

Tema 1: Radioenlaces terrenales del servicio fijo

Ejercicios y problemas – Resoluciones

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.

8. Resolución:

a) Calculamos el MTBF total del radioenlace como:

$$MTBF_{RE}^{-1} = \sum_{i=1}^{2N_{vanos}} MTBF_{transceptor}^{-1} = \frac{2 \cdot 5}{10^6} = 10^{-5} \rightarrow MTBF_{RE} = 10^5 \text{ horas}$$

La indisponibilidad por equipos del radioenlace es:

$$U_{e,RE} = \frac{MTTR}{MTBR_{RE} + MTTR} = \frac{8}{10^5 + 8} = 7.999 \cdot 10^{-5} = \boxed{0.007999\%}$$

b) El objetivo de indisponibilidad es proporcional a la distancia para distancias mayores de 280 Km:

$$U_{RE,max} = \frac{0.3 \cdot L}{2500} = \frac{0.3 \cdot 400}{2500} = 0.048\%$$

La indisponibilidad por propagación máxima en cada vano es:

$$U_{p,vano,max} = \frac{U_{RE,max} - U_{e,RE}}{N_{vanos}} = \frac{0.048 - 0.007999}{5} \% = \boxed{0.008\%}$$

c) El margen de desvanecimiento se obtiene como $M = P_R - Th$, donde P_R se calcula por FRIIS y la potencia umbral se obtiene a partir de la relación S/N necesaria.

- $P_R = P_T - L_{tt} + G_t - L_b + G_r - L_{tr}$



- $P_T = 10 \log(480) = 26.81 \text{ dBW} = 56.81 \text{ dBm}$
- $L_{tt} = L_{tr} = 2.5 \text{ dB}$
- $G_t = G_r = 45 \text{ dB}$
- $L_b = L_{bf} = 10 \log \left(\frac{4\pi d_{vano}}{\lambda} \right)^2 = 10 \log \left(\frac{4\pi \cdot 8 \cdot 10^4}{0.01364} \right)^2 = 157.35 \text{ dB}$
 - $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{22 \cdot 10^9} = 0.01364 \text{ m}$
 - $d_{vano} = \frac{d}{N_{vanos}} = \frac{4 \cdot 10^5}{5} = 8 \cdot 10^4 \text{ m}$

Las pérdidas básicas son las del espacio libre al tener en cuenta sólo el rayo directo. La potencia recibida queda:

$$P_R = 56.81 - 2.5 + 45 - 157.35 + 45 - 2.5 = -15.54 \text{ dBm}$$

- $Th(\text{dBm}) = W(\text{dB}) + F_r + 10 \log(V_b(\text{bps})) - 174 = 15 + 4 + 10 \log(622 \cdot 10^6) - 174 = -67.06 \text{ dBm}$

Por lo tanto, el margen:

$$M = P_R - Th = -15.54 - (-67.06) = \boxed{51.52 \text{ dB}}$$

- d) La indisponibilidad por propagación en un vano es la probabilidad de tener un desvanecimiento de una profundidad igual al margen calculado ($F = M$). Realizamos este cálculo mediante la ley de 10 dB por década:

$p(F) = P_0 \cdot 10^{-\frac{F}{10}}$ donde P_0 es el factor de aparición del desvanecimiento, que calculamos con el método de Mojoli:

- $P_0 = 0.3 \cdot a \cdot b \cdot \left(\frac{f(\text{GHz})}{4} \right) \cdot \left(\frac{d_{vano}(\text{Km})}{50} \right)^3$
 - $a = 4$ (clima húmedo)
 - $b = \left(\frac{s}{15} \right)^{-1.3} = \left(\frac{30}{15} \right)^{-1.3} = 0.406126$
- $$P_0 = 0.3 \cdot 4 \cdot 0.406126 \cdot \left(\frac{22}{4} \right) \cdot \left(\frac{80}{50} \right)^3 = 10.979048$$

Con ello:

$$U_{p,vano} = p(M) = 10.979048 \cdot 10^{-\frac{51.52}{10}} = 7.736859 \cdot 10^{-5} = 0.0077369 \%$$

Como $U_{p,vano} < U_{p,vano,max}$, concluimos que el radioenlace es viable.

- e) Para que se mantenga la indisponibilidad por propagación, el margen debe ser el mismo que en la situación original. Para ello, debe mantenerse también la potencia recibida. Como las pérdidas básicas se han visto incrementadas con las pérdidas por difracción, la potencia transmitida debe aumentar en esa misma cantidad. Así:

$$p'_T = 10^{\frac{P_T + L_d}{10}} = 10^{\frac{26.81 + 5}{10}} = \boxed{1517.05 \text{ W}}$$

9. Resolución:

a) $U_{e,RE} = \frac{MTTR}{MTBF_{RE}} = \frac{10}{53571.429} = 1.86666 \cdot 10^{-4} = \boxed{0.0186 \%}$.

- $MTBF_{RE}^{-1} = \sum_{i=1}^6 MTBF_i^{-1} = \frac{2}{10^6} + \frac{2}{2 \cdot 10^5} + \frac{2}{3 \cdot 10^5} = \frac{28}{15} \cdot 10^{-5} \rightarrow MTBF_{RE} = 53571.429 \text{ h.}$



b) Aplicamos FRIIS en el tercer vano:

$$P_R = P_T - L_{tt} + G_t - L_b + G_r - L_{tr} = 30 - 1 + 30 - 135.97 + 30 - 1 = \boxed{-47.97 \text{ dBm}}$$

▪ Al no haber RR: $L_b = L_{bf}$

$$L_b = 32.45 + 20 \log(f(\text{MHz})) + 20 \log(d(\text{Km})) = 32.45 + 20 \log(5 \cdot 10^3) + 20 \log(30) = 135.97 \text{ dB}$$

$$M = C - Th = P_R - Th = -47.97 - (-100) = \boxed{52.03 \text{ dB}}$$

c) $U_{p3} = Pr(F > M) = P_0 \cdot 10^{-\frac{F}{10}} = 0.222912 \cdot 10^{-\frac{52.03}{10}} = 1.3968 \cdot 10^{-6} = \boxed{0.00013968 \%}$

▪ Por Mojoli: $P_0 = 0.3 \cdot a \cdot b \cdot \left(\frac{f(\text{GHz})}{4}\right) \cdot \left(\frac{d(\text{Km})}{50}\right)^3 = 0.3 \cdot 4 \cdot 0.688 \cdot \left(\frac{5}{4}\right) \cdot \left(\frac{30}{50}\right)^3 = 0.222912$

• $a = 4$ (clima húmedo)

• $b = \left(\frac{s}{15}\right)^{-1.3} = \left(\frac{20}{15}\right)^{-1.3} = 0.688$

d) $U_{RE} = U_{e,RE} + U_{p,RE} = U_{e,RE} + U_{p1} + U_{p2} + U_{p3} = U_T \rightarrow U_{p1} + U_{p2} = U_T - U_{e,RE} - U_{p3} = 0.0336 - 0.0186 - 0.00013968 = \boxed{0.03327 \%}$

▪ $U_T = \frac{0.3 \cdot 280}{2500} \% = 0.0336 \%$, al ser $L = 10 + 20 + 30 = 60 < 280 \text{ Km}$.