

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 725 913**

21 Número de solicitud: 201830305

51 Int. Cl.:

G06Q 50/00 (2012.01)

G06F 17/00 (2009.01)

A61B 5/11 (2006.01)

A01K 61/10 (2007.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

28.03.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

30.09.2019

Fecha de concesión:

20.03.2020

45 Fecha de publicación de la concesión:

27.03.2020

73 Titular/es:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (50.0%)**

C/ Serrano, 117

28006 Madrid (Madrid) ES y

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN
CANARIA (50.0%)**

72 Inventor/es:

CABRUJA CASAS, Enric;

LOZANO FANTOBA, Manuel;

PÉREZ SÁNCHEZ, Jaume;

CALDUCH GINER, Josep;

SOSA GONZÁLEZ, Carlos Javier;

FERRER BALLESTER, Miguel Ángel;

MONTIEL NELSON, Juan Antonio y

AFONSO LÓPEZ, Juan Manuel

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **DISPOSITIVO Y MÉTODO DE MONITORIZACIÓN DE ACTIVIDAD EN PECES**

57 Resumen:

Dispositivo y método de monitorización de actividad en peces.

Dispositivo emplazado en el opérculo para supervisar el estado metabólico y bienestar de peces a través de medidas conjuntas y simultáneas de frecuencia respiratoria y actividad física mediante una pluralidad de aceleraciones coplanares (ejes x,y) y normales al opérculo (eje z). El sustrato es flexible y está cubierto con un revestimiento impermeable, donde se encuentra un circuito electrónico con sensor de aceleración (208), una unidad de control (202), un microcontrolador (206) configurado para ejecutar al menos una rutina de monitorización de actividad, una memoria (210) y una batería (204). La toma de datos se efectúa a través de una unidad externa (201) que eventualmente puede procesarlos de forma total o parcial. Este tipo de mediciones se pueden procesar de forma conjunta con otro tipo de medidas, obtenidas a partir de otros sensores de parámetros medio-ambientales.

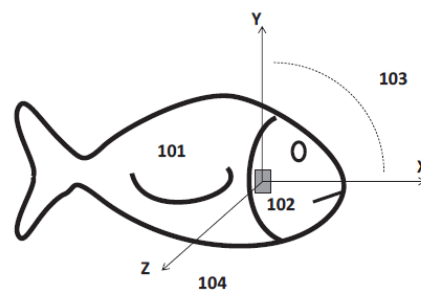


FIG. 1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO Y MÉTODO DE MONITORIZACIÓN DE ACTIVIDAD EN PECES

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se enmarca en el campo técnico de las tecnologías de control y supervisión del estado de bienestar de los animales, especialmente en acuicultura, a través de la monitorización de la actividad física y de la frecuencia respiratoria.

10

Se describe un dispositivo de monitorización de la actividad física y de la frecuencia respiratoria en peces. El dispositivo está configurado para instalarse en el opérculo del pez, y mediante un sensor de aceleración registrar sus aceleraciones en el plano del opérculo y en su dirección normal a dicho plano.

15

El método de monitorización de las aceleraciones del opérculo permite extraer la frecuencia respiratoria del pez y los movimientos fruto de la actividad natatoria, de forma conjunta y simultánea, con el fin de determinar el estado metabólico y de bienestar del animal. Las medidas obtenidas con el dispositivo podrán verse complementadas con medidas de

20

parámetros medioambientales de la instalación o medio de cultivo, obtenidas tanto en tiempo real como en forma predictiva.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

25

La acuicultura es el único sector de producción animal con un amplio margen de crecimiento a nivel global. Actualmente, la acuicultura aporta el 50% de los productos derivados del mar, estando previsto que esta contribución aumente en unos 80 millones de toneladas en el año 2050.

30

En la última década se han realizado importantes avances en la formulación de dietas, diagnóstico y prevención de enfermedades y programas de mejora genética. Sin embargo, una demanda urgente de la industria es el desarrollo e implantación de nuevos sistemas de monitorización biológica tanto del medio ambiente como de los animales en cultivo. El objetivo último es supervisar de forma remota y no invasiva el estado metabólico y/o de

35

salud de los animales en cultivo. Esta práctica es necesaria para el desarrollo de nuevas técnicas de cultivo que permitan garantizar el bienestar animal a la vez que maximizar la

eficiencia de la producción en un escenario de cambio global, con un aumento de la temperatura, acidificación del agua de mar y disminución de la concentración de oxígeno disuelto en el agua.

5 El uso de etiquetas para identificar o marcar peces, como se describe en el documento US4790090, es un método conocido desde hace más de 25 años. En su versión inicial estas etiquetas eran elementos pasivos que simplemente identificaban el animal. Estas etiquetas normalmente se fijan al cuerpo o en alguna aleta. En el documento UA70087, se describen etiquetas que se fijan en el opérculo, pero se trata de etiquetas pasivas sin ningún elemento
10 electrónico en ellas.

Más recientemente han aparecido versiones electrónicas, en las que la lectura de la etiqueta se realiza de forma inalámbrica por radiofrecuencia, pero igualmente se limitan a identificar cada animal con un código único, como por ejemplo en las descritas en el documento
15 US6400338.

Uno de los métodos utilizados para monitorizar el estado de actividad de peces se basa en el registro mediante cámaras de video y análisis de la imagen (documento RU2596498). Este método es complejo y difícil de utilizar de forma rutinaria en mar abierto o con altas
20 densidades de cultivo.

Por otra parte, desde hace años se vienen usando sensores de aceleración miniaturizados para el estudio de la actividad de personas. En la publicación "*Activity recognition using cell phone accelerometers*", Kwapisz et al. (2010) describen un algoritmo para detectar las
25 diferentes actividades de una persona a partir del sensor de aceleración situado en su bolsillo. El procedimiento parte de la aceleración para detectar el tipo de movimiento realizado (correr, caminar, sentarse, etc.). Este algoritmo no es compatible con los patrones de movimiento de otros seres vivos.

30 Igualmente, el documento WO2015123373 hace referencia a un sistema y método para detectar patrones de movimiento en cualquier tipo de objeto, animal o persona mediante un dispositivo con sensor de movimiento que se sujeta al individuo. El sistema y el método requieren clasificar el tipo de movimiento de acuerdo a un patrón previamente clasificado. Clasificar el movimiento no es condición suficiente para determinar la actividad física y la
35 frecuencia respiratoria, conjunta y simultáneamente, en peces.

En la publicación "*Accelerometer tags: detecting and identifying activities in fish and the effect of sampling frequency*", Broell et al. (2013) describen el uso de sensores de aceleración implantables en peces para monitorizar su actividad. Más concretamente, en la publicación se hace referencia a un algoritmo para detectar las diferentes actividades de los peces como el momento de alimentación o de escape. Utilizan la aceleración obtenida de un sensor de aceleración situado en la primera aleta dorsal mediante un Velcro®, sin considerar la frecuencia respiratoria.

Un enfoque similar se describe en "*Recent advances in telemetry for estimating the energy metabolism of wild fishes*" (Metcalf et al., 2016) para evaluar la actividad metabólica de peces mediante sensores de aceleración, sin considerar la frecuencia respiratoria, y estimando el consumo de oxígeno en función de la dinámica de las aceleraciones del pez.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención describe un dispositivo para controlar y supervisar el estado metabólico y de bienestar animal, monitorizando de forma autónoma, remota e individualizada la actividad física y la frecuencia respiratoria.

Así pues, la presente invención permite solucionar los problemas técnicos del estado de la técnica de obtener la frecuencia de respiración de los peces, y la actividad física, de forma conjunta y simultánea; y de monitorizar el nivel de actividad física relacionado con la frecuencia respiratoria, la velocidad natatoria y el consumo de oxígeno.

El dispositivo comprende un sustrato, por ejemplo, flexible, preferentemente una etiqueta, que en su forma más sencilla comprende: un sensor de aceleración; una unidad de control (microcontrolador) configurada para ejecutar, parcial o totalmente, una rutina de monitorización de actividad; una memoria; una batería; una unidad externa de medida para descarga de datos, y eventualmente procesado de los mismos; opcionalmente, un emisor-receptor para comunicación óptica, eléctrica, magnética o electromagnética entre el sustrato fijado al opérculo del pez y la unidad externa.

El sensor de aceleración es un dispositivo inercial que proporciona datos de aceleración en tres ejes ortogonales, denominados x, y, z; y que permite la detección de pequeños movimientos operculares y el desplazamiento del pez, en forma de aceleraciones. Las aceleraciones son almacenadas en la memoria y procesadas, total o parcialmente, por el

microcontrolador con el fin de cuantificar la frecuencia respiratoria y el nivel de actividad física.

El microcontrolador proporciona la potencia de cálculo para ejecutar, total o parcialmente, la rutina de monitorización de actividad que permite calcular la actividad física y la frecuencia respiratoria. Para ello dispone de múltiples módulos que permiten el control, almacenamiento, procesado, y comunicación de los datos generados por el sensor de aceleración. El microcontrolador proporciona una interfaz de comunicación con la unidad externa que permite la programación, configuración y descarga de los datos generados por el sensor de aceleración. Asimismo, proporciona una interfaz interna para comunicarse con dicho sensor de aceleración.

La memoria, preferentemente, es no volátil y se utiliza para almacenar la rutina de monitorización de actividad, las aceleraciones adquiridas y los datos resultantes del análisis de la actividad física y frecuencia respiratoria. El microcontrolador dispone de una unidad de gestión de energía para minimizar el consumo de la batería durante los períodos de inactividad. El microcontrolador dispone de una unidad de planificación de eventos para la ejecución temporal de los experimentos (toma de datos del sensor de aceleración y procesado, total o parcial). Los eventos pueden ser programados en la memoria o disparados desde la unidad externa.

La batería es, en un ejemplo de realización, recargable y de alto rendimiento para proporcionar suficiente energía al resto de componentes del circuito electrónico (sensor de aceleración, microcontrolador, memoria, y el emisor-receptor cuando está presente) durante la vida útil del dispositivo.

El sustrato va emplazado de manera temporal o permanente en el opérculo del pez a monitorizar. La implantación en el opérculo puede hacerse por ejemplo mediante perforaciones para su fijación, o mediante un mecanismo de pinza, o mediante una sustancia adhesiva. Mediante el sensor de aceleración, se registran los movimientos del pez al nadar, así como los movimientos del opérculo, conjunta y simultáneamente, en forma de aceleraciones. Ambos movimientos, que están fusionados en una única señal multidimensional, se separan procesando los datos adquiridos por el sensor de aceleración y se emplean para determinar la actividad natatoria y la frecuencia a la cual respira el pez.

Los datos obtenidos por el sensor de aceleración emplazado en el opérculo se almacenan en memoria y, posteriormente, se procesan total o parcialmente, por la unidad de control. Para leer los datos del dispositivo, por ejemplo, se captura el pez, se retira el sustrato y se descarga la información almacenada en memoria sobre un ordenador a través de la unidad externa; o bien, sin retirar el dispositivo, se descargan los datos mediante comunicación óptica, eléctrica, magnética o electromagnética.

La rutina de monitorización de actividad se basa en el cálculo de la frecuencia opercular en la dirección normal al plano del opérculo, por ejemplo, eje z. Además, se realiza un cálculo estadístico de las aceleraciones coplanares al opérculo, por ejemplo, plano xy, para obtener un indicador de actividad de los peces.

Si el pez muestra síntomas de estrés, malnutrición o enfermedad, entre otros, respirará con una frecuencia anómala, y su conducta podrá verse afectada por movimientos erráticos de alta actividad o un estado de reposo. Tras un estudio del comportamiento, que es específico de cada especie, condición de cultivo y fase de desarrollo, es posible establecer una función de confort, de modo que a partir de las lecturas del sensor de aceleración, extraídas la frecuencia respiratoria y la actividad física, se determine el estado metabólico y grado de bienestar del animal. Esta determinación podrá eventualmente refinarse mediante lecturas de parámetros medioambientales, obtenidas tanto en tiempo real como en forma predictiva mediante otros sensores.

Como se ha descrito previamente, existen etiquetas comerciales para identificar peces, pero en todos los casos son pasivas y únicamente transmiten un código de identificación del animal. También hay grupos de investigación que trabajan con sensores de aceleración en peces, pero únicamente registran patrones de movimiento natatorio, sin tener en cuenta en ningún caso la frecuencia respiratoria. Gracias al dispositivo de la presente invención, que registra el movimiento natatorio y el respiratorio, conjunta y simultáneamente, con un único dispositivo sensor, se pueden obtener medidas fiables del grado de bienestar de los peces.

En un ejemplo de realización, los componentes del circuito electrónico se montan sobre el sustrato preferentemente flexible mediante técnicas de encapsulado como, por ejemplo, tecnología de circuitos invertidos, soldadura por hilo o montaje superficial. También en un ejemplo de realización, el revestimiento impermeable es de epoxy aislante para impedir el contacto del agua con los componentes del circuito electrónico.

En un ejemplo de realización, la unidad de control está configurada para ejecutar, totalmente, una rutina de monitorización de actividad que comprende el filtrado y análisis de la señal multidimensional obtenida por el sensor de aceleración. Del análisis se determina la frecuencia respiratoria y la actividad física del pez. La unidad externa descarga los datos obtenidos en el análisis.

En un ejemplo de realización, la unidad de control está configurada para ejecutar, parcialmente, una rutina de monitorización de actividad. En la unidad externa, de procesado, tras la descarga de los datos, estos se filtran y se procesan para determinar la frecuencia respiratoria y la actividad física.

En otro ejemplo de realización, la unidad de control está configurada para adquirir las aceleraciones que son almacenadas en memoria. En la unidad externa de procesado, tras la descarga de los datos, estos se filtran y se procesan para determinar la frecuencia respiratoria y la actividad física.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra un dispositivo implantado en el opérculo del pez.

Figura 2.- Muestra el circuito electrónico del dispositivo, el acelerómetro, la batería y se ha representado un interfaz de un dispositivo externo para mostrar cómo se realiza la comunicación (envío de datos, programación) entre el sustrato y el dispositivo externo.

Figura 3.- Muestra un diagrama que describe el método de monitorización de actividad de los peces mediante su frecuencia de respiración y su índice de actividad.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

A continuación se describe, con ayuda de las figuras 1 a 3, un ejemplo de realización de la presente invención.

5

El sustrato del dispositivo de monitorización en peces de la presente invención está configurado para colocarse en el opérculo de un pez para determinar diferentes tipos de actividad física y frecuencia respiratoria. Por ejemplo, en la figura 1 se muestra el sustrato del dispositivo (102) ya emplazado en el opérculo de un pez (101) y se han representado los tres ejes ortogonales (x, y, z) en los que se miden las aceleraciones. En este ejemplo, para la monitorización se utilizan las medidas de aceleración en el plano xy (103) que es coplanar con el opérculo, a partir de las cuales se extrae el movimiento natatorio del pez; y, además, las medidas de aceleración en el eje z (104), que es normal al opérculo, a partir de las cuales se obtiene la frecuencia respiratoria del pez en base a los movimientos del opérculo.

10

15

En la figura 2 se ha representado el esquema del circuito electrónico del dispositivo (102). Este circuito electrónico está instalado sobre un sustrato flexible y protegido del agua mediante un recubrimiento impermeable.

20

El circuito electrónico comprende:

a) un sensor de aceleración (208) destinado a adquirir datos de las aceleraciones del pez al que está unido el dispositivo en el plano del opérculo, xy (103) y en la dirección normal al opérculo, eje z (104);

25

b) una unidad de control (202), preferentemente microcontrolador, que dispone de todos los subsistemas necesarios: comunicación, bus serie, memoria de programa y datos, sistema de control de consumo de energía, entre otros. Esta unidad de control está conectada al sensor de aceleración (208); y está configurada para recibir los datos de dicho sensor de aceleración, por ejemplo, mediante el interfaz I2C del bus (207), almacenarlos por ejemplo en una memoria no volátil (210) y transmitirlos a un dispositivo externo (201). La unidad de control (202) está configurada para ejecutar, al menos, una rutina de monitorización de la actividad física y de la frecuencia respiratoria (209);

30

c) una batería (204) que alimenta al sensor de aceleración (208) y a la unidad de control (202) con todos sus subsistemas.

35

En un ejemplo de realización de la invención, la unidad de control (202) incluye una interfaz de comunicación (205) con una unidad externa (201). Esta comunicación se realiza

mediante un emisor/receptor óptico, eléctrico, magnético y/o electromagnético. En la unidad externa (201) se ejecuta, total o parcialmente, la rutina de monitorización de actividad.

5 La interfaz (205) permite la programación de la unidad de control (202) por parte de la unidad externa (201).

10 La unidad de control (202) puede estar también configurada para ejecutar, en un microprocesador (206), total o parcialmente, la rutina de monitorización de la actividad. La unidad de control (202) también ejecuta una rutina de planificación de experimentos. Esta rutina permite controlar la temporización y sincronización de la toma de datos del sensor de aceleración (208) durante un periodo de tiempo determinado.

15 Asimismo, la unidad de control incluye un gestor de energía (211) para reducir el consumo de energía durante los periodos de ejecución de las tomas de datos. El subsistema para la computación de los datos de aceleraciones adquiridos (209) comprende una rutina de análisis de datos para determinar la frecuencia respiratoria y la actividad física.

20 Preferentemente la batería (204) es de tamaño y peso mínimos pero de gran rendimiento para permitir largos periodos de ejecución de la rutina de análisis de datos.

En una realización preferente de la invención, el circuito electrónico se dispone en un encapsulado lo más pequeño posible para reducir al máximo el peso y el tamaño del dispositivo.

25 En una realización preferente los componentes electrónicos son de montaje superficial, y se escogen del tamaño mínimo. La batería puede ser de tipo botón, recargable con mínimo diámetro. El sustrato soporte para todo el sistema se realiza preferentemente en un material orgánico flexible para permitir el doblado de uno de sus extremos sobre sí mismo a efectos de conectar la batería de tipo botón por ambas caras.

30 En la figura 3 se han representado las distintas etapas de la rutina de monitorización de actividad que incluye el procedimiento de cómputo de la actividad física y frecuencia respiratoria en peces que se propone en la presente invención. La primera etapa necesaria es obtener los datos de aceleración (301) en los tres ejes ortogonales x, y, z (a_x , a_y , a_z) bien del acelerómetro (208), de la memoria (210) o de la unidad externa (201). Por ejemplo, las
35 aceleraciones coplanares a_c al opérculo están contenidas en el plano xy, y la aceleración

normal a_n al opérculo corresponde al eje z. Estos datos se obtienen con el sensor de aceleración (208) o se encuentran almacenados en la memoria (210) tras ser adquiridos, o están disponibles en la unidad externa (201).

5 En un ejemplo de realización, a los datos de aceleración en la dirección normal a_n al opérculo, por ejemplo, las aceleraciones del eje z (a_z), se les resta su valor medio (303) y, posteriormente, se realiza un conteo del número y distancia de máximos, y así determinar la frecuencia de respiración (305). Asimismo, a los datos de aceleraciones coplanares a_c , por ejemplo, las aceleraciones del eje x (a_x) e y (a_y), también se les resta su valor medio, 10 respectivamente (302). De los resultados obtenidos se determina un índice de actividad física (304).

Finalmente se realiza una etapa de almacenar (306), en la memoria (210) o en la unidad externa (201), los datos obtenidos de frecuencia de respiración (305) y de índice de 15 actividad (304).

En una realización preferente, se selecciona un intervalo de tiempos determinado y durante intervalos de dichos tiempos se van calculando valores representativos cada conjunto de muestras del sensor de aceleración obtenidos en cada eje con una frecuencia de muestreo.

20

REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo de control y supervisión del estado metabólico, actividad y bienestar de peces, caracterizado por que comprende un sustrato (102) con un circuito electrónico para la medida conjunta y simultánea de las aceleraciones coplanares y normales al opérculo del pez y un revestimiento impermeable que recubre el circuito electrónico, estando configurado para unirse de forma temporal o permanente al opérculo del pez que se quiere controlar y supervisar la actividad física y frecuencia respiratoria durante periodos de ingesta y no alimentación a lo largo del día, y el circuito electrónico comprende:

- un sensor de aceleración (208) destinado a adquirir las aceleraciones del opérculo del pez,
- una unidad de control (202) conectada al sensor de aceleración (208) y que contiene al menos un microcontrolador (206) configurado para ejecutar al menos una rutina de monitorización de actividad, una memoria (210) configurada para almacenar los datos adquiridos por el sensor de aceleración (208) y/o los datos generados por el microcontrolador (206) al ejecutar una rutina de monitorización de actividad,
- una batería (204) conectada a la unidad de control (202), y

el sustrato (102) está configurado para establecer comunicación con un dispositivo externo (201) al que se envían los datos adquiridos por el sensor de aceleración (208) y/o los datos generados por el microcontrolador (206).

2.- Dispositivo de control y supervisión del estado metabólico, actividad y bienestar según la reivindicación 1, caracterizado por que la unidad de control (202) comprende un interfaz de comunicación (205) configurado para establecer una comunicación con el dispositivo externo (201) para envío de los datos obtenidos por el sensor de aceleración (208) y/o de los datos almacenados en la memoria (210).

3.- Dispositivo de control y supervisión del estado metabólico, actividad y bienestar de peces según la reivindicación 1, caracterizado por que la unidad de control (202) comprende un bus de comunicación (207) vinculado al sensor de aceleración (208) y configurado para establecer la comunicación con dicho sensor de aceleración (208).

4.- Dispositivo de control y supervisión del estado metabólico, actividad y bienestar de peces según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende adicionalmente un gestor de energía (211) vinculado al microcontrolador (206) y a la batería (204) y configurado para controlar los tiempos de reposo y toma de datos durante la ejecución de la rutina de monitorización de actividad.

5.- Dispositivo de control y supervisión del estado metabólico, actividad y bienestar de peces según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende adicionalmente una unidad externa (201) configurada para recibir y procesar los datos enviados por la unidad de control (202).

5

6.- Dispositivo de control y supervisión del estado metabólico, actividad y bienestar de peces según la reivindicación 1, caracterizado por que la unidad de control (202) comprende al menos un chip de computación de datos (209) configurado para procesar los datos del sensor de aceleración (208).

10

7.- Procedimiento de control y supervisión del estado metabólico, actividad y bienestar de peces con un dispositivo de control y supervisión del estado metabólico, actividad y bienestar de los peces como el descrito en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que comprende ejecutar una rutina de monitorización en la que se realizan los siguientes pasos:

15

- medir con el sensor de aceleración (208) las aceleraciones en tres ejes ortogonales, dos de ellos coplanares al opérculo eje x,y (a_x , a_y), y un tercero normal al opérculo eje z (a_z), de forma conjunta y simultánea;

20

- calcular en intervalos de tiempo predeterminados, los valores representativos de una pluralidad de muestras del sensor de aceleración (208) obtenidas en cada eje x,y,z con una frecuencia de muestreo predeterminada;

- extraer la frecuencia de respiración a partir de las aceleraciones en el eje z (a_z);

- calcular el índice de actividad física a partir de las aceleraciones en los ejes x, y (a_x a_y).

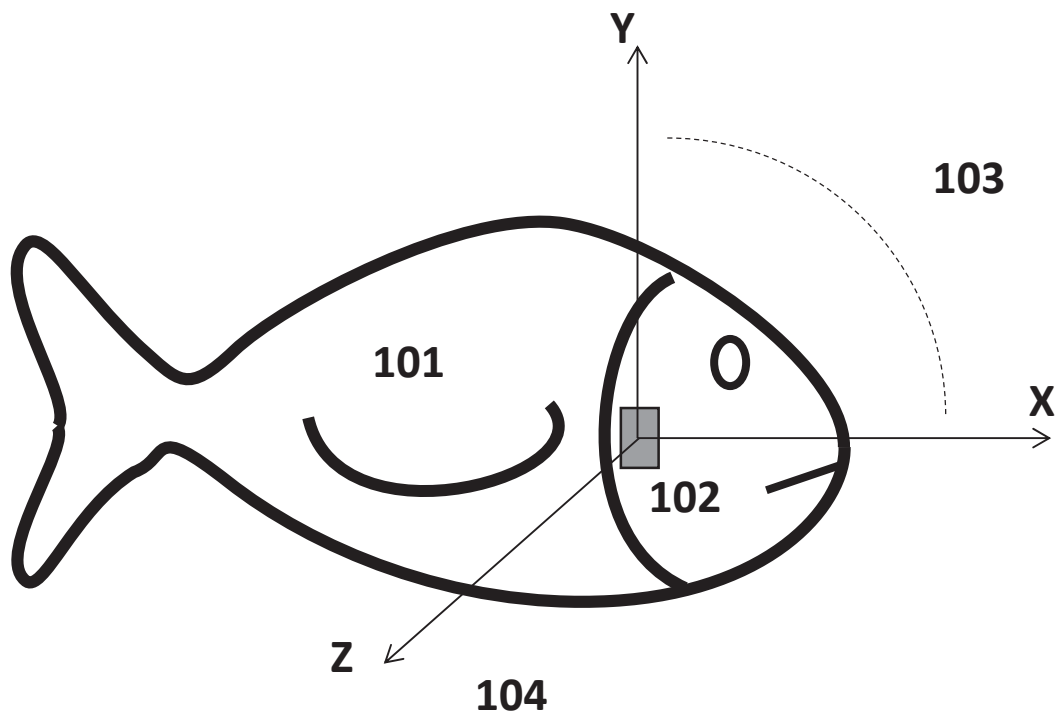


FIG. 1

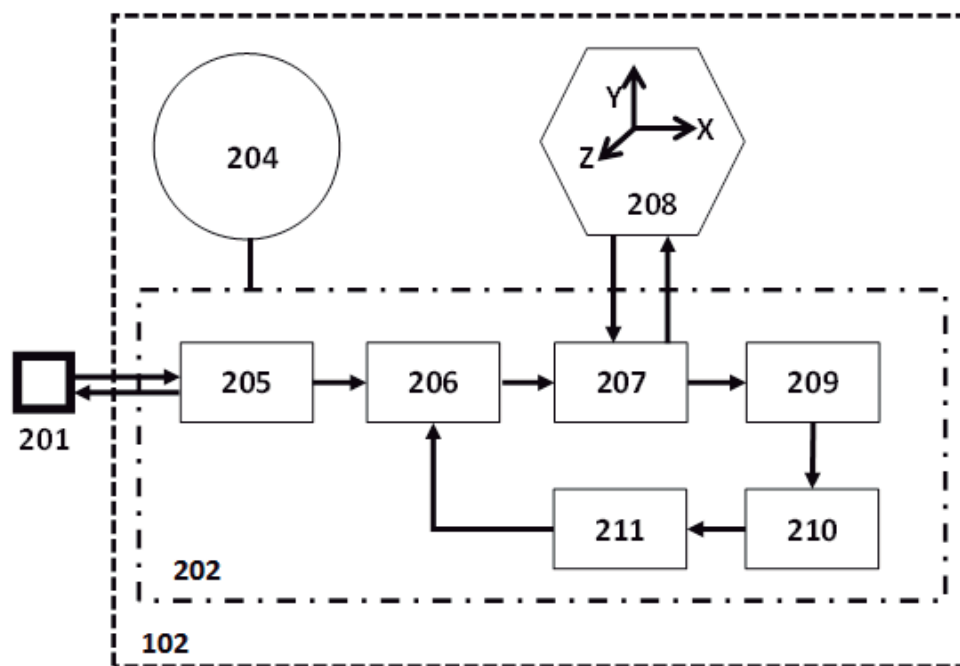


FIG.2

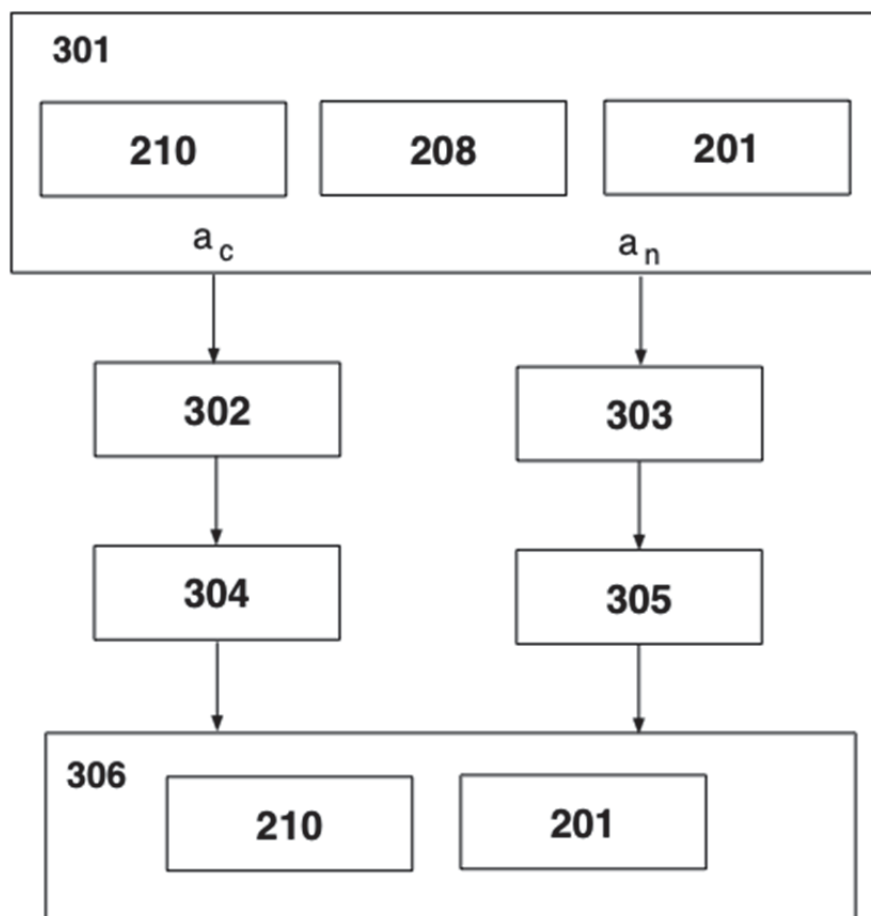


FIG. 3