

Digitalni sistemi prenosa

Profesor dr Miroslav Lutovac

- Digitalni sistemi prenosa
- Amela Zeković, Lekcija 5:
BER binarnog kanala. Budžet linka komunikacionog sistema

Model binarnog kanala i određivanje BER-a

- Radi celovitosti, primeri iz ove celine
dati su na kraju DSP P03

Budžet linka komunikacionog sistema

- Budžet linka predstavlja proračun dobitaka i gubitaka koji se pojavljuju u signalu na putu između predajnika i prijemnika
- Ova vrsta proračuna, uz male modifikacije, može da se koristi za proračun linka u
 - ✓ sistemima mobilne telefonije
 - ✓ bežičnim internet sistemima
 - ✓ bežičnim senzorskim mrežama
 - ✓ globalnom sistemu za pozicioniranje
 - ✓ optičkim komunikacionim sistemima

Budžet linka komunikacionog sistema

- U nekom komunikacionom sistemu za zadati odnos signal-šum u sistemu postavljaju se sledeća pitanja
 - ✓ Kolika snaga predajnika je potrebna?
 - ✓ Koliko je najveće rastojanje predajnika i prijemnika?
 - ✓ Šta se događa sa promenom frekvencije u bežičnim sistemima?

dBW

- Decibel Vat (decibel watt, dBW) je jedinica za merenje jaćine signala (snage) izražene u dB u odnosu na 1W
- Ova jedinica je pogodna za izražavanje malih i velikih vrednosti snage sa malim rasponom brojeva
 - ✓ 1 milliwatt = -30 dBW
 - ✓ 1 watt = 0 dBW
 - ✓ 10 watts = 10 dBW
 - ✓ 100 watts = 20 dBW
 - ✓ 1,000,000 W = 60 dBW

dBW

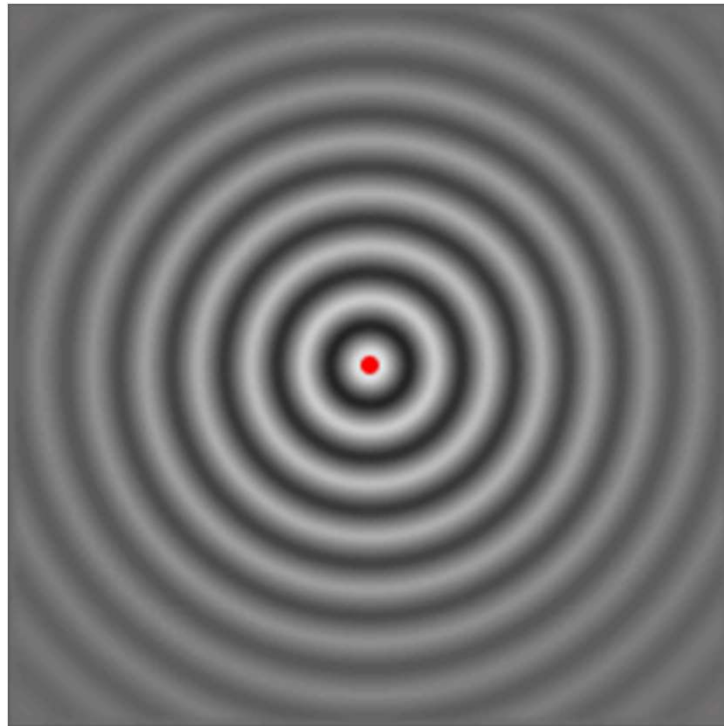
- Uporediti dBW sa dBm, koji je u odnosu na 1mW (0.001 W)
- dBW vrednost iskazana u dBm je uvek za 30 veća zato što je 1W jednak 1000 mW
- Odnos dve vrednosti od 1000 (po snazi) je 30 dB
- 10 dBm (10 mW) jednak je -20 dBW (0.01 W)
- Dozvoljeno je da se decibel (dB) koristi u sistemu SI
- dBW nije dozvoljen u SI

$$\text{Power in dBW} = 10 \log_{10} \frac{P}{1 \text{ W}}$$

$$\text{Power in W} = 10^{\frac{\text{Power in dBW}}{10}}$$

dB_i

- dB(isotropic) – the forward gain of an antenna compared with the hypothetical isotropic antenna, which uniformly distributes energy in all directions
- Linear polarization of the EM field is assumed unless noted otherwise



DSSS

- direct-sequence spread spectrum (DSSS) is a spread spectrum modulation technique used to reduce overall signal interference
- The spreading of this signal makes the resulting wideband channel more noisy, allowing for greater resistance to unintentional and intentional interference
- A method of achieving the spreading of a given signal is provided by the modulation scheme
- With DSSS, the message signal is used to modulate a bit sequence known as a Pseudo Noise (PN) code; this PN code consists of a radio pulse that is much shorter in duration (larger bandwidth) than the original message signal

DSSS

- This modulation of the message signal scrambles and spreads the pieces of data, and thereby resulting in a bandwidth size nearly identical to that of the PN sequence
- In this context, the duration of the radio pulse for the PN code is referred to as the chip duration
- The smaller this duration, the larger the bandwidth of the resulting DSSS signal; more bandwidth multiplexed to the message signal results in better resistance against interference
- DSSS se koristi u Code Division Multiple Access (CDMA) channel access method, i IEEE 802.11b Wi-Fi mreže

Passband modulation

Analog modulation

AM · FM · PM · QAM · SM · SSB

Digital modulation

ASK · APSK · CPM · FSK · MFSK · MSK ·
OOK · PPM · PSK · QAM · SC-FDE · TCM ·
WDM

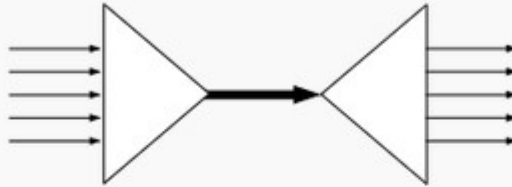
Hierarchical modulation

QAM · WDM

Spread spectrum

CSS · **DSSS** · FHSS · THSS

Multiplexing



Analog modulation

AM · FM · PM · QAM · SM · SSB

Circuit mode

(constant bandwidth)

TDM · FDM / WDM · SDMA · Polarization
· Spatial · OAM

Statistical multiplexing

(variable bandwidth)

Packet switching · Dynamic TDMA ·
FHSS · **DSSS** · OFDMA · SC-FDM ·
MC-SS

Budžet linka komunikacionog sistema

- Bez obzira koji komunikacioni sistem je u pitanju, proračun budžeta linka zasniva se na korišćenju izraza za snagu na prijemniku i izraza za odnos signal-šum S/N [dB] u sistemu

$$P_r \text{ [dBW]} = P_t \text{ [dBW]} + \sum_i \text{dB Dobici} - \sum_j$$

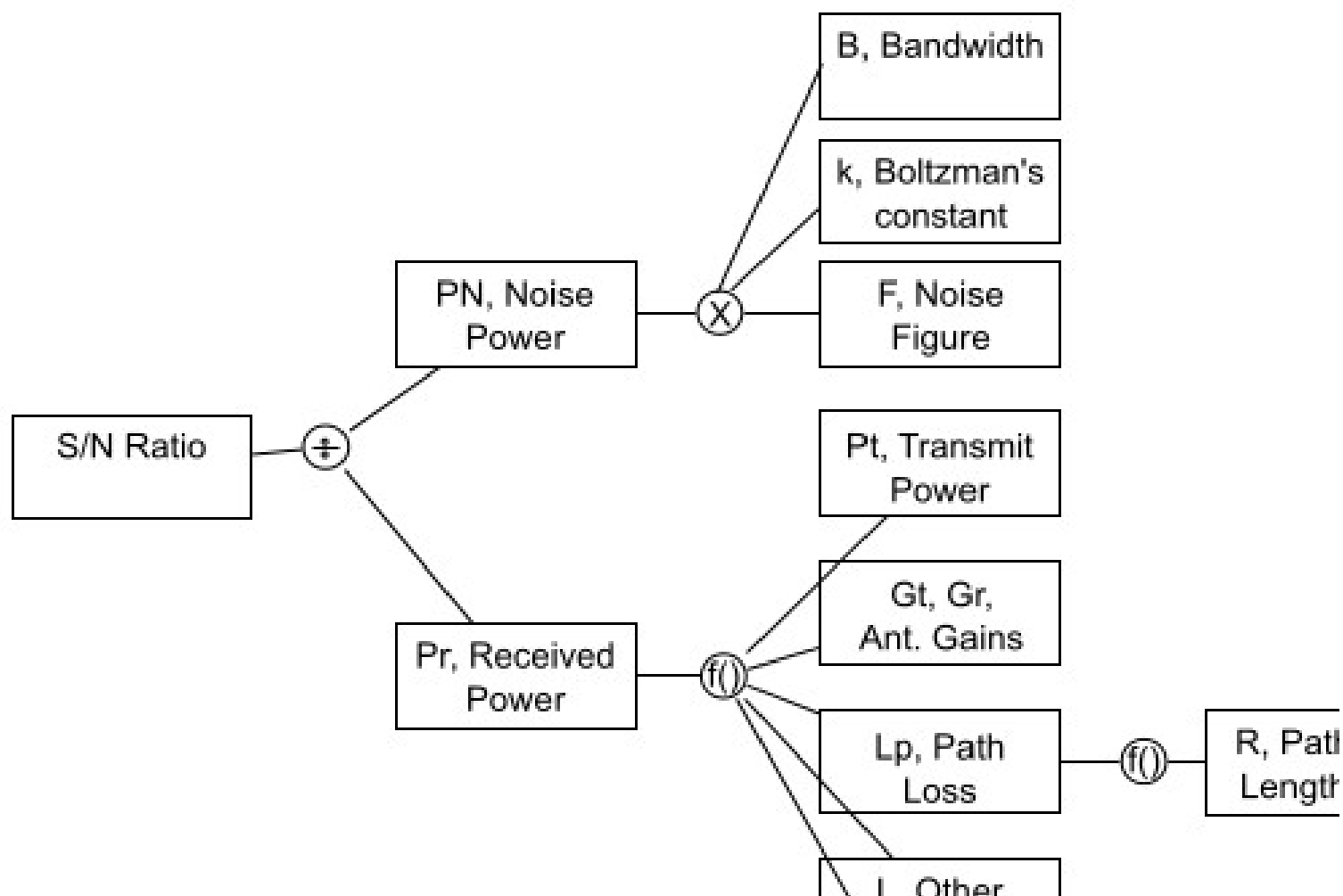
$$S/N \text{ [dB]} = P_r \text{ [dBW]} - P_N$$

Za jedinice snage na prijemu P_r i snage šuma P_N umesto dBW mogu se koristiti dBm, ali obavezno za oba parametra

Budžet linka komunikacionog sistema

- Dobici u okviru izraza za proračun linka su posledica pojačavača na putu linka, dobitka anatena u slučaju bežičnog prenosa ili su posledica dobitka postignutog procesiranjem signala
- Gubici u prenosu su posledica slabljenja u kablovima za žičanim prenos, slabljenja optičkog vlakna za optički prenos ili slabljenja prilikom prenosa kroz vazduh

Veza između promenljivih u budžetu linka u bežičnim komunikacionim sistemima



Budžet linka komunikacionog sistema

- Na ove gubitke u velikoj meri utiče rastojanje
- U slučaju bežičnog prenosa, pored rastojanja, na slabljenje u velikoj meri utiče i frekvencija koju bežični komunikacioni sistem koristi za prenos
- Takođe, na smanjenje nivoa signala u bežičnom prenosu utiču i refleksije koje nastaju prilikom prenosa; difrakcija, rasejavanje, gubici usled senke; kao i uticaj prolaska kroz objekte

Termički šum

- Termički šum prijemnika može da se odredi pomoću izraza
 $P_N = kTFB$,
gde je $k = 1,38 \times 10^{-23}$ J/K Bolcmanova konstanta
 T temperatura ambijenta u Kelvinima
 F neimenovan broj koji predstavlja faktor šuma prijemnika
 B propusni opseg rada
- Izraz za snagu šuma u dB može da se zapiše kao

$$P_N [dBW] = F [dB] + k [dBWs/K] + T_0 [dBK]$$

Osetljivost prijemnika

- U specifikacijama prijemnika nekada se kao podatak daje osetljivost prijemnika koja predstavlja sumu $P_N[\text{dBW}]$ i zahtevanog odnosa $S/N [\text{dB}]$ *zahtevano*
- $P_r \text{ osetljivost } [\text{dBW}] = S/N \text{ zahtevano } [\text{dB}] + P_N[\text{dBW}]$
- U realni bežičnim kanalima, pored dodatka aditivnog šuma na signal koji se prenosi $s(t)$, događa se i njegova multiplikativna atenuacija (slabljenje) $r(t) = A s(t) + n_0(t)$
- Slabljenje A je posledica gubitka na liniji veze (*path loss*) i različitih vrsta fedinga, kao što su brzi fading (*fast fading*) i spori fading (*slow fading*)

Snaga koja stiže na prijemnik

- Snaga koja stiže na prijemnik, nakon putovanja u slobodnom prostoru može se odrediti pomoću izraza

$$P_R = P_T G_T(\theta_T, \Phi_T) G_R(\theta_R, \Phi_R) CA = P_T A$$

P_T – snaga predajnika

$G_T(\theta_T, \Phi_T)$ – dobitak antene predajnika u određenom smeru

$G_R(\theta_R, \Phi_R)$ – dobitak antene prijemnikau određenom smeru

CA – slabljenje kanala (*channel attenuation*)

Slabljenje kanala CA

$$CA = \frac{\lambda^2}{(4\pi d)^2} PL \times y \times z$$

$\lambda = \frac{c}{f_c}$, talasna dužina, gde je $c = 3 \times 10^8$ m/s,

d , rastojanje između predajnika i prijemnika

PL . uticaj odbijanja talasa od poda i uticaj prepreka na putu
(daje se u tablicama)

z , uticaj *shadowing* fedinga, određuje se pomoću modela i
raspodela verovatnoće predajnika i prijemnika

y , uticaj brzog fedinga koji je posledica prolaska
po više putanja (*multi-path* propagacija),
određuje se pomoću modela i raspodela verovatnoće

Primer 1 - Senzorska mreža

- Pretpostaviti komunikaciju između dva bežična senzorska uređaja koja se nalaze na rastojanju od 30 m. Ovi uređaji rade u okviru 802.15.4 standarda (DS-SS na frekvenciji 2.4 GHz). Pretpostaviti da su dobici antena 3.0 dBi. Predajnik emituje sa snagom od 1 mW, dok je u specifikacijama prijemnika označena osetljivost od -98 dBm. Koliko iznosi margina komunikacije?
- Rešenje: Margina predstavlja razliku između snage koja je stigla na prijemnik P_r u odnosu na osetljivost prijemnika (koja je suma snage šuma P_N [dBW] i zahtevanog odnosa:

$$M \text{ [dB]} = P_r \text{ [dBW]} - P_r \text{ osetljivost [dBW]},$$

gde je

$$P_r \text{ [dBW]} = P_t \text{ [dBW]} + \sum \text{dB Dobici} - \sum \text{dB Gubi}$$

Uvrštavanjem vrednosti za snagu koja stiže na prijemnik dobija

$$P_r \text{ [dBm]} = P_t \text{ [dBm]} + \sum \text{dB Dobici} - \sum \text{dB Gubi}$$

$$P_r \text{ [dBm]} = P_t \text{ [dBm]} + G_t \text{ [dBi]} + G_r \text{ [dBi]} + 10 \log\left(\left(\frac{c}{4\pi}\right)^2\right) - 10 \log\left(\frac{4\pi R^2}{\lambda^2}\right)$$

$$P_r \text{ [dBm]} = P_t \text{ [dBm]} + G_t \text{ [dBi]} + G_r \text{ [dBi]} + 20 \log\left(\frac{c}{4\pi}\right) - 20 \log(R) - 10 \log\left(\frac{1}{\lambda^2}\right)$$

$$P_r \text{ [dBm]} = 10 \log(1 \text{ mW}) + 6 \text{ dBi} + 147.56 \text{ dB} - 187.60 \text{ dB} - 29.54 \text{ dB}$$

$$P_r \text{ [dBm]} = 0 \text{ dBm} + 6 \text{ dBi} + 147.56 \text{ dB} - 187.60 \text{ dB} - 29.54 \text{ dB}$$

Margina u sistemu je sada:

$$147.56 \text{ dB} - 187.60 \text{ dB} - 29.54 \text{ dB} = -69.58 \text{ dB}$$

Primer 2 - GSM mreža uplink

- Posmatrati GSM sistem, u kome je zahtevani odnos signal-šum 11 dB. Pretpostaviti maksimalnu snagu emitovanja mobilne stanice 1 W, a dobitak antene za mobilnu stanicu 0 dBd, a 12 dBd za baznu stanicu. Pretpostaviti frekvenciju rada od $f_c = 850$ MHz i širinu kanala $B = 200$ kHz. Ako je faktor šuma $F = 3$ dB, odrediti maksimalni domet linka. Uzeti u obzir da dodatno slabljenje unose visine antena mobilne stanice i bazne stanice, kao i uticaj urabane sredine. Ovo faktore uzeti kao slabljenje od 165 dB.
- Rešenje: Snaga šuma je:

$$P_N [dBW] = F [dB] + k [dBWs/K] + T_0 [dBK] + B [dB]$$

$$P_N [dBW] = 3 \text{ dB} + 10 \log(1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}) + 10 \log(294 \text{ K}) + 10 \log(10^6 \text{ Hz})$$

$$P_N [dBW] = 3 \text{ dB} + 10 \log(1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}) + 10 \log(294 \text{ K}) + 10 \log(10^6 \text{ Hz})$$

$$P_N [dBW] = 3 \text{ dB} - 228.60 \text{ dBWs/K} + 24.68 \text{ dBK} + 53.01 \text{ dB}$$

$$P_{N_r} [dBW] = -147.91 \text{ dBW}$$

Snaga predajnika je $P_t[\text{dBW}] = 10 \log(1 \text{ W}) = 0 \text{ dBW}$.

Dobici antena su 0 dBd i 12 dBd dato u odnosu na dipol antene, dok su vrednosti u odnosu na izotropne antene za 2.15 dB veće, odnosno 2.15 dBi i 14.15 dBi), što znači da su ukupni dobiti 16.3 dB. Na osnovu izraza:

Na osnovu izraza:

$$S/N = P_r [dBW] - P_N [dBW] = P_t [dBW] + \sum dB \text{ Dobici} - \sum dB G_{ubici}$$

dobija se izraza:

dobija se izraz:

$$\sum dB G_{ubici} = P_t [dBW] + \sum dB \text{ Dobici} - P_r [dBW] = S/N$$

Gubici pri propagaciji u slobodnom prostoru određuju se pomoću izraza

$$\sum dB G_{ubici \text{ link}} = 10 \log\left(\left(\frac{c}{4\pi}\right)^2\right) - 10 \log(f^2) - 10 \log(d^2) = 20 \log\left(\frac{c}{4\pi}\right) - 20 \log(f) - 20 \log(d)$$

$$\sum dB G_{ubici \text{ link}} = 20 \log\left(\frac{3 \cdot 10^8}{4\pi}\right) - 20 \log(850 \cdot 10^6) - 20 \log(d),$$

Sada je na osnovu izraza

$$20 \log(d) = -31.03 \text{ dB} - 2$$

Sada je na osnovu izraza:

$$\begin{aligned}
 -31.03 \text{ dB} - 20 \log(d) + 165 \text{ dB} &= 0 \text{ dBW} + 16.3 \text{ dB} - (-147.91 \text{ dB}) \\
 -31.03 \text{ dB} - 20 \log(d) + 165 \text{ dB} &= 153.21 \text{ dB}, \\
 20 \log(d) &= 19.24 \text{ dB}, \\
 \log(d) &= 0.96,
 \end{aligned}$$

Profesor dr Miroslav Lutovac

mlutovac@viser.edu.rs

Ova prezentacija je nekomercijalna.

Slajdovi mogu da sadrže materijale preuzete sa Interneta, stručne i naučne građe, koji su zaštićeni Zakonom o autorskim i srodnim pravima.

Ova prezentacija se može koristiti samo privremeno tokom usmenog izlaganja nastavnika u cilju informisanja i upućivanja studenata na dalji stručni, istraživački i naučni rad i u druge svrhe se ne sme koristiti –

Član 44 - Dozvoljeno je bez dozvole autora i bez plaćanja autorske naknade za nekomercijalne svrhe nastave:

(1) javno izvođenje ili predstavljanje objavljenih dela u obliku neposrednog poučavanja na nastavi;

- ZAKON O AUTORSKOM I SRODNIM PRAVIMA

("Sl. glasnik RS", br. 104/2009 i 99/2011)