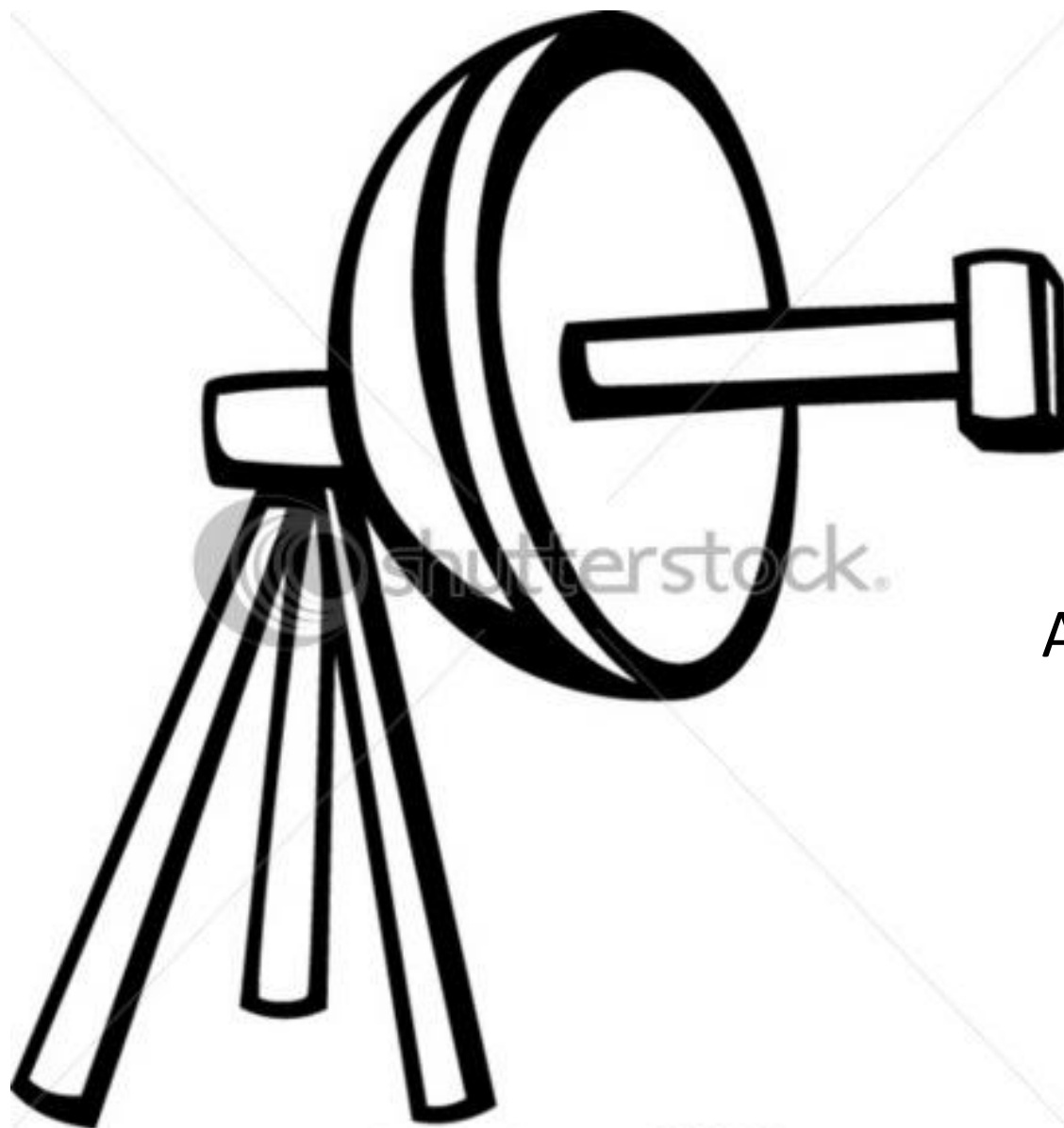


STS 18/19

cvičenie 2

- Antény
- Energetický rozpočet satelitnej komunikačnej linky

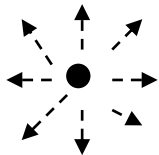
L. Maceková



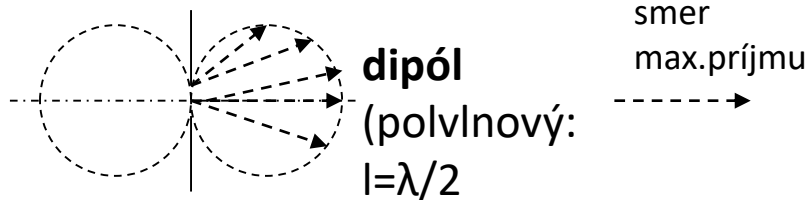
Antény

Problematika antén

Izotropný žiarič (isotropic radiator) všesmerová anténa – fiktívna – často používaná ako vzťažná pri vyjadrení zisku iných antén v [dBi]

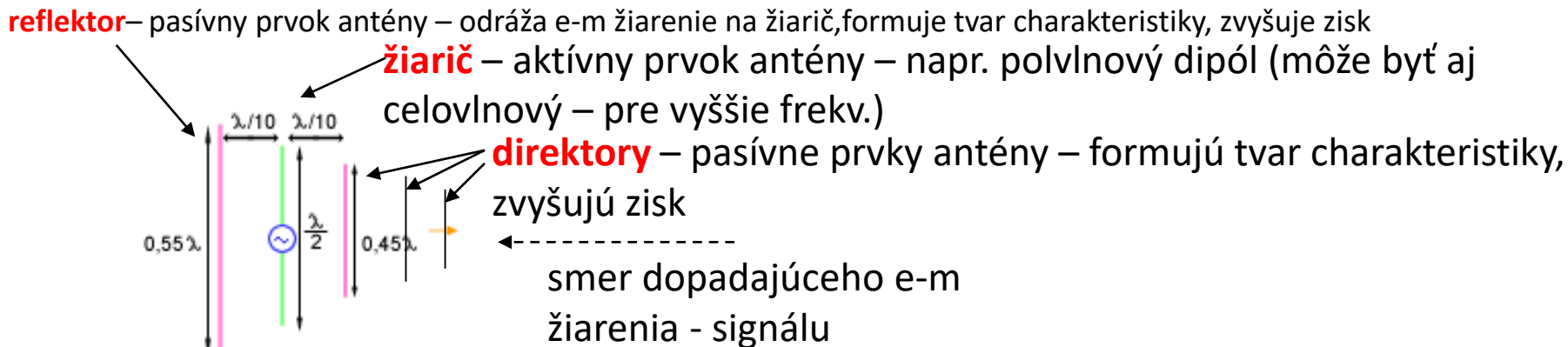


Smerové antény (vyžarovaný výkon sústredený do užšieho lúča → smerová charakteristika tvarovaná konštrukčným prevedením antény). Základný prvok smerovej antény - dipól



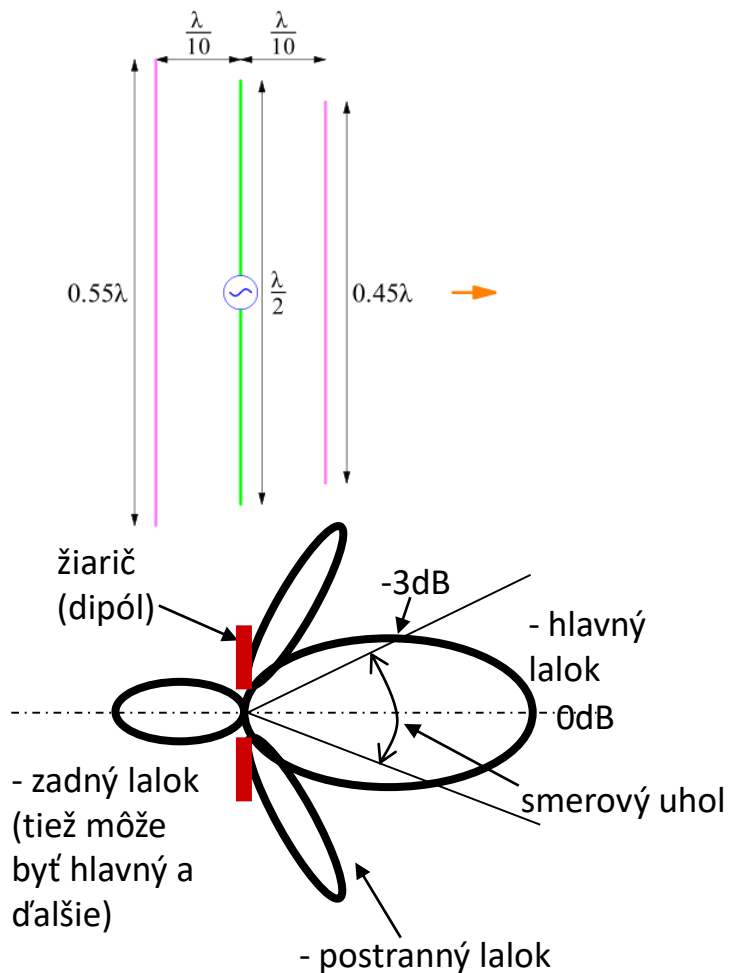
Ďalšie tvary smerových antén

Anténa typu Yagi



- všetko upevnené na vodivej, alebo nevodivej tyči

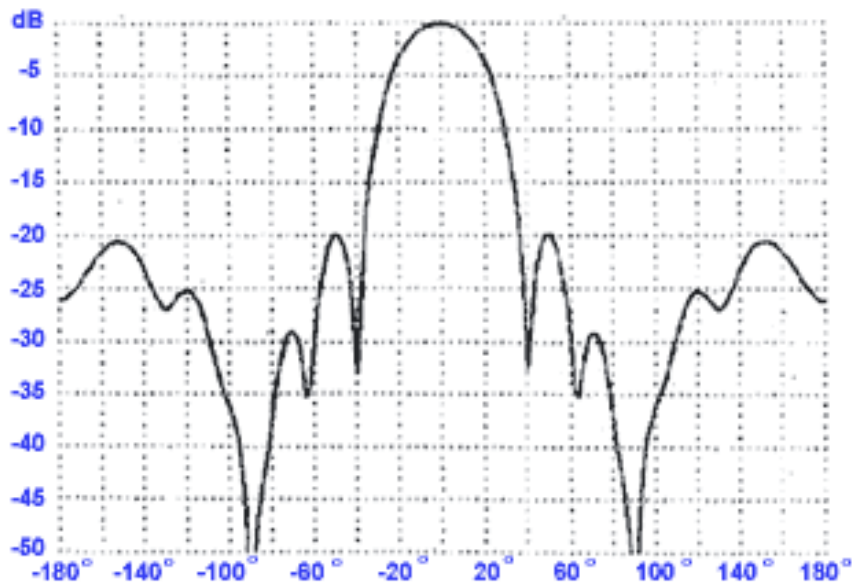
- Potom smerový uhol Yagiho antény (je už užší než uhol samotného dipólu):



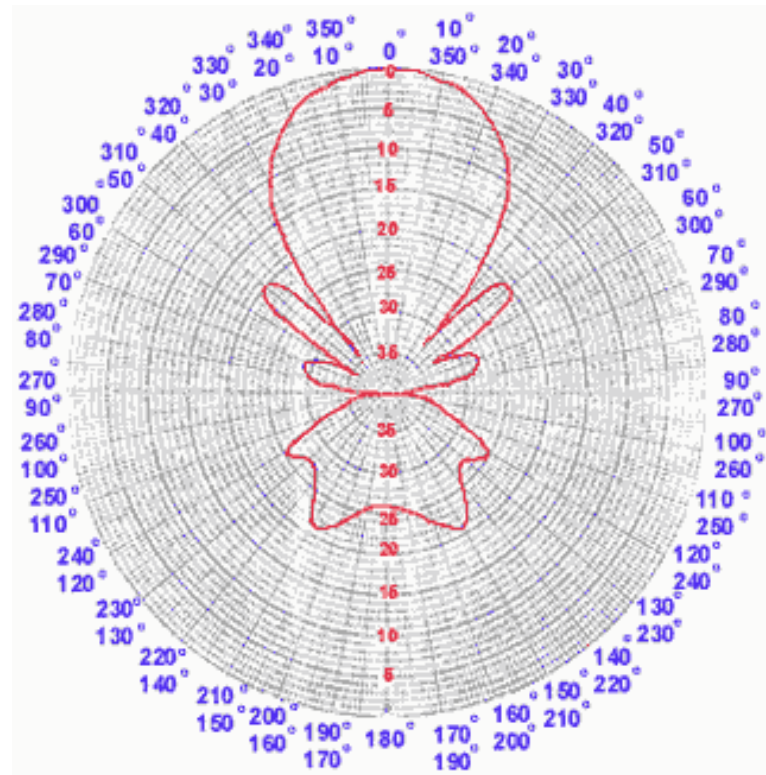
Ďalšie konštrukčné tvary antén

Žiariče môžu mať rôzny tvar (slučkový dipól, „krídelká“- tvar V, ...), reflektory majú rôzny tvar (viac tyčí, ploché mreže vodivo pospájané, tvarované do „vankúša“ alebo do paraboloidu, tanierové v tvare paraboloidu,...), direktorov v Yagiho anténach môže byť viac.

To všetko ovplyvňuje zisk a smerovosť antény (účinnosť smerovej charakteristiky, počet lalokov, smerový uhol)

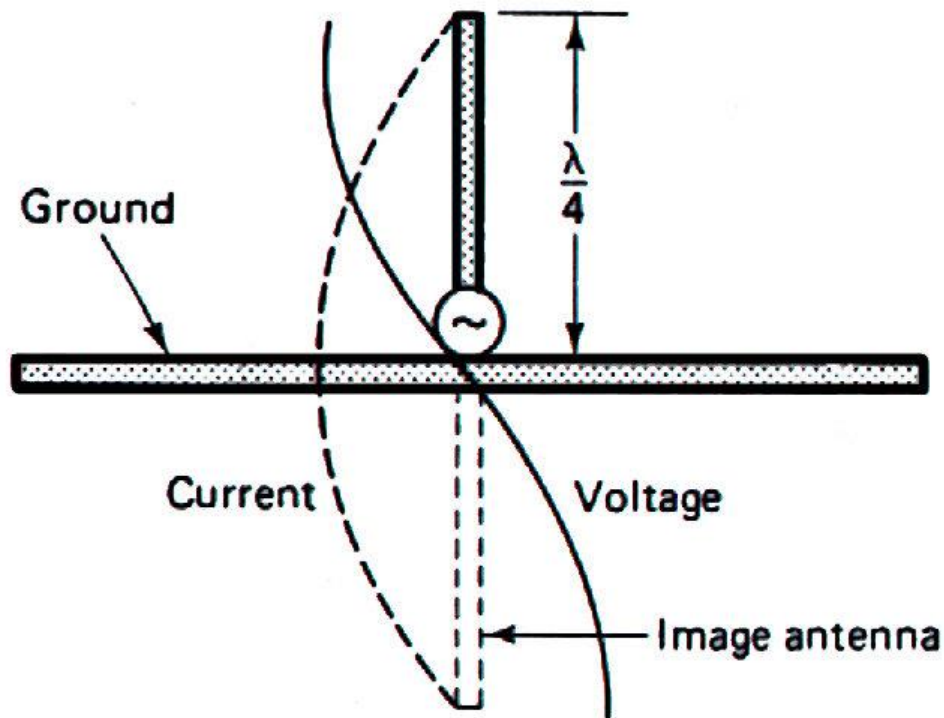
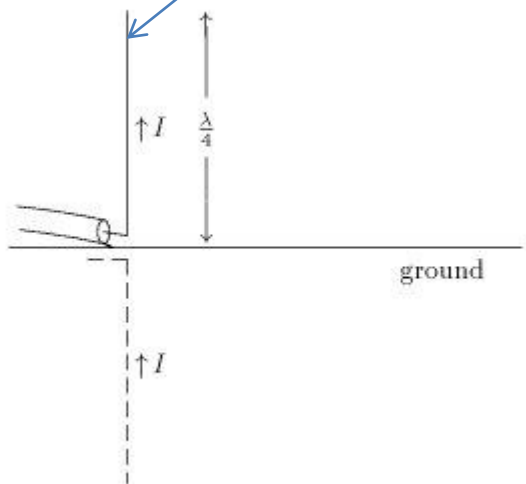


Obr. Ukážka anténovej charakteristiky v **pravouhlých súradniciach** (rovina „E“, horizontálna) pre typickú 10-prvkovú Yagi-anténu



a v **polárnych súradniciach**

Pre úplnosť: tyčová anténa (Marconiho) - štvrtvlnová



Grounded Marconi Antenna

Obr. Vzťah medzi napätím a prúdom indukovaným v $\frac{1}{4}$ -vlnovej anténe

- snaha konštruktérov: zlepšiť smerovosť a zvýšiť zisk → rôzne reflektory; pre satelitný príjem **parabolické reflektory**

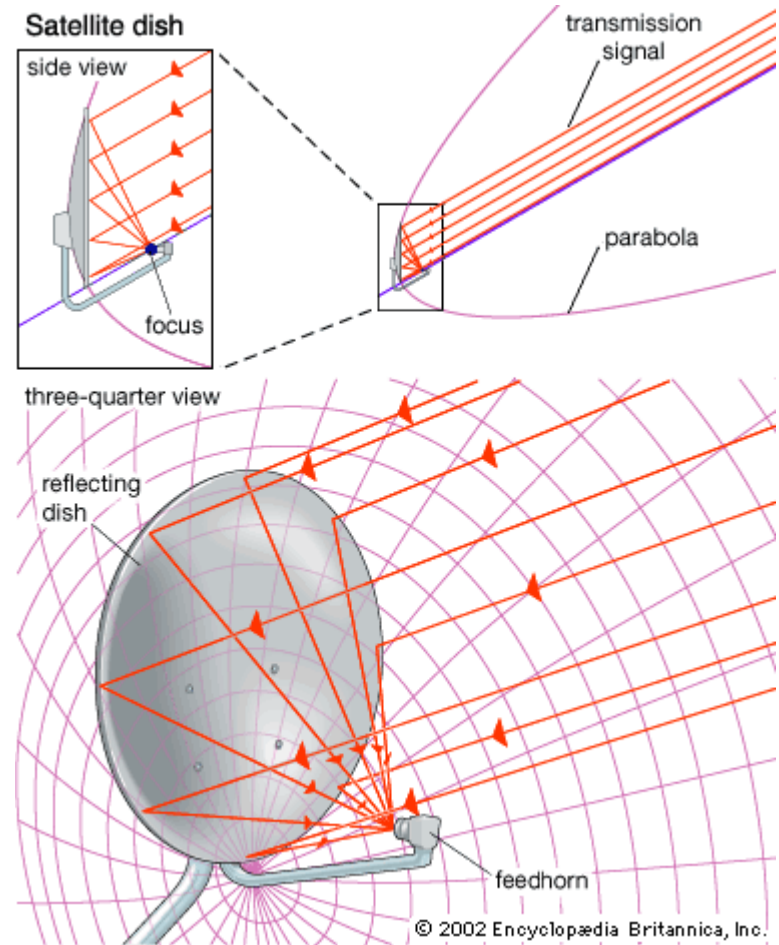
Antény – rôzne tvary



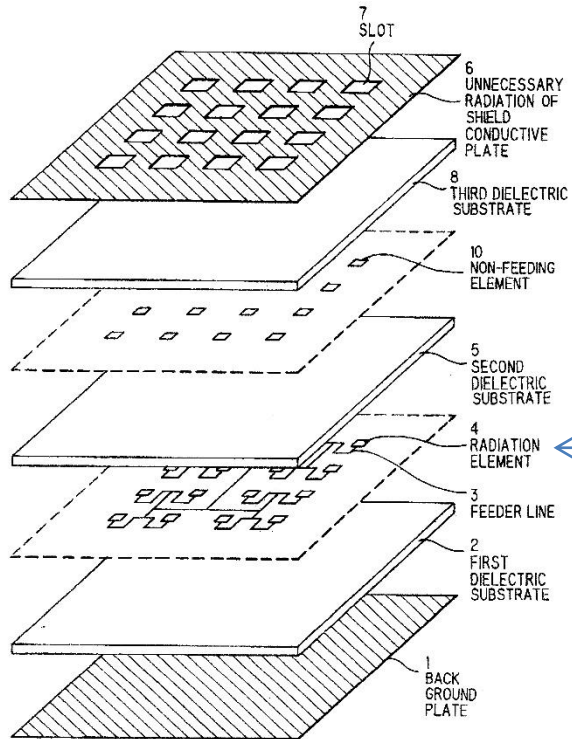
plošná anténa
(flat antenna)



mikrovlnová anténa;
parabolický reflektor

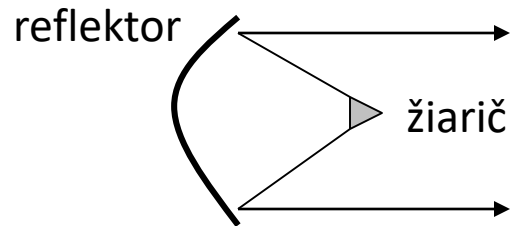


Plošná anténa

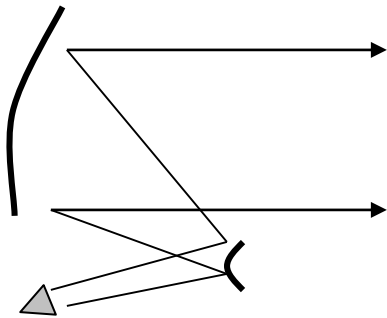


žiriče
(poprepájané
vodivé plôšky)

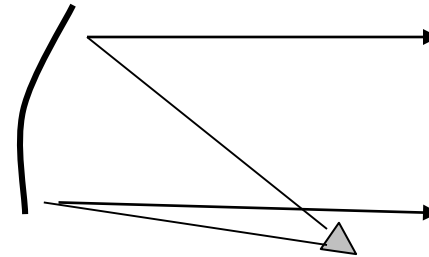
Reflektorové antény – parabolové, „tanierové“ (Dish) antény



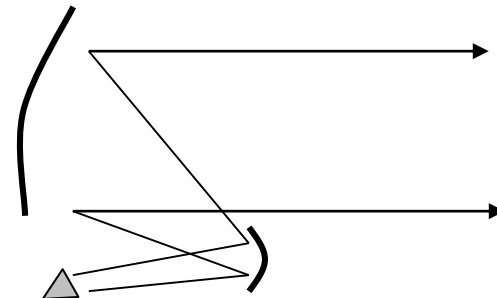
Symmetrická spredu napájaná (žiarič je vpredú, na strane dopadajúceho e-m žiarenia)



Offsetová – Cassegrain (2 reflektory...)



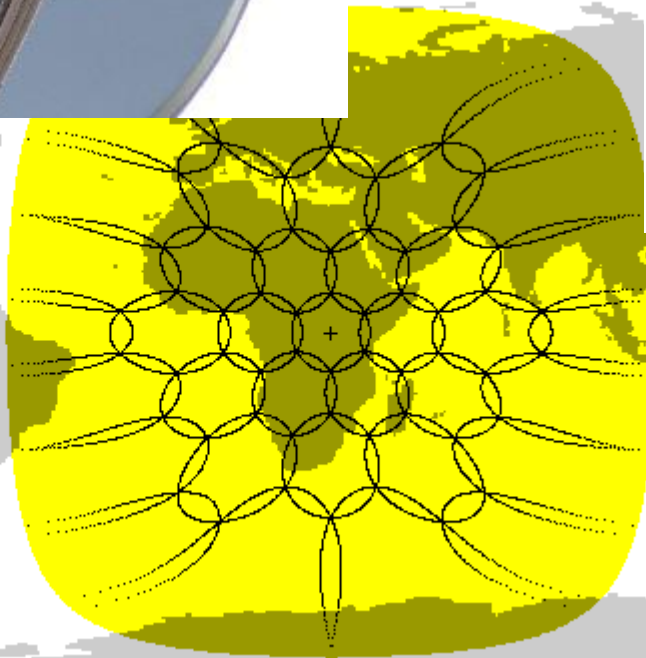
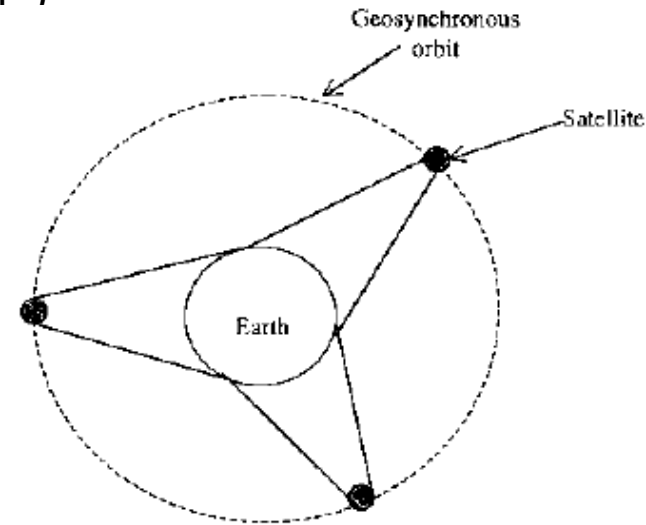
Offsetová (výrez z hornej časti parabolickej plochy – výhody: menší rozmer, nenasneží ...) - spredu napájaná



Offset-Fed, Gregorian

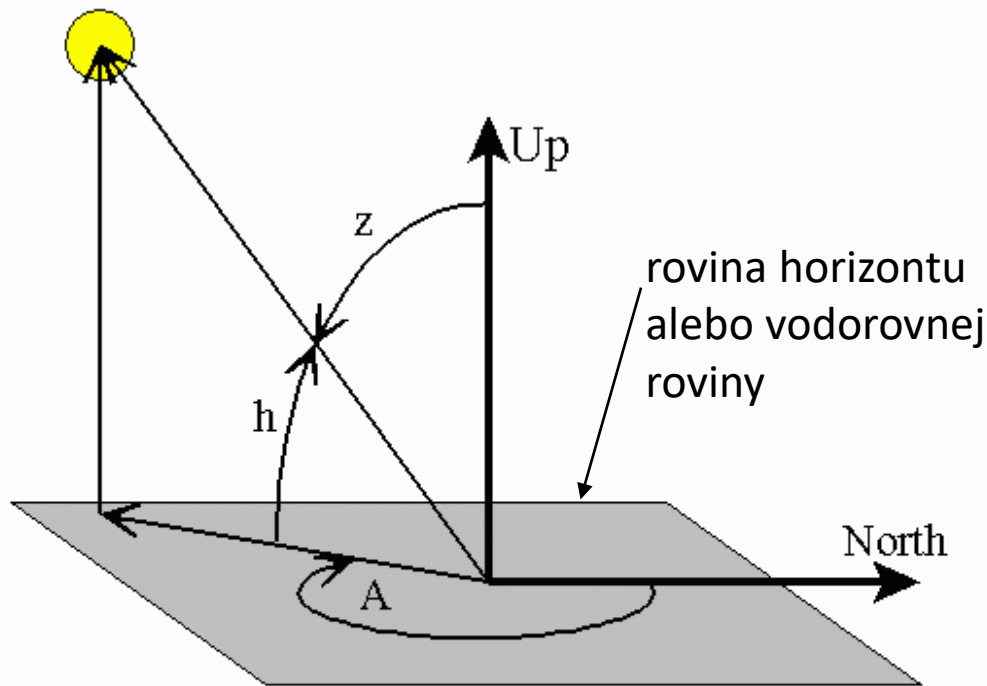


Obr. Príklad tvorby tvarovanej stopy (footprint) – plochy pokrytej signálom sat. antény (viac žiaričov, jeden reflektor/“tanier“)



Obr. Stopa (ožiarená plocha) z 1 GEO-satelitu (3 GEO satelity pokryjú po obvode celú Zem)

takže teraz môžeme:
Pozícia satelitu a nastavenie prijímacej antény- azimut a elevácia

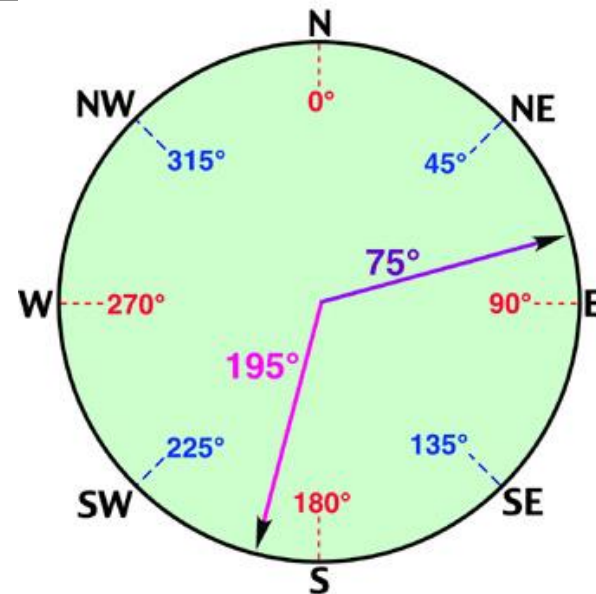


h = elevation angle, measured up from horizon

z = zenith angle, measured from vertical

A = Azimuth angle, measured clockwise from North

Elevácia (h) - uhol vo zvislej rovine meraný od vodorovnej roviny k smeru pohľadu



AZIMUT – orientovaný uhol medzi určitým smerom a severným smerom (z pohľadu užívateľa)



Výpočet uhlov pre nastavenie satelitnej antény

EL-elevácie, AZ-azimutu:

$$EL = \arctan \left(\frac{\cos h - 0.1513}{\sin h} \right) [^\circ]$$

Výpočet pomocného parametra h:

$$h = \arccos[\cos(S - L)\cos B] [^\circ]$$

Hodnota 0.1513:

$$\frac{R}{R + H} = \frac{6378.10^3}{(6378 + 35786).10^3} \cong 0.1513$$

Kde: S...pozícia satelitu (jeho zem. dĺžka) v stupňoch; pri východných ($^\circ E$) treba brať zápornú hodnotu

L... Zem. dĺžka miesta príjmu, pri východných ($^\circ E$) treba brať zápornú hodnotu

B – zem.šírka miesta príjmu

R – polomer Zeme

H – výška satelitu na zem.povrchom

$$AZ = 180 + \arctan \left(\frac{\tan(S - L)}{\sin B} \right) [^\circ]$$

Keď sme na J-pologuli, trochu inak:

$$AZ' = \arctan \left(\frac{\tan(S - L)}{\sin B} \right) [^\circ]$$

$$AZ = 360 - AZ' [^\circ]$$

Nastavenie AZ vzhľadom na magn.deklináciu:

$$AZ_{real} = AZ - |MD|, \text{ pri } MD / E$$

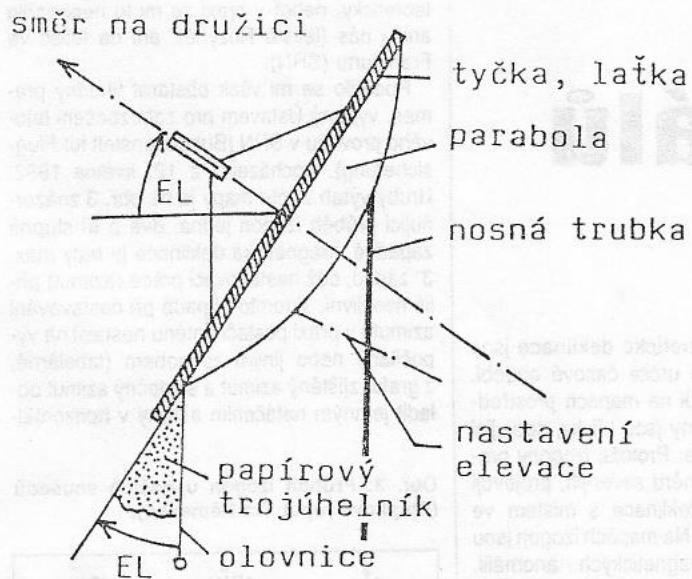
$$AZ_{real} = AZ + |MD| \text{ pri } MD / W$$

Výpočet **LNB Skew** (natočenie nízkošumového konvertora- Low Noise Block):

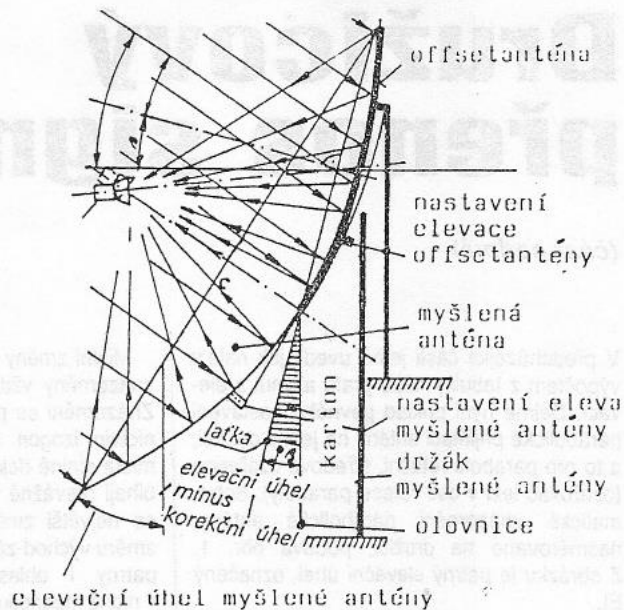
$$LNB \text{ skew} = - \arctan \left(\frac{\sin(S - L)}{\tan B} \right) [^\circ]$$

Príklady na výpočet – D.ú.

Nastavenie AZ a EL prakticky [1]:



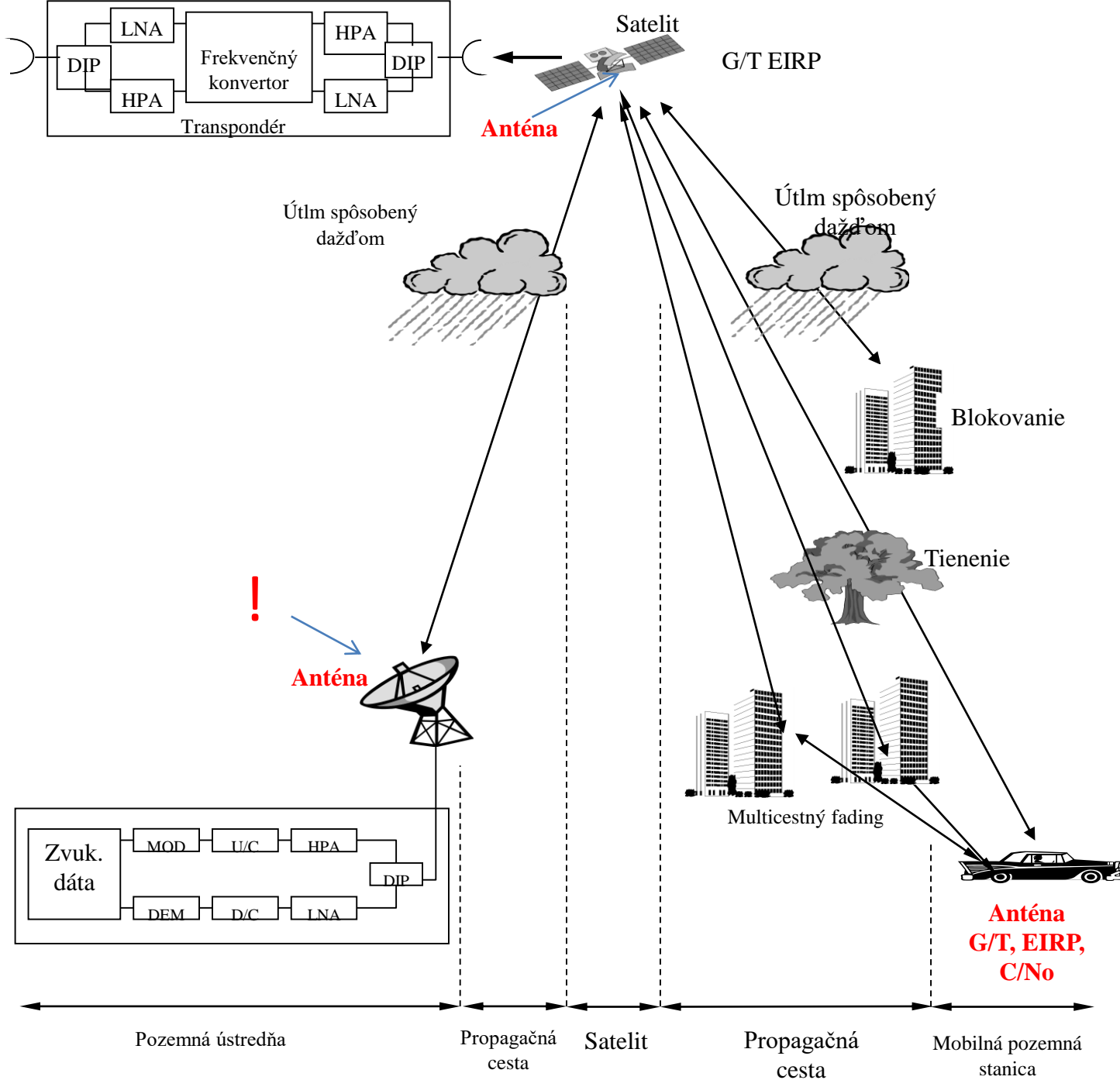
▲ Obr. 1: Nastavení elevačního úhlu přijímací parabolické antény.



Obr. 6: Nastavená elevace offset antény

Link Budget

Energetická bilancia satelitnej linky



zdroj: [2]

Problémy:

- šum
- **zisky a útlmy** zariadení (aj zisky antén)
- blokovanie
- útlm prostredia (tienenie stromami, dážď - v prípade Ka pásma a mm-vln)
- viaccestné šírenie (mnohonásobné odrazy) – multipath fading
- odraz (reflection) od morskej hladiny v prípade námornej kom.

Ale najprv musia byť známe:

**decibelové miery výkonu, zosilnenia, útlmu a pod.
výkon šumu, SNR, šumová teplota, zisk antény, ...**

Takže:

Zisk antény v závislosti od všeobecnej plochy apertúry :

$$G_a = \frac{4\pi}{\lambda^2} \eta A \quad [-]$$

ηA ... efektív.vyžarovacia plocha antény-závisí od smeru nastavenia= A_{ef} [m²]

A ... apertúra (fyzikálna plocha, cez ktorú prechádza e-m žiarenie) [m²]

η ... účinnosť apertúry (0,35-0,75) [-]

λ ... vlnová dĺžka [m]

Zisk parabolovej antény v závislosti od priemeru taniera a účinnosti:

$$G_{\max} = \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad [-]$$

$$G_{\text{dBi}} = 10 \log G \quad [\text{dBi}]$$

D ... priemer taniera (alebo reflektora, alebo poľa vyžarujúcich prvkov – apertúry) [m]

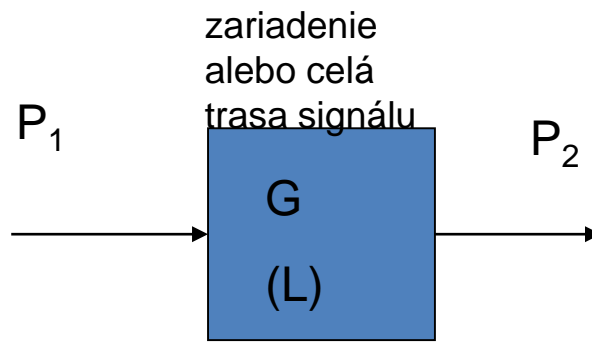
v porovnaní so ziskom izotropnej antény

Príklad: $\eta=55\%$, $f=11\text{GHz}$, $D=1\text{m}$. $G=?$

- zisk v reáli je vždy < než udáva výrobca (pripojenie, nasmerovanie a ďalšie nepriaznivé podmienky)

Pokračovať môžeme, keď ovládame
decibelové miery:

Decibelové miery



Ak $P_2 > P_1$

→ **zosilnenie (Gain)** →

$$\frac{P_2}{P_1} > 1$$

$$\rightarrow G_{[dB]} = 10 \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \quad [dB]$$

- keď upravíme:

$$G_{[dB]} = 10 \log \left(\frac{P_2 / 1mW}{P_1 / 1mW} \right) \quad [dB]$$

..... > 0 dB

a s využitím definície dBm:

$$= 10 \log(P_2 / 1mW) - 10 \log(P_1 / 1mW)$$

$$G_{[dB]} = P_2 [dBm] - P_1 [dBm]$$

Definícia dBm a dBW

$$P_{[dBm]} = 10 \log P_{[mW]}$$

$$P_{[dBW]} = 10 \log P_{[W]}$$

Potom – podobne: **útlm, zoslabenie, straty (Loss)**

$$L_{[dB]} = 10 \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \quad [dB]$$

$P_1 > P_2$; $L > 0$ dB

Príklady ...

$$1 \text{ W} \rightarrow ? \text{ dBW}$$

$$1 \text{ mW} \rightarrow ? \text{ dBW}$$

$$1 \text{ mW} \rightarrow ? \text{ dBm}$$

$$10 \text{ mW} \rightarrow ? \text{ dBm}$$

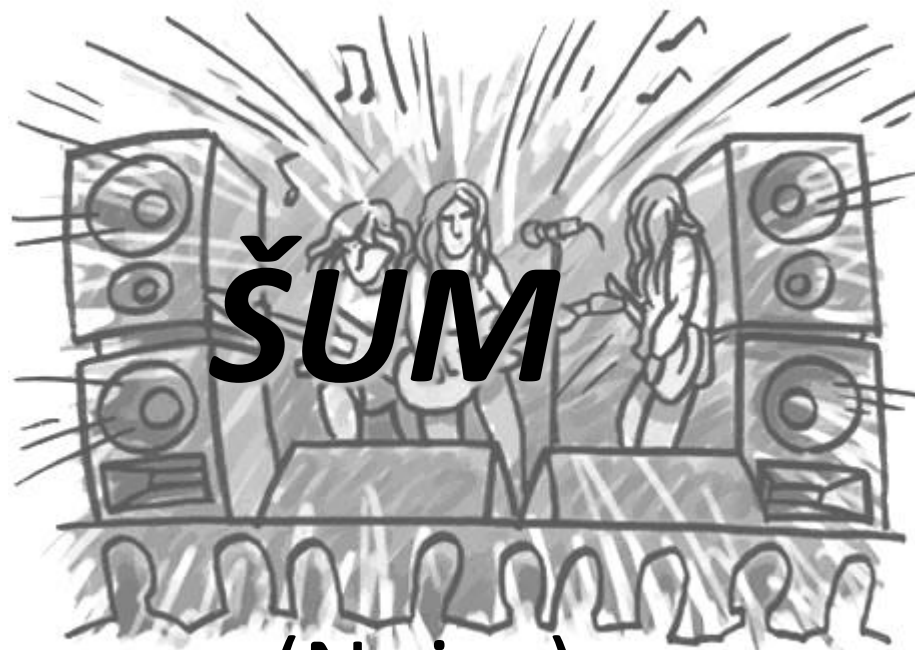
$$35 \text{ mW} \rightarrow ? \text{ dBm}$$

$$P_1 = 1 \text{ mW}, P_2 = 10 \text{ } \mu\text{W}, A = ?$$

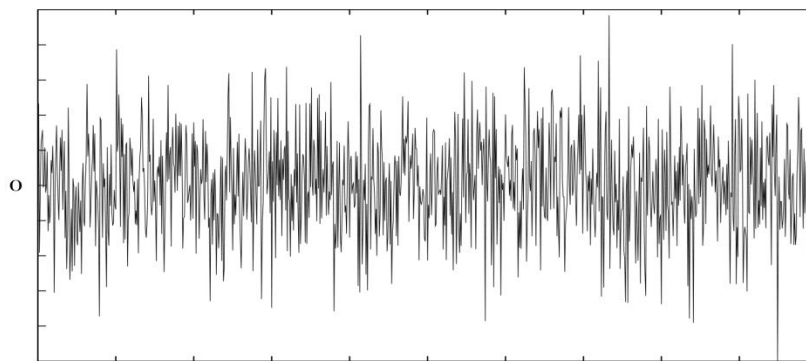
$$P = 35 \text{ dBm} \rightarrow ? \text{ mW}$$

$$P = -15 \text{ dBW} \rightarrow ? \text{ W}$$

Ďalšie parametre satelitného príjmu



(Noise)



Šum – pomer S/Š a odstup signálu od šumu, v angl. len SNR, šumové číslo F, šumové napätie, ...

**Efektívne šumové napätie
(podľa Nyquista [2])**

$$U_n = \sqrt{4kTRB} \quad [\text{V}]$$

k – Boltzmann. konštanta = $1,38 \cdot 10^{-23} \text{Ws}^{-1}\text{K}^{-1}$

T – absolút. teplota [K]

R – ekviv. odpor [Ω]

B – šírka frekv. pásma [Hz]

pomer signál/šum, odstup signál-šum

S/N ... pomer [W,W; výsledok je bezrozmerné č.]

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log (S/N) \quad [\text{dB}] = S_{\text{dB}} - N_{\text{dB}} \quad [\text{dB}]$$

$(S/N)_{\text{in}}$, $(S/N)_{\text{out}}$, SNR_{in} , SNR_{out}

S ... výkon signálu

N ... výkon šumu (šum=noise)

SNR ... signal-to-noise ratio

výkon šumu (prechádzajúci do prispôsobenej záťaže; $R_i=R_L=R$)

$$P_n \text{ alebo } N = \frac{U_n^2}{4R} = kTB \quad [\text{W}]$$

→ hustota energie N_0 - spektrálna výkonová hustota šumu (výkon pripadajúci na jednotku frekv. spektra, čiže na 1 Hz):

$$N_0 = \frac{P_n}{B} = kT \quad [\text{W/Hz}]$$

keď v dB, tak potom:

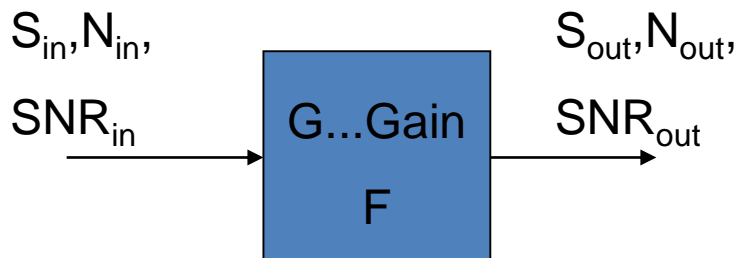
$$\begin{aligned} [N_0] &= [k] + [T] \quad [\text{dBW/Hz}] \quad \leftarrow \dots \text{symbolický zápis pre dB-počty} \\ &= 10\log(k) + 10\log(T) \\ &= 10\log(1.38 \times 10^{-23}) + 10\log(T) \\ &= -228.6 + 10\log(T) \quad [\text{dBW/Hz}] \end{aligned}$$

Príklad: Vypočítajte hustotu energie šumu, ktorý generuje rezistor pri teplote 27°C

Výsledok: -203,8 dBW/Hz

Šum je vlastnosťou každej hmoty → každý el. **zosilňovač** okrem toho, že spolu so signálom zosilňuje aj šum, pridáva k tomu ešte aj vlastný šum. → dôležitý parameter el.zariadení:

Šumové číslo (F) zariadenia so zosilnením G



$$S_{out} = G \cdot S_{in}$$

$$N_{out} = G \cdot N_{in} + N_{vlastný}$$

už vieme:

S/N ... pomer [-]

$$SNR_{dB} = 10 \log (S/N) \text{ [dB]}$$

$$(S/N)_{in}, (S/N)_{out}, SNR_{in}, SNR_{out} \rightarrow$$

Noise figure NF, alebo len F – šumové číslo aktívneho zariadenia (zosilňovača, antény atď.)

$$F = \frac{\frac{S_{in}}{N_{in}}}{\frac{S_{out}}{N_{out}}} = \dots = 1 + \frac{T_e}{T_0}$$

[bezrozmerné]

pričom:

T_e ...ekvivalentná šumová teplota el. zariadenia
prepočítaná na vstup

$$T_e = T_0 (F - 1)$$

T_0 ...okolitá (pracovná) teplota

a potom decibelové:

$$F = 10 \log F = SNR_{in[dB]} - SNR_{out[dB]} \text{ [dB]}$$

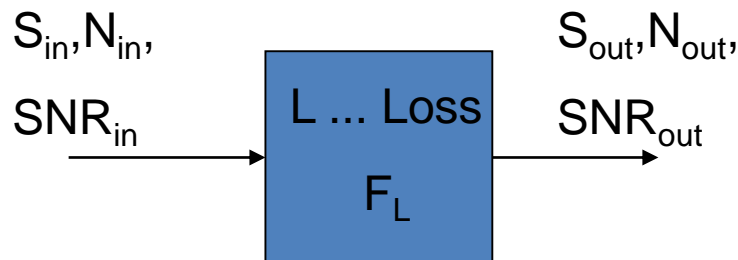
Príklad: Vypočítajte šumové číslo zosilňovača pri pracovnej teplote 300 K a pri šumovej teplote prepočítanej na jeho vstup 400 K.

Výsledok: 3,7 dB

Príklad: Vypočítajte šumovú teplotu zosilňovača prepočítanú na jeho vstup pri pracovnej teplote 290 K, keď vieme, že jeho šumové číslo je 4 dB.

Výsledok: $T_e = 438,8$ K

Šumové číslo (F_L) zariadenia so stratou L (útlmom) – káblov a pod.



$$L > 0$$

$$S_{out} = S_{in}/L$$

noise figure F_L – šumové číslo zariadenia:

$$F_L = \frac{\frac{S_{in}}{N_{in}}}{\frac{S_{out}}{N_{out}}} = \frac{\frac{S_{in}}{kT_0B}}{\frac{S_{in}}{\frac{1}{L}(kT_0B + kT_eB)}} = 1 + \frac{T_e}{T_0} = L$$

[bezrozmerné]

potom vstupná šum. teplota:

$$T_e = T_0(L-1)$$

a **výstupná** šumová tepl.:

$$T_{out} = T_0\left(1 - \frac{1}{L}\right)$$

T_e ...ekvivalentná šumová teplota el. zariadenia prepočítaná na vstup

T_0 ...okolitá (pracovná) teplota

T_{out} ... výstupná šumová teplota

potom decibelové:

$$F_{L[dB]} = 10 \log F_L \quad [dB]$$

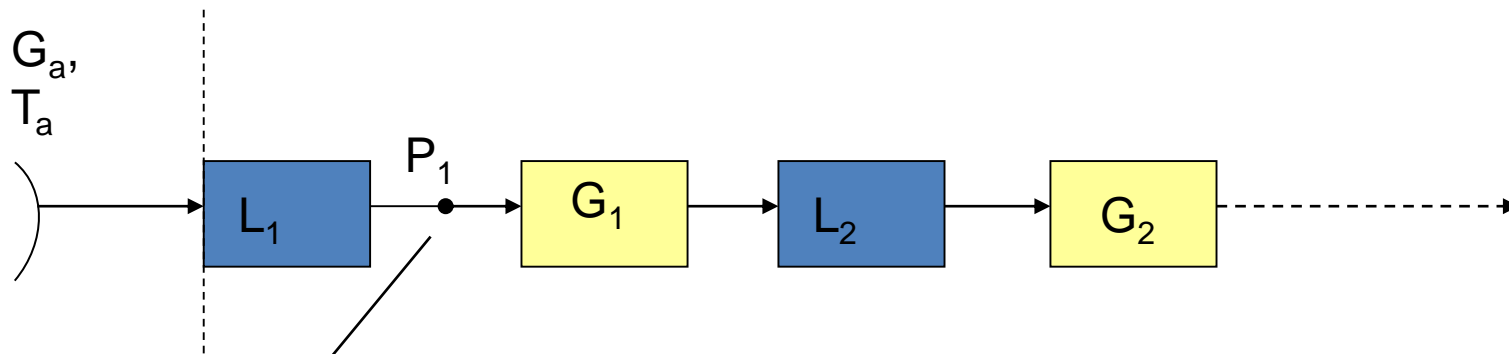
Príklad:

Obvod má stratu 2,5 dB, pracovná teplota je 400 K. Treba vypočítať ekvivalentnú šumovú teplotu na jeho vstupe a výstupe.

Výsledok: $T_e = 311,3 \text{ K}$, $T_{\text{out}} = 175,1 \text{ K}$

Poučenie:

Obvod so stratou znižuje ekvivalentnú šumovú teplotu – potláča šum. 😊



ekvivalentná šumová teplota celej kaskády (prepočítaná do bodu P_1 , bez antény):

$$T_e = T_{L_1} + T_{G_1} + \frac{T_{L_2}}{G_1} + \frac{T_{G_2} \cdot L_2}{G_1} + \frac{T_{L_3} \cdot L_2}{G_1 \cdot G_2} + \dots$$

$$\cong T_{L_1} + T_{G_1}$$

→ závisí hlavne od šumových vlastností prvých 2 článkov (napr. anténového zvodu L_1 a vstupného zosilňovača G_1) !! (všetky G sú $\gg 1$)

→ preto je „požiadavka na **LNA**“ – **Low Noise Amplifier** – nízkošumový zosilňovač prijímača (v konečnom dôsledku ide o čo najlepší, teda čo najväčší odstup SNR! – aby sme zo signálu spracovaného zariadením vôbec niečo mali)

- ... alebo **LNC** - nízkošumový konvertor

... s uvažovaním antény:

Celková ekviv. (prepočítaná) šumová teplota systému T_s na vstupe prijímača s anténou:

$$T_s = \frac{T_a}{L_1} + T_{L1} + T_{G1} = \frac{T_a}{L_f} + T_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{L_f} \right) + T_R \quad (*)$$

T_a ... ekviv. šum. teplota antény (okolo 80 K alebo 100K v L-pásme)

T_{L1} ... ekviv. šum. teplota napájača

T_{G1} ... ekviv. šumová teplota 1. zosilňovača

T_R ... ekviv. š. teplota prvého zosilň.stupňa prijímača (LNA);

$$T_R = (F-1) \cdot T_0$$

L_f ... straty napájača (medzi anténou a LNA)...pribl. 1 / 0,95

Niekedy potrebujeme vzťah pre šumovú teplotu antény s konvertorom:

$$T = T_a \cdot a + (1-a) T_0 + (F-1) T_0$$

a ... straty medzi žiaričom a konvertorom

F ... šumové č. konvertora

Zisk antény a EIRP (Effective Isotropic Radiated Power)

(vieme už, čo je izotropná anténa, smerová anténa; smerový uhol (pri -3dB úrovni výkonu))

Zisk smerovej antény G_a

= jej vyžarovacia účinnosť oproti referenčnej anténe napr. **izotropnej** (čiže zisk je pomer 2 plošných výkonov!) :

$$G_a = \Phi / \Phi_i$$

$$G_{a \text{ [dBi]}} = 10 \log (\Phi / \Phi_i) \dots \text{ [dBi]}$$

... pozn.: G izotrop. antény je 1 (t.j. 0 dBi)

$\Phi_i = P_t / 4\pi R^2$... Φ_i ... plošná hustota vyžiareného výkonu izotropnej antény (alebo tiež PFD- Power Flux Density) [W/m²]

P_t ...vyžiarený výkon [W]

R vzdialenosť miesta príjmu od vysielačnej antény [m]

-plošná hustota výkonu na Zemi (od družicového vysielača) – klesá s horizontálnou vzdialenosťou od bodu zamerania (to súvisí so smerovosťou antény ...)

EIRP ... Ekvivalentný izotropne vyžiarený výkon družicového vysielача

(Equivalent Isotropic Radiated Power)

$$\text{EIRP} = P_t \cdot G_t [-] \quad [\text{W}; \text{W}, -]$$

$$\text{EIRP} = P_t \cdot G_t = P_t \cdot (\Phi_t / \Phi_i) = \dots = \Phi_t \cdot 4\pi R^2$$

alebo v dB:

$$\text{EIRP}_{[\text{dBW}]} = 10 \log P_{\text{vys}} [\text{W}] + G_{\text{vys}} [\text{dBi}]$$

P_t ... vyžiarený výkon [W]

G_t ... zisk vysielacej antény (na sat.)

Príklad:

Ak EIRP vysielача v GEO systéme je 48 dBW, určte max. plošnú hustotu výkonu na Zemi.

Výsledok: -114 dBW/m²

Ďalšie parametre systému:

G/T - Systémový zisk (Figure of merit)

-pomer zisku a šumovej teploty zariadenia (systému) - dôležitý parameter – čím väčšie číslo, tým lepšie

-pri anténach sa do G/T zvykne zahrňať aj šumová teplota konvertora

Príklad:

Vypočítajte systémový zisk antény s LNC-konvertorom. Šumové č. LNC-konv. je $F=1,3$, zisk antény na str. frekvencii 12,1GHz je 34,75 dBi, jej šumová teplota je 31,68K, straty prenosovej cesty od žiariča ku konvertoru sú asi $a=0,95$, straty z dôvodu nepresného zamerania sú približne $b=0,9$. Referenčnú teplotu okolia uvažujte $T_0=290K$.

Riešenie:

Pre ekviv. šum. teplotu antény antény s konvertorom použijeme vzťah podobný (*):

$T=T_a \cdot a + (1-a)T_0 + (F-1)T_0$, a pre prevádzkový zisk antény: $G_p = a \cdot b \cdot G_{[-]}$. \rightarrow potom $G_p/T = \dots$

Výsledok: 19,16 K⁻¹... 12,82 dB/K

takže môžeme si ešte poznačiť:

-prijímacia anténa - prevádzkový zisk G_p :

$$G_p = a \cdot b \cdot G$$

$a, b < 1$...straty prenos. cesty, nepresnosť zamerania a polarizač. chýb

a systémový zisk antény s konvertorom:

$$G/T = G_S / T_S = \frac{\frac{G_R}{L_f}}{\frac{T_a}{L_f} + T_0 \left(1 - \frac{1}{L_f}\right) + T_R} = \frac{G_R}{T_a + T_0(L_f - 1) + T_R L_f}$$

kde:

$$T_S = \frac{T_a}{L_f} + T_0 \left(1 - \frac{1}{L_f}\right) + T_R$$

Ďalšie parametre

Ďalšie parametre systému:

C/N – Kvalita príjmu

(C-Carrier-nosná,t.j. nosná frekvencia signálu, N-Noise-šum)

- je to vlastne pomer signálu a šumu na vstupe pozemného prijímača – čiže to, čo sme predtým nazvali SNR ☺.

$$(C/N)_{[dB]} = 10 \log \frac{C}{N}$$

$$C/N_{[-]} = P_t [W] \cdot G_t \cdot G_r \cdot b / (k.T.B)$$

pozri
ďalej

P_t ...vyslaný výkon, G_t, G_r ...zisk vysielacej, resp. prij. antény, b -útlm voľ.priestoru medzi anténami

v dB:

$$C/N_{[dB]} = P_t [dBW] + G_t [dB] + G_r [dB] + b [dB] - 10 \log k - 10 \log T - 10 \log B$$

b...útlm voľného priestoru od vysielacej antény ku prijímacej:

$$b = \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \quad [-; \text{m}, \text{m}]$$

λ ...vln.dĺžka

R ...vzdialenosť (napr. $36 \cdot 10^6$ m pre GEO)

Príklad:

Vypočítať útlm pre systém GEO pri frekvencii 11 GHz.

Výsledok: -206dB

-pre analógový TV signál – stupnica kvality:

Kvalita TV obrazu	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
C/N [dB]	5	6,6	8	10	13	15	18

5...výborná
4... dobrá
3... vyhovujúca
2... nevyh.
1...nepoužiteľná

-pre digitálny TV signál sú požadované vyššie hodnoty odstupu signál – šum (10^1 dB)

Zdroje:

[1] J. Montana: Introduction to Satellite Communications, George Mason Univ.
2003

[2] Mobilné satelitné komunikácie

Iný pohľad na vzťah C/N:

$$C/N_{[-]} = P_t [W] \cdot G_t \cdot G_r \cdot b / (k \cdot T_{\text{noise}} \cdot B)$$

$$C/N = \text{EIRP} \cdot \frac{G_r}{T_{\text{noise}}} \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \cdot (k \cdot B)^{-1}$$

pretože $\text{EIRP} = P_t \cdot G_t$, a útlm $b = (\lambda / 4\pi R)^2$.

$$C/N = \frac{\text{EIRP}}{4\pi R^2} \cdot \frac{G_r}{T_{\text{noise}}} \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot (k \cdot B)^{-1}$$

$$C/N = \phi \cdot \frac{G_r}{T_{\text{noise}}} \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot (k \cdot B)^{-1}$$

, pretože

plošný výkon $\Phi = \text{EIRP} / (4\pi R^2)$

Príklad:

Vypočítajte celkový pomer C/N prijímača GEO systému pri daných podmienkach: $f=1,5$ GHz, $P_t=1$ W, $G_t=21,7$ dBi, straty vo voľnom priestore $L_p=187,2$ dB, $G_r=15$ dBi, $T_s=24,8$ dB/K

Riešenie:

Keďže nemáme zadanú šírku pásma B_{Hz} , budeme rátať C/N na 1Hz.

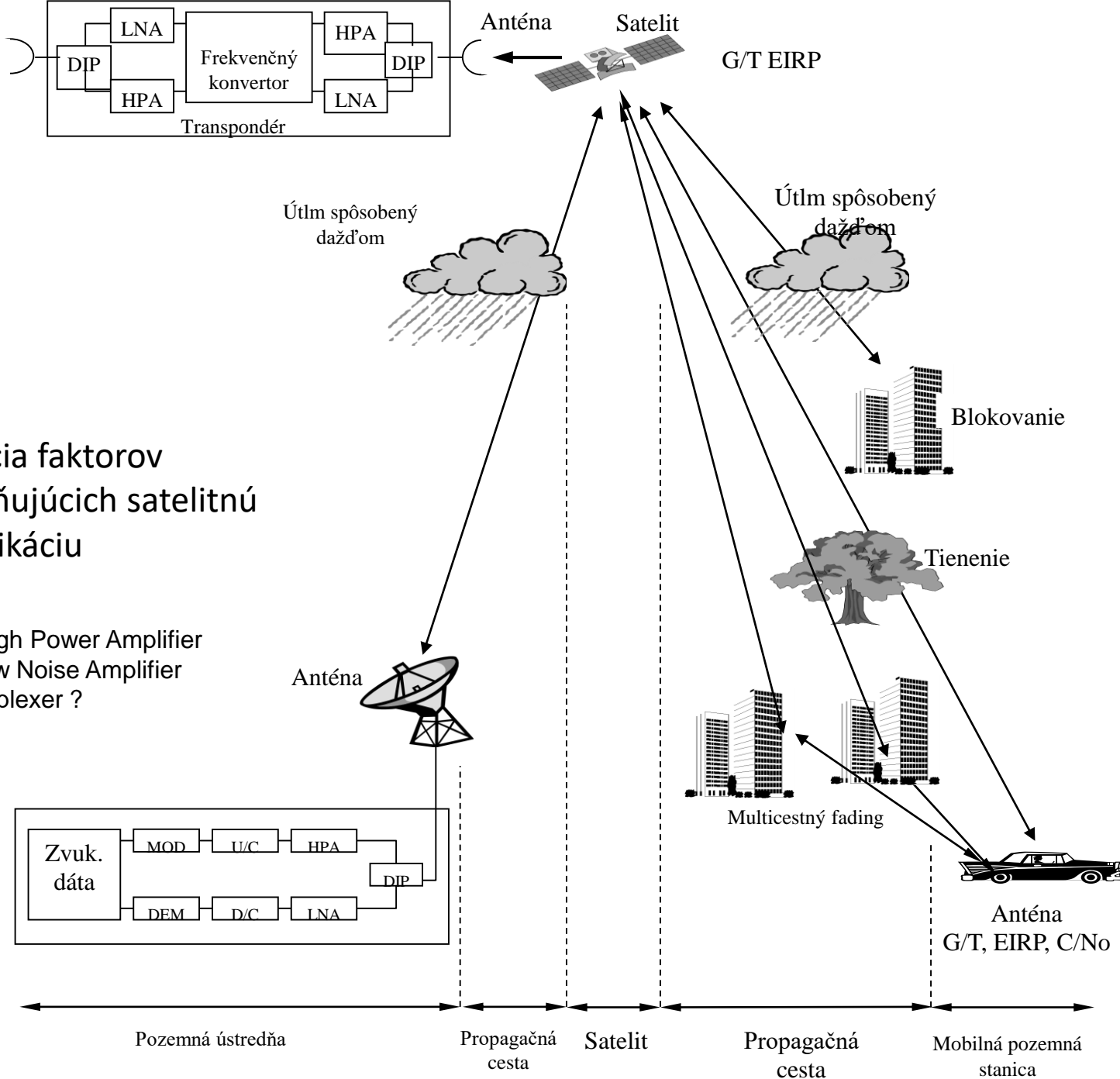
Môžeme jednoducho sčítavať a odčítavať dB – pretože:

$$\begin{aligned} C/N_{\text{dB}} &= 10\log(P_t \cdot G_t \cdot b \cdot G_r / (k \cdot T \cdot B)) = P_{t \text{ dBW}} + G_{t \text{ dB}} + G_{r \text{ dBi}} - L_{p \text{ dB}} - 10\log k - T_{s \text{ dB/K}} - 0 \\ &= \text{EIRP} - L_p + G/T_{\text{prij. dB/K}} - k_{\text{dB}} \\ &= \dots = \text{asi } 53,3 \text{ dB} \end{aligned}$$

Tá posledná „0“ to je: $10\log 1\text{Hz} = 0 \text{ dB}$!

Takže teraz ten rozpočet linky

- Link Budget



Obr.
 Ilustrácia faktorov
 ovplyvňujúcich satelitnú
 komunikáciu

HPA- High Power Amplifier
 LNA-Low Noise Amplifier
 DIP – diplexer ?

Základné parametre systému:

G/T

EIRP – efektívna vyžiarená energia

C / N_0 - pomer vyslanej energie k hustote šumovej energie

Problémy:

- šum

- zisky a útlmy zariadení

-blokovanie

-útlm prostredia (tienenie stromami, dážď - v prípade Ka pásma a mm-vln)

-viaccestné šírenie (mnohonásobné odrazy) – multipath fading

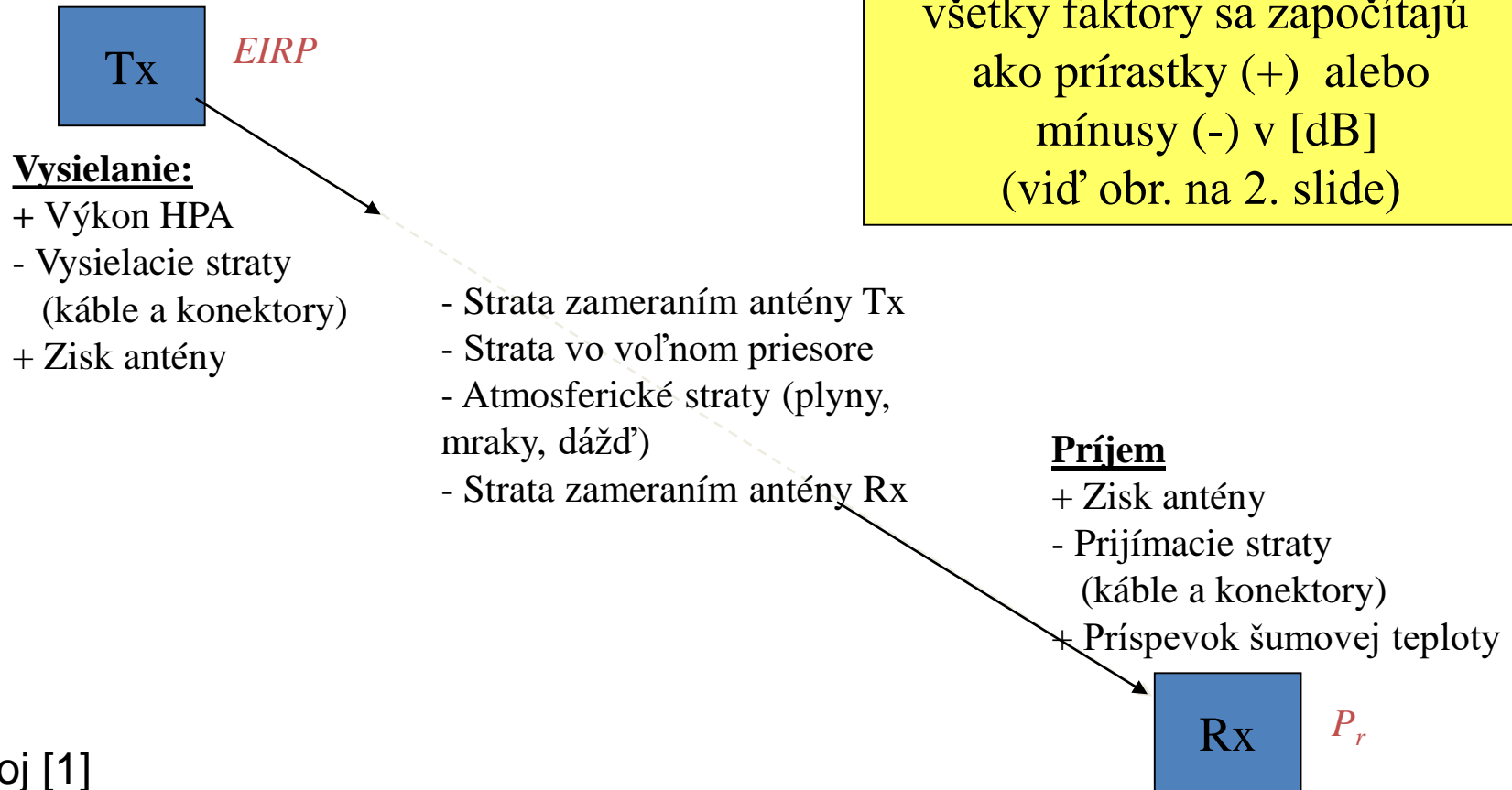
-odraz (reflection) od morskej hladiny v prípade námornej kom.

Pričom musíme ovládať :

decibelové miery výkonu, zosilnenia, útlmu a pod.

výkon šumu, SNR, šumová teplota, zisk antény, ...

Link Power Budget



Energetická bilancia komunikačnej linky = súčet všetkých ziskov a strát signálu (v dB) na trase od vysielača po prijímač:

Výkonová úroveň prijatého signálu:

$$C = P_t \frac{G_t G}{L} = EIRP \frac{G}{L}, \quad [\text{W}]; L > 1 \dots \text{straty}$$

V logaritmickej miere:

$$C = P_t + G_t - L + G = EIRP - L + G \quad [\text{dBW}]$$

- aká je kvalita príjmu na konci reťazca v ktorom su čiastkové kvality príjmu výrazne odlišné_

odpoveď: taká, aká je naslabšia kvalita príjmu v reťazci

Doplnenie ku kvalite príjmu:

Ešte nás zaujíma **šumový prah družicového prijímača ... prahový S/N**
... t.j. najmenšia hodnota C/N, pre ktorú ešte obraz nie je neprijateľný (S/N
býva asi 8dB a menší – kvalitné sat. prijímače)

-S/N závisí od viacerých faktorov prenosu: modulačného frekv. zdvihu
 ΔF , šírky pásma B, šírky zvuk. kanála

- potom medzi S/N a C/N je vzťah:

$$S / N = C / N + G_d + P_d \quad [\text{dB}]$$

kde G_d ... modulačný zisk,

P_d ... fyziologický faktor hodnotenia obrazu (asi 13,2 dB)

$$G_d = 10 \log \left(1,5 \frac{(2\sqrt{2} \cdot (\Delta f_{\max}))^2 B}{f_{\text{audio}}^3} \right)$$

Vysvetl. a príklady hodnôt:

Δf_{\max} ... frekv. zdvih špička-špička,
napr. 13,5 MHz

f_{audio} ... zvukový kanál, napr. 8 MHz

B ... šírka pásma, napr. 27 MHz

potom G_d je napr. 16,5 dB

a $S/N = 14 \text{ dB} + 16,5 \text{ dB} + 13,2 \text{ dB} = 43,7 \text{ dB}$

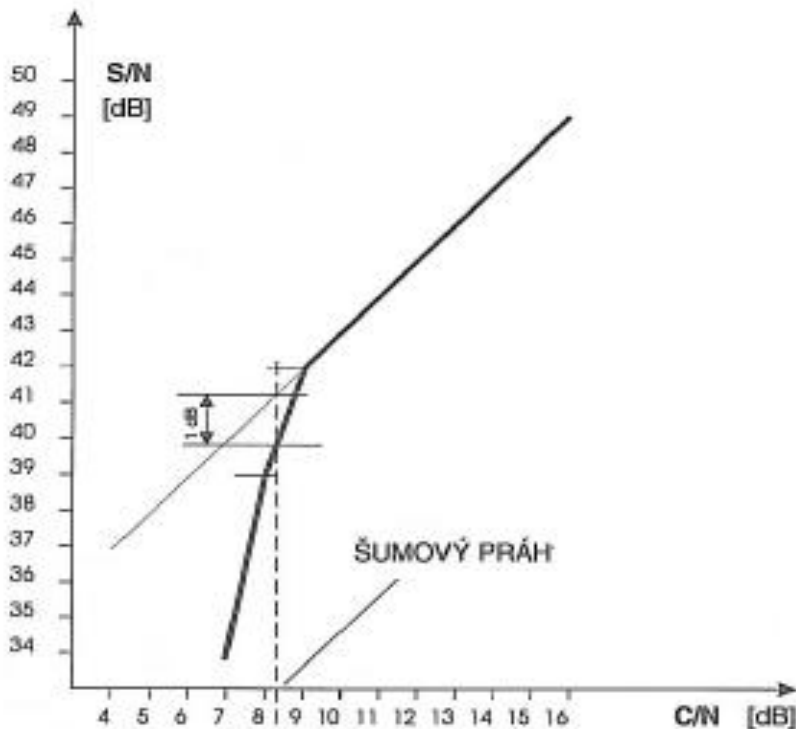
Obraz sa považuje za kvalitný, keď $S/N > 40 \text{ dB}$ pokračovanie →

Pri nízkych hodnotách C/N sa S/N od neho výrazne odlišuje.

Šumový prah ... hodnota C/N pri ktorej S/N poklesne o 1 dB oproti vypočítanej

hodnote $S/N = C/N + G_d$. (vid' obr.dole)

Pri príjme s úrovňou C/N pod hodnotou šumového prahu dochádza k výraznému zhoršeniu kvality obrazu.



- snaha je znížiť šumový prah

Obr. zdroj [1]

Literatúra

[1] J. Bradáč: Družicový přenos signálu, Elektronika 3/90.

[2] S.Ohmori, H.Wakana, S.Kawase: Mobile satellite communications