

P4. Se quiere estudiar un servicio de comunicaciones con una tasa de transmisión de $R_b=10\text{Kbps}$. Se dispone para el mismo de un receptor con una sensibilidad $S=-110\text{ dBm}$ para una modulación 4 QAM. La potencia del emisor es $P_T=0\text{ dBW}$. Todas las antenas se consideran isótropas ($G=0\text{dB}$). La altura de la antena transmisora es de 5 metros y la de la receptora de 1.5 metros. La frecuencia de trabajo es de 900 MHz.

1. Calcule la distancia máxima a la que puede funcionar el sistema bajo las siguientes modelos(apartados independientes, salvo referencias explícitas):

a (1 pto)Una propagación de espacio libre (Friis).

b Una propagación con unas pérdidas de $\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^n$ ($n = 4$ y 7)

c Un modelo de pérdidas de Okumura_Hata:

$$\overline{PL}_{Okumura}[dB] = 69.55 + 26.16 \log(f) - 13.82 \log(H_1) + [44.9 - 6.55 \log(H_1)] \log(d) - a(H_2)$$

donde:

f : frecuencia (MHz)

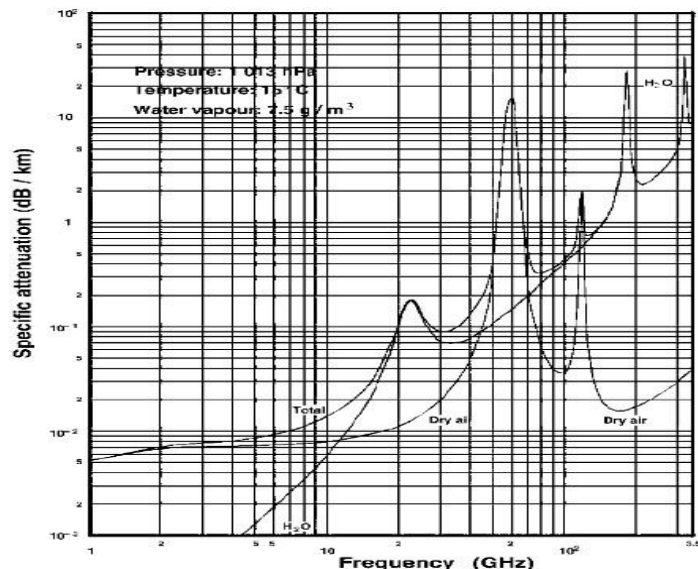
H_1 : Altura efectiva de la antena transmisora (m) [30 a 200 m]

H_2 : Altura efectiva de la antena receptora (m) [1 a 10 m]

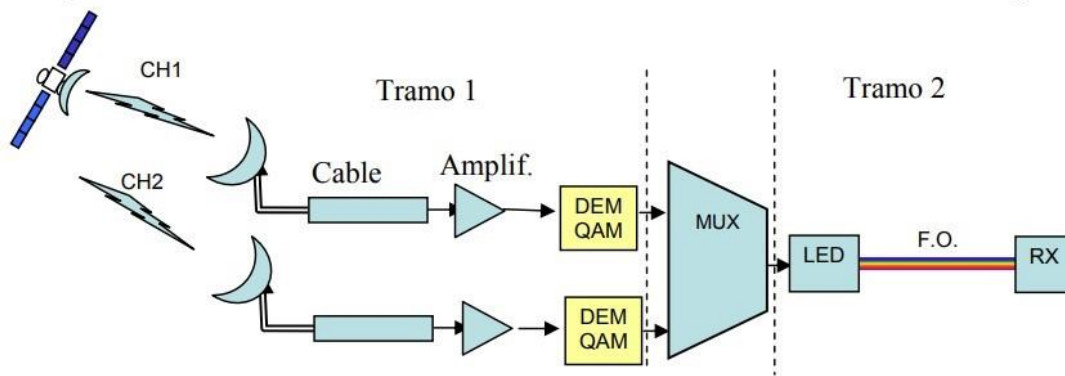
d : distancia (km)

$$a(H_2) = (1.1 \log(f) - 0.7) H_2 - (1.56 \log(f) - 0.8)$$

d El modelo del apartado b) con $n=4$ y una atenuación atmosférica indicada por la gráfica de abajo.



P5. Se dispone de un sistema de transmisión como se muestra en la figura:



El satélite está en órbita geostacionaria (distancia a la superficie terrestre de 35.786 km)

El canal 1 funciona en la banda de 8GHz, con un ancho de banda de 1MHz y el canal 2 en la de 26GHz, con un ancho de banda de 10MHz.

Los receptores y las antenas son idénticos. Para el canal1, la antena tiene una ganancia de 60dB y temperatura de 50 K. Los cables tienen 10 mts, con 10dB/Km de atenuación. La ganancia de los amplificadores es de 40 dB y su figura de ruido de 20 dB.

1. Si la ganancia de la antena del satélite para el **canal 1** (CH1) es de 10 dB, calcule detalladamente cuánto debe ser la potencia transmitida en ese canal para que la P_e de ese tramo sea de 10^{-6} . Nota: $k=1.38 \times 10^{-23}$ J/K
2. La absorción atmosférica oscila sobre el valor medio, dado en la gráfica de la página anterior, como una distribución log-normal de desviación típica $\sigma=3.5$ dB. Calcule el margen de enlace para asegurar la comunicación el 98% del tiempo en el **canal 1**.
3. Indique cómo variarían las características del amplificador para conseguir el margen necesario en el **canal 1**.
4. Si, en el **canal 1**, se quisiera conseguir el margen utilizando un *codificador de fuente* en lugar de cambiar el amplificador, ¿cuál sería el factor de compresión necesario?

P15. Se considera en este problema la evaluación de estrategias de transmisión para un canal acústico acuático con las siguientes características:

1. Velocidad del sonido, $v=1500$ m/s
2. Distancia máxima entre vehículos: 50 m (considérese también como distancia típica). 3. Tasa de transmisión binaria, $R = 2400$ símbolos por segundo¹ (modulación B-PSK) 4. Transmisión por paquetes de longitud $n=31$ símbolos.
3. Modelo de canal: Gilbert con parámetros:
 - a. $P_{e_malo}=0.30$.
 - b. Probabilidad de transición del estado bueno al estado bueno: 0.99
 - c. Probabilidad de transición del estado malo al estado malo: 0.88.
4. Dado que los transceptores acústicos funcionan en half-duplex, sólo vamos a considerar posibles las siguientes estrategias de corrección de errores:

a. Stop-and-wait ARQ (sw-ARQ)

Funcionamiento: El Tx envía un paquete al Rx. Se emplea un CRC² para detectar si ha habido error o no. Si el Rx NO ha detectado error (o sea, si no hay error o no es capaz de detectarlo) da el paquete por bueno, envía un ACK al Tx que pasa a transmitir el paquete siguiente. Si el Rx detecta error, envía al Tx un NACK y el Tx vuelve a retransmitir el paquete anterior. Hasta que el Tx no recibe un ACK o un NACK, no hace nada. Se considera que tanto el ACK como el NACK son paquetes de tamaño 1 símbolo y el canal de *feedback* NO tiene error de transmisión.

Prestaciones:

- *Fiabilidad, F:* probabilidad de que una trama aceptada no tenga errores.
- *Throughput:* $\eta = \frac{k R P}{n + D R}$, donde D es el tiempo que transcurre desde que se envía el último símbolo de una trama y se empieza a transmitir el primer símbolo de la siguiente trama (o a re-transmitir la misma si se ha detectado error); y P es la probabilidad de que se acepte la trama. Su unidad es de *bps*.

b. FEC

Funcionamiento: El Tx envía tramas de forma continua al Rx que las procesa independientemente aplicando el código CRC como corrector. Todas las tramas se aceptan, hayan podido ser corregidas o no.

Prestaciones:

- *Fiabilidad, F:* probabilidad de que una trama no tenga errores.
- *Throughput :* $\eta = \frac{k}{n} R$ [en bps].

c. Híbridas FEC-sw-ARQ

Funcionamiento: El protocolo es como el **sw-ARQ**. La diferencia está en que el Rx, al recibir una trama, detecta el número de errores y **si lo puede corregir lo hace** y envía un ACK. Si detecta errores pero no puede corregirlos, descarta la trama y envía un NACK para su repetición.

Prestaciones: Igual que en el **sw-ARQ**, teniendo en cuenta la capacidad correctora para aceptar la trama.

¹ Se hablará de *símbolo* para los *bits de transmisión* y de *bits* para los *bits de información*.

² CRC: Se emplean códigos BCH caracterizados por 3 parámetros (n,k,t) :

- n es el tamaño de símbolos por paquete, $n=31$.
- k es el número de símbolos de información, $n-k$ son los símbolos de paridad
- t es el número de símbolos que el código es capaz de **corregir**; $2*t$ es el número de símbolos que el código es capaz de **detectar**. El tiempo de procesamiento del Rx tanto para corregir como para detectar se tomará como un milisegundo.

Se pide:

1. Calcular los parámetros básicos del modelo:
 - a. la matriz de transición de estados: T
 - b. el vector de las probabilidades estacionarias de los estados: p
 - c. las matrices de probabilidad de error: P_0 y P_1 .
 - d.
2. Calcular los parámetros básicos del sistema:
 - a. Probabilidad de error media: P_e
 - b. Capacidad del canal en bits/seg.
 - c. Número medio de símbolos consecutivos transmitidos en el canal bueno
 - d. Número medio de símbolos consecutivos transmitidos en el canal malo