

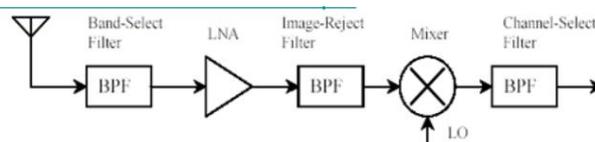
Se tiene un sistema de sensores en la superficie de un lago con 250 metros de profundidad máxima. Los sensores se disponen en una malla rectangular de lado L . Bajo la superficie del lago se mueve un pequeño *drone* acuático que toma 6 imágenes por minuto con una resolución de 50×30 píxeles, que son cuantificados con 8 bits en una escala de grises. La probabilidad de error máxima tolerable para este video es de 10^{-4} . Las imágenes se transmiten a los sensores de superficie a través de una señal acústica. Esa imagen se reenvía después a un satélite de órbita baja (a 1000 Km sobre la superficie terrestre) que actúa de relé para una conexión de longitud total de 2500 Km (asuma que el satélite está en la mitad del trayecto).

Ilustración *aproximada* del escenario:

(atiéndase al texto para la resolución)



1. Determine la tasa de transmisión necesaria en bits por segundo. Determine la mínima frecuencia portadora acústica para que se cumpla la propiedad de que la modulación es de "ancho de banda *estrecho*".
2. Discuta, usando las gráficas, ventajas e inconvenientes de la elección entre la modulación Q-PSK y la modulación 8-PSK para su uso en la comunicación *drone*-sensor.
3. Supongamos que se ha elegido la modulación 8-PSK y una portadora de 40 KHz. Calcule el ancho de banda necesario para transmisión acústica. Calcule la longitud de onda.
4. Dibuje la geometría de la propagación acústica para una celda de 4 sensores y determine la distancia máxima, en función de L , entre el *drone* y el sensor de tal forma que se reparta la cobertura de todo el volumen de manera uniforme entre los sensores.
5. Asumiendo que la temperatura de ruido total en el sensor acústico es de 10,000 K, que las antenas acústicas pueden considerarse isotrópicas y que la potencia transmitida del *drone* es de -10 dBm, calcule razonadamente la distancia máxima entre sensores, L , suponiendo que sólo existe el tramo acústico de transmisión.
6. Si se observa sobre el valor de la potencia recibida una variación de potencia aleatoria que puede modelarse como una *lognormal* con desviación típica de 3 dB, calcule la distancia máxima L que permitiría la comunicación al menos un 98% del tiempo.
7. En la comunicación del sensor a la estación central a través de un satélite LEO, se dispone de un receptor como se muestra abajo:



Calcule la temperatura del sistema receptor, considerando que el BPF (son todos equivalentes) y el *mixer* se comportan como atenuaciones pasivas de 5 dB y 10 dB, respectivamente. La información sobre el LNA se proporciona en las

especificaciones. Discuta el valor posible de la temperatura de antena e indique qué impacto tiene una variación de la misma del 50% sobre el la temperatura total del receptor.

8. Asumiendo que la propagación puede considerarse de espacio libre, y que el satélite actúa como un amplificador de ganancia 30dB y T=950 K, proponga un modelo de sistema para el ruido completo y calcule la temperatura del sistema completo.
9. Si la probabilidad de error del sistema de satélite es de 10^{-4} , indique razonadamente cuanta potencia adicional habría que darle al *drone* para que se cumplieran las especificaciones.
10. Estime el parámetro n de un modelo polinómico $P_R(d)[W] = P_R(d_0)[W] \times \left(\frac{d_0}{d}\right)^n$, $d \geq d_0$ para el canal acústico; y compare la varianza resultante con la dada en el Apdo. 6.

Notas auxiliares.....

Canal acústico:

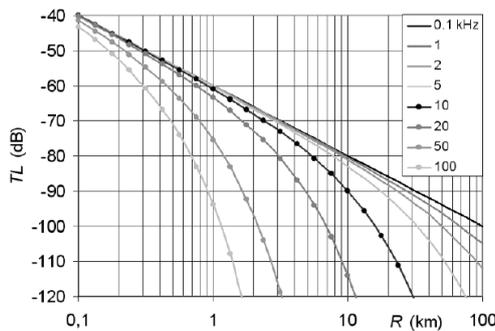
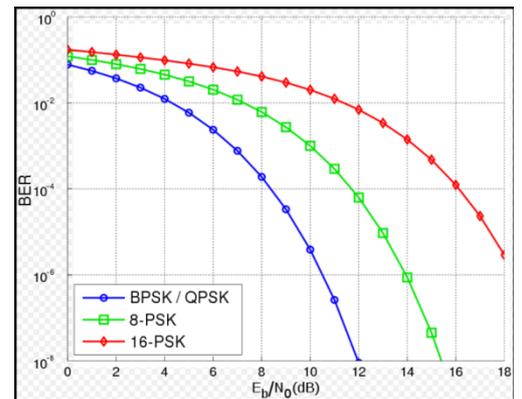


Figure 2.6 Conventional propagation loss $-TL = -20 \log R - \alpha R$, as a function of range, for frequencies of 0.1, 1, 2, 5, 10, 20, 50 and 100 kHz respectively. The absorption coefficient α is calculated for environment conditions: $T = 10^\circ\text{C}$, $S = 35$ p.s.u., $z = 10$ m.

Por las características del agua del mar la velocidad de propagación del sonido cambia de acuerdo con las variaciones de temperatura, salinidad y presión. Cuanto más altas sean estas características del agua, tanto mayor será su velocidad. Por ejemplo, en agua dulce, a una temperatura de 30°C , es de 1 509.6 metros por segundo, mientras que en el agua del mar, con la misma temperatura, pero con una concentración de sales de 35%, será de 1 546.2 metros por segundo.



Datos del amplificador de bajo nivel de ruido (LNA) en el enlace satélite:

Datos de la función Q(x):

Formally, the Q-function is defined as

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du.$$

z	Q(z)	z	Q(z)	z	Q(z)	z	Q(z)
0.0	0.5	1.0	0.15866	2.0	0.02275	3.0	0.00135
0.1	0.46017	1.1	0.13567	2.1	0.01786	3.1	0.00097
0.2	0.42074	1.2	0.11507	2.2	0.01390	3.2	0.00069
0.3	0.38209	1.3	0.09680	2.3	0.01072	3.3	0.00048
0.4	0.34458	1.4	0.08076	2.4	0.00820	3.4	0.00034
0.5	0.30854	1.5	0.06681	2.5	0.00621	3.5	0.00023
0.6	0.27425	1.6	0.05480	2.6	0.00466	3.6	0.00016
0.7	0.24196	1.7	0.04457	2.7	0.00347	3.7	0.00011
0.8	0.21118	1.8	0.03593	2.8	0.00256	3.8	0.00007
0.9	0.18406	1.9	0.02872	2.9	0.00187	3.9	0.00005

Parameter	RX	TX
Frequency	1920-1980 MHz	2110-2170 MHz
Gain (typ.)	16,5± 1.0	
Gain Flatness (max.)	±0.5	
Noise Figure	0.9 (typ.)	
IP3 (min.)	6 m	
P1 (min)	-8,5 m	
Impedance	5Ω	
IN / OUT VSWR (max.)	1.3:1	
DC Input Voltage	3-6V	
DC Current (max.)	20mA (max.)	