

WiMAX rendszer alkalmazhatósági területének vizsgálata

– tesztelés elméletben és gyakorlatban

Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület és
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

HTE-BME 2005 diákkonferencia

2005. május 19., Budapest, Magyarország

Horváth Zoltán

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, TMIT, Budapest, Magyarország
e-mail: horvathz@jedlik.hu

Konzulens: Dr. Imre Sándor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, HIT, Budapest, Magyarország
e-mail: imre@hit.bme.hu

Rádiós jellemzők vizsgálata

Frekvenciavizsgálat

Vezeték nélküli technológiák esetén fontos szerepet kap a rádiós paraméterek specifikálása, hiszen ezen a szinten való eltérés a kommunikációt biztosan lehetetlenné tenné.

A technológia kiválasztásánál fontos figyelmet szentelni a használt frekvenciasáv kiválasztására. A nemzeti és nemzetközi szabályozás által meghatározott keretek között lehet ezeket felhasználni. Sok esetben ISM sávra fejlesztik a technológiát – mint például a 802.11 2,4 GHz esetén -, mivel így bárki ingyenesen felhasználhatja. Főként ez vezetett például a 802.11b/g WLAN-szabványok (WiFi) sikeréhez. Az ISM sávok rendkívül nagy hátránya, hogy pontosan a szabad felhasználásuk miatt rendkívül sok technológia és eszköz használja ezeket, így igen magas a zaj és zavaró tényező mértéke ezen tartományokban, ami a kívánt szolgáltatás minőségét jelentősen ronthatja, esetleg használatát lehetetlenné teszi.

Éppen ezért minőségi szolgáltatást csak engedélyköteles sávban lehet nyújtani, ahol a szabályozás miatt biztos lehet benne a szolgáltató, hogy a zaj és zavaró hatások kevésbé vannak jelen.

Elméletben és sok esetben gyakorlatban is így van, azonban előfordul, hogy mégis előfordulnak ilyen hatások. Ezek többnyire az alábbi problémákra vezethetők vissza:

- a sávot csak papíron felszabadították fel, valójában ott még működnek rendszerek
- önkényes, illegális felhasználók
- nagy áramfelvételű rövid impulzusokat generáló elektromos berendezések (pl. ívhegesztő, villanymotor)

Ezen jelenségekre a mérések megkezdése előtt fel kell készülni, mivel sok kellemetlenséget okozhat, ha nem vagyunk tisztában a környezeti jellemzőkkel, és emiatt téves következtetésekhez jutunk. A probléma elkerülése érdekében az adott frekvenciatartomány egy spektrumanalizátor segítségével vizsgáljuk meg. Jelentősebb zaj

esetén határozzuk meg a zaj forrását. Ehhez irányított antennát vagy a háromszögelés módszerét használhatjuk. Ha általános – máshol és máskor is jelentkező – forrásról van szó, érdemes megfontolnunk, hogy más frekvencia tartományt használunk a továbbiakban.

WiMAX esetén az európai szabályoznák megfelelően a 3,5 GHz-es sáv használható engedélyköteles. Magyarországon jelenleg 5 szolgáltató rendelkezik itt engedéllyel. A WiMAX használatára kijelölt ISM sáv pillanatnyilag hazánkban nem elérhető, a katonaság használja. Felszabadításáról folynak a tárgyalások. Ez teszi majd lehetővé, hogy idővel a technológia adta lehetőségekkel ne csak a szolgáltatók, hanem akár az otthoni felhasználók is élni tudjanak.

A használható sáv 1,75, 3,5, 7, 14 vagy 5, 10, 20 MHz széles lehet.

Moduláció

Moduláció terén a jelenleg legjobbnak tartott, nem túl költségesen megvalósítható technológia az OFDM. Ennek mérésére, vizsgálatára kevésbé nyílik lehetőség, viszont a technológiaválasztásnál érdemes arra figyelni, hogy minél hatékonyabb és robusztusabb modulációt válasszunk.

Adaptív kódolás

A hatékonyságot legjobban kifejező érték a spektrális hatékonyság. A rendszerek általában BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM modulációt alkalmaznak, melyek rendre 1, 2, 4, 6 bit/s/Hz spektrális hatékonyságot jelentenek. Ezen kódolás egy adott rendszer esetén lehet állandó és adaptív.

Állandó esetben a csatorna minőségétől függetlenül ez konstans, ami persze rosszabb átviteli viszonyok esetén sok átviteli hibát eredményezhet vagy akár azt teljesen lehetetlenné teszi. Jó csatorna esetén viszont a rögzített érték korlátozólag hathat, mivel nagyobb állapotterű szimbólumokat is használhatunk, még úgy sem keletkezne számottevő átviteli hiba, és az átviteli sebesség nőne.

Egyértelmű tehát, hogy az adaptív, a viszonyokhoz alkalmazkodó megoldás az optimális. Ilyenkor az alkalmazott eszköz a jelerősséget, a jel-zaj viszonyt vagy a bithibarányt (BER) vizsgálja, és egy adott határérték túllépése esetén a kódolást megváltoztatja, alkalmazkodva a változáshoz. Amennyiben a szabvány nem írja elő ezeket a határértékeket és az eszköz is lehetővé teszi, érdemes ezeket pontosan meghatározni, beállítani. Hasznos lehet adaptív esetben kitérni annak vizsgálatára, hogy egy-egy ilyen váltás mennyi idő alatt megy végbe, és adott környezetben milyen gyakran fordul elő. Hosszabb ideig tartó vagy gyakori váltás esetén nem biztos, hogy az elvárt minőségi követelményeknek meg lehet felelni.

Zaj és interferenciavédelem

Mint látjuk, az adaptív kódolás a jel-zaj viszonyhoz képes alkalmazkodni, és ezzel növelni a rendszer robusztusságát. Az OFDM továbbá még megbízhatóbbá teszi az átvitelt, hiszen a csatornaként felhasznált frekvenciasávot több elemi vivőre osztja, így a spektrumban esetleg túszerűen jelentkező zavaró hatások csak egy-két vivőt érintenek. További előnye, hogy ezzel a teljesítményt sikerült frekvenciatartományban „elkennünk”. Az elemi vivők sok esetben megoldják a reflexió, többutas terjedés okozta problémákat is. Ha néhány vivő esetén interferencia tapasztalható, akkor is a többi rendelkezésre áll, eltérő frekvenciákon a kellemetlen hatások nem tapasztalhatók.

OFDMA

A többvivős rendszer esetén egyszerűen megvalósítható a közeghozzáférés problémája is. Az egyes vivőkön akár dinamikusan osztozhatnak a kommunikáló felek. Ezzel szemben klasszikus esetben valamely fél a teljes sávot elhasználná. Ezzel nem csak a hozzáférés, de az azonosítás is megoldható, hiszen tudhatjuk, hogy mely vivők mely eszközökhöz tartoznak.

WiMAX esetén a 256 vivős OFDM került megvalósításra, de OFDMA használata esetén a 2048 vivó használata javasolt. Néhány gyártó a 1024 vivős megoldást is alkalmazza.

Legtöbb gyártó implementálta az adaptív kódolást is QPSK, 16-QAM és 64-QAM támogatásával.

Hullámterjedés, elhelyezés

Rádiós átvitel esetén különös figyelmet kell fordítani az eszközök és legfőképpen az antennák elhelyezésére, hiszen nagymértékben függ ettől a csatorna minősége.

Láthatóság

A két antenna közötti láthatósági viszonyt jellemzően az alábbi három típus valamelyikébe soroljuk:

LOS, Line-Of-Sight

Ebben az esetben nincsen semmilyen zavaró tényező a két antenna között, a reflexiók is elhanyagolhatóak. Tipikusan egy mezős, szántós terület ilyen.

OLOS, Optical Line-Of-Sight

Itt már közel sem tökéletes a rálátás, a Fresnel-zónába kismértékben belóghat valami, és többutas terjedés is meghatározó lehet, azonban elmondható, hogy a két antenna optikailag „látja” egymást.

NLOS, Non-Line-Of-Sight

Semmiféle rálátás nincs ebben az esetben, az antennák között épületek, fák vagy más akadályok találhatóak. Ekkor jellemzően közvetlenül nem, csak visszavert jelek segítségével lehet kommunikálni.

A WiMAX tervezésekor elsődleges szempontként szerepelt, hogy NLOS környezetben is alkalmazható legyen. Ezt főként a már említett OFDM és az adaptív kódolás teszi lehetővé.

Ennek ellenére egy rendszer telepítésekor törekednünk kell a LOS állapot elérésére, hogy jó minőségű csatornát kapjunk.

Telepítés, mérés vagy tesztelés során fontos dokumentáltunk, hogy milyen környezetben használtuk a rendszert. A láthatóság esetén a beállított paraméterek lejegyzése mellett fontos szerep jut a környezet leírásának.

Szabad térben jellemző, hogy térképen jelöljük az antennák helyét. Minél jobban mutatja ez a tereptárgyak – épülettömbök, épületek, növényzet – elhelyezkedését, annál jobb lehetőségünk van a mérési eredményeket összevetni az elmélettel, szimulációval vagy a körülményeket rekonstruálni ellenőrző vagy további mérésekhez.

Sok esetben – főleg változatos domborzati viszonyok esetén – hasznos domborzati térkép használata is. Nagyobb távolságok áthidalásánál dombok, hegyek és szintkülönbségek is komoly szerepet játszhatnak.

E térképészeti technikák általában csak korlátozottan használhatók. Gyakran nem tartalmazzák a lényeges részleteket, ugyanakkor sok felesleges információt hordoznak. A csatorna szempontjából általában a közeli, a két antennát összekötő képzeletbeli egyenes közelében lévő, a visszaverő, a többutas terjedést előidéző tárgyak a jelentősek. Általában ezek felületi kialakítása, anyagi szerkezete, geometriája is fontos, ellenben más tárgyaknak a jelenléte is elhanyagolható.

A térkép alapú megközelítés problémája, hogy emberi felhasználása kissé nehézkes.

Ezeken segíthet a fénykép, melyet az egyik végpontból a másik irányába készítünk. Irányított antenna esetén a hagyományos fénykép is megteszi, míg szektor vagy körsugárzó antenna esetén a panorámakép megfelelő. A színes kép segítségével a szakember felismerve tereptárgyakat tapasztalat alapján jó becslést tud adni a csatornaminőségre. De a kép

számítógéppel is feldolgozható, esetleg némi információval kiegészítve a Fresnel-zóna kitakarása jól beszélhető.

A fénykép alapú módszer jól használható LOS és OLOS környezetben, de korlátozottan NLOS esetén is.

A fenti láthatóságvizsgálati eszközök előnyeit ötvöző módszer lehet egy háromdimenziós modell felállítása, melyben a domborzat a tereptárgyak háromdimenziós geometriája is megjelenik, valamint a modellező segítségével az adott pontokból fényképszerű képek is készíthetők. Ilyen modellek felépítése rendkívül sok mérést venne igénybe, így ilyen célra kissé költséges a használata.

Mindezek figyelembevételével az egyszerűbb módszerek együttes alkalmazása célszerű és eredményes.

Iránybeállítás

A láthatóság mellett fontos szerepet kap az antennák irányultságának beállítása. Kis nyílásszögű, nagy nyereségű antennák esetén a pontos irányítás létfontosságú. Triviálisnak tűnik, hogy az antennákat egymással szembe fordítva helyezzük el. Ez általában igaz is, de vannak olyan esetek, amikor ettől az optimális eredmény érdekében el kell térnünk. Ez függhet az antenna iránykarakteristikájától és a környezet reflexiók hatásaitól.

Érdemes tehát a csatorna minőségének irányfüggését vizsgálni. Az antennákat külön-külön elforgatva egy adott tengely körül feltérképezhetjük, hogy milyen iránypár mellett optimális a jelterjedés. Ezt akár egy diagrammon is ábrázolhatjuk színezés vagy izogörbék segítségével, ahol a tengelyek egy referenciairánytól való elforgatását jelentik egyik illetve másik antenna esetén, míg a színskála a jelerősséget mutatja. Hasonlóan három dimenzióban egy felületként is ábrázolhatók a kapott értékek az irányoktól függően.

Még értékesebb eredményt kapunk, ha az előbbi értékeket az antennakarakteristikákkal normáljuk. Ekkor ugyanis az antennák irányfüggését kizárjuk, így ténylegesen csak a környezetre jellemző hatások érvényesülnek. Ezzel a módszerrel a zajok, zavaró hatások, reflexiót okozó tárgyak jól meghatározhatók, így ezek figyelembevételével módosíthatjuk az antennakonfigurációt.

Pozícionálás

Nem csak a láthatóságtól és az irányítástól függhet a csatorna minősége, hanem kisléptékű helyválasztástól is. Amennyiben a hullámhosszal nagyságrendjébe eső mértékben módosítjuk az antenna helyét, jelentősen megváltozhatnak a viszonyok. Ezt az interferenciajelenségek és a többutas terjedés okozhatja. Mindkét antenna elhelyezésénél ezt figyelembe véve – több helyet is kipróbálva – érdemes a végleges pozíciót kiválasztani.

Többantennás rendszerek

A fenti problémák kiküszöbölésére gyakran több antennából álló rendszert állítanak fel, mely jobb vételi viszonyokat tesz lehetővé.

Tesztelési lehetőségek

Tesztelés során általában valamihez viszonyítva vizsgáljuk az adott megvalósítást. A viszonyítás alapja lehet a szabvány vagy ajánlás, lehet maga a termékspecifikáció, vagy vizsgálhatjuk, hogy más eszközökkel megfelelően működik-e.

Szabvány szerinti működés vizsgálata

Szükség lehet arra, hogy ellenőrizzük, egy adott termék valóban a szabványban leírt módon működik-e. Sok esetben ezt maguk a gyártók vizsgálják. Ennek ellenére gyakran fordul elő, hogy egy adott implementáció mégsem teljesíti a szabványban leírtakat.

Léteznek olyan szakosodott gyártók, akik a vizsgált technológiához egy teljes testbedet készítenek. Ezen rendszereknek tipikusan része a rendszer működését befolyásoló eszköz (pl. forgalomgenerátor) és a működést elemző komponens (pl. protokollanalizátor). E teszt-környezet segítségével meg lehet vizsgálni, hogy milyen beavatkozásra hogyan válaszol a vizsgált rendszer. Ezeket az akció-reakció párokat összevethetjük a szabványban foglaltakkal. Mindezek leírására a tesztrendszer saját tesztleíró nyelvét vagy az általános elfogadott TTCN-t használhatjuk.

Ez a tesztelés valójában nem pontosan a szabványban való leírtakkal való egyezőséget vizsgálja, hanem annak a testbeden keresztül érvényesülő hatását. Azt is mondhatjuk, ilyenkor nem a tesztelendő eszközöket, hanem azokkal együtt a tesztelő eszközöket is vizsgáljuk, azok megfelelőségében csak bízhatunk.

WiMAX-hoz is folyamatban van ilyen tesztrendszerek implementálása, de ezek használatbavételével még várunk kell.

Együtműködési tesztelés

Az együtműködési teszt során azt vizsgáljuk, hogy azonos vagy különböző implementációk milyen mértékben képesek kommunikálni, együtműködni.

Általában ahhoz, hogy ezt teszteljük, előbb a szabvány szerinti működést vizsgáljuk meg. Ha már azon a szinten eltérés mutatkozik, akkor valószínűleg két vagy több eszköz sem lesz képes együtműködni. Persze előfordulhat – tipikusan azonos gyártó termékei között – hogy bár nem szabványos a működést, mégis megvalósul az együtműködés.

Szükség lehet erre a tesztelési módszerre akkor is, ha bár tudjuk, hogy az eszközök nem valósítanak meg mindent a szabványból, mégis annak egy részét ismerik. E vizsgálati mód megmutatja azt, hogy a megvalósított részek segítségével az eszközök képesek-e mégis kommunikálni.

Néhány nagy WiMAX-gyártó már megkezdte eszközeik együtműködési tesztjét.

Sajnos pillanatnyilag még nem sikerült hozzáférnem több különböző termékhez, melyekkel ilyen vizsgálatokat végezhettem volna.

Akár melyik tesztelési módot is választjuk, az alábbi területeken érdemes a kompatibilitást vizsgálni:

- Fizikai csatorna kompatibilitása (frekvencia)
- Időzítések
- Adategységek formájának, tartalmának kompatibilitása
- Funkciók, működési módok támogatása,

Szolgáltatásminőség

Korábbi vezeték nélküli technológiák esetén többnyire nem volt lehetőség arra, hogy azokkal kapcsolatban szolgáltatásminőségi paramétereket követeljünk meg. A szolgáltatók nagy öröme ez a helyzet a WiMAX-szal megváltozott.

Mint láttuk, az engedélyköteles frekvenciahasználat, az adaptív kódolás, az OFDM alkalmazása és az NLOS-viszonyokra való tervezés nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy a WiMAX rádiós tekintetben minél jobban kielégítse a minőségi követelményeket, minél robosztusabb legyen. Ennél azonban tovább ment az IEEE 802.16 munkacsoport, tényleges QoS támogatással ruházták fel a rendszert.

Az eszközök között a fizikai kapcsolat kiépülés után logikai csatornák, ServiceFlow-k (SF) jönnek létre, melyekbe a forgalom az SF-et definiáló paraméterektől függően kerül besorolásra. Ezek a paraméterek az alábbiak lehetnek:

- Ethernet MAC cím
- IP cím vagy alhálózat

- VLAN azonosító
- IP csomagbeli QoS osztály azonosító

Az így meghatározott SFekhez rendelhetjük a rendszertől megkívánt QoS jellemzőket. Mind downlink, mind uplink irányba definiálhatjuk a maximális és minimális adatsebességet, az SF prioritását és a szolgáltatási osztályok (UGS, RT, nRT, BE) valamelyikét.

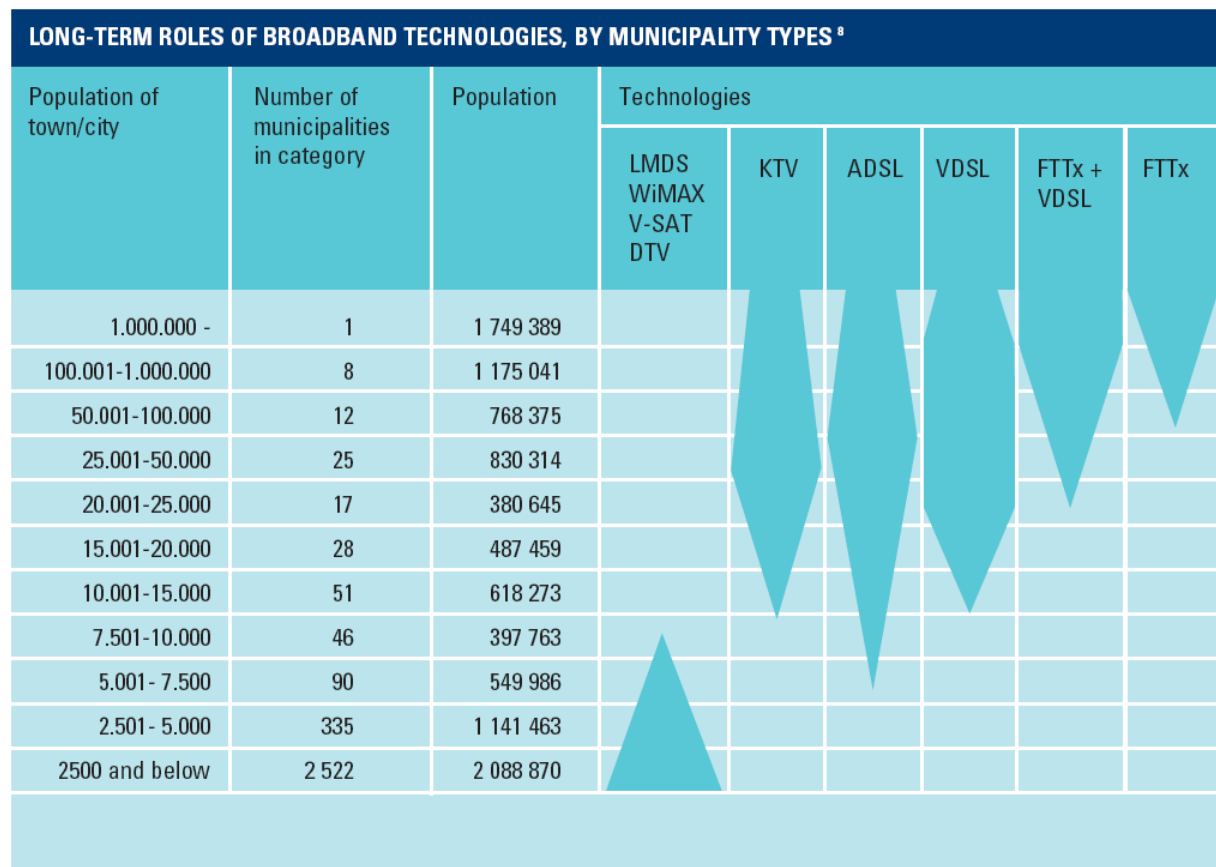
Mindezek valóban elérhetővé teszik, hogy a szolgáltató biztosítsa illetve korlátozza az egyes végpontok forgalmát úgy, hogy közben a vállalt szolgáltatásminőségi paramétereket betartsa.

A fenti paraméterek hatásainak és az SF-ek egymásra gyakorolt hatásának vizsgálata fontos és jelentős része lehet a WiMAX tesztelésének. Vizsgálatom nagy része erre a területre összpontosít.

Piaci igények, lehetőségek

Az előbbi szolgáltatásminőségi áttekintésből is láhattuk, hogy a technológia adott vezeték nélküli minőségi szolgáltatásra. Joggal merülhet fel a kérdés, hogy ez milyen módon használható ki, valóban vannak-e ilyen irányú igények.

Az Internet elterjedésének korlátozó tényezője, ha a szolgáltatási területen nem koncentrálva találhatók meg a felhasználók. Városokban, nagyvárosokban költséghatékonyan lehet telepíteni és üzemeltetni olyan hálózatokat, melyek képesek szélessávú Internet-elérést biztosítani. Vidéken, kisebb községekben, falvakban, tanyatelepüléseken komoly gondot okoz ennek a kivitelezése. A WiMAX-szal - úgy tűnik – megoldódnak ezek a problémák, a település lélekszámának tekintetében tapasztalható technológiai hiányt valószínűleg képes pótolni. Ezt az előnyt az is biztosítja, hogy LOS környezet esetén akár 48 km is áthidalható segítségével.



1. ábra: Alkalmazható technológiák a település lélekszámának függvényében

A tapasztalható hiánygyors betöltésére az is lehetőséget ad, hogy a szolgáltatásminőség és nagy hatótávolság mellett megfelelő adatsebességet is képes biztosítani a rendszer. A csatorna minőségétől függően akár 70 Mbps-os adatsebesség is elérhető, ami azt jelenti, hogy adott esetben a megoldás nem csak a vezeték nélküli vetélytársait, hanem akár az ADSL-t is felülmúlja. Mindenesetre a jelenleg szükséges igényeket – mint hozzáférési technológia – sebesség tekintetében is képes kielégíteni.

	DOWNLOAD SPEED	UPLOAD SPEED	TRANSMISSION DISTANCE	VOICE TRANSMISSION
ADSL (G.dmt)	8 Mbit/s	1,5 Mbit/s	3 km	Yes
ADSL (G.lite)	1.5 Mbit/s	512 kbit/s	5.4 km	Yes
SHDSL 2	2.3 Mbit/s	2.3 Mbit/s	3 km	No
SDSL	160 Kbit/s –1.5 Mbit/s	160 Kbit/s –1.5 Mbit/s	3-7 km	No
ADSL2	8-12 Mbit/s	1 Mbit/s (+256 kbit/s)	3,3 km	Possible to eliminate
(ADSL2+ 1	16-24 Mbit/s	1 Mbit/s (+256 kbit/s)	1.5 km	
VDSL	13-52 Mbit/s	16 Mbit/s	0.3-12 km	Yes

2. ábra: DSL technikák alkalmazhatósági korlátai

Technology	802.11	802.11A	802.11B (WIFI)	802.11G	BLUE-TOOTH	HYPER LAN2	HOME RF
Bandwidth [Mbit/s]	2	54	11	54	1	54	10
Distance [m]	500	500	500	500	50	500	50
Frequency [GHz]	2.4	5	2.4	2.4	2.4	5	2.4

3. ábra: Vezeték nélküli technológiák lehetőségei

A 802.16e megjelenése sorsdöntő lehet, hiszen ezen előnyös tulajdonságokat mobilitás-támogatással kiegészítve joggal lehet konkurens az UMTS-nek is.

Források:

- WiMAX Forum <http://www.wimaxforum.org>
- WiMAX SUMMIT 2004 Conference <http://www.upperside.fr/wimax04/wimax04terms.htm>
- WiMAX SUMMIT 2005 Conference <http://www.upperside.fr/wimax05/wimax2005intro.htm>
- Redline Communications Inc. <http://www.redlinecommunications.com/>
- Kenneth L. Stanwood: Achieving Interoperability with IEEE 802.16-Compliant Systems www.ing.unipi.it/ew2002/proceedings/pmp003.pdf
- WiMAX Overview and MCI Perspective <http://global.mci.com/us/enterprise/insight/whitepapers/pdf/Wimax.pdf>
- Michael F. Finneran: WiMAX versus Wi-Fi – A Comparison of Technologies, Markets, and Business Plans <http://searchnetworking.techtarget.com/searchNetworking/downloads/Finneran.pdf>
- BROADBAND IN HUNGARY - Strategy for Broadband Electronic Communications, Budapest, June 2004 http://www.ihm.gov.hu/data/20175/broadband_eng.pdf