

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 253**

51 Int. Cl.:

G06K 19/073 (2006.01)

G06K 19/077 (2006.01)

G06K 19/07 (2006.01)

G06K 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.04.2017** **PCT/EP2017/059021**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.10.2017** **WO17182398**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2017** **E 17717436 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020** **EP 3465548**

54 Título: **Sistema de sellado y método para instalar un sistema de sellado**

30 Prioridad:

22.04.2016 EP 16166702

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.02.2021

73 Titular/es:

**THE EUROPEAN ATOMIC ENERGY COMMUNITY
(EURATOM), REPRESENTED BY THE EUROPEAN
COMMISSION (100.0%)
200, rue de la Loi
1049 Brussels, BE**

72 Inventor/es:

**BERGONZI, CLAUDIO;
PARNISARI, MARCO y
LITTMANN, FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 804 253 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

Sistema de sellado y método para instalar un sistema de sellado

Campo técnico

5 La presente invención está relacionada generalmente con sistemas de sellado, en particular para sellado con detección de manipulación de contenedores nucleares. Con tal sellado, una tapa de contenedor se fija a un cuerpo de contenedor y puede comprender medios para identificar el contenedor individual. La invención además está relacionada con un método para instalar un sistema de sellado.

Antecedentes de la técnica

10 En algunas circunstancias, se necesita el sellado seguro de contenedores. Es de particular importancia si tales contenedores contienen sustancias peligrosas, tales como materiales fisiónables.

Por ejemplo, una agencia de inspección debe verificar que un casco (contenedor) que contiene carburante nuclear agotado se trasfiere entre dos instalaciones sin ser abierto. Los cascos de transporte se rellenan en unas instalaciones, se transfieren por camión, ferrocarril o embarcación a otras instalaciones y entonces se reabren.

15 El inspector tradicionalmente tiene acceso a los cascos y tapas en tres fases diferentes - antes de ser rellenos, durante transferencia y después de abrir y vaciar el casco.

Es deseable rellenas los cascos bajo vigilancia, cerrados por el operario y sellado por el operario, por no se requiere que haya presente un inspector de la agencia durante la operación de llenado/cierre/sellado. El sello aplicado por el operario debe ser concebido de una manera que (i) evite mala instalación intencionada/inintencionada que inhibirá/alterará la función correcta del sello, (ii) hacer coincidir de manera única casco y tapa, (iii) detecte una apertura no autorizada durante el transporte, (iv) evite que sea clonado, y (v) almacene datos y garantice que los datos no han sido manipulados.

Se conocen técnicas para un sellado seguro de contenedores, es decir, sellado por el que la manipulación/apertura del contenedor después de eso es detectable/visible.

25 Maneras conocidas de sellar contenedores nucleares hacen uso de pernos perforados u otras fijaciones en combinación con sellos de alambre (cable metálico o bucles de fibra óptica). Todos el sistemas conocidos requieren la presencia de una persona de confianza (es decir, un inspector) en el momento del cierre y la apertura.

30 Por ejemplo, soluciones anteriores implican el uso de sellos de bucle pasivo (como el sello COBRA) o sellos electrónicos activo (como EOSS). En cada caso, un alambre o fibra óptica se pasa a través de una fijación en el casco y en la tapa cuando el casco está cerrado. El alambre se conecta a un sello. En caso del sello COBRA, para abrir el casco se debe romper el sello. En caso del sello EOSS, se graban aberturas internamente en el sello. Una desventaja es que ambos sistemas anteriores dependen de la instalación correcta del alambre en la fijación en el casco. También, un alambre flojo puede permitir la apertura del casco sin detección por el sello. Además, el cable de fibra óptica se puede dañar durante el transporte, haciendo inútil el sello. El sistema COBRA requiere una inspección antes de abrir el casco (sello roto) porque no hay manera de determinar el momento en el que se rompió el sello.

35 Otros sellos detectan el desplazamiento por medio de contacto o imanes, pero los métodos no son muy fuertes contra intentos de manipulación.

Incluso si los pernos de sellado existentes ya sellan los contenedores con mucha seguridad, no se conoce sistema que cumpla todos los requisitos, especialmente la posibilidad para trabajo desatendido sin poner en peligro la seguridad del sistema.

40 El documento US-A-2004/239435 se dirige generalmente a un sistema de detección de manipulación para contenedores de bote salvavidas. El contenedor de bote salvavidas se usa para almacenar un bote salvavidas inflable e incluye una parte superior y una parte inferior que se colocan directamente una sobre otra. El contenedor comprende además un sistema RFID capaz de detectar cuándo se ha abierto el contenedor, es decir, cuándo ha aumentado una distancia entre las partes de contenedor. Específicamente, una etiqueta RFID madre y una etiqueta RFID hija se vinculan entre sí y se comunican activamente entre sí para determinar una distancia entre ellas. Cuando aumenta o disminuye la distancia entre la etiqueta RFID madre y la etiqueta RFID hija con respecto a una distancia D más allá de una cantidad predeterminada.

50 El documento WO-A-2005/111961 se dirige generalmente al uso de etiquetas RFID para evidencia de manipulación. Específicamente, se usa una pareja de etiquetas RFID para detectar un cambio en la posición relativa de una tapa de cierre con respecto a un contenedor.

El documento WO-A-2014/009981 se dirige generalmente a la sincronización de un sistema de localización en tiempo real de banda ultraancho. Específicamente, se usa triangulación en tres dimensiones usando al menos cuatro lectores para determinar la posición 3D de un elemento etiquetado.

Problema técnico

Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de sellado con rasgos de seguridad mejorados y puede funcionar por lo que un sistema de sellado puede ser instalado por el operario de un emplazamiento de almacenamiento sin la presencia de inspectores, tal como se define en la reivindicación 1 o la reivindicación 2. Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un método para instalar un perno de sellado, tal como se define en la reivindicación 15.

Descripción general de la invención

Según un aspecto de la invención se proporciona un sistema de sellado para sellar una tapa de contenedor a un cuerpo de contenedor, dicho sistema de sellado comprende: al menos tres etiquetas adaptadas para ser montadas en una de dicha tapa de contenedor o dicho cuerpo de contenedor, cada etiqueta tiene un único ID y comprende un primer transceptor de RF configurado para transmitir, en uso, una respectiva primera señal de RF; al menos tres anclajes adaptados para ser montados en el otro de dicha tapa de contenedor o dicho cuerpo de contenedor, cada anclaje tiene un único ID y comprende un segundo transceptor de RF configurado para recibir, en uso, las primeras señales de RF; y una unidad maestra, acoplada para comunicación con los al menos tres anclajes; en donde la unidad maestra se adapta para (i) determinar, asociada con el ID para cada etiqueta, una posición 3D actual respectiva, basada en las primeras señales de RF recibidas, (ii) almacenar posiciones 3D determinadas previamente para cada etiqueta, y (iii) generar una alerta y/o una marca de tiempo y/o una entrada de apunte si determina que la separación entre la posición 3D actual de una o más de las etiquetas y una posición 3D respectiva previamente determinada es mayor que un umbral predeterminado de distancia.

La unidad maestra puede tener uno de los al menos tres anclajes integrado en la misma.

Ventajosamente, una vez el sistema de sellado es colocado en los cascos y la tapa por un inspector, el sistema es transparente al operario que llenará y cerrará los cascos. El operario no tiene que realizar ninguna operación para instalar o activar el sistema de sellado, por lo que no se puede cometer equivocación (intencionada o inintencionada).

En términos prácticos, este sistema de sellado es más seguro: requiere menos trabajo del operario, que no tendrá ninguna actividad extra, y requiere menos inspecciones de los inspectores de la agencia, que también pueden inspeccionar el sistema de sellado en el momento más conveniente.

Cada uno de los anclajes se puede configurar para transmitir, periódicamente o por orden de la unidad maestra, una segunda señal de RF, la segunda señal de RF comprende una señal de temporización.

Cada primera señal de RF puede comprender una señal generada en una respectiva etiqueta en respuesta a la segunda señal de RF y/o que incluye una indicación del momento de llegada en la etiqueta de la segunda señal de RF.

La unidad maestra se puede configurar para realizar promedio temporal de la primera señal de RF y/o datos indicativos de la posición 3D.

La unidad maestra se puede configurar para determinar un instante en el que la separación entre los anclajes y las etiquetas se ha minimizado, o estabilizado.

Los anclajes se pueden conectar fijamente en el contenedor en ubicaciones conocidas, por ejemplo equidistantes en la periferia circunferencial del contenedor, y la unidad maestra se configura para determinar, para cada etiqueta, una posición 3D actual respectiva basada en las ubicaciones conocidas.

La unidad maestra se puede configurar para determinar, para cada etiqueta, una posición 3D actual respectiva usando un algoritmo de triangulación.

En realizaciones, cada etiqueta y/o cada anclaje incluye un reloj de tiempo real, y la primera señal de RF y/o la segunda señal de RF incorporan una marca de tiempo derivada de un respectivo reloj de tiempo real.

En realizaciones, cada uno de dichos anclajes se configura para transmitir una señal combinada a la unidad maestra, la señal combinada comprende un paquete para cada una de dichas al menos tres etiquetas, cada paquete incluye el ID de etiqueta y datos de momento de llegada. Tal transmisión se puede realizar, p. ej., por medio de un bus.

En realizaciones, cada etiqueta y/o cada anclaje y/o la unidad maestra comprende una memoria no volátil (NVM, del inglés *non-volatile memory*) para almacenar dichas posiciones 3D, en asociación con respectivos ID de etiqueta.

En realizaciones, cada etiqueta incluye un primer módulo criptográfico configurado para generar y almacenar una primera clave criptográfica y/o primera firma digital, y cada etiqueta se configura para firmar dicha primera señal de RF usando dicha primera clave criptográfica o primera firma digital antes de la transmisión a un anclaje.

En realizaciones, cada etiqueta de anclaje incluye un segundo módulo criptográfico opcional configurado para generar y almacenar una segunda clave criptográfica y/o segunda firma digital, y cada anclaje se configura para (i) firmar dicha

segunda señal de RF usando dicha segunda clave criptográfica o segunda firma digital antes de la transmisión a una etiqueta; y/o (ii) firmar dicha señal combinada usando dicha segunda clave criptográfica o segunda firma digital antes de la transmisión a la unidad maestra. La segunda clave criptográfica y/o segunda firma digital pueden ser generadas por el primer módulo criptográfico.

5 Los datos firmados digitalmente se pueden almacenar localmente o ser enviados a distancia por el maestro, sin ningún riesgo de alteración de datos. No se requiere una verificación intermedia del sello, puesto que todos los acontecimientos relacionados con el cierre o la apertura de tapa se almacenan y se pueden recuperar de un apunte firmado en la NVM.

10 En realizaciones, cada etiqueta y/o cada anclaje incluye un sensor de detección de manipulación configurado para generar, en caso de detección de ese modo de manipulación con un alojamiento de una etiqueta o un anclaje, datos de detección de manipulación indicativos de dicha manipulación del alojamiento.

15 En realizaciones, cada etiqueta y/o cada anclaje incluye una o más baterías, acopladas a las mismas, un sensor de detección de tensión configurado para generar, en caso de detección de ese modo de niveles excepcionales de tensión fuera de un primer intervalo predeterminado, datos de excepción de tensión indicativos de manipulación de la batería o baterías.

En realizaciones, cada etiqueta y/o cada anclaje incluye un sensor de temperatura configurado para generar, en caso de detección de ese modo de niveles excepcionales de temperatura fuera de un segundo intervalo predeterminado, datos de excepción de temperatura indicativos de manipulación de una etiqueta o un anclaje.

20 En realizaciones, cada etiqueta o anclaje se conecta a la tapa de contenedor o el cuerpo de contenedor, mediante una correa de tensión rígida, por ejemplo hecha de acero, plástico o composite, cada etiqueta y/o cada anclaje incluye un sensor de alargamiento, por ejemplo una galga extensiométrica, adaptado para sentir el alargamiento en la correa, el sensor de alargamiento se configura para generar, en caso de detección de ese modo de niveles excepcionales de alargamiento fuera de un tercer intervalo predeterminado, datos de excepción de alargamiento indicativos de manipulación de una etiqueta o un anclaje.

25 La unidad maestra puede incluir un módulo de comunicaciones de largo alcance, por ejemplo un módulo de comunicaciones celular, y se puede configurar, en respuesta a la generación de la alerta, para (a) generar una alerta de apertura de casco, opcionalmente anexar a la misma datos indicativos de manipulación del alojamiento, datos indicativos de manipulación de la batería o baterías, datos de excepción de temperatura y/o datos de excepción de alargamiento, y (b) transmitir la alerta de apertura de casco a una ubicación de control remoto usando el módulo de comunicaciones de largo alcance.

30 La unidad maestra se puede configurar, en respuesta a una petición de estado recibida desde una ubicación de control remoto usando el módulo de comunicaciones de largo alcance, para transmitir un informe de estado de sistema de sellado, el informe de estado de sistema de sellado incluye la marca de tiempo y detalles de cualquier alerta de apertura de casco, y opcionalmente datos indicativos de manipulación del alojamiento, datos indicativos de manipulación de la batería o baterías, datos de excepción de temperatura y/o datos de excepción de alargamiento; en donde el informe de estado de sistema de sellado se transmite a la ubicación de control remoto usando el módulo de comunicaciones de largo alcance.

35 Según otro aspecto de la invención se proporciona un método para instalar un sistema de sellado, que comprende: proporcionar un sistema de sellado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 de la reivindicaciones adjuntas; montarlas etiquetas y anclajes a la tapa de contenedor y el cuerpo de contenedor respectivamente; e iniciar el sistema de sellado.

Ventajas adicionales de la invención, al menos en realizaciones, incluyen:

- 45 a. Funcionamiento desatendido. Una vez el sistema de sellado es aplicado al contenedor por un inspector, ese estado del contenedor (abierto/cerrado) se monitoriza. Todas las operaciones de carga, cierre, apertura y descarga son hechas por el operario y no requieren la presencia de un inspector.
- b. Sistema simple para sellar el contenedor.
- c. Alta seguridad y con información en tiempo real.
- d. Exposición mínima de los inspectores a radiación.
- 50 e. Se permite mejor organización del tiempo, ya que el inspector no es forzado a estar presente físicamente en el cierre de cada contenedor individual, sino que puede concentrar en sus actividades en un periodo corto en un lote de contenedores.

Breve descripción de los dibujos

Detalles y ventajas adicionales de la presente invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de varias realizaciones no limitativas, con referencia a los dibujos adjuntos en donde:

- 5 la figura 1 es una vista de un casco (contenedor) desmontado, que tiene un sistema de sellado según una realización preferida de la invención montado en el mismo;
- la figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de una etiqueta o anclaje usados en el sistema de sellado de la figura 1;
- la figura 3 es una diagrama de bloques esquemático de una unidad maestra usada en realizaciones de la invención; y
- 10 la figura 4 es un diagrama de flujo de procesos de software/firmware llevados a cabo en los elementos en la figura 1 según una realización de la invención.

Descripción de realizaciones preferidas

La necesidad de un sistema de sellado que pueda ser instalado por el operario sin la presencia de un inspector es de mayor importancia y urgencia. Al menos en realizaciones, la presente invención busca proporcionar un sistema de sellado a aplicar a cascos de almacenamiento seco nuclear que cumple uno o más de los siguientes requisitos:

- 15 a. Funcionará automáticamente, desatendido.
- b. Será usado en la tapa y el cuerpo de contenedores nucleares, sin modificación en el cuerpo de contenedor o tapa y sin interferir con procedimientos normales de carga/descarga.
- 20 c. Identificará de manera única cuerpo de contenedor y tapa de contenedor juntos como único elemento (evitando la clonación).
- d. Se instalará y retirará fácilmente.
- e. Detectará cualquier apertura/cierre del contenedor al retirar la tapa.
- f. Detectará cualquier intento de retirar el dispositivo de sellado de la tapa o cuerpo de contenedor.
- g. Podrá apuntar y firmar digitalmente acontecimientos de apertura/cierre y manipulación.
- 25 h. Será interrogado a distancia para control remoto/en tiempo real.
- i. Será autoalimentado (sin necesidad de suministro de energía externo) para operaciones de transporte.
- j. Puede ser instalado por el operario solo y ser verificado más tarde, durante una inspección, por un inspector que tiene que confiar que el sello no ha sido manipulado mientras tanto, lo que significa que el contenido del casco es el mismo que cuando fue sellado inicialmente.
- 30 k. Puede incluir un recinto antimanipulación que contiene el sello y un dispositivo electrónico de monitorización que permite al paquete ser enviado por los inspectores al operario, mientras se confía que no ha sido modificado antes de la instalación.
- l. Puede permitir la verificación de la identidad y la integridad del sello a través de inspección.
- m. Puede llevar una identidad que se puede acoplar unívocamente con el contenedor; y
- 35 n. Es capaz de aguantar condiciones de funcionamiento duras.

En la descripción y los dibujos, se usan numerales semejantes para designar elementos semejantes. A menos que se indique de otro modo, cualquier rasgo individual de diseño, componente o etapa se puede usar en combinación con cualesquiera otros rasgos de diseño, componentes o etapas descritos en esta memoria.

- 40 La figura 1 ilustra una vista de un casco (contenedor) 10 desmontado, que tiene un sistema de sellado según una realización preferida de la invención montado en el mismo;

- 45 En esta realización, el sistema de sellado incluye tres dispositivos electrónicos de un primer tipo (A1 a A3; en esta memoria se les hace referencia como "anclajes" 14, 16, 18) que se conectan a la periferia exterior de un cuerpo de contenedor 12 en su extremo abierto 20. El cuerpo de contenedor 12 es del tipo, por ejemplo, a rellenar con materiales de desperdicio nuclear u otros productos de desperdicios peligrosos. Los tres anclajes 14, 16, 18 se vinculan y están en comunicación por medio de una conexión cableada, es decir bus 22. En esta realización, una unidad maestra 26 se vincula por medio de una conexión cableada adicional 28 a uno de los anclajes, en este caso el anclaje 14.

Sin embargo, en otra realización, preferida, (no se muestra), las funcionalidades y/o los componentes de la unidad maestra 26 se incorporan en uno de los anclajes 14, 16, 18, por ejemplo el anclaje 14. Esta integración proporciona optimización y simplifica la fabricación/configuración.

5 Los anclajes 14, 16, 18 se montan en el cuerpo de contenedor 12 en ubicaciones conocidas, p. ej., equidistantes alrededor de la periferia circunferencial del cuerpo de contenedor 12. Así, en caso de tres anclajes 14, 16, 18, estos se espacian angularmente a intervalos de 120 grados. Se apreciará, sin embargo, que se pueden usar cuatro o más anclajes 14, 16, 18 alrededor de la periferia del cuerpo de contenedor 12, de modo que en caso de cuatro anclajes, estos se espacian angularmente a intervalos de 90 grados, etc.

10 En una realización preferida, los tres anclajes 14, 16, 18 se fijan al cuerpo de contenedor 12 por una correa de tensión rígida (no se muestra), para impedir una retirada no autorizada.

El sistema de sellado según esta realización de la invención también incluye, montados en la tapa 13 del contenedor 10, tres dispositivos electrónicos de un segundo tipo (T1, T2, T3; en esta memoria se les hace referencia como "etiquetas" 30, 32, 34).

15 En una realización preferida, las tres etiquetas 30, 32, 34 se fijan a la tapa de contenedor 13 mediante una correa de tensión rígida (no se muestra). En caso de haber presentes tres etiquetas 30, 32, 34, estas se espacian angularmente en intervalos de 120 grados. Se apreciará, sin embargo, que se pueden usar cuatro o más etiquetas 30, 32, 34 alrededor de la periferia de la tapa de contenedor 13, de modo que en caso de cuatro anclajes, estos se espacian angularmente en intervalos de 90 grados, etc.

Generalmente, el uso de más etiquetas y anclajes puede aumentar la precisión.

20 En uso, el sistema de sellado que comprende los anclajes 14, 16, 18 y las etiquetas 30, 32, 34, así como la unidad maestra 26, se fija al contenedor 10 antes de llenar el cuerpo de contenedor 12. El llenado y el sellado del contenedor no requiere la presencia de un inspector.

25 Según realizaciones de la invención, los anclajes 14, 16, 18 y las etiquetas 30, 32, 34 se comunican entre sí usando señales de radiofrecuencia (RF) de Banda UltraAncha (UWB, del inglés *Ultra Wide Band*) a fin de determinar distancias de separación de dispositivo y/o posiciones en 3 dimensiones (3D), como se trata en detalle más adelante. Mientras, en esta realización, se usan transceptores de RF UWB, se apreciará que se pueden emplear técnicas que no sean RF UWB.

30 La figura 2 muestra un diagrama de bloques esquemático del anclaje 14 usado en el sistema de sellado de la figura 1. (Las etiquetas 30, 32, 34 son dispositivos similares a los anclajes 14, 16, 18 y comparten la misma arquitectura, pero se programan de manera diferente, p. ej., en firmware. En aras de la brevedad, aquí únicamente se trata la arquitectura del anclaje 14; las etiquetas 30, 32, 34 y los anclajes 16, 18 se construyen de manera similar. Como se emplea en esta memoria, "dispositivo" puede referirse a cada una de las etiquetas 30, 32, 34, a cada uno de los anclajes 14, 16, 18, o a cualquiera o todos de estos).

35 El núcleo del dispositivo es un microcontrolador de baja potencia 50, para gestionar toda la información de los diferentes subsistemas del dispositivo y para coordinar todas las comunicaciones con otros dispositivos, incluida la unidad maestra 26. El alcance de RF (p. ej. UWB) - para determinar la posición 3D relativa de al menos cada una de las etiquetas 30, 32, 34 - se consigue a través de un módulo de UWB dedicado 52 que transmite y recibe paquetes de datos (incluidos datos de tiempo de vuelo (ToF, del inglés *time of flight*) y marcas de tiempo, las últimas proporcionadas por reloj de tiempo real (RTC, del inglés *real-time clock*) 54. El reloj de tiempo real 54 es
40 preferiblemente un reloj de tiempo real preciso que hace seguimiento del tiempo para un marcado de tiempo preciso de los datos (paquetes) / mensajes de RF.

45 El anclaje 14 también contiene un módulo criptográfico 56 (cripto-chip) que puede generar y almacenar claves criptográficas para firmar digitalmente los datos (paquetes) antes de ser transmitidos. Esto es, cada etiqueta y anclaje se equipa con un módulo criptográfico 56 con un único ID y su propia única clave privada, para evitar la clonación. En el cripto-chip dentro del dispositivo se generan y almacenan claves, para una máxima protección. Todas las comunicaciones entre los dispositivos se firman digitalmente con un algoritmo asimétrico para la autenticación.

Un sensor antimanipulación 58 detecta si el anclaje 14 se retira de su posición en el contenedor. El sensor 58 puede ser en forma de interruptores de detección de manipulación en la caja/alojamiento (no se muestra) de los dispositivos, y un malla de circuito protector (no se muestra) para evitar taladrar en la caja/alojamiento.

50 El anclaje 14 es alimentado por una o más baterías 60 (preferiblemente un sistema de doble batería), y se provee de un set de sensores 62 para monitorizar tensión y temperatura para asegurar el correcto funcionamiento y detectar ataques de manipulación. El sensor de temperatura se usa para detectar temperaturas extremas que pueden alterar el funcionamiento del sello. Mediante el uso del sensor de temperatura, el procesador 50 puede determinar si la temperatura actual está dentro de un intervalo operacional predeterminado, y/o generar un (mensaje de)
55 alerta/excepción cuando la temperatura sentida está fuera de ese intervalo operacional predeterminado.

El sensor de monitorización de tensión a bordo (circuito) asegura el correcto suministro de energía al dispositivo. El sensor de monitorización de tensión se usa para detectar tensiones excepcionales producidas por la batería 60 que puede alterar el funcionamiento del sello. Mediante el uso del sensor de monitorización de tensión, el procesador 50 puede determinar si la salida de tensión actual está dentro de un intervalo operacional predeterminado, y/o generar un (mensaje de) alerta/excepción cuando la salida de tensión sentida está fuera de ese intervalo operacional predeterminado.

El dispositivo también tiene un sensor de alargamiento (p. ej. una galga extensiométrica o sensor similar) para comprobar o monitorizar la tensión de la correa de fijación (no se muestra) usada para conectar fijamente los anclajes 14, 16, 18 al cuerpo de contenedor y/o para conectar las etiquetas 30, 32, 34 a la tapa de contenedor 13. El sensor de alargamiento se usa para detectar niveles de alargamiento excepcionales en la correa de fijación (no se muestra) que pueden ser indicativos de un intento de retirar la correa de dispositivos (es decir, manipulación). Mediante el uso del sensor de galga extensiométrica, el procesador 50 puede determinar si el nivel de alargamiento actual está dentro de un intervalo operacional predeterminado, y/o generar una (mensaje de) alerta/excepción cuando el nivel de alargamiento sentido está fuera de ese intervalo operacional predeterminado.

El anclaje 14 mantiene un apunte de todos los acontecimientos detectados, y/o todos los datos de sensor, en una memoria no volátil interna (NVM) 64. Datos almacenados en NVM 64 se marcan en tiempo preferiblemente usando una marca de tiempo precisa del RTC 54.

Finalmente, el anclaje 14 se comunica con la unidad maestra (26; figura 1) a través de un enlace de comunicación cableado 28 (tal como un enlace en serie o en paralelo) usando el módulo de comunicación 66.

La figura 3 es una diagrama de bloques esquemático de una unidad maestra 26 usada en realizaciones de la invención. Este es idéntico al anclaje 14 de la figura 2, excepto como se describe a continuación. La unidad maestra 26 actúa como unidad de control para el sistema de sellado.

En la unidad maestra 26 de la figura 3, se incluye un módulo de comunicación 66', idéntico al módulo de comunicación 66 del anclaje 14 y que funciona con el mismo protocolo, p. ej., serie o paralelo, para comunicación con el anclaje 14 por medio del enlace de comunicación cableado 28. Adicionalmente, la unidad maestra 26 incluye un módulo de comunicaciones de largo alcance 70, para comunicación hacia y desde una estación remota de control central (no se muestra), p. ej., que pertenece a una agencia de seguridad nuclear. El módulo de comunicaciones de largo alcance 70 puede ser un módulo de comunicaciones celular 70, p. ej., GSM, 3G, 4G, 5G/LTE o algo semejante.

En uso, los anclajes 14, 16, 18 inician la comunicación con las etiquetas 30, 32, 34, es decir, cada anclaje 14, 16, 18 tiene un intercambio de comunicación con cada una de las etiquetas 30, 32, 34. Una vez la tapa de contenedor 13 con tres etiquetas se posiciona cerca de un cuerpo de contenedor 12 con tres anclajes 14, 16, 18, el cuerpo de contenedor 12 y la tapa 13 se emparejan eficazmente, y se detectará cualquier movimiento relativo de la tapa 13 con respecto al cuerpo de contenedor 12, incluida elevación y/o rotación.

Los anclajes 14, 16, 18 y las etiquetas 30, 32, 34 intercambian paquetes de datos que contienen información de enlatado. Estos paquetes se firman digitalmente, usando el módulo criptográfico 56 para evitar falsificaciones. La unidad maestra 26 recoge todos estos paquetes de datos y calcula el tiempo de vuelo de señales entre anclajes 14, 16, 18 y etiquetas 30, 32, 34, y posteriormente, a través de un algoritmo de triangulación, sus posiciones (3D) relativas. Sensores dentro de los anclajes 14, 16, 18 y las etiquetas 30, 32, 34 pueden detectar si el dispositivo es retirado de su posición sobre el contenedor 12. Como se trata con mayor detalle más adelante, cualquier intento para elevar la tapa 13 es detectado por el sistema y apuntado.

Como se trata más en detalle más adelante en esta memoria, a través del intercambio de mensajes y consiguiente telemetría/posicionamiento, los dispositivos (anclajes 14, 16, 18 y etiquetas 30, 32, 34) son "conscientes" de su respectiva posición en el espacio 3D y se comportan como un sello único, es decir, único para este emparejamiento de cuerpo de contenedor 12 y tapa 13. Esta "red" de dispositivos de sello localizados en 3D permite una detección precisa de movimiento (de los dispositivos, y por lo tanto de la tapa 13, respecto al cuerpo de contenedor 12), p. ej., con una precisión de aproximadamente 5 a 15 cm.

En funcionamiento, cada uno de los tres anclajes 14, 16, 18 interroga a las tres etiquetas 30, 32, 34. Cada anclaje 14, 16, 18 puede determinar a qué distancia se posicionan las etiquetas 30, 32, 34, usando información de tiempo de vuelo. Los tres anclajes 14, 16, 18 se colocan alrededor del cuerpo de contenedor 12 en un plano paralelo a la superficie de la tapa de contenedor 13, preferiblemente en separación angular de 120 grados alrededor de la circunferencia del cuerpo de contenedor 12. Los anclajes 14, 16, 18 y las etiquetas 30, 32, 34 intercambian mensajes para determinar el tiempo de vuelo. Estos mensajes son firmados digitalmente, para impedir que cualquier otra etiqueta falsa imite a una legítima. Todos los anclajes 14, 16, 18 proporcionan la información de distancia a la unidad maestra 26 sobre la canal de comunicación cableado 28. La unidad maestra 26 recoge toda la información autenticada y, a través de un algoritmo de triangulación, determina la posición 3D de cada etiqueta 30, 32, 34.

Como la posición de los tres anclajes 14, 16, 18 en el cuerpo de contenedor 12 es fija y conocida, la posición de las etiquetas 30, 32, 34 puede ser determinada por la unidad maestra 26 desde la misma. Tres anclajes 14, 16, 18 y tres etiquetas 30, 32, 34 es el número mínimo para asegurar un buen posicionamiento 3D. Cuatro anclajes 14, 16, 18 y

cuatro etiquetas 30, 32, 34 pueden aumentar la precisión del posicionamiento 3D, pero con coste/complejidad añadidos.

Una vez la tapa 13 se coloca sobre el cuerpo de contenedor 12, la unidad maestra apunta la proximidad de las tres etiquetas 30, 32, 34 conectados a la tapa 13. Cualquier cambio en la posición de cada etiqueta (o cambio mayor que un umbral de distancia [umbral 1], p. ej., que se encuentra en el intervalo de 0,1 a 15 cm, preferiblemente de 0,1 a 5 cm, más preferiblemente de 0,1 a 1 cm) se considera como apertura de la tapa. Un algoritmo procesa los cambios posición/distancia respecto al umbral(es) de detección y puede promediar la posición/distancia en el tiempo para evitar falsas alarmas.

La figura 4 es un diagrama de flujo de procesos de software/firmware llevados a cabo en los elementos en la figura 1 según una realización de la invención. Esto es, se ilustran las etapas o procesos implementados en cada etiqueta 14, 16, 18, en cada anclaje 30, 32, 34, y en la unidad maestra 26, para llevar a cabo monitorización, detección de manipulación o apertura del casco (contenedor) 10, y creación de alertas. (Por motivos de brevedad, el proceso se describe en relación a una única etiqueta 30 y un único anclaje 14; el proceso para las otras etiquetas y anclajes es similar).

Haciendo referencia a la columna izquierda (etiqueta) en la figura 4, cada etiqueta 30, 32, 34 tiene su propio identificador único (ID), y usando el módulo criptográfico 56, la etiqueta 30 funciona para generar una firma a partir de la clave criptográfica y el ID de etiqueta almacenadas (etapa s402). La etiqueta 30 escucha entonces mensajes recibidos por medio de RF (etapa s404). En la etapa s406, si no se recibe mensaje, la etiqueta 30 continúa escuchando mensajes recibidos. Si, en la etapa s406, se encuentra que se ha recibido un mensaje de RF, se hace una comprobación (etapa s408) en cuanto a si es reconocible como mensaje de iniciación de un anclaje 14. En la etapa s408, si no se ha recibido mensaje de iniciación, la etiqueta 30 continúa escuchando mensajes recibidos (s404).

Haciendo referencia brevemente a la columna central en la figura 4, cada anclaje 14, 16, 18 tiene su propio identificador único (ID), y usando módulo criptográfico 56, el anclaje 14 funciona para generar una firma a partir de la clave criptográfica e ID de etiqueta almacenadas (etapa s430). Ya sea periódicamente según una periodicidad preestablecida usando el reloj de tiempo real, o por orden de la unidad maestra 26, el anclaje 14 transmite (etapa s432) un mensaje de iniciación a etiquetas 30, 32, 34 en la inmediaciones, usando UWB RF, estando diseñado el mensaje de iniciación para preparar etiquetas 30, 32, 34 para comunicación bidireccional y una operación de determinación de posición 3D.

Como se ve en la columna izquierda en la figura 4, si, en la etapa s408, se encuentra que se ha recibido mensaje de iniciación, la etiqueta 30 inicia (etapa s410) todos los sensores 58, 62 y módulos de comunicaciones 52, 66. La etiqueta 30 escucha entonces un mensaje de temporización por medio de UWB RF. Si, en la etapa s412, se encuentra que no se ha recibido mensaje de temporización, la etiqueta 30 continúa escuchando mensajes recibidos (s404).

Siguiendo la transmisión del mensaje de iniciación por el anclaje 14, y como se ve en la columna central en la figura 4, p. ej., un periodo predeterminado después de eso, el anclaje 14 transmite (s434) un mensaje de temporización.

Volviendo a la columna izquierda en la figura 4, si, en la etapa s412, se encuentra que se ha recibido un mensaje de temporización desde el anclaje 14, la etiqueta 30 determina (etapa s414) el momento de llegada (ToA) de la señal de temporización usando reloj de tiempo real 54 y marca en tiempo el ToA basado en la lectura del reloj de tiempo real 54. El ToA se puede usar posteriormente para determinar el tiempo de vuelo (ToF) desde el anclaje 14 a la etiqueta 30.

A continuación, en la etapa s416, un paquete de datos que contiene el ID de etiqueta 30 y el ToA se firman digitalmente usando la firma generada para la etiqueta 30. El paquete firmado de datos es transmitido por la etiqueta 30 en la etapa s418.

Entonces se hace una comprobación (etapa s420) en caso de que se haya recibido una orden de Terminar desde la unidad maestra 26 (p. ej. por medio de un anclaje 14), que indica que las transmisiones de RF o el procesamiento van a terminar; y si es así, finaliza el proceso en la etiqueta 30. Si no se ha recibido orden de Terminar, el procesamiento regresa a la etapa s404.

En el anclaje 14 (véase la columna central en la figura 4), tras la transmisión del mensaje de temporización por el anclaje 14, se inicia un temporizador de retraso (etapa s436), el retraso se diseña para permitir la recepción de respuestas desde las etiquetas 30, 32, 34 a la señal de temporización.

Se hace una comprobación (etapa s438) en cuanto a si el retraso ha transcurrido; y, si so, el procesamiento regresa a la etapa s432, donde el anclaje 14 (re)transmite un mensaje de iniciación a etiquetas 30, 32, 34 en las inmediaciones.

Si no ha transcurrido el retraso, se hace una determinación (etapa s440) en cuanto a si el anclaje 14 ha recibido paquetes de datos (respuestas a la señal de temporización) para todas las etiquetas 30, 32, 34. Si no, el procesamiento regresa a la etapa s438.

Si se determina (etapa s440) que se han recibido paquetes de datos para todas las etiquetas 30, 32, 34, los paquetes firmados de datos son desenscriptados (s442) para derivar ToA e ID para la Etiqueta 30. En este caso (3 etiquetas), las 3 paquetes de datos (ID de etiquetas + ToAs) son compilados en paquete de combinación en la etapa s444.

5 Entonces, en la etapa s446, el paquete de combinación es firmado usando la firma del anclaje 14. A continuación, el paquete de combinación se envía (etapa s448) a la unidad maestra 26 como paquete firmado de datos.

Entonces se hace una comprobación (etapa s450) en caso de que se haya recibido una orden de Terminar desde la unidad maestra 26, que indica que la transmisiones de RF o el procesamiento van a terminar; y si es así, finaliza el proceso en el anclaje 14. Si no se ha recibido orden de Terminar, el procesamiento regresa a la etapa s432.

10 Haciendo referencia a la columna derecha en la figura 4, siguiendo la comunicación (etapa s448) del paquete de combinación a la unidad maestra 26, como paquete firmado de datos, y la determinación (etapa s460) que se ha recibido el paquete de combinación, el paquete firmado de combinación es desenscriptado (etapa s462).

15 A continuación, basado en los paquetes desenscriptados para cada etiqueta 30, 32, 34, el ToA e ID para cada etiqueta se derivada (etapa s464); la ToF para cada etiqueta es derivable de los ToA, como conocerán los expertos en la técnica. Por ejemplo, el mensaje de temporización puede comprender una marca de tiempo precisa que indica el tiempo de envío. La etiqueta 30 aplica una marca de tiempo precisa al mensaje de temporización recibido, indicando ToA. La etiqueta 30 puede calcular $ToF = \text{marca de tiempo(llegada)} - \text{marca de tiempo(enviado)}$, e incluir esto en la transmisión de paquete de datos al anclaje 14. Más preferiblemente, la etiqueta 30 transmite el ToA (marca de tiempo), junto con la marca de tiempo precisa que indica el momento de envío, desde el mensaje de temporización, o un identificador del mensaje de temporización, desde el que se puede obtener la marca de tiempo precisa que indica el momento de envío en el anclaje 14 o la unidad maestra 26, permitiendo así la determinación en el anclaje 14 o la unidad maestra 26 de ToF (mensaje de temporización) = marca de tiempo(llegada) - marca de tiempo(envío).

Entonces, para cada etiqueta, su posición 3D actual se determina (etapa s466) a partir de ubicaciones conocidas de los anclajes 14, 16, 18 y los ToA e ID derivados, usando algoritmo de triangulación.

25 Una vez se determina la posición 3D actual, entonces, para cada etiqueta, su posición 3D actual se compara (etapa s468) con la posición 3D previamente determinada para esa etiqueta (almacenada en NVM 64; figura 2). Entonces se hace una comprobación (etapa s470) en cuanto a si la magnitud de la separación de posiciones 3D actuales y previamente determinadas es mayor que un primer umbral (umbral1).

Si la magnitud de la separación no es mayor que el primer umbral, la posición 3D actual determinada para cada etiqueta se almacena (etapa s472) en NVM 64.

30 Si, por otro lado, la magnitud de la separación es mayor que el primer umbral, indicando que ha ocurrido un movimiento sustancial de la tapa 13 respecto al contenedor 12 (figura 1) correspondiente a un acto de manipulación o apertura (intentada), la unidad maestra genera (etapa s474) una alerta (mensaje) de "Casco abierto", que incluye marca de tiempo de apertura; la alerta se apunta en NVM 64.

35 Como se ve en la etapa s476, opcionalmente se hace una comprobación de cualquier manipulación de etiqueta/dispositivo, datos de excepción de sensor de temperatura, tensión o alargamiento, es decir, desde sensores 58, 62, respectivamente, y opcionalmente estos datos se adjuntan (etapa s478) a la alerta (mensaje) de "Casco abierto".

40 Los tres anclajes 14 se fijan en el cuerpo de contenedor 12 usando una correa de tensión rígida (no se muestra) bajo tensión. Cada anclaje 14, 16, 18 puede monitorizar la tensión de la correa. En caso de un intento de retirar el sistema del casco 10, la tensión de la correa se libera, y la unidad maestra 26 detecta la manipulación, generando los datos de excepción de galga extensiométrica. Un sistema de detección similar está implementado en la correa (no se muestra) que fija las tres etiquetas 30, 32, 34 a la tapa 13. Se realiza una acción de anexo similar en caso de datos de excepción de manipulación de etiqueta/dispositivo, temperatura o nivel de tensión.

45 Entonces, en la etapa s480, la alerta (mensaje) de "Casco abierto" se envía al control central remoto (no se muestra) por medio de una red celular, p. ej., GSM, 3G, 4G etc., usando el módulo de comunicaciones 70 (figura 3) de la unidad maestra 26.

50 La unidad maestra 26 se configura para ser interrogada por un inspector con un lector adecuado (no se muestra), p. ej., por medio de puerto de dispositivo cableado (serie/paralelo), o por comunicación inalámbricas de corto alcance, tal como Bluetooth®. Como alternativa o adicionalmente, la unidad maestra 26 se provee de un módulo de comunicación remoto 70 que usa infraestructura de telecomunicaciones existente (es decir, GSM, GPRS, 3G u otro sistema), permitiendo una interrogación remota de la unidad maestra 26, p. ej., para obtener datos de estado, apuntes y/o informes/alertas de manipulación. Tales datos pueden ser comunicados con seguridad a una ubicación/estación remota en forma firmada digitalmente usando la clave criptográfica única y el módulo criptográfico 56 de la unidad maestra 26.

55 El deber del inspector (p. ej. de una agencia de inspección nuclear) es comprobar que la instalación inicial de la correa

5 de fijación (no se muestra) de anclajes 14, 16, 18 y etiquetas 30, 32, 34 es correcta. Esto cumple el requisito de que el sistema de sellado 10 será instalado por una persona de confianza (un inspector) en el contenedor algún tiempo antes de cargar el contenedor. Esta es una operación simple y se puede hacer en un lote de contenedores en el momento más conveniente en un área no restringida en la que la exposición a radiación es mínima o ausente. Esta es la única operación que requiere la presencia de un inspector. Esto es, todas otras operaciones pueden ser desatendidas (por el inspector).

10 El sistema de sellado 10, una vez en el sitio, es autónomo. Una vez se coloca una tapa 13 cerca de un cuerpo de contenedor 12, el sistema de sellado 10 detecta la tapa 13 y la empareja al cuerpo de contenedor 12. Todo es automático e inalámbrico, y no se necesita cableado ni ninguna operación mecánica. Esto significa que el contenedor es cargado y cerrado por el operario de central energética nuclear sin la presencia de un inspector.

Además, el sistema de sellado 10 puede ser interrogado a distancia para comprobar su estado y acceso a la apunte interno. Una vez abierto y vaciado el contenedor, el sistema de sellado 10 se puede retirar del contenedor y enviado de regreso a los inspectores para ser reutilizado.

15 Si bien se han descrito realizaciones por referencia a realizaciones que tienen diversos componentes en sus respectivas implementaciones, se apreciará que otras realizaciones hacen uso de otras combinaciones y permutaciones de estos y otros componentes.

20 Es más, algunas de la realizaciones se describen en esta memoria como método o combinación de elementos de un método que puede ser implementado por un procesador de un sistema informático o por otros medios de llevar a cabo la función. Así, un procesador con las instrucciones necesarias para llevar a cabo este tipo de método o elemento de un método forma unos medios para llevar a cabo el método o elemento de un método. Es más, un elemento descrito en esta memoria de un aparato realización es un ejemplo de unos medios para llevar a cabo la función realizada por el elemento con el propósito de llevar a cabo la invención.

25 En la descripción proporcionada en esta memoria, se presentan numerosos detalles específicos. Sin embargo, se entiende que realizaciones de la invención pueden ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, no se han mostrado en detalle métodos, estructuras y técnicas muy conocidos a fin de no enturbiar un entendimiento de esta descripción.

30 Así, si bien se han descrito las que se creen las realizaciones preferidas de la invención, los expertos en la técnica identificarán que a las mismas se pueden hacer otras modificaciones adicionales, sin apartarse del alcance de la invención, y se pretende reivindicar todos dichos cambios y modificaciones como se encuentren dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, fórmulas dadas anteriormente son meramente representativas de procedimientos que se pueden usar. Se puede añadir o eliminar funcionalidad a los diagramas de bloques y se pueden intercambiar operaciones entre bloques funcionales. A métodos descritos se pueden añadir o eliminar etapas dentro del alcance de la presente invención.

Leyenda:

10	sistema de sellado	50	procesador
12	cuerpo de contenedor	52	módulo RF UWB
13	tapa de contenedor	54	reloj de tiempo real
14	anclaje	56	módulo criptográfico
16	anclaje	58	sensor antimanipulación
18	anclaje	60	batería
20	extremo abierto	62	sensores de tensión, temperatura y de alargamiento
22	bus		
26	unidad maestra	64	NVM
28	enlace por cable	66	módulo de comunicaciones cableado
30	etiqueta		
32	etiqueta	70	módulo de comunicaciones celular
34	etiqueta		

REIVINDICACIONES

1. Sistema de sellado para contenedores nucleares, que sella una tapa de contenedor (13) de un contenedor nuclear a un cuerpo de contenedor (12) de dicho contenedor nuclear, dicho sistema de sellado comprende:
 - al menos tres etiquetas (30, 32, 34) adaptadas para ser montadas en uno de dicha tapa de contenedor (13) o dicho cuerpo de contenedor (12), cada etiqueta (30, 32, 34) tiene un único ID y comprende un primer transceptor de RF (52) configurado para transmitir, en uso, una respectiva primera señal de RF;
 - al menos tres anclajes (14, 16, 18) adaptados para ser montados en el otro de dicha tapa de contenedor (13) o dicho cuerpo de contenedor (12), cada anclaje (14, 16, 18) tiene un único ID y comprende un segundo transceptor de RF (52) configurado para recibir, en uso, las primeras señales de RF; y
- una unidad maestra (26), acoplada para comunicación con los al menos tres anclajes (14, 16, 18);

en donde la unidad maestra (26) se adapta para

 - (i) determinar, asociada con el ID para cada etiqueta (30, 32, 34), una posición 3D actual respectiva, basada en las primeras señales de RF recibidas,
 - (ii) almacenar posiciones 3D previamente determinadas para cada etiqueta (30, 32, 34), y
 - (iii) generar una alerta y/o una marca de tiempo y/o una entrada de apunte si determina que la separación entre la posición 3D actual de una o más de las etiquetas (30, 32, 34) y una posición 3D respectiva previamente determinada es mayor que un umbral predeterminado de distancia.
2. Sistema de sellado según la reivindicación 1, en donde dicha unidad maestra (26) tiene uno de dichos al menos tres anclajes (14, 16, 18) integrado en la misma.
3. Sistema de sellado según la reivindicación 1 o 2, en donde cada uno de los anclajes (14, 16, 18) se configura para transmitir, periódicamente o por orden de la unidad maestra (26), una segunda señal de RF, la segunda señal de RF comprende una señal de temporización.
4. Sistema de sellado según la reivindicación 1, 2 o 3, en donde cada primera señal de RF comprende una señal generada en una respectiva etiqueta en respuesta a la segunda señal de RF y/o que incluye una indicación del momento de llegada en la etiqueta de la segunda señal de RF.
5. Sistema de sellado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la unidad maestra (26) se configura para realizar promedio temporal de la primera señal de RF y/o datos indicativos de la posición 3D.
6. Sistema de sellado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la unidad maestra (26) se configura para determinar un instante en el que la separación entre los anclajes (14, 16, 18) y las etiquetas (30, 32, 34) se ha minimizado, o estabilizado.
7. Sistema de sellado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los anclajes (14, 16, 18) se conectan fijamente en el cuerpo de contenedor (12) o tapa de contenedor (13) en ubicaciones conocidas, por ejemplo equidistantes en la periferia circunferencial del cuerpo de contenedor (12) o tapa de contenedor (13), y la unidad maestra (26) se configura para determinar, para cada etiqueta (30, 32, 34), una posición 3D actual respectiva basada en las ubicaciones conocidas.
8. Sistema de sellado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la unidad maestra (26) se configura para determinar, para cada etiqueta (30, 32, 34), una posición 3D actual respectiva usando un algoritmo de triangulación.
9. Sistema de sellado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada etiqueta (30, 32, 34) y/o cada anclaje (14, 16, 18) incluye un reloj de tiempo real (54), y la primera señal de RF y/o la segunda señal de RF incorporan una marca de tiempo derivada de un respectivo reloj de tiempo real (54).
10. Sistema de sellado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada uno de dichos anclajes (14, 16, 18) se configura para transmitir una señal combinada a la unidad maestra (26) por medio de un bus (22), la señal combinada comprende un paquete para cada una de dichas al menos tres etiquetas (30, 32, 34), cada paquete incluye el ID de etiqueta y datos de momento de llegada.
11. Sistema de sellado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada etiqueta (30, 32, 34) y/o cada anclaje (14, 16, 18) y/o la unidad maestra (26) comprenden una memoria no volátil (64) para almacenar dichas posiciones 3D, en asociación con respectivos ID de etiqueta.

12. Sistema de sellado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde

- (i) cada etiqueta (30, 32, 34) incluye un primer módulo criptográfico (56) configurado para generar y almacenar una primera clave criptográfica y/o primera firma digital, y cada etiqueta (30, 32, 34) se configura para firmar dicha primera señal de RF usando dicha primera clave criptográfica o primera firma digital antes de la transmisión a un anclaje (14, 16, 18); y/o
- (ii) cada anclaje (14, 16, 18) incluye un segundo módulo criptográfico opcional (56) configurado para generar y almacenar una segunda clave criptográfica y/o segunda firma digital, y cada anclaje (14, 16, 18) se configura para:
 - a. firmar dicha segunda señal de RF usando dicha segunda clave criptográfica o segunda firma digital antes de la transmisión a una etiqueta (14, 16, 18); y/o
 - b. firmar dicha señal combinada usando dicha segunda clave criptográfica o segunda firma digital antes de la transmisión a la unidad maestra (26).

13. Sistema de sellado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde

- (i) cada etiqueta (30, 32, 34) y/o cada anclaje (14, 16, 18) incluye un sensor de detección de manipulación (58) configurado para generar, en caso de detección de ese modo de manipulación con un alojamiento de una etiqueta (30, 32, 34) o un anclaje (14, 16, 18), datos de detección de manipulación indicativos de dicha manipulación del alojamiento; y/o
- (ii) cada etiqueta (30, 32, 34) y/o cada anclaje (14, 16, 18) incluye una o más baterías (60), acopladas a los mismos, un sensor de detección de tensión (62) configurado para generar, en caso de detección de ese modo de niveles excepcionales de tensión fuera de un primer intervalo predeterminado, datos de excepción de tensión indicativos de manipulación de la batería o baterías (60); y/o
- (iii) cada etiqueta (30, 32, 34) y/o cada anclaje (14, 16, 18) incluye un sensor de temperatura (62) configurado para generar, en caso de detección de ese modo de niveles excepcionales de temperatura fuera de un segundo intervalo predeterminado, datos de excepción de temperatura indicativos de manipulación de una etiqueta (30, 32, 34) o un anclaje (14, 16, 18); y/o
- (iv) cada etiqueta (30, 32, 34) y/o cada anclaje (14, 16, 18) se conecta a la tapa de contenedor (13) o el cuerpo de contenedor (12), mediante una correa de tensión rígida, por ejemplo una correa de acero, cada etiqueta y/o cada anclaje (14, 16, 18) incluye un sensor de alargamiento (62), por ejemplo una galga extensiométrica, adaptado para sentir el alargamiento en la correa, el sensor de alargamiento (62) se configura para generar, en caso de detección de ese modo de niveles excepcionales de alargamiento fuera de un tercer intervalo predeterminado, datos de excepción de alargamiento indicativos de manipulación de una etiqueta (30, 32, 34) o un anclaje (14, 16, 18).

14. Sistema de sellado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la unidad maestra (26) incluye un módulo de comunicaciones de largo alcance (70), por ejemplo un módulo de comunicaciones celular, y se configura

- (i) en respuesta a la generación de la alerta, para
 - a. generar una alerta de apertura de casco, opcionalmente anexar a la misma datos indicativos de manipulación del alojamiento, datos indicativos de manipulación de la batería o baterías (60), datos de excepción de temperatura y/o datos de excepción de alargamiento, y
 - b. transmitir la alerta de apertura de casco a una ubicación de control remoto usando el módulo de comunicaciones de largo alcance (70), y/o
- (ii) en respuesta a una petición de estado recibida desde una ubicación de control remoto usando el módulo de comunicaciones de largo alcance (70), transmitir un informe de estado de sistema de sellado, el informe de estado de sistema de sellado incluye la marca de tiempo y detalles de cualquier alerta de apertura de casco, y opcionalmente datos indicativos de manipulación del alojamiento, datos indicativos de manipulación de la batería o baterías (60), datos de excepción de temperatura y/o datos de excepción de alargamiento; en donde el informe de estado de sistema de sellado se transmite a la ubicación de control remoto usando el módulo de comunicaciones de largo alcance (70).

15. Un método para instalar un sistema de sellado, que comprende:

proporcionar un sistema de sellado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14;
 montar las al menos tres etiquetas (30, 32, 34) en la tapa de contenedor (13);

montar los al menos tres anclajes (14, 16, 18), o los al menos dos anclajes y la unidad maestra (26), en el cuerpo de contenedor (12); e

iniciar el sistema de sellado.

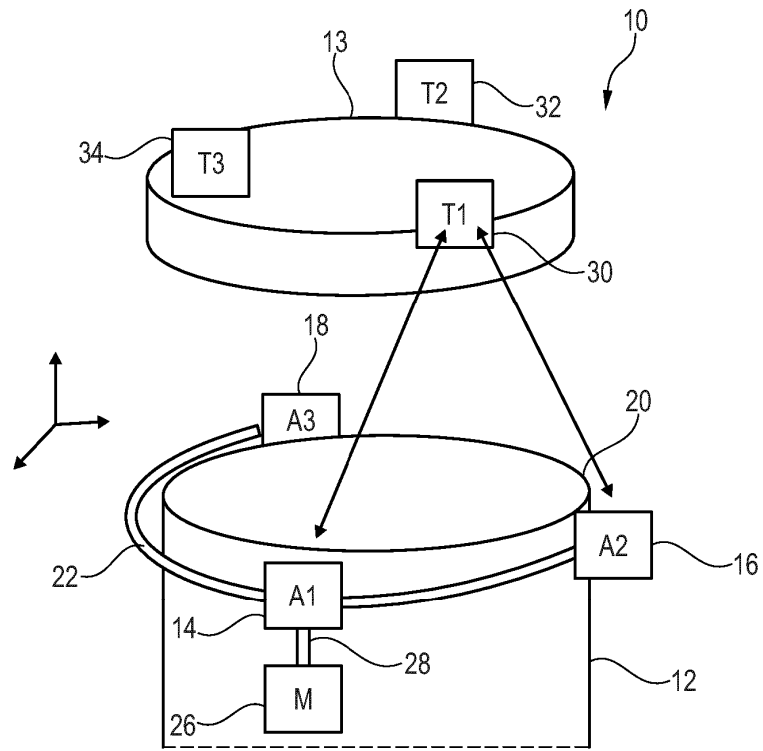


Fig. 1

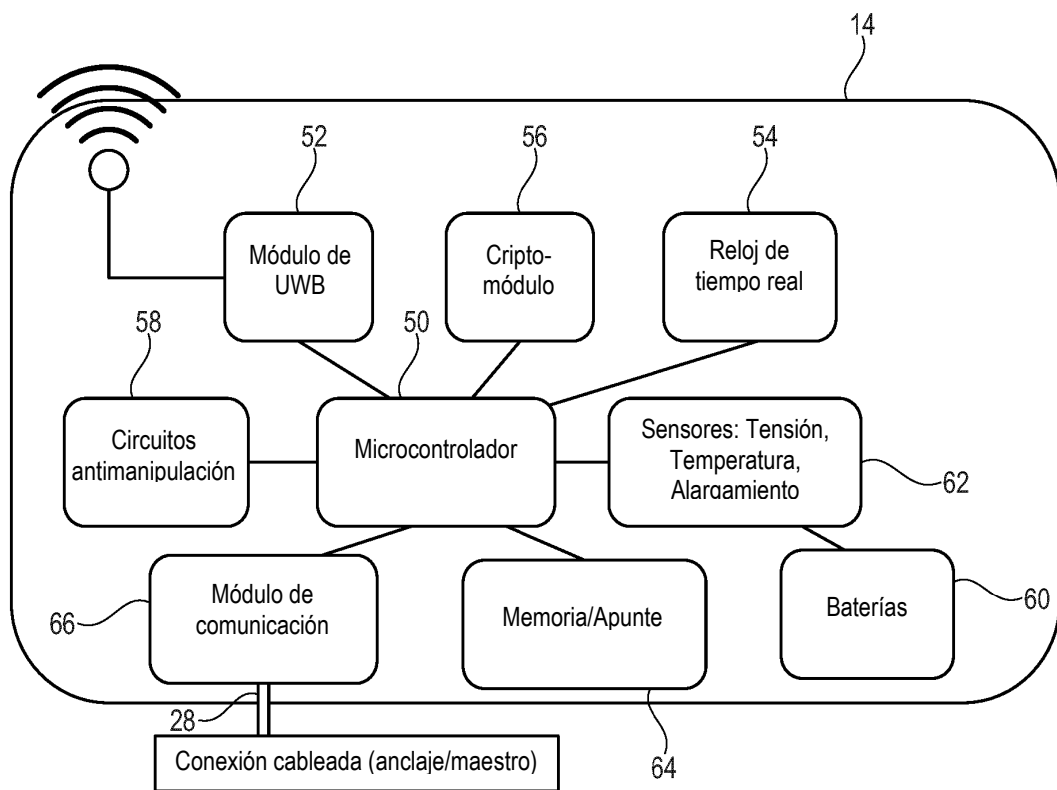


Fig. 2

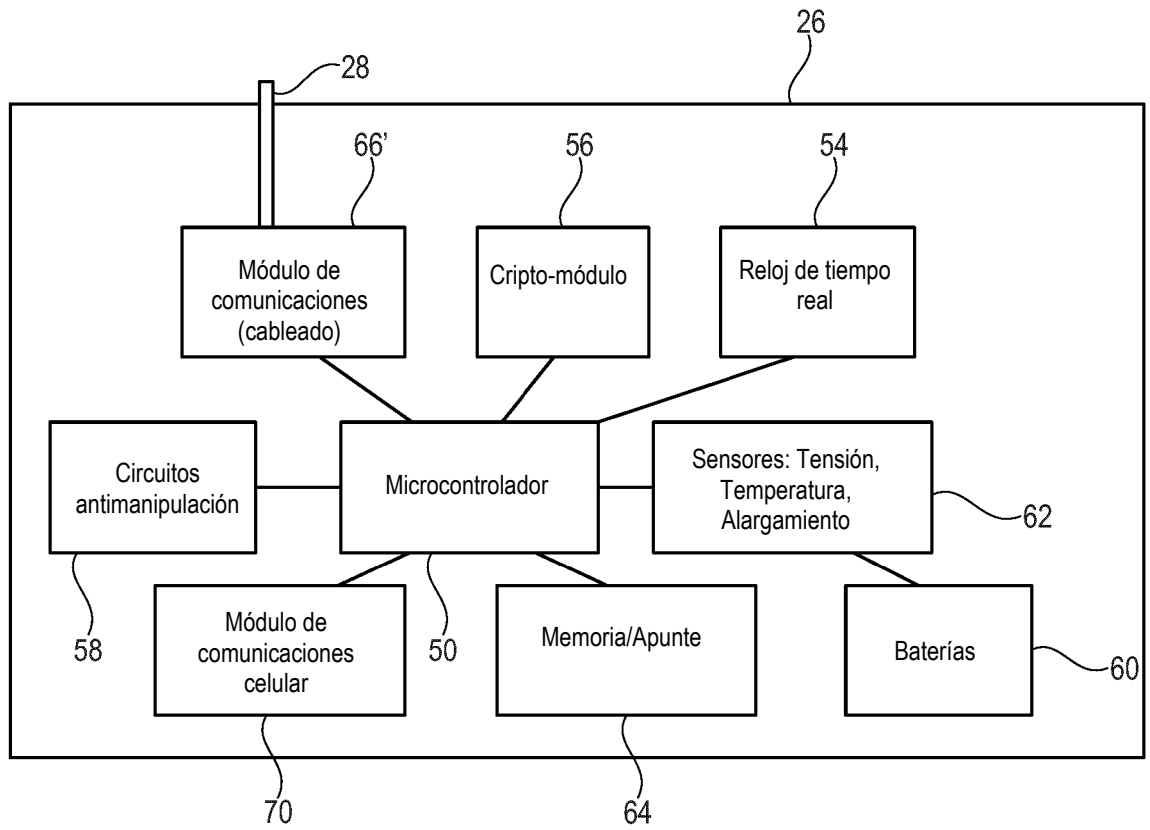


Fig. 3

