

Technika bezdrátové komunikace

B2B17TBK

Bilance radiových spojů

Přemysl Hudec

ČVUT-FEL katedra elektromagnetického pole

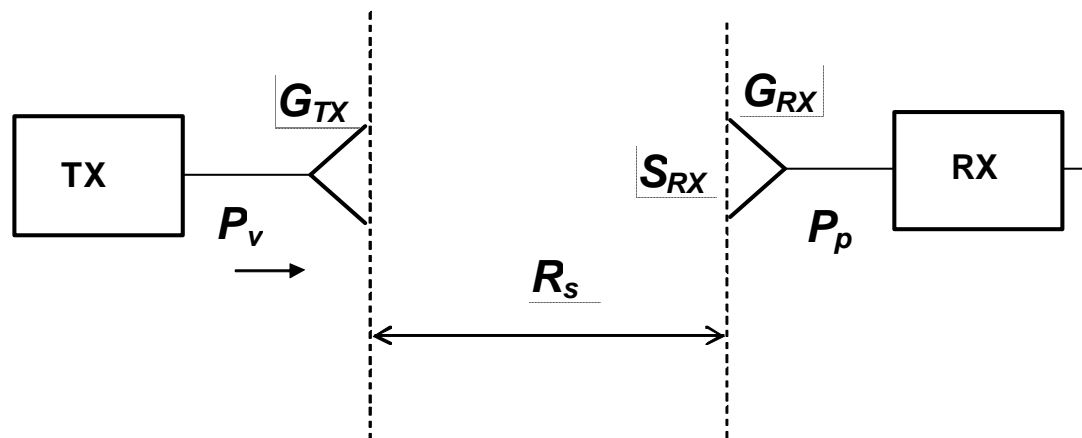
hudecp@fel.cvut.cz

verze 2/2019



Příklad 1

- Zadání: Je dán bezdrátový spoj na 1,8GHz s následující výkonovou bilancí:
 - Vysílač (TX) o výkonu 10W
 - je připojen k anténě se ziskem 3dBi,
 - přijímač (RX) s anténou o zisku 2dBi má minimální potřebný výkon pro požadovaný přenos) -85dBm.
 - Určete maximální dosah spoje ve volném prostoru, je-li požadovaná rezerva na únik 7dB.



Teorie

- TX vysílá výkon P_v
- Anténa se ziskem G_{TX} jej směřuje k RX
- Plošná hustota výkonu (modul Poynt. vektoru) v místě RX antény je:

$$S_{RX} = P_v \frac{G_{TX}}{4\pi R_s^2}$$

- Výkon přijatý RX anténou je:
- Efektivní apertura antény (přednášky "Antény, šíření")

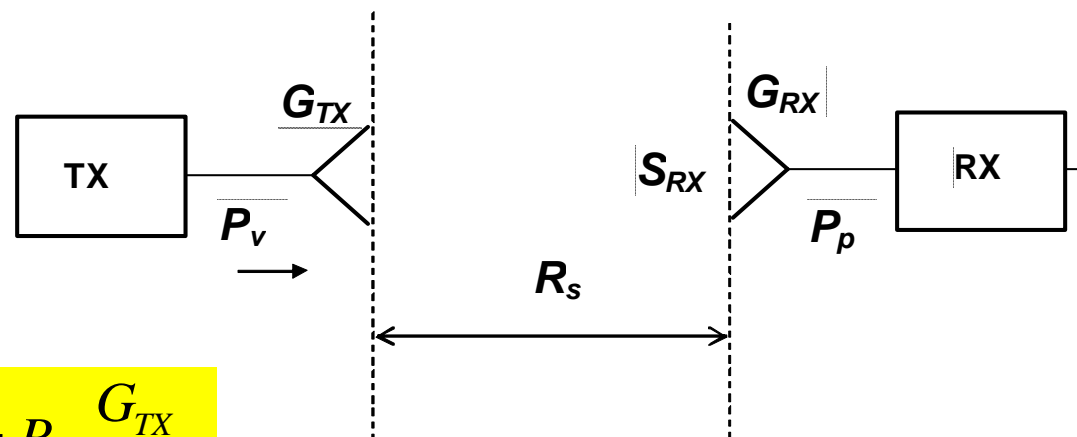
$$P_p = A_e S_{RX}$$

$$A_e = \frac{G_{RX} \lambda^2}{4\pi}$$

- Přijatý výkon na vstupu RX
- Přijatý výkon v dBm

$$P_p = P_v \frac{G_{RX} \lambda^2}{4\pi} \frac{G_{TX}}{4\pi R_s^2} = P_v G_{TX} G_{RX} \frac{\lambda^2}{(4\pi R_s)^2}$$

$$P_{pdBm} = P_v + G_{TX} - FSL + G_{RX}$$



Teorie

- FSL = Free-Space Loss
- V profesionálních spojkách se ponechává záloha Z = vyšší vstupní výkon, než je nezbytně nutné. Záloha kryje vlivy počasí a úniky (přednášky "Antény, šíření")
- Dosah každého spoje je omezen šumem (přednášky "Parametry" a "Signály")
- Lze to popsat minimálním vstupním výkonem RX pro danou QoS resp. BER
- Někdy je tento parametr označován jako prahová citlivost (sensitivity).

$$FSL = \left(\frac{4\pi R_s}{\lambda} \right)^2$$

$$FSL_{dB} = 10 \cdot \log \left(\frac{4\pi R_s}{\lambda} \right)^2$$

$$P_p + Z = P_v + G_{TX} - FSL + G_{RX}$$

$$P_p = P_v + G_{TX} - FSL - Z + G_{RX}$$

$$P_{p \min}$$

Citlivost

- Příklad ALCOMA

ALCOMA

Mikrovltný datový spoj AL10D MP100/155

7.2 MODULACE, PRAHOVÉ CITLIVOSTI A PŘENOSOVÉ KAPACITY SPOJE

Spoj AL10D MP100/155 lze nastavit na různé přenosové kapacity podle použité modulace a šířky kanálu. Jednotlivé přenosové kapacity jsou spjaté s různou prahovou citlivostí, viz tabulka 11.

Nejvyšší interní přenosová rychlost spoje včetně obslužné komunikace spoje je 165 Mbit/s¹.

Celková bitová rychlost [Mbit/s]	Modulace	Typická prahová citlivost pro BER = 10 ⁻⁶ [dBm]	Šířka přenášeného spektra [MHz]
40	16 QAM	-85	14
50	32 QAM	-80	
72	128 QAM	-75	
100	128 QAM	-74	18
70	16 QAM	-87	28
80	16 QAM	-82	
100	32 QAM	-79	
165 ¹	128 QAM	-72	

Tabulka 11 Přenosové rychlosti spoje

Příklad 1 - výpočet

- Výkon P_v ve W je potřeba převést na dBm:

$$P_{pvdBm} = 10 \cdot \log \frac{P_v}{10^{-3}} = 10 \cdot \log \frac{10}{10^{-3}} = 40 \text{ dBm}$$
- Použijeme rovnici:

$$P_{p \min} = P_v + G_{TX} - FSL - Z + G_{RX}$$
- Z toho je FSL :

$$FSL = -P_{p \min} + P_v + G_{TX} - Z + G_{RX} = 85 + 40 + 3 - 7 + 2 = 123 \text{ dB}$$
- Z FSL je možné určit dosah:

$$FSL = \left(\frac{4\pi R_s}{\lambda} \right)^2 \quad R_s = \sqrt{FSL} \frac{\lambda}{4\pi}$$
- FSL je potřeba "oddeciblovat":

$$FSL = 10^{\frac{FSL_{dB}}{10}} = 2 \cdot 10^{12}$$
- Také je potřeba určit λ :

$$\lambda = \frac{c}{f} = 0,1667 \text{ m}$$
- Výpočet dosahu:

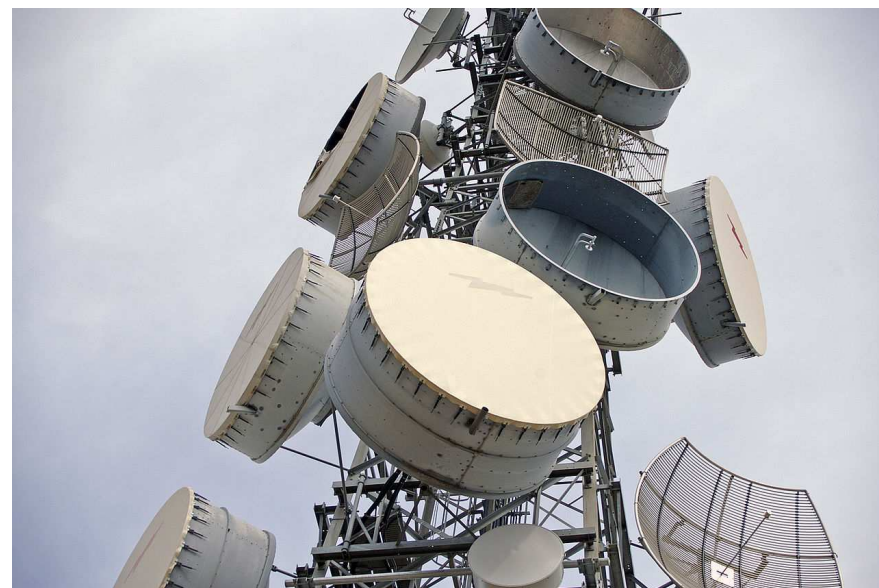
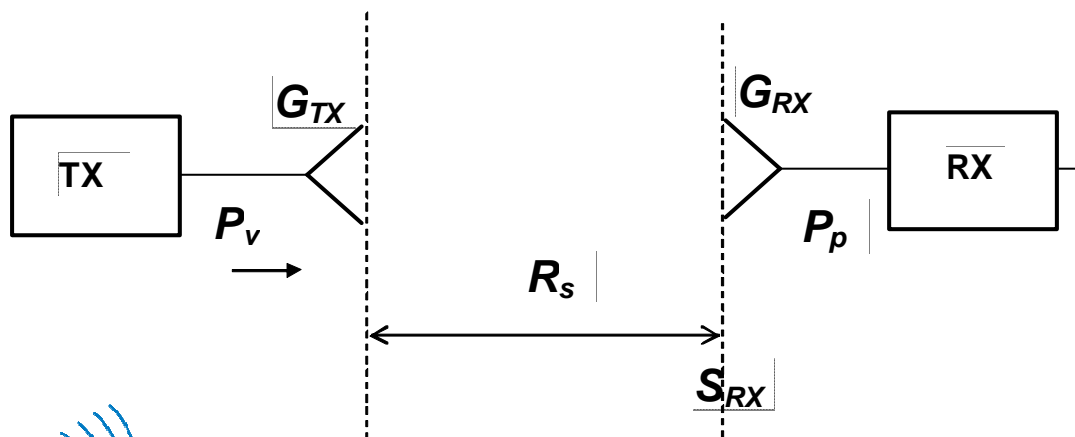
$$R_s = \sqrt{2 \cdot 10^{12}} \frac{0,1667}{4\pi} = 18738 \text{ m}$$

Příklad 1 - zkouška

- Vstupní výkon RX je: $P_p = P_v + G_{TX} - FSL + G_{RX} = 40 + 3 - 123 + 2 = -78dBm$
- To je o 7dB více, než je minimální vstupní výkon RX pro danou QoS resp. BER na úrovni $P_{p\min} = -85dBm$
- Takže výpočet je OK

Příklad 2

- Zadání: Směrový spoj na frekvenci 38 GHz pracuje na vzdálenost 25 km:
 - Zisky obou antén jsou 40 dBi,
 - výkon vysílače je 2mW
 - a požadovaný výkon na vstupu přijímače je -80dBm.
 - Jaká je rezerva na únik?



Příklad 2 - výpočet

- Nejprve vypočtu λ :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{38 \cdot 10^9} = 7,9 \text{ mm}$$

- Pak přepočtu výkon TX na dBm:

$$P_{\text{vdBm}} = 10 \cdot \log \frac{P_v}{10^{-3}} = 10 \cdot \log \frac{2 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}} = 3 \text{ dBm}$$

- Výpočet FSL:

$$FSL = 10 \cdot \log \left(\frac{4\pi R_s}{\lambda} \right)^2 = 10 \cdot \log \left(\frac{4\pi 25000}{0,0079} \right)^2 = 152 \text{ dB}$$

- Výkon na vstupu RX je:

$$P_p = P_v + G_{TX} - FSL + G_{RX} = 3 + 40 - 152 + 40 = -69 \text{ dBm}$$

- Minimální požadovaný výkon na vstupu RX je:

$$P_{p\text{min}} = -80 \text{ dBm}$$

- To je o 11dB méně, než je vypočtené hodnota

- Záloha je tedy:

$$Z = P_p - P_{p\text{min}} = -69 - (-80) = 11 \text{ dB}$$

Příklad 2 - zkouška

- Vstupní výkon RX včetně zálohy je:

$$P_p = P_v + G_{TX} - FSL - Z + G_{RX} = 3 + 40 - 152 - 11 + 40 = -80dBm$$

- To se shoduje s minimálním vstupním výkonem RX pro danou QoS resp. BER
- Takže výpočet je OK

$$P_{p\min} = -80dBm$$