

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 649 372**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/04**

(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.12.2012 PCT/US2012/067744**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.06.2014 WO14084865**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2012 E 12889105 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017 EP 2926469**

54 Título: **Métodos y sistemas para una red distribuida de comunicaciones por radio**

30 Prioridad:

**30.11.2012 US 201213690602**

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

**11.01.2018**

73 Titular/es:

**COGNOSOS, INC. (100.0%)  
2795 Peachtree Rd. NE Unit 1906  
Atlanta, GA 30305, US**

72 Inventor/es:

**STRATIGOS, JAMES A.**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 649 372 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

Métodos y sistemas para una red distribuida de comunicaciones por radio

### Campo de la invención

5 Esta descripción se refiere en general a métodos y sistemas para un conjunto de datos distribuido. En particular, esta descripción se refiere a métodos y sistemas para una red distribuida de comunicaciones por radio.

### Antecedentes de la invención

10 Las redes convencionales de recopilación de datos, tales como las redes de sensores inalámbricos (WSN – Wireless Sensor Network, en inglés), proporcionan una monitorización distribuida utilizando nodos de sensores que típicamente se dirigen a ser de bajo coste y/o de baja potencia. El alcance geográfico de tales redes puede ser limitado y ciertas redes pueden emplear la transmisión de múltiples saltos en una serie de nodos, como en una configuración de malla. Algunos sistemas de recopilación de datos a veces se enfrentan a deficiencias de la red debido a nodos deshabilitados y/o a bajas relaciones de señal a ruido. Ciertas redes convencionales de recopilación de datos también se enfrentan un aumento en los costes debido al número de nodos desplegados para soportar la red, a un hardware especializado para reunir o procesar los datos, y/o al mantenimiento / actualización de estos nodos remotos. En múltiples sectores industriales tales como la agricultura, la predicción del tiempo, la gestión de desastres y la seguridad nacional, la recopilación en tiempo real de datos ambientales en áreas extensas es un facilitador clave. Sin embargo, las tecnologías inalámbricas existentes, incluidas las redes de malla, celulares y satelitales no tienen el rango o tienen un coste prohibitivo para las aplicaciones de monitorización extendida.

20 El documento US2007/153677 da a conocer un método que incluye determinar primeras y segundas rutas de comunicación desde un nodo de hoja de una pluralidad de nodos de hoja a primeros y segundos nodos de puerta de enlace, respectivamente, de una pluralidad de nodos de puerta de enlace. Las primera y segunda rutas de comunicación pueden incluir primer y segundo nodos intermedios, respectivamente, de una pluralidad de nodos intermedios. Se envía un mensaje inalámbrico desde el nodo de la hoja a los primer y segundo nodos de puerta de enlace a través de las primera y segunda rutas de comunicación, respectivamente. La información en el mensaje inalámbrico es comunicada desde al menos uno de los primer y segundo nodos de puerta de enlace a un componente de un sistema de control de procesos.

30 El documento US2012/263053 da a conocer un mecanismo de recopilación de información de una red de sensores en el que, después de que un equipo o entidad de usuario (UE – User Equipment, en inglés) ha decidido convertirse en parte de una operación de recopilación de información para recopilar información de una red local de sensores, se recibe y procesa una señal transmitida desde un nodo de gestión de una red local de sensores. Se informa a un elemento de control de la red de comunicaciones sobre la voluntad de convertirse en un recopilador de información enviando un mensaje de informe que comprende resultados de medición obtenidos a partir de la señal recibida desde el nodo de gestión de la red local de sensores. Al recibir un mensaje de asignación de la puerta de enlace que indica que se determina que el UE es un elemento de puerta de enlace para la red local de sensores, se inicia una operación de recopilación de información en la que los nodos de sensores de la red local de sensores se activan, y se establece una dirección de flujo del tráfico en la red local de sensores de acuerdo con la identidad del nodo de gestión al que accede el UE.

### Compendio de la invención

40 En diversos aspectos, la presente solicitud está dirigida a métodos y sistemas para una red distribuida de comunicaciones por radio. Dicha red puede incluir una red de sensores inalámbricos extendida o una red de máquina a máquina (M2M – Machine to Machine, en inglés). La red distribuida de comunicaciones por radio se implementa utilizando radio definida mediante software (SDR – Software Defined Radio, en inglés). Una SDR puede implementar funciones proporcionadas normalmente mediante hardware (por ejemplo, mezcla, filtrado, amplificación, modulación / demodulación, detección y codificación) en software. Las señales de radiofrecuencia (RF) se pueden convertir hacia y desde el dominio digital a través de convertidores de analógico a digital (A/D) y de digital a analógico (D/A). Al emplear una SDR, las señales de RF recibidas por una antena pueden ser filtradas y/o amplificadas antes de ser muestreadas por un convertidor A/D. Un procesador que ejecuta las aplicaciones de software puede procesar muestras del convertidor A/D y puede reconstruir la información transmitida. El proceso inverso puede tomar la información que se va a transmitir y puede construir muestras de una forma de onda transmitida que es aplicada a un convertidor D/A. La salida del convertidor D/A puede ser filtrada y amplificada antes de ser aplicada a una antena. Se pueden utilizar etapas de conversión de frecuencia digital o analógica para convertir muestras a la frecuencia de funcionamiento deseada, o desde ella. En algunas aplicaciones de comunicaciones por radio, puede ser conveniente realizar algunas o todas las funciones del receptor en un lugar que está muy alejado de la antena y de la electrónica de RF. Esto podría ocurrir cuando la complejidad de algunas funciones receptoras requiere sistemas de procesamiento costosos (por ejemplo, aplicaciones MIMO / MISO / SIMO). En lugar de realizar estas funciones en el receptor, puede ser ventajoso recopilar las muestras de información de RF y enviarlas a través de una red a una ubicación central, tal como donde pueden estar ubicadas las funciones de procesamiento de SDR, y/o pueden ser compartidas entre múltiples radios / antenas.

En algunos aspectos, y como se describe en el presente documento, ciertas características SDR pueden ser centralizadas en, o asignadas de forma selectiva a, y/o delegadas a dispositivos particulares que funcionan en una red distribuida de comunicaciones por radio. En ciertas realizaciones, las actualizaciones de determinadas funciones SDR pueden dirigirse a un dispositivo central (o dispositivos centrales) que alojan las funciones SDR, en lugar de ser distribuidas a ubicaciones dispares a través de una red. Tales actualizaciones pueden ser transmitidas a través de la red y, en algunos casos, de forma inalámbrica. Dichas configuraciones SDR pueden permitir un mantenimiento y una actualización más manejables, por ejemplo, en comparación con el hardware dedicado o la instalación de SDR con todas las funciones en cada nodo. La presente descripción describe asimismo sistemas y métodos que abordan deficiencias tales como el efecto Doppler y múltiples rutas asociados con la propagación ionosférica, y puede mejorar el margen de enlace de comunicación combinando datos recibidos en múltiples ubicaciones.

La presente invención proporciona un sistema y un método para proporcionar una red distribuida de comunicaciones por radio, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas, para implementar una red de sensores inalámbricos (WSN) donde los nodos de sensores pueden comprender componentes electrónicos de transmisión y recepción de bajo coste y antenas pequeñas e ineficientes. Los nodos pueden estar equipados con varios sensores que miden diversos aspectos ambientales, tales como temperatura, humedad u otras condiciones climáticas, cantidad o calidad del agua en un río o arroyo, por ejemplo, o características del suelo u otros componentes geológicos tales como temperatura, contenido de humedad, salinidad u otros parámetros. La red distribuida de comunicaciones por radio tal como se describe puede recibir transmisiones de nodo empleando múltiples antenas de una manera cooperativa, desde nodos cuyas transmisiones podrían no ser detectables de otro modo por una sola antena y un solo receptor. De manera similar, las transmisiones pueden ser enviadas desde la red a un nodo utilizando señales de muy baja potencia desde múltiples antenas de puerta de enlace a la vez que se utilizan transmisiones de baja potencia desde cualquier antena de una puerta de enlace. En otro aspecto, la presente descripción describe un método de una red distribuida de comunicaciones por radio en la que las transmisiones de nodo utilizan frecuencias por debajo de 30 MHz cuando pueden producirse tanto onda de tierra como propagación ionosférica. La propagación ionosférica puede implicar modos de onda celeste de incidencia casi vertical (NVIS – Near Vertical Incidence Skywave, en inglés) o de onda celeste de ruta larga. Al emplear una red de antenas distribuidas, pueden ocurrir transmisiones de nodo y pueden recibirse simultáneamente en uno o en múltiples nodos debido a la naturaleza distribuida de las antenas de la puerta de enlace que pueden estar ubicadas a diversas distancias de un nodo transmisor que facilita un modo de propagación particular.

### Breve descripción de los dibujos

Los anteriores y otros objetivos, aspectos, características y ventajas de la invención serán más evidentes y se comprenderán mejor haciendo referencia a la siguiente descripción tomada junto con los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1A es un diagrama de bloques que representa una realización de un entorno de red que comprende máquinas cliente en comunicación con máquinas remotas;

las figuras 1B y 1C son diagramas de bloques que representan realizaciones de dispositivos informáticos útiles junto con los métodos y sistemas descritos en el presente documento;

la figura 2A es un diagrama de bloques que ilustra una realización de una red distribuida de comunicaciones por radio;

la figura 2B es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de algunas etapas que se aplican para combinar señales de múltiples puertas de enlace;

la figura 2C es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de algunas etapas que se aplican para eliminar los efectos de señales de interferencia;

la figura 2D es un diagrama de bloques que representa una realización de un nodo de sensores inalámbricos;

la figura 2E es un diagrama de bloques que representa otra realización de un nodo de sensores inalámbricos;

las figuras 2F y 2G son diagramas de bloques de realizaciones de una puerta de enlace para recibir y procesar transmisiones de nodo;

la figura 2H representa un diagrama de bloques de una realización de un servidor SDR;

la figura 2I representa una realización del diagrama de flujo de datos para una aplicación de usuario final;

la figura 2J es un diagrama de bloques que representa una realización de un diagrama de flujo para un método de una red distribuida de comunicaciones por radio.

## Descripción detallada

Para leer la descripción de las diversas realizaciones que siguen, las siguientes descripciones de las secciones de la memoria descriptiva y sus respectivos contenidos pueden ser de utilidad:

- 5 - la sección A describe un entorno de red y un entorno informático que pueden ser de utilidad para practicar las realizaciones descritas en el presente documento; y
- la sección B describe realizaciones de métodos y aparatos para una red distribuida de comunicaciones por radio.

### A. Entorno informático y de red

10 Antes de explicar las realizaciones específicas de la presente solución, puede ser útil describir aspectos del entorno de funcionamiento, así como los componentes del sistema asociados (por ejemplo, elementos de hardware) en conexión con los métodos y sistemas descritos en el presente documento. Haciendo referencia a la figura 1A, se representa una realización de un entorno de red. En breve resumen, el entorno de red incluye uno o más clientes 101a - 101n (también denominados en general máquina local o máquinas locales 101, cliente o clientes 101, nodo o nodos cliente 101, máquina o máquinas cliente 101, ordenador u ordenadores cliente 101, dispositivo o dispositivos cliente 101, punto o puntos de extremo 101, o nodo o nodos 101) en comunicación con uno o más servidores 106a - 106n (también conocidos como servidor o servidores 106, nodo 106, o máquina remota o máquinas remotas 106) a través de una o más redes 104. En algunas realizaciones, un cliente 101 tiene la capacidad de funcionar igualmente como un nodo cliente que busca acceso a los recursos proporcionados por un servidor, y como un servidor que proporciona acceso a recursos hospedados para otros clientes 101a - 101n.

20 Aunque la figura 1A muestra una red 104 entre los clientes 101 y los servidores 106, los clientes 101 y los servidores 106 pueden estar en la misma red 104. La red 104 puede ser una red de área local (LAN – Local Area Network, en inglés), tal como la intranet de una empresa, una red de área metropolitana (MAN – Metropolitan Area Network, en inglés), o una red de área amplia (WAN – Wide Area Network, en inglés), como Internet o la red informática mundial (World Wide Web, en inglés). En algunas realizaciones, existen múltiples redes 104 entre los clientes 101 y los servidores 106. En una de estas realizaciones, una red 104' (no mostrada) puede ser una red privada y una red 104 puede ser una red pública. En otra de estas realizaciones, una red 104 puede ser una red privada, y una red 104' una red pública. En otra más de estas realizaciones, las redes 104 y 104' pueden ser ambas redes privadas.

30 La red 104 puede ser de cualquier tipo y/o forma de red y puede incluir cualquiera de las siguientes: una red de punto a punto, una red de difusión, una red de área amplia, una red de área local, una red de telecomunicaciones, una red de comunicación de datos, una red informática, una red ATM (de modo de transferencia asíncrono – Asynchronous Transfer Mode, en inglés), una red SONET (red óptica síncrona – Synchronous Optical Network, en inglés), una red SDH (de jerarquía digital síncrona – Synchronous Digital Hierarchy), una red inalámbrica y una red de cable. En algunas realizaciones, la red 104 puede comprender un enlace inalámbrico, tal como un canal de infrarrojos o una banda de satélite. La topología de la red 104 puede ser una topología de red de bus, estrella o anillo. La red 104 puede ser de cualquier topología de red tal como la conocen los expertos en la materia, que sea capaz de soportar las operaciones descritas en el presente documento. La red puede comprender redes de telefonía móvil que utilizan cualquier protocolo o protocolos o estándar o estándares utilizado o utilizados para comunicarse entre dispositivos móviles, incluidos AMPS, TDMA, CDMA, GSM, GPRS, UMTS, WiMAX, 3G o 4G. En algunas realizaciones, se pueden transmitir diferentes tipos de datos a través de diferentes protocolos. En otras realizaciones, los mismos tipos de datos pueden ser transmitidos a través de diferentes protocolos.

40 En algunas realizaciones, el sistema puede incluir múltiples servidores 106 agrupados lógicamente. En una de estas realizaciones, el grupo lógico de servidores puede denominarse granja de servidores 38 o una granja de máquinas 38. En otra de estas realizaciones, los servidores 106 pueden estar dispersos geográficamente. En otras realizaciones, una granja de máquinas 38 puede administrarse como una sola entidad. En otras realizaciones adicionales, la granja de máquinas 38 incluye una pluralidad de granjas de máquinas 38. Los servidores 106 dentro de cada granja de máquinas 38 pueden ser heterogéneos: uno o más de los servidores 106 o las máquinas 106 pueden funcionar según un tipo de plataforma del sistema operativo (por ejemplo, WINDOWS, fabricada por Microsoft Corp. de Redmond, Washington), mientras que uno o más de los otros servidores 106 pueden funcionar de acuerdo con otro tipo de plataforma del sistema operativo (por ejemplo, Unix o Linux).

50 En una realización, los servidores 106 en la granja de máquinas 38 se puede almacenar en sistemas de bastidores de alta densidad, junto con los sistemas de almacenamiento asociados, y se pueden ubicar en un centro de datos de la empresa. En esta realización, la consolidación de los servidores 106 de esta manera puede mejorar la capacidad de administración del sistema, la seguridad de los datos, la seguridad física del sistema y el rendimiento del sistema al ubicar los servidores 106 y los sistemas de almacenamiento de alto rendimiento en redes localizadas de alto rendimiento. Centralizar los servidores 106 y los sistemas de almacenamiento y acoplarlos con herramientas avanzadas de gestión de sistemas permite una utilización más eficiente de los recursos del servidor.

55 Los servidores 106 de cada granja de máquinas 38 no necesitan estar físicamente próximos a otro servidor 106 en la misma granja de máquinas 38. Por lo tanto, el grupo de servidores 106 agrupados lógicamente como una granja de máquinas 38 puede estar interconectado utilizando una conexión de red de área extensa (WAN) o una conexión

de red de área metropolitana (MAN). Por ejemplo, una granja de máquinas 38 puede incluir servidores 106 ubicados físicamente en diferentes continentes o diferentes regiones de un continente, país, estado, ciudad, campus o habitación. Las velocidades de transmisión de datos entre los servidores 106 en la granja de máquinas 38 pueden aumentarse si los servidores 106 están conectados utilizando una conexión de red de área local (LAN) o alguna forma de conexión directa. Además, una granja de máquinas 38 heterogénea puede incluir uno o más servidores 106 que funcionan según un tipo de sistema operativo, mientras que uno o más servidores 106 ejecutan uno o más tipos de hipervisores en lugar de sistemas operativos. En estas realizaciones, los hipervisores pueden utilizarse para emular un hardware virtual, particionar un hardware físico, virtualizar un hardware físico y ejecutar máquinas virtuales que proporcionan acceso a entornos informáticos. Los hipervisores pueden incluir los fabricados por VMWare, Inc., de Palo Alto, California; el hipervisor Xen, un producto de código fuente abierto cuyo desarrollo supervisa Citrix Systems, Inc.; el VirtualServer o hipervisores virtuales de PC proporcionados por Microsoft u otros.

Para gestionar una granja de máquinas 38, se debe supervisar al menos un aspecto del rendimiento de los servidores 106 en la granja de máquinas 38. Típicamente, se monitoriza la carga colocada en cada servidor 106 o el estado de las sesiones que se ejecutan en cada servidor 106. En algunas realizaciones, un servicio centralizado puede proporcionar gestión para la granja de máquinas 38. El servicio centralizado puede reunir y almacenar información sobre una pluralidad de servidores 106, responder a las solicitudes de acceso a los recursos alojados por los servidores 106, y permitir el establecimiento de conexiones entre las máquinas cliente 101 y los servidores 106.

La gestión de la granja de máquinas 38 puede ser descentralizada. Por ejemplo, uno o más servidores 106 pueden comprender componentes, subsistemas y módulos para soportar uno o más servicios de gestión para la granja de máquinas 38. En una de estas realizaciones, uno o más servidores 106 proporcionan funcionalidad para la gestión de datos dinámicos, incluyendo técnicas para gestión de la conmutación, replicación de datos y aumento de la robustez de la granja de máquinas 38. Cada servidor 106 puede comunicarse con un almacén persistente y, en algunas realizaciones, con un almacén dinámico.

El servidor 106 puede ser un servidor de archivos, un servidor de aplicaciones, un servidor web, un servidor proxy, un dispositivo, un dispositivo de red, una puerta de enlace, una puerta de enlace, un servidor de puerta de enlace, un servidor de virtualización, un servidor de implementación, un servidor VPN SSL o un cortafuego. En una realización, el servidor 106 se puede denominar máquina o nodo remoto. En otra realización, una pluralidad de nodos 290 puede estar en la ruta entre dos servidores en comunicación.

En una realización, el servidor 106 proporciona la funcionalidad de un servidor web. En otra realización, el servidor 106a recibe solicitudes del cliente 101, reenvía las solicitudes a un segundo servidor 206b y responde a la solicitud del cliente 101 con una respuesta a la solicitud desde el servidor 106b. En otra realización más, el servidor 106 adquiere una enumeración de aplicaciones disponibles para el cliente 101 y la información de dirección asociada con un servidor 106' que aloja una aplicación identificada por la enumeración de aplicaciones. En otra realización más, el servidor 106 presenta la respuesta a la solicitud al cliente 101 utilizando una interfaz web. En una realización, el cliente 101 se comunica directamente con el servidor 106 para acceder a la aplicación identificada. En otra realización, el cliente 101 recibe datos de salida, tales como datos de visualización, generados por una ejecución de la aplicación identificada en el servidor 106.

El cliente 101 y el servidor 106 pueden implementarse y/o ejecutarse en cualquier tipo y forma de dispositivo informático, tal como un ordenador, un dispositivo de red o un dispositivo capaz de comunicarse en cualquier tipo y forma de red y realizar las operaciones descritas en el presente documento. Las figuras 1B e 1C representan diagramas de bloques de un dispositivo informático 100 útiles para practicar una realización del cliente 101 o de un servidor 106. Tal como se muestra en las figuras 1B y 1C, cada dispositivo informático 100 incluye una unidad de procesamiento central 121, y una unidad de memoria principal 122. Tal como se muestra en la figura 1B, un dispositivo informático 100 puede incluir un dispositivo de almacenamiento 128, un dispositivo de instalación 116, una interfaz de red 118, un controlador de E/S 123, dispositivos de visualización 124a - 101n, un teclado 126 y un dispositivo señalador 127, tal como un ratón. El dispositivo de almacenamiento 128 puede incluir, sin limitación, un sistema operativo, un software y un software de una plataforma 120 del lado de la demanda. Tal como se muestra en la figura 1C, cada dispositivo informático 100 puede incluir asimismo elementos opcionales adicionales, tales como un puerto de memoria 103, un puente 170, uno o más dispositivos de entrada / salida 130a - 130n (denotados de manera general mediante el número de referencia 130), y una memoria caché 140 en comunicación con la unidad de procesamiento central 121.

La unidad de procesamiento central 121 es cualquier circuito lógico que responde a y procesa las instrucciones extraídas de la unidad de memoria principal 122. En muchas realizaciones, la unidad de procesamiento central 121 es proporcionada por una unidad de microprocesador, tal como: las fabricadas por Intel Corporation of Mountain View, California; las fabricadas por Motorola Corporation de Schaumburg, Illinois; las fabricadas por International Business Machines de White Plains, Nueva York; o las fabricadas por Advanced Micro Devices de Sunnyvale, California. El dispositivo informático 100 puede estar basado en cualquiera de estos procesadores, o en cualquier otro procesador capaz de funcionar tal como se describe en el presente documento.

La unidad de memoria principal 122 puede ser uno o más chips de memoria capaces de almacenar datos y permitir que el microprocesador acceda directamente a cualquier ubicación de almacenamiento 121, tal como una memoria de acceso aleatorio estática (SRAM – Static Random Access Memory, en inglés), una SRAM de ráfaga o una SRAM de sincronización (BSRAM – Burst SRAM, en inglés), una memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM – Dynamic Random Access Memory, en inglés), una DRAM de modo de página rápida (FPM DRAM – Fast Page Mode DRAM, en inglés), una DRAM mejorada (EDRAM – Enhanced DRAM, en inglés), una RAM de salida de datos extendida (EDO RAM – Extended Data Output RAM, en inglés), una DRAM de salida de datos extendida en ráfaga (BEDO DRAM – Burst Extended Data Output DRAM, en inglés), una DRAM mejorada (EDRAM – Enhanced DRAM, en inglés), una DRAM síncrona (SDRAM – Synchronous DRAM, en inglés), una SRAM JEDEC, una SDRAM de PC100, una SDRAM de doble velocidad de datos (DDR SDRAM – Double Data Rate SDRAM, en inglés), una SDRAM mejorada (ESDRAM – Enhanced SDRAM, en inglés), una DRAM de enlace síncrono (SLDRAM – SyncLink DRAM, en inglés), una DRAM de Rambus directo (DRDRAM – Direct Rambus DRAM, en inglés), una RAM Ferroeléctrica (FRAM – Ferroelectric RAM, en inglés), una memoria Flash NAND, una memoria Flash NOR y unidades de estado sólido (SSD – Solid State Drives, en inglés). La memoria principal 122 puede estar basada en cualquiera de los chips de memoria descritos anteriormente, o en cualquier otro chip de memoria disponible capaz de funcionar tal como se describe en el presente documento. En la realización mostrada en la figura 1B, el procesador 121 se comunica con la memoria principal 122 a través de un bus de sistema 150 (descrito con más detalle a continuación). La figura 1C representa una realización de un dispositivo informático 100 en el que el procesador se comunica directamente con la memoria principal 122 a través de un puerto de memoria 103. Por ejemplo, en la figura 1C la memoria principal 122 puede ser una DRDRAM.

La figura 1C representa una realización en la que el procesador principal 121 se comunica directamente con la memoria caché 140 a través de un bus secundario, denominado en ocasiones bus del lado del servidor. En otras realizaciones, el procesador principal 121 se comunica con la memoria caché 140 utilizando el bus de sistema 150. La memoria caché 140 típicamente tiene un tiempo de respuesta más rápido que la memoria principal 122 y típicamente se proporciona mediante una SRAM, una BSRAM o una EDRAM. En la realización mostrada en la figura 1C, el procesador 121 se comunica con varios dispositivos de E/S 130 a través de un bus de sistema local 150. Se pueden utilizar varios buses para conectar la unidad de procesamiento central 121 a cualquiera de los dispositivos de E/S 130, incluyendo un bus VL VESA, un bus ISA, un bus EISA, un bus de arquitectura de micro canales (MCA – MicroChannel Architecture, en inglés), un bus PCI, un bus PCI-X, un bus PCI-Express o un NuBus. Para realizaciones en las que el dispositivo de E/S es una pantalla de video 124, el procesador 121 puede utilizar un puerto avanzado de gráficos (AGP – Advanced Graphics Port, en inglés) para comunicarse con la pantalla 124. La figura 1C representa una realización de un ordenador 100 en el que el procesador principal 121 puede comunicarse directamente con el dispositivo de E/S 130b, por ejemplo, mediante la tecnología de comunicaciones HYPERTRANSPORT, RAPIDIO o INFINIBAND. La figura 1C representa asimismo una realización en la que se mezclan buses locales y comunicación directa: el procesador 121 se comunica con el dispositivo de E/S 130a utilizando un bus de interconexión local, a la vez que se comunica directamente con el dispositivo de E/S 130b.

Una amplia variedad de dispositivos de E/S 130a - 130n pueden existir en el dispositivo informático 100. Los dispositivos de entrada incluyen teclados, ratones, almohadillas de rastreo, bolas de rastreo, micrófonos, diales, almohadillas táctiles y tabletas de dibujo. Los dispositivos de salida incluyen pantallas de video, micrófonos, impresoras de inyección de tinta, impresoras láser, proyectores e impresoras de sublimación de tinte. Los dispositivos de E/S pueden ser controlados mediante un controlador de E/S 123 tal como se muestra en la figura 1B. El controlador E/S puede controlar uno o más dispositivos de E/S tales como un teclado 126 y un dispositivo señalador 127, por ejemplo, un ratón o un lápiz óptico. Además, un dispositivo de E/S también puede proporcionar un medio de almacenamiento y/o de instalación 116 para el dispositivo informático 100. En otras formas de realización adicionales, el dispositivo informático 100 puede proporcionar conexiones USB (no mostradas) para recibir dispositivos de almacenamiento USB portátiles tales como una línea de dispositivos de activación Flash USB fabricados por Twintech Industry, Inc. de Los Alamitos, California.

Haciendo referencia nuevamente a la figura 1B, el dispositivo informático 100 puede soportar cualquier dispositivo adecuado de instalación 116, tal como una unidad de disco, una unidad CD-ROM, una unidad CD-R/RW, una unidad DVD-ROM, una unidad de memoria flash, unidades de cinta de varios formatos, un dispositivo USB, un disco duro o cualquier otro dispositivo adecuado para instalar software y programas. El dispositivo informático 100 puede comprender además un dispositivo de almacenamiento, tal como una o más unidades de disco duro o matrices redundantes de discos independientes, para almacenar un sistema operativo y otro software relacionado, y para almacenar programas de aplicaciones de software, tales como cualquier programa relacionado con el software 120 para la plataforma del lado de la demanda. Opcionalmente, cualquiera de los dispositivos de instalación 116 podría ser utilizado asimismo como dispositivo de almacenamiento. Además, el sistema operativo y el software pueden ser ejecutados desde un medio de arranque, por ejemplo, un CD de arranque.

Además, el dispositivo informático 100 puede incluir una interfaz de red 118 para interconectarse con la red 104 a través de una variedad de conexiones que incluyen, pero no están limitadas a, líneas telefónicas estándar, enlaces LAN o WAN (por ejemplo, 802.11, T1, T3, 56kb, X.25, SNA, DECNET), conexiones de banda ancha (por ejemplo, RDSI, Frame Relay, ATM, Gigabit Ethernet, Ethernet sobre SONET), conexiones inalámbricas, o alguna combinación de alguno o todos los anteriores. Las conexiones pueden establecerse utilizando una variedad de

protocolos de comunicación (por ejemplo, TCP/IP, IPX, SPX, NetBIOS, Ethernet, ARCNET, SONET, SDH, Interfaz de datos distribuidos por fibra (FDDI – Fiber Distributed Data Interface, en inglés), RS232, IEEE 802.11, IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n, CDMA, GSM, WiMax y conexiones asíncronas directas). En una realización, el dispositivo informático 100 se comunica con otros dispositivos informáticos 100' mediante cualquier tipo y/o forma de puerta de enlace o protocolo de túnel tal como la capa de conector seguro (SSL - Secure Socket Layer, en inglés) o la seguridad de capa de transporte (TLS - Transport Layer Security, en inglés), o el Citrix Gateway Protocol fabricado por Citrix Systems, Inc. de Ft. Lauderdale, Florida. La interfaz de red 118 puede comprender un adaptador de red incorporado, una tarjeta de interfaz de red, una tarjeta de red PCMCIA, un adaptador de red de bus de tarjeta, un adaptador de red inalámbrica, un adaptador de red USB, un módem o cualquier otro dispositivo adecuado para interconectar el dispositivo informático 100 con cualquier tipo de red capaz de comunicarse y realizar las operaciones descritas en el presente documento.

En algunas realizaciones, el dispositivo informático 100 puede comprender o estar conectado a múltiples dispositivos de visualización 124a - 124n, cada uno de los cuales puede ser del mismo o diferente tipo y/o forma. De este modo, cualquiera de los dispositivos de E/S 130a - 130n y/o el controlador de E/S 123 puede comprender cualquier tipo y/o forma de hardware, software o combinación de hardware y software adecuados para admitir, habilitar o proporcionar la conexión y utilización de múltiples dispositivos de visualización 124a - 124n por el dispositivo informático 100. Por ejemplo, el dispositivo informático 100 puede incluir cualquier tipo y/o forma de adaptador de video, tarjeta de video, controlador y/o librería para interconectarse, comunicarse, conectarse o utilizar de otro modo los dispositivos de visualización 124a - 124n. En una realización, un adaptador de video puede comprender múltiples conectores para interactuar con múltiples dispositivos de visualización 124a - 124n. En otras realizaciones, el dispositivo informático 100 puede incluir múltiples adaptadores de video, con cada adaptador de video conectado a uno o más de los dispositivos de visualización 124a-124n. En algunas realizaciones, cualquier parte del sistema operativo del dispositivo informático 100 puede configurarse para utilizar múltiples pantallas 124a - 124n. En otras realizaciones, uno o más de los dispositivos de visualización 124a - 124n pueden proporcionarse mediante uno o más dispositivos informáticos diferentes, tales como los dispositivos informáticos 100a y 100b conectados al dispositivo informático 100, por ejemplo, a través de una red. Estas realizaciones pueden incluir cualquier tipo de software diseñado y construido para utilizar el dispositivo de visualización de otro ordenador como segundo dispositivo de visualización 124a para el dispositivo informático 100. Un experto en la técnica reconocerá y apreciará las diversas formas y realizaciones en las que un dispositivo informático 100 puede estar configurado para tener múltiples dispositivos de visualización 124a - 124n.

En otras realizaciones, un dispositivo de E/S 130 puede ser un puente entre el bus del sistema 150 y un bus de comunicación externo, tal como un bus USB, un Bus de Desktop de Apple, una conexión serie RS-232, un bus SCSI, un bus FireWire, un bus FireWire 800, un bus Ethernet, un bus AppleTalk, un bus Gigabit Ethernet, un bus de modo de transferencia asíncrono, un bus de canal de fibra, un bus de interfaz del sistema de ordenador pequeño conectado en serie o un bus HDMI.

Un dispositivo informático 100 del tipo representado en las figuras 1B y 1C normalmente funciona bajo el control de sistemas operativos, que controlan la programación de tareas y el acceso a los recursos del sistema. El dispositivo informático 100 puede ejecutar cualquier sistema operativo, como cualquiera de las versiones de los sistemas operativos MICROSOFT WINDOWS, las diferentes versiones de los sistemas operativos Unix y Linux, cualquier versión del sistema operativo MAC para ordenadores Macintosh, cualquier sistema operativo incorporado, cualquier sistema operativo en tiempo real, cualquier sistema operativo de código abierto, cualquier sistema operativo propietario, cualquier sistema operativo para dispositivos informáticos móviles, o cualquier otro sistema operativo capaz de ser ejecutado en el dispositivo informático y de realizar las operaciones que se describen en el presente documento. Sistemas operativos típicos incluyen, pero no están limitados a: Android, fabricado por Google Inc; WINDOWS 7 y 8, fabricado por Microsoft Corporation de Redmond, Washington; MAC OS, fabricado por Apple Computer de Cupertino, California; WebOS, fabricado por Research In Motion (RIM); OS/2, fabricado por International Business Machines de Armonk, Nueva York; y Linux, un sistema operativo disponible libremente distribuido por Caldera Corp. de Salt Lake City, Utah, o cualquier tipo y/o forma de un sistema operativo Unix, entre otros.

El sistema informático 100 puede ser cualquier estación de trabajo, teléfono u ordenador de escritorio, ordenador portátil o bloc de notas, servidor, ordenador de mano, teléfono móvil u otro dispositivo portátil de telecomunicaciones, dispositivo multimedia, sistema de juegos, dispositivo informático móvil o cualquier otro tipo y dispositivo informático, de telecomunicaciones o de medios con capacidad de comunicación. El sistema informático 100 tiene suficiente potencia de procesador y capacidad de memoria para realizar las operaciones descritas en el presente documento. Por ejemplo, el sistema informático 100 puede comprender un dispositivo de la familia de dispositivos IPAD o IPOD, fabricados por Apple Computer de Cupertino, California, un dispositivo de la familia de dispositivos PLAYSTATION, fabricados por Sony Corporation de Tokio, Japón, un dispositivo de la familia de NINTENDO / Wii, fabricados por Nintendo Co., Ltd., de Kioto, Japón, o un dispositivo XBOX, fabricado por Microsoft Corporation de Redmond, Washington.

En algunas realizaciones, el dispositivo informático 100 puede tener diferentes procesadores, sistemas operativos, y dispositivos de entrada coherentes con el dispositivo. Por ejemplo, en una realización, el dispositivo informático 100 es un teléfono inteligente, un dispositivo móvil, una tableta o un asistente digital personal. En otras realizaciones

adicionales, el dispositivo informático 100 es un dispositivo móvil basado en Android, un teléfono inteligente, un iPhone, fabricado por Apple Computer de Cupertino, California, o un teléfono de mano Blackberry o un teléfono inteligente tal como los dispositivos fabricados por Research In Motion Limited. Además, el dispositivo informático 100 puede ser cualquier estación de trabajo, ordenador de escritorio, ordenador portátil o bloc de notas, servidor, ordenador de mano, teléfono móvil, cualquier otro ordenador u otra forma de dispositivo informático o de telecomunicaciones con capacidad de comunicación y que tenga suficiente potencia de procesador y capacidad de memoria para realizar las operaciones descritas en el presente documento.

En algunas realizaciones, el dispositivo informático 100 es un reproductor de audio digital. En una de estas realizaciones, el dispositivo informático 100 es una tableta tal como el IPAD de Apple, o un reproductor de audio digital tal como las líneas de dispositivos IPOD de Apple, fabricados por Apple Computer de Cupertino, California. En otra de estas realizaciones, el reproductor de audio digital puede funcionar como un reproductor de medios portátil y como un dispositivo de almacenamiento masivo. En otras realizaciones, el dispositivo informático 100 es un reproductor de audio digital tal como un reproductor MP3. En otras realizaciones adicionales, el dispositivo informático 100 es un reproductor multimedia portátil o un reproductor de audio digital que admite formatos de archivo que incluyen, entre otros, MP3, WAV, M4A / AAC, AAC protegido con WMA, AIFF, audiolibro audible, formatos de archivo de audio sin pérdidas de Apple y formatos de archivo de video .mov, .m4v y .mp4 MPEG-4 (AVC de H.264 / MPEG-4).

En algunas realizaciones, el dispositivo de comunicaciones 101 incluye una combinación de dispositivos, tales como un teléfono móvil combinado con un reproductor digital de audio o un reproductor de medios portátil. En una de estas realizaciones, el dispositivo de comunicaciones 101 es un teléfono inteligente, por ejemplo, un iPhone fabricado por Apple Computer, o un dispositivo Blackberry, fabricado por Research In Motion Limited. En otra realización más, el dispositivo de comunicaciones 101 es un ordenador portátil o de escritorio equipado con un navegador web y un sistema de micrófono y altavoces, tal como un auricular de telefonía. En estas realizaciones, los dispositivos de comunicaciones 101 están habilitados para la web y pueden recibir e iniciar llamadas telefónicas.

En algunas realizaciones, el estado de una o más máquinas 101, 106 en la red 104 es monitorizado, en general, como parte de la gestión de la red. En una de estas realizaciones, el estado de una máquina puede incluir una identificación de la información de carga (por ejemplo, el número de procesos en la máquina, utilización de la CPU y la memoria), de la información de puertos (por ejemplo, el número de puertos de comunicación disponibles y las direcciones de los puertos), o del estado de la sesión (por ejemplo, la duración y el tipo de procesos, y si un proceso está activo o inactivo). En otra de estas realizaciones, esta información puede identificarse mediante una pluralidad de métricas, y la pluralidad de métricas puede aplicarse al menos en parte a decisiones en la distribución de la carga, la gestión del tráfico de red y la recuperación de fallos de red, así como cualquier aspecto de las operaciones de la presente solución descrita en el presente documento. Los aspectos de los entornos operativos y los componentes descritos anteriormente serán evidentes en el contexto de los sistemas y métodos descritos en el presente documento.

#### B. Red distribuida de comunicaciones por radio

Antes de explicar las realizaciones específicas de las presentes soluciones, puede ser útil describir aspectos de las radios definidas por software (SDR) en conexión con los métodos y sistemas descritos en el presente documento. Una SDR puede implementar funciones proporcionadas normalmente por hardware de radio (por ejemplo, mezclado, filtrado, amplificación, modulación / demodulación, detección, decodificación, codificación) en software. A modo de ejemplo, el software SDR puede realizar el filtrado de la radiofrecuencia, el filtrado de la frecuencia de audio y/o la mejora de la señal (por ejemplo, ecualización y presentación binaural). En una SDR, una cantidad de procesamiento de señal puede ser realizada por un procesador de propósito general, por ejemplo, en lugar de mediante hardware especializado. Por lo tanto, se pueden implementar diversas funciones a través de la configuración de software en un dispositivo informático, tal como las descritos en relación con las figuras 1A a 1C.

El hardware que puede ser configurado por SDR incluye sistemas incorporados y sistemas que incorporan dispositivos de matrices de puertas programables por campo (FPGA – Field Programmable Gate Array, en inglés), como ejemplos. En ciertas aplicaciones e implementaciones, algunos componentes o funciones de un dispositivo SDR descrito en el presente documento pueden permanecer en hardware, por ejemplo, un convertidor de analógico a digital. El software SDR tal como el descrito en la presente memoria puede ser de propósito especial y/o configurable. Por lo tanto, las SDR pueden configurarse para que sean capaces de recibir y transmitir varios protocolos de radio o comunicaciones. Los módulos de implementación de software de un servidor SDR 107 pueden estar escritos en una variedad de lenguajes de ordenador, tal como C, lenguaje ensamblador, Python, Java, Basic u otros lenguajes.

Las señales de frecuencia de radio (RF) se pueden convertir desde y hacia el dominio digital mediante convertidores de analógico a digital (A/D) y de digital a analógico (D/A). En una SDR, las señales RF recibidas por una antena pueden ser filtradas y amplificadas (por ejemplo, por uno o más componentes de hardware definidos mediante software) antes de ser muestreadas por un convertidor A/D (por ejemplo, uno o más componentes de hardware definidos mediante software). Un procesador que ejecuta aplicaciones de software puede procesar muestras del convertidor A/D y puede reconstruir la información transmitida. El proceso inverso puede tomar la información que se



va a transmitir y puede construir muestras de una forma de onda transmitida que se aplica a un convertidor D/A (por ejemplo, implementado como uno o más componentes de hardware definidos mediante software). A continuación, la salida del convertidor D/A puede ser filtrada y/o amplificada (por ejemplo, mediante uno o más componentes de hardware definidos mediante software) antes de ser aplicada a una antena. Se pueden utilizar etapas de conversión digital o analógica de frecuencia para convertir muestras hacia o desde la frecuencia operativa deseada (por ejemplo, dentro de uno o más componentes de hardware definidos mediante software).

En una configuración de la red distribuida de comunicaciones por radio, tales como las descritas en el presente documento en conexión con los métodos y sistemas actuales, el software SDR y/o las aplicaciones asociadas se pueden implementar en uno o más dispositivos de red. La red distribuida de comunicaciones por radio puede incluir una red de sensores inalámbricos (WSN) de área amplia o extendida o una red de máquina a máquina (M2M). Dichas redes pueden configurarse para supervisar y/o proporcionar información sobre el agua, el clima y/o la energía a los abonados en agricultura, gobierno y defensa. Dicha red puede canalizar datos generados a un nodo centralizado para procesamiento y/o combinación. En ciertas realizaciones, la red puede incluir una red de sensores basada en la nube (denominada en ocasiones en lo que sigue "nube de radio") para recopilar o recibir datos de sensores alimentados por baterías y de bajo coste. Se puede desplegar una red de puertas de enlace (por ejemplo, como parte de la nube de radio) para retransmitir transmisiones de sensores a un centro de procesamiento o a aplicaciones basadas en la nube. Las transmisiones pueden retransmitirse a través de redes IP, por ejemplo, que pueden ser inalámbricas, o de otro modo. Una plataforma de servicios web basada en la nube puede proporcionar acceso del usuario final a los datos recuperados de las transmisiones del sensor.

En algunas realizaciones, se puede implementar una parte importante de una red distribuida de comunicaciones por radio utilizando SDR. Por ejemplo, algunos sensores o puertas de enlace, o componentes de los mismos, pueden implementarse utilizando software y aplicaciones SDR específicamente adaptadas. Las SDR convencionales suelen combinar las funciones del lado del cliente, conversión digital y software en un único dispositivo, lo que requiere que todos los dispositivos de una red estén equipados con las funciones de hardware y software necesarias junto con una fuente de alimentación para alimentar todos los componentes. Las soluciones SDR descritas en el presente documento pueden configurar dispositivos específicos (por ejemplo, un servidor central) y pueden proporcionar funciones específicas, pero no las necesitan todas.

En ciertas realizaciones, la red distribuida de comunicaciones por radio está configurada para recopilar datos de toda la red sobre deficiencias tales como interferencias, a una ubicación central, por ejemplo. La red distribuida de comunicaciones por radio puede mejorar el margen del enlace de comunicación combinando los datos recibidos en múltiples ubicaciones (por ejemplo, puertas de enlace). En una red, las actualizaciones de las funciones SDR pueden requerir la diseminación física de los medios informáticos (por ejemplo, un CDROM) o pueden requerir múltiples descargas de archivos en una red de comunicaciones. Las realizaciones de la red distribuida de comunicaciones por radio que emplea SDR pueden diferir o reubicar técnicas que requieren mucho cálculo tales como diversidad de antena o múltiple entrada múltiple salida (MIMO – Multiple-Input Multiple-Output, en inglés), múltiple entrada una sola salida (MISO - Multiple-Input Single-Output, en inglés) o una sola entrada múltiple salida (SIMO - Single-Input Multiple-Output, en inglés) desde algunas o todas las radios (por ejemplo, un sensor o puerta de enlace) en la red, hasta un nodo de procesamiento central o aplicaciones específicas alojadas en una o más ubicaciones en la red. Por lo tanto, no es necesario que todas las radios de la red contengan hardware informático y funciones de software completas para manejar estas técnicas intensivas en cálculo.

En algunas aplicaciones de comunicación por radio, puede ser deseable realizar algunas de las funciones del receptor en una ubicación particular que esté muy alejada de la antena y/o de la electrónica de RF. Esto podría ocurrir cuando la complejidad de algunas funciones de recepción requiere costosos sistemas de procesamiento (por ejemplo, las aplicaciones MIMO / MISO / SIMO). En lugar de realizar estas funciones en cada receptor (por ejemplo, una puerta de enlace o un nodo intermedio), puede ser ventajoso recopilar las muestras de información de RF y enviarlas a través de una red a una ubicación remota, donde el procesamiento de SDR se puede centralizar o compartir entre múltiples radios.

A modo de ilustración, figura 2A muestra una realización de una red distribuida de comunicaciones por radio que tiene una pluralidad de nodos (100, 101) y una pluralidad de puertas de enlace (102, 103). Los nodos 100, 101 pueden comunicarse a través de uno o más canales de radio con una o más puertas de enlace (102, 103). Cada puerta de enlace (102, 103) puede estar conectada a través de un enlace 116, 117 de comunicaciones por cable o inalámbrico respectivo a través de una red 104 a uno o más servidores SDR 107.

Cada puerta de enlace puede incluir una antena, un "módulo del lado del cliente", un convertidor A/D, un convertidor D/A, un convertidor digital ascendente, un convertidor digital descendente y una interfaz de red. Uno o más módulos de software, aplicaciones u otro código ejecutable que se ejecuta en los servidores SDR 107 pueden funcionar en muestras digitales recibidas desde las puertas de enlace (102, 103), o generar muestras que a su vez son transmitidas por las puertas de enlace (102, 103) a los nodos. Al menos uno, y posiblemente una pluralidad de usuarios (105, 106) pueden estar conectados a la red 104. Los usuarios pueden acceder a los módulos en el servidor SDR 107 para ver, generar y/o recuperar información de los nodos (100, 101). Los usuarios 105 pueden acceder a los datos transmitidos por los nodos 100, 101. A modo de ejemplo no limitativo, los nodos 100, 101 pueden ser sensores inalámbricos que miden algún parámetro del entorno (por ejemplo, nivel del agua, temperatura,

humedad, presión, niveles de infrarrojos para detectar incendios, ubicación, radioactividad, niveles de sonido, actividad geológica, etc.). La red puede recopilar tales datos y puede proporcionar algunos o todos los datos a los usuarios 105 a través de páginas web, mapas, interfaces de aplicaciones, emisiones, etc. Los usuarios 105 pueden asimismo interactuar con los módulos 108 y con los nodos 100, 101, por ejemplo, configurando un nivel de alarma (por ejemplo, para la temperatura del agua) que causaría una alerta si se excede un valor umbral. Un nodo 100, 101 puede ser cualquier dispositivo que transmite y/o recibe información a través de una red, tal como sensores convencionales utilizados en WSN, o nodos de sensores personalizados y/o configurados. Ciertas realizaciones del sistema nube de radio pueden incluir nodos de solo transmisión que envían datos, mientras que otras realizaciones pueden incluir nodos que envían datos y también reciben comunicaciones, que pueden incluir instrucciones, actualizaciones, configuraciones y datos para la retransmisión.

Haciendo referencia todavía a la figura 2A, los nodos 100 y 101 pueden incluir radios de hardware y/o radios definidas mediante software. Estos nodos pueden enviar y recibir información a través de un canal de radiofrecuencia (RF). Los nodos pueden estar equipados con una sola (100) o una pluralidad de (101) antenas. Las transmisiones 112 hacia y desde un nodo 100 pueden propagarse o viajar directamente a una puerta de enlace (102, 103), tal como mediante propagación de ondas terrestres, o pueden reflejarse 110, 111 desde la ionosfera 109 de la Tierra, para formar una red de radio de alta frecuencia (HF – High Frequency, en inglés). En la propagación de ondas terrestres o superficiales, las ondas de radio pueden viajar cerca de la superficie de la Tierra sin ser reflejadas o refractadas por la atmósfera. Con la propagación de la onda terrestre, las señales de HF pueden ser fuertemente difractadas y seguir la curvatura de la Tierra hasta distancias de algunas decenas de kilómetros dependiendo de la frecuencia. Dicha propagación de onda de tierra puede incluir un modo de propagación dominante a frecuencias más bajas. Un nodo también puede enviar datos utilizando propagación en la línea de visión, en la que las ondas de radio viajan en línea recta, y tienen un modo dominante a frecuencias más altas.

En algunos aspectos, un nodo puede transmitir datos a una o más puertas de enlace a través de la onda de cielo. La propagación de la onda de cielo puede ocurrir en frecuencias de radio de onda corta, incluyendo la frecuencia media superior (MF) y toda la porción de alta frecuencia (HF) del espectro de radio. La propagación de la onda ionosférica aprovecha la propagación de las ondas de radio reflejadas o refractadas hacia la Tierra desde la ionosfera. Debido a la naturaleza de la ionosfera de la tierra, las señales en el rango de HF se pueden reflejar y pueden viajar grandes distancias. La propagación de las ondas ionosféricas se puede utilizar para retransmitir datos a receptores más allá del horizonte, a pesar de la curvatura de la Tierra, hasta rangos intercontinentales. La propagación de las ondas ionosféricas ocurre cuando las señales se reflejan fuera de la ionosfera en ángulos de incidencia altos (NVIS) o bajos (ruta larga). En particular, la propagación de ruta larga con una sola reflexión de ángulo bajo puede proporcionar rutas de transmisión de miles de kilómetros.

En ciertos aspectos, un nodo puede transmitir datos a una o más puertas de enlace a través de ondas ionosféricas de incidencia casi vertical (NVIS – Near Vertical Incidence Skywave, en inglés), que pueden admitir rangos de transmisión entre el de las ondas terrestres y las ondas ionosféricas (por ejemplo, de aproximadamente 50 a 650 km). Las ondas de radio NVIS pueden utilizar frecuencias de entre 1,8 MHz y 15 MHz. La operación NVIS puede incluir la selección de una frecuencia de funcionamiento que puede reflejarse fuera de la ionosfera, que sufre variaciones diurnas debido a los efectos ionizantes de la radiación solar. Algunas de las ventajas de las NVIS son que la pérdida de ruta de la RF correspondiente es bastante baja, lo que permite la utilización de transmisores de baja potencia, y que la propagación más allá de la zona de las NVIS se atenúa considerablemente dando como resultado un potencial de reutilización de la frecuencia. Con nodos que transmiten a través de NVIS, las ondas de radio pueden viajar hacia arriba hasta la ionosfera, donde pueden ser refractadas y recibidas en el interior de una región de hasta 650 km desde el transmisor.

La propagación ionosférica puede provocar múltiples deficiencias en una señal de RF, incluida la dispersión por retardo Doppler, rutas múltiples resultantes de variaciones de tiempo en la propagación, interferencia procedente de fuentes naturales tales como los rayos, e interferencia de transmisores que comparten el mismo espectro o el espectro cercano en otras regiones del mundo. Los sistemas y métodos actuales pueden abordar deficiencias tales como el doppler y múltiples rutas asociadas con las reflexiones e interferencias ionosféricas, y pueden mejorar el margen del enlace de comunicación combinando los datos recibidos en múltiples ubicaciones.

La utilización del espectro HF para las WSN incluye un número de desafíos que incluyen las variaciones diurnas en la ionosfera de la Tierra, el ruido natural y el provocado por el hombre e interferencia de transmisores que comparten las mismas frecuencias en otras regiones del mundo. El sistema nube de radio aprovecha la propagación de HF y la baja pérdida del espacio libre al tiempo que supera tales desafíos. Mediante la utilización de la tecnología SDR y una modulación eficiente de la potencia, ambos modos de propagación HF se pueden utilizar para optimizar una WSN para aplicaciones tales como monitorización de la humedad del suelo y monitorización de datos ambientales más amplios, en la se necesitan informes infrecuentes con pequeñas cantidades de datos con una gran cobertura geográfica. Además, el sistema nube de radio está diseñado para aprovechar los modos de propagación superficiales y de NVIS, y pueden utilizarse ubicaciones propuestas de nodos y puertas de enlace para determinar el rendimiento relativo de cada modo.

Soportando la propagación de la señal a altas frecuencias (por ejemplo, 3 a 30 MHz), utilizando baja potencia y rangos de propagación superiores a 10 km, los sistemas y métodos actuales difieren de y ofrecen ventajas sobre las

WSN convencionales, tales como las redes de malla. Las redes de malla, por ejemplo, se basan en señales de corto alcance (generalmente menos de 300 m) retransmitidas desde un nodo fuente a través de otros nodos en múltiples saltos para llegar a un dispositivo de destino. Los nodos intermedios realizan la demodulación de las señales recibidas y la modulación antes de la retransmisión. Tal procesamiento adicional resulta en una mayor complejidad y coste de cada nodo de red. En aplicaciones tales como la monitorización remota de la humedad del suelo en operaciones agrícolas a gran escala, el coste, los requisitos de batería y la limitada cobertura del servicio celular hacen que las redes de datos celulares sean inadecuadas para la monitorización medioambiental. Las redes satelitales son incluso más costosas de operar (generalmente más de 15 dólares/mes/nodo) que las celulares, requieren antenas más grandes y tienen limitaciones de la línea de visión que impiden su utilización con cultivos altos o follaje.

Para reducir las necesidades de energía, los sistemas y métodos actuales pueden aprovecharse de las necesidades de velocidades de datos más bajas (por ejemplo, 100 bps) de ciertas aplicaciones. Las formas de onda eficientes en ancho de banda (por ejemplo, modulación por desplazamiento de fase (PSK – Phase-Shift Keying, en inglés)) pueden utilizarse cuando se requiere una velocidad de datos de enlace más alta para un ancho de banda dado. Las formas de onda eficientes en potencia (por ejemplo, PSK, M-PSK) pueden intercambiar la eficiencia del ancho de banda para reducir la potencia de transmisión necesaria en aplicaciones de energía restringida, tales como las WSN alimentadas por baterías.

Las transmisiones 114, 115 de un nodo 101 pueden utilizar múltiples antenas para proporcionar capacidades de MIMO o MISO en el interior de la red. En algunos casos, los nodos (por ejemplo, los nodos solo de transmisión) pueden emplear un protocolo de control de acceso a medios (MAC – Media Access Control, en inglés) o algún otro protocolo para programar sus transmisiones. Se puede programar una transmisión en un tiempo y/o frecuencia específicos para minimizar el potencial de colisiones con las transmisiones de otros nodos, por ejemplo, utilizando multiplexación por división del tiempo y/o la frecuencia. Por ejemplo, las coordenadas GPS u otro identificador u otros identificadores del nodo podrían utilizarse para seleccionar o identificar un tiempo específico y/o un rango de frecuencia para una transmisión respectiva.

En ciertas realizaciones, una puerta de enlace (102, 103) puede incluir un transceptor, una antena, uno o más componentes del lado del cliente para convertir y amplificar señales de RF, convertidores A/D y D/A, un circuito convertidor digital y/o una interfaz de red. La puerta de enlace puede incluir un transceptor SDR o una interfaz SDR. Cada una de las puertas de enlace puede configurarse para recibir diferentes tipos / modos de transmisiones desde uno o más de los nodos. Por ejemplo, una puerta de enlace puede configurarse para recibir señales de uno o más de los tres modos (onda superficial, NVIS y onda ionosférica larga). La puerta de enlace puede realizar un muestreo directo en las señales recibidas en la puerta de enlace. La puerta de enlace puede convertir a una menor frecuencia (por ejemplo, a través de un convertidor digital descendente) las señales recibidas sin demodular las señales. La puerta de enlace puede muestrear las señales convertidas a una menor frecuencia y puede transmitir estas muestras a través de una red (tal como Internet) a una ubicación remota / central para su procesamiento.

La puerta de enlace puede muestrear las señales recibidas en una frecuencia designada en un tiempo designado, por ejemplo, tal como lo indica el software de un servidor SDR. Una interfaz de red de la puerta de enlace puede retransmitir muestras del espectro de RF hacia y desde la red 104. La red puede comprender una red privada con conmutación por paquetes, una red pública, Internet o cualquier otra área amplia o red de área local. La interfaz de red puede comprender una Ethernet u otra interfaz. La interfaz de red puede permitir que los módulos de procesamiento de radio sean remotos en cualquier lugar de una red sin limitarlos dentro de la puerta de enlace o un dispositivo conectado próximamente a la puerta de enlace. En ciertas realizaciones, los módulos de procesamiento de radio se configuran a través de SDR en un dispositivo informático (por ejemplo, un servidor SDR) conectado a la puerta de enlace (por ejemplo, a través de USB). La puerta de enlace puede comprimir las muestras antes de retransmitir las muestras comprimidas a un servidor SDR central.

En ciertas realizaciones, el software de la puerta de enlace convierte las señales recibidas a banda base para reducir el ancho de banda requerido para enviar muestras de la señal al servidor SDR para un tratamiento posterior. Los nodos y las puertas de enlace se pueden sincronizar de acuerdo con la información GPS (por ejemplo, incrustada en las señales recibidas) de modo que las señales recibidas se agrupen o se separen apropiadamente, y las muestras se alineen correctamente en el tiempo. Las transmisiones de señal de los nodos pueden incluir información de temporización, sincronización y/o secuencia incrustada en la porción o porciones de carga útil y/o encabezado de las señales. En ciertas realizaciones, los nodos y puertas de enlace pueden recibir y/o utilizar información de fuentes de GPS para una sincronización de alta precisión en el tiempo. En ciertas realizaciones, el sistema nube de radio puede utilizar la sincronización en el tiempo del GPS para recuperar la temporización de símbolos y para soportar el acceso múltiple. Algunas o todas estas etapas de procesamiento, que pueden requerir muchos cálculos, pueden diferirse de la puerta de enlace al servidor SDR. El coste de las puertas de enlace puede reducirse ya que tales puertas de enlace no demodulan y/o procesan significativamente las transmisiones recibidas de los nodos.

En ciertas realizaciones, una red puede comprender una pluralidad de nodos, puertas de enlace y/o usuarios. Una red 104 puede estar conectada a uno o a múltiples servidores SDR 107 como en una red informática en la nube. Los módulos 108 que se ejecutan en el servidor o los servidores SDR pueden realizar diversas funciones para recuperar

datos de nodo de las muestras enviadas por las puertas de enlace 102, 103 a través de la red 104. De manera similar, estos módulos 108 pueden generar asimismo muestras que contienen información para enviar al uno o más nodos. Se pueden seleccionar y/o configurar antenas en una puerta de enlace para dar preferencia a un tipo de propagación u otro (por ejemplo, antenas que tienen un patrón de radiación de ángulo alto que puede dar preferencia a la propagación NVIS).

Los servidores SDR 107 pueden comprender cualquier tipo de dispositivo informático configurado por medio del software SDR. Mediante la configuración, un servidor SDR puede incluir uno o más módulos que realizar un procesamiento específico de muestras de señales de radio. Los módulos en el servidor o los servidores SDR 107 pueden incluir, entre otros, lógica y funcionalidad para realizar filtrado, rechazo de interferencia, modulación / demodulación, cifrado / descifrado, corrección de errores de transmisión (FEC – Forward Error Correction, en inglés), codificación / decodificación, procesamiento MIMO / MISO / SIMO, formación de haz y procesamiento de diversidad de antenas (por ejemplo, combinación de máxima probabilidad y codificación de diversidad), acceso a bases de datos e interfaz de usuario. En una realización, todos los módulos 108 pueden residir en un único servidor SDR 107. Sin embargo, en realizaciones alternativas, pueden residir menos de todos los módulos 108 en cada uno de una serie de servidores 107 SDR. Un usuario 105 puede acceder a datos de nodo recuperados por medio de una interfaz de usuario a través de la red 104.

En algunos aspectos, el procesamiento MIMO implica la utilización de múltiples antenas tanto en el transmisor como en el receptor para mejorar el rendimiento de la comunicación, proporcionando de manera efectiva múltiples canales para la comunicación. MIMO ofrece aumentos significativos en el caudal de datos y el rango de enlaces sin un ancho de banda adicional o una mayor potencia de transmisión, por ejemplo, distribuyendo la misma potencia total de transmisión sobre las antenas para conseguir una ganancia de matriz que mejore la eficiencia espectral o para conseguir una ganancia de diversidad que mejore la fiabilidad del enlace (reducción del desvanecimiento). SIMO mejora de manera similar el rendimiento de la comunicación ofreciendo múltiples antenas de recepción que pueden proporcionar una ganancia de diversidad.

La formación de haz se utiliza en matrices de sensores para la transmisión o recepción de señales direccionales, para conseguir una selectividad espacial. Esto se consigue combinando elementos en una matriz en fase de tal manera que las señales en ángulos particulares experimentan una interferencia constructiva, mientras que otras experimentan una interferencia destructiva. En algunas realizaciones, la formación de haz tal como se implementa en el sistema nube de radio se puede denominar formación distribuida de haz. El sistema nube de radio puede incluir varias antenas (puerta de enlace) separadas por grandes distancias para recopilar información de fase y amplitud en las señales de nodo. El sistema nube de radio puede utilizar esta información en el servidor SDR para formar 'haces' virtuales que mejoren selectivamente las señales procedentes de una dirección y reducir las señales procedentes de otras direcciones. En efecto, esta colección de antenas de puerta de enlace funciona como una gran antena orientable de alta ganancia.

La diversidad de antenas utiliza dos o más antenas para mejorar la calidad y la fiabilidad de un enlace inalámbrico. A menudo, no hay una línea de visión clara entre el transmisor y el receptor, y una señal puede reflejarse a lo largo de múltiples rutas antes de ser finalmente recibida. Cada uno de estos rebotes puede introducir cambios de fase, retrasos en el tiempo, atenuaciones y distorsiones que pueden interferirse destructivamente entre sí en la apertura de la antena de recepción. La diversidad de la antena mitiga estas situaciones de múltiples rutas, porque las múltiples antenas ofrecen varias observaciones de la misma señal, experimentando un entorno de interferencia diferente. Por lo tanto, si una antena experimenta un desvanecimiento profundo, es probable que otra tenga una señal suficiente. En conjunto, tal sistema puede proporcionar un enlace robusto.

Haciendo referencia aún a la figura 2A, el nodo 100 y el nodo 101 pueden incluir radios digitales comerciales, estándar o específicamente configuradas que funcionan en HF, VHF, UHF o en otras frecuencias. En ciertas realizaciones, se emplean radios que funcionan dentro del intervalo de alta frecuencia (HF), que comprende un espectro de 3 a 30 MHz, para nube de radio. Las señales de HF pueden ser reflejadas por las diversas capas de la ionosfera terrestre y pueden viajar largas distancias. El espectro de ondas HF ha sido utilizado ampliamente para una variedad de servicios tales como la radiodifusión en onda corta, las comunicaciones marinas y aeronáuticas y otras comunicaciones comerciales y de defensa; hoy en día, la mayor parte de este espectro no se utiliza (por ejemplo, con la excepción de en radiodifusión de onda corta, radio afición y defensa). Además de la subutilización y la disponibilidad de este espectro, las transmisiones HF pueden ser deseables para los sensores inalámbricos en exteriores porque las señales de HF de baja potencia pueden viajar largas distancias.

Un nodo puede ser configurado para transmitir en una o más frecuencias en función de la ubicación o la distancia desde una puerta de enlace de recepción. Un nodo puede ser configurado para transmitir en una o más frecuencias en función de factores tales como el terreno, la hora del día, la estación, el clima, los modos de propagación admitidos, etc. Un nodo puede transmitir en una frecuencia que maximiza la posibilidad de transmisión satisfactoria a una puerta de enlace de recepción. Las características de propagación de la ionosfera pueden cambiar debido a los efectos de la radiación solar. Esto puede significar que la frecuencia o rango utilizables máximos aumenta por la noche. En un caso simple, ciertas realizaciones de un nodo pueden cambiar entre dos frecuencias o rangos de frecuencia durante el día y la noche. Una sola transmisión puede viajar a través de onda terrestre, o de uno o ambos modos de onda ionosférica, dependiendo de la ubicación de una puerta de enlace que recibe la señal.

Los nodos de nube de radio pueden incluir nodos inalámbricos que comprenden cada uno de ellos uno o más sensores. Estos nodos pueden incluir una radio capaz de enviar y/o recibir información digital tal como señales o muestras de radiofrecuencia. Las puertas de enlace 102 o 103 pueden construirse a partir de componentes de radio comerciales, personalizados o específicamente programados, tales como antenas, convertidores de RF, amplificadores, convertidores A/D y D/A, FPGA, microprocesadores y/o componentes SDR. El servidor o los servidores SDR 107 pueden comprender dispositivos informáticos, por ejemplo, pero sin limitarse a servidores informáticos estándar que ejecutan Microsoft Windows o el sistema operativo Linux. El servidor o los servidores SDR pueden estar dedicados a una aplicación / tarea definida, y pueden comprender un servicio informático en la nube que puede utilizar uno o más servidores virtuales.

En algunas realizaciones, y haciendo referencia de nuevo a la figura 2A, un nodo 100 envía una transmisión 112, 113 que se recibe en la puerta de enlace 102 y/o la puerta de enlace 103. Las muestras de la señal recibida pueden enviarse o dirigirse a un módulo de diversidad de antena en un servidor SDR, donde pueden sincronizarse en el tiempo y combinarse, por ejemplo, para mejorar la relación de señal a ruido (SNR – Signal to Noise Ratio, en inglés) y/u otros parámetros. Alternativamente, el nodo 100 y el nodo 101 pueden enviar cada uno una señal codificada de espacio-tiempo que es recibida por la puerta de enlace 102 y/o la puerta de enlace 103, que pueden enviar muestras a un módulo MIMO / SIMO para mejorar la velocidad de transmisión / el caudal de la señal, la SNR u otro parámetro de la señal recibida. El procesamiento MIMO / SIMO puede realizarse completamente mediante software (por ejemplo, por medio de la configuración del software SDR, en lugar de hardware de radio personalizado).

La configuración de una o más puertas de enlace puede incluir un conjunto de antenas distribuidas. Estas antenas distribuidas pueden recopilar señales dispares de múltiples rutas o modos de propagación desde una o más ubicaciones para su agregación / procesamiento en una ubicación central predefinida. Las antenas distribuidas pueden configurarse para soportar estrategias de diversidad de antena y de formación de haz. En algunas realizaciones, la puerta de enlace 102 y/o la puerta de enlace 103 pueden transmitir señales codificadas de espacio-tiempo 114 y 115 al nodo 101, de tal manera que se puede mejorar la velocidad / el caudal, la SNR u otros parámetros del enlace.

La figura 2B es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de las etapas que pueden utilizarse para implementar un módulo de diversidad de antena, tal como el mostrado en la figura 2A. En la etapa 200, un nodo transmite una señal de radiofrecuencia que es recibida por múltiples puertas de enlace a través de tres rutas 201, 202 y 203, o de cualquier otro número de rutas de transmisión. Estas rutas pueden ser directas desde el nodo hasta la puerta de enlace, a través de una ruta de onda terrestre, a través de una reflexión fuera de la ionosfera y/o a través de otro tipo de ruta. Las señales de estas rutas se pueden convertir a una frecuencia menor, por ejemplo, a una frecuencia de banda base, y se pueden muestrear en cada una de las puertas de enlace. Las muestras pueden sincronizarse en el tiempo en la etapa 205, por ejemplo, utilizando información de GPS local u otra información de temporización. Las muestras pueden agregarse juntas o combinarse de otro modo en la etapa 206 (por ejemplo, a pesar de estar basadas en señales recibidas a través de un conjunto distribuido de antenas / puertas de enlace) y, a continuación, las muestras combinadas pueden enviarse al módulo de demodulación en la etapa 207, donde son procesadas como si las muestras procedieran de una sola ruta. Por lo tanto, la demodulación y otras técnicas de procesamiento (por ejemplo, SIMO / MIMO) pueden realizarse como si se tratara de un sistema no distribuido. La relación de señal a ruido resultante puede mejorarse como consecuencia de la adición de la muestra.

La figura 2C es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de las etapas que pueden utilizarse para implementar un módulo de rechazo de interferencia mostrado en la figura 2A. En la etapa 300, un nodo puede transmitir una señal de radiofrecuencia a través de una ruta 302 que es recibida por una primera puerta de enlace. En la etapa 301, las muestras de interferencia pueden ser recibidas en la primera puerta de enlace a través de la ruta 303 y ser recibidas por una segunda puerta de enlace a través de la ruta 304. Una o más rutas 303, 304 pueden ser directas desde el nodo a la puerta de enlace, a través de una ruta de onda terrestre, a través de una reflexión fuera de la ionosfera, o a través de otra ruta. Las señales de interferencia pueden identificarse, por ejemplo, conectando antenas polarizadas vertical y horizontalmente a una puerta de enlace. Por ejemplo, las antenas verticales, tales como los monopolos, pueden tener un ángulo de radiación menor que otros tipos de antenas HF, tales como los bucles. Las señales polarizadas verticalmente pueden ser más prominentes de las fuentes de ruido causadas por el hombre, tal como la ignición de los automóviles y los arcos en las líneas de transmisión eléctrica. Las señales procedentes de fuentes distantes, tales como las estaciones de transmisión de onda corta, tienen más probabilidades de llegar a ángulos de reflexión bajos, ya que viajan mediante múltiples reflexiones ionosféricas. Las señales de las fuentes de interferencia también pueden reducirse mediante la utilización de técnicas de matriz en fase, en las que se crea un nulo en el patrón general de antenas en la dirección de una fuente conocida de interferencia. Un tipo de antena puede estar más predisuesto a la adquisición de señales de nodo, por ejemplo, que el otro tipo de antena. El otro tipo de antena puede estar predisuesto a adquirir ruido o señales de interferencia, por ejemplo, ruido o señales de interferencia que el primer tipo de antena puede captar además de las señales del nodo.

En la etapa 305, muestras de la puerta de enlace 1 que comprenden la señal deseada más la señal de interferencia y muestras de la puerta de enlace 2 que comprende las señales de interferencia pueden pasarse a la siguiente etapa 306. En la etapa 306, las muestras que contienen la señal de interferencia pueden sustraerse de las muestras que comprenden la señal deseada más la señal de interferencia. En la etapa 307, las muestras de señal deseadas

pueden ser enviadas al proceso de demodulación donde las muestras pueden ser procesadas como si las muestras se recibieran sin señales de interferencia.

5 Las ventajas de las realizaciones descritas incluyen, sin limitación, minimizar el coste de proporcionar una red inalámbrica mediante la utilización de un servidor o servidor de radio definido mediante software central. La relación de señal a ruido de los enlaces inalámbricos se puede mejorar combinando las señales recibidas en múltiples ubicaciones. La SNR puede mejorarse combinando señales que se reciben a través de diferentes rutas de propagación y/o de diferentes modos de propagación. Por ejemplo, pueden crearse diferentes rutas de señal por los diferentes modos de propagación y/o mediante los efectos de múltiples rutas creadas por el movimiento de las capas ionosféricas. En base a la propagación diurna, algunas transmisiones de nodo (por ejemplo, desde un único nodo) 10 pueden recibirse por una puerta de enlace, y otras, por ambas puertas de enlace. Las funciones de procesamiento asociadas con formas de onda de radio complejas se pueden realizar en uno o más servidores centralizados potentes, o estar distribuidas en una pluralidad de recursos informáticos. Las actualizaciones de ciertas funciones SDR para adaptarse a los nuevos estándares inalámbricos se pueden implementar rápidamente cambiando solo el software en los servidores SDR.

15 A modo de ilustración y sin pretender ser limitativo, un nodo de nube de radio puede incluir un sensor inalámbrico alimentado por batería. La batería del nodo puede comprender una batería recargable, por ejemplo, que puede ser recargada mediante energía solar. El nodo puede incluir un microcontrolador (por ejemplo, un procesador de 8 bits) con un conjunto de periféricos, tales como (i) un módulo de GPS, para obtener información de geolocalización y una referencia de temporización global, (ii) sensores digitales, que pueden comprender circuitos integrados de sensores con interfaces digitales que se conectan al bus I2C o al bus SPI del microcontrolador, por ejemplo, (iii) sensores 20 analógicos, que pueden incluir circuitos de sensores con salidas analógicas que se conectan a los convertidores A/D del microcontrolador, y (iv) un transmisor de radio, que puede incluir un transmisor de codificación por desplazamiento de frecuencia (FSK – Frequency-Shift Keying, en inglés) controlado digitalmente, por ejemplo. En algunas realizaciones, el transmisor puede ser un transmisor de codificación por cambio de fase (PSK – Phase-Shift Keying, en inglés), o un transmisor que soporta cualquier otra técnica de modulación. Desde la perspectiva de una interfaz, y a modo de ejemplo, el microcontrolador puede controlar un oscilador de HF controlado digitalmente para seleccionar un canal, y puede secuenciar un puerto de salida paralelo de entrada / salida de propósito general (GPIO – General Purpose Input / Output, en inglés) para proporcionar cualquier señal de banda base digital necesaria. Para ilustración, la figura 2D representa una realización de un diagrama de bloques que incluye módulos 30 funcionales de un nodo. El nodo puede proporcionar asimismo uno o más de lo siguiente: (v) señales de control, donde una o más GPIO pueden utilizarse para conectar o desconectar selectivamente las partes del nodo, tal como la radio o los circuitos del sensor para ahorrar energía, (vi) un diodo emisor de luz (LED – Light-Emitting Diode, en inglés), un zumbador y/o botones para comunicarse con un ser humano durante la fabricación o el tiempo de instalación, y (vii) una consola de serie, que puede incluir una interfaz de serie síncrona con un analizador de órdenes para la configuración, la fabricación y la depuración del dispositivo, por ejemplo.

En ciertas realizaciones, las responsabilidades del microcontrolador de nodo pueden incluir uno o más de lo siguiente: (i) activar ciertas funciones del nodo periódicamente mediante un temporizador, (ii) leer el sensor o los sensores, (iii) interactuar con el GPS, (iv) mantenimiento de un reloj en tiempo real (RTC – Real Time Clock, en inglés), (v) generación de informes de sensores, (vi) selección de un canal e intervalo de tiempo apropiados para 40 transmisión / recepción, (vii) codificación de informes para la transmisión, (viii) ajustes de configuración de lectura / escritura, por ejemplo ajustes de configuración no volátiles (NV), (ix) responder a pulsadores externos / dispositivos de entrada y ajustar las salidas de los LED o zumbadores según sea necesario, (x) proporcionar una consola de serie para la configuración, prueba de fabricación y/o depuración del dispositivo por ejemplo, y (xi) proporcionar un gestor de arranque utilizado para actualización de campo y/o programación del firmware durante la fabricación. En algunas realizaciones, el software del nodo puede ser lo suficientemente simple como para ser implementado como una tarea única, con una máquina de estados controlada por eventos para el bucle principal, por ejemplo. Los gestores de interrupción pueden soportar cualquier E/S dependiente del tiempo y función de temporización. La ubicación mediante GPS se puede enviar ocasionalmente o en tiempos establecidos para conservar el ancho de banda de la transmisión.

50 En algunas realizaciones, un nodo genera y/o codifica informes del sensor para la transmisión a una o más puertas de enlace. El nodo puede agregar cualquier información de control de nivel MAC necesaria, tal como secuencias de puntos, palabras de sincronización o identificadores de protocolo. El nodo puede realizar una codificación de corrección de errores de transmisión (FEC), por ejemplo, utilizando un código convolucional de tasa 1/2 ( $k = 32$ ) para proteger el paquete frente a errores. El nodo puede incluir o incorporar código de librería para implementar la codificación. El nodo puede realizar blanqueamiento de datos para garantizar un espectro limpio. El nodo puede 55 realizar FSK, PSK u otros tipos de codificación. Dependiendo de cómo se realiza la modulación, el nodo puede generar una palabra paralela de 4 bits para cada símbolo, generando un valor de conversión de digital a analógico (DAC – Digital to Analog Conversion, en inglés), o emitiendo una orden a un oscilador controlado numéricamente (NCO – Numerically-Controlled Oscillator, en inglés) para cambiar a una frecuencia especificada.

60 La figura 2E representa una realización de un nodo de nube de radio. El nodo puede incluir uno o más sensores 406, tal como para controlar la temperatura, la humedad, la velocidad / dirección del viento, la humedad del suelo, etc. El sensor o los sensores pueden estar conectados a un microcontrolador (MCU – Micro-Controller Unit, en inglés) 405.

La MCU puede incluir un convertidor A/D, una memoria FLASH y una memoria RAM, puertos de E/S y/o una CPU. Se puede utilizar un temporizador, por ejemplo, incorporado en la MCU para "activar" periódicamente la MCU desde un modo de reposo de baja potencia, a fin de ahorrar la energía de la batería. Cuando la MCU se activa, los datos de los sensores 406 pueden ser digitalizados mediante el convertidor A/D y combinados con información de sincronización y corrección de errores de transmisión (FEC) para crear un paquete. Una vez que se ha creado el paquete del sensor, el software del nodo puede seleccionar un tiempo y una frecuencia de transmisión basándose en una combinación de configuración y/o de información de GPS. Una vez que se determina el tiempo y la frecuencia apropiados para una transmisión, puede comenzar un período de transmisión.

Durante el período de transmisión, la información binaria del paquete se puede utilizar para variar la frecuencia de un oscilador 404, que puede ser un oscilador de cristal controlado por tensión (VCXO – Voltage Controlled CRystal Oscillator, en inglés), un sintetizador de frecuencia o un sintetizador digital directo (DDS – Direct Digital Synthesizer, en inglés), que se utiliza para generar la frecuencia de la portadora. La señal de salida del oscilador puede filtrarse (403) para eliminar las señales espurias y luego amplificarse a un nivel de potencia adecuado para su transmisión por el amplificador de potencia 402. La potencia de salida requerida para comunicaciones fiables puede reducirse en virtud de la capacidad del servidor SDR de la central para combinar información de múltiples rutas de propagación y múltiples puertas de enlace. La salida del amplificador de potencia 402 puede comprender una portadora modulada en frecuencia y puede filtrarse mediante un segundo filtro 401 para eliminar las señales espurias generadas por el amplificador de potencia 402. La salida del amplificador de potencia filtrado puede aplicarse a una antena 400 que puede ser una antena personalizada o convencional tal como un monopolo, dipolo o Yagi, o una antena compacta tal como una antena de bucle que puede cargarse mediante una ferrita para reducir aún más su tamaño. Los elementos del nodo pueden ser alimentados por la batería 407 que podría ser una batería principal desechable o una batería secundaria recargable. Si se utiliza una batería secundaria, podría ser recargada mediante una célula fotovoltaica (PV) 409. En algunas otras realizaciones, las técnicas SDR y un convertidor D/A pueden utilizarse para generar la frecuencia de la portadora, lo que puede ser un enfoque menos costoso para FSK, PSK o ciertos otros tipos de formas de onda.

Un nodo puede transmitir datos como señales de RF, que pueden comprender paquetes de datos (en ocasiones denominados indistintamente tramas, datagramas o mensajes). El nodo puede codificar los paquetes en dos o más capas, por ejemplo, la capa PHY y la capa MAC. La capa PHY puede representar la codificación física de símbolos en la portadora de radio, por ejemplo, siendo 4-FSK transmitidos a 1,46 baudios (WSPR), o 16-FSK transmitidos a un baudio predeterminado, por ejemplo. La carga útil de datos del paquete puede estar limitada a 50 bits, aunque esto puede reconfigurarse o ampliarse. Ciertas formas de realización de un nodo pueden admitir o emplear múltiples claves de desplazamiento de frecuencia (MFSK – Multiple Frequency-Shift Keying, en inglés) y cualquier tipo / variación de las mismas, tales como múltiples frecuencias de doble tono (DTMF – Dual-Tone Multi-Frequency, en inglés), MFSK8, MFSK16, Olivia MFSK, Coquelet, Piccolo, ALE (MIL -STD 188-141), DominoF, DominoEX, THROB, CIS-36 MFSK o CROWD-36, XPA, XPA2, FSK441, JT6M, JT65, sin limitación. Algunas realizaciones pueden soportar o emplear cualquier tipo o variación de modulación por desplazamiento de fase (PSK), tal como cambio de fase diferencial (DPSK – Differential Phase-Shift Keying, en inglés), modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK – Binary Phase-Shift Keying, en inglés), modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK – Quadrature Phase-Shift Keying, en inglés) y variaciones de la misma (por ejemplo, OQPSK,  $\pi/4$ -QPSK, SOQPSK, DPQPSK). Un nodo puede soportar asimismo modulación por desplazamiento de amplitud (ASK – Amplitude-Shift Keying, en inglés), por ejemplo, OOK, 8VSB, o cualquier combinación de ASK, PSK y/o FSK. Ciertas realizaciones de un nodo pueden admitir o emplear multiplexación por división de la frecuencia (FDM – Frequency Division Multiplexing, en inglés), tal como OFDM, multiplexación por división de fase (PDM - Phase Division Multiplexing, en inglés), modulación de amplitud en cuadratura (QAM – Quadrature Amplitude Modulation, en inglés), banda ultraancha (UWB – Ultra-Wideband Modulation, en inglés), modulación de fase continua (CPM – Continuous Phase Modulation, en inglés) y/o técnicas de espectro extendido (por ejemplo, DSSS, FHSS, THSS, CSS, UWB).

A modo de ilustración no limitativa, una trama PHY puede ser codificada utilizando una carga útil MAC de  $N = 50$  bits de datos. El nodo puede aplicar codificación binaria utilizando código convolucional ( $k = 32$ ,  $r = 1/2$ ) para producir  $(N + k - 1) * 2 = 162$  bits de código, por ejemplo. El nodo puede modular los bits de código utilizando 4-FSK de fase continua, por ejemplo, donde un bit de cada símbolo puede ser accionado por el un vector de sincronización pseudoaleatorio (por ejemplo, de 16 bits). El nodo puede transmitir la trama resultante  $(162 + 162) / 2 = 162$  símbolos a 1,46 baudios con una separación entre tonos de 1,46 Hz que produce una longitud de transmisión final de 110,6 segundos. Cada transmisión puede tener rangos de tiempo, comenzando dos segundos en un límite de 2 minutos por tiempo de tiempo universal coordinado (UTC – Coordinated Universal Time, en inglés) (por ejemplo, a las hh:00:02, hh:02:02, etc.), por ejemplo. La transmisión puede ocupar un ancho de banda de aproximadamente 6 Hz.

En algunas realizaciones, una trama PHY puede codificarse utilizando una carga útil de MAC de  $N$  bits, tal como 127 bits. El nodo puede aplicar codificación binaria utilizando código convolucional ( $k = 32$ ,  $r = 1/2$ ) para producir  $(N + k - 1) * 2 = 316$  bits de código. El nodo puede modular los bits de código utilizando 16 FSK de fase continua, donde el mensaje va precedido por un vector de sincronización (sincronización) equilibrado (por ejemplo, 16 símbolos), por ejemplo. El nodo puede transmitir la trama resultante  $(316/4) + 16 = 95$  símbolos en un baudio predeterminado con una separación entre tonos específica. Cada transmisión puede ser en intervalos de tiempo. El vector de sincronización se puede emplear para proporcionar una referencia inequívoca al comienzo del paquete para facilitar

la decodificación de las tramas. El vector de sincronización puede diseñarse para proporcionar un equilibrio uniforme de unos y ceros y mostrar una baja autocorrelación. Al menos 14 de los 16 símbolos pueden tener que coincidir con el vector de sincronización antes de intentar decodificar la trama. El nodo puede configurarse para permitir un margen de  $\pm 4$  símbolos.

- 5 A modo de ilustración no limitativa, una trama MAC puede incluir una envolvente externa fija y una carga útil de mensaje interna variable, y puede incluir uno o más de los siguientes campos:

Campo	Tipo	Número de bits	Descripción
Dirección Mac de la fuente	UINT	28	Dirección del nodo de transmisión
Tipo de mensaje	UINT	4	Tipo del mensaje contenido
Carga útil del mensaje	variable	$\leq 68$	Carga útil del mensaje

- 10 La longitud de la carga útil del mensaje puede depender del tipo de mensaje. A modo de ejemplo, para un tipo de mensaje más largo de 68 bits, una longitud máxima de trama de MAC de  $28 + 4 + 68 = 100$  bits. Para tener en cuenta la mayor demanda de datos, se puede implementar un espacio para expansión de hasta 127 bits.

En algunas realizaciones, una trama MAC puede incluir uno o más de los siguientes tipos de mensajes: (i) Tipo de mensaje 0x0 - INFO (46 bits), cuya forma de realización ilustrativa se describe a continuación:

Campo	Tipo	Número de bits	Descripción
Longitud	UINT	23	Ubicación GPS del nodo (5 m de resolución)
Latitud	UINT	23	Ubicación GPS del nodo (5 m de resolución)
Versión del firmware	UINT	10	Versión del firmware

- 15 (ii) Tipo de mensaje 0x1 - DATOS DEL SENSOR (36 bits), de los cuales se describe a continuación una realización ilustrativa:

Campo	Tipo	Número de bits	Descripción
Número de secuencia	UINT	8	Contador de vuelco incrementado para cada transmisión única.
Estado	UINT	4	Estado del nodo 0x0 = Normal 0x1 = Batería baja 0x2 = Fallo de GPS 0x3 = Otro fallo 0x4 – 0xF = reservado
Registro de sensor_0	REGISTRO	28	Registro del sensor actual (véase a continuación)
Registro de sensor_1	REGISTRO	28	Registro del sensor anterior

Puede incluirse una copia de un registro de sensor anterior en el mensaje para redundancia en caso de que la transmisión anterior no se haya recibido. Un registro de sensor puede definirse como:

Campo	Tipo	Número de bits	Descripción
Temperatura	UINT	10	Temperatura medida, en 0,1 °C, con 0x00 = -40,0 °C.
Humedad	UINT	10	Humedad relativa medida, en 0,1%, con 0x00 = 0,0%
Presión	UINT	8	Presión medida, en 0,1 kPa, con 0x00 = 85 kPa

- 20 e (iii) Tipo de mensaje 0xF - TEST (40 bits), del cual se describe a continuación una realización ilustrativa:



Campo	Tipo	Número de bits	Descripción
Número de secuencia	UINT	8	Contador de vuelco incrementado para cada transmisión única.
Información de depuración	UINT	32	Información de depuración

Es posible configurar o reservar tipos de mensajes adicionales para una utilización / expansión futura.

5 Tal como se explicó anteriormente, una pluralidad de puertas de enlace puede recibir señales transmitidas por uno o más nodos. Una puerta de enlace puede comprender un dispositivo intermediario que puentea una red inalámbrica (incluidos uno o más nodos) con una red fija (que incluye un servidor SDR). Una puerta de enlace puede recibir  
 10 señales o paquetes de radio que comprenden uno o más informes de sensores desde los nodos, y puede reenviarlos a un servidor (denominado en ocasiones servidor de nube) en Internet, por ejemplo. En ciertas realizaciones, los paquetes de radio no se demodulan en la puerta de enlace. El procesamiento de la señal de la puerta de enlace puede detenerse en la reducción de la señal a bloques de muestras de banda base I y Q. Una  
 15 puerta de enlace puede comprender un ordenador de placa única (SBC – Single Board Computer, en inglés) con capacidad de conexión de red (por ejemplo, un procesador de interfaz de puerta de enlace (GIP – Gateway Interface Processor, en inglés)). La puerta de enlace puede ejecutar Linux embebido u otro sistema operativo. La puerta de enlace puede estar conectada a un receptor SDR, ya sea directamente o a través de una conexión de red.

15 En ciertas realizaciones, la puerta de enlace incluye una pluralidad de módulos que pueden implementarse en hardware o en software que se ejecuta en hardware de la puerta de enlace. Algunos de estos módulos pueden proporcionar una funcionalidad que incluye una o más de: (i) interacción con un receptor SDR, (ii) disminución de la frecuencia de la banda de HF completa recibida en señales de banda base individuales para cada canal, (iii) distribución de cada señal de banda base según canal e intervalo de tiempo, produciendo "bloques de banda base",  
 20 (iv) cálculo de un espectrograma en miniatura para cada bloque, (v) etiquetado y marca de tiempo de cada bloque de banda base, adjuntando un espectrograma, y cargándolo al servidor SDR, e (vi) interacción con un módulo GPS para geolocalización y referencia de temporización, y/o (vii) lectura / escritura de un archivo de configuración. Algunos de estos módulos pueden proporcionar (viii) una consola en serie para configuración, prueba de fabricación y depuración, (ix) un panel de control del servidor web para configuración y supervisión, y/o registro de eventos.  
 25 Ciertos módulos pueden incorporar o estar implementados con un lenguaje de programación o script, como Python o C. Las figuras 2F y 2G son diagramas de bloques de realizaciones de una puerta de enlace para recibir y procesar transmisiones de nodos. En el frente de procesamiento de señal, la puerta de enlace puede incorporar librerías tal como la librería de Radio GNU. En el frente de la red, la puerta de enlace puede incorporar librerías para XML, HTTP, SSL, JSON, etc.

30 La puerta de enlace puede incluir una interfaz SDR para comunicarse con y/o controlar una SDR en un dispositivo informático conectado o un servidor remoto. La interfaz SDR puede incluir una interfaz Ethernet, por ejemplo. En ciertas realizaciones, la interfaz SDR puede incluir una interfaz gráfica. La interfaz gráfica se puede utilizar para controlar los SDR escritos en C y/o Qt que se ejecutan en Linux, por ejemplo. La interfaz SDR puede funcionar o soportar uno o más protocolos de red, tal como (i) un conector TCP para controlar el SDR, por ejemplo, utilizando el protocolo de control de estación de aficionados (ASCP – Amateur Station control Protocol, en inglés) y un conector  
 35 UDP para transferencia de datos de muestra a bajo nivel de sobrecarga, que puede ser un formato personalizado. La puerta de enlace o interfaz SDR puede incluir un cliente DHCP para obtener una dirección IP, y puede incluir un mecanismo de descubrimiento de dispositivo utilizando un protocolo UDP denominado en ocasiones SNDP.

40 En ciertas realizaciones, la puerta de enlace muestrea la banda HF, que puede comprender un número predefinido de subcanales (por ejemplo, 100 subcanales). La puerta de enlace puede aislar cada subcanal para su procesamiento. El proceso de filtrado simultáneo del paso de banda, diezmado y reducción de una señal a banda base se denomina en ocasiones reducción de muestreo. La sincronización en el tiempo para determinar los límites del intervalo de tiempo puede obtenerse a partir de una fuente de GPS. A modo de ilustración, si una transmisión de nodo incluye nominalmente 32 bytes de información codificada a la velocidad 1/2, está modulada a 50 baudios, ocupa 800 Hz de ancho de banda, y se muestrea a 2 kSps a 16 bits por cuadratura, entonces un bloque de banda  
 45 base listo para cargar puede ocupar alrededor de 22 kBytes.

Una puerta de enlace puede incluir un cliente de servicio web, para comunicarse como cliente con el servidor SDR. El cliente del servicio web puede utilizar una estructura de llamada de procedimiento remoto (RPC – Remote Procedure Call, en inglés) del servicio web como SOAP o REST. Las solicitudes y respuestas del servicio web pueden construirse sobre HTTP. En algunas realizaciones, cuando la puerta de enlace envía bloques de datos de tamaño moderado al servidor (por ejemplo, ~22 kBytes), el diseño del servicio web puede beneficiarse de la  
 50 utilización de un formato de codificación binario.

La puerta de enlace puede transportar muestras de las señales moduladas a un servidor SDR. una red. Estas muestras se denominan en ocasiones mensajes de puerta de entrada a la nube (G2C – Gateway to Cloud, en inglés). En un intervalo de tiempo dado, la puerta de enlace puede enviar un bloque de datos de muestra recibidos al

servidor SDR. La puerta de enlace puede establecer una conexión TCP en un puerto (por ejemplo, el puerto 8081) para enviar los mensajes. En algunas realizaciones, la puerta de enlace puede utilizar un servicio web basado en la transferencia de estado de la representación (REST – Representational State Transfer, en inglés) para enviar los mensajes. El número de serie de una puerta de enlace se puede definir como su dirección MAC de Ethernet. A modo de ilustración, los mensajes G2C pueden tener el siguiente formato de mensaje:

5

Campo	Tipo	Número de bits	Descripción
Número de serie	UINT	6	Número de serie único asignado a cada puerta de enlace
Intervalo de tiempo	UINT	2	Número de intervalo de tiempo relativo al día actual, con intervalo de tiempo 0 a las 00:00:00Z UTC
Miniatura del espectro	MATRIZ	512	Espectrograma de toda la banda de frecuencia capturada, solo la amplitud, escala dB con 0x00 = -110 dB
Bloque de muestra de banda total_I	MATRIZ		Matriz de muestras de radio, canal I, 16 bits/muestra
Bloque de muestra de banda total_Q	MATRIZ		Matriz de muestras de radio, canal Q, 16 bits/muestra

El servidor SDR o servidor de nube puede recibir muestras de las señales moduladas (denominadas en ocasiones bloques de muestra o mensajes G2C) desde una o más puertas de enlace en la red. En algunas realizaciones, el servidor SDR puede utilizar el siguiente formato de registro de base de datos. El servidor SDR puede almacenar mensajes G2C recibidos en dicho formato hasta que los mensajes se puedan emparejar con copias disponibles de otras puertas de enlace y SIMO procesado.

10

Campo	Tipo	Número de bits	Descripción
Dirección IP de la puerta de enlace	UINT	4	Dirección IP de la puerta de enlace de transmisión
Número de serie de la puerta de enlace	UINT	6	Número de serie único asignado a cada puerta de enlace
Intervalo de tiempo	UINT	2	Número de intervalo de tiempo relativo al día actual, con intervalo de tiempo 0 a las 00:00:00Z UTC
Miniatura del espectro	MATRIZ	512	Espectrograma de toda la banda de frecuencia capturada, solo la amplitud, escala dB con 0x00 = -110 dB
Bloque de muestra de banda total_I	MATRIZ		Matriz de muestras de radio, canal I, 16 bits/muestra
Bloque de muestra de banda total_Q	MATRIZ		Matriz de muestras de radio, canal Q, 16 bits/muestra

En algunas realizaciones, el formato de un bloque de muestra posprocesado (por ejemplo, posprocesamiento SIMO) puede ser similar a:

Campo	Tipo	Número de bits	Descripción
Intervalo de tiempo	UINT	2	Número de intervalo de tiempo relativo al día actual, con intervalo de tiempo 0 a las 00:00:00Z UTC
Bloque de muestra de banda estrecha_I	MATRIZ		Matriz de muestras de radio, canal I, 16 bits/muestra
Bloque de muestra de banda estrecha_Q	MATRIZ		Matriz de muestras de radio, canal Q, 16 bits/muestra

15

El servidor SDR puede procesar los bloques de muestra o los mensajes G2C, y puede depositar los registros de datos resultantes en una base de datos para su consumo por una aplicación de usuario final. A modo de ilustración, un informe de sensor decodificado extraído de un bloque de muestra posprocesado puede comprender lo siguiente:

Campo	Tipo	Número de bits	Descripción
Número de secuencia	UINT	8	Contador de vuelco incrementado para cada transmisión única.
Estado	UINT	1	Estado del nodo 0x0 = Normal 0x1 = Batería baja 0x2 = Fallo de GPS 0x3 = Otro fallo 0x4 – 0xF = reservado
Registro de sensor	REGISTRO	6	Hacer referencia al paquete de DATOS DEL SENSOR

5 El servidor SDR puede comprender un servidor virtual que ejecute Linux, Windows u otro sistema operativo. En ciertas realizaciones, el servidor SDR se puede dividir en múltiples servidores, por ejemplo, aprovechar un servicio de base de datos en la nube para el lado del servidor, y un servidor de aplicaciones ligero tal como para el lado del cliente. Esta implementación se puede escalar a varias instancias de la misma aplicación que se ejecuta en diferentes máquinas e incluso en diferentes URL, para admitir múltiples servidores SDR, por ejemplo. Cada instancia puede comunicarse con los mismos servidores de base de datos y designar qué nodos están asociados con cada instancia particular. Las tareas de la aplicación del servidor SDR podrían implementarse en lenguajes tales como C, Python o Java.

10 El servidor SDR puede incluir módulos implementados mediante hardware o mediante software que se ejecutan en el hardware. Ciertos módulos pueden proporcionar funcionalidades tales como: (i) proporcionar un servicio web para recibir bloques de muestra de banda base de las puertas de enlace, (ii) procesar los bloques de muestra para extraer el registro de la muestra y los datos del espectrograma, (iii) escribir los registros de la muestra decodificados y los espectrogramas a una base de datos de historial, (iv) proporcionar un servicio web para permitir el acceso de las aplicaciones de usuario a la base de datos de historial, (v) proporcionar un panel de control del servidor web para configuración y supervisión, y (vi) realizar un registro de eventos para depuración / diagnóstico. A modo de ilustración, la figura 2H representa un diagrama de bloques de una realización de un servidor SDR.

20 El servidor SDR puede estar configurado para realizar un procesamiento importante de la señal. El servidor SDR se puede configurar mediante software SDR, aplicaciones y/o código personalizado. El servidor SDR puede proporcionar varias funciones de procesamiento de señales, incluida la combinación de diversidad de antenas SIMO,

25 Demodulación FSK, implementación discreta de la transformada de Fourier para resolver los tonos, recuperación de la fase de la portadora para demodulación coherente y/o recuperación de la temporización. Con una duración de muestra pequeña, la sincronización en el tiempo se puede obtener sin un preámbulo de secuencia de puntos explícita. El nodo puede asegurar un número suficiente de transiciones en los datos aplicando una secuencia de aleatorización a los datos en el transmisor. El servidor SDR puede recuperar la sincronización de bits encontrando una fase de bit que maximiza la potencia en cada "cubo de frecuencia" de la DFT cuando se suma a cada duración de bit. El servidor SDR puede realizar asimismo una descodificación FEC.

30 Un usuario final puede acceder a cierta porción de los datos del sensor recuperados en el servidor SDR. Una de las aplicaciones de usuario final puede recuperar los datos del sensor del almacén del historial del sensor del servidor SDR y presentarlos en un formato gráfico a un usuario final. Una aplicación de usuario final puede realizar uno o más de lo siguiente: (i) interactuar con el servicio de historial del sensor para recuperar datos del sensor, (ii) proporcionar una vista geográfica del sensor, mostrando cada sensor como un indicador en un mapa de desplazamiento con lecturas de sensor en un cuadro emergente, por ejemplo, (iii) proporcionar una vista tabular del sensor, mostrando cada sensor como una fila con su informe más reciente, por ejemplo, (iv) proporcionar una vista tabular del historial, mostrando cada informe del sensor como una fila para un solo sensor o grupo de sensores seleccionados, por ejemplo, y (v) proporcionar una vista gráfica del historial, graficando todos los valores del sensor para uno o más sensores seleccionados durante un período seleccionado de tiempo, por ejemplo. La figura 21 representa una realización del diagrama de flujo de datos para una aplicación de usuario final.

40 Una aplicación de usuario final puede monitorizar nuevos informes de sensores y generar alarmas, por ejemplo, si: (a) un valor del sensor excede un rango especificado, y/o (b) un sensor no informa antes de que expire el tiempo de espera de la alarma. Una aplicación de usuario final puede comprender una aplicación independiente de escritorio, una aplicación web basada en navegador o una aplicación móvil independiente.

45 Haciendo referencia a la figura 2J, se representa una realización de un diagrama de flujo relacionado con un método de una red distribuida de comunicaciones por radio. El método puede incluir recibir por separado, mediante cada una de una primera puerta de enlace y una segunda puerta de enlace, señales moduladas que comprenden al menos una porción de datos de un primer nodo de una pluralidad de nodos dispersados geográficamente (501). Las

- señales moduladas pueden transmitirse de forma inalámbrica como señales de radiofrecuencia (RF) desde el primer nodo. Los datos pueden ser reunidos o generados por el primer nodo en una primera ubicación. Un servidor puede recibir muestras de las señales moduladas desde la primera puerta de enlace y la segunda puerta de enlace (503). El servidor puede restar una señal de interferencia de las muestras de las señales moduladas (505). El servidor puede sincronizar el tiempo de las muestras de las señales moduladas recibidas desde la primera puerta de enlace y la segunda puerta de enlace para la combinación de las muestras (507). El servidor puede estar configurado mediante un software de radio definida por software (SDR) para realizar el procesamiento de las muestras recibidas por separado de las señales moduladas para recuperar los datos (509). El procesamiento puede incluir demodulación de señales moduladas recuperadas de las muestras.
- 5 Haciendo referencia a (501), cada una de una pluralidad de puertas de enlace puede recibir separadamente señales moduladas que comprenden al menos una porción de datos de un primer nodo de una pluralidad de nodos geográficamente dispersos. La pluralidad de puertas de enlace puede comprender una primera puerta de enlace y una segunda puerta de enlace. Los datos pueden ser reunidos o generados por el primer nodo en una primera ubicación. Por ejemplo, los datos pueden incluir una medición hecha por el nodo, que incluye atributos ambientales tales como la humedad o la temperatura, o una detección de un evento, por ejemplo, para activar una alerta, notificación o registro de eventos. El nodo puede incluir los datos en una o más señales que comprenden uno o más paquetes, tramas, datagramas o mensajes para su transmisión. El nodo puede agregar información de control de nivel MAC, como secuencias de puntos, palabras de sincronización o identificadores de protocolo a cada señal o paquete.
- 10 El nodo puede realizar codificación de corrección de errores de transmisión (FEC), por ejemplo, utilizando un código convolucional de tasa 1/2 ( $k = 32$ ) para proteger cada señal o paquete frente a errores. El nodo puede modular bits de código en las señales utilizando fase continua 4-FSK o 16-FSK, por ejemplo, aunque se pueden implementar diversos esquemas adicionales de modulación. El nodo puede determinar un intervalo de tiempo y/o una frecuencia para transmitir la señal modulada. Esta determinación puede basarse, al menos en parte, en una o más de: una ubicación de una puerta de enlace receptora, una distancia desde una puerta de enlace receptora, terreno, hora del día, estación, clima, tipo de antena y/o modo de transmisión soportado por una puerta de enlace de recepción. Las señales moduladas pueden transmitirse de forma inalámbrica como señales de radiofrecuencia (RF) desde el primer nodo. El primer nodo puede transmitir una señal de RF de baja potencia entre 3 y 30 megahercios (MHz), dentro de la banda de HF u otra banda / rango de frecuencia. El primer nodo puede transmitir una señal de RF a través de una ruta de transmisión de más de 10 kilómetros (por ejemplo, 50 km, 300 km o 600 km) al menos a una de la primera puerta de enlace y la segunda puerta de enlace.
- 15 Cada una de la pluralidad de puertas de enlace puede estar ubicada en una ubicación diferente, y puede incluir un tipo particular o tipos particulares de antenas para recibir varios tipos de señales y/o transmisiones. Las señales moduladas pueden transmitirse de forma inalámbrica como señales de radiofrecuencia (RF) desde el primer nodo.
- 20 Cada una de la primera puerta de enlace y la segunda puerta de enlace pueden recibir las señales moduladas como señales de RF transmitidas a través de una ruta directa desde el primer nodo, una ruta de onda terrestre o reflexión ionosférica (por ejemplo, NVIS y onda ionosférica larga). La primera puerta de enlace y la segunda puerta de enlace pueden recibir las señales moduladas como señales de RF transmitidas a través de al menos dos de: una ruta directa desde el primer nodo, una ruta de onda terrestre y una reflexión ionosférica. En algunas realizaciones, al menos una de la primera puerta de enlace y la segunda puerta de enlace recibe una de las señales de RF reflejadas fuera de la ionosfera de la Tierra.
- 25 Las una o más puertas de enlace pueden configurarse para incluir un conjunto de antenas distribuidas. Las antenas en cada puerta de enlace se pueden seleccionar y/o configurar para dar preferencia a un tipo de propagación u otro. Estas antenas distribuidas pueden recopilar señales dispares de múltiples rutas o modos de propagación desde una o más ubicaciones para la agregación / procesamiento en una ubicación central predefinida. Las antenas distribuidas pueden configurarse para soportar estrategias de diversidad de antena y de formación de haz. Una o ambas de las puertas de enlace primera y segunda pueden recibir una transmisión de señal particular desde el nodo. En algunos casos, una señal puede ser obstruida, ser demasiado débil o superada por el ruido que se recibirá en una puerta de enlace particular. Por ejemplo, en base a la propagación diurna, algunas transmisiones de nodo pueden ser recibidas por una puerta de enlace, y otras, por ambas puertas de enlace.
- 30 Cada puerta de enlace puede muestrear las señales recibidas. Cada una de las puertas de enlace puede realizar muestreos en señales detectadas en la banda de HF, que pueden incluir un número predefinido de subcanales. La puerta de enlace puede aislar cada subcanal para su procesamiento. Las señales recibidas pueden convertirse a la frecuencia de banda base, y muestrearse en cada una de las respectivas puertas de enlace. Cada puerta de enlace puede realizar una reducción de la frecuencia de muestreo, que incluye uno o más pasos de filtrado de paso de banda, diezmado y conversión de una señal a banda base. Cada puerta de enlace puede interactuar con un módulo de GPS para geolocalización y referencia de tiempo. Cada puerta de enlace puede realizar una sincronización de temporización para determinar los límites del intervalo de tiempo, por ejemplo, utilizando información de temporización de una fuente de GPS.
- 35 Cada puerta de enlace puede distribuir cada señal de banda base según el canal y/o intervalo de tiempo, para producir "bloques de banda base". En ciertas realizaciones, una puerta de enlace puede calcular un espectrograma
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

en miniatura para cada bloque. La puerta de enlace puede etiquetar y/o poner una marca de tiempo en cada bloque de banda base. La puerta de enlace puede adjuntar un espectrograma, y puede cargar cada bloque a un servidor SDR. Las señales de radio o paquetes no pueden demodularse en la puerta de enlace. El procesamiento de la señal de la puerta de enlace puede detenerse al reducir la frecuencia de muestreo de la señal, por ejemplo, a los bloques de muestras de banda base I y Q.

Una o ambas puertas de enlace pueden transportar muestras de las señales moduladas a un servidor SDR a través de una red. Estas muestras se denominan en ocasiones mensajes de puerta de enlace a nube (G2C) o bloques de muestra. En un intervalo de tiempo dado, la puerta de enlace puede enviar un bloque de datos de muestra recibidos al servidor SDR. La puerta de entrada puede establecer una conexión TCP en un puerto para enviar las muestras. En algunas realizaciones, la puerta de enlace puede utilizar un servicio web basado en la transferencia de estado de representación (REST) para enviar las muestras. Una o ambas puertas de enlace pueden comprimir las señales moduladas recibidas por la puerta de enlace respectiva, y comunicar las señales moduladas comprimidas a una ubicación central para su posterior procesamiento. Por ejemplo, una puerta de enlace puede comprimir una o más muestras de las señales moduladas antes de transportarlas a un servidor SDR a través de una red.

Haciendo referencia ahora a (503), un servidor puede recibir muestras de las señales moduladas desde la primera y la segunda puerta de enlace. Un servidor SDR puede recibir señales moduladas desde la primera puerta de enlace y la segunda puerta de enlace. El servidor SDR puede recibir señales moduladas por separado desde una o ambas de la primera puerta de enlace y la segunda puerta de enlace. El servidor SDR puede recibir muestras de las señales moduladas por separado desde cada una de las puertas de enlace. La primera puerta de enlace, la segunda puerta de enlace y el servidor pueden estar conectados por una red de comunicaciones, como una red de área amplia o Internet. El servidor SDR puede recibir muestras de cada puerta de enlace dentro de diferentes intervalos de tiempo, por ejemplo, intervalos de tiempo asignados a cada una de las puertas de enlace. En algunas realizaciones, el servidor SDR puede almacenar la muestra recibida en un formato de registro de base de datos, tal como el descrito anteriormente. El servidor SDR puede almacenar las muestras recibidas en dicho formato hasta que las muestras se puedan emparejar con copias disponibles procedentes de otras puertas de enlace. El servidor SDR puede almacenar las muestras recibidas en este formato hasta que las muestras puedan ser procesadas SIMO / MIMO.

Haciendo referencia ahora a (505), el servidor puede restar una señal de interferencia de las muestras de las señales moduladas. El servidor puede restar una señal de interferencia de las señales moduladas recibidas a través de una o de ambas puertas de enlace. Las señales de interferencia se pueden identificar, por ejemplo, conectando diferentes antenas (por ejemplo, antenas polarizadas vertical y horizontalmente) a una puerta de enlace o puertas de enlace separadas. Un tipo de antena puede estar más predispuesto a adquirir señales de nodo que el otro tipo de antena. El otro tipo de antena puede estar predispuesto a la adquisición de ruido o señales de interferencia, por ejemplo, ruido o señales de interferencia que el primer tipo de antena puede captar además de las señales de nodo.

El servidor SDR puede recibir muestras desde una puerta de enlace (por ejemplo, la primera puerta de enlace) que comprenden la señal de nodo deseada más una señal de interferencia, y muestras desde otra puerta (por ejemplo, la segunda puerta de enlace) que comprenden la señal de interferencia. En algunas realizaciones, el servidor SDR puede recibir muestras de una primera antena (por ejemplo, de la primera puerta de enlace) que comprende la señal de nodo deseada más una señal de interferencia, y muestras de otra antena (por ejemplo, de la primera puerta de enlace) que comprende la señal de interferencia. El servidor SDR puede realizar rechazo de interferencia y/o filtrado de ruido. El servidor SDR puede restar muestras que comprenden la señal de interferencia de muestras que comprenden la señal deseada más la señal de interferencia. El servidor SDR puede extraer las muestras de señales deseadas en función de la resta, y puede enviar las muestras de señales deseadas a un proceso de demodulación, donde las muestras pueden procesarse como si las muestras se recibieran sin señales de interferencia.

Haciendo referencia ahora a (507), el servidor puede sincronizar en el tiempo las muestras de señales moduladas recibidas desde la primera puerta de enlace y la segunda puerta de enlace para la combinación de las muestras. El servidor SDR puede enviar muestras de las señales recibidas a un módulo de diversidad de antena en un servidor SDR, donde pueden sincronizarse en el tiempo y combinarse, por ejemplo, para mejorar la relación de señal a ruido (SNR) y/u otros parámetros. El servidor SDR puede sincronizar el tiempo de las muestras utilizando información GPS local u otra información de temporización. Las muestras pueden agregarse o combinarse de otro modo, a pesar de estar basadas en señales recibidas a través de un conjunto distribuido de antenas / puertas de enlace. El servidor SDR puede borrar o eliminar cualquier muestra redundante o duplicada. El servidor SDR puede enviar las muestras combinadas a un módulo de demodulación del servidor SDR, donde las muestras combinadas pueden procesarse como si las muestras procedieran de una única ruta. En consecuencia, la demodulación y otras técnicas de procesamiento (por ejemplo, SIMO / MIMO) pueden realizarse como si la colección de puertas de enlace y el servidor SDR fuera un sistema no distribuido.

En algunas realizaciones, cada uno de los nodos separados puede enviar una señal codificada de espacio-tiempo que es recibida por la primera y la segunda puerta de enlace. Cada una de las puertas de enlace puede enviar muestras a un módulo MIMO / SIMO del servidor SDR. El módulo MIMO / SIMO puede separar, agrupar o combinar las muestras en función de los códigos de espacio-tiempo, para mejorar la velocidad / el caudal de transmisión de la señal, la SNR u otros parámetros de la señal recibida.

Haciendo referencia ahora a (509), el servidor puede estar configurado mediante software de radio definida por software (SDR) para realizar el procesamiento de las muestras recibidas por separado de las señales moduladas para recuperar los datos. El servidor puede estar configurado mediante el software SDF para realizar cualquiera de los procesos en (503), (505) y/o (507). El procesamiento puede incluir la demodulación de las señales moduladas recibidas desde una o ambas puertas de enlace. El procesamiento puede incluir demodulación de las señales moduladas recibidas a través de la primera y/o la segunda puertas de enlace. El procesamiento puede incluir la demodulación de señales moduladas recuperadas de las muestras.

El servidor SDR puede configurarse para realizar un procesamiento de señal significativo. El servidor SDR puede configurarse para realizar etapas de procesamiento de señal diferidas de las puertas de enlace. El servidor SDR puede configurarse para realizar un procesamiento de señal centralizado para la pluralidad de puertas de enlace, descargando el procesamiento común o informáticamente significativo de cada puerta de enlace. El servidor SDR puede configurarse para realizar el procesamiento de señal de un conjunto combinado de señales recibidas desde un conjunto distribuido de antenas / puertas de enlace, por ejemplo, para beneficiarse de la "redundancia" de la puerta de enlace / antena, el procesamiento de diversidad y/o el rechazo de interferencias. En consecuencia, la relación de señal a ruido (SNR) de los enlaces inalámbricos de nodo a puerta de enlace puede mejorarse combinando señales recibidas en múltiples ubicaciones. La SNR puede mejorarse combinando señales que se reciben a través de diferentes rutas de propagación y/o diferentes modos de propagación.

El servidor SDR puede procesar las señales moduladas que comprenden al menos uno de: filtrado de señal, rechazo de interferencias, descompresión, cifrado, descifrado, corrección de errores de transmisión (FEC), codificación, descodificación, formación de haz y procesamiento de la diversidad de antenas. Por ejemplo, el servidor SDR puede descomprimir las muestras comprimidas de las puertas de enlace, antes de combinar las muestras para su posterior procesamiento. El servidor puede ser configurado mediante el software SDR para realizar el procesamiento que comprende al menos uno de procesamiento de múltiple entrada única salida (SIMO) y procesamiento de múltiple entrada múltiple salida (MIMO). El servidor SDR puede proporcionar varias funciones de procesamiento de señal, incluida la combinación de diversidad de antenas SIMO, demodulación FSK, transformada de Fourier discreta para resolver tonos integrados, recuperación de fase de portadora para demodulación coherente y/o recuperación de temporización.

El servidor SDR puede incluir o proporcionar una red servicio para recibir bloques de muestra de banda base de las puertas de enlace. El servidor SDR puede procesar las muestras y puede depositar los registros de datos resultantes en una base de datos para su consumo por una aplicación de usuario final. Los bloques de muestra se pueden procesar para extraer el registro de la muestra y/o los datos del espectrograma. Tal como se explicó anteriormente, el servidor SDR o el módulo de procesamiento MIMO / SIMO puede generar un registro de datos (por ejemplo, procesamiento posterior a SIMO) en un formato particular para el almacenamiento en la base de datos. El servidor SDR puede extraer un informe del sensor descodificado de un bloque de muestra posprocesado. El servidor SDR puede escribir los registros de las muestras descodificadas y los espectrogramas en una base de datos históricos del servidor SDR.

En algunas realizaciones, el servidor SDR puede realizar el registro de eventos para la depuración o el diagnóstico, y puede proporcionar un panel de control del servidor web para configuración y monitorización. El servidor SDR puede proporcionar un servicio web para permitir que las aplicaciones de los usuarios finales accedan a la base de datos del historial. Un usuario final puede acceder a una parte de los datos del sensor recuperados en el servidor SDR a través de una o más aplicaciones de usuario final. Una aplicación de usuario final puede recuperar los datos del sensor del almacén del historial de sensores del servidor SDR y presentarlos en un formato gráfico a un usuario final.

Se debe entender que los sistemas descritos anteriormente pueden proporcionar múltiples de cualquiera o cada uno de esos componentes y estos componentes pueden proporcionarse en una máquina independiente o, en algunas realizaciones, en máquinas múltiples en un sistema distribuido. Además, los sistemas y métodos descritos anteriormente pueden proporcionarse como uno o más programas legibles por ordenador o instrucciones ejecutables incorporadas en uno o más artículos de fabricación. El artículo de fabricación puede ser un disquete, un disco duro, un CD-ROM, una tarjeta de memoria flash, una PROM, una RAM, una ROM o una cinta magnética. En general, los programas legibles por ordenador pueden implementarse en cualquier lenguaje de programación, tal como LISP, PERL, C, C++, C#, PROLOG o en cualquier lenguaje de código de bytes, tal como JAVA. Los programas de software o las instrucciones ejecutables pueden almacenarse en uno o más artículos de fabricación como código de objeto.

Aunque la descripción escrita anterior de la invención permite a un experto en la materia realizar y utilizar lo que actualmente se considera el mejor modo de la misma, los expertos en la materia entenderán y apreciarán la existencia de variaciones, combinaciones y equivalentes de la realización específica, el método y los ejemplos del presente documento. Por lo tanto, la invención no debería estar limitada por la realización, el método y los ejemplos descritos anteriormente, sino por todas las formas de realización y métodos dentro del alcance y el espíritu de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema para proporcionar una red distribuida de comunicaciones por radio, comprendiendo el sistema:

5 una primera puerta de enlace (102), que recibe una primera al menos una porción de señales moduladas de datos transmitidos de forma inalámbrica desde un primer nodo (100) de una pluralidad de nodos dispersados geográficamente (100, 101), realizando una conversión de analógico a digital (A/D) para generar primeras muestras de la primera al menos una porción de las señales moduladas, y una transmisión de las primeras muestras a un servidor (107);

10 una segunda puerta de enlace (103), que recibe una segunda al menos una porción de las señales moduladas de los datos transmitidos de forma inalámbrica desde el primer nodo (100), realizando una conversión A/D para generar segundas muestras de la segunda al menos una porción de las señales moduladas, y transmitiendo las segundas muestras al servidor (107); y

15 el servidor (107), que recibe las primeras muestras transmitidas desde la primera puerta de enlace (102) y las segundas muestras transmitidas desde la segunda puerta de enlace (103), estando el servidor (107) configurado mediante software de radio definida por software, SDR, para combinar las primeras muestras y las segundas muestras recibidas para recuperar las señales moduladas de los datos, y para demodular las señales moduladas recuperadas para recuperar los datos.

2. El sistema según la reivindicación 1, en el que la primera puerta de enlace (102) comprime las primeras muestras y comunica las primeras muestras comprimidas al servidor (107).

20 3. El sistema según la reivindicación 1, en el que el servidor (107) está configurado mediante el software SDR para realizar el procesamiento, que comprende al menos uno de procesamiento de múltiple entrada única salida, SIMO y múltiple entrada múltiple salida, MIMO.

4. El sistema según la reivindicación 1, en el que al menos una de la primera puerta de enlace (102) y la segunda puerta de enlace (103) recibe una de las señales moduladas transmitidas inalámbricamente desde el primer nodo (100) a frecuencia muy alta, VHF, o frecuencia ultra alta, UHF.

25 5. El sistema según la reivindicación 1, en el que el servidor (107) realiza el procesamiento de las primeras muestras recibidas y las segundas muestras que comprenden al menos uno de: filtrado de señal, rechazo de interferencias, descompresión, cifrado, descifrado, corrección de errores de transmisión, FEC, codificación, decodificación, formación de haz o procesamiento de diversidad de antenas.

30 6. El sistema según la reivindicación 1, en el que el servidor (107) sincroniza en el tiempo las primeras muestras y las segundas muestras recibidas desde la primera puerta de enlace (102) y la segunda puerta de enlace (103) respectivamente, para la combinación de las primeras muestras y las segundas muestras.

7. El sistema según la reivindicación 1, en el que el servidor (107) elimina las señales de interferencia de las primeras muestras y las segundas muestras recibidas desde la primera puerta de enlace (102) y la segunda puerta de enlace (103), respectivamente.

35 8. El sistema según la reivindicación 1, en el que la primera puerta de enlace (102) y la segunda puerta de enlace (103) reciben la primera y la segunda al menos una porción de las señales moduladas como señales de radiofrecuencia, RF, transmitidas a través de al menos dos de: una ruta directa desde el primer nodo (100), una ruta de onda terrestre, y reflexión ionosférica.

9. Un método para proporcionar una red distribuida de comunicaciones por radio. que comprende:

40 recibir, a través de una primera puerta de enlace (102), una primera al menos una porción de señales moduladas de datos transmitidos de forma inalámbrica desde un primer nodo (100) de una pluralidad de nodos dispersados geográficamente (100, 101);

realizar, por parte de la primera puerta de enlace (102), una conversión de analógico a digital, A/D, para generar primeras muestras de la primera al menos una porción de las señales moduladas;

45 transmitir, a través de la primera puerta de enlace (102), las primeras muestras a un servidor (107);

recibir, a través de una segunda puerta de enlace (103), una segunda al menos una porción de las señales moduladas de los datos transmitidos de forma inalámbrica desde el primer nodo (100);

realizar, por parte de la segunda puerta de enlace (103), una conversión A/D para generar segundas muestras de la segunda al menos una porción de las señales moduladas;

50 transmitir, a través de la segunda puerta de enlace (103), las segundas muestras al servidor (107);

recibir, por parte del servidor (107), las primeras muestras transmitidas desde la primera puerta (102) y las segundas muestras transmitidas desde la segunda puerta de enlace (103);

5 combinar, por parte del servidor (107) configurado mediante software de la radio definida mediante software, SDR, las primeras muestras recibidas y las segundas muestras para recuperar las señales moduladas; y

demodular, por parte del servidor (107), las señales moduladas recuperadas para recuperar los datos.

10. El método según la reivindicación 9, que comprende además llevar a cabo, por parte del servidor (107), un procesamiento que incluye al menos un procesamiento de múltiple entrada única salida, SIMO, y de múltiple entrada múltiple salida, MIMO.

10 11. El método según la reivindicación 9, que comprende recibir, a través de al menos una de la primera puerta de enlace (102) y la segunda puerta de enlace (103), una de las señales moduladas transmitidas de manera inalámbrica desde el primer nodo a frecuencia muy alta, VHF, o a frecuencia ultra alta, UHF.

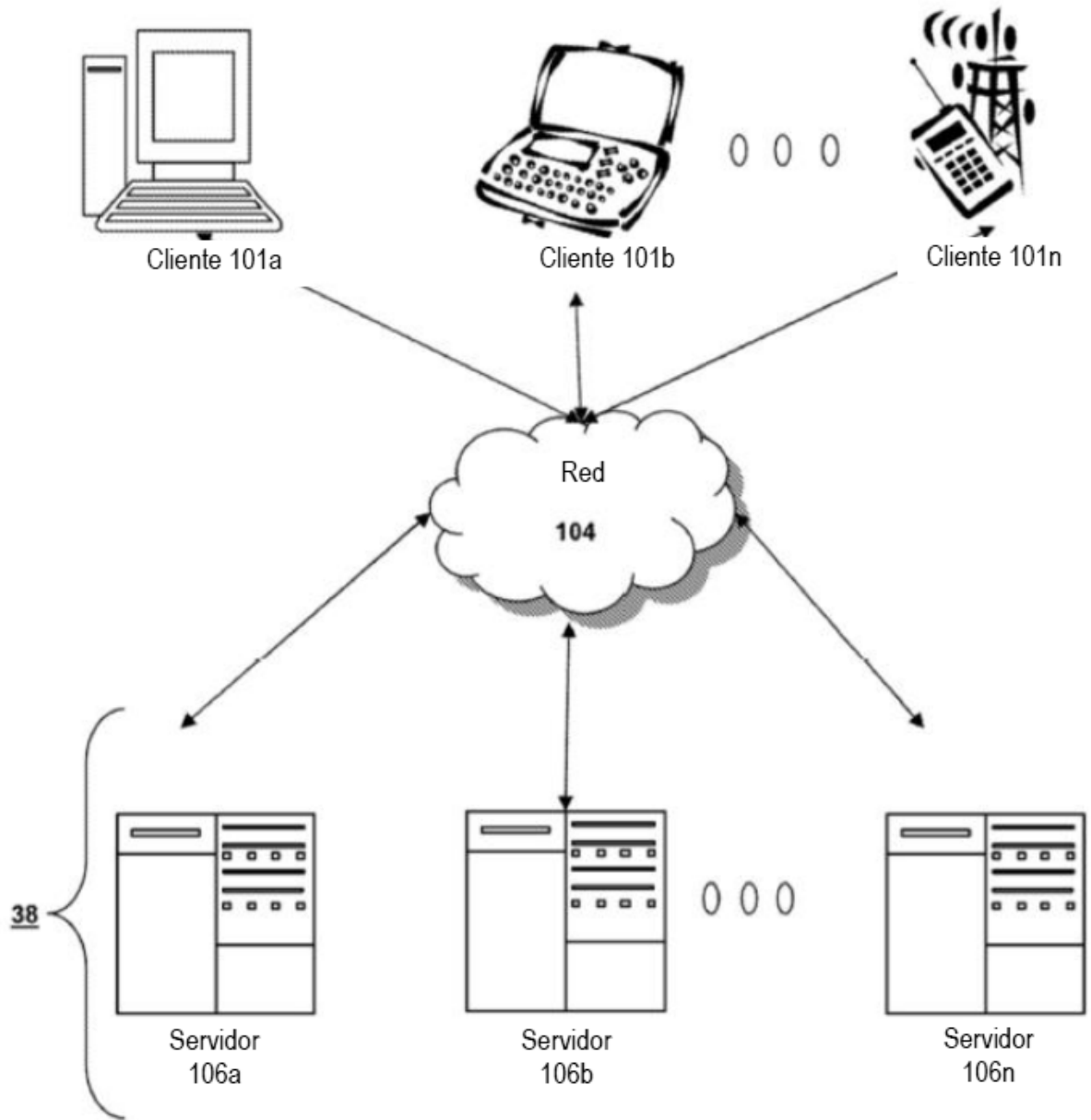
15 12. El método según la reivindicación 9, que comprende además realizar, por parte del servidor (107), un procesamiento que incluye al menos uno de: filtrado de señal, rechazo de interferencias, descompresión, cifrado, descifrado, corrección de errores de transmisión, FEC, codificación, descodificación, formación de haz o procesamiento de diversidad de antenas.

20 13. El método según la reivindicación 9, que comprende además sincronizar en el tiempo, por parte del servidor (107), las primeras muestras y las segundas muestras recibidas desde la primera puerta de enlace (102) y la segunda puerta de enlace (103), respectivamente, para la combinación de las primeras muestras y las segundas muestras.

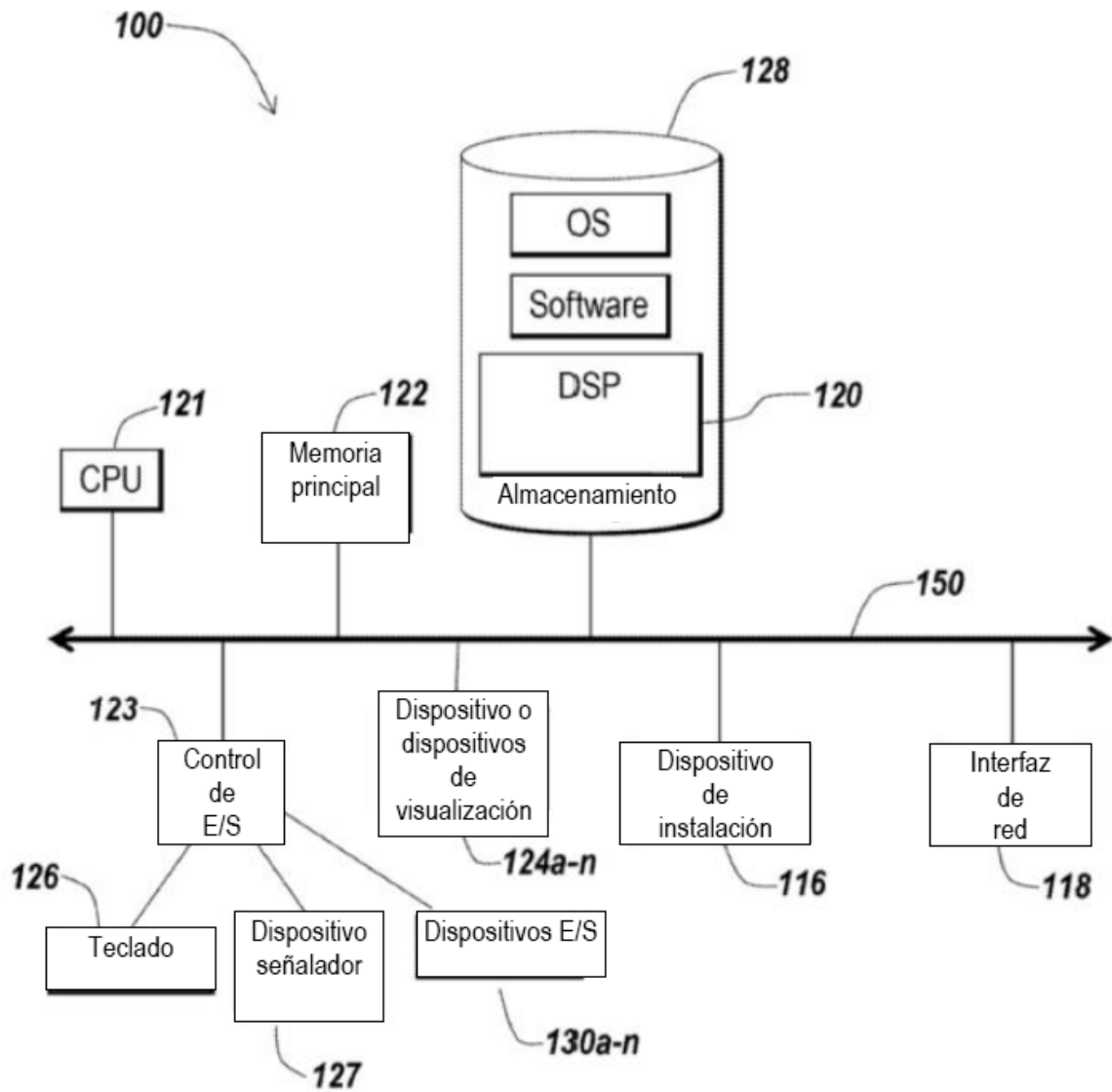
14. El método según la reivindicación 9, que comprende además eliminar, por parte del servidor (107), señales de interferencia de las primeras muestras y las segundas muestras recibidas desde la primera puerta de enlace (102) y la segunda puerta de enlace (103), respectivamente.

25 15. El método según la reivindicación 9, que comprende además recibir, a través de la primera puerta de enlace (102) y la segunda puerta de enlace (103), la primera y la segunda al menos una porción de señales moduladas como radiofrecuencia. RF, señales transmitidas a través de al menos dos de: una ruta directa desde el primer nodo (100), una ruta de onda terrestre y reflexión ionosférica.

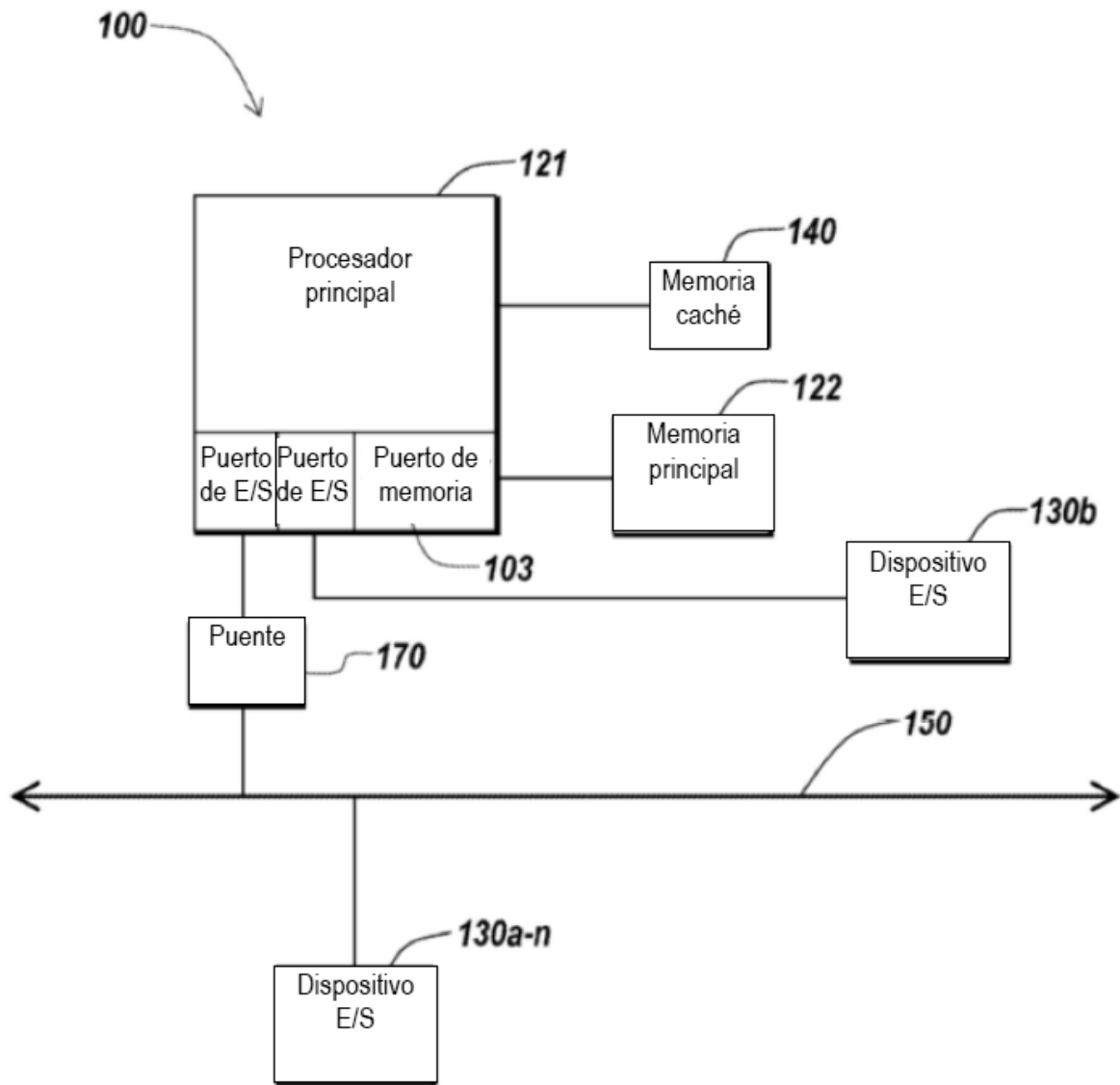




*Fig. 1A*



*Fig. 1B*



*Fig. 1C*

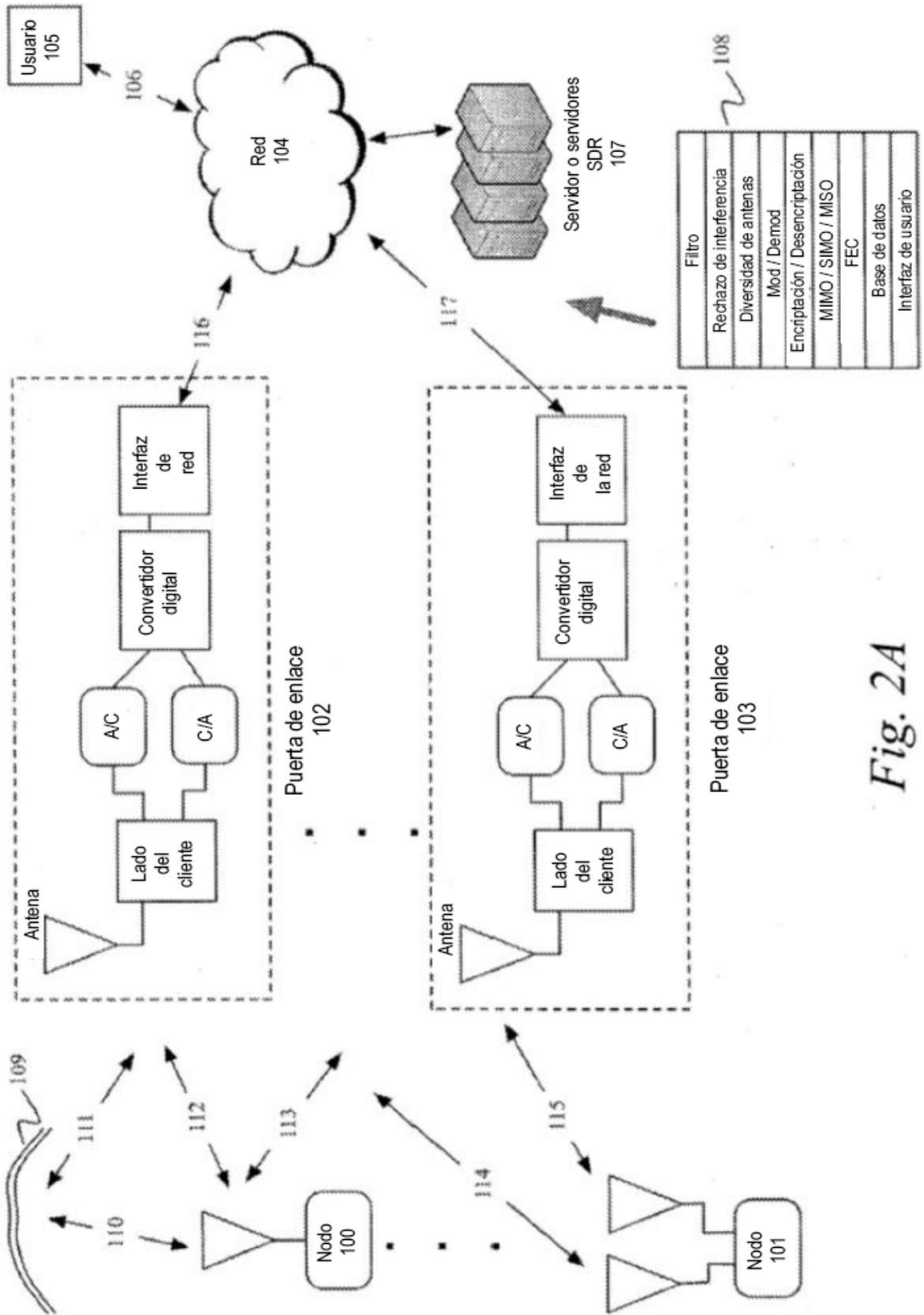


Fig. 2A

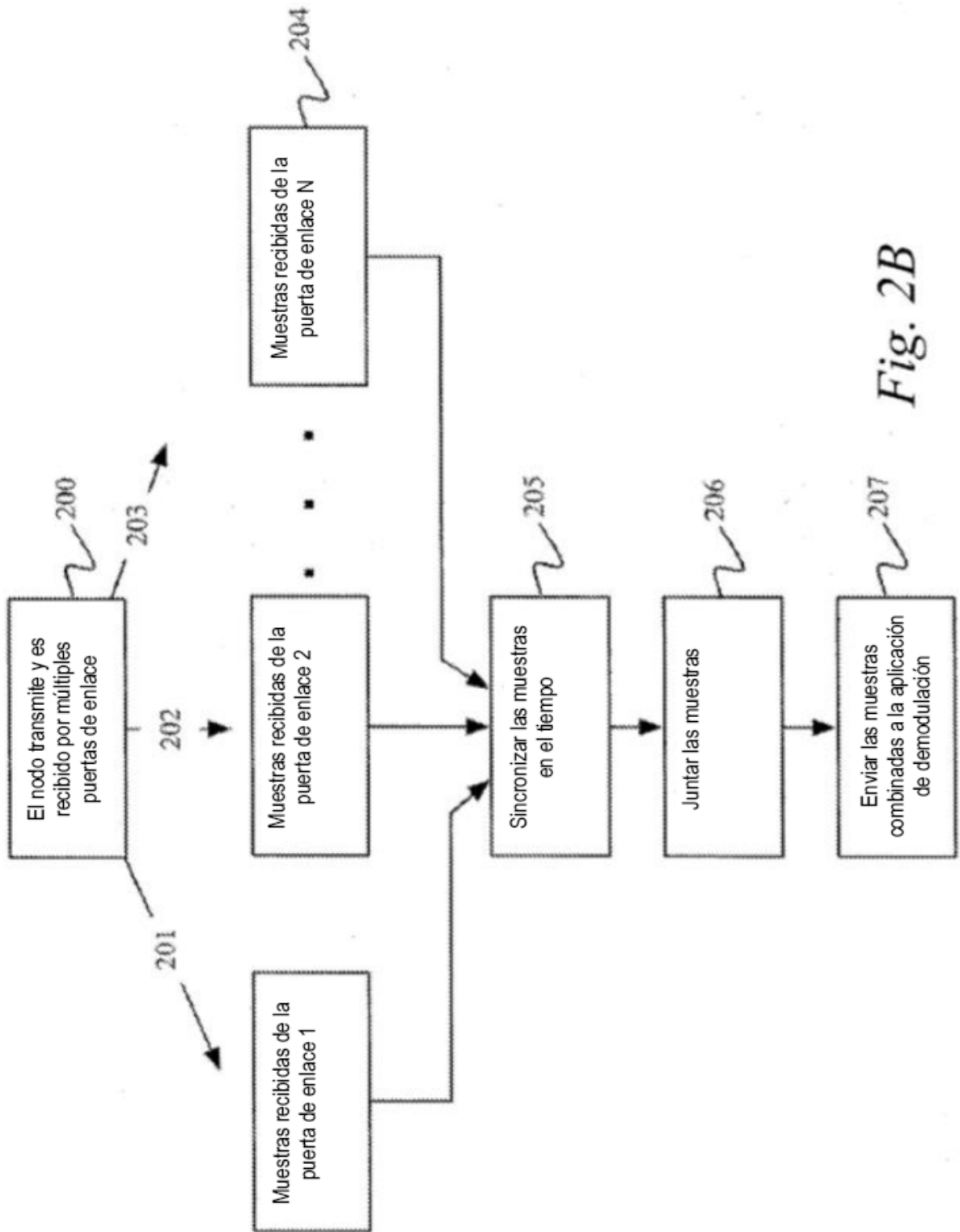


Fig. 2B

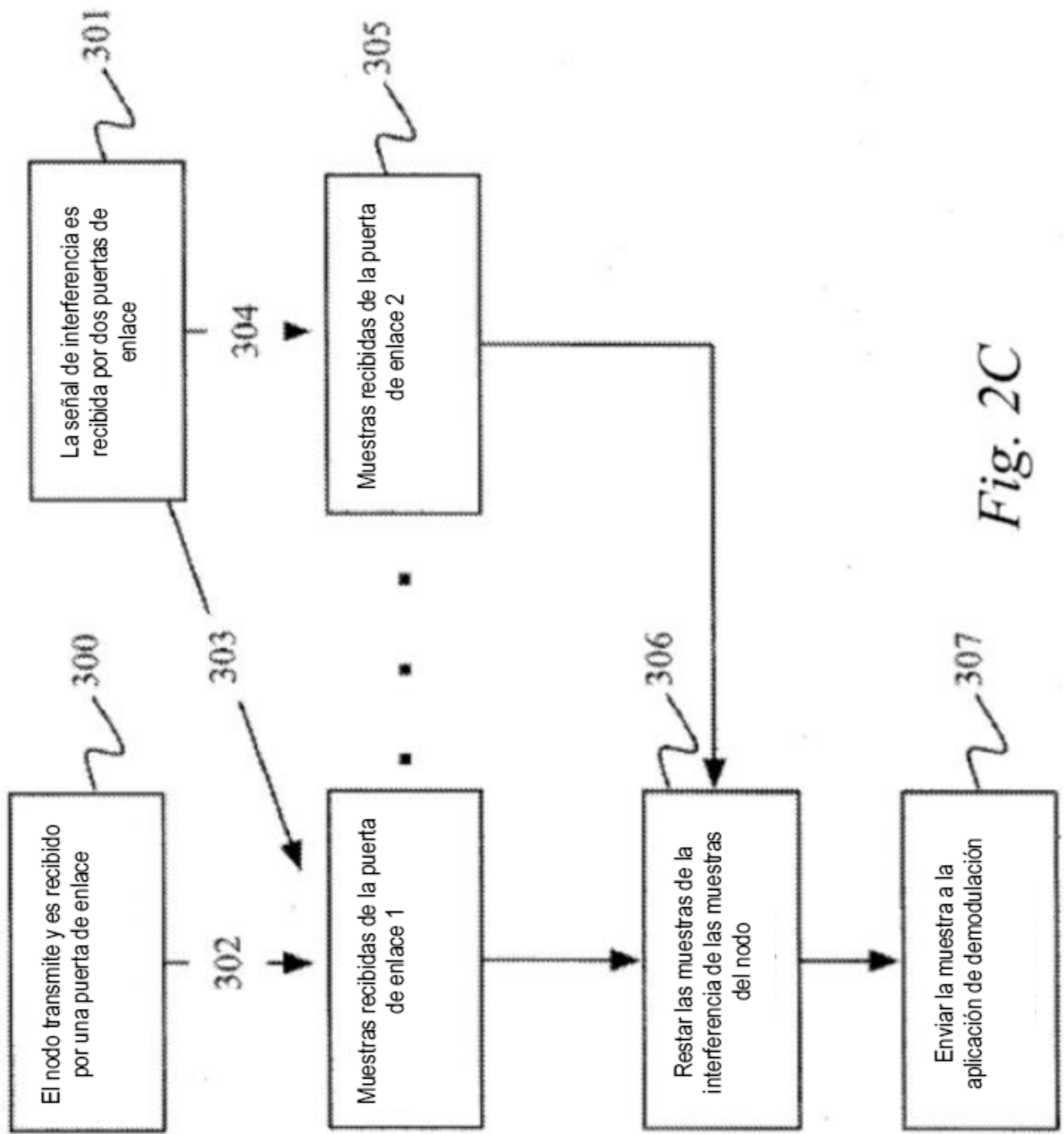


Fig. 2C

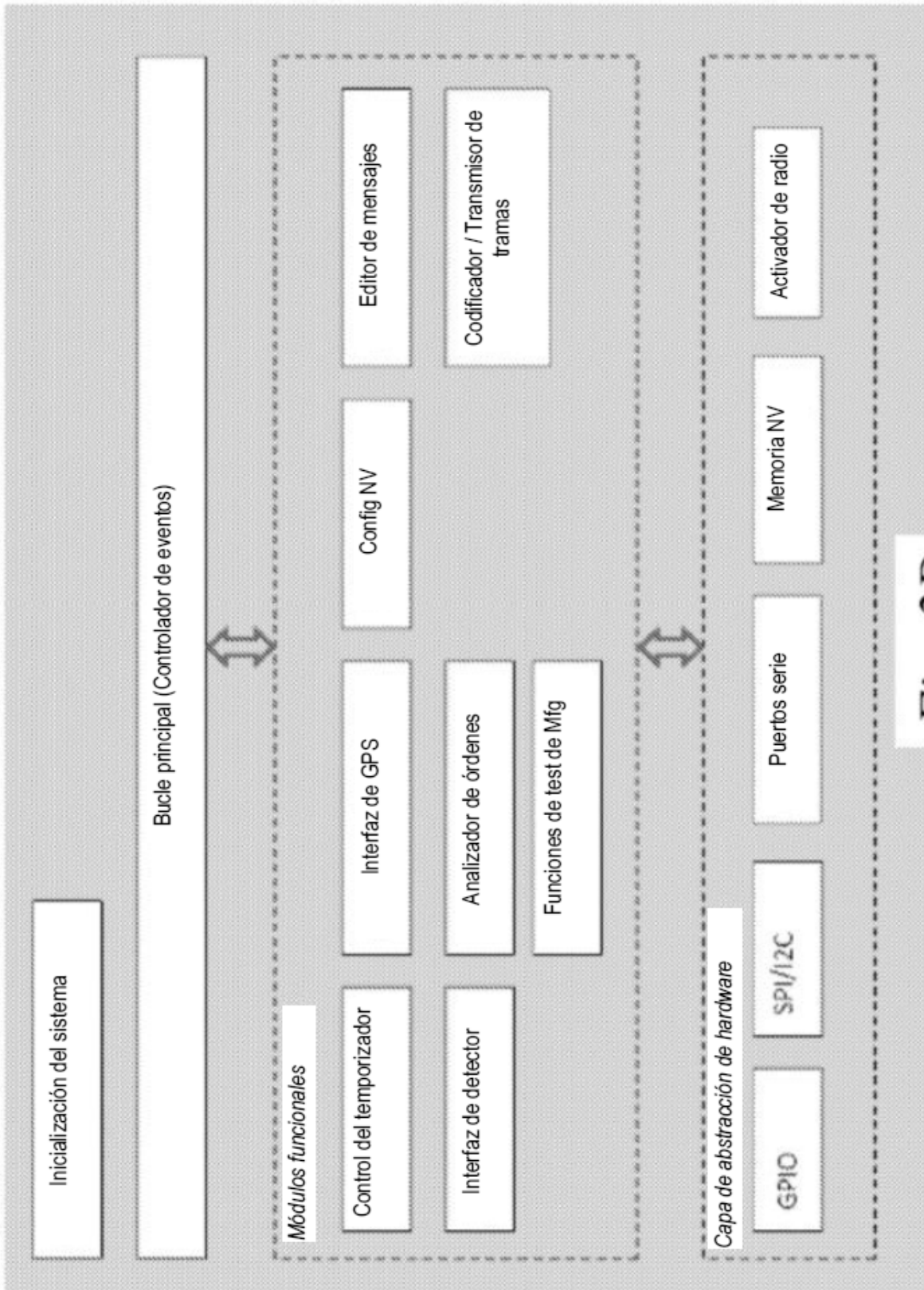


Fig. 2D

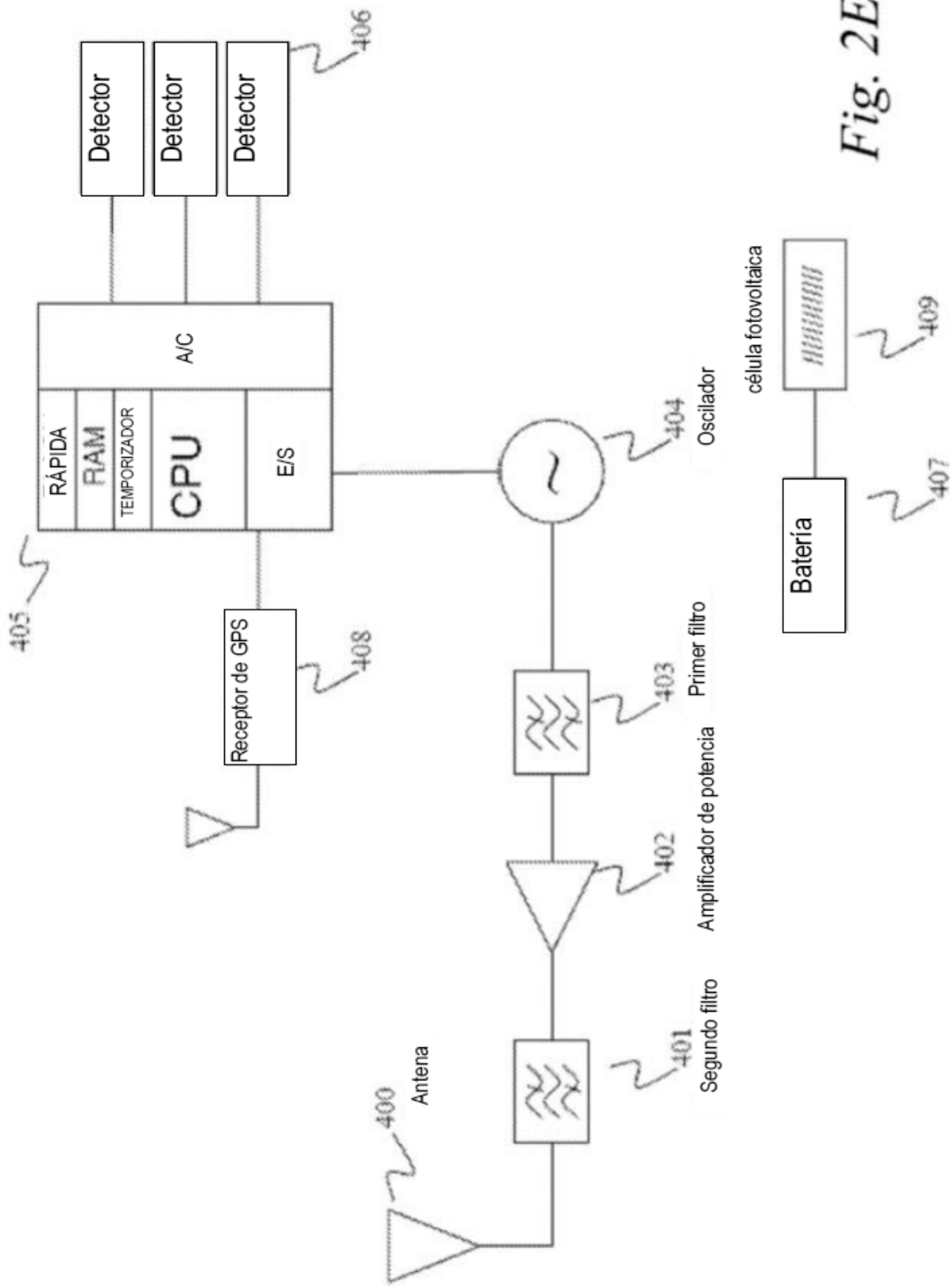


Fig. 2E



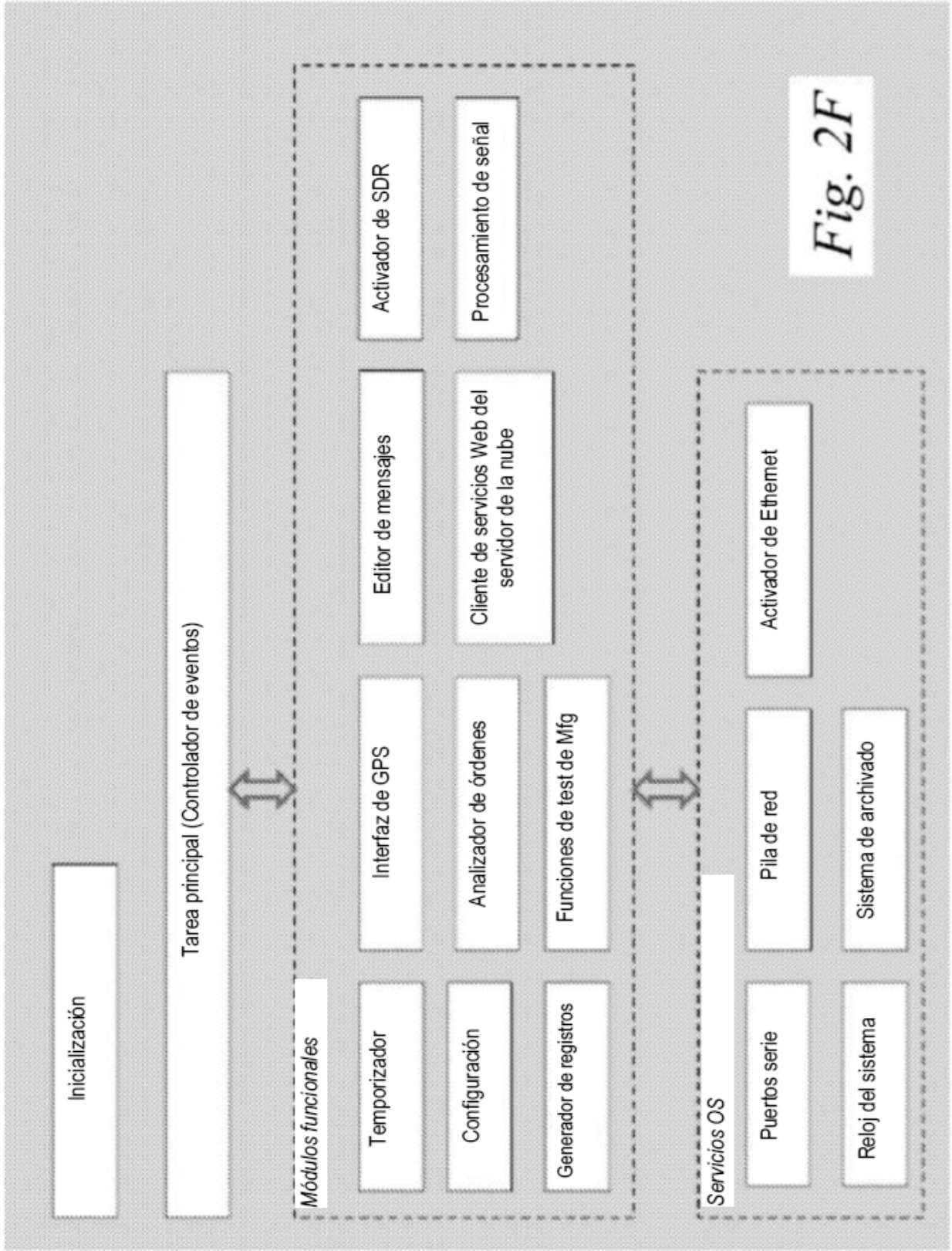


Fig. 2F

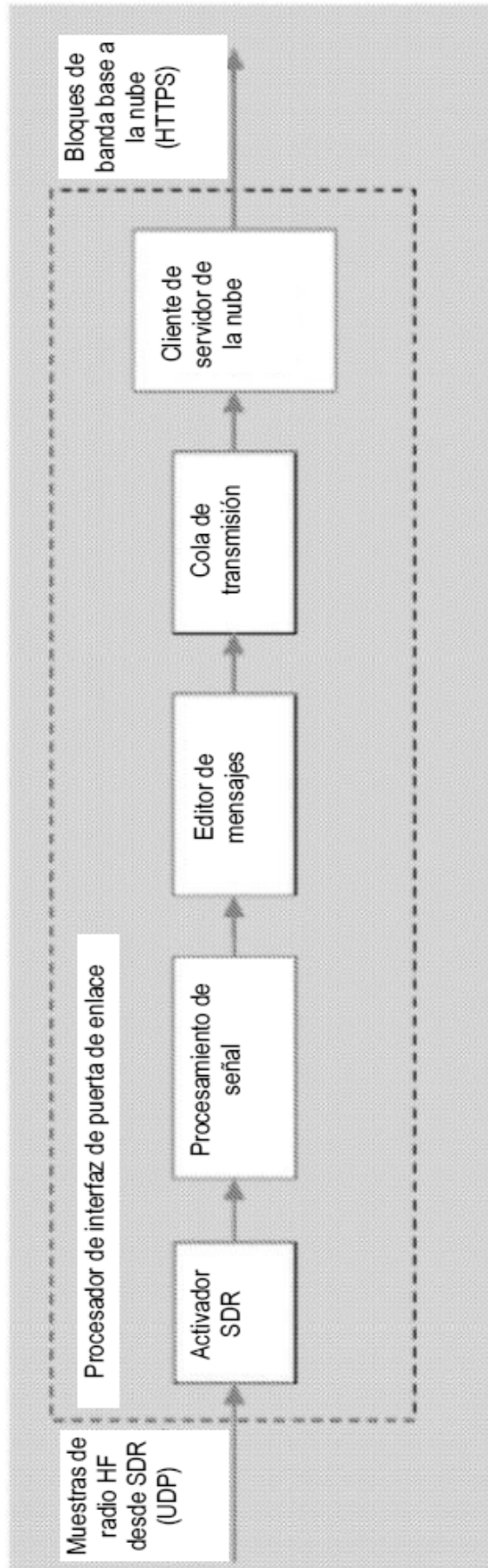


Fig. 2G

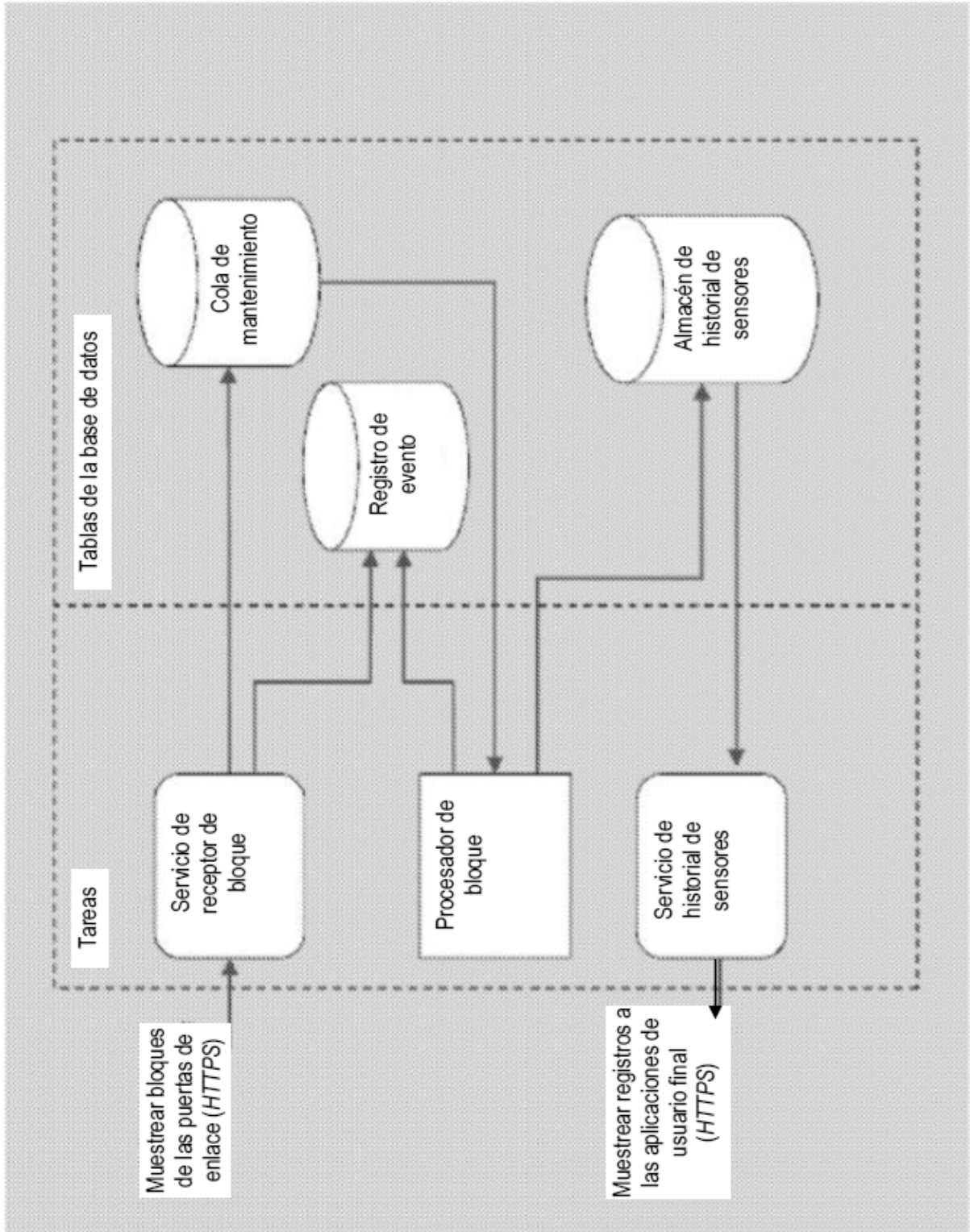
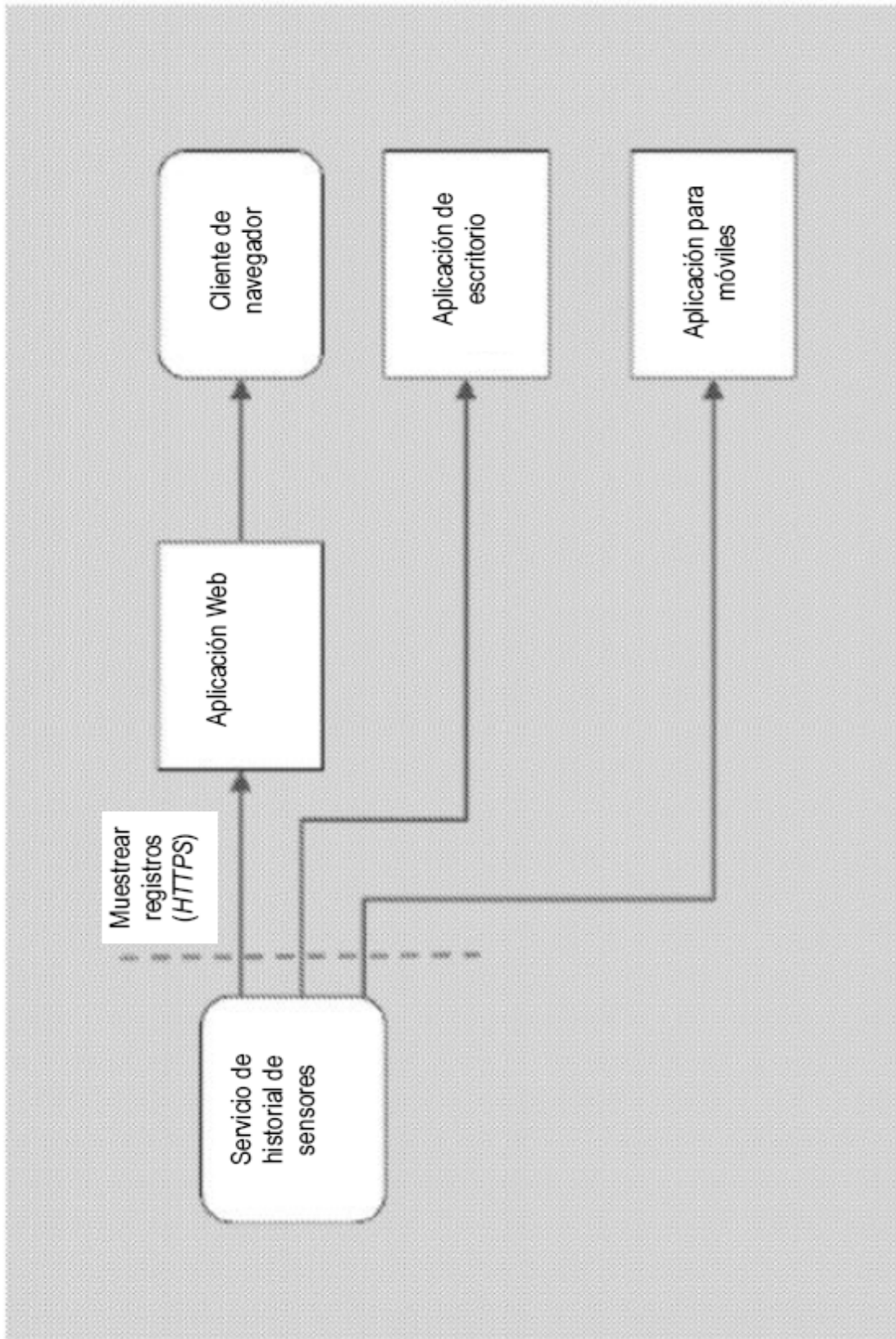
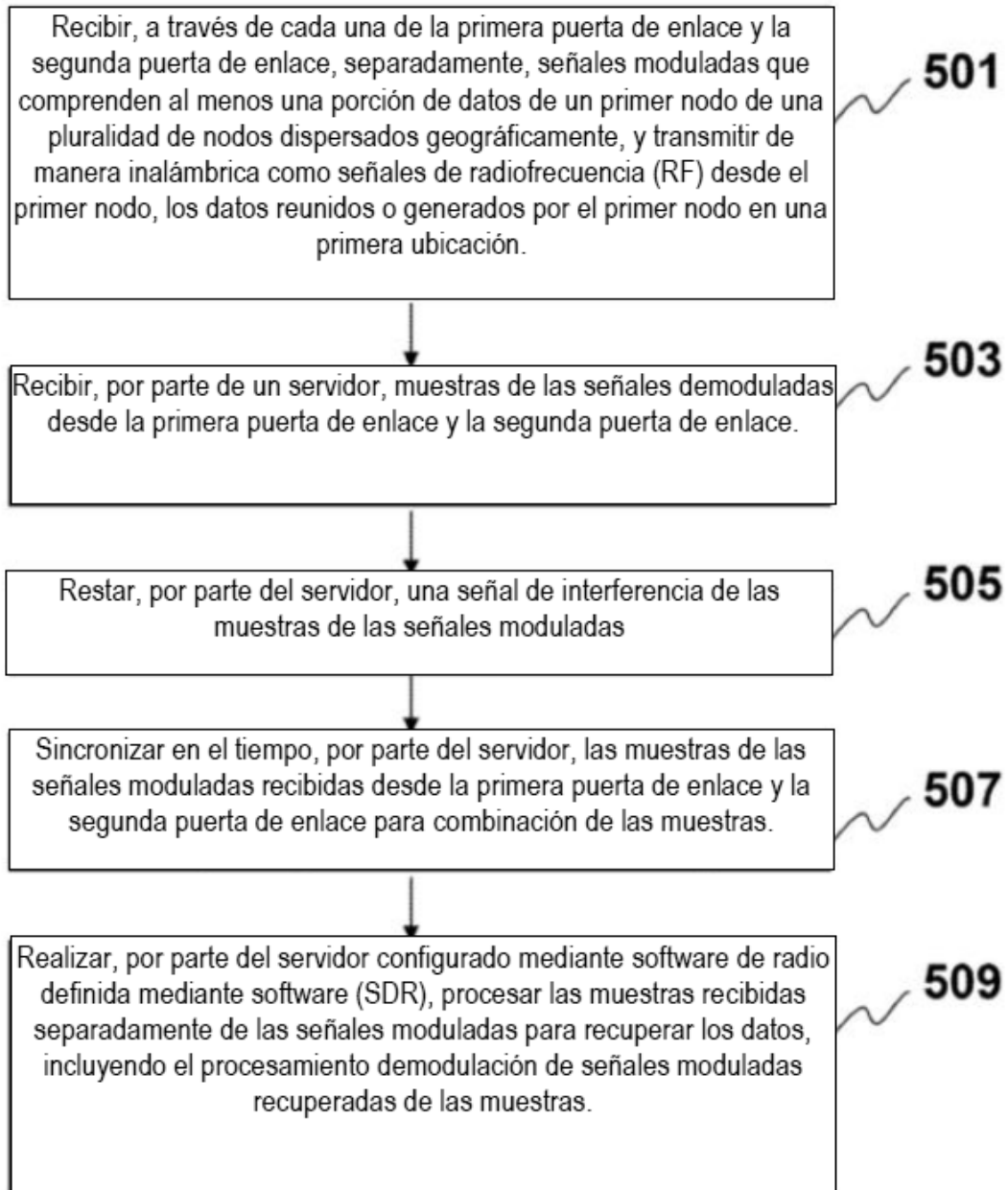


Fig. 2H



*Fig. 21*



*Fig. 2J*