

سیستم های مخابراتی - تئری سری 8 - علی بدالهی - 40062233

سوال 1

$$1 - \log_2(M) = \log_2(8) = 3$$

$$a) R_b = 318 \text{ kbit/s} \rightarrow R_{\text{symbol}} = \frac{R_b}{3} = 106 \text{ k symbol/s}$$

$$B = \frac{106}{2} = \boxed{53 \text{ kHz}}$$

$$b) B = \left( \frac{1+0.25}{2} \right) (106 \text{ k}) = \boxed{66.25 \text{ kHz}}$$

$$2. \log_2(M) = \log_2(16) = 4$$

$$a) R_b = 10 \text{ M bits/s} \rightarrow R_{\text{symbol}} = \frac{R_b}{4} = 2.5 \text{ M}$$

$$B = \frac{2.5 \text{ M}}{2} = \boxed{1.25 \text{ MHz}}$$

$$b) \frac{1+r}{2} (2.5 \text{ M}) = 1.375 \text{ M} \rightarrow 1+r = 1.1$$

$$\rightarrow \boxed{r = 0.1}$$

$$\log_2(M) = \log_2(16) = 4$$

سوال 2

$$R_{\text{symbol}} = \frac{R_b}{4} = \frac{640}{4} = 160 \text{ M}$$

$$B = 120 \text{ MHz} \rightarrow \boxed{f_2 = 120 \text{ MHz}}, \frac{1+r}{2} (160) = 120 \rightarrow 1+r = 1.5$$

$$\rightarrow \boxed{r = 0.5}$$

$$r = \frac{2fx}{R} \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{2fx}{160}$$

سؤال 2 - اداء

$$\rightarrow fx = 40 \rightarrow f_1 = \frac{R}{2} - fx = 80 - 40 = \boxed{40 \text{ MHz}}$$

سؤال 3

$$1. P_e = P_0(P_{10}) + P_1(P_{01}) \quad \text{decision threshold: } \lambda$$

$$P_{10} = \int_{\lambda}^{\infty} f_{R10}(r|10) dr = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_n^2}} \int_{\lambda}^{\infty} \exp\left(-\frac{(r+AP)^2}{2\sigma_n^2}\right) dr$$

$$P_{01} = \int_{-\infty}^{\lambda} f_{R11}(r|11) dr = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_n^2}} \int_{-\infty}^{\lambda} \exp\left(-\frac{(r-AP)^2}{2\sigma_n^2}\right) dr$$

$$Q(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^{\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad \text{نقطة التقاطع: } Q(u)$$

$$\rightarrow P_{10} = Q\left(\frac{AP+\lambda}{\sigma_n}\right) \quad , \quad P_{01} = Q\left(\frac{AP-\lambda}{\sigma_n}\right)$$

$$\rightarrow P_e = P_0 Q\left(\frac{AP+\lambda}{\sigma_n}\right) + P_1 Q\left(\frac{AP-\lambda}{\sigma_n}\right)$$

$$\frac{\partial P_e}{\partial \lambda} = 0 \rightarrow -\frac{P_0}{\sqrt{2\pi\sigma_n^2}} \exp\left(-\frac{(\lambda+AP)^2}{2\sigma_n^2}\right) + \frac{P_1}{\sqrt{2\pi\sigma_n^2}} \exp\left(-\frac{(\lambda-AP)^2}{2\sigma_n^2}\right) = 0$$

$$\rightarrow \ln(P_0) - \frac{(\lambda+AP)^2}{2\sigma_n^2} = \ln(P_1) - \frac{(\lambda-AP)^2}{2\sigma_n^2}$$

$$\rightarrow \ln\left(\frac{P_0}{P_1}\right) = 2\lambda \frac{AP}{\sigma_n^2} \rightarrow \boxed{\lambda_{\text{opt}} = \frac{\sigma_n^2}{2AP} \ln\left(\frac{P_0}{P_1}\right)}$$

سوال (3) ادان

$$\rightarrow P_e = P_0 Q\left(\frac{AP}{\sigma_n} + \frac{\sigma_n}{2AP} \ln\left(\frac{P_0}{P_i}\right)\right) + P_i Q\left(\frac{AP}{\sigma_n} - \frac{\sigma_n}{2AP} \ln\left(\frac{P_0}{P_i}\right)\right)$$

$$2. P_0 = P_i = \frac{1}{2} \rightarrow \ln\left(\frac{P_0}{P_i}\right) = 0 \rightarrow \lambda = 0$$

$$\rightarrow P_e = \frac{1}{2} Q\left(\frac{AP}{\sigma_n}\right) + \frac{1}{2} Q\left(\frac{AP}{\sigma_n}\right) = Q\left(\frac{AP}{\sigma_n}\right)$$

3.

$$N \sim \text{Laplace}(0, b) \rightarrow -AP + N \sim \text{Laplace}(-AP, b)$$

$$AP + N \sim \text{Laplace}(AP, b)$$

$$P_{10} = \int_{-\infty}^{\infty} f_{R10}(r|0) dr = \frac{1}{2b} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{|r+AP|}{b}\right) dr$$

$$P_{01} = \int_{-\infty}^{\infty} f_{R11}(r|1) dr = \frac{1}{2b} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{|r-AP|}{b}\right) dr$$

$$\rightarrow P_e = P_0(P_{10}) + P_i(P_{01})$$

$$\rightarrow P_e = P_0 \left[ \frac{1}{2b} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{|r+AP|}{b}\right) dr \right] + P_i \left[ \frac{1}{2b} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{|r-AP|}{b}\right) dr \right]$$

$$\frac{\partial P_e}{\partial \lambda} = 0 \rightarrow -\frac{P_0}{2b} \exp\left(-\frac{|\lambda+AP|}{b}\right) + \frac{P_i}{2b} \exp\left(-\frac{|\lambda-AP|}{b}\right) = 0$$

$$\rightarrow \ln(P_0) - \frac{|\lambda+AP|}{b} = \ln(P_i) - \frac{|\lambda-AP|}{b}$$



سؤال (3) (ادامه)  

$$\ln\left(\frac{P_0}{P_1}\right) = \frac{1}{b} (|\lambda + Ap| - |\lambda - Ap|)$$

اگر  $\lambda > Ap$ :  $\ln\left(\frac{P_0}{P_1}\right) = \frac{1}{b} (\lambda + Ap - \lambda + Ap) = \frac{2}{b} Ap$  X

اگر  $\lambda < -Ap$ :  $\ln\left(\frac{P_0}{P_1}\right) = \frac{1}{b} (-\lambda - Ap + \lambda - Ap) = -\frac{2}{b} Ap$  X

اگر  $-Ap < \lambda < Ap$ :  $\ln\left(\frac{P_0}{P_1}\right) = \frac{1}{b} (\lambda + Ap + \lambda - Ap) = \frac{2}{b} \lambda$

→  $\boxed{\lambda = \frac{b}{2} \ln\left(\frac{P_0}{P_1}\right)}$

→  $P_e = P_0 \left[ \frac{1}{2b} \int_{\frac{b}{2} \ln\left(\frac{P_0}{P_1}\right)}^{\infty} \exp\left(-\frac{|r - Ap|}{b}\right) dr \right] + P_1 \left[ \frac{1}{2b} \int_{-\infty}^{\frac{b}{2} \ln\left(\frac{P_0}{P_1}\right)} \exp\left(-\frac{|r - Ap|}{b}\right) dr \right]$

$P_0 = P_1 = \frac{1}{2} \rightarrow \ln\left(\frac{P_0}{P_1}\right) = 0 \rightarrow \lambda = 0$

→  $P_e = \frac{P_0}{2b} \int_0^{\infty} \exp\left(-\frac{|r + Ap|}{b}\right) dr + \frac{P_1}{2b} \int_{-\infty}^0 \exp\left(-\frac{|r - Ap|}{b}\right) dr$

سؤال (4)  
 Sampling Rate =  $1.25 \times (2 \times 4.5) = 11.25 \text{ MHz}$

1.  $SNR = \frac{3P_a}{M_{max}^2} L^2 \geq 10^{5.3}$   $P_a = 0.8 \text{ W}, M_{max} = 1.2 \text{ V}$

→  $SNR = \frac{3(0.8)}{(1.2)^2} L^2 \geq 10^{5.3} \rightarrow \frac{L^2}{0.6} \geq 10^{5.3}$

→  $L^2 \geq (0.6) 10^{5.3} \rightarrow L^2 \geq 119715.7389 \rightarrow L \geq 345.9996227$

سوال 4- اداسه  $\rightarrow L_{min} = 512 \rightarrow n = 9$

$$R_b = 9 \times 11.25 = 101.25 \text{ Mbits/s} = 101250000 \text{ bits/s}$$

2.

$$B_T = \left( \frac{1+r}{2} \right) R_b = \left( \frac{1.3}{2} \right) 101.25 = 65.8125 \text{ MHz}$$

$$= 65812500 \text{ Hz}$$

## سوال 5

1.

- ①  $0.8 \rightarrow 1.8$     ②  $0.9 \rightarrow 1.9$     ③  $1.4 \rightarrow 2.4$     ④  $2.9 \rightarrow 3.9$   
⑤  $3.8 \rightarrow 4.8$     ⑥  $4.4 \rightarrow 5.4$

تداخل ها : ① : با 2, 3 ، ② : با 1, 3 ، ③ : با 1, 2 ، ④ : با 5  
⑤ : با 4, 6    ⑥ : با 5

هیچ کدام از پیام ها با موفقیت منتقل نمی شوند

2. ①  $1 \rightarrow 2$     ②  $1 \rightarrow 2$     ③  $2 \rightarrow 3$     ④  $3 \rightarrow 4$   
⑤  $4 \rightarrow 5$     ⑥  $5 \rightarrow 6$

تداخل ها : 1 با 2

سگنال های ③ و ④ و ⑤ و ⑥ با موفقیت منتقل می شوند

3. ①  $0.8 \rightarrow 1.8$     ②  $0.9 \rightarrow 1.9$  : گروه 2 هنوز حضور سگنال گروه 1 را حس کننده است

① : بهینه گروه ها کانال را در بازه  $[1.2 \ 2.2]$  پرمی ببندد.

② : بهینه گروه ها کانال را در بازه  $[1.3 \ 2.3]$  پرمی ببندد.

③ : سگنال فرستاده نمی شود چون کانال در حال استراحت است.



④ : 3.9 → 2.9 : بقیه گره ها در بازه [3.3 4.3] کانال را پر می کنند

⑤ : کانال پر است و انتقال انجام نمی شود

⑥ : 5.4 → 4.4

بین 2,1 داخل رخ دهد و فقط ④ و ⑥ با موفقیت فرستاده می شوند

① در  $t=0.8$  شروع می شود ؛ ② در  $t=0.9$  شروع می شود ؛ 4.

در  $t=0.8+0.4=1.2$  گره ② فرستاده شدن سیگنال 1 را تشخیص داده

و قطع می شود ؛ در  $t=0.9+0.4=1.3$  گره 2 سیگنال گره 1 را تشخیص داده و متوقف می شود .

① :  $0.8 \rightarrow 1.3$       ② :  $0.9 \rightarrow 1.2$

$1.2 \rightarrow 1.7$        $1.3 \rightarrow 1.6$       : channel busy

③ : کانال را در حال استفاده می بیند و سیگنالی فرستاده نمی شود

④ : 3.9 → 2.9 : بقیه گره ها در بازه [3.3 4.3] کانال را پر می کنند

⑤ : کانال پر است و انتقال انجام نمی شود ⑥ : 5.4 → 4.4

نقطه ④ و ⑥ با موفقیت فرستاده می شوند