

## Otoño 2002 13.00 Boletín de problemas 9 – Respuestas

### 1. Sistema tomográfico de acústica oceánica

(a.)

Ubicación	Distancia desde la fuente	Tiempo desplaz.	Cambio en tiempo desplaz. por 1m/seg
Islas Aleutianas	3000 km	0,55	1,33
Tokio	6200 km	1,14	2,75
Brisbane	7500 km	1,38	3,33
Punta Arenas	12000 km	2,22	5,33
San Francisco	3800 km	0,70	1,69

(b.)

$$NF = 171 + 10 \log P + ID = 184$$

Modelo de propagación mixta:  $PT = 10 \log 5000 + 10 \log r + \alpha * 0,001 * r$  para cada uno de los cinco valores diferentes de  $r$ .

Ubicación	Distancia desde la fuente	PT
Islas Aleutianas	3000 km	122
Tokio	6200 km	148
Brisbane	7500 km	158
Punta Arenas	12000 km	191
San Francisco	3800 km	129

En primer lugar, supongamos unas condiciones de ruido desfavorables. Por ejemplo, un tráfico denso de barcos o un estado revuelto de la mar, proporcionan un NR de unos 74 dB.

Ubicación	Distancia desde la fuente	NF - PT - (NR - ID)
Islas Aleutianas	3000 km	4,5
Tokio	6200 km	-21
Brisbane	7500 km	-30
Punta Arenas	12000 km	-64
San Francisco	3800 km	-2.1

Evidentemente, el sistema no funcionará bajo estas condiciones en las estaciones remotas. A continuación, supongamos unas condiciones de ruido aún más desfavorables. Por ejemplo, un tráfico escaso de barcos y un estado de la mar más calmado, proporcionan un NR de unos 48 dB.

Ubicación	Distancia desde la fuente	NF - PT - (NR - ID)
Islas Aleutianas	3000 km	30,5
Tokio	6200 km	5
Brisbane	7500 km	-4
Punta Arenas	12000 km	-38
San Francisco	3800 km	23

### 13.00 boletín de problemas 9 — respuestas

¡Obviamente, el sistema seguirá sin funcionar en las estaciones remotas! En la práctica, existen “trucos” en el procesamiento de señales para poder detectar aquellas que son muy débiles. Si se utiliza como señal de transmisión una forma de onda codificada, es posible detectar señales tan débiles como -20 ó -30 dB

(c.) Es necesario resolver  $NF - PT = 120$

$$184 - PT = 120$$

$PT = 64$ ; esto tiene lugar a unos 1580 metros.

(d.) Probablemente, esta sea una distancia demasiado amplia para establecer cerca de Hawai, que tiene una población de ballenas extensa.

## 2. Análisis de funcionamiento del sistema de navegación *Odyssey*

Las frecuencias de operación de los dos sistemas son de 10 y 300 kHz. Utilizando la tabla de absorción de la página 15 de los apuntes de clase, se establece que los valores de alfa son aproximadamente de 1 y 63 dB/km.

1. La distancia de transición  $R_t$  viene dada por la fórmula  $R_t = \frac{8680}{\alpha} = 8680$  metros a 10 kHz y 137 metros a 300 kHz.
2. La tabla que aparece más adelante muestra la pérdida de transmisión PT de dirección única para cada sistema, utilizando las fórmulas  $PT = 20 \log r + \alpha r \times 10^{-3}$  para la propagación esférica y  $PT = 10 \log r + \alpha r \times 10^{-3}$  para la propagación cilíndrica. Todas las respuestas vienen dadas en dB re 1 metro.

	f = 10 kHz		f = 300 kHz	
distanc.	PT(esférica)	PT(cilíndrica)	PT(esférica)	PT(cilíndrica)
10	20	10	20,6	11
100	40,1	20,1	46,3	26,3
1000	61	31	123	93
10K	90	50	710	670

3. Resuelva la ecuación del sonar pasivo para PT:

$$PT = NF - (NR - ID) - UD$$

$$190 - (80 - 0) - 20 = 90 \text{ dB re 1 metro.}$$

A partir de la tabla anterior, observamos que  $PT = 90$  dB a una distancia de 10 Km. y, por lo tanto, la pregunta queda solucionada.

4. Resuelva de nuevo la ecuación del sonar pasivo para PT:

13.00 boletín de problemas 9 — respuestas

$$PT = NF - (NR - ID) - UD$$

$$190 - (100 - 0) - 20 = 70 \text{ dB re 1 metro.}$$

Por consiguiente, es necesario que resolvamos la ecuación:

$$70 - 20\log r + 63 \cdot r \times 10^{-3}$$

La respuesta es 301 metros.

5. El sistema SHARPS es más preciso, dado que a una frecuencia superior podemos medir el tiempo de desplazamiento de un impulso acústico con una mayor precisión. Además, podemos medir la distancia entre el AUV y cada uno de los faros de una forma más exacta. Un buen método para la detección de una señal debería ser capaz de medir el tiempo de desplazamiento de un impulso acústico en un margen de 10 periodos de la frecuencia del portador,  $\frac{10}{f}$ , que es igual a 1 milisegundo para el sistema LBL estándar y a 33 microsegundos para el sistema SHARPS. En la práctica, el sistema LBL de 10 kHz es preciso a unos cuantos metros y el sistema SHARPS en un margen de unos pocos centímetros. Además de la resolución de tiempo, otra fuente importante de error en el cálculo de la navegación es la incertidumbre en la calibración de las posiciones de los faros.

13.00 boletín de problemas 9 — respuestas

3.

(a.)  $\text{max\_alcance} = 300$

$$\alpha = 10 / (\text{max\_alcance} * 0,001) = 33$$

elija  $f = 100$  kHz, que posee un  $\alpha = 31$

$$\lambda = 1500 / f = 0,015$$

$$\theta = \pm 10 \text{ grados}$$

$$D = 29,5 * \lambda / \theta = 0,044 \text{ metros}$$

$$ID = 20 \log \frac{\pi D}{\lambda} = 19,3$$

elija NR = 30 dB (entre estados de la mar de 3 y 6 en la gráfica)

objetivo: esfera con un radio = 0,25 metros

$$TS = 10 \log \frac{r^2}{4} = -18 \text{ dB}$$

Para PT, utilice propagación esférica + absorción

$$PT = 20 \log r + \alpha * 0,001 * r \text{ para } r = 300 = 58,8 \text{ dB}$$

supongamos un valor de UD = 10 dB

$$NF - 2 PT + TS - (NR - ID) = UD$$

$$NF = 2PT - TS + NR - ID + UD$$

$$NF = 2 * 58,8 - (-18) + 30 - 19,3 + 10 = 156 \text{ dB}$$

$$NF = 171 + 10 \log \mathcal{P} + ID$$

$$156 = 171 + 10 \log \mathcal{P} + 19,3$$

$$10 \log \mathcal{P} = 156 - 171 - 19,3 = -34,3 \text{ dB}$$

$$\mathcal{P} = 0,3 \text{ mVatios}$$

(Este puede parecer un valor pequeño, pero es adecuado)

Podemos calcular  $\tau$ , de la resolución de alcance deseada. Esto no se pide en el problema pero un valor razonable es utilizar el tamaño del objeto que estamos buscando (0,5 metros).

$$\delta = 0,5 = c * \tau / 2$$

$$\tau = 1 / 1500 = 6,667 \text{ mSeg}$$

Potencia media:

$$\text{Tiempo de vuelo } T: 2 * 300 / 1500 = 0,4 \text{ segundos}$$

Ajuste el intervalo de ping  $T_P$  para que sea igual que el tiempo de vuelo (0,4 segundos)

$$\bar{\mathcal{P}} = \mathcal{P} * \frac{\tau}{T_P} = 0,5 \text{ microvatios}$$

13.00 boletín de problemas 9 — respuestas

(b.) Un delfín puede detectar un cojinete de bolas a una distancia de 72 metros con un NR = 100. ¿Puede hacer lo mismo el sistema que está empleando? ¿En qué medida es necesario modificar el diseño?

$r = 72$  metros

$$TS = 10 \log((0,03 / 2)^2 / 2) = -42 \text{ dB}$$

$$NF - 2 PT + TS - (NR - ID) = UD$$

$$156 - 2 * (20 * \log r + \alpha * r * 0,001) - 42 - (100 - 19,3) = -45 \text{ dB}$$

Nuestro sistema no puede realizar esto. En tal caso, sería necesario incrementar el NF en 55 dB para que funcionase. Sería preciso aumentar la potencia de forma espectacular.