

Az E-sáv használatbavétele mikrohullámú pont-pont összeköttetések céljára

Milliméteres hullámok – Kilométeres szakaszok - Gigabites kapacitások

Taszner István – Szántó Csaba (Magyar Telekom Nyrt.)

HTE Rádiótávközlési Szakosztály rendezvény, 2014.12.08.

Budapest, Szerémi út 4., "T-Mobile" épület



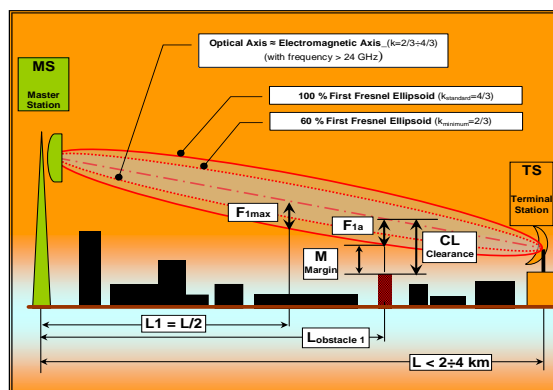
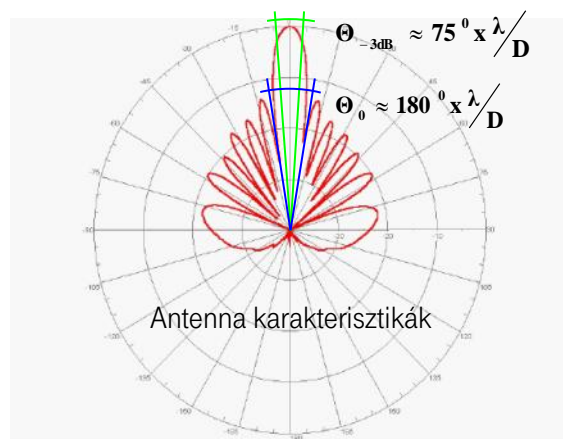
Témák

- Miért alkalmazunk mikrohullámú összeköttetéseket?
- Az alkalmazások korlátai, tervezési tényezők
- Az E-sáv jellemzői a 6-38 GHz-es sávokkal összevetve
- Hazai szabályozási és engedélyezési környezet bemutatása
- Néhány gyártó berendezéseinek összehasonlítása
- A gyakorlati tervezéssel kapcsolatos megfontolások
- Lehetséges alkalmazási területek
- A bevezetés tapasztalatai
- Berendezés bemutatása
- Kitekintés új sávokra



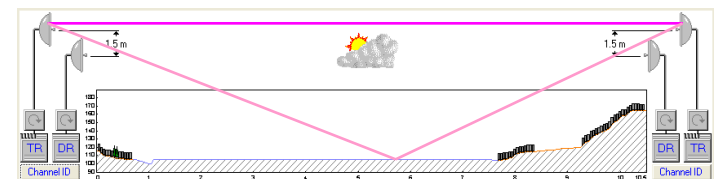
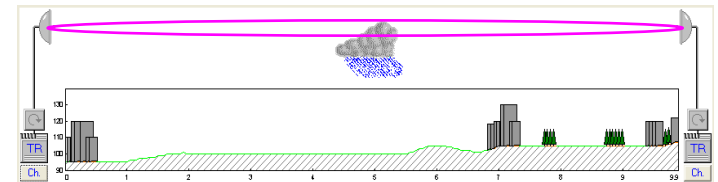
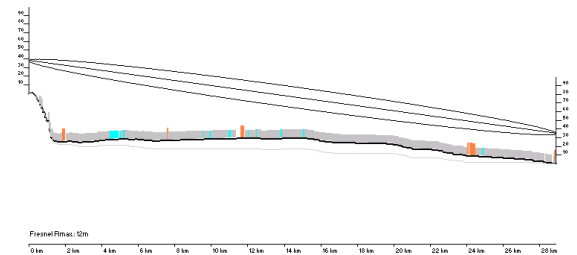
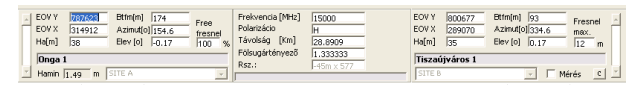
Miért alkalmazunk mikrohullámú összeköttetéseket?

- Szabadtéri terjedés \Rightarrow a végpontok közti térrészt nem érinti \Rightarrow gyors és egyszerű telepíthetőség
- Tervezhető rendszerparaméterek (frekvenciasáv, antenna méret, teljesítmény, modulációs mód, stb.) \Rightarrow Szakasztávolság 50m – 150km
- Magas vivőfrekvencia \Rightarrow Nagy hasznos vivő sávszélesség \Rightarrow Nagy átviteli kapacitás $\gg 1$ Gbps



Az alkalmazások korlátai, tervezési tényezők

- Szabad átlátás és Fresnel-zóna szükséges
 - Gondos tervezés
 - Digitális terepmetszet
 - Helyszíni szemle
- Atmoszférikus és eső csillapítás (>11 GHz)
 - ITU-R 530Rec. alapú számítás
 - Megfelelő fading tartalék \Rightarrow Av. >99,99%
- Többutas terjedés (<11 GHz)
 - Tér- és frekvencia diverzity megoldások
 - Plusz antenna és/vagy frekvencia igény
- Mechanikai stabilitás



Szabad átlátás és a mechanikai stabilitás problémái



ETS 300 833

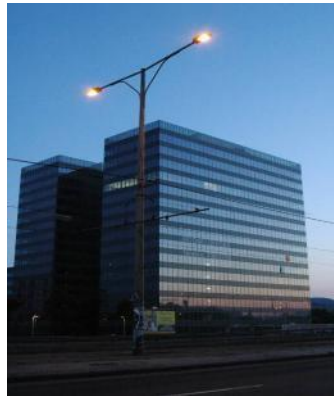
Antennas for point-to-point fixed radio systems operating in the frequency band 3 GHz to 60 GHz

For installation on trellis or towers, the deviation of the antenna main beam axis should not be more than 0,3 times the -3 dB beam width under the conditions specified in table A.2:

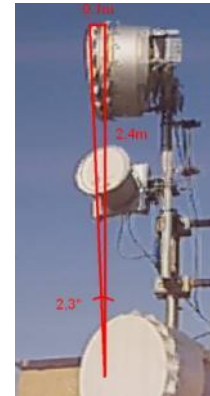
0,2°-1°

Table A.2

Antenna type	Wind velocity m/s (km/h)	Ice load (density 7 kN/m ³)
Normal duty	30 (110)	25 mm radial ice
Heavy duty	45 (164)	25 mm radial ice



Új épületek

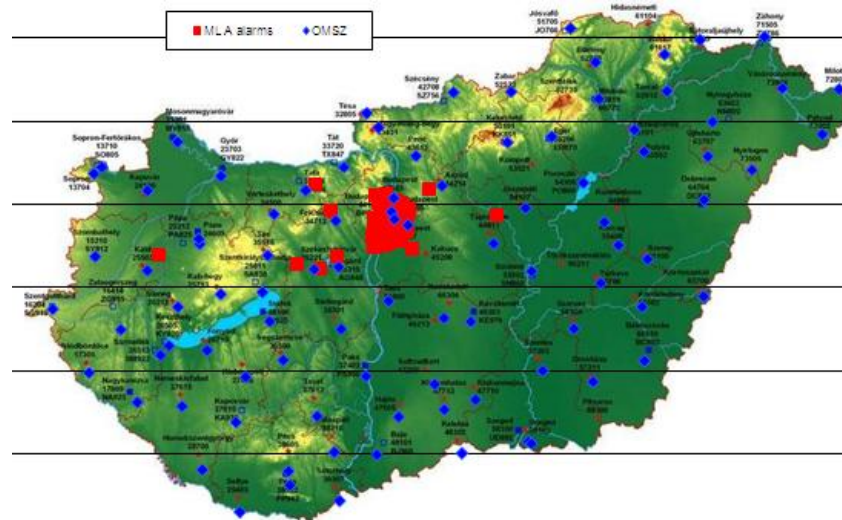


Nem megfelelő tartószerkezetek



Időjárás hatása

- Főbb zavaró tényezők:
 - Heves esőzés – „K” rain zone: 42mm/h
 - Szélvihar >100km/h
 - Villámlás
- ITU- R 530 ajánlás alapján méretezve lehetséges 99,9975% rendelkezésreállítás
- Az időjárási eseményt követően gyorsan helyreáll a működés



Nagy szakasztávolságú mikrohullámú berendezések

- Nagy kapacitás $10 \times \text{STM-1}$ / GbE
- Szakasztávolság $10-150 \text{ km}$, országos vagy földrész méretű hálózatok
- Antenna átmérő: $1-4 \text{ m}$

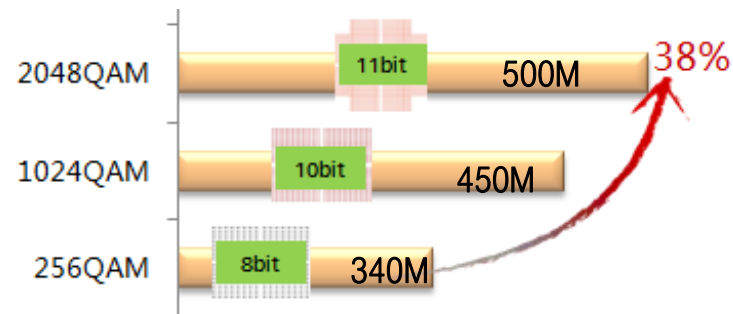


GTT4000/600	NEC DMR700	NEC DMR5000S
1962	'90	2008
Magyarország	Japan	Japan
600 Ch.	$(n+1) \times 140 \text{ Mbps}$	$(1-10) \times \text{STM-1/rack}$



Kis szakasztávolságú mikrohullámú berendezések

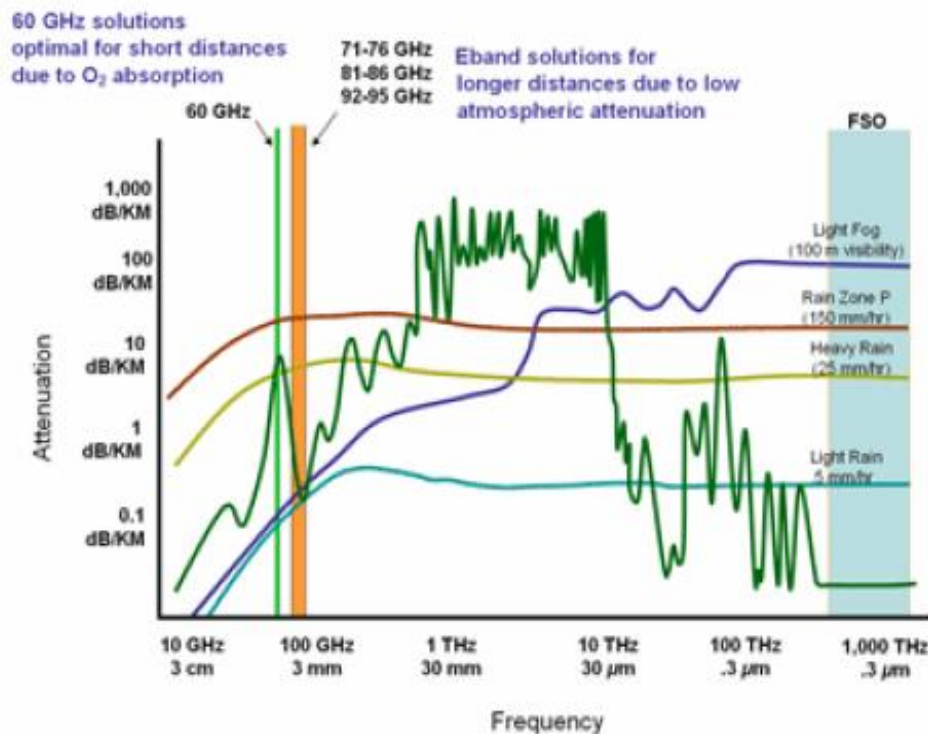
- Olcsó – könnyen telepíthető berendezések
- Kapacitás $4 \times 2\text{Mbps} - n \times 100\text{Mbps}$
- Szakasztávolság $50\text{m} - 30\text{km}$, országos méretű hálózatok
- Antenna átmérő : $0,17 - 1,2\text{m}$



NEC PL NEO	Huawei RTN 950	Fibear IP-10G
2006	2010-	2009-
10-156Mbps/PDH/SDH/ETH	10 - 362Mbps/ETH/PDH	10 - 340Mbps/ETH/PDH
4-128QAM	4-256QAM (ACM, ATPC)	4-256QAM (ACM, ATPC)



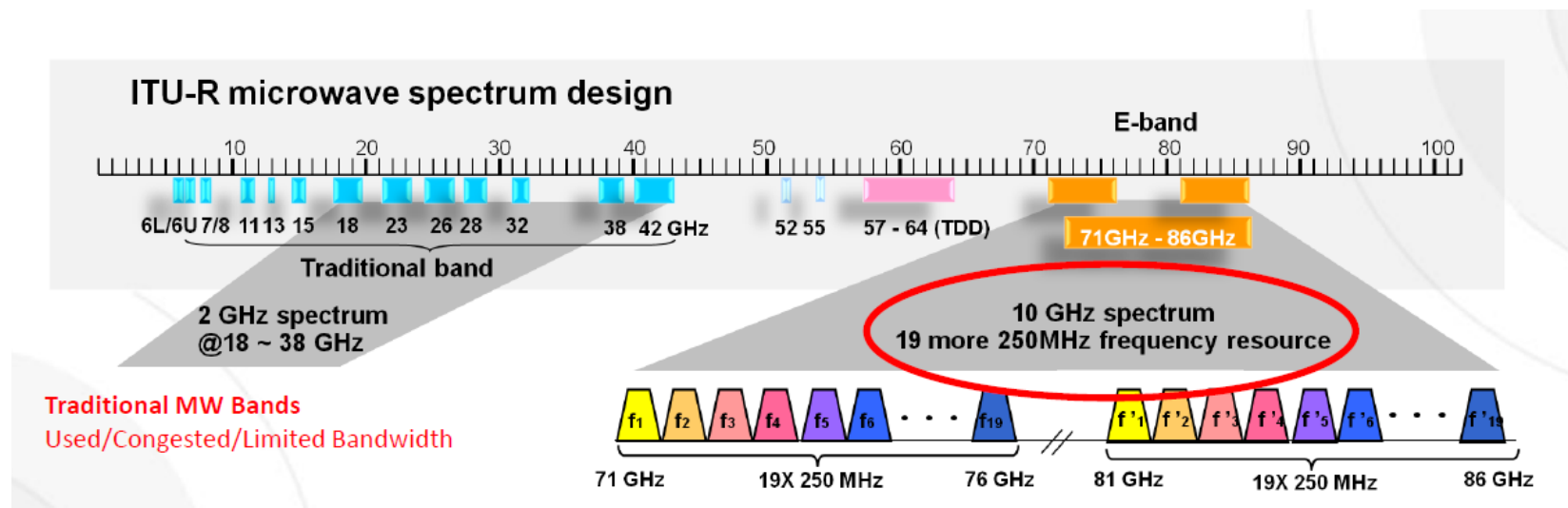
Megoldás a kapacitás növelésére – E-band



- Az atmoszférikus csillapítás összemérhető a 38GHz-es sávban ismerttel
- A rendelkezésre álló sáv lényegesen szélesebb



Az E-sáv jellemzői a 6-38 GHz-es sávokkal összevetve



Wide Channel and New Spectrum
19 Ch*250MHz

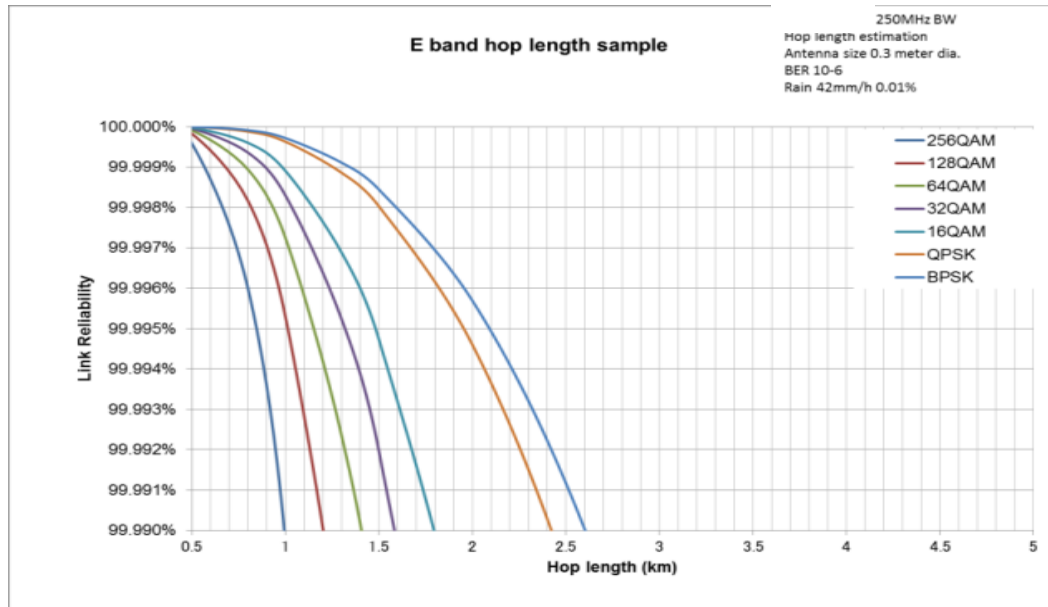
Hop length
1~3km

High Capacity
1G~5G

Pencil Beam
<1°



Szakasztávolságok - rendelkezésreállítás

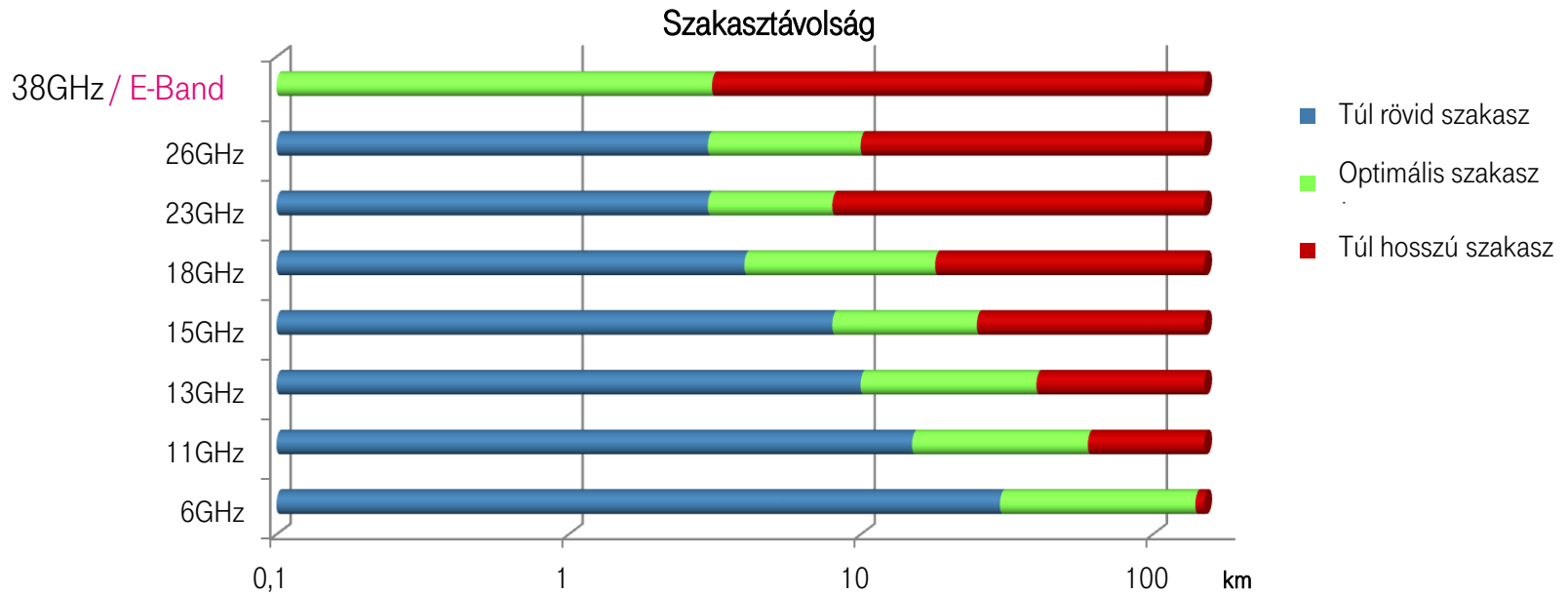


Antenna Diameter: 60cm Rain Zone: K (42mm/h, 0.01%)

Modulation	QPSK	16QAM	64QAM	256QAM
Channel Size (MHz)	250	250	250	250
Capacity (Mbps)	300/400	800	1200	1600
Tx Power (dBm)	+18	+13	+11	+9
System Gain (dB)	85	74	67	59
Antenna Gain (dBi)	50	50	50	50
Distance @99.999% (m)	1500	1200	1000	800
Distance @99.99% (m)	3100	2400	2000	1500



Tipikus szakasztávolságok



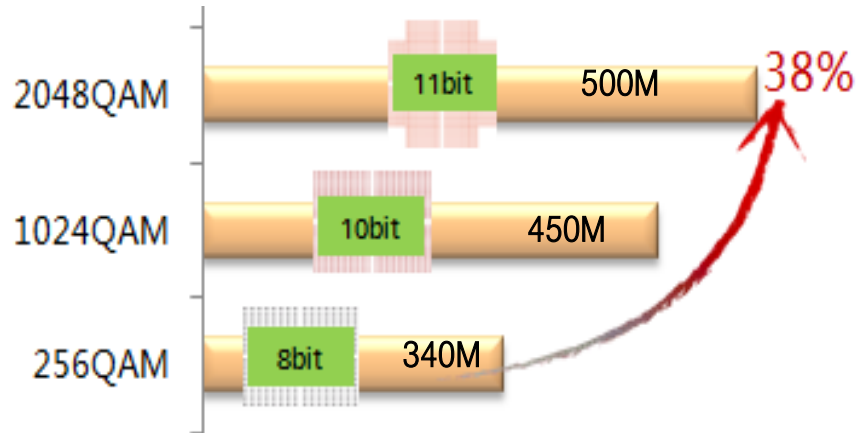
	6GHz	11GHz	13GHz	15GHz	18GHz	23GHz	26GHz	38GHz / E-Band
Antenna méret (m)	2 - 4	1,2 - 3	0,6 – 1,8	0,6 – 1,8	0,6 – 1,8	0,3 – 0,6	0,3 – 0,6	0,3 – 0,6
Rövid szakasz	<20	<15	<10	<8	<4	<3	<3	-
Optimális (km)	20-140	15-60	10-40	8-25	3-18	3-8	3-7	0-3
Hosszú szakasz	>140	>60	>40	>25	>18	>8	>10	>3

Tipikus értékek: 99,9975% - ITU-R 530, „K” csapadék zóna



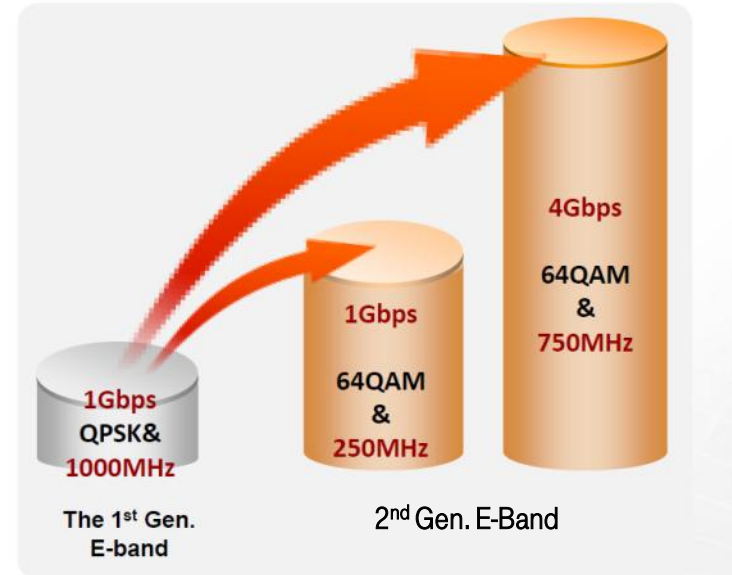
Átviteli kapacitások

Hagyomány sávok (6-38GHz)



- Tipikusan: 7-56MHz csatornaosztás
- Lehetőségek a kapacitás növelésre
 - Modulációs mód váltás
 - XPIC
 - LoS MiMo

E-sáv (71-76 és 81-86GHz)

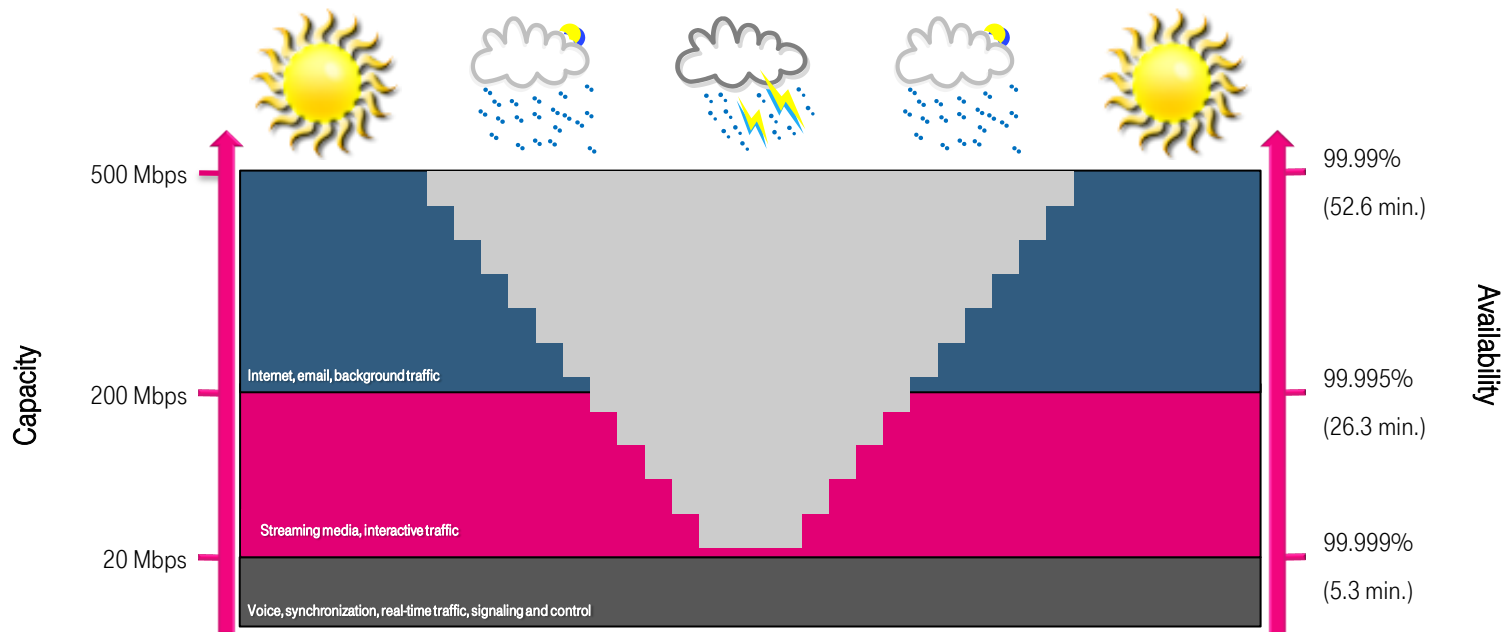


- Tipikusan: 250-500 MHz csatornaosztás
- Lehetőségek a kapacitás növelésre
 - Modulációs mód váltás
 - Link aggregáció



Adaptív moduláció

- Hitless/Errorless Adaptive bandwidth Coding and Modulation
- Moduláció: 64 QAM → QPSK – 25dB System Gain javulás
- Csatorna sávszélesség– 500 MHz → 125 MHz, 250 MHz to 62.5 MHz
- QoS prioritásokat követő forgalmi csomagdobás



ETSI szabályozás

Channel allocation:

- FDD channels of $n \cdot 500$ MHz width ($n = 1 \dots 9$) in the band 71 GHz to 76 GHz or 81 GHz to 86 GHz
- FDD channels of $n \cdot 250$ MHz width ($n = 1 \dots 19$) in the band 71 GHz to 76 GHz paired with 81 GHz to 86 GHz
- The FDD channel arrangement is according to CEPT/ETSI using 2x250 MHz or 2x500 MHz channels with 10 GHz duplex separation

EIRP limit (dBm):

- $\leq +85$ (Radio Regulation Art 21) for $G_{\text{ant}} \geq 55$ dBi
- $\leq +85 - (55 - G_{\text{ant}})$ for $55 \text{ dBi} > G_{\text{ant}} \geq 45$ dBi
- $\leq +75 - 2 \cdot (45 - G_{\text{ant}})$ for $45 \text{ dBi} > G_{\text{ant}} \geq 38$ dBi

- **Minimum G_{ant} (dBi) ≥ 38**

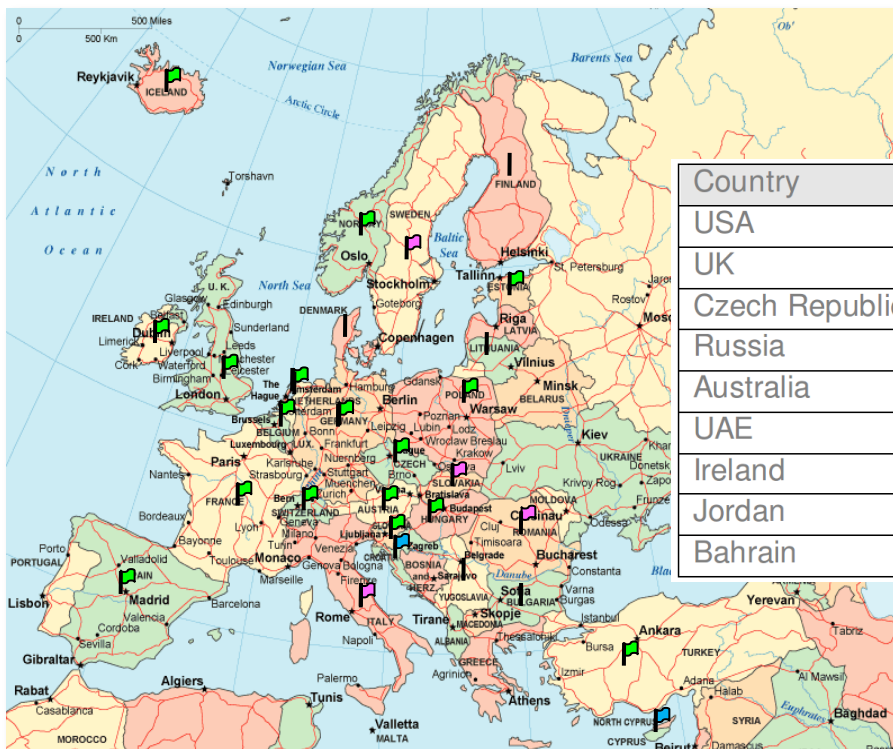
Rain induced fading periods:

- Equipment with integral antennas operating in nominal un-faded conditions, are permitted to raise their emission up to a level of:
EIRP (dBm) $\leq +35 + G_{\text{ant}}$ (dBi) or
 $\leq +85$ dBm (whichever is the lower)

Forrás: ETSI EN 302 217-3 V1.3.1 (2009-07)



Nemzetközi szabályozás

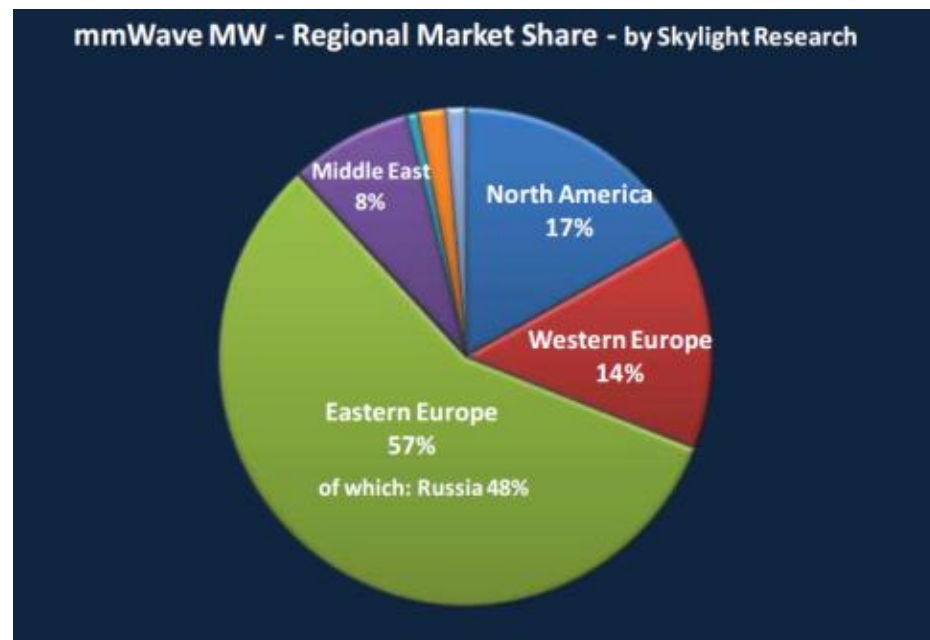


Country	E-band license structure	Typical E-Band license fee
USA	On-line light license	\$75 for 10-year license
UK	Light license	£50 per year (~\$100)
Czech Republic	Unlicensed	Free of charge
Russia	Light license	Minimal registration fee
Australia	Light license	AU\$187 per year (~\$175)
UAE	Traditional PTP	4,500 Dirhams per year (~\$1,200)
Ireland	Traditional PTP	€952.30 per year (~\$1,500)
Jordan	Traditional PTP	JD200 per year (~\$300)
Bahrain	Traditional PTP	1% of generated link revenue

- 🇩🇪 **Regulated Countries:** Hungary, Albania, Czech republic, Latvia, Lithuania, Macedonia, Poland, Russia, Slovakia, Slovenia, Austria, Belgium, Cyprus, Denmark, Finland, France, Germany, Iceland, Ireland, Liechtenstein, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Switzerland, Turkey, UK
- 🇨🇷 **Allocated Countries:** Croatia, Estonia, Romania, Serbia, Greece, Italy, Sweden
- 🇧🇬 **Under Study:** Bulgaria



Nemzetközi elterjedtség



- Az eladások rohamosan növekednek, de a piaci részesedés még alacsony
- Kelet-Európa és Oroszország jelentős felhasználó (Metro hálózatok)



Hazai szabályozási és engedélyezési környezet

- A polgári frekvenciagazdálkodás egyes hatósági eljárásairól szóló rendelet (Pfgr.) **2010. április 3-i** hatállyal vezette be az **egyszerűsített rádióengedély** fogalmát.
 - Egyszerűsített rádióengedély: a frekvenciasávok felhasználási szabályainak megállapításáról szóló jogszabályban meghatározott frekvenciák használati jogának – **kizárólag elektronikus úton tett bejelentés alapján** történő, egyedi rádióengedélynek minősülő – **hatósági nyilvántartásba vétele**.
- A nemzeti frekvenciafelosztás megállapításáról szóló 15/2012. (XII.29.) NMHH rendelet (FNFT) hatálybalépése (**2012. XII. 30.) tette kijelölhetővé az E-sávot.**
 - H217: Az 57–59 GHz sáv az ECC/REC/(09)01 Ajánlás alapján, a **71–76 GHz és a 81–86 GHz sáv** az ECC/REC/(05)07 Ajánlás alapján az állandóhelyű szolgálat keretében állandó telephelyű, **digitális pont-pont rendszerek részére polgári célra elsődleges jelleggel kijelölt**, nem polgári célra elsődleges jelleggel tervezett.
- A polgári célra használható frekvenciasávok felhasználási szabályainak a megállapításáról szóló 2/2013. (I.7.) NMHH rendelet (RAT) hatálybalépése (**2013. I.8.) sorolta az E-sávot a felhasználható sávok közé** és határozta meg a speciális feltételeket.
 - 2. melléklet II. fejezet 3. pont : ...tetszőleges csatornaosztás alkalmazható..., Üzemben tartás egyszerűsített rádióengedély alapján



Hazai szabályozási és engedélyezési környezet

- A frekvencialekötés és használat díjáról szóló 1/2011. (III.31.) NMHH rendelet **2013. szeptember 20-i** hatályú módosítása megszabja a **frekvenciahasználati díjat**.
 - 16. §:(6) Az egyszerűsített rádióengedélyezési eljárásban engedélyezett állomások után fizetendő **frekvenciahasználati díj 600 Ft/állomás/hó**.
- Az **egyszerűsített engedélyezés** indításának az első dátuma: **2014. január 2**
- Az ekkor fellelt hibák után 2014. március 17-én került ki a javított verzió
- Az egyszerűsített engedélyezési rendszer továbbfejlesztése folyamatban van

Új összeköttetés kérelmezése

A pros csillaggal jelelt mezők megadása kötelező, köztükik nélkül az űrlap nem küldhető be!

Állomás azonosító			
Állomás neve			
Telephely címe	Település:		
	Utca:		
	Házzszám:		
Koordináta (WGS)			
Állomás osztálya			
Szolgálat típusa			
Berendezés típusa			
Berendezés gyártója			
Adófrekvencia (MHz)			
Vevő frekvencia (MHz)			
Adásmód, sávszélesség			
Moduláció típusa			
Maximális adatátviteli sebesség (Mbps)			
Adó kimenő teljesítménye (dBW)			
EIRP (dBW)			
Átlagos bemenőszint (dBW)			
Megszakadási küszöbszint (dBW)			
Antenna föld feletti magassága (m)			
Antenna tengerszint feletti magassága (m)			
Antenna típusa			
Antenna gyártója			
Főirányú nyeresége (dBi)			
Antenna 3 dB-es nyílásszöge (fok)			
Főugárási irány (fok)			
Eleváció (fok)			
Polarizáció			
Üzemeltetés kezdete			

Ünneptűzés:
Beműködő cég: CallDómóki Kábeltelevízió Műsorelosztó Kft.
Beműködő személy:

Ellenőrzés Nyomtatás

Beütközött űrlapjával kapcsolatban elektronikus úton fog értesítést kapni.

Forrás: dr. Fiala Károly - Az E-sávú engedélyezés jogszabályi háttere



Néhány gyártó berendezéseinek összehasonlítása

Model	Gyártó 1	Gyártó 2	Gyártó 3 TDD	Gyártó 3 FDD
TR Spacing	FDD 10GHz	FDD 10GHz	TDD	FDD
Modulation	QPSK-256QAM	QPSK-64QAM	QPSK/16QAM	QPSK/16QAM
Channel bandwidth	50/250/500MHz	250/500MHz	250/500MHz	250/500MHz
Max. Throughput	3.2Gbps	2Gbps	1Gbps Aggregated	1Gbps Full duplex
Adaptive Modulation	ACM	ACM & Adaptive chBW	ACM	ACM
System Gain (64QAM)	73dB/250MHz 71dB/500MHz	77dB /250MHz 74dB /500MHz	68dB/250MHz 64dB /500MHz	68dB /250MHz 64dB /500MHz
ODU Interfaces	3GE: 3xRJ45 or 1-2xSFP + RJ45	3GE: 1xRJ45 +2xSFP	4GE: 2xRJ45 +2xSFP	4GE: 2xRJ45 +2xSFP
Synch Features	SyncE	SyncE, 1588v2	SyncE, IEEE 1588	SyncE, IEEE 1588
PoE	Yes	Yes	Yes	Yes
Antenna typical 3dB Beam Width		0,3m -> 0.8'	0,6m -> 0.5'	



A gyakorlati tervezéssel kapcsolatos megfontolások

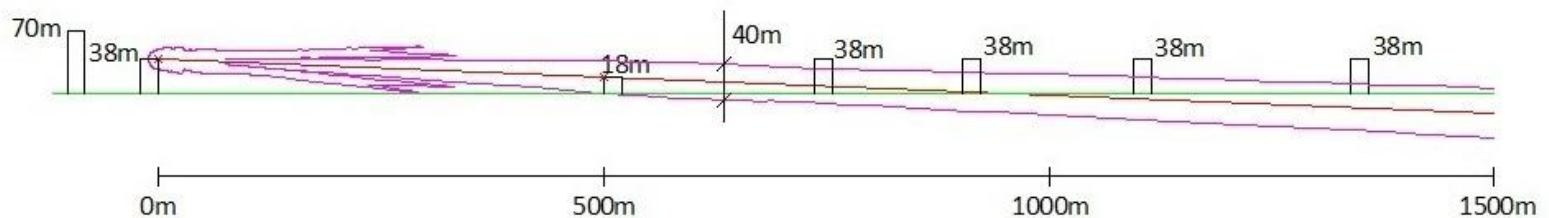
Extrém keskeny főnyaláb: $0,8^\circ$ (3dB)



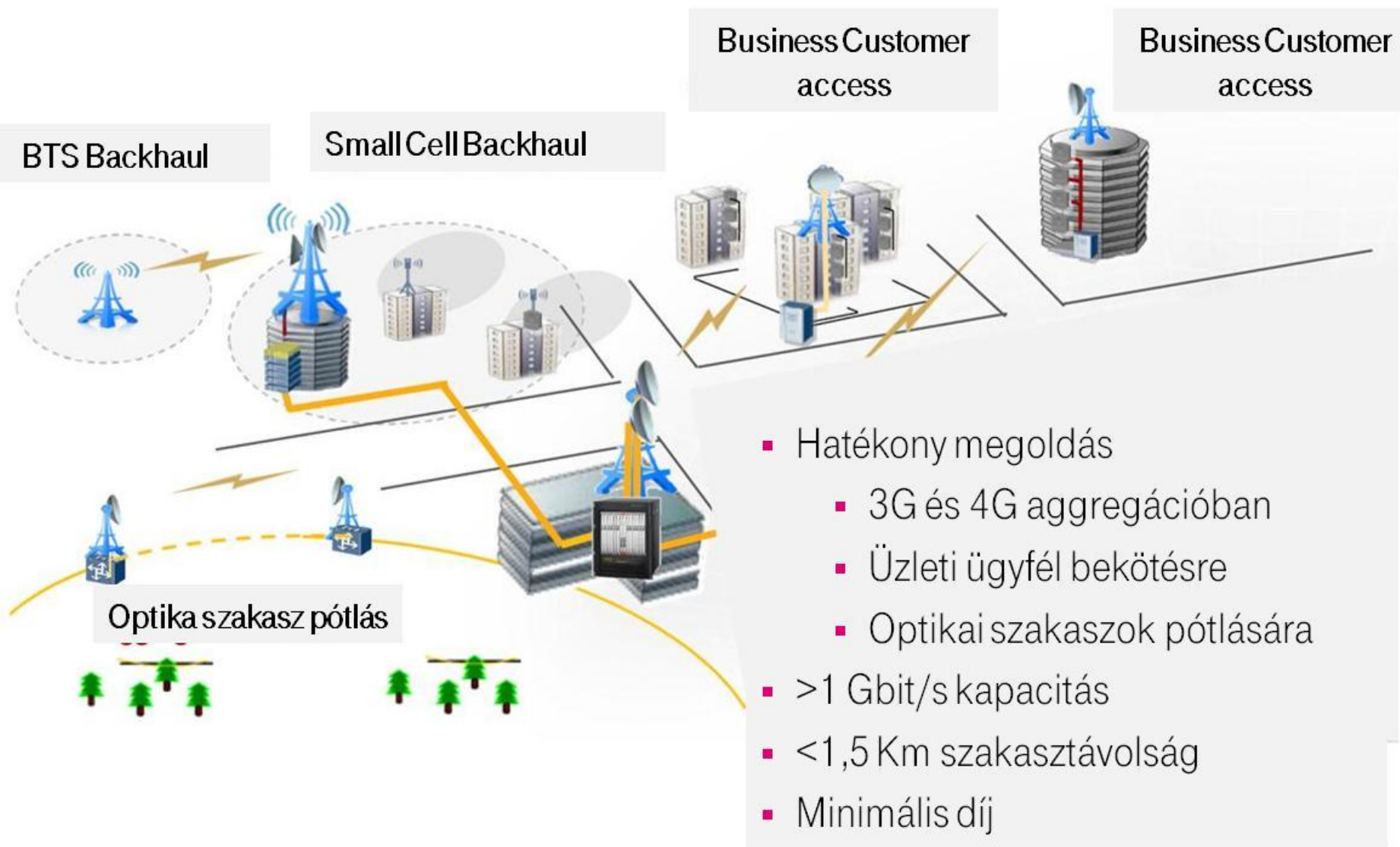
Rendelkezésre állás:

- ITU - K eső zóna
- 0,3m -es antenna
- 99,9975% tervezett rendelkezésre állás
- 1,5km-es szakasztávolság ✓

A keskeny nyaláb miatt az elevációs védelem is jelentős lehet:

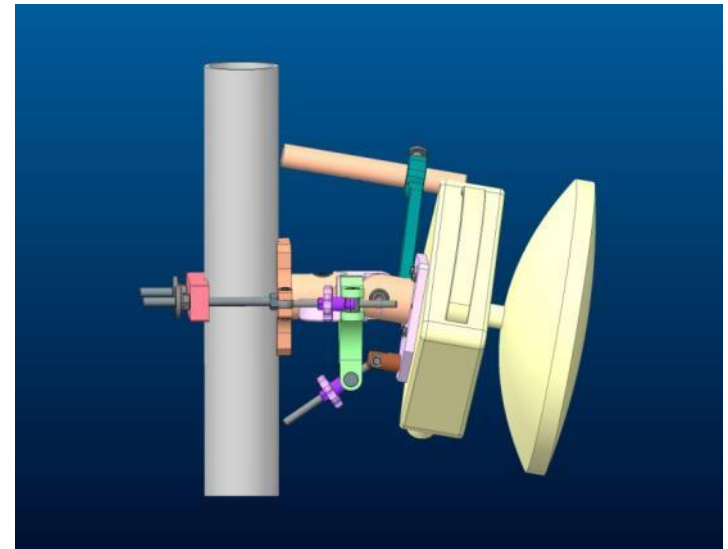


Lehetséges alkalmazási területek

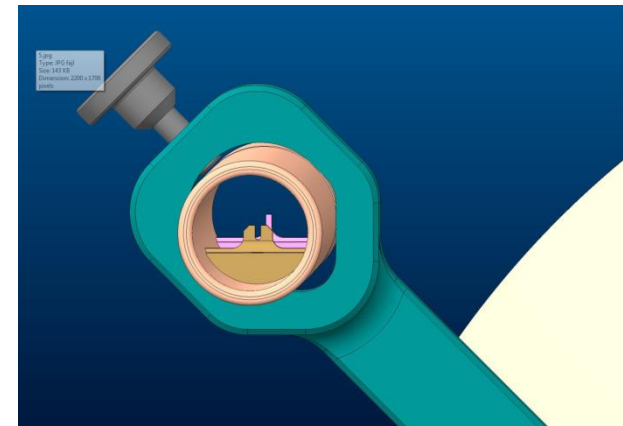
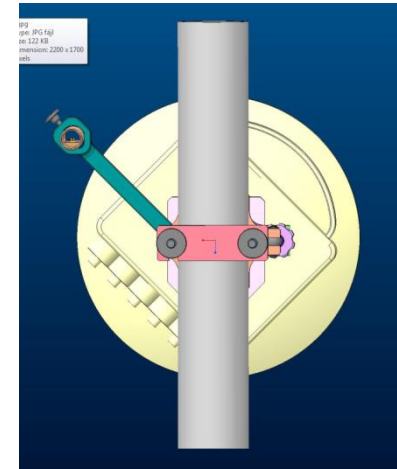


A bevezetés tapasztalatai

- Pozitívumok:
 - Egyszerű és gyors beltéri egység szerelés
 - CAT5E kábelezés mindenhova
 - Gyors programozás előre gyártható konfigurációkkal
- Negatívumok:
 - Nehéz antenna irányba állás



Antenna irányba állás segédeszköze



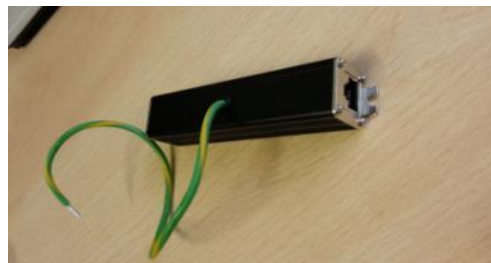
Berendezés bemutatása

Gyakorlati bemutató valós eszközökkel



Berendezés bemutatása

Gyakorlati bemutató valós eszközökkel



Adaptív moduláció (ACM) működése I.

Radio [10.39.35.17]

Radio

Tx Frequency (MHz): 84375
Mode: adaptive
Alignment Status: inactive
Modulation: qam64
Sub Channels: 4
Tx Link ID: 0
Rx Link ID: 0
Tx Power (dBm): -1
Tx Mute: disable
Tx Mute Timeout (sec): 60

Oper. Status: up
Tx State: normal
Rx State: normal

Rx Frequency (MHz): 74375
Channel Width (MHz): 500
Role: auto
Role Status: master
Repetitions: 1
FEC Rate: 0.5
Loopback: disabled
Loopback Timeout (sec): 60

RFI (dBm): -43
RSSI (dBm): -43
CINR (dB): 25

Modulations

Frequency	Modulation	Sub Channels	Repetitions	FEC Rate	CINR Low	CINR High	Backoff
any	qpsk	1	4	0.5	-12	15	5
any	qpsk	2	2	0.5	11	16	8
any	qpsk	4	1	0.5	12	18	8
any	qam16	4	1	0.5	17	22	8
any	qam64	4	1	0.5	21	127	8

Interface

Refresh Timeout (sec): 0 Start Rollback Apply Close

CINR = Carrier to Interference+Noise Ratio
which is basically "signal to noise ratio" in dB



Adaptív moduláció (ACM) működése II.

```
10.39.35.17 - PuTTY
login as: admin
FA-70F, S/N: F347048840, Ver: 5.0.4 10306
admin@10.39.35.17's password:

Fehervariut1-KaposvaruM-2>show rf

rf operational          : up
rf tx-state             : normal
rf rx-state             : normal
rf cinr                 : 25
rf rssi                 : -43
rf channel-width       : 500
rf tx-frequency        : 84375
rf rx-frequency        : 74375
rf role                 : auto
rf role-status         : master
rf tx-mute              : disable
rf tx-mute-timeout     : 60
rf mode                 : adaptive qam64 4 1 0.5
rf alignment-status    : inactive
rf lowest-modulation   : qpsk 1 4 0.5
rf tx-asymmetry        : 100tx-100rx
rf rx-link-id          : 0
rf tx-link-id          : 0
rf tx-temperature      : 22
rf rx-temperature      : 23
rf loopback-timeout    : 60
rf loopback            : disabled
rf tx-power             : -1
rf long-range-mode     : false

Fehervariut1-KaposvaruM-2>
```

```
10.39.35.17 - PuTTY
Feb 13 20:45:49 sw cad: Cold start: power failure reset
Feb 13 20:46:24 sw cad: link down eth eth1
Feb 13 20:46:24 sw cad: link down eth eth2
Feb 13 20:46:24 sw cad: link down eth eth3
Feb 13 20:46:24 sw cad: link down eth eth4
Feb 13 20:46:24 sw cad: SFP inserted eth2
Feb 13 20:46:24 sw cad: SFP inserted eth4
Feb 13 20:46:24 sw cad: link down eth eth0
Feb 13 20:46:24 sw cad: ref-clock change host ql-eeec1
Feb 13 20:46:24 sw cad: modulation change qpsk 1 4 0.5
Feb 13 20:46:24 sw cad: link up eth eth3
Feb 13 20:46:41 sw cad: link up eth eth0
Feb 13 20:46:43 sw cad: modulation change qpsk 2 2 0.5
Feb 13 20:46:43 sw cad: modulation change qpsk 4 1 0.5
Feb 13 20:46:44 sw cad: modulation change qam16 4 1 0.5
Feb 13 20:46:44 sw cad: modulation change qam64 4 1 0.5
Feb 13 20:46:50 sw cad: modulation change qam16 4 1 0.5
Feb 13 20:46:50 sw cad: modulation change qpsk 2 2 0.5
Feb 13 20:46:51 sw cad: modulation change qpsk 1 4 0.5
Feb 13 20:46:56 sw cad: link down eth eth0
Feb 13 20:46:56 sw cad: link up eth eth0
Feb 13 20:46:58 sw cad: modulation change qpsk 2 2 0.5
Feb 13 20:46:59 sw cad: modulation change qpsk 4 1 0.5
Feb 13 20:46:59 sw cad: modulation change qam16 4 1 0.5
Feb 13 20:47:00 sw cad: modulation change qam64 4 1 0.5
Feb 13 20:52:20 sw cad: link up eth eth2
Feb 13 20:52:48 sw cad: link down eth eth3
May 25 15:10:19 sw cad: modulation change qam16 4 1 0.5
May 25 15:10:27 sw cad: modulation change qpsk 4 1 0.5
May 25 15:10:42 sw cad: modulation change qam16 4 1 0.5
May 25 15:10:48 sw cad: modulation change qpsk 4 1 0.5
May 25 15:10:49 sw cad: modulation change qam16 4 1 0.5
May 25 15:11:02 sw cad: modulation change qam64 4 1 0.5
May 25 15:11:03 sw cad: modulation change qam16 4 1 0.5
May 25 15:11:06 sw cad: modulation change qam64 4 1 0.5
May 25 15:11:40 sw cad: modulation change qam16 4 1 0.5
May 25 15:12:10 sw cad: modulation change qam64 4 1 0.5
Jul 11 15:40:46 sw cad: modulation change qam16 4 1 0.5
Jul 11 15:41:39 sw cad: modulation change qam64 4 1 0.5
Jul 28 16:12:37 sw cad: modulation change qam16 4 1 0.5
Jul 28 16:13:10 sw cad: modulation change qpsk 4 1 0.5
Jul 28 16:13:57 sw cad: modulation change qam16 4 1 0.5
Jul 28 16:14:10 sw cad: modulation change qam64 4 1 0.5
Aug 4 02:01:07 sw cad: modulation change qam16 4 1 0.5
```



Kitekintés új sávokra

- 3,4-3,8 GHz-es sáv:
 - 3,5GHz-es P-mP rendszerek kivezetése - 2016Q2
 - Mobil alkalmazás 2020 körül LTE-A részére
- 32 GHz-es pályázat:
 - 26GHz, 38GHz és 70GHz mellett kevés a műszaki indok
 - 112MHz-es csatorna hasznos, ha kedvezőek a feltételek
- 60 GHz-es sáv:
 - várhatóan megnyílik jövőre egyszerűsített rádióengedélyezéssel
 - technológia-semleges használat
 - A 70GHz-es sáv komplementere pl. Small-Cell backhaul célokra
- 2,3 GHz-es TDD sáv:
 - várhatóan 2016-ban lesz engedélyezettetés



Kérdések?

