

WiGig az elméletben és a gyakorlatban

Balogh Attila, Magyar Telekom



Wireless Gigabit Alliance

HD Computer Display
And HD Multimedia



Protocol
Adaptation
Layer
(WDE³ PAL)



MAC/PHY

Computer I/O, Peripherals,
and Mobile Devices

Protocol
Adaptation
Layer
(WSD⁴ PAL)
(WBE¹ PAL)
(WSE² PAL)



IEEE 802.11ad



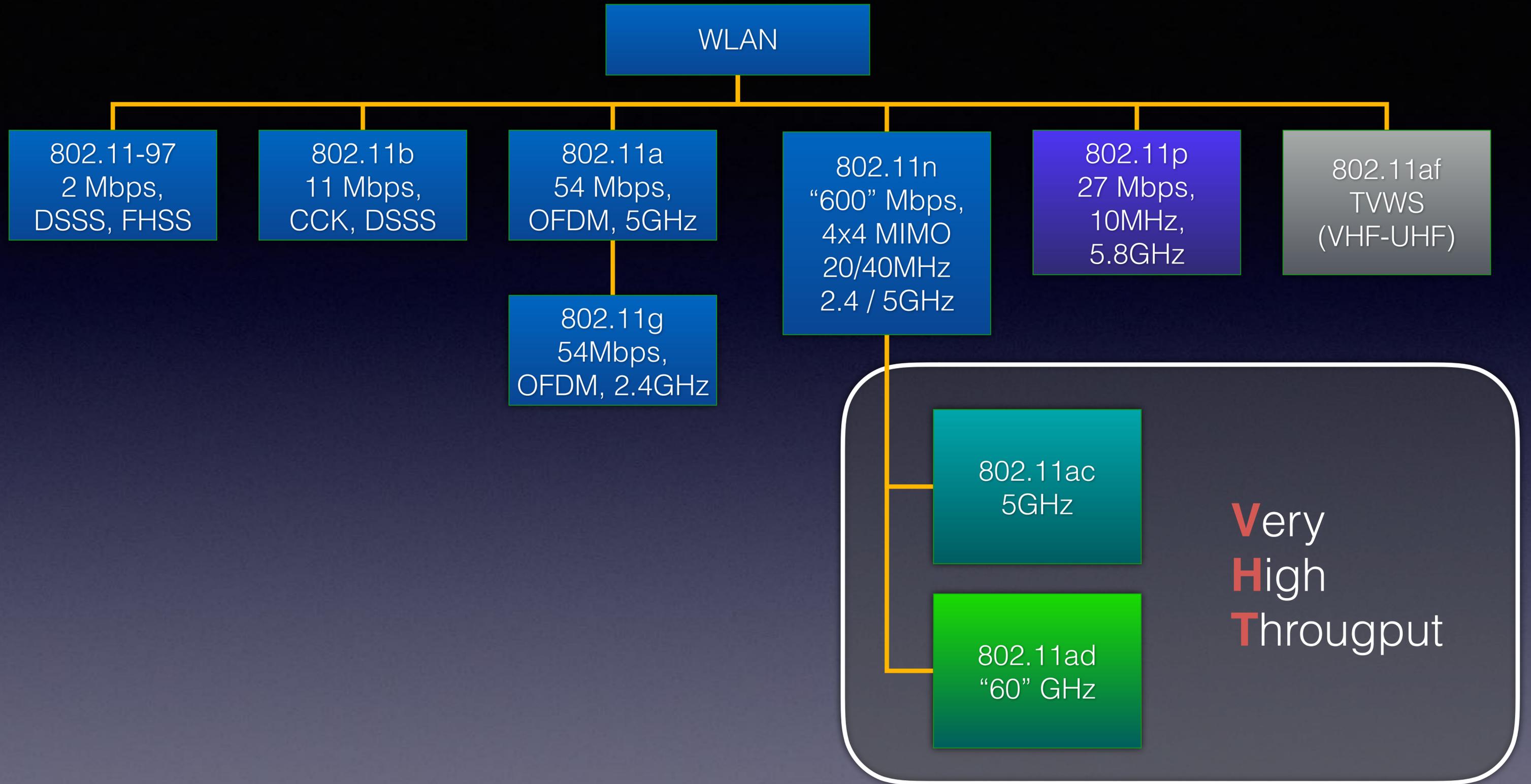
Wireless Gigabit Alliance[®]
MAC/PHY v1.2
is word-for-word identical to...



Approved IEEE 802.11ad final text
(published in Dec 2012).

Történelmi áttekintés

- 2007 - Wireless Gigabit association megalakul
- 2009 - WiGig1.0 + WiFi alliance cooperation
- 2012 - IEEE 802.11ad-2012
- 2013 - a WiGig beleolvad a WiFi alliance-be



802.11aj

- CMMW/CMMG
- 802.11ad “rebranded” to 45GHz
- 42.3 - 47.0 GHz, 47.2 - 48.4 GHz
- 540MHz és 1080MHz csatornák
- SC vagy OFDM átvitel,
- 4Gbps channel data rate 2 spatial streams

802.11ad áttekintés

- 2.4GHz és 5GHz telített, valódi “gigabit” sebesség nem megoldható
- végre van globálisan elérhető, szabad spektrum
- 802.11-2012 extension, új MAC/PHY réteg - eredetileg rövid, nagy kapacitású linkekhez
- ad-hoc point-to-point hálózat irányított kapcsolatokkal

802.11ad áttekintés

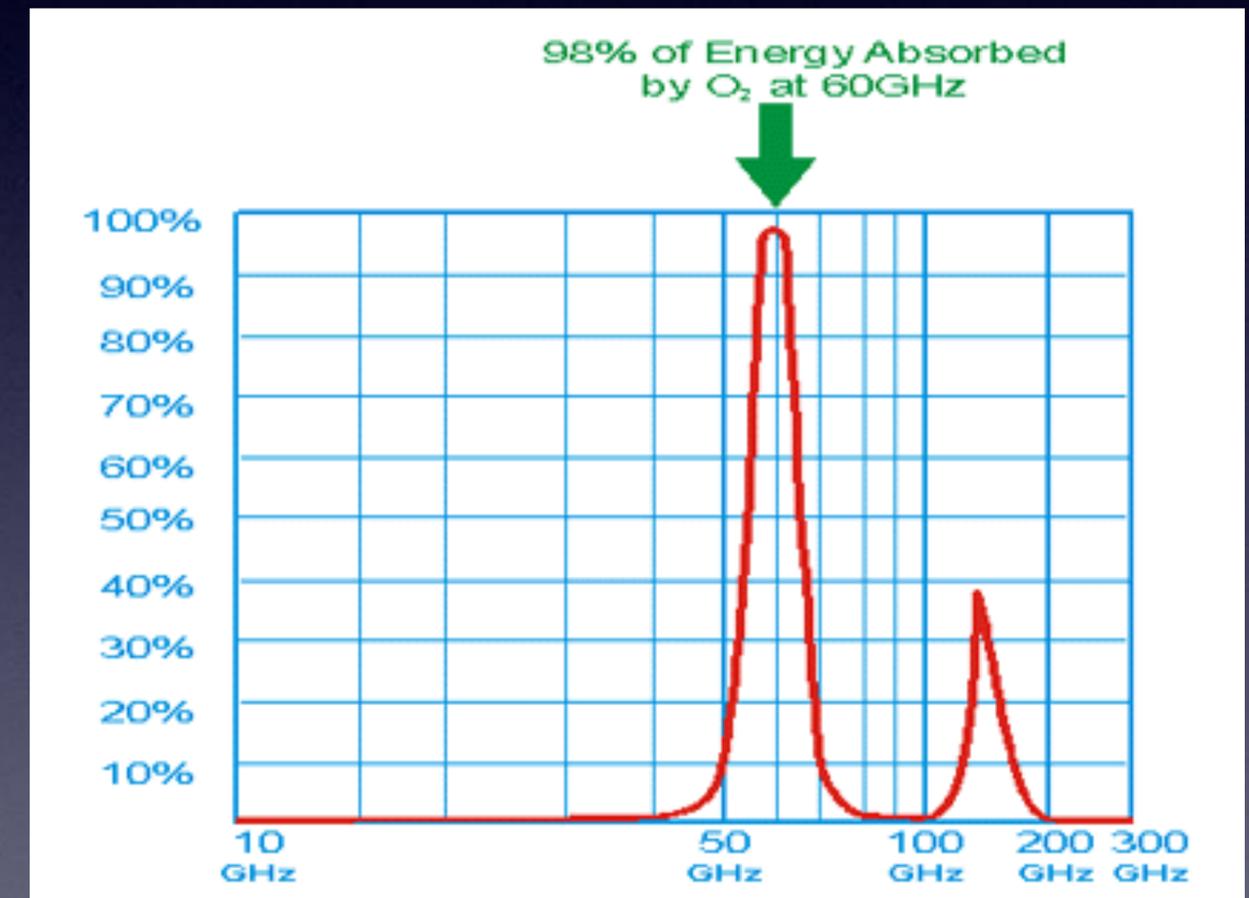
- RF burst packet transmission
- egységes packet formátum:
 - sync preamble, header, payload
- beam-forming és antenna-steering MIMO nélkül
- a standard .11MAC kiterjesztése 60GHz specifikus képességekkel

a spektrum

- mmWave vagy “60GHz” vagy v-Band
- 57GHz - 71GHz
- 6 db 2.16GHz-es csatorna (1.76GHz BW)
- változatos szabályzás országonként

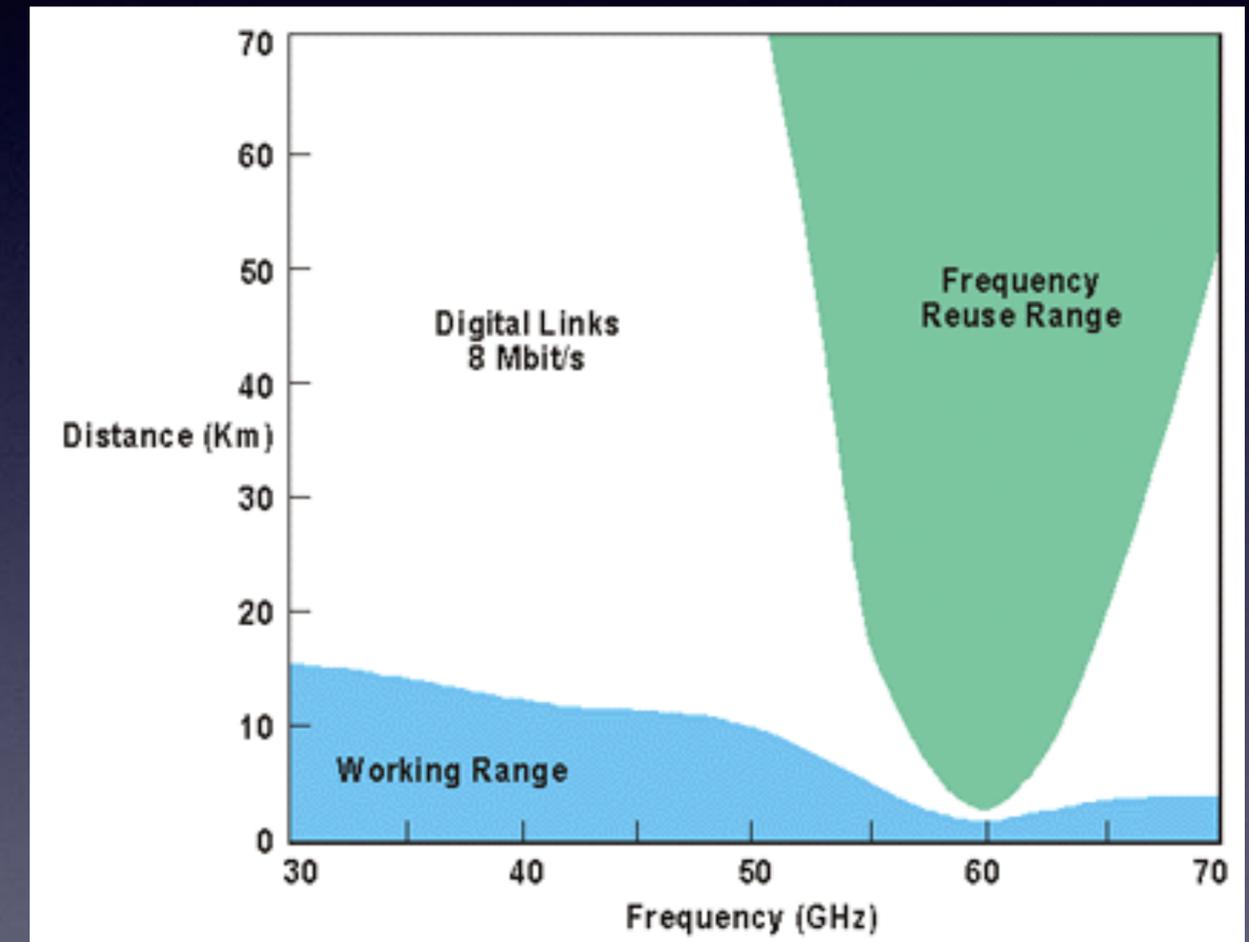
vBand - miért ne

- line of sight
- rain fading
- oxygen absorption
- doppler frequency shift
- unlicensed

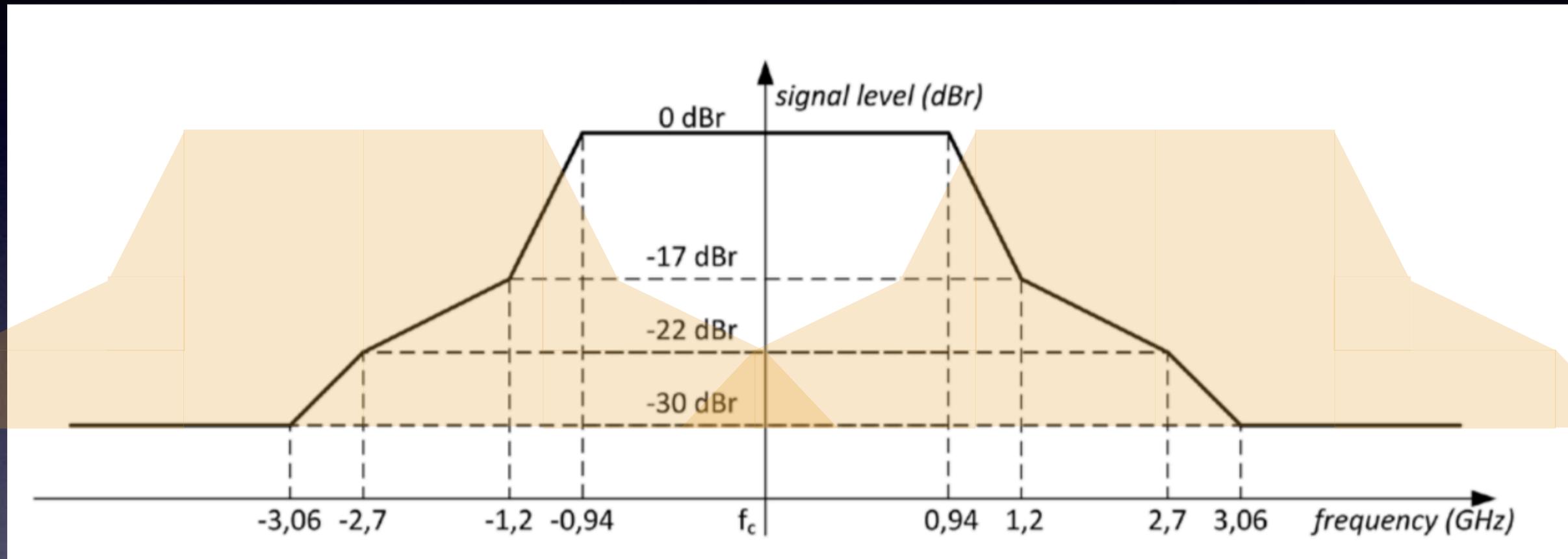


vBand - miért igen

- alacsony interferencia (high FSL, O2 absorption)
- fókuszálható, sugárszerű
- reflektálható - line-of-sight probléma leküzdhető
- unlicensed

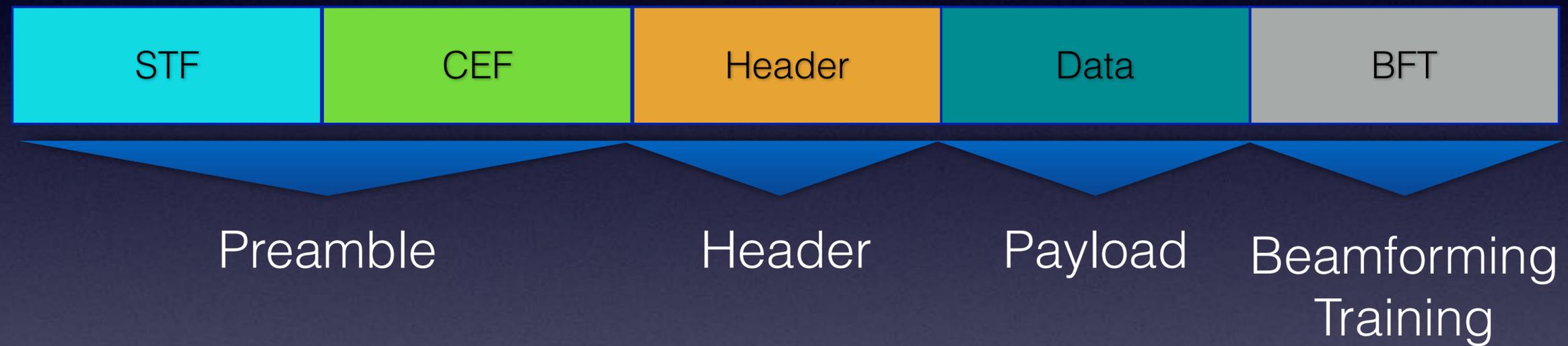


a csatorna



- 2.16GHz csatornaszélesség - részben átfeldő csatornák

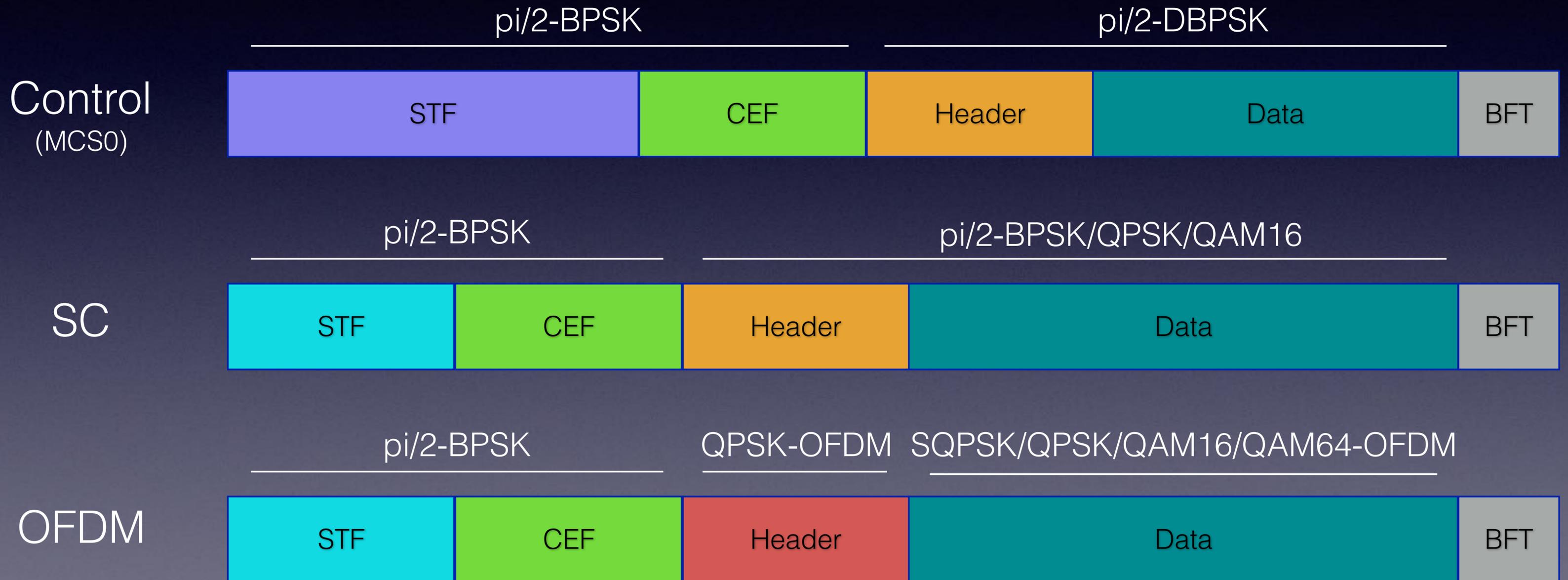
Keret formátum



Preamble

- packet detection
- AGC - automatic gain control
- synchronisation
- channel estimation
- PSDU modulation

Packet-ek



SC vagy OFDM

OFDM

- robusztusan működik nagy késleltetés-eloszlású környezetben
- skálázható - magasabb átviteli sebesség

SC

- Low PAPR,
- alacsony fogyasztás (kis késleltetés-eloszlásnál)
- alacsonyabb komplexitás

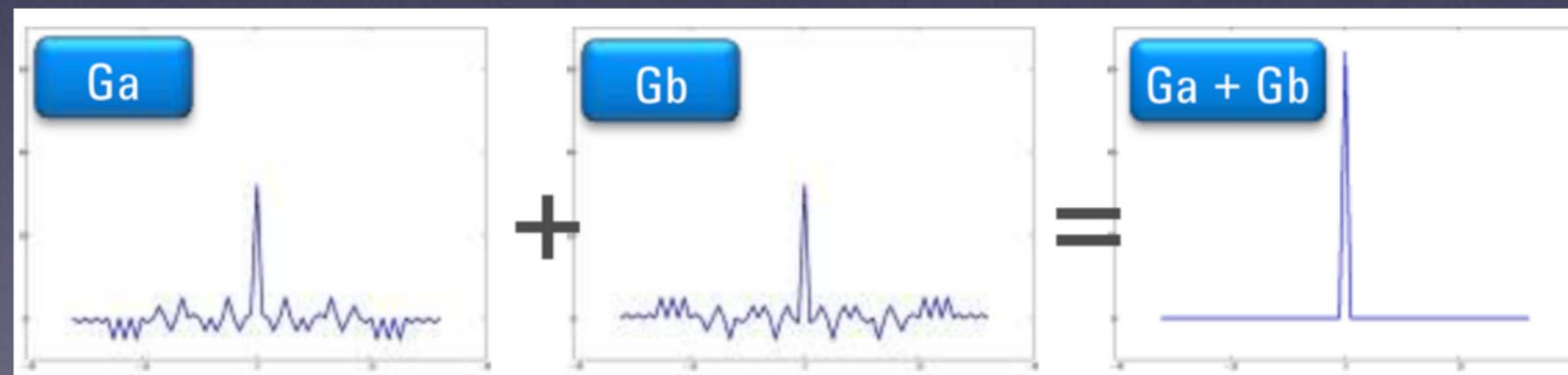
szükség van egy közös alacsonysebességű módra, hogy az eszközök felépítsék a linket, mielőtt nagysebességű kommunikáció történik

Control MCS - MCS0

- Minden eszköz támogatja (SC/OFDM/Dual-mode)
- beamforming előtt ezzel kommunikálnak
- felhasználás:
 - beacon küldés
 - beamforming training
- 15dB-lel alacsonyabb SNR mellett is működik
- egy vivőt használ, a legalacsonyabb sebességgel

Golay Complementary Sequences

- a 802.11ad szinte minden elemében használatos
 - synchronisation
 - gain control
 - channel estimation
 - gain-tracking, phase-tracking
 - beam-forming training



Golay használata a preamble-ben

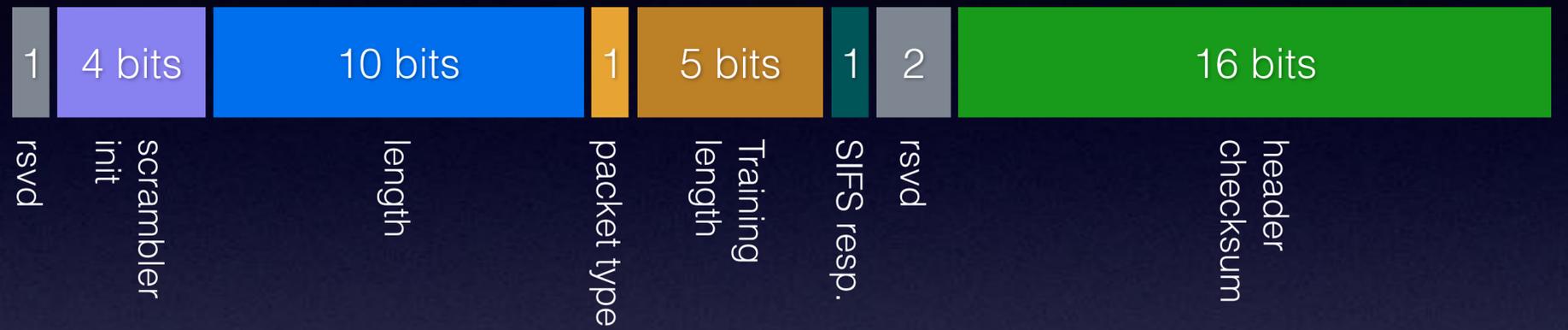


Golay használata a preamble-ben

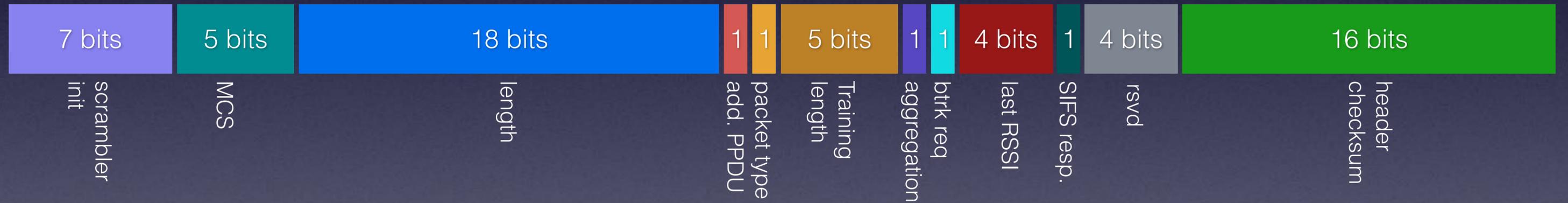


a header tartalma

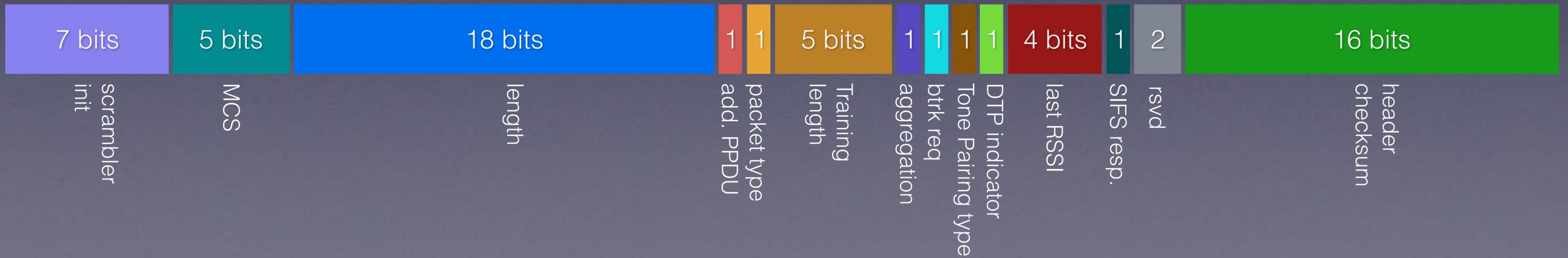
Control (MCS0)



SC



OFDM



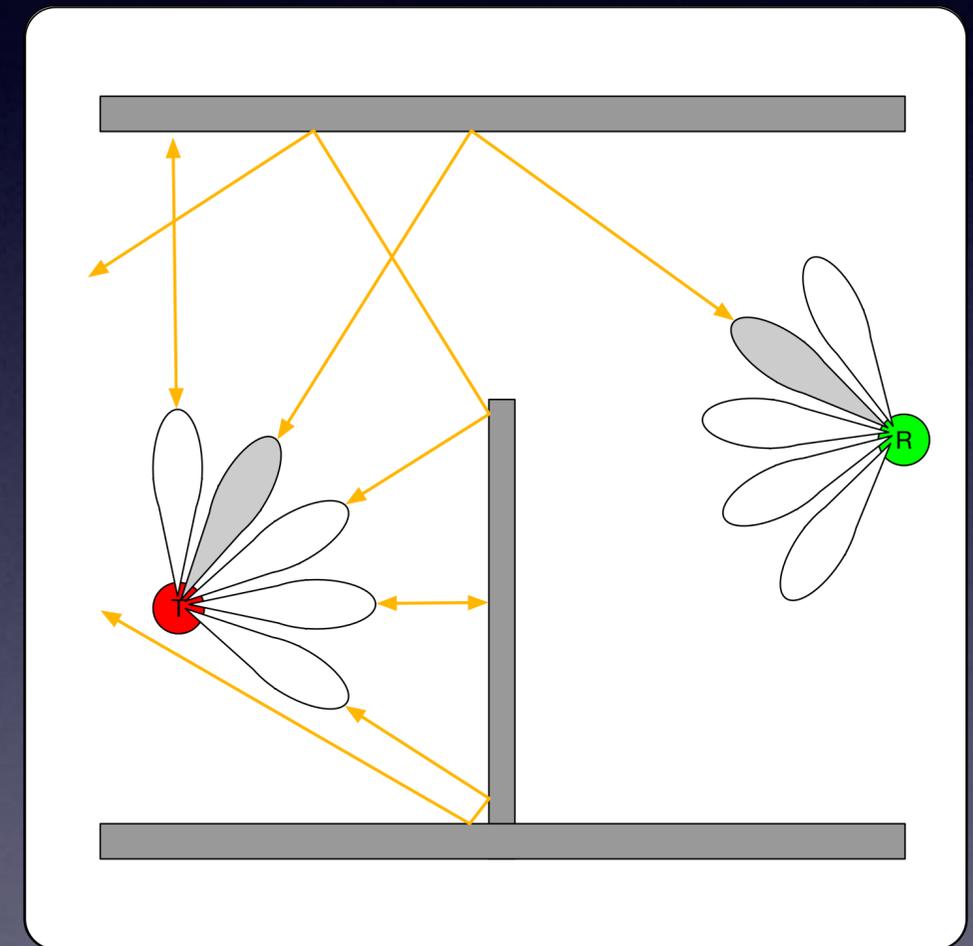
modulation code scheme

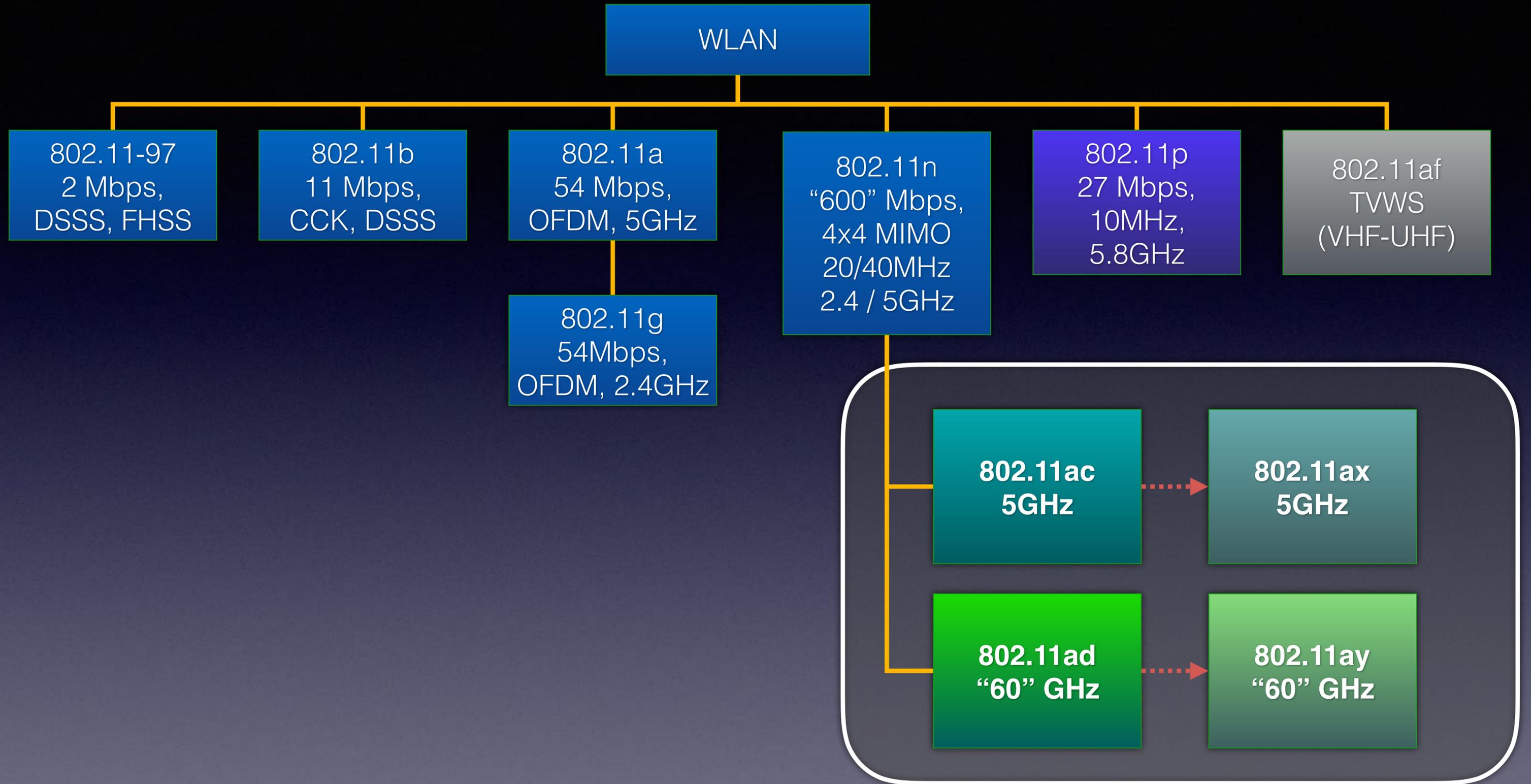
- MCS0 - alacsony bitráta, nagy hibatűrés
- MCS1-31
 - változó hibajavítás
 - eltérő modulációs komplexitás
 - átviteli sebesség: 385Mbps - 6.7Gbps
- mandatory 1Gbps
 - MCS0-4
 - MCS13-16 (OFDM esetében)

Control (CPHY)			
MCS	Coding	Modulation	Raw Bit Rate
0	1/2 LDPC, 32x Spreading	$\pi/2$ -DBPSK	27.5 Mbps
Single Carrier (SCPHY)			
MCS	Coding	Modulation	Raw Bit Rate
1-12	1/2 LDPC, 2x repetition 1/2 LDPC, 5/8 LDPC 3/4 LDPC 13/16 LDPC	$\pi/2$ -BPSK, $\pi/2$ -QPSK, $\pi/2$ -16QAM	385 Mbps to 4620 Mbps
Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDMPHY)			
MCS	Coding	Modulation	Raw Bit Rate
13-24	1/2 LDPC, 5/8 LDPC 3/4 LDPC 13/16 LDPC	OFDM-SQPSK OFDM-QPSK OFDM-16QAM OFDM-64QAM	693 Mbps to 6756.75 Mbps
Low-Power Single Carrier (LPSCPHY)			
MCS	Coding	Modulation	Raw Bit Rate
25-31	RS(224,208) + Block Code(16/12/9/8,8)	$\pi/2$ -BPSK, $\pi/2$ -QPSK	625.6 Mbps to 2503 Mbps

beamforming training

- a beamforming opcionális (de elkerülhetetlen)
- a vevőnek támogatnia kell a BFT protokollt
- jeleznie kell melyik csomagot kapta meg a legjobb minőségben
- az adó ezt felhasználva meghatározza a legjobb irányszöveget
- ha mindkét berendezés támogatja a beamforming-et, ua irányban fognak kommunikálni



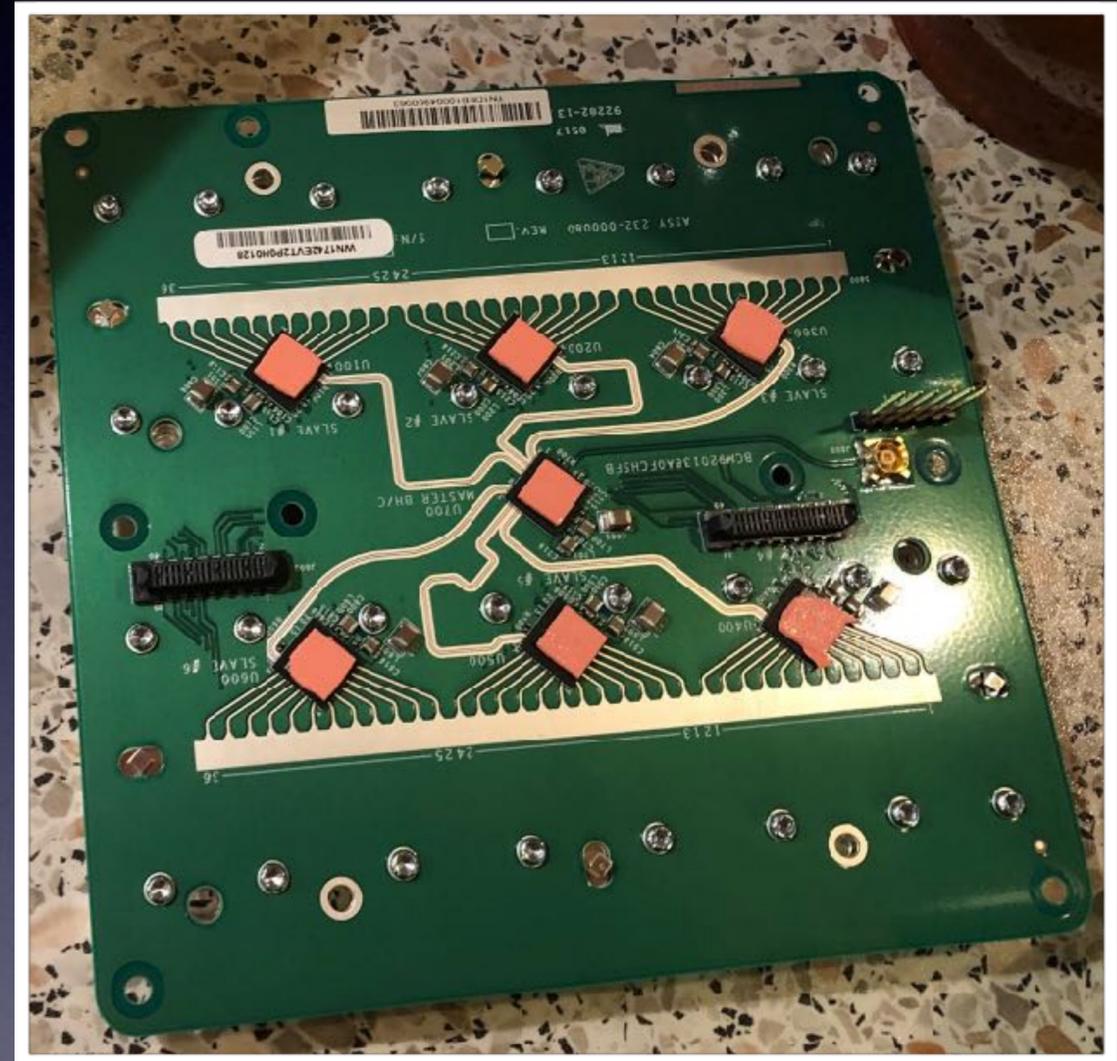


mit hoz a 802.11ay?

- Mu-MiMo - 4 spatial streams
- channel bonding (2-4 csatorna)
- átviteli sebesség-növekedés (20-40Gbps / stream)
- magasabb moduláció (up to 256QAM)
- TDD - deterministic channel access (?)
- NonAP-STA és AP-STA működési mód (MESH)



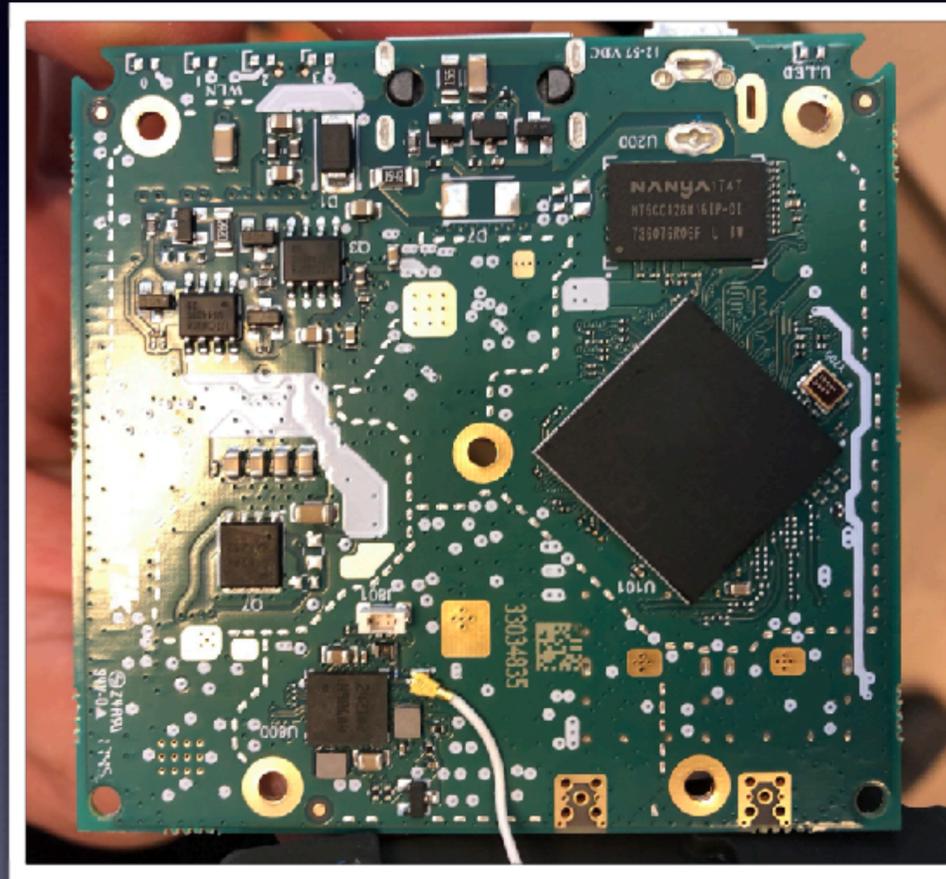
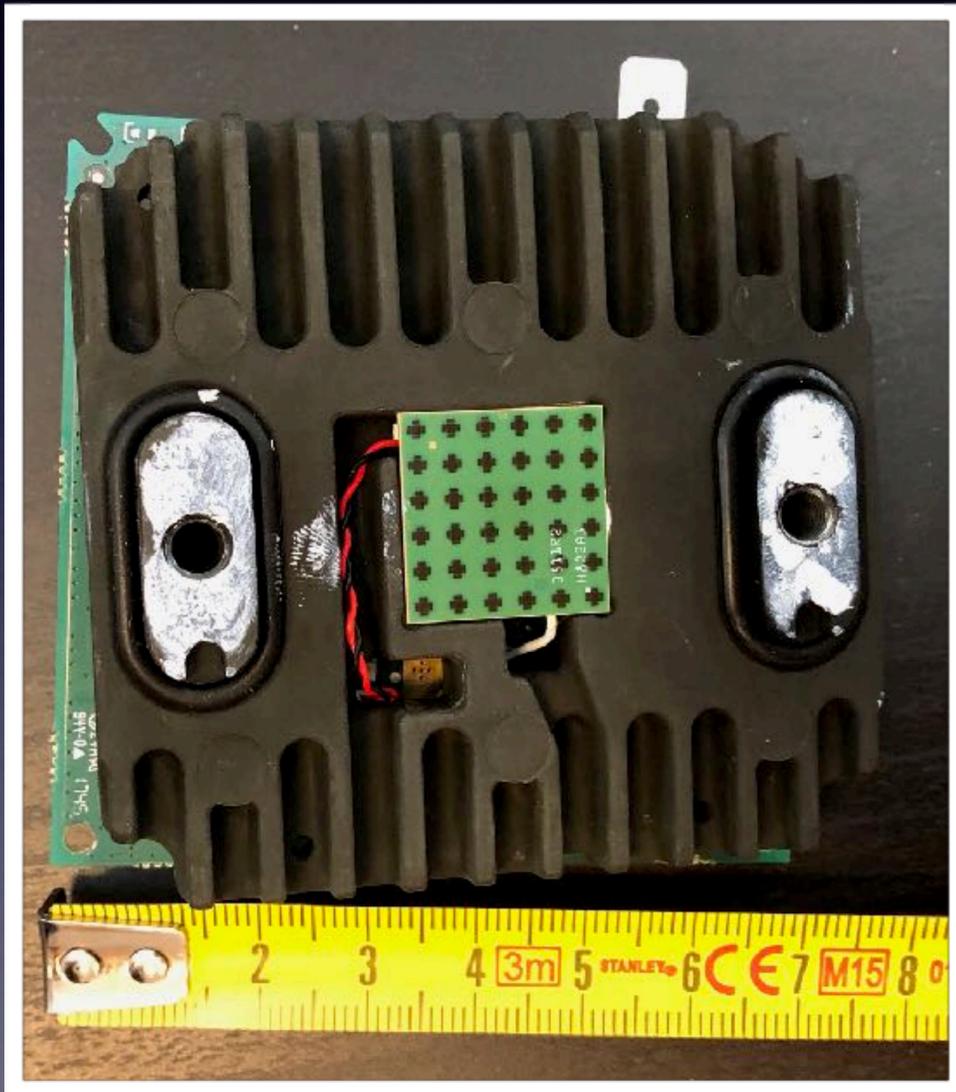
Megvalósítás: HW-ek



Broadcom

Up to MCS12 - 1.7Gbps Full duplex

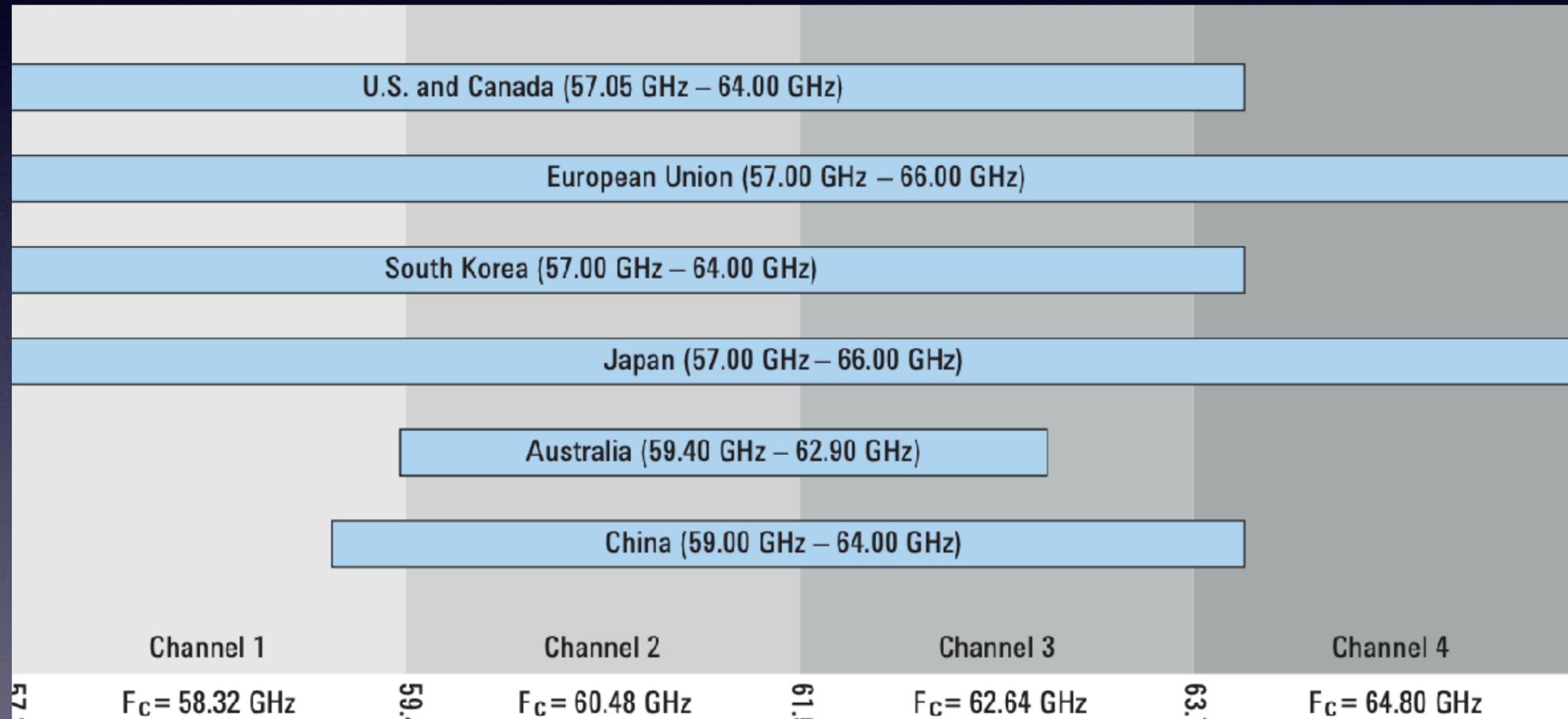
Megvalósítás: HW-ek



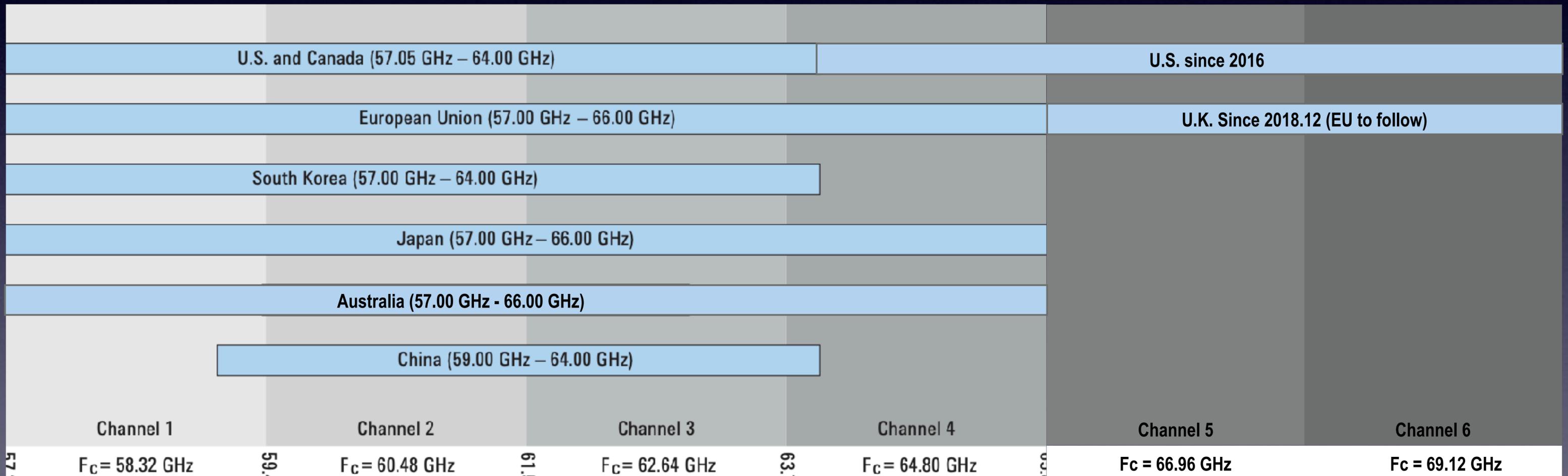
Qualcomm
QCA6335

up to MCS8
1Gbps Full duplex
throughput

Szabályzó környezet



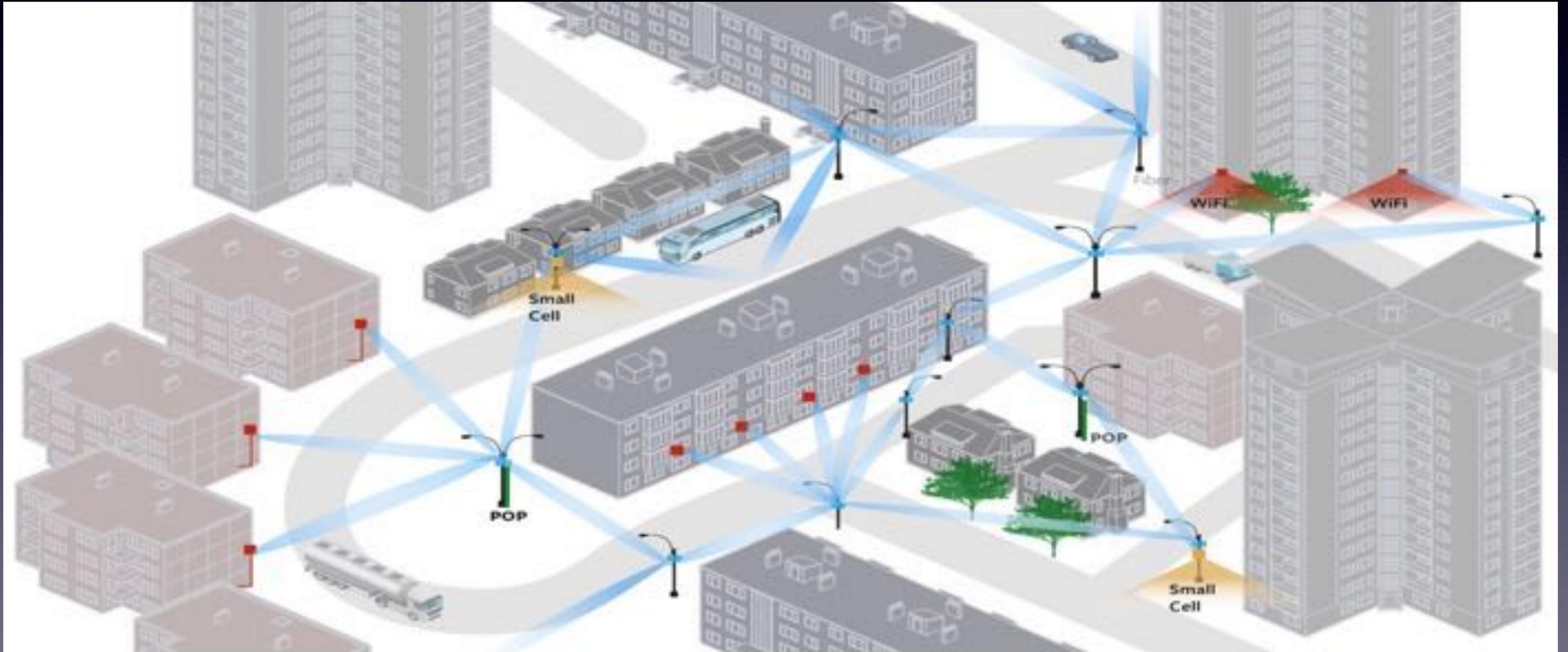
Szabályozói környezet



upper v-band channels

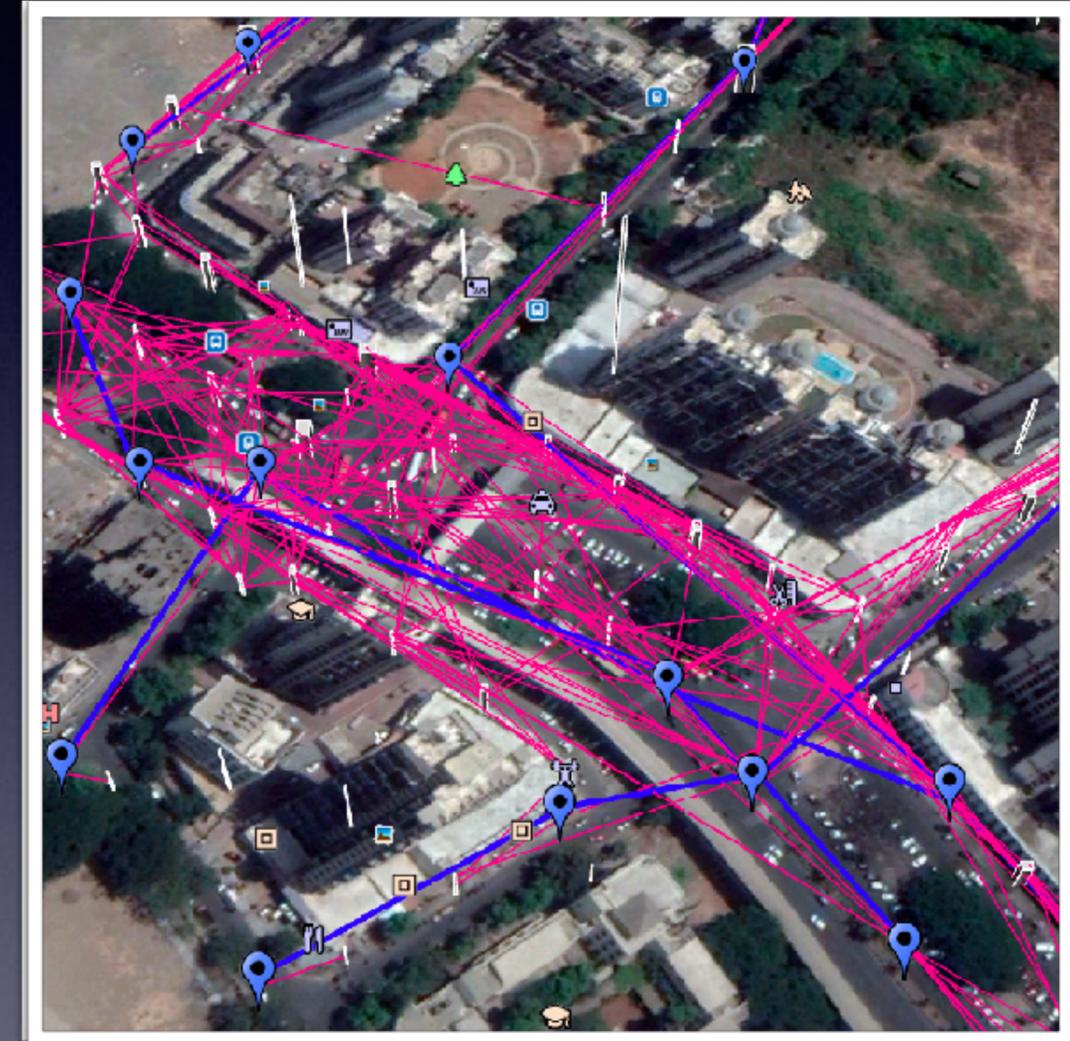
- e-band-szerű működés
- akár 4km hatótáv (MCS8 - 1Gbps FD)
- ideális backhaul használatra

802.11ad meshed network



802.11ad tervezés

- line-of sight probléma
- interference
- utility inventory
- street lidar, aerial lidar
- satellite imagery, drone footage
- automatic planning tools

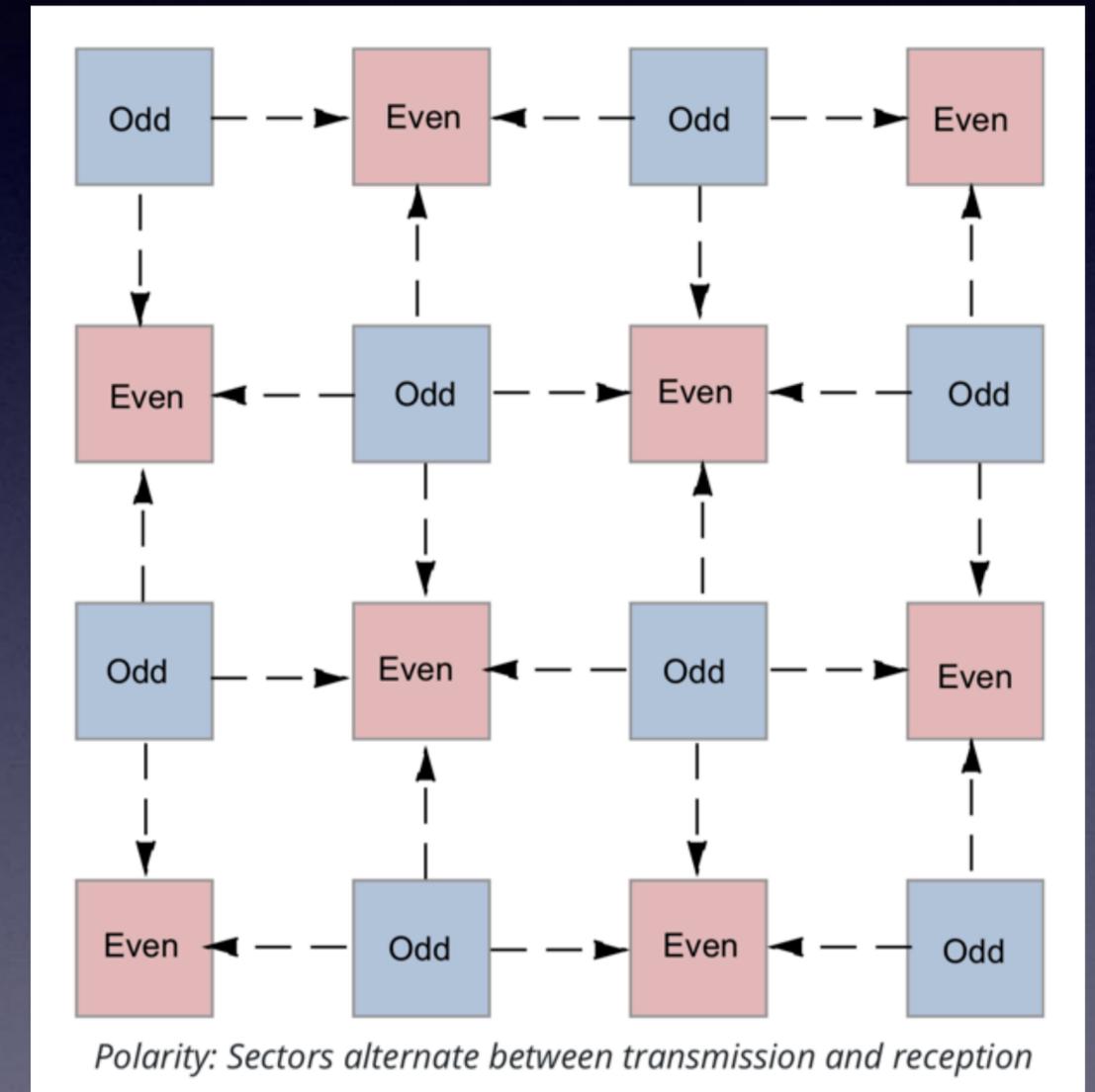


802.11ad meshed network

ez már nem lehet bridged
flat layer-2

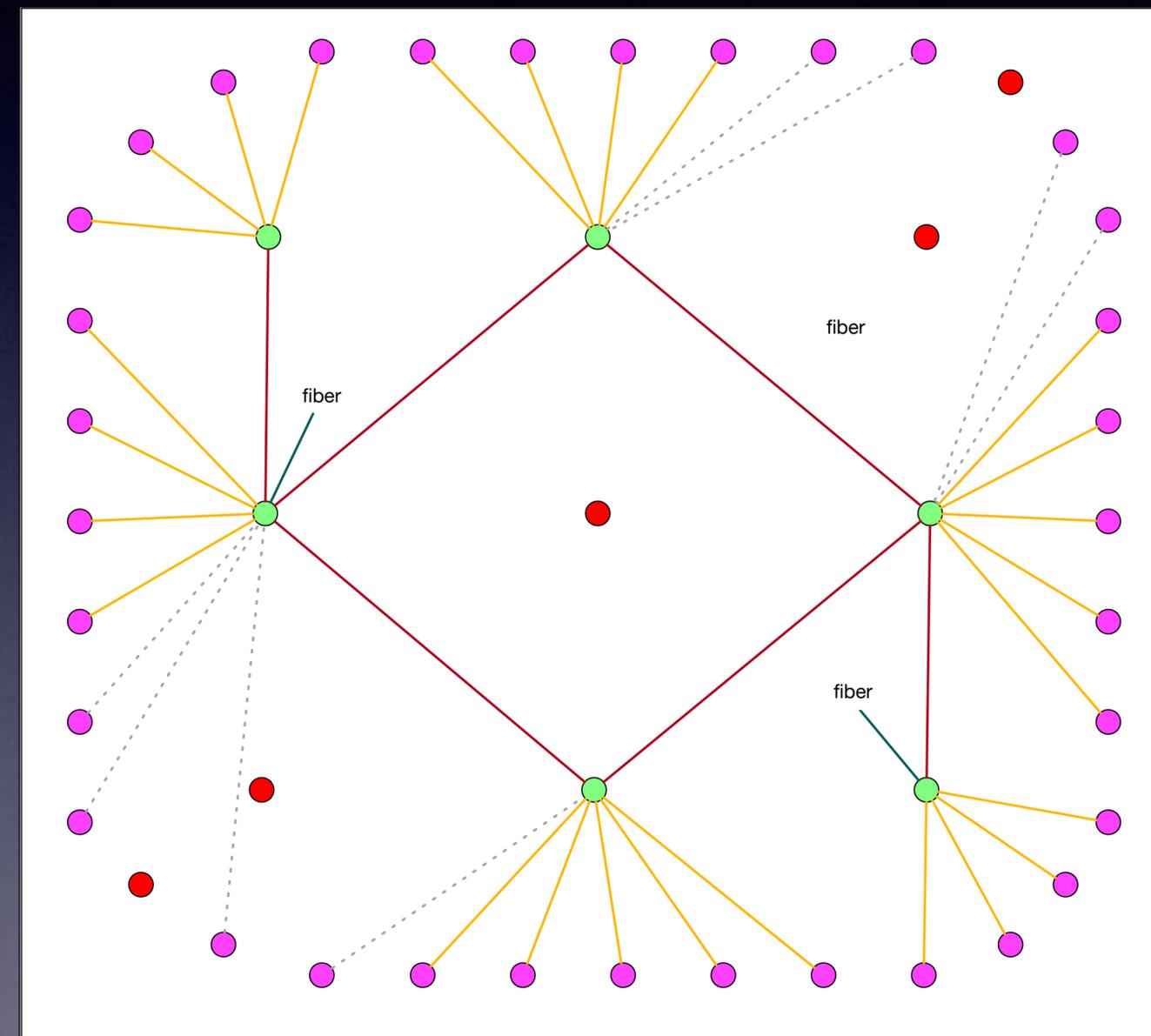
meshed network challenges

- media access (TDD)
- airtime allocation (DN-DN, DN-CN)
- turn-up - provisioning
- self-inflicted interference
- multiple routes - need a routing protocol
- redundancy / load sharing

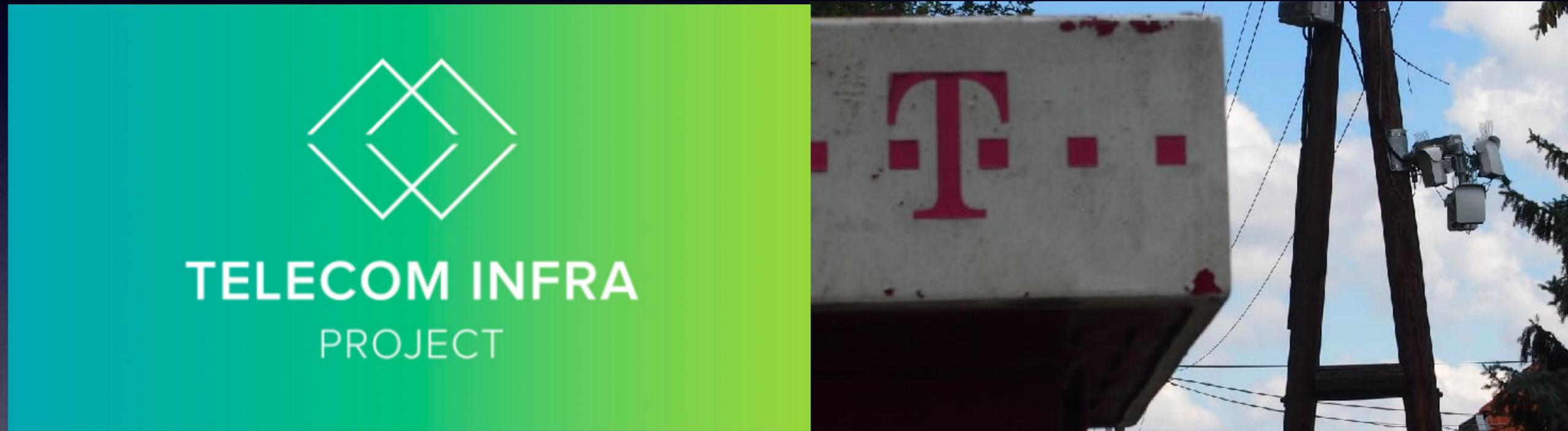


meshed network highlights

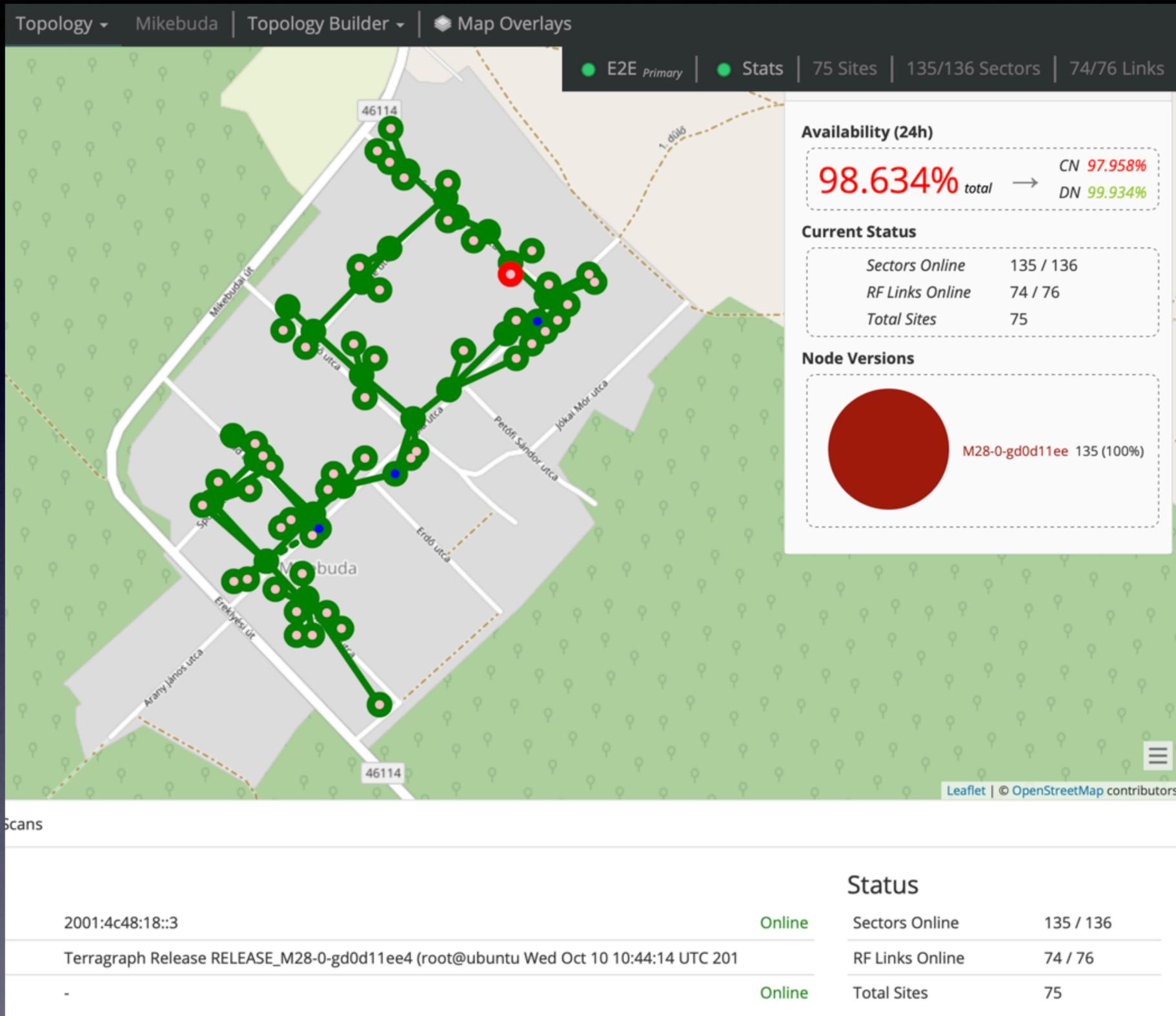
- substitution - JIT backup routes
- usage based load sharing
- (almost) no single point of failure
- limited failure domain (DN-CN links...)
- SFN lehetséges jó tervezéssel



Facebook + DT + MT

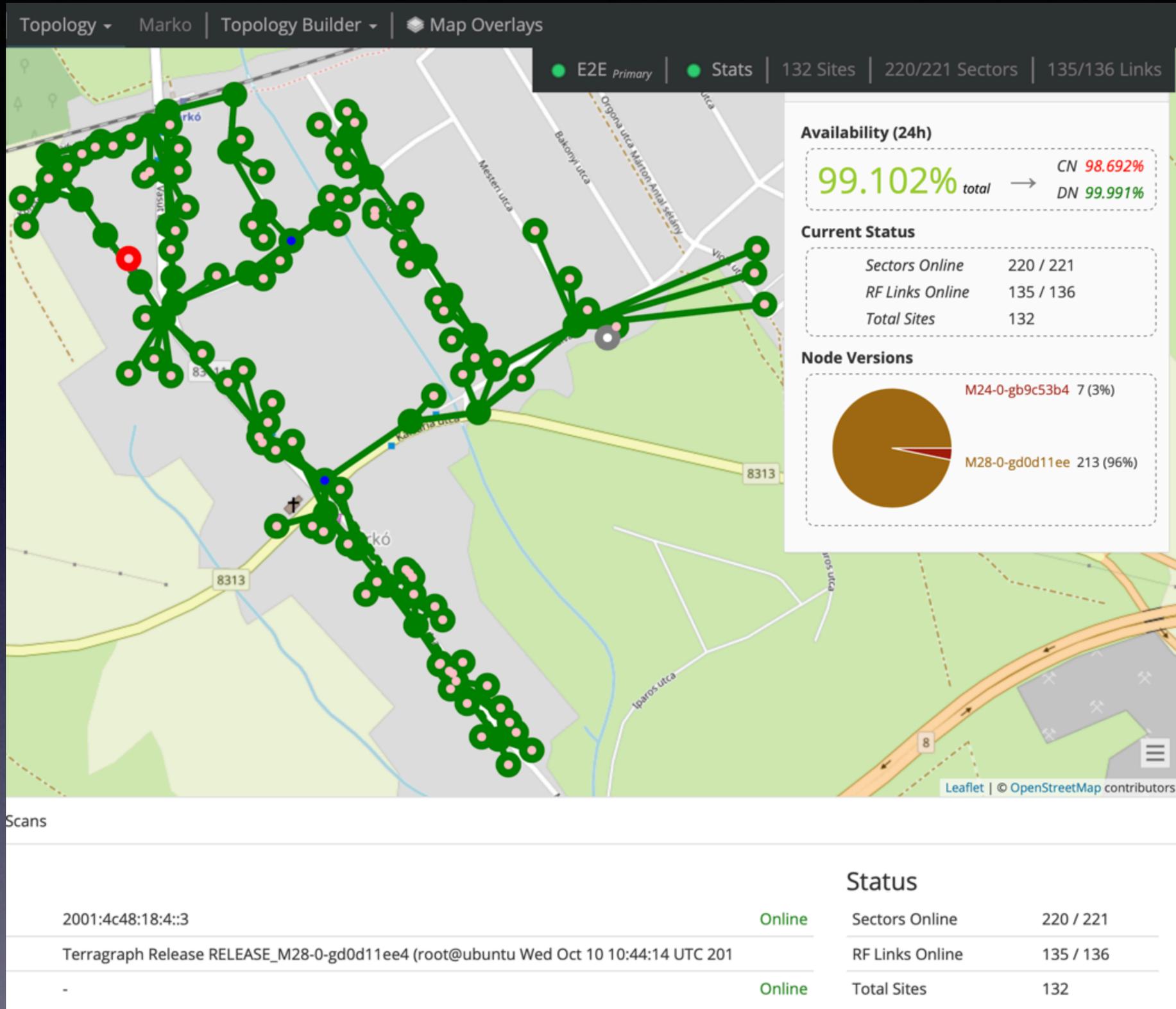


- FWA / WTTH / Virtual fiber live trial Magyarországon



Mikebuda

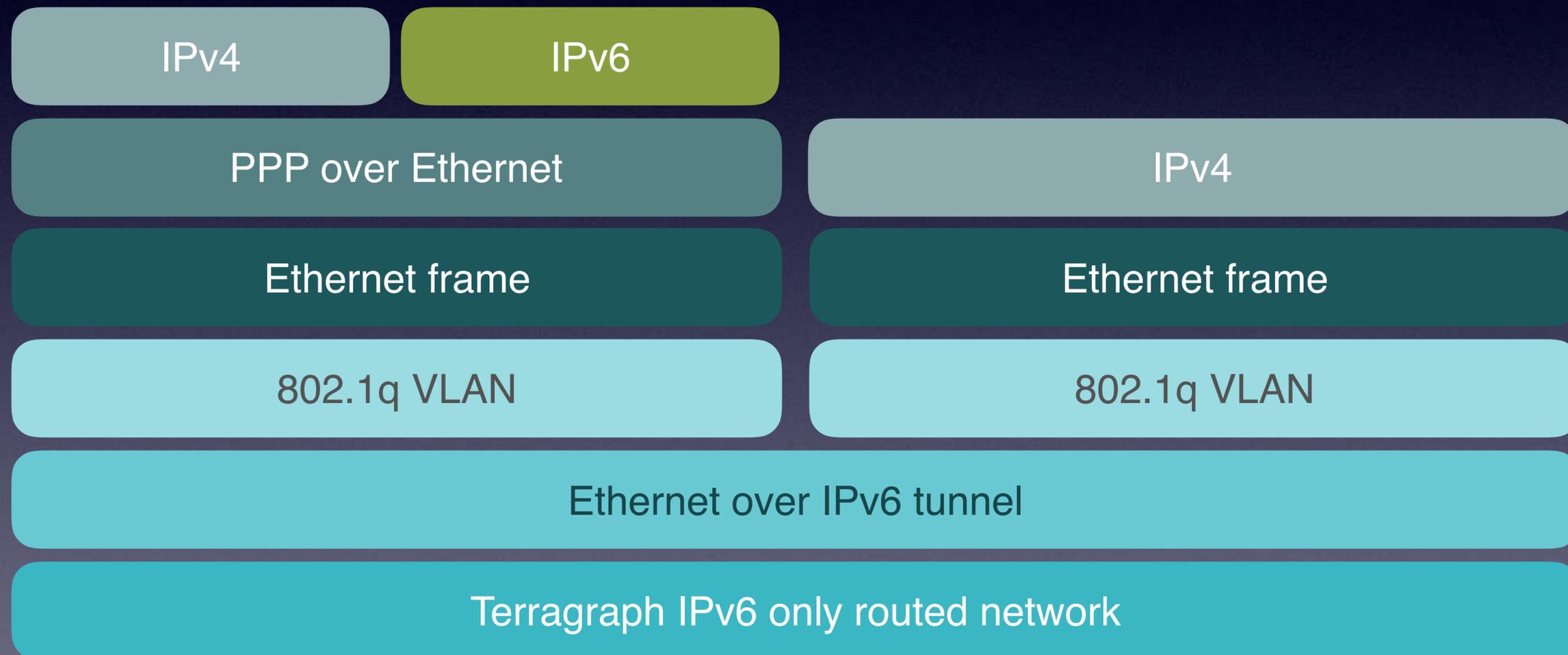
- 50 friendly customer
- 10Gbps connectivity
- 4 fiber feeds
- 1 5GHz backup link
- broadband internet
- MC IPTV

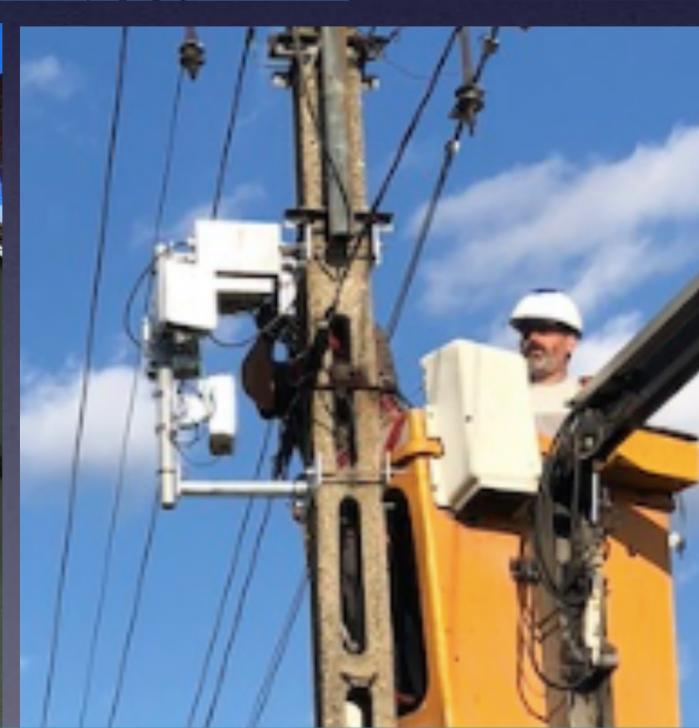
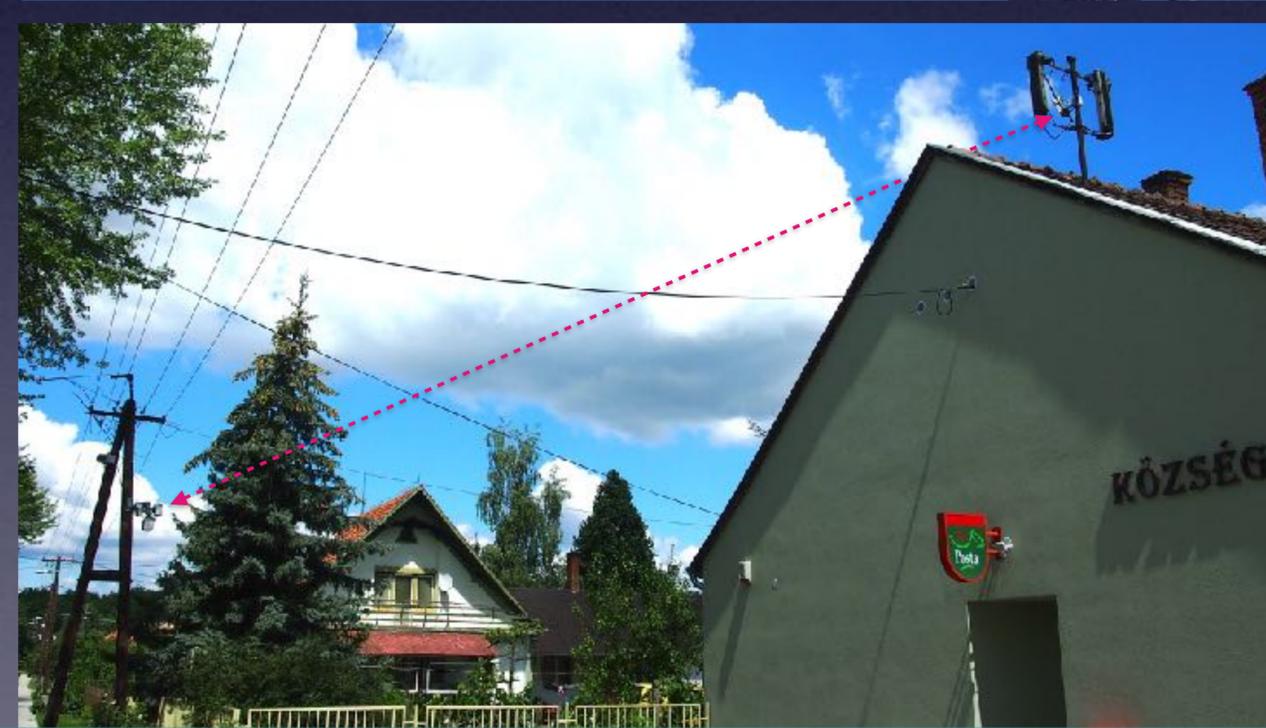


Márkó

- 100 friendly customer
- 10Gbps connectivity
- 3 fiber feeds
- 2 e-band MW links
- 1 5GHz backup link
- broadband internet

the service architecture - protocol stacks



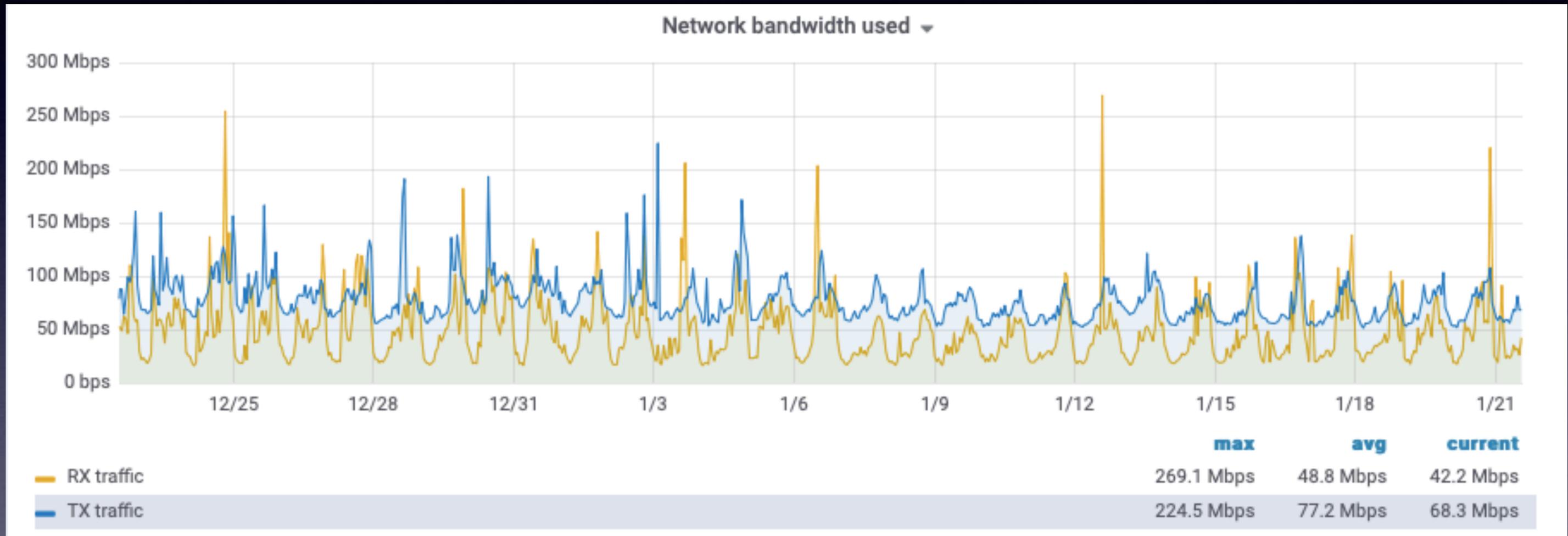


Building the backbone



Customer side installation - technician required

Network usage in Mikeebuda



1.6Mbps average / subscriber

Együttműködési lehetőség



TELECOM INFRA PROJECT

<https://telecominfraproject.com>

mmWave Group

automatic
network
planning

network
validation

channel
modelling

customer
premises
equipment

economics

Köszönöm a figyelmet.