

Háskóli Íslands
Verkfræðideild

08.31.03 Fjarskiptaverkfræði 1
Sigfús Björnsson



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Skalanleiki WiMAX
og OFDMA

7. desember 2006
Ólafur Guðmundsson
Sævar Öfjörð Magnússon

Efnisyfirlit

1	Skammstafanir	1
2	Inngangur	2
3	WiMAX Physical Layer (PHY)	3
3.1	Tíðnisvið	3
3.2	SOFDMA	3
3.2.1	OFDM	3
3.2.2	OFDMA	3
3.2.3	SOFDMA	4
3.3	Subchannels og Subcarriers	4
3.4	PUSC og FUSC	4
3.5	Aðlögunarhæf mótun	5
3.6	Forward Error Correction (FEC)	6
4	Notkunarmöguleikar	6
4.1	Niðurlag	7

1 Skammstafanir

AMC	Adaptive Modulation and Coding
BER	Bit Error Rate
BPSK	Binary Phase Shift Keying
FFT	Fast Fourier Transform
FUSC	Fully Used Sub-Carrier
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
MAN	Metropolitan Area Network
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
PUSC	Partially Used Sub-Carrier
SNR	Signal to Noise Ratio
SOFDMA	Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
DL	Downlink
UL	Uplink
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

2 Inngangur

WiMAX eða **Worldwide Interoperability for Microwave Access** eins og það er skilgreint af *WiMAX Forum*, sem stofnað var í júní 2001 til þess að koma á samræmi og samvirkni IEEE 802.16 staðalsins, sem þekktur er undir nafninu WirelessMAN (Wireless Metropolitan Area Network). WiMAX Forum lýsir WiMAX sem tækni sem byggir á stöðlum til þess að bæta þráðlausu breiðbandsneti í flóru netlausna.

WiMAX er ætlað að taka við sem breiðbands-þráðlaus netlausn við ýmsar aðstæður. Það var upphaflega þróað sem MAN netkerfi í stórborgum en nýtist einnig á strjálbýlum stöðum eins og stór svæði á Íslandi eru. Mörg landsvæði eru það dreifbýl og stór að breiðbands-netaðgangur hefur ekki borgað sig fyrr en með tilkomu WiMAX. Áður en lengra er haldið er ágætt að minnast á orð sem koma frá OECD:

„WiMAX is not a technology, but rather a certification mark, or 'stamp of approval' given to equipment that meets certain conformity and interoperability tests for the IEEE 802.16 family of standards. A similar confusion surrounds the term Wi-Fi, which like WiMAX, is a certification mark for equipment based on a different set of IEEE standards from the 802.11 working group for wireless local area networks (WLAN). Neither WiMAX, nor Wi-Fi is a technology but their names have been adopted in popular usage to denote the technologies behind them. This is likely due to the difficulty of using terms like 'IEEE 802.16' in common speech and writing.” [1]

Eins og vinnuhópur OECD um fjarskipti segir í þessari tilvitnun ber ekki að líta á WiMAX sem tækni eina og sér, heldur nokkurs konar gæðastimpil á búnað sem mætir ákveðnum forkröfum 802.16 staðalsins. Þetta telja OECD menn að sé vegna þess að óþjálmt er að nota staðlaheiti eins og 'IEEE 802.16' í daglegum samskiptum.

Í þessari stuttu greinargerð er ætlun okkar að lýsa sérstaklega einum þætti WiMAX, það er skalanleiki þess. Skalanleikinn sem slíkur er eiginleiki sem fellur í raun undir Mobile WiMAX, og er réttast að taka fram að Mobility þættinum var bætt við IEEE staðlinn og er til staðar í IEEE 802.16e.

3 WiMAX Physical Layer (PHY)

Til þess að koma á skalanleika í kerfum sem uppfylla kröfur WiMAX þarf svokallað Physical Layer einnig að vera skalanlegt. Til sögunnar var kynnt SOFDMA (Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access) sem gerir WiMAX lausnum kleift að bjóða notendum sínum breytilega bandbreidd eftir þjónustu og aðstæðum hverju sinni. Bandbreiddirnar eru 1.25 - 20 MHz með fastri bandbreidd fyrir undirburðarbönd (e. subcarriers), án þess að gera greinarmun á því hver notkunin verði. Þetta þýðir að hægt er að bjóða bæði notendum sem eru sífellt á ferðinni sem og kyrrstæðum þjónustu á sanngjörnu verði. Fleiri eiginleikar eru innan WiMAX PHY, eins og aðlögunarhæf kóðun og mótun (AMC) á undirrásum (e. subchannel), háþrúð loftnetstækni og fleira. Við reynum í þessum kafla að gera þessum eiginleikum góðan skilning.

3.1 Tíðnisvið

Í upphaflega IEEE 802.16 var WiMAX ætlað að vinna á 10-66 GHz tíðnisviðinu, en í 802.16d var bætt við 2-11 GHz tíðnisviðinu. 802.16d var svo uppfært í 802.16e og kallaðist þá Mobile WiMAX. Lægra tíðnisvið var einkum bætt við til þess að auka drægni og mobility í kerfinu, þar sem deyfing verður mikil á eins háum tíðnum og upphaflega átti að nota. Bandbreiddarnýtni verður betri, auk þess sem ekki þarf eins mikið afl til þess að vinna á lægra tíðnisviði.

3.2 SOFDMA

SOFDMA byggir að grunninum til á OFDM(A) svo við byrjum á að skoða hvað liggur að baki OFDM og höldum áfram út frá því. Að lokum komum við svo að SOFDMA sem er mikilvægur þáttur í skalanleika WiMAX.

3.2.1 OFDM

SOFDMA hefur sömu kosti og hefðbundið OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), þ.e. við höfum mörg bandþröng undirburðarbönd sem eru á hornréttum tíðnum. Dempun er því eingöngu til staðar á ákveðnum undirburðarböndum sem gerir móttökubúnað einfaldari.

3.2.2 OFDMA

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) er í raun fjöldaaðgangstækni og er ekki til staðar í föstu WiMAX (upphaflega 802.16a). Í OFDMA er undirrásum deilt

á notendur og hægt að stjórna data/code rate, villulíkindum og þ.a.l. QoS (Quality of Service) fyrir hvern notanda sérstaklega.

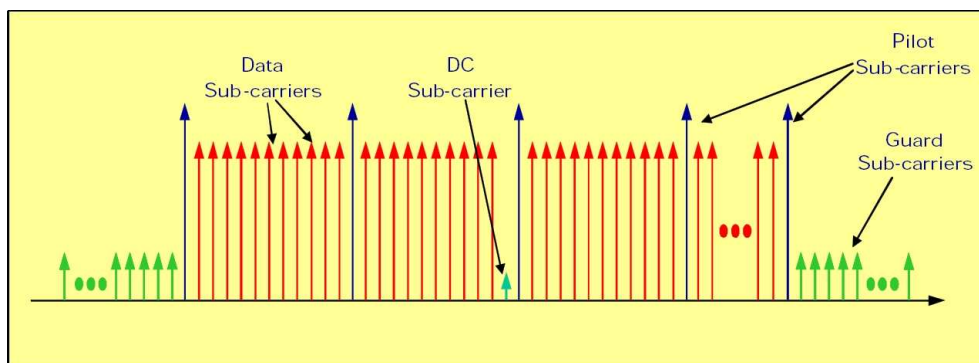
3.2.3 SOFDMA

SOFDMA hefur svo þann eiginleika að hægt er að hafa mjög vítt svið af bandbreiddum til þess að mæta þörf fyrir fjölbreytta notendur. Skalanleikinn fæst með því að breyta FFT stærðinni á meðan tíðnibili fyrir subcarrier er haldið föstu. Því breytist lítið þegar heildarbandviddin er sköluð, bandbreidd og symbol duration fyrir hvern subcarrier eða undirburðarband haldast föst og lítið breytist nema aukning heildarbandviddar og úthlutun undirburðarbanda.

3.3 Subchannels og Subcarriers

Samkvæmt uppbyggingu OFDM skiptist tíðnibandið upp í undirrásir (e. subchannels), sem aftur skiptast upp í undirburðarbönd (e. subcarriers). Undirburðarbönd skiptast svo í þrennt eftir því hvernig gögn þau eiga að flytja:

- DATA (fyrir gögn).
- PILOT (fyrir samstillingu, overhead o.þ.h.).
- NULL (guardbönd og DC).



Mynd 1: Undirburðarböndum er úthlutað ákveðinni tegund gagna.

Við sjáum á mynd 3.3 að hverju undirburðarbandi er úthlutað ákveðinni tegund gagna. Undirburðarbönd eru síðan hópuð saman í undirrásir. Þetta er gert í bæði UL og DL.

3.4 PUSC og FUSC

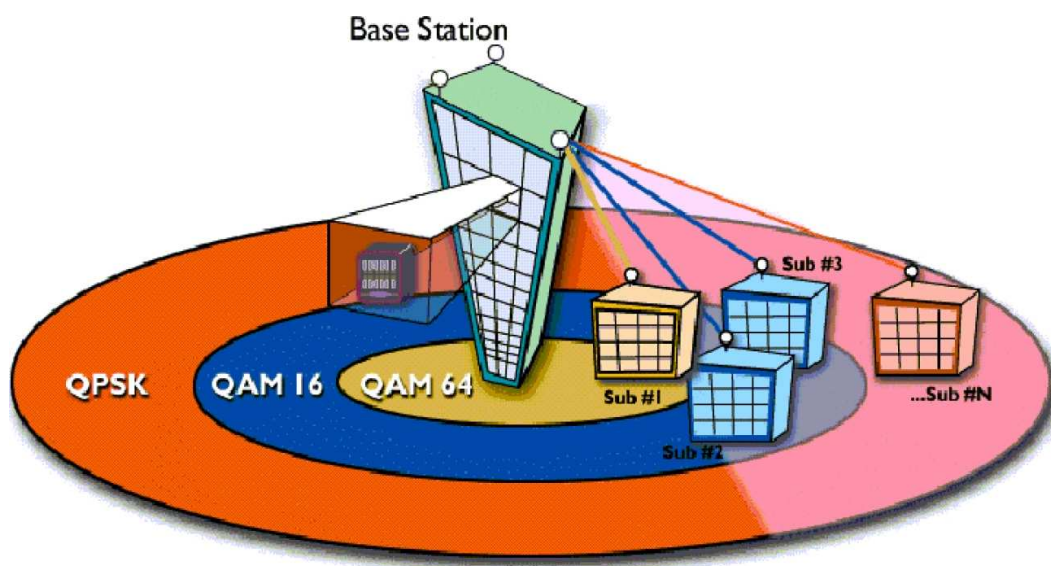
Það eru tvær tegundir af röðun undirburðarbanda í undirrásir, samfelld uppröðun og fjölbreytileiki (e. diversity). Í fjölbreytilegri uppröðun er notast við PUSC og FUSC.

- Í FUSC (Fully Used Sub-Carrier) er pilot bitum fyrst raðað niður á undirburðarbönd. Þau bönd sem eftir eru skiptast í undirrásir fyrir gögn. Því eru sameiginleg pilot-undirburðarbönd fyrir allar undirrásir.
- Í PUSC (Partially Used Sub-Carrier) er öllum bitum, bæði gagna- og pilot-, raðað niður á undirrásir. Í stuttu máli sagt hefur hver undirrás hefur því sín eigin pilot-undirburðarbönd.

Hér væri of djúpt kafað ef fjallað væri dýpra um PUSC/FUSC. PUSC og FUSC eru í stuttu máli nokkuð tæknileg atriði sem fjalla um úthlutun undirburðarbanda.

3.5 Aðlögunarhæf mótun

Aðlögunarhæf mótun gerir SWiMAX kerfi kleift að hámarka gegnumstreymi gagna með tilliti til villutíðni eftir því hve góð sendi-/móttökuskilyrði eru. Þetta er gert með því að breyta mótunaraðferð. Þær mótunaraðferðir sem studdar eru í WiMAX eru: BPSK, QPSK, 16-QAM og 64-QAM.



Mynd 2: Aðlögunarhæf mótun.

Aðlögunarhæf mótun gengur því út á það að velja þá mótun sem gefur mestan gagnahraða að uppfylltu skilyrðu um ákveðið bit error rate (BER). Við getum því komist upp með að nota 64-QAM þar sem merkis suðs hlutfall (SNR) er gott en þar sem það er verra þarf að skipta í 16-QAM eða QPSK. T.d. getur SNR verið mjög gott þar sem sendifjarlægð er lítil. Það er því hægt að fá mjög mikinn sendihraða við þessar aðstæður en ef aftur á móti mikil fjarlægð er milli aðila þá skiptir kerfið yfir í minni sendihraða til að fjölga ekki villum í sendigu. Sem dæmi, ef við höfum 10 Mhz rás þá gefur QPSK 1.06 - 9.50 Mbps í DL en 64 QAM gefur 19.01 - 31.68 Mbps í niðurhal (fer eftir Code Rate).

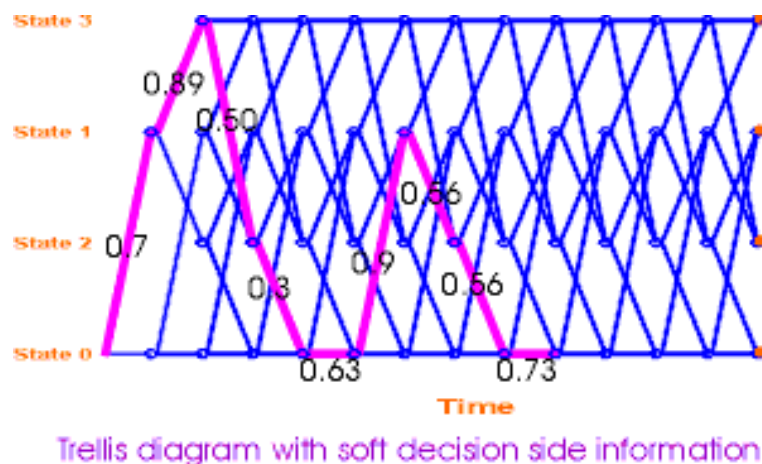
Mynd 3.5 er ætlað að sýna hvernig kerfið velur mótnaraðferð eftir aðstæðum. Gengið er út frá því að SNR sé nógu gott nálægt sendanda til að hægt sé að nota 64-QAM en eftir því sem fjarlægð eykst er skipt í 16-QAM og síðan QPSK.

3.6 Forward Error Correction (FEC)

Forward Error Correction eða framvirk villuleiðrétting gengur út á það að gera móttakanda kleyft að skynja og leiðrétta villur sem orðið geta í sendingu yfir rásina. Í FEC er annars vegar beitt blokkarkóðun, sem vinnur á hópi bita, og hins vegar földunarkóðun sem vinnur á innkomandi bitastreymi.

Í blokkarkóðun eða yfir kóðun er algengt að beita svokölluðum Reed Solomon kóðum. Reed Solomon kóðar vinna á einstökum bætum í stað bita og safna þeim saman upp í blokkir sem eru kóðaðar. Það er því mögulegt að leiðrétta heil bæti sem er kostur þegar hætta er á gusuvillum vegna dempunar (e. fading) í t.d. mobile sendingum.

Innri kóðun eða földunarkóðun er svo beitt til að geta leiðrétt einstaka bita sendingarinnar. Hún virkar þannig að samhliða eru sendar upplýsingar um hve nálægt hvert tákn var mörkum við næsta tákn. Þannig er hægt að setja upp svokallaða Trellis mynd (sjá mynd 3.6 sem sýnit myndrænt allar mögulegar bitasamsetningar og meta út frá hliðarupplýsingunum, líklegustu samsetningu bita.



Mynd 3: Trellis mynd.

4 Notkunarmöguleikar

Helsti kostur SWiMAX er hversu sveigjanlegt það er og auðvelt fyrir netrekendur að aðlaga það mismunandi þörfum notenda. Mismunandi kröfur notenda geta verið mikil eða lítil bandbreidd, hraði, og færanleiki.

Sem dæmi þá þarf farsímanotandi ekki öll þau 20 MHz sem hægt er að ná, og í raun er það verri ef spara á hleðslu tækisins. Einnig þarf slíkur notandi ekki mikinn gagnastraum. Það sem farsímanotandi þarf er hins vegar vörn gegn síbreytilegum aðstæðum í rásinni sem aukaáhrif dempunar (e. fading) og þar af leiðandi gusuvillna. Það er því nóg að úthluta honum fá tíðnihólf og aðlögunarhæf mótun og FEC sjá svo til að áhrif dempunar séu í lágmarki.

Notandi sem þarf hins vegar mikla bandbreidd og mikið gagnastreymi yfir stuttar vegalengdir en þarf ekki eins mikinn færanleika getur fengið mörg tíðnihólf og þar með mikla bandbreidd og hámarks flutningshraða með því að nýta sér 64-QAM því líklegt er að SNR hlutfall sé í lágmarki við stuttar fjarlægðir.

WiMAX getur einnig reynst hentugt á stöðum þar sem kostnaður hindrar nettengingar. Það getur verið í mjög dreifðri byggð eins og sumarbústaðabyggðum eða á landsvæði þar sem erfitt er að leggja lagnir.

Mesti mögulegi gagnaflutningur í WiMAX er 75 Mbps með 20 MHz rás við bestu hugsanlegu aðstæður. Það þýðir að fjarlægð getur ekki verið mikil svo hægt sé að notfæra 64-QAM. Hins vegar er mesta fræðilega drægni um 48 km við bestu aðstæður. Í þessari fjarlægð er gagnaflæðið að sjálfsögðu í lágmarki og notast verður við lægri gráðu mótunaraðferð eins og QPSK eða jafnvel BPSK.

4.1 Niðurlag

Við sjáum að skalanlegt WiMAX hentar vel við mismunandi aðstæður, enda er það hannað með sveigjanleika í huga. Fjarlægð og gagnahraði ásamt tíðnibandi eru nátengdar stærðir sem netrekendur breyta til þess að bjóða sem fjölbreyttastar þjónustur og ná til sem flestra tegunda viðskiptavina. Þar að auki eru mismunandi kóðanir og mótanir til að auka enn fremur á sveigjanleikann.

[2] [3] [4] [5]

Heimildir

- [1] Working Party on Telecommunication and Information Services Policies, “The implications of wimax for competition and regulation,” mars 2006.
- [2] H. Yaghoobi, “Scalable ofdma physical layer in ieee 802.16 wirelessman,” *Intel Technology Journal*, vol. 8, ágúst 2003.
- [3] WiMAX Forum, “Mobile wimax — part i: A technical overview and performance evaluation,” ágúst 2006. http://www.wimaxforum.org/news/downloads/Mobile_WiMAX_Part1_Overview_and_Performance.pdf.
- [4] Wikipedia, “Wimax — wikipedia, the free encyclopedia,” 2006. [Á netinu; sótt 6. desember 2006. <http://en.wikipedia.org/wiki/Wimax>].
- [5] A. Bateman, “Digital communications,” 1998.