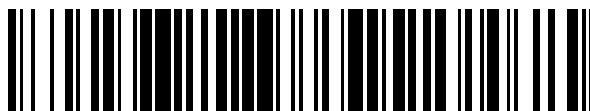


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 340**

51 Int. Cl.:

**G01S 15/87** (2006.01)

**G01S 15/96** (2006.01)

**G01S 7/539** (2006.01)

**G01S 7/52** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2009 E 09758576 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2012 EP 2304467**

54 Título: **Procedimiento y aparato para la detección y clasificación de un objeto que se encuentra en el agua**

30 Prioridad:

**06.06.2008 NO 20082668**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**15.03.2013**

73 Titular/es:

**KONGSBERG DEFENCE & AEROSPACE AS  
(100.0%)  
Kirkegardsveien 45  
3616 Kongsberg, NO**

72 Inventor/es:

**LØVIK, ARNE;  
KNUDSEN, TOR y  
STEIG, LEIV, INGE**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

ES 2 398 340 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato para la detección y clasificación de un objeto que se encuentra en el agua.

La invención se refiere a un aparato y un procedimiento que se basan en un uso combinado de tecnología de sónar activo y pasivo que puede usarse ventajosamente para la vigilancia de puertos o protección de flotas. Los temas comentados en la descripción son la advertencia, detección y clasificación tempranas con respecto a objetivos pequeños típicos tales como submarinistas, UUV y otros. Son posibles combinaciones en el nivel de detección dando dos detecciones que van a combinarse, o para la clasificación, por separado, y a continuación fusionarse, o en un proceso de clasificación conjunta. Las consideraciones teóricas están soportadas por los resultados experimentales de un sónar activo/pasivo combinado novedoso. El sónar experimental usa señales activas de banda ancha en el intervalo 15-25 kHz, y un proceso pasivo simultáneo sobre la banda de 1-15 kHz. Se dan a conocer resultados a partir de la detección y clasificación tanto de peces, como de submarinistas y UUV, dando importancia a la mejora que puede conseguirse de este modo en el rendimiento.

### 1. Introducción

La atención en aumento en la seguridad para instalaciones fijas y los propios barcos en situaciones fuera de zona ha conducido al desarrollo y lanzamiento de sistemas de protección tanto fuera del agua como submarinos. Esta descripción se centrará en esto último teniendo en cuenta que la información de la situación anterior en el agua puede resultar útil en el proceso de reducción de falsas alarmas.

El trabajo presentado aquí tiene tres aspectos: una parte son sistemas de sónar para aguas confinadas, con el fin de detectar objetivos pequeños y difíciles en entornos difíciles, en segundo lugar disponer de vehículos submarinos para contramedidas de inspección, vigilancia y emisión y finalmente la integración de sensores, la fusión de datos y el funcionamiento de sónar global.

La capacidad de protección frente a intrusos se compone de estos elementos, la habilidad para detectar y clasificar y la habilidad para reaccionar. La integración de estas capacidades en una unidad de mando y control es esencial para la capacidad de sistema total.

El documento WO 2007/127271 A2, que se usa para la delimitación de forma en dos partes de las reivindicaciones independientes, describe un sistema de sónar 3D con sónar combinado que usa una parte pasiva para la clasificación de objetos y la determinación de dirección y una parte activa para hallar una dirección. La presente invención también usa sistemas de sónar pasivo y activo, pero en los que los resultados de clasificación a partir de estos sistemas se fusionan proporcionando por tanto una clasificación conjunta para obtener una tasa inferior de falsas alarmas.

La presente invención se define por un aparato con un modo de funcionamiento variable para la detección y clasificación de un objeto móvil sumergido a partir de una señal pasiva generada por el objeto y una señal activa reflejada desde el objeto. El aparato comprende:

- una rama de modo activo que presenta una entrada para recibir una primera señal representativa de la señal activa,
- una rama de modo pasivo que presenta una entrada para recibir una segunda señal representativa de la señal pasiva, y estando caracterizado el aparato porque
- la rama de modo activo incluye unos primeros medios de procesamiento de señal adaptados para generar una primera salida de estimación de clasificación, con primeras pistas de la clase más probable de objetivo para el objeto, y
- la rama de modo pasivo incluye unos segundos medios de procesamiento de señal adaptados para generar una segunda salida de estimación de clasificación, con segundas pistas de la clase más probable de objetivo para el objeto,
- un elemento de fusión adaptado para recibir y fusionar dichas salidas de estimación de clasificación primera y segunda, y para emitir una salida de estimación de clasificación fusionada con pistas,
- un clasificador dispuesto para recibir dicha salida de estimación de clasificación fusionada con pistas, y adaptado para clasificar el objeto realizando la clasificación basándose en dicha salida de estimación de clasificación fusionada con pistas, y un controlador adaptado para cambiar el modo de funcionamiento del aparato basándose en el resultado de la clasificación en dicho clasificador.

Se definen características adicionales del aparato en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

La invención se define también por un procedimiento para la detección y clasificación de un objeto móvil sumergido a partir de una señal pasiva generada por el objeto y una señal activa reflejada desde el objeto, comprendiendo el procedimiento:

- 5       - recibir en una entrada de una rama de modo activo una primera señal representativa de la señal activa,
- recibir en una entrada de una rama de modo pasivo una segunda señal representativa de la señal pasiva, y estando caracterizado el procedimiento por
- 10       - procesar en la rama de modo activo una primera señal para generar una primera salida de estimación de clasificación, con primeras pistas de la clase más probable de objetivo para el objeto,
- procesar en la rama de modo pasivo una segunda señal para generar una segunda salida de estimación de clasificación, con segundas pistas de la clase más probable de objetivo para el objeto,
- 15       - recibir dichas salidas de estimación de clasificación primera y segunda en un elemento de fusión y generar una salida de estimación de clasificación fusionada con pistas,
- recibir dicha salida de estimación de clasificación fusionada con pistas en un clasificador, y clasificar el objeto realizando la clasificación basándose en dicha una salida de estimación de clasificación fusionada con pistas, y
- 20       - cambiar el modo de funcionamiento del aparato, por medio de un controlador (430), basándose en el resultado de la clasificación en dicho clasificador (410).

25       Se definen características adicionales del procedimiento inventivo en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

En la descripción, se hace referencia a los siguientes dibujos:

- 30       la figura 1 muestra una gráfica que ilustra tiempos de recorrido típicos como una función de la distancia para diferentes posibles amenazas;
- la figura 2 muestra una gráfica que ilustra la atenuación bidireccional como una función del alcance para las frecuencias 20 kHz, 40 kHz y 100 kHz. (Francois y Garrison JASA 72 sept. 82, JASA 72 dic. 82);
- 35       la figura 3 muestra un diagrama de bloques de una cadena de procesamiento de señal propuesta por la presente invención;
- las figuras 4 A, B y C muestran gráficas que ilustran, mediante representaciones de tiempo frente a demora, el resultado de la aplicación de diversas rutinas de modelación de haz: A: Modelación de haz convencional; B: Modelación de haz adaptativa ; C: Modelación de haz de subespacio;
- 40       la figura 5 muestra una gráfica que ilustra un espectrograma normalizado típico de un UUV como una función de tiempo;
- 45       la figura 6 muestra una gráfica que ilustra la señal acústica grabada de un submarinista en movimiento, a 100 kHz, representada en demora frente a nivel, y que indica los componentes de señal mediante la fuente;
- la figura 7 muestra una gráfica que ilustra en una representación de alcance-demora un submarinista con equipo autónomo que se mueve hacia la izquierda;
- 50       la figura 8 muestra una gráfica que ilustra una representación de alcance-demora que contiene bancos de caballa;
- la figura 9 muestra una gráfica que ilustra en una representación de alcance-demora una RIB;
- la figura 10 muestra dos gráficas que ilustran el factor K para objetivos desconocidos y para amenazas de submarinistas;
- 60       la figura 11 muestra una gráfica 3D que ilustra grupos de objetivo con pistas de clasificación;
- la figura 12 muestra un boceto para ilustrar un ejemplo de un escenario general, con objetivos;
- la figura 13 muestra tres gráficas que ilustran valores de K para objetivos típicos, "submarinista", "pez" y "mamífero marino", respectivamente;
- 65

la figura 14 muestra dos gráficas que ilustran niveles de ruido para objetivos típicos; en la gráfica izquierda peces, mamíferos marinos o un submarinista; en la gráfica derecha UUV o un submarinista asistido;

5 la figura 15 muestra gráficas que ilustran frecuencias características de una realización ventajosa de señales de sonido de biosonar;

la figura 16 muestra un boceto para ilustrar, usando un ejemplo de un escenario general, con objetivos, un escenario de señal activa y pasiva combinadas; y

10 la figura 17 muestra un diagrama esquemático de bloques de un ejemplo de sistema según la invención, adaptado para combinar ramas activa y pasiva para la clasificación de objetivos.

## 2. Consideraciones de diseño de sistema generales

15 La protección costera submarina, que está en un puerto o en una zona confinada, será complicada por las condiciones de reverberación y el tráfico normalmente concurrido en la zona.

20 Como con la mayoría de los sistemas de este tipo que funcionan 24 horas al día, 7 días a la semana, es de primordial importancia facilitar la carga del operario. Por tanto la filosofía en el diseño ha sido dejar que el sistema solo dé una advertencia cuando algo es poco corriente o anómalo y requiere la atención del operario. Esto de nuevo exige una serie de requisitos estrictos al procesamiento de señal, y la capacidad para reducir el número de "falsas alarmas" es decir acontecimientos clasificados como los que no requieren la atención del operario.

25 Un factor importante en el diseño de un sistema es proporcionar tiempo suficiente para reaccionar. Es decir, el tiempo desde la detección pasando por la clasificación, el rastreo, decidir qué procedimiento seguir y finalmente implementar la reacción adecuada a tiempo para impedir cualquier daño. Por tanto el tiempo necesario desde la detección hasta la reacción puede ser sustancial y por tanto requerir una distancia de detección grande del sistema de sonda.

30 Si consideramos que las amenazas submarinas percibidas son submarinistas, submarinistas asistidos, UUV y mamíferos que transportan armas, la velocidad de avance diferirá considerablemente de unos 0,5 m/s a 6 m/s. El tiempo para alcanzar el objetivo se ilustra como una función de la distancia en la figura 1.

35 La figura 1 ilustra tiempos de recorrido típicos como una función de la distancia para diferentes posibles amenazas.

Este tiempo debe compararse con el alcance de detección de sonda y la suma de los tiempos requeridos para rastrear y clasificar, y el tiempo para reaccionar. Por tanto la clasificación de la posible amenaza debe ser fiable y durar el menor tiempo posible.

40 En la figura 1 se supone que el tiempo necesario para detectar, clasificar e iniciar la reacción es de 8 minutos. A continuación se supone que la contramedida, o fuerza de reacción, se desplaza hacia el objetivo con una velocidad de 3 m/s. El tiempo total necesario para posicionar la fuerza de reacción o la contramedida cerca del objetivo se muestra por tanto como "tiempo para adquirir" en la figura.

45 Los tiempos aquí son ilustrativos pero indican que un submarinista que nada libremente puede detenerse si se detecta antes de unos 400 metros mientras que un submarinista con un vehículo de transporte submarino tendría que detectarse a aproximadamente 1500 metros. El uso de mamíferos entrenados ofrece una tarea difícil si no imposible debido tanto a la velocidad como a la baja intensidad del objetivo.

50 Por tanto queda claro que un requisito muy importante para el sistema de sonda es un alcance de detección lo suficientemente grande para objetivos pequeños en condiciones del entorno difíciles y con reverberación. Lo bueno, sin embargo, es que la geometría del sistema es constante, mientras que el entorno varía con la marea, la estación y el tráfico en la zona. Los objetivos presentarán un desplazamiento Doppler bajo con la excepción de mamíferos, que a su vez pueden ser los que aparezcan con menos probabilidad.

55 La detección de largo alcance requiere sistemas de frecuencias más bajas. Esto se ve fácilmente examinando la figura 2 que muestra la atenuación de señal como una función del alcance para tres frecuencias diferentes. El eco a un alcance de 1500 m de un sonda de 20 kHz sufre aproximadamente 73 dB menos de pérdida de absorción que el de un sonda de 100 kHz.

60 La figura 2 ilustra la atenuación bidireccional como una función del alcance para las frecuencias 20 kHz, 40 kHz y 100 kHz. (Francois y Garrison JASA 72 sept. 82, JASA 72 dic. 82).

65 El sonda preferido para la detección y clasificación de submarinistas es por tanto un sonda de frecuencia baja a media de banda ancha con una apertura de receptor grande. Esto permitirá aprovechar las características dependientes de la frecuencia del objetivo para la clasificación, detección de largo alcance y alta resolución tanto en

alcance como demora. El sónar principal estará activo puesto que el ruido de los submarinistas que nada libremente es bajo. Sin embargo, en el modo pasivo, el sónar se usa para la advertencia temprana y las posibles pistas de clasificación pasivas.

### 5 3. Cadena de procesamiento de señal

La cadena de procesamiento de señal general se ilustra en la figura 3.

10 La cadena de procesamiento de señal comprende diversos módulos, es decir receptor de datos no analizados; procesamiento de sónar activo; procesamiento de sónar pasivo; rastreo de contacto asociado y clasificación.

15 La cadena de procesamiento de sónar activa es la normal hasta la eliminación del fondo que incluye un filtro que elimina los objetos estacionarios en la imagen del sónar y destaca los objetivos con algún movimiento. Los rastreadores son rastreadores de hipótesis múltiple adaptados con clases de modelos de comportamiento dinámico que permiten enlazar el rastreo y la clasificación. La información de rastreo combinada basándose en mediciones de las cadenas de procesamiento de sónar tanto activo como pasivo se mantiene mediante el módulo de rastreo de contacto y se proporciona al operario sobre un fondo topográfico o pictórico.

20 La cadena de procesamiento pasiva trabaja en paralelo con la cadena de procesamiento activa usando la misma matriz de transductor en el intervalo de frecuencia por debajo del de las transmisiones activas. El impacto de las transmisiones en la cadena de procesamiento pasiva depende considerablemente de los parámetros de pulso tales como nivel de fuente, duración de pulso, intervalo de pulso y ancho de banda así como del intervalo dinámico de la adquisición de datos. La cadena de procesamiento pasiva limita el impacto no teniendo en cuenta los datos no analizados durante las transmisiones de manera apropiada.

25 Mientras que el formador de haz de la cadena de procesamiento activa se basa en un formador de haz de retraso y suma convencional, el formador de haz de la cadena pasiva es más avanzado. La cadena de procesamiento pasiva procesa datos de hidrófono en un intervalo de frecuencia muy por debajo de la frecuencia de diseño de la antena. Por tanto, tienen que aplicarse técnicas de modelación de haz avanzadas para obtener una resolución de demora que permita resolver escenarios densos típicos de zonas costeras. La capacidad para resolver objetivos es obviamente esencial para la extracción de características acústicas necesarias para la fase de clasificación. La figura 4 muestra el análisis de banda ancha en forma de representaciones de tiempo-demora que resultan de diferentes procedimientos de modelación de haz.

30 La figura 4 incluye representaciones de tiempo-demora (es decir tiempo frente a dirección) que resultan de la aplicación de diversas rutinas de modelación de haz. El borde inferior horizontal representa un ángulo polar dos alfa por el que se realiza la representación, con ángulo cero en el centro, menos uno alfa en el extremo izquierdo, y más uno alfa en el extremo derecho. El borde más a la izquierda representa el tiempo durante el que se grabaron las muestras, con las muestras más recientes representadas en la parte inferior y las muestras más antiguas representadas en la parte superior.

35 Los objetivos se detectan y rastrean normalmente basándose en el análisis de banda ancha, mientras que el análisis de banda estrecha es la entrada más importante para la extracción de características de las señales que llegan desde las diferentes direcciones de objetivo. El análisis de banda estrecha se realiza basándose en un análisis espectral estándar de las señales entrantes. Como parte de la extracción de características pasivas un detector de línea espectral extrae líneas de frecuencia de las señales e identifica relaciones entre éstas tales como frecuencias armónicas y relaciones de frecuencias fijas. El módulo de clasificación compara estas características con el contenido de la base de datos de clasificación.

40 El análisis espectral de la modulación de ruido de banda ancha generado por los objetivos se conoce como análisis DEMON y puede dar información importante sobre navíos de superficie y vehículos submarinos con propulsión por hélice. El número de aspas de hélice así como las relaciones de eje y hélice son características típicas que pueden extraerse del análisis DEMON. La figura 5 representa un espectrograma normalizado típico de UUV como una función del tiempo.

### 55 4. Pistas de clasificación

El esquema de clasificación global consiste en dos ramas separadas:

- 60
- una relacionada con atributos asociados al objetivo como tal
  - la otra con el comportamiento o patrón de comportamiento del objetivo en relación con la amenaza percibida.

65 Los atributos relacionados de objetivo están normalmente entre los siguientes:

- intensidad de eco
- variación de eco con el aspecto
- 5      • variación de eco con la frecuencia
- velocidad de objetivo
- 10     • aceleración de objetivo
- tasa de giro de objetivo
- ruido emitido
- 15     • espectro o características de ruido

Los valores de los atributos relacionados con el objetivo pueden usarse en un clasificador basado en probabilidad tal como el clasificador bayesiano ingenuo. Los clasificadores bayesianos asignan la clase más probable a un ejemplo dado descrito por su vector de atributo. El aprendizaje de tales clasificadores puede simplificarse enormemente suponiendo que los atributos son variables independientes para la clase dada.

Sea  $X = (x_1, \dots, x_n)$  un vector de variables aleatorias observadas, denominadas atributos. El clasificador bayesiano ingenuo dará entonces la clase más probable  $C_i$ . La probabilidad de que la clase  $C_i$  dé los atributos  $X$ , es según el teorema de Bayes:

$$P(C_i|X) = \frac{P(X|C_i) \cdot P(C_i)}{P(X)}$$

La probabilidad condicional  $P(X|C_i)$  consiste en las predicciones que el modelo realiza sobre los datos  $X$  cuando sus parámetros tienen un valor particular  $x$ . La distribución “anterior”  $P(C_i)$  indica qué valores podrían tomar probablemente los parámetros del modelo. El factor de normalización  $P(X)$  se basa sólo en los valores que toman los atributos.

Los clasificadores bayesianos se conocen por ser los clasificadores óptimos, puesto que minimizan el riesgo de clasificación errónea. Sin embargo, requieren definir  $P(X|C_i)$ , es decir la probabilidad conjunta de los atributos dada la clase. Estimar esta distribución de probabilidades a partir de un conjunto de datos de entrenamiento es una tarea difícil, puesto que puede requerir un conjunto de datos muy grande incluso para un número moderado de características para explorar de manera significativa todas las combinaciones posibles.

En el marco del clasificador bayesiano ingenuo, se supone que los atributos son independientes entre sí dada la clase. Esto permite escribir  $P(X|C_i)$  como:

$$P(X|C_i) = \prod P(x_n|C_i)$$

El clasificador bayesiano ingenuo se define por tanto totalmente por las probabilidades condicionales de cada atributo dada la clase.

Las características de eco u objetivo con aspecto y frecuencia pueden dar indicaciones con respecto al tamaño y forma del objetivo. Trabajar con frecuencias en las que la longitud de onda es comparable con las dimensiones típicas del objetivo puede dar más información que para el sónar para detecciones de submarinistas de alta frecuencia convencional que trabaja en la región de reflexión especular.

Queda claro que el eco del submarinista es menor que el de la nube de burbujas y es difícil de usar debido a la variación angular rápida. A este respecto, se hace referencia a la figura 6, que ilustra el eco del submarinista a 100 kHz, del informe de NURC NURC-PR-2006-02.

La figura 7 muestra una representación de alcance-demora extraída de la cadena de procesamiento de sónar activa entre filtrado adaptado y eliminación del fondo. Como en la figura 4, el borde inferior horizontal representa un ángulo polar dos alfa por el que se realiza la representación, con ángulo cero en el centro, menos uno alfa en el extremo izquierdo, y más uno alfa en el extremo derecho, mientras que el borde más a la izquierda representa la distancia

desde el transductor de sónar, con el alcance más corto de la distancia representada en la parte inferior, y el alcance más largo de la distancia representada en la parte superior. La intensidad de la señal recibida se indica con un color, que aumenta de azul, a través de verde, amarillo y rojo, con niveles intermedios en colores de transición respectivos. Puede verse un submarinista con equipo autónomo que se mueve de derecha a izquierda (dentro de un círculo). También puede observarse una nube de burbujas detrás del submarinista con equipo autónomo.

En la figura 8 se muestra una representación de alcance-demora correspondiente con bancos de caballa presentes, en formato de gráfica que corresponde al formato de la figura 7 explicado anteriormente. La forma de los ecos de los bancos cambia rápidamente y por tanto es muy diferente de la forma de los ecos del submarinista con equipo autónomo. También es normalmente diferente la cinemática de los rastros detectados automáticamente.

La figura 9 muestra una representación de alcance-demora con una RIB, en un formato de gráfica que corresponde al formato de las figuras 7 y 8 explicado anteriormente. Puede observarse una estela detrás de la RIB. Tal como puede verse a partir de la figura, la forma del eco es diferente de la caballa. La cinemática de una RIB es normalmente diferente tanto del submarinista con equipo autónomo como la caballa.

Examinando los objetivos de zona interna normalmente serán submarinistas, botellas de submarinista, UUV o aparatos de reciclado de respiración. Todos son objetivos con dimensión típica igual o menor que 1 metro, dando la zona resonante de reflexiones  $ka=1$  a 10 en la región de frecuencia de 1-10 kHz.

Las pistas de ruido normales son como se ha comentado, en primer lugar ningún ruido o ruido. Cuando se emite ruido las herramientas estándar están disponibles con relación al espectro y relaciones dentro del espectro. Cuando la distancia al objetivo se conoce o puede estimarse (que sería el caso si el objetivo se detectara también mediante la cadena de procesamiento activa) el nivel de ruido absoluto como tal puede estimarse y usarse directamente.

Cuando se trata del patrón de comportamiento estará relacionado normalmente con la amenaza que impone el comportamiento. Los patrones típicos para un submarinista con una intención de alcanzar un destino, un comportamiento errático de un banco de peces, la variación de marea de señales parásitas y muchos más.

Una primera medida simple pero eficaz del comportamiento es la distancia de recorrido comparada con la distancia recorrida hacia la zona de protección, un factor de alto valor. Esta medida K puede definirse por:

$$K = \frac{\int v dt}{\int v_n dt} ,$$

donde  $v$  es la velocidad del objetivo y  $v_n$  es la componente del vector velocidad hacia el factor de alto valor, positivo hacia el factor, negativo al alejarse.

Queda claro que todos los valores negativos de K son un comportamiento sin amenaza, asimismo cero es ningún problema. Cuando el valor de K se aproxima a 1 el comportamiento es claramente hostil. La figura 10 muestra valores experimentales de K para objetivos desconocidos y para amenazas de submarinistas. Las figuras muestran que K para amenazas de submarinistas tiene una distribución estrecha alrededor de 1, mientras que K tiene una distribución mucho más amplia para objetivos desconocidos.

Otra variante de K es sólo medir la distancia recorrida total y compararla con la línea recta de distancia entre el punto de inicio y final. Esta medida, L también diferencia entre comportamiento errático y dedicado, un UUV buscador está muy cerca de 1, un submarinista intentará llegar a 1, pero normalmente sin éxito.

La pista de clasificación anterior se basa claramente en la observación durante algún tiempo y esto destaca otra vez la necesidad de tener una detección de alcance más largo para permitir que la clasificación tenga lugar y dé resultados fiables.

Inicialmente el agrupamiento será entre objetivos con ruido, sin ruido o con un ruido muy bajo lo que significa normalmente un objetivo artificial con respecto a objetivos naturales, submarinistas, mamíferos, peces u otros objetivos biológicos.

Una ilustración de los diferentes grupos en un espacio de ruido y velocidad ( $K$ ,  $K_n$ ) se muestra en la figura 11. Por tanto, la figura 11 ilustra diversos grupos de objetivos con pistas de clasificación.

Queda claro que sin la dimensión de ruido todos los objetivos habrían aparecido en el plano K- velocidad y harían la distinción incluso más difícil. Tomando el caso del submarinista, la clasificación se encuentra como:

submarinista={velocidad>máx,  $K < K_d$ , ruido=0}, y

hostil si  $K_n < K_{\text{límite}}$

5 Esto puede en algunos casos no dar una única clasificación, puesto que tanto los peces como los mamíferos podrían satisfacer durante algún tiempo el mismo criterio. Sin embargo, durante algún rastreo de tiempo, no es probable que ninguno de estos dos satisfaga de manera consistente el criterio tanto en  $K$  como velocidad.

10 Cuando se trata de la distinción entre submarinista asistido y un UUV, considerándose ambos inicialmente como hostiles de todos modos, se encuentran pistas en los atributos de objetivo. Las diferencias típicas se encuentran en el espectro de ruido y las características del eco.

## 5. Ejemplos.

15 Se hace referencia a la figura 12, en la que la figura muestra algún objeto típico que va a encontrarse en la escena submarina, peces 100, vehículos 110 submarinos, mamíferos 120 y submarinistas 130, siendo el último asistido o no asistido. La escena puede complicarse además mediante vehículos superficiales, embarcaciones 140 pequeñas, grandes y embarcaciones de vela.

20 La presente invención está adaptada para usar pistas de clasificación para determinar el tipo de objeto en la zona. Las pistas se determinan a partir de sistemas de sónar tanto activos como pasivos y pueden incluir en general algunos de los siguientes de dos clases principales

### 1. Atributos asociados al objetivo como tal

- 25
- intensidad de eco
  - variación de eco con el aspecto

30

  - variación de eco con la frecuencia
  - velocidad de objetivo
  - aceleración de objetivo

35

  - tasa de giro de objetivo
  - ruido emitido

40

  - espectro o características de ruido

### 2. Comportamiento de objetivo en relación con la amenaza percibida

En general la clasificación mejorará en fidelidad añadiendo pistas.

45 Examinando el comportamiento de objetivo, la determinación para llegar a un sitio puede depender considerablemente del objeto y por tanto puede usarse como pista para la clasificación. A continuación se mostrarán algunos comportamientos típicos para ilustrar los parámetros implicados.

50 Comenzaremos examinando la distancia recorrida.

Distancia de recorrido comparada con la distancia recorrida hacia la zona de protección:

$$K = \frac{\int v \, dt}{\int v_n \, dt}$$

55 donde  $v$  es la velocidad del objetivo y  $v_n$  es la componente del vector velocidad hacia el factor de alto valor, positivo hacia el factor, negativo al alejarse.

$K \leq 0$  es un comportamiento sin amenaza.

60 Cuando  $K$  se aproxima a 1 el comportamiento es claramente hostil.



La figura 13 muestra algunas zonas típicas para K y velocidad del espacio de objetivo, y queda claro que el submarinista no asistido 131 intentará alcanzar su destino con la menor energía posible y tiene una velocidad máxima que es menor que la de los peces 100 y mamíferos 120. El UUV puede programarse para simular al submarinista o estar en una misión de búsqueda en cuyo caso la K de larga duración es grande.

Sin embargo, el UUV y o un submarinista asistido o vehículo no serán silenciosos, emiten sonido, ruido, como consecuencia de la propulsión y el motor. Los rastros típicos de los objetivos, u objetos, de diversas, normalmente diferentes, clases se ilustran en las figuras 12 y 16 mediante líneas curvas diferentes dotadas de flechas respectivas. La figura 14 muestra la relación típica entre el ruido y la velocidad del objeto.

Examinando el espacio de clasificación tridimensional, la figura 11 muestra la combinación de la velocidad y el comportamiento, y el ruido emitido.

Añadir más pistas al proceso según se enumera en los atributos asociados con el propio objetivo mejorará la clasificación y se tratará de la misma manera que para las pistas comentadas.

Una manera simple y sencilla de estimar la probabilidad de que se detecte una clase dada, 100, 110, 120... de objeto, ejemplos de lo cual se ilustran mediante los objetos que se encuentran en el agua representados en las figuras 12 y 16, se describe a continuación.

Los valores de los atributos o pistas relacionados con el objeto u objetivo pueden usarse en un clasificador basado en probabilidad tal como el clasificador bayesiano ingenuo. Los clasificadores bayesianos asignan la clase más probable a un ejemplo dado descrito por su vector de atributo. El aprendizaje de tales clasificadores puede simplificarse enormemente suponiendo que los atributos son variables independientes para la clase dada.

Sea  $X = (x_1, \dots, x_n)$  un vector de variables aleatorias observadas, denominadas atributos. El clasificador bayesiano ingenuo dará entonces la clase más probable  $C_i$ . La probabilidad de que la clase  $C_i$  dé los atributos  $X$ , es según el teorema de Bayes:

$$P(C_i|X) = \frac{P(X|C_i) \cdot P(C_i)}{P(X)}$$

La probabilidad condicional  $P(X|C_i)$  consiste en las predicciones que el modelo realiza sobre los datos  $X$  cuando sus parámetros tienen un valor particular  $x$ . La distribución "anterior"  $P(C_i)$  indica qué valores podrían tomar probablemente los parámetros del modelo. El factor de normalización  $P(X)$  se basa sólo en los valores que toman los atributos.

Los clasificadores bayesianos se conocen por ser los clasificadores óptimos, puesto que minimizan el riesgo de clasificación errónea. Sin embargo, requieren definir  $P(X|C_i)$ , es decir la probabilidad conjunta de los atributos dada la clase. Estimar esta distribución de probabilidades a partir de un conjunto de datos de entrenamiento es una tarea difícil, puesto que puede requerir un conjunto de datos muy grande incluso para un número moderado de características para explorar de manera significativa todas las combinaciones posibles.

En el marco del clasificador bayesiano ingenuo, se supone que los atributos son independientes entre sí dada la clase. Esto permite escribir  $P(X|C_i)$  como:

$$P(X|C_i) = \prod P(x_n|C_i)$$

El clasificador bayesiano ingenuo se define por tanto totalmente por las probabilidades condicionales de cada atributo/pista dada la clase.

La figura 15 ilustra un "escenario completo", con los silbidos de sónar activo y los ecos posibles, y el "ruido" emitido desde los objetos no naturales, tales como por ejemplo debido a la propulsión. Además, en la figura 15 se indican los sonidos naturales que se transmiten cada cierto tiempo desde los peces y mamíferos con fines de comunicación, navegación y otros.

El ejemplo de realización del sistema de sónar descrito en la presente memoria, combina un sónar activo y pasivo, basándose en un conjunto de "bloques de construcción convencionales", tanto activos como pasivos, que se modifican según la invención, e introduce también nuevos bloques de construcción en cada una de las ramas activa y pasiva de la realización de ejemplo del sistema. El sistema inventivo de la invención utiliza normalmente unidades

de procesamiento combinadas como el ejemplo comentado en la presente memoria, para la clasificación basándose en la combinación de ramas activa y pasiva.

Se proporcionan diagramas de bloques de realizaciones de sónar a modo de ejemplo de la invención en las figuras 3 y 16.

En primer lugar se hace referencia a la figura 16 para la siguiente explicación. Los bloques numerados en el alcance 200 hacen referencia a los bloques de parte activa, los bloques numerados en el alcance 300 hacen referencia a los bloques de parte pasiva, y los bloques numerados en el alcance 400 hacen referencia a los bloques conjuntos añadidos.

El sónar tal como se explica en la presente memoria se “arranca suave”, en modo activo, y la matriz de recepción 200 recibe los ecos de las transmisiones activas y también el ruido de banda ancha en la zona cubierta por la matriz de recepción. La señal 1 de recepción proporcionada por la matriz de recepción 200 se entrega a las entradas respectivas de dos unidades de acondicionamiento de señal, numeradas con 210 y 310, respectivamente. La unidad de acondicionamiento de señal de rama activa es un filtro 210, que filtra la señal recibida con el ancho de banda apropiado correspondiente al ancho de banda de transmisión, y preamplifica y realiza la conversión A/D, para emitir datos 2 digitalizados.

Los datos 2 digitalizados se marcan en el tiempo desde la unidad de control 430. El formador de haz 220 convierte el flujo de datos de elemento proporcionado por la unidad de acondicionamiento de señal 210 en flujos de datos para cada uno de diversos haces especiales formados por la matriz. El formador de haz 200 está adaptado para manejar el ancho de banda amplio, y está implementado ventajosamente como formador de haz de retardo, o funciona en el dominio de frecuencia, para proporcionar características similares.

La salida 3 del formador de haz 220 da la señal recibida en cada haz como una función del tiempo, o como una función de la distancia desde la matriz. La unidad de detección 230 realiza la reducción de datos eliminando objetivos estacionarios, y detecta otros objetivos por encima de un umbral de detección determinado.

La salida de acontecimientos 4 de la unidad de detección 230 se alimenta al rastreador 240 y el extractor de características 250. El rastreador puede implementarse de diversas maneras, usando ventajosamente la tecnología del filtro Kalman, o como rastreador de hipótesis múltiple, como ejemplos, para proporcionar una salida de posición 5.

La salida de posición 5 del rastreador 240 proporciona la posición de los objetivos detectados como una función del tiempo, y los atributos cinemáticos de objetivo tales como velocidad, aceleración y orientación, mientras que el extractor de características 250 está adaptado para determinar atributos de los objetivos relacionados con las propiedades acústicas del objetivo, tal como intensidad del objetivo, y variación con aspecto y frecuencia, y proporciona en una salida 6 los atributos al clasificador activo 260.

Basándose en la salida de atributo 6 del extractor de características 250, el clasificador activo 260 proporciona, tal como se describe en la sección que trata de la clasificación, una salida de estimación 7 de la clase más probable de objetivo basándose en las pistas activas presentadas en la salida 5 del rastreador 240 y la salida 6 del extractor de características.

La salida de estimación 7, con sus pistas 5 y 6, se introduce en la unidad de fusión 400, en la que las estimaciones para detecciones activa y pasiva y los atributos se fusionan considerando principalmente sus características relacionadas con el espacio, aunque pueden emplearse otras características que indiquen una relación entre salidas de estimación de las ramas activa y pasiva para determinar relaciones entre las salidas de las ramas, para proporcionar pistas activa y pasiva combinadas para los objetivos rastreados, en una salida 8, que se introduce en el clasificador combinado 410. Trabajos experimentales han indicado, que hasta el 90% de las salidas del clasificador activo tiene una salida “compañera” del clasificador pasivo, que da como resultado una salida fusionada del elemento de fusión. El elemento de fusión está adaptado ventajosamente para entregar en su salida la entrada del clasificador activo en caso de que el elemento de fusión no pueda determinar que la entrada recibida del clasificador activo no tiene un “compañero” en las entradas recibidas del clasificador pasivo.

Aplicando generalmente el procesamiento estadístico detallado en una parte anterior de esta descripción a la entrada recibida desde el elemento de fusión, el clasificador combinado 410 proporciona una salida de clasificación combinada 9.

La salida de clasificación 9 del clasificador combinado 410 se introduce en el controlador 430. En la unidad de control 430, si la salida de clasificación 9 arroja una detección de mamífero, el controlador cambia el modo de funcionamiento del sistema a un “modo mamífero”, reduciendo normalmente la potencia de la señal que va a emitirse desde la matriz de transmisión 290, o selecciona la transmisión de biosonidos grabados que se pone a disposición a partir de la base de datos 420 de sonidos. Normalmente, cuando se entra en el “modo mamífero”, la unidad de control 430 ajusta a continuación el generador 270 de señal para usar un sonido apropiado disponible a

partir de la base de datos 420 para una señal de salida activa, y también ajusta la unidad de detección 230 para correlacionar la salida de formador de haz 3 proporcionada por el formador de haz 220 con la misma, o una réplica de la señal de salida activa seleccionada para transmitirse en el “modo mamífero”.

- 5 La señal de salida activa del generador 270 de señal, proporcionada por tanto según una selección realizada por la unidad de control basándose en la salida de clasificación 9, se alimenta al amplificador 280 de potencia que, a su vez, alimenta la señal de salida activa amplificada a la matriz de transmisión 290, para emitir una señal acústica como un sonido correspondiente a la señal de salida activa seleccionada al agua.
- 10 Debe entenderse que la señal de salida activa seleccionada normalmente es de una naturaleza pulsada, sin embargo, pueden emplearse otras variaciones temporales para conseguir un patrón repetitivo deseado, o la señal puede variarse con el tiempo con otros medios para permitir detectar un eco de la señal de salida activa porque aparece distinguido de otras señales acústicas recibidas desde el entorno en el que puede funcionar el sistema.
- 15 La “cadena pasiva” del sistema de la invención incluye un acondicionador de señal 310, para el acondicionamiento, preamplificación y conversión A/D de señales 310, y para marcar en el tiempo la señal recibida mediante la unidad de control 430. Se aprecia, que el acondicionador de señal 310 funciona generalmente tal como se describió anteriormente para el acondicionador de señal 210 en la parte de “cadena pasiva” del sistema. El formador de haz 320 recibe la salida del acondicionador de señal 310, y se realiza preferiblemente como un formador de haz adaptativo, o uno de alta resolución para dar la resolución especial requerida.
- 20

La salida de haz 10 del formador de haz 320 se alimenta a la unidad de detección 330, en la que se realiza el análisis de frecuencia de banda ancha y banda estrecha, así como el análisis de transitorios antes de la propia detección, para emitir detecciones 11.

- 25 Las detecciones 11 se introducen en el rastreador 340 y el extractor de características 350. Dependiendo del número de unidades recibidas incluidas en el sistema, el rastreador puede funcionar basándose sólo en la demora, o puede realizar correlaciones de rastro cruzadas, para generar la salida de rastreador 12. La salida de rastreador 12 del rastreador 340 proporciona la demora frente al tiempo, y atributos cinemáticos derivados, mientras que el extractor de características 350 proporciona una salida de características 13 que proporciona atributos de objetivo, tales como por ejemplo nivel espectral y características de transitorios.
- 30

La salida de rastreador 12 y la salida de características 13 se proporcionan como entradas al clasificador pasivo 360. El clasificador pasivo 360 está adaptado para clasificar una señal recibida como una señal de clase de sonido de mamífero. Si el clasificador determina que se ha detectado un sonido de mamífero, la señal se considera un “biosonido”, que se entrega en una salida de biosonido 14 a la base de datos 420, o como una señal a otro conjunto de circuitos del sistema para hacer que se almacene una grabación del sonido de mamífero de tal manera que el sonido pueda estar disponible por la base de datos 420 o un repositorio de datos de sonido similar. El clasificador pasivo 360 puede incluir una salida de detecciones pasiva 15.

- 40 Las salidas de detecciones pasiva 15 y sus pistas se proporcionan a la unidad de fusión 400, que proporciona la salida de fusión 8 al clasificador conjunto 410 para permitir que se realice la clasificación conjunta.

- 45 En una variante del sistema descrito anteriormente, los bloques 260, 360, 400 y 410 se combinan en un clasificador activo pasivo global. Por consiguiente, la descripción de la invención proporcionada anteriormente a modo de realización de sistema de la invención, se ha elegido para describir también intuitivamente las diversas etapas del proceso realizado en un sistema de funcionamiento mediante los elementos funcionales dados a conocer en la presente memoria.

- 50 Por consiguiente, esta descripción proporciona a los expertos en la materia pertinente toda la información y las enseñanzas técnicas requeridas para que lleven a cabo la invención como un procedimiento que implementa las funcionalidades dadas a conocer, para obtener de la misma manera novedosa cualquier resultado proporcionado por la invención, procedimiento que puede, alternativamente, realizarse a modo de programa informático codificado y ejecutado de manera apropiada en un dispositivo programable, tal como un ordenador. Por tanto, se concibe que la invención puede realizarse, por completo o parcialmente, como un procedimiento, un aparato o un programa informático.
- 55

## 5. Sumario

- 60 La inclusión de una cadena pasiva en el sistema de sónar para la vigilancia de puertos o la vigilancia costera proporciona varios beneficios:
- advertencia temprana pasiva
  - fácil distinción de objetivos artificiales
- 65

- clasificación pasiva

La parte activa de la clasificación añade pistas adicionales, y el sónar debe diseñarse preferiblemente para tener un alcance largo en cuanto a la distancia, y una alta resolución, para permitir que el rastreo tenga lugar durante un largo tiempo para distinguir los comportamientos.

## 6. Frecuencias características del sonido de un “biosónar”

Se hace referencia a la figura 15. El sonido transmitido por mamíferos marinos es diverso; varía de unas especies a otras, y de una región a otra. Sólo en las aguas noruegas, existen hasta 17 especies diferentes de ballenas. Los intervalos de frecuencia del sonido transmitido para algunos grupos de mamíferos marinos diferentes se ilustran en la figura 15. Como comparación, se representan también intervalos de frecuencia del sonido transmitido de peces y un sónar de fragata típico en la figura 15. El intervalo de frecuencia de los peces está por debajo de 1 kHz de manera predominante. Tal como puede verse a partir de la figura 15, no hay una única banda de frecuencia usada exclusivamente por los mamíferos marinos, utilizan bandas respectivas que se extienden por un intervalo desde algunos 50 Hz hasta aproximadamente 100 kHz. Para las zonas costeras incluyendo puertos, las especies dominantes son las ballenas y los odontocetos (cetáceo dentados), que usan las frecuencias de sónar típicas desde aproximadamente 1 kHz hasta 100 kHz. La representación de sonido transmitido por estas especies de nuevo es compleja y variada, y generalmente no es posible describirlo de forma matemática cerrada. Con respecto a la presente invención, la mejor solución contemplada es no usar una forma de onda previamente descrita como se hace en los sistemas de sónar convencionales que usan transmisiones de banda ancha con pulsos codificados definidos, sino usar el sonido presentado por los mamíferos marinos naturales, grabando formas de onda de especies que se conoce que se mueven en una zona de interés, y tomando las formas de onda grabadas de las especies en la región en la que está funcionando el sistema de sónar y seleccionar formas de onda a las que los mamíferos no reaccionan de manera desfavorable. Por tanto el mismo sistema de sónar adaptable al entorno puede transmitir muy bien pulsos diferentes cuando se mueve de un sitio a otro.

En una realización ventajosa de la presente invención, incluye medios de generación de señal de sonido que están adaptados para almacenar y reproducir una grabación de sonido de mamífero marino de un sonido natural de una foca en una banda de frecuencia que oscila entre 180 Hz y 9000 Hz, de un sonido natural de un cetáceo dentado en una banda de frecuencia que oscila entre 2000 Hz y 60000 Hz, o de un sonido natural de un cetáceo barbado en una banda de frecuencia que oscila entre 40 Hz y 1000 Hz.

La adaptabilidad al entorno es un aspecto importante de un sistema según la presente invención, para que proporcione un sistema agradable para mamíferos marinos, y para que pueda funcionar sin perturbar su comportamiento natural, teniendo en cuenta que las especies normalmente tienen su mejor sensibilidad de audición en la banda de frecuencia usada para emitir sus sonidos. De este modo, se evita transmitir los pulsos modulados de frecuencia empleados habitualmente u otras formas de onda sintéticas en las frecuencias de sónar típicas descritas anteriormente, que de otro modo se percibirán en general por los mamíferos como antinaturales, y podrían considerarse como ruido perturbador que alteraría a los mamíferos marinos y, a niveles altos, podría deteriorar su audición.

Considerando estos factores, la presente invención proporciona ventajas significativas sobre soluciones conocidas anteriormente en un mundo y tiempo de conciencia en aumento con respecto a los impactos de las acciones del hombre en las condiciones de vida de otras especies que viven en los mares y océanos.

## REIVINDICACIONES

1. Aparato con modo de funcionamiento variable para la detección y clasificación de un objeto móvil sumergido a partir de una señal pasiva generada por el objeto y una señal activa reflejada desde el objeto, comprendiendo el aparato:
  - una rama de modo activo que presenta una entrada para recibir una primera señal representativa de la señal activa,
  - una rama de modo pasivo que presenta una entrada para recibir una segunda señal representativa de la señal pasiva, caracterizado porque
  - la rama de modo activo incluye unos primeros medios de procesamiento de señal adaptados para generar una primera salida de estimación de clasificación (7), con unas primeras pistas de la clase más probable de objetivo para el objeto, y
  - la rama de modo pasivo incluye unos segundos medios de procesamiento de señal adaptados para generar una segunda salida de estimación de clasificación (15), con unas segundas pistas de la clase más probable de objetivo para el objeto,
  - un elemento de fusión (400) adaptado para recibir y fusionar dichas primera y segunda salidas de estimación de clasificación (7, 15), y para emitir una salida de estimación de clasificación fusionada (8) con pistas,
  - un clasificador (410) dispuesto para recibir dicha salida de estimación de clasificación fusionada (8) con pistas, y adaptado para clasificar el objeto realizando la clasificación, basándose en dicha salida de estimación de clasificación fusionada (8) con pistas, y un controlador (430) adaptado para cambiar el modo de funcionamiento del aparato, basándose en el resultado de la clasificación en dicho clasificador (410).
2. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además unos medios de generación de sonido (270) controlados mediante dicho controlador (430) y adaptados para generar una señal de sonido según el resultado de la clasificación.
3. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además una unidad de detección (230) controlada mediante dicho controlador (430) y adaptada para correlacionar una señal de salida proporcionada por un formador de haz (220) según el resultado de la clasificación.
4. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque los segundos medios de procesamiento de señal de la rama de modo pasivo están adaptados para generar una segunda salida de estimación de clasificación como un indicador de clasificación para indicar la clasificación de objeto de al menos uno de entre una criatura marina, un submarinista, un submarinista asistido y un vehículo submarino.
5. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende unos medios de generación de señal de sonido (270) controlados mediante dicho controlador (430) y adaptados para generar una señal de sonido, en el que el sonido que se genera corresponde a un sonido natural de al menos una criatura marina, incluyendo un mamífero marino, cuando se cambia el modo de funcionamiento y se clasifica dicha criatura marina.
6. Aparato según la reivindicación 2, caracterizado porque los medios de generación de señal de sonido (270) incluyen unos medios de almacenamiento dispuestos para almacenar datos o señales para hacer que el generador genere la señal de sonido.
7. Aparato según la reivindicación 6, caracterizado porque los medios de almacenamiento están dispuestos para responder a una salida de unos medios clasificadores de los medios de procesamiento de rama de la rama pasiva o el clasificador conjunto que indica una clasificación positiva del objeto, para almacenar una señal recibida en al menos una de entre las ramas activa y pasiva dispuestas para almacenar dichos datos o señal eficaces para que el generador genere la señal de sonido.
8. Aparato según la reivindicación 2, caracterizado porque los medios de generación de señal de sonido (270) están adaptados para almacenar y reproducir una grabación de sonido de mamífero marino de al menos uno de entre un sonido natural de una foca en una banda de frecuencia comprendida entre 180 Hz y 9000 Hz, un sonido natural de un cetáceo dentado en una banda de frecuencia comprendida entre 2000 Hz y 60000 Hz, y un sonido natural de un cetáceo barbado en una banda de frecuencia comprendida entre 40 Hz y 1000 Hz.
9. Procedimiento para la detección y clasificación de un objeto móvil sumergido a partir de una señal pasiva generada por el objeto y una señal activa reflejada desde el objeto, comprendiendo el procedimiento:
  - recibir en una entrada de una rama de modo activo una primera señal representativa de la señal activa,

- recibir en una entrada de una rama de modo pasivo una segunda señal representativa de la señal pasiva, caracterizado porque comprende
- 5       - procesar en la rama de modo activo una primera señal para generar una primera salida de estimación de clasificación (7), con unas primeras pistas de la clase más probable de objetivo para el objeto,
- procesar en la rama de modo pasivo una segunda señal para generar una segunda salida de estimación de clasificación (15), con unas segundas pistas de la clase más probable de objetivo para el objeto,
- 10       - recibir dicha primera y segunda salidas de estimación de clasificación (7, 15) en un elemento de fusión (400) y generar una salida de estimación de clasificación fusionada (8) con pistas,
- recibir dicha salida de estimación de clasificación fusionada (8) con pistas en un clasificador (410), y clasificar el objeto realizando la clasificación basándose en dicha salida de estimación de clasificación fusionada (8) con pistas, y
- 15       - cambiar el modo de funcionamiento del aparato, por medio de un controlador (430), basándose en el resultado de la clasificación en dicho clasificador (410).
- 20       10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque comprende además generar una señal de sonido según el resultado de la clasificación.
- 11. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque comprende además correlacionar, en una unidad de detección (230) controlada mediante dicho controlador (430), una señal de salida de un formador de haz (220) según el resultado de la clasificación.
- 25       12. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque comprende además generar, en los segundos medios de procesamiento de señal de la rama de modo pasivo, una segunda salida de estimación de clasificación como un indicador de clasificación para indicar la clasificación de objeto de al menos uno de una criatura marina, un submarinista, un submarinista asistido y un vehículo submarino.
- 30       13. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque comprende además generar una señal de sonido correspondiente a una criatura marina, incluyendo un mamífero, cuando se cambia el modo de funcionamiento y se clasifica dicha criatura marina.
- 35       14. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque comprende además almacenar datos o señales que hacen que el generador (270) genere la señal de sonido.
- 40       15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado porque los medios de almacenamiento responden a una salida de unos medios clasificadores de los medios de procesamiento de rama de la rama pasiva o el clasificador conjunto que indica una clasificación positiva del objeto, y almacenan una señal recibida en al menos una de las ramas activa y pasiva dispuestas para almacenar dichos datos o señal eficaces para que el generador (270) genere la señal de sonido, en el que la señal de sonido generada se almacena para reproducir una grabación de sonido de
- 45       mamífero marino de al menos uno de entre un sonido natural de una foca en una banda de frecuencia comprendida entre 180 Hz y 9000 Hz, un sonido natural de un cetáceo dentado en una banda de frecuencia comprendida entre 2000 Hz y 60000 Hz, y un sonido natural de un cetáceo barbado en una banda de frecuencia comprendida entre 40 Hz y 1000 Hz.
- 50

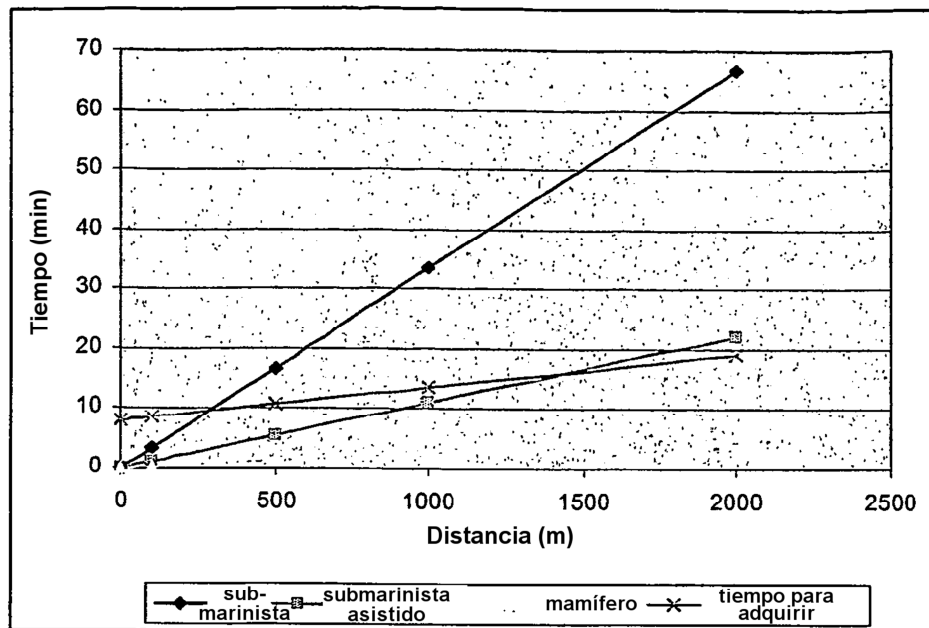


Figura 1: Tiempos de recorrido típicos como una función de la distancia para diferentes posibles amenazas

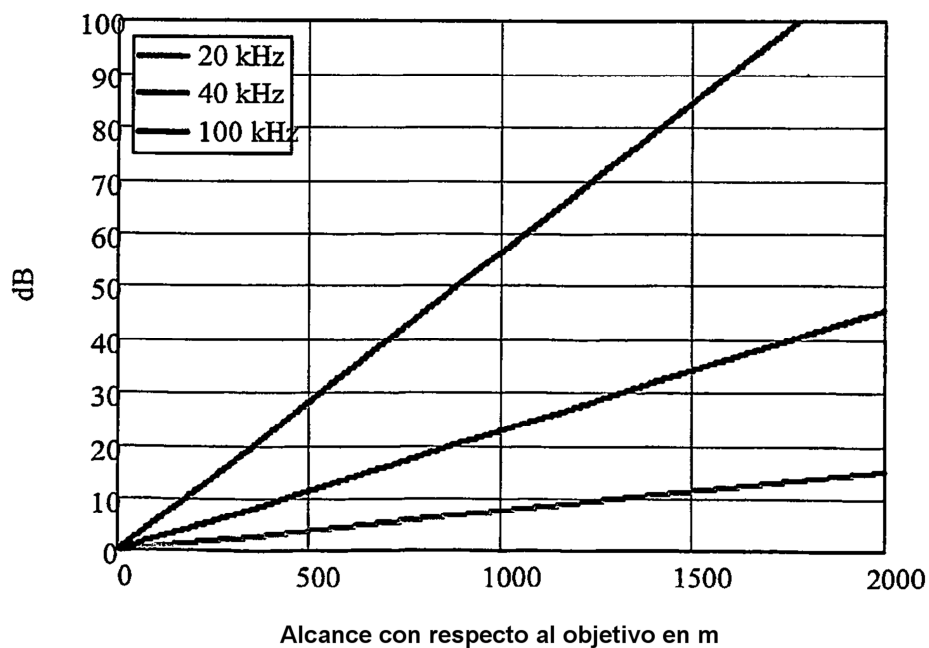


Figura 2: Atenuación bidireccional como función del alcance para las frecuencias de 20 kHz, 40 kHz y 100 kHz. (Francois y Garrison JASA 72 sept. 82, JASA 72 dic. 82).

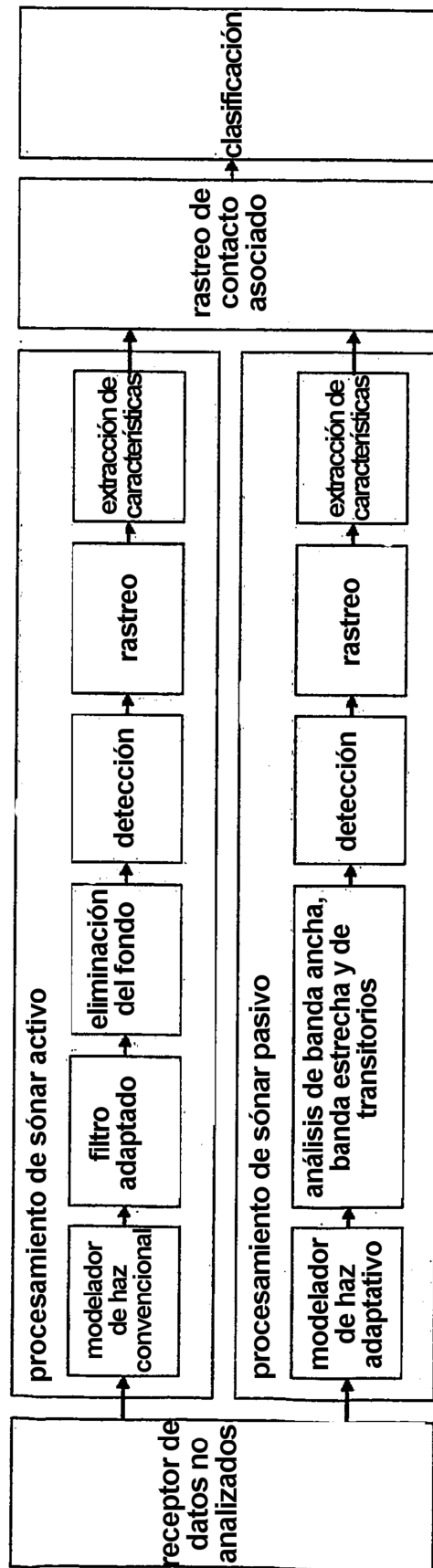
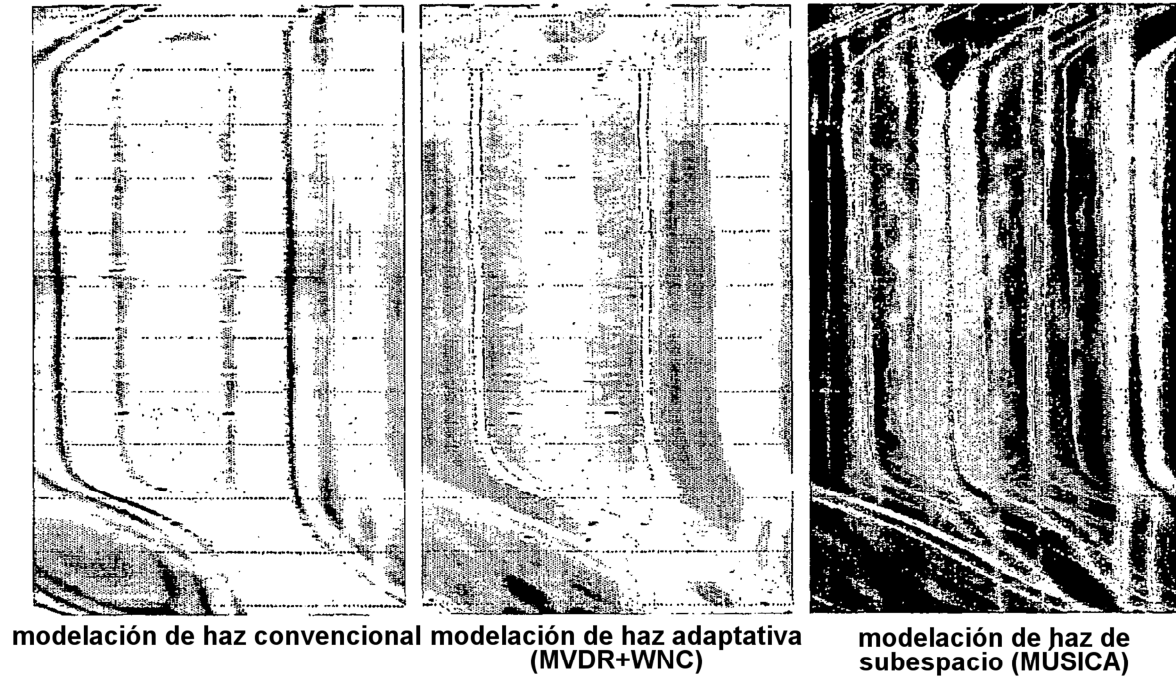


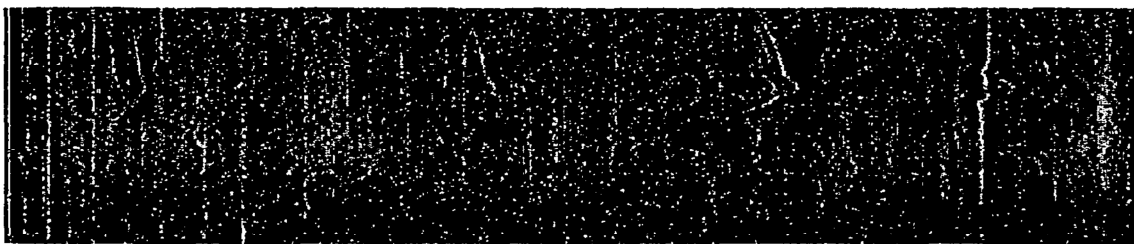
Figura 3: Cadena de procesamiento de señal





**Figura 4 A, B y C: Representaciones de tiempo-demora que resultan de la aplicación de diversas rutinas de modelación de haz:**

**A: modelación de haz convencional; B: modelación de haz adaptativa; C: modelación de haz de subespacio.**



**Figura 5: Espectrograma normalizado típico de un UUV como una función del tiempo.**

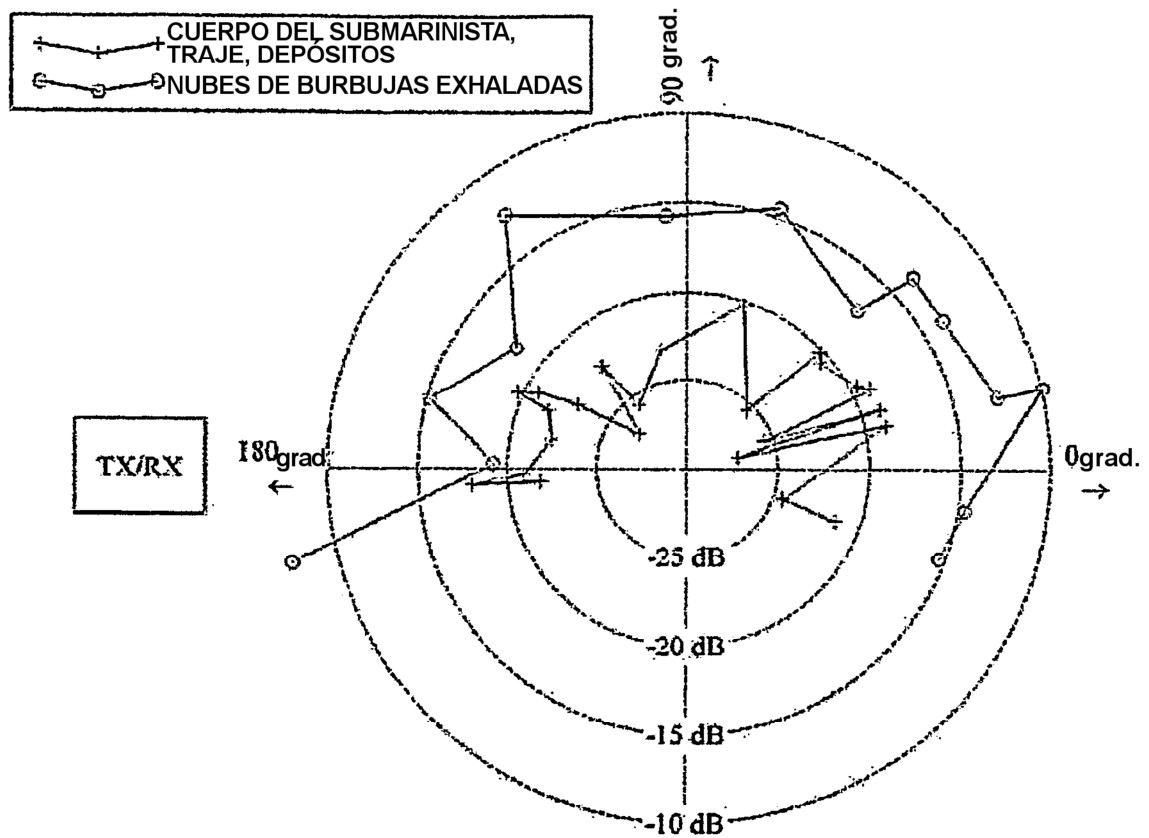
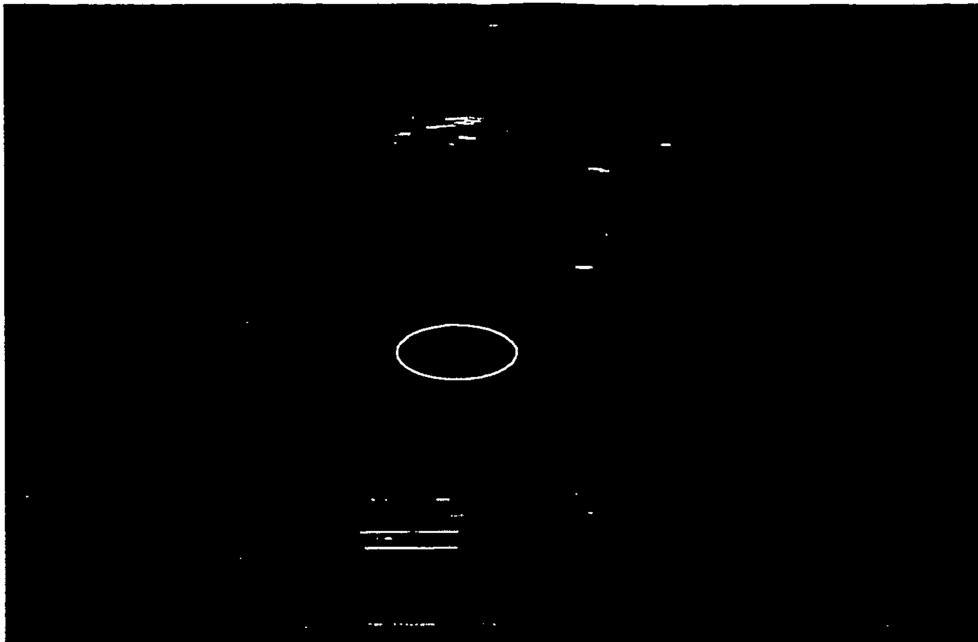
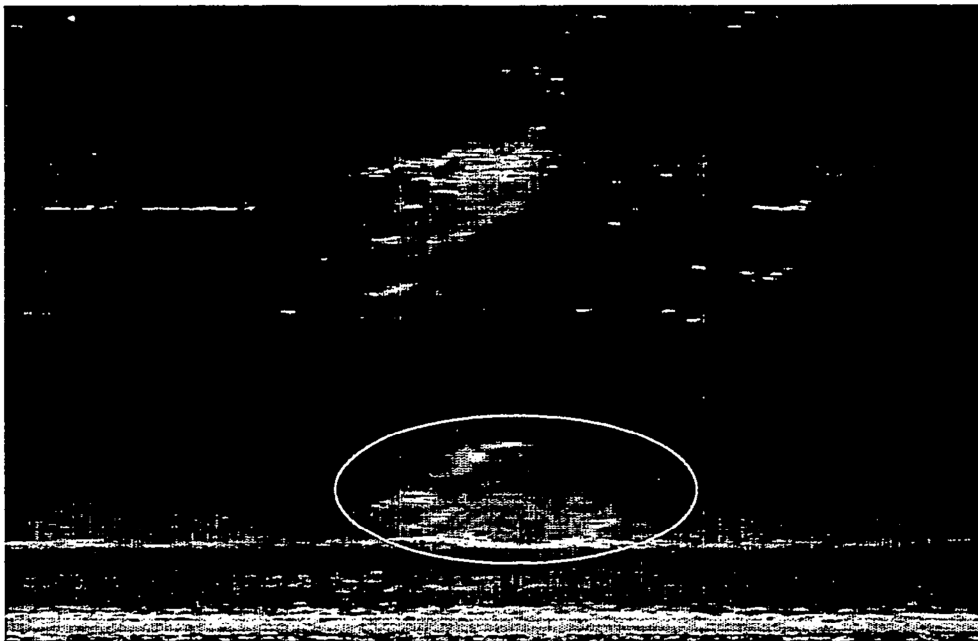


Figura 6: Eco de un submarinista a 100 kHz, del informe de NURC NURC-PR-2006-02.



**Figura 7: Representación de alcance-demora con un submarinista con equipo autónomo que se mueve hacia la izquierda.**



**Figura 8: Representación de alcance-demora que contiene bancos de caballa.**

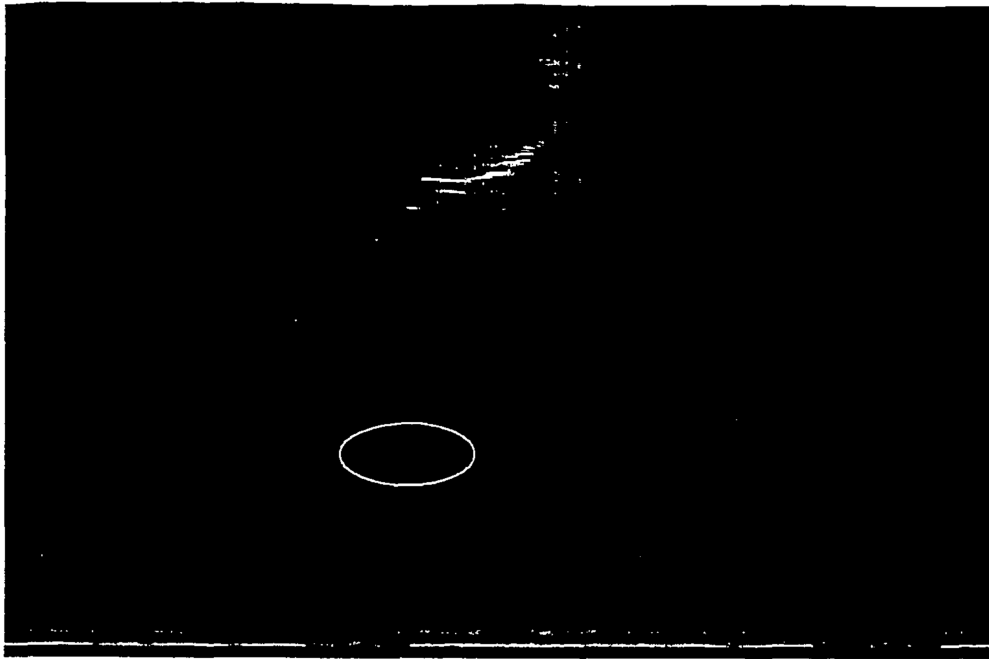


Figura 9: Representación de alcance-demora con una RIB.

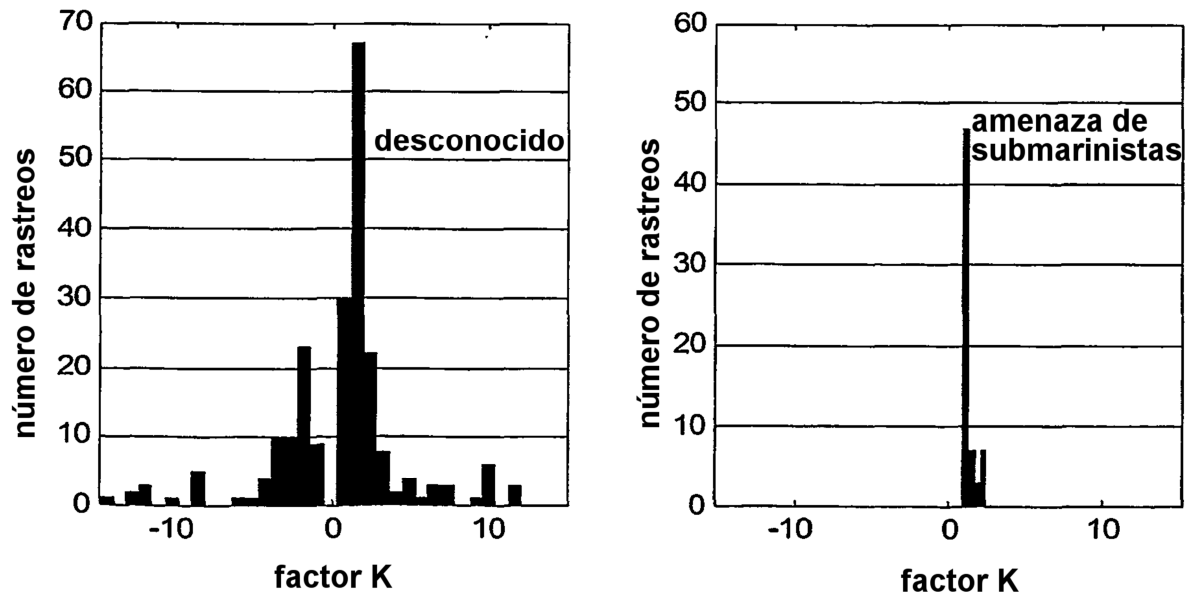


Figura 10: Factor K para objetivos desconocidos y para amenazas de submarinistas

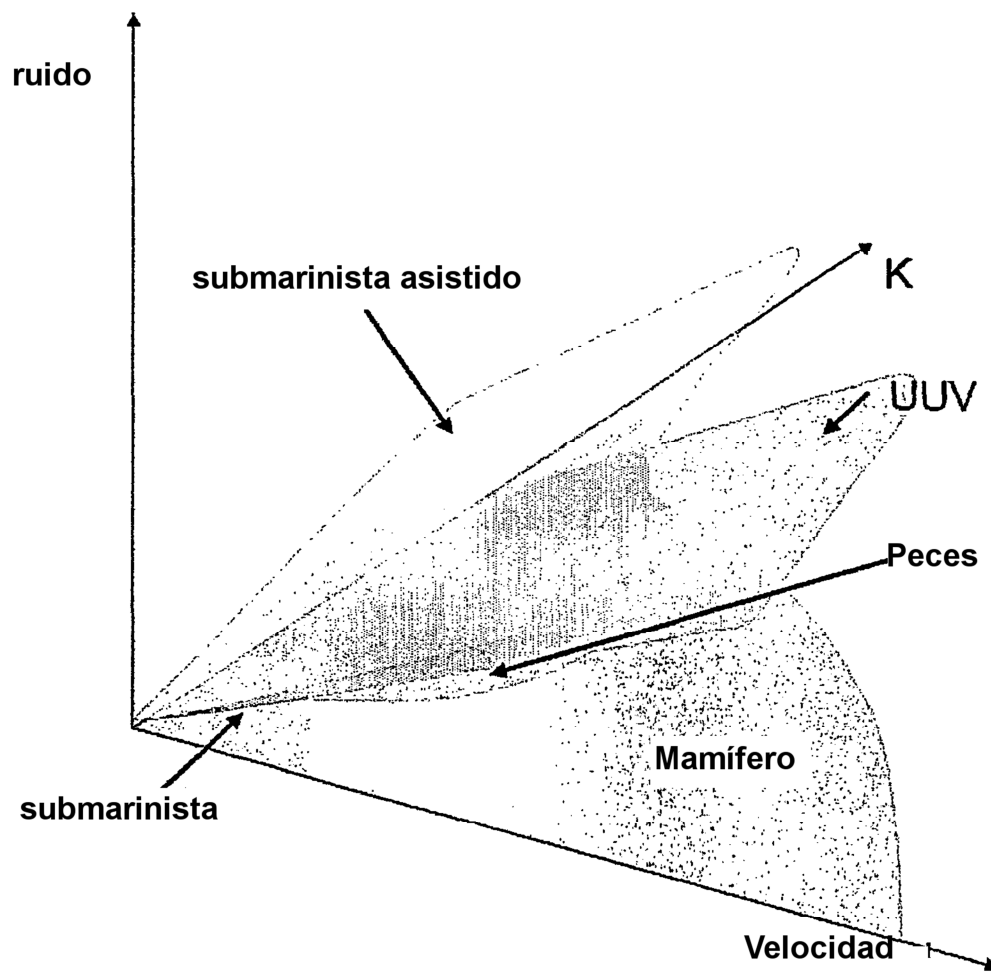


Figura 11: Grupos de objetivo con pistas de clasificación.

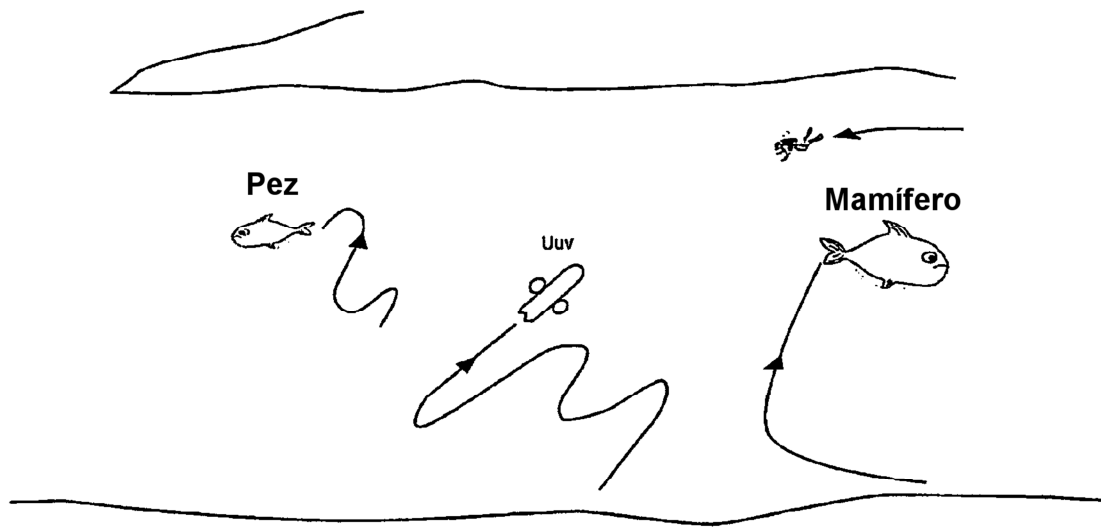


Figura 12: Escenario general, con objetivos.

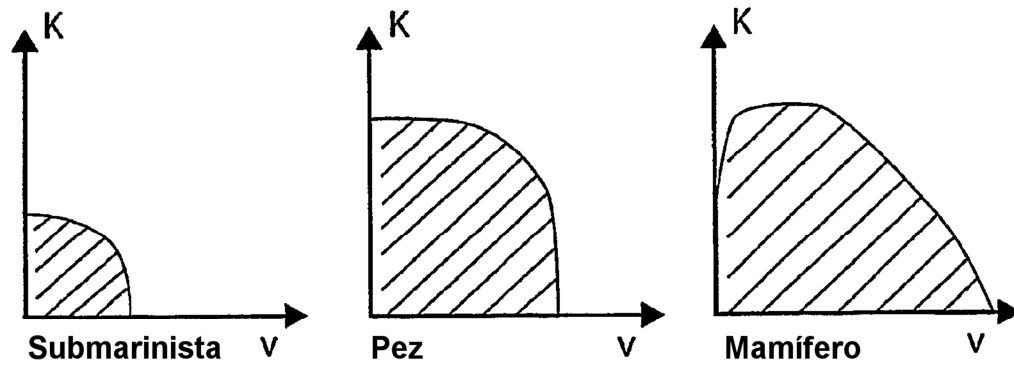


Figura 13: Valores de  $K$  para objetivos típicos

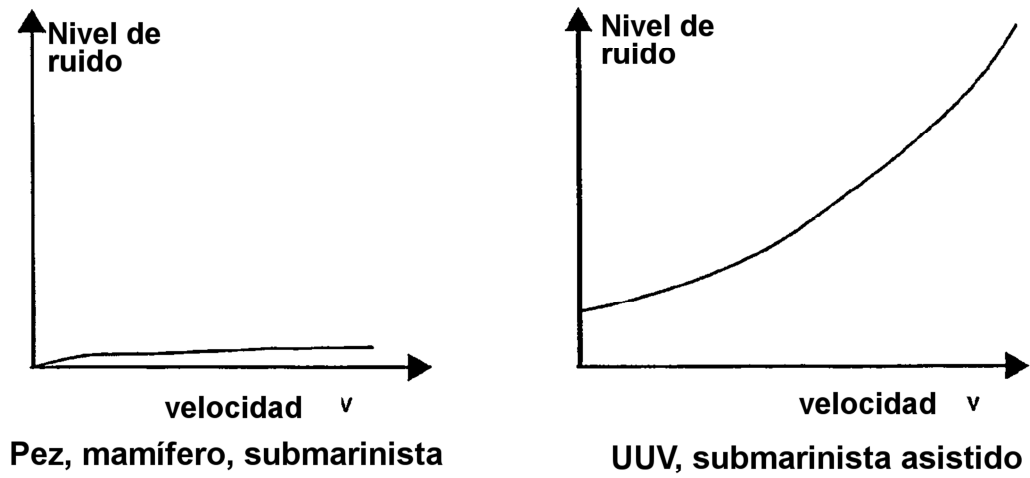


Figura 14: Niveles de ruido para objetivos típicos

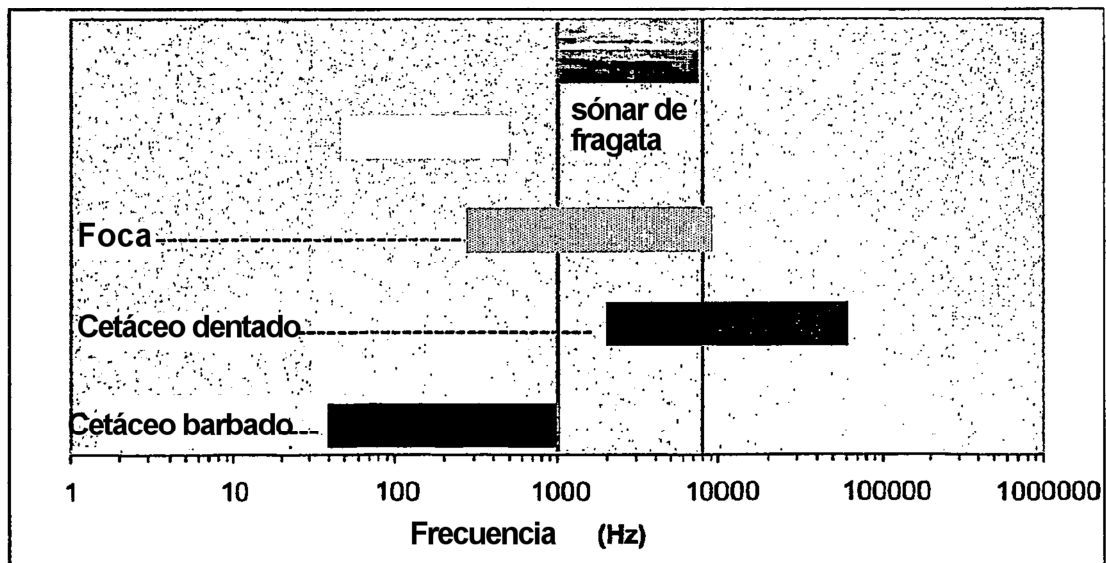


Figura 15: Frecuencias características.

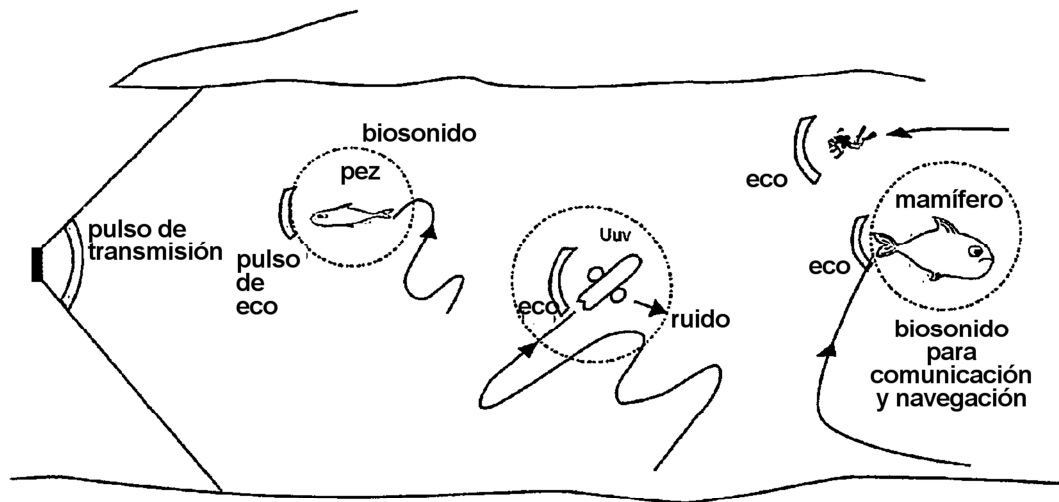


Figura 16: Escenario de señal activa y pasiva combinadas

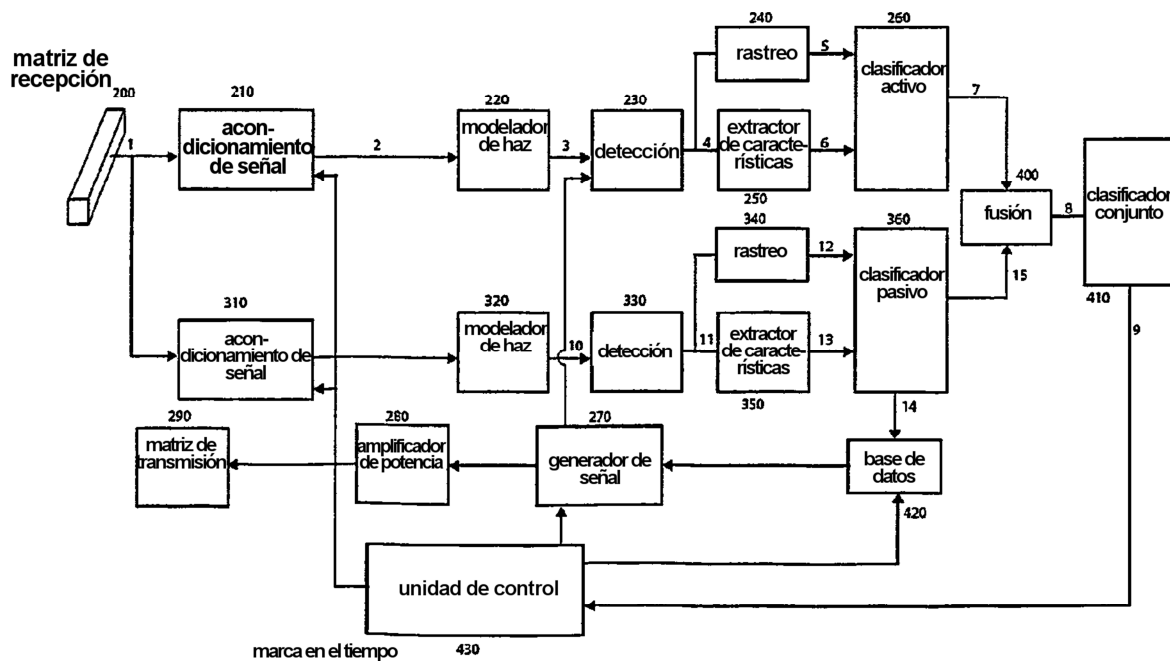


Figura 17: Diagrama de bloques del sistema, combinando las ramas activa y pasiva para la clasificación de objetivos.