

MSDS

- ① Všeobecný popis rádiových spojení (RRS): frekvenci pásmo, kvalitativní parametry analogových a digitálních RRS.
- analogové RRS: dýžky FM; telefonní multiplex FDM, telefonní kanál s doprovodný, rozhlasové kanály
 - digitální RRS: modulace PSK, FSK, QAM; telefonní multiplex TDM, datové signály, digitální televize DVB-S
 - frekvenci pásmo: cca $2 \div 40 \text{ GHz}$ po $BW \approx f_c/10$
 - kvalitativní parametry ARR - úroveň šumu daná jako S/N, šum v $[pW/Hz]$ měřený na signální úrovni Φ_{dBm0} ($1 \mu W @ 600 \text{ Hz}$, 800 Hz); požad. SNR $\approx 50 \text{ dB}$; pro TV spoj $0,7 \text{ Vpp} @ 75 \Omega$, pro rádiový nosný 'perfektní' filtr $[dB/ops]$
 - kvalitativní parametry DRR - klasifikace BER, závisí na CN a liší se s modulací

Friseur vztah

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{A_1} + \frac{F_3 - 1}{A_1 A_2} + \dots$$

MSDS

- ② Vliv šíření elmag. vln na parametry RSS: statistické parametry, stanovení trasy úseku RSS, komunikační zónice, prostorová a frekvenční diverzita, pasivní retranslace.
- vlastnosti RL spoje: $f > 1 \text{ GHz}$, $\lambda \ll h \ll r$
 - únik způsobený ohybem na přelátech - difrakce
 - mnohocestné šíření (Rayleigh): odraz od země defokusace v atmosféře
 - útlum atmosférou, hydrometeory → ABSORBČNÍ
 - trasa: terénní profil, vliv refrakce (→ efekt. poloměr země), optická viditelnost, 1. Fresnelova zóna bez překážek
 - diverzita - prostorová, frekvenční
 - pasivní retranslace - pomocí odrazné desky nebo dvou propojených antén
 - kommunikační zónice energie na bit

$$\frac{C}{N_0} = P_T \cdot G_T \cdot \frac{1}{L_0} \cdot \frac{G_R}{T} \cdot \frac{1}{k}$$

↓ ↓ ↓ ↓

$\frac{C}{N} = \frac{C}{N_0} / B_w$ EIRP jačostní číslo Boltzmannova konst. $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

účinná prostředí $L_0 = \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2$

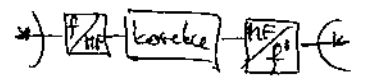
$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N_0} / \underset{\substack{\downarrow \\ \text{bit rate} \times \text{cycles/bit}}}{f_B}$$

systemová hodnota θ
pri $L_0=0$, rozsah $\sim 100-200$ dB

MSDS

③ Analogové a digitové RRS : typy přenašených signálů, technologie.

- analogové RRS : slupinový telefonní FDM signál, TV signál TVFT, hybridní modulace (analog TV + digi: zvuk)
- dvoufrekvencí, čtyřfrekvencí plán, polarizační discriminace
- isolátor, circulator - sdružování více RX, TX do spol. antény
- parabolické antény : s primárním osazováním, s línem, Cassegrainova
- digitální RRS : telefonní TDM signál, datové signály, DVB-T
- liniové kódy AMI (0 ~ 0, 1 ~ +1/-1), CMI (Manchester), ... ; sdružování pomocí PN posloupností, FEC
- teoretické mezí propustnosti : Shannonova hranice $\underline{M = \log_2(1 + \frac{C}{N})} \text{ [bit/s/Hz]}$



MSDS

④ Družicové spoje (DS) : dráhy komunikačních družic a predikce polohy + rušení pohyb, Dopplerův posuv frekvence.

- dráhy družic : LEO (nízká, < 2000 km, ~2h), IEO (střední, 5-15000 km, ~6h), GEO (geostacionární, 36000 km, ~24h)
- poloha družic :
 - perigeum, apogeum
 - poloha na eliptické dráze : průvodič r, pravá anomálie f
 - tvar eliptické dráhy : hlavní poloosa a, excentricita e
 - rovina eliptické dráhy : inklinace i (sklon roviny k rovině), délka vstupuho úhlu Ω
 - matematické eliptické dráhy : argument perigea ω (úhel průvodiče perigea a vst. úhlu)
- rušení pohyb :
 - regrese uzlů - stáčení roviny ~~perigea~~ Ω (nerovnoměrnost gravitačního pole Země)
 - precese přímky apsid - stáčení perigea ω
- Dopplerův posuv frekvence - výsledky u LEO, ~nulový u GEO

$$DP = f \cdot \frac{v}{c} \cdot \cos \theta$$

MSDS

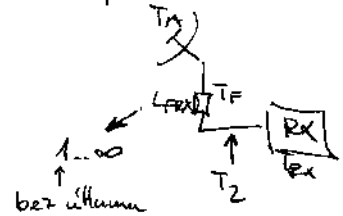
⑤ Energetická bilance DS: vyžadován vlastnosti antén, polarizace, šumová teplota, ekvivalentní šumová teplota systému, vliv svařovacího úhlu na uplink a downlink DS, Faradayova rotace.

- zisk antény $G = \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2$, síťla svazku θ_{3dB} , vliv depointingu
- polarizace - obecně eliptická: kruhová ($E_{max}/E_{min}=1$), lineární ($E_{min}=0$)
- šumová teplota antény: země $\rightarrow$ družice $\sim$ desítky K, družice $\rightarrow$ země min. šumová
- šumová teplota systému: anténa (T_A), napáječ (L_{FRX}), přijímač (T_{RX})

$$T_e = T_o(F-1); \quad T_2 = \frac{T_A}{L_{FRX}} + T_F \left(1 - \frac{1}{L_{FRX}} \right) + T_{RX}$$

• vliv svařovacího úhlu

downlink: $T_A = \frac{T_{SKY}}{A_{RAIN}} + T_m \left(1 - \frac{1}{A_{RAIN}} \right) + T_g$



- Faradayova rotace: u lin. polarizací klesá se čtvercem kmitočtu, u užitých kmitočtů (LEO - min. doppler) dominuje $\Rightarrow$ polarizace musí být kruhová

MSDS

⑥ Typy přenosových signálů DS: přístupové techniky FDMA, TDMA, CDMA, náhodný přístup.

- FDMA - každá stanice má přidělenou nosnou + šířku pásma
- TDMA - rozdělení dle časových intervalů
- CDMA - sdílení pásma systémy s rozprostřeným spektrem (rozprostřením PN), i nesynchronizující systémy
- vícestranný TDMA - protokol ALOHA, náhodný přístup s potvrzováním (pure) + synchronizací (slotted)
- vícestranný DS-CDMA - přenášená data superponována ke kvazishumovému signálu ostatních účastníků

MSDS

- ⑦ Technologie družice: lineární transpondér, těleso a dynamika družice, polohové senzory a stabilizace polohy, antény družice, technologie bodových anténových svazků (Spot Beams) a adepthabilní šířka pásma (Bandwidth on Demand).
- lineární transpondér: SSB kanál $\sim -140\text{ dBW}$, zesílován na $\sim 10\text{ dBW} \Rightarrow$ ~~než 100 dB~~
 - těleso družice: lehké, pevné, problém s chlazením
 - stabilizace polohy: tríosá (soustava reaktivních tryzel), rotaci (gyroskopický efekt, mutua kompenzace antén); senzory pro řízení stabilizace (horizont slunce, jasná hvězda)
 - zdroje: solární články + akumulátory
 - antény družice: pro globální pokrytí nebo určená oblast, sdílení reflektorů pro různé pásma
 - Spot Beam - užší svazky, pro omezené oblasti $\Rightarrow$ možnost použít stejné frekvence jinde
 - Bandwidth on Demand $\sim$ statistické multiplexování, úprava TDM/FDM dle obsahu dat $\Rightarrow$ možnost palubního zpracování signálu, prostorové směřování palubní

MSDS

- ⑧ Družicové systémy první a pohyblivé služby: systémy s různými konstelacemi kosmického segmentu.
- stávající družice ... lineární transpondéry, vyřiz ... palubní zpracování signálu + ATN přepínání
 - dělení na LEO (Iridium, Globalstar, Teledesic), ICO (I-CO, Odyssey), GEO (Inmarsat)
 - mobilitní prostředí: sum antén (směrová $\Rightarrow$ studená obloha), vícecestné šíření (všesměrové antény, Rayleigh, velmi malá korelační šířka pásma), šíření okolními objekty
 - spojení Země-družice: sum antén, pořádek signálu (GEO), stráž šířením (největší: GEO, nejnestabilnější: LEO, $\pm 5\text{ dB}$), Dopplerův posuv, atmosférické absorpce, vliv hydrometeorů

⑨ Systemy VSAT: architektura a parametry sítě.

- VSAT (Very Small Aperture Terminal)
- GEO, obousměrná, anténa 1m, úřopásmové do 4Hbit/s
- sítě pro data (USPS, Ford), internet (HughesNet, ASTRA2Connect), ~600000 uživ. celkem
- topologie: hvězda (centrální uplink), busová (mesh, každý terminál i hubem)
- technologie: drive store-and-forward, využití převážně real-time přístup
- uplink: pásmo L (1-2GHz), downlink: pásmo Ku, Ka (12-40GHz)
- výhody: dostupnost, diverzita, homogenita, multicast
- nevýhody: latence, závislost na počasí, instalace
- akcelerace IP: falzování ACK (TCP), prefetching (HTTP) ⇒ malá latence (nefunguje pro šifrované spoje, VoIP)

⑩ Družicové navigační systémy: principy lokalizace, způsoby komunikace, přesnost časování, kmitočtové standardy GPS.

- 24 MEO družice, 5 stanic řídicího segmentu
- měření: dálkoměrná metoda TOA, min. 3+1 družice (trilaterace + odstranění časové neúčitosti), mutuální korekční družice (v navig. správě)
- komunikace jednosměrná, L1 (1575,42MHz): C/A + P kódy, L2 (1227,60MHz): P kódy
- C/A (Goldův kód 1,023Mbit/s), P (10,23Mbit/s, na L1 i L2)
- Dopplerův posuv až ±4kHz ⇒ znesnadňuje akvizici
- 5 družice ⇒ kontrola přesnosti
- navigační zpráva 50BPS, BPSK na C/A i P kód, 5 postrámení, družice 30 sec, vše 12,5 min
- výkon družice 110W, DSSS, v přijímání pod tepelným šumem, za korelačním obnoven; citlivost SIRF III ~ -189dBW
- přesnost časování: C/A korelátor generuje 1μs pulsy s periodou 1ms, $\Delta t_a \sim 0,2\mu s$
- chyby: vícecestné šíření, SN, zpoždění ionosférou/troposférou, chyba korekčních, záření
- kmitočtové standardy: atomové hodiny (cesium, rubidium)