

# Langattomien laajakaistaverkkojen teknis-taloudellinen vertailu

Diplomityöseminaariesitys

13.11.2007

Markku Laasonen



# Aihe

- Aihe: Langattomien laajakaistaverkkojen teknis-taloudellinen vertailu
- Valvoja: Prof. Heikki Hämmäinen
- Ohjaaja: Matti Swan, Elisa Oyj
- Toimeksiantaja: Elisa Oyj



# Sisällysluettelo

- Johdanto
- Standardointi
- Tekninen vertailu HSPA vs. mobile WiMAX
- Tarkasteluun valitut taajuudet ja niiden nykyiset järjestelmät
- Testitapaukset CASE 1 - 9
- Kustannusvertailun tulokset
- Herkkyysanalyysi
- Yhteenveto tuloksista
- Jatkotutkimukset



# Johdanto

- Mobiilien palveluiden kysyntä kasvaa jyrkästi seuraavien viiden vuoden aikana ja operaattorien täytyy pystyä vastaamaan tähän haasteeseen.
- Kiinteän laajakaistan rinnalle tulee mobiililaajakaista ja se aiheuttaa asiakaspakoa (churn) mobiiliin suuntaan.
- Mobiilia laajakaistapalvelu voidaan tarjota esimerkiksi 3G:n HSPA:n ja mobile WiMAX:n avulla.
- HSPA -ominaisuus on ohjelmistopäivitys 3G:n rel 99 versioon, ja sen avulla pakettivälitteisen datan välityskykyä on saatu parannettua. Mobile WiMAX on alkujaan suunniteltu IP -pohjaiseen datansiirtoon sopivaksi.
- Taajuuskaistaa on rajallinen määrä tarjolla, jolloin taajuuksien käyttöä pyritään tehostamaan ja taajuuskaistoista tehdään teknologiariippumattomia.
- Mobiilin liityntäverkon taloudellinen kannattavuus riippuu investoinneista, palvelun hinnasta, käytetystä taajuusalueesta, asiakasmäärästä ja järjestelmän spektritehokkuudesta.



# Standardointi

- Globaalit taajuus- ja radioteknologia-asiat kuuluvat ITU-R:lle
  - IMT -2000 on 3. sukupolven maailmanlaajuinen matkaviestinverkko.
  - IMT -Advanced on suunnitteilla oleva 4. sukupolven maailmanlaajuinen matkaviestinverkko
- Nopea datanvälitys 3G –verkossa perustuu useampaan tekniseen määrittelyyn.
  - HSDPA:n tekniset määrittelyt löytyvät 3GPP:n Rel 5:sta
  - HSUPA:n tekniset määrittelyt löytyvät 3GPP:n Rel 6:sta
- WiMAX –standardit on määritelty IEEE:ssä
  - Kiinteä WiMAX, IEEE802.16d
  - Mobile WiMAX, IEEE802.16e



# Tekninen vertailu HSPA vs. mobile WiMAX 1/5

- Molemmissa järjestelmissä käytetään adaptiivista modulaatiota, jota voidaan muuttaa radioyhteyden laadun perusteella.
  - Mobile WiMAX:n tehokkaimmat modulaatiot ovat (DL/UL), 64QAM/16QAM
  - HSDPA:n tehokkain modulaatio on (DL), 16QAM
  - HSUPA:n tehokkain modulaatio on (UL), QPSK
- Radiorajapinta
  - 3G:ssä se on laajakaistainen CDMA –tekniikka (WCDMA)
  - Mobile WiMAX:ssa on kapeakaistainen OFDMA -tekniikka



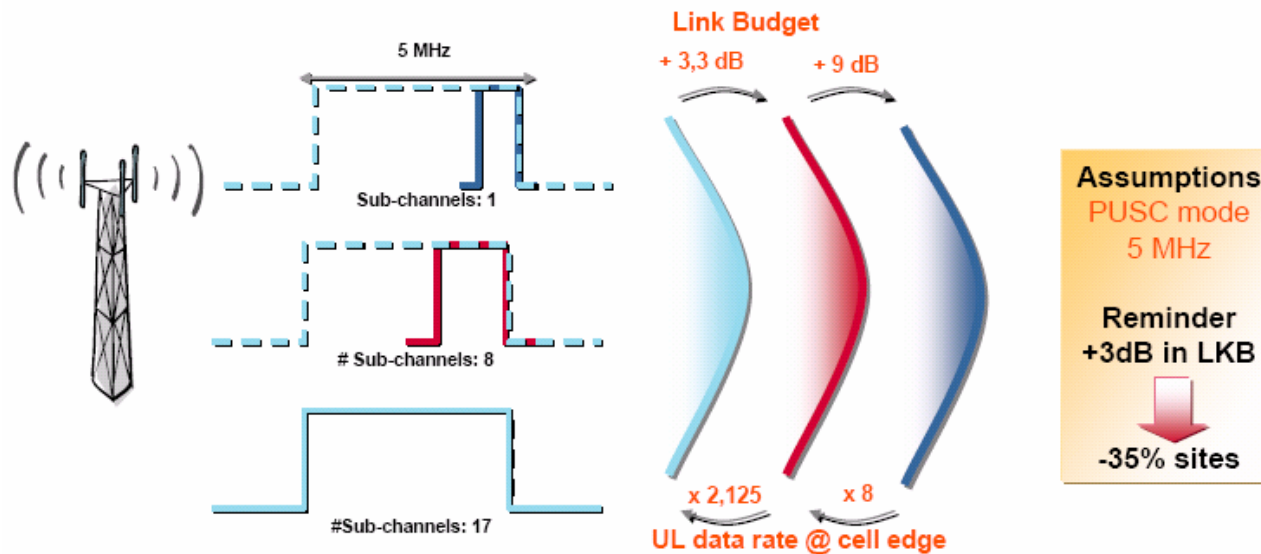
# Tekninen vertailu HSPA vs. mobile WiMAX 2/5

- Liikennemuodot ja kaistanleveydet
  - HSPA:ssa käytetään taajuusjakoista dupleksointia (FDD), jolloin molemmilla siirtosuunnilla on omat kiinteät taajuuskaistat
    - Taajuuslohkot ovat  $2 \times 5$  MHz:n
  - Mobile WiMAX:ssa käytetään aikajakoista dupleksointia (TDD), eli samaa taajuuskaistaa käytetään molempiin siirtosuuntiin
    - Dynaaminen kaistanleveys 1,25, **5**, **10**, 20MHz



# Tekninen vertailu HSPA vs. mobile WiMAX 3/5

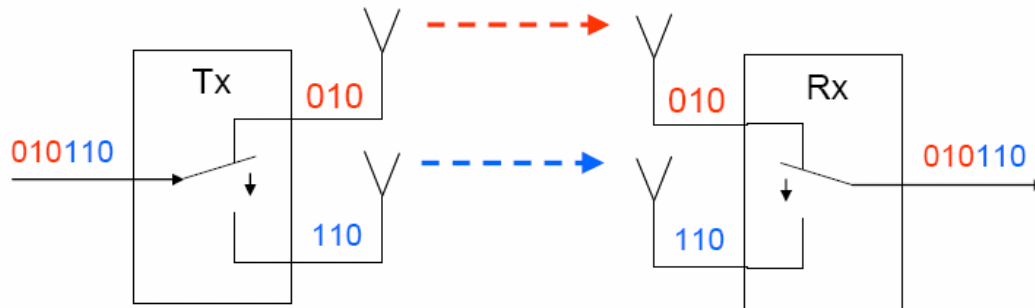
- Mobile WiMAX:n ominaisuuksia:
  - Alikanavointivahvistuksella saadaan kasvatettua päätelaitteen toimintaetäisyyttä (UL -suunta), kun lähetysteho keskitetään vain käytössä oleviin alikanaviin.





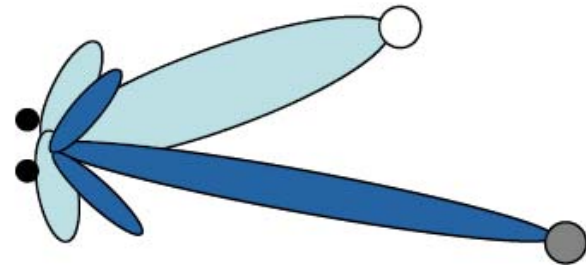
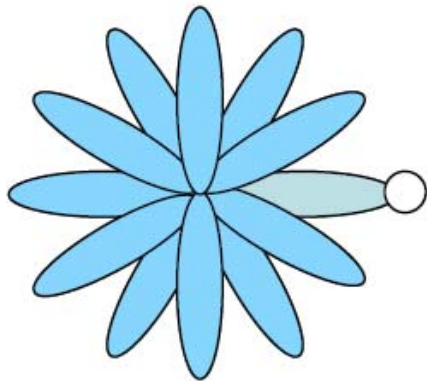
# Tekninen vertailu HSPA vs. mobile WiMAX 4/5

- Mobile WiMAX:n ominaisuuksia:
  - MIMO –antennijärjestelmällä saadaan kasvatettua datansiirtonopeutta.



# Tekninen vertailu HSPA vs. mobile WiMAX 5/5

- Mobile WiMAX:n ominaisuuksia:
  - AAS on adaptiivinen antennitekniikka, jolla kasvatetaan toimintaetäisyyttä. Antennin keila voidaan kohdistaa kohti käyttäjää(Beam Forming).



# Tarkasteluun valitut taajuudet ja niiden nykyiset järjestelmät

- EU:n alueella on taajuusalueiden harmonisointityö käynnissä, jossa teknologiariippuvuutta pyritään vähentämään.
  - 900Mhz , GSM ja UMTS
  - 1800MHz, GSM
  - 2500MHz, mobile WiMAX:n taajuus esim. USA:ssa
  - 3500MHz, kiinteän WiMAX:n taajuus Suomessa.
  - (EU:ssa on 30.3.2007 päätetty, että 3,4 -3,6 GHz taajuuksia voidaan käyttää nomadic/mobile tyyppisesti, langatonta laajakaistaa (BWA) tarjottaessa).



# Testitapaukset CASE 1 – 9

1/2

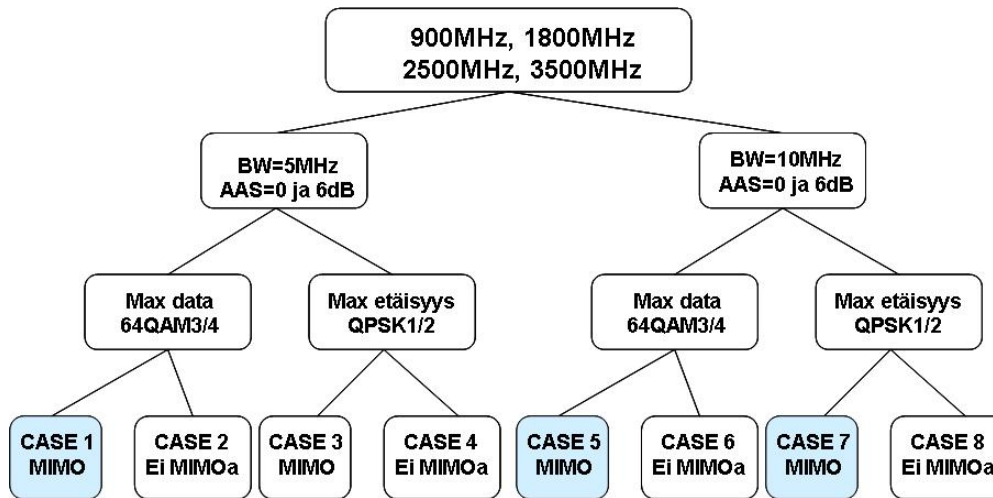
- Palvelujen nopeusluokat (DL/UL) ja hinnat:
  - 0,5/0,1Mbps=15€/kk
  - 1,0/0,5Mbps=20€/kk
  - 2,0/0,5Mbps=25€/kk
- 3G:n –tukiasemista puuttuu AAS ja MIMO ja ne ovat 40% halvempia verrattuna mobile WiMAX:iin.
- Tukiasemien kuluissa on huomioitu tukiasemapaikkojen vuokrat ja dataliitynnät runkoverkkoon.
- Liityntäverkot rakennetaan viidessä vuodessa lopulliseen laajuuteen (10, 20, 40, 80, 100km<sup>2</sup>) Kuopion ja Oulun seudulle.
- Verkkojen lopulliset asiakasmäärät ovat 10000 (23 ->100 as/km<sup>2</sup>) ja 14000 asiakasta (33 -> 142 as/km<sup>2</sup>).
- Investointien poistot on tehty tasapoistoina, viidelle vuodelle ja diskonttaus korko on 10%.



# Testitapaukset CASE 1 - 9

2/2

- Testitapaukset CASE 1 - 8 liittyvät mobile WiMAX:iin.



- Testitapaus CASE 9 liittyy 3G:n HSDPA/HSUPA:aan.
  - 900MHz ja 1800MHz taajuusalueet sekä 1Mbps ja 2Mbps maksiminopeudet.

# Kustannusvertailun tulokset, CASE 1 - 9

- Langatonta laajakaista on edullisinta tarjota 900MHz:n taajuusalueella, ja molemmat liityntätekniiikat ovat tasavertaisia. Positiivinen tulos saavutetaan 2,5 – 3,5 vuodessa.
- HSPA:n suurinta palvelunopeutta, 1800MHz taajuusalueella, täytyy rajoittaa 1Mbps tai positiivista tulosta ei saavuteta Kuopion asiakasmäärillä. Molemmilla liityntätekniiikoilla päästään positiiviseen tulokseen 3 – 4,5 vuodessa.
- Mobile WiMAX:lla päästään positiiviseen tulokseen 3 – 3,5 vuoden kuluttua 2,5GHz taajuusalueella ja 3,5 – 5 vuodessa 3.5GHz taajuusalueella.
- Mobile WiMAX –liityntäverkkoja voidaan rakentaa 2,5GHz ja 3,5GHz taajuusalueelle ja päästään samaan taloudelliseen tulokseen kuin HSPA:lla, 1800MHz:n taajuusalueella.



- Asiakasmäärän pienentämisen vaikutus tuottolaskelmiin kapasiteettirajoitteisessa tapauksessa (900MHz).
  - Pienempi asiakasmäärä -> vähemmän tukiasemia
  - Vähemmän tukiasemia -> vähemmän investointeja ja kuluja
  - Tässä tapauksessa tuotot laskevat nopeammin, kun tukiasemainvestoinnit ja kulut -> **Kannattavuus laskee**
  - Mobile WiMAX:lla positiiviseen tulokseen tarvitaan 70 -100 asiakasta / km<sup>2</sup>, kun taajuusalue oli 1800MHz - 3500MHz.
  - 3G:n HSPA:lla positiiviseen tulokseen tarvitaan noin 100 asiakasta/km<sup>2</sup>, kun taajuusalue oli 1800MHz.
- Suurempi asiakasmäärä parantaa taloudellista tulosta nopeasti 1800MHz – 3500MHz taajuusalueilla, koska ylikapasiteettia otetaan käyttöön.

- Ylivaraamiskertoimen muutoksen vaikutus tukiasemamäärään ja tuottolaskelmiin.
- Ylivaraamiskerroin perustuu todennäköisyydelle, että kaikki asiakkaat eivät käytä verkkoa samanaikaisesti.
- Alkuperäiset kertoimet eri nopeusluokille ovat 10,30,30, joka tarkoittaa, että asiakasmäärän kokonaisliikenne jaetaan em. kertoimilla ja saatu yhteistulos on suurin dataliikenteen määrä, joka on yhtä aikaa käytössä.
- Nopeusluokkien ylivaraamiskertoimia pienennetään arvoihin: 10,10,10.
- Tukiasemamäärän lisätarve näkyy voimakkaimmin 900MHz:n taajuusalueella.
- 1800MHz – 3500MHz taajuusalueilla ei tarvita lisää tukiasemia, koska ylimääräistä datanvälityskapasiteettia voidaan ottaa käyttöön.



# Yhteenveto tuloksista

- Tässä työssä tarkasteltujen datamäärien välittäminen on kustannuksiltaan samaa suuruusluokkaa HSPA:lla ja mobile WiMAX:lla, 900MHz:n ja 1800MHz:n taajuusalueella.
- Näissä laskelmissa käytetyillä datamäärillä ja ylivaraamiskertoimilla, tarvitaan 50 -100 asiakasta / km<sup>2</sup>.
- Suurien datamäärien välittäminen on mahdollista ja kannattavaa kaupunkiympäristössä mobile WiMAX:lla, 2,5GHz ja 3,5GHz taajuusalueella.
- Operaattorien yleisin valinta on HSPA.
  - Mobile WiMAX päätelaitteita ei ole massamarkkinoilla, kun taas HSPA päätelaitteita on runsaasti saatavilla.



# Jatkotutkimukset

- Nykyinen Internet –liikenne on epäsymmetristä, mutta asiakkaiden lähettämä datamäärä on jatkuvassa kasvussa. Tämä tarkoittaa, että datansiirtotarve muuttuu symmetrisemmäksi.
- Täytyykö asiakkaiden dataliikennettä rajoittaa vai kasvatetaanko liityntäverkkojen välityskapasiteettia?
- Onko lähitulevaisuuden radiotekniikka suunniteltu välittämään symmetristä liikennettä?



# Kysymyksiä ?

