



Pásmo 60 GHz – standardy/nestandardy

Ing. Jan Stejskal
VanCo.cz

- Nejprve vojenské použití
- Následně uvolněno pro indoor použití (WiGig)
 - Neprosadilo se, ale vznikly chipsety



2007:

- Outdoor „dočasné“ a „nepevné“ instalace
- Outdoor fixní

C.1 Current ITU and European Common Allocations

The following radio services are allocated in frequency bands in the 60 GHz range.

Table C.1: European Common Allocations and Applications in the Proposed Frequency Bands

FREQUENCY BAND	ALLOCATIONS	APPLICATIONS
59,0 GHz to 59,3 GHz	Earth Exploration-Satellite (passive) Fixed Inter-Satellite Mobile Radiolocation Space Research (passive)	Passive sensors (satellite) (52,6 GHz to 59,3 GHz) Defense Systems (59,0 GHz to 61,0 GHz)
59,3 GHz to 62,0 GHz	Fixed Inter-Satellite Mobile Radiolocation	Defense Systems (59,0 GHz to 61,0 GHz) Fixed Links ISM Non-specific SRDs Radio LANs
62,0 GHz to 63,0 GHz	Inter-Satellite Mobile Radiolocation	Land Mobile Radiolocation (Military) (62,0 GHz to 64,0 GHz)
63,0 GHz to 64,0 GHz	Inter-Satellite Mobile Radiolocation	Radiolocation (Military) (62,0 GHz to 64,0 GHz) RTTT
64,0 GHz to 65,0 GHz	Fixed Inter-Satellite Mobile except Aeronautical Mobile	Fixed Links (64,0 GHz to 66,0 GHz)
65,0 GHz to 66,0 GHz	Earth Exploration-Satellite Fixed Inter-Satellite Mobile except Aeronautical Mobile Space Research	Fixed Links (64,0 GHz to 66,0 GHz) Land Mobile

d1	57–66 GHz	40 dBm e.i.r.p. ⁸⁾	13 dBm/MHz	—	Pevné venkovní instalace ¹²⁾ jsou vyloučeny	302 567 ¹³⁾
d2	57–71 GHz	40 dBm e.i.r.p. ⁸⁾	23 dBm/MHz	—	Pevné venkovní instalace ¹²⁾ jsou vyloučeny	dosud nestanovena ¹¹⁾
d3	57–71 GHz	40 dBm e.i.r.p. ⁸⁾	23 dBm/MHz, výkon přivedený do antény je max. 27 dBm	viz odst. 2	Včetně pevných venkovních instalací ¹²⁾	
d4	57–71 GHz	55 dBm e.i.r.p. ⁸⁾	38 dBm/MHz, zisk antény je min. 30 dBi	viz odst. 2	Pouze pevné venkovní instalace ¹²⁾	
d5	57–64 GHz	55 dBm e.i.r.p.	výkon přivedený do antény je max. 10 dBm, zisk antény je min. 30 dBi	viz odst. 2	Pevné vysokorychlostní spoje typu bod–bod; možnost vzájemné kombinace TDD a FDD	302 217-2 ¹⁴⁾
d6	64–66 GHz					

¹¹⁾ V případě, že nebyla stanovena harmonizovaná norma, musí být zařízení, které umožňuje využívat kmitočty v takovém úseku, posouzeno podle modulu B+C nebo modulu H nařízení vlády č. 426/2016 Sb., o posuzování shody rádiových zařízení při jejich dodávání na trh (tj. posouzení shody Oznaměným subjektem, označení zařízení CE + 4místné číslo).

¹⁵⁾ V návrhu je ETSI EN 303 722 (Draft) – Wideband Data Transmission Systems (WDTS) for Fixed Network Radio Equipment operating in the 57 GHz to 71 GHz band; Harmonised Standard for access to radio spectrum.



Normy | Standardy | Implementace | Technologie

- Rádiové parametry
 - ETSI EN 302 217
 - Fixed Radio Systems; Characteristics and requirements for point-to-point equipment and antennas; Digital systems operating in frequency bands from 1 GHz to 86 GHz
 - ETSI EN 302 567
 - Multiple-Gigabit/s radio equipment operating in the 60 GHz band
 - ETSI EN 303 722
 - Wideband Data Transmission Systems (WDTS) for Fixed Network Radio Equipment operating in the 57 GHz to 71 GHz band

Table 3: RF output power limit

Antenna Gain (G_A)	Additional Conditions	Maximum power level (EIRP)
$G_A < 13$ dBi		27 dBm + G_A
13 dBi $\leq G_A < 30$ dBi		40 dBm
30 dBi $\leq G_A$		40 dBm
	Fixed outdoor installations	55 dBm

- „WiGig“



- IEEE 802.11ad

- Vývoj 2009-2012
- MikroTik, UBNT, IgniteNet MetroLinq, CCS Metnet

- IEEE 802.11ay

- Vývoj 2015-2021
- Cambium cnWave, IgniteNet MLTG, Siklu Multihaul TG, MikroTik (2022)

- Definice fyzické a linkové vrstvy
- Zpětně kompatibilní s 802.11ad
- Cílem 100 Gbps vzduchem
- Přidána podpora pro channel bonding a agregaci
- Přidána podpora OFDM
- Přidána podpora SU-MIMO a DL MU-MIMO (8 prostorových streamů)
- Zůstává modulace max 64QAM

Implementace

The main features in an EDMG STA that are not present in a DMG STA are the following:

- Mandatory support of the EDMG format (transmit and receive) using SC modulation.
- Mandatory support of 4.32 GHz channel width.
- Mandatory support of single spatial stream (transmit and receive) in all supported channel widths.
- Mandatory support of non-EDMG duplicate format transmission of non-EDMG portion of EDMG format preamble.
- Mandatory support of the BRP transmit sector sweep.
- Mandatory support of the Short SSW PPDU.
- Mandatory support of the EDMG power save enhancements.
- Optional support of EDMG SU PPDU (transmit and receive) using OFDM modulation.
- Optional support of two or more spatial streams (transmit and receive) using SC or OFDM modulations.
- Optional support of EDMG MU PPDU (transmit and receive) using SC or OFDM modulations.
- Optional support of 2.16+2.16 GHz channel width.
- Optional support of 4.32+4.32 GHz channel width.
- Optional support of 6.48 GHz channel width.
- Optional support of 8.64 GHz channel width.
- Optional support of a 64-point nonuniform constellation.
- Optional support for 8-PSK using SC modulation.
- Optional support of the beamforming for asymmetric links.

	Product 802.11ad based	Product 802.11ay based
Protocol	802.11ad (Ratified in 2016)	802.11ay (Expect 2020)
Maximum PHY Throughput	4620 Mbps	9240 Mbps
Channel Width	2160 MHz	2160 MHz or 4320 MHz (Channel bonding)
Channel Access	CSMA/CA	TDMA/TDD
Network Synchronization	No	Yes (via GPS)
Mesh Support	No	Yes
CPE per Sector	8	15

Technologie

- MESH
- SON
- L2 SON
- Self-organizing
- Self-healing
- Self-optimizing network
- ...
- ...

- Terragraph
 - Nadstavba nad 802.11ay
 - Layer 3 mesh
 - Open/R routing protocol
 - Využívá primárně IPv6
- <https://engineering.fb.com/2017/11/15/connectivity/open-r-open-routing-for-modern-networks>

- Fyzika platí pro všechny standardy i normy stále stejně
- Možností pro implementaci je celá řada, záleží na výrobcích
 - Unifikace díky Terragraph certifikaci a omezené nabídce čipsetů
 - vs.
 - Diverzifikace díky větším možnostem
- Zcela závěrem otázka k diskuzi – opravdu všichni chtějí mesh?



Děkuji za pozornost

www.vanco.cz
www.wifi-shop.cz