เฉลย ปลายภาค

ข้อ ②

OADM สถานีของโหนด 8 โหนด

ค่าสูญเสียจากการเพิ่ม ช่อง = 15 dB

ค่าสูญเสียจากการส่งผ่าน = 3.5 dB

——— การดึงสัญญาณ = 3.5 dB

α - ส.ป.ส. การลดทอน = 0.2 dB/km

เฉลย ถ้าให้ power budget 32 dB.

$$\text{ระยะทาง} = \frac{P_b - Loss_{add} - loss_{pass} - Loss_{drop}}{\alpha}$$

α = ส.ป.ส. การลดทอน dB/km.

$$\text{ระยะทาง} = \frac{32 - 15 - (7\times 3.5) - 3.5}{0.2}$$

ระยะทาง = -55 km

ผล → P_b → น้อยกว่า Loss ——

ระบบล้มเหลว

(2)

ข้อ (3) $P_{in} = 50\,mW$

$P_{out} = 45\,mW \rightarrow$ หลัง 5 ปี

หา t ที่ $P_{out} \rightarrow 25\,mW$.

Sol^{n}

$$\frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{45}{50} = 0.9 \quad \text{เมื่อ } t = 5 \text{ ปี}$$

จากสมการการเสื่อมของ $P_{out}(t) = P_{in}\, e^{-t/\tau_m}$

$$\frac{P_{out}}{P_{in}} = 0.9 = e^{-5/\tau_m}$$

$$\ln(0.9) = \ln e^{-5/\tau_m}$$

$$-\frac{5}{\tau_m} = \ln(0.9)$$

$$\tau_m = -\frac{5}{\ln(0.9)} = 47.456$$

หา t ที่ power $\rightarrow$ ลดเหลือ 25 mW.

$$\frac{25\,mW}{50\,mW} = e^{-t/\tau_m}$$

$$0.5 = e^{-t/47.456}$$

$$\ln 0.5 = \ln[\quad]$$

$$-\frac{t}{47.456} = \ln 0.5$$

$$t = -47.456 \times \ln 0.5$$

$$t = 32.89 \ \text{J}$$ ——— (b)

4

No. (4)

$\lambda = 1310\ nm$

$I_D = 2\ nA$

$\eta = 0.6$

$R_L = 1500\ \Omega$

$I_L = 0.1\ nA$

$I_{in} = 0.1\ nA$

$P_{in} = 250\ nW$

$B_w = 25\ MHz$

an S/N.

Sol/ $\frac{1}{2}$

$$S/N = \frac{i_p^2 M^2}{2q(I_p + I_D) B M^2 F(M) + 2q I_L B + 4 k_B T B / R_L}$$

$$I_p = R P_0 = \frac{\eta q P_0}{h\nu} = \frac{\eta q \lambda}{hc} P$$

$$I_p = \frac{(0.6)\times(1.6\times10^{-19})\times(1.31\times10^{-6})\times(250\times10^{-9})}{(6.625\times10^{-34})(3\times10^{8})}$$

$$I_p = \frac{3.12\times10^{-32}}{1.9875\times10^{-26}} = ~~1.5698\times10^{-7}~~ \quad 1.569\times10^{-7}\ A$$

~~15.698 μA~~

I_p = 15.69 μA

$$I_Q^2 = 2 q I_p B = 2\times(1.6\times10^{-19})\times(15.648\times10^{-6})\times(25\times10^{6})$$

$$I_Q = \sqrt{(1.2518)\times10^{-16}} = 1.12\times10^{-8}\ A$$

$$I_Q = 0.112\ nA$$

$$I_{DB}^2 = 2 q I_D B M^2 F(M)$$

$$F(M) = 1, \quad M = 1$$

$$I_{DB}^2 = 2 q I_D B = 2\times(1.6\times10^{-19})\times(2\times10^{-9})(25\times10^{6})$$

$$I_{DB}^2 = 1.6\times10^{-20}$$

$$I_{DB} = 1.2649\times10^{-10}$$

$$I_{DB} = 12.649\ nA$$

$$I_T^2 = \frac{4k_B T}{R_L} B = \frac{4\times(1.38\times10^{-23})(293)}{1500}(25\times10^{6})$$

$$I_T^2 = \sout{1.0782\times10^{-23}}\ A \qquad 2.6956\times10^{-16}\ A$$

I_T = [illegible]

8.593

$$\frac{S}{N} = \frac{15.698 \times 10^{-6}}{(0.112 + 12.649 + \cancel{0.003287}) \times 10^{-9}}$$

$$\frac{S}{N} = \frac{15.698 \times 10^{-6}}{1.27642 \times 10^{-8}} = 1229.8 \quad \text{— } 6$$

$$\frac{S}{N} = \frac{15.698 \times 10^{-6}}{1.276 \times 10^{-8}} = 1236.06 \quad \text{— } 6$$

ข้อ (6)

$\lambda = 1310\ nm = 1310 \times 10^{-9}$ m.

$P_{E} = 10^{-8}$

$\eta = 1$, Bit rate = 25 Mbps

วิธีทำ

$P_r(0)$ = ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดที่ตัวรับ

$$P_r(0) = e^{-\bar{N}} = 10^{-8}$$

$$\bar{N} = 8 \ln 10 = 18.420$$

ค่าระดับพลังงานต่ำสุดที่สามารถรับได้

$$P_0 \tau = \bar{N} \frac{h\nu}{\eta} = \bar{N} \frac{hc}{\eta\lambda}$$

$\eta = 1$

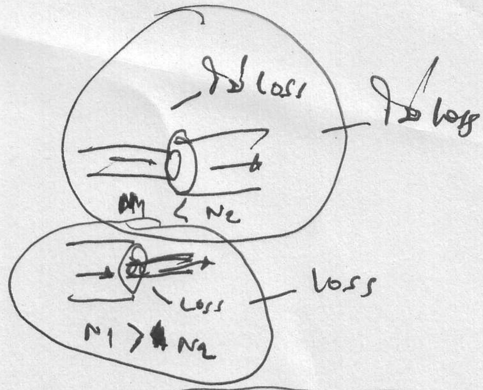
$\nu = \frac{c}{\lambda}$

$$P_0 = \bar{N} \frac{1}{\tau} \frac{hc}{\eta\lambda} = \bar{N} \frac{B}{2} \frac{hc}{\eta\lambda}$$

$$P_0 = (18.42) \times \frac{(25 \times 10^{6})}{2} \times \frac{(6.626 \times 10^{-34})(3 \times 10^{8})}{(1)(1310 \times 10^{-9})}$$

P_0 = 34.43 pW

ข้อ 6 รวมค่าลดทอน



น้อย → มาก ไม่มี loss

มาก → น้อย → loss

6.1 transmitter

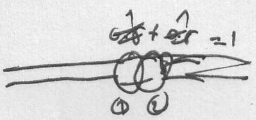
– ค่าลดทอนจากความไม่เท่ากันของ core

$$L_{dia1} = -10\log\left(\frac{88}{100}\right)^2$$

$$L_{dia1} = 1.4116 \text{ dB}$$

– ค่าลดทอนจาก connector.

$$L_C = 1\,\text{dB} \times 2 = 2\ \text{dB}$$



– ค่าลดทอนจากความไม่เท่ากันของ NA

$$L_{NA} = -10\log(\text{NA fiber1}/\text{NA Tx})^2$$

ไม่มี เพราะ NA fiber1 > NA Tx.

รวม loss ที่ transmitter → 1.4116 + 2 = 3.4116 dB

6.2 Fiber 1

ค่าลดทอน = 0.22 × 50 km = 11 dB

connector loss = 0.35 × 2 = 0.7 dB

LNA loss = ไม่มี เพราะ NA fiber 2 > NA fiber 1

รวม loss fiber 1 = 11 + 0.7 = 11.7 dB

(6.3) fiber 2

attenuation = 0.22 × 30 = 6.6 dB

connector loss = [illegible]

LNA loss $= -10\log(\text{NA fiber 3} / \text{NA fiber 2})^2$

$= -10\log\left(\frac{0.26}{0.3}\right)^2$

= 1.242 dB

total loss fiber 2 = 6.6 + 1.242 = 7.842 dB

(6.4) fiber 3

attenuation = 0.5 × 40 = 20 dB

connector loss = [illegible]

LNA loss = [illegible] (since: NA Rx > NA fiber 3)

total loss fiber 3 = 20 dB

6.5 Receiver

Sensitivity = 250 nA

$= +10\log\left(\frac{250 \times 10^{-9}}{0.001}\right)$

= −36 dBm

connector loss = 2 × 1 dB

= 2 dB

Tx3 diameter loss loss dia.Rx. > dia. fiber 3

Rx loss Rx = 2 dB

Transmitter power = 200 μW

$= 10 \log \frac{200\times10^{-6}}{0.001} =$ ~~-6.99 dBm~~ -6.989 dBm

Transmitter power = -6.989 dBm

Receiver sensitivity = -36 dBm

Sum loss

Transmitt. loss = 3.4116 dB

fiber 1 loss = 10.7 dB

fiber 2 loss = 7.842 dB

fiber 3 loss = 20 dB

Receiver loss = 2 dB

Sum loss = 43.9536 dB

Receiver power = -6.989 dBm - (43.9536) dB

= -50.9426 dBm

System margin = +36 - (+50.9426) dBm

System margin = 36 - 50.9426 dBm

= -14.942 dBm

∴ แสดงว่า ระบบ ไม่ทำงาน เพราะ margin ติดลบ

margin ติดลบ → ระบบไม่ทำงาน

เพราะ loss > กำลังส่ง

ระบบไม่ทำงาน

ข้อ (9)

$$t_{sys}^2 = t_{tx}^2 + t_{mat}^2 + t_{mod}^2 + t_{rx}^2$$

$$t_{sys} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{mat}^2 + t_{mod}^2 + t_{rx}^2}$$

$t_{tx} = 19$ ns

$t_{mat} = 25$ ns

$B_x = 50$ MHz

$B_o = 400$ MHz.km

$q = 0.7$, $L = 15$ km

$$t_{mod} = 440 \frac{L^q}{B_o} = \frac{440 (15)^{0.7}}{400 \times 10^{-6}} = 7.322 \text{ ns}$$

$$t_{rx} = \frac{350}{B_{rx}} = \frac{350}{50 \times 10^6} = 7 \text{ ns}$$

$$t_{sys} = \sqrt{(19)^2 + (25)^2 + (7.322)^2 + (7)^2} \text{ ns}$$

$$t_{sys} = \sqrt{1016.61} = 31.88 \text{ ns}$$

(8)

$P_r = -40$ dBm

$P_t = -26$ dBm

margin = 6 dB

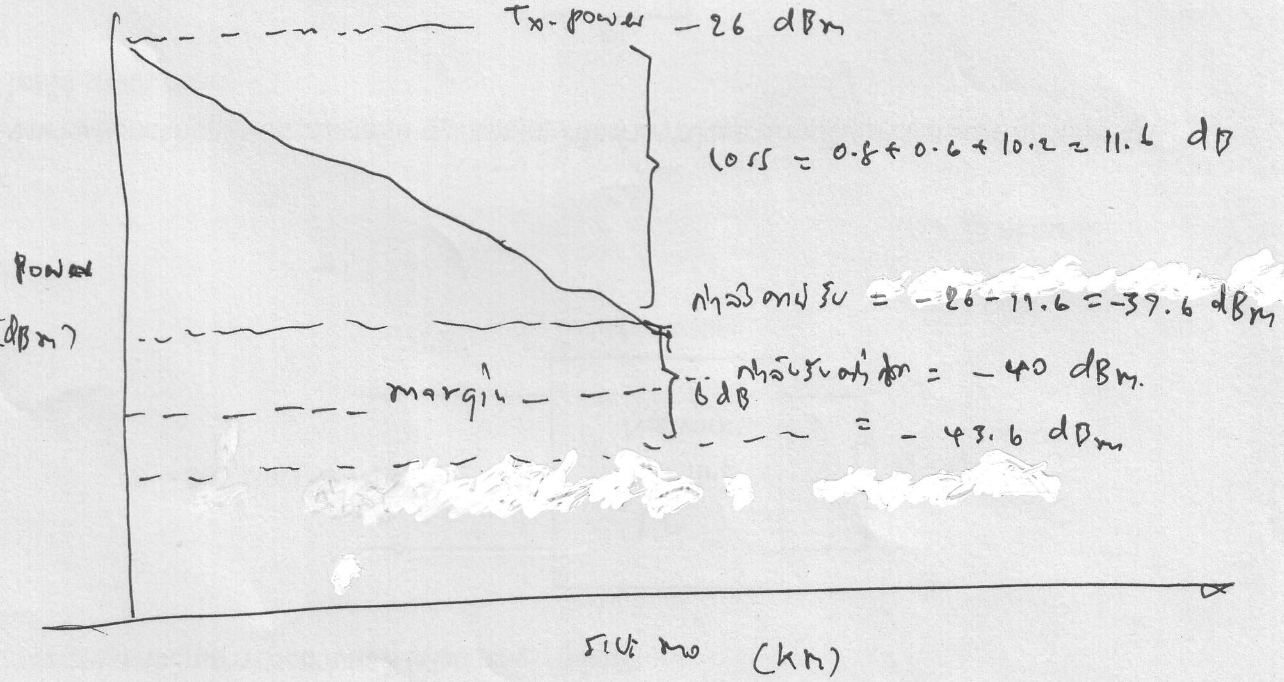
รวม loss = $L_c + L_{sp} + L_f$ + Margin

L_c = connector loss = 0.2×4 = 0.8 dB

L_{sp} = splice loss = 4×0.15 = 0.6 dB

L_f = 50 km × 0.2 = 10.2 dB

Total loss = 0.8 + 0.6 + 10.2 + 6 = 17.6 dB



ระบบนี้ทำงานได้ เพราะ กำลังส่ง - loss > กำลังรับต่ำสุด

-39.6 > -40 dBm.