
AZ 50-90 GHZ FREKVENCIASÁVOK ALKALMAZÁSA ELLÁTÓ HÁLÓZATOKBAN

Babits László¹, Csurgai-Horváth László²,
Héder Balázs², Bitó János², Frigyes István²

Pannon GSM Távközlési Zrt¹

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Szélessávú Hírközlés és
Villamosságtan Tanszék²

csurgai@mht.bme.hu



Budapest University of Technology and Economics

Motivációk / eredmények

Motiváló tényezők

- A vezeték nélküli és mobil ellátó hálózatok terjedése, valamint a mikrohullámú / milliméteres hullámhossztartomány telítődése
- A 2. és 3. generációs hálózatok korlátozott bővíthetősége
- 4G hálózatok jelentős sebességigénye: 1-1.25 Gbit/sec

Vizsgálati területeink

- Hullámterjedés az 50-90 GHz-es tartományban
- Az új hullámsávok alkalmazási lehetőségei
- Standardizálási folyamatok az új hullámsávokban

A mai ellátó hálózatok korlátai - a berendezések oldaláról 1.

Hálózatok jellemzői: digitális jelfeldolgozást alkalmaznak
szoftver szabja meg a tulajdonságokat: modulációs mód,
szűrő átviteli függvények

Átviteli sebességhez megválasztandó fő paraméterek:

az elfoglalható frekvenciasáv, ennek megfelelően a szűrők sávzélessége
a modulációs eljárás, ennek megfelelően az alap-oszcillátor(ok) frekvenciája
az alkalmazandó kódolás és kiegyenlítés

A kívánt szakaszhosszon megfelelő minőségű működéshez:

adóteljesítmény
antennaméret

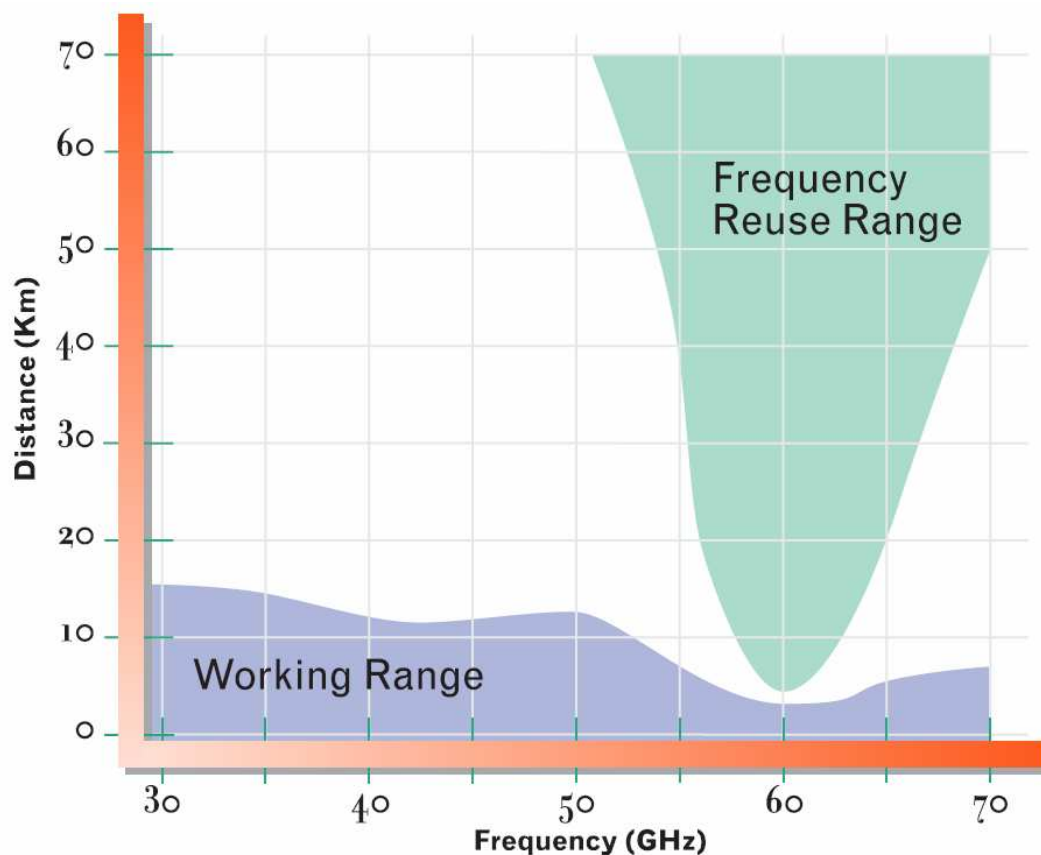
A mai ellátó hálózatok korlátai - a hálózat oldaláról

- A jelenlegi frekvenciasávok a világ legtöbb részén már ma telítettek
- A meglévő hálózatokat viszont mai állapotukban még hosszú ideig használni fogják
- 2-3 generációs hálózatok: QPSK moduláció/max. 32-34 Mbit/sec polarizáció-multiplexálás alkalmazásával megduplázható de a kívánt 1-1.5 Gbit/sec sebességet nem elérhető
- A kölcsönös zavartatás elkerülése már minden lehetséges módszert felhasználtak – a rendszer nem bővíthető
- A kapacitás növelésének egyetlen eszköze a 2-3G esetén:
 - moduláció változtatása = szimbólumonként átvitt bitek számának növelése
 - ezzel a sávszélesség változatlan marad (problémák: lásd előzőek)

Milliméteres hullámhosszúságú rendszerek - áttekintés

- Az új rendszerek tulajdonságai, alkalmazási köre, berendezéseik technológiája elég nagy mértékben eltér a kisebb frekvencián megszokottaktól.
- 20-30 GHz alatt a hullámterjedés közegének, a levegőnek nincs szerepe.
- 30 GHz-nél nagyobb frekvenciákon a levegő molekulái az elektromágneses hullámokat kisebb-nagyobb mértékben csillapítják.
- A szóban forgó frekvenciatartomány két eltérő részre osztható:
 - 60 GHz körül másként viselkedik, mint 70-90 GHz között.

Milliméteres hullámhosszúságú rendszerek - 60 GHz körüli frekvenciák



A frekvencia-újrafelhasználás frekvencia/távolság függése

- **O**xigén abszorpciós spektrumvonala 60 GHz körül
- **S**zélessége mintegy 4 GHz, csillapítása a rezonanciafrekvencián 16 dB/km
- **A** csatornák közötti interferencia valószínűsége kicsi
- **A** már eléggé kicsi méretű antennának is igen keskeny a nyalábja
- **C**satornák közötti interferencia veszélye nélkül tetszőlegesen sok hasonló sebességű összeköttetés telepíthető
- **Az** összeköttetés megbízhatóságát az esőcsillapítás fogja megszabni

Tipikus adatok:

60 GHz-es berendezések

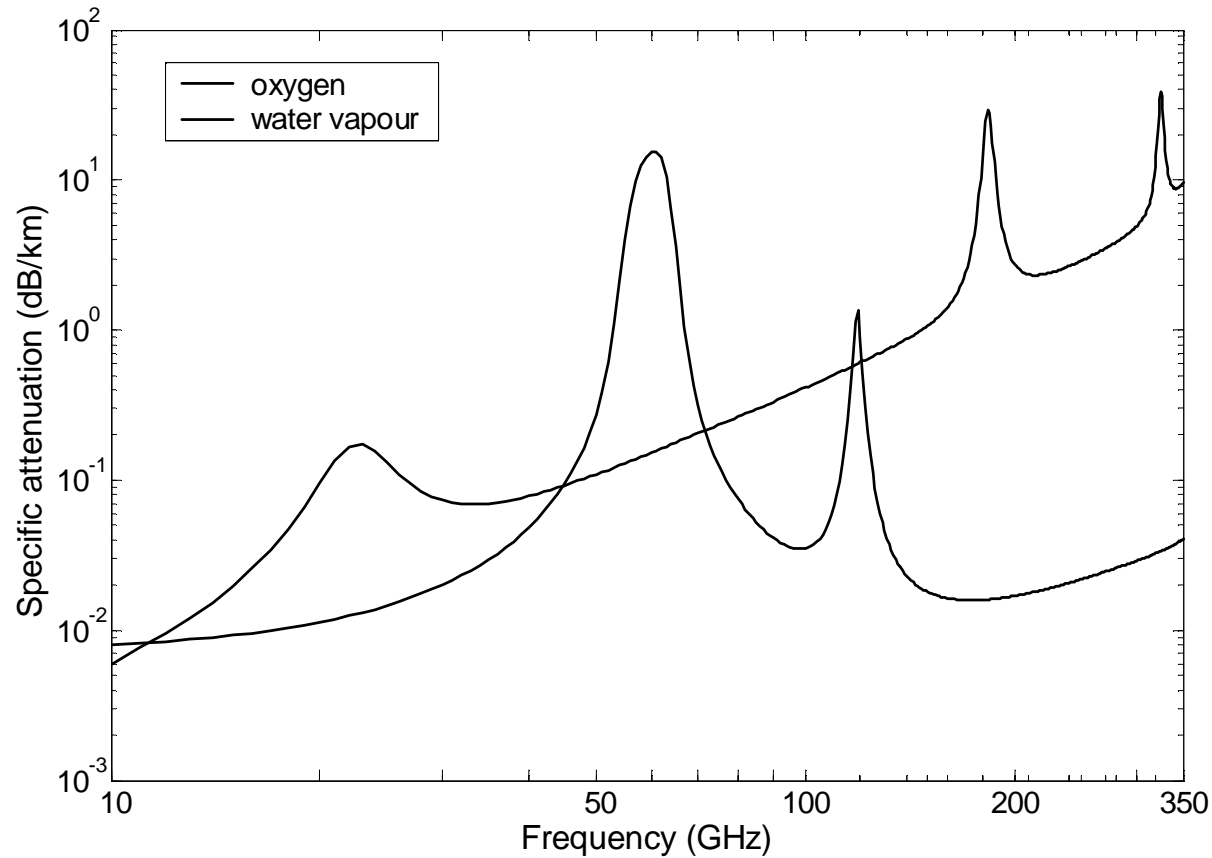
155 vagy 620 Mbit/sec sebességű jelátvitel

1 km-es szakasz áthidalására alkalmasak

Milliméteres hullámhosszúságú rendszerek – 70-90 GHz körüli frekvenciák

- Az ellátó hálózatban 1 km-nél nagyobb szakaszhossz mindenképpen kívánatos lenne
- Maximális szakaszhossz elérése: a legkisebb csillapítású frekvenciasávot kell választani hőmérséklettől és a levegő nedvességtartalmától függő légköri csillapítás 70-75 GHz körül a legkisebb → a Gbit/sec sebességű földi rádiórendszer létrehozására ez a legalkalmasabb
- Nagy megbízhatóságot kívánunk meg
- A csatornák elrendezését szabályozni kell → engedélyezési eljárásra szükség van, (szabványosítási-engedélyezési eljárások)
- Egy tipikus rendszer specifikációja:
 - 70 GHz frekvencia
 - 1 Gbit/sec sebesség
 - 128 QAM moduláció
 - 5 dBm adó teljesítménye
 - 5 dB zajtényező
 - 49 dB antennanyereség
 - 2 km szakaszhossz
 - 99,99% rendelkezésre állás az ITU C-D klimatikus zónáiban

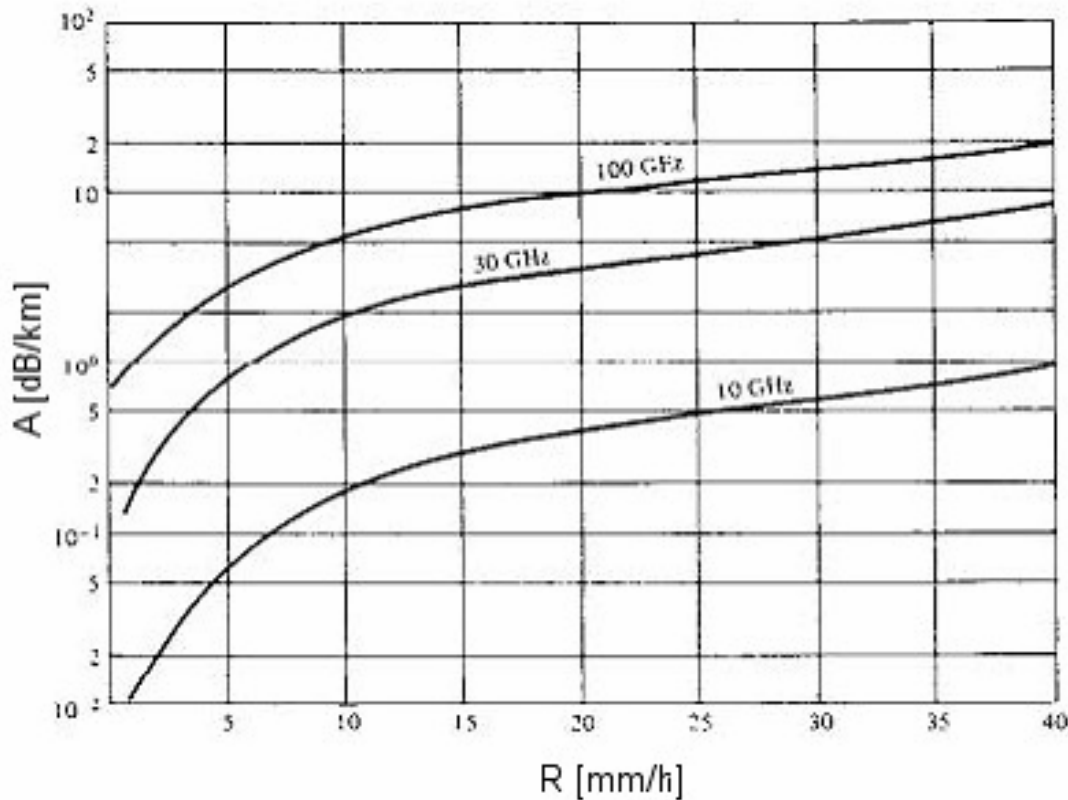
Hullámterjedés a milliméteres hullámhossztartományban-a légköri gázok hatása



**A légköri oxigén és vízgőz csillapításának
frekvenciafüggése**

- **Az** oxigén és a vízgőz hatása: ITU-R P. 676.
- **Az** oxigén légköri koncentrációja nagyjából konstansnak tekinthető, a hőmérséklettel enyhén csökken, a földrajzi helyzet csak enyhén befolyásolja.
- **A** légköri vízgőz koncentrációja jelentősen függ a hőmérséklettől és a páratartalomtól. Napi, évszakos és földrajzi szélességtől való függés egyaránt megfigyelhető.

Hullámterjedés a milliméteres hullámhossztartományban - a csapadék hatása 1.



Az eső csillapítása az esőintenzitás és a frekvencia függvényében

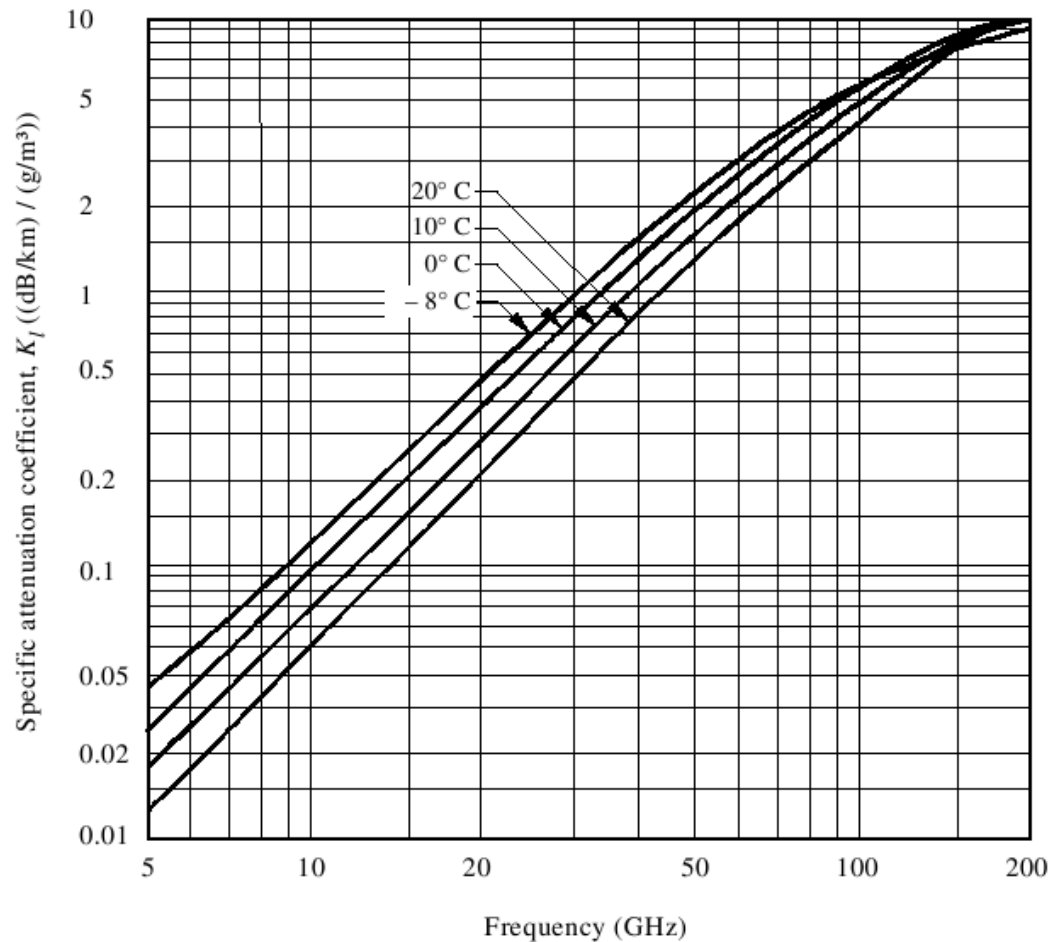
- **Az** eső csillapítása elsősorban a frekvenciától, az esőintenzitástól és az esőcseppek méretétől függ.

- Elsődleges okai az esőcseppek abszorpciója, a szóródás és a polarizáció elfordulás.

$$\gamma_R = kR^\alpha$$

- ITU-R P.838 ajánlás: Paraméterek táblázatos formában, értékei 55 GHz frekvenciáig vannak ellenőrizve

Hullámterjedés a milliméteres hullámhossztartományban - a csapadék hatása 2.

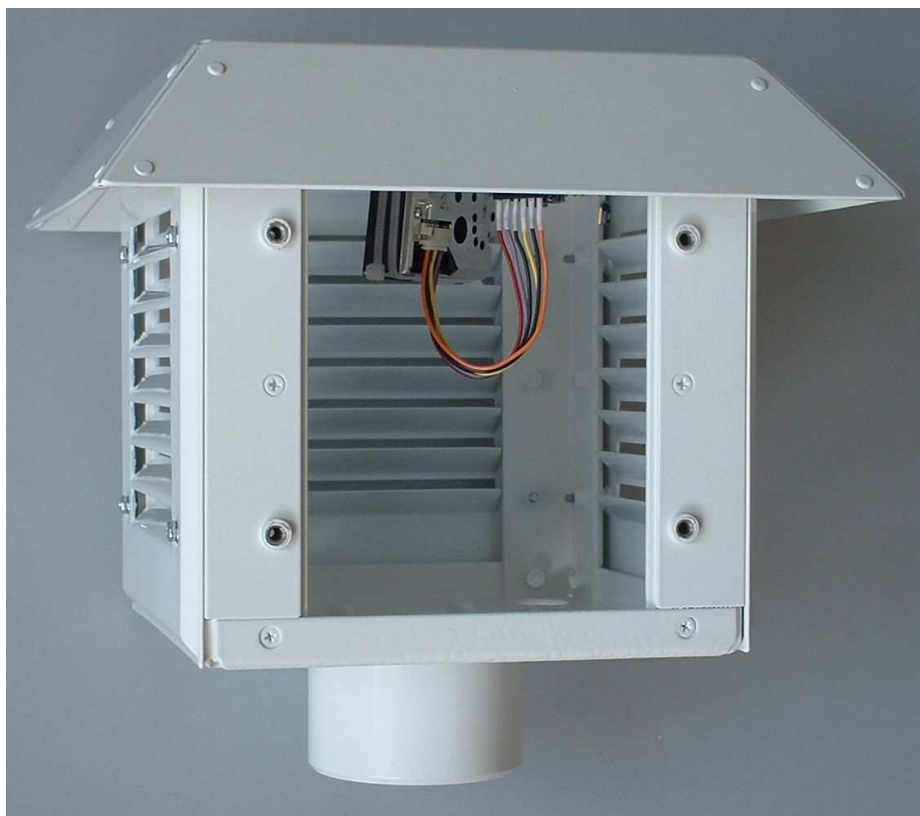


A ködben, valamint a felhőkben megtalálható folyékony víz fajlagos csillapítás együtthatója a frekvencia és levegő-hőmérséklet függvényében

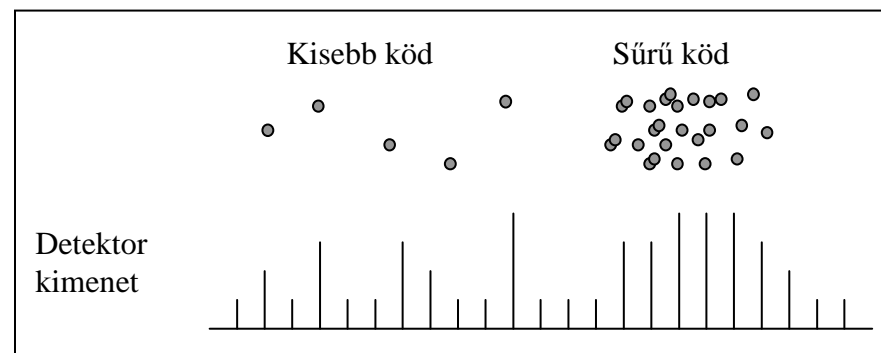
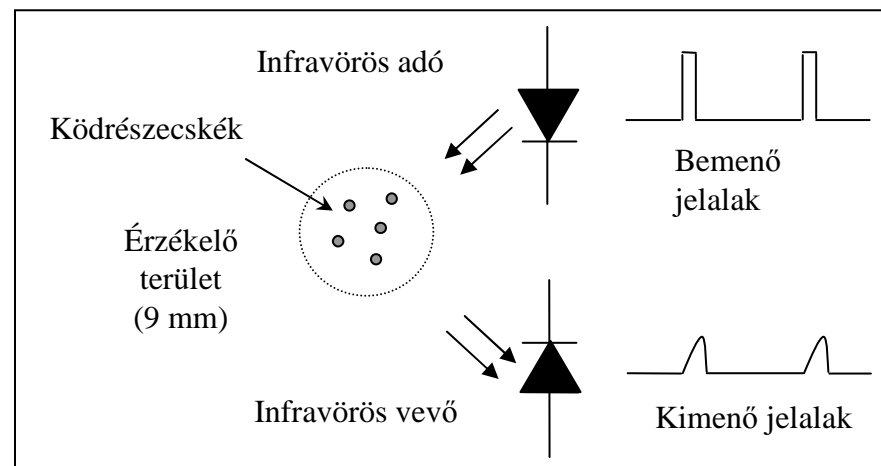
- **A** jég, valamint a hó csillapításával általában nem kell számolni (dielektromos állandója kicsi)
- **H**a az antenna radomján felhalmozódik, csillapításával számolni kell
- **A** havas eső (sleet) csillapítása 70-80 GHz frekvencián is számottevő
- **A** köd - apró részecskéi miatt - csillapító hatását már a 70-80 GHz-es sávban is figyelembe kell venni

$$\gamma_C = K_l M \quad \begin{array}{l} K_l [(\text{dB/km})/(\text{g/m}^3)] \\ M [\text{g/m}^3] \end{array}$$

Ködsűrűség és cseppméret érzékelő fejlesztése a BME-n



A ködmérő berendezés



A működés elve

Hullámterjedés a milliméteres hullámhossztartományban - a vegetáció hatása

- **A** 30 MHz es 60 GHz közötti sávokban elsősorban a rádióhullámok szóródásával magyarázható a vegetáció hatása
- **A** növényzet-csillapítással az ITU-R P.833 ajánlás foglalkozik.
- **M**agasabb frekvenciákra az ajánlásban szereplő modellt még nem verifikálták.
- **K**ülönösen fontos lehet egy 70-90 GHz frekvencián üzemelő rádióösszeköttetésen elvégzett mérési sorozat kiértékelése.

A 70-90 GHz-es frekvenciasáv szabványosítása 1.

- Az európai szabványosítási szervezetek jelenleg a 70-90 GHz-es frekvenciasáv szabványosításának igen korai stádiumában vannak.
- Az Amerikai Egyesült Államokban a szabványosítási procedúra 2003 óta tart. Az FCC (Federal Communications Commission) 2003 októberében elfogadott határozata: a 71-76 GHz-es, a 81-86 GHz-es és a 92-95 GHz-es frekvenciasávok használatával foglalkozó szabvány
- Igen keskeny nyalábszélességet alkalmaznak:
 - Sok pont-pont összeköttetés tud egymás közelében üzemelni anélkül, hogy egymásnak számottevő interferenciát okoznának.
 - Emiatt az FCC a frekvenciasávok viszonylag rugalmas és innovatív szabályozását fogadta el. Mindegyik sáv használatára korlátlan számú nem kizárólagos licenz kibocsátását engedélyezi. A 71-76 GHz-es és a 81-86 GHz-es sávot négy-négy 1,25 GHz-es sávra bontotta. Ezek a szegmenseket igény szerint tetszőlegesen aggregálhatóak.

A 70-90 GHz-es frekvenciasáv szabványosítása 2.

- 2004 februárjában a WCA (Wireless Communications Association) egy petíciót nyújtott be a FCC tervezetének átgondolására. Megemlézték, hogy az FCC-nek a határozat elfogadásakor több, a 70-80 GHz-es frekvenciasávot érintő technikai részlet elkerülte a figyelmét.
- Az FCC módosításokat eszközölt a 2003-as határozaton és 2005 márciusában elfogadta az FCC 05-45-ös határozatot.
 - Módosítások: használati jogot kiadása a 71-76 és 81-86 GHz-es sávokban csak alapos interferencia analízist követően
 - Az okozott interferencia csökkentése miatt eltörölték a korábban 36 dB-ben megállapított minimális jel-interferencia értéket.

Összefoglalás

- A vezeték nélküli hírközlés rohamos terjedésével a hálózatok egyre inkább telítette válnak
- A meglévők bővítése előbb-utóbb lehetetlenné válik, új frekvenciákat kell bevezetni
- Új nehézségek lépnek fel:
 - A nagyobb frekvenciájú berendezések technológiája bonyolultabb, azok drágábbak.
- Az új, milliméteres hullámhosszak előnyös újdonságokat hoznak:
 - A 60 GHz körüli frekvenciasávban igen sűrű hálózatokat lehet létrehozni az interferencia-zavartatás veszélye nélkül.
 - A 70-80 GHz-es sáv eddig rádión meg nem valósított nagy sáv szélesség átvitelét teszi lehetővé.
- A jövő rádió-hálózatai – ezeken belül az ellátó hálózatok – igen nagy mértékben fogják a milliméteres hullámú sávot használni.

Köszönöm a figyelmet!