

13.00 Introducción a la ciencia y tecnología oceánica

Boletín de problemas 9

Distribuido: 22 de noviembre de 2002

Fecha de entrega: 2 de diciembre de 2002

1. Sistema de tomografía acústica oceánica

Usted forma parte de un equipo que está diseñando un sistema acústico de control del clima oceánico para su utilización en el Océano Pacífico. El sistema contará con una fuente omnidireccional que operará a 200 Hz., con una potencia de 20 vatios, dispuesto fuera de las costas de las Islas Hawai. Se distribuirán cinco *line arrays* verticales de hidrófonos (longitud = 200 metros) en las cinco posiciones siguientes: (1) las Islas Aleutianas, (2) Tokio, (3) Brisbane, (4) Punta Arenas, y (5) San Francisco. A continuación, se proporcionan las distancias aproximadas desde la fuente de cada receptor:

Ubicación	Distancia desde la fuente
Islas Aleutianas	3000 Km
Tokio	6200 Km
Brisbane	7500 Km
Punta Arenas	12000 Km
San francisco	3800 Km

(a) Suponiendo que se dé una velocidad de sonido nominal de 1500 metros por segundo, calcule la duración del trayecto en horas para la propagación desde la fuente a cada uno de los cinco arrays receptores. ¿Qué variación se da en el tiempo de propagación para cada diferencia de 1 metro por segundo en la velocidad del sonido?

(b) El ratio señal-ruido (RS/R) en dB lo proporciona la parte izquierda de la ecuación del sonar pasivo:

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

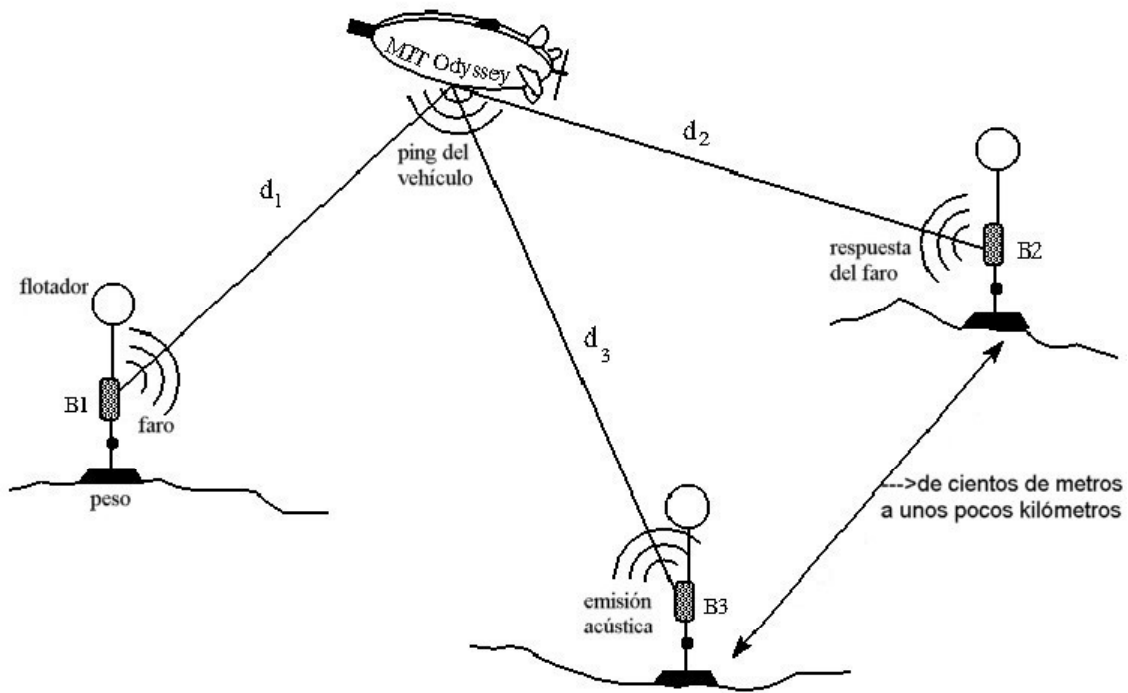
Calcule el RS/R previsto que cabría esperar en cada una de las ubicaciones de los cinco receptores. Para obtener una predicción más precisa de las pérdidas de propagación, utilice un modelo de propagación mixta que suponga una propagación esférica más una absorción para los primeros 5 kilómetros de propagación del sonido y, a continuación, una propagación cilíndrica más una absorción para la distancia restante. ¿Cree que se puede detectar la señal con cierta precisión en las cinco ubicaciones?

(c) Una preocupación sumamente importante relacionada con este tipo de sistema sería su efecto en los mamíferos marinos. Las investigaciones han demostrado que, como mínimo, cambiará el comportamiento de algunas ballenas si se exponen a niveles de presión de sonido iguales o superiores a 20 dB (fuente: <http://www.cnie.org/nle/mar-2.html>). ¿A qué distancia mínima tendría que acercarse una ballena a la fuente para que se diese un cambio en su comportamiento?

13.00, otoño 2002, boletín de problemas 9

(d) Basándose en su respuesta al apartado (c) y en otras lecturas que le hayan proporcionado en clase, ¿cree que se deberían utilizar este tipo de sistemas en el océano? ¿Son seguros para los mamíferos marinos? ¿Cómo podemos mejorar nuestra comprensión de los efectos del sonido en los mamíferos marinos?

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



El programa *Sea Grant* del MIT emplea dos tipos de sistemas de navegación con línea de base larga (LBL) con el AUV *Odyssey*. El sistema de navegación con LBL estándar funciona a 10 KHz. Para una mayor precisión en un área de funcionamiento más reducida, se utiliza también un segundo sistema denominado SHARPS (*sistema sónico de alcance y posicionamiento de alta precisión*). Este sistema funciona a 300 KHz. Suponga que para cada uno de los sistemas, los transductores poseen patrones de radiación omnidireccionales, que el umbral de detección es de 20 dB y que el nivel de fuente es de 190 dB re 1 μ Pa a 1 metro.

1. ¿Cuál es el alcance de transmisión para cada sistema? O dicho de otra forma, ¿a qué alcance se igualan la tasa de aumento de la PT por la absorción y la tasa de aumento de la PT por la propagación (esférica)?
2. ¿Cuál es la pérdida de transmisión (PT) unidireccional para cada sistema en alcances de 10, 100, 1000 y 10000 metros, suponiendo que se dé una propagación esférica? ¿Y en el caso de una propagación cilíndrica?
3. Si el nivel de ruido a 10 kHz es de 80 dB, ¿cuál es el alcance operacional máximo del sistema LBL estándar?

13.00, otoño 2002, boletín de problemas 9

4. Si el nivel de ruido a 300 kHz es de 100 dB, ¿cuál es el alcance operacional máximo del sistema SHARPS?
5. ¿Por qué posee una mayor precisión el sistema SHARPS que el sistema LBL estándar?

3. Robodolphin

Se le ha encargado que diseñe un nuevo sistema sonar activo para *RoboDolphin*, un nuevo robot submarino que está siendo desarrollado en el MIT. *RoboDolphin* será un vehículo de un metro de largo, natación libre y alta maniobrabilidad que emplea el sistema de propulsión *flapping foil*, primeramente desarrollado para *RoboTuna*. *RoboDolphin* se empleará para tratar de imitar las técnicas de percepción que emplean los delfines durante la ecolocación. Le interesará que su sistema tenga un alcance máximo de 300 metros y que sea capaz de funcionar en condiciones de mar gruesa o semi-gruesa. De forma experimental, se ha determinado que el patrón de haz del delfín tiene $\theta_{3dB} = \pm 10$ grados (tanto para transmitir como para recibir), con un patrón de radiación que iguala al de un transductor de disco circular.

- (a) Diseñe un sistema sonar para el *RoboDolphin* que cumpla estas características. (Rellene los parámetros de la tabla que aparece más adelante). Seleccione el nivel de fuente para su sistema, de tal forma que sea capaz de detectar a máximo alcance un corcho de pesca de 0,5 metros de diámetro. Documente cualquier supuesto sobre los distintos parámetros del sistema para ofrecer un diseño completo.

receptor ID:	$ID_R =$	_____
longitud de impulso:	$\tau =$	_____
nivel de fuente:	$NF =$	_____
diámetro del array:	$D =$	_____
nivel de ruido:	$NR =$	_____
pérdida de transmisión:	$PT =$	_____
longitud de onda:	$\lambda =$	_____
fuentes ID:	$ID_T =$	_____
tiempo de vuelo:	$T =$	_____
intervalo de ping:	$T_P =$	_____
frecuencia:	$f =$	_____

13.00, otoño 2002, boletín de problemas 9

fuerza del blanco: $TS =$ _____resolución de alcance: $\delta =$ _____potencia acústica: $\mathcal{P} =$ _____potencia acústica media: $\overline{\mathcal{P}} =$ _____

(continuación del problema 4)

- (b) Se ha demostrado que un delfín nariz de botella (*bottlenose*) es capaz de detectar un cojinete de bolas de 3 cm de diámetro a 72 metros en un medio donde $NR = 100$ dB. (La causa de este elevado nivel de ruido es producido por el chasqueo de gambas en la bahía de Kaneohe, Hawai, que es donde se han llevado a cabo muchos de los experimentos con delfines de las Fuerzas Navales de los Estados Unidos).

¿Sería capaz de detectar el sistema que ha diseñado un cojinete de bolas de 3 cm a 72 metros en un medio donde $NR = 100$ dB? Si la respuesta es negativa, ¿en qué medida modificaría su diseño para poder llevar a cabo esta tarea?