

# Vezetéknélküli és mobil szélessávú hozzáférési technológiák alkalmazása

CSABA TAMÁS

Pannon GSM Távközlési Zrt.

tcsaba@pannon.hu

**Kulcsszavak:** UMTS/HSPA, WiMAX, beruházás igény

A rádiós hozzáférési technológiák fontos fejlődési lépcsőhöz érkeztek, az általuk nyújtható adatátviteli sebesség jelentősen megnőtt. A két fő technológiai megközelítés az IP alapú hozzáférési módok (WLAN, WiMAX), és a mobil technológiák (GSM/(E)GPRS, UMTS/HSPA) között a számos hasonlóság mellett jelentős eltérések is mutatkoznak. A különbségek részben a technológiában, részben azok helyi alkalmazhatóságában rejlenek. Az itt leírtak nagyban támaszkodnak a Pannon, illetve annak anyavállalata, a Telenor tapasztalataira.

## 1. Bevezetés

A rádiós hozzáférési technológiák jelentős fejlődési lépcsőhöz érkeztek. Az üzletileg is sikeres beszédátvitel mellett megjelentek a szélesebb illetve szélessávú hozzáférési módok, melyek már versenytársaivá válhatnak az elterjedt vezetékes xDSL technológiáknak. A kettős konvergenciahatás következtében részben a mobil technológiák által nyújtott felhasználószintű sávszélességek nőttek meg, részben az IP alapú már eleve szélessávú hozzáférési módok váltak vezetéknélkülivé. Ennek eredményeképpen számos technológiai megoldás született, melyek viszonyai és alkalmazási lehetőségei kerülnek összefoglalásra. A figyelembe vett aspektusok a következők:

- felhasználói igények,
- a technológia képességei, alkalmazási lehetőségei,
- rentabilitás, megvalósíthatóság.

## 2. Felhasználói igények

A megfelelő szélessávú technológia kiválasztását nagyban befolyásolja a már ismert és a várható szolgáltatási igények hálózattal szemben támasztott követelményei. Ezek a jellemzők a szolgáltatás sávszélességigénye, késleltetésre való érzékenysége, illetve a felhasználás módja és környezete.

A szolgáltatások többsége aszimmetrikus, a hálózattól az előfizető irányában többszörös adatátviteli sebességet igényel. Az elvárt csúcsebesség a TV műsorszórástól, illetve filmek gyors letöltésétől eltekintve, jellemzően nem haladja meg az 1 Mbit/s-ot.

A hálózattal szembeni elvárások alapján a következőképpen kategorizálhatjuk a felhasználási módokat.

- *Helyhez kötött vagy fix (F)* használat, ahol egy adott pontban vagy annak szűk környezetében jelentkezik az igény. A hálózattervezés szempontból az előfizetők nagy területen egyenletesen oszlanak el.

- *Nomád (N)* a használat, ha az igény területileg elszórva több helyszínen is jelentkezhet, de azok között nem. Az előfizetők koncentráltan jelennek meg az egyes hozzáférési pontokon.
- *Mobil (M)* használat, ami részben a mozgás közbeni használatot, részben a szolgáltatás egy tetszőleges helyről történő elérését jelenti. Az elvárt sávszélességigénye ennek a módnak jellemzően kisebb az előbbieknél. Hasonlóan a fix használatához a felhasználók egyenletesen oszlanak el az ellátott területen, de használat közben helyet is változtathatnak.

A mobil hozzáférési hálózat a területi hozzáférést vagy a lefedettséget tekintve alkalmas fix használat kiszolgálására is, egyedül az igényelt kapacitássűrűség lehet korlátja a tényleges alkalmazhatóságnak.

## 3. Rádiós hozzáférési technológiák

### 3.1. Jellemzők

Két fő fejlődési irány ismert. Az egyik az IP alapú vezetéknélküli technológiák képességeit egészíti ki költségkímélőbb, nagyobb területi lefedés lehetőségével és a mobilitás támogatásával. A WLAN mellett 2006-ban vált elérhetővé a WiMAX (Worldwide Interoperability of Microwave Access) rendszer fix változata. Ebben az anyagban a WiMAX-ot a felhasználók szempontjából egy hálózati hozzáférést nyújtó megoldásnak tekintjük. A másik fő irányvonal technológiai a 3GPP szabványcsaládban tartoznak. Ezek az EDGE (Enhanced Data rate for Global Evolution), az UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) és annak továbbfejlesztett változata a HSPA (High Speed Packet Access). A technológiák főbb jellemzőit foglalja össze a következő oldalon az 1. táblázat.

A felsorolt jellemzők alapján, hosszabb távon a HSPA és a WiMAX alkalmas nagyterületű hozzáférést biztosítására és a felsorolt felhasználási módok mindegyikének lefedésére. Természetesen nem szükségszerű az

összes felhasználói mód kiszolgálása, de ez a tulajdonság növeli a technológia piaci lehetőségeit.

A lényegesebb eltérések a hozzáférés módja, a támogatott modulációk fajtái, a támogatott működési frekvenciák, illetve a technológiák jelenlegi érettségében, bevezethetőségében mutatkozik meg.

A WiMAX jelenleg magasabbrendű modulációs módok támogatása miatt nagyobb hálózati kapacitásra és felhasználó szintű adatsebességre képes. Azonban napjainkban csak a fix változat tekinthető érettnak, alkalmasnak a piaci bevezetésre. Ezen felül a technológiai korlátok következtében a nagyvárosi használata is limitált. A mobil változat a mobilitás támogatása mellett, olyan megoldásokkal rendelkezik majd – az UMTS/HSPA-hoz hasonlóan és a fix változattal szemben – amelyekkel képes lesz nagyvárosi területek spektrumhatékony lefedésére is. A mobil WiMAX szabványt is támogató berendezések piaci megjelenése azonban késik, a valós hálózati körülmények között szerzett tapasztalatok gyűjtése idén is folyik.

Az UMTS/HSPA előnye a technológia érettsége, alkalmazhatósága. Bár jelenleg kevésbé gyors átvitelt támogat, annak mértéke nagy valószínűséggel kielégíti majd az összes szolgáltatás által igényelt szintet.

A táblázatban lévő adatátviteli sebességek a jelenre vonatkoznak, és elsősorban a különbségeket érzékeltesik. A valós hálózati környezetben tapasztalható minőség függ a szolgáltató állomás távolságától, a hálózat terheltségétől, a zaj és az interferencia szintjétől, az alkalmazott terminál képességeitől egyaránt.

A Pannon EDGE, UMTS, illetve HSDPA technológiai tapasztalatokkal rendelkezik. Az előbbi kettő esetén a táblázat értékei megegyeznek a hálózatban mért adatsebességekkel. A maximális alkalmazási szinten mért letöltési sebesség 16QAM moduláció használatával elérte a 3 Mbit/s-et, míg a különböző rádiós környezetekben végzett mérések átlaga QPSK modulációval is meghaladta az 1 Mbit/s-ot, nomád felhasználás esetén az 1,2 Mbit/s-ot.

A technológiák alkalmassága, a bennük rejlő üzleti lehetőségek a piaci kereslet mellett a különböző felhasználási módok költséghatékony támogatásától függ. Rádiós hozzáférés esetén a rendelkezésre álló sáv szélesség, a nagy területek költséghatékony ellátása, valamint a mobilitás támogatása a legfőbb ismérvek. A technológiai adottságok alapján az EDGE és az UMTS inkább a mobil típusú, a WLAN inkább a nomád típusú, míg a WiMAX és az UMTS/HSPA mindhárom módra egyaránt alkalmas. Fontos megjegyezni, hogy a felhasználók várhatóan kevésbé fogják mozgás közben igényelni a szélessávú szolgáltatásokat, viszont azokhoz számos helyről szeretnének majd hozzáférni.

A táblázatból az is kiolvasható, hogy mindkét technológiai irányvonal egyaránt alkalmas lehet az ADSL kiváltására, azzal megegyező szolgáltatási minőség nyújtására.

### 3.2. Előretétekintés

A fejlődés következő fázisai a spektrumhatékonyság, a hálózati kapacitás, a felhasználói szintű adatátviteli

1. táblázat Technológiák jellemzői

| Jellemző                                                    | EDGE<br>/3GPP/   | UMTS -<br>Rel. 99'<br>/3GPP/ | UMTS / HSPA<br>/3GPP/                   | WiMAX<br>(fix: 802.16.a/g,<br>mobile: 802.16.e)<br>/IP/ | WLAN<br>(802.11.a, b) /IP/ |
|-------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|
| Hozzáférési mód                                             | TDMA – FDD       | WCDMA – FDD                  | WCDMA – FDD                             | OFDM(A) – TDD (mobil), FDD                              | DSSS, OFDM                 |
| Moduláció                                                   | GMSK / 8PSK      | QPSK                         | QPSK, 16QAM                             | QPSK, 16QAM, 64QAM                                      | BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM   |
| Max. felhasználói adatsebesség le / fel (indikatív értékek) | 200 / 100 kbit/s | 384 / 64 kbit/s              | 3.0 (10) Mbit/s / 384 kbit/s (5 Mbit/s) | 20 / 5 Mbit/s                                           | 6, 3 / 6,3 Mbit/s          |
| Működési frekvenciák [MHz] (tervezett)                      | 900, 1800        | 2000, (900, 1800, 2500)      | <b>2000</b> , (900, 1800, 2500)         | Mobile: 2300, 2500, Fix: <b>3500</b> , (5800)           | 2400, 5400-5800            |
| Frekvenciasáv engedélykötelessége (Magyarországon)          | Igen             | Igen                         | Igen                                    | Mobil: nem áll rendelkezésre 3500 MHz: igen             | Nem                        |
| Mobilitás támogatása                                        | Igen             | Igen                         | Igen                                    | Mobil verzió 2007/2008 -tól                             | Korlátozott                |
| Nagy területek lefedésére alkalmas                          | Igen             | Igen                         | Igen                                    | Igen, de városi környezetben inkább a mobil változat    | Nem                        |
| Jövőállóság (1-3)                                           | 1                | 1                            | 3                                       | 3                                                       | 3                          |
| Érettség (1-3)                                              | 3                | 3                            | 2                                       | 1                                                       | 3                          |
| Támogatott felhasználói módok                               | M                | M                            | F, N, M                                 | F, N, M                                                 | F, N                       |

sebességek további növelését célozták meg mindkét szabványcsaládon belül. A MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) technika bevezetése és újabb modulációs módok támogatása várható a következő években.

Az EU szabályozás által szorgalmazott technológia független frekvenciasáv használatát elősegíti majd a rádiós szélessávú hálózatok további növekedését.

## 4. Rádióhálózat méretezése

Egy szolgáltató számára fontos szempont, hogy az arra alkalmas technológiával minél költséghatékonyabban tudja a szolgáltatást nyújtani, mekkora lesz annak beruházásigénye, a beruházásnak várhatóan milyen lesz az időbeli eloszlása. A mobil hálózatokról általánosságban elmondható, hogy nagy beruházásigényűek, amelynek döntő többsége az első pár évben jelentkezik és legnagyobb hányadát a rádióhálózat képezi. Így a szükséges bázisállomások száma van a legnagyobb hatással az üzleti terv eredményére. A hálózat méretezését a szükséges elemszámok meghatározását két tényező, az ellátandó terület nagysága és az ott felmerülő kapacitásigény befolyásolja. A következőkben magyarországi feltételek figyelembe vételével a WiMAX és az UMTS/HSPA kerül összehasonlításra azonos területi ellátottságot megcélózva.

### 4.1. Lefedettség

A két technológia viszonylatában a cellaméreték közötti különbséget alapvetően az állomás és a felhasználó közötti átviteli út elemei, azok frekvenciafüggése, a maximális kisugározható teljesítmény, a célterület jellemzői illetve a technológia sajátosságai határozzák meg.

A magyarországi szabályozás jelenleg az UMTS számára a 2 GHz körüli, míg a WiMAX számára a 3,5 GHz körüli frekvencián ad lehetőséget szolgáltatásnyújtásra. A szolgáltatók rendelkezésére álló sáv szélességek közel azonosak, 2x15 MHz illetve 2x14 MHz. Továbbá a 3,5 GHz-es sávban kisugározható maximális teljesítményt 14 dBW/MHz-re korlátozták.

A hullámterjedés frekvenciafüggő részei a szabadtéri csillapítás, a diffrakciós csillapítás, a növényzet által okozott csillapítás, az épületcsillapítás illetve a fading nagysága. A szabadtéri szakaszcsillapítás, a diffrakciós csillapítás [1] és a kábelcsillapítás okozta teljesítményvesztés a frekvenciával arányosan növekszik. Az épületek csillapítása függ az épület anyagától és szerkezetétől. Míg a vasbeton falak és a fémfelületek vesztesége a frekvenciával növekszik, addig a rövidebb hullámhossz miatt a magasabb frekvenciás jel kevésbé csillapodik az ablakon való áthaladásakor.

Mindent összetéve nagyvárosi környezetben az épületek csillapítása nagyobb a magasabb frekvenciákon. A hullámterjedési modellek a szakaszcsillapítás várható értékét jelzik előre. A mért lokális átlagok normális eloszlással szóródnak a várható érték körül. A lassú vagy log-normál fading szórása szintén nő a frekvencia növelésével [2], a beépítettség mértékével egyaránt. Eb-

ből következik, hogy egy adott lefedettségi valószínűség eléréséhez nagyobb fadingtartalék szükséges a magasabb frekvenciákon.

Vizsgáljuk meg magyarországi környezetben az egyes beépítettségi kategóriák lefedéséhez szükséges állomásszámokat. A számítások a *Cost 231-Hata*, és a 3,5 GHz-es sávra optimistább *Erceg-Greenstein* [3] modellel történtek. További fontosabb tervezési paraméterek: cellahatáron 90%-os szolgáltatáselérési valószínűség, a log-normál fading és annak frekvenciafüggése, egyetlen fal csillapítása. A kiindulási adatokat és az eredményeket a 2-4. táblázatok foglalják össze.

| Paraméterek                               | UMTS / HSPA | WiMAX-802.16.a |
|-------------------------------------------|-------------|----------------|
| Működési frekvencia [MHz]                 | 2000        | 3500           |
| 1 vivő sáv szélessége [MHz]               | 5           | 3.5            |
| Vivők száma                               | 3           | 4              |
| Frekvencia újrafelhasználás sector alapon | 1           | 2              |
| Max. Vivőszám / sector                    | 3           | 2              |
| Szektorok száma                           | 3           | 4              |
| Adó teljesítmény EIRP [dBm]               | 51          | 49.4           |
| RX sensitivity level [dBm]                | -101        | -87            |

2. táblázat Technológia-specifikus kiindulási adatok

3. táblázat  
Számított cellaátmérő  
[km]

| Terület típus | UMTS / HSPA | WiMAX-802.16.a |
|---------------|-------------|----------------|
| Városi        | 0.4         | 0.2            |
| Külvárosi     | 1.2         | 0.7            |
| Vidéki        | 4.5         | 3              |
| LOS           | >30         | 22             |

4. táblázat  
Állomásszám 100 km<sup>2</sup>/  
típus lefedéséhez

| Terület típus | UMTS / HSPA | WiMAX-802.16.a |
|---------------|-------------|----------------|
| Városi        | 321         | 797            |
| Külvárosi     | 36          | 103            |
| Vidéki        | 3           | 6              |

Az eredményekből látható, hogy a HSDPA állomás-szükséglete az alacsonyabb működési frekvenciának köszönhetően sokkal kedvezőbb. Érdemes megjegyezni, hogy tipikus városi környezetben, ahol a felhasználói terminálokat az épületek eltakarják, nem akadálymentes az átviteli szakasz. A felhasználó oldalára telepített szűk nyálábú antennával, az egymással szemben sugárzó cellák nem szeparálhatók. Ezért a mobil technológiákkal szemben a WiMAX fix változatnak használata ebben a környezetben kérdéses.

### 4.2. Kapacitás

Amennyiben az ellátottsági igények kielégítéséből adódó állomásszámok nem elegendőek a tervezett forgalom lekezelésére, az állomásszámot a kapacitás igény határozza meg.

A számításokat folytatva a lefedettséghez szükséges állomásszámból és a rendszerekre jellemző cellakapacitásokból meghatározható területtípusonként az a kapacitássűrűség-érték, amittől kezdve a WiMAX hálózat fejlesztése válik kedvezőbbé, igényel kevesebb állomást.

| Kapacitás                                | UMTS / HSPA | WiMAX-802.16.a |
|------------------------------------------|-------------|----------------|
| Vivő kapacitás állomás - terminál [Mbps] | 3.2         | 9              |
| Site kapacitás állomás - terminál [Mbps] | 28.8        | 72             |

5. táblázat Kapacitásjellemzők állomás-terminál irányban

6. táblázat  
Az adódó kapacitás-  
sűrűség [Mbps/km<sup>2</sup>]

| Terület típus | UMTS / HSPA | WiMAX-802.16.a |
|---------------|-------------|----------------|
| Városi        | 92          | 574            |
| Külvárosi     | 10          | 74             |
| Vidéki        | 1           | 4              |

| Terület típus | Küszöbérték |
|---------------|-------------|
| Városi        | 230         |
| Külvárosi     | 30          |
| Vidéki        | 2           |

7. táblázat

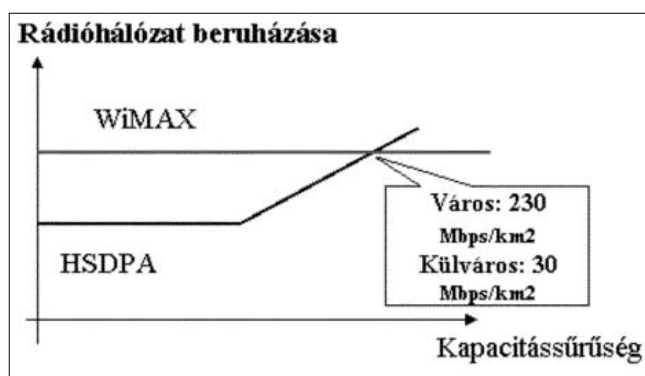
*Kapacitássűrűség-értékek ahonnan kezdve a WiMAX kedvezőbbé válik [Mbit/s/km<sup>2</sup>]*

A nagy állomásszám miatt a WiMAX hálózat induló kapacitása jelentősen meghaladja a várható igényeket.

### 4.3. Beruházásigény

Egy állomás beruházási költsége leegyszerűsítve a telekommunikációs eszközökre, az állomás civil infrastruktúrájára (torony, konténer, áramellátás) és ezek telepítésére fordított költségekből tevődik össze. Míg az utóbbi tíz évben a telekommunikációs eszközök ára jelentősen csökkent a növekvő világpiaci kereslet következtében, addig a többi tényező ára legfeljebb enyhe csökkenést mutatott az alapanyagok, és a hazai munkaerő költségek alakulása miatt. A technológiák különbözősége és a piaci igények különbsége okán a berendezések árában lehetnek eltérések, de azok jelentősége az említettek miatt csökken.

A számítások következményét mutatja az 1. ábra.



1. ábra

*Technológiák beruházásszükséglete a kapacitássűrűség függvényében*

Azonos területi lefedettség biztosítására több induló állomást, magasabb induló beruházást igényel a WiMAX rendszer. Előnye a nagy kapacitássűrűség a nagy forgalomsűrűség megjelenésével jelentkezhet. A gyártóktól kapott információk alapján az UMTS/HSPA cellakapacitása az elkövetkező években folyamatosan fog nőni. A növekedést elsősorban újabb rendszerszoftverek telepítésével lehet elérni. Fontos szerepe van tehát az időnek, avagy mikor fog megjelenni a WiMAX képességeit is kihasználó forgalom.

## 5. Összefoglalás

Az UMTS/HSPA és a WiMAX egyaránt alkalmas a mobil és vezeték nélküli szélessávú Internet-elérés biztosítására. A HSPA-ról szerzett ismereteink megalapozottabbak, a WiMAX hálózatról kapott információk főként tanulmányokból származnak. Ezek alapján megállapítható, hogy az üzemelési frekvencia miatt nagy kiterjedésű, összefüggő UMTS/HSPA hálózat gazdaságosabban, kisebb beruházási lépésekkel fejleszthető. A WiMAX technológia szerepe nagy területen, nagy kapacitássűrűség esetén nő meg, illetve a működési frekvenciasávok kiterjesztésével értékelődhet fel.

A WiMAX megjelenésének további akadályai, hogy a fejlesztések és ezzel együtt a piaci bevezetés a korábbi tervekhez képest késik, elmarad a konkurens technológiától.

## Irodalom

- [1] Kazimierz Siwiak (1995): Radiowave Propagation and Antennas for Personal Communication, pp.98–99.
- [2] Recommendation ITU-R P.1406 (1999)
- [3] Channel Models for Fix Wireless Application (2001), IEEE 802.16.3c-01/29r4
- [4] Harri Holma and Antti Toskala (2006): HSDPA/HSUPA for UMTS, pp.130–131.
- [5] IEEE 802.16a-2003 Standard