on perinteisesti käytetty lähinnä yhteisötilaajille tai yrityksille toteutetuissa liittymissä.

Liittymäryhmäkohtaisten VLAN:n käytöstä seuraa uusia vaatimuksia liittymän tunnistamiselle ja tietoturvallisuudelle. Ilman erillisiä protokollatoteutuksia PO ei nimittäin pysty yhdistämään tietyn liittymän liikennettä mihinkään tunnistamistietoon L2- tai L3-tasolla. Tästä syystä joko liittymän tai VO:n on tuotettava riittävä tunnistamistieto jokaisen liittymän liikenteeseen. PO:n on myös pystyttävä luottamaan siihen, että tilaajat eivät voi liikennöidä keskenään VO:n verkossa.

Työryhmän suositus:

Verkko-operaattorin tulee pitää huoli siitä, että jokainen asiakasradio tunnistetaan luotettavasti. VO:n tulee lisäksi tarjota sekä liittymäkohtainen VLAN että liittymäryhmäkohtainen VLAN toteutus. VO:n on eriytettävä tilaajat L2-tasolla toisistaan siten, että tilaajat eivät voi liikennöidä keskenään muutoin kuin PO:n reunalaitteen kautta. VO/PO-rajapinnassa VO määrittää käytettävän VLAN-ID:n. Molemmissa toteutustavoissa tilaajalle L2-tasolla tarjottava hyötykuorma (MTU) on oltava vähintään 1500 tavua.

5.1.2 Liitynnät yhdyskäytävässä

Operaattoreiden liityntärajapinta toistensa verkkoihin toteutetaan kaapeloimalla yhteys operaattoreiden Ethernet-kytkinten välille. Ethernet-kytkimet voivat sijaita parhaimmillaan samassa laitetilassa tai niillä saattaa olla etäisyyttä useita kilometrejä. Tarvittava kapasiteetti riippuu tilaajaliikenteen määrästä ja tästä syystä 10 Mbit/s tai 100 Mbit/s yhteys voi olla riittävä.

Työryhmän suositus:

Operaattoreiden välinen Ethernet-kytkentä tehdään joko 10 Mbit/s, 100 Mbit/s tai 1 Gbit/s nopeudella (802.3 [10], 802.3u FastEthernet [11] tai 802.3z GbE [12]) käyttäen yksimuotokuitua. Operaattorit voivat sopia halvemman ratkaisun käytöstä ja käyttää esimerkiksi kupariliityntää, mikäli laitetilat ja etäisyys sen sallivat. Fyysisessä Ethernet-rajapinnassa käytetään full-duplex ja no-autonegotiation määrityksiä. Luovutusrajapinnaksi sovitaan joko verkko-operaattorin tai palveluoperaattorin Ethernet-portti.

5.2 Verkkovierailu

Toinen tulevaisuudessa varteenotettava verkon vuokrausvaihtoehto tilaajayhteyden siirtokapasiteetin vuokraukselle on verkkovierailu, josta käytetään myös englanninkielistä termiä roaming. Verkkovierailu perustuu operaattoreiden keskinäiseen sopimukseen tai niin kutsutun välittäjän (broker) kanssa tehtyyn sopimukseen oikeudesta käyttää toisen operaattorin verkkoa.

WLAN-palveluiden osalta verkkovierailusopimusten vähäisyys ja palveluiden pirstoutuminen on hidastanut palveluiden käyttöönottoa. Nykyisissä WLAN-toteutuksissa mm. verkkoon kirjautuminen, yhteyden avaamiseen tarvittavat toimenpiteet, laskutusperusteet, päätelaiteasetukset ja päätelaitteen vaatimukset vaihtelevat eri operaattoreiden välillä. Jotta BWA-tekniikoilla toteutettava verkkovierailu voisi saada paremmin tuulta siipiensä alle, on operaattorien tehtävä asiassa yhteistyötä.

Kuten on jo aiemmin mainittu standardin 802.16-2004 laajennus 802.16e pyrkii mahdollistamaan päätelaitteen tunnistuksen lisäksi myös tilaajan tunnistamisen. Näin tilaaja voi liikkua verkon alueella vapaasti ja verkko tunnistaa tilaajan automaattisesti ilman manuaalista kirjautumista. Standardin lisäksi vaaditaan runkoverkolta aikaisemmin mainitut keskitetyt toiminnot tilaajan tunnistamiseksi, tilaajakohtaisten palvelujen sallimiseksi sekä laskutustietojen keräämiseksi (AAA-palvelin).

802.16e tulee mahdollistamaan verkkovierailun toisen palveluoperaattorin tilaajalle. Tällöin vierailevan tilaajan tunnistuksesta ja laskutuksesta vastaa asiakkaan omistava palveluoperaattori. WiMAX verkon operaattori sopii erikseen palveluoperaattorin kanssa verkkovierailun kuluista. Palveluoperaattorina voi toimia toinen WiMAX verkon operaattori, matkapuhelinverkon operaattori, internet palveluoperaattori tai kiinteän verkon operaattori. Palveluoperaattorista riippuen voidaan käyttää erilaisia tunnistusmenetelmiä rinnakkain.

Verkkovierailua ajatellen on lisäksi hyvä huomioida tilaajan liikkuvuuden kehityksen kaksi eri tapausta. Ensimmäisessä tapauksessa (nomadic) tilaajan liikkuminen tarkoittaa siirtymistä paikasta toiseen, siten että siirryttäessä tukiasema-alueelta toiselle yhteys katkeaa. Toisessa tapauksessa (portable) voidaan liikkua esimerkiksi ajoneuvolla tukiasema-alueelta toiselle ja yhteys verkkoon säilyy. Joskin mahdollisesti tukiaseman vaihdon yhteydessä voi olla hetkellinen tiedonsiirron katkos.

6 LYHENNELUETTELO

AAA	Authentication, Authorization and Accounting
ADSL	Asymmetric DSL
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BRAS	Broadband Remote Access Server
BWA	Broadband Wireless Access
CDMA	Code Division Multiple Access
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DSL	Digital Subscriber Line
E1	2 Mbit/s yhteys (ETSI:n standardi, 32 PCM-kanavaa)
EAP	Extensible Authentication Protocol
ERG	European Regulator Group
EY	Euroopan yhteisö
EYVL	Euroopan yhteisön virallinen lehti
FSK	Frequency Shift Keying
FWA	Fixed Wireless Access
HMV	Huomattava markkinavoima
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
L2	Layer 2 (OSI-mallin 2. taso, eli siirtoyhteyskerros)
L3	Layer 3 (OSI-mallin 3. taso, eli verkkokerros)
MIB	Management Information Base
MTU	Maximum Transmission Unit
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PC	Personal Computer
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
PHY	Physical Layer
PO	Palveluoperaattori
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
VLAN	Virtual Local Area Network
VML	Viestintämarkkinalaki
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
WLL	Wireless Local Loop
VO	Verkko-operaattori

7 MÄÄRITELMÄT

Bitstream	Käsitteellä bitstream tarkoitetaan verkko-operaattorin palveluoperaattorille tarjoamaa kaksisuuntaista tukkutasen tiedonsiirtopalvelua tilaajan ja palveluoperaattorin liityntäpisteen välillä. Bitstream-pohjaisessa palvelussa palveluoperaattori voi tarjota tilaajilleen Internet-palvelua ilman omia tilaajayhteyden välityskykyä parantavia laitteita.
Provisiointi	Tilaaja- tai palvelutietojen luominen, muuttaminen tai poistaminen viestintäverkon laitteissa. Esimerkiksi uuden liittymän avaaminen.
Verkkovierailu	Operaattoreiden keskinäiseen sopimukseen perustuva verkkovierailu, jossa käyttäjä voi käyttää toisen operaattorin liityntäverkkoa. Verkkovierailusta käytetään myös englanninkielistä termiä roaming.

8 VIITTEET

- [1] Liikenne- ja viestintäministeriö, Julkaisu 53/2004, Laajakaistatekniikoiden kehitys 1995-2010, 3.9.2004 http://www.mintc.fi/oliver/upl899-53_2004.pdf
- [2] Oulun yliopisto, Laajakaistayhteyksien tarjonta Kainuussa, 7.10.2004 http://kafi.tutka.net/fi_tied04/Laajakaistatarjontaraportti_Kainuu.pdf
- [3] Viestintävirasto, työryhmäraportti 7/2004), Laajakaistayhteyksien operaattorirajapinnat, 28.1.2005, <http://www.ficora.fi/suomi/document/TRaportti072004.pdf>
- [4] WiMAX Forum, www.wimaxforum.org
- [5] Viestintämarkkinalaki, (393/2003), 25.7.2003
- [6] Kilpailunrajoituslaki, (480/1992), 1.9.1992
- [7] Sisäasiainministeriö, Laajakaistainvestointien rahoitusperiaatteet, 6.5.2004 http://kafi.tutka.net/fi_tied04/SMn_laajakaistan_rahitusohje.pdf
- [8] Viestintäviraston määräys 4F/2005 M, Radiotaajuusmääräys, 8.3.2005 <http://www.ficora.fi/suomi/document/Viestintavirasto04F2005M.pdf>
- [9] Viestintäviraston määräys 15V/2005 M, Luvasta vapaiden radiolähettimien yhteistaajuuksista ja käytöstä, 3.2.2005 <http://www.ficora.fi/suomi/document/Viestintavirasto15V2005M.pdf>
- [10] 802.3, IEEE standardi 10 Mbit/s nopeuksiselle Ethernet lähiverkolle, www.ieee.org
- [11] 802.3u, IEEE standardi 100 Mbit/s nopeuksiselle Ethernet lähiverkolle, www.ieee.org
- [12] 802.3z, IEEE standardi 1 Gbit/s nopeuksisille Ethernet lähiverkoille, www.ieee.org